isu-conference.com

ISU

INTERNATIONAL SCIENTIFIC UNITY

COLLECTION OF SCIENTIFIC PAPERS

ISSUE №89

3RD INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE

SCIENCE AND TECHNOLOGY: THEORY, PRACTICE AND PROGRESS

JULY 15-17, 2026
KRAKOW, POLAND

INTERNATIONAL SCIENTIFIC UNITY

3rd International Scientific and Practical Conference

«Science and Technology: Theory, Practice and Progress»

Collection of Scientific Papers

July 15-17, 2026
Krakow, Poland

UDC 001(08)

Science and Technology: Theory, Practice and Progress: Collection of Scientific Papers with Proceedings of the 3rd International Scientific and Practical Conference. International Scientific Unity. Krakow, Poland. July 15-17, 2026.

ISBN 979-8-89704-978-3 (series)
DOI 10.70286/ISU-15.07.2026

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

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.

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

ISBN 979-8-89704-978-3

ISU
INTERNATIONAL SCIENTIFIC UNITY

© Participants of the conference, 2026
© Collection of Scientific Papers "International Scientific Unity", 2026
Official site: https://isu-conference.com/

CONTENT

SECTION: AGRICULTURAL SCIENCES

Величко Ю.
ВПЛИВ НИЗЬКИХ ТЕМПЕРАТУР НА ЗИМОСТІЙКІСТЬ LAVANDULA ANGUSTIFOLIA MILL. В ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ В УМОВАХ ЗМІНИ КЛІМАТУ……... 11

SECTION: ART HISTORY AND LITERATURE

Вергунов С.В., Вергунова Н.С., Пунтус В.А.
ТЕХНОЛОГІЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ ФОРМИ: ВІД РЕМЕСЛА ДО ЦИФРОВОГО ВИРОБНИЦТВА СЕРІЙ…… 14

Əhmədova İ.
MƏNƏVİ-ƏXLAQİ TƏRBİYƏNİN İNCƏSƏNƏTDƏ TƏZAHÜRÜ…… 19

SECTION: BOTANY AND FORESTRY

Viniichuk M.
MORTMASS STOCKS IN THE FORESTS OF THE KOROSTEN FORESTRY……... 23

SECTION: COMPUTER ENGINEERING

Вітвіцька К.Е., Фещенко Р.Д., Тімошин А.С.
ХМАРНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК ОСНОВА СУЧАСНОЇ ІТ-ІНФРАСТРУКТУРИ……... 26

Фролов В.В.
ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОЦІНКИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ НОУТБУКА…….. 28

Batko Yu.
DESIGN OF A MICROCONTROLLER-BASED MODULE FOR ENVIRONMENTAL DATA ACQUISITION USING THE RASPBERRY PI PICO W……. 34

SECTION: ECOLOGY

Balakhanova G.V.
EVALUATION OF THE IMPACT OF INTERSPECIFIC RELATIONSHIPS IN BIOCENOSES ON BIODIVERSITY CONSERVATION……. 38

Həsənova S.M.
İSMAYILLI DÖVLƏT TƏBİƏT QORUĞUNUN DENDROLOJİ TƏRKİBİ VƏ MÜŞAHİDƏ OLUNAN MEŞƏ TİPLƏRİNİN TƏDQİQİ... 50

Balakhanova G.V.
THE IMPORTANCE OF REPRODUCTIVE STRATEGIES IN REGULATING POPULATION DYNAMICS…….. 58

Ibrahimova Q.E., Sadiqova S.A., Ismayilzade N.N.
SCIENTIFIC ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL MODELS FOR ECOSYSTEM CONSERVATION AND THE SOLUTION OF GLOBAL ECOLOGICAL PROBLEMS…… 69

SECTION: ECONOMY

Лаптєв В.І., Маков Б.П.
ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ МЕХАНІЗМ МІНІМІЗАЦІЇ МІГРАЦІЙНИХ РИЗИКІВ ТА СТИМУЛЮВАННЯ ВІДНОВЛЕННЯ ЛЮДСЬКОГО КАПІТАЛУ……. 93

Ковальова Т.В., Шагун Є.М.
БІОЕКОНОМІКА ЯК ПЕРСПЕКТИВНИЙ НАПРЯМ РОЗВИТКУ НАЦІОНАЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ В УМОВАХ СТАЛОГО РОЗВИТКУ 98

Фісуненко Н.О.
СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНІ ЕФЕКТИ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ЯК ЧИННИК ФОРМУВАННЯ СТРАТЕГІЇ ЗАХИСТУ НАЦІОНАЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ…… 101

Rakhmanska T.
THE FRANCHISING MODEL IN THE ECO-CLEANING BUSINESS AND FACTORS FOR ITS SCALING…….. 106

Kirakosyan V.
TECHNOLOGICAL DRIVERS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND ITS ROLE IN THE GLOBAL ECONOMY: INTERNATIONAL TRADE AND VALUE CHAINS……... 108

Супрун Ю.М.
ДИТЯЧИЙ ЗАКЛАД ОЗДОРОВЛЕННЯ ТА ВІДПОЧИНКУ ЯК ПРОСТІР БЕЗПЕЧНОГО ВИХОВНОГО СЕРЕДОВИЩА…….. 112

Khanumyan G.
THE IMPACT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE ON THE GLOBAL ECONOMY: A COMPARATIVE ANALYSIS OF INTERNATIONAL EXPERIENCE IN AI DEVELOPMENT…….. 118

Леонідов І.Л.
ІНДЕКС ІМПУЛЬСУ ЗРОСТАННЯ ОБСЯГІВ НАБУТОГО ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО ПРОДУКТУ У ПОРІВНЯННЯХ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО РОЗВИТКУ РОЗВИНЕНИХ КРАЇН……. 122

Свистун М.А.
ГРАНТОВА ПІДТРИМКА ПРОЄКТІВ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ НА ПІДПРИЄМСТВАХ АГРАРНОЇ СФЕРИ: СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ……. 125

SECTION: FINANCE AND BANKING

Myronets A.
DIAGNOSTIC MARKERS OF SYSTEMIC SERVICE DEGRADATION AND THEIR PREDICTIVE VALIDITY FOR COMPANY FINANCIAL INDICATORS…… 129

SECTION: HISTORY

Громова Н.О.
ШЛЮБНА МАГІЯ У БОЙКІВСЬКІЙ ЗИМОВІЙ ОБРЯДОВОСТІ…… 133

Bekh K.
UKRAINIAN WEDDING RITUALS AS A SPACE FOR THE REPRESENTATION OF COLLECTIVE MEMORY…….. 137

SECTION: INFORMATION TECHNOLOGY & CYBERSECURITY

Садова Л., Томас Р., Щавінська Д., Калякін С.
БЕЗПЕКА "ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ" (IOT): ВИКЛИКИ МАСОВОГО ВПРОВАДЖЕННЯ РОЗУМНИХ ПРИСТРОЇВ…… 141

Dudnyk O.
GENERATIVE NEURAL NETWORKS AS A TOOL FOR SOFTWARE REQUIREMENTS ANALYSIS…… 144

Свергун М.М.
МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ ВАЛІДАЦІЇ НЕЙРОМЕРЕЖЕВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ФОРМУВАННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙ КОНТЕНТУ З АДАПТИВНИМ ЗВАЖУВАННЯМ СПОЖИВЧИХ ПРІОРИТЕТІВ…….. 150

Кубышов И.Н.
МЕТОД ОЦЕНКИ КИБЕРФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ В ДИНАМИЧЕСКОЙ СРЕДЕ…… 154

SECTION: JURISPRUDENCE

Скринтовський М.С., Магера М.В., Тарнаруцька А.В.
ЦИФРОВІЗАЦІЯ ПРАВООХОРОННОЇ ДІЯЛЬНОСТІ: ПРАВОВІ ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ В УМОВАХ ОХОРОНИ ДЕРЖАВНОГО КОРДОНУ УКРАЇНИ…….. 157

Лимар О.Л.
РИЗИК-ОРІЄНТОВАНА МОДЕЛЬ АДМІНІСТРАТИВНО-ПРАВОВОГО РЕГУЛЮВАННЯ МЕДІА В ІНТЕРЕСАХ НАЦІОНАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ…… 159

Дубовик О.В.
ЗАРУБІЖНІ МОДЕЛІ ЦИФРОВОГО СУДОВОГО АДМІНІСТРУВАННЯ: ОРІЄНТИРИ ДЛЯ УКРАЇНИ……. 164

Миколайчук М., Дуліна О.
ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПРАВ УЧАСНИКІВ МУЛЬТИМОДАЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В УМОВАХ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНИХ ПОСЛУГ…….. 169

Сєргєєв В.Г.
РОЛЬ ФІНАНСОВОЇ БЕЗПЕКИ У ЗМІЦНЕННІ НАЦІОНАЛЬНОЇ СТІЙКОСТІ ДЕРЖАВИ…….. 172

Скринтовський М.С., Магера М.В., Тарнаруцька А.В.
ПРАВОВІ ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ В УМОВАХ ЮРИСДИКЦІЇ…….. 175

Sikorska N.
PIMPING IN THE CONTEXT OF PROSTITUTION LEGALIZATION: A COMPARATIVE APPROACH……. 177

Fedotov D.
PROBLEMS IN IMPLEMENTING THE PROVISIONS OF THE EUROPEAN CHARTER OF LOCAL SELF-GOVERNMENT REGARDING STATE OVERSIGHT IN UKRAINE…… 183

Сєргєєв В.Г.
ФІНАНСОВИЙ МОНІТОРИНГ У СИСТЕМІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАЦІОНАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ…… 186

SECTION: MANAGEMENT AND PUBLIC ADMINISTRATION

Kharchuk O., Mykytenko T.
ORGANIZATIONAL FORMS OF MANAGING AN ENTERPRISE'S FOREIGN ECONOMIC ACTIVITIES……. 189

Синиця С.М., Олексюк Л.І.
ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМИ МАТЕРІАЛЬНОЇ ТА НЕМАТЕРІАЛЬНОЇ МОТИВАЦІЇ ПРАЦІ ПЕРСОНАЛУ ПРИВАТНИХ РЕАБІЛІТАЦІЙНИХ ЦЕНТРІВ…… 191

SECTION: MARKETING AND ADVERTISING

Kosukhina L., Furtune V.
ALGORITHM OF THE MARKETING ENVIRONMENT ANALYSIS PROCESS…….. 195

Yang Guang
BREAKING THE NORM AND RETAINING TRAFFIC: RESEARCH ON DIGITAL NEW MEDIA MARKETING STRATEGIES FOR URBAN OLD STREET CULTURAL TOURISM…… 199

Hajoyan R., Papazyan H.
MANIPULATIV MARQETING AS A FACTOR AFFECTIG CONSUMER BEHAVIOR…… 205

Турабова Г.С.
ОРГАНИЗАЦИЯ МАРКЕТИНГОВОГО ПРОЦЕССА В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ…… 209

SECTION: MEDICINE

Пилипенко Р.В., Пилипенко В.В.
ОСОБЛИВОСТІ МЕДСЕСТРИНСЬКОЇ ПРАКТИКИ НА 3 КУРСІ МЕДИЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ В ХІРУРГІЧНОМУ ВІДДІЛЕННІ…. 211

Piechnikova O.
AGE-RELATED TRANSFORMATION OF FACIAL FAT COMPARTMENTS AND INDIVIDUALIZATION OF PROTOCOLS FOR INJECTABLE CORRECTION……. 214

Qorazov G.K., Daurenov U.E., Amirbai A.B., Isabayeva Sh.S.
NOVEL DIRECTIONS IN LIPID-LOWERING THERAPY FOR THE PREVENTION OF CARDIOVASCULAR DISEASES……... 220

Shkipor V., Bandrivsky Yu.
CHARACTERISTICS OF CALCIUM-PHOSPHORUS HOMEOSTASIS IN PATIENTS WITH GENERALIZED PERIODONTITIS AND SECONDARY EDENTULISM AT THE PREOPERATIVE STAGE OF DENTAL IMPLANTATION……. 225

Turarbekova M.Zh.
ADVANCES IN AIRWAY RECONSTRUCTION SURGERY IN ADULTS AND CHILDREN……. 228

Daurenov U.E., Turdykul D.G., Suyunbay D.S., Kydyrbek L.N.
CURRENT ADVANCES IN CLINICAL ONCOLOGY: CHALLENGES AND FUTURE PERSPECTIVES……. 233

Mirman I.K.
THE ROLE OF NEXT-GENERATION SEQUENCING IN MODERN HEMATOLOGY…… 237

Adil S.Ye.
COW'S MILK PROTEIN ALLERGY IN CHILDREN: MODERN APPROACHES TO DIAGNOSIS AND MANAGEMENT……. 243

Kuanysh Zh., Daurenov U., Nurbay O., Suyunbay D.
PATIENT-SPECIFIC IMPLANTS IN MAXILLOFACIAL RECONSTRUCTION: FROM DESIGN TO CLINICAL APPLICATION.. 248

Mukatayev E.E.
ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN OTORHINOLARYNGOLOGY SURGERY: CURRENT APPLICATIONS AND FUTURE PERSPECTIVES…… 253

Abdumalikova M.B., Daurenov U.E., Suyunbay D.S., Akbulayeva A.D.
ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN ENDOCRINOLOGY: EMERGING APPLICATIONS IN DIABETES AND OBESITY MANAGEMENT…… 258

SECTION: MILITARY AFFAIR

Душак В.В.
ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ТА АВТОНОМНИХ СИСТЕМ У ВІЙСЬКОВИХ ОПЕРАЦІЯХ…… 263

SECTION: PEDAGOGY, PHILOLOGY AND LINGUISTICS

Мунтян О.О.
ТАКТИКИ ПЕРЕКОНАННЯ ЯК КЛЮЧОВИЙ КОМПОНЕНТ ЕФЕКТИВНОСТІ ДІЛОВИХ ПЕРЕМОВИН У СУЧАСНОМУ УКРАЇНСЬКОМУ ДІЛОВОМУ ДИСКУРСІ…… 265

Криловець Н.В.
ОСНОВНІ ЛЕКСИКО-СЕМАНТИЧНІ ПРИЙОМИ МОВНОЇ ГРИ В СУЧАСНИХ РЕКЛАМНИХ ТЕКСТАХ…… 267

Грищенко О.
МЕТОДИЧНИЙ І ВИХОВНИЙ АСПЕКТИ СТАРТОВОГО РІВНЯ ЗНАНЬ З УКРАЇНСЬКОЇ МОВИ ЗА ПРОФЕСІЙНИМ СПРЯМУВАННЯМ ДЛЯ ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ МЕДИЧНОЇ ОСВІТИ……. 272

Prykhodko D.
COMPUTER-ASSISTED LEARNING SYSTEMS AS AN INTEGRAL COMPONENT OF FOREIGN LANGUAGE LEARNING…….. 275

Задачин С.С.
УЧЕНЬ ЯК ТВОРЕЦЬ AR-КОНТЕНТУ В СЕРЕДНІЙ ШКОЛІ: ПРОЄКТНЕ НАВЧАННЯ ТА ФОРМУВАННЯ ЦИФРОВИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ……... 277

Гавриловський В.
ФОРМУВАННЯ ЦИФРОВОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ МАЙБУТНІХ ПРАВООХОРОНЦІВ У ПРОФЕСІЙНІЙ ПІДГОТОВЦІ……. 279

SECTION: POLITICS AND SOCIOLOGY

Волошин Є.О.
КРИЗА ЛІВОЇ ІДЕОЛОГІЇ В СУЧАСНІЙ УКРАЇНІ: ЕЛЕКТОРАЛЬНИЙ ВИМІР…… 284

Liluashvili G.
REDEFINING WESTERN SECURITY: EURO-ATLANTIC ARCHITECTURE AND GLOBAL ORDER IN FLUX……... 290

SECTION: PSYCHOLOGY

Яновська Т.А.
ВПЛИВ СОЦІАЛЬНИХ МЕРЕЖ НА ПСИХІЧНЕ ЗДОРОВ’Я ПІДЛІТКІВ У ПЕРІОД ВІЙНИ……... 292

Қаликанова А.М.
ЖОҒАРЫ ОҚУ ОРНЫ ҚЫЗМЕТКЕРЛЕРІНІҢ ЭМОЦИОНАЛДЫҚ КҮЙЗЕЛУІНІҢ АЛДЫН АЛУДА ЖӘНЕ ПСИХОЭМОЦИЯЛЫҚ САРҚЫЛУДЫ ТӨМЕНДЕТУ ҮШІН АРТ-ТЕРАПИЯ ӘДІСТЕРІН ҚОЛДАНУ…… 296

SECTION: TECHNICAL SCIENCES

Muradov E.I.
DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A CLOUD-BASED DATA MANAGEMENT SYSTEM…….. 301

Олех Т.М.
МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ В УПРАВЛІННІ ПРОЕКТАМИ ТА ПРОГРАМАМИ…… 313

Melentyev S., Chigirinsky V.
THEORETICAL BACKGROUND FOR CREATING A PHYSICAL MODEL OF THE PROCESS OF INTERACTION OF A PLASTIC ENVIRONMENT UNDER CONDITIONS OF ASYMMETRIC LOADING ACCORDING TO THE LENGTH OF THE DEFORMATION ZONE……. 315

Гонта Д.
ОПТИМІЗАЦІЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ЕКСТРУДЕРІВ ЗАСОБАМИ ПАРАМЕТРИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТА АДИТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ…….. 318

Солодка В., Сабірянов Р.
ШВИДКІ ВЕЙВЛЕТ-ПЕРЕТВОРЕННЯ У ЗАДАЧАХ ПОТОКОВОЇ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ У ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ. 322

SECTION: TOURISM AND HOTEL AND RESTAURANT BUSINESS

Li Yang
CROSS-BORDER DIGITAL PAYMENT INTEROPERABILITY AND SUSTAINABLE TOURISM: INSTITUTIONAL FRICTION IN CHINA–UZBEKISTAN TOURISM COOPERATION…… 326

Li Yang
COMPARATIVE ANALYSIS OF DIGITAL TOURISM PLATFORM ECOSYSTEMS: ADAPTIVE IMPLICATIONS FOR UZBEKISTAN'S SUSTAINABLE TOURISM DEVELOPMENT……... 332

SECTION: AGRICULTURAL SCIENCES

ВПЛИВ НИЗЬКИХ ТЕМПЕРАТУР НА ЗИМОСТІЙКІСТЬ LAVANDULA ANGUSTIFOLIA MILL. В ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ В УМОВАХ ЗМІНИ КЛІМАТУ

Величко Юлія
к. с.-г. н., доцент
Уманський національний університет, Україна

В Україні до 2014 року масове промислове вирощування лаванди вузьколистої було зосереджене виключно в нині окупованому Криму.

У період з 2015 по 2018 роки розпочалось масове комерційне та туристичне вирощування лаванди вузьколистої у більшості регіонів України. Це було обумовлено кількома факторами, а саме зміною клімату та девирсифікацією бізнесу. Незважаючи на загальну тенденцію до підвищення середньорічної температури, зимові сезони характеризуються значною мінливістю погодних факторів: різкими коливаннями температури повітря, чергуванням морозів і відлиг, нестійким сніговим покривом та дефіцитом ґрунтової вологи. Зими в Україні стали більш м’якими, а літо – спекотнішим і посушливішим, що створило ідеальні умови для вирощування цієї культури. Лаванду вузьколисту почали використовувати не лише, як сировину для косметики, чаїв, збору меду, вона набула популярності і як декоративну культуру в композиціях на садово-паркових об’єктах та в масових насадженнях для створення фотозон на туристичних маршрутах [1].

Починаючи з 2015 до 2025 року лавандові насадження в Україні мали значний попит в різних сферах застосування. Однак, зима 2025-2026 років стала критичною для лаванди вузьколистої майже по всій території країни, постраждали навіть насадження в південних регіонах.

Відповідно до наших спостережень, найбільш негативний вплив на рослини лавники вузьколистою мають не абсолютні мінімальні температури, а їх різкі коливання впродовж зимово-весняного періоду. Відлиги, які спостерігаються в лютому-березні, сприяють передчасній активізації фізіологічних процесів, а різке повернення морозів викликає пошкодження молодих пагонів та окремих ділянок кореневої шийки. Також, при недостатньому сніговому покриві, або його повної відсутності, підвищується ризик фізіологічного висушування рослин, особливо при наявності сильних вітрів та протягів, у місцях посадки рослин [2, 3].

У 2021 році в Уманському національному університеті розпочали закладку насадження лаванди вузьколистої. Впродовж наступних трьох років, щороку восени висаджували однорічні саджанці лаванди, збільшуючи площу насаджень.

Таким чином, ми отримали різновікові насадження, які зростають в однакових умовах. Це дозволило нам проводити не лише фенологічні спостереження, а й дало можливість робити порівняльний аналіз впливу різних факторів на рослини різного віку, зокрема на їх зимостійкість.

Умови зими 2025-2026 років виявились не типовими для даної грунтово-кліматичної зони. В грудні температурні показники коливались від 0 до + 2 ℃, сніговий покрив був відсутній. Наприкінці січня — на початку лютого 2026 року Черкащина пережила найсильнішу хвилю холоду за останні кілька зим. В області місцями фіксували −22...−25 °C, а на поверхні снігу до −29 °C. У цей період сформувався тимчасовий сніговий покрив, який в свою чергу, став тим фактором, який запобіг масовому вимерзанню кущів лаванди.

Проведені спостереження показали, що наймолодші, дворічні, насадження не постраждали від критично низької температури, однак більш старші насадження частково підмерзли. Загалом, невиправні втрати від низьких температур склали 1 % від загальної кількості рослин

Ще у 2% рослин відзначалося часткове підмерзання верхівок пагонів, нерівномірне відновлення крони навесні та тимчасове зниження декоративності. Найкращу зимостійкість продемонстрували добре розвинені рослини, висаджені на сонячних ділянках із легкими, добре дренованими ґрунтами, без застою води.

Встановлено, що важливими адаптаційними ознаками лаванди є компактна форма куща, здатність до швидкого весняного відростання, висока регенераційна здатність пагонів після часткового підмерзання та добре розвинена коренева система. Ці особливості забезпечують стабільне збереження декоративних властивостей навіть після впливу несприятливих зимових факторів. Не менш важливим фактором є вибір місця вирощування лаванди вузьколистої. Як показали спостереження і аналіз стану насаджень на різних локаціях в умовах Правобережного Лісостепу України, декоративні насадження в міських умовах менше постраждали від несприятливих умов зимівлі, порівняно з масовими насадженнями за містом. Це можна пояснити різницею температур міського середовища та відкритої місцевоті за межами міста. Як правило різниця складає від 3 до 5℃.

Отже, кліматичні умови зими 2025–2026 років стали додатковим фактором перевірки адаптивного потенціалу лаванди вузьколистої в умовах Правобережного Лісостепу України. Найбільшу небезпеку для рослин становили не низькі температури, а часті цикли відлиг і повторних морозів за нестійкого снігового покриву. Однак Lavandula angustifolia Mill. продемонструвала достатньо високий рівень зимостійкості та здатність до швидкого відновлення після незначних зимових пошкоджень.

За дотримання оптимальної агротехніки та правильного добору місця посадки лаванда є перспективною культурою для широкого використання у декоративних насадженнях в умовах Правобережного Лісостепу України.

Список використаних джерел

1. Єжов, В.М., Рудник-Іващенко, О.І., Шевель, Л.О. (2014). Виробництво декоративних рослин в Україні: перспективи структурування та сталого розвитку. Вісник аграрної науки, 12, 10–15.
2. Кременчук Р. І., Китаєв О. І. (2013) Оцінка морозостійкості лаванди вузьколистої (Lavandula angustifolia). Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. №2. С. 155–161. DOI: 10.21498/2518-1017.13.2.2017.105397
3. Gorbunov Y. (2025) Lavender Breeding for Winter Hardiness in a Temperate Climate. Horticulturae. 11(2):139.

SECTION: ART HISTORY AND LITERATURE

DOI 10.70286/ISU-15.07.2026.001

ТЕХНОЛОГІЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ ФОРМИ: ВІД РЕМЕСЛА ДО ЦИФРОВОГО ВИРОБНИЦТВА СЕРІЙ

Вергунов Сергій Віталійович
кандидат мистецтвознавства, професор,
завідувач кафедри «Дизайну та інтер'єру»
Вергунова Наталія Сергіївна
кандидат мистецтвознавства, доцент,
завідувач кафедри «Дизайну та 3D-моделювання»
Пунтус Вероніка Андріївна
здобувачка вищої освіти бакалаврського рівня
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова
м. Харків, Україна

Анотація: У сучасному дизайні технологія перестала бути лише способом виготовлення виробу. Вона дедалі більше визначає його форму, конструкцію, естетику та функціональні можливості. Якщо традиційне ремесло формувало об'єкт через ручну працю та досвід майстра, то сучасні цифрові технології дозволяють створювати складні геометричні форми, які раніше були практично неможливими для виготовлення. Таким чином, розвиток виробничих технологій безпосередньо впливає на еволюцію предметного дизайну.

Ключові слова: технологія, форма, дизайн, ремесло, промислове виробництво, цифрове проєктування, параметричний дизайн, 3D-друк, масова кастомізація, серійне виробництво. Ремесло як джерело форми: Протягом століть форма предмета залежала від властивостей матеріалу та ручних технологій його обробки. Майстер адаптував конструкцію до можливостей дерева, металу, глини чи текстилю. Кожен виріб мав індивідуальні особливості, що виникали в процесі ручної роботи. Саме технологія ремесла визначала характер поверхні, пропорції, декоративні елементи та конструктивні рішення.

Стілець Windsor Chair (Рис. 1.1) (XVIII ст.) демонструє, як токарна обробка деревини та ручне з'єднання деталей сформували характерну легку конструкцію із тонкими вертикальними спицями та масивним сидінням.

Рис. 1.1 Windsor Chair

Промислова революція та стандартизація форми: Із розвитком промислового виробництва форма почала визначатися не лише майстерністю, а й вимогами серійного виготовлення. Використання пресування, лиття та механічної обробки дозволило значно зменшити собівартість виробів і зробити дизайн доступним широкому колу споживачів.Одночасно зросла роль конструктивної простоти та стандартизації.

Стілець Model No.14 (Рис. 1.2) компанії Thonet став одним із перших прикладів масового дизайну. Завдяки технології згинання деревини парою конструкція складалася лише з шести основних деталей, що значно спростило виробництво та транспортування.

Рис. 1.2 Model No.14, Thonet

Нові матеріали — нові можливості формоутворення. Поява фанери, алюмінію, пластмас і композитів відкрила дизайнерам можливість створювати плавні, ергономічні та цілісні форми. Конструкція дедалі частіше визначалася властивостями матеріалу, а не традиційними способами його обробки.

Крісло Lounge Chair (Рис. 1.3) Чарльза та Рей Імзів стало знаковим прикладом використання технології формування багатошарової фанери, що дозволило отримати складну вигнуту поверхню із високим комфортом.

Рис. 1.3 Lounge Chair, Charles та Ray Eames

Цифрове проєктування як новий етап формотворення: Комп'ютерне моделювання та параметричний дизайн суттєво змінили процес створення виробів. Форма більше не обмежується простими геометричними елементами – вона може бути результатом математичних алгоритмів, аналізу навантажень або поведінки матеріалу. Параметричне моделювання дозволяє швидко створювати десятки варіантів виробу, автоматично змінюючи його геометрію відповідно до заданих параметрів.

Лавка Bone Bench (Рис. 1.4) розроблена студією Joris Laarman Lab була створена за допомогою алгоритмів оптимізації конструкції, що імітують природний ріст кісткової тканини. Її форма виникла не шляхом художнього моделювання, а внаслідок цифрового розрахунку.

Рис. 1.4 Bone Bench, Joris Laarman Lab

Адитивні технології та цифрове виробництво серій: 3D-друк зробив можливим виробництво складних виробів без традиційних прес-форм та дорогого оснащення. Це відкрило шлях до економічно вигідного випуску малих серій і навіть персоналізованих виробів без збільшення вартості виробництва. Особливістю цифрового виробництва є те, що кожен екземпляр може відрізнятися від попереднього, але виготовляється тим самим технологічним процесом. Колекція меблів MX3D створюється за допомогою роботизованого 3D-друку металом, що дозволяє отримувати складні просторові конструкції без традиційного зварювання.

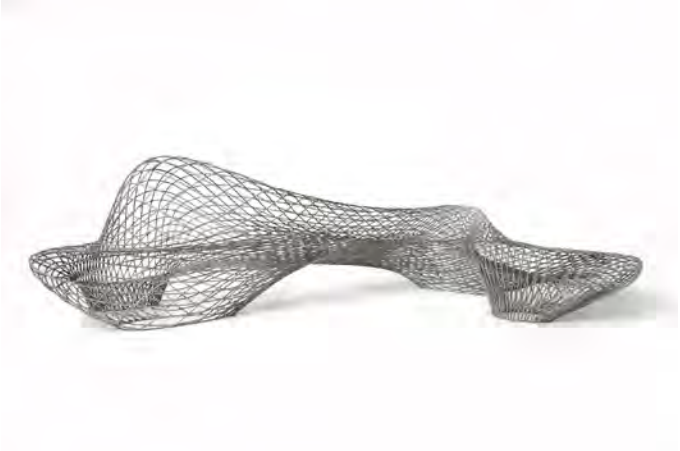

Рис. 1.5 MX3D

Масова кастомізація як новий напрям розвитку дизайну: Поєднання цифрового моделювання, автоматизованого виробництва та сучасного програмного забезпечення дозволило перейти від масового виробництва однакових виробів до масового виробництва індивідуальних об'єктів. Споживач може самостійно змінювати параметри майбутнього виробу без втручання конструктора. Компанія Nike використовує технологію 3D-друку для виробництва підошов серії Air Max 1000 (Рис. 1.6), адаптованих до різних вимог користувачів.

Рис. 1.6Air Max 1000

Висновки

Еволюція виробничих технологій демонструє, що технологія є не лише способом виготовлення, а й одним із головних чинників формотворення. Від ручного ремесла до цифрового виробництва вона поступово перетворилася на інструмент, який визначає геометрію, конструкцію, функціональність та естетику виробу. Зміна технологічної бази завжди впливала на те, яким ставав предмет: від унікального, створеного майстром об'єкта — до стандартизованого промислового виробу, а згодом до гнучкої цифрової моделі, яку можна адаптувати під конкретні потреби користувача.

Важливо, що в сучасному дизайні технологія вже не виступає лише як завершальний етап реалізації задуму. Вона стає активною частиною творчого процесу, впливаючи на саму логіку проєктування. Дизайнер сьогодні працює не тільки з формою як такою, а й з алгоритмами, параметрами, цифровими моделями, властивостями матеріалів і можливостями виробничого обладнання. Це означає, що межа між проєктуванням і виробництвом поступово стирається, а форма дедалі частіше народжується одночасно з технологією її виготовлення.

Окремо слід підкреслити, що перехід до цифрових методів виробництва не скасовує значення ремесла, а радше переосмислює його. Ремісnича культура навчила дизайн уважності до матеріалу, точності пропорцій і якості виконання, тоді як цифрові технології розширили ці принципи до рівня складних систем, серійного виробництва та персоналізації. Таким чином, сучасний дизайн поєднує в собі спадкоємність традицій і інноваційність нових інструментів.

Отже, технологія в дизайні є не нейтральним засобом, а потужним формоутворювальним чинником, який визначає не лише спосіб виготовлення предмета, а й його художню мову, функціональну структуру та соціальну роль. Саме тому подальший розвиток дизайну буде нерозривно пов'язаний із розвитком виробничих технологій, цифрових платформ і нових матеріалів. У цьому контексті майбутнє предметного дизайну полягає в пошуку балансу між технологічною ефективністю, естетичною виразністю та індивідуальними потребами людини.

Список використаних джерел

1. Windsor Chair: https://e-mebel.net.ua/udobnye-stulya-7-stilnyh-variantov
2. Thonet Model No. 14: https://gebruederthonetvienna.com/en/products/n-14
3. Charles Eames та Ray Eames Lounge Chair: https://www.eamesoffice.com/the-work/lcw/
4. Joris Laarman Bone Bench: https://www.jorislaarman.com/work/bone-chaise/
5. MX3D Metal Furniture: https://high.org/collection/mx3d-dragon-bench-prototype/
6. NikeAirMax1000: https://monofilament.com.ua/

MƏNƏVİ-ƏXLAQİ TƏRBİYƏNİN İNCƏSƏNƏTDƏ TƏZAHÜRÜ

İlahə Əhmədova
müəllim
Hədəf liseyi, Azərbaycan,
Quba rayonu K.Pənahov adına ümumi orta məktəb

Xülasə. Mənəvi-əxlaqi tərbiyə şəxsiyyətin formalaşmasında mühüm rol oynayan amillərdən biridir. İnsanın mənəvi dəyərlərə yiyələnməsi, düzgün davranış qaydalarını mənimsəməsi və cəmiyyətə faydalı şəxs kimi yetişməsi tərbiyə prosesinin əsas məqsədlərindəndir. İncəsənət isə mənəvi və əxlaqi dəyərlərin cəmiyyətə ötürülməsində təsirli vasitə hesab olunur. Ədəbiyyat, musiqi, rəssamlıq, teatr və digər incəsənət növləri insanın hisslərinə təsir etməklə onun daxili dünyasının zənginləşməsinə kömək edir. Məqalədə mənəvi-əxlaqi tərbiyənin mahiyyəti, onun incəsənətdə təzahürü və şəxsiyyətin inkişafına təsiri araşdırılmışdır.

Açar sözlər: mənəvi tərbiyə, əxlaqi dəyərlər, incəsənət, şəxsiyyətin inkişafı, estetik tərbiyə, mədəniyyət, yaradıcılıq.

Müasir dövrdə cəmiyyətin inkişafı ilə yanaşı insanların mənəvi keyfiyyətlərinin formalaşdırılması mühüm məsələlərdən biri hesab edilir. Mənəvi-əxlaqi tərbiyə insanın daxili aləminin zənginləşdirilməsinə, onun sosial davranışının düzgün istiqamətləndirilməsinə xidmət edir. Gənc nəslin milli və ümumbəşəri dəyərlərə əsaslanan şəkildə tərbiyə olunması cəmiyyətin gələcək inkişafı üçün vacibdir.

İncəsənət insan həyatının ayrılmaz hissəsidir və tərbiyə prosesində xüsusi əhəmiyyətə malikdir. İncəsənətin müxtəlif növləri insanlarda mərhəmət, vətənpərvərlik, xeyirxahlıq, dürüstlük və digər mənəvi keyfiyyətlərin formalaşmasına təsir göstərir. Buna görə də incəsənətin tərbiyəvi imkanlarının öyrənilməsi aktual məsələlərdən biri hesab edilir.

Mənəvi-əxlaqi tərbiyə insanların cəmiyyət daxilində qəbul edilmiş davranış normalarını, dəyərləri və prinsipləri mənimsəməsinə yönəlmiş məqsədyönlü prosesdir. Bu proses şəxsiyyətin hərtərəfli inkişafına şərait yaradır.

İncəsənət mənəvi dəyərlərin təbliği və ötürülməsi baxımından mühüm rol oynayır. Ədəbiyyat insanlara müxtəlif həyat hadisələrini və xarakterləri təqdim etməklə onların düşüncə tərzinin inkişafına təsir edir. Musiqi insanın emosional vəziyyətinə təsir göstərərək mənəvi hisslərin formalaşmasına kömək edir. Rəssamlıq və teatr insanlarda estetik zövq, dünyagörüşü və yaradıcı təfəkkürü inkişaf etdirir.

Azərbaycan incəsənətində də mənəvi-əxlaqi tərbiyənin təzahürü geniş şəkildə müşahidə olunur. Nizami Gəncəvinin əsərlərində insanpərvərlik, ədalət və mənəviyyat məsələləri ön plana çəkilmişdir. Üzeyir Hacıbəylinin yaradıcılığında milli-mənəvi dəyərlər və maarifçilik ideyaları öz əksini tapmışdır.

Təhsil təkcə bilik və bacarıqlardan ibarət deyil, o, həmçinin insanı mənəvi tərəfdən inkişaf etdirən və şəxsiyyətinin formalaşmasına mütəmadi xidmət göstərən faktordur. Bu əsasla təhsil ocaqlarının fəaliyyətini daha da gücləndirmək və təhsil sistemində olan boşluqları doldura bilmək üçün sözün əsl mənasında səfərbər olmaq

lazımdır. Şübhəsiz bu məmləkətin dünyaya neçə-neçə mədəniyyət və incəsənət xadimləri, alim və ziyalı şəxslər bəxş etdiyi təsadüfi deyil. Ötən illərlə müqaisədə bu günkü təhsil sahəsində aparılan islahatların nəticəsi ürək açan hesab olsa da, bəzi problemlərin mövcudluğu danılmazdır.

Müasir pedaqogikanın əsas problemlərindən biri mənəvi-əxlaqi tərbiyə problemidir. Təbii ki bu problem həmişə pedaqoji prosesin mərkəzində olub. Bunu da mənəvi dəyərlərin tənəzzülə uğramasıyla əlaqələndirmək olar ki, hazırki dövr tarix, mədəniyyət, incəsənət kimi sahələrə marağın azalması ilə müşhaidə olunur. Lakin insan həm rosional, həm də emosional müstəvidə hərəkət edən varlıq olduğu üçün məktəblərdə tədris olunan humanitar və incəsənət fənləri uşaqların mənəvi-əxlaqi tərbiyəsinə, bədii-estetik zövqünün təkmilləşməsinə müsbət təsir edən əsas faktorlardandır. Əksər tədqiqatçılar təsviri incəsənət, ədəbiyyat və musiqinin mənəvi-əxlaqi tərbiyə metodikası kimi qiymətləndirərək əhəmiyyətli olduğunu hər zaman dilə gətirirlər. Əsas aktual mövzu isə məktəblərdə təhsili ilə paralel mənəvi-əxlaqi tərbiyə mexanizimidir ki, məktəblilərə "Təsviri incəsənət" və digər incəsənət fənlərinin forma və üsulubunu nəzərdən keçirərək tədris etmək istədiyimiz nəticəni almağımız üçün ən doğru vasitələrdən biri ola bilər.

"Təsviri sənət" fənni mühüm pedaqoji vəzifələri yerinə yetirir: obrazlı təfəkkürün inkişafı ilə yanaşı, vizual qavrayışların, təxəyyülün, məkan təsvirlərinin, yaddaşın formalaşması, hisslər və digər idrak prosesləri ilə şagirdin mənəvi-əxlaqi mədəniyyətinin kamilləşməsində böyük rol oynayır. Təsviri sənət incəsənətin ən qədim növlərindən biri olmuşdur. Təsviri sənət qədim daş dövründə qayaüstü təsvirlər şəklində meydana gəlmiş, ibtidai dövrdən indiyədək uzun inkişaf yolu keçmiş, daima yeni praktiki kəşflər və bədiinailiyyətlərlə zənginləşmişdir.

İlk sənət abidələri son paleolit dövründə yaranmışdır. Bu dövrün adamı, ilk növbədə, ovçu idi, onun bədii yaradıcılığı ova həsr olunmuşdu. Qədim insan obyektin formasını diqqətlə öyrənir, onun xarakterik xüsusiyyətlərini yadda saxlayırdı. İbtidai insanların bir çox rəsmləri sehrli, ritual xarakter daşıyırdı və beləliklə, insan düşüncəsinin bir növ ötürülməsi rolunu oynayırdı. Qayaüstü rəsmlər əsasında sonradan piktoqrafik yazı yarandı. İbtidai insanlar istənilən işdə təcrübə qazanaraq onu öz nəsillərinə ötürməyə çalışırdılar. Vizual bacarıqların mənimsənilməsinin birbaşa, canlı müşahidə və təqlid xarakteri daşıdığını düşünməyə bir çox əsaslar var. Eyni zamanda ibtidai rəssam ümumiləşdirmə, formalaşdırmanın əsaslarını dərk etmək, cisimlərin formasının təbiətindəki oxşarlıq və fərqləri sezmək qabiliyyətinə yiyələnir. Sxematiklik rəssamın fantaziyasının mücərrəd məhsulu deyil, formanın tədricən sadələşdirilməsi prosesinin təzahürü idi. Usta nəinki gördüklərini qələmə alır, həm də obrazına müəyyən düşüncə və məzmun anlatmağa çalışırdı.

İbtidai rəssamlar təsviri sənətin bütün növlərinin: qrafika, rəngkarlıq, heykəltəraşlıq sənətinin baniləri oldular. Rəsm çəkməyi öyrənmək qanuni hüquqlarını əldə etməyə başladı. Tədris texnikası və metodlarının inkişafına o dövr üçün xarakterik olan təsvirin sxematikliyi və şərtiliyə kömək etdi — rəssam tələbəsinə öyrətdiyi müəyyən kanonlaşdırılmış forma və qaydalara əməl etdi. Barbarlığın gec dövründə təsviri sənətin tədrisi daha mütəşəkkil aparılmağa başladı.Artıq metodika yayılmağa başlamış və prinsiplər əmələ gəlmişdir.

Təsvirin məlum prinsiplərinə və texnikasına ciddi əməl edilmişdir. Təsviri sənət vizual təsvirlərin köməyi ilə reallığı əks etdirir:

- ətraf aləmin müxtəlifliyi;
- insan düşüncələri və hissləri.

Bu, ətraf mühiti və özünüzü tanımağın bir yoludur. Bunun üçün rəssam ümumiləşdirmə və təxəyyüldən istifadə edir. Təsvirin yaranması bir növ daxili və xarici aləmə insanın bədii reaksiyasını əks etdirməyə kömək edir. Təsviri incəsənətində öz əlifbası var ki, bunlar onun növləri və janrları sayılır. Təsvirisənət növləri: memarlıq, boyakarlıq, qrafika sənəti, heykəltəraşlıq, incəsənət və sənətkarlıq, teatr və dekorativ sənət, dizayn, memarlıq. Memarlıq insanların həyatı və fəaliyyəti üçün bina və tikililər tikmək sənətidir.“Memarlıq” sözü yunanca “Archus”dan gəlir – əsas, ən yüksək; deməkdir. Boyakarlıq təsviri sənətin bir növüdür, ətrafımızdakı dünyanı səthdəki boyalarla tutmaq üsuludur. Rəssamlığın əsas ifadə vasitəsi rəngdir ki, bu da tamaşaçı tərəfindən şəklin ümumi qavranışına təsir edir, mühüm detallara diqqət yetirməyə imkan verir, əsərin emosional komponentini gücləndirir. Rəssamın rəngi, həcmini, məkanı dəqiq çatdırması üçün lazım olan çalarlar və tonlar palitrada rəngləri qarışdırmaqla əldə edilir. Boyakarlığın aşağıdakı əsas növləri vardır: Dəzgah boyakarlığı. Adını dəzgah mənasını verən «maşın» sözündən almışdır. Həmişə və hər yerdə yazmağa öyrəşmiş əsl sənətkarlar bu üç-dörd ayaqlı “dost”la demək olar ki, heç vaxt ayrılmırlar. Kətanı dəzgahın üstünə qoyan usta, nəinki təhrif etmədən maraqlı bir süjet çəkmək imkanına malikdir (masa arxasında oturarkən rəsm çəkərkən olduğu kimi), həm də nəticəni qiymətləndirmək üçün vaxtaşırı işdən uzaqlaşır. Bu texnika böyük mənzərəni görməyə və qüsurları tez bir zamanda düzəltməyə imkan verir.

Monumental boyakarlıq. Memarlıqla ayrılmaz şəkildə bağlıdır. Onun digər adı «divar rəsm» mənasını verən «mural»dır. Binaların tavanları və divarları monumental rəsmlərlə bəzədilir. Bir qayda olaraq, belə bir «kətan» süjeti quruluşun məqsədini vurğulayır, onunla həm bədii, həm də tematik olaraq vahid bir konsepsiya təşkil edir. Çox vaxt freska texnikası istifadə olunur — yaş gips üzərində rəsm. Yağlı divar boyakarlığı divara yağlı boya ilə çəkilmiş rəsmlərdir. Miniatür kiçik ölçülü və bədii üsullarının xüsusi incə olması ilə fərqlənən boyakarlıq əsərləridir.Əsasən dini və ədəbi əlyazmaların, kitablarının illüstrasiyalarla bəzədilməsində miniatürdən geniş istifadə olunmuşdur.

Mozaika xırda rəngli şüşə parçalarının kompozisiya əsasında yaş suvağın üzərinə düzülməsi ilə yaranan təsvirdir. Rəsmlər karandaş, mürəkkəb, tuş və başqa metodlarlada çəkilir. Qrafika sənəti. Qrafika rəsm və çap şəkillərini özündə birləşdirən təsviri sənət növüdür. «Qrafo» — Mən yazıram, çəkirəm, deməkdir. İlk qrafika əsərləri ibtidai incəsənətin qayaüstü rəsmləridir.Qədim Yunanıstanda qrafika sənəti ən yüksək səviyyədə idi — vaza rəngkarlığı. Qrafika iki növə bölünür: ənənəvi və çap qrafikası.

Heykəltəraşlıq termini latınca «sculpere» — kəsmək, oymaq sözündən gəlir. Rəngkarlıq və qrafikadan fərqli olaraq, heykəltəraşlıqda həcm var.Heykəl üçölçülü təsvirdir. Materiallar: sümük, daş, ağac, gil, metal və başqaları.Heykəltəraşsənətin ən qədim növlərindəndir. İlk heykəltəraşlıq əsərləri qədim tanrıları təsvir edən bütlər idi. Heykəltəraşlıq növləri bölünür: dəzgah və monumental (abidələr, abidələr) və monumental-dekorativ (memarlıq dekorasiyası).

Dekorativ və Tətbiqi İncəsənət (DTS). Hər evdə müxtəlif obyektlər yaşayır və bizə xidmət edir. Əgər onlara bir sənətkarın, zərgərin əli toxunmuşdusa, onda onlar sənət və sənət əsərinə çevrilirlər. Termin 18-ci əsrdə ortaya çıxdı. fransızca «dekor» sözündən yaranıb- hər yerdə bəzək deməkdir. Tətbiq o deməkdir ki, hansı bacarıq, sənət tətbiq olunur.

Dizayn. İbtidai dövrdən başlayaraq bu sənət növünün inkişafını izləmək olar. Lahiyə fikir deməkdir. Əsas vəzifəsi gündəlik əşyaları rahatlaşdırmaq asanlaşdırmaqdır. Teatr və dekorativ sənət həmdə boyakarlığın bir növü kimi bilinir. Bu sənət növünə dekorasiya, rekvizit, kostyum, qrim yaradılması daxildir.

Təsviri incəsənətin janrları. «Janr» termini fransızcadan gəlir — növ, cins deməkdir. İlk müstəqil janrlar 16-cı əsrdə Hollandiyada meydana çıxdı. Təsviri incəsənətin növ Natürmort, portret, mənzərə və süjetli əsərlər janrına bölünür. Süjetli əsərlər özü: əsatir, tarixi, batal, məşiət və animalistikaya bölünür. Təsviri incəsənət insanın estetik və daxili aləmində böyük rol oynayır. Təsviri incəsənət fənni bizim mədəniyyətimizi və əxlaqi keyfiyyətimizi sərgiləməkdə böyük dəstək göstərir. Bu səbəblərdən təsviti incəsənət fənni məktəb, şagird və insanlar üçün mühimi faktordur.

Belə nəticəyə gəlmək olar ki, mənəvi-əxlaqi tərbiyənin formalaşdırılmasında incəsənət mühüm vasitələrdən biridir. İncəsənət insanın mənəvi aləmini zənginləşdirir, estetik zövqünü inkişaf etdirir və müsbət davranış keyfiyyətlərinin yaranmasına təsir göstərir. Gənc nəslin tərbiyəsində incəsənətin imkanlarından səmərəli istifadə olunması şəxsiyyətin hərtərəfli inkişafına və sağlam cəmiyyətin formalaşmasına mühüm töhfə verə bilər.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Hüseyn Əhmədov. Pedaqogika. Bakı: Elm və Təhsil, 2010.
2. Ağayev Ə.Ə. Tərbiyə nəzəriyyəsi. Bakı: Təhsil, 2006.
3. Həşimov Ə., Sadıqov F. Azərbaycan pedaqogikası. Bakı: Maarif, 1993.
4. Nizami Gəncəvi. Xəmsə. Bakı: Şərq-Qərb, 2004.
5. Hacıbəyli Ü. Seçilmiş əsərləri. Bakı: Yazıçı, 1985.
6. Quliyev Q. Estetik tərbiyənin əsasları. Bakı: Təhsil, 2008.
7. Abbasov A. Təhsildə mənəvi dəyərlər. Bakı: Elm, 2012.

SECTION: BOTANY AND FORESTRY

MORTMASS STOCKS IN THE FORESTS OF THE KOROSTEN FORESTRY

Viniichuk Mykola
Bachelor's Degree Student (First Cycle of Higher Education)
Faculty of Forestry and Ecology
Polissia National University, Zhytomyr, Ukraine

Forests are among Ukraine's most important natural resources, performing numerous ecological, economic, and social functions. They contribute to biodiversity conservation, regulate the water balance, protect soils from erosion, create favorable microclimatic conditions, provide a source of timber resources, and play a significant role in atmospheric carbon sequestration. Under the current conditions of climate change, increasing anthropogenic pressure, and the need to implement the principles of sustainable forest management, comprehensive research should focus not only on the living biomass of forest ecosystems but also on their mortmass.

Mortmass is the total amount of dead organic matter of woody origin, including standing dead trees, fallen deadwood, stumps, dead roots, logging residues, and other woody debris. It is an integral component of forest ecosystems, participating in nutrient and energy cycling, providing habitats for numerous species of plants, fungi, invertebrates, and vertebrates, and playing a crucial role in the accumulation and long-term storage of organic carbon. At the same time, the merchantable portion of mortmass represents a potential resource for the wood-processing and bioenergy industries, highlighting the importance of its rational assessment, inventory, and sustainable utilization.

The relevance of this study is determined by the need to improve the assessment of mortmass stocks in Ukrainian forests, optimize their economic utilization, and ensure a balance between economic interests and the conservation of natural ecosystems. Particular attention should be given to the forests of the Ukrainian Polissia, where Scots pine and mixed oak–pine stands predominate and are characterized by substantial accumulations of deadwood. The Korosten Forestry is one of the largest forestry units in Zhytomyr Region, and its forests are distinguished by high productivity, considerable timber resources, and a wide variety of forest site conditions. These characteristics make it an appropriate study area for investigating the formation, accumulation, and utilization of mortmass.

The forests of the Korosten Forestry are located within the Ukrainian Polissia zone, where Scots pine and mixed oak–pine stands are dominant. These forests are characterized by the gradual accumulation of deadwood resulting from the natural aging of forest stands, windthrow, snow damage, and periodic outbreaks of forest pests. A significant proportion of the forests consists of middle-aged and maturing stands,

which contributes to the formation of substantial mortmass stocks within forest ecosystems [1;3].

Mortmass stocks in the forests of the Korosten Forestry depend on the age structure of the stands, species composition, and the intensity of forest management practices. The largest volumes of deadwood are found in mature and overmature stands, where natural tree mortality occurs more intensively. In contrast, young and middle-aged stands contain considerably smaller amounts of mortmass due to the high vitality of trees and the implementation of regular silvicultural tending operations.

According to the latest forest management plan for the Korosten Forestry, the total area of the forest fund is 124,067.2 ha, of which 109,047.2 ha are covered by forest vegetation. The dominant tree species are Scots pine (Pinus sylvestris L.) and pedunculate oak (Quercus robur L.), which are characteristic of the Central Polissia region of Ukraine. In the pine and mixed oak–pine forests of the Polissia, mortmass generally accounts for 6-2% of the total living phytomass stock (Fig. 1). In FSC-certified forests, including the Korosten Forestry, this proportion is often close to the upper limit due to the retention of standing dead trees and fallen deadwood as part of sustainable forest management practices. Assuming an average growing stock of 260 m³/ha, which is typical for the pine forests of the Central Polissia, the total timber stock of the Korosten Forestry can be estimated as follows:

109 047,2 × 260 = 28,35 mln. m³

At a mortmass proportion of 8%:

28,35 × 0,08 = 2,27 mln. m³

Therefore, the estimated mortmass stock in the forests of the Korosten Forestry can be estimated at 2,2 - 2,8 mln. m³.

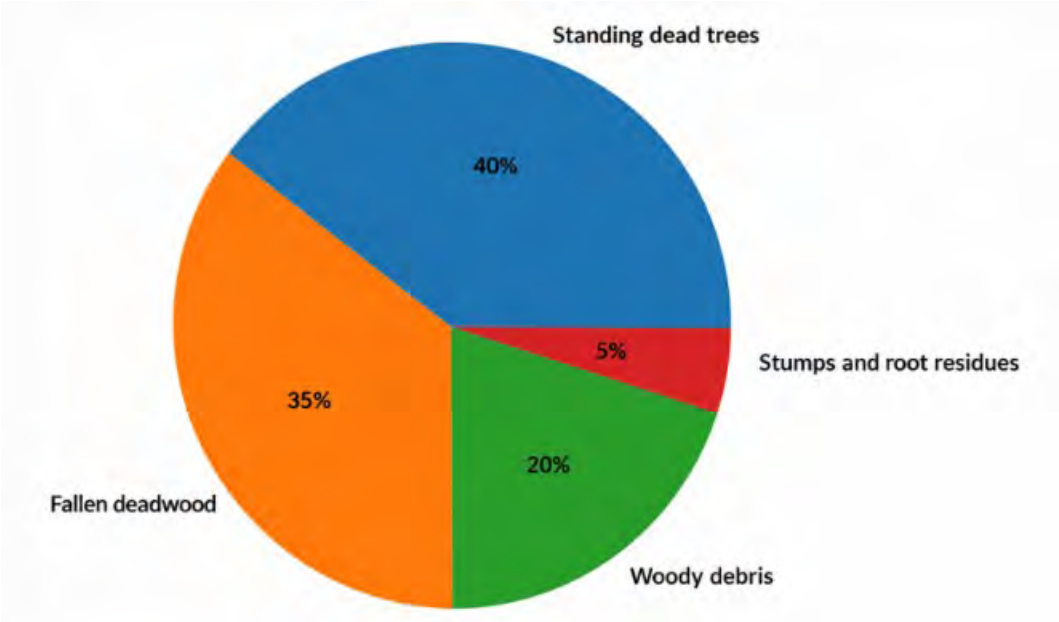

Figure 1. Composition of mortmass in the forests of the Korosten Forestry (compiled from [2])

Therefore, the analysis of the mortmass structure in the forests of the Korosten Forestry indicates that deadwood is an important component of forest ecosystems, performing both economic and ecological functions. Standing dead trees constitute the

largest proportion of mortmass (40%), which can be explained by the natural aging of forest stands, the influence of adverse climatic conditions, outbreaks of pests and diseases, as well as forest management activities. The second largest component is fallen deadwood (35%), which is formed through natural tree mortality and the effects of windthrow, snow breakage, and other natural disturbances. Woody debris (20%) consists primarily of logging residues remaining after thinning and sanitary cuttings. The smallest proportion of mortmass is represented by stumps and root residues (5%), which, despite their relatively small volume, play an important role in humus formation and nutrient cycling.

The assessment of mortmass merchantability demonstrated that approximately 55% of the total mortmass stock consists of merchantable deadwood, which may be utilized by the wood-processing industry or for bioenergy production. At the same time, 45% is classified as non-merchantable mortmass, which primarily fulfills ecological functions by supporting biodiversity, maintaining soil ecosystem processes, and contributing to the accumulation of organic matter.

The analysis of decomposition stages indicates the continuous renewal of deadwood within the forests of the Korosten Forestry. The largest proportion of mortmass is represented by wood in the early and intermediate stages of decomposition, reflecting a stable process of natural organic matter cycling and indicating the satisfactory ecological condition of these forest ecosystems.

Thus, the mortmass structure in the forests of the Korosten Forestry is characterized by the predominance of standing dead trees and fallen deadwood, a substantial proportion of merchantable mortmass, and a sufficient diversity of decomposition stages. The obtained results confirm that mortmass is not only an important reserve of woody resources but also an essential component of the sustainable functioning of forest ecosystems. A rational balance between the utilization of the merchantable fraction of mortmass and the conservation of ecologically necessary volumes of deadwood is a key prerequisite for sustainable forest management and for enhancing the ecological resilience of the forests of the Korosten Forestry.

References

1. Forests of Ukraine Geoportal. Available at: https://forestry.org.ua (accessed 14 July 2026).
2. Korosten Forestry // State Enterprise "Forests of Ukraine". Available at: https://e-forest.gov.ua/fsc-korostenske-nadlisnytstvo/ (accessed 14 July 2026).
3. State Specialized Enterprise "Forests of Ukraine". Korosten Forestry. Available at: https://e-forest.gov.ua/fsc-korostenske-nadlisnytstvo/ (accessed 14 July 2026).

SECTION: COMPUTER ENGINEERING

ХМАРНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК ОСНОВА СУЧАСНОЇ IT-ІНФРАСТРУКТУРИ

Вітвіцька Катерина Едуардівна
курсантка І курсу, рядова поліції
Фещенко Ростислав Дмитрович
курсант І курсу, рядовий поліції
Науковий керівник
Тімошин Анатолій Сергійович
кандидат фізико-математичних наук, доцент
Харківський національний університет внутрішніх справ, Україна

Ніщо з сучасних підприємств чи держустанов не може ефективно працювати без надійної IT-інфраструктури, яка забезпечує безперебійність операцій та захист даних. У світі глобалізації та стрімкої цифрової трансформації традиційні локальні дата-центри відчутно втрачають конкурентоспроможність на користь хмарних рішень. Саме хмари стали однією з найважливіших інновацій сучасності, кардинально змінивши підхід до розгортання, зберігання та обробки інформації. Вони відкривають нові можливості для оперативного запуску сервісів, скорочення часу виходу продуктів на ринок та більш гнучкого управління ресурсами.

Хмарні обчислення є зручною моделлю доступу до спільного пулу конфігурованих ресурсів: серверів, мереж, сховищ та додатків. За визначенням Національного інституту стандартів і технологій США, хмарні системи мають п’ять базових характеристик: самообслуговування на вимогу, широкий доступ до мережі, об’єднання ресурсів, швидку гнучкість та вимірюваність обслуговування. Разом вони забезпечують прозорий доступ до ресурсів та їхню раціональну віддачу по витратах [2].

Сучасна архітектура хмарних сервісів базується на трьох моделях обслуговування: інфраструктура як послуга (IaaS), платформа як послуга (PaaS) та програмне забезпечення як послуга (SaaS). Кожна з цих моделей відповідає різним рівням контролю і відповідальності. За типом розгортання виділяють публічні, приватні та гібридні хмари. Сьогодні головним трендом стає перехід саме до багатохмарних моделей, які поєднують високу безпеку приватних хмар із масштабованістю публічних, створюючи оптимальний баланс контролю та гнучкості [4].

Переваги використання хмарних технологій як основи IT-інфраструктури дуже вагомі: фінансова ефективність, гнучкість, масштабованість, а також доступ до інноваційних інструментів (машинне навчання, аналітика великих даних). Окремо слід відзначити підвищення рівня надійності та безпеки. Завдяки географічно розподіленому резервному копіюванню (Disaster Recovery),

наскрізному шифруванню та спеціалізованим хмарним сервісам очищення трафіку (Scrubbing Centers) забезпечується ефективна абсорбція та нейтралізація масованих DDoS-атак [1].

У державному секторі хмарні рішення підтверджують свою стратегічну важливість. В Україні законодавчо закріплено пріоритет хмарних технологій. Це стало очевидним під час кризових умов воєнного стану: міграція державних інформаційних ресурсів та публічних електронних реєстрів до хмарних центрів обробки даних забезпечила цілісність, доступність та безпеку критично важливої інформації [3].

Особливого значення хмарні технології набувають у практичній діяльності правоохоронних органів та побудові сучасних центрів управління кібербезпекою (SOC). Традиційні локальні сервери не здатні ефективно обробляти експоненційні потоки інформації про загрози. Натомість хмарні рішення класу SIEM (Security Information and Event Management) та XDR (Extended Detection and Response) дозволяють агрегувати й аналізувати терабайти телеметрії з тисяч кінцевих точок у режимі реального часу. Водночас системи SOAR (Security Orchestration, Automation, and Response) автоматизують реагування на типові кіберінциденти, зводячи час блокування атаки до мілісекунд.

Крім того, хмарне середовище кардинально трансформує підходи до цифрової криміналістики (Cloud Forensics). Замість фізичного вилучення серверного обладнання слідчі підрозділи можуть дистанційно створювати криптографічно захищені знімки віртуальних машин (Snapshots) та аналізувати дампи оперативної пам'яті. Це надійно фіксує доказову базу і водночас мінімізує час простою інфраструктури легітимного бізнесу [1].

Хмарні технології перетворилися з перспективної концепції на безальтернативний стандарт побудови сучасної IT-інфраструктури. Вони не лише допомагають з оптимізацією витрат та масштабуванням, а й слугують потужним драйвером цифрової трансформації бізнесу, освіти та державних інституцій. Усі ці фактори формують міцний фундамент для сталого розвитку країни, де цифрова інфраструктура стає не просто інструментом, а ключовим активом на шляху до більш ефективного управління та забезпечення національної безпеки [3].

Список використаних джерел

1. Вступ до IT інфраструктури : метод. матеріали. - [Б. м. : б. в.], 2026. - 87 с.
2. Ількевич Н. С. Хмарні технології в освіті : навч.-метод. посіб. для студентів фізико-математичного факультету / Н. С. Ількевич. - Житомир : Вид-во ЖДУ ім. Івана Франка, 2021. - 88 с.
3. Пазюк А. Використання комерційних хмарних технологій для обробки даних державних реєстрів України : дослідження / А. Пазюк, Т. Слабко ; Міжнародна фундація виборчих систем (IFES). - Київ : IFES Україна, 2023. – 76 с.
4. Що таке хмарні технології: визначення, важливість та застосування. WEZOM : [вебсайт]. URL: https://wezom.com.ua/ua/blog/scho-take-hmarni-tehnologiyi-viznachennya-vazhlivist-ta-zastosuvannya (дата звернення: 01.07.2026).

ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОЦІНКИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ НОУТБУКА

Фролов В'ячеслав Вікторович
д.т.н., доцент
Кафедра теоретичної та прикладної інформатики
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Україна

При автономному використанні ноутбука є актуальним питання оцінки комплексної енергоефективності всієї системи в цілому, а не тільки акумулятора. Розглянемо характеристики найпоширенішого програмного забезпечення у цій галузі.

Pure Battery [1] забезпечує аналітику за параметрами батареї, дозволяє оцінити за допомогою графіків, особливості розряду та заряду батареї, маючи при цьому 750 тис. завантажень.

Battery Optimizer [2] реалізує розширену діагностику та моніторинг стану батареї в процесі роботи. Оптимізація використання батареї забезпечується за рахунок пошуку можливих для відключення функцій ноутбука, на які витрачається енергія.

Компанія Dell [3] пропонує своїм ноутбукам лінійку програм Dell Optimizer або Dell Power Manager, які забезпечують перевірку стану акумулятора та рекомендації щодо його подальшого використання на основі статистичних даних.

BatteryCare [4] програмне забезпечення, що реалізує моніторинг та прогнозування часу автономної роботи ноутбука, а також видає рекомендації щодо необхідності проведення калібрування батареї.

BatteryInfoView [5] дозволяє вести журнал стану батареї, де кожні 30 секунд додається новий запис журналу, що містить інформацію про стан батареї (стан живлення, відсоток ємності тощо). Журнал можна експортувати до файлів CSV/HTML/XML.

Програми, які є зараз на ринку, в основному вирішують питання прогнозування та оцінки поточного стану батареї ноутбука. Тому розробка програмного забезпечення для комплексної оцінки енергоефективності є актуальним напрямом. Метою цього дослідження є підвищення якості оцінки комплексної енергоефективності обчислювальної системи за допомогою розробки програмного забезпечення, заснованого на методах математичної статистики.

Теоретичні основи методу комплексної оцінки енергоефективності, описані в роботі [6] , та на їх основі розроблено програмне забезпечення мовою C# , структура якого представлена на рис. 1.

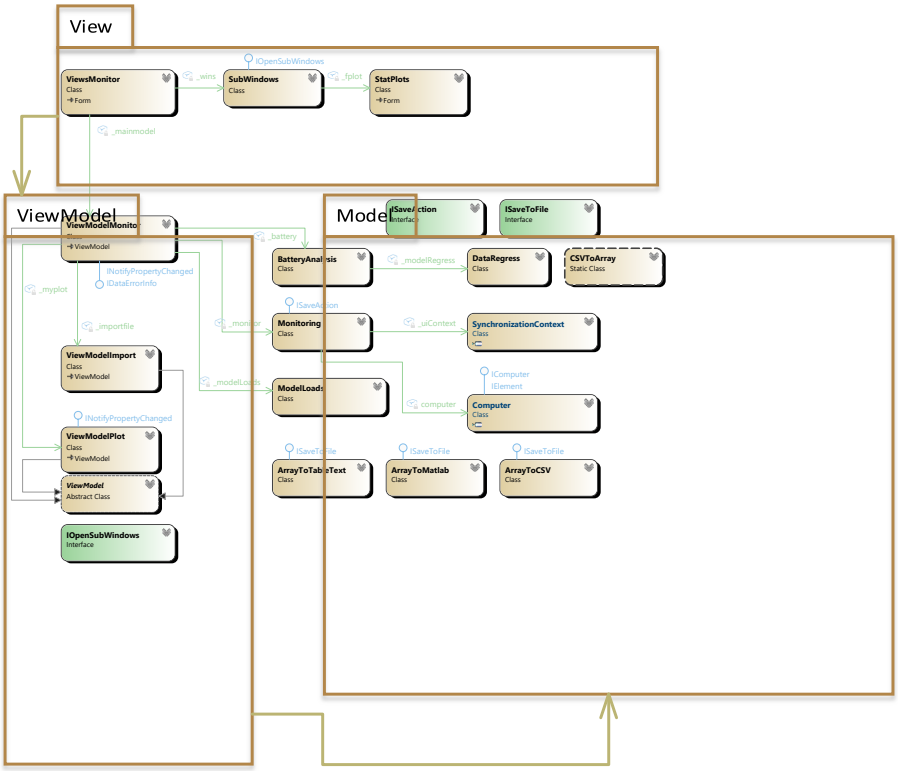

Рис. 1. Діаграма взаємозв'язків програмних модулів системи моніторингу на рівні пакетів і рівні класів.

Основою реалізації інфраструктури, запропонованого у цій роботі програмного забезпечення, є шаблон MVVM , представлений на рис.1. Він дозволяє відокремити бізнес-логіку у вигляді моделі Model, від інтерфейсу користувача, який представлений двома рівнями View і ViewModel . Причому взаємозв'язок між рівнями здійснюється від представлення View до бізнес-логіки Model через посередника ViewModel , що відображено на рис. 1 на рівні зв'язків пакетів та підтверджується напрямом асоціативних зв'язків між класами. За рахунок реалізації цього шаблону програма має два основні інтерфейси WPF та Windows Forms , останній представлений на рис. 1 класами, що реалізують окремі форми. Інтерфейс на основі WPF (див. рис. 2) додається до пакета уявлень з реалізацією вікон, аналогічних рис. 1 без зміни структури програмного забезпечення. Для моніторингу розряду та розрахунку статистики існує основне вікно ViewsMonitor, з якого за рахунок спеціального класу SubWindows забезпечується доступ до дочірніх вікон статистики StatPlots та діалогу відкриття файлів. Експорт експериментальних даних здійснюється у файли різних форматів (CSV, TXT, MAT), причому, оскільки для реалізації експорту використовувався патерн Visitor, існує можливість додавання необхідних користувачеві форматів без зміни основної моделі. У класі BatteryAnalysis здійснюється побудова діаграм розряду та формування регресійних моделей з метою оцінки енергоефективності обчислювальної системи ноутбука. Методи класу Monitoring призначені для спостереження за станом системи з веденням протоколу експерименту (див. рис. 2) у вигляді таблиці. За моделювання навантаження заданої інтенсивності відповідає клас ModelLoads, який

забезпечує завантаження заданої кількості ядер процесора. Змінюючи кількість завантажених ядер, ми змінюємо загальне завантаження процесора.

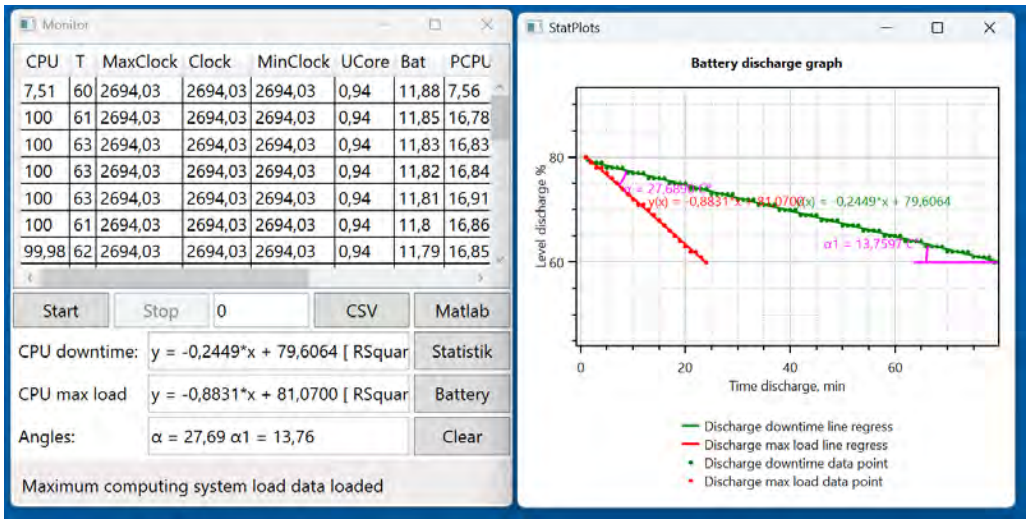

Рис. 2. Реалізація інтерфейсу програмного забезпечення за допомогою WPF на платформі. NET мова C #.

З використанням програми виконані серії експериментів щодо оцінки енергоефективності різних конфігурацій ноутбуків.

Вихідні умови експериментів:

1. Для експериментів використовувалися процесори, характеристики яких наведено у табл. 1.

Таблиця 1. Основні характеристики використовуваних процесорів

№	Модель	Кіл-ть ядер	Кіл-ть потоків	Ном. частота, ГГц	Макс. частота, ГГц	Тип ядер
1	Intel (R) Core (TM) i7-3740QM	4	8	2,7	3,7	Продуктивні
2	12th Gen Intel(R) Core(TM) i5-12450H	4	8	2,0	4,4	Продуктивні
		4	4	1,5	3,3	Енергоефективні

2. Режим електроживлення, встановлений для кожного ноутбука в експерименті – збалансований, з опцією збалансований. Збалансований режим є найпоширенішим для ноутбуків різних років випуску, причому для останніх моделей з урахуванням використання ними Modern Standby (S0), він єдиний доступний при налаштуваннях операційної системи за промовчанням. Всі інші приховані від користувача і без відключення S0 не будуть доступні для використання та налаштування.

Тут слід враховувати, що програма оцінює мінімальну, максимальну та середню частоти по всіх ядрах процесора. За підсумками даних табл. 1, усереднена номінальна частота за паспортом для процесора 1 – 2,7 ГГц, а

процесора 2 – 1,75 ГГц (Fbase на рис. 3). Середня максимальна частота: 3,7 ГГц та 3,85 ГГц (Fmax на рис. 3) відповідно.

Для вибору між трьома опціями на рис. 3 (максимальна ефективність енергоспоживання (ВМ), збалансований (ВВ), максимальна продуктивність (ВО)) цього режиму, проводилася серія експериментів на процесорі 2 з табл. 1. Виконувалося 10-12 вимірів кожної опції, з урахуванням яких розраховувалося середнє значення. Перша серія (battery) виконувалася при живленні від батареї з оцінкою задіяння ядер при простої системи (idle mode) та при 100% завантаженні процесора. Друга – при живленні від мережі (power) і лише за 100% завантаженні процесора.

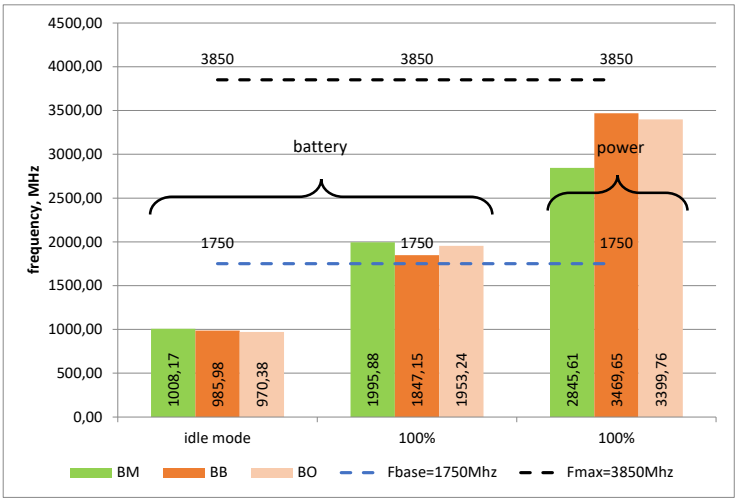

Рис. 3. Оцінка середньої частоти процесора за різних видів навантаження

Експерименти показують, що при живленні від батареї система в простої має навантаження від 0,36% до 1% залежно від режиму (ВМ, ВВ, ВО), при цьому частота нижче середньої номінальної на 43% і нижче середньої максимальної на 74%. При завантаженні всіх ядер процесора на 100% середня частота вище номінальної Fbase лише на 10%. При живленні від мережі частоти значно зростають при 100% завантаженні всіх ядер, але при цьому вони нижчі за Fmax (див. рис. 3), це пояснюється можливістю системи охолодження ноутбука, оскільки середні температури всього пакета для режимів ВМ – 66 С°, ВВ – 92 С°, ВО – 92 С°. Тут потрібно відзначити для останніх двох режимів середні частоти не сильно відрізняються, що відповідає вищезазначеним температурам. Таким чином, практичні частоти при 100% завантаженні всіх ядер при живленні від батареї мають бути близько 2000 МГц, а при живленні від мережі – 3500 МГц для всіх режимів.

В результаті для експериментів були вибрані наступні параметри.

Процесор 1 (див. табл. 1): Операційна система Windows 11 23H2; GUID схеми живлення: 381b4222-f694-41f0-9685-ff5bb260df2e (Збалансована) всі налаштування за умовчанням ОС – режим живлення збалансований.

Процесор 2 : Операційна система Windows 11 24H2; GUID схеми живлення: 381b4222-f694-41f0-9685-ff5bb260df2e (Збалансована) всі налаштування за умовчанням ОС – режим живлення збалансований.

3. Параметри батарей, що використовуються в експериментах, наведено в табл. 2

Таблиця 2. Параметри акумуляторних батарей

	Процесор 1 (P1)		Процесор 2 (P2)
	Батарея 1 (B1)	Батарея 2 (B2)	Батарея 3 (B3)
Ім'я пристрою	Li_Ion_4000mA	Li_Ion_4000mA	AP23A7L
Тип батареї	Li-Ion	Li-Ion	Li-Ion
Паспортна ємність	47520 mWh	48840 mWh	53044 mWh
Ємність при повній зарядці	4298 mWh	45998 mWh	51401 mWh
Напруга батареї	12.255 V	12.412 V	12.624 V
Ступінь зносу	0,9	0,05	0,03

Схема та результати експериментів:

1. Перша серія із 5 експериментів виконувалася для поєднання P1/B1 (див. табл. 2), основна мета даної серії експериментів полягала в оцінці діапазону розрядки батареї за часом. Необхідно було оцінити наскільки адекватно відображатиме лінійна модель тенденції розряду протягом усього часу розряду, якщо використовувати лише п'яту частину діапазону розряду для її побудови. Результати експериментів показують, що коефіцієнти кута нахилу моделі для розряду від 96% до 34% (k=-2 . 790, α =13.8, α1=70. 3) і моделі для розряду від 86% до 57% (k=-2.824, α = 13.5, α1=70.5) різняться на 1%, що дозволяє адекватно відобразити тенденції розряду.

При цьому кути α, що відображають енергоефективність практично ідентичні, отже для подальших експериментів з побудови моделей використовуватиметься діапазон розряду від 80% до 60%. Результати цієї серії експериментів зведені у табл. 3. Тут модель регресії представлена у канонічному вигляді

$$y(x) = k \cdot x + b,$$

де k – кутовий коефіцієнт прямий, b – вільний член. Для оцінки якості регресії використовувалися дві метрики: Rsquared – коефіцієнт детермінації; MSE – середньоквадратична помилка.

Таблиця 3. Фрагмент серії п'яти експериментів (P1/B1).

k	b	RSquared	MSE	Color/Param	α	α1
-2.7904	98.9918	0.9997	0.093	Green	13.82	70.28
-9.6839	100.6271	0.9997	0.1196	Red		
…	…	…	…		…	…
середнє значення				Mean	13.486	70.56
максимальне значення				Max	13.82	70.85
мінімальне значення				Min	13.21	70.28
середньоквадратичне відхилення				Stdev	0.226892	0.220114

Серія експериментів відображає типове співвідношення кутів ефективності α і α1 для зношеного акумулятора. Основна тенденція - це кут α1 більше 30° і кут стійкості до максимального навантаження α має невеликі значення до 20°.

2. Основна серія експериментів батарей із близькими характеристиками на різних ноутбуках.

У кожному поєднанні проводилося 5 експериментів. Загальні тенденції розряду поєднання процесор – батарея представлена у табл. 4.

Таблиця 4. Статистичні дані розряду.

Number	Combination	Angles	Mean	Max	Min	Stdev
1	P1/B2	α	27.664	27.89	27.51	0.143805
		α1	13.726	13.98	13.58	0.15678
2	P2/B3	α	27.07	27.36	26.72	0.281247
		α1	11.08	11.2	10.83	0.154596

Висновки. Дані експериментів показують, що друге поєднання (див. табл. 4) ефективніше з точки зору використання енергії батареї при обчисленнях, які максимально використовують тільки центральний процесор. Причому стійкість до навантажень батарей кожного поєднання практично однакова і становить близько 27°. Таким чином, використання пропонованого програмного забезпечення дозволяє проводити порівняльний аналіз енергоефективності різних конфігурацій ноутбуків.

Список використаних джерел

1. Chaitanya, M. (n.d.). Pure Battery Analytics. Retrieved July 12, 2026, from https://github.com/medhachaitanya/Pure-Battery-Analytics
2. ReviverSoft. (n.d.). Battery Optimizer | Maximize your Laptop Battery Life. ReviverSoft. Retrieved July 12, 2026, from https://www.reviversoft.com/battery-optimizer/?ncr=1&lang=en
3. Dell. (2025, May 22). Check Laptop Battery Health: Test Battery Condition on Windows | Dell Iceland. Dell. Retrieved July 12, 2026, from https://www.dell.com/support/contents/en-is/article/product-support/self-support-knowledgebase/battery-and-power/battery
4. Lourenço, F. (n.d.). BatteryCare. Retrieved July 12, 2026, from https://batterycare.net/en/index.html
5. NirSoft. (n.d.). BatteryInfoView - View battery information on laptops / netbooks. Retrieved July 12, 2026, from https://www.nirsoft.net/utils/battery_information_view.html
6. Frolov, V., Leonova, N. I., Zaretska, I., & Vladymyrova, M. (2026). Method for software estimation of laptop battery discharge trends using linear regression. In Bionics of Intelligence (Vol. 2, Number 105, pp. 33–39). Bionics of Intelligence. https://doi.org/10.30837/bi.2026.2(105).04

DESIGN OF A MICROCONTROLLER-BASED MODULE FOR ENVIRONMENTAL DATA ACQUISITION USING THE RASPBERRY PI PICO W

Batko Yurii
Ph.D., Associate Professor
Department of Computer Information Technologies
West Ukrainian National University, Ukraine

The rapid growth of urbanization, industrial development, and increasing transportation activity have led to a significant deterioration in the environmental conditions of urban areas. Among the most important factors that negatively affect public health and the environment are atmospheric pollution caused by particulate matter, toxic gases, and elevated noise levels. Timely acquisition of information about such changes is essential for making effective environmental management decisions, forecasting ecological risks, and improving the quality of life of the population [1].

Traditional environmental monitoring systems are based on stationary automated monitoring stations equipped with high-precision measurement instruments. Despite their high measurement accuracy, these systems are characterized by high equipment costs and the complexity of installation and maintenance. Consequently, their widespread deployment is limited, particularly in small communities and industrial areas.

An effective alternative is the use of Internet of Things technologies, which enable the development of distributed networks of autonomous monitoring nodes. These nodes combine modern microcontrollers, wireless communication technologies, and digital sensors for various environmental parameters. Owing to their low cost, low power consumption, and the capability for centralized data processing, such systems provide a scalable solution for environmental monitoring [2].

One of the most promising platforms for implementing such systems is the Raspberry Pi Pico W microcontroller, which combines sufficient computational performance, integrated Wi-Fi connectivity, a wide range of digital communication interfaces, and support for programming in MicroPython. The use of this interpreted programming language significantly reduces firmware development time, simplifies the implementation and debugging of peripheral device drivers, and accelerates rapid prototyping [3].

A modular approach was adopted during the hardware design of the monitoring node, allowing future expansion of the system functionality without significant modifications to its architecture.

The Raspberry Pi Pico W microcontroller was selected as the central processing unit of the system. It is based on the dual-core RP2040 processor with the ARM Cortex-M0+ architecture operating at a clock frequency of up to 133 MHz. The microcontroller features 264 KB of SRAM, 2 MB of external Flash memory, and an integrated CYW43439 wireless module supporting the IEEE 802.11 b/g/n Wi-Fi standard. The

availability of numerous peripheral interfaces, including GPIO, UART, SPI, I2C, PWM, and ADC, enables simultaneous connection of multiple sensors without requiring additional interface controllers.

The environmental monitoring module incorporates four specialized sensors.

The GY-BME280 sensor is used to measure ambient temperature, relative humidity, and atmospheric pressure. It features low power consumption, high measurement stability, and a digital I2C communication interface that minimizes the influence of electromagnetic interference on measurement accuracy.

The PMS5003 sensor measures PM1.0, PM2.5, and PM10 particulate matter concentrations using the laser light scattering principle. The sensor integrates a laser emitter, a photodetector, and a miniature fan that provides a continuous airflow through the measurement chamber. Measurement data are transmitted through the UART interface as structured binary data packets.

Carbon monoxide (CO) concentration is measured using the MQ-7 gas sensor. Its operating principle is based on variations in the electrical resistance of a tin dioxide semiconductor layer depending on the CO concentration. A distinctive feature of this sensor is the requirement for cyclic heating of the sensing element according to the manufacturer's recommended operating cycle.

Acoustic pollution is monitored using the MAX9814 module, which integrates an electret microphone, a low-noise preamplifier, and an Automatic Gain Control (AGC) circuit. The analog output of the module is connected to one of the RP2040 analog-to-digital converter (ADC) channels.

The embedded firmware of the monitoring module was developed in MicroPython, which is officially supported by the Raspberry Pi Pico W platform. The use of this programming language greatly simplifies interaction with peripheral devices through the availability of ready-to-use libraries for GPIO, ADC, UART, I2C, and network communication interfaces.

The software architecture follows a modular design. Each sensor is controlled by an independent driver responsible for initialization, calibration, and measurement data processing. This architecture ensures high software scalability and enables the integration of additional sensing modules without modifying the existing firmware.

To support concurrent execution of multiple processes, the uasyncio library was employed, providing cooperative multitasking capabilities. This approach enables independent sensor polling, maintenance of the wireless network connection, data transmission, and system monitoring without blocking the execution of the main processor.

The polling interval is determined according to the characteristics of each sensor and the monitoring requirements. Depending on the measured parameter, the sensors are polled every 5 to 300 seconds, which is sufficient for environmental monitoring applications. Analog signals from the MQ-7 and MAX9814 sensors are digitized using the 12-bit analog-to-digital converter integrated into the RP2040 microcontroller. To reduce the influence of measurement noise, multiple consecutive samples are acquired and averaged.

The environmental noise level is determined by calculating the maximum value obtained from a sequence of 300 measurements. This sampling strategy was selected experimentally and provides accurate estimation of the acoustic level at the selected observation time.

$$NL = \max|noise_i|, i = 1..300 \quad (1)$$

The Wi-Fi wireless interface is used for data transmission and supports automatic reconnection in the event of network interruption. The collected environmental data are transmitted to a central server using the HTTP POST protocol in JSON format.

In addition to data transmission, the firmware implements local system health monitoring, error logging, automatic sensor reinitialization in the event of failures, and operating status indication using onboard LEDs. These features improve the reliability and fault tolerance of the monitoring node during long-term autonomous operation.

As a result of this study, an experimental prototype of an autonomous environmental monitoring module was designed and implemented. All hardware components were integrated into a single embedded system with a common power supply bus and centralized control. The functional architecture of the developed monitoring module is illustrated in Fig. 1.

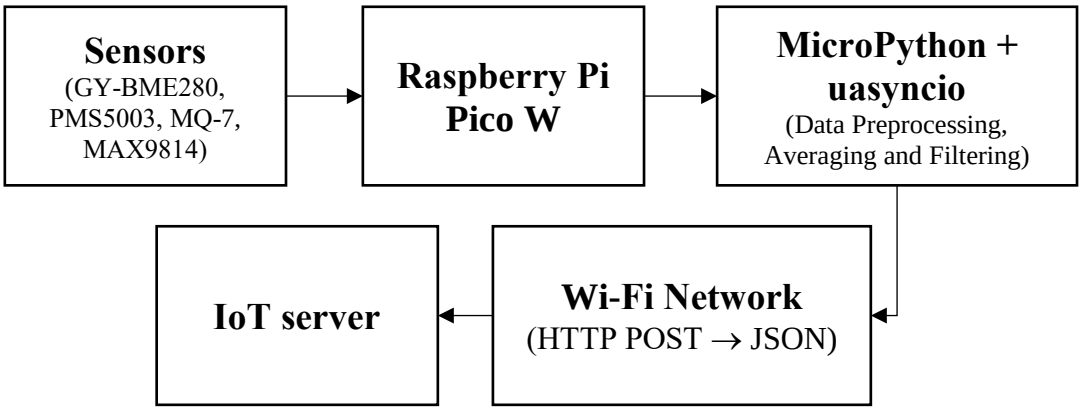

Figure 1. Functional architecture of the developed monitoring module.

Experimental testing confirmed the correct operation of all microcontroller interfaces. The I2C interface provided stable communication with the BME280 sensor without packet loss, even during extended continuous operation. The UART driver successfully received and verified the checksums of PMS5003 data packets, minimizing the risk of processing corrupted measurements. The use of the integrated ADC enabled stable acquisition of analog signals after software filtering and digital averaging.

During wireless communication testing, the system demonstrated reliable data transmission to the central server with automatic reconnection following temporary Wi-Fi network interruptions.

The average polling cycle for all sensors did not exceed a few seconds, making the developed module suitable for both real-time environmental monitoring applications and long-term environmental observation systems.

The obtained results confirmed the feasibility of developing a compact multifunctional IoT monitoring node based solely on the Raspberry Pi Pico W microcontroller without the need for additional processing units.

One of the major challenges encountered during the development process was the integration of both digital and analog sensors employing different measurement principles and communication interfaces. The most significant hardware issue was ensuring a stable power supply due to the high transient current consumption of the PMS5003 particulate matter sensor and the MQ-7 gas sensor.

The proposed architecture can be further expanded by integrating a GPS receiver for georeferencing measurement data, an SD card for local data storage, an OLED display for real-time visualization of environmental parameters, as well as additional air quality and meteorological sensors.

As a result of this research, a microcontroller-based environmental data acquisition module using the Raspberry Pi Pico W platform was successfully designed, implemented, and experimentally evaluated. The developed system simultaneously measures ambient temperature, relative humidity, atmospheric pressure, particulate matter concentration, carbon monoxide concentration, and environmental noise level using heterogeneous digital and analog sensors.

The proposed architecture combines simple hardware implementation, low component cost, and sufficient computational performance to perform environmental data acquisition, preprocessing, and wireless transmission in real time.

The practical significance of this work lies in the development of a universal IoT environmental monitoring node that can serve as a fundamental building block for distributed environmental monitoring systems, smart city infrastructures, automated weather stations, and real-time air quality monitoring networks.

References

1. European Environment Agency (2025). Air Quality and Urban Comfort Indices, EEA Report, Copenhagen.
2. Wei Liao, Dixin Wu Bo Pan (2025). Congyue Qi and ets. Assessing the Integrated Impacts of Outdoor Thermal Environment and Air Quality on Thermal Comfort in Residential Areas: A Case Study of Wuhan. Buildings, 15(23), 4309. https://doi.org/10.3390/buildings15234309.
3. Batko, Yu. M. (2026). Systemy monitorynhu umov prozhyvannia na osnovi fizychnykh ta khimichnykh parametriv zovnishnoho seredovyshcha v strukturi "Rozumnoho mista". In Proceedings of the 6th All-Ukrainian Scientific and Practical Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists "Intelligent Computer Systems and Networks" (IKSM Spring 2026) (pp. 182–184). West Ukrainian National University.. https://ki.wunu.edu.ua/conference/archive/2026_1.pdf

SECTION: ECOLOGY

EVALUATION OF THE IMPACT OF INTERSPECIFIC RELATIONSHIPS IN BIOCENOSES ON BIODIVERSITY CONSERVATION

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

Abstract

Biodiversity conservation has become one of the principal objectives of contemporary ecology due to the accelerating impacts of climate change, habitat degradation, biological invasions, pollution, and other anthropogenic disturbances on natural ecosystems. Within biological communities (biocenoses), interspecific relationships constitute the fundamental ecological mechanisms that regulate community organization, ecosystem functioning, and ecological stability. Understanding the nature and significance of these interactions is therefore essential for developing effective biodiversity conservation strategies and promoting sustainable ecosystem management. The present study aims to evaluate the influence of interspecific relationships in biocenoses on biodiversity conservation by synthesizing current ecological knowledge and identifying the major ecological mechanisms through which species interactions contribute to ecosystem resilience and long-term sustainability.

This study was conducted as a comprehensive narrative review based on the analysis of recent peer-reviewed scientific literature. Relevant publications were collected from internationally recognized databases, including Web of Science, Scopus, ScienceDirect, SpringerLink, Wiley Online Library, PubMed, and Google Scholar, with particular emphasis on studies published between 2020 and 2026. The collected literature was analyzed using comparative ecological synthesis within the conceptual frameworks of community ecology, ecosystem ecology, conservation biology, ecological network theory, and evolutionary ecology. Particular attention was devoted to evaluating the ecological roles of mutualism, competition, predation, parasitism, commensalism, and other forms of interspecific interactions in maintaining biodiversity and ecosystem functioning.

The review demonstrates that interspecific relationships are essential determinants of species coexistence, population regulation, ecological succession, nutrient cycling, energy transfer, and ecosystem resilience. Mutualistic interactions enhance reproductive success, resource acquisition, and species persistence, whereas competition promotes ecological niche differentiation and adaptive evolution. Predation regulates community structure through trophic control, while parasitism

contributes to population regulation and genetic diversity. The analysis further indicates that complex ecological interaction networks significantly increase ecosystem stability and improve resistance to environmental disturbances. Conversely, habitat fragmentation, climate change, biological invasions, pollution, and other anthropogenic pressures disrupt ecological connectivity, weaken species interactions, and accelerate biodiversity loss. Modern ecological approaches, including ecological network analysis, molecular ecology, environmental DNA technologies, and long-term ecological monitoring, provide valuable tools for understanding these processes and improving biodiversity conservation practices.

Keywords: biocenosis, biodiversity conservation, interspecific relationships, community ecology, ecological interactions, mutualism, competition, predation, ecosystem resilience, ecological networks.

Introduction

Biodiversity represents one of the most fundamental components of the Earth's life-support system and plays a decisive role in maintaining ecosystem structure, ecological stability, and the provision of ecosystem services. It encompasses the diversity of genes, species, and ecosystems, forming the biological foundation upon which ecological processes and environmental sustainability depend. Biodiversity not only enhances the adaptive capacity of organisms to changing environmental conditions but also strengthens ecosystem resilience against natural disturbances and anthropogenic pressures. During recent decades, accelerating climate change, habitat degradation, land-use transformation, biological invasions, environmental pollution, and the unsustainable exploitation of natural resources have caused unprecedented declines in global biodiversity. These challenges have shifted the focus of contemporary ecological research from merely documenting species loss toward understanding the ecological mechanisms responsible for maintaining biological diversity and ecosystem integrity. Among these mechanisms, interspecific interactions within biological communities have emerged as one of the most important determinants of biodiversity conservation.

A biocenosis is defined as a naturally occurring assemblage of populations belonging to different species that coexist within a common habitat and interact through a complex network of ecological relationships. These interactions create an integrated ecological system in which organisms influence one another directly and indirectly while simultaneously responding to abiotic environmental conditions. The stability and functioning of a biocenosis depend not only on the diversity and abundance of its constituent species but also on the quality, intensity, and complexity of the ecological interactions established among them[1]. Consequently, the conservation of biodiversity cannot be achieved solely by protecting individual species; it also requires the preservation of the ecological relationships that sustain ecosystem functioning and ensure long-term community persistence.

Species interactions constitute one of the central principles of community ecology because they regulate the distribution, abundance, demographic performance, evolutionary adaptation, and ecological niches of organisms. Every species within a biocenosis participates in multiple ecological relationships that collectively shape

ecosystem organization. These interactions include mutualism, commensalism, protocooperation, competition, predation, parasitism, amensalism, and neutral relationships. Each interaction contributes differently to community dynamics, influencing energy transfer, nutrient cycling, reproductive success, population regulation, and species coexistence. Rather than functioning independently, these ecological relationships form highly interconnected networks that determine the structural complexity and functional stability of ecosystems[2].

Mutualistic interactions represent one of the most significant mechanisms supporting biodiversity maintenance. Mutualism provides reciprocal benefits to interacting species and frequently enhances survival, reproduction, and ecological fitness. Pollination systems involving flowering plants and insect pollinators, seed dispersal mediated by vertebrates, nitrogen fixation by symbiotic bacteria, and mycorrhizal associations between fungi and plant roots are among the most important examples of ecological mutualism. These relationships improve nutrient acquisition, increase reproductive success, facilitate habitat colonization, and promote genetic exchange among populations. Numerous ecological studies have demonstrated that disruption of mutualistic networks frequently leads to cascading ecological consequences, including reductions in species richness, ecosystem productivity, and community resilience.

Competition represents another fundamental ecological process shaping community composition and biodiversity. Species compete for limited environmental resources such as food, water, nutrients, light, breeding sites, and habitat space. According to the competitive exclusion principle, prolonged competition between species occupying identical ecological niches may ultimately result in the displacement of one competitor. However, natural ecosystems rarely exhibit complete competitive exclusion because evolutionary processes promote ecological niche differentiation, resource partitioning, temporal segregation, and adaptive specialization. These mechanisms reduce interspecific competition and facilitate long-term coexistence among species, thereby contributing to biodiversity maintenance and ecosystem stability.

Predator-prey interactions also play a pivotal role in regulating biodiversity within biocenoses. Predators influence prey populations by controlling abundance, modifying behavior, and preventing competitive dominance by a limited number of species. Through top-down regulation, predators contribute to maintaining species diversity and ecological balance. Numerous ecological investigations have demonstrated that the removal of apex predators often initiates trophic cascades, resulting in substantial alterations of community composition, vegetation structure, nutrient cycling, and ecosystem functioning. Consequently, predation should not be viewed merely as a mechanism of mortality but rather as a critical ecological process maintaining biodiversity across multiple trophic levels.

Parasitic interactions constitute another important component of ecological communities. Although parasites negatively affect individual hosts, they contribute significantly to ecosystem functioning by regulating host population density, promoting natural selection, influencing genetic diversity, and shaping species

interactions. Parasites frequently eliminate weak or maladapted individuals, thereby increasing the overall evolutionary fitness of host populations. Moreover, host-parasite coevolution generates continuous adaptive responses that enhance biological diversity over evolutionary time scales[3].

Commensalism and amensalism further contribute to the complexity of species interactions within biological communities. In commensal relationships, one species benefits while the other experiences neither significant benefit nor harm. Numerous epiphytic plants, cavity-nesting birds, and microorganisms exhibit commensal associations that increase habitat availability without negatively affecting their hosts. Conversely, amensalism occurs when one species is inhibited while the other remains unaffected, often through chemical inhibition, allelopathy, or habitat modification. Although these interactions receive less attention than competition or mutualism, they nevertheless influence community organization and ecological succession.

The ecological significance of species interactions extends beyond individual populations to encompass the functioning of entire ecosystems. Ecological communities are organized as highly interconnected interaction networks in which direct and indirect relationships collectively determine ecosystem stability. Modern ecological theory increasingly emphasizes the importance of ecological networks rather than isolated pairwise interactions. Food webs, pollination networks, seed dispersal systems, and host-parasite networks illustrate how multiple species become interconnected through complex ecological processes. The architecture of these networks influences ecosystem resilience, productivity, nutrient cycling, energy transfer, and the capacity of ecosystems to recover following environmental disturbances.

Environmental change has profoundly altered species interactions within natural biocenoses. Climate change has modified species distributions, reproductive phenology, migration patterns, and seasonal synchrony among interacting organisms. Increasing temperatures frequently disrupt pollination systems by altering flowering periods relative to pollinator activity, thereby reducing plant reproductive success. Similarly, shifts in predator-prey relationships, competitive interactions, and host-parasite dynamics have been documented across terrestrial, freshwater, and marine ecosystems. These ecological mismatches may substantially reduce biodiversity and compromise ecosystem stability under future climatic conditions[4].

Anthropogenic disturbances further intensify the disruption of ecological interactions. Habitat fragmentation, urbanization, agricultural expansion, industrial pollution, biological invasions, and overexploitation of natural resources frequently alter community composition and ecological connectivity. Fragmented habitats often isolate populations, reduce species richness, interrupt dispersal pathways, and weaken mutualistic interactions. Invasive alien species may replace native organisms, modify trophic relationships, introduce novel competitive pressures, and restructure ecological networks. Consequently, biodiversity loss is often driven not only by species extinction but also by the degradation of the ecological relationships that support community organization.

Recent advances in ecological research have significantly improved understanding of species interactions through the application of molecular ecology, ecological network analysis, geographic information systems, remote sensing technologies, environmental DNA (eDNA), long-term ecological monitoring, and mathematical modeling. These multidisciplinary approaches enable researchers to quantify interaction strength, identify keystone species, evaluate ecological connectivity, and predict community responses to environmental change with increasing accuracy. Such methodological developments have transformed biodiversity research from descriptive investigations toward predictive ecological science capable of supporting evidence-based conservation strategies.

The conservation of biodiversity increasingly requires ecosystem-based approaches that recognize the ecological importance of species interactions. Conservation programs focusing exclusively on individual species frequently fail because they overlook the ecological processes sustaining community stability. Effective biodiversity management therefore requires maintaining trophic interactions, pollination systems, symbiotic associations, dispersal mechanisms, and ecological connectivity[5]. Protecting ecological interactions not only enhances species persistence but also preserves ecosystem services, including nutrient cycling, primary productivity, soil formation, water purification, climate regulation, and biological pest control.

Furthermore, the concept of ecological resilience has become closely associated with the diversity and complexity of species interactions. Communities characterized by highly interconnected ecological networks generally exhibit greater resistance to environmental disturbances and faster recovery following ecological perturbations. Functional redundancy among interacting species enables ecosystems to maintain essential ecological processes even when individual species decline or disappear. Consequently, understanding the mechanisms governing interspecific relationships has become indispensable for predicting ecosystem responses to global environmental change and for developing sustainable conservation policies.

Against this background, the present study aims to comprehensively evaluate the influence of interspecific relationships within biocenoses on biodiversity conservation by integrating contemporary ecological theory with recent scientific evidence. Particular attention is devoted to analyzing how mutualism, competition, predation, parasitism, commensalism, and other ecological interactions regulate community structure, species coexistence, ecological stability, and ecosystem functioning. Furthermore, the study examines the implications of environmental change and anthropogenic disturbances for ecological interaction networks and discusses their significance for biodiversity conservation, ecosystem restoration, and sustainable environmental management. Through this integrated ecological perspective, the study seeks to contribute to a deeper understanding of the mechanisms that maintain biological diversity and ensure the long-term stability of natural ecosystems.

Materials and Methods

This study was conducted as a comprehensive narrative review aimed at evaluating the ecological significance of interspecific relationships in biocenoses and

their contribution to biodiversity conservation. The research integrated theoretical concepts and empirical findings from contemporary studies in community ecology, ecosystem ecology, conservation biology, evolutionary ecology, and biodiversity science. The methodological approach was designed to synthesize current scientific knowledge on the mechanisms through which interactions among species influence community structure, ecosystem functioning, ecological resilience, and long-term biodiversity maintenance.

A systematic literature search was performed using internationally recognized scientific databases, including Web of Science Core Collection, Scopus, ScienceDirect, SpringerLink, Wiley Online Library, PubMed, and Google Scholar. Priority was given to peer-reviewed publications published between 2020 and 2026, ensuring that the review reflected the most recent advances in ecological research. Classical ecological literature was also consulted where necessary to establish the theoretical foundations of biocenosis, community organization, species interactions, ecological networks, and biodiversity conservation. Searches were conducted using combinations of keywords such as biocenosis, community ecology, species interactions, interspecific relationships, mutualism, competition, predation, parasitism, commensalism, ecological networks, food webs, biodiversity, ecosystem stability, ecosystem resilience, ecological succession, climate change, habitat fragmentation, and conservation biology. Boolean operators (AND, OR, and NOT) were applied to optimize search accuracy and improve the relevance of retrieved publications.

The selection of literature followed predefined inclusion and exclusion criteria to ensure scientific rigor. Only peer-reviewed research articles, review papers, and scholarly book chapters published in English were included in the analysis. Eligible studies were required to investigate ecological interactions among species within natural or semi-natural communities, evaluate their influence on biodiversity, ecosystem functioning, or ecological stability, and present clearly described methodologies and scientifically validated results. Studies involving terrestrial, freshwater, and marine ecosystems were considered to provide a comprehensive ecological perspective. Conference abstracts, duplicate publications, non-peer-reviewed documents, articles lacking sufficient methodological transparency, and studies unrelated to interspecific ecological relationships were excluded from the review.

Relevant information from each selected publication was extracted using a standardized data collection framework. The recorded variables included ecosystem type, taxonomic groups, interaction type, ecological function, trophic position, interaction strength, species richness, community composition, ecosystem stability, ecological resilience, biodiversity indicators, environmental drivers, anthropogenic pressures, and the principal scientific conclusions. Additional information regarding ecological network characteristics, functional diversity, keystone species, ecological succession, and conservation implications was also compiled whenever available. The extracted data were organized into thematic categories to facilitate comparative ecological synthesis and identify consistent patterns across different ecosystems and taxonomic groups.

The ecological interactions identified in the selected studies were classified according to their functional characteristics. Mutualistic, competitive, predatory, parasitic, commensal, amensal, and neutral relationships were comparatively evaluated with respect to their influence on community organization, trophic dynamics, population regulation, nutrient cycling, and ecosystem functioning. Particular attention was devoted to identifying how these interactions contribute to species coexistence, ecological stability, and the maintenance of biodiversity under varying environmental conditions.

The collected information was analyzed through comparative ecological synthesis by integrating theoretical principles with empirical observations reported in the selected literature. Relationships among interspecific interactions, biodiversity patterns, ecological resilience, and ecosystem functioning were interpreted using the conceptual frameworks of community ecology, ecological network theory, ecosystem ecology, metacommunity theory, and conservation biology. Special emphasis was placed on evaluating the effects of interaction diversity, ecological connectivity, trophic complexity, and functional redundancy on the capacity of ecosystems to withstand environmental disturbances and maintain ecological processes.

The study also examined the influence of major anthropogenic drivers, including climate change, habitat fragmentation, biological invasions, environmental pollution, urbanization, and land-use change, on the structure and functioning of ecological interaction networks. Comparative analysis focused on how these stressors modify species interactions, disrupt trophic relationships, alter ecological connectivity, and ultimately affect biodiversity conservation and ecosystem resilience. This approach enabled the identification of common ecological mechanisms through which environmental changes influence both community composition and ecosystem stability.

To ensure scientific reliability, only information derived from internationally recognized peer-reviewed scientific publications was incorporated into the analysis. Findings supported by multiple independent studies were critically compared to minimize potential bias and strengthen the robustness of the ecological interpretations. Greater emphasis was placed on long-term ecological monitoring programs, experimental investigations, meta-analyses, and statistically validated ecological studies that provided quantitative evidence regarding species interactions and biodiversity conservation.

Although this review provides a comprehensive synthesis of current ecological knowledge, several methodological limitations should be acknowledged. Variability in study design, sampling methods, ecosystem characteristics, taxonomic coverage, and analytical approaches among individual investigations may influence direct comparisons of ecological findings. Furthermore, the complexity and context dependency of interspecific interactions limit the universal applicability of certain ecological conclusions. Nevertheless, by integrating evidence from diverse ecosystems and multiple ecological disciplines, the present methodological framework offers a scientifically robust basis for evaluating the importance of interspecific relationships

in maintaining biodiversity and promoting long-term ecosystem stability under contemporary environmental conditions.

Results and Discussion

The comprehensive analysis of the reviewed literature demonstrates that interspecific relationships constitute one of the most fundamental ecological mechanisms responsible for maintaining biodiversity and ensuring the structural and functional stability of biocenoses. Biodiversity is not determined solely by the number of species inhabiting an ecosystem but also by the complexity, diversity, and strength of ecological interactions established among them. These interactions regulate energy flow, nutrient cycling, population dynamics, community organization, and ecosystem resilience. The synthesis of contemporary ecological studies indicates that ecosystems characterized by complex and well-connected interaction networks generally exhibit greater biological diversity and stronger resistance to natural and anthropogenic disturbances than ecosystems with simplified ecological structures.

One of the most significant findings emerging from the reviewed studies is the ecological importance of mutualistic relationships in sustaining biodiversity. Mutualistic interactions enhance survival, reproductive success, resource acquisition, and habitat colonization for the participating species while simultaneously strengthening ecosystem functioning. Pollination systems involving flowering plants and insects, seed dispersal by birds and mammals, nitrogen fixation by symbiotic bacteria, and mycorrhizal associations between fungi and plant roots collectively contribute to increased species diversity and ecosystem productivity. These ecological partnerships facilitate gene flow, improve reproductive efficiency, and promote the establishment of stable biological communities. Numerous investigations have demonstrated that disruptions in mutualistic networks frequently result in declines in species richness, reduced reproductive success, and decreased ecosystem resilience, highlighting their indispensable role in biodiversity conservation[6].

The analysis also reveals that interspecific competition plays a dual role within biological communities. Although competition for limited resources may reduce the abundance of individual populations, it simultaneously promotes ecological specialization, niche differentiation, and adaptive evolution. Through resource partitioning and habitat segregation, competing species minimize direct competitive pressure and increase opportunities for long-term coexistence. Such ecological differentiation contributes to the maintenance of biodiversity by preventing competitive exclusion and allowing multiple species to exploit different ecological niches within the same habitat. Consequently, moderate levels of competition strengthen community organization and increase functional diversity, whereas excessive competition resulting from environmental degradation or invasive species may reduce biodiversity by eliminating ecologically vulnerable populations.

Predation represents another essential ecological process regulating biodiversity within biocenoses. The reviewed literature consistently demonstrates that predators exert strong top-down control on prey populations, preventing the ecological dominance of a limited number of species and thereby maintaining community diversity. Apex predators, in particular, regulate trophic interactions throughout

ecological networks by controlling herbivore abundance and indirectly influencing vegetation structure, nutrient cycling, and habitat complexity. The removal of keystone predators frequently initiates trophic cascades that destabilize ecological communities and reduce species diversity across multiple trophic levels. These findings emphasize that predation functions not merely as a mechanism of mortality but as a critical regulator of ecological balance and ecosystem functioning.

Parasitic relationships were also identified as important contributors to biodiversity maintenance despite their negative effects on individual hosts. Parasites regulate host population density, influence competitive interactions, promote natural selection, and contribute to the maintenance of genetic diversity within populations. Host-parasite coevolution generates continuous evolutionary adaptation that increases biological complexity and ecological resilience. Several reviewed studies indicate that parasite diversity often reflects overall ecosystem health because highly diverse communities generally support complex host-parasite interaction networks. Consequently, parasitism should be recognized as an integral ecological process contributing to long-term ecosystem stability rather than solely as a detrimental biological phenomenon[7].

Commensalism and amensalism, although less extensively studied than other ecological interactions, also influence community organization and biodiversity conservation. Commensal species frequently increase habitat utilization without imposing measurable costs on host organisms, thereby enhancing local species richness and ecological complexity. In contrast, amensal interactions may regulate community composition through mechanisms such as allelopathy, habitat modification, and indirect suppression of competing species. These relationships contribute to ecological succession and habitat differentiation, influencing the distribution and persistence of species within biological communities.

An important outcome of the literature synthesis concerns the relationship between ecological interaction networks and ecosystem stability. Contemporary ecological research increasingly demonstrates that biodiversity is maintained through highly interconnected ecological networks rather than isolated pairwise interactions. Food webs, pollination networks, host-parasite systems, and mutualistic associations collectively determine the resilience and adaptive capacity of ecosystems. Communities characterized by high interaction diversity exhibit greater resistance to environmental disturbances because ecological functions can be maintained through functional redundancy among interacting species. When one species declines, ecologically similar species may partially compensate for the loss, thereby preserving ecosystem functioning and reducing the risk of ecological collapse.

The reviewed studies further indicate that environmental change substantially alters the structure and functioning of interspecific relationships. Climate change modifies species distributions, reproductive phenology, migration patterns, and seasonal synchrony, frequently disrupting ecological interactions that have evolved over long evolutionary timescales. Changes in flowering periods relative to pollinator activity, mismatches between predators and prey, and alterations in host-parasite dynamics have become increasingly common across terrestrial, freshwater, and marine

ecosystems. These ecological mismatches reduce reproductive success, weaken trophic connectivity, and contribute to biodiversity loss. Consequently, environmental variability not only affects individual species but also transforms the ecological networks that sustain biological communities[8].

Anthropogenic disturbances further intensify the disruption of ecological interactions. Habitat fragmentation reduces landscape connectivity, isolates populations, limits dispersal, and interrupts ecological processes such as pollination, seed dispersal, and predator-prey regulation. Urbanization and agricultural expansion simplify community composition by replacing diverse natural habitats with homogeneous environments supporting fewer ecological interactions. Industrial pollution adversely affects sensitive species and modifies competitive relationships, while invasive alien species frequently replace native organisms, alter trophic structures, and introduce novel ecological pressures. These anthropogenic influences collectively reduce interaction diversity and compromise ecosystem resilience.

Another important observation emerging from the comparative analysis is the role of keystone species in maintaining ecological integrity. Keystone species participate in disproportionately large numbers of ecological interactions relative to their abundance and therefore exert substantial influence on community organization. The disappearance of such species often produces cascading ecological effects that extend far beyond the loss of a single population. Declines in keystone pollinators, apex predators, ecosystem engineers, or foundation species may initiate widespread alterations in ecological networks, ultimately reducing biodiversity and ecosystem functionality. These findings demonstrate that effective biodiversity conservation requires protecting both species diversity and the ecological interactions mediated by functionally important organisms.

The reviewed literature also emphasizes the increasing application of ecological network analysis in biodiversity research. Advances in molecular ecology, environmental DNA technologies, remote sensing, geographic information systems, and mathematical modeling have enabled researchers to quantify ecological connectivity and evaluate interaction strength with unprecedented precision. These methodological developments facilitate the identification of vulnerable ecological networks, prediction of ecosystem responses to environmental change, and prioritization of conservation efforts based on functional ecological relationships rather than solely on species richness. Such approaches provide more comprehensive assessments of ecosystem health and improve the scientific basis for biodiversity management.

From a conservation perspective, the findings indicate that successful biodiversity protection requires ecosystem-based management strategies that preserve ecological interactions alongside species populations. Conservation programs focused exclusively on individual threatened species may fail if essential ecological relationships, including pollination systems, trophic interactions, symbiotic associations, and dispersal mechanisms, are not simultaneously maintained. Ecosystem restoration initiatives should therefore emphasize the recovery of ecological processes and interaction networks that sustain long-term community stability. Maintaining ecological

connectivity among habitats, controlling invasive species, reducing habitat fragmentation, and mitigating climate change are all essential measures for preserving the integrity of interspecific relationships.

Overall, the synthesis of contemporary ecological literature clearly demonstrates that interspecific relationships are fundamental determinants of biodiversity conservation within biocenoses. These interactions regulate community composition, stabilize ecological processes, promote adaptive evolution, and enhance ecosystem resilience under changing environmental conditions. Biodiversity conservation should therefore be understood as the preservation not only of individual species but also of the ecological networks that connect them. Protecting the diversity, complexity, and functionality of interspecific interactions represents one of the most effective approaches for ensuring the long-term sustainability of ecosystems and maintaining the ecological services upon which both natural environments and human societies ultimately depend.

Conclusion

The present study demonstrates that interspecific relationships within biocenoses constitute one of the fundamental ecological mechanisms responsible for maintaining biodiversity, ecosystem stability, and long-term ecological sustainability. The comprehensive analysis of contemporary scientific literature indicates that ecological interactions—including mutualism, competition, predation, parasitism, commensalism, and amensalism—play indispensable roles in regulating species coexistence, population dynamics, trophic organization, nutrient cycling, and energy transfer. These relationships collectively determine the structural complexity and functional integrity of biological communities, emphasizing that biodiversity conservation depends not only on species richness but also on the preservation of ecological interactions among species.

The findings further reveal that the diversity and strength of interspecific relationships directly influence ecosystem resilience and adaptive capacity. Ecological communities characterized by highly interconnected interaction networks are generally more resistant to environmental disturbances and exhibit greater recovery potential following natural or anthropogenic stress. Functional redundancy among species, together with the presence of keystone species, enhances ecosystem stability by maintaining essential ecological processes even when individual populations decline. Consequently, the conservation of ecological networks should be considered an integral component of modern biodiversity management strategies.

The review also highlights that global environmental change has significantly altered the structure and functioning of species interactions. Climate change, habitat fragmentation, biological invasions, environmental pollution, urbanization, and unsustainable land-use practices increasingly disrupt ecological connectivity, modify trophic relationships, and reduce the effectiveness of mutualistic associations such as pollination and seed dispersal. These anthropogenic pressures not only threaten individual species but also weaken the ecological networks that sustain ecosystem functioning. Therefore, biodiversity loss should be interpreted as both the

disappearance of species and the degradation of the ecological interactions that maintain biological communities.

Furthermore, advances in ecological network analysis, molecular ecology, environmental DNA technologies, remote sensing, and long-term ecological monitoring have considerably improved our understanding of interspecific relationships and their ecological significance. These modern approaches enable researchers to identify critical ecological interactions, assess ecosystem vulnerability, predict community responses to environmental change, and develop scientifically informed conservation strategies. Integrating these methodologies into biodiversity research provides a more comprehensive understanding of ecosystem functioning and supports evidence-based environmental management.

From a practical perspective, the findings emphasize that effective biodiversity conservation requires ecosystem-based approaches that preserve both species diversity and ecological processes. Conservation and restoration programs should prioritize the maintenance of habitat connectivity, the protection of keystone and functionally important species, the restoration of trophic interactions, and the conservation of mutualistic ecological networks. Such integrated management strategies will strengthen ecosystem resilience, enhance ecological stability, and ensure the continued provision of ecosystem services essential for both natural environments and human well-being.

In conclusion, interspecific relationships should be recognized as the ecological foundation upon which biodiversity conservation and ecosystem sustainability depend. The preservation of ecological interactions is as important as the protection of individual species because these interactions regulate community organization, ecological functioning, evolutionary adaptation, and environmental resilience. Future research should increasingly integrate community ecology, ecological network theory, conservation biology, molecular ecology, and predictive ecological modeling to improve understanding of how species interactions respond to accelerating global environmental change. Such multidisciplinary investigations will contribute significantly to the development of sustainable biodiversity conservation policies and effective ecosystem management strategies capable of preserving the integrity of natural biocenoses for future generations.

References

1. Balakhanova, G. V. (2024). The environmental footprint: Rethinking our consumption habits. Scientific Research International Scientific Journal, 4(10), 75–79.
2. Balakhanova, G. V. (2024). Evaluation of antagonist properties of fungus species belonging to the genus Trichoderma. Scientific Research International Scientific Journal, 4(8), 38–43.
3. Balakhanova, G. V. (2024). General characteristics of mycobiota activity formed in anthropogenic environments. In II International Conference on Biological and Agrarian Sciences, February 14, 54–56.
4. Bascompte, J. (2025). The architecture of ecological interactions and biodiversity. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 56, 1–24. https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-2024 (Annual Reviews)

5. Fernando, N., Schultz, N., Palmer, G., et al. (2025). Disturbance impacts on ant interactions in different climatic regions. Insectes Sociaux, 72(3), 423–435. https://doi.org/10.1007/s00040-025-01037-x (Springer)
6. Hechler, R. M. (2025). Quantifying species interactions in the Anthropocene. Nature Reviews Biodiversity, 1, 89. https://doi.org/10.1038/s44358-025-00019-y (Nature)
7. Hembry, D. H., & Weber, M. G. (2020). Ecological interactions and macroevolution: A new field with old roots. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 51, 215–243. https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-011720-121505 (Annual Reviews)
8. McPeek, M. A. (2025). The evolutionary ecology of species interactions: Shared mechanisms of natural selection and population regulation. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 56, 1–26. https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-102723-044137 (Annual Reviews)
9. Thompson, J. N., Nuismer, S. L., & Gomulkiewicz, R. (2020). Measuring coevolutionary dynamics in species-rich communities. Trends in Ecology & Evolution, 35(6), 539–550. https://doi.org/10.1016/j.tree.2020.02.002 (ScienceDirect)

İSMAYILLI DÖVLƏT TƏBİƏT QORUĞUNUN DENDROLOJİ TƏRKİBİ VƏ MÜŞAHİDƏ OLUNAN MEŞƏ TİPLƏRİNİN TƏDQİQİ

Süveyrat Həsənova Məmmədxan
Dosent
Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti
Azərbaycan

Xülasə.

İsmayıllı Dövlət Təbiət Qoruğu Azərbaycan Hökumətinin 1 iyun 1981-ci il tarixli 256 №-li qərarına əsasən yaradılmışdır. Həmin qərara əsasən Respublika Meşə Təsərrüfatı Nazirliyinin 12 iyun 1981-ci il tarixli 192 №-li sərəncamına əsasən İsmayıllı inzibati rayonundakı dövlət meşə fondundan 5778 hektar meşə sahəsi İsmayıllı Dövlət təbiət qoruğuna təhkim olunmuşdur. Yüksək dağ qurşağı meşələri dəniz səviyyəsindən 2300 m hündürlükdən 1700 m-ə qədər hündürlüyü əhatə edir.Bu meşələrin sahəsi 1017 ha bərabərdir.Ümumi ərazinin 17,53% - ni təşkil edir.Meşə əmələgətirici bitkilərdən fıstıq (Faqusi) və palıd (Querasusı) ağac cinsləri üstünlük təşkil edir.Meşənin ucqar kənarlarında ağcaqayın (Acerı), tozağacı (Betula-Pentula), quşarmudu (Serbus Buasie) , qarağac (Ulmus) və digər ağaclardan ibarət park tipli subalp çəmənlikləri başlanır. Beləliklə meşələrin yuxarı sərhədlərinə qalxdıqca ot örtüyü qalınlaşır. Ot bitkilərindən çəmən pişikquyruğu, dovşan topalı, tonqalotu, çəmən qırtıcı, çoban çomağı, səhləb və başqa növləri dominantlıq təşkil edir.Qoruq ərazisinin çox hissəsi (90 % - dən çox) meşələr, az bir hissəsində dağ çəmənləri

və meşə talaları təşkil edir. Qoruq ərazisində əsasən meşə əmələgətirici ağac bitkiləri, tipləri üstünlük təşkil edir. Bitki aləminin zonallıq üzrə yayılması bu ərazini zonal sahələrə ayırmağa imkan verir. Aparılan elmi tədqiqat işləri bitki örtüyünün ekoloji xarakteristikasını müəyyən edir. Qoruq əməkdaşları tərəfindən meşə cinslərinin çiçəkləmə və bar vermə dövründə məhsuldarlıq kateqoriyalarının V.Q.Kaplerin 5 ballıq şkalası üzrə gözəyarı qiymətləndirlib. İsmayıllı rayonu ərazisində iki növün qara və boz qızılağacın yayıldığı müəyyənləşdirilmişdir. Bu növlər soyuğa davamlı, nəm, torpağa, istiyə, quraqlığa davamlı və işıqsevəndir. Geniş yayılan qüvvəli kök sistemi və çətirə malikdir.Çürüntülü, nəmli yerlərdə , axar su kənarlarında, dərə və çökəkliklərdə, kanal və arxların ərtaflarında yaxşı inkişaf edir. Məhsuldar meşələr əmələ gətirir. Ağaclar yaşa dolduqca onların qabıqları qonurlaşır qaralır, üzərindəki çatlar dərinləşir və həm də sıxlaşır. Ağac kəsilən kimi oduncağın rəngi ağımtıl, sonra çəhrayı qırmızımtıl olur, tədricən tündləşir qonur qəhvəyi, daha sonra qonur qırmızı rəng alır. Çox güman ki, oduncağın rənginə görə də ona qızılağac adı verilmişdir.

Açar sözlər: palıd güvəsi, qızılağac, dağ qurşağı, quzey yamaclar, ot döşəməsi, yarus, yabanı meyvə, relikt, dərman bitkiləri.

Giriş. İsmayıllı Dövlət Qoruğu çox zəngin bitki örtüyünə malikdir. İsmayıllı rayonu ərazisində aparılan tədqiqatlar nəticəsində 500- dən çox bitki növü var. Qoruq ərazisində aparılan tədqiqatlar nəticəsində 40 növə qədər bitki olduğu dəqiqləşdirilmişdir.

Qoruq ərazisinin çox hissəsi (90 % - dən çox) meşələr, az bir hissəsində dağ çəmənləri və meşə talaları təşkil edir. Qoruq ərazisində əsasən meşə əmələgətirici ağac bitkiləri, tipləri üstünlük təşkil edir. Bitki aləminin zonaları üzrə yayılması bu ərazini aşağıdakı sahələrə ayırmağa imkan verir:

Yüksək dağ qurşağı meşələri dəniz səviyyəsindən 2300 m hündürlükdən 1700 m-ə qədər hündürlüyü əhatə edir.Bu meşələrin sahəsi 1017 ha bərabərdir.Ümumi ərazinin 17,53% - ni təşkil edir.Meşə əmələgətirici bitkilərdən fıstıq (Faqusi) və palıd (Querasusı) ağac cinsləri üstünlük təşkil edir.Meşənin ucqar kənarlarında ağcaqayın (Acerı), tozağacı (Betula-Pentula), quşarmudu (Serbus Buasie) , qarağac (Ulmus) və digər ağaclardan ibarət park tipli subalp çəmənlikləri başlanır.Beləliklə meşələrin yuxarı sərhədlərinə qalxdıqca ot örtüyü qalınlaşır.Ot bitkilərindən çəmən pişikquyruğu, dovşan topalı, tonqalotu, çəmən qırtıcı, çoban çomağı, səhləb və başqa növləri dominantlıq təşkil edir.

Orta dağ qurşağı meşələri dəniz səviyyəsindən 1700 m-dən 800 m-ə qədər hündürlüyü əhatə edir.Orta dağ meşə qurşağı meşələri qoruq meşələrinin 4560 ha sahəsini və ya ümumi ərazinin 78,6 % - ni təşkil edir. Burada fıstıq (Faqus I), vələs (Qarpinus I) geniş yayılmışdır. Qeyd etmək lazımdır ki, dəniz səviyyəsindən 1500-1600 m hündürlükdən 800 metr hündürlüyə qədər quzey yamaclarda dominantlıq fıstıq bitkisinin üzərinə düşür. Şimal yamaclarında fıstıq çətirləri birləşib günəş şüalarının qarşısını kəsməsi nəticəsində alt yarus bitkiləri və ot döşəməsi yox dərəcəsindədir.Nəticədə təmiz (ölü) fıstıq meşəsi yaranmışdır.

Lakin günəbaxan yamaclarda fıstıqdan başqa vələs (Qarpanus), palıd (Querpis), göyrüş (Fraxinus) yabanı meyvə bitkilərindən itburnu (Rosa) geniş yayılmışdır.

Güney yamaclarda palıd meşəlikləri üstünlük təşkil edir.Bunun da alt yarusları yabanı meyvə bitkiləri ilə zəngindir.

Aşağı dağ qurşağı meşəlikləri dəniz səviyyəsindən 500 m hündürlükdən 800 m hündürlüyə qədər sahəni əhatə edir. Meşə əmələgətirici edifikator növlər palıd, vələs , göyrüş hesab olunur. Aşağı cənub yamaclarda təmiz palıd meşəlikləri geniş sahə əmələ gətirir. Aşağı dağ qurşağında zoğal (Qarnus), alça (Prinus divariqata), itburnu(Rosa), əzgil (Mespilus), fındıq, sumaq (Rhus), yemişan (Qratalqus), sarağan (Qotinus),murdarça (Phamilus qatharika), cır alma (Malus), cır armud (Purus), qara gəndəlaş (Zambisus) kimi yabanı meyvə bitkiləri geniş inkişaf etmişdir.

Qoruğun ikinci hissəsi sayılan 31 – 32 – ci kvartallarda şabalıdyarpaq palıd (Qurekus Qastanifoliyol) geniş yayılmışdır.Bu bitki İsmayıllı Dövlət Qoruğunda relikt sayılan bitkidir. Ərazidə xırda pöhrəliklərdən tutmuş yaşı 200 -300 ilə çatan çoxlu şabalıdyarpaq palıd vardır. 1984 - cü ildə iyun ayında dəniz səviyyəsindən 550 m hündürlükdən 1000 m hündürlüyə qədər sahələrdə yayılmış palıd ağaclarının bütün növlərinin yarpaqlarına düşən „palıd güvəsi" ağacların inkişafına bəzən çox böyük təsir göstərir.

Material və metodika.

Qoruq ərazisində olan ağac və kol 37 növlə qeyd olunur:

Alça, Zirinc, Tozağacı, Cökə, Beşyuvalı yemişan , Şərq fıstığı, Meşə gilası, Qarağac, Qafqaz armudu, Vələs, Şərq palıdı, Gürcüstan palıdı, Şabalıdyarpaq palıd, Adi palıd, Böyürtkən, Göyrüş, İriyarpaq ağcaqayın, Şərq çinarı, Qızılağac, Yalanqoz, Qovaq Qaraçöhrə, Heyva, Yunan qozu, Sara, Sumaq, Fındıq, Ardıc, Çaytikanı, Ölməz kol (prokonta) Murdarça, Söyüd, Əzgil, Ağac gəndəlaş, Çay qovağı, Alma, Dovşanalması.

Eyni zamanda İsmayıllı Dövlət Qoruğu ərazisində çoxlu sayda dərman bitkilərinə rast gəlmək olur. Qoruq ərazisində olan dərman bitkilərinin siyahısı aşağıdakı cədvəldə verilmişdir. Qoruq ərazisində olan 23 növ dərman bitkisi qeydə alınır.

Zirinc,Tozağacı, Beşyuvalı yemişan, Gürcüstan palıdı, Şərq palıdı, Böyürtkən,

Zoğal, Fındıq, Qafqaz cökəsi, Moruq, Ardıc, Çaytikanı, Heyva, Qaraçöhrə, Əzgil, Qoz, Qızılağac (Quşarmudu), Sumaq, Şərq alması, Ölməz kol (prokanta), Ağac gəndalaş, Murdarça

a) Geniş areallı növlər – palıd (Querqust), vələs (Qarpinust), fıstıq (Faqus)

b)Tipik və kütləvi növləri- göyrüş (Traxinus), ağcaqayın (Ager), fındıq, çaytikanı (Hippophiye I) , əzgil (Mespilusi) , zoğal (Qarnus) , yemişan (Qratalqus) , zirinc (Berberus)

c) Zonanın bitki qrupu üçün səciyyəvi növləri – ardıc (suniperus)

d) Nadir və nəsli kəsilməkdə olan növlər - şabalıdyarpaq palıd (Querqus), qaraçöhrə (Faxus bossota), şabalıdyarpaq palıd (Querqus Qostanifalia)

İsmayıllı Dövlət Təbiət Qoruğu ərazisinin 9,8%-ni dağlıq, 3,2%-ni düzənlik təşkil edir. Ərazinin 87 % - i 4881 ha sahəsi isə meşə ilə örtülmüşdür. Qoruğun aşağı dağ qurşağında adi palıd və şabalıdyarpaq palıd, orta dağ qurşağında fıstıq və vələs, yuxarı dağ qurşağında şərq palıdı meşələri üstünlük təşkil edir.

Fıstıq, palıd və vələs meşələrindən başqa dağlarımızda kiçik sahələrdə 3 növ ağcaqayın, cökə, titrəkyarpaq qovaq, göyrüş meşələrinə rast gəlinir.Onların arasında

ən geniş yayılan fıstıq meşələridir. Fıstıq meşələri çox məhsuldar olub, bir hektarda orta hesabla 207 m^3 oduncaq verir. Bəzi sahələrdə daha məhsuldar fıstıq meşələrinə rast gəlinir. Onların bir hektarda 400 - 600 m^3, diametri 1 - 1,65 metrə çatır. Respublikamızda fıstıq oduncaqlarından mebel, parket və çəllək hazırlamaq üçün istifadə edilir.

İsmayıllı Dövlət Təbiət Qoruğu ərazisində fıstıq meşələri dəniz səviyyəsindən 800-2000 m-ə qədər yüksəklikdə yayılmışdır.Bu meşə ilə örtülü ərazinin 72,2%-ni təşkil edir.Sıxlıq 0,56 – dır.

Vələs meşələri ərazisinə görə fıstıqdan sonra ikinci yeri tutur.Qoruq ərazisinin 20%-ni təşkil edir.Sıxlıq 0,59-dur.Adətən fıstıq və palıdla birlikdə bitir.

Palıd meşələri ərazisinin böyüklüyünə görə fıstıq və vələsdən sonra üçüncü yeri tutur.Aşağı dağlıq və düzənlik zonalarda bitməklə ərazinin 10%-ni təşkil edir. Palıd ağacı qiymətli oduncağa malikdir. Ondan yaraşıqlı mebel parket və digər alətlər hazırlanır. O, həmdə uzun ömürlüdür. 1000 - 1500 il yaşayır , çox meyilli , cənub yamaclarında bitir.Belə sahələrdə torpağı eroziyadan qorumaqda onu əvəz edən ayrı ağac cinsi yoxdur.

Üçüncü dövrün relikt bitkisi sayılan şabalıdyarpaq palıd qoruq ərazisinin düzən sahəsində Qanıx-Həftəran vadisində bitir.Ərazidə boyu 20-30 metr, diametri 0,80-1,20 metrə çatan nəhəng ağaclar vardır.

Şabalıdyarpaq palıd. Bu növ respublikamızın ərazisində bitən 7 palıd növünün içərisində xüsusi yer tutr.Ümumiyyətlə palıd növlərinin nəhəngi sayılır. İsmayıllı Dövlət Təbiət Qoruğunun 2-ci hissəsi sayılan Qanıx-Həftəran vadisindəki düzən meşədə qorunub saxlanılır.

Tədqiqatlar göstərmişdir ki, torpaq əmələ gətirən ana süxurlar da bu palıdın məhsuldarlığına təsir göstərir.Məsələn,yumşaq xassəli gil şistlərinin, tuf qumlarının üzərində əmələ gəlmiş qalın dağ - meşə sarı və yaxud dağ-meşə qonur torpaqları şəraitində yayılan palıd meşələrinin məhsuldarlığı 1-II bonitetlər arasında dəyişir.

Elmi tədqiqatlara görə 20-25 yaşlı şabalıdyarpaq palıd bir hektar sahədən 240 – 280 m^3 oduncaq verməyə qadirdir.

Şabalıdyarpaq palıdın fiziki – mexaniki tərkibinə dair professor Z.Ə.Novruzovanın tədqiqatları göstərmişdir ki, bu palıdın həcm çəkisi 0,79-0,80 q/sm^3 təşkil edir. Lakin, onun yaş oduncağının həcm çəkisi quru oduncağa nisbətən aşağıdır 0,79q/sm^3.Üçüncü yeri tutur.Aşağı dağlıq və düzənlik zonalarda bitməklə ərazinin 10% - ni təşkil edir.

Palıd ağacı qiymətli oduncağa malikdir.Ondan yaraşıqlı mebel,parket,çəllək və digər alətlər düzəldirlər.

Qoz ağacı. Yer üzərində bu qiymətli ağacın 40 növü məlumdur və geniş yayılmış cinslərdən biridir.Respublikamızın ərazisində qozun iki növü yayılmışdır ki, bunun da biri yabanı haldadır.Əsasən aşağı dağ meşə zonasında təbii halda inkişaf edir, $15-20^0$ şaxtaya davamlıdır.

İsmayıllı Dövlət Təbiət Qoruğunda təbii halda orta dağ qurşağı meşələrində də təsadüf edilir.1-4-7 №-li dolaylarda diametri 60 sm-ə və hündürlüyü 20-25 m-ə çatan yunan qozuna təsadüf edilir.Qoz ağacının oduncağı ağır, kip, bərk və davamlı olur, çox

müxtəlif sahələrdə mebel sənayesində - şərq musiqi alətlərinin istehsalında, silah istehsalında istifadə olunur.

Qozun meyvəsinin içərisi iki hissədən, hər iki hissə iki ləpədən ibarətdir. Qərzəklə ləpələrin arasında çox nazik qabıq olur.Bu qabıq qozun özəyini hava və sudan mühafizə edir. Əks halda tez quruyur.Qərzək qabığının dadı çox acı,iyi kəskin, tərkibi boya və aşı maddələri ilə zəngindir.Ona görə də boyaq sənayesində qabıqdan istifadə edilir.

Yarpaqları müalicəvi cəhətdən maraqlıdır. Müxtəlif dəri xoralarının müalicəsində qüvvətli antibiotik təsirli preparat kimi geniş istifadə edilir.

Nəhəng ağcaqayn.Respublikamızda yayılmış 8 ağcaqayın növündən biri də nəhəng ağcaqayındır. Ona məxməri ağcaqayında deyilir. Lakin, akademik A. A. Qrosheym onu nəhəng ağcaqayın adlandırmışdır. Yarpaqlarının və gövdəsinin böyüklüyünə görə bu ağcaqa-yın xeyli seçilir.

Hündürlüyü 35-40 m - ə çatan bu ağacın yarpaqlarının uzunluğu 15-20, daha münbit torpaq və rütubətli hava şəraitində 30-40 sm - ə çatır.Yarpaqların rəngi tünd yaşıl, çox yaşlı ağaclarda xeyli açıq – boz yaşıl olur, quruluşu etibarı ilə yaraşıqlıdır. Çiçəkləyən dövrdə görünüşü çox gözəldir, çiçəkləri bal ətri verir.

Nəhəng ağcaqayın İsmayıllı Dövlət Təbiət Qoruğunun düzən hissəsindən başlamış orta dağ-meşə, ayrı - ayrı dərələr və çay vadiləri ilə yuxarı dağ - meşə qurşaqlarına qədər qalxır. Lakin, bu qurşağın dəniz səviyyəsindən 1800 m – dən yuxarı hissəsində hava şəraiti sərtləşdikcə ağcaqayın ağacları kollaşmağa, ko-budlaşmağa başlayır. Yamacın meyilliyindən və baxarlılığından asılı olmayaraq, nəhəng ağcaqayının toxum vasitəsilə təbii bərpası çox yaxşı gedir.

Tozağacı.Nadir, relikt, endemik növdür.Azərbaycanın qırmızı kitabına daxil edilmişdir. Subalp qurşağının aşağı hissəsində dəniz səviyyəsindən 1500 – 2100 m yüksəkliklərdə karbonatlı dağ süxurları əmələ gələn meşələrdə, palıd, quşarmudu, vələs , qaya dovşanalması və s. cinslərlə birlikdə bəzən də meşəaltı Qafqaz xanıməlisindən ibarət bitki sezonu yaradır.

Növ heç vaxt kütləvi olmadığından ehtiyatı da məhduddur.

Toxumla və kök pöhrələri ilə çoxalır.

Xüsusi mühafizə tədbirləri ilə qorunub saxlanılır. İsmayıllı Dövlət Təbiət Qoruğunda tozağacı meşələri yuxarı dağ meşə qurşağında yerləşməklə böyük torpaqqoruyucu və sutənzimləyici əhəmiyyətə malikdir .

Şərq çinarı. Çinar fəsiləsindəndir.Ehtiyatı azalmaqda olan relikt növdür. Çay sahilləri, dəniz səviyyəsindən 1000 m yüksəkliyə qədər dərələr boyunca kifayət qədər qrunt sularının, rütubətin olduğu yerlərdə bitir. İsmayıllı Dövlət Təbiət Qoruğunda kiçik arealda Ax – ox çay hövzəsində yayılmışdır. Bu ərazidə 20 ədədə yaxın yaşlı nəhəng ağac və 500 – dən artıq cavan yeniyetmə qeydə alınmışdır. Ərazi tam təbii çinar müşəsidir.Həmçinin İsmayıllı rayonu ərazisində 250 – 500 il yaşı olan nəhəng çinarlar vardır. Təbii sahələrdən cavan yaşıl çinar ağaclarının çıxarılıb yaşıllaşdırmada istifadə olunması və ya kəsilməsi qadağan edilmişdir.

Qafqaz cökəsi. Cökə fəsiləsindəndir.Hündür boylu, iri ağacdır. İsmayıllı Dövlət Qoruğunun Ax – ox çayı və Göyçay çayı hövzəsində daşlı – qayalı meşə yamaclarında tək-tək və qrup halında yayılmışdır.Aşağı və orta dağ qurşağı meşələrində, diametri 70

sm, hündürlüyü 25-30 m-ə çatan cökə ağaclarına rast gəlinir.İyun, iyul aylarında çiçək açır, çiçəklərində C vitamini efir yağı, üzvi turşular, aşı və selik maddəsi və s. vardır. Xalq təbabətində qurudulmuş çiçəklərindən dəmləmə şəklində istifadə edilir. Bu çaydan tənəffüs yollarının iltihabında , qaraciyər , böyrək və mədə - bağırsaq xəstəliklərinin müalicəsində istifadə edilir.

Qanadmeyvə yalanqoz. Qozkimilər fəsiləsinə aiddir.Arealı azalmaqda olan relikt növdür.İsmayıllı Dövlət Təbiət Qoruğunda çay yataqlarının aşağı sahəsində, dərələrdə dəniz səviyyəsindən 1000 – 1200 m hündürlüyə qədər qalxır. Rütubətliyi artıq olan sahələrdə təmiz yalanqoz meşələrini əmələ gətirir.

Qanıx – Həftəran vadisində yalanqoz saqqallı qızılağac (boz qızılağac), məxməri ağcaqayın, adi fındıq və s. növlərlə qarışıq bitir. Toxum və vegetativ yolla çoxalır.

Toxumla bərpası başqa tiplərə nisbətən qızılağac – yalanqoz meşələrində zəif gedir. Kök pöhrələri ilə yaxşı çoxalır. Xüsusən ağacların dövrəsində çoxlu miqdarda pöhrə olur.(50 m^2 – də 100 ədəd)

Qızılağac. Qızılağac tozağacı fəsiləsinə daxildir. Qərbi Avropa, Asiya , Şimali və Cənubi Amerikada, Qafqazda geniş areala malik olan meşələr əmələ gətirən nadir ağac cinsidir. Onun yabanı halda dünyada 30, SSRİ –də 12, Qafqazda 4, Azərbaycanda 3 növü məlumdur. Dəniz səviyyəsindən mənfi 24 m - dən müsbət 2200 m - ə qədər yüksəkliklərdə yayılırlar.

İsmayıllı rayonu ərazisində iki növün qara və boz qızılağacın yayıldığı müəyyənləşdirilmişdir. Bu növlər soyuğa davamlı, nəm, aepasiyalı torpağa, istiyə, quraqlığa davamlı və işıqsevəndir. Geniş yayılan qüvvəli kök sistemi və çətirə malikdir.Çürüntülü, nəmli yerlərdə , axar su kənarlarında, dərə və çökəkliklərdə, kanal və arxların ərtaflarında yaxşı inkişaf edir. Məhsuldar meşələr əmələ gətirir. Ağaclar yaşa dolduqca onların qabıqları qonurlaşır – qaralır, üzərindəki çatlar dərinləşir və həm də sıxlaşır. Ağac kəsilən kimi oduncağın rəngi ağımtıl, sonra çəhrayı – qırmızımtıl olur, tədricən tündləşir qonur – qəhvəyi, daha sonra qonur – qırmızı rəng alır. Çox güman ki, oduncağın rənginə görə də ona qızılağac adı verilmişdir.

Giləmeyvə qaraçöhrə. Nadir relikt növdür.Azərbaycanın qırmızı kitabına daxil edilmişdir.

Dəniz səviyyəsindən 800 – 1800 m yüksəkliyə qədər fıstıq – vələs meşələrində meşəaltı kimi bitir. Müxtəlif fıstıq meşə tiplərində təsadüf edilir.Əsasən tək – tək və kiçik qruplarda yayılmışdır. Ən iri sahəsi İsmayıllı Dövlət Qoruğunun 4 № - li dolayında Ax – ox çay hövzəsində, Qız qalası adlanan ərazidədir, sahəsi 1 hektara yaxındır.

Əsasən toxumla çoxalır, meyvələri şirin yeməlidir. İynə yarpaqlıdır, yarpaqlar tam zəhərlidir. Heyvan və quşların bu yarpaqlarla qidalanması zamanı zəhərlənməsi müşahidə olunmuşdur.İsmayıllı Dövlət Qoruğunda aparılan tədqiqatlar bunu sübuta yetirmişdir.

Nəticə.Qoruq ərazisində əməkdaşların və bir çox alimlərin mütəmadi olaraq apardığı elmi tədqiqat işləri bitki örtüyünün ekoloji xarakteristikasını açmağa imkan verir.Bu baxımdan aşağılakı cədvəllər çox dəyərlidir.

Qoruq əməkdaşları tərəfindən meşə cinslərinin çiçəkləmə və bar vermə dövründə məhsuldarlıq kateqoriyalarının V.Q.Kaplerin 5 ballıq şkalası üzrə gözəyarı qiymətləndirilməsi:

Bitkinin adı	Nümunə meydançası	Kvartal №-si	Cinsi	Qiymət (balla)	
				Çiçək dövrü	Məhsuldarlıq dövrü
Zoğal	1	32	Kol	Bol	Yaxşı
Palıd	2	32	Ağac	Bol	Q.kafi
Yemişan	2	30	Kol	Bol	Yaxşı
Əzgil	1	30	Kol	Yaxşı	Bol
Vələs	1	30	Ağac	Yaxşı	Yaxşı
Fıstıq	1	30	Ağac	Bol	Q.kafi

Bitki qruplarının inventarizasiyası və xəritələşdirilməsi başlıca meşə təşkil edən ağac növlərinin yayılması müəyyən edilərək aşağıdakı cədvəldə verilmişdir:

Meşə cinslərinin doluluğa görə yayılması

Ağac cinsləri	Doluluğun qruppası								Cəmi
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	10	
1)Şabalıdyarpaq Palıd	-	1,4	6,7	8,3	-	-	-	-	16,4
2)Gürcüstan Palıdı	-	-	4,6	17,8	5,3	-	-	-	27,7
3)Fıstıq	2,0	29,8	156,9	320	324	76	38,7	-	668,2
4)Vələs	-	2,5	32,1	59	844,0	-	-	-	138,4
5)Qaraçöhrə	-	-	7,8	3,0	4,4	-	-	-	0,4
6)Ağcaqayın	-	-	-	-	0,4	-	-	-	15,2
7)Uzunyarpaq Palıd	-	0,6	-	9,6	-	-	-	-	-
Yekunu	2,0	32,4	208	1407	8	3	8,7	-	866,5

Qoruqda nadir bitkilərin siyahısı

Sıra №	Növün adı	Nadirliyin dərəcəsi		Tapıldığı yer. Populyasiya vəziyyəti
		Təsnifat dərəcəsi	Respublika və rayon florası üçün	
1	Şabalıdyarpaq palıd	Relikt	Relikt	31-32 kv
2	Qaraçöhrə	Relikt	Relikt	29 kv
3	Ardıc	Relikt	Relikt	Subalp Çəmənliyində
4	Qızılağac	Relikt	Relikt	32 kv
5	Qoz	Relikt	Relikt	13 kv
6	Danaya	Relikt	Relikt	27-28 kv
7	Yalanqoz	Relikt	Relikt	30 – 32 kv

İstifadə olunan ədəbiyyat

1. Məmmədov Q.Ş.Azərbaycan torpaqlarının ekoloji qiymətləndirilməsi. Bakı. Elm.1988..
2. Əsədov. K.S. Böyük Qafqazın yabanı meyvə bitkiləri .Elm. Bakı. 1981.
3. Прилипко.Л.И. Лесная растителность Азербайджана Баку.Азернешр.1954.

DENDROLOGICAL COMPOSITION OF THE ISMAYILLI STATE NATURE RESERVE AND A STUDY OF THE OBSERVED FOREST TYPES

Suveyrat Hasanova Mammadkhan
Associate Professor
Azerbaijan State Pedagogical University
Azerbaijan

Abstract

The Ismayilli State Nature Reserve was established by Resolution No. 256 of the Government of Azerbaijan dated 1 June 1981. In accordance with this resolution and Order No. 192 of the Ministry of Forestry of the Republic dated 12 June 1981, 5,778 hectares of the state forest fund within the administrative territory of the Ismayilli District were allocated to the reserve. The high-mountain forest belt extends from approximately 1,700 to 2,300 m above sea level and covers an area of 1,017 ha, representing 17.53% of the reserve's total territory. Among the forest-forming tree species, Oriental beech (Fagus orientalis) and oak (Quercus spp.) are dominant. Along the upper forest margins, park-like subalpine meadows composed of maple (Acer spp.), silver birch (Betula pendula), mountain ash (Sorbus buschiana), elm (Ulmus spp.), and other woody species gradually appear. As the upper forest boundary is approached, the herbaceous vegetation becomes denser. Dominant herbaceous species include meadow foxtail, cocksfoot, bonfire grass, meadow grasses, shepherd's rod, orchids, and several other meadow plants. More than 90% of the reserve is covered by forests, while only a small portion consists of mountain meadows and forest glades. Forest-forming woody vegetation predominates throughout the reserve. The altitudinal zonation of the vegetation allows the territory to be divided into distinct ecological zones. Scientific investigations have identified the ecological characteristics of the vegetation cover. During the flowering and fruiting periods, the productivity of forest tree species was visually evaluated by reserve specialists using V. G. Kapper's five-point scale. Field studies conducted in the Ismayilli District confirmed the occurrence of two alder species black alder (Alnus glutinosa) and grey alder (Alnus incana). These species are tolerant of low temperatures, soil moisture, heat, drought, and require adequate light for optimal growth. They possess extensive root systems and broad crowns and develop successfully in humus-rich, moist habitats, particularly along streams, valleys, depressions, canals, and irrigation ditches, where they form highly productive forest stands. As the trees mature, their bark becomes darker and develops deep, dense

fissures. Freshly cut wood is initially whitish, gradually turning pinkish-red and eventually darkening to brownish or reddish-brown. It is believed that the It is believed that the tree was named "alder" in Azerbaijani ("qızılağac") because of the characteristic color of its wood.

Keywords: oak leaf moth, alder, mountain belt, northern slopes, herbaceous ground layer, forest stratum, wild fruit species, relict species, medicinal plants.

THE IMPORTANCE OF REPRODUCTIVE STRATEGIES IN REGULATING POPULATION DYNAMICS

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

Abstract

Population dynamics represent one of the central research areas in ecology, providing essential insights into the mechanisms governing population growth, stability, and persistence under changing environmental conditions. Among the numerous factors influencing demographic processes, reproductive strategies play a pivotal role by regulating reproductive success, recruitment, survival, and long-term population viability. The present study aims to evaluate the ecological importance of reproductive strategies in regulating population dynamics through a comprehensive synthesis of contemporary ecological literature.

This study was conducted as a narrative review integrating theoretical concepts with empirical evidence obtained from internationally recognized scientific publications. Relevant literature published primarily between 2020 and 2026 was collected from major scientific databases, including Web of Science, Scopus, ScienceDirect, SpringerLink, Wiley Online Library, and Google Scholar. The collected information was comparatively analyzed within the frameworks of population ecology, life-history theory, evolutionary ecology, and conservation biology.

The synthesis demonstrates that reproductive characteristics such as fecundity, reproductive timing, age at sexual maturity, breeding frequency, parental investment, and offspring survival significantly influence demographic regulation across diverse ecosystems. Population responses to density-dependent factors, including competition, predation, and disease, as well as density-independent environmental drivers such as climate change, habitat fragmentation, pollution, and natural disturbances, are largely mediated through reproductive adaptations. Furthermore, life-history trade-offs determine how species allocate available resources among growth, survival, and reproduction, thereby influencing population resilience and adaptive capacity. The review also highlights that anthropogenic environmental changes increasingly affect reproductive performance, genetic diversity, recruitment success, and population

persistence, emphasizing the importance of reproductive ecology in biodiversity conservation and ecosystem management.

Overall, the findings indicate that reproductive strategies represent fundamental ecological mechanisms linking individual life-history traits with population regulation, evolutionary adaptation, and ecosystem stability. Integrating reproductive ecology with contemporary ecological modeling and long-term demographic research will substantially improve predictions of population responses to ongoing global environmental change and support the development of effective biodiversity conservation strategies.

Keywords: population dynamics, reproductive strategies, reproductive ecology, life-history theory, demographic regulation, fecundity, recruitment, ecological adaptation, biodiversity conservation, ecosystem resilience.

Introduction

Population dynamics constitute one of the fundamental concepts in ecology, providing a theoretical and practical framework for understanding how populations change over time and space in response to environmental conditions. Variations in population size, density, age structure, spatial distribution, and genetic composition are governed by the combined effects of birth, mortality, immigration, and emigration. These demographic processes are further influenced by interactions between intrinsic biological characteristics and extrinsic environmental factors, resulting in complex patterns of population growth, stability, decline, or cyclic fluctuations. Understanding the mechanisms underlying population dynamics has become increasingly important in contemporary ecological research because it enables scientists to predict species persistence, evaluate ecosystem resilience, and develop evidence-based conservation and resource management strategies.

Among the numerous determinants of population dynamics, reproductive strategies occupy a central position because reproduction directly regulates the recruitment of new individuals into populations and ultimately determines their capacity for persistence and long-term viability. Reproductive strategies represent a suite of evolutionary adaptations that have emerged through natural selection to maximize reproductive success under diverse environmental conditions. These strategies encompass reproductive timing, mating systems, reproductive frequency, fecundity, parental investment, offspring size and number, age at sexual maturity, breeding periodicity, and mechanisms that enhance offspring survival. Together, these traits shape the demographic performance of populations and determine their responses to both predictable and unpredictable environmental changes[1].

The ecological significance of reproductive strategies extends far beyond the production of offspring. Reproductive characteristics influence population growth rates, generation turnover, genetic variability, dispersal capacity, colonization success, competitive interactions, and resilience to environmental disturbances. Species with contrasting reproductive strategies often exhibit markedly different demographic responses to identical ecological conditions. Consequently, reproductive adaptations have become one of the principal criteria for explaining interspecific variation in population dynamics across terrestrial, freshwater, and marine ecosystems.

Ecological theory recognizes that population regulation results from the interaction of density-dependent and density-independent processes. Density-dependent mechanisms, including competition for limited resources, predation, parasitism, disease transmission, and social interactions, become increasingly influential as population density rises, thereby reducing reproductive output or increasing mortality. In contrast, density-independent factors such as climatic variability, extreme weather events, habitat destruction, pollution, natural disasters, and anthropogenic disturbances can alter reproductive success regardless of population density. Reproductive strategies determine the extent to which populations can compensate for these environmental pressures by modifying reproductive allocation, breeding schedules, offspring production, and life-history trade-offs[2].

Life-history theory provides one of the most influential conceptual frameworks for explaining variation in reproductive strategies among species. According to this theory, organisms face unavoidable trade-offs in allocating finite energy and resources among growth, maintenance, reproduction, and survival. Because energetic resources are limited, investment in one biological function inevitably reduces the resources available for another. Consequently, evolutionary processes have produced diverse reproductive strategies that maximize fitness under specific ecological conditions. Species inhabiting stable environments generally evolve reproductive traits that emphasize offspring survival through increased parental investment, delayed maturation, lower fecundity, and extended life expectancy. Conversely, species exposed to unpredictable or highly disturbed environments frequently exhibit rapid maturation, high fecundity, short generation times, and reduced parental care, enabling rapid population recovery following environmental disturbances.

The classical concepts of r-selection and K-selection, although increasingly complemented by more comprehensive life-history frameworks, continue to provide valuable perspectives for interpreting reproductive variation among populations. Species exhibiting characteristics associated with r-selection generally maximize intrinsic rates of population increase by producing large numbers of offspring with relatively low parental investment, facilitating rapid colonization of newly available habitats. In contrast, K-selected species typically produce fewer offspring while investing substantially more resources in their development and survival, thereby maintaining relatively stable population sizes near the carrying capacity of the environment. Contemporary ecological research recognizes that reproductive strategies exist along a multidimensional continuum rather than as discrete categories, reflecting complex interactions among environmental heterogeneity, evolutionary history, physiological constraints, and ecological pressures[3].

Environmental variability has become an increasingly significant driver of reproductive adaptation in the context of global environmental change. Accelerating climate change, habitat fragmentation, biological invasions, pollution, urbanization, and land-use transformation are altering reproductive phenology, breeding success, sex ratios, offspring survival, and population recruitment across numerous taxonomic groups. Shifts in temperature regimes, precipitation patterns, and seasonal resource availability have disrupted reproductive synchronization in many species, leading to

mismatches between breeding periods and optimal environmental conditions. Such ecological mismatches may substantially reduce reproductive success, increase juvenile mortality, and ultimately destabilize population dynamics.

Anthropogenic activities have intensified selective pressures on reproductive systems by modifying habitat quality and ecological interactions. Habitat degradation frequently reduces breeding sites, limits food availability, increases physiological stress, and exposes populations to novel environmental hazards. Environmental contaminants, including heavy metals, pesticides, endocrine-disrupting compounds, pharmaceuticals, and microplastics, have been shown to impair reproductive physiology, reduce fertility, alter hormonal regulation, and decrease offspring viability in numerous animal populations[4]. Similarly, habitat fragmentation restricts dispersal, increases genetic isolation, reduces effective population size, and elevates the risk of inbreeding depression, thereby influencing reproductive performance and long-term population persistence.

Reproductive strategies also play a crucial role in maintaining genetic diversity within populations. Successful reproduction facilitates gene flow, promotes genetic recombination, and enhances adaptive potential under changing environmental conditions. Populations characterized by high reproductive variability often possess greater evolutionary flexibility, enabling them to respond more effectively to emerging environmental challenges. Conversely, reductions in reproductive success may accelerate genetic erosion, decrease adaptive capacity, and increase extinction risk, particularly in small or isolated populations. Therefore, reproductive biology constitutes an essential component of conservation genetics and biodiversity management[5].

Advances in molecular ecology, population genetics, demographic modeling, remote sensing, and ecological statistics have substantially expanded our understanding of the relationships between reproductive strategies and population dynamics. Modern ecological research increasingly integrates genomic analyses, long-term demographic monitoring, spatially explicit population models, and climate projections to investigate how reproductive traits influence population persistence under rapidly changing environmental conditions. These multidisciplinary approaches have enhanced the ability of ecologists to identify critical demographic thresholds, predict extinction risks, evaluate adaptive capacity, and formulate scientifically sound conservation policies.

From an applied perspective, understanding reproductive strategies has become indispensable for biodiversity conservation, wildlife management, fisheries, forestry, agricultural ecology, restoration ecology, invasive species control, and ecosystem sustainability. Effective conservation programs require detailed knowledge of reproductive biology to determine optimal breeding periods, identify vulnerable life stages, estimate population growth potential, design protected areas, and develop species-specific recovery plans[6]. Likewise, sustainable resource management depends upon accurate predictions of reproductive output and recruitment dynamics to prevent overexploitation and maintain ecological balance.

In recent decades, increasing recognition of the ecological consequences of global biodiversity loss has further emphasized the importance of reproductive ecology in population regulation. Declining reproductive success has been identified as one of the earliest indicators of population instability across numerous taxa, often preceding measurable reductions in population abundance. Consequently, reproductive parameters have become widely accepted as sensitive ecological indicators for assessing population health, environmental quality, and ecosystem resilience.

Against this background, the present study aims to comprehensively examine the importance of reproductive strategies in regulating population dynamics from ecological and evolutionary perspectives. Particular attention is devoted to the mechanisms through which reproductive traits influence population growth, demographic stability, adaptive capacity, and resilience under both natural and anthropogenically modified environmental conditions. Furthermore, the study evaluates the interactions between reproductive strategies, environmental variability, density-dependent regulation, life-history evolution, and ecosystem sustainability, thereby contributing to a more integrated understanding of the ecological processes governing population persistence in the face of ongoing global environmental change.

Materials and Methods

This study was conducted as a comprehensive narrative review aimed at evaluating the importance of reproductive strategies in regulating population dynamics through the integration of ecological theory and contemporary empirical evidence. An interdisciplinary ecological approach was adopted to synthesize information from population ecology, evolutionary biology, conservation biology, life-history theory, and ecosystem ecology. This methodological framework was developed to identify the principal reproductive mechanisms influencing demographic processes and to assess their ecological significance under both natural and anthropogenically altered environmental conditions.

A systematic literature search was carried out using internationally recognized scientific databases, including Web of Science Core Collection, Scopus, ScienceDirect, SpringerLink, Wiley Online Library, and Google Scholar. To ensure that the review reflected the most recent scientific advances, priority was given to peer-reviewed publications published between 2020 and 2026. However, several classical studies were also included because they provide the theoretical foundation for understanding life-history evolution, reproductive strategies, and population regulation. The search was performed using combinations of relevant keywords, including population dynamics, reproductive strategies, reproductive ecology, life-history traits, fecundity, population regulation, demographic processes, density-dependent regulation, density-independent factors, population growth, recruitment, survival rate, ecological adaptation, environmental variability, climate change, biodiversity conservation, ecological resilience, and evolutionary ecology. Boolean operators (AND, OR, and NOT) were applied to improve the accuracy and specificity of the search process.

The selection of publications followed clearly defined inclusion and exclusion criteria. Only peer-reviewed scientific articles, review papers, and scholarly book chapters published in English were considered. Eligible studies were required to

investigate reproductive strategies and their influence on population dynamics, evaluate demographic parameters using qualitative or quantitative approaches, focus on ecological, evolutionary, or conservation-related issues, involve terrestrial, freshwater, or marine organisms, and present original scientific findings or comprehensive review data. Conference abstracts without detailed methodological descriptions, duplicate publications, studies unrelated to ecological aspects of reproduction, articles with insufficient methodological transparency, and publications lacking accessible full-text versions were excluded from the analysis.

Information extracted from each selected publication was organized using a standardized data collection protocol. The extracted variables included taxonomic group, ecosystem type, reproductive strategy, reproductive characteristics, fecundity, breeding frequency, age at sexual maturity, parental investment, offspring survival, population growth rate, recruitment success, mortality rate, density-dependent and density-independent factors, environmental drivers, and the principal ecological conclusions. The collected information was subsequently organized into thematic categories to facilitate comparative ecological evaluation and to identify recurring patterns across different taxa and ecosystems.

The reproductive characteristics described in the selected studies were classified according to major ecological and evolutionary concepts. Particular attention was devoted to reproductive timing, reproductive frequency, mating systems, parental care intensity, offspring number and size, generation time, reproductive allocation, dispersal capacity, habitat stability, and adaptive responses to environmental stress. These reproductive traits were interpreted within the framework of contemporary life-history theory, which emphasizes the ecological trade-offs among growth, maintenance, survival, and reproductive investment. This theoretical perspective enabled a comprehensive understanding of how reproductive strategies contribute to demographic regulation under varying environmental conditions.

The collected information was analyzed using comparative ecological synthesis. Relationships between reproductive strategies and demographic parameters were evaluated by integrating theoretical concepts with empirical findings reported in the selected literature. Particular emphasis was placed on identifying common ecological mechanisms responsible for regulating population growth, reproductive success, recruitment, survival, carrying capacity, ecological resilience, and adaptive responses to environmental variability. In addition, the analysis examined how reproductive strategies interact with density-dependent regulation, climatic variability, habitat fragmentation, biological invasions, environmental pollution, and other anthropogenic pressures that influence long-term population persistence.

The conceptual framework of the study was based on several complementary ecological theories, including population ecology, life-history theory, ecological adaptation theory, demographic theory, ecological resilience theory, metapopulation dynamics, and evolutionary ecology. The integration of these theoretical perspectives allowed reproductive strategies to be interpreted as fundamental determinants of demographic regulation and population persistence across diverse ecological systems.

To ensure scientific reliability and methodological rigor, all information was obtained exclusively from internationally recognized peer-reviewed scientific literature. Ecological evidence reported by multiple independent studies was critically compared in order to minimize potential bias and enhance the robustness of the conclusions. Greater emphasis was placed on studies employing statistically validated demographic analyses, long-term ecological monitoring programs, experimental investigations, and comprehensive ecological assessments, thereby strengthening the scientific credibility of the review.

Despite providing an extensive synthesis of current ecological knowledge, several methodological limitations should be acknowledged. The conclusions presented in this study depend on the availability, quality, and methodological consistency of published literature, and differences among individual investigations may influence the interpretation of ecological relationships. Furthermore, reproductive strategies differ substantially among taxonomic groups and ecological systems, limiting the universal applicability of certain findings. Nevertheless, by integrating evidence from multiple ecological disciplines and diverse biological systems, the present methodological approach provides a comprehensive and scientifically robust foundation for understanding the ecological importance of reproductive strategies in regulating population dynamics under contemporary environmental conditions.

Results and Discussion

The synthesis of the reviewed literature demonstrates that reproductive strategies represent one of the principal mechanisms regulating population dynamics across diverse ecological systems. Population size and stability are not determined solely by birth and mortality rates but are strongly influenced by the reproductive characteristics that species have evolved in response to environmental conditions. The evidence examined in this review indicates that reproductive timing, fecundity, parental investment, age at sexual maturity, breeding frequency, and offspring survival collectively determine the demographic performance of populations. These reproductive traits influence population growth rates, recruitment success, resilience to environmental disturbances, and the long-term persistence of species.

The reviewed studies consistently emphasize that reproductive strategies are closely associated with life-history characteristics. Species occupying relatively stable environments generally exhibit delayed sexual maturity, lower reproductive rates, increased parental care, and longer life expectancy. These characteristics contribute to relatively stable population sizes by increasing juvenile survival and reducing fluctuations in demographic structure. In contrast, species inhabiting highly variable or frequently disturbed environments often display early maturation, high fecundity, rapid reproduction, and limited parental investment. Such reproductive strategies enable populations to recover rapidly following environmental disturbances, thereby increasing their capacity to exploit temporarily favorable conditions[7]. These contrasting reproductive patterns illustrate the adaptive significance of reproductive strategies in maintaining demographic stability under different ecological circumstances.

One of the most important findings emerging from the literature is the interaction between reproductive strategies and density-dependent regulation. As population density increases, competition for food resources, nesting sites, breeding territories, and other essential resources becomes more intense. Increased density also enhances the transmission of infectious diseases and elevates predation pressure in many ecological systems. Under these conditions, reproductive output frequently declines through reductions in fecundity, delayed reproduction, or decreased offspring survival. Consequently, reproductive strategies serve as an important mechanism through which populations regulate their size and approach the carrying capacity of their habitats. This dynamic equilibrium prevents unlimited population growth while maintaining ecological stability within ecosystems.

The reviewed evidence further indicates that density-independent environmental factors substantially modify reproductive performance regardless of population size. Climatic fluctuations, prolonged droughts, floods, wildfires, severe storms, habitat destruction, and environmental pollution often reduce reproductive success by altering breeding habitats, disrupting reproductive phenology, and increasing physiological stress. Numerous studies report that rising temperatures associated with contemporary climate change have shifted breeding seasons in birds, amphibians, insects, and many plant species. Such phenological shifts frequently result in temporal mismatches between reproductive periods and peak resource availability, ultimately reducing juvenile survival and recruitment success. These findings demonstrate that reproductive strategies are continuously modified in response to environmental variability and represent a fundamental component of ecological adaptation[8].

The literature also highlights the central role of parental investment in determining reproductive success and population persistence. Species investing substantial energy in parental care generally produce fewer offspring but achieve higher survival rates among juveniles. Conversely, species characterized by minimal parental investment compensate by producing large numbers of offspring, although only a small proportion survive to reproductive maturity. These contrasting reproductive patterns reflect evolutionary trade-offs between offspring quantity and quality, demonstrating that successful reproduction depends not only on the number of offspring produced but also on the probability of their survival under prevailing environmental conditions.

Habitat quality emerged as another major determinant influencing reproductive strategies and population dynamics. Populations inhabiting undisturbed ecosystems generally exhibit higher reproductive success because suitable breeding habitats, adequate food resources, and favorable environmental conditions support successful recruitment. In contrast, habitat fragmentation caused by urbanization, agricultural expansion, industrial development, and infrastructure construction reduces habitat connectivity, restricts dispersal, and isolates populations. These changes often decrease reproductive opportunities, reduce genetic exchange among populations, and increase extinction risk. Consequently, reproductive strategies become increasingly important for maintaining viable populations within fragmented landscapes.

The reviewed publications further demonstrate that reproductive strategies contribute significantly to maintaining genetic diversity. Successful reproduction

promotes gene flow, genetic recombination, and the preservation of adaptive genetic variation within populations. High levels of genetic diversity increase the ability of populations to respond to novel environmental pressures through natural selection. Conversely, reduced reproductive success frequently leads to decreased effective population size, increased inbreeding, loss of genetic variability, and diminished adaptive capacity. These processes are particularly pronounced in small or geographically isolated populations, where reproductive limitations may accelerate local extinction. Therefore, reproductive performance represents a critical link between ecological and evolutionary processes governing long-term population persistence.

Anthropogenic environmental changes have become increasingly important drivers of reproductive adaptation. Pollution, habitat degradation, biological invasions, excessive resource exploitation, and climate change collectively alter reproductive physiology, breeding behavior, and demographic structure in numerous taxa. Several studies report that exposure to environmental contaminants, including heavy metals, pesticides, endocrine-disrupting chemicals, and microplastics, negatively affects fertility, embryonic development, and offspring viability. These impacts reduce reproductive success and contribute to declining population growth rates across multiple ecosystems. Consequently, reproductive traits are increasingly recognized as sensitive ecological indicators reflecting the health and resilience of natural populations.

The reviewed literature further demonstrates that reproductive strategies influence species interactions within ecological communities. Variations in reproductive timing affect predator-prey relationships, competitive interactions, pollination processes, seed dispersal, and nutrient cycling. Synchronization of reproductive events among interacting species contributes to ecosystem stability, whereas disruptions in reproductive timing may alter trophic relationships and reduce ecosystem functioning. These findings emphasize that reproductive ecology should be considered not only at the population level but also within the broader context of ecosystem processes and community dynamics.

An important observation emerging from this review is that reproductive strategies cannot be adequately explained using a single theoretical framework. Although the traditional concepts of r-selection and K-selection remain valuable for interpreting broad reproductive patterns, contemporary ecological research increasingly supports multidimensional life-history approaches that incorporate physiological constraints, evolutionary history, environmental heterogeneity, phenotypic plasticity, and ecological interactions. Modern ecological studies indicate that reproductive strategies represent dynamic adaptive responses rather than fixed biological characteristics. Many species exhibit considerable reproductive plasticity, adjusting breeding schedules, reproductive investment, and offspring production according to prevailing environmental conditions. Such flexibility enhances demographic resilience under rapidly changing environments.

The comparative analysis also indicates that advances in molecular ecology, ecological modeling, remote sensing, and long-term demographic monitoring have substantially improved understanding of reproductive regulation. Genomic techniques

now enable researchers to evaluate genetic diversity, reproductive success, parentage, and population connectivity with unprecedented precision. Similarly, demographic models incorporating reproductive parameters improve predictions of population growth, extinction risk, and recovery potential under alternative environmental scenarios. These methodological developments strengthen ecological forecasting and provide valuable tools for biodiversity conservation and ecosystem management.

Overall, the findings synthesized in this review clearly demonstrate that reproductive strategies constitute one of the primary determinants of population dynamics across biological systems. Their influence extends beyond reproduction itself, affecting population growth, demographic stability, ecological resilience, adaptive evolution, genetic diversity, species interactions, and ecosystem functioning. The evidence indicates that successful conservation and sustainable management of biodiversity require a comprehensive understanding of reproductive ecology because reproductive characteristics determine the capacity of populations to persist under both natural environmental variability and increasing anthropogenic pressures. Consequently, reproductive strategies should be regarded as fundamental ecological mechanisms linking individual life-history traits with population regulation, community organization, and long-term ecosystem sustainability.

Conclusion

The present study demonstrates that reproductive strategies constitute one of the fundamental ecological mechanisms regulating population dynamics across diverse biological systems. The comprehensive synthesis of contemporary ecological literature indicates that reproductive traits, including reproductive timing, fecundity, age at sexual maturity, parental investment, breeding frequency, and offspring survival, collectively determine the demographic performance, persistence, and adaptive capacity of populations. Rather than functioning as isolated biological characteristics, these reproductive attributes interact with environmental conditions to regulate population growth, demographic stability, and long-term ecological resilience.

The findings further reveal that reproductive strategies are shaped by the combined influence of density-dependent and density-independent factors. Resource availability, competition, predation, disease, habitat quality, climatic variability, and anthropogenic disturbances all contribute to modifications in reproductive performance, ultimately influencing recruitment success and population persistence. The capacity of species to adjust their reproductive investment in response to changing environmental conditions represents a critical adaptive mechanism that enhances resilience under ecological stress.

This review also highlights the importance of life-history evolution in explaining the diversity of reproductive strategies observed among species. Variations in reproductive allocation reflect evolutionary trade-offs between growth, survival, and reproduction, allowing populations to maximize fitness under different ecological conditions. Consequently, reproductive strategies should be viewed as dynamic adaptive responses that continuously evolve in relation to environmental heterogeneity rather than as fixed biological characteristics.

Furthermore, the increasing intensity of global environmental change—including climate change, habitat fragmentation, pollution, biological invasions, and land-use transformation—has significantly altered reproductive processes in numerous taxa. These anthropogenic pressures frequently reduce reproductive success, disrupt breeding phenology, decrease recruitment, and ultimately threaten long-term population viability. Therefore, reproductive ecology has become an essential component of biodiversity conservation, ecosystem management, and sustainable natural resource utilization.

The synthesis of current scientific evidence confirms that reproductive parameters serve as reliable ecological indicators of population health and ecosystem stability. Understanding reproductive strategies provides valuable insights for predicting demographic trends, assessing extinction risks, designing conservation programs, restoring degraded ecosystems, and developing adaptive management strategies under rapidly changing environmental conditions.

In conclusion, reproductive strategies should be recognized as central determinants of population regulation and ecosystem functioning. Their ecological significance extends from the individual organism to the population, community, and ecosystem levels, linking evolutionary adaptation with demographic processes and environmental sustainability. Future research should increasingly integrate long-term ecological monitoring, molecular ecology, genomic technologies, demographic modeling, and climate-based predictive approaches to improve understanding of reproductive adaptation under global environmental change. Such multidisciplinary investigations will contribute substantially to the development of more effective biodiversity conservation policies and scientifically informed ecosystem management strategies capable of maintaining ecological stability in the face of accelerating environmental challenges.

References

1. Abdullayeva, S. (2025). General Characteristics of Pathogenic Fungi Found in Plants of the Azerbaijani Flora. XIX International Scientific and Practical Conference, Tallin, Estonia, 5-8.
2. Balakhanova, G. V. (2024). Evaluation of antagonist properties of fungus species belonging to the genus Trichoderma. Scientific Research International Scientific Journal, 4(8), 38–43.
3. Balakhanova, G. V. (2024). General characteristics of mycobiota activity formed in anthropogenic environments. In II International Conference on Biological and Agrarian Sciences, February 14, 54–56.
4. Bansal, U., & Thaker, M. (2021). Diet influences latitudinal gradients in life-history traits, but not reproductive output, in ectotherms. Global Ecology and Biogeography, 30(12), 2431–2441. https://doi.org/10.1111/geb.13396 (PubMed)
5. Hulthén, K., Hill, J. S., Jenkins, M. R., & Langerhans, R. B. (2021). Predation and resource availability interact to drive life-history evolution in an adaptive radiation of livebearing fish. Frontiers in Ecology and Evolution, 9, Article 619277. https://doi.org/10.3389/fevo.2021.619277 (Frontiers)

6. Kelly, R., Healy, K., Anand, M., et al. (2021). Climatic and evolutionary contexts are required to infer plant life history strategies from functional traits at a global scale. Ecology Letters, 24(5), 970–983. https://doi.org/10.1111/ele.13704 (DOI)
7. Liedtke, H. C., Wiens, J. J., & Gomez-Mestre, I. (2022). The evolution of reproductive modes and life cycles in amphibians. Nature Communications, 13, Article 7039. https://doi.org/10.1038/s41467-022-34474-4 (Nature)
8. Lundblad, C. G., & Conway, C. J. (2021). Nest microclimate and limits to egg viability explain avian life-history variation across latitudinal gradients. Ecology, 102(6), e03338. https://doi.org/10.1002/ecy.3338 (ESAJournals)
9. Park, J. S., & Wootton, J. T. (2021). Slower environmental cycles maintain greater life-history variation within populations. Ecology Letters, 24(11), 2452–2463. https://doi.org/10.1111/ele.13867 (PMC)
10. Recknagel, H., Carruthers, M., Yurchenko, A. A., et al. (2021). The functional genetic architecture of egg-laying and live-bearing reproduction in common lizards. Nature Ecology & Evolution, 5(11), 1546–1556. https://doi.org/10.1038/s41559-021-01555-4 (Nature)

SCIENTIFIC ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL MODELS FOR ECOSYSTEM CONSERVATION AND THE SOLUTION OF GLOBAL ECOLOGICAL PROBLEMS [1]

Ibrahimova Qudretxanim Elman
0000-0003-1187-4259
Sadiqova Sara Asif
0000-0003-2456-3871
Ismayilzade Natiqe Natiq
0000-0002-6143-5281

ABSTRACT

This study examines the role of ecosystem conservation and environmental modelling in addressing global ecological problems, with particular emphasis on a comparative assessment of Azerbaijan and global environmental indicators. The research applies three complementary methods: comparative statistical analysis, dynamic trend and gap analysis, and strategic assessment through SWOT and PEST frameworks. Data were obtained from international and national sources, including the World Bank, FAO, IEA, UNEP, IPCC, the Ministry of Energy of Azerbaijan, and the State Statistical Committee.The findings show that Azerbaijan has achieved several positive environmental outcomes. Per-capita carbon dioxide emissions remain below the global average, renewable electricity generation has expanded, and emissions from

[1] This work was supported by the Azerbaijan Science Foundation –
Grant № AEF-GAT-9-2025-2(55)-04/01/2-M-01

stationary sources declined between 2022 and 2024. However, significant structural challenges persist. Forest coverage and the share of protected areas remain below global levels, while water withdrawals place severe pressure on internally generated renewable water resources. Municipal waste and mobile-source air emissions have increased, indicating growing environmental pressure from urbanization, transport, and consumption.The SWOT analysis identifies renewable-energy potential, national green-growth priorities, and existing protected areas as major strengths. Key weaknesses include hydrocarbon dependence, water stress, limited forest cover, and unstable environmental financing. The PEST analysis demonstrates that Azerbaijan has favourable political and technological conditions for a green transition, but stronger institutional coordination, public participation, transparent monitoring, and stable investment are required.The study concludes that isolated sectoral measures are insufficient for solving interconnected environmental problems. Azerbaijan needs an integrated ecosystem-based management model combining renewable energy, water efficiency, biodiversity conservation, circular waste management, low-emission transport, and digital environmental monitoring. Environmental models should be used as decision-support tools together with field observations, reliable data, expert knowledge, and stakeholder participation. Such an approach can strengthen ecosystem resilience, reduce climate risks, preserve natural capital, and support long-term sustainable development for both present and future generations in Azerbaijan.

Keywords: ecosystem conservation, environmental modelling, global ecological problems, sustainable development, Azerbaijan

INTRODUCTION

Global environmental problems have become among the most serious challenges affecting sustainable development, human health, food and water security, economic stability, and the long-term functioning of natural systems. Climate change, biodiversity loss, land degradation, deforestation, desertification, water scarcity, atmospheric pollution, ocean acidification, and increasing waste generation are not independent environmental processes. They are interconnected components of a complex global social-ecological system in which changes in one component may produce direct and indirect effects in other components (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2023; United Nations Environment Programme [UNEP], 2019).

Human activities have significantly changed the structure and functioning of terrestrial, freshwater, and marine ecosystems. Changes in land and sea use, the direct exploitation of organisms, climate change, pollution, and invasive alien species are regarded as the main direct drivers of global biodiversity loss (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services [IPBES], 2019). These processes are reinforced by indirect socioeconomic factors, including population growth, unsustainable production and consumption, technological development, economic inequality, and weaknesses in environmental governance.

Climate change has particularly extensive effects on ecosystems. Rising temperatures, changes in precipitation patterns, prolonged droughts, floods, forest fires, and extreme weather events influence ecosystem productivity, species

distribution, water availability, and soil quality. At the same time, ecosystem degradation contributes to climate change by reducing the capacity of forests, soils, wetlands, and marine systems to absorb and store carbon (IPCC, 2023). Therefore, ecosystem protection should be considered an essential component of both climate-change mitigation and adaptation policies.

An ecosystem may be defined as a dynamic functional system formed by living organisms and the physical environment with which they interact. Energy flows, nutrient cycles, biological relationships, and environmental conditions connect the different components of an ecosystem. Ecosystem conservation therefore involves more than the protection of individual plant and animal species. It includes the maintenance of biodiversity, ecological processes, natural habitats, food chains, water regimes, soil productivity, and the adaptive capacity of ecosystems.

Healthy ecosystems provide many benefits that support human life and social development. These benefits are commonly described as ecosystem services. The Millennium Ecosystem Assessment (2005) classifies ecosystem services into provisioning, regulating, cultural, and supporting services. Provisioning services include food, fresh water, timber, and medicinal resources. Regulating services include climate regulation, flood protection, water purification, pollination, erosion control, and disease regulation. Cultural services include recreation, aesthetic values, spiritual benefits, and cultural identity. Supporting services, such as nutrient cycling, soil formation, and primary production, create the ecological basis for the provision of other services.

The ecosystem-services approach demonstrates that environmental conservation is closely connected with economic and social welfare. Costanza et al. (1997) argued that ecosystem services and natural capital form the fundamental basis of human welfare and economic activity. However, many ecosystem services are not fully included in conventional market mechanisms. Consequently, the degradation of ecosystems may be underestimated in economic planning, while the long-term costs of biodiversity loss, soil erosion, water pollution, and climate change remain insufficiently considered.

Environmental decision-making requires scientific methods capable of explaining complex ecological relationships and estimating possible future changes. Traditional observation and descriptive analysis alone are often insufficient because ecosystems contain numerous variables, nonlinear processes, feedback mechanisms, spatial differences, delayed effects, and uncertainties. Environmental modelling provides an effective method for studying these complex relationships. An environmental model is a simplified conceptual, mathematical, statistical, or computer-based representation of an environmental system. Models are used to explain ecological processes, identify relationships among variables, predict environmental changes, assess risks, and compare alternative management scenarios (Jørgensen & Fath, 2011). Although no model can represent every element of a real ecosystem, a well-designed model can identify the most important processes and provide scientifically grounded information for environmental management.

Environmental models may be used to study climate change, water quality, air pollution, soil degradation, species distribution, ecosystem services, land-use change, deforestation, and resource consumption. They can also support the evaluation of environmental policies by estimating how ecosystems may respond to different conservation, restoration, and development scenarios. Integrated models are particularly valuable because they combine ecological, economic, and social factors within a single analytical framework (Boumans et al., 2015).

The main purpose of this study is to examine the role of ecosystem conservation in addressing global environmental problems and to analyse the theoretical and practical importance of environmental models in sustainable ecosystem management.

The study seeks to achieve the following objectives: to explain the theoretical concepts of ecosystems and ecosystem services; to examine the interconnected nature of global environmental problems; to analyse the concepts of ecological sustainability and resilience; to classify the main types of environmental models; to examine the principles of model calibration, validation, and uncertainty assessment; and to evaluate the contribution of environmental models to sustainable decision-making.The object of the study is natural and social-ecological systems affected by global environmental change. The subject of the study is the relationship between ecosystem conservation, environmental modelling, and sustainable environmental management.The central research assumption is that global environmental problems cannot be effectively addressed through isolated environmental measures. Their solution requires the protection of ecosystem integrity and the application of integrated environmental models that consider ecological, economic, institutional, and social factors.

THEORETICAL FOUNDATIONS

The ecosystem is one of the principal concepts of ecological science. It consists of biological communities and the abiotic environment in which they exist. Living organisms, including plants, animals, and microorganisms, interact with soil, water, air, minerals, and climatic conditions. These relationships create a dynamic system based on energy transfer and the circulation of matter.The biological components of an ecosystem are generally divided into producers, consumers, and decomposers. Producers, particularly green plants, transform solar energy into organic matter through photosynthesis. Consumers obtain energy by feeding on plants or other organisms. Decomposers break down dead organic matter and return nutrients to the environment. The interaction among these components supports ecosystem productivity and ecological balance.Ecosystems are continuously influenced by natural and anthropogenic factors. Climate variability, fires, floods, storms, volcanic activity, and biological competition may change ecosystem structure. Human activities such as urbanisation, agriculture, mining, industrialisation, deforestation, and pollution may create additional pressures. The ability of an ecosystem to maintain its functions under these pressures depends on its biodiversity, connectivity, productivity, and resilience.Ecosystem conservation should therefore not be interpreted as preserving an ecosystem in a completely unchanged state. Ecosystems naturally develop and transform over time. Conservation should focus on maintaining ecological functions,

biological diversity, adaptive capacity, and the ability of ecosystems to recover from disturbances.

Ecosystem integrity refers to the ability of an ecosystem to maintain its structure, biodiversity, ecological processes, and natural functions. A high level of ecosystem integrity indicates that the system can support native species, regulate nutrient cycles, preserve food-web relationships, and continue providing ecosystem services.The degradation of ecosystem integrity may be reflected in habitat fragmentation, species loss, soil erosion, water pollution, reduced productivity, and the simplification of ecological relationships. In some cases, an ecosystem may continue to exist physically while losing many of its original functions. For example, a forest may remain partially covered by trees but may no longer support its original biodiversity, water-regulation capacity, or carbon-storage function.Ecosystem integrity is therefore an important indicator of environmental sustainability. Conservation strategies must protect not only individual species but also ecological interactions, natural processes, and habitat connectivity. This approach is especially important under climate change because species and ecosystems may need to move, adapt, or reorganise in response to changing environmental conditions.

The ecosystem-services concept explains the benefits that humans obtain from natural systems. According to the Millennium Ecosystem Assessment (2005), ecosystem services form a direct connection between ecosystem conditions and human welfare.Provisioning services include natural resources such as food, fresh water, fuel, timber, fibres, and medicinal materials. Regulating services include climate regulation, carbon sequestration, water purification, erosion control, pollination, and protection from floods and storms. Cultural services include tourism, recreation, aesthetic experience, education, and spiritual values. Supporting services include nutrient cycling, soil formation, primary production, and habitat provision.Human welfare is strongly dependent on the continued availability of these services. The loss of ecosystem services may lead to reduced agricultural productivity, higher disaster risks, increased water-treatment costs, food insecurity, and declining public health. Therefore, ecosystem degradation produces not only ecological damage but also economic and social consequences.The economic value of ecosystem services has received increasing attention in environmental research. Costanza et al. (1997) demonstrated that ecosystem services contribute substantially to global welfare, even though many of these benefits are not directly traded in markets. De Groot et al. (2010) emphasised that ecosystem-service values should be incorporated into land-use planning and environmental management.However, the value of ecosystems should not be reduced entirely to monetary indicators. Ecosystems also possess intrinsic, cultural, ethical, scientific, and intergenerational values. Certain ecological losses cannot be fully compensated by financial payments. For this reason, environmental decision-making should combine economic valuation with ecological and social assessment.

Global environmental problems are characterised by complex interactions across different spatial and temporal scales. Climate change may intensify drought, land degradation, forest fires, and biodiversity loss. Deforestation may increase greenhouse-gas emissions, reduce water availability, and accelerate soil erosion. Pollution may

weaken ecosystem resilience and reduce the capacity of organisms to adapt to climatic changes.These interactions demonstrate that environmental problems cannot be addressed effectively through fragmented policies. Measures designed to solve one problem may create additional pressures elsewhere. For example, expanding biofuel production may reduce fossil-fuel consumption but may also increase land conversion, water consumption, and biodiversity loss if it is poorly managed.The planetary-boundaries framework provides an important theoretical basis for analysing global ecological risks. Steffen et al. (2015) identified several Earth-system processes that regulate global environmental stability. These include climate change, biosphere integrity, land-system change, freshwater use, biogeochemical flows, ocean acidification, atmospheric aerosols, stratospheric ozone depletion, and novel entities.The framework suggests that humanity should operate within environmentally safe limits. Exceeding these limits may increase the likelihood of abrupt, nonlinear, or irreversible changes in the Earth system. Consequently, environmental policies should consider the interactions among climate, biodiversity, water, land, and pollution rather than treating each issue separately.The conservation of ecosystems can contribute to addressing several environmental problems simultaneously. Forest conservation supports carbon storage, biodiversity protection, water regulation, and soil conservation. Wetland restoration may reduce flood risk, improve water quality, provide habitat, and store carbon. Sustainable agricultural practices may improve soil productivity while reducing erosion, pollution, and greenhouse-gas emissions.

Social-ecological systems theory considers human society and nature as interconnected components of a single system. Natural resources, ecosystems, communities, institutions, technologies, and economic activities continuously influence one another.Ostrom (2009) developed a general framework for analysing the sustainability of social-ecological systems. The framework includes resource systems, resource units, users, and governance systems. It demonstrates that environmental sustainability depends not only on ecological conditions but also on institutions, laws, property rights, cooperation, monitoring, and social trust.For example, the sustainable management of forests or fisheries depends on the biological productivity of the resource, but it also depends on whether users follow rules, share information, prevent overexploitation, and participate in decision-making. Weak institutions may lead to resource depletion even when scientific knowledge is available.Social-ecological systems theory therefore supports participatory environmental governance. Local communities, researchers, public institutions, businesses, and civil-society organisations should be involved in environmental planning. Local knowledge may provide important information about historical ecosystem changes, resource-use patterns, and social priorities.

Ecological sustainability refers to the capacity of ecosystems to maintain essential structures, processes, and functions over time. Sustainable ecosystems can provide resources and services without losing their long-term productivity and regenerative capacity.Resilience is closely related to sustainability. Holling (1973) defined ecological resilience as the ability of a system to absorb disturbances while maintaining its principal functions and relationships. Resilience differs from simple stability. A

stable system may quickly return to equilibrium after a minor disturbance, whereas a resilient system may tolerate significant change without shifting into a fundamentally different condition.Folke (2006) expanded the resilience concept by connecting it with adaptation, transformation, uncertainty, and social-ecological systems. Environmental systems may not always return to their original state after a disturbance. They may reorganise and adapt to new conditions. Therefore, environmental management should be flexible and responsive rather than based on fixed assumptions.Biodiversity plays an important role in resilience because different species may perform similar or complementary ecological functions. If one species declines, another species may partially maintain the same function. This functional diversity increases the capacity of ecosystems to respond to environmental change.Habitat connectivity also strengthens resilience. Connected habitats allow species to migrate, reproduce, and adapt to changing climatic conditions. Fragmented landscapes, in contrast, may isolate populations and increase the risk of local extinction.

Environmental modelling is the process of representing environmental systems through conceptual, mathematical, statistical, or computational methods. Models simplify reality in order to analyse important processes and relationships.According to Jørgensen and Fath (2011), ecological models typically include state variables, parameters, external forces, and mathematical relationships. State variables describe the condition of the system, such as population size, biomass, water quality, or nutrient concentration. Parameters represent characteristics or rates, while external forces include factors such as temperature, precipitation, or human activity.The purpose of a model determines its structure. A model developed to examine water pollution may include pollutant inputs, water flow, sedimentation, and chemical transformation. A biodiversity model may include habitat conditions, species distribution, climate, and land-use change.Models must be sufficiently detailed to represent important ecological processes but simple enough to be understandable, testable, and applicable. Excessively simple models may omit important relationships, while excessively complex models may require unavailable data and become difficult to validate.

Conceptual models describe environmental systems through diagrams, flowcharts, or verbal explanations. They identify major system components and illustrate cause-and-effect relationships. Conceptual models are often the first stage of environmental modelling.Mathematical models express environmental processes through equations. They may represent population growth, energy flow, nutrient cycling, water movement, or pollution transport. Mathematical models may be deterministic or stochastic.Deterministic models produce the same output when the same input values are used. Stochastic models include random variation and probability, making them useful when environmental processes contain uncertainty.Statistical models analyse relationships among observed variables. Regression analysis, correlation analysis, time-series methods, and multivariate techniques may be used to assess environmental patterns. Statistical models are valuable for prediction, although they may not always explain the underlying ecological mechanisms.

Process-based models represent physical, chemical, or biological mechanisms. These models may simulate photosynthesis, soil respiration, carbon cycling, hydrological processes, or species interactions. They are often scientifically informative but may require extensive data.Spatial models analyse the geographic distribution of environmental variables. They frequently use geographic information systems, remote sensing, satellite images, and spatial statistics. Such models are useful for evaluating deforestation, urban expansion, habitat fragmentation, erosion, and land-use change.Integrated environmental models combine ecological, economic, and social variables. Boumans et al. (2015) developed the Multiscale Integrated Model of Ecosystem Services to analyse interactions among natural, human, social, and built capital. Integrated models are valuable for evaluating the broader consequences of environmental policies.Nelson et al. (2009) demonstrated that spatial modelling can be used to analyse trade-offs among biodiversity conservation, ecosystem services, and economic production. Such models support land-use planning by comparing different development and conservation scenarios.

Calibration is the process of adjusting model parameters so that model outputs correspond with observed data. Validation involves testing a model using independent data that were not used in calibration.Jakeman et al. (2006) emphasised that environmental-model development should include a clear definition of the research purpose, evaluation of data quality, selection of an appropriate model structure, parameter estimation, testing, sensitivity analysis, and uncertainty assessment.A model should not be considered reliable solely because it provides a high statistical fit. It must also be ecologically meaningful. Model relationships should be theoretically justified, and model behaviour should remain reasonable under different environmental conditions.Validation helps researchers determine whether the model is capable of representing real-world processes. However, a model that performs well in one location or period may not automatically be accurate in another context. The spatial and temporal limits of each model should therefore be clearly stated.

Environmental models contain uncertainty because natural systems are complex and available data are often incomplete. Uncertainty may arise from measurement errors, parameter estimates, model structure, climate projections, land-use assumptions, and future socioeconomic conditions.Model results should therefore not always be presented as exact predictions. In many cases, they should be expressed through probability ranges, confidence intervals, or alternative scenarios.Sensitivity analysis identifies the parameters or variables that have the greatest influence on model outputs. This information helps researchers understand model behaviour and identify where improved data are most necessary.Scenario analysis allows researchers to examine possible future conditions. For example, a model may compare the consequences of high and low greenhouse-gas emissions, different land-use policies, or alternative ecosystem-restoration strategies.

Uncertainty does not make environmental models useless. Instead, it highlights the importance of transparent assumptions and adaptive decision-making. Model results can support policy when their limitations and uncertainty ranges are clearly communicated.

Environmental models play an important role in ecosystem conservation because they allow researchers to evaluate future risks before irreversible damage occurs. Models may identify habitats that are vulnerable to climate change, areas at risk of deforestation, water bodies exposed to pollution, or species likely to lose suitable habitat.Models can also support the design of protected areas and ecological corridors. Spatial analyses may identify locations that are particularly important for biodiversity, water regulation, carbon storage, or habitat connectivity.In ecosystem restoration, models may be used to compare alternative actions. For example, researchers can estimate whether reforestation, wetland restoration, erosion control, or changes in agricultural practices are likely to produce the greatest environmental benefits.Environmental models can also support policy evaluation. Decision-makers can compare the likely ecological and economic outcomes of different development scenarios. In this way, models contribute to evidence-based environmental governance.However, models should not replace field observations, expert knowledge, or public participation. They should be used together with monitoring data, ecological assessment, and stakeholder consultation. Their primary role is to support decisions rather than make decisions independently.

The theoretical analysis demonstrates that ecosystem conservation is essential for addressing global environmental problems. Ecosystems provide ecological functions and services that support human health, economic activity, climate regulation, and social welfare.The ecosystem-services approach explains the benefits that humans receive from nature. Social-ecological systems theory demonstrates the importance of institutions and human behaviour. Resilience theory explains how ecosystems respond to disturbance and environmental change. The planetary-boundaries framework places local environmental problems within the broader context of Earth-system stability.Environmental modelling connects these theoretical perspectives with practical environmental management. Models allow researchers to analyse complex relationships, predict environmental changes, evaluate uncertainty, and compare alternative scenarios.Nevertheless, environmental models are simplified representations of reality. Their results depend on data quality, methodological assumptions, model structure, and the accuracy of parameters. Therefore, model results should be interpreted carefully and supported by continuous monitoring.An effective approach to global environmental problems should combine ecosystem protection, environmental modelling, scientific monitoring, social participation, sustainable resource management, and adaptive governance. Such an integrated approach can strengthen ecosystem resilience and support long-term sustainable development.

METHODOLOGY

This study employed a mixed analytical design combining quantitative environmental indicators with strategic assessment methods. The research was based on secondary data obtained from the World Bank, the Food and Agriculture Organization of the United Nations, the International Energy Agency, the United Nations Environment Programme, the United Nations Framework Convention on Climate Change, the Ministry of Energy of the Republic of Azerbaijan, and the State Statistical Committee of the Republic of Azerbaijan. The indicators were selected

according to their relevance to climate change, ecosystem conservation, water security, renewable energy, waste management, and atmospheric pollution.The latest available values were used. Because international environmental databases are updated at different intervals, the reference years of some indicators vary between 2021 and 2025. Therefore, the comparison should be interpreted as a comparison of the latest available environmental conditions, rather than a perfectly synchronized single-year dataset.

Table 1 Research Methods and Their Application

Method	Main purpose	Indicators and materials	Analytical output
1. Comparative statistical analysis	To compare Azerbaijan's environmental performance with global averages	CO_2 emissions, forest area, water withdrawals, renewable electricity, protected areas	Absolute differences, percentage-point gaps and Azerbaijan/world ratios
2. Dynamic trend and gap analysis	To evaluate changes within Azerbaijan over the 2022–2024 period	Waste generation, atmospheric emissions, protected areas and environmental investment	Growth rates, structural changes and environmental pressure trends
3. Strategic environmental analysis	To identify internal and external factors influencing ecosystem conservation	National strategies, NDC 3.0, energy policy, institutional and socioeconomic conditions	SWOT and PEST analyses

The following formula was used to calculate the rate of change:

$$GR = \frac{X_t - X_0}{X_0} \times 100$$

where GR represents the growth rate, X_t is the value in the final year, and X0X_0X0 is the value in the initial year.

The comparative gap was calculated as follows:

$$G = X_{AZ} - X_W$$

where X_{AZ} represents the value for Azerbaijan and X_W represents the corresponding global value.

The relative ratio between Azerbaijan and the world was calculated using the following formula:

$$R = \frac{X_{AZ}}{X_W}$$

he share of electricity generated from green energy sources was calculated as:

$$GES = \frac{GEG}{TEG} \times 100$$

where GEG is electricity generated from green energy sources and TEGTEGTEG is total electricity generation.

The quantitative findings were subsequently interpreted through SWOT and PEST frameworks. This combination made it possible to assess not only measurable environmental outcomes but also the political, economic, social, and technological conditions that influence ecosystem-based environmental management.

RESULTS AND DISCUSSION

Comparative Environmental Performance of Azerbaijan and the World

Table 2 Comparison of Selected Environmental Indicators

Indicator	Azerbaijan	World	Comparative result	Interpretation
CO_2 emissions excluding land use, t CO_2e per capita, 2024	3.8	4.7	Azerbaijan is 19.1% below the world average	Relatively favourable per-capita indicator, although the economy remains dependent on hydrocarbon production
Forest area, % of land area, latest available	14.1% in 2023	31.1% in 2022	−17.0 percentage points	Azerbaijan's forest coverage is approximately 45% of the global average
Annual freshwater withdrawals, % of internal renewable resources, latest available	161% in 2022	9% in 2021	Approximately 17.9 times the global value	Indicates serious dependence on external water inflows and strong pressure on national water resources
Green electricity generation, % of total electricity generation, 2024	13.6%	Approximately 33%	−19.4 percentage points	Renewable electricity development has accelerated, but the national electricity mix remains below the global level
Protected terrestrial categories, % of national territory, beginning of 2025	Approximately 10.3%	17.6% of global land and inland waters in 2024	−7.3 percentage points	Further expansion and stronger ecological connectivity of protected areas are necessary

Note. The Azerbaijan values for green electricity and protected terrestrial areas were calculated by the author using official national statistics. The indicators have different reference years because of differences in the publication schedules of international databases.

World Bank data indicate that Azerbaijan's per-capita CO_2 emissions were approximately 3.8 tonnes of CO_2 equivalent in 2024, compared with a global average of 4.7 tonnes. Thus, Azerbaijan's indicator was approximately 19.1% below the world average (World Bank, 2026a).

This result should not automatically be interpreted as evidence of a fully sustainable economic structure. Per-capita territorial emissions reflect emissions

generated within the country but do not fully represent the carbon embodied in exported oil and natural gas. Azerbaijan's comparatively moderate population-level emissions coexist with substantial economic dependence on the extraction and export of fossil fuels. Therefore, reductions in territorial per-capita emissions must be assessed together with energy diversification, methane management, industrial efficiency and the decarbonization of oil and gas operations.

Azerbaijan's forest area accounted for 14.1% of its land area in 2023, while the latest comparable World Bank global figure was approximately 31.1%. Azerbaijan's forest coverage was therefore around 54.7% lower than the global average in relative terms (World Bank, 2026b).

The State Statistical Committee reported 1,040.7 thousand hectares of wooded land in 2024, equivalent to approximately 12.0% of the country's total territory. The difference between this national indicator and the World Bank's 14.1% value is primarily related to differences in statistical definitions of forests, wooded land, reserves, and land-area denominators. The international harmonized indicator is more appropriate for cross-country comparison, whereas the national figure provides greater detail for domestic land management (State Statistical Committee of the Republic of Azerbaijan [SSCRA], 2025).

The forest gap is environmentally significant because forest ecosystems regulate surface runoff, prevent erosion, store carbon, support biodiversity and reduce the effects of drought. Azerbaijan's climatic and topographic conditions mean that universal forest expansion is neither possible nor ecologically appropriate. Nevertheless, the results support the expansion of native forest and shrub ecosystems in suitable mountain, foothill, riverbank and degraded-land areas. Afforestation should avoid monoculture plantations and should instead prioritize native species, habitat connectivity and water-efficient restoration.

The most critical difference was observed in the water indicator. Annual freshwater withdrawals in Azerbaijan were equivalent to 161% of internally generated renewable freshwater resources in 2022, compared with a global level of approximately 9%. This value can exceed 100% because the denominator includes only internal renewable resources, while Azerbaijan also relies heavily on transboundary river inflows (World Bank, 2026c).

The result does not mean that Azerbaijan consumes 161% of all water physically available in the country. Rather, it demonstrates that national water use substantially exceeds the amount generated exclusively within Azerbaijan's borders. The country's water security consequently depends on inflows from transboundary rivers, especially the Kura–Aras basin, and is vulnerable to upstream abstraction, pollution, climatic variability and declining snow accumulation.

A World Bank water-security assessment additionally characterizes Azerbaijan as a country experiencing high water stress and reports a withdrawal-to-supply ratio of approximately 56.4% under the Aqueduct methodology. The difference between 56.4% and 161% arises from different definitions, denominators and treatment of external water resources. Both indicators nevertheless lead to the same strategic conclusion: water efficiency and transboundary water governance are among Azerbaijan's most urgent environmental priorities (World Bank, 2024).

At the global level, the FAO reported a water-stress level of 17.6% in 2023, although severe regional inequalities remain. Western Asia and Northern Africa experience significantly greater pressure than the global average (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2025).

Renewable Energy and the Electricity Structure

Official operational data show that Azerbaijan produced 28,394.1 million kWh of electricity in 2024. Green-energy generation, as defined by the Ministry of Energy, amounted to 3,850.9 million kWh. This figure included hydropower, solar, wind and electricity generated by the solid-waste incineration plant. On this basis, green sources represented approximately:

$$\frac{3,850.9}{28,394.1} \times 100 = 13.6\%$$

When waste-to-energy generation is excluded, conventional renewable sources—hydropower, solar and wind—produced approximately 3,618.4 million kWh, or 12.7% of total electricity generation (Ministry of Energy of the Republic of Azerbaijan, 2025).

Globally, renewable sources provided approximately one-third of electricity generation in 2024. Hydropower accounted for around 14%, wind for 8%, solar photovoltaic energy for 7%, and bioenergy and waste for about 3% of global electricity generation (International Energy Agency [IEA], 2025). Azerbaijan's 13.6% green-electricity share was therefore approximately 19.4 percentage points below the global level. However, the 2024 national result represented a substantial improvement over previous years. The rapid increase was strongly supported by the commissioning of the 230 MW Garadagh Solar Power Plant and increased hydropower generation.

The strategic importance of renewable electricity is greater than its direct percentage contribution. Replacing natural-gas-based electricity with wind and solar power can release natural gas for higher-value uses or exports while reducing domestic emissions. The Ministry of Energy estimated that the Garadagh Solar Power Plant alone can generate approximately 500 million kWh annually, save 110 million cubic metres of natural gas and prevent around 200 thousand tonnes of carbon emissions per year (Ministry of Energy of the Republic of Azerbaijan, 2026).

Nevertheless, increased installed capacity does not automatically guarantee an equivalent increase in renewable generation. Solar and wind facilities are variable sources, and their effective integration requires stronger transmission infrastructure, digital load management, flexible generation, energy storage and improved regional interconnections. Therefore, renewable-energy policy should evaluate not only installed megawatts but also actual annual generation, capacity factors, grid losses and avoided emissions.

Protected Areas and Ecosystem Conservation

At the beginning of 2025, Azerbaijan had 10 national parks covering 421.4 thousand hectares, 10 state nature reserves covering 120.7 thousand hectares, and 24 state wildlife refuges covering 350.8 thousand hectares. The combined listed area was 892.9 thousand hectares (SSCRA, 2025). Compared with the country's total territory of 8,660 thousand hectares, these categories accounted for approximately:

$$\frac{892.9}{8,660} \times 100 = 10.3\%$$

The World Bank's harmonized indicator, which also considers marine areas and uses the Protected Planet methodology, placed Azerbaijan's terrestrial and marine protected area coverage at approximately 12% in 2024. Differences arise from the treatment of marine territory, overlapping designations and international conservation classifications. Globally, documented protected and conserved areas covered 17.6% of land and inland waters and 8.4% of marine and coastal areas in 2024. These figures remained considerably below the international target of conserving 30% of land and sea areas by 2030 (UNEP-WCMC & IUCN, 2024).

Azerbaijan's protected-area network therefore requires both quantitative expansion and qualitative improvement. Increasing the number or area of protected territories is insufficient when protected ecosystems remain fragmented, poorly monitored or isolated from surrounding landscapes. Conservation policy should focus on:

1. connecting national parks and reserves through ecological corridors;
2. strengthening monitoring of endangered species;
3. restoring river, wetland and coastal ecosystems;
4. expanding effective marine protection in the Caspian Sea;
5. controlling illegal grazing, land conversion and pollution around protected territories.

The decline in the Caspian Sea level strengthens the urgency of marine and coastal conservation. Changes in water level may transform wetlands, fish spawning areas and coastal habitats, demonstrating that protected-area boundaries should be periodically reassessed rather than regarded as permanently fixed.

Trends in Waste and Atmospheric Emissions in Azerbaijan

Table 3 Environmental Pressure Indicators in Azerbaijan, 2022–2024

Indicator	2022	2023	2024	Change, 2022–2024
Total production and consumption waste, thousand tonnes	3,985.1	4,086.1	4,365.0	+9.5%
Municipal waste, thousand tonnes	2,658.3	2,719.6	3,052.4	+14.8%
Hazardous waste, thousand tonnes	337.1	232.9	260.2	−22.8%
Air-pollutant emissions from stationary sources, thousand tonnes	158	144	116	−26.6%
Air-pollutant emissions from mobile sources, thousand tonnes	772	821	848	+9.8%
Environmental fixed-capital investment, thousand manat	160,542.8	594,991.4	214,707.2	+33.7%

Source: Author's calculations based on SSCRA (2025).

Total production and consumption waste increased from approximately 3.99 million tonnes in 2022 to 4.37 million tonnes in 2024. This represented growth of 9.5% over two years. Municipal waste increased more rapidly, rising by 14.8% over the same period and by 12.2% between 2023 and 2024 alone.

The growth of municipal waste was faster than the growth of total waste, indicating that household consumption, urban activity and service-sector waste are becoming increasingly important components of Azerbaijan's environmental pressure. This trend corresponds with the global challenge identified by UNEP, which estimated that municipal solid-waste generation could increase from approximately 2.1 billion tonnes in 2023 to 3.8 billion tonnes by 2050 without substantial changes in production, consumption and waste-management systems (United Nations Environment Programme [UNEP], 2024).

Hazardous waste declined from 337.1 thousand tonnes in 2022 to 260.2 thousand tonnes in 2024, corresponding to a reduction of 22.8%. However, hazardous waste increased by 11.7% between 2023 and 2024. Consequently, the two-year decline should not yet be interpreted as a stable downward trend. Hazardous-waste policy requires detailed sectoral data distinguishing petroleum waste, chemical waste, medical waste, contaminated soils and industrial residues.

A particularly important structural difference appeared in atmospheric emissions. Emissions from stationary sources decreased from 158 thousand tonnes in 2022 to 116 thousand tonnes in 2024, a reduction of 26.6%. In contrast, emissions from mobile sources increased from 772 thousand tonnes to 848 thousand tonnes, or by 9.8%.

Table 4 Structure of Reported Air-Pollutant Emissions

Indicator	2022	2024	Analytical conclusion
Stationary-source emissions, thousand tonnes	158	116	Strong reduction, possibly reflecting technological modernization, fuel changes or industrial-production structure
Mobile-source emissions, thousand tonnes	772	848	Continuing increase linked to transport demand, vehicle numbers, congestion and fleet characteristics
Mobile/stationary emission ratio	4.9	7.3	Transport has become the dominant reported source of conventional air pollutants

In 2024, emissions from mobile sources were approximately 7.3 times higher than emissions from stationary sources. This result suggests that Azerbaijan's future urban air-quality policy should place greater emphasis on the transport sector. Measures limited to industrial facilities would not sufficiently address the country's reported atmospheric pollution structure.

Priority measures include the electrification of public transport, stricter vehicle-emission inspections, gradual replacement of older vehicles, pedestrian-oriented urban planning, expansion of metro and rail systems, intelligent traffic management and charging infrastructure for electric vehicles. However, the total environmental effect of electric transport will depend on the carbon intensity of electricity production. Transport electrification and renewable-power expansion should therefore be implemented as mutually reinforcing policies.

Environmental Investment

Environmental fixed-capital investment increased from approximately 160.5 million manat in 2022 to 595.0 million manat in 2023, but declined to 214.7 million manat in 2024. The 2024 level was 63.9% below the exceptional 2023 level, although it remained 33.7% higher than in 2022.

In 2024, approximately 87.1% of environmental investment was directed towards the protection of water resources, 7.1% towards land protection, and 5.8% towards atmospheric-air protection. This structure reflects Azerbaijan's urgent water-management needs but also reveals a high concentration of financing in one environmental category (SSCRA, 2025).

Table 5 Structure of Environmental Investment in Azerbaijan, 2024

Investment direction	Amount, thousand manat	Share
Protection of water resources	187,041.6	87.1%
Protection of land	15,223.9	7.1%
Protection of atmospheric air	12,441.7	5.8%
Total	214,707.2	100.0%

The dominance of water-related investment is reasonable given Azerbaijan's high water pressure and dependence on transboundary flows. Nevertheless, environmental financing should also support biodiversity monitoring, forest restoration, circular-economy infrastructure, waste separation, soil remediation and climate-resilient urban development.The annual volatility of environmental investment indicates a project-based rather than stable financing pattern. Large infrastructure projects may cause investment to increase sharply in one year and decline in the following year. A more sustainable model would combine major capital projects with predictable multiyear financing for monitoring, maintenance, scientific research and ecosystem restoration.

Integrated Discussion

The comparative findings reveal that Azerbaijan occupies an intermediate environmental position. The country's per-capita CO_2 emissions are below the global average, and substantial progress has been recorded in renewable generation and the reduction of emissions from stationary sources. However, major structural challenges remain in forest coverage, water security, renewable-electricity penetration, protected-area coverage, transport emissions and municipal-waste generation.

Table 6 Summary of Environmental Performance

Environmental dimension	Current assessment	Main evidence
Climate emissions	Moderate	Per-capita CO_2 emissions are below the world average, but hydrocarbon dependence remains high
Renewable energy	Improving but insufficient	Green electricity rose to approximately 13.6%, compared with about 33% globally
Water security	Critical	Withdrawals equal 161% of internal renewable water resources
Forest ecosystems	Weak relative position	Forest share is substantially below the global average
Protected areas	Moderate but incomplete	National coverage remains below the global terrestrial level and the 30% international target
Industrial air pollution	Improving	Stationary emissions declined by 26.6% between 2022 and 2024
Transport pollution	Deteriorating	Mobile-source emissions increased by 9.8%
Waste management	Increasing pressure	Municipal waste rose by 14.8% within two years
Environmental finance	Volatile	Strong increase in 2023 followed by a major reduction in 2024

The results support the use of an integrated environmental model containing at least five interrelated subsystems:

$$EM=f(C,E,W,B,P)$$

where:

- C represents climate and emissions;
- E represents energy structure;
- W represents water availability and use;
- B represents biodiversity and ecosystem integrity;
- P represents pollution, waste and socioeconomic pressure.

A policy that improves one subsystem may affect another. For example, expanding hydropower can reduce fossil-fuel emissions but may alter river ecosystems. Afforestation can increase carbon absorption but may intensify water demand when inappropriate species are planted in dry regions. Waste-to-energy facilities may reduce landfill volumes but can create air-pollution risks if emission controls are weak. For this reason, environmental policies should be tested through integrated scenario models rather than evaluated through a single indicator.

SWOT ANALYSIS

Table 7 SWOT Analysis of Ecosystem-Based Environmental Management in Azerbaijan

Strengths	Weaknesses
Considerable solar and wind-energy potential, including offshore Caspian wind resources	Strong economic and electricity-sector dependence on fossil fuels
Existing national parks, reserves and wildlife-refuge system	Forest coverage substantially below the global average
Growing foreign investment in solar and wind projects	Very high pressure on internal freshwater resources
Full national access to electricity and established energy infrastructure	Dependence on transboundary river flows
Reduction in reported emissions from stationary sources	Rising mobile-source emissions and urban traffic pressure
National policy priority concerning a clean environment and green growth	Limited renewable share in actual electricity generation
International climate experience gained through COP29	Increasing municipal-waste generation
Updated NDC framework with sector-specific mitigation measures	Environmental-investment levels fluctuate significantly between years
Opportunities	Threats
Expansion of solar, wind, energy storage and green-energy corridors	Climate-induced drought, heatwaves and changing precipitation
Modernization of irrigation and reduction of water-distribution losses	Continuing decline in the level of the Caspian Sea
Development of ecological corridors and restoration of degraded lands	Upstream water abstraction and pollution in transboundary basins
Creation of circular-economy and waste-recycling industries	Habitat fragmentation caused by urban, transport and industrial development
Use of satellite imagery, GIS, sensors and artificial intelligence for environmental monitoring	Expansion of invasive species and biodiversity decline

Continuation of Table 7

Strengths	Weaknesses
International climate finance and technology transfer	Oil-price volatility and possible delays in economic diversification
Green reconstruction of Karabakh and East Zangezur	Extreme events that damage infrastructure and ecosystems
Regional electricity trade and export of renewable energy	Failure to align rapid infrastructure development with ecological assessment

Azerbaijan's greatest strategic strength is the possibility of using the existing energy and transmission system to accelerate renewable development. Its greatest weakness is the combined dependence on hydrocarbons and water resources originating outside the country.

The principal opportunity lies in linking environmental restoration with economic diversification. Renewable energy, efficient irrigation, recycling, ecosystem monitoring and green construction can create new employment and investment areas. The main threat is that climate change may intensify water scarcity and ecosystem degradation faster than adaptation measures are implemented.

PEST ANALYSIS

Table 8 PEST Analysis of Azerbaijan's Environmental and Ecosystem Policy

Dimension	Main factors	Expected environmental influence
Political	Azerbaijan 2030 national priorities; NDC 3.0; international climate commitments; environmental legislation; transboundary water diplomacy; protected-area governance	Can strengthen long-term environmental planning, but success depends on implementation, institutional coordination and transparent monitoring
Economic	Hydrocarbon-export dependence; foreign renewable investment; environmental-investment volatility; costs of water infrastructure; emerging circular economy	Oil and gas revenues can finance green transition, although hydrocarbon dependence may slow structural decarbonization
Social	Urbanization; increasing consumption and waste; public environmental awareness; demand for reliable water; health effects of transport pollution	Social behaviour affects waste generation, water consumption and acceptance of conservation measures
Technological	Solar and wind technologies; smart grids; energy storage; efficient irrigation; wastewater reuse; GIS and remote sensing; electric transport	Technology can significantly reduce environmental pressure, but requires capital, skilled personnel, data systems and maintenance capacity

Political Factors

A "clean environment and country of green growth" is one of Azerbaijan's five national development priorities to 2030. This creates a high-level political basis for ecosystem restoration, renewable energy and environmental modernization (President of the Republic of Azerbaijan, 2021).

Azerbaijan's NDC 3.0, submitted in 2025, established a conditional economy-wide target of reducing greenhouse-gas emissions by 40% by 2035 compared with 1990. The document also introduced more detailed mitigation pathways for electricity,

oil and gas, transport, buildings, industry, agriculture, forestry and waste. Achievement of the target is conditional on international finance, investment, technology transfer and capacity development (Republic of Azerbaijan, 2025).

The political framework is therefore becoming more ambitious. However, the effectiveness of environmental commitments depends on the establishment of measurable annual indicators, institutional accountability and publicly accessible monitoring data.

Economic Factors

The hydrocarbon sector is simultaneously a source of transition finance and a source of structural environmental risk. Oil and gas revenues provide resources for infrastructure and renewable investment, but high export dependence may create incentives to delay deeper economic transformation.

The development of approximately 2 GW of solar and wind projects has been associated with investment exceeding USD 2 billion. Official estimates indicate that these projects could generate approximately 5.3 billion kWh of electricity, save 1.2 billion cubic metres of natural gas and reduce emissions by up to 2.5 million tonnes (Ministry of Energy of the Republic of Azerbaijan, 2024).

The economic analysis suggests that the green transition should not be limited to building power stations. Domestic manufacturing, technical services, research, energy auditing, recycling and environmental engineering are necessary to increase the local economic value created by green investment.

Social Factors

Population concentration in urban areas, increasing vehicle use and changing consumption patterns contribute to transport emissions and municipal waste. Environmental policy therefore requires behavioural as well as technological change.

Waste separation, water saving, public transport use and protection of natural areas depend on social participation. Environmental education should explain the direct connection between ecosystem health, food security, water availability, public health and household expenditure.

Local communities should also participate in decisions concerning protected areas and ecosystem restoration. Conservation policies are more likely to succeed when local residents receive social and economic benefits through sustainable tourism, ecosystem restoration employment and environmentally responsible agricultural activities.

Technological Factors

Technology is essential for overcoming Azerbaijan’s environmental constraints. Smart irrigation, drip systems, canal modernization, leakage detection and wastewater reuse can reduce water losses. Remote sensing and GIS can identify deforestation, land degradation, illegal construction and habitat fragmentation.

In the energy sector, battery storage, demand-response systems and modern transmission networks are necessary to integrate variable solar and wind power. In transport, electric buses and rail-based mobility can reduce mobile-source emissions when supported by increasingly low-carbon electricity.

Technology alone, however, cannot guarantee sustainability. Equipment must be supported by qualified personnel, maintenance systems, accurate data, regulatory

standards and long-term financing. Consequently, technological modernization should be implemented as part of institutional and educational reform.

GENERAL DISCUSSION

The analysis shows that Azerbaijan's environmental challenges are not caused by a single factor. They result from interactions among energy dependence, water scarcity, limited forest coverage, urban growth, transport emissions, waste generation and ecosystem fragmentation.

The strongest positive tendencies are the expansion of renewable electricity, reduction of stationary-source air emissions, formation of green-energy investment partnerships and strengthening of national climate targets. The most critical negative findings concern pressure on water resources, increasing mobile-source pollution, rising municipal waste and the gap between national and global levels of forest and protected-area coverage.

The research therefore confirms the initial assumption that global and national environmental problems cannot be solved through isolated sectoral interventions. Azerbaijan requires an integrated ecosystem-management model combining:

- climate mitigation and adaptation;
- renewable energy and energy efficiency;
- water-demand management;
- forest and landscape restoration;
- protected-area connectivity;
- circular waste management;
- low-emission transport;
- environmental monitoring and open data.

The practical priority should be the development of a national digital environmental platform that combines satellite images, meteorological observations, water data, forest inventories, biodiversity records, pollution measurements and socioeconomic indicators. Such a platform could support scenario modelling and identify areas where environmental intervention would produce the greatest combined ecological and social benefit.

CONCLUSION

The study demonstrates that the solution of global environmental problems requires an integrated approach based on ecosystem conservation, environmental modelling, technological modernization, and effective governance. Climate change, biodiversity loss, water scarcity, land degradation, air pollution, and waste accumulation are closely interconnected. Consequently, these challenges cannot be addressed effectively through isolated sectoral measures. Their management requires policies that consider the interactions among natural resources, economic activities, social behaviour, and institutional mechanisms.

The theoretical analysis confirms that ecosystems should not be regarded only as sources of raw materials. They constitute complex functional systems that regulate climate, protect soil and water resources, support biodiversity, absorb carbon, and provide essential services for human well-being. The degradation of ecosystem integrity reduces the capacity of natural systems to withstand disturbances and

increases socioeconomic vulnerability. Therefore, ecosystem conservation must become a central element of national and international environmental policy.

The comparative analysis revealed both positive developments and significant environmental challenges in Azerbaijan. The country's per-capita carbon dioxide emissions remain below the global average, and considerable progress has been achieved in renewable electricity generation and the reduction of emissions from stationary sources. The expansion of solar and wind energy projects creates favourable conditions for reducing dependence on natural gas in domestic electricity generation and improving the environmental efficiency of the energy sector.

However, Azerbaijan continues to face serious structural environmental pressures. Forest coverage remains substantially below the global average, while the share of protected territories is also lower than the level required by international biodiversity targets. The most critical challenge is related to water security. The high ratio of freshwater withdrawals to internally generated renewable water resources demonstrates Azerbaijan's strong dependence on transboundary water flows and its vulnerability to climate change, upstream water use, and regional pollution.

The analysis of national statistical indicators showed that total production and consumption waste increased by 9.5% between 2022 and 2024, while municipal waste increased by 14.8%. These results indicate that consumption growth and urban development are placing increasing pressure on waste-management systems. Although hazardous waste declined over the two-year period, its increase between 2023 and 2024 suggests that the downward trend is not yet stable.

A significant difference was also identified between stationary and mobile sources of air pollution. Emissions from stationary sources declined by 26.6%, whereas emissions from mobile sources increased by 9.8%. In 2024, mobile-source emissions were approximately 7.3 times higher than stationary-source emissions. This finding demonstrates that transport has become one of the principal sources of conventional air pollution in Azerbaijan. Therefore, urban environmental policy should prioritise public transport modernization, vehicle-emission control, traffic management, railway development, and the gradual electrification of transport.

Environmental investment increased compared with 2022, but its sharp fluctuation during the analysed period indicates the absence of a fully stable long-term financing model. Most environmental investment in 2024 was directed towards water-resource protection. This allocation is consistent with the country's urgent water challenges. Nevertheless, greater financial attention should also be given to ecosystem restoration, biodiversity monitoring, forest management, waste recycling, soil remediation, and urban air-quality improvement.

The SWOT analysis showed that Azerbaijan possesses important strengths, including considerable renewable-energy potential, an existing protected-area network, developing international investment partnerships, and a national policy commitment to green growth. At the same time, strong dependence on the hydrocarbon sector, limited forest coverage, water stress, growing transport emissions, and insufficient waste-management capacity remain major weaknesses.

The principal opportunities include the expansion of renewable energy, the modernization of irrigation infrastructure, the development of a circular economy, the application of satellite-based monitoring systems, and the environmentally sustainable reconstruction of Karabakh and East Zangezur. The major threats are climate-induced drought, the decline of the Caspian Sea level, transboundary water risks, biodiversity loss, habitat fragmentation, and delays in economic diversification.

The PEST analysis confirmed that Azerbaijan has a relatively favourable political and technological environment for strengthening ecosystem-based management. National development priorities, updated climate commitments, renewable-energy investment, and digital environmental technologies can accelerate the green transition. However, political commitments must be supported by effective implementation, transparent monitoring, stable financing, public participation, and stronger institutional coordination.

Environmental models have particular importance in this process. Conceptual, statistical, spatial, process-based, and integrated models allow researchers and decision-makers to assess environmental risks, forecast future changes, and compare alternative policy scenarios. Nevertheless, model results depend on data quality, assumptions, calibration, validation, and uncertainty assessment. Therefore, environmental models should be used as decision-support instruments in combination with field observations, expert knowledge, monitoring systems, and stakeholder participation.

Based on the research findings, the following strategic priorities are recommended for Azerbaijan:

1. improving water-use efficiency through modern irrigation, leakage reduction, wastewater reuse, and integrated river-basin management;
2. expanding renewable electricity generation together with energy storage, smart grids, and transmission infrastructure;
3. increasing forest and shrub restoration by using native and climate-resilient species;
4. expanding protected areas and establishing ecological corridors between fragmented habitats;
5. strengthening municipal waste separation, recycling, composting, and circular-economy mechanisms;
6. reducing transport emissions through public transport modernization, railway expansion, electric mobility, and stricter technical inspections;
7. creating an integrated national environmental data platform based on satellite monitoring, GIS, sensors, and artificial intelligence;
8. ensuring stable multiyear financing for environmental protection, scientific research, ecosystem restoration, and biodiversity monitoring;
9. strengthening regional cooperation in the management of transboundary water resources;
10. increasing public environmental awareness and community participation in conservation activities.

In conclusion, Azerbaijan has considerable potential to improve its environmental performance through renewable-energy development, ecosystem restoration, modern water management, technological innovation, and stronger environmental governance.

However, the transition to sustainable development will require coordinated action across the energy, water, transport, agriculture, waste-management, and biodiversity sectors.

The long-term solution to global and national environmental problems lies not only in reducing individual pollutants but also in preserving the ecological processes that maintain the stability of natural and social systems. An integrated ecosystem-based management model can strengthen environmental resilience, reduce climate-related risks, protect natural capital, and support sustainable socioeconomic development for present and future generations.

References

1. Boumans, R., Roman, J., Altman, I., & Kaufman, L. (2015). The Multiscale Integrated Model of Ecosystem Services: Simulating the interactions of coupled human and natural systems. Ecosystem Services, 12, 30–41. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2015.01.004
2. Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R. V., Paruelo, J., Raskin, R. G., Sutton, P., & van den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature, 387, 253–260. https://doi.org/10.1038/387253a0
3. de Groot, R. S., Alkemade, R., Braat, L., Hein, L., & Willemen, L. (2010). Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. Ecological Complexity, 7(3), 260–272. https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2009.10.006
4. Folke, C. (2006). Resilience: The emergence of a perspective for social-ecological systems analyses. Global Environmental Change, 16(3), 253–267. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.04.002
5. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2025). SDG indicator 6.4.2: Level of water stress. FAO.Holling, C. S. (1973). Resilience and stability of ecological systems. Annual Review of Ecology and Systematics, 4, 1–23. https://doi.org/10.1146/annurev.es.04.110173.000245
6. Intergovernmental Panel on Climate Change. (2023). Climate change 2023: Synthesis report. IPCC. https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647
7. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. (2019). Global assessment report on biodiversity and ecosystem services. IPBES Secretariat. https://doi.org/10.5281/zenodo.3831673
8. International Energy Agency. (2025). Global energy review 2025. IEA.
9. Jakeman, A. J., Letcher, R. A., & Norton, J. P. (2006). Ten iterative steps in development and evaluation of environmental models. Environmental Modelling & Software, 21(5), 602–614. https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2006.01.004
10. Jørgensen, S. E., & Fath, B. D. (2011). Fundamentals of ecological modelling: Applications in environmental management and research (4th ed.). Elsevier.
11. Millennium Ecosystem Assessment. (2005). Ecosystems and human well-being: Synthesis. Island Press.
12. Ministry of Energy of the Republic of Azerbaijan. (2024). Minister Parviz Shahbazov: Azerbaijan is developing all components of the energy transition.

13. Ministry of Energy of the Republic of Azerbaijan. (2025). Green energy production in the country nearly doubled last year.
14. Ministry of Energy of the Republic of Azerbaijan. (2026). The use of renewable energy sources in Azerbaijan.
15. Nelson, E., Mendoza, G., Regetz, J., Polasky, S., Tallis, H., Cameron, D. R., Chan, K. M. A., Daily, G. C., Goldstein, J., Kareiva, P. M., Lonsdorf, E., Naidoo, R., Ricketts, T. H., & Shaw, M. R. (2009). Modeling multiple ecosystem services, biodiversity conservation, commodity production, and trade-offs at landscape scales. Frontiers in Ecology and the Environment, 7(1), 4–11. https://doi.org/10.1890/080023
16. Ostrom, E. (2009). A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. Science, 325(5939), 419–422. https://doi.org/10.1126/science.1172133
17. President of the Republic of Azerbaijan. (2021). Azerbaijan 2030: National priorities for socio-economic development.
18. Republic of Azerbaijan. (2025). Azerbaijan's nationally determined contribution 3.0. United Nations Framework Convention on Climate Change.
19. State Statistical Committee of the Republic of Azerbaijan. (2025). Azerbaijan in figures 2025. State Statistical Committee.
20. Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., Biggs, R., Carpenter, S. R., de Vries, W., de Wit, C. A., Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G. M., Persson, L. M., Ramanathan, V., Reyers, B., & Sörlin, S. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. Science, 347(6223), Article 1259855. https://doi.org/10.1126/science.1259855
21. United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre, & International Union for Conservation of Nature. (2024). Protected Planet report 2024. UNEP-WCMC and IUCN.
22. United Nations Environment Programme. (2019). Global Environment Outlook—GEO-6: Healthy planet, healthy people. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781108627146
23. United Nations Environment Programme. (2024). Global waste management outlook 2024. UNEP.
24. World Bank. (2024). Azerbaijan general water security assessment. World Bank.
25. World Bank. (2026a). Carbon dioxide emissions excluding land-use, land-use change and forestry per capita: Azerbaijan and world [Data set].
26. World Bank. (2026b). Forest area as a percentage of land area: Azerbaijan and world [Data set].
27. World Bank. (2026c). Annual freshwater withdrawals as a percentage of internal renewable resources: Azerbaijan and world [Data set].

SECTION: ECONOMY

ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ МЕХАНІЗМ МІНІМІЗАЦІЇ МІГРАЦІЙНИХ РИЗИКІВ ТА СТИМУЛЮВАННЯ ВІДНОВЛЕННЯ ЛЮДСЬКОГО КАПІТАЛУ

Лаптєв В'ячеслав Ігорович
д.е.н., професор
ORCID: 0000-0003-4163-0933
Маков Борис Павлович
здобувач третього (освітньо-наукового)
рівня вищої освіти
ORCID: 0009-0005-5780-3917
Кафедра соціальної економіки
Харківський національний економічний
університет імені Семена Кузнеця, Україна

Сучасний етап розвитку світової економіки характеризується посиленням глобальних трансформаційних процесів, які супроводжуються поглибленням демографічної кризи, масштабними міграційними потоками, цифровою трансформацією економіки, геополітичними конфліктами та зростанням нестабільності на ринках праці. За таких умов людський капітал дедалі більше визначає конкурентоспроможність держав, інноваційний розвиток економіки, продуктивність праці та здатність суспільства адаптуватися до нових викликів. Якщо раніше основна увага економічної науки була зосереджена на питаннях формування та накопичення людського капіталу, то сьогодні ключового значення набувають проблеми його збереження, відновлення та ефективного використання в умовах зростання міграційних ризиків.

Для України зазначена проблема має особливу актуальність. Повномасштабна війна спричинила значні демографічні втрати, масштабну зовнішню міграцію населення, дефіцит трудових ресурсів, руйнування виробничої та соціальної інфраструктури, поглиблення структурних диспропорцій на ринку праці та посилення регіональної нерівномірності розвитку. За оцінками міжнародних організацій, мільйони громадян тимчасово або постійно перебувають за кордоном, що істотно впливає на відтворення трудового потенціалу, формування доходів населення, функціонування системи освіти та перспективи післявоєнного економічного відновлення. У зв'язку з цим традиційні інструменти державної політики зайнятості вже не забезпечують необхідного рівня компенсації втрат людського капіталу та потребують комплексного перегляду.

Одночасно світова практика свідчить про поступову трансформацію підходів до управління міграційними процесами. У сучасних дослідженнях дедалі більше уваги приділяється не стримуванню міграції як такої, а формуванню ефективних механізмів повернення населення, використанню потенціалу української діаспори, розвитку дистанційної зайнятості, підтримці підприємництва, професійній перепідготовці працівників, стимулюванню безперервного навчання та створенню умов для реалізації професійного потенціалу незалежно від місця перебування людини. За таких умов особливого значення набувають організаційно-економічні інструменти, які забезпечують комплексний вплив на процеси мінімізації міграційних ризиків та відновлення людського капіталу.

Аналіз сучасної наукової літератури свідчить, що проблематика розвитку та збереження людського капіталу в умовах міграційних процесів, воєнних конфліктів і трансформації ринку праці є одним із пріоритетних напрямів сучасних економічних досліджень. Особлива увага приділяється вивченню взаємозв'язку між міжнародною міграцією, накопиченням людського капіталу, функціонуванням ринку праці та економічним розвитком держав (Navarro & Zhou, 2024; Adda et al., 2022; Achkasova et al., 2025).

Окремий напрям досліджень присвячений аналізу міграції висококваліфікованих кадрів. Науковці дедалі частіше розглядають традиційну концепцію «відпливу мізків» крізь призму циркуляції знань, професійної мобільності та повернення людського капіталу. Дослідження свідчать, що міжнародна мобільність фахівців може не лише створювати ризики для країн походження, а й формувати передумови для передачі нових компетентностей, технологій та інновацій після повернення мігрантів. Водночас використання цифрових платформ і великих масивів даних відкриває нові можливості для моніторингу професійної міграції та оцінювання втрат людського капіталу (Bhardwaj & Sharma, 2023; Bertè et al., 2023).

Значна кількість сучасних праць присвячена дослідженню впливу воєнних конфліктів на людський капітал. Науковці доводять, що війна негативно впливає на демографічні процеси, систему освіти, ринок праці, професійний розвиток населення та людський потенціал загалом. Особлива увага приділяється вимушеній міграції, втраті кваліфікованих кадрів, формуванню мобільного капіталу серед біженців та можливостям його використання під час післявоєнного відновлення економіки (Galindo-Silva & Tchuente, 2023; Vesco et al., 2025; Winogrodzka et al., 2025).

В українській науковій літературі дослідження зосереджені переважно на оцінюванні втрат людського капіталу внаслідок повномасштабної війни, трансформації національного ринку праці та розробленні механізмів його відновлення. Дослідники наголошують на необхідності формування державної політики, спрямованої на стимулювання повернення мігрантів, розвиток трудового потенціалу, мінімізацію міграційних ризиків та забезпечення стійкого соціально-економічного розвитку України в повоєнний період (Залознова & Азьмук, 2022; Лугова & Маков, 2025; Achkasova et al., 2025).

Отже, результати сучасних досліджень свідчать, що людський капітал дедалі більше розглядається як стратегічний ресурс економічного відновлення держав, а міжнародна міграція – як багатофакторний процес, що одночасно створює як ризики, так і нові можливості для його розвитку. Водночас переважна більшість існуючих досліджень розглядає окремі аспекти міграційної політики або розвитку людського капіталу, тоді як питання формування комплексного організаційно-економічного механізму мінімізації міграційних ризиків і стимулювання відновлення людського капіталу залишаються недостатньо розробленими, особливо в умовах післявоєнної трансформації економіки України.

У зв'язку з цим виникає необхідність обґрунтування сучасних організаційно-економічних інструментів, здатних забезпечити комплексне відновлення людського капіталу шляхом поєднання державної політики, регіональних програм розвитку, корпоративних механізмів підтримки персоналу, міжнародного співробітництва та використання потенціалу української діаспори. Саме інтеграція цих інструментів може стати основою для зменшення негативних наслідків міграційних процесів, підвищення конкурентоспроможності національної економіки та забезпечення її сталого розвитку в довгостроковій перспективі.

В умовах сучасних глобальних трансформацій управління міграційними процесами набуває стратегічного значення для забезпечення стійкого соціально-економічного розвитку держави. Для України, яка зазнала значних демографічних втрат унаслідок повномасштабної війни, питання мінімізації міграційних ризиків та відновлення людського капіталу виходить за межі традиційної політики зайнятості й стає одним із ключових напрямів державної економічної політики. Вирішення цієї проблеми потребує формування комплексного організаційно-економічного механізму, який поєднуватиме державні, регіональні, корпоративні та міжнародні інструменти впливу.

Організаційно-економічний механізм мінімізації міграційних ризиків та стимулювання відновлення людського капіталу доцільно розглядати як цілісну систему взаємопов'язаних організаційних, економічних, правових та інституційних інструментів, спрямованих на збереження трудового потенціалу країни, скорочення масштабів вимушеної міграції, стимулювання повернення громадян, розвиток людського капіталу та створення умов для його ефективного використання в післявоєнний період.

Функціонування такого механізму має базуватися на низці принципів, серед яких особливого значення набувають системність, комплексність, адаптивність, партнерство, інклюзивність, довгострокова орієнтація та інноваційність. Реалізація зазначених принципів забезпечує узгодження інтересів держави, бізнесу, місцевих громад, міжнародних партнерів і самих мігрантів, що є необхідною передумовою ефективного відновлення людського капіталу.

До організаційної складової механізму належать інституційне забезпечення державної міграційної політики, розвиток міжвідомчої координації, удосконалення інформаційних систем моніторингу міграційних процесів, розширення співпраці з міжнародними організаціями та українською діаспорою, а також формування

ефективної системи професійної орієнтації, перепідготовки й безперервного навчання населення. Важливого значення набуває створення єдиного цифрового інформаційного середовища, яке дозволить здійснювати моніторинг міграційних потоків, професійних компетентностей українців за кордоном, потреб регіональних ринків праці та можливостей працевлаштування після повернення.

Економічна складова механізму повинна включати комплекс фінансових та економічних стимулів, спрямованих на повернення громадян, розвиток підприємництва, створення нових робочих місць та підвищення конкурентоспроможності національного ринку праці. До таких інструментів належать податкові стимули для роботодавців, які працевлаштовують осіб, що повернулися із-за кордону, державні грантові програми підтримки малого і середнього бізнесу, пільгове кредитування підприємницької діяльності, компенсація витрат на професійну перепідготовку, а також розвиток механізмів державно-приватного партнерства у сфері створення високопродуктивних робочих місць.

Особливе місце в організаційно-економічному механізмі посідає розвиток людського капіталу через систему освіти та безперервного професійного навчання. Стрімка цифровізація економіки, розвиток штучного інтелекту, автоматизація виробничих процесів та структурні зміни на ринку праці формують нові вимоги до професійних компетентностей працівників. У зв'язку з цим важливими напрямами державної політики повинні стати розвиток цифрових навичок, підтримка програм перекваліфікації, впровадження дуальної освіти, стимулювання навчання протягом життя (lifelong learning) та інтеграція сучасних цифрових технологій у систему професійної підготовки.

Не менш важливою складовою механізму є використання потенціалу української діаспори. Світовий досвід свідчить, що навіть за умов неповернення частини мігрантів країна може отримувати значні економічні переваги через залучення інвестицій, трансфер сучасних технологій, розвиток міжнародного підприємництва, дистанційну зайнятість, участь висококваліфікованих фахівців у реалізації наукових, освітніх та інноваційних проєктів. Тому державна політика має бути спрямована не лише на фізичне повернення громадян, а й на формування ефективної моделі співпраці з українцями за кордоном.

В умовах післявоєнної відбудови особливого значення набуває регіональний аспект реалізації організаційно-економічного механізму. Різні області України характеризуються неоднаковими масштабами демографічних втрат, рівнем економічного розвитку, потребами ринку праці та інвестиційним потенціалом. Це обумовлює необхідність диференційованого підходу до формування регіональних програм відновлення людського капіталу з урахуванням специфіки соціально-економічного розвитку територій.

Ефективність запропонованого механізму значною мірою залежить від наявності сучасної системи моніторингу та оцінювання результативності реалізованих заходів. Доцільним є використання системи кількісних та якісних індикаторів, серед яких рівень зовнішньої міграції, частка громадян, які повернулися в Україну, рівень зайнятості, продуктивність праці, дефіцит кадрів за професійними групами, рівень участі населення у програмах професійного

навчання, обсяги інвестицій, залучених за участю української діаспори, а також інтегральний індекс відновлення людського капіталу.

Узагальнення наведених положень дозволяє запропонувати концептуальну модель організаційно-економічного механізму, що включає чотири взаємопов'язані блоки: організаційний (інституційне забезпечення, цифровий моніторинг, координація суб'єктів), економічний (фінансові стимули, підтримка бізнесу, інвестиційна політика), соціальний (розвиток освіти, охорони здоров'я, соціальної адаптації та професійної мобільності) і міжнародний (співпраця з міжнародними організаціями, донорами, українською діаспорою та міжнародними роботодавцями). Взаємодія зазначених складових забезпечує комплексний вплив на процеси скорочення міграційних втрат, підвищення конкурентоспроможності людського капіталу та створення умов для сталого економічного розвитку України.

Проведене дослідження дозволяє зробити висновок, що в умовах воєнних викликів, демографічної кризи та масштабної зовнішньої міграції людський капітал стає ключовим стратегічним ресурсом повоєнного відновлення України. Зростання міграційних ризиків потребує переходу від фрагментарних заходів державної політики до комплексного організаційно-економічного механізму, який забезпечуватиме не лише мінімізацію втрат трудового потенціалу, а й створення умов для його відновлення та подальшого розвитку.

Запропонований організаційно-економічний механізм ґрунтується на інтеграції організаційних, економічних, соціальних та міжнародних інструментів державного регулювання і передбачає розвиток системи безперервного професійного навчання, стимулювання повернення мігрантів, підтримку підприємництва, використання потенціалу української діаспори, цифровізацію управління міграційними процесами та активізацію міжнародного співробітництва. Комплексна реалізація зазначених заходів сприятиме скороченню міграційних втрат, підвищенню ефективності використання людського капіталу, зміцненню конкурентоспроможності національної економіки та формуванню передумов для її сталого післявоєнного розвитку.

Перспективи подальших досліджень доцільно пов'язати з розробленням методичних підходів до оцінювання ефективності запропонованого механізму, побудовою системи індикаторів моніторингу міграційних ризиків, моделюванням сценаріїв відновлення людського капіталу України та оцінюванням впливу окремих інструментів державної політики на повернення мігрантів і розвиток ринку праці в умовах післявоєнної реконструкції

References

1. Achkasova, O., Ivanisov, O., Luhova, V., & Lebedynska, O. (2025). Management challenges of labour market transformation in the context of migration crisis. Development Management, 24(3), 21–33. https://doi.org/10.63341/devt/3.2025.21
2. Adda, J., Dustmann, C., & Görlach, J.-S. (2022). The dynamics of return migration, human capital accumulation, and wage assimilation. The Review of Economic Studies, 89(6), 2841–2871. https://doi.org/10.1093/restud/rdac003

3. Bertè, M., Paolotti, D., & Kalimeri, K. (2023). From Ukraine to the world: Using LinkedIn data to monitor professional migration from Ukraine. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2307.09979
4. Bhardwaj, B., & Sharma, D. (2023). Migration of skilled professionals across the border: Brain drain or brain gain? European Management Journal, 41(6), 1021–1033. https://doi.org/10.1016/j.emj.2022.12.011
5. Galindo-Silva, H., & Tchuente, G. (2023). Armed conflict and early human capital accumulation: Evidence from Cameroon's Anglophone conflict. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2306.13070
6. Navarro, S., & Zhou, J. (2024). Human capital and migration: A cautionary tale. Journal of Econometrics, 243(1–2), Article 105720. https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2024.105720
7. Vesco, P., et al. (2025). The impacts of armed conflict on human development: A review of the literature. World Development, 187, Article 106806. https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2024.106806
8. Winogrodzka, D., Kyliushyk, I., & Chról, E. (2025). Mobility capital formation among forced migrants: Experiences of Ukrainian women in Poland. Migration Studies, 13(2). https://doi.org/10.1093/migration/mnaf019
9. Залознова, Ю., & Азьмук, Н. (2022). Людський капітал України в умовах війни: втрати та здобутки. Економіка та суспільство, 38. https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-38-59
10. Лугова, В. М., & Маков, Б. П. (2025). Міграційні ризики та перспективи відновлення людського капіталу України. Здобутки економіки: перспективи та інновації, 21. https://doi.org/10.5281/zenodo.17075182

БІОЕКОНОМІКА ЯК ПЕРСПЕКТИВНИЙ НАПРЯМ РОЗВИТКУ НАЦІОНАЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ В УМОВАХ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Ковальова Тетяна Володимирівна
к.е.н., доцент
Шагун Євгенія Максимівна
здобувач вищої освіти
Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

Сучасний розвиток економіки характеризується необхідністю пошуку нових моделей господарювання, здатних забезпечити економічне зростання без надмірного виснаження природних ресурсів. Посилення екологічних викликів, обмеженість традиційних сировинних ресурсів, розвиток інноваційних технологій та орієнтація на досягнення Цілей сталого розвитку актуалізують формування біоекономіки як одного з перспективних напрямів трансформації національної економіки. На відміну від традиційної моделі розвитку,

біоекономіка базується на ефективному використанні відновлюваних біологічних ресурсів, розвитку біотехнологій та створенні продукції з високою доданою вартістю.

Біоекономіка охоплює широкий спектр галузей, серед яких сільське господарство, харчова промисловість, біоенергетика, фармацевтика, лісове господарство, виробництво біоматеріалів та біохімічна промисловість. Її головною особливістю є поєднання економічної ефективності з екологічною відповідальністю. Використання сучасних біотехнологій дозволяє значно підвищити продуктивність виробництва, скоротити обсяги відходів та забезпечити більш раціональне використання природних ресурсів. Саме тому біоекономіка дедалі частіше розглядається як важлива складова інноваційного розвитку держави та підвищення її міжнародної конкурентоспроможності [1].

Однією з ключових переваг розвитку біоекономіки є створення нових джерел економічного зростання. Використання біомаси для виробництва енергії, біопалива, біополімерів та інших видів продукції сприяє диверсифікації економіки та формуванню нових високотехнологічних секторів. Це дозволяє не лише збільшити обсяги виробництва, а й створити додаткові робочі місця, активізувати інвестиційну діяльність та підвищити рівень інноваційності підприємств. Особливого значення набуває розвиток біотехнологій. Саме вони є основою виробництва сучасної біопродукції, яка характеризується високою доданою вартістю та значним експортним потенціалом. Біотехнологічні рішення активно впроваджуються у виробництві біодобрив, біопалива, біорозкладних матеріалів, кормових добавок, лікарських препаратів та інших інноваційних продуктів. Для підприємств це означає можливість освоєння нових ринків, розширення асортименту продукції та підвищення прибутковості господарської діяльності.

Важливою складовою біоекономіки є ефективне використання органічних відходів. У традиційній економіці значна частина біологічних залишків утилізується або накопичується, тоді як у межах біоекономічної моделі вони розглядаються як цінний виробничий ресурс. Переробка сільськогосподарських залишків, деревини, харчових відходів та іншої біомаси дозволяє отримувати додаткову продукцію, зменшувати витрати підприємств та одночасно скорочувати негативний вплив на навколишнє середовище. Такий підхід відповідає принципам ресурсоефективності та сприяє формуванню замкнених виробничих циклів [2].

Для України розвиток біоекономіки має особливі перспективи. Країна володіє значним природно-ресурсним потенціалом, розвиненим аграрним сектором, сприятливими кліматичними умовами та потужною науковою базою у сфері біотехнологій. Це створює передумови для формування конкурентоспроможної біоекономічної моделі розвитку. Водночас ефективне використання наявного потенціалу потребує активізації інноваційної діяльності, модернізації виробництва та розвитку сучасної дослідницької інфраструктури.

Не менш важливим напрямом є розвиток біоенергетики. Використання біомаси як альтернативного джерела енергії сприяє диверсифікації енергетичного балансу, зменшенню залежності від традиційних енергоносіїв та

підвищенню енергетичної ефективності економіки. Біогазові комплекси, виробництво паливних гранул, біоетанолу та інших видів біопалива поступово стають важливими елементами сучасної енергетичної системи. Крім економічного ефекту, розвиток біоенергетики сприяє скороченню викидів парникових газів та виконанню міжнародних екологічних зобов'язань [3].

Разом із значними перспективами розвиток біоекономіки супроводжується певними труднощами. Однією з основних проблем залишається недостатній рівень інвестиційної підтримки інноваційних проєктів. Впровадження сучасних біотехнологій потребує значних фінансових ресурсів, висококваліфікованих кадрів та сучасної матеріально-технічної бази. Для багатьох підприємств саме обмеженість інвестицій є головною перешкодою для реалізації біоекономічних проєктів. Крім того, актуальними залишаються питання вдосконалення нормативно-правового регулювання, стимулювання наукових досліджень та розвитку державно-приватного партнерства.

Особливу увагу необхідно приділити взаємозв'язку біоекономіки та інноваційної діяльності. Саме інновації забезпечують створення нових технологій переробки біологічної сировини, підвищення продуктивності виробництва та розширення сфер використання біоресурсів. Ефективна взаємодія науки, бізнесу та держави є необхідною умовою формування конкурентоспроможної біоекономіки. Важливу роль у цьому процесі відіграють університети, науково-дослідні установи, технологічні парки та інноваційні кластери [4].

Досвід країн Європейського Союзу свідчить, що біоекономіка є одним із пріоритетних напрямів економічної політики. Вона інтегрує розвиток науки, цифрових технологій, агропромислового виробництва та екологічної відповідальності, забезпечуючи довгострокове економічне зростання. Для України адаптація європейського досвіду може стати важливим фактором модернізації економіки, підвищення конкурентоспроможності підприємств та розширення експортного потенціалу [5].

Таким чином, біоекономіка є одним із найбільш перспективних напрямів розвитку національної економіки в умовах сучасних глобальних викликів. Її впровадження сприяє ефективнішому використанню природних ресурсів, розвитку інноваційного виробництва, створенню нових робочих місць та підвищенню конкурентоспроможності економіки. Для України формування біоекономічної моделі розвитку відкриває можливості для залучення інвестицій, активізації науково-технологічного потенціалу та інтеграції до європейського економічного простору. Подальший розвиток цього напряму потребує комплексної державної політики, підтримки інноваційних проєктів, удосконалення законодавчої бази та розвитку партнерства між наукою, бізнесом і державою.

Список використаних джерел

1. Білоусько Т., Білоусько Р. Розвиток біоекономіки як передумова підвищення конкурентоспроможності національної економіки на міжнародних ринках. Вісник Хмельницького національного університету. Економічні науки. 2024. № 2. С. 139.

2. Белова І. М., Ярощук О. В. Розвиток біоекономіки в Україні: адаптація європейського досвіду для інтеграції в європейський економічний простір. Інноваційна економіка. 2024. № 3.
3. Ніфатова О. М., Петричук С. І. Інституційне забезпечення інтеграції принципів біоекономіки в управлінську практику вітчизняних підприємств: організаційні аспекти. Збірник наукових праць Таврійського державного агротехнологічного університету (економічні науки). 2024.
4. Ксенчин Д. О. Розвиток біоенергетики в контексті забезпечення енергетичної безпеки України. Економіка та суспільство. 2024.
5. European Commission. A Sustainable Bioeconomy for Europe: Strengthening the Connection between Economy, Society and the Environment. Brussels, 2018.

DOI 10.70286/ISU-15.07.2026.002

СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНІ ЕФЕКТИ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ЯК ЧИННИК ФОРМУВАННЯ СТРАТЕГІЇ ЗАХИСТУ НАЦІОНАЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ

Фісуненко Надія Олександрівна
к.е.н., в.о. завідувача кафедри девелопменту нерухомості,
фінансів, обліку та маркетингу
Український державний університет науки і технологій
м. Дніпро, Україна

Цифрова трансформація в Україні у період 2022–2026 роках набула характеру не лише технологічної модернізації, а й механізму адаптації економіки та суспільства до умов війни, міграційних зрушень, змін на ринку праці та зростання ролі електронних сервісів. Якщо попередні дослідження здебільшого спиралися на дані до 2019 року, то сучасний етап потребує оновлення емпіричної бази та переосмислення наслідків цифровізації з урахуванням останніх міжнародних і національних індикаторів. За цих умов оцінювання наслідків цифровізації набуває не лише описового, а й стратегічного значення, оскільки дозволяє виявити напрями, через які цифрові зміни посилюють або послаблюють економічну безпеку держави.

Метою дослідження є оцінка соціальних та економічних наслідків цифрової трансформації України. Для досягнення цієї мети поставлено такі задачі: систематизувати ефекти трьох хвиль цифрової трансформації; узагальнити динаміку ключових цифрових показників України у 2022–2026 роках; окреслити місце України в порівнянні з окремими високорозвиненими країнами; уточнити роль цифровізації у розвитку платіжної інфраструктури, електронних державних сервісів та нових моделей зайнятості.

Концептуально цифрова трансформація розгортається через три хвилі: базову інформатизацію та телекомунікаційне охоплення, платформізацію економічних взаємодій і поширення даних та хмарних сервісів, а також інтелектуалізацію рішень на основі великих даних, алгоритмів і автоматизації.

У сучасних джерелах ці хвилі дедалі частіше інтерпретуються як послідовне розширення цифрової присутності в економіці, зайнятості та сфері публічних послуг. За оцінками OECD, цифрові сектори в країнах ОЕСР у 2013–2023 роках зростали приблизно утричі швидше, ніж економіка загалом, а у 2023 році їхнє зростання становило 7,6 %, що підкреслює структурний характер цифрових змін [7].

Водночас ITU наголошує, що глобальне охоплення мобільним широкосмуговим зв'язком уже досягло 96 % населення світу, однак нерівність доступу та інтенсивності використання зберігається [8].

Отже, соціально-економічні наслідки цифрової трансформації варто аналізувати не лише крізь призму технічного доступу, а і через трансформацію продуктивності, зайнятості, соціальної інтеграції, платіжної поведінки та якості державного управління. Відтак кожна хвиля цифрової трансформації створює не лише нові можливості для зростання продуктивності й підвищення якості послуг, а й нові ризики, що повинні бути враховані при побудові стратегічних механізмів економічного захисту (табл. 1).

Таблиця 1 Соціальні та економічні наслідки хвиль цифрової трансформації

Хвиля	Технологічне ядро	Позитивні соціально-економічні ефекти	Ключові ризики та обмеження
Перша	Комп'ютери, базові мережі, мобільний зв'язок	Зростання продуктивності, автоматизація рутинних операцій, розширення доступу до інформації, підвищення доходів домогосподарств через кращу зв'язність.	Посилення цифрового розриву, скорочення частини індустріальної зайнятості, нерівномірність доступу до інфраструктури.
Друга	Інтернет-платформи, хмарні сервіси, електронна комерція	Поява нових бізнес-моделей, розвиток онлайн-торгівлі та платформеної зайнятості, розширення ринків збуту, цифровізація споживчої поведінки.	Залежність від платформ, кіберризики, вразливість до технологічних збоїв, зростання нестандартної та нестабільної зайнятості.
Третя	Великі дані, штучний інтелект, автоматизація, цифрові державні сервіси	Поліпшення якості рішень, зростання ролі аналітики, персоналізація послуг, економія часу та витрат у державному й приватному секторах.	Ризик витіснення окремих професій, потреба в постійному оновленні навичок, проблеми безпеки даних та алгоритмічної залежності.

Аналіз статистичних даних свідчить, що в Україні 2022–2026 роки стали періодом суперечливого, але загалом висхідного цифрового розвитку. На початку 2022 року в Україні було 31,10 млн інтернет-користувачів, 62,64 млн мобільних з'єднань та 28,0 млн користувачів соціальних платформ. У 2023 році через воєнні потрясіння кількість інтернет-користувачів скоротилася до 28,57 млн., проте вже у 2024–2026 роках відбулося відновлення та подальше зростання: 29,64 млн. у 2024 році, 31,5 млн. у 2025 році та 35,3 млн. наприкінці 2025 року, що відображено у звіті Digital 2026 [1–5].

Це свідчить про достатньо високий рівень адаптивності цифрової інфраструктури, яка в умовах війни фактично виконує функцію підтримки економічної безперервності, комунікаційної зв'язності та доступу до критично важливих сервісів.

Зміни торкнулися не лише охоплення мережею, а й характеру соціальної взаємодії. Важливо враховувати методологічні застереження DataReportal щодо порівняння агрегованих показників соціальних медіа між окремими роками, однак загальна тенденція 2024–2026 років свідчить про відновлення цифрової присутності населення: після 24,3 млн. соціальних медіа-ідентифікаторів у 2024 році та 21,6 млн. у 2025 році показник зріс до 23,0 млн. наприкінці 2025 року [3–5].

Це означає, що соціальні мережі зберігають роль інфраструктури комунікації, інформування, зайнятості та електронної комерції навіть в умовах нестабільності.

Не менш показовою є еволюція платіжної поведінки. За даними НБУ, у 2025 році кількість пунктів продажу та надання послуг, які приймали платіжні картки, зросла до 614,1 тис., кількість активних карток досягла 65,4 млн., а близько 98 % усіх безготівкових операцій у торговельній мережі здійснювалися з використанням безконтактної або NFC-технології. У I кварталі 2026 року оплата товарів і послуг в інтернеті вже забезпечувала 16,9 % суми та 14,5 % кількості всіх безготівкових карткових операцій [11].

Отже, цифровізація платіжної інфраструктури в Україні перейшла від етапу поширення інструментів до етапу домінування цифрових моделей розрахунків.

Для стратегії захисту національної економіки це означає зростання ролі кіберстійкості платіжної інфраструктури, надійності цифрових каналів розрахунків та спроможності фінансової системи забезпечувати безперервність трансакцій у кризових умовах (табл. 2).

Таблиця 2 Динаміка окремих цифрових показників України у 2022–2026 роках

Рік	Інтернет-користувачі, млн.	Проникнення інтернету, %	Мобільні з'єднання, млн.	Мобільні з'єднання до населення, %	Соціальні медіа, млн. / %
2022	31,10	71,8	62,64	144,6	28,0 / 64,6
2023	28,57	79,2	55,88	154,9	26,7 / 74,0
2024	29,64	79,2	55,64	148,7	24,3 / 64,9
2025	31,50	82,4	56,40	147,0	21,6 / 56,4
2026*	35,30	89,6	55,00	140,0	23,0 / 58,5

*Примітка: для 2026 року використано показники звіту Digital 2026, що відображають стан на кінець 2025 року.

Порівняльний аналіз із високорозвиненими країнами свідчить, що Україна швидко скорочує окремі відставання за рівнем інтернет-проникнення, але все ще поступається лідерам за стабільністю цифрової інфраструктури та глибиною цифрової капіталізації. На кінець 2025 року інтернет-проникнення в Україні становило 89,6 %, тоді як у Норвегії – 99,0 %, у Люксембурзі – 98,8 %, у США – 93,1 %, у Китаї – 91,6 %, у Японії – 87,0 %. При цьому частка соціальних медіа-ідентифікаторів до населення в Україні (58,5 %) була нижчою, ніж у США (73,0 %), Китаї (90,3 %), Японії (80,5 %), Швейцарії (81,0 %) та Норвегії (77,9 %), але вищою, ніж у Люксембурзі (45,9 %) [6].

Така конфігурація вказує на неоднорідність цифрового розвитку: високий рівень базової зв'язності не завжди автоматично означає однакову інтенсивність соціального чи комерційного використання платформ.

Порівняльна перспектива засвідчує, що конкурентні позиції України дедалі більше визначаються не лише рівнем доступу до мережі, а й здатністю конвертувати цифрову зв'язність у продуктивність, інноваційність, фінансову інклюзію та інституційну надійність.

Окремий вимір сучасної цифрової трансформації пов'язаний з ринком праці. У звіті Future of Jobs Report 2025 наголошується, що до 2030 року у світі буде створено близько 170 млн. нових робочих місць, тоді як 92 млн. буде витіснено, а 39 % наявних навичок потребуватимуть оновлення або трансформації [9].

Для України це означає, що цифровізація має розглядатися не лише як технічне оснащення секторів, а й як процес структурної перебудови навичок, професійних ролей і форматів зайнятості. Своєю чергою, публічний сектор також демонструє виразний соціально-економічний ефект цифровізації: Мінцифра повідомляє, що цифровізація окремих державних послуг забезпечує державі щорічну економію 7,4 млрд. грн., а лише цифровізація будівельної сфери заощаджує понад 3,3 млрд. грн. на рік [12].

Отже, захист національної економіки в умовах цифрової трансформації має спиратися на політику безперервного оновлення цифрових компетентностей, розвиток гнучких форматів зайнятості та мінімізацію структурних дисбалансів на ринку праці.

Таким чином, аналіз дпних 2022–2026 років підтверджують, що цифрова трансформація України вже не може тлумачитися як вузькоінфраструктурний процес. Вона проявляється через зміну споживчої поведінки, поглиблення безготівкової економіки, поширення платформених моделей взаємодії, зростання попиту на нові цифрові навички, а також через поступове перетворення цифрових сервісів на один із факторів соціальної стійкості та інституційної ефективності. У такому розумінні цифровізація виступає водночас ресурсом відновлення і фактором стратегічної стійкості, що прямо впливає на здатність національної економіки протидіяти зовнішнім шокам та внутрішнім дисбалансам.

Отже, на підставі проведених досліджень можна стверджувати, що цифрова трансформація України характеризується поєднанням відновлювального та прискорювального ефектів. З одного боку, цифрові технології компенсують втрати традиційної інфраструктури, а з іншого — формують нові моделі економічної активності, зайнятості, розрахунків і надання публічних послуг. Соціальні та економічні наслідки трьох хвиль цифрової трансформації в сучасних умовах не ізольовані, а взаємопов'язані: базова зв'язність створює передумови платформізації, а остання, у свою чергу, підсилює попит на аналітичні, автоматизовані та інституційно інтегровані рішення. Подальші дослідження доцільно спрямувати на побудову інтегральних оцінок результативності цифрової трансформації з урахуванням регіональних диспропорцій, безпекових ризиків і впливу цифровізації на продуктивність праці.

Список використаних джерел

1. Digital 2022: Ukraine. DataReportal. URL: https://datareportal.com/reports/digital-2022-ukraine (дата звернення: 03.07.2026).
2. Digital 2023: Ukraine. DataReportal. URL: https://datareportal.com/reports/digital-2023-ukraine (дата звернення: 03.07.2026).
3. Digital 2024: Ukraine. DataReportal. URL: https://datareportal.com/reports/digital-2024-ukraine (дата звернення: 03.07.2026).
4. Digital 2025: Ukraine. DataReportal. URL: https://datareportal.com/reports/digital-2025-ukraine (дата звернення: 03.07.2026).
5. Digital 2026: Ukraine. DataReportal. URL: https://datareportal.com/reports/digital-2026-ukraine (дата звернення: 03.07.2026).
6. Digital 2026: Country Headlines Report. DataReportal. URL: https://datareportal.com/reports/digital-2026-local-country-headlines (дата звернення: 03.07.2026).
2. OECD Digital Economy Outlook 2024 (Volume 1): Embracing the Technology Frontier. OECD Publishing, 2024. URL: https://www.oecd.org/en/publications/oecd-digital-economy-outlook-2024-volume-1_9cb158da-en.html (дата звернення: 03.07.2026).
3. Measuring digital development: Facts and Figures 2024. International Telecommunication Union, 2024. URL: https://www.itu.int/itu-d/reports/statistics/facts-figures-2024/ (дата звернення: 03.07.2026).
4. The Future of Jobs Report 2025. World Economic Forum, 2025. URL: https://www.weforum.org/publications/the-future-of-jobs-report-2025/ (дата звернення: 03.07.2026).
5. Цифровізація регіонів і громад: перші вимірювання 2025 року. Міністерство цифрової трансформації України, 2025. URL: https://thedigital.gov.ua/news/technologies/tsifrovizatsiya-regioniv-i-gromad-pershi-vimiryuvannya-2025-roku (дата звернення: 03.07.2026).
6. Операції з платіжними картками у 2025 році: більшість – безготівкові. Національний банк України, 2026. URL: https://bank.gov.ua/ua/news/all/operatsiyi-

z-platijnimi-kartkami-u-2025-rotsi-bilshist--bezgotivkovi (дата звернення: 03.07.2026).
7. Цифровізація проти корупції — як Дія заощаджує державі 7,4 млрд грн на рік. Міністерство цифрової трансформації України, 2025. URL: https://thedigital.gov.ua/news/technologies/tsifrovizatsiya-proti-koruptsii-yak-diya-zaoshchadzhue-derzhavi-74-mlrd-grn-na-rik (дата звернення: 03.07.2026).

DOI 10.70286/ISU-15.07.2026.003

THE FRANCHISING MODEL IN THE ECO-CLEANING BUSINESS AND FACTORS FOR ITS SCALING

Rakhmanska Tetiana
Master's degree in Mechanical Engineering, CTO, Wow Now Cleaning LLC; CEO, Wow Now Ua Inc; 2035 Tuscany Bay Dr., Apt. 204, Tampa, FL 33626, USA; ORCID: https://orcid.org/0009-0000-4029-9551

Introduction. The eco-cleaning segment has emerged as one of the fastest-growing niches within the franchising industry, reflecting a broader convergence of environmental regulation, consumer demand, and scalable service delivery models. In an environment of growing environmental awareness among consumers and the shift of business toward circular economy models, the market for professional cleaning using safe products demonstrates steady growth. This trend creates a favorable foundation for the implementation of franchising mechanisms, since it allows a proven business model to be replicated with minimal risk for a new entrepreneur [1].

Literature Review. Analysis of international practices reveals several established franchising systems. Among them is ecomaids (USA), which relies exclusively on non-toxic products and Green Seal and EPA Safer Choice certification, forming strong environmental differentiation [2]. Maid Right uses its proprietary Signature Clean system with a medical-grade level of disinfection, enabling it to operate in the premium services segment [3]. Oxi Fresh emphasizes a unique low-moisture cleaning method that saves up to 58 gallons of water per cleaning compared to traditional methods [4]. Stratus Building Solutions applies a two-tier model, Master Franchise and Unit Franchise, allowing the business to scale both through opening individual locations and through establishing regional offices [5]. The size of the initial investment across these systems ranges from $50,000 to $350,000, depending on the model and region (see Table 1, with summarized data compiled from sources [2], [3], [4], [5]).

Research Results. Marketing strategy in this segment requires particular attention to methods of demand generation. In the United States, eco-cleaning franchises rely predominantly on the B2B segment, which includes office centers, schools, and medical facilities, for which a service provider's environmental certification constitutes a component of internal sustainability policy.

Table 1. Economic Parameters of International Eco-Cleaning Franchise Systems

Indicator	Ecomaids	Maid Right	Oxi Fresh	Stratus Building Solutions
Initial investment, USD thousand	129–151	147–218	51–87	110–355
Royalty, % of gross revenue	6.5–8%	6%	$475/month	4%
Number of active locations (2025)	58	35+	493	5,000+

Note. Compiled by the author based on data from sources [2], [3], [4], [5].

This approach enables the conclusion of contracts with automatic renewal, ensuring high predictability of cash inflows. Scaling factors should be divided into internal (managerial) and external (market) categories. The former include the quality of the staff training system, the degree of operational standardization, the availability of automated material cost accounting, and the efficiency of logistics for supplying eco-friendly cleaning products. The latter include the fragmentation of environmental certification schemes, among them Green Seal and EPA Safer Choice, in the absence of a single mandatory federal standard for cleaning services; a shortage of qualified personnel in an industry marked by high turnover; and interstate variation in wage rates, insurance premiums, and commercial rental costs [1].

The financial dimension of scaling is determined by the structure of service cost. In the eco-cleaning franchise model within the U.S. market, labor costs account for 40 to 60 percent of revenue, while overhead costs, including insurance, marketing, and transportation, reach 15 to 25 percent of revenue. This means that to achieve breakeven, a franchisee must either raise prices, which reduces demand, or lower operating costs through route optimization, increased crew utilization, and the adoption of energy-efficient technologies, particularly low-moisture cleaning methods that reduce water consumption and associated transportation costs [4].

A scaling marketing strategy must account for uneven consumer awareness of the benefits of eco-friendly cleaning. Educational marketing focused on economic value is warranted, specifically extending surface service life, reducing employee illness rates in offices, and meeting corporate sustainability and audit standards for companies reporting under ESG criteria. This approach generates added value that justifies a price premium and strengthens customer loyalty.

Accounting transparency deserves separate emphasis as a critical factor in attracting investors during the scaling process. Building a unified management accounting system that allows comparison of franchise unit performance through EBITDA, customer acquisition cost (CAC), and customer lifetime value (LTV) provides a foundation for decisions on geographic expansion and pricing policy. Adopting cloud-based accounting solutions with real-time monitoring becomes a competitive advantage for the franchisor.

Conclusions. The viability of franchising in the U.S. eco-cleaning sector is confirmed by steady growth in demand for environmentally safe services and by well-established franchising systems. Realizing this potential requires systematic consideration of several factors. The economic feasibility of scaling depends on the ability to align the pricing model with the target segment’s purchasing power, build

efficient logistics for supplying eco-friendly products with minimal transportation costs, implement a differentiated marketing strategy for the B2B and B2C segments, and establish uniform accounting standards to monitor the profitability of each franchisee. The most critical external constraints remain the fragmentation of environmental certification for cleaning services in the absence of a single mandatory standard, and interstate variation in regional labor markets, which will require the franchisor to adopt a flexible support model and an adaptive pricing policy.

References

1. Happinest Brands. (2025). ecomaids – eco-friendly home cleaning franchise. Happinest.com. Retrieved July 1, 2026, from https://happinest.com/ecomaids/
2. Campisi, V. (2025, December 9). Maid Right franchise costs, fees, profit and data for 2025. 1851 Franchise. https://1851franchise.com/maid-right-franchise-costs-fees-profit-and-data-2730894
3. SharpSheets. (2025, March 6). Oxi Fresh carpet cleaning franchise FDD, profits & costs (2025). SharpSheets.io. https://sharpsheets.io/blog/oxi-fresh-carpet-cleaning-franchise-fdd-profits-costs/
4. Franchise Times. (2025, September 27). 478. Oxi Fresh Carpet Cleaning. https://www.oxifresh.com/company-awards/franchise-times/
5. Stratus Building Solutions. (2025, April 14). Stratus Building Solutions franchise: A comprehensive review. https://www.stratusclean.com/blog/stratus-building-solutions-franchise-comprehensive-review/

TECHNOLOGICAL DRIVERS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND ITS ROLE IN THE GLOBAL ECONOMY: INTERNATIONAL TRADE AND VALUE CHAINS

Vergine Kirakosyan
PhD of Economics, Associate Professor
Chair of International Economic Relations
Armenian State University of Economics
https://orcid.org/0009-0000-9574-1204

Keywords: industrial revolution, artificial intelligence, The OECD AI Index, international trade.

Introduction:

Industrial revolutions have always been preceded by global crises. Crises point to gaps and problems in economies, and this is what explains the large-scale developments that followed. Although there has been interest in artificial intelligence (AI) at least at the level of scientific research since the 1950s, we can still consider that

artificial intelligence emerged as a result of another global crisis, the challenges brought by COVID 19. According to the recently updated OECD definition, "Artificial intelligence (AI) is a machine system that, from input data received for explicit or implicit purposes, infers how to create outputs, such as predictions, content, recommendations or decisions, that can affect physical or virtual environments [6].

The Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) has developed an Artificial Intelligence Index (The OECD AI Index), which is designed to support the ongoing monitoring of the implementation of the OECD recommendations on artificial intelligence.

The index includes 5 components that governments can use to assess and track the capabilities of national AI ecosystems and the progress they are making towards implementing "trusted AI" [3].

Methodology:

The study is based on practical assessments, analysis of legal documents, strategic management and decision-making methods.

Literature Review:

The Recommendation on Artificial Intelligence (AI) – the first intergovernmental standard on AI – was adopted by the OECD Council meeting at Ministerial level on 22 May 2019 on the proposal of the Digital Policy Committee (DPC, formerly the Committee on Digital Economy Policy, CDEP). The Recommendation aims to foster innovation and trust in AI by promoting the responsible stewardship of trustworthy AI while ensuring respect for human rights and democratic values. In June 2019, at the Osaka Summit, G20 Leaders welcomed the G20 AI Principles, drawn from the Recommendation [6].

The OECD.AI Index is intended as a policy-oriented tool to support evidence-based AI governance, facilitate international comparison, and guide future monitoring of progress toward trustworthy AI [3].

The 2025 AI Index is the most comprehensive report to date and comes at a critical juncture as the impact of AI on society, the economy, and global governance continues to grow. The report includes in-depth analyses of the changing landscape of AI tools, new estimates of the value of findings, and new analyses of AI publishing and licensing trends. We also present new data on corporate practices for responsible AI adoption, as well as expanded coverage of AI's growing role in science and medicine [5].

In the global analysis of "The Impact of Artificial Intelligence on GDP," one of the primary ways in which AI can contribute to economic growth is through productivity gains. By automating tasks and improving decision-making processes, AI has the potential to significantly increase the efficiency and effectiveness of human labor, leading to higher levels of output for the same input of resources [4].

Analysis:

Artificial intelligence has the potential to drive innovation and create new industries, thereby boosting economic growth. According to the International Monetary Fund, artificial intelligence will affect almost 40% of the world's jobs [1]. In developed countries, about 60% of jobs could be transformed by AI technologies.

That is, half of all jobs could use AI to work faster and more accurately in a given amount of time, increasing productivity.

In contrast, in emerging markets and low-income countries, the impact of AI is projected to be 40% and 26%, respectively. These results make it clear that these countries and economies face fewer immediate disruptions from AI. At the same time, they lack the infrastructure or skilled workforce needed to take advantage of AI's benefits, increasing the risk that the technology could worsen inequality between nations over time.

Artificial intelligence is completely transforming global value chains. The big data and powerful servers needed for AI are concentrated in a few regions, each with its own AI hubs. They are located in the US, China and in some European cities such as Silicon Valley, Austin, Shenzhen, Penang or Frankfurt. These hubs are where the value and benefits are concentrated, from model design to training of large models and platform services. Most of the productivity gains generated by AI go to leading economies and large tech corporations, rather than spreading across the globe. As a result, developing countries are often left out of this new "value stream" and lose traditional advantages such as cheap labor. AI creates new hubs where value is concentrated. Unless countries act quickly in three areas: investment, education and policy, they could remain on the fringes of the technological value chain, without much economic benefit.

Artificial intelligence can optimize trade operations by reducing costs and increasing efficiency. AI-based route optimization brings logistics optimization one step closer. Algorithms that take into account traffic patterns, weather conditions, and geopolitical risks help companies reduce delivery times and costs. This is especially true for companies supplying perishable goods, for which the timely and compliant delivery of goods is a major challenge. AI also reduces human error, speeds up customs clearance. The World Trade Organization (WTO) estimates that implementing trade facilitation measures, such as more efficient customs processes, can reduce trade costs by approximately 14.3% [7].

Meanwhile, experts and scholars have put forward some strategic challenges to implementing AI in order to gain a competitive advantage from its use.

1. Planning for growth, not just layoffs.
2. Investing in the capabilities of both technical and managerial talent.
3. Being open to reviewing strategic goals.
4. Relying on a solid digital foundation.
5. Promoting the creation of artificial intelligence ecosystems.

AI is becoming a major driving force in the global economy, transforming both manufacturing and services. On the one hand, it ensures the efficiency of processes, and on the other hand, it requires new skills and adaptability from people.

Business is all in on AI, fueling record investment and usage, as research continues to show strong productivity impacts. In 2024, U.S. private AI investment grew to $109.1 billion—nearly 12 times China's $9.3 billion and 24 times the U.K.'s $4.5 billion. Generative AI saw particularly strong momentum, attracting $33.9 billion globally in private investment—an 18.7% increase from 2023. AI business usage is

also accelerating: 78% of organizations reported using AI in 2024, up from 55% the year before. Meanwhile, a growing body of research confirms that AI boosts productivity and, in most cases, helps narrow skill gaps across the workforce.

The U.S. still leads in producing top AI models—but China is closing the performance gap. In 2024, U.S.- based institutions produced 40 notable AI models, compared to China's 15 and Europe's three. While the U.S. maintains its lead in quantity, Chinese models have rapidly closed the quality gap: performance differences on major benchmarks such as MMLU and HumanEval shrank from double digits in 2023 to near parity in 2024. China continues to lead in AI publications and patents. Model development is increasingly global, with notable launches from the Middle East, Latin America, and Southeast Asia.

The responsible AI ecosystem evolves—unevenly. AI-related incidents are rising sharply, yet standardized RAI evaluations remain rare among major industrial model developers. However, new benchmarks like HELM Safety, AIR-Bench, and FACTS offer promising tools for assessing factuality and safety. Among companies, a gap persists between recognizing RAI risks and taking meaningful action. In contrast, governments are showing increased urgency: In 2024, global cooperation on AI governance intensified, with organizations including the OECD, EU, U.N., and African Union releasing frameworks focused on transparency, trustworthiness, and other core responsible AI principles.

Conclusion:

Artificial intelligence (AI) is a powerful driver of the transformation of the global economy and industry, significantly increasing labor productivity and optimizing international trade processes. However, this technological progress is accompanied by serious geopolitical and socio-economic challenges.

The impact of AI is highly disproportionate: developed countries, especially the United States and China, are concentrating major investments, data servers and model development, creating new centers of value. On the contrary, developing and low-income countries face the risk of a deepening digital divide and being left out of global value chains due to the lack of necessary infrastructure and a qualified workforce.

To gain a competitive advantage, countries are required to act urgently in three directions: investment, education and strategic policy. It is important to focus not on cuts, but on planning for growth, strengthening the digital foundation and creating AI ecosystems. At the same time, with the sharp increase in AI adoption, the development of a responsible AI ecosystem and the introduction of unified international governance principles and security standards are becoming urgent to mitigate global risks.

References

1. A new look at the economics of AI A new look at the economics of AI | MIT Sloan, https://mitsloan.mit.edu/
2. AI Readiness Index 2026: Global, Regional, and Country Statistics, AI Readiness Index 2026: Global, Regional, and Country Rankings, https://www.index.dev/
3. The OECD.AI Index, Technical paper, The OECD.AI Index (EN), https://www.oecd.org/

4. The Impact of Artificial Intelligence on GDP - Dr. Davit Gondauri, Mikheil Batiashvili, April 2023 https://arxiv.org/pdf/2505.11989 p. 1233
5. Maslej, N., Fattorini, L., Perrault, R., Gil, Y., Parli, V., Kariuki, N., ... & Oak, S. (2025). Artificial intelligence index report 2025. arXiv preprint arXiv:2504.07139. Artificial Intelligence Index Report 2025
6. Recommendation of the Council on Artificial Intelligence, OECD Legal Instruments, https://www.oecd.org/
7. HOW DOES THE TFA CUT RED TAPE AT THE BORDER FOR EASIER TRADE?, TFA_Fact_sheet_A4_548_17_E.indd , https://aric.adb.org/images/events_seminars/promoting_connectivity/session-2/1. Sheri Rosenow - Overview of WTO TFA - background to the implementation, and structure and expected effects.pdf

ДИТЯЧИЙ ЗАКЛАД ОЗДОРОВЛЕННЯ ТА ВІДПОЧИНКУ ЯК ПРОСТІР БЕЗПЕЧНОГО ВИХОВНОГО СЕРЕДОВИЩА

Супрун Юрій Миколайович
здобувач третього (освітньо-наукового)
рівня вищої освіти
https://orcid.org/0009-0001-9033-1414
Ніжинський державний університет
імені Миколи Гоголя, Україна

У сучасних умовах реформування системи освіти та посилення уваги до забезпечення психоемоційного благополуччя дітей особливого значення набуває організація ефективного виховного середовища у дитячих закладах оздоровлення та відпочинку. Такі заклади виконують не лише функцію організації дозвілля та відновлення фізичного здоров'я, а й виступають важливим соціально-виховним простором, у якому здійснюється розвиток особистості дитини, формування її соціальних компетентностей, моральних цінностей, комунікативних навичок і психологічної стійкості. Особливо актуальним це питання є в умовах воєнного стану та післявоєнного відновлення України, коли значна кількість дітей потребує психологічної підтримки, відновлення соціальних зв'язків і створення безпечного середовища для повноцінного розвитку.

Проблематика організації виховного середовища у дитячих закладах оздоровлення та відпочинку в останні роки набула особливої актуальності у зв'язку зі зростанням уваги до питань психологічного благополуччя дітей, забезпечення безпечного освітнього простору, розвитку соціально-емоційних компетентностей та профілактики насильства у дитячих колективах. Сучасні дослідження мають міждисциплінарний характер і поєднують педагогічний,

психологічний, соціологічний та медико-соціальний підходи до формування виховного середовища, здатного забезпечити гармонійний розвиток особистості дитини.

Окремий напрям сучасних досліджень присвячений визначенню ролі дитячих закладів оздоровлення та відпочинку у позитивному розвитку особистості. У статті М. Д. Біалешкі, К. А. Гендерсон та Б. А. Гарст доведено, що перебування дітей у літніх таборах сприяє розвитку самостійності, відповідальності, комунікативних умінь, лідерських якостей та навичок командної взаємодії. Автори підкреслюють, що саме неформальне освітнє середовище забезпечує ефективне формування соціального капіталу дітей завдяки активному залученню до спільної діяльності, співпраці та вирішення практичних завдань. Отримані результати свідчать, що виховний потенціал дитячих таборів значною мірою виходить за межі організації дозвілля та виступає важливим чинником позитивного розвитку молоді [1].

Значну кількість сучасних досліджень присвячено профілактиці булінгу та створенню позитивного психологічного клімату у дитячих колективах. Зокрема, Г. Гаффні, М. Ттофі та Д. Фаррінгтон на основі метааналізу ста емпіричних досліджень довели ефективність комплексних програм запобігання булінгу. Автори встановили, що системні профілактичні заходи дозволяють знизити рівень проявів булінгу приблизно на 18–19 %, а рівень віктимізації – на 15–16 %. При цьому найбільш результативними є програми, що поєднують формування позитивного шкільного клімату, розвиток соціально-емоційних компетентностей, активну участь педагогів, батьків та дітей у профілактичній роботі [2].

К. Сальміваллі, Л. Ланінга-Вейнен, С. Т. Маламут, К. Ф. Гарандо розвинули цю тему та довели, що сучасна профілактика булінгу має ґрунтуватися не лише на реагуванні на окремі випадки насильства, а й на цілеспрямованому формуванні сприятливого соціального середовища, розвитку емпатії, взаємопідтримки та відповідальності всіх учасників освітнього процесу. Автор також звертає увагу на необхідність врахування особливостей підліткового віку та соціальної динаміки дитячих колективів при розробленні профілактичних програм [3].

Важливий напрям сучасних досліджень стосується чинників ефективного впровадження програм формування безпечного освітнього середовища. М. Саджаді зі співавторами встановили, що успішність реалізації таких програм визначається насамперед підтримкою адміністрації закладу, професійною підготовкою педагогічного персоналу, активною участю батьків, партнерською взаємодією між усіма учасниками освітнього процесу та позитивним організаційним кліматом [4].

Українські науковці також приділяють значну увагу дослідженню особливостей організації виховного середовища у дитячих закладах оздоровлення та відпочинку, акцентуючи увагу на педагогічних, психологічних та організаційних аспектах функціонування тимчасових дитячих колективів. Так, у монографії О. С. Бартків, В. Г. Грановського та Є. А. Дурманенка розкрито

теоретико-методичні засади оздоровчо-виховної діяльності у літніх дитячих таборах. Автори обґрунтовують, що дитячий заклад оздоровлення та відпочинку є особливим соціально-виховним середовищем, у якому поєднуються оздоровча, виховна, рекреаційна, соціалізуюча та розвивальна функції. Значна увага приділяється створенню сприятливого психологічного клімату, організації колективної творчої діяльності, розвитку дитячого самоврядування, формуванню міжособистісних взаємин та забезпеченню всебічного розвитку особистості дитини в умовах тимчасового дитячого колективу [5].

Практичні аспекти організації виховної роботи в сучасних дитячих закладах оздоровлення та відпочинку висвітлено у навчальному посібнику А. В. Боярської-Хоменко та С. О. Васильєвої. Авторки розглядають особливості професійної діяльності педагогів, вихователів і вожатих, розкривають сучасні технології планування виховної роботи, організації дозвіллєвої діяльності, командоутворення, розвитку комунікативної культури дітей та профілактики конфліктних ситуацій у тимчасових дитячих колективах. Окрему увагу приділено створенню безпечного виховного середовища, розвитку партнерської взаємодії між учасниками освітнього процесу та використанню інтерактивних методів роботи, спрямованих на соціалізацію дітей [6].

Проблему формування гуманістичних цінностей у дитячих колективах досліджує О. Волошина, яка аналізує педагогічні умови виховання толерантності підлітків у позакласній діяльності. Авторка доводить, що використання інтерактивних форм роботи, групових проєктів, тренінгових технологій, дискусій та спільної творчої діяльності сприяє розвитку взаємоповаги, емпатії, культури спілкування й конструктивного розв'язання конфліктів [7].

В умовах сучасних соціально-політичних викликів особливої актуальності набувають дослідження, присвячені організації оздоровлення дітей в умовах воєнного стану. Так, Н. А. Добрянська, В. В. Лебедєва, І. В. Крупіца та С. С. Черноусова аналізують ресурсне забезпечення оздоровчо-лікувальних туристичних дестинацій для дітей в умовах нестабільної геополітичної ситуації. Автори наголошують, що забезпечення ефективного функціонування дитячих закладів оздоровлення потребує комплексного підходу, який охоплює не лише матеріально-технічне забезпечення, а й створення психологічно безпечного середовища, розвиток кадрового потенціалу, модернізацію інфраструктури та впровадження сучасних організаційних моделей роботи з дітьми, які пережили стресові або травматичні події [8].

Незважаючи на значну кількість наукових праць, аналіз літератури свідчить, що більшість сучасних досліджень присвячено проблемам безпечного освітнього середовища у закладах загальної середньої освіти, профілактиці булінгу та розвитку соціально-емоційного навчання. Водночас особливості організації виховного середовища саме у дитячих закладах оздоровлення та відпочинку, з урахуванням специфіки тимчасового дитячого колективу, інтенсивної міжособистісної взаємодії, неформальної освіти, психологічної реабілітації дітей та умов воєнного і повоєнного періоду, залишаються недостатньо висвітленими. Це зумовлює необхідність подальших комплексних досліджень, спрямованих на

обґрунтування ефективних моделей організації безпечного виховного середовища у дитячих закладах оздоровлення та відпочинку з урахуванням сучасних соціальних викликів.

Поняття «виховне середовище» у педагогічній науці розглядається як сукупність соціальних, педагогічних, культурних, психологічних та організаційних умов, які цілеспрямовано впливають на формування особистості. На думку І. Д. Беха, виховне середовище являє собою спеціально організовану систему взаємодії учасників освітнього процесу, що забезпечує розвиток моральних якостей, громадянської свідомості, соціальної відповідальності та самореалізації особистості. Його ефективність визначається не лише матеріальними умовами, а й характером міжособистісних взаємин, психологічним кліматом, педагогічною культурою колективу та рівнем залучення дітей до спільної діяльності [9].

Близьким за змістом є поняття «освітнє середовище», яке відповідно до Закону України «Про освіту» охоплює сукупність умов, способів і засобів, що забезпечують здобуття освіти, виховання, розвиток, соціалізацію та безпечне перебування учасників освітнього процесу. Сучасні науковці розглядають освітнє середовище як багатокомпонентну систему, що включає просторово-предметний, соціальний, інформаційний та психолого-педагогічний компоненти [10]. Саме взаємодія цих складових створює умови для гармонійного розвитку особистості, формування компетентностей та реалізації індивідуального потенціалу.

Невід'ємною характеристикою сучасного освітнього середовища є його безпечність. Відповідно до рекомендацій ЮНЕСКО, ЮНІСЕФ та Закону України «Про освіту», безпечне освітнє середовище передбачає створення умов, за яких виключаються будь-які прояви фізичного, психологічного, сексуального чи економічного насильства, дискримінації, булінгу та інших форм жорстокого поводження. Безпечне середовище забезпечує фізичне здоров'я, психологічний комфорт, повагу до гідності кожної дитини, можливість вільного висловлення думок та активної участі у спільній діяльності. Таким чином, безпечне середовище є необхідною умовою ефективного функціонування будь-якого виховного простору.

Особливої специфіки зазначені поняття набувають у діяльності дитячих закладів оздоровлення та відпочинку. Відповідно до Закону України «Про оздоровлення та відпочинок дітей», дитячий заклад оздоровлення та відпочинку – це заклад, основною метою діяльності якого є забезпечення оздоровлення, змістовного дозвілля, розвитку творчих здібностей, соціальної адаптації та виховання дітей у період канікул або інших визначених законодавством періодів. На відміну від закладів загальної середньої освіти, основний акцент у таких установах робиться не на засвоєнні навчального матеріалу, а на всебічному розвитку особистості через різноманітні види діяльності: ігрову, спортивну, туристичну, мистецьку, комунікативну, волонтерську та проєктну.

Дитячий табір являє собою унікальне соціально-виховне середовище, яке характеризується високою інтенсивністю міжособистісної взаємодії. Діти протягом короткого часу постійно перебувають у колективі однолітків, виконують спільні завдання, беруть участь у командних заходах, що створює сприятливі умови для формування навичок співробітництва, відповідальності, взаємодопомоги та лідерства. Саме тому виховний потенціал дитячого табору значною мірою перевищує можливості традиційного освітнього середовища школи щодо розвитку соціально-емоційних компетентностей.

Водночас виховне середовище дитячого закладу оздоровлення має низку принципових відмінностей від шкільного освітнього середовища (табл. 1).

Таблиця 1 Порівняльна характеристика освітнього середовища школи та дитячого закладу оздоровлення та відпочинку

Критерій	Заклад загальної середньої освіти	Дитячий заклад оздоровлення та відпочинку
Основна мета діяльності	Надання загальної середньої освіти	Оздоровлення, відпочинок, соціалізація та виховання дітей
Тривалість взаємодії	Довготривалий навчальний процес	Короткострокова зміна (зазвичай 7–21 день)
Характер колективу	Стабільний класний колектив	Тимчасовий різновіковий колектив
Провідний вид діяльності	Навчальна діяльність	Ігрова, творча, спортивна, проєктна, дозвіллєва
Форми виховної роботи	Уроки, виховні години, гуртки	Командні ігри, квести, тренінги, творчі справи, таборові заходи
Роль педагога	Учитель, класний керівник	Вихователь, вожатий, наставник, фасилітатор
Соціальна взаємодія	Обмежена навчальним часом	Цілодобова взаємодія дітей і педагогів
Особливості адаптації	Поступова протягом навчального року	Інтенсивна адаптація у перші дні зміни
Формування міжособистісних відносин	Тривалий процес	Швидке формування груп, лідерства та командної взаємодії
Безпечне середовище	Забезпечення освітньої безпеки та профілактика булінгу	Комплексне забезпечення фізичної, психологічної, соціальної та емоційної безпеки дітей
Очікуваний результат	Освітні результати та компетентності	Фізичне відновлення, соціалізація, розвиток життєвих компетентностей, позитивний психологічний досвід

Ці відмінності зумовлені тимчасовим характером функціонування дитячого колективу. Якщо у школі міжособистісні взаємини формуються протягом тривалого часу, то у таборі процес соціальної адаптації, встановлення контактів, розподілу ролей та формування мікрогруп відбувається протягом перших кількох днів перебування дітей. Це потребує значно більшої уваги з боку педагогів до організації адаптаційного періоду, профілактики конфліктів і створення позитивного психологічного клімату.

Крім того, у дитячому таборі виховний процес здійснюється переважно у формах неформальної освіти. Провідними методами стають інтерактивні заняття, командні ігри, творчі майстерні, квести, спортивні змагання, туристичні походи, проєктна діяльність, дискусії, арт-терапевтичні практики та різноманітні колективні творчі справи. Саме така діяльність забезпечує більш природне формування соціальних навичок, розвиток комунікації та позитивної самооцінки дітей.

Таким чином, дитячий заклад оздоровлення та відпочинку доцільно розглядати як особливий тип соціально-виховного середовища, що інтегрує оздоровчі, освітні, виховні, соціалізуючі та психологічні функції. Його ефективність визначається не лише матеріально-технічним забезпеченням чи якістю дозвіллєвих програм, а насамперед рівнем психологічної безпеки, організацією взаємодії дітей і дорослих, професійною компетентністю педагогічного колективу та здатністю створити атмосферу довіри, співробітництва і взаємної підтримки.

References

1. Bialeschki M. D., Henderson K. A., James P. A. Camp experiences and developmental outcomes for youth. Child and Adolescent Psychiatric Clinics of North America. 2007. Vol. 16, No. 4. P. 769–786. DOI: https://doi.org/10.1016/j.chc.2007.05.011.
2. Gaffney H., Farrington D. P., Ttofi M. M. Examining the Effectiveness of School-Bullying Intervention Programs Globally: A Meta-analysis. International Journal of Bullying Prevention. 2019. Vol. 1, No. 1. P. 14–31. DOI: https://doi.org/10.17863/CAM.36367.
3. Salmivalli C., Laninga-Wijnen L., Malamut S. T., Garandeau C. F. Bullying Prevention in Adolescence: Solutions and New Challenges from the Past Decade. Journal of Research on Adolescence. 2021. Vol. 31, No. 4. P. 1023–1046. DOI: https://doi.org/10.1111/jora.12688.
4. Sadjadi M., Blanchard L., Brülle R., Bonell C. Barriers and facilitators to the implementation of Health-Promoting School programmes targeting bullying and violence: a systematic review. Health Education Research. 2021. Vol. 36, Iss. 5. P. 581–599. DOI: https://doi.org/10.1093/her/cyab029.
5. Бартків О. С., Грановський В. Г., Дурманенко Є. А. Оздоровчо-виховна діяльність у літньому дитячому таборі : монографія / за ред. П. М. Гусака. Луцьк : ФОП Захарчук В. М., 2013. 204 с.
6. Боярська-Хоменко А. В., Васильєва С. О. Організаційно-виховна педагогічна практика в дитячих закладах оздоровлення та відпочинку : навч.-метод. посіб. Харків : ХНПУ ім. Г. С. Сковороди, 2024. 100 с.
7. Волошина О. Педагогічні умови виховання толерантності у підлітків у позакласній роботі. Modern Information Technologies and Innovation Methodologies of Education in Professional Training: Methodology, Theory, Experience, Problems. 2021. Вип. 59. С. 116–122. URL: https://vspu.net/sit/index.php/sit/article/view/1172 (дата звернення: 10.07.2026).

8. Добрянська Н. А., Лебедєва В. В., Крупіца І. В., Черноусова С. С. Аналіз ресурсного забезпечення оздоровчо-лікувальних туристичних дестинацій для дітей в умовах нестабільної геополітичної ситуації. Український журнал прикладної економіки та техніки. 2022. Т. 7, № 4. С. 134–139.
9. Бех І. Д. Виховання особистості : підручник. У 2 кн. Кн. 1. Особистісно орієнтований підхід: теоретико-технологічні засади.
10. Лугова В. М., Левандовський М. Ю. Особливості створення педагогічних умов формування соціальної компетентності в умовах фахової музичної освіти. Professional Art Education. 2025. № 6 (1). С. 45–51. DOI: https://doi.org/10.34142/27091805.2025.6.01.05.

THE IMPACT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE ON THE GLOBAL ECONOMY: A COMPARATIVE ANALYSIS OF INTERNATIONAL EXPERIENCE IN AI DEVELOPMENT

Gayane Khanumyan
PhD in Economics, Lecturer of the
Chair of Theory of Economics,
Armenian State University of Economics,
Yerevan Republic of Armenia
https://orcid.org/0009-0004-0466-8267

Keywords: industrial revolution, artificial intelligence, AI Readiness Index, The OECD AI Index, international trade.

Introduction:

Artificial Intelligence (AI) has become a cornerstone of modern technological progress, influencing nearly every aspect of human life and societal development. From revolutionizing healthcare and education to advancing climate action and economic growth, AI holds immense potential to accelerate progress toward the United Nations' Sustainable Development Goals (SDGs) [7]. However, alongside its promise, AI also sparks a range of concerns, from ethical dilemmas and privacy issues to questions about inequality and resource sustainability.

Most existing studies focus on the technical applications of AI or its theoretical potential for advancing sustainability, often ignoring the human and societal dimensions of these technologies.

The divide between developed and developing countries introduces an additional layer of complexity. Differences in technological infrastructure, socio-economic priorities, and cultural contexts shape the way AI is perceived and discussed, making it important to analyze these perspectives separately [4].

The discrepancy between developed and developing countries is particularly pronounced when it comes to AI. In developed countries, concerns about AI often focus on job displacement, ethical dilemmas, and the advancement of advanced

technologies. In contrast, discussions in developing countries often emphasize the potential of AI to address fundamental challenges such as access to healthcare, education, and infrastructure [8].

These differences highlight the impact of artificial intelligence on the global economy and the need for a globally inclusive understanding of it.

Methodology:

The study is based on practical assessments, analysis of legal documents, strategic management and decision-making methods.

Literature Review:

According to the Schumpeterian approach, innovations play an important role in the recovery of the economy from the crisis of the economic cycle, as a new generation of innovations appears that replace traditional forms of production organization and technology [9]. G. Mensch identified the “pull” effect of economic depression, which leads to the search for new opportunities provided by the innovation process [6]. Innovative economic development can be based on a new value system that will accelerate innovation processes and effectively use the innovative potential. A.V. Akimov included technology among the productive forces, in addition to natural resources, labor and capital. The latter considers the peculiarity of the 4th industrial revolution to be the change in the methods of obtaining goods, that is, the creation of technologies that replace humans in the production process. When technologies become global, the nature of contradictions and conflicts between countries will also change, and it will not be possible to neutralize them with traditional tools [3].

Analysis:

While the world is debating how to manage AI technology, an equally important question is how governments can use AI for the greater good. Effectively deploying AI will allow governments to better deliver public services, streamline operations, and provide greater precision in addressing public challenges.

There is an AI Readiness Index that measures how ready countries are to use and manage AI. It examines three key areas: government policy, technology strengths, and data and infrastructure systems. According to the 2026 indicators, the United States is the world leader, followed by Singapore, South Korea, France, and the United Kingdom. Developing countries such as Ethiopia and Nigeria have also made progress with new AI strategies [2].

The index helps identify which countries have strong national AI programs, how advanced their technologies and data systems are, and where they need to make more progress. It assesses the AI readiness of 188 countries.

The top five countries in the AI Readiness Index for 2024 are the United States (87.03), Singapore (84.25), South Korea (79.98), France (79.36), and the United Kingdom (78.88). These countries demonstrate strong performance in the areas of government strategy, technology maturity, and data infrastructure [1]. The United States continues to lead in innovation capabilities and technology sector maturity, reflecting its strong private investment and innovation base. Fig. 1.

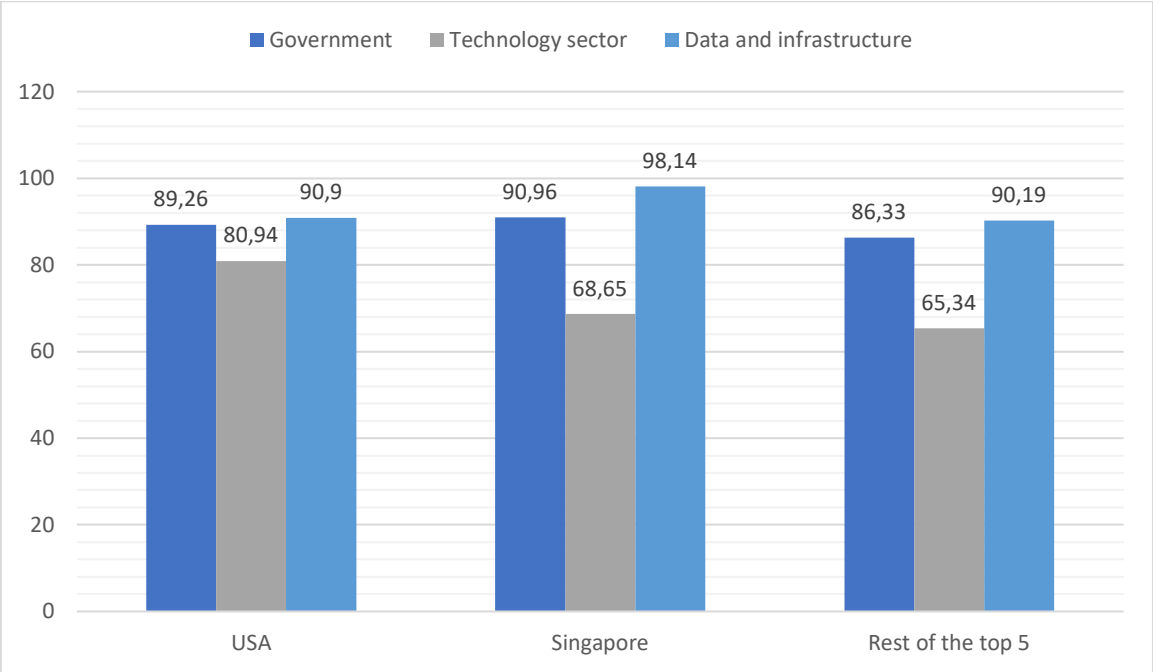

Figure 1: Artificial Intelligence Readiness Index 2024

The figure shows that only in the field of technology is the significant leadership of the USA emphasized, in other areas the differences compared to other leaders are not so significant, sometimes even lower. This means that the strategic support of the USA and the necessary infrastructure are weak for the adaptation and full implementation of AB technologies. However, the strength of the technology sector is able to withstand on its own and ensure a high indicator among the leaders. Singapore is a leader in the field of data and infrastructure (93.14) and has a high strategic policy score (90.96), but in the technology sector it is inferior to the USA (80.94). Without this strong point in the technology sector, the position of the USA compared to other leaders would be much lower. And the primary role is often still transferred to the leaders, due to the accuracy of the use of technologies and the effectiveness of the influence of state policy on it.

The OECD estimates that if AI were adopted rapidly, at a pace similar to that of mobile phones, and if a package of structural reforms were implemented at the same time, average annual GDP growth could increase by about 0.4 percentage points in advanced G20 economies by 2050, and by 0.3 percentage points in emerging G20 economies. Taken together, this could lead to significant improvements in living standards across all G20 economies by 2050. The OECD's rapid AI deployment scenario (2025) assumes an acceleration in labor productivity growth, peaking in the early 2030s.

In the realm of material production, it is about automation, efficiency, and localization of production. As productivity increases in activities affected by AI, a number of market forces are set in motion. The prices of the products of those activities fall rapidly, and the level and composition of demand change, reflecting the increase in real incomes resulting from the increase in productivity. In fact, when a new technology stimulates production in certain sectors, the demand for its products will not grow indefinitely, as prices fall and incomes rise due to market saturation. Instead,

demand will be concentrated in other sectors, thus reducing the importance of those sectors where technological change has stimulated production. As for business, inspired by the buzz around AI, many business leaders are wondering whether to implement AI in their organizations or whether it is still risky to consider it.

Conclusion:

The conducted studies allow us to conclude that the policy of introducing artificial intelligence is most effectively applied in developed countries, as a result of which it deepens the economic inequality between developing or underdeveloped economies. As a result, many economies may remain at the edges of the value chain without much economic benefits, be more vulnerable and unprepared for the next technological challenge. And in such countries, the introduction of AI implies higher costs, and on the other hand, the lack of structural reforms makes it impossible to effectively implement AI technologies in agriculture. Therefore, the priority for emerging markets and economies should be to create a solid foundation through investments in digital infrastructure and a trained workforce.

References

1. 2024 Government AI Readiness Index
2. AI Readiness Index 2026: Global, Regional, and Country Rankings
3. Akimov, A. V. (2020). New system of productive forces: technology and society/A. V. Akimov. Economic history, 16(1), 48
4. Ghoreishi, M., Treves, L., Teplov, R., & Pynnönen, M. (2023). The impact of artificial intelligence on circular value creation for sustainable development goals. In The ethics of artificial intelligence for the sustainable development goals (pp. 347-363). Cham: Springer International Publishing https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/165576/ghoreishi_et_al_the_impact_aam.pdf?sequence=1&isAllowed=y
5. Maslej, N., Fattorini, L., Perrault, R., Gil, Y., Parli, V., Kariuki, N., ... & Oak, S. (2025). Artificial intelligence index report 2025. arXiv preprint arXiv:2504.07139. Artificial Intelligence Index Report 2025
6. Mensch G. Stalemate in Technology. — Cambridge, MA: Ballinger Publishing Company, 1979. — 241 p. https://d-nb.info/1191411893/34
7. Misra, S., Siakas, K., & Lampropoulos, G. (Eds.). (2024). Artificial intelligence of things for achieving sustainable development goals (No. 192). Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-53433-1_1
8. Piya, S., & Lennerz, J. K. (2023). Sustainable development goals applied to digital pathology and artificial intelligence applications in low-to middle-income countries. Frontiers in medicine, 10, 1146075 https://doi.org/10.3389/fmed.2023.1146075
9. Schumpeter, J. A., & Swedberg, R. (2021). The theory of economic development. Routledge
10. The OECD.AI Index (EN)

ІНДЕКС ІМПУЛЬСУ ЗРОСТАННЯ ОБСЯГІВ НАБУТОГО ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО ПРОДУКТУ У ПОРІВНЯННЯХ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО РОЗВИТКУ РОЗВИНЕНИХ КРАЇН

Леонідов І.Л.
кандидат економічних наук, доцент
Кафедра міжнародної економіки, управління
і соціально-гуманітарних дисциплін
Український державний університету науки та технологій
м. Дніпро, Україна

Створення зрілого ринку легітимного інтелектуального продукту, цифровізація національної економіки, сприяння переходу на інноваційний шлях економічного зростання тощо [1] при повоєнному відновленні української економіки є невід'ємним від розвитку відносин власності й привласнення інтелектуального продукту. У подібних аспектах інтелектуального розвитку, обумовленого привласненням інформаційно-цифрового інтелектуального продукту [2], відкриваються перспективи обґрунтування відповідних міжнародних порівнянь.

Теоретико-методологічне підґрунтя схожих досліджень відшліфовувалося в альтернативних школах економічної теорії: на базі формалізації функціоналу факторів виробництва (в неокласичній економічній теорії), при обґрунтуванні соціально-економічних перешкод поступальному економічному зростанню (у представників марксистської школи), у підтвердженнях функціональних залежностей теорії економічного зростання (прихильники кейнсіанської теорії), прихильниках міждисциплінарних тенденцій стосовно проблематики економічного розвитку (наприклад, С.І. Князєв [3]) тощо.

Дійсно, актуалізується розроблення індикатора імпульсу інтелектуального зростання [4] для аналізу та регулювання державою інтелектуального розвитку як результату привласнення інтелектуального продукту. Відомо, що зазначений показник [5] є результатом сполучення двох субіндексів: імпульсу зростання обсягів набутого інтелектуального продукту та імпульсу зростання обсягів приналежного інтелектуального продукту.

Для ілюстрації окремих можливостей субіндексу імпульсу зростання обсягів набутого інтелектуального продукту на одну особу було сформовано вибірку із країн з високими показниками соціально-економічного розвитку (Великобританії, КНР, США).

При цьому, обсяг набутого інтелектуального продукту розраховано відповідно запропонованого аналітичного виразу [5] та методики складання річних звітів ДО «Український національний офіс інтелектуальної власності та інновацій» (УКРНОІВІ) [6, с.4]. Стосовно кількості об'єктів авторського права міжнародна статистика виходить із правових положень переважної більшості

країн, відповідно до яких право автора (copyright) виникає з моменту публікації твору автором. Звісно, свідоцтва авторів на літературні твори видаються, однак недержавними установами. Подібні свідоцтва авторів на твори є лише додатковими аргументами у судовому вирішенні суперечностей про «copyright». Звідси, у нашому дослідженні кількість об'єктів авторського права розраховано за даними міжнародної статистики про опубліковані статті в наукових і технічних журналах («Scientific and technical journal articles»). Також, у міжнародних статистичних базах даних не міститься інформація щодо «кількості ліцензій на ОПВ». Однак, у таких базах розміщуються статистичні дані про «відсоток фірм, які закуповують технологічні ліцензій у іноземних компаній» («Percent of firms using technology licensed from foreign companies»), а також, про кількість «національних компаній» («Listed domestic companies»). Отже, у нашому дослідженні дані про «кількість ліцензій на ОПВ» може бути розраховано як відсоток фірм, які закуповують технологічні ліцензій у іноземних компаній, від загальної кількості національних компаній.

Насамперед, для перевірки гіпотези про існування зв'язку між обсягами набутого інтелектуального продукту та параметрами економічного розвитку в США, було обрано темпи зростання ВВП в дол. США та факторну ознаку (з англ. predicator) – темп зростання обсягів набутого інтелектуального продукту. Гіпотеза про наявність лінійного зв'язку між індексом темпів зростання ВВП та індексом імпульсу зростання обсягу інтелектуального продукту ілюстрована (див. рис. 1) та верифікована за даними WordBank та WIPO у 2014-2023 рр.

Рис. 1. Графічні моделі темпу зростання ВВП та індексу імпульсу зростання обсягів набутого інтелектуального продукту по США. *

* – Побудовано автором на основі даних [7; 8; 9].

Як бачимо з розрахованого автором рівняння регресії залежності темпів зростання ВВП США від індексу імпульсу зростання обсягів набутого інтелектуального продукту за 2014-2023 рр.*: $y = -7E\text{-}07x + 2{,}9159$

зі збільшенням темпів росту імпульсу зростання обсягів набутого інтелектуального продукту на 1 пункт темпи зростання ВВП зменшується на 0,0000007.

Форма рівняння регресії, наведеного вище, більше ніж на 80% ($r = -0{,}809432241$) якісно апроксимує обернену лінійну залежність темпів зростання ВВП від темпів зростання обсягів набутого інтелектуального продукту. Зазначене уможливило констатацію верифікації гіпотези про

наявність лінійного зв'язку між індексом темпів зростання ВВП та темпами зростання обсягів набутого інтелектуального продукту.

Авторські розрахунки (рис.2) субіндексу імпульсу зростання обсягів набутого інтелектуального продукту на одну особу демонструють зміни в інтелектуальному розвитку економіки України як «опортуністичні» (у 2014 р. і 2020 р.) та «імпульсивні» (у 2016 р. й 2023 р.) щодо інтелектуального розвитку економік країн світу, де привласнення легітимного інтелектуального продукту має давні традиції (Великобританія, КНР, США).

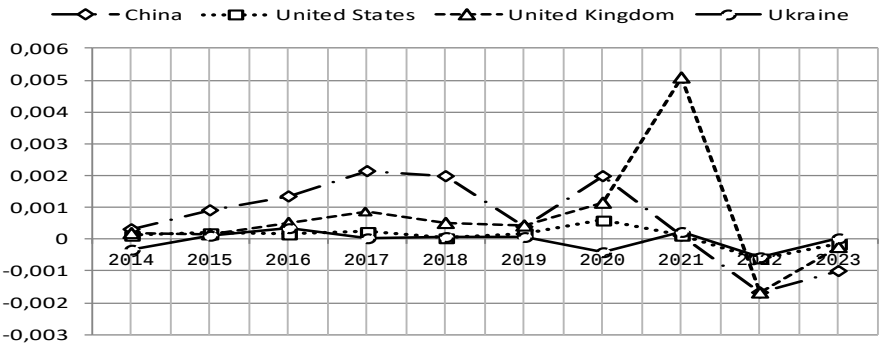

Рис. 2. Зміни інтелектуального розвитку економіки України відносно Великобританії, КНР та США за індексом імпульсу зростання обсягів набутого інтелектуального продукту на одну особу *.

* – Побудовано автором на основі даних [7; 8; 9].

Наочними є зміни в економіці КНР із «десятки лідерів» у представлених розрахунках (2014-2020 рр.) як зниження після 2021 р. Це свідчить про імовірність актуалізації уповільнення інтелектуального розвитку економіки КНР. Із наведених розрахунків у схожий тренд змін залучені економіки США та Великобританії.

Виконані розрахунки індексу імпульсу зростання обсягів набутого інтелектуального продукту на одну особу за період 2014-2023 рр. демонструють зміни в інтелектуальному розвитку України як більш: «поляризовані» (відносно розвинених країн Великобританія, КНР, США).

Список використаних джерел

1. Тарасевич В. Теоретичний вимір інформаційно-цифрової економіки: основи і система первинних інформаційних феноменів. Економіка України. 2021. № 1(710). С. 3-23. DOI: https://doi.org/10.15407/economyukr.2021.01.003

2. Про схвалення Стратегії цифрового розвитку інноваційної діяльності України на період до 2030 року та затвердження операційного плану заходів з її реалізації у 2025-2027 роках. Розпорядження Кабінету міністрів України від 31 грудня 2024 р. № 1351-р (із змінами, внесеними згідно Розпорядження КМ №704-р від14.07.2025). URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1351-2024-%D1%80#Text (дата звернення 30.06.2026).

3. Kniaziev S., Soldak M., Momentum of Industrial Growth: Methods of Calculation and Ways of Use. Economics Ecology Socium. 2024. Vol. 8. № 2. P.12 33.

4. Леонідов І.Л., Семенова Т.В. Формалізація економічного розвитку: теоретико-методологічний аспект. Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія «Економічні науки». 2025. Випуск 57. С.5-12. DOI: https://doi.org/10.32999/ksu2307-8030/2025-57-1
5. Леонідов І.Л. Індекс імпульсу інтелектуального зростання в прогнозах економічного зростання. «Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення (випуск 110)»: матеріали Міжнародної наукової інтернет-конференції. м. Ополе, Польща, 7-8 травня 2026 р. С.126-128. URL: http://www.konferenciaonline.org.ua/ua/article/id-2568/
6. Річний звіт 2021. Київ: УКРПАТЕНТ, 2021. 80 с.
7. World Development Indicators. GDP growth (annual %). The World Bank Group. URL: https://wdi.worldbank.org/table/4.1 (accessed 30.06.2026).
8. World Development Indicators. Business environment: enterprise surveys. The World Bank Group. URL: https://wdi.worldbank.org/table/5.2 (accessed 30.06.2026).
9. World Intellectual Property Indicators 2022-2023. WIPO. URL: https://www.wipo.int/publications/en/details.jsp?id=4759&plang=EN (accessed 30.06.2026).

ГРАНТОВА ПІДТРИМКА ПРОЄКТІВ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ НА ПІДПРИЄМСТВАХ АГРАРНОЇ СФЕРИ: СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

Свистун Микола Анатолійович
здобувач третього (наукового) рівня вищої освіти
Полтавський державний аграрний університет, Україна

Енергоефективність аграрного сектору України є стратегічним пріоритетом у контексті євроінтеграційного курсу держави та імплементації принципів Європейського зеленого курсу (European Green Deal). Висока енергомісткість агровиробництва, залежність від імпортних енергоносіїв та засобів захисту рослин (ЗЗР) створюють додаткові ризики для стабільності галузі, особливо в умовах наслідків повномасштабної війни, релокації бізнесу та необхідності післякризового відновлення економіки. У цих умовах грантова підтримка стає не просто як джерело фінансування, а одним із ключових інструментів стимулювання інноваційних, ресурсозберігаючих та енергоощадних проєктів на підприємствах аграрної сфери, що дозволяє мінімізувати фінансові ризики підприємців під час технологічної модернізації.

Державна грантова політика в Україні має диференційований характер і спрямована як на підтримку традиційного підприємництва, так і на розвиток соціально орієнтованих ініціатив. За даними Міністерства економіки України, станом на 2024-2025 рр. у межах програми «єРобота» надано понад 23,6 тис.

грантів на загальну суму понад 12 млрд грн, зокрема: мікрогранти «Власна справа» (22 488 грантів на 5,3 млрд грн), гранти для переробних підприємств (926 грантів на 4,6 млрд грн), гранти для садівництва та тепличного господарства (268 грантів на 1,3 млрд грн) [1]. Значна частка цих коштів де-факто спрямовується на придбання енергоефективного обладнання, систем автоматизованого клімат-контролю та відновлювальних джерел енергії (ВДЕ).

Водночас, інноваційні підходи до енергоефективності у агровиробництві інтегрують п’ять блоків інструментів: технологічні, цифрові, організаційно-управлінські, фінансово-економічні та інституційно-освітні [2]. Серед фінансово-економічних інструментів особливе місце посідають гранти, «зелені» кредити, податкові пільги та енергосервісні контракти (ЕСКО-моделі), які створюють матеріальну зацікавленість аграрних підприємств у впровадженні енергоощадних рішень.

На рівні аграрних господарств підвищення енергоефективності забезпечується через точне внесення препаратів, використання дронів, систем супутникового моніторингу, цифрове моделювання потреби у ЗЗР, а також застосування технологій Big Data, IoT, штучного інтелекту та GIS-систем. Такі заходи зменшують перевитрати препаратів і пального, знижуючи одночасно негативний вплив на довкілля.

Окрім державних програм, аграрні підприємства можуть залучати кошти міжнародних донорських організацій (ЄС, USAID, UNDP, ЄБРР, IFC), які реалізують спеціалізовані програми підтримки «зелених» інвестицій. Зокрема, Фонд енергоефективності України, програми ЄБРР та ініціативи в рамках Угоди про асоціацію з ЄС відкривають додаткові можливості для фінансування енергомодернізації аграрного сектору [3,4].

Важливим аспектом є поєднання економічної ефективності та соціальної відповідальності. Соціальні підприємства аграрної сфери, які залучають ветеранів, внутрішньо переміщених осіб та інші вразливі категорії населення, можуть розраховувати на додаткову грантову підтримку (зокрема, ветеранські гранти – близько 1400 проєктів на 0,7 млрд грн та 1934 проєкти, підтримані Державною службою зайнятості, на 0,924 млрд грн) у поєднанні з міжнародними донорськими програмами, спрямованими на «зелену» трансформацію та інклюзію [5]. Це створює синергетичний ефект, коли енергоефективні проєкти поєднуються з вирішенням соціальних проблем громад. Наприклад, проєкт зі створення кооперативу з переробки біомаси (відходів агропромислового виробництва) в паливні гранули одночасно вирішує проблему енергозабезпечення громади та створює робочі місця для вразливих верств населення. У таблиці представлено огляд діючих грантових програм в Україні, орієнтованих на впровадження енергоефективних технологій в агросекторі.

Таблиця 1. Актуальні грантові програми підтримки енергоефективних технологій для агробізнесу в Україні (станом на 2025-2026 рр.)

Назва програми / Ініціативи	Адміністратор / Донор	Цільова аудиторія	Основні напрямки фінансування в контексті енергоефективності
Програма «єРобота» (напрями «Власна справа», «Переробка», «Тепличне господарство»)	Мінекономіки / Державна служба зайнятості	ФОП, МСБ, ветерани, ВПО	Придбання енергоефективного обладнання для переробки, систем автоматизованого клімат-контролю для теплиць, модернізація котелень.
Проєкт USAID AGRO (Агропрограма конкурентоспромож-ності України)	USAID	Агрохолдинги, фермерські господарства, кооперативи	Грантова підтримка впровадження технологій ВДЕ (сонячні електростанції, біогазові установки), енергоаудити, оптимізація логістики.
Ініціативи UNDP (Програма ООН з відновлення та розбудови миру)	UNDP за підтримки урядів Данії, Японії, ЄС та ін.	Сільські громади, аграрні кооперативи	Відновлення та модернізація енергетичної інфраструктури, гранти на впровадження гібридних енергосистем для об’єктів агропризначення.
Програма підтримки «зелених» інвестицій для МСБ	ЄБРР у партнерстві з українськими банками	Малі та середні аграрні підприємства	Пільгове фінансування та грантові компоненти (Technical Cooperation) для впровадження енергоощадних технологій, ізоляції складів, переходу на біопаливо.
Проєкт «Енергоефективність у будівлях» (аграрна складова)	Фонд енергоефектив ності / GIZ	Виробничі та складські приміщення агросектору	Відшкодування частки вартості заходів з термомодернізації виробничих цехів, елеваторів, тваринницьких комплексів.

Джерело: узагальнено автором на основі даних [1, 5-6]

Аналіз таблиці засвідчує, що, попри наявність різноманітних інструментів, існує проблема їх фрагментарності та складності адміністрування для малих фермерських господарств. Багато аграріїв не мають ресурсів для підготовки якісних грантових заявок або проведення попереднього енергоаудиту, що є обов’язковою вимогою більшості міжнародних донорів.

Висновки. Грантова підтримка проєктів енергоефективності в аграрній сфері України має значний потенціал, проте потребує подальшого вдосконалення. Перспективними напрямами є: розширення цільових грантових програм саме для енергоощадних технологій в АПК; гармонізація національного законодавства з вимогами ЄС; розвиток державно-приватного партнерства та інноваційно-технологічних кластерів; посилення освітньо-консультаційної підтримки аграріїв. Комплексна реалізація цих заходів сприятиме зниженню енергоємності виробництва, підвищенню конкурентоспроможності національних виробників та переходу до сталого, екологічно збалансованого агровиробництва у відповідності до принципів Індустрії 5.0.

Список використаних джерел

1. Міністерство економіки, довкілля та сільського господарства України: вебсайт. URL: https://me.gov.ua (дата звернення: 13.07.2026).
2. Самойлик Ю., Свистун М. (2026). Інноваційні підходи до енергоефективності у контексті розвитку ринку засобів захисту рослин. Вісник Хмельницького національного університету. Економічні науки, № 1, С. 462–468.
3. Європейської Комісія. Європейський зелений курс (European Green Deal): офіційний документ. URL: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal (дата звернення: 13.07.2026).
4. Хоміч Л., Буренко Т., Новицький О., Кокотун Д. (2024). Проєкт «Просування енергоефективності та імплементації Директиви ЄС про енергоефективність в Україні». Київ: ТОВ «Офіс сталих рішень».
5. єРобота: Гранти від держави на відкриття чи розвиток бізнесу. Міністерство економіки, довкілля та сільського господарства України. URL: https://me.gov.ua/documents/detail?lang=uk-ua&id=94321ef8-1418-479c-a69f-f3d0fdb8b977&title=robota-grantividderzhavinavidkrittiachirozvitokbiznesu (дата звернення: 13.07.2026).
6. USAID AGRO: Energy Efficiency and Renewable Energy in Agriculture. URL: https://www.usaid.gov/ukraine/agro (дата звернення: 13.07.2026).

SECTION: FINANCE AND BANKING

DOI 10.70286/ISU-15.07.2026.004

DIAGNOSTIC MARKERS OF SYSTEMIC SERVICE DEGRADATION AND THEIR PREDICTIVE VALIDITY FOR COMPANY FINANCIAL INDICATORS

Myronets Anastasiia
Owner, BrighNest Cleaning LLC, 2207 Liberator St., Levittown, PA 19057,
United States of America,
https://orcid.org/0009-0007-7082-6157

The financial stability of any service-oriented organization, whether a bank, a healthcare provider, a facility-management or cleaning enterprise, a logistics operator, or a retail service network, is largely determined by service quality; however, this relationship is not realized instantaneously but rather with a certain time lag. Recent syntheses of empirical research confirm a stable positive relationship between customer satisfaction and loyalty and behavioral outcomes (retention, recommendations, spending volume) as well as the firm's financial results, encompassing product, accounting, and market indicators [1]. At the same time, the strength of this relationship depends substantially on context, measurement method, and industry, and at the level of an individual company it is neither simple nor linear [2]. Most approaches focus on the effects of service improvement, whereas the reverse, destructive side (the gradual deterioration of the service system) remains insufficiently formalized precisely in terms of its financial consequences. The present study addresses this gap from the standpoint of service-systems architecture and operational strategy, and it introduces the Service First Method™ as an author-developed methodological approach that treats service quality as an engineered, measurable, and financially consequential property of the operating system rather than as an incidental attribute of a single industry.

Systemic service degradation should be understood not as an episodic failure but as a structural, self-reinforcing decline in an organization's ability to deliver consistent service quality, encompassing simultaneously the operational dimension (increasing failure frequency, longer service times), the personnel dimension (front-office turnover and burnout), and the customer dimension (accumulating dissatisfaction and churn). Unlike a single incident, degradation is cumulative in nature: deterioration in one dimension increases the burden on the others, so that negative effects do not fade but intensify. This three-dimensional structure is generic to service operating systems and does not depend on the sector in which the organization operates; the same architecture of degradation is observable in financial services, in field-service and cleaning operations, in hospitality, and in health and social care. It is precisely this systemic quality of the process that creates the need for diagnostic markers, that is, leading indicators that register degradation before it is fully reflected in financial reporting.

The hypothesis concerning the leading character of nonfinancial indicators is not trivial. The links in the quality, satisfaction, and financial result chain are asymmetric and nonlinear: negative quality deviations affect customer behavior more strongly than symmetric positive ones, and the magnitude of the financial effect varies substantially across industries and segments [3].

Equally important is the validity of the metrics themselves: repeated empirical testing of the Net Promoter score has shown that it predicts sales growth only under a correctly specified sample and methodology, whereas in its simplified form its predictive power is limited [4]. The task should therefore be formulated not as whether service "affects" finances in general, but as which specific markers, with what lag, and under what conditions possess sufficient predictive validity to serve as a basis for managerial decisions.

The proposed classification of diagnostic markers is based on a distinction according to the object of measurement and the expected time horizon of their translation into financial indicators (Table 1). Operational markers respond the fastest and are associated primarily with fee income and operating costs; customer (perceptual) markers have a medium lag and predict churn and revenue erosion; behavioral markers are closest to the financial result. This classification is designed to be transferable across service industries: the marker groups remain constant, while the specific indicators and their financial targets are reparameterized for the operational context at hand. The banking sector is used here as one illustrative example precisely because its behavioral data are richly instrumented. In that setting, it is precisely behavioral characteristics, namely the dynamics of transaction frequency and amount and activity across channels and products (the recency, frequency, and monetary concepts), that form the basis of contemporary customer churn prediction models [5], while the digitalization of service delivery directly affects the bank's service quality and financial services [6].

Table 1. Diagnostic markers of systemic service degradation and target financial indicators

Marker group	Example indicator	Time lag	Target financial indicator	Limitations of predictive validity
Operational	Share of failed transactions; channel availability (uptime); share of inquiries resolved on first contact	Short	Fee income; operating costs	Sensitive to seasonality and one-time technical incidents; require data cleaning
Customer (perceptual)	Dynamics of the customer satisfaction index (CSAT); willingness to recommend; frequency and tone of complaints	Medium	Revenue; customer retention rate	Nonlinearity and saturation; dependent on industry context [2, 3]
Personnel (front office)	Staff turnover and absenteeism; workload; engagement level	Medium	Personnel costs; service quality (indirectly)	Indirect relationship: the effect is realized through internal service quality
Behavioral	Decline in transaction frequency and amount; activity across channels and products (recency, frequency, monetary); churn	Late	Revenue; margin; cash flow volatility	Detected late; nonetheless form the basis of contemporary churn prediction models [5]

The translation of diagnostic markers into financial indicators is realized through a chain of behavioral mediators (Figure 1).

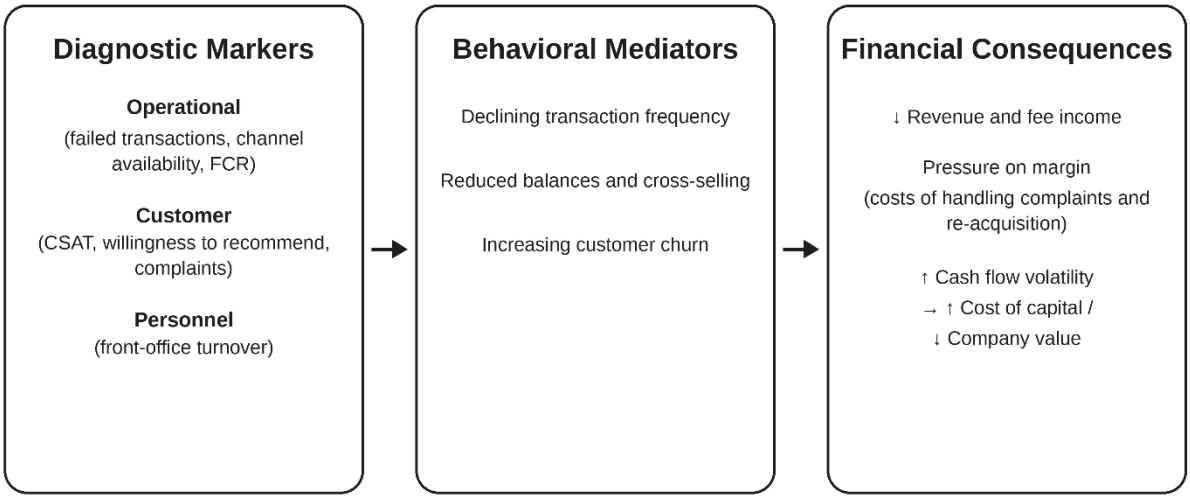

Fig. 1. Diagram of the transmission of diagnostic markers of systemic service degradation into the company's financial indicators

Source: own development

The accumulation of degradation signals first alters customer behavior: the intensity of product usage declines, and the propensity to churn increases. Churn is a critical link, since the loss of a customer means not only the disappearance of current revenue but also the need to incur costs to acquire a new customer as a replacement; retention management is directly related to the firm's profitability and value [5]. At the next step, behavioral changes are transformed into financial consequences: declining revenue and fee income, pressure on margins due to the costs of handling complaints and re-acquiring customers, and increased volatility of cash flows. Because customer satisfaction and loyalty are related not only to accounting indicators but also to the firm's market indicators [1], systemic service degradation can reduce company value even when current reporting remains relatively stable. A key condition for the validity of the markers is accounting for the asymmetry and nonlinearity of the relationships, as well as the heterogeneity of the financial effect across segments [3]. Ignoring these properties leads to a systematic underestimation of risk at early stages of degradation. This implies a methodological caution against reliance on a single aggregated metric: since even popular indicators retain predictive power only under certain conditions [4], no individual marker is self-sufficient. A composite diagnostic panel that combines markers from different dimensions and time horizons, calibrated on the retrospective financial series of a specific company using contemporary forecasting methods, offers greater predictive validity [5].

Systemic service degradation constitutes an independent object of financial diagnostics that requires leading indicators rather than retrospective accounting measures alone. Diagnostic markers should be classified according to their measurement dimension and time lag and integrated into a composite panel validated on the organization's own financial series, taking into account the asymmetry and nonlinearity of transmission. The principal contribution of this work is architectural rather than merely descriptive: it reframes service quality as an engineered property of the operating system and specifies, through the Service First Method™, how degradation is detected,

quantified, and translated into financial consequence before it reaches the reporting layer. Because the marker architecture is defined at the level of the service system rather than the industry, it is directly deployable across banking, healthcare, facility and cleaning operations, logistics, hospitality, and public services, with the banking case serving only as a data-rich demonstration. For the practitioner, the operational value is concrete: a calibrated diagnostic panel converts diffuse early warning signals into an auditable instrument for protecting revenue, margin, and cash-flow stability, and thereby the cost of capital and enterprise value; it shifts management from reactive incident response to the deliberate engineering of service resilience. Positioned in this way, the framework functions as a strategic control system for any service organization that intends to treat service quality as a governable financial asset. Further work will extend the empirical validation of individual markers and the construction of a cross-sectoral composite index using panel data, consolidating the Service First Method™ as a general standard for the financial diagnostics of service systems.

References

10. Mittal, V., Han, K., Frennea, C., Blut, M., Shaik, M., Bosukonda, N., & Sridhar, S. (2023). Customer satisfaction, loyalty behaviors, and firm financial performance: what 40 years of research tells us. Marketing Letters, 34(2), 171–187. https://doi.org/10.1007/s11002-023-09671-w

11. Otto, A. S., Szymanski, D. M., & Varadarajan, R. (2020). Customer satisfaction and firm performance: insights from over a quarter century of empirical research. Journal of the Academy of Marketing Science, 48(3), 543–564. https://doi.org/10.1007/s11747-019-00657-7

12. Mittal, V., Han, K., Lee, J.-Y., & Sridhar, S. (2021). Improving business-to-business customer satisfaction programs: Assessment of asymmetry, heterogeneity, and financial impact. JMR, Journal of Marketing Research, 58(4), 615–643. https://doi.org/10.1177/00222437211013781

13. Baehre, S., O'Dwyer, M., O'Malley, L., & Lee, N. (2022). The use of Net Promoter Score (NPS) to predict sales growth: insights from an empirical investigation. Journal of the Academy of Marketing Science, 50(1), 67–84. https://doi.org/10.1007/s11747-021-00790-2

14. Brito, J. B. G., Bucco, G. B., Heldt, R., Becker, J. L., Silveira, C. S., Luce, F. B., & Anzanello, M. J. (2024). A framework to improve churn prediction performance in retail banking. Financial Innovation, 10(1), 17. https://doi.org/10.1186/s40854-023-00558-3

15. Buhel, Y., & Ocheretko, B. (2024). Digital transformation of the banking system: innovations and impact on financial services. Economic Analysis, 34(3), 257–273. https://doi.org/10.35774/econa2024.03.257

SECTION: HISTORY

ШЛЮБНА МАГІЯ У БОЙКІВСЬКІЙ ЗИМОВІЙ ОБРЯДОВОСТІ

Громова Наталія Олександрівна
к.і.н., доцент
Кафедра етнології та краєзнавства
Київський національний університет імені Тараса Шевченка,
м. Київ, Україна

Любовна магія, тобто ворожіння дівчат про майбутній шлюб, є важливою складовою традиційних календарних обрядів населення усіх регіонів України, в тому числі Бойківщини. Бойківські дівчата ворожать про шлюб на свято Андрія (в ніч на 13 грудня), а також на Святий вечір, напередодні Різдва (увечері 6 січня). Ті ж види ворожінь, що практикувалися в XIX-на поч. XX ст., побутують на Бойківщині і в наш час.

Окремих праць (статей чи монографій), присвячених дівочим ворожінням на Бойківщині, не багато. В основному ці магічні дії побіжно розглядаються дослідниками в контексті зимової календарної обрядовості. Так, коротка інформація про бойківську любовну магію присутня в працях І. Франка [13], М. Зубрицького [7], І. Кузіва [10], П. Богатирьова (велику увагу дослідник приділяє класифікації магічних обрядодій) [2], Н. Здоровеги [6], П. Зборовського [5] та ін. Значно чисельніша література торкається зазначеного предмету не на бойківському, а на загальноукраїнському матеріалі або на матеріалі інших історико-етнографічних регіонів України: праці О. Воропая [4], О. Курочкіна [11], В. Борисенко [3], Г. Кожолянка [9] тощо. В часовому плані всі ці роботи охоплюють період XIX-початку XX століття.

Джерельною базою статті є матеріали польових етнографічних експедицій автора, здійснених протягом 2005-2012 років до наступних населених пунктів Бойківщини: с. Орявчик Сколівського району Львівської обл. (інформаторки Матолінець Параскевія Михайлівна, 1928 р.нар., Пулій Стефанія Юрківна, 1952 р. нар., Борисович Галина Іванівна, 1965 р. нар.), с. Кропивник Дрогобицького району Львівської обл. (Дречевич Віра Михайлівна, 1946 р. нар.), с. Нагуєвичі Дрогобицького р-ну Львівської обл. (Хроник Марія Іванівна, 1930 р. нар., та Гаврилик Анна Степанівна, 1936 р. нар.), с. Боберка Турківського району Львівської обл. (Бойко Людмила Миколаївна, 1944 р. нар.), с. Тисів Болехівського району Івано-Франківської обл. (Павлюк Ганна Василівна, 1959 р. нар., та Пилипів-Прокінчин Ірина Іванівна, 1958 р. нар.), с. Гукливий Воловецького району Закарпатської області (Беца Калина Іванівна, 1932 р. нар.).

Дослідники по-різному класифікують види любовної магії. Передусім розрізняють прикмети та власне ворожіння. Так, на думку А.К. Байбуріна,

прикмети в основному базуються на реальних спостереженнях, а ворожіння, як правило, ігнорують досвід [1, с. 12]. В.Я. Пропп схиляється до класифікації ворожінь про шлюб, в якій головною визначальною ознакою любовних магічних дій є їх методи (за допомогою яких предметів чи явищ отримується необхідна інформація): сон, штучно викликані зорові образи, слухові образи, жереб, спів підблюдних пісень [12, с. 107-108]. Окрім того, магічні дії можна поділяти на види і типи й за іншими ознаками: за пасивністю (прикмети) чи активністю (магічні дії), кількістю виконавиць (індивідуальні чи групові), за позитивною чи негативною спрямованістю магії (для досягнення бажаної мети треба щось зробити чи навпаки, певні дії заборонені), використання чи невикористання словесних формул тощо. В даній статті спробуємо класифікувати ворожіння за функціональним принципом: яку саме інформацію отримує дівчина в результаті магічних дій (час майбутнього весілля, місцевість, з якої родом наречений, ім'я чи соціальний статус судженого, його зовнішній вигляд тощо).

І. Час одруження.

Поширеним є ворожіння, завдяки якому дівчата дізнаються, чи мають вони шанс вийти заміж цього року. І.1. Для цього вони на Святий вечір виходять надвір, на дровітню, і набирають похапцем, не рахуючи, дрів, і заносять їх до хати. У хаті рахують – якщо парне число, дівчина вийде заміж цього року, якщо не парне – доведеться ще сидіти в дівках.

І.2. Популярною є також магічна дія з гілочкою вишні: на Катерини або на Андрія ставлять у воду, і, якщо до Нового року (14 січня) зацвіте, значить, цього року дівчина одружиться.

І.3. Ворожать і по диму свічки на святвечірньому столі: після вечері свічку гасять (руками, а не подихом) і спостерігають, в який бік піде дим (до вікна, до печі, до порогу тощо). Так намагаються визначити долю (в хаті народиться дитина чи хтось помре, благополучний рік буде чи ні та ін.). Один з варіантів пов'язаний зі шлюбами: якщо дим крутиться біля столу, хтось з неодружених членів сім'ї (дівчина чи хлопець) цього року одружиться (с. Старий Кропивник, Дрогобиччина, та с. Боберка, Турківщина).

І.4. Ворожіння про шлюб бувають не лише індивідуальними, а й колективними. Так, був спосіб дізнатись, котра з дівчат вийде першою заміж. В с. Боберка побутують два ворожіння подібного типу. І.4.1. Дівчата беруть свої черевики чи чобітки в руки і переступають ними від стіни до порогу: чий чобіток першим вийде за поріг, та дівчина першою з-поміж присутніх вийде заміж. І.4.2. Інший вид любовної магії такий: коли на Святий вечір ліплять вареники, використовують не все тісто, а грудочку лишають. Дівчата ділять грудочку між собою, кожна виліплює собі «булєчку», робить на ній якусь помітку. Ці грудочки кладуть біля порогу, до хати пускають кішку. Котрій з «булєчок» кішка приділить увагу першій – та дівчина першою знайде собі пару.

І.5. Пришвидшити в часі бажаний шлюб має магічна дія, що виконується на Андрія – сіяння конопель. В с. Тисові дівчата-перестарки, які з якихось причин не вийшли заміж, ворожили так. Дівчина використовує чоловічу нижню білизну – татову чи братову, найчастіше кальсони чи майку. Бере кальсони за втягнуту в

них резинку зубами, так обходить навколо хати і каже: «Андрію, Андрію, я на тебе коноплі сію. Портками (або кальсонами) волочу, бо віддаватися хочу». Раніше в інших селах дівчата волочили засіяні по снігу коноплі (рідше льон чи мак) власною спідницею. На початку ХХ ст. в Україні зафіксовані випадки, коли дівчата сіяли коноплі роздягненими. За народними віруваннями, голе тіло – важливий засіб чарівництва [11, с. 34].

ІІ. Місцеперебування майбутньої шлюбної пари.

Інший вид дівочих ворожінь пов'язаний не лише з часом одруженням, а й з місцем, де дівчина житиме після весілля (шлюб на Бойківщині переважно патрилокальний, тобто молода дружина живе в родині свого чоловіка).

ІІ.1. Практично на всій Бойківщині, як і на більшій частині України, поширене таке ворожіння: безпосередньо перед тим, як сідати до Святої вечері, дівчина виходить надвір і слухає, з якого боку собака загавкає – в той бік дівчина протягом цього року вийде заміж. В с. Летні та Старому Кропивнику (того ж району), с. Козаківка Болехівського району Івано-Франківської обл. дівчата після вечері виносять з собою ложки, зібрані зі столу, і стукають ними, провокуючи таким чином собак подавати голос. В с. Гукливий Воловецького району Закарпатської області дівчата вдавалися до більш радикального способу, для того щоб змусити псів загавкати: задирали (скубали) їх за хвости.

В деяких селах ця прикмета є більш абстрактною і не стосується якоїсь конкретної дівчини: якщо на Святий вечір гавкає багато собак, значить, у селі буде багато весіль [5, с. 219].

ІІ.2. У с. Старому Кропивнику перекидають один свій черевик (або калошу, оскільки взимку зараз ходять у валянках та калошах) через хату і йдуть дивитись, куди він вказує носком – звідти і свати прийдуть.

ІІІ. Визначення особи нареченого.

ІІІ.1. За допомогою інших ворожінь дівчина може дізнатись ім'я свого судженого. Так, на Святий вечір дівчина вкладає у «пироги» (вареники) замість начинки листочки паперу з написаними на них чоловічими іменами. Кидає вареники усі разом варитися і з нетерпінням чекає, який перший спливе. Швидко виймає його, читає ім'я – так зватимуть майбутнього судженого.

ІІІ.2. Можна дізнатись і про соціальний статус нареченого: дівчина іде вздовж плоту (паркану) і рахує кожний колик: «вдовець», «молодець» - відповідно, який колик останній, таким буде суджений: вдівцем чи парубком (с. Старий Кропивник).

ІІІ.3. Деякі види бойківської різдвяної любовної магії дозволяють дівчині не приблизно, а точно дізнатись, хто буде її нареченим. Приклад такого ворожіння вдалось записати в с. Боберка на Турківщині. Тут дівчата купують нове дзеркало (важливо, щоб до проведення ворожіння ним ніхто не користувався), і на Святий вечір, коли вже вся сім'я лягла спати, розташовують дзеркало біля вікна в хаті таким чином, щоб в нього можна було дивитись знадвору. Тоді дівчина, яка хоче дізнатись, як виглядатиме її наречений, повністю роздягається (незважаючи на те, що надворі мороз) і тричі по ходу сонця обходить хату. Після третього кола дівчина знадвору дивилась на себе в дзеркало – і повинна побачити там не себе,

а чоловіче обличчя. Зі слів інформаторки (Бойко Л.М.) саме так вона вперше побачила свого майбутнього чоловіка.

Більшість загальновідомих на всій Україні дівочих ворожінь (за предметами, витягнутими зі ставка, за фігурками, яких набирає розтоплений віск у воді тощо) [3, с. 16-17] також відомі на Бойківщині.

Чому ворожать про шлюб переважно дівчата, а не хлопці? Традиційно так склалося, що у багатьох народів статус жінки був тією чи іншою мірою нижчим за статус чоловіка. Дівчині зазвичай не властиво було самій обирати собі судженого. Найчастіше ініціативу щодо шлюбу (пропозицію одружитись) виявляв чоловік. Проте дівчина мала право прийняти або не прийняти сватів від хлопця. Дівчата ж, які довго не виходили заміж, звалися «перестарками». Їх вже неохоче приймали до молодіжного гурту [3, с. 84], статусу молодиць вони ще не отримали і ставали, таким чином, позастатусними особами.

Список використаних джерел

1. Байбурин А.К. Календарь и трудовая деятельность человека. (Русский народный традиционный календарь). – Л.: Знание, 1989. – 31 с.
2. Богатирев П.Г. Магические действия, обряды и верования Закарпатья. // Богатирев П.Г. Вопросы теории народного искусства. – М.: Искусство, 1971. – С. 167-296.
3. Борисенко В.К. Традиції та життєдіяльність етносу (на матеріалах святково-обрядової культури українців). – К.: УНІСЕРВ, 2000. – 191 с.
4. Воропай О. Звичаї нашого народу. – К.: Оберіг, 1993. – 590 с.
5. Зборовський П.А. Різдвяний цикл свят за традицією с. Верхнє Висоцьке на Турківщині. // Бойки. – Дрогобич, 2002. – С. 215-220.
6. Здоровега Н.І. Народні звичаї та обряди. // Бойківщина. Історико-етнографічне дослідження. – К.: Наукова думка, 1983. – С. 232-248.
7. Зубрицький М. Народний календар. Народні звичаї і говірки, прив'язані до днів у тижні і до рокових свят. // Матеріали до українсько-руської етнольогії. – Львів, 1900. – Т.3. – С. 33-60.
8. Кирчів Р.Ф. Із фольклорних регіонів України. Нариси й статті. – Львів: Ін-т народознавства НАН України, 2002. – С. 40.
9. Кожолянко Г.К. Народознавство Буковини. Новорічно-різдвяна обрядовість буковинців. Навчальний посібник. – Чернівці: Рута, 2001. – 114 с.
10. Кузів І. Житє-бутє, звичаї і обичаї горского народу. // Зоря. – Львів, 1889. – № № 15-21. – С. 351.
11. Курочкін О.В. Новорічні свята українців. Традиції і сучасність. – К.: Наукова думка, 1978. – 189 с.
12. Пропп В.Я. Русские аграрные праздники. Опыт историко-этнографического исследования. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1963. – 143 с.
13. Франко І.Я. Людові вірування на Підгір'ю. // Етнографічний збірник. – Львів, 1898. – Т. 5. – С. 160-218.

DOI 10.70286/ISU-15.07.2026.005

UKRAINIAN WEDDING RITUALS AS A SPACE FOR THE REPRESENTATION OF COLLECTIVE MEMORY

Bekh Kateryna
PhD (History),
Scientific Secretary of the
M. T. Rylsky Institute of Art Studies, Folklore, and Ethnology
of the National Academy of Sciences of Ukraine,
Senior Research Fellow at the
«Ukrainian Ethnological Center» Department,
Ukraine

Wedding rituals are among the most enduring and, at the same time, dynamic components of traditional Ukrainian culture. They constitute a complex system of ritual actions, symbols, objects, texts, and social practices that embody notions of family, kinship ties, the continuation of the family line, social roles, and moral and ethical values. Over the centuries, weddings have not only served as a rite of passage into a new social status but have also been a vital mechanism for preserving and transmitting cultural heritage. It is precisely the repetition of ritual actions, the use of established attributes, and the involvement of the extended family that ensure the transmission of cultural heritage and sustain intergenerational continuity.

The contemporary understanding of collective memory allows us to view traditional rituals not merely as a legacy of the past, but as an active process of constantly recreating cultural meanings in contemporary society. Memory does not exist in isolation but through social practices, symbolic forms, and cultural codes supported by the community. In light of this, Ukrainian wedding rituals emerge as a space in which historical experience is actualized, traditional patterns of behavior are preserved, and cultural identity is represented.

The theoretical foundation of this study is the concept of collective and cultural memory, according to which a community's memory is formed and functions through social interactions, symbolic practices, rituals, and cultural forms of transmitting experience. Conceptualizing collective and cultural memory allows us to view traditional rituals as mechanisms for preserving social experience, symbolic communication, and the transmission of cultural meanings across generations [1; 2; 6]. Collective memory is not simply the preservation of information about the past, but a continuous process of updating that information in accordance with the needs and values of contemporary society. This is precisely why traditional rituals serve as important mechanisms for maintaining cultural continuity, as they convey worldviews, social norms, values, and behavioral patterns.

In this context, Ukrainian wedding rituals emerge as one of the spheres in which cultural memory operates – a space where past experiences are not only preserved but also reinterpreted through contemporary practices. Ritual actions, symbolic objects,

oral tradition, and family heirlooms serve as carriers of memory, ensuring a connection between generations and sustaining a sense of cultural belonging.

The historiography of research on Ukrainian wedding rituals attests to a gradual broadening of research approaches: from descriptions of individual rituals, customs, and local variations to a comprehensive analysis of wedding culture as an important element of intangible cultural heritage. Contemporary research emphasizes the symbolic nature of wedding rituals, their ability to adapt to new sociocultural conditions, and their capacity to preserve fundamental cultural meanings even as ritual practices undergo transformation [4; 7].

A traditional Ukrainian wedding is a complex structure in which each stage carries a specific symbolic meaning. Matchmaking, the engagement, baking the wedding loaf, the blessing of the bride and groom, the ritual veiling of the bride, the seating of the bride and groom, the wedding procession, the singing tradition, and the concluding post-wedding rituals not only regulated the course of the event but also reflected the community's vision of the proper order of life. Through these practices, society passed down to future generations models of family relationships, norms of behavior, and ideas about what is proper.

The material components of the wedding ceremony play a particularly important role in the representation of collective memory. The objects incorporated into the ritual space serve as unique carriers of cultural information, as they embody symbolic meanings that have evolved over a long period of historical development. The wedding towel, wedding loaf, wreath, wedding attire, jewelry, rugs, and family heirlooms not only accompany the ritual actions but also serve as markers of cultural continuity.

Wedding ritual paraphernalia plays a special role in this context. Even as everyday practices change and weddings take on new forms, certain objects retain their symbolic meaning and continue to serve as markers of family memory. Their use is linked not only to aesthetic or traditional notions but also to the desire to maintain a connection with previous generations, to reconstruct family history, and to affirm one's belonging to a particular cultural community [3].

A prime example of a physical medium of collective memory is the carpet in wedding rituals. In traditional culture, it served not only a utilitarian function but also took on symbolic significance associated with well-being, protection, harmony, and the creation of a new family space. Its use in ritual contexts attests to the importance of the material environment in shaping and transmitting cultural meanings.

An important mechanism for preserving collective memory is the oral component of wedding rituals. Wedding songs, wishes, sayings, blessings, and other folkloric texts contain information about Ukrainians' traditional views on marriage, family, intergenerational relationships, and social structure. The recitation of these texts not only accompanies the ritual but also transmits cultural models that have evolved over a long period of time.

Field ethnographic data are of particular importance for studying the contemporary functioning of wedding rituals. They demonstrate that tradition is not a static phenomenon but is constantly adapting to social conditions. Field research data from the second half of the 20th century through the early 21st century confirm the

preservation of the main structural elements of the wedding cycle, local specificities, ritual texts, and symbolism, while also documenting processes of modernization and reinterpretation of traditional practices [5].

The regional diversity of Ukrainian weddings is one of the key manifestations of cultural memory. Despite differences in the structure of the ceremony, local attributes, musical accompaniment, and the ways in which individual rituals are performed, a common system of symbolic meanings persists. It is precisely the combination of elements common to all of Ukraine and local specificities that forms a multilayered model of cultural memory, reflecting the historical experiences of various regional communities.

At the same time, Ukrainian wedding rituals are undergoing significant changes under the influence of urbanization, globalization, digital technologies, and new social practices. These transformations have become particularly pronounced in urban settings, where traditional elements often take on new meanings and are integrated into the modern format of wedding celebrations. However, even amid modernization, the components with the greatest symbolic significance are preserved: the parents' blessing, the use of family heirlooms, traditional clothing, towels, and ceremonial paraphernalia.

Contemporary societal challenges, particularly the Russian-Ukrainian war, have highlighted the role of traditional culture in the processes of self-identification and the preservation of national memory. In this context, wedding rituals take on added significance as a form of cultural self-expression and an affirmation of belonging to the Ukrainian cultural community. The use of traditional symbols, local rituals, and family heirlooms becomes not only a continuation of customary practices but also a way to preserve historical continuity.

Thus, Ukrainian wedding rituals are not only a set of rituals accompanying the marriage ceremony, but also an important means of preserving and revitalizing cultural heritage. Through ritual actions, material culture, folkloric texts, and family practices, the community's historical experience is recreated, intergenerational continuity is ensured, and national cultural identity is sustained. Despite the influence of modernization processes, wedding traditions remain an effective means of transmitting the values, symbols, and behavioral patterns that form the foundation of Ukrainians' cultural memory.

References

1. Assmann, A. (2011). Cultural memory and Western civilization: Functions, media, archives. Cambridge University Press.
2. Assmann, J. (2011). Cultural memory and early civilization: Writing, remembrance, and political imagination. Cambridge University Press.
3. Bech, K. (2018). Atrybutyka vesilnoi obriadovosti mista: Semantyka ta symvolika [Attributes of urban wedding rituals: Semantics and symbolism]. Materialy ukrainskoi etnolohii: Shchorichnyk. Zbirnyk naukovykh prats, 17(20), 120–134.
4. Bech, K. (2025). Vesilna ta shliubno-obriadova tematyka na storinkakh zhurnalu "Narodna tvorchist ta etnolohiia" [Wedding and marriage ritual topics in the journal

Narodna tvorchist ta etnolohiia]. Narodna tvorchist ta etnolohiia, (2), 22–36. https://doi.org/10.15407/nte2025.02.022

5. Etnohrafichnyi obraz suchasnoi Ukrainy. Korpus ekspedytsiinykh folklorno-etnohrafichnykh materialiv. Vol. 4. Vesilna obriadovist [Ethnographic image of modern Ukraine. Corpus of expeditionary folklore and ethnographic materials. Vol. 4. Wedding rituals]. (2016). H. Skrypnyk (Ed.). M. T. Rylskyi Institute of Art Studies, Folklore and Ethnology, NAS of Ukraine.

6. Halbwachs, M. (1992). On collective memory. University of Chicago Press.

7. Onufriichuk, K. (2015). Istoriia vyvchennia miskoi vesilnoi obriadovosti v Ukraini (50–80-ti roky XX stolittia) [History of the study of urban wedding rituals in Ukraine (1950s–1980s)]. Narodna tvorchist ta etnolohiia, (2), 93–103.

SECTION: INFORMATION TECHNOLOGY AND CYBERSECURITY

БЕЗПЕКА "ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ" (IOT): ВИКЛИКИ МАСОВОГО ВПРОВАДЖЕННЯ РОЗУМНИХ ПРИСТРОЇВ

Садова Лілія
курсант І курсу,
рядовий поліції
Томас Ростислав
курсант І курсу,
рядовий поліції
Щавінська Діана
курсант І курсу,
рядовий поліції
Калякін Сергій
старший викладач
Кафедра протидії кіберзлочинності
Харківський національний університет внутрішніх справ,
м. Кам'янець-Подільський, Україна

У сучасну цифрову епоху концепція Інтернету речей (IoT) вийшла за межі теоретичних розробок і стала глобальною мережевою інфраструктурою, що об'єднує мільярди фізичних об'єктів — від побутових датчиків до складних промислових контролерів, — які здатні збирати, передавати та обмінюватися даними без прямої участі людини. Значення IoT у сучасному суспільстві є колосальним: технологія забезпечує функціонування «розумних міст», оптимізацію енергоспоживання, цифровізацію медицини та автоматизацію виробничих ланцюгів, що критично підвищує ефективність людської діяльності. Проте стрімка експансія цієї екосистеми зумовлює високу актуальність теми безпеки IoT. Масове впровадження пристроїв з обмеженими обчислювальними ресурсами та часто відсутніми механізмами оновлення створило безпрецедентно широку поверхню для кібератак. Виклики безпеки полягають не лише у загрозі витоку конфіденційних даних чи порушенні приватності особистого життя, а й у можливості фізичного впливу на реальний світ через компрометацію критично важливих сенсорів або виконавчих механізмів. Аналіз специфічних вразливостей IoT-систем та розробка стратегії захисту, яка б враховувала обмеженість апаратних потужностей кінцевих вузлів. Класифікувати типи атак на IoT-мережі, дослідити методи полегшеної криптографії та обґрунтувати необхідність впровадження стандартів безпеки на етапі проєктування (Security by Design). Структура роботи вибудувана від розгляду архітектурних рівнів IoT до

формування рекомендацій щодо створення стійких та ізольованих сегментів мережі, що дозволить мінімізувати ризики перетворення розумних пристроїв на інструменти масованих ботнет-атак.

Безпека Інтернету речей (IoT) концептуалізується, як багаторівнева стратегія забезпечення цілісності та довіри, де центральне місце посідає процес автоматизованого залучення пристроїв до мережі. NIST визначає безпеку IoT не лише як захист кінцевих точок, а як створення неперервного «ланцюжка довіри» (chain of trust), що охоплює весь життєвий цикл пристрою — від виробничого етапу до експлуатації. Ключовим елементом цієї безпеки є механізм Trusted Onboarding, який гарантує, що кожен новий вузол мережі проходить сувору автентифікацію та отримує специфічні для його ролі мережеві привілеї без ризику перехоплення облікових даних зловмисниками. Класифікація загроз фокусується на вразливостях, притаманних екосистемам з високим рівнем автоматизації. Науковий аналіз виділяє критичні вектори атак, серед яких: компрометація ланцюжка поставок, що передбачає впровадження шкідливого коду на етапі виготовлення; використання слабких або дефолтних механізмів автентифікації, що веде до атак типу «підміна ідентичності» (spoofing); та відсутність можливості безпечного оновлення мікропрограм (firmware). Ці загрози посилюються специфікою архітектури IoT, де велика кількість пристроїв функціонує у відкритих або слабо контрольованих фізичних середовищах, що робить їх вразливими до фізичного втручання та несанкціонованого підключення. Наукова диференціація між традиційною IT-безпекою та безпекою IoT ґрунтується на чотирьох фундаментальних відмінностях. По-перше, це масштабованість: традиційні методи ручного налаштування безпеки є непридатними для мереж, що налічують тисячі автономних вузлів. По-друге, ресурсні обмеження: низька обчислювальна потужність та обмежена пам’ять багатьох пристроїв IoT унеможливлюють застосування стандартних криптографічних протоколів, що вимагає розробки легковагових (lightweight) рішень. По-третє, характерною особливістю є відсутність інтерфейсів користувача (headless devices), що вимагає впровадження протоколів автоматичної взаємодії (M2M). Нарешті, різноманітність специфічних протоколів зв’язку в IoT створює складну гетерогенну інфраструктуру, яка виходить за межі класичних стандартів Ethernet/IP. NIST наголошує, що ефективна безпека в таких умовах досяжна лише через впровадження стандартів автоматизованого мережевого управління та сувору ізоляцію пристроїв на рівні мережевих сегментів[1].

Укосистема Інтернету речей (IoT) класифікується, як один із найбільш динамічних та критичних секторів у сучасному ландшафті кіберзагроз. ENISA базується на постулаті, що стрімке розгортання IoT-пристроїв у критичній інфраструктурі та повсякденному житті випереджає розвиток відповідних засобів захисту, створюючи системні вразливості. Основним вектором кібератак залишається експлуатація слабких механізмів автентифікації та відсутність регулярних оновлень ПЗ, що дозволяє зловмисникам інтегрувати мільйони пристроїв у глобальні ботнети для проведення масштабних DDoS-атак. Окремо

виділяється загроза цілеспрямованого злому та впровадження спеціалізованого шкідливого ПЗ, яке використовує специфічні архітектури мікропроцесорів для шпигунства або дестабілізації локальних мереж. Особливістю IoT-безпеки є акцент на фізичних загрозах, зумовлених децентралізованим характером розміщення активів. Оскільки датчики та виконавчі механізми часто розташовуються поза захищеним периметром (наприклад, у системах «розумного міста» або на транспортних магістралях), вони стають об'єктами вандалізму та викрадення. ENISA підкреслює ризики фізичного втручання (tampering) у апаратні інтерфейси пристроїв, що дозволяє зловмисникам вилучати криптографічні ключі або модифікувати прошивку безпосередньо через порти налагодження. Це створює загрозу не лише цифровій, а й фізичній безпеці процесів, якими керують дані пристрої. Завершальним елементом аналізу ENISA є проблеми конфіденційності та захисту даних, що набувають критичного значення. Постійний моніторинг фізичного середовища пристроями IoT генерує величезні масиви сенситивної інформації, несанкціонований доступ до якої веде до глибокого цифрового профілювання користувачів та порушення права на приватність. Передача даних через незахищені або слабко зашифровані канали створює численні точки витоку, що, за висновком ENISA, вимагає переходу до парадигми «Privacy by Design». Таким чином, стратегія захисту IoT має інтегрувати методи цифрового захисту, фізичну стійкість та суворі протоколи обробки персональних даних у єдину архітектурну модель безпеки[2].

Процес глобальної інтеграції технологій Інтернету речей (IoT) супроводжується низкою системних викликів, що загрожують стійкості критичної інфраструктури. Центральною проблемою, за визначенням CISA, є критична нестача уніфікованих стандартів безпеки. Домінування підходу «insecure-by-design» серед виробників створює транскордонні ризики, які неможливо нівелювати лише локальними заходами. Стратегія CISA пропонує перехід до моделі радикальної відповідальності постачальників (Secure-by-Design), де безпека є не додатковою функцією, а фундаментальною характеристикою архітектури пристрою, що підтримується протягом усього його життєвого циклу. Масштабне розгортання IoT-мереж суттєво ускладнює управління активами, оскільки традиційні інструменти моніторингу часто не здатні забезпечити повну видимість (visibility) тисяч географічно розпорошених пристроїв. Це створює «сліпі зони» в системі кіберзахисту, де вразливості залишаються неідентифікованими тривалий час. Щоб розібратися з цим хаосом, CISA просуває ідею SBOM (Software Bill of Materials). По суті, це «цифровий паспорт» для софту: детальний список усіх компонентів, з яких він зібраний. Це дозволяє компаніям миттєво знаходити дірки в безпеці, якщо якийсь окремий елемент у ланцюжку поставок виявився бракованим чи зламаним. Інша серйозна проблема, про яку кажуть у CISA — це слабкість дрібних пристроїв (IoT). Умовні розумні датчики часто стають легкою мішенню, бо вони «багаті на дані, але бідні на ресурси». У них просто не вистачає пам'яті чи заряду батареї, щоб підтримувати потужний захист. Тому зараз критично важливо створювати «легкі» протоколи безпеки, які працюватимуть навіть на самому простому залізі.

Останній виклик у планах CISA на найближчі роки — це сумісність різних систем. Зараз кожен виробник ліпить своє, і ці протоколи часто не «дружать» між собою. Це заважає побудувати єдиний захист і гальмує обмін інформацією про атаки між міжнародними командами. Висновок експертів однозначний: без загальних стандартів і чіткої координації між країнами ми не зможемо захиститися. Потрібно уніфікувати правила ідентифікації пристроїв, щоб уся глобальна мережа стала стійкою до кіберзагроз[3].

Список використаних джерел

1. NIST SP 1800-36: Trusted IoT Device Network-Layer Onboarding. URL: https://csrc.nist.gov/pubs/sp/1800/36/final (дата звернення: 06.01.2026)
2. ENISA Threat Landscape 2025. URL: https://www.enisa.europa.eu/publications/enisa-threat-landscape-2025 (дата звернення: 06.01.2026)
3. CISA. "FY2025-2026 CISA International Strategic Plan." URL: https://www.cisa.gov/2025-2026-cisa-international-strategic-plan (дата звернення: 06.01.2026)

GENERATIVE NEURAL NETWORKS AS A TOOL FOR SOFTWARE REQUIREMENTS ANALYSIS

Dudnyk Oleksandr
PhD., Associate Professor
Department of Software Engineering
Vinnytsia National Technical University
Vinnytsia, Ukraine

1. Introduction

Software development is characterized by growing system complexity, shortened delivery timelines, and increasing quality expectations for the final product. In this context, requirements analysis remains one of the most critical yet most problematic stages of the software development lifecycle, since this process is associated with significant communication complexity, uncertainty at early project stages, and insufficient automation support (Arora, Grundy & Abdelrazek, 2023).

Classical methods of requirements analysis — stakeholder interviews, manual specification writing, expert validation — are labor-intensive, largely subjective, and poorly scalable.

In recent years, considerable research attention has been devoted to applying generative neural networks, in particular large language models (LLMs), in the field of requirements engineering. Since the vast majority of requirements are expressed in natural language, LLMs are regarded as a technology with the potential to significantly change approaches to working with requirements, owing to their ability to process natural-language text. A systematic literature review covering 44 studies published

over the past decade shows that generative models, especially LLMs, are widely applied across a variety of requirements engineering tasks, confirming their versatility and potential for improving the corresponding processes (“The Role of Generative AI Models in Requirements Engineering,” 2025).

At the same time, the use of LLMs in this field is accompanied by a number of risks: a tendency toward hallucination, the probabilistic nature of model operation, bias, and limited interpretability, all of which complicate the verification of results, compliance checking against requirements, and safe integration into socio-technical systems (Otten et al., 2025). A survey of practitioners conducted jointly with the IREB Special Interest Group on AI & RE also revealed limited evidence regarding the practical applicability and limitations of generative AI from an industry perspective, despite the considerable number of academic publications on the subject (“From Specifications to Prompts,” 2024).

The purpose of this work is to analyze the possibilities and limitations of applying generative neural networks as a tool for software requirements analysis.

The objectives of the study are as follows:

– to review the main stages of requirements engineering suitable for automation using generative models;

– to systematize existing LLM-based solutions and tools in this field;

– to identify the main limitations and risks of using such models;

– to outline promising directions for further research.

2. Overview of the Subject Area

Requirements engineering (RE) plays a key role in software development, as it encompasses the systematic elicitation, analysis, specification, validation, and management of functional and non-functional requirements. The importance of RE for project success is enshrined in international standards, in particular ISO/IEC/IEEE 29148:2018, which define a unified framework and guidelines for this process (ISO/IEC/IEEE 29148:2018; Nuseibeh & Easterbrook, 2000).

RE is traditionally regarded as a sequence, or iterative cycle, of the following core activities:

– Elicitation — the process of gathering, identifying, and recording stakeholder needs through structured interviews, collaborative workshops, surveys, etc.;

– Analysis — the refinement of requirements and constraints through modeling and prioritization based on significance and feasibility;

– Specification — producing a written description of requirements, needs, and constraints in a complete, accurate, understandable, and consistent form;

– Validation — verifying that the requirements specification is consistent, clear, and reflects the actual needs of users;

– Requirements management — tracking changes to requirements throughout the system development cycle.

Each of these stages involves working with large volumes of natural-language text — interview transcripts, technical documents, defect reports, and stakeholder communications. This creates a natural point of contact between requirements

engineering and natural language processing technologies, in particular generative neural networks.

Generative neural networks and large language models. Generative neural networks are a class of deep learning models capable not only of recognizing or classifying input data but also of producing new content (text, images, code) that is statistically consistent with the distribution of the training data. In the field of natural language processing, the dominant type of such models is large language models (LLMs), built on the transformer architecture. Owing to training on large text corpora, such models can perform tasks of context understanding, information summarization, paraphrasing, and generation of structured documents without the need for narrow task-specific tuning.

Since the vast majority of software requirements are expressed in natural language, LLMs are regarded as a technology capable of substantially changing requirements-related practices: automating and accelerating a number of labor-intensive requirements engineering tasks, provided that the model is supplied with concise and unambiguous specifications in the form of prompts (Arora, Grundy & Abdelrazek, 2023).

At the same time, applying generative models to complex, high-stakes engineering processes is accompanied by specific risks — a tendency toward hallucination, the probabilistic nature of generation, bias, and limited interpretability of results, which complicates verification and safe integration of such models into socio-technical systems (Otten et al., 2025). These risks are examined in more detail in Section 4 of this paper.

3. Possibilities of Applying Generative Neural Networks in Requirements Analysis

Requirements elicitation and classification. LLMs are used for automated requirements classification, domain terminology recognition, and distinguishing functional from non-functional requirements. Researchers also report cases of automated obligation extraction, requirement smell detection, and completeness checking of specifications (“From Law to Gherkin,” 2025).

Detection of ambiguities and inconsistencies. One of the most extensively studied directions is the use of LLMs for detecting anaphoric and semantic ambiguity in requirement statements. An industrial study across three corporate datasets showed that LLMs can not only classify a requirement as ambiguous but also generate an explanation of their decision based on relevant in-prompt examples (“Requirements Ambiguity Detection and Explanation with LLMs,” 2024). At the same time, a separate study found that the accuracy of such detection remains moderate (around 50%): models tend to over-flag requirements that are merely complex but correctly formulated as ambiguous, resulting in a considerable number of false positives (“Assessing the Impact of Requirement Ambiguity,” 2026).

Generation of formal specifications. LLMs are used to transform natural-language requirements into structured artifacts: user stories, UML-compliant use case specifications, and formal or domain-specific languages (DSLs). In particular, approaches have been described for converting requirements into user stories using

GPT-3.5 (Oswal, Kanakia & Suktel, 2024), as well as test-driven methods for refining use case specifications that synchronize natural-language requirements, UML models, and test cases with one another ("A Test-Driven Approach for Refining Use Case Specifications," 2025).

Requirements traceability. Applying LLMs to automate requirements traceability is a distinct research direction. It has been shown that retrieval-augmented generation (RAG) approaches, combined with chain-of-thought prompting, outperform simpler classification-based prompts, and that open-source models (e.g., LLaMA) can achieve results comparable to proprietary models such as GPT-4o ("TraceLLM," 2026). Separately, data augmentation methods for requirements traceability using LLMs with structured prompt templates have also been described ("Enhancing Requirement Traceability," 2025).

Generation of test scenarios based on requirements. LLMs are applied to automatically generate test scenarios directly from natural-language requirements. At the same time, a systematic review of such approaches identifies a significant gap: end-to-end generative LLM systems, unlike approaches based on controlled or templated natural-language input (e.g., UMTG, NAT2TESTScr), generally do not produce a formal traceability artifact linking the source requirement to the generated test, which limits the ability to audit this connection ("AI-Driven Test Case Generation," 2026).

Summary. These directions demonstrate that generative neural networks can cover practically the entire spectrum of requirements engineering tasks — from elicitation and classification to the generation of formal artifacts and test scenarios. At the same time, the quality of results depends significantly on the specific task, prompt design, and the model used, and certain tasks, in particular ensuring formal traceability, remain unresolved even with the latest generative approaches.

4. Limitations and Challenges

Despite considerable potential, the application of generative neural networks to requirements analysis is accompanied by a number of substantial limitations that must be taken into account for practical adoption.

Tendency toward hallucination. LLM operation is based on the probabilistic prediction of text, which results in a tendency toward hallucination — the generation of plausible but factually incorrect or unsubstantiated statements. Combined with bias and limited interpretability of results, this complicates the verification of generated artifacts, compliance checking against actual requirements, and the safe integration of such models into socio-technical systems (Otten et al., 2025).

Insufficient accuracy on complex tasks. Empirical studies show that even for ambiguity detection tasks, LLM accuracy remains moderate: models tend to over-flag complex but correctly formulated requirements as ambiguous, producing a considerable number of false positives and, consequently, requiring further manual review of results ("Assessing the Impact of Requirement Ambiguity," 2026).

Lack of formal traceability. End-to-end generative approaches, unlike methods relying on controlled or templated natural-language input, generally do not produce a formal traceability artifact linking the source requirement to the generated result. This limits the ability to audit the connection between a requirement and its derived artifact

and constitutes a systemic limitation of current end-to-end generative solutions ("AI-Driven Test Case Generation," 2026).

Dependence on prompt quality. The quality of generative model output depends significantly on prompt design: different models and artifact types may require different prompting strategies, and model behavior varies substantially between models ("TraceLLM," 2026). This creates additional requirements for the qualification of specialists applying such models and complicates the reproducibility of results.

Gap between research and practice. A survey of practitioners conducted jointly with the IREB Special Interest Group on AI & RE found that, despite the considerable number of academic publications, the practical applicability of generative AI in requirements engineering and its associated limitations from an industry perspective remain insufficiently studied. Practitioners noted the need to keep stakeholders in the validation loop as a condition for the responsible and trustworthy use of generative models in requirements work ("From Specifications to Prompts," 2024).

Data confidentiality. The use of cloud-based LLMs for working with requirements, which often contain commercially sensitive or confidential information about a client's business processes, creates additional data leakage risks and requires separate organizational and technical protective measures, including the use of locally deployed or open-source models where warranted by security requirements.

5. Conclusions

The analysis conducted shows that generative neural networks, in particular large language models, are a promising tool for supporting requirements engineering processes. Their application covers practically the entire spectrum of tasks in this field — requirements elicitation and classification, detection of ambiguities and inconsistencies, generation of formal specifications (user stories, use case specifications), requirements traceability, and generation of test scenarios based on requirements.

At the same time, the practical adoption of such models is constrained by a number of substantial limitations: a tendency toward hallucination, insufficient accuracy on complex tasks, the lack of formal traceability in end-to-end generative approaches, the dependence of results on prompt quality, and data confidentiality concerns. The gap between the active academic interest in the topic and the limited empirical evidence of practical applicability in industry underscores the need for further research.

Promising directions for further work include:

– developing formal traceability methods for end-to-end generative approaches;

– creating hybrid solutions that combine generative models with formal verification methods;

– investigating effective, task-specific prompting strategies for requirements engineering;

– conducting empirical studies of the practical applicability of generative models on real industrial projects, including data confidentiality issues;

– keeping stakeholders in the validation loop as a condition for the responsible and trustworthy use of generative AI in requirements engineering.

References

1. A test-driven approach for refining use case specifications of software requirements with LLMs. (2025). Springer Nature.
2. AI-driven test case generation from natural language requirements: A survey of techniques and research gaps. (2026). arXiv. https://arxiv.org/abs/2606.06563
3. Arora, C., Grundy, J., & Abdelrazek, M. (2023). Advancing requirements engineering through generative AI: Assessing the role of LLMs. arXiv. https://arxiv.org/abs/2310.13976
4. Assessing the impact of requirement ambiguity on LLM-based function-level code generation. (2026). arXiv. https://arxiv.org/abs/2604.21505
5. Enhancing requirement traceability through data augmentation using large language models. (2025). arXiv. https://arxiv.org/abs/2509.20149
6. From law to Gherkin: A human-centred quasi-experiment on the quality of LLM-generated behavioural specifications from food-safety regulations. (2025). arXiv. https://arxiv.org/abs/2508.20744
7. From specifications to prompts: On the future of generative large language models in requirements engineering. (2024). ResearchGate.
8. International Organization for Standardization. (2018). ISO/IEC/IEEE 29148:2018 — Systems and software engineering — Life cycle processes — Requirements engineering.
9. Large language models for software engineering: A systematic literature review. (2023). arXiv. https://arxiv.org/abs/2308.10620
10. Nuseibeh, B., & Easterbrook, S. (2000). Requirements engineering: A roadmap. In Proceedings of the Conference on the Future of Software Engineering (pp. 35–46). ACM.
11. Oswal, J. U., Kanakia, H. T., & Suktel, D. (2024). Transforming software requirements into user stories with GPT-3.5: An AI-powered approach. In Proceedings of the 2024 2nd International Conference on Intelligent Data Communication Technologies and Internet of Things (IDCIoT) (pp. 913–920). IEEE.
12. Otten, S., Reis, P., Rigoll, P., Ransiek, J., Schürmann, T., Langner, J., & Sax, E. (2025). Generative AI in systems engineering: A framework for risk assessment of large language models. arXiv. https://arxiv.org/abs/2602.04358
13. Requirements ambiguity detection and explanation with LLMs: An industrial study. (2024). Mälardalen University. https://www.ipr.mdu.se/pdf_publications/7221.pdf
14. Ronanki, K., Arvidsson, S., & Axell, J. (2025). Prompt engineering guidelines for using large language models in requirements engineering. arXiv. https://arxiv.org/abs/2507.03405
15. The role of generative AI models in requirements engineering: A systematic literature review. (2025). In Proceedings of the 2025 ACM Southeast Conference.
16. TraceLLM: Leveraging large language models with prompt engineering for enhanced requirements traceability. (2026). arXiv. https://arxiv.org/abs/2602.01253

DOI 10.70286/ISU-15.07.2026.006

МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ ВАЛІДАЦІЇ НЕЙРОМЕРЕЖЕВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ФОРМУВАННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙ КОНТЕНТУ З АДАПТИВНИМ ЗВАЖУВАННЯМ СПОЖИВЧИХ ПРІОРИТЕТІВ

Свергун Марк Миколайович
аспірант
Кафедра комп'ютерних наук та інформаційних систем
Державний торговельно-економічний університет, Україна

Глибокі нейронні мережі сьогодні становлять технологічну основу широкого спектра прикладних інформаційних систем — від інтелектуального аналізу документів [1] до персоналізації цифрового контенту. Рекомендаційні системи є одним із найбільш комерційно значущих застосувань цього класу методів: саме вони визначають, який контент побачить користувач платформи електронної торгівлі, медіасервісу чи освітнього середовища. Водночас у галузі накопичилися системні проблеми оцінювання якості таких систем. Ferrari Dacrema та ін. [2] показали, що значна частина нещодавніх нейромережевих підходів не перевершує ретельно налаштовані класичні базові моделі, а результати, отримані за різними протоколами, є незіставними між собою. Krichene та Rendle [3] довели, що поширена практика обчислення метрик на вибірці негативних прикладів (sampled metrics) систематично спотворює порівняльне ранжування моделей. Відтак достовірність висновків про ефективність нової рекомендаційної технології визначається не лише її архітектурою, а й строгістю методики експериментальної валідації.

Метою роботи є формалізація методики експериментальної валідації нейромережевої технології формування рекомендацій контенту з механізмом адаптивного зважування споживчих пріоритетів (Adaptive Priority Weighting, APW), що розробляється автором у межах дисертаційного дослідження. Методика має забезпечити відтворюваність результатів, їх зіставність із міжнародними дослідженнями та статистичну обґрунтованість висновків.

Об'єкт валідації. Технологія APW ґрунтується на трирівневій ієрархії споживчих пріоритетів: базовий рівень відображає стійкі тематичні вподобання користувача (горизонт формування — місяці), контекстний — поточну сесійну поведінку (хвилини), латентний — довгострокові приховані інтереси (тижні). Релевантність елемента контенту i для користувача u в контексті c обчислюється як зважена сума внесків рівнів:

$$R(u, i, c) = \sum_{k=1}^{3} \alpha_k(c) \cdot f_k(e_u^{(k)}, e_i^{(k)}) \quad (1)$$

де $e_u^{(k)}, e_i^{(k)}$ — векторні подання (ембедінги) користувача та елемента контенту на k-му рівні; f_k — функція відповідності k-го рівня; $\alpha_k(c)$ — контекстно-залежні

ваги, які обчислюються окремою підмережею уваги та задовольняють умови нормування:

$$\sum_{k=1}^{3} \alpha_k(c) = 1, \quad \alpha_k(c) \geq 0. \qquad (2)$$

Інженерна реалізація технології передбачає чотиришаровий конвеєр обробки даних: приймання подій, агрегацію ознак у пакетному та потоковому режимах, гібридне сховище ознак і двоетапне обслуговування запитів за схемою «відбір кандидатів — точне ранжування». Журнал подій виступає єдиним джерелом істини, що усуває розбіжність між даними навчання та обслуговування (training-serving skew) і забезпечує коректність ознак на момент часу (point-in-time correctness), критичну для чесного оцінювання.

Датасети. Для валідації обрано два загальновживані відкриті набори даних. MovieLens-25M [4] містить понад 25 млн оцінок від приблизно 162 тис. користувачів для 62 тис. фільмів із часовими мітками і є фактичним стандартом порівняльних досліджень у галузі. Amazon Reviews [5] (категорії Electronics та Books) — мультидоменний корпус відгуків і метаданих товарів, який дає змогу перевірити перенесення технології між предметними доменами та задіяти текстові ознаки контенту. Наявність часових міток в обох наборах є обов'язковою умовою коректного часового розбиття.

Протокол підготовки даних та оцінювання. Застосовується глобальне часове розбиття вибірки у пропорції 80/10/10 (навчальна, валідаційна, тестова частини) за міткою часу взаємодії, що відтворює реальний сценарій «навчання на минулому — прогнозування майбутнього» та унеможливлює просочування інформації з майбутнього. Виконується фільтрація 5-core — вилучення користувачів та елементів, які мають менш ніж п'ять взаємодій. Усі ознаки формуються з дотриманням point-in-time коректності: для кожної події використовуються лише ті значення ознак, що були доступні на момент її настання. Оцінювання здійснюється шляхом повного ранжування за всім каталогом елементів, без вибіркових негативних прикладів, відповідно до рекомендацій [3].

Базові моделі. Порівняння проводиться з трьома групами моделей: неперсоналізованою MostPopular як нижньою межею якості; класичними нейромережевими моделями NCF [6] та Wide & Deep [7]; сучасними послідовними та графовими архітектурами SASRec [8], BERT4Rec [9] і LightGCN [10]. Для кожної базової моделі виконується пошук гіперпараметрів з однаковим обчислювальним бюджетом, оскільки, як показано у [2], саме несправедливе налаштування конкурентних методів є головним джерелом хибних висновків про перевагу нових підходів.

Система метрик. Використовуються чотири групи показників, узагальнені в табл. 1. Основним зрізом ранжування обрано K = 10; додатково звітуються значення для K = 20 та K = 50.

Таблиця 1. Система метрик експериментальної валідації

Група метрик	Показники	Призначення
Точність ранжування	HR@10, NDCG@10, MRR	Якість упорядкування топ-K рекомендацій
Різноманітність і покриття	Coverage@50, ILD	Широта охоплення каталогу, несхожість елементів у списку
Стійкість	ΔNDCG@10 між часовими зрізами	Чутливість до дрейфу вподобань користувачів
Інженерні характеристики	Латентність p95, пропускна здатність	Придатність до промислової експлуатації в режимі реального часу

Аблаційний аналіз. Для встановлення внеску окремих компонентів технології передбачено чотири конфігурації: A1 — заміна адаптивних ваг рівномірними (перевірка ефекту власне механізму APW); A2 — вилучення контекстного рівня; A3 — вилучення латентного рівня; A4 — використання навчених, але контекстно-незалежних ваг (перевірка цінності саме адаптивності до контексту).

Статистична обґрунтованість. Кожна конфігурація навчається п’ять разів із різними початковими ініціалізаціями; звітуються середні значення метрик та стандартні відхилення. Статистична значущість відмінностей перевіряється парним критерієм Вілкоксона за розподілами користувацьких значень NDCG@10 із поправкою Голма на множинні порівняння; поріг значущості — 0,05.

Відтворюваність. Експериментальне середовище фіксується засобами контейнеризації (Docker); версії наборів даних, конфігурації моделей та значення випадкових зерен протоколюються у системі відстеження експериментів MLflow, що уможливлює точне відтворення кожного запуску.

Гіпотези дослідження. У межах валідації перевіряються чотири гіпотези: H1 — конфігурація з APW статистично значуще перевершує найкращу базову модель за NDCG@10 в обох предметних доменах; H2 — адаптивні контекстно-залежні ваги забезпечують приріст якості порівняно з рівномірними та контекстно-незалежними (конфігурації A1, A4); H3 — трирівнева структура пріоритетів зменшує деградацію якості на віддалених часових зрізах тестової вибірки, тобто підвищує стійкість до дрейфу вподобань; H4 — латентність p95 двоетапної схеми обслуговування не перевищує 300 мс, що відповідає вимогам промислової експлуатації.

Висновки. Сформовано методику експериментальної валідації нейромережевої технології рекомендацій контенту з адаптивним зважуванням споживчих пріоритетів, яка поєднує часово-коректний протокол підготовки даних, повне ранжування за каталогом, справедливе налаштування базових моделей, аблаційний аналіз, статистичну перевірку значущості та засоби забезпечення відтворюваності. Запропонована методика усуває типові джерела недостовірності порівняльних досліджень рекомендаційних систем і становить основу експериментального розділу дисертаційного дослідження автора. Наступним етапом є програмна реалізація описаного протоколу та оприлюднення результатів валідації.

Список використаних джерел

1. Pursky, O., Filimonova, T., Selivanova, A., Minetska, S., & Demidov, P. (2025). Deep learning-based system for document analysis and classification. In Applied Information Systems and Technologies in the Digital Society (CEUR Workshop Proceedings, Vol. 4133, pp. 100–115). CEUR-WS.org.
2. Ferrari Dacrema, M., Cremonesi, P., & Jannach, D. (2019). Are we really making much progress? A worrying analysis of recent neural recommendation approaches. In Proceedings of the 13th ACM Conference on Recommender Systems (pp. 101–109). ACM.
3. Krichene, W., & Rendle, S. (2020). On sampled metrics for item recommendation. In Proceedings of the 26th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery & Data Mining (pp. 1748–1757). ACM.
4. Harper, F. M., & Konstan, J. A. (2015). The MovieLens datasets: History and context. ACM Transactions on Interactive Intelligent Systems, 5(4), Article 19.
5. Ni, J., Li, J., & McAuley, J. (2019). Justifying recommendations using distantly-labeled reviews and fine-grained aspects. In Proceedings of the 2019 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP-IJCNLP) (pp. 188–197). ACL.
6. He, X., Liao, L., Zhang, H., Nie, L., Hu, X., & Chua, T.-S. (2017). Neural collaborative filtering. In Proceedings of the 26th International Conference on World Wide Web (pp. 173–182).
7. Cheng, H.-T., Koc, L., Harmsen, J., Shaked, T., Chandra, T., Aradhye, H., et al. (2016). Wide & deep learning for recommender systems. In Proceedings of the 1st Workshop on Deep Learning for Recommender Systems (pp. 7–10). ACM.
8. Kang, W.-C., & McAuley, J. (2018). Self-attentive sequential recommendation. In 2018 IEEE International Conference on Data Mining (ICDM) (pp. 197–206). IEEE.
9. Sun, F., Liu, J., Wu, J., Pei, C., Lin, X., Ou, W., & Jiang, P. (2019). BERT4Rec: Sequential recommendation with bidirectional encoder representations from transformer. In Proceedings of the 28th ACM International Conference on Information and Knowledge Management (pp. 1441–1450). ACM.
10. He, X., Deng, K., Wang, X., Li, Y., Zhang, Y., & Wang, M. (2020). LightGCN: Simplifying and powering graph convolution network for recommendation. In Proceedings of the 43rd International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval (pp. 639–648). ACM.

МЕТОД ОЦЕНКИ КИБЕРФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ В ДИНАМИЧЕСКОЙ СРЕДЕ

Кубышов Ильгар Надир
Гянджинский Государственный Университет

Аннотация: Цифровая трансформация промышленности, внедрение сенсорных технологий способствуют широкому распространению киберфизических систем (КПС), объединяющих физические и цифровые процессы. Однако с их развитием возрастает уязвимость к информационным угрозам, способным нарушить как информационный поток, так и физическую работу систем. Актуальность разработки методов оценки безопасности связана с рисками техногенных и социальных последствий атак. В статье рассматриваются типичные угрозы для КПС: модификация данных, дистанционное управление и эксплуатация уязвимостей.

Ключевые слова: метод оценки, киберфизическая система, качественный и количественный анализ.

Цифровая трансформация существующих видов деятельности и развитие сенсорных технологий обусловили широкое распространение киберфизических систем, реализующих физические процессы посредством обмена данными между взаимосвязанными компонентами.

Киберфизические системы, тесно интегрированные в критическую информационную инфраструктуру, являются объектами повышенного внимания с точки зрения информационной безопасности. Реализация угроз информационной безопасности в отношении таких систем может привести к серьёзным техногенным и экологическим катастрофам, а также к человеческим жертвам.

Концепция информационной безопасности киберфизических систем расширяется и дополняет традиционный подход, ориентированный на обеспечение конфиденциальности, целостности и доступности обрабатываемой информации. Современная концепция также предусматривает обеспечение корректного функционирования системы в условиях деструктивных информационных воздействий [2].

Риск нарушения информационной безопасности представляет собой вероятность реализации угрозы. Наличие угроз в киберфизической системе может быть выявлено посредством мониторинга её функционирования. Инцидент информационной безопасности определяется как возникновение одного или нескольких нежелательных либо непредвиденных событий, связанных с нарушением информационной безопасности. Риски информационной безопасности в киберфизических системах возникают в результате взаимодействия компонентов внутри системы, обмена данными между системой и внешней средой, а также взаимодействия системы с авторизованными пользователями.

Киберфизические системы (КФС), являющиеся основой внедрения многих современных инновационных решений, характеризуются высокой уязвимостью к успешным информационным атакам, способным привести к критическим отказам или иным серьёзным негативным последствиям.

К числу наиболее характерных угроз для киберфизических систем относятся:

- перехват и внедрение данных на уровне взаимодействия между программируемыми логическими контроллерами (ПЛК) КФС;
- модификация данных, поступающих от компонентов КФС;
- несанкционированный захват управления отдельными устройствами КФС;
- атаки типа «отказ в обслуживании» (DoS) на компоненты КФС;
- изменение таблиц маршрутизации;
- модификация аппаратного и программного обеспечения;
- удалённое выполнение вредоносного кода;
- изменение или удаление данных, передаваемых по каналам связи;
- изменение системного времени;
- несанкционированное изменение структуры киберфизической системы.

Оценка и управление рисками являются одними из ключевых направлений обеспечения информационной безопасности киберфизических систем (КФС). Основная цель данного процесса заключается в своевременном выявлении и идентификации критически важных активов системы, анализе существующих угроз и уязвимостей, оценке вероятности реализации потенциальных атак, а также определении возможного ущерба, который может быть нанесён в результате нарушения функционирования КФС. Полученные результаты служат основой для выбора и реализации эффективных мер защиты, направленных на снижение уровня риска до допустимого значения и обеспечение устойчивого функционирования системы.

Процесс оценки рисков включает несколько последовательных этапов: идентификацию активов и их ценности, выявление возможных источников угроз, анализ уязвимостей аппаратных, программных и коммуникационных компонентов системы, определение вероятности реализации угроз, а также оценку последствий возможных инцидентов информационной безопасности. Комплексный анализ перечисленных факторов позволяет определить уровень риска для каждого элемента киберфизической системы и установить приоритетность мероприятий по его минимизации.

В настоящее время применяются два основных подхода к оценке рисков: качественный и количественный. Качественная оценка основывается преимущественно на экспертных знаниях и опыте специалистов, использующих лингвистические категории, такие как «низкий», «средний» и «высокий» уровень риска. Данный подход отличается простотой реализации и широко применяется в случаях недостаточности статистических данных или невозможности получения точных количественных характеристик угроз и уязвимостей.

Количественная оценка рисков, напротив, предполагает использование математических моделей, статистических методов и вероятностного анализа для

расчёта числовых показателей риска. При этом учитываются вероятность реализации угроз, степень уязвимости системы, стоимость защищаемых активов и величина потенциального ущерба. Такой подход позволяет получить объективную количественную оценку риска, сравнить различные сценарии развития событий, определить экономическую эффективность защитных мер и обосновать принятие решений по управлению информационной безопасностью киберфизических систем. В условиях современных КФС, характеризующихся высокой степенью интеграции физических и информационных компонентов, наибольшую эффективность демонстрирует комбинированный подход, объединяющий преимущества качественных экспертных оценок и количественных методов анализа рисков [3].

С углублением интеграции информационных технологий и индустриализации значительно увеличивается количество объектов и масштаб сети, что делает защиту информационной безопасности на протяжении всего жизненного цикла КФС более сложной задачей. Совместная стратегия управления на основе технологии блокчейн стала новым перспективным направлением информационной безопасности. Технология блокчейн обеспечивает отказоустойчивость, гарантирует целостность, согласованность, подлинность и невозможность отказа от авторства хранимых и передаваемых данных, представляя собой распределенную одноранговую интеллектуальную систему учета на основе криптографии. Технология блокчейн может применяться для идентификации, аутентификации, децентрализованных сетей промышленных объектов и информационной безопасности промышленных данных.

Список использованной литературы

1. Journal of Computer Information Systems. 2014
2. М.В.Ромынински. Основы мобильной связи. 2014
3. В.М.Вдовин. Экономические информационные системы. 2016

SECTION: JURISPRUDENCE

ЦИФРОВІЗАЦІЯ ПРАВООХОРОННОЇ ДІЯЛЬНОСТІ: ПРАВОВІ ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ В УМОВАХ ОХОРОНИ ДЕРЖАВНОГО КОРДОНУ УКРАЇНИ

Скринтовський Максим Сергійович
курсант
Магера Максим Володимирович
курсант
Тарнаруцька Ангеліна Вікторівна
курсант
Національна академія
Державної Прикордонної служби
України ім. Богдана Хмельницького, Україна

Анотація. У статті досліджуються правові аспекти цифровізації правоохоронної діяльності в контексті охорони державного кордону України. Розглядаються ключові виклики, пов'язані з упровадженням інформаційних технологій у прикордонній службі, а також перспективи розвитку нормативно-правової бази у сфері цифрової трансформації державних органів.

Ключові слова: цифровізація, правоохоронна діяльність, державний кордон, інформаційні технології, правове регулювання, кібербезпека.

Вступ

Сучасні тенденції розвитку державного управління та правоохоронної діяльності нерозривно пов'язані з активним упровадженням цифрових технологій. Питання цифровізації набувають особливої актуальності для органів, що забезпечують охорону державного кордону, оскільки ефективне виконання їх функцій безпосередньо залежить від своєчасного отримання та обробки інформації. В умовах гібридних загроз і зростаючої кількості правопорушень у прикордонній сфері використання інноваційних технологічних рішень стає не лише перевагою, а й об'єктивною необхідністю.

Водночас цифрова трансформація правоохоронних органів супроводжується низкою правових і організаційних викликів. Відсутність комплексного законодавчого регулювання, прогалини у сфері захисту персональних даних, проблеми кібербезпеки та необхідність міжнародної взаємодії ставлять перед законодавцем і практиками серйозні завдання. Зазначені обставини зумовлюють наукову та практичну значущість дослідження правових аспектів цифровізації прикордонної служби України.

Правові засади цифровізації правоохоронної діяльності

Правовою основою цифровізації державних органів України є Концепція розвитку цифрової економіки та суспільства України на 2018–2020 роки,

Стратегія цифрової трансформації сфери безпеки та оборони, а також низка законодавчих актів, зокрема Закони України «Про захист персональних даних», «Про інформацію», «Про основні засади забезпечення кібербезпеки України». Відповідно до чинного законодавства, органи Державної прикордонної служби України (ДПСУ) наділені повноваженнями щодо збору, обробки та зберігання інформації, необхідної для виконання своїх завдань [1].

Разом із тим існуючий нормативно-правовий масив не повною мірою враховує специфіку застосування штучного інтелекту, великих даних (Big Data), дронових технологій та систем біометричної ідентифікації в правоохоронній діяльності. Це створює правові прогалини, які можуть призводити до порушень прав людини або неефективного використання технологічних рішень у прикордонній сфері. Очевидною є потреба у формуванні спеціального законодавства, яке б регулювало застосування цифрових інструментів у роботі силових структур [2].

Виклики цифровізації в охороні державного кордону

Упровадження цифрових технологій у діяльність ДПСУ зіштовхується з рядом практичних і правових проблем. По-перше, використання автоматизованих систем розпізнавання осіб і транспортних засобів порушує питання щодо меж допустимого спостереження та дотримання права на приватність. По-друге, накопичення значних масивів даних потребує надійного правового захисту від несанкціонованого доступу, витоку або зловживань. По-третє, транскордонний характер діяльності прикордонної служби вимагає правової гармонізації з нормами ЄС, зокрема з Регламентом GDPR у частині захисту персональних даних [3].

Окремої уваги заслуговують питання кібербезпеки. Цифрові системи управління кордоном є потенційними об'єктами кібератак з боку як терористичних угруповань, так і спецслужб ворожих держав. Відповідно, правова регламентація захисту критичної інфраструктури прикордонного відомства є першочерговим завданням для законодавця. Необхідно визначити стандарти захисту інформаційних систем, порядок реагування на кіберінциденти та відповідальність за їх вчинення [4].

Перспективи розвитку правового регулювання

З огляду на виявлені проблеми, доцільним є розроблення та прийняття спеціального законодавчого акта про цифровізацію правоохоронної діяльності, який би системно врегульовував питання застосування інформаційних технологій у роботі силових структур. Такий акт мав би охоплювати стандарти збору та обробки даних, умови використання штучного інтелекту для прийняття рішень, порядок міжнародного обміну інформацією, а також механізми парламентського та громадського контролю за цифровими системами правоохоронних органів.

Також важливим напрямом є адаптація законодавства України до acquis communautaire ЄС, що є умовою євроінтеграції та забезпечить визнання українських стандартів захисту даних на міжнародному рівні. Паралельно необхідно розвивати відомчу нормативну базу ДПСУ, яка б деталізувала порядок застосування конкретних технологічних рішень і встановлювала дисциплінарну та юридичну відповідальність за їх неналежне використання [5].

Висновки

Цифровізація правоохоронної діяльності є об'єктивним і невідворотним процесом, який відкриває широкі можливості для підвищення ефективності охорони державного кордону України. Водночас цей процес супроводжується серйозними правовими викликами, що потребують комплексного законодавчого вирішення. Формування сучасної правової бази у сфері цифрової трансформації силових структур, гармонізованої зі стандартами ЄС, є пріоритетним завданням як для науковців, так і для законодавців. Лише поєднання технологічного прогресу з належним правовим регулюванням здатне забезпечити ефективну, законну та безпечну діяльність прикордонної служби в умовах сучасних викликів.

Список використаних джерел

1. Про Державну прикордонну службу України : Закон України від 03.04.2003 № 661-IV. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/661-15.
2. Про основні засади забезпечення кібербезпеки України : Закон України від 05.10.2017 № 2163-VIII. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2163-19.
3. Про захист персональних даних : Закон України від 01.06.2010 № 2297-VI. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2297-17.
4. Стратегія кібербезпеки України : затв. Указом Президента України від 26.08.2021 № 447/2021. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/447/2021.
5. Regulation (EU) 2016/679 of the European Parliament and of the Council of 27 April 2016 (General Data Protection Regulation). Official Journal of the European Union. 2016. L 119. P. 1–88.

РИЗИК-ОРІЄНТОВАНА МОДЕЛЬ АДМІНІСТРАТИВНО-ПРАВОВОГО РЕГУЛЮВАННЯ МЕДІА В ІНТЕРЕСАХ НАЦІОНАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ

Лимар Олександр Леонідович
аспірант
Міжнародний економіко-гуманітарний університет
імені Степана Дем’янчука, адвокат
https://orcid.org/0009-0006-0310-6582

Інформаційний простір в умовах повномасштабної війни перестав бути лише середовищем поширення новин, політичних коментарів чи публічних дискусій. Він став самостійним простором безпекового протистояння, у якому медіа, онлайн-платформи, соціальні мережі, блогери, державні комунікаційні канали та інші учасники інформаційних відносин здатні як зміцнювати суспільну стійкість, так і створювати ризики для державного суверенітету, територіальної

цілісності, демократичного конституційного ладу й прав людини. У таких умовах адміністративно-правове регулювання діяльності медіа не може зводитися лише до реєстрації, ліцензування або застосування санкцій. Воно має розглядатися як система публічного управління, орієнтована на виявлення ризиків, запобігання небезпечним інформаційним практикам і збереження свободи вираження поглядів.

Метою дослідження є обґрунтування ризик-орієнтованої моделі адміністративно-правового регулювання медіа в інтересах національної безпеки України. Така модель передбачає, що інтенсивність державного втручання повинна залежати не від політичної незручності інформації, не від критичного ставлення медіа до органів влади, а від реального характеру загрози, яку створює відповідна інформаційна діяльність.

Конституційна основа адміністративно-правового регулювання медіа в Україні формується через поєднання трьох взаємопов'язаних положень Основного Закону. По-перше, відповідно до ст. 15 Конституції України, суспільне життя ґрунтується на засадах політичної, економічної та ідеологічної багатоманітності, жодна ідеологія не може визнаватися державою як обов'язкова, а цензура прямо заборонена [1]. По-друге, ст. 17 Конституції України відносить захист суверенітету і територіальної цілісності України, а також забезпечення її економічної та інформаційної безпеки до найважливіших функцій держави і справи всього Українського народу [1]. По-третє, ч. 1-2 ст. 34 Конституції України гарантують кожному право на свободу думки і слова, на вільне вираження своїх поглядів і переконань, а також право вільно збирати, зберігати, використовувати і поширювати інформацію усно, письмово або в інший спосіб на власний вибір. Водночас ч. 3 ст. 34 Конституції України допускає обмеження здійснення цих прав законом в інтересах національної безпеки, територіальної цілісності або громадського порядку, для запобігання заворушенням чи злочинам, охорони здоров'я населення, захисту репутації або прав інших людей, запобігання розголошенню інформації, одержаної конфіденційно, або підтримання авторитету і неупередженості правосуддя [1].

Аналогічна логіка закріплена у ст. 10 Конвенції про захист прав людини і основоположних свобод. Згідно з п. 1 ст. 10 Конвенції, право на свободу вираження поглядів включає свободу дотримуватися своїх поглядів, одержувати і передавати інформацію та ідеї без втручання органів державної влади і незалежно від кордонів. Водночас п. 2 ст. 10 Конвенції прямо передбачає, що здійснення цих свобод пов'язане з обов'язками і відповідальністю та може підлягати формальностям, умовам, обмеженням або санкціям, якщо вони встановлені законом і є необхідними в демократичному суспільстві, зокрема в інтересах національної безпеки, територіальної цілісності, громадської безпеки, запобігання заворушенням чи злочинам, захисту репутації або прав інших осіб, запобігання розголошенню конфіденційної інформації чи підтримання авторитету і безсторонності суду [2]. Отже, і національний, і європейський правовий підхід виходять не з абсолютності свободи медіа, а з необхідності її поєднання з юридично визначеними межами відповідальності.

У сфері медіа ця формула конкретизується положеннями Закону України «Про медіа» від 13.12.2022 р. № 2849-IX. Зокрема, ст. 35 Закону покладає на суб'єктів у сфері медіа обов'язок отримувати ліцензію, проходити реєстрацію або отримувати дозвіл на тимчасове мовлення у випадках, передбачених законом; подавати Національній раді України з питань телебачення і радіомовлення відомості про структуру власності; розміщувати актуальні відомості про структуру власності на власному вебсайті; дотримуватися умов ліцензії або дозволу на тимчасове мовлення; виконувати інші вимоги та заборони, встановлені законодавством [3]. Водночас ст. 36 Закону України «Про медіа» встановлює змістовні обмеження щодо поширення інформації в медіа та на платформах спільного доступу до відео. Зокрема, забороняється поширювати заклики до насильницької зміни чи повалення конституційного ладу, розв'язування або ведення агресивної війни чи воєнного конфлікту, порушення територіальної цілісності України, ліквідації незалежності України, а також інформацію, яка виправдовує чи пропагує такі дії; висловлювання, що розпалюють ненависть, ворожнечу чи жорстокість щодо окремих осіб або груп осіб; заклики до тероризму чи терористичних актів або інформацію, що виправдовує чи схвалює такі дії; матеріали, що містять пропаганду російського тоталітарного режиму та збройної агресії Російської Федерації як держави-терориста проти України.

Отже, завдання держави у сфері адміністративно-правового регулювання медіа полягає не у придушенні медійної активності та не у встановленні ідеологічного контролю над інформаційним простором, що прямо суперечило б ст. 15 Конституції України. Йдеться про правове відмежування правомірної журналістської діяльності, критики влади та суспільно значущої публічної дискусії від інформаційних практик, які прямо підпадають під законодавчо визначені заборони і створюють реальну загрозу національній безпеці. Саме такий підхід дозволяє поєднати конституційну заборону цензури, свободу вираження поглядів, європейський стандарт необхідності обмежень у демократичному суспільстві та обов'язок держави забезпечувати інформаційну безпеку України.

Ризик-орієнтований підхід дозволяє уникнути двох крайнощів. Перша крайність – надмірне втручання держави, за якого будь-яка критична або незручна інформація може сприйматися як потенційна загроза. Друга – повна пасивність держави, коли під гаслом свободи слова ігноруються дезінформаційні кампанії, ворожі інформаційні операції, прихована пропаганда або системне поширення шкідливого контенту. Обидва підходи є небезпечними: перший підриває демократичний характер держави, другий – послаблює її здатність захищати суспільство від інформаційної агресії.

Доцільно розрізняти щонайменше три рівні інформаційного ризику. Перший рівень охоплює процедурні або організаційні порушення: несвоєчасне подання відомостей, помилки у вихідних даних, окремі недоліки маркування чи незначні відхилення від установлених правил діяльності. У таких випадках пріоритетними мають бути роз'яснення, припис, попередження, методична

допомога та добровільне усунення порушення. Другий рівень становлять порушення, що впливають на права аудиторії, прозорість медіавласності, рекламні стандарти, виборчі процедури або добросовісну конкуренцію. Тут виправданим є застосування штрафів, посиленого моніторингу, вимог щодо усунення порушень або інших коригувальних заходів. Третій рівень утворюють дії, які мають очевидний безпековий характер: виправдання збройної агресії проти України, поширення закликів до насильницької зміни конституційного ладу, сприяння ворожим інформаційним операціям, розголошення чутливої інформації воєнного характеру. У таких випадках можуть застосовуватися більш суворі заходи реагування – штраф, тимчасова заборона поширення онлайн-медіа, скасування реєстрації, заборона поширення відповідного медіа або звернення до суду щодо анулювання ліцензії чи застосування інших передбачених законом заходів реагування [3].

Водночас ризик-орієнтована модель не повинна перетворюватися на механізм політичної доцільності. Для цього необхідні чіткі процедурні запобіжники. По-перше, будь-яке втручання у діяльність медіа має спиратися на закон, а не на розширене тлумачення безпекових інтересів. По-друге, рішення регулятора повинне бути мотивованим: у ньому має бути зазначено, яке саме порушення виявлено, яку норму порушено, чому обраний захід є необхідним і чому менш суворі засоби не забезпечать належного результату. По-третє, суб’єкт у сфері медіа повинен мати реальну можливість надати пояснення, усунути порушення, оскаржити рішення та отримати судовий захист. Без таких гарантій навіть формально законне втручання може втратити легітимність.

Особливе місце у цій системі належить Національній раді України з питань телебачення і радіомовлення. Відповідно до ст. 90 Закону України «Про медіа», Національна рада бере участь у розробці та реалізації державної політики у сфері медіа, здійснює аналіз стану розвитку медіасфери, проводить або замовляє дослідження, визначає умови ліцензій, проводить конкурси на отримання ліцензій і взаємодіє з іноземними провайдерами платформ спільного доступу до інформації та пошуковими системами [3]. Безпосередня контрольно-наглядова компетенція регулятора закріплена у ст. 97 цього Закону: Національна рада здійснює нагляд і контроль за дотриманням суб’єктами у сфері медіа законодавства та/або умов ліцензій, зокрема через офіційний моніторинг, перевірки та заходи реагування. У разі виявлення порушень, згідно зі ст. 99 Закону України «Про медіа», вона може застосовувати припис, штраф, тимчасову заборону поширення онлайн-медіа, а також у передбачених законом випадках ухвалювати рішення про скасування реєстрації чи заборону поширення відповідного медіа або звертатися до суду щодо анулювання ліцензії, скасування реєстрації чи застосування інших заходів реагування. Однак ефективність регулятора залежить не лише від формального обсягу його повноважень. Не менш важливими є кадрова, фінансова, технологічна та аналітична спроможність, оскільки в умовах цифрової трансформації традиційний контроль за телерадіомовленням уже не охоплює всього масиву інформаційних ризиків. Значна частина небезпечного контенту поширюється через онлайн-платформи,

месенджери, анонімні канали, короткі відеоформати та алгоритмічні рекомендаційні системи. Тому держава має поступово переходити від переважно ручного моніторингу до технологічно підтриманої моделі виявлення ризиків. Водночас автоматизовані інструменти не повинні підміняти юридичну оцінку, оскільки остаточне рішення про наявність порушення має залишатися за компетентним органом із дотриманням процедури перевірки, передбаченої ст.ст. 103-104 Закону України «Про медіа», та процесуальних прав суб'єкта у сфері медіа, зокрема права на подання пояснень, доказів, клопотань і користування правовою допомогою, закріплених у ст. 105 цього Закону [3].

Окремим напрямом розвитку має стати медійний комплаєнс. Відповідальність за безпеку інформаційного простору не може покладатися виключно на державу. Професійні медіа мають запроваджувати внутрішні стандарти перевірки джерел, маркування рекламних і партнерських матеріалів, реагування на скарги, виправлення помилок, модерації користувацького контенту, захисту персональних даних і роботи з чутливою інформацією в умовах воєнного стану. Такий підхід відповідає ідеї співрегулювання, за якої держава встановлює обов'язкові правові рамки, а професійна спільнота бере участь у виробленні практичних стандартів належної поведінки.

У цьому контексті адміністративне право виконує не лише обмежувальну, а й організаційну функцію. Воно має створювати умови, за яких добросовісна поведінка стає для медіасуб'єкта більш передбачуваною, безпечною та професійно вигідною. Якщо редакція має внутрішні правила верифікації, журнал модерації, порядок реагування на скарги, механізм виправлення помилок і процедури роботи з ризиковим контентом, це знижує ймовірність порушень і водночас полегшує доказування її добросовісності у разі спору з регулятором.

Важливим є і питання взаємодії з цифровими платформами. Європейський Союз уже закріпив підхід, за якого дуже великі онлайн-платформи та дуже великі онлайн-пошукові системи розглядаються не лише як технічні посередники, а як суб'єкти з підвищеними обов'язками щодо оцінки й пом'якшення системних ризиків, прозорості алгоритмічних процесів, реагування на незаконний контент і захисту користувачів, що випливає зі ст.ст. 34-35 Regulation (EU) 2022/2065 [4]. Для України цей досвід має практичне значення, оскільки значна частина дезінформаційних кампаній поширюється через сервіси, які не мають повноцінної юрисдикційної прив'язки до українського правового простору. Тому перспективною є модель, у якій медіарегулятор, органи кібербезпеки, правоохоронні органи та міжнародні партнери діють узгоджено, формуючи зрозумілі процедури повідомлення платформ про небезпечний контент і забезпечення його належної оцінки.

Ризик-орієнтоване регулювання медіа має також локальний вимір. На рівні територіальних громад інформаційні потреби населення задовольняються нерівномірно. В окремих регіонах громадяни мають обмежений доступ до якісної локальної журналістики, а місцеві медіа залежать від вузького кола фінансових або політичних центрів впливу. У таких умовах чутки, маніпуляції та ворожі інформаційні повідомлення поширюються швидше, ніж офіційні

пояснення або перевірена інформація. Тому підтримка незалежної регіональної журналістики, розвиток офіційних комунікацій громад, прозорість діяльності органів місцевої влади та підвищення медіаграмотності населення мають розглядатися як елементи національної безпеки, а не лише як питання культурної чи інформаційної політики.

Отже, адміністративно-правове регулювання медіа в інтересах національної безпеки України має розвиватися як гнучка, диференційована і процедурно захищена система. Її основою повинні бути оцінка ризику, пропорційність втручання, прозорість рішень, професійний комплаєнс медіа, технологічна модернізація моніторингу та ефективний судовий контроль. Такий підхід дозволяє поєднати дві цілі, які в умовах війни часто сприймаються як конфліктні: захист держави від деструктивних інформаційних впливів і збереження демократичного характеру українського інформаційного простору.

Список використаних джерел

1. Конституція України від 28.06.1996 р. № 254к/96-ВР. Відомості Верховної Ради України, 1996. № 30. Ст. 141.
2. Конвенція про захист прав людини і основоположних свобод від 04.11.1950 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_004#Text (дата звернення: 10.07.2026).
3. Про медіа: Закон України від 13.12.2022 р. № 2849-IX. Відомості Верховної Ради України, 2023. №№ 47-50. Ст. 120.
4. Regulation (EU) 2022/2065 of the European Parliament and of the Council of 19 October 2022 on a Single Market For Digital Services and amending Directive 2000/31/EC (Digital Services Act). URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32022R2065 (дата звернення: 10.07.2026).

ЗАРУБІЖНІ МОДЕЛІ ЦИФРОВОГО СУДОВОГО АДМІНІСТРУВАННЯ: ОРІЄНТИРИ ДЛЯ УКРАЇНИ

Дубовик Олег Віталійович
аспірант
Міжнародний економіко-гуманітарний університет
імені Степана Дем’янчука, адвокат
https://orcid.org/0009-0002-0249-4465

Цифровізація судової системи не зводиться до заміни паперового документа електронним. Вона змінює розподіл адміністративної компетенції, порядок обміну даними, умови доступу до матеріалів справи та критерії оцінювання судових послуг. Через це зарубіжний досвід доцільно досліджувати не за кількістю онлайн-сервісів, а за способом їх правового й організаційного включення до судової системи.

Метою дослідження є порівняння моделей цифрового судового адміністрування Естонської Республіки, Федеративної Республіки Німеччина, Французької Республіки, Англії та Уельсу й визначення рішень, придатних для розвитку інформаційної діяльності судів в Україні.

Естонська інтегрована модель

Естонська Республіка побудувала багаторівневу систему, у якій різні інформаційні ресурси виконують окремі функції. Центральна електронна справа (e-File) надає узагальнену інформацію про етапи цивільних, адміністративних, кримінальних проваджень і справ про проступки та забезпечує одночасний обмін між судами, прокуратурою, поліцією, установами виконання покарань і учасниками процесу [2]. Безпосередня робота судів здійснюється через Судову інформаційну систему (Court Information System, KIS), яка охоплює реєстрацію справ і засідань, автоматизований розподіл, формування повісток, публікацію рішень та збирання метаданих [1].

Для громадян і професійних представників функціонує Публічна електронна справа (Public e-File). Вона дозволяє ініціювати окремі провадження, подавати документи, контролювати рух справи та переглядати лише ті матеріали, до яких користувач має право доступу [3]. Відокремлення внутрішньої платформи від зовнішнього кабінету зменшує ризик надмірного доступу: зручність сервісу не досягається шляхом відкриття внутрішнього робочого середовища суду.

Міжвідомча взаємодія спирається на державний рівень обміну X-tee – технологічне й організаційне середовище для захищеного передавання даних між його учасниками [7]. Інформація залишається у відповідального володільця, а обмін супроводжується автентифікацією, визначенням прав доступу та створенням журналів. Розподілена архітектура дає змогу уникати повторного витребування офіційних відомостей у громадянина, але не звільняє суд від оцінювання їх юридичного значення і перевірки заперечень сторони.

Німецька федеративно-координаційна модель

У Федеративній Республіці Німеччина значна частина повноважень у сфері судового адміністрування належить землям. Узгодженість забезпечує Рада електронного правосуддя (E-Justice-Rat), створена на підставі угоди федерації і земель, підписаної у червні 2012 р. [6]. До її завдань належать координація спільних проєктів, установлення судових IT-стандартів, стандартів інтероперабельності та інформаційної безпеки. Постійною робочою ланкою Ради є Федерально-земельна комісія з інформаційних технологій у сфері юстиції (Bund-Länder-Kommission für Informationstechnik in der Justiz, BLK).

Процесуальні гарантії електронної комунікації визначено Цивільним процесуальним кодексом Німеччини від 30 січня 1877 р. у редакції офіційного оприлюднення від 5 грудня 2005 р. (Zivilprozessordnung, ZPO) [14]. Параграф 130a установлює вимоги до електронного документа, моментом надходження якого є збереження на призначеному для приймання пристрої суду; відправникові надається автоматизоване підтвердження. Параграф 130d передбачає обов’язкове електронне подання для адвокатів і органів влади, але

дозволяє інший спосіб у разі тимчасової технічної неможливості за умови її пояснення. За § 298a процесуальні справи ведуться в електронній формі.

Німецька модель доводить, що єдність судового середовища не потребує одного програмного продукту для всіх установ. Сумісність може забезпечуватися обов'язковими форматами документів, класифікаторами, програмними інтерфейсами, правилами ідентифікації та спільними вимогами до безпеки.

Французька модель відкритих судових даних

Французька Республіка становить інтерес у частині централізованого оприлюднення судових рішень. Стаття L.111-13 Кодексу організації судової системи (Code de l'organisation judiciaire), чинна в редакції Закону Французької Республіки № 2019-222 від 23 березня 2019 р., передбачає безоплатне надання громадськості рішень судів загальної юрисдикції в електронній формі та обов'язкове приховування імен і прізвищ фізичних осіб – сторін і третіх осіб [4]. Ця ж стаття обмежує повторне використання ідентифікаційних даних суддів і працівників канцелярії для оцінювання, порівняння або прогнозування їх професійної практики.

Декретом Французької Республіки № 2020-797 від 29 червня 2020 р. про надання громадськості рішень судів загальної та адміністративної юрисдикції (Décret n° 2020-797 du 29 juin 2020 relatif à la mise à la disposition du public des décisions des juridictions judiciaires et administratives) [5] визначено процедури публікації, додаткового приховування ідентифікаційних відомостей та перегляду відповідних рішень. За електронне оприлюднення актів адміністративної юстиції відповідає Державна рада Франції (Conseil d'État), а рішень судів загальної юрисдикції – Касаційний суд Франції (Cour de cassation).

Централізація забезпечує єдині формати, метадані й методологію псевдонімізації. Разом із тим додаткове приховування залежить від обставин конкретної справи, оскільки вилучення лише прізвища не завжди запобігає повторній ідентифікації за адресою, професією, складом сім'ї або сукупністю інших відомостей. Надмірне вилучення також небажане: воно може позбавити рішення фактів, необхідних для розуміння правової позиції.

Сервісно орієнтована модель Англії та Уельсу

В Англії та Уельсі цифрові судові послуги розвиває Служба судів і трибуналів Його Величності (His Majesty's Courts and Tribunals Service, HMCTS). Рамковий документ HMCTS від липня 2014 р. № Cm 8882 визначає її як виконавче агентство Міністерства юстиції, що діє на основі партнерства Лорда-канцлера, Голови судової влади Англії та Уельсу і Голови системи трибуналів [9]. Така конструкція відокремлює професійне управління інфраструктурою від розгляду справ, але зберігає інституційну участь судової влади у прийнятті стратегічних рішень.

Характерною рисою британського підходу є оцінювання цифрових реформ за їх фактичними наслідками. Тематичний звіт Міністерства юстиції Сполученого Королівства «HMCTS Reform Evaluation Thematic Report: Digitalisation», оприлюднений 26 березня 2026 р. [11], узагальнює результати

досліджень нових платформ, їх вплив на доступ до правосуддя, вразливих користувачів, працівників, правничих фахівців і суддів. Показниками є не лише кількість електронних заяв, а й зрозумілість сервісу, помилки, навантаження та здатність особи завершити процедуру.

Для користувачів, які не мають обладнання, доступу до мережі або достатніх навичок, створено Національну службу цифрової підтримки (National Digital Support Service, NDSS). Її оцінювання тривало з липня 2022 р. до липня 2025 р., а підсумковий звіт оприлюднено 26 березня 2026 р. [10]. NDSS допомагає пройти ідентифікацію, заповнити форму чи завантажити документ, але не включає юридичних консультацій. Завдяки цьому усувається технічний бар'єр без втручання адміністративного працівника у правову позицію сторони.

Висновки для України

Порівняння показує, що цифрове судове адміністрування не має єдиної універсальної форми. Естонія використовує функціонально розмежовані системи та захищений інтеграційний рівень; Німеччина поєднує організаційну автономію з обов'язковими стандартами; Франція централізує оприлюднення судових рішень; Англія та Уельс покладають операційне управління на спеціалізоване агентство і систематично оцінюють користувацький досвід. Вибір між централізацією і розподіленою архітектурою має залежати від конкретної функції, а не визначатися однаково для всієї системи.

Спільною умовою є розмежування правової політики, технічного адміністрування та здійснення правосуддя. Орган, який фінансує або підтримує систему, не повинен впливати на розподіл справ чи зміст рішення. Технічний оператор відповідає за працездатність, захист і фіксацію операцій, але не набуває права самостійно визначати режим судових даних. Електронна комунікація потребує норм про момент подання документа, автоматичне підтвердження, наслідки збою та допустимий альтернативний канал.

Для України доцільно поєднати естонське розмежування внутрішньої системи, міжвідомчого шлюзу і зовнішнього кабінету; німецький механізм постійної координації та стандартів інтероперабельності; французьку централізовану методологію псевдонімізації; британські практики користувацького тестування, технічної підтримки й незалежного оцінювання. Таке поєднання відповідає проблемам розвитку Єдиної судової інформаційної системи й не потребує копіювання будь-якої іноземної моделі в цілому.

Отже, корисність зарубіжного досвіду визначається не масштабом технічного оснащення, а тим, наскільки послідовно узгоджені норми, компетенція суб'єктів і технологічна архітектура. Для української судової системи пріоритетними є інтероперабельність, рольовий доступ, простежуваність електронних дій, нормативно визначене реагування на збої, доступність для користувача та незалежне оцінювання результатів.

Список використаних джерел

1. Centre of Registers and Information Systems. Court Information System. URL: https://www.rik.ee/en/international/court-information-system (дата звернення: 08.07.2026).
2. Centre of Registers and Information Systems. e-File. URL: https://www.rik.ee/en/international/e-file (дата звернення: 08.07.2026).
3. Centre of Registers and Information Systems. Public e-File. URL: https://www.rik.ee/en/international/public-e-file (дата звернення: 08.07.2026).
4. Code de l'organisation judiciaire. Article L111-13. Version en vigueur depuis le 25 mars 2019. URL: https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000038311162/ (дата звернення: 08.07.2026).
5. Décret n° 2020-797 du 29 juin 2020 relatif à la mise à la disposition du public des décisions des juridictions judiciaires et administratives. Journal officiel de la République française. 30.06.2020. URL: https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000042055251/ (дата звернення: 08.07.2026).
6. E-Justice-Rat. Zusammensetzung und Aufgaben. Justizportal des Bundes und der Länder. URL: https://justiz.de/laender-bund-europa/e_justice_rat/zusammensetzung/index.php (дата звернення: 08.07.2026).
7. Estonian Information System Authority. Introduction of X-tee. URL: https://www.ria.ee/en/introduction-x-tee (дата звернення: 08.07.2026).
8. European Commission for the Efficiency of Justice. Guidelines on electronic court filing (e-filing) and digitalisation of courts. CEPEJ(2021)15. Strasbourg, 9 December 2021. 25 p. URL: https://rm.coe.int/cepej-2021-15-en-e-filing-guidelines-digitalisation-courts/1680a4cf87 (дата звернення: 08.07.2026).
9. HM Courts & Tribunals Service. Framework Document. Cm 8882. London, July 2014. 22 p. URL: https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5a7efae440f0b6230268cbeb/hmcts-framework-document-2014.pdf (дата звернення: 08.07.2026).
10. HM Courts & Tribunals Service; Ministry of Justice. Evaluation of the National Digital Support Service. London, 26 March 2026. URL: https://www.gov.uk/government/publications/evaluation-of-the-national-digital-support-service (дата звернення: 08.07.2026).
11. Ministry of Justice. HMCTS Reform Evaluation Thematic Report: Digitalisation. London, 26 March 2026. URL: https://www.gov.uk/government/publications/hmcts-reform-evaluation-thematic-report-digitalisation (дата звернення: 08.07.2026).
12. Regulation (EU) 2022/850 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2022 on a computerised system for the cross-border electronic exchange of data in the area of judicial cooperation in civil and criminal matters (e-CODEX system), and amending Regulation (EU) 2018/1726. Official Journal of the European Union. 2022. L 150. P. 1–19. URL: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2022/850/oj/eng (дата звернення: 08.07.2026).

13. Regulation (EU) 2024/1689 of the European Parliament and of the Council of 13 June 2024 laying down harmonised rules on artificial intelligence and amending Regulations (EC) No 300/2008, (EU) No 167/2013, (EU) No 168/2013, (EU) 2018/858, (EU) 2018/1139 and (EU) 2019/2144 and Directives 2014/90/EU, (EU) 2016/797 and (EU) 2020/1828. Official Journal of the European Union. 2024. URL: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1689/oj/eng (дата звернення: 08.07.2026).
14. Zivilprozessordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 5. Dezember 2005. Ursprüngliches Ausfertigungsdatum: 30.01.1877. URL: https://www.gesetze-im-internet.de/zpo/ (дата звернення: 08.07.2026).

ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПРАВ УЧАСНИКІВ МУЛЬТИМОДАЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В УМОВАХ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНИХ ПОСЛУГ

Миколайчук Микола
д.держ.упр., професор
завідувач кафедри публічного управління та регіоналістики
Дуліна Оксана
к.ю.н., доцент
Кафедра публічного управління та регіоналістики
Національний університет «Одеська політехніка», Україна

У контексті європейської інтеграції України розвиток мультимодальних перевезень набуває стратегічного значення, оскільки безпосередньо пов’язаний із модернізацією прикордонної та термінальної інфраструктури, поступовою інтеграцією залізничної мережі до європейського стандарту колії, забезпеченням цифрової інтероперабельності транспортних систем і включенням національної інфраструктури до мережі TEN-T (Trans-European Transport Network). Водночас актуальність цього напряму зумовлена екологічними, економічними та безпековими чинниками. Поєднання залізничного, водного й автомобільного транспорту створює передумови для оптимізації маршрутів, скорочення порожнього пробігу, зменшення енергоємності перевізного процесу та вуглецевого сліду логістичних ланцюгів. Така трансформація відповідає цілям Європейського зеленого курсу [1] та Стратегії сталої і розумної мобільності ЄС [2], якими передбачено скорочення викидів транспортного сектору на 90 % до 2050 року та переорієнтацію значної частини вантажопотоків з автомобільного транспорту на залізничний і внутрішній водний транспорт.

Мультимодальна транспортна система становить комплексне поєднання рухомого складу різних видів транспорту та відповідної транспортної мережі, до складу якої входять шляхи сполучення, транспортні вузли й коридори [3]. Закон України «Про мультимодальні перевезення» [4] визначає мультимодальне перевезення як перевезення вантажів двома або більше видами транспорту, а до

його учасників відносить оператора мультимодального перевезення, замовника послуги, фактичних перевізників, власників мультимодальних терміналів та залучених третіх осіб. Оператор мультимодального перевезення організовує та забезпечує перевезення вантажу, приймає його під свою відповідальність і оформлює документ мультимодального перевезення. Єдиний перевізний документ може використовуватися на всьому маршруті у випадках, передбачених законодавством або міжнародним договором.

У науковій літературі мультимодальний цифровий транспортний коридор розглядається як інтегроване інфраструктурно-інформаційне середовище, у межах якого забезпечується взаємодія оператора мультимодального перевезення, замовника, фактичних перевізників, власників терміналів, експедиторів, операторів цифрових платформ і контролюючих органів. Координація їхньої діяльності здійснюється шляхом оперативного обміну даними про вантаж, маршрут, транспортні засоби, строки доставки, митний статус і виконання договірних зобов'язань із застосуванням цифрових платформ, технологій оброблення великих даних, процесної аналітики, блокчейну та електронного документообігу [5].

Водночас ефективність мультимодальної транспортної системи дедалі більше залежить від цифрової координації її учасників, електронного документообігу та оперативного обміну даними про вантажі, маршрути, транспортні засоби, митні процедури й виконання договірних зобов'язань, у зв'язку з чим належна реалізація та захист інформаційних прав учасників мультимодальних перевезень відіграють ключову роль у забезпеченні безперервності, безпеки й правомірності транспортно-логістичних процесів.

В умовах цифровізації транспортних послуг інформаційний контроль у мультимодальних перевезеннях доцільно розглядати не лише як засіб забезпечення безпеки логістичного процесу, а й як складову механізму реалізації та охорони інформаційних прав його учасників. До таких прав належать право на своєчасне отримання повної, актуальної та достовірної інформації про перевезення; право на конфіденційність персональних даних, комерційної таємниці та іншої інформації з обмеженим доступом; право на цілісність, автентичність і юридичну значущість електронних транспортних документів; право на захист від несанкціонованого доступу, зміни, знищення або неправомірного поширення даних; право на відшкодування заподіяної шкоди. Нормативну основу реалізації та захисту зазначених прав становлять закони України «Про мультимодальні перевезення», «Про захист персональних даних», «Про електронні документи та електронний документообіг», «Про електронну ідентифікацію та електронні довірчі послуги», «Про захист інформації в інформаційно-комунікаційних системах» та «Про основні засади забезпечення кібербезпеки України».

У сучасних умовах загрози інформаційним правам учасників мультимодальних перевезень мають комплексний характер. До них належать кібератаки на транспортно-інформаційні системи, блокування цифрових платформ, пошкодження або втрата інформаційної інфраструктури,

перехоплення каналів зв'язку, несанкціоноване внесення змін до електронних документів, використання недостовірних транспортних даних, витік комерційно значущої інформації, неправомірна обробка персональних даних і недостатньо захищена транскордонна передача інформації. Додаткові ризики виникають унаслідок залежності від хмарних сервісів, несумісності інформаційних систем і нечіткого розподілу відповідальності між оператором мультимодального перевезення, фактичними перевізниками, експедиторами, власниками цифрових платформ та постачальниками технологічних послуг. В умовах воєнних і кібернетичних загроз особливого значення набувають стійкість інформаційних систем, резервування даних та оперативне реагування на кіберінциденти.

Охорона інформаційних прав має забезпечуватися взаємопов'язаними юридичними, організаційними та технічними заходами. До юридичних засобів належать визначення у договорах правового режиму транспортних даних, цілей і підстав їх обробки, строків зберігання, умов транскордонної передачі, порядку доступу та відповідальності за порушення; укладення угод про нерозголошення й обробку персональних даних; встановлення процедур повідомлення про порушення безпеки даних і кіберінциденти. Неправомірні дії з інформацією, що порушують права учасників мультимодальних перевезень, підлягають юридичній кваліфікації залежно від виду охоронюваних даних, способу посягання, правового статусу порушника та заподіяних наслідків. Незаконне збирання, використання, розголошення, зміна, знищення, блокування чи поширення персональних, комерційних або транспортних даних може бути підставою для застосування цивільно-правової, адміністративної чи кримінальної відповідальності.

Технічні заходи повинні включати кваліфікований електронний підпис, електронні позначки часу, шифрування, багатофакторну автентифікацію, розмежування доступу за функціональними ролями, журналювання операцій, резервне копіювання, контроль цілісності документів і регулярний аудит захищеності інформаційних систем. Для транскордонних перевезень, пов'язаних із юрисдикцією Європейського Союзу, а також у контексті адаптації законодавства України відповідні механізми мають ураховувати вимоги GDPR (General Data Protection Regulation), Регламенту ЄС 2020/1056 про електронну інформацію щодо вантажних перевезень та вимогами NIS2 (Network and Information Systems Directive 2) щодо управління кіберризиками.

Організаціям, які здійснюють збирання, зберігання, передавання та іншу обробку транспортних даних, доцільно впроваджувати систему керування інформаційною безпекою відповідно до ДСТУ ISO/IEC 27001:2023 (ISO/IEC 27001:2022, IDT) [6], що передбачає ризик-орієнтоване визначення заходів захисту, розмежування відповідальності, контроль доступу, управління інцидентами, оцінювання результативності та постійне вдосконалення інформаційної безпеки.

Отже, належний захист інформаційних прав у сфері мультимодальних перевезень можливий лише за умови узгодженого поєднання законодавчих гарантій, договірного регулювання, організаційного контролю та сучасних

засобів кібербезпеки. Доцільним є нормативне закріплення спеціальних вимог до електронного обміну транспортними даними, чіткий розподіл обов'язків і юридичної відповідальності між учасниками мультимодального перевезення, встановлення процедур повідомлення про порушення безпеки даних та кіберінциденти, а також забезпечення юридичної сили та доказового значення електронних транспортних документів.

Список використаних джерел

1. Розвиток мультимодальних перевезень в контексті досягнення цілей Європейського зеленого курсу: досвід країн V4 та Румунії, можливості для України : науково-аналітична записка / Х. Притула, Я. Калат, А. Максименко та ін. Львів, 2024. 37 с. URL: https://ird.gov.ua/irdp/p20230037.pdf
2. European Commission. Sustainable and Smart Mobility Strategy – putting European transport on track for the future. COM(2020) 789 final. Brussels, 2020. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020DC0789
3. Хоменко І., Горобінська І., Горобінський А. Впровадження світового досвіду організації мультимодальних перевезень в Україні в контексті забезпечення сталого розвитку. Розвиток міста. 2025. № 1 (05). С. 133–141. DOI: https://doi.org/10.32782/city-development.2025.1-19
4. Про мультимодальні перевезення : Закон України від 17 листопада 2021 р. № 1887-IX. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1887-20#Text
5. Постнова Н. І. Особливості правового регулювання міжнародних змішаних перевезень в сучасних умовах. Економіка. Фінанси. Право. 2023. № 11. С. 48–51. DOI: https://doi.org/10.37634/efp.2023.11.9.
6. ДСТУ ISO/IEC 27001:2023. Інформаційна безпека, кібербезпека та захист конфіденційності. Системи керування інформаційною безпекою. Вимоги (ISO/IEC 27001:2022, IDT). Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2023.

РОЛЬ ФІНАНСОВОЇ БЕЗПЕКИ У ЗМІЦНЕННІ НАЦІОНАЛЬНОЇ СТІЙКОСТІ ДЕРЖАВИ

Сєргєєв Володимир Геннадійович
здобувач вищої освіти
Навчально-науковий інститут права
Державний податковий університет,
м. Ірпінь, Україна

Повномасштабне вторгнення докорінно змінило саме розуміння того, що вважати запорукою виживання держави: якщо раніше фінансова безпека трактувалася переважно як технічна характеристика збалансованості бюджету чи стабільності курсу гривні, то сьогодні вона постає передумовою існування держави як такої. Публічні фінанси мають витримувати одночасне навантаження – фінансування оборони, підтримку соціальної інфраструктури та

збереження макроекономічної рівноваги – і саме здатність витримувати таке навантаження без руйнування системи є змістовним ядром поняття національної стійкості.

Законодавець підійшов до цього питання системно: Закон України «Про національну безпеку України» тлумачить національну безпеку як захищеність державного суверенітету, територіальної цілісності та конституційного ладу від сукупності реальних і потенційних загроз [4]. У цій конструкції фінансова безпека не є окремим, ізольованим напрямом, а виступає наскрізною складовою економічної безпеки, без якої реалізація решти функцій держави – оборонної, соціальної, зовнішньополітичної – стає фізично неможливою: жодна зі сфер державної діяльності не може функціонувати без стабільного фінансового забезпечення.

У науковій літературі спостерігається поступова зміна оптики дослідження: від статичного трактування безпеки як «відсутності загроз» до динамічного розуміння її як здатності системи витримувати шоки та відновлюватися після них. О. С. Бондарук та В. О. Удалова, аналізуючи наслідки війни для фінансової системи України, підкреслюють, що спричинені бойовими діями економічні потрясіння створюють істотну проблему саме для фінансової безпеки держави, а відповідь на цей виклик вимагає не поодиноких антикризових заходів, а послідовної політики стабілізації фінансового ринку, посилення банківського нагляду та підвищення прозорості діяльності фінансових установ [1]. Дослідниці також звертають увагу на те, що падіння обсягів виробництва внаслідок агресії має не лише короткостроковий вимір втрачених доходів бюджету, а й довгостроковий – ерозію бази для відновлення економіки в майбутньому, тому залучення міжнародного фінансування слід розглядати не як тимчасовий рятівний захід, а як структурний елемент забезпечення фінансової безпеки на період війни [1].

Паралельно у вітчизняній науці формується концептуальний апарат, що дозволяє пов’язати фінансову безпеку з ширшою категорією резильєнтності. Н. В. Гусаревич показує, що концепція сталого фінансування дає змогу систематизувати вплив фінансової політики одразу на кілька вимірів безпеки – економічний, енергетичний, соціальний та інституційний, – і саме показники фінансової стійкості найтісніше корелюють із інтегральним рівнем національної резильєнтності [2]. Принципова відмінність резильєнтнісного підходу від традиційного полягає в тому, що він не вимагає повної відсутності потрясінь як умови безпеки: натомість оцінюється швидкість і повнота відновлення системи після впливу негативного чинника, а фінансова безпека постає інструментом, який цю швидкість відновлення забезпечує [2].

Окремим викликом для стійкості фінансової системи є цифрова трансформація. Є. Малишко та В. Чернишов фіксують подвійний ефект діджиталізації: з одного боку, вона розширює інструментарій фінансового управління та підвищує швидкість операцій, з іншого – породжує нові вразливості, зокрема кіберзагрози фінансовій інфраструктурі та ризики посилення тіньового обігу коштів через нові фінансові інструменти [3]. На думку

авторів, відповіддю на ці виклики має бути не гальмування цифровізації, а випереджальне вдосконалення державного фінансового контролю та перехід до ризик-орієнтованого регулювання, здатного виявляти загрози до їх реалізації, а не постфактум [3]. Це підтверджує тезу, що стійкість сучасної фінансової системи дедалі менше залежить від обсягу наявних резервів і дедалі більше – від якості інституційної здатності управляти ризиками в режимі реального часу.

Показово, що ці наукові напрацювання знайшли відображення й у програмних документах держави: Стратегія економічної безпеки України, затверджена Указом Президента, окреслює фінансову безпеку як один із пріоритетів державної політики та встановлює конкретні індикатори за бюджетною, борговою, банківською й валютною складовими [5]. Наявність таких кількісно вимірюваних орієнтирів перетворює фінансову безпеку з декларативної мети на об’єкт послідовного управлінського моніторингу, що має принципове значення саме для довгострокової – а не ситуативної – стійкості держави.

Отже, зв’язок між фінансовою безпекою та національною стійкістю реалізується щонайменше на трьох рівнях. Матеріальний рівень полягає у безперебійному фінансуванні критичних функцій держави в умовах кризи. Довірчий рівень пов’язаний із тим, що стабільність фінансової системи підтримує суспільну довіру до інститутів держави – ресурс, утрата якого важко піддається швидкому відновленню. Інституційний рівень охоплює здатність системи управління фінансами адаптуватися до нових типів загроз, зокрема цифрових, і трансформувати ці загрози в керовані ризики. Подальші дослідження цієї проблематики доцільно спрямувати на розробку інтегрального індикатора, який дозволив би кількісно оцінювати внесок окремих складових фінансової безпеки в загальний рівень національної резильєнтності.

Список використаних джерел

1. Бондарук О. С., Удалова В. О. Фінансова безпека як фактор економічного розвитку держави в умовах війни. Національна безпека: право та економіка. 2024. № 1. URL: https://security-journal.nasbu.edu.ua/index.php/nbpe/article/view/26 (дата звернення: 04.07.2026).
2. Гусаревич Н. В. Концепція сталих фінансів як інструмент національної безпеки. Економіка та суспільство. 2026. № 86. URL: https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/8113 (дата звернення: 04.07.2026).
3. Малишко Є., Чернишов В. Фінансова безпека держави в умовах цифрової трансформації фінансового сектору. Економіка та суспільство. 2026. № 86. DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2026-86-18 (дата звернення: 04.07.2026).
4. Про національну безпеку України: Закон України від 21.06.2018 № 2469-VIII. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2469-19#Text (дата звернення: 04.07.2026).
5. Про Стратегію економічної безпеки України на період до 2025 року: Указ Президента України від 11.08.2021 № 347/2021. URL: https://www.president.gov.ua/documents/3472021-39613 (дата звернення: 04.07.2026).

ПРАВОВІ ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ В УМОВАХ ЮРИСДИКЦІЇ

Скринтовський Максим Сергійович
курсант
Магера Максим Володимирович
курсант
Тарнаруцька Ангеліна Вікторівна
курсант
Національна академія
Державної Прикордонної служби України
ім. Богдана Хмельницького, Україна

Анотація. У статті досліджуються правові аспекти цифровізації правоохоронної діяльності в контексті охорони державного кордону України. Розглядаються ключові виклики, пов'язані з упровадженням інформаційних технологій у прикордонній службі, а також перспективи розвитку нормативно-правової бази у сфері цифрової трансформації державних органів.

Ключові слова: цифровізація, правоохоронна діяльність, державний кордон, інформаційні технології, правове регулювання, кібербезпека.

Вступ

Сучасні тенденції розвитку державного управління та правоохоронної діяльності нерозривно пов'язані з активним упровадженням цифрових технологій. Питання цифровізації набувають особливої актуальності для органів, що забезпечують охорону державного кордону, оскільки ефективне виконання їх функцій безпосередньо залежить від своєчасного отримання та обробки інформації. В умовах гібридних загроз і зростаючої кількості правопорушень у прикордонній сфері використання інноваційних технологічних рішень стає не лише перевагою, а й об'єктивною необхідністю.

Водночас цифрова трансформація правоохоронних органів супроводжується низкою правових і організаційних викликів. Відсутність комплексного законодавчого регулювання, прогалини у сфері захисту персональних даних, проблеми кібербезпеки та необхідність міжнародної взаємодії ставлять перед законодавцем і практиками серйозні завдання. Зазначені обставини зумовлюють наукову та практичну значущість дослідження правових аспектів цифровізації прикордонної служби України.

Правові засади цифровізації правоохоронної діяльності

Правовою основою цифровізації державних органів України є Концепція розвитку цифрової економіки та суспільства України на 2018–2020 роки, Стратегія цифрової трансформації сфери безпеки та оборони, а також низка законодавчих актів, зокрема Закони України «Про захист персональних даних»,

«Про інформацію», «Про основні засади забезпечення кібербезпеки України». Відповідно до чинного законодавства, органи Державної

прикордонної служби України (ДПСУ) наділені повноваженнями щодо збору, обробки та зберігання інформації, необхідної для виконання своїх завдань [1].

Разом із тим існуючий нормативно-правовий масив не повною мірою враховує специфіку застосування штучного інтелекту, великих даних (Big Data), дронових технологій та систем біометричної ідентифікації в правоохоронній діяльності. Це створює правові прогалини, які можуть призводити до порушень прав людини або неефективного використання технологічних рішень у прикордонній сфері. Очевидною є потреба у формуванні спеціального законодавства, яке б регулювало застосування цифрових інструментів у роботі силових структур [2].

Виклики цифровізації в охороні державного кордону

Упровадження цифрових технологій у діяльність ДПСУ зіштовхується з рядом практичних і правових проблем. По-перше, використання автоматизованих систем розпізнавання осіб і транспортних засобів порушує питання щодо меж допустимого спостереження та дотримання права на приватність. По-друге, накопичення значних масивів даних потребує надійного правового захисту від несанкціонованого доступу, витоку або зловживань. По-третє, транскордонний характер діяльності прикордонної служби вимагає правової гармонізації з нормами ЄС, зокрема з Регламентом GDPR у частині захисту персональних даних [3].

Окремої уваги заслуговують питання кібербезпеки. Цифрові системи управління кордоном є потенційними об'єктами кібератак з боку як терористичних угруповань, так і спецслужб ворожих держав. Відповідно, правова регламентація захисту критичної інфраструктури прикордонного відомства є першочерговим завданням для законодавця. Необхідно визначити стандарти захисту інформаційних систем, порядок реагування на кіберінциденти та відповідальність за їх вчинення [4].

Перспективи розвитку правового регулювання

З огляду на виявлені проблеми, доцільним є розроблення та прийняття спеціального законодавчого акта про цифровізацію правоохоронної діяльності, який би системно врегульовував питання застосування інформаційних технологій у роботі силових структур. Такий акт мав би охоплювати стандарти збору та обробки даних, умови використання штучного інтелекту для прийняття рішень, порядок міжнародного обміну інформацією, а також механізми парламентського та громадського контролю за цифровими системами правоохоронних органів.

Також важливим напрямом є адаптація законодавства України до acquis communautaire ЄС, що є умовою євроінтеграції та забезпечить визнання українських стандартів захисту даних на міжнародному рівні. Паралельно необхідно розвивати відомчу нормативну базу ДПСУ, яка б деталізувала порядок застосування конкретних технологічних рішень і встановлювала дисциплінарну та юридичну відповідальність за їх неналежне використання [5].

Висновки

Цифровізація правоохоронної діяльності є об'єктивним і невідворотним процесом, який відкриває широкі можливості для підвищення ефективності охорони державного кордону України. Водночас цей процес супроводжується серйозними правовими викликами, що потребують комплексного законодавчого вирішення. Формування сучасної правової бази у сфері цифрової трансформації силових структур, гармонізованої зі стандартами ЄС, є пріоритетним завданням як для науковців, так і для законодавців. Лише поєднання технологічного прогресу з належним правовим регулюванням здатне забезпечити ефективну, законну та безпечну діяльність прикордонної служби в умовах сучасних викликів.

Список використаних джерел

1. Про Державну прикордонну службу України : Закон України від 03.04.2003 №661-IV. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/661-15.
2. Про основні засади забезпечення кібербезпеки України : Закон України від 05.10.2017 № 2163-VIII. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2163-19.
3. Про захист персональних даних : Закон України від 01.06.2010 № 2297-VI. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2297-17.
4. Стратегія кібербезпеки України : затв. Указом Президента України від 26.08.2021 № 447/2021. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/447/2021.
5. Regulation (EU) 2016/679 of the European Parliament and of the Council of 27 April 2016 (General Data Protection Regulation). Official Journal of the European Union. 2016. L 119. P. 1–88.

PIMPING IN THE CONTEXT OF PROSTITUTION LEGALIZATION: A COMPARATIVE APPROACH

Sikorska Nataliia
Adjunct
Department of Criminal Enforcement and Criminal Law,
Penitentiary Academy of Ukraine**,** Ukraine

The legal regulation of prostitution remains one of the most controversial issues in contemporary criminal law policy. The absence of a universally accepted international approach reflects differing perceptions of the relationship between an individual's right to sexual autonomy, the obligation to safeguard human dignity, and the state's responsibility to combat human trafficking and sexual exploitation. Consequently, the criminal law assessment of pimping is intrinsically linked to the regulatory model of prostitution adopted by a particular state, as this model determines both the scope of criminal liability for third parties and the extent of state intervention in the relevant social relations.

Contemporary legal scholarship generally distinguishes four principal models of prostitution regulation: full criminalization, full decriminalization, legalization (the regulatory model), and partial decriminalization, commonly referred to as the Nordic model [4]. Although these approaches differ substantially in their legal mechanisms, they all pursue the common objective of reducing the risks of sexual exploitation while employing fundamentally different regulatory strategies.

The model of full criminalization is based on the prohibition of all forms of prostitution and any activities associated with its organization. Under this approach, criminal liability extends to sex workers, purchasers of sexual services, and third parties who organize or derive financial benefit from prostitution. Historically, this model predominated in most legal systems and continues to operate in many jurisdictions, including the majority of U.S. states (with the exception of certain counties in Nevada), as well as in a number of Asian and Middle Eastern countries [4].

The principal advantage traditionally attributed to the prohibitionist model lies in its consistent commitment to protecting public morality and its unequivocal rejection of sexual exploitation as a socially harmful phenomenon. Nevertheless, contemporary criminological research has failed to establish a direct correlation between the severity of criminal sanctions and an actual reduction in prostitution. On the contrary, criminalizing all participants in prostitution-related activities frequently drives the entire market underground, where pimping assumes increasingly concealed forms and victims become significantly less likely to seek assistance from law enforcement authorities [7].

Accordingly, criminalization alone does not eliminate the social and economic factors underlying pimping. Rather, it merely transforms the mechanisms through which exploitation operates, thereby complicating state efforts to detect and suppress hidden forms of sexual exploitation.

A fundamentally different approach has been adopted in New Zealand, which became the first country to introduce a model of full decriminalization through the Prostitution Reform Act 2003. The Act abolished criminal liability for the voluntary provision of sexual services by consenting adults while retaining criminal sanctions for coercion into prostitution, child sexual exploitation, human trafficking, and other forms of exploitative conduct [5].

A defining feature of the New Zealand model is the shift in emphasis from criminal prohibition to the protection of occupational safety, access to healthcare, and labour rights for individuals engaged in the sex industry. Empirical studies examining more than two decades of the Act's implementation demonstrate that the anticipated dramatic expansion of prostitution did not occur. Instead, the reform significantly improved cooperation between sex workers and law enforcement agencies while facilitating greater access to healthcare and legal protection [5].

At the same time, the positive outcomes associated with decriminalization should not be interpreted as evidence that it constitutes a universal solution to sexual exploitation. Legislative restrictions preventing foreign nationals from participating in the legal sex industry have contributed to the emergence of an underground market in which migrant workers remain particularly vulnerable to economic coercion and

concealed forms of control exercised by organizers of prostitution. Consequently, traditional pimping has not disappeared; rather, it has evolved into less visible forms of exploitation based on debt bondage, irregular employment, and the abuse of migrants' legal status.

A comparison between the prohibitionist and decriminalization models demonstrates that they differ primarily in the nature of state intervention rather than in their capacity to eradicate pimping itself. Under a regime of full criminalization, pimping tends to operate within the underground economy, whereas under decriminalization it adapts to the new legal environment by exploiting socially vulnerable groups. Thus, the effectiveness of criminal law policy depends not so much on the degree of criminalization of prostitution as on the state's ability to identify and suppress exploitative practices irrespective of the legal framework within which they emerge.

The legalization (regulatory) model has found its most comprehensive implementation in the Netherlands and the Federal Republic of Germany, where prostitution is recognized as a lawful economic activity subject to state supervision and administrative regulation [4]. Unlike the model of full decriminalization, legalization does not merely remove criminal liability but establishes a comprehensive regulatory framework encompassing licensing, taxation, governmental oversight, and control over entities engaged in organizing the provision of sexual services.

Following the abolition of the general ban on brothels in 2000, the Netherlands fundamentally redefined the object of criminal law protection in this area. Whereas criminal liability had previously focused primarily on the organization of prostitution as such, contemporary Dutch legislation criminalizes only those activities involving violence, threats, deception, abuse of vulnerability, the involvement of minors, or other forms of coercion [4]. Consequently, the primary object of criminal law protection has shifted from public morality to sexual autonomy, human dignity, and individual freedom of choice.

This shift in the object of criminal law protection represents one of the defining characteristics of the regulatory model. Under this approach, the state refrains from criminally prosecuting consensual prostitution involving adults and instead concentrates its law enforcement efforts on combating exploitative forms of financial gain derived from prostitution. Such an approach generally corresponds to contemporary international human rights standards; however, its effectiveness depends largely on the state's capacity to maintain effective oversight of the legal sex industry [1; 2].

The practical implementation of Dutch legislation has nevertheless demonstrated that legalization does not eliminate the criminogenic potential of sexual exploitation. On the contrary, legally operating establishments are frequently exploited by organized criminal groups as a façade for human trafficking and concealed forms of pimping. In such circumstances, exploitation is no longer exercised primarily through overt physical coercion but rather through economic dependence, debt bondage, excessive rental charges, exploitative contractual arrangements, and other mechanisms of financial control that formally resemble lawful commercial relationships [4; 7].

Recent developments in the Netherlands have also revealed another significant challenge. Increased administrative regulation and the gradual reduction in the number of licensed establishments have resulted in the displacement of a substantial proportion of prostitution into private premises and online environments. As a consequence, law enforcement authorities encounter increasing difficulties in monitoring criminal activities, while identifying and proving exploitative practices becomes considerably more complex [4]. This experience demonstrates that excessive administrative restrictions may produce unintended consequences by encouraging the migration of prostitution into less transparent and more difficult-to-regulate sectors.

Comparable developments can be observed in Germany. The adoption of the Prostitution Act (Prostitutionsgesetz**)** in 2002 constituted one of the most far-reaching reforms of prostitution regulation in Europe. By recognizing prostitution as lawful employment, the German legislature enabled individuals engaged in sex work to conclude legally enforceable contracts, participate in the social insurance system, and benefit from labour law protections [4].

At the same time, German criminal legislation has retained a robust framework for combating exploitative conduct. Criminal liability is imposed for coercion into prostitution, exploitation of vulnerable or dependent persons, child sexual exploitation, organized forms of pimping, and other manifestations of sexual exploitation [8]. Thus, the legalization of prostitution should not be interpreted as the legalization of pimping; rather, it reflects a shift in the legal criteria governing the criminal liability of third parties.

A comparison of the Dutch and German approaches reveals a common pattern. Legalization does not eradicate pimping as a criminal phenomenon; rather, it transforms the methods through which it operates. Whereas traditional forms of pimping relied upon direct control over victims, contemporary organizers increasingly function as economic coordinators, administrators of digital platforms, intermediaries in financial transactions, or providers of online advertising services for prostitution. Consequently, modern pimping is gradually abandoning its traditional organizational structure and becoming integrated into legitimate economic activities, making criminal law qualification and evidentiary assessment significantly more challenging.

For this reason, evaluating the effectiveness of the legalization model solely on the basis of the number of licensed establishments or tax revenues provides an incomplete picture. A far more meaningful criterion is the state's ability to detect and suppress concealed forms of exploitation irrespective of whether they occur within the legal or illegal economy. From this perspective, legalization does not diminish the necessity of criminal law intervention against pimping; instead, it requires more sophisticated investigative techniques, particularly in cases involving digital technologies, electronic communications, and cross-border financial transactions.

The Nordic model occupies a distinctive position among contemporary approaches to prostitution regulation because it fundamentally reorients the focus of criminal law intervention. Unlike the models of full criminalization or legalization, it proceeds from the assumption that individuals engaged in prostitution frequently find themselves in situations of social, economic, or psychological vulnerability.

Consequently, criminal liability is directed not at those who provide sexual services but at those who create demand and those who profit from organizing prostitution. First introduced in Sweden in 1999, this model has subsequently been adopted, with certain modifications, in Norway, Iceland, France, Ireland, Canada, and several other jurisdictions [4].

The principal strength of the Nordic model lies in its attempt to reduce the demand that sustains the commercial sex market. Within this framework, purchasers of sexual services and pimps are regarded as the primary perpetrators of criminal conduct, whereas persons engaged in prostitution are viewed as potential victims entitled to state protection, rehabilitation, and social assistance [1; 2]. This approach reflects a significant shift in criminal law policy from punitive measures directed at vulnerable individuals toward addressing the structural causes of sexual exploitation.

Empirical studies suggest that reducing demand may contribute to limiting human trafficking for the purpose of sexual exploitation. In particular, the comparative research conducted by Cho, Dreher, and Neumayer identified a statistically significant relationship between the legalization of prostitution and higher levels of trafficking in human beings for sexual exploitation. According to the authors, the expansion of the legal sex market may increase demand, thereby creating additional incentives for traffickers to recruit and exploit vulnerable individuals [6]. These findings have become one of the principal arguments advanced by proponents of the Nordic model.

Nevertheless, the effectiveness of this approach remains the subject of considerable scholarly debate. A growing body of criminological research indicates that criminalizing the purchase of sexual services does not necessarily improve the safety of individuals engaged in prostitution. On the contrary, fear of criminal prosecution may encourage clients to seek greater anonymity, compelling sex workers to make rapid decisions, conduct transactions in more isolated locations, and abandon basic safety precautions. As a result, the intended protection of vulnerable individuals does not always translate into enhanced personal security in practice [7].

A comparison of the Nordic model with the legalization and decriminalization models demonstrates that each addresses a different aspect of the same phenomenon. Legalization seeks to regulate prostitution through state supervision, while decriminalization minimizes criminal law intervention in consensual adult activities. By contrast, the Nordic model aims to reduce the demand that underpins the commercial sex industry. Despite these conceptual differences, none of the three approaches has succeeded in eliminating pimping as a form of criminal exploitation. Instead, each model has influenced the ways in which exploitative practices evolve and adapt to changing legal environments.

Particular attention should also be paid to the experience of continental European legal systems, where legislators have adopted differentiated approaches to criminal liability for various forms of prostitution-related offences. Polish criminal legislation, for example, distinguishes between inducing another person to engage in prostitution, facilitating prostitution, and deriving material benefit from another person's prostitution. Such differentiation enables a more precise assessment of the offender's

role and promotes greater individualization of criminal liability according to the specific nature of the unlawful conduct [8].

From a comparative legal perspective, the Ukrainian model of combating pimping can be classified as an abolitionist model supplemented by elements of administrative liability. Article 303 of the Criminal Code of Ukraine establishes criminal liability for pimping, inducing a person into prostitution, and coercing a person into prostitution, whereas Article 181¹ of the Code of Ukraine on Administrative Offences provides for administrative liability for engaging in prostitution [3]. Unlike the Nordic approach, Ukrainian legislation does not exempt persons providing sexual services from legal liability, thereby creating a dual legal status in which such individuals may simultaneously be regarded as offenders under administrative law and as victims of sexual exploitation.

Comparative legal analysis demonstrates that none of the foreign regulatory models should be transplanted into Ukrainian legislation without careful adaptation. Each of the existing approaches possesses both strengths and inherent limitations. Full criminalization tends to increase the hidden nature of prostitution-related activities; decriminalization does not eliminate the structural causes of exploitation; legalization creates opportunities for organized crime to disguise exploitative practices under the appearance of legitimate business operations; and the Nordic model, despite its victim-oriented philosophy, does not invariably improve the practical safety of persons engaged in prostitution [4–7].

An important conclusion emerging from the comparative analysis is that the principal distinction between the existing regulatory models lies not in their attitude toward pimping itself, since all democratic legal systems recognize the social danger of exploiting another person's prostitution for profit. Rather, they differ in determining the object of criminal law protection, the scope of criminal liability, and the methods by which the state seeks to prevent exploitation. Consequently, criminalization of pimping may be regarded as a common international legal standard, whereas approaches to regulating prostitution remain fundamentally diverse.

In this context, the modernization of Ukrainian criminal legislation should not be limited to revising the wording of Article 303 of the Criminal Code. Legislative reform must also take into account the emergence of new methods of organizing prostitution in the digital environment. Particular attention should be devoted to strengthening legal mechanisms for identifying organizers who profit from online platforms, improving investigative procedures for collecting electronic evidence, and enhancing international cooperation in combating transnational forms of sexual exploitation.

References

1. Convention for the Suppression of the Traffic in Persons and of the Exploitation of the Prostitution of Others. (1949). Office of the United Nations High Commissioner for Human Rights. https://www.ohchr.org/en/instruments-mechanisms/instruments/convention-suppression-traffic-persons-and-exploitation
2. Protocol to Prevent, Suppress and Punish Trafficking in Persons, Especially Women and Children, Supplementing the United Nations Convention against

Transnational Organized Crime. (2000). Office of the United Nations High Commissioner for Human Rights. https://www.ohchr.org/en/instruments-mechanisms/instruments/protocol-prevent-suppress-and-punish-trafficking-persons
3. Criminal Code of Ukraine: Law of Ukraine No. 2341-III of 5 April 2001. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2341-14
4. Diaz Crego, M., & van Ballegooij, W. (2024). Regulation of Prostitution in Selected EU Member States: In-Depth Analysis. European Parliamentary Research Service. https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/IDAN/2024/762354/EPRS_IDA(2024)762354_EN.pdf
5. Abel, G. (2014). A Decade of Decriminalisation: Sex Work "Down Under" but Not Underground. Criminology & Criminal Justice, 14(5), 580–592. https://doi.org/10.1177/1748895814523024
6. Cho, S.-Y., Dreher, A., & Neumayer, E. (2013). Does Legalized Prostitution Increase Human Trafficking? World Development, 41, 67–82. https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2012.05.023
7. Weitzer, R. (2015). Researching Prostitution and Sex Trafficking Comparatively. Sexuality Research and Social Policy, 12, 81–91. https://doi.org/10.1007/s13178-014-0168-3
8. Dudorov, O. O., & Khavroniuk, M. I. (2023). Criminal Law of Ukraine. Special Part. Vaite.

DOI 10.70286/ISU-15.07.2026.007

PROBLEMS IN IMPLEMENTING THE PROVISIONS OF THE EUROPEAN CHARTER OF LOCAL SELF-GOVERNMENT REGARDING STATE OVERSIGHT IN UKRAINE

Fedotov Denys
Postgraduate Student
Department of State Building
Yaroslav Mudryi National Law University, Ukraine
ORCID: https://orcid.org/0009-0000-4741-2959

In the process of adapting domestic legislation to European legal standards, the issue of bringing the institution of oversight into conformity with the state's international obligations has acquired particular urgency. The key problems in implementing the provisions of the European Charter of Local Self-Government (hereinafter, the Charter) [2] regarding state oversight in Ukraine stem from the absence of a clear and unified model for verifying the legality of decisions made by local self-government bodies. Instead of the proportional state oversight envisaged by the Charter, which should be exercised solely to ensure legality and constitutional

principles, territorial communities face duplication of functions and excessive pressure from numerous state agencies. The situation is further complicated by the legal regime of martial law, which has forcibly altered the balance between the vertical structure of state power and local autonomy. For this reason, it is now critically important to reform the system of state oversight so that it does not obstruct local initiatives but instead ensures the clear conformity of acts issued by local self-government bodies with the law, without infringing on their independence.

Ukraine's accession to the Council of Europe in November 1995 necessitated the adaptation of domestic legislation to European legal benchmarks, a step confirmed by the signing and subsequent ratification of the Charter. Although the Law of Ukraine "On Local Self-Government in Ukraine" was adopted several months before this Charter entered into force, the question of whether its provisions conform to international standards still provokes active debate among legal scholars. Even despite the numerous amendments and additions that have since been regularly introduced into the text of the domestic law with the aim of implementing European provisions, substantial discrepancies still remain between the provisions of the Charter and Ukrainian legislative norms [5, p. 13].

Ratification of the Charter confirmed Ukraine's integrationist course toward implementing international standards that define local self-government autonomy as a fundamental feature of a democratic order. This step consolidated the state's intention to expand the administrative independence of territorial communities and to bring the domestic legal system closer to the criteria of the European Union. The basic principles governing the functioning of this institution were initially established in the Constitution of Ukraine, where local self-government is defined as an inalienable right of residents of villages, settlements, and cities to independently resolve matters of local significance.

At present, in addition to the Basic Law, the legal status and activities of local self-government bodies are regulated by a broad range of legislative acts, including the Electoral Code of Ukraine, the Labor Code of Ukraine, the laws of Ukraine "On Local Self-Government in Ukraine," "On Service in Local Self-Government Bodies," "On the Status of Deputies of Local Councils," as well as anticorruption legislation and acts governing labor relations under martial law. Despite this extensive regulatory framework, the process of European integration is accompanied by substantial legal challenges. The principal shortcoming is the frequent amendment of legislation. Continuous revisions provoke internal conflicts, complicate the practical work of local self-government bodies, and hinder communities from formulating long-term strategies for socioeconomic development [3, p. 45].

Under Article 8 of the Charter, any administrative supervision of local authorities is lawful only in the cases and according to the procedures expressly provided for by the Constitution or by law. This requires the Ukrainian legislator to clearly define the scope, substance, and range of subjects involved in such legal relations.

At the same time, the literal content of the aforementioned international norm contains certain contradictions with respect to the domestic legal system. The Charter limits the scope of application of administrative oversight exclusively to the "bodies" of local self-government. Outside the boundaries of this definition remain other key

subjects, namely the territorial community, heads of communities, village and settlement elders (starostas), council secretaries, the leadership of oblast and raion councils, and bodies of self-organization of the population. Accordingly, with respect to these persons, the provisions of the Charter formally permit the application of only certain limited oversight measures. This normative discrepancy poses a task for legal scholarship regarding the expansion of the boundaries of national legislation, within which it would be appropriate to establish full administrative oversight applicable to all subjects of the local self-government system without exception [4, p. 26].

Analysis of the content of the European Charter shows that the administrative oversight it establishes is oriented toward the external relationships between municipal bodies and the vertical structure of state power. In using this category, the international instrument in fact combines procedures that differ in their legal nature. On one hand, such oversight resembles subject-matter (sectoral) control, while on the other, when carried out by an independent specialized institution, it takes on the features of classic supervision. While such a conceptual combination may be acceptable for a general international norm-principle, attempting to transfer it automatically into domestic legislation leads to the conflation of distinct legal instruments that should function in parallel and require separate regulation [4, p. 32].

The optimal form of oversight in this area is exclusively the review of rule-making activity, which should cover not only acts issued by collegial bodies but also decisions made by territorial communities and elected officials. The Charter, however, provides for oversight of any “activity,” a term that is evaluative in nature and creates risks of overly broad interpretation. Directly implementing this approach in domestic practice would allow state intervention to extend to the financial and economic activities of communities, internal procedural matters of councils, and the work of deputies. Such an unwarranted expansion of the scope of oversight measures could destabilize the functioning of municipal institutions, which would contradict Article 7 of the Constitution of Ukraine [1], which guarantees the independence of local self-government.

Effective implementation of the Charter’s provisions in Ukrainian practice requires a clear legislative distinction between the concepts of control and oversight, as well as the concentration of oversight functions within a single specialized institution instead of dozens of different agencies. At the same time, the scope of state intervention should be strictly narrowed to the verification of the legality of legal acts alone, fully excluding any assessment of the current financial or organizational activities of municipal bodies. At the same time, the framework of domestic legislation should be expanded to extend legal oversight to the decisions of all subjects of the system without exception, including the acts of officials, starostas, and the territorial communities themselves.

Thus, the key problem in implementing international standards lies in conceptual inconsistency, whereby a broad interpretation of oversight functions by various state agencies creates excessive pressure on communities and violates the constitutional principle of their independence. This issue can be resolved only by moving away from total administrative intervention in favor of transparent oversight of the legality of decisions, which will reliably ensure legality without restricting local autonomy.

References

1. Конституція України : Закон України від 28 черв. 1996 р. № 254к/96-ВР. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254%D0%BA/96-%D0%B2%D1%80#Text (дата звернення: 06.07.2026).
2. Європейська хартія місцевого самоврядування : Хартія Ради Європи від 15 жовт. 1985 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_036#Text (дата звернення: 06.07.2026).
3. Возненко Л. В. Виклики та проблеми європейської інтеграції місцевого самоврядування в Україні. Актуальні проблеми політики. 2024. Вип. 73. С. 44–48.
4. Державний контроль місцевого самоврядування в Україні: проблеми правового регулювання та правозастосування : монографія : електронне наукове видання / С. Г. Серьогіна, І. І. Бодрова, О. Ю. Лялюк та ін. ; Нац. юрид. ун-т ім. Ярослава Мудрого. Харків : Право, 2023. 146 с.
5. Кантор Н. Ю. Роль Європейської хартії місцевого самоврядування як стандарту локальної демократії: українські реалії та перспективи. Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Серія: Юридичні науки. 2023. Т. 34 (73), № 6. С. 12–19. URL: https://juris.vernadskyjournals.in.ua/journals/2023/6_2023/3.pdf (дата звернення: 06.07.2026).

ФІНАНСОВИЙ МОНІТОРИНГ У СИСТЕМІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАЦІОНАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ

Сєргєєв Володимир Геннадійович
здобувач вищої освіти
Навчально-науковий інститут права
Державний податковий університет
м. Ірпінь, Україна

У 2024 році українські банки опрацювали 1,4 мільйона звернень щодо перевірки фінансових операцій – це більш ніж удвічі перевищує показники попереднього періоду [1, с. 273]. Ця цифра сама собою мало що пояснює, якщо не поставити наступне запитання: чи означає зростання кількості перевірок пропорційне зростання реальної безпеки держави? Саме навколо цього питання й розгортається сучасна дискусія про роль фінансового моніторингу в системі національної безпеки України.

Ще кілька років тому відповідь здавалася очевидною: більше перевірок – менше злочинних схем. Однак О. Пікуліна та О. Почтамцев у дослідженні 2025 року доводять протилежне: кількісне зростання перевірок не гарантує якісного результату саме собою, оскільки реальну ефективність протидії фінансовим

злочинам визначає не факт фіксації підозрілої операції, а глибина її аналітичного опрацювання [1, с. 280]. Тобто система може формально звітувати про мільйони перевірених операцій і при цьому пропускати найскладніші, ретельно замасковані схеми – саме тому, що аналітичні потужності не встигають за обсягом вхідних даних.

Цей розрив між технічною спроможністю фіксувати операції та аналітичною спроможністю їх осмислювати – не поодинокий висновок одного дослідження. До нього ж, хоч і з іншого боку, приходять Є. Середа, О. Сокирко та В. Шепиленко, які вивчали місце фінансового моніторингу в загальній структурі національної безпеки: на їхню думку, результативність цього механізму залежить передусім від того, наскільки швидко законодавство встигає реагувати на нові схеми відмивання коштів [4]. Обидві роботи, по суті, описують одну й ту саму проблему різними словами: інституційна інфраструктура моніторингу – банки, Державна служба фінансового моніторингу, правоохоронні органи, Національний банк – розвивається швидше, ніж механізми, які надають цій інфраструктурі сенс: аналітика та законодавче регулювання.

Щоб зрозуміти, чому ця проблема взагалі виникла, варто звернутися до того, як побудована сама система. Закон України «Про запобігання та протидію легалізації (відмиванню) доходів, одержаних злочинним шляхом, фінансуванню тероризму та фінансуванню розповсюдження зброї масового знищення» закладає дворівневу архітектуру: первинний моніторинг ведуть самі банки й фінансові установи безпосередньо в момент операції, а державний рівень забезпечує Державна служба фінансового моніторингу разом із правоохоронцями та Національним банком [2]. Ця конструкція від початку розрахована на величезний потік первинних даних – і саме цей потік сьогодні став вузьким місцем системи: чим інтенсивніше банки звітують, тим складніше державному рівню обробляти отриману інформацію якісно, а не лише кількісно.

Водночас було б помилкою зводити фінансовий моніторинг виключно до боротьби з відмиванням коштів у вузькому розумінні. О. Пікуліна та О. Почтамцев показують, що заходи моніторингу одночасно виконують кілька функцій: захищають територіальну цілісність держави, стримують фінансування тероризму, обмежують корупцію та протидіють розкраданню публічних коштів [1, с. 276]. У воєнний час до цього переліку додається ще одна, суто прикладна функція – контроль за тим, щоб кошти, виділені на озброєння й військову техніку, справді йшли за призначенням [1, с. 278]. Ця функція виникла не тому, що так було заплановано зазделегідь, а тому, що масштаб оборонних видатків після 2022 року зробив питання їх цільового використання питанням державної безпеки, а не лише бюджетної дисципліни.

Офіційна статистика підтверджує, що ця перебудова системи вже відбувається на практиці: за звітом Державної служби фінансового моніторингу України, кількість повідомлень про підозрілі операції від банківських і небанківських установ у 2023 році суттєво перевищила довоєнні показники [3]. Це не випадкове коливання, а наслідок свідомого рішення посилити контроль саме там, де фінансові потоки перетинаються з обороноздатністю держави.

Виникає внутрішнє протиріччя, яке важко оминути: посилення контролю неминуче уповільнює фінансові операції, а швидкість руху коштів – критичний ресурс саме для економіки воєнного часу. Іншими словами, система моніторингу опинилася між двома вимогами, які частково суперечать одна одній: контролювати ретельніше, але не паралізувати легітимний грошовий обіг. Розв'язати це протиріччя механічним нарощуванням кількості перевірок неможливо – воно радше поглиблює розрив між обсягом даних і якістю їх аналізу, про який ішлося вище.

Із цього випливає практичний висновок, важливіший за будь-яку статистику: перспектива розвитку фінансового моніторингу як інструмента національної безпеки лежить не в екстенсивному нарощуванні кількості суб'єктів звітування чи перевірок, а в інтенсивному розвитку аналітичних спроможностей системи – цифровізації обміну даними між її учасниками та наближенні національного законодавства до стандартів FATF. Лише за такої умови фінансовий моніторинг з формально важливого, але переобтяженого статистикою механізму перетвориться на дієвий інструмент захисту держави від фінансових загроз.

Список використаних джерел

1. Пікуліна О., Почтамцев О. Роль фінансового моніторингу в системі забезпечення національної безпеки. Економічний аналіз. 2025. Том 35. № 1. С. 273–282. DOI: https://doi.org/10.35774/econa2025.01.273 (дата звернення: 04.07.2026).
2. Про запобігання та протидію легалізації (відмиванню) доходів, одержаних злочинним шляхом, фінансуванню тероризму та фінансуванню розповсюдження зброї масового знищення: Закон України від 06.12.2019 № 361-IX. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/361-20#Text (дата звернення: 04.07.2026).
3. Звіт Державної служби фінансового моніторингу України за 2023 рік. Київ, 2024. URL: https://fiu.gov.ua (дата звернення: 04.07.2026).
4. Середа Є., Сокирко О., Шепиленко В. Фінансовий моніторинг в системі національної безпеки України. Економіка та суспільство. 2024. № 62. DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-62-82 (дата звернення: 04.07.2026).

SECTION: MANAGEMENT AND PUBLIC ADMINISTRATION

ORGANIZATIONAL FORMS OF MANAGING AN ENTERPRISE'S FOREIGN ECONOMIC ACTIVITIES

Kharchuk Olena
Ph.D., Associate Professor
Department of Business Management and Logistics
National University of Transport, Ukraine
Mykytenko Tetyana
Ph.D., Associate Professor
Department of Customs and Commodity Studies
State Tax University, Ukraine

An enterprise's foreign economic activities are organized through the relevant structural units, specifically the foreign economic activities department or a specialized foreign trade firm or company (FTF), which are responsible for planning, coordinating, and carrying out the enterprise's international commercial activities. The main tasks and functions of a foreign trade firm include [1]:

- planning, organizing, and managing foreign trade transactions (the foreign trade firm is responsible for planning and organizing all operations related to the export and import of goods and services);
- increasing the volume of exports and improving their structure. The foreign trade firm is working to increase export volumes and expand the range of exported goods, which will enable it to develop more successfully in the foreign market;
- improving the efficiency of import procurement. To this end, the ZTF explores opportunities to optimize import procurement and increase its efficiency;
- enhancing the competitiveness of products abroad. The ZTF develops strategies to improve the competitiveness of the company's goods and services in foreign markets;
- studying the conditions of global commodity markets, where the ZTF analyzes market conditions and price dynamics to make informed management decisions;
- organizing after-sales service abroad, meaning that the ZTF may participate in providing after-sales service to ensure customer satisfaction abroad;
- developing promotional activities, in which the ZTF devises advertising strategies to expand exports and raise awareness of products abroad;
- ensuring legal protection of foreign economic interests. The ZTF helps resolve legal issues related to foreign economic activities;
- participation in the purchase and sale of patents, licenses, and know-how, where ZTF may participate in the conclusion of agreements regarding intellectual property rights;
- participation in protocol events. ZTF may participate in official events and negotiations with foreign partners.

A foreign trade enterprise may have various functional departments, such as marketing and sales and operations departments, as well as departments that support foreign trade operations, including planning and economic analysis, financial operations, accounting, and reporting, legal matters, and engineering and technical aspects that contribute to the effective functioning of the foreign trade firm and the conduct of the company's foreign economic operations.

The Foreign Economic Relations Department (FERD) is one form of organizational structure for managing foreign economic activities at manufacturing enterprises [2]. The primary role of the FERD is to manage and coordinate all aspects of an enterprise's foreign economic activities, including the export and import of goods and services. The main tasks and functions of the FEA may include (Fig. 1):

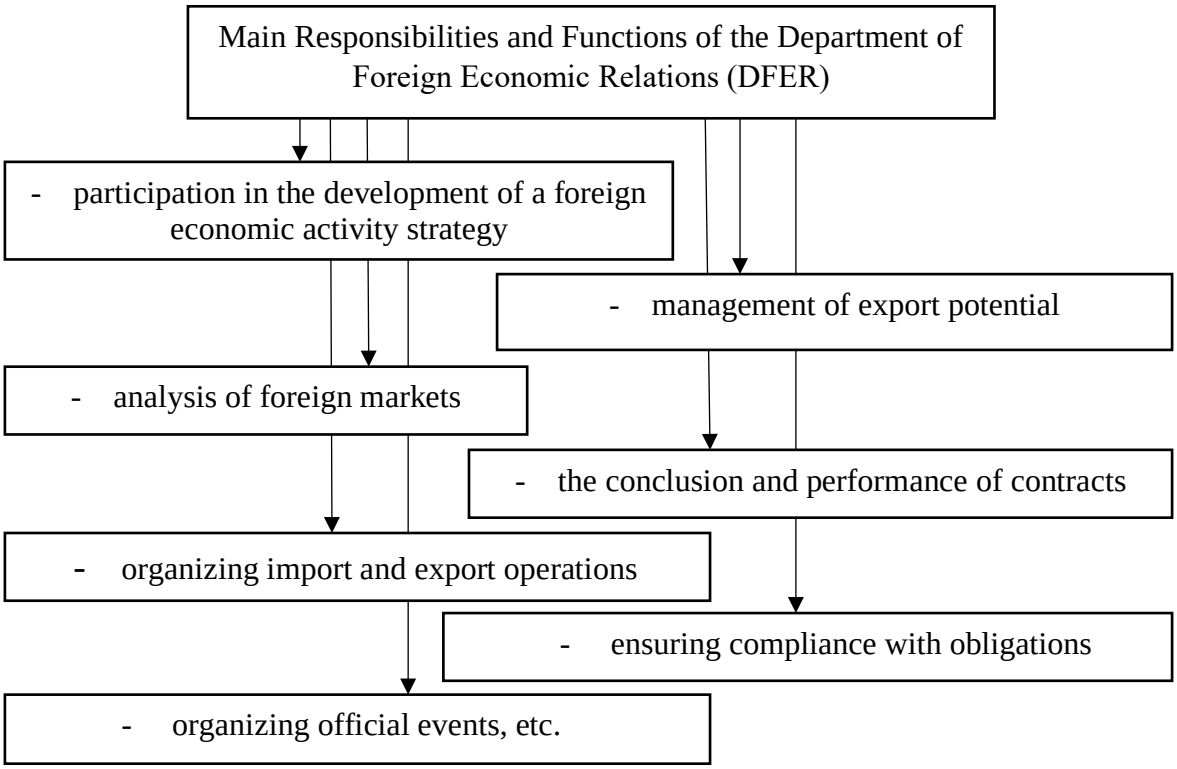

Figure. 1. Main Tasks and Functions of the Department of Foreign Economic Relations (DFER)

- participation in the development of foreign economic activity strategy;
- managing export potential;
- analyzing foreign markets;
- negotiating and executing contracts;
- organizing export and import operations;
- ensuring compliance with obligations;
- organizing protocol events, etc.

The Foreign Economic Relations Department (FERD) may be a structural unit within an enterprise's management structure, and its head may hold the position of director of the foreign economic relations department. It is important for the FERD to be well-organized and to have access to all the necessary information and resources to successfully carry out its tasks.

Thus, the foreign trade firm (FTF) and the foreign economic relations department (FERD) are key structures for managing a company's foreign economic activities, facilitating the company's development in international markets.

ZTF is responsible for coordinating and implementing foreign trade agreements, increasing exports, optimizing import purchases, enhancing product competitiveness, conducting market analysis, organizing after-sales service, carrying out promotional activities, providing legal protection, and participating in the purchase and sale of intellectual property and protocol events. It may include marketing, operational-commercial, and other departments that handle financial, legal, and technical aspects.

Under the direction of its head, the Foreign Economic Activity Department coordinates foreign economic activities, including strategy development, management of export potential, market analysis, the conclusion and execution of contracts, and the organization of export and import operations and protocol events.

References

1. Yurieva, P.B., Mykytenko, T.V. (2022), Foreign Economic Activity and the Specifics of Its Taxation: Theoretical Aspects. Economics and Society, vol. 38. URL: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-38-
2. Dunska, A.R., Kuznetsova, K.O., (2022), Management of Enterprises' Foreign Economic Activities. Online educational publication, Kyiv, Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute. URL: https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/81980f73-cb1a-4f3e-872a-eede9000fa8b/content

ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМИ МАТЕРІАЛЬНОЇ ТА НЕМАТЕРІАЛЬНОЇ МОТИВАЦІЇ ПРАЦІ ПЕРСОНАЛУ ПРИВАТНИХ РЕАБІЛІТАЦІЙНИХ ЦЕНТРІВ

Синиця Світлана Михайлівна
к.е.н., доцент
Кафедра управління та адміністрування
Олексюк Лілія Ігорівна
здобувачка вищої освіти магістерського рівня
Івано-Франківський навчально-науковий інститут менеджменту
Західноукраїнського національного університету, Україна

В умовах реформування системи охорони здоров'я України, розвитку приватного сектору медичних послуг та зростання потреб населення у якісній реабілітаційній допомозі особливої актуальності набуває проблема формування ефективної системи управління персоналом. Саме людський капітал є основним ресурсом закладів охорони здоров'я, а рівень професійної підготовки, компетентності та мотивації працівників безпосередньо визначає якість медичних послуг, результативність лікування та конкурентоспроможність підприємства [1].

Особливістю діяльності реабілітаційних центрів є те, що процес надання послуг здійснюється мультидисциплінарною командою, до складу якої входять лікарі фізичної та реабілітаційної медицини, фізичні терапевти, ерготерапевти, психологи, логопеди, медичні сестри та інші фахівці. Від ефективності їх взаємодії залежить не лише якість реабілітації пацієнтів, а й швидкість їх відновлення, рівень задоволеності отриманими послугами та репутація медичного закладу. За таких умов система мотивації персоналу повинна забезпечувати не тільки матеріальне стимулювання працівників, а й створення умов для професійного розвитку, командної роботи, психологічної підтримки та підвищення рівня залученості персоналу до досягнення стратегічних цілей підприємства [2].

У сучасній науковій літературі мотивація персоналу розглядається як один із ключових інструментів управління людськими ресурсами. М. Армстронг зазначає, що ефективна система мотивації повинна бути інтегрованою складовою HR-стратегії підприємства та охоплювати процеси підбору персоналу, оцінювання результативності праці, професійного розвитку, кар'єрного зростання й формування корпоративної культури [1]. Такий підхід дозволяє перейти від традиційної системи стимулювання праці до комплексного управління людським капіталом.

У світовій практиці дедалі ширше застосовуються концепції Total Rewards**,** Performance Management та Employee Well-being, які передбачають гармонійне поєднання матеріальної винагороди із нематеріальними чинниками мотивації. До останніх належать професійне навчання, можливість кар'єрного розвитку, участь у прийнятті управлінських рішень, психологічна підтримка, гнучка організація праці, корпоративне визнання професійних досягнень та створення комфортного робочого середовища. Дослідження свідчать, що саме комплексне використання матеріальних і нематеріальних стимулів забезпечує найвищий рівень продуктивності праці, задоволеності персоналу та його організаційної прихильності [1; 4].

Особливої актуальності проблема вдосконалення мотивації праці набуває для підприємств сфери охорони здоров'я. Працівники медичних закладів здійснюють професійну діяльність в умовах високого фізичного та психоемоційного навантаження, значної відповідальності за результати лікування і необхідності постійного професійного розвитку. Саме тому сучасна система мотивації повинна враховувати специфіку діяльності медичного персоналу, сприяти профілактиці професійного вигорання та створювати умови для безперервного підвищення професійної компетентності [2].

Метою дослідження є обґрунтування напрямів оптимізації системи матеріальної та нематеріальної мотивації праці персоналу приватного реабілітаційного центру та розроблення практичних рекомендацій щодо підвищення її ефективності.

Дослідження виконано на матеріалах діяльності ТОВ «Центр реабілітації святого Юди Тадея», яке здійснює діяльність у сфері надання реабілітаційних послуг. Проведений аналіз показав, що підприємство характеризується

стабільними фінансовими результатами, прибутковою діяльністю та сформованою мультидисциплінарною командою фахівців. Разом із тим оцінювання кадрової політики засвідчило наявність окремих проблем, пов'язаних із недостатньою формалізацією оцінювання результатів праці, потребою у розвитку системи професійного навчання, впровадженні сучасних цифрових HR-технологій та вдосконаленні механізмів нематеріального стимулювання.

Проведений аналіз дозволив встановити, що ефективність системи мотивації визначається не лише рівнем матеріальної винагороди, а й можливістю професійного розвитку, якістю комунікації між працівниками, рівнем довіри до керівництва, справедливістю оцінювання результатів праці та психологічним кліматом у колективі. Аналогічних висновків дійшли Г. І. Кліщ, Т. І. Хвалибога та М. Я. Кічула, які доводять, що професійний розвиток медичного персоналу є одним із ключових чинників підвищення ефективності діяльності закладів охорони здоров'я [2].

За результатами дослідження запропоновано комплекс заходів щодо вдосконалення системи мотивації персоналу. Насамперед рекомендовано впровадження системи оцінювання результативності працівників на основі ключових показників ефективності (KPI), що дозволить пов'язати матеріальне стимулювання із досягнутими результатами праці. Крім того, запропоновано удосконалити систему преміювання, розробити індивідуальні плани професійного розвитку працівників, запровадити корпоративні програми визнання професійних досягнень, наставництво для нових співробітників та програми психологічної підтримки персоналу.

Важливим напрямом удосконалення кадрової політики визначено цифровізацію процесів управління персоналом. Використання сучасних інформаційних HR-систем дасть можливість автоматизувати оцінювання результатів діяльності працівників, здійснювати моніторинг рівня їх залученості, планувати професійний розвиток та приймати більш обґрунтовані управлінські рішення. На думку Т. В. Гринько та В. В. Тімар, застосування цифрових технологій у сфері HR-менеджменту забезпечує підвищення прозорості кадрової політики, індивідуалізацію мотиваційних програм і сприяє зростанню ефективності управління персоналом [4].

Важливим елементом запропонованої системи є також реалізація програм Employee Well-being, які передбачають підтримку фізичного та психологічного здоров'я працівників, профілактику професійного вигорання, розвиток корпоративної культури та створення безпечного робочого середовища. Для медичних працівників, діяльність яких пов'язана зі значним емоційним навантаженням, саме такі заходи дозволяють забезпечити довгострокову мотивацію та знизити ризик професійного виснаження [3].

Проведена прогнозна оцінка показала, що впровадження запропонованого комплексу заходів сприятиме підвищенню продуктивності праці, покращенню якості реабілітаційних послуг, зростанню рівня професійної залученості персоналу, зміцненню кадрового потенціалу підприємства та підвищенню його

конкурентоспроможності. Крім економічного ефекту, очікується покращення соціально-психологічного клімату в колективі, підвищення задоволеності працівників умовами праці та зниження ризику професійного вигорання.

Отже, результати проведеного дослідження підтверджують, що оптимізація системи матеріальної та нематеріальної мотивації є одним із пріоритетних напрямів удосконалення управління персоналом приватних реабілітаційних центрів. Використання сучасних концепцій HR-менеджменту, цифрових технологій, програм професійного розвитку та комплексного стимулювання працівників створює передумови для підвищення ефективності діяльності закладу, забезпечення високої якості реабілітаційних послуг і сталого розвитку підприємства в довгостроковій перспективі.

Список використаних джерел

1. Armstrong M. Armstrong's Handbook of Human Resource Management Practice. 16th ed. London : Kogan Page, 2023.
2. Кліщ Г. І., Хвалибога Т. І., Кічула М. Я. Механізми управління професійним розвитком персоналу закладів охорони здоров'я // Вісник соціальної гігієни та організації охорони здоров'я України. 2025. № 2. С. 67–71. DOI: https://doi.org/10.11603/1681-2786.2025.2.15509
3. Мутерко Г., Михальов Д. Адаптивні моделі управління мотивацією персоналу в контексті національної стратегії післявоєнного відновлення // Економіка та суспільство. 2025. № 79.DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-79-12
4. Гринько Т. В., Тімар В. В. Сучасні підходи до формування моделі управління мотивацією персоналу з використанням технологій штучного інтелекту // Економіка та суспільство. 2025. № 80. DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-80-52.

SECTION: MARKETING AND ADVERTISING

DOI 10.70286/ISU-15.07.2026.008

ALGORITHM OF THE MARKETING ENVIRONMENT ANALYSIS PROCESS

Kosukhina Lyudmyla
Head of the Department of Strategic Cooperation and Image Programs
Furtune Veronika
Student
Department Management and Business Administration
National Aerospace University – Kharkiv Aviation Institute, Ukraine

Abstract. The algorithm of the marketing environment analysis process as an important element of strategic management of the enterprise is studied. The main stages of the analysis of the internal and external marketing environment are considered, and the role of modern digital technologies in increasing the effectiveness of marketing research is also determined. The feasibility of using artificial intelligence, big data analytics, generative AI, augmented and virtual reality technologies, robotization of business processes, and modern cybersecurity tools for collecting, processing, and analyzing marketing information is substantiated. It has been proven that the implementation of digital tools contributes to improving the quality of management decisions, adapting the enterprise to changes in the market environment, and strengthening its competitive advantages.

Keywords: marketing environment, process algorithm, marketing analysis, digital technologies, artificial intelligence, Big Data, generative AI, marketing research, competitiveness.

Introduction. In the modern conditions of the development of the digital economy, enterprises operate in a transformational environment that is constantly evolving in conditions of radical changes. The ability to timely detect changes in the environment, analyze the impact and quickly adapt marketing activities is one of the key conditions for ensuring the competitiveness and sustainable development of the enterprise. That is why there is a need to form an effective algorithm (Figure 1). The algorithm of the marketing environment analysis process is a sequence of interrelated stages, which includes the collection of marketing information, its systematization, analysis, assessment of influencing factors, forecasting possible changes and making management decisions. The effectiveness of the marketing strategy, the ability of the enterprise to respond to market challenges in a timely manner and use new opportunities for development depend on the quality of each stage.

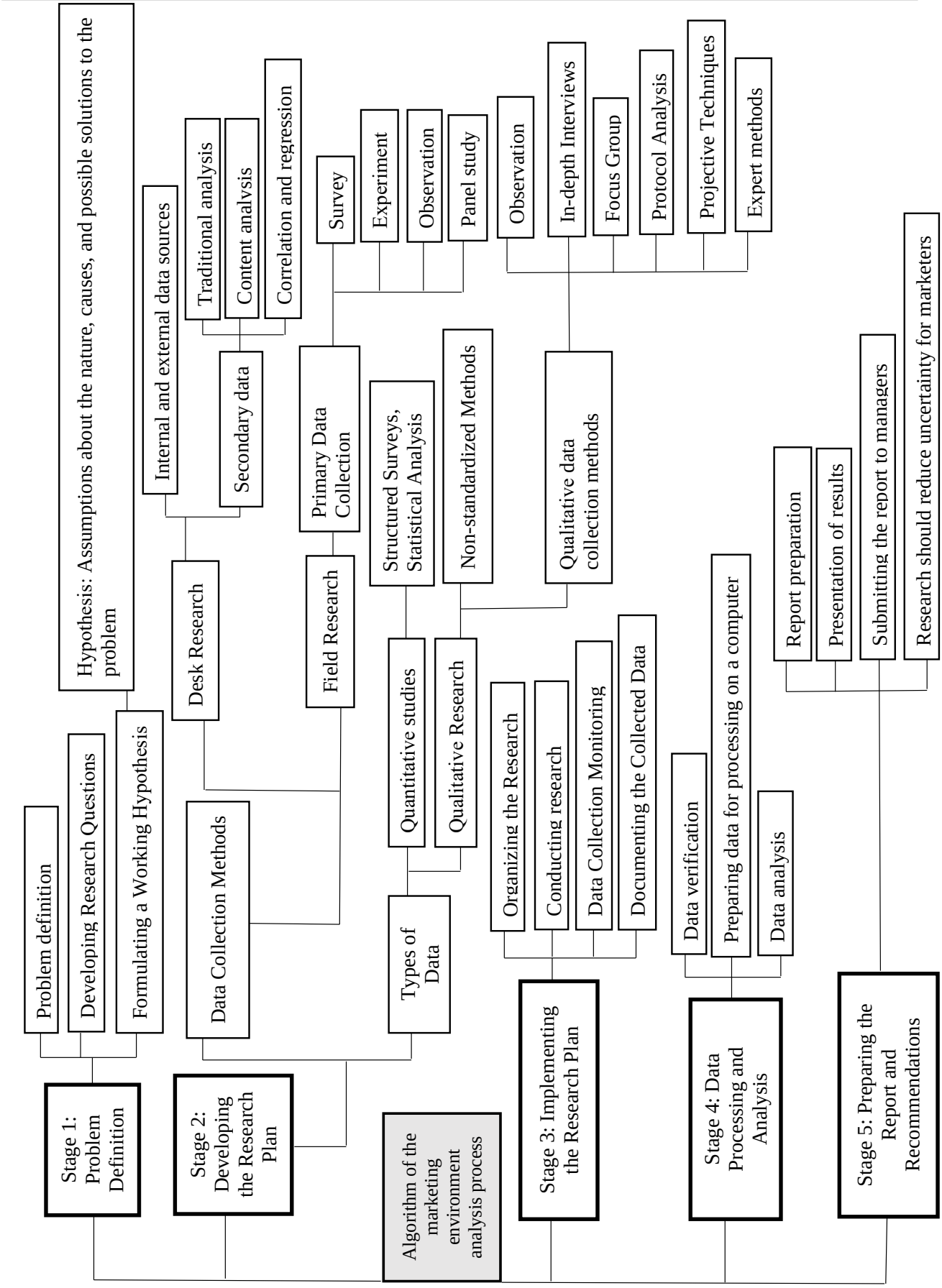

Figure 1. Algorithm of the marketing environment analysis process

As can be seen from Figure 1, the algorithm is a sequence of interconnected stages, which includes problem definition, research plan development, research plan implementation, data processing and analysis, and report and recommendations preparation. The effectiveness of the marketing strategy, the ability of the enterprise to respond to market challenges in a timely manner and use new opportunities for development depend on the quality of each stage.

The effectiveness of the implementation of the specified stages depends on the use of modern digital technologies that allow you to automate marketing processes, increase the accuracy of analysis, and ensure prompt management decision-making. That is why it is advisable to consider innovative digital technologies that help increase the efficiency of marketing environment analysis.

Examples of innovative digital technologies that increase the effectiveness of marketing environment analysis (Table 1).

Table 1

Technology	Characteristic
Artificial Intelligence (AI)	AI is able to automate routine operations such as document processing, data analytics, and customer support (e.g., via chatbots), which speeds up the assessment of marketing environment factors and supports management decision-making. AI analytics helps predict product demand based on past data and trends, which contributes to timely adjustments to marketing strategy.
Big Data Analytics	The use of Big Data helps analyze large amounts of structured and unstructured data for a comprehensive assessment of the internal and external marketing environment. With the help of Big Data, you can analyze market trends, customer behavior, evaluate competitor activities, and identify promising market segments in order to adapt prices and product assortment in a timely manner. Analytics helps identify potential risks, in particular financial risks or risks related to the security of operations, which significantly affect the marketing activities of the enterprise.
Virtual Reality (VR) and Augmented Reality (AR)	AR and VR allow you to create interactive environments for employee training, which is especially useful in complex technical processes or areas where simulation of situations is required. Using AR helps test new products, assess target audience response, and improve marketing decisions before products hit the market.
Generative AI and content automation	Generative AI models like GPT help automatically create marketing materials, populate websites with text, and develop visual content, which reduces costs for designers and copywriters. Generative AI tools help to quickly develop marketing concepts, test advertising ideas, and optimize communications with potential consumers.
Cybersecurity and Zero Trust Architecture	Protecting marketing data is an essential component of an effective digital marketing environment. That is why Zero Trust architecture ensures that every access to the system is verified and activity is monitored, significantly reducing the risk of data leakage and cyber threats. This is especially important for companies that use cloud solutions and work with large amounts of confidential data. Using AI to detect threats in real time helps prevent cyberattacks and respond quickly to incidents, which further ensures the reliability of marketing information systems.

Table 1

Robotic Process Automation (RPA)	RPA automates repetitive marketing operations, including market intelligence gathering, analytical reporting, and customer data processing, reducing time to complete tasks and reducing human error. RPA can also process customer requests and automatically direct them to the appropriate specialists, increasing the accuracy of information processing and the efficiency of marketing decision-making.

As can be seen from Table 1, examples of modern digital technologies indicate their significant role in increasing the efficiency of marketing environment analysis. Their use ensures rapid processing of significant amounts of information, increases the accuracy of forecasting market changes, and contributes to making informed management decisions. The comprehensive implementation of these technologies allows enterprises to respond more quickly to changes in the external environment, more effectively meet consumer needs, and strengthen their competitive positions.

Conclusion. Therefore, the algorithm for the marketing environment analysis process is an important component of effective enterprise management, as it provides a systematic approach to collecting, processing, analyzing, and evaluating information about internal and external environmental factors. Using such an algorithm allows you to timely detect changes in market conditions, predict consumer behavior, evaluate competitors' activities, and identify potential risks and opportunities for enterprise development.

The study showed that the use of modern digital technologies, including artificial intelligence (AI), Big Data Analytics, virtual (VR) and augmented (AR) reality technologies, generative AI and content automation, cybersecurity and Zero Trust architecture, and robotic business process automation (RPA), significantly increases the effectiveness of marketing environment analysis. These tools automate marketing processes, accelerate the processing of large amounts of information, increase forecasting accuracy, and facilitate informed management decisions.

Thus, it is the integration of innovative digital technologies into the algorithm of the marketing environment analysis process that is an important direction for increasing the competitiveness of enterprises. Their use allows you to quickly adapt marketing activities to changes in the market environment, more effectively meet consumer needs, and ensure sustainable development of the enterprise in the context of digital transformation of the economy.

References

1. Shevchenko, I., & Dieieva, A. (2025). Development of Digital Marketing Under the Influence of Generational Theory. In Organizational, Accounting, and Financial Mechanisms for Managing the Economic Security of Entrepreneurship: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference (December 12–13, 2024, pp. 152–154). National Aerospace University “Kharkiv Aviation Institute”.
2. Likhonosova, H., & Shevchenko, I. (2025). Digital Marketing Financing Management: Strategic Approaches and Technological Solutions. Herald of

Khmelnytskyi National University. Economic Sciences, 344(4), 259–264. https://doi.org/10.31891/2307-5740-2025-344-4-35
3. Shevchenko, I., & Imnadze, I. (2023). Application of Managerial and Marketing Innovation Technologies to Ensure the Development of Digital Commerce in Global Markets. Intellect XXI, 1, 47–53.

DOI 10.70286/ISU-15.07.2026.009

BREAKING THE NORM AND RETAINING TRAFFIC: RESEARCH ON DIGITAL NEW MEDIA MARKETING STRATEGIES FOR URBAN OLD STREET CULTURAL TOURISM

Yang Guang [1]*
PhD in Management
"Silk Road"International University of Tourism and Cultural Heritage, Samarkand City, Republic of Uzbekistan, 140104, 17, University Boulevard
Jiangsu Changshu Secondary Specialized School, No.388 Dongnan Road, Southeast Economic Development Zone, Changshu, Suzhou, China
Orchid ID: https://orcid.org/0009-0005-3581-3073

Abstract: With the in-depth advancement of digital transformation in the cultural tourism industry, urban old streets, as unique carriers of urban context and folk culture, have outstanding cultural value and tourism development potential. However, most traditional old streets are plagued by disorderly business layouts, undefined target audiences, single communication channels, low traffic conversion rates, and fragmented operational mechanisms, which fail to adapt to evolving cultural tourism consumption demands and new media communication trends. To address the core dilemmas of homogeneous competition, closed communication circles, and unsustainable popularity, this study constructs a closed-loop new media marketing system featuring "research and positioning, content marketing, traffic conversion, and private domain operation" based on practical cultural tourism projects of urban old streets. By implementing industrial investigation, precise customer positioning, visual content dissemination, audio-visual traffic empowerment, merchant alliance collaboration, and data-driven refined operations, this paper explores feasible digital marketing and sustainable development strategies for traditional old street blocks. The results indicate that systematic, scenario-oriented, and refined new media marketing can effectively activate the commercial vitality of old streets, reshape regional cultural tourism brands, and convert public domain traffic into sustainable private domain assets. This research provides practical references and theoretical support for the digital transformation and high-quality development of similar old street cultural tourism projects.

Keywords: Urban Old Street; Digital Cultural Tourism; New Media Marketing; Circle-breaking Communication; Private Domain Operation

1. Introduction

Driven by the rapid iteration of digital technologies, the cultural tourism industry has entered a new era dominated by content innovation, traffic empowerment, and refined long-term operation. New media forms, including short videos, social content planting, live-streaming e-commerce, and private-domain traffic operations, have become core driving forces for the upgrading of urban cultural tourism projects. As typical cultural and tourist resources, urban old streets carry unique historical heritage, folk customs, and characteristic business formats, possessing inherent advantages in creating immersive tourism experiences and Internet-famous cultural symbols.

Nevertheless, the majority of traditional old streets still adopt backward operation and marketing modes. Restricted by outdated marketing concepts, unscientific industrial planning, ambiguous audience positioning, and insufficient content innovation, most old streets fail to convert cultural advantages into market competitiveness. Common problems such as low online exposure, weak user attraction, disjointed traffic conversion, and scattered merchant cooperation have led to the dilemma of “cultural richness but economic scarcity” for numerous old street blocks.

Against this background, digital and systematic new media marketing has become an inevitable choice for the revitalization of traditional old streets. This paper constructs a full-chain marketing model integrating market research, content promotion, traffic monetization, and long-term operation, aiming to provide practical strategies for the digital upgrading and sustainable brand development of old street cultural tourism.

2. Predicaments of Old Street Cultural Tourism Marketing

2.1 Disordered Industrial Layout and Inaccurate Audience Positioning

Most urban old streets rely on scattered individual merchants without unified industrial planning and overall layout. Diverse business types such as catering, cultural and creative retail, intangible cultural heritage experience, and leisure services are randomly distributed, failing to form agglomeration effects of characteristic industries and resulting in low regional recognition. In addition, most operators adopt empirical operation modes without systematic market research and customer group analysis. Unable to accurately identify the consumption preferences, scenario demands, and behavioral characteristics of young tourists, parent-child families, and cultural enthusiasts, traditional old street marketing lacks pertinence and professionalism, resulting in high marketing costs and low conversion efficiency.

2.2 Backward Communication Modes and Insufficient High-Quality New Media Content

Traditional old street publicity mainly depends on offline posters, outdoor advertisements, and word-of-mouth communication, which are limited to local communication ranges and difficult to form cross-regional brand influence. In the field of new media communication, most old streets have not established standardized content output systems. The existing online content is characterized by rough shooting quality, homogeneous copywriting, chaotic visual layout, and single-scene

presentation, which cannot meet the aesthetic and consumption needs of contemporary online users. The lack of professional content creation and visual optimization capabilities makes it difficult for old street projects to produce high-dissemination and high-recognition works, resulting in blocked brand circle-breaking development.

2.3 Disjointed Traffic Conversion Chain and Missing Marketing Closed Loop

Although some old streets have attempted short video promotion and live-streaming marketing, most operations only stay at the basic exposure stage. Due to the lack of professional content planning, audio-visual packaging, traffic operation, and offline conversion mechanisms, online traffic cannot be effectively transformed into offline passenger flow and real consumption. The widespread phenomenon of "high exposure but low transaction, high popularity but low benefit" has become a key bottleneck restricting the commercial development of old streets. The disconnection between public domain drainage and offline consumption makes it impossible to form a complete and sustainable marketing closed loop.

2.4 Decentralized Operation Mechanism and Unsustainable Long-Term Development

Merchants in old streets operate independently without effective linkage and cooperation mechanisms. Divergent business concepts, inconsistent publicity standards, and differentiated product systems hinder the formation of industrial cluster advantages. Meanwhile, most old street projects lack private domain awareness and refined operation thinking. Precise users attracted by online platforms fail to be effectively retained and managed, leading to short-term marketing popularity and rapid heat decline. Furthermore, the absence of standardized data statistics, effect evaluation, and strategy iteration mechanisms makes marketing optimization lack data support, restricting the long-term and sustainable development of old street cultural tourism.

3. Construction Logic of the Closed-Loop New Media Marketing System

Targeting the problems of fragmentation, short-term effects, and superficialization in traditional old street marketing, this study combines vocational education concepts of post-course-competition-certificate integration and industry professional standards and constructs a four-module, full-process, and iterable digital marketing system. The system covers market research and precise positioning, static visual content communication, dynamic audio-visual traffic conversion, and private domain refined operation, forming a complete marketing chain from accurate market diagnosis and brand circle-breaking to traffic monetization and strategic optimization. The four modules are progressive and mutually supportive, realizing the transformation from single-point publicity to systematic marketing and from temporary traffic heat to long-term brand operation.

The first module focuses on field research and customer group positioning, clarifying the industrial advantages, resource characteristics, and market deficiencies of old streets to lay a foundation for subsequent targeted marketing. The second module realizes low-cost and high-efficiency brand promotion through real-scene shooting, copywriting empowerment, and visual optimization. The third module amplifies brand influence and realizes traffic commercialization via short video polishing and real-scene live-streaming transformation. The fourth module constructs a sustainable

operation system through merchant alliance integration, community refined operation, and data iterative optimization.

4. Implementation Paths of Digital New Media Marketing for Old Streets

4.1 Full-Coverage Industrial Research and Precise Customer Group Positioning

Scientific market research and accurate audience positioning are the premise of efficient new media marketing. This study adopts a dual research method combining offline field investigation and online data mining to conduct comprehensive and refined market research on old street blocks. Offline researchers conduct full-coverage visits to all merchants, systematically sorting out business types, product characteristics, price levels, operating status, and development difficulties, and defining superior industries, inferior industries, and market gaps. Online data collection is carried out through questionnaire surveys, social platform comment analysis, and local tourism topic data statistics to summarize tourists' travel preferences, experience demands, consumption capacity, and online activity rules.

Based on the collected data, hierarchical customer group portraits are constructed to classify core audiences, including young trend-chasing tourists, literary experience groups, parent-child leisure groups, and intangible cultural heritage lovers. By analyzing the differentiated content preferences and consumption scenarios of various audiences, this study eliminates the limitations of empirical marketing, provides accurate data support for content creation, product design, and activity planning, and realizes precise and targeted marketing.

4.2 High-Quality Static Visual Content Creation for Cross-Circle Communication

To build distinctive cultural tourism symbols of old streets, this study constructs a lightweight and sustainable content planting communication system based on static pictures and texts. By exploring core resources such as ancient architectural styles, street humanistic atmosphere, intangible cultural heritage customs, and characteristic catering formats, high-quality scenario-based real-scene materials are collected to retain the original cultural charm of old streets. Combined with new media communication context and young users' aesthetic preferences, emotional and story-based promotional copies are created to replace rigid traditional publicity languages and endow old street culture with humanistic temperature.

Through standardized visual typesetting, color tuning, and layout optimization, multi-platform adaptive image and text works suitable for Xiaohongshu, WeChat official accounts, and short video platforms are produced. With the advantages of a long retention cycle, low communication cost, and strong penetration ability, static content continuously accumulates brand reputation, breaks regional communication limitations, realizes spontaneous fission communication, and steadily attracts precise tourist flow for old streets.

4.3 Dynamic Audio-Visual Empowerment for Closed-Loop Traffic Conversion

On the basis of static content planting, short videos and real-scene live streaming are adopted as core dynamic communication carriers to amplify brand influence and realize precise public domain traffic conversion. Diversified original short video scripts are designed, including old street humanistic records, intangible cultural heritage skill displays, characteristic merchant interviews, and street scenery tours. Through

professional editing, color matching, soundtrack optimization, and subtitle packaging, high-quality adaptive short video works are produced to improve platform recommendations and online exposure.

Professional real-scene live-streaming operations are implemented simultaneously. Through pre-promotion heating, real-time street roaming, product explanation, welfare flash sales, and offline experience reservation services, online onlooker traffic is quickly converted into offline passenger flow and physical consumption. Short videos are responsible for large-scale cross-circle drainage, while live streaming undertakes precise transaction conversion, forming a complete dynamic marketing closed loop of "content planting – public domain drainage – live streaming conversion – offline consumption," which effectively solves the problem of virtual traffic and insufficient transformation efficiency of old street marketing.

4.4 Merchant Alliance and Private Domain Operation for Sustainable Development

To solve the problems of fragmented operations and unsustainable marketing effects, this study constructs a trinity long-term operation system of "Merchant Alliance, private domain operation, and data review." In terms of Merchant Alliance construction, high-quality catering, cultural and creative, intangible cultural heritage, and experience-based merchant resources are integrated. Combined with audience consumption characteristics, a hierarchical product system composed of low-cost drainage products, best-selling packages, and high-end customized experience projects is established. Unified publicity specifications, online verification rules, benefit distribution mechanisms, and after-sales service standards are formulated to break the isolated operation mode of individual merchants and realize resource sharing and win-win cooperation.

In terms of private domain refined operation, precise users attracted by online content are precipitated into exclusive old street cultural tourism communities for hierarchical labeling and differentiated management. Regular content updates, welfare interactions, activity previews, and check-in fission activities are carried out to activate community vitality, cultivate user loyalty, and convert one-time tourists into loyal consumers and brand communicators. In terms of data iteration, core indicators, including content exposure, video playback volume, live streaming conversion rate, community activity, and product sales volume, are statistically analyzed regularly to identify marketing advantages and deficiencies, optimize content forms and product systems in a targeted manner, and realize the dynamic upgrading of marketing strategies.

5. Practical Value and Application Effect of Digital Marketing

5.1 Commercial Value: Revitalization of the Street Real Economy

The full-link digital new media marketing mode completely optimizes the traditional offline operation mode of old streets, significantly improving online brand exposure and offline passenger flow carrying capacity. The Merchant Alliance model integrates scattered industrial resources, optimizes the product supply structure, expands publicity and sales channels, effectively improves merchant economic

benefits, activates the real economy of old urban blocks, and promotes the recovery and high-quality development of the regional cultural tourism economy.

5.2 Communication Value: Brand Building of Youthful Old Street Tourism IP

Through diversified, scenario-based, and story-oriented new media content output, the architectural aesthetics, folk culture, intangible cultural heritage value, and humanistic temperament of old streets are fully displayed. This mode breaks the public's stereotyped impression of aging old streets, creates a youthful and trendy cultural tourism IP with profound cultural heritage, effectively improves the popularity and reputation of old street blocks, and realizes the brand upgrading from local old streets to regional Internet-famous tourism landmarks.

5.3 Industrial Value: Replicable Standardized Operation Paradigm

The closed-loop marketing system of research, communication, conversion, and operation avoids the defects of short-term popularity and fragmented management in traditional cultural tourism marketing. Relying on data-driven optimization, merchant collaborative operations, and private domain asset precipitation, this study forms a set of standardized and replicable operation paradigms suitable for the digital transformation of urban old streets, providing valuable practical references for the cultural tourism upgrading of similar historical blocks nationwide.

6. Conclusion and Prospect

In the era of digital cultural tourism, the revitalization and sustainable development of traditional urban old streets rely on the empowerment of systematic digital marketing strategies. This study takes the current old street cultural tourism project as the research carrier, constructs a full-chain new media marketing system of accurate research, content cross-circle communication, traffic conversion, and private domain retention, and effectively solves the core problems of disordered industries, vague positioning, weak communication ability, low traffic efficiency, and fragmented operations in traditional old street marketing. The proposed strategy realizes multi-dimensional improvements in cultural inheritance, passenger flow growth, commercial realization, and sustainable operation.

In the future, old street cultural tourism marketing can further integrate emerging digital formats such as immersive live streaming, AI content creation, and community group-buying marketing to enrich the content ecology and communication channels. Further research can deeply explore the historical and cultural connotation of old streets, promote the integrated development of cultural value, scenario value, and commercial value, continuously enhance the core competitiveness of old street tourism brands, and help traditional urban old streets achieve long-term vitality and sustainable development in the digital era.

References

1. Lü Y M. Research on New Media Marketing Strategies of Urban Cultural Tourism[J]. Market Weekly, 2024, 37(11):75-79.

2. Liu L Y. Cultural Tourism IP Marketing Strategies Based on the SIPS Model[J]. E-Commerce Review, 2025, 14(7): 546-552. https://doi.org/10.12677/ecl.2025.1472202

3. FAN Li, ZHAO Yi-mei. Research on IP Communication of Local Cultural Tourism from the Perspective of Convergence Culture[J]. Journal of Xihua University (Philosophy & Social Sciences) , 2021, 40(5): 59-65. DOI: 10.12189/j.issn.1672-8505.2021.05.007
4. Zhang H Y. Theoretical and Practical Innovation in the Construction of Characteristic Towns[J]. Chinese Famous Cities, 2017, 0(1): 4-10.
5. Huang Y, Song G L, Qiao X Y, et al. Digital Empowerment for the Protection, Innovation and Revitalization of Historical Blocks: A New Path of Community Participation and Collaborative Governance[J]. Chinese Industry and Technology of Eco-Environment, 2024, 5(2): 211-219. https://doi.org/10.12184/wspzgsthjcyyjsWSP2633-771128.20240502

MANIPULATIV MARQETING AS A FACTOR AFFECTIG CONSUMER BEHAVIOR

Ruzanna Hajoyan
Associat Profesor at Western Ukrainian National University–Yerevan Institute,
Candidat of Econamic Sciences,
Assosiet Profesor at ASUE (Armenian State University of Economics),
Candidat of Econamic Sciences,
Harutyun Papazyan
Assistant Profesor at
ASUE (Armenian State University of Economics),
PhD of Econamics

These days, manipulative marketing is seen as a powerful way to influence consumer behaviour, and using its tools fully can help companies guide consumers in the right direction.

The article looked into the psychological and marketing aspects of manipulative marketing, revealed how it works and its consequences, and also examined how it affects consumer buying decisions and behaviour patterns.

If used carefully, manipulative marketing can be an effective tool for growing a business, but it should be based on creating value without undermining the brand's long-term trust.

Keywords: manipulative marketing, consumer behaviour, marketing influence, social proof, incremental engagement, personalisation.

In the modern market economy, marketing has become not only a means of connecting the seller and the consumer but also a powerful tool shaping consumer behaviour. The saturation of markets, active competition, the variety of products and services, as well as the range of alternatives, lead companies to apply marketing approaches like manipulative marketing, which aims not only at addressing real needs but also at creating artificial demand, prompting consumers to make indirect decisions and purchases.

Manipulative marketing is a form of marketing influence where organisations use psychological, behavioural, and social mechanisms, based on the characteristics of human psychology. The methods of manipulative marketing include technologies created based on neuroscience and human psychology, which affect the consumer's subconscious and shape their behaviour. These methods have been used in traditional marketing through exhibitions, billboards, television, and radio, and nowadays they are widely applied in digital technologies that have significantly developed. Thus, manipulative marketing has become a major topic of public and scientific discussion in recent years.

Although manipulation is often confused with persuasion, in the latter case the consumer has the opportunity to make a conscious choice, whereas manipulation affects them unnoticed, limiting that choice. Manipulative marketing uses specific methods and effects. Many researchers and authors have studied and described the impact of psychological tools used in manipulative marketing. For example,

1. Anchoring Effect: D. Kahneman finds that a consumer's evaluation is based on a specific number previously considered (for example, the initial high price). [2, 118]

2. Framing Effect: Decisions are influenced not by the content of the information but by the way it is presented. The results highlight new possibilities in neuroeconomics, which studies what the brain does when a person makes decisions. [2, 354]

3. Artificial Urgency: Applying the scarcity principle, where a product seems more valuable because it is less available. Sometimes this information is true, sometimes false, but the goal is always the same: to create a sense of scarcity and increase the perceived value of the product for the customer. [3, 189]

4. Social Proof: People base their decisions on the behaviour or opinions of others. So, the principle of social proof suggests that the more people consider an idea correct, the more likely it is to be accurate. [3, 88]

5. Decoy Effect: Adding a third, less attractive option nudges the consumer towards choosing the main option they already prefer. People often don't know what they want until they see the options in a comparative setting. Thinking is hard and sometimes unsuccessful, so marketers make the choice easier by presenting one option that clearly stands out over the others.[4, 20]

In recent years, consumer buying behaviour has changed a lot, and most buyers actively use online shopping opportunities. In Armenia, consumers often shop from international online platforms like Temu, Wildberries, AliExpress, Amazon, and physical stores also have online platforms through which people do their everyday shopping online too, such as the Yerevan City app. Marketing influence on these platforms is mainly carried out through mechanisms of artificial urgency, limited offers, price anchors, and social proof cues. A clear example is Temu, where customers see a timer on certain products or it is marked as 'most popular product', which psychologically encourages a quick decision without much thought. In physical stores, especially in large supermarkets and shopping chains, manipulative marketing is also widely used. Product placement, the use of clear signage, and discount effects are often designed to influence using framing and decoy effects. Discounts or «special offer»

labels are often highlighted clearly to create an incentive for a quick purchase. For example, loyal customers of Yerevan City have the chance to take advantage of special offers, which are also limited and may also have a timer.

Observations show that online platforms are dominated by timers, limited offers, and social proof elements (ratings, sales statistics). We conducted a survey trying to understand consumer behaviour when making purchases, their preferences, and whether discounts or special offers play a role in the buying decision. For this study, a questionnaire was developed, which was filled out by 209 respondents.

A statistical analysis was carried out on the results of the questionnaire survey conducted within the framework of this study to identify the impact of various manipulative marketing tools on consumer behaviour. The obtained data allow for the assessment of the influence of different psychological effects and their level of perception among consumers in Armenia, as well as evaluate their practical significance for business. The survey results show that discounts are one of the most effective and widely used marketing tools.

Discounts are widely used especially in physical stores and supermarkets, where consumers can immediately see the price difference on the shelves. They tend to be more effective during holiday sales. Online platforms also widely use discounts, but in physical stores their impact is often more direct, as the consumer can see the product and the price at the same time and can even touch and feel the product. From a business perspective, this means that discount policies continue to be an effective tool for attracting customer attention and boosting sales. It especially affects the mass consumption goods market.

Analysis of the artificial urgency effect shows weaker results. When assessing the impact of messages like 'Only a few left' and 'Offer ends in 2 hours', it was found that for most consumers, it doesn't have a strong effect and is mainly seen as a regular marketing trick. Consumers often don't perceive such messages as genuine and don't feel the need to make a quick decision. This effect is mainly used on online shopping platforms, where it's easy to create time limits, timers, and a sense of restriction. It's most effective during short-term promotions and special offers. The results show that in Armenia, this mechanism has limited influence and businesses need to use this tool carefully and combine it with other mechanisms.

The effect of social proof shows higher efficiency. In Armenia, consumers largely trust the experiences and opinions of others, using them as a basis for decision-making. This behaviour is due to the fact that when shopping online, consumers cannot physically assess the product and to understand the advantages and disadvantages of the product, they pay attention to other users' comments. It is especially effective for new or unfamiliar products when the consumer has no personal experience. For businesses, this means that it is important to pay close attention to customer opinions and to encourage receiving positive reviews and comments. An important indicator for a business should not just be the number of purchases by customers, meaning how many customers have made a purchase, or the number of users of a service, but also repeat purchases or repeated use of services. In physical stores, this effect is shown through 'best seller' or 'most demanded product' labels. These kinds of labels are more

effective in stores with a wide range of products, where the consumer finds it difficult to make a choice. In this case, the consumer also decides based on the choices of other consumers, thinking that if it has sold a lot or is a popular model, then it must be good and the right decision. Analysis of the price anchor effect shows that the «high initial price and then discounted price» mechanism has above-average influence. Most consumers have indicated that such presentation makes the product more attractive. This is due to the fact that people tend to compare prices and evaluate the offer from a relative perspective.

This effect is applied both online and in physical stores. It's most effective during discount seasons when consumers are actively comparing prices. For businesses, this means the way a price is presented can greatly affect sales. Also, in cases with multiple options, studies of consumer behaviour show that most people tend to choose the middle option. This is because consumers often avoid extreme choices and prefer the more balanced option. Overall, the statistical analysis carried out shows that different manipulative marketing tools have varying effects on consumers. The mechanisms based on social proof and discounts are the most effective, as they build trust and increase product appeal. Meanwhile, some forms of artificial urgency have a more limited impact. All these results are important for businesses because they help understand which marketing tools are most effective in a given market and how marketing strategies can be shaped. As a result, companies can not only boost sales but also build longer-term relationships with consumers. So, based on the studies carried out, in the Armenian market, where consumers are sensitive to price and social proof, companies can be advised to do the following.

1. Use of social proof. Implement comment and rating systems on online platforms of physical stores and provide feedback to increase trust.

2. Use of the decoy effect. When designing delivery services or packaging, apply price options that guide the consumer towards the most advantageous (for the business, desirable) option.

3. Personalisation. Introduce personalised recommendations based on purchase history, which will reduce the complexity of choice and increase customer loyalty.

4. Gradual engagement. Structure the sales process by initially offering a free or trial value, which will reduce psychological barriers.

References

Books

1. Божук С. Г., Маркетинговые исследования : учебник для вузов. 2-е изд., испр. и доп. Москва: Издательство Юрайт, 2024
2. D. Kahneman, Thinking, Fast and Slow, Israel 2011
3. R. Cialdini, Influence: The Psychology of Persuasion, USA 2006
4. Ariely, Predictably irrational, USA 2008
5. Michael A. Kamins, Marketing Manipulation: A Consumer’s Survival Manual, USA 2018

ОРГАНИЗАЦИЯ МАРКЕТИНГОВОГО ПРОЦЕССА В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ

Турабова Гюльнара Сабир кызы
Гянджинский Государственный Университет

Аннотация: Современные рыночные отношения формируются и развиваются на основе использования прогрессивных методов и подходов, обеспечивающих удовлетворение потребностей как отдельных лиц, так и социальных групп и общества в целом, способствующих рациональному распределению ресурсов и установлению сбалансированного соотношения спроса и предложения. В статье особое внимание уделяется управлению маркетингом как важному элементу системы управления предприятием, включая анализ, планирование, реализацию и контроль маркетинговых программ. В статье описывается влияние маркетинга на удовлетворение потребительского спроса, расширение производства и продаж, а также важность комплексного подхода к ведению бизнеса. Кроме того, в статье представлена структура жизненного цикла продукта на основе международных стандартов и рассмотрены факторы, влияющие на выбор маркетинговой концепции на уровне предприятия.

Ключевые слова: маркетинговый процесс, менеджмент, функции, принципы, предприятие, система управления.

Формирование и развитие рыночных отношений требует применения современных методов, позволяющих удовлетворять потребности отдельных лиц, социальных групп и общества в целом, рационально использовать ресурсы и достигать оптимального баланса между спросом и предложением. Маркетинг, как эффективный регулятор рыночных процессов, использующий принципы сложности, устойчивости и социальной ориентации, предлагает взаимовыгодные механизмы обмена между различными участниками рынка и создает условия для удовлетворения потребительских потребностей.

Для того чтобы использовать маркетинг как действительно надежный инструмент для достижения успеха на рынке, необходимо овладеть его методологией и умением применять его в специфических условиях. В конкурентной среде успех может добиться только предприятие, которое творчески использует концепцию маркетинга и, опираясь на нее, постоянно ищет способы адаптации к постоянно меняющимся условиям своей операционной среды и активно влияет на рынок и потребителей [1].

Управление маркетингом — это планирование и реализация программ, направленных на создание и поддержание взаимовыгодных отношений с целевыми потребителями на постоянной основе для достижения целей предприятия. Управление маркетингом включает в себя сбор и анализ маркетинговых данных, на основе которых осуществляется планирование и определяется возможность достижения целей предприятия с помощью

разработанных программ. Таким образом, управление маркетингом на уровне процесса состоит из четырех этапов:

1. анализ
2. планирование
3. реализация
4. контроль.

После контроля принимается решение о расширении, корректировке или пересмотре программ в зависимости от полученных результатов, после чего цикл процесса повторяется.

Маркетинг является одной из основных функций управления, влияющей на расширение производства и продаж продукции путем определения потребительского спроса. [2].

В соответствии с установленными международными стандартами, жизненный цикл продукта состоит из 11 этапов:

- маркетинг, исследование и изучение рынка;
- проектирование и разработка технических требований, разработка продукта;
- логистика;
- подготовка и разработка производственных процессов;
- производство;
- контроль, испытания и проверка;
- упаковка и хранение;
- продажа и распространение продукции;
- установка и эксплуатация;
- техническая поддержка и обслуживание;
- утилизация после использования.

Если предприятие намерено строить свой бизнес на маркетинге, то прежде всего руководство предприятия определяет концепцию маркетинговой деятельности. Концепция маркетинговой деятельности – это понимание степени реализации маркетингового подхода в управлении предприятием в целом, иными словами, участие маркетинга в управлении. В этом случае возможны различные варианты, от рассмотрения маркетинговой деятельности как бизнес-направления, обслуживающего основной бизнес-процесс, до построения всех бизнес-процессов исключительно на основе маркетинга. На выбор концепции маркетинга влияют многие факторы, такие как тип рынка, уровень конкуренции, степень развития отрасли, ресурсы предприятия и подготовка управленческого персонала [3].

Список использованной литературы

1. Г. А. Савчук, Ю. В. Мокерова. Управление маркетингом на предприятии. 2014.
2. Bradley, Nigel Marketing Research. Tools and Techniques. Oxford University Press, Oxford, 2007.
3. Р. Джаббаров. Маркетинговые исследования и маркетинговая информационная система. 2016
4. Robert Palmatier. Marketing strategy. 2017

SECTION: MEDICINE

ОСОБЛИВОСТІ МЕДСЕСТРИНСЬКОЇ ПРАКТИКИ НА 3 КУРСІ МЕДИЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ В ХІРУРГІЧНОМУ ВІДДІЛЕННІ

Пилипенко Роман Вячеславович
Ph.D., асистент
Кафедра хірургічних дисциплін
Пилипенко Вячеслав Васильович
канд.мед.наук, доцент
Кафедра внутрішньої медицини №1
Донецький національний медичний університет, м. Лиман, Україна

Молоді люди, абітурієнти та студенти медичних університетів, мають можливість знайомитись із роботою хірурга за допомогою літературних образів у таких творах, як: «Думки і серце», «ППГ 22 66» Миколи Амосова, The Final Diagnosis by Arthur Hailey, The Citadel by Archibald Cronin та багатьох інших, що, безперечно, надихає їх у виборі майбутньої професії. Вступивши в медичний університет, здобувачі освіти обирають фах за своїми вподобаннями. Базова підготовка в перші три роки навчання має у своєму фіналі сестринську практику. Перехід знань, отриманих на теоретичних і клінічних кафедрах, у практичні навички особливо чітко відчувається під час роботи в хірургічному відділенні.

Знайомство з роботою хірургічного відділення починається з промови старшої медичної сестри відділення, в якій окреслені загальні задачі медичної сестри, вимоги до зовнішнього вигляду студентів-практикантів, перелік їх прав та обов'язків, питань субординації медичного персоналу. Окремо нагадується про пріоритетне значення питань асептики та антисептики, профілактики лікарняної інфекції.

Підтримання санітарно-протиепідемічного режиму в хірургічному відділенні, запобігання виникненню та поширенню вогнища інфекції є однією з ключових функцій медичної сестри. Тому саме з вивчення та засвоєння цих питань починається робота студентів. Розбираються засоби забезпечення самозахисту і техніки індивідуальної безпеки у відділенні. Пригадавши принцип роботи автоклаву, студенти засвоюють методи стерилізації медичного інструментарію, перев'язувального матеріалу та операційної білизни. Медична сестра демонструє та залучає студентів до передстерилізаційної підготовки інструментів та вивчення способів їх стерилізації. Розбираються схеми стерилізації інструментів, що контактували з анаеробною клостридіальною та ВІЛ-інфекцією.

Робота разом з операційною медичною сестрою торкається загальних принципів організації перев'язувальних і операційних. Студентам показують

способи підготовки операційного поля. Розбираються методи підготовки рук хірурга до операції. Завжди емоційно піднесено проходить одягання здобувачами освіти стерильного операційного халата та гумових рукавичок на себе та подача стерильного операційного одягу лікареві.

Контакт студентів-практикантів із лікарем-хірургом має потужний пізнавальний та виховний ефект. Часто саме випадки діагностики та лікування невідкладних станів у хірургії добре запам'ятовуються та в подальшому відтворюються в свідомості студента, що формує фундамент його клінічного мислення та закріплює алгоритм лікувальних дій.

Діагностика кровотечі явної чи прихованої є важливим та часто ургентним розділом роботи лікаря та медичної сестри в хірургії. Лікар нагадує студентам, що кровотечу розподіляють на зовнішню та внутрішню. І саме діагностика останньої потребує більш детального огляду та аналізу наявності крові у біологічних секретах і виділеннях: блювоті (haematemesis), кривавому випорожненні (melena), крові у сечі (hematuria) та інших. Аналіз місцевих та загальних ознак кровотечі (блідість шкіри та слизових оболонок, ниткоподібний пульс, низький артеріальний тиск) доповнюють лабораторною діагностикою крові (рівень гемоглобіну, еритроцитів, гематокриту). Оцінюється ступінь тяжкості анемії та крововтрати. Лікар-хірург перераховує студентам тимчасові та кінцеві методи зупинки кровотечі й обирає потрібне.

За необхідності застосовується гемотрансфузія - метод, що використовує донорську кров або її компоненти (еритроцитарну масу, свіжезаморожену плазму, концентрат тромбоцитів, кріопреципітат) та має потужний лікувальний ефект. Лікар-хірург нагадує, що переливання крові має свої показання, протипоказання та проводиться за протоколом і включає в себе: збір анамнезу, наявність супутніх хронічних захворювань, оцінку загального стану пацієнта, визначення групи крові за системою АВО, резус-фактору (Rh) та проб на сумісність крові хворого та донора. Гемотрансфузія може мати ускладнення (ранні та пізні побічні дії), що спонукає до найретельнішого нагляду за хворим протягом 1 – 3 діб. Вивчаючи медичну документацію, студенти фіксують, що протокол переливання крові, заповнений лікарем і медичною сестрою, додається до історії хвороби.

Перев'язувальна хірургічного відділення є місцем щоденної різнопланової роботи хірурга і медичної сестри для проведення діагностичних та лікувальних заходів: первинної хірургічної обробки ран, зміни пов'язок, зняття шовного матеріалу, розкриття абсцесів, дренування рани та багато іншого. З метою дотримання санітарно-епідеміологічного режиму та профілактики внутрішньолікарняних інфекцій для відтворення зонування в хірургічному відділенні переважної більшості лікарень використовують «чисту» та «гнійну» перев'язувальні. Особливу увагу при цьому приділяють миттю рук медичного персоналу з обов'язковим використанням антисептиків, стерильних медичних рукавиць та засобів індивідуального захисту (окуляри, маски). Проведення поточного та генерального прибирання з додаванням дезінфікуючих засобів,

ультрафіолетових опромінювачів та переважним використанням одноразового медичного інструментарію забезпечує якісну профілактику інфекції.

За відсутності опікового відділення лікування опіків проводиться в загальному хірургічному відділенні. Лікар-хірург нагадує студентам періоди перебігу опікової хвороби, клінічну діагностику, класифікацію залежно від глибини пошкодження, визначення площі опікової поверхні, способи хірургічного лікування. Окремо розглядаються особливості хімічних опіків. Робиться акцент на пріоритетному використанні парентеральних методів застосування лікарських засобів.

Ще один розділ роботи на практиці 3 курсу – загальна травма з лікуванням переломів кісток, вивихів, ушкодження м'яких тканин, органів грудної клітки, черевної порожнини. Студенти розбирають разом із лікарем-хірургом класифікацію переломів, клініку і діагностику. Особливу увагу звертають на першу допомогу при переломах, іммобілізацію, транспортування. Розглядаючи питання десмургії, керівник практики нагадує різновиди пов'язок: прості м'які, захисні, лікувальні, тиснучі (гемостатичні), іммобілізуючі, транспортні, екстензійні та коригуючі. Значно пожвавлює цей розділ роботи відпрацювання техніки накладання м'яких пов'язок- циркулярної, спіральної, повзучої, хрестоподібної, колосоподібної, повертаючої та інших- на самих студентах. Після цього здобувачі освіти краще усвідомлюють складність і відповідальність роботи хірурга та медичної сестри. Надалі, аналізуючи методи лікування переломів у відділенні, виділяють консервативний метод за допомогою гіпсової пов'язки, метод постійного витягання та оперативні методи лікування. Аналіз рентгенограм хворих якісно покращує розуміння задач та результатів лікування. Слід зазначити, що студенти беруть безпосередню участь в організації догляду за цими хворими (годування, транспортування), допомагають медичним сестрам у виконанні лікарських призначень (підшкірне, внутрішньом'язове та внутрішньовенне введення лікарських препаратів).

Робота в хірургічному відділенні неможлива без анестезії. Місцеве знеболення, перидуральна анестезія, загальне знеболення, стадії наркозу – все це підлягає розгляду. Особливості внутрішньовенного та інгаляційного наркозу, методи проведення, ускладнення та їх профілактика також знаходяться в полі зору хірурга, анестезіолога та медичної сестри.

Студенти, що проходять практику в хірургічному відділенні, ведуть щоденник, в якому фіксують організацію роботи медичної сестри в хірургічному відділенні (накази МОЗ України, розпорядження та інструкції медичної установи). Підраховуються засвоєні та відпрацьовані медсестринські маніпуляції. Багато студентів додають до щоденника інструкції щодо лікарських засобів, що були застосовані при лікуванні в хірургічному відділенні. Така практика є гарним чинником розуміння клінічної фармакології з вивченням фармакологічних властивостей препаратів, показаннями та протипоказаннями для їх застосування, а також взаємодії з іншими лікарськими засобами, способів застосування та можливих побічних реакцій.

В кінці практики заповнюється підсумковий звіт про виконаний обсяг навичок: вимірювання артеріального тиску, визначення групи крові та резус фактору, техніку переливання крові, десмургію, транспортну іммобілізацію, першу допомогу при опіках, штучне дихання, першу допомогу при порушеннях кровообігу тощо. Обсяг та якість засвоєних навичок впливає на оцінку з виробничої практики.

Практика студентів обмежена в часі, але можливість спостереження за хворими з такою патологією, як абсцес, флегмона, гідраденіт, лімфаденіт, мастит, парапроктит, остеомієліт, сепсис, суха та волога гангрена, трофічні виразки, облітеруючий ендартеріїт та атеросклероз, тромбофлебіт і флеботромбоз тощо спонукає учнів до роздумів, що вони знаходяться тільки на початку тієї довгої дороги, що називається формуванням майбутнього лікаря з його перемогами та поразками, надіями та зневірою, але і з докладанням максимальних зусиль для допомоги хворим.

Список використаних джерел

1. Загальна хірургія: підручник / С.Д. Хіміч, М.Д. Желіба, І.Д. Герич та ін.; за ред. С.Д. Хіміча, М.Д. Желіби. —3-є вид., переробл. і допов. – К., ВСВ «Медицина», 2018 – 608 с.
2. Організація роботи операційної медсестри : навчальний посібник / [Р. О. Сабадишин, О. В. Маркович, Б. З. Чижишин та ін.]. – Вінниця : Нова Книга, 2020. – 248 с.
3. Догоспітальна допомога при травмах. International Trauma Life Support: пер. з англ. 9-го вид. / Рой Л. Елсон, Кайі Г. Ган, Джон Е. Кемпбелл; наук. ред. пер.: А.О.Волосовець. – К.; ВСВ «Медицина», 2023. – 440 с.

DOI 10.70286/ISU-15.07.2026.010

AGE-RELATED TRANSFORMATION OF FACIAL FAT COMPARTMENTS AND INDIVIDUALIZATION OF PROTOCOLS FOR INJECTABLE CORRECTION

Piechnikova Olha
Specialist Degree, Owner Esthetician, Salon Olha Piechnikova, 4800 Manzanita Ave, Carmichael, CA 95608, USA
https://orcid.org/0009-0000-9116-2125

Age-related changes in the face are not solely the result of generalized skin laxity or uniform volume loss. Anatomically, the face is structured as a system of distinct fat compartments delimited by fascia. During the aging process, each compartment follows its own trajectory of change, including atrophy, hypertrophy, or ptosis [13]. Most standardized injection protocols do not account for the individual topography of volume loss, which increases the risk of complications [3, 9].

This study provides evidence-based data on age-related changes in the facial fat compartments and substantiates that personalization of hyaluronic acid (HA) filler injection schemes, taking into account local anatomy, imaging results, and the rheological properties of the preparation, is a mandatory clinical standard.

Anatomy and Age-Related Dynamics of Facial Fat Compartments

The subcutaneous fat of the face has a heterogeneous structure and consists of anatomically distinct compartments. These are separated by fibrous septa that extend from the superficial fascia to the dermis [13]. The structures are differentiated into superficial compartments, located above the superficial musculoaponeurotic system (SMAS), and deep compartments, situated between the SMAS and the periosteum, including the suborbicularis oculi fat (SOOF) and the deep medial cheek fat compartment (DMCF) [4].

During involution, these categories of compartments change along distinct and sometimes opposing trajectories. Computed tomography of the lower third of the face reveals thinning of the adipose layer in the upper and middle anatomical zones accompanied by expansion of the medial and lower compartments. This pattern indicates a combination of localized atrophy and spatial tissue redistribution rather than isolated volume loss [5].

Ultrasonographic analysis of the deep compartments of the middle third of the face confirms their progressive involution. In particular, comparison of patients aged 25 to 34 years with individuals older than 55 years revealed a reduction in SOOF thickness of approximately 36% and in DMCF thickness of 26% [6], as shown in Table 1.

Table 1. Relative thickness of the SOOF and DMCF fat compartments by age group, normalized to the youngest cohort (25–34 years)

Age Group (years)	**SOOF Thickness (% of baseline level)**	**DMCF Thickness (% of baseline level)**
25–34	100%	100%
35–44	88%	91%
45–54	76%	83%
≥55	64%	74%

Source: Constructed based on intergroup percentage differences according to data [6].

Instead, superficial fat compartments often undergo relative hypertrophy or caudal displacement along the retaining ligaments. This leads to deformation of the mandibular contour, deepening of the nasolabial folds, and flattening of the zygomatic region in the context of resorption of deep supportive structures [4, 13]. The described dissociation, which involves the simultaneous development of deep atrophy and ptosis of superficial tissues, demonstrates the anatomical inadequacy of a uniform volumization strategy. A protocol aimed only at filling deep spaces without accounting for ptosis of the superficial compartments fails to correct gravitational displacement and facial contour deformities. Conversely, isolated superficial filler injection without restoring deep structural support results in visual overcorrection and tissue puffiness instead of the expected lifting effect [8]. Differential diagnosis of primary involutional changes in specific compartments for each patient relies on comprehensive anatomical knowledge and the use of instrumental imaging methods. This approach serves as an objective basis for the development of a personalized aesthetic correction plan.

Objective Visualization and Quantitative Assessment of Age-Related Changes

Traditional assessment of the facial fat compartments relied on visual inspection and manual palpation, which are subjective methods with low inter-observer reproducibility of results. Recently, three-dimensional stereophotogrammetry, high-frequency ultrasound examination, and magnetic resonance imaging have been introduced into clinical practice for objective quantitative verification of changes at the level of individual compartments [17].

In a 12-month comparative split-face study comparing two rheologically distinct hyaluronic acid-based fillers, three-dimensional visualization recorded variations in lifting capacity in the middle third of the face ranging from 2.1 to 3.1 ml, depending on the properties of the product and the duration of follow-up, despite identical injection volumes. Such precise quantitative data could not have been obtained using only subjective visual assessment [17]. These findings demonstrate that objective instrumental visualization is becoming the standard for monitoring treatment outcomes, even in the correction of superficial defects.

High-frequency ultrasound examination enables verification of the depth of the filler injection plane, assessment of its integration into the tissues, and direct measurement of SOOF and DMCF thickness prior to initiating injection therapy [6, 8].

Figure 1 summarizes the quantitative involutional trends recorded by instrumental visualization methods. The data indicate a gradual, compartment-specific reduction in the thickness of deep adipose tissue, which refutes the notion of a fixed age threshold for initiating injection therapy. The clinical value of this objectification lies in transforming the personalization of protocols from intuitive decisions into measurable and reproducible parameters, which is critically important for evidence-based aesthetic medicine [10].

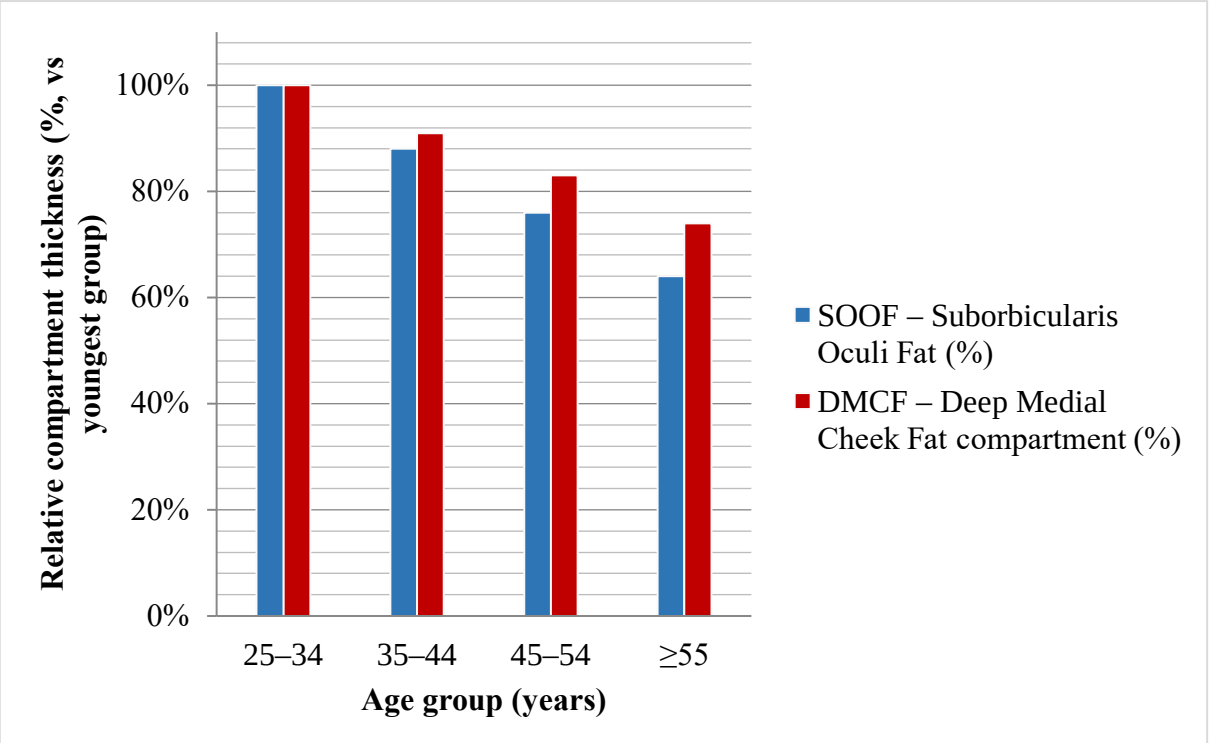

Figure 1. Relative thickness of the SOOF and DMCF fat compartments by age group, normalized to the youngest cohort (25–34 years)

Source: Generated from data trends reported in [6].

Individualization of Injectable Correction Protocols

Considering the anatomical heterogeneity of facial tissues, personalization of the injection protocol is performed simultaneously along three interrelated directions. These directions include precise identification of the target anatomical plane and compartment, selection of a filler with rheological properties appropriate for that zone, and calculation of the injection volume based on the verified tissue deficit.

With regard to the choice of injection plane, supraperiosteal injections or placement of the product into deep fat compartments are indicated when structural support has been lost at the skeletal level [1, 7]. In contrast, correction of superficial rhytides or involutional dermal changes requires the use of more pliable fillers for superficial injection [8, 14, 16]. This logic in restoring midface volume is clearly formalized by the ATP concept (Anatomy, Technique, Product). It governs the selection of filler characteristics according to the specific anatomic layer and the pattern of tissue deficit in each patient, ruling out the use of standardized volume calculation schemes for a given area [16].

Regarding product selection, hyaluronic acid (HA) based fillers differ substantially in their rheological profile, particularly in the elastic modulus G’ (resistance to deformation, which determines lifting capacity) and the xStrain deformation parameter (the ability to withstand dynamic loading), both of which correlate with the aesthetic outcomes of correction [11, 12, 17]. Products with a high G’ value are preferred for deep structural correction and volumization of compartments such as the DMCF. At the same time, more elastic formulations are optimal for dynamic zones, particularly the perioral area and lips, where excessive gel stiffness causes visible unnaturalness during facial expression [2, 12]. The use of specialized elastic HA products for correcting perioral rhytides has demonstrated sustained therapeutic efficacy over 52 weeks in controlled studies, confirming the need to match the physicochemical properties of the gel to the biomechanical parameters of the target zone [15].

With regard to calculating the injection volume, mathematical modeling is used for the initial assessment of tissue deficit, with mandatory individualization and clinical adjustment made directly during the procedure. The target injection volume for a specific compartment is calculated based on the estimated percentage thickness deficit relative to the normative baseline level, the reference volume of that compartment in youth, and a specific correction coefficient. This coefficient, which typically ranges from 0.5 to 0.8, reflects the architecture of the compartment and the gel retention characteristics, and it also mitigates the risk of overcorrection, since complete replacement of the entire volume loss with filler in a single session is neither practical nor clinically safe [17, 16]. For example, if imaging data indicate that the thickness deficit of the deep medial cheek fat compartment (DMCF) is 26% relative to the reference cohort, and its baseline youthful volume is estimated at 1.2 mL, then the conservative starting dose, using a moderate correction coefficient of 0.6, would be approximately 0.19 mL. The resulting volume is subject to mandatory clinical monitoring and potential supplementation at a follow-up visit (touch-up), fully consistent with the principles of staged correction described in recent split-face design studies [17].

Conclusions

Analysis of the evidence-based clinical and instrumental data permits the formulation of two interrelated conclusions. First, the involutional changes in facial soft tissues exhibit a pronounced compartment-specific character and are heterogeneous by nature. Deep and superficial fat compartments undergo structural remodeling at different rates and sometimes in opposite directions, resulting in dissociation between deep atrophy and superficial ptosis. Consequently, a unified descriptive model of age-related changes is anatomically inadequate for developing an effective universal protocol for facial contouring. Second, the integration of three-dimensional visualization methods, high-frequency ultrasound, and detailed rheological parameters of hyaluronic acid-based fillers into clinical practice enables a predictable transition from an empirical approach to a structured three-axis personalization model based on precise selection of the anatomical plane, product rheology, and calculated volume. Widespread adoption of objective instrumental verification at the pre-procedural stage, combined with standardized documentation of clinical decisions, provides a reliable foundation for enhancing the predictability of aesthetic outcomes and patient safety. This direction represents the highest priority for future clinical research in aesthetic medicine.

References

1. Anido, J., Fernández, J. M., Genol, I., Ribé, N., & Pérez Sevilla, G. (2021). Recommendations for the treatment of tear trough deformity with cross-linked hyaluronic acid filler. Journal of Cosmetic Dermatology, 20(1), 6–17. https://doi.org/10.1111/jocd.13475

2. Bertucci, V., Nikolis, A., Solish, N., Lane, V., & Hicks, J. (2021). Efficacy and safety of flexible hyaluronic acid fillers in lip and perioral enhancement. Journal of Drugs in Dermatology, 20(4), 402–408. https://doi.org/10.36849/jdd.5525

3. Colon, J., Mirkin, S., Hardigan, P., Elias, M. J., & Jacobs, R. J. (2023). Adverse events reported from hyaluronic acid dermal filler injections to the facial region: A systematic review and meta-analysis. Cureus, 15(4), e38286. https://doi.org/10.7759/cureus.38286

4. Eid, L., Mao, X., Zhao, B., Mao, J., Qian, S., Zhang, Y., Zhang, Y., Zhang, L., Cheng, L., Zhang, Y., & Sun, X. (2023). Fat compartment gliding theory - A novel technique for the repositioning of superficial fat compartments for facial rejuvenation. Clinical, Cosmetic and Investigational Dermatology, 16, 3077–3090. https://doi.org/10.2147/CCID.S415467

5. Guo, Y., Wen, L., Wang, X., Zou, H., Liang, W., Wang, J., & Zhu, X. (2024). Analysis of age-related changes in lower facial fat compartments and of the course of blood vessels using computed tomography. Plastic and Reconstructive Surgery, 153(3), 539e–548e. https://doi.org/10.1097/PRS.0000000000010506

6. Hung, W.-K., Chen, C.-B., Cheng, C.-Y., Chang, S.-L., Hu, S., Chang, Y.-C., & Huang, Y.-L. (2023). The aging process of deep fat compartments in the midface and midfacial rejuvenation: An ultrasound-based analysis. Dermatologica Sinica, 41(4), 251–256. https://doi.org/10.4103/ds.ds-d-23-00179

7. Liu, X., Gao, Y., Ma, J., & Li, J. (2024). The efficacy and safety of hyaluronic acid injection in tear trough deformity: A systematic review and meta-analysis. Aesthetic Plastic Surgery, 48(3), 478–490. https://doi.org/10.1007/s00266-023-03613-7
8. Molinari, P., Urso, S. U., Faso, C., Iacovone, I., & Mosti, G. (2026). Mastering midface rejuvenation: A proposal for a new three-layer, ultrasound-guided technique. Journal of Cosmetic Dermatology, 25(1), e70664. https://doi.org/10.1111/jocd.70664
9. Murray, G., Convery, C., Walker, L., & Davies, E. (2021). Guideline for the Management of Hyaluronic Acid Filler-induced Vascular Occlusion. The Journal of clinical and aesthetic dermatology, 14(5), E61–E69. PMCID: PMC8211329 PMID: 34188752
10. Nikolis, A., Bertucci, V., Humphrey, S., Beleznay, K., Bernstein, S., & Prygova, I. (2024a). Effectiveness of hyaluronic acid fillers for cheek augmentation using a treatment guide to choose between products. Journal of Cosmetic Dermatology, 23(11), 3525–3531. https://doi.org/10.1111/jocd.16451
11. Nikolis, A., Enright, K. M., Cotofana, S., Nguyen, Q., Raco, L., & Weiner, S. (2024b). Intracorporeal evaluation of hyaluronic acid fillers with varied rheological properties and correlations with aesthetic outcomes. Skin Research and Technology, 30(7), e13838. https://doi.org/10.1111/srt.13838
12. Ohrlund, A., Winlof, P., Bromee, T., & Prygova, I. (2024). Differentiation of NASHA and OBT hyaluronic acid gels according to strength, flexibility, and associated clinical significance. Journal of Drugs in Dermatology, 23(1), 1332–1336. https://doi.org/10.36849/JDD.7648
13. Rohrich, R. J., Avashia, Y. J., & Savetsky, I. L. (2021). Prediction of facial aging using the facial fat compartments. Plastic and Reconstructive Surgery, 147(1S-2), 38S-42S. https://doi.org/10.1097/PRS.0000000000007624
14. Rutnumnoi, T., Palakornkitti, P., Anuntrangsee, T., Yongpisarn, T., Sakpuwadol, N., & Vachiramon, V. (2025). Superficial intradermal injections of Cohesive Polydensified Matrix hyaluronic acid fillers for the improvement of facial pores and skin quality: A split-face randomized study. Journal of Cosmetic Dermatology, 24(5), e70209. https://doi.org/10.1111/jocd.70209
15. Rutnumnoi, T., Palakornkitti, P., Anuntrangsee, T., Yongpisarn, T., Sakpuwadol, N., & Vachiramon, V. (2025). Superficial intradermal injections of Cohesive Polydensified Matrix hyaluronic acid fillers for the improvement of facial pores and skin quality: A split-face randomized study. Journal of Cosmetic Dermatology, 24(5), e70209. https://doi.org/10.1111/jocd.70209
16. Trévidic, P., Kaufman-Janette, J., Weinkle, S., Wu, R., Dhillon, B., Antunes, S., Macé, E., & Maffert, P. (2022). Injection guidelines for treating midface volume deficiency with hyaluronic acid fillers: The ATP approach (anatomy, techniques, products). Aesthetic Surgery Journal, 42(8), 920–934. https://doi.org/10.1093/asj/sjac007
17. Weiner, S. F., Hicks, J. A., Nguyen, T., & Meckfessel, M. (2025). Split-face comparison of two hyaluronic acid fillers: Intersection of rheology and tissue behavior in midface rejuvenation. Aesthetic Surgery Journal. Open Forum, 7, ojaf006. https://doi.org/10.1093/asjof/ojaf006

DOI 10.70286/ISU-15.07.2026.011

NOVEL DIRECTIONS IN LIPID-LOWERING THERAPY FOR THE PREVENTION OF CARDIOVASCULAR DISEASES

Qorazov Galymzhan Kuantaiuly
Cardiologist, Kyzylorda, Kazakhstan
Daurenov Ulykbek Ergeshbayevich
Director, “SHAMSHYRAQ” Research Center, Almaty, Kazakhstan
Amirbai Aisulu Bakytovna
General Practitioner, Sarysu District Polyclinic, Zhanatas, Kazakhstan
Isabayeva Sholpan Sakypbekovna
Cardiologist, Kyzylorda, Kazakhstan

ABSTRACT

Cardiovascular diseases remain the leading cause of mortality worldwide despite significant advances in preventive cardiology. Dyslipidemia is one of the most important modifiable risk factors contributing to the development and progression of atherosclerotic cardiovascular disease. While statins continue to represent the cornerstone of lipid-lowering therapy, a substantial proportion of high-risk patients fail to achieve recommended low-density lipoprotein cholesterol targets or experience recurrent cardiovascular events despite optimal treatment. Recent years have witnessed remarkable progress in the development of novel lipid-lowering agents that target different pathways of lipoprotein metabolism, offering improved efficacy and long-term cardiovascular protection.

Emerging therapeutic strategies include proprotein convertase subtilisin/kexin type 9 (PCSK9) monoclonal antibodies, small interfering RNA (siRNA)-based therapies such as inclisiran, adenosine triphosphate citrate lyase inhibitors represented by bempedoic acid, and innovative approaches targeting lipoprotein(a), angiopoietin-like protein 3, and apolipoprotein C-III. These therapies not only achieve profound reductions in LDL-C but also address residual cardiovascular risk that persists despite intensive statin therapy. Furthermore, advances in precision medicine, genetic profiling, and artificial intelligence have facilitated individualized lipid management strategies, improving patient adherence and optimizing clinical outcomes. This review summarizes current evidence regarding novel lipid-lowering therapies, their mechanisms of action, clinical efficacy, safety profiles, and future perspectives in the prevention of cardiovascular diseases.

Keywords: cardiovascular disease, dyslipidemia, LDL cholesterol, statins, PCSK9 inhibitors, inclisiran, bempedoic acid, precision medicine

Introduction

Cardiovascular diseases continue to be the leading cause of death worldwide, accounting for approximately one-third of all global mortality and imposing a substantial socioeconomic burden on healthcare systems [1]. Atherosclerotic cardiovascular disease develops through a complex interaction of dyslipidemia, chronic inflammation, endothelial dysfunction, and genetic susceptibility, with elevated low-density lipoprotein cholesterol (LDL-C) remaining the principal modifiable causal risk factor [2]. Large-scale epidemiological studies and Mendelian randomization analyses have consistently demonstrated a strong causal relationship between lifelong exposure to elevated LDL-C concentrations and the development of coronary artery disease, ischemic stroke, and peripheral arterial disease [3]. Consequently, reducing circulating LDL-C levels has become one of the most effective strategies for both primary and secondary cardiovascular prevention [4].

However, many patients, particularly those at very high cardiovascular risk, fail to achieve the LDL-C targets recommended by recent international guidelines despite receiving maximally tolerated statin therapy [5]. Furthermore, residual cardiovascular risk persists even after optimal lipid-lowering treatment, indicating that additional mechanisms contribute to disease progression beyond LDL-C alone [6]. The development of novel lipid-lowering therapies has transformed preventive cardiology over the past decade. Monoclonal antibodies targeting proprotein convertase subtilisin/kexin type 9, small interfering RNA (siRNA)-based therapies such as inclisiran, ATP citrate lyase inhibitors including bempedoic acid, and investigational agents directed against lipoprotein(a) [Lp(a)] and angiopoietin-like protein 3 have demonstrated substantial improvements in lipid control and cardiovascular outcomes in randomized clinical trials [7].

Recent international guidelines emphasize early, intensive, and individualized lipid-lowering therapy using combination treatment strategies tailored to each patient's cardiovascular risk profile. Advances in molecular biology, pharmacogenomics, RNA-based therapeutics, and precision medicine are expected to further optimize lipid management and reduce the global burden of cardiovascular disease [8].

Main body

Statins remain the foundation of lipid-lowering therapy because they effectively inhibit 3-hydroxy-3-methylglutaryl-coenzyme A (HMG-CoA) reductase, resulting in decreased hepatic cholesterol synthesis and increased expression of LDL receptors [9]. Numerous randomized clinical trials and meta-analyses have demonstrated that every 1 mmol/L reduction in LDL-C is associated with an approximately 20-25% decrease in major adverse cardiovascular events (MACE), irrespective of age, sex, or baseline cardiovascular risk [9]. Nevertheless, a considerable proportion of patients with established ASCVD or familial hypercholesterolemia fail to achieve guideline-recommended LDL-C targets despite receiving maximally tolerated statin therapy. Moreover, residual cardiovascular risk remains substantial, reflecting the contribution of inflammatory pathways, elevated triglyceride-rich lipoproteins, lipoprotein(a), and genetic determinants beyond LDL-C alone [10].

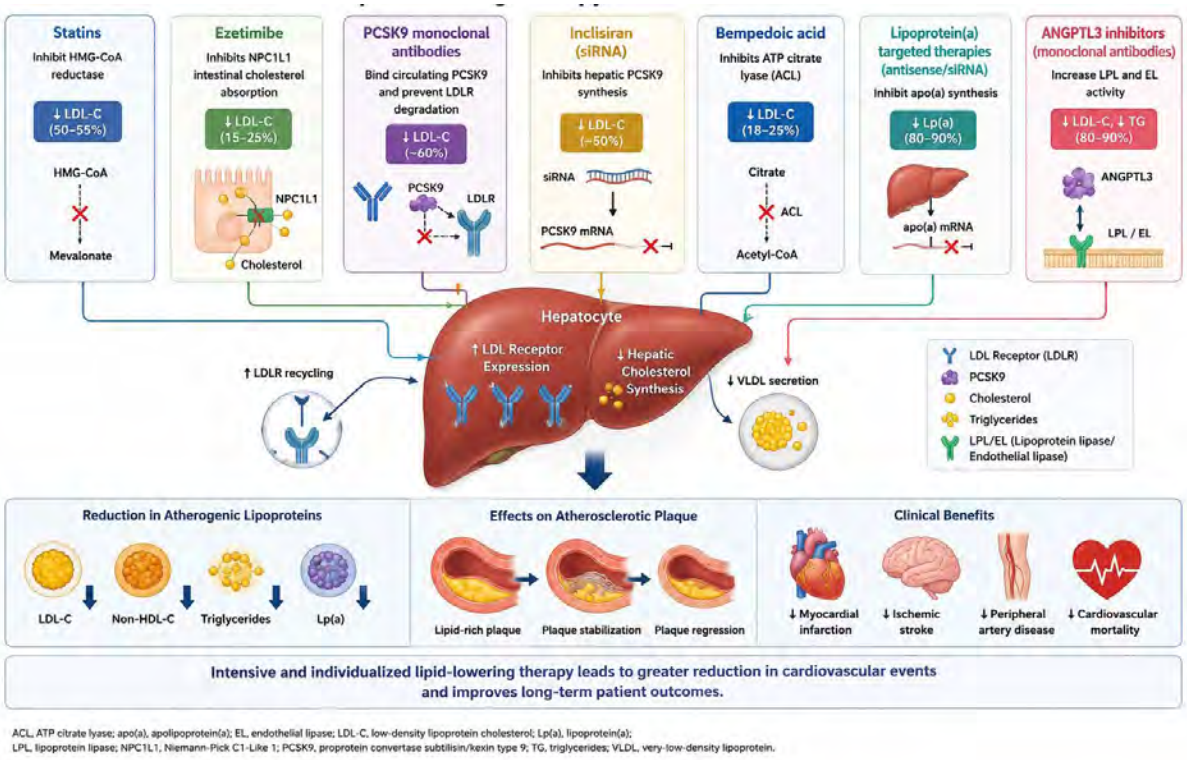

Figure 1. Contemporary Lipid-Lowering Therapies and Their Mechanisms of Action in the Prevention of Atherosclerotic Cardiovascular Disease

The discovery of proprotein convertase subtilisin/kexin type 9 (PCSK9) has revolutionized lipid management by introducing a highly effective therapeutic target. PCSK9 binds to hepatic LDL receptors and promotes their lysosomal degradation, thereby reducing hepatic clearance of circulating LDL particles. Monoclonal antibodies against PCSK9, including evolocumab and alirocumab, prevent this interaction and significantly increase LDL receptor recycling [11]. Large cardiovascular outcome trials have demonstrated that these agents reduce LDL-C concentrations by approximately 60% while significantly lowering the incidence of myocardial infarction, ischemic stroke, and coronary revascularization in patients at very high cardiovascular risk [11]. Their favorable safety profile and sustained efficacy have established PCSK9 inhibitors as an essential component of contemporary secondary prevention strategies.

A major breakthrough in RNA therapeutics has been the development of inclisiran, the first small interfering RNA approved for lipid lowering. Inclisiran selectively inhibits hepatic synthesis of PCSK9 messenger RNA, resulting in prolonged suppression of circulating PCSK9 concentrations [12]. Another important therapeutic advance is bempedoic acid, an oral inhibitor of adenosine triphosphate citrate lyase, an enzyme located upstream of HMG-CoA reductase in the cholesterol biosynthesis pathway [13]. In addition to LDL-C lowering, increasing attention has focused on lipoprotein(a) [Lp(a)], an independent genetically determined cardiovascular risk factor that is minimally affected by conventional lipid-lowering therapies [14].

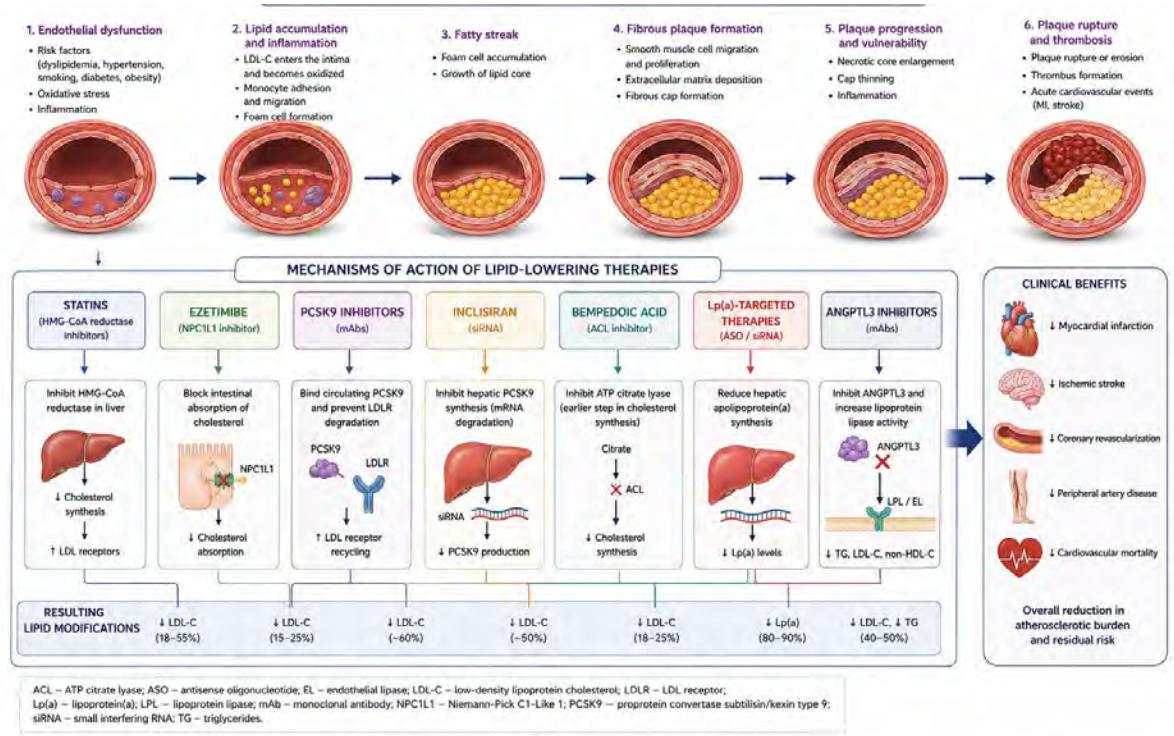

Figure 2. Pathogenesis of atherosclerosis and molecular mechanisms of contemporary lipid-lowering therapies

Recent advances in lipid metabolism have also identified angiopoietin-like protein 3 as a promising therapeutic target for patients with severe dyslipidemia and persistent residual cardiovascular risk [15].

Conclusion

Lipid-lowering therapy has undergone a remarkable transformation over the past decade, extending far beyond conventional statin treatment. While statins remain the cornerstone of cardiovascular prevention, the introduction of PCSK9 monoclonal antibodies, inclisiran, bempedoic acid, and emerging therapies targeting lipoprotein and ANGPTL3 has substantially expanded therapeutic opportunities for patients at moderate, high, and very high cardiovascular risk. These novel agents enable more intensive LDL-C reduction, improve treatment adherence, and address residual cardiovascular risk that persists despite optimal statin therapy. Recent evidence also supports the early initiation of combination therapy and individualized treatment strategies based on comprehensive cardiovascular risk assessment.

Future developments in preventive cardiology are expected to be driven by precision medicine, RNA-based therapeutics, genetic risk stratification, and artificial intelligence-assisted clinical decision-making. Personalized lipid management has the potential to maximize therapeutic efficacy while minimizing adverse effects, ultimately improving long-term cardiovascular outcomes. Continued research from large randomized clinical trials will further clarify the role of novel molecular targets and optimize preventive strategies for reducing the global burden of cardiovascular disease.

References

1. Mach F, Baigent C, Catapano AL, et al. 2021 ESC Guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice. Eur Heart J. 2021;42(34):3227-3337. doi:10.1093/eurheartj/ehab484
2. Visseren FLJ, Mach F, Smulders YM, et al. 2021 ESC Guidelines on cardiovascular disease prevention. Eur Heart J. 2021;42(34):3227-3337. doi:10.1093/eurheartj/ehab484
3. Ray KK, Wright RS, Kallend D, et al. Two phase 3 trials of inclisiran in patients with elevated LDL cholesterol. N Engl J Med. 2020;382:1507–1519. doi:10.1056/NEJMoa1912387
4. Nissen SE, Lincoff AM, Brennan D, et al. Bempedoic acid and cardiovascular outcomes in statin-intolerant patients. N Engl J Med. 2023;388:1353-1364. doi:10.1056/NEJMoa2215024
5. O'Donoghue ML, Giugliano RP, Keech AC, et al. Lipid lowering for cardiovascular disease prevention. Lancet. 2022;399:1391-1407. doi:10.1016/S0140-6736(21)02388-1
6. Koskinas KC, Windecker S, Pedrazzini G, et al. Evolocumab for early reduction of LDL cholesterol after acute coronary syndrome. J Am Coll Cardiol. 2024;83:1326-1338. doi:10.1016/j.jacc.2024.01.026
7. Garwood CL, Cabral KP, Brown R. Current and emerging PCSK9-directed therapies to reduce LDL-C and ASCVD risk: A state-of-the-art review. Pharmacotherapy. 2025;45:54-65. doi:10.1002/phar.4635
8. Rajendran Y, Nandhakumar M, Eerike M, et al. A comparative analysis of LDL-C-lowering activities of bempedoic acid, inclisiran, and PCSK9 inhibitors: A systematic review. Cureus. 2024;16:e69900. doi:10.7759/cureus.69900
9. Zhang S, Sun L, Xu X, et al. Efficacy and safety of inclisiran versus PCSK9 inhibitor versus statin plus ezetimibe therapy in hyperlipidemia: A systematic review and network meta-analysis. BMC Cardiovasc Disord. 2024;24:629. doi:10.1186/s12872-024-04321-z
10. Kim HL, Cha JJ, Lee SH, et al. 2024 KSoLA update on new lipid-lowering agents: Inclisiran and bempedoic acid. J Lipid Atheroscler. 2025;14(2):135–144. doi:10.12997/jla.2025.14.2.135
11. Tsimikas S. A test in context: Lipoprotein(a). J Am Coll Cardiol. 2024;83:1600–1615. doi:**10.1016/j.jacc.2024.01.041
12. Kronenberg F, Mora S, Stroes ESG, et al. Lipoprotein(a): Current perspectives and future therapies. Eur Heart J. 2022;43:3925-3946. doi:10.1093/eurheartj/ehac361
13. Ference BA, Ginsberg HN, Graham I, et al. Low-density lipoproteins cause atherosclerotic cardiovascular disease. Eur Heart J. 2023;44:1884-1899. doi:10.1093/eurheartj/ehad123
14. Rosenson RS, Hegele RA, Fazio S, et al. Advances in lipid-lowering therapy for cardiovascular disease prevention. Nat Rev Cardiol. 2024;21:201-219. doi:10.1038/s41569-023-00952-4
15. Libby P. The changing landscape of lipid management in cardiovascular prevention. Nature Reviews Cardiology. 2024;21:145–160. doi:10.1038/s41569-023-00939-1

DOI 10.70286/ISU-15.07.2026.012

CHARACTERISTICS OF CALCIUM-PHOSPHORUS HOMEOSTASIS IN PATIENTS WITH GENERALIZED PERIODONTITIS AND SECONDARY EDENTULISM AT THE PREOPERATIVE STAGE OF DENTAL IMPLANTATION

Shkipor Vladyslav
Postgraduate student
https://orcid.org/0009-0001-8996-0408
Bandrivsky Yurii
Doctor of Medical Sciences, Professor
Department of Pediatric Dentistry and Orthodontics
I. Horbachevsky Ternopil National Medical University
Ternopil, Ukraine
https://orcid.org/0000-0002-4103-3664

Abstract. This article presents the results of evaluating mineral metabolism markers (calcium, phosphorus, magnesium) in the blood plasma of 69 patients with secondary edentulism and concomitant stage I-II generalized periodontitis. It was established that the presence of associated osteopenia is accompanied by a significant decrease in calcium and phosphorus levels, with a simultaneous compensatory increase in magnesium concentration. The detected mineral imbalance, particularly the primary decrease in inorganic phosphorus, is an important predictor of bone remodeling disorders, which must be considered during the planning stage of dental implantation to ensure successful osseointegration.

Keywords: secondary edentulism, generalized periodontitis, dental implantation, mineral metabolism, osteopenia, bone remodeling.

Introduction. Restoring the integrity of the dental arches using dental implants in patients with periodontal diseases remains one of the most challenging tasks in modern dentistry [1-2]. Dystrophic-inflammatory processes in the periodontium are frequently accompanied by systemic changes in bone metabolism and a decrease in bone mineral density (BMD) [3]. Successful osseointegration of intraosseous structures directly depends on the balance between osteogenesis and bone resorption processes, which is regulated by systemic mineral metabolism [4]. Accordingly, the study of calcium-phosphorus homeostasis markers at the preoperative stage allows for predicting disintegration risks and optimizing preparation protocols for such patients.

Aim. To study the characteristics of calcium-phosphorus homeostasis in the blood plasma of patients with periodontitis and secondary edentulism at the preoperative stage of dental implantation, depending on the state of bone mineral density.

Materials and Methods. Clinical examination of patients and biological material sampling were carried out at the private dental clinic «Studio of Aesthetic Dentistry»

(Ternopil) and the Department of Pediatric Dentistry and Orthodontics of the I. Horbachevsky Ternopil National Medical University of the Ministry of Health of Ukraine. The study involved 69 patients with stage I-II periodontitis and concomitant secondary edentulism. The investigation of mineral metabolism markers in the blood plasma of patients with secondary edentulism and stage I-II periodontitis with varying BMD was conducted by comparing them with the corresponding concentrations of calcium (Ca), phosphorus (P), and magnesium (Mg) in the blood plasma of dentally and somatically healthy individuals (comparison group, n=30).

Verification of the periodontal diagnosis was performed in accordance with the current international classification of periodontal and peri-implant diseases and conditions (AAP/EFP, 2017) [5]. The presence of dental arch defects was determined according to the Kennedy classification [6]. Evaluation of bone mineral density (BMD) and verification of osteopenia were based on the analysis of dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) data [7].

Calcium (Ca) concentration in blood plasma was determined using the colorimetric arsenazo method with the «Calcium – F2» reagent kit (Felisit-Diagnostika, Ukraine), followed by photometry at a wavelength of 650 nm. The level of inorganic phosphorus was investigated using the molybdenum method with «Phosphorus – F» kits (photometry at 360 nm). Quantitative determination of magnesium in blood plasma was performed using the indicator reagent xylidyl blue («Magnesium – F», Felisit-Diagnostika) with results read at a wavelength of 546 nm. All parameters were calculated according to calibration standards [8]. Statistical analysis was performed using Statistica 10.0 software, employing Student's t-test and analysis of variance (ANOVA). Data are presented as M±m; differences were considered significant at $p<0.05$.

Results and discussion. As a result of the study, it was established (Table 1) that the Ca level in the blood plasma of the comparison group individuals was 2.08±0.08 mmol/L, which did not statistically significantly differ from similar parameters in patients with secondary edentulism and stage I-II periodontitis with normal BMD, $p>0.05$. At the same time, in patients of the main groups with periodontitis and concomitant osteopenia, the Ca concentration in blood plasma was lower: by 12.50% in subjects with stage I periodontitis $p<0.05$, $p_1<0.05$, and by 16.83 % in patients with stage II periodontitis, $p<0.05$, $p_1<0.05$.

The Mg level in the comparison group was 0.75±0.07 mmol/L and also did not statistically significantly differ from similar parameters in patients with secondary edentulism and stage I-II periodontitis with normal BMD, $p>0.05$. Conversely, in the presence of osteopenia, the Mg concentration in the blood plasma of patients in the main groups was higher: by 30.67 % in individuals with stage I periodontitis $p\text{-}p_1<0.05$ and by 57.33 % in patients with stage II periodontitis $p<0.01$, $p_1>0.05$.

The concentration of inorganic phosphorus (P) in the blood plasma of the comparison group was 1.07±0.09 mmol/L, which was higher than in patients with secondary edentulism and stage I-II periodontitis with normal BMD: by 25.23 % in patients with stage I periodontitis, and by 28.98 % in patients with stage II periodontitis, $p<0.05$. Meanwhile, in patients with secondary edentulism and stage I-II

periodontitis with osteopenia, the P content in blood plasma was significantly lower compared to healthy individuals (comparison group): by 32.72 % in patients with stage I periodontitis and by 37.39 % in patients with stage II periodontitis, $p<0.01$, $p_1>0.05$.

Table 1. Values of mineral metabolism parameters in the blood plasma of patients with stage I-II periodontitis prior to dental implantation, depending on bone mineral density

Parameters	Comparison group, (n=30)	Main group			
		Periodontitis Stage I		Periodontitis Stage II	
		Normal BMD, (n=6)	Osteopenia, (n=4)	Normal BMD, (n=22)	Osteopenia, (n=37)
Ca, mmol/L	2.08±0.08	2.06±0.07	1.82±0.06••,**	2.0±0.05	1.73±0.05•,*
Mean value		1.94±0.07		1.87±0.05 ••	
Mg, mmol/L	0.75±0.07	0.73±0.06	0.98±0.08••,**	0.90±0.09	1.18±0.11•
Mean value		0.86±0.07		1.04±0.10••	
P, mmol/L	1.07±0.09	0.80±0.08••	0.72±0.06•	0.76±0.07••	0.67±0.05•
Mean value		0.76±0.07••		0.72±0.06•	
Notes: •p<0.01; ••p<0.05 – significant difference compared to the comparison group; *p<0.01; **p<0.05 – significant difference compared to patients with normal BMD.					

In summary, the obtained data demonstrated that, provided normal BMD was preserved, Ca and Mg levels in the blood plasma of patients with stage I periodontitis had no statistically significant differences from the parameters of the comparison group, $p>0.05$. However, in patients with concomitant osteopenia already at stage I periodontitis, a significant increase in Mg concentration to 0.98±0.08 mmol/L was observed, compared to both the comparison group and patients with normal BMD, $p\text{-}p_1<0.05$. The level of inorganic phosphorus in both subgroups of patients with stage I periodontitis was consistently below normal by an average of 29.0 %, $p<0.05$.

At the same time, in patients with stage II periodontitis, with both normal BMD and osteopenia, the mean values of mineral metabolism markers in blood plasma differed from analogous data in the comparison group. Specifically, the mean concentrations of Ca and P were lower by 10.10 %, $p<0.05$ and 32.72 % $p<0.01$, respectively, accompanied by an increase in blood plasma Mg levels by 38.66 %, $p<0.05$.

Conclusion. The assessment of calcium-phosphorus homeostasis in patients with periodontitis and secondary edentulism at the preoperative stage of dental implantation revealed hidden disorders of systemic mineral metabolism. It was established that an inorganic phosphorus imbalance is one of the primary links in bone tissue destruction. The detected significant increase in the Mg^{2+} level in blood plasma against the background of decreased phosphorus and calcium concentrations indicates the activation of systemic compensatory mechanisms aimed at maintaining mineral homeostasis. The obtained results substantiate the expediency of targeted preoperative pharmacological correction of mineral metabolism to create favorable conditions for complete osseointegration and to prevent early complications.

References

1. Sousa, V., Mardas, N., Farias, B., Petrie, A., Needleman, I., Spratt, D., Donos, N. (2016). A systematic review of implant outcomes in treated periodontitis patients. Clinical Oral Implants Research, 27(7), 787–844. https://doi.org/10.1111/clr.12684
2. Bandrivsky, Y., Shkipor, V., Bandrivska, O. (2026). Contemporary strategies for optimizing dental implant osseointegration in periodontally compromised patients (systematic review). Kharkiv Dental Journal, 3(1(7), 160–180. https://doi.org/10.26565/3083-5607-2026-7-12
3. Wang, C. J., McCauley, L. K. (2016). Osteoporosis and periodontitis. Current Osteoporosis Reports, 14(6), 284–291. https://doi.org/10.1007/s11914-016-0330-3
4. Guglielmotti, M. B., Olmedo, D. G., Cabrini, R. L. (2019). Research on implants and osseointegration. Periodontology 2000, 79(1), 178–189. https://doi.org/10.1111/prd.12254
5. Caton, J. G., Armitage, G., Berglundh, T., Chapple, I. L. C., Jepsen, S., Kornman, K. S., Mealey, B. L., Papapanou, P. N., Sanz, M., Tonetti, M. S. (2018). A new classification scheme for periodontal and peri-implant diseases and conditions – Introduction and key changes from the 1999 classification. Journal of Clinical Periodontology, 45(20), S1–S8. https://doi.org/10.1111/jcpe.12935
6. Carr, A. B., Brown, D. T. (2015). McCracken's Removable Partial Prosthodontics (13th ed.). Elsevier.
7. Kanis, J. A., Cooper, C., Rizzoli, R., Reginster, J. Y. (2019). European guidance for the diagnosis and management of osteoporosis in postmenopausal women. Osteoporosis International, 30, 3–44. https://doi.org/10.1007/s00198-018-4704-5
8. Rifai, N., Horvath, A. R., Wittwer, C. T. (Eds.). (2018). Tietz Textbook of Clinical Chemistry and Molecular Diagnostics (6th ed.). Elsevier.

DOI 10.70286/ISU-15.07.2026.013

ADVANCES IN AIRWAY RECONSTRUCTION SURGERY IN ADULTS AND CHILDREN

Turarbekova Marzhan Zhandarbekkyzy
Medical Intern
Faculty of General Medicine
Asfendiyarov Kazakh National Medical University, Almaty, Kazakhstan

ABSTRACT

Airway reconstruction surgery has undergone substantial evolution over the past decade owing to advances in surgical techniques, perioperative care, biomaterials, and tissue engineering. Reconstruction of the laryngotracheal complex remains one of the most technically demanding fields in otorhinolaryngology because of the need to restore airway patency while preserving phonation, swallowing, and respiratory function. Although congenital airway abnormalities predominate in pediatric

populations, acquired stenosis secondary to prolonged intubation, trauma, inflammatory diseases, and malignancies represents the major indication for reconstruction in adults. Contemporary treatment strategies emphasize individualized surgical planning based on lesion characteristics, patient age, comorbidities, and multidisciplinary assessment. Recent innovations, including minimally invasive endoscopic procedures, slide tracheoplasty, cartilage grafting, robotic-assisted surgery, three-dimensional imaging, patient-specific implants, and regenerative medicine, have significantly improved functional outcomes while reducing perioperative morbidity. Despite these advances, postoperative restenosis and long-term airway stability remain important clinical challenges. This review summarizes current concepts, modern surgical techniques, emerging technologies, and future perspectives in airway reconstruction surgery for both adult and pediatric patients.

Keywords: airway reconstruction; laryngotracheal stenosis; tracheoplasty; slide tracheoplasty; laryngotracheal reconstruction; endoscopic airway surgery; pediatric airway surgery; tracheal surgery; tissue engineering.

Introduction

Airway reconstruction surgery encompasses a spectrum of procedures designed to restore adequate airway patency while maintaining normal respiration, phonation, and swallowing in patients with congenital or acquired laryngotracheal disorders [1].

The epidemiology of airway stenosis differs substantially between pediatric and adult populations. Congenital anomalies, including complete tracheal rings, laryngotracheal clefts, and congenital subglottic stenosis, are the predominant indications for reconstruction during childhood, whereas prolonged endotracheal intubation, external trauma, autoimmune disorders, radiation injury, and malignant tumors account for most adult cases [2].

Advances in endoscopic visualization, high-resolution computed tomography, three-dimensional airway modeling, and multidisciplinary perioperative management have fundamentally changed the diagnostic and therapeutic approach to complex airway disease. Modern imaging techniques allow accurate assessment of stenosis length, airway morphology, cartilage integrity, and adjacent anatomical structures, thereby facilitating individualized surgical planning [3]. During the past decade, the indications for minimally invasive airway reconstruction have expanded considerably. Endoscopic balloon dilation, laser-assisted scar excision, endoscopic anterior laryngotracheal reconstruction, and transoral robotic techniques have demonstrated favorable outcomes in selected patients with limited stenotic lesions, reducing surgical trauma and shortening hospital stay [4]. Open reconstructive procedures remain the gold standard for extensive or multilevel airway stenosis. Techniques such as laryngotracheal reconstruction with cartilage grafting, cricotracheal resection, tracheal resection with primary anastomosis, and slide tracheoplasty continue to provide excellent long-term airway patency when performed in experienced multidisciplinary centers [5].

Emerging technologies, including tissue engineering, bioengineered tracheal scaffolds, three-dimensional printing, artificial intelligence-assisted surgical planning, and regenerative medicine, are expected to transform future airway reconstruction by enabling patient-specific treatment strategies and improving long-term functional outcomes [6].

Main Body

The primary objective of airway reconstruction is the restoration of a stable, functional airway while preserving voice quality and swallowing function [7]. Comprehensive preoperative evaluation includes flexible fiberoptic laryngoscopy, direct microlaryngoscopy, bronchoscopy, and high-resolution computed tomography with three-dimensional reconstruction [8]. Endoscopic surgery has become an integral component of modern airway reconstruction owing to continuous improvements in visualization systems, powered instrumentation, and laser technology [9]. Endoscopic procedures are particularly effective in patients with short-segment stenosis, immature scar tissue, or mild-to-moderate airway narrowing.

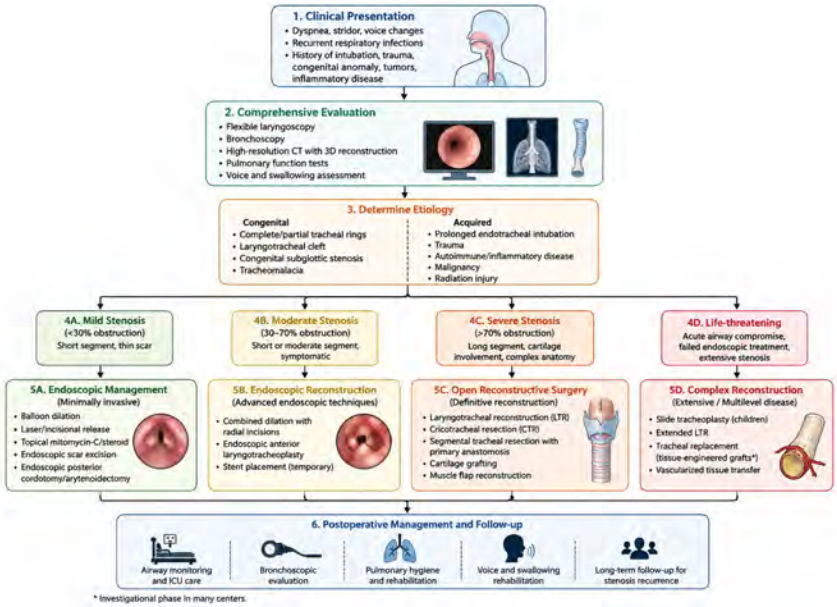

Figure 1. Contemporary Algorithm for Airway Reconstruction Surgery in Adults and Children.

Despite remarkable progress in minimally invasive techniques, open reconstructive surgery remains indispensable for complex airway pathology [10].

Pediatric airway reconstruction presents unique anatomical and physiological challenges because of the smaller airway diameter, ongoing skeletal growth, and congenital airway abnormalities [11].

Regenerative medicine represents one of the most rapidly developing areas of airway reconstruction [12]. Advances in biomaterials have facilitated the development of biodegradable scaffolds capable of supporting epithelial regeneration while maintaining sufficient mechanical stability during healing. Digital technologies are increasingly incorporated into airway surgery [13]. Artificial intelligence algorithms assist radiological interpretation, automated airway segmentation, prediction of postoperative complications, and individualized surgical planning. Successful airway reconstruction extends beyond the operative procedure itself [14]. Intensive postoperative monitoring focuses on maintaining airway patency, preventing anastomotic tension, minimizing infection risk, and ensuring adequate pulmonary hygiene.

Future advances in airway reconstruction will likely be driven by precision medicine, artificial intelligence, regenerative therapies, and personalized implant technology [15]. Integration of molecular biomarkers may improve prediction of

restenosis risk and facilitate individualized postoperative surveillance strategies. International multicenter registries and standardized outcome reporting are expected to strengthen clinical evidence and support the development of evidence-based guidelines for both adult and pediatric airway reconstruction [16,17].

Table 1. Contemporary Surgical Techniques for Airway Reconstruction in Adults and Children

Surgical technique	Main indication	Advantages	Limitations
Endoscopic balloon dilation	Mild or short-segment stenosis	Minimally invasive, repeatable, rapid recovery	Higher recurrence rate
Laser-assisted endoscopic reconstruction	Fibrotic laryngotracheal stenosis	Precise scar excision, minimal tissue trauma	Limited use in circumferential stenosis
Laryngotracheal reconstruction (LTR)	Congenital or acquired subglottic stenosis	Preserves laryngeal framework, excellent long-term airway patency	Technically demanding, prolonged recovery
Cricotracheal resection (CTR)	High-grade subglottic stenosis	Definitive treatment with low restenosis rate	Limited by lesion length and patient condition
Segmental tracheal resection with primary anastomosis	Localized tracheal stenosis	High long-term success, physiological reconstruction	Risk of anastomotic tension
Slide tracheoplasty	Long-segment congenital tracheal stenosis	Gold standard in children, preserves vascular supply, promotes airway growth	Requires specialized multidisciplinary expertise
Tissue-engineered reconstruction	Extensive airway defects (investigational)	Personalized treatment potential	Limited clinical experience
Robotic-assisted airway surgery	Selected laryngeal and upper airway lesions	Superior visualization and surgical precision	High cost and limited availability

Conclusion

Airway reconstruction surgery has advanced considerably through innovations in minimally invasive techniques, refined open reconstructive procedures, and multidisciplinary perioperative care. Contemporary management emphasizes individualized treatment based on airway anatomy, disease etiology, and patient-specific characteristics. Endoscopic interventions provide effective treatment for selected cases of limited stenosis, whereas open reconstructive procedures, including laryngotracheal reconstruction, cricotracheal resection, and slide tracheoplasty, remain the standard of care for complex airway disease. Emerging technologies such as three-dimensional printing, artificial intelligence, robotic surgery, and tissue engineering have the potential to further improve surgical precision and long-term functional outcomes. Continued multicenter collaboration, standardized outcome reporting, and translational research are expected to facilitate the development of safer, more personalized reconstructive strategies for both adult and pediatric patients.

References

2. Clunie GM, Roe JWG, Alexander C, Sandhu G, McGregor A. Voice and swallowing outcomes following airway reconstruction in adults: A systematic review. Laryngoscope. 2021;131(1):146–157. doi: 10.1002/lary.28494.
3. Wu Y, Wang G, Dai J, Li H, Li Y, Wu C, et al. Slide tracheoplasty for congenital tracheal stenosis repair: A systematic review and meta-analysis. Laryngoscope. 2022;132(8):1532–1541. doi: 10.1002/lary.29771.
4. Richardson CM, Hart CK, Johnson KE, Gerber ME. Slide tracheoplasty: Complete tracheal rings and beyond. Otolaryngol Clin North Am. 2022;55(6):1253–1270. doi: 10.1016/j.otc.2022.07.014.
5. Ren J, Xu Y, Zhiyi G, Ren T, Ren J, Wang K, et al. Reconstruction of the trachea and carina: Surgical reconstruction, autologous tissue transplantation, allograft transplantation, and bioengineering. Thorac Cancer. 2022;13(3):284–295. doi: 10.1111/1759-7714.14315.
6. Adamo D, Galaverni G, Genna VG, et al. The growing medical need for tracheal replacement: Reconstructive strategies should overcome their limits. Front Bioeng Biotechnol. 2022;10:846632. doi: 10.3389/fbioe.2022.846632.
7. Clunie GM, Roe JWG, Alexander C, Sandhu G, McGregor A. Not just dyspnoea: Swallowing as a concern for adults with laryngotracheal stenosis undergoing airway reconstruction. Dysphagia. 2022;37(2):365–374. doi: 10.1007/s00455-021-10287-3.
8. Wertz A, Fuller SM, Mascio C, Sobol SE, Jacobs IN, Javia L. Slide tracheoplasty: Predictors of outcomes and literature review. Int J Pediatr Otorhinolaryngol. 2020;130:109814.
9. Sandhu GS, Monnier P. Contemporary management of adult laryngotracheal stenosis. Otolaryngol Clin North Am. 2022.
10. Gelbard A, Francis DO, Sandulache VC, Simmons JC, Donovan DT, Ongkasuwan J. Causes and consequences of adult laryngotracheal stenosis. Laryngoscope Investig Otolaryngol. 2020.
11. Hillel AT, Karatayli-Ozgursoy S, Benke JR, et al. Modern management of idiopathic subglottic stenosis. Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg. 2021.
12. Schweiger C, Manica D, Becker CF. Pediatric laryngotracheal stenosis: Current concepts in diagnosis and surgical management. Int J Pediatr Otorhinolaryngol. 2021.
13. Rutter MJ. Pediatric airway reconstruction: Recent advances and future directions. Otolaryngol Clin North Am. 2022.
14. Grimmer JF, Hart CK. Laryngotracheal reconstruction in children: Current surgical strategies. Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg. 2021.
15. Sandhu GS, Nouraei SAR. Endoscopic management of laryngotracheal stenosis: Contemporary perspectives. Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg. 2021.
16. D'Andrilli A, Venuta F. Tracheal surgery in the modern era. J Thorac Dis. 2021.
17. Bibas BJ, Cardoso PFG. Advances in tracheal tissue engineering and airway replacement. Front Bioeng Biotechnol. 2023.
18. Grillo HC. Current concepts in complex airway reconstruction. Semin Thorac Cardiovasc Surg. 2021.

DOI 10.70286/ISU-15.07.2026.014

CURRENT ADVANCES IN CLINICAL ONCOLOGY: CHALLENGES AND FUTURE PERSPECTIVES

Daurenov Ulykbek Ergeshbayevich
Director, "SHAMSHYRAQ" Research Center, Almaty, Kazakhstan
Turdykul Dastan Galymuly
Resident, Asfendiyarov Kazakh National Medical University, Almaty, Kazakhstan
Suyunbay Dana Serikkyzy
MD, Kazakhstan
Kydyrbek Laila Nurlybekkyzy
MD, Kazakhstan

ABSTRACT

Cancer remains one of the leading causes of morbidity and mortality worldwide despite remarkable advances in prevention, diagnosis, and treatment. The rapid development of molecular biology, precision medicine, immunotherapy, artificial intelligence, and genomic technologies has transformed the landscape of modern oncology, enabling more individualized and effective patient care. Recent breakthroughs in liquid biopsy, next-generation sequencing, targeted therapies, immune checkpoint inhibitors, and AI-assisted clinical decision-making have significantly improved diagnostic accuracy, therapeutic efficacy, and survival outcomes across multiple cancer types. However, numerous challenges persist, including tumor heterogeneity, treatment resistance, immune-related adverse events, limited accessibility to innovative therapies, high healthcare costs, and disparities in cancer care across different regions. Furthermore, integrating multi-omics technologies, digital pathology, and real-world evidence into routine clinical practice requires standardized protocols and robust clinical validation. This review summarizes the most significant advances in contemporary clinical oncology, discusses current limitations affecting cancer management, and highlights emerging technologies that are expected to shape the future of personalized cancer treatment. The continued integration of genomics, AI-driven diagnostics, biomarker-guided therapies, and multidisciplinary clinical approaches is anticipated to improve patient outcomes while promoting precision oncology as the new standard of cancer care.

Keywords: clinical oncology; precision oncology; immunotherapy; targeted therapy; artificial intelligence; liquid biopsy; molecular diagnostics; personalized medicine.

Introduction

Cancer represents one of the greatest global public health challenges, accounting for millions of new cases and deaths annually despite continuous improvements in prevention, screening, diagnosis, and treatment strategies [1]. According to the latest international cancer statistics, the global burden of malignant diseases continues to

increase because of population aging, demographic growth, urbanization, environmental exposures, and lifestyle-related risk factors, creating substantial pressure on healthcare systems worldwide [2]. The paradigm of cancer management has shifted dramatically over the past decade from conventional treatment approaches toward precision oncology, where therapeutic decisions are increasingly guided by molecular characteristics, genomic alterations, and predictive biomarkers rather than tumor location alone [3].

Recent advances in next-generation sequencing (NGS), comprehensive genomic profiling, liquid biopsy, and molecular pathology have substantially improved early diagnosis, disease monitoring, prognostic assessment, and treatment selection across multiple cancer types [4]. Simultaneously, the introduction of immune checkpoint inhibitors, adoptive cellular therapies, antibody-drug conjugates, bispecific antibodies, and novel targeted agents has significantly expanded therapeutic opportunities for patients with advanced malignancies while improving long-term survival in several cancers [5]. Artificial intelligence, machine learning, digital pathology, and multi-omics technologies are increasingly being incorporated into routine oncology practice, facilitating clinical decision support, image interpretation, treatment optimization, and individualized risk prediction, although important scientific, economic, and ethical challenges remain unresolved [6].

Main Body

Cancer remains one of the most significant global health challenges, with incidence and mortality continuing to rise across both developed and developing countries. Improvements in life expectancy, population aging, urbanization, environmental pollution, and unhealthy lifestyle behaviors have collectively contributed to the increasing worldwide cancer burden [7].

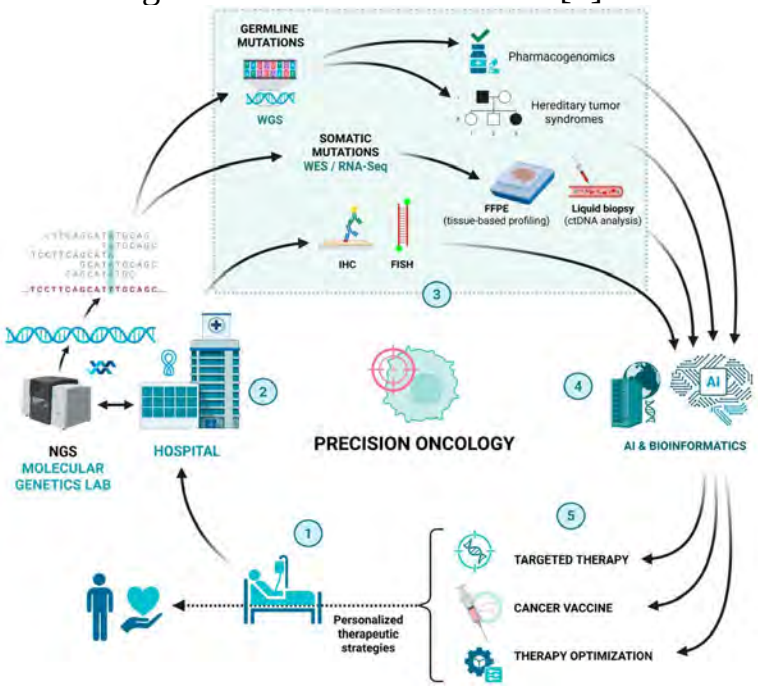

Figure 1. Current Advances in Clinical Oncology: Integration of Precision Medicine into Modern Cancer Care

One of the most transformative developments in modern clinical oncology has been the rapid evolution of molecular diagnostics. Traditional histopathological examination is now increasingly complemented by genomic, transcriptomic, proteomic, and epigenomic analyses, enabling more accurate tumor characterization and individualized therapeutic planning [8]. Next-generation sequencing has become an essential component of precision oncology by simultaneously identifying numerous clinically actionable genomic alterations. Comprehensive genomic profiling facilitates the detection of driver mutations, gene fusions, copy number alterations, microsatellite instability, and tumor mutational burden, thereby guiding targeted treatment selection and clinical trial enrollment [9]. Liquid biopsy has emerged as a minimally invasive alternative to conventional tissue biopsy. By analyzing circulating tumor DNA, circulating tumor cells, extracellular vesicles, and circulating RNA in peripheral blood, clinicians can evaluate tumor evolution without repeated invasive procedures [10].

Nevertheless, several limitations remain. Low circulating tumor DNA concentrations during early-stage disease, assay standardization, analytical variability, reimbursement policies, and regulatory approval continue to restrict universal implementation. International oncology societies are actively developing standardized recommendations to facilitate broader clinical adoption [11].

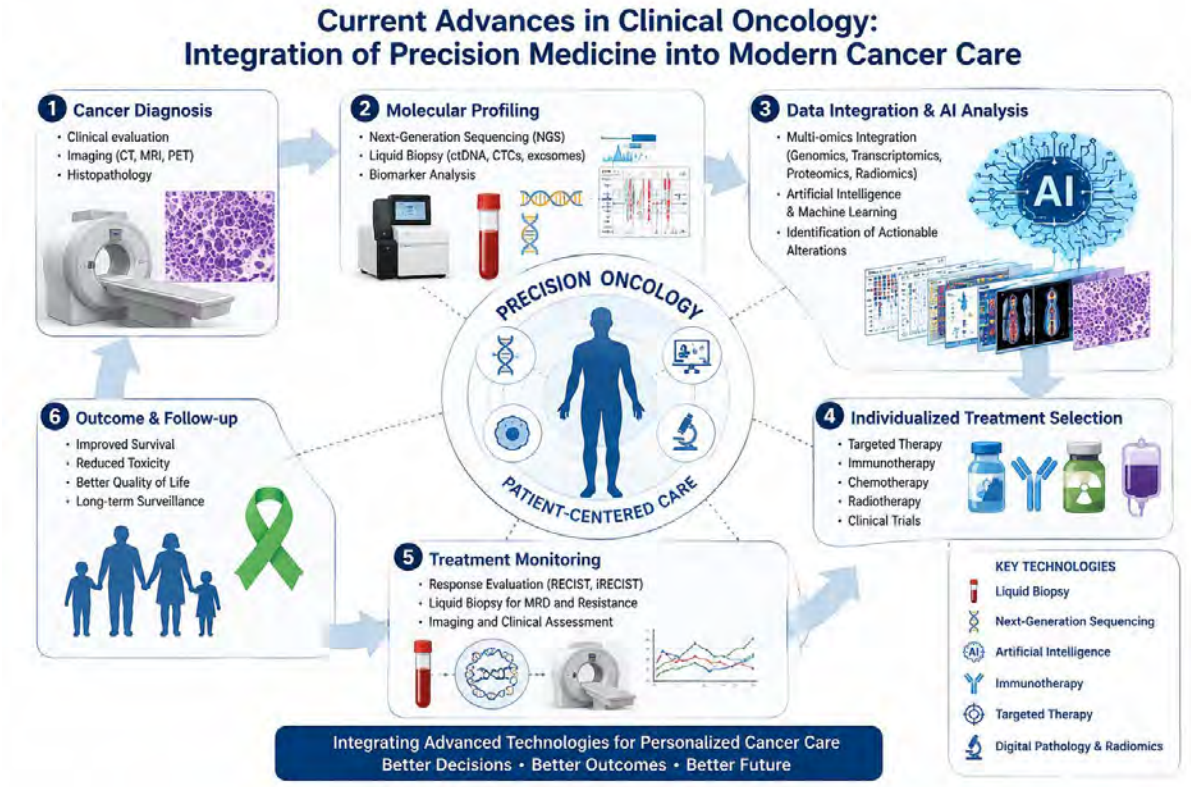

Figure 2. Artificial Intelligence–Driven Precision Oncology: A Modern Clinical Workflow for Personalized Cancer Management

Precision oncology represents one of the most important paradigm shifts in contemporary cancer care. Instead of selecting therapy solely according to tumor histology or anatomical origin, treatment decisions increasingly rely on the molecular characteristics of individual tumors [12]. Comprehensive genomic profiling enables

identification of actionable mutations involving genes such as EGFR, ALK, ROS1, BRAF, KRAS, RET, HER2, and NTRK, allowing clinicians to prescribe highly selective targeted therapies associated with improved efficacy and reduced toxicity compared with conventional chemotherapy [13].

Conclusion

Clinical oncology has undergone a profound transformation over the past decade through the integration of precision medicine, molecular diagnostics, immunotherapy, targeted therapy, liquid biopsy, and artificial intelligence into routine cancer care. These innovations have significantly improved early diagnosis, individualized treatment selection, therapeutic efficacy, and long-term survival across numerous malignancies. The rapid development of comprehensive genomic profiling and multi-omics technologies has further accelerated the transition from conventional treatment strategies toward personalized oncology. Recent advances in antibody-drug conjugates, immune checkpoint inhibitors, CAR-T cell therapy, and AI-assisted clinical decision support continue to expand therapeutic opportunities for patients with both solid tumors and hematological malignancies. Despite these remarkable achievements, several important challenges remain. Tumor heterogeneity, acquired therapeutic resistance, limited access to innovative technologies, high treatment costs, and disparities in healthcare infrastructure continue to affect the global implementation of precision oncology. Furthermore, ethical considerations, regulatory frameworks, data standardization, and integration of artificial intelligence into routine clinical workflows require continued multidisciplinary collaboration and international consensus.

References

1. Sung H, Ferlay J, Siegel RL, Laversanne M, Soerjomataram I, Jemal A, et al. Global Cancer Statistics 2024. CA Cancer J Clin. 2025. doi:10.3322/caac.21902.
2. Ignatiadis M, Sledge GW, Jeffrey SS. Liquid biopsy enters the clinic: implementation issues and future challenges. Nat Rev Clin Oncol. 2021;18(5):297–312. doi:10.1038/s41571-020-00457-x.
3. Febbo PG, Allo M, Alme EB, et al. Recommendations for the Equitable and Widespread Implementation of Liquid Biopsy for Cancer Care. JCO Precis Oncol. 2024;8:e2300382. doi:10.1200/PO.23.00382.
4. Monette A, Aguilar-Mahecha A, Altinmakas E, et al. The Society for Immunotherapy of Cancer Perspective on Liquid Biopsy- and Radiomics-Based Technologies for Immuno-oncology Biomarker Discovery and Application. Clin Cancer Res. 2025;31(12):2278-2293. doi:10.1158/1078-0432.CCR-24-3791.
5. Wan JCM, Sasieni P, Rosenfeld N. Promises and pitfalls of multi-cancer early detection using liquid biopsy tests. Nat Rev Clin Oncol. 2025. doi:10.1038/s41571-025-01033-x.
6. Chang TG, Park S, Schäffer AA, Jiang P, Ruppin E, et al. Hallmarks of artificial intelligence contributions to precision oncology. Nat Cancer. 2025;6:417-431. doi:10.1038/s43018-025-00917-2.

7. Qiao D, Wang RC, Wang Z. Precision Oncology: Current Landscape, Emerging Trends, Challenges, and Future Perspectives. Cells. 2025;14(22):1804. doi:10.3390/cells14221804.
8. Abreu RDS, et al. Liquid biopsy in cancer diagnosis and prognosis: a paradigm shift in precision oncology. Front Mol Biosci. 2025;12:1708518. doi:10.3389/fmolb.2025.1708518.
9. 9. Meric-Bernstam F, Lyman GH, et al. Precision oncology: current landscape and future directions. Cancer Discov. 2024;14(12):2332-2345. doi:10.1158/2159-8290.CD-24-1476.
10. Chang TG, Park S, Schäffer AA, Jiang P, Ruppin E, et al. Hallmarks of artificial intelligence contributions to precision oncology. Nat Cancer. 2025;6:417-431. doi:10.1038/s43018-025-00917-2.
11. Qiao D, Wang RC, Wang Z. Precision Oncology: Current Landscape, Emerging Trends, Challenges, and Future Perspectives. Cells. 2025;14(22):1804. doi:10.3390/cells14221804.
12. Repetto M, Fernandez N, Drilon A, Chakravarty D. Precision Oncology: 2025 in Review. Cancer Discovery. 2025. doi:10.1158/2159-8290.CD-25-1784.
13. Fang C, Zhou P, Zhang X, He Y, Yang Q. Artificial intelligence in oncology drug development and management: a precision medicine perspective. Front Oncol. 2025;15. doi:10.3389/fonc.2025.1609827.

DOI 10.70286/ISU-15.07.2026.015

THE ROLE OF NEXT-GENERATION SEQUENCING IN MODERN HEMATOLOGY

Mirman Indira Kargashkyzy
Medical Intern
Faculty of General Medicine-2
Asfendiyarov Kazakh National Medical University, Almaty, Kazakhstan

ABSTRACT

Next-generation sequencing has fundamentally transformed modern hematology by enabling comprehensive genomic profiling of hematologic diseases with unprecedented sensitivity and specificity. Unlike conventional molecular techniques, NGS simultaneously analyzes multiple genes, facilitating accurate diagnosis, refined disease classification, prognostic stratification, measurable residual disease monitoring, and individualized therapeutic decision-making. Recent advances in targeted sequencing panels, whole-exome sequencing, whole-genome sequencing, and transcriptome analysis have significantly improved the understanding of the molecular landscape of leukemias, lymphomas, myelodysplastic syndromes, myeloproliferative neoplasms, and plasma cell disorders. Furthermore, the integration of NGS with emerging technologies-including single-cell sequencing, long-read sequencing, optical

genome mapping, and artificial intelligence-has expanded the possibilities for precision hematology. Despite remarkable clinical benefits, challenges remain regarding data interpretation, standardization, variant classification, bioinformatics infrastructure, turnaround time, and healthcare costs. This review summarizes the current applications of NGS in hematology, highlights recent technological innovations, discusses existing limitations, and explores future perspectives for integrating genomic medicine into routine hematological practice.

Keywords: Next-generation sequencing; Hematology; Precision medicine; Leukemia; Lymphoma; Myelodysplastic syndrome; Measurable residual disease; Molecular diagnostics; Genomic profiling.

Introduction

The rapid evolution of genomic technologies has profoundly changed the diagnostic and therapeutic landscape of hematology, positioning molecular profiling at the center of modern clinical decision-making [1].

Among these technologies, next-generation sequencing represents one of the most significant breakthroughs by enabling simultaneous high-throughput analysis of hundreds to thousands of genomic regions with exceptional analytical sensitivity [2].

Compared with conventional cytogenetics, fluorescence in situ hybridization, Sanger sequencing, and allele-specific polymerase chain reaction, NGS provides a far more comprehensive assessment of somatic mutations, copy number alterations, structural rearrangements, and clonal evolution [3]. The implementation of NGS has substantially improved the molecular classification of acute leukemias, chronic leukemias, lymphomas, myelodysplastic syndromes, myeloproliferative neoplasms (MPN), and plasma cell dyscrasias, thereby supporting more precise diagnosis and individualized risk stratification [4]. In addition to its diagnostic value, NGS has become indispensable for identifying clinically actionable genetic alterations that guide targeted therapies, predict therapeutic response, detect resistance-associated mutations, and facilitate measurable residual disease monitoring throughout the disease course [5].

Recent innovations-including long-read sequencing, single-cell sequencing, multi-omics integration, and artificial intelligence-assisted genomic interpretation-are further expanding the clinical utility of NGS and accelerating the transition toward precision hematology [6]. Consequently, NGS is no longer regarded solely as an advanced laboratory technique but rather as a fundamental component of evidence-based hematological practice, influencing nearly every stage of patient management from diagnosis to long-term follow-up [7].

Main Body

Next-generation sequencing encompasses a group of massively parallel sequencing technologies capable of simultaneously analyzing millions of DNA or RNA fragments, thereby enabling comprehensive genomic characterization within a single assay [8]. Unlike first-generation Sanger sequencing, which is limited to the evaluation of individual genomic regions, NGS facilitates the parallel examination of numerous genes, significantly increasing analytical throughput while reducing turnaround time and cost per nucleotide [9]. Modern hematology primarily employs targeted gene panels, whole-exome sequencing, whole-genome sequencing, and RNA

sequencing, each offering distinct advantages depending on the clinical indication and diagnostic objective [10]. Targeted sequencing panels have become the preferred approach in routine clinical practice because they focus on clinically relevant genes associated with hematologic malignancies, providing high sequencing depth and excellent sensitivity for detecting low-frequency somatic variants [11].

Whole-exome sequencing enables the identification of pathogenic variants within protein-coding regions, accounting for approximately 1-2% of the human genome but harboring the majority of known disease-causing mutations [12].

Whole-genome sequencing provides the most comprehensive genomic assessment by detecting single nucleotide variants, insertions and deletions, copy number alterations, structural variants, chromosomal rearrangements, and complex genomic abnormalities that may remain undetected by conventional diagnostic techniques [13]. RNA sequencing complements DNA-based analyses by identifying fusion transcripts, aberrant gene expression patterns, alternative splicing events, and novel molecular biomarkers, particularly in acute leukemias and lymphoid malignancies [14]. Recent developments in long-read sequencing technologies have substantially improved the characterization of repetitive genomic regions, complex structural rearrangements, tandem duplications, and phasing of genetic variants that are often difficult to resolve using short-read sequencing platforms [15].

The clinical implementation of NGS has revolutionized the diagnosis and management of hematologic malignancies by integrating genomic information into disease classification, prognostic assessment, therapeutic selection, and measurable residual disease monitoring [16].

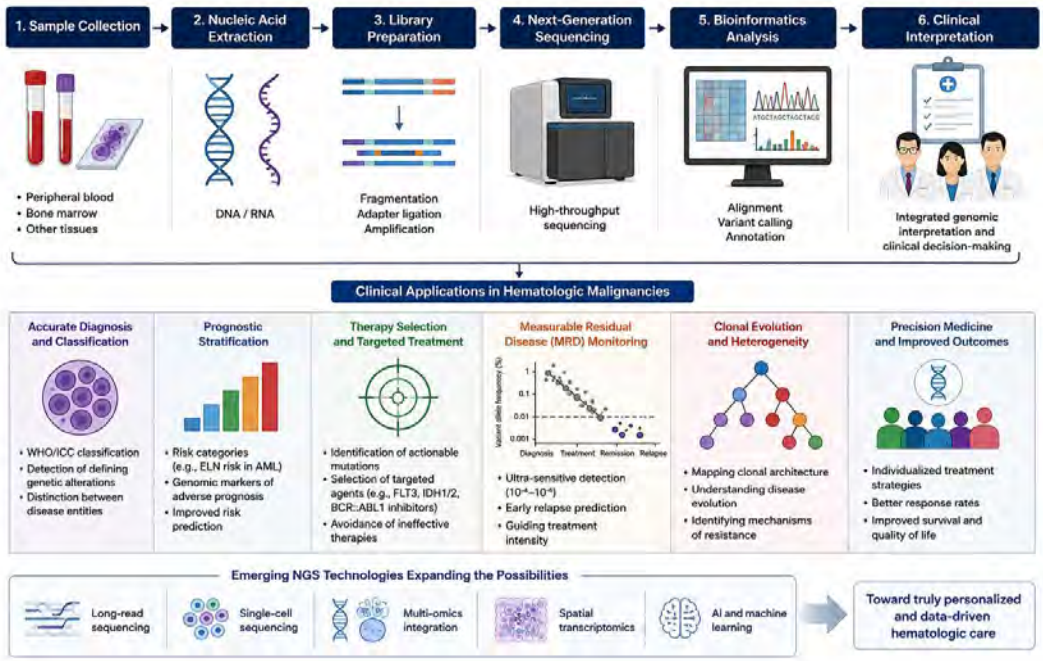

Figure 1. Workflow and Clinical Applications of Next-Generation Sequencing in Modern Hematology

The clinical implementation of NGS has revolutionized the diagnosis and management of hematologic malignancies by integrating genomic information into disease classification, prognostic assessment, therapeutic selection, and measurable

residual disease monitoring [17]. In acute myeloid leukemia, NGS has become indispensable for detecting recurrent mutations in genes such as FLT3, NPM1, CEBPA, IDH1, IDH2, DNMT3A, RUNX1, TP53, and ASXL1, all of which significantly influence risk stratification according to the latest World Health Organization and International Consensus Classification recommendations [18].

In chronic lymphocytic leukemia, NGS has substantially improved prognostic assessment through the identification of recurrent mutations involving TP53, NOTCH1, SF3B1, ATM, BIRC3, POT1, and MYD88, several of which are associated with inferior survival, therapeutic resistance, and increased risk of disease progression [19].

Molecular characterization by NGS has become particularly important before initiating therapy because TP53 alterations and complex genomic abnormalities influence the selection of Bruton tyrosine kinase inhibitors, BCL-2 inhibitors, or chemoimmunotherapy, thereby supporting individualized treatment strategies [20].

In chronic myeloid leukemia, NGS provides greater analytical sensitivity than conventional sequencing for detecting low-frequency ABL1 kinase domain mutations responsible for resistance to tyrosine kinase inhibitors, enabling earlier therapeutic intervention before overt clinical relapse develops [21]. Beyond mutation detection, NGS facilitates longitudinal monitoring of clonal evolution, allowing clinicians to recognize the emergence of resistant subclones during treatment and adapt therapeutic strategies according to the evolving genomic profile of the disease [22]. In myelodysplastic syndromes (MDS), genomic profiling has become an essential component of diagnosis because more than 90% of patients harbor recurrent somatic mutations affecting RNA splicing, epigenetic regulation, transcription factors, DNA repair pathways, or intracellular signaling molecules [23].

Table 1. Clinical applications of next-generation sequencing in major hematologic diseases

Disease	Frequently detected genetic alterations	Clinical significance
Acute Myeloid Leukemia (AML)	FLT3, NPM1, IDH1/2, TP53, CEBPA, RUNX1	Diagnosis, ELN risk stratification, targeted therapy
Acute Lymphoblastic Leukemia (ALL)	IKZF1, CRLF2, JAK2, BCR::ABL1-like alterations	Prognosis, targeted treatment selection
Chronic Myeloid Leukemia (CML)	ABL1 kinase domain mutations	Tyrosine kinase inhibitor resistance
Chronic Lymphocytic Leukemia (CLL)	TP53, NOTCH1, SF3B1, ATM	Prognostic assessment, treatment selection
Myelodysplastic Syndromes (MDS)	SF3B1, TET2, ASXL1, SRSF2, U2AF1	Diagnosis, prognosis, transplantation planning
Multiple Myeloma	KRAS, NRAS, BRAF, TP53	Prognosis, relapse monitoring, precision therapy

Conclusion

Next-generation sequencing has fundamentally transformed contemporary hematology by enabling comprehensive genomic characterization of hematologic malignancies with unprecedented analytical sensitivity and diagnostic precision. The

integration of NGS into routine clinical practice has substantially improved disease classification, molecular diagnosis, prognostic stratification, measurable residual disease assessment, and the identification of actionable genomic alterations that directly influence therapeutic decision-making. Recent advances in targeted sequencing panels, whole-genome sequencing, long-read sequencing, single-cell sequencing, and multi-omics technologies have further expanded the capabilities of genomic medicine beyond conventional molecular diagnostics.

Moreover, the incorporation of artificial intelligence and advanced bioinformatics into genomic analysis has accelerated variant interpretation, enhanced diagnostic reproducibility, and facilitated the implementation of precision medicine in hematology.

These innovations enable clinicians to better understand clonal evolution, therapeutic resistance, and disease heterogeneity, thereby supporting increasingly individualized treatment strategies and improving long-term patient outcomes. Nevertheless, important challenges remain, including data interpretation, standardization of sequencing workflows, infrastructure requirements, economic limitations, and ethical considerations related to genomic information management.

Future developments are expected to focus on integrating genomic, transcriptomic, epigenomic, proteomic, and clinical data into unified precision medicine platforms capable of providing real-time individualized therapeutic recommendations. As sequencing technologies continue to become more accurate, faster, and cost-effective, next-generation sequencing is likely to become an indispensable component of routine hematological care, ultimately improving diagnostic accuracy, treatment selection, disease monitoring, and overall survival across the full spectrum of hematologic disorders.

References

1. Cho YU. The role of next-generation sequencing in hematologic malignancies. Blood Res. 2024;59(1):11-22. doi:10.1007/s44313-024-00010-0.
2. Kwon R, Yeung CCS. Advances in next-generation sequencing and emerging technologies for hematologic malignancies. Haematologica. 2024;109(2):379-387. doi:10.3324/haematol.2022.282442.
3. Heuser M, Ofran Y, Boissel N, et al. Acute myeloid leukaemia in adult patients: ESMO Clinical Practice Guideline for diagnosis, treatment and follow-up. Ann Oncol. 2022;33(12):1296-1313. doi:10.1016/j.annonc.2022.09.002.
4. Döhner H, Wei AH, Appelbaum FR, et al. Diagnosis and management of AML in adults: 2022 recommendations from an international expert panel. Blood. 2022;140(12):1345-1377. doi:10.1182/blood.2022016867.
5. Campo E, Jaffe ES, Cook JR, et al. The International Consensus Classification of mature lymphoid neoplasms: a report from the Clinical Advisory Committee. Blood. 2022;140(11):1229-1253. doi:10.1182/blood.2022015851.
6. Arber DA, Orazi A, Hasserjian RP, et al. The 5th edition of the World Health Organization Classification of Haematolymphoid Tumours: myeloid and

histiocytic/dendritic neoplasms. Leukemia. 2022;36(7):1703-1719. doi:10.1038/s41375-022-01613-1.
7. Khoury JD, Solary E, Abla O, et al. The 5th edition of the World Health Organization Classification of Haematolymphoid Tumours: myeloid and histiocytic/dendritic neoplasms. Leukemia. 2022;36(7):1703-1719. doi:10.1038/s41375-022-01613-1.
8. Gibson CJ, Kennedy JA, Nikiforow S, et al. Clinical implications of clonal hematopoiesis and measurable residual disease in myeloid malignancies. Blood. 2023;141(3):223-235. doi:10.1182/blood.2022016868.
9. Perrot A, Lauwers-Cances V, Tournay E, et al. Minimal residual disease negativity using deep sequencing predicts survival in multiple myeloma. Blood. 2022;139(20):3109-3119. doi:10.1182/blood.2021014179.
10. Brüggemann M, Kotrova M. Minimal residual disease in acute lymphoblastic leukemia. Hematology Am Soc Hematol Educ Program. 2022;2022(1):26-35. doi:10.1182/hematology.2022000340.
11. Wong TN, Ramsingh G, Young AL, et al. Role of genomic profiling in myelodysplastic syndromes and acute myeloid leukemia. J Clin Oncol. 2023;41(15):2785-2798. doi:10.1200/JCO.22.02191.
12. Shah MV, Hook CC, Call TG, Go RS. A population-based study of prognostic impact of TP53, NOTCH1, and SF3B1 mutations in chronic lymphocytic leukemia. Blood Cancer J. 2023;13(1):45. doi:10.1038/s41408-023-00827-5.
13. Soverini S, De Benedittis C, Mancini M, et al. Next-generation sequencing for BCR::ABL1 kinase domain mutation testing in chronic myeloid leukemia. Leukemia. 2022;36(9):2231-2242. doi:10.1038/s41375-022-01674-2.
14. Corre J, Cleynen A, Robiou du Pont S, et al. Genomic landscape and clonal evolution in multiple myeloma. Nat Rev Clin Oncol. 2023;20(6):375-392. doi:10.1038/s41571-023-00736-7.
15. Stephens OM, Chabon JJ, Chaudhuri AA, et al. Long-read sequencing and structural variant detection in hematologic malignancies. Nat Med. 2024;30(3):512-523. doi:10.1038/s41591-024-02811-4.
16. Nam AS, Kim KT, Chaligne R, et al. Single-cell genomics in hematologic malignancies. Nat Rev Genet. 2024;25(4):247-266. doi:10.1038/s41576-023-00639-5.
17. Topol EJ. Artificial intelligence and genomic medicine: transforming precision oncology and hematology. Nat Med. 2023;29(1):44-56. doi:10.1038/s41591-022-02127-0.
18. Cloos J, Ngai LL, Heuser M. Understanding differential technologies for detection of measurable residual disease and how to incorporate into clinical practice. Hematology Am Soc Hematol Educ Program. 2023;2023(1):682-690. doi:10.1182/hematology.2023000454.
19. Ogbue O, Unlu S, Ibodeng GO, Singh A, Durmaz A, Visconte V, et al. Single-Cell Next-Generation Sequencing to Monitor Hematopoietic Stem-Cell Transplantation: Current Applications and Future Perspectives. Cancers (Basel). 2023;15(9):2477. doi:10.3390/cancers15092477.

20. Muffly L, Liang EC, Dolan JG, Pulsipher MA. How I use next-generation sequencing–MRD to plan approach and prevent relapse after HCT for children and adults with ALL. Blood. 2024;144(3):253-261. doi:10.1182/blood.2023023699.
21. VanOudenhove J, Halene S, Mendez L. Is it the time to integrate novel sequencing technologies into clinical practice? Curr Opin Hematol. 2023;30(2):70-77. doi:10.1097/MOH.0000000000000754.
22. Wu Z, Young NS. Single-cell genomics in acquired bone marrow failure syndromes. Blood. 2023;142(14):1193-1207. doi:10.1182/blood.2022018581.
23. Xiang Y, Sun G, Tian L, Xiang P. Single-cell sequencing reveals the mechanisms of multiple myeloma progression: clarity or confusion? Ann Hematol. 2025;104:895-912. doi:10.1007/s00277-025-06241-0.

DOI 10.70286/ISU-15.07.2026.016

COW'S MILK PROTEIN ALLERGY IN CHILDREN: MODERN APPROACHES TO DIAGNOSIS AND MANAGEMENT

Adil Sandugash Yerzhankyzy
General Practitioner, Astana, Kazakhstan

ABSTRACT

Cow's milk protein allergy is the most common food allergy during infancy and early childhood, affecting approximately 2-3% of children worldwide. The condition encompasses a heterogeneous spectrum of immunoglobulin E (IgE)-mediated, non-IgE-mediated, and mixed immune responses, resulting in diverse gastrointestinal, dermatological, and respiratory manifestations. Early diagnosis remains challenging because clinical symptoms frequently overlap with infectious, functional, and inflammatory gastrointestinal disorders. Delayed recognition may lead to repeated hospitalizations, nutritional deficiencies, impaired growth, and reduced quality of life for affected children and their families. Recent advances in allergology have improved diagnostic accuracy through standardized elimination diets, oral food challenges, allergen-specific IgE testing, skin prick tests, and component-resolved diagnostics. Current international recommendations emphasize individualized dietary management using extensively hydrolyzed or amino acid-based formulas while avoiding unnecessary dietary restrictions. Emerging evidence also highlights the potential role of gut microbiota modulation, probiotics, and oral immunotherapy in selected patients. This review summarizes current evidence regarding the epidemiology, immunopathogenesis, clinical presentation, diagnostic strategies, and evidence-based management of pediatric CMPA. A representative clinical case illustrating delayed recognition of CMPA following recurrent gastrointestinal symptoms is also presented to emphasize the importance of careful dietary assessment and early allergological evaluation.

Keywords: cow’s milk protein allergy, CMPA, food allergy, children, diagnosis, elimination diet, oral food challenge, hydrolyzed formula, oral immunotherapy, pediatrics.

Introduction

Cow’s milk protein allergy is recognized as the most prevalent food allergy during infancy, representing one of the leading causes of adverse immune reactions to food proteins in children younger than three years of age [1]. Although the majority of affected children gradually acquire immune tolerance during early childhood, delayed diagnosis may contribute to persistent gastrointestinal symptoms, nutritional compromise, impaired growth, and repeated healthcare utilization [2].

CMPA results from an abnormal immune response to one or more proteins contained in cow’s milk, predominantly caseins and whey proteins, through IgE-mediated, non-IgE-mediated, or mixed immunological mechanisms [3].

The clinical presentation of CMPA is highly heterogeneous, involving the gastrointestinal tract, skin, respiratory system, and, in severe cases, systemic anaphylaxis, making differentiation from infectious or functional gastrointestinal disorders particularly challenging [4].

Recent international guidelines published by the World Allergy Organization, the European Academy of Allergy and Clinical Immunology, and the European Society for Paediatric Gastroenterology, Hepatology and Nutrition emphasize evidence-based diagnostic algorithms that reduce both overdiagnosis and unnecessary elimination diets while ensuring timely identification of affected children [5]. Advances in precision allergy diagnostics, including component-resolved diagnostics, standardized oral food challenges, and improved understanding of gut microbiota-immune interactions, have significantly influenced contemporary approaches to CMPA management [6]. Given the increasing global prevalence of pediatric food allergies and the substantial burden imposed on healthcare systems and families, continuous evaluation of current diagnostic and therapeutic strategies remains clinically relevant [5,6].

Main Part

The global prevalence of cow’s milk protein allergy is estimated to range from 2% to 3% among infants during the first year of life, although the reported incidence varies depending on diagnostic criteria and study design [7]. Several genetic and environmental factors contribute to disease susceptibility, including a family history of atopic diseases, cesarean delivery, early-life antibiotic exposure, altered intestinal microbiota, vitamin D deficiency, and reduced microbial diversity during infancy [8]. Despite increasing awareness among pediatricians, delayed diagnosis remains common because gastrointestinal manifestations frequently mimic acute intestinal infections, lactose intolerance, inflammatory bowel diseases, or functional gastrointestinal disorders [9]. Cow’s milk contains more than twenty potentially allergenic proteins, among which αS1-casein, β-casein, κ-casein, β-lactoglobulin, and α-lactalbumin represent the principal allergens responsible for immune sensitization [10].

In contrast, non-IgE-mediated CMPA is characterized predominantly by T-cell-mediated inflammation of the gastrointestinal mucosa, leading to delayed clinical

manifestations that may develop several hours or even days after allergen exposure [11].

Table 1. Modern Diagnostic and Therapeutic Approaches for Cow's Milk Protein Allergy in Children

Method	Clinical Purpose	Current Recommendation
Clinical history	Initial evaluation	Mandatory for every patient
Elimination diet (2-4 weeks)	Diagnostic assessment	Strongly recommended
Oral Food Challenge	Diagnostic confirmation (gold standard)	Recommended after elimination diet
Skin prick test	IgE-mediated CMPA	Recommended
Serum specific IgE	IgE-mediated CMPA	Recommended
Component-resolved diagnostics	Risk stratification	Selected patients
Extensively hydrolyzed formula	First-line treatment	Recommended
Amino acid formula	Severe CMPA	Recommended when indicated
Oral immunotherapy	Persistent IgE-mediated allergy	Selected patients only

Clinical Case

A representative clinical case highlights the diagnostic challenges associated with non-IgE-mediated cow's milk protein allergy. A female infant, Daniya Yersin (born on 21 March 2023), developed severe gastrointestinal symptoms during early infancy shortly after exposure to cow's milk proteins through maternal diet and complementary dairy products. On 20 April 2023, she was admitted to the City Children's Infectious Diseases Hospital with high fever (39-40°C), severe weakness, diarrhea, and subsequent passage of visible blood instead of normal stool. During hospitalization lasting approximately two weeks, she received the diagnosis of acute intestinal infection of unspecified etiology with moderate gastroenteritis. Despite symptomatic improvement during inpatient treatment, identical symptoms recurred shortly after discharge.

Concerned by repeated episodes, the patient's mother began maintaining a detailed dietary diary documenting every consumed food item, fluid intake, and the child's subsequent clinical response. Careful analysis revealed a consistent association between symptom recurrence and maternal consumption or direct exposure to dairy-containing products, including cottage cheese, yogurt, milk tea, and freshly prepared beef broth.

Following complete elimination of cow's milk-derived products from the child's diet and maternal nutrition, gastrointestinal bleeding, fever, and other symptoms gradually resolved without further recurrence.

The diagnosis of cow's milk protein allergy should always be based on a comprehensive assessment that combines clinical history, physical examination, laboratory investigations, and response to dietary elimination rather than relying on a single diagnostic test [12].

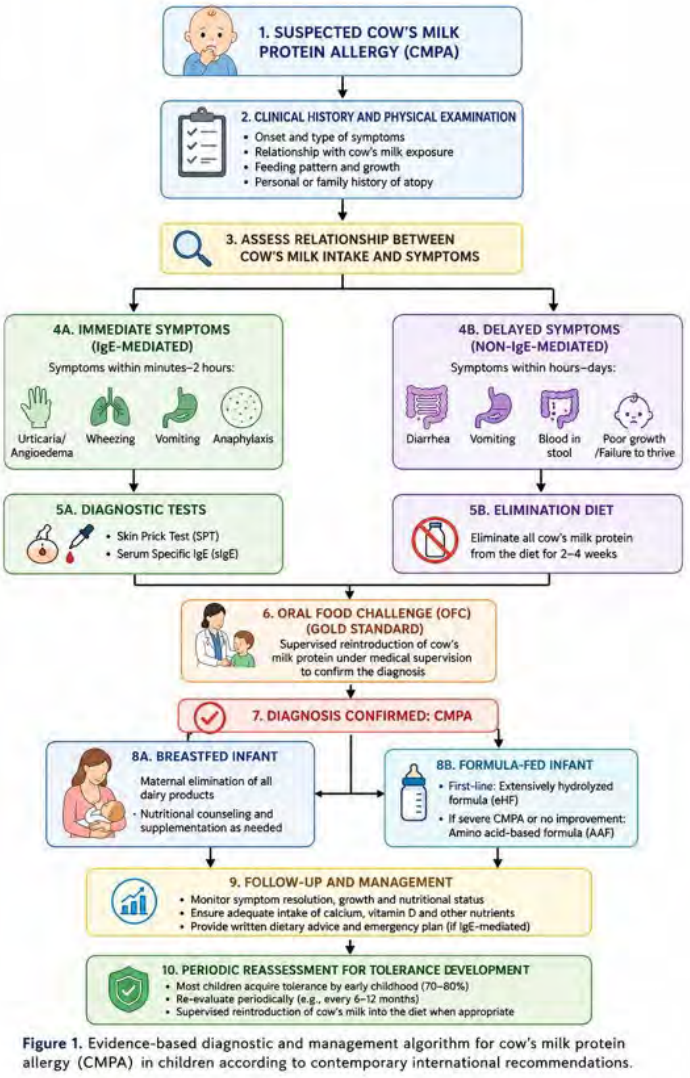

Figure 1. Diagnostic and Management Algorithm for Cow's Milk Protein Allergy in Children

For suspected IgE-mediated CMPA, skin prick testing and serum cow's milk-specific immunoglobulin E are recommended as first-line diagnostic investigations. Although positive results indicate sensitization, they do not independently confirm clinical allergy and should always be interpreted together with the patient's clinical presentation [13].

Component-resolved diagnostics have emerged as an important tool in selected patients by measuring IgE antibodies directed against individual milk proteins such as casein, β-lactoglobulin, and α-lactalbumin. These biomarkers improve risk stratification and may help predict the persistence of allergy and the likelihood of developing tolerance [14]. The primary goal of treatment is complete resolution of allergic symptoms while maintaining normal nutritional status and ensuring appropriate physical and neurodevelopmental growth [15]. Complementary feeding should be introduced according to standard pediatric recommendations while avoiding foods containing cow's milk proteins. Unnecessary dietary restrictions should be avoided because they may contribute to nutritional deficiencies and impaired growth [16]. Long-term follow-up is essential because approximately 70-80% of children

gradually develop natural tolerance during early childhood. Periodic reassessment using supervised oral food challenges helps determine the appropriate timing for reintroduction of cow's milk into the diet.

Conclusion

Cow's milk protein allergy remains one of the most common food allergies during infancy and represents a significant diagnostic challenge because of its heterogeneous clinical presentation. Gastrointestinal manifestations frequently resemble infectious diseases or functional gastrointestinal disorders, which may delay the correct diagnosis and prolong unnecessary treatment. Current international guidelines emphasize that accurate diagnosis should rely on a combination of detailed clinical history, a diagnostic elimination diet, and an oral food challenge, which continues to represent the diagnostic gold standard. Laboratory investigations, including skin prick testing, serum-specific IgE, and component-resolved diagnostics, should be interpreted within the clinical context rather than used as isolated diagnostic tools.

The presented clinical case demonstrates how careful observation by caregivers and systematic documentation of dietary exposure may substantially contribute to establishing the diagnosis. Recognition of the reproducible association between dairy intake and recurrent gastrointestinal bleeding enabled successful elimination of the causative allergen and complete clinical improvement, highlighting the importance of multidisciplinary collaboration between pediatricians, gastroenterologists, allergists, and parents. Recent advances in pediatric allergology, including improved diagnostic algorithms, personalized nutritional management, microbiota-targeted interventions, and oral immunotherapy, have considerably enhanced patient outcomes. Continued adherence to evidence-based international recommendations is expected to improve diagnostic accuracy, reduce unnecessary dietary restrictions, and optimize the quality of life of children affected by cow's milk protein allergy and their families.

References

1. Vandenplas Y, Broekaert I, Domellöf M, Indrio F, Lapillonne A, Pienar C, et al. An ESPGHAN Position Paper on the Diagnosis, Management, and Prevention of Cow's Milk Allergy. J Pediatr Gastroenterol Nutr. 2024;78(2):386-413.
2. Fiocchi A, Dahdah L, Albarini M, Martelli A. Cow's milk allergy in children: current concepts and future perspectives. Nutrients. 2021.
3. Meyer R, Fox AT, Chebar Lozinsky A, Fleischer DM. Diagnosis and management of non-IgE gastrointestinal food allergies in infancy. Clin Exp Allergy. 2021.
4. Nowak-Wegrzyn A, Chehade M, Groetch ME, Spergel JM, Wood RA, Allen K, et al. International consensus recommendations for the diagnosis and management of food protein-induced enterocolitis syndrome. J Allergy Clin Immunol. 2021.
5. Muraro A, Agache I, Clark A, Sheikh A, Roberts G, Akdis CA, et al. EAACI Food Allergy Guidelines Update. Allergy. 2022.
6. Wang J, Sampson HA. Food allergy: recent advances in pathophysiology and treatment. J Allergy Clin Immunol. 2022.
7. Sicherer SH, Sampson HA. Food allergy: epidemiology, pathogenesis, diagnosis, and treatment. J Allergy Clin Immunol. 2023.

8. Lifschitz C, Szajewska H. Cow's milk allergy: evidence-based diagnosis and management. Pediatr Gastroenterol Hepatol Nutr. 2021.
9. Fox AT, Brown T, Walsh J, Venter C. Clinical manifestations of cow's milk allergy in infancy. Clin Transl Allergy. 2022.
10. Koletzko S, Niggemann B, Arato A, Dias JA, Heuschkel R, Husby S, et al. Diagnostic approach and management of cow's milk protein allergy in infants and children. J Pediatr Gastroenterol Nutr.
11. Dupont C. Diagnosis of cow's milk allergy in children: practical recommendations. Arch Pediatr. 2021.
12. Muraro A, Worm M, Alviani C, Cardona V, DunnGalvin A, et al. EAACI Guidelines on food allergy diagnosis. Allergy. 2023.
13. Abrams EM, Chan ES. Advances in laboratory diagnosis of food allergy. Curr Opin Allergy Clin Immunol. 2022.
14. Peters RL, Koplin JJ, Dharmage SC, Allen KJ. Component-resolved diagnostics and oral immunotherapy in cow's milk allergy. Curr Opin Allergy Clin Immunol. 2023.
15. World Allergy Organization. Diagnosis and Rationale for Action against Cow's Milk Allergy (DRACMA) Update. 2023.
16. Vandenplas Y, Verduci E, Szajewska H, et al. Nutritional management of cow's milk allergy in infancy. Nutrients. 2023.

DOI 10.70286/ISU-15.07.2026.017

PATIENT-SPECIFIC IMPLANTS IN MAXILLOFACIAL RECONSTRUCTION: FROM DESIGN TO CLINICAL APPLICATION

Kuanysh Zhanar
Medical Intern, Faculty of General Medicine
Astana Medical University, Astana, Kazakhstan
Daurenov Ulykbek
Director, "SHAMSHYRAQ" Research Center, Almaty, Kazakhstan
Nurbay Olzhas
Resident, Asfendiyarov Kazakh National Medical University,
Almaty, Kazakhstan
Suyunbay Dana
MD, Almaty, Kazakhstan

ABSTRACT

Patient-specific implants have emerged as a transformative technology in maxillofacial reconstruction, providing individualized solutions for complex craniofacial defects caused by trauma, congenital abnormalities, tumors, and previous surgical interventions. Advances in three-dimensional imaging, computer-aided design, computer-aided manufacturing, and additive manufacturing have enabled the

development of implants that precisely match patient-specific anatomical structures. Modern PSI-based reconstruction allows surgeons to achieve improved facial symmetry, reduced operative time, enhanced functional recovery, and predictable aesthetic outcomes. Titanium alloys, polyetheretherketone, polymethylmethacrylate, and bioresorbable scaffolds are among the most commonly used materials in clinical practice. Integration of artificial intelligence, virtual surgical planning, and advanced biomechanical simulation further improves implant design and surgical accuracy. This review summarizes current approaches to the design, fabrication, biomaterials, and clinical applications of patient-specific implants in maxillofacial reconstruction, highlighting recent advances and future perspectives.

Keywords: Patient-specific implants; maxillofacial reconstruction; CAD/CAM technology; three-dimensional printing; virtual surgical planning; craniofacial surgery; additive manufacturing.

Introduction

Maxillofacial reconstruction remains one of the most challenging areas in surgical practice due to the complex three-dimensional anatomy of facial structures and the need to restore both function and aesthetics [1]. Traditional reconstructive methods using standard implants often demonstrate limitations related to anatomical mismatch, increased intraoperative modification, and unpredictable functional outcomes [2]. The development of patient-specific implants has significantly changed reconstructive strategies by allowing the creation of customized devices designed according to each patient’s unique anatomical characteristics [3]. Recent advances in high-resolution computed tomography, digital modeling, and computer-assisted surgical planning have facilitated accurate reconstruction of complex maxillofacial defects [4].

Computer-aided design and manufacturing (CAD/CAM) technologies enable surgeons and engineers to transform medical imaging data into personalized implants with high precision and reproducibility [5]. Artificial intelligence-based algorithms and automated design systems are increasingly being incorporated into PSI development, improving workflow efficiency and implant optimization [6].

The development of patient-specific implants begins with detailed acquisition of three-dimensional anatomical data, primarily obtained through computed tomography and cone-beam computed tomography imaging. These imaging modalities provide accurate visualization of bone defects and surrounding anatomical structures, forming the basis for digital reconstruction planning [7]. Following image acquisition, specialized software is used for segmentation, three-dimensional reconstruction, and virtual modeling of the affected anatomical region. The defect is digitally analyzed, and the implant is designed according to the patient’s individual morphology, restoring missing bone volume and facial symmetry [8].

Virtual surgical planning (VSP) has become an essential component of PSI-based reconstruction. It allows surgeons to simulate different reconstruction scenarios, evaluate implant positioning, and predict postoperative outcomes before entering the operating room [9]. Computer-aided design platforms provide precise control over implant geometry, thickness, fixation points, and biomechanical characteristics. The

integration of CAD with computer-aided manufacturing (CAM) ensures accurate translation of digital models into physical implants [10].

Titanium and titanium alloys remain the most widely used materials for maxillofacial patient-specific implants due to their excellent mechanical strength, corrosion resistance, biocompatibility, and long-term clinical stability [11]. Additive manufacturing technologies, particularly selective laser melting (SLM) and electron beam melting (EBM), have enabled the production of complex titanium implants with porous structures that promote osseointegration and reduce implant weight [12]. Polyetheretherketone (PEEK) has gained increasing attention as an alternative implant material because of its favorable mechanical properties, radiolucency, and elastic modulus similar to cortical bone. PEEK implants demonstrate promising results in craniofacial reconstruction, especially when combined with surface modifications to improve bone integration [13].

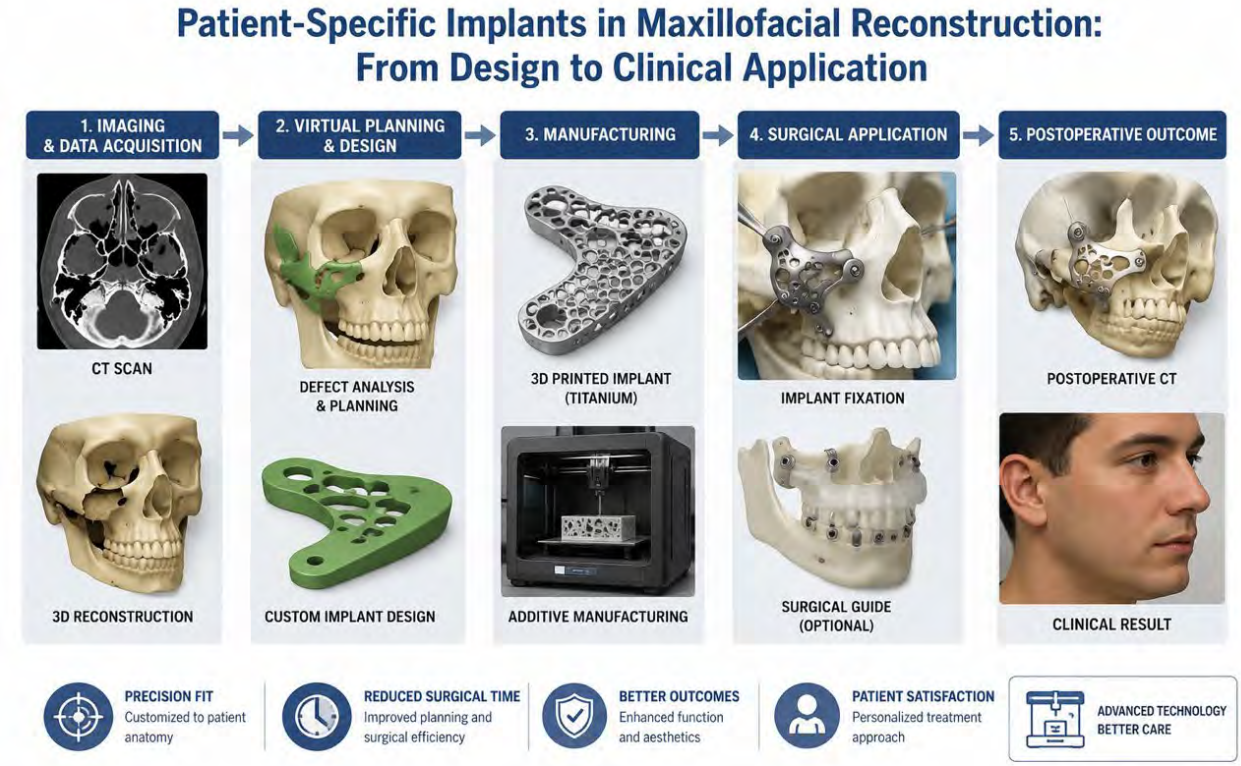

Figure 1. Design, Manufacturing, and Clinical Application of Patient-Specific Implants in Maxillofacial Reconstruction

Polymethylmethacrylate remains widely applied for customized cranial and facial reconstruction due to its availability, low cost, and ability to be shaped according to patient anatomy. However, concerns regarding infection risk and long-term stability limit its application in some complex cases [14].

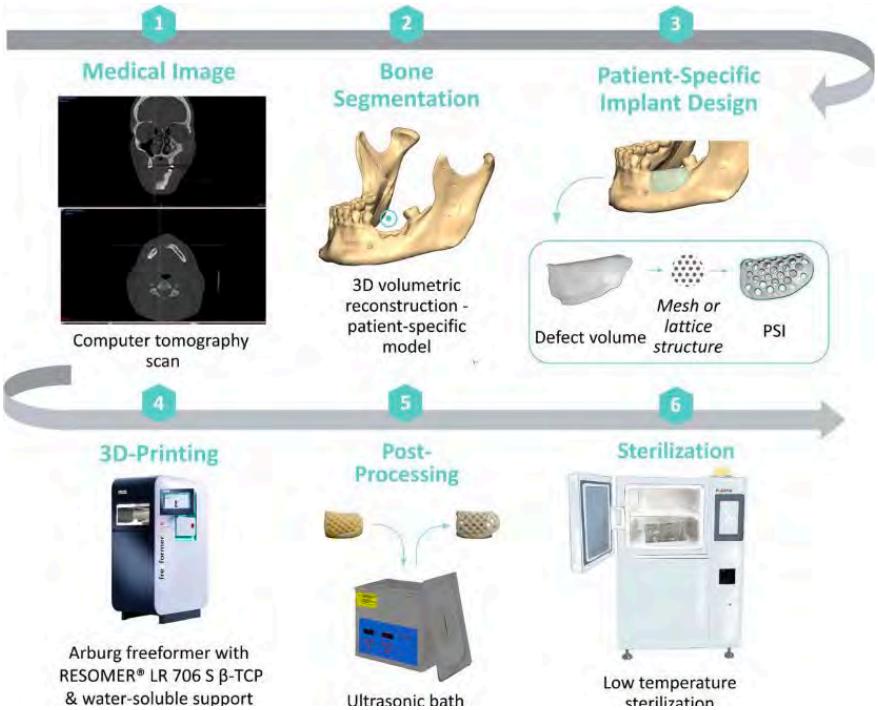

Figure 2. Digital Workflow for the Fabrication of Patient-Specific Implants in Maxillofacial Reconstruction

In orbital reconstruction, customized implants provide accurate restoration of orbital volume and contour, reducing complications such as enophthalmos, diplopia, and facial asymmetry. Compared with conventional reconstruction techniques, PSI approaches demonstrate improved anatomical accuracy and predictable postoperative outcomes [15]. Mandibular reconstruction after oncological resection represents another major application area. Customized titanium implants combined with virtual surgical planning allow restoration of mandibular continuity, occlusion, and facial appearance while reducing operative complexity [16]. In patients with extensive craniofacial trauma or congenital deformities, PSI technology enables reconstruction of complex defects that are difficult to manage using conventional implants. Personalized solutions improve aesthetic rehabilitation and patient quality of life [17].

Conclusion

Patient-specific implants represent a major advancement in modern maxillofacial reconstruction, providing personalized solutions for complex anatomical defects that are difficult to manage with conventional reconstructive methods. The combination of three-dimensional imaging, virtual surgical planning, CAD/CAM technologies, and additive manufacturing has significantly improved surgical precision, aesthetic outcomes, and functional rehabilitation. Titanium, PEEK, and other advanced biomaterials continue to expand the possibilities of individualized reconstruction, while artificial intelligence and automated design approaches are expected to further optimize implant development. Despite remaining challenges related to cost, manufacturing accessibility, and long-term biological integration, patient-specific implants are becoming an essential component of precision medicine in maxillofacial surgery.

References

1. Shen S, Wang Y, Li J, et al. Computer-assisted design and manufacturing technology in maxillofacial reconstruction: current applications and future perspectives. J Craniofac Surg. 2022;33(4):1125-1131. doi:10.1097/SCS.0000000000008352.
2. Wilde F, Hanken H, Probst F, et al. Multicenter study on customized implants in craniofacial reconstruction: clinical outcomes and complications. Int J Oral Maxillofac Surg. 2021;50(9):1174-1182. doi:10.1016/j.ijom.2021.02.009.
3. Li B, Zhang L, Sun H, et al. Patient-specific implants in cranio-maxillofacial reconstruction: advances in design and manufacturing. Front Surg. 2022;9:1021456. doi:10.3389/fsurg.2022.1021456.
4. Tarsitano A, Battaglia S, Ricotta F, et al. Virtual surgical planning and patient-specific implants in maxillofacial reconstruction: clinical applications and outcomes. J Clin Med. 2021;10(21):4974. doi:10.3390/jcm10214974.
5. Zhang WB, Yu Y, Mao C, et al. Three-dimensional printing technology in maxillofacial reconstruction: recent advances and clinical applications. Bioact Mater. 2021;6(10):3165-3177. doi:10.1016/j.bioactmat.2021.03.020.
6. Chen Y, Zhang J, Li Y, et al. Artificial intelligence-assisted design and optimization of patient-specific implants in craniofacial surgery. Comput Biol Med. 2023;158:106853. doi:10.1016/j.compbiomed.2023.106853.
7. Pucci R, Pavanello M, Rossi G, et al. Three-dimensional imaging and digital workflow for personalized maxillofacial reconstruction. Oral Maxillofac Surg Clin North Am. 2022;34(4):551-564. doi:10.1016/j.coms.2022.06.003.
8. Schubert M, Schubert L, Schmelzeisen R, et al. Digital planning and CAD/CAM fabrication of patient-specific implants for craniofacial reconstruction. Clin Oral Investig. 2021;25:6721-6730. doi:10.1007/s00784-021-03971-4.
9. van Eijnsbergen L, Gander T, Rücker M, et al. Virtual surgical planning in complex maxillofacial reconstruction: current evidence and future directions. J Stomatol Oral Maxillofac Surg. 2023;124(3):101402. doi:10.1016/j.jormas.2022.12.006.
10. Javaid M, Haleem A. Additive manufacturing applications in medical and maxillofacial implant production: a review. J Clin Orthop Trauma. 2021;22:101582. doi:10.1016/j.jcot.2021.101582.
11. Li P, Zhang Y, Li D, et al. Titanium patient-specific implants manufactured by additive technology for craniofacial reconstruction: clinical outcomes and future challenges. Materials (Basel). 2022;15(18):6321. doi:10.3390/ma15186321.
12. Chen H, Lin Y, Li X, et al. Advances in 3D-printed porous titanium implants for maxillofacial reconstruction. Mater Today Bio. 2023;20:100648. doi:10.1016/j.mtbio.2023.100648.
13. Panayotov IV, Orti V, Cuisinier F, et al. Polyetheretherketone (PEEK) materials in craniofacial reconstruction: biological and clinical perspectives. J Mater Sci Mater Med. 2021;32:128. doi:10.1007/s10856-021-06591-7.
14. Al-Sukhun J, Lindqvist C. Patient-specific PMMA implants in craniofacial reconstruction: clinical evaluation and complications. J Craniofac Surg. 2021;32(7):2364-2369. doi:10.1097/SCS.0000000000007586.

15. Scolozzi P, Momjian A, Heuberger J. Customized implants for orbital reconstruction using virtual surgical planning: outcomes and clinical considerations. J Oral Maxillofac Surg. 2022;80(6):1051-1060. doi:10.1016/j.joms.2022.01.012.
16. Zheng GS, Su YX, Liao GQ, et al. Patient-specific reconstruction of mandibular defects using CAD/CAM titanium implants: clinical outcomes. Int J Oral Maxillofac Surg. 2021;50(11):1465-1473. doi:10.1016/j.ijom.2021.04.007.
17. Gander T, Essig H, Metzler P, et al. Customized implants and digital workflows for complex craniofacial reconstruction: a systematic review. Head Face Med. 2024;20:12. doi:10.1186/s13005-024-00402-1.

DOI 10.70286/ISU-15.07.2026.018

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN OTORHINOLARYNGOLOGY SURGERY: CURRENT APPLICATIONS AND FUTURE PERSPECTIVES

Mukatayev Ermurat Erlanuly
Medical Intern
Faculty of General Medicine-2
Asfendiyarov Kazakh National Medical University, Almaty, Kazakhstan

ABSTRACT

Artificial intelligence has rapidly emerged as one of the most transformative technologies in modern medicine, fundamentally changing diagnostic workflows, surgical planning, intraoperative navigation, and postoperative patient management. In otorhinolaryngology-head and neck surgery, AI algorithms increasingly support clinicians in interpreting endoscopic images, radiological examinations, histopathological specimens, voice analysis, and audiological data. Machine learning, deep learning, computer vision, natural language processing, and generative AI models have demonstrated substantial improvements in diagnostic accuracy, workflow efficiency, and clinical decision-making. Furthermore, AI-assisted surgical navigation, robotic surgery, and predictive analytics contribute to enhanced surgical precision while reducing complications and improving patient outcomes. Despite these advances, several challenges remain, including limited external validation, algorithmic bias, data privacy concerns, regulatory uncertainties, and the need for explainable AI systems suitable for clinical implementation. Future developments are expected to integrate multimodal AI, digital twins, real-time surgical guidance, and personalized precision medicine into routine otorhinolaryngological practice. This review summarizes the current applications of artificial intelligence in otorhinolaryngology surgery, discusses existing limitations, and highlights future perspectives for safe and effective clinical integration.

Keywords: artificial intelligence; machine learning; deep learning; otorhinolaryngology; ENT surgery; head and neck surgery; computer vision; robotic surgery; precision medicine.

Introduction

Artificial intelligence has become one of the fastest-growing technologies in healthcare, enabling computers to analyze complex medical data, recognize diagnostic patterns, and support evidence-based clinical decision-making with unprecedented speed and accuracy [1]. Recent advances in machine learning and deep learning have significantly expanded AI applications across medical specialties, particularly in image interpretation, predictive analytics, surgical planning, and personalized treatment strategies [2]. Otorhinolaryngology-head and neck surgery represents an ideal field for AI implementation because routine clinical practice generates large volumes of multimodal data, including endoscopic videos, computed tomography, magnetic resonance imaging, histopathological slides, voice recordings, audiological examinations, and electronic health records [3].

The rapid evolution of computer vision algorithms has enabled automated detection and segmentation of anatomical structures, inflammatory lesions, benign tumors, and malignant neoplasms, providing clinicians with valuable decision-support tools during both diagnosis and surgery [4]. Beyond diagnostic assistance, artificial intelligence is increasingly incorporated into surgical navigation systems, robotic-assisted procedures, perioperative risk prediction, workflow optimization, and postoperative outcome assessment, thereby improving both surgical precision and patient safety [5]. The emergence of generative artificial intelligence and multimodal foundation models further expands the potential of AI by integrating imaging, clinical documentation, pathology, genomics, and intraoperative information into unified decision-support platforms, although significant ethical, legal, and regulatory challenges remain before widespread clinical implementation can be achieved [6].

Main Body

Artificial intelligence encompasses a broad spectrum of computational approaches, including supervised and unsupervised machine learning, deep learning, reinforcement learning, computer vision, natural language processing, and generative foundation models. Among these, deep convolutional neural networks have become the dominant architecture for medical image analysis because of their ability to automatically extract complex image features without manual engineering [7]. These algorithms continuously improve as additional datasets become available, allowing progressive enhancement of diagnostic performance and generalizability across different patient populations. Recent developments also incorporate multimodal foundation models capable of simultaneously processing radiological images, endoscopic videos, pathology slides, clinical documentation, and laboratory findings into a unified diagnostic framework, thereby supporting more comprehensive clinical decision-making. Computer vision has become one of the most mature AI applications in otorhinolaryngology. Modern deep-learning systems accurately identify anatomical landmarks, recognize surgical instruments, segment pathological lesions, and classify endoscopic findings with diagnostic performance approaching or exceeding expert interpretation in selected clinical scenarios [8].

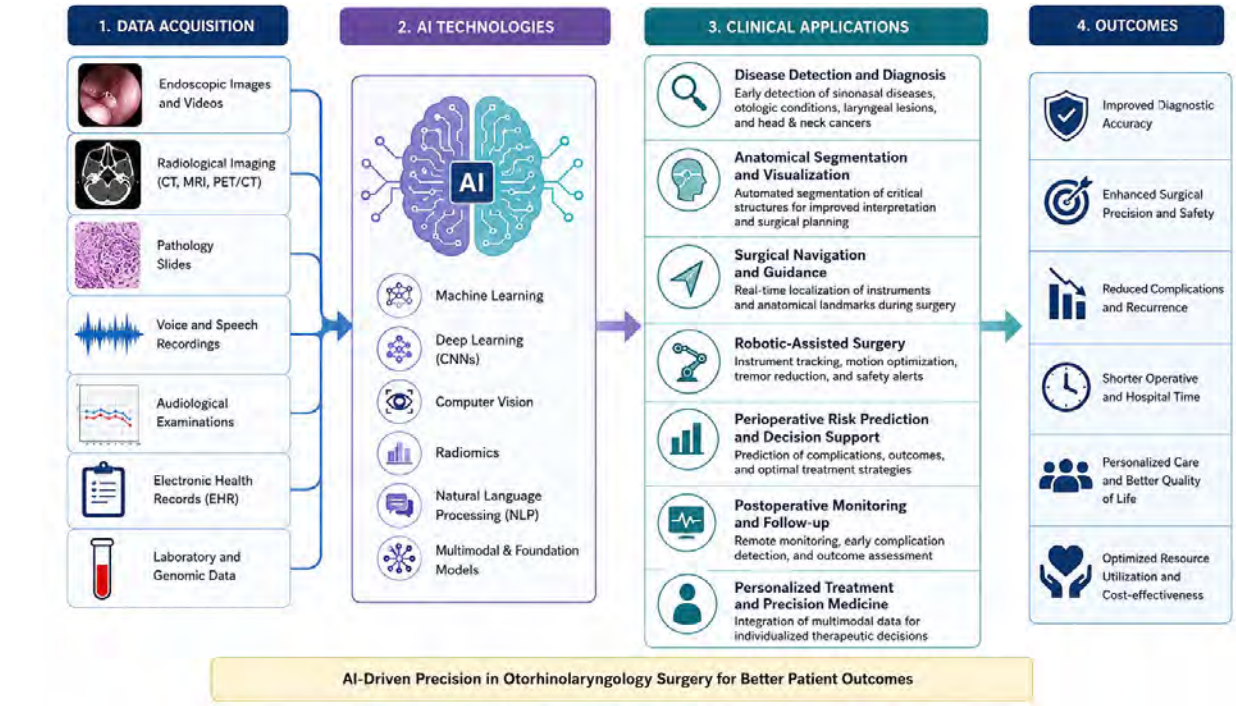

Figure 1. Artificial Intelligence Ecosystem in Otorhinolaryngology Surgery: From Data Acquisition to Precision Surgical Decision-Making

Radiological imaging represents another rapidly expanding area of AI implementation. Deep-learning algorithms trained on computed tomography, magnetic resonance imaging, cone-beam CT, and positron emission tomography can automatically detect inflammatory disease, characterize tumors, evaluate temporal bone anatomy, identify cervical lymph-node metastases, and perform three-dimensional anatomical segmentation before surgery [9]. Artificial intelligence has demonstrated remarkable success in the diagnosis of sinonasal disorders. Deep-learning models accurately differentiate chronic rhinosinusitis, fungal sinusitis, nasal polyposis, inverted papilloma, and malignant sinonasal tumors using endoscopic photographs and radiological imaging. Automated analysis assists surgeons in evaluating disease severity, predicting postoperative recurrence, and selecting appropriate candidates for functional endoscopic sinus surgery. Predictive models incorporating clinical variables together with imaging biomarkers have shown improved performance compared with conventional statistical approaches, supporting individualized surgical decision-making [10].

Head and neck oncology has become one of the most extensively investigated applications of artificial intelligence in otorhinolaryngology. AI systems assist clinicians in early cancer detection, tumor segmentation, histopathological classification, molecular subtype prediction, survival estimation, and treatment-response assessment. Machine-learning models integrating radiomics, digital pathology, genomics, and clinical variables provide individualized prognostic information that may improve multidisciplinary treatment planning. Such precision-oncology approaches are expected to facilitate personalized therapeutic strategies while minimizing unnecessary interventions and treatment-related morbidity [11]. These systems continuously analyze spatial relationships between surgical instruments and patient anatomy, enhancing precision during endoscopic sinus surgery, skull base procedures, cochlear implantation, and temporal bone surgery [12].

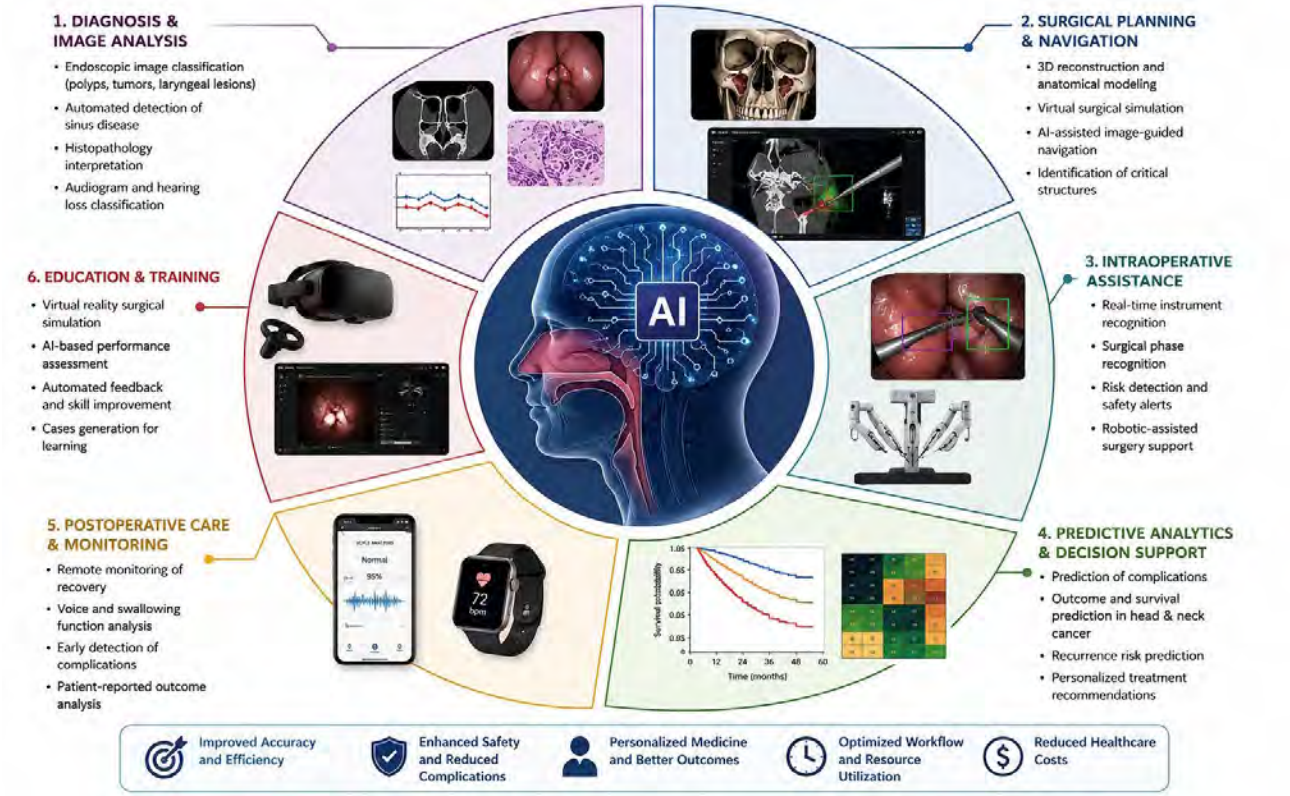

Figure 2. Key Applications of Artificial Intelligence in Otorhinolaryngology Surgery Across the Perioperative Continuum

AI-driven robotic systems may eventually enable semi-autonomous execution of standardized surgical subtasks while maintaining full surgeon supervision. Such innovations have the potential to improve surgical accuracy, shorten operative time, and reduce technical variability among surgeons with different levels of experience [13]. These prediction tools support individualized risk stratification, facilitate shared decision-making, and optimize perioperative resource allocation. In head and neck oncological surgery, AI-based prognostic models also assist clinicians in estimating overall survival, disease-free survival, and response to multimodal treatment strategies [14]. Wearable biosensors integrated with AI algorithms may further enhance postoperative surveillance by continuously evaluating physiological parameters and detecting subtle deviations before clinical deterioration becomes apparent [15]. Future AI systems should therefore prioritize explainability, fairness, prospective multicenter validation, and seamless integration into existing clinical workflows before routine adoption in everyday surgical practice [16].

Conclusion

Artificial intelligence is fundamentally transforming otorhinolaryngology surgery by enhancing diagnostic accuracy, optimizing surgical planning, supporting intraoperative decision-making, and improving postoperative patient management. The integration of machine learning, deep learning, computer vision, radiomics, and multimodal foundation models has enabled more precise interpretation of complex clinical data while facilitating personalized treatment strategies. Recent advances in AI-assisted navigation, robotic surgery, predictive analytics, and digital health technologies demonstrate substantial potential to improve surgical safety, efficiency, and clinical outcomes.

Despite these achievements, important challenges remain before widespread clinical implementation can be achieved. Robust prospective multicenter validation, transparent and explainable algorithms, standardized reporting, ethical governance, regulatory oversight, cybersecurity, and protection of patient privacy remain essential prerequisites for responsible adoption. Continued collaboration among otorhinolaryngologists, computer scientists, biomedical engineers, and regulatory authorities will be crucial to ensure that artificial intelligence serves as a reliable clinical decision-support tool rather than a replacement for physician expertise. Future developments are expected to accelerate the transition toward precision otorhinolaryngology, ultimately improving patient care through data-driven, individualized, and evidence-based surgical practice.

References

1. Demir E, Uğurlu BN, Uğurlu GA, Aydoğdu G. Artificial intelligence in otorhinolaryngology: current trends and application areas. Eur Arch Otorhinolaryngol. 2025;282(5):2697-2707. doi: 10.1007/s00405-025-09272-5.
2. Ayoub NF, Patel ZM, Holsinger FC, et al. American Academy of Otolaryngology–Head and Neck Surgery report on artificial intelligence. Otolaryngol Head Neck Surg. 2025. doi: 10.1002/ohn.1080.
3. Crowson MG, Nwosu OI. The integration and impact of artificial intelligence in otolaryngology-head and neck surgery: navigating the last mile. Otolaryngol Clin North Am. 2024;57(5):887-895. doi: 10.1016/j.otc.2024.04.001.
4. Green RW, Castro H. Transforming otolaryngology-head and neck surgery: the pivotal role of artificial intelligence in clinical workflows. Otolaryngol Clin North Am. 2024;57(5):909-918. doi: 10.1016/j.otc.2024.04.003.
5. Paderno A, Bedi N, Rau A, Holsinger CF. Computer vision and videomics in otolaryngology-head and neck surgery: bridging the gap between clinical needs and the promise of artificial intelligence. Otolaryngol Clin North Am. 2024;57(5):703-718. doi: 10.1016/j.otc.2024.05.005.
6. Marrero-Gonzalez AR, Diemer TJ, Nguyen SA, et al. Application of artificial intelligence in laryngeal lesions: a systematic review and meta-analysis. Eur Arch Otorhinolaryngol. 2025;282:1543-1555. doi: 10.1007/s00405-024-09075-0.
7. Yumii K, Ueda T, Kawahara D, et al. Artificial intelligence-based diagnosis of the depth of laryngopharyngeal cancer. Auris Nasus Larynx. 2024;51(3):417-424. doi: 10.1016/j.anl.2023.09.001.
8. Çoşkun N, Yalçınkaya M, Demir E. The impact of deep learning on determining the necessity of bronchoscopy in pediatric foreign body aspiration: can negative bronchoscopy rates be reduced? J Pediatr Surg. 2025;60:162014. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2024.162014.
9. Moulic AG, Gaurkar SS, Deshmukh PT. Artificial intelligence in otology, rhinology, and laryngology: a narrative review of its current and evolving picture. Cureus. 2024;16(8):e66036. doi: 10.7759/cureus.66036.
10. Lechien JR, Briganti G, Vaira LA. Applications of ChatGPT in otolaryngology-head and neck surgery: a state-of-the-art review. Otolaryngol Head Neck Surg. 2024. doi: 10.1002/ohn.807.

11. Lechien JR, Briganti G, Vaira LA. Accuracy of ChatGPT-3.5 and GPT-4 in providing scientific references in otolaryngology-head and neck surgery. Eur Arch Otorhinolaryngol. 2024;281:2159-2165. doi: 10.1007/s00405-023-08441-8.
12. Schmidl B, Hütten T, Pigorsch S, et al. Assessing the use of Claude 3 in comparison with ChatGPT-4.0 as an artificial intelligence tool in the diagnosis and therapy of primary head and neck cancer cases. Eur Arch Otorhinolaryngol. 2024;281:6099-6109. doi: 10.1007/s00405-024-08828-1.
13. Liu GS, Fereydooni S, Lee MC, et al. Scoping review of deep learning research illuminates the artificial intelligence chasm in otolaryngology-head and neck surgery. NPJ Digit Med. 2025. doi: 10.1038/s41746-025-01693-0.
14. Rusu CC, et al. Applications and challenges of neural networks in otolaryngology. Biomed Rep. 2024;20. doi: 10.3892/br.2024.1781.
15. Vaira LA, Lechien JR, Abbate V, et al. Accuracy of ChatGPT-generated information on head and neck and oral-maxillofacial surgery: a multicenter collaborative analysis. Otolaryngol Head Neck Surg. 2023. doi: 10.1002/ohn.489.
16. Essaid B, Kheddar H, Batel N, Chowdhury MEH, Lakas A. Artificial Intelligence for Cochlear Implants: Review of Strategies, Challenges, and Perspectives. 2024. doi: 10.48550/arXiv.2403.15442.

DOI 10.70286/ISU-15.07.2026.019

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN ENDOCRINOLOGY: EMERGING APPLICATIONS IN DIABETES AND OBESITY MANAGEMENT

Abdumalikova Mayra Bakhtiyarkyzy
Medical Intern
Faculty of General Medicine
Asfendiyarov Kazakh National Medical University, Almaty, Kazakhstan
Daurenov Ulykbek Ergeshbayevich
Director, “SHAMSHYRAQ” Research Center, Almaty, Kazakhstan
Suyunbay Dana Serikkyzy
MD, Almaty, Kazakhstan
Akbulayeva Aigerim Doszhankyzy
MD, Almaty, Kazakhstan

ABSTRACT

Artificial intelligence has rapidly emerged as one of the most transformative technologies in modern endocrinology, particularly in the management of diabetes mellitus and obesity. The integration of machine learning, deep learning, natural language processing, and generative AI into endocrine practice has enabled more accurate disease prediction, individualized treatment strategies, automated insulin

delivery, and continuous patient monitoring. AI-powered clinical decision support systems facilitate early diagnosis of metabolic disorders, optimize glucose control through continuous glucose monitoring, predict diabetes-related complications, and improve obesity risk stratification. Furthermore, wearable technologies combined with AI algorithms provide real-time analysis of physiological parameters, enabling personalized interventions and improving long-term clinical outcomes. Recent developments in explainable AI, digital twins, and large language models have expanded opportunities for precision endocrinology while simultaneously introducing new ethical, regulatory, and cybersecurity challenges. This review summarizes current evidence regarding the emerging applications of AI in diabetes and obesity management, discusses recent technological advances, highlights implementation barriers, and explores future directions for AI-assisted endocrine care.

Keywords: Artificial intelligence; Endocrinology; Diabetes mellitus; Obesity; Machine learning; Deep learning; Continuous glucose monitoring; Precision medicine.

Introduction

Artificial intelligence has become one of the fastest-growing innovations in healthcare, fundamentally transforming disease diagnosis, prediction, and personalized therapeutic decision-making across multiple medical specialties, including endocrinology [1]. AI encompasses machine learning, deep learning, natural language processing, reinforcement learning, and computer vision technologies capable of extracting clinically meaningful patterns from large and complex datasets that often exceed human analytical capacity [2]. Diabetes mellitus and obesity represent two of the most significant global public health challenges, with continuously increasing prevalence, substantial healthcare expenditures, and considerable morbidity and mortality associated with cardiovascular, renal, and metabolic complications [3]. Traditional management strategies rely heavily on physician experience and periodic clinical assessments, whereas AI enables continuous evaluation of physiological parameters, allowing earlier intervention and individualized treatment planning [4].

Recent advances in wearable biosensors, continuous glucose monitoring, electronic health records, genomics, metabolomics, and digital health platforms have generated unprecedented amounts of clinical data suitable for AI-driven analysis [5]. Modern algorithms can integrate heterogeneous information sources to identify subtle disease trajectories, estimate complication risks, predict therapeutic response, and support precision medicine approaches in endocrinology [2]. The introduction of automated insulin delivery systems, AI-assisted retinal screening, digital coaching applications, and predictive models for obesity management has demonstrated the practical clinical value of AI beyond experimental research [6]. These technologies are progressively changing routine endocrine practice by improving glycemic control, reducing hypoglycemic episodes, enhancing patient adherence, and optimizing healthcare resource utilization [1]. Despite remarkable progress, several challenges remain, including algorithm transparency, external validation, data privacy, clinical implementation, regulatory approval, and ethical concerns surrounding AI-assisted decision-making [4]. Addressing these issues will be essential for the successful

integration of AI into future endocrine practice and for ensuring equitable access to advanced digital healthcare technologies [6].

Main Body

Recent advances in artificial intelligence have fundamentally changed diabetes care by enabling precision medicine through continuous analysis of multidimensional clinical data. Machine learning algorithms can simultaneously evaluate demographic characteristics, laboratory biomarkers, electronic health records, lifestyle information, wearable sensor data, and genetic variables to support individualized treatment recommendations that exceed the capabilities of traditional statistical models [7].

One of the most successful clinical applications of AI is the integration of continuous glucose monitoring with predictive machine learning algorithms. Modern AI systems continuously analyze glucose fluctuations, insulin administration, meal composition, physical activity, sleep quality, and circadian variability to forecast hypo- and hyperglycemic episodes several hours before their occurrence [8]. Early prediction enables patients and healthcare providers to intervene proactively, reducing acute complications and improving long-term glycemic control.

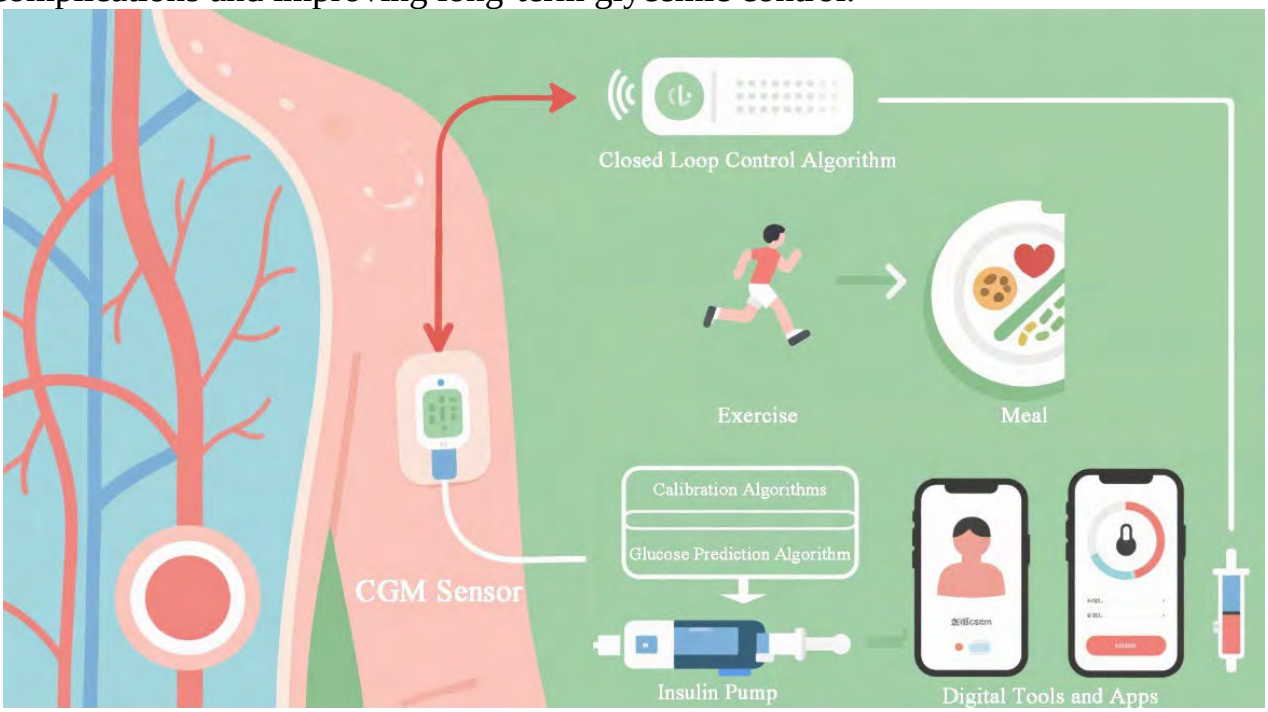

Figure 1. Artificial Intelligence Ecosystem for Precision Diabetes and Obesity Management

Closed-loop insulin delivery systems, commonly referred to as the “artificial pancreas,” represent another milestone in AI-assisted endocrinology. These systems combine continuous glucose monitoring devices with insulin pumps controlled by adaptive algorithms capable of automatically adjusting insulin infusion according to real-time metabolic demands [9]. Randomized clinical trials have consistently demonstrated improvements in time-in-range, reductions in glycated hemoglobin (HbA1c), fewer severe hypoglycemic episodes, and improved quality of life among individuals with type 1 diabetes using AI-driven automated insulin delivery systems.

Deep learning has also demonstrated remarkable performance in screening for diabetic complications. Convolutional neural networks accurately detect diabetic retinopathy using retinal fundus photographs, often achieving diagnostic accuracy comparable to experienced ophthalmologists [10]. Similar approaches have been successfully applied to identify diabetic nephropathy, diabetic neuropathy, cardiovascular complications, and diabetic foot ulcers through the analysis of medical imaging, laboratory findings, and electronic medical records. Predictive analytics has become increasingly important in identifying individuals at high risk of developing type 2 diabetes. AI algorithms integrate demographic factors, family history, anthropometric measurements, laboratory parameters, dietary habits, physical activity, and socioeconomic determinants to estimate individualized disease risk years before clinical diagnosis [11]. Early identification of high-risk populations enables preventive interventions, targeted lifestyle modification, and personalized pharmacological strategies that may delay or even prevent disease onset.

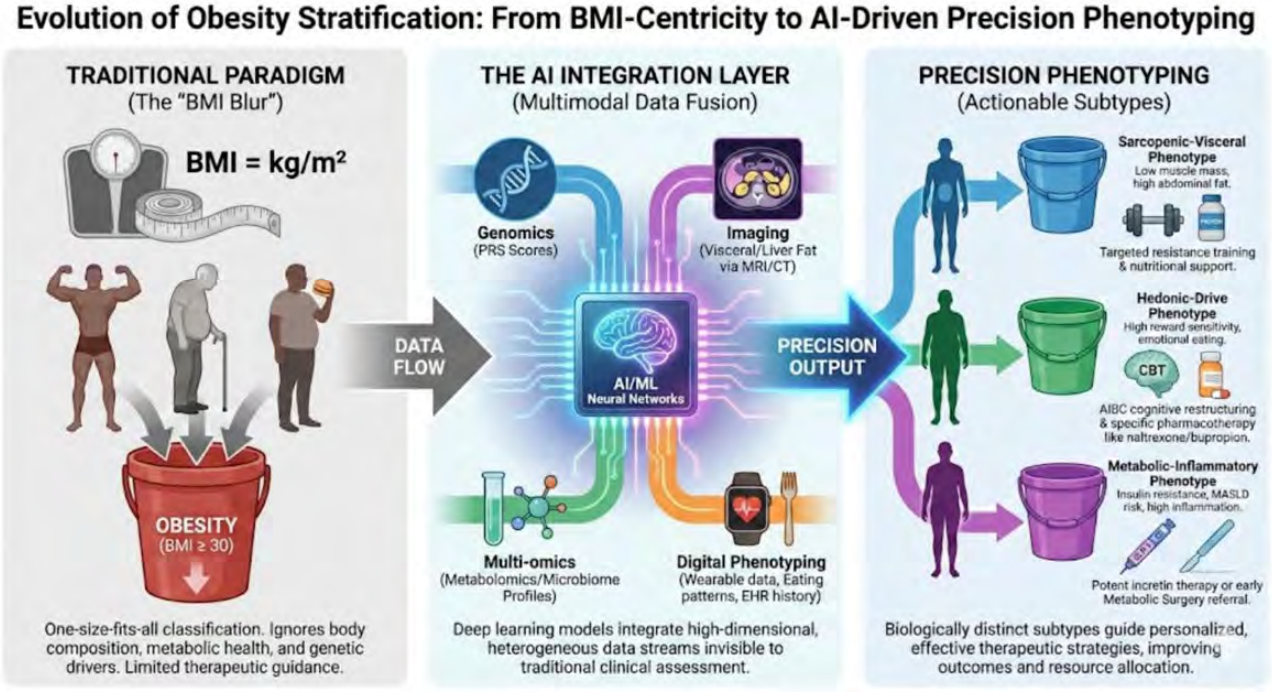

Figure 2. Artificial Intelligence-Based Precision Approach for Obesity Management: From Risk Prediction to Personalized Treatment Strategies

Conclusion

Artificial intelligence is rapidly transforming modern endocrinology by providing new opportunities for accurate diagnosis, individualized treatment selection, continuous disease monitoring, and prevention of metabolic complications. In diabetes management, AI-based technologies have demonstrated significant clinical potential through automated insulin delivery systems, continuous glucose monitoring analysis, prediction of glycemic fluctuations, and early identification of diabetes-related complications. In obesity management, machine learning algorithms enable personalized risk assessment, optimization of lifestyle interventions, and improved selection of pharmacological therapies, including incretin-based treatments. The integration of AI with wearable devices, electronic health records, genomic information, and digital twin technologies

represents a major step toward precision endocrinology. Explainable AI and generative artificial intelligence may further enhance clinical decision-making by improving transparency, accessibility, and physician–patient communication. However, successful implementation requires addressing important challenges related to algorithmic bias, data protection, regulatory standards, clinical validation, and ethical responsibility.

In the future, AI should be considered not as a replacement for endocrinologists but as a powerful clinical assistant capable of augmenting medical expertise. The combination of human clinical judgment with advanced computational technologies will likely define the next generation of personalized diabetes and obesity care, improving patient outcomes and healthcare efficiency.

References

1. Assie G. Artificial Intelligence in Endocrinology: On Track Toward Great Opportunities. J Clin Endocrinol Metab. 2024;109(6):e1462-e1467. doi:10.1210/clinem/dgae154.
2. Belkhouribchia J. Artificial intelligence is going to transform the field of endocrinology: an overview. Front Endocrinol. 2025;16:1513929. doi:10.3389/fendo.2025.1513929.
3. McMahon GT. The Risks and Challenges of Artificial Intelligence in Endocrinology. J Clin Endocrinol Metab. 2024;109(6):e1468-e1471. doi:10.1210/clinem/dgae017.
4. Parab R, Feeley JM, Valero M, et al. Artificial Intelligence in Diabetes Care: Applications, Challenges, and Opportunities Ahead. Endocr Pract. 2025;31(12):1615-1625. doi:10.1016/j.eprac.2025.07.008.
5. Deng M, Yang R, Zheng X, et al. Artificial intelligence in diabetes care: from predictive analytics to generative AI and implementation challenges. Front Endocrinol (Lausanne). 2025;16:1620132. doi:10.3389/fendo.2025.1620132.
6. Li Y, Wang Y, Xing M, et al. Global research trends in AI-assisted blood glucose management: a bibliometric study. Front Endocrinol (Lausanne). 2025;16:1579640. doi:10.3389/fendo.2025.1579640.
7. Contreras I, Vehi J. Artificial intelligence for diabetes management and decision support: literature review. J Med Internet Res. 2021;23(6):e23298. doi:10.2196/23298.
8. ElSayed NA, Aleppo G, Aroda VR, et al. Classification and diagnosis of diabetes: Standards of Care in Diabetes—2024. Diabetes Care. 2024;47(Suppl 1):S20-S42. doi:10.2337/dc24-S002.
9. Brown SA, Kovatchev BP, Raghinaru D, et al. Six-month randomized, multicenter trial of closed-loop control in type 1 diabetes. N Engl J Med. 2021;385:1931-1941. doi:10.1056/NEJMoa2101643.
10. Ting DSW, Pasquale LR, Peng L, et al. Artificial intelligence and deep learning in ophthalmology. Br J Ophthalmol. 2021;105:1427-1438. doi:10.1136/bjophthalmol-2020-318247.
11. Kavakiotis I, Tsave O, Salifoglou A, et al. Machine learning and data mining methods in diabetes research. Comput Struct Biotechnol J. 2021;19:2700-2710. doi:10.1016/j.csbj.2021.04.002.

SECTION: MILITARY AFFAIR

ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ТА АВТОНОМНИХ СИСТЕМ У ВІЙСЬКОВИХ ОПЕРАЦІЯХ

Душак Валентин Володимирович
курсант
Національна академія державної прикордонної служби України

Актуальність теми. Стрімкий розвиток технологій штучного інтелекту (ШІ) та автономних систем докорінно змінює характер сучасних збройних конфліктів. Застосування безпілотних літальних апаратів, автономних наземних платформ, систем розпізнавання цілей та інтелектуальних засобів радіоелектронної боротьби стає невід'ємною складовою бойових операцій. Досвід українсько-російської війни наочно демонструє, що держави, які ефективно інтегрують технології ШІ у військову сферу, отримують суттєві тактичні та оперативні переваги.

Метою дослідження є аналіз напрямів застосування штучного інтелекту та автономних систем у сучасних військових операціях і визначення перспектив їх розвитку.

Виклад основного матеріалу. Штучний інтелект у військовій сфері охоплює широкий спектр застосувань, які можна згрупувати за кількома ключовими напрямами. Перший напрям — розвідка та аналіз даних. Системи ШІ здатні обробляти колосальні масиви даних із різноманітних джерел (супутники, БПЛА, радари, агентурні дані) у реальному часі, виявляючи закономірності та загрози, непомітні для людини. Це дозволяє командирам приймати більш обґрунтовані рішення в умовах інформаційної невизначеності [1].

Другий напрям — автономні ударні та розвідувальні системи. Безпілотні літальні апарати з елементами автономності здатні виконувати завдання без постійного втручання оператора: патрулювання, розвідка, точні удари по цілях. Роєві технології — координоване використання великої кількості малих БПЛА — відкривають принципово нові можливості для насичення оборони противника та подолання його систем протиповітряної оборони [2].

Третій напрям — системи підтримки прийняття рішень. Інтелектуальні платформи управління боєм (Command and Control, C2) аналізують оперативну обстановку, моделюють варіанти дій і надають командирам рекомендації щодо оптимального використання наявних сил та засобів. Інтеграція ШІ у системи C2 дозволяє скоротити цикл прийняття рішень, що є критично важливим у сучасному швидкоплинному бою [3].

Четвертий напрям — кібероперaційна діяльність. Алгоритми машинного навчання застосовуються для автоматичного виявлення вразливостей в

інформаційних системах противника, проведення кібератак та захисту власної критичної інфраструктури. ШІ суттєво підвищує швидкість і масштаб кібероперацийної діяльності порівняно з традиційними методами.

Попри значний потенціал, застосування ШІ у військовій сфері пов'язане з низкою викликів. Питання відповідальності за рішення, прийняті автономними системами, залишаються дискусійними з правової та етичної точок зору. Надійність алгоритмів в умовах спеціально організованих перешкод та маскування противника потребує постійного вдосконалення. Критично важливим є також захист систем ШІ від кібератак та маніпулювання даними [4].

Висновки. Штучний інтелект та автономні системи стають ключовими технологіями сучасних військових операцій, забезпечуючи переваги в розвідці, вогневому ураженні та управлінні. Для України впровадження цих технологій є стратегічним пріоритетом, що вимагає системних інвестицій у розробку, підготовку відповідних фахівців та формування правової бази регулювання застосування автономних бойових систем.

Список використаних джерел

1. Allen, G., & Chan, T. (2017). Artificial intelligence and national security. Belfer Center for Science and International Affairs. https://www.belfercenter.org
2. Scharre, P. (2018). Army of None: Autonomous Weapons and the Future of War. W. W. Norton & Company.
3. Horowitz, M. C., Kaufmann, S., & Sander, A. (2021). The promise and peril of military applications of artificial intelligence. RAND Corporation. https://www.rand.org
4. Бадрак, В., & Згурець, С. (2023). Штучний інтелект у збройних силах: світовий досвід та перспективи для України. Центр досліджень армії, конверсії та роззброєння. https://cacds.org.ua

SECTION: PEDAGOGY, PHILOLOGY AND LINGUISTICS

ТАКТИКИ ПЕРЕКОНАННЯ ЯК КЛЮЧОВИЙ КОМПОНЕНТ ЕФЕКТИВНОСТІ ДІЛОВИХ ПЕРЕМОВИН У СУЧАСНОМУ УКРАЇНСЬКОМУ ДІЛОВОМУ ДИСКУРСІ

Мунтян Олександр Олександрович
к. філол. н., доцент
Кафедра філології та перекладу
Київський національний університет технологій та дизайну
Україна

Ефективність ділових перемовин значною мірою залежить від майстерного застосування мовленнєвих тактик переконання. Саме ці тактики дозволяють впливати на позицію партнера, формувати спільне бачення проблеми, долати розбіжності інтересів, нейтралізувати заперечення та досягати взаємовигідних результатів без руйнування, а навпаки – зі зміцненням ділових стосунків. У сучасному динамічному бізнес-середовищі, що характеризується обмеженим часом, високою конкуренцією, невизначеністю та швидкими змінами, володіння ефективними тактиками переконання перетворюється на одну з найбільш затребуваних професійних компетенцій. Вона безпосередньо впливає на успішність укладання контрактів, збереження довгострокових партнерств, вирішення конфліктних ситуацій та досягнення стратегічних цілей організації.

В українському діловому дискурсі тактики переконання вирізняються вдалим поєднанням логічної аргументації з елементами емоційної теплоти, поваги до співрозмовника та чіткої орієнтації на довгострокові взаємовигідні відносини. На відміну від жорстких директивних моделей, поширених у деяких західних культурах, український стиль тяжіє до консенсусу, збереження обличчя партнера та гармонізації інтересів. Серед найпоширеніших стратегій переконання варто виокремити такі:

- Апеляція до спільних інтересів: «Ми з вами прагнемо одного – стабільного розвитку та підвищення якості продукції для наших клієнтів».
- Посилання на факти та попередній досвід: «Зважаючи на наш успішний досвід реалізації спільного проєкту у 2025 році, коли ми перевиконали план на 18 %, пропонуємо…».
- Принцип взаємності: «Якщо ми підемо Вам назустріч щодо термінів постачання, то розраховуємо на вашу гнучкість у питанні ціноутворення».
- Пом’якшення тверджень: «Можливо, варто розглянути такий варіант…», «Я думаю, що це рішення могло б бути перспективним».

• Створення позитивного емоційного фону: «Радий бачити Вас знову і сподіваюся, що сьогоднішні перемовини стануть ще одним важливим кроком у нашому плідному партнерстві».

Типовими мовленнєвими формулами є: «Це рішення відкриває нові можливості для обох сторін», «Пропоную розглянути компромісний варіант, який враховує інтереси всіх учасників», «Я переконаний, що таке рішення буде взаємовигідним і сприятиме подальшому розвитку нашого партнерства», «Давайте знайдемо рішення, яке задовольнить потреби обох сторін і стане основою для майбутньої плідної співпраці».

Особливе значення має глибокий лінгвопрагматичний аналіз цих тактик. Він дозволяє студентам і практикуючим фахівцям зрозуміти механізми впливу мовленнєвих засобів на когнітивну, емоційну та поведінкову сфери партнера, визначити, які стратегії є найбільш ефективними в українському культурному контексті, а також навчитися чітко розрізняти конструктивне переконання від прихованих маніпулятивних прийомів.

Методика формування умінь мовленнєвого переконання в закладах вищої освіти має ґрунтуватися на комплексному компетентнісному підході. Вона передбачає органічне поєднання теоретичного осмислення з інтенсивною практичною діяльністю. До найбільш ефективних методів належать детальний розбір автентичних переговорних ситуацій і реальних бізнес-кейсів (наприклад, перемовини про ціни, терміни поставок чи умови контракту), порівняльний аналіз різних національних стилів переконання, регулярні симуляції перемовин, рольові ігри різного рівня складності (від двосторонніх до багатосторонніх з кількома зацікавленими сторонами), відеотренінги з наступним детальним рефлексивним аналізом власної комунікативної поведінки. Крім того, велику цінність мають творчі завдання на створення власних аргументативних ланцюжків, формулювання сильних контрпропозицій («Якщо Ви не можете знизити ціну, то, можливо, ми могли б розглянути збільшення об’єму замовлення?»), оперативне реагування на заперечення партнера, пошук нестандартних компромісів, а також етичне завершення перемовин на позитивній ноті («Дякуємо за конструктивний діалог. Впевнені, що це рішення стане початком нового етапу нашої співпраці»).

Інтеграція вивчення мовленнєвих тактик переконання в курси ділової української мови, риторики, переговорного процесу, конфліктології та міжкультурної комунікації дозволяє студентам не лише опановувати теоретичні знання, а й активно розвивати практичні навички, необхідні для реального бізнес-середовища. Такий системний підхід формує в майбутніх фахівців впевненість у власних комунікативних можливостях, стратегічне мислення, гнучкість, емоційний інтелект, критичне ставлення до мови та високу культуру ділового спілкування. У результаті випускники стають здатними ефективно представляти інтереси своїх компаній, будувати довгострокові партнерські відносини, успішно вести перемовини навіть у складних і конфліктних ситуаціях, а також адаптуватися до різноманітних культурних контекстів.

Володіння тактиками переконання є особливо актуальним у сучасних умовах глобального ринку, де українським фахівцям дедалі частіше доводиться вести перемовини з партнерами з різних культурних, мовних і ділових традицій. Системне формування цих компетенцій у вищій школі становить важливий внесок у підвищення конкурентоспроможності національного бізнесу, зміцнення міжнародного іміджу України як надійного партнера та розвиток її економічного потенціалу на світовій арені.

Список використаних джерел

1. Мунтян, О. О. (2023). Риторика ділового спілкування. Актуальні питання гуманітарних наук, 66(2), 151–154.
2. Мунтян О. О., Чень Ван (2026) Мовні стратегії в українському професійному мовленні: когнітивно-дискурсивний підхід. Вісник науки та освіти: журнал. № 6(48). 541 – 551.
3. Шевчук С. Українська мова для державних службовців: курс для підготовки до атестації: навч. посіб. Київ: Алерта, 2023. С. 268 – 270.

ОСНОВНІ ЛЕКСИКО-СЕМАНТИЧНІ ПРИЙОМИ МОВНОЇ ГРИ В СУЧАСНИХ РЕКЛАМНИХ ТЕКСТАХ

Криловець Наталія Володимирівна
кандидат філологічних наук, викладач
Кафедра журналістики та PR менеджменту
Національний університет «Острозька академія», Україна

У сучасному цифровому суспільстві реклама виконує не лише інформативну, а й комунікативну, сугестивну та іміджеву функції, перетворюючись на складний комунікативний феномен, у якому поєднуються мовні, психологічні, маркетингові та соціокультурні механізми впливу на адресата. В умовах інформаційного перенасичення та високої конкуренції між брендами особливого значення набувають мовні засоби, здатні швидко привернути увагу потенційного споживача, викликати емоційний відгук і забезпечити тривале запам’ятовування рекламного повідомлення. Одним із найефективніших інструментів реалізації цих комунікативних завдань є мовна гра.

Мовна гра належить до найпродуктивніших засобів сучасної рекламної комунікації, оскільки ґрунтується на переосмисленні мовних одиниць, трансформації усталених мовних моделей та актуалізації прихованих семантичних зв’язків. Нестандартне мовне оформлення активізує когнітивну діяльність адресата, стимулює процес інтерпретації повідомлення, посилює його експресивність і прагматичний потенціал.

Значний внесок у дослідження мовної гри зробили Д. Добровольська [2], В. Зірка [3], Н. Кондратенко [4], Т. Космеда [5], Н. Кутуза [6], Ю. Шульженко [7]

та інші українські науковці, які проаналізували особливості її функціонування в художньому, публіцистичному й рекламному дискурсах. Водночас стрімкий розвиток цифрових комунікацій актуалізує потребу в подальшому дослідженні лексико-семантичних прийомів мовної гри та їхнього комунікативно-прагматичного потенціалу.

Метою дослідження є аналіз основних лексико-семантичних прийомів мовної гри в сучасній українській рекламі та визначення особливостей їхнього функціонування.

Провідне місце серед засобів мовної гри посідають лексико-семантичні прийоми, оскільки саме вони найповніше реалізують образотворчий і прагматичний потенціал рекламного тексту. До них належать метафора, персоніфікація, метонімія, синекдоха, епітет, гіпербола, антитеза, порівняння та інші.

Метафора є найпродуктивнішим лексико-семантичним засобом мовної гри в сучасному рекламному дискурсі, що ґрунтується на перенесенні ознак одного явища на інше за принципом асоціативної подібності. Завдяки метафоризації реклама зміщує увагу споживача з об'єктивних характеристик товару на його емоційно-ціннісне сприйняття, формуючи позитивний образ бренду.

У сучасній рекламі переважають концептуальні метафори, пов'язані з концептами щастя, любові, енергії, природи, молодості, краси та успіху. Вони формують позитивний емоційний образ товару й активізують асоціативне мислення адресата. Так, у рекламі «Ласунка – виробник щастя» морозиво асоціюється зі щастям; у слогані «Bubble Tea – радість у кожному ковтку» (чай) емоційний стан переноситься на процес споживання напою; у рекламі шоколаду «Milka – ніжність альпійського молока у кожному шматочку» лексема ніжність метафорично характеризує продукт, актуалізуючи асоціації з м'якістю, природністю та високою якістю.

Особливо продуктивною є метафоризація в рекламі кавових брендів. Зокрема, рекламний слоган «Jacobs – Відчуй магію в кожній краплі» наділяє напій магічними властивостями, тоді як рекламне повідомлення «Nescafé Gold – Для моментів, що мають значення» переносить цінність людських переживань на бренд, підкреслюючи його роль у важливих життєвих ситуаціях.

Поширеним різновидом метафоризації є осмислення природних явищ. У рекламі «Sandora – 100 % сік, заряджений сонцем!» образ сонця символізує природність, стиглість плодів і життєву енергію. Аналогічно у слогані «Borjomi Energia – заряд природи в кожній банці» мінеральна вода концептуалізується як джерело природної сили та відновлення організму.

Окрему групу становлять антропоцентричні метафори, що відображають внутрішній світ людини. Так, вислів «Доки в тобі горить вогонь – ти молодий» (мінеральна вода «Карпатська Джерельна») переносить хімічне явище горіння на поняття життєвої енергії, а рекламний слоган «Old Spice – Аромат, з яким море по коліно» через переосмислення фразеологізму формує образ сміливого, упевненого та рішучого чоловіка.

До метафоричних конструкцій належать також рекламні повідомлення «Raffaello – райська насолода» (цукерки), «Lovare – відчуй красу!» (чай), «Pepsi – смакуй настрій!» (безалкогольний напій), у яких абстрактні поняття осмислюються через конкретні чуттєві образи, що значно підсилює експресивність рекламного повідомлення.

Найпоширенішим різновидом метафори є персоніфікація, що полягає в наданні неживим предметам, абстрактним поняттям чи природним явищам людських властивостей і дій. У рекламному дискурсі цей прийом посилює емоційну взаємодію адресата з брендом і сприяє формуванню цілісного рекламного образу. Так, у повідомленні «Кешбек сам себе не забере» (monobank) абстрактне економічне поняття наділено здатністю до самостійної дії. Аналогічний прийом простежуємо й у рекламних слоганах: ««Семана» – свіжість, яка пробуджує твої мрії» (кондиціонер-ополіскувач для білизни), ««Золотий Вік» дарує всесвіт почуттів» (мережа ювелірних магазинів), ««Карпатська Джерельна» – вода, що грає з вогнем», де неживим об’єктам приписано людські дії – пробуджувати, дарувати, грати.

Таким чином, метафора та персоніфікація є одними з найпродуктивніших лексико-семантичних прийомів мовної гри в сучасній рекламі. Їх використання забезпечує формування позитивного образу бренду, підсилює експресивність рекламного повідомлення та активізує асоціативне сприйняття адресата.

Метонімія є одним із тропів, що ґрунтується на перенесенні значення слова з одного предмета чи явища на інший за суміжністю [1, с. 457]. Яскравим прикладом є рекламний слоган «Смак справжнього Закарпаття» (торгова марка «Patrick»), у якому назва географічного регіону репрезентує сукупність природних умов, місцевих традицій, культурної спадщини та високої якості сировини. Унаслідок метонімічного перенесення назва регіону набуває символічного значення, репрезентуючи автентичність та природність продукції.

Одним із різновидів метонімії є синекдоха, яка «заснована на кількісному зіставленні предметів та явищ» [1, с. 638]. Цей художній засіб реалізовано в рекламному повідомленні «Відчуй магію в кожній краплі» (кава «Jacobs»), де лексема крапля позначає весь напій, тобто відбувається перенесення назви частини на ціле. Такий прийом акцентує увагу споживача на окремій деталі, що символізує продукт загалом і посилює його образність.

Отже, метонімія, зокрема її різновид синекдоха, забезпечує лаконічність рекламного висловлення, підсилює його образність і сприяє формуванню стійких асоціативних зв’язків між брендом, культурними, географічними та предметними образами.

Ще одним із найуживаніших лексико-семантичних прийомів мовної гри є епітет, який виконує оцінну, образотворчу та емоційно-експресивну функції. На відміну від метафори, епітет не створює нового смислу, а акцентує певну ознаку предмета чи явища, формуючи бажаний образ рекламованого продукту.

У рекламних текстах переважають позитивно-оцінні епітети, що підкреслюють винятковість, якість, природність або емоційну цінність товару. Так, у рекламі кави «Jacobs Monarch» використано словосполучення

«неймовірний аромат кави», яке акцентує виняткові ароматичні властивості напою. Аналогічну функцію виконують епітети «райська насолода» (цукерки «Raffaello»), «казковий світ», «оксамитово-темні ягоди» (парфумована вода «Midnight Magic Elvie»), «пухнаста пінка» (кава «Jacobs Cappuccino»), «казкове молоко», а також словосполучення «велике майбутнє» (торгова марка «Молокія»), яке формує позитивний образ майбутнього дитини. Такі епітети актуалізують у свідомості адресата асоціації із затишком, комфортом, насолодою та турботою, формуючи емоційно привабливий образ товару.

У сучасній рекламі активно функціонують також оцінні епітети, що акцентують новизну або переваги товару: «оновлений дизайн», «оновлені смаки» (жувальна гумка «Orbit»), «найкращі моменти» (лікарський засіб «Мезим»), «довше життя» (корм для котів «Brit»), «безцінна мить» (кава «Jacobs Monarch»).

Окрему групу становлять метафоричні епітети, у яких означення набуває переносного значення. Наприклад, у слогані ««Но-шпа Форте» – рішуча відповідь на спазм» прикметник рішуча характеризує не відповідь у буквальному значенні, а ефективність лікарського засобу, поєднуючи властивості епітета й метафори.

Епітет є одним із найважливіших засобів мовної гри, оскільки сприяє формуванню позитивного емоційного образу товару, підсилює експресивність рекламного повідомлення та забезпечує реалізацію його комунікативно-прагматичного потенціалу.

Порівняння належить до традиційних лексико-семантичних прийомів мовної гри, що дають змогу увиразнити властивості товару шляхом його зіставлення з добре відомими явищами, предметами чи образами. Такий прийом конкретизує образ рекламованого продукту та полегшує його сприйняття адресатом.

Показовим є рекламний вислів «Темне, як зимова ніч. Веселе, як коляда» (торгова марка «Львівське Різдвяне»). Перше порівняння актуалізує насичений темний колір напою, друге – його святковий характер і позитивні емоції, пов’язані з українськими різдвяними традиціями. Завдяки цьому реклама поєднує сенсорні характеристики продукту з національно-культурними асоціаціями.

Гіпербола також належить до найуживаніших прийомів мовної гри в сучасній рекламі. Вона полягає у свідомому перебільшенні властивостей товару чи послуги з метою посилення експресивності повідомлення та формування винятково позитивного образу бренду. Так, у рекламі прального засобу «Persil» використано слоган «100 % потужності», у якому абсолютний кількісний показник створює уявлення про максимальну ефективність продукту. Аналогічний механізм реалізовано у висловах ««Наш Сік» – це 100 % любові та турботи у кожній склянці», «Sandora – 100 % сік, заряджений сонцем!».

Гіперболізацію простежуємо також у рекламних повідомленнях «Мільйони людей довіряють «Head & Shoulders»» (шампунь) та «Fairy – однієї краплі вистачає, щоб відмити гору жирних тарілок» (мийний засіб). В обох випадках перебільшення спрямоване на посилення переконливості рекламного повідомлення та формування довіри до бренду.

Антитеза ґрунтується на контрастному зіставленні протилежних понять, що сприяє посиленню експресивності рекламного повідомлення й акцентує увагу адресата на ключових характеристиках товару. У рекламному гаслі майонезу «Королівський смак» – «Якість королівська, а ціна народна» протиставлено прикметники королівська і народна. Таке зіставлення поєднує у свідомості споживача уявлення про преміальну якість продукції та її цінову доступність. Подібний прийом використано й у рекламі торгової марки «Молокія»: «Казкове молоко, створене для маленьких людей з великим майбутнім», де антитеза реалізується через протиставлення прикметників маленьких і великим. Контраст посилює експресивність висловлення та акцентує увагу на перспективі розвитку дитини.

Таким чином, результати проведеного дослідження засвідчили, що мовна гра є одним із найефективніших інструментів сучасної рекламної комунікації, оскільки забезпечує високу експресивність повідомлення, активізує когнітивну діяльність адресата, сприяє формуванню позитивного образу бренду та підвищує рівень запам’ятовуваності рекламних текстів.

Проведений аналіз сучасної української реклами дає підстави стверджувати, що найпродуктивнішими лексико-семантичними прийомами мовної гри є метафора, персоніфікація, епітет, гіпербола, антитеза, метонімія та порівняння. У більшості рекламних повідомлень зазначені мовні засоби функціонують комплексно, взаємодіючи між собою та взаємно підсилюючи комунікативно-прагматичний потенціал тексту, що забезпечує формування виразного й легкого впізнаваного образу бренду.

Список використаних джерел

1. Гром’як Р. Літературознавчий словник-довідник / Р. Гром’як. – Київ : Видавничий центр Академія, 1997. – 752 с.
2. Добровольська Д. М. Мовна гра в рекламних слоганах: проблема відтворення у перекладі / Д. М. Добровольська // Наукові записки Національного університету «Острозька академія». Серія: Філологічна. – 2015. – Вип. 56. – С. 94-96.
3. Зірка В. В. Мовна парадигма маніпулятивної гри в рекламі : автореф. дис. ... д-ра філол. наук: спец. 10.02.02. / В. В. Зірка; НАН України. Ін-т мовознав. ім. О. О. Потебні – К., 2005. – 32 с.
4. Кондратенко Н. В. Мовна гра в рекламному теледискурсі як вияв лінгвокреативу / Н. В. Кондратенко // Науковий вісник Міжнародного гуманітарного університету. Серія: Філологія. – 2019. – Т. 3, № 38. – С.83-86.
5. Космеда Тетяна. Мовна гра у системі лінгвістичних термінів [Електронний ресурс] / Тетяна Космеда // Культура слова. – 2011. – Вип. 74. – С.137-141.
6. Кутуза Н. В. Рекламний та PR-дискурс: аспекти впливу: збірник статей / Н. В. Кутуза. – Київ : Видавничий дім Дмитра Бураго, 2015. – 288 с.
7. Шульженко Ю. М. Принципи реалізації мовної гри у рекламному тексті [Електронний ресурс] / Ю. М. Шульженко // Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Серія: Філологія. Соціальні комунікації. – 2020. – Т. 31 (70), № 1(2). – С. 230-235.

МЕТОДИЧНИЙ І ВИХОВНИЙ АСПЕКТИ СТАРТОВОГО РІВНЯ ЗНАНЬ З УКРАЇНСЬКОЇ МОВИ ЗА ПРОФЕСІЙНИМ СПРЯМУВАННЯМ ДЛЯ ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ МЕДИЧНОЇ ОСВІТИ

Грищенко Олена
викладач
Кафедра теоретичних дисциплін
Донецький національний медичний університет
м. Лиман, Україна

Стартовий рівень знань є невід'ємною частиною структури дисципліни «Українська мова за професійним спрямуванням» у закладах вищої медичної освіти України. Він передбачає перевірку наявних знань з орфографії та пунктуації української мови у здобувачів освіти 1 курсу на початку вивчення дисципліни з метою визначення якості засвоєного у загальноосвітніх закладах матеріалу та виявлення у знаннях «слабких місць» і недоліків.

Стартовий рівень знань є обов'язковим для проведення як при очній, так і при дистанційній формі навчання. Оцінка за цей різновид роботи є складовою для загального оцінювання здобутків учнів перед заліком як основною формою контролю знань для здобувачів вищої освіти нефілологічних факультетів ЗВО, зокрема медичних. Перескладання стартового рівня у випадку негативного оцінювання не передбачено. Такий різновид роботи з учнівською аудиторією є варіативним щодо форми проведення, і це дозволяє викладачеві обирати можливі його різновиди : тести, словниковий диктант, твір, класичний диктант тощо. Порівнюючи ці різновиди, можна відзначити їхні як позитивні, так і негативні характеристики стосовно реалізації поставленої мети.

По-перше, тестові завдання загалом прийнятні для здійснення стартового рівня знань; вони добре знайомі здобувачам освіти зі шкільних занять та НМТ. Але практичний досвід доводить, що тестові завдання не завжди висвітлюють дійсний рівень володіння мовою, на них припадає суттєвий відсоток випадково вибраних правильних відповідей, вони не дають більш-менш цілісної картини рівня володіння мовою.

По-друге, словниковий диктант, цілком дієвий як форма перевірки знань за певними орфографічними темами, не є таким для тем з пунктуації та синтаксису, тому вповні не відповідає вимогам до стартового рівня знань.

По-третє, твір як форма контролю більше притаманний школі, він вимагає достатньої кількості часу та тільки частково відтворює стан знань з орфографії та пунктуації, оскільки є творчим наробком самого студента, який сам може обирати словесний та пунктуаційний матеріал для своєї письмової роботи.

Натомість, на нашу думку, класичний диктант є оптимальною формою проведення стартового рівня знань. Незважаючи на те, що написання тренувальних і контрольних диктантів у старших класах загальноосвітніх шкіл

відбувається не так часто, як написання, наприклад, творів або есе, такий різновид роботи з текстом добре знайомий учням і не викликає в них певних утруднень і побоювань; традиційна методика проведення диктанту тільки оптимізує сприйняття тексту та його належне відтворення.

Згідно з такою методикою викладач має спочатку прочитати весь текст, але після цього не дає пояснень щодо його змісту, правописних особливостей та тлумачення використаних у ньому слів, бо тексти для диктантів адаптовано до навчальних потреб, у них відсутня так звана авторська пунктуація, немає діалектизмів, застарілих слів, складної зі значеннєвого погляду лексики тощо. Після прочитання всього тексту викладач читає перше речення повністю, студенти тільки слухають його. Далі це саме речення диктується для запису частинами, і кожна частина, як правило, читається лише один раз (частина – це зазвичай словосполучення з двох-п’яти слів або частина складного речення з такою ж кількістю слів).

Викладач може прочитати повторно велику за обсягом частину речення або якщо в ній змінено нормативний порядок слів, або здобувачі освіти недочули якихось слів чи словосполучень. Після того, як студенти запишуть усе речення, його треба прочитати повністю повторно, щоб вони мали змогу перевірити написане. Таким чином диктується кожне речення тексту, до того ж викладач обов’язково вказує місця поділу тексту на абзаци. Коли студенти запишуть увесь текст, викладач читає його з початку до кінця, роблячи паузи між реченнями, щоб усі могли перевірити написане і виправити можливі помилки. Текст треба диктувати відповідно до норм літературної мови, виразно, з правильним наголошуванням слів та інтонуванням, у зручному для учнів темпі. Роботи студенти здають після повторного читання всього тексту, без додаткової перевірки.

Отже, диктант є цілком прийнятним, зрозумілим для учнів різновидом стартового рівня знань. Він має свою методичну базу, правила, яких викладач має дотримуватись. А ще, на нашу думку, диктант може відігравати неабияку виховну роль завдяки інформаційно-емоційному наповненню тексту. Тому відбір текстів для стартового рівня знань є відповідальним і цікавим завданням, якщо викладач хоче привернути увагу учнівської аудиторії до якогось об’єкту опису, факту дійсності, а також намагається розширити інформаційне коло, торкнутися образно-чуттєвого боку особистості людини.

Які ж тексти подобаються учням, привертають увагу, запам’ятовуються, несуть цікаву інформацію, припадають до душі? Наш практичний досвід показує, що такими є тексти, які умовно можна поділити на певні тематичні групи.

По-перше, це тексти про медицину, її історію та розвиток у світі й в Україні, про видатних лікарів минулого і сучасності, про цікаві випадки одужання від небезпечних хвороб, нестандартні методи діагностики і лікування як у традиційній, так і в нетрадиційній медицині, про сучасні медичні відкриття та їх значення для людства. Цілком зрозуміло, що подібні тексти припадають до душі

майбутнім медикам, надихають на навчання і професійне зростання, закарбовуються у пам'яті як зразки справжнього гуманізму.

По-друге, захоплюють студентів і тексти українознавчої тематики, присвячені традиціям і звичаям нашого народу, його культурній спадщині, менталітету, міфології та давнім віруванням, непересічним особистостям і видатним українцям, винаходи і діяльність яких впливали на розвиток науки і культури в усьому світі. Такі тексти поглиблюють знання з історії нашого народу, даючи студентам відчуття гордості за причетність до українства, усвідомлення непересічного внеску наших співвітчизників у прогресивні трансформації людства.

По-третє, належним чином оцінюють здобувачі освіти тексти диктантів краєзнавчої тематики, що розповідають про різні мальовничі куточки нашої Батьківщини – від сходу до заходу, від півночі і до півдня. Такі тексти дають можливість познайомитися з невідомими місцями України, бо подорожувати рідною землею наразі заважає війна, а ще - згадати красу малої батьківщини тим учням, які були змушені покинути її через небезпеку.

По-четверте, виявляється, що багатьом учням подобаються тексти диктантів – описи природи у різні пори року. На їх думку, вони заспокоюють, відволікають від негативних думок, зачаровують красою і мають певний медитативний вплив, особливо важливий у наш непростий, сповнений стресів час.

Отже, навіть така специфічна частина дисципліни «Українська мова за професійним спрямуванням», як стартовий рівень знань, має свої методичні особливості та виховний аспект. Крім можливості перевірити свої знання з української мови, студенти долучаються до українського інформативно-культурного простору, зміцнюють самосвідомість і любов до Батьківщини, захоплюються культурними і науковими надбаннями нашого народу, його історією і традиціями. Це допомагає формувати світогляд сучасного українця, майбутнього фахівця і патріота.

Список використаних джерел

1. Українська мова: Збірник диктантів: 9 кл./ Олександр Авраменко. – Київ: Грамота, 2020.- 56с.
2. Каплінський В.В. Методика викладання у вищій школі: навч. посіб./В.В. Каплінський,- Вінниця: ТОВ «Ніланд ЛТД», 2015.- 224с.
3. Лепеха Т.В. Українська мова: Навчальний посібник для старшокласників, студентів нефілологічних факультетів вузів.- К:Вид. центр «Просвіта», 2000.- 328с.

COMPUTER-ASSISTED LEARNING SYSTEMS AS AN INTEGRAL COMPONENT OF FOREIGN LANGUAGE LEARNING

Prykhodko Dmytro
Lecturer
Department of English for Engineering No 2
National Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"
Ukraine

The exploration of new frontiers in science and technology, the need to train competitive and highly qualified specialists, and the rapid pace of accumulation and renewal of the scientific information base are clear indicators that there is an ongoing need to continuously integrate modern information technologies into the educational process.

In the contemporary era, which can be described as the era of automated information technologies, modern education systems are facing new challenges and tasks. Among the most significant of these are: (1) the creation of an advanced educational and information environment capable of meeting individuals' educational needs at any time and in any location; (2) the development of the mindset of a modern multilingual individual as an active participant in the learning process, based on a fundamentally new level of information and knowledge exchange; and (3) the creation of new cognitive methodologies for knowledge generation.

Thus, the principles underlying modern education systems in developed countries have led to the creation of a wide range of software-based systems designed to support the learning process outside the classroom. The most widely used of these today include databases, information and reference systems, data repositories for storing and exchanging information through cloud computing technologies, training software, interactive courses and simulators, AI-based educational systems, intelligent tutoring systems, adaptive learning platforms, and programs for the administration of the educational process [1].

As a result, advances in information technology have led to the emergence and rapid development of computer-assisted learning systems, whose fundamental operating principle is that the learning process is managed not by an instructor but by a computer program/AI assistant. Such systems have also gained widespread popularity among individuals who learn foreign languages.

It should be noted that, in the early stages of their development, these programs operated exclusively according to predetermined algorithms. Over time, however, new computer-based instructional methodologies were developed that employed adaptive schemes and mechanisms, thereby individualizing the learning process. At the current stage of development, these methodologies are increasingly incorporating artificial intelligence systems as a core component.

It is important for us to outline the key advantages of using computer-assisted learning systems in foreign language education, which include the following:

- a high level of learner interaction with authentic materials;
- the adaptation of learning materials to any level of proficiency and pace of foreign language acquisition;
- continuous self-assessment and monitoring of learning outcomes using interactive testing programs and training applications;
- the possibility of individualizing the educational process by considering learners' personal preferences, individual educational needs, language competencies, and skills;
- immediate feedback on learner performance, enabling timely identification and correction of errors;
- enhanced learner motivation and engagement through interactive and multimedia-based learning environments;
- greater flexibility in terms of time, location, and pace of study;
- access to a wide variety of up-to-date educational resources and authentic linguistic content;
- the development of learners' autonomy and self-directed learning skills;
- opportunities for real-time communication and collaboration with speakers of the target language through digital platforms;
- the integration of artificial intelligence technologies capable of providing personalized recommendations, adaptive learning pathways, and intelligent language support;
- the reduction of administrative workload for instructors through automated assessment, progress tracking, and learning analytics tools, etc.

Thus, contemporary approaches to the use of computer-assisted learning systems based on various computer programs in the educational process envisage not occasional but systematic use of computers as instructional tools. In general, such systems make it possible to significantly enhance the efficiency of foreign language learning and, in the future, may serve as a viable alternative to traditional forms of education.

References

1. Gardner, J., O'Leary, M., & Yuan, L. (2021). Artificial intelligence in educational assessment: 'Breakthrough? Or buncombe and ballyhoo?'. Journal of Computer Assisted Learning, 37(5), 1207–1216. DOI: https://doi.org/10.1111/jcal.12577
2. Holstein, K., McLaren, B.M., & Aleven, V. (2019). Co-designing a real-time classroom orchestration tool to support teacher–AI complementarity. Journal of Learning Analytics, 6(2). DOI: https://doi.org/10.18608/jla.2019.62.3

УЧЕНЬ ЯК ТВОРЕЦЬ AR-КОНТЕНТУ В СЕРЕДНІЙ ШКОЛІ: ПРОЄКТНЕ НАВЧАННЯ ТА ФОРМУВАННЯ ЦИФРОВИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ

Задачин Станіслав Сергійович
аспірант
Кафедра педагогіки, іноземної філології та перекладу
Харківський національний економічний університет
імені Семена Кузнеця, Україна

У сучасному освітньому процесі доповнена реальність найчастіше розглядається як засіб візуалізації навчального матеріалу, що дає змогу учням взаємодіяти з тривимірними моделями, інтерактивними об’єктами, віртуальними підказками та цифровими поясненнями. У такому підході учень переважно постає користувачем готового AR-додатка: він сканує маркер, відкриває модель, виконує завдання або відповідає на запитання. Однак потенціал доповненої реальності в середній школі може бути значно ширшим, якщо розглядати учня не лише як споживача цифрового контенту, а як його творця. У цьому випадку AR стає не тільки способом подання інформації, а й інструментом проєктного навчання, цифрової творчості, комунікації та формування ключових компетентностей.

Актуальність такого підходу пов’язана з тим, що цифрова компетентність сучасного учня не може обмежуватися вмінням користуватися готовими технологічними рішеннями. Вона передбачає здатність добирати інформацію, критично її оцінювати, створювати цифровий контент, редагувати його, презентувати результати, дотримуватися авторського права, співпрацювати в цифровому середовищі та відповідально використовувати технології [1]. Залучення учнів до створення AR-контенту дає змогу поєднати предметне навчання з розвитком цих умінь, оскільки учень має не просто переглянути цифровий об’єкт, а продумати його зміст, форму, призначення та спосіб взаємодії з користувачем.

Перехід від використання готового AR-додатка до створення власного AR-продукту змінює логіку навчальної діяльності. Учень має визначити проблему, зібрати матеріал, обрати ключову ідею, підготувати текстове або аудіовізуальне пояснення, підібрати або створити зображення, модель чи маркер, перевірити роботу цифрового об’єкта та представити результат іншим. Така діяльність відповідає логіці проєктного навчання, оскільки передбачає планування, розподіл ролей, пошук рішення, створення продукту, його апробацію та рефлексію. Водночас AR-проєкт не повинен перетворюватися на суто технічне завдання: його головною метою має залишатися осмислення навчального змісту.

Учнівське створення AR-контенту може бути організоване на різних рівнях складності. Найпростішим варіантом є створення інтерактивного маркера або QR-переходу, який відкриває коротке пояснення, зображення, відео, аудіо або додатковий інформаційний шар до навчального об’єкта. Складнішим рівнем може бути підготовка AR-плаката, віртуальної екскурсії, інтерактивної карти, моделі природного процесу, історичної події, літературного простору або

географічного об’єкта. У кожному випадку важливо, щоб доповнена реальність не була декоративним елементом, а виконувала змістову функцію: допомагала пояснити, порівняти, показати зв’язки, структурувати матеріал або зробити складне явище більш зрозумілим для інших.

Особливе значення має комунікативний аспект такої діяльності. Коли учень створює AR-контент для однокласників, молодших школярів або ширшої аудиторії, він має враховувати не лише власне розуміння теми, а й те, як її сприйме інший користувач. Це вимагає добору головного, відмови від зайвої інформації, логічної побудови пояснення, візуальної зрозумілості та доступності інструкції. Таким чином AR-проєкт сприяє розвитку не лише цифрових умінь, а й мовлення, аргументації, критичного мислення, здатності пояснювати навчальний матеріал і оцінювати якість власного продукту.

Сучасні дослідження підкреслюють, що AR і VR можуть розглядатися як соціальні навчальні простори, у яких важливими є взаємодія, співпраця та спільне конструювання знань [2]. Це відкриває можливості для групових AR-проєктів у середній школі. Наприклад, один учень може відповідати за добір предметної інформації, другий - за візуальні матеріали, третій - за технічне налаштування, четвертий - за презентацію й пояснення результату. Такий розподіл ролей дозволяє залучити учнів із різними сильними сторонами та перетворити створення AR-контенту на командну навчальну діяльність.

Водночас організація таких проєктів потребує педагогічного супроводу. Учитель має визначити навчальну мету, мінімальні технічні вимоги, етапи роботи, критерії оцінювання та форму представлення результату. Доцільно оцінювати не лише кінцевий AR-продукт, а й процес його створення: обґрунтованість ідеї, точність змісту, якість пояснення, доречність цифрового формату, участь у командній роботі та здатність учня пояснити власне рішення. Саме такий підхід дозволяє уникнути ситуації, коли оцінюється лише технічна ефектність, а предметний зміст відходить на другий план.

Освітні огляди засвідчують, що ефективність доповненої реальності залежить від педагогічного дизайну, якості контенту, доступності пристроїв, підготовленості вчителя та зв’язку технології з конкретною навчальною метою [3]. Для учнівського створення AR-контенту це означає необхідність обмежувати технічну складність завдань. У середній школі недоцільно вимагати від усіх учнів складного програмування або професійного 3D-моделювання, якщо це не відповідає віку й змісту навчання. Значно продуктивнішим є використання простих інструментів, готових або спрощених цифрових об’єктів, шаблонів, маркерів, коротких текстів, аудіопоясснень і візуальних матеріалів, які учні можуть осмислено поєднати в навчальний продукт.

Не менш важливим є питання відповідального використання цифрових ресурсів. Створюючи AR-контент, учні працюють із текстами, зображеннями, моделями, відео, аудіо й іноді матеріалами, пов’язаними зі шкільним простором або персональними даними. Тому така діяльність має включати елементи цифрової етики: дотримання авторського права, використання відкритих ресурсів, зазначення джерел, уникнення приватної інформації, повагу до інших

учасників освітнього процесу. Це особливо важливо, оскільки цифрові технології в освіті мають оцінюватися не лише за інноваційністю, а й за доступністю, безпечністю та відповідністю реальним освітнім потребам [4].

Отже, залучення учнів середньої школи до створення AR-контенту дозволяє переосмислити доповнену реальність як інструмент активного навчання. У такому підході учень не лише сприймає цифровий матеріал, а створює, пояснює, редагує, презентує й оцінює власний продукт. Це сприяє розвитку цифрової компетентності, проєктного мислення, творчості, комунікації, командної роботи й відповідального ставлення до технологій. Найбільш доцільною є модель, у якій AR-проєкти залишаються технічно доступними, але змістовно пов'язаними з навчальною метою. Перспективним напрямом подальших досліджень є розроблення методичних сценаріїв створення AR-контенту з різних навчальних предметів і визначення критеріїв оцінювання учнівських AR-проєктів.

Список використаних джерел

1. Vuorikari R., Kluzer S., Punie Y. DigComp 2.2: The Digital Competence Framework for Citizens - With new examples of knowledge, skills and attitudes. Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2022. DOI: 10.2760/115376.
2. Scavarelli A., Arya A., Teather R. J. Virtual reality and augmented reality in social learning spaces: a literature review. Virtual Reality. 2021. Vol. 25. P. 257-277. DOI: 10.1007/s10055-020-00444-8.
3. Koumpouros Y. Revealing the true potential and prospects of augmented reality in education. Smart Learning Environments. 2024. Vol. 11. Article 2. DOI: 10.1186/s40561-023-00288-0.
4. UNESCO. Global Education Monitoring Report 2023: Technology in education: A tool on whose terms? Paris : UNESCO, 2023. URL: https://www.unesco.org/gem-report/en/publication/technology

ФОРМУВАННЯ ЦИФРОВОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ МАЙБУТНІХ ПРАВООХОРОНЦІВ У ПРОФЕСІЙНІЙ ПІДГОТОВЦІ

Гавриловський Віталій
старший викладач
Кафедра вогневої підготовки
Факультет № 2
Львівський державний університет внутрішніх справ, Україна

У сучасних умовах розвитку цифрового суспільства правоохоронна діяльність переходить у нову парадигму, де ключовим фактором професійної ефективності стає цифрова компетентність. Поширення інформаційно-комунікаційних технологій, інтеграція штучного інтелекту у службові процеси, а також зростання кіберзлочинності вимагають від майбутніх правоохоронців

здатності не лише використовувати цифрові технології, а й аналізувати цифрові дані, протидіяти цифровим загрозам, інтегрувати знання про цифрові середовища в практичну діяльність. Ці виклики зумовлюють необхідність трансформації змісту фахової підготовки та переспрямування освітніх програм на формування цифрових компетентностей, які дають змогу забезпечити професійну готовність майбутніх поліцейських до дій у цифровому середовищі [1].

Науковці звертають увагу на спеціалізовані моделі цифрової компетентності майбутніх правоохоронців, що включають структуру знань і навичок, необхідних для професійної діяльності у цифровому світі, а також взаємозв'язок між професійною підготовкою та інформатизацією системи правоохоронних органів[2]. Також важливими є дослідження, які розглядають цифрові інструменти у підготовці майбутніх правознавців, аналізують можливості, виклики та перспективи застосування технологій у юридичній освіті, що може бути застосовано і до підготовки правоохоронців[2].

Зміст цифрової компетентності доцільно розглядати через систему взаємопов'язаних елементів, кожен з яких відіграє важливу роль у професійній діяльності правоохоронця. Насамперед це здатність ефективно впроваджувати цифрові інструменти у службову практику - від використання базових інформаційних систем до застосування складних аналітичних платформ. Не менш важливими є навички роботи з даними: їх пошук, систематизація, перевірка достовірності, аналіз і подальша інтерпретація. В умовах інформаційного суспільства саме якість роботи з даними часто визначає ефективність прийнятих рішень.

Окреме місце посідає правова складова цифрової компетентності. Майбутній правоохоронець повинен чітко орієнтуватися у нормативно-правових актах, що регулюють використання цифрових технологій, обіг інформації та захист персональних даних [3].

Не менш значущим є етичний аспект використання цифрових технологій. Робота з персональними даними, використання систем відеоспостереження, аналітичних платформ і технологій штучного інтелекту вимагає високого рівня відповідальності [2].

Сучасна правоохоронна діяльність уже сьогодні неможлива без використання широкого спектра цифрових технологій. Інформаційно-комунікаційні системи забезпечують швидкий обмін даними між підрозділами; технології великих даних дозволяють аналізувати значні обсяги інформації та виявляти приховані закономірності; штучний інтелект використовується для прогнозування правопорушень і автоматизації аналітичних процесів; відеоаналітика допомагає ідентифікувати об'єкти та відстежувати події в реальному часі; геоінформаційні системи забезпечують просторовий аналіз і планування операцій. У сукупності ці інструменти значно підвищують ефективність правоохоронної діяльності [3].

Важливим напрямом підготовки майбутніх правоохоронців є зміна підходів до організації навчального процесу. Зокрема, широко застосовуються

симуляційні технології, що дають змогу моделювати службові ситуації; кейс-методи, які передбачають аналіз конкретних випадків; тренінги, спрямовані на відпрацювання практичних навичок; а також проєктна діяльність, у межах якої курсанти самостійно розв'язують комплексні завдання [3].

Цифрова криміналістика як окремий напрям підготовки набуває особливого значення. Вона передбачає формування вмінь працювати з електронними носіями інформації, здійснювати пошук і фіксацію цифрових доказів, аналізувати дані та використовувати спеціалізоване програмне забезпечення. Важливим є також уміння виявляти шкідливе програмне забезпечення, аналізувати кіберінциденти та документувати результати дослідження [4].

Паралельно з цим зростає роль аналітики даних. Сучасний правоохоронець має бути здатним працювати з великими обсягами інформації, використовувати інструменти її візуалізації та робити обґрунтовані висновки. Це дозволяє не лише реагувати на вже скоєні правопорушення, але й запобігати їм шляхом прогнозування[3].

Окремої уваги заслуговує проблема кібербезпеки. Зростання кількості кіберзлочинів вимагає від правоохоронців нових знань і навичок. Вони повинні вміти виявляти цифрові загрози, реагувати на кіберінциденти, забезпечувати захист інформаційних систем і брати участь у розслідуванні кіберзлочинів[4]. Це потребує комплексної підготовки, яка поєднує технічні та правові аспекти.

У підсумку слід зазначити, що формування цифрової компетентності є складним і багатоаспектним процесом, який вимагає системного підходу. Його успішна реалізація можлива лише за умови поєднання сучасного змісту освіти, ефективних методів навчання та адекватних інструментів оцінювання. Саме це забезпечить підготовку фахівців, здатних ефективно діяти в умовах цифрового суспільства та відповідати викликам сучасності.

Стрімкий розвиток цифрових технологій і їх активне проникнення у всі сфери суспільного життя закономірно змінюють вимоги до професійної підготовки майбутніх правоохоронців. Цифрова компетентність перестає бути додатковою характеристикою фахівця і набуває статусу однієї з ключових складових його професійної готовності. Вона формується як багатовимірна інтегрована якість, що поєднує не лише технічні знання, але й аналітичне мислення, правову культуру, етичну відповідальність та здатність діяти в умовах невизначеності й інформаційного перевантаження.

Важливим напрямом удосконалення професійної підготовки є оновлення змісту освітніх програм. Це передбачає включення цифрових компонентів у традиційні дисципліни та розробку нових курсів, орієнтованих на сучасні виклики. Наприклад, у межах криміналістики дедалі більшого значення набуває цифрова криміналістика, яка охоплює методи роботи з електронними доказами. У дисциплінах, пов'язаних з оперативно-розшуковою діяльністю, акцент робиться на використанні інформаційних систем і баз даних. У курсах адміністративного права розглядаються питання електронного врядування та

цифрових сервісів, а в кримінальному процесі - особливості роботи з цифровими доказами.

Не менш важливою є зміна підходів до організації навчального процесу. Традиційні лекційні форми поступово доповнюються інтерактивними методами, які дозволяють наблизити навчання до реальних умов професійної діяльності. Зокрема, широко застосовуються симуляційні технології, що дають змогу моделювати службові ситуації; кейс-методи, які передбачають аналіз конкретних випадків; тренінги, спрямовані на відпрацювання практичних навичок; а також проєктна діяльність, у межах якої курсанти самостійно розв'язують комплексні завдання. Такий підхід сприяє формуванню не лише знань, але й практичних умінь, що є надзвичайно важливим для майбутньої професійної діяльності [1].

Паралельно з цим зростає роль аналітики даних. Сучасний правоохоронець має бути здатним працювати з великими обсягами інформації, використовувати інструменти її візуалізації та робити обґрунтовані висновки. Це дозволяє не лише реагувати на вже скоєні правопорушення, але й запобігати їм шляхом прогнозування, що є важливим елементом сучасної правоохоронної діяльності [2].

Окремої уваги заслуговує проблема кібербезпеки. Зростання кількості кіберзлочинів вимагає від правоохоронців нових знань і навичок. Вони повинні вміти виявляти цифрові загрози, реагувати на кіберінциденти, забезпечувати захист інформаційних систем і брати участь у розслідуванні кіберзлочинів. Це потребує комплексної підготовки, яка поєднує технічні та правові аспекти, а також знання міжнародних стандартів у сфері кібербезпеки.

Водночас важливо не втрачати гуманістичний вимір професійної діяльності. Використання цифрових технологій не повинно суперечити принципам прав людини. Саме тому в процесі підготовки необхідно формувати усвідомлення відповідальності за прийняті рішення, здатність діяти в межах правового поля та враховувати етичні наслідки застосування технологій [2].

Оцінювання рівня цифрової компетентності також потребує сучасних підходів. Воно не може обмежуватися традиційними формами контролю знань. Доцільним є використання комплексних методів, таких як портфоліо, практичні завдання, аналіз кейсів, участь у симуляціях та самооцінювання. Це дозволяє отримати більш об'єктивну картину підготовки здобувача освіти та визначити рівень сформованості необхідних компетентностей [1].

У підсумку слід зазначити, що формування цифрової компетентності є складним і багатоаспектним процесом, який вимагає системного підходу. Його успішна реалізація можлива лише за умови поєднання сучасного змісту освіти, ефективних методів навчання та адекватних інструментів оцінювання. Саме це забезпечить підготовку фахівців, здатних ефективно діяти в умовах цифрового суспільства та відповідати викликам сучасності.

Список використаних джерел

1. Ковальчук Г. О. Використання цифрових навчальних наративів для формування адаптивної компетентності студентів – майбутніх економістів. Інформаційні технології і засоби навчання. 2018. Т. 64, № 2. С. 152-169. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ITZN_2018_64_2_16 (дата звернення: 20.06.2026).
2. Колісник Т. П. Формування цифрової компетентності у майбутніх поліцейських. Харків, 2018. URL: http://dspace.univd.edu.ua/xmlui/handle/123456789/4375 (дата звернення: 20.06.2026).
3. Краснощок А. В., Павлиш Т. Г., Мазур М. В. Розвиток цифрової компетентності майбутніх правоохоронців в умовах військового стану. Науковий часопис Українського державного університету імені Михайла Драгоманова. Серія 5. Педагогічні науки: реалії та перспективи : зб. наук. Праць. Київ: Видавничий дім «Гельветика», 2024. Вип. 98. С. 65–68. URL: https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series5.2024.98.13 (дата звернення: 20.06.2026).
4. Свічкарьова Я. В. Сутність інформаційної безпеки в професійній діяльності правоохоронців. Наукові записки. Серія: Право. 2023. С. 64-68 URL: https://doi.org/10.36550/2522-9230-2023-15-64-68 (дата звернення: 20.06.2026).

SECTION: POLITICS AND SOCIOLOGY

DOI 10.70286/ISU-15.07.2026.020

КРИЗА ЛІВОЇ ІДЕОЛОГІЇ В СУЧАСНІЙ УКРАЇНІ: ЕЛЕКТОРАЛЬНИЙ ВИМІР

Волошин Єгор Олександрович
аспірант
Кафедра політичних наук
Київський національний університет
імені Тараса Шевченка, Україна

Метою дослідження є прослідкувати еволюцію становища лівих політико-ідеологічних доктрин і політичних сил в незалежній Україні, окреслити кризовий стан лівиці, погіршення її консолідаційного потенціалу в сучасній Українській державі. Задля виконання поставленої задачі в роботі проведено аналіз результатів лівих політичних сил на парламентських та президентських виборах в Україні. При цьому лівиця розуміється саме в контексті української політики, беруться до уваги національні особливості українського політичного процесу, зокрема враховується особлива роль геополітичного й цивілізаційного факторів та ідентичнісний вимір у політико-ідеологічній орієнтації.

Склад першого скликання Верховної Ради України доби незалежності було сформовано ще в радянський період – на перших демократичних парламентських виборах, що пройшли в 1990 р. Передбачувано, абсолютну більшість (близько трьох чвертей) місць здобули представники Комуністичної партії. Через рік Україна здобула незалежність, тож парадокс розбудови новоствореної Української держави полягав у тому, що завдання з її модернізації, суспільного розвитку та покращення якості життя лягло на плечі старої політичної еліти, тісно пов’язаної з радянським минулим.

Обнадійливим результатом волевиявлення народу став 1991 р., коли 1 грудня пройшли вибори президента новоствореної Української держави разом із референдумом про підтримку «Акту державної незалежності України» [1]. На референдумі 90,32% громадян, серед тих, хто мав право голосу і прийшов на виборчі дільниці, висловились за підтримку державної незалежності. І хоча президентом у першому турі з великим відривом було обрано колишнього лідера українських комуністів Л. Кравчука, ідеї національного відродження, модернізації країни та демократизації політичних процесів знайшли відгук в українському суспільстві, адже і лідер націонал-демократичних сил В. Чорновіл і самовисуванець Л. Кравчук виступали з позицій державної незалежності, суверенітету та політичної трансформації України. Принциповим був лише рівень радикалізму, темп суспільно-політичних перетворень. Більшість

суспільства замість швидкої українізації, тотального розриву з радянською спадщиною та стрімких ринкових реформ обрала напівміри, збереження звичного соціального укладу.

Результати парламентських виборів 1994 р. виявили реваншистську хвилю в суспільно-політичній думці українського суспільства. Ідеологічне відкочування характеризувалось поверненням до соціалістичних ідеологем, адже розчароване економічними труднощами суспільство віддало перевагу силам, які обіцяли повернення до старого і звичного для більшості українського народу радянського ладу. Тенденцію підтвердили президентські вибори того ж року, на яких чинний президент, який спромігся об'єднати навколо себе значну частину націонал-демократичного електорату, а також, еволюціонувавши в бік поміркованого українського державництва, позиціонував себе як гарант державного суверенітету й незалежності та ідеолог національної ідентичності, поступився прагматику та технократу Л. Кучмі, що орієнтувався на Схід та збереження економічних і культурних зв'язків із Росією та пострадянським простором.

На парламентських виборах 1998 р. втретє поспіль перемогу здобули комуністи, отримавши найбільшу кількість мандатів. Загалом результати цих виборів засвідчили тріумф лівих політичних сил в Україні після болючого переходу від планової економіки до ринкової, що не призвів до обіцяного збагачення населення. Натомість відчутний економічний спад і збіднiння населення негативно вплинули на підтримку суспільством ідеї національної державності, висунувши на перший план соціально-економічні проблеми та питання соціального добробуту, які очікувано стали міцною основою для зміцнення позицій лівих і популістських політичних сил. Домінування лівиці в українській політиці, що було притаманно Україні протягом 90-х рр. XX ст., міцно закріпилося за результатами виборів 1998 р., адже сумарно понад 40% голосів отримали різноманітні суто соціалістичні сили та Комуністична партія України.

Ще одним злетом лівих політичних сил 1990-х рр. стало друге місце в першому турі і поразка в другому лідера комуністів П. Симоненка на третіх президентських виборах незалежної України 1999 р., услід за яким у виборчій гонці розташувалися ще кілька представників соціалістичної політико-ідеологічної ідентифікації. Політико-ідеологічний процес в Україні та еволюція настроїв в українському суспільстві продовжували відбуватися на тлі розчарування в реформах і поглиблення економічної кризи. Однак остаточно лівому реваншу стати не судилося, адже перемогу здобув чинний президент Л. Кучма, який, певною мірою як і його попередник, еволюціонував у поглядах і підходив до нових виборів як демократичний реформатор, «балансувальник» між Сходом і Заходом, досвідчений технократ і гарант незалежності. Це дозволило йому консолідувати, особливо в другому турі, навколо себе правий, патріотичний, націонал-демократичний електорат, який не знайшов собі гідного кандидата через ідейну кризу відповідного політичного табору. З одного боку, помітними були протестні настрої в українському суспільстві, глибоке розчарування серед широких верств населення в національному проєкті, знецінення гасел європейського вибору та суверенітету, проте поразка лівиці в

другому турі означала, що суспільство вже не сприймало соціалістичну модель як реальну майбутню альтернативу.

Низка невдач лівиці на національних виборах в незалежній Україні почалась з парламентських виборів 2002 р., коли вперше перемогу здобула не Комуністична партія України. Перше місце зайняв блок В. Ющенка «Наша Україна», що вказувало на ідеологічну переорієнтацію українського суспільства й вивело на авансцену націонал-демократичні політичні сили та проєвропейські політико-ідеологічні доктрини. Після стабілізації економіки та економічного зростання на початку 2000-х рр. тотальне невдоволення збіднінням, що було притаманне в попередні роки, змінилося на невдоволення фактичним соціально-економічним розшаруванням, яке вилилось, зокрема, в негативне ставлення до «олігархату». Нові ідеологічні альтернативи, запит на які назрів усередині українського суспільства, охоплювали широкий правоцентристський політичний спектр – від поміркованих (лібералів) до радикалів (націоналістів). Втрата комуністами статусу домінуючої політичної сили свідчила про занепад старих ідеологічних доктрин і зміну поколінь у структурі українського суспільства, що унеможливило соціалістичний реванш.

Президентські вибори 2004 р. та Помаранчева революція на одне десятиліття вперед заклали фундамент для майбутніх суспільно-політичних процесів, політико-ідеологічного розвитку та ідеологічного протистояння в Україні. На нашу думку, час між Помаранчевою революцією та Революцією Гідності слід характеризувати як період найбільшої політико-ідеологічної поляризації в історії сучасної України, адже простежується формування двох чітких політичних таборів, протилежних ідеологічних та ціннісних полюсів. Український політико-ідеологічний спектр значною мірою деформувався через вторинність для українців економічної осі та тривале домінування суспільних розколів на основі геополітики та ідентичності. Ліво-права вісь деформувалась цивілізаційною віссю. Перший фланг, що знаходився правіше від центру на політико-ідеологічному спектрі в контексті української політики, був проєвропейським, прозахідним, умовно проукраїнським. Його очолювали лідери Майдану – В. Ющенко, Ю. Тимошенко, П. Порошенко та ін. Загалом він вирізнявся передусім у зовнішній політиці курсом на ЄС (проєвропеїзм) та НАТО (атлантизм), орієнтацією на Захід, у внутрішній політиці просуванням української культури та мови як основи національної ідентичності, переважно демократизацією та верховенством права, в економіці більш проринковими поглядами. Ідеологічно тяжіє до націонал-демократизму та ліберального консерватизму. Другий полюс, лівіше від центру на політичному спектрі, був представлений проросійськими політиками, на чолі яких стояв В. Янукович із Партією регіонів, та ідеологічними доктринами, які ґрунтувалися на основі радянської ідентичності, збереженні тісних зв'язків з Російською Федерацією, соціальних гарантіях для населення, державному патерналізмі, захисті російської мови та регіоналізмі, що полягав у захисті інтересів Сходу та Півдня (передусім як промислових регіонів) України, опорі на їхню ідентичність. Ці сили використовували ліву риторику та апелювали до відповідного електорату,

не будучи класично лівими в ідеологічному сенсі. Так, сформувалися дві несумісні візії майбутнього для молодої Української держави й майже ціле десятиліття Україні довелося існувати в умовах ідеологічної біполярності українського суспільства.

В умовах політико-ідеологічної поляризації українського суспільства зазначеного періоду певної стабільності політичній системі України надавав баланс сил, що полягав у фактичній рівності двох політичних полюсів, незначній, мінімальній перевазі кожного з них за результатами виборів. Так, за результатами волевиявлення народу, що мало місце на президентських виборах та революції 2004 р., президентом став В. Ющенко. Фактично з першого туру боротьба відбувалась між двома кандидатами – В. Ющенком від проєвропейських політичних сил та В. Януковичем, що був представником проросійського політичного табору. Спочатку за результатами другого туру перемогу здобув В. Янукович, проте результати екзит-полів свідчили про перемогу В. Ющенка. Через масові порушення виборчого процесу та масштабну фальсифікацію результати виборів не були визнані більшістю західних урядів та міжнародними організаціями. Українське суспільство вийшло на масові протести, які дістали назву «Помаранчева революція», а згодом Верховний суд України визнав недійсними результати [4], внаслідок чого було призначено переголосування другого туру, де вже остаточно перемогу здобув В. Ющенко. Результати цих та кількох подальших виборів свідчили про майже рівну розділеність українського суспільства з почерговим переважанням кожного з полюсів внаслідок спроможності в більшій чи меншій мірі консолідувати та мобілізувати свій електорат і навіть внаслідок особливостей виборчої системи.

Тож парламентські вибори 2006 р. засвідчили перемогу (перше місце) Партії регіонів, але більшість місць сумарно здобули «помаранчеві» сили, хоча через внутрішні амбіції й ідеологічні суперечності, що увійшли в історію під назвою «коаліціада» та спричинили політичну кризу, вони не змогли сформувати стабільну коаліцію. Цікавим явищем стала Соціалістична партія О. Мороза, яка, будучи ідеологічно лівою політичною силою та маючи доволі проросійський електорат Центрального регіону України, підтримала «Помаранчеву революцію», але врешті приєдналася до ідеологічно ближчого блоку – Партії регіонів та Комуністичної партії України. На дострокових парламентських виборах 2007 р. знову першість взяла Партія регіонів, а більшість здобули проєвропейські сили, де остаточно лідером закріпилась Ю. Тимошенко і які врешті змогли створити коаліцію. На президентських виборах 2010 р. В. Януковичу вдалося взяти реванш та виграти другий тур у лідерки проєвропейських сил та чинної на той момент прем’єр-міністерки Ю. Тимошенко. Парламентські вибори 2012 р. виграла Партія регіонів, яка сформувала більшість з Комуністичною партією України. Однак не можна оминути того факту, що більшість голосів виборців все-таки здобули проєвропейські сили, але загалом програли через результати в одномандатних мажоритарних округах з однотуровою системою, де домінувала фактично найпопулярніша на той момент політична сила (Партія регіонів), що разом з

низкою безпартійних кандидатів в округах змогла переломити загальну ситуацію на свій бік.

Справжнім ударом по лівих силах стали події зими 2013-2014 рр., що увійшли в історію як «Революція гідності», а також анексія Криму та початок війни на Сході України. Другий Майдан став переломним моментом для лівиці в Україні, адже після нього проросійські, а особливо прорадянські, політичні сили остаточно поступилися націонал-демократичному табору. На президентських виборах 2014 р. абсолютну більшість голосів уже в першому турі здобув представник проєвропейських сил П. Порошенко, що стало проявом значної політико-ідеологічної консолідації українського суспільства після перемоги Майдану та в умовах війни на Донбасі, що розпочала Російська Федерація. На цих президентських виборах не виявилося жодного конкурентоспроможного лівого кандидата. Зовнішня агресія значно вплинула на популярність лівої ідеології в суспільстві, адже українці більше почали консолідуватися навколо демократичних, національних та європейських цінностей, а частина проросійських виборців переглянула свої погляди. Також через анексію Криму та окупацію частини Донбасу поза електоральною картою опинилась значна кількість проросійського електорату, в тому числі етнічних росіян. Лівий полюс певною мірою маргіналізувався і фактично зник з легітимного політичного поля України. Російська агресія поставила під сумнів правомірність проросійської моделі розвитку в очах більшості громадян, знищивши легітимність проросійського проєкту в Україні.

На парламентських виборах того ж року вперше з часів здобуття Україною незалежності в 1991 р. в парламент не пройшли комуністи. Комуністична партія України набрала 3,88% голосів виборців, чого не вистачило, аби подолати п’ятивідсотковий прохідний бар’єр, що можна схарактеризувати як ідеологічну капітуляцію радикальної лівиці, розрив вагомої частини суспільства з радянською політичною моделлю та з радянською ідентичністю. Партія регіонів розпалась, а замість неї, розташовуючись фактично на тій самій позиції на політичному спектрі та граючи на тому самому електоральному полі, участь брав новостворений Опозиційний блок, що був єдиною проросійською партією та політичною силою лівого спектра, яка пройшла в постмайданний склад Верховної Ради. При цьому проросійськість Опозиційного блоку не була відкритою, адже неможливо було вже підтримувати Росію після агресії проти України. Так, партія позиціонувала себе як євроскептичну, критикувала воєнну мобілізацію та мовну політику влади, робила сильний акцент на соціальній політиці та намагалась також охопити електорат комуністів. Також серед політичних сил, що пройшли до Верховної Ради, не можна не відзначити доволі ліві ідеї в економіці, що охоплюють акцент на соціальній сфері та значному втручанні держави в ринкові відносини, в «Радикальній партії» Олега Ляшка, яка хоч і була однією «майданівських» сил, але відзначалась радикалізмом та популізмом у політиці.

Президентські вибори 2019 р. виявили кризу як лівого політичного спектра, так і націонал-демократичного й патріотичного політичного полюса, адже перемогу в другому турі з рекордним відривом здобув В. Зеленський – кандидат,

що мав слабку ідеологічну ідентифікацію, відмовився від чітких програмних позицій і свідомо розмивав свою ідеологічну платформу, будував кампанію на антиполітичному популізмі та уникав конкретики щодо ключових питань, що роз'єднували суспільство. Згодом ця стратегія допомогла його політичній силі взяти монобільшість на парламентських виборах того ж року. Більша частина залишків проросійського електорату консолідувалася навколо Ю. Бойка та «Опозиційної платформи – За життя», що не мали особливого потенціалу для зростання рейтингів та реальної можливості повернутися на авансцену української політики. Сформувавшись та закоренівшись як лівий ідеологічний полюс, політична сила пропонувала мир з агресором ціною поступок, федералізацію, захист російської мови та національних меншин, військовий нейтралітет, геополітичний євроскептицизм та орієнтацію на Москву.

Повномасштабне російське вторгнення у лютому 2022 р. фактично знищило лівий політичний спектр в Україні, прибрало ліву ідею з політичного дискурсу, в тому числі завдяки декомунізації та заборонам на політичну діяльність низки політичних сил ще з 2014 р. На сьогодні заборонено діяльність понад 20 політичних партій, серед яких «Опозиційна платформа – За життя», «Опозиційний блок», Комуністична партія України, «Соціалістична партія України», «Соціалісти», «Ліва опозиція», «Прогресивна соціалістична партія України», Партія регіонів, «Союз лівих сил», «Держава» та багато інших проросійських політичних сил, що в більшій чи меншій мірі представляли радикальну лівицю [2, 3].

Таким чином, очевидним стає криза лівої ідеології в сучасній Україні, що поступово втрачала свою популярність з кінця минулого століття до сьогодні внаслідок низки подій, серед яких старіння лівого електорату та демографічна зміна поколінь, економічне зростання, демократизація, війна тощо. Ліві політичні сили, що програмно спиралися на марксистські чи неомарксистські засади, часто не слідували на практиці своїй декларованій ідеології. І хоча протягом XXI ст. в Україні прихильниками лівих політичних ідей були в основному громадяни пенсійного віку, які ностальгували за СРСР, прогнозуємо, що все-таки певний електоральний потенціал у найближчому майбутньому матимуть прогресивні, помірковані ліві, які стоятимуть на соціал-демократичних і проєвропейських засадах подальшого розвитку нашої держави, оскільки цей ідеологічний запит суспільства залишається незадоволеним сьогодні. Імовірно, серед прихильників лівоцентристських ідеологічних доктрин буде чимало молодого електорату, який є прибічником ідеалів рівності в суспільстві та соціальної справедливості.

Список використаних джерел

1. Акт проголошення незалежності України : Постанова Верховної Ради України ; Акт від 24.08.1991 № 1427-XII. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1427-12#Text

2. Про засудження комуністичного та націонал-соціалістичного (нацистського) тоталітарних режимів в Україні та заборону пропаганди їхньої

символіки : Закон України від 09.04.2015 № 317-VIII. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/317-19#Text
3. Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 18 березня 2022 року «Щодо призупинення діяльності окремих політичних партій» : Указ Президента України від 19.03.2022 № 153/2022. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/153/2022#Text
4. Щодо справи за скаргою на рішення, дії та бездіяльність Центральної виборчої комісії по встановленню результатів повторного голосування з виборів Президента України 21 листопада 2004 року : Рішення Верховного Суду України від 03.12.2004. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/n0090700-04#Text

REDEFINING WESTERN SECURITY: EURO-ATLANTIC ARCHITECTURE AND GLOBAL ORDER IN FLUX

Gurami Liluashvili
Master of International Relations
Caucasus International University

Abstract. The contemporary global order is undergoing a profound structural transformation, characterized by the resurgence of great power competition and the fragmentation of the rules-based international system. At the epicenter of this shift lies the Euro-Atlantic security architecture, which is forced to redefine its strategic posture in response to emerging geopolitical realities. This paper examines the ongoing evolution of Western security mechanisms, focusing primarily on NATO's strategic adaptation, the shifting balance of power in Eastern Europe, and the dual challenges of conventional deterrence and hybrid warfare. By analyzing recent geopolitical shifts, the study argues that the preservation of Euro-Atlantic stability requires a transition from crisis management to comprehensive, long-term collective deterrence.

For decades, the Euro-Atlantic security framework provided the foundational bedrock of stability in the Western hemisphere. Established in the aftermath of World War II and consolidated after the collapse of the Soviet Union, this system relied heavily on the institutional strength of NATO and the normative dominance of liberal democratic values. However, the modern geopolitical landscape is no longer defined by the post-Cold War consensus. "The unilateral revisionism of major global powers, coupled with the erosion of traditional arms control treaties, has catalyzed a transition toward a multipolar or fragmented global order." (Mearsheimer, 2019) Consequently, the Euro-Atlantic architecture faces an existential need for structural and conceptual redefinition.

The Erosion of the Rules-Based International Order. The transformation of global security cannot be understood without assessing the systemic decline of the established international order. The traditional rules-based framework, anchored by international law and multilateral institutions, is increasingly challenged by state actors seeking to redefine regional spheres of influence. In the Euro-Atlantic space, this challenge manifests as a direct threat to the sovereignty of border states and the territorial

integrity of European nations. „The shift from cooperative security to overt confrontation has effectively neutralized previous diplomatic mechanisms, necessitating a rapid return to hard-power calculations and regional containment strategies.“ (Allison, 2020)

NATO's Strategic Evolution: From Crisis Management to Forward Deterrence. In response to these tectonic shifts, the North Atlantic Alliance has initiated its most significant strategic realignment since the Cold War. For nearly two decades, NATO’s operational focus was directed toward out-of-area crisis management and counter-terrorism interventions. Today, the priority has decisively reverted to Article 5 obligations-collective defense and forward deterrence. The reinforcement of the Alliance’s eastern flank, the integration of new member states, and the implementation of high-readiness operational models demonstrate a systemic pivot. „Western security architecture is moving away from reactive diplomacy toward a posture of permanent readiness, designed to deny potential adversaries any opportunity for territorial or political destabilization.“ ((NATO), 2022)

Hybrid Threats and the Broadening of the Security Horizon. Modern Euro-Atlantic security is no longer confined to conventional military dimensions. „The current global order is heavily impacted by hybrid warfare strategies, including cyber operations, disinformation campaigns, critical infrastructure sabotage, and weaponized economic interdependence.“ (Stent, 2024) These non-linear threats are deliberately designed to exploit the asymmetric vulnerabilities of open democratic societies without triggering traditional military responses. Therefore, redefining Western security requires a holistic approach that integrates civil resilience, technological superiority, and robust public-private coordination alongside conventional defense capabilities.

The Euro-Atlantic security architecture stands at a critical historical juncture. As the modern global order transitions into a phase of heightened volatility and competitive multipolarity, traditional assumptions regarding Western security must be fundamentally updated. The ongoing transformation demonstrates that institutional resilience is achieved not through static defense, but through dynamic adaptation. To safeguard the future of the Euro-Atlantic community, democratic nations must sustain political cohesion, invest heavily in advanced multi-domain capabilities, and reinforce a unified strategic front against both conventional and hybrid revisionism.

Keywords: Global Order, Euro-Atlantic Security, NATO, Geopolitics, Deterrence, Strategic Transformation.

References

1. (NATO), N. A. (2022). NATO 2022 Strategic Concept. Brussels: NATO Public Diplomacy Division.
2. Allison, G. (2020). The New Geopolitics of Great Power Competition. New York: Council on Foreign Relations / Foreign Affairs Journal.
3. Mearsheimer, J. J. (2019). Bound to Fail: The Rise and Fall of the Liberal International Order. Cambridge: MIT Press / International Security Journal.
4. Stent, A. (2024). The Transformation of European Security. London: International Institute for Strategic Studies / Routledge.

SECTION: PSYCHOLOGY

ВПЛИВ СОЦІАЛЬНИХ МЕРЕЖ НА ПСИХІЧНЕ ЗДОРОВ'Я ПІДЛІТКІВ У ПЕРІОД ВІЙНИ

Яновська Тамара Анатоліївна
к. психол. н., доцент
Полтавський національний педагогічний
університет імені В. Г. Короленка, Україна

У сучасному інформаційному суспільстві соціальні мережі набули статусу невід'ємної складової повсякденного життя підлітків. Вони виконують важливі функції комунікації, обміну інформацією, самовираження та підтримання соціальних зв'язків. Завдяки соціальним мережам підлітки мають можливість підтримувати контакти з однолітками, обговорювати актуальні події, ділитися власними думками та отримувати емоційну підтримку. У багатьох випадках саме онлайн-середовище стає одним із основних просторів соціальної взаємодії, де формується уявлення про себе, власні можливості та місце в соціумі. Водночас постійна взаємодія з цифровим середовищем може впливати на емоційний стан підлітків, оскільки інформаційний простір соціальних мереж містить значну кількість стимулів, які здатні викликати різноманітні емоційні переживання та впливати на психологічне благополуччя молоді [5, С. 46].

Особливості підліткового віку зумовлюють підвищену чутливість до впливу соціального середовища та оцінок з боку інших людей. У цей період відбувається активне становлення особистості, формування самооцінки, розвиток самосвідомості та пошук власної ідентичності. Підлітки значною мірою орієнтуються на думку однолітків, прагнуть соціального визнання та підтримки, що робить їх особливо вразливими до зовнішніх соціальних впливів. Саме тому соціальні мережі, які виступають важливим каналом комунікації та взаємодії, можуть відігравати суттєву роль у формуванні емоційного стану та психологічного благополуччя підлітків. Дослідження показують, що інтенсивна взаємодія із соціальними мережами може впливати на самооцінку, емоційний стан та загальне психологічне самопочуття молоді [1, С. 63]. Умови війни значно посилюють психологічне навантаження на дітей та підлітків, оскільки вони змушені адаптуватися до нових соціальних і життєвих обставин. Воєнні події супроводжуються почуттям небезпеки, невизначеністю майбутнього, інформаційним тиском та переживанням емоційно складних подій. У таких умовах психічний стан підлітків стає більш вразливим, що може проявлятися у підвищенні рівня тривожності, страху, емоційної напруженості та інших негативних переживань. Дослідження свідчать, що воєнні події здатні суттєво впливати на психічний стан дітей і підлітків, формуючи стійке емоційне

напруження та потребу в соціальній підтримці [3, С. 12]. У цьому контексті соціальні мережі можуть виконувати подвійні функції. З одного боку, вони виступають важливим джерелом інформації про події та засобом підтримання соціальних контактів у складних умовах. З іншого боку, постійне перебування в інформаційному просторі, що містить новини про війну, емоційно насичений контент та різноманітні реакції користувачів, може посилювати емоційне напруження та впливати на психічний стан підлітків. Саме тому дослідження впливу соціальних мереж на психічне здоров'я підлітків у період війни є важливим для розуміння особливостей їхньої психологічної адаптації до сучасних соціальних умов.

Психічне здоров'я є важливою складовою розвитку особистості, оскільки воно визначає здатність людини адаптуватися до умов соціального середовища, регулювати власні емоційні стани та підтримувати ефективну взаємодію з іншими людьми. У психологічній науці психічне здоров'я розглядається як стан емоційного благополуччя, що забезпечує гармонійне функціонування особистості та її здатність до повноцінної життєдіяльності. Стабільність психічного стану значною мірою залежить від умов соціального середовища, у якому перебуває людина, а також від характеру соціальних взаємин та інформаційного впливу, з яким вона стикається у повсякденному житті. Особливої ваги проблема психічного здоров'я набуває у підлітковому віці, який характеризується значними психологічними змінами та активним формуванням особистості. У цей період відбувається розвиток самосвідомості, становлення системи цінностей, формування самооцінки та пошук власної ідентичності. Підлітки значною мірою орієнтуються на соціальне середовище, думку однолітків і реакції інших людей, що робить їх більш чутливими до зовнішніх соціальних впливів. Як зазначає І. Дубровіна, саме в підлітковому віці соціальне середовище відіграє важливу роль у формуванні психологічного благополуччя, оскільки воно впливає на емоційний стан, самооцінку та характер соціальної взаємодії молоді [4, С. 58]. У сучасному суспільстві значна частина соціальної взаємодії підлітків переміщується у цифровий простір. Соціальні мережі стали одним із найбільш поширених середовищ спілкування молоді, де відбувається обмін інформацією, самопрезентація і формування соціальних контактів. Вони дозволяють підтримувати комунікацію з однолітками, ділитися власними думками та брати участь у різноманітних соціальних спільнотах. Саме тому соціальні мережі поступово набувають важливого значення у житті підлітків і стають одним із чинників, що може впливати на їхній емоційний стан та психологічне самопочуття. В. Клименко зазначає, що активне використання соціальних мереж здатне позначатися на емоційному стані молоді та формуванні їхніх переживань у процесі соціальної взаємодії [5, С. 49]. Інтенсивність впливу соціальних мереж на підлітків зумовлена не лише частотою їх використання, а й тим, що саме в цьому середовищі значною мірою відбувається емоційне й соціальне самовизначення молодої людини. Соціальні мережі створюють простір, у якому підліток постійно співвідносить себе з іншими, отримує зворотний зв'язок, оцінює власну привабливість, успішність і соціальну

значущість. Така взаємодія може мати як підтримувальний, так і дестабілізувальний характер. З одного боку, онлайн-комунікація дає можливість відчувати причетність до групи, підтримувати контакти та зменшувати переживання соціальної ізоляції. З іншого боку, постійна включеність у простір оцінок, порівнянь і публічної самопрезентації здатна посилювати емоційну напругу, невпевненість у собі та внутрішню залежність від схвалення з боку інших. О. Гречановська, О. Мегем і Л. Потапюк підкреслюють, що взаємодія в соціальних мережах може впливати на самооцінку та психологічний стан молоді, тоді як Л. Березовська звертає увагу на зв'язок активності в соціальних мережах із рівнем психологічного благополуччя особистості [1, С. 65; 2, С. 30]. Вразливість підлітків до такого впливу посилюється тим, що соціальні мережі не лише відображають соціальну реальність, а й конструюють її в особливий спосіб. Інформація в них подається швидко, фрагментарно, емоційно насичено, а це підвищує інтенсивність переживань, ускладнює їх усвідомлення та опрацювання. Підліток опиняється в ситуації постійного контакту з великим обсягом повідомлень, образів, коментарів і реакцій, які можуть змінювати його емоційний стан навіть без безпосереднього особистого досвіду події. Саме тому вплив соціальних мереж на психічне здоров'я не зводиться лише до проблеми тривалості перебування онлайн. Більш суттєвим є те, що цифрове середовище втручається у процеси емоційної регуляції, соціального порівняння та формування ставлення до себе. У цьому сенсі соціальні мережі стають не просто засобом комунікації, а чинником, що бере участь у формуванні внутрішнього психологічного стану підлітка [5, С. 50]. В умовах війни цей вплив набуває ще більшої складності, оскільки соціальні мережі стають для підлітків одним із головних каналів отримання інформації про події, засобом підтримання зв'язку з близькими та простором колективного переживання тривожного досвіду. Саме через них підлітки дізнаються про небезпеку, руйнування, втрати, переміщення людей, реакції суспільства на воєнні події. Водночас постійний контакт із таким контентом може посилювати емоційне виснаження, тривогу, страх і відчуття нестабільності. П. Горностай зазначає, що психологічні наслідки війни для дітей і підлітків пов'язані не лише з безпосереднім переживанням загрозливих подій, а й із тривалим перебуванням у стані напруженого очікування, невизначеності та емоційного перевантаження [3, С. 14]. За таких умов соціальні мережі починають виконувати суперечливу функцію: вони можуть підтримувати відчуття зв'язку з іншими людьми та давати доступ до підтримки, але водночас здатні посилювати психічне напруження через безперервне включення підлітка в травматизований інформаційний простір. У такій ситуації соціальні мережі стають не лише каналом отримання інформації, а й простором, у якому підлітки переживають та осмислюють події, що відбуваються навколо. Через онлайн-комунікацію вони обговорюють новини, діляться власними переживаннями, шукають підтримку та намагаються зрозуміти зміни, які відбуваються в суспільстві. Для багатьох підлітків соціальні мережі виконують функцію психологічної компенсації, оскільки дозволяють підтримувати контакт з друзями, навіть у ситуаціях вимушеного переміщення або соціальної ізоляції. У такому значенні цифрове

середовище може виступати важливим ресурсом емоційної підтримки, що допомагає зменшувати відчуття самотності та сприяє збереженню соціальних зв'язків у складних умовах. Водночас постійна присутність у цифровому інформаційному просторі може посилювати емоційне навантаження, особливо тоді, коли контент соціальних мереж містить значну кількість тривожної або травматичної інформації. Підлітки часто стикаються з повідомленнями про воєнні події, фотографіями та відеоматеріалами, які викликають сильні емоційні реакції. Тривале перебування в такому інформаційному середовищі може сприяти зростанню рівня тривожності, емоційної напруженості та внутрішнього виснаження. Крім того, постійне порівняння власного досвіду з досвідом інших користувачів може посилювати переживання невпевненості або безпорадності. Саме тому, як зазначає Л. Березовська, вплив соціальних мереж на психічне здоров'я молоді має неоднозначний характер і залежить як від змісту інформації, так і від способів її сприйняття та індивідуальних психологічних особливостей користувачів [2, С. 32].

Аналіз впливу соціальних мереж на психічне здоров'я підлітків у період війни дозволяє розглядати цифрове середовище як важливий чинник сучасної соціалізації молоді, що набуває особливого значення в умовах тривалого суспільного напруження. Соціальні мережі не лише забезпечують можливості для підтримання комунікації та отримання емоційної підтримки, а й формують специфічний інформаційний простір, у якому підлітки переживають і осмислюють воєнні події. Поєднання інформаційної насиченості, емоційно напруженого контенту та високої соціальної значущості онлайн-взаємодії створює умови, за яких соціальні мережі можуть одночасно виконувати підтримувальну й дестабілізувальну функцію для психічного здоров'я підлітків. Це свідчить про необхідність урахування ролі цифрового інформаційного середовища в дослідженнях психологічної адаптації молоді та в розробленні підходів до підтримки психічного благополуччя підлітків у період воєнних викликів.

Список використаних джерел

1. Гречановська О. В., Мегем О. М., Потапюк Л. М. Вплив соціальних мереж на психологічний стан та самооцінку української молоді. Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Серія: Психологія. 2023. Т. 34 (73). № 4. С. 60-66.
2. Березовська Л. І. The impact of social networks on the individual's psychological well being. Вісник Національного університету оборони України. 2020. № 2 (55). С. 28-36.
3. Горностай П. П. Психологічні наслідки війни для дітей та підлітків. Психологія і особистість. 2022. № 2. С. 9-19.
4. Дубровіна І. В. Психологічні особливості підліткового віку та чинники впливу соціального середовища. Проблеми сучасної психології. 2018. № 2. С. 54-63.
5. Клименко В. В. Соціальні мережі як фактор формування емоційного стану молоді. Актуальні проблеми психології. 2021. Т. 14. № 3. С. 45-52.

ЖОҒАРЫ ОҚУ ОРНЫ ҚЫЗМЕТКЕРЛЕРІНІҢ ЭМОЦИОНАЛДЫҚ КҮЙЗЕЛУІНІҢ АЛДЫН АЛУДА ЖӘНЕ ПСИХОЭМОЦИЯЛЫҚ САРҚЫЛУДЫ ТӨМЕНДЕТУ ҮШІН АРТ-ТЕРАПИЯ ӘДІСТЕРІН ҚОЛДАНУ

Қаликанова Асель Мұхаметқалиевна
Психология магистрі, психолог
«ASTANA IT UNIVERSITY» ЖШС
Қазақстан Республикасы

Аңдатпа

Мақалада жоғары білім беру ұйым қызметкерлерін психологиялық сүйемелдеу жүйесінде арт-терапия әдістерін қолданудың мүмкіндіктері қарастырылады. Зерттеудің өзектілігі оқытушылар мен қызметкерлердің кәсіби қызметінің жоғары қарқындылығымен, психоэмоциялық жүктеменің артуымен, эмоционалдық күйзеліп сарқылудың алдын алу және университет қызметкерлерінің психологиялық денсаулығын сақтау қажеттілігімен айқындалады.

Мақалада арт-терапиялық технологияларға негізделген «Art-шеберхана: жағымсыз эмоциялардан арылу» атты психологиялық тренингті әзірлеу мен жүзеге асырудың теориялық негіздері және практикалық тәжірибесі ұсынылған.

Зерттеу барысында ғылыми әдебиеттерді теориялық талдау, психологиялық бағдарламаны жобалау, бақылау, рефлексиялық талдау және қатысушылардың кері байланысын сапалық бағалау әдістері қолданылды. Тренинг эмоциялық өзін-өзі реттеуді дамытуға, эмоционалдық күйлерді саналы түрде ұғынуға, ішкі күйзелістерді символдық түрде бейнелеуге, жағымсыз тәжірибені экстернализациялауға, тұлғалық ресурстарды дамытуға және топішілік өзара әрекеттестікті нығайтуға бағытталған жаттығулар кешенін қамтиды.

Бағдарламаны іске асыру нәтижелері қатысушылардың психоэмоциялық шиеленісінің субъективті деңгейінің төмендегенін, эмоционалдық күйдің жоғарлағанын, эмоциялық өзін-өзі реттеу дағдыларының жетілгенін және ұжымдағы оңды психологиялық ахуалдың нығайғанын көрсетті.

Зерттеудің практикалық маңыздылығы әзірленген тренингтер жоғары оқу орындарының психологиялық қызметтерінің жұмысына кәсіби эмоционалдық күйзеліп сарқылудың алдын алудың тиімді құралы ретінде енгізу мүмкіндігімен анықталады.

Түйін сөздер: арт-терапия, эмоционалдық күйзелу, кәсіби стресс, университет қызметкерлері, психоэмоциялық сарқылу, эмоциялық өзін-өзі реттеу, психологиялық сүйемелдеу.

Кіріспе

Қазіргі жоғары білім беру жүйесі үздіксіз ұйымдастырушылық өзгерістер, білім беру үдерісінің цифрлық трансформациясы, оқыту сапасына, ғылыми-зерттеу қызметіне және әкімшілік басқарудың тиімділігіне қойылатын талаптардың артуы жағдайында дамып келеді. Кәсіби міндеттердің көлемінің ұлғаюы жоғары эмоциялық жүктememен, студенттермен, әріптестермен және басшылықпен тұрақты қарым-қатынас жасаудың қажеттілігімен қатар жүреді. Мұндай жағдайлар созылмалы кәсіби стресс пен эмоционалдық күйзеліп сарқылудың пайда болу қаупін едәуір арттырады.

Эмоционалдық күйзеліп сарқылу кәсіби стресс факторларының ұзақ уақыт әсер етуі нәтижесінде қалыптасатын кешенді психологиялық жағдай ретінде қарастырылады. Ол эмоциялық қажумен, кәсіби мотивацияның төмендеуімен, тұлғааралық қарым-қатынастардың бұзылуымен және кәсіби қызмет сапасының нашарлауымен сипатталады. Бұл құбылыстың салдары қызметкерлердің еңбек өнімділігіне ғана емес, сонымен қатар жалпы білім беру ұйымының психологиялық әл-ауқатына да кері әсер етеді.

Осыған байланысты университет қызметкерлерінің психикалық денсаулығын сақтауға бағытталған психологиялық профилактиканың тиімді бағдарламаларын әзірлеу қажеттілігі артып отыр. Осындай перспективалы бағыттардың бірі – арт-терапия әдістерін қолдану. Арт-терапия көркем шығармашылық арқылы адамның эмоциялық тәжірибесін қауіпсіз түрде білдіруге, ішкі психоэмоциялық сарқылуды төмендетуге, тұлғаның ішкі ресурстарын белсендіруге және эмоциялық өзін-өзі реттеу дағдыларын дамытуға мүмкіндік береді.

Мамандардың эмоционалдық сарқылуы мәселесіне арналған ғылыми зерттеулердің саны айтарлықтай көп болғанымен, жоғары оқу орындары қызметкерлеріне арналған тәжірибеге бағытталған профилактикалық бағдарламалар жеткілікті деңгейде әзірленбеген. Бұл жағдай ұсынылып отырған зерттеудің өзектілігін айқындайды.

Зерттеудің мақсаты – жоғары оқу орны қызметкерлерінің эмоционалдық күйзеліп сарқылуының алдын алуда және психоэмоциялық қобалжуды төмендетуде арт-терапия әдістерін қолданудың ғылыми негіздерін айқындау және олардың тиімділігін бағалау.

Қойылған мақсатқа жету үшін келесі міндеттер белгіленді:

1) жоғары білім беру ұйымдары қызметкерлерінің эмоционалдық сарқылуы мәселесіне қатысты заманауи ғылыми көзқарастарды талдау;

2) кәсіби стресстің алдын алу құралы ретінде арт-терапияның психологиялық мүмкіндіктерін айқындау;

3) арт-терапиялық технологияларды қолдануға негізделген психологиялық тренингті әзірлеу және тәжірибеде іске асыру;

4) әзірленген жұмысты қолданылу нәтижелеріне талдау жүргізу.

Зерттеудің ғылыми жаңалығы арт-терапия әдістерін, эмоциялық өзін-өзі реттеу тәсілдерін және топтық психологиялық қолдау элементтерін біріктіретін психологиялық, профилактикалық тренинг әзірленуімен сипатталады.

Зерттеудің практикалық маңыздылығы әзірленген тренингті білім беру ұйымдарының психологиялық қызметтері жұмысына, сондай-ақ, психологиялық денсаулықтарын сақтауға бағытталған корпоративтік бағдарламаларға енгізу мүмкіндігімен анықталады.

Зерттеудің теориялық негіздері

В. А. Бодровтың пікірінше, стресс факторларының ұзақ уақыт бойы әсер етуі тұлғаның бейімделу ресурстарының сарқылуына, еңбекке қабілеттілігінің төмендеуіне және кәсіби қызмет тиімділігінің әлсіреуіне алып келеді. Автор стрессті психологиялық бейімделу механизмдерін уақтылы дамытуды және алдын алу шараларын қажет ететін күрделі психологиялық үдеріс ретінде қарастырады [1, 12].

Эмоционалдық күйзеліп сарқылу тұжырымдамасы В. В. Бойконың еңбектерінде жан-жақты сипатталған. Ғалым эмоционалдық күйзеліп сарқылуды ұзақ уақытқа созылған эмоциялық шамадан тыс жүктеменің әсерінен қалыптасатын психологиялық қорғаныс механизмі ретінде анықтайды. Бұл құбылыс эмоциялық қажумен, кәсіби жетістіктердің төмендеуімен және кәсіби қарым-қатынастың деформациясымен көрініс табады [2, 24].

Э. Ф. Зеер маманның психологиялық денсаулығын кәсіби дамуы мен тұлғалық тұрақтылығының маңызды алғышарты ретінде қарастырады. Автордың пікірінше, эмоциялық өзін-өзі реттеу дағдыларын, стресске төзімділікті және тұлғалық ресурстарды дамыту мамандардың кәсіби ұзақ мерзімділігін қамтамасыз ететін негізгі факторлардың бірі болып табылады [3, 46].

Арт-терапияның теориялық негіздері А. И. Копытиннің ғылыми еңбектерінде кеңінен баяндалған. Ғалым көркем шығармашылықты тұлғаның ішкі тәжірибесін символдық түрде бейнелеудің ерекше формасы ретінде қарастырады. Бұл тәсіл адамның эмоционалдық күйлерін қауіпсіз түрде ұғынуға, бастан кешіруге және трансформациялауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, арт-терапия психологиялық қорғаныс механизмдерінің әлсіреуіне, рефлексияның дамуына және тұлғаның ішкі ресурстарының белсендірілуіне ықпал етеді [4, 56].

Л. Ф. Бурлачук қазіргі заманғы психотерапияның негізгі мақсаты тұлғаның ішкі әлеуетін ашу, эмоциялық реттеу қабілетін дамыту және адамның бейімделу мүмкіндіктерін арттыру екенін атап көрсетеді. Автор арт-терапиялық әдістерді арнайы көркемдік дайындықты қажет етпейтін, ересектерге психологиялық көмек көрсетудің экологиялық әрі тиімді тәсілі ретінде қарастырады [5, 76].

Осылайша, ғылыми әдебиеттерді талдау нәтижелері арт-терапиялық технологияларды қолдану білім беру саласы қызметкерлерінің эмоционалдық күйзеліп сарқылуының алдын алудың ғылыми тұрғыдан негізделген және тиімді тәсілі екенін көрсетеді. Арт-терапия эмоционалдық шиеленісті төмендетуге, эмоциялық өзін-өзі реттеу дағдыларын дамытуға, тұлғаның ішкі ресурстарын белсендіруге және психологиялық саулығын сақтауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, мұндай технологияларды жоғары оқу орындарының психологиялық сүйемелдеу жүйесіне енгізу қызметкерлердің кәсіби әл-ауқатын арттыруға және ұжымдағы қолайлы әлеуметтік-психологиялық ахуалды қалыптастыруға ықпал етеді.

Зерттеу материалдары мен әдістері

Зерттеудің практикалық бөлігі «ASTANA IT UNIVERSITY» ЖШС Психологиялық кеңес беру орталығының базасында жүзеге асырылды. Зерттеудің негізіне 2024–2025 және 2025–2026 оқу жылдары өткізілген «Art-шеберхана: жағымсыз эмоциялардан арылу» атты психологиялық тренингті ұйымдастыру және өткізу тәжірибесі негізінде алынды.

Тренингтің әдіснамалық негізін қатысудың еріктілігі, психологиялық қауіпсіздік, тұлғаны құрметтеу, қатысушылардың белсенділігі, құпиялылық және «қазір және осында» қағидаттары құрады.

Тренинг құрылымы өзара байланысты төрт кезеңнен тұрды.

Кіріспе кезеңде қатысушылар тренингтің мақсаттарымен, міндеттерімен және топтық жұмыс ережелерімен таныстырылды. Сонымен қатар, қарым-қатынастағы ресмилікті төмендетуге және сенімді психологиялық атмосфера қалыптастыруға бағытталған «Погондар» атты кіріспе жаттығуы өткізілген.

Қыздыру кезеңіне қатысушылардың эмоциялық шиеленісін төмендетуге, өзара байланыс орнатуға және олардың өзекті эмоциялық жағдайын анықтауға мүмкіндік беретін «Тренингтік есім» және «Қалыңыз қалай?» жаттығулары енгізілді.

Тренингтің негізгі бөлігі арт-терапиялық әдістер кешенінен тұрды. Қысқаша релаксациялық жаттығудан кейін қатысушылар «Менің сезімім» атты тапсырманы орындады. Бұл тапсырма барысында олар акварельмен сурет салу немесе сазбалшықпен жұмыс істеу арқылы өздерінің ағымдағы эмоциялық жағдайын бейнеледі.

Келесі кезеңде «Экстернализация» техникасы қолданылды. Аталған әдіс жағымсыз эмоциялық тәжірибені тұлғаның ішкі әлемінен символдық түрде бөліп шығарып, оны сыртқы объект ретінде қабылдауға негізделген. Кейін бұл образ трансформацияланып, қатысушылардың ішкі ресурстарын, психологиялық тұрақтылығын және жағымды эмоциялық жағдайын бейнелейтін жаңа символдық образ құрылды.

Тренингтің ерекшеліктерінің бірі арнайы рефлексиялық бланктің қолданылуы болды. Бұл құрал қатысушыларға өз эмоциялық жағдайларын жүйелі түрде талдауға, жағымсыз сезімдердің туындау себептерін анықтауға, қолда бар тұлғалық ресурстарын бағалауға және психологиялық тұрақтылықты нығайтудың нақты жолдарын белгілеуге мүмкіндік берді.

Қорытынды кезең топтық рефлексияны, алынған тәжірибені талқылауды, эмоциялық өзін-өзі қолдаудың жеке стратегияларын анықтауды және электрондық сауалнама арқылы анонимді кері байланыс жинауды қамтыды.

Зерттеу барысында ғылыми әдебиеттерді теориялық талдау, бақылау, рефлексиялық талдау, сапалық бағалау және қатысушылардың кері байланысын мазмұндық талдау әдістері қолданылды. Аталған әдістер арт-терапиялық тренингтің қатысушылардың психоэмоциялық жағдайына әсерін кешенді түрде бағалауға мүмкіндік берді.

Зерттеу нәтижелері

Тренингтер бойынша алынған кері байланысты талдау арт-терапиялық әдістерді университет қызметкерлерімен жұмыс барысында қолданудың жоғары психологиялық тиімділігін көрсетті.

Шығармашылық тапсырмаларды орындау барысында қатысушылар эмоциялық шиеленістің төмендегенін, ішкі жеңілдік сезімінің пайда болғанын және жинақталған тәжірибелерін қауіпсіз түрде білдіруге мүмкіндік алғанын атап өтті. Эмоцияны вербалды емес тәсілдер арқылы білдіру өздерінің ішкі күйін тереңірек ұғынуға және ішкі қарсылық деңгейін төмендетуге ықпал етті.

Экстернализация техникасы қатысушыларға жағымсыз тәжірибені өзгертуге және бақылауға болатын сыртқы объект ретінде қабылдауға мүмкіндік берді. Бұл өз кезегінде стресс тудыратын жағдайлардың субъективті маңыздылығын төмендетіп, жағдайды психологиялық тұрғыдан басқаруға болады деген сезімді қалыптастырды.

Топтық жұмыс форматы өзара қолдаудың дамуына, қызметкерлер арасындағы сенімді қарым-қатынастың нығаюына, әлеуметтік қашықтықтың азаюына және ұжым ішіндегі қолайлы психологиялық ахуалдың қалыптасуына ықпал етті. Тренинг соңында алынған қатысушылардың рефлексиясы бағдарлама мазмұнына, психологиялық қауіпсіздік атмосферасына, ұсынылған жаттығулардың практикалық пайдалығына және жекелеген техникаларды күнделікті кәсіби қызметте қолдану мүмкіндігіне оң баға берілгенін көрсетті.

Алынған нәтижелер арт-терапия саласындағы заманауи зерттеулермен сәйкес келеді және оның эмоционалдық күйзеліп сарқылудың алдын алуда, эмоциялық реттеуді дамытуда және мамандардың психологиялық денсаулығын сақтауда тиімді екенін растайды.

Әдебиеттер тізімі

1. Бодров В. А. – 528 б. Психологиялық стресс: дамуы және еңсерілуі. – Мәскеу: ПЕР СЭ, 2006.
2. Бойко В. В. 1999. Кәсіби қарым-қатынастағы эмоционалдық жану синдромы. – Санкт-Петербург: Сударыня, – 105 б.
3. Зеер Э. Ф. 2021. Тұлғаның кәсіби даму психологиясы. – Мәскеу: Академический проект, – 240 б.
4. Копытин А. И. 2002. Арт-терапияның теориясы мен практикасы. – Санкт-Петербург: Питер, – 368 б.
Бурлачук Л. Ф. 2020. Психотерапия. – Санкт-Петербург: Питер, – 496 б.

SECTION: TECHNICAL SCIENCES

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A CLOUD-BASED DATA MANAGEMENT SYSTEM

Elvin Muradov Ilham
Affiliation: Department of Information Technology
Research Area: Computer Science, Artificial Intelligence, and Cybersecurity

Abstract

The rapid growth of digital information has increased the need for flexible, secure, and scalable data management solutions. Traditional local data management systems often face limitations related to infrastructure cost, storage capacity, remote accessibility, maintenance, and backup reliability. In this context, cloud computing has become one of the most effective technological approaches for modern information systems. This article examines the design and implementation of a cloud-based data management system that enables centralized data storage, secure user access, efficient data retrieval, and scalable system performance. The study is based on theoretical analysis, system design principles, and a design-oriented research methodology. It discusses the main components of cloud-based architecture, including the presentation layer, application layer, database layer, and cloud infrastructure layer. The article also analyzes real cloud market indicators, showing the increasing global adoption of public cloud services and cloud database platforms. The findings indicate that cloud-based data management systems provide significant advantages in accessibility, scalability, backup capability, collaboration, and operational flexibility. However, successful implementation requires careful attention to security, cost control, access management, and system monitoring. The study concludes that a properly designed cloud-based data management system can improve organizational data handling processes and support the development of more reliable and efficient digital services.

Keywords: Cloud computing; Data management system; Cloud database; System architecture; Information security

INTRODUCTION

In the modern digital environment, data has become one of the most valuable assets for organizations, educational institutions, business enterprises, and public-sector agencies. The rapid growth of digital services, online transactions, remote work, mobile applications, and large-scale information systems has increased the need for reliable, scalable, and secure data management solutions. Traditional local data storage and management models are often limited by high infrastructure costs, restricted scalability, maintenance difficulties, and limited accessibility. As a result, cloud computing has emerged as an effective technological approach for storing, processing, managing, and accessing data through internet-based services.

Cloud computing is generally defined as a model that provides convenient, on-demand network access to shared computing resources such as servers, storage, databases, applications, and services with minimal management effort (Mell & Grance, 2011). This model allows organizations to reduce dependency on physical infrastructure and use computing resources according to actual demand. According to Armbrust et al. (2010), cloud computing offers important advantages such as elasticity, resource pooling, pay-as-you-go pricing, and improved service availability. These characteristics make cloud-based systems especially suitable for modern data management, where flexibility, continuous access, and efficient resource utilization are essential.

A cloud-based data management system enables users to store, retrieve, update, and organize data through a centralized online platform. Such systems can improve data accessibility, support real-time collaboration, simplify backup and recovery processes, and provide better integration with other digital services. In addition, cloud platforms support different service models, including Infrastructure as a Service, Platform as a Service, and Software as a Service, which provide flexible options for system development and deployment (Mell & Grance, 2011). These service models allow developers and organizations to select the most appropriate architecture based on cost, performance, security, and functional requirements.

The relevance of cloud-based data management has increased significantly in recent years due to the expansion of digital transformation and the growing demand for remote access to information. Gartner (2024) forecasted that worldwide end-user spending on public cloud services would reach $723.4 billion in 2025, which demonstrates the increasing global reliance on cloud technologies. This trend shows that cloud computing is no longer only an optional technological solution but has become a core component of modern information systems. Therefore, the design and implementation of a cloud-based data management system is an important research topic within computer science and information technology.

The main problem addressed in this study is the need for an efficient, accessible, and scalable system for managing data in a cloud environment. Many organizations still face challenges related to fragmented data storage, limited access control, weak backup mechanisms, and difficulties in system maintenance. A properly designed cloud-based data management system can help overcome these limitations by providing centralized data storage, user authentication, secure access, database integration, and reliable system performance.

The main purpose of this study is to design and implement a cloud-based data management system that supports efficient data storage, retrieval, organization, and management. The study focuses on system architecture, database structure, user access mechanisms, cloud deployment, and basic security considerations. The research also aims to evaluate how cloud technologies can improve the flexibility, availability, and efficiency of data management processes.

The significance of this study lies in its practical contribution to the development of modern information systems. By implementing a cloud-based data management system, organizations can reduce infrastructure limitations, improve data accessibility,

and support more efficient decision-making processes. Moreover, the study contributes to the academic understanding of how cloud computing principles can be applied in the design of functional and scalable data management solutions. Thus, this research is relevant both from a theoretical and practical perspective within the field of computer science.

THEORETICAL BACKGROUND

Cloud-based data management is one of the central directions in modern computer science because contemporary information systems increasingly depend on flexible, scalable, and continuously accessible data infrastructures. In traditional data management models, data is usually stored and processed on local servers or institutional computers. Although such systems may provide direct control over infrastructure, they often create limitations related to storage capacity, hardware maintenance, system availability, backup reliability, and remote accessibility. Cloud computing provides an alternative model by allowing computing resources such as storage, databases, applications, and servers to be accessed through network-based services.

According to Mell and Grance (2011), cloud computing is a model that enables convenient, on-demand network access to shared configurable computing resources, including networks, servers, storage, applications, and services. This definition is important because it identifies cloud computing not simply as online storage, but as a complete service model based on resource sharing, elasticity, scalability, and rapid provisioning. NIST also explains that the cloud model includes five essential characteristics, three service models, and four deployment models, which form the theoretical foundation of cloud-based system design.

The five essential characteristics of cloud computing are on-demand self-service, broad network access, resource pooling, rapid elasticity, and measured service. On-demand self-service allows users to access computing resources without direct human interaction with the service provider. Broad network access means that cloud services can be reached through standard network mechanisms from different devices. Resource pooling enables the provider to serve multiple users through shared physical and virtual resources. Rapid elasticity allows resources to expand or decrease according to demand, while measured service provides monitoring and control of resource usage (Mell & Grance, 2011). These characteristics are directly relevant to the design of a cloud-based data management system because such a system must be accessible, scalable, efficient, and manageable.

Cloud computing is commonly organized into three major service models: Infrastructure as a Service, Platform as a Service, and Software as a Service. Infrastructure as a Service provides virtualized computing resources such as servers, storage, and networking. Platform as a Service offers a development and deployment environment for building applications without managing the full infrastructure. Software as a Service delivers ready-to-use applications through the internet. In the context of this study, cloud-based data management can benefit from all three models, but Platform as a Service and Software as a Service are especially important because

they support database development, user access, application deployment, and system maintenance.

Another theoretical aspect of cloud computing is its deployment model. Public cloud, private cloud, hybrid cloud, and community cloud represent different ways of organizing access to cloud infrastructure. A public cloud is available to general users through a service provider, while a private cloud is used by a single organization. A hybrid cloud combines two or more cloud environments, and a community cloud is shared by organizations with common requirements. The choice of deployment model depends on data sensitivity, cost, performance, security, and organizational needs. For a data management system, the deployment model affects how data is stored, who can access it, and how security controls are implemented.

A cloud-based data management system is a software solution that enables users to create, store, update, retrieve, organize, and manage data through a cloud environment. The main theoretical components of such a system include database architecture, user authentication, access control, data processing, backup mechanisms, and system security. The database layer is responsible for storing structured or semi-structured data. The application layer manages user requests and system logic. The presentation layer provides the interface through which users interact with the system. These layers together create a functional architecture that supports data availability, usability, and reliability.

The scalability of cloud-based systems is one of their most important advantages. Armbrust et al. (2010) note that cloud computing allows computing resources to be used elastically, which means that systems can adapt to changing workloads more efficiently than traditional infrastructure. This is particularly important for data management systems because the number of users, volume of stored data, and frequency of database operations may increase over time. A well-designed cloud-based system should therefore support future growth without requiring complete reconstruction of the infrastructure.

Cloud-based data management also improves accessibility and collaboration. Since data is stored in a cloud environment, authorized users can access it from different locations and devices. This feature is especially useful for educational institutions, companies, research organizations, and administrative units where several users may need to work with the same data. However, accessibility must be balanced with security. User authentication, role-based access control, encrypted data transmission, backup procedures, and activity monitoring are important mechanisms for protecting cloud-based data systems.

Security is a major theoretical concern in cloud-based data management. Since data is stored outside local infrastructure, organizations must consider risks related to unauthorized access, data loss, privacy violations, service interruptions, and provider dependency. Therefore, the design of a cloud-based data management system should include security principles from the earliest stage of development. These principles include confidentiality, integrity, availability, authentication, authorization, and accountability. A secure system should ensure that only authorized users can access

data, that information is not modified without permission, and that data remains available when needed.

Buyya et al. (2009) describe cloud computing as a utility-oriented model that provides computing resources through service-based architecture and market-oriented resource allocation. This view is significant because it shows that cloud computing is not only a technical infrastructure but also an economic and organizational model for delivering IT services. For a cloud-based data management system, this means that efficiency, cost-effectiveness, flexibility, and service quality must be considered together during system design.

Thus, the theoretical foundation of this study is based on the relationship between cloud computing principles and data management requirements. The system to be designed should not only store information but also provide structured access, secure user management, scalability, backup support, and reliable performance. From a computer science perspective, the topic combines several important areas: database systems, web technologies, cloud architecture, software engineering, information security, and system evaluation.

RESEARCH METHODS

This study uses an applied design-oriented research methodology because its main purpose is not only to analyze cloud-based data management theoretically, but also to design and implement a functional system. The research follows the logic of Design Science Research, which is widely used in information systems and computer science studies. According to Hevner et al. (2004), design science focuses on the creation and evaluation of an artifact that solves a clearly identified problem. In this research, the artifact is a cloud-based data management system designed to support data storage, retrieval, updating, user access, and system administration.

The research process consists of several interconnected stages: problem identification, requirements analysis, system design, database design, implementation, testing, and evaluation. Each stage has a specific function within the study. Problem identification defines the limitations of traditional or poorly organized data management systems. Requirements analysis determines what the system must do. System design explains the architecture of the proposed solution. Implementation transforms the design into a working application. Testing checks whether the system operates correctly, while evaluation determines whether the developed solution meets the research objectives.

The first method used in the study is literature analysis. This method is applied to examine existing theoretical and technical sources related to cloud computing, data management systems, database architecture, software development, and system security. The literature analysis helps to identify the main concepts, models, and principles that guide the development of the proposed system. It also provides a scientific basis for selecting the cloud-based approach instead of a traditional local data management model.

The second method is requirements analysis. At this stage, the functional and non-functional requirements of the system are determined. Functional requirements describe what the system should do. These include user registration, user login, data

entry, data editing, data deletion, data search, data listing, and administrator control. Non-functional requirements describe how the system should perform. These include system reliability, security, usability, scalability, response time, data backup, and accessibility. Requirements analysis is necessary because a system cannot be successfully designed without a clear understanding of user needs and technical expectations.

The third method is system modeling. In this stage, the structure and behavior of the cloud-based data management system are planned before implementation. The system architecture is designed according to a layered model consisting of the presentation layer, application layer, database layer, and cloud infrastructure layer. The presentation layer provides the user interface. The application layer manages business logic and user requests. The database layer stores and organizes information. The cloud infrastructure layer supports hosting, storage, deployment, and remote access. This model helps to make the system organized, maintainable, and scalable.

The fourth method is database design. Since the main purpose of the research is data management, database structure plays a central role in the study. The database design process includes identifying entities, defining attributes, establishing relationships, setting primary and foreign keys, and organizing tables in a logical structure. The database must support accurate data storage, fast retrieval, data consistency, and secure access. Depending on the system requirements, a relational database model may be used because it provides structured data organization and supports reliable query operations.

The fifth method is system implementation. During implementation, the designed architecture is transformed into a working cloud-based application. The system may be developed using web technologies for the user interface, a server-side programming environment for application logic, a database management system for data storage, and a cloud platform for hosting and deployment. The implementation stage focuses on creating core functions such as authentication, data input, data update, data search, data deletion, and administrative management.

The sixth method is testing. Testing is used to determine whether the developed system works correctly and meets the defined requirements. Functional testing checks whether each system function performs its intended task. Usability testing evaluates whether the system is understandable and convenient for users. Security testing examines basic protection mechanisms such as login control and access restrictions. Performance testing checks whether the system responds effectively during data operations. Testing is important because even a well-designed system may contain errors that can affect reliability and user experience.

The seventh method is evaluation. Evaluation is conducted to measure the effectiveness of the implemented cloud-based data management system. The system is evaluated according to several criteria: functionality, accessibility, scalability, security, usability, and data management efficiency. Functionality shows whether the system performs all required operations. Accessibility shows whether users can access the system through the cloud environment. Scalability shows whether the system can support future expansion. Security shows whether access to data is properly controlled.

Usability shows whether users can work with the system easily. Data management efficiency shows whether data can be stored, retrieved, and updated accurately.

The research also uses a comparative analytical approach. This approach compares traditional local data management with cloud-based data management. The comparison is based on several indicators such as accessibility, maintenance cost, scalability, backup capability, data availability, and system flexibility. This method helps to show the practical advantages of the proposed cloud-based solution and explains why cloud architecture is suitable for modern data management systems.

The expected result of the research is a functional cloud-based data management system that demonstrates how cloud computing principles can be applied to solve practical data management problems. The methodology is appropriate for this study because it combines theoretical analysis with practical system development. As a result, the research contributes both to academic understanding and to the practical implementation of cloud-based information systems.

ANALYSIS AND DISCUSSION

The analysis of the study shows that the design and implementation of a cloud-based data management system is not only a technical solution, but also a strategic requirement for modern organizations. The rapid growth of digital data, the expansion of remote access, the increasing need for system scalability, and the demand for secure information management make cloud-based systems more effective than traditional local infrastructure. According to NIST, cloud computing provides on-demand network access to shared configurable computing resources such as servers, storage, applications, and services, and these resources can be rapidly provisioned with minimal management effort (Mell & Grance, 2011). This theoretical definition directly supports the main idea of the proposed system: data should be accessible, scalable, centrally managed, and securely controlled in a cloud environment.

Real market data also confirms the relevance of cloud-based data management systems. Gartner forecasted that worldwide end-user spending on public cloud services would increase from $595.7 billion in 2024 to $723.4 billion in 2025. This means that the global public cloud market was expected to grow by approximately 21.5% in one year. Such growth demonstrates that organizations are increasingly replacing traditional IT infrastructure with cloud-based platforms, especially for data storage, application deployment, database management, and digital service delivery.

Table 1 Worldwide Public Cloud Services Spending Forecast, 2024–2025

Cloud service category	2024 spending, million USD	2025 spending, million USD	Growth rate
Cloud Application Infrastructure Services, PaaS	171,565	208,644	21.6%
Cloud Application Services, SaaS	250,804	299,071	19.2%
Cloud Desktop-as-a-Service, DaaS	3,466	3,849	11.1%
Cloud System Infrastructure Services, IaaS	169,818	211,856	24.8%
Total public cloud market	595,652	723,421	21.5%

Source: Adapted from Gartner public cloud spending forecast, 2024–2025.

The data in Table 1 shows that all major cloud service categories were expected to grow in 2025. The highest growth rate belongs to Infrastructure as a Service with 24.8%. This is important for the present research because IaaS provides the fundamental infrastructure layer for hosting databases, applications, storage services, and virtual machines. Platform as a Service also shows strong growth of 21.6%, which is directly relevant to the development of cloud-based data management systems because PaaS environments simplify application development, database integration, deployment, and system maintenance. Therefore, the market data supports the technical choice of using cloud infrastructure and platform services for the proposed system.

Another important finding is related to database management systems. Gartner reported that the worldwide DBMS market reached $119.7 billion in 2024, with cloud database platform spending accounting for 64% of the market and on-premises spending accounting for 36%. This shows that cloud-based database platforms have already become dominant in the database management sector.

Table 2 Database Management System Market Structure, 2024

Indicator	Real data
Total worldwide DBMS market size	$119.7 billion
DBMS market growth in 2024	13.4%
Cloud DBMS share	64%
On-premises DBMS share	36%
Nonrelational DBMS growth	22.7%
Relational DBMS growth	10.8%

Source: Adapted from Gartner DBMS market share report, 2024.

The results in Table 2 are highly significant for this study. Since cloud DBMS platforms represent 64% of the global DBMS market, the implementation of a cloud-based data management system is consistent with the current direction of database technology development. The data also shows that nonrelational DBMS grew faster than relational DBMS. This indicates that modern systems increasingly require flexible data structures, scalability, and support for diverse data formats. However, relational database systems remain important because they provide structured data organization, strong consistency, and reliable query mechanisms. Therefore, the proposed system can be designed using a relational database model for structured institutional data, while future versions may include nonrelational components for unstructured or semi-structured data.

The analysis also shows that cloud adoption is not limited to a single-cloud model. Flexera’s 2024 State of the Cloud Report, based on responses from 753 IT professionals and executive leaders, found that 89% of organizations used a multi-cloud strategy, while 73% used a hybrid cloud model. This means that most organizations do not rely on only one cloud environment; instead, they combine different platforms to improve flexibility, reliability, disaster recovery, and service continuity.

Table 3 Cloud Adoption and Management Trends

Indicator	Real data
Organizations using multi-cloud	89%
Organizations using hybrid cloud	73%
Organizations using multiple public clouds	14%
Organizations using multiple private clouds	2%
Organizations using multi-cloud security tools	58%
Organizations using FinOps cost optimization tools	49%

Source: Adapted from Flexera 2024 State of the Cloud Report.

The data in Table 3 shows that cloud-based system design should not be limited to simple online storage. A modern cloud-based data management system should be prepared for integration, portability, monitoring, and security across different cloud environments. The high rate of multi-cloud adoption also proves that cloud systems must be designed with flexibility in mind. For the proposed system, this means that the architecture should avoid unnecessary dependency on only one provider-specific technology. The database, authentication, backup, and deployment layers should be designed in a way that allows future migration or integration with other platforms.

However, cloud adoption also creates challenges. According to Flexera, managing cloud spending was the top cloud challenge for organizations, reported by 84% of respondents. Security was reported by 81%, and lack of cloud expertise by 78%. These results show that cloud-based systems must be designed not only for functionality, but also for cost control, access security, and administrative simplicity.

Table 4 Main Challenges in Cloud-Based System Implementation

Cloud challenge	Share of organizations reporting it	Relevance to the proposed system
Managing cloud spending	84%	The system should use optimized storage, controlled resource allocation, and monitoring mechanisms.
Security	81%	The system should include authentication, authorization, role-based access, and secure data transfer.
Lack of cloud expertise	78%	The interface and administration panel should be simple, documented, and easy to manage.
Data integration between clouds	45%	The system should be designed with future integration and migration possibilities.
Disaster recovery/failover between clouds	49%	Backup and recovery mechanisms should be included in the system design.

Source: Adapted from Flexera 2024 State of the Cloud Report.

The findings in Table 4 demonstrate that the success of a cloud-based data management system depends on both technical and managerial factors. If the system is only functional but expensive to operate, difficult to manage, or weak in security, it cannot be considered successful. Therefore, the proposed system should include practical design principles such as user authentication, role-based access control, regular backup, database normalization, system logging, and resource monitoring.

From the system design perspective, the proposed cloud-based data management system should be based on a layered architecture. The presentation layer provides the user interface; the application layer manages user requests and business logic; the database layer stores and organizes data; and the cloud infrastructure layer provides hosting, storage, scalability, and availability. This structure makes the system more maintainable, because each layer has a specific function. It also improves scalability, since the database and application components can be expanded separately when the number of users or the amount of data increases.

Table 5 Analytical Evaluation of the Proposed Cloud-Based Data Management System

Evaluation criterion	Traditional local data management	Cloud-based data management system
Accessibility	Usually limited to local network or specific devices	Accessible through internet-based services from different locations
Scalability	Requires physical hardware expansion	Resources can be expanded according to demand
Maintenance	Requires local technical support and hardware management	Maintenance can be simplified through cloud services
Backup and recovery	Depends on local backup discipline	Can support automated backup and disaster recovery
Cost structure	High initial hardware and setup costs	More flexible operational cost model
Security control	Direct infrastructure control, but often limited monitoring	Requires strong authentication, encryption, access control, and monitoring
Collaboration	Limited unless additional systems are used	Supports multi-user and remote collaboration more effectively

The comparison in Table 5 shows that cloud-based data management provides clear advantages in accessibility, scalability, backup, collaboration, and infrastructure flexibility. At the same time, it requires serious attention to security and cost management. Therefore, the discussion confirms that the cloud model is suitable for the proposed system, but only if it is implemented with proper architectural planning and security controls.

The real data used in this analysis supports three important conclusions. First, cloud computing is growing rapidly and has become a dominant model for modern IT infrastructure. Second, database management is increasingly moving toward cloud platforms, as cloud DBMS spending now exceeds on-premises DBMS spending. Third, organizations are facing practical challenges related to cloud cost, security, expertise, integration, and recovery. These conclusions show that the design and implementation of a cloud-based data management system is both scientifically relevant and practically necessary.

CONCLUSION

This study examined the design and implementation of a cloud-based data management system from theoretical, methodological, and analytical perspectives. The research showed that cloud computing provides an effective technological foundation for modern data management because it supports scalability, accessibility, resource

optimization, remote collaboration, and centralized system administration. Unlike traditional local data management systems, cloud-based systems are more flexible and better suited to the needs of organizations that work with growing volumes of digital information.

The analysis of real market data confirmed the relevance of the research topic. Gartner's forecast showed that worldwide public cloud spending was expected to increase from $595.7 billion in 2024 to $723.4 billion in 2025, representing 21.5% annual growth. In addition, Gartner's DBMS market data showed that cloud database platform spending accounted for 64% of the global DBMS market in 2024, while on-premises spending accounted for 36%. These indicators prove that cloud-based database and data management technologies are no longer secondary alternatives; they have become the main direction of modern information system development. The study also found that the successful implementation of a cloud-based data management system requires more than technical deployment. Flexera's 2024 report showed that the main cloud challenges for organizations are managing cloud spending, security, and lack of cloud expertise. This means that a well-designed cloud-based system must include not only database and application functions, but also access control, backup planning, monitoring, cost optimization, and user-friendly administration mechanisms.

Based on the analysis, the proposed cloud-based data management system should be developed according to the following principles: layered architecture, secure user authentication, role-based access control, reliable database structure, cloud-based backup, scalable deployment, and simple user interaction. These principles can improve data availability, reduce infrastructure limitations, and support more efficient data management processes.

The main scientific result of the study is that cloud-based data management can be considered an effective model for organizations that need flexible, secure, and scalable information systems. The practical result is that the proposed system can help users store, search, update, and manage data through a centralized cloud environment. Such a system may be especially useful for educational institutions, small and medium-sized enterprises, administrative units, and organizations that require remote access to structured data.

In conclusion, the design and implementation of a cloud-based data management system is a relevant and necessary direction in computer science. The research confirms that cloud technologies provide strong opportunities for improving data management, but their successful application depends on correct system architecture, security planning, cost control, and continuous evaluation. Future research may focus on integrating artificial intelligence, advanced analytics, automated anomaly detection, and multi-cloud data synchronization into the system in order to increase its functionality and long-term effectiveness.

References

1. Abadi, D. J. (2009). Data management in the cloud: Limitations and opportunities. IEEE Data Engineering Bulletin, 32(1), 3–12.
2. Amazon Web Services. (n.d.). What is Amazon Relational Database Service? AWS Documentation.
3. Armbrust, M., Fox, A., Griffith, R., Joseph, A. D., Katz, R. H., Konwinski, A., Lee, G., Patterson, D. A., Rabkin, A., Stoica, I., & Zaharia, M. (2010). A view of cloud computing. Communications of the ACM, 53(4), 50–58. DOI: 10.1145/1721654.1721672
4. Buyya, R., Srirama, S. N., Casale, G., Calheiros, R., Simmhan, Y., Varghese, B., Gelenbe, E., Javadi, B., Vaquero, L. M., Netto, M. A. S., Toosi, A. N., Rodriguez, M. A., Llorente, I. M., Vimercati, S. D. C., Samarati, P., Milojicic, D., Varela, C., Bahsoon, R., Assuncao, M. D., Rana, O., Zhou, W., Jin, H., Gentzsch, W., Zomaya, A., & Shen, H. (2019). A manifesto for future generation cloud computing: Research directions for the next decade. ACM Computing Surveys, 51(5), Article 105. DOI: 10.1145/3241737
5. Buyya, R., Yeo, C. S., & Venugopal, S. (2009). Cloud computing and emerging IT platforms: Vision, hype, and reality for delivering computing as the 5th utility. Future Generation Computer Systems, 25(6), 599–616. DOI: 10.1016/j.future.2008.12.001
6. Erl, T., Puttini, R., & Mahmood, Z. (2013). Cloud computing: Concepts, technology & architecture. Prentice Hall.
7. Flexera. (2024). Flexera 2024 State of the Cloud Report. Flexera.
8. Gartner. (2024). Gartner forecasts worldwide public cloud end-user spending to total $723 billion in 2025. Gartner.
9. Gartner. (2025). Market share: Database management systems, worldwide, 2024. Gartner.
10. Hashizume, K., Rosado, D. G., Fernández-Medina, E., & Fernandez, E. B. (2013). An analysis of security issues for cloud computing. Journal of Internet Services and Applications, 4, Article 5. DOI: 10.1186/1869-0238-4-5
11. Hevner, A. R., March, S. T., Park, J., & Ram, S. (2004). Design science in information systems research. MIS Quarterly, 28(1), 75–105.
12. Liu, F., Tong, J., Mao, J., Bohn, R., Messina, J., Badger, L., & Leaf, D. (2011). NIST cloud computing reference architecture (Special Publication 500-292). National Institute of Standards and Technology.
13. Marinescu, D. C. (2018). Cloud computing: Theory and practice (2nd ed.). Morgan Kaufmann.
14. Mell, P., & Grance, T. (2011). The NIST definition of cloud computing (Special Publication 800-145). National Institute of Standards and Technology.
15. Vaquero, L. M., Rodero-Merino, L., Cáceres, J., & Lindner, M. (2009). A break in the clouds: Towards a cloud definition. ACM SIGCOMM Computer Communication Review, 39(1), 50–55. DOI: 10.1145/1496091.1496100

МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ В УПРАВЛІННІ ПРОЕКТАМИ ТА ПРОГРАМАМИ

Олех Т.М.
к.т.н., доцент
Кафедра вищої математики та моделювання систем
Національний університет “Одеська політехніка”, Україна

Анотація. У статті розглянуто ключові математичні методи, що застосовуються в управлінні проектами та програмами. Проаналізовано методи мережевого планування, управління вартістю та ризиками. Наведено відповідні математичні моделі та формули, які дозволяють оптимізувати процеси реалізації проектів.

Ключові слова: управління проектами, мережеве планування, критичний шлях, аналіз освоєного обсягу, управління ризиками.

1. Вступ

Управління проектами та програмами є однією з найбільш динамічних дисциплін сучасного менеджменту. Відповідно до стандарту PMI PMBOK, проект — це тимчасове підприємство, яке має на меті створення унікального продукту, послуги або результату [1]. Програма, своєю чергою, — це група взаємопов'язаних проектів, що управляються скоординовано для отримання переваг і контролю, недосяжних при управлінні ними окремо [2].

Математичний апарат в управлінні проектами охоплює методи дослідження операцій, теорію графів, теорію ймовірностей та математичну статистику. Застосування цих методів дозволяє підвищити ефективність планування, контролю та прийняття рішень протягом усього життєвого циклу проекту [3].

2. Методи мережевого планування

Одним із фундаментальних інструментів планування в управлінні проектами є метод критичного шляху (CPM — Critical Path Method). Мережева модель проекту описується орієнтованим графом G = (V,E), де V — множина вершин (подій або робіт), E — множина дуг (залежностей між роботами) [4].

Ранній початок кожної роботи визначається за формулою:

$$ES(j) = \max \{ ES(i) + d(i,j) \} \quad \text{для всіх } (i,j) \in E, \tag{1}$$

де ES(j) — ранній початок роботи j, d(i,j) — тривалість роботи (i,j).

Пізнє закінчення роботи визначається зворотним проходом:

$$LF(i) = \min \{ LF(j) - d(i,j) \} \quad \text{для всіх } (i,j) \in E, \tag{2}$$

Резерв часу роботи (Total Float) розраховується як:

$$TF(i,j) = LF(j) - ES(i) - d(i,j), \tag{3}$$

Роботи, для яких TF(i,j) = 0, утворюють критичний шлях проекту. Загальна тривалість проекту T визначається як довжина критичного шляху в мережевому графіку [5].

У методі PERT (Program Evaluation and Review Technique) тривалість кожної роботи розглядається як випадкова величина. Очікувана тривалість роботи обчислюється за формулою трьох оцінок:

$$te = (a + 4m + b) / 6, \quad (4)$$

де a — оптимістична оцінка, b — песимістична оцінка, m — найбільш ймовірна оцінка тривалості роботи. Дисперсія тривалості роботи: $\sigma^2=((b – a)/6)^2$ [4].

3. Аналіз освоєного обсягу (EVM)

Метод освоєного обсягу (Earned Value Management, EVM) є стандартним підходом до інтегрованого контролю вартості та строків виконання проекту, регламентованим стандартом ANSI/EIA-748 [6]. Три базові показники EVM:

– PV (Planned Value) — запланований обсяг робіт у вартісному виразі;

– EV (Earned Value) — освоєний обсяг (фактично виконаний обсяг у вартісному виразі);

– AC (Actual Cost) — фактичні витрати на виконаний обсяг.

На основі цих показників розраховуються відхилення та індекси ефективності:

$$CV = EV – AC \quad \text{(відхилення за вартістю)}, \quad (5)$$

$$SV = EV – PV \quad \text{(відхилення за строками)}, \quad (6)$$

$$CPI = EV / AC \quad \text{(індекс виконання вартості)}, \quad (7)$$

$$SPI = EV / PV \quad \text{(індекс виконання строків)}. \quad (8)$$

Прогнозна вартість завершення проекту (EAC — Estimate at Completion) за умови збереження поточної ефективності:

$$EAC = BAC / CPI, \quad (9)$$

де BAC (Budget at Completion) — затверджений бюджет проекту. Показник $CPI<1$ свідчить про перевитрату бюджету, $SPI<1$ — про відставання від графіку [7].

4. Кількісний аналіз ризиків проекту

Кількісний аналіз ризиків базується на теорії ймовірностей. Очікуване значення ризикової події (EMV — Expected Monetary Value) розраховується як:

$$EMV=P\times I, \quad (10)$$

де P — ймовірність настання ризику ($0\le P\le 1$), I — вплив ризику на вартість проекту. Для портфелю незалежних ризиків загальний резерв на непередбачені витрати:

$$R = \Sigma(k=1 \text{ до } n)\ EMVk = \Sigma(k=1 \text{ до } n)\ Pk \times Ik, \quad (11)$$

Метод Монте-Карло застосовується для моделювання результатів проекту при невизначеності вхідних параметрів. Для кожного параметру xi задається функція розподілу Fi(xi), після чого проводиться N ітерацій генерування випадкових значень та розрахунку результуючого показника $Y = f(x1, x2, ..., xn)$. Довірчий інтервал для очікуваного значення Y зі статистичною точністю ε:

$$\varepsilon = t(\alpha) \times \sigma(Y) / \sqrt{N}, \quad (12)$$

де $t(\alpha)$ — квантиль розподілу Стьюдента для рівня значущості α, $\sigma(Y)$ — середньоквадратичне відхилення результуючого показника, N — кількість ітерацій [8].

5. Висновки

Застосування математичних методів в управлінні проектами та програмами дозволяє суттєво підвищити точність планування та ефективність реалізації

проектів. Метод критичного шляху та PERT забезпечують оптимальну організацію робіт у часі. Аналіз освоєного обсягу надає комплексну картину стану проекту за вартістю та строками. Кількісний аналіз ризиків, включаючи метод Монте-Карло, дозволяє обґрунтовано формувати резерви та вибирати стратегії реагування на ризики.

Інтеграція зазначених методів у єдину систему управління проектами та програмами відповідно до сучасних стандартів PMI, ISO 21500 та P2M формує надійну методологічну основу для успішної реалізації складних ініціатив.

References

1. Project Management Institute. (2021). A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® Guide) (7th ed.).
2. Project Management Institute. (2017). The standard for program management (4th ed.).
3. Бушуєв, С. Д., & Бушуєва, Н. С. (2010). Управління проектами та програмами розвитку організацій. Саміт-Книга.
4. Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2015). Introduction to operations research (10th ed.). McGraw-Hill.
5. Electronic Industries Alliance. (2019). ANSI/EIA-748-C: Earned value management systems.
6. Fleming, Q. W., & Koppelman, J. M. (2010). Earned value project management (4th ed.). Project Management Institute.
7. Vose, D. (2008). Risk analysis: A quantitative guide (3rd ed.). John Wiley & Sons.

THEORETICAL BACKGROUND FOR CREATING A PHYSICAL MODEL OF THE PROCESS OF INTERACTION OF A PLASTIC ENVIRONMENT UNDER CONDITIONS OF ASYMMETRIC LOADING ACCORDING TO THE LENGTH OF THE DEFORMATION ZONE

Sergey Melentyev
Valery Chigirinsky
Rudny Industrial University, Rudny, Kazakhstan

Abstract

The article discusses the theoretical prerequisites for developing a physical model of the process of interaction between a plastic medium in a deformation focus during multidirectional metal flow.

Keywords: physical model, rolling, deformation zone, multidirectional metal flow, contact stresses

At the current stage of science development, the scientific problem is considered from two sides: on the one hand, the physical part of the problem is posed and solved, and on the other hand, the theoretical part is considered. Moreover, the literature raises the question of whether it is possible to use the theoretical part to predict the result related to the physical direction of the problem. Obviously, this is not possible. The theory should model processes that have been previously studied from a physical perspective. Therefore, a physical model should be developed before creating a mathematical model. In this study, based on literature and experimental data, a physical model with counter-directed metal flow in a single deformation zone is presented. It turns out that the zones of plastic flow in the longitudinal direction have different loading conditions, causing force and deformation asymmetry in the zone of plastic shaping. This leads to their interaction, which fundamentally changes the production process itself.

Figure 1 shows the experimental data on the distribution of contact stresses during a simple rolling process [1]. The peculiarity of these diagrams is the asymmetry in the distribution of contact stresses along the length of the deformation zone. As the loading progresses, the peak of the maximum values shifts towards the exit of the metal from the deformation zone. Moreover, the curves of the diagrams at the entrance and exit have different configurations. At the exit, the leading zone has convex curves, while at the entrance to the deformation zone, the trailing zone has curves with a deflection. Furthermore, the greater the shape factor, the greater the deflection of the diagrams. The lower part of the diagrams of normal stresses shows the diagrams of tangential stresses, which also have variable values along the deformation zone.

From the figure, it can be seen that the specific friction forces have a two-zone deformation zone, with a clear orientation towards different sizes along the length of the shaping zone. The coefficient of friction, which is considered the main force characteristic in theoretical studies, is also a variable value along the zone of plastic flow. In general, the contact stresses are determined by the shape factor. The greater the shape factor, the greater the contact stresses.

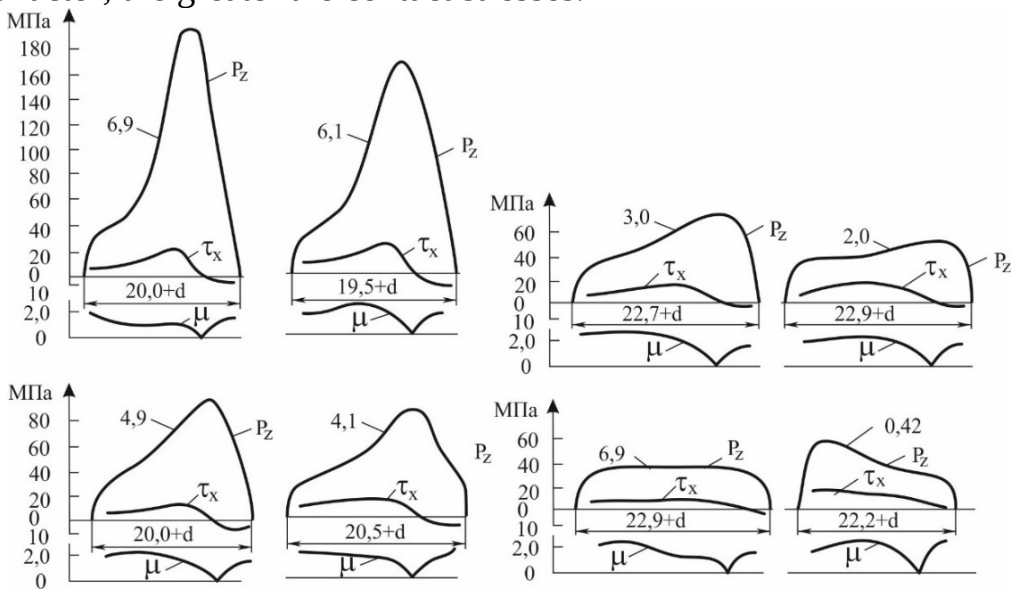

Figure 1 - Experimental data on contact stress distribution in a simple rolling case, depending on the shape factor

From the analysis of the experimental data on the distribution of contact stresses in a simple rolling process, depending on the shape factor, as shown in Figure 1, it can be seen that there is a sufficient amount of so-called reduced asymmetry in the deformation zone, which can be a determining factor in the force interaction. In this case, it is interesting to study the differentially loaded zones of lagging and leading, their influence, and their interaction in a single deformation zone.

This asymmetry in the distribution of stresses is based on a specific physical model of the process, characterized by the interaction of zones of multidirectional flow of metal. In the lagging zone, as shown in Figure 2, there are pushing contact forces of normal pressure px and pulling friction forces τx, which are directed in opposite directions, causing longitudinal tensile stresses in the plastic medium.

In the leading zone, these forces are co-directed and act against the rolling direction (Figure 2). In the first case, there is a decrease in the stress state of the strip, while in the second case, there is an increase in the influence of the pushing contact forces in the leading zone. As the reduction in thickness increases (decreasing the grip of the rolls), the pushing force increases, which increases the tensile component. This increases the interaction between the zones and reduces the influence of the pushing contact friction forces in this part of the deformation zone [2]. This leads to an increase in the deflection of the normal stress curves (decreasing the contact stresses).

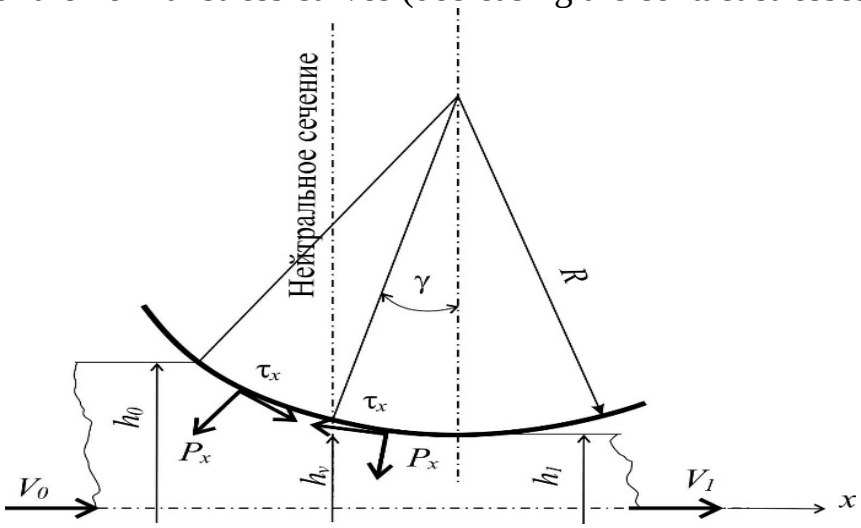

Figure 2 - Force characteristics of a single deformation center during rolling

These features of the stress state in the lag zone are of a fundamental nature. They reflect a contradictory process associated with an increase in compression, while reducing the load in this area. The effect of such plastic shaping is also confirmed in experimental plots, Figure 1, when higher values of the shape factor correspond to a greater deflection of the contact normal stress plots.

The force parameters of the considered physical model of the process, in the limit, can affect the gripping ability of the rolls and the process of loss of rolling stability with a steady deformation focus. This is the process of the strip slipping in a single deformation area. It should be noted that such a process is analyzed in the literature, for example in [2], and it appears that there is no plastic deformation with a concave diagram of normal contact stresses along the entire length of the compression zone, with a single-zone deformation focus for tangential stresses. At the same time, it should

be borne in mind that at the present stage of the development of rolling theory, confirmed by experimental data [3], stable rolling is possible with a single-color deformation focus with negative advance.

It follows that a single-zone deformation focus, determined by a tangential stress plot, cannot be an estimated criterion for the loss of stability of the rolling process. In this case, attention should be paid to the contact normal stresses, the concavity of the length distribution diagram or its absence. Obviously, the loss of stability of the rolling process will be identified when there is a deflection of the normal stress diagram along the entire length of the plastic shaping zone, and tangential stresses form a single-zone deformation focus.

After characterizing the physical model in the deformation focus, it is of interest to analytically evaluate the effect of the interaction of lag and advance zones on the stress state parameters under various modes. To identify the effects of the interaction of zones, it is necessary to refer to the analysis of quantitative process data obtained on the basis of theoretical studies for the presented physical model of the deformation focus.

Conclusion

Figure 1 shows that when rolling thick strips, the concavity of the plot gradually forms in the lag zone. This concavity is enhanced by rolling medium and thin strips. The explanation presented in Figure 2 shows that this is possible due to the appearance of tensile stresses in the metal caused by the influence of differently directed forces of pushing and pushing along the deformation focus. This force factor of interaction in the deformation focus with a multidirectional flow of metal is crucial in the physical problem.

This research was funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant № AP23488953).

References

1. Klimenko P.L. (2007). Contact stresses during rolling. Dnepropetrovsk: Porogi.
2. Tselikov A.I. (1962). Theory of calculating forces in rolling mills. M.: Metallurgizdat.
3. Grudev A.P. (1998). The exciting ability of rolling rolls. M.: SP Intermet Engineering.

ОПТИМІЗАЦІЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ЕКСТРУДЕРІВ ЗАСОБАМИ ПАРАМЕТРИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТА АДИТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Гонта Дмитро
викладач-стажист
Кафедра агроінженерії
Уманський національний університет, Україна

Вступ. Сучасний етап розвитку світового агропромислового комплексу супроводжується незворотним переходом до ресурсозберігаючих та максимально екологічно безпечних технологій. У контексті глобального

дефіциту енергоресурсів та посилення вимог до вуглецевого сліду виробництва, оптимізація переробного обладнання стає критичною вимогою часу. Одним із найбільш енергоємних, але водночас найважливіших технологічних процесів у галузі переробки сільськогосподарської продукції є екструзія. Процес являє собою комплексну термомеханічну обробку сировини, яка може включати зернові культури, бобові, відходи переробки соняшнику або іншу рослинну біомасу. Під впливом високого тиску, тертя, зсувних деформацій та підвищення температури сировина перетворюється на гомогенізований продукт із заданими властивостями. Екструзія масово застосовується для виробництва високопоживних комбікормів з підвищеною засвоюваністю, паливних пелет, брикетів, а також отримала широке застосування у харчовій промисловості.

Головним виконавчим та основним робочим органом екструзійного обладнання є шнековий механізм. Традиційний інженерний підхід до конструювання екструзійних шнеків передбачає використання суцільнометалевих масивних заготовок, які проходять тривалий етап токарно-фрезерної обробки з великим відсотком відходів металу. Такий консервативний підхід має необхідність в забезпечені гарантованого високого опору значним крутним та радіальним навантаженням, що виникають під час пресування щільної маси. З точки зору сучасної механіки суцільних середовищ та теорії міцності, така монолітна геометрія є вкрай неефективною та неоптимальною. Значна частина металевого масиву, особливо в центральному ядрі вала, практично не бере участі у сприйнятті корисного навантаження. Еквівалентні напруження в цих зонах є мінімальними, що свідчить про невиправдане збільшення загальної маси вузла. Масивна монолітна деталь генерує колосальний момент інерції під час обертання. Це технологічно вимагає використання потужніших електродвигунів, призводить до генерації високих пускових струмів, підвищеного зносу редукторної групи, перевантаження підшипникових вузлів та, як наслідок, до систематичного перевитрат електроенергії протягом усього життєвого циклу машини.

Метою даної роботи є розробка фундаментальної методології просторової оптимізації екструзійних шнекових робочих органів шляхом глибокої інтеграції інструментів параметричного комп’ютерного моделювання, алгоритмів топологічної оптимізації та новітніх технологій адитивного виробництва для швидкого інженерного прототипування та перевірки збираності модульних комплексів.

Параметризація полягає у тому, що геометрія деталі описується не жорстко заданими статичними цифровими розмірами, а гнучкою системою логічних взаємозв'язків та керованих змінних у спеціальній таблиці параметрів. Незалежними ключовими параметрами виступають: зовнішній максимальний діаметр витка, діаметр внутрішнього несучого вала, крок гвинтової лінії у зоні завантаження сировини, крок гвинтової лінії у зоні стиснення та пластифікації, глибина міжвиткової канавки, а також товщина гребеня витка.

Такий підхід гарантує, що при зміні фізико-механічних властивостей агросировини інженеру достатньо змінити лише кілька числових значень у головній таблиці параметрів проектування. Наприклад, при переході технологічної

лінії з переробки сухої пшениці на переробку вологої соєвої макухи, яка вимагає іншого ступеня компресії та іншої конфігурації витків, система автоматично перебудує всю тривимірну структуру деталі. При цьому зберігається повна історія побудови без необхідності повторного створення ескізів з нуля. Це багаторазово прискорює етап проектування та дозволяє створювати цілі бібліотеки робочих органів для модульних агрокомплексів за мінімальний проміжок часу.

Для коректної та реалістичної роботи солвера було задано суворі фізичні граничні умови. Зокрема, у віртуальному середовищі імітувалося жорстке просторове закріплення хвостовиків шнека в зоні розміщення підшипникових опор з обмеженням усіх ступенів свободи, окрім обертання навколо головної осі. На робочі площини витків було прикладено вектори експлуатаційних зусиль: номінальний крутний момент від розрахункового приводу та радіальний тиск опору екструдованої маси. Цей тиск виникає внаслідок інтенсивного тертя та стиснення продукту під час його просування до формуючої матриці.

Підбір матеріалу для 3D-друку є одним із головних факторів успіху інженерного прототипування. Базові та поширені пластики, такі як полілактид (PLA) або акрилонітрилбутадієнстирол (АБС), не підходять при створені масивних робочих органів. Полілактид є крихким матеріалом і має вкрай низьку температуру розм'якшення, це призводить до його деформації вже при незначному нагріванні від тертя. Акрилонітрилбутадієнстирол, у свою чергу, має високий коефіцієнт термоусадки при охолодженні, що неминуче призводить до викривлення геометрії великогабаритних деталей, відриву від платформи та внутрішнього розшарування під час тривалого друку.

Оптимальним та найбільш збалансованим інженерним вибором став поліетилентерефталатгліколь (PETG). Даний полімер вдало поєднує в собі легкість й передбачуваність друку полілактиду, а також високі міцнісні характеристики. Демонструє гарну міжшарову адгезію, стійкість до ударних навантажень й непогану хімічну інертність. Процес підготовки керуючого коду для принтера вимагає тонкого налаштування швидкісних та температурних режимів слайсера через особливості матеріалу та під специфічну форму шнека.

Комп'ютерний аналіз та випробування прототипу показали зміни в механіці роботи деталі у порівнянні з класичним аналогом. В традиційному монолітному шнеку максимальна концентрація руйнівних напружень спостерігається виключно в локальній зоні біля основи кореня витка, тоді як величезна маса внутрішнього металу залишається баластною вагою. У синтезованій алгоритмом біонічній моделі відбувається інтелектуальний перерозподіл зусиль. Так внутрішні напруження рівномірно розподіляються по тонких, математично вивірених внутрішніх ребрах жорсткості, що утворюють міцний каркас всередині робочого органу. Незважаючи на цілком очікуване незначне зростання показників напружень у найтонших перерізах моделі, вони гарантовано та з великим запасом залишаються у межах пружної зони деформації для поширених в агроінженерії конструкційних вуглецевих сталей. Це означає збереження необхідного високого коефіцієнта запасу міцності для тривалої та безпечної промислової експлуатації в умовах нерівномірних навантажень.

Відчутний інженерний ефект від впровадження такої інноваційної геометрії полягає у зниженні маси та моменту інерції обертових мас робочого органу. Такий фактор має позитивний каскадний вплив на всю електромеханічну кінематичну схему екструдера. Значно менша інерційність гарантує набагато швидший відгук системи на команди частотного перетворювача щодо зміни швидкості обертання, різке зниження надмірного тепловиділення на обмотках приводного електродвигуна під час частих запусків та зупинок комплексу. Також це забезпечує суттєве подовження експлуатаційного ресурсу дорогих упорних підшипників, які приймають на себе осьове навантаження від тиску сировини. Глибока порожниста структура вала, яка природним чином утворилася після видалення розвантажених елементів матеріалу, відкриває інженерам простір для інтеграції систем терморегуляції безпосередньо в тілі шнека. В утворені порожнини можна передбачити ізольовані канали для безперервної циркуляції охолоджувальної рідини. Контроль температури по всій довжині, дозволяє ефективно уникаючи термічної деградації білків та вітамінів у сільськогосподарській сировині.

Висновки. Проведене комплексне дослідження переконливо доводить, що традиційні консервативні методи проектування сільськогосподарської та переробної техніки практично повністю вичерпали свій потенціал щодо підвищення показників загальної енергоефективності машини. Глибока інтеграція інструментів параметричного комп'ютерного моделювання та передових алгоритмів топологічної оптимізації дозволяє здійснити якісний перехід від інтуїтивного емпіричного конструювання до суто математично та фізично обґрунтованого синтезу форм простору матеріалу. Отримані в результаті роботи алгоритмів біонічні профілі шнекових робочих органів екструдерів демонструють унікальну здатність витримувати необхідні високі технологічні навантаження при одночасному радикальному зменшенні об'єму витраченого матеріалу.

Використання адитивних технологій, доводить свою практичну ефективність як ефективний сучасний інструмент для швидкого та економічно вигідного просторового прототипування складної геометрії перед етапом її остаточного впровадження у масове виробництво. Реалізація запропонованої комплексної методології конструювання відкриває горизонти до створення екологічного, легкого та максимально енергоощадного модульного обладнання в сучаснму агропромислового сектору.

Список використаних джерел

1. Bendsøe, M. P., & Sigmund, O. (2003). Topology Optimization: Theory, Methods, and Applications. Springer.
2. Rauwendaal, C. (2014). Polymer Extrusion (5th ed.). Hanser Publications.
3. Gibson, I., Rosen, D., & Stucker, B. (2015). Additive Manufacturing Technologies: 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing. Springer.
4. Ali, M. S. A. B. M., Asyraf, M. R. M., et al. (2021). Critical review of FDM 3D printing of PLA biocomposites filled with biomass resources, characterization, and applicability. Applied Materials Today, 25, 101078. DOI: 10.1016/j.apmt.2021.101078.

ШВИДКІ ВЕЙВЛЕТ-ПЕРЕТВОРЕННЯ У ЗАДАЧАХ ПОТОКОВОЇ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ У ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

Солодка Валентина
к.т.н., доцент
Сабірянов Роман
магістр
Державний університет інтелектуальних технологій та зв'язку
Україна

Сучасний розвиток телекомунікаційних систем характеризується стрімким зростанням обсягів мультимедійного трафіку, зокрема відео високої та надвисокої чіткості. Передача таких даних у реальному часі висуває жорсткі вимоги не лише до пропускної здатності каналів зв'язку, а й до часу обробки інформації на вузлах кодування та декодування.

Традиційні методи стиснення та фільтрації на основі дискретного косинусного перетворення, які використовуються у більшості сучасних кодеків, при значному зниженні бітрейту створюють неприємний для ока блочний ефект. Ефективною альтернативою є двовимірне дискретне вейвлет-перетворення. [1,2]. Воно забезпечує плавне кодування без блочних артефактів завдяки аналізу зображення одночасно у просторовій та частотній областях.

Проте класичне обчислення вейвлетів вимагає значних процесорних ресурсів. Це створює затримки, які у телекомунікаціях провокують додаткові коливання часу доставки пакетів (джиттер) та порушують загальну синхронізацію передачі. Тому розробка методів швидких вейвлет-перетворень для обробки відео у реальному часі є вкрай актуальною задачею.

Стабільність роботи цифрових телекомунікаційних систем безпосередньо залежить від точності синхронізації тактових сигналів. Будь-які часові відхилення у передачі фронтів імпульсів призводять до виникнення паразитної фазової модуляції — швидких коливань фази (джиттера) або повільного дрейфу фази (вандера)[4,5].

При передачі потокових зображень, стиснутих за допомогою вейвлет-алгоритмів, виникає специфічний зв'язок між обчислювальною складністю кодування та фізичною нестабільністю зв'язку:

Фізичні чинники: Нестабільна робота генераторів частоти та міжсимвольна інтерференція у лініях зв'язку безпосередньо викривляють цифровий сигнал.

Алгоритмічні чинники: Якщо вейвлет-кодер витрачає різну кількість часу на обробку кадрів (залежно від динаміки та деталізації сцени), виникає нерівномірне надходження пакетів у мережу. Цей «системний джиттер» призводить до переповнення або спустошення буферів на регенераторах, викликаючи втрати пакетів та зростання коефіцієнта бітових помилок.

Для контролю цих явищ аналізують помилку часового інтервалу та будують глазкові діаграми. Оптимізація та прискорення самого алгоритму вейвлет-обробки дозволяє стабілізувати вихідний потік даних, усуваючи затримки буферизації.

Розглянемо, класичний метод до вейвлет-аналізу зображень передбачає застосування складних математичних фільтрів згортки до рядків та стовпців матриці пікселів[3]. Це вимагає виконання великої кількості операцій множення з плаваючою комою, що уповільнює процес обробки.

Для вирішення цієї проблеми у реальному часі використовують ліфтингову схему. Головна ідея ліфтингу полягає у заміні важких фільтрів згортки на послідовність простих кроків, які виконуються безпосередньо в оперативній пам'яті без створення додаткових копій масивів даних.

Загальний процес ліфтингового обчислення складається з трьох послідовних етапів:

Розщеплення - вихідний масив пікселів зображення розділяється на дві незалежні групи - парні та непарні елементи. Це дозволяє уникнути надмірності обчислень на наступних кроках.

Прогнозування - значення однієї групи пікселів використовуються для прогнозування значень іншої. Різниця між реальним та спрогнозованим значеннями формує деталізуючі (високочастотні) коефіцієнти, які описують контури, межі та дрібні деталі зображення.

Оновлення - на основі отриманих деталей коригується перша група пікселів. Це дозволяє отримати згладжену (низькочастотну) копію зображення зменшеного розміру із збереженням його загальної яскравості та структури.

Завдяки такій структурі ліфтинг потребує майже вдвічі менше математичних дій, ніж класична фільтрація, і відкриває широкі можливості для апаратного прискорення.

Щоб забезпечити обробку високороздільного відеосигналу без затримок у транспортному тракті, у роботі запропоновано три рівні оптимізації алгоритму швидкого вейвлет-перетворення:

- векторизація обчислень на рівні процесора - сучасні центральні процесори підтримують технології паралельної обробки даних в одному такті. Запропонований алгоритм перебудовує порядок операцій ліфтингу так, щоб процесор міг обчислювати прогноз та оновлення одночасно для цілої групи сусідніх пікселів, використовуючи векторні інструкції.

- плиткова організація пам'яті - при роботі з великими зображеннями стандартне послідовне зчитування рядків і стовпців призводить до постійного очікування даних із повільної оперативної пам'яті. Для подолання цього бар'єру зображення розбивається на невеликі квадратні плитки (тайли), які повністю вміщуються у надшвидку кеш-пам'ять процесора. Обробка вейвлетом виконується локально всередині кожної плитки з урахуванням спеціальних зон перекриття для збереження цілісності зображення на межах.

- конвеєрна реалізація на базі ПЛІС - для професійного телекомунікаційного обладнання розроблено архітектуру обчислювального модуля на програмованих

логічних інтегральних схемах (ПЛІС). Завдяки апаратному розділенню процесу ліфтингу на окремі конвеєрні кроки, система здатна обробляти пікселі потоком: новий піксель надходить на вхід модуля на кожному такті опорної частоти, що повністю ліквідує затримки перед відправкою даних у лінію зв'язку.

Для підтвердження ефективності запропонованих рішень було проведено тестування швидкості обробки кадрів формату Ultra HD (4K) на центральному (CPU) та графічному (GPU) процесорах.

Таблиця 1. Результати порівняння швидкодії

Алгоритм обробки	Час обробки кадру на CPU, мс	Час обробки кадру на GPU, мс	Продуктивність, кадрів/с
Класичний метод згортки	48.2	8.5	~117
Стандартний ліфтинговий метод	24.1	4.1	~244
Запропонований швидкий ліфтинг	11.8	1.9	~526

Аналіз результатів показує, що розроблений метод швидкого ліфтингу дозволяє обробити один кадр Ultra HD на центральному процесорі всього за 11,8 мс. Це значно менше критичної межі у 16,6 мс, необхідної для підтримки стандарту мовлення 60 кадрів/с у реальному часі.

На системному рівні використання прискореного кодування дозволило знизити амплітуду коливань часу передачі пакетів у каналі зв'язку майже до нуля. Це усунуло пакетний джиттер на приймальному боці, забезпечивши стабільне відтворення відео без розсинхронізації звуку та зображення.

Можемо зробити висновки роботи, по-перше визначено, що стабільність передачі відеопотоків у телекомунікаційних мережах безпосередньо пов'язана зі швидкістю алгоритмів кодування джерела. Оптимізація обчислень усуває затримки буферизації та запобігає виникненню джиттера на мережевому рівні. По друге розроблено прискорений метод двовимірного вейвлет-перетворення на базі ліфтингової схеми, адаптований під паралельні обчислення, векторизацію та блочну роботу з оперативною пам'яттю. Та на остане досягнуто скорочення часу обробки зображень надвисокої чіткості у 2 рази порівняно зі стандартними ліфтинговими алгоритмами. Це дозволяє безперешкодно інтегрувати вейвлет-кодування у сучасні телекомунікаційні системи реального часу.

Список використаних джерел

1. Mallat, S. (2018). A Wavelet Tour of Signal Processing: The Sparse Way (4th ed.). Academic Press.
2. Wang, J., & Chen, Y. (2021). Accelerated lifting-based 2D discrete wavelet transform on GPU for real-time video processing. Journal of Real-Time Image Processing, 18(4), 1105–1118. https://doi.org/10.1007/s11554-021-01103-y
3. Kovalyuk, O., & Semenyuk, V. (2023). High-throughput FPGA architecture for 2D discrete wavelet transform in ultra-HD telecommunication systems. International

Journal of Electronics and Communications, 162(2), 154–165. https://doi.org/10.1016/j.aeue.2023.154261
4. NVIDIA Developer. (2024). Parallel computing with CUDA for image filtering and wavelet transforms. NVIDIA Technical Library. https://developer.nvidia.com/cuda-wavelet-transforms
5. Makarov, D., & Petrenko, I. (2022). Minimizing transmission jitter in real-time multimedia networks using fast wavelet compression. IEEE Transactions on Multimedia, 24(8), 2841–2853. https://doi.org/10.1109/TMM.2022.3164902

SECTION: TOURISM AND HOTEL AND RESTAURANT BUSINESS

DOI 10.70286/ISU-15.07.2026.021

CROSS-BORDER DIGITAL PAYMENT INTEROPERABILITY AND SUSTAINABLE TOURISM: INSTITUTIONAL FRICTION IN CHINA–UZBEKISTAN TOURISM COOPERATION

Li Yang
PhD in Tourism and Hotel Activities
"Silk Road" International University of Tourism and Cultural Heritage
Samarkand City, Republic of Uzbekistan 140104, 17, University Boulevard

Abstract. The China – Uzbekistan visa-free agreement (1st June 2025) has increased China tourist arrivals by over 5 times to more than 250,000 in 2025 from 54,000 in 2024; however, the inability to use QR codes for mobile-payment at local merchants is a problem for most travellers. This paper will examine the institutional tension that underlies this disconnect using a policy transfer theory (Rose, 1993; Dolowitz & Marsh, 2000), institutional isomorphism (DiMaggio & Powell, 1983), and Digital Platform–Sustainability Governance (DPSG) framework (Li, 2026). The regulatory, technical, exchange-rate and cultural dimensions of the friction matrix are all built from policy documents and central-bank reports, yielding a four-dimensional friction matrix. Asymmetric access barriers, protocol incompatibility, dual-currency friction, and habit mismatch are analyzed and found to be the barriers to transferring China's mobile-payment model to Uzbekistan. The paper suggests an adaptive roadmap with three stages: regulatory sandbox, standardization of QR-codes by mutual application and merchant incentive scale-up. The contribution to the literature on the policy transfer in the field of sustainable tourism and to the practice of payment-system interoperability in the Belt and Road contexts.

Keywords: digital payment, sustainable tourism, policy transfer, institutional friction, China-Uzbekistan, QR-code interoperability.

1. Introduction

Having been implemented since 1 June 2025, the China–Uzbekistan visa-free agreement has resulted in a nearly five-fold surge in Chinese tourist numbers—from 54,000 in 2024 to more than 250,000 in 2025 (Cerberus Legal, 2026). However, there's a catch: Chinese tourists can't scan QR codes on Uzbek teahouse, handcraft stalls or taxi stands and they have to rely on cash or standing in line at banks. It's not the missing piece: technology. The world's most adopted retail payment network has been created by the PBOC, Alipay, and WeChat Pay, but it still requires institutional alignment for it to operate across borders.

There are four elements of friction. The first is that the regulatory framework of the two jurisdictions is different in terms of licensing, data localization and access to foreign wallets. Second, the Chinese mobile payments ecosystem is QR based, and the UzCard payments infrastructure is chip-card based, following the EMVCo standard. Third, currency conversion is needed in the process of settlement, which has to be done by correspondent banking, and that is time-consuming and costly. Fourth, Chinese consumers are used to mobile payments, but the merchants and consumers in Uzbekistan are card-centric consumers. All these tensions are interconnected: regulatory asymmetry contributes to technical incompatibility, which influences the cost of settlement, which, in its turn, influences user habit.

This paper is based on two questions. Why does the direct transfer of China's mobile-payment model not work? But how can payment solutions be sequenced to meet the needs of inbound tourism growth, while not infringing on the sovereignty of the payment space in Uzbekistan? Its contribution is theoretical (policy transfer, isomorphism and the DPSG framework) and also practical, as it suggests a phased approach towards QR-code interoperability considering the institutional capacity of the country.

2. Theoretical Lens

The analysis is based on three theories. Policy transfer theory (Rose, 1993; Dolowitz & Marsh, 2000) examines the factors that govern the transfer of policies from one jurisdiction to another and the factors that act as filters to limit the extent to which a policy can be readily replicated, such as past experience, objectives, familiarity, structural compatibility, cultural congruence, and power relations. In addition, even if partners are willing to generate hybrid outcomes, rather than complete transfer, according to institutional isomorphism (DiMaggio & Powell, 1983), organisations tend to converge under coercive, mimetic, and normative pressures.

The third strand is the Digital Platform – Sustainability Governance (DPSG) framework (Li 2026), which places platform governance in the context of paradoxa, mechanisms and institutions. The I-layer (institutional-adaptation assessment) of the framework offers a lens of five dimensions to assess points of friction and sequence. Payment interoperability is not possible through technical standardisation only because this is the parsimonious explanation of why that is: the constraints that bind are institutional, not technical (Fig. 1).

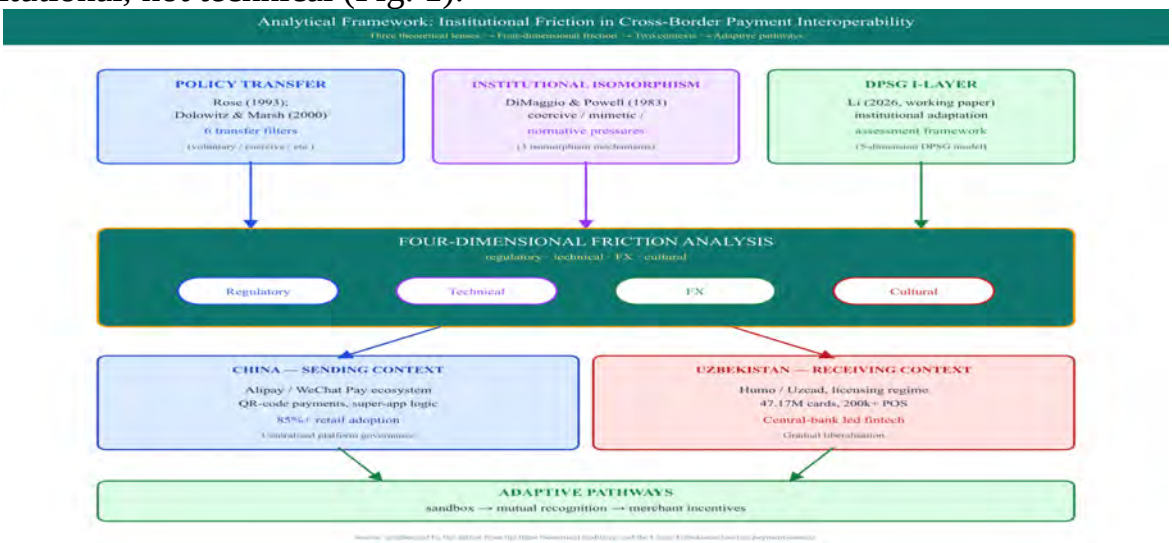

Figure 1. Analytical Framework: Institutional Friction in Cross-Border Payment Interoperability.

3. Methodology

The research is qualitative, document-based and involves three sources. First, policy documents: the Law of the Republic of Uzbekistan "On Payment and Payment Systems" (2019), regulations of PBOC, Presidential Decree UP-217 (2025). Second, statistical indicators: CBU and PBOC annual reports, ITU Digital Development reports and DataReportal country profiles. Third, the industry tracking: the Humo–Alipay+ cooperation agreement (October 2025) and the merchant-acquisition programme announcements. The work is organized in two steps, analytical. In Step 1, a four-dimensional friction matrix (Table 1) is constructed based on the comparative reading of the two regulatory ecosystems. In Step 2, the six policy-transfer filters (Table 2) are used to pinpoint the dimensions of friction that are constraining and those that can be sequenced along adaptive pathways.

4. Two Payment Ecosystems: China and Uzbekistan

The mobile-payment system is based on five features in China. Near universal adoption: Alipay (launched 2004) and WeChat Pay (2014) have currently over 90% reach of urban smartphone users. Second, the super-app architectural model: payments, social network, lifestyle services and since 2018 also minimarket in one single touchpoint, which is the super-app, sealing the user habituation. Third, the regulatory regime: PBOC's Measures for Non-Bank Payment Institutions in 2010 have developed a licensing framework, supplemented by ex-post adaptation, and the Payment-Facilitation Pilot for foreign visitors in 2024. Fourth, user habituation: 85% of outbound travellers in China prefer to use mobile payment (Kemp, 2025). Fifth, international expansion strategy, Ant Group and Tencent have been using the "local-partner" model since 2022, which means they are cooperating with local wallets in foreign countries, instead of exporting Alipay/WeChat directly.

The payment mechanism in Uzbekistan is credit card-oriented and government-controlled. According to the Payment Law 2019, payment-service providers must be licensed, with the Central Bank having the power to approve licenses. The adoption of mobile wallet is increasing (Humo and Uzcard together cover 47.17 million mobile wallets in the population of 37 million, CBU 2024), while the acceptance of QR-codes at the merchant level has been limited. According to CBU and ITU data, 89% of the population have internet access, whereas there are 200,000+ POS terminals, and the urban-rural divide has persisted (ITU, 2024). The state is focusing on financial inclusion and local control instead of fast-tracking integration with foreign mobile wallets as per the state-led fintech strategy.

Table 1. Four-Dimensional Institutional Friction Matrix.

Dimension	China	Uzbekistan	Friction Type	I-layer Assessment
Regulatory	PBOC licensing; ex-post adaptation; payment-facilitation pilot (2024)	CBU licensing; data localisation; 12–18 month process	Asymmetric access barriers	Partial (legal basis exists; foreign-wallet access unspecified)
Technical	QR-code dominant; proprietary merchant-ID; PBOC unified QR (2017/2021)	EMVCo chip-card dominant; emerging Uzbek QR (ISO 20022); 200,000+ POS	Protocol incompatibility	Moderate (89% internet; nationwide POS; urban-rural divide)

Dimension	China	Uzbekistan	Friction Type	I-layer Assessment
Exchange-rate	CNY settlement; CNY 10bn swap line (2024); correspondent via USD	UZS settlement; T+2 delay; double conversion	Settlement inefficiency	Emerging (swap line exists; retail transmission indirect)
Cultural	85%+ outbound travellers prefer mobile; super-app habituation	Card/NFC habituation; limited QR at merchant level	Habit mismatch	Moderate (urban youth literate; rural/elderly less so)

5. Why Direct Transfer Fails

All four dimensions have constraints to direct transfer of China's mobile-payment model to Uzbekistan. The most visible regulatory friction is the time it takes to register any new payment-service provider in Uzbekistan: from 12 to 18 months. The 2019 law does not explicitly provide for foreign e-wallets. Technical friction is structural: the two infrastructures use two incompatible protocols (QR code, EMVCo chip card), needing either protocol translation layers or a complete retooling of one of the sides. The cost of transaction friction at the exchange rate level is 1–3%, adding up to the tourist transaction value, which reduces the cost advantage that the mobile payment offers for small value transactions. Cultural friction refers to the fact that interoperability may be technically possible but there will be issues related to the merchant's default card-acceptance settings that will reduce uptake.

When using the six policy transfer filters (Table 2) the constraints are clarified. Path dependency is different for the state-led and market-led trajectories, based on past experiences. China's objectives clash: promoting tourist exports and projecting its soft image digitally, and Uzbekistan's focus is on financial inclusion and internal control. The knowledge is uneven: the level of familiarity with European models is higher than that of PBOC models. The state-bank focus in Uzbekistan contrasts with the diversified banking sector in China, limiting structural compatibility. Cultural congruence is low. In power relations, it is necessary to establish a relationship in the sense of two-way cooperation, not one way technology transmission.

Table 2. Policy-Transfer Filter Assessment.

Filter	Assessment	Implication for Transfer
Past experience	State-led vs market-led trajectories produce divergent path dependencies	Lower feasibility of direct transfer
Objectives	China: outbound tourism + digital soft power; Uzbekistan: financial inclusion	Partial, market-driven arrangements favoured
Familiarity	Uzbek regulators familiar with European models, not PBOC framework	Knowledge-asymmetry barrier
Structural	State-bank concentration (Uzbekistan) vs diversified banking (China)	Bank-based partnerships face constraints
Cultural	QR habit (China) vs card/NFC habit (Uzbekistan); language gap	Low adoption without cultural adaptation
Power relations	Asymmetric dependency risk; must be reciprocal	Reciprocal, not one-way, transfer required

6. Adaptive Pathways

The analysis indicates a three-phase adaptive pathway that is sequenced through institutional change, where the rate of change is matched to Uzbekistan's capacity, instead of direct transfer. CBU will monitor fraud, settlement, and FX rates at the 50-100 merchants in Phase 1 (2026-2027) to be invited to take part in a tourism zone in Tashkent and Samarkand where Alipay+ and WeChat Pay will be accepted. This stage establishes empirical proof of settlement efficiency, merchant demand and consumer behaviour, and increases the familiarity and comfort of the regulatory community with the new technology.

The second phase (2028-2029) adds the concept of mutual recognition: a bilateral agreement on QR code standards (based on EMVCo) will allow for interbank clearing between the two countries through CIPS and the Uzcard gateway, with a regulated ceiling on the FX mark-up over interbank rates of 3% in either direction. This period normalizes the sandbox model, and establishes a permanent institutional channel for cross-border payment. In Phase 3 (2030-2031), the volume of merchants accepting cross-border QR payments will be scaled by providing tax preferences to merchants, introducing a programme to add 500,000 POS terminals, and implementing tourism-payment literacy in the Tourism 2030 strategy. The phased structure enables the country to make optimal use of limited financial and human resources, starting with those areas where institutional conditions are more developed, and then progressing to more difficult areas (Fig. 2)..

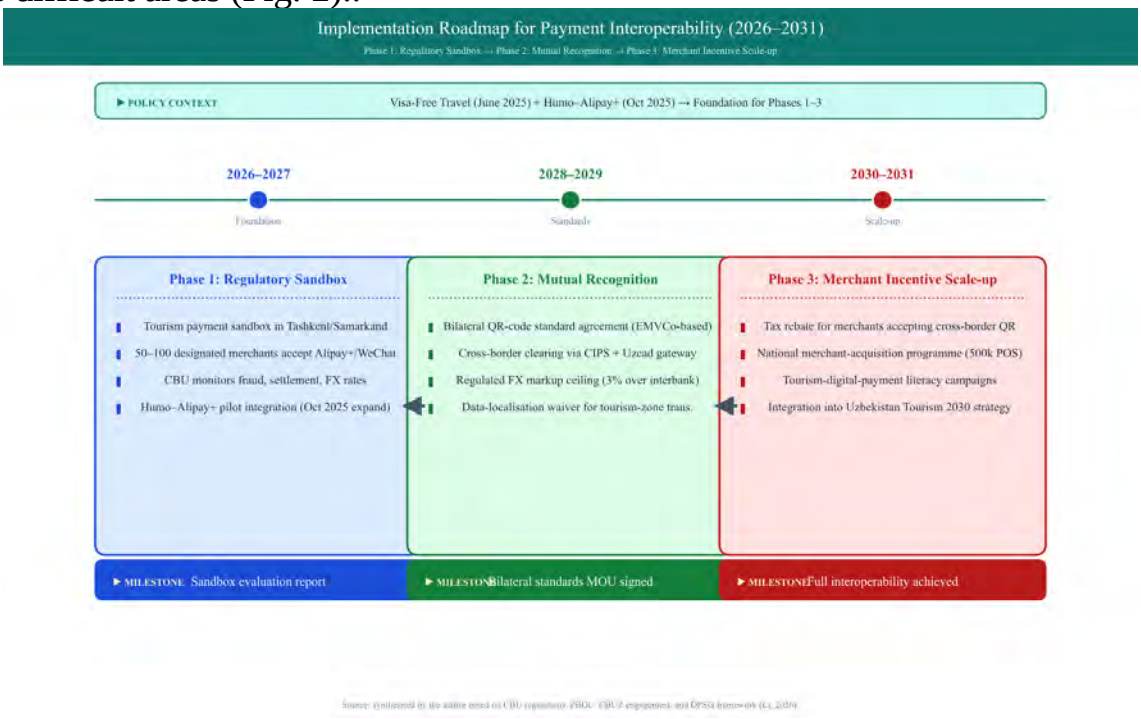

Figure 2. Implementation Roadmap for Payment Interoperability (2026–2031).

7. Conclusion

The technical aspect is not the main concern for cross-border payments between China and Uzbekistan. It is a problem of institutional friction: the four dimensions of the regulator, the technical, exchange rate and cultural friction need to be solved one by one, not through the transfer of the Chinese model directly. From this assessment,

a parsimonious analytical lens is given by the DPSG framework's I-layer and the policy-transfer filters. The three-phase adaptive pathway is technically integrated with regulatory learning, as well as with merchant demand, and is aligned with the visa-free regime's potential to enable a multi-million tourist corridor in the 2030s, rising from the current bilateral tourism level of 250,000.

Some of the constraints of the analysis are: the use of public documents instead of proprietary data from payment-service providers, and the conceptualization of the proposed pathway. Pilot in the Tashkent–Samarkand tourist corridor, CBU and PBOC to monitor the efficiency of settlement, the speed of FX transmission, and participation of merchants, is the next step. The larger lesson is that for Belt-and-Road cooperation to be sustainable, it needs to be done in a sequenced, rather than copied, way.

References

1. Cerberus Legal. (2026, April 23). Uzbekistan launches interoperable QR payment system. LinkedIn. https://www.linkedin.com/pulse/
2. China Payment and Clearing Association. (2024). Annual report 2024. Beijing: CPCA.
3. DiMaggio, P. J., & Powell, W. W. (1983). The iron cage revisited: Institutional isomorphism and collective rationality in organizational fields. American Sociological Review, 48(2), 147–160.
4. Dolowitz, D. P., & Marsh, D. (2000). Learning from abroad: The role of policy transfer in contemporary policy-making. Governance, 13(1), 5–24.
5. Humo Payment System. (2025, October 29). Humo and Ant International's Alipay+ announce strategic cooperation [Press release]. Tashkent.
6. International Telecommunication Union. (2024). Measuring digital development: Facts and figures 2024. Geneva: ITU Publications.
7. Kemp, S. (2025). Digital 2025: Uzbekistan. DataReportal. https://datareportal.com/reports/digital-2025-uzbekistan
8. Li, Y. (2026). Digital platform governance for inclusive tourism: A Digital Platform–Sustainability Governance (DPSG) framework with preliminary evidence from Uzbekistan [Working paper].
9. People's Bank of China. (2024). Notice on expanding the "payment facilitation" pilot for foreign visitors. Beijing: PBOC.
10. Presidential Decree of the Republic of Uzbekistan No. UP-217. (2025). On measures for creation of management system for rapid response to requirements of tourism sector. Tashkent.
11. Rose, R. (1993). Lesson-drawing in public policy: A guide to learning across time and space. Chatham: Chatham House Publishers.
12. Travel & Tour World. (2025, November 19). Uzbekistan sees forty percent increase in Chinese tourist arrivals this year.

DOI 10.70286/ISU-15.07.2026.022

COMPARATIVE ANALYSIS OF DIGITAL TOURISM PLATFORM ECOSYSTEMS: ADAPTIVE IMPLICATIONS FOR UZBEKISTAN'S SUSTAINABLE TOURISM DEVELOPMENT

Li Yang
PhD in Tourism and Hotel Activities
"Silk Road" International University of Tourism and Cultural Heritage
Samarkand City, Republic of Uzbekistan 140104, 17, University Boulevard

Abstract. Based on the analysis of 5 governance dimensions, including information aggregation, quality certification, sustainable behavior guidance, benefit distribution and pricing, and data governance, this paper makes a comparative study on Trip.com Group (formerly known as Ctrip), Fliggy (Alibaba) and Mafengwo, the 3 leading digital tourism platforms in China. The analysis confirms that sustainability features are present in each platform, with the most explicit being that of Trip.com Group's Sustainable Travel Plan (LESS), the most extensive being that of Fliggy's sustainability integration at the ecosystem level and the most natural being that based on user-generated content, that of Mafengwo. The paper suggests that the process of digitalizing Uzbekistan's tourism can be completed in three phases: (1) aggregation of information and positioning in the inbound market through the use of digital narratives of the Silk Road; (2) development of certification and quality-assurance infrastructure; (3) integration of sustainability features after the payment, certification, and data ecosystems have developed. The analysis reveals that feature transfer is not a simple replication from Chinese platforms, but needs to be sequenced and institutionalized.

Keyword: digital tourism platform, Trip.com, Fliggy, Mafengwo, sustainable tourism, Uzbekistan, DPSG framework, platform governance.

1. Introduction

In recent ten years, China's tourism focus has changed from outbound to domestic tourism, with digital platforms playing a key role in the change of the tourism structure.In the past decade, China's outbound and domestic tourism has experienced a structural change assisted by digital platforms. The Chinese online travel market accounts for a total transaction value of over one trillion RMB, with three major players taking the lead, namely Trip.com Group (formerly Ctrip), Fliggy (Alibaba) and Mafengwo. (Sohu Research, 2024) All have different origins: Trip.com is an OTA simply designed for transactions, Fliggy is a travel e-commerce site for young customers, and Mafengwo is an UGC travel community. Governance, sustainability and stakeholder aspects are just some of the areas that differ and have implications beyond the Chinese market.

It is especially important for Uzbekistan, where the tourism sector is trying to broaden the spectrum of tourists and increase the development of tourism services by

digital channels. Chinese outbound tourism has rebounded quickly and bilateral tour agreements have been growing, so it is crucial to know how the Chinese platforms work in the processes of information aggregation, certification of quality, incentives for sustainable behavior, revenue sharing and data control for policy design.

This paper aims to answer three questions: (1) What are the basic differences in governance among the Trip.com Group, Fliggy and Mafengwo? (2) How much of the sustainable tourism ideas are reflected in their features? (3) What are the elements that could be transferred to Uzbekistan and what are the institutional prerequisites? The framework that is used is the Digital Platform-Sustainability Governance (DPSG) framework (Li, 2026) consisting of five operational dimensions.

2. Analytical Framework

The DPSG framework (Li, 2026) breaks down the governance of platforms into paradoxes, mechanisms and contexts. This paper proposes five dimensions of the mechanism layer: platforms' ability to aggregate and showcase travel content, trust signals such as ratings and badges, features to guide sustainable behavior, platforms' commission structures and revenue sharing, and data collection, sharing and protection procedures. These are all interdependent, with benefit distribution enabling supplier participation in sustainability programs and data governance being essential to the credibility of certifications. In the case of cross-country transfer, the framework adopts the concept of platform governance as a nested system, as opposed to a list of independent features, this is a crucial aspect (Fig. 1).

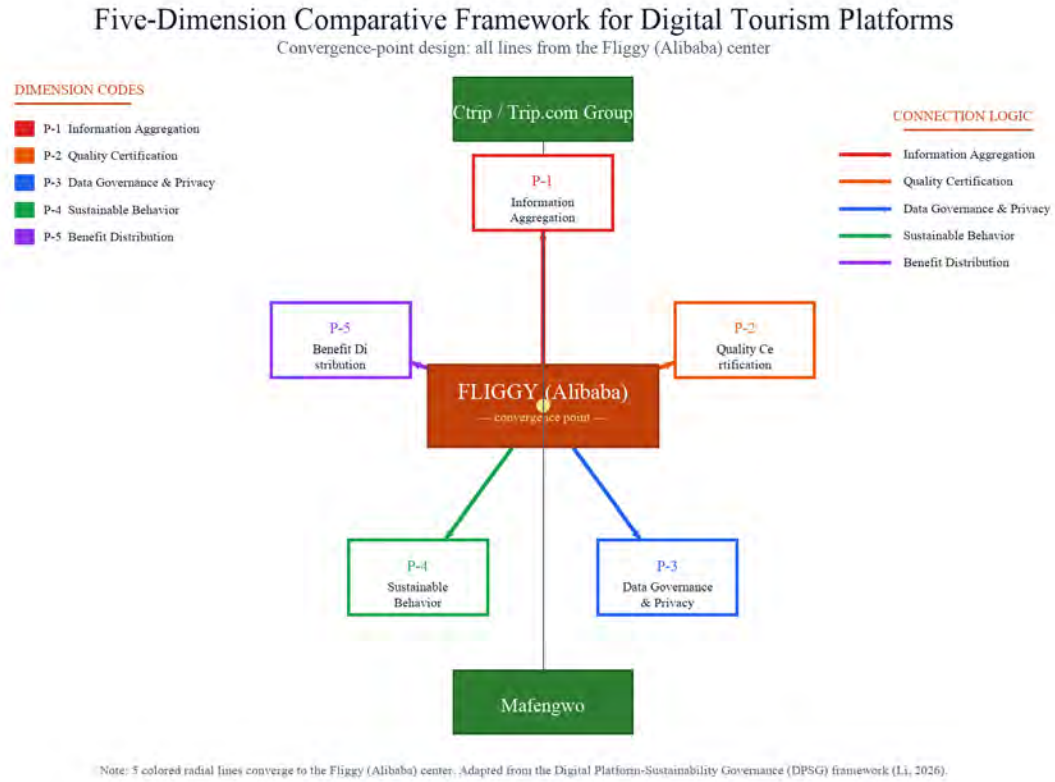

Figure 1. Five-dimension comparative framework (adapted from DPSG, Li, 2026).

3. Comparative Analysis of Three Platforms

The summary of the comparative findings is presented in Table 1. Each has built governance aspects aligned to its strategic origins.

Trip.com Group is the most transaction-oriented one providing a wide choice of flights, hotels, and packaged tours. As per its LESS Sustainable Travel Plan (2022), it has more than 10,000 low-carbon travel products, which are grouped under a "Friendly Four" concept – "Environment", "Family", "Ecosystem" and "Community" (Trip.com Group, 2024). The company has put in place dedicated data-protection officers and regular audits to improve PIPL compliance.

As a lifestyle platform for young digital natives, Fliggy is enhanced with Alibaba's e-commerce platform and integration of Alipay and livestream commerce. It has introduced rural revitalisation products and included green-economy products in its listings (Alibaba Group, 2024). Alibaba has a good compliance infrastructure to provide strong data governance, albeit with stronger sustainability aspects outlined in product listings than in algorithmic recommendations.

Mafengwo, a platform based on UGC, builds a community to make travelogues, route plans, and short videos (Hans Publishing, 2025). Its info collection is experience-based as opposed to transactional. It's not programmed to be sustainable, but the platform's uncanny ability to bring up surprising places with low density can help to defuse the pressure of overtourism. Quality certification is using signals from users, rather than platform-supplied badges.

All three have placed themselves at different levels around sustainability, as witnessed across platforms. Trip.com is the most globally oriented, and the most promising partner for inbound-tourism cooperation. Fliggy caters to the younger generation of travellers via Alibaba's ecosystem. Mafengwo is still predominantly focused on China. Revenue models also vary - Trip.com's commission-based model promotes wide inventory; Fliggy's ecosystem-based model promotes cross-platform interaction; Mafengwo's content-based model emphasizes content creator satisfaction. These incentives drive the responsiveness of each platform to engagement by partner countries.

Table 1. Comparative governance features across three Chinese digital tourism platforms.

Dimension	Trip.com Group (Ctrip)	Fliggy (Alibaba)	Mafengwo
Information aggregation	Comprehensive listings, ML-ranked results, global inventory	Alibaba-ecosystem content, livestream commerce, lifestyle-oriented	UGC travelogues, route plans, short-video content
Quality certification	Star ratings, platform badges, tiered membership, verification team	Merchant ratings from Taobao, customer-service integration	User-review signals; limited platform-issued badges
Sustainable behavior	LESS Plan (2022), 10,000+ low-carbon products, ESG reporting	Green-economy products, group-level ESG initiatives	Organic content drift to offbeat destinations; no formal program
Benefit distribution	Tiered commissions, dynamic pricing, host-protection program	Standard e-commerce commission, livestream revenue-sharing	Content-driven traffic; content monetization focus
Data governance	PIPL compliance, dedicated DPO, periodic audits	Alibaba compliance infrastructure; large data footprint	Smaller international footprint; lighter cross-border exposure
Uzbekistan relevance	Highest (global inventory, ESG, payment ready)	Medium (lifestyle audience, Alipay integration)	Lower (China-focused, UGC not export-oriented)

4. Sustainability Integration

Sustainability is included in each platform, albeit with varying degrees. The LESS plan is the most specific from Trip.com, featuring product-level integration (low carbon filters for hotels to integrate carbon offset options) and annual ESG reporting. The Alibaba group level programs integrate sustainability into product listings and campaign design with Fliggy. If you're a fan of Mafengwo's community-driven content, you'll inevitably be led to places you haven't visited before.

Two limitations emerge. Firstly, sustainability is more of a tourist than a host community experience, with low-carbon hotels, carbon offsets and so on being the most visible elements, but not everything. Tourist-focused elements like low-carbon tourism, carbon neutral tourism or carbon trading are more prominent than community-focused elements, such as protecting heritage, supporting community welfare etc. Second, sustainability claims are not independently verified – supplier self-declaration may replace third party certification. This industry-wide lack of engagement with destination stewardship is also reflected in the comparative scholarship, which has revealed progress on low-carbon options, but not yet with destination stewardship (Wang & Chen, 2023; Xu & Yuan, 2025). Chinese platforms also set themselves apart from western platforms (Booking, Expedia, Airbnb) by relating sustainability to the national agendas (rural revitalization, common prosperity) instead of international frameworks such as the Glasgow Declaration which is relevant for China's partner countries with state-led development models.

5. Implications for Uzbekistan

There are three implications for Uzbekistan's tourism digitalization arising from the comparison.

A first is the idea that an information-aggregation layer like the one Mafengwo is doing could introduce less famous places, such as Silk Road heritage corridors, craft villages and mountain communities, to travellers around the world, in addition to the official portals, with stories that are different from but experiential.

Second, the institutionalisation of the quality certification mechanisms of the Trip.com. The Chinese model depends on platform badges and national rating systems while the smaller supplier base in the country requires that imported certification logic would need to be mixed with government inspection capability and third party auditing as well as compliance penalties. If not, badges might be ornamental.

Third, the payment and data infrastructure is the constraining factor. To make seamless carbon-offset micro-transactions possible, Trip.com's LESS program utilizes Alipay and WeChat Pay. The mobile-payment value chain in Uzbekistan is still maturing and must support Uzcard, Humo, Visa and Mastercard, not to mention data localization laws. China and Uzbekistan are still working on bilateral accords on data protection.

From these observations, the process of transferring can be broken down into phases: Phase 1 (2026-2027) is about the aggregation of information and positioning inbound-market using Silk Road narratives and digital storytelling. In Phase 2 (2028-2029), certification and quality-assurance mechanisms are introduced, and inspection capacity is built up with international partners including UN Tourism and WTTC.

Phase 3 (2030-2031) adds sustainability elements: Low carbon products, community based source, heritage protection, when payments, certification, data infrastructure becomes more mature. Specific destinations are assigned to phases: the Samarkand – Bukhara – Khiva route is assigned to Phase 1, the Soviet modernist architecture in Tashkent needs Phase 2 certification, and mountain and ecotourism areas (Charvak, Chimgan) are Phase 3 candidates.

6. Conclusion

Chinese digital tourism platforms have evolved to have different profiles of governance. The platform of Trip.com is the most transactionally complete and sustainability communicated one; Fliggy brings ecosystem-level integration for younger consumers; Mafengwo contributes content from the community, complementing the transactional platforms. They all have transferable elements but transfer is not feature copy/paste; it is a process that takes institutional adaptation, certification infrastructure, payment coordination, data coordination, and staggered implementation depending on the level of preparedness.

The first thing Uzbekistan needs to do is to collect information and position itself inbound-market. Medium Term priorities focus on international partners in certification infrastructure. Sustainability integration comes after payment, data and inspection ecosystems have come to fruition. This sequence is similar to that outlined in the DPSG framework and institutional transfer literature.

Some of the constraints are that the data used is public data instead of proprietary data, that it only covers key platforms, and that transfer pathways are conceptual and need to be empirically tested in a pilot. Based on the need to compare specific transfer mechanisms, future research should be conducted on Western OTAs in Belt-and-Road destinations and pilot projects should be put in place as recommended by UN Tourism (2024) and WTTC (2024).

References

1. Alibaba Group. (2024). Fliggy rural revitalization and tourism strategy briefing. Hangzhou: Alibaba Group.
2. Hans Publishing. (2025). Value co-creation perspective on travel platform marketing strategy: Mafengwo case. Hans Publishing. https://pdf.hanspub.org/ecl_2315295.pdf
3. Li, Y. (2026). Digital platform governance for inclusive tourism: A Digital Platform-Sustainability Governance (DPSG) framework with preliminary evidence from Uzbekistan [Working paper].
4. Phoenix Travel. (2022, July 27). Trip.com Group launches LESS Sustainable Travel Plan. Ifeng Travel. https://travel.ifeng.com/c/8HzFu2FENsB
5. Sohu Research. (2024). In-depth research and investment outlook on China's online travel platform industry. Sohu. https://www.sohu.com/a/842378485_121222943
6. Trip.com Group. (2024). 2024 Sustainability Report: Friendly Four framework. Trip.com Group. https://group.trip.com/media/article_detail/trip-group-sustainability-report-2024-greener-travel

7. Trip.com Group. (2025). 2024 Annual Report. Hong Kong Exchanges and Clearing Limited. https://www.hkexnews.hk/listedco/listconews/sehk/2025/0411/2025041101009.pdf
8. UN Tourism (UNWTO). (2024). International tourism highlights, 2024 edition. Madrid: World Tourism Organization.
9. Wang, L., & Chen, X. (2023). Sustainability integration in Chinese online travel platforms: A comparative case study. Tourism Review, 78(4), 1045–1062.
10. World Travel & Tourism Council. (2024). Net Zero Roadmap for Travel & Tourism. London: WTTC.
11. Xu, H., & Yuan, M. (2025). Carbon-labeling programs on Chinese OTAs: Design, adoption, and consumer response. Annals of Tourism Research, 102, 103682.

Collection of Scientific Papers
with Proceedings of the 3rd International Scientific and Practical Conference
«Science and Technology: Theory, Practice and Progress»
July 15-17, 2026
Krakow, Poland

Organizing committee may not agree with the authors' point of view.
Authors are responsible for the correctness of the papers' text.

Contact details of the organizing committee:
Sole Proprietor Viktoriia Tsiundyk
E-mail: info@isu-conference.com
URL: https://isu-conference.com/

Certificate of the subject of the publishing business: ДК №7980 of 03.11.2023.

ISU

INTERNATIONAL SCIENTIFIC UNITY