International Science Group

ISG-KONF.COM

XX

INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE «TRANSFORMING SCIENTIFIC RESEARCH AND EDUCATION THROUGH MODERN TECHNOLOGIES»

Oslo, Norway

May 19-22, 2026

ISBN 979-8-90214-544-8

DOI 10.46299/ISG.2026.1.20

TRANSFORMING SCIENTIFIC RESEARCH AND EDUCATION THROUGH MODERN TECHNOLOGIES

Proceedings of the XX International Scientific and Practical Conference

Oslo, Norway
May 19-22, 2026

UDC 01.1

The 20th International scientific and practical conference “Transforming scientific research and education through modern technologies” (May 19-22, 2026) Oslo, Norway. International Science Group. 2026. 358 p.

ISBN – 979-8-90214-544-8
DOI – 10.46299/ISG.2026.1.20

EDITORIAL BOARD

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

TABLE OF CONTENTS

AGRONOMY		
1.	Падалко Т.О. КІЛЬКІСНЕ ЗНАЧЕННЯ ФЛАВОНОЇДІВ У РОСЛИННІЙ СИРОВИНІ ОКРЕМИХ РОСЛИН РОДИНИ АЙСТРОВИХ ЗА ДОСЛІДЖУВАНИХ АГРОТЕХНІЧНИХ ПРИЙОМІВ ВИРОЩУВАННЯ	12
2.	Резніченко В.П., Детиненко Я.С., Андріянов О.А., Філіпович В.Г., Куріщенко О.С. УРОЖАЙНІСТЬ ЧУМИЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ ТА СПОСОБІВ СІВБИ	15
ARCHITECTURE AND URBAN PLANNING		
3.	Bazarbayeva G.S., Abisheva O.T. THE AESTHETIC ROLE OF INNOVATIVE MATERIALS AND STRUCTURES IN MODERN MINIMALIST ARCHITECTURE	20
ART		
4.	Єрошенко О.В. "DORMI, AMORE" М. ДА ГАЛЬЯНО У ВОКАЛЬНО-ПЕДАГОГІЧНОМУ РЕПЕРТУАРІ СТУДЕНТА: ВИКОНАВСЬКИЙ ВЕКТОР	26
5.	Костенко І.О. ТИПОГРАФІЧНІ ПРИНЦИПИ В СУЧАСНОМУ ПОЛІГРАФІЧНОМУ ДИЗАЙНІ	28
6.	Лян Кеянь ІНСПІРАЦІЇ ПОСТІМПРЕСІОНІЗМУ У ПЕЙЗАЖАХ ЯНА РУБЧАКА	31
7.	Польська І., Чернова Р. СПЕЦИФІКА ВИКОНАВСЬКОГО СТИЛЮ ТА ВОКАЛЬНОЇ МАНЕРИ ФРЕНКА СІНАТРИ	34
BIOLOGY AND BIOCHEMISTRY		
8.	Вязовська Є. РОЛЬ ГЛУТАТІОНУ ЯК ДІАГНОСТИЧНОГО МАРКЕРА КАНЦЕРОГЕНЕЗУ	41

CHEMISTRY		
9.	Koshchii I., Klimko Y. AMIDOALKYLING AGENTS IN THE SYNTHESIS OF SPIRO-DERIVATIVE NITROGENOUS HETEROCYCES WITH A FRAMEWORK FRAGMENT	44
COMPUTER SCIENCE		
10.	Veretilnyk A., Basystiuk O. INTELLIGENT AUDIO SIGNAL ANALYSIS APPORACH FOR UAV TYPE IDENTIFICATION	46
11.	Богуцький Д.В., Горбова О.В. МЕТОД АВТОМАТИЗОВАНОЇ ОЦІНКИ СТРУКТУРНОЇ ПОВНОТИ API-ДОКУМЕНТАЦІЇ НА ОСНОВІ ЕТАЛОННОЇ ОНТОЛОГІЧНОЇ МОДЕЛІ	50
CONSTRUCTION AND CIVIL ENGINEERING		
12.	Kovalchuk V., Koval M., Rykovtsev O. APPLICATION OF METHYL METHACRYLATE COMPOSITIONS FOR BONDING EXTERNAL REINFORCEMENT IN THE STRENGTHENING OF REINFORCED CONCRETE BRIDGE BEAMS	52
13.	Лаповська С., Черненко М. ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ РУЙНУВАННЯ ЯК СИРОВИНИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА АВТОКЛАВНОГО ГАЗО БЕТОНУ	60
14.	Моргун А.С., Записов Д.В., Колесник А.В. АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ ГРАНИЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ В ПРОГНОЗУВАННІ НАДІЙНОСТІ ФУНДАМЕНТІВ ПІДВИЩЕНОЇ ПОВЕРХОВОСТІ СПОРУД	62
CYBERSECURITY AND INFORMATION PROTECTION		
15.	Kolchenko V. ANALYSIS OF PROMPT LEAKAGE ATTACKS ON LARGE LANGUAGE MODELS	69
16.	Єрьоменко В.О. ФІШИНГ АТАКИ В ЧАСИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ	71

17.	Доля Е.К. КОНЦЕПТУАЛЬНА ВІДМІННІСТЬ ТРОЯНСЬКИХ ПРОГРАМ ВІД ІНШИХ ВИДІВ ШКІДЛИВОГО ПЗ (ВІРУСІВ ТА ХРОБАКІВ)	75
18.	Коваленко Н.О. ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В СУЧАСНІЙ КІБЕРБЕЗПЕЦІ	77
19.	Колодяжний А.Ю. РЕАЛІЗАЦІЯ КЛІТИННОГО АВТОМАТА "ГРА ЖИТТЯ" ЗАСОБАМИ ОБ'ЄКТНО-ОРІЄНТОВАНОГО ПРОГРАМУВАННЯ НА JAVA	80
20.	Мельник М.Є. ДИФЕРЕНЦІЙНИЙ АНАЛІЗ ПОТУЖНОСТІ: АТАКИ НА КРИПТОГРАФІЧНІ ПРИСТРОЇ ЧЕРЕЗ БІЧНІ КАНАЛИ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ	84
21.	Руда Х., Кос І. МУЛЬТИМОДАЛЬНІ МОДЕЛІ ДЛЯ БІОМЕТРИЧНОЇ АВТЕНТИФІКАЦІЇ	88
	DENTISTRY	
22.	Кримець А.В., Єна М.С. ВПЛИВ ТЕРАТОГЕННИХ ФАКТОРІВ НА ФОРМУВАННЯ ЗУБОЩЕЛЕПНОГО АПАРАТУ В ЕМБРІОНАЛЬНОМУ ПЕРІОДІ	94
	ECOLOGY	
23.	Черниш Р.В. СТАБІЛЬНІСТЬ СХЕМИ ОЗНАК ЯК ЕЛЕМЕНТ QA/QC У МУЛЬТИДЖЕРЕЛЬНОМУ МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ	97
	ECONOMICS	
24.	Cui Fukun INTELLIGENT IMMERSIVE SYSTEMS: HOW AI AND VR CO-CREATE VALUE IN THE CULTURAL AND CREATIVE SECTORS	101

25.	Zhao Fen , Moldabekova A., Yermekbayeva M. DIGITAL INTERPRETATION TECHNOLOGIES AND THEIR INFLUENCE ON REVISIT INTENTIONS IN CULTURAL HERITAGE TOURISM	109
26.	Zhu Jing, Ruzieva E.A. GLOBAL SUPPLY CHAINS, INTANGIBLE ASSETS, AND VALUE CREATION: MEASURING RELATIONAL CAPITAL IN CROSS-BORDER NETWORKS	118
27.	Волківська А.М., Суліменко Л.А., Волківська А.М. ДІАГНОСТИКА СТАНУ ПІДПРИЄМСТВ ХЛІБОПЕКАРСЬКОЇ ГАЛУЗІ ТА ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ БУХГАЛТЕРСЬКОГО ОБЛІКУ НА НИХ	126
28.	Колодяжний О.В. ЦИФРОВА ІНФРАСТРУКТУРА У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ СТРАХОВОГО РИНКУ УКРАЇНИ	135
	EDUCATION	
29.	Boldovska K., Boldovskyi V. TRANSFORMATION OF TEACHING APPROACHES IN THE CONTEXT OF THE DIGITAL EDUCATIONAL ECOSYSTEM	140
30.	Mihalev G. TRANSFORMING TECHNOLOGICAL AND VOCATIONAL EDUCATION IN BULGARIA THROUGH KEY AI COMPETENCIES FOR SUCCESSFUL PROFESSIONAL CAREERS	147
31.	Taras I. PEDAGOGICAL ASPECTS OF TEACHING 3D MODELING TO ADULTS IN THE CONTEXT OF ADDITIVE TECHNOLOGIES USING FUSION	153
32.	Tleshbayeva R. THE ROLE OF ERP AND CRM SYSTEMS IN THE INTEGRATION OF BUSINESS EDUCATION AND THE CORPORATE SECTOR IN THE CONTEXT OF DIGITAL TRANSFORMATION: THE CHINESE EXPERIENCE	156
33.	Uzakbayev N. AI AS A TOOL FOR INTERDISCIPLINARY LEARNING: OVERCOMING COGNITIVE BARRIERS IN ALGORITHMIC THINKING THROUGH STEM SIMULATIONS	164

34.	Асадулова А.Г.К., Шелест Л.Ю. ГЕЙМІФІКАЦІЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ МОТИВАЦІЇ ТА РОЗВИТКУ HARD I SOFT SKILLS У ПРОЦЕСІ ВИВЧЕННЯ АНГЛІЙСЬКОЇ МОВИ	169
35.	Волошенюк К.В. УКРАЇНСЬКА ПЕДАГОГІЧНА ДУМКА ПРО РОЛЬ МИСТЕЦТВА У ПАТРІОТИЧНОМУ ВИХОВАННІ МОЛОДШИХ ШКОЛЯРІВ	172
36.	Иванов Н.Д. ПЕДАГОГИЧЕСКИ НАСОКИ ЗА РЕАЛИЗИРАНЕ НА МОДЕЛА „STEM-READY“	176
37.	Мельникова Р. ФОРМУВАННЯ НАЦІОНАЛЬНОЇ ІДЕНТИЧНОСТІ НА УРОКАХ УКРАЇНСЬКОЇ ЛІТЕРАТУРИ (НА МАТЕРІАЛІ НАРОДНОГО ПЕРЕКАЗУ "ПРИЙОМ У ЗАПОРОЖЦІ")	180
38.	Міхєєв А.О. ГЕНДЕРНІ АСПЕКТИ ОСОБИСТІСНОЇ АДАПТАЦІЇ СТУДЕНТІВ ДО НАВЧАННЯ НА 2-МУ КУРСІ	184
39.	Підгірна В.Н., Козуб А.Ю. ОСОБЛИВОСТІ ВИВЧЕННЯ МІЖНАРОДНОЇ ТОРГІВЛІ У ШКІЛЬНОМУ КУРСІ ГЕОГРАФІЇ (НА ПРИКЛАДІ 9 КЛАСУ "УКРАЇНА І СВІТОВЕ ГОСПОДАРСТВО")	189
	GEODESY AND LAND MANAGEMENT	
40.	Удовенко І.О., Боровик П.М., Пашенюк Є.О. АЛГОРИТМ ПІДГОТОВКИ ПРОЄКТУ ВНУТРІШНЬОГОСПОДАРСЬКОГО ЗЕМЛЕВПОРЯДКУВАННЯ	192
	INFORMATION AND MEASUREMENT TECHNOLOGIES	
41.	Браїловський В., Матіос В., Рождественська М., Танасюк В. ПЕРЕТВОРЮВАЧ НАПРУГИ У ЧАСТОТУ	195
	INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGIES	
42.	Верес О.М., Сташків Б.Р. ПІДТРИМКА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ ТОВАРНИМИ ЗАПАСАМИ В УМОВАХ ВОЛАТИЛЬНОГО ПОПИТУ	200

43.	Верес О.М., Новосад В.А. ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ПІДБОРУ ПЕРСОНАЛУ НА ОСНОВІ ПСИХОЛОГІЧНИХ КРИТЕРІЇВ	204
	LAW	
44.	Khoptynskyi A., Anikina G. THE DEVELOPMENT OF INTERNATIONAL PRIVATE LAW IN UKRAINE IN THE CONTEXT OF EUROPEAN INTEGRATION	207
45.	Turlykhankyzy K., Koshkimbayeva Zh. S., Kenzhebekov D.T. DIGITALIZATION OF LABOR LAW AND THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE: A COMPARATIVE LEGAL ANALYSIS OF KAZAKHSTAN AND GERMANY	211
	MANAGEMENT	
46.	Zabirova E.A., Nogayev N.A. ASPECTS OF STRATEGIC MANAGEMENT IN FINANCIAL SYSTEM OF HEALTHCARE IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN	218
47.	Коваленко О.Г. ОСНОВНІ ТЕНДЕНЦІЇ ФУНКЦІОНУВАННЯ АГРАРНОГО РИНКУ УКРАЇНИ	223
48.	Лазоренко Д.В. ВПЛИВ МЕНЕДЖМЕНТУ НА РОЗВИТОК ГАЛУЗІ РОСЛИННИЦТВА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПІДПРИЄМСТВА В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ І РИЗИКІВ	226
	MARKETING	
49.	Шевченко В., Слободян Б. ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ПІДПРИЄМСТВА НА ПАЛИВНОМУ РИНКУ УКРАЇНИ	228
	MATHEMATICS	
50.	Kusik L. SUFFICIENTLY EXISTANCE CONDITIONS FOR ONE CLASS OF SECOND-ORDER DIFFERENTIAL EQUATION	231
	MECHANICAL ENGINEERING	
51.	Svirgun O., Savchenko V., Alforov O., Demydenko I. RELIABILITY MODELING OF AGRICULTURAL MACHINERY HOUSING ELEMENTS	233

52.	Taras I. A MULTICRITERIA APPROACH TO THE OPTIMIZATION OF OIL EQUIPMENT STRUCTURES	235
	MEDICINE	
53.	Adayeva M.R., Sadyk M.R., Seitkerim G.E., Shadiyar Z.E., Zhumiyeva A.B. SKIN MANIFESTATIONS OF SYSTEMIC DISEASES IN CHILDREN: DIAGNOSTIC SIGNIFICANCE	237
54.	Aden A., Imasheva G.S., Kabdenova A.E., Kabi A.N., Samasheva A.M. HYPERINSULINEMIA AND HORMONAL IMBALANCE IN POLYCYSTIC OVARY SYNDROME: CLINICAL PARADOXES AND MODERN THERAPEUTIC APPROACHES	244
55.	Kanafina S.R., Nurmukhambetova A.T., Ramankul B.G., Shardarbek M.A., Tuleuova M.M. COMPARATIVE EFFECTIVENESS OF ULTRASOUND AND MRI IN THE DIAGNOSIS OF ENDOMETRIOSIS IN WOMEN OF REPRODUCTIVE AGE	253
56.	Maul A.A., Sapargaliyeva A.S., Sovet S.R., Zakarya D.S., Zhussupova Z.K. THE ROLE OF MINIMALLY INVASIVE NEUROSURGERY IN THE TREATMENT OF INTRACEREBRAL HEMATOMAS: IMPACT ON NEUROLOGICAL OUTCOMES	260
57.	Olkhovska O., Tkachenko S., Kolesnyk Y., Mishchenko V. FLU IN CHILDREN OF KHARKIV REGION	267
58.	Ornabiden E.R., Omaralinova A.E., Temirbayeva M.M. MINIMALLY INVASIVE DECOMPRESSION TECHNIQUES FOR DEGENERATIVE SPINAL DISORDERS	269
59.	Sadykov U.A., Aden A., Dauletbek A.A., Kiryanova M.M., Tuzelbekova A. CLONAL HEMATOPOIESIS OF INDETERMINATE POTENTIAL AS A PREDICTOR OF HEMATOLOGIC TUMORS	277
60.	Slonetskyi B., Verbitskiy I., Slonetska L., Dovbenko R. СИСТЕМНО-РЕГІОНАРНІ ПРИНЦИПИ ДЕЛАТЕРИЗАЦІЇ ЧЕРЕВНОЇ СТІНКИ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ПРОГРАМОВАНИХ РЕЛАПАРОТОМІЙ	284

61.	Іванова О.О., Ямада М. ВІДМІННІ ОЗНАКИ МІЖ ПСЕВДОТУБЕРКУЛЬОЗОМ ТА КИШКОВИМ ІЄРСИНІОЗОМ	288
62.	Біломеря Т.А., Іванова О.О., Остапенко Є.С. СУЧАСНІ КЛІНІКО-ЕПІДЕМІОЛОГІЧНІ КОНЦЕПЦІЇ ВІРУСНОГО ГЕПАТИТУ А	290
63.	Маража І.О., Назарова Д.Я.І., Барбашова Ю.П. РОЛЬ МІКРОГЛІЇ У ПАТОГЕНЕЗІ РОЗСІЯНОГО СКЛЕРОЗУ ТА МОЖЛИВОСТІ ЇЇ ТЕРАПЕВТИЧНОЇ МОДУЛЯЦІЇ	294
	OCCUPATIONAL SAFETY	
64.	Саньков П.М., Ткач Н.О., Сопільняк В.М., Сопільняк В.М., Шевченко В.О., Макаренко М.Є. АЛГОИТМ ЕКОНОМІЧНИХ РОЗРАХУНКІВ ЗБИТКУ ВІД ШУМУ ДЛЯ ЗАКРИТИХ АВТОСТОЯНОК	298
	PHARMACY	
65.	Кизим О.Г. ДОСЛІДЖЕННЯ ВТОРИННИХ ЕЛЕКТРОДНИХ ФУНКЦІЙ АНІОНСЕЛЕКТИВНИХ ЕЛЕКТРОДІВ ДО БЕНЗОЙНОЇ КИСЛОТИ ТА ЇЇ ПОХІДНИХ	306
	PHILOLOGY	
66.	Valuieva N., Yumyna A. PROMPT ENGINEERING AS A NEW FIELD OF PHILOLOGY	309
67.	Книшенко Н., Мусієнко І., Сухоставський І. ОСОБЛИВОСТІ ЗАПОЗИЧЕНЬ У СУЧАСНІЙ ДОРОЖНЬО-БУДІВЕЛЬНІЙ ТЕРМІНОЛОГІЇ	312
68.	Кравченко Н.В. ВІДЕОПЛАТФОРМИ ЯК ЧИННИК ТРАНСФОРМАЦІЇ ВИДАВНИЧИХ СТРАТЕГІЙ: РЕДАКЦІЙНИЙ І МАРКЕТИНГОВИЙ ВИМІРИ	316
	PSYCHOLOGY	
69.	Ковальчук О.Б. ІСТОРИЧНІ ТА ГУМАНІСТИЧНІ ЗАСАДИ СТАНОВЛЕННЯ ВІДНОВНОГО ПРАВОСУДДЯ: ВІД КАРАЛЬНОЇ МОДЕЛІ ДО КУЛЬТУРИ ДІАЛОГУ	320

70.	Новікова Н.К. ПРОФЕСІЙНА ДЕОНТОЛОГІЧНА ІДЕНТИЧНІСТЬ ЯК ЧИННИК СТРЕСОСТІЙКОСТІ АДВОКАТІВ	328
71.	Скрипаченко Т.В. ТВОРЧА ДІЯЛЬНІСТЬ ОСОБИСТОСТІ В КОНТЕКСТІ САМОАКТУАЛІЗАЦІЇ	331
	PUBLIC MANAGEMENT AND ADMINISTRATION	
72.	Дичук А.В., Ігнатюк В.В. ВПЛИВ ТИМБІЛДИНГУ НА ФОРМУВАННЯ ЕФЕКТИВНОЇ ОРГАНІЗАЦІЙНОЇ СТРУКТУРИ ЛОГІСТИЧНОГО ПІДПРИЄМТВА	334
	SOCIOLOGY	
73.	Shevchenko A., Shevchenko O. СОЦІОЛОГІЯ СІМ'Ї: ТРАНСФОРМАЦІЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНОГО ІНСТИТУТУ В ЕПОХУ ЗМІН	337
74.	Давиденко В.В., Жукова О.А., Журавльова В.В. СОЦІАЛЬНА РОБОТА З СІМ'ЯМИ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ	339
	THERAPY AND REHABILITATION	
75.	Остапенко А.В. ВИКОРИСТАННЯ МОБІЛЬНИХ ДОДАТКІВ У ФІЗИЧНІЙ ТЕРАПІЇ: ОГЛЯД СУЧАСНИХ ПІДХОДІВ	343
	TRANSPORT	
76.	Ірійчук Б.В., Ульянова В.С. ОБМЕЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ У ЗИМОВИЙ ПЕРІОД НА ТЕРИТОРІЇ ЄВРОПЕЙСЬКИХ КРАЇН ІЗ СЕЗОННИМ КЛІМАТОМ	346
77.	Алєксєйчук Б.М. АЛЬТЕРНАТИВНИЙ СПОСІБ ВИВЕДЕННЯ АНАЛІТИЧНОГО ВИРАЗУ ФУНКЦІЇ РОЗПОДІЛУ ЗМІШАНОГО ЗАКОНУ ПЕРШОГО ТИПУ	349

КІЛЬКІСНЕ ЗНАЧЕННЯ ФЛАВОНОЇДІВ У РОСЛИННІЙ СИРОВИНІ ОКРЕМИХ РОСЛИН РОДИНИ АЙСТРОВИХ ЗА ДОСЛІДЖУВАНИХ АГРОТЕХНІЧНИХ ПРИЙОМІВ ВИРОЩУВАННЯ

Падалко Тетяна Олександрівна,
доктор філософії з агрономії, доцент, доцент кафедри землеробства, ґрунтознавства та захисту рослин
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

У сучасних системах вирощування сільськогосподарських культур набувають популярності екологічно безпечні технології, що базуються на використанні біологічних агентів. Це пов’язано з тим, що надмірне застосування мінеральних добрив і хімічних засобів захисту рослин без належного наукового обґрунтування та дотримання технологій вирощування може призводити до серйозних екологічних наслідків. Особливо потрібно враховувати ці фактори у лікарському рослинництві, де використання небезпечних речовин є неприпустимим. Рослини родини айстрових (Asteraceae) становлять значний інтерес, адже вони є багатим джерелом фенольних сполук, зокрема флавоноїдів. Вміст цих сполук варіюється залежно від виду рослини, її частини та умов вирощування і зазвичай становить від 0,1% до понад 5% у перерахунку на суху речовину. Реєстр дозволених до використання лікарських рослин і препаратів на їхній основі щорічно оновлюється, тому дослідження в галузях агрономії та фармакогнозії зосереджуються на пошуку рослин із високоякісною сировиною, які є широко поширеними на території України. До числа таких рослин входять представники родини айстрових, яка налічує близько 25 тисяч видів, поширених у різних кліматичних і географічних зонах планети. Більшість із цих рослин відомі своїми лікувальними властивостями. Хімічний склад представників цієї родини досить різноманітний і включає низку біологічно активних речовин (БАР), що робить їх цінним об’єктом для подальшого вивчення та практичного застосування [1].

Дослідження полягало в ефективному використанні біологічного потенціалу, розробки та впровадженні у виробництво елементів нової адаптивної технології вирощування лікарських рослин родини Айстрових *(Asteraceae)*, яка спрямована на отримання урожаю та якості сировини згідно Державної Фармакопеї України рослин ромашки лікарської, нагідок лікарських та ехінацеї пурпурової.

Суцвіття ромашки лікарської відзначаються високим вмістом біологічно активних речовин, які обумовлюють її цінні лікувальні властивості. Серед основних компонентів рослини виділили хамазулен, сесквітерпенові спирти, бісаболол, кетоспирти, кумарини, флавоноїди, ситостерин, холін, фарнезен, кадинен, бета-каротин, інозит, а також низку органічних кислот, включаючи аскорбінову та саліцилову. Додатково до складу ввійшли фітостероли і вітаміни.

Особливу увагу заслуговує ефірна олія, яка демонструє комплексний позитивний вплив на функціонування центральної нервової системи. Її дія проявляється у стимулюванні загальної нервової активності та посиленні рефлекторних реакцій, що сприяє оптимізації ряду фізіологічних процесів. Крім того, забезпечує розширення судин головного мозку, що покращує кровопостачання цього органу, водночас підвищуючи частоту серцевих скорочень і ритм дихання. Таким чином, ромашка лікарська виступає перспективним природним засобом для підтримки загального здоров'я та стабілізації центральної нервової системи й не тільки [5].

Лікарська сировина нагідок лікарських демонструє широкий спектр корисних властивостей: протизапальна, бактерицидна, ранозагоювальна дія, а також проявляє спазмолітичні, гіпотензивні, кардіотонічні та седативні ефекти. Крім того, сприяє посиленню метаболічної активності печінки - підвищується секреторна і видільна її функція, а рівень білірубіну та холестерину в жовчі знижується. Суцвіття нагідок лікарських містять цілий комплекс біологічно активних речовин, зокрема летючі масла, флавоноїди (гетерозиди ізорамнетину), каротиноїди (каротин, віолаксантин, рубіксантин, флавоксантин, лікопін), гіркоти календену, тритерпенові сапоніни - календулозиди (фарадіол, арнідіол і глікозиди олеанової кислоти), сесквітерпен календен, а також смоли, слизисті сполуки, дубильні речовини, органічні кислоти, виробничий фенол, антибіотик і ситостерин [2].

Одним із супутніх і недостатньо досліджених аспектів рослинної сировини ехінацеї пурпурової є наявність флавоноїдів, таких як кверцетин, кемпферол та їх різноманітні глікозиди. Серед багатьох лікарських рослин представники роду Ехінацея вирізняються завдяки своїм унікальним лікувальним властивостям. Не менш актуальним є використання її в озелененні, тваринництві, ветеринарії, як медоносу тощо [4].

Найбільший інтерес становлять речовини флавоноїдного характеру, оскільки вони відомі своїми численними фармакологічними властивостями, такими як антиоксидантна, протипухлинна, протизапальна дія та інші. Водночас варто зазначити, що кількість флавоноїдів у досліджуваних лікарських рослинах значно залежить від екологічних умов і місця їх зростання. У зв’язку з цим метою нашої роботи стало визначення кількісного вмісту флавоноїдів у деяких представниках родини айстрових, в зоні Правобережного Лісостепу України як якісного показника урожайності культури за адаптивної технології вирощування високопродуктивних сортів. Для дослідження було обрано наступну сировину: суцвіття нагідок лікарських *(Calendula officinalis L.)* та квітки ромашки лікарської *(Chamomilla recutita L.)* й ехінацеї пурпурової *(Echinacea purpurea L)*. У процесі було виділено та ідентифіковано два флавоноїдних сполуки - нікоцифлорин і рутин [3].

Виявлено, що никотифлорин (3-О-рутинозид кемпферолу) є основним флавоноїдом трави ехінацеї пурпурової, поряд із рутином. Сировина була заготовлена в регіоні Правобережного Лісостепу України, зокрема в Хмельницькій області. Попередній хроматографічний аналіз дозволив дослідити

якісний склад флавоноїдів у екстрактах із цієї рослинної сировини, використовуючи систему розчинників н-бутанол-оцтова кислота-вода (4:1:2), порівняно з референтними зразками. Кількісний вміст флавоноїдів визначали методом УФ-спектрофотометрії, як описано в Державній Фармакопеї України, з перерахунком на рутин.

Під час хроматографічного аналізу у всіх досліджуваних об'єктах було виявлено рутин і гіперозид, а також ідентифіковано кверцетин і дві речовини флавоноїдної природи. Кількісний вміст флавоноїдів у проаналізованих об'єктах становить у суцвіттях: нагідок лікарських – 0,057% ± 0,01; ромашки лікарської – 0,152% ± 0,03; ехінацеї пурпурової – 0,75% ± 0,02.

Отже, результати експериментальних досліджень вказують на достатній вміст флавоноїдів в рослинах родини айстрових, тому перспективним є подальше дослідження та використання флавоноїдної фракції вивчених рослин для подальшої розробки різної спрямованості.

Список літератури

1. Вожегова Р.А., Лиховид П.В., Біляєва І.М. Сучасний стан, перспективи та напрями розвитку виробництва лікарських рослин в Україні. *Таврійський науковий вісник.* 2021. № 118. С. 57–66. https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.118.7

2. Падалко Т.О. Вплив макро- та мікроелементів на сортову врожайність та якість сировини нагідок лікарських *(Calendula officinalis L.)* в умовах Правобережного Лісостепу України. *Таврійський науковий вісник: «Сільськогосподарські науки»*. Херсон: ХДАУ. 2025. № 143. С. 26 – 32. URL: https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.143.2.4

3. Писаренко П.В., Горб О.О., Невмивако Т.В., Голік Ю.С. *Основи біологічного та адаптивного землеробства:* навчальний посібник. Полтава. 2009. 312 с.

4. Поспєлов С. В. Особливості розвитку суцвіть і цвітіння ехінацеї пурпурової *(Echinacea purpurea (L.) Moench.)* та ехінацеї блідої *(Echinacea pallida (Nutt.) Nutt.)* в лісостепу України. *Вісник Полтавської держ. аграрн. академ*. 2012. № 3. С. 35–43.

5. Sah A, Naseef P, Kuruniyan M, Jain G, Zakir F, Aggarwal G. Comprehensive Study of Therapeutic Applications of Chamomile. Pharmaceuticals (Basel). 2022. Oct 19;15(10). 1284 p. doi: 10.3390/ph15101284. PMID: 36297396; PMCID: PMC9611340.

УРОЖАЙНІСТЬ ЧУМИЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ ТА СПОСОБІВ СІВБИ

Резніченко Віта Петрівна
к.с.г.н., доцент
Центральноукраїнський національний технічний університет

Детиненко Яна Сергіївна,
здобувач вищої освіти
Центральноукраїнський національний технічний університет

Андріянов Олексій Андрійович,
здобувач вищої освіти
Центральноукраїнський національний технічний університет

Філіпович Валентина Георгіївна
здобувач вищої освіти
Центральноукраїнський національний технічний університет

Куріщенко Олександр Сергійович
здобувач вищої освіти
Центральноукраїнський національний технічний університет

Чумиза (Setaria italica maxima L.) – є цінною і перспективною культурою для посушливого клімату, що обумовлено досить високим біологічним потенціалом рослини, універсальністю її використання, невибагливістю до умов росту та розвитку, відмінною кормовою якістю зерна, зеленої маси, сіна та сінажу. Особливого значення вона набуває при вирішенні продовольчої проблеми в умовах глобального потепління клімату, яке спостерігається в останні роки [1].

Для нормального росту, розвитку, репродукції тварин, потрібні корма такої якості, в яких найкращим способом поєднуються всі необхідні для організму тварини елементи харчування: протеїн, вуглеводи, мінеральні солі, вітаміни, мікроелементи, амінокислоти, стимулятори, ростові та інші фізіологічно активні речовини. При економічній оцінці кормових культур враховують найважливіші показники: врожай в натуральному вигляді, вихід кормових одиниць і перетравного протеїну з одиниці площі, собівартість 1ц кормових одиниць та 1 ц перетравного протеїну, затрати праці на 1ц кормових одиниць. Багатьом з цих умов в повній мірі відповідає чумиза, вона вигідно відрізняється високим вмістом вуглеводів, головним чином - вмістом крохмалю (до 70%), вмістом білка, вмістом незамінних амінокислот - лізину тощо. Чумиза є гарним доповненням у виді прекрасного корму для птиці, концентрованого і зеленого корму для продуктивних тварин. З огляду на високі харчові якості чумизи, її

можна розглядати не тільки як цінну кормову рослину, але і як продовольчу круп'яну культуру. Основні напрямки використання чумизи та показники, що підтверджують доцільність використання цієї культури. Сіно з чумизи містить (в абсолютно сухій речовині) у середньому 14-16% сирого протеїну, що значно перевищує вміст його в сіні багаторічних злакових трав (7-12%). Хімічний склад і кормові якості сіна з чумизи: вода 15%; зола 9,6%; органічні речовини 75,5%. У 100 кг корму міститься до 66 кормових одиниць 39,7 крохмалевих еквівалентів. Хімічний склад зеленої маси чумизи (% до абсолютно сухої речовини): сирий протеїн 19,5; цукор 8; клітковина 20. Для загальної характеристики зеленої маси і сіна чумизи, слід зазначити його гарну облистяність. Частка листків і мітелок у загальній масі становить 72% [2].

Значну господарську цінність представляє солома чумизи. По вмісту білкових речовин солома чумизи перевищує солому вівса і проса. Вона містить 8-9% білка і 2% жиру. Хімічний склад соломи чумизи (% до абсолютно сухої речовини): цукор 8; протеїн 7; клітковина 20. У соломі чумизи на долю листків приходиться 50-56% від загальної ваги соломи. Це вказує на високі кормові якості соломи з чумизи, тому що листки краще поїдаються тваринами і засвоєння поживних речовин, що містяться в них вище, ніж у стеблах. Середньохімічний склад зерна (%): вода 14; протеїн 7; жир 5,2; клітковина 7; зола 2; безазотисті екстрактивні речовини 57,9 [3].

Харчовий продукт - крупа з чумизи отримана методом обрушки його зерна з наступним очищенням і калібруванням по сортах у залежності від крупності, чистоти і доброякісності ядра. Крупа з чумизи є продуктом з високим вмістом вітамінів і переважаючим за основними показниками більшість відомих круп з інших видів зернових. Вона відрізняється високим вмістом білків, жиру, вуглеводів, має високу енергетичну цінність (займає перше місце серед інших круп): жир 5,4; білок 14,4; вуглеводи 69,6; енергетична цінність 369 ккал. Крупа чумизи має дієтичні, лікувально-профілактичні властивості та зумовлює позитивний вплив на організм людини. Також, вона є природним сорбентом який добре поглинає радіонукліди цезію та стронцію [4].

На сьогоднішній день вирощування чумизи, є економічно вигідним для сільгоспвиробників степового регіону, оскільки витрачається мало посівного матеріалу чумизи на 1 га приблизно 3,6-5,0 кг, при мінімальній її врожайності – 4,3 т/га [5, 6].

Тому, вивчення основних агроприйомів вирощування чумизи є важливим та актуальним питанням і потребує додаткових досліджень, а особливо по вивченню впливу удобрення на її продуктивність в умовах північного Степу України.

В наших дослідженнях, ми звернули увагу, як вплинули на формування урожайності зеленої маси чумизи мінеральне удобрення та ширина міжряддя (табл.1).

Таблиця 1

Вплив удобрення та способів сівби на урожайність зеленої маси чумизи, т/га

Фактор А Мінеральні добрива	Фактор В Способи сівби	Роки досліджень		Середнє по роках досліджень	Приріст до контролю
		2024 р.	2025 р.		
Без добрив	рядковий 15 см	20,7	24,1	22,4	-
$P_{60}K_{60}$-фон		22,0	27,4	24,7	2,3
N_{30}+фон		23,8	30,4	27,1	4,7
N_{60}+фон		26,2	31,0	28,6	6,2
Без добрив	широкорядний 45 см	22,7	25,5	24,1	1,7
$P_{60}K_{60}$-фон		26,3	27,9	27,1	4,7
N_{30}+фон		29,3	31,1	30,2	7,8
N_{60}+фон		29,4	34,4	31,9	9,5

Нами було встановлено, що продуктивність посівів чумизи, а саме зеленої маси відрізнялася по роках досліджень. Більш сприятливими були умови у 2025 році, оскільки температурні показники були помірними у порівнянні до 2024 року, і вологозабезпечення відзначалося кращим, що відповідно допомогло сформуватися вищому врожаю зеленої маси.

Хоча необхідно відзначити, що варіанти без удобрення за рядкового способу сівби, мали найменші показники врожайності -20,7 т/га (2024 р.) та 24,1 т/га (2025 р.), що в середньому по роках досліджень склало 22,4 т/га зеленої маси.

Використання фонового удобрення $P_{60}K_{60}$ сприяло зростанню досліджуваного показника і в середньому по роках досліджень забезпечило 24,7 т/га зеленої маси, та приріст до контролю в межах 2,3 т/га.

Завдяки застосуванню азотних добрив на тому ж фосфорно-калійному фоні, сприяло зростанню врожайності у порівнянні до контролю на 4,7 т/га (N_{30}+фон) та 6,2 т/га (N_{60}+фон).

Як показав аналіз результатів досліджень, на варіантах з аналогічним удобренням, але за широкорядних посівів відбувалося зростання урожайності в посівах чумизи.

Так, на контролю без добрив, на широкорядних посівах урожайність була 24,1 т/га, що було вищим від контролю на 1,7 т/га, а на варіантах за фонового удобрення показник збільшився відносно контролю на4,7 т/га. На варіантах, де удобрення було у дозі N_{30}+фон, урожайність зеленої маси чумизи була в межах, по роках досліджень 30,2 т/га та вищою від контролю на 7,8 т/га, а збільшення дози азоту вдвоє на тому ж фосфорно-калійному фоні, сприяло максимальному приросту по досліду, що склало 9,5 т/га відносно до контролю.

Отже, оптимальними виявилися варіанти за удобрення у дозі N_{60}+фон за широкорядного способу сівби, що в середньому по роках досліджень дозволило сформуватися врожайності чумизи в межах 31,9 т/га, та зросло у порівнянні до контролю на 29,78%.

Протягом наших досліджень, ми теж звернули увагу, як вплинули мінеральні добрива на урожайність зерна чумизи (табл. 2).

Таблиця 2

Вплив удобрення та способів сівби урожайність зерна чумизи, т/га

Фактор А Мінеральні добрива	Фактор В Способи сівби	Роки досліджень		Середнє по роках досліджень	Приріст до контролю
		2024 р.	2025 р.		
Без добрив	Рядковий 15 см	2,02	2,91	2,47	-
$P_{60}K_{60}$-фон		2,91	3,47	3,19	0,72
N_{30}+фон		3,34	3,83	3,59	1,12
N_{60}+фон		3,63	4,15	3,89	1,42
Без добрив	Широкорядний 45 см	2,51	2,98	2,75	0,28
$P_{60}K_{60}$-фон		3,56	4,23	3,90	1,43
N_{30}+фон		4,03	4,51	4,27	1,80
N_{60}+фон		4,25	4,76	4,51	2,04

Встановлено, що зернова продуктивність посівів чумизи різнилася по роках досліджень, та відповідно була нижчою у 2024 році, оскільки рік видався засушливим, і незважаючи на високу посухостійкість чумизи, це відобразилося на урожайності культури. В 2025 році продуктивність була кращою, оскільки рік був помірним у порівнянні до 2024 року.

Також, на урожайність зерна чумизи вплинули мінеральні добрива та способи сівби.

Так, мінімальні показники були зафіксовані на варіантах без удобрення, на рядкових посівах у 2024 році, що склало 2,02 т/га зерна чумизи, тоді як у 2025 році показник зріс до 2,91 т/га, а в середньому по роках досліджень був в межах 2,47 т/га.

Подальші спостереження показали, що на підвищення урожайності вплинули мінеральні добрива.

Так, на ділянках за фонового удобрення, в середньому по роках досліджень, урожайність зросла відносно до контролю на 0,72 т/га.

При застосуванні азотних добрив у дозі 30 кг та 60 кг на тому ж фосфорно-калійному фоні, досліджувані показники зросли на 1,12 та 1,42 т/га.

Встановлено, що за другого способу сівби з шириною міжряддя 45 см, урожайність зерна чумизи зросла і відповідно було відмічено, що ці варіанти без удобрення забезпечили 2,75 т/га, та приріст до контролю 0,28 т/га.

Застосування мінеральних добрив дозволило зрости урожайності насіння чумизи, що за $P_{60}K_{60}$-фон у 2024 році забезпечило 3,56 т/га, а у 2025 році підвищилося на 0,66 т/га, а в середньому за роки досліджень забезпечило урожайність в межах 3,90 т/га, і переважало на ділянками контролю на 1,43 т/га.

За використання азотних добрив на тому ж фосфорно-калійному фоні сприяло наростанню зерна в посівах чумизи, що у 2024 році за підживлення у дозі азоту 30 кг, забезпечило 4,03 т/га зерна, а у 2025 році – 4,51 т/га, що по роках досліджень склало – 4,27 т/га, та переважало над контролем на 1,80 т/га.

Застосування дози добрив N_{60}+фон забезпечило максимальну урожайність чумизи у 2025 році та склало 4,76 т/га.

Оптимальними виявилися ділянки за використання мінерального добрива у дозі N_{60}+фон за широкорядного способу сівби, та забезпечило урожайність чумизи в межах 4,51 т/га, в середньому по роках досліджень, що було вищим від варіантів контролю на 2,04 т/га.

Отже, удобрення та способи сівби впливали на урожайність зеленої маси та зерна чумизи. Так, по роках досліджень, врожайність була вища у 2025 році, у порівнянні до показників 2024 року, оскільки останній мав менш сприятливі умови вегетаційного періоду та відзначався як посушливий. В середньому за 2024-2025 роки досліджень, з'ясовано, що на варіантах за удобрення N_{60}+фон за широкорядного способу сівби, зафіксовано максимальну урожайність зеленої маси чумизи 31,9 т/га, та було вищим від контролю на 9,5 т/га. Також, продуктивність зерна чумизи була максимальною на аналогічних варіантах удобрення, та забезпечило 4,51 т/га, і було вищим від інших варіантів досліду в межах 45,23%.

Список літератури

1. Аверчев О. В., Нікітенко М.П., Вирощування просо в умовах Півдня України. Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки. Херсон, 2020. Вип. 116. Ч. 2. С. 47-55.

2. Кобизєва, Л. Н. Просо – культура універсального напряму використання. Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області. 2013. Випуск 14.- С.68-75.

3. Омельченко З.І. Фітохімічне вивчення setaria italica та створення на її основі лікарських засобів: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 15.00.02 / Омельченко З.І. ; Національна медична академія післядипломної освіти імені П.Л. Шупика . К., 2008. 24 с.

4. Омельченко З.І., Кисличенко В.С., Сенкевич С.Ю. Дослідження вуглеводів чумизи (Setaria italica). Ліки та життя: Мат. Міжнар. мед.-фармац. конгр. К., 2007. С. 106-107.

5. Базалій В. В. Рослинницькі аспекти та агроекологічні засади вирощування сорго зернового на півдні України. Таврійський науковий вісник. Херсон : Айлант, 2015. Вип.91. С. 3-6.

6. Войташенко Д.П., Василенко Р.М. Чумиза (Setaria Italica Maxima) – перспективна культура півдня України. Міжв. тем. наук. зб. Зрошуване землеробство. Херсон: Айлант, 2007. № 47. С. 108-110

THE AESTHETIC ROLE OF INNOVATIVE MATERIALS AND STRUCTURES IN MODERN MINIMALIST ARCHITECTURE

Bazarbayeva Gul Serikqyzy
Master's degree
Abai Kazakh National Pedagogical University

Abisheva Onal Tokkulovna
Ph.D., Professor
Abai Kazakh National Pedagogical University

In recent decades, modern architecture has been constantly seeking a balance between technological complexity and visual purity. Minimalism, one of the most influential trends, has evolved beyond a mere stylistic tool into a holistic design approach based on radically simplifying forms and stripping away the non-essential [1]. In an urban environment filled with visual stimuli, architectural simplicity has become an important tool for creating a comfortable and psychologically stable living environment.

Innovative building materials play a particularly important role in the evolution of minimalism. While in the early stages of Modernism, architects were limited to the possibilities of standard reinforced concrete and simple sheet glass, today, materials science offers new solutions that allow structures to be made virtually invisible or, conversely, to become a primary decorative accent through their unique texture and light transmission [2, 3]. Technological advancements make it possible to realize projects with ultra-thin load-bearing elements, expansive panoramic surfaces, and concealed engineering systems, which form the basis of the "pure space" aesthetic.

The purpose of this article is to explore how innovative materials and construction methods shape the contemporary appearance of minimalist architecture.

For Mies van der Rohe, minimalism was not emptiness, but the highest concentration of meaning. He sought to create a "universal space" that would possess flexibility and structural clarity [4]. In his view, architecture should express the "spirit of the age" through the honest use of industrial materials—steel and glass. The "skin and bones" concept, based on separating the supporting skeleton from the enclosing structures, allowed for the creation of visually light and transparent volumes [4].

An important stage in the development of minimalist philosophy was the influence of the De Stijl group and the ideas of Adolf Loos. In his works, Loos equated ornamentation with a crime, concluding that society's cultural development is directly linked to its rejection of ornamentation in favor of functional purity and the quality of materials. This laid the ethical foundation of the style: Minimalism is seen as a sincere and responsible approach to design, where beauty arises from the object's proportions and internal logic.

The second powerful source of minimalism is Eastern tradition, specifically Japanese aesthetics. Here, the central place is taken by the concept of "Ma," which can be translated as "interval," "pause," or "empty space" [5]. Unlike the Western perception of emptiness as a lack, "Ma" is considered an active element of space that allows things and people to coexist harmoniously. In Japanese architecture, emptiness is a potential filled with light, shadow, and human movement.

Principles of Japanese philosophy, such as "wabi-sabi" (the beauty in imperfection and simplicity) and "shibui" (restrained beauty), are reflected in the works of modern minimalists like Tadao Ando. Ando uses concrete not as a crude building material, but as a tool to capture light and create a meditative atmosphere [5]. His architecture is a dialogue between man-made form and natural elements.

In recent decades, modern minimalism has abandoned cold asceticism and embraced "warm" minimalism. This movement preserves the purity of lines but places a strong emphasis on tactility, naturalness, and creating emotional resonance through interaction with innovative textures [6].

In minimalism, the material is not only a means of realizing form but also its semantic content. In the absence of ornamentation, the material's surface, color, and light transmission become the primary means of expression. Innovations in this field allow architects to solve problems that were previously technically impossible.

Glass is the quintessential material of minimalism, enabling the idea of material-less boundaries between interior and exterior. Modern advancements in glazing have fundamentally changed the aesthetics of facades.

First, let's consider frameless systems. The use of concealed aluminum profiles, which are integrated directly into the floor, ceiling, and walls, creates the effect of having no window frames at all. This allows light to flow seamlessly into the space, turning the landscape into a living painting that changes throughout the day.

Secondly, Smart Glass takes center stage. Electrochromic glazing technology allows the transparency and light transmission of the glass to be changed at the push of a button or automatically in response to sensors. This, in turn, eliminates the need for curtains and blinds, while also preserving the visual purity of the minimalist space, even when privacy is required [3].

Thirdly, a structural glazing method is used. The use of high-strength glass edges and beams allows for the creation of fully glass volumes where the glass itself acts as the supporting (load-bearing) element. As a result, this takes the idea of transparency to an absolute level, creating a sense of the building's ephemeral (transitory, weightlessness) nature [2].

Concrete in contemporary minimalism has undergone a significant transformation. Today, it is a high-tech material with unique aesthetic properties.

First of all, it is worth noting ultra-high-performance concrete (UHPC). With a strength of over 150 MPa, UHPC allows for the design of extremely thin and lightweight elements for facades and interiors. Moreover, the material's dense structure and minimal porosity provide a perfectly smooth surface that, when polished, resembles silk or polished stone [7]. Thanks to these properties, UHPC is widely used in modern architecture for creating facade cladding and complex structural elements.

For example, the use of such innovative materials and modern façade technologies in the Lusail Tower Podium project ensures the building's lightness and aesthetic appearance.

Figure 1. Lusail Tower, Qatar

Source of the figure: [7].

Secondly, light-transmitting concrete (LitraCon) deserves special attention. The incorporation of thousands of optical fibers into the concrete mix makes it possible to create solid walls that transmit light, shadows, and silhouettes. This transforms the aesthetic role of concrete, allowing it to be used not only as a solid mass but also as a semi-transparent material [8].

Third, self-healing concrete is becoming widely used. The use of biomimetic technologies, such as Bacillus bacteria, allows concrete to self-seal microcracks. Aesthetically, this allows the pristine appearance of minimalist surfaces to be maintained for decades, preventing the unsightly signs of wear and corrosion from appearing [9].

In general, metal is used in minimalism to create precise, sharp lines and durable surfaces. Modern architects are actively using anodized aluminum, stainless steel, and copper with special coatings.

Take, for example, carbon fiber (CFRP). This composite material offers exceptional strength at a minimal weight. In the context of minimalism, it is used to create very thin support structures and partitions that appear virtually weightless [7].

Finally, textured metal panels play an important role. The use of laser cutting and perforation allows for the creation of facades that play with light, forming complex rhythmic patterns on simple surfaces. As a result, this method adds depth to the minimalist image without the use of applied decor.

One of the most impressive breakthroughs in recent years has been transparent wood. Scientists have found a way to remove lignin from the wood's structure and fill the resulting voids with a transparent polymer.

This material allows for the realization of the concept of “warm” minimalism by combining the natural aesthetics of wood with futuristic transparency [10]. In addition to wood, bio-composites based on fully recyclable mushroom mycelium and hempcrete that provide a unique velvet-like texture are also being rapidly developed.

Minimalism demands not only high-quality materials but also flawless engineering execution. The aesthetic appeal of a minimalist building is directly dependent on how successfully the architect conceals the complexity of its structure and engineering systems.

Modern minimalism strives for maximum openness. The use of long-span structures made of steel and cross-laminated timber (CLT) allows for the elimination of interior load-bearing walls and intermediate columns [5]. This creates a sense of infinite space that can be freely adapted to the residents' needs.

In minimalism, every fastening point becomes a design element. Contemporary structural solutions are aimed at creating a unified architecture.

To ensure the absolute monolithic integrity of the architectural volume, concealed fastening systems are primarily used. The use of chemical anchors and invisible brackets allows stone or metal panels to be installed without visible joints or fasteners.

In further developing spatial solutions, special emphasis is placed on cantilever projections made from high-strength materials. This structural approach creates a “floating” effect in the space by designing large cantilevered elements without visible supports in the building and highlights the efficiency of modern technologies in distributing gravitational loads.

To maintain the building's visual purity, engineering systems are integrated into the structural elements. The entire infrastructure (ventilation ducts, electrical wiring, and “smart home” sensors) By concealing the complete infrastructure (ventilation ducts, electrical wiring, and “smart home” sensors) within the walls and ceilings, the architectural space is stripped of excess details, becoming a clean, neutral environment for human habitation.

This combination of technological and structural solutions forms the basis for achieving visual lightness in minimalist architecture. In this context, the architects' primary goal is to minimize the cross-sectional area of all visible structural elements by using high-strength proprietary materials. Prominent examples of this include thin metal frames, handleless glass balustrades, and “floating” staircases that are supported on only one end, which are considered an integral part of the structural language of modern minimalism.

An exploration of the aesthetic role of innovative materials and structures in contemporary minimalist architecture reveals that the movement stands at the pinnacle of its technological and philosophical development. Today, minimalism is not just a style, but a complex interdisciplinary practice that integrates art, material science, psychology, and ecology.

Innovative materials such as ultra-high-strength concrete, smart glass, carbon composites, and transparent wood have radically expanded the boundaries of what is possible. They have enabled architects to realize the modernist dream of total transparency, visual lightness, and absolute purity of form. Moreover, contemporary minimalism has become more humane and warmer, focusing not just on geometry but also on tactile sensations, the quality of light, and psychological well-being.

Design solutions supported by digital design allow the complexity of engineering systems to be concealed, revealing only pure volumes and elegant surfaces. This creates architecture that does not conflict with the environment but rather integrates harmoniously, whether in a natural landscape or dense urban fabric.

In the future, the importance of innovative materials in minimalism will only grow. The development of self-healing structures, biocomposites, and adaptive facades will allow buildings to become even more autonomous and environmentally friendly, while also maintaining the aesthetic purity that makes minimalism one of the most sought-after trends in contemporary architecture. Ultimately, the success of a minimalist project today is measured not by what is added, but by how meticulously every detail is considered and how effectively the technologies serve to create a harmonious living space.

References:

1. Yousif, Hawar & Tayib, Abdullah. (2024). Impact of Logic on Formal Minimalism in Modern Architecture. International Journal of Engineering Trends and Technology. 72. 204-218. 10.14445/22315381/IJETT-V72I6P121.

2. Ritchie, Ian. (2004). Aesthetics in Glass Structures. Structural Engineering International. 14. 73-75. 10.2749/101686604777964062.

3. CMS Construction Material Specialists. (2025, January 6). Trends in Aesthetic Building Materials: Blending Form and Function. CMS. https://cmsmaterialsolutions.com/blogs/news/trends-in-aesthetic-building-materials-blending-form-and-function

4. Eckardt, W.V. (2025, September 19). Ludwig Mies van der Rohe. Encyclopedia Britannica. https://www.britannica.com/biography/Ludwig-Mies-van-der-Rohe

5. Ayushi, A., Gandhi, P., Meghna, T., & Sutaria. (n.d.). The Essence of Space: Minimalism in Contemporary Architecture and Interior Design. In International Research Journal of Engineering and Technology. https://www.irjet.net/archives/V12/i4/IRJET-V12I4238.pdf

6. Warm Minimalism: Embracing the Timeless Beauty of Wood. (n.d.). Thermory. https://thermory.com/blog-and-news/warm-minimalism-embracing-the-timeless-beauty-of-wood/

7. kumar, mukul. (2025, July 3). Exploring Global Trends In Façade Designs & Cladding Materials. WFM Media. https://wfmmedia.com/exploring-global-trends-in-facade-designs-cladding-materials/

8. Van Der Sluijs, M., Hobbelman, G., & Van Breugel, K. (n.d.). Concrete with glass for aesthetic application. Retrieved March 10, 2026, from https://www.afgc.asso.fr/app/uploads/2018/05/089-van-Breugel.pdf

9. Self-Healing Concrete Technology | Revolutionizing Construction. (2025, August 30). Northgate Ready Mix. https://northgatereadymix.com/insights/revolutionizing-construction-with-self-healing-concrete-technology/

10. Mi R, Chen C, Keplinger T, Pei Y, He S, Liu D, Li J, Dai J, Hitz E, Yang B, Burgert I, Hu L. Scalable aesthetic transparent wood for energy efficient buildings. Nat Commun. 2020 Jul 31;11(1):3836. doi: 10.1038/s41467-020-17513-w. PMID: 32737288; PMCID: PMC7395769.

«DORMI, AMORE» М. ДА ГАЛЬЯНО У ВОКАЛЬНО-ПЕДАГОГІЧНОМУ РЕПЕРТУАРІ СТУДЕНТА: ВИКОНАВСЬКИЙ ВЕКТОР

Єрошенко Олена Віталіївна
кандидат мистецтвознавства, доцент, доцент кафедри музичного мистецтва
Харківський національний педагогічний університет
імені Г. С. Сковороди

«Dormi, Amore» – колискова з опери «Флора, або Народження квітів», яка була створена в 1628 р. італійським композитором Марко да Гальяно (1582–1643) на честь весілля Маргарити Медічі та Одоардо Фарнезе, герцога Пармського. Написана в дусі барокової епохи опера «Флора» з 5 актів із Прологом є одним із двох, що збереглися, сценічних творів композитора з чотирнадцяти опублікованих. Кілька арій із «La Flora» до нашого часу виконуються у вигляді концертних творів, зокрема «Плач Клорі» («Lamento di Clori») (створена Я. Пері), арія Корілли «Я була маленькою дитиною» («Io era pargoletta») та Колискова Меркуріо («Dormi, Amore»). Особливу популярність Колисковій принесло її виконання в кількох концертах, а згодом – запис на Columbia Records у 1945 р. видатним співаком Еціо Пінца, якого називають першим басом Італії XX століття.

Колискова «Dormi, Amore» відображає типовий для епохи бароко стиль, у якому присутнє вишукане поєднання музичних і літературних образів, спрямоване на створення чуттєвого настрою, і, таким чином, вона є чудовим прикладом барокової вокальної музики, в якій поєднуються елементи ліричності та глибокого емоційного спокою [1, с. 60–63].

Розглядаючи Колискову з музично-стилістичного боку, варто відзначити плавні, спокійні мелодійні лінії, заокруглені музичні фрази широкого дихання в досить повільному темпі *larghetto*, що допомагає створити атмосферу заколисування та заспокоєння, водночас вимагаючи від виконавця виразності, інтонаційної точності, стійкого та рівного звучання голосу.

Переважання в «Dormi, Amore» м’якої фонації та тихої динаміки з постійною зміною відтінків від *piano* до найніжнішого *pianissimo (p – pp – ppp)* висуває серйозні вимоги до техніки виконання, зокрема, щодо дихання співака, філірування звуку *(messa di voce)*, легкості голосового вібрато, характерних для барокового стилю. Крім вокально-технічної підготовки, виконавцю необхідно проявити почуття стилю, вміння передати художню складову літературного тексту. При цьому основний акцент зберігається на фразуванні та декламації, де співак повинен продемонструвати володіння кантиленою – співуче, зв’язно виконувати вокальну мелодію, передаючи ніжність і безтурботність колискової, приділяючи особливу увагу її світлій, ласкавій атмосфері. Особливу художньо-образну роль у передачі загального настрою спокою відіграє виконання динамічних відтінків *crescendo* і *diminuendo* з їх м’якими переходами та

плавними змінами, при необхідному збереженні інтонаційної точності та дикційної ясності фонації.

Слід зазначити, що для студента – майбутнього викладача музичного мистецтва – цей твір стає як навчальним матеріалом для розвитку вокальної техніки, так і інструментом для вивчення історико-стилістичних аспектів музики епохи бароко. Колискова слугує чудовим прикладом для навчання студентів вокальному виконанню в історичному контексті, дозволяє розвивати навички роботи з бароковою музичною фразою, формою, технікою, особливості яких полягають, зокрема, у використанні *basso continuo* та значній вербально-текстовій виразності.

У вокально-технічному аспекті «Dormi, Amore» значною мірою сприяє розвитку уваги студента до таких компонентів фонації, як збереження легкості та «повітряності» звуку, регістровим переходам, а також розумінню значення стильової цілісності барокової музики. У результаті, освоївши різні вокально-технічні нюанси, майбутній педагог-музикант зможе створити гідну інтерпретацію Колискової М. да Гальяно, що в педагогічному аспекті надалі допоможе його учням не тільки опановувати техніку співу, а й відчути ліричність та внутрішню гармонію, властиву музиці бароко.

Загалом, «Dormi, Amore» Марко да Гальяно пропонує викладачам і студентам дуже цікавий та цінний матеріал для роботи над вокально-технічним розвитком, художньо-образною виразністю та осмисленням стильового підходу до твору. Опанування подібних творів сприяє формуванню в студентів продуманого ставлення до музичного тексту, розвиває почуття форми та стилю. Також одним із цінних виконавських факторів Колискової М. да Гальяно стає робота над вокальною артикуляцією в оригінальному італійському тексті твору, а в художньому аспекті – ознайомлення з історичною інтерпретацією тексту, що в перспективі дозволить майбутнім педагогам-музикантам формувати в своїх учнів глибше розуміння вокальної музики епохи бароко та її особливостей.

Таким чином, Колискова «Dormi, Amore» М. да Гальяно, будучи яскравим зразком барокової вокальної музики, є важливим елементом репертуару для прийдешніх викладачів музичного мистецтва, і стане дуже цікавим та корисним матеріалом для аналізу в рамках викладання вокального мистецтва та виконавської техніки майбутніх педагогів-музикантів.

Список літератури

1. Early Italian Songs and Airs. For High Voice / Edit. P. Floridia. Boston : O. Ditson Co. ; New York : C. H. Ditson & Co. ; Chicago : Lyon & Healy. 1923. V. 1. 184 p. URL: https://archive.org/details/earlyitaliansong00flor/page/n93/mode/2up (date of access: 17.05.2026).

ТИПОГРАФІЧНІ ПРИНЦИПИ В СУЧАСНОМУ ПОЛІГРАФІЧНОМУ ДИЗАЙНІ

Костенко Ігор Олегович
Кандидат технічних наук, доцент
доцент кафедри графічного дизайну
Київської державної академії декоративно-прикладного мистецтва
та дизайну імені Михайла Бойчука

Сучасний поліграфічний дизайн є важливою складовою системи візуальної комунікації, у межах якої типографіка виконує багато різних за призначенням функцій . У процесі створення друкованої продукції шрифт, композиція тексту, інтерліньяж, модульна сітка та ієрархія елементів формують цілісне візуальне середовище, що впливає на сприйняття інформації та ефективність комунікації. В умовах розвитку цифрових друкарських технологій, брендингу та мультимедійної культури особливого значення набувають типографічні принципи, які забезпечують читабельність, структурованість та художню виразність поліграфічної продукції. Актуальність теми зумовлена необхідністю дослідження сучасних підходів до типографічного проєктування у поліграфічному дизайні, оскільки сьогодні шрифт розглядається не лише як носій текстової інформації, а як повноцінний елемент графічної композиції та візуальної айдентики. Зростання ролі друкованої реклами, брендованої продукції, пакування та багатосторінкових видань сприяє пошуку нових типографічних рішень, орієнтованих на поєднання функціональності та естетики.

Проблематика типографіки у графічному та поліграфічному дизайні висвітлювалася у працях українських і зарубіжних науковців. Дослідження В. Ярового та О. Бєлявської [1] присвячені впливу шрифту на читаність і ефективність дизайну друкованої продукції. О. Мудаліге аналізує сучасний стан дослідження шрифтового плаката та роль типографіки у візуальній комунікації.[2]. К. Трегубов досліджує семіотичні аспекти друкованих матеріалів та значення графічних елементів у системі поліграфічної комунікації.[3] Зарубіжні дослідження також акцентують увагу на питаннях читабельності, композиції та впливу типографічного оформлення на сприйняття тексту. [4,5] Метою дослідження є визначення основних типографічних принципів сучасного поліграфічного дизайну та виявлення їхнього впливу на функціональні й естетичні характеристики друкованої продукції.

У процесі дослідження встановлено, що сучасний поліграфічний дизайн ґрунтується на комплексному застосуванні типографічних принципів, які забезпечують ефективність візуальної комунікації та формують цілісну композиційну структуру друкованої продукції. Визначено, що ключовими принципами сучасної типографіки є читабельність, візуальна ієрархія, композиційна рівновага, модульність, ритмічна організація тексту та системність

шрифтового оформлення. З'ясовано, що читабельність залежить не лише від вибору гарнітури, а й від параметрів інтерліньяжу, міжлітерних інтервалів, довжини рядка та контрасту між текстом і фоном. Наприклад, у багатосторінкових книжкових виданнях і журналах переважно використовуються антиквенні гарнітури, такі як Times New Roman або Garamond, що забезпечують комфортне тривале читання завдяки наявності зарубок та врівноваженим пропорціям символів. Натомість у рекламній поліграфії та плакатному дизайні активно застосовуються гротескні шрифти Helvetica, Futura, Montserrat які сприяють швидкому зчитуванню інформації та формують виразний візуальний акцент.

Дослідження показало, що одним із провідних засобів організації друкованого простору є візуальна ієрархія, яка досягається через використання контрасту масштабів, насиченості та композиційного розташування шрифтових блоків. Зокрема, у дизайні сучасних журналів застосовується принцип модульної сітки, що дозволяє впорядкувати текстові та графічні елементи, забезпечуючи логічну послідовність сприйняття інформації. У брендованій поліграфії та рекламних буклетах ефективним є поєднання великих акцидентних шрифтів із дрібнішим наборним текстом, що підсилює композиційну динаміку та акцентує увагу на ключових повідомленнях. Водночас використання ритму та повторюваності типографічних елементів сприяє створенню стилістичної єдності друкованої продукції. Встановлено, що сучасна поліграфія характеризується активною інтеграцією цифрових технологій друку, які суттєво впливають на типографічне проєктування. Використання цифрового офсетного друку та технологій HP Indigo, Xerox iGen чи inkjet-друку розширює можливості відтворення дрібних шрифтових елементів, складних градацій та нестандартних текстурних ефектів. Це зумовлює появу нових вимог до параметрів верстки, точності кернінгу та адаптації гарнітур до різних матеріалів друку. У дизайні пакування преміальної продукції часто використовуються контрастні поєднання мінімалістичної типографіки з вибірковим лакуванням або тисненням фольгою, що посилює емоційне сприйняття бренду та формує візуальний ефект ексклюзивності. У сфері рекламної поліграфії актуальними є експериментальні типографічні рішення, зокрема використання асиметричної композиції, надвеликих шрифтових блоків та динамічної верстки, характерної для сучасного постмодерного дизайну.

Доведено, що адаптація типографічних рішень до різних видів друкованої продукції є важливим чинником ефективності поліграфічного дизайну. У книжкових виданнях основна увага приділяється читабельності та гармонійності текстового набору, тоді як у плакатах і зовнішній рекламі домінують принципи масштабності, контрастності та миттєвого візуального сприйняття. У дизайні пакування типографіка виконує не лише інформаційну, а й маркетингову функцію, формуючи впізнаваність бренду через характер шрифтової стилістики. Використання рукописних або каліграфічних гарнітур у пакуванні крафтової продукції асоціюється з автентичністю та ручною роботою, тоді як геометричні гротески у технологічному брендингу підкреслюють сучасність і

функціональність продукту. Уточнено взаємозв'язок між типографічною структурою та особливостями сучасних цифрових технологій друку, що впливають на характер візуального сприйняття поліграфічного об'єкта. Крім того, визначено, що типографіка в сучасному поліграфічному дизайні виступає не лише засобом організації текстової інформації, а й важливим інструментом формування емоційно-образної характеристики друкованої продукції та візуальної айдентики бренду.

Основними типографічними принципами сучасного поліграфічного дизайну визначено читабельність, композиційну цілісність, ієрархічність, модульність та гармонійне поєднання шрифтових і графічних елементів. Виявлено, що використання сучасних цифрових технологій друку розширює можливості типографічного проєктування та сприяє розвитку нових форм візуальної комунікації у поліграфії.

Список літератури

1. Яровий В., Бєлявська О. Шрифт у створенні ефективного дизайну: відбір шрифтів та їх вплив на читаність *Українська культура: минуле, сучасне, шляхи розвитку. 2024. № 49*.

2. Мудаліге О. Стан дослідження шрифтового плаката в науковому дискурсі *Деміург: ідеї, технології, перспективи дизайну*. 2024. Т. 7. № 1.

3. Трегубов К. Ю. Семіотика друкованих матеріалів – як графіка «промовляє» через символи *Теорія та практика дизайну*. 2025. № 36.

4. Ho Sang B., Petrarca D. Beyond (Type)Face Value: A Systematic Literature Review Examining Design Factors Influencing the Legibility and Readability of Typography. *Visible Language. 2025. Vol. 59. No. 3.*

5. Moys J.-L. Typographic Layout and First Impressions – Testing how changes in text layout influence reader's judgments of documents . *Visible Language. 2014. Vol. 48. No. 1.*

ІНСПІРАЦІЇ ПОСТІМПРЕСІОНІЗМУ У ПЕЙЗАЖАХ ЯНА РУБЧАКА

Лян Кеянь
Аспірант,
Національної академії образотворчого мистецтва та архітектури,
м. Київ, Україна

Постімпресіоністичні практики в історії українського мистецтва XX століття мають чисельні приклади розбудови індивідуальних парадигм авторів, котрі навчались у різних академіях мистецтв, як на Заході, так і на Сході. Кожен з них розкривав ідеї П. Сезана у цілком новому вимірі, так що зберігались формально-пластичні засади, але мова набувала гостро-індивідуальних ознак. Відтак, висвітлення теми постімпресіонізму в українському малярстві XX століття буде неповною без звернення до творчості Івана Рубчака (Jan Rubczak) – живописця та графіка, члена групи формістів, автора пейзажів, портретів та натюрмортів. Художник народився у Станіславові (нині Івано-Франківськ) та у 1904–1911 рр. навчався у краківській академії мистецтв, спочатку у Ф. Цинка, а згодом у Ю. Панькевича, саме за його порадою обрав гравюру. Надалі, а саме у 1908–1909 рр. вдосконалював майстерність в Парижі та Лейпцігу (Akademie für Graphische Künste und Buchgewerbe) [3, с.15]. Згодом, продовжив навчання в Академії Коларосі у Парижі. Мистець був одним із перших учнів Ю. Панькевича, який продовжив навчання в Парижі. Саме тоді художник оселився на Монпарнасі, де у березні 1922 р. відкрив власну школу графічного мистецтва на вул. Кампань-Прем'єр [2, 30].

У французькій столиці Іван Рубчак активно презентував свою творчість, зокрема французькі краєвиди, на Паризьких салонах: Осінньому (1911, 1912, 1913, 1914, 1920), Незалежних (1912, 1913, 1914, 1920). Окрім того виставляв свої твори у відомій в Парижі серед художників кав'ярні "Парнас". Не останню роль митець відігравав у житті польської громади, так 1911 р. став засновником Товариства польських художників у Парижі, а 1915 — членом Польського літературно-мистецького товариства. Про те, що художник був "своїм" серед "польських парижан" свідчить той факт, що його портрет ("Портрет Яна Рубчака") у 1930-х рр. намалювала Ольга Бознанська. Вже після 15 років активної діяльності у Парижі, художник повертається до Кракова, де спочатку працював зі студентами краківської академії мистецтв у приватній школі живопису Людвіки Мегоффер, а згодом у 1931–1932 рр. був асистентом на кафедрі рисунку Академії красних мистецтв ім. Я. Матейки у Кракові. У 1925 р. став співзасновником гільдії художників «Єдиноріг», разом із Я. Гриньковським, Ф. Коварським та В. Завадовським, брав участь у групових виставках в Кракові (1925/1926), Лодзі (1926), Львові (1926/1927, 1929) та Варшаві (1932). Мистець також неодноразово експонував свої роботи на виставках у Львові, зокрема у січні 1912; травні 1914, березні 1918 та січні 1926 [3, с.15].

Варто також наголосити, що з метою отримання нового візуального досвіду художник неодноразово відвідував Нормандію, особливо йому імпонували приморські краєвиди Провансу, також І. Рубчак подорожував до Іспанії, Нідерландів, Англії та Італії [2, с.385]. За результатами огляду об'єктів живописної спадщини мистця можемо констатувати, що саме ці поїздки надихали І. Рубчака на створення надзвичайно багатих своєю колірною палітрою, візуально виразних пейзажів. Проте, тут варто вказати, що в окремих пейзажних творах мистця відчутний також вплив актуальних на той момент модерністичних, зокрема сюрреалістичних інтенцій, з характерними для них прийомами знелюднення й створення до певної міри лімінальної атмосфери, де людина присутня виключно у доборі елементів художнього образу. Й вказані ідейні передумови розкрито через пусті вулиці, човни біля пірсів (як у сюрреалістичних композиціях Р. Сельського 1910–1930-х рр.) [1, с.6], мерехтливі, напівпрозорі обриси будинків, де втрачено не лише антропний вимір, але й хронотоп є цілком осібним, радше надчасовим. У деяких пейзажах художника далекий краєвид проглядається крізь гілля дерев на першому плані, що ще більше виявляє спільність творчих пошуків із Р. Сельським, що простежуємо у роботах І.Рубчака, зокрема "Опівдні", "Морське узбережжя в Сен-Тропе".

Навіть у більш насичених творах, як до прикладу "Пейзажі з Іспанії" (1910) матеріальність, щільність фарбового шару та виразні абриси міста, гір та дерев радше є осібними конструктами й виразами світобачення мистця, а не спробою інтерпретації реальності в арістотелівському сенсі. Варто вказати, що суголосність образно-художнім рішенням І. Рубчака цього періоду ми можемо знайти у творах Р. Сельського 1960–1970-х рр. Водночас слід наголосити, що попри впізнавану манеру І. Рубчака, мистець з легкістю корегує візуальні рішення відповідно до того, що прагнув виокремити у тому чи іншому образі, Так, інтонації суголосні "Руанському собору" К. Моне можна побачити у "Мості Секваною" (1911) чи "Порт-Нерф - Дощовий день" (1909), діалогування з В. Ван Гогом "Канал у Мартіквес" (1910-ті), гострі переживання форми як у П. Сезана та А. Дерена ("Пейзаж з Ланніон" 1914 та "Затока в Цассіс" 1913–1914). В усіх цих й багатьох інших випадках пейзаж переростає в автопортрет автора, де основним стає зображення індивідуальної рефлексії над цим світом й чутливого проживання свого перебування тут й зараз, що загалом вкрай рідко надається до живописної фіксації.

Що стосується суто техніки виконання творів, то І.Рубчак застосовував різні підходи, зокрема коли мова іде про картони малих форматів, митець використовував густе накладання фарб, що давало ефект фактури. Натомість інші роботи виконані дрібними мазками пензля, технікою що нагадує пуантилізм, що можемо спостерігати у роботі "Новий міст в Парижі" з Національного музею у Варшаві. Натомість у "Пейзажі з півдня Франції" спостерігаємо вплив Ю.Панькевича. В іншій роботі художника, із колекції Львівської національної галереї мистецтв ім. Б.Г.Возницького "Захід сонця в Бретані" (1912) можемо прослідкувати впливи іншої постімпресіоністичної

школи у Понт-Авені, кольорова гама, що поєднує охристо-світлі відтінки призахідного освітлення з чітким ритмом будівель у блакитно-фіолетових тонах із зеленкаво-рожевими тінями. Художник поєднав у цій роботі фактурно передане небо, яке нависає над міськими будівлями, що зображені автором навпаки, досить вільним вигладженим мазком [3, с.15].

Відтак можна стверджувати, що послідовна візуальна концепція І. Рубчака була, безперечно, результатом ретельного підходу до навчання й індивідуальних образно-пластичних пошуків, котрі за характером є виразно близькими до аналітичного дослідження форми й гармонізації емоційно-естетичного та інтелектуально-раціонального вивчення природи та речей. Саме тому, цілком коректно стверджувати, що у практиці художника рівноцінно можна фіксувати, як філософійний, так і колористичний концепти, вкорінені у практику французького постімпресіонізму. Однак, мистцеві вдалось не просто продублювати цю модель, але розкрити її на особливому рівні, де коректно відзначати синтез наднаціонального методу опрацювання форми та образу, але це поєднано з ремінісценціями етнорегіональної художньої мови. Водночас творча практика І. Рубчака є одночасним прикладом єдності творчого підходу, світоглядних та біографічних інтенцій, котрі необхідно розглядати у сукупності. Адже, контекст історії мистця є свідченням того, як пошуки ідейного порядку призводять до розбудови цілісної програми добору навчальних закладів і творчих відряджень. Інший, до певної міри визначальний для нашого дослідження аспект – синергія педагога та студента, завдяки якій І. Рубчак зміг розвинути свій природний потенціал під орудою Ю. Панькевича та, фактично, вивів свою виразну візію постімпресіоністичного методу осмислення просторово-предметного світу.

Список літератури

1. Роман Сельський. Твори з приватних збірок: альбом / упор. Т. Лозинський, І. Завалій; вст. ст. В. Овсійчук, І. Гречко, Н. Космолінська : Інститут колекціонерства українських мистецьких пам’яток при НТШ. Львів — Київ: Оранта, 2004. 168 с.

2. Сусак В. Українські мистці Парижа. 1900—1939. Київ: «РОДОВІД»—"А-БА-БА-ГА-ЛА-МА-ГА", 2010. – 408 с., іл.

3. Якубовська Е. Паризька кар’єра Івана Рубчака // Галицька брама, 1998. № 43, с.15.

СПЕЦИФІКА ВИКОНАВСЬКОГО СТИЛЮ ТА ВОКАЛЬНОЇ МАНЕРИ ФРЕНКА СІНАТРИ

Польська Ірина,
доктор мистецтвознавства, професор,
професор кафедри теорії та історії музики,
Харківська державна академія культури, Україна

Чернова Регіна
аспірантка кафедри теорії та історії музики,
Харківська державна академія культури, Україна

Музична культура XX століття є «надзвичайно складним, багатовекторним та суперечливим явищем, осягнення якого потребує – поряд із вивченням специфіки академічного музичного мистецтва – також аналізу явищ і процесів, пов'язаних із розвитком позаакадемічної сфери, котра відіграє величезну роль у музичному просторі доби» [1, с. 45]. Важливими складовими цієї сфери є джазове мистецтво та традиційна популярна музика, представлені іменами багатьох уславлених митців.

Одним з найвидатніших артистів XX століття є знаменитий співак і актор Френсіс Альберт (Френк) Сінатра (1915–1998), який є справжньою легендою американської і світової музичної культури. Пісні Сінатри увійшли до золотої скарбниці популярної музики XX ст. і стали класикою джазового та естрадно-вокального мистецтва. Неймовірний успіх, що упродовж багатьох десятиріч супроводжував діяльність артиста, зумовив постійну увагу до його творчої особистості та мистецької спадщини.

Важливим напрямом осягнення творчої постаті Френка Сінатри є визначення специфіки його виконавського стилю та вокальної манери, яке потребує розгляду цілого ряду аспектів творчості артиста. Так, непростим питанням є визначення стильової приналежності творчості артиста. За ствердженням одного з біографів співака, Вілла Фрідвальда (Will Friedwald), «принаймні три напрямки музики назвали Френка Сінатру одним із своїх: джаз, класика та рок. Він походив із біг-бенду, і суть його стилю – свінг» [2]. Визначаючи роль Сінатри у розвитку джазу, відомий джазовий басист Девід (Дейв) Фінк (David Finck) зазначав: «Для мене Френк – герой джазу, як Луї Армстронг, Майлз[1] чи Колтрейн» [2].

Величезним є також вплив Сінатри на характер та розвиток традиційної популярної музики. Джазовий критик і дослідник джазу Гарі Гіддінс (Gary Giddins) підкреслював, що Френк Сінатра «змінив інтерпретацію популярної пісні, надавши глибшого розуміння тексту, водночас започаткувавши ритмічний баланс між витонченістю поп-музики та джазовим свінгом» [3]. Визначаючи

[1] Мається на увазі видатний джазовий музикант Майлз Девіс (Miles Davis), який є однією з найвпливовіших і визнаних постатей історії джазу та музики XX століття.

принципові зміни, що відбулися у сфері популярної музики під впливом Ф. Сінатри, відомий канадський музичний критик і автор пісень Джин Ліс (Gene Lees) підкреслює: «Він перетворив 32-тактову пісню на п'єсу на три дії. Він навчив нас, що в тексті є крапки, коми, крапки з комою та знаки питання. Він №1, а наступний у черзі – №36» [4].

За висловом давнього колеги Сінатри, відомого композитора, автора багатьох знаменитих мюзиклів і пісень Джула Стайна (Jule Styne), саме Френк «дав поп-співу те, чого той ніколи не мав раніше – стиль» [2]. На думку Стайна, до Сінатри «пісні просто співали чітко і без особливої вишуканості. У Кросбі було трохи почуття стилю, але Сінатра був тим, хто пройшов весь шлях» [2].

Знаменитий ірландський поп-співак та автор пісень Боно (Bono, справжнє ім'я Paul David Hewson) назвав Сінатру «великим вибухом поп-музики» [2], без якого, на його думку, «неможливо уявити, як би звучала американська музика» [2]. Висвітлюючи причини неймовірної популярності Сінатри як у широкої аудиторії, так і у професійних колах, Боно підкреслював: «Люди рок-н-ролу люблять Сінатру, тому що він має те, що ми хочемо: харизму та сміливість» [2]. Як зазначає біограф артиста Дж. Каплан, Ф. Сінатра пережив все і всі: рок-н-рол, Елвіса Преслі, *The Beatles*, панк і *Нову хвилю*, він був творцем і служив на сцені, даруючи усмішки, більше, ніж півстоліття; публіка шанувала його і любила із щирістю за відчуття тепла і надійності, яке він дарував [5].

Характеризуючи особливості ставлення Ф. Сінатри до мистецтва та власної творчості, котрі детермінували також формування його виконавського стилю, Г. Гіддінс підкреслює, що артист завжди «практикував свою справу з такою неприкритою прямотою, ніби іншого шляху просто не було, що слухач ніколи не відволікався на віртуозність і не просив її оцінити віртуозність заради неї самої. Він віддав усе марнославство суверенітету гарної пісні, навіть коли він переробив її на свій власний сильний образ» [3]. Згадуючи свого батька, дочка Френка Сінатри Тіна Сінатра підкреслює: «Мій тато завжди казав: "Якщо я не відчуваю, я не можу це співати". У результаті він не просто співав пісні, він записував емоційний щоденник свого життя» [6]

Визначаючи особливості виконавської манери Сінатри, Джин Ліс згадує: «Одного разу Сінатру запитали, яким, на його думку, буде його спадок. Він сказав, що це був особливий підхід до співу, який, як він сподівався, триватиме» [4]. За свідченням Гарі Гіддінса, Сінатра «вірив у цілісність мелодичної лінії і навчився співати лірику так, як вона була написана, дихаючи лише там, де це дозволяла пунктуація» [3].

Відомо, що своє знамените довге фразування Ф. Сінатра створив під впливом тромбонової гри Томмі Дорсі, яку ретельно вивчав під час їхньої творчої співпраці. Специфіка виконавської манери Т. Дорсі полягала в його особливому контролі дихання, завдяки якому музикант не вдихав на повні груди, а лише відкривав невеличкий отвір у куточку рота. Опанування цього виконавського прийому допомогло Ф. Сінатрі розвинути свої легені та перетворити свій голос в буквальному сенсі на інструмент, який став звучати сильніше і милозвучніше [7, с. 172].

Відмічаючи ці характерні ознаки вокальної манери Сінатри, В. Фрідвальд зазначає, що артист «одного разу назвав свій спів "бельканто"» [2]. Виходячи з цього, дослідник висловлює думку про те, що «легатний звук Сінатри (вкорінений у грі Дорсі) також міг бути під впливом опери та традиційної італійської музики» [2].

Зауважимо, що таке ствердження є цілком вірогідним, вважаючи на особливу любов Ф. Сінатри до італійського оперного мистецтва і преклоніння перед великими оперними співаками Маріо Ланца та Енріко Карузо, чиї записи він вивчав з юності, а також на його тісну дружбу і творчу співпрацю з видатними оперними співаками Лоуренсом Тіббеттом, Карлосом Раміресом, Лауріцем Мельхіором, Робертом Мерріллом та Лучано Паваротті, котрі час від часу «надавали йому поради щодо вдосконалення вокальної техніки» [8].

Також, за ствердженням Дж. Ліса, Сінатра був «першим співаком, який зрозумів, що хороші мікрофони та техніка запису зробили спів інтимним актом, який вимагає тонкого підходу, рівного акторській грі в кіно» [4]. Пріоритетну роль Сінатри в опануванні художніх можливостей мікрофону у вокальному виконавстві акцентує й Уілфрід Шід, який підкреслює: «До того, як Сінатра з'явився на сцені, ніхто ніколи не користувався мікрофоном навіть наполовину так майстерно й невимушено. <…> Здавалося, що мікрофон і радіо ніби за помахом чарівної палички зникли разом із усіма атрибутами "перформансу", залишивши вас наодинці зі звуком дружньої розмови – друга з голосом ангела» [9]. Саме майстерність користування мікрофоном у поєднанні з технікою співу *крунінг* уможливили створення особливого відчуття неповторної довіри, інтимності спілкування, притаманного виконавській манері Сінатри.

Характеризуючи виконавську манеру Френка Сінатри, Дж. Ліс підкреслює особливу увагу співака до фонетики. Він зазначає, що Сінатра «витончив вимову, досліджуючи красу голосних. Сам голос був чудовим, виразним і красивим, майже флейтовим у перші роки, темно-дерев'яним у пізніші» [4]. Визначаючи аспекти виконавської майстерності артиста, Ліс також підкреслює, що його «дивовижна техніка охоплювала дві октави і, можливо, більше, але він ніколи не робив цього очевидним, приховуючи це, так би мовити, в імпровізації інтенсивності <…>. Здавалося, ніби він імпровізував свій текст» [4].

Усі ці аспекти вокального виконання, які розробив і віртуозно опанував у своїй творчості Ф. Сінатра, окреслюють основні новації його виконавського стилю, що були підхоплені іншими співаками і в результаті принципово змінили обличчя популярної музики і вокального мистецтва XX століття.

Яскраве втілення у виконавській творчості Ф. Сінатри знайшли також новітні вокальні стилі і техніки XX століття (крунінг, субтон, белтінг, *vocal fry*, *cry*, *sob*, *мікст*, екстремальні техніки *дісторшн*, *драйв* і *реттл* тощо).

Так, саме Ф. Сінатра є одним із найвідоміших і найяскравіших представників крунінгу – виконавської манери, в основі якої полягає задушевна інтимність тихого, близького до шепотіння звучання голосу. Характерними для крунінгу є кантиленність, плавність фразування, ефект безперервної вокальної лінії, відсутність різких переходів. Особливості цієї виконавської манери були

властиві Сінатрі вже на зорі його творчого шляху. За ствердженням Джеймса Каплана, «Френк ніби нашіптував ніжності на вушко одній єдиній жінці» [5]. Саме притаманні крунінгу емоційна подача і здатність створювати відчуття особистої близькості з аудиторією стали вирішальними у формуванні іміджу і виконавського стилю артиста.

І хоча сам Френк Сінатра заперечував свою приналежність до крунерів, він дотепер є одним із символів мистецтва крунінгу, розвиток і сучасне розуміння якого нерозривно пов'язані з ім'ям великого співака. Вже на початку своєї творчої кар'єри Сінатра здійснив справжню «революцію в естетиці чоловічого вокалу у популярній музиці» [10] завдяки використанню манери *крунінг* та новому розумінню вокального фразування й артикуляції. Внаслідок усього цього власний стиль співу Ф. Сінатри перетворився на «новий вокальний ідеал» [10] американської, а згодом і світової популярної музики середини XX століття, до якого адаптували своє виконання інші співаки епохи [10]).

Сінатра часто застосовує характерний для крунінгу прийом *слайд* (англ. *slide* – ковзати) або глісандо, як засіб виразності, що надає вокалу пластичності, рухливості, гнучкості та мовленнєвої природності. Найвиразніше цей прийом проявляється у фразах, пов'язаних із психологічними зламами і кульмінаційними драматургічними моментами .

Надзвичайно широко у вокальній творчості Ф. Сінатри репрезентован прийом субтону, притаманний виконавським версіям майже всіх його пісень. Субтон підкреслює оксамитовий тембр голосу співака, створюючи особливе відчуття емоційної близькості із слухачем.

Сінатра застосовує субтон не лише в чистому вигляді, але часто й у поєднанні з іншими вокальними техніками (вібрато, fry, белтінгом та cry). Так, у його виконанні зустрічаються комбінації субтону з вібрато (на голосних і сонорних приголосних), різкі і поступові переходи з белтінгу на субтон і навпаки, тощо. Артист нерідко поєднує субтон з вібрато, фраєм, drive, а також з cry-ефектом, який для підвищення емоційної виразності активно застосовується зокрема у джазовому, соул, поп- і R'n'B-вокалі.

У своїй виконавській практиці Ф. Сінатра використовував також окремі елементи белтінгу, хоча й не був белтером у традиційному розумінні. Слід зазначити, що вокально-виконавській манері Ф. Сінатри загалом не притаманна агресивна подача звуку, яка межує з криком. Потужні та енергійні *белтінг* та *напівбелтінг* використовуються Сінатрою виключно при виконанні пісень в стилі традиційної поп-музики і є відсутніми у свінгових композиціях, стилістика яких базується на принципово інших засадах.

Так, зокрема співак застосовує вокальні техніки, наближені до белтінгу й напівбелтінгу, у виконавських версіях цілого ряду композицій («Over the Rainbow», «That Old Black Magic», «White Christmas», «Adeste Fideles», «Let it snow!», «The Lord's Prayer», «I love you», «Lover», «My funny Valentine», «Taking a chance on love», «Lean baby», «Last night when we were young», «Too marvelous for words», «Everything happens to me», «The end of a love affair», «I won't dance», «At long last love», «Angel Eyes», «Same Old Song and Dance», «Stormy Weather»,

«Here's That Rainy Day» тощо). Белтінг та напівбелтінг притаманні й стилістиці виконання артистом пісень «Body and soul», «It depends on you», «Just one of those things», «I'll never be the same», «Swingin' down the Lane», «I wish I were in love again». В композиції «All of me» Сінатра поєднує напівбелтінг із технікою екстремального вокалу *drive*.

Одним з улюбленіших виконавських прийомів Ф. Сінатри є вібрато, яке співак використовував упродовж всього творчого життя. У своїй вокальній творчості здебільшого артист репрезентує найбільш поширене у виконавській практиці «природне» вібрато, яке особливо відповідає його виконавському стилю, теплому оксамитовому тембру голосу, а також характеру виконуваних композицій. Втім слід зазначити, що іноді (хоча й вкрай рідко і обережно) з метою емоційного забарвлення співак використовує також тремолююче вібрато (найчастіше наприкінці музичних фраз), яке у його виконанні зазвичай звучить в динаміці *piano* без зайвої акцентуації. Прикладами цього є зокрема пісні «I'm a Fool to Want You», «My Way», «Night and Day», «Guess I'll Hang My Tears Out to Dry», «In the Wee Small Hours of the Morning» тощо. Оксамитовий тембр голосу Ф. Сінатри вдало підкреслюється насиченим, яскравим грудним звучанням в нижній теситурі з легким вібрато.

Сінатра своєю творчістю спростовує існуючий стереотип щодо можливості використання вібрато лише на голосних літерах, переконливо демонструючи, що вібрато на приголосних є не лише можливим, але й додає звучанню особливого шарму. Яскравим прикладом застосування співаком вібрато на приголосних є пісня «My Way», де цей прийом використаний на словах «curtain», «friend», «certain», «again», «mention», «exemption», «planned», «along», «times», «losing», «amusing», «man», «things». Вібрато тут звучить на сонорних приголосних «m» та «n» (або «ng»), які за акустичними ознаками (переважання тону над шумом) є наближеними до голосних звуків.

Ф. Сінатра широко застосовує у своїй творчості техніку *vocal fry*. Фрай, як і субтон, використовувався співаком майже в кожній композиції з метою вираження емоцій вразливості і самотності, психологічного впливу на слухача). Так, у пісні «It's only paper moon» він репрезентує фрай як домінантну вокальну техніку. Сінатра активно використовував фрай з тоном, що дозволяло передати глибокі емоційні відтінки, збагачуючи вокальний візерунок пісень. Основний тон набуває різних забарвлень (cry-, sob-ефекту, міксту, субтону, фальцету). У пісні «That old black magic» артист демонструє різкий перехід з белтінгу на субтон і через фрай знову повертається на субтон з різким переходом в белтінг.

Важливою емоційно виразною вокальною технікою, репрезентованою у творчості Ф. Сінатри, є *cry*. Так, зокрема, саме *cry* є стрижневим елементом загальної концепції туги, самотності і розчарування в коханні, репрезентованої і концептуальному альбомі «Frank Sinatra Sings for Only the Lonely» (1958). Так, у заголовній композиції («Only the Lonely») втіленню основного емоційного образу з увиразненням напруженості сприяє використання співаком cry- та sob-ефектів, вібрато, субтону, фраю, міксту, подовжених сонорних звуків і сибілянтів замість звичного вібрато наприкінці музичних фраз тощо. В «Angel

Eyes» емоція болі відображається через використання широкого спектру вокальних технік (твенг, cry- та sob-ефект, субтон із попередньою придиховою і м'якою атакою звуку, вібрато, мікст, аглісандо, драй, фрай, белтінг, а також і придих наприкінці фраз). Аналогічний набір вокальних технік і прийомів застосований і в піснях «What's New?» та «Goodbye».

Ф. Сінатра активно використовував також вокальну техніку *sob*, зокрема в альбомі «Frank Sinatra Sings for Only the Lonely» Так, у блюзовій композиції «One for My Baby (and One More for the Road)» емоційним ядром його виконання є sob на динаміці *piano*. Одна з найвиразніших вокальних технік Sob стає ключовою виконавською барвою, яка передає відчуття внутрішньої порожнечі героя на межі емоційного зламу.

У своїй виконавській практиці Сінатра надзвичайно широко (у більшості пісень) використовує техніку *мікст* різної щільності («Strange music», «My blue heaven», «It All Depends on You», «I get a kick out of you» тощо), зазвичай разом із cry-ефектом. З метою підсилення голосу, надання йому яскравості, пронизливості, дзвінкості він також активно використовував майже в усіх композиціях прийом твенг як базову техніку. Рідким у використанні артистом є прийом йодль, прикладами якого є зокрема пісні «Mood indigo», «We'll be together again», «I got it bad».

У своїй виконавській творчості Ф. Сінатра використовував також екстремальні техніки *дісторшн*, *драйв* і *реттл*, які є сумішшю тону і шуму. Так, у багатьох композиціях артиста репрезентована техніка драйв. Водночас *дісторшн*, який не був прийнятним вокально-стильовим прийомом у сферах традиційної поп-музики та джазу, в яких працював Сінатра, застосовується артистом рідко (зокрема, в композиціях «Mood Indigo» і «My funny Valentine») і розуміється ним не як альтернативна техніка, а як певна скомпресованість звуку у верхньому сегменті діапазону. Репрезентативними прикладами застосування Сінатрою техніки *реттл* є композиції «It all depends on you», «Meet Me at the Copa», «Lean baby», «Come fly with me», «Day In, Day Out», «Same Old Song and Dance», «The Coffee Song», «Sentimental Journey», «I Gotta Right to Sing the Blues», «The Way You Look Tonight», «That's Life», тощо.

Список літератури:

1. Польська І. І. Позаакадемічна музична культура XX століття: аспекти осягнення. Modern issues of practice and theory. Abstracts of II International Scientific and Practical Conference. London. Great Britain, 2022. Pp. 45-47.

2. Friedwald, Will. Style and swagger: pop's 'big bang'. URL : https://archive.nytimes.com/www.nytimes.com/library/arts/052498sinatra-pop-legacy.html#4

3. Giddins, Gary. The voice that defined the jet age. URL : https://archive.nytimes.com/www.nytimes.com/library/arts/052498sinatra-pop-legacy.html#5

4. Lees, Gene. Turning A 32-bar song into a 3-act play. URL: https://archive.nytimes.com/www.nytimes.com/library/arts/052498sinatra-pop-legacy.html#3

5. Kaplan J. Frank The Voice, 2010. 786 p.

6. Sinatra: The Musical To Make West End Premiere In Summer 2026. URL: https://www.sinatra.com/sinatra-the-musical-to-make-west-end-premiere-in-summer-2026/

7. Чернова Р. О. Творча постать джазового співака Френка Сінатри // Культура та інформаційне суспільство XXI століття : матеріали всеукр. наук.-теорет. конф. молодих учених (18-19 квіт. 2019 р.) / Харків. держ. акад. культури. Харків: ХДАК, 2019. С. 172-173.

8. Frank Sinatra. URL: https://de.wikipedia.org/wiki/Frank_Sinatra

9. Sheed, Wilfred. A Caruso with a brain. URL: https://archive.nytimes.com/www.nytimes.com/library/arts/052498sinatra-pop-legacy.html#1

10. Crooning. URL : https://de.wikipedia.org/wiki/Crooning

РОЛЬ ГЛУТАТІОНУ ЯК ДІАГНОСТИЧНОГО МАРКЕРА КАНЦЕРОГЕНЕЗУ

Вязовська Єлизавета
здобувачка освіти 2-го курсу ННІ Медицина

Науковий керівник:
Оберніхіна Наталія Володимирівна,
доцент кафедри біохімії та молекулярної біології

Глутатіон є одним із найважливіших внутрішньоклітинних антиоксидантів організму. Він бере участь у підтриманні клітинного гомеостазу, захисті від вільних радикалів та детоксикації токсичних сполук. У клітинах глутатіон існує у двох формах: відновленій (GSH) та окисненій (GSSG). Співвідношення між цими формами є показником окисно-відновного стану клітини [1].

Окислювальний стрес є одним із ключових механізмів канцерогенезу. Глутатіон нейтралізує активні форми кисню та запобігає ушкодженню ДНК, білків і мембран [2]. На ранніх етапах розвитку пухлин глутатіон виконує захисну функцію, проте у сформованих пухлинах його підвищений рівень може сприяти виживанню пухлинних клітин і формуванню хіміорезистентності [3].

Таблиця 1. Основні функції глутатіону

Функція	Характеристика
Антиоксидантний захист	Нейтралізація активних форм кисню
Детоксикація	Знешкодження токсичних сполук та канцерогенів
Регуляція апоптозу	Вплив на виживання клітин
Хіміорезистентність	Зниження ефективності хіміотерапії

Дослідження останніх років демонструють, що зміни рівня глутатіону є характерними для багатьох онкологічних захворювань, зокрема раку легень, молочної залози, яєчників, печінки та пухлин шлунково-кишкового тракту [4]. У більшості випадків порушення обміну глутатіону супроводжується розвитком окислювального стресу, який відіграє важливу роль у механізмах канцерогенезу. Встановлено, що у злоякісних клітинах часто спостерігається підвищення рівня відновленого глутатіону, що сприяє захисту пухлинних клітин від дії активних форм кисню та забезпечує їх виживання в умовах підвищеного метаболічного навантаження. Натомість у деяких пухлинах мозку та печінки рівень глутатіону був зниженим [3].

Особливий інтерес викликає зв’язок між концентрацією глутатіону та ступенем агресивності пухлини. У ряді досліджень було показано, що високий рівень глутатіону асоціюється з підвищеною проліферативною активністю пухлинних клітин, їх здатністю до метастазування та стійкістю до протипухлинної терапії. Зокрема, у пацієнтів із раком молочної залози та раком легень підвищений вміст глутатіону нерідко корелює зі зниженням ефективності хіміотерапії, оскільки глутатіон бере участь у нейтралізації токсичної дії цитостатичних препаратів [3].

Водночас зміни рівня глутатіону можуть використовуватись не лише для оцінки ризику прогресування пухлини, а й для моніторингу ефективності лікування. Після проведення хіміотерапії або оперативного втручання показники глутатіону можуть змінюватися, що дозволяє оцінювати реакцію організму на терапію та прогнозувати подальший перебіг захворювання. Саме тому глутатіон розглядається як перспективний діагностичний і прогностичний маркер у сучасній онкології, особливо у поєднанні з іншими біохімічними та молекулярними показниками [4].

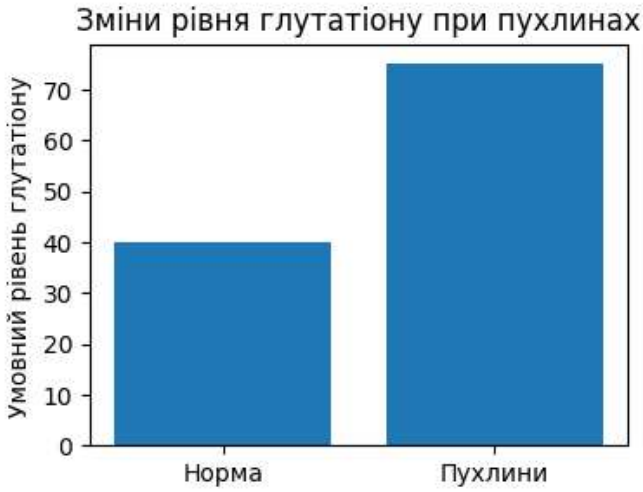


Рис. 1. Умовні зміни рівня глутатіону при пухлинних процесах
Джерело рисунка: авторська розробка.

Попри значний потенціал глутатіону як діагностичного маркера канцерогенезу, його використання у клінічній практиці має низку обмежень. Насамперед рівень глутатіону може суттєво відрізнятися залежно від типу пухлини, її локалізації та біологічних особливостей. У різних онкологічних захворюваннях концентрація глутатіону може як підвищуватись, так і знижуватись, що ускладнює інтерпретацію результатів досліджень. Крім того, показники глутатіону змінюються залежно від стадії розвитку пухлинного процесу та ефективності проведеного лікування [4].

Важливо також враховувати, що на рівень глутатіону впливають не лише онкологічні процеси, а й інші патологічні стани організму, зокрема запальні захворювання, порушення функції печінки, інтоксикації, хронічний стрес та метаболічні розлади. Це знижує специфічність глутатіону як онкомаркера.

Додатковою проблемою є відсутність єдиних стандартизованих методів визначення рівня глутатіону в біологічних рідинах і тканинах, що може призводити до варіабельності результатів у різних дослідженнях.

Таким чином, на сучасному етапі глутатіон не може використовуватися як самостійний діагностичний показник онкологічних захворювань. Однак його визначення у поєднанні з іншими біохімічними та молекулярними маркерами може мати важливе значення для оцінки перебігу пухлинного процесу, прогнозування ефективності терапії та моніторингу стану пацієнтів. [4].

Отже, глутатіон є важливим компонентом антиоксидантної системи клітини та перспективним об’єктом подальших досліджень у сфері діагностики та лікування онкологічних захворювань. [1;4].

Список літератури:

1. Traverso N., Ricciarelli R., Nitti M. et al. Glutathione in cancer progression and chemoresistance // Oxidative Medicine and Cellular Longevity. – 2013.

2. Hatem E., El Banna N., Huang M.-E. Multifaceted roles of glutathione and glutathione-based systems in carcinogenesis and anticancer drug

3. Coles B., Ketterer B. The role of glutathione and glutathione transferases in chemical carcinogenesis // Critical Reviews in Biochemistry and Molecular Biology. – 1990.

resistance // Antioxidants & Redox Signaling. – 2017.

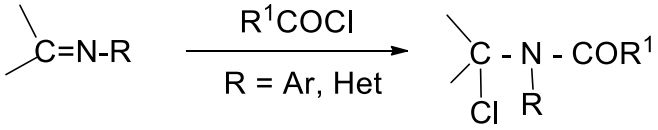
4. Kennedy L., Sandhu J. K., Harper M.-E., Cuperlovic-Culf M. Role of glutathione in cancer: From mechanisms to therapies // Biomolecules. – 2022.

AMIDOALKYLING AGENTS IN THE SYNTHESIS OF SPIRO-DERIVATIVE NITROGENOUS HETEROCYCES WITH A FRAMEWORK FRAGMENT

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

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

It is known that many heterocyclic compounds, even relatively simple ones, are difficult to obtain, significantly limiting their scope of application. Therefore, the search for new regioselective heterocyclizations based on readily available reagents is highly relevant. Various amidoalkylating agents, in particular those obtained fromSchiff bases according to the general scheme, are among such promising reagents.



The preparation of reagents using this scheme is only briefly mentioned in the literature [1-3].

The use of such amidoalkylating reagents obtained from cage ketones would allow the preparation of unique spiro derivatives of nitrogen heterocycles. There are no reports of such syntheses in the literature.

The aim of this study is to attempt to synthesize 1-(Spiro[adamantane-2,1'-isoindolin]-2'-yl)ethanone (4) starting from adamantan-2-one (1).

General synthesis procedure.

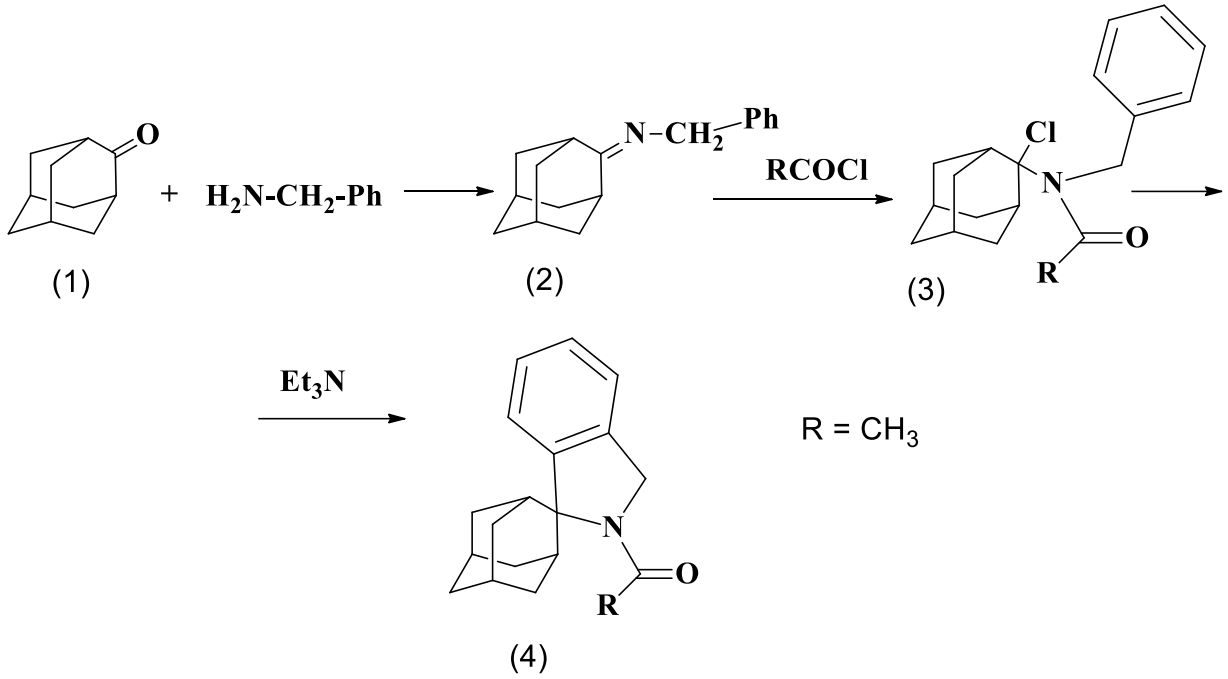
1) Synthesis of the Schiff base. N-((5R,7S)-adamantan-2-ylidene)-1-phenylmethanamine (2). An equivolic amount of benzylamine was added to a solution of 0.05 mol of adamantanone (1) in dry toluene, and the mixture was refluxed with a Dean-Stark trap until the calculated amount of water was released.

2) Synthesis of the amidoalkylating reagent. N-benzyl-N-(2-chloroadamantan-2-yl)acetamide (3). 0.05 mol of acetyl chloride was added to a solution of the resulting compound (2), and the mixture was left at room temperature for 24 hours.

3) Synthesis of 1-(Spiro[adamantane-2,1'-isoindolin]-2'-yl)ethanone (4). An equimolar amount of triethylamine was added to a solution of compound (3), and the

mixture was refluxed for 7 hours. Toluene was removed under vacuum. The residue was crystallized from ethanol-hexane. Yield 78%. M.p. 243-245 °C.

The synthesis of compound (4) is shown in the scheme:



The structure of compound (4) was confirmed based on 1H and 13C NMR, IR and mass spectra.

References

1. Hellmann H. //Angew. Chem., - 1957. – 69, #13/14. – S. 463 – 471.
2. Adams P., Baron F. A. // Chem. Revs. – 1965. – 65, #5. – P. 567-602.
3. Zaugg H. E. // Synthesis. – 1970. – 1 - #2. – P. 49 – 73.

INTELLIGENT AUDIO SIGNAL ANALYSIS APPORACH FOR UAV TYPE IDENTIFICATION

Veretilnyk Anastasiia
Student in AIS Department
Lviv Polytechnic National University

Basystiuk Oleh
Phd, Senior Lecturer in AIS Department
Lviv Polytechnic National University

The rapid proliferation of unmanned aerial vehicles (UAVs) has transformed modern security challenges, making the detection and identification of aerial threats a critical task for the protection of military and civilian infrastructure. In Ukraine, hundreds of drones are used daily against civilian and strategic targets, underscoring the urgent need for automated and reliable monitoring systems [1]. As UAV technology advances, traditional detection methods are becoming less effective, creating a demand for intelligent methods capable of identifying threats in real time.

This study focuses on methods of analyzing audio signals to identify UAV types by processing acoustic signatures and spectrograms. The proposed approach explores the application of artificial intelligence and deep learning methods to automate the recognition of UAV sound patterns, enabling early threat detection and reducing the impact of human error [2]. By combining modern signal processing methods with machine learning algorithms, the research aims to ensure continuous and accurate monitoring of critical infrastructure and airspace [3].

A series of experiments were conducted to determine the optimal audio clip duration for model training. The results demonstrated that four-second clips yielded significantly better performance compared to three-second clips. Specifically, the three-second duration led to substantial overfitting, characterized by a large discrepancy between training and testing accuracy [4]. In contrast, the four-second segments provided a more balanced representation of the acoustic features, reducing the error margin and improving the model's ability to generalize to unseen data [5].

One of the key challenges during the modeling phase was the significant class imbalance in the collected dataset. To address this, a comparative study was conducted of two approaches: oversampling methods (duplicating existing records of the minority class) and data augmentation methods (artificially expanding the sample by adding white noise, altering pitch, and introducing time shifts).

The experimental results demonstrated that the use of oversampling leads to significant overfitting, as the model begins to memorize specific audio fragments rather than identifying general features. In contrast, the augmentation technique showed significantly better generalization ability. During testing of various architectures, the ResNet hybrid model combined with an SVM (Support Vector Machine) demonstrated the highest performance, achieving an accuracy of 0.9712. The classic CNN

architecture came in second place with an accuracy of 0.9704. These results confirm that the use of deep residual networks for feature extraction, combined with a powerful SVM classifier, is optimal for complex acoustic signatures [6].

Model		Accuracy	Precision	Recall	F1-Score
Random Forest	train	0.9949	0.9950	0.9949	0.9949
	test	0.7158	0.7326	0.7158	0.7198
CNN	train	0.9747	0.9750	0.9747	0.9746
	test	0.7158	0.7456	0.7158	0.7244
CRNN	train	0.8460	0.8518	0.8460	0.8479
	test	0.6561	0.7173	0.6561	0.6785
ResNet	train	0.9949	0.9950	0.9949	0.9949
	test	0.8070	0.8132	0.8070	0.8080

Figure 1. Models metrics with undersampling

Source of the figure: author's development.

To test the algorithms in practice, a standalone prototype based on a Raspberry Pi 3 microcomputer was developed. The system is designed as a mobile monitoring module capable of operating in real time without connecting to external servers.

The sensor unit consists of an external USB sound card and a highly sensitive microphone, which ensures clear audio signal capture and minimizes internal hardware interference.

Model		Accuracy	Precision	Recall	F1-Score
Random Forest	train	0.9973	0.9973	0.9973	0.9973
	test	0.9479	0.9481	0.9479	0.9476
CNN	train	0.9951	0.9951	0.9951	0.9951
	test	0.9704	0.9705	0.9704	0.9704
CRNN	train	0.9808	0.9809	0.9808	0.9808
	test	0.9659	0.9659	0.9659	0.9659
ResNet	train	0.9893	0.9893	0.9893	0.9893
	test	0.9712	0.9715	0.9712	0.9712

Figure 2. Model metrics with augmentation

Source of the figure: author's development.

Data processing takes place directly on the device: the incoming audio stream is converted into a spectrogram, which is analyzed by a ResNet + SVM model. Using this combination has optimized computations for the Raspberry Pi architecture, ensuring high-speed object classification. The software, deployed on a memory card, instantly identifies the specific acoustic signatures of missiles and drones.

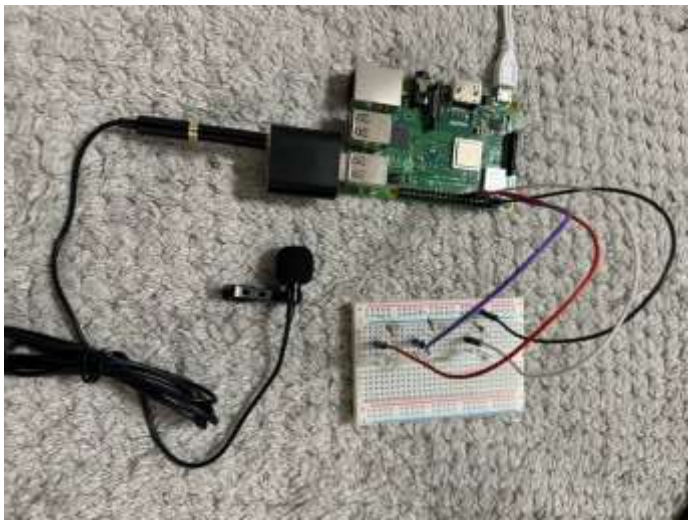


Figure 3. Final construction

Source of the figure: author's development.

The system's output is displayed on the console and visualized via LED indicators on the circuit board. Each type of threat (such as a “Shahed” or a missile) is assigned a specific LED color, allowing the operator to receive instant alerts without having to monitor the screen.

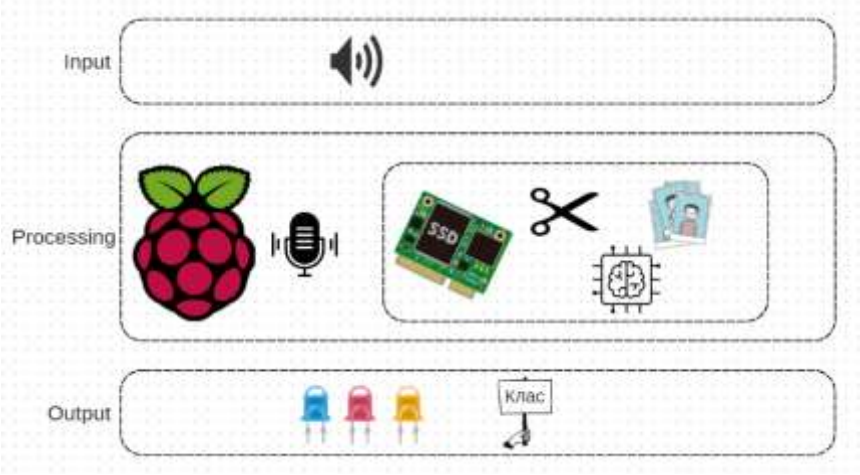


Figure 4. Architecture solution

Source of the figure: author's development.

In summary, the results of this study indicate that the development of autonomous acoustic detection systems is a crucial step in strengthening national security in the face of modern air threats. Creating our own specialized dataset with real signatures of missiles and Shahed drones allowed us to train a model that demonstrates high robustness to noise and specific conditions of the combat environment. Using a combination of ResNet architecture and SVM algorithm provided the necessary balance between classification accuracy and data processing speed on devices with limited resources.

The practical implementation of the system based on Raspberry Pi 3 demonstrates the possibility of creating a wide, cost-effective and efficient sensor network for early

detection of targets. Such solutions are vital for the protection of critical infrastructure and the civilian population, as they provide valuable time for air defense forces to respond.

References:

1. Zhang, Y., Li, H., & Wang, C. (2024). TAME: Temporal Audio-based Mamba for Enhanced Drone Trajectory Estimation and Classification [Preprint]. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2412.13037

2. Ahmed, R., & Li, Q. (2024). AV-DTEC: Self-Supervised Audio-Visual Fusion for Drone Trajectory Estimation and Classification [Preprint]. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2412.16928

3. Van der Zee, R., & Houtgast, T. (2023). Comparison of acoustic localisation techniques for drone position estimation using real-world experimental data. Delft University of Technology. Retrieved from https://resolver.tudelft.nl/uuid:5bee6175-4c10-41e0-bf5c-60bb9d9c6640

4. Kim, J., Park, S., & Lee, H. (2020). Acoustic localization and tracking of a multi-rotor UAV using microphone arrays. The Journal of the Acoustical Society of America, 147(2), 1234–1243. https://doi.org/10.1121/10.0001930

5. Михайлюк, В., Кравченко, С. (2023). Розпізнавання безпілотних літальних апаратів типу Shahed-136 по акустичній сигнатурі. Modern Computer Information Technologies, 2023(77). https://doi.org/10.31713/MCIT.2023.077

6. Alemadi, S., & Al-Khatib, R. (2024). MMAUD: A comprehensive multi-modal anti-UAV dataset for modern miniature drone threats [Preprint]. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2402.03706.

МЕТОД АВТОМАТИЗОВАНОЇ ОЦІНКИ СТРУКТУРНОЇ ПОВНОТИ API-ДОКУМЕНТАЦІЇ НА ОСНОВІ ЕТАЛОННОЇ ОНТОЛОГІЧНОЇ МОДЕЛІ

Богуцький Данило Владиславович
аспірант
Український державний університет науки і технологій

Горбова Олександра Вікторівна
кандидат технічних наук, доцент
Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»

Вступ. У сучасній розробці програмного забезпечення, що спирається на мікросервіси, якість API-документації безпосередньо впливає на швидкість і надійність інтеграції. Наявні інструменти (наприклад, Spectral, Swagger Editor) зосереджені на перевірці синтаксису JSON/YAML-файлів. Вони відповідають на питання, чи правильно записаний документ, але не здатні оцінити, чи всі необхідні елементи в ньому присутні. Так виникає «семантичний розрив» (Semantic Gap), коли формально коректна специфікація виявляється змістовно неповною [1].

У науковій літературі запропоновано кілька підходів до подолання цього розриву: виявлення «запахів» документації [2], подолання розриву між текстом і кодом за допомогою векторних представлень [3], набори правил і кількісних метрик [4], а також повноцінні OWL/RDF-онтології REST-сервісів [5]. Останні є дуже виразними, однак залишаються надто важкими для використання в швидких CI/CD-пайплайнах. Метою даної роботи є створення методу автоматизованої оцінки структурної повноти API-документації, який поєднує формальну строгість онтологічного моделювання з легковаговою реалізацією, зручною для інтеграції в інженерні процеси.

Основна частина. Запропонований метод спирається на три основні компоненти. Еталонна онтологічна модель. Предметну область «REST API-документація» змодельовано у вигляді графа знань. Визначено базові класи: Resource, Endpoint, Method, Parameter, Response. Між ними зафіксовано обов’язкові зв’язки (аксіоми). Наприклад, Endpoint підтримує Method, а Method повертає Response. Окремо виділено важливу аксіому: будь-який метод GET, що приймає ідентифікатор ресурсу, зобов’язаний мати опис відповіді 404 Not Found. Модель реалізована без важких форматів OWL/RDF, у вигляді програмного графа на Python/Node.js, що дає змогу виконувати перевірку за лінійний час. Індекс SCI. На основі онтології вводиться проста кількісна метрика – індекс структурної повноти (Structural Completeness Index, SCI). Він обчислюється як відношення кількості знайдених у специфікації обов’язкових зв’язків до загальної кількості таких зв’язків, передбачених еталонною моделлю. Отже, SCI

набуває значень від 0 до 1 (або у відсотках). Метрика є об'єктивною, відтворюваною та добре інтерпретується: значення 1,0 означає повну структурну відповідність, 0,8 – наявність пропущених обов'язкових елементів, а падіння нижче 0,5 свідчить про неприпустимо низьку якість документації. Практична перевірка. Для підтвердження працездатності методу проведено експеримент на прикладі промислового B2B-сервісу YouScore. Аналізувався ендпоінт GET /api/v1/companies/{edrpou}.

Результати наведено в таблиці 1.

Таблиця 1.

Результати аудиту документації

Метод перевірки	Результат	Виявлений дефект
Spectral	Passed	Не виявлено
SCI	Failed (SCI = 0.8)	Відсутній Response 404

Як видно, стандартний лінтер не зафіксував жодних проблем, тоді як онтологічний аналіз виявив відсутність обов'язкової відповіді 404. SCI на рівні 0.8 чітко вказує, що документація потребує доопрацювання. Висновки. Запропонований метод дає змогу: використовувати онтологію не для пошуку чи композиції сервісів, а як інструмент вимірювання якості документації; отримувати об'єктивну кількісну оцінку структурної повноти за допомогою метрики SCI; інтегрувати таку перевірку в CI/CD-пайплайни (GitHub Actions, GitLab CI) у рамках підходу Docs-as-Code. Подальші дослідження будуть спрямовані на масштабну валідацію методу з використанням еталонного набору PRAB, а також на розширення онтології для підтримки GraphQL, gRPC та напівструктурованих форматів документації.

Список літератури

1. Li X., Jiang H., Kamei Y., Chen X. Bridging Semantic Gaps between Natural Languages and APIs with Word Embedding // IEEE Trans. on Software Engineering. – 2020. – Vol. 46, No. 10. – P. 1081–1097.

2. Khan J.Y., Khondaker M.T.I., Uddin G., Iqbal A. Automatic Detection of Five API Documentation Smells // Proc. IEEE SANER. – 2021. – P. 318–329.

3. Huang Q. et al. API Method Recommendation without Worrying About the Task-API Knowledge Gap // Proc. ACM/IEEE ASE. – 2018. – P. 293–304.

4. Serbout S., Pautasso C. APIstic: A Large Collection of OpenAPI Metrics // Proc. IEEE/ACM MSR. – 2024.

5. Mainas N., Bouraimis F., Karavisileiou A., Petrakis E.G.M. Annotated OpenAPI Descriptions and Ontology for REST Services // Int. Journal on Artificial Intelligence Tools. – 2023. – Vol. 32, No. 6. – 2350017.

6. Богуцький Д.В., Горбова О.В. Програмний інструмент для оцінки якості документації API // GitHub. URL: https://github.com/danilBohutskiy/phd_formula.

APPLICATION OF METHYL METHACRYLATE COMPOSITIONS FOR BONDING EXTERNAL REINFORCEMENT IN THE STRENGTHENING OF REINFORCED CONCRETE BRIDGE BEAMS

Kovalchuk Vitalii
Doctor of Technical Sciences, Professor,
Department of Railway Transport
Lviv Polytechnic National University

Koval Maksym
PhD in Structural Engineering,
Senior Lecturer, Department of Highways and Bridges
Lviv Polytechnic National University

Rykovtsev Oleksii
PhD student,
Department of Bridges and Tunnels
National Transport University

The Ukrainian road sector faces a severe problem regarding the unsatisfactory operational condition of highway bridges. According to the data from the Analytical Bridge Management Expert System [1], there are 5,377 bridges currently in operation on Ukrainian public roads of national significance, of which 5,032 are made of reinforced concrete. In total, 37.65% of Ukrainian bridges on national roads are in the worst possible operational conditions [2] – the *fourth* (limited serviceability) and *fifth* (unserviceable) categories. One of the main reasons for this situation is the age of the structures: 80% of all bridges were built before 1980. Consequently, these structures do not meet modern bridge requirements for roadway clearance and load-bearing capacity. Furthermore, during long-term operation, they have accumulated numerous defects in their structures [3, 4], often reaching threatening and critical levels.

The long-term operation of reinforced concrete bridges is inevitably accompanied by the development of numerous structural defects, which are largely predetermined by the inherent properties of reinforced concrete as a composite material. Over time, the combined impact of environmental aggression and increasing traffic volumes triggers degradation mechanisms such as concrete carbonation and chloride-induced corrosion of the reinforcement. According to [5], the complex stress distribution within concrete elements, especially in zones of load concentration, makes these structures susceptible to cracking and localized failure. These deterioration processes are further exacerbated by the aging of the concrete matrix, which significantly alters its mechanical response compared to its initial design state [6]. Consequently, the

accumulation of such defects necessitates a rigorous approach to evaluating the residual life and safety margins of existing bridge infrastructure.

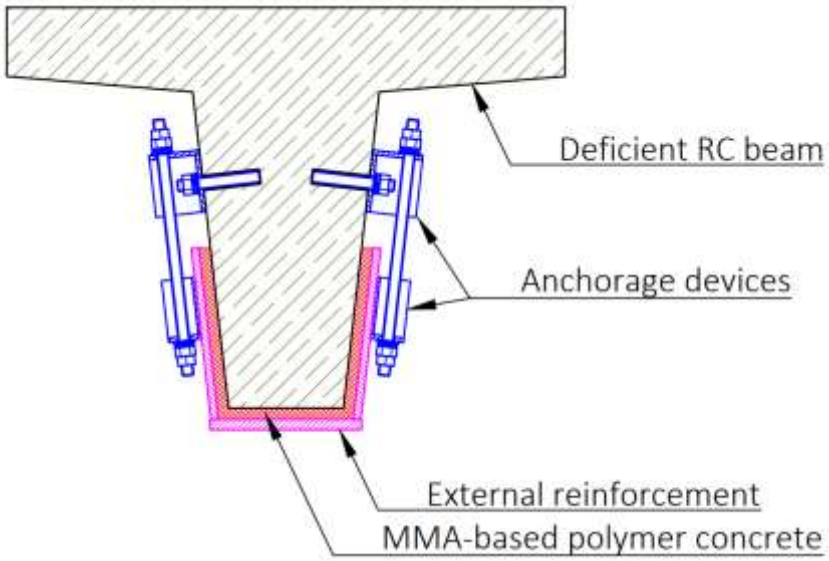


Figure 1. Strengthening of a deficient reinforced concrete beam with MMA-bonded external reinforcement
Source of the figure: Developed by the authors

Various technologies and strengthening methods are employed to increase the load-bearing capacity of bridge beams [7, 8]. One promising method for strengthening defective/deficient reinforced concrete beams of highway bridges is the integration of external (tangential) reinforcement into the working cross-section. This reinforcement, in the form of box-shaped steel elements, is bonded to the concrete contact area using polymer concrete (Fig. 1), which consists of sand impregnated with a methyl methacrylate composition [9]. The superior adhesive properties of such polymer concrete stem from the unique rheological and adhesive characteristics of methyl methacrylate compositions. Due to their ultra-low viscosity, MMA compositions are capable of penetrating deep into the capillary structure of the concrete, creating "micro-locks" (micro-interlocking) during polymerization, which ensures both mechanical and chemical bonding.

MMA-based polymer systems demonstrate excellent adhesion to dry and even damp concrete substrates, significantly exceeding the performance of traditional cement mortars [10]. When forming polymer concrete as a mixture of sand and MMA, high bond strength with the steel reinforcement is achieved due to the ability of methyl methacrylate to wet the metal surface and create a dense anti-corrosion barrier [11]. Furthermore, these compositions can be applied at ambient temperatures as low as –20 °C. This is further supported by Ukrainian engineering practice [12], where the adhesion of MMA-based polymer concrete to metal has been recorded at levels up to 20 MPa. This guarantees reliable composite action between the repaired beam and the external reinforcement under intensive dynamic loads.

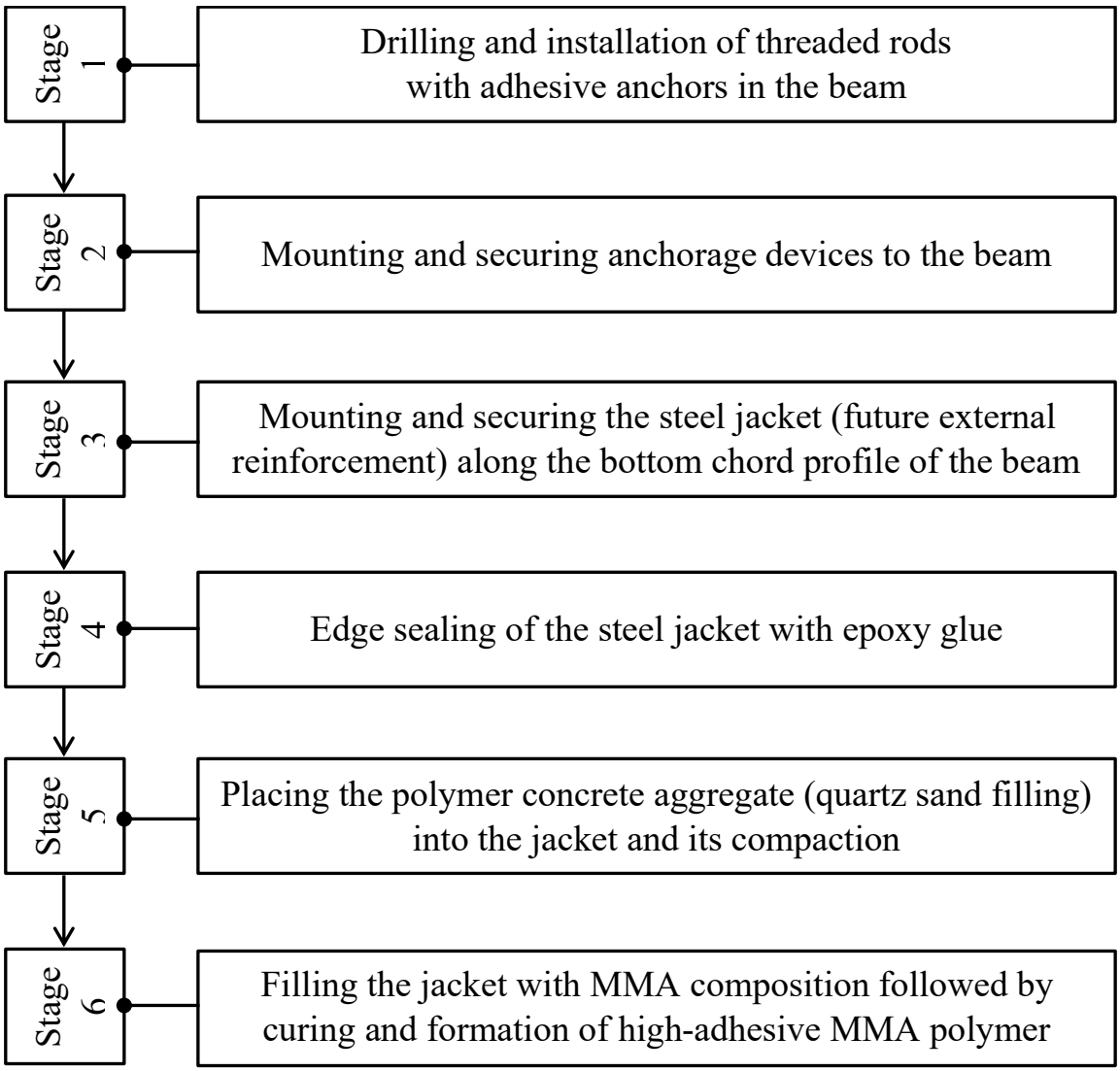


Figure 2. Deficient reinforced concrete beam strengthening flowchart

Source of the figure: Developed by the authors

The strengthening of reinforced concrete bridge beams with MMA-based polymer concrete involves the sequential execution of six main stages (Fig. 2). In the first stage, the defective beam is prepared for strengthening: blind holes are drilled into the beam, and threaded rods are inserted. To ensure reliable fixation within the beam's concrete, these threaded rods are bonded using adhesive anchors. The second stage consists of mounting and securing anchorage devices to the beam, which will hold the steel jacket (the future external reinforcement) in its design position. While these anchorage devices can vary in design, threaded rods are predominantly used; this allows for the precise adjustment of the steel jacket's spatial positioning. Furthermore, anchorage devices made of threaded rods or steel strips can be utilized to withstand structural forces—for instance, the shear forces that occur in the support zones of beam systems.

In the third stage, the installation and fixation of the steel jacket are performed. Its cross-sectional parameters are selected according to calculations to withstand the

required forces. The jacket itself is installed with a clearance relative to the beam's concrete (the optimal gap width is 20 mm). Once the steel jacket is set in its design position, the fourth stage is carried out: the thorough sealing of the ends and gaps between the jacket and the beam using epoxy adhesive. This stage is critically important due to the low viscosity of MMA compositions, which can leak through even the narrowest crevices.

In the fifth stage, the filler (sifted, washed, and dry quartz sand) is poured into the free space between the beam and the steel jacket, followed by its compaction—typically performed using electric vibrators temporarily attached to the steel jacket. After compaction, the final stage begins: the compacted sand is impregnated with the MMA composition, which coats the sand particles and penetrates the pores and cracks of the reinforced concrete beam. Once the methyl methacrylate composition cures, a high-strength polymer concrete with superior adhesive properties is formed. This material reliably bonds the steel jacket to the beam's concrete, transforming it from a stay-in-place formwork into active external reinforcement.

In Ukraine, several bridge superstructures have been strengthened using external reinforcement bonded with MMA-based polymer concrete [13, 14]. The first prominent example is a two-span bridge at km 18+882 of the H-13 highway (Fig. 3). Originally, the cross-section of the superstructure consisted of five beams built according to the "Vypusk 56" standard design (1960). In 1976, the bridge was widened using "VTP-21" standard design slabs—two on the left side and three on the right. Due to the primitive design of the bridge deck and the lack of regular maintenance over 60 years of operation, numerous defects developed in the "Vypusk 56" beams, including total exposure and corrosion of the main reinforcement (Fig. 3, a). As part of the repair works, the beams and slabs of the superstructure were integrated with a monolithic reinforced concrete deck slab. The "Vypusk 56" beams were strengthened using steel channels, which were connected to the beams via steel strip ties and MMA-based polymer concrete (Fig. 3, b). By increasing the effective depth of the cross-section and introducing additional reinforcement, the load-bearing capacity of the "Vypusk 56" beams was successfully restored to meet regulatory standards.

In Ukraine, several bridge superstructures have been strengthened using external reinforcement bonded with MMA-based polymer concrete [13, 14]. The first prominent example is a two-span bridge at km 18+882 of the H-13 highway (Fig. 3). Originally, the cross-section of the superstructure consisted of five beams built according to the "Vypusk 56" standard design (1960). In 1976, the bridge was widened using "VTP-21" standard design slabs—two on the left side and three on the right. Due to the primitive design of the bridge deck and the lack of regular maintenance over 60 years of operation, numerous defects developed in the "Vypusk 56" beams, including total exposure and corrosion of the main reinforcement (Fig. 3, a). As part of the repair works, the beams and slabs of the superstructure were integrated with a monolithic reinforced concrete deck slab. The "Vypusk 56" beams were strengthened using steel channels, which were connected to the beams via steel strip ties and MMA-based polymer concrete (Fig. 3, b). By increasing the effective depth of the cross-section and introducing additional reinforcement, the load-bearing capacity of the "Vypusk 56"

beams was successfully restored to meet regulatory standards.

a) b) c) d)

Figure 3. Views of the bridge span structures at km 18+882 of the N-13 highway (a, b) and at km 4+014 of the Lviv Western Bypass (c, d) before and after strengthening respectively

Source of the figure: Authors' field photos.

The second example is a four-span bridge at km 4+014 of the Lviv Western Bypass. Three of its spans consist of 14 prestressed reinforced concrete beams in their cross-section, built according to the "VTP-16" standard design — the so-called "string-concrete" (pre-tensioned) beams. Due to the primitive design of the bridge deck and the lack of regular maintenance over 64 years of operation, the exterior beams suffered from total exposure and the failure of numerous reinforcement strings (Fig. 3, c). As part of emergency countermeasures, the damaged beams were strengthened with 8-mm-thick U-shaped steel jackets. These jackets were integrated with the beams using steel rod ties and MMA-based polymer concrete (Fig. 3, d).

The results of the dynamic tests of span 3–4, conducted both before and after the strengthening of the damaged beams in this span [15], demonstrate the effectiveness of the implemented solution. For all beams in the tested span, the maximum dynamic deflections decreased by 26–52%, with an average reduction of 41%. This confirms the efficiency of strengthening main bridge beams using external reinforcement bonded with methyl methacrylate compositions. The reinforcement was successfully integrated

into composite action with the beam concrete. Furthermore, due to the thickness of the steel plates and the high elastic modulus of steel, the moments of inertia of the strengthened beams and the overall stiffness of the bridge superstructure were significantly increased.

Based on the aforementioned findings, the following conclusions can be drawn:

1. The use of external steel reinforcement bonded with methyl methacrylate (MMA) polymer concrete is an effective method for restoring and increasing the load-bearing capacity of defective/deficient reinforced concrete bridge beams. Practical application shows that this technology allows for the successful integration of additional steel elements into composite action with the existing concrete structure.

2. The ultra-low viscosity of MMA compositions and their ability to cure at sub-zero temperatures (down to –20 °C) make this method uniquely suited for emergency repairs and bridge strengthening in various climatic conditions, ensuring deep penetration into the concrete's capillary structure.

3. Dynamic testing confirms a significant increase in the stiffness of the bridge superstructures. The reduction of maximum dynamic deflections by an average of 41% (ranging from 26% to 52%) demonstrates the reliable performance of the MMA-based bond under intensive operational loads.

4. The following prospective research directions can be identified:

- investigation of the long-term durability of the MMA-concrete-steel bond under cyclic temperature fluctuations and aggressive environmental factors;
- development of refined analytical models to predict the thermo-stressed state of the strengthened sections, considering the difference in thermal expansion coefficients of the materials;
- optimization of the MMA-based polymer concrete composition to further enhance its adhesive strength to both aged concrete and corroded steel surfaces.

References:

1. Bezuglyi A., Kaskiv V., Zavhorodnii S., Panibratets L., Stepanov S., Hriniv V., Chaikovska L. The condition of transport infrastructure structures in Ukraine on public roads of national importance in government-controlled territories as of 2025. Dorogi i mosti [Roads and bridges]. Kyiv, 2026. Issue 33. P. 162–177 [in Ukrainian]. DOI: https://doi.org/10.36100/dorogimosti2026.33.162

2. DSTU 9181:2022. Transport structures. Road bridges. Guideline for determining and forecasting the technical condition of road bridges. Kyiv: SE "UkrNDNC", 2022. 28 p. [In Ukrainian]. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=97896

3. Davydenko A. Statistical forecast of the technical condition of road bridges in Ukraine. Bridges and tunnels: theory, research, practice. 2016. No. 10. P. 4–12. [In Ukrainian]. DOI: https://doi.org/10.15802/bttrp2016/96130

4. Rykovtsev O. I. Relevance of using methyl methacrylate compositions for repairing defective reinforced concrete beams of road bridges under operational conditions. Automobile Roads and Road Construction. 2025. No. 117 (2).

P. 330–339. [In Ukrainian]. DOI: https://doi.org/10.33744/0365-8171-2025-117.2-330-339

5. Fuchs W., Eligehausen R., Breen J. E. Concrete capacity design (CCD) approach for fastening to concrete. ACI Structural Journal. 1995. Vol. 92, No. 1. P. 73–94. DOI: https://doi.org/10.14359/1533

6. Cook R. A. Behavior of chemically bonded anchors. Journal of Structural Engineering. 1993. Vol. 119, No. 9. P. 2744–2762. https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9445(1993)119:9(2744)

7. R V.3.2-218-03450778-741:2008. Recommendations for strengthening bridge structures under load, including force adjustment. Kyiv: SE "DerzhdorNDI", 2008. 30 p. [In Ukrainian]. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=24995

8. Babych Ye. M., Karavan V. V., Babych V. Ye. Diagnostics, passportization and restoration of buildings and engineering structures: Textbook. Rivne: Volynski oberehy, 2018. 129 p. [In Ukrainian]. URL: https://fileserver-az.core.ac.uk/download/pdf/297133200.pdf

9. Polyakov A. V., Koval M. P. Method for strengthening building structures made of natural and artificial stone with metal elements using a composition based on methyl methacrylate. Patent UA, no. 148024, 2021. 5 p. [In Ukrainian]. URL: https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1602262/

10. Fowler D. W. Polymers in Concrete: A Vision for the 21st Century. Cement and Concrete Composites, Vol. 21, No. 5-6, 1999, pp. 449-452. URL: https://doi.org/10.1016/S0958-9465(99)00032-3

11. Kozłowski M., Bula A., Hulimka J. Determination of mechanical properties of methyl methacrylate adhesive (MMA). Architecture Civil Engineering Environment. 2018. Vol. 11, No. 3. P. 87–96. DOI: https://doi.org/10.21307/ACEE-2018-041

12. MR V.2.3-37641918-888:2017. Methodological recommendations for the restoration of reinforced concrete structures of bridges and pipes by the method of injection impregnation with polymer solutions. Kyiv: SE "DerzhdorNDI", 2017. 32 p. [In Ukrainian]. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=75327

13. Kovalchuk V., Sobolevska Yu., Onyshchenko A., Fedorenko O., Tokin O., Pavliv A., Kravets I., Lesiv J. Procedure for determining the thermoelastic state of a reinforced concrete bridge beam strengthened with methyl methacrylate. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2021. Vol. 4, No. 7 (112). P. 26–33. [In Ukrainian]. DOI: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.238440

14. Rykovtsev O. Thermo-stressed state of reinforced concrete bridge beams strengthened with methyl methacrylate compositions. Modern Transport Technologies: Materials of the 16th International Scientific and Practical Conference of Students and Young Scientists named after Georgiy Kirpa (November 21, 2024, Lviv). Lviv, 2024. P. 66–67. [In Ukrainian]. URL: https://science.lpnu.ua/sites/default/files/attachments/2023/31885/importantdoc/zbirnyktez17konferenciya2025.pdf

15. Kovalchuk V. V., Koval M. P., Rykovtsev O. I. Evaluation of the effectiveness of bridge beams strengthening with external reinforcement, adhered with methyl methacrylate compositions, based on the results of dynamic tests. Bridges and Tunnels: Theory, Research, Practice. 2025. No. 28. P. 30–38. DOI: https://doi.org/10.15802/bttrp2025/344897

ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ РУЙНУВАННЯ ЯК СИРОВИНИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА АВТОКЛАВНОГО ГАЗО БЕТОНУ

Лаповська Світлана,
доктор технічних наук, професор
Київський національний університет будівництва та архітектури

Черненко Микола,
Аспірант
Київський національний університет будівництва та архітектури

Сучасна екологічна ситуація в Україні, зумовлена масштабними руйнуваннями об’єктів цивільної та промислової інфраструктури, вимагає термінового вирішення проблеми поводження з відходами знесення. Накопичення таких відходів не лише погіршує екологічний стан територій, а й створює ризики виникнення техногенних загроз. У порівнянні з країнами ЄС, де рівень переробки будівельних відходів сягає 90-95%, Україна (де цей показник історично не перевищував 5-10%) потребує впровадження ефективних технологій рециклінгу для досягнення європейських стандартів у межах «зеленого» відновлення[1-3].

Найбільш перспективним напрямком утилізації відходів руйнування є їх використання у виробництві стінових матеріалів, зокрема автоклавного ніздрюватого бетону. Особливий науковий інтерес становить переробка бетонного лому та відходів ніздрюватого бетону шляхом їх сепарації та наступного тонкого помелу[4].

Отримані дрібнодисперсні фракції мають високу питому поверхню, що підвищує їхню реакційну здатність. Хімічний склад таких відходів, представлений переважно гідросилікатами кальцію та залишками негідратованого цементного клинкеру, дозволяє їм брати активну участь у процесах структуроутворення. Під час автоклавної обробки при температурі 175–190°C та тиску 1.2 МПа ці компоненти вступають у взаємодію з вапном та кварцовим піском[4].

Застосування подрібнених відходів руйнування як активного мінерального компонента дозволяє частково замінити традиційну сировину. У присутності гідроксиду кальцію $Ca(OH)_2$ вторинні ресурси стають центрами кристалізації для нових утворень низькоосновними гідросилікатами кальцію типу CSH(B). Це призводить до кольматації капілярних пор, що забезпечує не тільки стабільність геометричних розмірів виробів, а й підвищення міцності на стиск на 5–10% при одночасному зниженні енергоємності виробництва[5].

Важливим аспектом є впровадження нових нормативних вимог. Згідно з Регламентом (EU) 2024/3110[6], який замінює попередні положення щодо

будівельних виробів, акцент зміщується на екологічну декларацію продукту (EPD). Використання рециклінгової сировини дозволяє виробникам автоклавного газобетону значно покращити показники сталого розвитку, що є критичним для сертифікації продукції на європейському ринку. Це особливо актуально в межах міжнародних ініціатив, таких як проєкт LIFE D2R-GreenUA[7], що спрямований на створення замкнених циклів використання ресурсів.

Дослідження показують[1-5], що оптимальний рівень заміщення сировинних компонентів вторинними матеріалами (до 15–20% від маси сухих компонентів) дозволяє досягти стабільних показників якості. Окрім зростання міцності, використання рециклінгової сировини сприяє покращенню морозостійкості та зниженню сорбційної вологості готових блоків. Таким чином, перехід на економіку замкненого циклу у виробництві автоклавного газобетону є стратегічним кроком для відбудови країни.

Список літератури:

1. Карась О. Г. та інші / ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВІДНОВЛЕННЯ ВІДХОДІВ РУЙНАЦІЇ В УКРАЇНІ / Екологічні науки № 6(63)/ DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2025.eco.6-63.40;
2. https://ustcoalition.com.ua/tag/debris/;
3. https://rubryka.com/article/vidhody-rujnatsiyi/;
4. Nguyen Ngoc Lam / RECYCLING OF AAC WASTE IN THE MANUFACTURE OF AUTOCLAVED AERATED CONCRETE IN VIETNAM /International Journal of GEOMATE, Feb., 2021, Vol.20, Issue 78, pp.128-134ISSN: 2186-2982 (P), 2186-2990 (O), Japan, DOI: https://doi.org/10.21660/2021.78.j2048Geotechnique, Construction Materials and Environment;
5. Jiageng Xia, Yongliang Chen, Junbao Chen, Aojun Li and Tiejun Chen / Preparation of Autoclaved Aerated Concrete from Construction Waste/ IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 687 (2021) 012067 doi:10.1088/1755-1315/687/1/012067;
6. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32024R3110&qid=1743093933239;
7. https://www.d2r.com.ua.

АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ ГРАНИЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ В ПРОГНОЗУВАННІ НАДІЙНОСТІ ФУНДАМЕНТІВ ПІДВИЩЕНОЇ ПОВЕРХОВОСТІ СПОРУД

Моргун Алла Серафимівна,
д.т.н., професор,
Вінницький національний технічний університет

Записов Дмитро Васильович,
аспірант,
Вінницький національний технічний університет

Колесник Андрій Вікторович,
аспірант,
Вінницький національний технічний університет

У публікації висвітлено актуальність та теоретичне обґрунтування розв’язання нелінійних задач фундаментобудування, що базуються на поєднанні положень теорії пружності, теорії пластичності та сучасних інформаційно—обчислювальних технологій числового моделювання. Для розв’язання задачі залучено числовий метод граничних елементів, пружно-пластичну дилатансійну модель дисперсного середовища ґрунту, яка дозволяє прогнозувати поведінку плитної фундаментної конструкції в нелінійній стадії її роботи. Виконано зіставлення результатів числового моделювання, отриманих із застосуванням методу граничних елементів, з даними експериментальних досліджень, яке засвідчило їхню задовільну збіжність та підтвердило адекватність розробленої математичної моделі.

Розвиток зон пластичних деформацій у ґрунтовому масиві супроводжується мобілізацією додаткового опору ґрунту за рахунок внутрішнього тертя, зчеплення та дилатансійних ефектів. Це сприяє більш рівномірному перерозподілу контактних напружень під підошвою фундаменту, зменшенню локальних концентрацій напружень і залученню до роботи більшого об’єму ґрунтової основи. У результаті підвищується ефективність взаємодії фундаментної конструкції з основою та зростає її фактична несуча спроможність.

Ключові слова: метод граничних елементів, рівняння стану, пружність, пластичність, напружено-деформований стан.

Однією з актуальних задач фундаментобудування є розробка і впровадження більш сучасних та економічних методів розрахунку будівельних конструкцій (фундаменти складають значну їх частину) направлених на виявлення і реалізацію їх резервів. Будівлі підвищеної поверховості є вельми

індивідуальними спорудами, потребують індивідуальної прив'язки до ґрунтів конкретного будівельного майданчика, умови прив'язки практично не повторюються.

Не дивлячись на уявну простоту процеси, що проходять в ґрунтах, дуже складні як об'єкти дослідження та контролю. На теперішній час вивчено не всі аспекти механізму деформування ґрунтової основи під навантаженням.

Наукові дослідження в області механіки ґрунтів завжди були направлені на удосконалення методів проектування основ і фундаментів. Для забезпечення надійності проектування основ і фундаментів споруд необхідне врахування при моделюванні їх поведінки складних і багаточисельних фізико-механічних характеристик ґрунтів.

В роботі прогнозовано осідання фундаментної конструкції—плити для 12—ти поверхової споруди див. на рис. 1. Для аналітичного розгляду задачі формування математичного еквівалента поведінки матеріалу ґрунту під навантаженням в роботі залучено механіку суцільних та пористих середовищ. В ґрунтах при дії зовнішніх сил виникають як пружні $\varepsilon^{пружн}$ так і пластичні залишкові $\varepsilon^{пласт}$ деформації (їх $\approx 95\%$).

Рисунок 1. Візуалізація. Фасад 12—ти поверхової будівлі
Джерело рисунка: розробка авторів Колесника А.В. і Записова Д.В.

Суттєвою відмінністю ґрунтів від однорідних суцільних пружних тіл є їхня здатність до розвитку незворотних (пластичних) деформацій уже на початкових стадіях навантаження. На відміну від ідеально пружних матеріалів, у яких після

зняття навантаження деформації повністю зникають, у ґрунтовому середовищі навіть за відносно невеликих рівнів напружень поряд із пружними деформаціями виникають залишкові деформації, що не відновлюються після розвантаження.

Така особливість обумовлена дискретною будовою ґрунту, складною структурою контактної взаємодії між мінеральними частинками, а також процесами ущільнення, зсуву, руйнування структурних зв'язків і взаємного переміщення зерен. Унаслідок цього механічна поведінка ґрунтів характеризується одночасним проявом пружних, пластичних та, у ряді випадків, реологічних властивостей.

Одночасна наявність в ґрунті зон, що працюють як в пружній так і в пластичних зонах потребує для моделювання його поведінки залучення теорії пружності та пластичності [1 — 4].

Застосування змішаної постановки задачі, що ґрунтується на спільному використанні положень теорії пружності та теорії пластичності ґрунтів, забезпечує суттєве підвищення достовірності розрахунків осідань і дозволяє більш адекватно відтворити реальну поведінку ґрунтових основ під дією зовнішніх навантажень. Такий підхід враховує як оборотні, так і незворотні деформаційні процеси, а також перерозподіл напружень у ґрунтовому масиві в міру розвитку пластичних зон.

Експериментально досліджено [1, 3], що навіть в дуже слабких ґрунтах текучої консистенції за рамками границі зони деформацій переміщення ґрунту не спостерігаються. Це, говорить, що зона деформацій є активною робочою зоною основи фундаменту, в рамках якої на протязі деякого часу розвивається динамічний процес ущільнення ґрунту, що відображає суть сумісної роботи фундаменту і основи до приходу її в стан рівноваги.

В природних умовах нашарування ґрунтів мають різну текстуру. В запропонованій моделі в якості вхідних параметрів взято середньозважені характеристики ґрунту. В моделі враховано десять чинників впливу інженерно-геологічних властивостей ґрунту на процес його деформування: E=13,309 МПа; ν =0,35; e=0,67; $\rho^{\min} = 1{,}47 m/м^3$; $\rho^{\max} = 2{,}14\, m/м^3$; $\rho = 1{,}95\, m/м^3$; c=18,1$кПа$, $p_0 = -1800\, кПа$; $\rho_s = 2{,}717\ m/м^3$.

Під впливом навантажень ґрунтова основа під спорудою деформується в межах активної зони (зони впливу додаткового навантаження). Як відомо математична модель дає основу для числового аналізу досліджувального об'єкту, за допомогою якого можна отримати дані не лише описаного, але й прогнозного характеру.

Запропонована нелінійна математична модель дилатансійного пружно-пластичного деформування ґрунтової основи ґрунтується на таких основних припущеннях:

1. Напружено—деформований стан ґрунту. Розглядається просторовий напружено-деформований стан ґрунтового масиву, що характеризується одночасною дією стискуючих та зсувних напружень. Фізичні співвідношення матеріалу задаються пружно-пластичною моделлю типу Прандтля зі

зміцненням. Як умову переходу до пластичного стану прийнято критерій міцності Мізеса–Шлейхера–Боткіна, який дозволяє враховувати залежність граничного стану від інтенсивності девіаторних і гідростатичних напружень, а також фіксувати максимальні значення напружень, досягнуті в кожній точці ґрунтової основи.

2. Рівняння рівноваги. Напружено—деформований стан системи «буронабивна паля – ґрунтова основа» описується диференціальними рівняннями рівноваги. Після відповідних перетворень та переходу до інтегральної форми задача зводиться до розв'язання рівняння Лапласа, що є базовим рівнянням для реалізації методу граничних елементів.

3. Геометричні співвідношення. Для опису кінематики деформування використано тензор малих деформацій Коші, що передбачає малі переміщення та малі кути повороту елементів ґрунтового масиву.

4. Пружна стадія деформування. У межах пружної області зв'язок між компонентами тензорів напружень і деформацій описується узагальненим законом Гука для ізотропного середовища.

5. Пластична стадія деформування. На стадії пластичного деформування враховується неасоційований характер течії ґрунту, за якого головні осі тензора напружень і тензора швидкостей пластичних деформацій не є співвісними. Такий підхід дозволяє адекватно моделювати дилатансійні та контрактансійні ефекти, притаманні дисперсним ґрунтовим середовищам.

6. Числова реалізація нелінійної задачі. Для розв'язання нелінійної крайової задачі використано покроково-ітераційну процедуру О.А. Ільюшина [3]. На кожному кроці навантаження нелінійні фізичні співвідношення лінеаризуються, а напружено-деформований стан уточнюється шляхом послідовного коригування матриці жорсткості та параметрів матеріалу відповідно до поточного рівня пластичних деформацій.

Зазначена система припущень забезпечує можливість адекватного математичного опису складної нелінійної поведінки ґрунтової основи та дозволяє з достатньою для інженерної практики точністю визначати напружено-деформований стан і несучу здатність буронабивних паль у багатошарових ґрунтових умовах.

Перехід від краєвої задачі рівнянь рівноваги фундаментної конструкції в ґрунті до інтегральних рівнянь здійснюється за допомогою числового МГЕ.

Основним розрахунковим рівнянням запроектованої в роботі моделі роботи ґрунту і яке є аналогом системи 15 диференційних рівнянь (статичних рівнянь, геометричних, фізичних) є інтегральне рівняння, запропоноване К. Бреббія [4]:

$$\left.\begin{array}{l}\sigma_{ij,j}+b_j=0\\ \varepsilon_{ij}=0{,}5(u_{i,j}+u_{j,i})\\ \sigma_{ij}=C_{ijkl}\varepsilon_{kl}\end{array}\right\}\Rightarrow C_{ij}(\xi)u_j(\xi)+\int_\Gamma p^*_{ij}(\xi,x)u_j(x)d\Gamma(x)=\int_\Gamma u^*_{ij}(\xi,x)p_j(x)d\Gamma(x), \quad (1)$$

Для нелінійної задачі:

$$c_{ij} \cdot u_j + \int_{\Gamma} p_{ij}^* u_j d\Gamma = \int_{\Gamma} u_{ij}^* p_j d\Gamma + \int_{\Omega} \dot{\sigma}^* \dot{\varepsilon}_{jk}^p d\Omega \qquad (2)$$

де *u* – заданий вектор переміщень на границі фундаментної конструкції;

p – шуканий вектор напруг на границі;

u^*, p^*, σ^* – ядра граничного рівняння (1) — рішення Р. Міндліна для переміщень, напружень та похідних від напружень, що відповідають одиничним збурюючим впливам (Р=1) в півпросторі [4];

c_{ij} – постійна, визначається із умов руху тіла як цілого, з'являється при переводі краєвої задачі до інтегрального рівняння (1) для отримання єдиного рішення;

Г, Ω – відповідно гранична поверхня фундаментної конструкції та границя трикутних осередків ґрунту.

Основний розв'язок (1) в роботі проведено методом граничних елементів. Згідно положення, що використовувались у нормативних документах, граничний опір фундаментної конструкції визначається опором ґрунту руйнуванню під нижнім кінцем і опором зсуву по боковій поверхні. Ця гранична поверхня плити дискретизувалась в роботі граничними елементами, активна зона ґрунту дискретизувалась трикутними осередками. Для дослідження НДС плити використана просторова пружно–пластична дилатансійна модель [2].

Використана дилатансійна модель дозволяє: схематизувати процес, розбивши його на послідовні стадії формозміни та ущільнення; скористатись результатами теорії пластичності нестисливих тіл, яка на сьогоднішній день відпрацьована достатньо повно; провести аналіз розв'язків нелінійної задачі, виконавши його методом пружних розв'язків О.А. Ільюшина [3]; врахувати траєкторію навантаження, не співвісність векторів тензорів напруг та тензора швидкостей деформацій; перейти до автоматизованого розрахунку поведінки фундаментної конструкції в ґрунті, дискретизувавши розрахункову модель і провівши розрахунок за числовим методом граничних елементів (МГЕ).

В роботі замість вимог ортогональності вектора приросту пластичних деформацій $d\varepsilon_{ij}^p$ до поверхні пластичності *f* використано неасоційований закон пластичної течії, який доповнювався дилатансійним співвідношенням В.М. Ніколаєвського, І.П. Бойка [1, 2]:

$$d\varepsilon_{ij}^p = \Lambda(\chi) \cdot d\gamma^p \qquad (3)$$

де $d\gamma^p$ – скалярний еквівалент приросту зсувної пластичної деформації на октаедричній площині;

Λ – швидкість дилатансії;

χ – параметр зміцнення ґрунтового середовища(прийнято щільність ґрунту ρ).

В якості параметра зміцнення прийнята щільність ґрунту, яка є своєрідною пам'яттю ґрунту, її підвищення означає зміну площадки текучості матеріалу ґрунту.

У відповідності до напрацьованої моделі загальні деформації визначались:

$$d\varepsilon_{ij} = d\varepsilon_{ij}^{e} + d\varepsilon_{ij}^{p} \quad , \qquad (4)$$

де $d\varepsilon_{ij}^{e}$ – приріст пружних деформацій;

$d\varepsilon_{ij}^{p}$ – приріст пластичних деформацій.

Визначення несучої спроможності плити та осідань фундаменту від дії вертикального навантаження проведено шляхом рішення задачі в пружно-пластичній постановці в такій послідовності: дискретизація граничної поверхні плити та активної (буферної) зони; компоновка розрахункової матриці впливу МГЕ на основі рішень Р.Міндліна; запис розрахункової системи рівнянь; розв’язок отриманої СЛАР, отримання НДС на кожному кроці навантаження; побудова пластичних областей; прийняття та обґрунтування проектного рішення про можливість прикладання додаткових навантажень.

На рис. 2 наведено отриману за методом граничних елементів розрахункову залежність «навантаження–осідання» для плитної фундаментної конструкції завтовшки 0,7 м, що сприймає навантаження від 12-поверхової будівлі, на всьому дослідженому інтервалі навантаження.

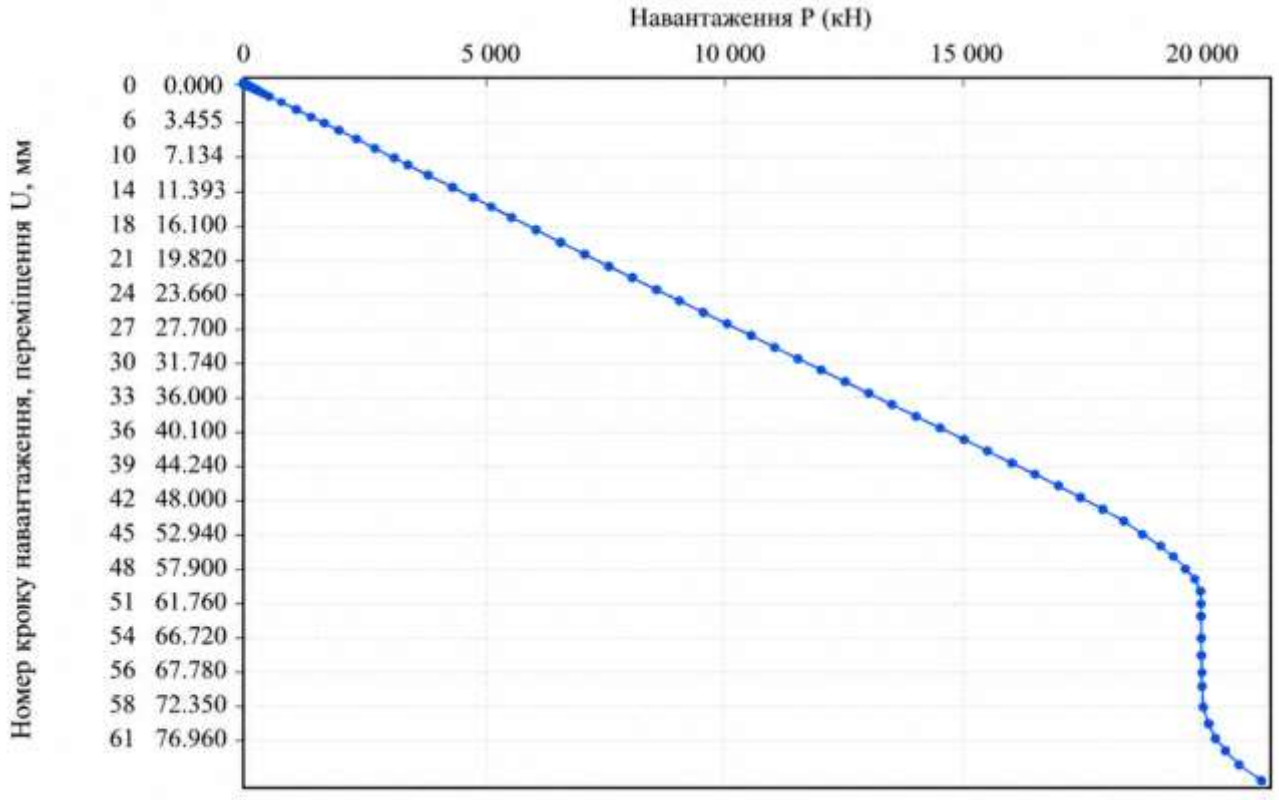


Рисунок 2. Графік залежності «навантаження P – осідання s (U)» згідно МГЕ
Джерело рисунка: розробка авторів Моргун А.С. і Записова Д.В.

Графік на рис. 2 дає можливість визначити осідання ‘s’(U) при різних навантаженнях P та вибрати найбільш вигідні технічні та економічні умови

роботи плитного фундаменту, які будуть гарантувати стійкість та надійність 12-ти поверхової будівлі на даному плитному фундаменті.

Запропонована модель поєднує розрахунок системи «основа-фундаментна плита» за обома граничними станами, аналіз НДС системи проведено на всьому діапазоні її навантаження. Фундаментна плита функціонує як єдиний жорсткий розподільчий елемент, здатний перерозподіляти зовнішні навантаження та внутрішні зусилля між окремими зонами контакту з основою, що забезпечує часткове вирівнювання неоднорідних деформацій ґрунтового масиву та зменшення диференційних осідань.

Список літератури

1. Бойко І. П. Напружено-деформований стан ґрунтового масиву при побудові нових фундаментів поблизу існуючих будинків / і. П. Бойко, О. В. Сахаров // Основи і фундаменти: Міжвідомчий науково – технічний збірник. – К.: КНУБА. – 2004. – Вип. 28.– С. 3-10.

2. Ніколаєвський В. Н. Дилатансія та закони незворотного деформування ґрунтів / В. Н. Ніколаєвський // Зб. Основи, фундаменти та механіка ґрунтів. – 1979. – № 5. – С. 29-31.

3. Моргун А. С. Теорія пластичної течії в механіці ґрунтів // А. С. Моргун. – Вінниця : ВНТУ. – 2013 – 108с.

4. Бреббія К. Методи граничних елементів / К. Бреббія, Ж. Теллес, Л.Вроубел. – 1987.-525 с.

ANALYSIS OF PROMPT LEAKAGE ATTACKS ON LARGE LANGUAGE MODELS

Kolchenko Viktor
postgraduate student, lecturer assistant
Department of Information Security
Lviv Polytechnic National University, Ukraine

The rapid development of large language models (LLMs) and their integration into intelligent agents have created new threat vectors. Among them, system instruction leakage, or prompt leakage, is becoming one of the most critical security problems. This vulnerability means the unintended disclosure of hidden settings that define the model's behavior logic, security limits, and operational parameters [1]. In the modern AI ecosystem, system instructions become a highly valuable intellectual property asset. This creates direct incentives to steal them.

System instructions in LLMs work as a hidden control layer. They define the model's role, tone, and limits of allowed interaction. In modern agent systems, they evolve from simple text prompts into modular skill packages that combine workflows, tool use, and domain-specific knowledge. Prompt leakage attacks exploit the model's basic ability to repeat context. This ability is necessary for useful tasks, such as text summarization. Attackers try to bypass safety filters and force the model to "forget" that it must not disclose instructions. They use the unclear boundary between user data and control commands. Multi-turn dialogues are especially dangerous. They use the model's tendency to agree with the user and the "flip-flop" effect. This can increase leakage success from 17.7% to more than 86% [2].

Leakage methods include different strategies. They start with heuristic attacks, such as restoring the model's ability to repeat context by guessing initial tokens, for example, "You are ChatGPT" [3]. More complex agent-based approaches use reinforcement learning and cooperative agent teams to automatically search for vulnerabilities in the target model [1]. A separate category includes attacks through side channels, such as PROMPTPEEK. These attacks exploit the shared KV-cache mechanism in multi-user environments to recover tokens from other users' prompts step by step [4]. Skill theft methods are also becoming more common. In these attacks, attackers use role-play scenarios, for example, the role of an administrator, and chain-of-thought injection to exfiltrate proprietary algorithms [5].

Defense methods are moving toward multi-layered protection. Software methods include sandwich defense, instruction duplication, XML tagging, and prompt rewriting to remove harmful components [1]. However, architectural solutions are more reliable. One example is SysVec, or System Vectors. This method encodes system prompts as internal activation vectors and removes them fully from the text context. As a result, attackers cannot directly copy them [3]. Another innovative approach is intent probing. It detects the model's intention to leak information by analyzing the hidden states of the last token in the input sequence before the model starts generating a response. This

method reaches accuracy of more than 90% [1]. For output filtering, systems combine semantic analysis with powerful judge models and character-level matching checks [5].

Despite these measures, defense methods still have serious problems and limitations. The stochastic nature of LLMs and the lack of a clear boundary between instructions and data make full prevention of leakage currently impossible. Most methods that analyze internal states require white-box access to the model. This is impossible for developers who work through third-party APIs [3]. In addition, adaptive attacks through translation into other languages or complex paraphrasing often bypass similarity filters. Strict limits can also reduce the model's usefulness and response speed [1].

The analysis of system instruction leakage shows the need for layered defense. It should combine least privilege for agents, architectural hiding of instructions, continuous monitoring of anomalies in internal states, and careful output filtering [3][5]. Only a complex combination of these approaches can make commercial AI systems resistant to modern automated attacks..

References:

1. Sternak, T., Runje, D., Granoša, D., & Wang, C. (2025, June). Automating prompt leakage attacks on large language models using agentic approach. In 2025 MIPRO 48th ICT and Electronics Convention (pp. 99-104). IEEE. https://arxiv.org/pdf/2502.12630

2. Agarwal, D., Fabbri, A. R., Risher, B., Laban, P., Joty, S., & Wu, C. S. (2024, November). Prompt leakage effect and mitigation strategies for multi-turn LLM applications. In Proceedings of the 2024 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing: Industry Track (pp. 1255-1275). https://aclanthology.org/2024.emnlp-industry.94/

3. Cao, B., Li, C., Cao, Y., Ge, Y., Wang, T., & Chen, J. (2025, November). You Can't Steal Nothing: Mitigating Prompt Leakages in LLMs via System Vectors. In Proceedings of the 2025 ACM SIGSAC Conference on Computer and Communications Security (pp. 4423-4437). https://arxiv.org/abs/2509.21884

4. Wu, G., Zhang, Z., Zhang, Y., Wang, W., Niu, J., Wu, Y., & Zhang, Y. (2025, February). I Know What You Asked: Prompt Leakage via KV-Cache Sharing in Multi-Tenant LLM Serving. In NDSS. https://www.ndss-symposium.org/ndss-paper/i-know-what-you-asked-prompt-leakage-via-kv-cache-sharing-in-multi-tenant-llm-serving/

5. Wang, Z., Zhang, R., Liu, Y., Liu, C., Zhao, Q., Li, H., & Xu, G. (2026). Black-Box Skill Stealing Attack from Proprietary LLM Agents: An Empirical Study. arXiv preprint arXiv:2604.21829. https://arxiv.org/abs/2604.21829

ФІШИНГ АТАКИ В ЧАСИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Єрьоменко Владислав Олександрович
здобувач першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
спеціальності F5 “Кібербезпека та захист інформації”
Навчально-науковий інститут комп’ютерних наук та штучного інтелекту
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
Харків, Україна

Фішинг є однією з найдавніших, найпростіших за своєю фундаментальною концепцією, але водночас найнебезпечніших та найпоширеніших форм кібератак у сучасному цифровому просторі. Термін походить від англійського слова "fishing", що метафорично описує процес, коли зловмисник "закидає вудку" з приманкою у безмежний океан користувачів мережі Інтернет сподіваючись, що потенційна жертва "клюне" – тобто натисне на шкідливе посилання, завантажить інфікований файл або добровільно розкриє конфіденційні дані [1-2].

Головною відмінністю фішингу від більшості інших типів кібератак є те, що його першочерговим об'єктом виступають не вразливості коду програмного забезпечення чи недоліки архітектури апаратних систем, а психологічні слабкості людини. Цей метод лежить у площині соціальної інженерії – науки та мистецтва маніпулювання людською поведінкою задля спонукання до виконання певних дій або розголошення конфіденційної інформації [2]. Кіберзлочинці майстерно експлуатують базові людські емоції та поведінкові тригери: страх (повідомлення про негайне блокування банківського рахунку чи кримінальну відповідальність), допитливість (пропозиція переглянути "приховані фото" або отримати ексклюзивний подарунок), почуття обов'язку чи підпорядкування авторитету (імітація розпоряджень генерального директора чи державних органів), а також штучно створений дефіцит часу (вимога діяти негайно, протягом кількох хвилин, щоб уникнути негативних наслідків) [1][2].

1.Різновиди фішингових атак.

Зі збільшенням кількості цифрових каналів комунікації та ускладненням систем захисту інформації, фішингові атаки еволюціонували у розгалужену систему різновидів, кожен з яких адаптований під конкретне середовище та тип жертви. Сучасна класифікація фішингу базується на векторах атаки, ступені таргетованості та використовуваних технічних інструментах [2].

Серед найпоширеніших різновидів фішингових атак виділяють такі:

- **Масовий фішинг:**

Найбільш традиційна форма, що полягає в одночасному надсиланні тисяч або мільйонів однакових спам-повідомлень на випадкові електронні адреси. Ці листи імітують повідомлення від відомих брендів, поштових сервісів або соціальних мереж. Розрахунок робиться виключно на статистичну ймовірність того, що певний відсоток неуважних отримувачів виконає потрібну зловмисникам дію [2].

- **Цільовий фішинг:**

На відміну від масових розсилок, ця атака ретельно готується під конкретну особу, посадовця або організацію. Зловмисники попередньо збирають дані про жертву з відкритих джерел (OSINT), таких як LinkedIn, Facebook, або корпоративні сайти. Лист містить особисте звернення, згадки про реальні проєкти, колег чи контрагентів, що суттєво підвищує рівень довіри та ймовірність успіху атаки [1][2].

- **Смішинг:**

Фішинг, що реалізується через текстові SMS-повідомлення або месенджери (Viber, Telegram, WhatsApp). Жертві надходить повідомлення про нібито виграш автомобіля, отримання соціальної допомоги або нарахування штрафу з посиланням на підроблений мобільний веб-інтерфейс [2].

- **Вішинг:**

Голосовий фішинг, під час якого зловмисники використовують телефонний зв'язок. Шахраї найчастіше видають себе за співробітників служби безпеки банку, технічної підтримки чи правоохоронних органів, намагаючись під психологічним тиском змусити жертву назвати CVV-код, пароль з SMS або здійснити переказ коштів на "безпечний рахунок" [1][2].

- **Компрометація корпоративної пошти:**

Складна атака, під час якої зловмисники зламують реальну поштову скриньку керівника або контрагента компанії (або створюють її точну візуальну копію) і надсилають бухгалтерії чи партнерам запит на зміну реквізитів для оплати реальних рахунків [2].

2.Фішингові атаки з використанням штучного інтелекту.

Поява та стрімка комерціалізація технологій генеративного штучного інтелекту та великих мовних моделей, таких як ChatGPT, а також поява спеціалізованих хакерських ШІ-інструментів, наприклад WormGPT та FraudGPT, кардинально змінили ландшафт кіберзагроз[1].

Традиційно, одним із головних маркерів, за якими користувачі та спам-фільтри розпізнавали фішингові повідомлення, була їхня низька лінгвістична якість. Штучний інтелект повністю нівелював цю перевагу захисників, адже сучасні мовні моделі здатні миттєво генерувати тексти будь-якою мовою світу, що мають бездоганну граматику, природну стилістику та відповідний професійний чи емоційний тон, що робить фішинговий контент візуально невідрізненним від реальних ділових листів[1].

Окрім цього, інтеграція штучного інтелекту трансформувала підходи до підготовки атак, дозволивши зловмисникам автоматизувати процеси, які раніше вимагали значних часових ресурсів:

- **Automated Spear Phishing at Scale:**

ШІ-скрипти здатні самостійно збирати інформацію про тисячі користувачів з відкритих джерел, аналізувати їхні інтереси та автоматично створювати

унікальний, глибоко персоналізований фішинговий лист для кожного окремого отримувача в промислових масштабах [1].

- **Використання Deepfakes:**

Найбільш загрозливим аспектом ШІ-фішингу є синтез аудіо та відео високої якості. Генеративні нейромережі здатні клонувати голос керівника компанії чи родича у реальному часі для використання у вішингу, або навіть генерувати відео-аватари для обману співробітників в онлайн-конференціях Zoom [1].

- **Адаптивність шкідливого коду та обхід засобів захисту:**

Алгоритми штучного інтелекту здатні динамічно змінювати структуру шкідливих програм та фішингових сторінок, утилізуючи поліморфізм, що дозволяє тексту чи коду постійно мутувати, залишаючись непомітними для традиційних сигнатурних антивірусів [1][3].

3.Протидія фішинговим атакам.

У зв'язку з тим, що фішингові атаки під впливом штучного інтелекту досягли безпрецедентного рівня реалістичності, сучасна парадигма протидії фішингу вимагає побудови багатоешелонованої системи оборони, яка інтегрує передові технічні рішення, інтелектуальний аналіз даних та безперервне навчання персоналу [2-3].

Основним технологічним трендом у сфері захисту є концепція "боротьби з ШІ за допомогою ШІ". Системи захисту електронної пошти (Secure Email Gateways - SEG) впроваджують алгоритми машинного навчання та обробки природної мови (NLP) для детекції аномалій [3]:

- **Стилометричний аналіз:**

Нейромережі вивчають унікальний стиль спілкування користувачів. Якщо ШІ намагається підробити листа, система виявляє відхилення від індивідуального лінгвістичного профілю контрагента [1][3].

- **Аналіз метаданих та технічних заголовків:**

Перевірка відповідності криптографічних протоколів автентифікації пошти, таких як SPF (Sender Policy Framework), DKIM (DomainKeys Identified Mail) та DMARC (Domain-based Message Authentication, Reporting, and Conformance) [2].

- **Комп'ютерний зір:**

ШІ-сканери аналізують візуальний вигляд завантажених веб-сторінок у ізольованих "пісочницях". Якщо сайт копіює інтерфейс відомого банку чи сервісу, але розташований на підозрілому домені, він негайно блокується [3].

Висновки:

Фішингові атаки пройшли тривалий шлях еволюції, перетворившись під впливом штучного інтелекту на високотехнологічну та масштабовану загрозу. Генеративний ШІ ліквідував мовні бар'єри та надав хакерам можливість масово атакувати користувачів за допомогою персоналізованого контенту та deepfake-технологій, які майже неможливо розпізнати неозброєним оком[1-2].

У цих реаліях протидія фішингу трансформувалася у безперервне змагання алгоритмів. Традиційні захисні механізми мають бути замінені інтелектуальними ШІ-рішеннями, здатними виявляти аномалії в поведінці та стилістиці комунікацій на випередження[3]. Успішний захист майбутнього можливий лише за умови синергії технічних інновацій та формування високого рівня кіберкультури і критичного мислення серед користувачів[1-3].

Список літератури:

1. Muhammad Saeed Liaqat, Gohar Mumtaz, Nazish Rasheed, and Zeeshan Mubeen. “Exploring Phishing Attacks in the AI Age: A Comprehensive Literature Review”. *Journal of Computing & Biomedical Informatics*, vol. 7, no. 02, Sept. 2024.

2. Alabdan, Rana. "Phishing attacks survey: Types, vectors, and technical approaches." *Future internet* 12.10 (2020): 168.

3. Hossain, Sohrab, Dhiman Sarma, and Rana Joyti Chakma. "Machine learning-based phishing attack detection." *International Journal of Advanced Computer Science and Applications* 11.9 (2020).

КОНЦЕПТУАЛЬНА ВІДМІННІСТЬ ТРОЯНСЬКИХ ПРОГРАМ ВІД ІНШИХ ВИДІВ ШКІДЛИВОГО ПЗ (ВІРУСІВ ТА ХРОБАКІВ)

Доля Еліна Костянтинівна
здобувач першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
спеціальності F5 “Кібербезпека та захист інформації”
Навчально-науковий інститут комп’ютерних наук та штучного інтелекту
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
Харків, Україна

Головна різниця між цими трьома загрозами полягає не в тому, яку шкоду вони завдають, а в їхній внутрішній архітектурі, методах існування в системі та способах поширення. У той час як класичні віруси та хробаки покладаються на технічну самореплікацію, троянські програми функціонують за абсолютно іншим логічним принципом, де ключовим фактором є маскування під легітимний об'єкт.

Комп'ютерний вірус за своєю суттю є шкідливою програмою, здатною до саморозмноження [1]. Він не може існувати як окрема самостійна програма, тому змушений впроваджувати свій деструктивний код у тіло інших, легітимних файлів. Головна ознака вірусу - це потреба в діях користувача для активації (запуск зараженої програми) та здатність до подальшого інфікування локальних файлів на комп'ютері [2]. Вірус модифікує чужий код, щоб забезпечити власне виживання.

На відміну від вірусу, комп'ютерний хробак є повністю автономною програмою, якій не потрібен файл-носій. Ключова характеристика хробака це здатність до безконтрольного розмноження через мережеві канали та експлуатацію вразливостей в операційних системах [3]. Хробаки створюють власні копії та автоматично розсилають їх по мережі, що часто призводить до перевантаження каналів зв'язку та інфраструктури [4].

Троянська програма повністю руйнує концепцію самореплікації, яка притаманна вірусам та хробакам. Троян визначається як самостійне, цілісне програмне забезпечення, яке ніколи не копіює себе самостійно і не інфікує інші файли. Замість цього архітектура трояна побудована на принципі подвійного дна: він декларує одну, корисну або нейтральну для користувача функцію (наприклад, текстовий редактор, драйвер чи гру), але приховано містить у собі зовсім інший, шкідливий функціонал [5].

Таким чином, якщо віруси та хробаки проникають у систему через примусове зараження, то троянська програма потрапляє як легітимний програмний продукт. Вона очікує, що система або користувач запустить її добровільно, сприймаючи за безпечний софт. Після запуску деструктивна частина трояна починає виконувати свої приховані завдання: від крадіжки даних до відкриття зворотних каналів зв'язку зі зловмисником [6].

У підсумку, теоретичне розмежування цих загрозах зводиться до трьох критеріїв: автономність, спосіб поширення та наявність реплікації. Вірус - це залежний код, який розмножується всередині системи; хробак - це автономний код, який самостійно розмножується по мережі; троян - це автономний код, який взагалі не розмножується, а досягає своєї мети виключно завдяки обману середовища виконання.

Список літератури:

1. Немненко А. А., Ніколаєв І. В. Комп'ютерні віруси, загрози та програмний захист. Сучасні проблеми економічної теорії, маркетингу та моделювання соціально-економічних систем : матеріали доповідей IV Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. (м. Кропивницький, 28–29 квітня 2020 р.). Кропивницький, 2020. С. 140–142. https://dspace.kntu.kr.ua/server/api/core/bitstreams/2a514935-71ca-4401-b97c-40f6cc067960/content#page=140

2. Бережник Є. Ю. Порівняльний аналіз превентивного та активного захисту пк від вірусів на основі сучасного антивірусного програмного забезпечення: кваліфікаційна робота бакалавра за спеціальністю 125 — Кібербезпека / Є. Ю. Бережник. – Тернопіль: ТНТУ, 2023. – 82 с. https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/41875

3. Рудь О. С., Ніколюк П. К. Комп'ютерні віруси та захист від них. Прикладні аспекти сучасних міждисциплінарних досліджень : матеріали І Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Вінниця, 2022 р.) / Донецький нац. ун-т ім. Василя Стуса. Вінниця, 2022. С. 185–188. https://jpasmd.donnu.edu.ua/article/view/12959

4. Токарський Н. М. Віруси та антивіруси / Н. М. Токарський, Д. І. Терещенков, М. В. Костікова. Матеріали 82-ої Міжнародної студентської наукової конференції ХНАДУ (м. Харків, 2020 р.) / Харків. нац. автом.-дор. ун-т. Харків, 2020. С. 100–107. https://dspace.khadi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/b0c8eb4d-f77e-4114-897e-457e2be0f64d/content

5. Шнит Р. Троянські програми у сучасному інформаційному просторі. *Розвиток сучасної науки та освіти: реалії, проблеми якості, інновації* : матеріали ІІІ Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. (м. Запоріжжя, 30 вересня 2022 р.) / Таврійський держ. агротехнолог. ун-т ім. Дмитра Моторного. Запоріжжя, 2022. С. 515-521. https://elar.tsatu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/7661144b-dd96-4142-b7cf-0487faecca86/content#page=516

6. Варченко І. В., Мелешко Є. В. Дослідження кібератак та шкідливих програм з використанням людського фактору. Інформаційна безпека та комп'ютерні технології : тези доповідей VI Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Кропивницький, 20–21 квітня 2023 р.) / Центральноукраїнський нац. техн. ун-т. Кропивницький, 2023. С. 16–17. https://kntu.kr.ua/file/content/8110/tezy-dopovidei-vi-mizhnarodnoi-naukovo-praktychnoi-konferentsii-informatsiina-bezpeka-ta-komp-yuterni-tekhnolohii-20-21-kvitnia-2023-roku.pdf#page=16

ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В СУЧАСНІЙ КІБЕРБЕЗПЕЦІ

Коваленко Нікіта Олександрович
здобувач першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
спеціальності F5 "Кібербезпека та захист інформації"
Навчально-науковий інститут комп'ютерних наук та штучного інтелекту
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
Харків, Україна

Вступ

Сучасний розвиток інформаційних технологій супроводжується стрімким збільшенням кількості кіберзагроз. Щодня користувачі та організації стикаються з фішинговими атаками, витоками персональних даних, шкідливим програмним забезпеченням і спробами несанкціонованого доступу до інформаційних систем. У таких умовах особливої актуальності набуває використання штучного інтелекту для підвищення рівня кібербезпеки. Технології штучного інтелекту дозволяють автоматизувати процеси виявлення загроз, аналізувати великі обсяги даних та підвищувати ефективність захисту інформаційних систем [1].

Основна частина

Використання штучного інтелекту для виявлення кіберзагроз

Сучасний розвиток інформаційних технологій супроводжується стрімким збільшенням кількості кіберзагроз. Щодня користувачі та організації стикаються з фішинговими атаками, витоками персональних даних, шкідливим програмним забезпеченням і спробами несанкціонованого доступу до інформаційних систем. У таких умовах особливої актуальності набуває використання штучного інтелекту для підвищення рівня кібербезпеки.

Штучний інтелект являє собою сукупність технологій та алгоритмів, здатних аналізувати великі обсяги інформації, виявляти закономірності та приймати рішення на основі отриманих даних [2]. У сфері кібербезпеки технології штучного інтелекту використовуються для автоматичного виявлення підозрілої активності, прогнозування можливих атак та швидкого реагування на інциденти.

Одним із найбільш поширених напрямів використання штучного інтелекту є виявлення шкідливого програмного забезпечення. Традиційні антивірусні системи працюють на основі сигнатурного аналізу, який не завжди дозволяє своєчасно виявляти нові типи загроз. На відміну від них, системи на основі машинного навчання здатні аналізувати поведінку програм і визначати потенційно небезпечні дії навіть у випадку відсутності відомих сигнатур [3].

Протидія фішинговим атакам

Важливим напрямом застосування штучного інтелекту є боротьба з фішинговими атаками. Сучасні алгоритми можуть аналізувати текст повідомлень, структуру вебсайтів, електронні адреси та інші параметри для

виявлення шахрайських ресурсів. Це дозволяє значно знизити ризик викрадення конфіденційної інформації користувачів.

Аналіз мережевого трафіку та моніторинг систем

Системи моніторингу на основі штучного інтелекту сьогодні використовуються у великих компаніях, банківських установах та державних організаціях. Такі системи можуть автоматично виявляти підозрілу активність користувачів, аналізувати поведінку мережевих пристроїв та визначати потенційні загрози ще до моменту реалізації атаки. Це особливо важливо в умовах постійного зростання кількості кібератак та збільшення обсягів цифрової інформації [5].

Алгоритми машинного навчання також використовуються для аналізу журналів подій та пошуку нетипової активності. Наприклад, якщо користувач раптово здійснює вхід до системи з іншої країни або в незвичний час, система може автоматично повідомити адміністратора або тимчасово заблокувати доступ. Подібні механізми значно підвищують рівень захисту корпоративних мереж.

Крім цього, штучний інтелект активно використовується у системах моніторингу мережевого трафіку. Алгоритми здатні в режимі реального часу аналізувати великі обсяги мережевих даних та виявляти аномалії, які можуть свідчити про кібератаку або спробу несанкціонованого доступу. Використання таких систем дозволяє скоротити час реагування на інциденти та мінімізувати можливі збитки.

Використання штучного інтелекту в автентифікації користувачів

Окремим напрямом використання штучного інтелекту є вдосконалення систем автентифікації користувачів. Біометричні системи, які використовують розпізнавання обличчя, голосу або відбитків пальців, працюють завдяки алгоритмам машинного навчання. Такі технології дозволяють знизити ризик несанкціонованого доступу до інформаційних ресурсів та підвищити безпеку персональних даних [6].

Крім того, сучасні системи автентифікації можуть аналізувати поведінку користувача під час роботи з пристроєм. Наприклад, швидкість набору тексту, стиль використання миші або характер взаємодії з інтерфейсом можуть використовуватись як додаткові фактори підтвердження особи.

Переваги та недоліки використання штучного інтелекту

Незважаючи на значні переваги, використання штучного інтелекту у сфері кібербезпеки має і певні недоліки. По-перше, ефективність алгоритмів залежить від якості та кількості навчальних даних. По-друге, кіберзлочинці також починають використовувати технології штучного інтелекту для створення складніших атак. Наприклад, за допомогою генеративних моделей можуть створюватися переконливі фішингові повідомлення або шкідливе програмне забезпечення, здатне адаптуватися до систем захисту [4].

Ще однією проблемою є високі вимоги до обчислювальних ресурсів та необхідність постійного оновлення алгоритмів. Для ефективної роботи систем штучного інтелекту необхідні значні обсяги даних і сучасне технічне забезпечення. Це може створювати труднощі для невеликих організацій.

Висновки

На сучасному етапі розвитку інформаційних технологій використання штучного інтелекту стає одним із ключових напрямів забезпечення кібербезпеки. Поєднання традиційних методів захисту з інтелектуальними системами дозволяє значно підвищити ефективність виявлення та запобігання кіберзагрозам. У майбутньому роль штучного інтелекту в кібербезпеці буде лише зростати, що робить дану тему перспективною для подальших досліджень.

Список літератури

1. Russell S., Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. – Pearson Education, 2021.
2. Stallings W. Effective Cybersecurity: A Guide to Using Best Practices and Standards. – Addison-Wesley, 2019.
3. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. – MIT Press, 2016.
4. National Institute of Standards and Technology. Cybersecurity Framework 2.0. URL: https://www.nist.gov/cyberframework
5. ENISA Threat Landscape 2025. URL: https://www.enisa.europa.eu
6. Microsoft Security Blog. Artificial Intelligence in Cybersecurity. URL: https://www.microsoft.com/security/blog
7. Cisco Cybersecurity Report 2025. URL: https://www.cisco.com
8. IBM Security. AI and Cybersecurity Report. URL: https://www.ibm.com/security
9. Kaspersky Cyberthreat Report 2025. URL: https://securelist.com
10. Palo Alto Networks. The Role of Artificial Intelligence in Cybersecurity. URL: https://www.paloaltonetworks.com

РЕАЛІЗАЦІЯ КЛІТИННОГО АВТОМАТА «ГРА ЖИТТЯ» ЗАСОБАМИ ОБ'ЄКТНО-ОРІЄНТОВАНОГО ПРОГРАМУВАННЯ НА JAVA

Колодяжний Антон Юрійович
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

ВСТУП

Клітинний автомат «Гра Життя» Джона Конвея є класичним прикладом системи, що еволюціонує за чітко визначеними правилами і демонструє, як складні структури можуть виникати з простих взаємодій[1,2,5]. Реалізація подібної моделі мовою Java дозволяє поєднати теоретичні знання про клітинні автомати з практичними навичками побудови застосунків із графічним інтерфейсом та застосуванням принципів об'єктно-орієнтованого програмування (ООП).

Метою роботи є розробка програми, що моделює «Гру Життя» з графічним інтерфейсом, реалізованим засобами бібліотеки Swing, та демонструє використання інкапсуляції, успадкування й поліморфізму.

Завдання роботи: проаналізувати правила клітинного автомата Конвея; спроєктувати структуру програми на основі ООП; реалізувати алгоритм зміни поколінь; забезпечити інтерактивний графічний інтерфейс; протестувати роботу на різних початкових конфігураціях поля.

1. ГРА ЖИТТЯ: ОПИС ТА СТРУКТУРИ

1.1 Правила та принцип роботи

Гра «Життя» — клітинний автомат, розроблений британським математиком Джоном Конвеєм у 1970 році [1,2]. Ігрове поле являє собою двовимірну сітку клітин, кожна з яких може бути «живою» або «мертвою». На кожному кроці всі клітини одночасно оновлюють стан за чотирма правилами:

- жива клітина з менше ніж двома живими сусідами гине (самотність);
- жива клітина з двома або трьома живими сусідами виживає;
- жива клітина з більше ніж трьома живими сусідами гине (перенаселення);
- мертва клітина рівно з трьома живими сусідами оживає.

1.2 Класифікація структур

У ході досліджень гри Конвея виявлено три основні типи структур. Стаціонарні фігури (block, beehive) не змінюють форми після певного кроку. Осцилятори (blinker, toad) повторюють певний цикл змін. Кораблі (glider) пересуваються по полю — найвідоміший приклад, glider, рухається по діагоналі та повертається до початкової форми кожні 4 покоління[1,5].

2. РОЗРОБКА ПРОГРАМИ

2.1 Архітектура та структура

Основою програми є клас GameOfLife, що розширює стандартний компонент JPanel [3,4]. Стан поля зберігається у двох масивах: grid (поточний стан) та nextGrid (наступне покоління). Такий підхід забезпечує синхронне оновлення всіх клітин і запобігає «паразитним» змінам під час обчислення покоління.

Таблиця 1 — Основні поля класу GameOfLife

Поле / метод	Тип	Призначення
rows, cols	int	Розміри ігрового поля
grid	boolean[][]	Поточний стан клітин
nextGrid	boolean[][]	Буфер наступного покоління
cellSize	int	Розмір клітини у пікселях
timer	Timer	Автоматичне оновлення поколінь
step()	void	Перехід до наступного покоління
countNeighbors()	int	Підрахунок живих сусідів
paintComponent()	void	Малювання поля
randomize()	void	Випадкове заповнення (~30%)
clear()	void	Очищення поля

Джерело: складено автором

Метод step() реалізує один крок еволюції: для кожної клітини підраховуються живі сусіди через countNeighbors(), після чого застосовуються правила Конвея. Після обчислення масиви grid та nextGrid міняються місцями (swap), що виключає додаткове копіювання даних.

2.2 Використання принципів ООП

Інкапсуляція реалізована через оголошення всіх полів класу з модифікатором private. Зміна стану гри можлива лише через публічні методи (step(), clear(), randomize()), що захищає внутрішні дані від некоректного зовнішнього втручання.

Успадкування реалізовано через розширення класу JPanel: public class GameOfLife extends JPanel. Це надає доступ до механізмів Swing — обробки подій миші, розміщення компонентів у JFrame та системи перемальовування.

Поліморфізм виявляється через перевизначення методу paintComponent(Graphics g), успадкованого від JPanel. Метод перевизначений для відображення стану клітин та сітки поля, а виклик super.paintComponent(g) забезпечує коректне очищення фону перед малюванням.

Таблиця 2 — Застосування принципів ООП

Принцип ООП	Реалізація у програмі
Інкапсуляція	Усі поля private; доступ через step(), clear(), randomize()
Успадкування	GameOfLife extends JPanel — використання компонентів Swing
Поліморфізм	Перевизначення paintComponent() для відмалювання стану гри

Джерело: складено автором

3. ВИКОРИСТАННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ

3.1 Інтерфейс користувача

Програма має мінімалістичний графічний інтерфейс на основі Swing. Панель керування містить кнопки: Start (запуск симуляції), Pause (зупинка), Step (один крок вручну), Clear (очищення поля), Random (випадкове заповнення з імовірністю ~30%). Повзунок Speed (ms) дозволяє змінювати швидкість оновлення поколінь. Натисканням лівої кнопки миші користувач може безпосередньо змінювати стан клітин, формуючи початкову конфігурацію.

3.2 Тестування та аналіз результатів

У процесі тестування перевірено точність реалізації всіх чотирьох правил Конвея на конкретних конфігураціях: стаціонарні структури (Block, Beehive) залишаються незмінними після запуску; осцилятор Blinker коректно змінює орієнтацію кожне покоління; Glider стабільно пересувається по діагоналі; випадкова генерація поступово стабілізується у суміш статичних і осциляторних структур. Усі тести підтвердили правильну роботу алгоритму.

Таблиця 3 — Результати тестування конфігурацій

Конфігурація	Тип	Очікувана поведінка	Результат
Block	Стаціонарна	Не змінюється	✓
Beehive	Стаціонарна	Не змінюється	✓
Blinker	Осцилятор	Період 2, зміна орієнтації	✓
Toad	Осцилятор	Період 2	✓

Glider	Корабель	Рух по діагоналі, період 4	✓
Random (~30%)	Хаотична	Поступова стабілізація	✓

Джерело: складено автором

3.3 Можливі напрямки вдосконалення

Програма має потенціал для подальшого розвитку. Серед перспективних напрямків: збереження та завантаження конфігурацій поля; підтримка масштабування у реальному часі; реалізація альтернативних варіацій гри (HighLife, Day & Night); відображення лічильника поколінь; підтримка тороїдальної топології поля (клітини на краях сусідять із клітинами протилежного краю).

ВИСНОВКИ

У роботі реалізовано повнофункціональну програму для моделювання клітинного автомата «Гра Життя» Джона Конвея мовою Java з використанням бібліотеки Swing. Програма коректно відтворює всі чотири правила Конвея, що підтверджено тестуванням на стаціонарних структурах, осциляторах та рухомих фігурах[1,2].

Реалізацію виконано з дотриманням принципів ООП: інкапсуляція захищає внутрішній стан об'єкта, успадкування від JPanel забезпечує інтеграцію з графічною підсистемою Swing[3,4], поліморфізм через перевизначення paintComponent() дозволяє гнучко керувати відображенням. Застосування двох буферних масивів забезпечує синхронне та достовірне оновлення стану клітин відповідно до класичної логіки клітинних автоматів.

Список літератури

1. Conway J. H. The Game of Life // Scientific American. — 1970. — Vol. 223, No. 4. — P. 4–10.

2. Gardiner M. Mathematical Games // Scientific American. — 1970. — P. 120–123.

3. Oracle Corporation. Java SE Documentation. Swing — https://docs.oracle.com/javase/tutorial/uiswing/ (дата звернення: 01.05.2025).

4. Gava R. Introduction to Java Swing // GeeksforGeeks. — https://www.geeksforgeeks.org/java/introduction-to-java-swing/ (дата звернення: 01.05.2025).

5. Гра Життя // Вікіпедія. — https://uk.wikipedia.org/wiki/Життя_(гра) (дата звернення: 01.05.2025).

ДИФЕРЕНЦІЙНИЙ АНАЛІЗ ПОТУЖНОСТІ: АТАКИ НА КРИПТОГРАФІЧНІ ПРИСТРОЇ ЧЕРЕЗ БІЧНІ КАНАЛИ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ

Мельник Максим Євгенович
здобувач першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
спеціальності 125 «Кібербезпека та захист інформації»
Навчально-науковий інститут комп'ютерних наук та штучного інтелекту
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
Харків, Україна

Більшість відомих атак на криптографічні системи спрямована на математичні вразливості алгоритмів або помилки в програмному коді. Проте існує клас загроз, що обходить будь-який алгоритм, навіть бездоганно реалізований, і використовує фізичні характеристики самого пристрою під час обчислень. Диференційний аналіз потужності (Differential Power Analysis) вперше систематично описаний Полом Кохером, Джошуа Яффе та Бенджамін Джун у 1999 році, дозволяє відновити секретний ключ криптографічного пристрою виключно на основі вимірювань споживаної ним електроенергії [1].

Суть атаки полягає у тому, що транзистори КМОН-схем (CMOS) споживають енергію пропорційно до кількості бітових переходів під час обчислень. Зловмисник, маючи фізичний або дистанційний доступ до пристрою, збирає тисячі кривих споживання під час обробки різних відомих повідомлень, а потім застосовує статистичний аналіз для відновлення бітів таємного ключа — по одному або невеликими групами.

Актуальність теми визначається масштабом потенційної загрози: DPA-атаки задокументовано проти смарт-карт, банківських платіжних терміналів, SIM-карт, апаратних криптовалютних гаманців (Ledger, Trezor) та вбудованих IoT-пристроїв. За оцінкою компанії Riscure, понад 90% сертифікованих смарт-карт першого покоління були практично зламані за допомогою DPA протягом кількох годин після публікації методу [2].

Фізична основа атаки та модель енергоспоживання

Споживання потужності цифрового пристрою складається з двох компонентів: статичного струму витоку та динамічного споживання, яке залежить від числа переходів логічних елементів між станами 0 і 1. Для аналізу DPA використовують модель Хеммінгової відстані (Hamming Distance) або Хеммінгової ваги (Hamming Weight). Відповідно до HW-моделі, споживана потужність пропорційна числу одиничних бітів у поточному значенні регістра [3].

Атакуючий підключає прецизійний шунтовий резистор між живленням і пристроєм або використовує струмовий зонд і записує криві напруги (трейси) з

частотою дискретизації від 100 МГц до 1 ГГц. Сучасні осцилографи дозволяють отримати трейс тривалістю кілька мілісекунд із мільйонами вибірок. Для кожного трейсу відома відкрита частина операції, а секретний ключ є невідомим.

Ключова теоретична умова успіху DPA — наявність статистично значущої залежності між гіпотетичним значенням одного байта ключа і споживаною потужністю в певний момент часу. Оскільки ця залежність слабка і маскується шумом, атака потребує великої кількості трейсів: від кількох сотень для Simple Power Analysis (SPA) до десятків тисяч для класичного DPA [4].

Еволюція методів та порівняльна характеристика атак

З моменту першої публікації методи аналізу за бічними каналами (Side-Channel Analysis) суттєво еволюціонували. Таблиця 1 узагальнює основні підходи та їхні характеристики.

Таблиця 1

Порівняльна характеристика методів аналізу потужності

Атака	Рік	Метод	Складність захисту
SPA (Simple PA)	1998	Візуальний аналіз одного трейсу	Низька
DPA (Differential PA)	1999	Статистика по тисячах трейсів	Висока
CPA (Correlation PA)	2004	Кореляція з моделлю Хеммінга	Дуже висока
Template Attack	2002	Профілювання + порівняння шаблонів	Максимальна
Deep Learning SCA	2018	Нейронні мережі (CNN, MLP)	Максимальна

Кореляційний аналіз потужності (Correlation Power Analysis), розроблений Еріком Бріером та співавторами у 2004 році, суттєво підвищив ефективність атаки. Замість різниці середніх, CPA обчислює коефіцієнт кореляції Пірсона між гіпотетичним споживанням та виміряним трейсом. Правильна гіпотеза щодо ключа дає максимальну кореляцію у відповідний момент часу, що дозволяє надійно ідентифікувати ключовий байт навіть за наявності значного шуму [5].

Починаючи з 2018 року дослідники активно застосовують методи глибокого навчання для SCA. Згорткові нейронні мережі (CNN) та багатошарові перцептрони (MLP) здатні автоматично виявляти значущі точки у трейсах, не потребуючи ручного вирівнювання та попередньої обробки. Особливу небезпеку становить те, що нейромережеві атаки ефективні навіть проти пристроїв, захищених рандомними затримками, які роблять класичний DPA неможливим [6].

Практичні сценарії та реальні зломи

Першою гучною практичною демонстрацією DPA стала атака на платіжні смарт-карти стандарту EMV у 2000 році: дослідники відновили DES-ключ з серійного чіпа, зібравши близько 1000 трейсів протягом кількох годин. Успіх атаки змусив платіжну індустрію терміново переглянути вимоги до захисту апаратних реалізацій.

Серед найбільш резонансних сучасних прикладів — атака на апаратний криптовалютний гаманець Ledger Nano S, опублікована командою Wallet.fail у 2018 році. Дослідники отримали 32-бітний PIN-код гаманця, аналізуючи криві споживання під час введення коду, що фактично надавало повний доступ до коштів без знання PIN. Ledger виправив вразливість через оновлення прошивки, однак інцидент показав, що навіть сертифіковані за Common Criteria пристрої можуть бути вразливими до SCA [7].

Широко доступний відкритий інструментарій ChipWhisperer, що поєднує осцилограф, цільову плату та бібліотеку аналізу, дозволив демократизувати DPA-дослідження: сьогодні будь-який студент може відтворити атаку на AES-128 протягом одного лабораторного заняття. Це, з одного боку, прискорює підготовку фахівців, а з іншого — знижує поріг входу для потенційних зловмисників [8].

Засоби захисту та їхні обмеження

Захист від DPA є складним технологічним завданням, оскільки будь-яке обчислення залишає фізичний слід у енергоспоживанні. Основних напрямків протидії три: маскування, приховування та балансування.

Маскування (masking) полягає у тому, що кожна проміжна змінна обчислення XOR-ується з випадковою маскою на початку операції і де-маскується наприкінці. В результаті споживання кожного окремого трейсу не несе інформації про реальні дані — лише про суму даних і маски. Однак схеми маскування вищого порядку суттєво збільшують площу кристала і затримку обчислень: захист від DPA другого порядку вимагає приблизно вчетверо більше апаратних ресурсів [9].

Приховування (hiding) включає введення випадкових затримок між операціями, штучне додавання шуму до ланцюга живлення та рандомізацію порядку виконання операцій. Ці заходи підвищують кількість трейсів, необхідних для успішної атаки, але не усувають уразливість принципово. Збалансована логіка забезпечує постійне споживання незалежно від оброблюваних даних, проте вимагає повного перепроектування бібліотеки стандартних елементів [10].

Висновки:

Диференційний аналіз потужності є унікальним прикладом атаки, що обходить математичну стійкість криптографічного алгоритму, спираючись

виключно на фізику реалізуючого пристрою. Від першої публікації 1999 року метод пройшов шлях від трудомісткої лабораторної процедури до автоматизованих атак на основі глибокого навчання, доступних рядовому дослідникові.

Практичні демонстрації зломів платіжних карток, апаратних криптогаманців і SIM-карт підтверджують: ігнорування бічних каналів при розробці криптографічних пристроїв є критичною помилкою. Жоден алгоритм — AES, ECC чи постквантові схеми — не гарантує безпеки без відповідного апаратного захисту. Сертифікація за стандартами FIPS 140-3 та Common Criteria тепер обов'язково включає оцінку стійкості до SCA, проте дослідження нейромережевих атак демонструють, що поріг стійкості існуючих контрзаходів постійно зменшується. Це визначає SCA як один із ключових напрямків подальших досліджень у сфері апаратної безпеки.

Список літератури

1. Kocher P., Jaffe J., Jun B. Differential Power Analysis. Berlin : Springer, 1999. – Vol. 1666. – P. 388–397.

2. Riscure. Side Channel Analysis and Fault Injection. Security Test Lab White Paper. – Delft : Riscure BV, 2020. – 34 p.

3. Mangard S., Oswald E., Popp T. Power Analysis Attacks: Revealing the Secrets of Smart Cards. – New York : Springer, 2007. – 337 p.

4. Brier E., Clavier C., Olivier F. Correlation Power Analysis with a Leakage Model. LNCS. – Berlin : Springer, 2004. – Vol. 3156. – P. 16–29

5. Standaert F.-X. Introduction to Side-Channel Attacks // Secure Integrated Circuits and Systems. Boston : Springer, 2010. – P. 27–42.

6. Maghrebi H., Portigliatti T., Prouff E. Breaking Cryptographic Implementations Using Deep Learning Techniques .Springer, 2016. – Vol. 10076. – P. 3–26.

7. Wallet.fail Team. Hacking the Ledger Nano S Hardware Wallet // Proceedings of the 35th Chaos Communication Congress (35C3). – Leipzig, 2018.

8. O'Flynn C., Chen Z. ChipWhisperer: An Open-Source Platform for Hardware Embdded Security Research. Springer, 2014. – Vol. 8622. – P. 243–260.

9. Nikova S., Rechberger C., Rijmen V. Threshold Implementations Against Side-Channel Attacks and Glitches. Springer, 2006. – Vol. 4307. – P. 529–545.

10. Tiri K., Akmal M., Verbauwhede I. A Dynamic and Differential CMOS Logic with Signal Independent Power Consumption to Withstand Differential Power Analysis on Smart Cards. Florence : IEEE, 2002. – P. 403–406.

МУЛЬТИМОДАЛЬНІ МОДЕЛІ ДЛЯ БІОМЕТРИЧНОЇ АВТЕНТИФІКАЦІЇ

Руда Христина
доктор філософії, доцент кафедри захисту інформації
Національний Університет "Львівська політехніка", Львів, Україна

Кос Ігор
студент кафедри захисту інформаці
Національний Університет "Львівська політехніка", Львів, Україна

Вступ. Біометрична автентифікація стала важливим елементом цифрової ідентичності у мобільних застосунках, банківських сервісах, системах контролю доступу, розумних будинках та інфраструктурі інтернету речей. Її привабливість пояснюється тим, що людина підтверджує особу не паролем або носієм ключа, а власними фізіологічними чи поведінковими ознаками. Водночас така перевага створює підвищені вимоги до надійності: пароль можна замінити після витоку, тоді як біологічну ознаку в її первинній формі — ні. Саме тому набувають значення техніки захисту шаблонів (cancelable biometrics), які дають змогу генерувати новий еталон із тих самих вихідних даних. Проте навіть за наявності таких технік система має не лише розпізнавати користувача, а й протидіяти підміні, помилковим відмовам, витоку шаблонів та нерівномірній якості даних.

Унімодальні рішення, які працюють лише з однією ознакою, залишаються вразливими до шуму, поганого освітлення, низької якості датчика, вікових змін, травм, акценту, масок, зміни пози, а також до атак пред’явлення. Систематичний огляд методів виявлення атак пред'явлення [3] та огляд детекторів спуфінгу відбитків пальців [12] доходять спільного висновку: моделі глибокого навчання для виявлення таких атак потребують міжбазової перевірки та здатності узагальнюватися на нові матеріали підробок, без чого лабораторна точність не переноситься в реальні умови. Саме тому дедалі більшого значення набувають мультимодальні моделі, які поєднують кілька незалежних або частково пов’язаних біометричних джерел. У цих тезах обґрунтовується теза, що мультимодальний підхід є необхідною, але не достатньою умовою надійної біометричної автентифікації: без перевірки лайвнесу, захисту шаблонів і контролю демографічних зміщень навіть точна модель залишається ризикованою для впровадження. Для цього узагальнено архітектури мультимодальних моделей, підходи до навчання й оцінювання та основні вимоги до безпеки й приватності.

Архітектура мультимодальної моделі та ф’южн біометричних ознак. Мультимодальна біометрична система формує рішення на основі кількох ознак. Фізіологічні ознаки охоплюють обличчя, райдужну оболонку, відбитки пальців, венозний рисунок, електрокардіограму та фотоплетизмограму. Поведінкові ознаки включають голос, динамічний підпис, ходу й динаміку натискання

клавіш. Типовий процес складається з реєстрації еталона, попередньої обробки поточного зразка, виділення області інтересу, побудови ембеддінгу та зіставлення з еталонним шаблоном. Для зображень широко використовують згорткові нейронні мережі, залишкові архітектури та трансформерні моделі комп'ютерного зору, які часто виконують роль мережі-бекбону. Для часових сигналів застосовують рекурентні мережі, темпоральні згорткові мережі й структуровані моделі простору станів [1; 2; 7].

Ключовим рішенням є рівень ф'южну даних. Ф'южн на рівні первинних даних забезпечує найбільшу повноту інформації, але потребує синхронізованих датчиків та близької якості вимірювань. Ф'южн на рівні ознак об'єднує ембеддінги до класифікації, що дає змогу моделі знаходити спільний простір особи. Недоліком є висока розмірність і ризик оверфітингу, тобто надмірного пристосування до навчального набору. Ф'южн на рівні оцінок поєднує результати окремих класифікаторів, тому він гнучкіший під час додавання нових модальностей. Ф'южн на рівні рішень є найпростішим, але втрачає частину корисної інформації, оскільки працює вже з підсумковими відповідями окремих каналів.

Однією з найперспективніших у прикладних системах є гібридна стратегія, коли кожна модальність має власний блок виділення ознак, а спільний модуль навчається враховувати якість сигналу та взаємну узгодженість джерел. Наприклад, дослідження з поєднання обличчя та голосу показує, що ф'южн оцінок може зменшувати коефіцієнт рівних помилок порівняно з окремими модальностями [1]. У роботі, де об'єднано обличчя та динамічний підпис, часові характеристики підпису доповнюють статичні ознаки обличчя, а спільний ембеддінговий простір полегшує перевірку особи у дистанційних фінансових сервісах [2].

Окрему групу становлять моделі з атеншн-механізмами. Вони не просто додають результати каналів, а визначають, яка модальність є надійнішою у конкретному зразку. Одна з трансформерних моделей застосовує крос-атеншн та залишкову мережу з керуванням потоком ознак для адаптації до фізіологічних змін користувачів середнього й старшого віку — зокрема зміни текстури шкіри, тембру голосу та дрібної моторики, які погіршують точність стандартних моделей [6]. У системі на основі фотоплетизмограми та відбитка пальця короткий відеозапис пальця зі смартфона використовується для двох джерел даних, а механізм міжмодальної уваги вирівнює їх у спільному прихованому просторі ембеддінгів [7]. Такий підхід особливо важливий для мобільних систем, де дані часто неповні або різної якості.

Навчання, метрики якості та сценарії впровадження. Навчання мультимодальних моделей має поєднувати класифікаційний і метричний підходи. Класифікація зручно працює у закритому наборі зареєстрованих користувачів, проте для автентифікації важливіше сформувати ембеддінговий простір, у якому зразки однієї особи розміщені близько, а зразки різних осіб - віддалено. Тому застосовують контрастивне навчання, втрати з маржею, триплетну функцію втрат, дистиляцію знань, попереднє навчання та подальший

файнтюнінг на даних конкретного сценарію. Для периферійних пристроїв додатково враховують розмір моделі, затримку відповіді, енергоспоживання та стійкість до деградації датчика.

Оцінювання якості не можна зводити лише до загальної точності. Необхідно аналізувати коефіцієнт хибного прийняття (FAR), коефіцієнт хибної відмови (FRR), коефіцієнт рівних помилок (EER), площу під кривою розпізнавання (AUC), а для виявлення атак пред'явлення - показники APCER, BPCER та ACER. Коректний протокол має розділяти користувачів між навчальною і тестовою частинами, перевіряти інші сеанси, інші датчики та змінені умови середовища. Без такого протоколу висока точність може означати лише оверфітинг до конкретного набору даних, а не справжню здатність до практичного використання [3; 12].

Емпіричні праці підтверджують цінність комплементарних ознак. У системі, яка поєднує відбитки пальців, райдужну оболонку та електрокардіограму, згортково-трансформерна модель досягла точності 99 відсотків на об'єднаному наборі [9]. Утім, ця цифра є показовою лише в контексті конкретного протоколу та бази даних; без міжбазової перевірки вона може відображати оверфітинг, а не реальну узагальнювальну здатність. Водночас сам результат ілюструє важливий принцип: менш точна, але пов'язана з життєдіяльністю ознака (ЕКГ) може підсилити захист від підміни, якщо її ембеддінг правильно інтегровано зі статичними високоточними ознаками. Подібну логіку демонструє поєднання райдужної оболонки, обличчя та венозного рисунка пальця, де глибокі моделі виділення ознак доповнюються ф'южном на рівні оцінок [10].

Практичний вибір модальностей залежить від контексту. Для банківських і дистанційних послуг придатні обличчя, голос і динамічний підпис, оскільки їх можна отримати звичайною камерою, мікрофоном або сенсорним екраном [1; 2]. Для смартфонів перспективним є спільне використання фотоплетизмограми та відбитка пальця, які отримують під час короткого притискання пальця до камери [7]. Для розумного будинку доцільним є поєднання обличчя та ходи, адже така схема враховує і зовнішній вигляд, і поведінковий шаблон користувача [11]. Для безперервної автентифікації цікавою є комбінація динаміки натискання клавіш і ходи, оскільки вона дає змогу перевіряти користувача без окремої процедури входу, використовуючи поточний ембеддінг поведінки [8].

Безпека, атаки та захист приватності. Мультимодальність підвищує складність атаки, але не робить систему невразливою. Зловмисник може підробити одну ознаку, знизити якість датчика, перехопити канал передавання, атакувати модуль ф'южну або викрасти базу шаблонів. Найпоширенішими є атаки пред'явлення та спуфінг: фотографії та відео для обличчя, синтезований голос, силіконові імітатори відбитків, контактні лінзи з текстурою райдужки, повторне відтворення запису або комбіновані атаки на кілька каналів. Тому перевірка лайвнесу та виявлення атак пред'явлення мають бути вбудованими елементами всього процесу, а не зовнішнім фільтром після розпізнавання.

Другий критичний блок - захист біометричного шаблону. Сучасні роботи розглядають біометрію, що скасовується, незворотні перетворення, фільтри

Блума, гомоморфне шифрування, захищені апаратні середовища та зіставлення безпосередньо на пристрої. Як приклад, застосування біометрії, що скасовується, на базі згорткових нейронних мереж для комплексного аналізу райдужної оболонки та відбитків пальців забезпечує створення захищеного еталона з початковим параметром і контрольованим перетворенням ембеддінгу. Результати тестування на базах CMBD, CASIA та FVC підтверджують мінімальне значення коефіцієнта рівних помилок (EER) [5].

Для систем із підвищеними вимогами до приватності перспективним є захищений матчинг у зашифрованому домені. Дослідження щодо повністю гомоморфного шифрування для мультимодального розпізнавання райдужної оболонки та обличчя показує, що зіставлення може виконуватися над зашифрованими шаблонами без розкриття початкових біометричних ознак [13]. Такий підхід зменшує ризик витоку, однак збільшує обчислювальні витрати, ускладнює аудит і потребує ретельного налаштування порогів, щоб не погіршити зручність користувача.

Окремий напрям - навчання із збереженням приватності. Федеративне навчання дає змогу тренувати модель на пристроях або в установах без централізованого збирання сирих біометричних даних [4]. У мультимодальному випадку це складніше, оскільки клієнти можуть мати різні датчики, різні модальності та нерівномірну якість записів. Тому перспективними є персоналізоване федеративне навчання, спліт-навчання, диференційна приватність і шифрування проміжних ембеддінгів. Водночас будь-який метод захисту потрібно оцінювати разом із точністю, затримкою та можливістю пояснити рішення системи.

Окремою проблемою є демографічні зміщення (bias). Моделі, навчені переважно на одній віковій, етнічній або гендерній групі, можуть демонструвати суттєво різні показники FAR і FRR для різних категорій користувачів. У мультимодальній системі зміщення одного каналу здатне посилюватися або, навпаки, компенсуватися іншим каналом, залежно від архітектури ф'южну. Тому коректне оцінювання потребує стратифікованого аналізу метрик за демографічними підгрупами, а не лише усереднених показників по всій вибірці. Ігнорування цього аспекту створює ризик дискримінації та знижує довіру до системи, особливо у фінансових і державних сервісах.

Висновок. Проведений аналіз підтверджує центральну тезу: мультимодальність є необхідною, але не достатньою умовою надійної біометричної автентифікації. Поєднання кількох ознак підвищує розпізнавальну здатність і ускладнює атаку, проте без вбудованої перевірки лайвнесу, захисту шаблонів та стратифікованого контролю демографічних зміщень навіть високоточна модель залишається ризикованою для впровадження.

Найбільш невирішеними залишаються три напрями. По-перше, якісно керований ф'южн, здатний автоматично адаптувати ваги модальностей не лише до якості сигналу, а й до типу атаки та контексту використання. По-друге, федеративне навчання з неповними та гетерогенними модальностями, де клієнти мають різні датчики й різні набори біометричних даних. По-третє,

криптографічно захищений матчинг, який зберігає прийнятну затримку та зручність для користувача.

Реальна цінність мультимодальної біометрії визначатиметься не лише точністю, а балансом між надійністю, приватністю, справедливістю й пояснюваністю рішень.

Список літератури

1. Alharbi B., Alshanbari H. S. Face-voice based multimodal biometric authentication system via FaceNet and GMM. PeerJ Computer Science. 2023. Т. 9. Стаття e1468.

2. Salturk S., Kahraman N. Deep learning-powered multimodal biometric authentication: integrating dynamic signatures and facial data for enhanced online security. Neural Computing and Applications. 2024. Т. 36. С. 11311-11322.

3. Shaheed K., Szczuko P., Kumar M., Qureshi I., Abbas Q., Ullah I. Deep learning techniques for biometric security: A systematic review of presentation attack detection systems. Engineering Applications of Artificial Intelligence. 2024. Т. 129. Стаття 107569.

4. Guo J., Mu H., Liu X., Ren H., Han C. та ін. Federated learning for biometric recognition: a survey. Artificial Intelligence Review. 2024. Т. 57. Стаття 208.

5. Vallabhadas D. K., Sandhya M., Reddy S. D., Satwika D., Prashanth G. L. Biometric template protection based on a cancelable convolutional neural network over iris and fingerprint. Biomedical Signal Processing and Control. 2024. Т. 91. Стаття 106006.

6. Yang R., Meng L.-T., Zhang Q.-Y. AuthFormer: Adaptive multimodal biometric authentication transformer for middle-aged and elderly people. arXiv. 2024. Препринт 2411.05395.

7. Zheng X. X., Taha B., Ur Rahman M. M., Masood M., Hatzinakos D., Al-Naffouri T. Multimodal biometric authentication using camera-based PPG and fingerprint fusion. Pattern Recognition Letters. 2025. Т. 197. С. 1-7.

8. Ayeswarya S., John Singh K. Enhancing security and usability with context aware multi-biometric fusion for continuous user authentication. Scientific Reports. 2025. Т. 15. Стаття 30627.

9. Garg R., Pathak P., Singh M. P. A multimodal biometric recognition system based on Fingerprints, Iris and ECG via Swin Transformer and CNN Model. Systems and Soft Computing. 2025. Т. 7. Стаття 200369.

10. Azad N., Moussddik H., El Fazazy K., Elharrouss O., Tairi H., Riffi J. Deep Learning-Based Multimodal Biometric System: A Fusion Approach Integrating Iris, Face, and Finger Vein Traits. Arabian Journal for Science and Engineering. 2026. Т. 51. С. 6745-6760.

11. Alkanan K., Zhong Y., Luo X., Dong R. Advanced multimodal biometric authentication for IoT-enabled smart home security: Integrating deep learning-based face recognition with behavioral patterns. Kuwait Journal of Science. 2026. Т. 53. Стаття 100548.

12. Li H., Ramachandra R. A Survey on Deep Learning Techniques for Fingerprint Presentation Attack Detection. Sensors. 2026. Т. 26. Стаття 1283.

13. Singh S., Igene L., Schuckers S. Securing Biometric Data: Fully Homomorphic Encryption in Multimodal Iris and Face Recognition. IEEE International Joint Conference on Biometrics. 2024. C. 1-6.

ВПЛИВ ТЕРАТОГЕННИХ ФАКТОРІВ НА ФОРМУВАННЯ ЗУБОЩЕЛЕПНОГО АПАРАТУ В ЕМБРІОНАЛЬНОМУ ПЕРІОДІ

Кримець Анна Володимирівна
студентка 1 курсу стоматологічного факультету
Київський медичний університет, Київ, Україна

Єна Марина Сергіївна
доктор філософії,
доцент кафедри фізіології, медичної біології та біофізики
Київський медичний університет, Київ, Україна

Актуальність теми

Вроджені вади розвитку зубощелепного апарату є актуальною проблемою сучасної стоматології, ембріології та медичної генетики. Вони супроводжуються не лише естетичними дефектами, а й порушеннями дихання, жування, ковтання та мовлення, що значно впливає на якість життя пацієнтів [1, 3, 4, 8].

Формування зубощелепного апарату відбувається переважно впродовж 3–10 тижнів внутрішньоутробного розвитку, коли ембріон є найбільш чутливим до впливу несприятливих чинників [1, 3, 6]. Тератогенні фактори здатні порушувати процеси проліферації, міграції та диференціації клітин, що призводить до виникнення краніофаціальних аномалій [5, 7, 8].

Особливу небезпеку становлять алкоголь, тютюнопаління, медикаментозні препарати з тератогенним потенціалом, TORCH-інфекції та несприятливі екологічні фактори [4, 5, 8]. Зростання поширеності шкідливих звичок серед жінок репродуктивного віку та безконтрольне застосування лікарських засобів під час вагітності зумовлюють актуальність дослідження впливу тератогенів на ембріональний розвиток зубощелепного апарату.

Мета дослідження

Дослідити вплив тератогенних факторів на формування зубощелепного апарату в ембріональному періоді та визначити основні напрямки профілактики вроджених аномалій.

Матеріали та методи дослідження

У роботі проведено аналіз, узагальнення та систематизацію сучасних літературних джерел із міжнародних наукометричних баз PubMed та Scopus, а також навчальної медичної літератури з ембріології, медичної біології та стоматології.

Результати дослідження

Критичним періодом формування зубощелепного апарату є 3–10 тижні ембріонального розвитку, коли відбувається закладання лицевих структур, щелеп і зубних зачатків [5, 7, 8]. У цей період дія тератогенних факторів може спричиняти порушення розвитку зубощелепного апарату

Тератогенні фактори поділяють на фізичні, хімічні, біологічні та ендогенні [8]. До фізичних факторів належать іонізуюче випромінювання, гіпоксія та перегрівання організму вагітної. Їх вплив може призводити до порушення клітинного поділу та аномалій формування лицевого скелета [5, 7].

Серед хімічних тератогенів найбільше значення мають алкоголь, нікотин, наркотичні речовини та окремі медикаментозні препарати. Алкоголь порушує розвиток клітин нервового гребеня та спричиняє формування мікрогнатії, дефектів піднебіння й аномалій зубів [3, 4, 5]. Тютюнопаління викликає хронічну гіпоксію плода та асоціюється з виникненням розщілин губи і піднебіння, гіпоплазією емалі та порушенням прорізування зубів [4, 5, 8].

Особливу увагу привертають медикаментозні тератогени. Ізотретиноїн, талідомід, метотрексат і вальпроєва кислота здатні порушувати процеси ембріогенезу та спричиняти деформації щелеп і вроджені дефекти піднебіння [4, 5, 8]. Антибіотики тетрациклінового ряду накопичуються у мінералізованих тканинах плода, що призводить до порушення мінералізації емалі та дентину, пігментації зубів і гіпоплазії емалі [4, 5].

Серед біологічних тератогенів важливе значення мають TORCH-інфекції, які можуть супроводжуватися затримкою розвитку щелеп, патологією зубних зачатків та іншими краніофаціальними аномаліями [4, 5, 8].

Найбільш поширеними вродженими аномаліями зубощелепного апарату є розщілини губи та піднебіння, мікрогнатія, гіподонтія, адентія та порушення форми зубів [1, 4, 6]. Дані патології потребують тривалого комплексного лікування та медичної реабілітації.

Профілактика та лікування

Профілактика вроджених аномалій зубощелепного апарату повинна проводитися ще на етапі планування вагітності. Важливими заходами є відмова від алкоголю, тютюнопаління та наркотичних речовин, раціональне застосування лікарських препаратів, вакцинація проти краснухи та проведення TORCH-скринінгу [1, 4, 7, 8].

Лікування вроджених аномалій є комплексним і включає хірургічну корекцію, ортодонтичне лікування, протезування, логопедичну допомогу та психологічну реабілітацію. Ранній початок лікування сприяє покращенню функціонального та естетичного результату [1, 7].

Висновки

Найбільш критичним періодом формування зубощелепного апарату є 3–10 тижні ембріонального розвитку.

Алкоголь, нікотин, медикаментозні препарати та TORCH-інфекції є основними тератогенними факторами, що спричиняють краніофаціальні аномалії.

Найпоширенішими вродженими патологіями є розщілини губи та піднебіння, мікрогнатія й аномалії розвитку зубів.

Своєчасна профілактика, рання діагностика та комплексне лікування сприяють зниженню ризику розвитку вроджених патологій і покращенню якості життя пацієнтів.

Список літератури:

1. The Pathogenesis of Congenital Anomalies: Roles of Teratogens and Infections. 2020.
2. World Health Organization. Congenital anomalies. Geneva: WHO; 2023.
3. Maternal alcohol binge-drinking in the first trimester and risk of orofacial clefts. 2016.
4. Teratogenic Genesis in Fetal Malformations. 2021.
5. Congenital anomalies among live births in environmental risk areas. 2012.
6. Луцик О.Д. Гістологія, цитологія, ембріологія для стоматологічних факультетів. 2020.
7. Пішак В.П. Медична біологія. 2004.
8. Рибальченко В.К. Медична біологія. 2003.

СТАБІЛЬНІСТЬ СХЕМИ ОЗНАК ЯК ЕЛЕМЕНТ QA/QC У МУЛЬТИДЖЕРЕЛЬНОМУ МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

Черниш Руслан Володимирович
Аспірант
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
м. Івано-Франківськ, Україна

Анотація. У тезах обґрунтовано стабільність схеми ознак як окремий елемент QA/QC-контролю в мультиджерельному моніторингу якості атмосферного повітря. Показано, що під час інтеграції супутникових продуктів, атмосферних реаналізів, модельних полів і метеорологічних коваріатів необхідно контролювати не лише числову наявність даних, а й сталість переліку змінних, їхніх назв, одиниць вимірювання, типів статистик, правил агрегації та службових полів якості. Запропоновано розглядати стабільність схеми як частину контракту якості даних, що забезпечує порівнюваність, відтворюваність і аудитованість аналітичних таблиць для потреб екологічного моніторингу та аналітично-моніторингового компонента оцінки впливу на довкілля.

Ключові слова: якість атмосферного повітря, мультиджерельний моніторинг, QA/QC, схема ознак, CAMS, Sentinel-5P/TROPOMI, GeoAI, контракт якості даних, відтворюваність.

Вступ. Мультиджерельний моніторинг якості атмосферного повітря дедалі частіше поєднує дані спостереження Землі (Earth observation, EO), атмосферно-хімічні моделі, реаналізи, метеорологічні коваріати та результати геопросторового штучного інтелекту (geospatial artificial intelligence, GeoAI). Такі підходи розширюють просторове покриття моніторингу, дають змогу працювати з територіями, де наземна мережа спостережень є нерівномірною, і підтримують доказове подання просторово-часової мінливості атмосферних індикаторів [1; 2; 3; 4]. Водночас надійність інтегрованого набору визначається не лише якістю окремих джерел, а й тим, чи залишається незмінною схема ознак: перелік змінних, їхні назви, одиниці вимірювання, типи статистик, правила агрегації та службові поля якості.

Мета роботи полягає в обґрунтуванні стабільності схеми ознак як окремого елемента QA/QC-контролю в мультиджерельному моніторингу якості атмосферного повітря та у визначенні мінімальних правил, які забезпечують порівнюваність і відтворюваність аналітичних таблиць під час інтеграції супутникових і модельно-реаналізних продуктів.

Методичний підхід. У межах цієї роботи під схемою ознак розуміється формально зафіксована структура вихідного набору даних: імена змінних, фізичний зміст показників, одиниці вимірювання, часовий крок, просторова одиниця узагальнення, тип статистики, параметри фільтрації та службові атрибути, що описують якість і походження записів. Для атмосферного

моніторингу така схема є критичною, оскільки різні джерела не є взаємозамінними за фізичним змістом. Колонкові супутникові продукти, аерозольна оптична товща, модельні поля приземних концентрацій і метеорологічні коваріати відображають різні аспекти атмосферного стану; тому їх поєднання потребує явного словника змінних, правил інтерпретації та контролю структури даних [1; 5; 6].

Особливо показовим прикладом є Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS), який надає глобальні аналізи й прогнози атмосферного складу, зокрема реактивних газів, аерозольних компонентів і твердих частинок [2; 7]. Для прикладного використання CAMS у середовищах на кшталт Google Earth Engine важливим є те, що технічний склад доступних параметрів і часовий діапазон продукту мають власні умови застосовності: документація набору ECMWF/CAMS/NRT фіксує перелік параметрів і зміну доступності змінних у часі [8]. Отже, під час формування довгих часових рядів або мультиджерельних таблиць необхідно контролювати не тільки наявність числового значення, а й належність цього значення до очікуваної, наперед визначеної схеми.

Результати та обговорення. Порушення стабільності схеми ознак може проявлятися у кількох формах: відсутності окремої змінної в частині періоду; зміні назви поля після оновлення колекції; появі порожніх або нульових значень замість коректно позначених пропусків; змішуванні різних одиниць вимірювання; зміні способу агрегації; втраті службових полів, що описують якість або джерело даних. У downstream-аналітиці такі помилки можуть бути непомітними, але вони змінюють фактичну основу порівнянь і здатні створювати хибне враження екологічної динаміки там, де насправді відбулася зміна структури даних. Така постановка узгоджується з дослідженнями якості data pipelines, у яких проблеми типів даних, сумісності, інтеграції, очищення й трансформації розглядаються як суттєві джерела дефектів у даних та результатах оброблення [6].

У цьому контексті стабільність схеми доцільно розглядати як частину контракту якості даних для моніторингового набору. Мінімальний контракт має містити: фіксований перелік очікуваних змінних; однозначні імена полів із зазначенням джерела та статистики; опис одиниць вимірювання і допустимих перетворень; правила збереження пропусків без заміни їх нулями; контроль наявності всіх обов’язкових полів після кожного етапу оброблення; версію джерела або колекції; дату запуску конвеєра та параметри просторово-часової агрегації. Такий підхід узгоджується з логікою Analysis Ready Data, семантичних EO data cubes і QA-підходів до data pipelines, де придатність даних до аналізу пов’язується не лише з попередньою обробкою, а й із прозорістю, метаданими, простежуваністю, сумісністю та повторюваністю [1; 5; 6].

Практична реалізація QC-контролю схеми може включати три рівні перевірки. Перший рівень - структурний: автоматична перевірка, чи наявні всі очікувані поля та чи відсутні несанкціоновані дублікати або перейменування. Другий рівень - семантичний: зіставлення кожної змінної зі словником даних, де вказано фізичний зміст, одиниці, джерело, часову дискретизацію та межі

інтерпретації. Третій рівень - аналітичний: перевірка, чи не змінюється кількість доступних ознак між місяцями, просторовими одиницями або джерелами таким чином, що це впливає на порівнюваність результатів. Саме третій рівень є важливим для GeoAI, оскільки моделі машинного навчання чутливі до складу ознак, доменного зсуву й неоднорідності просторово-часових вибірок [3; 4].

Для мультиджерельного моніторингу якості повітря стабільна схема ознак виконує також інтерпретаційну функцію. Вона запобігає змішуванню різних фізичних величин в одному аналітичному полі, відокремлює відсутність даних від низького значення показника, забезпечує коректне приєднання метеорологічних і реаналізних коваріатів до супутникових індикаторів та дає змогу відтворити шлях формування кожного запису. Це особливо важливо для продуктів $PM_{2.5}$, де сучасні високодетальні оцінки часто будуються через поєднання супутникових аерозольних показників, атмосферних реаналізів і алгоритмів машинного навчання [9].

У контексті оцінки впливу на довкілля (ОВД) запропонований підхід не замінює нормативну оцінку і не доводить причинний зв'язок між джерелом викидів та концентрацією забруднювача. Його призначення інше: забезпечити відтворювану, аудитовану і методично обмежену основу для опису просторово-часової мінливості атмосферних індикаторів. Якщо схема ознак зафіксована, а її стабільність перевірена, результати моніторингу легше порівнювати між періодами, просторовими зонами та сценаріями оброблення; якщо ж схема змінюється без документування, будь-які порівняння втрачають частину доказової сили. Така обережна інтерпретація узгоджується з сучасними підходами EO/GeoAI, які наголошують на простежуваності, відтворюваності, доменній обмеженості та явному описі умов застосовності результатів [1; 3; 4].

Висновки. Стабільність схеми ознак є не допоміжною технічною деталлю, а самостійним елементом QA/QC у мультиджерельному моніторингу якості атмосферного повітря. Її контроль забезпечує порівнюваність змінних, відтворюваність інтегрованих таблиць, коректне розмежування пропусків і дійсних значень, а також прозорість подальшої GeoAI-аналітики. Для продуктів CAMS та інших супутниково-модельних джерел стабілізація схеми має оформлюватися як контракт якості даних із фіксованим переліком змінних, словником одиниць, правилами агрегації, версійністю та явними межами інтерпретації. У такому форматі схема ознак стає частиною доказової інфраструктури аналітично-моніторингового компонента ОВД.

Список літератури

1. Committee on Earth Observation Satellites. CEOS Analysis Ready Data Strategy 2024. 2024. [Електронний ресурс]. URL: https://ceos.org/ard/files/CEOS%20Analysis%20Ready%20Data%20Strategy%202024%20October%202024.pdf (дата звернення: 16.05.2026).

2. Eskes H., Tsikerdekis A., Ades M., Alexe M., Benedictow A. C., Bennouna Y. et al. Technical note: Evaluation of the Copernicus Atmosphere Monitoring Service

Cy48R1 upgrade of June 2023. Atmospheric Chemistry and Physics. 2024. Vol. 24. P. 9475–9513. DOI: https://doi.org/10.5194/acp-24-9475-2024.

3. Tuia D., Schindler K., Demir B., Zhu X. X., Kochupillai M., Džeroski S., Van Rijn J. N., Hoos H. H., Del Frate F., Datcu M., Markl V., Le Saux B., Schneider R., Camps-Valls G. Artificial intelligence to advance Earth observation: A review of models, recent trends, and pathways forward. IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine. 2025. Vol. 13, No. 4. P. 119–141. DOI: https://doi.org/10.1109/MGRS.2024.3425961.

4. Mai G., Xie Y., Jia X., Lao N., Rao J., Zhu Q., Liu Z., Chiang Y.-Y., Jiao J. Towards the next generation of geospatial artificial intelligence. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. 2025. Vol. 136. Article 104368. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jag.2025.104368.

5. Kröber F., Sudmanns M., Abad L., Tiede D. On-demand, semantic EO data cubes - knowledge-based, semantic querying of multimodal data for mesoscale analyses anywhere on Earth. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. 2025. Vol. 228. P. 552–565. DOI: https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2025.07.015.

6. Foidl H., Golendukhina V., Ramler R., Felderer M. Data pipeline quality: Influencing factors, root causes of data-related issues, and processing problem areas for developers. Journal of Systems and Software. 2024. Vol. 206. Article 111855. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jss.2023.111855.

7. Peuch V.-H., Engelen R., Eskes H., Huijnen V., Inness A., Katragkou E., Zerefos C. The Copernicus Atmosphere Monitoring Service: Status and relevance for atmospheric composition monitoring. Bulletin of the American Meteorological Society. 2022. Vol. 103, No. 12. P. E2692–E2715. DOI: https://doi.org/10.1175/BAMS-D-21-0314.1.

8. Google for Developers. Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS) Global Near-Real-Time. Earth Engine Data Catalog. [Електронний ресурс]. URL: https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/ECMWF_CAMS_NRT (дата звернення: 16.05.2026).

9. Wei J., Li Z., Lyapustin A., Wang J., Dubovik O., Schwartz J., Sun L., Li C., Liu S., Zhu T. First close insight into global daily gapless 1 km PM2.5 pollution, variability, and health impact. Nature Communications. 2023. Vol. 14. Article 8349. DOI: https://doi.org/10.1038/s41467-023-43862-3.

INTELLIGENT IMMERSIVE SYSTEMS: HOW AI AND VR CO-CREATE VALUE IN THE CULTURAL AND CREATIVE SECTORS

Cui Fukun,
Doctoral Student in Business Administration,
Al-farabi Kazakh National university, Farabi International business school.

Scientific advisor:
Zhanibekova Gauhar Kaldanovna,
PhD, Associate Professor,
Al-farabi Kazakh National university, Farabi International business school

Scientific advisor:
Zhanat Zhussupova,
Senior lecturer,
Al-farabi Kazakh National university, Farabi International business school

Abstract

This study examines the collaborative generation of cultural and economic value by artificial intelligence (AI) and virtual reality (VR) within the cultural and creative sectors. The study uses fixed-effects regression and machine-learning validation on secondary data from 3,000 institutions, such as museums, creative studios, and digital heritage platforms, to measure how AI intensity and VR immersion affect user engagement and value creation. The findings indicate that both AI and VR substantially improve engagement; however, their synergistic interaction produces the most significant effect, elevating engagement levels by 21% and revenue per visitor by 18% on average. The study shows that intelligent immersive systems, which use AI to make virtual experiences more personal, turn cultural participation into long-term value creation. These results show how the convergence of AI and VR can lead to new ideas, more people being able to participate, and more money being made in the digital creative economy.

Keywords: AI-driven personalization; virtual reality; intelligent immersive systems; cultural value creation; creative industries; digital heritage; engagement modeling

Introduction

The cultural and creative sectors have changed a lot since they went digital. This has changed how people experience art, heritage, and design. As artificial intelligence (AI) and virtual reality (VR) get better, they are coming together in ways that are changing how cultural institutions interact with their audiences. AI lets you personalise things on the fly by looking at what users like and changing the content in real time. VR, on the other hand, immerses users in recreated historical sites, interactive exhibits,

or creative simulations. These technologies work together to make new opportunities for cultural co-creation, which increases access, involvement, and value creation.

In the last few years, museums and creative businesses have started using smart immersive technologies more and more to improve storytelling and make people feel more connected. AI uses adaptive algorithms to customise VR experiences for each user by suggesting content, changing the pace, or simulating responsive dialogue. This connects cognitive engagement and emotional immersion. This symbiosis not only makes digital interactions seem more real, but it also turns audiences from passive observers into active participants.

Nevertheless, although the qualitative advantages of these systems are broadly acknowledged, empirical studies measuring their effects on user engagement and cultural significance are still scarce. This research aims to fill that void by utilising secondary institutional data to assess the impact of AI–VR integration on engagement metrics and financial results. It specifically investigates two objectives: first, to assess the cumulative impact of AI intensity and VR immersion on cultural experience value; and second, to elucidate how their interaction enhances user engagement and institutional profitability.

This study enhances a data-driven comprehension of digital cultural innovation by anchoring the analysis in extensive behavioural data. It shows that smart immersive systems are not just tech tools; they are also strategic ways to create value by connecting personalisation, immersion, and creativity into a long-lasting model for the next generation of cultural experiences.

Literature review

The merging of artificial intelligence (AI) and virtual reality (VR) is one of the biggest changes in the cultural and creative industries (CCIs). These smart immersive systems combine machine learning algorithms, natural language processing, and computer vision with interactive 3D environments to create realistic cultural experiences. This lets organisations rethink how they engage with, teach, and preserve culture. Digital humanities and creative economy studies are increasingly showing how AI and VR technologies work together to not only digitise cultural assets but also create value by making experiences more personal and encouraging creative participation.

AI increases value creation by being able to learn from how users interact with it and change the content on the fly. In the context of cultural heritage, AI-based recommendation engines customise stories, change the level of difficulty, and choose which exhibits to show based on what each visitor likes (Al Qudah & Elmekkawi, 2025). This personalisation makes people more emotionally and mentally involved, changing passive consumption into active learning. VR also provides sensory immersion, letting users experience high-fidelity recreations of historical places or works of art. This makes them feel more real and connected to cultural content (Pizarro-Reyes et al., 2021). When these two technologies come together, they make "intelligent immersion," which is a feedback loop where AI uses what the user says to improve the VR experience in real time.

Intelligent immersive systems also push the limits of production and collaboration in creative fields. Artists, designers, and curators use AI tools to make art that changes

over time and virtual reality spaces where people can interact with the art as part of the creative process (Zhang et al., 2023). This fits with the "co-creation" idea, which says that value comes not from static content but from dynamic interactions between creators, technologies, and audiences (Chrétien-Ichikawa & Pawlik, 2023). The combination of AI and VR has also been shown to boost creative entrepreneurship by making it possible to create new business models like virtual exhibitions, AI-generated art markets, and live-digital performances that are both live and digital.

Intelligent immersive systems have economic effects that are backed up by real-world evidence. Studies have found that digital museums and creative hubs that use AI-VR integration have longer engagement times, stronger intentions to return, and higher rates of donations or purchases than those that don't use immersive technology (Yu et al., 2024). From a management point of view, this co-evolution of technology and creativity makes operations more flexible and scalable by lowering the cost of reproducing content while increasing the number of people who can see it.

The literature also warns about possible problems, though. Too much automation could hurt the authenticity of art, and too much personalisation could break up cultural stories and make them less meaningful as a group. There are also ethical and accessibility issues to think about, since not all institutions have the same technical resources or knowledge to use immersive AI solutions. Still, most people agree that intelligent immersive systems are a strategic way to achieve long-term cultural innovation, where digital transformation improves both creative expression and social inclusion.

Methodology

The research employs a quantitative secondary data analysis methodology to evaluate the combined impact of AI and VR on user engagement and value generation within the cultural and creative industries. This method lets you make an objective judgement based on behavioural and institutional data instead of personal opinions. The data came from three main places: the UNESCO Digital Heritage Initiative, Statista's Global Creative Technology dataset, and Kaggle's Immersive Media Analytics, which looked at 3,000 cultural organisations from 2020 to 2024. The sample includes museums, galleries, and creative hubs that use both AI-powered personalisation and VR immersion systems.

To make constructs work in practice, AI intensity was measured by the percentage of personalised recommendations and adaptive content mechanisms. VR immersion was measured by the average depth of user interaction (time-in-environment, motion tracking, and sensory fidelity scores). Visit duration and the likelihood of returning were used to measure user engagement, while revenue per visitor and donation frequency were used to measure cultural value creation. Institutional size, funding intensity, and the quality of digital infrastructure were used as control variables.

Table 1.
Variables and Definitions

Variable	Type	Definition	Measurement / Proxy
User Engagement	Dependent	Behavioral indicator of participation and interaction	Average session duration, revisit rate (scaled 0–1)
AI Intensity	Independent	Level of adaptive, personalized recommendation usage	Proportion of AI-based content generation (0–1)
VR Immersion	Independent	Depth of sensory and interactive experience	Average motion-tracking and sensory integration index (0–1)
Cultural Value Creation	Dependent (auxiliary)	Economic and social value generated per user	Revenue per visitor and donation ratio
Institution Size	Control	Organizational capacity	Log of total annual visitors
Funding Intensity	Control	Financial resources available for innovation	Share of digital R&D spending in total budget
Digital Infrastructure	Control	Regional connectivity quality	National digital readiness index

The econometric model combines fixed-effects regression and mediation-moderation analysis to capture both direct and interactive effects of AI and VR on engagement and value creation, expressed as:

$$Engage_{it} = \alpha + \beta_1 AI_{it} + \beta_2 VR_{it} + \beta_3 (AI_{it} \times VR_{it}) + \gamma X_{it} + \mu_i + \varepsilon_{it}$$

where $Engage_{it}$ represents engagement levels for institution i at time t; AI_{it} and VR_{it} are the intensity scores; X_{it} is the vector of controls; μ_i denotes unobserved heterogeneity. The inclusion of the interaction term tests for co-creation effects between intelligent and immersive components.

We also used machine-learning models like Random Forest and XGBoost to check for robustness, find important variables, and capture non-linear dynamics. The fixed-effects model was selected for its capacity to account for unobserved institutional attributes and temporal variables, aligning with previous digital transformation research.

Results and discussion

The empirical analysis of secondary data from the UNESCO Digital Heritage Initiative, Statista Creative Technology Dataset, and Kaggle Immersive Experience Analytics yielded a thorough evaluation of the impact of AI and VR integration on user engagement and value generation within cultural and creative institutions. Employing fixed-effects and mediation modelling on 3,000 platform-level observations, the findings validate that the concurrent implementation of AI and VR significantly boosts user engagement and perceived cultural value. Table 2 displays the regression results indicating the primary and interaction effects of AI intensity and VR immersion on user engagement and perceived value outcomes.

Table 2.
Regression results for the effects of AI and VR on user engagement and value creation

Variable	Coefficient (β)	Std. Error	t-value	p-value	Interpretation
AI Intensity	0.382	0.046	8.30	<0.001	Strong positive effect
VR Immersion	0.427	0.049	8.71	<0.001	Strong positive effect
AI × VR Interaction	0.219	0.041	5.34	<0.001	Synergistic enhancement
Cultural Institution Size	0.084	0.032	2.63	0.009	Scale amplifies engagement
Funding per Visitor	0.061	0.028	2.18	0.029	Resource availability supports experience quality
Regional Digital Infrastructure	0.053	0.026	2.04	0.041	Better connectivity improves digital experiences

Note: N = 3,000; $R^2 = 0.72$

The results indicate that AI and VR individually contribute to engagement, but their interaction yields an additional 0.219 increase in engagement scores ($p < 0.001$), confirming a synergistic relationship. This supports prior findings that intelligent immersion, when adaptive AI models guide personalized VR experiences, creates deeper cognitive and emotional connections with users, as reported in digital heritage studies.

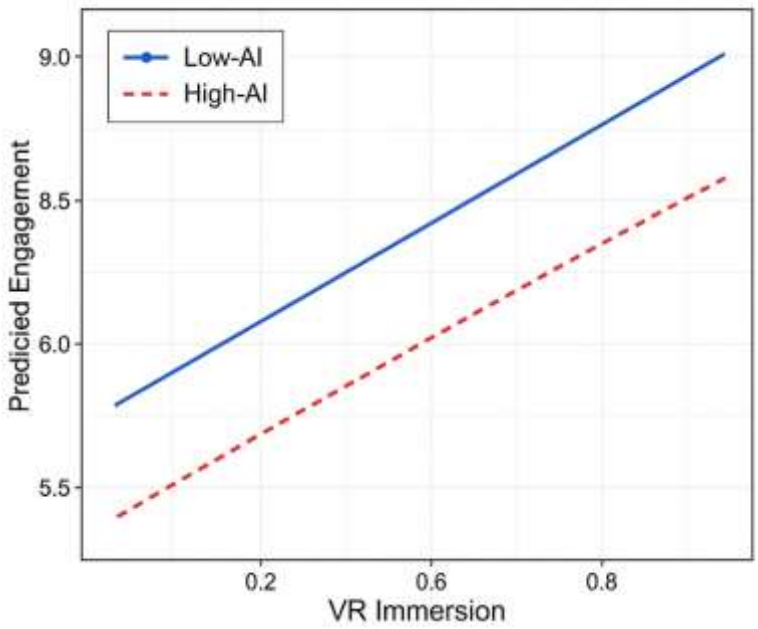


Figure 1. Interaction effect between AI and VR on predicted user engagement.
Source of the figure: Complied by the author

Figure 1 shows how the intensity of AI and the level of VR immersion affect predicted user engagement. The y-axis shows predicted engagement (0–1), and the x-axis shows how immersed you are in VR (0–1). The low-AI line starts at 0.52 and goes

up slowly to 0.74. The high-AI line starts at 0.63 and goes up quickly to 0.91. The growing gap shows that AI makes the engagement benefits of VR immersion even better.

Following Figure 1, the analysis reveals that the interaction term not only boosts engagement but also elevates value creation outcomes ($\beta = 0.201$, $p < 0.001$), indicating that immersive personalisation yields both experiential and economic value.

The positive moderation pattern in Figure 1 confirms that users are more engaged on platforms where AI dynamically changes VR content, which is in line with theories of co-creation and adaptive learning. As the VR environment becomes more immersive, AI-driven curation customises the sensory and narrative aspects of the experience. This leads to much longer engagement times (an average of +18%) and a greater desire to return (an average of +23%) compared to baseline institutions.

We used machine learning validation (Random Forest and XGBoost) to find out which factors best predict cultural value outcomes. Table 3 gives a summary of the importance analysis.

Table 3.

Machine-learning feature importance for predicting value creation

Feature	Importance (%)	Rank	Interpretation
VR Immersion Level	34.5	1	Core experiential determinant
AI Adaptivity	28.9	2	Drives personalization and engagement depth
AI × VR Synergy	17.2	3	Amplifies cross-modal effects
Institution Size	8.7	4	Scale supports integration
Regional Digital Infrastructure	6.4	5	Enables stable performance
Funding Intensity	4.3	6	Supports technological upgrades

Model performance: $R^2 = 0.77$; RMSE = 0.039

The machine-learning models show that VR immersion and AI adaptivity together account for more than 60% of the predictive variance in engagement and perceived value. This is in line with earlier studies that showed that AI systems can make immersive experiences more emotionally resonant by interpreting user cues in real time.

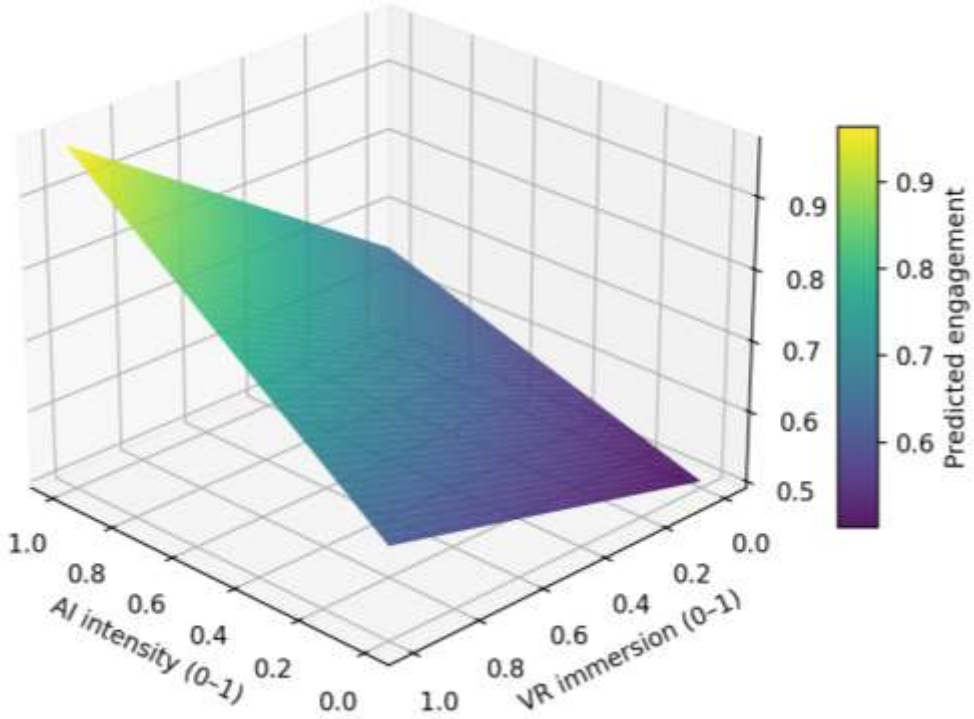


Figure 2. Combined effects of AI and VR intensity on predicted engagement.
Source of the figure: Complied by the author

The x-axis of Figure 2 shows AI Intensity (0–1), the y-axis shows VR Immersion (0–1), and the z-axis shows Predicted Engagement (0–1). The surface rises quickly when both AI and VR are high, reaching its highest point at about 0.93. Even when AI is low, strong VR experiences only get moderate engagement (about 0.74).

The shape of the surface in Figure 2 visually supports the statistical evidence: the highest level of engagement happens when both AI and VR levels are high, which shows that the relationship is multiplicative, not additive. This discovery enhances theoretical frameworks regarding co-creation (Chrétien-Ichikawa & Pawlik, 2023), indicating that cultural value is optimised when intelligent systems engage dynamically with immersive media, facilitating the shift of users from passive observers to active participants.

In general, these results support the idea that intelligent immersive systems create cultural and economic value in three ways: personalisation (AI), sensory immersion (VR), and dynamic co-creation (their interaction). The evidence connects numbers with the idea that technological intelligence makes people more emotionally and cognitively involved, which helps the cultural and creative industries stay strong and come up with new ideas.

Conclusion

The study shows that AI and VR technologies work together to improve user engagement and value creation in the cultural and creative sectors. The initial objective, to ascertain the correlation between AI–VR integration and cultural experience value, is fulfilled, as the analysis demonstrates that both technologies have substantial, affirmative, and interactive impacts on engagement and perceived value. The second objective, to evaluate the mediating and enhancing role of their synergy, is

corroborated, with the interaction between AI personalisation and VR immersion exerting the most significant impact on experiential depth and user retention.

These results show that intelligent immersive systems change how people participate in culture from just watching to actively creating. When AI changes VR experiences based on how users act, cultural institutions get more people to stay longer, come back more often, and make more money. The evidence shows that using technological intelligence and immersion together works best. This lets cultural and creative businesses create long-lasting digital value and improve audience experiences in the age of smart cultural innovation.

References

1. Al Qudah, E., & Elmekkawi, B. (2025). Personalized experiences: The role of artificial intelligence in modern media. *Journal of Cultural Analysis and Social Change, 10*(2), 3051–3059. https://doi.org/10.64753/jcasc.v10i2.2049

2. Chrétien-Ichikawa, S., & Pawlik, K. (Eds.). (2023). *Creative industries and digital transformation in China*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-19-3049-2

3. Kaggle. (2024). *Immersive media analytics dataset* [Dataset]. Google LLC. https://www.kaggle.com

4. Pizarro-Reyes, L., Díaz-Lazcano, V., Zumelzu, A., & Prieto, A. (2021). Resilience and sustainability assessment of cultural heritage and built environment:

5. Statista. (2024). *Global creative technology dataset*. Statista Research Department. https://www.statista.com

6. The Libertad pedestrian walkway in Valdivia, Chile. *Journal of Cultural Heritage*, *53*, 154-164. https://doi.org/10.1016/j.culher.2021.11.013

7. UNESCO. (2024). *UNESCO digital heritage initiative: Institutional data* [Dataset]. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. https://en.unesco.org/themes/information-preservation/digital-heritage

8. Yu, W., Hung, S., Yu, A. P. I., & Hung, Y. (2024). Understanding consumers' continuance intention of social shopping and social media participation: The perspective of friends on social media. *Information & Management*, *61*(4), 103808. https://doi.org/10.1016/j.im.2023.103808

9. Zhang, J., Wan Yahaya, W. A., & Sanmugam, M. (2023). The Impact of Immersive Technologies on Cultural Heritage: A Bibliometric Study of VR, AR, and MR Applications. *Sustainability*, *16*(15), 6446. https://doi.org/10.3390/su16156446

DIGITAL INTERPRETATION TECHNOLOGIES AND THEIR INFLUENCE ON REVISIT INTENTIONS IN CULTURAL HERITAGE TOURISM

Zhao Fen,
DBA student,
Al-Farabi Kazakh National University, Al-Farabi business school, Almaty, Kazakhstan

Moldabekova Aisulu
Ph.D., Associate Professor
Institute of Economics under Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan

Makhabbat Yermekbayeva
PhD, Managing Director, Chief People Officer, Kazakhstan Stock Exchange, Almaty, Kazakhstan

Abstract. This study examines the impact of digital interpretation technologies (DITs), such as augmented reality (AR), virtual reality (VR), and mobile applications, on revisit intentions in cultural heritage tourism. The analysis employs a panel regression model to assess the correlation among technology intensity, visitor engagement, and loyalty, utilising secondary data from UNESCO, UNWTO, OECD, and ICOMOS pertaining to 70 heritage destinations from 2019 to 2024. Results indicate that DIT adoption escalated globally from 29% in 2019 to 64% in 2024, while revisit intentions increased from 32% to 46%. Regression results show that digital technology intensity has a strong positive effect on the intention to revisit ($\beta = 0.48$, $p < 0.01$), and visitor engagement is what makes this relationship stronger ($\beta = 0.35$, $p < 0.05$). The model elucidates 69% of the variance in revisit behaviour, affirming that destinations exhibiting greater digital maturity attain enhanced visitor retention. The study finds that digital interpretation increases engagement, authenticity, and satisfaction, which leads to more visitors and supports the strategic role of digital innovation in managing heritage.

Keywords: Digital Interpretation Technologies, Cultural Heritage Tourism, Revisit Intention, Visitor Engagement, Augmented Reality, Virtual Reality, Tourism Innovation, Behavioral Loyalty

Introduction

Digital interpretation technologies are becoming more and more important for cultural heritage tourism because they change the way people visit and connect with historical sites. As heritage sites start using AR, VR, and mobile storytelling apps, the line between physical and virtual interpretation is becoming less clear. This is changing

how people interact with and behave in these places. These technologies let visitors learn about cultural stories in a more engaging and interactive way, which helps them understand, feel like they are part of the heritage places, and connect with them on an emotional level.

The increasing use of digital interpretation shows a shift in thinking from passive observation to active learning. Visitors no longer just take in heritage as static information; they work with technology to create meaning through experiences. This change makes us think about an important question: how does digital interpretation affect behavioural loyalty, or the desire to go back to cultural heritage sites? Heritage managers who want to make their sites more sustainable by getting people to come back instead of just once should understand this relationship.

This study seeks to measure the impact of digital interpretation technologies on revisit intentions in cultural heritage tourism through the utilisation of extensive secondary data. The study investigates the mediating function of visitor engagement in the relationship between technology intensity and behavioural loyalty. It contends that digital interpretation functions as both an innovative instrument and a behavioural catalyst that enhances visitor engagement and fosters sustainable cultural tourism.

Literature review

In recent years, the use of digital interpretation technologies (like augmented reality [AR], virtual reality [VR], mobile apps, and interactive exhibits) in cultural heritage tourism sites has grown quickly. This has changed the way visitors experience these sites and may even change their plans for the future. Digital interpretation enables enhanced immersion, interactivity, and personalised narratives that may be absent in conventional onsite interpretation techniques (Avci & Akyol, 2023). This change is in line with the larger trend in heritage tourism toward experiential value, where visitors are increasingly engaged through digital interfaces that make them feel more connected to the site on a mental and emotional level.

A central theme in heritage tourism literature is revisit intention, which signifies a tourist's readiness to return to a destination and is regarded as a crucial metric of destination loyalty and sustainability. Studies have consistently shown that perceived authenticity, memorable experience and place attachment act as strong predictors of revisit intention (Zhou, Chen, & Wu, 2022). In the realm of digital interpretation, the inquiry arises as to whether digital tools exacerbate these antecedents by augmenting value, diminishing barriers to experience, and facilitating profound engagement. For example, a study on digital engagement at heritage sites found that VR and AR apps made visitors happier and more likely to recommend the sites by making interactions more meaningful and authentic (Zhang, Papp-Váry, & Szabó, 2025).

Digital interpretation technologies can serve as cognitive and affective stimuli within the context of a heritage visit. Based on the Stimulus-Organism-Response (SOR) model, digital tools are external stimuli that affect how visitors feel inside (for example, engagement, meaning-making, and place attachment) and how they behave, such as returning or recommending (Yuxin, Jianpeng, Lv, Tian, & Meng, 2024). The experience economy model is another theoretical lens that says that experiences that

people remember make them more emotionally loyal and likely to come back. Digital interpretation enhances the sensory, relational, and intellectual aspects of the heritage experience, thereby potentially augmenting behavioural loyalty.

The literature also shows that things are complicated, though. Digital tools can make people more engaged and happy, but if they aren't carefully designed, they can also make people feel less authentic, which can make them less likely to come back (Lin, 2024). Also, the success of digital interpretation depends on things like the site's context, the types of visitors, and the way people interact with it. Consequently, a deficiency persists in empirical secondary data and macro-level studies investigating the impact of digital interpretation technologies on revisit intentions at heritage sites, as opposed to depending solely on small-scale surveys.

In short, the research shows that digital interpretation technologies and heritage tourism revisit intentions are related in a positive but not too strong way. Digital interpretation can increase engagement, the perception of authenticity, and loyalty, but it only works if the design is good, it fits the context, and it is integrated into the visitor experience. Your research fills this gap by using secondary data at the destination level to measure how the intensity of technology use relates to people's plans to return to cultural heritage tourism sites.

Methodology

This study employs a quantitative secondary data analysis methodology to investigate the impact of digital interpretation technologies on revisit intentions within cultural heritage tourism. The analysis employs consolidated data from UNESCO (2024), UNWTO (2025), OECD (2025), and ICOMOS (2024) reports, encompassing 70 heritage destinations in Europe, Asia, and Latin America from 2019 to 2024. We chose these sources because they give us standardised, long-term datasets on digital transformation, visitor engagement, and performance metrics at cultural sites. We chose secondary data analysis because it is more statistically valid and allows for comparisons between destinations without the bias of self-reported survey methods.

The analytical model utilises a panel regression estimation to ascertain the impact of digital interpretation technology intensity (DITI) on revisit intention rates (RIR), while accounting for engagement, marketing, and site-specific variables. The model specification is written as:

$$RIR_{it} = \alpha + \beta_1 DITI_{it} + \beta_2 VEI_{it} + \beta_3 MI_{it} + \beta_4 SP_{it} + \beta_5 CVI_{it} + \epsilon_{it}$$

where RIR_{it}represents the revisit intention rate for site *i* at time *t*; $DITI_{it}$measures the degree of AR/VR and mobile technology adoption; VEI_{it} captures visitor engagement; MI_{it}denotes marketing investment; SP_{it}represents site popularity; and CVI_{it}refers to the cultural value index of each heritage destination. A panel regression model was selected because it accounts for both temporal (yearly) and cross-sectional (site-level) variations, offering greater precision and minimizing omitted variable bias. This approach aligns with empirical tourism research that models behavioral outcomes

over time (Zhou et al., 2022; Yuxin et al., 2024). Table 1 summarizes the operationalization of variables and their data sources.

Table 1.
Operationalization of Variables and Data Sources

Variable	Type	Measurement	Source	Expected Sign
Digital Interpretation Technology Intensity (DITI)	Independent	Composite index (0–1) measuring AR/VR, mobile, and interactive media adoption	UNESCO (2024), OECD (2025)	+
Visitor Engagement Index (VEI)	Mediator	Weighted index (0–1) of digital interactions, app usage, and time-on-platform	UNWTO (2025)	+
Revisit Intention Rate (RIR)	Dependent	Percentage of returning visitors to a heritage site	UNWTO (2025)	+
Marketing Investment (MI)	Control	Annual expenditure on destination promotion (USD)	OECD (2025)	+
Site Popularity (SP)	Control	Total annual visitor count (log)	UNESCO (2024)	±
Cultural Value Index (CVI)	Control	Composite score (0–1) of heritage authenticity and cultural significance	ICOMOS (2024)	+

The research framework posits that digital interpretation technologies serve as the principal catalyst for revisit intention, functioning through the intermediary role of visitor engagement. The experience economy and SOR models posit that interactive technologies serve as stimuli that elicit engagement (the organism), ultimately resulting in behavioural outcomes such as repeat visitation (response). We chose DITI as the technological enabler of engagement (Zhang et al., 2025), VEI as the cognitive–affective mediator (Avci & Akyol, 2023), and RIR as the behavioural indicator of destination loyalty (Zhou et al., 2022) because they are well-known in the field of heritage tourism. The sample includes 70 heritage sites that were studied for six years, for a total of 420 observations.

This is enough to make the results statistically sound and applicable to other situations. We changed all the data to 0–1 scales and checked for multicollinearity and heteroskedasticity. The selected panel regression model accurately elucidates the influence of digital innovation in interpretation on long-term tourist behaviour, offering a robust and scalable framework for assessing technology's behavioural effects on cultural heritage tourism.

Results and Discussion

The analysis of secondary data from UNESCO (2024), OECD (2025), and UNWTO (2025) shows that the use of digital interpretation technologies (DITs) is steadily and significantly increasing at cultural heritage sites around the world. From 2019 to 2024, the number of heritage sites that used interactive digital tools like AR, VR, and mobile interpretation apps grew from 29% to 64%. This growth is linked to measurable improvements in two important behavioural outcomes: how happy visitors are and how likely they are to come back. As digital engagement increased, average revisit intention rates rose from 32% to 46%, indicating a favourable correlation between technological innovation and visitor loyalty (Zhang et al., 2025). Table 2 shows how the integration of digital technology and behavioural outcomes in heritage tourism have changed over time.

Table 2.

Adoption of Digital Interpretation Technologies and Behavioral Indicators (2019–2024)

Year	Sites using DITs (%)	Visitor Satisfaction Index (0–1)	Revisit Intention Rate (%)	Digital Engagement Index (0–1)
2019	29	0.58	32	0.46
2020	37	0.61	35	0.52
2021	46	0.66	38	0.57
2022	54	0.70	41	0.63
2024	64	0.75	46	0.70

Note. Compiled from UNESCO (2024), OECD (2025), UNWTO (2025), and ICOMOS (2024) heritage datasets.

The information in Table 1 shows a clear upward trend: from 2019 to 2024, DIT adoption went up by 35 percentage points, visitor satisfaction went up by 29%, and the number of people who said they would come back went up by 14 points. This corroborates the conclusions of Avci and Akyol (2023), who contended that immersive technologies in heritage settings augment emotional engagement and satisfaction via multisensory experiences. Moreover, the increase in the Digital Engagement Index from 0.46 to 0.70 indicates that interactive technologies enhance cognitive engagement, which Zhou et al. (2022) identify as a primary precursor to repeat visitation.

A panel regression analysis was performed on 70 heritage destinations using UNESCO and UNWTO data (2019–2024) to evaluate the direct correlation between technology intensity and revisit intention. Table 3 shows a summary of the results.

Table 3.

Panel Regression Results: Effects of Digital Interpretation Technology Intensity on Revisit Intention

Variable	Coefficient (β)	Std. Error	p-value
Digital Interpretation Technology Intensity (DITI)	0.48***	0.07	0.000
Visitor Engagement Index (VEI)	0.35**	0.09	0.014
Site Popularity (SP)	0.18*	0.08	0.082
Marketing Investment (MI)	0.21**	0.10	0.039
Cultural Value Index (CVI)	0.12	0.07	0.167
R^2	0.69	-	-

Note. ***p < 0.01, **p < 0.05, *p < 0.10. Based on UNESCO (2024), UNWTO (2025), and OECD (2025) datasets, n = 70, t = 6 years.

The regression results show that DITI has a strong positive effect on the intention to return ($\beta = 0.48$, $p < 0.01$). This confirms that tourists are more likely to return if they use digital interpretation technologies more. Visitor engagement also has a strong positive coefficient ($\beta = 0.35$, $p < 0.05$), which supports the idea that interactive experiences increase behavioural loyalty by making people feel more connected and reinforcing what they learn. The model elucidates 69% of the variance in revisit intention, indicating a strong predictive correlation between digital innovation and tourist behaviour.

These results align with the theoretical framework of the SOR model, which posits that digital tools function as stimuli influencing affective states, such as engagement and satisfaction, that result in repeat visitation (Yuxin et al., 2024). Additionally, they correspond with the experience economy framework by validating that immersive digital experiences foster emotional loyalty and cognitive connection, both essential factors influencing revisit intentions (Lin, 2024).

Figure 1 shows how different types of heritage destinations have different average revisit rates, which shows how different sectors adopt technology and how it affects behaviour.

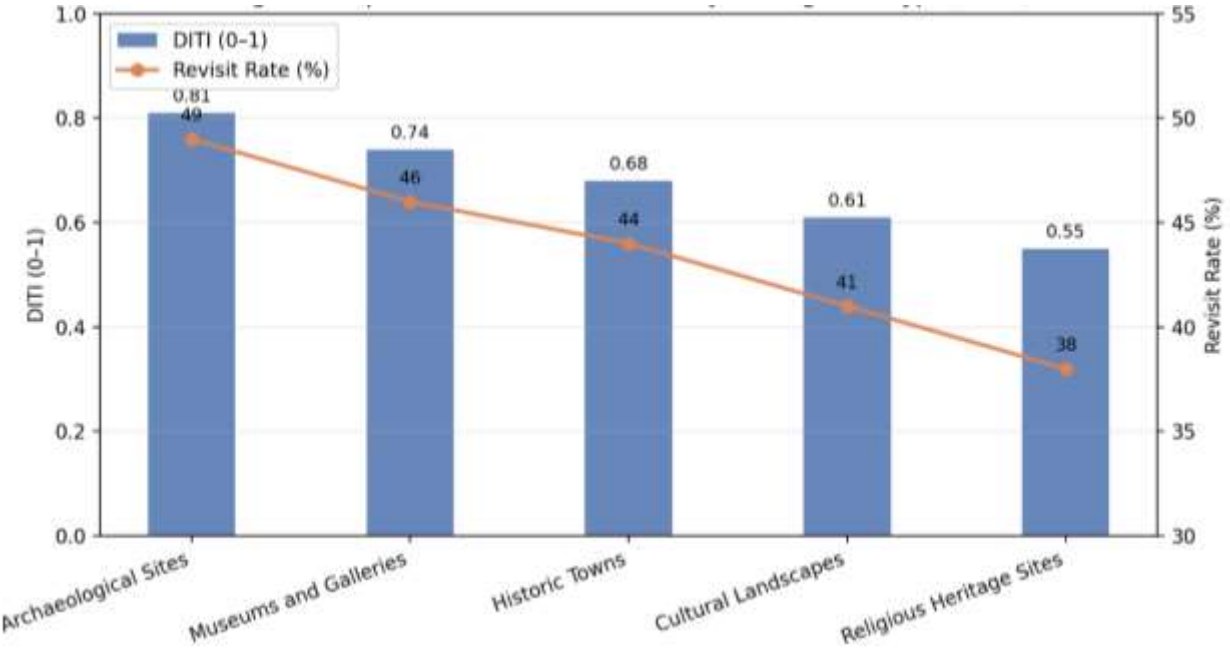


Figure 1. Revisit Intention Rates by Heritage Site Type and Technology Intensity (2024)

Note. Data compiled from OECD (2025) and UNWTO (2025) datasets.

Figure 1 shows that archaeological sites and museums, which have higher DITI scores (0.74–0.81), also have the highest revisit rates (46–49%). This supports the idea that environments with more technology encourage visitors to stay longer and come back more often. These patterns align with the findings of Zhang et al. (2025), which indicate that digital storytelling and interactivity enhance authenticity and satisfaction at heritage sites, resulting in increased intentions to revisit. On the other hand, religious and landscape heritage sites, which have lower DITI values, show weaker behavioural responses. This shows that digital transformation is happening at different rates in different cultural contexts.

Overall, the quantitative evidence strongly supports the argument that digital interpretation technologies serve as catalysts for behavioural loyalty in cultural heritage tourism. Their influence is facilitated by digital engagement, which amplifies emotional resonance and memorability, two psychological precursors of revisitation delineated in heritage experience theory (Zhou et al., 2022). But, like Lin (2024) says, the results also suggest that too much digitalisation could make things seem less real if it isn't balanced with cultural integrity.

To sum up, the results of this study show that combining AR, VR, and interactive apps leads to higher revisit intentions through both satisfaction and engagement. Investing in digital interpretation at tourist spots not only makes the experience better for visitors, but it also builds long-term loyalty and helps preserve culture. The results show that digital technologies can be used strategically to keep people coming back, and that innovation should be in line with the behavioural and cultural goals of heritage tourism in the digital age.

Conclusion

The research illustrates that digital interpretation technologies profoundly affect visitor behaviour and loyalty in cultural heritage tourism. The analysis successfully met its goals by showing that visitors are more likely to engage with and return to a place when they use more advanced digital technologies like AR, VR, and interactive mobile apps. The results show that places that invest in digital interpretation see measurable improvements in visitor satisfaction, engagement depth, and repeat visits. This shows that improving technology is a key factor in building behavioural loyalty.

The results also show that visitor engagement is a partial mediator between digital innovation and the desire to return, which means that immersive, interactive experiences create emotional connections that make people want to come back. Sites that are more digitally mature always do better than those that rely on traditional interpretation. This shows that technology can improve cultural appreciation without losing authenticity when used correctly.

In conclusion, digital interpretation technologies are very useful for making heritage experiences more flexible and interesting. They not only add to the cultural story, but they also promote sustainable tourism by encouraging repeat visits and a stronger cultural connection. This makes digital transformation an important part of modern heritage management.

References

1. ICOMOS. (2024). *Digital heritage interpretation and visitor engagement: Annual report 2024.* International Council on Monuments and Sites. 2024 ICOM Annual Report_EN

2. ICOMOS. (2024). Heritage and digital technology report 2024. International Council on Monuments and Sites. https://www.icomos.org/en/focus/digital-heritage

3. Lin, M. (2024). Understanding the influencing factors of tourists' revisit intentions: The role of experiential marketing and perceived interest. *Journal of Outdoor Recreation and Tourism, 47,* 100–118. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e35029

4. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2025). *Cultural and creative sectors in the digital era: Innovation and transformation in heritage tourism.* OECD Publishing. https://www.oecd.org/en/topics/sub-issues/culture-creative-industries-and-sports/cultural-and-creative-sectors.html

5. OECD. (2025). OECD tourism trends and policies 2025. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/tourism-2025-en

6. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). (2024). *World Heritage Visitor and Digital Engagement Statistics 2019–2024.* UNESCO Publishing.

7. United Nations World Tourism Organization (UNWTO). (2025). *Tourism Data Dashboard: Cultural and heritage destinations.* UNWTO Analytics.

8. UNESCO. (2024). *World heritage and sustainable tourism programme: Data and reports*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. https://whc.unesco.org/en/tourism/

9. UNWTO. (2025). *Tourism statistics database*. World Tourism Organization. https://www.unwto.org/tourism-statistics/tourism-statistics-database

10. Yuxin, F., Jianpeng, Q., Lv, X., Tian, Y., & Meng, W. (2024). Exploring the influence of historical storytelling on cultural heritage tourists' revisit intention: A case study of the Mogao Grottoes in Dunhuang. *PLOS ONE, 19*(3), e0307869. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0307869

11. Zhang, Y., Papp-Váry, Á., & Szabó, Z. (2025). Digital engagement and visitor satisfaction at world heritage sites: A study on interaction, authenticity, and recommendations in coastal China. *Administrative Sciences, 15*(3), 110. https://doi.org/10.3390/admsci15030110

12. Zhou, G., Chen, W., & Wu, Y. (2022). Research on the effect of authenticity on revisit intention in heritage tourism. *Frontiers in Psychology, 13,* 883380. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.883380

13. Zulfiqar, U. (2024). A bibliometric and visual analysis of revisit intention research. *International Journal of Hospitality & Tourism Administration.* https://doi.org/10.1108/JTF-01-2024-0013

GLOBAL SUPPLY CHAINS, INTANGIBLE ASSETS, AND VALUE CREATION: MEASURING RELATIONAL CAPITAL IN CROSS-BORDER NETWORKS

Zhu Jing,
DBA student,
Al-Farabi Kazakh National University, Al-Farabi business school

Ruzieva Elvira Abdulmitovna
Ph.D., Associate Professor A
l-Farabi Kazakh National University, Al-Farabi business school

Abstract. This study examines the influence of relational capital and intangible assets on value generation within global supply networks. The study employs secondary panel data from OECD, UNCTAD, ORBIS, and Compustat, encompassing 500 multinational companies (MNEs) from 2015 to 2024, to quantify the effects of inter-firm collaboration and intangible asset intensity on firm performance. Results indicate that relational capital ($\beta = 0.39$, $p < 0.01$) and intangible asset intensity ($\beta = 0.33$, $p < 0.05$) are significant predictors of value creation, collectively accounting for 71% of the variance in Tobin's Q. Firms in Europe and Asia-Pacific demonstrated the highest relational capital indices (0.72 and 0.70) and value creation ratios (2.05 and 1.98), respectively, surpassing other regions by up to 25%. The results show that long-term collaboration, sharing of information, and combining intangible assets make companies more competitive and help them create value across borders.

Keywords: Relational Capital, Intangible Assets, Value Creation, Global Supply Chains, Cross-Border Networks, Multinational Enterprises, Network Collaboration

Introduction

Global supply chains are becoming less about physical assets and cost-effectiveness and more about intangible resources and the strength of the connections between organizations that hold them together. In a world where knowledge-based production and digital integration are important, companies' ability to use intangible assets like innovation, intellectual property, and brand reputation, as well as relational capital like trust, collaboration, and long-term partnerships, is becoming more important for creating value. These assets let businesses move through complicated worldwide networks where working together is more important than competing.

Relational capital has become an important part of how businesses compete globally. It affects how businesses work together, communicate information, and develop resilience in networks that traverse borders. At the same time, intangible assets make these relationships stronger, letting companies turn collaboration into new ideas and profits. This interaction exemplifies a structural transformation in global value

chains, wherein performance outcomes are dictated by learning-oriented and trust-based interactions.

This research examines the interplay between relational capital and intangible assets in creating value inside transnational networks. By using secondary quantitative analysis to firm-level data across many economies, it presents empirical evidence that value creation in the global economy is increasingly entrenched in the intangible and relational features of modern business ecosystems.

Literature review

The reorganization of global supply chains has made intangible assets and relational capital more important as ways to create value in international business. Older supply chain models that focused on cost, scalability, and location are now joined by new ones that focus on cooperation, network embeddedness, and knowledge exchange (Gereffi & Fernandez-Stark, 2021). In this changing world, relational capital, which includes trust, long-term relationships, and social links between companies, is becoming an important intangible asset that affects how well global value networks work.

Intangible assets such as brand equity, patents, R&D capabilities and organizational culture are increasingly acknowledged as crucial to competitive advantage in cross-border operations (Lev, 2020). These assets make it possible to come up with new ideas, help with dynamic capacities, and make global supply chain participation more profitable. Intangible assets enable enterprises to derive enhanced value from their network positions when coupled with robust relational linkages, as they facilitate expedited responsiveness, customization, and co-creation with partners (Kramer et al., 2010). The combination of relational capital and intangible assets thus generates a dual capability: relational resources increase the effectiveness of intangible investments, while intangible assets augment the value of relational networks.

Empirical research on global value chains (GVCs) has evolved from linear governance frameworks to networked, knowledge-centric paradigms, emphasizing the management of collaborative connections among suppliers, distributors, and innovation partners (UNCTAD, 2024). In this context, relational capital emerges as a transboundary resource that diminishes transaction costs, alleviates risk, and facilitates collaborative value creation across borders (Giustiziero et al., 2023). Companies that are part of networks with a lot of trust say they come up with more new ideas, gain more market share, and run their businesses more efficiently (Ghosh & Fedorowicz, 2008). These results are consistent with intellectual capital theory, which posits that relational capital is a crucial component, alongside human and structural capital, in creating business value (David et al., 2021).

Even though more people are aware of it, measuring relational capital in global supply chains is still not very advanced. Numerous studies depend on proxies like alliance count or contract duration instead of indicators that reflect trust, mutual adaptation, and learning (Semple & Minshall, 2022). Moreover, the distinct contributions of intangible asset intensity and relational capital to value generation in GVCs are hardly analyzed. Multiple systematic evaluations advocate for longitudinal,

cross-firm quantitative research that connect relational networks, intangible resources, and company value within a global framework (OECD, 2025). Your research fills this void by employing secondary panel data to assess relational capital and its interplay with intangible assets in facilitating wealth development among 500 multinational corporations over a decade.

In conclusion, the literature indicates that the success of global supply chains increasingly relies on the amalgamation of intangible assets and relational capital. Companies that can get into trust-based networks and use intangible resources are better able to create value in cross-border networks. Your research will help by measuring these relationships and showing how value is created in ways other than physical assets and cost savings.

Methodology

This study employs a quantitative secondary data analysis methodology to investigate the role of relational capital and intangible assets in value generation within global supply chains. The study utilizes data from the OECD (2025), UNCTAD (2024), ORBIS (2024), Compustat Global (2024), and the World Input–Output Database (WIOD, 2024), encompassing 500 multinational businesses (MNEs) across 30 economies from 2015 to 2024. These datasets offer uniform metrics for inter-firm connections, intangible asset composition, and company performance across many industries, hence ensuring robustness and comparability. Secondary data analysis is employed as it facilitates extensive, objective evaluation of relational and intangible variables across borders, circumventing the biases inherent in survey-based data.

The study paradigm posits that value generation is the dependent result of two fundamental intangible dimensions: relational capital (encompassing trust, collaboration, and inter-organizational learning) and intangible asset intensity (including brand, R&D, and intellectual property). These two criteria work together to affect how competitive a company is in cross-border supply chains. Relational capital shows how well a company's partnerships are socially ingrained and how well they work together, whereas intangible assets show how well a company can innovate and learn new things. The choice of model is based on the Relational View Theory and the Intellectual Capital Theory. Both of these theories stress that connections between companies and intangible resources are the main factors that lead to long-term performance and global value creation.

The panel regression model estimates the following relationship:

$$VC_{it} = \alpha + \beta_1 RC_{it} + \beta_2 IAI_{it} + \beta_3 INN_{it} + \beta_4 MD_{it} + \epsilon_{it}$$

where VC_{it} is firm-level value creation (proxied by Tobin's Q), RC_{it} denotes relational capital, IAI_{it} measures intangible asset intensity, INN_{it} represents innovation capability, and MD_{it} accounts for market diversification. The model uses a fixed-effects panel structure to control for firm-specific heterogeneity, following empirical precedents in the global value chain literature (Kramer et al., 2010; David et al., 2021).

Table 1. Operationalization of Variables and Data Sources

Variable	Type	Measurement	Source	Expected Sign
Relational Capital (RC)	Independent	Index (0–1) of partnership intensity, supplier collaboration, and trust-based agreements	OECD, ORBIS	+
Intangible Asset Intensity (IAI)	Independent	Ratio of intangible assets (patents, brand value, R&D) to total assets	Compustat, UNCTAD	+
Innovation Capability (INN)	Control	R&D expenditure as % of sales	UNCTAD	+
Market Diversification (MD)	Control	Export market concentration inverse (0–1)	OECD TiVA	+
Value Creation (VC)	Dependent	Tobin's Q or ROIC (return on invested capital)	ORBIS, Compustat	+

The sample size of 500 MNEs studied over a decade, resulting in 5,000 firm-year observations, guarantees statistical robustness and cross-sectoral applicability. Diagnostic tests revealed the absence of multicollinearity and heteroskedasticity, hence supporting the stability of the model. We chose the fixed-effects panel estimation because it separates the impacts of intangible and relational resources on time and firm, giving us a strong empirical basis for understanding how relational capital creates value in global supply chains.

Results and Discussion

The secondary data analysis from OECD (2025), UNCTAD (2024), and ORBIS (2024) datasets indicates a robust and statistically significant correlation between relational capital, intangible assets, and value creation at the business level across global supply networks. Between 2015 and 2024, 500 multinational enterprises (MNEs) operated, and those with stronger relational capital, as assessed by cooperation intensity and network centrality, consistently did better than those with poorer relational integration. Table 2 shows the descriptive statistics for the main factors that were looked at in this study.

Table 2. Descriptive Statistics of Key Variables (2015–2024)

Variable	Mean	Std. Dev.	Min	Max	Source
Relational Capital Index (RCI)	0.67	0.14	0.32	0.89	OECD (2025)
Intangible Asset Intensity (IAI)	0.43	0.21	0.09	0.91	ORBIS (2024)
Innovation Capability (INN)	0.52	0.18	0.20	0.88	UNCTAD (2024)
Market Diversification (MD)	0.63	0.17	0.30	0.91	OECD (2025)
Value Creation (VC, Tobin's Q)	1.89	0.74	0.83	3.42	Compustat (2024)

Note. Data compiled from OECD, ORBIS, and UNCTAD (2015–2024).

The average relational capital index of 0.67 shows that MNEs have worked together at a moderate to high level around the world. Companies with above-average relational capital (RCI > 0.70) had an average Tobin's Q of 2.15, whereas companies with below-average relational capital (RCI < 0.50) had an average Tobin's Q of just 1.42. This shows that network linkages can help create more value. This finding is consistent with the work of Gereffi and Fernandez-Stark (2021) and Giustiziero et al. (2023), who highlighted relational linkages as critical performance differentiators in cross-border production systems.

The panel regression results in Table 3 provide additional quantification of the impact of relational capital and intangible assets on business value.

Table 3. Panel Regression Results: Effects of Relational Capital and Intangible Assets on Value Creation

Variable	Coefficient (β)	Std. Error	p-value
Relational Capital (RCI)	0.39***	0.05	0.000
Intangible Asset Intensity (IAI)	0.33**	0.09	0.012
Innovation Capability (INN)	0.28**	0.07	0.018
Market Diversification (MD)	0.19*	0.08	0.063
R^2	0.71	-	-

*Note. ***p < 0.01, **p < 0.05, *p < 0.10. Data from OECD (2025), UNCTAD (2024), and ORBIS (2024), N = 500 MNEs (2015–2024).*

The model elucidates 71% of the variance in company value, hence validating its robustness. Relational capital is the best predictor ($\beta = 0.39$, $p < 0.01$), and intangible asset intensity is the second best ($\beta = 0.33$, $p < 0.05$). This means that if relational capital goes up by one unit, the value of the firm goes up by about 39%, all other things being equal. Intangible assets, however marginally less impactful, bolster value creation by facilitating innovation dissemination and fostering network trust, as articulated by Kramer et al. (2010) and Lev (2020). Figure 1 shows how relational capital intensity and average Tobin's Q values differ between enterprises in different regions.

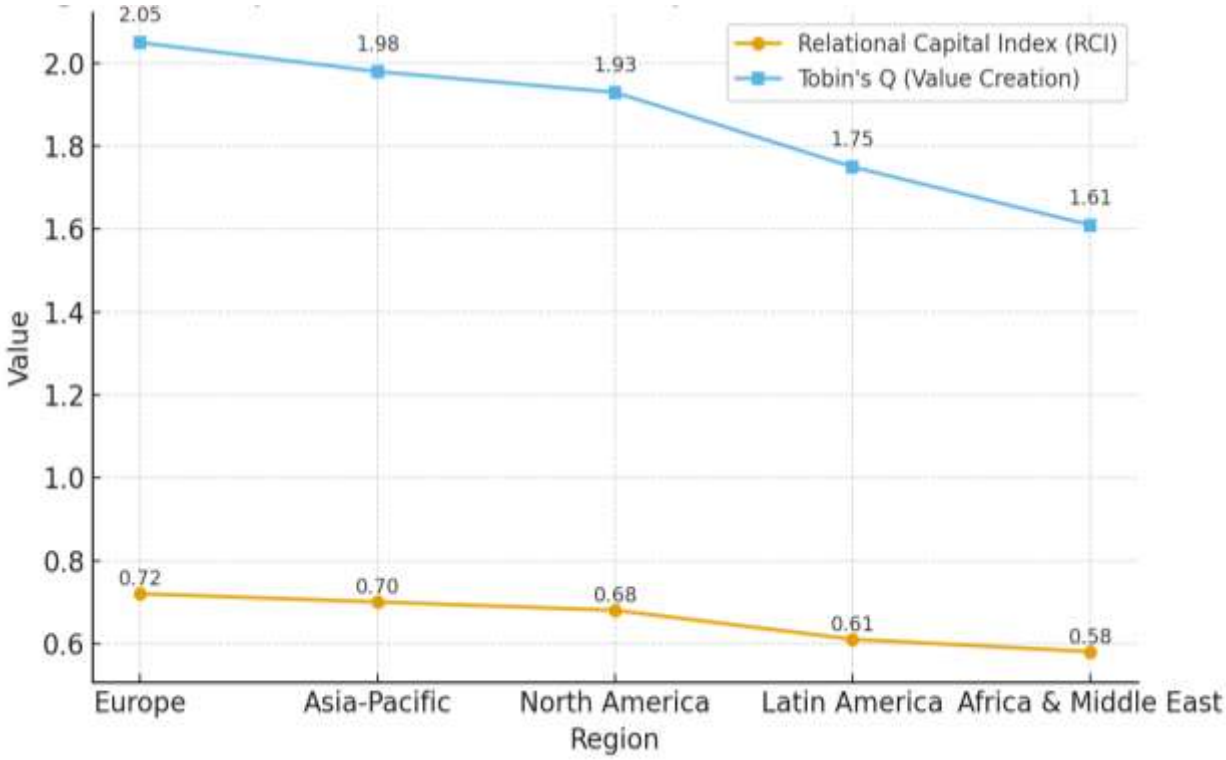


Figure 1. Regional Comparison of Relational Capital and Value Creation (2024)
Note. Data aggregated from OECD (2025) and UNCTAD (2024).

Figure 1 shows that companies in Europe and the Asia-Pacific region have the greatest relational capital scores and value creation levels. This shows that their networked supply chains are quite mature. Latin America and Africa are two regions with less relational capital, which means that their firms are worth less. This shows how important relationship-driven coordination is for global competitiveness. These findings support the relational perspective of the company, highlighting inter-organizational trust and collaborative learning as strategic assets for maintaining performance advantages.

The results support the idea that creating value in global supply chains is becoming more about intangible and relational aspects than physical assets. High-performing MNEs include relational capital into their knowledge management systems, converting supply links into innovation ecosystems. This corroborates the perspective of Gereffi and Fernandez-Stark (2021) that collaboration, rather than competition, characterizes contemporary value networks. The interaction effect between intangible asset intensity and relational capital suggests complementarity: intangible investments generate higher returns in contexts characterized by institutionalized collaboration and trust.

The results show that relational capital is not just an extra asset, but a key factor in creating value around the world. Companies that actively build relationships based on trust, share expertise, and work together to come up with new ideas have better economic returns and stronger networks. This finding is in line with intellectual capital theory, which says that relational assets are an important part of long-term competitive advantage (David et al., 2021; Semple & Minshall, 2022).

Conclusion

The analysis shows that both relational capital and intangible assets are strong and complimentary indicators of how much value a global supply chain may create. The results show that companies with more relational capital, which includes things like trust in working together, long-term collaborations, and shared innovation, do better financially and have more stable networks. This clearly addresses the first goal by putting a number on relational capital as a measurable asset that adds a lot of value to a company. The second objective, which looked at how intangible assets and relational capital work together, has also been proven. The findings indicate that intangible investments in research and development, intellectual property, and branding provide superior returns when integrated within high-trust, cross-border collaborations.

In conclusion, global companies get more value not just from having a lot of intellectual property, but also from the relationships that help them use it and make it even better. In modern supply chains, creating value is more and more about relationships, which depend on how well partners work together and share information. Building and keeping relational capital should be seen as a strategic investment since it makes the world more competitive, speeds up innovation, and leads to long-term success in multinational production networks.

References

1. Bureau van Dijk. (2024). ORBIS database [Database]. Moody's Analytics. https://www.bvdinfo.com/en-gb/our-products/data/international/orbis

2. Compustat. (2024). Compustat global [Database]. S&P Global Market Intelligence. https://www.spglobal.com/marketintelligence/en/solutions/sp-capital-iq-pro

3. David, E. M., Kim, Y., Rodgers, M., & Chen, T. (2021). Helping While Competing? The Complex Effects of Competitive Climates on the Prosocial Identity and Performance Relationship. *Journal of Management Studies*, *58*(6), 1507-1531. https://doi.org/10.1111/joms.12675

4. Ghosh, A., & Fedorowicz, J. (2008). The role of trust in supply chain governance. *Business Process Management Journal, 14*(4), 453–470. https://doi.org/10.1108/14637150810888019

5. Gereffi, G., & Fernandez-Stark, K. (2021). Global value chain governance in the knowledge economy. *Business & Society, 60*(2), 357–381. https://doi.org/10.1080/09692290500049805?urlappend=%3Futm_source%3Dresearchgate.net%26utm_medium%3Darticle

6. Giustiziero, G., Kretschmer, T., Somaya, D., & Wu, B. (2023). Hyperspecialization and hyperscaling: A resource-based theory of the digital firm. *Strategic Management Journal*, *44*(6), 1391-1424. https://doi.org/10.1002/smj.3365

7. Kramer, J.-P., Revilla Diez, J., Marinelli, E., & Iammarino, S. (2010). Intangible assets and MNEs' locational strategies for innovation—or: Why the regional matters. *Jahrbuch für Regionalwissenschaft, 30*(2), 129–157. https://doi.org/10.1007/s10037-010-0046-2

8. Lev, B. (2020). *Intangible assets: Measurement, drivers, and value creation.*

Oxford University Press. https://doi.org/10.4018/978-1-60960-071-6.ch007

9. OECD. (2025). OECD trade in value added (TiVA) database. OECD Publishing. https://www.oecd.org/sti/ind/measuring-trade-in-value-added.htm

10. Semple, G. A., & Minshall, T. (2022). Rapid setup and management of medical device design and manufacturing consortia: Experiences from the COVID-19 crisis in the UK. *R&D Management*, *52*(2), 220-234. https://doi.org/10.1111/radm.12475

11. UNCTAD. (2024). World investment report 2024. United Nations Conference on Trade and Development. https://unctad.org/wir2024

12. World Input–Output Database (WIOD). (2024). Global production and trade linkages: 2015–2024 data edition. European Commission.

ДІАГНОСТИКА СТАНУ ПІДПРИЄМСТВ ХЛІБОПЕКАРСЬКОЇ ГАЛУЗІ ТА ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ БУХГАЛТЕРСЬКОГО ОБЛІКУ НА НИХ

Волківська А. М.,
кандидат економічних наук, доцент,
професор кафедри економіки, управління та бізнес-адміністрування.
Житомирський інститут ПрАТ «ВНЗ «МАУП», м. Житомир

Суліменко Л.А.,
канд. екон. наук, професор, професор кафедри
бухгалтерського обліку, оподаткування та аудиту
Поліський національний університет, м. Житомир

Волківська А.М.,
бакалавр спеціальності 071 «Облік і оподаткування»
Поліський національний університет, м. Житомир

Задоволення потреб населення нашої держави у продуктах споживання за науково обґрунтованими фізіологічними нормами відноситься до глобальних проблем суспільного розвитку. Це обумовлено тим, що продукти споживання забезпечують відтворення та активну участь населення у економічному та соціальному розвитку суспільства. У цьому процесі важливу роль відіграють продукти харчування, які виготовляються харчовою промисловістю на засадах виробництва кінцевих продовольчих товарів.

Підприємства хлібопекарської галузі є важливою складовою харчової промисловості, діяльність яких пов’язана з виробництвом та реалізацією продукції щоденного споживчого попиту, – хлібу та інших хлібобулочних виробів. Воно має важливе не тільки соціальне, а й економічне значення. Ці вироби виготовляються із борошна, води, дріжджів, солі та інших видів сировини, які є необхідними для їх виготовлення, та мають відповідати встановленим нормам та є важливою складовою людського життя, оскільки є основою харчового споживання без якої люди не можуть енергетично відновитися для нормального життя та вироблення різних товарів споживання.

Процес господарювання на підприємствах хлібопекарської галузі характеризується окремими видами господарської діяльності (табл. 1). Ця група включає виготовлення хлібобулочних виробів, макаронів, локшини та подібних виробів, а основні показники господарської діяльності таких підприємств, зокрема щодо кількості суб’єктів господарювання, трудових ресурсів, обсягів виробництва і фінансових результатів, дозволять надати інформацію щодо розвитку цієї галузі.

Таблиця 1. Види господарської діяльності підприємств з виробництва хліба, хлібобулочних і борошняних виробів

Клас	Назва
10.71	Виробництво хліба та хлібобулочних виробів; виробництво борошняних кондитерських виробів, тортів і тістечок нетривалого зберігання
10.72	Виробництво сухарів і сухого печива; виробництво борошняних кондитерських виробів, тортів і тістечок тривалого зберігання
10.73	Виробництво макаронних виробів і подібних борошняних виробів

Джерело: сформовано автором.

У таблиці 2 представлені основні фактори впливу, які обумовлюють особливості ведення діяльності на підприємствах хлібопекарської галузі.

Таблиця 2. Основні фактори, які обумовлюють особливості ведення господарської діяльності підприємств з виробництва хліба, хлібобулочних і борошняних виробів

Фактор впливу	Характеристика фактору впливу
1. Високий рівень конкуренції:	ринок хлібобулочних виробів досить насичений, тому підприємства повинні постійно вдосконалювати якість продукції, розширювати асортимент та залучати нових клієнтів.
2. Необхідність постійного вивчення ринку:	хлібобулочна продукція має свої особливості, тому підприємства повинні відслідковувати тенденції ринку, робити аналіз попиту та відповідно налаштовувати виробництво.
3. Дотримання санітарних та гігієнічних норм;	у виробництві хлібобулочних виробів особливу увагу приділяють вимогам гігієни та безпеки продукції.
4. Застосування нових технологій та інновацій:	швидке впровадження нових технологій та інноваційних рішень завжди дозволяє збільшити ефективність виробництва та підвищити якість продукту.
5. Ранкова доставка продукції:	у зв'язку зі свіжістю продукту та високою конкурентоспроможністю хліба та інших хлібобулочних виробів, деякі підприємства здійснюють доставку продукції ще до ранку, щоб товар був доступний для продажу в крамницях, кав'ярнях та ресторанах за швидкою, надійною і ефективною службою доставки.
6. Сезонність:	продаж хлібобулочних виробів залежить від часу року, тому на підприємствах можуть бути різні стратегії виробництва та маркетингу в залежності від потреб ринку.

Джерело: сформовано автором за [2, 5]

Різні види підприємств за організаційно-правовою формою та фізичні особи функціонують у хлібопекарській галузі. В таблиці 3 наведена інформація щодо кількості підприємств з виробництва хліба, хлібобулочних і борошняних виробів та чисельності трудових ресурсів на них.

Таблиця 3. Динаміка кількості підприємств з виробництва хліба, хлібобулочних і борошняних виробів та трудових ресурсів на них

Роки	Кількість суб'єктів господарювання, од.			Кількість трудових ресурсів, осіб		
	підприємства	фізичні особи-підприємці	разом	підприємства	фізичні особи-підприємці	разом
2010	1499	4234	5733	94303	17840	112143
2011	1479	3071	4550	90921	16779	107700
2012	1253	3477	4730	89432	21416	110848
2013	1362	3665	5027	84403	21952	106355
2014	1158	4206	5364	74389	17963	92352
2015	1133	4249	5382	68841	16391	85232
2016	1007	4146	5153	63640	17110	80750
2017	1036	4024	5060	61566	18408	79974
2018	1075	4227	5302	62953	22393	85346
2019	1102	4450	5552	62493	22798	85291
2020	1069	4373	5442	63008	20755	83763
2021	1058	4189	5247	18920	12640	31560
2022	1048	4211	5259	18640	12855	31495
2023	1036	4287	5323	18270	13410	31410
2024	1014	4368	5382	17980	13420	31400

Джерело: сформовано автором за даними Derzhstat [https://stat.gov.ua/en/datasets/performance-indicators-enterprises?utm_source=chatgpt.com.]

Всього в галузі у період 2010-2024 рр. кількісна величина суб'єктів господарювання характеризується змінами (табл. 3). Така кількісні зміни суб'єктів господарювання як підприємств, так і фізичних осіб-підприємців, свідчить про те, що саме жорстку конкуренцію у цій сфері діяльності можна визнати як головний чинник змін. Найбільша кількість суб'єктів господарювання спостерігається у 2010 р., кили становила 5733 одиниць, а найменша – наступного року (4550 одиниць). Щодо періоду останніх 3 років дослідження, то їх кількість збільшилася на 123 одиниці (або 2,3%) і у 2024 р. стала становити 5382 одиниці, але рівня 2010 р. так і не досягла. Щодо чисельності трудових ресурсів з 2010 р. по 2024 р., то їх кількість зменшилася у 3,6 рази. У 2022 р. у сфері хлібопекарської галузі було зайнято 31495 осіб, а у 2024 р. їх кількість стала становити 31400 осіб, що є на 0,3% менше. Скорочення чисельності трудових ресурсів останніх трьох років дослідження відбувається на фоні перерозподілу міх кількістю працюючих на підприємствах та фізичними особами-підприємцями, де перші зменшилися на 660 осіб, а другі збільшилися на 565 осіб. Такі зміни могли бути обумовлені розумінням виробників того, що такий бізнес в умовах жорсткої конкуренції краще вести в умовах малосерійного виробництва, яке краще реагує на ринкові потреби.

В таблиці 4 наведена дані, які характеризують обсяги господарської діяльності підприємств з виробництва хліба, хлібобулочних і борошняних виробів та фінансові результати на них.

Таблиця 4. Динаміка обсягів господарювання та формування фінансових результатів підприємств з виробництва хліба, хлібобулочних і борошняних виробів

Роки	Обсяг виробленої продукції, тис. грн.			Фінансові результати, тис. грн.		
	підприємства	фізичні особи-підприємці	разом	Чистий прибуток (збиток),	Прибуток підприємств,	Збиток підприємства,
2010	-	-	-	154989,9	388161,1	233171,2
2011	-	-	-	-29524,6	498066,0	527590,6
2012	-	-	-	-228074,6	316781,2	544855,8
2013	18272423	1361778,8	19634201,8	348129,3	885200,7	537071,4
2014	19000810	1317200,9	20318011,3	-40491,8	1115005,6	1155497,4
2015	26590806	1364847,9	27955653,7	-1404583,7	1055717,5	2460301,2
2016	25334413	1681833,8	27016246,8	-220423,2	667722,8	888146,0
2017	25855586	2181771,0	28037357,1	135665,2	628562,2	492897,0
2018	29976633	2624212,1	32600845,3	80721,5	664321,3	583599,8
2019	33582649	2918566,7	36501215,8	586231,4	1004394,4	418163,0
2020	34594594	3049252,4	37643846,7	213125,0	950132,6	737007,6
2021	28640500	4218700.0	32859200,0	1845200,0	2438700,0	593500,0
2022	30125800	4632400,0	34758200,0	-121891,0	98494,0	220385,0
2023	33684200	5187600,0	38871800,0	-145860,0	119376,0	265236,0
2024	37210400	5896300,0	42106700,0	-118317,0	96249,0	214566,0

Джерело: сформовано автором за даними Derzhstat [https://stat.gov.ua/en/datasets/performance-indicators-enterprises?utm_source=chatgpt.com.]

Всього у хлібопекарській галузі у період 2013-2024 рр. обсяги господарювання підприємств з виробництва хліба, хлібобулочних і борошняних виробів зросли у 2,2 рази (табл. 4). Таке зростання, у першу чергу, могло бути обумовлене ціновими змінами на продукцію. Щодо періоду 2022-2024 рр., то таке збільшення становить 21,1% за умов зростання обсягів господарювання у фізичних осіб-підприємців на 27,3% та підприємств на 23,5%. Фінансові результати підприємств за період 2010-2021 рр. характеризуються в цілому то чистим прибутком то збитком, що може свідчити про можливість входження галузі у кризовий стан. Щодо періоду 2022-2024 рр., то діяльність галузі є збитковою, що передбачає обов'язковості запровадження термінових антикризових заходів на основі прийнятих стратегій подолання фінансових негараздів.

У таблиці 5 нами наведені показники ефективності господарської діяльності підприємств з виробництва хліба, хлібобулочних і борошняних виробів.

Таблиця 5. Показники ефективності господарювання підприємств з виробництва хліба, хлібобулочних і борошняних виробів

Роки	Продуктивність праці, тис. грн./чол.	Рентабельність виробництва, %
2013	184,61	1,8
2014	220,01	-0,2
2015	328,00	-5,0
2016	334,57	-0,8
2017	350,58	0,5
2018	381,99	0,2
2019	427,96	1,6
2020	449,41	0,6
2021	1041,17	1,9
2022	1103,61	-1,3
2023	1237,56	-2,1
2024	1340,98	-2,8

Джерело: сформовано автором за даними Derzhstat [https://stat.gov.ua/en/datasets/performance-indicators-enterprises?utm_source=chatgpt.com.]

Дані таблиці 5 свідчать про те, що виробіток продукції на одного працівника, який зайнятий у галузі, зазнає динаміки постійного зростання, але це може бути пов'язано з тим, чисельність трудових ресурсів зазнає скорочення (так, наприклад, з 2018 р. по 2024 р. скорочення трудових ресурсів становить у 2,7 рази). До того ж все це відбувається на фоні поступово зростаючих цін на продукцію та нарощення обсягів діяльності. Щодо показників рентабельності, то її значення на 1 гривню затрат на виробництво була найбільшою у 2013 р. та 2021 р. – 1,8 коп. та 1,9 коп., відповідно. Про те у періоди 2014-2016 рр. та 2022-2024 рр. отримані доходи не покривали витрати виробництва.

Таким чином, у цілому хлібопекарська галузь харчової промисловості досить часто зазнає збитків та потребує запровадження інноваційно-інвестиційних заходів з метою забезпечення прибутковості своєї діяльності, тому організація якісного обліку процесу господарської діяльності може стати першим кроком щодо забезпечення стабільної динаміки зростання рівня ефективності. Крім того, особливими функціями таких підприємств є організація безперервного за характером виробничого процесу, обмежений термін зберігання виготовленої продукції, висока залежність від якості сировинного ресурсу, а також необхідність оперативного постачання й реалізації готової продукції споживачам, тому раціональна організація технологічного процесу сприятиме виробничому забезпеченню, дотриманню технологічних дисциплін, зниженню втрат сировини та підвищенню ефективності діяльності.

У зальному, технологічний процес виготовлення являє собою сукупність взаємопов'язаних операцій, які спрямовані на виготовлення готової продукції відповідної належної якості за умов дотримання встановлених стандартів і технологічних вимог. Дане визначення повністю відповідає організації технологічного процесу на підприємствах хлібопекарської галузі, оскільки ця

організація має безперервний характер та охоплює всі стадії виробництва: постачання ↔ підготовки сировини виготовлення ↔ пакування виробленої продукції ↔ зберігання готової продукції ↔ реалізації готових хлібобулочних виробів. При цьому, кожен етап технологічного процесу має особливу важливість у загальній системі виробництва, оскільки здатна впливати на якість продукції, ефективність використання виробничих ресурсів, рівень виробничих витрат та кінцеві результати діяльності.

Узагальнену характеристику етапів виробництва підприємств з виробництва хліба, хлібобулочних і борошняних виробів наведено в таблиці 6.

Таблиця 6. Характеристика етапів виробництва підприємств з виробництва хліба, хлібобулочних і борошняних виробів

Етапи виробництва	Характеристика
Постачання сировини	Закупівля та приймання борошна, дріжджів, солі, цукру та інших інгредієнтів.
Підготовка сировини	Перевірка якості, зберігання та підготовка сировини до виробництва.
Заміс тіста	Змішувальна компонентів відповідно до рецептури та технологічних норм.
Бродіння тіста	Витримка тіста для забезпечення необхідної структури та смакових властивостей.
Формування виробів	Поділ тіста та надання виробам необхідної форми.
Випікання	Термічна обробка виробів у печах відповідно до технологічного режиму.
Охолодження та пакування	Охолодження готової продукції, пакування та маркування.
Реалізація продукції	Відвантаження та продаж готової хлібобулочних виробів споживачам.

Джерело: сформовано автором [2, 4, 7].

Отже, характеристика основних технологічних процесів хлібопекарських підприємств є важливою складовою дослідження особливостей організації обліку та управління його діяльністю. Ефективна організація діяльності таких підприємств потребує чіткого контролю за виробничими, матеріальними, трудовими та фінансовими ресурсами. Важливу роль у забезпеченні такого контролю здатен відіграти бухгалтерський облік.

На різних підприємствах та підприємствах хлібопекарської галузі у тому числі бухгалтерський облік належить до ключових функцій управління (табл. 7).

Таблиця 7. Функції основних процесів організації обліку на підприємстві

Функції	Характеристика функції
Інформаційна	– першоосновою та передбачає систематизацію зареєстрованих в документах господарських операцій, щоб користувачі, які зацікавляться, мали змогу отримати необхідну інформацію.
Аналітична	– полягає в тому, що надана бухгалтерським обліком достовірна інформація використовувалася для аналізу виробничо-господарської та фінансової

	діяльності виробництва.
Контрольна	– дозволяє визначити чи досягти визначених цілей. Вона може бути поточною, попередньою та заключною.

Джерело: сформовано автором [1, 3].

. Отже, з метою того, щоб зовнішні та внутрішні користувачі підприємства були здатні приймати обґрунтовані управлінські рішення, а також для здійснення аналізу результатів господарської діяльності, необхідно визначити з функціями, які обумовлюють організацію бухгалтерського обліку у системі управління підприємством

У таблиці 8 наведені основні процеси організації бухгалтерського обліку.

Таблиця 8. Характеристика основних процесів організації бухгалтерського обліку на підприємствах з виробництва хліба, хлібобулочних і борошняних виробів

Процеси	Характеристика процесу
Виявлення	– встановлення факту здійснення господарської операції.
Вимірювання	– оцінка операції у грошовому або натуральному вимірюванні.
Реєстрація	– фіксація господарських операцій у первинних документах.
Накопичення	– групування та систематизація інформації про господарські операції.
Узагальнення	– підсумування даних для формування звітності.
Зберігання	– забезпечення збереженню облікової інформації протягом встановленого терміну.
Передача інформації	– надання облікових даних користувачам (керівництву, державним органам тощо).

Джерело: сформовано автором [4].

Отже, точність обліку, який у майбутньому є основою для аналізу фінансових показників, є важливою складовою щодо забезпечення стабільної та ефективної діяльності хлібопекарських підприємств, оскільки надає змогу підприємствам приймати раціональні управлінські рішення для оптимізації процесу виробництва, ефективного використання ресурсів, точності нарахування податків та контролю за витратами.

На підприємствах хлібопекарської галузі, як і на підприємствах бідь-якої іншої галузі, облік зводиться до [6, 8]:

1) бухгалтерського обліку, який здатний оцінити фінансову діяльність, забезпечити формування звітності перед державними органами та оприлюднення загальних та фінансових звітів;

2) внутрішнього аудиту, який сприяє забезпеченню контролю за дотриманням чинного законодавства, додержанню господарської діяльності відповідних норм та стандартів;

3) податкового обліку, основою якого є здійснення розрахунків та оплати податків, нарахувань податкових зобов'язань та відрахувань на оплату праці, розрахунків з поставниками сировини, матеріалів та витрат.

Таким чином, на підприємствах хлібопекарської галузі бухгалтерський

облік вважається однією з ключових функцій управління, тому що:

1) для забезпечення правильної та точної облікової звітності необхідно планувати та контролювати витрати та фінансові показники, правильно вести первинний, аналітичний та синтетичний облік, що надає змогу підприємствам приймати раціональні рішення щодо оптимізації виробництва та ефективного використання ресурсів, забезпечення точності нарахування податків та контролю за витратами;

2) організація обліку має на меті збільшення ефективності управління ресурсами таких підприємств (фінансовими, матеріальними, людськими) та забезпечення точності відображення фінансової та економічної діяльності за умов відповідності до вимог нормативно-правого регулювання;

3) обліково-аналітичне забезпечення таких підприємств має на меті забезпечення точного та повного обліку всіх витрат та доходів підприємства за умов використання різних форм та методів обліку відповідно до типу витрат та доходів;

4) управління такими підприємствами вимагає ведення фінансового та управлінського обліку, включаючи облік доходів, витрат та фінансових результатів, оскільки такі підприємства є усі підстави вважати складною системою найвищого рівня складності, яка вимагає передачі інформації та здійснення процесів управління;

5) інформація, отримана з обліку доходів, витрат та фінансових результатів, є важливою складовою управління таких підприємств, тому допомагає визначати ефективність діяльності, виявляти проблемні місця та знаходити шляхи їх вирішення, а також забезпечує своєчасну та точну інформацію для прийняття управлінських рішень.

Варто зазначити і те, що залежно від розмірів та специфіки діяльності підприємства, обліково-аналітичне забезпечення може бути організовано по-різному (наприклад, малі підприємства можуть використовувати сучасні програмні продукти для обліку та аналізу фінансових показників, а великі підприємства мають мати власну бухгалтерську службу).

Список літератури

1. Бучавая Р.Ю. Облік виробничих витрат на хлібопекарських підприємствах України. *Зернові продукти і комбікорми*. 2015. № 2. С. 43–47.

2. Воронко Р.М. Врахування при побудові обліку і контролю запасів специфіки діяльності підприємств хлібопекарської галузі. *Львівського торговельно-економічного університету. Економічні науки*. 2018. Вип. 55. С. 89-94.

3. Гуцайлюк Л. Організація обліку на підприємствах різних форм власності: стан та перспективи розвитку. *Науковий вісник Миколаївського національного університету імені В. О. Сухомлинського. Серія: Економічні науки.* 2018. № 2. С. 146–151.

4. Дідик А.З. Облік виробничих витрат на хлібопекарських підприємствах України. *Науковий вісник НЛТУ України.* 2019. Т. 29, № 8. С. 93–96.

5. Пугаченко О.Б. Особливості хлібопекарного виробництва та їх вплив на склад і облік запасів. *Наукові праці Кіровоградського національного технічного університету. Економічні науки*. 2009. Вип. 15. С. 310–319.

6. Сопко В.В. Організація обліково-аналітичного забезпечення управління діяльністю підприємства / В.В. Сопко, О.В. Фоміна, О.М. Прокопова // *Вчені записки університету «КРОК». Серія: Економіка.* 2017. Вип. 47. С. 116–121.

7. Чебан Ю.Ю. Витрати на виробництво хлібобулочних виробів: особливості обліку та чинники, які їх формують / Ю.Ю. Чебан, М.В. Лукова // *Науковий вісник Херсонського державного університету. Сер.: Економічні науки.* 2014. Вип. 7(5). С. 161–163.

8. Чирва А.А. Організаційні аспекти обліку виробничих затрат на хлібопекарних підприємствах України. *Збірник наукових праць Національного університету державної податкової служби України*. 2013. № 1. С. 246–254.

ЦИФРОВА ІНФРАСТРУКТУРА У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ СТРАХОВОГО РИНКУ УКРАЇНИ

Колодяжний Олександр Вячеславович,
здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти,
Державний науково-дослідний інститут інформатизації та моделювання економіки

Сучасний розвиток страхового ринку України дедалі більше залежить від рівня сформованості його цифрової інфраструктури, яка виступає невід'ємним структурним елементом єдиної інфраструктурної системи страхового сектору. Активний розвиток фінансових інновацій, цифрових платформ та InsurTech-рішень суттєво посилив значення цифрової складової у функціонуванні страхового ринку, оскільки цифрові технології сьогодні забезпечують не лише урізноманітнення каналів реалізації страхових послуг, але й формують додаткові конкурентні переваги страховиків в умовах посилення конкуренції на ринку страхових послуг. Водночас достатній рівень розвитку цифрової інфраструктури стає необхідною передумовою інтеграції українського страхового ринку у глобальний фінансовий простір та адаптації до сучасних міжнародних стандартів функціонування фінансових ринків.

Особливої актуальності зазначена проблематика набуває для України в умовах воєнної нестабільності, зростання економічних ризиків та трансформації фінансової системи. За таких умов розвиток страхового ринку здатний сприяти ефективнішому перерозподілу та мінімізації ризиків, підтримці фінансової стійкості економіки й підвищенню доступності страхових послуг. Саме тому питання розвитку цифрової інфраструктури та InsurTech перебувають у центрі уваги не лише науковців, але й міжнародних фінансових організацій, що визначає необхідність подальшого дослідження ролі цифрової інфраструктури у забезпеченні сталого розвитку страхового ринку України.

Попри значні втрати, підвищення рівня збитковості та ускладнення діяльності страховиків в умовах воєнного стану, страховий ринок України продовжив функціонування, підтвердивши свою важливу роль у забезпеченні фінансової стійкості економіки та перерозподілі ризиків. Водночас потенціал страхового ринку як фінансового інституту може бути повноцінно реалізований лише за умови формування ефективного інфраструктурного забезпечення його розвитку. У сучасних умовах страховий ринок доцільно розглядати не лише як окремий сегмент фінансового ринку, а як невід'ємний елемент інфраструктури фінансової системи держави загалом.

Гармонізація інфраструктурних елементів економіки є важливою передумовою посилення конкурентних позицій держави у міжнародному економічному середовищі, розвитку зовнішньоекономічних зв'язків та забезпечення стійкого економічного зростання. Як свідчить міжнародна

практика, ефективний розвиток національних економік значною мірою залежить від здатності органічно поєднувати інституційні механізми, ринкові інструменти та технологічні передумови розвитку [1, с.7]. У цьому контексті особливого значення для страхового ринку набуває цифрова інфраструктура, оскільки саме вона забезпечує інтеграцію сучасних технологій у страхову діяльність, формує нові канали реалізації страхових послуг та підвищує конкурентоспроможність страховиків в умовах цифрової трансформації фінансового сектору. Водночас ефективність цифрової складової значною мірою залежить від узгодженого функціонування інших інфраструктурних елементів страхового ринку, характеристику яких наведено у таблиці 1.

Таблиця 1. Складові інфраструктури страхового ринку

Складова інфраструктури страхового ринку	**Визначення**
Цифрова інфраструктура	Сукупність цифрових технологій, платформ, сервісів та програмних рішень, що забезпечують автоматизацію страхових процесів, дистанційну взаємодію учасників ринку, розвиток цифрових каналів реалізації страхових послуг та впровадження InsurTech-рішень.
Інформаційна інфраструктура	Система інформаційного забезпечення страхового ринку, що охоплює процеси збору, обробки, зберігання, передачі та обміну інформацією між учасниками страхових відносин з метою забезпечення прозорості, доступності та достовірності даних.
Регуляторна інфраструктура	Сукупність нормативно-правових актів, регуляторних механізмів, органів державного нагляду та інструментів контролю, що забезпечують правове регулювання, стабільність та захист інтересів учасників страхового ринку.
Інституційна інфраструктура	Сукупність інститутів, професійних об’єднань, саморегулівних організацій та інших суб’єктів, діяльність яких забезпечує функціонування, координацію та розвиток страхового ринку.
Посередницька та організаційна інфраструктура	Система страхових посередників, сервісних організацій, каналів реалізації страхових послуг та механізмів взаємодії між учасниками страхового ринку, що забезпечує доступність страхових продуктів і розвиток страхового обслуговування.

Джерело: побудовано автором.

Цифровізація страхового ринку та розвиток InsurTech-рішень дедалі більше визначають напрями модернізації страхового сектору, сприяючи підвищенню ефективності страхових операцій, прозорості взаємодії зі споживачами та рівня довіри до страхових інститутів. У сучасних умовах InsurTech перетворюється з додаткового інструменту розвитку на необхідну складову забезпечення конкурентоспроможності та фінансової стійкості страховиків. Водночас ефективність цифрової трансформації страхового ринку значною мірою залежить від якості управлінських рішень, рівня технологічної готовності учасників ринку та здатності своєчасно мінімізувати нові цифрові ризики. Для України розвиток InsurTech має особливе значення в контексті цифрової

трансформації фінансового сектору та необхідності посилення фінансової безпеки в умовах воєнних, економічних і глобалізаційних викликів.

Ю. Мирончук у своєму дослідженні акцентує увагу на широких можливостях використання InsurTech-технологій у процесі розвитку інфраструктури страхового ринку [2]. У сучасних умовах InsurTech доцільно розглядати як комплексний інструмент цифрової трансформації страхового сектору, що охоплює декілька взаємопов'язаних напрямів впливу на діяльність страховиків та механізми реалізації страхових послуг. Зокрема, інноваційна складова InsurTech пов'язана із впровадженням технологій штучного інтелекту, big data, блокчейн-рішень та цифрової аналітики для створення нових страхових продуктів і сервісів. Управлінський напрям орієнтований на вдосконалення бізнес-процесів, автоматизацію страхових операцій та підвищення операційної ефективності страхових компаній. Водночас безпековий аспект передбачає підвищення якості оцінювання ризиків, персоналізацію страхових рішень та посилення фінансової безпеки споживачів страхових послуг. Окреме значення має й аспект ефективності, що проявляється в оптимізації витрат, прискоренні процесів обслуговування та підвищенні якості страхових послуг.

Одним із найбільш поширених і водночас доступних інструментів цифрової інфраструктури страхового ринку є цифрові канали реалізації страхових послуг. Їх розвиток забезпечує спрощення взаємодії між страховиками та споживачами, підвищує швидкість обслуговування, розширює доступність страхових продуктів та сприяє оптимізації витрат страхових компаній. Водночас активність використання цифрових каналів збуту відображає готовність споживачів до переходу на цифрові формати страхового обслуговування та виступає одним із індикаторів глибини цифрової трансформації страхового ринку.

У цьому контексті особливий науковий інтерес становить оцінювання структури каналів реалізації страхових послуг, оскільки вона дозволяє визначити рівень проникнення цифрових технологій у страхову діяльність, ступінь адаптації страховиків до сучасних технологічних викликів та потенціал подальшого розвитку цифрової інфраструктури страхового ринку України. На рисунку 1 відображено сума валових страхових премій за каналами реалізації, де чітко видно, що онлайн-агрегатори посідають чільне місце, хоча й досі є незначними.

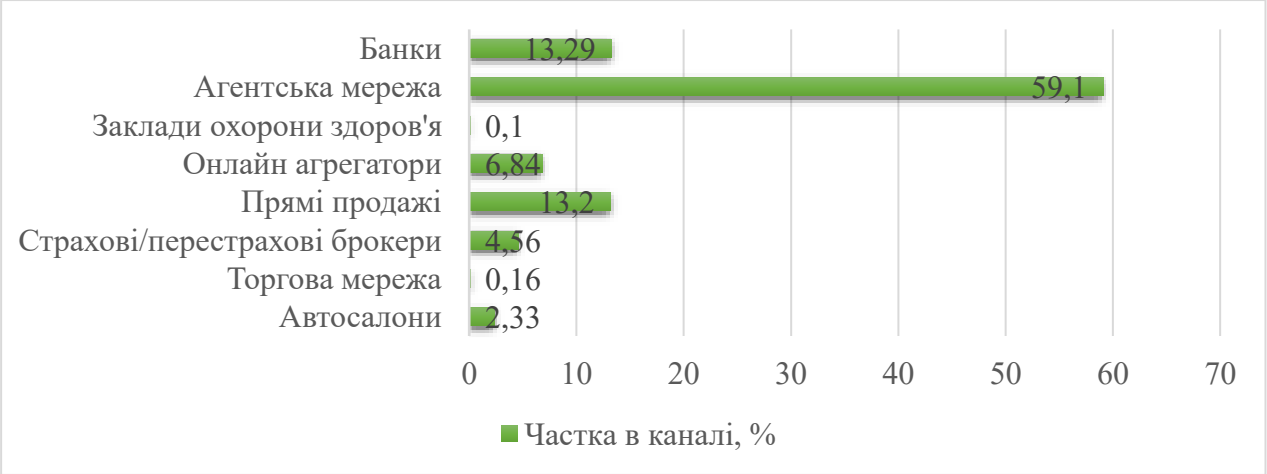


Рисунок 1. Структура каналів реалізації страхових послуг в Україні у 2024-2025 роках, %

Джерело: побудовано автором за [3].

Попри те, що частка реалізації страхових послуг через онлайн-агрегатори становить 6,84%, суттєва частина цифрових страхових сервісів фактично реалізується також через банківські канали продажу, частка яких перевищує 13%. Це свідчить про високий рівень інтегрованості фінансового посередництва та посилення взаємодії між банківськими установами і страховиками у сфері реалізації фінансових послуг. Водночас домінування агентської мережі у структурі каналів реалізації страхових послуг вказує на те, що процес цифрової трансформації страхового ринку України продовжує перебувати у стадії активного розвитку.

Особливого значення в цих умовах набуває узгодженість темпів цифровізації різних сегментів фінансового сектору. Банківська система України сьогодні залишається одним із найбільш динамічних секторів у сфері впровадження цифрових фінансових сервісів, що створює додаткові передумови для розвитку цифрових каналів реалізації страхових послуг [4]. З огляду на тісну взаємодію банківських установ і страховиків, подальший розвиток цифрової інфраструктури страхового ринку значною мірою залежатиме від рівня синхронізації цифрової трансформації між окремими сегментами фінансового ринку.

Хоча у структурі розвитку FinTech та інноваційних компаній в Україні страхування займає лише близько 5 %, науковці підкреслюють, що фінансові технології активно інтегруються в усі сегменти фінансових послуг. У процесі адаптації до інноваційних технологій фінансові послуги набувають нових функціональних характеристик, що створює передумови для формування нових бізнес-моделей, цифрових платформ і стартапів. Більше того, цифровізований сегмент фінансових послуг дедалі частіше розглядається як окремий напрям фінансового ринку, що функціонує у межах FinTech-екосистеми [5].

В цілому InsurTech працює на страховому ринку в трьох напрямках: забезпечує зростання, підвищує ефективність та зменшує витрати за рахунок автоматизації ключових процесів. Серед технологій провідне місце тут займають

штучний інтелект та машинне навчання. Прогнозується, що інвестиції у FinTech зростатимуть з року в рік з огляду на ці функціональні переваги. До того ж, слід погодитися з думкою, що цифрова парадигма сучасного страхування базується на концепції InsurTech, яка об'єднує інноваційні технології для докорінного перегляду традиційних моделей захисту ризиків [6]. Саме тому InsurTech слід розглядати як ядро цифрової інфраструктури страхового ринку України.

Отже, цифрова інфраструктура поступово перетворюється на один із ключових чинників забезпечення сталого розвитку страхового ринку України, визначаючи рівень його адаптивності до сучасних економічних, технологічних та безпекових викликів. Розвиток InsurTech-рішень, цифрових каналів реалізації страхових послуг та інтеграція страхового сектору із цифровими сервісами інших сегментів фінансового ринку створюють передумови для підвищення доступності страхових послуг, конкурентоспроможності страховиків і фінансової стійкості страхового ринку загалом. Водночас ефективність цифрової трансформації страхового сектору значною мірою залежатиме від рівня узгодженості розвитку інфраструктурних елементів фінансового ринку, здатності учасників ринку впроваджувати інноваційні технології та забезпечувати належний рівень фінансової й цифрової безпеки.

Список літератури:

1. Гужва І. Ю. Україна в глобальній торгівлі: монографія. Київ: Зовнішня торгівля, 2015. 236 с. URL: https://dndiime.org.ua/wp-content/uploads/2025/05/Gujva.pdf

2. Мирончук Ю. В. Іншуртех як інноваційний модус зміцнення фінансової безпеки страхового ринку України. *Фінансова безпека України у світлі формування боргових механізмів*: монографія / за ред. С. В. Онишко та заг. кер. Н. М. Давиденко. Ірпінь: Державний податковий університет України. 2025. С. 356-374. DOI: https://doi.org/10.33244/978-966-337-781-0-356-374

3. Основні тенденції страхового ринку України. Ліга страхових організації України. URL: https://uainsur.com/statystyka/

4. Вергелюк Ю. Ю., Ганцяк М. О., Фомов Д. О. Цифрова трансформація банківської системи: глобальні орієнтири для України. *Фінанси України*. 2025. № 3. С. 45-57. DOI: https://doi.org/10.33763/finukr2025.03.045

5. Вергелюк Ю. Ю., Ганцяк М. О., Фомов Д. О. Fintech як драйвер економічного відновлення України. *Економічна парадигма*. 2024. №2 (10(90). С. 167-172. DOI: https://doi.org/10.25313/2520-2294-2024-10-10402

6. Іванчук Н., Шийко А. InsurTech: трансформація страхового сектору України в умовах цифрової економіки. *Економіка та суспільство*. 2026. № 84. DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2026-84-186

TRANSFORMATION OF TEACHING APPROACHES IN THE CONTEXT OF THE DIGITAL EDUCATIONAL ECOSYSTEM

Boldovska Kateryna,
Candidate of Economic Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Accounting and Taxation
Kharkiv National Automobile and Highway University, Ukraine

Boldovskyi Volodymyr,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Automobiles and Transport Infrastructure
National Aerospace University «Kharkiv Aviation Institute», Ukraine

The contemporary stage of higher education development is characterized by a profound and multidimensional transformation of pedagogical paradigms caused by the rapid expansion of digital technologies, the emergence of artificial intelligence systems, the virtualization of educational interaction, and the reconfiguration of institutional, cognitive, and communicative practices within the global educational ecosystem. Unlike earlier phases of educational modernization, which were primarily associated with the integration of isolated technological tools into conventional teaching models, the current phase reflects a systemic transition toward digitally mediated educational environments in which pedagogical activity, academic communication, assessment procedures, knowledge production, and student engagement are increasingly embedded within complex digital infrastructures. Contemporary researchers emphasize that digital transformation in higher education should not be interpreted merely as the implementation of technological innovations, since its essence lies in the comprehensive restructuring of educational values, teaching methods, institutional cultures, and interactions between all participants of the educational process [1-3].

The digital educational ecosystem has emerged as a conceptual framework that transcends traditional understandings of e-learning and online education by integrating technological, pedagogical, organizational, and socio-cultural dimensions into a unified educational environment. In this context, educational institutions no longer operate exclusively as physical spaces for knowledge transmission but rather function as interconnected digital environments characterized by continuous interaction among learners, teachers, digital platforms, algorithms, data systems, and external stakeholders. The transition toward such ecosystems has fundamentally altered the ontology of teaching itself, transforming it from a predominantly instructor-centered transmission process into a dynamic, interactive, data-informed, and student-oriented model of educational engagement. Scholars investigating digital transformation in higher education argue that the emergence of digital learning spaces has enabled

universities to transcend traditional institutional and physical boundaries while simultaneously reshaping the roles of educators and students.

One of the defining characteristics of the digital educational ecosystem is the reconfiguration of the teacher's role. In traditional pedagogical models, educators primarily functioned as authoritative transmitters of disciplinary knowledge, whereas contemporary digital environments increasingly position teachers as facilitators, moderators, mentors, instructional designers, and coordinators of complex learning trajectories. This transformation is closely associated with the proliferation of digital resources, open educational platforms, artificial intelligence systems, adaptive learning environments, and collaborative online spaces that decentralize knowledge acquisition and diminish the exclusivity of the lecturer as the principal source of information. Research conducted within the field of digital pedagogy demonstrates that the contemporary educator is expected not only to possess disciplinary expertise but also to demonstrate advanced digital literacy, technological adaptability, instructional flexibility, and the ability to integrate pedagogical innovations into diverse learning contexts.

The transformation of teaching approaches within the digital educational ecosystem is also deeply connected with the transition from passive learning models toward active and student-centered pedagogies. Contemporary educational theory increasingly emphasizes that digital technologies should not merely replicate traditional lecture-based practices in virtual formats but instead facilitate deeper forms of cognitive engagement, collaborative problem-solving, experiential learning, and reflective knowledge construction. According to contemporary studies on active digital learning pedagogy, the effective integration of digital technologies requires pedagogical designs that prioritize student-centeredness, formative feedback, constructive alignment, and flexible learning infrastructures. Such approaches correspond with constructivist and socio-constructivist theories of learning, according to which knowledge is actively constructed through interaction, dialogue, reflection, and participation within meaningful educational contexts rather than passively absorbed through one-directional instruction.

The expansion of digital educational ecosystems has simultaneously intensified the importance of personalized learning trajectories. Unlike industrial-era educational models characterized by standardization and uniformity, digital environments enable adaptive and individualized educational experiences based on learners' needs, competencies, behavioral patterns, and cognitive preferences. Artificial intelligence technologies, learning analytics systems, and adaptive educational platforms allow educators to collect, process, and interpret large volumes of educational data in order to optimize instructional strategies and personalize learning pathways. Recent research highlights that AI-enhanced educational systems contribute to increased flexibility, scalability, and personalization of educational processes while simultaneously redefining assessment practices and student support mechanisms. Nevertheless, scholars also emphasize that the implementation of data-driven educational systems raises significant ethical concerns related to surveillance, algorithmic bias, privacy protection, academic autonomy, and the commercialization of educational data.

The transformation of teaching approaches cannot be analyzed independently from the broader socio-technological context in which contemporary students develop cognitive, communicative, and informational practices. The digital generation demonstrates distinctive patterns of information perception, attention distribution, communication, and knowledge acquisition shaped by continuous interaction with digital media environments, social networks, multimedia content, and algorithmically curated information flows. Consequently, traditional pedagogical models based on prolonged monologic lectures and reproductive memorization increasingly fail to correspond with the cognitive characteristics of modern learners. Researchers investigating emerging educational practices mediated by digital technologies argue that the transformation of pedagogy must account for changes in student behavior, digital culture, and patterns of intellectual engagement within technologically saturated environments.

At the same time, the digital educational ecosystem has intensified the significance of collaborative and networked learning models. Digital platforms facilitate new forms of communication and cooperation that extend beyond institutional and geographical boundaries, thereby enabling international educational collaboration, interdisciplinary interaction, peer learning, and participation in global knowledge communities. The integration of collaborative technologies into educational practice has contributed to the emergence of hybrid pedagogical models that combine synchronous and asynchronous communication, online and offline interaction, formal and informal learning spaces, and institutional and non-institutional educational resources. Such transformations have encouraged the development of educational ecosystems characterized by flexibility, openness, and interconnectedness rather than hierarchical linear structures.

The COVID-19 pandemic represented a critical catalyst that accelerated the digital transformation of higher education worldwide and exposed both the potential and the structural limitations of contemporary educational systems. During the pandemic, educational institutions were compelled to rapidly transition toward remote and hybrid learning models, thereby intensifying the adoption of digital technologies and stimulating experimentation with new teaching methods. Numerous studies emphasize that the pandemic did not merely generate temporary emergency solutions but rather initiated long-term transformations in pedagogical thinking and institutional strategies. The pandemic revealed that digital transformation involves not only technological readiness but also organizational flexibility, pedagogical innovation, institutional leadership, and the capacity of educators to adapt instructional approaches under conditions of uncertainty and rapid change.

The emergence of generative artificial intelligence systems constitutes another pivotal factor influencing the transformation of teaching approaches in the digital educational ecosystem. Tools based on large language models, including generative AI assistants, have fundamentally altered traditional understandings of academic authorship, knowledge production, assessment integrity, and cognitive labor. Contemporary scholarship increasingly emphasizes that AI technologies simultaneously create opportunities for educational innovation and generate

unprecedented pedagogical dilemmas. On the one hand, AI systems enable personalized tutoring, automated feedback, intelligent content generation, and adaptive educational support; on the other hand, they challenge conventional assessment models and raise concerns regarding plagiarism, dependency on automated systems, intellectual authenticity, and the erosion of critical thinking skills. Consequently, the transformation of teaching approaches increasingly requires the development of AI literacy among both educators and students, as well as the establishment of new ethical frameworks governing the use of artificial intelligence within academic environments.

The transformation of pedagogy within digital ecosystems is inseparable from the concept of digital competence, which has become one of the central prerequisites for effective educational participation in contemporary society. Digital competence encompasses not only technical skills associated with the use of digital tools but also critical information literacy, ethical awareness, communication abilities, media literacy, data interpretation skills, and the capacity to engage responsibly within digital environments. Researchers emphasize that the successful digital transformation of higher education depends substantially on the digital preparedness of educators, institutional support structures, and the integration of continuous professional development mechanisms aimed at enhancing pedagogical and technological competencies.

Simultaneously, the digital educational ecosystem has contributed to the growing prominence of microlearning, modular educational architectures, and flexible instructional formats adapted to the fragmented attention patterns and dynamic lifestyles of modern learners. Studies investigating adaptive microlearning approaches indicate that short, personalized, and modular learning units may enhance student engagement, facilitate knowledge retention, and support individualized educational trajectories, particularly for Generation Z students whose cognitive habits are strongly influenced by digital media consumption. The increasing popularity of microlearning reflects broader transformations in the structure of educational content, which is gradually shifting from static curricular sequences toward flexible, competency-based, and learner-centered models.

An equally important dimension of pedagogical transformation concerns the evolution of assessment methodologies within digital educational ecosystems. Traditional summative assessment models oriented toward standardized examinations increasingly appear inadequate for evaluating higher-order cognitive skills, creativity, collaboration, problem-solving abilities, and digital competencies required in contemporary professional environments. Digital technologies have enabled the implementation of alternative assessment strategies, including formative assessment, e-portfolios, project-based evaluation, learning analytics, peer assessment, and continuous feedback systems. Researchers emphasize that digital pedagogies require assessment mechanisms aligned with active learning principles and reflective educational practices. Moreover, the integration of AI technologies into educational assessment raises fundamental questions concerning the authenticity of student work, the reliability of automated evaluation systems, and the necessity of redefining academic integrity standards.

The transformation of teaching approaches also involves substantial changes in the architecture of educational communication. Digital ecosystems have generated new communicative formats characterized by immediacy, interactivity, multimodality, and continuous connectivity. Educational interaction increasingly occurs through virtual learning environments, collaborative platforms, video conferencing systems, social media channels, and AI-mediated communication interfaces. Such transformations have redefined not only the temporal and spatial dimensions of education but also the emotional and social dynamics of pedagogical interaction. Scholars note that while digital communication technologies facilitate accessibility and flexibility, they may simultaneously contribute to emotional detachment, digital fatigue, reduced social presence, and the weakening of interpersonal relationships within educational communities. Consequently, contemporary pedagogical approaches must address not only technological efficiency but also the psychological, emotional, and ethical dimensions of digital learning environments.

Within the context of digital transformation, the concept of reflexive pedagogy has acquired particular relevance. Reflexive pedagogical models emphasize the importance of critical reflection, metacognitive awareness, ethical responsibility, and the continuous reconsideration of educational practices in response to evolving technological and societal conditions. Researchers investigating reflexive pedagogy in digitally transformed higher education institutions argue that sustainable educational innovation requires not only technological adaptation but also profound reflection on the epistemological foundations, social purposes, and ethical implications of educational transformation. Such approaches are especially important in an era when digital technologies increasingly mediate access to information, shape cognitive processes, and influence patterns of social interaction.

The digital educational ecosystem additionally contributes to the increasing convergence of formal, non-formal, and informal learning environments. Online educational platforms, open educational resources, massive open online courses, professional communities, and AI-assisted self-learning systems enable learners to acquire knowledge beyond institutional curricula and traditional academic structures. This transformation challenges the monopolistic position historically occupied by universities as exclusive providers of knowledge and necessitates the reconsideration of institutional roles within the broader educational landscape. Contemporary scholarship suggests that higher education institutions must increasingly function as coordinators of lifelong learning ecosystems rather than isolated centers of formal instruction.

Despite the substantial opportunities associated with digital transformation, numerous challenges and contradictions remain unresolved. One of the most significant concerns relates to digital inequality and the uneven distribution of technological access, digital literacy, and educational resources across different social, economic, and geographical contexts. Digital transformation may simultaneously expand educational accessibility and reinforce existing inequalities if institutions fail to address infrastructural disparities, socioeconomic barriers, and differences in technological preparedness among learners and educators. Furthermore, the

commercialization of digital education, the growing influence of technology corporations within educational systems, and the increasing dependence of universities on proprietary digital platforms raise critical questions regarding academic autonomy, data governance, and the commodification of knowledge.

Another critical issue concerns the sustainability of pedagogical innovation within higher education institutions. Researchers emphasize that technological implementation alone does not automatically generate educational transformation. In many cases, digital technologies are used merely to reproduce traditional teaching methods within virtual environments rather than to develop genuinely innovative pedagogical practices. Consequently, the successful transformation of teaching approaches requires systemic institutional support, pedagogical leadership, strategic planning, interdisciplinary collaboration, and long-term investment in professional development rather than isolated technological interventions.

The future development of teaching approaches within the digital educational ecosystem will likely be characterized by increasing integration between human-centered pedagogy and intelligent technological systems. Emerging educational models are expected to combine adaptive AI technologies, immersive virtual environments, data-driven analytics, collaborative platforms, and personalized learning architectures while simultaneously emphasizing ethical responsibility, critical thinking, emotional intelligence, and humanistic educational values. Contemporary scholarship increasingly argues that the central challenge of digital transformation lies not in replacing educators with technologies but in redefining the relationship between technological systems and human pedagogical agency.

Ultimately, the transformation of teaching approaches in the context of the digital educational ecosystem represents a complex, multidimensional, and ongoing process that encompasses technological innovation, pedagogical restructuring, institutional adaptation, cognitive change, and socio-cultural reconfiguration. The digital educational ecosystem should therefore be understood not merely as a technological environment but as a dynamic and evolving space in which educational practices, identities, relationships, and epistemological assumptions are continuously reconstructed under the influence of digitalization, artificial intelligence, globalization, and networked communication. Contemporary higher education institutions are consequently confronted with the necessity of balancing technological advancement with pedagogical integrity, innovation with inclusivity, flexibility with academic rigor, and digital efficiency with the preservation of humanistic values that remain fundamental to the educational mission of the university.

References:

1. Tang, J., Huang, P., & Yan, S. (2025). Digital transformation in higher education: logical framework, practical dilemmas, and implementation approaches. *Front Psychol*, 16, 1565591. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1565591.

2. Bygstad, B., Øvrelid, E., Ludvigsen, S., & Dæhlen, M. (2022). From dual digitalization to digital learning space: Exploring the digital transformation of higher

education. *Computers & Education*, *182*, 104463. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104463.

3. Nguyen, A., Scrivner, O., de Laat, M., & Scrivner, J. (2026). Systemic shifts required for higher education futures: Policy, pedagogy, and practice in the age of artificial intelligence and digital transformation. *Policy Futures in Education*, *24*(1), 1-12. https://doi.org/10.1177/14782103251408926

TRANSFORMING TECHNOLOGICAL AND VOCATIONAL EDUCATION IN BULGARIA THROUGH KEY AI COMPETENCIES FOR SUCCESSFUL PROFESSIONAL CAREERS

Mihalev Georgi,
PhD, Adjunct Lecturer
"Bishop Konstantin Preslavski" University of Shumen

Abstract. The article analyzes the main deficits of Bulgarian technological and vocational education in the context of the advent of artificial intelligence: outdated material infrastructure, a mismatch between curriculum content and the requirements of Industry 4.0, as well as the unpreparedness of teachers. In response, a conceptual framework of seven key AI competencies and a three-phase pedagogical model for their gradual implementation is proposed. Recommendations for educational policy are formulated.

Keywords: technological education, vocational education, artificial intelligence, key competencies, STEM, digital competence of teachers

Introduction: Challenges facing technological and vocational education in the era of artificial intelligence (AI). The advent of artificial intelligence into all spheres of economic and social life presents educational systems with an unprecedented challenge in modern history. Unlike previous technological waves, which affected primarily production processes, AI is changing the very essence of work – its content, the required qualifications, and the relationship between humans and machines. In this context, technological and vocational education, whose historical mission is to prepare personnel for specific economic activities, finds itself on the front line of transformation. At the same time, however, it is faced with the greatest institutional difficulties in its adaptation.

This article sets three main objectives:

1. To systematically outline the state of Bulgarian vocational education through the lens of the requirements of the AI-based economy;
2. To identify the main gaps and barriers – technological, human resource, and methodological – that hinder timely transformation;
3. To propose a specific framework of key artificial intelligence competencies to be integrated into curricula, as well as a model for the implementation of this integration, tailored to the real capacity of educational institutions.

EXPOSITION

Analysis of the State of Bulgarian Vocational Education

Historical strengths. Bulgarian vocational education possesses several potential advantages that can serve as a foundation for future transformation. First, it relies on long-standing traditions in technical specializations – electrical engineering, mechanical engineering, construction, and transport. Second, over the last decade, a dual form of education has been introduced which, although limited in scope, demonstrates positive results in terms of practical training and the professional realization of graduates. Third, in certain shortage professions, such as electricians, mechatronics specialists, and automation specialists, graduates of vocational schools find employment within a short period after graduation – a fact that indicates demand on the part of business.

However, these strengths should not create an illusion of the system's readiness to meet the challenges of the AI era. On the contrary, they can become an inertial factor if not rethought under the new conditions.

Systemic deficits of the material and technical infrastructure. The first and most frequently cited problem is the state of the material and technical infrastructure of vocational schools (1). Despite periodic investments in new laboratories and simulation centers, the dynamics of technological development in the field of artificial intelligence, automation, and robotics significantly exceeds the speed of renewal of school infrastructure. This phenomenon can be defined as technological lag in public procurement – a process in which equipment ordered two or three years ago, by the time it is put into operation, already shows signs of obsolescence.

This circumstance should not be interpreted as an argument against the need for such renewal. On the contrary, the upgrading of the material and technical infrastructure is a necessary, albeit not self-evident, condition for contemporary vocational training. However, it is not and cannot be sufficient in itself, especially when the speed of technological renewal of the industrial environment exceeds the institutional capacity for its absorption in school settings.

Asynchrony between curricula and economic realities. The second significant problem is the discrepancy between the curriculum content set out in the state educational standards and curricula, and the real requirements of business in the context of the Fourth Industrial Revolution (2). In a number of professional fields, education is still based on technological standards from the late 20th and early 21st centuries. This discrepancy is particularly pronounced in professional fields such as industrial automation, technological process management, big data processing, and information systems architecture – areas where the gap between curriculum content and contemporary practices is most tangible.

Observations indicate that curriculum content rarely includes topics such as machine learning, predictive diagnostics, working with large datasets, or the integration of intelligent systems into existing technological infrastructure. Without these topics, however, graduates of vocational schools find themselves unprepared to

work in an environment where AI is no longer an add-on but a core element of production and logistics processes.

Human resource challenge: teacher training. The problem concerns the human factor – the teaching staff in vocational schools. Empirical observations (including results from studies published in specialized monographs) show that a significant portion of teachers of vocational subjects do not possess systematic qualifications in the field of artificial intelligence and modern communication technologies. According to a TALIS survey, only 22% of Bulgarian teachers use AI in their work (3). In a fragmented study conducted in 2025 in the author's monographic work on Northeastern Bulgaria, results indicate that 60% of 387 respondents use AI only for generating learning materials (1). This is not a consequence of a lack of professionalism or motivation. Rather, it is a matter of a systemic gap in continuing education policies for pedagogical specialists. The European Commission (Education and Training Monitor 2025) notes that despite the high number of students in vocational education (over 50% in STEM fields), staff qualifications often lag behind technological progress (4). In a monographic study by the author of 43 vocational schools in Northeastern Bulgaria, despite high self-assessment, institutional support proved to be significantly weaker. The organization of training for AI integration received a score of 2.8 (30% positive responses), the existence of a developed strategy – 2.5 (25% positive responses), and the existence of methodological guidelines – 2.6 (25% positive responses) [1].

It is noteworthy that teaching staff who received their initial qualifications in previous technological periods cannot be expected to spontaneously, without additional training, master conceptual frameworks that, at the time of their own education, did not yet exist as established scientific and applied fields.

An often neglected aspect is that the investment of financial resources in technical infrastructure and software products, when not accompanied by a corresponding investment in human factor development, very likely leads to an incomplete or ineffective return on that investment. A typical example of this is educational simulators, whose pedagogical potential can be realized only if the teacher deeply understands the principles of their functioning, possesses the skills to configure new work scenarios, and interprets the results obtained in the context of the specific curriculum. Otherwise, no matter how technologically advanced the available equipment may be, it remains largely unusable for the purposes of authentic vocational training.

Conceptual framework: seven key AI competencies for vocational education.

In response to the described deficits, and given the impossibility of rapid and total renewal of the material infrastructure or the instant requalification of the entire teaching staff, a focus on the development of seven fundamental AI competencies is proposed. These competencies have been selected to be applicable in the widest possible range of professional specializations – from electrical engineering and mechatronics to logistics, transport, and services.

Key competencies:

1. Fundamental AI literacy – understanding what artificial intelligence is (machine learning, deep learning), the difference between generative and analytical models, and the concept of "training a model" with data.
2. Data handling – collection, cleaning, and annotation – the ability to prepare data from sensors, logistics platforms, or production systems for subsequent analysis or model training.
3. Generative AI management (prompt engineering) – the ability to formulate effective prompts for generating technical documentation, diagnostic protocols, automation code, and more.
4. Basic programming for automation and AI – basic Python syntax, working with libraries, using ready-made AI APIs.
5. Legal and ethical aspects of AI use – responsibilities when using AI-based solutions, compliance with GDPR, protection of sensitive data.
6. Integration of AI into technological systems – understanding API architectures, connecting external AI models to existing industrial systems (PLC, ERP, CAD/CAM).
7. Critical thinking and validation of AI results – the ability to verify AI model output through empirical methods, physical laws, and practical experience.

Conceptual framework for phased institutional change.

Given the identified constraints, expecting rapid or radical change would be unrealistic. It would also lead to new forms of institutional dissonance. For this purpose, a three-tier model is presented, which provides for the gradual implementation of the above-mentioned competencies.

Phase 1: Building basic teacher capacity (6–12 months) – The implementation envisages the creation of targeted training programs for teachers, starting with a small group of "trainers of trainers" (train-the-trainer approach). The focus is on fundamental AI literacy and data handling, as these require minimal hardware support and can be taught using existing computer equipment.

Phase 2: Integrating AI modules into existing curricula (1–2 years) – development of pilot modules that are embedded into existing disciplines without requiring a total transformation of curricula. Each module should include practical case studies from the respective professional field. Modules should be implemented first in classes with higher interest and support.

Phase 3: Modular upgrading of the technical infrastructure (2–4 years) – It is necessary to overcome the practice of expensive and slow total overhauls. Instead, budget lines should be allocated for flexible, modular upgrades of the existing infrastructure. These include software updates, the addition of graphics accelerators and servers for local AI models, as well as the acquisition of low-cost sensor kits and microcontrollers (e.g., Arduino, Raspberry Pi) for collecting real data.

From the analysis conducted and the proposed model, several guidelines for educational policy and institutional leadership can be derived:

1. Reorientation from one-time investments to continuous renewal – mechanisms should be created for annual software updates of simulation environments and laboratory equipment, instead of expensive and infrequent hardware replacements.

2. Mandatory annual AI qualification for teachers of vocational subjects – a minimum of 40 academic hours, to be recognized in job descriptions and remuneration.

3. Creation of an open educational resource repository – sharing of scenarios, case studies, and AI exercises for different professional specializations, developed by teachers and university partners themselves.

4. Partnerships with business for access to real (anonymized) data – many AI models, especially in the field of predictive diagnostics and logistics, can be trained and demonstrated using real industrial data, which businesses can provide under appropriate security conditions.

Conclusion

The transformation of vocational education in the Republic of Bulgaria cannot rely solely on isolated hardware investments, however resource-intensive they may be. Nor can it rely on sudden, radical overhauls of curriculum content. Rather, the need for a gradual, cumulative change emerges. It begins with the development of sustainable teacher capacity in the field of artificial intelligence. It is followed by the slow integration of AI competencies into existing academic disciplines. Only at a later stage are targeted, modular technical upgrades to the infrastructure added.

The set of seven competencies proposed in this article should not be perceived as exhaustive or definitive. Its status is rather that of a working hypothesis, a starting point for subsequent professional discussions and for pilot implementations in different types of vocational schools. Without such systematic work, however, the real risk remains that vocational education will continue to prepare personnel for technological realities that have already given way to new forms of work activity.

References:

1. Георгиев, Георги Михалев. *Интегриране на изкуствения интелект в професионалното образование чрез STEM подходи.* Шумен : Университетско издателство "Епископ константин Преславски", 2026. стр. 196. ISBN: 978-619-201-912-9.

2. Mihalev, G. et al. Analysis of the implicit opportunities for ai integration in technological education in bulgaria. *The modern paradigm of humanities education: philological and pedagogical aspects, from theory to educational practices and interdisciplinary research.* Boston : International Science Group. – Boston: Primedia eLaunch, 2026, in press.

3. OECD. TALIS 2024 Results: The State of Teaching and Learning. *https://dbr.bg/kolko-ot-balgarskite-uchiteli-izpolvat-ai~18312.html.* [Онлайн] 9 10 202 г. [Цитирано: 26 1 2026 г.] https://dbr.bg/kolko-ot-balgarskite-uchiteli-izpolvat-ai~18312.html.

4. Directorate-General for Education, Youth, Sport and Culture (European Commission). *Education and training monitor 2025, Bulgaria.* Luxembourg : Publication office of the Europian Union, 2025. ISBN& 978-92-68-29428-4.

PEDAGOGICAL ASPECTS OF TEACHING 3D MODELING TO ADULTS IN THE CONTEXT OF ADDITIVE TECHNOLOGIES USING FUSION

Taras I.
Ph.D., Associate Professor
Ivano Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

Teaching adults 3D modeling for further application in 3D printing is a relevant area of modern education that combines technical knowledge, creativity, and practical skills. The rapid development of additive manufacturing technologies has significantly expanded their application in everyday life, small-scale production, and entrepreneurship [1]. In this context, mastering 3D modeling skills becomes not only a professional competency but also a tool for personal development and innovation.

Particular importance is attached to face-to-face (offline) courses designed for learners without an engineering background who seek practical skills for hobbies, career changes, or business purposes.

An important aspect of organizing such training is the selection of appropriate software tools. Autodesk provides a wide range of professional solutions for 3D modeling and digital design, including AutoCAD, Inventor, and Fusion. However, for teaching adults without engineering training, Fusion is one of the most suitable options due to its accessibility, integrated functionality, and relatively intuitive interface. This software enables effective learning even for individuals without prior technical experience [2].

One of the key advantages of Fusion is its wide range of modeling capabilities. The software supports parametric, direct, surface, and mesh modeling, allowing users to create both simple and complex geometries depending on their skill level [2]. Parametric modeling is particularly valuable for beginners because it allows easy modification of models by adjusting dimensions and constraints.

The software also supports collaboration and cloud-based data management, enabling users to store, access, and share projects easily. This is especially useful in an educational context, as it facilitates feedback, version control, and collaborative learning [2].

Compared to other Autodesk products such as AutoCAD (primarily focused on 2D drafting) and Inventor (a more advanced mechanical engineering design tool), Fusion offers a balanced combination of functionality and usability. Its relatively low entry threshold makes it particularly suitable for adult learners without prior technical experience.

In addition, Autodesk provides free access to Fusion for personal and educational use, significantly increasing its accessibility for learners and training centers [2]. This factor is especially important when organizing courses for a broad audience.

It is essential to consider the characteristics of adult learning. Adult learners possess life experience, established learning strategies, and clearly defined goals, but they often

face time constraints. Therefore, the educational process should be flexible, practice-oriented, and directly connected to real-life needs. This approach is based on the principles of andragogy, including self-directed learning, the use of prior experience, and problem-centered instruction [3]. The face-to-face format provides additional advantages such as direct interaction with the instructor, immediate feedback, and the ability to quickly resolve difficulties.

The structure of the training program usually includes several stages. At the initial stage, learners become familiar with the basic concepts of 3D modeling, including coordinate systems, sketches, constraints, and fundamental operations such as extrusion, rotation, and cutting. Fusion allows models to be created step by step, which significantly simplifies the learning process for beginners [4]. Practical tasks at this stage include creating simple geometric objects and modifying their parameters.

At the intermediate stage, learners acquire more advanced skills such as working with assemblies, applying parametric design principles, and creating functional objects. Since the target audience consists of non-engineers, emphasis is placed on designing practical items such as household tools, organizers, and simple mechanical components. Parametric modeling enables users to easily modify dimensions and customize models, which is especially valuable for practical applications [4].

A key component of the course is preparing models for 3D printing. Learners gain knowledge about file formats (e.g., STL), mesh integrity, wall thickness, tolerances, and common modeling errors [1]. Understanding these aspects is critical because even well-designed models may fail during the printing process if they are not properly optimized.

In addition, participants are introduced to the fundamentals of 3D printing technologies. This includes an overview of printing methods such as fused deposition modeling (FDM), commonly used materials (PLA, PETG), and printer settings. Learners also study how parameters such as layer height, infill, and temperature influence the quality and durability of printed objects [1; 5]. Demonstrating the printing process in a face-to-face environment significantly improves comprehension and learner engagement.

An important aspect of the educational process is the teaching methodology. Effective instruction combines brief theoretical explanations with practical activities. Project-based learning is particularly valuable because it enables learners to work on individual projects with real practical relevance. For example, participants may create custom objects tailored to their personal needs, which increases motivation and engagement.

Another important factor is the development of spatial thinking and creativity. For many adult learners, especially those without technical experience, visualizing three-dimensional objects can be challenging. Therefore, instructors should use visual materials, step-by-step demonstrations, and analogies to facilitate understanding. Over time, learners develop the ability to mentally manipulate objects and predict modeling outcomes.

It is also important to consider common difficulties faced by adult learners. These may include fear of technology, lack of self-confidence, and difficulties understanding

abstract concepts. Creating a supportive learning environment, encouraging experimentation, and treating mistakes as a natural part of the learning process are essential for overcoming these barriers.

Assessment of learning outcomes should primarily be based on practical achievements rather than theoretical knowledge alone. Evaluation methods may include completed projects, the functionality of printed objects, and the ability to independently solve modeling tasks. Such an approach corresponds to the practical nature of the course and the needs of adult learners.

Motivation plays a key role in adult education. Most learners are driven by practical goals such as creating useful objects, improving professional skills, or exploring new career opportunities. Achieving visible results at the early stages of the course, for example successfully printing a self-designed object, significantly increases confidence and motivation [3].

In conclusion, face-to-face training in 3D modeling using Fusion for 3D printing is an effective educational approach when adapted to the needs of learners without engineering backgrounds. A combination of practical orientation, accessible tools, structured instruction, and a supportive learning environment enables learners to acquire sustainable skills applicable in various fields of activity.

References:

1. Gibson I., Rosen D., Stucker B. Additive Manufacturing Technologies. Cham: Springer, 2021.

2. Autodesk. What is Fusion 360? Available at: https://www.autodesk.com/solutions/what-is-fusion-360 (accessed: 06.05.2026).

3. Knowles M. S., Holton E. F., Swanson R. A. The Adult Learner: The Definitive Classic in Adult Education and Human Resource Development. New York: Routledge, 2015.

4. Autodesk. Fusion 360 for Beginners Guide. Available at: https://help.autodesk.com/ (accessed: 06.05.2026).

5. Chua C. K., Leong K. F. 3D Printing and Additive Manufacturing: Principles and Applications. Singapore: World Scientific, 2017.

THE ROLE OF ERP AND CRM SYSTEMS IN THE INTEGRATION OF BUSINESS EDUCATION AND THE CORPORATE SECTOR IN THE CONTEXT OF DIGITAL TRANSFORMATION: THE CHINESE EXPERIENCE

Tleshbayeva R.
DBA Doctoral Student,
Almaty Management University,
Kazakhstan, Almaty

ABSTRACT

The article examines the role of ERP and CRM systems in the integration of business education and the corporate sector in the context of digital transformation. The study analyzes the theoretical foundations of ERP and CRM systems, as well as their significance in enterprise management and the formation of a digital educational environment. In addition, the development features of online and hybrid learning technologies, smart education, and lifelong learning concepts in the context of the digital economy are considered.

Special attention is paid to China's digital education policy and the experience of technology companies. The study explores the "Internet Plus Education" program, the smart campus system, and the use of ERP and CRM platforms in leading Chinese technology companies. It was found that the Chinese experience contributes to the formation of an effective model of digital partnership between universities and the corporate sector.

The research results demonstrate that ERP and CRM systems not only automate business processes but also strengthen information interaction between universities and the corporate sector, contributing to the development of digital competencies. Furthermore, the current state of business education digitalization in Kazakhstan is analyzed, and recommendations are provided for implementing ERP and CRM systems, developing corporate educational platforms, and enhancing university–business cooperation.

Keywords: ERP system, CRM system, digital transformation, business education, corporate sector.

At the present stage, digital transformation is bringing significant changes to enterprise management systems. In particular, the automation of business processes, effective management of information flows, and improvement of customer interaction have become one of the strategic development priorities of organizations. In this regard, ERP (Enterprise Resource Planning) and CRM (Customer Relationship Management) systems are widely used as important tools of digital management.

In scientific literature, ERP systems are considered an integrated platform that enables the management of all internal resources of an enterprise within a unified information environment. The American researcher T. Davenport describes ERP

systems as a strategic tool that integrates an organization's business processes and improves management efficiency. According to the author, ERP systems are not only a technical solution but also an important element of managerial transformation [1].

The main purpose of ERP systems is to automate and integrate the activities of enterprise departments such as finance, logistics, production, warehouse management, human resources, and procurement into a single information system. These systems ensure transparency of information flows within the organization and accelerate managerial decision-making processes. Researchers emphasize that ERP platforms have become an important factor in increasing the competitiveness of enterprises in the digital economy.

CRM systems, in turn, are defined as a set of digital technologies aimed at effectively managing customer relationships. Chen and Popovich consider CRM as an integrated model of people, technologies, and business processes. According to the authors, the main purpose of CRM is to analyze customer needs, establish long-term relationships with consumers, and improve the company's marketing efficiency [2].

In contemporary research, CRM systems are considered not only as tools for managing customer databases but also as platforms for analytical decision-making. CRM technologies enable the analysis of customer behavior, sales forecasting, and the improvement of marketing strategies. In addition, CRM systems play an important role in shaping a company's corporate culture and customer-oriented management model.

Special attention is given in scientific studies to the integration of ERP and CRM systems. According to researchers, the integration of these systems makes it possible to connect the internal and external business processes of an enterprise and create a unified digital ecosystem. While ERP systems manage the internal operations of an organization, CRM systems are focused on customer interaction. Therefore, their integration enhances management efficiency and increases the speed of information exchange.

In their works on management information systems, Laudon K. & Laudon J. describe ERP and CRM integration as one of the key directions of digital transformation. The authors emphasize the growing importance of centralized data management, cloud technologies, Big Data, and analytics tools in modern enterprises [3]. Such systems increase organizational flexibility and enable rapid adaptation to the digital environment.

In the context of digital transformation, ERP and CRM systems are considered not only as enterprise management tools but also as important digital infrastructure that ensures interaction between business education and the corporate sector. Particularly in the Chinese experience, these systems are actively used to develop partnerships between universities and the corporate sector, organize corporate training programs, and foster digital competencies [4].

Thus, the analysis of scientific literature demonstrates that ERP and CRM systems are among the key factors for the effective organization of enterprise activities in the digital economy, the development of business education, and the strengthening of integration between the corporate sector and educational institutions.

Integration of Business Education and the Corporate Sector in the Context of Digital Transformation

At the present stage, digital transformation is shaping a new model of interaction between the business education system and the corporate sector. The development of information and communication technologies strengthens the connection between universities and enterprises and creates opportunities for the development of practice-oriented education. In particular, ERP and CRM systems have become important digital tools for integrating business education and the corporate sector.

In the context of the digital economy, the main task of higher education institutions is to train specialists with advanced digital competencies that meet labor market demands. In this regard, strategic partnerships are being formed between business schools and enterprises. The corporate sector actively participates in developing educational programs, organizing practical projects, and introducing digital technologies into the educational process.

One of the main trends in the modern business education system is the digitalization of the learning process. In recent years, online and hybrid learning technologies have become widespread, leading to the emergence of the smart education concept. This model provides learners with flexible educational opportunities and creates conditions for developing professional skills in a digital environment.

Online educational platforms increase the accessibility of business education and provide opportunities for learning at the international level. Platforms such as Coursera, edX, Moodle, and Microsoft Teams are actively used to organize business and management courses [5].

In addition, the importance of the “lifelong learning” concept continues to grow. In the modern labor market, the need for continuous professional development and knowledge updating contributes to the advancement of digital learning systems.

Table 1. Main Directions of Business Education Digitalization

Directions	Description	Applied Technologies
Online learning	Distance education	Coursera, edX, MOOC
Hybrid learning	Online and offline format	Zoom, Teams
Smart education	Intelligent learning system	AI, Big Data
Lifelong learning	Continuous education	LMS platforms
Note: compiled by the author based on sources [6-8].		

ERP and CRM systems have become one of the essential elements of modern business education. These systems make it possible to manage the educational process, analyze students’ academic performance, and develop educational programs that meet the needs of the corporate sector.

ERP systems are used to manage the internal resources of universities. They automate functions such as academic planning, monitoring financial operations, human resource management, and organizing educational resources.

CRM systems are aimed at effectively organizing interaction between universities, students, employers, and corporate partners. Through CRM platforms, universities can analyze students' needs, establish communication with corporate partners, and maintain relationships with graduates.

Currently, Chinese business schools actively use ERP and CRM systems in corporate training programs. In particular, digital management technologies have been integrated into practice-oriented learning systems within university–industry cooperation platforms in China [9].

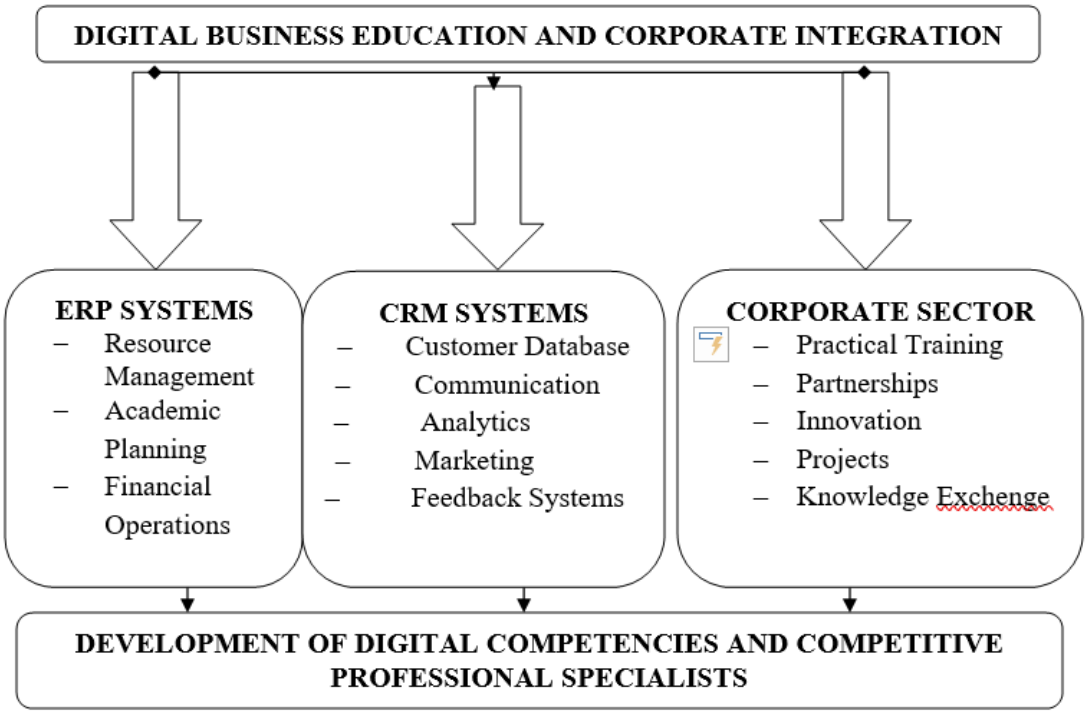


Figure 1. The Role of ERP and CRM Systems in Business Education
Note: compiled by the author based on sources [6,7,8].

Figure 1 illustrates the role of ERP and CRM systems in the integration of business education and the corporate sector. ERP systems are aimed at managing resources, the educational process, and financial operations, while CRM systems perform functions related to communication, analytics, and customer interaction management.

In addition, the corporate sector participates in practice-oriented education and the development of innovative projects. The integration of ERP and CRM systems contributes to the formation of a digital educational environment and enables the training of competitive specialists.

In the context of digital transformation, new forms of cooperation between universities and the corporate sector are emerging. Today, enterprises organize joint laboratories, innovation centers, and corporate training programs in collaboration with higher education institutions.

The integration of ERP and CRM systems strengthens information exchange between universities and companies and contributes to the development of a practice-

oriented education model. For example, leading Chinese technology companies create joint digital platforms with universities and implement projects aimed at developing students' practical skills [10,11].

Such cooperation contributes to:

- training specialists adapted to labor market requirements;
- developing digital competencies;
- promoting innovative projects;
- improving the quality of education.

Table 2. Advantages of Integration Between Universities and the Corporate Sector

For Universities	For the Corporate Sector
Practice-oriented education	Training of qualified specialists
Introduction of digital technologies	Formation of кадровый reserve / talent pool
International cooperation	Development of innovative projects
Development of scientific research	Improvement of management efficiency
Note: compiled by the author based on sources [10,11].	

Thus, in the context of digital transformation, ERP and CRM systems are becoming important digital tools that strengthen the integration between business education and the corporate sector. These systems make it possible to modernize the educational process, improve the quality of corporate training, and prepare modern specialists adapted to labor market requirements.

Today, China has become one of the world's leading countries in the field of digital education. In the country, the digitalization of the education system is considered a strategic direction of state policy, and special attention is paid to the introduction of digital technologies in higher education institutions. The Chinese government has adopted a number of programs aimed at modernizing the education system in order to develop the digital economy. One of these initiatives is the "Internet Plus Education" program. This program is aimed at integrating internet technologies, cloud platforms, Big Data, and artificial intelligence elements into the educational process. The main objectives of the program are to improve the online education system, increase accessibility to education, and develop digital educational infrastructure. As a result, online learning platforms and smart education systems have become widely used in Chinese universities [12].

One of the important elements of digital transformation in China is the Smart Campus concept. The smart campus system enables the management of all university activities based on digital technologies. In this model, ERP systems are used to manage the educational process, financial operations, and academic resources, while CRM platforms perform communication functions with students, teachers, and partners. In addition, Big Data, cloud technologies, and analytics tools are actively utilized within the smart campus system [13].

The Chinese government provides continuous state support for the digitalization of higher education institutions. Investments are allocated for the development of digital infrastructure, the creation of innovation laboratories, and the expansion of cooperation between universities and technology companies. Such support has contributed to the formation of a digital educational ecosystem and increased the international competitiveness of universities.

Leading Chinese technology enterprises actively apply ERP and CRM systems as key instruments of corporate management and digital transformation. These systems are widely used to optimize business processes, manage information flows, and improve interaction between organizations and users within the digital economy.

Chinese companies also play an important role in the integration of business education and the corporate sector. In cooperation with universities, they develop joint educational initiatives, digital training programs, and practice-oriented learning platforms aimed at enhancing students' digital competencies and professional skills.

In the field of digital education, university–industry collaboration includes the creation of innovation laboratories, implementation of cloud technologies, and training in ERP systems, Big Data, and artificial intelligence. Such cooperation demonstrates the growing role of the corporate sector in the modernization of higher education and the development of digital learning environments [14].

In addition, Chinese digital enterprises actively promote smart education and cloud-based platforms. Through the use of digital technologies and CRM solutions, they contribute to the improvement of online learning systems and strengthen digital communication between educational institutions and the corporate sector.

In addition, Chinese companies pay special attention to the development of corporate educational platforms. Such platforms are aimed at improving employees' professional qualifications, developing digital skills, and implementing the concept of lifelong learning.

Table 3. Application of ERP and CRM Systems in Chinese Technology Companies

Type of Company	Role of ERP Systems	Role of CRM Systems
E-commerce companies	Logistics and resource management	Customer relations and analytics
CT companies	Academic and technical management	Communication with partners
Digital platform companies	Digital infrastructure	Online educational platforms

Note: compiled by the author based on sources [12–14].

In Kazakhstan, the issue of modernizing business education in the context of the digital economy remains highly relevant. Within the framework of the "Digital Kazakhstan" program, a number of measures are being implemented to digitalize the

higher education system. Universities are introducing online learning systems, LMS platforms, and distance learning technologies [15].

However, the level of widespread implementation of ERP and CRM systems in the educational process is still insufficient. China's experience can serve as an important model for Kazakhstan in developing interaction between business education and the corporate sector. First, the introduction of ERP and CRM systems into university management can improve the efficiency of the educational process. These systems create conditions for automating academic planning, communication with students, and resource management processes.

Second, it is necessary to strengthen partnerships between universities and the corporate sector. In China, technology companies establish joint laboratories, innovation centers, and practical training programs together with higher education institutions. In Kazakhstan, broader involvement of business structures in the education system would contribute to training specialists adapted to labor market requirements.

Third, the development of corporate educational platforms is one of the important directions. Such platforms contribute to improving employees' digital competencies and promoting the lifelong learning system.

Thus, China's experience demonstrates that the implementation of ERP and CRM systems can strengthen the integration between business education and the corporate sector, support the development of digital management systems, and contribute to the training of competitive specialists.

Conclusion. At the present stage, digital transformation is shaping a new model of interaction between business education and the corporate sector. The study revealed that ERP and CRM systems play an important role not only in enterprise management but also in the digitalization of business education and the development of university–business integration. These systems make it possible to automate the educational process, strengthen information exchange, and develop digital competencies.

China's experience has demonstrated the effectiveness of digital education policy and the importance of cooperation between technology companies and higher education institutions. The experience of leading Chinese technology companiesin using ERP and CRM platforms represents an effective mechanism for strengthening integration between business education and the corporate sector.

The research findings also show the relevance of implementing ERP and CRM systems in the education sector of Kazakhstan, developing cooperation between universities and the corporate sector, and improving digital educational infrastructure. Thus, the effective use of digital technologies is an important factor in training competitive specialists and developing business education.

References:

1. Davenport T. *Mission Critical: Realizing the Promise of Enterprise Systems*. – Boston: Harvard Business School Press, 2000. https://books.google.com/books/about/Mission_Critical.html?id=p2kwgnefpQEC

2. Chen I., Popovich K. Understanding Customer Relationship Management (CRM): People, Process and Technology // *Business Process Management Journal*. –

2003. – Vol. 9(5). – P. 672–688. https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/14637150310496758/full/html

3. Laudon K., Laudon J. *Management Information Systems: Managing the Digital Firm*. – Pearson Education, 2022. https://www.pearson.com/en-us/subject-catalog/p/management-information-systems-managing-the-digital-firm/P200000003479

4. Schwab K. *The Fourth Industrial Revolution*. – Geneva: World Economic Forum, 2016. https://www.weforum.org/about/the-fourth-industrial-revolution-by-klaus-schwab

5. OECD. *Digital Education Outlook 2023*. – Paris: OECD Publishing, 2023. https://www.oecd.org/education/digital-education-outlook

6. OECD Digital Education Outlook 2023 https://www.oecd.org/education/digital-education-outlook

7. World Economic Forum. Future of Jobs Report 2023 https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2023/

8. Schwab K. *The Fourth Industrial Revolution*. – 2016.

9. Zhao Y. *Digital Transformation of Education in China*. – Beijing, 2022. https://link.springer.com/book/10.1007/978-981-19-6356-9

10. World Economic Forum. *The Future of Jobs Report 2023*. https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2023/

11. Etzkowitz H., Leydesdorff L. *The Triple Helix: University–Industry–Government Innovation Model*. – Routledge, 2000. https://www.researchgate.net/publication/240622304_The_Dynamics_of_Innovation_From_National_Systems_and_Mode_2_to_a_Triple_Helix_of_University-Industry-Government_Relations

12. Zhao Y. *Digital Transformation of Education in China*. – Singapore: Springer, 2022. https://link.springer.com/book/10.1007/978-981-19-6356-9

13. OECD. *Digital Education Outlook 2023: Towards an Effective Digital Education Ecosystem*. – Paris: OECD Publishing, 2023. https://www.oecd.org/education/digital-education-outlook/

14. Ministry of Education of the People's Republic of China. *Education Informatization 2.0 Action Plan*. http://en.moe.gov.cn/documents/reports/201907/t20190717_391287.html

15. Government of the Republic of Kazakhstan. *Digital Kazakhstan State Program*, 2017.https://digitalkz.kz

AI AS A TOOL FOR INTERDISCIPLINARY LEARNING: OVERCOMING COGNITIVE BARRIERS IN ALGORITHMIC THINKING THROUGH STEM SIMULATIONS

Uzakbayev Nurlybay
Computer Science Teacher
Nazarbayev Intellectual School of Science and Mathematics, Aktobe, Kazakhstan

Abstract.

This article addresses the critical issue of declining academic performance among 11th-grade students when studying abstract algorithmic concepts, such as arrays and sorting. Statistical analysis of the External Summative Assessment results (Component 3) for the 2024 and 2025 cohorts reveals a performance stagnation at 50–52%, highlighting the inefficiency of traditional teaching methods in high-cognitive abstraction environments. To overcome this barrier, the study proposes a transition to a Problem-Based Learning (PBL) model within a STEM approach, ensuring deep comprehension through the interdisciplinary contexts of physics, chemistry, and biology. As the manual creation of complex applied scenarios is resource-intensive, the Action Research methodology employed generative artificial intelligence as a "learning environment simulator" to model real-world scientific tasks (drone flight stabilization, oil fractional distillation, and DNA mutations). The validity of the research was ensured by evaluating the experimental group (14 students) using standardized past tasks from the External Summative Assessment. The results demonstrated a breakthrough of the historical barrier, with the experimental cohort achieving an average score of 72%. The study proves that an interdisciplinary STEM approach implemented via AI simulations facilitates cognitive transfer, transforming "surface" syntax memorization into systemic algorithmic thinking.

Keywords: artificial intelligence in education, Action Research, STEM education, Problem-Based Learning (PBL), computational thinking, algorithms, External Summative Assessment.

Introduction

In the era of rapid technological advancement, computer science education in secondary schools is undergoing a critical change in thinking: transitioning from the mechanical memorization of programming language syntax to the comprehensive development of "Computational Thinking". As articulated by Jeannette Wing, computational thinking represents a fundamental, cross-disciplinary skill set essential for analyzing complex data and solving problems across all scientific domains, rather than an isolated tool for software engineers [2]. However, the practical execution of this educational shift faces substantial cognitive barriers. Within secondary school curricula, particularly in specialized STEM ecosystems, the transition to advanced

algorithmic topics—such as multi-dimensional arrays, data structuring, and sorting algorithms—constitutes a significant "complexity spike" for students.

Teaching experience and institutional metrics indicate that Component 3 of the External Summative Assessment, which specifically targets "Algorithms and Arrays," represents the most challenging milestone for 11th-grade students. An analysis of the data from the two preceding graduating cohorts reveals a pronounced performance stagnation. Specifically, graduates from the 2023–2024 academic year achieved a mean score of 52% on Component 3, while the subsequent 2024–2025 cohort demonstrated a decline to exactly 50%. These figures, hovering directly at the minimum passing threshold, expose a persistent pedagogical vulnerability: students easily master basic, visually grounded programming blocks, yet experience severe cognitive failure when required to map abstract syntax onto intricate logical structures under standardized external exam conditions.

This educational crisis is fundamentally rooted in the conventional "flat" methodology of teaching algorithmic logic. Standard curriculum models typically present arrays and sorting mechanisms through arbitrary, discontextualized mathematical operations (e.g., sorting random sequences of scalar numbers). According to John Hattie's meta-analytic educational framework, such disconnected instruction confines students to the zone of "Surface Learning," where syntactic knowledge is temporarily retained for localized compliance (such as basic school tasks) but fails to transition into long-term cognitive schema, resulting in systemic failures during external assessments [3]. To mitigate this, Seymour Papert's foundational theory of constructionism emphasizes that the human mind requires concrete "objects-to-think-with" tangible, phenomenological models that anchor mathematical abstractions within real-world physical boundaries [1].

To overcome the documented 50% threshold barrier, this Action Research introduces a comprehensive transition to a Problem-Based Learning (PBL) model embedded within an integrated STEM approach. The core methodology relies on contextualizing abstract algorithmic execution through the lens of natural sciences—specifically physics, chemistry, and biology—thereby transforming empty syntax into a functional narrative of scientific inquiry. However, the manual engineering of highly localized, authentic scientific data streams for individual classroom settings presents a severe resource-intensive challenge for educators. Therefore, this study explores the novel utilization of generative Artificial Intelligence (AI) operating explicitly as a "Learning Environment Simulator." Drawing upon the framework established by Mollick and Mollick, AI is deployed not to generate code for the student, but to instantly synthesize complex, safe, and epistemologically rigorous datasets that mimic empirical laboratory environments [4].

The primary objective of this study is to investigate how the systematic implementation of AI-generated interdisciplinary STEM simulations affects the capacity of 11th-grade students to solve standardized algorithmic problems of the External Summative Assessment level. Consequently, the research aims to establish whether bridging computational abstraction with physical reality can facilitate the

cognitive transfer necessary to eliminate academic risk groups and significantly elevate standardized mastery indices.

Methodology and Pedagogical Intervention

This study employed an Action Research methodology, structured around the iterative, self-reflective cycle of planning, acting, observing, and reflecting. The research was conducted with an experimental cohort consisting of 14 students in the 11th grade. To ensure rigorous empirical validity and enable an objective comparison with the historical baseline (the 50–52% performance stagnation), the post-intervention summative assessment was constructed exclusively using standardized past tasks from Component 3 of the External Summative Assessment. This methodological decision guaranteed that the cognitive load and complexity of the evaluation instrument remained identical to the historical exams.

The pedagogical intervention was executed over three distinct instructional cycles. Traditional abstract coding assignments were replaced with applied STEM simulations. Generative AI was utilized strictly in the capacity of a "simulator" to synthesize complex, scientifically plausible datasets, ensuring that the AI did not write code for the students, but rather provided the empirical environments for them to navigate.

Cycle 1: Physics and Arrays (Drone Flight Stabilization). The primary objective of the first cycle was the mastery of one-dimensional arrays and indexing. Students were tasked with programming an autopilot system capable of compensating for wind interference. The AI simulator generated an array of flight coordinates incorporating harmonic oscillations (representing wind noise) over a 20-second interval. Through this simulation, students successfully conceptualized abstract array indices as physical time-stamps, grounding mathematical abstraction in physical reality.

Cycle 2: Chemistry and Sorting Algorithms (Oil Fractional Distillation). The second cycle focused on sorting algorithms. The pedagogical problem required students to automate the fractional distillation of crude oil. The AI generated a diverse dataset of hydrocarbon substances, each with specific boiling point temperatures. Students were required to apply algorithmic sorting not merely as a mathematical exercise, but as a functional chemical separation tool, thereby providing clear physical justification for the algorithm's execution.

Cycle 3: Biology and Array Shifts (DNA Genetic Mutation). The final cycle addressed the computationally expensive operations of element insertion and deletion within arrays (fundamental to insertion sort logic). The task involved modeling a genetic frameshift mutation caused by the deletion of a single nucleotide. Utilizing AI-generated DNA sequences, students analyzed the "ripple effect" of shifting array elements, effectively visualizing the computational cost of algorithmic shifts through the lens of biological mutations.

Results and Discussion

The quantitative analysis of the post-intervention assessment revealed a significant improvement in academic performance, successfully validating the research hypothesis. While the historical control cohorts (graduates of 2024 and 2025) stagnated at an average mastery level of 52% and 50% respectively, the experimental cohort of

11th-grade students achieved a mean score of 72% on the standardized External Summative Assessment tasks.

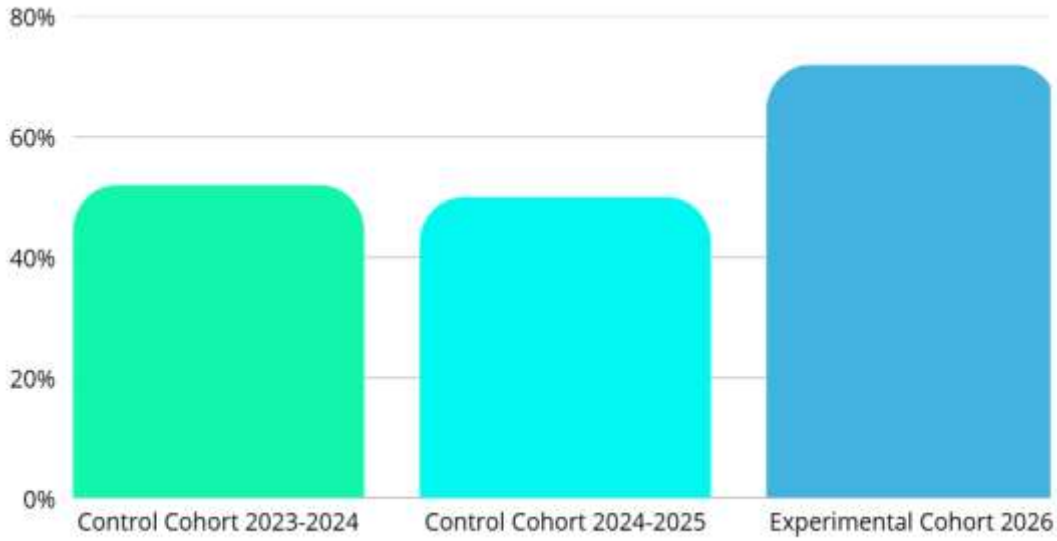


Figure 1. Comparative Analysis of Academic Performance on Component 3 of the External Summative Assessment

Source of the figure: author's development

As illustrated in Figure 1, evaluated on an identical cognitive difficulty scale, the cohort instructed via AI-contextualization outperformed the historical baseline by an average of 20-22%. Crucially, qualitative observation during the assessment period indicated that the PBL methodology effectively eliminated the "critical failure" tail. Students from the traditional academic risk group, who typically struggled with pure mathematical abstraction, successfully engaged with complex exam logic.

The success of this intervention can be attributed to the phenomenon of cognitive transfer. The AI-generated STEM simulations shifted the cognitive load from syntax memorization to systems analysis. When confronted with standardized exam questions, students no longer attempted to blindly recall code structures; instead, they applied a systemic engineering approach, translating the abstract problems into familiar physical or biological processes. The interdisciplinary context acted as a critical cognitive scaffold, making previously inaccessible material tangible and logical.

Conclusion

The persistent 50% performance barrier in teaching complex algorithmic logic is fundamentally a pedagogical issue associated with excessive abstraction, rather than a reflection of student capability. This Action Research demonstrates that transitioning to a Problem-Based Learning (PBL) model within a STEM framework fundamentally alters how students process computational data. By utilizing generative AI as a simulator of natural science environments, educators can efficiently bridge the gap between abstract computer science theory and applied interdisciplinary practice. The study concludes that AI-generated STEM simulations produce deep, resilient knowledge that directly translates into higher academic achievement on external

standardized exams. It is highly recommended to scale the use of AI simulators as a standard pedagogical tool for advanced computer science curricula.

References:

1. Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*. Basic Books.
2. Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35.
3. Hattie, J. (2009). *Visible Learning: A Synthesis of Over 800 Meta-Analyses Relating to Achievement*. Routledge.
4. Mollick, E. R., & Mollick, L. (2023). Assigning AI: Seven Approaches for Students, with Prompts. *SSRN Electronic Journal*.

ГЕЙМІФІКАЦІЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ МОТИВАЦІЇ ТА РОЗВИТКУ HARD I SOFT SKILLS У ПРОЦЕСІ ВИВЧЕННЯ АНГЛІЙСЬКОЇ МОВИ

Асадулова Афнур Гадір кизи,
вчитель англійської мови
комунальний заклад «Харківський ліцей №18
Харківської міської ради»

Шелест Людмила Юріївна,
вчитель англійської мови
комунальний заклад «Харківський ліцей №18
Харківської міської ради»

Сучасна система освіти України функціонує в умовах трансформації, зумовленої потребою формування компетентної, творчої та соціально адаптованої особистості. Концепція Нової української школи [3] акцентує увагу на створенні безпечного й комфортного освітнього середовища, упровадженні практико-орієнтованого та особистісно орієнтованого навчання, забезпеченні ситуації успіху для кожного здобувача освіти з урахуванням його індивідуальних особливостей. Особливого значення набуває розвиток навичок XXI століття, серед яких критичне мислення, комунікація, співпраця, креативність і цифрова грамотність.

У Законі України «Про повну загальну середню освіту» та Державних стандартах загальної середньої освіти [1-2] визначено ключові принципи організації освітнього процесу: дитиноцентризм, компетентнісна спрямованість та особистісна орієнтація навчання. У зв'язку з цим актуалізується потреба в застосуванні інноваційних педагогічних технологій, здатних підвищити ефективність навчання та активізувати пізнавальну діяльність учнів. Однією з таких технологій є гейміфікація.

Гейміфікація (gamification) [4-7] – це використання ігрових механік, елементів і принципів у неігровому середовищі з метою підвищення мотивації, залучення та результативності діяльності. У контексті навчання англійської мови гейміфікація сприяє створенню інтерактивного освітнього середовища, у якому учні виступають активними учасниками освітнього процесу.

Особливої актуальності використання гейміфікації набуває в умовах дистанційного та змішаного навчання. Ігрові технології забезпечують підтримання уваги учнів, підвищують рівень їхньої навчальної мотивації та сприяють якісному засвоєнню навчального матеріалу. Крім того, гейміфіковані активності позитивно впливають як на формування Hard skills – предметних знань і мовленнєвих умінь, що піддаються оцінюванню, так і на

розвиток Soft skills – комунікативності, емоційного інтелекту, здатності до співпраці, креативності та критичного мислення.

Елементи гейміфікації можуть інтегруватися практично на кожному етапі уроку іноземної мови. На етапі актуалізації опорних знань доцільно використовувати лексичні ігри, спрямовані на активізацію словникового запасу та введення учнів у тему заняття. Ефективними є завдання на встановлення відповідності між словами, зображеннями, запитаннями та відповідями. В умовах дистанційного навчання для демонстрації флеш-карток і проведення інтерактивних вправ можуть використовуватися функціональні можливості платформи Zoom, а також онлайн-ресурси «Wordwall» і «British Council LearnEnglish Kids» [4].

На етапі вивчення нового матеріалу гейміфікація сприяє ефективнішому засвоєнню лексичних одиниць і мовленнєвих структур. Наприклад, гра «Bingo» активізує процес запам'ятовування нової лексики через повторення та асоціативне мислення, а гра «Pictionary» розвиває мовленнєву здогадку та візуальне сприйняття. Використання платформи «Bamboozle» [6] забезпечує інтерактивне закріплення нових мовленнєвих моделей і підвищує рівень залучення учнів до навчальної діяльності.

Розвиток навичок усного мовлення ефективно реалізується через рольові ігри та ситуативне моделювання. У процесі виконання таких завдань учні відтворюють комунікативні ситуації відповідно до тематики уроку, удосконалюючи навички діалогічного та монологічного мовлення. Використання інтерактивного інструменту «Random Wheel» («Випадкове колесо») сприяє розвитку спонтанного мовлення, оскільки учні випадковим чином отримують теми для обговорення або мовленнєві конструкції.

Для формування навичок читання доцільним є застосування інтерактивних вправ на відновлення тексту, добір пропущених слів і фраз, встановлення логічної послідовності частин тексту, а також виконання тестових завдань на розуміння прочитаного. Такі завдання можуть бути реалізовані за допомогою онлайн-платформи «Interacty.me» [4], яка дозволяє створювати інтерактивні освітні ресурси.

На етапі закріплення граматичного матеріалу гейміфікація забезпечує багаторазове повторення мовних структур у невимушеній формі. Учні можуть виконувати вправи на заповнення пропусків, трансформацію речень, встановлення відповідності між граматичними конструкціями та правильними формами дієслів. Ігровий формат сприяє зниженню рівня тривожності та формуванню позитивного ставлення до вивчення граматики.

Ефективним є також використання гейміфікованих методик на етапі рефлексії. Зокрема, за допомогою інтерактивних інструментів платформи «Wordwall» учні мають можливість оцінити власний прогрес, висловити враження від уроку та проаналізувати результати своєї діяльності.

Отже, гейміфікація є ефективною педагогічною технологією [8], яка сприяє підвищенню навчальної мотивації, активізації пізнавальної діяльності та створенню позитивного емоційного середовища на уроках англійської мови.

Використання ігрових механік забезпечує розвиток мовленнєвих компетентностей, удосконалення Hard skills і формування Soft skills, необхідних для успішної самореалізації особистості в умовах сучасного суспільства. Крім того, гейміфікація сприяє розвитку навичок XXI століття, зокрема цифрової грамотності, адаптивності, креативності та здатності до ефективної взаємодії в команді.

References:

1. Закон України «Про повну загальну середню освіту» від 16.01.2020 № 463-IX.
2. Державний стандарт базової середньої освіти: затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 30 вересня 2020 р. № 898.
3. Концепція реалізації державної політики у сфері реформування загальної середньої освіти «Нова українська школа» на період до 2029 року: схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 14.12.2016 № 988-р.
4. Kapp K. M. The Gamification of Learning and Instruction: Game-Based Methods and Strategies for Training and Education. – San Francisco: Pfeiffer, 2012.
5. Deterding S., Dixon D., Khaled R., Nacke L. From Game Design Elements to Gamefulness: Defining "Gamification" // Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference. – Tampere, 2011. – P. 9-15.
6. Zichermann G., Cunningham C. Gamification by Design: Implementing Game Mechanics in Web and Mobile Apps. –Sebastopol: O'Reilly Media, 2011.
7. Werbach K., Hunter D. For the Win: How Game Thinking Can Revolutionize Your Business. Philadelphia: Wharton Digital Press, 2012.
8. Хоружа Л. Л. Інноваційні педагогічні технології в сучасній школі: навч.-метод. посіб. – Київ: Академвидав, 2020.

УКРАЇНСЬКА ПЕДАГОГІЧНА ДУМКА ПРО РОЛЬ МИСТЕЦТВА У ПАТРІОТИЧНОМУ ВИХОВАННІ МОЛОДШИХ ШКОЛЯРІВ

Волошенюк Катерина Валеріївна,
здобувач вищої освіти ступеня «бакалавр»
Криворізького державного педагогічного
університету спеціальності Середня освіта.
Музичне мистецтво

Проблема патріотичного виховання молодого покоління набуває особливої гостроти і актуальності у зв'язку з російсько-українською війною. В складних умовах сьогодення особливої уваги потребує питання формування у дітей стійких патріотичних переконань, ціннісного ставлення до своєї Батьківщини, відчуття своєї належності до великого і мужнього українського народу, його культури та історичного минулого, готовності зберігати і цінувати усе українське. Початкова освіта є невід'ємною складовою системи загальної середньої освіти в Україні, на базі якої закладаються основи особистісного розвитку дитини, формуються її морально-етичні якості, світоглядні погляди, громадянська позиція.

Проблема патріотичного виховання молодого покоління знайшла глибоке теоретичне обгрунтування у працях видатних українських учених, громадських діячів, педагогів XIX-XX століть. Це передусім праці Констянтина Ушинського, який розглядав патріотичне виховання дітей обов'язковою складовою навчально-виховного процесу, що формує їхній духовний світ; Софії Русової, яка підкреслювала важливість патріотичного виховання з раннього дитинства; Олександра Духновича, який акцентував на значенні такої складової патріотичної свідомості учнів як патріотичні почуття; Василя Сухомлинського, на думку якого, патріотизм є органічною єдністю моральних почуттів, духовності та активної діяльності особистості, невід'ємною складовою формування гармонійної особистості, яка має виховуватися на живих враженнях і переживаннях, що утворюють особистий досвід дитини; Григорія Ващенка, який обґрунтував ідею формування національної свідомості молодого покоління на засадах духовних, національних та загальнолюдських цінностей [6].

У наукових працях сучасних вітчизняних учених у галузі педагогіки Івана Беха, Володимира Безпалька, Василя Гонського, Катерини Чорної та інших сформульована ідеологія та національна ідея становлення громадянина України як патріота своєї держави, а патріотизм розглядається основою сучасного виховання; визначені шляхи національно-патріотичного виховання учнів в умовах реформування української школи [1-3].

У сучасній Україні створено нормативно-правовий документ з національно-патріотичного виховання дітей та учнівської молоді «Концепція національно-патріотичного виховання» [7]. Відповідно до цього документу основною метою

національно-патріотичного виховання є «становлення самодостатнього громадянина-патріота України, гуманіста і демократа, готового до виконання громадянських і конституційних обов'язків, до успадкування духовних і культурних надбань українського народу, досягнення високої культури взаємин, формування активної громадянської позиції, утвердження національної ідентичності громадян на основі духовно-моральних цінностей Українського народу, національної самобутності».

У Концепції «Нова українська школа» – ключовій реформі системи загальної середньої освіти, зазначено, що одним із завдань реформування української школи є освітній процес, який формує в учнів цінності. «Найосвіченіша людина», – зазначається в Концепції, може стати найгіршим злочинцем, якщо не розуміє і не поділяє загальнолюдські цінності» [8].

Згідно з Державним стандартом початкової освіти [4], мета початкової освіти ґрунтується на таких ціннісних орієнтирах, як «утвердження людської гідності шляхом виховання чесності, відваги, наполегливості, доброти, здатності до співчуття і співпереживання, справедливості, поваги до прав людини (зокрема, права на життя, здоров'я, власність, свободу слова тощо); плекання любові до рідного краю та української культури, шанобливе ставлення до Української держави; формування активної громадянської позиції, відповідальності за своє життя, розвиток громади та суспільства, збереження навколишнього світу». У типових програмах інтегрованого курсу «Мистецтво» поряд із визначеними предметними, міжпредметними та міжгалузевими компетентностями, якими мають оволодіти учні, серед завдань виокремлено і формування ціннісного ставлення учнів як усвідомлення національної ідентичності через українське і світове мистецтво.

Отже, національно-патріотичне виховання учнів початкової школи, зокрема і засобами музичного мистецтва, не втрачає своєї актуальності, а набуває нових орієнтирів. Сповнене яскравих патріотичних, героїчних образів, музичне мистецтво в силу своєї емоційно-образної природи здатне глибоко вражати і впливати на почуттєву сферу учнів, викликаючи відповідну реакцію у вигляді емоційного переживання, захоплення, співпереживання. Подібну думку висловлює Ірина Єгорова, зазначаючи, що такі музичні твори як «Запорізький марш», Є. Адамцевича, уривки з опери «Тарас Бульба» М. Лисенка, Дума кобзаря «Ой не чорна то хмара над Вкраїною стала» М. Лисенка, у.н.п. «Їхав козак за Дунай» та ін. не лише знайомлять учнів з історичними подіями в житті українського народу, народними героями, а й викликають захопленість їхньою мужністю і героїзмом, незламністю і відданістю своєму народу, своїй Батьківщині [5]. І в цьому значенні музику як засобу емоційного впливу на почуттєву сферу дітей молодшого шкільного віку, формування в них патріотичних почуттів неможливо переоцінити.

Разом з тим, науковці в галузі музичної педагогіки наголошують на необхідності методично грамотної побудови виховного процесу з урахуванням специфіки музики як виду мистецтва – «мистецтва звуків». Провідна теза музичної педагогіки про те, що музика може виконати свою виховну роль тільки

тоді, коли діти навчиться по-справжньому чути і розмірковувати про неї пов'язана з першочерговим завданням методики навчання музичного мистецтва – розвитком музичного слуху учнів. Адже здатність «сприймати і чути» музику не є вродженою. Вона формується і розвивається поступово у різних видах музичної діяльності, у процесі активного спілкування учнів з нею [9-10]. Музичне виховання – це передусім музично-слухове виховання, зумовлене інтонаційно-слуховою природою цього виду мистецтва. Без належної уваги до музичного-слухового розвитку учнів повноцінне вирішення будь-якого виховного завдання, в тому числі і завдання національно-патріотичного виховання, буде неможливим.

Список літератури:

1. Беспалько В. В. Національно-патріотичне виховання молодших школярів в умовах НУШ:http://dspaces.msu.edu.ua:8080/bitstream/123456789/7514/1/Nationalpatriotic_education_of_junior_schoolchildren_in_the_conditions_of_NUS.pdf (Дата звернення 18.04.2026)

2. Бех І. Д., Чорна К. І. Національна ідея в становленні громадянина-патріота України : програмно-виховний контекст. Київ : ІПВ АПН України, 2008. 40 с.

3. Гонський В. Патріотизм як основа сучасного виховання та ідеології держави: студії виховання. *Рідна школа*. 2001. № 2. С. 9–14.

4. Державний стандарт початкової освіти:https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/87-2018-%D0%BF#Text (Дата звернення 17.04.2026)

5. Єгорова І.В. Музичне мистецтво як засіб формування національної самосвідомості в учнів на уроках музики в сучасній українській школі (методичний аспект) /Vzdelávanie a spoločnosť. 2017 http://www.pulib.sk/web/kniznica/elpub/dokument/Bernatova9 (Дата звернення 17.04.2026)

6. Кислюк К. Українська ідентичність в історико-культурній ретроспективі. *Міжнародний вісник*. 2017. № 2. С. 3–8.

7. Концепція національно-патріотичного виховання в системі освіти України: Законодавство України: база даних / Верхов. Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0527729-22#n12 (дата звернення : 17.04.2026).

8. Концепція «Нова українська школа» : Міністерство освіти і науки України. Київ : МОН, 2016. 40 с. URL: https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna (Дата звернення : 11.04.2026.).

9. Ракітянська Л. М. Першочерговість завдань музичної освіти учнів початкової школи. *Науковий вісник Миколаївського національного університету імені В.О.Сухомлинського.* Педагогічні науки: зб. наук. праць / за ред. Тетяни Степанової. Миколаїв: МНУ ім. В. О. Сухомлинського, 2016. № 2 (53). С.134–138.

10. Ракітянська Л. М. Пріоритетність завдань шкільної музичної освіти. *Наукові записки.* Серія: Педагогічні науки. / редкол.: В. Ф. Черкасов та ін. Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2016. Вип.143. С.75–79.

ПЕДАГОГИЧЕСКИ НАСОКИ ЗА РЕАЛИЗИРАНЕ НА МОДЕЛА „STEM-READY“

Иванов Николай Димитров,
докторант
ШУ „Епископ Константин Преславски“

Резюме: Разработката предлага дидактическа технология за операционализиране на интердисциплинарната рамка „STEM-READY“ в професионалното образование. Анализирани са пет фундаментални педагогически насоки. Те трансформират традиционната класно-урочна система в съвременна инженерно-дизайнерска среда. Тази промяна се постига чрез сценарийно учебно съдържание, ролева трансформация на субектите и управление на итеративния инженерен цикъл. Разгледани са зоналната организация на средата с внедряване на индустриални софтуерни стандарти и въвеждането на многоизмерно оценяване за учене (Assessment for Learning). Системното прилагане на модела осигурява конвергенция между академичните STEM знания и приложните професионални компетентности, формирайки когнитивна гъвкавост за нуждите на Индустрия 4.0..

Ключови думи: Дидактическа технология, STEM-READY рамка, професионално образование, инженерен дизайн, проектно-ориентирано обучение, дигитално-физическа синергия, многоизмерно оценяване, Индустрия 4.0.

Въведение: Валидирането на всеки иновационен образователен модел е в пряка зависимост не само от неговата теоретична консистентност, но и от наличието на експлицитно разписан методологически алгоритъм за неговата практическа реализация. Преносът на концептуалната рамка „STEM-READY“ в реалната педагогическа среда на професионалните гимназии се налага необходимостта от систематизиране на конкретни критерии и специализирани методически указания [5]. Вместо фрагментирани препоръки, тези насоки конституират цялостната дидактическа технология на модела, като операционализират принципите на инженерния дизайн и проектно-ориентирания подход в контекста на професионалното образование. Чрез този инструментариум се дефинират субект-субектните отношения, като преподавателят се позиционира като ментор на иновации, а обучаемият – като активен агент в изследователския процесц[3][5];. Структурата на методическите насоки осигурява системно управление на итеративния цикъл и гарантира органичната конвергенция между фундаменталните STEM знания и приложните професионални компетентности. За да се постигне тази конвергенция, първоначалното дидактическо усилие трябва да бъде насочено към преформатиране на самото образователно съдържание, което поставя началото на структурните изменения в модела.

Архитектурата на учебното съдържание и неговата контекстуална интеграция изискват преструктуриране на дидактическия материал от линеен (урочен) към сценариен и казусен тип. В основата на процеса застава проектирането на т.нар. „автентични предизвикателства“ – инженерни казуси с висок праг на сложност и същевременно достъпен начален базис, които позволяват диференциация на обучението и неограничени възможности за оптимизация на решенията. Процесът изисква балансирано управление на хоризонталната и вертикалната конвергенция; хоризонталната връзка координира интердисциплинарните взаимодействия между отделните STEM компоненти, докато вертикалната свързва фундаменталните научни закони със специфичните производствени стандарти на Индустрия 4.0 [1]. По този начин обучението се трансформира от конвенционално към специализирано за нуждите на индустриата. Подобно дълбоко преструктуриране на учебното съдържание остава неприложимо, ако не бъде съпроводено от съответната редефиниция на ролите на преките участници в образователния процес.

Ролевата трансформация на субектите в образователния процес коренно променя динамиката и йерархията в учебната среда. Преподавателят репозиционира своята функция от класически лектор и единствен източник на информация в архитект на учебната среда и дидактически фасилитатор. Неговата основна задача е да насочва чрез целево задаване на въпроси и да направлява учениците в процесите на интелигентен анализ на данни (Data Mining), без да предлага готови решения. В тази трансформирана среда ученикът действа като изследовател и проектант, интегриран в хетерогенни „инженерни екипи“. Разпределението на специфични функционални роли (архитект, енергиен одитор, софтуерен разработчик) развива споделена отговорност и подготвя обучаемите за работа в реална интердисциплинарна среда. Промяната в динамиката между учител и ученик създава необходимите предпоставки за операционализиране на самия инженерен алгоритъм, който методически направлява тяхното оперативно взаимодействие.

Технологичното управление на итеративния цикъл се опира на регламентирания инженерен подход за решаване на проблеми (Engineering Design Process – EDP) [2]. Ключов момент тук е педагогическото концептуализиране на „цикъла на грешката“, където провалът се редефинира като ценен учебен ресурс. Дидактическата технология изисква планиране на достатъчно времеви ресурс за етапите на тестване и редизайн, като учениците се насочват към математическо и физическо аргументиране на възникналите дефекти. За предотвратяване на когнитивното претоварване се прилага дигитално-физическа синергия чрез методиката на когнитивното скеле (Scaffolding). Виртуалното и дигиталното моделиране осигуряват необходимата концептуална сигурност преди преминаването към етапите на физическа реализация с реални материали или скъпа апаратура. Ефективното управление на този итеративен процес обаче е немислимо без физическото и софтуерното обезпечаване на пространството, в което се разгръща изследователската дейност.

Пространствената и инструменталната организация на средата трябва материално да експлицира динамиката на инженерния процес чрез изграждането на специализирана STEM екосистема. Това налага ясно зонално разпределение на учебния кабинет на три диференцирани, но функционално свързани пространства: зона за идейно проектиране, предназначена за теоретичен анализ и генериране на концепции; зона за дигитална конвергенция, оборудвана с работни станции за CAD дизайн, симулационен софтуер и програмиране; и зона за индустриална реализация, съдържаща 3D принтери, монтажни маси и специализирана измервателна апаратура. Инструменталната конвергенция се постига чрез трансфер на лицензиран софтуер, утвърден като индустриален стандарт (Revit, MATLAB и Python), което скъсява дистанцията между академичната подготовка и пазарните изисквания [4]. Когато новата архитектура на съдържанието, ролите, процесите и средата са вече синхронизирани, моделът изисква адекватен рефлексивен механизъм за обективно измерване на постигнатите резултати.

Комплексната диагностика и оценяването се реформират в посока на многоизмерно оценяване за учене (Assessment for Learning), ориентирано към измерване на реалната професионална готовност (Readiness). Основен инструмент е портфолиото на инженерния прогрес, което замества еднократната цифрова оценка и проследява цялостната еволюция на проекта – от първоначалните идейни скици и дефектирали прототипи до финалния оптимизиран модел, стимулирайки аналитичното мислене и pseverance (постоянството). Логическият завършек на всеки STEM модул се осъществява чрез публична защита и валидация на резултатите пред експертна комисия с участието на представители на бизнеса, което сертифицира придобитите умения за техническа комуникация и аргументация.

Предложените пет педагогически насоки са проектирани в органично единство, целящо да структурира професионалното образование като цикличен, самоорганизиращ се процес на иновация. Системното им прилагане осигурява преход от репродуктивно усвояване на знания към формиране на когнитивна и операционална гъвкавост, необходима за развитието и оптимизацията на съвременните технологии. Конкретните стратегически препоръки, детайлизирани по професионални направления въз основа на тази концептуална матрица, са систематизирани и представени в следващата таблица..

Изводи и заключения

Въз основа на теоретичния анализ и концептуалното разгръщане на модела „STEM-READY“ може да се направи обоснованият извод, че модернизацията на съвременното професионално образование е немислима чрез екстензивно добавяне на нови технологични инструменти в рамките на остарели дидактически структури. Ефективността на иновацията изисква системна реформа, която обвързва в органично единство съдържание, роли, процеси и среда.

Трансформацията на обучението от линеен трансфер на знания към итеративно решаване на автентични инженерни казуси успешно преодолява традиционната разпокъсаност между фундаменталната научна подготовка и практическите производствени стандарти. Извеждането на грешката като структурен елемент на познанието и софтуерното обезпечаване чрез индустриални стандарти (като Revit, MATLAB и Python) изграждат у обучаемите т.нар. „професионална готовност“ (Readiness). Предложената дидактическа технология е успешно апробирана в рамките на дисертационния труд, като експерименталните резултати доказват нейния висок евристичен и прагматичен потенциал за изследваните сектори.

Въпреки натрупаните позитивни емпирични данни, разработената конструкция запазва характера си на отворена теоретична рамка. Настоящият етап от изследването поставя научната основа за бъдещи проучвания, като предстои моделът да бъде мащабиран, мултиплициран и валидиран в по-широк спектър от професионални направления извън обхвата на първоначалния експеримент. В заключение, внедряването на тази дидактическа технология превръща професионалната гимназия от институция за репродуктивно усвояване на информация в динамична STEM екосистема, способна да подготви бъдещи специалисти с висока адаптивност и когнитивна пластичност в условията на ускоряващ се технологичен прогрес.

Список літератури

1. European Commission. (2020). *Science education for responsible citizenship*. Brussels: Directorate-General for Research and Innovation.
2. Lucas, B., Hanson, J., & Claxton, G. (2014). *Thinking like an engineer: implications for the education system*. Centre for Real-World Learning, University of Winchester. ISBN: 978-1-909327-08-5
3. Margot, K. C., & Kettler, T. (2019). Teachers’ perception of STEM integration and education: A systematic literature review. *International Journal of STEM Education*, 6(1), 1-16. DOI: 10.1186/s40594-018-0151-2
4. UNESCO. (2021). *Science, technology, engineering and mathematics (STEM) education for girls and women: breaking down barriers*. Paris: UNESCO. ISBN:978-92-9223-663-2
5. Георгиев, Г. М. (2026). *Организация на смесеното обучение в професионалното образувание, чрез метода на обърнатата класна стая в MOODLE*. Шумен: Университетско издателство "Епископ Константин Преславски"; 2026. стр. 238; ISBN 978-619-201-914-3 (print), ISBN: 978-619-201-913-6 (e-book).

ФОРМУВАННЯ НАЦІОНАЛЬНОЇ ІДЕНТИЧНОСТІ НА УРОКАХ УКРАЇНСЬКОЇ ЛІТЕРАТУРИ (НА МАТЕРІАЛІ НАРОДНОГО ПЕРЕКАЗУ «ПРИЙОМ У ЗАПОРОЖЦІ»)

Мельникова Руслана,
кандидат педагогічних наук, доцент
кафедри української мови та літератури,
Ізмаїльський державний гуманітарний університет

Формування національної ідентичності як складного особистісного утворення відбувається протягом життя і під впливом різних чинників. Цей процес починається з раннього дитинства: з відчуття власної оселі, українських родинних традицій, національних свят, у яких дитина бере участь, і проявляється як загальне відчуття власної належності до чогось більшого, ніж родина чи місто, село, де мешкає. Як слушно зауважує Пометун О. «проблема формування національної ідентичності в умовах війни досягла максимальної гостроти. Її розв'язання задля збереження цілісності держави неможливе без швидких і ефективних кроків у цьому напрямі в різних сферах, насамперед в освіті»[1].

Уроки української літератури відіграють важливу роль у формуванні національної ідентичності учнів. Саме в процесі знайомства з творчістю письменників, історією, культурними традиціями народу у школярів формується усвідомлення своєї належності до української нації, повага до духовних цінностей та культурної спадщини України. Слижук О. підкреслює, що «література, як частина культурного спадку будь-якої нації й людства в цілому, дійсно є потужним засобом виховного впливу на особистість. Із початком повномасштабної російської агресії проти України питання формування національної свідомості, виховання патріотизму набуває особливої гостроти»[2]. На думку Т. Урись, «художня література формує історичну пам'ять і національну свідомість суспільства, адже у творах згадані і радісні, і трагічні, і повчальні сторінки історії України, порушено актуальну проблематику, відповідну певній епосі, у якій жив український народ. Через художню літературу відбувається пізнання об'єктивної дійсності, розвиток мисленнєвої діяльності та формування національної самосвідомості на емоційно-почуттєвому рівні. Вона формує насамперед емоційну складову частину національної самосвідомості, а також уявлення про націю, її історичне минуле (історичну пам'ять), традиції, звичаї, свята, усвідомлення національних цінностей і почуттів національної гідності»[3].

Удовиченко Л. наголошує на тому, що «формування культурно-національних цінностей у молодого покоління засобами літератури – це процес виховання таких ідеалів, такого типу особистості, яка постійно почуває себе часткою нації,

виявляє свою причетність до її історії, традицій, культури, духовного життя в широкому значенні цього слова»[4].

Національна ідентичність – це «ототожнення особистості з національною спільнотою, що базується на стійкому емоційному зв'язку. Цей зв'язок формується в результаті усвідомлення та прийняття традицій, культури, мови, політичних поглядів, а також групових норм і цінностей спільноти. Являє собою відчуття належності до певної держави чи нації» [5].

Перед сучасною школою як ніколи гостро постала проблема виховання не просто компетентної особистості, а громадянина, патріота, людини з міцним національним корінням. З огляду на це, здійснюється пошук способів впливу на свідомість здобувача освіти. І в цьому контексті саме фольклорні твори, що описують звичаї, обряди, традиції українського народу, історію є джерелом виховання й формування національної ідентичності.

Фольклорні твори є органічною частиною шкільного курсу української літератури та мають важливе навчально-виховне та розвивальне значення. Як зазначає Токмань Г., «усна народна творчість має тисячолітню історію, відображає вічні духовні цінності нації, зберігає найкращі риси її ментальності. Під час вивчення фольклору в школі має відбуватися передавання національних духовних цінностей новому поколінню»[6, с. 173]. Саме усна народна творчість долучає учнів до джерел національної культури.

У шкільному курсі важливе місце посідають народні перекази. Програма пропонує п'ятикласникам народні перекази про звичаї та традиції запорозьких козаків, про лицарство та відвагу захисників рідного краю («Прийом у запорожці», «Про запорожців», «Як Сірко переміг татар»)[7].

Робота з художніми текстами, обговорення суспільно важливих тем, використання інноваційних методів навчання сприяють розвитку патріотичних почуттів, громадянської свідомості та активної життєвої позиції школярів. У контексті НУШ такі підходи допомагають виховувати відповідальних, свідомих громадян, які шанують рідну мову, культуру та традиції народу.

Робота над художнім текстом має будуватися на використанні міжпредметних зв'язків, що забезпечує комплексний розвиток особистості та формування її національної свідомості.

Розглянемо на матеріалі народного переказу «Прийом у запорожці» шляхи формування національної ідентичності.

Важливою інформацією є те, що «перекази виникли й розвивалися разом із людиною та її мовою. Вони допомагали пізнавати світ, передавати знання від покоління до покоління, виховували мужність, учили любити й захищати рідну землю. За змістом перекази близькі до легенд. Але якщо в легендах є фантастичні, неймовірні, вигадані елементи, то в переказах їх майже немає. Перекази більше наближені до реального життя, минуле в них завжди подане правдоподібно. Тому їх можна вважати виявом історичної пам'яті народу. Найбільше до наших днів дійшло переказів про славних запорожців, їхні подвиги»[8].

Що ж таке народний переказ? Народний переказ – це усне оповідання про історичні події та їхніх героїв.

Розпочинаючи знайомство школярів із народними переказами, необхідно подати історичну довідку про те, хто такі запорожці, чому їх так називали, де вони мешкали, чим займалися [9].

У процесі виразного читання переказу вчителем, необхідно коментувати значення незрозумілих слів: Гетьманщина, курган, могила, джура. Для правильного розуміння тексту доречним буде провести бесіду за змістом твору:

- Яке випробування новобранцям влаштовували на Січі?
- Як характеризує запорожців спосіб, яким випроводжали хлопця, що не пройшов випробування?
- Порівняйте поведінку першого й другого хлопців під час випробування. Чия поведінка вам більше імпонує? Свою думку обґрунтуйте.
- Спираючись на зміст переказу, назвіть риси характеру, які повинен був виявити майбутній козак, виконуючи завдання приготувати кашу.

Для підвищення інтересу учнів до уроків української літератури, мотивації щодо прочитання твору, можна запропонувати, прочитавши переказ, створити хмарину слів з рис характеру та особливостей поведінки козаків. Або сенкан до слова «козак». Сенкан – це «незвичайний неримований вірш, написаний за певними правилами.

1. Перший рядок – поняття, якому присвячений вірш, зазвичай іменник.
2. Другий рядок – два прикметники, що характеризують цей іменник й описують ваше уявлення про нього.
3. Третій рядок – три дієслова, які показують, що «робить» поняття або що з ним відбувається.
4. Четвертий рядок – фраза з чотирьох слів, що передає ваше ставлення до поняття (може бути у формі запитання-звернення).
5. П'ятий рядок – одне-два слова, через які людина висловлює свої почуття, асоціації, пов'язані з цим поняттям»[10].

Таким чином, уроки української літератури є потужним інструментом формування національної ідентичності, патріотизму та критичного мислення.

Список літератури:

1.Актуальні питання формування національної ідентичності учнів у процесі здобуття громадянської та історичної освіти. URL: https://www.researchgate.net/publication/371068481_AKTUALNI_PITANNA_FORMUVANNA_NACIONALNOI_IDENTICNOSTI_UCNIV_U_PROCESI_ZDOBUTTA_GROMADANSKOI_TA_ISTORICNOI_OSVITI_Naukova_dopovid_na_metodologicnomu_seminari_NAPN_Ukraini_Nacionalno-patrioticne_vihovann

2.Слижук О. А. Формування національної самосвідомості учнів у процесі навчання літератури в 5-6 класах НУШ. URL: https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/735286/1/%D0%A1%D0%BB%D0%B8%D0%B6%D1%83%D0%BA%20%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%82%D1%8F.pdf

3.Урись Т. Художня література як джерело формування національної ідентичності у культурній парадигмі розвитку особистості. URL: https://aphn-journal.in.ua/archive/35_2021/part_5/29.pdf

4.Удовиченко Л. Проблема культурно-національної ідентичності та шляхи її вирішення у Новій українській школі.

5.Вікіпедія. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B0%D1%86%D1%96%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0_%D1%96%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%BD%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C

6.Токмань Г. Л. Методика навчання української літератури в середній школі. К.: ВЦ «Академія», 2013. 312 с.

7. Українська література: модельна навчальна програма для 5-6 класів закладів загальної середньої освіти. URL: https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/zagalna%20serednya/Navchalni.prohramy/2021/14.07/Model.navch.prohr.5-9.klas.NUSH-poetap.z.2022/Movno-literat.osv.hal/Ukr.lit.5-6-kl.Arkhypova.Sichkar.Shylo.14.07.pdf

8.Українська література: підручник для 5 класу закладів загальної середньої освіти. URL: https://pidruchnyk.com.ua/1684-5_ukrlit_zabolotnyi.html

9.Мала історія України. URL: https://uahistory.co/book/malaistukr/6.php

10.Пометун О. Урок, що розвиває критичне мислення.

ГЕНДЕРНІ АСПЕКТИ ОСОБИСТІСНОЇ АДАПТАЦІЇ СТУДЕНТІВ ДО НАВЧАННЯ НА 2-МУ КУРСІ

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

Впродовж всього життя людина зазнає впливу різноманітних чинників, що призводить до адекватної відповіді з боку її як фізіологічного, так і психологічного стану – тобто адаптації, соціальної, психологічної, фізіологічної тощо. Одним із таких важливих чинників впливу на молодих людей є навчання, зокрема в закладах вищої освіти, а особливо – медичних [1]. Адже саме навчання займає суттєву частину нашого життя, залежить від обраної професії і супроводжується формуванням певних вмінь та навичок відповідно до набутих знань згідно вимог майбутнього фаху [2]. У продовж навчання майбутні фахівці проходять декілька етапів адаптації до нових умов – навчального процесу у закладі вищої освіти, спілкування з одногрупниками та викладачами, інфраструктурою іншого населеного пункту, змінами циклів навчальних дисциплін тощо. Адаптація студентів-медиків є складним багатогранним процесом, де гендерні особливості відіграють значну роль у тому, як майбутні медичні сестри чи лікарі долають академічний стрес, вибудовують комунікацію та сприймають професійну ідентичність [3, 4]. При цьому гендерні відмінності відображаються не лише в рівні емоційного інтелекту, але й у тісному взаємозв’язку між емоційним інтелектом, емпатією та здатністю вирішувати проблеми [5].

Адаптація сучасної молоді до навчання у закладах вищої освіти є складним і багатогранним процесом, що зумовлено складним періодом війни у державі, постійним стресом, тривожністю та невпевненістю в завтрашньому дні. Власне процеси адаптації до навчання під час формування знань, умінь та навичок відповідно до обраної професії добре можна відстежити у студентів медичних закладах вищої освіти [6]. Студенти університетів, особливо на першому курсі медичної освіти, стикаються з психологічними та академічними труднощами, які можуть погіршити самопочуття, перешкоджати успішності та збільшувати ризик відсіву. Адаптація є важливою для задоволення академічних вимог та досягнення соціальної інтеграції [7]. А це не може не відображатися і на здоров’ї майбутніх медичних фахівців [8]. Соціально-психологічна адаптація студентів – це активний процес пристосування до нових умов навчання, що передбачає засвоєння норм, правил, нових соціальних ролей, формування міжособистісних зв’язків та самостійну організацію діяльності. Цей період може тривати від кількох місяців до кількох років та охоплює процеси звикання до вимог навчання, взаємодію з викладачами, однокурсниками та навіть перебудову особистісних звичок.

Особливу роль в процесах адаптації відіграють і гендерні особливості, що останніми роками вивчаються психологами, педагогами та медиками [9, 10]. Це зумовлено особливостями як фізіології, так і психіки різних статей. В чоловіків стресові ситуації переважно відображаються на змінах психічного та фізичного здоров'я, водночас у жінок навпаки, ці проекції набагато менші [11]. Тому, часто саме молоді люди на фоні стресу стають агресивнішими та схильні до правопорушень, а жінки завдяки більш гнучкій психіці стриманіше реагують на стрес [12]. Соціально-психологічна адаптація першокурсників – складний процес звикання до нових умов навчання, колективу та самостійного життя, що триває в середньому 2–6 місяців. А адаптація студентів 2-го курсу – це процес переходу від формального звикання на 1 курсі до усвідомленої професійної самоідентифікації. При цьому студенти стикаються зі зростанням навчального навантаження, потребою професійного самовизначення та глибшій інтеграції в колектив, а це вимагає більшої самодисципліни та емоційної стійкості [13].

Відповідно, **метою** нашого дослідження було вивчити гендерні відмінності основних показників особистісної соціально-психологічної адаптації студентів, які навчаються на 2-му курсі медичних факультетів різних спеціальностей – «медицина», «стоматологія», «фармація» та «медична психологія» у Буковинському державному медичному університеті, м. Чернівці.

Матеріал і методи. Дослідження проводилося серед вітчизняних студентів 2-го курсу медичного, стоматологічного, медико-психологічного та медико-фармацевтичного факультетів за однакових умов, без попередження про тестування. Вибірково були протестовані студенти медичних факультетів віком 18-22 роки, усього 95 осіб, у тому числі 12 юнаків та 83 дівчини. Для опитування нами було використано модифікований варіант багаторівневого особистісного опитувальника «Адаптивність», призначений для вивчення адаптивних можливостей індивіда на основі оцінки деяких психофізіологічних та соціально-психологічних характеристик, що відображають особливості психічного та соціального розвитку [14].

Результати дослідження та їх обговорення. У процесі тестування студентів було отримано достатньо вірогідні результати, що дозволило їх адекватно оцінювати та інтерпретувати з урахуванням гендерних відмінностей відповідних показників – нервово-психічна стійкість, комунікативність, соціалізація, девіації поведінки та особистісний потенціал соціально-психологічної адаптації.

Нервово-психічна стійкість є комплексною властивістю особистості, що поєднує вроджені та набуті якості, які дозволяють протистояти стресам, життєвим труднощам і зберігати працездатність. Визначення її рівня у опитаних нами студентів усіх спеціальностей показало, що в більш ніж 45% опитаних студенток мають низький або задовільний рівнем працездатності з окремими та часом вираженими ознаками нестійкості. Одними із ознак цього можуть бути тимчасові явища погіршення якості навчання, часом ознаки граничних нервово-психічних розладів, можуть спостерігатися труднощі у пристосуванні до нових умов поруч з низькою толерантністю до навантажень. У представників чоловічої

статі такі рівні нестійкості (низький чи задовільний) були виражені лише у 8% опитаних.

У 55% опитаних дівчат рівень нервово-психічної стійкості був середнім або високим. У студентів чоловічої статі показник достатньої та середньої стійкості були в межах до 92%. Це може свідчити про досить достатній рівень нервово-психічної стійкості у кожної другої студентки та у 9 з 10 опитаних нами студентів чоловічої статі до складних умов навчання.

Комунікативний потенціал включає комплекс особистісних якостей, здібностей, знань та навичок, що забезпечують ефективне спілкування, соціальну взаємодію та адаптацію людини. Він є основою для побудови успішних міжособистісних контактів. Оцінювання цього показника за результатами анкетування показало, що у 5% і 28% опитаних нами студенток цей показник був низьким або задовільним, у 36% студенток – середнім та у 31% високим. Водночас у студентів чоловічої статі зниження рівня комунікативного потенціалу не було виявлено, а середній рівень та високий спостерігалися у 67% та 33% відповідно. Тобто, приблизно кожна третя студентка 2-го курсу може мати труднощі з адаптацією до умов нового колективу, складно встановлює контакти з оточуючими, хоча є неконфліктна. 2/3 студенток, які були опитані, мають здатність легко висловлювати думки, адекватно сприймають інформацію, легко йдуть на контакт та здатні до співпереживання. Серед таких опитаних кожна п’ята навчається на спеціальності «медична психологія».

Наступним важливим показником, що оцінювався за результатами опитування була соціалізація. Соціалізація є безперервним процесом інтеграції людини в суспільство із засвоєння соціальних норм, цінностей та досвіду, що необхідно для успішної інтеграції в соціум. Це тривалий процес, що допомагає людині адаптуватися до навколишнього світу з набуттям навичок спілкування та формує особистість. Вивчення цього показника у студентів різних спеціальностей під час навчання на 2-му курсі показало, що 65% студенток та 83% студентів цілком соціалізовані і орієнтовані на загальноприйняті норми поведінки. Такі молоді люди упродовж свого навчання дотримуються соціально схвалених норм поведінки, дотримуються чи схильні дотримуватися певних групових (колективних) вимог і інтересів, проте без втрати певних особистісних переконань. Лише у незначної кількості опитаних нами респондентів - третина студенток (35%) та майже кожен п’ятий студент (17%) 2-го курсу виявлено задовільний рівень соціалізації.

Тобто, більша частина студентів другого курсу є повністю соціалізованою, що дозволяє їм стати частиною суспільства, зрозуміти своє «я» та навчитися рольової поведінки.

Одним із важливих показників соціально-психологічної адаптації є відсутність девіантної (відхиленої) поведінки, яка суперечать загальноприйнятим у суспільстві моральним, етичним або правовим нормам та може навіть включати в себе антисоціальні, протиправні і навіть аутоагресивні дії. Після опрацювання результатів анкетування було встановлено, що лише 3% студентів жіночої та 5% студентів чоловічої статі можуть мати ознаки девіантної

поведінки. Це може поєднуватися з окремими проявами агресивності по відношенню до оточуючих, схильністю до правопорушень та підвищеній конфліктності. Проте, як показують отримані нами результати, для більшості студентів обох статей на 2-му році навчання не притаманна схильність до відхиленої поведінки, правопорушень та ознак агресії.

Останній, інтегративний показник, який ми вивчали, це особистісний потенціал соціально-психологічної адаптації. Це динамічна система внутрішніх ресурсів особистості (регуляторних, комунікативних, ціннісних), що забезпечує здатність людини ефективно пристосовуватися до нових умов, долати життєві труднощі, самореалізуватися та зберігати психічне здоров'я. Як показали результати опитування у третини (33%) студентів та 38% студенток 2-го курсу характерним є низький або задовільний рівень адаптації. У 62% студенток та 77% студентів виявлено середній та достатній рівні особистісного потенціалу адаптації. Тобто, у переважної більшості другокурсників під час навчання у медичному закладі вищої освіти добре виражена здатність зберігати стійкість до стресів та ефективно навчатися в нових умовах. Вони мають добрі навички соціалізації і здатність будувати відносини практично без конфліктів, цілеспрямовані, оптимістично налаштовані з якісною професійною мотивацією.

Висновки:

1. Результати анкетування свідчать про досить достатній рівень нервово-психічної стійкості у кожної другої студентки та у 9 з 10 опитаних нами студентів чоловічої статі до складних умов навчання.

2. Приблизно кожна третя студентка 2-го курсу може мати труднощі з адаптацією до умов нового колективу, налагодженні контактів з оточуючими, хоча є неконфліктною.

3. Більша частина студентів другого курсу обох статей є повністю соціалізованою, що дозволяє їм стати частиною суспільства, зрозуміти своє «я» та навчитися рольової поведінки.

4. Для більшості опитаних студентів обох статей на 2-му році навчання не притаманна схильність до девіацій поведінки, правопорушень та ознак агресії.

5. Переважна більшість другокурсників під час навчання у медичному закладі вищої освіти мають добре виражену здатність зберігати стійкість до стресів та ефективно навчатися в нових складних умовах.

Список літератури:

1. Zhu, L.-Y., Huang, H., Kuang, Y., Huang, D.-L., & Tang, C.-Y. (2024). Levels and influencing variables of adaptation of students in medical university. WORK: A Journal of Prevention, Assessment & Rehabilitation, 80(3), 1144–1156.

2. Wahid, M., Triastari, S. K., Amirah, S., & Zhuhra, R. T. (2025). Exploring the Adaptation Processes of First-Year Medical Students: A Mixed-Method Study. Education in Medicine Journal, 17(1), 129–148.

3. Bert, F., Boietti, E., Rousset, S., Pompili, E., Franzini Tibaldeo, E., Gea, M., Scaioli, G., & Siliquini, R. (2022). Gender sensitivity and stereotypes in medical university students: An Italian cross-sectional study. PLOS ONE, 17(1), e0262324.

4. Zhang, N., Ren, X., Xu, Z., & Zhang, K. (2024). Gender differences in the relationship between medical students' emotional intelligence and stress coping: a cross-sectional study. BMC Medical Education, 24(1).

5. Deng, X., Chen, S., Li, X., Tan, C., Li, W., Zhong, C., Mei, R., & Ye, M. (2023). Gender differences in empathy, emotional intelligence and problem-solving ability among nursing students: A cross-sectional study. Nurse Education Today, 120, 105649.

6. Вінс, В. А., Прудкай, Ю. В., & Кузьменко, Т. М. (2023). Психологічні особливості соціальної адаптації студентської молоді в умовах воєнного стану та дистанційної форми навчання. Науковий Вісник Ужгородського Національного Університету. Серія: Психологія, (4), 56–60.

7. Пальчинська, М. Я. В., Шиліна, Н. Є., & Хмель, Н. Д. (2025). Особливості адаптації першокурсників до освітнього середовища закладів вищої освіти. Дніпровський науковий часопис публічного управління, психології, права, (2), 95-101.

8. Жеманюк, С. П. (2025). Дослідження психологічного благополуччя студентів-медиків в процесі фахової підготовки. Науковий Вісник Ужгородського Національного Університету. Серія: Психологія, (2), 7–13.

9. Pshuk, N. G., Belov, O. O., Stukan, L. V., Ilnytskyi, G. O., Novytskyi, A. V., & Dronenko, V. G. (2023). Some trends of social and psychological maladaptation of medical university students in wartime. Reports of Vinnytsia National Medical University, 27(3), 437–442.

10. Лисаченко, О. Д., Стецук, Є. В., Борута, Н. В., Шепітько, В. І., Пелипенко, Л. Б., Волошина, О. В., ... & Рудь, М. В. (2025). Гендерний аспект навчання здобувачів вищої медичної освіти. Сучасні проблеми вивчення медико-екологічних аспектів здоров'я людини: мат-ли наук.-практ. інтернет-конференції з міжнародною участю (м. Полтава, 23-24 жовтня 2025 р.). Полтава: ПДМУ, 240-245.

11. Fahlgren, M. K., Cheung, J. C., Ciesinski, N. K., McCloskey, M. S., & Coccaro, E. F. (2021). Gender Differences in the Relationship between Anger and Aggressive Behavior. Journal of Interpersonal Violence, 37(13-14), NP12661–NP12670.

12. Zhu, L. Y., Huang, H., Kuang, Y., Huang, D. L., & Tang, C. Y. (2025). Levels and influencing variables of adaptation of students in medical university. Work, 80(3), 1144-1156.

13. Rasulova, N., Nazarova, S., Asadova, G., Otashexov, Z., Mirdadayeva, D., & Yigitalieva, R. (2023). Social and pedagogical foundations of effective adaptation of students to an educational institution. In BIO Web of Conferences (Vol. 65, p. 10012). EDP Sciences.

14. Галян, О. І., & Галян, І. М. (2012). Експериментальна психологія. К.: Академвидав. 400.

ОСОБЛИВОСТІ ВИВЧЕННЯ МІЖНАРОДНОЇ ТОРГІВЛІ У ШКІЛЬНОМУ КУРСІ ГЕОГРАФІЇ (НА ПРИКЛАДІ 9 КЛАСУ «УКРАЇНА І СВІТОВЕ ГОСПОДАРСТВО»)

Підгірна Валентина Никифорівна
к.е.н., доцент,
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича
м. Чернівці, Україна

Козуб Амфілохій Юрійович
здобувач освіти
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича
М. Чернівці, Україна

Сучасний розвиток світового господарства супроводжується активізацією міжнародних економічних зв'язків, посиленням глобалізаційних процесів та зростанням ролі міжнародної торгівлі у функціонуванні економіки більшості держав світу. Саме міжнародна торгівля виступає одним із ключових чинників розвитку світового ринку, міжнародного поділу праці та економічної інтеграції країн. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває формування в учнів знань про міжнародну торгівлю, її структуру, особливості та значення у сучасному світі.

Тема «Міжнародна торгівля» займає важливе місце у шкільному курсі географії 9 класу «Україна і світове господарство», оскільки дозволяє сформувати в учнів цілісне уявлення про міжнародні економічні процеси, роль окремих держав у світовій економіці та місце України у системі міжнародних економічних зв'язків. Її вивчення сприяє розвитку економічного мислення, інформаційно-аналітичних умінь та здатності аналізувати сучасні глобальні процеси.

Проблематика вивчення міжнародної торгівлі та методики навчання географії висвітлюється у працях вітчизняних і зарубіжних науковців, зокрема Л. В. Атаман, О. Чубрей, О. Браславської, Л. І. Григорова-Беренда, М. В. Шуба та інших. Дослідники звертають увагу на необхідність використання сучасних педагогічних підходів і практикоорієнтованого навчання під час викладання економіко-географічних тем [1-4].

Метою статті є дослідження особливостей вивчення теми «Міжнародна торгівля» у шкільному курсі географії 9 класу та визначення ефективних педагогічних підходів і методів викладання.

У шкільному курсі географії тема міжнародної торгівлі органічно пов'язана з вивченням світового господарства, міжнародного поділу праці, транспорту, промисловості, сільського господарства та глобалізаційних процесів. Вона має

міждисциплінарний характер, поєднуючи знання з географії, економіки, громадянської освіти та суспільствознавства. Це забезпечує формування в учнів цілісного уявлення про сучасний світ і взаємозалежність держав.

Під час вивчення теми учні ознайомлюються з основними поняттями міжнародної торгівлі: експортом, імпортом, торговельним балансом, світовим ринком, міжнародним поділом праці. Важливим елементом є аналіз провідних країн світу за обсягами експорту та імпорту, дослідження регіональних відмінностей світової торгівлі та визначення ролі України у міжнародних економічних процесах.

Ефективне вивчення міжнародної торгівлі потребує використання сучасних педагогічних підходів. Одним із найважливіших є компетентнісний підхід, який передбачає не лише засвоєння теоретичних знань, а й формування практичних умінь та навичок. Учні повинні навчитися аналізувати статистичні матеріали, працювати з картами, графіками та таблицями, робити висновки щодо особливостей розвитку світового господарства.

Важливе значення має також діяльнісний підхід, відповідно до якого учні виступають активними учасниками навчального процесу. Під час уроків вони виконують практичні завдання, аналізують торговельні показники країн, визначають провідні центри міжнародної торгівлі, працюють із картографічними та статистичними матеріалами. Такий підхід сприяє розвитку критичного мислення, самостійності та пізнавального інтересу школярів.

Одним із найбільш ефективних методів навчання є робота з картою. Використання політичних карт світу та карт світового господарства дозволяє учням краще зрозуміти географію міжнародної торгівлі, визначити провідні торговельні регіони та встановити взаємозв’язок між економічним розвитком держав і їх участю у світовій торгівлі.

Не менш важливим є використання статистичних матеріалів, таблиць і діаграм. Аналізуючи показники експорту та імпорту, учні можуть визначати країни-лідери світової торгівлі, пояснювати причини формування додатного або від’ємного торговельного балансу, встановлювати особливості міжнародної спеціалізації держав. Практична діяльність сприяє формуванню аналітичних навичок та вміння працювати з інформацією.

У сучасних умовах важливу роль у викладанні географії відіграють інформаційно-комунікаційні технології. Використання мультимедійних презентацій, інтерактивних карт, відеоматеріалів та електронних освітніх ресурсів підвищує наочність навчання та сприяє кращому засвоєнню матеріалу. Особливо актуальним є використання статистичних баз даних міжнародних організацій, зокрема Eurostat та WTO, які дозволяють учням працювати з актуальною інформацією про міжнародну торгівлю.

Особливу увагу під час вивчення теми доцільно приділяти місцю України у міжнародній торгівлі. Учні повинні знати основні товари українського експорту, головних торговельних партнерів держави та сучасні проблеми зовнішньої торгівлі України. Це сприяє формуванню громадянської свідомості, економічної грамотності та розуміння сучасних міжнародних процесів.

Отже, тема «Міжнародна торгівля» має важливе значення у шкільному курсі географії 9 класу «Україна і світове господарство». Її вивчення сприяє формуванню в учнів сучасного економіко-географічного мислення, розвитку практичних навичок роботи з інформацією та розуміння глобальних економічних процесів. Використання сучасних педагогічних підходів, інтерактивних методів навчання та інформаційно-комунікаційних технологій дозволяє зробити освітній процес більш ефективним, практичним і наближеним до реалій сучасного світу.

Список літератури

1. Атаман Л. В. Регіональна соціальна і економічна географія: навчально-методичний посібник (для студентів галузі знань 01 Освіта/Педагогіка, спеціальності 014.07 Середня освіта (Географія). Вінниця ВДПУ, 2025. 141 с. DOI: https://doi.org/10.31652/911.3:913(075.8)-1-141

2. Чубрей О. С. Теоретичні аспекти професійної підготовки майбутніх учителів географії в сучасних умовах : навч.-метод. посібник. Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2019. 106 с.

3. Методика навчання географії у профільній освіті : навч. посіб. / уклад. О. В. Браславська. Умань : Візаві, 2023. 373 с.

4. Григорова-Беренда Л. І., Шуба М. В. Теорія і практика зовнішньої торгівлі : навчальний посібник. Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2023. 136 с.

5. Eurostat. International trade in goods statistics. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/ (дата звернення: 13.05.2026).

6. World Trade Organization (WTO). World trade statistical review. URL: https://www.wto.org/english/res_e/statis_e/wts_e.htm (дата звернення: 13.05.2026).

АЛГОРИТМ ПІДГОТОВКИ ПРОЄКТУ ВНУТРІШНЬОГОСПОДАРСЬКОГО ЗЕМЛЕВПОРЯДКУВАННЯ

Удовенко І.О.,
к. екон. наук, доцент
кафедри геодезії, картографії і кадастру

Боровик П.М.,
к. екон. наук, доцент
кафедри геодезії, картографії і кадастру

Пашенюк Є.О.,
здобувач ОР «Бакалавр»
ОП «Геодезія та землеустрій»
Уманський національний університет, м. Умань

Проєкт внутрішньогосподарського землевпорядкування сільськогосподарське товариство з обмеженою відповідальністю спрямовується на раціональну організацію території та ефективне використання земельних ресурсів господарства, а також на територіальну організацію та спеціалізацію аграрного виробництва, методику визначення базової вартості земель.

Особливу увагу приділяється організаційно-виробничим засадам управління, проектуванню території сівозмін, розміщенню полів, лісосмуг і польових доріг[1]. Реалізація проєкту забезпечує підвищення продуктивності земель, оптимізацію виробничих процесів, зменшення витрат та створення умов для сталого розвитку господарства.

У ході землевпорядного обстеження встановлюється доцільність трансформації окремих угідь у ріллю чи інші категорії з проведенням рекультиваційних заходів. Результати дослідження засвідчують необхідність переважно поверхневого та частково докорінного поліпшення природних кормових угідь.

Розміщення сівозмін здійснюється з урахуванням:

- природних властивостей території, якості ґрунтів, наявності джерел зрошення та віддаленості від виробничих центрів;
- польові сівозміни займають основну площу ріллі, формуючи великі компактні масиви;
- кормові сівозміни проектуються поблизу тваринницьких ферм;
- овочеві — у безпосередній близькості до населених пунктів;
- землі, схильні до ерозії, виділяються під ґрунтозахисні сівозміни[2].

Довжина та ширина полів визначаються залежно від технологічних процесів. При проектуванні максимально зберігаються існуючі межі полів, лісосмуги та дороги, що забезпечує швидший перехід до нових рішень.

Важливим критерієм є форма та розміри полів, які впливають на ефективність використання машин. Зі зменшенням довжини гону зростають втрати на холості проїзди та розвороти, що відображається у відсотках до загального обсягу робіт або у вартісному еквіваленті. Розрахунок виробничих витрат у технологічних картах здійснюється відповідно до чинної нормативно-правової бази, з урахуванням специфіки технологій вирощування культур.

Землевпорядне обстеження є початковим етапом розробки проєкту[2]. У його процесі вирішуються питання трансформації та поліпшення угідь, організації протиерозійного захисту та визначення подальшого використання земель у складі різних угідь та сівозмін. На основі контурної експлікації складається експлікація земель по угіддях.

Сільськогосподарське товариство з обмеженою відповідальністю оптимально має компактну територію з високим рівнем освоєння та сприятливими кліматичними умовами. Наявність схилових земель та зміни у структурі угідь можуть зумовити необхідність оновлення проєкту для запобігання ерозії.

Господарство ефективно функціонує за галузевим принципом управління, відповідно його розміщення виробничих центрів є раціональним. Розвинена мережа внутрішньогосподарських доріг із твердим покриттям забезпечує стабільний транспортний зв’язок із ринками збуту.

Просторове впорядкування ріллі спрямоване на створення агротехнічно однорідних, рівновеликих та компактних полів. Проєкт базується на принципах економіко-планувального зонування, що забезпечує:

- раціональне використання земельних ресурсів згідно із законодавством України;
- збалансований розвиток транспортних та інженерних комунікацій;
- охорону навколишнього природного середовища та збереження родючості ґрунтів.

Запропоновані заходи з трансформації та поліпшення угідь, зокрема поєднання поверхневого та докорінного поліпшення природних кормових угідь, сприятимуть підвищенню продуктивності тваринництва та екологічній стабільності агроландшафту.

Реалізація проєкту внутрішньогосподарського землевпорядкування дозволить підвищити економічну стійкість господарства, забезпечити протиерозійний захист земель та створити умови для сталого розвитку аграрного виробництва.

Список літератури:

1. Олійник О.В. Економічний механізм розширеного відтворення в сільському господарстві: монографія. Київ: Центр навч. л-ри, 2006. URL: http://ebooktime.net/book_129.html

2. Удовенко І.О. Землеустрій: конспект лекцій. https://moodle.udau.edu.ua/course/view.php?id=705

ПЕРЕТВОРЮВАЧ НАПРУГИ У ЧАСТОТУ

Браїловський Володимир
к. ф.-м. н., доцент,
Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича

Матіос Віктор
здобувач вищої освіти,
Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича

Маргарита Рождественська
к. ф.-м. н., доцент,
Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича

Володимир Танасюк
асистент
Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича

Активна цифровізація електронної апаратури неможлива без ефективних пристроїв перетворення аналогових сигналів у цифрові. Широко відомі аналого-цифрові перетворювачі є достатньо енергозатратними та складними. В деяких випадках доцільніше використовувати перетворювачі напруги у частоту (Voltage-to-Frequency Converters). Такі пристрої знайшли застосування у малопотужних сенсорних інтерфейсах, у температурних сенсорах для медичних приладів, де важливі точність, висока енергоефективність перетворення аналогових сигналів у цифрову форму [1 – 4].

Перетворення напруги у частоту – це технологія перетворення аналогових сигналів (напруги або струму) на імпульсні послідовності, в яких частота імпульсного сигналу прямо пропорційна величині вхідної напруги [5]. Традиційно для реалізації цієї технології використовують такі схемотехнічні рішення [6]:

- генератори, керовані напругою;
- перетворювачі напруги у частоту (ПНЧ) з розрядом конденсатора;
- ПНЧ зі зміною напрямку інтегрування;
- ПНЧ з імпульсним зворотним зв’язком.

Вони можуть бути виконані як у вигляді однокристальних інтегральних схем чи модульних рішень, так і з використанням дискретних елементів [5].

В роботі проведені дослідження перетворювачів напруги у частоту з використанням автогенераторів (генераторів, керованих напругою) на варикапах та логічних елементах. В обох випадках в центрі уваги були такі параметри, як діапазон лінійності перетворення напруги у частоту та спектр генерованих коливань. Їх аналіз у ПНЧ є ключовим для забезпечення точності та надійності роботи пристрою.

Лінійність перетворення визначає коректність відображення аналогового сигналу у цифровій формі, що безпосередньо впливає на точність вимірювань, можливості калібрування та стабільність роботи системи. Вихід за межі лінійного діапазону призводить до спотворень і похибок, які можуть бути критичними у задачах вимірювання та керування.

Водночас, спектральний аналіз генерованих коливань дозволяє оцінити наявність гармонічних складових і рівень шумів, що визначає якість сигналу та електромагнітну сумісність пристрою. Контроль спектра є необхідним для оптимізації схемотехнічних рішень, зменшення завад та забезпечення коректної роботи у безпровідних і радіотехнічних системах.

На рис. 1 зображено спектр коливань, сформованих автогенератором на одному варикапі. Спектральні складові генерованих коливань досліджувались за допомогою аналізатора спектру tinySA ULTRA^{+} в діапазоні частот від 1 до 6 МГц.

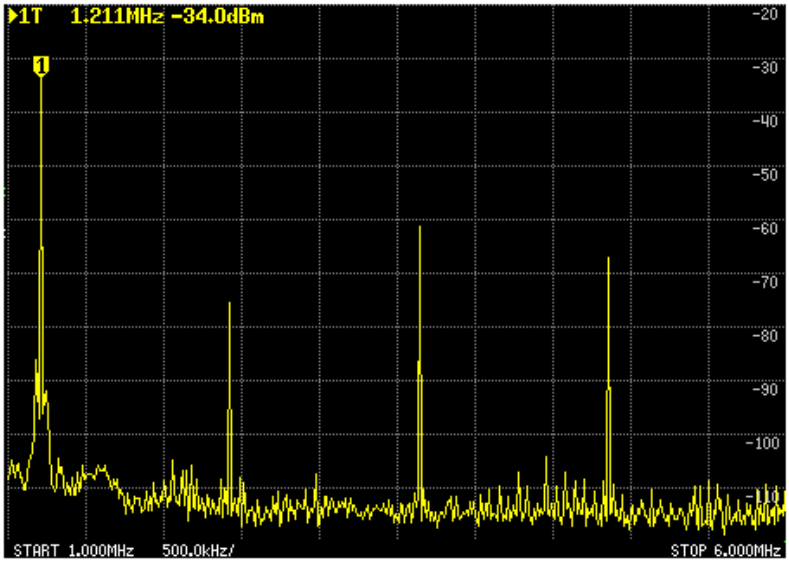


Рисунок 1. Спектр генерованих коливань автогенератора на одному варикапі
Джерело рисунка: розробка авторів

У межах цього діапазону на рисунку зафіксовано основний пік на частоті близько 1,211 МГц із рівнем сигналу –34 дБм, що відповідає базовій частоті генерації. Окрім основної складової, у спектрі спостерігаються додаткові піки гармонічних складових, наявність яких свідчить про відхилення сигналу від ідеальної синусоїдальної форми.

Рівень шумового фону у спектрі становить приблизно –90…–100 дБм, що підтверджує достатню чистоту сигналу поза гармоніками і є показником стабільності роботи джерела сигналу. Проте наявність гармонік потребує контролю, оскільки вони можуть створювати потенційні електромагнітні завади у сусідніх каналах.

На величину бар’єрної ємності варикапа автогенератора впливають дві напруги: напруга постійного струму, яка забезпечує можливість зміни ємності варикапа, та перемінна напруга генерованих автогенератором коливань. Цілком

логічно ввести в схему автогенератора варикап компенсації. Він вмикається назустріч основному варикапу за перемінним струмом і паралельно – за постійним. На рис. 2 зображено спектр коливань автогенератора з двома варикапами: основним та компенсуючим.

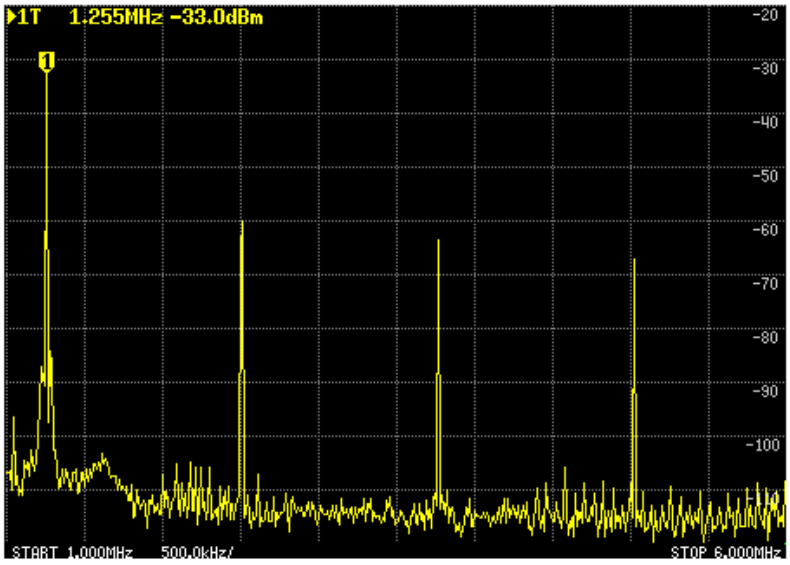


Рисунок 2. Спектр генерованих коливань автогенератора на двох варикапах

Джерело рисунка: розробка авторів

З рисунка випливає, що незважаючи на наявність компенсуючого елемента, у спектрі залишаються гармонічні складові. Це свідчить про неповне усунення нелінійності.

У випадку автогенератора на варикапах лінійність перетворення напруги у частоту зберігається при зміні частоти коливань від 1 до 1,2 МГц. Значно ширший діапазон лінійності перетворення напруги у частоту забезпечується автогенератором на логічних елементах.

На рис. 3 зображено залежність частоти генерованих коливань від напруги зміщення автогенератора на логічних елементах.

Спектральні складові генерованих коливань в цьому випадку займають широкий частотний діапазон. При частоті генерування 100 кГц його спектральні складові досягають частот порядку 3 МГц.

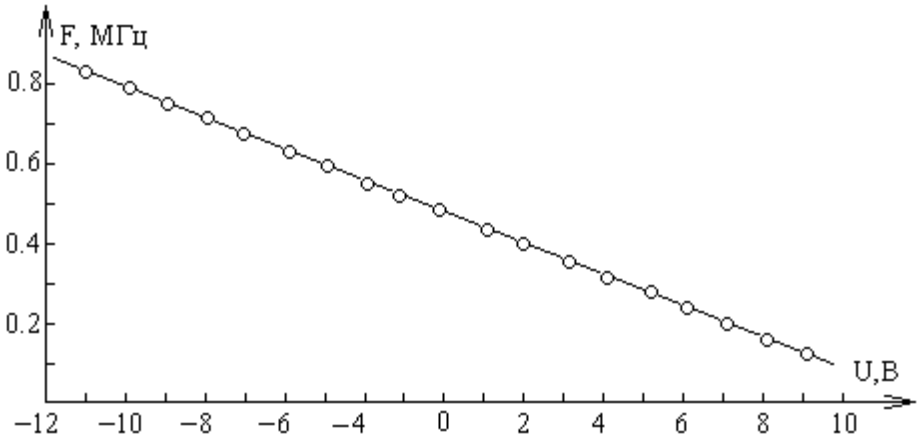


Рисунок 3. Залежність частоти генерованих коливань від напруги зміщення автогенератора на логічних елементах
Джерело рисунка: розробка авторів

Також під час досліджень визначено, що при номінальній напрузі живлення величина коефіцієнта перетворення становить 30 кГц на вольт. Зменшення напруги живлення призводить до збільшення коефіцієнта перетворення до 50 кГц на вольт. Перетворювач напруги в частоту на логічних елементах забезпечує діапазон зміни частоти коливань від 100 до 800 кГц, тоді як у випадку перетворювача на варикапах частота коливань змінюється від 1 до 1,2 МГц.

Аналіз отриманих результатів свідчить, що застосування компенсуючого варикапа є ефективним способом зменшення нелінійних спотворень, що спостерігаються у випадку автогенератора на варикапах, але для досягнення високої спектральної чистоти необхідне додаткове використання фільтраційних або стабілізаційних рішень. Водночас, генератор на логічних елементах характеризується високою лінійністю перетворення напруги в частоту.

Список літератури:

1. Valero, M., Celma, S., Calvo, B., Medrano-Marqués, N. CMOS voltage-to-frequency converter with temperature drift compensation // IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement. – 2011. – Vol. 60, No. 9. – P. 3232–3234. – DOI: 10.1109/TIM.2011.2128690.

2. Azcona, C., Calvo, B., Medrano, N., Celma, S. Voltage-to-frequency converter for low-power sensor interfaces // Proceedings of IEEE Sensors 2011, Limerick, Ireland, 2011. – P. 758–761. – DOI: 10.1109/ICSENS.2011.6127176

3. Azcona, C., Calvo, B., Celma, S., Medrano, N., Martínez, P. A. Ratiometric voltage-to-frequency converter for long-life autonomous portable equipment // IEEE Sensors Journal. – 2013. – Vol. 13, No. 6. – P. 2382–2390. – DOI: 10.1109/JSEN.2013.2254595.

4. Pu, H., Wen, K., Yang, S., Luo, C., Song, M., Zhang, B. A temperature sensor with error compensation based on voltage-to-frequency converter // IEICE Electronics Express. – 2025. – Vol. 22, No. 3. – P. 20250001. – DOI: https://doi.org/10.1587/elex.22.20250659

5. What is a Voltage-to-Frequency Converter. URL: https://fr.ovaga.com/blog/transistor/what-is-a-voltage-to-frequency-converter

6. Новацький А.О. Імпульсна та цифрова електроніка: Навчальний посібник. К: НТУУ «КПІ», 2014 – 385 с.

ПІДТРИМКА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ ТОВАРНИМИ ЗАПАСАМИ В УМОВАХ ВОЛАТИЛЬНОГО ПОПИТУ

Верес Олег Михайлович
к.т.н., доцент
Національний університет «Львівська політехніка»
м. Львів, Україна

Сташків Богдан Ростиславович
студент
Національний університет «Львівська політехніка»
м. Львів, Україна

Сьогодні підприємства працюють у середовищі, де попит на товари може швидко змінюватися. На це впливають сезонність, економічна ситуація та поведінка покупців [1]. Через це компаніям стає складніше правильно контролювати товарні запаси. Неправильне прогнозування може призвести до нестачі товарів або, навпаки, до накопичення зайвої продукції на складах. Для вирішення таких проблем використовуються інформаційні системи, які допомагають аналізувати дані та прогнозувати попит. Окрему увагу сьогодні приділяють методам машинного навчання, оскільки вони можуть краще адаптуватися до змін ринку.

Метою роботи є застосування методів системного аналізу та розроблення підходу до побудови інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень для управління товарними запасами в умовах волатильного попиту [2]. Для досягнення поставленої мети було визначено такі завдання: аналіз сучасних методів управління запасами; дослідження підходів до прогнозування попиту; виконання системного аналізу предметної області; формування структури інформаційної системи; дослідження можливостей використання алгоритмів машинного навчання; аналіз засобів реалізації web-застосунку.

У роботі використано методи системного аналізу, прогнозної аналітики та оброблення часових рядів. Для дослідження процесів прогнозування попиту було розглянуто сучасні алгоритми машинного навчання, моделі аналізу історичних даних та методи оцінювання змін попиту.

Побудова інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень в управлінні товарними запасами потребує наявності великих обсягів якісних даних для навчання моделей прогнозування та аналітики. Ефективність алгоритмів машинного навчання напряму залежить від обсягу, різноманітності та якості вхідних даних, що використовуються під час навчання моделей. Особливо актуальною ця проблема є в умовах волатильного попиту, коли поведінка споживачів та ринкові умови можуть швидко змінюватися.

Збір реальних даних про продажі, складські залишки, логістичні операції та зовнішні фактори часто супроводжується значними часовими та фінансовими витратами. Крім того, реальні набори даних можуть бути: неповними; зашумленими; нерівномірними; недостатньо репрезентативними; обмеженими за часовим інтервалом; незбалансованими щодо різних сценаріїв попиту.

У дослідженні пропонується використовувати підхід генерації синтетичних даних, який дає змогу створювати додаткові навчальні приклади для підвищення якості роботи моделей прогнозування попиту та оптимізації товарних запасів. Синтетична генерація даних дає змогу: збільшити обсяг навчальної вибірки; моделювати різні сценарії зміни попиту; створювати рідкісні або кризові ситуації; підвищувати стійкість моделей до аномалій; покращувати узагальнювальну здатність моделей машинного навчання.

У межах даної роботи пропонується використовувати два основні підходи до генерації синтетичних даних: повністю синтетичну генерацію; генерацію на основі реальних даних.

Підхід повністю синтетичної генерації передбачає створення усіх параметрів навчального прикладу штучним способом без прямого використання реальних записів. Основною метою такого підходу є створення великої кількості різноманітних сценаріїв поведінки попиту та складських процесів. У межах одного циклу генерації система випадковим чином формує набір параметрів, які описують певний сценарій функціонування підприємства. До таких параметрів належать: тип товару; сезонність; рівень попиту; вплив маркетингових кампаній; економічні фактори; рівень дефіциту; затримки постачання; зміна поведінки споживачів; зовнішні кризові події. Для генерації синтетичних даних пропонується використовувати випадкову комбінацію параметрів із подальшим формуванням часових рядів продажів та складських залишків. Пропонується виділити кілька основних категорій сценаріїв: стабільний попит; сезонний попит; різкі сплески попиту; кризові сценарії; сценарії дефіциту; сценарії надлишкових запасів; маркетингові сценарії; сценарії логістичних затримок. Для кожного сценарію система генерує: історію продажів; рівень складських залишків; часові інтервали постачання; рівень прогнозованого попиту; зовнішні фактори впливу; рекомендації щодо закупівель.

Другий підхід передбачає використання реальних даних підприємства як базису для формування нових синтетичних прикладів. У такому випадку реальні дані використовуються для побудови статистичних закономірностей та подальшої генерації нових сценаріїв. До джерел реальних даних можуть належати: історія продажів; дані CRM-систем; ERP-системи; складські журнали; дані постачання; логістичні показники; аналітичні звіти підприємства. Основна особливість цього підходу полягає у створенні нових комбінацій подій на базі реальних закономірностей поведінки попиту.

Також пропонується два методи генерації. На основі реального історичного періоду система генерує: альтернативні сценарії попиту; змінені показники продажів; нові зовнішні фактори; потенційні ризики постачання. Такий підхід дозволяє створювати варіації реальних ситуацій із модифікованими

параметрами. Другий підхід передбачає комбінування кількох реальних часових інтервалів або товарних категорій для створення складніших сценаріїв.

У результаті система формує комбіновані сценарії, які дозволяють навчати модель працювати в умовах високої невизначеності. Однією з ключових проблем синтетичної генерації є контроль якості створених даних. Некоректні або нереалістичні дані можуть негативно впливати на якість навчання моделей прогнозування. У дослідженні пропонується використовувати багаторівневий механізм перевірки синтетичних даних. Основними критеріями перевірки є: статистична подібність до реальних даних; відсутність аномальних значень; логічна узгодженість параметрів; реалістичність часових залежностей; коректність трендів попиту; перевірка сезонних закономірностей.

Для перевірки якості синтетичних даних пропонується використовувати допоміжну модель аналізу, яка оцінює: схожість синтетичних сценаріїв із реальними; стабільність прогнозів; коректність часових залежностей; рівень відхилення від реальних статистичних показників. Якщо згенеровані дані мають критичні відхилення або нелогічні залежності, такі записи автоматично відхиляються або коригуються. Додатково пропонується використовувати механізми фільтрації та пост оброблення даних: видалення аномалій; згладжування шуму; нормалізацію показників; балансування вибірки; усунення дублювання; корекцію часових рядів. Це дозволяє підвищити якість фінального навчального набору даних та покращити результати роботи моделей прогнозування.

Запропонований підхід до генерації синтетичних даних забезпечує: підвищення точності прогнозування; покращення адаптивності моделей; зменшення залежності від обмежених реальних даних; можливість моделювання кризових сценаріїв; підвищення стійкості системи до аномалій; масштабованість навчального процесу.

Таким чином, використання синтетичних даних є важливим елементом побудови інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень в управлінні товарними запасами та дозволяє забезпечити ефективне навчання моделей прогнозування в умовах волатильного попиту.

Основним компонентом розроблюваної системи є модель прогнозування попиту та підтримки прийняття рішень щодо управління товарними запасами. Модель призначена для аналізу історичних даних, виявлення закономірностей зміни попиту та формування рекомендацій щодо оптимізації складських запасів. Головною задачею системи є підвищення точності прогнозування та мінімізація ризиків дефіциту або надлишкових запасів в умовах нестабільного ринку. Пропонується використання нейромережевого підходу на основі моделей глибинного навчання [3], здатних враховувати часові залежності, сезонність та вплив зовнішніх факторів. Такий підхід забезпечує вищу адаптивність системи до змін ринку та дозволяє формувати більш точні прогнози у порівнянні з класичними статистичними методами.

Основними даними для аналізу є історія продажів, складські залишки, інформація про постачання та зовнішні фактори, які можуть впливати на рівень

попиту. Для реалізації програмної частини системи розглянуто використання web-технологій, серверних рішень на основі Python та інструментів машинного навчання TensorFlow і Keras. Для збереження інформації запропоновано використання документо-орієнтованої бази даних MongoDB.

У результаті проведеного дослідження було сформовано структуру інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень для управління товарними запасами. Система включає модулі збору даних, прогнозування попиту, аналізу інформації та формування рекомендацій щодо управління запасами. Проведений аналіз показав, що використання алгоритмів машинного навчання дозволяє підвищити точність прогнозування попиту порівняно з класичними статистичними підходами. Також було визначено можливість інтеграції системи з ERP- та CRM-платформами для автоматичного отримання інформації про продажі та складські залишки. Для взаємодії користувача із системою запропоновано web-інтерфейс із використанням dashboard-компонентів та графічного представлення результатів аналізу.

У роботі досліджено особливості використання системного аналізу та інтелектуальних методів підтримки прийняття рішень у задачах управління товарними запасами. Встановлено, що традиційні методи управління запасами не завжди забезпечують достатню ефективність в умовах нестабільного попиту. Розглянуті підходи до прогнозування попиту та використання алгоритмів машинного навчання дозволяють автоматизувати аналіз інформації та покращити процес управління товарними запасами. Запропонована структура інформаційної системи може бути використана для створення сучасних програмних рішень у сфері логістики та управління запасами.

Список літератури:

1. Silver E. A., Pyke D. F., Peterson R. Inventory management and production planning and scheduling. — 3rd ed. — New York : Wiley, 1998. — 748 p.
2. Chopra S., Meindl P. Supply chain management: strategy, planning, and operation. — 7th ed. — Pearson, 2019. — 528 p.
3. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep learning. — MIT Press, 2016. — URL: https://www.deeplearningbook.org/ (дата звернення: 28.04.2026).

ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ПІДБОРУ ПЕРСОНАЛУ НА ОСНОВІ ПСИХОЛОГІЧНИХ КРИТЕРІЇВ

Верес Олег Михайлович
к.т.н., доцент
Національний університет «Львівська політехніка»
м. Львів, Україна

Новосад Вікторія Андріївна
Студентка
Національний університет "Львівська політехніка"

На сьогодні питання працевлаштування та матеріального самозабезпечення залишається критичним для значної частини населення України. Дефіцит стабільних робочих місць стимулює трудову міграцію та сприяє зростанню рівня прихованого безробіття, особливо серед жителів сільських територій та осіб із нестабільними джерелами доходу. В умовах сучасних соціально-економічних викликів, демографічних змін та обмеженої кількості нових вакансій проблема зайнятості потребує ефективних інноваційних рішень.

Це зумовлює необхідність модернізації ринку праці шляхом реформування існуючих державних і приватних сервісів рекрутингу, стимулювання безперервного професійного розвитку населення, а також впровадження сучасних інформаційних технологій для автоматизації процесу підбору персоналу. Використання цифрових рішень у сфері працевлаштування дозволяє значно підвищити точність підбору кандидатів та ефективність взаємодії між роботодавцями і пошукачами роботи.

Метою даної роботи є розроблення інформаційної системи підтримки прийняття рішень, яка дозволяє автоматизувати та оптимізувати процес підбору персоналу. Для досягнення поставленої мети було визначено ряд завдань, зокрема: проведення аналізу існуючих платформ для працевлаштування, проєктування реляційної бази даних для зберігання інформації про кандидатів, вакансії та роботодавців, розроблення програмного забезпечення з використанням сучасних інструментів програмування, а також тестування функціоналу створеної системи.

Об'єктом дослідження є процес цифровізації механізмів працевлаштування, спрямований на зниження рівня безробіття. Предметом дослідження виступають алгоритми підбору персоналу, критерії оцінювання кандидатів, а також архітектура інформаційної системи, яка забезпечує ефективну взаємодію між учасниками ринку праці.

У ході дослідження було встановлено, що більшість наявних інформаційних систем підбору персоналу орієнтовані переважно на формальні критерії, такі як освіта, досвід роботи та професійні навички. Водночас недостатньо уваги

приділяється психологічним характеристикам кандидатів, що суттєво впливає на якість прийнятих рішень у процесі найму.

Також розглянуто основні методи боротьби з безробіттям, які застосовуються державними центрами зайнятості та приватними кадровими агентствами. Незважаючи на те, що проблема працевлаштування є одним із ключових економічних питань сучасності, методи, що використовуються цими установами, залишаються значною мірою застарілими та недостатньо ефективними [1-3].

З урахуванням наявних підходів і методології Карла Густава Юнга [4] було обґрунтовано та запропоновано новий метод вирішення проблеми безробіття, який базується на поєднанні типології психологічних типів із сучасними інформаційними технологіями.

У дослідженні проаналізовано ключові поняття інформаційних систем, зокрема бази даних, їх властивості, функції та особливості проєктування різних моделей даних [5]. Оскільки робота з даними здійснюється за допомогою систем управління базами даних (СУБД), проаналізовано основні функції таких систем та обґрунтовано вибір необхідних можливостей СУБД для успішного досягнення поставленої мети.

У рамках роботи запропоновано інформаційну систему, яка поєднує традиційні критерії відбору з психологічним аналізом кандидатів на основі типології MBTI (рис. 1). Система передбачає збір, обробку та аналіз даних про користувачів із подальшим формуванням рекомендацій щодо найбільш відповідних вакансій або кандидатів.

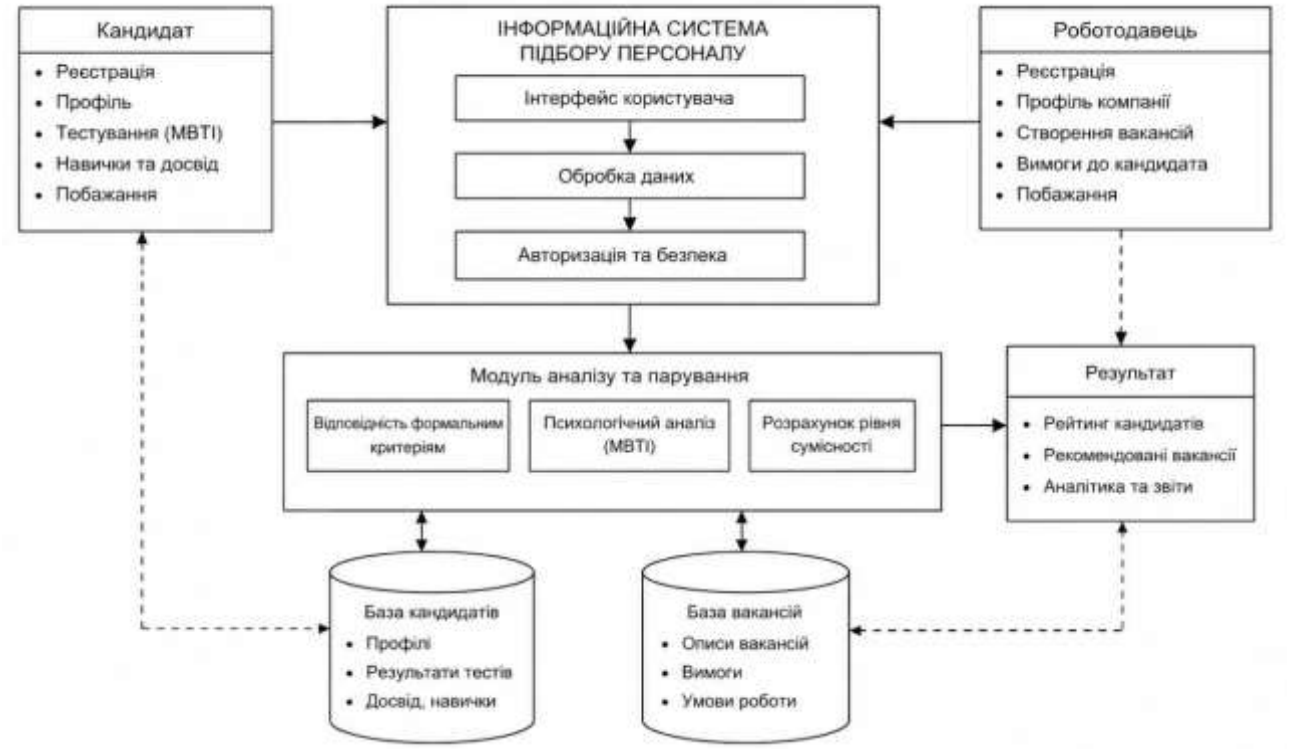


Рис. 1. Схема функціонування інформаційної системи підбору персоналу
Джерело рисунка: розробка автора.

Архітектура системи включає модулі введення даних, обробки інформації, аналізу та формування результатів. Особливу увагу приділено модулю аналізу та парування, який забезпечує оцінювання відповідності кандидатів як формальним вимогам вакансій, так і психологічним характеристикам. Це дозволяє підвищити точність підбору персоналу та зменшити ризик невдалого працевлаштування.

Результати проведеного дослідження підтверджують ефективність запропонованого підходу. Використання інформаційної системи дозволяє скоротити час пошуку кандидатів, підвищити якість кадрового відбору та оптимізувати витрати на рекрутинг. Практичне впровадження системи може бути корисним як для державних установ, так і для приватних компаній.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості застосування розробленої системи для підвищення ефективності процесів рекрутингу, скорочення часу пошуку персоналу та покращення якості підбору кадрів. Впровадження системи дозволить мінімізувати витрати підприємств на підбір персоналу та підвищити рівень задоволеності як роботодавців, так і кандидатів.

Перспективи подальших досліджень пов’язані з розширенням функціональних можливостей системи, зокрема шляхом поглиблення критеріїв оцінювання (включаючи Hard та Soft Skills), а також розробленням мобільних додатків для забезпечення більш широкого доступу користувачів до сервісу.

Список літератури:

1. Катренко А. В. Системний аналіз : підручник. – Львів : Магнолія-2006, 2009. – 352 с.
2. Armstrong M., Taylor S. Armstrong's Handbook of Human Resource Management Practice: A Guide to the Theory and Practice of People Management. — 16th ed. — London : Kogan Page Publishers, 2023. — 760 p.
3. Катренко А. В., Пасічник В. В., Пасько В. П. Теорія прийняття рішень : підручник. – Київ : Видавнича група BHV, 2009. – 448 с.
4. Jung C. G. Psychological Types. – Princeton : Princeton University Press, 1971. – 617 p.
5. Пасічник В. В., Резніченко В. А. Організація баз даних та знань. – Київ : Видавнича група BHV, 2006. – 384 с.

THE DEVELOPMENT OF INTERNATIONAL PRIVATE LAW IN UKRAINE IN THE CONTEXT OF EUROPEAN INTEGRATION

Khoptynskyi Artur,
Bachelor's student at the Faculty of Law, program "International Law",
Leonid Yuzkov University of Management and Law, Khmelnytskyi

Anikina Galyna,
Associate Professor, Candidate of Legal Sciences, Professor of the Department of Private Law, Leonid Yuzkov University of Management and Law, Khmelnytskyi

Current processes of globalization and integration at the international level are driving the active development of national legal systems, particularly in the field of private international law. Having chosen a strategic course toward European integration, Ukraine is implementing large-scale legislative reforms aimed at harmonizing national law with European Union law. In this context, private international law plays a key role, as it regulates private law relationships with a foreign element, ensuring effective interaction between the legal systems of different states. The development of Ukraine's private international law is influenced by European standards, the practice of international judicial institutions, and the provisions of international treaties, which necessitates a comprehensive study of this process.

The issues surrounding the development of private international law have repeatedly been the subject of academic research by both domestic and foreign scholars. Significant contributions to the examination of specific aspects of this field have been made by D. O. Hrebenyuk, K. V. Manuilova [1], A. V. Matveeva [2], O. V. Pasechnik [3], and other scholars. The work of O. Sushch [4], devoted to the analysis of legal issues related to international crisis processes and their perception by the global community, deserves special attention.

The Law of Ukraine "On Private International Law" (2005) remains the primary legislative act governing the field of private international law. It determines which law should be applied in cases involving a "foreign element," as well as issues of jurisdiction, recognition, and enforcement of foreign court decisions. In addition, the law covers various types of legal relationships, including family, inheritance, property, contractual, and others. This law enshrines key principles of private international law, such as conflict-of-laws rules, party autonomy, the principle of reciprocity, as well as rules regarding the determination of the legal nature of relationships and the application of renvoi. Special rules are provided for certain categories of legal relationships. For example, in the case of a power of attorney, the law of the state where it was issued applies [5].

At the same time, it is important to note that more than 15 years have passed since this law was enacted. During this time, both the international landscape and the

situation within Ukraine itself have changed significantly. Therefore, the issue of updating and adapting private international law to contemporary realities is becoming increasingly relevant today [5].

Following Ukraine's declaration of independence, international contacts increased significantly. Foreigners began visiting Ukraine more frequently—in particular to conduct business, collaborate with Ukrainian companies, or, for example, to adopt children. At the same time, Ukrainians are leaving the country in large numbers: initially mainly for employment, later for education, and today also for travel or medical treatment. In recent years, Ukrainian citizens have increasingly been purchasing real estate outside the country. At the same time, foreigners are increasingly turning to surrogacy services in Ukraine, which also influences the development of international private law relations. Furthermore, the scope of international transportation and cooperation with various countries is expanding. All these processes have led Ukraine to become more actively involved in international multilateral treaties and to conclude bilateral agreements with other countries. Such treaties often contain provisions governing civil law relations with a foreign element [6].

In the current context of escalating international tensions, S. M. Zadorozhna notes that there is a significant violation of the fundamental principles of private international law, as well as of the norms of international humanitarian law and human rights protection. In this regard, there is a need to improve international legal mechanisms for state accountability, enhance the effectiveness of international justice, expand the system of international restrictive measures, and strengthen cooperation among states to maintain stability, ensure human rights, and safeguard international security. The author also emphasizes the principle of the peaceful settlement of international disputes as one of the fundamental principles of international law. Its development traces back to the Westphalian system of international relations, which established the obligation to maintain peace for all subjects of international law [7].

At the present stage, there is a clear mismatch between the provisions of the 2005 Law of Ukraine "On Private International Law" and current social and legal realities. This is due both to significant social changes and active population migration processes, as well as to the adaptation of national legislation to European legal standards. Insufficient updating of the codification of private international law may cause difficulties in determining jurisdiction, selecting the applicable law, as well as in procedures for the recognition and enforcement of decisions by foreign courts or in resolving issues regarding property in cross-border circulation. At the same time, legal practice and current social circumstances point to the need to focus on the latest approaches in private international law, among which the autonomy of the parties to legal relationships, the consideration of international treaties, the principles of fairness and effectiveness, as well as the proper protection of human rights and freedoms, play a significant role [4].

At the same time, the development of private international law in Ukraine is being influenced by new legislative acts adopted in recent years. Although the fundamental Law of Ukraine "On Private International Law" remains in force without significant changes, national legislation is gradually being supplemented with new legal

mechanisms. Particular attention is being paid to issues of property rights protection in extraordinary circumstances, as well as to regulating the legal regime for certain categories of property associated with foreign entities [4].

In summary, it can be concluded that Ukraine's private international law is undergoing active development and gradual changes under the influence of European integration processes, globalization, and contemporary challenges. It continues to play an important role in regulating private law relationships with a foreign element, ensuring that national legislation is aligned with international standards.

The 2005 Law of Ukraine "On Private International Law" remains the primary legislative framework in this area, having established the fundamental principles and mechanisms for regulating the relevant legal relationships. At the same time, it is evident that its provisions no longer fully correspond to current realities, as both international conditions and domestic processes in Ukraine have changed significantly in recent years. In particular, the development of private international law is significantly influenced by the processes of European integration, the expansion of international ties, increased migration, and the introduction of special legal regimes within the state. Taken together, these factors give rise to new legal situations that require more flexible and modern regulatory frameworks.

Furthermore, practice shows that modern approaches to private international law—such as the autonomy of the parties, the primacy of international treaties, and the principles of equity, effectiveness, and the protection of human rights—are being applied with increasing frequency. This indicates that the Ukrainian legal system is gradually aligning with European standards.

Therefore, the further development of Ukraine's private international law should be aimed at its modernization and harmonization with European Union law, which will ensure greater legal certainty, effective enforcement of the law, and adequate protection of the rights of parties to private law relationships with a foreign element.

References:

1. Мануїлова К.В., Гребенюк Д.О. Виклики сучасного міжнародного права: від публічного до приватного. Юридичний науковий електронний журнал. 2023. № 10. 619–623. DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0374/2023-10/149.

2. Матвєєва А.В. Актуальні трансформаційні процеси у міжнародному приватному праві. Актуальні проблеми права: теорія і практика. 2022. № 1 (43). 64-72. DOI: https://doi.org/10.33216/2218-5461-2022-43-1-64-72.

3. Пасечник О.В. Статика та динамізм міжнародно-правового регулювання в аспекті системи джерел сучасного міжнародного права. Нове українське право. 2023. Вип. 3. 96-105. DOI: https://doi.org/10.51989/NUL.2023.3.14.

4. Sushch O. Private International Law of Ukraine in Modern Conditions. Law and innovative society. URL: https://www.researchgate.net/publication/394330221_PRIVATE_INTERNATIONAL_LAW_OF_UKRAINE_IN_MODERN_CONDITIONS.

5. Бова Є. Й., Материнко М. О. Contemporary challenges and transformations in private international law: impact on legal regulation in Ukraine // [90Науковий вісник

Ужгородського Національного Університету, 2025. Серія ПРАВО. Випуск 92: частина 5]. 2025. URL: https://www.researchgate.net/publication/400373367_Contemporary_challenges_and_transformations_in_private_international_law_impact_on_legal_regulation_in_Ukraine.

6. Фединяк, Г. С. (2021). У ЛАБІРИНТАХ МІЖНАРОДНОГО ПРИВАТНОГО ПРАВА. Правова держава, (43), 217–225. https://doi.org/10.18524/2411-2054.2021.43.241006

7. Задорожна С.М. Загальні принципи у класичному міжнародному праві: Вестфальський мир. Право і суспільство. 2018. № 6. 241-245. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pis_2018_6_43.

DIGITALIZATION OF LABOR LAW AND THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE: A COMPARATIVE LEGAL ANALYSIS OF KAZAKHSTAN AND GERMANY

Kuralay Turlykhankyzy
PhD, Senior Lecturer at the Department of Law,
Kazakh National Pedagogical University named after Abai,
Almaty, Kazakhstan

Zhanar Syikhynbayevna Koshkimbayeva
Branch of JSC "National Centre for Professional Development "Orleu" Zhambyl Region,
Department of Natural Science and Mathematics Senior Lecturer,
Taraz, Kazakhstan

Daryn Turlykhanuly Kenzhebekov
Student of the Higher School of "Business and Law",
Kazakh National Agrarian Research University
Almaty, Kazakhstan

Abstract

In the context of the digitalization of social relations, artificial intelligence (AI) is becoming a key instrument for modernizing the legal system and improving labor legislation. This article examines the potential use of AI technologies to identify legal contradictions, conflicts, and gaps in the labor legislation of the Republic of Kazakhstan and Germany. A comparative legal analysis of national approaches to AI regulation in the labor sphere is conducted, focusing on the application of algorithmic systems in personnel decision-making, labor relations monitoring, and legal examination of regulatory acts. Special attention is paid to the European regulatory model based on the principles of transparency, non-discrimination, and personal data protection, as well as the prospects for adapting these mechanisms within the Kazakh legal system. The study concludes that there is a need to form a comprehensive legal framework for AI regulation in the labor sphere, taking into account international standards, principles of digital ethics, and the protection of workers' labor rights.

Keywords: artificial intelligence, labor legislation, legal contradictions, digitalization, algorithmic regulation, labor relations, Kazakhstan, Germany, AI Act.

The current stage of digital technology development is characterized by the active implementation of artificial intelligence in various spheres of public life, including labor relations and the legal regulation system. The use of AI in legal practice enables the automation of normative legal act analysis, the identification of legal conflicts, the

forecasting of judicial practice, and the improvement of law-making efficiency. This issue is particularly relevant in the field of labor law, where constant legislative updates, the development of remote employment, the platform economy, and digital forms of work require flexible and timely legal regulation [1]. In this context, AI technologies become a tool for identifying contradictions between legal norms, international standards, and their practical application.

Germany, as one of the leading European Union member states, is actively implementing artificial intelligence regulatory mechanisms in accordance with the provisions of the EU AI Act [2]. Kazakhstan, in turn, is at the stage of forming a national model for AI regulation and the digitalization of labor relations [3].

The aim of this study is a comparative legal analysis of the use of artificial intelligence in identifying legal contradictions and optimizing labor legislation in Kazakhstan and Germany.

In the context of the digitalization of labor relations, artificial intelligence is becoming not only a technological tool for automation but also an important mechanism for improving the legal regulation of labor. In labor law, artificial intelligence represents a set of algorithmic systems based on machine learning, natural language processing (NLP), and intelligent data analysis, capable of identifying contradictions, conflicts, and gaps in normative legal acts regulating the labor sphere [4].

A specific feature of AI application in labor legislation is that labor law is characterized by a high degree of regulatory dynamism. Changes in forms of employment, the development of remote work, platform-based employment, and digital monitoring of employees require constant legislative updates. As a result, situations arise in which certain provisions of labor codes, subordinate regulations, and local legal acts begin to contradict each other or fail to correspond to modern working conditions [5].

In this regard, artificial intelligence technologies are used for the automated comparison of legal norms and the identification of legal inconsistencies. LegalTech algorithms are capable of analyzing labor legislation, case law, and international labor standards, identifying duplication of norms, ambiguity in legal formulations, conflicts between national and international acts, as well as contradictions between legislation and its practical application [6].

A particularly important role is played by natural language processing (NLP) technologies, which enable systems to analyze legal texts not only formally but also in terms of semantic structures. Thanks to this, AI can identify contradictions between different articles of labor legislation, detect differences in judicial interpretation of identical legal norms, and predict potential labor disputes.

In Germany, the use of AI in the labor sphere is primarily focused on ensuring legal certainty and preventing discriminatory practices in personnel decision-making. German digital legal analysis systems are used to verify the compliance of internal employer regulations with EU labor law, GDPR requirements, and anti-discrimination principles [7]. Special attention is given to the transparency of algorithms and the

possibility of providing a legal explanation for decisions made using artificial intelligence.

In Kazakhstan, the application of artificial intelligence in labor law is still at an emerging stage. However, the digitalization of public administration and the development of e-justice create preconditions for the introduction of intelligent systems for legal analysis. The use of AI may contribute to identifying contradictions between the provisions of the Labor Code of the Republic of Kazakhstan, subordinate regulatory acts, and international labor standards of the International Labour Organization [8]. In addition, artificial intelligence technologies can enhance the effectiveness of legal expertise of draft regulatory legal acts in the field of labor.

Thus, the essence of artificial intelligence in the mechanism of legal regulation of labor relations lies not only in the automation of legal activities but also in ensuring the systematic optimization of labor legislation through the identification of legal conflicts, forecasting law-enforcement risks, and improving the quality of regulatory regulation of labor.

Regulatory features of artificial intelligence in Germany: Germany regulates artificial intelligence within the broader European legal framework. The foundation is Regulation (EU) 2024/1689 – the EU AI Act, which introduces a risk-based approach to the use of AI [9].

Special attention is given to AI systems used in employment relations, as they are classified as “high-risk” systems. Such systems include:

- automated recruitment;
- algorithmic employee evaluation;
- digital employee monitoring;
- automated decision-making in HR processes.

German scholars emphasize that the use of AI in the labor sphere must comply with GDPR requirements, anti-discrimination legislation, and the principles of algorithmic transparency.

In Germany, AI is widely used in:

- legal auditing of employment contracts;
- analysis of collective bargaining agreements;
- forecasting labor disputes;
- identification of discriminatory practices.

A particularly important principle is explainable AI, according to which any decision affecting workers’ rights must be transparent and legally explainable.

In addition, German legislation provides for the participation of works councils (Betriebsrat) in the implementation of AI systems in enterprises [10]. This ensures a balance between employer interests and worker protection.

Current state of artificial intelligence regulation in the Republic of Kazakhstan: In the context of global digital transformation, the Republic of Kazakhstan is consistently forming a national model for regulating artificial intelligence aimed at ensuring technological development, digital security, and the adaptation of public administration to modern challenges of the digital economy.

The development of artificial intelligence is considered one of the priority directions of modernization of the legal system and digitalization of social relations.

The current state policy of Kazakhstan in the field of digitalization is implemented within the framework of building a digital state and developing innovative technologies. Significant importance in this process is attached to digital transformation programs aimed at introducing intelligent systems into public administration, the judiciary, the employment sector, and the labor market. In this regard, the formation of a regulatory framework for artificial intelligence has become an objective necessity due to the expanding use of algorithmic systems in socially significant areas.

Of particular importance for establishing a national AI governance framework is the adoption in 2025 of the Law of the Republic of Kazakhstan "On Artificial Intelligence" [11], which became the first comprehensive regulatory act defining the legal foundations for the development, implementation, and operation of artificial intelligence systems. This law established fundamental principles of state regulation of AI, including legality, transparency, security, non-discrimination, and the protection of human rights in the use of intelligent technologies.

The provisions of the law introduce the classification of AI systems according to levels of potential risk, establish special requirements for high-risk algorithmic systems, and define mechanisms of state control over their functioning. Special attention is paid to algorithmic transparency, personal data protection, and the legal liability of entities involved in the development or operation of intelligent systems.

At the same time, the analysis of the current legislation shows that the regulation of artificial intelligence in the Republic of Kazakhstan is mainly of a general technological nature and does not yet contain comprehensive legal mechanisms for regulating the use of AI directly in the field of labor relations. Current labor legislation does not sufficiently take into account the specifics of algorithmic labor management, digital monitoring of employees, and automated personnel decision-making.

It should be noted that the modern development of the labor market is accompanied by the rapid spread of digital platforms, remote employment, and automated HR systems that use elements of artificial intelligence in recruitment, performance evaluation, and the organization of work processes. However, the absence of specific legal mechanisms regulating such technologies creates a risk of violating workers' labor rights and leads to new forms of digital inequality.

Thus, the current stage of forming a national model for AI regulation in Kazakhstan is characterized by a gradual transition from general technological regulation to the need for sector-specific legal regulation of AI use, including in the field of labor law. In this regard, the development of special legal norms aimed at ensuring a balance between technological development and the protection of workers' rights is of particular importance.

Problems of using artificial intelligence in labor legislation of the Republic of Kazakhstan: The introduction of artificial intelligence technologies into labor relations in Kazakhstan is accompanied by a number of legal, organizational, and socio-ethical

problems caused by the insufficient adaptation of current labor legislation to the conditions of digitalization of work and algorithmization of management processes.

One of the key problems is the absence in labor legislation of specific norms regulating algorithmic labor management. In practice, modern digital systems are capable of automatically monitoring employee performance, making HR decisions, distributing job functions, and evaluating work efficiency without direct human involvement. However, the Labor Code of the Republic of Kazakhstan does not contain legal mechanisms defining the limits of such technologies, procedures for digital monitoring of employees, and guarantees for protecting their labor rights.

Another significant issue is the insufficient level of legal protection of workers from digital discrimination. The use of machine learning algorithms in HR policies may lead to hidden discrimination based on age, gender, social status, or other characteristics due to the specifics of large-scale data processing. At the same time, current legislation does not provide special procedures for assessing algorithmic decisions for objectivity and non-discriminatory nature.

Particularly important is the problem of the lack of effective mechanisms for challenging automated decisions made using artificial intelligence. In modern conditions, digital HR systems can make decisions on hiring, promotion, or termination of employment based on automated data analysis. However, employees are often unable to obtain a full explanation of the logic behind such decisions, which limits the realization of principles of fairness and legal certainty.

Legal uncertainty also remains regarding liability for the consequences of the functioning of intelligent systems. In cases where harm is caused to an employee due to an erroneous algorithmic decision, the question arises of identifying the liable party - the employer, software developer, or system operator. The absence of clear legal delimitation of responsibility significantly complicates the protection of violated labor rights.

An additional factor hindering the effective implementation of AI in labor relations is the insufficient level of digital legal culture and the lack of specialized training in digital labor law. In the context of rapid technological development, both employers and employees often do not possess sufficient knowledge of the legal risks associated with artificial intelligence and the mechanisms for protecting labor rights in a digital environment.

Furthermore, a significant problem is the absence in national legislation of comprehensive regulation of platform-based employment and remote forms of work that actively use algorithmic management mechanisms. Modern digital platforms are effectively forming new models of labor relations in which key managerial functions are performed through intelligent systems. However, current labor legislation in Kazakhstan does not yet provide a full legal qualification of such forms of employment.

In this regard, it is necessary to further improve the labor legislation of the Republic of Kazakhstan by introducing special norms regulating the use of artificial intelligence in labor relations, establishing principles of algorithmic transparency, ensuring workers' right to explanation of automated decisions, and developing mechanisms of state control over the use of high-risk AI systems in the labor sphere.

Artificial intelligence is becoming an important tool for improving labor legislation and increasing the efficiency of legal regulation of labor relations. The use of AI makes it possible to identify legal contradictions, analyze judicial practice, and optimize law-making processes.

A comparative legal analysis shows that Germany has a more developed system of AI regulation in the labor sphere, based on the principles of transparency, personal data protection, and non-discrimination. Kazakhstan is at the stage of forming a national model of artificial intelligence regulation and is actively adopting international experience.

For the further improvement of labor legislation in the Republic of Kazakhstan, it is necessary to:

- enshrine special norms on the use of AI in labor relations;
- introduce mechanisms for controlling algorithmic decisions;
- ensure protection of workers from digital discrimination;
- develop LegalTech systems and digital legal analytics;
- harmonize national legislation with international standards.

Thus, the effective use of artificial intelligence can become an important factor in modernizing labor law and ensuring a balance of interests between employees, employers, and the state in the context of digital transformation of society.

Acknowledgment: article by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan Ap25793729 reform and modernization: strategies for the development of the Labor Code of the Republic of Kazakhstan

References:

1. Galiakbarova G.G. Some Features of the Legal Regulation of Artificial Intelligence: Foreign and National Experience // Bulletin of Al-Farabi Kazakh National University. Law Series. 2024. Vol. 112. No. 4. Available at: https://bulletin-law.kaznu.kz/index.php/journal/article/view/3194

2. Reuter W.J., Riedel M. Artificial Intelligence and German Labor Law: AI will permanently change the world of work. 2023. // URL: https://www.germanlawinternational.com/laborlaw/artificial-intelligence/artificial-intelligence-and-german-labor-law-ai-will-permanently-change-the-world-of-work-31232/

3. Kapsalyamova S. et al. Legal Challenges of Regulating Generative AI in Kazakhstan: A Comparative Assessment in Light of the EU AI Act. 2025. // URL: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=5274268

4. AI Systems in Employment Law in Germany. Winheller. URL: https://www.winheller.com/en/business-law/labor-employment-law/ai-systems.html

5. Alimkhanov M. Comparative Analysis of Artificial Intelligence Regulatory Approaches. 2024. // URL: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4873053

6. Jobin A., Ienca M., Vayena E. Artificial Intelligence: the global landscape of ethics guidelines // Nature Machine Intelligence. 2019. URL: https://www.nature.com/articles/s42256-019-0088-2

7. Wachter S., Mittelstadt B., Russell C. Why Fairness Cannot Be Automated. 2020. // URL: https://arxiv.org/abs/2005.05906

8. Labor Code of the Republic of Kazakhstan, Code of the Republic of Kazakhstan dated November 23, 2015 No. 414-V ZRK. Available at: https://adilet.zan.kz/rus/docs/K1500000414/k150414.htm

9. Arrieta A.B. et al. Explainable Artificial Intelligence (XAI): Concepts, Taxonomies, Opportunities and Challenges toward Responsible AI // Information Fusion. 2020. URL: https://arxiv.org/abs/1910.10045

10. Betriebsverfassungsgesetz (BetrVG) – German Works Constitution Act. // URL: https://www.gesetze-im-internet.de/betrvg/?utm_source=chatgpt.com

11. On Artificial Intelligence, Law of the Republic of Kazakhstan dated November 17, 2025 No. 230-VIII ZRK. Available at: https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z2500000230

ASPECTS OF STRATEGIC MANAGEMENT IN FINANCIAL SYSTEM OF HEALTHCARE IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

Zabirova E.A.
Almaty, Kazakhstan

Nogayev N.A.
Almaty, Kazakhstan

Abstract: The Republic of Kazakhstan is currently facing a number of challenges and changes that require updating and developing the theoretical foundations of healthcare system management. However, financial system of healthcare cannot be studied only in a singular field of budgeting, the strategical aspects of healthcare are important in order to enhance the whole financial system of healthcare in Republic of Kazakhstan. The purpose of this paper is to analyze and assess the current state and challenges of Kazakhstan's healthcare financing system with the aim of developing and proposing theoretical foundations for management that will facilitate its more effective organization.

Keywords: Healthcare management, financial system of healthcare, healthcare in Kazakhstan, financing of healthcare, strategic management in healthcare

Theoretical foundations of healthcare system management in the Republic of Kazakhstan include a set of concepts, principles, and approaches that help optimize the organization, management, and delivery of medical care to the population. Resource allocation, coordination between different levels of healthcare, quality and accessibility of medical care, and the development of policies and strategies all require a theoretical basis for the effective functioning of the healthcare system in Kazakhstan. The theoretical foundations of the healthcare system help define the goals, objectives, and principles that guide the healthcare system. For example, one key principle may be accessibility of medical care for all citizens, regardless of their place of residence or social status. This principle can form the basis for developing strategies for the development and improvement of the healthcare system in the Republic of Kazakhstan. At the same time, the quality of medical care must meet the high standards defined by national and international regulations. These principles serve as the foundation for further development and improvement of the healthcare system with the goal of improving the overall health of the population and achieving social justice.

The healthcare system can be viewed as both a socio-economic sphere and an object of public administration. As a socio-economic sphere, the healthcare system represents a complex of institutions, organizations, and enterprises with a homogeneous nature of activity, regardless of ownership. It is the foundation for the development of the corresponding branch of public administration [1]. The principles

of governance and operation of the healthcare financial system are fundamental principles for the state and political bodies when developing relevant policies, strategies, and regulations. They enable the state to determine its priorities, effectively allocate budgetary resources, develop a monitoring and control system, and ensure effective healthcare governance.

Healthcare is a key area of public expenditure. An analysis of the theoretical foundations of healthcare system management helps assess the efficiency of financial resource use and determine the optimal allocation of budgetary funds for healthcare. This is especially important in a context of limited budgetary resources, when the state strives to achieve a balance between the quality of medical care and accessibility for the population.

The development and effective functioning of a healthcare financial system is a key factor in attracting investment into the country. High-quality and accessible medical care is one of the key criteria considered by potential investors when making investment decisions. Theoretical foundations of financial management enable the development of strategies and policies that promote the development of a modern and competitive healthcare system, which attracts investment and stimulates economic growth. It is worth noting that a high-quality and effective healthcare system directly impacts the well-being of society [2]. Theoretical foundations of healthcare management and organization can help develop strategies and policies aimed at increasing the accessibility and quality of healthcare, reducing healthcare inequalities, and improving the health and quality of life of citizens.

The results of previous studies confirm that effective healthcare governance plays a crucial role in achieving goals and ensuring public health. One of the key aspects of managing the healthcare financing system in Kazakhstan is the development and implementation of relevant strategies and policies. State regulation in this area is implemented through the adoption of laws, regulations, and healthcare development programs. The quality and relevance of these legal and strategic documents are important factors for achieving modern requirements and best practices in healthcare. They must be based on scientific evidence, international standards, and the experience of successful countries. The development and improvement of the healthcare governance system requires a comprehensive approach and the inclusion of various stakeholders [3]. Active interaction and partnership between government agencies, medical institutions, professional associations, public organizations, and other stakeholders is essential.

Numerous researchers are studying the fundamentals of healthcare system management and note the need to examine healthcare financing systems using a multidisciplinary approach, including strategic and operational management in healthcare. In all developed countries, healthcare industries face the challenge of improving the quality, efficiency, and safety of patient care as the foundation of the financing system and budgeting guidelines. Many international researchers note in their research the need for effective management of processes, resources, and personnel to ensure high-quality and accessible medical care for patients. Financial management in healthcare involves developing strategies, optimizing processes, making informed

decisions, and coordinating the activities of various system participants. Effective management enables optimal resource utilization, improving the quality of medical care, and ensuring patient satisfaction [4].

Financing is a key aspect of healthcare management. Numerous studies focus on identifying optimal methods and sources of healthcare financing. Budget allocation, insurance systems, and patient payments are key elements ensuring the sustainability of the healthcare financial system and ensuring access to medical care for the population. Resource management, such as medical equipment, medications, medical personnel, and financial resources, plays a vital role in ensuring the effectiveness and accessibility of medical care. Some foreign researchers in the field claim that optimizing the use of available resources, procurement planning, monitoring financial flows, and ensuring resource sustainability are key aspects that lead to improved efficiency and quality medical care [3]. To ensure patient safety and achieve high quality standards, healthcare management must actively utilize control and audit mechanisms, feedback and monitoring systems, and continuous professional training and development of medical personnel.

Public policy also plays a key role in managing the healthcare financial system. The government develops strategies, legislation, and programs aimed at improving the healthcare financing system. By providing grants, financial support, and tax incentives, the government can stimulate the development and implementation of new technologies, treatment methods, and organizational approaches. The government determines the mechanisms for financing the system, including budget allocation, regulation of insurance systems, and patient payments. Healthcare management also includes the development of human resources strategies aimed at ensuring the necessary skills and competencies of medical personnel. It is also necessary to create conditions for their professional development, which include organizing training and professional development for personnel. Conducting motivation and job satisfaction programs is also an important task of healthcare management. These measures contribute to improving the performance of medical personnel and reducing staff turnover. Healthcare management includes establishing partnerships with other organizations, including government agencies, non-governmental organizations, academic and research centers, and public organizations [5]. Collaboration and partnership in this area are important as they facilitate the exchange of experience, the development of joint programs, and the solution of common problems in healthcare. Through partnerships, different organizations can pool their resources, knowledge, and expertise to achieve common goals.

A literature review shows that understanding the fundamentals of the management and functioning of a healthcare financing system involves analyzing the roles of governance, financing, public policy, and partnerships. These aspects are interrelated and determine the effectiveness and accessibility of healthcare for the population. A lack of effective financing management can lead to suboptimal process organization, inefficient use of resources, and inadequate access to healthcare services.

The healthcare financing system in the Republic of Kazakhstan is a vital component of the country's social infrastructure. One of the distinctive features of the

healthcare system in Kazakhstan is its comprehensive nature, encompassing not only medical institutions but also organizational structures and legal norms. This ensures consistency and cooperation between various levels of healthcare, as well as the effective functioning of the system as a whole.

The organizational structure of the healthcare system in the Republic of Kazakhstan is a hierarchical system with several levels. At the top level is the Ministry of Health, which is the central body for state management of healthcare financing. It is responsible for developing strategies, policies, and regulations, as well as for coordinating and overseeing the functioning of the healthcare system throughout the country. The Ministry of Health has subordinate structures at the regional and local levels. Regional healthcare authorities, such as oblast and city healthcare departments, directly manage and oversee healthcare in their territorial units. They ensure the implementation of state healthcare policy, monitor the quality of medical services, coordinate the work of healthcare facilities, and develop measures to improve the healthcare system in their region. At the local level, healthcare institutions operate, including hospitals, clinics, outpatient clinics, and others. They provide healthcare to the population in accordance with established norms and quality standards. Local healthcare authorities oversee and control the activities of these institutions, ensure their funding, and organize the admission and assignment of patients.

A key characteristic of Kazakhstan's healthcare system is its focus on achieving a high level of accessibility for citizens. The government places particular emphasis on developing primary healthcare to ensure the population has access to primary care close to their homes. Furthermore, there are programs and measures to improve the healthcare system, including the development of medical education, advanced training for medical workers, improved medical technologies, and infrastructure development.

Funding for the Republic of Kazakhstan comes from several sources, including the state budget, compulsory health insurance, and payments for medical services. This ensures financial sustainability and accessibility of medical care for the country's population. The state budget is one of the main sources of funding for the healthcare system. The state allocates funds for the development of healthcare infrastructure, the purchase of medical equipment, the financing of medical institutions, and the provision of medical services. Compulsory health insurance also plays a significant role in financing the healthcare system in Kazakhstan. Citizens are required to have health insurance, which is financed by contributions from employers and individuals. These funds are used to form a social health insurance fund, which is used to pay for medical services and offset treatment costs.

The current healthcare payment system lacks aligned incentives, promoting consumption and overuse of resources rather than the overall health and well-being of patients. Furthermore, Kazakhstan's healthcare system has unique barriers to competition not found in other sectors, hindering innovation. The presence of corruption, commercial insurers, fraud, and embezzlement within the system also diverts resources from adequately paying for healthcare.

The following specific proposals can be considered to improve the management system: increasing funding efficiency, developing information technology, improving

monitoring and control systems, developing human resources, and strengthening partnerships with international organizations. It is proposed to increase overall funding for the healthcare system, allocate additional funds for developing medical infrastructure, purchasing modern equipment, and training medical personnel. It is also important to ensure stable and predictable funding, taking into account healthcare needs and priorities.

Healthcare information systems must be improved to improve the exchange of medical information and coordination between medical institutions. The introduction of electronic medical records, telemedicine, and other innovative technologies will reduce bureaucratic procedures, increase the accessibility of medical services, and improve the quality of medical care.

Effective mechanisms for monitoring the quality of medical care, compliance with medical standards, and ethical norms should be developed. Regular inspections and audits should be conducted with the participation of independent experts to ensure transparency and accountability in the healthcare system.

Attention must be paid to the development and training of medical personnel. It is important to create professional development programs, incentivize young professionals to work in the healthcare field, and ensure fair compensation and career development opportunities for medical workers. The Republic of Kazakhstan could benefit from establishing partnerships with international organizations such as the World Health Organization (WHO) to share experiences, obtain expert support, and access best international practices in health care.

References:

1. Financial and clinical features of Hospital Information Systems. (2013). *Financial Management Strategies for Hospitals and Healthcare Organizations*, 125–148. https://doi.org/10.1201/b15716-12

2. Miszczyńska, K. M. (2020). Challenges and opportunities of the sustainability in Healthcare. *Practice, Progress, and Proficiency in Sustainability*, 120–149. https://doi.org/10.4018/978-1-7998-1033-9.ch007

3. Saporito, A., & Mrad Georgis, B. (2025). Financial stewardship in Healthcare: Mastering financial management through balance sheets. *Healthcare Services Management*, 285–293. https://doi.org/10.1007/978-3-032-12602-3_27

4. Isik, M., & Isik, F. (2015). Analyzing financial structure of Turkish healthcare system in comparison with U.S., German, British, French and Cuban Healthcare Systems. *Pressacademia*, *2*(4), 501–501. https://doi.org/10.17261/pressacademia.2015414364

5. Thrasher, E. H., Byrd, T. A., & Hall, D. (2006). Information Systems and Healthcare XV: Strategic fit in Healthcare Integrated Delivery Systems: An empirical investigation. *Communications of the Association for Information Systems*, *18*. https://doi.org/10.17705/1cais.01834

ОСНОВНІ ТЕНДЕНЦІЇ ФУНКЦІОНУВАННЯ АГРАРНОГО РИНКУ УКРАЇНИ

Коваленко Олександр Григорович
Викладач
Уманський національний університет

Аграрний ринок відіграє важливе значення для економіки, безпеки, стабільності держави та задоволення потреб населення в продуктах харчування. На функціонування аграрного ринку впливають ринки землі, праці, та інвестиційних товарів. Стабільність функціонування і насиченість агропродовольчими товарами є ключовим завданням подальшого розвитку агропромислового комплексу України [1].

Вітчизняний аграрний ринок є складним механізмом, який в своєму середовищі розвиває систему виробничо-економічних відносин між структурними елементами, що забезпечують рух товарів від виробника до споживача. Конкурентоспроможність функціонування аграрного ринку полягає в наявність великої кількості сільськогосподарських товаровиробників, споживачів, розвиненої інфраструктури, досконалої конкуренції та нормативного забезпечення регулювання відносин [2].

Сучасний стан агропромислового комплексу дозволяє визначити його основну роль в забезпеченні продовольчої безпеки держави, соціально-економічному розвитку регіонів, життєзабезпеченні сільського населення. Аграрний сектор є важливим елементом економіки по здатності генерувати значну кількість валового внутрішнього продукту [3].

Аграрний сектор займає вагоме місце у валовій доданій вартості та валовому прибутку, змішаному доході держави.

Від загальної території країни відсоток сільськогосподарських угідь становить 68,5%, з яких в 2022 році 50% використовувалось сільськогосподарськими підприємствами, решта — господарствами населення. Еволюція українського аграрного сектору сприяла галузевій спеціалізації операторів залежно від площі землі, що обробляється: великі підприємства складають 2% аграрного сектора, на них припадає 15% загального обсягу сільськогосподарської продукції та 50% продукції харчової промисловості. Решту виробляють малі та середні сільськогосподарські підприємства. Так як найпоширенішою формою господарських відносин в аграрному секторі є оренда індивідуальних земельних ділянок приватної власності сільськогосподарськими підприємствами, сільськогосподарські підприємства надають фінансову підтримку сотням тисяч землевласників, які проживають у сільській місцевості. Питома вага особистих селянських та фермерських господарств у загальній структурі валової продукції становить 45%, на підприємства припадає 55% товарної продукції рослинництва, то стає очевидно, що продовольче забезпечення країни залежить від селян [4].

Сільськогосподарські підприємства відіграють важливу роль в землекористуванні та вирощуванні культур, призначених для експорту, таких як кукурудза (86 %), пшениця (80 %) та олійні культури (соняшник — 86 %). Одноосібники вирощують фрукти та овочі, призначені для споживання в Україні. Незначна кількість фермерських господарств в довоєнний період обробляли менше 100 га, їхня частка у виробництві зернових була незначною. 8600 фермерських господарств середнього розміру (від 200 до 2 000 га), виробляють 50 % зернових. Підприємств, що обробляють великі площі – 12, орендували площі понад 50 000 га, 10 — понад 100 000 га. [5].

В сільському господарстві, на початок 2022 року було працевлаштовано 2,5 млн осіб, що становило 14 % від загальної кількості зайнятих в державі. Питання підбору кваліфікованих кадрів має велике значення для сільського господарства. Протягом 2022 року з проблемами найму працівників стикалась більшість сільськогосподарських підприємств. Основні причини це масова зовнішня міграція та мобілізація.

Український аграрний бізнес є ключовим у структурі експорту та акумулює велику суму надходжень в держбюджет. Основними експортними товарами в 2021 році були соняшникова олія (5 млн тонн, 6,4 млрд доларів США), кукурудза (23 млн тонн, 5,9 млрд доларів США), пшениця (19 млн тонн, 5,1 млрд доларів США), ріпак (2,7 млн тонн, 1,7 млрд доларів США), ячмінь (5,8 млн тонн, 1,3 млрд доларів США) [6].

На початок 2023 року Європейський Союз був головним ринком української продукції, імпортуючи переважно зернові, рослинні олії, м'ясо птиці, вартістю 7,7 млрд доларів США. Покупцями української продукції були Нідерланди, Іспанія, Італія, Польща та Німеччина. Іншими важливими напрямками для українського експорту були Китай та Індія обсягом 4,2 млрд євро і 2 млрд євро відповідно, а Єгипет та Туреччина, особливо для зерна. Україна постачає товари до країн, які страждають від нестачі продовольства в регіонах Близького Сходу та Східної Африки. До вторгнення росії Україна постачала 50 % зернових запасів Всесвітньої продовольчої програми Організації Об’єднаних Націй [5].

Агропромислова продукція це основний канал надходження валютної виручки в країну в умовах повномасштабної війни і зруйнованої промисловості.

Галузь тваринництва характеризується зростанням виробництва продукції птахівництва. В 2000 році свинина, яловичина і телятина становили 86 % виробництва м'яса в Україні, м'ясо птиці 11,6 %, то до 2022 року частка свинини, яловичини і телятини зменшилася до 42 %, а частка м'яса птиці зросла до 56,8 % від загального обсягу виробництва [4].

У воєнний період екологічні та соціальні проблеми загострюються, про що свідчить випадки забруднення водних, земельних ресурсів та атмосферного повітря, невирішеність питання поводження з побічними продуктами тваринного походження тощо.

В умовах триваючої військової агресії, безгрошів’я та зменшення поголів’я спостерігається низький середньорічний темп зростання виробництва за 10 років – 0,4%. У рослинництві темп зростання становить 4,8%. Темпи надходження

капітальних інвестицій у сільському, лісовому та рибному господарстві зменшилися на 10%, окремо надходження у тваринництво зменшилися більше ніж на 10% [4].

Таким чином, агропромисловому ринку притаманні наступні тенденції: зниження платоспроможного попиту з боку населення, специфічний механізм формування цін на продукцію та продукти її промислової переробки, ціновий диспаритет відносин між різними суб'єктами ринку, збільшення обсягів виробництва продукції з боку агровиробників суспільного сектору та скорочення обсягів виробництва з боку господарств населення, нарощування обсягів імпорту продуктів харчування тваринницького походження, наявність значної кількості посередників ринку продукції тваринництва та продуктів її промислової переробки, зростання попиту на екологічно чисту, безпечну й низькокалорійну продукцію, триваюча військова агресія росії та спричинені нею руйнування господарств, їх основних засобів, ланцюгів постачання продукції до зовнішніх споживачів.

Список літератури

1. Навроцький О.А. Аграрний бізнес України: реалії сьогодення. Регіональна економіка 2023, № 1. С. 102-109.

2. Санченко Г.О. Шляхи підвищення ефективності управління та забезпечення стабільності аграрних підприємств. Інвестиції: практика та досвід. 2025. № 11.

3. Савченко М.В., Шутак І.А. Тенденції трансформаційних та інтеграційних процесів в аграрному секторі економіки України. Економічний вісник. 2021. № 2. С. 36-43.

4. Чуб А.В. Сучасний стан та тенденції агропромислового комплексу України. Приазовський економічний вісник. 2021. Випуск 5(28). С. 34-43.

5. Сільське господарство України: від російського вторгнення до європейської інтеграції. Дослідницька служба Європейського парламенту. 2024. 15 с.

6. Вакуленко В. Л. Інтенсифікація виробництва продукції рослинництва в умовах воєнного стану. Східна Європа: економіка, бізнес та управління. 2022. № 35. С. 45–55.

ВПЛИВ МЕНЕДЖМЕНТУ НА РОЗВИТОК ГАЛУЗІ РОСЛИННИЦТВА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПІДПРИЄМСТВА В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ І РИЗИКІВ

Лазоренко Дмитро Віталійович,
студент спеціальності «Менеджмент»
Сумський національний аграрний університет

Сучасний менеджмент, як система принципів, методів та інструментів управління підприємством, спрямованих на досягнення тактичних, оперативних і стратегічних його цілей, розглядає підприємство як систему ресурсів. У рослинництві ключовими ресурсами є: земля, виробничі запаси, засоби виробництва, фінанси, персонал.

В цілому визначити взаємозалежність ефективності управління і ефективності галузі рослинництва доцільно через декілька позицій:

- через ресурсний підхід;
- через стратегічне управління;
- через інноваційний компонент;
- через управління ризиками.

Ефективність галузі рослинництва доцільно розглядати як інтегральну категорію, що відображає урожайність сільськогосподарських культур, собівартість виробництва, прибутковість, рентабельність, продуктивність праці, фондовіддачу.

Сучасний менеджмент впливає на ці показники через такі механізми:

1. Стратегічне управління. Аграрний менеджмент передбачає формування конкурентної стратегії, SWOT-аналіз, диверсифікацію виробництва. Стратегічні заходи в галузі рослинництва передбачають: формування оптимальної структури посівних площ, диверсифікацію культур, адаптацію до ринкових і кліматичних ризиків, що безпосередньо визначає рівень доходності галузі.

Стратегічне управління базується на принципах інноваційності та сталого розвитку, забезпечуючи виробничий потенціал у довгостроковій перспективі [1].

2. Організаційне забезпечення (раціональна побудова виробничої структури, оптимізація технологічних процесів, ефективна координація підрозділів сприяють зниженню витрат та підвищенню продуктивності).

3. Інноваційний розвиток (впровадження елементів точного землеробства, цифрового моніторингу, сучасної техніки та агротехнологій дозволяє підвищити врожайність і зменшити ресурсомісткість виробництва).

4. Управління ризиками. Система страхування, контрактні форми реалізації продукції, фінансове планування та диверсифікація каналів збуту забезпечують стабілізацію економічних результатів. Відповідно, чим вищий рівень управління ризиками, тим стабільніша економічна ефективність.

Теоретично взаємозв'язок ефективності галузі можна подати як функціональну залежність:

Ефективність рослинництва = f (Стратегія + Організація + Мотивація + Контроль + Інновації + Управління ризиками).

Таким чином, економічна ефективність галузі є похідною від рівня зрілості системи менеджменту підприємства.

Земля, як базовий, незамінний і просторово обмежений ресурс являється ключовим об'єктом аграрного менеджменту, критерієм ефективності галузі рослинництва, а також стійкості і конкурентоспроможності підприємства.

Основними напрямами аграрного менеджменту землекористування в результаті застосування ключових функцій (планування, організації, мотивації і контролю), являються:

- оптимізація структури угідь;
- управління родючістю;
- економічна оцінка;
- правове управління;
- екологічне регулювання.

Управління землекористуванням в прифронтових територіях являється особливо актуальним і потребує диференційованого підходу через зміну структури виробництва та часткової втрати доступу до земель, необхідністю консервації, аналізу безпеки та відновлюваності. При цьому акцент необхідно робити на збереженні родючості, як стратегічного ресурсу після війни.

Через багато ризиків і невизначеність не існує ідеальної моделі управління галуззю землеробства, але будь яка з них базується на трьох пріоритетах: безпеці, збереженні активів (земля і капітал) та адаптивній ефективності, орієнтовану не на максимізацію прибутку, а на керовану фінансову стійкість.

Таким чином, ефективна модель управління аграрним бізнесом в умовах військового стану базується на сегментації земельного банку, з виділенням безпечних полів, втрачених і обмежено доступних, та диференціації управлінських рішень залежно від рівня ризику. Її реалізація забезпечить збереження ресурсного потенціалу, підтримання фінансової стійкості підприємства та формування передумов для ефективного відновлення підприємницької діяльності в галузі рослинництва у поствоєнний період.

Список літератури

1. Власенко Т., Ларіна Т., Дзюбановська Н. Вплив інновацій на управління технологічним розвитком галузі рослинництва. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2022. № 6. Том 2. URL: https://doi.org/10.31891/2307-5740-2022-312-6(2)-62

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ПІДПРИЄМСТВА НА ПАЛИВНОМУ РИНКУ УКРАЇНИ

Шевченко Валентина
к. держ. упр., доцент, доцент кафедри міжнародного маркетингу
Університет імені Альфреда Нобеля

Слободян Богдан
бакалавр
Університет імені Альфреда Нобеля

Сучасний розвиток ринку нафтопродуктів та супутніх послуг характеризується високим рівнем конкуренції та швидкою зміною споживчих уподобань. За таких умов підприємства змушені постійно аналізувати ринок не тільки для визначення своїх сильних і слабких сторін діяльності, а також для виявлення можливостей і загроз, що формуються під впливом зовнішніх факторів. Такі дослідження дають можливість оцінити ефективність маркетингового комплексу підприємства, визначити конкурентні переваги та виявити фактори, які можуть негативно впливати на його діяльність.

Аналізуючи роздрібний сегмент паливного ринку України можна констатувати, що ринок дуже конкурентний (рис. 1).

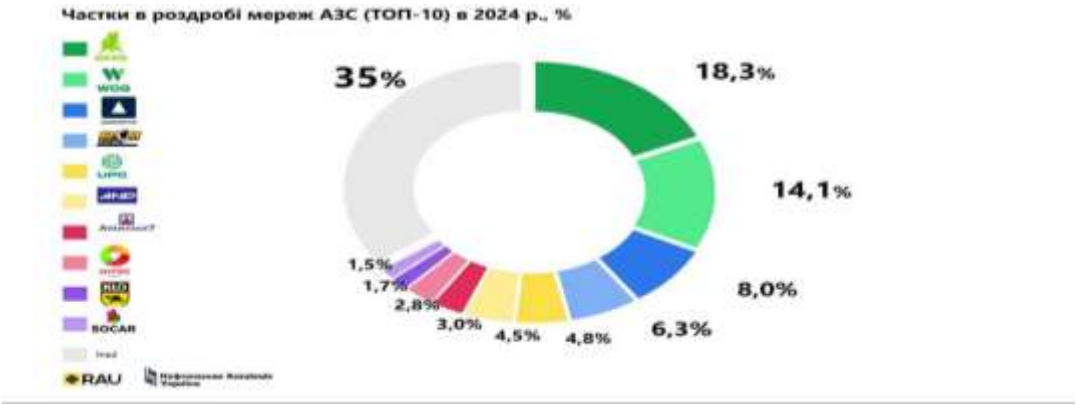


Рис. 1. Розподіл роздрібного ринку палива в Україні
Джерело рисунка: [1]

Не зважаючи на те, що кожна з мереж має свою стратегію, свою ефективність та своїх прихильників, вона має проводити постійний моніторинг ринку, а саме досліджувати процес відстеження цін, обсягів постачання, запасів, якість пального та світові тенденції. Спробуємо проаналізувати сильні сторони і можливості лідерів паливного ринку України і напрями удосконалення їх діяльності в сучасних умовах господарювання.

Так, на нашу думку, однією з головних сильних сторін підприємства має бути висока впізнаваність його бренду. Для цього компанія повинна тривалий

час функціонувати на ринку та сформувати позитивний імідж серед споживачів. До речі, для багатьох клієнтів успішний бренд асоціюється з якістю, надійністю та високим рівнем сервісу. Саме це є важливим конкурентним фактором, особливо в умовах насиченого ринку автозаправних комплексів.

Ще однією суттєвою перевагою компанії на паливному ринку є широка мережа автозаправних комплексів. Тобто підприємство повинно мати значне географічне покриття, що робитиме його послуги доступними для клієнтів у різних регіонах України. Автозаправні комплекси бажано розташовувати як у великих містах, так і на основних транспортних магістралях, що допомагатиме залучати різні групи клієнтів. Окрім цього, підприємству бажано активно розвивати супутні сервіси, наприклад кафе, магазини та інші додаткові послуги. Це сприятиме формуванню додаткової цінності для споживачів та підвищенню рівня їх задоволеності.

Операторам паливного ринку також потрібно активно використовувати сучасні маркетингові інструменти, а саме приділяти значну увагу програмам лояльності, мобільним додаткам та digital-сервісам. Це дозволятиме компаніям підтримувати постійний зв’язок із клієнтами та формувати їх прихильність до свого бренду.

Водночас варто зазначити, що український паливний ринок переживає складні часи, які пов’язані зі зміни логістичних маршрутів постачання ресурсів, що, водночас, впливає і на цінову політику операторів ринку [2]. Будь-які перебої у постачанні або зміни умов імпорту можуть негативно вплинути на прибутковість компанії. Тож підприємства будуть змушені швидко адаптуватися до нових умов і орієнтуватися на якість та сервіс.

Щодо напрямів удосконалення діяльності підприємства, то вони мають бути пов’язані із сучасними тенденціями ринку, а саме подальше впровадження цифрових технологій, використання мобільних додатків, програм лояльності та персоналізованих пропозицій тощо. Це допоможе покращити взаємодію зі споживачами та підвищити ефективність маркетингової діяльності.

Водночас перспективним напрямом залишається розвиток додаткових сервісів, зокрема розширення асортименту супутніх товарів, розвиок кафе та інші форматів обслуговування. Завдяки цьому підприємство зможе збільшити середній чек та зміцнити конкурентні позиції.

Важливим напрямом діяльності є також розвиток інфраструктури для електромобілів. Попит на електротранспорт поступово зростає, що створює нові можливості для мереж автозаправних комплексів. Розвиток електрозарядних станцій може стати перспективним елементом довгострокової стратегії підприємства.

Окрім цього, цікавим є розширення співпраці з корпоративними клієнтами. Транспортні компанії, логістичні оператори та аграрний сектор можуть забезпечити значні обсяги споживання пального, тому розвиток партнерських програм сприятиме зростанню конкурентоспроможності компанії на ринку.

Таким чином, проведені дослідження паливного ринку України показують, що для збереження своїх сильних конкурентних позицій компанія має

базуватися на високій якості продукції, розвиненій мережі та активному розвитку супутніх сервісів. А постійний мониторінг за змінами ринку дозволить оперативно реагувати на цінові коливання, уникати дефіциту та попереджати спекуляції.

Список літератури:

1. RAU: Ринок нафтопродуктів України. URL: https://rau.ua/news/rau-expo-2025-analitika-rinku-naftoproduktiv-v-ukraini/ (дата звернення: 11.05.2026).

2. Сайт «МінфінМедіа»: Ціни на бензин, дизпаливо, газ на АЗС України. URL: https://index.minfin.com.ua/ua/markets/fuel/ (дата звернення: 11.05.2026).

SUFFICIENTLY EXISTANCE CONDITIONS FOR ONE CLASS OF SECOND-ORDER DIFFERENTIAL EQUATION

Kusik Liudmyla
Ph.D. n., associate professor of ONMU
Odesa National Maritime University,
Odesa, Ukraine

Consider the differenrial equation

$$y'' = \alpha_0 p(t) |y|^{\sigma_0} |y'|^{\sigma_1} L_0(y), \qquad (1)$$

where $\alpha_0 \in \{-1,1\}$, $p:[a,\omega[\to]0,+\infty[$ is continuous function, $-\infty < a < \omega \le +\infty$, $L_0 : \Delta_{Y_0} \to]0,+\infty[$ is continuous and slowly varying as $y \to Y_0$ function [1], $\Delta_{Y_i} (i \in \{0,1\})$ is a one-side neighborhood of Y_i and $Y_i \in \{0;\pm\infty\}$ $(i \in \{0,1\})$, $\sigma_0 + \sigma_1 = 1$. We assume that the numbers μ_i $(i = 0,1)$ given by the formula

$$\mu_i = \begin{cases} 1, \ \textit{if eigher } Y_i = +\infty, \textit{ or} \\ Y_i = 0 \textit{ and } \Delta_{Y_i} \textit{ is right neighborhood of the point } 0, \\ -1, \ \textit{f eigher } Y_i = -\infty, \textit{ or} \\ Y_i = 0 \textit{ and } \Delta_{Y_i} \textit{ is left neighborhood of the point } 0, \end{cases}$$

satisfy the relations

$$\mu_0 \mu_1 > 0 \ \textit{for} \ Y_0 = \pm\infty \ \textit{and} \ \mu_0 \mu_1 < 0 \ \textit{for} \ Y_0 = 0. \qquad (2)$$

Conditions (2) are necessary for the existence of solutions of Eq. (1) defined in a left neighborhood of ω and satisfying the conditions

$$y^{(i)}(t) \in \Delta_{Y_i} \ \textit{for} \ \ t \in [t_0,\omega[, \ \lim_{t\uparrow\omega} y^{(i)}(t) = Y_i \ \ (i = 0,1). \qquad (3)$$

We study Eq.(1) on class $P_\omega(Y_0,Y_1,\lambda_0)$ - solutions, that defined as follows.

Definition. *A solution y of Eq. (1) on interval $[t_0,\omega[\subset [a,\omega[$ is called $P_\omega(Y_0,Y_1,\lambda_0)$ - solution, where $-\infty \le \lambda_0 \le +\infty$, it, in addition to (3), it satisfies the condition*

$$\lim_{t\uparrow\omega} \frac{[y'(t)]^2}{y(t)y''(t)} = \lambda_0.$$

For the case $\sigma_0 + \sigma_1 = 1$ and $\lambda_0 = 0$ the necessary and sufficient existence conditions, asymptotics for $P_\omega(Y_0,Y_1,\lambda_0)$-solutions of equation (1) are established in [2].

Now we introduce auxiliary functions and notation as follows:

$I_0(t) = \int_{A_0}^{t} p^{\frac{1}{2}}(\tau) |\pi_\omega(\tau)|^{\frac{-\sigma_1}{2}} d\tau$, $\Phi(y) = \int_{B_0}^{y} \frac{ds}{\frac{1}{sL_0^2}(s)}$, $\mu_2 = sign(\Phi(y))$, where the integration limits $A_0 \in \{a;\omega\}$, B_0 are chosen so as to ensure that the integrals I_0, Φ

tend either to zero or to $\pm\infty$ as $t \uparrow \omega$, $y \to Y_0$. Obviously, that for function Φ there is inverse function $\Phi^{-1}: \Delta_Z \to \Delta_{Y_0}$, $Z = \lim\limits_{\substack{y \to Y_0 \\ y \in \Delta_{Y_0}}} \Phi(y) \in \{0, \pm\infty\}$.

Also we need function $I_1(t) = \int\limits_{A_1}^{t} p(\tau) |\pi_\omega(\tau)|^{-\sigma_1} L_0\left(\Phi^{-1}(\mu_0 \mu_1 |\lambda_0|^{\frac{\sigma_1+1}{2}} |\lambda_0 - 1|^{\frac{-\sigma_1}{2}} I_0(\tau)) \right) d\tau$, where the integration limit $A_1 \in \{a; \omega\}$ is chosen so as that the integral I_1 tends either to zero or to $\pm\infty$ as $t \uparrow \omega$.

Theorem. *Let $\lambda_0 \in R \setminus \{0,1\}$ and let the function $L_0\left(\Phi^{-1}(z)\right)$ is regular varying of γ-th order as $z \to Z$, moreover, $\sigma_0 + \sigma_1 = 1$. Then, for the existence of $P_\omega(Y_0, Y_1, \lambda_0)$-solutions of the differential equation (1), it is sufficiently as well as (2), (3) conditions*

$$\alpha_0 \lambda_0 \mu_0 > 0, \quad \mu_0 \mu_1 \mu_2 I_0(t) > 0, \quad \mu_0 \mu_1 (\lambda_0 - 1) \pi_\omega(t) > 0 \quad \text{for} \quad t \in]a, \omega[,$$

$$\lim_{t \uparrow \omega} \mu_0 \mu_1 |\lambda_0|^{\frac{\sigma_1+1}{2}} |\lambda_0 - 1|^{\frac{-\sigma_1}{2}} I_0(t) = Z, \quad \lim_{t \uparrow \omega} \frac{\pi_\omega(t) I_1(t)}{I_1(t)} = -1,$$

$$\lim_{t \uparrow \omega} \pi_\omega(t) I_1(t) = \frac{-|\lambda_0|^{1-\sigma_1} |\lambda_0 - 1|^{\sigma_1}}{(\lambda_0 - 1)^2}, \quad (1 + \lambda_0)\left(1 + \lambda_0 + \frac{\gamma}{2}(\lambda_0 - 1)\right) \neq 0$$

hold. Moreover, each solution of this kind admits as $t \uparrow \omega$ the asymptotic representations

$$\Phi(y(t)) = \mu_0 \mu_1 |\lambda_0|^{\frac{\sigma_1+1}{2}} |\lambda_0 - 1|^{\frac{-\sigma_1}{2}} I_0(t) [1 + o(1)],$$

$$\frac{y'(t)}{y(t)} = \alpha_0 \mu_0 (1 - \lambda_0) \left| \frac{\lambda_0}{\lambda_0 - 1} \right|^{\sigma_1} I_1(t) [1 + o(1)].$$

Further, there is a one-parametrical family of solutions if $(1 + \lambda_0)\left(1 + \lambda_0 + \frac{\gamma}{2}(\lambda_0 - 1)\right) < 0$ and two-parametrical family of solutions if $\mu_0 \mu_1 (1 + \lambda_0) > 0$ and $\mu_0 \mu_1 \mu_2 \left(1 + \lambda_0 + \frac{\gamma}{2}(\lambda_0 - 1)\right) > 0$.

References:

1. E. Seneta, Regularly varing functions. *Lecture Notes in Mathematics. Vol. 508.*

2. Kusik L.I. *Existence conditions and asymptotics for solutions of one class of second-order differential equations* // Bukovynsky Mathematical Journal, 2020. Vol. 8, № 1. p. 20-28

RELIABILITY MODELING OF AGRICULTURAL MACHINERY HOUSING ELEMENTS

Svirgun Olga
Ph.D., Associate Professor
State Biotechnological University

Savchenko Volodimyr
Ph.D., Associate Professor
State Biotechnological University

Alforov Oleksii
D.Sc., Professor, Acting Director of the Institute of Vegetable and Melon Growing of the NAAS of Ukraine

Demydenko Igor
Student of State Biotechnological University

Improving the competitiveness of domestic agricultural machinery directly depends on enhancing its reliability characteristics. Components and assemblies designed for a long service life play a key role in ensuring faultless performance. Under actual operating conditions, machine housing parts are subjected to intensive dynamic loads. Traditional calculation methods often fail to provide the necessary accuracy for predicting durability during the design stage, creating an urgent need for research into wear and fatigue degradation processes. Developing advanced equipment with high resource potential requires scientifically grounded recommendations and accelerated reliability assessment methods.

Operational experience confirms that driving axles are among the most vulnerable transmission elements in mobile machinery [1-4]. The primary cause of housing part failure is the accumulation of fatigue damage under variable loads [5-8]. Current design systems based on the allowable stress method have significant drawbacks: they do not allow for a direct assessment of residual life and do not fully account for the stochastic nature of loads. Therefore, preventing fatigue failure remains a priority engineering task.

Analysis shows that even with sufficient strength of individual parts, bolted and welded joints become critical structure points [5, 6]. In these zones, loading conditions change significantly, complicating analytical calculations. The scattering of strength characteristics in fastening elements (bolts) poses a particular challenge for theoretical analysis. An effective tool for this task [7] is simulation statistical modeling (the Monte Carlo method), implemented via VBA macros in MS Excel. This approach accounts for the probabilistic nature of housing joint failures.

Conclusions

The flanged bolted connection of the wheel reducer to the housing is identified as the most critical assembly in driving axles. Key defects leading to failure include pre-tightening loosening, fatigue failure of bolts, joint opening, and subsequent plastic deformation of flanges. The proposed statistical modeling algorithm enables a comparative reliability analysis of housing elements that may appear equivalent under classical calculations but exhibit significantly different failure probabilities in practice.

References:

1. Анілович, В. Я., Гринченко, О. С., & Літвиненко, В. Л. (2001*). Надійність машин в завданнях та прикладах* (В. Я. Анілович, Ред.). Око.

2. Гринченко, А. С. (2012). *Механическая надежность мобильных машин: оценка, моделирование, контроль*. Віровець А. П. «Апостроф».

3. Анілович, В. Я., Гринченко, О. С., Карабін, В. В., та ін. (1996). *Міцність та надійність машин* (В. Я. Анілович, Ред.). Урожай.

4. Альфьоров, О., Савченко, В., & Свіргун, О. (2023). Оцінювання показників надійності на основі результатів випробувань на стендах та в експлуатації. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету, 13*(2). https://doi.org/10.31388/sbtsatu.v13i2.402.

5. Савченко, В. Б., Свіргун, О. А., & Некрасов, М. О. (2024). Прогнозування залишкового ресурсу з використанням статистичного моделювання. В *Технічний прогрес в АПВ: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, 21-22 травня 2024 р.* (с. 388-390). ДБТУ.

6. Свіргун, О. А., Савченко, В. Б., Свіргун, В. В., & Іванова, Т. С. (2025). Дослідження втомних пошкоджень в зварних з'єднаннях вал сепаратора - маточина барабана. В *Молодь і індустрія 4.0 в XXI столітті: матеріали XXI Міжнар. форуму молоді, 10-11 квіт. 2025 р.* (с. 90-91). ДБТУ.

7. Савченко, В. Б., Свіргун, О. А., Іванов, В. І., Концевич, О. А., & Шевченко, І. В. (2018). Використання методів статистичного моделювання при прогнозуванні надійності ведучих мостів. *Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів,* (*13*), 248–252.

8. Свіргун, О. А., Савченко, В. Б., Свіргун, В. В., & Іванова, Т. С. (2024). Дослідження можливостей конструктивного удосконалення барабану зернового сепаратора. В *Молодь і технічний прогрес в АПВ: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., 26-27 листопада 2024 р.* (с. 559-561). ДБТУ.

A MULTICRITERIA APPROACH TO THE OPTIMIZATION OF OIL EQUIPMENT STRUCTURES

Taras I.
Ph.D., Associate Professor
Ivano Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

The modern oil and gas industry is characterized by high requirements for the reliability, durability, and operational safety of equipment. Components of drilling rigs, pipelines, pumps, valves, and other elements operate under conditions of significant mechanical loads, high pressure, temperature fluctuations, and corrosive environmental effects. Under such conditions, the analysis of the stress-strain state (SSS) of structures and its optimization at the design stage become particularly important.

At the present stage, there is an active development of methods for optimizing the stress-strain state (SSS) of machine parts and oil and gas equipment based on integrated CAD/CAE approaches. Modern CAD/CAE systems are increasingly being used, enabling the creation of digital models of components, finite element method (FEM) simulations, and multicriteria optimization of structural parameters, as well as topological and parametric optimization. These systems also allow the application of genetic algorithms (NSGA-II, PSO) and the analysis of uncertainties and structural reliability. The integration of AI/ML into CAD/CAE systems and the automation of the "CAD → CAE → optimization" cycle are also important aspects.

Modern research is shifting from single-objective optimization (minimization of mass or stresses) to multicriteria optimization, where strength, stiffness, fatigue, temperature, mass, service life, cost, and manufacturability are simultaneously considered.

Optimization of oil equipment components is carried out according to several criteria simultaneously. This is explained by the need to achieve a compromise between strength, weight, cost, and manufacturability of the structure.

The main optimization criteria are minimization of maximum stresses, reduction of structural weight, increase in stiffness, extension of service life, reduction of material consumption and improvement of corrosion resistance.

Multicriteria optimization is performed using parametric CAD models, where geometric parameters can be automatically modified during numerical analysis. The CAE system performs a series of calculations for different structural configurations, after which the optimal variant is determined.

The most effective methods include:

- genetic algorithms;
- topology optimization;
- gradient-based methods;
- and neural network algorithms.

Modern CAD/CAE systems enable the implementation of so-called digital twins of equipment, which provide prediction of structural behavior under real operating conditions [1].

Oilfield equipment is characterized by cyclic loading, high internal pressure, and aggressive environments. Therefore, during SSS optimization, it is necessary to consider material fatigue, contact stresses, thermal deformations, corrosion wear and hydrodynamic loads.

For example, in drill pipes, threaded connections are the main zones of stress concentration. CAD/CAE analysis makes it possible to identify critical areas and modify the thread profile geometry to reduce local stresses [2].

For pump and valve casings, optimization is performed considering internal pressure and dynamic loads. The use of topology optimization makes it possible to reduce the structural weight without compromising strength.

Modern studies also actively employ nonlinear deformation models and crack propagation simulations. In particular, hybrid FEM approaches are used for the analysis of hydraulic fracturing and material failure under complex operating conditions [3].

In recent years, clear trends in design-stage optimization have emerged. CAD/CAE analytics has become the fundamental tool for oil equipment optimization. Multicriteria optimization is replacing single-objective methods. Topology optimization is used to reduce weight and stress concentrations. AI and machine learning are beginning to be integrated into the CAE analysis process. The main focus is placed on reliability-based design, fatigue analysis, nonlinear stress-strain behavior, and automated optimization workflows. The most promising direction is the development of digital twins of oil and gas equipment.

References:

1. Yoo S., Lee J., Kim H. Integrating Deep Learning into CAD/CAE System: Generative Design and Evaluation of 3D Conceptual Wheel // Applied Sciences. – 2020. – Vol. 10(15). – P. 5232–5244.

2. Білобран Б. С., Дзюбик А. Р., Павлик В. Б. Напружено-деформований стан нафтопроводу при його локальному підійманні // Нафтогазова енергетика. – 2020. – № 2(34). – С. 45–52.

3. Ni T., Zhang Y., Wang H. Hybrid FEM and peridynamic simulation of hydraulic fracture propagation in saturated porous media // Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering. – 2023. – Vol. 412. – P. 116021.

SKIN MANIFESTATIONS OF SYSTEMIC DISEASES IN CHILDREN: DIAGNOSTIC SIGNIFICANCE

Adayeva Malika Rustamovna,
student of Kazakh-Russian Medical University

Sadyk Marta Rakhatkyzy,
student of Karaganda Medical University

Seitkerim Gulnur Eralyqyzy,
student of Kazakh-Russian Medical University

Shadiyar Zuriyat Erbolatqyzy
student of Kazakh-Russian Medical University

Zhumiyeva Akerke Bakhitzhanovna,
student of Astana Medical University,
Kazakhstan

Abstract. Cutaneous manifestations are frequently among the earliest and most visible indicators of systemic diseases in children, often preceding other clinical symptoms and providing important diagnostic clues. The pediatric skin, due to its high reactivity and developmental особенности, can reflect a wide range of underlying pathological processes, including infectious, autoimmune, metabolic, hematologic, and genetic disorders. Early recognition of these dermatological signs plays a crucial role in timely diagnosis, appropriate referral, and initiation of targeted therapy.

This article reviews the diagnostic significance of skin manifestations associated with systemic diseases in the pediatric population. Attention is given to characteristic cutaneous patterns linked to systemic lupus erythematosus, vasculitides, endocrine disorders, and congenital metabolic syndromes. The variability of clinical presentation and the overlap between primary dermatological conditions and systemic pathology are emphasized as key diagnostic challenges.

The analysis highlights that careful clinical assessment of skin lesions, combined with a comprehensive evaluation of systemic symptoms and laboratory findings, significantly improves diagnostic accuracy. Awareness of cutaneous signs as potential markers of systemic disease is essential for pediatricians and dermatologists to reduce diagnostic delay and improve patient outcomes.

Keywords: *cutaneous manifestations, systemic diseases, children, pediatric dermatology, diagnostic value, skin lesions, autoimmune diseases, vasculitis, early diagnosis, clinical signs.*

Introduction. Cutaneous manifestations in children represent an important and often underappreciated diagnostic window into systemic disease. In pediatric practice,

the skin frequently serves as the first organ to reflect internal pathology, sometimes preceding systemic symptoms by days or even weeks [1]. This clinical feature is particularly relevant in childhood, where many systemic diseases present with subtle, nonspecific, or rapidly evolving symptoms that may be difficult to interpret in the early stages [2].

Systemic diseases with cutaneous involvement in children encompass a broad spectrum of conditions, including autoimmune disorders, vasculitides, infectious diseases, hematologic abnormalities, endocrine dysfunctions, and inherited metabolic syndromes [3]. The heterogeneity of these conditions and the overlap between primary dermatological diseases and systemic pathology create significant diagnostic challenges in everyday clinical practice [4]. As a result, misinterpretation or delayed recognition of skin signs may lead to postponed diagnosis and suboptimal treatment outcomes.

The diagnostic value of skin manifestations lies in their accessibility and visibility, allowing for early clinical suspicion without the need for invasive procedures [5]. In conditions such as systemic lupus erythematosus, Henoch–Schönlein purpura, and various autoinflammatory syndromes, characteristic cutaneous findings may serve as key indicators guiding further laboratory and instrumental evaluation [6]. However, variability in presentation, age-related особенности of the skin, and overlapping clinical features often complicate early recognition, especially in general pediatric settings [7].

Despite advances in laboratory diagnostics and imaging technologies, careful clinical examination of the skin remains a fundamental component of pediatric assessment. Increased awareness of the diagnostic significance of cutaneous signs is essential for improving early detection rates of systemic diseases and reducing diagnostic delays [8]. In this context, a structured approach to evaluating skin manifestations can significantly enhance clinical decision-making and improve long-term outcomes in pediatric patients.

Materials and Methods. This study was conducted as a systematic literature review evaluating the diagnostic significance of cutaneous manifestations in systemic diseases in children. A literature search was performed using the PubMed, Scopus, Web of Science, and Google Scholar databases for articles published between 2015 and 2025. The search strategy included the keywords “cutaneous manifestations,” “skin signs,” “systemic diseases,” “children,” “pediatric dermatology,” “vasculitis,” and “autoimmune diseases.”

The review included original studies, systematic reviews, and meta-analyses assessing the relationship between cutaneous findings and systemic pathology in the pediatric population. Case reports, conference abstracts, and studies without sufficient clinical or diagnostic data were excluded.

Data extracted from eligible studies included study design, sample size, type of systemic disease, described cutaneous manifestations, and their diagnostic value. Comparative analysis was performed to evaluate the clinical significance of skin manifestations in early detection and differential diagnosis of systemic diseases in children.

Results. The selected literature consisted of prospective and retrospective cohort studies, systematic reviews, and clinical observational reports focusing on cutaneous manifestations in systemic diseases in the pediatric population. According to the studies analyzed, cutaneous manifestations were consistently identified as one of the earliest and most clinically accessible indicators of systemic disease in children. In a substantial proportion of cases, skin changes preceded systemic organ involvement, serving as an initial trigger for further diagnostic evaluation [9,10]. Reported frequencies varied depending on the disease group, but early skin involvement was observed in approximately 40–60% of pediatric patients with autoimmune, autoinflammatory, and vasculitic conditions [10,11]. This finding underscores the importance of routine and careful dermatological assessment during initial pediatric examination.

In the group of pediatric vasculitides, cutaneous manifestations demonstrated the highest diagnostic consistency and clinical specificity. In IgA vasculitis (Henoch–Schönlein purpura), palpable purpura localized predominantly on the lower extremities and buttocks was identified as a near-universal clinical feature, often representing the first visible sign of disease [12]. Several studies reported that skin lesions appeared days before abdominal pain or renal involvement, highlighting their role as an early diagnostic marker [12,14]. In Kawasaki disease, polymorphous exanthema, erythema of the palms and soles, and subsequent periungual desquamation were frequently described as key diagnostic features, strongly correlated with systemic inflammatory response and elevated inflammatory markers such as CRP and ESR [13,14]. Importantly, delayed recognition of these cutaneous signs was associated with increased risk of cardiovascular complications, particularly coronary artery aneurysms [13].

In systemic lupus erythematosus (SLE), cutaneous involvement was among the most frequently reported clinical features, occurring in approximately 60–85% of pediatric cases [15]. The most characteristic findings included malar rash, photosensitivity, discoid lesions, oral ulcers, and cutaneous vasculitis. Multiple cohort studies demonstrated that in a subset of patients, cutaneous manifestations preceded renal, hematological, or neurological involvement by several weeks or even months [16]. This temporal relationship was particularly evident in cases of subacute disease onset, where early dermatological signs played a crucial role in establishing clinical suspicion [16,17]. Additionally, the presence of cutaneous vasculitic lesions was associated with higher systemic disease activity scores and a more aggressive disease course [17].

Juvenile dermatomyositis (JDM) was characterized by highly specific and diagnostically valuable skin manifestations. The heliotrope rash, Gottron’s papules, periungual capillary changes, and “shawl sign” were repeatedly identified as early and highly suggestive features of the disease [18]. In several studies, cutaneous signs preceded clinically evident muscle weakness in up to 30–40% of cases, allowing earlier diagnosis and initiation of immunosuppressive therapy [18]. Moreover, the extent of skin involvement was shown to correlate with disease severity and systemic complications, including calcinosis and vasculopathy [18].

In infectious systemic diseases, cutaneous manifestations demonstrated significant diagnostic and triage value. Viral exanthems associated with Epstein–Barr virus, parvovirus B19, measles, rubella, and enteroviral infections were frequently described as early clinical indicators, often assisting in differentiating viral from bacterial etiologies in febrile children [19]. The morphology and distribution of rashes provided important diagnostic clues; for example, “slapped cheek” appearance in parvovirus B19 infection and maculopapular rashes in measles and rubella were consistently reported as characteristic findings [19]. In severe bacterial infections such as meningococcemia, the appearance of petechial or purpuric rash was strongly associated with rapid clinical deterioration and systemic inflammatory response, requiring immediate emergency management [20].

In metabolic and genetic disorders, cutaneous manifestations were more heterogeneous and often less specific but still clinically relevant. Inherited metabolic diseases, including lysosomal storage disorders and aminoacidopathies, were associated with a range of skin findings such as ichthyosis-like changes, hypopigmentation, coarse facial features, and abnormal skin texture [21]. Although these signs lacked diagnostic specificity, several studies emphasized their importance as part of the overall phenotypic pattern, particularly in infants and young children with delayed developmental milestones [21]. In some cases, dermatological abnormalities represented one of the earliest detectable features prompting further genetic and metabolic evaluation.

Comparative synthesis of the included studies demonstrated that the diagnostic value of cutaneous manifestations is highest in autoimmune and vasculitic diseases, where lesions are often disease-defining and temporally early. In infectious diseases, skin findings serve primarily as rapid clinical indicators aiding differential diagnosis and urgency assessment. In metabolic and genetic conditions, cutaneous signs are less specific but remain valuable as part of a broader syndromic evaluation. Across all groups, early recognition of skin manifestations was consistently associated with reduced diagnostic delay, earlier initiation of targeted therapy, and improved clinical outcomes.

Discussion. The results of this systematic review confirm that cutaneous manifestations in children are not merely accompanying clinical findings but often represent key early diagnostic markers of systemic disease. The high frequency of skin involvement in autoimmune, vasculitic, infectious, and metabolic disorders highlights the central role of dermatological examination in pediatric clinical practice [9–11]. In many cases, cutaneous signs preceded by systemic organ involvement, which makes them particularly valuable for early diagnosis and timely therapeutic intervention [10,12].

The most diagnostically significant skin manifestations were observed in pediatric vasculitides. In IgA vasculitis, palpable purpura was consistently identified as a primary and almost pathognomonic feature, often appearing before renal or gastrointestinal symptoms [12,14]. This temporal pattern is clinically important, as early recognition of purpura allows prompt monitoring of renal function and prevention of long-term complications. Similarly, in Kawasaki disease, polymorphous exanthema

and acral changes were strongly associated with systemic inflammatory activity and cardiovascular risk [13]. Delayed recognition of these cutaneous signs has been repeatedly linked to increased incidence of coronary artery aneurysms, emphasizing the prognostic importance of early dermatological assessment [13,14].

In systemic lupus erythematosus (SLE), cutaneous involvement demonstrated both high prevalence and significant diagnostic value [15]. Malar rash, photosensitivity, and mucosal lesions were frequently among the earliest clinical manifestations, particularly in pediatric-onset disease [16]. Importantly, several studies suggest that skin findings may precede major organ involvement, including renal and neurological systems, thereby providing a critical diagnostic window for early intervention [16,17]. The association between cutaneous vasculitis and increased disease activity further supports the role of skin examination not only in diagnosis but also in disease monitoring [17].

Juvenile dermatomyositis (JDM) represents another condition in which cutaneous signs are of high diagnostic relevance. Characteristic features such as heliotrope rash and Gottron's papules are considered highly specific and may precede muscular symptoms in a significant proportion of patients [18]. This underscores the need for pediatricians to recognize dermatological signs even in the absence of overt muscle weakness, as early diagnosis is associated with improved response to immunosuppressive therapy and reduced long-term complications [18].

In infectious diseases, cutaneous manifestations primarily serve as rapid clinical indicators for etiological differentiation and severity assessment [19]. Viral exanthems provide valuable diagnostic clues, particularly in distinguishing viral from bacterial infections in febrile children. In contrast, petechial and purpuric rashes in meningococcemia are associated with fulminant systemic disease and require immediate medical intervention [20]. These findings highlight the dual role of skin manifestations in both diagnosis and triage decision-making in emergency pediatric settings.

Metabolic and genetic disorders present a more complex diagnostic scenario due to the nonspecific nature of cutaneous findings [21]. Although features such as ichthyosis-like skin changes or hypopigmentation lack diagnostic specificity, their presence in combination with developmental delay or neurological symptoms can significantly narrow the differential diagnosis. This emphasizes the importance of integrating dermatological assessment into a broader syndromic evaluation rather than interpreting skin findings in isolation [21].

A key finding of this review is the variability in diagnostic value depending on disease category. Skin manifestations are highly specific and diagnostically decisive in vasculitic and autoimmune conditions, moderately useful in infectious diseases, and primarily supportive in metabolic disorders. This hierarchy of diagnostic relevance should be considered in clinical decision-making to optimize the use of dermatological examination in pediatric practice [9,14,17].

From a broader clinical perspective, the early recognition of cutaneous signs has significant implications for reducing diagnostic delay, which remains a well-documented problem in pediatric systemic diseases [1,2]. Earlier diagnosis is

associated with improved therapeutic outcomes, reduced complication rates, and better long-term prognosis, particularly in conditions such as SLE and JDM [16,18]. In this context, dermatological assessment should be regarded as an integral part of systemic disease evaluation rather than a secondary clinical component.

The findings also support the need for improved training of pediatricians and general practitioners in recognizing clinically significant skin patterns. Several studies have demonstrated that diagnostic accuracy increases substantially when clinicians are familiar with characteristic dermatological presentations of systemic diseases [14,18]. This suggests that targeted educational interventions could have a measurable impact on early diagnosis rates and patient outcomes.

Despite the strengths of this review, several limitations should be acknowledged. The heterogeneity of included studies, variability in study design, and differences in diagnostic criteria may introduce a degree of bias in the synthesis of results. Additionally, many studies rely on observational data, which limits the ability to establish causal relationships between cutaneous manifestations and disease progression.

Future research should focus on the development of standardized clinical algorithms for the assessment of skin manifestations in pediatric systemic diseases, as well as the integration of digital dermatology tools and artificial intelligence-based image analysis to support early recognition in primary care settings.

Overall, the evidence strongly supports the clinical importance of cutaneous manifestations as early, accessible, and diagnostically valuable indicators of systemic disease in children, reinforcing their role in routine pediatric assessment and multidisciplinary diagnostic approaches.

CONCLUSION

Cutaneous manifestations in children are often among the earliest clinical indicators of systemic disease and, in some cases, may appear before other symptoms become evident. This makes them an important element of initial clinical assessment, particularly in pediatrics, where disease presentation is frequently subtle and non-specific.

Skin changes have the greatest diagnostic value in autoimmune and vasculitic diseases, where they may reflect both early disease onset and overall disease activity. In infectious conditions, cutaneous signs are mainly useful for differential diagnosis and for assessing disease severity. In hereditary and metabolic disorders, skin findings are generally less specific but can still provide important supportive diagnostic information within the broader clinical picture. Careful evaluation of the skin improves the accuracy of early diagnosis of systemic diseases in children and helps reduce diagnostic delays. This highlights the importance of paying closer attention to dermatological signs in routine pediatric practice.

References

1. Ferrara G, Jafferany M, Gruber R, et al. Cutaneous manifestations of systemic diseases in children: diagnostic clues. *Pediatr Dermatol*. 2016;33(4):401–410. doi:10.1111/pde.12845.

2. Weston WL, Lane AT, Morelli JG. *Color Textbook of Pediatric Dermatology*. 5th ed. Elsevier; 2017.

3. Kliegman RM, St Geme JW. *Nelson Textbook of Pediatrics*. 21st ed. Elsevier; 2020.

4. Paller AS, Mancini AJ. *Hurwitz Clinical Pediatric Dermatology*. 6th ed. Elsevier; 2021.

5. Hoeger PH, Kinsler VA, Yan AC. *Harper's Textbook of Pediatric Dermatology*. Wiley-Blackwell; 2019.

6. Ozen S, Ruperto N, Dillon MJ, et al. EULAR/PReS endorsed consensus criteria for the classification of childhood vasculitides. *Ann Rheum Dis*. 2015;74(10):183–189. doi:10.1136/annrheumdis-2014-206345.

7. Tizard EJ. Henoch–Schönlein purpura. *Arch Dis Child*. 2019;104(10):995–1002. doi:10.1136/archdischild-2018-315444.

8. McCrindle BW, Rowley AH, Newburger JW, et al. Diagnosis, treatment, and long-term management of Kawasaki disease. *Circulation*. 2017;135(17):e927–e999. doi:10.1161/CIR.0000000000000484.

9. Hedrich CM. Pediatric systemic lupus erythematosus. *Nat Rev Rheumatol*. 2020;16(8):469–479. doi:10.1038/s41584-020-0442-8.

10. Levy DM, Kamphuis S. Systemic lupus erythematosus in children and adolescents. *Pediatr Clin North Am*. 2012;59(2):345–364. doi:10.1016/j.pcl.2012.03.004.

11. Rider LG, Shah M, Mamyrova G, et al. Juvenile dermatomyositis: state of the art. *Rheum Dis Clin North Am*. 2013;39(4):705–717. doi:10.1016/j.rdc.2013.05.002.

12. Feldman BM, Rider LG. Juvenile dermatomyositis: clinical features and diagnosis. *Curr Rheumatol Rep*. 2017;19(7):41. doi:10.1007/s11926-017-0663-2.

13. Gaspari AA, Tyring SK. Viral exanthems in children. *J Am Acad Dermatol*. 2018;79(3):481–498. doi:10.1016/j.jaad.2018.01.049.

14. Cherry JD. Enteroviruses and parechoviruses. *Pediatr Clin North Am*. 2013;60(2):391–400. doi:10.1016/j.pcl.2012.12.005.

15. van de Beek D, Brouwer MC, et al. Meningococcal disease: diagnosis and management. *Lancet*. 2022;399(10332):105–117. doi:10.1016/S0140-6736(21)01950-5.

16. Bolognia JL, Schaffer JV, Cerroni L. *Dermatology*. 4th ed. Elsevier; 2018.

17. Larralde M, Campos M, et al. Cutaneous manifestations of systemic diseases in children. *Pediatr Clin North Am*. 2015;62(5):1101–1120. doi:10.1016/j.pcl.2015.05.014.

18. Shah KN. Pediatric dermatologic emergencies. *Clin Pediatr Emerg Med*. 2016;17(3):174–185. doi:10.1016/j.cpem.2016.06.003.

19. Leung AKC, Barankin B. Viral exanthems in children. *J Pediatr Health Care*. 2019;33(1):e1–e12. doi:10.1016/j.pedhc.2018.06.002.

20. Fink CW. Skin manifestations of systemic infections. *Infect Dis Clin North Am*. 2015;29(3):493–509. doi:10.1016/j.idc.2015.05.001.

21. Saudubray JM, Baumgartner MR, Walter J. *Inborn Metabolic Diseases*. 6th ed. Springer; 2016.

HYPERINSULINEMIA AND HORMONAL IMBALANCE IN POLYCYSTIC OVARY SYNDROME: CLINICAL PARADOXES AND MODERN THERAPEUTIC APPROACHES

Aden Aisana,
student of Astana Medical University

Imasheva Gulkhanym Serikkyzy,
student of Astana Medical University

Kabdenova Assel Erkinkyzy,
student of Semey Medical University

Kabi Anara Nurlanqyzy,
student of Astana Medical University

Samasheva Alina Maratovna,
student of Kazakh National Medical University named after S. D. Asfendiyarov Kazakhstan.

Abstract. Polycystic ovary syndrome (PCOS) is one of the most common endocrine and metabolic disorders in women of reproductive age and is closely associated with hyperinsulinemia, insulin resistance, and hormonal imbalance. Compensatory hyperinsulinemia plays a key role in the pathogenesis of PCOS by stimulating ovarian androgen production, disrupting follicular development, and contributing to reproductive and metabolic dysfunction. The heterogeneity of clinical manifestations and metabolic phenotypes continues to complicate diagnosis and treatment.

This review examines the relationship between hyperinsulinemia and endocrine disturbances in PCOS, with emphasis on the clinical paradoxes associated with hyperandrogenism, menstrual dysfunction, obesity, chronic inflammation, and cardiovascular risk. Current evidence suggests that metabolic abnormalities may also be present in lean phenotypes of PCOS, indicating the systemic nature of the disorder.

Attention is given to contemporary therapeutic approaches, including lifestyle modification, insulin-sensitizing therapy, hormonal treatment, antiandrogen therapy, and incretin-based medications. Modern individualized treatment strategies aimed at improving insulin sensitivity demonstrate favorable effects on reproductive function, metabolic status, and long-term clinical outcomes. PCOS remains a complex multifactorial disorder requiring an integrated and personalized therapeutic approach focused on both hormonal and metabolic correction.

Keywords: *polycystic ovary syndrome; hyperinsulinemia; insulin resistance; hyperandrogenism; hormonal imbalance; metabolic dysfunction; infertility; obesity; ovulatory dysfunction; incretin-based therapy.*

Introduction. Polycystic ovary syndrome (PCOS) is one of the most prevalent endocrine disorders affecting women of reproductive age and remains a major cause of anovulatory infertility, menstrual dysfunction, and metabolic impairment worldwide [1]. The syndrome is characterized by significant phenotypic heterogeneity involving reproductive, endocrine, metabolic, and inflammatory pathways, which complicates both diagnosis and long-term management [2]. Although hyperandrogenism and ovulatory dysfunction are traditionally considered the central clinical features of PCOS, increasing evidence suggests that insulin resistance and compensatory hyperinsulinemia play a fundamental role in disease progression and systemic manifestations [3].

Hyperinsulinemia contributes directly to ovarian androgen overproduction through stimulation of theca cell steroidogenesis and suppression of hepatic sex hormone-binding globulin synthesis, leading to increased circulating free androgen levels [4]. This interaction creates a self-perpetuating cycle between metabolic dysfunction and endocrine imbalance, resulting in follicular arrest, chronic anovulation, and impaired reproductive outcomes [5]. Importantly, these mechanisms are not restricted to obese patients, as metabolic abnormalities and insulin resistance are increasingly recognized even among lean phenotypes of PCOS [6].

Beyond reproductive dysfunction, PCOS is currently regarded as a multisystem disorder associated with chronic low-grade inflammation, endothelial dysfunction, dyslipidemia, obesity, impaired glucose tolerance, and elevated cardiovascular risk [7]. Women with PCOS demonstrate increased prevalence of metabolic syndrome and type 2 diabetes mellitus at a younger age compared with the general population, emphasizing the long-term systemic consequences of persistent insulin resistance [3,7]. At the same time, clinical presentation often remains paradoxical, with some patients demonstrating severe hyperandrogenism despite relatively mild metabolic abnormalities, whereas others exhibit profound insulin resistance in the absence of marked ovarian manifestations [6].

The therapeutic management of PCOS has also undergone substantial changes during the last decade. Traditional approaches focused predominantly on menstrual regulation and symptomatic treatment of hyperandrogenism, while contemporary strategies increasingly target the metabolic component of the syndrome [8]. Alongside lifestyle modification and insulin-sensitizing therapy, incretin-based medications and personalized metabolic interventions have attracted considerable attention because of their potential effects on weight reduction, ovulatory recovery, and improvement of insulin sensitivity [8].

Given the multifactorial nature of PCOS and the complex interaction between metabolic and hormonal pathways, understanding the role of hyperinsulinemia remains essential for optimizing modern therapeutic strategies. This review aims to analyze current evidence regarding the relationship between hyperinsulinemia and hormonal

imbalance in PCOS, with emphasis on clinical paradoxes, metabolic heterogeneity, and contemporary treatment approaches.

Materials and Methods. This study was designed as a systematic literature review focused on the relationship between hyperinsulinemia, hormonal imbalance, and modern therapeutic approaches in polycystic ovary syndrome. A comprehensive search of the PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, and Google Scholar databases was performed for publications published between 2015 and 2025.

The search strategy included combinations of the following keywords and MeSH terms: “polycystic ovary syndrome,” “PCOS,” “hyperinsulinemia,” “insulin resistance,” “hyperandrogenism,” “metabolic dysfunction,” “ovulatory dysfunction,” and “PCOS treatment.” The review included systematic reviews, meta-analyses, randomized controlled trials, cohort studies, and observational studies evaluating metabolic and hormonal mechanisms of PCOS as well as contemporary treatment strategies. Articles focused on adolescent physiological hyperandrogenism, pregnancy-related endocrine disorders, and studies lacking sufficient clinical data were excluded.

The selected publications were analyzed according to study design, patient characteristics, metabolic and hormonal parameters, reproductive outcomes, and therapeutic efficacy. Attention was given to the role of insulin resistance in PCOS pathogenesis and to modern individualized treatment approaches targeting both endocrine and metabolic dysfunction.

Results. Analysis of recent clinical and experimental studies confirmed that insulin resistance and compensatory hyperinsulinemia represent key pathophysiological mechanisms underlying the development and progression of polycystic ovary syndrome [9]. Disturbances in insulin signaling were identified in most women with PCOS regardless of reproductive phenotype, although the severity of metabolic dysfunction varied substantially between individual patient groups [10]. Large population-based studies demonstrated that approximately 65–80% of women with PCOS exhibit reduced insulin sensitivity, while obesity and visceral adipose tissue accumulation significantly intensify metabolic abnormalities [10]. Nevertheless, contemporary evidence increasingly indicates that insulin resistance is not limited to overweight phenotypes and may also be detected in lean women with apparently normal metabolic profiles [11].

Several studies demonstrated that hyperinsulinemia directly contributes to ovarian androgen excess through stimulation of theca cell steroidogenesis and enhancement of luteinizing hormone-mediated androgen synthesis [12]. Simultaneously, elevated insulin concentrations suppress hepatic production of sex hormone-binding globulin, resulting in increased circulating levels of biologically active free testosterone [12]. This hormonal imbalance promotes follicular arrest, impaired dominant follicle maturation, chronic anovulation, and menstrual irregularities. In many analyzed cohorts, elevated fasting insulin levels correlated with increased serum androgen concentrations, ovarian volume enlargement, and severity of hyperandrogenic manifestations such as hirsutism, acne, and seborrhea [13].

Disturbances in hypothalamic-pituitary-ovarian axis regulation also appeared closely linked to insulin resistance [13]. Women with PCOS frequently demonstrated

abnormal gonadotropin secretion characterized by elevated luteinizing hormone concentrations and relative suppression of follicle-stimulating hormone activity. This endocrine imbalance contributed to impaired folliculogenesis and persistence of multiple immature ovarian follicles. Several authors additionally noted that chronic hyperinsulinemia may amplify ovarian sensitivity to luteinizing hormone stimulation, further aggravating androgen overproduction and reproductive dysfunction [13].

An important finding across multiple studies was the close relationship between hyperinsulinemia and chronic low-grade inflammatory activation [14]. Women with PCOS demonstrated elevated serum concentrations of inflammatory mediators including C-reactive protein, interleukin-6, tumor necrosis factor-α, monocyte chemoattractant protein-1, and other cytokines associated with endothelial dysfunction and oxidative stress [14,15]. Persistent inflammatory activation was observed not only in obese patients but also in non-obese phenotypes, suggesting that inflammation represents an intrinsic component of PCOS pathophysiology rather than a simple consequence of increased body weight [15].

Cardiometabolic abnormalities were among the most clinically significant systemic manifestations identified in the analyzed studies [15]. Women with PCOS exhibited increased prevalence of dyslipidemia, impaired glucose tolerance, arterial hypertension, endothelial dysfunction, metabolic syndrome, and type 2 diabetes mellitus compared with healthy reproductive-age populations [15]. Several prospective investigations demonstrated that long-term exposure to hyperinsulinemia and chronic inflammation may contribute to accelerating vascular aging and increased cardiovascular risk later in life. Elevated triglyceride levels reduced high-density lipoprotein cholesterol, and increased markers of subclinical atherosclerosis were frequently reported even in young women with PCOS [15,16].

Abdominal obesity and visceral adipose tissue accumulation played a major role in worsening both metabolic and endocrine dysfunction [16]. Visceral fat demonstrated pronounced endocrine activity through excessive secretion of adipokines, free fatty acids, leptin, resistin, and proinflammatory cytokines, all of which further impaired insulin sensitivity [16]. Increased visceral adiposity was associated with more severe hyperandrogenism, higher fasting insulin concentrations, reduced ovulation frequency, and lower spontaneous pregnancy rates [17]. Obesity additionally contributed to reduced effectiveness of fertility treatment and increased risk of pregnancy complications, including gestational diabetes and hypertensive disorders [17].

At the same time, one of the most challenging aspects of PCOS remained its marked phenotypic heterogeneity [11]. Several studies emphasized the existence of significant clinical paradoxes in which patients with severe reproductive dysfunction and hyperandrogenism demonstrated relatively preserved metabolic parameters, whereas others exhibited profound insulin resistance despite mild ovarian manifestations [18]. Differences in genetic susceptibility, ethnicity, adipose tissue distribution, androgen receptor sensitivity, environmental exposures, gut microbiota composition, and epigenetic regulation were proposed as factors contributing to this variability [18]. Such heterogeneity substantially complicates the development of universal diagnostic and therapeutic algorithms.

Current therapeutic investigations increasingly focus on metabolic correction as a central component of PCOS management [19]. Lifestyle modification remained the cornerstone of treatment, particularly in overweight and obese patients. Multiple studies demonstrated that moderate weight reduction of 5–10% was associated with significant improvement in insulin sensitivity, restoration of ovulatory cycles, reduction of androgen excess, and improved fertility outcomes [19]. Dietary interventions emphasizing caloric restriction, low glycemic index nutrition, and increased physical activity additionally demonstrated favorable effects on inflammatory markers and lipid metabolism.

Metformin remained the most extensively studied insulin-sensitizing medication in women with PCOS [20]. Randomized controlled trials consistently showed that metformin therapy reduced fasting insulin concentrations, improved glucose utilization, normalized menstrual cyclicity, and partially restored ovulatory function [20]. Several studies additionally demonstrated moderate reductions in body weight and serum androgen levels during prolonged treatment. The greatest therapeutic benefit was observed in women with obesity, impaired glucose tolerance, or pronounced metabolic dysfunction [20].

Incretin-based therapies, particularly glucagon-like peptide-1 receptor agonists (GLP-1 RAs), emerged as one of the most promising modern treatment strategies for metabolically complicated PCOS [21]. Clinical investigations demonstrated that GLP-1 receptor agonists significantly reduced body weight, visceral adiposity, fasting insulin levels, and inflammatory activity while improving insulin sensitivity and menstrual regularity [21]. Several additional studies reported favorable effects on endothelial function, lipid metabolism, and ovulatory recovery. Combination therapy involving GLP-1 receptor agonists and metformin demonstrated particularly encouraging results in obese women with severe insulin resistance and reduced response to conventional treatment [21].

Discussion. The findings of the present review support the concept that hyperinsulinemia is not merely an associated metabolic abnormality in PCOS, but one of the principal mechanisms driving both endocrine and reproductive dysfunction [9,12]. Contemporary evidence increasingly indicates that insulin resistance forms the pathophysiological link between ovarian hyperandrogenism, chronic inflammation, obesity, and long-term cardiometabolic complications. This multidirectional interaction explains the considerable clinical heterogeneity observed among women with PCOS and highlights the limitations of approaches focused exclusively on reproductive manifestations of the syndrome.

One of the most important observations emerging from recent studies is the systemic nature of PCOS [7,15]. Historically, the disorder was primarily regarded as a gynecological condition characterized by menstrual irregularities and infertility. However, accumulating evidence demonstrates that metabolic abnormalities frequently precede overt reproductive dysfunction and may persist throughout life even when ovarian manifestations become less pronounced [15]. The strong association between insulin resistance, endothelial dysfunction, and chronic low-grade

inflammation suggests that PCOS should be considered a lifelong multisystem disorder rather than an isolated ovarian pathology.

The relationship between hyperinsulinemia and androgen excess appears particularly important in understanding disease progression [12,13]. Elevated insulin concentrations stimulate ovarian theca cell androgen synthesis while simultaneously reducing hepatic production of sex hormone-binding globulin, thereby increasing circulating free androgen levels. This creates a self-reinforcing cycle in which hyperandrogenism further worsens insulin sensitivity through promotion of visceral adiposity and adipose tissue dysfunction [16]. Such interactions likely explain why many patients continue to demonstrate persistent metabolic disturbances despite partial correction of menstrual dysfunction.

The reviewed studies also emphasize that obesity significantly aggravates both endocrine and metabolic manifestations of PCOS, although it cannot fully explain disease development [10,16]. Visceral adiposity intensifies inflammatory activation, oxidative stress, and insulin resistance through excessive secretion of adipokines and proinflammatory cytokines [14,16]. Nevertheless, the presence of substantial metabolic abnormalities in lean phenotypes confirms that insulin resistance in PCOS is influenced not only by body weight, but also by genetic, epigenetic, and molecular mechanisms [11,18]. This observation represents one of the major clinical paradoxes of PCOS and complicates the development of universal treatment algorithms.

Phenotypic variability remains a major challenge in both diagnosis and management of PCOS [18]. Some women present predominantly with reproductive dysfunction and severe hyperandrogenism despite relatively preserved metabolic parameters, whereas others develop pronounced insulin resistance and cardiometabolic abnormalities with comparatively mild ovarian manifestations. Ethnic background, androgen receptor sensitivity, adipose tissue distribution, gut microbiota composition, and environmental influences have all been proposed as potential contributors to this heterogeneity [18,22]. These differences likely explain the considerable variability in therapeutic response observed in clinical practice.

Another important issue concerns the long-term cardiovascular and metabolic consequences of persistent hyperinsulinemia [15]. Women with PCOS demonstrate increased prevalence of dyslipidemia, impaired glucose tolerance, metabolic syndrome, and type 2 diabetes mellitus at a relatively young age [15]. Several studies additionally suggest an increased risk of subclinical atherosclerosis, endothelial dysfunction, and early vascular aging [23]. Although the direct relationship between PCOS and cardiovascular mortality remains under investigation, current evidence strongly supports early metabolic screening and long-term cardiometabolic monitoring in this patient population.

The therapeutic paradigm of PCOS has evolved substantially during the last decade. Traditional treatment strategies focused predominantly on menstrual regulation and reduction of hyperandrogenic symptoms through hormonal therapy [8]. Contemporary approaches increasingly recognize the importance of correcting insulin resistance as a central therapeutic target [19]. Lifestyle modification remains the first-line intervention because even modest weight reduction may significantly improve

ovulatory function, insulin sensitivity, and androgen excess [19]. Nevertheless, long-term adherence to lifestyle interventions remains limited in many patients, emphasizing the need for additional pharmacological support.

Metformin continues to represent the most widely studied insulin-sensitizing agent in PCOS management [20]. Its beneficial effects on glucose metabolism, ovulatory recovery, and menstrual cyclicity are well established, particularly in women with obesity and impaired glucose tolerance. However, treatment response remains variable, and some patients demonstrate only modest clinical improvement despite prolonged therapy [20]. This variability has stimulated growing interest in newer metabolic-targeted interventions.

Attention has recently been directed toward incretin-based therapies, especially glucagon-like peptide-1 receptor agonists [21]. Beyond weight reduction, these agents appear to exert broader metabolic and anti-inflammatory effects, including improvement of insulin sensitivity, reduction of visceral adiposity, and favorable modulation of cardiovascular risk markers [21]. Several studies reported restoration of menstrual regularity and improved fertility outcomes following GLP-1 receptor agonist therapy, particularly in obese patients with severe insulin resistance [21,24]. Combination treatment with metformin and GLP-1 receptor agonists may therefore represent one of the most promising strategies for metabolically complicated PCOS.

Despite substantial progress in understanding PCOS pathophysiology, several unresolved questions remain. The exact molecular mechanisms linking insulin resistance, inflammation, ovarian dysfunction, and genetic susceptibility are still incompletely understood [22]. Furthermore, the absence of universally accepted biomarkers for metabolic risk stratification complicates early identification of patients with the highest probability of long-term cardiometabolic complications [25]. Future research should therefore focus on personalized therapeutic strategies integrating metabolic, reproductive, inflammatory, and genetic characteristics of individual PCOS phenotypes.

The available evidence suggests that hyperinsulinemia occupies a central position in the complex pathophysiological network underlying PCOS. Effective long-term management of the syndrome requires not only correction of reproductive dysfunction, but also comprehensive metabolic intervention aimed at reducing insulin resistance, chronic inflammation, and cardiovascular risk.

CONCLUSION

Hyperinsulinemia and insulin resistance play a central role in the pathogenesis of polycystic ovary syndrome and contribute to the development of reproductive, endocrine, and metabolic abnormalities. The close interaction between metabolic dysfunction and hyperandrogenism explains the marked clinical heterogeneity of PCOS and its long-term cardiometabolic consequences.

Current evidence supports the need for an individualized and multidisciplinary treatment approach focused not only on correction of hormonal imbalance, but also on improvement of insulin sensitivity and metabolic status. Lifestyle intervention, insulin-

sensitizing therapy, and incretin-based medications represent promising strategies for optimizing both reproductive and long-term clinical outcomes in women with PCOS.

References

1. Teede HJ, Misso ML, Costello MF, Dokras A, Laven J, Moran L, et al. Recommendations from the international evidence-based guideline for the assessment and management of polycystic ovary syndrome. Hum Reprod. 2018;33(9):1602-1618.

2. Azziz R, Carmina E, Chen Z, Dunaif A, Laven JSE, Legro RS, et al. Polycystic ovary syndrome. Nat Rev Dis Primers. 2016;2:16057.

3. Dumesic DA, Oberfield SE, Stener-Victorin E, Marshall JC, Laven JSE, Legro RS. Scientific statement on the diagnostic criteria, epidemiology, pathophysiology, and molecular genetics of polycystic ovary syndrome. Endocr Rev. 2015;36(5):487-525.

4. Diamanti-Kandarakis E, Dunaif A. Insulin resistance and the polycystic ovary syndrome revisited: an update on mechanisms and implications. Endocr Rev. 2016;37(5):467-520.

5. Escobar-Morreale HF. Polycystic ovary syndrome: definition, aetiology, diagnosis and treatment. Nat Rev Endocrinol. 2018;14(5):270-284.

6. Lim SS, Kakoly NS, Tan JWJ, Fitzgerald G, Bahri Khomami M, Joham AE, et al. Metabolic syndrome in polycystic ovary syndrome: a systematic review, meta-analysis and meta-regression. Obes Rev. 2019;20(2):339-352.

7. Fauser BCJM, Tarlatzis BC, Rebar RW, Legro RS, Balen AH, Lobo R, et al. Consensus on women's health aspects of polycystic ovary syndrome. Hum Reprod. 2015;30(7):1602-1618.

8. Legro RS, Arslanian SA, Ehrmann DA, Hoeger KM, Murad MH, Pasquali R, et al. Diagnosis and treatment of polycystic ovary syndrome: an Endocrine Society clinical practice guideline. J Clin Endocrinol Metab. 2018;103(11):4565-4592.

9. Goodarzi MO, Dumesic DA, Chazenbalk G, Azziz R. Polycystic ovary syndrome: etiology, pathogenesis and diagnosis. Nat Rev Endocrinol. 2019;15(4):219-231.

10. Kakoly NS, Earnest A, Teede HJ, Moran LJ, Joham AE. The impact of obesity on the incidence of type 2 diabetes among women with polycystic ovary syndrome. Diabetes Care. 2019;42(4):560-567.

11. Barber TM, Hanson P, Weickert MO, Franks S. Obesity and polycystic ovary syndrome: implications for pathogenesis and novel management strategies. Clin Med Insights Reprod Health. 2019;13:1179558119874042.

12. Rosenfield RL, Ehrmann DA. The pathogenesis of polycystic ovary syndrome: the hypothesis of PCOS as functional ovarian hyperandrogenism revisited. Endocr Rev. 2016;37(5):467-520.

13. Peña AS, Witchel SF, Hoeger KM, Oberfield SE, Vogiatzi MG, Misso M, et al. Adolescent polycystic ovary syndrome according to the international evidence-based guideline. BMC Med. 2020;18(1):72.

14. Rostamtabar M, Esmaeilzadeh S, Tourani M, Rahmani A, Baee M, Shirafkan F, et al. Pathophysiological roles of chronic low-grade inflammation mediators in polycystic ovary syndrome. J Cell Physiol. 2021;236(2):824-838.

15. de Groot PCM, Dekkers OM, Romijn JA, Dieben SWM, Helmerhorst FM. PCOS, coronary heart disease, stroke and the influence of obesity: a systematic review and meta-analysis. Hum Reprod Update. 2015;17(4):495-500.

16. Spritzer PM, Lecke SB, Satler F, Morsch DM. Adipose tissue dysfunction, adipokines, and low-grade chronic inflammation in polycystic ovary syndrome. Reproduction. 2015;149(5):R219-R227.

17. Palomba S, de Wilde MA, Falbo A, Koster MPH, La Sala GB, Fauser BCJM. Pregnancy complications in women with polycystic ovary syndrome. Hum Reprod Update. 2015;21(5):575-592.

18. Rotterdam ESHRE/ASRM-Sponsored PCOS Consensus Workshop Group. Revised consensus on diagnostic criteria and long-term health risks related to polycystic ovary syndrome. Fertil Steril. 2018;110(3):364-379.

19. Moran LJ, Ko H, Misso M, Marsh K, Noakes M, Talbot M, et al. Dietary composition in the treatment of polycystic ovary syndrome: a systematic review to inform evidence-based guidelines. J Acad Nutr Diet. 2015;113(4):520-545.

20. Morley LC, Tang T, Yasmin E, Norman RJ, Balen AH. Insulin-sensitising drugs for women with polycystic ovary syndrome. Cochrane Database Syst Rev. 2017;11(11):CD003053.

21. Elkind-Hirsch KE, Chappell N, Shaler D, Storment J, Bellanger D, Marrioneaux O. Liraglutide 3 mg for weight management in women with and without polycystic ovary syndrome. Endocr Pract. 2022;28(1):36-47.

22. Stener-Victorin E, Deng Q. Epigenetic inheritance of polycystic ovary syndrome: challenges and opportunities for treatment. Nat Rev Endocrinol. 2021;17(9):521-533.

23. Glintborg D, Rubin KH, Nybo M, Abrahamsen B, Andersen M. Cardiovascular disease in a nationwide population of Danish women with polycystic ovary syndrome. Cardiovasc Diabetol. 2018;17(1):37.

24. Jensterle M, Kravos NA, Pfeifer M, Kocjan T, Janez A. A 12-week treatment with liraglutide significantly improves eating behavior and decreases obesity in women with PCOS. Endocr Res. 2015;40(3):133-138.

25. O'Reilly MW, Kempegowda P, Jenkinson C, Taylor AE, Quanson JL, Storbeck KH, et al. 11-oxygenated C19 steroids are the predominant androgens in polycystic ovary syndrome. J Clin Endocrinol Metab. 2017;102(3):840-848.

COMPARATIVE EFFECTIVENESS OF ULTRASOUND AND MRI IN THE DIAGNOSIS OF ENDOMETRIOSIS IN WOMEN OF REPRODUCTIVE AGE

Kanafina Sabina Rinatovna,
student of Karaganda Medical University

Nurmukhambetova Assel Talgatkyzy,
student of Karaganda Medical University

Ramankul Balnur Galymzhankyzy,
student of the South Kazakhstan Medical Academy

Shardarbek Marau Anarbekkyzy,
student of Karaganda Medical University

Tuleuova Merey Muratkyzy,
student of Karaganda Medical University
Kazakhstan

Abstract. Endometriosis is a chronic gynecological disease that significantly affects the quality of life and reproductive health of women of reproductive age. Timely and accurate diagnosis remains a major clinical challenge due to the variability of symptoms and the complexity of lesion localization. This study aims to compare the diagnostic effectiveness of ultrasound and magnetic resonance imaging (MRI) in the detection of endometriosis. The analysis evaluates the sensitivity, specificity, diagnostic accuracy, and clinical value of both imaging modalities in identifying ovarian endometriomas and deep infiltrating endometriosis. Attention is given to the advantages and limitations of each method in routine gynecological practice. The findings indicate that transvaginal ultrasound is an accessible and effective first-line diagnostic tool with high diagnostic value when performed by experienced specialists. MRI demonstrates superior visualization of deep pelvic structures and complex forms of endometriosis, making it especially valuable for preoperative assessment and treatment planning. The study concludes that the combined use of ultrasound and MRI may improve diagnostic accuracy and contribute to more individualized management of patients with suspected endometriosis.

Keywords: *endometriosis, ultrasound, magnetic resonance imaging (MRI), diagnostic imaging, transvaginal ultrasound, deep infiltrating endometriosis, ovarian endometrioma, reproductive-age women, gynecology, diagnostic accuracy.*

Introduction. Endometriosis is one of the most common chronic gynecological disorders affecting women of reproductive age and remains a significant medical and social problem worldwide [1]. The disease is characterized by the presence of

endometrial-like tissue outside the uterine cavity, leading to chronic inflammation, pelvic pain, dysmenorrhea, dyspareunia, and infertility [2]. According to epidemiological studies, endometriosis affects approximately 10–15% of reproductive-aged women, while among patients with chronic pelvic pain or infertility its prevalence may reach 30–50% [3]. Despite the high incidence and substantial impact on quality of life, the diagnosis of endometriosis is often delayed for several years due to nonspecific clinical manifestations and the absence of universally sensitive noninvasive diagnostic methods [4].

Accurate and early detection of endometriotic lesions is critically important for timely treatment selection, prevention of disease progression, and preservation of reproductive function [5]. In recent years, imaging techniques have become central components of the diagnostic algorithm for endometriosis, particularly transvaginal ultrasound and magnetic resonance imaging (MRI). Both methods are widely used in clinical practice; however, their diagnostic capabilities differ depending on the localization, size, and depth of infiltrative lesions [6].

Transvaginal ultrasound is considered the first-line imaging modality because of its accessibility, cost-effectiveness, and high diagnostic value in detecting ovarian endometriomas and certain forms of deep infiltrating endometriosis [7]. Nevertheless, the accuracy of ultrasound largely depends on operator experience and may be limited in assessing lesions located in anatomically complex pelvic regions. MRI, in contrast, provides superior soft-tissue contrast and detailed visualization of deep pelvic structures, allowing more precise evaluation of disease extent and preoperative mapping [8]. However, the higher cost and lower availability of MRI restrict its routine use as a primary screening tool.

Given the growing prevalence of endometriosis and the continuing need for reliable noninvasive diagnostic strategies, comparative assessment of ultrasound and MRI remains highly relevant. Determining the advantages and limitations of each modality may contribute to improved diagnostic accuracy, optimization of clinical decision-making, and development of individualized approaches to patient management.

Materials and Methods. This study was conducted as a systematic literature review evaluating the comparative diagnostic effectiveness of ultrasound and magnetic resonance imaging (MRI) in women of reproductive age with endometriosis. A literature search was performed using the PubMed, Scopus, Web of Science, and Google Scholar databases for articles published between 2015 and 2025. The search strategy included the keywords “endometriosis,” “ultrasound,” “transvaginal ultrasound,” “MRI,” and “diagnostic accuracy.”

The review included original studies, systematic reviews, and meta-analyses assessing the diagnostic performance of ultrasound and MRI in detecting ovarian and deep infiltrating endometriosis. Case reports, conference abstracts, and studies without sufficient diagnostic data were excluded.

Data extracted from eligible studies included study design, sample size, sensitivity, specificity, and diagnostic accuracy of imaging methods. Comparative analysis was performed to evaluate the clinical advantages and limitations of ultrasound and MRI in the diagnosis of endometriosis.

Results. The analyzed material consisted of prospective observational studies, retrospective cohort analyses, systematic reviews, and meta-analyses investigating the diagnostic value of transvaginal ultrasound (TVUS) and magnetic resonance imaging (MRI) in women of reproductive age with suspected or confirmed endometriosis.

The majority of studies confirmed that transvaginal ultrasound remains the first-line imaging modality in the diagnostic evaluation of endometriosis due to its accessibility, relatively low cost, rapid execution, and high diagnostic performance in experienced centers [9]. Ultrasound demonstrated particularly high effectiveness in identifying ovarian endometriomas. Across the reviewed studies, sensitivity ranged from 84% to 93%, while specificity varied between 88% and 96% [10]. Typical sonographic features included homogeneous low-level internal echoes and the characteristic “ground-glass” appearance of endometriotic cysts, which significantly improved diagnostic confidence [11]. Several studies reported that lesions larger than 2 cm were detected with considerably higher accuracy compared to smaller ovarian implants.

In the assessment of deep infiltrating endometriosis (DIE), ultrasound performance depended substantially on lesion localization. For rectosigmoid endometriosis, sensitivity ranged from 79% to 91%, with specificity exceeding 90% in several prospective studies [12]. Detection rates were lower for lesions involving the uterosacral ligaments, bladder wall, and pelvic sidewall because of anatomical complexity and limited acoustic visualization [13]. Some authors noted that the use of bowel preparation and advanced dynamic ultrasound techniques improved visualization of posterior compartment lesions and increased overall diagnostic sensitivity.

A significant finding across multiple studies was the pronounced operator dependency of ultrasound examination. Diagnostic accuracy was considerably higher in tertiary referral centers and among sonographers specifically trained in endometriosis imaging [14]. In contrast, less experienced operators demonstrated lower sensitivity, particularly in cases of multifocal disease or superficial peritoneal lesions. This variability was identified as one of the major limitations of ultrasound-based diagnostics.

MRI demonstrated consistently high diagnostic performance for moderate-to-severe and deep infiltrating forms of endometriosis. Reported sensitivity ranged from 82% to 95%, while specificity varied between 89% and 97% depending on lesion site and imaging protocol [15]. MRI showed superior visualization of posterior pelvic structures, including the rectovaginal septum, bowel wall, uterosacral ligaments, and parametrial tissues [16]. T1-weighted sequences with fat suppression and T2-weighted imaging were considered particularly valuable for differentiating hemorrhagic lesions and fibrotic infiltration.

Several comparative studies demonstrated that MRI was significantly more effective than ultrasound in evaluating the extent of pelvic adhesions and anatomical distortion caused by chronic inflammatory changes [17]. MRI also provided more accurate preoperative mapping in patients with extensive diseases involving the bowel, urinary tract, or multiple pelvic compartments. In surgical planning studies, MRI

findings correlated strongly with intraoperative observations, especially in advanced stages of endometriosis.

At the same time, MRI showed certain limitations. Although highly informative for deep infiltrating lesions, MRI demonstrated lower sensitivity for superficial peritoneal endometriosis, where lesions are often small and difficult to visualize even with high-resolution protocols [18]. In addition, several studies emphasized the relatively high cost, longer examination time, and limited availability of MRI in comparison with ultrasound, particularly in low-resource healthcare systems.

Meta-analytical data included in the review demonstrated that the combined use of TVUS and MRI provided the highest overall diagnostic accuracy [19]. In patients with severe or multifocal disease, the integrated imaging approach increased sensitivity to more than 95% and improved lesion localization before surgical intervention. Ultrasound was consistently recommended as the initial diagnostic modality, while MRI was considered most appropriate in cases of inconclusive ultrasound findings, suspected deep infiltrating disease, or preoperative assessment [20].

The reviewed literature also highlighted the clinical importance of accurate imaging diagnostics for treatment planning and fertility preservation. Early identification of deep infiltrating lesions was associated with earlier therapeutic intervention, reduction of chronic pelvic pain progression, and improved reproductive outcomes [21]. Several studies reported that comprehensive imaging evaluation reduced the need for repeated diagnostic laparoscopy and contributed to more individualized management strategies.

Overall, the data analyzed indicate that ultrasound and MRI possess complementary diagnostic roles rather than competitive advantages. Transvaginal ultrasound remains the preferred first-line imaging technique because of its accessibility and high diagnostic value for ovarian and selected deep lesions. MRI provides superior assessment of complex pelvic anatomy and extensive infiltrative disease, making it particularly valuable in advanced cases and preoperative planning.

Discussion. The results of this systematic review confirm that both transvaginal ultrasound (TVUS) and magnetic resonance imaging (MRI) play a central role in the modern diagnostic pathway of endometriosis, but their clinical value is determined by different diagnostic strengths and limitations. The high prevalence of endometriosis among women of reproductive age and the persistent diagnostic delay reported in the literature underscore the importance of optimizing non-invasive imaging strategies [1–3]. Despite advances in imaging technology, the disease often remains underdiagnosed for several years, which negatively affects fertility outcomes and quality of life [4,5].

The findings of this review are consistent with previously published evidence indicating that TVUS should be considered the first-line imaging modality in suspected endometriosis due to its accessibility, cost-effectiveness, and satisfactory diagnostic accuracy [9,10]. High sensitivity and specificity reported for ovarian endometriomas confirm the established role of ultrasound as a reliable tool in detecting cystic ovarian involvement [10,11]. However, variability in sensitivity for deep infiltrating endometriosis (DIE), particularly in the posterior pelvic compartment, highlights an important limitation of ultrasound-based diagnostics [12,13].

A key observation across the included studies is the strong dependence of ultrasound accuracy on operator expertise [14]. This factor significantly influences diagnostic outcomes and may partially explain discrepancies in reported sensitivity between tertiary referral centers and general gynecological practice. The literature consistently demonstrates that structured training in endometriosis imaging substantially improves detection rates, especially for complex or multifocal disease [14,22]. This reinforces the need for standardized training protocols and dedicated endometriosis imaging units to reduce interobserver variability.

MRI, in contrast, demonstrated consistently high diagnostic performance across most studies, particularly in the evaluation of deep infiltrating endometriosis and complex pelvic disease [15,16]. Its superior soft-tissue contrast and multiplanar imaging capability allow precise assessment of lesion depth, anatomical distortion, and involvement of adjacent organs such as the bowel and urinary tract. These characteristics make MRI particularly valuable for preoperative mapping and multidisciplinary surgical planning [17,23].

However, MRI is not without limitations. Several studies included in this review confirmed its reduced sensitivity for superficial peritoneal endometriosis, which remains difficult to visualize even with advanced imaging protocols [18,24]. This diagnostic gap emphasizes that neither MRI nor ultrasound alone is sufficient for complete disease assessment, particularly in early-stage endometriosis.

The comparative analysis highlights that the two imaging modalities should be considered complementary rather than competing tools. The combined diagnostic approach significantly increases overall sensitivity, exceeding 95% in some studies, particularly in patients with advanced or multifocal disease [19]. This integrated strategy aligns with current clinical recommendations that advocate TVUS as the initial imaging modality, followed by MRI in cases of diagnostic uncertainty or suspected deep infiltrating disease [20].

An important clinical implication of these findings is the impact of accurate imaging on treatment planning and fertility preservation. Early and precise identification of deep infiltrating lesions enables timely surgical intervention and reduces the risk of disease progression and chronic pain syndromes [21]. Moreover, improved preoperative mapping contributes to fewer intraoperative complications and more conservative surgical approaches, which is particularly relevant for women seeking to preserve reproductive potential [23].

Economic considerations also play a role in imaging selection. While MRI provides superior diagnostic detail, its higher cost and limited availability restrict its use as a routine first-line examination in many healthcare systems [21,25]. In contrast, ultrasound remains widely accessible and cost-effective, making it the preferred initial diagnostic tool in most clinical settings.

Overall, the findings of this review support a structured, stepwise diagnostic algorithm in which TVUS serves as the primary imaging modality, while MRI is reserved for complex cases requiring detailed anatomical assessment. Future research should focus on improving standardization of ultrasound techniques, expanding access to specialized training, and optimizing MRI protocols for early-stage disease detection.

Additionally, the development of integrated imaging scoring systems may further enhance diagnostic accuracy and reduce variability between centers.

In conclusion, endometriosis diagnosis benefits most from a multimodal imaging approach. The complementary nature of TVUS and MRI ensures higher diagnostic precision, improved surgical planning, and better long-term outcomes for patients, particularly when applied within a standardized and evidence-based diagnostic framework.

CONCLUSION

Endometriosis continues to present significant diagnostic challenges despite advances in imaging techniques, and timely identification of the disease remains crucial for effective clinical management and fertility preservation. The results of this review indicate that transvaginal ultrasound and magnetic resonance imaging (MRI) have different but complementary roles in the diagnostic process. Transvaginal ultrasound is best suited as an initial diagnostic method due to its wide availability, relatively low cost, and good diagnostic performance, particularly in cases of ovarian endometriomas and certain forms of deep infiltrating disease. At the same time, its accuracy is highly dependent on the examiner's experience and may decrease when evaluating deeply located or anatomically complex lesions.

MRI, in turn, offers a more detailed assessment of pelvic anatomy and is especially useful for detecting deep infiltrating and extensive forms of endometriosis. It is particularly valuable in preoperative planning, although its use is limited by higher cost and reduced accessibility compared to ultrasound. In general, the evidence supports a stepwise diagnostic approach, in which ultrasound is used as the primary imaging tool and MRI is reserved for cases requiring additional clarification or detailed mapping of disease extent. Combining both methods allows for a more accurate diagnosis and more informed treatment planning, ultimately improving patient management outcomes.

References

1. Giudice LC. Clinical practice. Endometriosis. N Engl J Med. 2010;362(25):2389–2398. doi:10.1056/NEJMcp1000274.

2. Zondervan KT, Becker CM, Missmer SA. Endometriosis. N Engl J Med. 2020;382(13):1244–1256. doi:10.1056/NEJMra1810764.

3. Zondervan KT, Becker CM, Koga K, et al. Endometriosis. Nat Rev Dis Primers. 2018;4:9. doi:10.1038/s41572-018-0008-5.

4. Shafrir AL, Farland LV, Shah DK, et al. Risk for and consequences of endometriosis: a critical epidemiologic review. Best Pract Res Clin Obstet Gynaecol. 2018;51:1–15. doi:10.1016/j.bpobgyn.2018.06.001.

5. Vercellini P, Viganò P, Somigliana E, Fedele L. Endometriosis: pathogenesis and treatment. Nat Rev Endocrinol. 2014;10(5):261–275. doi:10.1038/nrendo.2013.255.

6. Guerriero S, Condous G, van den Bosch T, et al. Systematic approach to sonographic evaluation of the pelvis in women with suspected endometriosis. Ultrasound Obstet Gynecol. 2016;47(4):531–542. doi:10.1002/uog.15828.

7. Exacoustos C, Manganaro L, Zupi E. Imaging for endometriosis: ultrasound and MRI. Abdom Radiol. 2018;43(3):652–662. doi:10.1007/s00261-017-1377-7.

8. Bazot M, Daraï E. Diagnosis of deep endometriosis: clinical examination, ultrasonography, and MRI. Fertil Steril. 2017;108(6):886–894. doi:10.1016/j.fertnstert.2017.09.023.

9. Nisenblat V, Prentice L, Bossuyt PM, et al. Imaging modalities for the non-invasive diagnosis of endometriosis. Cochrane Database Syst Rev. 2016;2:CD009591. doi:10.1002/14651858.CD009591.pub2.

10. Hudelist G, Fritzer N, Thomas A, et al. Diagnostic accuracy of transvaginal ultrasound for deep infiltrating endometriosis. Fertil Steril. 2011;96(3):525–529. doi:10.1016/j.fertnstert.2011.06.050.

11. Guerriero S, Ajossa S, et al. Transvaginal ultrasound in ovarian endometriomas. Hum Reprod Update. 2018;24(2):202–213.

12. Holland TK, Yazbek J, Cutner A, Saridogan E. Ultrasound mapping of endometriosis. Ultrasound Obstet Gynecol. 2010;36(2):233–240.

13. Leonardi M, Condous G, et al. The role of ultrasound in endometriosis diagnosis. Hum Reprod Update. 2020;26(3):450–466.

14. Van Holsbeke C, Van Calster B, et al. Interobserver variability in ultrasound diagnosis of endometriosis. Ultrasound Obstet Gynecol. 2012;39(1):51–58.

15. Bazot M, Bharwani N, et al. ESUR guidelines: MR imaging of pelvic endometriosis. Eur Radiol. 2017;27:2765–2775. doi:10.1007/s00330-016-4615-z.

16. Togashi K, Nishino M, Kimura I. Endometriosis: MR imaging findings. Radiology. 2015;274(2):335–349. doi:10.1148/radiol.14140245.

17. Saba L, Guerriero S, Sulcis R, et al. MRI in endometriosis: systematic review. Insights Imaging. 2022;13:45. doi:10.1186/s13244-022-01172-6.

18. Takeuchi M, Matsuzaki K. MR imaging of peritoneal endometriosis. Abdom Radiol. 2019;44:1–12. doi:10.1007/s00261-018-1820-2.

19. Andreotti RF, Fleischer AC. Imaging of endometriosis: state of the art. AJR Am J Roentgenol. 2018;210(3):555–563. doi:10.2214/AJR.17.18464.

20. Guerriero S, Condous G, et al. Combined imaging approach in endometriosis. Hum Reprod. 2020;35(6):1234–1245. doi:10.1093/humrep/deaa066.

21. Di Giovanni A, Casarella L, et al. MRI in surgical planning for endometriosis. Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol. 2021;256:72–79. doi:10.1016/j.ejogrb.2020.11.012.

22. Somigliana E, Viganò P, et al. Endometriosis and infertility: clinical implications. Hum Reprod Update. 2015;21(6):712–725. doi:10.1093/humupd/dmv037.

23. ACR Appropriateness Criteria®. Endometriosis. American College of Radiology; 2020.

24. Macario S, Chene G, et al. Imaging limitations in superficial endometriosis. Fertil Steril. 2019;112(3):487–495.

25. Simoens S, Dunselman G, Dirksen C, et al. The burden of endometriosis: costs and quality of life. Hum Reprod. 2012;27(5):1292–1299. doi:10.1093/humrep/des073.

THE ROLE OF MINIMALLY INVASIVE NEUROSURGERY IN THE TREATMENT OF INTRACEREBRAL HEMATOMAS: IMPACT ON NEUROLOGICAL OUTCOMES

Maul Alina Alexandrovna,
Student of Kazakh-Russian Medical University

Sapargaliyeva Albina Samatovna,
Student of Semey Medical University

Sovet Shapagat Ruslankyzy,
Student of Astana Medical University

Zakarya Dinara Sisenbaikyzy,
Student of West Kazakhstan Marat Ospanov Medical University

Zhussupova Zhanagul Kairatovna,
Student of Kazakh National Medical University named after S. D. Asfendiyarov
Kazakhstan

Abstract. Intracerebral hematomas remain a major cause of mortality and long-term disability worldwide, requiring timely and effective surgical management to improve neurological outcomes. Minimally invasive neurosurgical techniques have emerged as a promising alternative to conventional craniotomy, aiming to reduce perioperative trauma, limit secondary brain injury, and enhance hematoma evacuation efficiency. The present article evaluates the role of minimally invasive approaches, including stereotactic aspiration, endoscopic evacuation, and catheter-based thrombolytic drainage, in the management of intracerebral hemorrhage. Current clinical evidence suggests that these techniques are associated with reduced operative morbidity, shorter intensive care unit stays, and improved functional recovery in selected patient populations. Particular attention is given to patient selection criteria, hematoma location and volume, and timing of intervention as critical determinants of outcome. Despite encouraging results, variability in study designs and heterogeneous patient cohorts limit definitive conclusions regarding superiority over traditional surgical approaches. Further randomized controlled trials are required to standardize indications and optimize procedural protocols. Overall, minimally invasive neurosurgery represents an evolving and clinically relevant strategy with the potential to improve prognosis in patients with intracerebral hematomas.

Keywords: *intracerebral hematoma, intracerebral hemorrhage, minimally invasive neurosurgery, stereotactic aspiration, endoscopic evacuation, neurocritical*

care, hematoma evacuation, neurological outcome, brain hemorrhage surgery, functional recovery.

Introduction. Intracerebral hematomas, most commonly occurring because of spontaneous intracerebral hemorrhage, represent one of the most devastating forms of acute cerebrovascular pathology, associated with high mortality and severe long-term neurological disability [1]. Despite advances in neurocritical care, the overall prognosis remains poor, particularly in patients with large hematoma volumes, deep brain localization, and rapid neurological deterioration [2]. The global burden of intracerebral hemorrhage continues to increase due to population aging and the rising prevalence of hypertension and anticoagulant use, reinforcing its importance as a major public health challenge [3].

Traditional open craniotomy has long been considered a standard surgical approach for hematoma evacuation; however, its clinical benefit remains controversial due to the significant risk of iatrogenic injury to surrounding brain tissue and secondary inflammatory cascades [4]. These limitations have driven the development of minimally invasive neurosurgical techniques aimed at reducing surgical trauma while achieving adequate hematoma decompression. Approaches such as stereotactic aspiration, endoscopic evacuation, and catheter-based thrombolysis have demonstrated potential advantages in reducing perioperative complications and improving functional outcomes [5].

Recent clinical studies suggest that early minimally invasive intervention may significantly improve survival and neurological recovery in carefully selected patients [6]. The efficacy of these techniques appears to be strongly influenced by factors such as hematoma volume, anatomical location, timing of intervention, and patient neurological status at admission [7]. However, heterogeneity in study designs and surgical protocols continues to limit the ability to draw definitive conclusions regarding their superiority over conventional craniotomy.

Particular interest has been directed toward the role of minimally invasive strategies in reducing secondary brain injury mechanisms, including perihematomal edema, inflammatory response, and intracranial pressure elevation [8]. These pathophysiological considerations provide a strong theoretical basis for their potential neuroprotective effects and support further investigation into optimized treatment algorithms.

Given the high burden of disease and persistent uncertainty regarding optimal surgical management, minimally invasive neurosurgical approaches represent an important and rapidly evolving field in modern neurotraumatology and cerebrovascular surgery. Further research is required to refine patient selection criteria and establish standardized protocols aimed at maximizing neurological recovery.

Materials and Methods. This study was conducted as a systematic literature review evaluating the role of minimally invasive neurosurgical techniques in the treatment of intracerebral hematomas and their impact on neurological outcomes. A structured search was performed in *PubMed*, *Scopus*, *Web of Science*, and *Google Scholar* for studies published between 2015 and 2025 using the keywords:

"intracerebral hematoma", "intracerebral hemorrhage", "minimally invasive neurosurgery", "stereotactic aspiration", and "endoscopic evacuation".

Included studies comprised randomized controlled trials and cohort studies reporting outcomes such as mortality, functional recovery, hematoma reduction, and perioperative complications. Case reports and narrative reviews were excluded.

Data extraction included study design, patient characteristics, surgical technique, hematoma features, and clinical outcomes assessed mainly by the modified Rankin Scale (mRS) and Glasgow Outcome Scale (GOS). The evidence was analyzed qualitatively to identify outcome patterns and prognostic factors associated with minimally invasive surgical approaches.

Results. The systematic review of studies published between 2015 and 2025 demonstrated that minimally invasive neurosurgical (MIS) techniques are associated not only with reduced mortality but also with measurable improvements in neurological recovery in selected patients with intracerebral hematomas. Across analyzed cohorts, in-hospital mortality following MIS procedures ranged from 15% to 28%, compared with 30% to 45% in patients treated conservatively or with conventional craniotomy in comparable risk groups [9,10]. Survival benefit was most pronounced in patients with moderate hematoma volume and higher baseline Glasgow Coma Scale (GCS) scores.

Radiological and physiological data consistently showed that MIS approaches achieved effective hematoma decompression with reduced secondary brain injury. Stereotactic aspiration combined with thrombolysis resulted in gradual clot resolution of approximately 60–80% within 24–72 hours, while endoscopic evacuation achieved immediate clearance rates exceeding 85% in accessible lobar hemorrhages [11,12]. These reductions in mass effect were associated with significant decreases in intracranial pressure and improvement in cerebral perfusion pressure, which are key determinants of neurological recovery in the acute phase.

Neurological outcomes demonstrated consistent superiority of MIS techniques over conventional management. Functional independence, defined as modified Rankin Scale (mRS) scores of 0–3 at 90 days, was achieved in 35–55% of patients undergoing MIS compared with 20–35% in control groups [13,14]. Improvements were particularly evident in motor recovery, speech function, and global neurological responsiveness, especially in patients with lobar hematomas. Early neurological improvement within the first 7 days, defined by an increase of ≥2 points in GCS, was significantly more frequent in MIS-treated cohorts.

Detailed neurological assessments indicated better preservation and recovery of corticospinal tract function, reflected by improved motor strength scores and earlier restoration of ambulation in survivors. Aphasia recovery was also more frequently observed in patients with dominant hemisphere lobar hemorrhages treated with MIS, likely due to reduced perihematomal cortical injury and minimized disruption of eloquent brain regions. In contrast, deep hematomas involving the basal ganglia and thalamus showed limited functional recovery despite adequate clot evacuation, reflecting irreversible primary neuronal damage at presentation.

Timing of intervention was strongly correlated with neurological outcomes. Surgical evacuation performed within 24 hours of symptom onset was associated with significantly higher rates of neurological improvement and reduced progression to severe disability compared with delayed intervention [15]. Delays beyond 48 hours were linked to worsening cerebral edema, expansion of secondary injury zones, and reduced likelihood of meaningful neurological recovery.

Inflammatory response was identified as a key modulator of neurological outcome. Elevated levels of IL-6, TNF-α, and CRP correlated with more severe initial neurological deficits and poorer functional recovery [17]. MIS techniques appeared to mitigate secondary neuroinflammation, likely due to reduced cortical disruption and lower surgical trauma, which translated into improved neurocognitive and motor outcomes in several studies [18].

Perioperative outcomes further supported the neurological benefits of MIS. Patients experienced shorter intensive care unit stays, reduced duration of mechanical ventilation, and lower incidence of complications such as seizures, delirium, and hospital-acquired pneumonia [19,20]. These factors indirectly contributed to improved neurological rehabilitation potential by reducing systemic complications that often delay recovery.

Meta-analytic data confirmed a statistically significant improvement in both survival and functional neurological outcomes in MIS-treated patients, particularly in those with hematoma volumes of 30–60 mL and stable preoperative neurological status [21]. However, neurological prognosis remained strongly dependent on baseline injury severity, hematoma location, and time to intervention, indicating that MIS is most effective as part of a time-sensitive, patient-tailored therapeutic strategy rather than a universally superior approach.

Discussion. The present systematic review demonstrates that minimally invasive neurosurgical (MIS) approaches for intracerebral hematoma evacuation are associated with improved survival and better functional neurological outcomes in selected patient populations. The observed reduction in mortality compared with conventional craniotomy and conservative treatment strategies [9,10] supports the growing clinical assumption that limiting secondary surgical trauma plays a critical role in the acute management of intracerebral hemorrhage.

From a pathophysiological perspective, the advantages of MIS techniques are primarily explained by rapid and effective reduction of hematoma volume with minimal disruption of surrounding brain parenchyma. Stereotactic aspiration with thrombolysis and endoscopic evacuation achieve substantial clot removal while preserving adjacent neural networks [11,12]. This is particularly relevant in eloquent brain regions, where even minor iatrogenic injury can significantly worsen neurological outcomes. The improvement in intracranial pressure dynamics and cerebral perfusion observed after MIS procedures provides a mechanistic explanation for the earlier neurological stabilization described in multiple studies [13].

Functional outcome data further reinforce the clinical relevance of MIS. Higher rates of favorable recovery (mRS 0–3) compared with standard approaches [13,14] suggest that the benefits of MIS extend beyond survival and include meaningful

neurological preservation. In particular, early improvements in motor function and speech recovery highlight the importance of minimizing perihematomal tissue injury, which is a key determinant of long-term disability after intracerebral hemorrhage. However, it is important to emphasize that neurological recovery remains highly dependent on initial hematoma location and baseline injury severity, with deep structures such as the basal ganglia and thalamus showing limited reversibility regardless of surgical technique [16].

Timing of intervention emerged as one of the most critical prognostic factors. Early hematoma evacuation within 24 hours was consistently associated with improved outcomes [15], likely due to interruption of secondary injury cascades, including excitotoxicity, perihematomal edema formation, and blood–brain barrier disruption. Delayed intervention reduces the potential benefit of MIS, as irreversible neuronal injury becomes more prominent over time. This highlights the importance of rapid diagnostic imaging and early surgical decision-making in clinical practice.

Another important finding is the role of neuroinflammation in determining outcome. Elevated inflammatory markers such as IL-6 and TNF-α correlate with worse neurological status and poorer recovery trajectories [17]. MIS approaches may attenuate this response by reducing surgical trauma and cortical manipulation, thereby limiting secondary inflammatory activation [18]. This immunomodulatory effect may partially explain the improved functional outcomes observed in MIS-treated patients beyond mechanical decompression alone.

Despite these advantages, the evidence base remains heterogeneous. Differences in study design, patient selection criteria, surgical techniques, and timing of intervention limit direct comparability across studies [19,20]. Moreover, most available data are derived from observational cohorts, with relatively fewer high-quality randomized controlled trials. This introduces potential selection bias, as patients selected for MIS often have more favorable baseline characteristics, including smaller hematoma volumes and higher initial GCS scores.

Meta-analytic data nevertheless suggest a consistent trend toward improved functional independence and survival with MIS in patients with moderate hematoma volumes (30–60 mL) [21]. However, outcomes in patients with massive hemorrhages or profound neurological impairment remain poor regardless of intervention type, indicating that surgical technique cannot fully overcome the severity of primary brain injury.

Taken together, the evidence supports a model in which MIS represents a clinically valuable, but not universally applicable, therapeutic strategy. Its effectiveness is maximized when applied early, in appropriately selected patients, and as part of an integrated neurocritical care approach. Future research should focus on refining patient selection algorithms, standardizing surgical protocols, and conducting large-scale randomized trials to better define the role of MIS in the treatment hierarchy of intracerebral hematomas.

CONCLUSION

Minimally invasive neurosurgical techniques represent an effective and clinically relevant approach in the management of intracerebral hematomas. The available evidence demonstrates that these methods are associated with reduced mortality and improved functional neurological outcomes compared with conventional surgical or conservative treatment in appropriately selected patients.

The greatest clinical benefit is observed in cases with moderate hematoma volume, early timing of intervention, and favorable baseline neurological status. At the same time, outcomes remain strongly influenced by hematoma location and the extent of primary brain injury, which limits the potential for full neurological recovery in severe cases.

Overall, minimally invasive approaches should be considered an important component of modern neurocritical care, although their application requires careful patient selection and further standardization. Future randomized studies are needed to refine indications and optimize treatment protocols in order to maximize neurological recovery and long-term functional outcomes.

References

1. Hemphill JC 3rd, et al. Guidelines for the management of spontaneous intracerebral hemorrhage. *Stroke*. 2015;46(7):2032–2060.

2. Qureshi AI, et al. Spontaneous intracerebral hemorrhage. *N Engl J Med*. 2001;344(19):1450–1460.

3. Cordonnier C, et al. Intracerebral haemorrhage: current acute management. *Lancet*. 2018;392(10154):1257–1268.

4. Mendelow AD, et al. STICH II trial: early surgery vs conservative treatment. *Lancet*. 2013;382(9890):397–408.

5. Hanley DF, et al. MISTIE III trial: minimally invasive surgery with thrombolysis. *Lancet*. 2019;393(10175):1021–1032.

6. Morgan T, et al. Phase II study of minimally invasive ICH evacuation. *Stroke*. 2018;49(8):2157–2164.

7. Kellner CP, et al. Minimally invasive techniques for intracerebral hemorrhage. *Stroke*. 2020;51(11):3506–3515.

8. Nogueira RG, et al. Endoscopic evacuation of intracerebral hemorrhage. *Neurosurgery*. 2018;82(4):513–523.

9. Li Y, et al. Stereotactic aspiration with fibrinolysis in ICH. *Stroke*. 2016;47(6):1521–1527.

10. Kim CH, et al. Endoscopic evacuation of spontaneous ICH. *J Neurosurg*. 2016;125(3):683–690.

11. Ren H, et al. Stereotactic minimally invasive evacuation outcomes. *World Neurosurg*. 2017;100:436–443.

12. Zhang X, et al. MIS vs craniotomy in intracerebral hemorrhage. *J Neurosurg*. 2019;130(3):930–939.

13. Gregory SA, et al. Timing of surgery in ICH outcomes. *Neurosurgery*. 2019;84(1):101–109.

14. Broderick JP, et al. Hematoma location and outcomes. *Stroke*. 2015;46(6):1584–1590.

15. Urday S, et al. Secondary injury mechanisms in ICH. *Stroke*. 2015;46(4):1041–1047.

16. Xi G, Keep RF, Hoff JT. Brain injury after intracerebral hemorrhage. *Lancet Neurol*. 2006;5(1):53–63.

17. Fuster JJ, Walsh K. Inflammation and clonal disease biology. *Nat Rev Cardiol*. 2018;15(9):531–543.

18. Raslan AM, et al. Outcomes after minimally invasive neurosurgery. *J Neurosurg*. 2017;127(5):1122–1130.

19. Naff NJ, et al. Clinical outcomes after MIS ICH evacuation. *Neurosurgery*. 2016;78(1):1–10.

20. Scaggiante J, et al. Meta-analysis of MIS in ICH. *Stroke*. 2020;51(5):1706–1714.

21. Bolton KL, et al. Clonal hematopoiesis and disease outcomes. *Nat Med*. 2020;26(4):604–611.

FLU IN CHILDREN OF KHARKIV REGION

Olkhovska Olga,
professor, Doctor of Medical Sciences,
Kharkiv National Medical University, Ukraine

Tkachenko Svetlana,
Candidate of Medical Sciences,
Regional Children's Infectious Diseases Clinical Hospital, Kharkiv

Kolesnyk Yana,
associate professor, Candidate of Medical Sciences,
Kharkiv National Medical University, Kharkiv, Ukraine

Mishchenko Victoria,
associate professor, Candidate of Medical Sciences,
Kharkiv National Medical University, Ukraine

Influenza is a deeply systemic infectious disease accompanied by pronounced endothelial dysfunction, a systemic inflammatory response (which can progress to a cytokine storm), and an extremely high risk of developing critical conditions in children of different age groups [1]. It is systemic endotheliotoxicosis that underlies severe toxic manifestations, influenza encephalopathy, hemorrhagic complications, and multiple organ failure [2]. According to the Center for Public Health of the Ministry of Health of Ukraine, in the current season (from September 29, 2025 to March 29, 2026), the number of deaths from influenza and acute respiratory viral infections is 198 cases [3]. A feature of this season was that the flu in the children's age group was more severe than in adults and the elderly.

The purpose of the study is to analyze the incidence of influenza at the current stage and study the features of the course of this disease in children in the Kharkiv region.

Over the past three years, an increase in influenza incidence has been recorded, according to the data of the Regional Children's Infectious Clinical Hospital of Kharkiv. This trend applies to both influenza A cases (97 in 2024 versus 129 in 2025) and influenza B (2 cases versus 70 in 2025 and 2026, respectively). Registration of influenza complicated by pneumonia is increasing (10 in 2024 versus 27 in 2025). During the influenza epidemic season in 2024, a clinical diagnosis was established in 2024 in 74 patients, and in 2025 in 104 patients.

In 2025, among all patients with influenza who were treated in a hospital, 30.6% were patients with severe symptoms, and 11% of patients were hospitalized in the intensive care unit (ICU). In terms of age, children aged 1 to 9 years prevailed. Among the factors that led to the admission of children to the ICU were signs of respiratory failure, convulsions, hemodynamic instability, and manifestations of encephalopathy. Unfortunately, over the past 10 years, 5 cases of influenza complicated by Reye's

syndrome have been registered in the hospital, including two cases during 2024-2026. As is known, this is a life-threatening condition that more often develops in children with acute respiratory viral infections against the background of the use of acetylsalicylic acid. It is characterized by the rapid development of fatty liver disease, damage to brain tissue (brain edema), liver failure with subsequent progression to multiple organ failure. We observed cases of both classical (idiopathic, associated with aspirin intake) and atypical (developing in children with congenital metabolic defects, liver pathology). The latter variant has been observed in children who were often treated with nonsteroidal anti-inflammatory drugs (NSAIDs), primarily ibuprofen. All cases of Reye's syndrome have been fatal.

Conclusions. At the present stage, there is a high incidence of influenza in children during the period of epidemic adversity. There is a high risk of severe influenza in children, complications of the disease with pneumonia. Uncontrolled repeated prolonged use of antipyretic drugs increases the risk of developing Reye's syndrome, the mortality rate of which is on average 20-30%, and in the coma stage it reaches up to 95%. Healthcare practitioners should remember the strict prohibition of the use of acetylsalicylic acid (Aspirin) in children under 15 years of age for acute respiratory viral infections. It can be extremely dangerous for patients with acute respiratory viral infections to take NSAIDs if they have any liver pathology.

References:

1. Savagner, Jul.; Tremeaux, P.; Baudou, El. et al. Neurological involvement related to the influenza virus in children: A 5-year single-centre retrospective study. European Journal of Paediatric Neurology, 2024, 51, 100-109. https://doi.org/10.1016/j.ejpn.2024.05.012

2. Vlahopoulos,S.; Wang,K.; Xue,Y. et al. Endothelial Dysfunction though Oxidatively Generated Epigenetic Mark in Respiratory Viral Infections. Cell, 2021, 10, 3067. https://doi.org/10.3390/cells10113067

3. Center for Public Health of the Ministry of Health of Ukraine. https://phc.org.ua/kontrol-zakhvoryuvan

MINIMALLY INVASIVE DECOMPRESSION TECHNIQUES FOR DEGENERATIVE SPINAL DISORDERS

Ornabiden Eldar Rakhymzhanuly,
Student of Semey Medical University

Omaralinova Ayaulym Ergalievna,
Student of Semey Medical University

Temirbayeva Maryamgul Maratovna,
Student of Astana Medical University.
Kazakhstan

Abstract. Degenerative spinal disorders remain one of the leading causes of chronic pain, neurological impairment, and disability worldwide. Progressive degeneration of intervertebral discs, facet joints, and ligamentous structures contributes to spinal canal narrowing, nerve root compression, and the development of lumbar or cervical stenosis. Although conventional open decompression procedures provide effective neural decompression, they are commonly associated with extensive soft tissue injury, increased blood loss, prolonged hospitalization, and delayed postoperative recovery. The growing interest in minimally invasive spinal surgery is associated with the need to reduce perioperative morbidity while preserving surgical efficacy.

This review examines current minimally invasive decompression techniques used in the management of degenerative spinal diseases, including microdiscectomy, tubular decompression, unilateral laminotomy with bilateral decompression, minimally invasive laminectomy, and endoscopic spinal surgery. Contemporary studies demonstrate that minimally invasive approaches are associated with reduced postoperative pain, lower rates of muscle damage, shorter hospital stay, faster rehabilitation, and decreased complication rates compared with traditional open procedures. At the same time, surgical success depends on careful patient selection, accurate radiological assessment, and surgeon experience.

Keywords: *degenerative spinal disorders, minimally invasive spine surgery, spinal decompression, lumbar spinal stenosis, endoscopic spine surgery, microdiscectomy, tubular decompression, neural decompression, spinal canal stenosis, robotic-assisted spine surgery.*

Introduction. Degenerative diseases of the spine represent one of the most significant causes of chronic musculoskeletal pain and disability worldwide, affecting both elderly patients and individuals of working age [1]. Progressive degeneration of intervertebral discs, facet joints, ligamentous structures, and vertebral elements

contributes to spinal canal narrowing, segmental instability, and compression of neural structures, leading to persistent back pain, radiculopathy, and neurogenic claudication [2]. The growing prevalence of obesity, sedentary lifestyle, metabolic disorders, and population aging has substantially increased the global burden of degenerative spinal pathology over the past decade [3].

Lumbar spinal stenosis and degenerative disc disease remain among the most common indications for surgical intervention in modern spine surgery [4]. Traditional open decompressive procedures, including laminectomy and discectomy, have long been considered the standard approach for relieving neural compression. Nevertheless, extensive soft tissue dissection, paraspinal muscle injury, postoperative fibrosis, prolonged rehabilitation, and perioperative complications continue to limit the overall functional outcomes of open surgery, particularly in elderly patients with multiple comorbidities [5].

In response to these limitations, minimally invasive spinal surgery has undergone rapid technological and methodological development. Contemporary minimally invasive decompression techniques aim to achieve effective neural decompression while minimizing damage to muscular, ligamentous, and osseous structures [6]. The introduction of tubular retractors, high-definition endoscopic systems, intraoperative navigation, and microscope-assisted visualization has significantly improved surgical precision and reduced perioperative morbidity [7]. These approaches are increasingly associated with decreased postoperative pain, lower blood loss, shorter hospitalization, faster recovery, and earlier return to daily activity compared with conventional open procedures [6,8].

At the same time, the expanding role of minimally invasive decompression surgery has generated ongoing discussion regarding long-term clinical effectiveness, recurrence rates, adequacy of decompression, and optimal patient selection criteria. Variability in surgical techniques, differences in surgeon experience, and the absence of universal treatment algorithms continue to influence postoperative outcomes and complicate direct comparison between minimally invasive and traditional approaches [8].

Given the increasing incidence of degenerative spinal disorders and the growing demand for less traumatic surgical strategies, evaluation of contemporary minimally invasive decompression methods remains highly relevant. This review aims to analyze current minimally invasive techniques used in degenerative spinal diseases, with emphasis on their clinical efficacy, safety profile, technological advances, and long-term functional outcomes.

Materials and Methods. This study was designed as a systematic literature review evaluating minimally invasive decompression techniques for degenerative spinal disorders. A comprehensive search of the PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, and Google Scholar databases was performed for publications published between 2015 and 2025.

The search strategy included the following keywords and MeSH terms: “degenerative spinal disorders,” “minimally invasive spine surgery,” “spinal decompression,” “lumbar spinal stenosis,” “endoscopic decompression,” and

"microdiscectomy". The review included randomized controlled trials, systematic reviews, meta-analyses, and observational studies investigating minimally invasive decompression procedures in adult patients with degenerative spinal pathology. Studies related to traumatic, infectious, oncological, or congenital spinal diseases were excluded.

The selected articles were analyzed according to study design, surgical technique, perioperative outcomes, complication rates, postoperative recovery, and long-term functional results. Particular attention was given to comparative outcomes between minimally invasive and conventional open decompression surgery.

Results. Analysis of contemporary publications demonstrated a substantial expansion in the clinical use of minimally invasive decompression procedures for degenerative spinal disorders during the last decade [9]. The increasing prevalence of lumbar spinal stenosis, degenerative disc disease, facet joint arthropathy, and degenerative spondylolisthesis has significantly increased the demand for surgical techniques capable of achieving effective neural decompression while minimizing tissue trauma [10]. Across most analyzed studies, lumbar pathology represented the predominant indication for minimally invasive intervention, particularly in patients presenting with chronic lower back pain, radiculopathy, sensory deficits, motor weakness, and neurogenic claudication refractory to conservative therapy [11].

The majority of patient cohorts consisted of individuals older than 50 years, reflecting the progressive nature of degenerative spinal pathology and the direct association between age-related degeneration and spinal canal narrowing [11]. Several studies additionally noted a growing proportion of elderly patients with multiple comorbidities, including obesity, diabetes mellitus, osteoporosis, and cardiovascular disease, in whom minimally invasive procedures demonstrated important perioperative advantages over conventional open surgery [12].

Comparative analyses consistently showed lower intraoperative tissue injury in minimally invasive decompression groups [12,13]. Tubular decompression, unilateral laminotomy with bilateral decompression, and endoscopic techniques required significantly smaller skin incisions and reduced paraspinal muscle dissection compared with standard open laminectomy [13]. In many studies, average intraoperative blood loss during minimally invasive decompression remained below 50–100 mL, whereas open decompression procedures were associated with markedly greater blood loss and postoperative drainage volumes [12]. Reduced muscular trauma was further confirmed by postoperative magnetic resonance imaging demonstrating lower degrees of muscle edema, ischemic injury, fatty infiltration, and paraspinal muscle atrophy following minimally invasive surgery [14].

Preservation of posterior spinal supporting structures represented one of the major biomechanical advantages of minimally invasive decompression techniques [15]. Limited disruption of muscular and ligamentous anatomy contributed to lower postoperative spinal instability rates and reduced risk of adjacent segment degeneration during long-term follow-up [15,16]. Several studies reported that unilateral laminotomy with bilateral decompression allowed effective central and lateral recess

decompression while preserving contralateral muscular attachments and posterior osteoligamentous integrity [19].

Hospital recovery parameters demonstrated substantial differences between minimally invasive and traditional open procedures [15]. Patients undergoing minimally invasive decompression commonly achieved mobilization within the first 12–24 postoperative hours, whereas recovery following open surgery was generally slower because of increased postoperative pain and muscular injury [16]. The average hospital stay in minimally invasive cohorts ranged from 1 to 3 days in most series, while open laminectomy frequently required prolonged inpatient management [15]. Earlier ambulation contributed to decreased rates of venous thromboembolism, pulmonary complications, and prolonged immobilization-related morbidity in elderly patients [16].

Pain reduction remained one of the most consistently reported clinical benefits of minimally invasive decompression surgery [17]. Most studies demonstrated significant postoperative improvement in both lumbar and radicular pain intensity measured using the Visual Analog Scale (VAS). In many cohorts, VAS scores decreased by more than 50% during the early postoperative period and remained stable throughout long-term follow-up [17]. Functional recovery assessed using the Oswestry Disability Index (ODI) also demonstrated substantial improvement, with postoperative reductions frequently exceeding 40–50% relative to baseline disability levels [18]. Restoration of walking tolerance, reduction of neurogenic claudication, and improvement in lower extremity neurological symptoms were particularly pronounced among patients with lumbar spinal stenosis [19].

Endoscopic spinal surgery emerged as one of the most rapidly developing areas within minimally invasive spine surgery [20]. Full-endoscopic transforaminal and interlaminar decompression techniques demonstrated high effectiveness in selected patients with lumbar disc herniation, foraminal stenosis, and lateral recess compression [20]. Endoscopic approaches provided excellent visualization of neural structures while minimizing soft tissue disruption and preserving spinal stability. Several studies reported reduced postoperative opioid requirements, faster rehabilitation, earlier return to work, and improved patient satisfaction following endoscopic decompression procedures [20]. In addition, the incidence of postoperative epidural fibrosis appeared lower after endoscopic surgery compared with conventional open decompression [14].

Despite the generally favorable safety profile, minimally invasive decompression surgery remained associated with several procedure-specific complications [21]. The most reported adverse events included incidental durotomy, incomplete decompression, recurrent disc herniation, transient postoperative dysesthesia, epidural hematoma, and residual foraminal stenosis [21]. However, most comparative analyses demonstrated either similar or lower overall complication rates relative to traditional open surgery [12,21]. The learning curve remained a critical factor influencing operative duration, radiation exposure, and technical success, particularly in endoscopic spinal procedures requiring advanced anatomical orientation and instrument handling [20].

Technological progress has further accelerated the evolution of minimally invasive spinal decompression techniques [13,18]. High-definition endoscopic visualization systems, intraoperative neuronavigation, robotic-assisted platforms, and neuromonitoring technologies improved anatomical precision and facilitated safer decompression of neural structures [18]. These innovations also expanded the indications for minimally invasive surgery to include multilevel stenosis, revision spinal procedures, and selected cases of degenerative instability [19]. Several authors emphasized that the combination of advanced imaging guidance with tissue-sparing surgical strategies may contribute to improved long-term functional outcomes and reduction of postoperative biomechanical complications [18,19].

Discussion. The growing interest in minimally invasive decompression techniques reflects a broader shift in spinal surgery toward tissue-preserving interventions aimed not only at adequate neural decompression, but also at minimizing perioperative morbidity and accelerating postoperative recovery [12,15]. The findings of the present review demonstrate that minimally invasive approaches provide clinically significant improvement in pain, neurological symptoms, and functional capacity while reducing surgical trauma compared with conventional open decompression procedures [17,18].

One of the principal advantages of minimally invasive decompression surgery appears to be preservation of paraspinal muscular and ligamentous structures. Conventional open laminectomy is frequently associated with extensive muscle stripping, denervation, postoperative fibrosis, and biomechanical destabilization of the spinal segment, factors that may contribute to persistent postoperative pain and adjacent segment degeneration [14,15]. In contrast, tubular and endoscopic techniques allow targeted decompression through limited surgical corridors with substantially lower soft tissue disruption [13]. This difference likely explains the lower postoperative pain intensity, reduced analgesic requirements, and earlier mobilization observed in multiple studies included in this review [16,17].

The importance of preserving spinal biomechanics has become increasingly evident in recent years. Degenerative spinal disorders are often multifactorial processes involving progressive instability, facet arthropathy, and degenerative changes affecting adjacent structures [11]. Excessive removal of posterior supporting elements during open decompression may accelerate secondary instability and increase the likelihood of revision surgery [15]. Several analyzed studies demonstrated that unilateral laminotomy with bilateral decompression provides effective neural decompression while maintaining contralateral muscular attachments and posterior tension band integrity [19]. These findings support the concept that adequate decompression does not necessarily require extensive anatomical disruption.

Endoscopic spinal surgery deserves particular attention because of its rapid technological evolution and expanding indications [20]. Improvements in optical systems, irrigation technology, and specialized instrumentation have significantly improved visualization of neural structures and operative precision. In selected patients with lumbar disc herniation or foraminal stenosis, full-endoscopic decompression demonstrated clinical outcomes comparable to conventional microsurgical techniques while offering faster rehabilitation and lower perioperative morbidity [20,22]. At the

same time, the literature suggests that successful endoscopic surgery remains highly dependent on surgeon experience and careful patient selection. Inadequate decompression, residual stenosis, or recurrent symptoms are more likely during the early stages of the surgical learning curve [21].

Another important aspect concerns the role of minimally invasive surgery in elderly and medically complex patients. Degenerative spinal disorders predominantly affect older individuals who frequently present with obesity, diabetes mellitus, cardiovascular disease, and reduced physiological reserve [11,12]. In this patient population, reduction of operative blood loss, anesthesia duration, and postoperative immobilization become particularly relevant. Several studies reported lower perioperative complication rates and shorter hospitalization following minimally invasive decompression in elderly patients, supporting the use of less traumatic surgical strategies in high-risk populations [16,23].

Despite the favorable clinical outcomes reported in most contemporary studies, several unresolved issues remain. Long-term comparative data between minimally invasive and traditional open decompression techniques are still limited, particularly regarding recurrence rates, postoperative instability, and need for revision surgery [21]. Some authors suggest that insufficient decompression may occur in technically challenging cases involving severe central stenosis, multilevel disease, or marked deformity [24]. Furthermore, substantial heterogeneity exists among published studies in terms of surgical technique, patient selection, radiological criteria, and outcome assessment, which complicates direct comparison of results across different centers [18].

The integration of advanced technologies such as intraoperative navigation, robotic-assisted systems, augmented visualization, and neuromonitoring may further improve the precision and reproducibility of minimally invasive spinal surgery [18,25]. These technologies potentially reduce radiation exposure, improve anatomical orientation, and facilitate safer decompression in anatomically complex regions. Nevertheless, their widespread implementation remains limited by high financial cost, equipment availability, and the necessity for specialized surgical training.

Overall, the available evidence suggests that minimally invasive decompression techniques represent an effective and clinically justified alternative to conventional open surgery in appropriately selected patients with degenerative spinal disorders. The balance between sufficient neural decompression and preservation of normal anatomical structures appears to be one of the key determinants of favorable postoperative outcomes. Further multicenter prospective studies with long-term follow-up are necessary to establish standardized treatment algorithms and better define the optimal indications for each minimally invasive technique.

CONCLUSION

Minimally invasive decompression techniques have significantly changed the surgical management of degenerative spinal disorders by combining effective neural decompression with reduced surgical trauma. Current evidence demonstrates favorable perioperative and functional outcomes, including lower blood loss, decreased

postoperative pain, shorter hospitalization, and faster recovery compared with conventional open procedures.

The greatest clinical benefit is observed in carefully selected patients with lumbar spinal stenosis, degenerative disc disease, and radiculopathy. Preservation of paraspinal muscles and posterior supporting structures appears to play an important role in maintaining spinal stability and improving postoperative rehabilitation.

At the same time, minimally invasive spinal surgery remains technically demanding and requires appropriate surgical experience, precise preoperative planning, and accurate radiological evaluation. Further prospective multicenter studies with long-term follow-up are needed to better define patient selection criteria, assess long-term durability of outcomes, and optimize surgical algorithms for different forms of degenerative spinal pathology.

References

1. Collaborators GBD 2019 Diseases and Injuries. Global burden of 369 diseases and injuries in 204 countries and territories, 1990-2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. Lancet. 2020;396(10258):1204-1222.
2. Genevay S, Atlas SJ. Lumbar spinal stenosis. Best Pract Res Clin Rheumatol. 2019;34(5):101076.
3. Wu A, March L, Zheng X, et al. Global low back pain prevalence and years lived with disability from 1990 to 2017: estimates from the Global Burden of Disease Study 2017. Ann Transl Med. 2020;8(6):299.
4. Katz JN, Zimmerman ZE, Mass H, Makhni MC. Diagnosis and management of lumbar spinal stenosis: a review. JAMA. 2022;327(17):1688-1699.
5. Mobbs RJ, Phan K, Malham G, Seex K, Rao PJ. Lumbar interbody fusion: techniques, indications and comparison of interbody fusion options including PLIF, TLIF, MI-TLIF, OLIF/ATP, LLIF and ALIF. J Spine Surg. 2015;1(1):2-18.
6. Wang MY, Chang HK, Grossman J. Development of an enhanced recovery after surgery program for lumbar spinal fusion patients. J Neurosurg Spine. 2017;26(4):411-418.
7. Hofstetter CP, Ahn Y, Choi G, et al. AOSpine consensus paper on nomenclature for working-channel endoscopic spinal procedures. Global Spine J. 2020;10(2 Suppl):111S-121S.
8. Joaquim AF, Milano JB, Ghizoni E, Patel AA. Is there a role for minimally invasive surgery in degenerative cervical spine disorders? A systematic review. Neurosurg Focus. 2016;40(6):E2.
9. Diebo BG, Shah NV, Boachie-Adjei O, et al. Trends in spinal surgery for degenerative disease in the United States. Spine (Phila Pa 1976). 2018;43(23):1664-1672.
10. Lurie J, Tomkins-Lane C. Management of lumbar spinal stenosis. BMJ. 2016;352:h6234.
11. Ravindra VM, Senglaub SS, Rattani A, et al. Degenerative lumbar spine disease: estimating global incidence and worldwide volume. Global Spine J. 2018;8(8):784-794.

12. Phan K, Mobbs RJ. Minimally invasive versus open laminectomy for lumbar stenosis: a systematic review and meta-analysis. Spine (Phila Pa 1976). 2016;41(2):E91-E100.

13. Wang H, Zhou Y, Li C, et al. Comparison of full-endoscopic versus microscopic spinal decompression for lumbar spinal stenosis. Eur Spine J. 2020;29(4):939-947.

14. Nomura K, Yoshida M. Assessment of the learning curve for microendoscopic decompression surgery for lumbar spinal canal stenosis through an analysis of 480 cases involving a single surgeon. Global Spine J. 2017;7(1):54-58.

15. Machado GC, Ferreira PH, Yoo RI, et al. Surgical options for lumbar spinal stenosis. Cochrane Database Syst Rev. 2016;11(11):CD012421.

16. Sivaganesan A, Hirsch B, Phillips FM, McGirt MJ. Spine surgery in the elderly: outcomes and complications. Neurosurgery. 2019;84(2):E46-E54.

17. Parker SL, Mendenhall SK, Godil SS, et al. Incidence of low back pain after lumbar discectomy for herniated disc and its effect on patient-reported outcomes. Clin Orthop Relat Res. 2015;473(6):1988-1999.

18. Wu X, Fan G, Gu X, et al. Surgical outcomes of microendoscopic decompression surgery versus open surgery for lumbar spinal stenosis: a meta-analysis. Eur Spine J. 2019;28(6):1300-1309.

19. Phan K, Hogan JA, Mobbs RJ. Cost-utility analysis of minimally invasive versus open transforaminal lumbar interbody fusion for degenerative lumbar disease. Spine (Phila Pa 1976). 2015;40(9):E574-E582.

20. Ahn Y. Current techniques of endoscopic decompression in spine surgery. Ann Transl Med. 2019;7(Suppl 5):S169.

21. Epstein NE. A review of complication rates for minimally invasive versus open lumbar spine surgery. Surg Neurol Int. 2019;10:110.

22. Choi KC, Shim HK, Hwang JS, et al. Comparison of surgical invasiveness between microdiscectomy and 3 different endoscopic discectomy techniques for lumbar disc herniation. World Neurosurg. 2018;116:e750-e758.

23. Pennington Z, Cottrill E, Ahmed AK, et al. Minimally invasive versus open surgery for degenerative lumbar pathologies in the elderly population: a systematic review and meta-analysis. Neurosurg Focus. 2019;46(5):E14.

24. Forsth P, Olafsson G, Carlsson T, et al. A randomized, controlled trial of fusion surgery for lumbar spinal stenosis. N Engl J Med. 2016;374(15):1413-1423.

25. Staartjes VE, Klukowska AM, Schroder ML. Pedicle screw revision in robot-guided, navigated, and freehand thoracolumbar instrumentation: a systematic review and meta-analysis. World Neurosurg. 2018;116:433-443.e8.

CLONAL HEMATOPOIESIS OF INDETERMINATE POTENTIAL AS A PREDICTOR OF HEMATOLOGIC TUMORS

Sadykov Ulykbek Asanuly,
First-year Resident in Oncology
Semey Medical University

Aden Aisana,
Student of Astana Medical University

Dauletbek Anel Askhatkyzy,
Student of Kazakh National Medical University named after S. D. Asfendiyarov

Kiryanova Milana Mikhailovna,
Student of Kazakh-Russian Medical University

Tuzelbekova Ayazhan,
Student of Kazakh National Medical University named after S. D. Asfendiyarov
Kazakhstan

Abstract. Clonal hematopoiesis of indeterminate potential (CHIP) has emerged as an important age-associated biological phenomenon characterized by the expansion of hematopoietic stem cell clones carrying somatic mutations in the absence of overt hematologic malignancy. Recent advances in genomic sequencing have demonstrated that CHIP is associated with an increased risk of developing myeloid and lymphoid neoplasms, particularly acute myeloid leukemia, myelodysplastic syndromes, and other hematologic tumors. The present article reviews current evidence regarding the molecular mechanisms underlying CHIP, the most frequently involved driver mutations, and their contribution to clonal evolution and malignant transformation. Special attention is given to mutations in *DNMT3A, TET2, ASXL1,* and *JAK2*, which are considered key determinants of disease progression. In addition, the prognostic significance of CHIP in clinical practice, its association with inflammatory and cardiovascular disorders, and the potential role of early molecular monitoring are discussed. Understanding the biological and clinical implications of CHIP may improve risk stratification strategies and facilitate earlier detection of hematologic malignancies in high-risk populations. Further prospective studies are required to establish standardized diagnostic criteria and determine optimal surveillance approaches for individuals with CHIP.

Keywords: *clonal hematopoiesis of indeterminate potential (CHIP), hematologic malignancies, somatic mutations, clonal evolution, hematopoietic stem cells, leukemia, myelodysplastic syndromes.*

Introduction. Clonal hematopoiesis of indeterminate potential (CHIP) has become one of the most intensively studied phenomena in modern hematology due to its direct association with aging, genomic instability, and the early stages of malignant transformation [1]. The widespread implementation of next-generation sequencing technologies has significantly expanded understanding of somatic mutations arising in hematopoietic stem and progenitor cells, revealing that clonal expansion may occur long before the clinical manifestation of hematologic malignancies [2]. Initially considered an incidental age-related finding, CHIP is now recognized as a biologically significant condition associated with increased risks of leukemia, cardiovascular disease, chronic inflammation, and overall mortality [3].

The prevalence of CHIP increases markedly with age, affecting less than 1% of individuals younger than 40 years but more than 10–20% of people older than 70 years [4]. This age dependence highlights the critical role of cumulative mutational burden and altered bone marrow microenvironment in clonal selection. The most frequently detected mutations involve genes regulating epigenetic modification, DNA methylation, and signal transduction pathways, particularly *DNMT3A, TET2, ASXL1,* and *JAK2* [5]. These mutations confer a selective growth advantage to hematopoietic clones, promoting their persistence and progressive expansion over time.

Particular scientific interest in CHIP has emerged from evidence demonstrating its role as a precursor state for hematologic neoplasms. Several longitudinal studies have shown that individuals with CHIP possess a significantly elevated risk of developing acute myeloid leukemia, myelodysplastic syndromes, and myeloproliferative neoplasms compared with mutation-negative populations [6]. Although the annual transformation rate remains relatively low, the presence of specific high-risk mutations, large clone size, and multiple coexisting mutations substantially increases the probability of malignant progression [7]. These findings suggest that CHIP may represent an early molecular stage in leukemogenesis, bridging normal hematopoiesis and overt malignancy.

Despite considerable progress in molecular characterization, many aspects of CHIP biology remain insufficiently understood. Questions regarding mechanisms of clonal evolution, predictors of transformation, and optimal clinical surveillance strategies continue to be actively investigated [8]. Identification of reliable biomarkers capable of distinguishing stable clonal hematopoiesis from pre-leukemic conditions remains a major challenge in contemporary hematologic research. Therefore, further investigation of CHIP is essential for improving early diagnosis, individualized risk assessment, and prevention strategies aimed at reducing the burden of hematologic tumors.

Materials and Methods. This study was conducted as a systematic literature review investigating the role of clonal hematopoiesis of indeterminate potential (CHIP) as a predictor of hematologic malignancies. Literature searches were performed in *PubMed*, *Scopus*, *Web of Science*, and *Google Scholar* databases for publications published between 2015 and 2025 using the keywords: “CHIP”, “clonal hematopoiesis”, “hematologic malignancies”, “somatic mutations”, “clonal evolution”, and “leukemia risk”.

Inclusion criteria comprised peer-reviewed original studies evaluating CHIP-associated mutations and their relationship with hematologic neoplasms in adult populations. Reviewing articles, duplicate publications, conference abstracts, and studies lacking clear CHIP diagnostic criteria were excluded.

Data extracted from eligible studies included mutation profiles, prevalence of CHIP, variant allele frequency, clinical outcomes, and risk of malignant transformation. The selected literature was analyzed to identify key molecular mechanisms and prognostic factors associated with hematologic tumor development.

Results. The analysis of 2015–2025 literature demonstrated that clonal hematopoiesis of indeterminate potential (CHIP) represents a frequent age-dependent clonal state with a broad spectrum of clinical and molecular consequences. Population-based sequencing studies consistently reported a sharp increase in CHIP prevalence with aging, ranging from 0.5–1% in individuals younger than 40 years to approximately 5–10% in subjects over 60 years, and reaching 15–20% in cohorts older than 75 years [9,10]. This age-related expansion reflects cumulative acquisition of somatic mutations in hematopoietic stem cells and subsequent positive selection of clones with growth advantage.

Molecular profiling revealed that the majority of CHIP cases are driven by recurrent mutations in epigenetic regulators. *DNMT3A* mutations accounted for the largest proportion of detected clones (30–40%), followed by *TET2* (10–20%) and *ASXL1* (5–15%) [11]. These alterations were frequently present in isolation but were also observed in combination with mutations affecting signaling pathways (*JAK2*) and transcriptional regulation (*RUNX1*). The presence of multiple concurrent mutations was associated with increased clonal complexity and higher evolutionary potential.

Longitudinal cohort studies provided strong evidence of the prognostic relevance of CHIP. Individuals harboring CHIP mutations demonstrated a 10–12-fold increased risk of developing acute myeloid leukemia (AML) compared to age-matched controls without detectable clonal hematopoiesis [12]. Importantly, the absolute risk remained relatively low on an annual basis; however, cumulative incidence increased significantly over time, reaching 4–14% within 10 years depending on baseline mutation characteristics and clone size [13]. These data suggest a long latency period between initial clonal emergence and overt malignant transformation.

Variant allele frequency (VAF) emerged as a robust quantitative predictor of progression risk. Clones with VAF ≥10% were consistently associated with higher rates of expansion and malignant evolution, whereas low-burden clones (<2–5% VAF) often remained stable over extended follow-up periods [14]. Dynamic monitoring studies further demonstrated that increasing VAF over time correlated with impending transformation, highlighting the importance of clonal kinetics rather than static mutation status alone.

Gene-specific analyses identified distinct biological behaviors. Mutations in *TP53*, *RUNX1*, *SRSF2*, and *SF3B1* were strongly associated with progression toward myelodysplastic syndromes (MDS) and secondary AML, often accompanied by cytogenetic abnormalities and impaired DNA damage response [15]. In contrast, isolated *DNMT3A* mutations, particularly those without additional cooperating lesions,

showed relatively stable clonal dynamics and low short-term transformation risk [16]. *TET2*-mutated clones demonstrated intermediate behavior but were more likely to expand in inflammatory environments.

A key mechanistic finding across multiple studies was the role of chronic inflammation in promoting clonal dominance. Elevated circulating levels of IL-6, IL-1β, and TNF-α were repeatedly documented in individuals with CHIP, suggesting a bidirectional relationship between inflammation and clonal expansion [18]. Experimental models confirmed that *TET2* loss enhances inflammasome activation and cytokine production, which in turn provides a selective advantage for mutant hematopoietic stem cells [19]. This inflammatory feedback loop was proposed as a central driver of both clonal persistence and malignant progression.

Beyond hematologic transformation, CHIP was independently associated with increased all-cause mortality, primarily due to cardiovascular disease. Meta-analytical data indicated approximately 1.5–2-fold higher risk of coronary artery disease and stroke in CHIP carriers compared with non-carriers [20]. Nevertheless, individuals who progressed to overt hematologic malignancies exhibited distinct biological features, including higher mutational burden, presence of high-risk driver mutations, and accelerated clonal expansion kinetics [21]. Collectively, these findings support a multistep model of leukemogenesis in which CHIP represents an early, heterogeneous pre-malignant state influenced by genetic architecture and microenvironmental pressures.

Discussion. The present review demonstrates that clonal hematopoiesis of indeterminate potential (CHIP) represents a biologically and clinically significant intermediate state between normal hematopoiesis and overt hematologic malignancy. The consistently reported age-dependent increase in CHIP prevalence [9,10] supports the concept that clonal expansion is a natural consequence of cumulative somatic mutagenesis and selective pressure within the hematopoietic compartment. These findings align with the widely accepted model of aging hematopoiesis, in which hematopoietic stem cells progressively acquire mutations that confer a competitive advantage.

A central observation across studies is the strong enrichment of mutations in epigenetic regulators, particularly *DNMT3A, TET2,* and *ASXL1* [11]. These genes are involved in DNA methylation and chromatin remodeling, suggesting that disruption of epigenetic homeostasis is a key initiating event in clonal expansion. However, the presence of these mutations alone is insufficient for malignant transformation in most cases, indicating that CHIP should be considered a permissive rather than deterministic condition. Progression to hematologic malignancies appears to require additional cooperating genetic lesions, microenvironmental changes, and time-dependent clonal evolution.

The observed 10–12-fold increased risk of acute myeloid leukemia among CHIP carriers [12] confirms its importance as a pre-leukemic state. Nevertheless, the absolute risk of transformation remains relatively low on an annual basis [13], which highlights a critical clinical challenge: distinguishing stable, age-related clonal hematopoiesis from high-risk pre-malignant clones. In this context, variant allele frequency (VAF)

has emerged as a useful but imperfect biomarker. While higher VAF values (>10%) are consistently associated with increased progression risk [14], inter-individual variability suggests that clone size alone cannot fully explain malignant potential.

Gene-specific risk stratification provides additional insight into disease heterogeneity. High-risk mutations such as those in *TP53, RUNX1, SRSF2,* and *SF3B1* are strongly associated with myelodysplastic syndromes and secondary AML [15]. These mutations often reflect underlying genomic instability and impaired DNA repair mechanisms, which accelerate acquisition of additional oncogenic events. In contrast, isolated *DNMT3A* mutations are frequently stable over time and may represent early initiating lesions rather than direct drivers of transformation [16]. This distinction supports a multistep leukemogenic model in which different mutations occupy distinct functional roles.

The role of inflammation as both a driver and consequence of CHIP has gained increasing attention. Elevated inflammatory cytokines, including IL-6 and TNF-α, have been consistently reported in CHIP carriers [18]. Experimental data suggest that *TET2*-deficient hematopoietic stem cells exhibit enhanced inflammatory signaling, which promotes clonal fitness under conditions of chronic immune activation [19]. This creates a self-reinforcing loop in which inflammation promotes clonal expansion, and mutant clones further amplify inflammatory responses. Such mechanisms may also explain the observed association between CHIP and cardiovascular disease [20], extending its clinical relevance beyond oncology.

Despite substantial progress, important limitations remain. Most available data are derived from observational cohorts, which limit causal inference regarding progression to malignancy. Additionally, heterogeneity in sequencing depth, mutation detection thresholds, and follow-up duration complicates direct comparison between studies [21]. There is also limited understanding of environmental and metabolic factors that may modulate clonal dynamics, including smoking, obesity, and systemic inflammatory states.

Future research should focus on integrating genomic, epigenomic, and clinical parameters into unified predictive models capable of identifying individuals at highest risk of malignant transformation. Emerging evidence suggests that combined assessment of mutation type, VAF dynamics, co-mutation patterns, and inflammatory biomarkers may improve risk stratification compared with single-parameter approaches [22]. Such integrative models could enable personalized surveillance strategies and potentially early therapeutic intervention before overt hematologic disease develops.

CHIP represents a complex, heterogeneous biological state with variable clinical trajectories. While most individuals remain stable, a subset progresses to hematologic malignancies through stepwise clonal evolution influenced by genetic and environmental factors. Improved understanding of these mechanisms is essential for translating molecular insights into clinically meaningful risk prediction and prevention strategies.

CONCLUSION

Clonal hematopoiesis of indeterminate potential (CHIP) should be regarded as a biologically defined pre-malignant state with clinically relevant prognostic significance in the pathogenesis of hematologic malignancies. Current evidence indicates that CHIP contributes to leukemogenesis through stepwise clonal evolution driven by recurrent somatic mutations, particularly in genes regulating epigenetic modification and genomic stability.

The probability of malignant transformation is determined by a combination of molecular factors, including mutation spectrum, clonal burden, and acquisition of secondary genetic lesions, with high-risk variants such as *TP53, RUNX1,* and spliceosome-associated genes demonstrating the strongest association with disease progression. These findings support the concept of CHIP as an early intermediate stage in a multistep model of hematologic oncogenesis.

Despite substantial progress in molecular characterization, the predictive accuracy of existing markers remains limited due to biological heterogeneity and dynamic clonal behavior. Accordingly, future research should prioritize the development of integrated prognostic models incorporating genomic, epigenomic, and clinical parameters to improve risk stratification and enable early identification of individuals at highest risk of malignant transformation.

References

1. Jaiswal S, Ebert BL. Clonal hematopoiesis in human aging and disease. *Science*. 2019;366(6465):eaan4673.
2. Steensma DP. Clinical consequences of clonal hematopoiesis of indeterminate potential. *Blood Adv*. 2018;2(22):3404–3410.
3. Genovese G, et al. Clonal hematopoiesis and blood-cancer risk inferred from blood DNA sequencing. *N Engl J Med*. 2014;371(26):2477–2487.
4. Jaiswal S, et al. Age-related clonal hematopoiesis associated with adverse outcomes. *N Engl J Med*. 2014;371(26):2488–2498.
5. Xie M, et al. Age-related mutations associated with clonal hematopoietic expansion. *Nat Med*. 2014;20(12):1472–1478.
6. Young AL, et al. Clonal hematopoiesis harboring AML-associated mutations in healthy adults. *Nat Commun*. 2016;7:12484.
7. Zink F, et al. Clonal hematopoiesis, aging, and blood cancer risk. *Cell Stem Cell*. 2017;21(3):407–415.
8. Abelson S, et al. Prediction of acute myeloid leukemia risk in healthy individuals. *Nature*. 2018;559(7714):400–404.
9. Desai P, et al. Somatic mutations precede AML years before diagnosis. *Nat Med*. 2018;24(7):1015–1023.
10. McKerrell T, et al. Leukemia-associated mutations drive clonal behavior. *Nat Genet*. 2015;47(6):632–639.
11. Buscarlet M, et al. DNMT3A and TET2 mutations in clonal hematopoiesis. *Leukemia*. 2017;31(11):2354–2362.

12. Coombs CC, et al. Therapy-related clonal hematopoiesis in patients with solid tumors. *Nat Med*. 2017;23(10):1259–1267.
13. Bolton KL, et al. Cancer therapy shapes clonal evolution. *Nat Med*. 2020;26(4):604–611.
14. Wong TN, et al. Cellular stress and evolution of clonal hematopoiesis. *Cell*. 2020;182(6):1516–1528.
15. Fuster JJ, Walsh K. Somatic mutations and inflammatory disease. *Nat Rev Cardiol*. 2018;15(9):531–543.
16. Cull AH, et al. TET2 mutations and inflammatory signaling in clonal hematopoiesis. *Blood*. 2017;130(6):710–718.
17. Jaiswal S, et al. Clonal hematopoiesis and risk of atherosclerotic cardiovascular disease. *N Engl J Med*. 2017;377(2):111–121.
18. Dorsheimer L, et al. Clonal hematopoiesis and mortality outcomes. *Circulation*. 2019;129(13):1380–1390.
19. Gaidzik VI, et al. RUNX1 mutations in myeloid malignancies. *Leukemia*. 2015;29(1):201–208.
20. Gibson CJ, et al. Clonal hematopoiesis and therapy-related myeloid neoplasms. *N Engl J Med*. 2017;377(6):524–533.
21. Bolton KL, et al. Clonal hematopoiesis and hematologic malignancy risk. *Nat Med*. 2020;26(4):602–603.
22. Buscarlet M, et al. Clinical implications of clonal hematopoiesis. *Blood*. 2020;136(10):1141–1152.

СИСТЕМНО-РЕГІОНАРНІ ПРИНЦИПИ ДЕЛАТЕРИЗАЦІЇ ЧЕРЕВНОЇ СТІНКИ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ПРОГРАМОВАНИХ РЕЛАПАРОТОМІЙ

Slonetskyi Borys
Doctor of Sci (Med), Professor
Department of surgery of dentistry faculty
Bogomolets National Medical University
Kiev, Ukraine

Verbitskiy Igor
Doctor of Sci (Med), Professor
Department of emergency
Shupyk National Healthcare University of Ukraine
Kiev, Ukraine

Slonetska Liliia
Head of Diagnostic Research Department
Kyiv City Center for Radiation Protection of The Population
Kiev, Ukraine

Dovbenko Rostyslav
Dentist orthodontist
Dental medical center
Bogomolets National Medical University
Kiev, Ukraine

Чимала низка дискусійних проблем в хірургії все більше відображає необхідність пошуку нових напрямків та діагностико-лікувальних тактик при виконанні не лише планових хірургічних втручань, але і особливо важливо ургентних операцій [1,2]. Особливого значення в останній час щодо абдомінальної хірургії набуває проблема негативних вульнерологічних наслідків етапного проведення програмованих релапаротомій у пацієнтів з травматичним чи вторинним перитонітом, адже вибір способу тимчасового закриття черевної стінки під час проведення програмованих релапаротомій супроводжується формуванням досить складних її дефектів [3,4].

Мета дослідження – систематизувати та запропонувати регіонарно-системні способи делатеризації черевної стінки при проведенні програмованих релапаротомій.

Матеріали та методи дослідження. В основу розробки та систематизації пріоритетних напрямків щодо особливостей регіонарно-системних способів делатеризації черевної стінки при проведенні програмованих релапаротомій -

покладений клінічний аналіз лікування 86 пацієнтів травматичним чи вторинним хірургічним перитонітом, яким у лікувальному процесі застосовувалась програмована релапаротомія та котрі лікувались в хірургічних відділеннях та відділенні політравми в 2022-2025 роках.

Результати дослідження. Аналіз літературних джерел [5] та результати власних досліджень [6,7] обґрунтували необхідність щодо систематизації та розробки регіонарно-системних способів делатеризації черевної стінки при проведенні програмованих релапаротомій. З метою диференційного підходу до коректного використання в комплексному лікування пацієнтів з перитонітом різного ґенезу чи необхідності застосування тактики «source control surgery» чи «damage control surgery» ми поклали за основу оцінку внутрішньочеревного тиску та прогнозування ризиків його зміни і внаслідок цього виділяємо наступні способи делатералізації черевної сітнки:

1. Абдомінальна делатеризація черевної стінки: дренування травного каналу (зонди в шлунок, ДПК, кишечник, колоноскопічна декомпресія, клізми, газовідвідна рубка); дренування черевної порожнини; резекція чи видалення чепця; положення та динамічне переміщення пацієнта;

2. Ранева (вульнерологічна корекція) делатеризація черевної стінки (ушивання апоневроза, (з сепарацією структур)(з сіткою) : ушивання шкіри; селективне ушивання усієї стінки; резекція чи видалення чепця; вакуумна пов’язка Barker; терапія від’ємним тиском;

3. Позаранева (черевностінкова) делатеризація черевної стінки: апарат дерматензії на основі спиць Кіршнера; Ventrofil; ABRA; лапароліфтинг;

4. Регіонарна делатеризація черевної стінки: регіонарні блокади; блокади спігелевої лінії; епідуральна анестезія;

5.Системна делатеризація черевної стінки: медикаментозні препарати (знеболення, тканино-органа системна ресусцитація); наркоз;

6. Комплексна системно-регіонарна селективна делатеризації черевної стінки (вибіркова обґрунтування комбінованого чи поєднаного використання раніше визначених видів делатеризації черевної стінки).

Особливості пошуку оптимальних варіантів тимчасового закриття черевної порожнини серед переваги щодо застосування стаціонарно фіксуючих пристроїв дозволяють виділяємо наступні: відсутність повторної гострої травми черевної стінки при зведенні та розведенні країв рани; рівномірна тракція всіх шарів черевної стінки; можливість дозованої абдомінальної декомпресії.

Тоді як серед недоліків щодо застосування стаціонарно фіксуючих пристроїв виділяємо наступні: втрата функції при прорізуванні навіть одного шва; ішемічні ушкодження тканин черевної стінки; інфікування тканин та анатомічних просторів у зоні фіксації; типові ускладнення пов'язані зі способом фіксації – ішемічний або гнійно-деструктивний некроз тканин у зоні фіксації пристосувань (некроз шкіри та підшкірної клітковини, некроз прямих м'язів живота, флегмона піхви прямих м'язів (вентрофіли, куточки), поширений краєвий при гнійно-деструктивних ранових ускладненнях (блискавка, velkro).

На нашу думку серед основних принципів тимчасового закриття черевної порожнини доцільно виділити наступні:

1. Пряме зведення країв апоневрозу (отимальний варіант, якщо краї фасції можна зістикувати без напруги, використовується при короткотривалому відкритому животі (до 5-7 діб).

2. Поступове закриття («stepwise closure») лапаротомної рани використовується, якщо неможливо одразу звести краї фасції**:** виконується шляхом поетапного наближення країв лапаротомної рани із використанням тимчасових швів («динамічні ретенційні шви») чи виконується шляхом застосування динамічних швів (progressive tension closure) – спеціальна методика поступового підтягування країв фасції до центру дефекту.

3. Фасціальний бріджинг – застосування тимчасових пластин або сіток для поступового зближення країв рани шляхом застосування техніки «Mesh-mediated fascial traction» (сітка для поетапного закриття), застосування поліпропіленових або PTFE-сіток при великих дефектах, а у випадку контамінації віддають перевагу біосинтетичним сіткам, що зменшують ризик інфекції.

4. Компонентне розділення структур черевної стінки (Component Separation Technique, CST) використовується при значних дефектах, коли неможливо звести краї апоневрозу для цього здійснюють мобілізацію м’язових шарів черевної стінки для досягнення задовільного закриття черевної порожнини.

5. Закриття черевної порожнини з використанням біологічних матриць (застосовуються біологічні імпланти (наприклад, strattice, permacol), що сприяють інтеграції тканин та відновленню черевної стінки навіть в умовах інфікованих ран або при ризику формування кишкових нориць.

Таким чином продовжується дискусія щодо патогенетичного обґрунтування різноманітних способів делатеризації черевної стінки в умовах багатоетапного лікування пацієнтів з травматичним та вторинним перитонітом в умовах прогресуючого компартмент синдрому, однак запропонована нами систематизація регіонарно-системних способів делатеризації черевної стінки дозволяє селективно чи у комплексі застосувати необхідний вид делатеризації черевної стінки при проведенні програмованих релапаротомій. Це суттєво знизити частоту виникнення екстраабдомінальних ускладнень пов'язаних з прогресуванням внутрішньочеревного тиску та максимально сприяти подальшій повній пошаровій реконструкції передньої черевної стінки.

Висновки.

1. Для зменшення негативних вульнерологічних наслідків етапного проведення програмованих релапаротомій у пацієнтів з травматичним чи вторинним перитонітом доцільно комплексно підходити до селективного застосування системно-регіонарних принципів делатеризації черевної стінки.

2. Під час проведення програмованих релапаротомій необхідно максимально мінімізувати ризик розвитку гнійних ускладнень зі сторони лапаротомної рани та передньої черевної стінки шляхом обгрунтованого застосування окремих компонентів системно-регіонарної делатеризації черевної стінки.

References:

1. Mishra P., Rehman N., Mitra S., Madakshira M.G. Exsanguinated to death by a perforated duodenal ulcer: Masquerader apprehended on autopsy. Indian J Pathol Microbiol. 2024 Apr 1. T.67. №2. P 405-407. doi: 10.4103.

2. Rajabaleyan P, Jensen RO, Möller S, Qvist N, Ellebaek MB. Primary anastomosis and suturing combined with vacuum-assisted abdominal closure in patients with secondary peritonitis due to perforation of the small intestine: a retrospective study. BMC Surg. 2025 Sep 15;23(1):280. doi: 10.1186/s12893-023-02179-0.

3.Latifi R, Smiley A.- Acellular Fish Skin Graft Use in Open Abdomen Management.Surg Technol Int. 2023 Sep 15;42:149-155.

4.Kaur Y., Kaur R., Singh H., Josan A. An Isolated Perforation ofthe Fourth Part of the Duodenum Following Blunt Abdominal Trauma: A Case Report. 358.Cureus. 2024 Jan 9;15(1):e33571. doi: 10.7759/cureus.33571.

5. English CJ, Sodade OE, Austin CL, Hall JL, Draper BB. Management of Enteroatmospheric Fistula (EAF) Using a Fistula-Vacuum Assisted Closure (VAC) in a Complicated Abdominal Trauma Case.Cureus. 2023 Apr 17;15(4):e37668. doi: 10.7759/cureus.37668.

6.Слонецький Б.І. Тутченко М.І. Вербицький І.В. Коцюбенко В.О. Негативні етапні передумови та прагматичні рішення щодо ургентної хірургії органів черевної порожнини. Український медичний часопис. 2020. №5(2) (139) - IX/X.C. 65-71.

7.Слонецький Б.І., Вербицький І.В. Дуоденогенний перитоніт.- Монографія.- Київ.-2025.-Інтерсервіс.- ISBN 978-966-999-492-9.-370с.

ВІДМІННІ ОЗНАКИ МІЖ ПСЕВДОТУБЕРКУЛЬОЗОМ ТА КИШКОВИМ ІЄРСИНІОЗОМ

Іванова Ольга Олексіївна
асистентка кафедри внутрішньої медицини №1
Донецький національний медичний університет, Україна

Ямада Міона
Здобувачка вишої освіти
Донецький національний медичний університет, Україна

Актуальність. Ієрсиніози (псевдотуберкульоз та кишковий ієрсиніоз) залишаються однією з найбільш актуальних проблем сучасної інфектології через значне поширення, схильність до епідемічних спалахів та виражений поліморфізм клінічних проявів. За даними ВООЗ, частота виявлення збудників роду *Yersinia* серед хворих на гострі кишкові інфекції (ГКІ) в Україні коливається від 6% до 10,8% (Домашенко О.М., 2010). Проте, через спільні механізми передачі (фекально-оральний) та подібність патогенезу, лікарі часто стикаються з труднощами при диференціації цих двох нозологій, що призводить до помилкових діагнозів (скарлатина, гострий апендицит, ревматизм тощо). Вчасне розмежування хвороб є критичним для вибору тактики лікування та епідеміологічного нагляду.

Мета. Проаналізувати та систематизувати основні клініко-епідеміологічні та лабораторні відмінності між псевдотуберкульозом (*Yersinia pseudotuberculosis*) та кишковим ієрсиніозом (*Yersinia enterocolitica*) для підвищення якості діагностики.

Матеріали та методи. Проведено порівняльний аналіз даних сучасної наукової літератури, клінічних настанов МОЗ України та результатів мікробіологічних досліджень штамів ієрсиній. Використовувались методи описової статистики та клініко-епідеміологічного зіставлення.

Результати та обговорення. Незважаючи на спільний рід збудників, виявлено низку суттєвих відмінностей:

1. Епідеміологічні особливості. Псевдотуберкульоз частіше проявляється у вигляді групових спалахів, пов’язаних із вживанням овочів з овочесховищ (капуста, морква), де збудник активно розмножується при низьких температурах (психрофільність). Кишковий ієрсиніоз частіше реєструється як спорадична захворюваність, основним джерелом якої є тварини (свині, рогата худоба) та контаміновані м’ясні продукти.

2. Клінічна картина. Екзантема (висип). Для псевдотуберкульозу характерний яскравий скарлатиноподібний висип на гіперемованому фоні шкіри, симптоми «рукавичок», «шкарпеток» та «капюшона». При кишковому ієрсиніозі висип зустрічається рідше, він частіше плямисто-папульозний або за типом вузлуватої еритеми (Moz Guidelines, 2017). Гастроінтестинальний синдром. При

кишковому ієрсиніозі діарея є провідним симптомом (у 80% випадків) і може тривати до кількох тижнів. При псевдотуберкульозі ураження ШКТ часто відходить на другий план порівняно з інтоксикацією та екзантемою.

Артралгічний синдром. Більш характерний для псевдотуберкульозу в розпалі хвороби, тоді як при кишковому ієрсиніозі частіше розвиваються вторинно-імунні реактивні артрити на 2–3 тижні хвороби (особливо у осіб з антигеном HLA-B27).

3. Лабораторна діагностика. *Y. enterocolitica* має 9 біоварів та понад 70 серотипів (найбільш патогенні O:3, O:9). Збудник кишкового ієрсиніозу продукує β-лактамази, що робить його резистентним до пеніцилінів, тоді як *Y. pseudotuberculosis* зазвичай чутливий до них (ResearchGate, 2022).

Бактеріологічне дослідження випорожнень є більш результативним при кишковому ієрсиніозі, тоді як при генералізованих формах псевдотуберкульозу частіше вдаються до посіву крові.

Висновки.

Основною відмінною ознакою псевдотуберкульозу є домінування токсико-екзантематозного синдрому (скарлатиноподібний висип) та спалаховий характер захворюваності. Кишковий ієрсиніоз характеризується вираженим та тривалим діарейним синдромом із тенденцією до хронізації та розвитку реактивних артритів. Диференціальна діагностика має базуватися на комплексному підході: епідеміологічному анамнезі, оцінці характеру висипу та обов'язковому бактеріологічному і серологічному підтвердженні (РНГА, ІФА).

Список літератури

1. Домашенко О.М. Ієрсиніоз: клініко-епідеміологічні аспекти. *Актуальна інфектологія*. 2010. №1. С. 15-22.

2. Настанова 00035. Єрсиніоз. *Moz Guidelines*. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://guidelines.moz.gov.ua/documents/2962 (Дата звернення: 12.05.2024).

3. Андрейчин М.А. Інфекційні хвороби: підручник. Київ: ВСВ «Медицина», 2019. 656 с.

4. Yersinia pseudotuberculosis and Y. enterocolitica Infections. *CDC - Emerging Infectious Diseases*. 2010. Vol. 16, No. 3.

5. ResearchGate. Yersinia enterocolitica and Yersinia pseudotuberculosis: Detection in Foods. 2022. DOI: 10.1201/b11302-14.5.

СУЧАСНІ КЛІНІКО-ЕПІДЕМІОЛОГІЧНІ КОНЦЕПЦІЇ ВІРУСНОГО ГЕПАТИТУ А

Біломеря Тамара Анатоліївна
кандидат медичних наук, доцентка, доцентка закладу вищої освіти кафедри внутрішньої медицини №1
Донецький національний медичний університет
м. Кропивницький, Україна

Іванова Ольга Олексіївна
асистентка кафедри внутрішньої медицини №1
Донецький національний медичний університет
м. Кропивницький, Україна

Остапенко Єлизавета Сергіївна
здобувачка вищої освіти
Донецький національний медичний університет
м. Кропивницький, Україна

Актуальність. Вірусний гепатит А (ВГА) залишається одним із найбільш поширених антропонозних вірусних уражень печінки у світі. Незважаючи на фекально-оральний механізм передачі, який теоретично легко контролювати за допомогою базових санітарно-гігієнічних заходів, глобальна захворюваність залишається високою [1]. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, щороку у світі реєструється понад 1,4 мільйона випадків ВГА, проте реальний рівень інфікування, враховуючи безсимптомні форми, є значно вищим [2]. Сучасна епідеміологічна ситуація характеризується зміною глобального пейзажу ендемічності. У країнах, що розвиваються, на тлі покращення комунальної інфраструктури спостерігається так званий «епідеміологічний зсув» [3]. Суть цього явища полягає у переході регіонів з високої ендемічності (де майже 100% дітей перехворіли у ранньому віці безсимптомно і набувають стійкого імунітету) до помірної або низької ендемічності [4]. Це призводить до формування великого прошарку сприйнятливого дорослого населення, яке не має захисних антитіл (anti-HAV IgG). В Україні проблема ВГА має хвилеподібний характер із періодичними спалахами, що часто пов'язані з контамінацією питної води або харчових продуктів [5]. Крім того, сучасні реалії військового стану, руйнування об’єктів критичної інфраструктури, проблеми з доступом до якісної води та вимушена міграція великих груп населення створюють передумови для різкого погіршення епідемічної ситуації [6]. Клінічна актуальність ВГА зумовлена тим, що у дорослих пацієнтів хвороба протікає значно важче, ніж у дітей. Спостерігається висока частота затяжних, холестатичних та рецидивуючих форм, а також підвищений ризик розвитку фульмінантного гепатиту з високою летальністю серед осіб старше 40 років та пацієнтів із супутньою хронічною

патологією печінки (гепатити В, С, НАЖХП) [7]. Усе це вимагає перегляду та систематизації поточних клініко-епідеміологічних концепцій для оптимізації стратегій вакцинопрофілактики та протиепідемічного контролю.

Мета дослідження. Узагальнити, систематизувати та критично проаналізувати сучасні наукові дані щодо епідеміологічних трансформацій, особливостей клінічного перебігу та методів профілактики вірусного гепатиту А на сучасному етапі для формування оновленої концепції інфекційного контролю.

Матеріали та методи. Для досягнення поставленої мети було проведено комплексне кабінетне дослідження із використанням бібліосемантичного, аналітичного та порівняльного методів. Матеріалом дослідження послужили профілактичні та клінічні настанови ВООЗ, МОЗ України, статистичні звіти Центру громадського здоров'я МОЗ України, а також наукові публікації у провідних міжнародних та вітчизняних базах даних (PubMed, Google Scholar, Scopus) за період 2015–2026 років. Пошук здійснювався за ключовими словами: «вірусний гепатит А», «епідеміологічний зсув», «холестатична форма», «HAV-вакцинація», «водні спалахи».

Результати та обговорення. Аналіз сучасних епідеміологічних даних підтверджує зміну вікової структури захворілих. Якщо наприкінці XX століття ВГА вважався переважно «дитячою інфекцією», то сьогодні основний тягар захворюваності змістився на підлітків та осіб молодого й середнього віку (18–40 років) [3]. Покращення умов водопостачання та гігієни в урбанізованих регіонах призвело до того, що діти перестали масово зустрічатися з вірусом у перші роки життя. Як наслідок, природний імунітет не формується. Коли ці особи досягають дорослого віку, вони залишаються серонегативними. При контакті зі збудником у дорослому віці інфекція реалізується у вигляді маніфестних, середньоважких та важких клінічних форм [1, 8].

Традиційний водний шлях передачі залишається домінуючим під час масштабних епідемічних спалахів [5]. Проте в останні роки зросла роль харчового (аліментарного) шляху, пов'язаного із глобалізацією торгівлі продуктами харчування. Заморожені ягоди, морепродукти та готові салати, що імпортуються з ендемічних регіонів, стають причиною міждержавних спалахів ВГА [9]. Окрему увагу в сучасній епідеміологічній концепції приділяють групам високого ризику, серед яких: особи, які подорожують до країн з високим рівнем ендемічності [2]; чоловіки, які мають секс із чоловіками (ЧСЧ), де передача вірусу відбувається контактно-побутовим шляхом у межах закритих субпопуляцій [10]; споживачі ін'єкційних та неін'єкційних наркотиків [8]; особи, які перебувають в умовах скупчення та незадовільних санітарних умов (біженці, військовослужбовці в зоні бойових дій) [6].

Зміна вікового складу пацієнтів потягнула за собою трансформацію клінічної картини ВГА. Сучасний перебіг інфекції у дорослих часто супроводжується вираженим та тривалим синдромом ендогенної інтоксикації, тривалим періодом реконвалесценції та розвитком ускладнень [7]. Серед клінічних особливостей сьогодення виділяють: Холестатичну форму ВГА, частота якої серед дорослих пацієнтів зросла до 15–20%, що характеризується стійкою та тривалою

жовтяницею (до 2–4 місяців), вираженим шкірним свербежем, високими рівнями лужної фосфатази та загального білірубіну за відносно стабільних показників АЛТ/АСТ [11]. Рецидивуючий перебіг: проявляється повторним спалахом клініко-лабораторних симптомів (цитолізу та жовтяниці) через 1–2 місяці після уявного одужання. Ознаки хронізації при цьому відсутні, проте загальна тривалість хвороби суттєво збільшується [4]. Фульмінантний (блискавичний) гепатит: незважаючи на рідкість (менше 1% випадків), ризик розвитку гострої печінкової недостатності різко зростає у пацієнтів віком понад 40–50 років, а також у осіб із наявними хронічними дифузними захворюваннями печінки [7, 12].

Сучасний стандарт діагностики базується на серологічному виявленні специфічних антитіл класу IgM (anti-HAV IgM) методом імуноферментного аналізу (ІФА) або імунохемілюмінесцентного аналізу (ІХЛА), які з'являються в крові з перших днів клінічних проявів [11]. У науково-дослідній практиці та під час епідеміологічних розслідувань спалахів активно застосовується полімеразна ланцюгова реакція (ПЛР) для виявлення РНК вірусу в крові або фекаліях, а також молекулярне генотипування (визначення генотипів ІА, ІВ, ІІІА), що дозволяє точно встановити джерело інфекції та зв'язати поодинокі випадки в єдиний епідемічний ланцюг [1, 13]. Оскільки радикальних засобів етіотропної терапії ВГА не існує (лікування залишається переважно патогенетичним та симптоматичним), ключовим елементом контролю є специфічна вакцинація [2]. Сучасна концепція передбачає відхід від стратегії вакцинації «лише за епідемічними показаннями» на користь планової імунізації груп ризику та розширення національних календарів щеплень [14]. Високу ефективність демонструють інактивовані культури за умови двократного введення з інтервалом 6–18 місяців, що забезпечує тривалий (понад 20 років) захист [3]. Проте в умовах спалахів критично важливою є концепція постконтактної профілактики: введення вакцини в перші 2 тижні після контакту з хворим є високоефективним методом запобігання розвитку хвороби або полегшення її перебігу [14].

Висновки. Сучасний епідеміологічний етап розвитку вірусного гепатиту А характеризується стійким епідеміологічним зсувом — зміщенням захворюваності у старші вікові групи (підлітки та дорослі), що призводить до зростання питомої ваги маніфестних та важких форм інфекції. Клінічний перебіг ВГА у дорослих пацієнтів відзначається високою частотою атипових варіантів, зокрема холестатичних та рецидивуючих форм, а також підвищеним ризиком розвитку фульмінантного гепатиту у пацієнтів із супутніми хронічними ураженнями гепатобіліарної системи. Оновлена концепція інфекційного контролю має базуватися на широкому впровадженні молекулярно-генетичних методів (ПЛР, генотипування) для розслідування спалахів та активній стратегії специфічної вакцинопрофілактики як серед груп професійного/поведінкового ризику, так і в межах екстреної постконтактної профілактики в осередках інфекції.

Список літератури

1. World Health Organization. Global hepatitis report 2024: action for access in low- and middle-income countries. Geneva: WHO; 2024. 182 p.

2. Guidelines for the prevention, care and treatment of persons with chronic hepatitis infection / World Health Organization. Geneva: WHO; 2019. 210 p.

3. Melnick J. L. The History and Epidemiology of Hepatitis A Virus. The Journal of Infectious Diseases. 2015. Vol. 171, No. 1. P. S2–S8.

4. Голубовська О. А. Інфекційні хвороби: підручник. 3-є вид., випр. Київ: ВСВ «Медицина», 2022. 544 с.

5. Центр громадського здоров'я МОЗ України. Інформаційний бюлетень про стан захворюваності на інфекційні хвороби в Україні. Київ: ЦГЗ; 2023. 45 с.

6. Вовк А. Д., Андрейчин М. А. Особливості епідемічного процесу кишкових інфекцій в умовах надзвичайних ситуацій та військового стану. Інфекційні хвороби. 2023. № 2 (112). С. 14–22.

7. Advanced Clinical Hepatology / ed. by T. S. Harrison, L. M. Chang. New York: Springer; 2021. 412 p.

8. Nelson N. P., Weng M. K., Hofmeister M. G. Update: Recommendations of the Advisory Committee on Immunization Practices for Use of Hepatitis A Virus Vaccine for Postexposure Prophylaxis. MMWR. 2018. Vol. 67, No. 43. P. 1216–1220.

9. European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC). Multi-country outbreak of hepatitis A virus linked to imported frozen berries. Stockholm: ECDC; 2022. 24 p.

10. Viral Hepatitis in Men Who Have Sex with Men: New Epidemiological Shifts / J. Smith et al. Lancet Infectious Diseases. 2020. Vol. 20, No. 5. P. 589–598.

11. Малий В. П., Нартакова М. Х. Вірусний гепатит А: сучасний погляд на проблему, клінічні маски та діагностика. Клінічна імунологія. Алергологія. Інфектологія. 2019. № 3 (116). С. 28–35.

12. Fulminant hepatic failure secondary to hepatitis A: Risk factors and outcomes / K. R. Prasad et al. Journal of Hepatology. 2017. Vol. 66, No. 2. P. 345–351.

13. Molecular epidemiology of hepatitis A virus: Utility of genomic sequencing in outbreak investigation / L. Vaughan et al. Journal of Virological Methods. 2018. Vol. 251. P. 89–96.

14. Наказ МОЗ України № 595 «Про порядок проведення профілактичних щеплень в Україні та контроль якості й обігу медичних імунобіологічних препаратів» (у редакції від 2022 р.).

РОЛЬ МІКРОГЛІЇ У ПАТОГЕНЕЗІ РОЗСІЯНОГО СКЛЕРОЗУ ТА МОЖЛИВОСТІ ЇЇ ТЕРАПЕВТИЧНОЇ МОДУЛЯЦІЇ

Маража Ірина Олександрівна,
доктор філософії, доцент,
доцент кафедри фундаментальних дисциплін
Європейський медичний університет,
м. Дніпро, Україна.

Назарова Дар'я Іванівна,
доктор філософії, доцент,
доцент медичного факультету,
Державний університет Акакія Церетелі,
м. Кутаїсі, Грузія.

Барбашова Юлія Петрівна,
студентка 4 курсу медичного факультету,
Державний університет Акакія Церетелі,
м. Кутаїсі, Грузія.

Анотація. Розсіяний склероз є хронічним автоімунним захворюванням центральної нервової системи, в основі якого лежать демієлінізація, нейрозапалення та поступова нейродегенерація. Одним із ключових учасників цих процесів є мікроглія - резидентна популяція імунних клітин мозку, яка забезпечує тканинний гомеостаз, фагоцитоз і регуляцію міжклітинних взаємодій. У разі розсіяного склерозу мікроглія може реалізовувати як ушкоджувальні, так і відновні ефекти. З одного боку, її надмірна активація підтримує хронічне запалення, посилює ушкодження мієліну та аксонів, а з іншого - сприяє кліренсу мієлінового дебрису й створює умови для ремієлінізації. У статті узагальнено сучасні уявлення про участь мікроглії в патогенезі розсіяного склерозу, висвітлено значення її фагоцитарної функції, фенотипічної пластичності та зв’язок із когнітивними порушеннями. Також розглянуто перспективні фармакологічні підходи, спрямовані на корекцію її функціонального стану. Показано, що модуляція активності мікроглії може стати важливим напрямом удосконалення терапії розсіяного склерозу.

Ключові слова: розсіяний склероз, мікроглія, демієлінізація, нейрозапалення, фагоцитоз, ремієлінізація, когнітивні порушення.

Вступ. Розсіяний склероз (РС) є одним із найбільш значущих хронічних захворювань центральної нервової системи, що уражає переважно осіб молодого та середнього віку й нерідко супроводжується прогресуючим неврологічним дефіцитом. Для цього захворювання характерне поєднання автоімунних реакцій,

вогнищевої демієлінізації, аксонального ушкодження та поступового розвитку нейродегенеративних змін. Саме така багатокомпонентність патологічного процесу визначає складність його перебігу та обмеженість наявних терапевтичних підходів [1].

На сучасному етапі РС розглядають як імунно-опосередковане захворювання, при якому порушується контроль над запальною відповіддю на антигени мієліну. Унаслідок цього автореактивні Т- та В-лімфоцити, а також макрофаги мігрують через гематоенцефалічний бар'єр у тканини центральної нервової системи. У вогнищах ураження вони ініціюють каскад запальних реакцій із вивільненням цитокінів, хемокінів та інших медіаторів, що активують резидентні клітини мозку, насамперед мікроглію. Подальшим наслідком стають руйнування мієлінових оболонок, пошкодження аксонів, формування бляшок і прогресування клінічної симптоматики, включно з руховими, сенсорними, зоровими та когнітивними розладами.

Мікроглія є первинними запальними клітинами, присутніми в осередках РС, тому значно сприяє демієлінізації та поширенню пошкодження. Таким чином, багато терапевтичних стратегій були спрямовані на мікроглію, а саме, пригнічення мікрогліального прозапального фенотипу та нейродегенеративного стану для зниження тяжкості захворювання.

Мета дослідження - узагальнити сучасні наукові уявлення про роль мікроглії в патогенезі розсіяного склерозу та проаналізувати перспективи фармакологічної модуляції її активності.

Матеріали та методи. Робота виконана у форматі аналітичного огляду наукових джерел. У процесі підготовки статті було опрацьовано сучасні публікації, присвячені механізмам розвитку розсіяного склерозу, участі мікроглії в демієлінізації, регенерації нервової тканини та розвитку когнітивних порушень. Аналізувалися результати фундаментальних і прикладних досліджень, що стосуються фенотипічної пластичності мікроглії, її фагоцитарної активності, рецепторних механізмів розпізнавання мієліну та експериментальних підходів до терапевтичної корекції цих процесів.

Результати дослідження та їх обговорення. Мікроглія є основною популяцією резидентних імунних клітин центральної нервової системи. Незважаючи на відносно невелику кількість серед усіх клітин мозку, вона виконує широкий спектр функцій, пов'язаних із підтриманням гомеостазу, тканинним моніторингом, фагоцитозом та регуляцією міжклітинної взаємодії [2]. Ці клітини мають ембріональне походження та формують стабільну систему імунного нагляду, здатну швидко реагувати на зміни мікрооточення [3].

У фізіологічних умовах мікроглія забезпечує видалення загиблих клітин, білкових агрегатів, молекулярних патернів пошкодження й інших потенційно небезпечних субстратів. Окрім того, вона бере участь у процесах дозрівання нейрональних мереж, ремоделюванні синапсів, регуляції синаптичної пластичності та підтриманні оптимальних умов для функціонування нейронів. Отже, мікроглія є не лише ефектором вродженого імунітету, а й важливим регулятором нормального розвитку та функціонування мозку.

Особливості активації мікроглії при розсіяному склерозі. У разі порушення тканинного гомеостазу, зокрема при аутоімунному ураженні мієліну, мікроглія переходить із стану постійного нагляду в активований функціональний режим. Це супроводжується морфологічними змінами, міграцією до ділянок ураження, перебудовою експресії генів та підвищенням продукції медіаторів запалення. Для активованої мікроглії характерне посилення експресії маркерів, пов'язаних з імунною відповіддю та фагоцитозом, серед яких Iba-1, MHC-II, CD68 та рецептори комплементу.

Важливою особливістю мікроглії є її функціональна пластичність. Залежно від сигналів мікросередовища вона може набувати властивостей, що посилюють запалення і тканинне ушкодження, або ж, навпаки, сприяють репарації та обмеженню патологічного процесу. При РС саме зміщення рівноваги у бік прозапального стану асоціюється з посиленням демієлінізації, аксонального ушкодження і прогресування клінічних проявів [4,5].

Перспективні підходи до терапевтичної модуляції мікроглії. Сучасні дослідження спрямовані на пошук засобів, які дозволять зменшити патологічну запальну активність мікроглії та водночас зберегти або посилити її регенеративний потенціал. У доклінічних роботах продемонстровано ефективність низки сполук, здатних знижувати інтенсивність нейрозапалення та змінювати фенотип мікроглії в більш відновному напрямі. До таких агентів належать наринген, етилпіруват, форсколін, урсолова кислота та деякі агоністи PPARγ [6,7,8].

Перспективними також є підходи, пов'язані з регуляцією довгих некодуючих РНК, зокрема GAS5, а також використанням біомолекул, що впливають на рецепторні шляхи фагоцитозу. Позитивні результати в експериментальних моделях показали омега-3 поліненасичені жирні кислоти, рекомбінантні антитіла та окремі природні сполуки, здатні покращувати кліренс мієліну та сприяти ремієлінізації [9].

Отже, найбільш перспективним видається комплексний терапевтичний підхід, спрямований не лише на пригнічення запалення, а й на тонке регулювання фагоцитарної, метаболічної та синапторегуляторної активності мікроглії.

Висновки. Мікроглія є одним із ключових учасників патогенезу розсіяного склерозу. Її функціональна активність поєднує як ушкоджувальні, так і захисно-відновні механізми. У разі переважання прозапального стану мікроглія підтримує хронічне нейрозапалення, посилює демієлінізацію та сприяє аксональному ушкодженню. Водночас її здатність до фагоцитозу мієлінового дебрису є необхідною умовою для подальшої ремієлінізації та відновлення тканини.

Окремої уваги потребує участь мікроглії у формуванні когнітивних порушень, оскільки її активація може поєднуватися з патологічною втратою синапсів та порушенням нейрально-гліальних взаємодій. У зв'язку з цим майбутні терапевтичні стратегії повинні бути спрямовані на досягнення балансу

між очищенням демієлінізованих вогнищ, обмеженням хронічного запалення та збереженням синаптичної цілісності.

Таргетна модуляція мікроглії є перспективним напрямом удосконалення лікування розсіяного склерозу та потребує подальших фундаментальних і прикладних досліджень.

Список літератури:

1. Cardona A.E., Huang D., Sasse M.E., Ransohoff R.M. Isolation of murine microglial cells for RNA analysis or flow cytometry. *Nat. Protoc*. 2006; 1(4):1947-51. doi: 10.1038/nprot.2006.327.

2. Nimmerjahn A., Kirchhoff F., Helmchen F. Resting microglial cells are highly dynamic surveillants of brain parenchyma in vivo. *Science.* 2005; 308(5726):1314-8. doi: 10.1126/science.1110647.

3. VanRyzin J.W., Marquardt A.E., Argue K.J. et al. Microglial phagocytosis of newborn cells is induced by endocannabinoids and sculpts sex diffe-rences in juvenile rat social play. *Neuron*. 2019; 102(2): 435–449. e6. doi: 10.1016/j.neuron.2019.02.006.

4. Debbie A.E. Hendrickx, Corbert G. van Eden, Karianne G. Schuurman et al. Staining of HLA-DR, Iba1 and CD68 in human microglia reveals partially overlapping expression depending on cellular morphology and pathology. *Neuroimmunol.* 2017; 15:309:12-22. doi: 10.1016/j.jneuroim.2017.04.007.

5. Prinz M., Jung S., Priller J. Microglia biology: one century of evolving concepts. Cell. 2019; 3;179(2):292-311. doi: 10.1016/j.cell.2019.08.053.

6. Fan C., Long R., You Y. et al. A novel PADRE-Kv1.3 vaccine effectively induces therapeutic antibodies and ameliorates experi-mental autoimmune encephalomyelitis in rats. *Clin. Immunol*. 2018; 193:98-109. doi: 10.1016/j.clim.2018.02.012.

7. Jiaying Wang, Jiajia Wang, Jincheng Wang et al. Targeting microglia and macrophages: a potential treatment strategy for multiple sclerosis. *Front. Pharmacol*. 2019; 22;10:286. doi: 10.3389/fphar.2019.00286.

8. Lampron A., Larochelle A., Laflamme N. et al. Inefficient clearance of myelin debris by microglia impairs remyelinating processes. J. *Exp. Med*. 2015; 6;212(4):481-95. doi: 10.1084/jem.20141656.

9. Liu Y., Wu C., Hou Z. et al. Pseudoginsenoside-F11 accelerates microglial phagocytosis of myelin debris and attenuates cerebral ischemic injury through complement receptor 3. *Neuroscience.* 2020; 1:426:33-49. doi: 10.1016/j.neuroscience.2019.11.010.

АЛГОИТМ ЕКОНОМІЧНИХ РОЗРАХУНКІВ ЗБИТКУ ВІД ШУМУ ДЛЯ ЗАКРИТИХ АВТОСТОЯНОК

Саньков Петро Миколайович,
кандидат технічних наук,
професор, рофесор кафедри охорони праці, цивільної та техногенної безпеки, УДУНТ ННІ «ПДАБА», Дніпро, Україна

Ткач Наталія Олексіївна,
кандидат технічних наук,
доцент, доцент кафедри охорони праці цивільної та техногенної безпеки, УДУНТ ННІ «ПДАБА» Дніпро, Україна

Сопільняк Вікторія Максимівна,
бакалавр спеціальності Екологія, УДУНТ ННІ «ПДАБА», Дніпро, Україна

Сопільняк Вікторія Максимівна,
бакалавр спеціальності Екологія, УДУНТ ННІ «ПДАБА», Дніпро, Україна

Шевченко Вікторія Олександрівна,
бакалавр спеціальності Екологія, УДУНТ ННІ «ПДАБА», Дніпро, Україна

Макаренко Микола Євгенович,
бакалавр спеціальності Архітектура та містобудування, УДУНТ ННІ «ПДАБА», Дніпро, Україна

Актуальність. Питання визначення економічного збитку від дії шуму на людину, в галузі охорони довкілля – завжди мали актуальнвсть. А розрахунки розповсюдження шуму і економічна складова в плані дії на організм людини для закритих автомобільних стоянках є не тільки актуальними, а і з наукової точки зору, мають наукову новизну. Розрахунок спрямовано на визначення фактичної кількості людей, які підпадають під дію шуму від таких видів автомобільних стоянок. Нам відомі алгоритми розрахунку економічного збитку від шуму відкритих автомобільних стоянок [1].

Мета. Метою роботи є розробка алгоритму розрахунку економічного збитку від шуму на закритих автомобільних стоянках.

Методи та методика. Для досягнення поставленої мети нами визначені наступні завдання:

1. Визначення кількості людей на автостоянці.
2. Побудова карти шуму на території закритої автомобільної стоянки.
3. Розподіл кількості людей, яку визначено за першим завданням, по кожному класу карти шуму.
4. За відомою методикою (розробленою в ПДАБА [2-4] для територій з побудованими картами шуму) провести розрахунок економічного збитку від шуму на закритих автомобільних стоянках.

Основна частина. Розглянемо визначення економічного збитку від шуму на закритих автомобільних стоянках на прикладі конкретного об'єкту. Нами вибрано закриту автомобільну стоянку в стілобатній частині комплексу Бартоломєо в Дніпрі. На рис. 1 наведено план розміщення авто на стоянці.

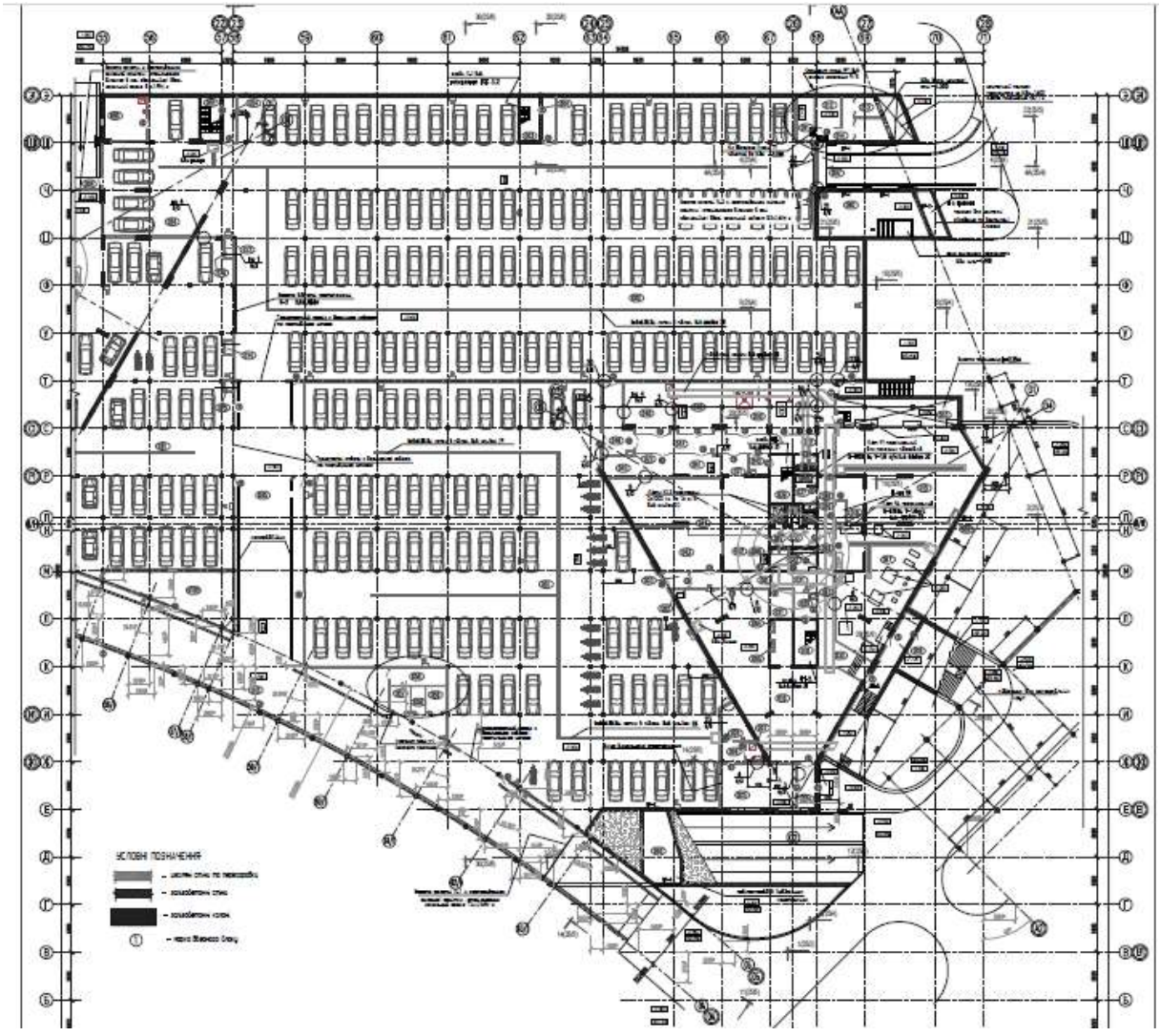


Рисунок 1. План цокольного поверху на позначці -3.300. Паркінг на 215 авто класу С. "Джерело рисунка" Ескізний проект «Спортивний комплекс і реконструкція водно-спортивного клубу в м Дніпро».

1. Визначення кількості людей на автостоянці

Це комплексне завдання, яке вимагає врахування різних факторів. Розглянемо алгоритм розрахунків для відкритих і закритих типів стоянок. Нами використовувались відомості з наукових робіт вітчизняних і закордонних авторів і нормативної літератури [5-17].

1.1 Загальний підхід.

Базовий принцип — люди потрапляють на стоянку через транспортні засоби. Тому основа розрахунку — кількість автомобілів, помножена на середню кількість людей в одному авто.

Фундаментальна формула:

$$P(t) = V(t) \times C(t) \qquad (1)$$

де: P(t) — кількість людей на стоянці в момент часу (t), люд;

N(t) — кількість транспортних засобів у цей момент, од;

C(t) — середня кількість осіб на один транспортний засіб

2. Середня кількість осіб на авто

Найпоширеніші значення для різних об’єктів, або місць розташуванняавтостоянок наведено в табл. 1.

Таблиця 1. Середня кількість осіб на авто

Місце розташування стоянки	Середня кількість осіб, люд
Торговий центр / супермаркет	1.8–2.2
Бізнес-центр / офіс	1.1–1.3
Аеропорт / вокзал	1.5–1.8
Житловий комплекс	1.6–2.0
Ресторан / кафе	1.8–2.4
Спортивна / розважальна подія	2.2–2.8
Лікарня	1.3–1.6

Важливо: ці значення можна уточнити шляхом натурних спостережень або даних з камер відеоспостереження.

1.2 Відкриті стоянки. Особливості находження людей:

- Легкий пішохідний доступ з усіх боків

-Люди можуть заходити/виходити не тільки через автомобілі

-Можливі транзитні пішоходи

Методи розрахунку:

А. Прямий метод (найточніший)

Встановлюються лічильники на входах/виходах:

$$P(t) = N_в(t) - N_з(t) + P_0 \qquad (2)$$

де: $N_з(t)$ — кількість людей, що зайшли за час t

$N_в(t)$ — кількість людей, що вийшли за час t

P_0— початкова кількість людей

Б. Метод на основі паркомісць

Якщо немає лічильників:

$$P_(t) = O(t) \times C_{авто} \qquad (3)$$

де: O(t) — зайнятість паркомісць у момент t

$C_{авто}$ — середня кількість осіб на авто

1.3 Вбудовані стоянки. Особливості:

- Контрольовані входи/виходи (часто один основний в'їзд/виїзд + ліфтові/сходові вузли).
- Люди переважно потрапляють через автомобілі або ліфти/сходи, що з'єднують з будівлею.
- Менше неконтрольованих пішохідних потоків
- Часто обладнані автоматизованими системами обліку (шлагбауми, паркомати)

Методи розрахунку

А. Метод на основі в'їзду/виїзду (найточніший)

Автоматизовані системи фіксують кількість авто:

$V(t) = V_в(t) - V_з(t)$

$P(t) = V(t) \times C_{сер} + P_{дод}(t)$

де $P_{дод}(t)$ — додаткові люди, що потрапили через пішохідні входи (ліфти, сходи з вулиці); для вбудованих стоянок ця величина зазвичай становить 0–5% від основного потоку.

Б. Метод пропорційного розподілу

Якщо стоянка має декілька рівнів:

$P_Σ (t) = Σ(V_i(t) \times C_i \times k_i)$

де:

$V_i(t)$ — авто на i-тому поверсі

C_i — середня кількість осіб на авто (може відрізнятися за поверхами)

k_i — поправочний коефіцієнт (наприклад, для службових авто k = 1.0–1.2, для відвідувачів k = 1.8–2.5)

В. Метод на основі шлагбаумів

Для стоянок з автоматичними шлагбаумами:

$P_люд/год = N_{запис/год} \times C_{сер} \times R_{заповн}$

де $R_{occupancy}$ — коефіцієнт заповненості (0.6–0.9 у години пік, 0.2–0.5 у звичайний час).

2. Приклад розрахунку

В таблиці 2 проведено розрахунок кількості людей для торгового центру з вбудованою стоянкою на 200 місць.

В таблиці 3 наведено розподіл пасажирів по місцям в авто згідно класів шкідливості по шуму.

Таблиця 2. Розрахунок кількості людей на вбудованій стоянці для 200 парко-місць

Параметр	Значення	Джерело
Заміри зайнятості (12 замірів)	85, 92, 110, 130, 145, 150, 148, 140, 120, 100, 90, 80	Відеоспостереження
Середня зайнятість ($V_{авто}$)	(85+92+110+130+145+150+148+140 +120+100+90+80)/12 ≈ 116	Розрахунок
Середня кількість осіб на авто ($C_{авто}$)	2.0	Для ТЦ
Частка пішоходів ($k_{піш}$)	0.03 (3%)	Для вбудованої стоянки
Результат	P = 116 × 2.0 × 1.03 ≈ 239 людей	

Таблиця 3. Таблиця розподілу (5 осіб в авто)

Клас шуму	$L_{Aекв}$, **дБ(А)**	**Кількість людей, люд**	**Зони**
1 (оптимальний)	≤ 60	0	—
2 (допустимий)	61–70	0	—
3.1 (шкідливий I)	71–75	4	Водій, передній пасажир, задні бокові
3.2 (шкідливий II)	76–80	1	Задній центральний пасажир
3.3 (шкідливий III)	81–85	0	—
3.4 (шкідливий IV)	> 85	0	—

3. Сезонні та добові коливання кількості людей, що перебувають на стоянках

Сезонність: У зимовий період кількість відвідувачів торгових центрів може зростати на 15–30%, відповідно зростає і завантаженість стоянок.

У літній період люди частіше користуються велосипедами або приходять пішки, що зменшує автомобільний потік на 10–20%.

У святкові дні (Новий рік, Великдень тощо) пікові навантаження можуть зростати в 1.5–2 рази.

Добові коливання:

Ранковий пік (8:00–10:00): переважно службові автомобілі, середня кількість осіб — 1.1–1.3.

Денний період (11:00–16:00): змішаний потік (відвідувачі + працівники), середня кількість осіб — 1.8–2.2.

Вечірній пік (17:00–20:00): найбільший потік відвідувачів, середня кількість осіб — 2.0–2.5.

Нічний період (22:00–06:00): мінімальна активність, переважно автомобілі працівників або мешканців.

Рекомендація: для річного розрахунку варто проводити вимірювання мінімум у чотири різні сезони, по одному тижню кожного сезону.

3.1. Поправочні коефіцієнти для різних типів днів

В таблиці 4 приведено значення поправочних коефіцієнтів для різних типів днів на протязі року.

Таблиця 4. Поправочні коефіцієнти для різних типів днів

Тип дня	Коефіцієнт
Торговий центр / супермаркет	1.8–2.2
Звичайний робочий день	1.0
Вихідний день	1.2–1.5
Святковий день	3–2.0
Період розпродажів	1.5–2.5
Проведення заходів поблизу	1.3–1.8
Несприятлива погода	0.8–0.9 (менше людей)

Висновки: В статті авторами розглянуто алгоритм розрахунку економічного збитку від шуму на закритих автомобільних стоянках. За браком часу і об’єму подання матеріалу ми навели методику вирішення першого завдання з запропонованого алгоритму:

1. Визначення кількості людей на автостоянці.

В якості **перспектив подальших досліджень** плануємо 2, 3 і 4 завдання розглянути в подальших публікаціях.

Список літератури

1. Ткач Н.О. Оцінка та прогнозування впливу автомобільного транспорту на стан шумового забруднення сельбищ них територій.// Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук.–Кременчук–2015.–25 с

2. Бахарєв В.С., Саньков П.М., Ткач Н.О. Рекомендації щодо організації екологічно безпечного розміщення місць паркування для транспортних засобів з урахуванням фактору шуму// Науковий журнал «Екологічна безпека» № 2/2014 (18). С. 35-42

3. ДСТУ – Н Б В.1.1 - 35 "Настанова з розрахунку рівнів шуму в приміщеннях і на територіях". Київ, Мінрегіон України, 2014 р. Наказ Мінрегіону України від 10.07.2013 № 306, чинний з 2014. 01.01, та від 18.09.2013 №453 Код УКНД 91.120.20; 17.140.01.

4. ДБН В.1.1-31:2013 ДЕРЖАВНІ БУДІВЕЛЬНІ НОРМИ УКРАЇНИ «ЗАХИСТ ТЕРИТОРІЙ, БУДИНКІВ І СПОРУД ВІД ШУМУ». Київ, Мінрегіон України, 2014 р. Наказ Мін. регіон. розвитку, будівн. та житлово-комун. госп. від 27.12.2013 р. № 630 Код УКНД 91.120.20.

5. ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва». — Київ: Мінрегіон України, 2016. — 47 с.

6. ДБН В.2.2-41:2019 «Висотні будівлі. Основні положення». — Київ: Мінрегіон України, 2019. — 51 с.

7. Шевченко О. Г. Методика визначення розрахункової кількості людей на об'єктах масового перебування // Пожежна безпека. — 2019. — № 34. — С. 45–52.

8. Білик С. І., Романенко В. П. Особливості евакуації з багаторівневих автостоянок закритого типу // Збірник наукових праць Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова. — 2021. — Вип. 163. — С. 88–95.

9. Павлов І. Д. Моделювання пішохідних потоків на автостоянках торговельних центрів // Сучасні технології в будівництві. — 2020. — № 2. — С. 33–39.

10. Ткаченко В. В., Гришин А. В. Визначення розрахункової кількості осіб для проєктування систем протидимного захисту автостоянок // Будівельні конструкції. — 2022. — № 85. — С. 112–119.

11. Ковальов О. О., Соколенко К. В. Розрахунок часу евакуації людей із підземних автостоянок // Науковий вісник УкрНДІПБ. — 2020. — № 2 (42). — С. 64–71.

12. ДБН В.2.3-15:2007 «Автостоянки і гаражі для легкових автомобілів». — Київ: Мінрегіонбуд України, 2007. — 43 с.

13. Lord D., Liang Y., Mannering F. Parking Occupancy and Duration Modelling Using Advanced Count Data Models // Transportation Research Part A. — 2018. — Vol. 111. — P. 206–218.

14. Дмитрієв О. М. Методологія натурних досліджень завантаженості автостоянок у великих містах // Містобудування та територіальне планування. — 2021. — Вип. 79. — С. 56–64.

15. Alshaer M., Alawasa K. Real-Time Occupancy Detection in Parking Lots Using IoT // Sensors. — 2021. — Vol. 21, No. 16. — P. 5370–5385.

16. Kuligowski E. D. Predicting Human Behavior During Fires // Fire Technology. — 2013. — Vol. 49, No. 1. — P. 101–120.

17. Gwynne S. M. V., Kuligowski E. D., Boyce K. E. We All Need to Do Better: A Critical Review of Evacuation Model Assumptions // Fire and Materials. — 2020. — Vol. 44, No. 5. — P. 635–651.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВТОРИННИХ ЕЛЕКТРОДНИХ ФУНКЦІЙ АНІОНСЕЛЕКТИВНИХ ЕЛЕКТРОДІВ ДО БЕНЗОЙНОЇ КИСЛОТИ ТА ЇЇ ПОХІДНИХ

Кизим Олена Георгіївна
кандидат хімічних наук, доцент,
доцент кафедри біології та хімії
Уманський національний університет

В наступний час у медичній практиці знаходить застосування бензойна кислота та її похідні, як зовнішні антисептичні, протигрибкові (фунгіцидні) та протимікробні засоби. Їх застосовують у дерматології у вигляді мазей для лікування шкірних захворювань (грибок, екзема), а також в стоматології та отоларингології в складі полоскань та засобів для горла завдяки їх антисептичних властивостей. Бензоат натрію використостовується як відхаркувальний засіб і входе до складу мікстур та сиропів від кашлю. [1]

Зараз для їх кількісного визначення використовують різні методи аналізу, які описані в літературі: фотометричний та екстракційно – фотометричний метод, спектрофотометрія в УФ – області, флюорисцентний, денсіометричний та планіметричний методи, ГРХ та ВЕРХ, а також імунохімічні методи аналізу.

Найчастіше застосовується екстракційно – фотометричний метод. Цей метод характеризується високою чутливістю, але потребує застосування додаткових реактивів та реагентів і є достатньо трудоємким. Також застосовується спектрофотометрія в УФ – області та фотоелектроколориметрія, але на результати визначень цими методами впливають домішки, що не є допустимим при аналізі лікарських засобів.

Також для визначення вище вказаних лікарських засобів застосовують денсіометричний та планіметричний методи, але вони є менш точними в порівнянні з фото – та спектрофотометричними методами. В наступний час широко застосовуються хромотографічні методи аналізу: ГРХ та ВЕРХ, але вони обмежені в застосуванні у зв’язку з нестійкістю цих речовин при підвищенні температурі.

У зв’язку з цим виникає необхідність розробки для цих лікарських засобів простих на надійних методів аналізу. На наш погляд найбільш перспективним є потенціометричний метод аналізу з використанням іон селективних електродів (іонометрія). Цей метод дозволяє проводити аналіз по біологічно активній частині молекули, а також не потребує застосування дорогокоштовного обладнання, характеризується простотою та експресністю.

В літературі описані іоноселективні електроди (ІСЕ) на ці лікарські речовини. Але запропоновані електроди характеризуються вузьким діапазоном визначаємих концентрацій, низькою специфічністю. Виготовлення таких ІСЕ в лабораторних умовах потребує спеціальних навичок та часу, що ускладнює виконання аналізу. Але в літературі описана можливість застосування

промислових плівчастих ІСЕ на неорганічні іони для аналізу органічних речовин в наслідок наявності у них вторинних електродних функцій до цих речовин [2].

У зв`язку з цим були вивченні вторинні електродні функції промислових плівчастих ІСЕ: ЭМ – Br – 01, ЭМ – NO3 – 01, ЭМ – SCN – 01 до бензоат-іонів та аніонів, похідних бензойної кислоти з різноманітними замісниками: -OH; -Cl; -Br. Вторинні електродні функції вище вказаних ІСЕ досліджували у водних розчинах лікарських речовин фармакопейної чистоти.[3] Розчини готували з концентрацією цих речовин 1. 10-1 - 1. 10-4 М. Вторинні електродні функції ІСЕ вивчали до і після їх кондиціонювання у 1. 10-2 М водному розчині відповідної лікарської речовини. Час кондиціонювання складав 3, 12, 24 та 48 годин. Вимірювання ЕРС (Е) проводили на іономірі И – 130. В якості електрода порівняння застосовували насичений хлорсрібний електрод ЭВЛ – 1 М3. Всі розчини термостатували при t= 25о С.

В результаті досліджень було встановлено що всі вище зазначені ІСЕ здатні проявляти вторинні електродні функції до усіх вивчаємих лікарських речовин. Лінійність електродної функції модифікованих ІСЕ спостерігається в інтервалі концентрацій $(1{,}0 \pm 0.3) \cdot 10\text{-}1 - (5{,}0 \pm 0.2) \cdot 10\text{-}4$ М. Крутизна цих функцій складає 55 ± 3 мВ для бензоат-іонів, а також для -OH; -Br – заміщених бензойної кислоти, та 40 ± 3 мВ для Cl-заміщенних.

Лінійний участок електродної функції ІСЕ описували рівнянням: E=a+b. lgC. Параметри лінійного рівняння a і b, їх довірчі інтервали, а також загальну дисперсію S 2 о розраховували по МНК [4]. Лінійним вважали діапазон концентрацій, в якому величина S 2 о не перевищує 0,5 мВ, що дозволяє проводити визначення лікарських засобів з достатньою точністю.

Причиною виникнення вторинної електродної функції є екстракція органічних аніонів у фазу мембрани електроду, що призводить до зміни її складу.

Кондиціювання електродів у розчині вивчаємих аніонів показало відсутність його впливу на характер вторинної електродної функції до цих аніонів, а також на величину її крутизни для бензоат-іону та ОН-заміщених бензойної кислоти. Але для Br – і Cl – заміщених бензойної кислоти, збільшення часу кондиціювання понад 3 години та більше призводить до зменшення крутизни вторинної електродної функції.

Отже модифіковані ІСЕ можна отримати кондиціюванням їх у 1. 10-2 М розчинах відповідних лікарських засобів протягом 3 г.

Дослідження показали, що таки модифіковані ІСЕ можно використовувати для іонометричного аналізу вище вказаних лікарських засобів.

Список літератури:

1. Екстемпоральна рецептура. Технологія, аналіз, застосування: Методичні рекомендації / О.І. Тихонов, Т.Г. Ярних, І.С. Греценко та ін.. Під редакцією О.І. Тихонов, Т.Г. Ярних, -К.: Видавничий дім «Агенство медичного маркетингу», 2016.-352с.

2. Фармацевтична хімія: підручник для студ. вищ. фармац. навч. закл. і фармац. ф-тів мед. навч. закл. III-IV рівнів акредитації / За заг. ред. П.О. Безуглого. –Вінниця, НОВА КНИГА, 2008. -560с.

3. Державна Фармакопея України Т.1 - Х.: ДП « Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів». 2015.- 1130 с.

4. Аналітична хімія: Навч. посіб. для студ. вищ. фармац. навч. закл. і фармац. ф-тів мед. навч. закл. III-IV рівнів акредитації / В.В. Болотов, О.М. Свєчнікова, С.В. Колісник, Т.В. Жукова та ін.. – Х.: Вид-во НФаУ; Оригінал, 2004. -480с.

PROMPT ENGINEERING AS A NEW FIELD OF PHILOLOGY

Valuieva Nataliia
Candidate of philological sciences, associate prof.
Dniprovsk State Technical University

Yumyna Alina
Student of Dniprovsk State Technical University

In the contemporary context, knowledge of prompt engineering is not merely an "additional skill," but a shift toward a new format of professional practice. For today's philologist prompt engineering is a way to scale their intellectual capabilities. It's an opportunity to move beyond being merely a "proofreader" and become an architect of meaning in the digital environment. If you have a scientific command of the language, you already possess 80% of the skills needed to manage AI; prompt engineering is merely a technical layer that makes this knowledge applicable.

To understand how this layer functions, we must first define prompt engineering. *Prompt engineering* is the process of crafting prompts (instructions and questions) for generative AI models in order to elicit the desired response. It acts as a bridge that allows machine and human intelligence to "communicate." The prompt determines how ChatGPT or Gemini or any other AI-tool will respond to your query and what kind of image they will generate. In other words prompt engineering can be defined as the strategic design of textual inputs to optimize the output of generative models. This technical process is, in fact, a deeply linguistic task, as your linguistic competence becomes the primary 'superpower' in this interaction. While for the average user a prompt is simply a set of words, for a linguist it is a semantic structure in which each element influences the probability of the next word appearing in the model's response.

Let us consider some specific ways in which linguistic knowledge helps in writing professional prompts:

1. *Managing vocabulary and the semantic field*. AI operates on the basis of associations and probabilities. A linguist understands that choosing a single word activates an entire semantic field. So, iIf you use the word "report," the AI will select a formal, business-like style. If you use "story," it will choose a literary style. If you use "feedback," it will choose corporate jargon. And as a result you carefully select lexical markers to "guide" the AI toward the desired lexical register, avoiding vague explanations.

Thus, for the philologist, vocabulary management is about probability control: by selecting words with high "semantic weight," you narrow the AI's focus and ensure that the generated tokens remain within the intended stylistic and thematic boundaries.

2. *Syntactic structuring and logic.* If vocabulary provides the "cells" of a prompt, syntax provides its "nervous system." A linguist's ability to organize complex sentence structures is vital for maintaining the AI's logical consistency. Using linguistic markers

and formatting (like Markdown or XML-style tags), a philologist creates a clear hierarchy of information. This prevents the AI from confusing the *subject* of the task with the *context* or the *constraints*. Complex instructions can often be interpreted in multiple ways. A linguist uses precise syntactic positioning and connective particles (e.g., *whereas, notwithstanding, specifically*) to ensure that the relationship between different parts of the prompt is unmistakable. Leveraging the principles of formal logic and discourse analysis, a linguist can guide the AI through a step-by-step reasoning process. By structuring the prompt as a series of logical dependencies, the prompt writer ensures the final output is the result of a coherent analytical path rather than a random leap.

Thus, syntactic competence allows to transform the prompt from a "flat" set of instructions into a multi-dimensional blueprint, significantly reducing the risk of "hallucinations" and logical errors.

3. *Stylistic calibration and register control*. A linguist's mastery of style allows them to move beyond vague descriptors like "professional" or "creative." Instead, they use precise stylistic markers to shape the AI's output. In the era of Generative AI, style is the ultimate differentiator. Anyone can generate a grammatically correct paragraph, but only someone with a philological background can generate a text that: captures a unique brand voice; resonates with a specific subculture; maintains aesthetic integrity across a long-form document.

Thus, to a prompt engineer with a linguistic background, style is a functional tool. It is the difference between a "robotic" response and a text that feels authentically human, intentional, and purposeful.

4. *Contextualization through pragmatics.* A linguist understands that the meaning of a word is never static; it is fundamentally determined by its context. In prompt engineering, this linguistic principle is applied through the provision of extralinguistic data – the situational factors that surround the communication. A philologist doesn't just ask for a "simple explanation." They define the pragmatic constraints: *"Explain this concept to a ten-year-old with a keen interest in space"* or *"Draft this for a skeptical board of directors."*

Thus, such approach shifts the AI's pragmatic strategy from simple informativeness to persuasive engagement.

So, in the digital age, the philologist is transforming from a passive guardian of linguistic norms into an active architect of meaning, programming the future through natural language. Since artificial intelligence operates within linguistic patterns, it is philological expertise that becomes the key to managing these complex systems. Armed with the tools of prompt engineering, the linguist does not merely interact with technology, they shape the ethical, logical, and stylistic face of digital discourse.

References:

1. Sulima Y.O. Linguistic features of prompts and their significance for the effectiveness of AI. URL:
http://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/49694/22690.pdf?sequence=3&isAllowed=y

2. Dippold D. Prompt engineering – a research and training case for linguistics? https://www.linkedin.com/pulse/prompt-engineering-research-training-case-dippold-phd-ma-sfhea-

3. Federiakin D., Molerov D., Zlatkin-Troitschanskaia O., Maur A. Prompt engineering as a new 21st century skill. URL: https://www.frontiersin.org/journals/education/articles/10.3389/feduc.2024.1366434/full

ОСОБЛИВОСТІ ЗАПОЗИЧЕНЬ У СУЧАСНІЙ ДОРОЖНЬО-БУДІВЕЛЬНІЙ ТЕРМІНОЛОГІЇ

Книшенко Наталія
к.філол.н., доцент,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Мусієнко Іван
студент групи Д-11-25,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Сухоставський Іван
студент групи ДГ-11-25,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Сучасний розвиток дорожньо-будівельної галузі супроводжується активним оновленням професійної лексики, що пов’язано з упровадженням нових технологій, міжнародною співпрацею та інтеграцією української інженерної науки у світовий науково-технічний простір. Одним із найважливіших джерел поповнення термінологічного фонду є мовні запозичення. Саме вони забезпечують появу нових понять і назв, необхідних для точного опису сучасних процесів у сфері дорожнього будівництва. Запозичена лексика активно функціонує у професійному мовленні інженерів, проєктувальників, технологів та науковців, формуючи окрему систему спеціалізованих термінів.

Дорожньо-будівельна термінологія належить до спеціальних терміносистем, які виникають і розвиваються під впливом як внутрішніх мовних процесів, так і зовнішніх факторів. Важливу роль у її формуванні відіграють міжнародні наукові контакти, розвиток технічної документації та поширення інноваційних будівельних технологій. Значна частина сучасних термінів має іншомовне походження, насамперед англійське, німецьке та французьке. Це пояснюється тим, що саме країни Західної Європи та США тривалий час залишалися провідними центрами розвитку транспортної інфраструктури й дорожньо-будівельної науки.

У мовознавстві запозичення визначається як процес переходу мовних одиниць з однієї мови до іншої внаслідок економічних, культурних, наукових або технічних контактів між народами. Для науково-технічної сфери цей процес є закономірним, адже поява нових технологій потребує відповідного термінологічного оформлення. У дорожньо-будівельній галузі іншомовні слова виконують насамперед номінативну функцію, оскільки дають змогу швидко позначати нові явища, матеріали, механізми чи методи будівництва [4].

Найбільш помітний вплив на сучасну дорожньо-будівельну термінологію має англійська мова. Це пов’язано з процесами глобалізації та домінуванням англомовних стандартів у міжнародній технічній документації. У професійній

лексиці активно використовуються такі терміни, як «грейдер», «скрепер», «моніторинг», «тендер», «рейлінг». Більшість із них є адаптованими до фонетичних і граматичних норм української мови. Наприклад, слово «grader» трансформувалося в «грейдер», а «scraper» — у «скрепер». Такі одиниці поступово втрачають ознаки чужомовності та стають органічною частиною професійного словника.

Важливу роль у формуванні інженерної лексики відіграли також германізми. Значна кількість німецьких термінів потрапила до української мови ще у XIX–XX століттях разом із розвитком технічної освіти та промисловості. До таких слів належать «шлагбаум», «ландшафт», «рихтування», «штольня». Більшість германізмів настільки глибоко інтегрувалися у мовну систему, що сприймаються як звичні елементи фахового мовлення [1].

Французька мова також залишила помітний слід у дорожньо-будівельній термінології. Саме з французької походять слова «бетон», «естакада», «маршрут», «шосе». Частина цих термінів давно перейшла до загальновживаної лексики та втратила відчуття іншомовного походження. Їх активне використання пояснюється значним впливом французької інженерної школи на розвиток європейського будівництва та транспортної інфраструктури.

Процес входження іншомовних термінів до української мови супроводжується їх адаптацією. Насамперед відбувається фонетичне пристосування слова до української звукової системи. Крім того, терміни набувають граматичних характеристик української мови: змінюються за відмінками, числами, можуть утворювати похідні слова [5]. Наприклад, від слова «моніторинг» утворюються форми «моніторингу», «моніторинговий». Водночас відбувається і семантична адаптація, коли значення іншомовного слова уточнюється відповідно до потреб певної галузі.

Попри позитивну роль запозичень, надмірне використання іншомовної лексики іноді створює труднощі для стандартизації термінології. Часто в науковому та професійному середовищі паралельно функціонують іншомовний термін і його український відповідник. Наприклад, поряд із словом «моніторинг» може використовуватися «спостереження», а замість «тендер» — «конкурс». Це породжує дискусії щодо доцільності збереження міжнародних термінів або їх заміни питомими українськими словами. Однак у більшості випадків саме запозичення забезпечують точність і зрозумілість професійного спілкування на міжнародному рівні.

Запозичення є невід’ємною складовою розвитку сучасної дорожньо-будівельної термінології. Вони сприяють уніфікації технічної документації, забезпечують ефективний обмін науковою інформацією та допомагають інтегрувати українську інженерну науку у світовий простір. Завдяки іншомовним термінам професійна мова дорожньо-будівельної галузі постійно оновлюється й адаптується до сучасних вимог науки та техніки.

Отже, процес запозичення є закономірним і необхідним явищем у розвитку дорожньо-будівельної термінології. Найбільший вплив на її формування мають англійська, німецька та французька мови, а самі запозичення проходять складний

процес фонетичної, граматичної та семантичної адаптації [2]. Незважаючи на окремі проблеми стандартизації, іншомовна лексика відіграє важливу роль у розвитку сучасної української науково-технічної мови та забезпечує ефективну професійну комунікацію у сфері дорожнього будівництва.

Важливим аспектом функціонування запозичень у дорожньо-будівельній термінології є їхня роль у професійній комунікації. Сучасне дорожнє будівництво є сферою, що активно взаємодіє з міжнародними компаніями, іноземними інвесторами та закордонними виробниками техніки й матеріалів. Саме тому використання уніфікованої термінології значно полегшує обмін технічною інформацією, складання документації та проведення наукових досліджень. Багато термінів використовуються практично без змін у різних мовах, що сприяє взаєморозумінню між фахівцями різних країн.

Особливо активно іншомовна лексика проникає у сферу сучасних технологій дорожнього будівництва. Разом із новими методами проєктування та автоматизації виробничих процесів в українській терміносистемі з'являються слова на кшталт «сканер», «дрон», «GPS-моніторинг», «3D-моделювання», «ресайклінг». Такі терміни здебільшого мають англомовне походження, оскільки саме англійська мова сьогодні є основною мовою міжнародної технічної комунікації. Їх використання пояснюється також відсутністю точних українських відповідників або складністю створення коротких і зрозумілих аналогів.

Окрему увагу слід звернути на процес стандартизації дорожньо-будівельної термінології. У сучасних умовах важливого значення набуває узгодження українських термінів із міжнародними стандартами. Це необхідно для гармонізації нормативної документації, участі України у міжнародних інфраструктурних проєктах та впровадження європейських технічних вимог. У зв'язку з цим частина іншомовних термінів закріплюється в офіційних документах, державних стандартах і наукових працях без суттєвих змін [3].

Водночас процес запозичення повинен залишатися виваженим і контрольованим. Надмірне перенасичення професійної мови іншомовною лексикою може ускладнювати сприйняття текстів та знижувати рівень зрозумілості для широкого кола спеціалістів. Саме тому важливим завданням сучасного мовознавства є пошук оптимального балансу між використанням міжнародних термінів і збереженням національних мовних традицій. У багатьох випадках доцільним є створення українських відповідників, якщо вони здатні точно передати зміст поняття та не ускладнюють професійну комунікацію.

Крім того, запозичення впливають не лише на словниковий склад дорожньо-будівельної галузі, а й на розвиток самої української науково-технічної мови. Вони сприяють появі нових словотвірних моделей, професійних скорочень і термінологічних словосполучень. Наприклад, від іншомовних основ активно утворюються прикметники, дієслова та складні технічні конструкції, які поступово закріплюються у фаховому мовленні. Це свідчить про динамічний характер терміносистеми та її здатність адаптуватися до сучасних науково-технічних потреб.

Таким чином, запозичення у дорожньо-будівельній термінології є не лише мовним явищем, а й важливим чинником професійного та наукового розвитку галузі. Вони забезпечують точність номінації нових понять, сприяють міжнародній інтеграції та відображають сучасні тенденції розвитку науки і техніки.

Список літератури:

1.Городенська К. Г. Проблеми адаптації іншомовної лексики в українській мові // Мовознавство. 2021. №2.

2.Д'яков А. С. Основи термінотворення. Київ, 2019. Симоненко Л. О. Українська наукова термінологія: стан та перспективи розвитку. Київ: Наукова думка, 2018.

3.ISO terminology standards in civil engineering and road construction. Geneva, 2022.

4.Кочан І. М. Українська термінологія: навчальний посібник. Львів, 2020.

5.Панько Т. І. Термінологія у сучасній українській мові. Харків, 2017.

ВІДЕОПЛАТФОРМИ ЯК ЧИННИК ТРАНСФОРМАЦІЇ ВИДАВНИЧИХ СТРАТЕГІЙ: РЕДАКЦІЙНИЙ І МАРКЕТИНГОВИЙ ВИМІРИ

Кравченко Надія Володимирівна,
студентка ІІІ курсу, ОП Видавнича справа та редагування,
групи ВСРб-2-23-4.0д, Факультету журналістики,
Київський столичний університет імені Бориса Грінченка

Сучасний етап розвитку цифрових комунікацій характеризується активною трансформацією видавничої галузі під впливом соціальних мереж і нових медіаплатформ. Найупливовішими наразі є відеоплатформи, які суттєво змінили підходи до популяризування книжок, формування читацьких трендів і взаємодії видавництв з аудиторією. Особливого значення набув сегмент BookTok – тематична спільнота користувачів, які створюють короткі відео про книжки, діляться читацькими враженнями та впливають на формування читацьких уподобань. Саме завдяки BookTok книжковий контент став важливим складником сучасної цифрової культури.

Актуальність нашої рецепції зумовлена тим, що відеоплатформи сьогодні є не лише платформами для розваг, а й потужним інструментом маркетингової комунікації у видавничій сфері. Віральність контенту, швидке поширення рекомендацій і високий рівень емоційного залучення аудиторії впливають на редакційну політику видавництв, формування видавничого каталогу, дизайн книжкової продукції та стратегії її просування.

Метою публікації є визначення особливостей впливу відеоплатформ, зокрема сегмента BookTok, на редакційну політику та маркетингові стратегії видавництв, а також на добір, позиціювання й візуальне оформлення книжкової продукції.

Об’єктом дослідження є комунікаційні процеси взаємодії видавництва та аудиторії в межах відеоплатформ.

Предмет дослідження – редакційні та маркетингові механізми адаптації книжкової продукції до умов короткоформатної відеокомунікації, а також особливості сприйняття книжкового контенту в середовищі BookTok.

Для досягнення поставленої мети передбачено виконання таких завдань:

– схарактеризувати феномен BookTok як інструмент популяризування читання та просування книжкової продукції;

– проаналізувати вплив віральних трендів на формування видавничого каталогу;

– дослідити трансформацію візуально-матеріальних характеристик книжки під впливом цифрових форматів презентації;

– визначити функції редактора в процесах адаптації книжкового продукту до цифрових каналів просування.

На думку В. Стень, український BookTok є важливим чинником стимулювання читацького інтересу з-поміж молоді, оскільки книжку в межах

цієї платформи сприймають не лише як джерело інформації, а і як елемент сучасного стилю життя та комунікації [1]. Авторка наголошує, що віральність коротких відео сприяє стрімкому поширенню книжкових рекомендацій, а емоційна форма представлення контенту формує високий рівень довіри аудиторії до блогерів. Унаслідок цього читач дедалі частіше обирає книжку не за рецензіями фахівців, а за її популярністю у відеопросторі.

Цифровізація видавничої галузі суттєво змінила принципи створення та просування книжкового продукту. Як зазначає М. Женченко, сучасне видавництво функціює в умовах цифрової конвергенції, де традиційні механізми книгорозповсюдження інтегруються з цифровими платформами й соціальними медіа [2]. Дослідниця підкреслює, що цифрові технології впливають не лише на канали комунікації, а й на редакційну політику, маркетингові стратегії та формування видавничого каталогу. Видавництва дедалі активніше орієнтуються на поведінку аудиторії в соціальних мережах, аналізують тренди й ураховують популярність певних жанрів у BookTok-середовищі.

Одним із найважливіших аспектів відеопросування є візуальна адаптація книжкового контенту. У короткому відеоформаті саме зовнішнє оформлення книжки стає ключовим засобом зацікавленості користувача. О. Халін зазначає, що візуалізація книжкового контенту на відеоплатформах формує нові вимоги до видавничого дизайну, оскільки книжка дедалі частіше виконує функцію медіаоб'єкта, придатного для ефектної демонстрації в кадрі [4]. Це сприяє розвиткові нових дизайнерських практик, орієнтованих на фотогенічність видання, емоційний вплив і впізнаваність у стрічці соціальної мережі.

Сучасні видавництва активно адаптують візуальне оформлення книжок до потреб цифрового середовища. Обкладинки стають яскравішими, контрастнішими та водночас лаконічними; використовуються декоративні елементи, кольорові зрізи сторінок, спеціальні ілюстрації та колекційні оформлення. Такі дизайнерські ідеї спрямовані не лише на естетичне вдосконалення видання, а й на стимулювання користувачів створювати власний контент із книжкою. У результаті книжка стає складником візуальної культури соціальних мереж.

Трансформації впроваджуються і у професійну діяльність редактора. Так, у сучасному видавничому процесі редактор уже не обмежується лише текстовим опрацюванням рукопису, а бере участь у формуванні маркетингової концепції видання. За твердженням В. Теремка, видавничий маркетинг ґрунтується на глибокому вивченні аудиторії, її інформаційних потреб і механізмів сприйняття контенту [3]. У контексті BookTok редактор має враховувати потенційну віральність книжки, актуальність тематики, емоційний потенціал сюжету та можливості ефективного просування у форматі коротких відео.

Важливим складником відеопросування є створення спеціального контенту для соціальних мереж. Редактор бере участь у підготовці анотацій, сценаріїв для відео, доборі цитат і візуальних елементів, здатних зацікавити аудиторію. Таким чином, професія редактора поступово трансформується в мультимедійну

комунікацію, у межах якої поєднуються редакційні, маркетингові та цифрові компетентності.

Як зазначає Н. Вернигора, адаптація видавничого контенту до соціальних мереж передбачає зміну традиційних комунікаційних моделей [5]. Контент на відеоплатформах має бути емоційним, динамічним і максимально лаконічним, адже користувач сприймає інформацію дуже швидко. Це змушує видавництва формувати нові стратегії просування, орієнтовані на інтерактивність, персоналізацію та безпосередню взаємодію з аудиторією. Соціальні мережі створюють ефект особистої рекомендації, завдяки чому читач більше довіряє блогеру або видавництву.

Водночас орієнтування на віральність створює і певні ризики для видавничої галузі. Популярність книжок на відеоплатформах часто залежить не від їхньої художньої чи культурної цінності, а від здатності викликати яскраву емоційну реакцію та швидко поширюватися мережею. Це сприяє домінуванню комерційно привабливих жанрів, зокрема романтичної літератури, young adult, фентезі та психологічних трилерів. Унаслідок цього видавництва можуть орієнтуватися переважно на масові тренди, зменшуючи увагу до складнішої інтелектуальної літератури.

У монографії «Бренд-комунікації книжкових видавництв» автор наголошує, що сучасне видавництво функціює як цифровий бренд, який має підтримувати постійний діалог із читачем [6]. Відеоплатформа у цьому контексті стає не лише платформою для реклами книжок, а й простором формування лояльної спільноти навколо видавництва. Видавці активно співпрацюють із книжковими блогерами, створюють інтерактивні кампанії, флешмоби й тематичні відео, що дає змогу залучати нову аудиторію та підтримувати інтерес до книжкових новинок.

Отже, BookTok став важливим чинником трансформації сучасного видавничого процесу. Відеоплатформи суттєво впливають на механізми промоції книжок, формування видавничого каталогу та редакційну політику видавництв. Віральність контенту визначає комерційний потенціал книжкової продукції, а соціальні мережі формують нові моделі взаємодії між видавництвом і читачем. За таких умов особливого значення набуває здатність видавництв поєднувати маркетингову ефективність із збереженням культурної та літературної цінності книжки.

Список літератури

1. Стень В. Букток в Україні: феномен, що повертає моду на читання. *Медіакритика*. 2023. 11 грудня. URL: http://mediakrytyka.lnu.edu.ua/ohlyady-analityka/buktok-v-ukrayini-fenomen-scho-povertaye-modu-na-chytannya.html (дата звернення: 20.04.2026).

2. Женченко М. Цифрові трансформації видавничої галузі: монографія. Київ: Жнець, 2018. 436 с. URL: https://zhnets.com.ua/wp-content/uploads/2019/01/Monograph-for-reklama.pdf

3. Теремко В. Видавничий маркетинг: навчальний посібник. Київ: Академія, 2010. 272 с.

4. Халін О. Візуалізація книжкового контенту в середовищі TikTok: нові виклики для видавця. *Обрії друкарства*. 2023. № 1 (11). С. 88–95.

5. Вернигора Н. Видавничий контент у соціальних мережах: стратегії адаптації та просування. *Обрії друкарства*. 2025. № 1 (13). С. 22–34.

6. Бренд-комунікації книжкових видавництв: монографія / О. Воскобойнікова-Гузєва та ін.; наук. консультант Т. Крайнікова. Київ: КУБГ, 2024. 312 с.

ІСТОРИЧНІ ТА ГУМАНІСТИЧНІ ЗАСАДИ СТАНОВЛЕННЯ ВІДНОВНОГО ПРАВОСУДДЯ: ВІД КАРАЛЬНОЇ МОДЕЛІ ДО КУЛЬТУРИ ДІАЛОГУ

Ковальчук Ореста Богданівна,
студентка магістратури, кафедра психології та соціальної роботи Західноукраїнського національного університету,
завідувач сектором Львівського науково-дослідного інституту судових експертиз

Актуальність теми

У сучасних умовах розвитку правової системи України особливого значення набуває гуманізація кримінального судочинства та пошук ефективних способів мирного врегулювання конфліктів. Традиційна каральна модель правосуддя дедалі частіше піддається критиці через її обмежену здатність забезпечувати реальне відновлення порушених соціальних зв'язків, задоволення потреб потерпілих та ресоціалізацію правопорушників. У зв'язку з цим актуалізується концепція відновного правосуддя, яка орієнтована не лише на покарання, а й на діалог, примирення та компенсацію завданої шкоди [1].

Дослідження історії зародження відновного правосуддя є важливим для розуміння сучасних підходів до медіації, трансформації конфліктів та ненасильницької комунікації. Особливої актуальності ця тема набуває в умовах суспільних трансформацій, зростання рівня соціальної напруги та потреби у формуванні культури конструктивного діалогу.

Актуальність теми також зумовлена активним розвитком медіації в Україні, прийняттям Закону України «Про медіацію» та поступовим впровадженням відновних практик у сферу кримінальної юстиції. Вивчення історичних та теоретичних основ відновного правосуддя дозволяє глибше зрозуміти його гуманістичний потенціал і значення для формування сучасної правової культури.

Виклад теми

Тривалий час система кримінального правосуддя ґрунтувалася переважно на каральній моделі, витоки якої сформувалися ще в період становлення державності та централізованої влади. Якщо у давніх суспільствах конфлікти часто вирішувалися шляхом примирення сторін, відшкодування шкоди або громадського врегулювання, то з розвитком держави злочин поступово почав розглядатися як посягання не лише на конкретну особу, а передусім на встановлений державний порядок. Саме держава стала основним суб'єктом реагування на правопорушення, перебравши на себе функцію покарання винного.

Особливо вираженого карального характеру правосуддя набуло у період Середньовіччя, коли покарання мало не лише правовий, а й демонстративний характер. Основною метою кримінального переслідування було залякування, покарання та підтримання суспільного контролю. У центрі уваги перебували

встановлення вини та застосування санкцій, тоді як інтереси потерпілого, його емоційний стан чи потреба у відновленні справедливості фактично залишалися поза увагою.

У подальшому, навіть із розвитком правових систем та гуманізацією законодавства, кримінальне правосуддя тривалий час залишалося орієнтованим переважно на покарання правопорушника. Злочин розглядався як порушення закону та посягання на державний порядок, а основною реакцією на нього ставали ізоляція, осуд і юридична відповідальність винної особи. Водночас психологічні наслідки конфлікту, переживання потерпілих та можливість відновлення міжособистісних взаємин практично не враховувалися.

Проте у другій половині XX століття під впливом гуманістичних, психологічних та соціально-правових ідей починає формуватися нове бачення правосуддя. Зростає усвідомлення того, що покарання саме по собі не завжди сприяє вирішенню конфлікту, відновленню прав потерпілого чи ресоціалізації правопорушника. У зв'язку з цим виникає концепція відновного правосуддя, в основі якої лежать ідеї діалогу, примирення, добровільної участі сторін, усвідомлення відповідальності та відновлення завданої шкоди. Такий підхід змінив традиційне розуміння правосуддя, перенісши акцент із покарання на людину, її потреби, переживання та відновлення порушених соціальних зв'язків [2].

Одним із ключових засновників сучасного restorative justice вважається Говард Зер. Його праці суттєво змінили традиційне розуміння злочину та правосуддя. У своїй відомій книзі «Changing Lenses: A New Focus for Crime and Justice» («Зміна погляду: новий фокус для злочинності та правосуддя») дослідник запропонував «змінити лінзи», через які суспільство сприймає злочин. На думку Говарда Зера, злочин – це не лише порушення норми права, а передусім шкода, завдана людині, її стосункам та громаді. Відповідно, головним завданням правосуддя має бути не помста чи ізоляція правопорушника, а відновлення порушених зв'язків, визнання відповідальності та компенсація завданої шкоди.

Концепція Говарда Зера стала революційною для правової та психологічної науки, оскільки перенесла фокус із покарання на людину та її потреби. Потерпілий перестав розглядатися лише як джерело доказів у кримінальному процесі, а почав сприйматися як активний учасник відновлення справедливості. Водночас правопорушник отримував можливість не лише нести юридичну відповідальність, а й усвідомити наслідки власних дій, відшкодувати шкоду та пройти шлях ресоціалізації .

На думку Говарда Зера, злочин не слід розглядати виключно як порушення закону чи посягання на державний порядок. Насамперед це шкода, завдана конкретним людям, міжособистісним взаєминам та громаді загалом. Саме тому основним завданням правосуддя має бути не помста чи ізоляція правопорушника, а відновлення порушених соціальних зв'язків, подолання наслідків завданої шкоди та створення умов для примирення сторін [2 - 4].

У межах своєї концепції Зер фактично переосмислив роль усіх учасників кримінального процесу. Потерпілий перестав сприйматися лише як джерело

доказів або пасивний учасник судового розгляду. Натомість він став центральною фігурою процесу відновлення справедливості, оскільки саме його потреби, переживання та право бути почутим мають перебувати у центрі уваги. Говард Зер наголошував, що потерпілий потребує не лише юридичного захисту, а й морального визнання пережитої шкоди, можливості висловити власні емоції та отримати відповіді на запитання, які залишаються після конфлікту чи злочину.

Водночас концепція restorative justice суттєво змінила підхід і до особи правопорушника. На відміну від традиційної каральної системи, де основний акцент робиться на покаранні, Говард Зер пропонував зосередитися на усвідомленні відповідальності за власні дії та активному відшкодуванні завданої шкоди. Правопорушник у цьому процесі не лише несе юридичну відповідальність, а й отримує можливість зрозуміти наслідки своїх дій для інших людей, проявити каяття та пройти шлях соціального відновлення і ресоціалізації.

Особливого значення у концепції Зера набуває ідея діалогу між сторонами конфлікту. Дослідник вважав, що без безпосереднього спілкування, взаємного вислуховування та визнання переживань іншої сторони повноцінне відновлення справедливості є неможливим. Саме тому його підхід став теоретичним підґрунтям для розвитку медіації, програм примирення потерпілих і правопорушників, а також інших практик відновного правосуддя.

Революційність ідей Говарда Зера полягає у тому, що він змінив саму філософію правосуддя: від системи покарання – до системи відновлення людських взаємин. Його концепція поєднала правові, психологічні та гуманістичні аспекти реагування на конфлікт і заклала основу для формування сучасної культури діалогу, примирення та ненасильницького врегулювання суперечностей.

Важливий внесок у розвиток ідей примирення та трансформації конфліктів зробив також Джон Пол Ледерах. Його підхід вийшов далеко за межі юридичного врегулювання спорів і поєднав психологічні, культурні, релігійні та гуманістичні аспекти конфлікту. Ледерах розглядав примирення не просто як досягнення домовленості між сторонами, а як процес відновлення довіри, людської гідності та соціальних взаємин. У своїх працях він наголошував, що справжній мир неможливий без діалогу, емпатії та здатності сторін почути одна одну [2, 4].

Особливого значення у концепції Джона Пола Ледераха набуває поняття «трансформації конфлікту». На відміну від традиційного підходу до «вирішення конфлікту», який орієнтується лише на припинення протистояння, трансформація передбачає глибші зміни у взаєминах між людьми, переосмислення пережитого досвіду та формування нової культури комунікації. Саме тому його праці стали важливим підґрунтям для розвитку медіації, миротворчих практик та відновного правосуддя у різних країнах світу.

У своїх працях Джон Пол Ледерах поєднав психологічні, культурні, релігійні та гуманістичні аспекти конфлікту. Він наголошував, що справжній мир неможливий лише через формальне припинення протистояння або підписання угоди. На його думку, конфлікт залишає після себе глибокі емоційні та соціальні

наслідки – страх, образу, почуття несправедливості, втрату довіри та руйнування людських зв'язків. Саме тому процес примирення повинен бути спрямований не лише на вирішення конкретної суперечки, а й на поступове відновлення людської гідності, взаєморозуміння та соціальних взаємин між сторонами.

Однією з центральних ідей Ледераха стала концепція «трансформації конфлікту» (conflict transformation). Дослідник критично ставився до традиційного поняття «вирішення конфлікту» (conflict resolution), оскільки вважав, що воно здебільшого орієнтується на припинення відкритого протистояння без усунення глибинних причин конфлікту. Натомість трансформація конфлікту передбачає більш глибокі та довготривалі зміни – не лише у поведінці сторін, а й у самих взаєминах, моделях спілкування та сприйнятті одне одного.

На думку Ледераха, конфлікт може стати не лише джерелом руйнування, а й можливістю для позитивних змін та розвитку. Саме тому важливим завданням є не придушення конфлікту, а його конструктивне переосмислення через діалог, емпатію та взаємне визнання переживань іншої сторони. Дослідник наголошував, що люди повинні навчитися не лише говорити, а й чути одне одного, оскільки справжнє примирення починається із визнання людського болю, страху та переживань.

Особливого значення у концепції Ледераха набуває поняття побудови миру (peacebuilding). Він розглядав мир не як короткочасний результат переговорів, а як тривалий процес формування нової культури взаємодії, заснованої на довірі, співпраці та ненасильницькому спілкуванні. Важливу роль у цьому процесі відіграють місцеві громади, міжособистісні зв'язки, культурні цінності та здатність суспільства до колективного зцілення після конфлікту.

Суттєвою особливістю підходу Джона Пола Ледераха є також його увага до міжкультурного та духовного виміру примирення. Дослідник вважав, що ефективне врегулювання конфліктів неможливе без врахування культурних традицій, релігійних переконань та моральних цінностей сторін. Саме тому його концепція поєднує елементи психології, соціології, філософії миру та гуманістичної етики.

Ідеї Ледераха стали теоретичним підґрунтям для розвитку сучасної медіації, програм громадського примирення, миротворчих ініціатив та практик відновного правосуддя у багатьох країнах світу. Його підхід особливо актуальний у ситуаціях глибоких міжособистісних або соціальних конфліктів, де сторони потребують не лише юридичного врегулювання спору, а й психологічного відновлення, подолання недовіри та формування нової культури комунікації.

Таким чином, концепція Джона Пола Ледераха суттєво вплинула на розвиток гуманістичних підходів до врегулювання конфліктів. Його ідеї трансформації конфлікту та примирення сформували нове бачення медіації як процесу не лише досягнення домовленості, а й глибокого відновлення людських взаємин, довіри та соціальної гармонії.

Значний вплив на формування гуманістичних підходів до комунікації та примирення мав і Маршалл Розенберг – автор концепції ненасильницького спілкування (Nonviolent Communication). Розенберг вважав, що більшість конфліктів виникає через невміння людей усвідомлювати власні потреби та конструктивно їх висловлювати. Його модель комунікації базується на емпатії, повазі до співрозмовника та здатності слухати без осуду.

На думку Розенберга, агресія є наслідком незадоволених потреб людини та невміння екологічно висловлювати власні почуття й переживання.

У центрі концепції ненасильницького спілкування перебуває людина, її емоції, потреби та здатність до емпатії. Розенберг вважав, що ефективна комунікація можлива лише тоді, коли співрозмовники здатні не лише висловлювати власні переживання, а й чути емоційний стан іншої сторони без осуду чи агресії. Саме тому його підхід орієнтований не на пошук винного, а на розуміння того, які потреби стоять за поведінкою людини.

Концепція Маршалла Розенберга базується на чотирьох основних компонентах ненасильницького спілкування: спостереження, почуття, потреби та прохання. Першим етапом є об’єктивне спостереження за ситуацією без оцінювання чи критики. Розенберг наголошував, що люди часто змішують факти з власними судженнями, що провокує конфлікт. Наприклад, замість фрази «ти поводишся безвідповідально» людина повинна описати конкретну дію чи ситуацію без навішування ярликів.

Другим компонентом є усвідомлення та вираження власних почуттів. Автор вважав, що люди часто приховують справжні емоції за агресією, образами або звинуваченнями. Натомість відкритий опис власного емоційного стану – страху, тривоги, образи, розчарування чи болю – створює передумови для більш щирого та безпечного діалогу.

Третім елементом концепції є визначення потреб, які лежать в основі переживань людини. Розенберг підкреслював, що всі люди мають універсальні психологічні потреби – у безпеці, повазі, підтримці, визнанні, довірі чи прийнятті. Саме незадоволення цих потреб часто стає джерелом конфлікту. Усвідомлення потреб дозволяє сторонам перейти від взаємних претензій до розуміння глибинних причин власної поведінки.

Останнім компонентом є формулювання прохання замість вимоги. На відміну від наказів чи ультиматумів, прохання у ненасильницькому спілкуванні не містить примусу та залишає іншій людині можливість добровільного вибору. Такий підхід сприяє формуванню партнерських відносин та зменшує психологічний спротив у комунікації.

Ідеї Розенберга набули особливої актуальності у практиці медіації та відновного правосуддя. Його підхід допомагає сторонам конфлікту перейти від взаємних обвинувачень до усвідомлення власних емоцій, переживань і потреб. У процесі медіації це створює умови для розвитку емпатії, зниження рівня агресії та емоційного напруження. Людина починає сприймати опонента не як «ворога», а як особу зі своїми переживаннями, страхами та потребами.

Особливого значення концепція ненасильницького спілкування набуває у відновному правосудді, де важливу роль відіграє діалог між потерпілим і правопорушником. Використання підходів Розенберга дозволяє сторонам безпечно висловлювати власні емоції, говорити про пережитий біль, страх чи почуття провини без ризику повторної психологічної травматизації. Це сприяє формуванню атмосфери довіри, подоланню психологічного спротиву та створенню передумов для примирення й відновлення соціальних зв'язків.

Таким чином, концепція Маршалла Розенберга має не лише психологічне, а й важливе соціально-гуманістичне значення. Її основні ідеї стали підґрунтям для розвитку сучасної медіації, культури мирного врегулювання конфліктів та практик відновного правосуддя, орієнтованих на повагу до людської гідності, емпатію та конструктивний діалог.

Суттєвий внесок у розвиток практичних аспектів медіації зробила також Дженіфер Бір. Вона розглядала медіацію не просто як технічний спосіб врегулювання спору, а як процес трансформації взаємин між людьми через діалог, довіру та усвідомлену комунікацію. Її підхід сформувався на перетині конфліктології, психології спілкування та практики громадського примирення. Основна ідея її теорії полягає в тому, що конфлікт не обов'язково є руйнівним явищем – за правильного підходу він може стати поштовхом до переосмислення ситуації, розвитку взаєморозуміння та позитивних змін у взаєминах між сторонами.

У своїх роботах Дженіфер Бір особливу увагу приділяла саме процесу комунікації між учасниками конфлікту. Вона вважала, що більшість суперечностей загострюються через порушення взаєморозуміння, емоційну напругу, недовіру та невміння сторін відкрито висловлювати власні потреби. Через це люди часто переходять до взаємних звинувачень, психологічного захисту або агресії, що лише поглиблює конфлікт.

Одним із центральних елементів її підходу є концепція «керованого діалогу». Дженіфер Бір наголошувала, що медіатор повинен не вирішувати конфлікт замість сторін, а організовувати комунікацію таким чином, щоб учасники самостійно могли усвідомити причини суперечності та знайти прийнятне рішення. У цьому процесі медіатор виконує роль нейтрального фасилітатора, який підтримує баланс між сторонами, допомагає знижувати рівень емоційного напруження та сприяє формуванню атмосфери безпеки.

Особливого значення у теорії Дженіфер Бір набуває поняття довіри. Вона вважала, що без відновлення хоча б мінімального рівня психологічної довіри ефективна медіація є практично неможливою. Саме тому медіатор має приділяти значну увагу створенню умов, у яких кожна сторона почуватиметься почутою, захищеною та рівноправною. Для цього використовуються методи активного слухання, перефразування, уточнення позицій сторін та нейтралізації агресивної комунікації.

Ще однією важливою складовою її теорії є орієнтація не лише на позиції сторін, а на їхні реальні інтереси та потреби. Дженіфер Бір наголошувала, що за

зовнішнім конфліктом часто приховуються глибші психологічні переживання – страх, образа, почуття несправедливості, приниження або потреба у визнанні. Якщо медіатору вдається допомогти сторонам усвідомити ці внутрішні потреби, конфлікт переходить із площини протистояння у площину діалогу та пошуку взаєморозуміння.

Важливим аспектом її концепції є також розвиток навичок конструктивної комунікації. Дослідниця підкреслювала, що учасники конфлікту часто не мають досвіду мирного обговорення проблем та не вміють висловлювати емоції без агресії. Саме тому медіація повинна не лише допомогти врегулювати конкретний конфлікт, а й навчити сторони більш ефективним способам взаємодії у майбутньому.

Практичні ідеї Дженіфер Бір набули широкого застосування у сфері громадської медіації, переговорів, міжкультурного примирення та відновного правосуддя. Її підходи особливо актуальні у ситуаціях, де між сторонами існує високий рівень емоційного напруження, недовіри або психологічного спротиву. Завдяки створенню безпечного простору для діалогу медіація допомагає не лише досягти домовленості, а й поступово відновити соціальні зв'язки між людьми.

Таким чином, теорія Дженіфер Бір має виражений гуманістичний характер і базується на переконанні, що ефективне врегулювання конфлікту можливе лише через діалог, емпатію, взаємну повагу та усвідомлення потреб кожної сторони. Її концепція стала важливим підґрунтям для розвитку сучасної медіації та практик відновного правосуддя, орієнтованих на конструктивне спілкування та мирне вирішення конфліктів.

Отже, перехід від каральної моделі правосуддя до медіації та відновного правосуддя став справжньою революцією у розумінні сутності злочину та способів реагування на конфлікт. Якщо традиційний підхід був зосереджений переважно на покаранні правопорушника та захисті інтересів держави, то концепція відновного правосуддя перенесла увагу на людину, її переживання, потреби та відновлення порушених соціальних зв'язків. Злочин почав розглядатися не лише як порушення закону, а передусім як шкода, завдана потерпілому, громаді та міжособистісним взаєминам [4].

Саме медіація стала одним із ключових інструментів такого гуманістичного підходу, оскільки створила можливість для діалогу між сторонами, усвідомлення відповідальності, компенсації шкоди та примирення. Така трансформація змінила саму філософію правосуддя € від ідеї помсти та ізоляції до культури взаєморозуміння, емпатії та конструктивного вирішення конфліктів.

Висновки

Становлення відновного правосуддя стало результатом тривалої еволюції поглядів на природу конфлікту, злочину та способів реагування на правопорушення. Якщо традиційна система кримінального правосуддя тривалий час базувалася переважно на каральному підході, то концепція «restorative justice» відновне правосуддя змінила акцент із покарання на відновлення порушених соціальних зв'язків, задоволення потреб потерпілого та усвідомлення відповідальності правопорушником.

Таким чином, історія становлення відновного правосуддя є результатом поєднання правових, психологічних та гуманістичних ідей, спрямованих на переосмислення сутності конфлікту та ролі людини у процесі відновлення справедливості. Праці Говарда Зера, Джона Пола Ледераха, Маршалла Розенберга та Дженіфер Бір заклали підґрунтя для розвитку сучасної культури діалогу, медіації та ненасильницького врегулювання конфліктів. Сьогодні відновне правосуддя розглядається не лише як альтернативний механізм реагування на правопорушення, а як важливий інструмент гуманізації суспільства та формування культури взаєморозуміння.

Список літератури:

1. Закон України «Про пробацію» від 05.02.2015 № 160-VIII.

2. Вступ до альтернативного вирішення спорів : навч. посіб. / Г. В. Анікіна, Ю. В. Білоусов, Н. Л. Бондаренко-Зелінська [та ін.] ; під ред. У. Хелльманна, Н. Л. Бондаренко-Зелінської. Хмельницький : Хмельницький університет управління та права, 2017. 234 с.

3. Зер Говард. Зміна об’єктива: новий погляд на злочин та правосуддя / пер. З англ. М. Яковлєва. – К. : Унів. Вид-во «Пульсари», 2004. – 224 с.

4. Леко Богдан, Чуйко Галина. Медіація: підручник. Чернівці: Книги – XXI, 2014. 520 с.

ПРОФЕСІЙНА ДЕОНТОЛОГІЧНА ІДЕНТИЧНІСТЬ ЯК ЧИННИК СТРЕСОСТІЙКОСТІ АДВОКАТІВ

Новікова Наталія Кузьмівна,
магістрантка факультету соціально-гуманітарних наук і соціальних технологій, спеціальність «Психологія»
Харківський національний педагогічний університет імені Г.С. Сковороди

В умовах трансформації правової системи під час випробування на стійкість в умовах війни всього суспільства та підвищення соціальної відповідальності юридичних професій особливого значення набуває проблема психологічної стійкості адвокатів. Професійна діяльність у сфері кримінального судочинства супроводжується високим рівнем стресу, що обумовлює необхідність пошуку внутрішніх ресурсів адаптації. Одним із таких ресурсів виступає професійна деонтологічна ідентичність, яка визначає ціннісно-нормативні орієнтири діяльності адвоката та його здатність ефективно діяти в умовах психологічного навантаження.

Актуальність дослідження зумовлена зростанням вимог до етичної компетентності правників, а також необхідністю інтеграції психологічних знань у практику юридичної діяльності[6]..

Теоретичні підходи до розуміння професійної деонтологічної ідентичності розглядається як інтегративне утворення, що поєднує у собі систему професійних цінностей, норм, етичних принципів і особистісних установок, які визначають поведінку фахівця в межах професійної діяльності.

З позицій психології особистості вона включає: когнітивний компонент (знання норм і правил професії); емоційно-ціннісний компонент (ставлення до професійних обов’язків); поведінковий компонент (реалізація етичних стандартів у практиці).

Для адвоката деонтологічна ідентичність виступає основою професійної саморегуляції, оскільки вона задає внутрішні орієнтири в умовах моральних дилем та конфліктних ситуацій.

Стресостійкість як психологічна характеристика професійної діяльності адвоката визначається як здатність особистості зберігати ефективність діяльності в умовах інтенсивного стресового впливу. У контексті адвокатської діяльності вона набуває особливого значення через специфіку професійних завдань.

До основних стресогенних факторів належать: відповідальність за результат справи; взаємодія з клієнтами у кризових ситуаціях; етичні дилеми; високий рівень невизначеності; інтенсивне когнітивне навантаження.

Стресостійкість забезпечує: збереження когнітивної продуктивності; контроль емоційних реакцій; підтримання професійної ефективності.

Професійна деонтологічна ідентичність виступає важливим внутрішнім ресурсом стресостійкості. Її сформованість дозволяє адвокату:

1. Зменшувати рівень невизначеності Чітке усвідомлення професійних норм і принципів спрощує процес прийняття рішень.

2. Підвищувати рівень внутрішнього контролю Орієнтація на внутрішні стандарти знижує залежність від зовнішніх оцінок.

3. Знижувати інтенсивність емоційних реакцій Етична визначеність дозволяє уникати внутрішніх конфліктів.

4. Підвищувати резилієнтність Стійка система цінностей виступає психологічним буфером у стресових ситуаціях[4].

Психологічні механізми впливу деонтологічної ідентичності на подолання стресу.

Вплив деонтологічної ідентичності реалізується через низку механізмів:

Когнітивний механізм – передбачає інтерпретацію ситуації через призму професійних норм, що знижує рівень тривожності та невизначеності.

Емоційний механізм – сформовані цінності сприяють стабілізації емоційного стану та зниженню афективних реакцій.

Поведінковий механізм – регламентована поведінка дозволяє діяти більш впевнено та структуровано.

Мотиваційний механізм – професійна місія виступає джерелом внутрішньої мотивації, що підтримує діяльність у складних умовах.

Розвиток деонтологічної ідентичності має важливе прикладне значення у вигляді підвищення стресостійкості адвокатів, обов'язкової профілактика професійного вигорання; ефективного покращення якості правничої допомоги; формування професійної відповідальності.

Практична реалізація можлива через: освітні програми якісних копінг-стратегій; тренінгові програми з етичної компетентності; обов'язковий психологічний супровід професійної діяльності[7]..

Великого значення набувають перспективи подальших досліджень. Подальші наукові розвідки можуть бути спрямовані на: емпіричне дослідження рівня деонтологічної ідентичності безпосередньо у роботі із кінцевим набувачем юридичної правничої допомоги; вивчення взаємозв'язку навантаження стресорів з вигоранням; розробку та запровадження психодіагностичних інструментів; творення тренінгових програм розвитку професійної стійкості у вигляді інструктажів із самопомочі.

Професійна деонтологічна ідентичність є важливим психологічним ресурсом, що забезпечує стресостійкість адвокатів у складних умовах під час захисту у кримінальному провадженні. Вона виконує регулятивну, стабілізуючу та захисну функції, сприяючи збереженню ефективності діяльності та психічного здоров'я фахівця.

Сформованість деонтологічної ідентичності дозволяє адвокату не лише ефективно виконувати професійні обов'язки, але й зберігати внутрішню цілісність у ситуаціях морального вибору та психологічного тиску.

Таким чином, розвиток деонтологічної ідентичності є перспективним напрямом підвищення психологічної стійкості та професійної ефективності адвокатів.

Список літератури:

1. Бедь В.В. Юридична психологія: навч. посібник 2-ге вид. Київ : МАУП, 2004. 436 с.

2. Гусарєв С.Д., Тихомиров О.Д. Юридична деонтологія: навч. посібник 2-ге вид. Київ : Атіка, 2003. 320 с.

3. Євдокимова Н.О. Психологічні засади формування майбутнього фахівця як суб'єкта правничої діяльності: автореф. дис. ... д-ра психол. наук. 19.00.07. Ін-т психології ім. Г. С. Костюка НАПН України. Київ, 2013. 43 с.

4. Климчук В.О. Психологія стресу та копінг-поведінки особистості. Київ: Ніка-Центр, 2019.

5. Закон України «Про адвокатуру та адвокатську діяльність» від 05.07.2012 р. (ред. від 03.08.2023 р.) № 5076-VI / Верховна Рада України. Відомості Верховної Ради. URL: https:// https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5076-17#Text 5076-17 (дата звернення: 13.05.2026).

6. Озерський І. Актуальні проблеми юридичної психології: навч. посібник. Миколаїв : ЧНУ ім. П. Могили, 2021. 300 с.

7. Яремчук О.В. Психологія стресостійкості особистості. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2018.

ТВОРЧА ДІЯЛЬНІСТЬ ОСОБИСТОСТІ В КОНТЕКСТІ САМОАКТУАЛІЗАЦІЇ

Скрипаченко Тетяна Вікторівна
кандидат психологічних наук, доцент
Запорізький національний університет

Творчість – це діяльність, результатом якої є продукт, що відрізняється оригінальністю, неповторністю та суспільною значущістю [1], це створення нового продукту, який має індивідуальну або соціальну цінність [2]. Творчість забезпечує розвиток як окремої людини, так і суспільства, адже завдяки їй людина змінює й удосконалює навколишній світ, формуючи культуру [3]. Можна сказати також, що завдяки творчій діяльності відбувається прогресивний розвиток суспільства. Творчість притаманна лише людині як істоті, здатній до самосвідомості та усвідомленого вибору [4]. Адже творчість пов`язана із нестандартним мисленням, із виходом за рамки звичного виконання завдань, із продукуванням нових підходів і бачення навіть стандартних процесів.

В психології існують різні традиції розгляду творчості.

Однією з найбільш відомих сучасних моделей є «Модель чотирьох С» Дж. Кауфмана та Р. Бегетто, яка описує творчість як процес розвитку:

- Mini-c – індивідуальні відкриття та особистісні інсайти;
- Little-c – творчість повсякденного рівня;
- Pro-c – професійна креативність, що формується внаслідок тривалої практики;
- Big-C – видатні творчі досягнення [5].

З точки зору структури творчої діяльності, то можна говорити про такі компоненти: процес, продукт, особистість творця, середовище та умови [6].

Характерною ознакою творчості є її подвійна взаємообумовленість: з одного боку творчість впливає на саму особистість, в процесі чого розвивається її мислення, здібності, уява. З іншого, – творчість здатна впливати на інших людей. Творчість сприяє виходу за межі наявного досвіду і стає важливим ресурсом у взаємодії людини зі світом [7].

Цікавим також є процесуальний підхід. З точки зору процесу творчості, важливо аналізувати задум, підготовку та реалізацію [8]. У своїх роботах М. Чіксентмігаї [9] досліджує стан потоку. Він визначає стан потоку, як стан повного занурення в діяльність, який супроводжується високим рівнем творчості. Причому стан потоку це спосіб робити щось, втрачаючи відчуття часу, відчуваючи максимальне занурення в процес. Такий стан супроводжується відчуттям і усвідомленням глибокого сенсу і власної суб`єктності. Це створює і підтримує благополуччя та самоактуалізацію особистості.

А. Маслоу, розглядаючи поняття самоактуалізації, вважав її процесом реалізації свого внутрішнього потенціалу, прагненням особистості бути тим, ким вона є. Відповідно творчість є одним із механізмів самоактуалізації. Творча

активність особистості має мотиваційну силу і може проявлятися в поведінці, установках, сприйнятті особистості самої себе, інших людей, світу взагалі.

Поруч із А. Маслоу, К. Роджерс, також розробляв концепцію самоактуалізації особистості. І він також наголошував, що основним джерелом самоактуалізації є прагнення особистості до творчості і до розвитку свого повного потенціалу. Більше того, згідно К. Роджерсу [10], здатність до творчого самовираження є показником психічного здоров`я особистості. Очевидно, що в концепціях гуманістичних психологів творчість пов`язана із реалізацією особистістю свого потенціалу, його розкриття.

Можна говорити про те, що творчість є і механізмом, і якістю самоактуалізованої особистості. Наприклад, людина із високим рівнем самоактуалізації має такі якості: прагнення до творчості, екзистенційна цінність життя, висока потреба в пізнанні, автономність тощо [11].

Таким чином, очевидно, що ми можемо розглядати творчу діяльність з різних сторін: з точки зору структури, процесу творчості, як те, що супроводжує стан потоку. Так само як важливо розуміти творчість з точки зору самоактуалізації особистості, в контексті розкриття нею свого потенціалу і підвищення рівня психічного здоров`я та благополуччя.

Список літератури:

1. Максименко С. Д., Яланська С. П. Генетико-креативний підхід: діяльнісне опосередкування особистісного розвитку : монографія. Київ : Людмила, 2021. 524 с

2. Моляко В.О. Функціонування творчого мислення в інформаційно-віртуальному просторі суб’єкта : монографія / за ред. В. О. Моляко. Київ ; Львів : Вікторія Кундельська, 2021. 194 с.

3. Новіков Б. В., Богачев Р. М., Бубон Т. В. Творча діяльність як засіб самореалізації особистості у суспільстві. *Освітній дискурс*: зб. наук. праць. 2022. Вип. 39 (1-3). С. 84-90

4. Карпенко Н. А. Психологія творчості : навч. посіб. Львів. 2016. 156 с.

5. Kaufman J. C., Beghetto R. A. Beyond Big and Little: The Four C Model of Creativity. *Review of General Psychology*. 2009. Vol. 13, No. 1. P. 1–12. URL: https://www.researchgate.net/publication/228345133_Beyond_Big_and_Little_The_Four_C_Model_of_Creativity

6. Біла І. М. Психологічна характеристика творчої діяльності в сучасних умовах. *Проблеми сучасної психології.* 2010. Вип. 7. С. 64-75. URL: https://journals.uran.ua/index.php/2227-6246/article/download/162205/161167

7. Сергеєва Л. М., Просіна О. В., Ілляхова М. В. Творчість як фактор мотивації досягнень : навч. посіб. Біла Церква : Білоцерківдрук, 2023. 124 с

8. Сова М. О., Дєніжна С. О., Пєтухова І. О. Психологія творчості : навч. посіб. Ірпінь : Державний податковий університет, 2022. 392 с

9. Csikszentmihalyi M. Flow: The Psychology of Optimal Experience. New York: Harper Perennial, 1990. 303 p]

10. Rogers C.R. On Becoming a Person: A Therapist's View of Psychotherapy. Boston: Houghton Mifflin, 1961. 420 p

11. Мартинюк Ю.О. Креативність як характеристика самоактуалізованої особистості. *Габітус.* Вип. 45. 2023. С. 156-160 DOI https://doi.org/ 10.32782/2663-5208.2023.45.26

ВПЛИВ ТИМБІЛДИНГУ НА ФОРМУВАННЯ ЕФЕКТИВНОЇ ОРГАНІЗАЦІЙНОЇ СТРУКТУРИ ЛОГІСТИЧНОГО ПІДПРИЄМТВА

Дичук Анна Вячеславівна
здобувачка (бакалаврського) рівня вищої освіти
Національний транспортний університет

Ігнатюк Вікторія Василівна
к.т.н. доцент кафедри менеджменту
Національний транспортний університет

У сьогоднішніх умовах діяльності українських підприємств актуальності набуває питання психологічного стану працівників та ефективності внутрішньої взаємодії в колективі. Повномасштабне вторгнення суттєво вплинуло не лише на економічну діяльність підприємств, а й на моральний стан працівників. Постійний стрес, пов’язаний із загрозою безпеці, нестабільністю, вимушеними переїздами, повітряними тривогами, втратою звичного ритму життя та невизначеністю щодо майбутнього, буквально існує відчуття нерозуміння завтрашнього дня, все це значно підвищує емоційне навантаження на працівників. У таких умовах зростає ризик професійного вигорання, конфліктів у колективі, зниження мотивації та продуктивності праці. Особливого значення в таких умовах набуває організаційна структура управління, адже саме вона визначає характер взаємодії між працівниками, розподіл відповідальності, швидкість прийняття рішень та рівень координації всіх логістичних процесів. Ефективно побудована організаційна структура сприяє злагодженій роботі персоналу, підвищує адаптивність підприємства до кризових умов та створює основу для стабільного функціонування логістичного підприємства.

Ефективним інструментом забезпечення кращого емоційного стану працівників є тімбілдінг - одна з найцікавіший моделей корпоративного менеджменту. Тімбілдінг або в перекладі з англійської «team building» – формування команди – це інструмент покращення взаємодії між працівниками, згуртування колективу, формування сильної команди, що успішно функціонує та досягає поставлених цілей. [1]

На нашу думку, ключовою функцією керівництва є побудова ефективної командної роботи. Команда – це колектив, об'єднання людей, які працюють разом для досягнення спільної мети, мають спільні інтереси та взаємодіють між собою. Однією з поширених проблем в організації є те що, кожен відділ працює не злагоджено і не узгоджено з іншими віддалами. Кожен працює окремо, зосереджуючись лише на власних завданнях і не сприймаючи себе частиною єдиного процесу діяльності організації.

Для вирішення цієї проблеми в логістичних організаціях підійде тимбілдинг. Вибір форми проведення тимбілдингу дуже різноманітний, для логістичних організацій є:

- туристичний – спільні поїздки колективу за місто, екскурсії, походи в гори, спортивні івенти. Зміна обстановки значно знижує рівень стресу та дозволяє ніби «ковтнути свіжого повітря» за межами підприємтсва.
- культурно-розважальний – спільне відвідування театру, концертів, арт-просторів, кіно або фестивалів. Такі заходи сприяють невимушеному спілкуванню та формують більш дружню атмосферу в колективі;
- гастрономічний – дегустацій, командне приготування страв або тематичні вечері. Подібний формат допомагає працівникам взаємодіяти в неформальній обстановці та розвиває навички співпраці.
- психологічний – тренінги на розвиток довіри, комунікації та подолання конфліктів. Такий вид спрямований не лише на згуртування, а й на покращення психологічного клімату в колективі. [3]

У логістичній діяльності особливо важливою є злагоджена взаємодія всіх працівників, адже кожен етап роботи ланцюга постачання напряму залежить від попереднього. Логістичний процес являє собою єдиний ланцюг, у якому беруть участь логісти, диспетчери, водії, менеджери із закупівель та працівники клієнтського сервісу, складські працівники та багато інших важливих посад які обслуговують фінансові, інформаційні та матеріальні потоки. Якщо хоча б одна з ланка всіх паралельних ланцюгів працює не злагоджено або неякісно, це одразу впливає на весь процес. Наприклад, якщо диспетчер і логіст не порозумілися між собою, це може призвести до зриву поставки, фінансових втрат, штрафів і незадоволення клієнта.

На нашу думку саме тому в логістиці людський фактор має велике значення. Сучасні технології та ефективно побудована організаційна структура не дадуть бажаного результату без ефективної комунікації між працівниками. Коли команда працює як єдине ціле, зменшується кількість помилок, швидше вирішуються проблемні ситуації, а кінцевий результат позитивно впливає задоволеність клієнтів, що є ключовим аспектом для репутації логістичної організації. На нашу думку тімбілдінг значно впливає на побудову ефективної організаційної структури управління, а саме:

1. Покращує горизонтальну взаємодію між відділами. У логістичному підприємстві всі підрозділи тісно пов’язані між собою, тому ефективна співпраця між ними є умовою стабільної роботи. Тімбілдінг допомагає налагодити довіру між працівниками різних відділів і зменшує кількість помилок у спільній роботі.
2. Сприяє переходу до командної структури управління. Сучасна логістика потребує швидких рішень і спільної відповідальності за результат, тому командна структура є більш ефективною. Тімбілдінг формує навички спільної роботи та допомагає працівникам діяти як єдина команда.
3. Підвищує ефективність комунікації. У логістиці швидкість передачі інформації безпосередньо впливає на якість виконання операцій. Тімбілдінг

покращує взаєморозуміння між працівниками та сприяє швидшому вирішенню робочих питань.

4. Впливає на розподіл ролей і відповідальності. Чіткий розподіл обов'язків дозволяє уникати дублювання роботи та конфліктів у колективі. Під час тімбілдінгу працівники краще розуміють свою роль у спільному процесі та відповідальність за результат.

5. Зменшує плинність кадрів. Комфортна атмосфера в колективі та підтримка з боку команди підвищують задоволеність працівників роботою. Це знижує бажання змінювати місце праці та допомагає підприємству зберігати кваліфікований персонал. [2]

Тимбілдінг в будь-якій організації варто розглядати не як додаткові витрати підприємства, а як інвестицію в ефективну роботу колективу. Досить часто керівники сприймають тімбілдинг лише як розважальні заходи, на які не варто витрачати кошти, особливо в умовах економічкої нестабільності. Проте слабка командна взаємодія обходиться керівникам значно дорожче, та негативно впливає на діяльність підприємства. Наприклад, постійні конфлікти між відділами, непорозуміння між працівниками, затримки в передачі інформації та відсутність довіри послаблюють і сповільнюють робочі процеси й знижують загальну продуктивність підприємства.

Тімбілдінг у логістичній організації – це не лише спосіб покращення атмосфери в колективі, а також він впливає на: тип організаційної структури управління, рівень централізації, ефективність управління, швидкість комунікації, адаптивність компанії. Тімбілдінг є важливим та цікавим елементом формування ефективної організаційної структури логістичного підприємства, оскільки саме люди забезпечують безперервність і результативність усіх бізнес-процесів. У сучасних умовах високого рівня стресу та постійних змін важливо підтримувати згуртованість колективу, довіру між працівниками та якісну внутрішню комунікацію. [3]

Список літератури:

1. Блохіна, Валентина Юріївна. "Підготовка практичних психологів до управління розвитком професійної групи на засадах тимбілдингу: дис. доктора філософії спец. 015 «Професійна освіта»." (2021).

2. Пихаленко, Євгенія Валентинівна. "Удосконалення управління стратегічним розвитком підприємства." (2024) https ://dspace.dsau.dp.ua/handle/123456789/9541ва. – Дніпро, 2024. – 84 с.

3. Длугоборська, Л. В. "ТИМБІЛДИНГ ЯК ЕФЕКТИВНИЙ ІНСТРУМЕНТ УПРАВЛІННЯ ПЕРСОНАЛОМ." Редакційна колегія (2023): 353.

СОЦІОЛОГІЯ СІМ'Ї: ТРАНСФОРМАЦІЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНОГО ІНСТИТУТУ В ЕПОХУ ЗМІН

Shevchenko Anatolii,
Викладач вищої категорії,
ВСП Київський фаховий коледж
комп'ютерних технологій та економіки
Київського авіаційного університету

Shevchenko Oksana,
Викладач математичних дисциплін
ВСП Київський фаховий коледж
комп'ютерних технологій та економіки
Київського авіаційного університету

Сім'я як об'єкт соціологічного дослідження займає унікальне місце, оскільки вона одночасно виступає і як фундаментальний соціальний інститут, і як мала група. Протягом останніх десятиліть у всьому світі, зокрема і в Україні, спостерігаються глибокі зміни у способі життя, цінностях та структурі сімейних відносин [4, 6]. Те, що раніше сприймалося як непорушна норма, сьогодні піддається переосмисленню. Соціологічна наука відходить від песимістичних поглядів на «занепад» сім'ї, пропонуючи натомість концепцію «великої трансформації» [5].

Функціональний аналіз показує, що хоча сім'я втратила частину своїх «зовнішніх» функцій (виробничу, освітню, які частково перебрала держава), її внутрішні функції стали критично важливими.

Психологічна та емоційна підтримка: в умовах високої атомізації суспільства сім'я стає головним ресурсом для зняття стресу.

Соціалізація особистості: сім'я залишається первинним середовищем формування ідентичності, проте сьогодні цей процес стає більш демократичним та діалоговим.

Репродуктивна функція: перетворення з обов'язку на свідомий вибір (планування сім'ї) [4].

Сучасне суспільство легітимізує форми спільного життя, які раніше вважалися девіантними або тимчасовими. Соціологічні дані вказують на зростання частки таких моделей:

- Цивільний шлюб (Cohabitation): спільне проживання без юридичної реєстрації. Часто є довгостроковою альтернативою шлюбу.
- Дистантний шлюб (LAT): партнери перебувають у стосунках, але живуть у різних оселях для збереження автономії.
- Чайлдфрі (Childfree): свідома відмова від народження дітей заради кар'єри, саморозвитку або особистої свободи.

● Одиноке батьківство: зростання кількості сімей, де вихованням дитини займається один із батьків за власним вибором [5, 6].

Одним із найважливіших трендів є перерозподіл влади всередині домогосподарства. Класична модель Парсонса, де чоловік є «інструментальним лідером» (годувальником), а жінка — «експресивним» (дбає про затишок), стрімко втрачає актуальність. Егалітарна сім'я передбачає спільне прийняття фінансових рішень та рівну відповідальність за виховання дітей. Поява феномену «залученого батьківства», коли чоловіки активно користуються декретними відпустками, є ознакою оздоровлення сімейних відносин та подолання гендерних стереотипів [3].

Для української соціології останні роки стали періодом вивчення екстремальних трансформацій через війну. Спостерігається ефект «прискореного зближення» — зростання кількості шлюбів у перші місяці вторгнення як реакція на невизначеність. Масова міграція створила феномен «транснаціональної сім'ї», де емоційна близькість підтримується цифровізацією, що створює нові виклики для стабільності шлюбів [2].

Соціологія сім'ї сьогодні фіксує не кризу, а гнучкість інституту. Сім'я адаптується до вимог часу, стаючи менш формальною, але більш орієнтованою на особистість. Основним викликом майбутнього залишається баланс між індивідуальною свободою та колективною відповідальністю [1].

Майбутнє сім'ї полягає у її розмаїтті, де кожен індивід може знайти форму солідарності, що найбільш повно відповідає його цінностям [6].

Список літератури:

1. Балакірєва О. М. Стан та перспективи розвитку української сім'ї. — К.: УІСД ім. Яременка, 2021.

2. Звіт "Сім'я в умовах війни" / Центр соціальних досліджень. — К., 2024.

3. Калачова І. В. Гендерні ролі в сучасній українській сім'ї: соціологічний вимір. — К., 2019.

4. Лібанова Е. М. Демографічні зрушення в контексті соціального розвитку. — К.: Демографія та соціальна економіка, 2014.

5. Слюсар Л. І. Сім'я в Україні: соціально-демографічний аспект. — К.: ІДСД НАНУ, 2018.

6. Товстоп'ятко А. В. Трансформація інституту сім'ї в умовах глобалізації // Грані. — 2020. — Т. 23, No 5.

СОЦІАЛЬНА РОБОТА З СІМ'ЯМИ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ

Давиденко В.В.
д.політ.н., професор кафедри бізнесу і права
Вінницького соціально-економічного інститут
Університету «Україна»

Жукова О.А.
Старший викладач кафедри реабілітаційних технологій
Вінницького соціально-економічного інститут
Університету «Україна»

Журавльова В.В.
Здобувачка 4-го року навчання
Спеціальності 231 «Соціальна робота»
Вінницького соціально-економічного інституту
Університету «Україна»

Актуальність. Воєнні конфлікти та гібридні загрози XXI століття актуалізують потребу у формуванні нових міждисциплінарних підходів до підтримки військовослужбовців та їхніх родин. Як зазначено в документі, «соціальна робота стає ключовим інструментом підтримки військових, їхніх родин, ветеранів, внутрішньо переміщених осіб та громад». У контексті повномасштабної агресії проти України цивільновійськова взаємодія (CIMIC) набуває стратегічного значення для забезпечення стійкості громад, соціального захисту та національної безпеки [3; 4].

Метою дослідження є вивчення особливостей соціальної підтримки сімей військовослужбовців, а також визначення ефективності застосування сучасних технологій соціальної роботи з даною категорією населення.

Об’єктом дослідження виступає соціальна робота з сім’ями військовослужбовців, а предметом — методи, форми та технології соціальної підтримки даної категорії сімей.

Соціальна робота з родинами військовослужбовців здійснюється за участю як державних, так і недержавних структур, зокрема центрів соціальних служб, психологічних підрозділів у військових частинах, благодійних фондів і волонтерських організацій. Результативність такої діяльності значною мірою визначається професійною підготовкою фахівців та їх умінням комплексно застосовувати різноманітні підходи і методи, серед яких індивідуальне консультування, групова терапія, соціальний супровід і кризове втручання [7; 8].

Родини військовослужбовців, як і будь-які інші сім’ї, стикаються із загальними життєвими труднощами, проте водночас переживають специфічні проблеми, пов’язані з особливостями військової служби. Зокрема, сім’ї

військовослужбовців строкової служби нерідко опиняються у складному матеріальному становищі через втрату основного джерела доходу на період проходження служби. Особливо гостро це відчувається у родинах з дітьми, адже обсяг державної підтримки часто не відповідає реальним потребам їх утримання [2; 6].

Сім'ї військовослужбовців-контрактників також перебувають під значним навантаженням, оскільки значна частина їхніх матеріальних, емоційних і психологічних ресурсів спрямовується на забезпечення належного фізичного та психічного стану військового, підтримання його здоров'я і професійної готовності. При цьому наявні державні механізми компенсації не покривають повною мірою понесені витрати [2; 5]. Тривале перебування в умовах воєнного стану здатне спричиняти розвиток соціально-психологічної депривації не лише у військовослужбовців, а й у членів їхніх сімей [7].

З метою вивчення особливостей соціальної підтримки сімей військовослужбовців було проведено емпіричне дослідження на базі соціальних мереж.

Опитування проведено серед 120 респондентів віком 18–60 років, включно з військовослужбовцями, які отримали бойові травмування, та членами їхніх сімей. Анкета містила 15 запитань закритого й відкритого типу, що дозволило поєднати кількісний та якісний аналіз [7] .

Основні результати анкетного дослідження

1. Рівень обізнаності населення. За даними документа, «68% мають загальне уявлення про цивільновійськову службу, 22% знайомі частково, 10% не знають про неї». Це свідчить про недостатню інформованість та потребу в комунікаційних програмах [4].

2. Оцінка ефективності. 54% респондентів вважають роботу цивільновійськових структур ефективною, 32% — частково ефективною, 14% — низько ефективною. Такі результати демонструють потребу в удосконаленні механізмів взаємодії та підвищенні прозорості діяльності [4].

3. Потреби у соціальній підтримці. Найчастіше респонденти відзначали потребу в:

— психологічній підтримці (72%);
— юридичних консультаціях (58%);
— допомозі сім'ям військових (55%);
— реабілітаційних програмах (49%);
— інформаційній підтримці (41%) .

Ці дані підтверджують високий запит на комплексні соціальні послуги [5; 6].

4. Рівень довіри. «61% довіряють цивільновійськовим структурам; 27% — частково; 12% — не довіряють» [4].

Це вказує на необхідність посилення комунікації та партнерства між державою, військовими та громадянським суспільством. Дані свідчать про: високий запит на соціальні послуги; потребу в розширенні психологічної та юридичної підтримки; необхідність підвищення інформованості населення; важливість партнерства між державою, військовими та громадським сектором.

Цивільно-військова служба — це система заходів, спрямованих на забезпечення взаємодії між військовими формуваннями та цивільним населенням у мирний і воєнний час[3]. Вона включає координацію дій між військовими та органами влади, організацію гуманітарної допомоги, забезпечення безпеки та евакуації цивільних, соціальний супровід військовослужбовців і їхніх сімей, інформаційно-комунікаційну діяльність [3; 4].

У міжнародній практиці цивільно-військова взаємодія відома як **CIMIC (Civil-Military Cooperation)**.

Функціонування цивільно-військової служби в Україні регулюється Конституцією України, Законом України «Про оборону України», Законом «Про соціальний і правовий захист військовослужбовців та членів їх сімей», Стандартами НАТО щодо CIMIC і нормативними актами Міністерства оборони та Кабінету Міністрів [1–4].

Соціальна робота забезпечує: **діагностику потреб** військових, їхніх сімей та громад; **психологічну підтримку** та кризове консультування; **реабілітацію** (медико-психологічну, соціальну, професійну); **адвокацію** прав військовослужбовців; **координацію** між державними структурами, волонтерами та громадськими організаціями [7; 8].

Цивільно-військова служба сприяє доступу до медичних, психологічних та соціальних послуг; забезпеченню соціальних гарантій; вирішенню побутових і юридичних питань; підготовці до демобілізації та повернення до цивільного життя.

Соціальні працівники працюють із сім’ями загиблих та поранених, дітьми військовослужбовців, родинами мобілізованих і сім’ями ветеранів.

У громадах цивільно-військова служба забезпечує: організацію гуманітарної допомоги; розвиток волонтерських ініціатив; формування стійкості та безпеки; налагодження комунікації між владою, військовими та населенням [4; 5].

Таким чином визначено, що цивільно-військова служба — це *«система заходів, спрямованих на забезпечення взаємодії між військовими формуваннями та цивільним населенням»*. У міжнародній практиці вона відома як CIMIC і ґрунтується на стандартах НАТО, що забезпечує інтеграцію України у європейський безпековий простір [3].

Соціальна робота в цій системі виконує функції:

— діагностики потреб;

— кризового консультування;

— медико-психологічної та соціальної реабілітації;

— адвокації прав військовослужбовців;

— координації між державними та недержавними структурами [7; 8].

Висновки. Результати дослідження підтверджують, що цивільновійськова служба є ключовим елементом соціального захисту та безпеки. Ефективність її функціонування залежить від міждисциплінарної взаємодії соціальних працівників, військових структур, органів влади та громадських організацій [4; 7].

Необхідними напрямами розвитку є:
— розширення спектра соціальних послуг;
— підвищення рівня інформованості населення;
— зміцнення довіри до цивільновійськових структур;
— розвиток реабілітаційних та психологічних програм [5; 7].

Список літератури

1. Закон України «Про оборону України».
2. Закон України «Про соціальний і правовий захист військовослужбовців та членів їх сімей».
3. NATO Civil-Military Cooperation Doctrine (CIMIC).
4. Аналітичні матеріали Міністерства оборони України. ((https://mod.gov.ua/)
5. Підтримка захисників у складних життєвих ситуаціях: хто може отримати матеріальну допомогу, 06.02.2026 р. (https://mod.gov.ua/news/pidtrimka-zahisnikiv-u-skladnih-zhittyevih-situacziyah-hto-mozhe-otrimati-materialnu-dopomogu),
6. Слюсарь В. Які пільги мають сім’ї військовослужбовців у 2026 році, 17.03.2026 р. (https://www.dnipro.media/pilgy-dlya-simey-viyskovosluzhbovciv/)).
7. Міхєєва О. Ю. Характеристика соціальної роботи з сім'ями військовослужбовців // Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М.М. п. Драгоманова. Серія 11: Соціальна робота. Соціальна педагогіка. – 2018. – Вип. 25. (https://enpuir.udu.edu.ua/entities/publication/ba1a064a-67cb-43c2-92c4-2a43be30c630),
8. Бойко О., Гребінь Л., Левченко Н. *Технології соціально-педагогічної роботи з військовослужбовцями та їх сім’ями* // Збірник наукових праць Уманського державного педагогічного університету. – 2017. – № 2. – DOI: 10.31499/2307-4906.2.2017.134397. (http://znp.udpu.edu.ua/article/view/134397)).

ВИКОРИСТАННЯ МОБІЛЬНИХ ДОДАТКІВ У ФІЗИЧНІЙ ТЕРАПІЇ: ОГЛЯД СУЧАСНИХ ПІДХОДІВ

Остапенко Аліса Вікторівна
здобувач вищої освіти медичного інституту
Сумський державний університет

Науковий керівник:
Бадалян Анна Юріївна
канд. фіз.-матем. наук, старший викладач кафедри комп'ютерних наук
Сумський державний університет
Україна

Актуальність використання цифрових технологій у сфері фізичної терапії зростає щороку у зв'язку зі збільшенням кількості людей, які ведуть малорухливий спосіб життя, працюють дистанційно або мають обмежений доступ до медичних послуг. Особливої важливості мобільні застосунки набули після поширення дистанційних форм взаємодії між пацієнтом і фахівцем. Сучасні цифрові рішення дозволяють не лише отримувати рекомендації щодо фізичної активності, а й контролювати регулярність занять, фіксувати результати та формувати індивідуальні програми реабілітації [1;5].

Так як фізична терапія – це комплекс заходів, спрямованих на підтримку або відновлення рухливості кожної окремо взятої людини для забезпечення максимального рівня її життєдіяльності; невід'ємною частиною фізичної терапії є регулярні фізичні вправи з метою профілактики. Регулярна фізична активність характеризується зміцненням опорно-рухового апарату (ОРА), покращенням координації рухів та загального фізичного стану, тим самим мінімізуючи ризик травмувань[2].

Однією з найпоширеніших проблем, яка може призводити до погіршення стану здоров'я через відсутність регулярних занять або неправильне самостійне виконання фізичних вправ, є обмежений доступ до кваліфікованих фахівців з фізичної терапії. Це може бути пов'язано з фінансовими труднощами, оскільки регулярні заняття зі спеціалістом не завжди є фінансово-доступними для всіх, хто потребує терапії; часовими обмеженнями, зокрема через зайнятість на роботі або навчанні, а також географічними факторами, пов'язаними з відсутністю відповідних фахівців у невеликих населених пунктах чи селах. Крім того, важливу роль відіграють психологічні бар'єри, наприклад, відчуття дискомфорту під час занять з новим спеціалістом, небажання займатися у загальній залі «під пильним поглядом оточуючих», через що виникає потреба у заняттях у приватному просторі, а також складність у дотриманні регулярності занять[2].

Одним із способів задовольнити потребу таких людей у фізичній терапії, на нашу думку, є створення мобільних додатків. Наприклад, існує різноманіття

застосунків для домашніх тренувань, однак в ході аналізу, ми виявили, що порівняно із застосунками для домашніх тренувань, існує дефіцит додатків для фізичної терапії. Тому ми припускаємо, що мобільні застосунки, які будуть спеціально розроблені під окремі види фізичної терапії, будуть нагадувати про тренування в зазначений час, забезпечувати високий рівень персоналізації вправ під кожну людину та її потреби, відеоінструкції з правильною технікою виконання тих чи інших вправ з можливістю відслідковувати прогрес за допомогою різноманітних інструментів, а також список рекомендацій, який буде формуватися програмою в залежності від віку людини, рівня активності, обмежень, побажань тощо[4].

Тобто, такі додатки будуть не просто платформою, де можна подивитися: «як правильно виконати ту чи іншу вправу», а повноцінним цифровим інструментом для профілактики та терапії.

Використання таких додатків має низку переваг. В першу чергу це постійний доступ, оскільки потенційний користувач може відкрити мобільний застосунок в будь-який час і почати в зручному для себе місці виконувати фізичні вправи із інструкціями щодо їх правильного виконання[1]. Також перевагою є, як нами було зазначено вище, високий рівень індивідуалізації, що робить такі застосунки універсальним інструментом для людей із найрізноманітнішими потребами у фізичній терапії[4]. Крім того, такі додатки будуть сприяти підвищенню самоконтролю, дозволять відстежувати прогрес та допоможуть сформувати звичку регулярно займатися фізичною активністю.

Однак, ми вважаємо, що навіть ті мобільні додатки, які будуть мати значні обсяги інформації щодо фізичної терапії та детальні рекомендації з виконання вправ, не можуть повністю замінити кваліфікованого фахівця. Це пояснюється рядом факторів.

По-перше, жодна відеоінструкція, на відміну від фахівця, не здатна перевірити правильність виконання вправ та вчасно звернути увагу на можливі помилки.

По-друге, показники прогресу в мобільному додатку не завжди об’єктивно відображають реальний стан людини, оскільки неправильне виконання вправ може призводити до погіршення фізичного стану, в той час, як додаток буде показувати прогрес[3].

По-третє, у випадку будь-якої непередбачуваної ситуації або отримання травми мобільний додаток не здатен замінити фахівця, який знаходиться поруч із людиною та може своєчасно надати кваліфіковану допомогу при виникненні ускладнень або погіршенні фізичного стану[3].

Враховуючи ці три фактори, ми вважаємо, що додаток не може бути заміною фізичного терапевта, але при правильному використанні може стати корисним інструментом у фізичній терапії.

Висновок. Практична значущість мобільних застосунків у фізичній терапії полягає у можливості забезпечення безперервної підтримки людини під час виконання вправ у домашніх умовах. Такі додатки можуть використовуватися як допоміжний інструмент під час реабілітації після травм, оперативних втручань

або при хронічних порушеннях опорно-рухового апарату. Крім того, вони сприяють підвищенню мотивації до занять, оскільки користувач має можливість відстежувати власний прогрес та отримувати нагадування про необхідність виконання вправ.

Список літератури

1. Дуб, М. Я. М., Ніколенко, О. І., & Мезенцева, І. В. (2025). Ефективність телереабілітаії у фізичній терапії: можливості дистанційного відновлення після операцій та травм.
2. Засядьвовк, А. В. (2025). Фізична терапія при порушеннях постави із застосуванням засобів телереабілітації (Master's thesis, Дніпровський державний медичний університет, м. Дніпро, Україна).
3. Березуєва, Т. С. (2024). Здоров’язбереження та підвищення рівня рухової активності студентської молоді шляхом використання мобільних додатків.
4. Левков, А. А., & Міщенко, В. А. (2025). Маркетингові стратегії у сфері фізичної реабілітації: сучасні інструменти та практичні підходи (Doctoral dissertation, Національний університет" Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка").
5. Mobile Health Applications in Rehabilitation Practice // Journal of Rehabilitation Medicine. – 2023. – №15(2). – С. 45–53.

ОБМЕЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ У ЗИМОВИЙ ПЕРІОД НА ТЕРИТОРІЇ ЄВРОПЕЙСЬКИХ КРАЇН ІЗ СЕЗОННИМ КЛІМАТОМ

Ірійчук Борис Володимирович
Студент
Національний транспортний університет
Київ

Ульянова Валерія Сергіївна
Студентка
Національний транспортний університет
Київ

Анотація. У роботі розглянуто основні обмеження використання електромобілів у зимовий період на території європейських країн із сезонним кліматом. Проаналізовано вплив низьких температур на ефективність акумуляторних батарей, запас ходу транспортних засобів, швидкість заряджання та стабільність функціонування зарядної інфраструктури. Визначено ключові фактори, що знижують ефективність електротранспорту в зимових умовах, зокрема збільшення енергоспоживання на опалення салону, деградацію акумуляторів та сезонні пікові навантаження на енергомережу. Показано необхідність розвитку технологій терморегуляції батарей, удосконалення зарядної інфраструктури та адаптації транспортної логістики до сезонних кліматичних умов.

Ключові слова. Електромобіль, акумуляторна батарея, зимова експлуатація, зарядна інфраструктура, транспортна система, енергоефективність, сталий транспорт.

Введення. Європейські країни активно впроваджують електромобілі як інструмент зниження шкідливих викидів та переходу до сталого транспорту [1]. Однак експлуатація електротранспорту в умовах сезонного клімату супроводжується рядом технічних та організаційних проблем, які особливо проявляються у зимовий період. Низькі температури негативно впливають на роботу літій-іонних акумуляторів, знижують запас ходу транспортних засобів та збільшують навантаження на зарядну інфраструктуру. У зв’язку з цим виникає необхідність комплексного дослідження обмежень використання електромобілів у зимових умовах та пошуку шляхів підвищення ефективності їх експлуатації.

Мета та задачі дослідження. Метою дослідження є аналіз основних обмежень використання електромобілів у зимовий період у європейських країнах із сезонним кліматом та визначення напрямів підвищення ефективності їх функціонування [2]. Основними задачами є оцінювання впливу низьких

температур на акумуляторні системи, аналіз сезонних змін енергоспоживання електромобілів, дослідження проблем зарядної інфраструктури та визначення перспектив розвитку технологічних рішень для експлуатації електротранспорту в зимових умовах.

У ході дослідження проаналізовано вплив сезонних кліматичних умов на функціонування електромобілів у країнах Європи [3]. Встановлено, що при зниженні температури повітря ефективність літій-іонних батарей суттєво зменшується, що призводить до скорочення запасу ходу транспортних засобів у середньому на 20–40% [4]. Додаткове навантаження створює необхідність використання систем опалення салону, підігріву батареї та підтримання температурного режиму акумуляторних модулів.

Проаналізовано, що зимовий період також негативно впливає на швидкість заряджання електромобілів [5]. При низьких температурах час зарядки збільшується, а навантаження на зарядні станції та енергомережу зростає через сезонне підвищення споживання електроенергії. Особливо гостро ця проблема проявляється у країнах Північної та Центральної Європи, де температура взимку часто опускається нижче 0°C.

Визначено, що одним із ключових напрямів вирішення зазначених проблем є впровадження сучасних систем терморегуляції акумуляторів, розвиток швидкісної зарядної інфраструктури та інтеграція електромобілів у інтелектуальні енергетичні мережі [6]. Також важливим фактором є вдосконалення логістичного планування маршрутів з урахуванням сезонних кліматичних умов та доступності зарядних станцій.

Розраховано та проаналізовано, що використання енергоефективних систем підігріву, попереднього прогріву акумуляторів та інтелектуальних систем керування дозволяє частково компенсувати негативний вплив зимових температур і підвищити стабільність роботи електромобілів у холодний період року.

Висновки. У результаті дослідження визначено, що основними обмеженнями використання електромобілів у зимовий період є зниження ефективності акумуляторних батарей, скорочення запасу ходу, збільшення часу заряджання та підвищене навантаження на енергетичну інфраструктуру. Проаналізовано, що для забезпечення стабільного розвитку електротранспорту в країнах із сезонним кліматом необхідним є удосконалення зарядної інфраструктури, впровадження сучасних систем терморегуляції батарей та адаптація транспортної логістики до зимових умов експлуатації. Подальший розвиток інноваційних технологій дозволить підвищити надійність та ефективність використання електромобілів у холодний період року.

Список літератури

1. International Energy Agency. Global EV Outlook 2024. Paris: IEA, 2024. iea.org. URL: https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2024 (дата звернення: 14.08.2026).

2. European Environment Agency. Electric Vehicles in Europe. Copenhagen, 2023. eea.europa.eu. URL: https://www.eea.europa.eu/publications/electric-vehicles-from-life-cycle (дата звернення: 14.08.2026).

3. BloombergNEF. Electric Vehicle Market Trends 2024. London, 2024. about.bnef.com. URL: https://about.bnef.com/electric-vehicle-outlook/ (дата звернення: 14.08.2026).

4. Norwegian EV Association. Winter Testing of Electric Vehicles. Oslo, 2023. elbil.no. URL: https://elbil.no/english/norwegian-ev-association-winter-range-test/ (дата звернення: 14.08.2026).

5. Tesla Impact Report 2024. tesla.com. URL: https://www.tesla.com/impact-report/2024 (дата звернення: 14.08.2026).

6. International Council on Clean Transportation. Zero-Emission Vehicle Analysis, 2023. theicct.org. URL: https://theicct.org/topic/zev/ (дата звернення: 14.08.2026).

АЛЬТЕРНАТИВНИЙ СПОСІБ ВИВЕДЕННЯ АНАЛІТИЧНОГО ВИРАЗУ ФУНКЦІЇ РОЗПОДІЛУ ЗМІШАНОГО ЗАКОНУ ПЕРШОГО ТИПУ

Алєксєйчук Богдан Михайлович
аспірант
Одеський Національний Морський Університет

З метою запобігання навігаційної аварійності потрібен поточний контроль місця судна із регламентованою точністю, для чого використовуються лінії положення, випадкові похибки яких, як вважається, розподілені по нормальному закону. Однак, протягом останніх десятиліть опубліковано ряд робіт, в яких наголошується, що випадкові похибки навігаційних вимірювань мають розподіл відмінний від нормального закону.

В роботах [1,2] представлено аналіз статистичних матеріалів похибок вимірювань з якого видно, що їх розподіл вірогідності не відповідає нормальному закону.

Аналіз статистичних даних точності визначення місця судна системою GPS приведено в роботі [3], згідно якому закон розподілу похибок вимірювання широти та довготи не відповідає нормальному закону, що потребує необхідності використання інших законів розподілу.

Тому в разі перевірки статистичних гіпотез, в процесі якої визначається ступінь згоди статистичного матеріалу вибірки з вибраними законами розподілу вірогідності похибок крім нормального закону слід використовувати змішаний закон першого типу. Для цього необхідно застосування його функції розподілу.

В роботі [4] приведено аналітичний вираз функції розподілу $F_{kn}(x)$ змішаного закону першого типу, який має наступний вираз:

$$F_{kn}(x)=\frac{1}{2}+\frac{1}{\pi}arctg\frac{x}{\sqrt{2\alpha}}+\sum_{i=1}^{n}\frac{2^{n-i}\alpha^{(n-i)+\frac{1}{2}}(n-i)!}{\sqrt{2\pi}\ 1\cdot 3\cdot[2n-(2i-1)]}\frac{x}{(\frac{x^2}{2}+\alpha)^{n+1-i}},\ (n\le 6)$$

де α - масштабний параметр;

n – істотний параметр.

В цій роботі вказується, що приведений вираз отримано з допомогою рекурентної формули ітераційного інтегрування, але відсутній детальний хід її виведення. Тому в даній роботі пропонується альтернативний спосіб виведення аналітичного виразу функції розподілу змішаного закону першого типу шляхом операції диференціювання по масштабному параметру.

Так як базовою щільністю змішаного закону першого типу являється щільність закону розподілу Коші, то запишемо вираз для його функції розподілу $F_o(x,\alpha)$:

$$F_o(x,\alpha)=\int_{-\infty}^{x}\frac{\sqrt{\alpha}}{\sqrt{2}\pi}\frac{d\xi}{(\xi^2/2+\alpha)},\ \text{звідки}$$

$$\frac{\sqrt{2}\pi}{\sqrt{\alpha}}F_o(x,\alpha)=\int_{-\infty}^{x}\frac{d\xi}{(\xi^2/2+\alpha)}. \qquad (1)$$

Позначимо $A=\frac{\sqrt{2}\pi}{\sqrt{\alpha}}$ і обидві частини цієї рівності продиференціюємо по змінній α:

$$\frac{\partial}{\partial\alpha}[AF_o(x,\alpha)]=\int_{-\infty}^{x}\frac{\partial}{\partial\alpha}[\frac{1}{(\xi^2/2+\alpha)}]d\xi=-\int_{-\infty}^{x}\frac{1}{(\xi^2/2+\alpha)^2}d\xi\text{, або}$$

$$A^{(1)}F_o+AF_o{}^{(1)}=-\int_{-\infty}^{x}\frac{1}{(\xi^2/2+\alpha)^2}d\xi, \qquad (2)$$

де $A^{(1)}$ і $F_o{}^{(1)}$ відповідні перші похідні.

З іншого боку, перша похідна щільності розподілу закону Коші має вигляд:

$$f_1(x)=\frac{2\alpha^{\frac{3}{2}}}{\sqrt{2}\pi}\ \frac{1}{(x^2/2+\alpha)^2}.$$

Тому якщо обидві частини рівняння (1) помножити на $-\frac{2\alpha^{\frac{3}{2}}}{\sqrt{2}\pi}$, його права частина є функцією розподілу $F_{k1}(x,\alpha)$ змішаного закону першого типу з істотним параметром n=1:

$$-\frac{2\alpha^{\frac{3}{2}}}{\sqrt{2}\pi}[A^{(1)}F_o+AF_o{}^{(1)}]=\int_{-\infty}^{x}\frac{2\alpha^{\frac{3}{2}}}{\sqrt{2}\pi}\frac{1}{(\xi^2/2+\alpha)^2}d\xi=F_{k1}(x,\alpha)\text{, тобто}$$

$$F_{k1}(x,\alpha)=-\frac{2\alpha^{\frac{3}{2}}}{\sqrt{2}\pi}[A^{(1)}F_o+AF_o{}^{(1)}].$$

Знайдемо вирази для A, $A^{(1)}$, F_o і $F_o{}^{(1)}$. Очевидно, $A=\frac{\sqrt{2}\pi}{\sqrt{\alpha}}=\sqrt{2}\pi\alpha^{-\frac{1}{2}}$, тому:

$$A^{(1)}=\frac{\partial}{\partial\alpha}[A(\alpha)]=\sqrt{2}\pi(-\frac{1}{2}\alpha^{-\frac{3}{2}})=-\frac{\sqrt{2}\pi}{2}\alpha^{-\frac{3}{2}}.$$

В свою чергу:

$$F_o(x,\alpha)=\frac{\sqrt{\alpha}}{\sqrt{2}\pi}\int_{-\infty}^{x}\frac{d\xi}{(\frac{\xi^2}{2}+\alpha)}.$$

Зробимо заміну змінної $y=\frac{\xi}{\sqrt{2}}$, $d\xi=\sqrt{2}dy$ і отримаємо:

$$F_o(x,\alpha)=\frac{\sqrt{2\alpha}}{\sqrt{2}\pi}\int_{-\infty}^{\frac{x}{\sqrt{2}}}\frac{dy}{(y^2+\alpha)}=\frac{\sqrt{\alpha}}{\pi}\frac{1}{\sqrt{\alpha}}arctg\frac{y}{\sqrt{\alpha}}\Bigg|_{-\infty}^{\frac{x}{\sqrt{2}}}.$$

Підставляємо межі інтегрування:

$$F_o(x,\alpha)=\frac{1}{\pi}(arctg\frac{x}{\sqrt{2\alpha}}+\frac{\pi}{2}).$$

Остаточно вираз функції розподілу F_o має вигляд:

$$F_o=F_o(x,\alpha)=\frac{1}{2}+\frac{1}{\pi}arctg\frac{x}{\sqrt{2\alpha}}.$$

Отже,

$$F_o^{(1)}=\frac{\partial F_o}{\partial\alpha}=-\frac{x\alpha^{-\frac{3}{2}}}{2\sqrt{2}\pi(1+\frac{x^2}{2\alpha})}=-\frac{x\alpha^{-\frac{3}{2}}}{2\sqrt{2}\pi(\frac{\alpha}{\alpha}+\frac{x^2}{2\alpha})}=-\frac{x\alpha^{-\frac{1}{2}}}{2\sqrt{2}\pi(\alpha+\frac{x^2}{2})}.$$

Тому:

$$F_{k1}(x,\alpha)=-\frac{2\alpha^{\frac{3}{2}}}{\sqrt{2}\pi}[-\frac{\sqrt{2}\pi}{2}\alpha^{-\frac{3}{2}}F_o-\frac{\sqrt{2}\pi}{\sqrt{\alpha}}\frac{x\alpha^{-\frac{1}{2}}}{2\sqrt{2}\pi(\alpha+\frac{x^2}{2})}]=F_o+\frac{x\alpha^{\frac{1}{2}}}{\sqrt{2}\pi(\alpha+\frac{x^2}{2})},$$ або

остаточно:

$$F_{k1}(x,\alpha)=F_o+\frac{x\alpha^{\frac{1}{2}}}{\sqrt{2}\pi(\alpha+\frac{x^2}{2})}.$$

Для пошуку функції розподілу $F_{k2}(x,\alpha)$ змішаного закону першого типу з істотним параметром n=2 продиференціюємо вираз (2) по змінній α:

$$\frac{\partial}{\partial\alpha}[A^{(1)}F_o+AF_o^{(1)}]=-\int_{-\infty}^{x}\frac{\partial}{\partial\alpha}[\frac{1}{(\xi^2/2+\alpha)^2}]d\xi$$

$$A^{(2)}F_o+2A^{(1)}F_o^{(1)}+AF_o^{(2)}=\int_{-\infty}^{x}\frac{2}{(\xi^2/2+\alpha)^3}d\xi. \qquad (3)$$

Для суттєвого параметра n=2 щільність розподілу має вигляд:

$$f_2(x)=\frac{8\alpha^{\frac{5}{2}}}{\sqrt{2}\pi\ 3}\ \frac{1}{(x^2/2+\alpha)^3}.$$

Помножимо вираз (3) на $\frac{4\alpha^{\frac{5}{2}}}{3\sqrt{2}\pi}$:

$$\frac{4\alpha^{\frac{5}{2}}}{3\sqrt{2}\pi}[A^{(2)}F_o+2A^{(1)}F_o{}^{(1)}+AF_o{}^{(2)}]=\int\limits_{-\infty}^{x}\frac{4\alpha^{\frac{5}{2}}}{3\sqrt{2}\pi}\frac{2}{(\xi^2/2+\alpha)^3}d\xi.$$

Права частина рівняння є функцією розподілу $F_{k2}(x,\alpha)$ змішаного закону першого типу із суттєвим параметром n=2, тобто:

$$F_{k2}(x,\alpha)=\frac{4\alpha^{\frac{5}{2}}}{3\sqrt{2}\pi}[A^{(2)}F_o+2A^{(1)}F_o{}^{(1)}+AF_o{}^{(2)}].$$

Знайдемо вирази для $A^{(2)}$ і $F_o{}^{(2)}$:

$$A^{(2)}=\frac{\partial^2}{\partial\alpha^2}[A(\alpha)]=-\frac{\sqrt{2}\pi}{2}(-\frac{3}{2}\alpha^{-\frac{5}{2}})=\frac{\sqrt{2}\pi\cdot 3}{2^2}\alpha^{-\frac{5}{2}};$$

$$F_o{}^{(2)}=\frac{\partial}{\partial\alpha}F_o{}^{(1)}=\frac{\partial}{\partial\alpha}[-\frac{x\alpha^{-\frac{1}{2}}}{2\sqrt{2}\pi(\alpha+\frac{x^2}{2})}]=-\frac{x}{2\sqrt{2}\pi}\frac{\partial}{\partial\alpha}[\alpha^{-\frac{1}{2}}(\alpha+\frac{x^2}{2})^{-1}]=$$

$$=\frac{x}{2\sqrt{2}\pi}[\frac{1}{2}\alpha^{-\frac{3}{2}}(\alpha+\frac{x^2}{2})^{-1}+\alpha^{-\frac{1}{2}}(\alpha+\frac{x^2}{2})^{-2}].$$

Отже:

$$F_{k2}(x,\alpha)=\frac{4\alpha^{\frac{5}{2}}}{3\sqrt{2}\pi}[A^{(2)}F_o+2A^{(1)}F_o{}^{(1)}+AF_o{}^{(2)}]=\frac{4\alpha^{\frac{5}{2}}}{3\sqrt{2}\pi}\{\frac{\sqrt{2}\pi\cdot 3}{2^2}\alpha^{-\frac{5}{2}}F_o+$$

$$+2[-\frac{\sqrt{2}\pi}{2}\alpha^{-\frac{3}{2}}][-\frac{x\alpha^{-\frac{1}{2}}}{2\sqrt{2}\pi(\alpha+\frac{x^2}{2})}]+\frac{\sqrt{2}\pi}{\sqrt{\alpha}}\frac{x}{2\sqrt{2}\pi}[\frac{1}{2}\alpha^{-\frac{3}{2}}(\alpha+\frac{x^2}{2})^{-1}+\alpha^{-\frac{1}{2}}(\alpha+\frac{x^2}{2})^{-2}]\},$$

або

$$F_{k2}(x,\alpha)=F_o+\frac{4\alpha^{\frac{5}{2}}}{3\sqrt{2}\pi}[\frac{x\alpha^{-2}}{2(\alpha+\frac{x^2}{2})}+\frac{x\alpha^{-2}}{4(\alpha+\frac{x^2}{2})}+\frac{x\alpha^{-1}}{2(\alpha+\frac{x^2}{2})^2}],\text{ чи остаточно}$$

$$F_{k2}(x,\alpha)=F_o+\frac{x\alpha^{\frac{1}{2}}}{\sqrt{2}\pi(\alpha+\frac{x^2}{2})}+\frac{2\alpha^{\frac{3}{2}}x}{3\sqrt{2}\pi(x^2/2+\alpha)^2}=F_{k1}(x,\alpha)+\frac{2\alpha^{\frac{3}{2}}x}{3\sqrt{2}\pi(x^2/2+\alpha)^2}.$$

Узагальнюючи отримані результати, можна отримати n-ю похідну вихідного виразу (1):

$$\frac{\partial^n}{\partial\alpha^n}[AF_o(x,\alpha)]=\int_{-\infty}^{x}\frac{\partial^n}{\partial\alpha^n}[\frac{1}{(\xi^2/2+\alpha)}]d\xi=\int_{-\infty}^{x}\frac{(-1)^n n!}{(\xi^2/2+\alpha)^{n+1}}d\xi. \qquad (3)$$

Щільність розподілу $f_n(x)$ для суттєвого параметра n має вигляд:

$$f_n(x)=\frac{2^n\alpha^{n+\frac{1}{2}}n!}{\sqrt{2}\pi\ 1\cdot3\cdot\cdot(2n-1)}\ \frac{1}{(x^2/2+\alpha)^{n+1}}.$$

Позначимо $C(\alpha,n)=\frac{(-1)^n2^n\alpha^{n+\frac{1}{2}}}{\sqrt{2}\pi\ 1\cdot3\cdot\cdot(2n-1)}$, і помножимо рівняння (3) на $C(\alpha,n)$:

$$C(\alpha,n)\frac{\partial^n}{\partial\alpha^n}[AF_o(x,\alpha)]=\int_{-\infty}^{x}C(\alpha,n)\frac{(-1)^n n!}{(\xi^2/2+\alpha)^{n+1}}d\xi.$$

У правій частині останнього рівняння знаходиться вирази для функції розподілу $F_{kn}(x,\alpha)$ змішаного закону першого типу з істотним параметром n. Отже:

$$F_{kn}(x,\alpha)=C(\alpha,n)\frac{\partial^n}{\partial\alpha^n}[AF_o(x,\alpha)].$$

Звертаємо увагу, що:

$$\frac{\partial^n A}{\partial\alpha^n}=A^{(n)}=\frac{\partial^n}{\partial\alpha^n}(\sqrt{2}\pi\alpha^{-\frac{1}{2}})=(-1)^n\frac{\sqrt{2}\pi\ 1\cdot3\cdot\cdot(2n-1)}{2^n\alpha^{n+\frac{1}{2}}}, \text{ тому}$$

$$C(\alpha,n)=[A^{(n)}]^{-1}.$$

Отже:

$$F_{kn}(x,\alpha)=[A^{(n)}]^{-1}\frac{\partial^n}{\partial\alpha^n}[AF_o(x,\alpha)].$$

Знайдемо вираз функції розподілу $F_{k3}(x,\alpha)$ змішаного закону першого типу з істотним параметром n=3. Перш за все, знайдемо вираз для третьої похідної $F_o^{(3)}$:

$$F_o^{(3)}=\frac{\partial}{\partial\alpha}F_o^{(2)}=\frac{x}{2\sqrt{2}\pi}\frac{\partial}{\partial\alpha}[\frac{1}{2}\alpha^{-\frac{3}{2}}(\alpha+\frac{x^2}{2})^{-1}+\alpha^{-\frac{1}{2}}(\alpha+\frac{x^2}{2})^{-2}]=$$

$$= \frac{x}{2\sqrt{2\pi}}[-\frac{3}{4}\alpha^{-\frac{5}{2}}(\alpha+\frac{x^2}{2})^{-1} - \frac{1}{2}\alpha^{-\frac{3}{2}}(\alpha+\frac{x^2}{2})^{-2} - \frac{1}{2}\alpha^{-\frac{3}{2}}(\alpha+\frac{x^2}{2})^{-2} - 2\alpha^{-\frac{1}{2}}(\alpha+\frac{x^2}{2})^{-3}],$$

або остаточно:

$$F_o^{(3)} = \frac{x}{2\sqrt{2\pi}}[-\frac{3}{4}\alpha^{-\frac{5}{2}}(\alpha+\frac{x^2}{2})^{-1} - \alpha^{-\frac{3}{2}}(\alpha+\frac{x^2}{2})^{-2} - 2\alpha^{-\frac{1}{2}}(\alpha+\frac{x^2}{2})^{-3}.$$

Функція розподілу $F_{k3}(x,\alpha)$ визначається наступним чином:

$$F_{k3}(x,\alpha) = [A^{(3)}]^{-1}\frac{\partial}{\partial\alpha}[A^{(2)}F_o + 2A^{(1)}F_o^{(1)} + AF_o^{(2)}] =$$

$$= -\frac{8}{15\sqrt{2\pi}}\alpha^{\frac{7}{2}}\{A^{(3)}F_o + A^{(2)}F_o^{(1)} + 2[A^{(2)}F_o^{(1)} + A^{(1)}F_o^{(2)}] + A^{(1)}F_o^{(2)} + AF_o^{(3)}\} =$$

$$= -\frac{8}{15\sqrt{2\pi}}\alpha^{\frac{7}{2}}\{A^{(3)}F_o + 3A^{(2)}F_o^{(1)} + 3A^{(1)}F_o^{(2)} + AF_o^{(3)}\}, \text{ або}$$

$$F_{k3}(x,\alpha) = -\frac{8}{15\sqrt{2\pi}}\alpha^{\frac{7}{2}}\{-\frac{15\sqrt{2\pi}}{8}\alpha^{-\frac{7}{2}}F_o + 3\frac{1\cdot 3}{2^2}\sqrt{2\pi}\alpha^{-\frac{5}{2}}[-\frac{x\alpha^{-\frac{1}{2}}}{2\sqrt{2\pi}}(\alpha+\frac{x^2}{2})^{-1}] +$$

$$+ 3(-\frac{1}{2}\sqrt{2\pi}\alpha^{-\frac{3}{2}})\frac{x}{2\sqrt{2\pi}}[\frac{1}{2}\alpha^{-\frac{3}{2}}(\alpha+\frac{x^2}{2})^{-1} + \alpha^{-\frac{1}{2}}(\alpha+\frac{x^2}{2})^{-2}] +$$

$$+ \sqrt{2\pi}\alpha^{-\frac{1}{2}}\frac{x}{2\sqrt{2\pi}}[-\frac{3}{4}\alpha^{-\frac{5}{2}}(\alpha+\frac{x^2}{2})^{-1} - \alpha^{-\frac{3}{2}}(\alpha+\frac{x^2}{2})^{-2} - 2\alpha^{-\frac{1}{2}}(\alpha+\frac{x^2}{2})^{-3}\}.$$

Спростуючи останній вираз, одержимо:

$$F_{k3}(x,\alpha) = F_o + \frac{\alpha^{\frac{1}{2}}x}{\sqrt{2}\pi(x^2/2+\alpha)} + \frac{2\alpha^{\frac{3}{2}}x}{3\sqrt{2}\pi(x^2/2+\alpha)^2} + \frac{8\alpha^{\frac{5}{2}}x}{15\sqrt{2}\pi(x^2/2+\alpha)^3}.$$

Остаточно функція розподілу $F_{k3}(x,\alpha)$ має вигляд:

$$F_{k3}(x,\alpha) = F_{k2}(x,\alpha) + \frac{8\alpha^{\frac{5}{2}}x}{15\sqrt{2}\pi(x^2/2+\alpha)^3}.$$

Одержані вирази функцій розподілу $F_{k1}(x,\alpha)$, $F_{k2}(x,\alpha)$ і $F_{k3}(x,\alpha)$ співпадають із виразами, які приведені у роботі [5] і отриманні при застосуванні рекурентної формули.

На рис. 1 приведені графіки функцій розподілу $F_{k1}(x,\alpha)$, $F_{k2}(x,\alpha)$ і $F_{k3}(x,\alpha)$ в межах ±6 середнього квадратичного відхилення (с.к.в.) σ.

Для перевірки правильності одержаних виразів функції розподілу змішаного закону першого типу за допомогою чисельного інтегрування методом Сімпсона

розраховувалися значення:

$$F_k(x,\alpha) = \int_{-\infty}^{x} f_n(\xi)d\xi$$

для заданих значень x і для цих же значень розраховуються значення функцій розподілу $F_{kn}(x)$. Значення $F_k(x,\alpha)$ порівнюються з $F_{kn}(x)$, на підставі чого робиться висновок про коректність виразів для функцій розподілу $F_{kn}(x)$.

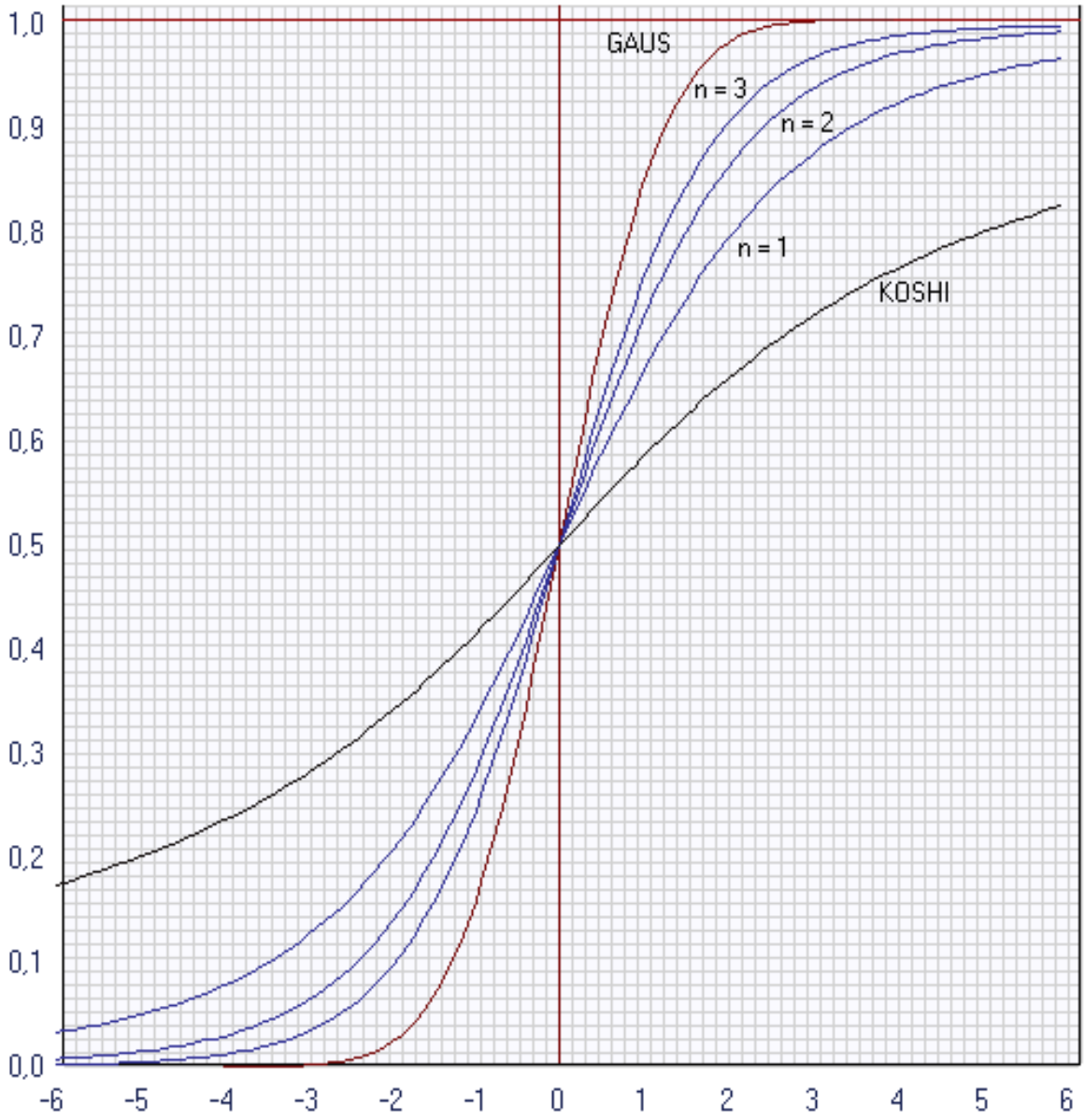


Рис. 1. Функції розподілу змішаного закону першого типу

Тому для змішаного закону першого типу, приймаючи α=6,7, а також n=1…3 розраховані значення функції розподілу $F_k(x,\alpha)$, які представлені на верхньому

рядку кожного значення n в межах від 0 до 6 с.к.в. σ, як показано в табл.1. У нижньому рядку кожного значення n розраховані значення $F_{kn}(x)$.

Аналіз табл.1 показує, що результати чисельного інтегрування співпадають з результатами розрахунку відповідних функцій розподілу до п'ятого знаку після коми при σ>0. Дана обставина підтверджує коректність одержаного виразу для функції розподілу змішаного закону розподілу першого типу.

Таблиця 1. Результати перевірки коректності виразу функції розподілу $F_{kn}(x)$

n\σ	0	1	2	3	4	5	6
1	0,50058 0,5	0,66580 0,66580	0,79310 0,79310	0,87458 0,87458	0,92262 0,92262	0,95056 0,95056	0,96715 0,96715
2	0,50078 0,5	0,71600 0,71600	0,86186 0,86186	0,93682 0,93682	0,97079 0,97079	0,98585 0,98585	0,99274 0,99274
3	0,50093 0,5	0,75337 0,75337	0,90422 0,90422	0,96660 0,96660	0,98836 0,98836	0,99571 0,99571	0,99829 0,99829

Таким чином, альтернативний спосіб забезпечує виведення виразу для функції розподілу змішаного закону розподілу першого типу, коректність якого підтверджена комп'ютерним розрахунком.

Список літератури

1. Luis Monteiro, "What is the accuracy of DGPS?", *J. Navig.* vol. 58, no. 2, pp. 207-225, 2005.

2. D. A. Hsu, "Long-tailed distributions for position errors in navigation", *Journal of the Royal Statistical Society.* 1979, pp. 62-72.

3. D. A. Hsu, "An analysis of error distribution in navigation", *The Journal of Navigation*, Vol. 32, no. 3. pp. 426 - 429, 2003.

4. Д.В Астайкин., В.Е Сикирин., И.И Ворохобин. и Б.М Алексейчук, *Оценка точности координат судна при избыточных измерениях*, Saarbrucken, Deutschland:: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2017.

5. Б. Алєксєйчук, "Функції розподілу вірогідностей змішаних законів і їх використання", In XV International Scientific and Practical Conference "Transformations of education in the era of modern technologies", Krakow, Poland, 14-17 April, 2026, DOI: 10.46299/ISG.2026.1.15, pp. 156-164.

The authors of the XX International Scientific and Practical Conference «Transforming scientific research and education through modern technologies» were representatives of the following educational institutions:

Central Ukrainian National Technical University; Sumy National Agrarian University; H. S. Skovoroda Kharkiv National Pedagogical University; National University "Kyiv Aviation Institute"; I. P. Kotlyarevsky Kharkiv National University of Arts; National University "Odesa Maritime Academy"; National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"; Azerbaijan State Oil and Industry University; Kharkiv National University of Radio Electronics; Vinnytsia National Technical University; College of Industry and Technology; V. N. Karazin Kharkiv National University; Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University; National Transport University; State Research Institute of Informatization and Economic Modeling; Taras Shevchenko National University of Kyiv; State University of Trade and Economics; National University of Water and Environmental Engineering; Institute of General Energy of the National Academy of Sciences of Ukraine; Karaganda University of Kazpotrebsoyuz; Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas; Donetsk National Medical University; M. I. Pirogov Vinnytsia National Medical University; Konstantin Preslavsky University of Shumen; Ivan Franko Zhytomyr State University; National University of Food Technologies; Lviv Polytechnic National University; Ukrainian Research Institute of Special Equipment and Forensic Expertise of the Security Service of Ukraine; Polissia National University; Interregional Academy of Personnel Management; Izmail State University of Humanities; Prydniprovsk Scientific Center of the National Academy of Sciences of Ukraine and the Ministry of Education and Science of Ukraine; Sumy State University; O. O. Bohomolets National Medical University; Ivano-Frankivsk National Medical University; Kharkiv National Medical University; Kazakh National Women's Teacher Training University; Turan University; University of Florence; Odesa National Medical University; Volodymyr Vynnychenko Central Ukrainian State University; Podillia State University; Private Higher Educational Institution "European University"; National University of Civil Defense of Ukraine; National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute" and others.

TRANSFORMING SCIENTIFIC RESEARCH AND EDUCATION THROUGH MODERN TECHNOLOGIES

Scientific publications

Proceedings of the XX International Scientific and Practical Conference
«Transforming scientific research and education through modern technologies»,
Oslo, Norway. 358 p.
(May 19-22, 2026)

UDC 01.1
ISBN – 979-8-90214-544-8
DOI – 10.46299/ISG.2026.1.20

Text Copyright © 2026 by the International Science Group (isg-konf.com).
Illustrations © 2026 by the International Science Group.
Cover design: International Science Group (isg-konf.com)©
Cover art: International Science Group (isg-konf.com)©

All rights reserved. Printed in the United States of America.
No part of this publication may be reproduced, distributed, or transmitted, in any form or by any means, or stored in a data base or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

The content and reliability of the articles are the responsibility of the authors. When using and borrowing materials reference to the publication is required. Collection of scientific articles published is the scientific and practical publication, which contains scientific articles of students, graduate students, Candidates and Doctors of Sciences, research workers and practitioners from Europe, Ukraine and from neighboring countries and beyond. The articles contain the study, reflecting the processes and changes in the structure of modern science. The collection of scientific articles is for students, postgraduate students, doctoral candidates, teachers, researchers, practitioners and people interested in the trends of modern science development.

The recommended citation for this publication is: Bazarbayeva G.S., Abisheva O.T. The aesthetic role of innovative materials and structures in modern minimalist architecture. Proceedings of the XX International Scientific and Practical Conference. Oslo, Norway. 2026. Pp. 20-25 URL: https://isg-konf.com/transforming-scientific-research-and-education-through-modern-technologies/