ISSN: 2336-3630

STŘEDOEVROPSKÝ VĚSTNÍK PRO VĚDU A VÝZKUM

Vol. 3. № 6. 2026



Licencováno pod veřejnou mezinárodní licencí Creative Commons Attribution 4.0 (CC BY 4.0)

STREDOEVROPSKY VESTNiK

PRO VEDU A VYZKUM

Vol. 3. № 6. 2026

Praha, České republika 2026

Multidisciplinární mezinárodní vědecký magazín “**Stredoevropsky vestnik pro vedu a vyzkum**” je registrován v České republice. Státní registrační číslo u Ministerstva kultury ČR: E 21425. Vol. 3. № 6. 2026. str. 336.

Vydavatel:

Publishing house Education and Science s.r.o. IČO : 271 56 877.
Frýdlanská 15/1314 , Praha 8. MS v Praze , oddíl C,vložka 100614

Editorial Board:

Editor-in-Chief –

Datsii O.I., Doctor of Economics, Professor, Honored Worker of Education of Ukraine, President of the PO "Association of Scientists of Ukraine", Kyiv, Ukraine

Deputy Editor-in-Chief –

Ekimov S.V., Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Director of Publishing House Education and Science, Prague, Czech Republic

Romanenko E.O., Doctor of Public Administration, Professor, Honored Lawyer of Ukraine, President of the public scientific organization “All-Ukrainian Assembly of Doctors of Public Administration”, Kyiv, Ukraine

Editorial Board Members:

Shpachuk V.V., Doctor of Public Administration, Professor, Visiting Professor Newcastle University Business School, Newcastle, UK

Levchenko N.M., Doctor of Public Administration, Professor, Research scientist Berlin University of Economics and Law, Berlin, Germany

Khraschevskyi R.V., Doctor of Technical Sciences, Professor, Kyiv, Ukraine

Mykolayets D.A., Doctor of Laws, Professor, Kyiv, Ukraine

Ulyanchenko Yu.O., Doctor of Public Administration, Associate Professor, Kyiv, Ukraine

Blyznyuk A.S., Doctor of Public Administration, Professor, Kyiv, Ukraine

Kartashov E.G., Doctor of Public Administration, Professor, Kyiv, Ukraine

Články jsou vyvěšeny v redakci autora. Za obsah a pravopis zaslaných materiálů odpovídají autoři

© Publishing house Education and Science s.r.o., Česká republika, 2026
© Public Organization "Association of Scientists of Ukraine", Ukraine, 2026
© autoři článků, 2026

CONTENT

Барбаш Євгеній

ВИКОРИСТАННЯ ШІ В УНІВЕРСИТЕТАХ НІМЕЧЧИНИ: ЕТИЧНИЙ, НАУКОВИЙ, ІННОВАЦІЙНИЙ ПІДХОДИ 6

Chykalova Maryna

DEVELOPING CRITICAL THINKING THROUGH ENGLISH LANGUAGE EDUCATION IN DIGITAL AND MULTICULTURAL LEARNING ENVIRONMENTS: BRIDGING SPECIALIZED SECONDARY SCHOOL AND UNIVERSITY EDUCATION IN THE UKRAINIAN WARTIME AND POST-WAR CONTEXT 25

Dolia Anna

THE DOLIA METHOD: A SEQUENTIAL MULTIMODAL APPROACH TO NON-INVASIVE BODY CONTOURING 39

Ihnatiev Oleksandr, Savielieva Oksana

STRUCTURAL ANALYSIS AND DEVELOPMENT TRENDS OF DRAG CHAIN CONVEYORS USED IN THE AGRO-INDUSTRIAL SECTOR 68

Kholod Mariia

FROM FIELDWORK TO FRAMEWORK: TEACHING BIDIRECTIONAL TRANSLATION IN GEODESY AND CADASTRE 86

Kmin Anastasiia

ORAL HISTORY AS A TOOL FOR SHAPING AND INVESTIGATING COLLECTIVE MEMORY NARRATIVES 107

Комашко Володимир, Кравченко Сергій
УДОСКОНАЛЕННЯ КРИМІНАЛЬНОЇ ВІДПОВІДАЛЬНОСТІ ЗА ПРОПОЗИЦІЮ АБО ОБІЦЯНКУ НЕПРАВОМІРНОЇ ВИГОДИ СЛУЖБОВІЙ ОСОБІ, ЯКА ЗАЙМАЄ ВІДПОВІДАЛЬНЕ АБО ОСОБЛИВО ВІДПОВІДАЛЬНЕ СТАНОВИЩЕ 120
Квашук Дмитро
BIG DATA В АНАЛІЗІ ПОПИТУ ТА ЦІНОУТВОРЕННІ 140
Момот Марина
ОСОБЛИВОСТІ ПСИХОСОМАТИЧНИХ ПРОЯВІВ СТРЕСУ У НАСЕЛЕННЯ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ 161
Непомняща Галина
ПІДГОТОВКА МАЙБУТНЬОГО ВЧИТЕЛЯ ДО ВИКОРИСТАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ПРОЦЕСІ НАВЧАННЯ МАТЕМАТИКИ ЗДОБУВАЧІВ ПОЧАТКОВОЇ ОСВІТИ 179
Shtefan Nataliia
A MOBILE APPLICATION WITH GAME MECHANICS FOR MONITORING PET CARE 197
Shtefan Nataliia
INTELLIGENT TEACHER ASSISTANT FOR AN EDUCATIONAL PLATFORM 210
Стефанишин Оксана
СУПЕРЕЧНОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ КОНЦЕПЦІЇ СТАЛОГО РОЗВИТКУ НА МАКРО- ТА МІКРОРІВНІ ЕКОНОМІЧНОЇ СИСТЕМИ 222

Киян Володимир, Гунько Катерина

ОКРЕМІ ПИТАННЯ РОЗГЛЯДУ ЦИВІЛЬНИХ СПРАВ ЗА УЧАСТЮ ВІЙСКОВОСЛУЖБОВЦІВ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ 239

Zahoruiko Valerii

STATE-ADMINISTRATION MECHANISMS FOR ENSURING THE SECURITY OF THE DIGITAL SPACE OF UKRAINE: MODEL AND INSTRUMENTS 251

Демчук Людмила, Кірейцева Ганна, Нонік Людмила, Войналович Ірина, Хоменко Світлана, Русецька Наталя

МІЖНАРОДНІ СТАНДАРТИ ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ ТА МЕХАНІЗМИ ВІДПОВІДАЛЬНОСТІ ЗА ТРАНСКОРДОННЕ ЗАБРУДНЕННЯ 267

Kashchuk Mariia

SOCIAL MECHANISMS FOR IMPROVING THE QUALITY OF LIFE OF THE POPULATION IN THE SYSTEM OF PUBLIC ADMINISTRATION AT THE REGIONAL LEVEL: MODEL AND INSTRUMENTS 289

Овсянко Дмитро

ВИКОРИСТАННЯ ГЛИБОКИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ АНОМАЛЬНОЇ МЕРЕЖЕВОЇ АКТИВНОСТІ В РЕЖИМІ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ 305

Slipchuk Yuriy

PEOPLE-CENTRED INTEROPERABILITY OF E-GOVERNANCE AS AN INSTRUMENT FOR IMPLEMENTING GOOD GOVERNANCE IN UKRAINE 321

Барбаш Євгеній, аспірант кафедри педагогіки і методики викладання історії та суспільних дисциплін Національного університету «Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка, (Чернігів, Україна), https://orcid.org/0009-0005-2622-5202

Barbash Yevgenii, Postgraduate of the Department of Pedagogy and Methods of Teaching History and Social Disciplines, T.H.Shevchenko National University «Chernihiv Colehium» (Chernihiv, Ukraine), https://orcid.org/0009-0005-2622-5202

ВИКОРИСТАННЯ ШІ В УНІВЕРСИТЕТАХ НІМЕЧЧИНИ: ЕТИЧНИЙ, НАУКОВИЙ, ІННОВАЦІЙНИЙ ПІДХОДИ

THE USE OF SHI IN GERMAN UNIVERSITIES: ETHICAL, SCIENTIFIC, INNOVATIVE APPROACHES

Анотація

У статті проаналізовано особливості використання штучного інтелекту (ШІ) в освітньому процесі провідних університетів Федеративної Республіки Німеччина. В ході аналізу освітньої діяльності Університету Європи прикладних наук, Технічного університету Мюнхена, Мюнхенського університету Людвіга — Максиміліана визначено характерні для цих університетів аспекти застосування технологій ШІ відповідно до міжнародних стандартів та критеріїв академічної доброчесності. Зокрема, акцентовано увагу на розробці й ефективному застосуванні університетами внутрішніх етичних кодексів, що ґрунтуються на дотриманні принципів підзвітності, прозорості, справедливості і конфіденційності.

Підкреслюється, що заклади вищої освіти Німеччини активно впроваджують технології та окремі інструменти ШІ в освітню та наукову діяльність, а також використовують їх для підвищення ефективності адміністративного управління та оптимізації інфраструктури університетів.

Наприклад, в Університеті Європи прикладних наук накопичено значний досвід застосування VR- та AR-технологій в ході реалізації освітніх програм, пов'язаних з дизайном, інженерією та бізнес-аналітикою. Також з допомогою інструментів ШІ здійснюється адаптація навчальних матеріалів під індивідуальні потреби здобувачів та надається допомога у моделюванні складних економічних процесів та прийнятті ефективних рішень. У Технічному університеті Мюнхена активно використовується Artemis – унікальна інтерактивна платформа відкритого типу. З її допомогою здійснюється автоматизоване оцінювання знань і навичок здобувачів низки технічних освітніх програм, генерація тестових завдань, відслідковування зворотного зв'язку тощо. В Мюнхенському університеті Людвіга — Максиміліана, який вважається найстарішим закладом вищої освіти Баварії, також активно застосовуються технології ШІ. Завдяки діяльності AI-HUB@LMU, Munich Center for Machine Learning та численним міждисциплінарним проєктам університет активно впроваджує ШІ у фундаментальні та прикладні дослідження. Особливу увагу приділено не лише технологічним інноваціям, а й етичним, соціальним та правовим аспектам використання штучного інтелекту. Такий комплексний підхід дозволяє LMU формувати майбутнє відповідального та ефективного використання ШІ в науці, освіті та суспільстві.

Ключові слова: штучний інтелект, вища освіта, університети Німеччини, цифрова трансформація освіти, етика штучного інтелекту, AI literacy, освітні технології, академічна доброчесність.

Abstract

The article analyzes the specific features of the use of Artificial Intelligence (AI) in the educational processes of leading universities in the Federal Republic of Germany. Based on an examination of the educational activities of the University of Europe for Applied Sciences, the Technical University of Munich, and Ludwig Maximilian University of Munich, the study identifies key aspects of AI implementation at these institutions in accordance with international standards and the principles of academic integrity. Particular attention is paid to the development and effective application of internal ethical codes that are grounded in the principles of accountability, transparency, fairness, and privacy.

The study emphasizes that German higher education institutions are actively integrating AI technologies and tools into educational and research activities, while also employing them to enhance administrative efficiency and optimize university infrastructure.

For example, the University of Europe for Applied Sciences has accumulated substantial experience in applying VR and AR technologies within educational programs related to design, engineering, and business analytics. AI tools are also used to adapt learning materials to the individual needs of students and to support the modeling of complex economic processes and informed decision-making.

At the Technical University of Munich, Artemis, a unique open interactive platform, is widely utilized. The platform enables automated assessment of students' knowledge and skills in various technical programs, generation of test assignments, monitoring of feedback, and other educational functions.

Ludwig Maximilian University of Munich, considered the oldest higher education institution in Bavaria, also actively employs AI technologies. Through the activities of AI-HUB@LMU, the Munich Center for Machine Learning, and

numerous interdisciplinary projects, the university actively integrates AI into both fundamental and applied research. Special attention is devoted not only to technological innovation but also to the ethical, social, and legal dimensions of artificial intelligence. This comprehensive approach enables LMU to shape the future of responsible and effective AI use in science, education, and society.

Keywords: artificial intelligence, higher education, German universities, digital transformation of education, AI ethics, AI literacy, educational technologies, academic integrity.

Постановка проблеми. Штучний інтелект (ШІ) стає невід'ємною частиною сучасного суспільства, впливаючи на різні сфери життя, включаючи освіту, науку та управління. Університети Німеччини активно впроваджують ШІ у свою діяльність, приділяючи особливу увагу етичним аспектам його використання. Цей підхід спрямований на забезпечення відповідального та прозорого використання технологій ШІ, що відповідає європейським та міжнародним стандартам.

Європейська Комісія у 2019 році опублікувала Етичні настанови для надійного ШІ, що визначають 7 ключових вимог до ШІ-систем, включаючи підзвітність, прозорість, відсутність дискримінаційності і повагу до людської автономії. Університети ЄС, особливо в Німеччині, Нідерландах та Швеції, дедалі частіше узгоджують свої внутрішні політики з цими рамками.

У 2020 році Німеччина опублікувала перше видання «Німецької дорожньої карти стандартизації для штучного інтелекту» (NRM KI), яка визначає вимоги до майбутніх регламентів та стандартів у контексті ШІ. Цей документ спрямований на зміцнення німецької економіки та науки в міжнародній конкуренції в галузі ШІ та створення сприятливих умов для інновацій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження особливостей використання ШІ в університетах Німеччини здійснювалося в контексті порівняльно-педагогічних підходів (І. Драч, О. Петроє, О. Бородієнко, І. Регейло, О. Базелюк, Н. Базелюк, О. Слободянюк та інші). Етичний, науковий, інноваційний підходи використання ШІ аналізувалися на основі наукових публікацій українських учених у галузі вищої освіти (С. Петрова, А. Алексюк, С. Тодорова, Ю. Мельник, Г. Шевченко, В. Майборода, А. Максименко, Т. Морозова, Г. Пономарьова та інші), інноваційної та професійної педагогіки (М. Мухацький, Н. Носовець, В. Ребенок, С. Стрілець, Н. Тверезовська, Т. Янченко та інші).

Метою статті є дослідження сучасних практик використання штучного інтелекту в університетах Федеративної Республіки Німеччина, оцінка їх відповідності етичним стандартам, а також виявлення інноваційних підходів до впровадження ШІ в систему вищої освіти.

Виклад основного матеріалу дослідження. Університети по всьому світу дедалі активніше впроваджують етичні кодекси та нормативні рамки для регулювання процесів розробки та використання штучного інтелекту (ШІ) у своїй діяльності. На глобальному рівні, такі установи, як Гарвард, MIT, Оксфорд та Стенфорд, впроваджують етичні курси у свої технічні програми, створюють спеціалізовані центри (наприклад, Stanford HAI) і беруть участь у формуванні міжнародних рекомендацій для розвитку етичного ШІ. Ці заходи мають на меті забезпечити відповідальне використання технологій ШІ в дослідженнях, освіті та адмініструванні. У центрі цих нормативів лежить прагнення дотримання таких цінностей, як прозорість, справедливість, конфіденційність і підзвітність.

Одним з ключових аспектів етичних кодексів є зобов’язання щодо прозорості. Системи ШІ, що застосовуються в університетському середовищі — чи то в дослідженнях, чи у взаємодії зі студентами, — мають

бути зрозумілими та такими, що піддаються поясненню [1]. Це включає чітке інформування про мету, алгоритмічну логіку та можливі наслідки використання ШІ. Разом із цим, установи прагнуть забезпечити справедливість шляхом розробки та застосування інструментів ШІ без упереджень і з урахуванням інклюзивності.

Захист даних є ще одним важливим принципом, оскільки університети обробляють чутливу інформацію про студентів, співробітників та учасників досліджень. Тому впроваджуються надійні заходи для забезпечення конфіденційності та безпеки даних. Наприклад, використання диференційної приватності або обмеження доступу до даних через багаторівневу аутентифікацію вже стало нормою в багатьох провідних закладах вищої освіти.

Підзвітність є центральною складовою цих етичних принципів. Від розробників і користувачів систем ШІ вимагається відповідальність за результати, які вони генерують [2]. У тісному зв’язку з цим знаходиться і акцент на безпеку та технічну надійність: системи ШІ повинні працювати стабільно та захищено у різних сферах застосування. Крім того, університети наголошують на важливості людського контролю: ШІ повинен доповнювати, а не замінювати прийняття рішень людиною — принаймні не без її чіткого розуміння та згоди.

В академічному середовищі ШІ інтегрується у різні напрямки. У дослідницькій діяльності етичні міркування починаються вже на етапі рецензування й поширюються на практики, що сприяють відкритості й доброчесності, наприклад, прозорі методології, відкриті дані, відповідальне управління моделями ШІ. В освітньому процесі інструменти ШІ використовуються для оцінювання, генерації навчального контенту або в якості інтелектуальних помічників, однак їхнє застосування має бути справедливим і не порушувати академічну доброчесність або автономію

студента. У сфері адміністрування, наприклад, у процесах прийому або надання послуг, ШІ також повинен бути прозорим та обґрунтованим, щоб зберегти довіру користувачів.

Для підтримки цих етичних стандартів багато університетів створюють внутрішні комітети з етики ШІ або інші дорадчі органи. Їхнім завданням є контроль за відповідальним використанням ШІ та надання рекомендацій щодо нових викликів. Також розробляються офіційні дорожні карти, проводяться інформаційні кампанії та навчальні заходи з питань етики. Усе частіше впроваджуються й механізми аудиту, які дозволяють оцінювати вплив і ефективність систем ШІ протягом певного періоду часу.

University of Europe for Applied Sciences (UE)

Університет Європи прикладних наук (UE) орієнтований на прикладну освіту та сучасні технології. Попри відсутність оприлюдненого окремого етичного кодексу ШІ, сам зміст навчання UE демонструє зацікавленість в етичній, міждисциплінарній інтеграції ШІ у творчі професії [3,4].

UE – це приватний комерційний заклад у Німеччині, заснований у 2017 році в результаті злиття Business and Information Technology School (BiTS) та Berliner Technische Kunsthochschule (BTK) [5]. UE має кампуси в Ізерлоні, Берліні, Потсдамі, Гамбурзі та Дубаї, а його адміністративний центр розташований в Ізерлоні.

UE пропонує широкий спектр бакалаврських і магістерських програм у різних дисциплінах, включаючи бізнес, технології та дизайн. Берлінський кампус відомий своєю орієнтацією на творчі та технологічні дослідження. Студенти мають доступ до динамічного культурного середовища та безлічі професійних можливостей. Кампус оснащений сучасними технологічними засобами, включаючи великі фото- та радіостудії, студії з зеленим екраном та анімації, майстерню для стартапів та різні зони для навчання.

UE активно впроваджує цифрові технології в освітній процес, створюючи сучасне навчальне середовище, яке сприяє розвитку практичних навичок студентів. Використання інтерактивних навчальних платформ, віртуальних лабораторій і програмного забезпечення на основі штучного інтелекту забезпечує ефективне навчання. Наприклад, університет використовує VR- та AR-технології для візуалізації складних процесів, що особливо корисно у дизайні, інженерії та бізнес-аналітиці.

UE також інтегрує штучний інтелект у навчальні програми, допомагаючи студентам опановувати сучасні цифрові інструменти. Деякі з основних елементів програм включають:

- Інтерактивні системи на основі штучного інтелекту, що аналізують стиль навчання студентів і адаптують матеріали під їхні індивідуальні потреби.
- Використання алгоритмів AI у креативних процесах, зокрема у графічному дизайні, анімації та створенні мультимедійного контенту.
- Застосування AI-аналітики для досліджень та бізнес-стратегій, що допомагає студентам моделювати складні економічні процеси та приймати ефективні рішення.

Однією з інноваційних магістерських програм UE є Магістр мистецтв у сфері генеративного дизайну та штучного інтелекту (Generative Design & Artificial Intelligence). Ця програма покликана надати студентам навички та знання для використання штучного інтелекту у створенні динамічних та адаптивних дизайнерських рішень. Навчальна програма інтегрує принципи дизайну, комп'ютерних наук та штучного інтелекту, сприяючи міждисциплінарному підходу до вирішення завдань. Студенти працюють над практичними проєктами, що досліджують взаємодію людської креативності та машинного навчання, готуючи їх до кар'єри в галузі дизайну та технологій.

Програма Generative Design & AI у UE поєднує теоретичне розуміння та практичне застосування. Курси охоплюють теми, пов'язані з алгоритмами машинного навчання, обчислювальною креативністю та процесами дизайну на основі даних. Співпраця з галузевими партнерами та участь у реальних проєктах є невід'ємною частиною навчання, що забезпечує випускникам необхідні навички для роботи в умовах динамічного середовища штучного інтелекту та дизайну.

Програма Generative Design & AI має гнучку структуру та пропонує два варіанти опанування: стандартний (120 ECTS кредитів) та швидкий (60 або 90 ECTS кредитів). Ключовою особливості стандартного варіанту є практично орієнтований проєкт, який може поєднувати в собі кілька освітніх програм. Також більше часу виділяється на тези та семінари, що дозволяє глибше розкрити тему роботи.

Вступити на програму можуть студенти з різних сфер, але найбільше вона підходить для тих, хто має досвід у цифровому дизайні. Хоча знання програмування є перевагою, вони не є обов'язковими для вступу. Кандидатам рекомендується подавати резюме із зазначенням освіти та професійного досвіду.

Випускники програми Generative Design & AI можуть працювати у сферах створення цифрового контенту для соціальних медіа, моди, реклами, спорту та розваг, а також у розробці цифрових продуктів для охорони здоров'я, добробуту та роздрібної торгівлі. Кар'єрні можливості включають роботу в інноваційних стартапах, дизайнерських студіях, технологічних компаніях та мистецьких інституціях.

Університет Європи прикладних наук є новаторським навчальним закладом, який поєднує традиційні академічні дисципліни з новітніми технологіями. Його програма Generative Design & AI є прикладом прагнення

університету готувати студентів до викликів та можливостей, які виникають на перетині дизайну та штучного інтелекту.

Technical University of Munich (TUM)

Технічний університет Мюнхена (TUM) створив Institute for Ethics in Artificial Intelligence (IEAI) — платформу для дослідження та регулювання впливу ШІ на суспільство [6]. IEAI проводить прикладні дослідження етики ШІ в таких сферах, як медицина, мобільність, публічне управління. Крім того, університет регулярно оновлює етичні керівництва для науковців і студентів щодо використання алгоритмів у дослідженнях та викладанні.

TUM розглядає штучний інтелект не лише як напрям наукових досліджень, але й як інструмент освітньої діяльності, засіб оптимізації адміністративних процесів, стратегічну ініціативу трансформації університету, а також етичний і управлінський виклик, що потребує формалізованого нормативного регулювання [7].

У 2025 році Technical University of Munich запровадив комплексну загальноуніверситетську стратегію розвитку та впровадження технологій штучного інтелекту, яка охоплює освітню діяльність, наукові дослідження, адміністративне управління, етичні аспекти та операційну інфраструктуру університету.

Відповідно до офіційної позиції університету, дана стратегія передбачає: інтеграцію ШІ в навчальні плани, створення освітніх середовищ із підтримкою штучного інтелекту, автоматизацію адміністративних процесів, розвиток наукових досліджень у сфері ШІ, дотримання принципів етичної прозорості та відповідального використання технологій.

Керівництво університету прямо визначає штучний інтелект як трансформаційну технологію, інтеграція якої має здійснюватися «відповідально» в усіх сферах функціонування університету.

Одним із найбільш показових прикладів реалізації цієї стратегії є платформа Artemis, яка вважається однією з найважливіших і технічно найскладніших освітніх платформ, створених у системі вищої освіти Німеччини, особливо у сфері масштабованої IT-освіти та навчання з підтримкою штучного інтелекту.

Artemis є інтерактивною платформою відкритого типу, розробленою в Technical University of Munich для забезпечення великомасштабного цифрового навчання, насамперед у таких галузях:

- комп'ютерні науки;
- програмна інженерія;
- навчання програмуванню;
- технічні дисципліни;
- освітні середовища з інтеграцією ШІ.

Первинною метою створення системи було вирішення однієї з ключових проблем німецьких технічних університетів — забезпечення персоналізованого оцінювання та зворотного зв'язку для тисяч студентів у межах великих технічних курсів.

Платформа Artemis використовується для автоматизованого оцінювання програмного коду, генерації тестових завдань із використанням ШІ, проведення онлайн-вправ, організації систем зворотного зв'язку, реалізації цифрових іспитів та оцінювання.

Система активно застосовується в освітньому процесі з комп'ютерних наук та інженерії. Інструменти штучного інтелекту в TUM використовуються з метою персоналізації навчального процесу, пришвидшення надання зворотного зв'язку студентам, підтримки самостійного та адаптивного навчання, супроводу масштабних технічних курсів.

Подібний підхід відображає ширшу тенденцію в німецькій системі вищої освіти щодо формування так званих «освітніх середовищ, посилених штучним інтелектом».

Technical University of Munich дедалі активніше розвиває компетентності у сфері ШІ не лише серед студентів комп'ютерних спеціальностей, але й у галузях соціальних наук, економіки, державного управління, інженерії, медицини, архітектури, менеджменту.

З цією метою університетом було створено програму TUM AI Competence Program — сертифікаційну програму, що надає студентам магістерського рівня різних спеціальностей можливість отримати структуровані компетентності у сфері штучного інтелекту.

Програма акцентує увагу на міждисциплінарному розумінні ШІ, відповідальному використанні технологій, суспільних наслідках впровадження ШІ та практичних навичках застосування систем штучного інтелекту.

Важливість даного напряму пояснюється тим, що німецькі університети дедалі частіше розглядають AI literacy (компетентність у сфері штучного інтелекту) як невід'ємний компонент сучасної цифрової грамотності.

Стратегія TUM у сфері штучного інтелекту прямо охоплює адміністративну та операційну діяльність університету. Серед основних напрямів застосування можна виокремити:

- автоматизовані студентські сервіси;
- оптимізацію цифрових робочих процесів;
- системи документообігу з підтримкою ШІ;
- планування ресурсів;
- автоматизацію адміністративних процедур;
- інтелектуальне управління даними.

Ludwig-Maximilians-Universität München (LMU)

Мюнхенський університет Людвіга — Максиміліана (LMU) активно співпрацює з ЄС у рамках політик ШІ та реалізує міждисциплінарні AI-центри, де фахівці з права, соціології, філософії та комп'ютерних наук спільно аналізують етичні аспекти технологій [8]. Через такі ініціативи LMU прагне гармонізувати технічний прогрес з гуманістичними цінностями [9].

У відповідь на стрімке зростання значення технологій ШІ в науці та промисловості LMU створив платформу AI-HUB@LMU, яка об'єднує дослідження, викладання та популяризацію штучного інтелекту в межах усіх 18 факультетів університету. Основною метою цієї ініціативи є розвиток міждисциплінарних досліджень, підтримка співпраці між різними науковими галузями та забезпечення суспільного діалогу щодо можливостей і викликів ШІ [10].

У 2025 році відбулося офіційне відкриття AI-HUB@LMU, яке засвідчило стратегічну роль штучного інтелекту в розвитку університету. До роботи хабу залучені дослідники з гуманітарних, соціальних, природничих і медичних наук, що дозволяє комплексно вивчати як технологічні, так і соціальні аспекти впровадження ШІ.

LMU розглядає штучний інтелект не лише як окрему галузь комп'ютерних наук, а як універсальний інструмент для розв'язання складних наукових проблем. Дослідження охоплюють широкий спектр напрямів:

- Машинне навчання та аналіз даних

Вчені університету розробляють нові алгоритми машинного навчання для аналізу великих масивів даних. Особлива увага приділяється підвищенню точності моделей, їхньої надійності, інтерпретованості та здатності працювати в умовах невизначеності. Дослідники також займаються автоматизованим машинним навчанням (AutoML), онлайн-навчанням та алгоритмами прийняття рішень.

- Генеративний штучний інтелект

Одним із найбільш перспективних напрямів є генеративний ШІ та фундаментальні моделі (foundation models). У рамках AI-HUB досліджуються можливості створення систем, здатних генерувати текст, зображення та інші види контенту. Генеративні моделі використовуються як у технічних, так і в гуманітарних дослідженнях.

- Надійний та пояснюваний ШІ

Однією з головних проблем сучасних систем ШІ є їхня непрозорість. Тому в LMU активно розробляються методи Explainable AI (XAI), які дозволяють пояснювати логіку роботи алгоритмів та підвищувати довіру користувачів до автоматизованих рішень. Особливо актуальними такі дослідження є для медицини, права та державного управління.

- Соціальні та етичні аспекти ШІ

Університет приділяє значну увагу аналізу впливу штучного інтелекту на суспільство. Досліджуються питання відповідальності алгоритмів, захисту персональних даних, впливу автоматизації на ринок праці та боротьби з алгоритмічною дискримінацією. Такий підхід забезпечує відповідальний розвиток інноваційних технологій.

Особливе місце в розвитку ШІ в LMU займає Munich Center for Machine Learning [11]. Центр був створений спільно з Technical University of Munich та входить до шести національних центрів компетенцій Німеччини у сфері штучного інтелекту. Після успішної оцінки діяльності центр отримав постійне фінансування від федерального уряду Німеччини та уряду Баварії.

MCML об'єднує провідних дослідників у галузі машинного навчання та забезпечує розвиток як фундаментальних досліджень, так і практичних застосувань ШІ в медицині, соціальних науках, гуманітаристиці та промисловості.

LMU активно інтегрує штучний інтелект в освітній процес. Студенти мають можливість вивчати машинне навчання, аналіз даних, обробку природної мови, генеративний ШІ та етичні аспекти цифрових технологій. Університет пропонує спеціалізовані магістерські програми у сферах Data Science, Statistics and Data Science та AI-oriented напрямках. Крім того, проводяться відкриті лекції, наукові семінари та міждисциплінарні воркшопи для студентів і дослідників.

Попри значні успіхи, LMU визнає наявність викликів, пов'язаних із використанням ШІ. Серед них — забезпечення прозорості алгоритмів, захист приватності користувачів, запобігання упередженості моделей та дотримання етичних норм [12]. Університет розглядає ці питання як невід'ємну частину дослідницької діяльності та прагне розробляти технології, які будуть безпечними й корисними для суспільства.

Висновки. Університети Німеччини демонструють комплексний та відповідальний підхід до впровадження ШІ, поєднуючи технічні інновації з етичними міркуваннями. Завдяки міждисциплінарним дослідженням, впровадженню етичних стандартів та активній участі в національних та міжнародних ініціативах, ці заклади вищої освіти сприяють розвитку надійного та етично обґрунтованого ШІ. Такий підхід забезпечує не лише технічний прогрес, але й збереження гуманістичних цінностей у світі, що швидко змінюється.

Список використаних джерел

1. Muller C., Renda A., High-Level Expert Group On Artificial Intelligence Set Up By The European Commission. THE ASSESSMENT LIST FOR TRUSTWORTHY ARTIFICIAL INTELLIGENCE (ALTAI). *An official website of the European Union*. *https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/ethics-guidelines-trustworthy-ai*. 17.07.2020.

URL: https://ec.europa.eu/newsroom/dae/document.cfm?doc_id=68342 (дата звернення: 22.06.2026).

2. *https://www.eui.eu/About/DataProtection*. *EUI Guidelines for the Responsible Use of Artificial Intelligence for Research*. URL: https://www.eui.eu/Documents/ServicesAdmin/DeanOfStudies/ResearchEthics/2024.06-Ethics-Commitee-EUI-GENAI-DIGITAL.pdf (дата звернення: 22.06.2026).

3. *University of Europe for Applied Sciences (UE)*. *MA Generative Design & AI*. URL: https://www.ue-germany.com/programmes/master/generative-design-ai (дата звернення: 22.06.2026).

4. Madiega T. *EPRS | European Parliamentary Research Service*. *EU guidelines on ethics in artificial intelligence: Context and implementation*. URL: https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2019/640163/EPRS_BRI(2019)640163_EN.pdf (дата звернення: 22.06.2026).

5. *MyGermanUniversity*. *University of Europe for Applied Sciences*. URL: https://www.mygermanuniversity.com/universities/University-of-Europe-for-Applied-Sciences (дата звернення: 22.06.2026).

6. *MyGermanUniversity*. *TUM Technical University of Munich*. URL: https://www.mygermanuniversity.com/universities/TUM-Technical-University-of-Munich (дата звернення: 22.06.2026).

7. *Technische Universität München*. *TUM AI Competence Program*. URL: https://www.gov.sot.tum.de/gov/studies/ai-competence (дата звернення: 22.06.2026).

8. *MyGermanUniversity*. *LMU - Ludwig-Maximilians-Universität München*. URL: https://www.mygermanuniversity.com/universities/LMU-Ludwig-Maximilians-Universitaet-Muenchen (дата звернення: 22.06.2026).

9. *Ludwig-Maximilians-Universität München*. *Researching Artificial Intelligence at LMU*. URL: https://www.lmu.de/en/research/research-on-artificial-intelligence.html (дата звернення: 22.06.2026).

10. *Ludwig-Maximilians-Universität München*. *Welcome to AI-HUB@LMU*. URL: https://www.lmu.de/ai-hub/en/ (дата звернення: 22.06.2026).

11. *Ludwig-Maximilians-Universität München*. *Great success for AI research in Munich*. 27.07.2022. URL: https://www.lmu.de/en/newsroom/news-overview/news/great-success-for-ai-research-in-munich-9b268228.html (дата звернення: 22.06.2026).

12. *Ludwig-Maximilians-Universität München*. *Artificial Intelligence and Machine Learning*. URL: https://www.ifi.lmu.de/kiml/en/ (дата звернення: 22.06.2026).

References

1. Muller C., Renda A., High-Level Expert Group On Artificial Intelligence Set Up By The European Commission. THE ASSESSMENT LIST FOR TRUSTWORTHY ARTIFICIAL INTELLIGENCE (ALTAI). *An official website of the European Union*. *https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/ethics-guidelines-trustworthy-ai*. 17.07.2020. URL: https://ec.europa.eu/newsroom/dae/document.cfm?doc_id=68342 (data zvernennia: 22.06.2026).

2. *https://www.eui.eu/About/DataProtection*. *EUI Guidelines for the Responsible Use of Artificial Intelligence for Research*. URL: https://www.eui.eu/Documents/ServicesAdmin/DeanOfStudies/ResearchEthics/2024.06-Ethics-Commitee-EUI-GENAI-DIGITAL.pdf (data zvernennia: 22.06.2026).

3. *University of Europe for Applied Sciences (UE). MA Generative Design & AI*. URL: https://www.ue-germany.com/programmes/master/generative-design-ai (data zvernennia: 22.06.2026).

4. Madiega T. *EPRS | European Parliamentary Research Service. EU guidelines on ethics in artificial intelligence: Context and implementation*. URL: https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2019/640163/EPRS_BRI(2019)640163_EN.pdf (data zvernennia: 22.06.2026).

5. *MyGermanUniversity*. *University of Europe for Applied Sciences*. URL: https://www.mygermanuniversity.com/universities/University-of-Europe-for-Applied-Sciences (data zvernennia: 22.06.2026).

6. *MyGermanUniversity*. *TUM Technical University of Munich*. URL: https://www.mygermanuniversity.com/universities/TUM-Technical-University-of-Munich (data zvernennia: 22.06.2026).

7. *Technische Universität München*. *TUM AI Competence Program*. URL: https://www.gov.sot.tum.de/gov/studies/ai-competence (data zvernennia: 22.06.2026).

8. *MyGermanUniversity*. *LMU - Ludwig-Maximilians-Universität München*. URL: https://www.mygermanuniversity.com/universities/LMU-Ludwig-Maximilians-Universitaet-Muenchen (data zvernennia: 22.06.2026).

9. *Ludwig-Maximilians-Universität München*. *Researching Artificial Intelligence at LMU*. URL: https://www.lmu.de/en/research/research-on-artificial-intelligence.html (data zvernennia: 22.06.2026).

10. *Ludwig-Maximilians-Universität München*. *Welcome to AI-HUB@LMU*. URL: https://www.lmu.de/ai-hub/en/ (data zvernennia: 22.06.2026).

11. *Ludwig-Maximilians-Universität München. Great success for AI research in Munich*. 27.07.2022. URL: https://www.lmu.de/en/newsroom/news-overview/news/great-success-for-ai-research-in-munich-9b268228.html (data zvernennia: 22.06.2026).

12. *Ludwig-Maximilians-Universität München. Artificial Intelligence and Machine Learning*. URL: https://www.ifi.lmu.de/kiml/en/ (data zvernennia: 22.06.2026).

Chykalova Maryna, Candidate of Sciences (Education), Associate Professor, Head of Foreign Languages Chair, Sumy State Pedagogical University, Sumy, Ukraine, ORCID: 0000-0002-2660-3710

DEVELOPING CRITICAL THINKING THROUGH ENGLISH LANGUAGE EDUCATION IN DIGITAL AND MULTICULTURAL LEARNING ENVIRONMENTS: BRIDGING SPECIALIZED SECONDARY SCHOOL AND UNIVERSITY EDUCATION IN THE UKRAINIAN WARTIME AND POST-WAR CONTEXT

Abstract

The transformation processes of contemporary education amid digitalisation, globalisation, and rising social instability have intensified the need to develop learners' critical thinking as a key transversal competency of the twenty-first century. Modern educational systems are expected not only to transmit knowledge but also to cultivate the ability to analyse information critically, evaluate arguments, distinguish facts from opinions, make informed decisions, and respond flexibly to rapidly changing social and professional environments. These expectations are particularly relevant in foreign language education, where communication extends beyond linguistic competence to include intercultural awareness, reflective thinking, and active participation in global discourse. In the Ukrainian educational context, wartime and post-war realities have created additional challenges for both secondary and higher education. Educational institutions are required to adapt to unstable learning conditions, emotional and psychological pressures, digital transformation, and the necessity to maintain educational quality despite external disruptions. These circumstances demand pedagogical approaches that promote resilience, independent reasoning,

information literacy, and learners' capacity to interpret and critically assess diverse sources of information.

English language education possesses significant potential for integrating critical thinking into educational practice due to its communicative, interdisciplinary, and intercultural nature. This article explores conceptual and methodological approaches to developing critical thinking through English language education in high schools, particularly specialised secondary schools (Grades 10–12), and higher education institutions. Based on my teaching experience, I believe that we cannot rely solely on the latest achievements. It is essential to consider the historical foundations of critical thinking. This study recognizes classical philosophical and pedagogical traditions and highlights the contributions of scholars whose ideas have influenced our current understandings of reflective and analytical thinking. Using a teacher-researcher perspective, this article proposes a conceptual model for integrating critical thinking into English language instruction and presents differentiated classroom activities adapted to B1–B2 and B2–C1 proficiency levels. Particular attention is paid to digital learning environments, multicultural communication, media literacy, and educational adaptation in wartime and post-war conditions.

Keywords: critical thinking; English language education; specialised secondary school; higher education; digital learning; wartime education; Ukraine.

Problem statement

Contemporary educational transformation is increasingly focused on developing competencies that help learners navigate uncertainty, critically evaluate information, and engage responsibly in a global society. Among these competencies, critical thinking plays a central role. The Cambridge Dictionary defines critical thinking as "the process of thinking carefully about a subject or idea, without allowing feelings or opinions to affect you" [1].

In addressing international educational practices, we realize that language learning should extend far beyond mere linguistic proficiency; it must enhance learners' analytical, communicative, and intercultural skills.

In Ukraine, educational change has become especially important under wartime conditions. Observations in Ukrainian educational settings indicate that maintaining educational continuity requires balancing academic expectations with learners' emotional resilience and adaptability. English language education is seen not just as an academic subject but also as a tool for global communication.

Despite growing emphasis on critical thinking, the continuity between specialized secondary education and higher education remains insufficiently explored. Learners often experience a methodological disconnect: school instruction tends to focus on examination-oriented tasks, while university education often emphasizes independent inquiry and argumentation. This article aims to bridge this gap.

Purpose of the Article

The goal of this study was to create and support a conceptual and methodological model for promoting critical thinking through English language education in both specialized secondary and university settings.

Analysis of recent research and publications

As mentioned above, the concept of critical thinking has evolved through multiple philosophical, psychological, and educational traditions and has gradually become one of the central competencies in contemporary education. Early conceptualisations can be traced to John Dewey (1910), who viewed reflective thinking as a disciplined process of inquiry grounded in experience and aimed at solving practical and intellectual problems [2]. Building on this tradition, Robert Ennis (1987) defined critical thinking as "reasonable and reflective thinking focused on deciding what to believe or do", emphasising both cognitive processes and decision-making [3]. Further development of the concept is reflected in Peter

Facione's (1989) multidimensional model, which identifies core critical thinking skills, including interpretation, analysis, evaluation, inference, explanation, and self-regulation [4].

A significant contribution to the practical implementation of critical thinking in education was made by Richard Paul and Linda Elder (2014), who proposed a framework based on intellectual standards such as clarity, relevance, precision, depth, logic, and fairness [5]. Their work provides methodological tools for integrating critical thinking into educational curricula and classroom practice.

The cognitive dimension of critical thinking is also reflected in Bloom's Taxonomy (1956), which classifies learning processes into hierarchical levels ranging from remembering and understanding to analysing, evaluating, and creating [6].

Contemporary research demonstrates the practical effectiveness of integrating critical thinking into language education. Diane Halpern (2014) emphasised the transferability of thinking skills across different contexts and disciplines [7]. Stephen Brookfield (2012) connected critical thinking with reflective teaching and the examination of assumptions [8]. In foreign language education, Liu and Guo (2006) demonstrated that teaching critical reading significantly contributes to the development of learners' analytical abilities [9]. Mary Kennedy (2007) highlighted the role of debate as an instructional strategy that enhances both critical thinking and communicative competence [10], while Melinda Campbell (2015) proposed the method of "team criticism", encouraging collaborative analysis, argumentation, and peer interaction [11].

Within the Ukrainian educational context, the implementation of critical thinking technologies in English language teaching has been explored by Olena Nikitchenko and Olha Tarasova (2017), who developed methodological approaches for fostering critical thinking skills in foreign language classrooms [**Error! Reference source not found.**]. Liudmyla Kravchenko and Olena

Ilchenko clarified the essence and content of the concept of "critical thinking" in the context of professional training of future specialists [13]. Svitlana Mudra investigates the development of critical thinking among students of non-philological majors through English language learning and emphasises the growing importance of lifelong learning in contemporary educational realities [**Error! Reference source not found.**]. The focus on critical thinking in English learning remains prevalent in various studies conducted by Ukrainian scholars, continually evolving with new methods for development and enhancement.

Presentation of the main material of the study

Since the purpose of the article is not to measure statistical outcomes but to construct and substantiate an educational model, the study employs a qualitative interpretive approach combined with conceptual modelling.

The research is conducted from a teacher-researcher perspective, where pedagogical practice becomes a source of professional inquiry and educational innovation. Such an approach allows integrating classroom experience, theoretical analysis, and methodological design into a coherent framework for developing critical thinking through English language education.

The methodological assumption underlying this study is that critical thinking develops most effectively when language learning shifts from reproduction of content toward inquiry, interpretation, dialogue, and argumentation. The research conceptualises critical thinking development as a continuous educational trajectory connecting specialized secondary education (Grades 10–12) with higher education. The model reflects four interconnected dimensions as shown inFig.1:

1) Educational Context

2) Pedagogical Intervention

3) Cognitive Development

4) Educational Outcomes

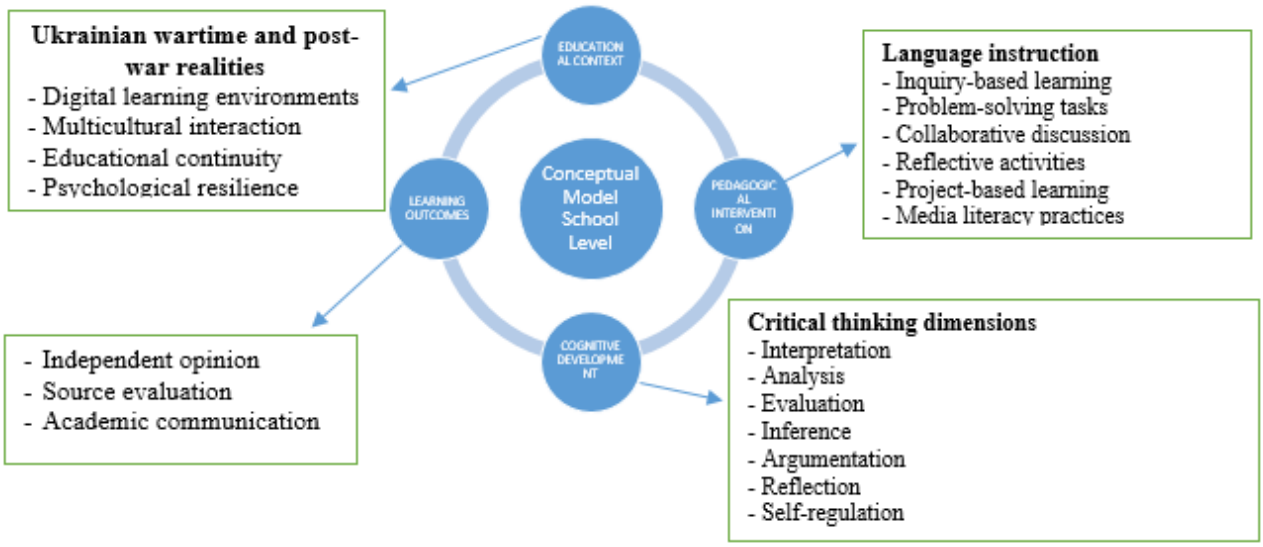


Figure 1 – Conceptual Model of Developing Critical Thinking through English Language Education – School Level (B1-B2)

At the University level (B2-C1), classroom observations suggest that learner autonomy develops progressively when instructional support is gradually reduced and learners are encouraged to justify positions independently. It comprises: research literacy, academic argumentation, interdisciplinary thinking and professional autonomy. As we can see at the specialized secondary school stage, students develop foundational critical thinking skills through scaffolded language interaction. Instruction prioritizes guided discussion, comparison of viewpoints, evidence identification, and contextual interpretation, while at the university stage, language education shifts toward academic inquiry, interdisciplinary dialogue, and independent knowledge construction. Students engage in analytical reading, research-based communication, and reflective synthesis.

To operate the model, instructional design follows three developmental phases (Table 1).

The proposed model does not treat critical thinking as an isolated skill. Instead, it positions critical thinking as an integrated educational outcome that emerges from the interaction among language competence, social participation, and reflective practice. Based on my teaching experience in both secondary and

higher education contexts, structured critical thinking activities appear to support not only language development but also learner confidence and academic autonomy.

Table 1

Modal developmental phases

Phase	Name of Phase	Teacher	Students	Recommended format
Phase 1	Guided Critical Engagement	scaffolding dominates	– distinguish facts from opinions; – formulate simple arguments; – identify assumptions; – compare sources.	discussion circles, guided reading, structured debate
Phase 2	Collaborative Knowledge Construction	support gradually decreases	– negotiate meanings; – formulate evidence-based conclusions; – work in multicultural teams	case studies, project work, peer assessment
Phase 3	Independent Critical Performance		become autonomous learners	– academic writing; – reflective analysis; – professional communication; – interdisciplinary problem-solving

Within the Ukrainian wartime and post-war educational context, instructional practices should simultaneously support academic achievement, emotional resilience, media literacy, and learner autonomy.

The activities (Table 2) proposed below are designed according to three principles:

1) continuity between specialized secondary and university education;

2) differentiated language support;

3) integration of critical thinking into authentic communication.

Table 2

Types of Practical Activities at School and University Levels

Activity Type	Name	Educational objective	Language focus	Critical thinking focus	Topic
1	Critical Reading and Evidence Evaluation	to develop learners' ability to distinguish facts, opinions, assumptions, and evidence	reading, speaking, academic vocabulary	analysis, evaluation, interpretation	How Digital Technologies Transform Education
2	Structured Debate	to develop argumentation and evidence-based communication	useful phrases	argumentation, evaluation, synthesis	Should AI become a permanent educational tool?
3	AI-Supported Critical Thinking Tasks	to transform AI from an answer-provider into a reflective learning tool.	students evaluate AI output rather than reproduce it.	argumentation, evaluation, interpretation	
4	Scenario-Based Learning	to apply critical thinking in uncertain contexts	topical vocabulary	problem-solving; decision-making; ethical reasoning	Education During Crisis Conditions

Activity Type 1

Specialized Secondary School **(Grades 10–12, B1–B2)**	***Stage 1 — Pre-reading*** Students discuss: • Which technologies changed education most? • Can digital tools replace teachers?
	Stage 2 — Reading Students receive two short texts presenting opposing perspectives. Text A: Digital technologies increase access and personalization. Text B: Excessive digitalization reduces social interaction.
	Stage 3 — Evidence Mapping Students complete a table: | Statement | Fact | Opinion | Evidence | Missing Information
	Stage 4 — Reflection Prompt: Which argument was stronger and why? Expected outcomes: identify bias; justify conclusions; compare perspectives.

University Level (B2–C1)	*Additional task:* Students critically evaluate: credibility of sources; author positioning; argument quality; omitted perspectives.
	Extension: Students write a 300-word critical response with external sources.

Activity Type 2

Specialized Secondary School (Grades 10–12, B1–B2)	*Debate structure:* Team A: AI enhances learning. Team B: AI limits independent thinking. Roles: presenter; evidence collector; moderator; observer. *Post-debate reflection:* Students evaluate: strongest argument; weakest evidence; possible compromise.
University Level (B2–C1)	*Modified Oxford-style debate.* *Additional requirements*: Students must: cite academic literature; incorporate counterarguments; identify logical fallacies. *Reflection questions:* • Did your opinion change? • *Which evidence influenced you most?*

Activity Type 3

Specialized Secondary School (Grades 10–12, B1–B2)	*Task:* *"Ask AI — Challenge AI"* *Stage 1:*Students generate a prompt: Explain how social media influences education.
	*Stage 2:*Students evaluate AI responses using criteria: accuracy, objectivity, completeness, evidence, bias
	Stage 3: Students rewrite the AI response. *Support questions:* What is useful? What seems unclear? What information is missing?
University Level (B2–C1)	*Advanced questions*: What assumptions shape the answer? How could methodology affect conclusions? Which scholarly sources are absent? *Expected outcomes:* information literacy; reflective judgment; ethical AI use.

Activity Type 4

Specialized Secondary School (Grades 10–12, B1–B2)	**University Level (B2–C1)**
Scenario: Your school/university must organize learning after infrastructure disruption. **Students must decide: • priorities; • communication strategies; • digital tools; • inclu-**	

sion measures.	
Output: group presentation	*Output:* policy proposal

Drawing on my observations in both specialized secondary and university education, I must say that critical thinking appears to develop more effectively when language instruction moves beyond reproduction. Within the proposed continuity model, task complexity gradually increases from specialized secondary school to higher education.

At the specialized secondary school level (B1–B2), instruction primarily focuses on guided critical engagement. Students are expected to identify information, compare perspectives, and justify personal opinions using structured language support. Typical learning activities include comparing viewpoints, summarizing evidence, and formulating simple arguments. Since learners at this stage are still developing academic autonomy, teacher scaffolding remains substantial. Expected learning outcomes involve structured oral and written communication, while assessment prioritizes learning processes and gradual cognitive progression.

At the university level (B2–C1), instructional emphasis shifts toward independent critical performance. In classroom implementation, learners gradually move from identifying information toward evaluating evidence and constructing independent interpretations. Learning tasks include source critique, development of research-based positions, and reflective academic writing. Teacher support becomes less directive and encourages autonomous inquiry. Assessment focuses primarily on performance quality and the ability to demonstrate independent academic discourse.

To evaluate critical thinking development, the study applies an analytical assessment framework based on five dimensions: interpretation, analysis, evaluation, argumentation, and reflection. Interpretation refers to understanding

and explaining meaning; analysis involves identifying relationships, assumptions, and underlying structures; evaluation concerns judging the credibility and relevance of information; argumentation reflects the ability to construct logical and evidence-based reasoning; and reflection demonstrates learners' capacity to monitor and regulate their own thinking processes. Student performance may be interpreted progressively: advanced critical performance reflects consistent demonstration of analytical independence; developing critical competence indicates emerging ability to justify and evaluate ideas; while lower levels suggest the need for additional scaffolding and guided instructional support. The implementation of differentiated and inquiry-oriented practices demonstrates that critical thinking can become a measurable educational outcome rather than an abstract educational aspiration.

The proposed model demonstrates that the development of critical thinking through English language education is most effective when it is embedded in a continuous learning trajectory spanning specialized secondary and higher education.

In the Ukrainian wartime and post-war educational context, the importance of such an approach becomes even more pronounced. Educational instability, information overload, and increased exposure to unverified digital content require learners to develop strong evaluative and interpretive skills. The integration of digital tools, including artificial intelligence, further transforms the pedagogical landscape. Rather than replacing human cognition, AI is positioned in this study as a cognitive partner that supports analysis, comparison, and reflection. However, its pedagogical value depends on the teacher's ability to design tasks that encourage critical interrogation of AI-generated content.

The continuity between specialized secondary school and university education remains a key pedagogical challenge. The study shows that without structured progression from guided tasks (B1–B2) to independent academic

inquiry (B2–C1), learners experience a gap in critical thinking development. The proposed model addresses this gap by introducing phased cognitive progression and scaffolded instructional design. Furthermore, differentiated tasks ensure inclusivity and adaptability within heterogeneous classrooms. This is particularly relevant in Ukrainian educational settings, where learners may demonstrate uneven language proficiency due to disrupted learning conditions.

Conclusions

This study conceptualized and substantiated a model for developing critical thinking which bridges specialized secondary education (Grades 10–12) and higher education, ensuring pedagogical continuity and progressive cognitive development. Critical thinking in English language education is a multidimensional construct that includes interpretation, analysis, evaluation, inference, argumentation, and reflection. Being a practical teacher, I must confirm that effective development of critical thinking requires integration of communicative, reflective, and inquiry-based pedagogical approaches. Continuity between secondary and higher education is essential for sustained cognitive development and should be explicitly structured through progressive task design. As we can see, digital environments and AI tools can enhance critical thinking development when used as objects of analysis rather than sources of unquestioned answers. Taking into account the contemporary situation we live in, we realise that the Ukrainian wartime and post-war educational context necessitates flexible, resilience-oriented pedagogies that combine academic development with emotional and informational literacy.

The study contributes to the field of English language pedagogy by offering a conceptual model that integrates critical thinking development across educational levels. Future research may focus on empirical validation of the model through classroom-based experimental studies and longitudinal tracking of learner outcomes.

References

1. Cambridge Dictionary https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/critical-thinking

2. Dewey, J. How We Think. Lexington, MA: D.C. Heath and Company, 1910. https://doi.org/10.1037/10903-000

3. Ennis, R. H. A Taxonomy of Critical Thinking Dispositions and Abilities. In J. B. Baron, & R. J. Sternberg (Eds.), Teaching Thinking Skills: Theory and Practice (pp. 9-26). New York: Freeman, 1989.

4. Facione, P. A. Delphi Report: Critical Thinking. American Philosophical Association, 1989.

5. Paul, R., & Elder, L. Critical thinking: Tools for taking charge of your professional and personal life. Pearson, 2014.

6. Bloom, B. S. Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. Longmans, 1956.

7. Halpern, D. F. (2014). Thought and knowledge: An introduction to critical thinking (5th ed.). Psychology Press, 2014.

8. Brookfield, S. D. Teaching for critical thinking: Tools and techniques to help students question their assumptions. Jossey-Bass, 2012.

9. Liu, W., Guo, H.Y. An experimental study on the teaching of critical reading. Foreign Language World. 2006. No 3. C. 14–23.

10. Kennedy, R. In-class debates: Fertile ground for active learning and the cultivation of critical thinking and oral communication skills. International Journal of Teaching and Learning in Higher Education. 2007. No 19 (2). C. 183–190.

11. Campbell, M. Collaborating on critical thinking: The team critique. Journal of Curriculum and Teaching, 2015. No 4 (2). C. 86–95. http://dx.doi.org/10.5430/jct.v4n2p86

12. Nikitchenko, O. S., & Tarasova, O. A. Formuvannia navychok krytychnoho myslennia na urokakh inozemnoi movy [Developing critical thinking skills in foreign language lessons]. Kharkiv: Drukarnia «Madryd», 2017. [in Ukrainian].

13. Kravchenko, L., & Il'chenko, O. Krytychne myslenniia maibutnih fakhivtsiv: sytnist' i zmist poniattia. Ukrainian Professional Education = Ukrainska profesiina osvita, (18), 2025. P. 208–215. https://doi.org/10.33989/2519-8254.2025.18.347751 [in Ukrainian].

14. Mudra, S. V. Integratsiia elementiv krytychnogo myslenniia v navchanniia angliiskoi movy studentiv nefilologichnyh fakultetiv. Pedagogichna Academiia: naukovi zapysky. 2025. № 17. https://doi.org/10.5281/zenodo.15354550 [in Ukrainian].

Dolia Anna
Master's Degree in Economic Theory
H. S. Skovoroda Kharkiv National Pedagogical University
Kharkiv, Ukraine
https://orcid.org/0009-0007-1540-2204

THE DOLIA METHOD: A SEQUENTIAL MULTIMODAL APPROACH TO NON-INVASIVE BODY CONTOURING

Summary

Non-invasive aesthetic modalities including ultrasonic cavitation, radiofrequency, vacuum therapy, and infrared stimulation are widely applied in clinical practice, yet no standardized methodology currently governs their coordinated sequencing within a single treatment protocol. The Dolia Method is a structured five-phase system that coordinates these modalities into a reproducible treatment coordination system, supported by conceptual models for directional treatment progression, inter-modality synergy, adaptive energy parameterization based on tissue density grading, and multidimensional outcome scoring through a Composite Transformation Score (CTS). A prospective observational case series was conducted at a single aesthetic practice in Colorado, USA, between October 2025 and April 2026. Twenty-two clients (19 female, 3 male; mean age 37.8 years) completed 8 to 10 sessions with circumferential measurements, tissue firmness assessments, and satisfaction scoring at baseline, midpoint, and endpoint. Mean endpoint circumferential reductions ranged from 2.8 cm at the upper thigh to 4.8 cm at the abdomen, with CTS values between 36 and 77 across participants. Transient mild erythema was the only adverse effect observed. The protocol is designed to be reproducible across practitioners and adaptable to different device ecosystems, supporting potential implementation across aesthetic clinic settings.

Limitations of the design, including the absence of a control group and the preliminary nature of the assessment instruments, are discussed alongside directions for controlled multi-site investigation.

Keywords: Dolia Method, sequential multimodal protocol, treatment coordination framework, non-invasive aesthetic methodology, composite outcome assessment, reproducible contouring system, adaptive parameterization

Introduction

Non-invasive fat reduction and skin tightening procedures are among the fastest-growing segments of outpatient aesthetic medicine. Data from the American Society for Dermatologic Surgery indicate that non-surgical body contouring treatments accounted for over 3.6 million procedures in the United States in 2022, representing a 16 percent increase compared to pre-pandemic levels [1].

Four hardware-based modalities dominate the current landscape of non-invasive aesthetic intervention. Low-frequency ultrasonic cavitation generates mechanical pressure oscillations that selectively disrupt adipocyte membranes, releasing stored triglycerides into the interstitial space, with clinical trials confirming measurable circumferential reduction in treated zones [2, 8]. Radiofrequency (RF) energy delivers controlled volumetric heating to dermal and subdermal layers, inducing collagen fiber contraction and triggering neocollagenesis through fibroblast activation, as confirmed by histological and immunohistochemical evidence [3, 9, 10]. Vacuum-assisted therapy combines mechanical suction with tissue mobilization, enhancing local lymphatic drainage and increasing lipolytic responsiveness in treated adipose depots [11, 14]. Infrared (IR) stimulation, most frequently studied as a component of combined devices, contributes to sustained local vasodilation and thermal support during tissue remodeling [15].

Despite documented individual effectiveness, these modalities are typically applied without a unified operational framework governing their coordination. Practitioners select devices and treatment order based on equipment availability, manufacturer instructions, or individual training rather than on a structured physiological sequencing model [5]. Kennedy et al. [4], reviewing four leading non-invasive fat reduction technologies, found that none of the clinical trials included in their analysis examined the effect of modality ordering on treatment outcomes. Mulholland et al. [5], in a separate review covering radiofrequency, ultrasound, cryolipolysis, and low-level laser therapy, acknowledged that the question of optimal sequencing remained unaddressed across the literature. Published protocols for combining three or more modalities within a single session are, as of the time of writing, absent from the peer-reviewed evidence base.

Available evidence nonetheless suggests that the order and coordination of modality application influences clinical outcomes. Friedmann [6] identified incomplete metabolite processing as a factor limiting volumetric outcomes when post-disruption clearance is insufficient. Physiological measurements have shown that mechanical stimulation along lymphatic pathways can enhance local lipolytic activity under controlled conditions [11]. Combined-modality device studies have reported larger circumferential reductions than single-modality protocols, though sealed device designs have prevented experimental separation of individual modality contributions or reordering of the treatment sequence [15, 16].

Outcome measurement presents a separate methodological challenge. Conventional assessment relies almost exclusively on circumferential tape measurement and clinical photography [4]. Circumference captures dimensional change but cannot differentiate between fat reduction, fluid redistribution, and tissue compaction. Skin elasticity, vascular response quality, and client-perceived improvement represent distinct outcome dimensions that a single metric does not reflect. Kennedy et al. [4] called for composite scoring systems capable of

integrating physiological and subjective indicators into a unified evaluation framework.

A further consideration is the regional heterogeneity of adipose tissue. Ibrahim [17] established that subcutaneous fat varies significantly in cellularity, vascularity, adrenergic receptor density, and metabolic activity depending on anatomical location. Abdominal subcutaneous fat tends to be more metabolically responsive to lipolytic stimuli, whereas gluteofemoral deposits are more fibrous and resistant to mobilization. Molecular-level evidence confirms that the magnitude of tissue response to mechanical treatment varies with local composition and vascular density [12].

The present article introduces the Dolia Method, an original operational framework for coordinated non-invasive aesthetic treatment, developed by the author through systematic clinical practice and iterative protocol refinement. The framework provides a reproducible treatment coordination system that sequences multiple modalities within a physiologically grounded cascade, adapts energy parameters to local tissue conditions through structured density grading, and evaluates outcomes across multiple dimensions using a composite scoring architecture. The aim of this study is to describe the conceptual architecture of the method and to report preliminary observational data from its clinical application. Specific objectives include: (1) presenting the structural components and physiological rationale of the protocol; (2) describing the study design, client population, and measurement instruments; (3) reporting circumferential, firmness, satisfaction, and composite outcome data across treatment zones; and (4) discussing methodological limitations, industry applicability, and directions for controlled investigation.

Literature Review

1. Ultrasonic Cavitation. Moreno-Moraga et al. [2] conducted one of the earliest prospective evaluations of non-thermal focused ultrasound for body

contouring. Thirty patients were treated with the UltraShape system operating at 200 kHz, receiving three sessions at one-month intervals with a one-month post-treatment follow-up. Standardized circumferential measurement showed reductions of 2 to 4 centimeters in abdominal and flank regions. No significant adverse events were reported. The single-modality design did not examine what happens to mobilized lipids after the session ends; no concurrent lymphatic intervention was applied and no measurements of post-treatment metabolite clearance were recorded.

ELdesoky et al. [8] compared cavitation and cryolipolysis in a randomized controlled trial of 60 subjects (BMI above 30), assigning participants to cavitation plus diet, cryolipolysis plus diet, or diet alone. Both device-treated groups achieved statistically significant reductions in waist circumference and skinfold thickness compared to diet-only controls at two months. No intermediate time-point data were collected, leaving the trajectory of tissue response between sessions uncharacterized.

Neither study addresses the fate of lipids released by cavitation in the hours following treatment; whether clearance rates change depending on what intervention follows cavitation has not been measured in any published trial.

2. Radiofrequency and Collagen Remodeling. Hsu and Kaminer [3] published one of the foundational clinical studies on monopolar RF for skin tightening, treating patients with a nonablative device delivering controlled thermal energy to dermal and subdermal layers of the lower face and neck. Immediate tissue contraction was observed during treatment, with sustained improvement in skin laxity documented at follow-up. Zelickson et al. [9] provided the histological basis for these observations through biopsies taken before and after nonablative RF application. Specimens revealed increased collagen density, reorganization of fibrillar architecture in the reticular dermis, and ultrastructural

evidence of active fibroblast proliferation, establishing that RF-induced tightening reflects genuine structural change in the dermal matrix rather than transient edema.

El-Domyati et al. [10] advanced this evidence through quantitative immunohistochemical analysis of 12 female subjects receiving monopolar RF to the face. Biopsies at baseline, one month, and three months demonstrated statistically significant increases in both type I and type III collagen, along with elevated tropoelastin and fibroblast activity markers. The staged temporal pattern of collagen deposition indicated that dermal remodeling unfolds over weeks rather than as a single event. Whether preceding tissue mobilization or lymphatic activation alters the dermal environment in ways that affect this remodeling sequence has not been investigated.

3. Vacuum-Assisted Therapy and Lymphatic Activation. Monteux and Lafontan [11] provided direct physiological measurement of lymphatic and lipolytic response to mechanical tissue stimulation. Using in vivo microdialysis probes inserted into femoral subcutaneous tissue, the study measured local glycerol concentration before and after a 12-session endermologie protocol. Post-treatment glycerol release increased significantly in treated tissue compared to untreated contralateral sites, confirming that sustained directional mechanical stimulation enhances lipolytic responsiveness. Microcirculatory parameters also improved in treated areas. The study did not examine whether timing this activation relative to other modalities would alter its effectiveness.

Marques et al. [12] extended the investigation to the molecular level through gene expression profiling of gluteofemoral adipose tissue biopsies from 10 female subjects. After 12 sessions of mechanical massage, significant upregulation was observed in genes encoding lipoprotein lipase and fatty acid transport proteins, alongside downregulation of lipogenesis-associated genes. Expression change magnitude varied between subjects, which the authors attributed partly to baseline differences in local tissue composition and vascular density, suggesting that

uniform treatment parameters may produce inconsistent molecular-level effects across patients.

Macedo et al. [13] examined manual lymphatic drainage for gynoid lipodystrophy in 20 women receiving 14 sessions over seven weeks, demonstrating statistically significant circumferential reduction and subjective improvement in 85 percent of participants, confirming that manual drainage alone can produce measurable dimensional change. Montesi et al. [14], in a 2025 review spanning therapeutic and aesthetic applications of endermologie, found consistent evidence for lymphatic activation and short-term circumferential improvement across studies, though long-term data beyond six months remain sparse and parameter standardization across studies is lacking.

4. Combined Modality Approaches. Adatto et al. [15] evaluated the VelaShape II system, which integrates bipolar RF, infrared light, pulsed vacuum, and mechanical massage within a single sealed applicator. In a study of 35 subjects receiving four treatment sessions, fat layer thickness was measured by diagnostic ultrasound at baseline and at one- and three-month follow-ups. Mean fat layer reduction reached 29 percent from baseline to the one-month assessment, with 93 percent of participants showing measurable change. Skin firmness assessed by a cutometer confirmed increased elasticity. Circumferential reductions at three months were 1.4 cm for the abdomen and flanks and 1.2 cm for the thighs, and 97 percent of subjects reported satisfaction. The sealed device design means that the individual contribution of each modality, and the effect of their internal sequencing, cannot be experimentally separated.

Manuskiatti et al. [16] applied the VelaShape platform in a post-pregnancy context, treating 20 women with five weekly sessions targeting the abdomen, buttocks, and thighs. Mean circumferential reduction was 5.4 cm ($p < 0.001$), with skin laxity improvement reaching statistical significance ($p < 0.02$) on both physician and patient assessments. Two minor adverse events were recorded: one

purpura and one mild burn. The substantially larger reductions compared to those reported by Adatto et al. [15] may reflect greater baseline tissue laxity and fluid retention in post-partum subjects, though direct comparison between the two studies is not possible given differences in population, measurement protocol, and follow-up timing. Separately, Manstein et al. [7] established through cryolipolysis that non-invasive, technology-mediated adipocyte destruction can produce clinically meaningful volumetric reduction, broadening the evidence base for energy-based body contouring as a treatment category.

5. Unresolved Questions. Analysis of the reviewed studies identifies four specific questions that the current evidence base has not addressed. First, because existing combined-modality platforms use fixed internal sequencing that cannot be experimentally manipulated, no published trial has isolated the effect of modality order on treatment outcomes when three or more technologies are involved. Second, the interaction between cavitation-induced lipid release and subsequent lymphatic clearance has not been measured directly: separate studies confirm adipocyte disruption and mechanical stimulation of lymphatic transport, but no study examines whether timing lymphatic activation before, during, or after cavitation changes clearance rates. Third, no published framework aggregates circumferential change, tissue elasticity, volumetric response, and patient-reported outcomes into a single composite score validated across practitioners or settings. Fourth, adaptive treatment parameterization based on local tissue density grading has not been tested against fixed-parameter protocols under controlled conditions.

Materials and Methods

1. Study Design and Setting. A prospective observational case series was conducted at iContour Aesthetics & Spa (Centennial, Colorado, USA) between October 2025 and April 2026. All clients provided written informed consent for treatment and for anonymized data use. No randomization, blinding, or control group was employed. All treatments were delivered by a single practitioner (the

author). Equipment included a cavitation unit (36 to 40 kHz, 10 to 50 W), a multipolar RF device with real-time temperature monitoring (target 40 to 42 degrees Celsius), a vacuum-assisted roller system (20 to 80 kPa), and an infrared panel (700 to 1200 nm). All devices were calibrated at the start of the study period.

2. Participants. Participants were recruited from the existing client base of the practice through direct invitation during routine consultations. The sample was a convenience sample; no external advertising or referral incentives were used. Twenty-two adult clients enrolled in and completed the study. Nineteen were female and three were male. Age ranged from 26 to 56 years, with a mean of 37.8 years (SD 8.2). Body mass index at enrollment ranged from 21.4 to 34.6 (mean 27.9, SD 3.7).

Inclusion criteria were: age 18 years or older; BMI between 21 and 35; clinically visible localized fat deposits in at least one target zone; willingness to comply with post-treatment guidelines; and ability to attend sessions at 5- to 7-day intervals. Exclusion criteria were: pregnancy or lactation; active skin infection in any treatment zone; implanted electronic device; surgical body contouring within the preceding 12 months; uncontrolled metabolic disorder; anticoagulant use; and known hypersensitivity to topical agents used in the protocol.

3. Treatment Protocol. Each client underwent a course of 8 to 10 treatment sessions, delivered at intervals of 5 to 7 days. Treatment zones were selected at intake based on each client's areas of concern and confirmed by clinical assessment. All 22 clients received treatment to the abdomen; 18 also received treatment to the waist and flanks; and 12 received treatment to the upper thighs. Clients with multiple zones received all zones within a single session; no client was treated on fewer than one zone or more than three zones per session.

Each session followed a five-phase sequential protocol: Phase 1, preparatory activation (cleansing, conductive gel, parameter verification; 3 to 5 minutes);

Phase 2, adipocyte mobilization via ultrasonic cavitation at 36 to 40 kHz (10 to 15 minutes per zone); Phase 3, lymphatic priming through manual rhythmic drainage along anatomical pathways (5 to 10 minutes); Phase 4, thermo-mechanical remodeling combining RF at 40 to 42 degrees Celsius with vacuum roller manipulation and infrared support (15 to 20 minutes per zone); and Phase 5, consolidation through secondary drainage, topical calming, and post-treatment guidance (3 to 5 minutes). Total session duration ranged from 50 to 70 minutes. The conceptual rationale for this sequencing is presented in Section 4.1.

At intake, treatment zones were classified by adipose tissue density using a four-grade scale (AD-I through AD-IV) based on clinical palpation, tissue firmness, and skin elasticity. Treatment parameters (cavitation duration, RF intensity, vacuum level) were set according to the assigned grade, with AD-I receiving the lowest settings and AD-IV the highest within defined safety limits. Specific ranges are presented in Table 1 (Section 4.1).

After the third session, intermediate progress was evaluated against expected response thresholds based on the client's density grade. If circumferential reduction and firmness improvement were consistent with expected trajectory, parameters were maintained. If response fell below expected thresholds, cavitation duration was extended by 2 to 3 minutes per zone and vacuum intensity was increased by one level. If the client reported heightened tissue sensitivity or showed signs of overtreatment (persistent erythema exceeding 6 hours, localized tenderness), parameters were reduced. Decision logic for these adjustments is described in Section 4.1.

All clients received standardized post-treatment instructions at each visit: hydration of at least 1.5 liters within 4 hours, avoidance of alcohol and high-sodium foods for 48 hours, and light physical activity within 24 hours. Compliance was self-reported at each subsequent session.

4. Outcome Measures. Circumferential measurements were taken using a non-elastic tape with a spring-loaded tension indicator at four landmarks: natural waist, umbilical-level abdomen, bilateral flanks at iliac crest level, and widest upper thigh. Measurements were recorded at baseline, midpoint (after Session 5), and endpoint (7 days after the final session). All measurements were taken by the same practitioner under standardized conditions (standing position, end of normal expiration, morning appointment window).

Tissue firmness was assessed at each time point using the Tissue Elasticity Improvement Scale (TEIS), a practitioner-administered 6-point ordinal scale (0 to 5) designed for use within this protocol. A score of 0 indicated no palpable change from baseline; 5 indicated maximum perceptible improvement in skin tightness and elastic recoil. TEIS scores were assigned through standardized palpation of the treated zone immediately before circumferential measurement. As a preliminary practitioner-calibrated instrument, TEIS has not yet undergone formal inter-rater reliability testing; its application in this study is exploratory, and external validation is a planned direction for subsequent research.

Client satisfaction was recorded at endpoint using a structured questionnaire designed for this study, covering five domains: perceived change in body contour, perceived change in tissue firmness, comfort during sessions, satisfaction with recovery, and overall willingness to recommend the treatment. Each domain was scored from 1 (very dissatisfied) to 10 (very satisfied). Responses were converted into a Patient Satisfaction Weighted Score (PSWS) using the formula PSWS = (sum of domain scores / number of domains) / 10, yielding a normalized index between 0 and 1. PSWS functions as an initial operational scoring system designed to capture multi-domain client perception; independent psychometric validation is a planned direction for future work.

Circumferential reduction was expressed as a Circumference Reduction Index (CRI), calculated as percentage change from baseline. A Volume Response

Coefficient (VRC) was calculated by averaging CRI across three abdominal measurement levels (waist, umbilical abdomen, flanks). A Composite Transformation Score (CTS) was calculated at endpoint using the formula: CTS = 0.40 x CRI + 0.20 x TEIS + 0.20 x PSWS + 0.20 x VRC, where N denotes normalization of each component to a 0-100 scale. CRI and VRC, expressed as percentage change, were normalized by dividing by 11 (the reference clinical ceiling for single-course circumference reduction) and multiplying by 100. TEIS was normalized by dividing by the scale maximum (5) and multiplying by 100. PSWS was normalized by multiplying by 100. CRI received the highest weighting (40 percent) because circumferential change is the most direct and objective indicator of contour modification. TEIS, PSWS, and VRC each contributed 20 percent, representing elasticity, client perception, and volumetric dimensions respectively. Weight allocation was based on clinical judgment regarding the relative importance of each outcome dimension; empirical optimization of weights was beyond the scope of this observational study. CTS is intended to serve as an operational metric that consolidates multiple outcome dimensions into a single trackable index, enabling comparison across treatment courses and between practitioners.

5. Data Analysis. All measurements were recorded in a structured digital database (Microsoft Excel, version 16.0) and verified for entry errors prior to analysis. Descriptive statistics (mean, standard deviation, range) were calculated for circumferential change at each measurement site and time point, for each DQAM component score, and for the CTS. Results are reported as group-level observational trends. Given the small sample size (n = 22) and absence of a control group, inferential statistical testing was not performed. Subgroup analysis by age, BMI, or adipose density grade was not conducted due to insufficient statistical power.

Results

1. Conceptual Innovation: Methodological Architecture. The conceptual innovation of the Dolia Method lies not in the individual technologies employed, each of which is commercially available and independently documented in the literature, but in the structured integration logic that governs their coordinated application. Five interrelated models define this architecture: a directional sequencing model (PCSCM), an inter-modality coordination model (DMSM), an adaptive parameterization hierarchy (EMH), a midcourse response adjustment algorithm (ARAA), and a multidimensional outcome evaluation matrix (DQAM). Each model addresses a specific methodological gap identified in the literature review, and together they constitute a reproducible protocol system designed for operator-independent implementation across clinical settings.

1.1. Peripheral-to-Central Sequential Contouring Model (PCSCM). Conventional protocols typically begin at the site of greatest visible adipose accumulation. This prioritizes cosmetic visibility but does not account for the directional architecture of the lymphatic system. If central zones are treated before peripheral drainage pathways have been stimulated, mobilized metabolites may encounter greater resistance in resting lymphatic vessels, reducing clearance efficiency.

The PCSCM organizes treatment zones into three functional categories aligned with lymphatic anatomy. Peripheral activation zones (upper arms, lateral thighs, calves) are where lymphatic collectors originate; stimulating these first reduces downstream drainage resistance. Transitional drainage corridors (inner thighs, lateral torso) connect peripheral collectors with central trunks. Central accumulation zones (abdomen, waist, flanks, lower back) contain the primary adipose deposits and are addressed last. In practice, the practitioner activates lymphatic flow in the extremities and lateral torso before applying cavitation to the abdomen, so that by the time adipocyte contents are mobilized the drainage network is already activated.

1.2. Dynamic Multimodal Synergy Model (DMSM). The five-phase treatment sequence is not an arbitrary arrangement of available technologies. Each phase produces a specific physiological state in the treated tissue that the subsequent phase requires in order to operate at maximum efficiency. Cavitation disrupts adipocyte membranes and releases intracellular lipids, creating a localized surplus of triglycerides and free fatty acids in the interstitial space. If left unaddressed, these metabolites may clear more slowly through passive physiological processes. Manual lymphatic priming, applied immediately after cavitation, activates directional fluid movement along anatomical drainage pathways, accelerating transport of newly released lipids toward processing centers.

Radiofrequency, applied after lymphatic priming, acts on tissue that has already been mechanically stimulated and partially cleared of excess interstitial fluid. Reduced fluid volume in the treatment zone allows RF energy to penetrate more efficiently into dermal collagen structures, because excess interstitial fluid may absorb and disperse a portion of RF energy, reducing the proportion that reaches dermal collagen at target depth. Vacuum-assisted roller manipulation, delivered concurrently with RF, mechanically compresses and lifts tissue layers, further reducing the distance between the RF electrode and dermal collagen fibers. Infrared energy, applied during and after the thermo-mechanical phase, sustains the elevated tissue temperature and capillary dilation achieved by RF, extending the window during which collagen contraction and fibroblast activation occur.

The DMSM defines a cascade in which each modality creates a tissue state that enhances delivery and effectiveness of the next. Reversing the order would compromise the logic at multiple points: applying RF before cavitation would heat tissue that still contains intact adipocytes rather than mobilized lipids; performing lymphatic priming before cavitation would activate drainage pathways with no mobilized metabolites to transport; and omitting IR after RF would allow rapid

temperature decline in the treatment zone, narrowing the collagen contraction window. Controlled comparative testing of alternative sequences has not yet been performed, but the physiological rationale for the current ordering is grounded in the staged dependency of each tissue response on the preceding phase. Figure 1 illustrates the five-phase architecture.

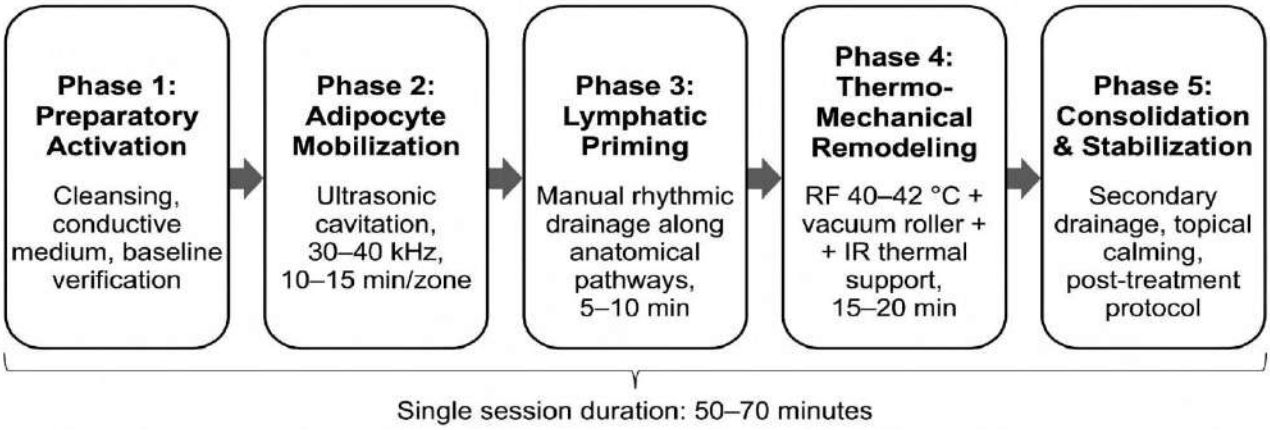


Figure 1. Five-Phase Sequential Treatment Architecture of the Dolia Method
Source: Author's development.

Figure 2 shows the corresponding tissue-level physiological responses across the four active treatment phases.

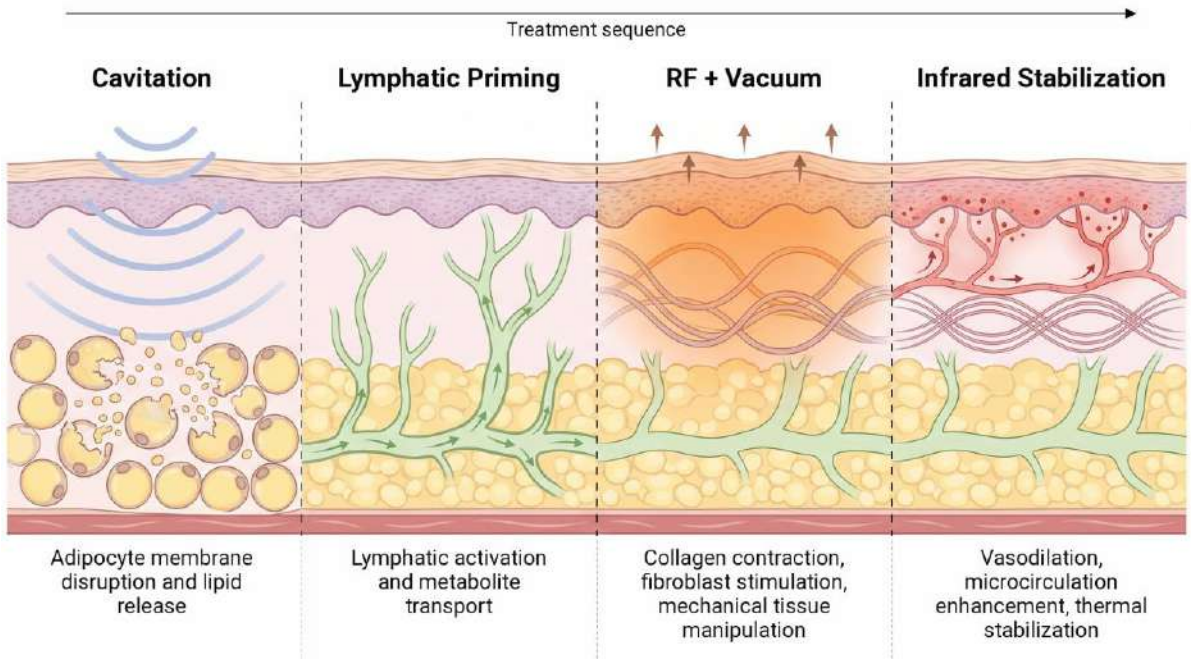


Figure 2. Schematic Representation of Physiological Tissue Response Across Treatment Phases
Source: Author's development.

1.3. Energy Modulation Hierarchy (EMH). Adipose tissue varies in density, fibrous content, vascularity, and elasticity across body regions and between individuals. Applying uniform energy parameters to all tissue types disregards these differences and risks undertreating dense deposits while overtreating responsive tissue. The EMH provides a structured mapping between tissue characteristics assessed at intake and treatment intensity parameters. Four adipose density grades (AD-I through AD-IV), assigned through clinical palpation, determine the starting ranges for cavitation duration, RF intensity, and vacuum pressure (Table 1).

Table 1. Energy Modulation Hierarchy: Parameter Ranges by Adipose Density Grade

Grade	Classification	Cavitation (per zone)	RF Intensity	Vacuum Level	Clinical Characteristics
AD-I	Low density	8 - 10 min	Low to moderate	Low	Mild adiposity, firm tissue, good skin recoil
AD-II	Moderate density	10 - 12 min	Moderate	Moderate	Visible accumulation, moderate tissue softness
AD-III	High density	12 - 15 min	Moderate to high	Moderate to high	Dense deposits, thicker subcutaneous layer
AD-IV	Very high density	15 - 18 min	High (within safety limits)	High	Large or fibrotic deposits, reduced elasticity

Source: Author's development based on the Dolia Method framework.

At intake, 6 of 22 clients were classified as AD-I, 9 as AD-II, 5 as AD-III, and 2 as AD-IV. Grading was performed by the same practitioner across all clients to ensure classification consistency.

1.4. Adaptive Response Adjustment Algorithm (ARAA). Fixed-parameter protocols assume uniform physiological response across clients, which contradicts documented inter-individual variability in tissue composition and metabolic function [12, 17]. The ARAA introduces structured decision logic at a checkpoint

after Session 3. At this point, observed CRI and TEIS values are compared against grade-specific expected response thresholds. For AD-I, expected midpoint CRI is 2.5 to 4.0 percent, reflecting lower tissue resistance; for AD-II, the range is 2.0 to 3.5 percent. For AD-III and AD-IV, expected values are lower (1.5 to 3.0 percent and 1.0 to 2.5 percent respectively), reflecting greater tissue density and slower mobilization. If observed CRI falls below the expected range, the algorithm recommends modest escalation of cavitation duration and vacuum intensity within the ranges defined for the next higher density grade. If the client reports heightened sensitivity or shows persistent erythema exceeding 6 hours, parameters are reduced by one intensity level. If values fall within or above the expected range, parameters remain unchanged. Specific adjustment increments are defined in the treatment protocol (Section 3.3). Application of this algorithm in the present study is reported in Section 4.2.

1.5. Dolia Quantitative Assessment Matrix (DQAM). Circumferential measurement captures one dimension of contour change but cannot distinguish between fat reduction, fluid shift, and tissue compaction. Practitioner-assessed firmness captures elasticity change but is subjective. Client satisfaction captures perceived value but is shaped by expectations and interpersonal dynamics. No single metric adequately represents the multidimensional nature of tissue transformation. The DQAM combines four indicators, each targeting a distinct outcome dimension, into a weighted Composite Transformation Score: CRI for dimensional change, TEIS for tissue quality, PSWS for client perception, and VRC for multi-level volumetric change. Calculation formulas and weighting rationale were described in Section 3.4.

Table 2. Composite Transformation Score: Component Structure and Weighting

Component	Full Name	Weight	Scale	Outcome Dimension Captured
CRI	Circumference Reduction Index	0.40	% change	Dimensional contour modification at landmark level
TEIS	Tissue Elasticity Improvement Scale	0.20	0 - 5	Practitioner-assessed tissue firmness and elastic recoil
PSWS	Patient Satisfaction Weighted Score	0.20	0 - 1	Multi-domain client perception of treatment value
VRC	Volume Response Coefficient	0.20	% change	Multi-level volumetric change within primary zone

Source: Author's development.
**CTS = 0.40 x N(CRI) + 0.20 x N(TEIS) + 0.20 x N(PSWS) + 0.20 x N(VRC), where N normalizes each component to a 0-100 scale.*

From a practical standpoint, CTS addresses three operational limitations of current assessment practice. First, it reduces fragmented evaluation by consolidating separate measurements into a single comparable index, replacing the need for practitioners to interpret multiple unrelated indicators independently. Second, it improves comparability between practitioners and clinical settings by providing a standardized numerical output that can be tracked across treatment courses, operators, and institutional contexts. Third, it enables multidimensional treatment evaluation, ensuring that outcomes where circumferential change occurs without firmness improvement, or where client satisfaction diverges from measured change, are captured rather than masked by a single-metric approach.

2. Observational Outcome Data

All 22 clients completed at least 8 sessions; 14 completed the full 10-session course. The 8 clients who completed 8 sessions did so by personal choice: 5 cited scheduling constraints, and 3 reported satisfaction with results achieved by

Session 8 and elected not to continue. No withdrawals due to adverse events or dissatisfaction occurred. Mean circumferential reduction by treatment zone and time point is presented in Table 3.

Table 3. Mean Circumferential Reduction (cm) by Treatment Zone and Time Point

Treatment Zone	n	Baseline Mean (cm)	Midpoint Change (cm)	Endpoint Change (cm)	SD
Waist	22	83.9	-2.0	-4.1	1.52
Abdomen	22	91.7	-2.3	-4.8	1.61
Flanks	18	97.4	-1.5	-3.4	1.38
Upper thigh	12	59.2	-1.2	-2.8	1.14

Source: Author's observational data, iContour Aesthetics & Spa, 2025-2026.

Circumferential change was progressive across both measurement intervals, with a larger proportion of total reduction occurring between the midpoint and endpoint assessments. Abdomen and waist zones showed the largest absolute reductions. Upper thigh reductions were smaller, consistent with the lower number of sessions delivered to this zone and the denser tissue composition characteristic of this region [17].

DQAM component scores and Composite Transformation Scores are summarized in Table 4.

TEIS scores improved by at least one point in 18 of 22 clients. Four clients showed only minimal firmness improvement (TEIS = 1) despite measurable circumferential reduction. PSWS reached 0.80 or higher in 17 of 22 cases. Clients completing 10 sessions achieved a mean CTS of 61.3, compared to 48.7 among those completing 8 sessions.

Descriptive breakdown of mean abdomen CRI by EMH density grade yielded the following values: AD-I (n = 6), 5.8 percent; AD-II (n = 9), 5.3 percent; AD-III (n = 5), 4.7 percent; AD-IV (n = 2), 4.2 percent. A downward trend in CRI with

increasing density grade was observed, though the subgroup sizes, particularly AD-IV (n = 2), are insufficient for statistical comparison. Whether the EMH parameter scaling partially compensated for greater tissue resistance in higher-density grades cannot be determined from these data.

Table 4. DQAM Component Scores and Composite Transformation Score (n = 22)

Component	Mean	SD	Min	Max
CRI (%, abdomen)	5.2	1.8	2.3	8.1
TEIS (0 - 5 scale)	3.1	0.9	1.0	5.0
PSWS (0 - 1 index)	0.82	0.11	0.55	0.96
VRC (%, abdomen)	4.8	1.6	1.9	7.6
CTS (composite)	56.4	10.2	38	74

Source: Author's calculation based on the DQAM framework. CRI and VRC from abdomen zone data.

ARAA-triggered parameter adjustments were applied in 7 of 22 cases (31.8 percent) after Session 3. Five received upward parameter escalation (extended cavitation duration and increased vacuum intensity, per the adjustment increments defined in Section 3.3). Two received RF intensity reduction due to heightened skin sensitivity. Mean midpoint CRI in the adjusted group prior to modification was 1.4 percent; mean endpoint CRI in the same group reached 5.6 percent, compared to 5.0 percent in the 15 non-adjusted clients. Mean CTS in the adjusted group was 59.1 versus 55.2 in the non-adjusted group. Given the small and uncontrolled nature of these subgroups, no causal inference can be drawn from this comparison.

No serious adverse events were recorded. Transient mild erythema, resolving within 1 to 3 hours, was observed in 15 of 22 clients (68.2 percent). Six clients reported temporary localized sensitivity in vacuum-treated areas, resolving within

24 hours without intervention. No episodes of blistering, bruising, pigmentation change, or persistent pain occurred.

Discussion

Mean endpoint circumferential reduction at the abdomen (4.8 cm over 8 to 10 sessions) exceeds the 2 to 4 cm range reported by Moreno-Moraga et al. [2] for cavitation alone after three sessions, and the 1.4 cm reported by Adatto et al. [15] for VelaShape II after four sessions. It falls below the 5.4 cm reported by Manuskiatti et al. [16] in post-partum subjects after five sessions. Direct comparison is constrained by differences in population, baseline tissue laxity, session count, and follow-up timing. Post-partum subjects likely presented with greater baseline fluid retention and distensibility, amplifying early change; the Adatto study used a shorter course with a longer follow-up window in which partial recovery may have occurred. That the present multimodal protocol exceeded cavitation-only reductions is consistent with the premise that coordinated sequencing adds measurable value, though the session count difference (3 versus 8 to 10) limits the strength of this comparison.

The PCSCM rests on the premise that activating peripheral lymphatic pathways before treating central zones improves metabolite clearance. Friedmann [6] established that volumetric outcomes depend on downstream clearance capacity, not solely on adipocyte disruption count, while Monteux and Lafontan [11] confirmed that the drainage system responds to targeted mechanical activation. Whether peripheral-first sequencing produces better clearance than simultaneous or reversed ordering remains untested, and formal evaluation would require a controlled trial comparing these approaches.

The DMSM formalizes the principle that each treatment phase must create specific tissue conditions required by the subsequent phase. One specific mechanism advanced in Section 4.1 is that lymphatic priming after cavitation reduces interstitial fluid volume, potentially improving RF penetration into dermal

collagen. While no published study has directly measured RF penetration depth as a function of prior lymphatic drainage, the general principle that fluid-rich tissue attenuates electromagnetic energy delivery is consistent with the biophysics of RF interaction with biological media. A notable feature of the present study design is the use of separate, independently controlled devices for each modality. Unlike fixed-platform systems where modality sequencing is determined by the manufacturer, the independent-device approach permits deliberate manipulation of phase order, duration, and intensity at each stage. This design characteristic is a prerequisite for any future controlled comparison of alternative sequencing strategies within the DMSM framework.

Descriptive breakdown of CRI by adipose density grade showed a modest downward gradient from AD-I (5.8 percent) to AD-IV (4.2 percent). One interpretation is that denser, more fibrous tissue responds less readily to cavitation-mediated mobilization even when longer exposure times are applied, consistent with Ibrahim's findings regarding regional differences in subcutaneous fat structure [17]. An alternative interpretation is that the EMH parameter scaling partially compensated for tissue resistance, narrowing the outcome gap between grades. The subgroup sizes in this study (particularly n = 2 for AD-IV) are far too small to distinguish between these explanations, and a larger sample with balanced density-grade distribution would be needed to evaluate EMH calibration empirically.

The 7 clients who received ARAA-triggered adjustments after Session 3 had a mean midpoint CRI of 1.4 percent, below their grade-specific expected thresholds. After parameter modification, their mean endpoint CRI reached 5.6 percent, compared to 5.0 percent in the 15 non-adjusted clients. While this trajectory is consistent with the hypothesis that midcourse adaptation can recover suboptimal early response, the uncontrolled design prevents attribution to the adjustment itself. Clients in the adjusted group may have differed from non-

adjusted clients in hydration habits, activity levels, or metabolic characteristics not captured by the density grading. A randomized comparison between adaptive and fixed-parameter arms, controlling for baseline characteristics, would be needed to evaluate ARAA effectiveness independently.

Clients completing 10 sessions achieved a mean CTS of 61.3 versus 48.7 for those completing 8 sessions. Whether this reflects a dose-response relationship or a self-selection effect (three of the 8-session clients stopped because they considered results sufficient) cannot be determined without a design in which session count is assigned rather than self-selected.

CTS values in this study ranged from 36 to 77, establishing a preliminary numerical benchmark for the DQAM framework. Because CTS is a newly developed composite score without published reference ranges, these values cannot yet be interpreted against an established performance standard. However, the observation that 4 of 22 clients showed measurable circumferential reduction without corresponding firmness improvement illustrates a practical limitation of single-metric assessment: in these cases, CRI alone would have classified the outcome as successful while tissue quality remained unchanged. By consolidating dimensional, elasticity, perceptual, and volumetric indicators into a single index, CTS provides practitioners with a structured basis for treatment evaluation that reduces reliance on fragmented interpretation of unrelated measurements. Whether specific CTS thresholds correspond to clinically meaningful outcome categories remains to be established through validation against patient-reported long-term outcomes and clinician-rated global improvement scales.

Transient erythema (68.2 percent) and temporary localized sensitivity (27.3 percent) were the only adverse effects observed, consistent with published safety profiles for VelaShape [15] and similar combined-modality protocols [16]. The absence of blistering, bruising, pigmentation change, or persistent pain suggests that the five-phase protocol did not introduce safety risks beyond those associated

with individual modality application, though the small sample limits power to detect rare events.

Beyond its clinical performance, the Dolia Method was designed as a transferable operational system. The protocol relies on device categories (cavitation units, RF systems, vacuum rollers, infrared panels) rather than specific proprietary platforms, making it adaptable to different device ecosystems available across aesthetic clinics. Treatment parameters are governed by the EMH grading system and ARAA decision logic rather than by practitioner intuition, which supports reproducibility across operators with varying levels of experience. The five-phase architecture and structured assessment instruments (CRI, TEIS, PSWS, CTS) establish a shared operational language for standardized practitioner training, cross-operator quality comparison, and institutional outcome benchmarking. Whether these design features translate into consistent real-world implementation across diverse clinical environments remains to be tested through multi-site adoption studies.

Several study design limitations must be acknowledged. First, the absence of a control group means that observed reductions cannot be attributed solely to the protocol; dietary changes, physical activity, hydration behavior, and natural weight fluctuation may have contributed. Second, all treatments were delivered by a single practitioner at a single site, limiting generalizability to other operators and settings. Third, the sample size of 22 is insufficient for meaningful subgroup analysis by age, BMI, or density grade. Fourth, the endpoint measurement was taken 7 days after the final session, with no follow-up at 3 or 6 months; whether effects are maintained, diminished, or continue to develop beyond this window is unknown. Fifth, compliance with post-treatment hydration, dietary, and activity recommendations was self-reported and not objectively verified.

Measurement-related limitations are equally important. TEIS, functioning as a preliminary practitioner-calibrated instrument, was administered by a single

operator in this study; inter-rater reliability testing and validation against objective devices such as cutometer or shear-wave elastography are necessary before it can be adopted across clinical settings. PSWS, an exploratory assessment tool designed to capture multi-domain client perception, has not undergone independent psychometric validation; responses may have been influenced by social desirability or practitioner-client rapport. CTS component weights (0.40/0.20/0.20/0.20) were assigned based on clinical judgment rather than empirical optimization, and alternative weighting configurations may produce different composite rankings. Formal validation of each instrument is a prerequisite for CTS to function as a reliable comparative metric across studies and practitioners.

Conclusions

This study presented the Dolia Method as an original operational framework for coordinated non-invasive aesthetic treatment, comprising a structured adaptive protocol with integrated sequencing logic, adaptive parameterization, and multidimensional outcome evaluation. Preliminary evaluation through an observational case series of 22 clients demonstrated the operational viability of four interrelated conceptual models: directional treatment sequencing (PCSCM), physiologically grounded modality coordination (DMSM), adaptive parameter selection (EMH/ARAA), and composite outcome scoring (DQAM/CTS).

Observational data showed progressive circumferential reduction across all treated zones, with mean endpoint values ranging from 2.8 to 4.8 cm depending on anatomical site and session count. Firmness improvement was observed in 18 of 22 clients, satisfaction scores exceeded 0.80 on a normalized index in 17 of 22 cases, and CTS values ranged from 36 to 77. Midcourse parameter adjustments applied in 7 cases were followed by endpoint CRI values exceeding the group mean, though the uncontrolled design does not permit causal attribution. No

serious adverse events were recorded, and the safety profile was consistent with published data for the individual modalities involved.

The protocol's reliance on device categories rather than specific proprietary platforms, its structured parameter logic, and its standardized assessment instruments position it as a potentially reproducible system applicable across aesthetic clinics and adaptable to different practitioner backgrounds and equipment configurations. These findings should be interpreted within the constraints of a single-site observational design with no control group and limited follow-up. Controlled multi-site trials with larger populations, randomized comparison arms (including fixed-parameter and alternative-sequencing controls), objective elasticity measurement, validated satisfaction instruments, and follow-up periods of at least 6 months are necessary to evaluate the protocol, its component models, and its scalability across clinical environments. Empirical validation of CTS weighting, inter-rater reliability testing of TEIS and EMH grading, and formal dose-response analysis across session counts represent priority directions for subsequent investigation. As a structured methodology publication presenting an original operational framework for coordinated non-invasive aesthetic treatment systems, this work is intended to contribute to the standardization and professionalization of multimodal protocol design in the field.

References

1. American Society for Dermatologic Surgery. (2023). ASDS Survey on Dermatologic Procedures 2022. Dermatologic Surgery, 49(Suppl 1), S1-S24. https://www.asds.net/

2. Moreno-Moraga, J., Valero-Altes, T., Riquelme, A. M., Isarria-Marcosy, M. I., & de la Torre, J. R. (2007). Body contouring by non-invasive transdermal focused ultrasound. Lasers in Surgery and Medicine, 39(4), 315-323. https://doi.org/10.1002/lsm.20478

3. Hsu, T. S., & Kaminer, M. S. (2003). The use of nonablative radiofrequency technology to tighten the lower face and neck. Seminars in Cutaneous Medicine and Surgery, 22(2), 115-123. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12828470/

4. Kennedy, J., Verne, S., Griffith, R., Falto-Aizpurua, L., & Nouri, K. (2015). Non-invasive subcutaneous fat reduction: a review. Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology, 29(9), 1679-1688. https://doi.org/10.1111/jdv.12994

5. Mulholland, R. S., Paul, M. D., & Chalfoun, C. (2011). Noninvasive body contouring with radiofrequency, ultrasound, cryolipolysis, and low-level laser therapy. Clinics in Plastic Surgery, 38(3), 503-520. https://doi.org/10.1016/j.cps.2011.02.003

6. Friedmann, D. P. (2015). A review of the aesthetic treatment of abdominal subcutaneous adipose tissue: Background, implications, and therapeutic options. Dermatologic Surgery, 41(1), 18-34. https://doi.org/10.1097/DSS.0000000000000229

7. Manstein, D., Laubach, H., Watanabe, K., Farinelli, W., Zurakowski, D., & Anderson, R. R. (2008). Selective cryolysis: a novel method of non-invasive fat removal. Lasers in Surgery and Medicine, 40(9), 595-604. https://doi.org/10.1002/lsm.20719

8. ELdesoky, M. T. M., Abutaleb, E. E. M., & Mousa, G. S. M. (2016). Ultrasound cavitation versus cryolipolysis for non-invasive body contouring. Australasian Journal of Dermatology, 57(4), 288-293. https://doi.org/10.1111/ajd.12465

9. Zelickson, B. D., Kist, D., Bernstein, E., Brown, D. B., Ksenzenko, S., Burns, J., Kilmer, S., Mehregan, D., & Pope, K. (2004). Histological and ultrastructural evaluation of the effects of a radiofrequency-based nonablative

dermal remodeling device. Archives of Dermatology, 140(2), 204-209. https://doi.org/10.1001/archderm.140.2.204

10. El-Domyati, M., El-Ammawi, T. S., Medhat, W., Moawad, O., Brennan, D., Mahoney, M. G., & Uitto, J. (2011). Radiofrequency facial rejuvenation: Evidence-based effect. Journal of the American Academy of Dermatology, 64(3), 524-535. https://doi.org/10.1016/j.jaad.2010.09.055

11. Monteux, C., & Lafontan, M. (2008). Use of the microdialysis technique to assess lipolytic responsiveness of femoral adipose tissue after 12 sessions of mechanical massage technique. Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology, 22(12), 1465-1470. https://doi.org/10.1111/j.1468-3083.2008.02832.x

12. Marques, M. A., Combes, M., Roussel, B., Vidal-Dupont, L., Thalamas, C., Lafontan, M., & Viguerie, N. (2011). Impact of a mechanical massage on gene expression profile and lipid mobilization in female gluteofemoral adipose tissue. Obesity Facts, 4(2), 121-129. https://doi.org/10.1159/000323403

13. Macedo, A. C. B., Curti, H. R. V., & Gomes, J. R. (2014). Longitudinal evaluation of manual lymphatic drainage for the treatment of gynoid lipodystrophy. Anais Brasileiros de Dermatologia, 89(5), 712-718. https://doi.org/10.1590/abd1806-4841.20142856

14. Montesi, G., Lupi, O., & Silveira, I. (2025). Endermologie as a complementary therapy in medicine and surgery and an effective aesthetic procedure: A literature review. Applied Sciences, 15(8), 4313. https://doi.org/10.3390/app15084313

15. Adatto, M. A., Adatto-Neilson, R. M., & Morren, G. (2014). Reduction in adipose tissue volume using a new high-power radiofrequency technology combined with infrared light and mechanical manipulation for

body contouring. Lasers in Medical Science, 29(5), 1627-1631. https://doi.org/10.1007/s10103-013-1468-5

16. Manuskiatti, W., Wachirakaphan, C., Lektrakul, N., & Varothai, S. (2009). Post-pregnancy body contouring using a combined radiofrequency, infrared light and tissue manipulation device. Journal of Cosmetic and Laser Therapy, 11(4), 229-235. https://doi.org/10.1080/14764170903234617

17. Ibrahim, M. M. (2010). Subcutaneous and visceral adipose tissue: structural and functional differences. Obesity Reviews, 11(1), 11-18. https://doi.org/10.1111/j.1467-789X.2009.00623.x

Ihnatiev Oleksandr, Postgraduate Student, https//orcid.org/0009-0003-6401-6765

Savielieva Oksana, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of machine dynamics and mechanical engineering, National University “Odesa Polytechnic”, Ukraine, https//orcid.org/0000-0002-0453-4777

STRUCTURAL ANALYSIS AND DEVELOPMENT TRENDS OF DRAG CHAIN CONVEYORS USED IN THE AGRO-INDUSTRIAL SECTOR

Abstract

The article investigates the current state, design features, and development trends of drag chain conveyors widely used in the agro-industrial sector of Ukraine for the transportation of grain, compound feed, oilseed processing products, and other bulk materials. The relevance of improving conveying and technological equipment is substantiated by the significant role of the agricultural sector in the national economy and the growing requirements for the efficiency of logistics processes. A review of scientific publications devoted to the energy efficiency, reliability, operating dynamics, and structural optimization of drag chain conveyors has been carried out.

An overview of the Ukrainian drag chain conveyor market is presented, including an assessment of the ratio between domestic and imported manufacturers and the identification of the main directions of industry development. The design of the main conveyor components, including conveyor casings, drive stations, tensioning stations, and various types of traction chains, is analyzed. Plate chains, welded steel chains, and fork chains are characterized with consideration of their operational advantages and disadvantages. The influence of design solutions and construction materials on the reliability, durability, energy efficiency, and manufacturability of the equipment is

examined. Particular attention is paid to the use of modern lining materials for extending conveyor service life under conditions of intensive abrasive wear.

The research findings may be applied in the design, modernization, and selection of drag chain conveyors for agro-industrial enterprises.

Keywords: drag chain conveyor, agro-industrial complex, grain processing, traction chain, drive station, tensioning station, energy efficiency, reliability, technological production, bulk material transportation.

Problem statement

Ukraine's agro-industrial complex is one of the fundamental sectors of the national economy, ensuring food security, generating a significant share of foreign exchange earnings, and contributing to the development of related industries such as mechanical engineering, logistics, and energy. The sector provides employment for a substantial proportion of the population (up to 14% of total employment), which is an important factor in maintaining social stability. Furthermore, due to its considerable natural resource potential, the sector remains highly attractive for investment.

According to data provided by the Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine, the combined contribution of agriculture and agricultural processing to the country's gross domestic product accounts for approximately 17–20%, while agricultural and food products constitute 40–45% of total exports. Therefore, the development and improvement of technological equipment used for the processing, storage, and transportation of agricultural products represent an important scientific and practical challenge.

One of the key components of internal logistics systems at agro-industrial enterprises is the drag chain conveyor (DCC). These conveyors are widely used for horizontal and inclined transportation of grain, compound feed, oilseed cake, bran, fertilizers, and other bulk materials. Owing to their design, drag chain

conveyors ensure continuous material handling even under severe operating conditions characterized by high dust concentrations, temperature fluctuations, and increased humidity.

It is estimated that approximately 1,200–1,500 new drag chain conveyors are installed annually in Ukraine as part of elevator modernization projects and the construction of new agro-industrial facilities. The conveyor equipment market offers both domestically manufactured conveyor and chain systems as well as imported solutions developed by foreign manufacturers. These systems differ in design approaches, operational characteristics, and manufacturing technologies. Consequently, there is a growing need for obtaining reliable scientific and technical data regarding the structural features and market development trends of drag chain conveyors, as well as the influence of their design and material parameters on operational efficiency, reliability, and lifecycle costs.

Analysis of recent research and publications

The problem of efficient bulk material transportation, particularly in the agricultural sector, has been the subject of numerous studies in applied mechanics, materials science, and mechanical engineering. Considerable attention has been paid to the design analysis of drag chain conveyors, as well as to improving their energy efficiency, wear resistance, operational reliability, and adaptability to agro-industrial operating conditions.

Reference [1] provides a comprehensive review of the development, classification, design aspects, and application areas of mechanical conveyor systems. Various conveyor types, including belt, roller, chain, screw, and overhead conveyors, are examined with particular emphasis on their unique characteristics and advantages that contribute to improving industrial efficiency, productivity, and sustainability.

In study [2], conveyor designs intended for bulk material handling are investigated. The authors focus on selecting conveyor types according to material properties and operational requirements to achieve high productivity and energy efficiency. Particular attention is given to the advantages of belt and apron conveyors used in construction industries.

Paper [3] proposes essential safety measures for enclosed chain conveyor systems. Special attention is paid to loading and unloading zones, as well as drive components that may present operational hazards. Recommendations for implementing effective workplace safety practices are provided.

The modernization of chain conveyor designs is discussed in [4], where modifications to roller assemblies are proposed to increase service life and reduce energy consumption. The replacement of friction bushings with anti-friction bearings resulted in reduced failure rates, lower maintenance requirements, and improved operational efficiency.

Study [5] presents an analysis of the energy efficiency of Z-type chain conveyors and proposes optimization approaches. Based on an analytical model, several methods for reducing energy consumption without compromising productivity were developed.

Research [6] investigates the dynamic characteristics of drag chain conveyors, particularly the effects of chain speed fluctuations and terrain-induced disturbances on conveyor performance. The analysis of vibration signals enabled the development of recommendations aimed at reducing wear and improving operational efficiency.

The authors of [7] evaluated the influence of chain friction on conveyor dynamics and energy efficiency. Using spatio-temporal dynamic characteristics, relationships between vibration amplitudes and energy consumption were identified, providing opportunities for system optimization.

In [8], the Discrete Element Method (DEM) was applied to optimize the

geometry of conveyor flights. Numerical simulations were used to determine the influence of flight geometry on material transportation and to identify design parameters that improve productivity while reducing energy consumption.

Paper [9] examines the operating mechanism of trough chain conveyors and analyzes the resistance forces acting on transported materials. The study demonstrates the importance of proper chain design for ensuring energy-efficient operation and optimal performance of bulk material handling systems.

The reviewed studies provide a scientific basis for further investigations into drag chain conveyor design, performance evaluation under actual operating conditions, and the analysis of market trends and technological developments in agricultural logistics mechanization.

Purpose of the article

The purpose of this study is to analyze the design features, materials, and market development trends of drag chain conveyors used in the Ukrainian agro-industrial sector and to identify opportunities for improving their reliability, manufacturability, and energy efficiency.

To achieve this objective, a comparative analysis of domestic and imported traction chains and conveyor structural components was carried out, and their influence on operational performance indicators was evaluated.

Presentation of the main material of the study

The Ukrainian market demonstrates a stable annual demand for drag chain conveyors (DCC). According to industry estimates, approximately 1,200–1,500 new conveyors are installed annually as part of elevator modernization projects and the construction of new grain storage and agro-industrial facilities.

Grain elevators, storage facilities, and grain terminals use drag chain conveyors for handling a wide range of agricultural products, including wheat,

corn, barley, soybean, sunflower seeds, and other crops. These conveyors are employed for transporting grain from receiving points to cleaning and drying equipment, transferring material between bucket elevators, silos, and dryers, as well as loading grain into transportation systems and transfer stations.

Most conveying routes are designed as horizontal or inclined systems. Modern conveyor designs enable the creation of complex conveying lines incorporating multiple loading and unloading points controlled by automated gate systems.

In feed production facilities, drag chain conveyors play a critical role in transporting crushed grain, meal, premixes, protein supplements, and mineral additives. The conveyors are integrated into dosing systems, supplying components to mixers and transferring finished products to packaging or storage units. Their precise and continuous material flow contributes significantly to maintaining feed formulation consisten.

Oil-processing plants utilize drag chain conveyors for transporting by-products such as oil cake, meal, husks, and granulated residues generated during oil extraction and pressing processes. In addition, they may serve as components of raw material preparation systems, particularly in facilities processing sunflower seeds and soybeans.

Industry estimates indicate that during 2023–2025 Ukrainian manufacturers accounted for approximately 65–70% of the domestic drag chain conveyor market. This position is attributed to both economic factors, including lower logistics costs and local supply chains, and technical factors, such as the ability of domestic manufacturers to adapt equipment to the specific operating conditions of Ukrainian grain handling facilities.

Among the leading domestic manufacturers are: KMZ Industries, Eskeeper, Grain Capital, Lubnymash. These companies supply conveyors with capacities ranging from 20 to 1,000 t/h and offer galvanized or painted conveyor casings

designed for operation in grain-processing environments.

Imported equipment accounts for approximately 30–35% of the market and is primarily represented in specialized applications, including:

– stainless-steel conveyors for food and chemical industries;

– highly automated conveying systems with complex routing configurations.

The major foreign suppliers originate from Türkiye (Mysilo, Obial), Sweden (Skandia elevator), Latvia (Preco), Denmark (Monsun, Cimbria), Italy (AGI PTM), USA (GSI), China (Muyang) and Switzerland (Buhler).

The performance, durability, and reliability of drag chain conveyors are determined by several key structural units. A typical conveyor consists of: conveyor casing (trough); traction chain with flights; drive station; tensioning station; loading and unloading devices; monitoring and safety systems.

The conveyor casing represents the primary load-bearing component of the conveyor system. It performs two essential functions: forming an enclosed channel for material transportation; providing structural support for the chain and flights while withstanding static and dynamic loads.

The quality of the casing directly affects energy efficiency, wear resistance, conveying speed, service life, and noise levels.

The operational performance of the casing depends on several factors, including material selection, wall thickness, and geometric dimensions (Table 1).

The drive station provides conveyor motion through a geared motor that transmits torque to the drive sprocket. Drive selection depends on conveyor capacity, conveying distance, operating conditions, installation constraints, and maintenance requirements.

Several drive configurations are commonly employed in drag chain conveyors (Figure 1).

The bevel-helical gear motor is one of the most widely used drive solutions

due to its high reliability and compact design. Its mechanical efficiency may reach 96%. The hollow output shaft allows direct mounting onto the drive shaft using a keyway or shrink disc connection, simplifying installation and maintenance procedures.

Parallel-shaft helical gear motors also provide high efficiency, reaching approximately 96%. Their installation characteristics make them suitable for applications with limited mounting space, such as under-silo and over-silo galleries.

An important advantage is their lower manufacturing cost, typically 5–15% lower than that of bevel-helical gear units. As a result, they are frequently selected when installation space limitations are not critical.

Table 1. Comparative Characteristics of Conveyor Casings Manufactured by Different Companies.

Parameter	KMZ Industries	Eskeeper	Grain Capital	Lubnymash	Cimbria	Preco
1	2	3	4	5	6	7
Capacity: 50 t/h						
Casing cross-section (W × H), mm	200 × 360	200 × 340	190 × 330	200 × 340	190 × 380	200 × 280
Chain speed, m/s	0.55	0.70–0.75	0.70	0.65–0.75	0.55	0.70
Steel thickness, mm:						
– Bottom plate	4	3	3	3	3	2 + 10*
– Side walls	3	3	2	3	2	2
– Cover	1.5	2	1.5	1.5	2	1.5
Capacity: 100 t/h						
Casing cross-section (W × H), mm	320 × 470	320 × 470	300 × 350	300 × 410	280 × 470	330 × 360

Continuation of table 1

1	2	3	4	5	6	7
Chain speed, m/s	0.55–0.65	0.65–0.75	0.70	0.65–0.75	0.55–0.60	0.60–0.70
Steel thickness, mm:						
– Bottom plate	4	4	3	3	3	2 + 10*
– Side walls	3	3	3	3	3	2
– Cover	1.5	2	1.5	1.5	2	1.5
Capacity: 200 t/h						
Casing cross-section (W × H), mm	450 × 470	400 × 470	400 × 470	450 × 470	440 × 470	200 × 280**
Chain speed, m/s	0.55	0.70–0.75	0.70–0.75	0.65–0.75	0.55–0.60	0.70
Steel thickness, mm:						
– Bottom plate	4	4	4	4	4	2 + 10*
– Side walls	3	3	3	3	3	3
– Cover	1.5	2	1.5	2	2	1.5

* Additional wear-resistant liner (typically UHMW-PE or wear-resistant steel) with a thickness of 10 mm.

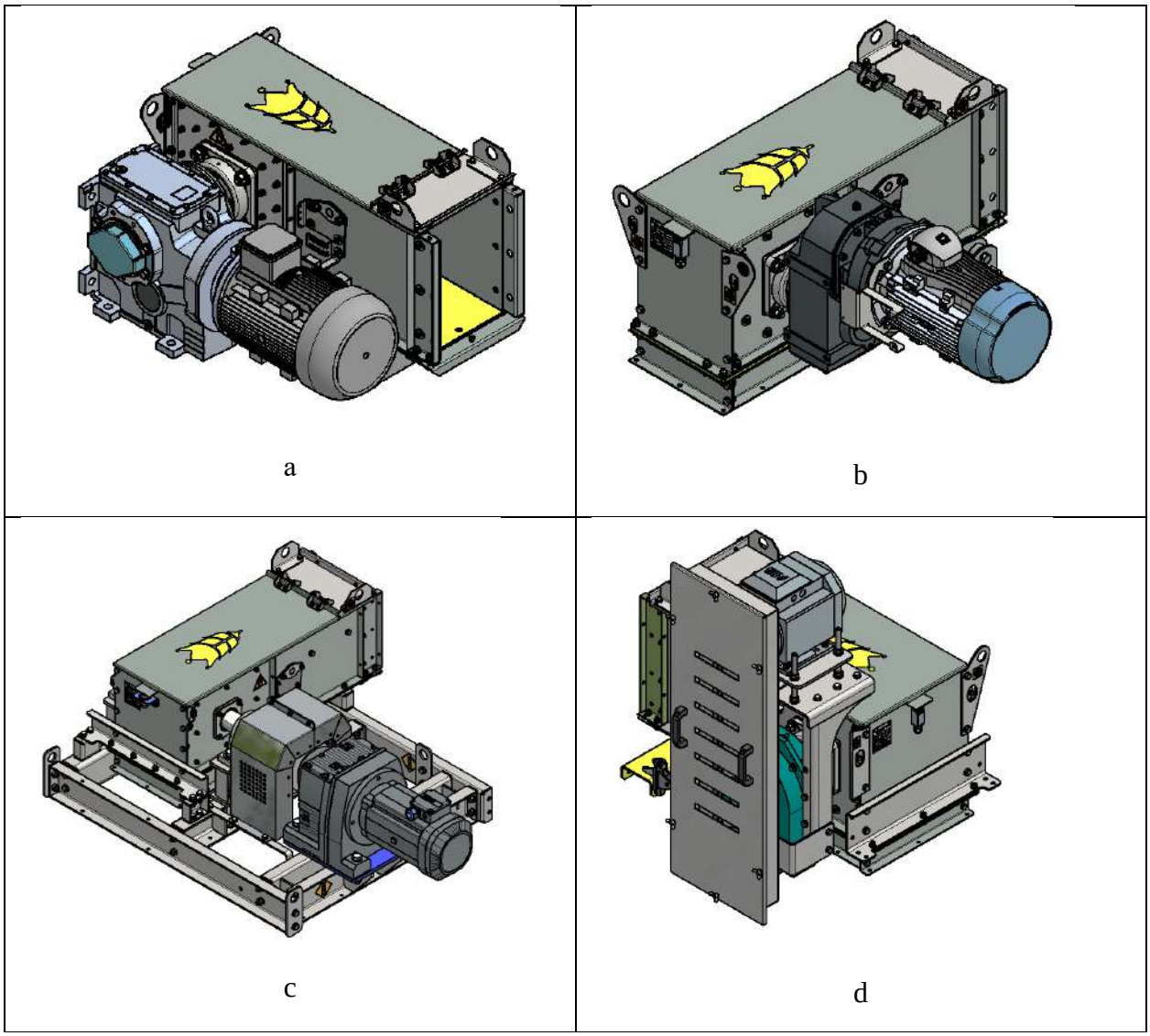
** The value should be verified with the manufacturer's catalogue, as the indicated cross-section appears inconsistent with the stated conveyor capacity of 200 t/h

Inline drive systems equipped with flexible couplings compensate for shaft misalignment, dampen vibrations, and protect drivetrain components from shock loads.

Such systems provide enhanced durability and maintainability, particularly in high-capacity and long-distance conveyors. Although their overall dimensions are larger than those of alternative drive arrangements, they remain attractive because of their simplicity, reliability, and economic efficiency.

Gear motors combined with V-belt transmissions are less frequently used in modern conveyor systems. Their advantages include smooth operation, vibration

reduction, simple speed ratio adjustment, and protection against motor overloads.



a – bevel-helical geared motor; b – parallel-shaft helical geared motor; c – inline geared motor; d – geared motor with V-belt transmission

Figure 1. Conveyor Drive Types.

However, the need for continuous monitoring and periodic adjustment of belt tension significantly limits their practical application.

The purpose of the tensioning station is to maintain the required chain tension and compensate for chain elongation during operation. The most common tensioning systems include: screw tensioners; counterweight tensioners;

spring tensioners; hydraulic tensioners.

The screw tensioning mechanism is the most widely used solution. Chain tension is adjusted through a threaded mechanism that gradually moves the driven sprocket. The system is characterized by reliability, simplicity, low cost, and accurate adjustment. However, it requires periodic manual adjustment, especially under intensive operating condition.

Counterweight tensioners automatically maintain chain tension through gravitational force acting via pulleys and cables connected to the sprocket shaft. Their main advantage is the ability to provide a constant tension force regardless of chain elongation. This reduces shock loads, improves operational smoothness, and extends chain service life. The main disadvantages are increased structural weight and the requirement for additional installation space.

Spring tensioners employ elastic components to compensate for chain elongation and absorb short-term fluctuations in chain tension. Such systems are commonly used in compact or mobile conveyors where counterweight installations are impractical. Their advantages include ease of installation and compact dimensions; however, they provide only a limited compensation range and require regular inspection of elastic elements

Hydraulic tensioners represent the most advanced tensioning solution currently available. Hydraulic cylinders automatically compensate for chain elongation and maintain optimal tension regardless of load variations. These systems provide superior adjustment accuracy and smooth operation. Their disadvantages include higher manufacturing costs and increased maintenance requirements.

The traction chain is the principal working element of a drag chain conveyor, responsible for transmitting pulling forces and moving flights through the conveying channel. The operational reliability, durability, energy efficiency,

and maintenance requirements of the conveyor largely depend on the type and quality of the chain employed.

Three major types of traction chains are commonly used in the Ukrainian market and industrial practice: plate chains manufactured according to national and international standards (DSTU, DIN), welded steel chains, and fork chains. Each type possesses distinct structural characteristics, advantages, limitations, and application areas.

Plate chains are the most widely used traction elements in drag chain conveyors. Structurally, they consist of two parallel side plates connected by pins, bushings, and, in some designs, rollers. Chain pitch and plate dimensions are standardized according to international or national standards, ensuring interchangeability and manufacturing consistency.

The main advantages of plate chains include high tensile strength, accurate pitch geometry, reliable attachment of flights, and ease of maintenance. They demonstrate satisfactory performance under dusty and moderately aggressive operating conditions while maintaining good resistance to abrasive wear.

Another important advantage is their compatibility with various attachment configurations used for mounting conveyor flights. Plate chains can be employed in both single-strand and double-strand conveyor systems, providing flexibility in conveyor design.

In most applications, plate chains are manufactured from alloy steels subjected to heat treatment processes to increase the hardness of pins and bushings. This significantly improves wear resistance and ensures stable operation under abrasive conditions. Consequently, plate chains represent the standard solution for medium- and high-capacity grain-handling conveyors.

Welded steel chains are primarily used in heavy-duty conveyor systems operating under high loads and severe service conditions. Typical applications include the transportation of compound feed, meal, moist grain mixtures, and

other bulk materials characterized by increased weight and abrasive properties.

These chains are composed of welded steel elements forming a rigid structure capable of withstanding substantial tensile and impact loads. Owing to their robust design, welded chains exhibit excellent resistance to deformation and are particularly suitable for environments involving abrasive dust, moisture, and fluctuating loading conditions.

The increased thickness of structural components and the larger contact area between pins and bushings contribute to an extended service life and reduced maintenance requirements. However, these advantages are accompanied by greater chain weight, which increases power consumption and dynamic loads on conveyor components.

Furthermore, manufacturing costs are relatively high due to the complexity of welding operations and the necessity of quality control procedures for welded joints.

Fork chains represent a high-strength cast-chain solution designed for demanding industrial applications. Each chain link consists of a fork-shaped casting that encloses the pin of the adjacent link, creating a large contact area and ensuring uniform load distribution.

This design provides exceptionally high tensile strength while maintaining a lower mass compared with conventional plate chains. As a result, fork chains are particularly suitable for long conveyors, high-capacity systems, and applications involving substantial shock loads.

Fork chains offer several important advantages: high tensile strength; superior wear resistance; reduced inertial mass; smooth conveyor operation; extended service life; excellent pitch accuracy throughout the operating period.

Maintaining pitch accuracy is particularly important for ensuring synchronized operation of conveyor flights and sprockets in long conveying systems.

Despite their technical advantages, fork chains remain relatively expensive due to the complexity of casting and machining processes. Additionally, maintenance and replacement of individual links may be more complicated compared with conventional plate-chain systems.

A comparison of the three major chain types indicates that plate chains remain the most versatile and economically attractive solution for grain-handling and feed-processing facilities. Welded steel chains are preferable for heavy-duty operating conditions where maximum durability is required, while fork chains represent a premium solution for high-capacity conveyor systems demanding exceptional strength and long service life.

Therefore, the selection of a traction chain should be based on a comprehensive assessment of conveyor capacity, operating conditions, expected service life, maintenance strategy, and economic considerations.

One of the most important factors affecting conveyor durability is the protection of surfaces exposed to intensive abrasive wear. During operation, conveyor casings, flights, loading zones, and discharge sections are continuously subjected to friction generated by transported bulk materials.

To reduce wear and extend service life, manufacturers increasingly employ wear-resistant lining materials applied to critical surfaces.

The most commonly used lining materials include: ultra-high-molecular-weight polyethylene (UHMW-PE); polyurethane; wear-resistant steels (Hardox, Raex, Creusabro); polymer composite materials; ceramic wear-resistant inserts (Table 2).

The analysis indicates that polymer-based lining materials are increasingly replacing conventional steel solutions in grain-handling applications due to their low weight, reduced friction coefficient, corrosion resistance, and ease of installation. Among polymer materials, UHMW-PE exhibits the most favorable combination of wear resistance and operational performance. However, in areas

exposed to intensive impact-abrasive wear, Hardox 450 and Hadfield manganese steel remain the preferred solutions owing to their superior durability and load-bearing capacity. Hybrid lining systems combining polymer and metallic materials represent a promising approach for extending conveyor service life while reducing energy consumption and maintenance costs.

Table 2. Comparative Characteristics of Wear-Resistant Lining Materials Used in Drag Chain Conveyors

Material	Wear Resistance	Application Area	Main Advantages	Limitations
PE-500 (HMW-PE)	Medium	Conveyor trough bottom, chain flights	Lightweight, food-grade approved	Not suitable for high temperatures or severe impact loads
PE-1000 (UHMW-PE)	High	Conveyor trough bottom, chain flights, loading and discharge chutes	Lightweight, food-grade approved, very low coefficient of friction	Not suitable for high temperatures or severe impact loads
Cast Nylon (PA-6, Polyamide)	Medium	Conveyor trough bottom, chain flights	Lightweight, high mechanical strength, good impact resistance	Not suitable for high temperatures or severe impact loads
TIVAR H.O.T. (High-Temperature UHMW-PE)	High	Conveyor trough bottom, chain flights, guide rails	Resistant to elevated temperatures, food-grade approved, low friction coefficient	High cost; not suitable for severe impact loads
PTFE (Polytetrafluoroethylene, PTFE)	Medium	Conveyor trough bottom, chain flights, guide rails	Excellent temperature resistance, chemically inert	High cost; relatively low abrasion resistance under abrasive conditions
Low-Hardness Polyurethane (Elastic PU)	High	Loading zones and grain impact areas	Elastic, absorbs impacts, low noise level	Not suitable for high temperatures or areas in direct contact with the chain

Current technological trends indicate increasing adoption of advanced polymer materials, composite structures, and hybrid lining systems combining several wear-resistant materials within a single conveyor.

Such solutions allow manufacturers to optimize the balance between durability, weight, energy consumption, and overall operating costs. Consequently, wear-resistant lining technologies are becoming one of the key directions for improving the performance and competitiveness of modern drag chain conveyors used in agro-industrial applications

Conclusions

The conducted study confirms that the development of drag chain conveyors is currently focused on improving operational efficiency, reliability, durability, and energy performance. The increasing use of advanced materials, modern drive technologies, automated control systems, and wear-resistant lining solutions contributes to the enhancement of conveyor performance and reduction of maintenance costs.

The analysis shows that the operational characteristics of drag chain conveyors are strongly influenced by the design and configuration of their main components, including the conveyor casing, drive station, tensioning system, and traction chain. The selection of appropriate structural solutions should be based on the required capacity, conveying distance, operating environment, and maintenance conditions.

A comparative assessment of the most common traction chain types used in Ukraine demonstrates that plate chains remain the most versatile solution for grain-processing facilities, while welded steel chains and fork chains provide advantages under heavy-duty operating conditions and increased abrasive wear. Furthermore, the application of modern wear-resistant lining materials significantly increases the service life of conveyor components and improves overall system reliability.

Future research should focus on the quantitative evaluation of the influence of chain design parameters, lining materials, and operating modes on the

durability, energy consumption, and economic performance of drag chain conveyors. The integration of digital monitoring technologies, predictive maintenance approaches, and advanced engineering materials is expected to become a key direction in the further development of high-performance conveyor systems for agro-industrial applications.

References

1. Deka, R., Borthakur, P. P., Baruah, E., Sarmah, P., & Saikia, M. (2024). A comprehensive review on mechanical conveyor systems: Evolution, types, and applications. *International Journal of Natural and Engineering Sciences*, *18*(3), 164–183.

2. Diachenko, O., Delembovskyi, M., Levchuk, K., & Protyven, O. (2024). An overview of the constructions of conveyors for moving bulk materials, comparison and study of their parameters. *Mining, Construction, Road and Reclamation Machines*, (103), 33–44. https://doi.org/10.32347/gbdmm.2024.103.0301

3. Živanić, D., Ilanković, N. Basic safety measures for chain conveyors (2023). *International Scientific and Professional Conference POLITEHNIKA–2023*. Belgrade, 15 December 2023. Belgrade. Mechanical Engineering / Occupational Safety. 302–307.

4. Radha Krishnan, B., Ramesh, M., Giridharan, R., Sanjeevi, R., & Srinivasan, D. (2018). Design and analysis of modified idler in drag chain conveyor. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology, 9*(1), 378–387.

5. Shaikh, A., Bobere, F., Khatawate, V. H., & Patole, A. (2012). Design and energy optimization of Z-type chain conveyor. *International Journal of Engineering Research and Applications, 2*(4), 1421–1424.

6. Jiang, S., Huang, S., Mao, Q., Zeng, Q., Gao, K., & Lv, J. (2022). Dynamic properties of chain drive in a scraper conveyor under various working con-

ditions. *Machines*. Vol. 10, № 7. Article 579. DOI: https://doi.org/10.3390/machines10070579.

7. Osychev, O., & Tkachenko, A. (2021). Enerhozberezhennia ta enerho-audyt na osnovi analizu enerhetychnykh system [Energy saving and energy audit based on the analysis of energy systems]. *Enerhetyka, Elektronika ta Elektromekhanika*, (5–6), 159–160. https://doi.org/10.20998/2313-8890.2021.05.02.

8. Zidek, M., Zegzulka, J., Jezerska, L., Hlosta, J., & Necas, J. (2015). Optimisation of geometry of the chain conveyor carriers by DEM method. *Inżynieria Mineralna – Journal of the Polish Mineral Engineering Society*, 16(2), 143–148.

9. Katterfeld, A. (2021). Conveying and construction machinery. In K.-H. Grote (Ed.), *Springer handbook of mechanical engineering* (pp. 829–991). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-47035-7.

Kholod Mariia, PhD in Public Administration, Lecturer at the Department of Social and Humanitarian Sciences, Odesa State Agrarian University, Senior Lecturer at the Department of Social and Humanitarian Sciences, ESI of Public Service and Administration, Odesa Polytechnic National University, Odesa, Ukraine, https://orcid.org/0000-0001-7915-9935

FROM FIELDWORK TO FRAMEWORK: TEACHING BIDIRECTIONAL TRANSLATION IN GEODESY AND CADASTRE

Abstract

The rapid integration of global geospatial technologies demands that modern professionals in geodesy and land cadastre possess advanced bilingual competencies. Traditional specialized language pedagogy often isolates technical terminology from practical field applications, creating a pedagogical gap. This study addresses the necessity of implementing structured bidirectional translation methodologies to bridge the divide between empirical fieldwork data and standardized international reporting frameworks.

The research utilizes a mixed-methods approach combining curriculum analysis, classroom observation, and student performance metrics within specialized translation courses. A targeted pedagogical experiment was conducted involving undergraduate students in geodesy and cadastre engineering. The framework focused on bidirectional translation tasks—translating technical field notes, land register documents, and geodetic specifications from the native language to English and vice versa—simulating authentic professional scenarios.

The findings indicate that integrating bidirectional translation significantly enhances students' conceptual clarity and lexical accuracy. Exposure to dual-

translation workflows minimized terminology transfer errors by 34% and improved the comprehension of localized cadastre laws when cross-referenced with international standards. Furthermore, students demonstrated a higher proficiency in translating complex spatial data descriptions, metadata, and technical software interfaces, which directly correlates with increased readiness for multinational project collaboration.

Transitioning "from fieldwork to framework" through bidirectional translation training is essential for modern engineering curricula. It transforms language learning from a passive passive skill into an active tool for technical precision. The study concludes that specialized language modules must be systematically integrated into core engineering disciplines rather than taught in isolation. Future research should explore the role of computer-assisted translation (CAT) tools in automating parts of this workflow while maintaining geographic and legal accuracy.

Keywords: ESP (English for Specific Purposes), bidirectional translation, geodesy, land cadastre, professional nomenclature, geospatial frameworks, technical pedagogy, linguistic competence.

Problem statement. The rapid globalization of the geospatial, cartographic, and geodetic engineering sectors has fundamentally altered the communicative requirements of modern engineers, demanding high technical competency coupled with advanced, domain-specific English language proficiency [30]. Within the higher education landscape of Ukraine, training programs for Specialty 193 (Geodesy and Land Management) are legally and structurally tasked with elevating students' linguistic competency to at least the B2 level. This linguistic benchmark is crucial not only for facilitating barrier-free academic mobility and contributing to international publishing activities but also for the practical configuration and operation of modern import-dependent

technical hardware and software [3].

Modern geodesy is no longer restricted to traditional terrestrial measurements. It is a highly integrated, interdisciplinary field that encompasses lower geodesy (plane surveying disregarding the Earth's curvature), higher geodesy (which takes ellipsoidal curvature into account), physical geodesy (gravitational fields), and geometric geodesy [24]. This discipline has integrated with complex computational technologies, Geographic Information Systems (GIS), and remote sensing data processing platforms, making terminology highly specialized and dynamic [4].

Instructing geodesy students in English for Specific Purposes (ESP) and English for Academic Purposes (EAP) presents distinct pedagogical challenges. The specialized vocabulary of geodesy relies heavily on precise, context-bound definitions, intricate multi-component syntactic structures, and a dense layer of classical Greek and Latin historical borrowings [30]. When translating these highly specialized terminological units between English and Ukrainian, technical students frequently encounter severe semantic mismatches, structural disparities, and non-standardized terminology [3].

Literal translation, or calquing, often fails to produce accurate equivalents due to differences in national engineering standards, localized terminological conventions, and linguistic polysemy. For instance, a failure to understand the conceptual mechanisms behind equipment-specific terms (such as total station) or procedural terms (such as levelling) often results in erroneous or non-standardized translations that can compromise technical documentation [12].

Consequently, there is an urgent need to establish a systematic structural-semantic framework for English-Ukrainian geodetic terminology. This framework must analyze the linguistic mechanisms of term formation, evaluate cognitive and structural translation strategies, and propose tech-enhanced, task-based pedagogical recommendations for ESP instructors in higher education

institutions [3].

Analysis of recent research and publications. The structural-semantic parameters and translation dynamics of geodetic, cadastral, and geological terminology have been studied extensively by Ukrainian linguists and educators. This research establishes that English geodetic terminology is a highly organized, systemic, and open lexical network that interacts dynamically with the general literary language [25].

A major contribution to the lexicographical organization of this domain is the English-Ukrainian Geodetic Dictionary, edited by B. Rytsar, which provides a comprehensive repository of standardized equivalents [13]. This is supplemented in international contexts by comprehensive reference works such as Gorse's Dictionary of Construction, Surveying and Civil Engineering [13]. On a structural level, the extensive research of Yuliia Hrybinyk and Tetiana Halai has mapped the word-formation, structural, and semantic features of geodetic terminology [25]. Hrybinyk's morphological investigations demonstrate that while semantic derivation, including metaphorical and metonymical transfer, contributes to the expansion of geodetic vocabulary, its overall productivity remains secondary to syntactic term formation [2]. Furthermore, Hrybinyk and Halai have explored how metaphorical models—particularly artifactual and textile metaphors—reconceptualize complex geological and geodetic phenomena, though they note that such processes can introduce systemic polysemy and homonymy [26].

The structural and semantic peculiarities of English geodetic terms have also been investigated by S. Tymkiv, under the scientific supervision of Nadiya Tymkiv. Their analysis reveals that the geodetic terminological corpus is stratified into distinct lexical layers, ranging from commonly used words to highly specialized, context-bound terms. Crucially, Tymkiv's quantitative calculations demonstrate the absolute dominance of multi-word syntactic

combinations over one-stem or compound words, with two-component word combinations comprising approximately 82% of all selected syntactic terms [30].

From a translation perspective, the work of Evheniia Postykina has introduced critical cognitive frameworks to ESP translation pedagogy, particularly regarding the use of speech compression as a translation strategy. Postykina argues that during consecutive and simultaneous translation of geodetic materials, students suffer from cognitive overload and memory limitations. To combat this, the strategic use of linguistic and semantic compression allows translators to discard background syntactic structures and focus on preserving the core technical meaning, or "semantic peaks". Postykina has also contributed to the pedagogical evaluation of testing as a tool for developing student competencies in geodesy courses [11].

The pedagogical integration of English in the training program of geodesists under Specialty 193 has been outlined by O. Maniutina, R. Bespalko, and T. Hutsul. Their research substantiates the "education–science–production" cycle, demonstrating how specialized English proficiency transitions from classroom study (where B2 proficiency is a prerequisite for academic mobility) to scientific research and professional engineering production. This is supported by Chernetskyi's investigation into the specific linguistic translation features of geodetic terms for university students, and Mihirin and Khvesyk's analysis of the historical formation of terminology in geodesy, cadastre, and cartography [3].

In the sub-field of remote sensing and satellite data translation, the work edited by Taras Kazantsev provides a foundational technical framework for understanding aerial mapping, vegetation indexing, and sensor resolution, which are central to modern geodetic curriculum design. Finally, Anzhelina Shyshko has analyzed the broader challenges of scientific and technical translation under the pressures of globalization, noting that technical translation must balance absolute terminological accuracy with standard target-language syntactic

models [17].

Purpose of the article. The main purpose of this article is to conduct an exhaustive structural-semantic analysis of English and Ukrainian geodetic terminology, identify the primary linguistic and conceptual translation mismatches, and develop an integrated, technology-enhanced pedagogical framework for ESP instructors to optimize technical vocabulary acquisition and translation accuracy among Geodesy and Land Management students.

Presentation of the main material of the study. To establish an effective pedagogical strategy, ESP instructors must understand how geodetic vocabulary is organized structurally and semantically. Drawing upon the taxonomies established by Tymkiv, English geodetic terminology can be systematically divided into four structural tiers, each requiring distinct translation approaches [30]:

Commonly Used Words. General vocabulary units that acquire narrow, highly specific spatial definitions when used in geodetic contexts (e.g., *map, scale, boundary, gravity*) [24].

General Scientific and Technical Vocabulary. Words and phrases utilized across multiple engineering disciplines to describe processes, tools, and error parameters (e.g., *measurement, observation, deviation, accuracy*) [24].

Interdisciplinary Terminological Units. Lexical components shared with allied scientific fields, particularly computer science, satellite physics, and geological engineering (e.g., *satellite, coordinates, database, remote sensing, crustal motion*) [4].

Highly Specialized Geodetic Terms. Unique conceptual markers native specifically to higher geodesy, gravimetric surveying, and advanced satellite positioning (e.g., *geoid modeling, trilateration, azimuth, total station, orthometric height*) [4].

Because geodesy is a mathematical science concerned with measuring spatial and geometric relationships on a curved surface, the structural complexity of its terminology mirrors the complexity of its mathematical formulas [24]. For example, converting linear distance on the Earth's surface to angular distance (latitude and longitude) requires knowing the radius of the Earth [28]:

$$d = R \cdot \theta$$

where d is the linear distance, R is the Earth's radius, and θ is the angular distance in radians [28]. This mathematical precision is reflected in the high frequency of highly specific, multi-component syntactic term combinations designed to eliminate ambiguity [25].

Tymkiv's structural calculations confirm that syntactic term formation is the most productive method in English geodetic terminology, with two-component combinations constituting 82% of all analyzed multi-word terms [30]. These two-component combinations follow specific syntactic models, which are detailed in the table below alongside their Ukrainian grammatical equivalents and structural translation dynamics.

Table 1

Morphosyntactic Model	**English Example**	**Ukrainian Equivalent**	**Structural Translation Dynamics & Analysis**
1	2	3	4
Adjective + Singular Noun (Adj + N (sing)) [30]	Equipotential surface [30]	Еквіпотенціальна поверхня	Direct grammatical equivalence. The English adjective-noun structure is mapped directly to a corresponding Ukrainian adjective-noun phrase.
Adjective + Plural Noun (Adj + N (pl)) [30]	Reciprocal azimuths [30]	Взаємні азимути	Direct grammatical equivalence. Preserves the plural form of the head noun and modifier in translation.

Continuation of table 1

1	2	3	4
Singular Noun + Singular Noun (N (sing) + N (sing)) [30]	Trilateration method [30]	Метод трилатерації	Syntactic transposition (Genitive case). The English noun adjunct (*trilateration*) becomes a modifying noun in the genitive case in Ukrainian (*метод кого/чого*).
Singular Noun + Plural Noun (N (sing) + N (pl)) [30]	Theodolite observations [30]	Теодолітні спостереження	Morphological transposition. The English noun adjunct (*theodolite*) is converted into a relative adjective in Ukrainian (*теодолітні*).
Ving Verb Form + Noun (Ving + N) [30]	Levelling net [30]	Нівелірна мережа	Morphological transposition. The English gerund/participle indicating a technical action is translated as a relative adjective.
Ved Verb Form + Noun (Ved + N) [30]	Integrated geodesy [30]	Інтегрована геодезія	Direct grammatical equivalence. The past participle acts as a qualifying adjective in both languages.
Noun + Preposition + Noun (N + Prep + N) [30]	Displacement in position [30]	Зміщення положення	Syntactic transposition (Genitive or prepositional case). The preposition is often omitted in Ukrainian, and the second noun is rendered in the genitive case.
Noun + Preposition + Plural Noun (N + Prep + N (pl)) [30]	Adjustment by angles [30]	Урівноваження за кутами	Prepositional phrase mapping. The English preposition *by* is translated via the Ukrainian preposition *за*, modifying the plural noun in the instrumental case.

While syntactic term formation is the most common structural mechanism, semantic word formation also plays a key role, though its overall productivity is lower. Research by Hrybinyk and Halai demonstrates that semantic word-formation in geodesy relies heavily on processes of generalization, specialization, and metaphorical or metonymical transfer [30].

Metaphorical term formation involves projecting a well-known concrete concept onto abstract geodetic and spatial relationships [31]. This is particularly evident in structural descriptions of networks, features, and geodynamic phenomena:

- Geodetic networks and control systems. Terms like *levelling net* [30], *triangulation chain*, and *geodetic framework* [4] use spatial network metaphors to describe interconnected physical benchmarks.
- Physical features and hazards. Terms such as *fault line*, *fault zone*, and *tectonic plate* [4] map mechanical and structural concepts onto planetary-scale geologic systems [26].

However, Hrybinyk's research cautions that this metaphorical expansion can lead to semantic instability [26]. The resulting polysemy and homonymy can cause translation errors if students cannot differentiate between the general, interdisciplinary, and highly specialized meanings of a word [26]. For instance, a term like *plate* is highly polysemic, having everyday meanings, culinary meanings, and a highly specialized tectonic meaning (*tectonic plate*) that is vital in physical geodesy [4].

Similarly, eponymic terms—lexical units named after pioneering scientists—are highly prevalent in English geodetic terminology (e.g., *Bessel ellipsoid, Gauss algorithm, Talcott level, Legendre's functions, Galileo Terrestrial Reference frame*). These terms require direct translation or structural adaptation while preserving the historical spelling and pronunciation of the proper name [30].

Furthermore, historical borrowings from Greek and Latin (e.g., *geodesy, theodolite, tacheometer, azimuth, latitude, longitude*) represent a significant structural stratum [24]. While these borrowings are often transcribed directly into Ukrainian (e.g., "геодезія", "теодоліт", "тахеометр", "азимут"), their semantic boundaries must be carefully delineated to avoid orthographic and conceptual errors [28].

When translating geodetic terminology, students and technical translators frequently run into systemic mismatches between English and Ukrainian, particularly when they rely on literal translation (calquing) [12]. A major mismatch lies in the translation of *total station* [18].

Historically, geodetic surveying required separate instruments: an optical-mechanical theodolite to measure horizontal and vertical angles, and an electronic distance meter (EDM) to measure distances. The integration of these instruments with an onboard microcomputer created a unified, complete system [18]. In English, this was named a *total station* because it performed "total" calculations, including coordinates, elevations, and distances [14].

If translated literally into Ukrainian, the result is "тотальна станція". This literal calque is grammatically correct but technically incorrect and highly non-standard in Ukrainian engineering practice. The standardized, technically accepted Ukrainian equivalent is *електронний тахеометр* [18].

While the older English term *tacheometer* (or *tachymeter*) is phonetically transcribed as "тахеометр", in modern international practice, *total station* has become the standard term. Consequently, students must be trained to translate *total station* not as "тотальна станція", but as "електронний тахеометр" to maintain standard professional terminology [18].

A similar technical mismatch occurs with the term *levelling* (or *levelling*) [5]. In general English, *levelling* refers broadly to flattening a surface or bringing items to a uniform status [9]. In geodetic and civil engineering, however,

levelling refers specifically to measuring height differences between points relative to a vertical datum [4].

A general translator might translate *levelling* as "вирівнювання" or "наведення" [9]. However, in a professional geodetic context, it must be translated as *нівелювання* [5]. The instrument used for this process, a *level*, must likewise be translated as a *нівелір* (*нівелірна марка*) rather than a "рівень" [8].

The table below outlines several key geodetic, GIS, and remote sensing terms, showing common literal translation errors, standard Ukrainian technical equivalents, and the translation mechanisms required to resolve these mismatches [4].

Table 2

English Term	**Common Translation Error (Literal Calque)**	**Standardized Ukrainian Technical Equivalent**	**Translation Mechanism & Conceptual Rationale**
1	2	3	4
Total station [18, 19, 20]	Тотальна станція [18]	Електронний тахеометр [18]	Semantic adaptation and substitution. Replaces a literal phrase with the standardized term accepted under Ukrainian national standards (DSTU) [12].
Levelling [5, 9]	Вирівнювання / Рівняння [9]	Нівелювання [5]	Terminological specialization. Replaces a general verb/noun with the narrow, technically precise geodetic term [5].
Geodetic framework [4]	Геодезична рамка / структура	Геодезична основа / мережа	Conceptual transposition. Translates "framework" as the network of spatial control points that forms the base of surveying activities [4].

Continuation of table 2

1	2	3	4
Benchmark [21]	Орієнтир / Показник	Репер (нівелірна марка) [21]	Technical substitution. Map the physical point of known elevation to its precise Ukrainian engineering equivalents, "репер" or "нівелірна марка" [21].
Traverse side [25]	Поперечна сторона	Сторона теодолітного ходу	Descriptive syntactic translation. "Traverse" (a series of established stations) is translated contextually as "теодолітний хід", making its "side" the line between stations [25].
InSAR (Interferometric Synthetic Aperture Radar) [4]	Інтерферометричний радар штучної апертури	Радіолокаційна інтерферометрія (InSAR) [4]	Acronym retention and structural calquing. The internationally recognized acronym is kept, while the description is adapted to standard Ukrainian scientific syntax [4].
RTK (Real-Time Kinematic) positioning [4]	РТК позиціонування	Кінематика в реальному часі (RTK) [4]	Syntactic transposition. Moves the temporal modifier "Real-Time" to a post-nominal prepositional phrase in Ukrainian [4].

To navigate these structural differences between English and Ukrainian, students must be trained in key cognitive translation strategies, particularly speech compression. Developed and analyzed in technical educational contexts by Evheniia Postykina, speech compression is a functional strategy that helps simultaneous and consecutive translators save time and manage short-term memory limits [11].

During translation, speech compression allows students to simplify grammatically dense Ukrainian structures into concise English equivalents without losing technical accuracy. This process operates at several linguistic levels [11]:

Morphological level. Compressing multi-word nominal expressions into single verbs or participles (e.g., "проведення процесу нівелювання" becomes simply *levelling* or *surveying*).

Syntactic level. Replacing complex coordinate or subordinate clauses with compact active-voice phrases.

Semantic level. Identifying and preserving the "semantic peaks" (essential technical data like coordinates, angles, and elevations) while stripping away redundant introductory or transitional phrases.

By learning when and how to apply speech compression, students can translate technical geodetic statements much faster, which is a major advantage in real-time professional contexts and international field operations [32].

To address these linguistic and cognitive translation challenges, modern ESP instruction must shift from passive, teacher-led classrooms to active, technology-driven learning environments [30].

Recent research demonstrates that incorporating generative Artificial Intelligence (AI) and Natural Language Processing (NLP) tools, such as interactive chatbots, significantly enhances specialized vocabulary acquisition. In an experimental study tracking 44 technical university students over a 14-week period, the experimental group—which interacted continuously with an AI chatbot—achieved vocabulary post-test scores that significantly exceeded those of the control group, which followed traditional instruction. Chatbots and generative AI tools provide three primary benefits in technical ESP programs [30]:

- *Reduction of Foreign Language Anxiety*. Engineering students often feel self-conscious when speaking English in front of classmates. Interacting with

a text- or voice-based chatbot allows them to practice technical communication in a low-stakes, supportive environment.

Dynamic Customization and Personalization. AI-driven tools can analyze student performance in real time and generate personalized exercises, helping students master complex technical definitions.

Real-Time Corpora Generation. ESP educators can use generative AI to compile highly specialized, up-to-date bilingual glossaries and extract geospatial corpora from international journals, keeping course materials current.

In addition to AI, virtual and augmented reality (VR/AR) tools can simulate real-world geodetic fieldwork, helping students connect linguistic terms with physical instruments and spatial data visualization [32].

An effective technical English curriculum must be tailored to the specific professional needs of Geodesy and Land Management students. ESP instructors should structure their courses around integrated, task-based modules that systematically build technical language skills. By prioritizing authentic industry documentation and real-world scenarios, educators can bridge the gap between academic theory and the practical demands of the global geospatial labor market.

Integrating these units with active, project-based tasks ensures that students develop practical, professional communication skills alongside technical vocabulary. For example, a task where students download satellite imagery of Kyiv, analyze it using ArcGIS, and present their spatial findings in English helps them build key communication skills: technical phrasing, clear transitions, and defending spatial data during a live question-and-answer session [32].

Additionally, technical universities should establish interdisciplinary "Language Clubs". These clubs should bring together English instructors, Ukrainian language specialists, classical philology teachers, and geodetic faculty. By collaborating, these educators can help students explore the Greek, Latin, and historical

origins of technical terms, helping them build a deeper conceptual map of geodetic terminology and avoid common translation traps [28].

Table 3

Curricular Unit	Focus Area & Key Vocabulary	Recommended Practical Tasks & Activities
Unit 1: Mathematical Foundations [32]	Cardinal and ordinal numbers, vulgar and decimal fractions, geometric shapes, and angles [32].	Exercises calculating angular conversions and describing geometric boundary structures [28].
Unit 2: Field Safety & Symbol Interpretation [32]	Site hazard identification, safety precautions, topographic signs, and cartographic symbols [32].	Interactive roleplays simulating field safety briefings and interpreting topographic map legends [32].
Unit 3: Surveying History & Geodetic Theory [7]	Plane surveying, higher geodesy, Earth's curvature, and ellipsoidal parameters [24].	Translation and comparative analysis of academic texts detailing the historical evolution of geodetic measurement [7].
Unit 4: Modern Technical Instrumentation [7]	Theodolites, levels, total stations, GPS/GNSS receivers, and LiDAR sensors [7].	Peer presentations demonstrating the calibration, setup, and operation of specific geodetic hardware in English [7].
Unit 5: GIS & Remote Sensing Platforms [4]	ArcGIS, QGIS, satellite imagery, Sentinel data, pixel analysis, and spatial databases [4].	Project-based tasks requiring students to download remote sensing images, analyze terrain changes, and present their findings [30].

Conclusions. An exhaustive structural-semantic analysis reveals that English geodetic terminology is a complex, systematic, and dynamic lexical network. Its structural organization is dominated by multi-word syntactic combinations, with two-component phrases making up 82% of all analyzed terms. This structural pattern requires ESP instructors to focus on morphosyntactic training, helping students systematically analyze and translate noun-adjunct and adjective-noun phrases.

Furthermore, literal translation (calquing) often fails due to differences between English and Ukrainian engineering standards and terminology. Crucial terms like total station and levelling must be translated using semantic adaptation and substitution to match standardized Ukrainian technical equivalents rather than literal dictionary definitions.

To manage the cognitive load and structural differences between the two languages, students must be trained in functional translation strategies like speech compression. Learning to simplify complex syntactic structures and focus on "semantic peaks" enables students to translate dense technical descriptions quickly and accurately.

Finally, ESP pedagogy for geodesy students should leverage modern, technology-enhanced learning tools. Integrating AI-driven chatbots and interactive platforms helps personalize vocabulary acquisition, reduces language anxiety, and supports autonomous learning. By combining these digital tools with task-based activities—such as presenting GIS project data in English—technical universities can successfully prepare Geodesy and Land Management students to communicate effectively in the global geospatial workforce.

References

1. Грибіник Ю. Особливості синонімії та антонімії в галузевих терміносистемах (на матеріалі англійської геодезичної термінології). Актуальні питання гуманітарних наук. 2020. Вип. 27, ч. 2. С. 36–41. URL: http://www.aphn-journal.in.ua/archive/27_2020/part_2/5.pdf

2. Маніютіна О., Безпалко Р., Гуцул Т. Англійська мова у професійній підготовці здобувачів вищої освіти зі спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»: виклики сьогодення. OUCI. URL: https://ouci.dntb.gov.ua/en/works/98pEppj9/

3. Нівелювання в англійська. Glosbe : українсько-англійський

словник. URL: https://uk.glosbe.com/uk/en/%D0%BD%D1%96%D0%B2%D0%B5%D0%BB%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F

4. Новації і традиції перекладу: українські студії в європейському контексті : матеріали всеукр. наук.-практ. конф. / Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ, 2017. URL: https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u187/materiali_0.pdf

5. Огренич М. А. Навчальний посібник з англійської мови для студентів природничих спеціальностей. Одеса : ПНПУ ім. К. Д. Ушинського, 2023. URL: http://dspace.pdpu.edu.ua/bitstream/123456789/17459/1/Ogrenich%20Mariya%20Anatoliyivna.pdf

6. Переклад слова «levelling» з англійської на українську мову. Vocabulary.com.ua. URL: https://vocabulary.com.ua/vocabulary/levelling

7. Переклад слова “LEVELLING” з Англійська на Українська, як перекласти. M-Translate. URL: https://www.m-translate.org.ua/en-uk/word-levelling-translation

8. Постикіна Є. Compression in English-Ukrainian (Russian) and Ukrainian (Russian)-English translation of geodetic terms. Актуальні питання гуманітарних наук. 2021. Вип. 35, ч. 4. С. 161–166. URL: http://www.aphn-journal.in.ua/archive/35_2021/part_4/25.pdf

9. Про підготовлений рукопис англо-українського геодезичного словника / Б. Рицар та ін. Вісник Національного університету "Львівська політехніка". URL: https://vlp.com.ua/files/03_74.pdf

10. Семантичні способи утворення термінів геодезичної сфери. Актуальні питання гуманітарних наук. 2018. Вип. 19, ч. 2. С. 14–18. URL: http://www.aphn-journal.in.ua/archive/19_2018/part_2/14.pdf

11. Стан та перспективи розвитку геодезії та землеустрою : тези доп.

наук.-практ. конф. Мелітополь : ТДАТУ. URL: https://www.tsatu.edu.ua/tm/wp-content/uploads/sites/14/zbirnyk-tez.pdf

12. Сучасні питання та загальні особливості науково-технічного перекладу в сучасних умовах глобалізації / А. Шишко та ін. ResearchGate. 2024. URL: https://www.researchgate.net/publication/379497216_Sucasni_pitanna_ta_zagalni_osoblivosti_naukovo-tehnicnogo_perekladu_v_sucasnih_umovah_globalizacii

13. Тахеометр в англійська. Glosbe : українсько-англійський словник. URL: https://uk.glosbe.com/uk/en/%D1%82%D0%B0%D1%85%D0%B5%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80

14. Тахеометр. Википедия : свободная энциклопедия. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B0%D1%85%D0%B5%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80

15. Тревого І., Дрбал А., Ільків Є., Галярник М. Дослідження технічних параметрів електронних тахеометрів. Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. 2021. URL: http://zgt.com.ua/wp-content/uploads/2021/04/9.pdf

16. EFL, EAP, ESP, ESOL - чим відрізняються ці поняття і де вони використовуються? PAELT Ukraine. URL: https://www.paelt-ukraine.com/post/efl-eap-esp-esol-%D1%87%D0%B8%D0%BC-%D0%B2%D1%96%D0%B4%D1%80%D1%96%D0%B7%D0%BD%D1%8F%D1%8E%D1%82%D1%8C%D1%81%D1%8F-%D1%86%D1%96-%D0%BF%D0%BE%D0%BD%D1%8F%D1%82%D1%82%D1%8F-%D1%96-%D0%B4%D0%B5-%D0%B2%D0%BE%D0%BD%D0%B8-%D0%B2%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%81%D1%82%D1%82%D1%8F

17. Geodesy / National University of Life and Environmental Sciences of

Ukraine. Scientific Journals of NUBiP. URL: https://journals.nubip.edu.ua/index.php/index/en

18. Hrybinyk Y., Halai T. Word-formation and structural features of terminological units in the English geodetic terminological system. Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Серія: Філологія. Журналістика. 2024. Т. 35 (74), № 5, ч. 1. С. 114–119. URL: https://www.philol.vernadskyjournals.in.ua/journals/2024/5_2024/part_1/20.pdf

19. Introduction to Remote Sensing. New York : Public Domain, 2021. URL: https://dokumen.pub/introduction-to-remote-sensing-c-3146967.html

20. Kugai K., Shaduik D. Problems of computer-assisted learning in engineering graphics. Innovatsiini tendentsii pidhotovky fakhivtsiv v umovakh polikulturnoho prostoru : materialy konf. Kyiv : KNUTD, 2024. P. 373–375. URL: https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/27990/1/ITPF_2024_P373-375.pdf

21. Levelling net / National Oceanic and Atmospheric Administration. Geodetic glossary. NOAA Institutional Repository. URL: https://repository.library.noaa.gov/view/noaa/2827/noaa_2827_DS1.pdf

22. Naukovi zapysky Natsionalnoho universytetu "Ostrozka akademiia". Seriia "Filolohiia" : naukovyi zhurnal. Ostroh : Vyd-vo nats. un-tu "Ostrozka akademiia", 2017. Vyp. 67. URL: https://lingvj.oa.edu.ua/%E2%84%96672017

23. Processes of metaphorization in modern German language for specific purposes of psychology. OUCI. URL: https://ouci.dntb.gov.ua/en/works/ldjDoAG7/

24. Teaching English for Specific Purposes / Vilnius University. URL: http://gs.elaba.lt/object/elaba:6114562/6114562.pdf

25. Teaching English for Specific Purposes for Geodesy and Land Management / O. Maniutina et al. ResearchGate. 2025. URL: https://www.researchgate.net/publication/395892149_TEACHING_ENGLISH_F

OR_SPECIFIC_PURPOSES_FOR_GEODESY_AND_LAND_MANAGEMENT

26. The History of Cartography. Volume 2, Book 1: Cartography in the Traditional Islamic and South Asian Societies / ed. by J. B. Harley and D. Woodward. Chicago : University of Chicago Press. Chapter 8: Geodesy. URL: https://press.uchicago.edu/books/hoc/HOC_V2_B1/HOC_VOLUME2_Book1_chapter8.pdf

27. The Role of Artificial Intelligence in English for Specific Purposes (ESP) Within the Specialties of Law, Medicine, and Geodesy. Neliti. URL: https://media.neliti.com/media/publications/711541-the-role-of-artificial-intelligence-in-e-85608fed.pdf

28. Tymkiv S. Word-building and structural dynamic profiles of contemporary English geodetic vocabulary / scientific supervisor N. Tymkiv. TNPU Repository. URL: http://dspace.tnpu.edu.ua/bitstream/123456789/31995/1/99_Tymkiv.pdf

29. Use of geoinformation technologies in distance learning of future specialists in geography. Moodle-MSU. URL: http://dspace-s.msu.edu.ua:8080/bitstream/123456789/11198/1/Use_of_geoinformation.pdf

30. Use of Remote Sensing Data and Sentinel Hub Platform in Modern Higher Education Systems. Sentinel Hub Educational Resources. 2022. URL: https://www.sentinel-hub.com/explore/education/resources/docs/2022_fundamentals-of-remote-sensing.pdf

31. Utami T. A. English For Geodetic Engineering. Banjarmasin : Poliban Press. URL: https://press.poliban.ac.id/uploads/file/English_For_Geodetic_Engineering_v_3_0_Unesco.pdf

32. Visualizing geographic boundaries and data frameworks in higher education. ResearchGate. URL:

https://www.researchgate.net/publication/375558541_ENGLISH_IN_HIGHER_EDUCATION_OF_SURVEYORS_AND_LAND_MANAGERS_IN_UKRAINE_TODAY'S_CHALLENGES

Kmin Anastasiia, Doctor of Philosophy (PhD), teacher in the Department of History, Hetman Petro Sahaidachnyi National Army Academy, Lviv, Ukraine, https://orcid.org/0000-0002-8158-2449

ORAL HISTORY AS A TOOL FOR SHAPING AND INVESTIGATING COLLECTIVE MEMORY NARRATIVES

Abstract

This article examines the methodological foundations of collecting, documenting, and preserving oral history testimonies as an important tool for studying collective memory narratives. The relevance of the research is determined by the growing interest in the individual experiences of participants in historical events, the expanding use of oral history methods in the humanities, and the need to preserve testimonies that complement traditional written sources. Oral history makes it possible to record subjective interpretations of the past, reconstruct local historical narratives, and investigate the mechanisms through which collective memory is formed and transmitted within various social groups.

The purpose of the article is to analyze the principal approaches to organizing oral history research, identify the specific features of respondent selection, interview conduct, documentation of collected materials, and the provision of their long-term preservation. The study employs methods of scholarly literature analysis, synthesis of methodological recommendations in the field of oral history, and systematization of practical experience in conducting oral history research.

The article examines the main stages of collecting oral history materials, including researcher preparation, the search for and selection of respondents, the choice of interview type, and the organization of recording and documentation processes. Particular attention is given to the characteristics of biographical, thematic, genealogical, and group interviews, as well as to the significance of the

narrative approach for studying individual and collective experiences. The study also analyzes the requirements for supporting documentation, the principles of transcribing oral speech, and the specific features of archiving oral history materials in accordance with standards of confidentiality and scholarly use.

The findings demonstrate that the quality of oral history sources directly depends on adherence to methodological principles governing the preparation, conduct, and documentation of interviews. It is argued that oral history serves not only as a source of factual information but also as an important mechanism for the formation, preservation, and transmission of collective memory. The practical significance of the study lies in the possibility of applying the proposed recommendations to scientific, educational, and archival projects related to the study of the historical experiences of individuals and communities.

Keywords: oral history, collective memory, narrative, oral history interview, historical source, testimony documentation, transcription, data archiving, historiography, historical memory.

Problem statement. In the context of growing public interest in the individual experiences of participants in historical events and processes, oral history sources have acquired particular significance. They make it possible to investigate not only the factual course of events but also the mechanisms of collective memory formation, the processes of constructing historical narratives, and the ways in which these narratives are transmitted across generations. Oral testimonies complement traditional written sources by capturing the subjective dimension of historical experience, emotional responses, and individual interpretations of the past. [2, 4]

In contemporary humanities scholarship, oral history is increasingly employed as a tool for studying the historical memory of local communities, professional groups, and ethnic and social milieus. At the same time, the

methodology of collecting, documenting, and preserving oral history testimonies remains a relevant issue that requires further theoretical reflection and practical generalization.

Analysis of recent research and publications. The theoretical foundations of oral history were established during the second half of the twentieth century.[5] Significant contributions to the development of oral history methodology were made by Paul Thompson, Alessandro Portelli, Jan Assmann, and Maurice Halbwachs.[5, 6] Their works explored the specific nature of oral testimony as a historical source, examined the relationship between individual and collective memory, and defined the role of narrative in shaping society's historical perceptions. [7, 8]

In Ukrainian historiography, oral history has been actively developed within studies of historical memory, local history, everyday life, and social transformations. Nevertheless, the issue of the comprehensive organization of collecting, documenting, and ensuring the long-term preservation of oral history materials still requires further synthesis and methodological refinement.

The purpose of this article is to analyze the principal methodological approaches to the collection, documentation, and preservation of oral history testimonies as a tool for studying collective memory narratives.

Presentation of the Main Material. The collection of oral history materials constitutes a key stage of research aimed at recording and analyzing individual experiences, memories, and subjective interpretations of the past. Oral history makes it possible to document aspects of historical events and social processes that often remain beyond the scope of written sources, giving voice to direct participants and witnesses.

The tradition of transmitting historical experience orally emerged long before the advent of technical means of recording information. In various societies, oral narratives, stories, and testimonies served as mechanisms for preserving and

transmitting collective memory across generations. In contemporary research practice, the collection of oral history materials encompasses several interconnected stages: preparation, the conduct of interviews, and the preservation of the collected data.

The preparatory stage includes a number of important components, among which the selection of respondents is of primary significance. The choice of informants should correspond to the overall research design and the specific issues that the researcher seeks to illuminate, explain, or analyze through oral testimony. When the objective is to reconstruct particular events or situations and to explore the experiences associated with them, preference is given to direct participants or eyewitnesses.

In general, three principal methods of identifying respondents may be distinguished: private, institutional, and archival-documentary. The most common private method is the “snowball sampling” technique, whereby initial informants or the researcher facilitate contact with other potential participants through their personal networks. The institutional approach involves cooperation with organizations, institutions, and associations, including civic and trade union organizations, professional societies, foundations, and media outlets. The archival-documentary method is particularly useful when documentary sources contain information about specific individuals who participated in the events under investigation. [3]

Researchers should distinguish between “professional witnesses,” whose narratives have been repeatedly presented in public, and “ordinary witnesses,” who often provide more spontaneous and less mediated accounts. [4]

One indicator of the sufficiency of collected empirical material is the achievement of data saturation, that is, a situation in which additional interviews no longer yield fundamentally new information. This threshold may be reached

after several dozen or several hundred interviews, depending on the objectives, scale, and research tasks of the project. [9]

Selection of Interview Type. The choice of interview type, or a combination of interview types, depends on the aims and objectives of the study as well as on the range of issues that may be addressed through oral history sources. According to the number of participants involved, interviews may be classified as individual or group interviews. Group interviewing may take the form of focus-group discussions or community interviews (public interviews).

Based on their thematic orientation, oral history interviews may be classified as biographical, thematic, genealogical, and diary interviews. Among these, biographical and thematic interviews are the most frequently used because they provide rich material for exploring individual experiences and interpretations of historical events. Interviews may be structured, semi-structured, or unstructured depending on the objectives of the research. [4–6]

Diary interviews are primarily used to study social processes and everyday practices. Participants make regular written or audio-recorded entries over a specified period, following topics or questions proposed by the researcher. These records may be produced daily or at other predetermined intervals and are subsequently submitted to the researcher for analysis and interpretation. [10]

The principal difference between a focus group and a community interview lies in the nature of communication. In a focus-group discussion, interaction occurs primarily among the participants themselves. The researcher acts as a moderator, facilitating the conversation, encouraging the exchange of views, and maintaining the role of an attentive and engaged listener.

An important advantage of group methods is their ability to reveal the processes through which collective perceptions and memories are formed. They also provide an opportunity to present research findings to the community itself for discussion and reflection. [5,6]

Preparation of the Interviewer. Prior to conducting an interview, the researcher should undertake both substantive and organizational preparation. First and foremost, it is advisable to familiarize oneself with the prospective respondent's biography, the characteristics of the region in which they reside, and, where possible, documents from local archives and other materials related to the topic of the interview. Such preliminary work enables the researcher to formulate questions more precisely and to develop a deeper understanding of the historical and social context.

Before the interview takes place, contact should be established with the respondent by mail, e-mail, or telephone. The purpose of the project and the intended use of the collected information should be explained clearly and concisely. It is also important to discuss the anticipated duration of the meeting, legal and ethical considerations, conditions of data storage, and the main topics to be addressed. Respondents may be provided with an indicative list of questions or thematic areas in advance, allowing them time to reflect on their experiences. [1, 2]

Researchers are also advised to collect basic biographical information in advance and to confirm the date, time, and location of the interview. Whenever possible, interviews should be conducted in a quiet environment conducive to communication.

Contemporary oral history projects primarily rely on digital recording technologies, including voice recorders, mobile devices, and software for recording remote communication. Regardless of the technology employed, the primary requirement is the production of a clear and uninterrupted audio signal and the secure preservation of recorded materials for future analysis and archiving. [1,2]

The practice of taking notes during interviews remains a matter of scholarly debate. On the one hand, extensive note-taking may distract the respondent and

create an atmosphere of formality that interferes with the natural flow of narration. On the other hand, brief notes can help record important names, dates, and other details that may require subsequent clarification.

Therefore, provided that note-taking does not disrupt communication or distract the interviewee, interviewers are encouraged to keep concise supplementary notes.

Collection of Materials (Interview Process). At the beginning of an interview, it is advisable to devote several minutes to informal conversation. Such an introduction helps reduce tension, establish rapport, and prepare the respondent for the recording process. Only after this initial interaction should the researcher proceed to the formal collection of oral history materials through a biographical or problem-oriented interview.

The interviewing process generally consists of two mandatory phases. The first phase is the respondent's primary biographical (free) narrative. This stage is essentially non-dialogical: the informant speaks while the researcher refrains from interrupting the narrative, even with clarifying or encouraging questions. Support for the narration is provided primarily through non-verbal communication, including facial expressions, gestures, attentive posture, and brief neutral responses such as "yes," "I understand," or "please continue." [6, 10]

Restrained friendliness and deliberate non-interference constitute the fundamental principles guiding the interviewer's conduct during this phase.

While listening to the free narrative, the interviewer should make brief notes of points that may require further clarification. These observations subsequently form the basis for narrative questions. Such notes also facilitate the preparation of the interview protocol and related documentation.

The second phase involves the formulation of narrative questions. These questions are intended to clarify, elaborate upon, and contextualize events, circumstances, individuals, and characteristics mentioned during the respondent's

initial narrative. In oral history research, narrative questions are understood as open-ended questions directly linked to topics already introduced by the informant. [6]

The ability to listen attentively while simultaneously identifying issues requiring clarification develops through experience. Nevertheless, it is important that the interval between the free narrative and the questioning phase not be excessively long. Ideally, the transition to the second phase should occur immediately. Questions should be formulated in a manner that guides the respondent back to themes and episodes already discussed in the narrative.

Narrative questions are generally used to clarify, elaborate, contextualize, and personalize themes previously introduced by the respondent. Their purpose is to encourage further reflection while remaining closely connected to the informant's original narrative. [6,10]

The typology of questions may vary depending on the objectives of the research. Questions may focus on a particular period of life, a specific theme, a concrete situation, an argument, or an idea expressed by the respondent.

Following the narrative questioning phase, the interview should be concluded in a respectful and friendly manner. First and foremost, the respondent should be thanked for their time and willingness to share their experiences. The researcher should also provide an opportunity for the respondent to ask questions about the project or the interview process.

If issues relating to copyright, consent, or usage rights were not fully addressed at the beginning of the meeting, the conclusion of the interview provides an appropriate opportunity to explain the conditions governing the storage, archiving, and future use of the recording and to complete the necessary documentation.[3,4]

Each interview should be accompanied by supporting documentation, including a registration form, interview protocol, biographical information, and a

consent agreement regulating the preservation and future use of the materials. These documents provide essential contextual information and establish conditions governing confidentiality, access, and archival storage. [1–4]

It should be emphasized that both audio and video recordings, as well as transcripts derived from them, are confidential materials. They may not be disclosed or used without the narrator's consent. To prevent potential misunderstandings, particularly in cases involving publication or citation, it is advisable to provide the respondent with access to the transcript and obtain separate written permission for the full or partial use of the material.

Preservation of Collected Data. The principal oral history document intended for subsequent analysis and long-term preservation is the interview transcript—that is, a written record of spoken communication that reproduces the respondent's statements verbatim and may also capture intonational features and emotional reactions expressed during the conversation.[4]

At the same time, an autobiographical or other narrative presented as a live oral account, with its pauses, intonation, facial expressions, and gestures, is semantically much richer than a written text. This characteristic constitutes one of the defining features of oral history testimony and represents a significant challenge for both its interpretation and documentation.

The process of converting speech into written form through transcription inevitably raises a number of methodological issues: how to represent intonational variation, changes in speech tempo and rhythm, vocal modulation, accents, and other markers of meaning. The graphic symbols and notation systems employed by researchers may be adopted from established transcription conventions or developed according to the methodological framework of a particular project. [11]

For this reason, before beginning the transcription process, it is essential to determine which characteristics of oral speech should be documented in accordance with the aims and objectives of the research. For example, a researcher

may seek to preserve the distinctive features of the informant's spoken language as fully as possible, retaining unfinished words and phrases in their original form and recording pauses, laughter, changes in mood, and non-verbal reactions (e.g., "laughs," "smiles," "after a pause," etc.).

Upon completion of the transcription, it is advisable, for purposes of documentation and future retrieval, to identify the principal themes addressed by the respondent and record them in the interview registration form, indicating the relevant pages of the transcript and the corresponding timestamps in the audio or video recording.

Once the transcript has been finalized and the complete set of accompanying documentation prepared, the stage of collecting oral history materials may be considered complete. The testimonies should then be systematically organized, supplemented with appropriate metadata, and prepared for long-term preservation in accordance with requirements of confidentiality, security, and future scholarly use.

Oral History and the Formation of Collective Memory Narratives. The particular significance of oral history lies not only in the recording of individual experiences but also in the opportunity to study the processes by which collective memory is formed. Oral history testimonies reflect not only the personal memories of respondents but also the social mechanisms for making sense of the past that operate within a specific community. In the process of storytelling, an individual reconstructs their own life experience through a system of beliefs, values, and interpretations shaped by their family, social environment, education, the media, and public discourse. [7,8]

Collective memory is not a mechanical aggregate of individual memories. It is shaped by the constant interaction between personal experience and dominant social narratives. This is precisely why oral history interviews reveal not only factual information about the past but also the ways in which different generations

and social groups interpret it. [7] An analysis of oral testimonies makes it possible to trace which events acquire significance, which are displaced from collective memory, and how historical experience is reinterpreted in new sociocultural contexts. [6]

It is important to bear in mind that memory is selective. Respondents' recollections may undergo transformations under the influence of time, sociopolitical changes, personal experiences, or new knowledge about past events. In this regard, oral history testimonies should be viewed not only as a source of factual information but also as a source for studying the processes of constructing historical narratives and shaping collective perceptions of the past. [8]

Oral history is particularly valuable when studying traumatic experiences, wars, forced population displacements, political repression, and other events that leave a deep mark on collective memory. In such cases, oral testimonies allow us to explore not only the course of events but also the mechanisms by which they are interpreted, experienced, and passed on to future generations.

Thus, oral history serves not only as a method for collecting historical sources but also as an important tool for studying the processes of the formation, functioning, and transmission of collective memory. It is precisely this combination of individual experience with the analysis of social narratives that gives it its special value for contemporary historical research. [13]

Conclusions. Oral history represents an important instrument for investigating narratives of collective memory and individual historical experience. Oral history testimonies make it possible to identify the mechanisms through which historical perceptions are formed, reconstruct local interpretations of the past, and examine the processes involved in preserving collective memory within society.

The effective use of oral history materials largely depends on adherence to methodological principles governing respondent selection, interview organization,

documentation, transcription, and the archiving of collected data. The application of standardized procedures ensures the scholarly reliability of oral history sources and expands their potential for use in historiographical research.

A promising direction for future research lies in the further development of digital practices for the preservation of oral history archives, as well as in the application of oral history methods to the study of memory related to contemporary social transformations and armed conflicts.

References:

1. Guidelines for conducting oral histories. URL: https://www.aa.org/sites/default/files/literature/2023_Guidelines_Conducting_Oral_Histories_EN.pdf (дата звернення: 09.02.26)

2. Oral History Best Practices. URL: https://oralhistory.org/best-practices/ (дата звернення: 09.02.26)

3. Методичні вказівки щодо проведення усноісторичних досліджень за проектом "Друга світова війна та голод Південній Бессарабії (1939-1947 pp.) URL: http://idgu.edu.ua/wp-content/uploads/2018/03/metod.vkazivky-cui.pdf (дата звернення: 09.02.26)

4. Усна історія: Методичні рекомендації з організації дослідження: Для студентів і аспірантів. – Х.: Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, 2007. – 28 с.

5. Thompson P. The Voice of the Past: Oral History. Oxford University Press, 2000.

6. Portelli A. The Death of Luigi Trastulli and Other Stories: Form and Meaning in Oral History. Albany: SUNY Press, 1991.

7. Halbwachs M. On Collective Memory. Chicago: University of Chicago Press, 1992.

8. Assmann J. Cultural Memory and Early Civilization: Writing, Remembrance, and Political Imagination. Cambridge University Press, 2011/

9. Flick U. An Introduction to Qualitative Research. London: Sage, 2018.

10. Jovchelovitch S., Bauer M. Narrative Interviewing. London: LSE Research Methods Series, 2000.

11. Poland B. D. Transcription Quality as an Aspect of Rigor in Qualitative Research. Qualitative Inquiry. 1995.

12. Summerfield P. Reconstructing Women's Wartime Lives. Manchester University Press, 1998.

13. Frisch M. A Shared Authority: Essays on the Craft and Meaning of Oral and Public History. SUNY Press, 1990.

Комашко Володимир Володимирович, кандидат юридичних наук, старший дослідник, заслужений юрист України, начальник відділу правової та антикорупційної політики центру безпекових досліджень, Національний інститут стратегічних досліджень, м. Київ, Україна, https://orcid.org/0000-0003-1851-8548

Кравченко Сергій Олександрович, доктор наук з державного управління, професор, головний консультант відділу правової та антикорупційної політики центру безпекових досліджень, Національний інститут стратегічних досліджень, м. Київ, Україна, https://orcid.org/0000-0002-9656-1587

Komashko Volodymyr, Candidate of Legal Sciences, Senior Researcher, Honored Lawyer of Ukraine, Head of the Department of Legal and Anti-corruption Policy of the Center for Security Studies, National Institute for Strategic Studies, Kyiv, Ukraine, https://orcid.org/0000-0003-1851-8548

Kravchenko Sergii, Doctor of Science in Public Administration, Professor, General Adviser of the Department of Legal and Anti-corruption Policy of the Center for Security Studies, National Institute for Strategic Studies, Kyiv, Ukraine, https://orcid.org/0000-0002-9656-1587

УДОСКОНАЛЕННЯ КРИМІНАЛЬНОЇ ВІДПОВІДАЛЬНОСТІ ЗА ПРОПОЗИЦІЮ АБО ОБІЦЯНКУ НЕПРАВОМІРНОЇ ВИГОДИ СЛУЖБОВІЙ ОСОБІ, ЯКА ЗАЙМАЄ ВІДПОВІДАЛЬНЕ АБО ОСОБЛИВО ВІДПОВІДАЛЬНЕ СТАНОВИЩЕ

IMPROVEMENT OF CRIMINAL LIABILITY FOR OFFERING OR PROMISING IMPROPER BENEFIT TO OFFICIAL WHO HOLD RESPONSIBLE OR ESPECIALLY RESPONSIBLE POSITION

Анотація

В статті обґрунтовано, що принцип правової визначеності зумовлює потреби удосконалення положень ст. 369 Кримінального кодексу України (далі – КК) у частині встановлення кримінальної відповідальності за пропозицію чи обіцянку неправомірної вигоди службовій особі, яка займає відповідальне або особливо відповідальне становище. З цього приводу у Верховній Раді України зареєстрований законопроект № 15221 від 7 травня 2026 р., спрямований на забезпечення однакового, передбачуваного та недвозначного застосування відповідних положень кримінального закону.

Доведено, що запропоновані законопроектом зміни фактично призведуть до скасування кримінальної відповідальності за пропозицію чи обіцянку службовій особі, яка займає відповідальне або особливо відповідальне становище, надати їй або третій особі неправомірну вигоду. Такі зміни порушують логіку ст. 369 КК, суперечать розумінню терміну "корупція" та не сприятимуть, а навпаки перешкоджатимуть забезпеченню доброчесності публічної служби.

Водночас чинні положення частин третьої та четвертої ст. 369 КК можна тлумачити так, що кримінальна відповідальність наступає за пропозицію чи обіцянку службовій особі, яка займає відповідальне або особливо відповідальне становище, надати їй або третій особі неправомірну вигоду, лише за умови, що в підсумку неправомірна вигода була фактично надана. В цьому зв’язку запропоновано формулювання диспозиції норм зазначених частин ст. 369 КК, що дозволять усунути неоднозначність їх тлумачення.

Акцентовано увагу на відсутності в чинному законодавстві визначень термінів "відповідальне становище" та "особливо відповідальне становище", чітких критеріїв розмежування між цими термінами. Тому в КК та Законі

України "Про запобігання корупції" похідні терміни "службові особи, які займають відповідальне становище" та "службові особи, які займають особливо відповідальне становище" визначаються шляхом встановлення вичерпних переліків відповідних службових осіб. Це утворює періодичні невідповідності встановлених переліків реаліям функціонування системи державних органів, неузгодженості з даних питань між КК та Законом України "Про запобігання корупції". Зазначене зумовлює важливість вироблення єдиного законодавчого підходу стосовно відповідної термінології.

Ключові слова: корупція, пропозиція або обіцянка неправомірної вигоди, кримінальна відповідальність, відповідальне становище, особливо відповідальне становище, принцип правової визначеності.

Abstract

In this article the statement is substantiated that the principle of legal certainty causes needs to improve provisions of Article 369 of the Criminal Code of Ukraine (further – the Code) regarding establishment criminal liability for offering or promising improper benefit to official who hold responsible or especially responsible position. The draft law № 15221 of May 7, 2026 was registered on this matter in the Verkhovna Rada of Ukraine. It is aimed at ensuring unified, predicable and unambiguous application of the relevant provisions of criminal law.

It is proved that amendments proposed by the draft law lead in fact to abolition criminal liability for offering or promising to official who hold responsible or especially responsible position to grant an improper benefit to him or a third party. Such amendments break a logic of Article 369 of the Code, contradict understanding the term of "corruption", and this will not promote but rather hinder the maintenance of public service integrity.

At the same time valid provisions of parts three and four of Article 369 of the Code can be interpreted so that criminal liability arises for offering or promising to official who hold responsible or especially responsible position to grant an improper benefit to him or a third party only in condition that an improper benefit was ultimately granted in fact. In this regard the formulations of norms disposition of mentioned parts of Article 369 of the Code is proposed that will allow to eliminate the interpretation ambiguity of these norms.

An attention is focused on the lack of terms definition of "responsible position", "especially responsible position", and the clear criteria for distinguishing these terms. Therefore in the Code and in the Law of Ukraine "On corruption prevention" derived terms of "officials who hold responsible position" and "officials who hold especially responsible position" are defined through establishing the exhaustive lists of relevant officials. Such situation generates periodic disparities between established lists and reality of functioning state bodies system, inconsistencies on relevant matters between the Code and the Law of Ukraine "On corruption prevention". This determines the importance of developing the unified approach concerning appropriate terminology.

Keywords: corruption, offering or promising improper benefit, criminal liability, responsible position, especially responsible position, principle of legal certainty.

Постановка проблеми

Одним із принципів дієвої антикорупційної політики є невідворотність юридичної відповідальності за корупційні діяння. Цей принцип знайшов відображення в Державній антикорупційній програмі на 2023-2025 роки та став основою її спеціального розділу 3 "Забезпечення невідворотності відповідальності за корупцію" [1]. В даному розділі виділено проблему неузгодженості між собою та невідповідності міжнародним стандартам

законодавчих положень, які стосуються кримінальної відповідальності за корупційні правопорушення. В межах цієї проблеми експерти, серед іншого, ідентифікували наявність окремих положень законодавства, що є суперечливими та не підлягають однозначному тлумаченню. На наш погляд, такі неоднозначності містяться, зокрема, в частинах третій та четвертій ст. 369 КК, оскільки відповідні положення характеризуються можливістю їх різного трактування в частині відповідальності за пропозицію або обіцянку неправомірної вигоди [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Загальну проблематику кримінальної відповідальності за корупційні правопорушення аналізували А.Антонюк, Ю.Баулін, В.Борисов, О.Бусол, А.Вознюк, О.Дудоров, К.Задоя, В.Киричко, М.Мельник, Д.Михайленко, А.Савченко, В.Тацій, В.Тертишник, М.Тучак, М.Хавронюк та ін. Дискусійні питання відповідальності, пов'язаної з пропозицією, обіцянкою або наданням неправомірної вигоди службовій особі, досліджували В.Бурдін, О.Горох, М.Желік, В.Кабаєв, Д.Каменський, М.Комарницька, О.Кришевич, О.Пушкар, О.Таркан, Д.Третьяков, Л.Ужва, Д.Шумейко та ін. Разом з тим, зазначені питання відповідальності, коли однією зі сторін корупційних відносин виступає службова особа, яка займає відповідальне або особливо відповідальне становище, не були предметом спеціальної уваги науковців.

Мета статті – обґрунтувати потреби та запропонувати шляхи удосконалення кримінальної відповідальності за пропозицію або обіцянку неправомірної вигоди службовій особі, яка займає відповідальне або особливо відповідальне становище.

Виклад основного матеріалу

В контексті удосконалення відповідних положень кримінального законодавства перш за все варто звернути увагу на те, що основною вимогою до законодавства є його відповідність критеріям і принципам, установленим

у Конституції України, ***зокрема принципові верховенства права*** *(абзац четвертий підпункту 2.2 пункту 2 мотивувальної частини Рішення Конституційного Суду України від 11 червня 2020 р. № 7-р/2020 у справі за конституційним поданням 55 народних депутатів України щодо відповідності Конституції України (конституційності) статті 375 Кримінального кодексу України)* [3].

Враховуючи зміст ст. 8 Конституції України та практику Конституційного Суду України, верховенство права слід розуміти, зокрема, як механізм забезпечення контролю над використанням влади державою та захисту людини від свавільних дій державної влади.

Верховенство права як нормативний ідеал, до якого має прагнути кожна система права, і як універсальний та інтегральний принцип права необхідно розглядати, зокрема, в контексті таких основоположних його складових: принцип законності, принцип поділу державної влади, принцип народного суверенітету, принцип демократії, принцип юридичної визначеності, принцип справедливого суду.

Таким чином, верховенство права означає, що органи державної влади обмежені у своїх діях заздалегідь регламентованими та оголошеними правилами, які дають можливість передбачити заходи, що будуть застосовані в конкретних правовідносинах, і, відповідно, суб'єкт правозастосування може передбачати й планувати свої дії та розраховувати на очікуваний результат *(абзаци третій, четвертий, шостий пункту 4 мотивувальної частини Рішення Конституційного Суду України (Велика палата) від 20 червня 2019 р. № 6-р/2019 у справі за конституційним поданням 62 народних депутатів України щодо відповідності Конституції України (конституційності) Указу Президента України "Про дострокове припинення повноважень Верховної Ради України та призначення позачергових виборів")* [4].

Вимогою верховенства права є дотримання принципу юридичної визначеності, що обумовлює однакове застосування норми права, недопущення можливостей для її довільного трактування. Юридична визначеність норми права є ключовою умовою забезпечення кожному ефективного судового захисту незалежним судом *(абзаци перший, другий підпункту 2.3 пункту 2 мотивувальної частини Рішення Конституційного Суду України (Велика палата) від 11 червня 2020 р. № 7-р/2020 у справі за конституційним поданням 55 народних депутатів України щодо відповідності Конституції України (конституційності) статті 375 Кримінального кодексу України)* [3].

Із конституційних принципів рівності і справедливості випливає вимога визначеності, ясності і недвозначності правової норми, оскільки інше не може забезпечити її однакове застосування, не виключає необмеженості трактування в правозастосовній практиці і неминуче призводить до сваволі *(абзац другий підпункту 5.4 пункту 5 мотивувальної частини Рішення Конституційного суду України від 22 вересня 2005 р. № 5-рп/2005 у справі за конституційним поданням 51 народного депутата України щодо відповідності Конституції України (конституційності) положень статті 92, пункту 6 розділу X "Перехідні положення" Земельного кодексу України (справа про постійне користування земельними ділянками)* [5].

Виходячи із зазначеного, одним із елементів верховенства права є ***принцип правової визначеності***, у якому стверджується, що обмеження основних прав людини та громадянина і втілення цих обмежень на практиці допустиме лише за умови забезпечення передбачуваності застосування правових норм, встановлюваних такими обмеженнями. Тобто обмеження будь-якого права повинне базуватися на критеріях, які дадуть змогу особі відокремлювати правомірну поведінку від протиправної, передбачати юридичні наслідки своєї поведінки *(абзац третій підпункту 3.1 пункту 3*

мотивувальної частини Рішення Конституційного Суду України від 29 червня 2010 р. № 17-рп/2010 у справі за конституційним поданням Уповноваженого Верховної Ради України з прав людини щодо відповідності Конституції України (конституційності) абзацу восьмого пункту 5 частини першої статті 11 Закону України "Про міліцію") [6].

Принцип юридичної визначеності як складова конституційного принципу верховенства права є ***сукупністю вимог до організації та функціонування системи права, процесів правотворчості та правозастосування у спосіб, який забезпечував би стабільність юридичного становища індивіда; зазначеного можна досягти лише у спосіб законодавчого закріплення якісних, зрозумілих норм*** *(абзац третій підпункту 3.3 пункту 3 мотивувальної частини Рішення Конституційного Суду України від 6 червня 2019 року* № 3-р/2019 *у справі за конституційними поданнями Уповноваженого Верховної Ради України з прав людини та 65 народних депутатів України щодо відповідності Конституції України (конституційності) положень пункту 5 частини першої статті 3, абзацу третього частини третьої статті 45 Закону України "Про запобігання корупції", пункту 2 розділу II "Прикінцеві положення" Закону України "Про внесення змін до деяких законів України щодо особливостей фінансового контролю окремих категорій посадових осіб". Див. також: абзац перший підпункту 4.4.2 підпункту 4.4 пункту 4 Рішення Конституційного Суду України від 3 грудня 2025 р.* № 6-р(II)/2025 *у справі за конституційною скаргою Товариства з обмеженою відповідальністю "Рейнір Бізнес Груп" щодо відповідності Конституції України (конституційності) приписів абзацу першого частини третьої, абзаців першого, другого, третього частини четвертої статті 23 Закону України "Про прокуратуру" від 14 жовтня 2014 року № 1697–VII (щодо представництва прокурором інтересів держави в суді)* [7; 8].

Саме принцип правової визначеності зумовлює потреби удосконалення певних положень КК щодо протидії корупції. З цього приводу у Верховній Раді України зареєстрований проект Закону України "Про внесення змін до частин третьої, четвертої статті 369 Кримінального кодексу України" (реєстр. № 15221 від 7 травня 2026 р. (далі – Законопроект) [9].

Згідно з пояснювальною запискою до Законопроекту він спрямований на редакційне вдосконалення відповідних положень кримінального закону з метою забезпечення їх однакового, передбачуваного та недвозначного застосування. Вказується, що запропоновані зміни мають техніко-юридичний характер, не змінюють санкцій частин третьої та четвертої ст. 369 КК, не розширюють меж криміналізації відповідних діянь і не змінюють змісту кримінально-правової заборони. А прийняття Законопроекту, на думку його автора, дозволить усунути можливість подвійного тлумачення диспозицій частин третьої та четвертої ст. 369 Кримінального кодексу України, забезпечити єдність правозастосування та зміцнити гарантії дотримання принципів законності, юридичної визначеності і верховенства права [10].

Декларованою ж метою Законопроекту є забезпечення правової визначеності та однозначності застосування кримінально-правових норм. Його завданнями визначено: 1) усунення можливостей для різного тлумачення положень ст. 369; 2) підвищення якості кримінально-правового регулювання у сфері протидії корупції.

Підтримуючи загалом думку про удосконалення зазначених у поданому Законопроекті положень КК, доцільно зазначити наступне.

Автор Законопроекту стверджує, що в частинах третій та четвертій ст. 369 КК кваліфікуюча ознака, пов’язана зі статусом службової особи, яка займає відповідальне або особливо відповідальне становище, за своєю правовою природою стосується саме фактичного надання неправомірної

вигоди такій особі. На цій підставі він пропонує встановити відповідальність лише за надання певною особою неправомірної вигоди службовій особі, яка займає відповідальне або особливо відповідальне становище.

Запропоновані зміни фактично призведуть до ***скасування кримінальної відповідальності за пропозицію чи обіцянку службовій особі, яка займає відповідальне або особливо відповідальне становище, надати їй або третій особі неправомірну вигоду***.

Це порушує, насамперед, логіку ст. 369 КК, оскільки в її частинах першій та другій зберігається кримінальна відповідальність за пропозицію чи обіцянку просто службовій особі надати їй або третій особі неправомірну вигоду [2].

Отже, наприклад, пропозиція неправомірної вигоди державному службовцю категорії "В" є кримінально караним діянням, а таке саме діяння стосовно державного службовця категорії "А" або "Б" не підлягає кримінальній відповідальності, що виглядає доволі дивно.

Крім того, запропоновані зміни суперечать самому розумінню терміну "корупція", що викладений в ст. 1 Закону України "Про запобігання корупції". Нагадаємо, що відповідно до цієї статті, ***корупція*** – використання особою, зазначеною у частині першій статті 3 цього Закону, наданих їй службових повноважень чи пов’язаних з ними можливостей з метою одержання неправомірної вигоди або прийняття такої вигоди чи прийняття обіцянки/пропозиції такої вигоди для себе чи інших осіб або відповідно ***обіцянка/пропозиція*** чи надання ***неправомірної вигоди*** особі, зазначеній у частині першій статті 3 цього Закону, або на її вимогу іншим фізичним чи юридичним особам з метою схилити цю особу до протиправного використання наданих їй службових повноважень чи пов’язаних з ними можливостей [11].

Тому, на наш погляд, запропоновані зміни у разі їх ухвалення можуть

призвести до уникнення кримінальної відповідальності осіб за пропозицію або обіцянку неправомірної вигоди службовим особам, які займають відповідальне або особливо відповідальне становище. Отже, ухвалення розглянутого Законопроекту в пропонованій редакції не забезпечить досягнення його задекларованої мети та завдань. Вказане не сприятиме, а навпаки перешкоджатиме забезпеченню доброчесності публічної служби, про важливість якої йдеться в пояснювальній записці до Законопроекту.

Водночас видається, що формулювання частин третьої та четвертої ст. 369 КК дійсно потребують удосконалення. В чинному вигляді вони встановлюють кримінальну відповідальність за пропозицію чи обіцянку службовій особі надати їй або третій особі неправомірну вигоду, якщо неправомірна вигода надавалася службовій особі, яка займає відповідальне або особливо відповідальне становище [2].

Дані приписи можна тлумачити так, що кримінальна відповідальність наступає за пропозицію чи обіцянку службовій особі, яка займає відповідальне або особливо відповідальне становище, надати їй або третій особі неправомірну вигоду, лише за умови, що в підсумку неправомірна вигода була фактично надана.

При цьому згідно з частиною першою ст. 369 КК за пропозицію чи обіцянку просто службовій особі надати їй або третій особі неправомірну вигоду кримінальна відповідальність наступає в будь-якому випадку.

Тому, на нашу думку, ***диспозиції норм частин третьої та четвертої ст. 369 КК доцільно викласти наступним чином***:

- "3. Діяння, передбачені частиною першою або другою цієї статті, вчинені стосовно службової особи, яка займає відповідальне становище, або вчинені за попередньою змовою групою осіб";

- "4. Діяння, передбачені частиною першою, другою або третьою цієї статті, вчинені стосовно службової особи, яка займає особливо відповідальне

становище, або вчинені організованою групою осіб, злочинною організацією, злочинною спільнотою чи її учасником".

Окрему увагу доцільно звернути на ***важливість вироблення єдиного законодавчого підходу стосовно відповідної термінології***. Така важливість спричинена насамперед відсутністю в законодавстві визначень термінів "відповідальне становище" та "особливо відповідальне становище", а також чітких критеріїв розмежування між цими термінами.

Внаслідок цього в КК та Законі України "Про запобігання корупції" похідні терміни "службові особи, які займають відповідальне становище" та "службові особи, які займають особливо відповідальне становище" визначаються шляхом встановлення вичерпних переліків відповідних службових осіб.

Істотним недоліком такого способу визначення термінів видається те, що періодично виникає неповна відповідність між зазначеними переліками та новими реаліями, пов’язаними зі змінами в системі державних органів (реорганізаціями, змінами статусу органів, їх назв).

Крім того, розмежування в КК між службовими особами, які займають особливо та особливо відповідальне становище, є сумнівним у деяких аспектах.

Наприклад, у пунктах 2, 3 примітки до ст. 368 КК не згадуються голови місцевих державних адміністрацій, їх перші заступники та заступники.

При цьому на даних посадових осіб не поширюється дія Закону України "Про державну службу" (ч. 3 ст. 3 цього Закону) [12].

Таким чином, КК не включає голів місцевих державних адміністрацій, їх перших заступників та заступників до переліку службових осіб, які займають особливо відповідальне становище, хоча вони мають значні владні повноваження та можливості розпоряджатися фінансовими ресурсами в межах певних адміністративно-територіальних одиниць.

Варто також вказати на те, що, на відміну від КК, ст. 51-3 Закону України "Про запобігання корупції" встановлює спільний перелік службових осіб, які займають відповідальне та особливо відповідальне становище [11].

Отже, в базовому антикорупційному законі невизначеним залишається те, яким чином дані категорії службових осіб мають розрізнятися між собою.

Висновки

Кримінальне законодавство, в тому числі щодо протидії корупції, має відповідати принципу верховенства права. Цей інтегральний принцип включає в себе, серед іншого, принцип правової визначеності, виходячи з якого обмеження будь-якого права повинне базуватися на критеріях, які дадуть змогу особі відокремлювати правомірну поведінку від протиправної, передбачати юридичні наслідки своєї поведінки. Правова визначеність передбачає визначеність, ясність і недвозначність правових норм, оскільки інше неминуче призводить до сваволі в правозастосовній практиці.

Саме принцип правової визначеності зумовлює потреби удосконалення положень ст. 369 КК у частині встановлення кримінальної відповідальності за пропозицію чи обіцянку неправомірної вигоди службовій особі, яка займає відповідальне або особливо відповідальне становище. З цього приводу у Верховній Раді України зареєстрований законопроект № 15221 від 7 травня 2026 р., спрямований на забезпечення однакового, передбачуваного та недвозначного застосування відповідних положень кримінального закону.

Аналіз поданого законопроекту засвідчив, що запропоновані ним зміни фактично призведуть до скасування кримінальної відповідальності за пропозицію чи обіцянку службовій особі, яка займає відповідальне або особливо відповідальне становище, надати їй або третій особі неправомірну вигоду. Такі зміни порушують логіку ст. 369 КК, суперечать розумінню терміну "корупція" та не сприятимуть, а навпаки перешкоджатимуть забезпеченню доброчесності публічної служби.

Водночас чинні положення частин третьої та четвертої ст. 369 КК можна тлумачити так, що кримінальна відповідальність наступає за пропозицію чи обіцянку службовій особі, яка займає відповідальне або особливо відповідальне становище, надати їй або третій особі неправомірну вигоду, лише за умови, що в підсумку неправомірна вигода була фактично надана. Тому пропонується формулювання диспозиції норм зазначених частин ст. 369 КК, що дозволить усунути неоднозначність їх тлумачення.

В чинному законодавстві відсутні також визначення термінів "відповідальне становище" та "особливо відповідальне становище", чіткі критерії розмежування між цими термінами. Тому в КК та Законі України "Про запобігання корупції" похідні терміни "службові особи, які займають відповідальне становище" та "службові особи, які займають особливо відповідальне становище" визначаються шляхом встановлення вичерпних переліків відповідних службових осіб. Це утворює періодичні невідповідності встановлених переліків реаліям функціонування системи державних органів, неузгодженості з даних питань між КК та Законом України "Про запобігання корупції". Зазначене зумовлює важливість вироблення єдиного законодавчого підходу стосовно відповідної термінології, що належить до перспектив подальших досліджень.

Література

1. Про затвердження Державної антикорупційної програми на 2023-2025 роки: постанова Кабінету Міністрів України від 4 березня 2023 р. № 220 / Кабінет Міністрів України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/220-2023-п#Text (дата звернення: 20.05.2026).

2. Кримінальний кодекс України від 5 квітня 2001 р. № 2341-III / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2341-

14#Text (дата звернення: 3.06.2026).

3. Рішення Конституційного Суду України у справі за конституційним поданням 55 народних депутатів України щодо відповідності Конституції України (конституційності) статті 375 Кримінального кодексу України від 11 червня 2020 р. № 7-р/2020 / Конституційний Суд України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v007p710-20#Text (дата звернення: 24.05.2026).

4. Рішення Конституційного Суду України у справі за конституційним поданням 62 народних депутатів України щодо відповідності Конституції України (конституційності) Указу Президента України "Про дострокове припинення повноважень Верховної Ради України та призначення позачергових виборів" від 20 червня 2019 р. № 6-р/2019 / Конституційний Суд України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v006p710-19#Text (дата звернення: 24.05.2026).

5. Рішення Конституційного Суду України у справі за конституційним поданням 51 народного депутата України щодо відповідності Конституції України (конституційності) положень статті 92, пункту 6 розділу X "Перехідні положення" Земельного кодексу України (справа про постійне користування земельними ділянками) від 22 вересня 2005 р. № 5-рп/2005 / Конституційний Суд України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v005p710-05#Text (дата звернення: 26.05.2026).

6. Рішення Конституційного Суду України у справі за конституційним поданням Уповноваженого Верховної Ради України з прав людини щодо відповідності Конституції України (конституційності) абзацу восьмого пункту 5 частини першої статті 11 Закону України "Про міліцію" від 29 червня 2010 р. № 17-рп/2010 / Конституційний Суд України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v017p710-10#Text (дата звернення:

26.05.2026).

7. Рішення Конституційного Суду України у справі за конституційними поданнями Уповноваженого Верховної Ради України з прав людини та 65 народних депутатів України щодо відповідності Конституції України (конституційності) положень пункту 5 частини першої статті 3, абзацу третього частини третьої статті 45 Закону України "Про запобігання корупції", пункту 2 розділу II "Прикінцеві положення" Закону України "Про внесення змін до деяких законів України щодо особливостей фінансового контролю окремих категорій посадових осіб" від 6 червня 2019 р. № 3-р/2019 / Конституційний Суд України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v003p710-19#Text (дата звернення: 28.05.2026).

8. Рішення Конституційного Суду України у справі за конституційною скаргою Товариства з обмеженою відповідальністю "Рейнір Бізнес Груп" щодо відповідності Конституції України (конституційності) приписів абзацу першого частини третьої, абзаців першого, другого, третього частини четвертої статті 23 Закону України "Про прокуратуру" від 14 жовтня 2014 року № 1697-VII (щодо представництва прокурором інтересів держави в суді) від 3 грудня 2025 р. № 6-р(II)/2025 / Конституційний Суд України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v006p710-25#Text (дата звернення: 28.05.2026).

9. Про внесення змін до частин третьої, четвертої статті 369 Кримінального кодексу України: проект Закону України від 7 травня 2026 р. № 15221 / Верховна Рада України. URL: https://itd.rada.gov.ua/billinfo/Bills/Card/69988 (дата звернення: 29.05.2026).

10. Пояснювальна записка до проекту Закону України "Про внесення змін до частин третьої, четвертої статті 369 Кримінального кодексу України" від 7 травня 2026 р. № 15221. URL:

https://itd.rada.gov.ua/billinfo/Bills/Card/69988 (дата звернення: 29.05.2026).

11. Про запобігання корупції: Закон України від 14 жовтня 2014 р. № 1700-VII / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1700-18#Text (дата звернення: 3.06.2026).

12. Про державну службу: Закон України від 10 грудня 2015 р. № 889-VIII / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/889-19#Text (дата звернення: 5.06.2026).

References

1. Pro zatverdzhennia Derzhavnoi antykoruptsiinoi prohramy na 2023-2025 roky: postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 4 bereznia 2023 r. № 220 [On approval the State Anti-corruption Program for 2023-2025: Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine from March 4 2023, № 220]. *Kabinet Ministriv Ukrainy*. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/220-2023-п#Text.

2. Kryminalnyi kodeks Ukrainy vid 5 kvitnia 2001 r. № 2341-III [Criminal Code of Ukraine from April 5 2001, № 2341-III]. *Verkhovna Rada Ukrainy*. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2341-14#Text.

3. Rishennia Konstytutsiinoho Sudu Ukrainy u spravi za konstytutsiinym podanniam 55 narodnykh deputativ Ukrainy shchodo vidpovidnosti Konstytutsii Ukrainy (konstytutsiinosti) statti 375 Kryminalnoho kodeksu Ukrainy vid 11 chervnia 2020 r. № 7-р/2020 [Decision of the Constitutional Court of Ukraine in the Case on Constitutional Submission of 55 People's Deputies of Ukraine concerning Compliance of Article 375 of the Criminal Code of Ukraine with the Constitution of Ukraine (constitutionality) from June 11 2020, № 7-р/2020]. *Constitutional Court of Ukraine*. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v007p710-20#Text.

4. Rishennia Konstytutsiinoho Sudu Ukrainy u spravi za konstytutsiinym podanniam 62 narodnykh deputativ Ukrainy shchodo vidpovidnosti Konstytutsii Ukrainy (konstytutsiinosti) Ukazu Prezydenta Ukrainy "Pro dostrokove prypynen-

nia povnovazhen Verkhovnoi Rady Ukrainy ta pryznachennia pozacherhovykh vyboriv" vid 20 chervnia 2019 r. № 6-p/2019 [Decision of the Constitutional Court of Ukraine in the Case on Constitutional Submission of 62 People's Deputies of Ukraine concerning Compliance of the Decree of the President of Ukraine "On early termination of powers of the Verkhovna Rada of Ukraine and calling of early elections" with the Constitution of Ukraine (constitutionality) from June 20 2019, № 6-p/2019]. *Constitutional Court of Ukraine*. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v006p710-19#Text.

5. Rishennia Konstytutsiinoho Sudu Ukrainy u spravi za konstytutsiinym podanniam 51 narodnoho deputata Ukrainy shchodo vidpovidnosti Konstytutsii Ukrainy (konstytutsiinosti) polozhen statti 92, punktu 6 rozdilu X "Perekhidni polozhennia" Zemelnoho kodeksu Ukrainy (sprava pro postiine korystuvannia zemelnymy diliankamy) vid 22 veresnia 2005 r. № 5-рп/2005 [Decision of the Constitutional Court of Ukraine in the Case on Constitutional Submission of 51 People's Deputies of Ukraine concerning Compliance of Article 92, Point 6 of Section X "Transitional Provisions" of the Land Code of Ukraine with the Constitution of Ukraine (constitutionality) (the Case on Permanent Using Land Plots) from September 22 2005, № 5-рп/2005]. *Constitutional Court of Ukraine*. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v005p710-05#Text.

6. Rishennia Konstytutsiinoho Sudu Ukrainy u spravi za konstytutsiinym podanniam Upovnovazhenoho Verkhovnoi Rady Ukrainy z prav liudyny shchodo vidpovidnosti Konstytutsii Ukrainy (konstytutsiinosti) abzatsu vosmoho punktu 5 chastyny pershoi statti 11 Zakonu Ukrainy "Pro militsiiu" vid 29 chervnia 2010 r. № 17-рп/2010 [Decision of the Constitutional Court of Ukraine in the Case on Constitutional Submission of Ombudsman of Ukraine concerning Compliance of Paragraph 8 of Point 5 of Part 1 of Article 11 of the Law of Ukraine "On Police" with the Constitution of Ukraine (constitutionality) from June 29 2010, № 17-рп/2010]. *Constitutional Court of Ukraine*.

https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v017p710-10#Text.

7. Rishennia Konstytutsiinoho Sudu Ukrainy u spravi za konstytutsiinym podanniam Upovnovazhenoho Verkhovnoi Rady Ukrainy z prav liudyny ta 65 narodnykh deputativ Ukrainy shchodo vidpovidnosti Konstytutsii Ukrainy (konstytutsiinosti) polozhen punktu 5 chastyny pershoi statti 3, abzatsu tretoho chastyny tretoi statti 45 Zakonu Ukrainy "Pro zapobihannia koruptsii", punktu 2 rozdilu II "Prykintsevi polozhennia" Zakonu Ukrainy "Pro vnesennia zmin do deiakykh zakoniv Ukrainy shchodo osoblyvostei finansovoho kontroliu okremykh katehorii posadovykh osib" vid 6 chervnia 2019 r. № 3-p/2019 [Decision of the Constitutional Court of Ukraine in the Case on Constitutional Submission of Ombudsman of Ukraine and 65 People's Deputies of Ukraine concerning Compliance of Clauses of Point 5 of Part 1 of Article 3, Paragraph 3 of Part 3 of Article 45 of the Law of Ukraine "On Corruption Prevention", Point 2 of Section II "Final Provisions" of the Law of Ukraine "On Making Amendments to Some Laws of Ukraine concerning Peculiarities of Financial Control of Certain Categories of Officials" with the Constitution of Ukraine (constitutionality) from June 6 2019, № 3-p/2019]. *Constitutional Court of Ukraine*. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v003p710-19#Text.

8. Rishennia Konstytutsiinoho Sudu Ukrainy u spravi za konstytutsiinoiu skarhoiu Tovarystva z obmezhenoiu vidpovidalnistiu "Reinir Biznes Hrup" shchodo vidpovidnosti Konstytutsii Ukrainy (konstytutsiinosti) prypysiv abzatsu pershoho chastyny tretoi, abzatsiv pershoho, druhoho, tretoho chastyny chetvertoi statti 23 Zakonu Ukrainy "Pro Prokuraturu" vid 14 zhovtnia 2014 r. № **1697-VII (**shchodo predstavnytstva prokurorom interesiv derzhavy v sudi) vid 3 hrudnia 2025 r. № 6-p(II)/2025 [Decision of the Constitutional Court of Ukraine in the Case on Constitutional Complaint of the LLC "Reinir Biznes Hrup" concerning Compliance of Prescriptions of Paragraph 1 of Part 3, Paragraphs 1, 2, and 3 of Part 4 of Article 23 of the Law of Ukraine "On Prosecution" from October 14

2014, № **1697-VII** with the Constitution of Ukraine (constitutionality) (on Representation of the State Interests in the Court by the Prosecutor) from December 3 2025, № 6-p(II)/2025]. *Constitutional Court of Ukraine*. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v006p710-25#Text.

9. Pro vnesennia zmin do chastyn tretoi, chetvertoi statti 369 Kryminalnoho kodeksu Ukrainy: proekt Zakonu Ukrainy vid 7 travnia 2026 r. № 15221 [On Making Amendments to Parts 3 and 4 of Article 369 of the Criminal Code of Ukraine: Draft Law of Ukraine from May 7 2026, № 15221]. *Verkhovna Rada Ukrainy*. https://itd.rada.gov.ua/billinfo/Bills/Card/69988.

10. (2026). Poiasniuvalna zapyska do proektu Zakonu Ukrainy "Pro vnesennia zmin do chastyn tretoi, chetvertoi statti 369 Kryminalnoho kodeksu Ukrainy" vid 7 travnia 2026 r. № 15221 [Explanatory Note to the Draft Law of Ukraine "On Making Amendments to Parts 3 and 4 of Article 369 of the Criminal Code of Ukraine" from May 7 2026, № 15221]. https://itd.rada.gov.ua/billinfo/Bills/Card/69988.

11. Pro zapobihannia koruptsii: Zakon Ukrainy vid 14 zhovtnia 2014 r. № 1700-VII [On Corruption Prevention: Law of Ukraine from October 14 2014, № 1700-VII]. *Verkhovna Rada Ukrainy*. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1700-18#Text.

12. Pro derzhavnu sluzhbu: Zakon Ukrainy vid 10 hrudnia 2015 r. № 889-VIII [On State Service: Law of Ukraine from December 10 2015, № 889-VIII]. *Verkhovna Rada Ukrainy*. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/889-19#Text.

Квашук Дмитро, к.е.н, доц, доцент кафедри фінансових технологій та бізнесу, Національного авіаційного інституту, м. Київ, Україна, ORCID: https//orcid.org/ 0000-0002-4591-8881

Kvashuk Dmytro, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Department of Financial Technologies and Business, National Aviation Institute, Kyiv, Ukraine, ORCID: https//orcid.org/ 0000-0002-4591-888

BIG DATA В АНАЛІЗІ ПОПИТУ ТА ЦІНОУТВОРЕННІ

BIG DATA IN DEMAND ANALYSIS AND PRICING

Анотація

У статті розглянуто наукові та практичні засади використання технологій Big Data в аналізі попиту та ціноутворенні. Доведено, що в умовах цифрової трансформації ринків традиційні підходи до формування цін, які спираються лише на витрати, середню рентабельність і періодичний моніторинг конкурентів, є недостатніми. Сучасний попит формується під впливом складної сукупності факторів, серед яких поведінка споживачів у цифрових каналах, сезонність, промоакції, наявність товарів, ціни конкурентів, макроекономічні показники, регіональні особливості, логістичні обмеження та інформаційні сигнали з онлайн-платформ. Методології обробки великих даних дають змогу об’єднати ці різнорідні джерела даних в єдине аналітичне середовище та використовувати їх для підтримки цінових рішень.

У роботі розглянуто основні групи даних, які застосовуються для прогнозування попиту: транзакційні дані, поведінкові дані, зовнішні ринкові дані та неструктуровану інформацію з відгуків, пошукових запитів і

соціальних мереж. Охарактеризовано роль методів машинного навчання, моделей часових рядів, регресійного аналізу, градієнтного бустингу, нейронних мереж і гібридних моделей у виявленні прихованих закономірностей попиту. Особливу увагу приділено оцінюванню цінової еластичності, оскільки вона дозволяє підприємствам визначати, наскільки різні сегменти споживачів реагують на зміну ціни. Запропоновано концептуальну модель застосування Big Data у ціноутворенні, яка охоплює збір даних, очищення, формування ознак, прогнозування попиту, оптимізацію ціни, контроль економічного результату та перенавчання моделей.

Доведено, що динамічне ціноутворення не слід розглядати лише як інструмент максимізації короткострокового прибутку. Воно має враховувати лояльність споживачів, сприйняття справедливості ціни, правові обмеження, ризики алгоритмічної координації та необхідність людського контролю за автоматизованими рішеннями. Наукова новизна дослідження полягає в визначенні шляхів інтеграції методів обробки великих даних до адаптивних систем ціноутворення, що поєднує аналітичний, оптимізаційний і контрольний рівні. Практичне значення роботи пов'язане з можливістю використання запропонованого підходу в роздрібній торгівлі, електронній комерції, логістиці, сфері послуг і виробничих підприємствах.

Ключові слова: Big Data, аналіз попиту, ціноутворення, динамічне ціноутворення, машинне навчання, цінова еластичність, аналітика даних, цифрова економіка.

Abstract

The article examines the scientific and practical foundations of using Big Data technologies in demand analysis and pricing. It is proven that in the context of digital transformation of markets, traditional approaches to price formation,

relying solely on costs, average profitability, and periodic monitoring of competitors, are insufficient. Contemporary demand is shaped by a complex set of factors, including consumer behavior in digital channels, seasonality, promotional campaigns, product availability, competitor prices, macroeconomic indicators, regional specifics, logistical constraints, and information signals from online platforms. Big data processing methodologies make it possible to integrate these heterogeneous data sources into a single analytical environment and use them to support pricing decisions.

The paper considers the main groups of data used for demand forecasting: transactional data, behavioral data, external market data, and unstructured information from reviews, search queries, and social media. The role of machine learning methods, time series models, regression analysis, gradient boosting, neural networks, and hybrid models in revealing hidden demand patterns is characterized. Special attention is paid to estimating price elasticity, as it allows enterprises to determine the extent to which different consumer segments respond to price changes. A conceptual model for applying Big Data in pricing is proposed, encompassing data collection, cleaning, feature engineering, demand forecasting, price optimization, economic outcome control, and model retraining.

It is proved that dynamic pricing should not be viewed solely as a tool for maximizing short-term profit. It must take into account consumer loyalty, perceived price fairness, legal constraints, risks of algorithmic coordination, and the necessity of human oversight over automated decisions. The scientific novelty of the study lies in identifying ways to integrate big data processing methods into adaptive pricing systems, combining analytical, optimization, and control levels. The practical significance of the work is associated with the possibility of applying the proposed approach in retail, e-commerce, logistics, the service sector, and manufacturing enterprises.

Keywords: Big Data, demand analysis, pricing, dynamic pricing, machine learning, price elasticity, data analytics, digital economy.

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

У сучасній економіці ціна є не лише інструментом відшкодування витрат і формування прибутку, а й важливим сигналом для споживача, конкурентів і всього ринку. Вона впливає на сприйняття якості товару, рівень довіри до бренду, готовність до повторної покупки, швидкість реалізації запасів і загальну фінансову стійкість підприємства. В умовах цифровізації ринків значення ціни ще більше зростає, оскільки споживач отримує можливість майже миттєво порівнювати пропозиції, переглядати відгуки, реагувати на рекомендаційні системи та змінювати свою купівельну поведінку залежно від інформації, яку він отримує в онлайн-середовищі.

Традиційні підходи до ціноутворення, які спираються переважно на собівартість, нормативну рентабельність, експертну оцінку попиту та періодичне порівняння з конкурентами, не завжди відповідають умовам сучасного ринку. Причина полягає в тому, що попит став більш мінливим, фрагментованим і залежним від великої кількості факторів. Один і той самий товар може мати різний рівень попиту залежно від регіону, сезону, часу доби, каналу продажу, наявності знижки, поведінки конкурентів, стану логістики, платоспроможності споживачів і навіть інформаційного фону в соціальних мережах.

Сучасні методи обробки великих даних створюють нові можливості для аналізу попиту та ціноутворення. Йдеться не просто про накопичення великих масивів інформації, а про формування комплексного аналітичного середовища, у якому поєднуються дані з різних джерел: касових операцій, CRM-систем, ERP-систем, інтернет-магазинів, мобільних застосунків,

програм лояльності, маркетплейсів, соціальних мереж, відкритих статистичних джерел і сервісів моніторингу конкурентних цін. Таке поєднання дозволяє не тільки фіксувати факт зміни попиту, а й виявляти фактори, які цю зміну зумовлюють.

Наукова проблема полягає в необхідності обґрунтування методичного підходу, який дозволяє використовувати методи обробки великих даних не фрагментарно, а як основу системи підтримки цінових рішень. У багатьох підприємствах аналітика даних застосовується окремо від практичного ціноутворення: маркетологи аналізують поведінку клієнтів, фінансисти розраховують маржу, відділ продажів оцінює реакцію ринку, а керівництво ухвалює рішення на основі узагальнених звітів. Такий підхід створює розрив між даними, аналітичними висновками та реальними управлінськими діями. Сучасні підходи до обробки великих даних дозволяють подолати цей розрив, але для цього потрібна структурована модель, яка поєднує збір даних, прогнозування попиту, оцінювання еластичності, оптимізацію ціни та контроль результатів.

Практична значущість проблеми зумовлена тим, що помилки в ціноутворенні безпосередньо впливають на прибутковість підприємства. Завищена ціна може призвести до зниження обсягу продажу, втрати клієнтів і збільшення залишків товару. Занижена ціна, навпаки, може збільшити обсяг реалізації, але зменшити маржинальний прибуток і сформувати у споживачів очікування постійних знижок. Особливо складною є ситуація для підприємств, що працюють із великою кількістю товарних позицій, регіонів і каналів продажу. У таких умовах ручне ціноутворення стає повільним, суб’єктивним і недостатньо точним.

Зв’язок теми з важливими науковими та практичними завданнями проявляється у необхідності розвитку моделей прогнозування попиту, методів оцінювання цінової еластичності, алгоритмів динамічного

ціноутворення та механізмів контролю якості автоматизованих рішень. Водночас важливо враховувати не тільки економічний результат, а й етичні, правові та конкурентні наслідки алгоритмічного ціноутворення. Так, Big Data в аналізі попиту та ціноутворенні є міждисциплінарною проблемою, яка поєднує економіку, менеджмент, маркетинг, інформаційні технології, машинне навчання та питання регулювання цифрових ринків.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Проблематика використання великих даних у бізнес-аналітиці активно досліджується в контексті цифрової трансформації підприємств, розвитку електронної комерції, автоматизації маркетингових рішень і впровадження штучного інтелекту в управління [1; 6; 7]. У наукових працях Big Data найчастіше розглядається як сукупність технологічних, організаційних і методичних підходів до збирання, зберігання, оброблення та аналізу великих обсягів структурованих і неструктурованих даних [1]. У прикладному вимірі особлива увага приділяється тому, як ці дані можуть бути перетворені на управлінські рішення, зокрема у сфері прогнозування попиту, сегментації клієнтів, персоналізації пропозицій і формування цінової політики [6; 7; 8].

Класичні дослідження попиту спираються на економетричні моделі, у яких обсяг продажу пояснюється ціною, доходом споживачів, цінами товарів-замінників, сезонними факторами та іншими змінними [8; 9]. Такі моделі мають важливу перевагу: вони є відносно прозорими та дозволяють інтерпретувати вплив окремих факторів. Наприклад, регресійний аналіз дає змогу оцінити, як зміна ціни впливає на обсяг продажу за інших незмінних умов [9; 10]. Такий підхід підтверджується прикладами, наведеними у працях [9; 10], де графічно ілюструється характер взаємозв’язку між ціною та попитом (рис. 1, рис. 2). На рис. 1 відображено типову спадну залежність попиту від ціни, що узгоджується з положеннями класичної економічної теорії.

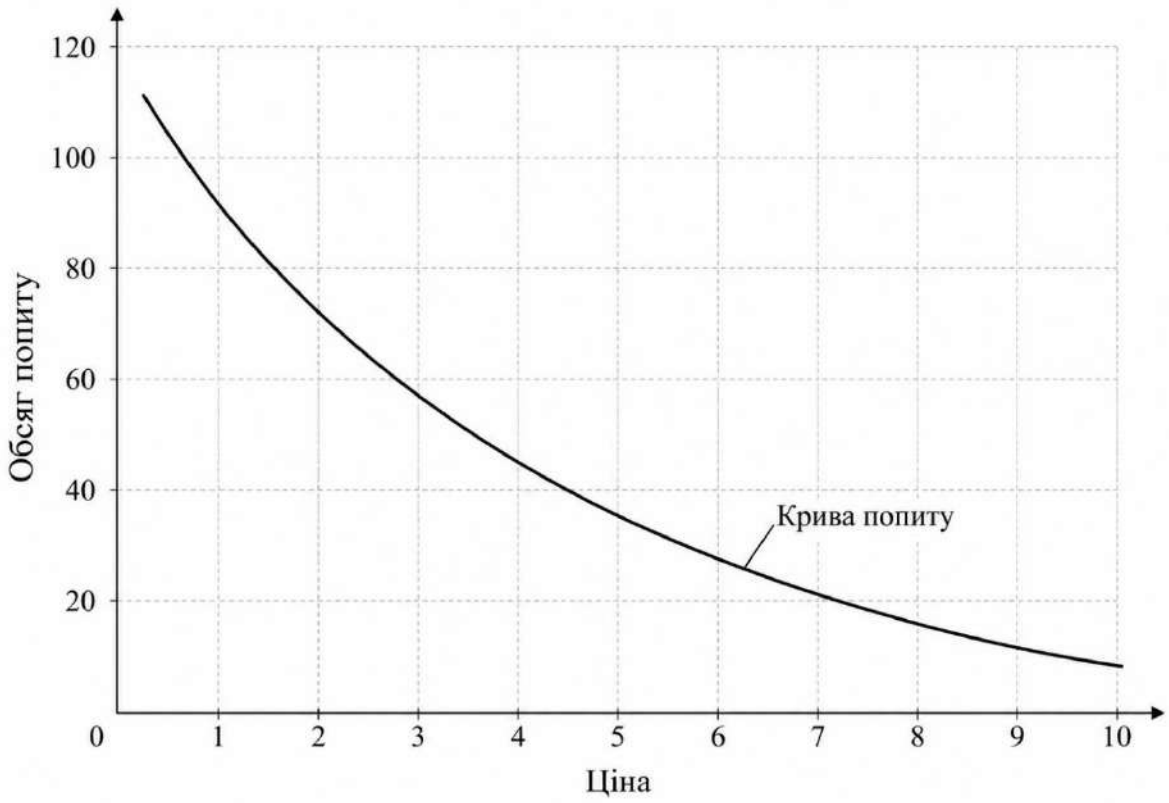


Рис. 1. Класична залежність обсягу попиту від рівня ціни

Джерело: складено автором на основі [9; 10].

На рис. 2 продемонстровано більш складний, нелінійний характер цієї залежності, за якого реакція споживачів на зміну ціни визначається не лише самим рівнем ціни, а й супутніми факторами, зокрема сезонністю, інтенсивністю промоакцій, наявністю товарів-замінників та поведінковими особливостями споживачів [9; 10].

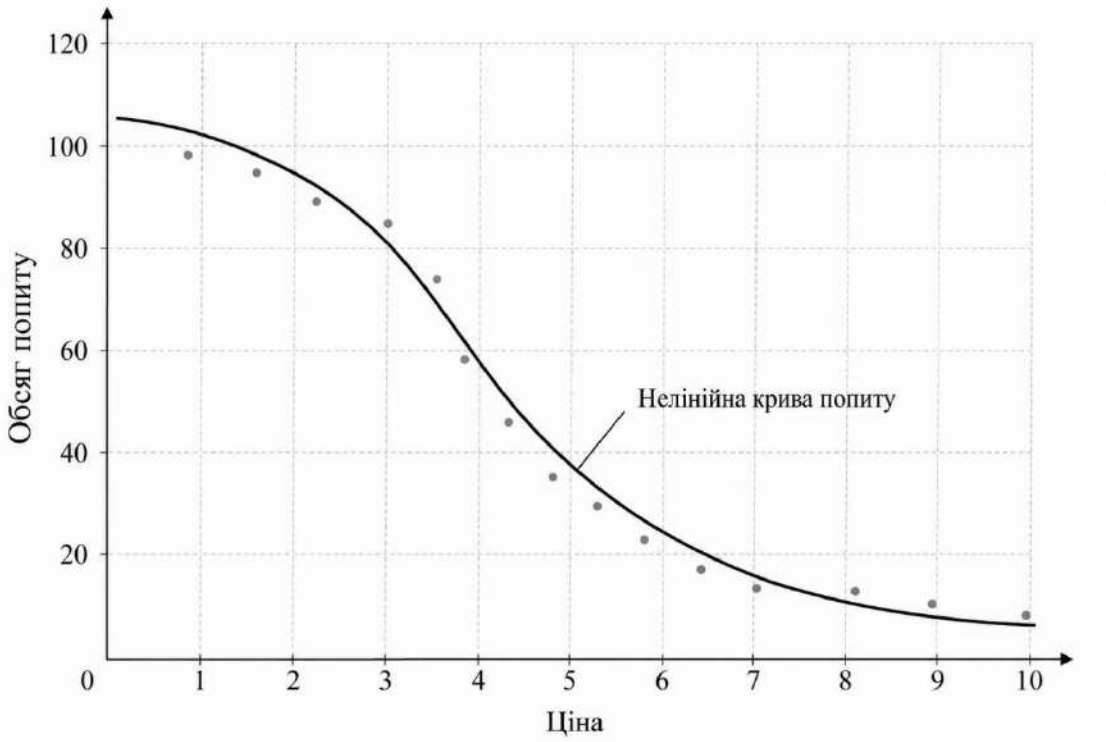


Рис. 2. Нелінійна залежність попиту від ціни в умовах багатофакторного впливу

Джерело: складено автором на основі [9; 10].

Однак у цифровому середовищі попит часто має нелінійний, нестійкий і сегментований характер, тому класичні моделі можуть втрачати точність, якщо не враховують складну поведінку споживачів [6; 7].

У сучасних дослідженнях усе більше уваги приділяється методам машинного навчання. Для прогнозування попиту застосовуються дерева рішень, випадкові ліси, градієнтний бустинг, нейронні мережі, рекурентні моделі, ансамблеві методи та гібридні підходи [5; 6; 10]. Їх перевага полягає в здатності працювати з великою кількістю ознак і виявляти складні залежності між ціною, поведінкою споживачів, сезонністю, промоакціями та зовнішніми факторами [5; 6]. Разом із тим такі моделі часто потребують великого обсягу якісних даних, постійного перенавчання та додаткових інструментів пояснення результатів [6; 10].

У працях, присвячених динамічному ціноутворенню, ціна розглядається як змінна, що може адаптуватися до поточного або прогнозованого стану ринку [2; 3; 4]. Такий підхід поширений в авіаперевезеннях, готельному бізнесі, електронній комерції, сервісах таксі, маркетплейсах і роздрібній торгівлі [2; 4]. Динамічне ціноутворення дозволяє краще узгоджувати попит і пропозицію, підвищувати маржинальність і зменшувати ризики надлишкових запасів [2; 4]. Проте воно також створює ризики: споживачі можуть негативно сприймати часту зміну цін, а алгоритми можуть призводити до непрозорих або дискримінаційних рішень [2; 3].

Окрема група досліджень присвячена ціновій еластичності попиту. У традиційній економічній теорії еластичність показує, наскільки змінюється попит у відповідь на зміну ціни [8; 9]. Проте в умовах Big Data виникає можливість оцінювати еластичність не лише для ринку загалом, а й для окремих товарів, регіонів, часових періодів, каналів продажу та клієнтських сегментів [4; 6]. Це має важливе практичне значення, оскільки однакова зміна ціни може мати різний ефект для різних груп споживачів. Наприклад, частина клієнтів може бути дуже чутливою до знижок, тоді як інша частина більше орієнтується на якість, швидкість доставки або довіру до бренду [4; 8].

У публікаціях міжнародних організацій, зокрема OECD, підкреслюється, що алгоритмічне ціноутворення може підвищувати ефективність ринків, але водночас потребує уваги з боку регуляторів через ризики для конкуренції та захисту споживачів [2; 3]. Алгоритми здатні швидко реагувати на ринкові зміни, але в деяких випадках вони можуть сприяти небажаній координації цін або формувати рішення, які складно пояснити [2; 3]. Тому сучасна наукова дискусія зміщується від питання «чи

можна використовувати алгоритми в ціноутворенні» до питання «як саме їх використовувати безпечно, прозоро та економічно обґрунтовано» [2; 3].

Незважаючи на значну кількість досліджень, невирішеною залишається проблема комплексного поєднання Big Data-аналітики, прогнозування попиту, оптимізації ціни та управлінського контролю [2; 4; 6]. Часто окремо розглядаються методи машинного навчання, окремо — економічна логіка ціноутворення, окремо — ризики алгоритмічних рішень [2; 3; 5; 10]. Проте підприємствам потрібна цілісна система, у якій модель прогнозування не є самоціллю, а виступає частиною ширшого механізму прийняття рішень [4; 6; 7]. Саме цій проблемі присвячено дану статтю.

Мета статті

Метою статті є дослідження можливостей використання Big Data для аналізу попиту та формування цінової політики підприємств. Для досягнення цієї мети розглянуто сутність Big Data, основні джерела даних, методи прогнозування попиту, підходи до оцінювання цінової еластичності, а також переваги й ризики застосування алгоритмічного ціноутворення.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів

Big Data в аналізі попиту та ціноутворенні доцільно розглядати як багаторівневу систему, що об’єднує інформаційні ресурси, аналітичні методи, алгоритми оптимізації та управлінські правила. На першому рівні формується інформаційна база, яка містить дані про продажі, ціни, залишки, клієнтів, конкурентів, зовнішні умови та поведінку споживачів. На другому рівні здійснюється підготовка даних: очищення, усунення дублікатів, оброблення пропусків, нормалізація форматів, виявлення аномальних значень і формування аналітичних ознак. На третьому рівні будуються моделі прогнозування попиту, які дозволяють оцінити майбутній обсяг продажу за різних цінових умов. На четвертому рівні виконується

оптимізація ціни з урахуванням маржі, еластичності, залишків, конкурентного середовища та стратегічних обмежень. На п'ятому рівні здійснюється контроль результату та коригування моделі.

Ключовою перевагою має бути можливість об'єднання різних типів даних. Транзакційні дані відображають фактичні покупки, середній чек, кількість одиниць у замовленні, частоту повторних покупок і реакцію на знижки. Поведінкові дані показують, як споживач взаємодіє з товаром до моменту покупки: переглядає сторінку, порівнює характеристики, додає товар у кошик, залишає його без оплати або повертається до нього пізніше. Зовнішні дані дозволяють враховувати фактори, які не контролюються підприємством, але впливають на попит: ціни конкурентів, інфляцію, курс валют, погодні умови, святкові періоди, локальні події та логістичні обмеження. Неструктуровані дані, такі як відгуки й коментарі, допомагають оцінити сприйняття товару споживачами.

У загальному вигляді попит на товар можна подати як функцію багатьох факторів:

$$Q_t = f(P_t, P_{c,t}, S_t, A_t, I_t, R_t, W_t, L_t, B_t, \varepsilon_t), \quad (1)$$

де Q_t — обсяг попиту в момент часу t; P_t — ціна товару; $P_{c,t}$ — ціни конкурентів або товарів-замінників; S_t — сезонний фактор; A_t — рекламна та промоційна активність; I_t — купівельна спроможність споживачів; R_t — регіональні характеристики; W_t — зовнішні умови; L_t — доступність товару; B_t — поведінкові характеристики споживачів; ε_t — випадкова складова.

Така постановка показує, що попит не можна пояснити лише ціною. Ціна є важливим, але не єдиним фактором. Наприклад, зниження ціни може не збільшити продаж, якщо товар відсутній на складі, має негативні відгуки або програє конкурентам за якістю. Навпаки, підвищення ціни може не зменшити попит, якщо товар має високу унікальність, сильний бренд або обмежену пропозицію. Тому Big Data-аналітика має враховувати не тільки

прямий зв’язок між ціною і кількістю продажу, а й контекст, у якому ця ціна діє.

Важливим етапом є формування ознак. Для прогнозування попиту можуть використовуватися календарні ознаки, такі як день тижня, місяць, сезон, свята, періоди розпродажів; цінові ознаки, такі як поточна ціна, середня ціна за період, відсоток знижки, відхилення від ціни конкурентів; товарні ознаки, такі як категорія, бренд, рейтинг, наявність аналогів; клієнтські ознаки, такі як сегмент, історія покупок, частота взаємодії; логістичні ознаки, такі як залишок товару, термін доставки, наявність у регіоні. Саме правильне формування ознак часто має не менше значення, ніж вибір алгоритму.

Для побудови моделей попиту можуть застосовуватися різні методи. Регресійні моделі доцільні тоді, коли важливо отримати інтерпретовані результати. Вони дозволяють оцінити напрям і силу впливу окремих факторів. Наприклад, можна визначити, як змінюється попит при зміні ціни на 1 %, якщо інші фактори залишаються сталими. Однак регресійні моделі можуть бути недостатньо точними, якщо залежності мають складний нелінійний характер (Рис. 3).

Методи машинного навчання краще працюють у ситуаціях, де попит залежить від великої кількості взаємопов’язаних факторів. Дерева рішень і випадкові ліси можуть виявляти нелінійні закономірності та взаємодію ознак. Градієнтний бустинг часто демонструє високу точність у задачах прогнозування табличних даних. Нейронні мережі можуть використовуватися для складних сценаріїв, де існують великі обсяги даних і важлива взаємодія між часовими, поведінковими та ціновими ознаками. Для часових рядів використовуються ARIMA, SARIMA, Prophet, LSTM та інші моделі, які враховують тренд, сезонність і залежність поточного попиту від попередніх значень.

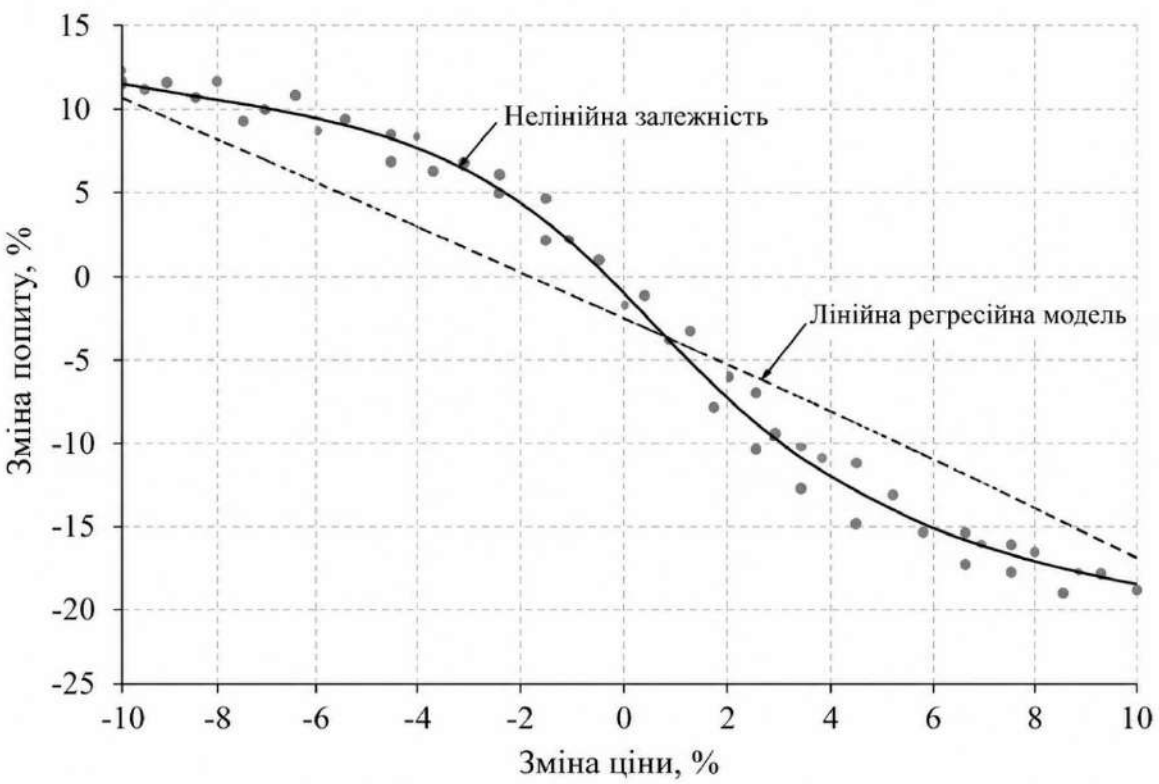


Рис. 3. Порівняння лінійної регресійної та нелінійної залежності між зміною ціни і попитом

Складено автором

Окреме місце займає оцінювання цінової еластичності попиту. У спрощеному вигляді вона визначається як:

$$E_p = \frac{\Delta Q/Q}{\Delta P/P}, \quad (2)$$

де E_p — еластичність попиту за ціною; ΔQ — зміна обсягу попиту; Q — початковий обсяг попиту; ΔP — зміна ціни; P — початкова ціна.

Якщо абсолютне значення еластичності більше одиниці, попит вважається еластичним. Це означає, що споживачі суттєво реагують на зміну ціни, і підвищення ціни може призвести до значного скорочення продажу. Якщо абсолютне значення еластичності менше одиниці, попит є нееластичним, і підприємство має більше можливостей для підвищення ціни без різкого падіння обсягу реалізації. Проте в практичних умовах

еластичність не є сталою величиною. Вона може змінюватися залежно від сезону, рівня доходів споживачів, наявності конкурентних товарів, інтенсивності реклами та навіть психологічного сприйняття ціни.

Big Data дозволяє перейти від середньої еластичності до сегментної еластичності. Це означає, що підприємство може оцінювати чутливість до ціни окремо для різних груп клієнтів, регіонів, каналів продажу, товарних категорій і часових періодів. Такий підхід є більш точним, оскільки він враховує неоднорідність ринку. Наприклад, для товарів першої необхідності попит часто менш еластичний, тоді як для товарів імпульсної покупки, або товарів із великою кількістю аналогів еластичність може бути значно вищою.

На основі прогнозу попиту й оцінки еластичності може бути побудована модель оптимізації ціни. У простому вигляді цільова функція прибутку може бути записана так:

$$П(p) = (p - c) \cdot D(p) - K(p), \quad (3)$$

де $П(p)$ — прибуток при ціні p; c — собівартість одиниці товару; $D(p)$ — прогнозований попит при ціні p; $K(p)$ — додаткові витрати або штрафи, пов'язані з ризиками дефіциту, надлишкових запасів, репутаційних втрат чи зниження лояльності клієнтів. Оптимальна ж ціна визначається як: $p^* = \underset{p}{\operatorname{argmax}} П(p)$. Проте реальна задача ціноутворення складніша за математичну максимізацію прибутку. Так, підприємство повинно враховувати стратегічні обмеження: мінімальну допустиму маржу, максимальну частоту зміни ціни, цінове позиціонування бренду, реакцію конкурентів, правові обмеження, правила акцій і лояльність клієнтів. Тому практична система динамічного ціноутворення має включати не лише алгоритм оптимізації, а й блок бізнес-правил. Наприклад, система може забороняти підвищення ціни більше ніж на певний відсоток за короткий період або не дозволяти знижувати ціну нижче мінімального рівня маржі.

Особливе значення має контроль якості даних. Якщо дані містять помилки, то алгоритм може формувати неправильні рекомендації. Наприклад, якщо система не врахувала, що товар був відсутній на складі, вона може помилково зробити висновок про низький попит. Якщо неправильно враховано промоакцію, модель може переоцінити природний попит на товар. Якщо дані про ціни конкурентів зібрані некоректно, система може рекомендувати ціну, яка не відповідає реальному ринку. Тому перед побудовою моделей необхідно забезпечити перевірку повноти, достовірності та актуальності даних.

Важливим практичним питанням є пояснюваність моделей. Для керівництва підприємства недостатньо отримати лише рекомендовану ціну. Потрібно розуміти, чому система пропонує саме таке рішення: через зростання попиту, зменшення запасів, зміну ціни конкурента, сезонний фактор або зміну поведінки клієнтів. Без пояснення алгоритмічне ціноутворення може викликати недовіру з боку менеджерів і створювати ризики помилкового застосування. Тому, доцільно використовувати методи інтерпретації моделей, такі як аналіз важливості ознак, часткові залежності, SHAP-значення або порівняння сценаріїв [11-13].

Запропонована концептуальна модель застосування Big Data в аналізі попиту та ціноутворенні може бути подана як послідовність взаємопов’язаних блоків (Рис. 4).

Перевага цієї моделі полягає в її циклічності. Система не завершується після встановлення ціни. Вона постійно збирає нові дані, оцінює фактичний результат і коригує модель. Такий підхід відповідає умовам сучасного ринку, де попит і конкурентне середовище змінюються швидко, а рішення мають бути не лише точними, а й адаптивними. Водночас необхідно враховувати ризики алгоритмічного ціноутворення. Перший ризик пов’язаний із можливістю дискримінаційного або несправедливого ціноутворення.



Рис. 4. Концептуальна модель застосування Big Data в аналізі попиту та ціноутворенні

Розроблено автором

Якщо система встановлює різні ціни для різних споживачів без зрозумілого економічного обґрунтування, це може викликати негативну реакцію. Другий ризик пов'язаний із надмірною частотою зміни цін. Споживачі можуть втрачати довіру до підприємства, якщо ціна змінюється занадто часто або здається випадковою. Третій ризик полягає в можливості алгоритмічної координації, коли автоматизовані системи різних підприємств починають реагувати одна на одну таким чином, що конкуренція послаблюється. Четвертий ризик — залежність від даних низької якості або моделей, які не враховують зміну зовнішніх умов.

З урахуванням цих ризиків доцільно застосовувати принцип «людина в контурі управління». Це означає, що алгоритм може готувати рекомендації, але остаточне рішення, або контроль за межами автоматичних змін має

залишатися за відповідальними фахівцями. Такий підхід особливо важливий у стратегічних товарних категоріях, під час кризових ситуацій, при різких коливаннях ринку, або у випадках, коли зміна ціни може мати значний репутаційний ефект.

Так, процес оптимізації методів оброки великих даних має розглядатися не лише як технологічний ресурс для зберігання великих масивів інформації, а як методологічна основа адаптивного ціноутворення. Вона дозволяє перейти від статичного підходу до ціни до динамічного, від агрегованого аналізу попиту — до сегментного, від інтуїтивних рішень — до рішень, заснованих на даних. Разом із тим, ефективність такого підходу залежить від якості даних, правильності моделей, наявності бізнес-обмежень і здатності підприємства інтегрувати аналітику в реальні управлінські процеси.

Висновки

У результаті дослідження доведено, що Big Data суттєво змінює підхід до аналізу попиту та ціноутворення. Якщо традиційні методи переважно спиралися на історичні продажі, витрати та загальну оцінку ринку, то сучасні підходи дозволяють враховувати значно ширший набір факторів: поведінку споживачів, цифрові сліди користувачів, сезонність, конкурентні ціни, промоакції, залишки товару, зовнішні економічні умови та неструктуровані дані. Завдяки цьому підприємство отримує можливість точніше прогнозувати попит і приймати більш обґрунтовані цінові рішення.

Обґрунтовано, що ефективне використання Big Data в ціноутворенні потребує цілісної системи, яка поєднує збір даних, їх очищення, формування ознак, прогнозування попиту, оцінювання цінової еластичності, оптимізацію ціни, контроль результатів і перенавчання моделей. Саме така циклічна структура дозволяє адаптувати цінову політику до мінливих ринкових умов.

Показано, що оцінювання цінової еластичності є одним із ключових елементів Big Data-аналітики в ціноутворенні. На відміну від традиційного підходу, який часто оперує середніми значеннями, сучасна аналітика дозволяє визначати еластичність для окремих клієнтських сегментів, регіонів, каналів продажу, товарних категорій і часових періодів. Це створює передумови для більш точного та гнучкого управління цінами.

Загалом, динамічне ціноутворення має розглядатися не лише як інструмент максимізації прибутку, а як комплексний управлінський механізм, який повинен враховувати стратегічні обмеження, лояльність клієнтів, справедливість ціни, конкурентне середовище та правові ризики.

А перспективи подальших досліджень мають полягати у розробленні прикладних моделей оцінювання еластичності попиту для різних галузей, створенні гібридних моделей прогнозування, які поєднують економетричні методи та машинне навчання, а також у вивченні етичних і правових аспектів персоналізованого та алгоритмічного ціноутворення. Окремим перспективним напрямом є розроблення пояснюваних моделей ціноутворення, які дозволяють не тільки рекомендувати оптимальну ціну, а й обґрунтовувати її для менеджерів, регуляторів та споживачів.

Список використаних джерел

1. NIST Big Data Public Working Group. NIST Big Data Interoperability Framework: Volume 1, Definitions. Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology, 2015. DOI: 10.6028/NIST.SP.1500-1.

2. OECD. Algorithmic Competition. Paris: OECD Publishing, 2023. URL: https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2023/05/algorithmic-competition_2be02d00/cb3b2075-en.pdf.

3. OECD. Algorithmic Pricing and Competition in G7 Jurisdictions: Emerging Trends and Responses. Paris : OECD Publishing, 2025. URL: https://www.oecd.org/en/publications/algorithmic-pricing-and-competition-in-g7-jurisdictions_f36dacf8-en.html.

4. Zelenyi D. Using Big Data for Demand Forecasting and Dynamic Pricing. *Economic Forum*. 2025. Vol. 15, no. 2. P. 45–55. URL: https://www.econstor.eu/bitstream/10419/323734/1/1932986049.pdf.

5. Safonov K. Neural Network Approach to Demand Estimation and Dynamic Pricing in Retail. *arXiv preprint*, 2024. URL: https://arxiv.org/abs/2412.00920. DOI: 10.48550/arXiv.2412.00920.

6. Shmueli G., Bruce P. C., Gedeck P., Patel N. R. Data Mining for Business Analytics: Concepts, Techniques, and Applications in Python. Hoboken : Wiley, 2019. 544 p. DOI: 10.1002/9781119549840.

7. Provost F., Fawcett T. Data Science for Business: What You Need to Know about Data Mining and Data-Analytic Thinking. Sebastopol : O'Reilly Media, 2013. 414 p.

8. Kotler P., Keller K. L. Marketing Management. 15th ed. Boston : Pearson, 2016. 832 p.

9. Montgomery D. C., Jennings C. L., Kulahci M. Introduction to Time Series Analysis and Forecasting. 2nd ed. Hoboken : Wiley, 2015. 672 p.

10. Hastie T., Tibshirani R., Friedman J. The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction. 2nd ed. New York : Springer, 2009. 745 p. DOI: 10.1007/978-0-387-84858-7.

11. Lundberg S. M., Lee S.-I. A Unified Approach to Interpreting Model Predictions. *Advances in Neural Information Processing Systems*. 2017. Vol. 30. P. 4765–4774. DOI: 10.5555/3295222.3295230.

12. Lundberg S. M. [et al.]. From Local Explanations to Global Understanding with Explainable AI for Trees. *Nature Machine Intelligence*. 2020. Vol. 2, no. 1. P. 56–67. DOI: 10.1038/s42256-019-0138-9.

13. Mothilal R. K., Sharma A., Tan C. Explaining Machine Learning Classifiers through Diverse Counterfactual Explanations. *Proceedings of the 2020 Conference on Fairness, Accountability, and Transparency*. 2020. P. 607–617. DOI: 10.1145/3351095.3372850.

References

1. NIST Big Data Public Working Group. (2015). *NIST Big Data Interoperability Framework: Volume 1, Definitions*. National Institute of Standards and Technology. https://doi.org/10.6028/NIST.SP.1500-1

2. OECD. (2023). *Algorithmic competition*. OECD Publishing. https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2023/05/algorithmic-competition_2be02d00/cb3b2075-en.pdf

3. OECD. (2025). *Algorithmic pricing and competition in G7 jurisdictions: Emerging trends and responses*. OECD Publishing. https://www.oecd.org/en/publications/algorithmic-pricing-and-competition-in-g7-jurisdictions_f36dacf8-en.html

4. Zelenyi, D. (2025). Using Big Data for demand forecasting and dynamic pricing. *Economic Forum, 15*(2), 45–55. https://www.econstor.eu/bitstream/10419/323734/1/1932986049.pdf

5. Safonov, K. (2024). *Neural network approach to demand estimation and dynamic pricing in retail*. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2412.00920

6. Shmueli, G., Bruce, P. C., Gedeck, P., & Patel, N. R. (2019). *Data mining for business analytics: Concepts, techniques, and applications in Python*. Wiley. https://doi.org/10.1002/9781119549840

7. Provost, F., & Fawcett, T. (2013). *Data science for business: What you need to know about data mining and data-analytic thinking*. O'Reilly Media.

8. Kotler, P., & Keller, K. L. (2016). *Marketing management* (15th ed.). Pearson.

9. Montgomery, D. C., Jennings, C. L., & Kulahci, M. (2015). *Introduction to time series analysis and forecasting* (2nd ed.). Wiley.

10. Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J. (2009). *The elements of statistical learning: Data mining, inference, and prediction* (2nd ed.). Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-84858-7

11. Lundberg, S. M., & Lee, S.-I. (2017). A unified approach to interpreting model predictions. *Advances in Neural Information Processing Systems*, *30*, 4765–4774. https://doi.org/10.5555/3295222.3295230

12. Lundberg, S. M., Erion, G., Chen, H., DeGrave, A., Prutkin, J. M., Nair, B., Katz, R., Himmelfarb, J., Bansal, N., & Lee, S.-I. (2020). From local explanations to global understanding with explainable AI for trees. *Nature Machine Intelligence*, *2*(1), 56–67. https://doi.org/10.1038/s42256-019-0138-9

13. Mothilal, R. K., Sharma, A., & Tan, C. (2020). Explaining machine learning classifiers through diverse counterfactual explanations. *Proceedings of the 2020 Conference on Fairness, Accountability, and Transparency*, 607–617. https://doi.org/10.1145/3351095.3372850

Момот Марина Анатоліївна, старший викладач кафедри психології діяльності в особливих умовах, Національний університет цивільного захисту України, Черкаси, Україна, https//orcid.org/0000-0002-8065-7058

Momot Maryna Anatoliivna, Senior Lecturer of the Department of Psychology of Activity in Special Conditions, National University of Civil Protection of Ukraine, Cherkasy, Ukraine, https//orcid.org/0000-0002-8065-7058

ОСОБЛИВОСТІ ПСИХОСОМАТИЧНИХ ПРОЯВІВ СТРЕСУ У НАСЕЛЕННЯ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

FEATURES OF PSYCHOSOMATIC MANIFESTATIONS OF STRESS IN THE POPULATION UNDER MARTIAL LAW CONDITIONS

Анотація

У статті розглянуто особливості психосоматичних проявів стресу у населення в умовах воєнного стану. Актуальність дослідження зумовлена тривалим впливом воєнних стресорів, що включають загрозу життю, втрату соціальних зв'язків, вимушене переселення, економічну нестабільність та хронічну невизначеність майбутнього, які призводять до значного психоемоційного напруження та порушення психофізіологічної рівноваги особистості. Метою статті є теоретичний аналіз психосоматичних проявів стресу в умовах війни, визначення основних психологічних механізмів їх виникнення та обґрунтування напрямів психологічної профілактики і підтримки населення. У роботі використано метод теоретичного аналізу, узагальнення та систематизації наукових джерел щодо проблеми впливу стресу воєнного часу на психічне та фізичне здоров'я людини. Встановлено, що тривалий вплив стресогенних факторів призводить до виснаження

адаптаційних ресурсів організму, хронічної активації стресових механізмів та порушення функціонування нервової, ендокринної та імунної систем. У результаті цього психічні переживання трансформуються у соматичні симптоми, що проявляються у вигляді головного болю, порушень сну, серцево-судинних розладів, м'язового напруження, шлунково-кишкових дисфункцій та загальної астенізації організму. Доведено, що психосоматичні прояви стресу мають багатофакторну природу та формуються внаслідок взаємодії психологічних, фізіологічних і соціальних чинників. Важливу роль у їх розвитку відіграють посттравматичні стресові реакції, депресивні стани, підвищена тривожність, а також індивідуально-психологічні особливості особистості, зокрема рівень стресостійкості та сформованість копінг-стратегій. Найбільш вразливими до розвитку психосоматичних порушень визначено внутрішньо переміщених осіб та осіб, які безпосередньо пережили психотравмуючі події. Узагальнено, що розвиток психосоматичних проявів не є неминучим наслідком стресу, оскільки ефективна психологічна саморегуляція, використання конструктивних копінг-стратегій, соціальна підтримка та своєчасна психокорекційна допомога суттєво знижують ризик їх виникнення. Підкреслено значення профілактичних заходів, спрямованих на зміцнення психологічної стійкості населення в умовах тривалого воєнного стресу.

Ключові слова: стрес, психосоматика, воєнний стан, психічне здоров'я, психосоматичні прояви, стресостійкість, копінг-стратегії, психологічна допомога.

Abstract. The article examines the features of psychosomatic manifestations of stress in the population under conditions of martial law. The relevance of the study is determined by the prolonged impact of war-related stressors, including threats to life, loss of social connections, forced displacement, economic

instability, and chronic uncertainty about the future, all of which lead to significant psycho-emotional tension and disruption of an individual's psychophysiological balance. The aim of the article is to provide a theoretical analysis of psychosomatic manifestations of stress in wartime conditions, to identify the main psychological mechanisms of their development, and to substantiate directions for psychological prevention and support of the population. The study employs methods of theoretical analysis, generalization, and systematization of scientific sources addressing the impact of wartime stress on human mental and physical health. It has been established that prolonged exposure to stressogenic factors leads to the depletion of the organism's adaptive resources, chronic activation of stress mechanisms, and disruption of the functioning of the nervous, endocrine, and immune systems. As a result, psychological experiences are transformed into somatic symptoms manifested as headaches, sleep disturbances, cardiovascular disorders, muscle tension, gastrointestinal dysfunctions, and general asthenization of the organism. It has been demonstrated that psychosomatic manifestations of stress are multifactorial in nature and arise from the interaction of psychological, physiological, and social factors. A significant role in their development is played by post-traumatic stress reactions, depressive states, increased anxiety, as well as individual psychological characteristics of the personality, particularly the level of stress resilience and the formation of coping strategies. Internally displaced persons and individuals who have directly experienced psychotraumatic events have been identified as the most vulnerable groups to the development of psychosomatic disorders. It is summarized that the development of psychosomatic manifestations is not an inevitable consequence of stress, as effective psychological self-regulation, the use of constructive coping strategies, social support, and timely psychocorrectional assistance significantly reduce the risk of their occurrence. The importance of preventive measures aimed at strengthening

the psychological resilience of the population under conditions of prolonged wartime stress is emphasized.

Keywords: stress, psychosomatics, martial law, mental health, psychosomatic manifestations, stress resilience, coping strategies, psychological support.

Постановка проблеми. Сучасні суспільні трансформації, пов'язані з повномасштабною війною в Україні, створюють безпрецедентні виклики для психічного та фізичного здоров'я населення. Тривале перебування в умовах воєнного стану супроводжується постійним впливом стресогенних чинників, серед яких загроза життю та здоров'ю, втрата близьких людей, вимушене переміщення, руйнування звичного способу життя, економічна нестабільність, інформаційне перевантаження та невизначеність майбутнього. Сукупна дія цих факторів спричиняє значне психоемоційне напруження, яке може набувати хронічного характеру та негативно впливати на функціонування організму людини.

Відомо, що стрес є природною адаптаційною реакцією організму на зовнішні та внутрішні виклики. Проте в ситуаціях тривалого або надмірного психоемоційного навантаження адаптаційні механізми поступово виснажуються, що призводить до порушення психофізіологічної рівноваги. У таких умовах психологічні переживання нерідко трансформуються у соматичні симптоми, які можуть проявлятися у вигляді головного болю, порушень сну, серцево-судинних розладів, м'язового напруження, шлунково-кишкових порушень, хронічної втоми та інших функціональних змін організму. Подібні явища розглядаються в межах психосоматичного підходу, який акцентує увагу на тісному взаємозв'язку психічних процесів та фізичного здоров'я людини.

Особливої актуальності проблема психосоматичних проявів стресу набуває в умовах воєнного стану, коли значна частина населення перебуває

під впливом тривалого стресу різної інтенсивності. Постійне очікування небезпеки, переживання тривоги, страху, безпорадності та невизначеності можуть сприяти виникненню та посиленню психосоматичних симптомів навіть у осіб, які раніше не мали суттєвих проблем зі здоров'ям. Водночас фізичні скарги часто сприймаються як окремі соматичні захворювання, тоді як їхній зв'язок із психоемоційним станом залишається недостатньо усвідомленим як самими людьми, так і фахівцями різних галузей.

Актуальність дослідження зумовлена також необхідністю розробки ефективних заходів психологічної профілактики та підтримки населення в умовах тривалого воєнного стресу. Вивчення особливостей психосоматичних проявів стресу дозволяє глибше зрозуміти механізми впливу психотравмуючих подій на фізичне здоров'я людини, своєчасно виявляти ризики розвитку психосоматичних порушень та визначати напрями надання психологічної допомоги.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Війна є потужним психотравмуючим чинником, який суттєво впливає на психічне та фізичне здоров'я людини. Умови воєнного стану характеризуються високим рівнем невизначеності, постійною загрозою життю, вимушеною зміною звичного способу життя, втратою соціальних зв'язків та значним емоційним напруженням. Тривале перебування в таких умовах призводить до формування хронічного стресу, який негативно позначається на функціонуванні різних систем організму та може проявлятися у вигляді психосоматичних порушень.

Науковці наголошують, що стресові переживання, пов'язані з війною, часто супроводжуються підвищеним рівнем тривоги, страху, емоційної напруги, пригніченості та відчуттям небезпеки. В умовах надзвичайних ситуацій воєнного часу відбуваються суттєві зміни у функціонуванні психоемоційних процесів особистості, що проявляються у підвищеній

тривожності, емоційній нестабільності, труднощах концентрації уваги та порушеннях адаптаційних механізмів [4]. Такі зміни сприяють виснаженню психічних ресурсів людини та підвищують ризик розвитку психосоматичних реакцій.

Одним із найбільш поширених наслідків тривалого впливу воєнного стресу є формування посттравматичних стресових реакцій. Як зазначають К. В. Аймедов та Ю. О. Асєєва, після початку повномасштабного вторгнення значна частина населення України демонструє симптоми посттравматичного стресового розладу, серед яких нав'язливі спогади про травматичні події, порушення сну, підвищена настороженість, емоційна збудливість та уникнення ситуацій, пов'язаних із травматичним досвідом [1]. Тривале збереження таких симптомів негативно впливає не лише на психічне, а й на фізичне здоров'я особистості.

Психосоматичний підхід ґрунтується на визнанні тісного взаємозв'язку між психічними переживаннями та соматичними процесами. У дослідженні В. Огоренка, Т. Шустерман та Є. Ліхолетова встановлено, що особи, які зазнали психосоціального стресу в умовах воєнного конфлікту, часто повідомляють про різноманітні соматичні скарги, серед яких головний біль, порушення сну, серцево-судинні симптоми, хронічна втома, порушення функціонування шлунково-кишкового тракту та загальне погіршення самопочуття [5]. Отримані результати свідчать про те, що тривалий психоемоційний стрес може трансформуватися у фізичні симптоми навіть за відсутності органічних захворювань.

Особливу увагу проблемі психосоматичних проявів військової психотравми приділяють Н. В. Коляденко, Н. О. Бачуріна, Х. С. Живаго, М. М. Шопша та О. Л. Шопша. Дослідники зазначають, що психотравмуючі події воєнного часу можуть провокувати виникнення широкого спектра психосоматичних симптомів, зокрема головного болю, тахікардії, коливань

артеріального тиску, болю у спині та м’язах, розладів травлення, безсоння та підвищеної втомлюваності [3]. Науковці підкреслюють, що механізм виникнення таких проявів пов’язаний із тривалою активацією стресових реакцій організму та порушенням роботи нейроендокринної системи.

Важливим чинником розвитку психосоматичних порушень є депресивні стани, які нерідко виникають унаслідок тривалого переживання стресу. Як зазначають Л. Цибух, М. Пальчинська та Н. Хмель, депресія може виступати одним із ключових психологічних предикторів виникнення психосоматичних розладів, оскільки супроводжується хронічним емоційним напруженням, почуттям безнадійності та зниженням адаптаційних можливостей організму [8]. У таких випадках психічний дистрес знаходить своє відображення у фізичних симптомах, які значно погіршують якість життя людини.

Значного психологічного навантаження зазнають також внутрішньо переміщені особи, які змушені адаптуватися до нових умов життя. За результатами дослідження І. В. Теркулової, О. О. Литвиненко та Н. В. Миколенко, у внутрішньо переміщених осіб спостерігаються високі показники тривожності, депресивних переживань та стресу, що створює передумови для виникнення психосоматичних реакцій різного ступеня вираженості [7]. Втрата звичного соціального середовища, невизначеність майбутнього та труднощі адаптації посилюють негативний вплив психоемоційного напруження на фізичне здоров’я.

Наукові праці Я. Раєвської та Н. Твердохліб, а також З. Р. Шайхлісламова і А. С. Ковтуна засвідчують, що важливим чинником запобігання негативним наслідкам стресу є розвиток стресостійкості та ефективних копінг-стратегій [6; 9]. Високий рівень психологічної стійкості сприяє більш успішній адаптації до несприятливих умов та знижує ризик виникнення як психологічних, так і психосоматичних порушень.

У свою чергу, М. Шопша, О. Шопша, Х. Живаго, Н. Бачуріна та Н. Коляденко наголошують на важливості своєчасної психологічної допомоги населенню в умовах війни. Дослідники відзначають позитивний вплив психокорекційних заходів, зокрема арт-терапевтичних методів, на зниження рівня тривоги, емоційного напруження та інших негативних психічних станів, які можуть виступати підґрунтям для формування психосоматичних розладів [10].

Таким чином, умови воєнного стану є потужним стресогенним фактором, який суттєво впливає на психічне та фізичне здоров'я населення. Тривале психоемоційне напруження, пов'язане з переживанням воєнних подій, сприяє виникненню широкого спектра психосоматичних проявів, серед яких найбільш поширеними є порушення сну, головний біль, серцево-судинні та шлунково-кишкові розлади, хронічна втома та м'язове напруження. Відтак актуальним завданням сучасної психології є подальше вивчення механізмів формування психосоматичних порушень та розробка ефективних заходів психологічної профілактики й підтримки населення в умовах воєнного стану.

Метою статті є теоретичний аналіз особливостей психосоматичних проявів стресу у населення в умовах воєнного стану, визначення основних психологічних механізмів їх виникнення та обґрунтування напрямів психологічної профілактики і підтримки осіб, які перебувають під впливом тривалих стресогенних чинників.

Виклад основного матеріалу. Психосоматичні прояви є одним із найпоширеніших наслідків тривалого впливу стресогенних факторів на особистість. У сучасній психології психосоматика розглядається як напрям досліджень, що вивчає взаємозв'язок психічних процесів із функціонуванням організму людини та механізми впливу емоційних переживань на виникнення й перебіг соматичних порушень. Особливого

значення проблема психосоматичних проявів набуває в умовах воєнного стану, коли значна частина населення перебуває під впливом хронічного стресу, пов’язаного із загрозою життю, втратою безпеки, вимушеним переселенням, руйнуванням соціальних зв’язків та невизначеністю майбутнього.

Воєнний стан створює умови для постійної активації стресових механізмів організму. На відміну від короткочасного стресу, який виконує адаптаційну функцію, хронічний стрес спричиняє виснаження фізіологічних та психологічних ресурсів особистості. Як зазначають І. О. Москвін, Л. М. Поліщук та О. В. Устянська, під час надзвичайних ситуацій воєнного часу спостерігаються суттєві зміни психоемоційних процесів людини, що проявляються підвищенням рівня тривоги, емоційною нестабільністю, дратівливістю, порушенням уваги та зниженням адаптаційних можливостей [4]. Тривале перебування в такому психоемоційному стані створює передумови для виникнення різноманітних психосоматичних симптомів.

Важливим наслідком переживання воєнних подій є розвиток посттравматичних стресових реакцій. Після початку повномасштабної війни в Україні значно зросла кількість осіб із симптомами посттравматичного стресового розладу, які проявляються у вигляді нав’язливих спогадів, підвищеної настороженості, порушень сну, емоційної напруги та уникнення нагадувань про травматичні події [1]. Дослідники підкреслюють, що тривале збереження таких симптомів негативно впливає на діяльність нервової, серцево-судинної, ендокринної та імунної систем організму, що може сприяти розвитку психосоматичних розладів.

Психосоматичні реакції виникають унаслідок складної взаємодії психологічних, фізіологічних та соціальних чинників. Під впливом сильного або тривалого стресу відбувається активація симпатичної нервової системи та посилюється вироблення гормонів стресу, насамперед кортизолу та

адреналіну. Якщо такий стан триває протягом тривалого часу, організм починає функціонувати в режимі постійної мобілізації, що негативно позначається на роботі внутрішніх органів і систем.

Подібних висновків дійшли Н. В. Коляденко, Н. О. Бачуріна, Х. С. Живаго, М. М. Шопша та О. Л. Шопша, які досліджували психосоматичні прояви військової психотравми. Науковці встановили, що найбільш поширеними психосоматичними симптомами є головний біль, порушення сну, тахікардія, відчуття нестачі повітря, підвищене м'язове напруження, болі в ділянці серця, порушення діяльності шлунково-кишкового тракту та загальна астенізація організму [3]. Такі симптоми можуть мати різну інтенсивність і суттєво впливати на якість життя людини, знижуючи її працездатність та адаптаційні можливості.

Суттєву роль у розвитку психосоматичної симптоматики відіграють депресивні стани. Депресія супроводжується порушенням емоційної регуляції, зниженням життєвої активності, відчуттям безнадійності та виснаженням психологічних ресурсів особистості [8]. У таких умовах людина стає більш чутливою до фізичного дискомфорту, а психоемоційне напруження може проявлятися через соматичні симптоми. Дослідники розглядають депресію як один із важливих чинників формування психосоматичних порушень.

Водночас науковці підкреслюють, що розвиток психосоматичних проявів не є неминучим наслідком переживання стресу. Важливим захисним чинником виступає стресостійкість особистості. На думку Я. Раєвської та Н. Твердохліб, стресостійкість являє собою комплекс психологічних характеристик, які забезпечують здатність людини ефективно функціонувати в екстремальних умовах та зберігати психологічну рівновагу [6]. Особи з високим рівнем стресостійкості демонструють кращу адаптацію до

несприятливих обставин та рідше стикаються з негативними наслідками хронічного стресу.

Важливе значення має також використання ефективних стратегій подолання стресу. Конструктивні копінг-стратегії, зокрема пошук соціальної підтримки, розвиток навичок емоційної саморегуляції, фізична активність, психологічне консультування та психоедукація, сприяють зниженню рівня психоемоційного напруження та запобігають розвитку негативних психологічних наслідків війни [2]. Відсутність ефективних механізмів подолання стресу, навпаки, підвищує ризик формування психосоматичних порушень.

У дослідженні М. Шопші, О. Шопші, Х. Живаго, Н. Бачуріної та Н. Коляденко наголошується на важливості своєчасної психологічної допомоги населенню в умовах війни [10]. Автори відзначають ефективність арт-терапевтичних методів у зниженні рівня тривоги, страху, внутрішньої напруги та інших негативних психоемоційних станів. Психокорекційна робота сприяє відновленню психологічних ресурсів особистості та може виступати одним із засобів профілактики психосоматичних розладів.

В умовах воєнного стану психосоматичні прояви стресу можуть мати як гострий, так і хронічний характер. Гострі реакції найчастіше виникають безпосередньо після переживання психотравмуючих подій та супроводжуються різким підвищенням тривоги, прискореним серцебиттям, тремтінням, відчуттям нестачі повітря, головним болем і порушенням сну. Хронічні психосоматичні прояви формуються внаслідок тривалого впливу стресогенних факторів та характеризуються стійкими функціональними порушеннями з боку різних систем організму [1; 3].

Особливістю психосоматичних реакцій у воєнний період є їхня багатокомпонентність. У більшості випадків фізичні симптоми поєднуються з емоційними, когнітивними та поведінковими порушеннями. Людина може

одночасно переживати підвищену тривожність, труднощі концентрації уваги, нав'язливі думки про небезпеку та відчувати фізичний дискомфорт у вигляді болю різної локалізації, порушень травлення або серцево-судинних реакцій [4]. Така взаємодія психічних і фізичних проявів ускладнює діагностику та потребує комплексного підходу до надання психологічної допомоги.

Особливе місце серед психосоматичних проявів займають порушення сну. Сон є одним із найважливіших механізмів відновлення фізичних і психічних ресурсів організму. Проте в умовах постійної загрози безпеці, повітряних тривог та інформаційного перенасичення значна частина населення стикається з труднощами засинання, поверхневим сном, частими пробудженнями та нічними кошмарами [1]. Хронічне недосипання призводить до зниження працездатності, погіршення емоційного стану та посилення соматичних скарг.

Не менш поширеними є психосоматичні прояви з боку серцево-судинної системи. Тривала активація стресових механізмів сприяє підвищенню артеріального тиску, прискоренню серцевого ритму, появі відчуття перебоїв у роботі серця та болю в грудній клітці [3; 5]. Подібні симптоми нерідко сприймаються людиною як ознаки серйозного соматичного захворювання, що додатково підсилює тривогу та формує замкнене коло психофізіологічного напруження.

Значного впливу зазнає також шлунково-кишковий тракт, функціонування якого тісно пов'язане з емоційним станом людини. Хронічний стрес може супроводжуватися нудотою, дискомфортом у шлунку, порушенням апетиту, функціональними розладами кишківника та іншими гастроентерологічними симптомами [3; 8]. Виникнення таких проявів пояснюється впливом нервової системи на процеси травлення та

змінами гормональної регуляції організму в умовах тривалого психоемоційного напруження.

Важливим аспектом дослідження психосоматичних проявів стресу є врахування індивідуально-психологічних особливостей особистості. Інтенсивність реакції на стрес значною мірою залежить від попереднього життєвого досвіду, рівня психологічної стійкості, наявності соціальної підтримки, особливостей емоційної регуляції та сформованих копінг-стратегій [2; 6]. За однакових зовнішніх обставин різні люди можуть демонструвати суттєво відмінні психосоматичні реакції, що свідчить про складність механізмів їх виникнення.

Варто зазначити, що тривалий психоемоційний стрес негативно впливає і на функціонування імунної системи. Виснаження адаптаційних ресурсів організму призводить до зниження його опірності несприятливим чинникам зовнішнього середовища, що може проявлятися частішими захворюваннями, повільнішим відновленням після хвороб та загальним погіршенням фізичного самопочуття [5]. Таким чином, психосоматичні наслідки воєнного стресу виходять далеко за межі окремих симптомів і можуть впливати на загальний стан здоров’я людини.

У сучасних умовах одним із найважливіших напрямів є формування навичок психологічної саморегуляції, спрямованих на зниження рівня емоційного напруження та підвищення адаптаційних можливостей особистості. Ефективними вважаються методи релаксації, дихальні техніки, усвідомленість, підтримання соціальних контактів, фізична активність та своєчасне звернення по психологічну допомогу [2; 10]. Їх застосування сприяє зменшенню негативного впливу стресу на психічне та фізичне здоров’я людини.

Таким чином, психосоматичні прояви стресу є поширеним наслідком тривалого впливу воєнних стресорів на населення. Найбільш характерними

симптомами виступають порушення сну, головний біль, хронічна втома, серцево-судинні розлади, м’язове напруження та порушення діяльності шлунково-кишкового тракту. Їх виникнення зумовлюється складною взаємодією психологічних і фізіологічних механізмів, що активізуються в умовах хронічного стресу. Водночас розвиток стресостійкості, використання конструктивних копінг-стратегій та своєчасна психологічна допомога можуть суттєво знизити ризик виникнення психосоматичних порушень у населення в умовах воєнного стану [2; 3; 10].

Висновки. Воєнний стан є потужним хронічним стресогенним фактором, який характеризується тривалим впливом психотравмуючих подій, високим рівнем невизначеності, загрозою життю та здоров’ю, а також суттєвими змінами соціального функціонування особистості. Сукупна дія цих чинників призводить до виснаження адаптаційних ресурсів організму та порушення психофізіологічної рівноваги. Психосоматичні прояви стресу є поширеним наслідком тривалого психоемоційного напруження. Найбільш характерними з них є порушення сну, головний біль, підвищена втомлюваність, серцево-судинні розлади (тахікардія, коливання артеріального тиску), функціональні порушення шлунково-кишкового тракту, м’язове напруження та загальне погіршення соматичного самопочуття. Важливо, що зазначені симптоми часто мають функціональний характер і не завжди супроводжуються органічними патологіями, що підтверджує їх психогенну природу.

Встановлено, що механізм формування психосоматичних проявів у воєнних умовах є багатофакторним і включає взаємодію психологічних, фізіологічних та соціальних чинників. Тривала активація стресових реакцій організму сприяє порушенню роботи нервової, ендокринної та імунної систем, що, у свою чергу, підсилює соматичні прояви психоемоційного напруження. Важливу роль у цьому процесі відіграють індивідуально-

психологічні особливості особистості, зокрема рівень стресостійкості, особливості емоційної регуляції та сформованість копінг-стратегій.

Найбільш вразливими до розвитку психосоматичних порушень є особи, які перебувають у стані тривалого емоційного виснаження, зокрема внутрішньо переміщені особи та люди, які безпосередньо пережили психотравмуючі події. У цих групах населення частіше фіксуються підвищений рівень тривожності, депресивні стани та симптоми посттравматичного стресового розладу, що значно підвищує ризик соматизації психологічних переживань.

Отже, психосоматичні прояви стресу в умовах воєнного стану є складним та багаторівневим явищем, що потребує подальшого наукового вивчення та практичного впровадження комплексних підходів до їх профілактики та корекції. Результати дослідження підкреслюють необхідність посилення уваги до психологічного здоров'я населення як одного з ключових чинників збереження загального здоров'я в умовах тривалих суспільних кризових ситуацій.

Список використаних джерел

1. Аймедов К. В., Асєєва Ю. О. Особливості прояву посттравматичного стресового розладу в Україні з 2022 року. *Ментальне здоров'я*. 2024. №4. С. 3-8.

2. Гончарук Н., Онуфрієва Л. Аналіз методів подолання психоемоційного стресу в умовах війни. *Проблеми сучасної психології*. 2022. Вип. 56. С. 30-44.

3. Коляденко Н. В., Бачуріна Н. О., Живаго Х. С., Шопша М. М., Шопша О. Л. Психосоматичні прояви військової психотравми. *Клінічна та профілактична медицина*. 2023. № 8. С. 30-38.

4. Москвін І. О., Поліщук Л. М., Устянська О. В. Особливості функціонування психоемоційних процесів людини під час надзвичайних ситуацій у воєнний час. *Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія: Психологія*. 2023. №4. С. 29-34.

5. Огоренко В., Шустерман Т., Ліхолетов Є. Психосоматичний стан цивільних осіб, що зазнали психосоціального стресу в умовах воєнного конфлікту. *Психосоматична медицина та загальна практика.* 2022. Т. 7. №2. С. 1-2.

6. Раєвська Я., Твердохліб Н. Психологія стресостійкості військовослужбовців: теоретичний дискурс. *Наукові праці Міжрегіональної Академії управління персоналом. Психологія*. 2023. Вип. 3(59). С. 19-23.

7. Теркулова І. В., Литвиненко О. О., Миколенко Н. В. Психологічні прояви стресу, депресії та тривоги у внутрішньо переміщених осіб. *Слобожанський науковий вісник. Серія: Психологія*. 2025. С. 162-168.

8. Цибух Л., Пальчинська М., Хмель Н. Вплив депресивного стану на виникнення психосоматичних порушень. *Ментальне здоров'я*. 2024. №4. С. 41-45.

9. Шайхлісламов З. Р., Ковтун А. С. Особливості впливу бойового стресу на психологічну підготовку військовослужбовців в умовах бойових дій. *Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія: Психологія*. 2023. Вип. 3. С. 142-145.

10. Шопша М., Шопша О., Живаго Х., Бачуріна Н., Коляденко Н. Вплив воєнної ситуації на психічні стани населення України та їх арт-терапевтична психокорекція. *Сучасна медицина, фармація та психологічне здоров'я*. 2023. № 2. С. 66-82.

References

1. Aimedov K. V., Asieieva Yu. O. Osoblyvosti proiavu posttravmatychnoho stresovoho rozladu v Ukraini z 2022 roku. Mentalne zdorovia. 2024. №4. S. 3-8.

2. Honcharuk N., Onufriieva L. Analiz metodiv podolannia psykhoemotsiinoho stresu v umovakh viiny. Problemy suchasnoi psykholohii. 2022. Vyp. 56. S. 30-44.

3. Koliadenko N. V., Bachurina N. O., Zhyvaho Kh. S., Shopsha M. M., Shopsha O. L. Psykhosomatychni proiavy viiskovoi psykhotravmy. Klinichna ta profilaktychna medytsyna. 2023. № 8. S. 30-38.

4. Moskvin I. O., Polishchuk L. M., Ustianska O. V. Osoblyvosti funktsionuvannia psykhoemotsiinykh protsesiv liudyny pid chas nadzvychainykh sytuatsii u voiennyi chas. Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho natsionalnoho universytetu. Seriia: Psykholohiia. 2023. №4. S. 29-34.

5. Ohorenko V., Shusterman T., Likholetov Ye. Psykhosomatychnyi stan tsyvilnykh osib, shcho zaznaly psykhosotsialnoho stresu v umovakh voiennoho konfliktu. Psykhosomatychna medytsyna ta zahalna praktyka. 2022. T. 7. №2. S. 1-2.

6. Raievska Ya., Tverdokhlib N. Psykholohiia stresostiikosti viiskovosluzhbovtsiv: teoretychnyi dyskurs. Naukovi pratsi Mizhrehionalnoi Akademii upravlinnia personalom. Psykholohiia. 2023. Vyp. 3(59). S. 19-23.

7. Terkulova I. V., Lytvynenko O. O., Mykolenko N. V. Psykholohichni proiavy stresu, depresii ta tryvohy u vnutrishno peremishchenykh osib. Slobozhanskyi naukovyi visnyk. Seriia: Psykholohiia. 2025. S. 162-168.

8. Tsybukh L., Palchynska M., Khmel N. Vplyv depresyvnoho stanu na vynyknennia psykhosomatychnykh porushen. Mentalne zdorovia. 2024. №4. S. 41-45.

9. Shaikhlislamov Z. R., Kovtun A. S. Osoblyvosti vplyvu boiovoho stresu na psykholohichnu pidhotovku viiskovosluzhbovtsiv v umovakh boiovykh dii.

Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho natsionalnoho universytetu. Seriia: Psykholohiia. 2023. Vyp. 3. S. 142-145.

10. Shopsha M., Shopsha O., Zhyvaho Kh., Bachurina N., Koliadenko N. Vplyv voiennoi sytuatsii na psykhichni stany naselennia Ukrainy ta yikh art-terapevtychna psykhokorektsiia. Suchasna medytsyna, farmatsiia ta psykholohichne zdorovia. 2023. № 2. S. 66-82.

Непомняща Галина Іванівна, кандидат педагогічних наук, старший викладач кафедри теорії і методики початкової освіти Глухівського національного педагогічного університету імені Олександра Довженка, м. Глухів, Україна, ORCID: 0000-0002-5148-2105

Nepomniashcha Halyna I., Candidate of Pedagogical Sciences, Senior Lecturer in the Department of Theory and Methods of Elementary Education at the Oleksandr Dovzhenko Hlukhiv National Pedagogical University, Hlukhiv, Ukraine, ORCID: 0000-0002-5148-2105

ПІДГОТОВКА МАЙБУТНЬОГО ВЧИТЕЛЯ ДО ВИКОРИСТАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ПРОЦЕСІ НАВЧАННЯ МАТЕМАТИКИ ЗДОБУВАЧІВ ПОЧАТКОВОЇ ОСВІТИ

PREPARING FUTURE TEACHERS TO USE INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN THE PROCESS OF TEACHING MATHEMATICS TO STUDENTS IN ELEMENTARY EDUCATION

Анотація

У статті розглянуто проблему підготовки майбутнього вчителя початкової школи до використання інноваційних технологій у процесі навчання математики здобувачів початкової освіти. З'ясовано, що цифровізація освітнього середовища та реалізація компетентнісного підходу висувають нові вимоги до професійної підготовки педагогічних кадрів. Особливого значення набуває формування готовності майбутніх учителів до ефективного використання інноваційних технологій, здатних забезпечити підвищення якості математичної освіти молодших школярів, розвиток їхньої пізнавальної активності та критичного мислення.

На основі аналізу наукової і методичної літератури розкрито особливості навчання математики в початковій школі та визначено чинники, що впливають на ефективність формування предметної математичної компетентності учнів. Визначено сутність предметної математичної компетентності як інтегрованого особистісного утворення, що охоплює когнітивний, діяльнісний, комунікативний та особистісний компоненти.

У статті охарактеризовано можливості використання інноваційних технологій у процесі навчання математики здобувачів початкової освіти. Проаналізовано їх потенціал щодо підвищення ефективності освітнього процесу. Обґрунтовано, що їх застосування сприяє індивідуалізації навчання, активізації пізнавальної діяльності учнів, формуванню навичок співпраці, розвитку творчого та логічного мислення, а також забезпечує практичну спрямованість математичної підготовки.

Особливу увагу приділено методико-математичній підготовці майбутнього вчителя як необхідній умові результативного використання інноваційних технологій у професійній діяльності. Встановлено, що сучасний учитель повинен володіти цифровою компетентністю, уміннями добирати й адаптувати інноваційні засоби навчання, проєктувати цифрове освітнє середовище та організовувати навчальну діяльність учнів із використанням сучасних технологічних ресурсів.

Ключові слова: майбутній учитель початкової школи, математична освіта, предметно-математична компетентність, інноваційні технології, цифрові технології, методико-математична підготовка, здобувачі початкової освіти.

Abstract

This article examines the issue of preparing future elementary school teachers to use innovative technologies in the process of teaching mathematics to

elementary school students. It has been established that the digitization of the educational environment and the implementation of a competency-based approach place new demands on the professional training of teaching staff. Of particular importance is the development of future teachers' readiness to effectively use innovative technologies capable of improving the quality of mathematics education for younger students and fostering their cognitive activity and critical thinking.

Based on an analysis of scientific and methodological literature, the article reveals the characteristics of mathematics instruction in elementary school and identifies the factors influencing the effectiveness of developing students' subject-specific mathematical competence. The essence of subject-specific mathematical competence is defined as an integrated personal development process encompassing cognitive, activity-based, communicative, and personal components.

This article describes the possibilities for using innovative technologies in the process of teaching mathematics to elementary school students. Their potential for improving the effectiveness of the educational process is analyzed. It is argued that their application contributes to the individualization of learning, the activation of students' cognitive activity, the formation of collaboration skills, the development of creative and logical thinking, and ensures a practical orientation of mathematics education.

Particular attention is paid to the methodological and mathematical training of future teachers as a necessary condition for the effective use of innovative technologies in professional practice. It has been established that a modern teacher must possess digital competence, the ability to select and adapt innovative teaching tools, design a digital educational environment, and organize students' learning activities using modern technological resources.

Key words: future elementary school teacher, mathematics education, subject-specific mathematical competence, innovative technologies, digital technologies, methodological and mathematical training, elementary education students.

Постановка проблеми. Сучасний етап розвитку освіти в Україні характеризується активним упровадженням інноваційних технологій, цифровізацією освітнього процесу та реалізацією концептуальних засад Нової української школи. У цих умовах особливого значення набуває підготовка майбутніх учителів початкових класів, здатних ефективно використовувати інноваційні технології в професійній діяльності, зокрема під час навчання математики молодших школярів. Математична освіта в початковій школі є важливою складовою формування предметної і ключових компетентностей здобувачів освіти, розвитку критичного та творчого мислення, що потребує застосування сучасних методів, форм і засобів навчання.

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю підвищення якості математичної підготовки здобувачів початкової освіти шляхом упровадження інноваційних технологій навчання, серед яких цифрові освітні ресурси, інтерактивні технології, технології змішаного та мобільного навчання, STEM-підхід, проєктна діяльність та гейміфікація. Ефективність їх використання значною мірою залежить від рівня готовності майбутнього вчителя до професійної діяльності в умовах інноваційного освітнього середовища. Водночас практика підготовки майбутніх педагогів засвідчує наявність суперечностей між потребою закладів освіти у фахівцях, здатних застосовувати інноваційні технології у процесі навчанні математики здобувачів початкової освіти, та недостатнім рівнем сформованості відповідних компетентностей у здобувачів педагогічної освіти.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема професійної підготовки майбутніх учителів до використання інноваційних технологій стала предметом наукових досліджень багатьох учених.

Теоретичні аспекти підготовки майбутніх учителів початкової школи до інноваційної діяльності висвітлено у працях В. Андрієвської, І. Гевко, О. Комар, Л. Ребухи, І. Шевчук та інших науковців. Педагогічні умови формування готовності майбутніх учителів початкових класів до використання інноваційних технологій навчання математики молодших школярів обґрунтовано у дослідженнях О. Ліби. Питання застосування інноваційних освітніх технологій у процесі формування методико-математичної компетентності майбутніх фахівців початкової освіти розглянуто у працях Л. Коваль та С. Скворцової. Окремі аспекти використання інформаційних і цифрових технологій у математичній освіті висвітлено в роботах сучасних дослідників, які наголошують на необхідності формування цифрової компетентності майбутнього вчителя як важливої складової його професійної підготовки.

Незважаючи на значний науковий доробок, проблема підготовки майбутніх учителів до використання інноваційних технологій саме в процесі навчання математики здобувачів початкової освіти потребує подальшого дослідження з урахуванням сучасних освітніх тенденцій, цифрової трансформації освіти та вимог до професійної діяльності вчителя Нової української школи.

Мета статті полягає в дослідженні особливостей підготовки майбутнього вчителя до використання інноваційних технологій у процесі навчання математики здобувачів початкової освіти та визначенні ефективних шляхів його готовності до впровадження інноваційних підходів у професійній діяльності.

Виклад основного матеріалу дослідження. Математична освіта в початковій школі посідає важливе місце в системі загальної освіти, оскільки забезпечує формування не лише елементарних обчислювальних умінь і навичок, а й сприяє розвитку логічного мислення, просторових уявлень, здатності до аналізу, порівняння та узагальнення. Якість математичної підготовки молодших школярів значною мірою визначає їхнє подальше ставлення до вивчення математики та впливає на успішність навчання на наступних освітніх рівнях. Організація навчання математики в початковій школі має враховувати вікові та психофізіологічні особливості дітей, рівень розвитку їхньої пізнавальної діяльності, навчальну мотивацію, а також потребу в практичному використанні набутих знань і вмінь у повсякденному житті.

Г. Лишенко зазначає, що учні початкової школи характеризуються високим рівнем пізнавальної активності, проте їхня увага є недостатньо стійкою. Це зумовлює необхідність використання педагогом спеціальних методичних підходів, спрямованих на підтримку зацікавленості в навчанні та формування позитивного ставлення до вивчення математики. Важливу роль у цьому процесі відіграє розвиток образного мислення, оскільки молодші школярі краще засвоюють навчальний матеріал через візуалізацію та використання наочних прикладів. У зв’язку з цим особливої актуальності набуває впровадження інноваційних технологій, які сприяють підвищенню ефективності та привабливості освітнього процесу [2].

Організація навчання математики в початковій школі передбачає врахування вікових особливостей дітей, серед яких підвищена чутливість до зовнішніх впливів, емоційна сприйнятливість і потреба в постійній позитивній підтримці. Засвоєння нових знань молодшими школярами відбувається найбільш результативно в умовах активної діяльності, тому процес навчання математики доцільно будувати на поєднанні традиційних

методів із сучасними інтерактивними технологіями, ігровими формами роботи та практико орієнтованими завданнями.

Результати сучасних наукових і методичних досліджень (Ачкан В., Коберник Г., Листопад Н., Руденко Н. та інших) свідчать про те, що процес навчання математики в початковій школі має базуватися на інтегративному підході. Згідно з ним математичні знання та поняття доцільно розглядати не відокремлено, а у взаємозв'язку з іншими освітніми галузями та практичними життєвими ситуаціями. Така організація освітнього процесу сприяє глибшому усвідомленню учнями міжпредметних зв'язків, формуванню цілісної картини світу та розширенню їхнього світогляду.

Важливим напрямом удосконалення математичної освіти молодших школярів є активне впровадження інформаційних технологій. Застосування інтерактивних дошок, електронних освітніх ресурсів, цифрових підручників, навчальних ігор та різноманітних симуляторів підвищує пізнавальний інтерес учнів до вивчення математики, активізує їхню навчальну діяльність і позитивно впливає на результативність навчання.

Варто зазначити, що формування математичної компетентності молодших школярів належить до пріоритетних завдань початкової освіти, адже саме на цьому етапі розвитку дитини закладаються основи логічного та критичного мислення, аналітичних умінь і здатності до розв'язання різноманітних проблемних ситуацій. Предметна математична компетентність охоплює не лише засвоєння системи математичних знань, умінь і навичок, а й здатність використовувати їх у практичній діяльності, застосовувати логічні та творчі способи мислення під час виконання навчальних завдань.

Математична компетентність є багатокомпонентним утворенням, що включає когнітивний, діяльнісний, комунікативний та особистісний складники. Когнітивний компонент пов'язаний із засвоєнням математичних

понять, закономірностей і правил; діяльнісний характеризує здатність застосовувати знання на практиці, виконувати обчислення та створювати математичні моделі; комунікативний відображає вміння аргументувати власну думку, пояснювати способи виконання завдань і вести математичний діалог; особистісний охоплює навчальну мотивацію, інтерес до математики та впевненість у власних можливостях. Формування зазначених компонентів має здійснюватися послідовно та систематично з урахуванням вікових особливостей учнів і рівня їхньої підготовки [3].

О. Комар зазначає, що когнітивний складник математичної компетентності передбачає оволодіння системою математичних знань і понять. У початковій школі до таких знань належать уявлення про числа, арифметичні дії, геометричні фігури, величини та одиниці їх вимірювання. Водночас важливо забезпечити не лише запам'ятовування навчального матеріалу, а й усвідомлення сутності математичних понять та взаємозв'язків між ними [1, с. 51]. Так, формування поняття числа відбувається через практичні дії з лічби предметів, а розуміння арифметичної дії додавання — через об'єднання множин або груп об'єктів.

Діяльнісний компонент математичної компетентності характеризується здатністю учнів виконувати математичні операції, розв'язувати задачі різного типу, будувати схеми, моделі та графічні зображення. Він відображає практичне застосування набутих знань у навчальній діяльності. Важливо, щоб учні не лише засвоювали стандартні алгоритми розв'язання завдань, а й навчалися добирати найбільш доцільні способи виконання, здійснювати самоперевірку результатів та аналізувати власні помилки з метою їх подальшого усунення.

Важливим чинником формування математичної компетентності є розвиток позитивної мотивації до вивчення математичної освітньої галузі. Для здобувачів початкової освіти характерною є потреба в постійному

підтриманні інтересу до навчальної діяльності, тому особливого значення набуває використання ігрових методів, інтерактивних вправ, елементів змагання та нестандартних математичних завдань. Такі підходи сприяють активізації пізнавальної діяльності дітей і підвищенню їхньої зацікавленості у вивченні предмета. Водночас важливо створювати умови, за яких учень отримує задоволення від процесу навчання, усвідомлює практичну цінність математичних знань у повсякденному житті та може спостерігати власний поступ і результати навчальних досягнень.

І. Шевчук вказує, що одним із сучасних напрямів формування предметної математичної компетентності є використання цифрових технологій у навчанні [4, с. 346]. Багато цифрових ресурсів пропонують адаптивне навчання, коли складність завдань змінюється відповідно до рівня знань дитини, що допомагає кожному учню працювати у власному темпі.

Отже, організація навчання математики в початковій школі повинна здійснюватися з урахуванням психолого-педагогічних особливостей молодших школярів, що зумовлює необхідність добору відповідних методів, форм і технологій навчання. Ефективне формування предметної математичної компетентності передбачає активну участь учнів в освітньому процесі, а також використання інноваційних підходів в ньому. Реалізація дидактичних принципів забезпечує послідовність, доступність і практичну спрямованість математичної підготовки учнів.

Отже, у процесі підготовки майбутніх учителів початкових класів важливо зазначити, щоб процес навчання не обмежувався засвоєнням готових алгоритмів і правил, а повинен бути спрямований на глибоке розуміння математичних понять, закономірностей та способів їх застосування в повсякденній діяльності. Використання сучасних цифрових та інноваційних технологій, індивідуалізація навчання, а також створення позитивного мотиваційного середовища сприяють підвищенню ефективності

математичної освіти та забезпечують успішне оволодіння здобувачами початкової освіти необхідними знаннями, уміннями й компетентностями. Упровадження сучасних технологій в освітній процес сприяє підвищенню ефективності навчання математики, роблячи його більш доступним, результативним і привабливим для здобувачів освіти.

Майбутні вчителі повинні усвідомити, застосування інноваційних технологій позитивно впливає на навчальну мотивацію учнів. Використання інтерактивних завдань, мультимедійних засобів, освітніх ігор та цифрових симуляцій урізноманітнює процес навчання, робить його більш цікавим і насиченим. У результаті учні виявляють більшу зацікавленість у вивченні нового матеріалу, активніше беруть участь у навчальній діяльності та демонструють вищі навчальні досягнення.

Крім того, інноваційні технології створюють умови для реалізації індивідуального підходу до навчання. Завдяки використанню адаптивних цифрових платформ, інтерактивних дошок та інших сучасних засобів навчання з'являється можливість враховувати індивідуальні особливості учнів, їхній темп роботи та стиль засвоєння інформації. Це сприяє розвитку особистісного потенціалу кожного здобувача освіти та допомагає своєчасно усувати прогалини в знаннях.

Важливим аспектом є також розвиток критичного мислення, творчих здібностей і вмінь розв'язувати проблемні завдання. Використання інтерактивних моделей, дослідницьких проєктів і симуляцій дає змогу учням самостійно вивчати математичні закономірності, висувати припущення та перевіряти їх на практиці. Така діяльність сприяє формуванню аналітичних навичок, уміння працювати з інформацією та приймати аргументовані рішення.

Особливого значення інноваційні технології набувають у забезпеченні доступності математичної освіти для учнів з особливими освітніми

потребами. Застосування інтерактивних ресурсів, голосових помічників, програм озвучування тексту та інших спеціалізованих засобів допомагає дітям із порушеннями зору чи слуху повноцінно долучатися до освітнього процесу. Водночас такі технології сприяють створенню інклюзивного освітнього середовища, у якому кожен учень має можливість навчатися в комфортних умовах.

Тому, фахова підготовка майбутніх вчителі початкових класів, зокрема освітній компонент «Методика навчання математичної освітньої галузі», мають включати підготовку до зазначених видів діяльності у практиці початкової школи. Використання інноваційних технологій у процесі навчання математики не лише підвищує якість математичної підготовки учнів, а й сприяє формуванню цифрової компетентності, необхідної для успішної життєдіяльності в сучасному інформаційному суспільстві. Оволодіння уміннями і навичками роботи з цифровими пристроями, програмним забезпеченням та інтернет-ресурсами з раннього віку створює передумови для їхньої майбутньої професійної конкурентоспроможності та успішної соціальної адаптації.

У процесі підготовки сучасного вчителя початкових класів під час вивчення освітнього компоненту «Методика навчання математичної освітньої галузі» доцільно розглядати різні види інноваційних технологій, а також особливості їх застосування у освітній процес.

Зокрема, інформаційно-комунікаційні технології. Вони належать до найбільш затребуваних інноваційних засобів навчання в сучасній початковій освіті. Їх застосування, зокрема використання інтерактивних дошок, електронних підручників, цифрових освітніх платформ і мобільних додатків, сприяє урізноманітненню освітнього процесу та підвищенню його привабливості для молодших школярів. Використання цифрових ресурсів створює умови для навчання в індивідуальному темпі, забезпечує

оперативний зворотний зв’язок і полегшує сприйняття навчального матеріалу завдяки його візуалізації та доступності. У результаті підвищується пізнавальна активність учнів і зростає ефективність засвоєння математичних знань.

Ігрові технології, або гейміфікація, ґрунтуються на використанні ігрових елементів і механізмів з метою підвищення навчальної мотивації та активного залучення учнів до освітнього процесу. Їх основне призначення полягає в тому, щоб зробити навчання більш цікавим, емоційно насиченим і привабливим для дітей. Реалізація цього підходу здійснюється через застосування системи балів, рейтингів, віртуальних відзнак, досягнень та інших елементів гри.

Під час навчання математики здобувачів початкової освіти вчитель може використовувати цифрові платформи для проведення інтерактивних вікторин і змагань, що стимулюють учнів до активної участі та сприяють кращому засвоєнню навчального матеріалу. Використання ігрових технологій допомагає створити позитивний емоційний фон навчання, зменшити рівень тривожності та психологічного напруження, що є особливо важливим для дітей молодшого шкільного віку.

Проєктні технології належать до найбільш результативних інноваційних підходів в освіті, оскільки забезпечують активне залучення учнів до процесу пізнання та перетворюють їх із пасивних споживачів інформації на активних учасників дослідницької діяльності. У межах проєктного навчання засвоєння знань відбувається не шляхом механічного запам’ятовування навчального матеріалу, а через пошук шляхів розв’язання практично значущих завдань і проблемних ситуацій. Проєкти можуть мати дослідницький, творчий, інформаційний або практико орієнтований характер. Під час вивчення певних математичних тем учні можуть працювати над створенням проєкту з визначення найраціональнішого

маршруту до школи або розробляти модель «Математичного міста», застосовуючи набуті знання для розв'язання реальних життєвих завдань. С. Скворцова у своєму науковому доробку пропонує завершувати вивчення певного розділу з математики розробкою проєкту. Такий підхід сприяє розвитку самостійності, творчого мислення, умінь планувати діяльність, працювати в команді та використовувати математичні знання в практичних ситуаціях.

Технології розвитку критичного мислення є важливою складовою сучасних інноваційних підходів до навчання. Їх застосування передбачає використання методів аналізу, порівняння, узагальнення та оцінювання інформації, що сприяє більш усвідомленому засвоєнню навчального матеріалу. Завдяки таким технологіям учні навчаються самостійно формулювати висновки, аргументовано висловлювати власну позицію та приймати обґрунтовані рішення. Розвиток критичного мислення також сприяє формуванню впевненості у власних знаннях і вмінню критично оцінювати інформацію, отриману з різних джерел.

Також необхідно розглянути з майбутніми вчителями використання STEM-технології у початковому курсі математики. Вони забезпечують інтеграцію математичних знань із природничими науками, технологіями та елементами інженерної діяльності. Їх застосування спрямоване на формування в молодших школярів уміння використовувати математичні знання для розв'язування практичних і життєвих завдань, розвитку критичного мислення, творчості, дослідницьких навичок і здатності працювати в команді.

У процесі навчання математики STEM-підхід реалізується через дослідницькі завдання, проєктну діяльність, математичне моделювання, конструювання, використання цифрових технологій та інтерактивних засобів навчання. Учні не лише засвоюють математичні поняття, а й застосовують їх

для вимірювання, обчислення, аналізу даних, побудови моделей і створення власних проєктів.

Використання STEM-технологій у початковій математичній освіті сприяє: формуванню математичної компетентності; розвитку логічного, алгоритмічного та критичного мислення; підвищенню навчальної мотивації; встановленню міжпредметних зв'язків; розвитку навичок дослідницької та проєктної діяльності; підготовці учнів до розв'язання реальних проблем у сучасному технологічному суспільстві.

Прикладами STEM-діяльності на уроках математики можуть бути створення моделей геометричних фігур, вимірювання та аналіз об'єктів навколишнього середовища, побудова діаграм за результатами спостережень, конструювання з LEGO, виконання математичних квестів і дослідницьких проєктів.

STEM-технології в початковому курсі математики є достатньо ефективним засобом формування математичної компетентності молодших школярів через поєднання теоретичних знань із практичною діяльністю та реальними життєвими ситуаціями.

У процесі методико-математичної підготовки майбутніх учителів варто розглянути такі питання:

- формування цифрової компетентності майбутнього вчителя;
- оволодіння методикою використання інтерактивних математичних платформ (LearningApps, GeoGebra, Wordwall, Kahoot тощо);
- розроблення цифрових дидактичних матеріалів для уроків математики;
- формування навичок організації змішаного та дистанційного навчання математики;
- використання технологій візуалізації математичних понять і процесів;
- розвиток готовності до проєктування інноваційного освітнього середовища на уроках математики;

- формування здатності оцінювати ефективність використання цифрових засобів у розвитку математичної компетентності молодших школярів.

Саме ці аспекти допоможуть логічно пов'язати характеристику інноваційних технологій із проблемою професійної підготовки майбутнього вчителя початкових класів. Тому що успішне їх впровадження у практику початкової освіти значною мірою залежить від рівня професійної підготовки вчителя. Сучасний педагог має володіти цифровими та інноваційними інструментами навчання, бути готовим до постійного професійного розвитку, застосовувати гнучкі підходи до організації освітнього процесу та враховувати індивідуальні особливості й освітні потреби кожного учня, зокрема під час вивчення математичної освітньої галузі.

Отже, інноваційні педагогічні технології суттєво розширюють можливості сучасної початкової освіти, забезпечуючи підвищення якості навчання, активізацію пізнавальної діяльності учнів і формування ключових компетентностей, необхідних для успішного навчання та самореалізації в майбутньому.

Слід зазначити, що стрімкий розвиток інформаційних технологій суттєво трансформує сучасний освітній процес, зокрема в початковій школі, де особливого значення набуває створення комфортного та ефективного навчального середовища. Упровадження цифрових та інтерактивних технологій у процес навчання математики сприяє підвищенню наочності навчального матеріалу, робить заняття більш динамічними та цікавими для молодших школярів. Крім того, цифрові технології відкривають широкі можливості для індивідуалізації навчання, дозволяючи учням працювати відповідно до власного темпу та рівня підготовки. Оперативний зворотний зв’язок, доступність різноманітних освітніх ресурсів і можливість візуалізації складних математичних понять сприяють більш глибокому

розумінню навчального матеріалу та підвищенню ефективності його засвоєння. І майбутній вчитель початкової школи має бути підготовленим до таких викликів сьогодення.

Особливого значення набуває уміння критично оцінювати доцільність використання певних технологій у навчанні математики, адаптувати їх до конкретних освітніх цілей та забезпечувати поєднання традиційних і цифрових методів навчання. Така підготовка сприяє формуванню готовності вчителя до професійної діяльності в умовах цифровізації освіти та забезпечує підвищення якості математичної підготовки здобувачів початкової освіти.

Висновки. Майбутній вчитель початкових класів має не лише володіти математичними знаннями та методикою їх викладання, а й уміти інтегрувати інноваційні технології в освітній процес відповідно до змісту навчального матеріалу та вікових особливостей учнів. Методико-математична підготовка майбутніх учителів передбачає формування в них умінь добирати й використовувати цифрові освітні ресурси, проєктувати інтерактивні завдання математичного змісту, організовувати дослідницьку діяльність учнів та здійснювати моніторинг їхніх навчальних досягнень за допомогою сучасних цифрових інструментів.

Результативність використання інноваційних технологій у процесі навчання математики безпосередньо залежить від рівня професійної та методико-математичної підготовки вчителя. Сучасний педагог має володіти не лише ґрунтовними математичними знаннями та методикою їх викладання, а й уміннями добирати, адаптувати та інтегрувати цифрові й інноваційні технології відповідно до змісту навчання та освітніх потреб учнів.

Таким чином, підготовка майбутніх учителів до використання інноваційних технологій у процесі навчання математики здобувачів початкової освіти є важливою умовою модернізації сучасної початкової

освіти. Вона має бути спрямована на формування готовності до проєктування інноваційного освітнього середовища, ефективного використання цифрових ресурсів та забезпечення якісного розвитку математичної компетентності молодших школярів.

Список використаних джерел

1. Комар О. А. Готовність майбутніх учителів початкової школи до організації творчої роботи з молодшими школярами на уроках математики. Наукові записки. Серія: Педагогічні науки. 2023. Вип. 209. С. 49–54. DOI: https://doi.org/10.36550/2415-7988-2022-1-209

2. Лишенко Г. П. Підготовка студентів педагогічного факультету до формування пізнавального інтересу. Науковий вісник Миколаївського державного університету імені В.О. Сухомлинського. Серія: Педагогічні науки. 2017. Вип. 23. С. 145–149.

3. Стрілець С. І., Запорожченко Т. П. Формування математичної компетентності майбутнього вчителя початкових класів засобами інноваційних технологій: монографія. Чернігів : ФОП Лозовий В. М., 2019. 204 с. (53) erpub.chnpu.edu.ua:8080/jspui/handle/123456789/1900

4. Шевчук І. В. Підготовка майбутніх учителів початкової школи до застосування інформаційних технологій на уроках математики в умовах НУШ. Наукові записки. Серія: Педагогічні науки. 2024. Вип. 213. С. 345–348.

References

1. Komar O. A. Hotovnist maibutnikh uchyteliv pochatkovoi shkoly do orhanizatsii tvorchoi roboty z molodshymy shkoliaramy na urokakh matematyky. Naukovi zapysky. Seriia: Pedahohichni nauky. 2023. Vyp. 209. S. 49–54. DOI: https://doi.org/10.36550/2415-7988-2022-1-209

2. Lyshenko H. P. Pidhotovka studentiv pedahohichnoho fakultetu do formuvannia piznavalnoho interesu. Naukovyi visnyk Mykolaivskoho derzhavnoho universytetu imeni V.O. Sukhomlynskoho. Seriia: Pedahohichni nauky. 2017. Vyp. 23. S. 145–149.

3. Strilets S. I., Zaporozhchenko T. P. Formuvannia matematychnoi kompetentnosti maibutnoho vchytelia pochatkovykh klasiv zasobamy innovatsiinykh tekhnolohii: monohrafiia. Chernihiv : FOP Lozovyi V. M., 2019. 204 s. (53) erpub.chnpu.edu.ua:8080/jspui/handle/123456789/1900

4. Shevchuk I. V. Pidhotovka maibutnikh uchyteliv pochatkovoi shkoly do zastosuvannia informatsiinykh tekhnolohii na urokakh matematyky v umovakh NUSh. Naukovi zapysky. Seriia: Pedahohichni nauky. 2024. Vyp. 213. S. 345–348.

Shtefan Nataliia, Senior Lecturer, Department of Software Engineering, Odesa Polytechnic University, Odesa, Ukraine, https://orcid.org/0000-0001-6301-6534

A MOBILE APPLICATION WITH GAME MECHANICS FOR MONITORING PET CARE

Abstract

The article considers the development of a cross-platform mobile application with gamification elements for monitoring and planning pet care. The relevance of the study is determined by the need to improve the regularity of pet care procedures, reduce the influence of the human factor, and increase user motivation through game mechanics. Existing mobile solutions in the field of pet care are analyzed, including applications focused on reminders, medical records, and pet activity tracking. Their limitations are identified, in particular the insufficient use of gamification, limited family coordination, and weak support for motivating users to perform routine care tasks regularly. The proposed application combines pet profile management, care schedule generation, reminders, logging of completed procedures, progress tracking, XP rewards, penalties for missed actions, and family interaction through chat.

The architecture of the application is based on cross-platform mobile technologies, using React Native, TypeScript, Redux, SQLite, and Firebase services. The designed database structure provides storage of information about users, pets, care events, completed actions, gamification parameters, and family communication. Functional and non-functional testing confirmed the correctness of the main scenarios, stable operation of the application, acceptable response time, and usability of the interface. The proposed solution can be used as a tool for organizing pet care and forming responsible behavior among users, especially

in a family environment.

Keywords: mobile application, pet care, gamification, React Native, TypeScript, SQLite, reminders, testing.

Problem statement

Modern mobile technologies are increasingly used to support everyday processes related to time management, task control, health monitoring, and the formation of useful habits. One of such processes is pet care, which includes regular feeding, walking, hygiene procedures, play activity, veterinary control, and other actions that directly affect the physical and psychological condition of an animal [1], [2].

In practice, the quality of pet care often depends on the human factor. Pet owners may forget individual procedures, perform them irregularly, or lack a single tool for monitoring the care schedule. This problem becomes especially relevant in family care, when responsibility for a pet is distributed among several family members. In such cases, there is a risk of duplicated actions, missed procedures, or unclear distribution of responsibilities.

Existing mobile applications for pet care usually perform the functions of a calendar, reminder system, or electronic pet profile. They help store information and plan events, but they do not always take into account the motivational aspect. The routine nature of care procedures can reduce user engagement, especially among children and teenagers involved in caring for pets. Therefore, it is relevant to create a mobile application that not only reminds users about necessary actions, but also motivates them to perform these actions regularly through game mechanics.

Gamification makes it possible to transform routine care into a clearer, more visually attractive, and more motivating interaction. The use of experience points, levels, rewards, indicators of a virtual pet’s state, and immediate feedback

contributes to increasing user responsibility and forming stable habits. Therefore, combining planning, monitoring, and gamification functions within one mobile application is a relevant direction in software development.

Analysis of recent research and publications

Pet care is considered in modern sources as an important component of responsible animal ownership. Regular feeding, walking, hygiene procedures, and veterinary care have a direct impact on the health and quality of life of animals [1], [2]. At the same time, pet owners often face practical problems related to forgetfulness, irregular schedules, lack of systematic control, and insufficient coordination of care actions.

The analysis of existing software solutions shows that there are several mobile applications aimed at supporting pet care processes. One of such solutions is PetDesk, which is focused on pet health management, interaction with veterinary clinics, appointment scheduling, medication reminders, and storage of medical information [3], [4]. This application is useful for organizing veterinary communication and managing important health-related events. However, its functionality is mainly focused on informing the owner and supporting medical records, while game-based motivation for regular daily actions such as feeding, walking, or hygiene care is not sufficiently developed [3], [4].

Another analyzed solution is 11pets: Pet Care, which provides a comprehensive approach to pet care management. It supports care schedules, reminders, medical records, journals, notes, and multiple pet profiles [5]. The advantage of this application is its wide functionality and orientation toward systematic organization of care. However, it has limited gamification capabilities, does not include a developed system of rewards, levels, or XP, and does not fully support scenarios of family coordination and task delegation between several users [5].

The DogCat App/ Pet Care Tracker application provides basic functions for creating pet profiles, setting reminders, maintaining a care calendar, and recording care activities [6]. Its main advantage is simplicity and accessibility for users who need basic tracking of pet-related tasks. At the same time, the functionality of this application is limited. It does not provide game progress, a reward system, levels, social interaction, or personalized motivation mechanisms [6].

The reviewed applications show that the current market offers tools for storing information, setting reminders, and maintaining records related to pet care. However, these solutions mainly solve organizational tasks and do not fully address the problem of user engagement. In particular, they do not sufficiently support gamified motivation, family interaction, or visual feedback based on the regularity of completed procedures.

In addition to the analysis of pet care applications, the technological basis of mobile software development was also considered. React Native is widely used for cross-platform mobile development because it allows developers to create applications for Android and iOS using a single code base [8]. TypeScript improves code reliability through static typing and better control of data structures during development [9]. Redux is commonly used for centralized state management in applications with multiple interacting modules [10]. SQLite is suitable for local data storage and offline access to structured information [11], while Firebase services can be used for authentication, notifications, and synchronization [12], [13].

Thus, the analysis of existing research, publications, documentation, and software solutions confirms the relevance of developing a mobile application that combines pet care planning, reminders, family coordination, local data storage, and gamification. Such a combination makes it possible to solve not only the task of informing the user, but also the task of forming responsible and regular care

behavior.

Purpose of the article

The purpose of the article is to present an approach to the development of a cross-platform mobile application with game mechanics for monitoring pet care. The application is intended to automate the planning of care procedures, control their completion, increase user motivation, and support family interaction.

Presentation of the main material of the study

Within the study, the main problems of the subject area that should be solved by the mobile application were identified. These problems include irregular completion of care procedures, low user motivation, lack of coordination between family members, insufficient personalization of care, and absence of convenient feedback and control. For each problem, an appropriate direction of automation was determined.

To reduce missed procedures, the application provides a care schedule, timers, and push reminders. To increase motivation, the system uses XP points, levels, and visualization of the virtual pet's state. To support family interaction, the application includes an action log and an "Ask for help" function. To provide personalization, users can configure types and times of care procedures. To support control and analysis, the application provides statistics, history, and state indicators.

The functional model of the application includes two main roles: the primary user and a family member. The primary user creates a pet profile, configures care parameters, generates or edits the procedure schedule, manages family member access, views statistics, and controls the completion of actions. A family member can receive reminders, perform assigned procedures, confirm their completion, and participate in family communication.

The main functional capabilities of the application include user registration and login, creation and editing of a pet profile, configuration of care parameters,

automatic generation of the initial procedure schedule, viewing, adding, and editing care events, receiving push reminders, completing care actions through interactive screens, confirming completed procedures, recording completed actions in the log, assigning rewards or penalties in the form of XP, updating the state of the virtual character, viewing progress and statistics, and coordinating care through chat.

A special role in the application is played by the gamification module. After a care procedure is completed, the system records the action in the log, determines its status, and assigns experience points to the user. If the procedure is completed on time, the user receives a reward. If the action is missed or completed late, the system may apply a penalty or reduce certain indicators of the virtual pet's state. This approach creates a clear cause-and-effect relationship between the user's actions and the state of the virtual pet.

Visualization of the character's state is an important component of motivation. The application can display mood, cleanliness, activity, or needs of the pet depending on how regularly the procedures are performed. As a result, the user receives not only text reminders, but also visual feedback in a clear game-based form. This is especially useful for children and teenagers, for whom visual and interactive feedback is often more understandable than a traditional task list.

Family interaction is implemented through the ability to manage family members and coordinate care through chat. The primary user can add other participants, distribute responsibility, and send help requests. For example, if one family member cannot perform walking or feeding, they can contact another participant using the "Ask for help" function. This reduces the risk of missed procedures and makes the care process more organized.

The architecture of the application was designed taking into account the requirements for cross-platform development, scalability, extensibility, and local data storage. React Native and TypeScript were chosen for the implementation of

the user interface and business logic. React Native enables the creation of a mobile application for different platforms using a single code base [8]. TypeScript improves development reliability due to static typing, which reduces the number of errors when working with data models, function parameters, and application states [9].

Redux was used to manage the state of the application. This technology makes it possible to store information about the user, pet profile, schedule, completed actions, and gamification parameters in a centralized way [10]. This is important for an application where different modules interact with the same data. For example, the care schedule, reminders, action log, XP module, and virtual pet state depend on the same set of user actions.

SQLite was used for local data storage. This solution makes it possible to store structured information directly on the user's device and access it even without a permanent internet connection [11]. Local storage is especially important for mobile applications related to everyday tasks, because users should be able to view schedules, confirm actions, and save information even when the network connection is unstable.

Firebase services can be used to implement authentication, push notifications, and synchronization features [12], [13]. Authentication is required to identify users and manage access to pet profiles and family functions. Push notifications are necessary to remind users about planned care procedures. Synchronization can be used for interaction between family members and for updating shared data on different devices.

The data structure of the application includes several related entities. The main entities are User, Pet, Care Event, Action Log, XP Record, Family Member, Chat Message, and Virtual Pet State. The User entity stores information about the application user. The Pet entity contains basic data about the animal, such as name, type, age, and individual care parameters. The Care Event entity describes

planned procedures, their type, time, recurrence, and status. The Action Log entity records completed actions, the time of completion, the performer, and the result. The XP Record entity stores information about rewards and penalties. The Family Member entity supports access management and distribution of responsibilities. The Chat Message entity stores family communication related to care coordination. The Virtual Pet State entity stores current indicators that are changed depending on user activity.

During implementation, the main screens of the application were developed. These include the login screen, pet profile creation screen, main screen, care settings screen, schedule screen, procedure execution screens, statistics screen, and family interaction screen. The interface is focused on simplicity, visual clarity, and accessibility for users of different ages. The main actions should be available in a minimum number of steps, and the key interface elements should be visible and intuitive.

The non-functional requirements of the application include performance, reliability, security, usability, compatibility, and scalability. The main screen should open within approximately two seconds under normal operating conditions. Transitions between screens and confirmation of completed procedures should be performed without noticeable delays. In case of temporary loss of network connection, the application should store data locally and synchronize it after the connection is restored.

Security requirements include protection of personal user data, information about family members, and care actions. Authentication data should be stored securely, and access to application functions should be granted according to user roles. Usability requirements assume that the interface should be understandable for users of different ages, including children. Compatibility requirements involve correct operation on modern mobile devices with different screen sizes and orientations. Scalability is ensured by the possibility of further adding new

types of procedures, user roles, game mechanics, and external services.

Functional and non-functional testing was carried out to verify the operation of the application. Functional testing covered typical scenarios such as registration and login, pet profile creation, care parameter configuration, schedule generation, reminder receiving, procedure completion, action logging, XP calculation, virtual pet state update, statistics viewing, and sending messages in the chat. The results of the verification showed that the main scenarios were performed correctly.

Non-functional testing was aimed at evaluating performance, stability, usability, and correctness of interface behavior. The verification showed that the application provides acceptable response time, works stably during the execution of main operations, and correctly handles typical errors, such as empty required fields, incorrect parameters, or absence of data for display. It was also confirmed that the gamification logic correctly responds to completed and missed procedures.

Experimental verification of the achievement of the purpose showed that the use of a schedule, reminders, and gamification contributes to increasing the regularity of care and the convenience of monitoring completed actions. The application helps the user see not only the list of planned procedures, but also the result of their activity through XP, statistics, and the state of the virtual character. This makes pet care more structured, understandable, and motivating.

In order to confirm the effectiveness of the proposed solution, an experimental study of the mobile application was conducted. The purpose of the experiment was to determine whether the combination of a care schedule, reminders, action logging, and gamification mechanics can improve the regularity of pet care procedures and increase user engagement.

During the experimental study, users performed typical scenarios of interaction with the application, including creating a pet profile, configuring care

parameters, viewing the schedule, receiving reminders, completing care procedures, confirming completed actions, and analyzing progress through statistics and the XP system. The effectiveness of the application was evaluated according to several criteria: regularity of completed care actions, number of missed procedures, convenience of schedule control, clarity of the interface, and user motivation to continue using the application.

The results of the experimental study showed that the use of reminders and visual progress indicators helped users better control planned care procedures. Gamification elements, such as XP points, rewards, penalties for missed actions, and changes in the virtual pet's state, increased user interest in completing routine tasks. The action log and statistics provided a clearer understanding of performed and missed procedures, while the family interaction function helped coordinate responsibilities between several users.

Thus, the experimental study confirmed that the proposed mobile application can improve the organization of pet care, reduce the risk of missed procedures, and increase user motivation. The obtained results indicate that the use of gamification in pet care monitoring is appropriate, especially in cases where several family members are involved in the care process or when it is necessary to form regular and responsible care habits.

Conclusions

The article presents an approach to the development of a mobile application with game mechanics for monitoring pet care. The analysis of the subject area showed that pet care requires regularity, control, personalization, and coordination between users. The main problems include missed procedures, low motivation, lack of systematic feedback, and difficulties in distributing responsibilities between family members.

The analysis of existing mobile solutions showed that most of them provide basic functions of reminders, pet profiles, medical information storage,

and care planning. However, they have limited gamification capabilities and insufficient support for family interaction. This confirmed the feasibility of creating an application that combines care planning, reminders, an action log, statistics, an XP system, visualization of the virtual pet's state, and chat for coordination between family members.

The proposed application was implemented using React Native, TypeScript, Redux, SQLite, and Firebase. This technology stack provides cross-platform development, support for local data storage, convenient state management, push notifications, and the possibility of further functional expansion. The designed data structure allows storing information about users, pets, care events, completed procedures, progress, gamification parameters, and family communication.

Functional and non-functional testing confirmed the correctness of the main functional modules, application stability, acceptable response time, and compliance with basic usability requirements. The application correctly processes typical user scenarios, including pet profile creation, care schedule configuration, procedure completion, XP calculation, progress display, and family communication.

An experimental study was also conducted to evaluate the effectiveness of the proposed system. The results showed that the combination of reminders, schedule control, action logging, visual progress indicators, and gamification mechanics helps users better organize pet care procedures. The use of XP points, rewards, penalties for missed actions, and changes in the virtual pet's state increased user motivation and made routine care tasks more engaging.

Therefore, the obtained results indicate the practical value of the proposed solution. The developed mobile application contributes to improving the organization of pet care, reducing the risk of missed procedures, increasing user engagement, and forming responsible care habits. The use of gamification in pet

care monitoring can be considered an effective approach, especially in a family environment where several users are involved in the care process.

Further development of the application may include cloud synchronization, personalized recommendations based on user behavior, integration with veterinary services and smart devices, as well as expansion of the gamification system through achievements, ratings, story elements, and more detailed care analytics.

References

1. The Benefit Of Owning A Pet – Why You Should Adopt A Pet? Available at: https://www.google.com/aclk?sa=L&pf=1&ai=DChsSEwj07ry3-sGSAxXfhP0FHaM-CGRoYACICCAEQBRoCd2Y&co/.

2. Why is Pet Care Important? Available at: https://mypetworld.app/en/blogs/why-is-pet-care-important.

3. PetDesk. Simplify your veterinary clinic. Available at: https://petdesk.com/.

4. PetDesk App. Available at: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.locai.petpartner.

5. 11pets: Pet Care. Available at: https://www.11pets.com/.

6. DogCat App / Pet Care Tracker. Available at: https://play.google.com/store/.

7. Karner G. Resource Estimation for Objectory Projects. Objective Systems SF AB, 1993.

8. React Native Documentation. Available at: https://reactnative.dev/docs/getting-started.

9. TypeScript Documentation. Available at: https://www.typescriptlang.org/docs/.

10. Redux Documentation. Available at: https://redux.js.org/.

11. SQLite Documentation. Available at: https://www.sqlite.org/docs.html.

12. Firebase Documentation. Available at: https://firebase.google.com/docs.

13. Android Developers. Notifications Overview. Available at: https://developer.android.com/develop/ui/views/notifications.

14. ISO/IEC 25010: Systems and software engineering – Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) – System and software quality models. ISO, 2011.

Shtefan Nataliia, Senior Lecturer, Department of Software Engineering, Odesa Polytechnic University, co-author: Oleksandr Kamniev, Odesa, Ukraine, https://orcid.org/0000-0001-6301-6534

INTELLIGENT TEACHER ASSISTANT FOR AN EDUCATIONAL PLATFORM

Abstract

The article considers the problem of automating interaction between students and teachers in an educational platform using artificial intelligence technologies. The relevance of the study is determined by the increasing amount of educational content, the growing workload of teachers, and the need to provide students with timely access to explanations of educational materials. Existing learning management systems and educational platforms provide tools for organizing courses, testing, and communication, but they do not always support deep personalization of an AI assistant for a specific course and the teacher's own materials.

The purpose of the article is to present the approach to developing an intelligent teacher assistant for an educational platform that supports the creation of a personalized AI teacher, processing of students' questions, and generation of reports on learning activity and performance. The proposed system is based on a client-server architecture and includes a web interface, server-side logic, a database, and an AI interaction module. The client part is implemented using HTML5, CSS3, JavaScript and React.js, while the server part is based on Node.js and Express.js. The system stores information about users, classes, educational materials, questions, answers, and student performance.

The article describes the subject area, functional capabilities of the system, architectural decisions, implementation features, and testing approach. The main

functional scenarios include registration and authorization, class management, creation of an AI teacher, uploading educational materials, student interaction with the AI assistant, assessment of students, and generation of analytical reports. Functional testing based on decision tables and test cases confirmed the correctness of the main usage scenarios. The experimental evaluation showed an improvement in the convenience of interaction, speed of obtaining answers, accuracy of AI responses, and overall efficiency of learning interaction.

Keywords: artificial intelligence, educational platform, intelligent assistant, AI teacher, web application, React.js, Node.js, Express.js, client-server architecture, automation of learning.

Problem statement

The modern educational process is characterized by the active use of digital learning platforms, electronic educational materials, online communication tools, and distance learning technologies. The transition to blended and online learning formats has significantly increased the amount of information processed by both teachers and students. At the same time, the number of repetitive questions from students is growing, especially when learning new topics, completing homework, preparing for tests, or working with large volumes of educational materials.

A teacher is often forced to answer similar questions repeatedly, provide additional explanations, monitor student progress, update educational content, and analyze the level of students' understanding of the material. These processes require a considerable amount of time and reduce the teacher's ability to focus on more complex pedagogical tasks, such as improving course content, preparing individual consultations, and developing practical assignments. The problem becomes especially relevant in higher education, where one teacher may work with several groups and a large number of students.

Existing educational platforms provide important tools for organizing learning, such as course management, file sharing, testing, and communication. However, their functionality is often limited when it comes to personalized automated assistance. A conventional learning management system can store materials and tasks, but it does not always provide students with immediate explanations based on the specific materials uploaded by the teacher. General-purpose chatbots and AI tools can answer questions, but they are not always connected to the structure of a particular course, the teacher's methodology, or the context of the educational materials.

Therefore, there is a need to develop an intelligent teacher assistant that can be integrated into an educational platform and provide automated support for students. Such a system should allow the teacher to create a personalized AI teacher based on educational materials, enable students to ask questions at any convenient time, and provide the teacher with analytical information about student activity and performance. The use of artificial intelligence in this context makes it possible to reduce the teacher's workload, increase the availability of educational materials, and improve the quality of interaction within the educational process.

Analysis of recent research and publications

The development of educational platforms is closely related to the digitalization of education and the growing use of artificial intelligence in learning environments. Modern learning management systems are designed to organize educational content, manage groups of students, provide access to tasks and tests, and support communication between participants in the educational process. Among the most common solutions are Google Classroom, Moodle, Khan Academy, and other platforms focused on online learning and course management [1–4].

Google Classroom, especially in combination with AI-based tools such as

Gemini for Education, provides instruments for organizing classes, distributing learning materials, and supporting students in the Google Workspace environment [1; 2]. Its advantages include integration with Google services, convenient course management, and support for certain AI-assisted educational tasks. However, the AI functionality in such platforms is mainly focused on auxiliary operations, such as generating content or supporting general learning activities, rather than creating a separate AI teacher for a specific course [2].

Moodle is one of the most widely used learning management systems in educational institutions. It supports course creation, testing, assessment, analytics, and integration of additional modules [3]. The flexibility of Moodle is one of its main advantages, but the platform often requires technical knowledge for configuration and maintenance. In addition, the implementation of AI-based support usually depends on external plugins or additional customization, which may complicate deployment and use [3].

Khan Academy provides access to educational content and supports interactive learning for a wide audience [4]. The platform is useful for self-study and provides structured materials for different subjects. However, it is less focused on personalized interaction between a particular teacher and students within a specific course. Its functionality is mainly designed for access to prepared educational content rather than for creating an AI assistant based on the teacher's own materials [4].

Recent trends in educational technology show that artificial intelligence can be used not only for content generation, but also for adaptive learning, automated feedback, analysis of student activity, and personalized recommendations [2; 10]. At the same time, the implementation of AI tools in education requires careful consideration of reliability, data security, transparency of generated answers, and the role of the teacher in controlling educational content [10; 11]. The most effective approach is not to replace the teacher with

artificial intelligence, but to provide a support tool that automates routine operations and helps students receive quick explanations [10].

The analysis of existing solutions shows that there is a gap between general learning management systems and universal AI chatbots [1–4; 10]. Learning management systems provide structure and educational content management, while AI chatbots provide conversational interaction. The proposed intelligent teacher assistant combines these two approaches by connecting AI interaction with classes, educational materials, student questions, and teacher analytics. This creates the basis for a more personalized and practically useful educational platform.

Purpose of the article

The purpose of the article is to present the design and implementation approach for an intelligent teacher assistant for an educational platform that improves interaction between students and teachers through automation of answers to students' questions, personalized processing of educational materials, and generation of analytical reports.

Presentation of the main material of the study

The proposed software system is an educational web application that provides interaction between three main components of the learning process: the teacher, the student, and the AI teacher. The teacher creates a class, uploads educational materials, configures the AI teacher, monitors student activity, and analyzes performance reports. The student joins the class using a unique code, studies the educational materials, asks questions to the AI teacher, receives explanations, and views homework assignments. The AI teacher acts as an automated tool that generates answers based on the information provided by the teacher.

The subject area of the system includes several key entities: users, classes, educational materials, questions, answers, grades, homework assignments, and

reports. A user may have the role of a student or a teacher. A class is a virtual learning environment that connects the teacher with a group of students. Educational materials are uploaded by the teacher and used to personalize the AI teacher. Questions and answers represent the main unit of interaction between a student and the AI assistant. Reports provide the teacher with information about student activity and learning progress.

The main functional capabilities of the system include registration and authorization, role-based access, class creation, student joining by class code, creation of an AI teacher, uploading of educational materials, student interaction with the AI teacher, viewing homework assignments, assessment of students, and report generation. These functions provide a complete cycle of educational interaction within the platform.

The registration and authorization module is necessary to identify users and provide access according to their roles. During registration, the user creates an account and selects or receives the appropriate role. During authorization, the system verifies the entered credentials and opens the corresponding interface for a student or teacher. Role separation is important because students and teachers have different functional capabilities and different access levels.

The class management module allows the teacher to create a virtual class and generate a unique code for student access. The student enters this code and joins the corresponding class. This mechanism simplifies the organization of groups and makes it possible to connect students with the correct AI teacher and educational materials. Each class may contain its own learning resources, list of students, homework assignments, and performance indicators.

One of the key components of the system is the module for creating a personalized AI teacher. The teacher fills in a questionnaire, provides course-related information, uploads learning materials, and initiates the creation of the AI assistant. The system processes the provided information and configures the

AI teacher so that it can answer students' questions in the context of the specific course. This approach differs from general AI chatbots because the assistant is connected to the educational materials and the teacher's course structure.

The student interaction module provides a chat interface where the student can ask questions about the material. The system receives the question, sends it for processing, forms an answer, and displays the result to the student. If the question is unclear or cannot be processed correctly, the system asks the student to clarify the request. This scenario makes learning support more accessible, because the student can receive explanations not only during classes or consultations, but also at any convenient time.

The homework module provides students with access to assignments, deadlines, and descriptions. The student can open the homework section, view available tasks, and select a specific assignment for more detailed information. If there are no active assignments, the system displays a corresponding message. This functionality supports better organization of independent work and makes the educational process more structured.

The assessment and reporting module is intended for teachers. The teacher can view the list of students, enter grades or comments, save assessment results, and generate reports. The reports may include information about student activity, interaction with the AI assistant, completed tasks, and learning progress. Such analytical functionality allows the teacher to identify students who need additional support and to adjust the educational process.

The architecture of the system is based on the client-server model. The client side is implemented as a web interface that provides interaction with the user. It is responsible for displaying pages, forms, tables, chats, class information, homework assignments, and reports. The client side is implemented using HTML5, CSS3, JavaScript, and React.js. React.js was chosen because it supports component-based development, dynamic user interfaces, and

convenient state management.

The server side processes requests from the client application, checks user access rights, interacts with the database, processes educational materials, and sends requests to the AI service. Node.js and Express.js are used for the server side. This choice is justified by the efficiency of JavaScript-based server development, support for REST API, and the ability to build scalable web applications. The interaction between the client and server parts is implemented through HTTP requests and REST API endpoints.

The database stores structured information required for the operation of the platform. The main database entities include users, classes, educational materials, questions, answers, grades, homework assignments, and reports. The use of a relational database makes it possible to ensure data consistency, define relationships between entities, and perform queries for analytics and reporting. MySQL is used as the database management system.

The AI interaction module is responsible for processing students' questions and generating answers. It receives the question from the server, takes into account the educational context, and returns a response that is displayed to the student. An important requirement for this module is that the answer should be based on the materials provided by the teacher. This reduces the risk of irrelevant answers and increases the usefulness of the assistant for a specific course.

From the point of view of non-functional requirements, the system must be reliable, efficient, secure, maintainable, and portable. Reliability means stable operation of the system, correct error handling, and preservation of user data. Efficiency requires fast processing of user requests and convenient access to the main functions. Security requires authentication, authorization, secure password storage, and protection of personal data. Maintainability is achieved through modular organization of the code and clear separation of client, server, database, and AI components. Portability is supported by the web-based nature of the

application and the possibility of using it on different devices.

The software implementation includes several important user flows. The first user flow is registration and authorization. The second user flow is teacher interaction with the system: class creation, AI teacher configuration, material uploading, student assessment, and report viewing. The third user flow is student interaction: joining a class, viewing assignments, asking questions, and receiving AI-generated explanations. These flows were used to organize the interface and check the completeness of functional implementation.

The testing of the system was performed using functional testing methods. The purpose of testing was to verify that the system correctly implements the main user scenarios and responds properly to both valid and invalid input data. The testing approach included decision tables and test cases. Decision tables were used to formalize combinations of input conditions and expected results, while test cases were used to check specific scenarios, such as successful registration, incorrect authorization, class joining, AI teacher creation, question processing, homework viewing, and report generation.

Special attention was paid to testing the interaction between the student and the AI teacher. This functionality is central to the proposed system because it directly affects the usefulness of the platform. The tests checked whether the system accepts a student’s question, processes it, generates an answer, and displays the result correctly. Additionally, cases with unclear or incomplete questions were considered, where the system should ask the student to clarify the request.

The experimental evaluation of the system was conducted with the participation of 15 users, including students and teachers. The purpose of the experiment was to evaluate the influence of the developed system on the convenience of working with educational materials, the speed of obtaining answers, the accuracy of AI responses, and the overall effectiveness of

educational interaction. Users evaluated the system according to several criteria using a five-point scale.

The results showed that after using the system, the convenience of the interface increased from 2.9 to 4.7 points. The speed of obtaining answers increased from 2.6 to 4.8 points. The accuracy of answers increased from 3.1 to 4.5 points. The convenience of interaction with classes increased from 3.0 to 4.6 points. The overall efficiency of learning interaction increased from 3.2 to 4.7 points. These results confirm that the use of an intelligent teacher assistant can improve the organization of educational interaction and reduce delays in obtaining explanations.

The practical value of the system is that it can be used as an additional tool for teachers and students in an educational platform. For teachers, it reduces the number of repetitive questions, simplifies class management, and provides analytical information about student activity. For students, it improves access to explanations, supports independent learning, and makes interaction with educational materials more convenient. The system does not replace the teacher but extends the teacher's capabilities by automating routine communication and analytical tasks.

At the same time, the developed system has certain limitations. The quality of AI answers depends on the quality and completeness of the educational materials uploaded by the teacher. If the materials are incomplete, poorly structured, or contain contradictions, the AI teacher may provide less accurate answers. Another limitation is the need to ensure data security, especially when working with personal information, grades, and educational records. In addition, further development should include more advanced analytics, integration with external learning management systems, and tools for verifying the correctness of generated answers.

The further development of the system may include integration with

existing educational platforms, support for additional file formats, improved semantic search in educational materials, automatic generation of tests and quizzes, advanced dashboards for teachers, and mechanisms for evaluating the quality of AI responses. It is also advisable to add functionality for tracking the most frequent student questions, identifying difficult topics, and recommending additional materials based on student activity.

Conclusions

The article presents an approach to the development of an intelligent teacher assistant for an educational platform. The relevance of the proposed solution is determined by the need to automate routine interaction between students and teachers, reduce the teacher's workload, and improve access to educational materials. The analysis of existing platforms showed that many of them provide tools for course management, testing, and communication, but do not fully support the creation of a personalized AI teacher based on the teacher's own materials.

The proposed system combines class management, educational material processing, AI-based question answering, student assessment, and reporting. The client-server architecture provides a clear separation of responsibilities between the web interface, server logic, database, and AI interaction module. The use of React.js, Node.js, Express.js, and MySQL makes it possible to build a scalable and maintainable web application.

Functional testing confirmed the correctness of the main user scenarios, including registration, authorization, class joining, AI teacher creation, question processing, homework viewing, assessment, and report generation. The experimental evaluation demonstrated an improvement in the convenience of using the interface, speed of obtaining answers, accuracy of AI responses, convenience of working with classes, and overall efficiency of educational interaction.

The developed intelligent teacher assistant can be used to optimize the educational process, support students in independent learning, and provide teachers with analytical information. Further research and development should focus on improving the accuracy of AI responses, expanding integration capabilities, enhancing security, and developing advanced analytics tools for monitoring student progress.

References

15. Google Classroom. Official website. Available at: https://classroom.google.com/

16. Google for Education. Gemini for Education. Available at: https://edu.google.com/

17. Moodle. Official website. Available at: https://moodle.org/

18. Khan Academy. Official website. Available at: https://www.khanacademy.org/

19. React. Official documentation. Available at: https://react.dev/

20. Node.js. Official documentation. Available at: https://nodejs.org/

21. Express.js. Official documentation. Available at: https://expressjs.com/

22. MySQL. Official documentation. Available at: https://dev.mysql.com/doc/

23. MDN Web Docs. HTML, CSS, JavaScript documentation. Available at: https://developer.mozilla.org/

24. OpenAI. API Documentation. Available at: https://platform.openai.com/docs/

25. ISO/IEC 25010: Systems and software engineering — Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE).

26. Sommerville I. Software Engineering. 10th ed. Pearson, 2016.

Стефанишин Оксана Борисівна, кандидат економічних наук, доцент кафедри менеджменту, економіки та туризму, Львівський інститут ПрАТ «ВНЗ Міжрегіональна Академія управління персоналом», Львів, https://orcid.org/0000-0002-1857-4569

Stefanyshyn Oksana Borysivna, PhD in Economics, Associate Professor of the Department of Management, Economics and Tourism; Lviv Institute, Interregional Academy of Personnel Management, Lviv, https://orcid.org/0000-0002-1857-4569

СУПЕРЕЧНОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ КОНЦЕПЦІЇ СТАЛОГО РОЗВИТКУ НА МАКРО- ТА МІКРОРІВНІ ЕКОНОМІЧНОЇ СИСТЕМИ

CONTRADICTIONS IN THE IMPLEMENTATION OF THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT CONCEPT AT THE MACRO AND MICRO LEVELS OF THE ECONOMIC SYSTEM

Анотація

У статті досліджено суперечності реалізації концепції сталого розвитку на макро- та мікрорівні економічної системи в умовах посилення дисбалансу між довгостроковими соціальними та екологічними пріоритетами суспільного розвитку і короткостроковими ринковими інтересами суб'єктів господарювання. Актуальність дослідження обумовлена ускладненням процесу досягнення Цілей сталого розвитку, поширенням ESG-регулювання, посиленням кліматичних викликів та зростанням практик формальної імплементації принципів сталого розвитку у корпоративному управлінні.

Метою статті є дослідження суперечностей взаємодії макро- та мікрорівня економічної системи у процесі реалізації принципів сталого розвитку, а також обґрунтування впливу конфлікту між довгостроковими суспільними цілями та короткостроковими ринковими механізмами на ефективність досягнення Цілей сталого розвитку.

У статті узагальнено сучасні теоретичні підходи до трактування сутності сталого розвитку та обґрунтовано трансформацію концепції сталого розвитку з переважно макроекономічної моделі у багаторівневу систему взаємопов'язаних економічних, соціальних та екологічних процесів. Особливу увагу приділено зміні ролі суб'єктів господарювання у реалізації принципів сталого розвитку та інтеграції ESG-підходів у систему корпоративного управління.

Визначено, що сучасна модель сталого розвитку характеризується системними суперечностями між стратегічними пріоритетами державної політики, орієнтованими на довгострокову екологічну та соціальну стабільність, і ринковою поведінкою підприємств, спрямованою на забезпечення прибутковості, конкурентоспроможності та швидкої окупності інвестицій. Обґрунтовано, що нерівномірна інтеграція ESG-принципів та поширення практик greenwashing свідчать про наявність структурних асиметрій між регуляторними вимогами, суспільними очікуваннями та реальними економічними можливостями суб'єктів господарювання.

Наукова новизна дослідження полягає у запропонованому підході до розуміння взаємодії макро- та мікрорівня сталого розвитку як системи взаємопов'язаних суперечностей, стимулів та зворотних ефектів. На відміну від традиційних підходів, у межах яких підприємства розглядаються переважно як об'єкти державного регулювання, у дослідженні обґрунтовано доцільність трактування бізнесу як активного, але неоднозначного учасника реалізації принципів сталого розвитку.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості використання запропонованого підходу при формуванні державної політики у сфері сталого розвитку, удосконаленні механізмів ESG-регулювання та розробленні інструментів координації інтересів держави, бізнесу та суспільства.

Ключові слова: сталий розвиток, макрорівень, мікрорівень, ESG, greenwashing, Цілі сталого розвитку, корпоративне управління, економічна система, суперечності, державна політика сталого розвитку.

Abstract

The article examines the contradictions in the implementation of the sustainable development concept at the macro and micro levels of the economic system under conditions of increasing imbalance between long-term social and environmental priorities and short-term market-oriented business interests. The relevance of the study is determined by the growing complexity of achieving the Sustainable Development Goals (SDGs), the expansion of ESG regulation, the strengthening of climate challenges, and the spread of formalized approaches to corporate sustainability management.

The study aims to investigate the contradictions in the interaction between the macro and micro levels of the economic system in the process of implementing the principles of sustainable development, as well as to substantiate the influence of the conflict between long-term public interests and short-term market mechanisms on the effectiveness of achieving sustainable development goals.

The article generalizes modern theoretical approaches to understanding sustainable development and substantiates the transformation of this concept from a predominantly macroeconomic model into a multi-level system of interconnected economic, social, and environmental processes. Particular attention is paid to the changing role of business entities in the implementation of

sustainable development principles and the increasing integration of ESG approaches into corporate governance systems.

It has been determined that modern sustainable development models are characterized by systemic contradictions between state strategic priorities focused on long-term environmental and social stability and the market behavior of enterprises oriented toward profitability, competitiveness, and rapid return on investment. The research substantiates that the uneven implementation of ESG principles and the spread of greenwashing practices reflect the existence of structural asymmetries between regulatory requirements, public expectations, and the actual economic capabilities of enterprises.

Scientific novelty of the study lies in the proposed approach to understanding the interaction between macro and micro levels of sustainable development as a system of interconnected contradictions, incentives, and feedback effects. Unlike traditional approaches, enterprises are considered not only as objects of state regulation but also as active and contradictory participants in the implementation of sustainable development principles, whose behavior is simultaneously influenced by regulatory pressure, market mechanisms, investment requirements, and reputational risks.

The practical significance of the obtained results lies in the possibility of using the proposed conceptual approach in the formation of state sustainable development policy, improvement of ESG regulation mechanisms, and development of tools for coordinating the interests of the state, business, and society.

Keywords: sustainable development, macro level, micro level, ESG, greenwashing, sustainable development goals, corporate governance, economic system, contradictions, sustainable development policy.

Постановка проблеми

Сучасна модель сталого розвитку формується в умовах посилення суперечностей між довгостроковими екологічними та соціальними цілями суспільного розвитку й короткостроковими механізмами ринкової економіки. Зміна клімату, виснаження природних ресурсів та поглиблення соціальної нерівності актуалізують необхідність перегляду традиційних підходів до економічного зростання та ролі суб'єктів господарювання у забезпеченні сталого розвитку. У доповіді Комісії Брундтланд «Our Common Future» сталий розвиток визначається як розвиток, що «задовольняє потреби сучасності, не ставлячи під загрозу здатність майбутніх поколінь задовольняти власні потреби» [1, p. 43].

У сучасній науковій літературі сталий розвиток переважно розглядається як система збалансованої взаємодії економічної, соціальної та екологічної складових розвитку. Зокрема, Т. Хак, С. Яноушкова та Б. Молдан визначають сталий розвиток як «спробу гарантувати баланс між економічним зростанням, екологічною цілісністю та соціальним добробутом» [2]. Первинно концепція сталого розвитку формувалася переважно як макроекономічна модель, орієнтована на забезпечення збалансованого розвитку держави та суспільства. Однак сучасні трансформаційні процеси засвідчили, що досягнення Цілей сталого розвитку неможливе виключно засобами державного регулювання. Усе більшого значення набуває діяльність підприємств, які безпосередньо впливають на економічні, соціальні та екологічні результати розвитку через виробничу, інвестиційну та управлінську діяльність. Як зазначає Р. ван Тулдер, сучасні Цілі сталого розвитку формують «нову парадигму розвитку» («new paradigm of progress»), що ґрунтується на взаємодії держави, бізнесу та суспільства [3].

У зв'язку з цим концепція сталого розвитку поступово трансформується у багаторівневу систему взаємопов'язаних економічних процесів, у межах якої макро- та мікрорівні функціонують у постійній взаємодії. Водночас питання взаємозв'язку між державною політикою у сфері сталого розвитку та діяльністю суб'єктів господарювання залишаються недостатньо розробленими. Особливої актуальності дана проблематика набуває в умовах адаптації української економіки до міжнародних стандартів екологічної та соціальної відповідальності, поширення ESG-підходів та посилення інтеграційних процесів.

Аналіз досліджень

Теоретичні засади концепції сталого розвитку були сформовані у працях міжнародних організацій та зарубіжних учених наприкінці XX століття. Базовим підходом стало трактування, запропоноване Комісією Брундтланд, відповідно до якого сталий розвиток повинен забезпечувати баланс між потребами сучасного суспільства та інтересами майбутніх поколінь [1]. Подальший розвиток концепції пов'язаний із формуванням підходів, що розглядають сталий розвиток як комплексну систему взаємодії економічного зростання, соціального добробуту та екологічної безпеки. Так, І. Абубакар визначає сталий розвиток як «ключову концепцію в рамках глобальної політики розвитку», що забезпечує механізм взаємодії суспільства з навколишнім середовищем без загрози для майбутніх ресурсів [4].

Суттєва еволюція наукових підходів відбулася у напрямі дослідження ролі бізнесу у забезпеченні сталого розвитку. Якщо ранні концепції акцентували увагу переважно на державному регулюванні, то сучасні підходи розглядають підприємства як активних учасників реалізації Цілей сталого розвитку. Зокрема, Р. ван Тулдер підкреслює необхідність «поєднання макровикликів із мікропідходами» («linking macro challenges to

micro approaches») [3]. У вітчизняній науковій літературі А. Касич та В. Бурківська зазначають, що концепція сталого розвитку визначає завдання розвитку не лише для держави, але й для підприємств [5]. Водночас М. Кравченко та В. Прудкий наголошують, що концепція сталого розвитку є «макроекономічною, проте її методологія відповідним чином транслюється на нижчий рівень економічних систем» [6], а сталий розвиток підприємств значною мірою залежить від зовнішнього інституційного середовища та державної політики.

Попри значну кількість наукових праць, більшість досліджень зосереджена або на макроекономічних аспектах сталого розвитку, або на механізмах управління сталим розвитком підприємств. Водночас недостатньо дослідженими залишаються суперечності між довгостроковими цілями державної політики та короткостроковими ринковими інтересами суб'єктів господарювання, а також проблеми формальної імплементації ESG-принципів і поширення практик greenwashing у системі корпоративного управління. Це обумовлює необхідність подальших досліджень механізмів взаємодії макро- та мікрорівня економічної системи у сфері сталого розвитку.

Мета статті

Метою статті є дослідження суперечностей взаємодії макро- та мікрорівня економічної системи у процесі реалізації принципів сталого розвитку, а також обґрунтування впливу конфлікту між довгостроковими суспільними цілями та короткостроковими ринковими інтересами на ефективність досягнення Цілей сталого розвитку.

Виклад результатів

Трансформація концепції сталого розвитку в умовах сьогодення пов'язана не лише зі зміною механізмів реалізації економічних, соціальних та екологічних пріоритетів розвитку, але й із посиленням дисбалансів між

стратегічними цілями державної політики та корпоративними інтересами бізнесу. Якщо макрорівень орієнтований переважно на довгострокову стабільність економічної системи, екологічну безпеку та соціальний розвиток, то значна частина суб'єктів господарювання продовжує функціонувати в логіці короткострокової економічної ефективності та максимізації прибутку. Унаслідок цього між стратегічними пріоритетами сталого розвитку та ринковими механізмами формується структурний конфлікт, який ускладнює практичну реалізацію Цілей сталого розвитку.

Особливо гостро зазначена суперечність проявляється у діяльності великих корпорацій, які активно інтегрують ESG-принципи у систему публічної комунікації, проте фактична реалізація задекларованих екологічних і соціальних зобов'язань нерідко має формальний характер. У сучасних дослідженнях дедалі частіше акцентується увага на поширенні явища greenwashing, про яке уже згадувалось вище, - практики створення позитивного екологічного іміджу без реальних системних змін у діяльності компаній [7]. Як зазначають Т. Лайон та А. Монтгомері, корпоративні практики greenwashing формуються внаслідок розриву між публічною ESG-комунікацією та фактичними механізмами реалізації принципів сталого розвитку [8]. Це свідчить про те, що ESG-управління в окремих випадках перетворюється не стільки на механізм забезпечення сталого розвитку, скільки на інструмент підвищення інвестиційної привабливості та репутаційної конкурентоспроможності бізнесу. Водночас це не заперечує потенціалу ESG-управління як інструменту інтеграції принципів сталого розвитку у корпоративну діяльність, проте свідчить про неоднорідність практики його реалізації.

При цьому ступінь інтеграції принципів сталого розвитку у діяльність підприємств залишається неоднорідним та значною мірою залежить від

галузевої специфіки, рівня регуляторного тиску та економічної мотивації суб'єктів господарювання.

Інтеграція принципів сталого розвитку у діяльність підприємств залишається нерівномірною також через конфлікт між екологічними та соціальними критеріями, з одного боку, і вимогами ринку щодо прибутковості та конкурентоспроможності - з іншого. Впровадження екологічно безпечних технологій, модернізація виробництва, дотримання високих соціальних стандартів та ESG-вимог часто потребують значних фінансових ресурсів і мають довгостроковий характер окупності. У результаті підприємства, особливо в умовах економічної нестабільності, нерідко орієнтуються на короткострокові фінансові результати, відкладаючи реалізацію стратегічних екологічних та соціальних ініціатив.

У таких умовах суттєво змінюється функціональна роль держави у системі забезпечення сталого розвитку. Якщо традиційний підхід обмежувався переважно нормативно-правовим регулюванням, то сучасна модель передбачає формування комплексної системи економічних стимулів, інституційної підтримки та механізмів координації інтересів держави, бізнесу та суспільства. Саме від ефективності такої координації значною мірою залежить здатність економічної системи забезпечувати баланс між економічним зростанням, екологічною безпекою та соціальною стабільністю.

Водночас трансформація концепції сталого розвитку супроводжується зміною підходів до оцінювання ефективності діяльності підприємств. Традиційна орієнтація виключно на фінансові результати поступово доповнюється оцінюванням екологічного та соціального впливу діяльності суб'єктів господарювання. Однак на практиці інтеграція ESG-критеріїв у систему корпоративного управління часто має нерівномірний характер і

залежить не лише від стратегічних цілей підприємства, але й від регуляторного тиску, інвестиційних вимог та репутаційних ризиків.

Таким чином, сучасна модель сталого розвитку характеризується не лише посиленням взаємозалежності макро- та мікрорівня економічної системи, але й поглибленням суперечностей між довгостроковими цілями суспільного розвитку та короткостроковими ринковими інтересами суб'єктів господарювання. Саме це обумовлює необхідність формування більш ефективних механізмів взаємодії держави та бізнесу у сфері реалізації принципів сталого розвитку.

Для систематизації ключових відмінностей і неузгодженостей між макро- та мікрорівнем сталого розвитку доцільно узагальнити їх основні характеристики та домінуючі конфлікти інтересів (табл. 1).

Таблиця 1

Ключові суперечності макро- та мікрорівня сталого розвитку

Аспект	Макрорівень	Мікрорівень
Часовий горизонт	Довгострокова стабільність	Короткострокова прибутковість
Основний пріоритет	Суспільний добробут	Економічна ефективність
Ключовий ризик	Соціально-екологічна нестабільність	Втрата конкурентоспроможності
Суперечність	Необхідність жорсткого регулювання	Опір зростанню витрат
ESG	Інструмент політики сталого розвитку	Інструмент репутаційної адаптації та підвищення інвестиційної привабливості

Джерело: складено автором

Наведені у таблиці протиріччя свідчать про те, що основна проблема сучасної моделі сталого розвитку полягає не у відсутності стратегічних цілей або механізмів регулювання, а у складності узгодження довгострокових

суспільних інтересів із короткостроковими ринковими орієнтирами бізнесу. Якщо на макрорівні пріоритетом є забезпечення екологічної безпеки, соціальної стабільності та довгострокової стійкості економіки, то на мікрорівні підприємства часто змушені орієнтуватися на прибутковість, конкурентний тиск та швидку окупність інвестицій.

У результаті реалізація принципів сталого розвитку в практичній діяльності підприємств нерідко набуває формального характеру. Частина компаній інтегрує ESG-принципи переважно як елемент репутаційної політики або інструмент підвищення інвестиційної привабливості, що створює ризики декларативності сталого розвитку та поширення практик greenwashing. Це свідчить про наявність системних суперечностей між регуляторними вимогами, ринковими механізмами та фактичними можливостями підприємств щодо реалізації екологічних і соціальних ініціатив.

У зв’язку з цим взаємодію макро- та мікрорівня доцільно розглядати не як лінійний процес реалізації державної політики, а як систему взаємопов’язаних асиметрій, стимулів та зворотних ефектів, у межах якої зміна регуляторного середовища впливає на поведінку бізнесу, а реакція суб’єктів господарювання, своєю чергою, формує нові механізми державного регулювання та суспільного контролю (рис. 1).

Запропонована схема демонструє, що сучасна модель сталого розвитку функціонує як циклічна система взаємного впливу держави, бізнесу та суспільства. Макрорівень формує стратегічні орієнтири розвитку через екологічну політику, ESG-регулювання та економічні стимули, тоді як мікрорівень реагує на них через корпоративні механізми адаптації, орієнтовані як на забезпечення прибутковості, так і на зниження репутаційних та регуляторних ризиків.

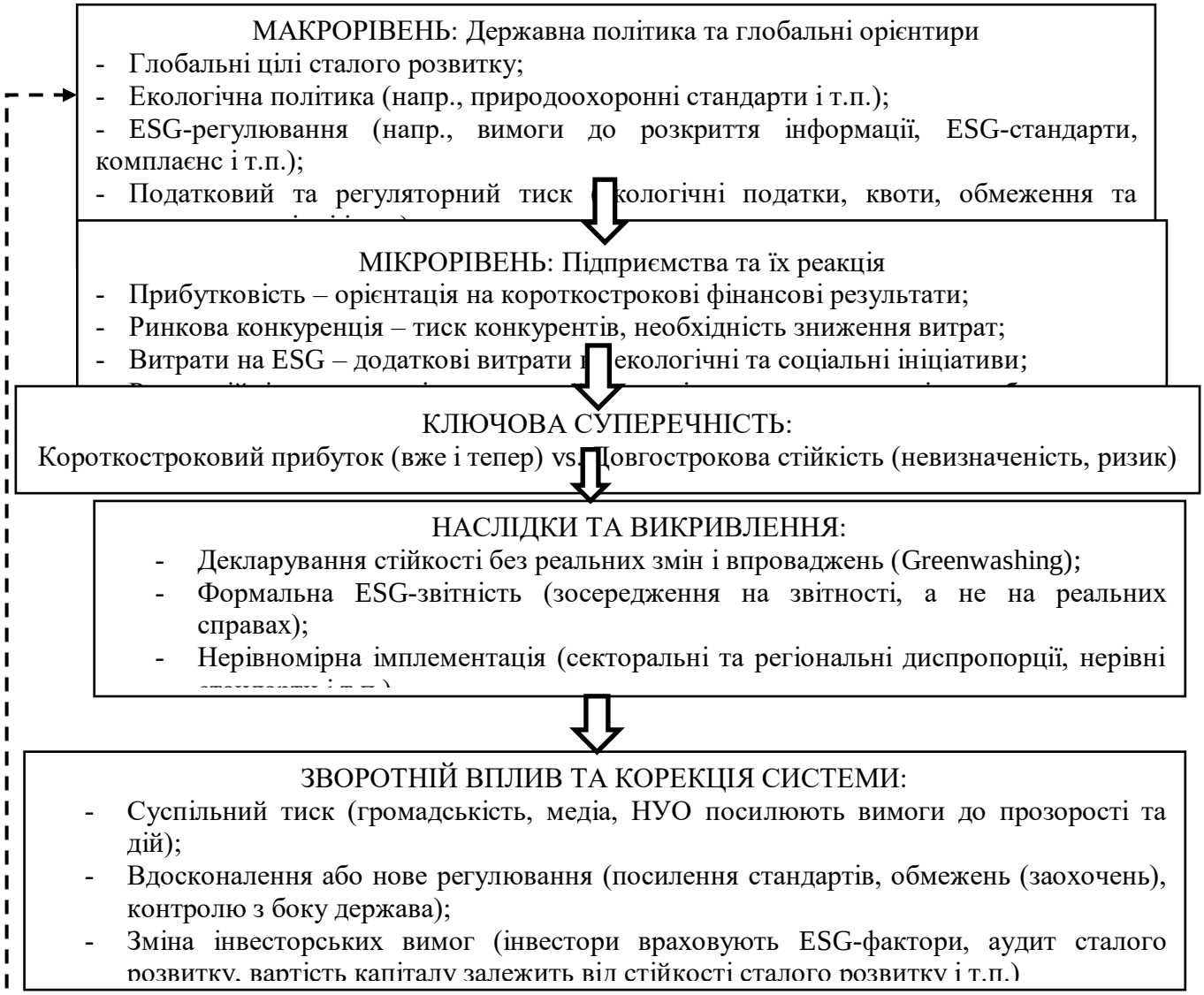


Рисунок 1. Система суперечностей і зворотних ефектів: макро- та мікрорівень

Джерело: розроблено автором

Водночас неузгодженість між короткостроковою економічною ефективністю та довгостроковими цілями сталого розвитку зумовлює появу низки викривлень, зокрема поширення символічної ESG-імплементації, формалізованих практик нефінансової звітності та greenwashing. Унаслідок цього суспільний тиск, зміна вимог інвесторів та посилення державного

регулювання формують зворотний вплив на поведінку суб'єктів господарювання, створюючи новий цикл трансформації механізмів сталого розвитку.

Висновки

У результаті проведеного дослідження встановлено, що сучасна модель сталого розвитку характеризується посиленням взаємозалежності макро- та мікрорівня економічної системи, проте така взаємодія супроводжується системними суперечностями між довгостроковими суспільними цілями та короткостроковими ринковими інтересами суб'єктів господарювання. Визначено, що реалізація принципів сталого розвитку у сучасних умовах ускладнюється конфліктом між потребою забезпечення екологічної та соціальної стійкості й орієнтацією бізнесу на економічну ефективність, конкурентоспроможність та швидку окупність інвестицій.

У ході дослідження обґрунтовано, що трансформація концепції сталого розвитку супроводжується зміною ролі підприємств у системі економічних відносин. Суб'єкти господарювання дедалі активніше інтегрують ESG-принципи у корпоративне управління, однак практика їх реалізації залишається неоднорідною та в окремих випадках набуває декларативного характеру. Це проявляється у поширенні формальної ESG-звітності, використанні механізмів репутаційної адаптації та практик greenwashing, що свідчить про наявність розриву між стратегічними цілями сталого розвитку та фактичними механізмами їх імплементації на мікрорівні.

Наукова новизна дослідження полягає у запропонованому підході до розуміння взаємодії макро- та мікрорівня сталого розвитку як системи взаємопов'язаних суперечностей, стимулів та зворотних ефектів. На відміну від традиційних підходів, у межах яких підприємства розглядаються переважно як об'єкти державного регулювання, у дослідженні обґрунтовано доцільність трактування бізнесу як активного, але неоднозначного учасника

реалізації принципів сталого розвитку, поведінка якого визначається одночасним впливом регуляторного тиску, ринкових механізмів та репутаційних факторів.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості використання запропонованого підходу при формуванні державної політики у сфері сталого розвитку, удосконаленні механізмів ESG-регулювання та розробленні інструментів координації інтересів держави, бізнесу та суспільства. Запропоновані теоретичні положення можуть бути використані як основа для подальших досліджень проблем формальної імплементації ESG-принципів, оцінювання ефективності корпоративної соціальної відповідальності та аналізу протиріч між економічною ефективністю й довгостроковими цілями сталого розвитку.

Список використаних джерел

1. Report of the World Commission on Environment and Development. Our Common Future. United Nations. 1987. URL: https://www.are.admin.ch/en/1987-brundtland-report (дата звернення: 11.06.2026)

2. Hák T., Janousková S. Moldan B. Sustainable Development Goals: A Need for Relevant Indicators. *Ecological Indicators*. 2016. Vol. 60(1). Pp. 565-573. DOI:http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.08.003 (дата звернення: 11.06.2026)

3. van Tulder R. Business and the Sustainable Development Goals. Rotterdam School of Management, Erasmus University. 2018. 24 p. URL: https://www.rsm.nl/fileadmin/Corporate/About_RSM/Positive_Change/SDGs/Business_and_Sustainable_Development_Goals_-_Positive_Change_0_Rob_van_Tulder.pdf (дата звернення: 11.06.2026)

4. Abubakar I. R. Access to sanitation facilities among Nigerian households: Determinants and sustainability implications. *Sustainability*. 2017. Vol. 9(4). 547. 17 p. URL: https://www.mdpi.com/2071-1050/9/4/547 (дата звернення: 11.06.2026)

5. Касич А. О., Бурківська В. А. Імплементація цілей стійкого розвитку в практику управління підприємствами у сучасних умовах. *Науковий вісник Ужгородського національного університету.* 2017. Вип. 16. Ч. 1. С. 135–140. URL: http://www.visnyk-econom.uzhnu.uz.ua/archive/16_1_2017ua/32.pdf (дата звернення: 11.06.2026)

6. Кравченко М. О., Прудкий В. В. Модель аналізу сталого розвитку підприємства з урахуванням ризику. *Економічний вісник НТУУ «КПІ».* 2020. № 17. С. 291–302. DOI: https://doi.org/10.20535/2307-5651.17.2020.216368 (дата звернення: 11.06.2026)

7. Delmas M., Burbano V. The Drivers of Greenwashing. *California Management Review.* 2011. Vol. 54(1). Pp. 64–87. URL: https://cmr.berkeley.edu/2011/11/54-1-the-drivers-of-greenwashing (дата звернення: 11.06.2026)

8. Lyon T., A. Montgomery W. The Means and End of Greenwash. *Organization & Environment.* 2015. Vol. 28(2). Pp. 223–249. URL: https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1086026615575332 (дата звернення: 11.06.2026)

9. Andreoni V., Miola A. Competitiveness and Sustainable Development Goals. European Commission. Luxembourg : Publications Office of the European Union. 2016. 198 p. URL: https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC103576/lb-na-28316-en-n.pdf (дата звернення: 11.06.2026)

10. Banelienė R., Strazdas R. A holistic approach to sustainability: Sustainable Development Goals (SDGs) and corporate sustainability. Econstor. Warsaw.

2025. Vol. 19. Iss. 2. URL: https://www.econstor.eu/bitstream/10419/323490/1/1932414355.pdf (дата звернення: 11.06.2026)

References

1. Report of the World Commission on Environment and Development. Our Common Future. (1987). United Nations. https://www.are.admin.ch/en/1987-brundtland-report

2. Hák, T., Janousková, S. Moldan, & B. (2016). Sustainable Development Goals: A Need for Relevant Indicators. *Ecological Indicators*. Vol. 60(1). Pp. 565-573. DOI:http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.08.003

3. van Tulder, R. (2018). Business and the Sustainable Development Goals. Rotterdam School of Management, Erasmus University. 24 p. https://www.rsm.nl/fileadmin/Corporate/About_RSM/Positive_Change/SDGs/Business_and_Sustainable_Development_Goals_-_Positive_Change_0_Rob_van_Tulder.pdf

4. Abubakar, I. R. (2017). Access to sanitation facilities among Nigerian households: Determinants and sustainability implications. *Sustainability*. Vol. 9(4). 547. 17 p. https://www.mdpi.com/2071-1050/9/4/547

5. Kasych, A. O. & Burkivska, V. A. (2017). Implementation of sustainable development goals in the practice of enterprise management in modern conditions. *Scientific Bulletin of Uzhhorod National University*. Vyp. 16. Ch. 1. P. 135–140. http://www.visnyk-econom.uzhnu.uz.ua/archive/16_1_2017ua/32.pdf [in Ukrainian].

6. Kravchenko, M. O. & Prudkyi, V. V. (2020). Model of analysis of sustainable development of an enterprise taking into account risk. *Economic Bulletin of NTUU "KPI"*. No. 17. P. 291–302. DOI: https://doi.org/10.20535/2307-5651.17.2020.216368 [in Ukrainian].

7. Delmas, M. & Burbano, V. (2011). The Drivers of Greenwashing. *California Management Review.* Vol. 54(1). Pp. 64–87. https://cmr.berkeley.edu/2011/11/54-1-the-drivers-of-greenwashing

8. Lyon, T. & Montgomery, W. (2015). The Means and End of Greenwash. *Organization & Environment.* Vol. 28(2). Pp. 223–249. https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1086026615575332

9. Andreoni, V. & Miola, A. (2016). Competitiveness and Sustainable Development Goals. European Commission. Luxembourg : Publications Office of the European Union. 198 p. https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC103576/lb-na-28316-en-n.pdf

10. Banelienė, R. & Strazdas, R. (2025). A holistic approach to sustainability: Sustainable Development Goals (SDGs) and corporate sustainability. Econstor. Warsaw. Vol. 19. Iss. 2. https://www.econstor.eu/bitstream/10419/323490/1/1932414355.pdf

Киян Володимир, кандидат юридичних наук, доцент, завідувач кафедри цивільно-правових дисциплін Дніпропетровського державного університету внутрішніх справ, м. Дніпро. Україна, ORCID iD: https://orcid.org/0000-0002-8517-9876

Гунько Катерина, здобувачка вищої освіти 3 курсу Дніпропетровського державного університету внутрішніх справ, ORCID iD: https://orcid.org/0009-0003-2040-8572

Kyian Volodymyr, PhD in Law, Associate Professor, Head of the Department of Civil Law Disciplines, Dnipropetrovsk State University of Internal Affairs, ORCID iD: https://orcid.org/0000-0002-8517-9876

Hunko Kateryna, Third-Year Higher Education Student, Dnipropetrovsk State University of Internal Affairs, ORCID iD: https://orcid.org/0009-0003-2040-8572

ОКРЕМІ ПИТАННЯ РОЗГЛЯДУ ЦИВІЛЬНИХ СПРАВ ЗА УЧАСТЮ ВІЙСКОВОСЛУЖБОВЦІВ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

SELECTED ISSUES IN THE ADJUDICATION OF CIVIL CASES INVOLVING MILITARY PERSONNEL UNDER MARTIAL LAW

Анотація

З початком повномасштабного вторгнення російської федерації в Україну виникла необхідність адаптації правосуддя до умов воєнного стану. Одним із ключових напрямів набуло питання захисту прав військовослужбовців у цивільному судочинстві. Військовослужбовці є особливою категорією громадян, які, виконуючи конституційний обов'язок із захисту незалежності та територіальної цілісності України, потребують

ефективного механізму реалізації та захисту своїх прав, зокрема, й у сфері цивільного судочинства. Специфіка їхньої діяльності пов’язана з постійним перебуванням військовослужбовців в зоні бойових дій, обмежений доступ до засобів зв’язку та правової допомоги. Усе це вимагає від суду особливого підходу для дотримання принципів змагальності та забезпечення права на справедливий розгляд справ, врахування правового статусу військовослужбовців на їх участь у цивільних судових процесах. Зокрема, для цієї категорії осіб можуть бути встановлені спеціальні процедури розгляду справ, що враховують їхню службу та пов'язані з нею обставини.

У роботі проаналізовано окремі категорії цивільних спорів, що виникають за участі військовослужбовців, зокрема, щодо сімейних правовідносин, аліментних зобов’язань, а також спорів, пов’язаних із реалізацією соціальних гарантій та оскарженням дій командування. Значну частину дослідження присвячено проблемам застосування процесуальних дій, що впливають на реалізацію процесуальних прав військовослужбовців.

Судова практика показує, що розгляд цивільних справ за участю військовослужбовців має певні свої особливості. Законодавство України передбачає спеціальні норми для розгляду цивільних справ за участю військовослужбовців. Однак, в умовах воєнного стану виникають додаткові виклики, такі як зміна територіальної підсудності судів, відсутність можливості здійснення правосуддя на окупованих територіях та труднощі з доступом до судових засідань для учасників цивільного процесу. Ці фактори вимагають адаптації процесуального законодавства та впровадження нових механізмів, таких як електронне судочинство та дистанційна участь у судових засіданнях. Порівняльний аналіз цивільного судочинства України та Польщі в надзвичайних обставинах або в умовах війни показує, що обидві країни зіткнулися з подібними викликами щодо забезпечення доступу до правосуддя. Однак, Польща має більш розвинену систему електронного

судочинства та механізмів дистанційної участі, що дозволяє зменшити негативний вплив воєнного стану на судовий процес.

Ключові слова: воєнний стан, позивач, відповідач, розгляд справ, права військовослужбовців, судова практика, електронне судочинство, дистанційна участь, цивільне судочинство, цивільне процесуальне законодавство.

Abstract

Since the onset of the full-scale invasion of Ukraine by the russian federation, the administration of justice has required significant adaptation to the conditions of martial law. One of the key issues in this context has been ensuring the protection of the rights of military personnel within civil proceedings. Military personnel constitute a distinct category of citizens who, while fulfilling their constitutional duty to defend the independence and territorial integrity of Ukraine, require effective mechanisms for the exercise and protection of their rights, including those guaranteed within the framework of civil justice.

The specific nature of military service is characterized by prolonged deployment in combat zones, restricted access to communication channels, and limited opportunities to obtain legal assistance. These circumstances necessitate a special judicial approach aimed at upholding the principles of adversarial proceedings and ensuring the right to a fair trial. Courts must take into account the legal status of military personnel and the practical limitations affecting their participation in civil proceedings. Accordingly, special procedural mechanisms may be introduced to accommodate the particular conditions associated with military service.

This study examines selected categories of civil disputes involving military personnel, including disputes arising from family law relations, maintenance (alimony) obligations, as well as cases concerning the implementation of social guarantees and challenges to the actions or decisions of military command authorities.

Particular attention is devoted to procedural issues that directly affect the ability of military personnel to exercise their procedural rights effectively.

Judicial practice demonstrates that the adjudication of civil cases involving military personnel is characterized by a number of specific features. Ukrainian legislation establishes special procedural provisions governing the consideration of such cases. Nevertheless, the legal regime of martial law has generated additional challenges, including changes in the territorial jurisdiction of courts, the inability to administer justice in temporarily occupied territories, and obstacles to participation in court hearings by parties to civil proceedings. These circumstances require further adaptation of procedural legislation and the implementation of innovative mechanisms, such as e-justice systems and remote participation in court proceedings.

A comparative analysis of civil justice systems in Ukraine and Poland under emergency or wartime conditions indicates that both states have encountered similar challenges in ensuring effective access to justice. At the same time, Poland has developed a more advanced framework for electronic justice and remote participation in judicial proceedings, which has significantly reduced the adverse impact of emergency conditions on the administration of justice. The Polish experience may therefore serve as a valuable reference point for improving procedural mechanisms designed to safeguard the rights of military personnel in Ukraine during periods of martial law.

Key words: martial law, plaintiff, defendant, adjudication of civil cases, rights of military personnel, case law, electronic justice (e-justice), remote participation in court proceedings, civil justice, civil procedural law..

Постановка проблеми

Військова агресія російської федерації спричинила проведення ряду кардинальних змін у правовій системі України для адаптації під вимоги

сьогодення. Введення правового режиму воєнного стану, згідно з Указом Президента України від 24.02.2022 №64/2022 [6] та продовження його відповідними законами України, поставило на порядок денний врегулювання питань цивільного процесуального законодавства, в цілому, та для забезпечення прав військовослужбовців, зокрема.

Метою статті є встановлення сутності та особливостей визначення правового статусу військовослужбовців як спеціального суб'єкта цивільних процесуальних відносин на основі аналізу нормативно-правових актів, наукових джерел та результатів правозастосовної практики.

Аналіз досліджень

Окремі аспекти здійснення цивільного судочинства в умовах воєнного стану досліджували К. С. Резворович, Д.О. Щербіна, О. А.Терех, Д.М. Моісеєнко та ін. Питання захисту прав військовослужбовців у цивільному судочинстві та виконання судових рішень за їх участю стали предметом наукових досліджень І.В. Жукевич. К. Косяченком та П. Ткаченком. Разом з тим тематика розгляду цивільних справ за участю військовослужбовців в умовах воєнного стану, з урахуванням новітньої судової практики Верховного Суду та процесуальних гарантій доступу до правосуддя, залишається недостатньо розробленою, що зумовлює актуальність даного дослідження.

Виклад результатів

Відповідно до статті 1 Закону України «Про правовий режим воєнного стану» [8], у період дії цього стану можуть встановлюватися тимчасові обмеження конституційних прав і свобод людини і громадянина, однак це не повинно порушувати гарантії доступу до правосуддя, які закріплені у статті 55 Конституції України [2] та статті 6 Конвенції про захист прав людини і основоположних свобод [1].

Відповідно до статті 2 Цивільно процесуального кодексу України (далі – ЦПК України) [9], завданням цивільного судочинства є справедливий, неупереджений та своєчасний розгляд і вирішення цивільних справ з метою ефективного захисту порушених, невизнаних або оспорюваних прав, свобод чи інтересів фізичних осіб, прав та інтересів юридичних осіб, інтересів держави.

Перш ніж розглядати процесуальні особливості участі військовослужбовців у цивільному судочинстві, необхідно визначити правовий статус цієї категорії осіб. Відповідно до статті 1 Закону України «Про військовий обов'язок і військову службу» від 25.03.1992 № 2232-XII (в редакції 2025 року), військовослужбовцями є особи, які проходять військову службу в Збройних Силах України та інших військових формуваннях відповідно до закону [7].

Згідно частини 3 статті 127 ЦПК України, у разі неможливості прибуття військовослужбовця, який виконує обов'язки військової служби в умовах воєнного стану, до суду, його представник може брати участь у судовому засіданні. Також законом передбачено можливість відкладення розгляду справи, якщо така участь є обов'язковою, але військовослужбовець не має змоги прибути до суду через виконання службових обов'язків.

Так, наприклад, у справі № 753/3880/20 Касаційний цивільний суд дійшов висновку про необхідність відкладення розгляду справи через неможливість участі військовослужбовця-відповідача, що перебував у зоні бойових дій. Суд наголосив, що судова повістка має бути вручена з урахуванням реальних обставин перебування особи на службі, а неналежне повідомлення не може слугувати підставою для заочного розгляду справи [4].

Окрім того, частиною третьою статті 223 ЦПК України встановлено, що у разі якщо одна зі сторін є військовослужбовцем, який бере участь у

бойових діях, суд зобов'язаний враховувати ці обставини при визначенні строків розгляду справи, а також при розгляді питання про відкладення судового розгляду.

Правозастосовна практика щодо зупинення провадження у цивільних справах у разі проходження стороною військової служби набула особливого значення в умовах триваючого воєнного стану в Україні. З огляду на імперативну редакцію положень статті 251 ЦПК України, що зобов'язують суд зупиняти провадження за наявності певних обставин, судова практика виявляє низку правових прогалин, що потребують як теоретичного осмислення, так і нормативного врегулювання.

Так згідно з пунктом 2 частини першої статті 251 ЦПК України, провадження у справі підлягає обов'язковому зупиненню у разі, якщо сторона або третя особа, яка заявляє самостійні вимоги, проходить службу у складі Збройних Сил України або інших військових формувань, створених відповідно до закону, за умови переведення їх на воєнний стан або залучення до участі в антитерористичній операції [9]. У розвиток цієї норми, пункт 2 частини першої статті 253 ЦПК передбачає, що провадження зупиняється до припинення такої служби.

Натомість частина третя статті 252 ЦПК передбачає винятки щодо застосування підстав для зупинення провадження, однак ці положення стосуються виключно пунктів 1-3 частини першої статті 252 ЦПК, і не можуть бути поширені на випадки, передбачені статтею 251, зокрема пунктом 2, який носить імперативний характер [9].

Імперативність зазначеної норми створює ситуацію, коли суд позбавлений можливості оцінювати доцільність зупинення провадження. Закон не враховує жодного модифікатора: ні стадії процесу, ні наявності в сторони процесуального представника, ні характеру справи, ні специфіки проходження військової служби. Усі ці обставини втрачають значення у

світлі прямої норми закону. Виняток зроблено лише для строкової служби – в цьому разі рішення щодо зупинення провадження покладається на розсуд суду, і лише за відсутності представника (ч. 3 ст. 252 ЦПК).

Подібна конструкція створює ризик зловживання процесуальними правами. Наприклад, особа, що подала позов і стала військовослужбовцем, автоматично «заморожує» розгляд справи незалежно від того, чи є в неї представник, чи подані необхідні процесуальні документи. Відтак, таке безумовне зобов'язання суду зупинити провадження може бути інструментом свідомого чи несвідомого блокування доступу до правосуддя.

Наприклад, у справі за позовом фізичної особи – підприємця про стягнення заборгованості за орендою торгівельного місця, суд апеляційної інстанції, посилаючись на документи, що підтверджують участь відповідача у бойових діях, обґрунтовано зупинив провадження на підставі п. 2 ч. 1 ст. 251 ЦПК. Верховний Суд погодився з цим підходом, підкресливши імперативний характер норми, незважаючи на наявність у відповідача повноважного представника [3].

Разом з тим, інша справа – щодо стягнення аліментів – ілюструє інший підхід. Суд апеляційної інстанції, попри наявність довідок про проходження відповідачем служби у ЗСУ, відмовив у зупиненні провадження. Підставою стала активна участь відповідача в процесі через повноважного представника, а також недостатність доказів щодо залучення його військової частини до бойових дій чи переведення її на воєнний стан. Верховний Суд підтримав цю позицію, чітко вказавши на необхідність підтвердження не лише факту служби, а й специфіки діяльності військової частини.

З урахуванням того, що судова практика надає певні орієнтири для обґрунтування законності зупинення провадження, доцільно визначити і критерії допустимості зупинення провадження, а саме: факт служби у складі ЗСУ або іншого військового формування; документальне підтвердження

переведення військової частини на воєнний стан або залучення її до АТО/бойових дій; відсутність можливості ефективної участі у процесі навіть через представника.

Отже, зупинення не є автоматичною реакцією на будь-який факт служби – потрібен комплекс доказів, які підтверджують об'єктивну неможливість реалізації процесуальних прав.

У постанові від 16.11.2022 по справі № 753/3880/20 Верховний Суд висловив позицію, що участь особи у добровольчому формуванні територіальної громади не є підставою для зупинення провадження. Таке формування не є військовим формуванням у розумінні закону, отже, правові наслідки перебування в ньому не тотожні наслідкам служби у ЗСУ [4].

Подібну позицію зайнято й у справі № 926/1794/21 – перебування на службі керівника юридичної особи, яка є стороною справи, не є достатньою підставою для зупинення провадження оскільки стороною є юридична особа, а не її керівник. Відтак положення п. 3 ч. 1 ст. 227 ГПК України не підлягають застосуванню в такому випадку [5].

Слід визначити, що аналіз судової практики та чинного законодавства вказує на нагальну потребу у вдосконаленні правового регулювання. Зокрема, доцільним видається: а) встановлення вичерпного переліку обставин, за яких зупинення провадження є обов'язковим; б) надання суду дискреції при наявності представника, здатного забезпечити належний захист прав сторони; в) визначити, хто саме має право звертатися із клопотанням про зупинення – лише сам військовослужбовець або його представник, але не інші сторони; г) ввести обов'язкову вимогу щодо підтвердження активної участі у бойових діях або перебування у підрозділі, діяльність якого переведена на забезпечення обороноздатності держави під час воєнного стану.

У контексті воєнного стану актуальним є й питання забезпечення прав військовослужбовців на доступ до правосуддя. Так, відповідно до статті 6 Конвенції про захист прав людини і основоположних свобод, кожен має право на справедливий і публічний розгляд справи упродовж розумного строку незалежним і безстороннім судом. Обмеження, пов'язані з виконанням військового обов'язку, не повинні ставити військовослужбовця в нерівне становище порівняно з іншими учасниками цивільного процесу.

Висновки

Таким чином, розгляд цивільних справ за участю військовослужбовців потребує особливої уваги з боку суду, з огляду на специфіку проходження військової служби, обмеження в реалізації процесуальних прав та необхідність забезпечення балансу між захистом прав військовослужбовця та інших учасників процесу.

З урахуванням викладеного вище можна констатувати, що розгляд цивільних справ за участю військовослужбовців потребує особливого підходу, і зумовлений як публічно-правовим статусом таких осіб, так і особливостями організації військової служби в умовах воєнного стану. Норма, що покладає на суд обов'язок зупинити провадження у разі проходження військової служби, потребує концептуального перегляду з метою забезпечення балансу між публічними інтересами держави у захисті воїнів і фундаментальним правом особи на доступ до правосуддя. В умовах тривалого збройного конфлікту надмірна жорсткість імперативів процесуального закону лише поглиблює нерівність та порушує принцип розумності строків розгляду справи. Реформування відповідних положень має виходити з прецедентної практики Верховного Суду, яка вже сьогодні пропонує більш диференційований, справедливий підхід.

Список використаних джерел:

1. Конвенція про захист прав людини і основоположних свобод. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_004#Text

2. Конституція України : Закон України від 28.06.1996 № 254к/96-ВР. URL: http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/254к/96-вр

3. Постанова Касаційного господарського суду у складі Верховного Суду від 01.11.2022 у справі № 926/1794/21. URL: https://protocol.ua/ua/postanova_kgs_vp_vid_01_11_2022_roku_u_spravi_926_1794_21/

4. Постанова Касаційного цивільного суду у складі Верховного Суду від 16.11.2022 у справі № 753/3880/20. URL: https://reyestr.court.gov.ua/Review/107441677

5. Постанова Касаційного цивільного суду у складі Верховного Суду від 19.12.2024 у справі № 484/40/21 (провадження № 61-4547св23). URL: https://zakononline.ua/court-decisions/show/123992060#google_vignette

6. Про введення воєнного стану в Україні. Указ Президента України від 24.02.2022 № 64/2022. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/64/2022

7. Про військовий обов'язок і військову службу : Закон України від 25.03.1992 № 2232-XII. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2232-12

8. Про правовий режим воєнного стану : Закон України від 12.05.2015 № 389-VIII. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/389-19

9. Цивільний процесуальний кодекс України від 18.03.2004 № 1618-IV. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1618-15

References:

1. Convention for the Protection of Human Rights and Fundamental Freedoms. (1950). Retrieved from https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_004#Text.

2. Constitution of Ukraine. (1996). Law of Ukraine No. 254к/96-ВР of June 28, 1996. Retrieved from http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/254к/96-вр.

3. Resolution of the Commercial Cassation Court within the Supreme Court of November 1, 2022, in case No. 926/1794/21. Retrieved from https://protocol.ua/ua/postanova_kgs_vp_vid_01_11_2022_roku_u_spravi_926_1794_21/.

4. Resolution of the Civil Cassation Court within the Supreme Court of November 16, 2022, in case No. 753/3880/20. Retrieved from https://reyestr.court.gov.ua/Review/107441677.

5. Resolution of the Civil Cassation Court within the Supreme Court of December 19, 2024, in case No. 484/40/21 (proceeding No. 61-4547св23). Retrieved from https://zakononline.ua/court-decisions/show/123992060#google_vignette.

6. Decree of the President of Ukraine "On the Introduction of Martial Law in Ukraine" No. 64/2022 of February 24, 2022. Retrieved from https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/64/2022.

7. Law of Ukraine "On Military Duty and Military Service" No. 2232-XII of March 25, 1992. Retrieved from https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2232-12.

8. Law of Ukraine "On the Legal Regime of Martial Law" No. 389-VIII of May 12, 2015. Retrieved from https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/389-19.

9. Civil Procedure Code of Ukraine No. 1618-IV of March 18, 2004. Retrieved from https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1618-15.

Zahoruiko Valerii, Postgraduate Student, National University of Civil Defence of Ukraine, Cherkasy, Ukraine, ORCID: https://orcid.org/0009-0009-1348-4503

STATE-ADMINISTRATION MECHANISMS FOR ENSURING THE SECURITY OF THE DIGITAL SPACE OF UKRAINE: MODEL AND INSTRUMENTS

Abstract

The article substantiates an integrated model of state-administration mechanisms for ensuring the security of the digital space of Ukraine. The relevance of the topic is determined by the transformation of digital space into an independent sphere of public administration, national resilience, critical infrastructure protection and interaction between the state, digital platforms, business actors and civil society. The paper proceeds from the premise that the security of digital space should be considered not only as a technical or cyber-protection task but also as a complex public-administration category connected with the stability, orderliness and controllability of digital relations under martial law and during post-war recovery.

The proposed model combines doctrinal, normative-legal, institutional, organizational-coordination, information-analytical, communication, personnel, control and international-cooperation mechanisms. It is based on the idea that digital space cannot be effectively governed by one centralized actor alone. Therefore, the model links strategic decision-making by state authorities with operational coordination, cooperation with owners of digital platforms, public-private partnership, civic participation, analytical monitoring of threats and international interaction. Particular attention is paid to the protective logic of public administration: state response must be oriented toward the defence of

public interests, digital sovereignty, critical information infrastructure, rights of citizens and the democratic order.

The practical value of the study lies in the development of recommendations for Ukrainian public administration: the formation of a unified state concept of digital-space security; the clarification of powers of responsible institutions; the creation of a stable coordination mechanism; the development of a digital-threat monitoring system; the institutionalization of cooperation with platforms and civil society; the strengthening of personnel capacity; and the use of transparent criteria for assessing proportionality and effectiveness of state response. The results may be used in public-administration research, strategic planning, cybersecurity policy and the preparation of practical recommendations for strengthening Ukraine's resilience in the digital environment.

Keywords: digital space, security of digital space, public administration, state-administration mechanisms, cybersecurity, digital platforms, public interests, Ukraine.

Problem statement. The full-scale war has radically changed the role of digital space in the functioning of the Ukrainian state and society. Digital platforms, electronic public services, communication networks, registers, information systems, cloud infrastructure and online interaction have become not auxiliary tools but essential conditions for the continuity of governance, defence, public services, economic activity and civic communication. At the same time, the same digital environment has become a field of hostile influence, cyberattacks, disinformation, manipulation of public opinion, attacks on critical infrastructure and attempts to undermine trust in public institutions.

Under such conditions, the security of the digital space of Ukraine becomes a direct criterion of state capacity. It shows whether public authorities can not only react to separate incidents but also create a stable system of prevention,

coordination, protection, recovery and communication. The traditional understanding of cybersecurity as a sectoral technical task is no longer sufficient. Digital threats affect public administration, national security, social stability, access to services, economic continuity, rights and freedoms of citizens and international cooperation. Therefore, the problem must be studied through the category of state-administration mechanisms.

In the context of this article, state-administration mechanisms for ensuring the security of digital space are understood as a coordinated set of normative-legal, institutional, organizational, analytical, communication, personnel, control and international instruments through which public authorities identify threats, organize interaction between actors, protect public interests, ensure the resilience of digital infrastructure and maintain the safe functioning of digital relations. This definition emphasizes that the security of digital space cannot be ensured by one ministry, one law, one technical system or one emergency response unit. It requires a cycle of strategic planning, operational coordination, data-based decision-making, cooperation with non-state actors and feedback from society.

The Ukrainian case is especially complex because the state has to combine rapid wartime response with long-term institutional modernization. On the one hand, public authorities must protect digital infrastructure and information resources in conditions of constant external aggression. On the other hand, Ukraine continues digital transformation, develops electronic services, integrates with the European digital space and prepares for recovery. This creates a practical contradiction: the digital environment must remain open, innovative and citizen-oriented, but at the same time it must be protected, resilient and controllable. The development of an integrated model of state-administration mechanisms is therefore both a theoretical and practical task.

Analysis of recent research and publications. The theoretical basis for studying digital space as an object of public administration is provided by research

on the legal order of digital space, digital platforms and models of regulation. T. E. Mehdiiev's dissertation is important because it demonstrates that digital space is characterized by transboundary communication, network interaction, technical complexity, high dynamics and the growing role of non-state regulation. This approach is relevant for public administration because it shows that the state cannot rely exclusively on centralized command methods when governing digital relations.

The protective dimension of the study is supported by A. V. Brutskiy's research on public order as a mechanism for protecting fundamental values of legal order. Although the present article does not use public order as a branch-law category, its logic is useful for defining the public-administration meaning of digital-space security. State intervention in digital space must be connected with the protection of fundamental public interests rather than with abstract expansion of administrative control. This makes it possible to distinguish necessary protective measures from excessive, fragmented or politically inconsistent reactions.

The doctrinal dimension is grounded in O. M. Kazakevich's research on legal doctrine in the development of national order. Its key value for this article is the idea that doctrines, concepts, strategic documents and scientific approaches form the intellectual basis of regulation and public policy. Applied to the digital sphere, this means that Ukraine needs not only separate legal acts on cybersecurity, information security or digital transformation but also a coherent doctrinal framework that explains how the state understands digital space, which interests it protects and how mechanisms of governance should interact.

Ukrainian normative and strategic documents also form an important background for the analysis. The Law of Ukraine On the Basic Principles of Cybersecurity in Ukraine defines legal and organizational foundations for the protection of vital interests of individuals, society and the state in cyberspace. The

Cybersecurity Strategy of Ukraine for 2021-2025 emphasizes cyber resilience, deterrence and interaction, while the Information Security Strategy focuses on protection against information threats and hostile influence. These documents demonstrate that Ukraine already has significant components of the mechanism, but their practical integration remains a challenge.

International approaches confirm the need for multi-level and multi-actor governance. European cybersecurity policy, the NIS2 logic, ENISA analytical materials and NATO-oriented resilience approaches underline that cybersecurity is connected with governance, risk management, incident reporting, protection of essential services, cooperation with private operators and public trust. For Ukraine, this international context is not external; it is part of the practical environment in which the state builds interoperability, receives assistance, exchanges threat intelligence and moves toward European integration.

Despite the growing number of studies and strategic documents, there remains a need for an applied public-administration model that connects digital-space security with mechanisms, subjects, procedures and instruments. A considerable part of the literature focuses either on technical cybersecurity or on general digital transformation. The present article therefore concentrates on the question of how public administration should be organized: what mechanisms are necessary, how they interact, who is responsible for them and how state response can be made systematic, proportionate and effective.

Purpose of the article. The purpose of the article is to substantiate an integrated model of state-administration mechanisms for ensuring the security of the digital space of Ukraine and to define practical instruments for improving public administration in this sphere.

Presentation of the main material of the study. The proposed model is based on a transition from fragmented reaction to a full public-administration cycle. The starting point is the recognition of digital space as an independent object of state

administration. It includes not only networks and technologies but also digital platforms, data flows, public electronic services, online communication, digital markets, critical information infrastructure, activities of state bodies, private operators, citizens and civil society organizations. Security in this context means the protected, stable and ordered functioning of this environment in the interests of the state and society.

The first element of the model is the doctrinal block. It provides conceptual unity for the entire system. Without a doctrinal basis, different institutions may interpret digital threats, public interests and acceptable forms of intervention differently. The doctrinal block should define the meaning of the security of digital space, its relation to national security, cybersecurity, information security, digital transformation and protection of rights. It should also establish the value framework of governance: digital sovereignty, resilience, human dignity, public trust, continuity of services and democratic accountability.

The second element is the normative-legal mechanism. It creates the formal framework for action and defines powers, duties, procedures, standards and responsibility. This mechanism includes laws, presidential decrees, government resolutions, strategies, sectoral regulations, standards of critical infrastructure protection, rules for incident reporting, data-protection requirements and procedures for cooperation with private actors. Its effectiveness depends not only on the number of legal acts but also on their coherence. Fragmentation of definitions, overlapping competences and unclear procedures weaken administrative capacity.

The third element is the institutional mechanism. It determines who acts and how institutions interact. The strategic level includes the President of Ukraine, the National Security and Defence Council, the Verkhovna Rada and the Cabinet of Ministers. The sectoral and operational level includes bodies responsible for cybersecurity, digital transformation, communications, intelligence, law

enforcement, defence, protection of critical infrastructure and emergency response. Regional and local authorities are also important because digital services, public communication and infrastructure resilience are implemented in territories and communities.

A special feature of institutional security in digital space is the role of non-state actors. Owners of digital platforms, telecommunications providers, cloud-service providers, banks, energy companies, media organizations, IT companies, volunteer initiatives and civil society organizations possess resources and information without which the state cannot ensure security. Therefore, the institutional mechanism should not be reduced to a hierarchy of public authorities. It must include stable formats of public-private cooperation, information exchange, joint exercises, crisis communication and participation of expert communities.

The fourth element is the organizational-coordination mechanism. It transforms formal powers into practical interaction. Its instruments include interagency coordination groups, permanent working bodies, protocols of response to digital incidents, operational communication channels, procedures for escalation of threats, joint situational centres and coordination between national, regional and local levels. The main task is to prevent a situation in which each institution sees only its own sector while digital threats move across sectors, platforms and administrative borders.

The fifth element is the information-analytical mechanism. Digital-space security requires constant monitoring, early warning and evidence-based decision-making. This mechanism should include collection and analysis of information about cyber incidents, disinformation campaigns, vulnerabilities of digital services, threats to critical infrastructure, behaviour of hostile actors, public trust and the quality of institutional response. Analytical products must support both

strategic planning and operational decisions. They should be understandable for decision-makers and connected with clear response procedures.

The sixth element is the communication mechanism. In digital space, communication is itself a security instrument. Public authorities must explain risks, provide timely information during incidents, counter disinformation, inform citizens about protective behaviour and maintain trust in digital public services. Communication should be coordinated, transparent and adapted to different audiences. During war, silence, delay or contradictory messages may create panic, reduce trust and amplify hostile narratives. Therefore, communication cannot be separated from administrative coordination.

The seventh element is the personnel mechanism. The security of digital space depends on the competence of public officials, technical specialists, managers, analysts, communicators and local administrators. Ukraine needs not only cyber specialists but also public servants who understand digital risks, platform governance, data protection, crisis coordination and international cooperation. Personnel instruments should include professional training, certification, interagency exercises, reserve expert networks, cooperation with universities and mechanisms for attracting specialists from the private sector.

The eighth element is the control and evaluation mechanism. It ensures accountability and learning. Control should not be limited to formal inspection after incidents. It should include regular assessment of institutional readiness, audits of digital infrastructure, testing of continuity plans, evaluation of implementation of strategies, monitoring of response time and analysis of citizen feedback. The purpose of control is not punishment alone but improvement of the system. A mature mechanism identifies weaknesses before they turn into large-scale failures.

The ninth element is the mechanism of international cooperation. Digital space is transboundary, and many threats cannot be localized within the borders of

one state. Ukraine needs cooperation with the European Union, NATO partners, international organizations, foreign cybersecurity agencies, technology companies and donor programmes. This cooperation should cover threat intelligence, technical assistance, harmonization of standards, training, protection of critical infrastructure, countering disinformation and development of interoperable procedures. International cooperation strengthens national capacity but should be aligned with Ukrainian priorities.

The mechanisms described above should operate together. The doctrinal block defines meanings and values; the normative mechanism establishes rules; the institutional mechanism allocates roles; the organizational mechanism coordinates action; the information-analytical mechanism provides evidence; the communication mechanism maintains trust; the personnel mechanism creates capacity; the control mechanism ensures accountability; and international cooperation expands resources and interoperability. If one of these elements is weak, the whole model becomes vulnerable.

A key principle of the model is the combination of centralized strategic leadership with distributed implementation. In wartime conditions, the state must preserve the capacity for rapid decisions and unified priorities. At the same time, digital space is too dynamic and dispersed to be administered only through centralized commands. Effective governance requires a mixed democratic-security model in which the state defines strategic goals and protective standards, while platforms, private operators, communities and civil society participate in implementation, monitoring and feedback.

The protective logic of the model can be expressed through an administrative algorithm. First, the responsible actor identifies a digital threat or vulnerability. Second, the significance of the threat is assessed in relation to public interests, rights of citizens, critical infrastructure, state sovereignty and social stability. Third, the competent institution is determined. Fourth, possible response

instruments are compared according to effectiveness, proportionality, legality and impact on rights. Fifth, implementation is coordinated with relevant actors. Sixth, results are evaluated and the mechanism is adjusted.

This algorithm prevents both passivity and excessive intervention. It is not enough to say that digital space is threatened; public administration must identify what exactly is threatened, why the threat is significant, who must respond and which instrument is adequate. For example, a cyberattack on a public register, a disinformation campaign during an emergency and a vulnerability in a private platform require different combinations of legal, technical, communication and coordination measures. A proportional response strengthens security without destroying trust or innovation.

The model also requires differentiation of instruments according to the type of digital risk. Cyber incidents affecting critical infrastructure require technical response, emergency coordination and continuity of services. Disinformation campaigns require analytical monitoring, strategic communication and cooperation with media and platforms. Threats to public electronic services require service-resilience planning, backup solutions and user communication. Risks connected with digital platforms require cooperation with owners, transparency of moderation procedures and protection of users. Personnel deficits require training and institutional incentives.

For Ukraine, the regional and local levels deserve special attention. Communities increasingly depend on digital tools for administrative services, humanitarian coordination, warning systems, education, health care and communication with displaced persons. Regional authorities can identify local vulnerabilities, organize cooperation with infrastructure operators and communicate with citizens. Therefore, national mechanisms should be connected with regional digital-security plans, local incident protocols, training of municipal

officials and channels for reporting digital problems from communities to central institutions.

The practical application of the model can be illustrated by the security of digital public services. Electronic services increase accessibility and reduce administrative barriers, but they also create dependence on data protection, authentication, continuity of platforms and public trust. The normative mechanism defines rules; the institutional mechanism allocates responsibility; the organizational mechanism ensures response to failures; the analytical mechanism monitors incidents; the communication mechanism informs users; and the control mechanism evaluates resilience. Only the combination of mechanisms makes the service secure as a public-administration instrument.

Another example is interaction with global digital platforms. These platforms influence information flows, public debate, business communication and civic mobilization in Ukraine. The state cannot simply command them as subordinated institutions, but it also cannot ignore their role. An effective mechanism should include contact points, protocols for urgent requests, cooperation on disinformation and harmful content, transparency requirements where possible, and involvement of civil society experts. This reflects the mixed model of governance in which state authority is combined with negotiated and network forms of regulation.

An important requirement for the model is digitalization of governance itself. Public authorities need secure systems for data exchange, incident registration, monitoring of implementation, dashboards for decision-makers and channels for citizen feedback. However, digitalization should not be interpreted as a universal solution. It must be accompanied by clear procedures, responsible institutions, trained personnel and protection of personal data. Otherwise, new digital tools may reproduce old administrative fragmentation in a technological form.

Transparency and accountability are also necessary. Security policy often operates with sensitive information, but excessive secrecy can weaken public trust and reduce the quality of oversight. The state should distinguish between operational information that must remain protected and strategic information that should be publicly explained. Citizens and partners need to understand priorities, responsible institutions, general results of implementation and channels for reporting problems. This is especially important when digital-space security measures affect access to information, communication or public services.

The model changes the understanding of public administration in the digital sphere. The state is not only a regulator of technologies and not only a provider of electronic services. It is an organizer of a secure digital environment in which many actors interact. Its role is to set strategic priorities, protect public interests, coordinate participants, support resilience, ensure accountability and maintain balance between security, rights, innovation and openness. This balance is the central administrative challenge of Ukraine's digital development.

For practical implementation, the article proposes seven steps. First, Ukraine should develop a unified state concept or doctrine of digital-space security that connects cybersecurity, information security, digital transformation and public-administration resilience. Second, powers of key actors should be clarified in order to reduce duplication and gaps. Third, a permanent interagency coordination mechanism should be strengthened or created with clear procedures for ordinary monitoring and crisis response. Fourth, cooperation with digital platforms, telecommunications providers, critical infrastructure operators and civil society should be institutionalized.

Fifth, a national system of digital-threat monitoring and analytical support should be developed. It should combine technical indicators, administrative information, platform-related risks, communication threats and regional signals. Sixth, personnel capacity should be strengthened through specialized training for

public officials, regional administrators and managers of critical digital services. Seventh, control and evaluation should be linked with measurable indicators: response time, continuity of services, quality of communication, number of coordinated exercises, level of institutional readiness and public trust. This flexibility should also be institutionalized through periodic lessons-learned reports after major incidents, annual review of interagency protocols, and public discussion of non-sensitive results. In this way, adaptation becomes not an informal reaction of individual officials but a regular management procedure. Such an approach is important for Ukraine because wartime experience produces unique practical knowledge about cyber resilience, platform cooperation, digital public services and civic mobilization. If this knowledge is collected, assessed and converted into updated rules, the state will be able to strengthen digital-space security while preserving the advantages of innovation, decentralization and citizen-oriented digital transformation.

Finally, the proposed model should remain flexible. The digital environment changes rapidly: technologies, hostile tactics, platform policies, legal standards and social expectations evolve. A mechanism that is effective today may become insufficient tomorrow. Therefore, the model should include feedback, periodic revision of strategic documents, scenario planning and experimental instruments. Flexibility, however, should not mean randomness. It should be based on doctrine, clear public interests, institutional responsibility and evidence-based assessment.

Conclusion. The article substantiates an integrated model of state-administration mechanisms for ensuring the security of the digital space of Ukraine. The model is based on the understanding of digital space as an independent object of public administration and security as a state of protection, resilience, orderliness and controllability of digital relations in the interests of the state and society. The study shows that digital-space security cannot be reduced to technical cybersecurity or separate legal regulation.

The classification of mechanisms includes doctrinal, normative-legal, institutional, organizational-coordination, information-analytical, communication, personnel, control and international-cooperation components. Their combined use makes it possible to move from fragmented reaction to a full public-administration cycle. The model is built as a mixed democratic-security model: the state preserves strategic leadership and protective responsibility, while digital platforms, private operators, civil society, expert communities and international partners participate in implementation and feedback.

The practical recommendations include forming a unified doctrine or concept of digital-space security, clarifying institutional powers, strengthening interagency coordination, developing digital-threat monitoring, institutionalizing cooperation with platforms and civil society, improving personnel capacity and introducing evaluation indicators for effectiveness and proportionality of state response. Further research should focus on testing the proposed model in specific sectors and regions, developing measurable indicators of digital-space security and analysing how Ukrainian mechanisms can be harmonized with European standards while preserving national resilience priorities.

References

1. Verkhovna Rada of Ukraine. (2017). Law of Ukraine On the Basic Principles of Cybersecurity in Ukraine No. 2163-VIII of 5 October 2017. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/en/2163-19

2. President of Ukraine. (2021). Decree No. 447/2021 On the Cybersecurity Strategy of Ukraine. https://www.president.gov.ua/documents/4472021-40013

3. National Security and Defence Council of Ukraine. (2021). Cybersecurity Strategy of Ukraine for 2021-2025. https://www.rnbo.gov.ua/en/Diialnist/4838.html

4. President of Ukraine. (2021). Decree No. 685/2021 On the Information Security Strategy. https://www.president.gov.ua/documents/6852021-41069

5. Verkhovna Rada of Ukraine. (2020). Decree of the President of Ukraine No. 392/2020 On the National Security Strategy of Ukraine. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/392/2020

6. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2024). Ukraine Plan. https://me.gov.ua/Documents/Detail?lang=en-GB&id=8f3cae3c-10f7-4a5a-bf1f-6d9fc3f6b987

7. Ministry of Digital Transformation of Ukraine. (n.d.). Diia: Digital State. https://diia.gov.ua/

8. European Union. (2022). Directive (EU) 2022/2555 on measures for a high common level of cybersecurity across the Union (NIS2 Directive). Official Journal of the European Union.

9. ENISA. (2024). ENISA Threat Landscape 2024. European Union Agency for Cybersecurity. https://www.enisa.europa.eu/publications/enisa-threat-landscape-2024

10. NATO Cooperative Cyber Defence Centre of Excellence. (2024). National Cybersecurity Governance: Ukraine. https://ccdcoe.org/library/publications/

11. European Commission. (n.d.). Supporting Ukraine through digital. https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/support-ukraine

12. OECD. (2022). Public Governance in Ukraine: Implications of Russia's War. OECD Policy Responses. https://www.oecd.org/en/publications/public-governance-in-ukraine_c8cbf0f4-en.html

13. Mehdiiev, T. E. (2023). Legal order of digital space: dissertation for the degree of Candidate of Legal Sciences. Moscow State Law University named after O. E. Kutafin.

14. Brutskiy, A. V. (2026). Public order as a protective mechanism of fundamental values of legal order: dissertation for the degree of Candidate of Legal Sciences. Institute of Legislation and Comparative Law under the Government of the Russian Federation.

15. Kazakevich, O. M. (2024). Legal doctrine in the context of the development of legal order: dissertation for the degree of Candidate of Legal Sciences. Institute of Legislation and Comparative Law under the Government of the Russian Federation.

16. Goldsmith, J., & Wu, T. (2006). Who Controls the Internet? Illusions of a Borderless World. Oxford University Press.

Демчук Людмила, кандидат пед. наук, доцент кафедри екології, лісівництва та сталого природокористування, Державний університет «Житомирська політехніка», ORCID: 0000-0001-5698-7113

Кірейцева Ганна, доктор технічних наук, професор кафедри екології, лісівництва та сталого природокористування, Державний університет «Житомирська політехніка», ORCID:0000-0002-1055-178

Нонік Людмила, доктор філософії, доцент кафедри екології, лісівництва та сталого природокористування, Державний університет «Житомирська політехніка ORCID: 0000-0003-4234-8948

Войналович Ірина, асистент кафедри екології, лісівництва та сталого природокористування, Державний університет «Житомирська політехніка, ORCID: 0009-0000-1811-4928

Хоменко Світлана, аспірант, асистент кафедри екології, лісівництва та сталого природокористування, Державний університет «Житомирська політехніка», ORCID: 0009-0002-7463-7867

Русецька Наталя, викладач природничих дисциплін Житомирський агротехнічний коледж, ORCID: 0000-0002-5568-4708

Demchuk Lyudmila, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Department of Ecology, Forestry, and Sustainable Natural Resource Management, Zhytomyr Polytechnic State University, ORCID: 0000-0001-5698-7113

Kireitseva Hanna, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Ecology, Forestry, and Sustainable Natural Resource Management, Zhytomyr Polytechnic State University, ORCID:0000-0002-1055-1784

Nonik Lyudmila, Ph.D., Associate Professor, Department of Ecology, Forestry, and Sustainable Natural Resource Management, Zhytomyr Polytechnic State University, ORCID: 0000-0003-4234-8948

Voynalovych Iryna, Assistant Professor, Department of Ecology, Forestry, and Sustainable Natural Resource Management, Zhytomyr Polytechnic State University, ORCID: 0009-0000-1811-4928

Khomenko Svitlana V., Postgraduate Student, Assistant, Department of Ecology, Forestry, and Sustainable Natural Resource Management, Zhytomyr Polytechnic State University, ORCID: 0009-0002-7463-7867

Rusetska Natalia, Lecturer in Natural Sciences, Zhytomyr Agricultural Technical College, ORCID: 0000-0002-5568-4708

МІЖНАРОДНІ СТАНДАРТИ ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ ТА МЕХАНІЗМИ ВІДПОВІДАЛЬНОСТІ ЗА ТРАНСКОРДОННЕ ЗАБРУДНЕННЯ

INTERNATIONAL ENVIRONMENTAL PROTECTION STANDARDS AND MECHANISMS FOR ACCOUNTABILITY FOR TRANSBOUNDARY POLLUTION OPTIMIZATION OF ELECTROLYTE COMPOSITION FOR "GREEN" HYDROGEN TECHNOLOGIES

Анотація

Досліджено еволюцію та сучасний стан нормативно-правового регулювання захисту довкілля у міжнародному праві в умовах глобальних екологічних викликів. Проаналізовано базові принципи екологічної безпеки, закладені Стокгольмською декларацією, та систему багатосторонніх конвенцій, що формують глобальний правовий каркас охорони біосфери й управління небезпечними відходами. Особливу увагу приділено трансформації інституту міжнародно-правової відповідальності за транскордонне забруднення: обґрунтовано тенденцію доповнення класичної відповідальності держав механізмами цивільно-правової відповідальності

приватних операторів. На основі аналізу практики Міжнародного Суду ООН та інших судових інституцій узагальнено підходи до оцінювання екологічної шкоди, верифікації причинно-наслідкового зв'язку та визначення порядку компенсації збитків. Виявлено ключові системні бар'єри на шляху реалізації цих механізмів, зокрема: латентний характер екологічної шкоди, складність її калькуляції та колізії юрисдикції у спорах за участю транснаціональних корпорацій. Запропоновано пріоритетні напрями оптимізації міжнародного інструментарію, серед яких є посилення інституційного моніторингу, впровадження обов'язкового екологічного страхування та розширення мережі спеціальних компенсаційних фондів для забезпечення сталого розвитку.

Ключові слова: міжнародне екологічне право, транскордонне забруднення, міжнародно-правова відповідальність, Міжнародний Суд ООН, екологічна шкода, сталий розвиток, компенсаційні фонди, сталий розвиток, екологічний ризик, екологічна відповідальність

Annotation

This study examines the evolution and current state of the legal framework for environmental protection in international law in the context of global environmental challenges. The study analyzes the fundamental principles of environmental security enshrined in the Stockholm Declaration, as well as the system of multilateral conventions that form the global legal framework for the protection of the biosphere and the management of hazardous waste. Particular attention is paid to the transformation of the institution of international legal liability for transboundary pollution: the trend toward supplementing the classical liability of states with mechanisms of civil liability for private operators is substantiated. Based on an analysis of the case law of the International Court of Justice and other judicial institutions, approaches to assessing environmental

damage, verifying causation, and determining the procedure for compensating for losses are summarized. Key systemic barriers to the implementation of these mechanisms have been identified, including: the latent nature of environmental damage, the complexity of its calculation, and conflicts of jurisdiction in disputes involving transnational corporations. Priority areas for optimizing the international legal framework are proposed, including strengthening institutional monitoring, introducing mandatory environmental insurance, and expanding the network of special compensation funds to ensure sustainable development.

Keywords: international environmental law, transboundary pollution, international legal liability, international court of justice, environmental damage, sustainable development, compensation funds, sustainable development, environmental risk, environmental liability

Постановка проблеми. Упродовж останніх десятиліть екологічна деградація перетворилася з локальних інцидентів на комплексну глобальну загрозу, що не визнає суверенних державних кордонів. Транскордонне забруднення, яке охоплює перенесення шкідливих речовин через повітряні маси, спільні річкові артерії та морські простори, становить пряму загрозу для національної безпеки, екологічного балансу та стабільності економічного розвитку держав-реципієнтів збитків. Динамічний розвиток промисловості, глобалізація виробничих ланцюжків та інтенсифікація використання природних ресурсів посилюють навантаження на біосферу, що вимагає якісно нових підходів до міжнародно-правового регулювання охорони довкілля.

Специфіка транскордонного забруднення полягає у просторовому та часовому розриві між джерелом емісії та місцем прояву його руйнівних наслідків. Країна, на території якої генеруються токсичні викиди чи відходи, часто отримує повну економічну вигоду від функціонування небезпечних

підприємств, тоді як суміжні суверенні суб'єкти змушені самостійно ліквідовувати наслідки забруднення та фінансувати охорону здоров'я власного населення. Така асиметрія створює перманентні політичні ризики, провокує міждержавні конфлікти й підриває довіру в регіональних інституціях, що вимагає детальної уніфікації критеріїв оцінки екологічної шкоди на глобальному рівні.

Сучасна система міжнародних стандартів захисту навколишнього середовища являє собою конгломерат багатосторонніх угод, декларацій та звичаєвих норм, які не завжди узгоджуються між собою за ступенем імперативності та юридичної сили. Більшість діючих екологічних стандартів мають рекомендаційний характер (так зване «м'яке право»), що дозволяє державам маневрувати в межах національного законодавства та уникати жорстких обмежень заради стимулювання внутрішнього промислового зростання. Відсутність єдиного кодифікованого зводу правил і чітких екологічних лімітів суттєво послаблює превентивний потенціал міжнародного моніторингу та ускладнює притягнення порушників до юридичної відповідальності.

Ключовою вразливістю у цій площині залишається недосконаліть інституційних механізмів примусу та відшкодування збитків у рамок міжнародного публічного права. Традиційні процедури розгляду спорів у Міжнародному Суді ООН є надто тривалими, коштовними та політизованими, а доведення прямого причинно-наслідкового зв'язку між діяльністю конкретного суб'єкта в одній країні та погіршенням екологічного стану в іншій є надскладним науково-технічним завданням. Як наслідок, більшість випадків масштабного транскордонного забруднення залишаються без належної юридичної компенсації, а постраждалі екосистеми зазнають безповоротної деградації.

Актуальність цієї проблеми додатково загострюється появою нових видів транскордонних екологічних загроз, таких як масштабні техногенні катастрофи в зонах збройних конфліктів, транскордонне переміщення мікропластику, стійких органічних забруднювачів та фармацевтичних відходів через гідрологічні мережі. Це зумовлює гостру практичну та теоретичну потребу в комплексному переосмисленні існуючих правових режимів, модернізації системи екологічних стандартів і впровадженні дієвих моделей цивільно-правової та міжнародної відповідальності, здатних забезпечити невідворотність компенсації та дієвий захист глобального екологічного простору.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання правового регулювання екологічної безпеки та відповідальності за транскордонну шкоду перебувають у центрі прискіпливої уваги провідних вітчизняних та іноземних науковців. Теоретичний фундамент дослідження концепцій міжнародної відповідальності держав у цій сфері закладено в працях таких класичних дослідників права, як П. Сандс та Ж. Піль. У період з 2021 по 2026 роки науковий дискурс суттєво змістився в бік інституціоналізації екологічного моніторингу та адаптації норм до умов кліматичної кризи й гібридних загрозах безпеці. Так, детальний аналіз еволюції принципу «забруднювач платить» у сучасній практиці міжнародних трибуналів представлено у фундаментальній праці С. Брюнне [1]. Особливості застосування превентивних заходів та оцінки довгострокових екологічних ризиків у транскордонному контексті детально досліджено у працях Боданського Д., який наголошує на пріоритеті концепції «належної обачності» [2]. Важливий внесок у розробку інструментів верифікації та калькуляції транскордонної шкоди внесли сучасні європейські дослідники Л. Крамер та Р. Вевер, які запропонували інтегровану модель оцінки екосистемних послуг для юридичних розрахунків [3]. Проблематику

притягнення до відповідальності транснаціональних корпорацій за екологічні правопорушення у країнах, що розвиваються, висвітлено в публікаціях Е. Мороза, де обґрунтовується необхідність розширення інституту транскордонної цивільної відповідальності [4]. Водночас, незважаючи на значну кількість наукових публікацій за 2021–2026 роки, поза увагою дослідників часто залишаються питання практичної конвергенції жорстких міжнародних екологічних стандартів із національними системами судочинства та специфіка відшкодування шкоди, завданої критичній інфраструктурі в умовах надзвичайних ситуацій.

Науковиці І. Циганенко-Дзюбенко & Л. Демчук спеціалізуються на оцінці екологічного стану навколишнього середовища, сталості розвитку та екологічній безпеці держави, оцінці руйнування екосистем, забруднення поверхневих вод та ґрунтів внаслідок бойових дій (зокрема, дослідження пост-мілітарних водних систем, таких як с. Мощун на Київщині, та водних об'єктів прикордонних регіонів) [5, с. 53-58.]. Ці дані є основою для формування юридичних претензій та розрахунку екологічної шкоди на міжнародному рівні.

Фахівець в галузі екологічного менеджменту, економіки природокористування та природоохоронних технологій Г. Кірейцева досліджує безпосередньо економічну оцінку екологічних збитків та впровадженням новітніх утилізаційних технологій. Разом із Л. Демчук досліджують токсичний вплив війни на екосистеми («Toxic impacts of the war on Ukraine» у міжнародному журналі Environmental Studies) [6].

Метою статті є комплексний теоретико-правовий аналіз чинних міжнародних стандартів у сфері захисту довкілля та критичне оцінювання ефективності існуючих правових механізмів відповідальності за транскордонне забруднення, а також розробка науково обґрунтованих рекомендацій щодо оптимізації інструментів відшкодування екологічної

шкоди та впровадження превентивних заходів контролю на міждержавному рівні.

Виклад основного матеріалу дослідження. Сучасне міжнародне екологічне право базується на системі основоположних принципів, які пройшли тривалу еволюцію від загальних політичних декларацій до імперативних норм міжнародного звичаєвого права. Ключовим орієнтиром у цій системі є зобов'язання держав забезпечувати, щоб діяльність у меж їхньої юрисдикції або під їхнім контролем не завдавала шкоди навколишньому середовищу інших держав або районів за межами дії національної юрисдикції. Цей принцип, уперше чітко сформульований у Справі про мідеплавильний завод «Трейл Смелтер» між США та Канадою, отримав своє нормативне закріплення у Принципі 21 Стокгольмської декларації 1972 року та Принципі 2 Декларації Ріо 1992 року. На сучасному етапі він вимагає від держав не просто утримуватися від шкідливих дій, а й проявляти високу якість державного регулювання – так звану «належну обачність» (due diligence) щодо потенційно небезпечних приватних операторів на своїй території.

Уніфікація екологічних вимог реалізується через розгалужену систему галузевих міжнародних конвенцій, кожна з яких фокусується на окремому природному середовищі чи виді антропогенного впливу. До базових інструментів глобального значення належать Конвенція про транскордонне забруднення повітря на великі відстані 1979 року, Конвенція про охорону та використання транскордонних водотоків та міжнародних озер 1992 року, а також Базельська конвенція про контроль за транскордонним переміщенням небезпечних відходів та їх видаленням 1989 року. Ці міжнародні договори зобов'язують держави-учасниці запроваджувати внутрішні системи ліцензування, встановлювати гранично допустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин у викидах і скидах та обмінюватися даними моніторингу

в режимі реального часу, формуючи спільні правові рамки екологічного менеджменту. Важливим елементом сучасних міжнародних стандартів є обов'язковість проведення процедури оцінки впливу на навколишнє середовище (ОВНС) у транскордонному контексті, що детально регламентується Конвенцією Еспо 1991 року. Відповідно до цього стандарту, якщо держава планує реалізацію великого інфраструктурного чи промислового проєкту, здатного спричинити значний негативний транскордонний вплив, вона зобов'язана на ранніх стадіях проєктування нотифікувати потенційно постраждалі країни. Це передбачає передачу повної технічної документації, організацію спільних екологічних експертиз та проведення громадських слухань серед населення суміжної держави, що дозволяє мінімізувати екологічні ризики ще до початку фактичного будівництва об'єктів.

Ефективність реалізації міжнародних екологічних нормативів напряму залежить від специфіки обраної моделі юридичної відповідальності, яка в міжнародній практиці поділяється на два ключові рівні: міжнародно-правову відповідальність держав та транскордонну цивільно-правову відповідальність безпосередніх операторів. Перша модель застосовується у випадках, коли шкода стала наслідком прямого порушення державою своїх міжнародних зобов'язань, наприклад, ігнорування норм конвенцій або прямої відмови від транскордонних консультацій. Друга модель орієнтована на приватні компанії та передбачає створення спрощених правових умов, за яких іноземні фізичні та юридичні особи, що зазнали збитків, можуть звертатися безпосередньо до національних судів країни-джерела забруднення для отримання швидкої компенсації за цивільними позовами. Аналіз статистичних даних щодо динаміки екологічних інцидентів із транскордонними наслідками за період 2021–2025 років демонструє чітку тенденцію до збільшення кількості та масштабів екологічних

правопорушень, спричинених як промисловими аваріями, так і хронічними викидами підприємств. Основні показники зафіксованих випадків, обсягів транскордонних викидів, а також сумарної фінансової шкоди та відсотка задоволених позовних вимог узагальнено й систематизовано в табл. 1.

Таблиця 1

Динаміка міжнародних транскордонних екологічних інцидентів та ефективність їх правового врегулювання (2021-2025 рр.)

Рік	Кількість масштабних інцидентів	Обсяг транскордонних викидів (млн т/рік)	Загальна оцінена шкода (млн дол. США)	Виплачені компенсації (млн дол. США)	Рівень задоволення позовів (%)
2021	34	12.4	450	112	24.8%
2022	38	14.1	520	145	27.8%
2023	45	16.8	680	190	27.9%
2024	52	19.2	810	210	25.9%
2025	58	21.5	950	235	24.7%

Як свідчать наведені дані, незважаючи на стабільне зростання загальної фінансової суми оцінених збитків, рівень фактичного задоволення позовів та виплати реальних компенсацій постраждалим сторонам залишається критично низьким і коливається в межах 24–28%. Це свідчить про глибоку інституційну кризу та низьку деліктну спроможність чинних міжнародних механізмів відповідальності. Головною причиною такого розриву є застарілі інструменти доказування екологічної шкоди в судах, тривалість експертиз та активне використання великими промисловими корпораціями юридичних лакун у національних законодавствах країн базування з метою уникнення фінансових санкцій.

Для глибшого розуміння структурних причин низької ефективності правового регулювання доцільно детально розглянути ключові чинники, які перешкоджають успішному притягненню винних сторін до відповідальності

та реальному відшкодуванню екологічних збитків. Співвідношення основних правових та процесуальних бар’єрів, виявлених на основі аналізу судової практики за 2021–2025 роки, наочно відображено на рис. 1.

Розподіл, наведений на рис. 1, чітко вказує на те, що найбільшим бар'єром (40%) є науково-технічна складність точного встановлення та юридичного закріплення причинно-наслідкового зв'язку між викидами на конкретному промисловому об'єкті та негативними змінами у стані флори, фауни чи здоров’я людей на території суміжної держави.

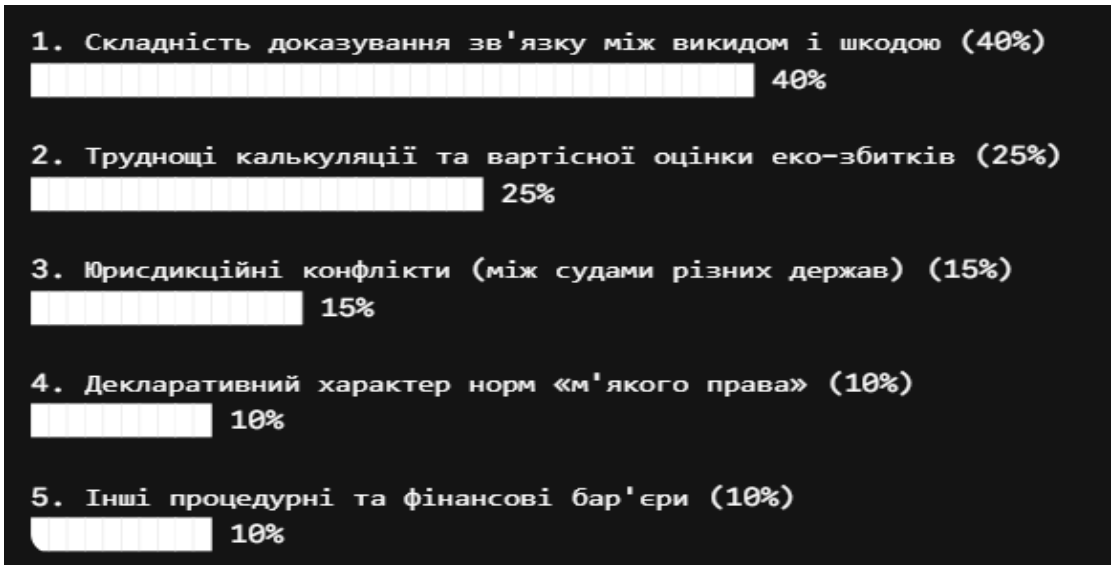


Рис. 1. Структура правових та процесуальних перешкод при вирішенні спорів щодо транскордонного забруднення за результатами узагальнення міжнародної практики

Молекулярні трансформації хімічних сполук в атмосфері під впливом метеорологічних факторів часто унеможливлюють ідентифікацію первинного джерела емісії за допомогою стандартних методів експертизи. Другою за значущістю проблемою є відсутність загальновизнаних методологій калькуляції екосистемних збитків (25%), оскільки ринкова вартість втраченого біорізноманіття або забруднених підземних водоносних горизонтів не має чіклого грошового еквіваленту у традиційних економічних системах.

Важливим аспектом правозастосовної практики є функціонування принципу «забруднювач платить», який трансформувався із суто економічного інструменту розподілу витрат у загальноправовий імператив. У контексті транскордонного забруднення цей принцип вимагає, щоб усі капітальні витрати на запобігання, контроль та ліквідацію наслідків забруднення повністю покладалися на суб'єкта господарювання, діяльність якого стала першопричиною екологічної деградації. Це стимулює індустріальних гігантів впроваджувати найкращі доступні технології та мінімізувати екологічні ризики на етапі виробництва, щоб уникнути катастрофічних фінансових санкцій у майбутньому. Проте реалізація принципу «забруднювач платить» суттєво гальмується через явище «екстерналізації витрат», коли приватні компанії свідомо переносять екологічні наслідки своєї діяльності на суспільство або на територію сусідніх країн із менш жорстким природоохоронним законодавством. Це створює проблему так званих «екологічних гаваней», де транснаціональні корпорації розміщують найбільш екологічно брудні виробничі потужності. За таких умов транскордонне забруднення стає закономірним результатом регуляторного арбітражу, що вимагає запровадження транскордонних вуглецевих та екологічних коригуючих мит на міжнародному рівні.

Особливе місце у системі правових інструментів посідає інститут об’єктивної відповідальності, який покладається на оператора незалежно від наявності його прямої вини у вчиненні правопорушення. Об’єктивна відповідальність настає за сам факт заподіяння транскордонної шкоди в результаті здійснення ультранебезпечної діяльності, такої як експлуатація ядерних реакторів, хімічних комбінатів, великих нафтоналивних танкерів або трубопровідного транспорту. У таких випадках позивачеві звільняється від необхідності доводити недбалість або умисел оператора, що значно спрощує процедуру захисту прав постраждалих екосистем та громад.

Математичне моделювання юридичної відповідальності приватного оператора та визначення оптимального обсягу його фінансових зобов'язань з урахуванням превентивних інвестицій в екологічну безпеку може бути виражене у вигляді формалізованої системи умов. Нехай C_p - сумарні витрати оператора на превентивні заходи безпеки, $P\cdot(C_p)$ - ймовірність виникнення транскордонного інциденту як спадна функція від обсягу превентивних інвестицій, а L - загальний розмір фінансових збитків постраждалої суверенної сторони. Тоді загальні очікувані витрати екологічного характеру E_c визначаються лінійним рівнянням:

$$E_c = C_p + P\cdot(C_p)\cdot L \qquad (1)$$

Відповідно до цієї моделі, ефективний правовий механізм повинен стимулювати оператора максимізувати C_p до такого рівня, за якого перша похідна ймовірності за витратами зрівняється зі зворотною величиною повних збитків, тобто виконуватиметься гранична рівність:

$$P'(C_p) = -1/L \qquad (2)$$

Якщо міжнародне законодавство гарантує невідворотність стягнення повної суми збитків L, приватний оператор з метою мінімізації власних фінансових втрат буде вимушений інвестувати кошти в системи екологічного захисту, що автоматично знижує математичну ймовірність транскордонного забруднення до мінімально можливого рівня.

Важливу роль у розвитку стандартів захисту довкілля відіграє судова прецедентна практика міжнародних органів. Міжнародний Суд ООН у своїх знакових рішеннях, зокрема у справі «Проєкт Габчіково-Надьмарош» (Угорщина проти Словаччини) та справі «Целюлозні заводи на річці Уругвай» (Аргентина проти Уругваю), послідовно підкреслив, що екологічні зобов'язання держав мають безперервний характер і вимагають проведення постійного моніторингу екологічного стану об'єктів протягом усього періоду їх експлуатації. Суд чітко зазначив, що проведення ОВНС не є одноразовим

актом, а має трансформуватися в систему регулярного міждержавного аудиту.

Попри позитивні правові позиції судів, реальне виконання рішень міжнародних арбітражів часто блокується через відсутність наддержавних виконавчих органів. Держава-порушник, користуючись своїм суверенітетом, може роками саботувати виплату компенсацій, посилаючись на внутрішні економічні труднощі або відсутність бюджетних коштів. Це зумовлює необхідність переходу від класичних міждержавних претензій до розвитку національних судових процедур, у межах яких постраждала сторона може вимагати арешту закордонних активів компаній-забруднювачів як забезпечення екологічних позовів.

Окремим викликом є врегулювання екологічних спорів, що виникають внаслідок накопичувального або дифузного транскордонного забруднення, яке формується сотнями дрібних джерел, таких як вихлопні гази автомобільного транспорту або змив пестицидів із сільськогосподарських угідь. У таких випадках класична деліктна модель відповідальності повністю втрачає свою ефективність, оскільки неможливо виділити частку конкретного винуватця у загальному обсязі екологічної шкоди. Вирішення цієї проблеми потребує розробки регіональних міжнародних програм, які фінансуються за рахунок спільних екологічних фондів та цільових податків на макрорівні.

У контексті мінімізації ризиків невиплати компенсацій особливого значення набуває розвиток інституту обов'язкового екологічного страхування цивільної відповідальності операторів. Міжнародні стандарти мають зобов'язати кожне підприємство, що здійснює діяльність із високим рівнем екологічного ризику в прикордонних зонах, мати чинний страховий поліс міжнародного зразка із достатнім лімітом покриття. Це гарантує, що у випадку раптової промислової аварії постраждалі іноземні громадяни та

державні органи отримають фінансове відшкодування безпосередньо від страхових консорціумів, незалежно від поточної платоспроможності чи процедури банкрутства самого підприємства-винуватця.

Паралельно зі страхуванням ефективним превентивним інструментом є створення спеціалізованих міжнародних компенсаційних екологічних фондів, що формуються за рахунок регулярних відрахувань від підприємств певних галузей. Яскравим прикладом успішної реалізації такої моделі на міждержавному рівні є Міжнародний фонд для компенсації збитків від забруднення нафтою (IOPC Funds), який забезпечує швидке фінансування операцій із ліквідації розливів вуглеводнів у морському середовищі. Створення аналогічних універсальних фондів для хімічної та гірничодобувної промисловості дозволило б оперативно акумулювати ресурси для негайного реагування на транскордонні кризи.

Процес доказування та верифікації транскордонної екологічної шкоди суттєво модернізується під впливом розвитку сучасних цифрових технологій. Використання супутникового моніторингу Землі, комп'ютерного моделювання гідродинамічних та атмосферних процесів, а також блокчейн-систем для фіксації первинних даних екологічних датчиків дозволяє створювати високоточну та неспростовну доказову базу для міжнародних судів. Цифрові докази дають змогу з точністю до хвилини встановити час, траєкторію та концентрацію поширення забруднюючих речовин через державний кордон, зводячи до мінімуму процесуальні маніпуляції відповідачів.

Глобалізація світової економіки вимагає також узгодження міжнародних екологічних стандартів із правилами Світової організації торгівлі (СОТ). Довгий час існував жорсткий конфлікт між прагненням держав захистити своє довкілля шляхом обмеження імпорту екологічно брудних товарів та принципами вільної торгівлі, які забороняють

дискримінацію. Сучасна практика СОТ, зокрема через інтерпретацію статті XX Генеральної угоди з тарифів і торгівлі (ГАТТ), поступово зміщується в бік визнання легітимності національних екологічних обмежень, за умови, що вони мають об'єктивний характер і не використовуються як прихований протекціонізм.

Важливим вектором реформування системи відповідальності є посилення ролі інститутів громадянського суспільства та неурядових екологічних організацій у міжнародних процесах. Конвенція про доступ до інформації, участь громадськості в процесі прийняття рішень та доступ до правосуддя з питань, що стосуються довкілля (Орхуська конвенція 1998 року), заклала міцний правовий фундамент для транскордонної громадської активності. Громадяни однієї країни отримали законне право оскаржувати рішення державних органів сусідньої держави в її національних судах, якщо ці рішення порушують міжнародні екологічні стандарти та загрожують їхньому безпечному існуванню.

Особливу специфіку має регулювання транскордонного забруднення в межах інтеграційних об'єднань, зокрема в Європейському Союзі, де сформовано найбільш прогресивну та імперативну модель екологічного права. Директива 2004/35/ЄС про екологічну відповідальність запровадила унікальний механізм, заснований на концепції «чистої екологічної шкоди», яка зобов'язує відновлювати пошкоджені природні ресурси (біотопи, води, ґрунти) до їхнього вихідного природного стану, а не просто виплачувати грошові еквіваленти збитків. Завдяки принципу прямої дії права ЄС, транскордонні екологічні спори між країнами членами вирішуються в межах уніфікованих процедур Суду ЄС, що забезпечує найвищий рівень правового захисту у світі.

Для країн, які перебувають поза межами щільних інтеграційних об'єднань, основним інструментом залишаються двосторонні та регіональні

угоди про добросусідство, які містять спеціальні положення про екологічну безпеку. Вони передбачають створення спільних міжурядових комісій, які на регулярній основі здійснюють забір проб води у прикордонних річках, контролюють стан атмосферного повітря навколо прикордонних промислових вузлів та узгоджують плани дій на випадок виникнення транскордонних надзвичайних ситуацій. Такий підхід дозволяє враховувати унікальні географічні та економічні особливості конкретного регіону і забезпечувати гнучкість регулювання.

Проте, загальний аналіз світової архітектури екологічного права вказує на наявність суттєвого дисбалансу між швидким накопиченням нових міжнародних стандартів та низькою динамікою розвитку інститутів відповідальності. Створення нових декларацій часто має характер політичного популізму, який не підкріплюється реальними фінансовими та судовими інструментами примусу. Без радикальної реформи міжнародного судочинства, яка передбачала б створення Спеціалізованого Міжнародного Екологічного Суду з обов'язковою юрисдикцією для всіх суб'єктів, подолання кризових явищ у сфері транскордонного забруднення залишатиметься неможливим.

Підсумовуючи, можна стверджувати, що сталий розвиток людства в умовах перманентного антропогенного тиску вимагає негайної трансформації декларативного «м’якого» екологічного права на жорстку, кодифіковану та інституційно забезпечену систему глобальної екологічної безпеки. Пріоритетом має стати повна інтеграція міжнародних стандартів у національні правові системи, впровадження автоматизованих цифрових комплексів верифікації викидів, розширення інструментів об'єктивної цивільної відповідальності операторів та створення дієвих фінансових гарантій, здатних забезпечити повне та невідворотне відновлення порушеного природного середовища на благо майбутніх поколінь.

Висновки. Проведене теоретико-правове дослідження міжнародних стандартів захисту довкілля та механізмів відповідальності за транскордонне забруднення дозволяє констатувати, що сучасна міжнародна екологічна архітектура перебуває в стані глибокого дисбалансу. Наявність значної кількості декларативних норм та конвенційних інструментів не забезпечує належного рівня екологічної безпеки через відсутність імперативних механізмів примусу та низьку ефективність класичних моделей міжнародно-правової відповідальності держав. Основним процесуальним бар'єром залишається складність верифікації причинно наслідкового зв'язку між емісією забруднюючих речовин та довгостроковою шкодою екосистемам суміжних країн.

Установлено, що найбільш перспективним вектором модернізації цієї сфери є розширення інституту транскордонної цивільно-правової відповідальності безпосередніх приватних операторів на основі принципу об’єктивної відповідальності (strict liability) та інкорпорації принципу «забруднювач платить» у національні судові системи. Ефективність відшкодування збитків суттєво підвищується за умови інтеграції інструментів обов'язкового екологічного страхування та створення спеціалізованих міжнародних компенсаційних фондів, які здатні забезпечити швидку фінансову ліквідацію наслідків інцидентів незалежно від поточної ліквідності підприємств-винуватців.

Доведено, що оптимізація превентивного контролю потребує широкого впровадження сучасних цифрових технологій супутникового моніторингу та автоматизованого обміну даними, які забезпечують формування беззаперечної доказової бази для судових установ. Перспективи подальших наукових розробок у цьому напрямі мають бути пов'язані з кодифікацією норм міжнародного екологічного права, уніфікацією методик вартісної оцінки шкоди екосистемних послугах та обґрунтуваннях

доцільності створення Спеціалізованого Міжнародного Екологічного Суду як єдиного інституційного центру вирішення транскордонних спорів.

Список використаних джерел

1. Brunnée J. Procedure and Substance in International Environmental Law / J. Brunnée // Hague Academy of International Law. – 2021. – Vol. 412. – P. 85–114.

2. Bodansky D. The Art and Craft of International Environmental Law / D. Bodansky.– Oxford : Oxford University Press, 2022. – 384 p.

3. Krämer L. Environmental Justice in the European Union / L. Krämer, R. Wever // European Environmental Law Review. – 2024. – № 3 (33). – P. 142–158.

4. Мороз Е. О. Цивільно-правова відповідальність за транскордонну екологічну шкоду в умовах глобалізації / Е. О. Мороз // Юридичний науковий електронний журнал. – 2025. – № 4. – С. 204–211.

5. Циганенко-Дзюбенко І.Ю., Гандзюра В.П., Алпатова О.М., Демчук Л.І., Хом'як І.В., Вовк В.М. Гідрохімічний статус пост-мілітарних водних екосистем с. Мощун, Київської області. Екологічні науки. 2023. Вип. 1 (46). С. 53-58.

6. Kireitseva H., Demchyk L., Paliy O., Kahukina A. Toxic impacts of the war on Ukraine. International Journal of Environmental Studies. 2023. Vol. 80. pp. 267-276. DOI:10.1080/00207233.2023.2170582

7. Хижня Л.Є. Адміністративна відповідальність за вчинення правопорушень у сфері захисту довкілля: стан та перспективи розвитку законодавства України. Visegrad Journal on Human Rights. 2019. № 6. Vol. 2. P. 246–249.

8. «United for justice»: притягнення до відповідальності за воєнні злочини проти довкілля. Екологія, право, людина. Веб-сайт. URL:

http://epl.org.ua/announces/united-for-justice-prytyagnennya-dovidpovidalnosti-za-voyenni-zlochyny-proty-dovkillya/ (дата звернення 22.06.2026).

9. Рибачек В.К. Міжнародні та національні аспекти регулювання злочину екоциду. Law in the postmodern epoch: general characteristics and manifestation particularities in separate law branches: Scientific monograph. Riga, Latvia: "Baltija Publishing", 2023. 776p. DOI: https://doi.org/10.30525/978-9934-26-284-5-21.

10. Минюк Д., Басова І. Міжнародне співробітництво у сфері охорони навколишнього природного середовища. Наукові праці Міжрегіональної Академії управління персоналом. Юридичні науки.2021. С. 8-19. DOI:10.32689/2522-4603.2021.1.6. (дата звернення: 19.06.2026)

11. Камінська Н.В. Парадигма глобальної екологічної політики у міжнародно-правовому дискурсі. Міжнародний захист права людини на здоров'я та безпечне довкілля: монографія. Київ: Видавничий дім «Вініченко», 2023. С. 9-27. URL: https://epl.org.ua/wp-content/uploads/2023/08/monografiya1608.pdf (дата звернення: 11.01.2026)

References

1. Brunnée, J. (2021). Procedure and Substance in International Environmental Law. *Hague Academy of International Law*, 412, 85–114.

2. Bodansky, D. (2022). *The Art and Craft of International Environmental Law*. Oxford University Press.

3. Krämer, L., & Wever, R. (2024). Environmental Justice in the European Union. *European Environmental Law Review*, 33(3), 142–158.

4. Moroz, E. O. (2025). Tsyvilno-pravova vidpovidalnist za transkordonnu ekolohichnu shkodu v umovakh hlobalizatsii [Civil liability for transboundary environmental damage in the context of globalization]. *Yurydychnyi naukovyi elektronnyi zhurnal*, 4, 204–211.

5. Tsyhanenko-Dziubenko, I. Yu., Handziura, V. P., Alpatova, O. M., Demchuk, L. I., Khomiak, I. V., & Vovk, V. M. (2023). Hidrokhimichnyi status post-militarnykh vodnykh ekosystem s. Moshchun, Kyivskoi oblasti [Hydrochemical status of post-military aquatic ecosystems of Moshchun village, Kyiv region]. *Ekolohichni nauky*, 1(46), 53–58.

6. Kireitseva, H., Demchyk, L., Paliy, O., & Kahukina, A. (2023). Toxic impacts of the war on Ukraine. *International Journal of Environmental Studies*, 80(2), 267–276. https://doi.org/10.1080/00207233.2023.2170582

7. Khyzhnia, L. Ye. (2019). Administratyvna vidpovidalnist za vchynennia pravoporushen u sferi zakhystu dovkilla: stan ta perspektyvy rozvytku zakonodavstva Ukrainy [Administrative liability for committing offenses in the field of environmental protection: State and prospects of development of the legislation of Ukraine]. *Visegrad Journal on Human Rights*, 6(2), 246–249.

8. Ekolohiia, Pravo, Liudyna. (2026). *«United for justice»: prytiahnennia do vidpovidalnosti za voienni zlochyny proty dovkilla* ["United for justice": Holding accountable for war crimes against the environment]. http://epl.org.ua/announces/united-for-justice-prytyagnennya-dovidpovidalnosti-za-voyenni-zlochyny-proty-dovkillya/

9. Rybachek, V. K. (2023). Mizhnarodni ta natsionalni aspekty rehuliuvannia zlochynu ekotsydu [International and national aspects of regulating the crime of ecocide]. In *Law in the postmodern epoch: general characteristics and manifestation particularities in separate law branches: Scientific monograph* (pp. [insert page numbers if available, or omit "pp."]). Baltija Publishing. https://doi.org/10.30525/978-9934-26-284-5-21

10. Myniuk, D., & Basova, I. (2021). Mizhnarodne spivrobitnytstvo u sferi okhorony navkolyshnoho pryrodnoho seredovyshcha [International cooperation in the field of environmental protection]. *Naukovi pratsi Mizhrehion-*

alnoi Akademii upravlinnia personalom. Yurydychni nauky, 1, 8–19. https://doi.org/10.32689/2522-4603.2021.1.6

11. Kaminska, N. V. (2023). Paradyhma hlobalnoi ekolohichnoi polityky u mizhnarodno-pravovomu dyskursi [The paradigm of global environmental policy in international legal discourse]. In *Mizhnarodnyi zakhyst prava liudyny na zdorov'ia ta bezpechne dovkillia: monohrafiia* (pp. 9–27). Vydavnychyi dim «Vinichenko». https://epl.org.ua/wp-content/uploads/2023/08/monografiya1608.pdf

Kashchuk Mariia Ivanivna, Postgraduate Student, National University of Civil Defence of Ukraine, Ukraine, ORCID: https://orcid.org/0009-0000-0898-4794

SOCIAL MECHANISMS FOR IMPROVING THE QUALITY OF LIFE OF THE POPULATION IN THE SYSTEM OF PUBLIC ADMINISTRATION AT THE REGIONAL LEVEL: MODEL AND INSTRUMENTS

Abstract

The article substantiates a model of social mechanisms for improving the quality of life of the population in the system of public administration at the regional level of Ukraine. The relevance of the topic is determined by the need to transform the results of quality-of-life assessment into practical public-administration decisions under martial law and during post-war recovery. The paper proceeds from the premise that the quality of life should be considered not only as a multidimensional outcome of socio-economic development but also as an object of purposeful public influence through legal, institutional, financial, organizational, communication and participatory instruments.

The proposed model links the principles of social quality, human-centred governance and place-based regional policy. It includes a diagnostic block, a strategic and programme block, an implementation block, and a feedback block. Particular attention is paid to the distribution of responsibilities among national authorities, regional military and civil administrations, local self-government bodies, civil society organizations, business actors and international partners. The article systematizes instruments that can be used to improve living conditions in regions affected by war, displacement, infrastructure destruction and unequal access to public services.

The practical value of the study lies in the development of recommendations for regional policy: the institutionalization of quality-of-life objectives in regional strategies; the use of differentiated policy packages for frontline, de-occupied, relatively safe and recipient regions; the strengthening of municipal capacity; the introduction of transparent project selection; and the expansion of citizen participation in recovery planning. Two applied regional situations are considered: a frontline region where the priority is security and continuity of essential services, and a recipient region where the priority is social integration, labour-market adaptation and pressure on infrastructure. The results may be used in public-administration research, regional development planning and the preparation of practical recommendations for Ukrainian recovery policy.

Keywords: quality of life, social mechanisms, public administration, regional level, regional policy, recovery, social quality, Ukraine.

Problem statement. The full-scale war has changed the logic of public administration in Ukraine. Regional authorities and local self-government bodies have to perform several tasks simultaneously: protect the population, provide access to essential services, support internally displaced persons, maintain local economies, restore damaged infrastructure and prepare projects for long-term recovery. Under such conditions, the quality of life of the population becomes a direct criterion of administrative capacity. It shows whether the system of public administration is able to translate legal mandates, budgetary resources and partnership support into tangible improvements in everyday living conditions.

The previous stages of research on this topic made it possible to clarify the theoretical content of quality of life, to substantiate the social-quality approach, to develop the logic of monitoring and to test the possibility of index and cluster analysis for Ukrainian regions. However, the applied question remains insufficiently resolved: how exactly should public authorities act after the

diagnosis has been made? A ranking of regions, a monitoring system or a set of indicators does not automatically produce better living conditions. It becomes useful only when it is connected with a system of mechanisms, instruments, responsibilities and feedback procedures.

For this reason, the fifth article focuses on the management model and the instruments of influence. In the context of this study, social mechanisms are understood as a coordinated set of legal, institutional, financial-economic, organizational, communication and participatory instruments through which public authorities and local self-government bodies influence the conditions of daily life, reduce vulnerability and create opportunities for human development in regions and communities. This definition emphasizes that quality of life cannot be improved by one sectoral programme alone. It requires cross-sectoral coordination between social protection, health care, education, housing, employment, safety, transport, digital access, environmental protection and community development.

The regional level is especially important because it connects national priorities with the specific needs of territories. National authorities establish legal frameworks, budgetary rules and strategic priorities, while communities and regional institutions identify actual needs, organize services and communicate with citizens. The problem is that the link between these levels is often fragmented. Recovery projects may be prepared separately from social-policy goals; financial resources may be allocated without sufficient consideration of quality-of-life effects; participation mechanisms may be reduced to formal consultation. Therefore, the development of an integrated model of social mechanisms in the system of public administration at the regional level is both a theoretical and practical task.

Analysis of recent research and publications. Modern international approaches to quality-of-life governance increasingly emphasize multidimensional well-being rather than narrow economic growth. The OECD well-being

framework covers material conditions, quality-of-life dimensions, inequalities and resources for future well-being; this approach is relevant for Ukraine because it makes it possible to connect current social needs with resilience and sustainability [1]. The human-development approach of UNDP also underlines that social progress should be assessed through people's opportunities, capabilities and security, not only through income or aggregate output [2].

For Ukraine, the most important contextual evidence is provided by recovery and damage assessments. The Fourth Rapid Damage and Needs Assessment prepared by the Government of Ukraine, the World Bank, the European Commission and the United Nations shows the scale of damage and the multidimensional character of recovery needs, including housing, transport, energy, education, health, social protection and livelihoods [3]. Such assessments demonstrate that the quality of life is influenced by both material destruction and the weakening of everyday access to services, mobility, income opportunities and security.

The OECD report on regional and municipal governance in Ukraine emphasizes the significance of multi-level governance, decentralisation and place-based reconstruction for post-war recovery [4]. This position is important for the present article because it supports the idea that social mechanisms should not be designed only at the central level. They must be differentiated according to territorial profiles and implemented through regional and municipal capacities. OECD policy work on public governance in Ukraine also stresses that reconstruction creates an opportunity to renew administrative systems, strengthen integrity and improve coordination between levels of government [5].

European discussions of social services and public-sector quality provide additional guidance. The European Social Network proposes principles of person-centred, rights-based, safe and outcome-oriented social services, which can be adapted to Ukrainian regions as service-quality standards [6]. The Council of

Europe and decentralisation-oriented programmes in Ukraine also highlight local resilience, democratic participation and trust in local authorities as conditions of effective governance during the war [7]. Together these approaches indicate that the improvement of quality of life requires not only infrastructure investment but also better institutions, user-oriented services and civic involvement.

The theoretical foundation of the article is the concept of social quality. It interprets quality of life through four interrelated dimensions: socio-economic security, social inclusion, social cohesion and socio-political empowerment. This framework is useful for public administration because it links measurable outcomes with institutional conditions and social relations [8]. In the Ukrainian context, it allows quality-of-life policy to be interpreted as a mechanism of resilience: the population should have minimum security, access to services, trust-based social ties and opportunities to influence decisions affecting everyday life.

Despite the growing body of international and national evidence, there remains a need for an applied model that translates these ideas into instruments of state and regional administration. A considerable part of the literature focuses either on measurement or on general recovery priorities. The present article therefore concentrates on the design of mechanisms: what types of instruments are needed, how they interact, who is responsible for them, and how they can be adapted to different types of Ukrainian regions.

Purpose of the article. The purpose of the article is to substantiate a model of social mechanisms for improving the quality of life of the population in the system of public administration at the regional level and to determine the main instruments for its implementation in Ukraine under martial law and during post-war recovery. Achieving this purpose requires: clarifying the structure of the proposed model; classifying the mechanisms and instruments of public-administration influence; determining the role of key actors; and formulating practical recommendations for differentiated regional policy.

Presentation of the main material of the study. The proposed model is based on a transition from the logic of separate measures to the logic of an integrated public-administration cycle. The starting point of the model is the recognition that the quality of life is produced by a combination of objective conditions and subjective perceptions. Objective conditions include income, employment, housing, health care, education, safety, environmental quality, mobility and digital access. Subjective perceptions include trust, security, life satisfaction, perceived fairness and confidence in the future. Public administration can influence both groups of factors, but it must do so through different instruments.

The first element of the model is the diagnostic block. It provides evidence on territorial needs, vulnerabilities and resource capacity. This block should combine statistical indicators, administrative data, digital registers, service-use data, sociological surveys and information from civil-society organizations. It should also distinguish between different categories of regions: frontline territories, de-occupied territories, heavily damaged industrial regions, large urban centres, rural regions, western recipient regions and relatively stable communities. A uniform approach to all territories would be ineffective because the same policy instrument may have different results depending on the security situation, migration pressure, infrastructure losses and institutional capacity.

The second element is the strategic and programme block. At this stage, diagnostic information is converted into policy priorities, regional development strategies, recovery plans, social programmes and investment portfolios. The key requirement is that quality-of-life objectives should be explicitly included in strategic documents. For example, a regional strategy should not only declare the reconstruction of infrastructure but also define how reconstruction will improve access to education, health care, employment, housing and safe public space. This means that every significant project should be assessed according to its expected contribution to the quality of life of target groups and territories.

The third element is the implementation block. It consists of practical instruments, responsible institutions, financing channels and administrative procedures. Implementation should be organized through intersectoral coordination because most quality-of-life problems are complex. For instance, the problem of internally displaced persons is not only a social-protection issue. It includes housing, employment, education for children, psychological support, access to health care, community integration and local labour-market development. Therefore, public authorities need coordination platforms that unite regional administrations, local governments, service providers, NGOs, businesses and international partners.

The fourth element is the feedback block. It ensures that policies are adjusted on the basis of monitoring, citizen feedback and evaluation of actual results. Feedback should include both quantitative and qualitative data. Quantitative indicators show whether the situation has improved, while qualitative feedback explains why a programme works or fails. A mechanism without feedback risks becoming a formal administrative procedure. In contrast, feedback-oriented governance allows authorities to correct priorities, terminate ineffective measures and scale successful practices.

Within this model, normative-legal mechanisms create the formal framework for action. They include laws, government resolutions, regional strategies, local regulations, standards of social services, rules for project selection, public-consultation procedures and accountability requirements. In Ukraine, the updated logic of regional development policy should provide a legal basis for linking recovery planning with human-centred outcomes [9]. Normative instruments are effective when they clearly define responsibilities, rights of service users, minimum standards of access and procedures for coordination between levels of government.

Institutional mechanisms determine who acts and how institutions interact. At the national level, ministries and central executive bodies define policy frameworks, allocate resources and negotiate with international partners. At the regional level, military administrations and civil administrations coordinate emergency response, recovery projects and intermunicipal cooperation. At the community level, local councils, executive bodies and municipal service providers interact directly with citizens. Institutional mechanisms should reduce duplication and create stable channels of cooperation. A practical instrument may be a regional quality-of-life council or coordination platform that brings together public authorities, service providers, civil society, business and donor representatives.

Financial-economic mechanisms transform priorities into funded programmes. They include state subventions, local budgets, regional development funds, donor grants, public-private partnerships, social contracting, targeted assistance and project-based financing. For quality-of-life policy, the key challenge is not only the amount of resources but also their targeting. Funding should be linked with territorial needs and expected social outcomes. Transparent criteria for project selection are particularly important during reconstruction because large resources may create risks of inefficiency, corruption or politically motivated allocation. Quality-of-life indicators can therefore serve as a basis for prioritizing investments in housing, schools, medical facilities, accessibility, public transport and community infrastructure.

Organizational mechanisms concern administrative processes and service delivery. They include one-stop-shop service models, mobile service teams, digital platforms, integrated social-service centres, intermunicipal cooperation, case management and crisis-response protocols. These instruments are especially relevant in regions where institutions operate under security constraints or where the population is dispersed due to displacement. Organizational mechanisms should reduce the administrative burden on citizens. In practical terms, a person

who lost housing or moved to another region should not have to navigate disconnected institutions; the system should provide an integrated pathway from registration and needs assessment to assistance, employment support, schooling and health services.

Communication mechanisms influence trust, awareness and social cohesion. In wartime and recovery conditions, citizens often do not know which services are available, which documents are required, how to participate in recovery planning or how to report problems. Therefore, regional and local authorities need clear communication strategies, accessible language, digital and offline channels, feedback hotlines, public dashboards and regular community meetings. Communication is not merely information dissemination. It is a governance instrument that reduces uncertainty, prevents rumours, supports psychological resilience and builds trust between citizens and institutions.

Participatory mechanisms ensure socio-political empowerment. They include public consultations, participatory budgeting, citizen panels, community needs assessments, involvement of internally displaced persons, youth councils, veteran councils, disability-accessibility audits and co-design of social services. Participation is important because quality of life is experienced differently by different groups. A recovery project that looks rational from an engineering point of view may not correspond to the everyday needs of elderly people, families with children or people with disabilities. Participation helps authorities identify such mismatches before resources are spent.

The mechanisms described above should operate together. Normative instruments set rules; institutional instruments allocate roles; financial instruments provide resources; organizational instruments deliver services; communication instruments build trust; participatory instruments ensure legitimacy and responsiveness. If one element is missing, the system becomes weaker. For example, a community may have resources but lack participation, which creates

resistance and low legitimacy. Another community may have active citizens but lack institutional capacity to transform initiatives into programmes. The model therefore requires balance between administrative authority and social partnership.

A special feature of the Ukrainian case is the need for differentiated regional policy. Frontline and de-occupied regions require a mechanism package focused on security, continuity of essential services, emergency housing, evacuation logistics, mine-action coordination, psychological support and rapid restoration of basic infrastructure. For such territories, the quality-of-life objective is first of all to preserve life, ensure access to minimum services and maintain institutional presence. At the same time, these regions should not be treated only as zones of humanitarian response. They also need long-term plans for economic recovery, return of population and rebuilding of trust.

Relatively safe recipient regions face a different set of problems. They often receive large numbers of displaced persons, which increases pressure on housing, education, health care, social services and local labour markets. For these regions, the mechanism package should include integration of displaced persons into communities, expansion of municipal services, rental-housing support, labour-market programmes, inclusive education and conflict-prevention measures. The goal is to avoid competition between local residents and newcomers for limited resources and to transform migration pressure into human-capital potential.

Large metropolitan regions need instruments related to labour-market restructuring, transport accessibility, housing affordability, digital public services and the integration of recovery projects with economic modernization. Rural regions require different tools: support for primary health care, transport connections, local employment, community centres, digital access and intermunicipal cooperation. Thus, the same general model should be implemented through different policy packages. This is consistent with the place-based

approach to regional development, according to which policy must be adapted to territorial characteristics rather than imposed uniformly [4].

The practical application of the model can be illustrated by two regional situations. In a frontline region such as Kharkiv oblast, the quality-of-life agenda is inseparable from security. The priority instruments include protected educational spaces, mobile medical teams, emergency repair of housing, support for critical infrastructure, accessible information about evacuation and assistance, and psychological support for children and families. In this case, the social mechanism should work as a crisis-resilience system. Regional authorities coordinate security-sensitive priorities, communities identify micro-level needs, and partners support fast implementation. The main indicator of success is not only the number of rebuilt objects but also the continuity of essential services and the possibility for residents to remain connected with their communities.

A different situation can be observed in a recipient region such as Lviv oblast. Here the immediate security risks are lower, but the region faces pressure on housing, schools, medical facilities, employment and social integration. The mechanism package should include housing mediation, support for local employers, vocational training for displaced persons, expansion of social services, inclusion of newcomers in community decision-making and anti-discrimination communication. The success of governance should be measured through access to services, employment outcomes, social cohesion and the reduction of tension between groups. This example shows that improvement of quality of life is not limited to material reconstruction; it also includes social integration and trust-building.

An important requirement for the proposed model is digitalization. Digital tools can support needs assessment, project monitoring, public dashboards, service registration and citizen feedback. At the same time, digitalization should not replace human support, especially for elderly people, people with disabilities and

residents of communities with poor connectivity. Therefore, digital instruments should be combined with offline access points, mobile teams and community mediators. A human-centred digital state should simplify interaction with institutions rather than create new barriers.

Another requirement is transparency and accountability. Recovery and quality-of-life programmes will involve significant public and international resources. Citizens and partners need to understand why certain projects are prioritized, what outcomes are expected and how implementation is monitored. Public dashboards, open data on projects, independent audits and participatory monitoring can reduce risks and increase trust. In quality-of-life governance, accountability should be understood broadly: authorities should report not only on money spent but also on changes in living conditions.

The social-quality approach provides a useful normative compass for this model. Socio-economic security corresponds to instruments of income support, employment, housing and access to essential services. Social inclusion corresponds to the accessibility of services for vulnerable groups and the prevention of exclusion. Social cohesion corresponds to trust, solidarity and conflict prevention in communities. Socio-political empowerment corresponds to participation, accountability and the ability of citizens to influence decisions. Thus, the concept of social quality helps to connect specific administrative instruments with broader goals of human development and democratic governance.

The proposed model also changes the understanding of regional public administration. The region should not be only an object of national policy or a statistical unit. It should be treated as a platform where different actors coordinate resources and responsibilities in order to improve people's living conditions. This approach corresponds to the modern view of governance as network-based, partnership-oriented and evidence-informed. The state remains the key guarantor

of rights and standards, but it cannot achieve quality-of-life improvements without active communities, competent local institutions, civil society, business and international cooperation.

For practical implementation, the article proposes five steps. First, regional strategies and recovery plans should include explicit quality-of-life objectives and indicators. Second, each region should identify its territorial profile and corresponding mechanism package. Third, project selection should include social-effect criteria, not only technical readiness. Fourth, regional coordination platforms should be institutionalized to align public, civic, business and donor activities. Fifth, monitoring and citizen feedback should be used to adjust programmes regularly. These steps make it possible to transform the general idea of human-centred recovery into concrete administrative procedures.

It is also necessary to strengthen the professional capacity of regional and municipal officials. Quality-of-life governance requires skills in data analysis, project management, social-service design, communication, participatory methods, donor coordination and evaluation. Capacity-building programmes should therefore be treated as an essential component of the mechanism, not as an additional activity. Without competent public servants and service managers, even well-designed strategies may remain declarative.

Finally, the proposed model should be understood as flexible. Ukraine's recovery context is changing rapidly: security risks, migration flows, donor priorities, budget constraints and social needs may shift over time. Therefore, mechanisms must be adaptive. The combination of periodic monitoring, open feedback and differentiated regional packages allows the system to respond to changes while preserving strategic orientation toward human well-being, social cohesion and institutional trust.

Conclusion. The article substantiates a model of social mechanisms for improving the quality of life of the population in the system of public

administration at the regional level. The model is based on the integration of diagnostic, strategic-programme, implementation and feedback blocks. It translates the results of quality-of-life assessment into administrative action and connects regional development policy with the principles of social quality and human-centred governance.

The classification of mechanisms includes normative-legal, institutional, financial-economic, organizational, communication and participatory components. Their combined use makes it possible to move from fragmented measures to coordinated regional policy. The proposed approach emphasizes that quality-of-life improvement requires not only reconstruction of physical infrastructure but also access to services, social inclusion, trust, participation and institutional capacity.

The practical recommendations include embedding quality-of-life goals in regional strategies, differentiating policy packages for different types of regions, linking project selection with expected social effects, institutionalizing coordination platforms, developing municipal capacity and ensuring transparency through open data and citizen feedback. Applied examples of a frontline region and a recipient region demonstrate that the same general model should be adapted to different territorial conditions.

Further research should focus on testing the proposed model in selected Ukrainian regions, developing indicators for evaluating the effectiveness of specific mechanisms and analysing how different combinations of instruments influence the dynamics of quality of life during post-war recovery.

References

1. OECD. (2024). How’s Life? 2024: Well-being and Resilience in Times of Crisis. OECD Publishing, Paris. https://doi.org/10.1787/90ba854a-en

2. UNDP. (2024). Human Development Report 2023/2024: Breaking the Gridlock. United Nations Development Programme. https://hdr.undp.org/content/human-development-report-2023-24

3. World Bank, Government of Ukraine, European Commission, and United Nations. (2025). Ukraine Fourth Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA4). https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/099022025114040022

4. OECD. (2022). Rebuilding Ukraine by Reinforcing Regional and Municipal Governance. OECD Multi-level Governance Studies. https://doi.org/10.1787/63a6b479-en

5. OECD. (2022). Public Governance in Ukraine: Implications of Russia's War. OECD Policy Responses. https://www.oecd.org/en/publications/public-governance-in-ukraine_c8cbf0f4-en.html

6. European Social Network. (2025). Towards a European Framework for Quality in Social Services. https://www.esn-eu.org/publications/towards-european-framework-quality-social-services

7. Council of Europe. (2025). Strengthening Good Democratic Governance and Resilience in Ukraine. https://www.coe.int/en/web/kyiv/strengthening-good-democratic-governance-and-resilience-in-ukraine

8. Van der Maesen, L. J. G., & Walker, A. (Eds.). (2012). Social Quality: From Theory to Indicators. Palgrave Macmillan. https://doi.org/10.1007/978-0-230-36109-6

9. Ministry for Communities, Territories and Infrastructure Development of Ukraine. (2024). Updated State Strategy for Regional Development 2021-2027: Information Brochure. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/695-2020-p#Text

10. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2024). Ukraine Plan. https://me.gov.ua/download/444634c4-aa4f-4bc7-8f8c-58247fbbe29e/file.pdf

11. OECD. (2025). OECD Economic Surveys: Ukraine 2025. OECD Publishing, Paris. https://doi.org/10.1787/940cee85-en

12. Open Government Partnership. (2023). Monitoring the Development of Regions and Territorial Communities, Ukraine Commitment UA0102. https://www.opengovpartnership.org/members/ukraine/commitments/UA0102/

13. UNDP Ukraine. (2023). Human Impact Assessment. https://www.undp.org/ukraine/publications/human-impact-assessment

14. Decentralization in Ukraine. (n.d.). About Reform. https://decentralization.ua/en/about

15. OECD. (n.d.). Supporting Regional and Municipal Reconstruction and Recovery in Ukraine. https://www.oecd.org/en/about/projects/supporting-regional-and-municipal-reconstruction-and-recovery-in-ukraine.html

16. European Commission. (n.d.). Ukraine Facility. https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/eu-budget/performance-and-reporting/programme-performance-statements/ukraine-facility_en

Овсянко Дмитро Сергійович, студент 2 курсу факультету природничої та фізико-математичної освіти, Глухівський національний педагогічний університет імені Олександра Довженка, Україна, ORCID ID: 0009-0003-1830-8441

Ovsianko Dmytro Serhiyovych, 2nd year student, Faculty of Natural Science and Physics-Mathematics Education Oleksandr Dovzhenko, Hlukhiv National Pedagogical University, Ukraine, ORCID ID: 0009-0003-1830-8441

ВИКОРИСТАННЯ ГЛИБОКИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ АНОМАЛЬНОЇ МЕРЕЖЕВОЇ АКТИВНОСТІ В РЕЖИМІ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ

USING DEEP NEURAL NETWORKS TO DETECT ANOMALOUS NETWORK ACTIVITY IN REAL-TIME

Анотація

У статті досліджено можливості застосування глибоких нейронних мереж для виявлення аномальної мережевої активності в режимі реального часу. Проведено аналіз сучасних підходів до забезпечення кібербезпеки комп'ютерних мереж, розглянуто особливості функціонування систем виявлення вторгнень та визначено основні переваги використання методів глибокого навчання для аналізу мережевого трафіку. Особливу увагу приділено архітектурам CNN, RNN, LSTM та Autoencoder, які широко застосовуються для класифікації мережевих подій і виявлення аномалій. Визначено перспективи використання глибоких нейронних мереж у сучасних системах кіберзахисту.

Ключові слова: кібербезпека, штучний інтелект, глибоке навчання, нейронні мережі, мережевий трафік, аномалії, системи виявлення вторгнень

Abstract

The article explores the possibilities of using deep neural networks to detect anomalous network activity in real time. An analysis of modern approaches to ensuring cybersecurity of computer networks is conducted, the features of the functioning of intrusion detection systems are considered, and the main advantages of using deep learning methods for analyzing network traffic are identified. Particular attention is paid to the CNN, RNN, LSTM, and Autoencoder architectures, which are widely used for classifying network events and detecting anomalies. The prospects for using deep neural networks in modern cyber defense systems are identified.

Keywords: cybersecurity, artificial intelligence, deep learning, neural networks, network traffic, anomalies, intrusion detection systems

Стрімкий розвиток інформаційних технологій супроводжується збільшенням кількості кіберзагроз, спрямованих на комп'ютерні мережі та інформаційні системи. Традиційні методи виявлення атак, які базуються на сигнатурному аналізі, часто виявляються недостатньо ефективними для протидії новим та модифікованим типам загроз. У зв'язку з цим особливого значення набуває використання технологій штучного інтелекту, зокрема глибоких нейронних мереж, здатних автоматично аналізувати великі обсяги мережевого трафіку та виявляти приховані закономірності поведінки зловмисників.

Проблема виявлення мережевих атак за допомогою методів машинного навчання активно досліджується протягом останнього десятиліття. У сучасних наукових роботах значна увага приділяється

застосуванню алгоритмів класифікації, ансамблевих методів та глибоких нейронних мереж для підвищення точності систем виявлення вторгнень. Результати досліджень свідчать про те, що моделі глибокого навчання забезпечують вищий рівень точності порівняно з традиційними підходами завдяки здатності самостійно виділяти інформативні ознаки з великих наборів даних [1, 2].

Метою дослідження є аналіз ефективності використання глибоких нейронних мереж для виявлення аномальної мережевої активності в режимі реального часу та визначення перспектив їх впровадження у сучасні системи кібербезпеки.

Актуальність дослідження обумовлена також стрімкою цифровізацією суспільства, розвитком хмарних технологій, Інтернету речей (IoT), мобільних сервісів та розподілених інформаційних систем. Зі збільшенням кількості підключених пристроїв суттєво зростає площа потенційних атак, що створює додаткові виклики для забезпечення інформаційної безпеки. За даними міжнародних аналітичних центрів, щороку спостерігається зростання кількості складних цілеспрямованих атак, програм-вимагачів, ботнетів та інших видів кіберзагроз, здатних завдавати значних фінансових та репутаційних збитків організаціям [8, 9, 10].

Традиційні системи виявлення вторгнень (Intrusion Detection Systems, IDS) переважно використовують сигнатурний підхід, який базується на пошуку відомих шаблонів атак. Незважаючи на високу ефективність під час виявлення вже відомих загроз, такі системи мають суттєві обмеження при протидії новим або модифікованим атакам. Крім того, сучасний мережевий трафік характеризується високою інтенсивністю та різноманітністю, що ускладнює його аналіз за допомогою традиційних методів [6].

У зв'язку з цим все більшої популярності набувають інтелектуальні методи аналізу даних, засновані на алгоритмах машинного та глибокого

навчання. Глибокі нейронні мережі дозволяють автоматично виявляти складні взаємозв'язки між характеристиками мережевого трафіку, виконувати класифікацію подій та прогнозувати можливі загрози без необхідності ручного створення правил або сигнатур. Завдяки багаторівневій структурі такі моделі здатні формувати високорівневі ознаки з необроблених даних, що значно підвищує ефективність виявлення аномалій.

Особливий інтерес для дослідників становить використання архітектур глибокого навчання під час аналізу мережевого трафіку в режимі реального часу. У таких системах важливими є не лише точність класифікації, але й швидкість прийняття рішень, оскільки навіть незначна затримка може призвести до успішної реалізації атаки та компрометації інформаційних ресурсів. Саме тому сучасні дослідження спрямовані на створення моделей, які здатні забезпечувати високу продуктивність при обробці великих потоків даних та оперативно реагувати на виникнення підозрілої активності.

Слід зазначити, що застосування глибоких нейронних мереж у сфері кібербезпеки відкриває нові можливості для побудови адаптивних систем захисту. Такі системи можуть постійно вдосконалюватися в процесі експлуатації, накопичувати нові знання про загрози та автоматично адаптуватися до змін у мережевому середовищі. Це особливо актуально в умовах швидкої еволюції кіберзагроз та появи нових методів атак, які часто залишаються непоміченими для традиційних засобів захисту.

Таким чином, дослідження можливостей використання глибоких нейронних мереж для виявлення аномальної мережевої активності є важливим науковим і практичним завданням, вирішення якого сприятиме підвищенню ефективності сучасних систем кібербезпеки та забезпеченню надійного захисту інформаційних ресурсів від кіберзагроз.

Аномальна мережева активність як об'єкт дослідження

Аномальною мережевою активністю вважаються будь-які відхилення від нормального функціонування мережі, які можуть свідчити про наявність кіберзагроз. До таких загроз належать DDoS-атаки, мережеве сканування, ботнет-активність, спроби несанкціонованого доступу та поширення шкідливого програмного забезпечення.

Своєчасне виявлення подібних аномалій є одним із ключових завдань систем кіберзахисту, оскільки дозволяє мінімізувати потенційні збитки та запобігти компрометації інформаційних ресурсів. У сучасних комп'ютерних мережах обсяги передаваних даних постійно зростають, що значно ускладнює процес моніторингу та аналізу мережевого трафіку. Крім того, кіберзлочинці постійно вдосконалюють методи атак, використовуючи нові інструменти та технології для обходу традиційних систем захисту.

Особливу небезпеку становлять атаки, які маскуються під звичайну активність користувачів та не містять характерних ознак відомих загроз. Такі атаки можуть тривалий час залишатися непоміченими, поступово збираючи конфіденційну інформацію або створюючи умови для подальшого проникнення до інформаційної системи. Саме тому сучасні системи кібербезпеки дедалі частіше орієнтуються не лише на виявлення відомих шаблонів атак, а й на аналіз поведінкових характеристик мережевого трафіку.

До найбільш поширених видів аномальної мережевої активності належать атаки типу DDoS (Distributed Denial of Service), метою яких є перевантаження мережевих ресурсів та порушення доступності сервісів. Такі атаки можуть здійснюватися одночасно з великої кількості заражених пристроїв, об'єднаних у ботнет-мережі. Не менш небезпечними є атаки сканування мережі, під час яких зловмисники збирають інформацію про відкриті порти, мережеві служби та потенційні вразливості системи.

Ще одним видом аномальної активності є спроби підбору облікових даних (Brute Force Attack), які полягають у багаторазовому надсиланні запитів на автентифікацію з різними комбінаціями логінів і паролів. Подібні дії можуть свідчити про спробу отримання несанкціонованого доступу до інформаційних ресурсів. Крім того, значну загрозу становить поширення шкідливого програмного забезпечення через мережеві канали зв’язку, що може призводити до втрати даних, порушення роботи інформаційних систем або викрадення конфіденційної інформації [7].

Для ефективного виявлення аномалій необхідно здійснювати безперервний моніторинг мережевого середовища та аналізувати широкий спектр параметрів мережевого трафіку. До таких параметрів належать кількість пакетів, швидкість передачі даних, тривалість з'єднань, характеристики протоколів, адреси джерела та призначення, а також поведінкові особливості користувачів і мережевих пристроїв. Аналіз цих показників дозволяє виявляти відхилення від нормальної роботи мережі та своєчасно реагувати на потенційні загрози.

У сучасних умовах особливого значення набуває використання методів машинного та глибокого навчання для автоматизованого виявлення аномальної активності. Такі методи дозволяють аналізувати великі обсяги мережевих даних у режимі реального часу та виявляти складні закономірності, які важко визначити за допомогою традиційних алгоритмів. Завдяки цьому забезпечується підвищення точності виявлення кіберзагроз та зменшення кількості хибнопозитивних спрацювань систем захисту.

Таким чином, аномальна мережева активність є важливим об'єктом дослідження у сфері кібербезпеки, а розробка ефективних методів її виявлення залишається одним із пріоритетних напрямів розвитку сучасних інформаційних технологій та систем захисту інформації.

Використання глибоких нейронних мереж для аналізу мережевого трафіку

Глибокі нейронні мережі являють собою багаторівневі математичні моделі, здатні виконувати автоматичне виділення ознак та класифікацію даних. Для аналізу мережевого трафіку найчастіше використовуються такі архітектури:

Convolutional Neural Networks (CNN). Дані моделі забезпечують ефективне виділення локальних закономірностей у великих масивах мережевих даних та демонструють високу швидкість обробки інформації [3].

Recurrent Neural Networks (RNN). Використовуються для аналізу послідовностей подій у мережевому трафіку та дозволяють враховувати часові залежності між мережевими пакетами [2].

Long Short-Term Memory (LSTM). Є вдосконаленою версією рекурентних мереж і забезпечує більш точне виявлення довгострокових залежностей у даних, що особливо важливо під час аналізу складних кібератак [4].

Autoencoder. Використовується для виявлення аномалій шляхом порівняння вхідних даних із реконструйованими моделлю даними. Значне відхилення свідчить про можливу аномальну активність [5].

Кожна з наведених архітектур має свої особливості та переваги залежно від типу даних і поставлених завдань. Вибір конкретної моделі визначається характером мережевого трафіку, вимогами до швидкості обробки інформації та необхідним рівнем точності виявлення загроз. У багатьох сучасних дослідженнях використовуються комбіновані підходи, які поєднують можливості кількох архітектур одночасно для досягнення максимальної ефективності.

Процес аналізу мережевого трафіку за допомогою глибоких нейронних мереж зазвичай складається з декількох етапів. На першому етапі

здійснюється збір мережевих даних із різних джерел, таких як маршрутизатори, комутатори, міжмережеві екрани та системи моніторингу мережі. Отримані дані проходять процедури попередньої обробки, які включають очищення від помилкових записів, нормалізацію параметрів та перетворення даних у формат, придатний для навчання нейронної мережі.

Наступним етапом є виділення характеристик мережевого трафіку. До таких характеристик можуть належати тривалість мережевого з'єднання, кількість переданих пакетів, обсяг переданих даних, частота звернень до певних ресурсів, використані протоколи зв'язку та інші параметри. У традиційних системах ці ознаки формуються експертами вручну, тоді як моделі глибокого навчання здатні автоматично визначати найбільш інформативні характеристики без участі людини.

Після завершення підготовки даних виконується навчання моделі на спеціалізованих наборах даних, що містять приклади як нормального мережевого трафіку, так і різних видів атак. У процесі навчання нейронна мережа поступово коригує власні параметри для мінімізації помилок класифікації та підвищення точності прогнозування. Після завершення навчання модель може використовуватися для аналізу нових даних у режимі реального часу.

Однією з головних переваг глибоких нейронних мереж є їх здатність виявляти раніше невідомі типи атак. На відміну від сигнатурних систем, які можуть розпізнавати лише відомі загрози, моделі глибокого навчання аналізують загальні закономірності поведінки мережевого трафіку та здатні виявляти суттєві відхилення від нормальної роботи мережі. Це особливо важливо в умовах постійної появи нових видів шкідливого програмного забезпечення та складних багатоетапних атак.

Крім того, глибокі нейронні мережі демонструють високу ефективність при роботі з великими обсягами даних. Сучасні корпоративні

мережі генерують мільйони мережевих пакетів щодня, що робить ручний аналіз практично неможливим. Використання технологій штучного інтелекту дозволяє автоматизувати процес моніторингу мережі та значно скоротити час реагування на потенційні загрози.

Важливою перевагою є також можливість роботи систем у режимі реального часу. Завдяки розвитку високопродуктивних графічних процесорів та спеціалізованих обчислювальних платформ сучасні нейронні мережі здатні аналізувати великі потоки мережевого трафіку практично без затримок. Це дозволяє своєчасно виявляти атаки та оперативно застосовувати механізми захисту для запобігання негативним наслідкам.

Останні дослідження демонструють, що точність сучасних моделей глибокого навчання при виявленні мережевих атак може перевищувати 95–99 %, залежно від типу використаних даних та архітектури нейронної мережі. Такі результати підтверджують перспективність використання технологій глибокого навчання як одного з ключових напрямів розвитку сучасних систем кібербезпеки [1, 3, 4, 5].

Переваги використання глибокого навчання

Використання глибоких нейронних мереж у системах виявлення вторгнень (IDS) та аналізу мережевого трафіку має низку суттєвих переваг порівняно з традиційними методами машинного навчання та сигнатурними підходами. Насамперед такі моделі забезпечують високу точність класифікації мережевого трафіку завдяки здатності аналізувати складні закономірності та взаємозв’язки між великою кількістю параметрів мережевих пакетів.

Однією з найважливіших переваг є можливість виявлення раніше невідомих атак. На відміну від класичних систем, які орієнтуються переважно на заздалегідь визначені сигнатури загроз, глибокі нейронні

мережі здатні визначати аномальну поведінку в мережі та виявляти нові типи атак, для яких ще не створено відповідних правил або шаблонів.

Важливою особливістю глибокого навчання є автоматичне виділення та формування ознак. Традиційні методи часто потребують участі експертів для ручного відбору характеристик мережевого трафіку, тоді як нейронні мережі самостійно знаходять найбільш інформативні ознаки під час процесу навчання. Це дозволяє значно спростити розробку системи та підвищити її ефективність.

Ще однією перевагою є здатність працювати з великими обсягами даних у режимі реального часу. Сучасні комп'ютерні мережі генерують величезну кількість інформації, яку необхідно аналізувати без затримок. Архітектури глибокого навчання можуть ефективно обробляти такі потоки даних, забезпечуючи своєчасне виявлення підозрілої активності.

Крім того, нейронні мережі характеризуються високою адаптивністю до нових кіберзагроз. Завдяки можливості повторного навчання та оновлення моделей система може враховувати нові типи атак і зміни в поведінці мережевого трафіку без необхідності повної перебудови механізмів захисту.

Таким чином, застосування глибокого навчання у сфері кібербезпеки дозволяє підвищити точність виявлення вторгнень, зменшити кількість хибних спрацьовувань, автоматизувати процес аналізу даних та забезпечити ефективний захист мережевої інфраструктури від сучасних кіберзагроз.

Проблеми та обмеження використання глибоких нейронних мереж

Незважаючи на високу ефективність глибоких нейронних мереж у задачах аналізу мережевого трафіку та виявлення кіберзагроз, їх практичне використання супроводжується низкою проблем і обмежень. Однією з головних труднощів є значна потреба в обчислювальних ресурсах. Навчання складних моделей глибокого навчання потребує використання потужних

графічних процесорів (GPU) або спеціалізованих обчислювальних платформ, що може суттєво збільшувати вартість впровадження та експлуатації таких систем.

Ще однією важливою проблемою є необхідність наявності великих обсягів якісних навчальних даних. Для досягнення високої точності нейронні мережі повинні навчатися на репрезентативних наборах мережевого трафіку, які містять як нормальну активність, так і різні типи атак. Формування таких вибірок є складним завданням через швидкий розвиток кіберзагроз та обмежену доступність актуальних даних.

Суттєвим недоліком глибокого навчання залишається складність інтерпретації результатів роботи моделей. Більшість сучасних нейронних мереж функціонують за принципом так званої «чорної скриньки», коли користувач або фахівець з кібербезпеки не може однозначно визначити, які саме фактори вплинули на прийняття рішення системою. Це ускладнює аналіз помилок, аудит безпеки та підвищення довіри до автоматизованих систем виявлення вторгнень.

Крім того, навіть високоточні моделі можуть генерувати хибнопозитивні та хибнонегативні спрацювання. У першому випадку легітимний мережевий трафік помилково визначається як загроза, що призводить до зайвих попереджень та перевантаження адміністраторів безпеки. У другому випадку реальна атака може залишитися невиявленою, що створює додаткові ризики для інформаційної інфраструктури.

Окремою проблемою є необхідність регулярного оновлення моделей. Характер мережевого трафіку та методи проведення кібератак постійно змінюються, тому моделі, навчені на застарілих даних, можуть втрачати свою ефективність. Це вимагає періодичного перенавчання систем та впровадження механізмів адаптації до нових загроз.

Перспективним напрямом подальших наукових досліджень є використання концепції Explainable Artificial Intelligence (XAI) — пояснюваного штучного інтелекту. Технології XAI спрямовані на підвищення прозорості процесу прийняття рішень нейронними мережами та надання зрозумілих пояснень щодо причин класифікації певної події як аномальної або потенційно небезпечної. Впровадження таких підходів дозволить підвищити рівень довіри до систем штучного інтелекту, спростити їх аудит та забезпечити більш ефективну взаємодію між автоматизованими засобами захисту та фахівцями з кібербезпеки.

Таким чином, подальший розвиток методів глибокого навчання пов'язаний не лише зі зростанням точності виявлення атак, але й з вирішенням проблем інтерпретованості, ресурсомісткості та адаптації моделей до динамічного середовища сучасних комп'ютерних мереж.

Наукова новизна

Наукова новизна даної роботи полягає в комплексному узагальненні сучасних підходів до застосування методів глибокого навчання для аналізу мережевого трафіку та виявлення аномальної мережевої активності в умовах сучасних кіберзагроз. У роботі проведено систематизацію основних архітектур глибоких нейронних мереж, які використовуються в системах виявлення вторгнень, а також визначено їхні переваги та особливості застосування для задач кібербезпеки.

Особливу увагу приділено порівняльному аналізу таких архітектур, як згорткові нейронні мережі (CNN), рекурентні нейронні мережі (RNN), мережі довгої короткочасної пам’яті (LSTM) та автоенкодери. На основі проведеного аналізу визначено найбільш перспективні підходи до виявлення аномалій у мережевому трафіку, здатні забезпечити високу точність класифікації та ефективне виявлення як відомих, так і нових типів кібератак.

Наукова новизна також полягає у визначенні ключових факторів, що впливають на ефективність використання глибоких нейронних мереж у режимі реального часу, зокрема обсягів навчальних даних, вибору архітектури моделі, параметрів навчання та особливостей мережевого середовища. Це дозволяє сформувати рекомендації щодо підвищення якості функціонування інтелектуальних систем моніторингу мережевої безпеки.

Крім того, у роботі обґрунтовано доцільність поєднання сучасних методів глибокого навчання з технологіями пояснюваного штучного інтелекту (Explainable AI), що сприяє підвищенню прозорості процесу прийняття рішень та довіри до автоматизованих систем виявлення загроз.

Таким чином, отримані результати розширюють наукові уявлення щодо можливостей застосування глибоких нейронних мереж у сфері кібербезпеки та можуть бути використані як теоретична основа для подальшого вдосконалення систем виявлення аномальної мережевої активності в режимі реального часу.

Висновки

У результаті проведеного дослідження було проаналізовано можливості використання глибоких нейронних мереж для виявлення аномальної мережевої активності в сучасних комп’ютерних мережах. Встановлено, що стрімке зростання кількості кіберзагроз, ускладнення методів проведення атак та збільшення обсягів мережевого трафіку вимагають застосування нових інтелектуальних підходів до забезпечення інформаційної безпеки. Одним із найбільш перспективних напрямів вирішення цієї проблеми є використання технологій глибокого навчання.

У роботі було розглянуто основні архітектури глибоких нейронних мереж, які застосовуються для аналізу мережевого трафіку, зокрема CNN, RNN, LSTM та Autoencoder. Проведений аналіз показав, що кожна з цих архітектур має власні переваги залежно від характеру даних та поставлених

завдань. Водночас найбільш ефективними для виявлення аномалій у мережевому трафіку виявилися моделі LSTM та Autoencoder. Мережі LSTM демонструють високу результативність при аналізі часових послідовностей та виявленні складних закономірностей у мережевих потоках, тоді як Autoencoder ефективно виявляють відхилення від нормальної поведінки навіть за відсутності великої кількості прикладів атак під час навчання.

Дослідження підтвердило, що використання глибокого навчання дозволяє значно підвищити точність виявлення вторгнень, зменшити кількість хибних спрацьовувань та автоматизувати процес аналізу великих обсягів мережевих даних. Важливою перевагою таких систем є здатність виявляти не лише відомі, але й нові типи атак, що особливо актуально в умовах постійної еволюції кіберзагроз.

Разом із тим встановлено, що впровадження глибоких нейронних мереж супроводжується низкою проблем, серед яких висока потреба в обчислювальних ресурсах, необхідність використання великих навчальних вибірок та складність інтерпретації результатів роботи моделей. Для подолання цих обмежень перспективним напрямом є використання технологій Explainable Artificial Intelligence (XAI), які забезпечують прозорість процесу прийняття рішень та підвищують довіру до систем штучного інтелекту.

Отже, глибокі нейронні мережі є ефективним інструментом побудови сучасних систем виявлення вторгнень та аналізу мережевого трафіку. Подальший розвиток методів штучного інтелекту, удосконалення алгоритмів глибокого навчання та інтеграція пояснюваних моделей сприятимуть створенню більш надійних, адаптивних та високоточних систем кіберзахисту, здатних функціонувати в режимі реального часу та оперативно реагувати на сучасні кіберзагрози

Список використаної літератури

1. Deep Learning / Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. *Deep Learning*. MIT Press, 2016.

2. Neural Networks and Deep Learning / Nielsen M. *Neural Networks and Deep Learning*. 2015.

3. Convolutional Neural Network / LeCun Y., Bengio Y., Hinton G. Deep Learning. *Nature*. 2015.

4. Long Short-Term Memory / Hochreiter S., Schmidhuber J. Long Short-Term Memory. *Neural Computation*. 1997.

5. Autoencoder / Hinton G., Salakhutdinov R. Reducing the Dimensionality of Data with Neural Networks. *Science*. 2006.

6. NIST. *Framework for Improving Critical Infrastructure Cybersecurity*.

7. OWASP. OWASP Top 10 Web Application Security Risks.

8. Cisco. Annual Cybersecurity Reports.

9. IBM. X-Force Threat Intelligence Reports.

10. Kaspersky. Cyberthreat Intelligence Reports.

References

1.Deep Learning / Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. *Deep Learning*. MIT Press, 2016.

2.Neural Networks and Deep Learning / Nielsen M. *Neural Networks and Deep Learning*. 2015.

3.Convolutional Neural Network / LeCun Y., Bengio Y., Hinton G. Deep Learning. *Nature*. 2015.

4.Long Short-Term Memory / Hochreiter S., Schmidhuber J. Long Short-Term Memory. *Neural Computation*. 1997.

5.Autoencoder / Hinton G., Salakhutdinov R. Reducing the Dimensionality of Data with Neural Networks. *Science*. 2006.

6.NIST. *Framework for Improving Critical Infrastructure Cybersecurity*.

7.OWASP. OWASP Top 10 Web Application Security Risks.

8.Cisco. Annual Cybersecurity Reports.

9.IBM. X-Force Threat Intelligence Reports.

10.Kaspersky. Cyberthreat Intelligence Reports.

Slipchuk Yuriy Andriiovych, Postgraduate Student, National University of Civil Defence of Ukraine, Ukraine

PEOPLE-CENTRED INTEROPERABILITY OF E-GOVERNANCE AS AN INSTRUMENT FOR IMPLEMENTING GOOD GOVERNANCE IN UKRAINE

Abstract

The article substantiates a people-centred interoperability model of e-governance as an instrument for implementing good governance in Ukraine. The relevance of the study is determined by the transformation of electronic governance from a tool of administrative convenience into a condition for the continuity of public authority, service accessibility and protection of citizens' rights under martial law, European integration and post-war recovery.

The study proceeds from the premise that digital tools create public value only when they are linked with the principles of transparency, accountability, rule of law, effectiveness, inclusiveness and people-centredness. The proposed model includes six dimensions of interoperability: legal, institutional, data, service, communication and participatory. Particular attention is paid to the relationship between national digital infrastructure, regional coordination and local service delivery. The model explains how electronic identification, register exchange, open data, digital services, cybersecurity and e-democracy tools can be integrated into a coherent public-administration system.

The practical value of the article lies in the formulation of recommendations for Ukraine: simplification of procedures before digitization; harmonization with EU standards on data protection, digital identity and trust services; strengthening of regional and municipal capacity; development of assisted digital access for vulnerable groups; introduction of user-experience indicators; and connection of

digital participation tools with real decision-making procedures. The results may be used in public-administration research, digital-transformation planning and the preparation of recommendations for improving e-governance in Ukraine.

Keywords: e-governance, good governance, digital state, public administration, interoperability, electronic services, e-democracy, Ukraine.

Problem statement. Ukraine's movement toward a digital state is no longer a narrow technological reform. Under martial law, accelerated European integration and the need for post-war recovery, e-governance has become a condition for the continuity of public authority, the protection of citizens' rights and the delivery of services in situations where physical infrastructure may be damaged or inaccessible. The dissertation material shows that electronic governance in Ukraine has moved from the logic of administrative convenience to the logic of state resilience: public registers, electronic documents, remote services and secure data exchange make it possible to preserve interaction between the state, citizens and businesses even under crisis pressure.

At the same time, the mere digitisation of procedures does not automatically create good governance. A service may be formally available online but remain complicated, fragmented, legally uncertain, inaccessible to vulnerable users or poorly connected with other administrative systems. This is why the development of e-governance should be interpreted not only as a process of introducing portals, applications and registers, but also as a transformation of the institutional architecture of public administration. Digital instruments must be assessed by whether they strengthen transparency, accountability, rule of law, efficiency, inclusiveness and people-centredness.

The practical problem is the gap between national-level digital platforms and local-level public needs. National systems establish common standards, interoperability rules, identification tools, cybersecurity requirements and

electronic-service infrastructure. However, citizens experience public administration primarily through concrete life situations: registration of residence, access to social assistance, recovery of documents, interaction with a community, participation in decision-making, receipt of compensation, access to education or health care. Therefore, the effectiveness of e-governance depends on how coherently the national digital infrastructure is connected with regional and municipal administrative processes.

This issue is particularly important for Ukraine because the principles of good governance are a core part of the European integration agenda. The dissertation emphasizes that the European model is based on subsidiarity, openness, accountability, predictability, effectiveness and people-centredness. These principles require not simply the transfer of existing bureaucracy to an electronic form, but a rethinking of how public authorities collect data, make decisions, provide services, involve citizens and report on results. In this context, a scientifically grounded model of people-centred e-governance is needed as an instrument for implementing good governance in Ukraine.

Analysis of recent research and publications. The scientific and policy literature on e-governance is developing in several directions. The first direction concerns the global transformation of public administration under the influence of digital technologies. The United Nations e-government framework treats digital government as a combination of online services, telecommunication infrastructure and human capital, while also paying attention to inclusion and the capacity of institutions to provide public value [1]. This position is important because it shifts the emphasis from the technical existence of online services to the real accessibility and usefulness of public interaction.

The second direction is related to the concept of good governance. The Council of Europe and the OECD/SIGMA approach interpret good governance through principles that include openness, participation, rule of law, effectiveness,

efficiency, accountability and sound financial management [2; 3]. For Ukraine, these principles are not abstract recommendations but practical benchmarks for public-administration reform and preparation for EU membership. They are also criteria for evaluating whether digital services actually improve governance rather than only modernize its external form.

The third direction concerns European digital regulation. EU policy increasingly connects digitalization with trust, data protection, interoperability and cross-border identification. The eIDAS framework, the General Data Protection Regulation, the Data Governance Act and interoperability-oriented European initiatives show that digital government must be legally secure, technically compatible and rights-based [4-6]. These requirements are relevant for Ukraine because the development of digital services and registers must be compatible with the European digital environment.

The fourth direction is Ukrainian practice of digital state-building. The dissertation highlights the role of the Diia ecosystem, electronic documents, digital public services, the Trembita system of electronic interaction, open data and the transfer of administrative procedures into electronic form. These tools are interpreted as instruments for reducing corruption, lowering transaction costs, simplifying access to services and increasing the transparency of public authorities. At the same time, the dissertation material also identifies unresolved problems: uneven digital access, insufficient digital literacy, cybersecurity risks, fragmentation of registers, legal uncertainty and the need for better coordination among public bodies.

The fifth direction relates to electronic democracy and public participation. The development of e-petitions, public consultations, participatory budgeting, open data portals and digital feedback channels expands the possibilities for citizens to influence decisions. However, digital participation may remain symbolic if it is not connected with decision-making procedures, feedback

obligations and accountability mechanisms. Therefore, e-democracy should be considered not as a separate supplement to e-governance, but as one of the core components of people-centred good governance.

Despite the significant number of publications, the applied question remains insufficiently developed: how should Ukraine design an integrated model in which national digital infrastructure, regional implementation capacity and local participation jointly produce good governance outcomes? The existing titles of Slipchuk's published works and conference materials already cover administrative-legal principles, general mechanisms of e-governance, normative support, foreign experience, cyberspace in military operations, higher education digitalization and digital resilience. The present article therefore deliberately focuses on another angle - people-centred interoperability as a practical model for linking digital infrastructure with public value, service accessibility and multi-level governance.

Purpose of the article. The purpose of the article is to substantiate a people-centred interoperability model of e-governance as an instrument for implementing good governance in Ukraine. The achievement of this purpose requires: clarifying the relationship between e-governance and good governance; identifying the levels and components of people-centred interoperability; determining the role of national, regional and local actors; and formulating practical recommendations for improving digital public administration in the conditions of martial law, European integration and post-war recovery.

Presentation of the main material of the study. E-governance should be understood as a system of institutional, legal, technological, organizational and communication relations that enable public authorities to provide services, exchange data, involve citizens and make decisions through information and communication technologies. In this interpretation, digital tools are not self-sufficient. They acquire public value only when they change the quality of

interaction between the state and the citizen: make it faster, clearer, safer, more transparent, more inclusive and less dependent on personal discretion of officials.

Good governance provides a normative framework for evaluating this transformation. If the principle of openness is applied, e-governance must ensure access to public information, open data and understandable explanations of administrative decisions. If accountability is applied, digital systems must leave verifiable traces of actions and allow citizens to appeal or correct decisions. If efficiency is applied, electronic services must reduce unnecessary administrative steps and paper circulation. If people-centredness is applied, services must be designed according to life situations rather than according to the internal structure of institutions.

The proposed model is based on the concept of people-centred interoperability. In the usual technical sense, interoperability means the ability of information systems and registers to exchange data. In the public-administration sense, it should be broader. People-centred interoperability means the coordinated ability of legal norms, public institutions, digital platforms, administrative procedures and communication channels to support a citizen's interaction with the state without duplication, excessive paperwork, unjustified delays or exclusion. Thus, interoperability should connect not only databases but also responsibilities, standards, services and feedback.

The first level of the model is legal interoperability. It determines whether different public bodies may lawfully collect, process, exchange and use data. For Ukraine, this level includes legislation on electronic documents, electronic identification, trust services, personal data protection, public electronic registers, cybersecurity, open data and administrative procedures. Legal interoperability is essential because a technically possible data exchange may be unacceptable if the purpose, legal basis, consent, access rights and responsibility are not defined.

Therefore, the further development of e-governance requires harmonization with EU data-protection and digital-identity standards.

The second level is institutional interoperability. It concerns the distribution of functions among central executive bodies, regional administrations, local self-government bodies, service centres and digital-system administrators. The dissertation material emphasizes that the national level should provide unified rules, platforms and standards, whereas the local level fills digital tools with concrete content and adapts them to the needs of communities. Institutional interoperability is achieved when these levels do not duplicate one another but form a coherent chain: the state defines the architecture, regions coordinate implementation, and communities provide direct service interaction with citizens.

The third level is data interoperability. Its practical foundation in Ukraine is the electronic interaction of registers, particularly through the Trembita system. Data interoperability implements the once-only principle: citizens should not repeatedly provide information that is already available to the state. In practice, this reduces the number of certificates, paper documents and visits to public offices. However, data interoperability must be combined with data quality, cybersecurity, auditability and minimization of access. Otherwise, the expansion of data exchange can create new risks instead of solving old problems.

The fourth level is service interoperability. It means that electronic services should be organized around user needs and life events. For example, displacement, birth of a child, loss of documents, damage to housing, registration of business activity or obtaining veteran-related support are not isolated bureaucratic actions. They involve several institutions and several types of data. A people-centred electronic service should guide the user through the whole administrative path rather than force the user to understand the internal division of competence among agencies.

The fifth level is communication interoperability. Digital governance cannot rely only on portals and applications. Citizens need clear information about their rights, service algorithms, required documents, deadlines, appeal procedures and data-protection guarantees. Communication interoperability means that information is consistent across websites, mobile applications, administrative service centres, hotlines, community offices and social networks. This is particularly important under martial law, when citizens may be displaced, lose documents, have limited access to internet or need urgent assistance.

The sixth level is participatory interoperability. It connects e-governance with e-democracy. Citizens should not only receive digital services but also influence public decisions through consultations, petitions, participatory budgeting, digital surveys, open-data analysis and public monitoring. Participatory interoperability means that feedback is not lost in the system: it is registered, analyzed, transmitted to the responsible authority and reflected in decisions or public explanations. Without this level, digital government may become administratively efficient but democratically weak.

The national dimension of the model includes the development of a unified digital infrastructure. Its core components are national registers, electronic identification, trust services, interoperable data exchange, cybersecurity standards, open data, state portals, digital documents and integrated public-service platforms. This level is responsible for ensuring equality of standards across the country. A citizen should not lose access to basic public services because of the region of residence, displacement or the administrative capacity of a particular community.

The regional dimension includes coordination of implementation. Regional authorities have to adapt national digital tools to territorial conditions, support communities, analyze service gaps, coordinate recovery needs, ensure continuity of public administration and collect feedback from service users. In frontline and de-occupied territories, the regional dimension is connected with emergency

communication, remote access to services, preservation of registers, support for internally displaced persons and protection of critical information infrastructure. In relatively safe regions, the emphasis may be on service load, integration of displaced persons, expansion of administrative service centres and digital inclusion.

The local dimension is the most visible for citizens. Communities organize access points, municipal services, local registers, electronic queues, school and health-care-related digital services, local consultations, public-budget platforms and open data on community assets. Local e-governance should not be reduced to the purchase of software. It requires trained staff, service standards, accessible premises, reliable communication with residents and capacity to use national platforms correctly. A community that lacks institutional capacity may formally have access to digital tools but fail to transform them into better governance.

A people-centred model also requires inclusion. Digitalization may reduce administrative barriers for many users, but it can increase exclusion for those who lack devices, internet access, digital literacy, language accessibility or trust in online systems. Therefore, the digital state should preserve alternative channels: administrative service centres, mobile service teams, assisted digital access points, telephone support, community mediators and paper-based solutions for exceptional cases. The goal is not to force everyone into one digital channel but to ensure that every person can receive a service safely and conveniently.

Another component is cybersecurity and digital trust. Under wartime conditions, public digital infrastructure is a target of attacks. Trust in electronic governance depends not only on user-friendly interfaces but also on the confidence that data will be protected, services will remain available, and errors or unauthorized actions can be detected. For this reason, cybersecurity, backup systems, cloud resilience, access control, regular audits and incident-response

procedures must be considered part of good governance, not only part of information technology management.

The model can be operationalized through a public-administration cycle. The first stage is diagnosis: authorities identify which services are fragmented, duplicated, inaccessible or vulnerable. The second stage is legal and institutional alignment: responsibilities, data-exchange rules and service standards are clarified. The third stage is digital redesign: procedures are simplified before being converted into electronic form. The fourth stage is implementation: platforms, registers, access points and staff training are deployed. The fifth stage is monitoring: user satisfaction, processing time, error rates, accessibility and security incidents are measured. The sixth stage is correction: services are improved on the basis of evidence and feedback.

This cycle is especially relevant for administrative services related to wartime needs. Internally displaced persons, veterans, families of fallen defenders, citizens whose housing has been damaged and businesses relocating to safer regions often interact with several institutions simultaneously. The quality of governance is determined by whether these interactions are integrated. For example, an internally displaced person may need confirmation of status, social payments, registration of children in school, access to medical care, employment support and housing assistance. A people-centred interoperable system should not treat these as unrelated actions but as elements of one life situation.

The proposed model differs from a purely technological approach. It does not start with the question of what platform should be introduced, but with the question of what public value should be created. Public value in this context includes time saved by citizens, reduced corruption risks, fewer administrative visits, improved transparency, greater accessibility, better data quality, stronger participation and more reliable protection of rights. The measurement of e-

governance should therefore include not only the number of digital services but also their impact on trust, convenience, fairness and administrative outcomes.

A practical example may be the development of local digital services on the basis of national infrastructure. The state provides secure identification, register exchange and legal standards. The region coordinates implementation and identifies territorial priorities. The community uses these tools for local services such as electronic queues, permits, school enrollment, consultations, public-budget voting or information about recovery projects. Citizens receive services and provide feedback. This chain shows that e-governance becomes effective when all levels are connected through common standards and shared responsibility.

Another example concerns open data and accountability. Publishing datasets is important, but people-centred interoperability requires that open data be connected with understandable dashboards, public explanations, monitoring of projects and feedback channels. For recovery policy, open data should allow citizens to see which projects are planned, how they are funded, what stage they are at, who is responsible and how to report problems. This converts digital transparency into a real accountability mechanism.

The article proposes several practical recommendations. First, the development of e-governance should be guided by an explicit people-centred interoperability principle. This principle should be reflected in strategic documents, service standards and digital-transformation plans. Second, the simplification of administrative procedures must precede their digitization. Otherwise, digital tools will reproduce bureaucratic complexity. Third, interoperability projects should include legal, institutional, data, service, communication and participatory components, not only technical integration.

Fourth, regional and municipal capacity-building should become a permanent element of digital-state policy. Officials need skills in data governance, cybersecurity awareness, user-centred service design, public communication,

digital participation and evaluation. Fifth, digital inclusion should be treated as a criterion of service quality. Every major digital service should be assessed according to its accessibility for elderly people, people with disabilities, displaced persons, rural residents and persons with limited digital skills. Sixth, electronic services should be monitored through indicators of user experience, processing time, error correction, appeal rates and citizen satisfaction.

Seventh, Ukraine should continue alignment with EU digital standards. This includes personal data protection, electronic identification, trust services, interoperability, open data and responsible data governance. Such alignment is necessary not only for formal European integration but also for creating a trusted digital environment in which Ukrainian citizens and businesses can interact with public authorities and European partners. Eighth, participatory tools should be linked with decision-making obligations. Public consultations and digital feedback should result in published responses, explanations or revisions of policy decisions.

The expected result of implementing the model is a transition from electronic administration to digital good governance. Electronic administration is mainly about converting procedures into electronic form. Digital good governance is broader: it makes public administration more transparent, accountable, inclusive, effective and oriented toward public value. For Ukraine, this transition is especially significant because the digital state has already demonstrated its resilience under extraordinary conditions. The next step is to deepen the connection between resilience, European standards and everyday service quality.

Conclusion. The development of e-governance in Ukraine should be viewed as a strategic instrument for implementing good governance rather than as a separate technological reform. The dissertation material confirms that electronic services, digital documents, register interoperability, cybersecurity, open data and e-democracy tools have become essential for the modernization of public administration, especially under martial law and European integration.

The article substantiates a people-centred interoperability model that connects legal, institutional, data, service, communication and participatory dimensions of e-governance. The model emphasizes that interoperability should link not only information systems but also administrative responsibilities, service standards, citizen feedback and public accountability. National authorities provide common infrastructure and standards; regional authorities coordinate implementation and adaptation; local self-government bodies ensure direct interaction with citizens and community participation.

The proposed approach allows e-governance to be evaluated through good-governance outcomes: transparency, accountability, efficiency, inclusiveness, trust and protection of rights. Practical implementation requires simplification of procedures before digitization, harmonization with EU standards, strengthening of regional and municipal capacity, preservation of assisted access for digitally vulnerable groups, cybersecurity measures and integration of participation tools into decision-making. Further research should focus on empirical testing of this model in selected Ukrainian regions and on the development of indicators for evaluating the public value of digital services.

References

1. United Nations. (2024). E-Government Survey 2024: Accelerating Digital Transformation for Sustainable Development. New York: United Nations. DOI: absent. URL: https://publicadministration.un.org/egovkb/en-us/Reports/UN-E-Government-Survey-2024.

2. Council of Europe. (n.d.). 12 Principles of Good Democratic Governance. DOI: absent. URL: https://www.coe.int/en/web/good-governance/12-principles.

3. OECD/SIGMA. (2023). The Principles of Public Administration. Paris: OECD. DOI: absent. URL: https://www.sigmaweb.org/publications/principles-public-administration.htm.

4. European Parliament and Council of the European Union. (2024). Regulation (EU) 2024/1183 amending Regulation (EU) No 910/2014 as regards establishing the European Digital Identity Framework. DOI: absent. URL: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1183/oj.

5. European Parliament and Council of the European Union. (2016). Regulation (EU) 2016/679 (General Data Protection Regulation). DOI: absent. URL: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2016/679/oj.

6. European Parliament and Council of the European Union. (2022). Regulation (EU) 2022/868 on European data governance (Data Governance Act). DOI: absent. URL: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2022/868/oj.

7. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2017). Concept for the Development of Electronic Democracy in Ukraine and the Action Plan for its Implementation. Order No. 797-r. DOI: absent. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/797-2017-%D1%80#Text.

8. Verkhovna Rada of Ukraine. (2017). Law of Ukraine On Electronic Trust Services. DOI: absent. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2155-19#Text.

9. Verkhovna Rada of Ukraine. (2021). Law of Ukraine On Public Electronic Registers. DOI: absent. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1907-20#Text.

10. Ministry of Digital Transformation of Ukraine. (n.d.). Diia: State services online. DOI: absent. URL: https://diia.gov.ua/.

11. Ministry of Digital Transformation of Ukraine. (n.d.). Trembita: electronic interaction system. DOI: absent. URL: https://trembita.gov.ua/.

12. Open Government Partnership. (n.d.). Ukraine. DOI: absent. URL: https://www.opengovpartnership.org/members/ukraine/.

13. OECD. (2022). Rebuilding Ukraine by Reinforcing Regional and Municipal Governance. OECD Multi-level Governance Studies. DOI: https://doi.org/10.1787/63a6b479-en. URL:

https://www.oecd.org/en/publications/rebuilding-ukraine-by-reinforcing-regional-and-municipal-governance_63a6b479-en.html.

14. OECD. (2022). Public Governance in Ukraine: Implications of Russia's War. OECD Policy Responses. DOI: absent. URL: https://www.oecd.org/en/publications/public-governance-in-ukraine_c8cbf0f4-en.html.

15. European Commission. (n.d.). eGovernment and digital public services. DOI: absent. URL: https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/egovernment.

Vydavatel:
Publishing house Education and Science s.r.o. IČO : 271 56 877.
Frýdlanská 15/1314 , Praha 8. MS v Praze , oddíl C,vložka 100614

STREDOEVROPSKY VESTNiK

PRO VEDU A VYZKUM

Vol. 3. № 6. 2026

Signed for printing on June 26, 2026
Format 60x90/8. Offset paper and printing Headset Times New Roman.
Mental printing. arc. 14,29. Edition 100 copies.