



**Цифрові трансформації  
для забезпечення  
еколого-економічного розвитку  
та цивільного захисту**

**Монографія**

---

**Digital transformations  
to ensure  
ecological and economic  
development and civil protection**

**Monograph**

---

Міністерство освіти і науки України  
Сумський державний університет

**Цифрові трансформації  
для забезпечення  
еколого-економічного розвитку  
та цивільного захисту**

**Монографія**

За загальною редакцією доктора економічних наук, професора О. В. Кубатка,  
кандидата економічних наук, доцента В. І. Вороненка

Рекомендовано вченою радою Сумського державного університету

Суми  
Сумський державний університет  
2025

УДК 332.146.2:004.89

К 88

Авторський колектив:

*В. І. Вороненко*, кандидат економічних наук, доцент;  
*О. В. Кубатко*, доктор економічних наук, професор;  
*В. А. Омеляненко*, доктор економічних наук, професор;  
*С. М. Литвиненко*, докторка філософії;  
*А. К. Кулик*;  
*А. А. Треус*;  
*І. О. Пономаренко*;  
*М. В. Кириленко*;  
*А. Г. Яременко*

Рецензенти:

*О. Ю. Чигрин* – докторка економічних наук, професорка, професорка кафедри маркетингу Сумського державного університету;  
*Н. Л. Савицька* – докторка економічних наук, професорка, завідувачка кафедри маркетингу, управління репутацією та клієнтським досвідом Державного біотехнологічного університету (м. Харків)

Рекомендовано до видання  
вченою радою Сумського державного університету  
як монографія  
(протокол № 11 від 20 березня 2025 року)

**Цифрові** трансформації для забезпечення еколого-економічного розвитку  
К 88 та цивільного захисту : монографія / В. І. Вороненко та ін. ; за заг. ред. О. В. Кубатка,  
В. І. Вороненка. – Суми : СумДУ, 2025. – 195 с.

ISBN 978-966-446-008-5

У монографії представлено результати комплексного наукового дослідження, присвяченого ролі цифрових трансформацій у забезпеченні сталого еколого-економічного розвитку та зміцненні системи цивільного захисту в умовах воєнних, екологічних та соціальних викликів. Авторським колективом розроблено інноваційні методики оцінювання та прогнозування впливу цифрових технологій, зокрема штучного інтелекту, на ключові параметри розвитку еколого-економічних систем і національної безпеки. Монографія містить макроекономічні моделі, адаптовані до умов повсякденного відновлення з урахуванням викликів Індустрії 4.0, а також обґрунтовує ефективні управлінські рішення щодо цифрової модернізації секторів економіки, включаючи біоенергетику, IT-аутсорсинг, екосистемні послуги та безпекову інфраструктуру. Практичні розділи присвячені впровадженню інтелектуальних технологій в системи управління ризиками, оцінювання кібербезпеки та адаптації політик сталого розвитку.

Монографія розрахована на науковців, аналітиків, управлінців, фахівців цифрової економіки, державних службовців, викладачів, аспірантів та студентів, які досліджують сучасні тренди цифровізації та їхній вплив на суспільно-економічні процеси.

*Робота виконана в межах НДР «Цифрові трансформації для забезпечення цивільного захисту та повсякденного відновлення економіки в умовах екологічних і соціальних викликів» (№ д/р 0124U000549).*

УДК 332.146.2:004.89



Цей твір ліцензовано на умовах

**Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International**

(Із Зазначенням Авторства-Некомерційна-Поширення  
на тих самих умовах 4.0 Міжнародна)

ISBN 978-966-446-008-5

© Сумський державний університет, 2025

## ЗМІСТ

С.

ВСТУП.....	7
1 ПЕРЕДУМОВИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ, СОЦІАЛЬНО ТА ЕКОЛОГІЧНО ЗБАЛАНСОВАНОГО РОЗВИТКУ ЕКОНОМІКИ ЗА ДОПОМОГОЮ ЕФЕКТИВНОГО ВПРОВАДЖЕННЯ ЦИФРОВИХ ТРАНСФОРМАЦІЙ.....	10
1.1 Теоретичний аналіз оцінювання впливу інтелектуального капіталу та штучного інтелекту на цифрові трансформації.....	10
1.2 Вплив екосистемних факторів на стан економічних систем.....	21
2 МЕТОДИКИ ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ РОЗВИТКУ ЕКОЛОГО- ЕКОНОМІЧНИХ СИСТЕМ І ВПЛИВУ ЦИФРОВИХ ТРАНСФОРМАЦІЙ НА ПРОЦЕСИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ ТА ПОВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ.....	344
2.1 Розроблення методики оцінювання стану розвитку еколого-економічних систем та цивільної безпеки (фізична, психологічна, економічна, кібербезпека) на основі упровадження технологій штучного інтелекту.....	344
2.2 Методика оцінювання й прогнозування впливу цифрових трансформацій на процеси забезпечення цивільного захисту та повоєнного відновлення національної економіки в умовах екологічних і соціальних викликів.....	59
2.2.1 Динамічний аналіз показників у методиці оцінювання й прогнозування впливу цифрових трансформацій на процеси забезпечення цивільного захисту та повоєнного відновлення.....	59
2.2.2 Експертний і стохастичний аналіз показників у методиці оцінювання й прогнозування впливу цифрових трансформацій на процеси забезпечення цивільного захисту та повоєнного відновлення.....	68

2.3 Методика розроблення макроекономічної динамічної моделі визначення повоєнного стану національної соціально-економічної системи (та її регіонів) для відновлення в руслі сучасних трендів Industry 4.0 і технологій штучного інтелекту.....	80
2.3.1 Оцінювання впливу сучасних трендів Industry 4.0 і технологій штучного інтелекту на соціально-економічну сферу.....	80
2.3.2 Макроекономічні ефекти технологій Індустрії 4.0 та штучного інтелекту .....	844
2.3.3 Макроекономічні динамічні моделі визначення повоєнного стану національної соціально-економічної системи з урахуванням впливу Industry 4.0 і технологій штучного інтелекту.....	922
3 ОБҐРУНТУВАННЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ, ІНСТРУМЕНТІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ, ПОВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ, СОЦІАЛЬНО ТА ЕКОЛОГІЧНО ЗБАЛАНСОВАНОГО РОЗВИТКУ ЕКОНОМІКИ.....	103
3	
3.1 Екосистемні послуги як компонент сталого розвитку економічних систем.....	103
3	
3.2 Ефективна бізнес-модель фірми як запорука цифрової трансформації та сталого розвитку.....	1133
3.3 Аналізування моделей ціноутворення та регіональних особливостей на ринку ІТ-аутсорсингу.....	12525

4 ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ ЦИФРОВИХ ТРАНСФОРМАЦІЙ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ ТА ПОВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ ЕКОНОМІКИ В УМОВАХ ЕКОЛОГІЧНИХ І СОЦІАЛЬНИХ ВИКЛИКІВ.....	135
35	
4.1 Вплив штучного інтелекту на ухвалення рішень у бізнесі.....	13535
4.2 Штучний інтелект для підвищення ефективності бізнесу та цивільного захисту.....	1422
4.3 Відновлення національної економіки через розвиток біоенергетики.....	15050
4.4 Інтеграція цифрових трансформацій у політику сталого розвитку та цивільного захисту.....	170
4.5 Прогноз розвитку цифрових трансформацій в еколого-економічній та цивільній сферах.....	187
ВИСНОВКИ.....	170
2	

## ВСТУП

Сучасний світ стикається з безпрецедентними викликами, такими як війна, зміна клімату, виснаження ресурсів, зростання кіберзлочинності та ін. Ці виклики роблять оцінювання стану еколого-економічних систем та цивільної безпеки більш важливим, ніж будь-коли. Розроблення методики оцінювання стану розвитку еколого-економічних систем та цивільної безпеки (фізична, психологічна, економічна, кібербезпека) на основі впровадження технологій штучного інтелекту може передбачати розроблення методики оцінювання розвитку еколого-економічних систем та методики оцінювання розвитку цивільної безпеки, а саме: фізичної безпеки, психологічної безпеки, економічної

безпеки, кібербезпеки. І все це може бути основою впровадження технологій штучного інтелекту, тобто штучний інтелект повинен допомагати в оцінюванні розвитку еколого-економічних систем та цивільної безпеки. Для того щоб якісно підійти до такого процесу, потрібно проаналізувати, що вже зроблено на цьому шляху.

**Метою першого етапу** стало розроблення науково-методичних підходів забезпечення цивільного захисту, повоєнного відновлення, соціально та екологічно збалансованого розвитку економіки за допомогою ефективного впровадження цифрових трансформацій.

**Для досягнення цілей цього етапу було поставлено такі завдання:**

- розроблення макроекономічної динамічної моделі визначення повоєнного стану національної соціально-економічної системи (та її регіонів) для відновлення в руслі сучасних трендів Industry 4.0 і технологій штучного інтелекту;

- розроблення методики оцінювання стану розвитку еколого-економічних систем та цивільної безпеки (фізична, психологічна, економічна, кібербезпека) на основі впровадження технологій штучного інтелекту;

- розроблення методики оцінювання й прогнозування впливу цифрових трансформацій на процеси забезпечення цивільного захисту та повоєнного відновлення національної економіки в умовах екологічних і соціальних викликів.

**Результати та їх новизна:**

- розроблено методику оцінювання й прогнозування впливу цифрових трансформацій на процеси забезпечення цивільного захисту та повоєнного відновлення національної економіки в умовах екологічних і соціальних викликів за допомогою оцінювання інтегрованого індексу цифрової резильєнтності, в якому на відміну від наявних ураховано загальний показник впливу цифрових трансформацій, середній час реагування на надзвичайні ситуації, якість та ефективність автоматизованих комунікацій, ефективність управління ресурсами, рівень стійкості критичної інфраструктури, індекс кібербезпеки, фінансування, інвестоване в цифрові трансформації цивільного захисту, показник

технологічної зрілості системи;

– розроблено комплекс макроекономічних динамічних моделей, що враховують сучасні тенденції, пов'язані з Індустрією 4.0 і технологіями штучного інтелекту, які є ключовими чинниками для модернізації економіки. Моделі дозволяють оцінити поточний стан соціально-економічної системи після війни, ідентифікувати основні проблеми та визначити пріоритети для інвестицій та розвитку;

– обґрунтовано науково-методичні положення, що дозволяють визначити макроекономічні ефекти технологій Індустрії 4.0 і штучного інтелекту на макроекономічний розвиток, зокрема, специфічні ефекти технологій, розвиток інноваційної системи, міжнародну взаємодію та соціально-економічний розвиток країни;

– розроблено методику оцінювання стану розвитку еколого-економічних систем та цивільної безпеки, включаючи фізичну, психологічну, економічну безпеку й кібербезпеку, що базується на єдиному комплексі показників, на основі яких розраховують спеціальні індекси, їх значення повинні відповідати певним критеріям для визначення характеру стану, в якому перебувають система та безпека, що повинно здійснюватися на основі впровадження технологій штучного інтелекту, роль яких зводиться до автоматизації збирання та оброблення даних;

– розроблено вдосконалену методику аналізування впливу проривних технологій на соціально-економічні системи. Отримано масив даних щодо оцінювання цих ефектів та визначено особливості цифрової трансформації України за період 2017–2022 років.

На наступному етапі планується дослідити прикладні аспекти забезпечення соціального та екологічно збалансованого розвитку національної економіки в руслі цифрових трансформацій для повоєнного відновлення й забезпечення цивільного захисту.

Автори не претендують на вичерпність та завершеність висвітлених у монографії питань, багато з яких мають дискусійний характер, і будуть щиро

вдячні за відгуки та пропозиції щодо вдосконалення окремих частин дослідження.

Авторські внески: В. І. Вороненко (п. 1.1, 2.1, 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5), О. В. Кубатко (вступ, п. 2.2, пп. 2.2.1, 2.2.2, п. 4.1, 4.2, висновки), В. А. Омеляненко (п. 2.3, пп. 2.3.1, 2.3.2, 2.3.3), С. М. Литвиненко (пп. 2.2.2), А. К. Кулик (п. 3.2), А. А. Треус (пп. 2.3.2), І. О. Пономаренко (пп. 2.2.1), М. В. Кириленко (п. 1.2, 3.1), А. Г. Яременко (пп. 2.3.1).

# **1 ПЕРЕДУМОВИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ, СОЦІАЛЬНО ТА ЕКОЛОГІЧНО ЗБАЛАНСОВАНОГО РОЗВИТКУ ЕКОНОМІКИ ЗА ДОПОМОГОЮ ЕФЕКТИВНОГО ВПРОВАДЖЕННЯ ЦИФРОВИХ ТРАНСФОРМАЦІЙ**

## **1.1 Теоретичний аналіз оцінювання впливу інтелектуального капіталу та штучного інтелекту на цифрові трансформації**

**Поставлення проблеми та її актуальність.** На сучасному етапі розвитку економіки відбуваються істотні зміни щодо підходів до створення та використання інтелектуального капіталу. Це поняття набуває особливого значення для аналізування впливу штучного інтелекту та цифрових трансформацій на економічні процеси. Успішність цифрових змін значною мірою залежить від ефективного залучення інтелектуального капіталу до діяльності організацій, а також від інтеграції технологій штучного інтелекту. Водночас постає проблема недостатньої ясності щодо оптимального поєднання та використання цих ресурсів для досягнення стратегічних цілей цифрової трансформації. Актуальність цього дослідження зумовлена необхідністю більш глибокого розуміння взаємозв'язку між інтелектуальним капіталом і штучним інтелектом у контексті цифрових перетворень, що дасть змогу розробити ефективні стратегії для посилення конкурентних переваг економіки в цифрову епоху.

**Аналізування останніх досліджень і публікацій.** Останні наукові розвідки підтверджують важливість цифрових трансформацій у розвитку інтелектуального капіталу. Наприклад, дослідження Izzo (2022) демонструє, що цифровізація сприяє підвищенню рівня співпраці, навчання та прозорості в організаціях, що позитивно позначається на розвитку інтелектуального капіталу. Водночас Švarc (2021) виявив зв'язок між рівнем національного інтелектуального капіталу та цифровою готовністю країн ЄС. Bagdadli (2021) зазначає, що компанії все більше інвестують у розвиток інтелектуального капіталу, що підвищує його цінність. У контексті відкритих інновацій важливо

визначити, як організації можуть найефективніше використовувати людський, реляційний і структурний капітал у цифрових трансформаціях (Kudyba, 2021). Крім того, Oliveira (2020) наголошує, що цифрові зміни впливають на структуру компаній та управління інтелектуальними ресурсами, що потребує більш детального аналізування взаємодії між окремими складовими інтелектуального капіталу. Отже, дослідження впливу інтелектуального капіталу та штучного інтелекту на цифрові процеси залишається актуальним напрямом наукових пошуків.

**Мета дослідження** спрямована на аналізування ролі інтелектуального капіталу та штучного інтелекту в сучасній економіці, а також на вивчення їх взаємодії в процесах цифрової трансформації.

**Викладення основного матеріалу дослідження.** Інтелектуальний капітал охоплює сукупність нематеріальних активів, що відіграють ключову роль у забезпеченні конкурентоспроможності як окремих компаній, так і суспільства загалом. До його основних складових належать знання, професійні навички, технологічні розробки, патенти, бази даних, інноваційні ідеї та система взаємовідносин у бізнес-середовищі. Ці елементи істотно впливають на ефективність економічної діяльності та розвиток суспільства.

Застосування штучного інтелекту (ШІ) сприяє розширенню можливостей інтелектуального капіталу, адже сучасні технології дозволяють підвищувати продуктивність, сприяти інноваціям та вдосконалювати стратегічне управління. Зокрема, автоматизація рутинних завдань за допомогою ШІ дає змогу працівникам зосередитися на більш складних і творчих аспектах роботи, що підвищує їх цінність як частини інтелектуального капіталу.

Системи ШІ, аналізуючи великі обсяги даних про споживачів, здатні генерувати персоналізовані рекомендації, що відповідають індивідуальним потребам користувачів. Це сприяє покращанню рівня їх задоволеності та формуванню стійкої клієнтської бази, що позитивно впливає на конкурентні позиції компаній (Measuring, 2023).

Крім того, штучний інтелект відіграє важливу роль у процесах навчання та професійного розвитку. Використання адаптивних освітніх технологій допомагає співробітникам швидше та ефективніше здобувати необхідні навички, що не лише підвищує їх продуктивність, а й сприяє загальному зростанню рівня інтелектуального капіталу організації.

Перші спроби створення технологій, що імітують людський інтелект, були зроблені ще в 50-х роках ХХ століття. Вчені прагнули розробити алгоритми, здатні виконувати завдання, які раніше вважали суто людськими: розпізнавання мовлення, аналізування складних проблем, творчість тощо. З часом розвиток алгоритмів машинного навчання, нейронних мереж та інших передових методів дозволив значно розширити можливості штучного інтелекту (Buievych, 2023).

У ХХІ столітті значний прогрес у сфері глибокого навчання та аналізування даних дав змогу створювати високоточні прогностичні моделі й автоматизовані системи керування. Внаслідок цього ШІ став потужним інструментом у різних сферах економіки, науки та бізнесу, дозволяючи не лише оптимізувати процеси, а й формувати нові підходи до розвитку інтелектуального капіталу.

### ***Штучний інтелект як каталізатор розвитку інтелектуального капіталу***

Інтеграція штучного інтелекту в економічні процеси сприяє трансформації традиційних підходів до створення, оцінювання та застосування інтелектуального капіталу. Завдяки здатності обробляти великі обсяги інформації, виявляти закономірності й прогнозувати подальший розвиток ШІ стає незамінним інструментом для оптимізації виробництва, управління ресурсами та стратегічного планування.

Застосування штучного інтелекту дозволяє проводити об'єктивну оцінку вартості інтелектуального капіталу, що створює міцну основу для ухвалення ефективних управлінських рішень. На рисунку 1 зображено частку підприємств, які впровадили технології штучного інтелекту за період 2020–2022 років.

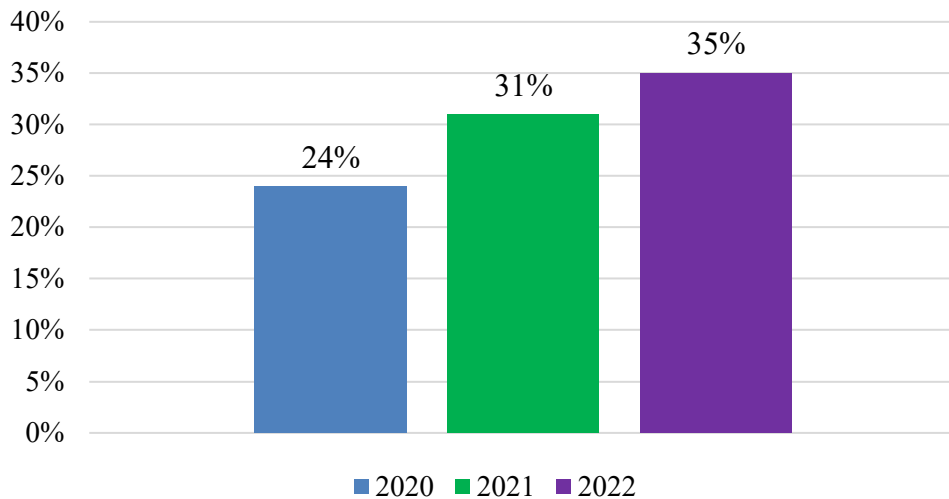


Рисунок 1 – Впровадження штучного інтелекту на підприємствах  
[Gemini, 2024]

Як бачимо з рисунка 1, кількість підприємств у світі, які інтегрують штучний інтелект у свою діяльність, демонструє стабільну тенденцію до зростання. Це відіграє важливу роль у процесах цифрової трансформації, сприяючи підвищенню ефективності бізнесу та впровадженню інноваційних підходів.

### ***Цифрові трансформації та їх взаємозв'язок з інтелектуальним капіталом***

Цифрова трансформація є одним із ключових чинників розвитку інтелектуального капіталу. Використання сучасних цифрових рішень, таких як облікові системи, хмарні технології, аналізування великих даних (Big Data) та Інтернет речей, забезпечує не лише розширення обсягів знань, а й полегшує доступ до них (Generative, 2023). Завдяки цьому інформація поширюється швидше, що створює сприятливі умови для появи нових ідей та стимулює інновації.

У майбутньому розвиток інтелектуального капіталу тісно пов'язаний із можливостями, які відкриває штучний інтелект (Augmented, 2023). Очікується, що наступний етап промислової революції – Індустрія 5.0 – сприятиме ще більшій інтеграції технологій у бізнес-процеси та суспільне життя. Відмінністю цього етапу стане не лише автоматизація, а й гармонійна взаємодія між людьми та розумними машинами.

Індустрія 5.0 акцентує на створенні інтелектуального середовища, де штучний інтелект, робототехніка, доповнена реальність і технології оброблення великих даних об'єднуються для спільного функціонування з людиною. У такій моделі інтелектуальний капітал стає не лише джерелом знань і технологічних рішень, а й інструментом для формування екосистеми, що сприяє розвитку талантів, глибшому аналізуванню даних і підтримці інновацій.

Поєднання можливостей штучного інтелекту з людським капіталом може значно прискорити процес цифрової трансформації. Це стимулюватиме розвиток нових секторів економіки та впливатиме на зміну підходів до організації праці й управління ресурсами (Industry 5.0, 2023). На рисунку 2 подана схема впливу штучного інтелекту на економічні процеси.

### ***Роль штучного інтелекту в професійному розвитку людини***

Розвиток штучного інтелекту значно впливає на особистісний та професійний розвиток людей. З одного боку, ця технологія кардинально змінює підходи до навчання, роботи та використання інформації. Вона відкриває нові перспективи для професійного зростання, але водночас вимагає від людей гнучкості та готовності до адаптації в умовах цифрової епохи.

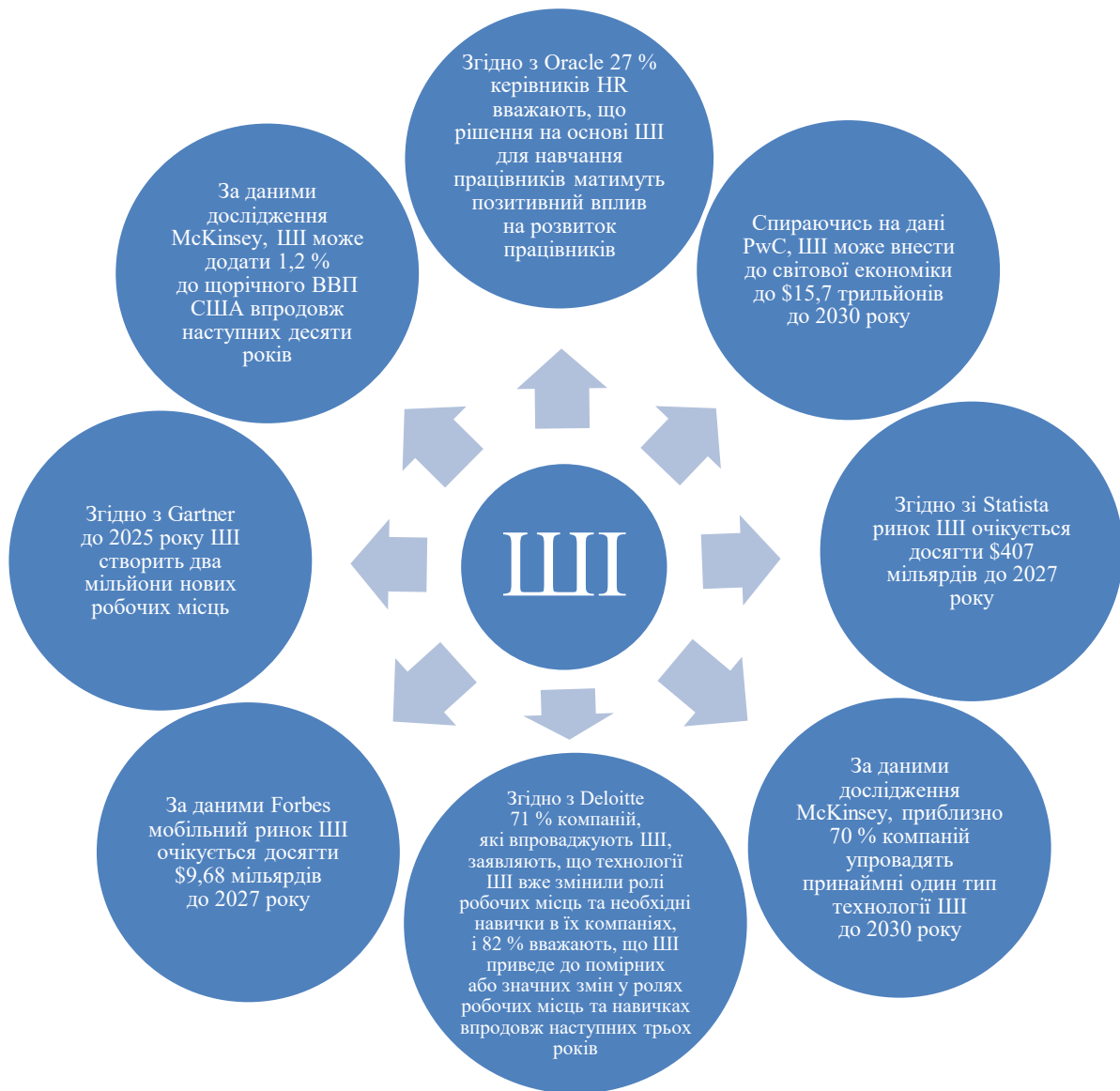


Рисунок 2 – Вплив штучного інтелекту (ШІ) на економіку  
(AI, 2023; Jayaraman, 2022)

### *Роль штучного інтелекту в розвитку особистості*

Штучний інтелект істотно впливає на процеси особистісного зростання, відкриваючи нові можливості для навчання та професійного розвитку. Освітні технології стають дедалі більш персоналізованими, дозволяючи адаптувати навчальні матеріали та методи викладання під індивідуальні потреби кожної людини. Це сприяє кращому засвоєнню знань, формуванню критичного мислення та розвитку здатності швидко орієнтуватися в нових умовах.

Крім того, штучний інтелект стимулює креативність і створення інновацій. Його застосування є особливо ефективним у сферах, де необхідне глибоке

аналізування великих обсягів даних та розроблення нових рішень. Використовуючи сучасні технології, люди отримують доступ до потужних інструментів, що допомагають їм виконувати складні завдання в різних сферах діяльності.

Сучасний розвиток штучного інтелекту підкреслює важливість не лише технічних навичок, а й соціальних компетенцій. Уміння працювати в команді, ефективно комунікувати та адаптуватися до змін стає ключовим аспектом успішної кар'єри. Використання штучного інтелекту дозволяє організаціям покращувати колективну роботу та підвищувати рівень взаємодії між працівниками (Як штучний інтелект, 2023). В таблиці 3 наведено основні позитивні аспекти впливу ШІ на особистісний розвиток та набуття нових навичок.

### ***Інтеграція штучного інтелекту та інтелектуального капіталу***

Поєднання можливостей штучного інтелекту з інтелектуальним капіталом сприяє швидшій цифровій трансформації. Компанії, які ефективно застосовують свої знання, досвід і технологічні ресурси у взаємодії з інноваційними алгоритмами, одержують конкурентну перевагу. Важливою складовою інтелектуального капіталу залишаються культурні й соціальні чинники, що впливають на імідж організації та її позиціонування на ринку.

В сучасній цифровій економіці швидкість реагування на зміни стає критичним фактором успіху. Штучний інтелект допомагає оперативно аналізувати інформацію, прогнозувати майбутні тенденції та ухвалювати обґрунтовані управлінські рішення. Водночас його використання приводить до низки етичних і правових викликів, що потребують ретельного дослідження та відповідного регулювання.

Для успішної цифрової трансформації необхідні відкритість до нових технологій, гнучкість у прийнятті змін та прагнення до постійного навчання. Компанії та організації, що приділяють увагу розвитку інтелектуального капіталу в поєднанні з технологіями штучного інтелекту, мають більше шансів на успіх у динамічному конкурентному середовищі.

## *Математичне моделювання впливу інтелектуального капіталу та штучного інтелекту*

Для аналізування ролі інтелектуального капіталу та штучного інтелекту в цифровій трансформації можна застосувати математичне моделювання. Одним з ефективних підходів є використання лінійної регресії, що дозволяє оцінити залежність між рівнем цифрової трансформації та ключовими факторами, що на неї впливають. У такій моделі можна врахувати низку показників, які характеризують використання штучного інтелекту, рівень розвитку інтелектуального капіталу та їх вплив на економічні процеси. Модель може мати такий вигляд:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \varepsilon,$$

де  $y$  – індекс цифрових трансформацій;

$x_1$  – інтелектуальний капітал, виміряний у грошовому еквіваленті;

$x_2$  – кількість впроваджених штучних інтелектуальних систем;

$\beta_0, \beta_1, \beta_2$  – коефіцієнти регресії, що відображають вплив  $x_1$  і  $x_2$  на  $y$ ;

$\varepsilon$  – помилка моделі, яка враховує не пояснену варіативність.

Запропонована модель дозволяє аналізувати взаємозв'язок між розвитком інтелектуального капіталу, застосуванням штучного інтелекту та рівнем цифрових змін. Регресійні коефіцієнти  $\beta_1$  та  $\beta_2$  характеризують силу й напрям цього впливу. Якщо їх значення є додатними, то це свідчить про те, що зростання інтелектуального капіталу або активніше впровадження штучного інтелекту сприяє цифровим перетворенням. У разі ж від'ємних значень можна вважати цей процес сповільненим.

В умовах цифрової економіки інтеграція інтелектуального капіталу та штучного інтелекту стає пріоритетним завданням як для бізнесу, так і для державного управління. Створення умов для ефективного розвитку цих компонентів відіграє ключову роль у становленні інноваційного суспільства та економіки, що ґрунтується на знаннях. Застосування інтелектуального

капіталу та сучасних цифрових технологій дає компаніям змогу зміцнити свої конкурентні позиції в швидко змінюваному середовищі.

**Висновки.** Аналізування одержаних результатів підтвердило, що інтелектуальний капітал і штучний інтелект мають вагомий вплив на процес цифрових трансформацій. Ефективне управління цими ресурсами сприяє зростанню рівня інновацій, підвищенню продуктивності та посиленню конкурентоспроможності компаній у сучасному цифровому середовищі. Організації, які розвивають ці напрями, мають більші шанси на успіх у глобальній економіці майбутнього.

## Список використаної літератури

1. Izzo M. F., Fasan M., Tiscini R. The role of digital transformation in enabling continuous accounting and the effects on intellectual capital: the case of Oracle. *Meditari Accountancy Research*. 2022. Vol. 30, No. 4. P. 1007–1026. DOI: <https://doi.org/10.1108/MEDAR-02-2021-1212>.
2. Švarc J., Lažnjak J., Dabić M. The role of national intellectual capital in the digital transformation of EU countries. Another digital divide? *Journal of Intellectual Capital*. 2021. Vol. 22, No. 4. P. 768–791. DOI: <https://doi.org/10.1108/JIC-02-2020-0024>.
3. Human capital development practices and career success: the moderating role of country development and income inequality / S. Bagdadli et. al. *Journal of Organizational Behavior*. 2021. Vol. 42, No.4. P. 429–447. DOI: <https://doi.org/10.1002/job.2506>.
4. Kudyba S., Fjermestad J., Davenport T. A research model for identifying factors that drive effective decision-making and the future of work. *Journal of Intellectual Capital*. 2020. Vol. 21, No. 6. P. 835–851. DOI: <https://doi.org/10.1108/JIC-05-2019-0130>.
5. Knowledge sharing, intellectual capital and organizational results in SMES: are they related? / M. Oliveira, C. Curado, A. Balle, A. Kianto. *Journal of Intellectual Capital*. 2020. Vol. 21, No. 6. P. 893–911. DOI: <https://doi.org/10.1108/JIC-04-2019-0077>.
6. Buievych A. Історія штучного інтелекту від 1950-х до сьогодні. *Freecodecamp*. 2023. URL: <https://www.freecodecamp.org/ukrainian/news/istoriya-shtuchnoho-intelektu-vid-1950-kh-do-sohodni/> (дата звернення: 20.11.2023).
7. Measuring intellectual capital with financial data. PLOS. 2023. URL: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0249989> (дата звернення: 19.11.2023).
8. Generative AI is a critical piece of a technological mosaic that can drive productivity growth, but by how much? World Economic Forum. 2023.

URL: <https://www.weforum.org/agenda/2023/08/generative-ai-realistic-economic-impact/> (дата звернення: 20.11.2023).

9. Augmented Reality Meets Artificial Intelligence in Robotics: A Systematic Review. *Frontiers*. 2023. URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frobt.2021.724798/full> (дата звернення: 20.11.2023).

10. Industry 5.0: Towards more sustainable, resilient and human-centric industry. *Research and innovation*. 2023. URL: [https://research-and-innovation.ec.europa.eu/news/all-research-and-innovation-news/industry-50-towards-more-sustainable-resilient-and-human-centric-industry-2021-01-07\\_en](https://research-and-innovation.ec.europa.eu/news/all-research-and-innovation-news/industry-50-towards-more-sustainable-resilient-and-human-centric-industry-2021-01-07_en) (дата звернення: 20.11.2023).

11. Artificial intelligence in business. *Statista*. 2023. URL: <https://www.statista.com/topics/10658/artificial-intelligence-in-business/> (дата звернення: 19.11.2023).

12. AI in Business Statistics 2023 (Adoption, Use Cases, Market Size). *Businessolution.org*. 2023. URL: <https://businessolution.org/ai-business-statistics/> (дата звернення: 19.11.2023).

13. Jayaraman S. 70 Artificial Intelligence Statistics for 2022. *G2*. 2022. URL: <https://www.g2.com/articles/artificial-intelligence-statistics> (дата звернення: 20.11.2023).

14. Як штучний інтелект впливає на наше життя – застосування нейромереж, найвідоміші помилки та правове регулювання ШІ. *Cityhost*. 2023. URL: <https://cityhost.ua/uk/blog/triumf-ta-zagrozi-shtuchnogo-intelektu-yak-neuromerezhi-vplivayut-na-nashe-zhittya-i-yak-ce-zakonodavcho-regulyu-tsyu.html> (дата звернення: 20.11.2023).

15. Gemini. 2024. URL: <https://gemini.google.com/app/> (дата звернення: 20.02.2024).

## **1.2 Вплив екосистемних факторів на стан економічних систем**

Природні екосистеми є важливою складовою економічного та соціального життя кожної країни. Вони забезпечують такі життєво необхідні ресурси, як харчові продукти та питна вода, сприяють регулюванню клімату й відіграють значну роль у сфері рекреації. Проте порушення цього природного балансу призводить до серйозних наслідків, включаючи природні катаклізми та техногенні катастрофи, що виникають під впливом антропогенних факторів. Концепція сталого розвитку ґрунтується на гармонійному поєднанні трьох ключових сфер: економіки, соціуму та екології. Якщо порушується екологічний баланс, це неминуче впливає й на інші сфери. Визначення основних екологічних факторів та аналізування їх впливу на економіку та соціальну сферу є критично важливими завданнями. Такий підхід дозволяє краще реагувати на глобальні виклики й сприяти забезпеченню сталого розвитку.

**Огляд останніх досліджень.** Проблематику оцінювання стану екосистем та їх впливу на суспільство активно досліджують сучасні науковці. Наприклад, М. Ільїна та Ю. Шпильова (2022) розглядають підходи до оцінювання екосистемних послуг, а О. Веклич (2023) аналізує їх вплив на кліматичне регулювання. Дослідженню економічних та організаційних аспектів використання рекреаційних і туристичних ресурсів присвячена праця М. Плотнікової (2022).

**Мета дослідження.** Основним завданням цього дослідження є ідентифікація ключових екологічних чинників, що впливають на окремі галузі економіки та господарську діяльність загалом. Крім того, дослідження спрямоване на аналізування методів оцінювання екосистемних факторів та їх значення для забезпечення сталого розвитку.

**Основні результати дослідження.** Екосистеми являють собою складні взаємозв'язані природні системи, що включають живі організми та їх зв'язок із довкіллям. Вони охоплюють різноманітні природні зони, такі як ліси, водойми, гори та пустелі. Функціонування кожної екосистеми базується на складних взаємозв'язках між її компонентами. Наприклад, у лісовій екосистемі рослини

забезпечують кисень завдяки процесу фотосинтезу, що є необхідним для життєдіяльності тварин. Водночас хижі й травоядні види підтримують природний баланс, регулюючи кількість популяцій.

Однак антропогенний вплив на довкілля призводить до деградації природних екосистем, що також спричиняє негативні зміни в економіці та суспільстві. Збереження природних ресурсів і раціональне природокористування стають невід’ємними складовими сталого розвитку.

Екосистемні фактори визначають стійкість і функціональність природних систем. Їх аналізування дозволяє виявити загрози та розробити стратегії для мінімізації негативних наслідків. У таблиці 1 наведено основні природні та антропогенні чинники, що впливають на екосистеми, а також їх можливі наслідки.

**Таблиця 1 – Вплив екосистемних факторів**

<b>Фактор впливу</b>	<b>Вплив</b>
1 Кліматичні умови	Кліматичні умови, погодні фактори та сезонні коливання відіграють ключову роль у формуванні екосистем і поширенні живих організмів. Коливання клімату можуть змінювати доступність природних ресурсів, впливати на рівень біологічної продуктивності та змінювати видовий склад. У результаті це позначається на функціонуванні екосистем, а також може мати економічні наслідки, зокрема, щодо використання екосистемних послуг
2 Топографія та геологія	Фізичні особливості території, зокрема, рельєф, склад ґрунту та геологічна будова, формують умови існування екосистем. Вони впливають на рівень вологості, наявність водних ресурсів і мінеральних речовин, що також визначає видовий склад та можливості використання природних ресурсів

Продовження таблиці 1

<b>Фактор впливу</b>	<b>Вплив</b>
3 Біорізноманітність	Чим більша різноманітність видів в екосистемі, тим більша її здатність до стабільності та адаптації до змін довкілля. Екосистеми з великою біорізноманітністю мають кращі шанси зберігати свою функціональність і стійкість у тривалій перспективі
4 Людський вплив	Людська діяльність, зокрема, життєдіяльність, аграрна діяльність, промисловість і будівництво, може істотно впливати на екосистеми. Без належного контролю такі дії можуть призвести до деградації ґрунтів, забруднення водних ресурсів і зменшення біорізноманітності
5 Пожежі, посухи та стихійні лиха	Природні катастрофи, як-от пожежі, посухи й повені, значно впливають на розвиток екосистем. Вони можуть призводити до змін у видовому складі та сприяти виникненню нових екосистем
6 Біологічні взаємодії	Взаємодії між різними видами, як-от хижацтво, боротьба за ресурси та симбіоз, можуть істотно впливати на організацію й роботу екосистем. Ці взаємодії мають як прямий, так і непрямий вплив на економічні процеси

Для досягнення сталого розвитку та ефективного управління екосистемами важливо враховувати ці фактори під час формування глобальних стратегій економічного й соціального прогресу. Використання інтегрованого підходу, що охоплює економічні, екологічні та соціальні аспекти, дозволяє всебічно оцінити вплив людської діяльності на природні системи, а також зворотний вплив екосистем на економічні процеси. Розроблення програм моніторингу та збирання даних про стан екосистем дає змогу точніше оцінювати зміни, що в них

відбуваються, та їх наслідки для економіки. Постійний моніторинг зв'язку між екологічними факторами й економічними процесами є важливою частиною стратегії сталого розвитку. Взаємозалежність функціонування економічних і екологічних систем уже є підтвердженим фактом вченими. Взаємозв'язок стану економіки з екосистемами наочно відображено в таблиці 2.

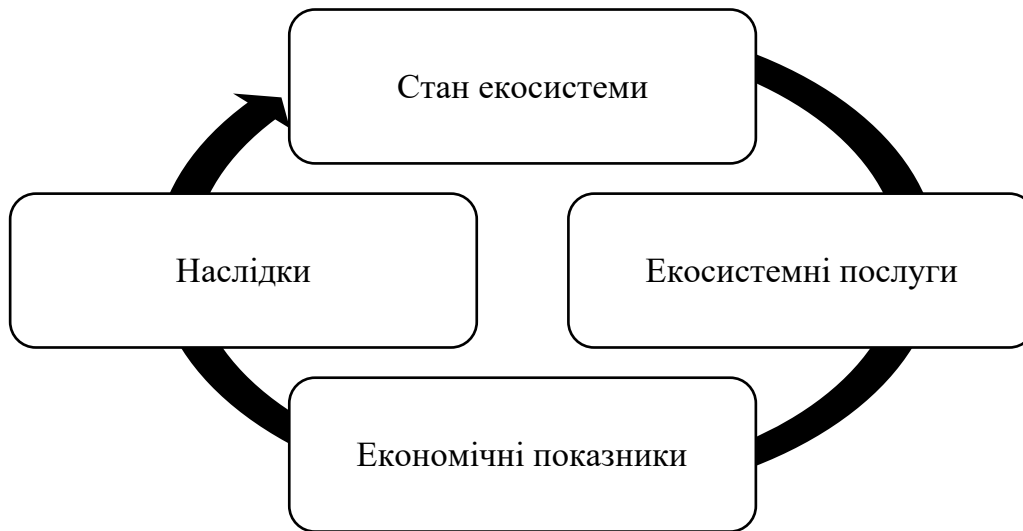
**Таблиця 2 – Залежність стану економіки від екосистемних факторів**

<b>Сектор впливу</b>	<b>Вплив на економіку</b>
1 Ресурси та виробництво	Природні екосистеми є джерелом ключових ресурсів, необхідних для виробничих процесів. Погіршення їх стану може обмежити доступність цих ресурсів, що вплине на економічну діяльність та рівень цін. Наприклад, виснаження ґрунтів призводить до зниження врожайності сільськогосподарських культур, що також може спричинити зростання вартості продуктів харчування та поставити під загрозу продовольчу безпеку
2 Екосистемні послуги та економіка	Природні екосистеми забезпечують різноманітні корисні функції, серед яких очищення води, запилення рослин, регулювання клімату та створення можливостей для відпочинку. Ці процеси можуть мати як безпосередній, так і непрямий вплив на економічний розвиток. Наприклад, туристична галузь, що базується на збережених природних територіях, сприяє відновленню людських ресурсів і стимулює економічне зростання регіону
3 Ризики й страхування	Стабільні екосистеми відіграють важливу роль у пом'якшенні наслідків природних катаклізмів, як-от повені чи зсуви ґрунту. Завдяки цьому зменшується ймовірність значних руйнувань, що також скорочує витрати на відновлення інфраструктури після надзвичайних ситуацій

Продовження таблиці 2

Сектор впливу	Вплив на економіку
4 Здоров'я та добробут	Стан екосистем безпосередньо впливає на здоров'я людей. Доступ до чистої води й повітря, природна різноманітність та можливості для відпочинку сприяють покращанню фізичного й психологічного стану населення. Натомість деградація довкілля може негативно позначитися на здоров'ї людей і призвести до зростання витрат на медичне обслуговування
5 Інновації та біотехнології	Природні екосистеми нерідко стають джерелом натхнення для науковців та винахідників, стимулюючи створення нових технологій. Вивчення природних процесів може сприяти розробленню інноваційних матеріалів, відкриттю корисних біологічних сполук та створенню ефективних медичних препаратів, що позитивно впливає на економічний розвиток
6 Екологічна стійкість і бізнес	Додержання принципів екологічної стійкості сприяє зменшенню витрат і підвищенню конкурентоспроможності бізнесу. Раціональне використання ресурсів та відповідність екологічним нормам допомагають забезпечити стабільний прибуток у довгостроковій перспективі
7 Політика й законодавство	Фактори, що впливають на екосистеми, відіграють важливу роль у формуванні екологічної політики та правових норм. Інтеграція екологічних аспектів у процес ухвалення рішень сприяє розробленню більш ефективних і довготривалих регуляторних заходів

Взаємозв'язок між екосистемами та економікою є двостороннім, що подано на рисунку 3. Зміни в екосистемах впливають на економіку, а економічна діяльність позначається на стані екосистем.



**Рисунок 3 – Взаємозалежність екосистемних факторів та економічних показників**

Аналізування стану екосистем є важливим інструментом у процесі керування природними ресурсами, оцінювання досягнення цілей сталого розвитку та збереження біорізноманітності. Використання різних підходів дозволяє вивчати структуру й функціонування екосистем, а також визначати вплив людської діяльності на їх стан. Основними методами аналізування екосистем є такі:

- біоіндикатори та біомоніторинг. Вивчення певних організмів як показників стану екосистеми дозволяє оцінювати зміни в довкіллі. Наприклад, дослідження популяції окремих видів птахів може свідчити про рівень забруднення середовища;
- хімічний аналіз. Вимірювання хімічного складу води, ґрунту та повітря допомагає оцінити загальний стан екосистеми. Наприклад, визначення концентрації шкідливих речовин у водних об'єктах може свідчити про рівень їх забрудненості;
- дослідження ґрунтів. Вивчення фізичних та хімічних характеристик ґрунту дозволяє визначити його родючість і потенціал для використання в сільському та лісовому господарствах;

- супутниковий моніторинг. Завдяки супутниковим знімкам можна спостерігати за змінами в природних ландшафтах, виявляти вирубку лісів, зміну рівня води та інші процеси, що впливають на екосистеми;

- комп'ютерне моделювання. Моделювання екологічних процесів дає змогу прогнозувати можливі зміни під впливом різних факторів та допомагає ухвалювати рішення у сфері природокористування.

Прикладами застосування цих методів є:

- моніторинг стану коралових рифів за допомогою біологічних і хімічних досліджень;

- відстеження змін у рослинному покриві за допомогою супутникових знімків;

- прогнозування наслідків змін клімату для екосистем за допомогою математичного моделювання.

Методи оцінювання екосистем допомагають зрозуміти закономірності функціонування природних систем та ухвалювати обґрунтовані рішення у сфері екологічної політики й сталого розвитку.

Екосистемні послуги охоплюють різні природні процеси, що сприяють підтриманню життя та добробуту суспільства. Вони можуть бути поділені на такі категорії:

- підтримувальні послуги. Забезпечують функціонування природних систем, зокрема підтримку родючості ґрунтів, очищення повітря, збереження біорізноманітності;

- регулювальні послуги. Екосистеми допомагають контролювати клімат, рівень вологості, захищати від повеней, сприяти очищенню води та підтримувати екологічний баланс;

- забезпечувальні послуги. Вміщують ресурси, необхідні для людської діяльності: продукти харчування, воду, деревину, лікарські рослини та інші природні матеріали;

- культурні послуги. Природні екосистеми є джерелом натхнення, місцем відпочинку та рекреації, а також відіграють важливу роль у наукових дослідженнях і збереженні традиційних знань.

Прикладом важливості екосистемних послуг є роль запилювачів, як-от бджоли, в забезпеченні врожайності сільськогосподарських культур, що є критичним для продовольчої безпеки.

Оцінювання економічного внеску екосистемних послуг сприяє формуванню стратегій їх збереження й сталого використання. Це дозволяє враховувати природні фактори в процесі планування та ухвалення рішень у сфері економіки та екології. На основі джерел (Evaluation, 2016; Архипова та ін., 2020) було складено таблицю 3 щодо характеристики оцінювання економічного результату від екосистемних послуг.

Оцінювання економічної цінності екосистемних послуг добре демонструється на прикладі запилення, яке здійснюють бджоли. Таке оцінювання може проводитися через метод витрат на відтворення екосистемної функції. Бджоли мають важливе значення для сільського господарства, оскільки вони запилюють багато сільськогосподарських культур і, отже, сприяють зростанню врожайності. Однак їх внесок в економіку не завжди відображається належним чином.

Таблиця 3 – Характеристика методів оцінювання екосистемних послуг

Метод	Опис
1 Метод ринкових цін	Метод оцінювання екосистемних послуг базується на визначенні їх вартості аналізуванням ринкових цін на подібні товари чи послуги. Наприклад, економічне значення запилення рослин бджолами можна оцінити враховуючи вплив цього процесу на врожайність сільськогосподарських культур і відповідну вартість продукції на ринку

Продовження таблиці 3

Метод	Опис
2 Метод витрат на відновлення	Цей підхід передбачає оцінювання витрат, необхідних для відновлення екосистемних послуг у разі їх втрати. Наприклад, очищення води, яке природним чином забезпечують водні екосистеми, можна оцінити визначивши витрати на створення та підтримку водоочисних установок
3 Метод переваги споживачів	Цей підхід оцінює, яку суму люди готові витратити на певні екосистемні послуги або якими втратами вони готові пожертвувати для їх збереження. Наприклад, це може бути визначення суми, яку люди готові платити за можливість відвідувати рекреаційні зони або за збереження біорізноманітності
4 Метод відтворення минулих витрат	Цей підхід базується на дослідженні історичних даних щодо витрат на відновлення або заміщення екосистемних послуг. Наприклад, можна розрахувати, скільки коштувало відновлення прибережної зони після повені та порівняти ці витрати з тими, які потрібні для підтримання цієї зони в хорошому стані
5 Метод громадської думки	Цей метод передбачає проведення опитувань серед громадськості або зацікавлених осіб для з'ясування їх ставлення до оцінювання екосистемних послуг. Наприклад, опитування населення може допомогти визначити, які екосистемні послуги люди вважають найбільш значущими та як вони впливають на рівень життя

Один із методів оцінювання економічної цінності запилення бджолами полягає в аналізуванні витрат, пов'язаних із заміною цієї послуги механічними засобами. Наприклад, якщо б бджоли перестали відігравати свою роль у

запиленні, фермери змушені були б використовувати техніку для виконання цієї роботи, що включає витрати на оренду та обслуговування обладнання, паливо та оплату праці, це істотно підвищує вартість вирощування сільськогосподарських культур.

Економічна значущість бджіл тісно пов'язана зі збільшенням урожайності сільськогосподарських культур. Запилення бджолами сприяє підвищенню продуктивності, що дає додатковий прибуток для фермерів. Бджоли також зменшують імовірність неврожаю, що допомагає стабілізувати врожаї та знизити фінансові ризики для фермерів, забезпечуючи надійніше джерело доходу.

**Висновок:** оцінювання економічних збитків від втрати екосистемної послуги запилення дозволяє зрозуміти, яких втрат зазнають фермери та споживачі сільськогосподарської продукції в разі втрати цієї функції екосистеми. Це підкреслює важливість збереження таких природних функцій.

Оцінювання економічних результатів від екосистемних послуг має кілька практичних напрямків:

- **підготовка для ухвалення рішень.** Економічне оцінювання допомагає ухвалювати більш обґрунтовані рішення в галузі природокористування та екологічної політики, визначаючи пріоритети й сприяючи ефективному розподілу ресурсів;

- **створення бізнес-моделей.** Під час планування бізнес-моделей та інвестиційних проєктів економічне оцінювання екосистемних послуг дозволяє передбачати потенційні доходи й ризики, пов'язані з використанням природних ресурсів;

- **освіта та підвищення суспільної свідомості.** Оцінювання економічної цінності екосистемних послуг допомагає людям краще розуміти та усвідомлювати їх значення, що сприяє більш відповідальному ставленню до природи;

- **просування сталих практик.** Результати оцінювання можна використовувати для підтримки та просування стійких методів, що допомагають зберігати екосистеми й забезпечувати довготривалий добробут.

Оцінювання економічного результату від екосистемних послуг є важливим інструментом для інтеграції екологічних аспектів в економічні рішення, сприяючи створенню балансу між економічними інтересами та охороною природних ресурсів, що є основою сталого розвитку.

Економічна діяльність часто має негативний вплив на екосистеми. Один із найбільш очевидних впливів – це зміна використання земель. Розширення сільськогосподарських угідь, містобудування чи індустріалізація можуть призводити до знищення лісів, забруднення водних ресурсів і втрати біорізноманітності. Промислова діяльність часто супроводжується викидами забруднювальних речовин, що негативно впливає на водні та ґрунтові ресурси. Наприклад, неправильне керування відходами або скидання хімічних речовин у водойми може призвести до забруднення водних екосистем і втрати біологічної різноманітності.

Діяльність, пов'язана зі споживанням енергії та викидами парникових газів, змінює кліматичні умови. Це також може призвести до зниження рівня води в річках і підвищення частоти природних катастроф.

Деякі економічні активності, пов'язані з видобуванням природних ресурсів, можуть призвести до їх виснаження або деградації. Наприклад, надмірне виловлювання риби може порушити екосистему водних ресурсів і спричинити зниження рибних популяцій.

Проте економічна діяльність може мати й позитивний ефект на стан екосистем. Наприклад, стійке лісокористування, відновлення екосистем після видобування ресурсів, використання відновлюваних джерел енергії та екологічно чистих технологій сприяють збереженню біорізноманітності й поліпшенню екологічної ситуації.

Зрозуміти функціональне значення екосистемних послуг – важливий аспект для бізнесу. Підприємства можуть використовувати такі природні

послуги, як ґрунтоутворення, запилення та регулювання клімату для оптимізації своєї діяльності. Наприклад, аграрні компанії можуть застосовувати методи збереження родючості ґрунтів, що допоможе підвищити врожайність.

Вплив економічної діяльності на екосистеми є багатограним і складним. Збереження балансу між економічним розвитком та охороною природи стає дедалі важливішим у контексті глобальних екологічних проблем і змін клімату. Сталий розвиток потребує співпраці урядів, бізнесу та суспільства для створення стратегій, що допоможуть забезпечити процвітання людства й одночасно захищати екосистеми та біорізноманітність.

**Висновки.** Взаємозв'язок між економічною діяльністю й станом екосистем є складним і взаємозалежним. Економічна діяльність людини має прямий та опосередкований вплив на природні системи, що призводить як до позитивних, так і до негативних наслідків. Одна з основних проблем – це знаходження балансу між економічним зростанням та збереженням екосистем. Розуміння економічної цінності екосистемних послуг важливе для ухвалення зважених рішень і розроблення стратегій розвитку, що враховують довгострокові наслідки для довкілля та суспільства.

## Список використаної літератури

1. Архипова Л. М., Приходько М. М. Екосистемні послуги – аналіз міжнародного та вітчизняного досвіду концепції. *Ecological Safety and Balanced Use of Resources*. 2020. № 2 (20). С. 24–32. URL: [https://doi.org/10.31471/2415-3184-2019-2\(20\)-24-32](https://doi.org/10.31471/2415-3184-2019-2(20)-24-32) (дата звернення: 28.08.2023).
2. Веклич О. О. Характеристика екосистемних послуг з регулювання клімату. *Електронний журнал «Ефективна економіка»*. 2023. № 5. URL: <https://doi.org/10.32702/2307-2105.2023.5.9> (дата звернення: 28.08.2023).
3. Ільїна М., Шпильова Ю. Алгоритм впровадження методів оцінювання екосистемних послуг. *Економіка та суспільство*. 2022. № 35. URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-35-3> (дата звернення: 28.08.2023).
4. Плотнікова М. Ф. Організаційно-економічний розвиток рекреаційних та туристичних екосистемних лісогосподарських послуг. *Ekonomika ta derzhava*. 2022. № 7. С. 89–94. URL: <https://doi.org/10.32702/2306-6806.2022.7.89> (дата звернення: 28.08.2023).
5. Evaluation of forest ecosystem services provided by forests of Ukraine and proposals on PES mechanisms :: ENPI-FLEG 2. *Home*. URL: <https://www.enpi-fleg.org/docs/evaluation-of-forest-ecosystem-services-provided-by-forests-of-ukraine-and-proposals-on-pes-mechanisms/>.
6. Havrylenko O., Tsyhanok E. Degradation of ecosystem services of protected areas in urbanized zones. *Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geography*. 2019. No. 73. P. 10–14. URL: <https://doi.org/10.17721/1728-2721.2019.73.2> (date of access: 28.08.2023).
7. Shvorak A., Filiuk D. Вплив екосистемних послуг на активізацію розвитку сільськогосподарського виробництва. *Economic journal of Lesya Ukrainka Volyn National University*. 2021. Т. 1, № 25. С. 37–51. URL: <https://doi.org/10.29038/2786-4618-2021-01-37-51> (дата звернення: 28.08.2023).

## **2 МЕТОДИКИ ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ РОЗВИТКУ ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНИХ СИСТЕМ І ВПЛИВУ ЦИФРОВИХ ТРАНСФОРМАЦІЙ НА ПРОЦЕСИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ ТА ПОВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ**

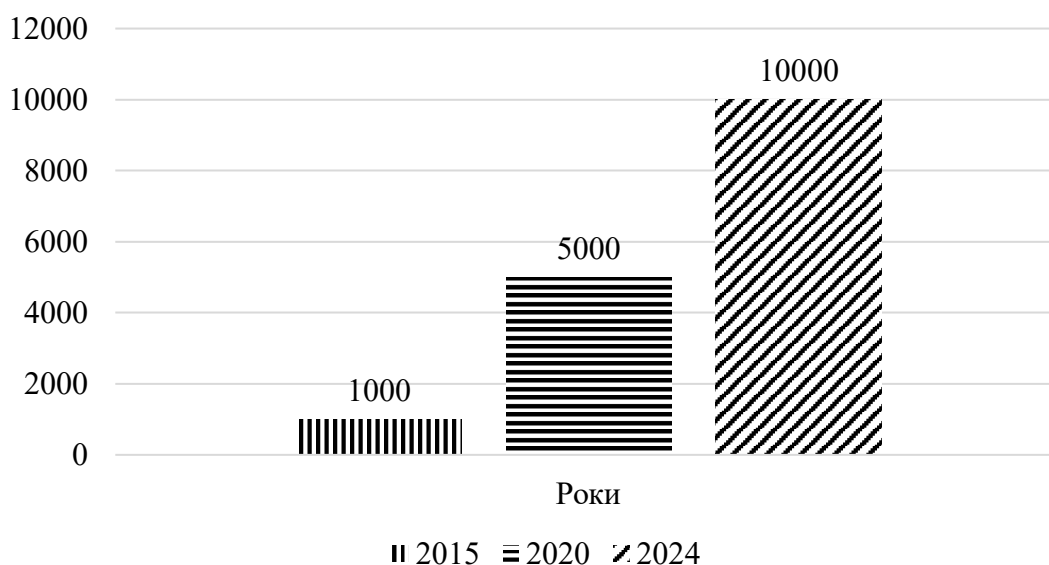
### **2.1 Розроблення методики оцінювання стану розвитку еколого-економічних систем та цивільної безпеки (фізична, психологічна, економічна, кібербезпека) на основі упровадження технологій штучного інтелекту**

Технології штучного інтелекту для аналізування великих даних (Big Data) можуть стати важливим інструментом для оцінювання систем цивільної безпеки, що важливо в умовах військових дій та надзвичайних ситуацій. Вони можуть допомогти в ідентифікації потенційних загроз і вразливостей у різних аспектах цивільної безпеки. Наприклад, аналізуванням відеоматеріалів та аудіоматеріалів за допомогою штучного інтелекту можна виявити підозрілу активність або неспокійний стан серед громадян, що може свідчити про якісь надзвичайні події. За допомогою алгоритмів можна аналізувати великий потік даних із сенсорів і камер спостереження для виявлення аномальних процесів. Це можуть бути несподівані зміни в потоці транспорту, незвичайна активність на громадських місцях тощо.

На рисунку 4 наведена кількість публікацій, присвячених використанню штучного інтелекту для оцінювання розвитку еколого-економічних систем. Як бачимо з рисунка 4, кількість публікацій за цією тематикою істотно зростає. Це означає, що актуальність таких досліджень є досить високою, й тому до них зростає науковий інтерес. Проаналізуємо дослідження в цій сфері, а також те, що стосується оцінювання розвитку цивільної безпеки.

Прайс-Сміт (Price-Smith, 2009) глибоко дослідив тему еколого-економічної та цивільної безпеки (насамперед фізичної) та висунув основний аргумент, що загроза фізичній безпеці у вигляді захворювань є значною загрозою для національної безпеки, підриваючи процвітання, стабільність

і міжнародні відносини держави. Причому війни посилюють загрозу фізичній безпеці.



**Рисунок 4 – Кількість наукових публікацій, присвячених використанню штучного інтелекту для оцінювання розвитку еколого-економічних систем (побудовано авторами на основі аналізування баз даних Scopus, Web of Science, Google Scholar за ключовими словами)**

Кінг та ін. (King et al., 2018) охарактеризували загрози кібербезпеці з погляду зловмисності та запропонували методика оцінювання зловмисності людини в кіберсфері. Роуз (A. Rose, 2017) багатогранно проаналізував економічну стійкість, урахувуючи соціальні, екологічні та безпекові фактори. На основі цього запропонував методика вимірювання економічної стійкості. Крім того, він довів зв'язок між економічною стійкістю та людським розвитком. Хетевей та ін. (Hathaway et al., 2012) пояснювали, як можна зрозуміти національну кібербезпеку. Вони дослідили, як різні країни інтегрують свої відповідні концепції національної безпеки та кібербезпеки, і запропонували методика, в якій пояснили, що може передбачати «національна кібербезпека». Прайор та ін. (Prior et al., 2014) розглядали фізичну безпеку як систему з

компонентів, сприяючи її оцінюванню, а також презентували методику вимірювання психологічної стійкості. Аль-Досарі та ін. (AL-Dosari et al., 2023) розглянули методику оцінювання впровадження «зеленої кібербезпеки», на основі якої вони з'ясували, що «зелена кібербезпека» дозволить систематично шукати та просувати інновації, які стали можливими завдяки розумним екологічним технологіям, щоб уникнути викидів CO<sub>2</sub>. Гоу та ін. (Gou et al., 2022) дослідили цивільну безпеку та установили, що системна динаміка є великою теоретичною й технічною підтримкою для виявлення небезпеки та запобігання нещасним випадкам. Це означає, що системна динаміка є важливим методом вивчення безпеки систем. Барнет (Barnett, 2001) дослідив, як екологічні проблеми становлять загрозу безпеці. Він критикував ідею про те, що екологічна безпека обумовлена вирішенням проблем довкілля, припускаючи, що йдеться більше про владу учасників забезпечення такої безпеки. Бохарі та ін. (Bokhari et al., 2023) дослідили можливості штучного інтелекту та дійшли висновку, що він має потенціал для посилення кіберможливостей, кібербезпеки національних держав, місцевих органів влади та недержавних організацій за допомогою електронного урядування. Гарсія (Garcia, 2008) розробив методику з проектування та оцінювання систем фізичної безпеки. Методика охоплює різні аспекти, як-от оцінювання загроз, технології безпеки, процедури та плани реагування. Загалом з аналізування досліджень за тематикою можна виокремити ключові фактори, що, найімовірніше, трапляються в дослідженнях (рис. 5).



**Рисунок 5 – Ключові фактори розвитку  
еколого-економічних систем та цивільної безпеки  
(фізична, психологічна, економічна, кібербезпека)**

Тобто серед ключових факторів, що впливають на оцінювання стану розвитку еколого-економічних систем і цивільної безпеки, можна виділити такі істотні фактори, як війни, зміни клімату, виснаження ресурсів, забруднення довкілля, економічні кризи, ментальні розлади та зростання кіберзлочинності.

З аналізування попередніх досліджень можна бачити, що хоча дослідження й проводили в заявлених напрямках, проте вони набирали часткового характеру, тобто стосувалися лише окремих напрямків, це природно. Водночас технології штучного інтелекту як основа такого аналізування ще не набрали поширеного характеру. З огляду на це постає завдання щодо розроблення комплексної методики оцінювання стану розвитку еколого-економічних систем та цивільної безпеки, яка б включала фізичну, психологічну, економічну безпеку та кібербезпеку.

Впровадження технологій штучного інтелекту дуже важливе на цьому шляху, оскільки може істотно полегшити завдання, тому що їх використання допомагає як розвитку еколого-економічних систем та цивільної безпеки, так і їх

оцінюванню. Можливості штучного інтелекту під час розроблення комплексної методики оцінювання стану розвитку еколого-економічних систем та цивільної безпеки подані на рисунку 6. Зокрема, штучний інтелект може дати широкі аналітичні можливості, тобто він є важливою складовою сучасних досліджень, і хоча має деякі обмеження, проте однаково стає незамінним помічником. Проаналізуємо детально, яку користь може дати штучний інтелект під час оцінювання стану розвитку еколого-економічних систем та цивільної безпеки.

### ***Оцінювання розвитку еколого-економічних систем на основі упровадження технологій штучного інтелекту***

Завдяки алгоритмам машинного навчання, штучний інтелект може аналізувати величезні обсяги даних про стан довкілля, а також економічні показники. Водночас моделі глибокого навчання можуть виявляти складні зв'язки між різними еколого-економічними факторами, що впливають як на довкілля, так і на економіку. Наприклад, аналізуючи забруднення від викидів CO<sub>2</sub> та інших забруднювальних речовин, упроваджені системи штучного інтелекту можуть передбачати збитки для довкілля, населення й економіки. Це є підставами для ухвалення найкращих стратегій щодо зменшення забруднення та підвищення стійкості економічних систем.

Іншим важливим варіантом використання штучного інтелекту під час оцінювання є прогнозування змін клімату, що може вплинути на різні еколого-економічні сфери. Одним із напрямків може бути аналізування даних із різних джерел, включаючи супутникові знімки, датчики на місцевості та мережу «Інтернет». Це може дозволити одержати повне бачення еколого-економічного розвитку.



**Рисунок 6 – Можливості штучного інтелекту під час розроблення комплексної методики оцінювання розвитку еколого-економічних систем та цивільної безпеки**

Також штучний інтелект може допомогти в оптимізації використання природних та енергетичних ресурсів. Алгоритми оптимізації дозволять знаходити найефективніші шляхи використання енергії та інших ресурсів. Це зменшує їх втрати та сприяє сталому розвитку держави.

Крім переліченого, штучний інтелект може допомогти в оцінюванні поводження з відходами та вторинними ресурсами. Його алгоритми можуть розпізнавати матеріали, що можуть бути перероблені, а потім оптимізувати процеси перероблення. Це сприятиме ефективному використанню ресурсів та зменшенню негативного впливу на довкілля.

Системи машинного навчання штучного інтелекту можуть допомогти в прогнозуванні екологічних та економічних криз. Вони можуть проаналізувати попередні сценарії екологічних та економічних кризових ситуацій і надати рекомендації щодо запобігання подібним ситуаціям у майбутньому.

Іншим важливим напрямком можливого використання штучного інтелекту під час оцінювання є екологічний моніторинг зі збиранням даних. Датчики та

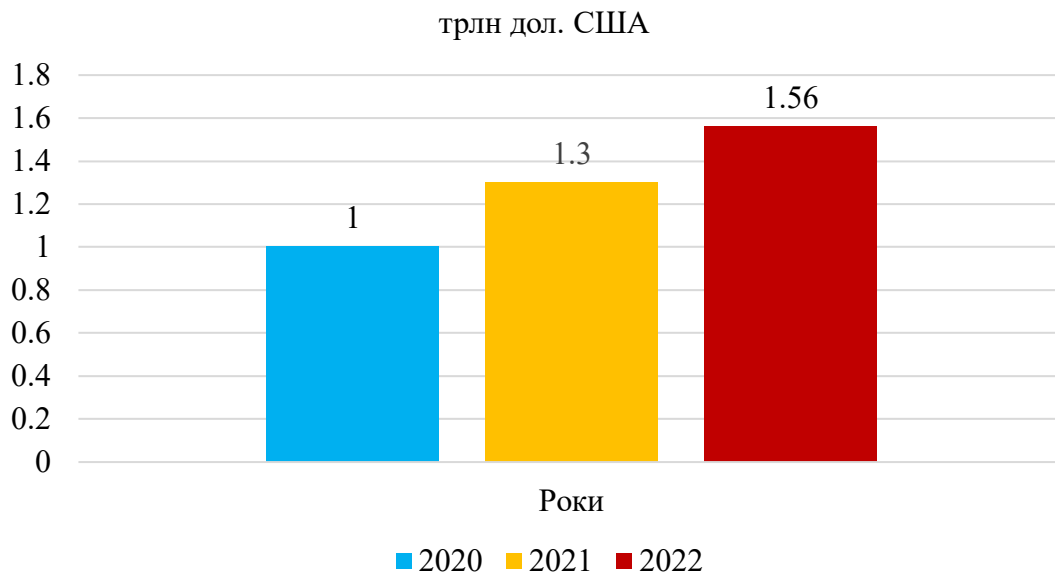
IoT-пристрої можуть збирати величезні обсяги екологічних даних, які потім будуть аналізувати системи штучного інтелекту. Це дозволить у реальному часі швидко реагувати на зміни в довкіллі та вживати ефективних заходів щодо управління такими змінами.

Штучний інтелект може також допомагати у виявленні екологічних та економічних порушень, незаконного природокористування. Його алгоритми можуть аналізувати дані про шкідливі викиди та економічні показники й автоматично сповіщати відповідні органи про можливі порушення. Це сприятиме підвищенню контролю над дотриманням екологічних норм та економічних правил і стимулюватиме впровадження покращеної нормативної бази.

Далі розглянемо, чим може бути корисний штучний інтелект під час оцінювання з акцентом на економічні системи. Системи машинного навчання штучного інтелекту можуть проаналізувати великі обсяги економічних даних, включаючи показники ВВП, зайнятість, інфляцію та ін. Це дозволить швидше й точніше оцінити стан економіки та виявити тенденції, які в ній відбуваються.

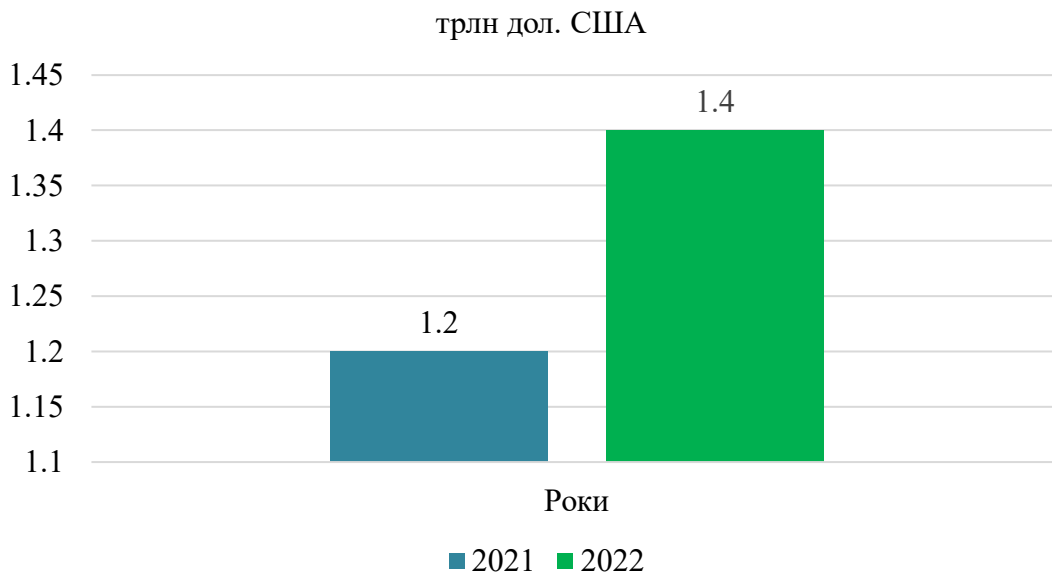
Алгоритми штучного інтелекту можуть виявляти складні зв'язки між різними економічними факторами й передбачати наслідки дії цих факторів. Наприклад, можна спрогнозувати рівень споживчого попиту на основі економічних і соціальних даних. Таке аналізування дозволить ухвалювати кращі стратегічні рішення в галузі фінансів, бізнесу та політики.

Алгоритми штучного інтелекту можуть також допомагати в ідентифікації та прогнозуванні як економічних ризиків, так і економічних криз. Це відбувається за допомогою аналізування історичних даних та виявлення закономірностей, що можуть свідчити про наближення кризових ситуацій в економіці. Це дозволить ухвалювати управлінські рішення щодо заходів із попередження криз або зменшення їх наслідків. На рисунку 7 наведені суми економії компаній завдяки використанню штучного інтелекту.



**Рисунок 7 – Суми економії компаній  
завдяки використанню штучного інтелекту у 2020–2022 роках  
(побудовано авторами на основі даних Gartner, 2024)**

Іншим важливим аспектом є використання штучного інтелекту в прогнозуванні економічного розвитку. За допомогою алгоритмів можна аналізувати економічні показники та знаходити показники, що свідчать про можливі шляхи розвитку. Це допоможе у формулюванні стратегій стимулювання економічного зростання та підвищення конкурентоспроможності економіки. Крім того, можна прогнозувати ринкові тенденції та отримувати можливі способи реагування на них. Алгоритми штучного інтелекту можуть аналізувати дані з ринків товарів і послуг, фінансових ринків та інших джерел. Це дозволить компаніям та урядовим органам адаптувати свої економічні стратегії до змін на ринку й максимізувати свій прибуток. На рисунку 8 зображено, скільки додав до світового ВВП штучний інтелект у 2021–2022 роках.



**Рисунок 8 – Додавання трлн дол. США до світового ВВП за допомогою використання штучного інтелекту**  
(побудовано авторами на основі даних McKinsey, 2024)

Штучний інтелект може допомагати в управлінні фінансами. Можна проаналізувати дані про фінансові транзакції та оцінити ризики, на основі цього розробити рекомендації щодо інвестицій та управління портфелем. Це допоможе уникнути фінансових втрат та максимізувати доходи.

Крім переліченого, штучний інтелект може допомогти в прогнозуванні вартості товарів і послуг для споживачів та аналізаторів ринку. Аналізування цін, попиту та подій на ринку дозволяє спрогнозувати майбутні зміни вартості. На основі цього компанії можуть ухвалювати рішення щодо ціноутворення та формування запасів.

Також штучний інтелект є інструментом для управління ланцюгами постачання. Аналізування даних про попит, запаси й транспортування дозволить одержати інформаційну базу для оптимізації процесів постачання. Як наслідок, можна знижувати витрати та підвищувати ефективність постачальницького ланцюга.

І на останок, штучний інтелект дозволяє прогнозувати інфляцію та валютні курси. Аналізування економічних даних про глобальні тенденції дозволить

одержати інформацію для розуміння факторів, що впливають на вартість грошей. Такі можливості дозволять управляти фінансовими ризиками та розробляти стратегії збереження стабільності національної економіки. Проаналізувавши великі обсяги даних, можна зробити прогнози щодо напрямків розвитку ринку. На основі цього бізнес-структури та урядові органи можуть планувати свої дії та адаптуватися до змін в економічному середовищі.

### ***Оцінювання розвитку систем цивільної безпеки***

***(включаючи фізичну, психологічну, економічну безпеку та кібербезпеку)***

#### ***на основі упровадження технологій штучного інтелекту***

Крім того, технології штучного інтелекту можуть бути використані для прогнозування майбутніх загроз у сфері цивільної безпеки. Наприклад, ретроспективний аналіз може допомогти виявити закономірності, які засвідчують можливість виникнення конкретних видів загроз цивільній безпеці в майбутньому. Це дозволить упроваджувати ефективні заходи для запобігання цивільній небезпеці.

У сфері психологічної безпеки алгоритми можуть аналізувати дані про поведінку та емоційний стан громадян, тобто вони зможуть виявляти зміни в психологічному стані, що свідчать про можливі небезпечні події або ситуації загрози цивільній безпеці.

Аналізування економічних даних може допомогти в оцінюванні економічної стабільності та потенційних ризиків. Воно може виявляти економічні показники, що свідчать про збільшення або зменшення загроз для економічної безпеки.

У сфері кібербезпеки алгоритми штучного інтелекту можуть аналізувати дані з інтернет-мереж та систем для виявлення кібератак і загроз, а також аналізувати зміни щодо форм мережевої активності, що може свідчити про потенційні кібератаки або вразливості. Це допоможе забезпечувати захист від кіберзлочинності та підтримувати інформаційну безпеку.

Важливо також урахувувати взаємозв'язки між різними аспектами безпеки, що можуть впливати один на одного. Наприклад, економічна криза

може призвести до збільшення рівня злочинності або психологічних розладів у суспільстві. Тому аналізування інтегрованих даних за допомогою штучного інтелекту може допомогти оцінити ці взаємозв'язки та отримати інструмент для ухвалення відповідних рішень.

Використання оцінювання даних може сприяти вдосконаленню процесів ухвалення рішень в управлінні фізичною безпекою населення. Тобто можуть надаватися рекомендації на основі аналізування даних фізичної безпеки, що допомагає ухвалювати швидкі та обґрунтовані рішення для її забезпечення. Такий підхід сприяє оптимізації ресурсів держави та забезпечує ефективну реакцію на потенційні загрози фізичній безпеці.

Інтеграція за допомогою штучного інтелекту різноманітних джерел даних дозволить допомогти оцінити стан цивільної безпеки. Наприклад, поєднання цифрових даних із камер відеоспостереження, соціальних мереж, спеціальних сенсорів та інших джерел може створити комплексне оцінювання ситуації, що дозволить зрозуміти контекст цивільної безпеки, на основі цього ухвалювати збалансовані рішення.

Крім вищезазначеного, важливо також забезпечувати захист та конфіденційність даних, використовуваних для оцінювання розвитку систем цивільної безпеки. Застосування необхідних методів шифрування та захисту даних є важливим етапом у використанні технологій штучного інтелекту під час оцінювання даних із метою безпеки. Це дозволить уникнути небажаних проникнень і зловживань.

Таким чином, використання штучного інтелекту для оцінювання стану розвитку еколого-економічних систем і цивільної безпеки є дуже важливим, оскільки сприятиме стабільності та безпеці суспільства. Водночас штучний інтелект автоматизує збирання та оброблення даних, виявляє складні закономірності в даних і прогнозує ризики, розроблює рекомендації для урядів, бізнесу й громадських організацій щодо подолання проблем.

*Підходи до розроблення методики оцінювання стану розвитку  
еколого-економічних систем та цивільної безпеки  
на основі упровадження технологій штучного інтелекту*

Розроблення методики оцінювання стану розвитку еколого-економічних систем та цивільної безпеки на основі упровадження технологій штучного інтелекту має певні підходи, які необхідно описати.

Спочатку необхідно визначити показники, необхідні для такої методики, потім безпосередньо зібрати дані за відповідними показниками, а саме:

- 1) екологічні дані. Це можуть бути показники якості повітря, води, ґрунту, лісів, біорізноманітності та ін.;
- 2) економічні дані. Це можуть бути показники ВВП, рівень безробіття, інвестиції в природоохоронні проекти тощо;
- 3) дані з цивільної безпеки. Це може бути статистика втрат, пов'язана з військовими діями, статистика злочинності та кіберзлочинності, показники фізичного й психологічного здоров'я населення.

Після збирання даних настає етап їх аналізування. Цей етап повинен передбачати:

- 1) використання алгоритмів глибокого навчання для аналізування великих обсягів даних;
- 2) виявлення трендів та аномалій, що можуть свідчити про потенційні загрози або можливості для покращання;

Після аналізування даних іде етап моделювання та прогнозування. Він передбачає:

- 1) створення моделей для прогнозування майбутніх станів еколого-економічних систем та цивільної безпеки;
- 2) використання нейронних мереж для більш точного прогнозування.

Наступним етапом буде оцінювання ризиків. Воно передбачає:

- 1) аналізування ризиків для розвитку різних сценаріїв;
- 2) визначення найбільш критичних факторів, що впливають на безпеку й стабільність систем.

Після оцінювання ризиків може бути розроблення подальших рекомендацій для урядів, бізнесу та громадських організацій на основі аналізування й прогнозів. Також необхідне впровадження стратегій для зниження ризиків і покращання стану систем.

Як у цьому разі впроваджуються технології штучного інтелекту? Штучний інтелект потрібний для:

1) автоматизації збирання та оброблення даних. Це може бути використання сенсорів, дронів, Інтернету речей для збирання даних;

2) глибокого навчання. Це потрібно для аналізування даних і створення прогнозних моделей;

3) оброблення природної мови (NLP). Це потрібно для аналізування текстових даних, таких як новини, соціальні мережі, звіти та ін.

***Методика оцінювання стану розвитку  
еколого-економічних систем та цивільної безпеки  
на основі упровадження технологій штучного інтелекту***

Методика оцінювання стану розвитку еколого-економічних систем та цивільної безпеки вміщує 100 розроблених річних показників. Усі розроблені показники мають різну цільову спрямованість. Тобто покращання з часом стану систем у країні може характеризуватись як зростанням одних показників (наприклад, ВВП), так і зниженням інших (наприклад, кількість пожеж). Тому для деяких показників бажаним напрямком зміни є їх збільшення  $\{\uparrow\}$ , а для інших – зменшення  $\{\downarrow\}$ . Обидва випадки матимуть позитивну динаміку показників. Умовне позначення  $\{\uparrow\}$  або  $\{\downarrow\}$ , що характеризує бажаний напрямок зміни, наведене навпроти кожного показника. Для деяких показників (наприклад, рівня інфляції) бажаний напрямок зміни можна визначити лише після аналізування конкретної ситуації, тому для таких показників умовне позначення  $\{\uparrow\}$  або  $\{\downarrow\}$  наведене з огляду на більшу ймовірність позитивного напрямку зміни. Зазначене програмується у відповідних системах штучного інтелекту.

Водночас роль технологій штучного інтелекту для методики оцінювання стану розвитку еколого-економічних систем і цивільної безпеки зводиться до автоматизації збирання та оброблення даних (використання сенсорів, дронів, Інтернету речей для збирання даних у реальному часі та ін.), оброблення природної мови даних (для збирання та аналізування текстових даних, наприклад, статистичних даних, новин, соціальних мереж, звітів тощо) та глибокого навчання (для аналізування даних, створення прогнозних моделей). Скорочено автоматизоване збирання та оброблення даних позначимо |АЗО|, а оброблення природної мови даних – |ОПМ|. Ці аббревіатури наведені навпроти кожного зі 100 показників, що свідчить про можливості технологій штучного інтелекту щодо цих показників.

### ***1 Екологічні показники***

#### ***Екологічні показники для атмосферного повітря***

1.1  $P_a$  – кількість викидів забруднювальних речовин (крім  $CO_2$ ) в атмосферне повітря, тис. т (усіх разом та кожної забруднювальної речовини окремо) {↓} |ОПМ|.

1.2  $P_b$  – кількість викидів діоксиду вуглецю ( $CO_2$ ) в атмосферне повітря, тис. т, {↓} |ОПМ|.

1.3  $P_c$  – кількість проб дослідження рівня забруднення атмосферного повітря, що не відповідають санітарно-хімічним показникам, тис. шт., {↓} |АЗО|.

1.4  $P_f$  – частка проб дослідження рівня забруднення атмосферного повітря, що не відповідають санітарно-хімічним показникам, із загальної кількості проб, %, {↓} |АЗО|.

1.5  $P_g$  – кількість викидів усіх забруднювальних речовин (крім  $CO_2$ ) в атмосферне повітря з розрахунку на одну особу, т/особу, {↓} |ОПМ|.

1.6  $P_i$  – кількість викидів діоксиду вуглецю ( $CO_2$ ) в атмосферне повітря з розрахунку на одиницю площі території, т/км<sup>2</sup>, {↓} |ОПМ|.

### *Екологічні показники для водних ресурсів*

1.7  $V_a$  – кількість речовин, які забруднюють водні ресурси, що скидаються разом із стічними водами, тис. т (усіх разом та кожної забруднювальної речовини окремо),  $\{\downarrow\}|ОПМ|$ .

1.8  $V_b$  – кількість проб дослідження води з *централізованого* водопостачання, що не відповідають санітарно-хімічним показникам, тис. шт.,  $\{\downarrow\}|АЗО|$ .

1.9  $V_c$  – кількість проб дослідження води з *централізованого* водопостачання, що не відповідають бактеріологічним показникам, тис. шт.,  $\{\downarrow\}|АЗО|$ .

1.10  $V_d$  – кількість проб дослідження води з *децентралізованого* водопостачання, що не відповідають санітарно-хімічним показникам, тис. шт.,  $\{\downarrow\}|АЗО|$ .

1.11  $V_e$  – кількість проб дослідження води з *децентралізованого* водопостачання, що не відповідають бактеріологічним показникам, тис. шт.,  $\{\downarrow\}|АЗО|$ .

1.12  $V_f$  – кількість проб дослідження води з *водних об'єктів*, що не відповідають санітарно-хімічним показникам, тис. шт.,  $\{\downarrow\}|АЗО|$ .

1.13  $V_g$  – кількість проб дослідження води з *водних об'єктів*, що не відповідають *мікробіологічним* показникам, тис. шт.,  $\{\downarrow\}|АЗО|$ .

1.14  $V_h$  – частка проб дослідження води з *централізованого* водопостачання, що не відповідають санітарно-хімічним показникам, із загальної кількості проб, %,  $\{\downarrow\}|АЗО|$ .

1.15  $V_i$  – частка проб дослідження води з *централізованого* водопостачання, що не відповідають бактеріологічним показникам, із загальної кількості проб, %,  $\{\downarrow\}|АЗО|$ .

1.16  $V_j$  – частка проб дослідження води з *децентралізованого* водопостачання, що не відповідають санітарно-хімічним показникам, із загальної кількості проб, %,  $\{\downarrow\}|АЗО|$ .

1.17  $V_k$  – частка проб дослідження води з *децентралізованого* водопостачання, що не відповідають бактеріологічним показникам, із загальної кількості проб, %, {↓}|АЗО|.

1.18  $V_{oc}$  – частка проб дослідження води з *водних об'єктів*, що не відповідають санітарно-хімічним показникам, із загальної кількості проб, %, {↓}|АЗО|.

1.19  $V_l$  – частка проб дослідження води з *водних об'єктів*, що не відповідають *мікробіологічним* показникам, із загальної кількості проб, %, {↓}|АЗО|.

1.20  $V_n$  – втрати води під час транспортування, млн м<sup>3</sup>, {↓}|АЗО|.

#### ***Екологічні показники для земель***

1.21  $Z_a$  – кількість проб дослідження ґрунту, що не відповідають санітарно-хімічним показникам, тис. шт., {↓}|АЗО|.

1.22  $Z_b$  – кількість проб дослідження ґрунту, що не відповідають бактеріологічним показникам, тис. шт., {↓}|АЗО|.

1.23  $Z_c$  – частка проб дослідження ґрунту, що не відповідають санітарно-хімічним показникам, із загальної кількості проб, %, {↓}|АЗО|.

1.24  $Z_d$  – частка проб дослідження ґрунту, що не відповідають бактеріологічним показникам, із загальної кількості проб, %, {↓}|АЗО|.

1.25  $Z_f$  – площа земель, які постраждали внаслідок воєнних дій і стали непридатними для будь-якого використання, га, {↓}|ОПМ|.

1.26  $Z_g$  – площа земель, що мають небезпеку для людей, тварин і рослин через наявність вибухових предметів та речовин, га, {↓}|ОПМ|.

#### ***Екологічні показники для лісів***

1.27  $L_3$  – площа загибелі лісових насаджень (зокрема, від воєнних дій), га, {↓}|ОПМ|.

1.28  $L_b$  – площа відтворення лісових насаджень, га, {↑}|ОПМ|.

## ***Екологічні показники для біорізноманітності***

1.29 Б<sub>т</sub> – приріст кількості копитних тварин, хутрових звірів, пернатої дичини (всіх разом та окремо), тис. голів, {↑}|ОПМ|.

1.30 Б<sub>р</sub> – приріст площі, зайнятої рослинними угрупованнями (крім лісів), га, {↑}|ОПМ|.

## ***2 Економічні показники***

### ***Абсолютні показники***

1.31 Номінальний валовий внутрішній продукт, млрд грн, {↑}|ОПМ|.

1.32 Реальний валовий внутрішній продукт, млрд грн, {↑}|ОПМ|.

1.33 Валовий внутрішній продукт на душу населення, тис. грн, {↑}|ОПМ|.

1.34 Валовий національний продукт, млрд грн, {↑}|ОПМ|.

1.35 Національний дохід, млрд грн, {↑}|ОПМ|.

1.36 Валова додана вартість, млрд грн, {↑}|ОПМ|.

1.37 Розмір середньої заробітної плати, тис. грн, {↑}|ОПМ|.

1.38 Медіанна заробітна плата, тис. грн, {↑}|ОПМ|.

1.39 Обсяг експорту, млрд грн, {↑}|ОПМ|.

1.40 Обсяг імпорту, млрд грн, {↑}|ОПМ|.

1.41 Розмір державного боргу, млрд грн, {↓}|ОПМ|.

1.42 Витрати з державного бюджету, млрд грн, {↑}|ОПМ|.

1.43 Витрати населення, млрд грн, {↑}|ОПМ|.

1.44 Доходи населення, млрд грн, {↑}|ОПМ|.

1.45 Обсяг капітальних інвестицій, млрд грн, {↑}|ОПМ|.

1.46 Обсяг капітальних інвестицій у матеріальні активи, млрд грн, {↑}|ОПМ|.

1.47 Обсяг капітальних інвестицій у нематеріальні активи, млрд грн, {↑}|ОПМ|.

1.48 Обсяг капітальних інвестицій промисловості, млрд грн, {↑}|ОПМ|.

1.49 Обсяг іноземних інвестицій в економіку, млрд грн, {↑}|ОПМ|.

1.50 Обсяг безповоротних донорських коштів, виділених на відновлення країни, млрд грн, {↑}|ОПМ|.

1.51 Капітальні інвестиції на охорону довкілля, млрд грн, {↑}|ОПМ|.

1.52 Обсяг реалізованих послуг природоохоронного призначення, млрд грн, {↑}|ОПМ|.

1.53 Витрати на оплату послуг природоохоронного призначення, млрд грн, {↑}|ОПМ|.

1.54 Витрати на охорону здоров'я та реабілітацію на душу населення, тис. грн, {↑}|ОПМ|.

1.55 Внутрішні витрати на відновлення інфраструктури, що постраждала внаслідок воєнних дій та ворожих атак, млрд грн, {↑}|ОПМ|.

1.56 Витрати на підтримання людей на душу населення, яке опинилось у скрутному становищі внаслідок воєнних дій та ворожих атак, тис. грн, {↑}|ОПМ|.

### ***Відносні показники***

1.57 Рівень інфляції, %, {↓}|ОПМ|.

1.58 Рівень безробіття, %, {↓}|ОПМ|.

1.59 Індекс споживчих цін, %, {↓}|ОПМ|.

1.60 Частка населення, яка живе за межею бідності (рівень бідності), %, {↓}|ОПМ|.

### ***3 Показники цивільної безпеки***

***(показники фізичної, психологічної, економічної безпеки та кібербезпеки)***

#### ***Показники фізичної безпеки:***

а) кількість уперше зареєстрованих випадків захворювань усіх типів, тис. шт., {↓}|ОПМ|;

б) кількість зареєстрованих випадків травм, отруєнь та інших уражень (зокрема, внаслідок воєнних дій та ворожих атак), тис. шт., {↓}|ОПМ|;

в) кількість загиблих людей унаслідок воєнних дій та ворожих атак (зокрема, військовослужбовців), тис. осіб, {↓}|ОПМ|;

- d) кількість ворожих атак та воєнних злочинів, тис. шт.,  $\{\downarrow\}|ОПМ|$ ;
- e) кількість убитих людей унаслідок громадянських злочинів, тис. осіб,  $\{\downarrow\}|ОПМ|$ ;
- f) кількість кримінальних правопорушень (крім економічних), тис. шт.,  $\{\downarrow\}|ОПМ|$ ;
- g) кількість померлих людей від причин невоєнного характеру, тис. осіб,  $\{\downarrow\}|ОПМ|$ ;
- h) кількість зареєстрованих пожеж, тис. шт.,  $\{\downarrow\}|ОПМ|$ ;
- i) кількість дорожньо-транспортних пригод, тис. шт.,  $\{\downarrow\}|ОПМ|$ ;
- j) середня тривалість життя, років,  $\{\uparrow\}|ОПМ|$ ;
- k) видатки на громадську безпеку, млрд грн,  $\{\uparrow\}|ОПМ|$ ;
- l) видатки на цивільну оборону, млрд грн,  $\{\uparrow\}|ОПМ|$ ;
- m) кількість готових до використання захисних споруд та укриттів для населення, тис. шт.,  $\{\uparrow\}|ОПМ|$ ;
- n) місткість готових до використання захисних споруд та укриттів для населення, млн осіб,  $\{\uparrow\}|ОПМ|$ .

***Показники психологічної безпеки:***

- o) кількість уперше зареєстрованих випадків захворювань нервової системи, тис. шт.,  $\{\downarrow\}|ОПМ|$ ;
- p) кількість уперше зареєстрованих випадків психологічних розладів (що не належать до захворювань нервової системи), тис. шт.,  $\{\downarrow\}|ОПМ|$ ;
- q) витрачені кошти на психологічну реабілітацію та лікування (крім коштів фізичних осіб), млрд грн,  $\{\uparrow\}|ОПМ|$ .

***Показники економічної безпеки:***

- r) кількість економічних злочинів, тис. шт.,  $\{\downarrow\}|ОПМ|$ ;
- s) економічні збитки внаслідок руйнацій інфраструктури, заподіяні воєнними діями та ворожими атаками, млрд грн,  $\{\downarrow\}|ОПМ|$ ;
- t) економічні збитки внаслідок руйнацій та закриття підприємств, заподіяні воєнними діями та ворожими атаками, млрд грн,  $\{\downarrow\}|ОПМ|$ ;

- u) економічні збитки внаслідок фізичної шкоди здоров'ю населення (зокрема, військовослужбовцям), заподіяні воєнними діями та ворожими атаками, млрд грн,  $\{\downarrow\}$ |ОПМ|;
- v) кількість зареєстрованих нових підприємств, тис. шт.,  $\{\uparrow\}$ |ОПМ|;
- w) розмір інвестицій у науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи, млрд грн,  $\{\uparrow\}$ |ОПМ|;
- x) дефіцит електричної енергії, МВт,  $\{\downarrow\}$ |ОПМ|;
- y) приріст генерації енергії з відновлюваних джерел, МВт,  $\{\uparrow\}$ |ОПМ|;
- z) кількість створених нових робочих місць, тис. шт.,  $\{\uparrow\}$ |ОПМ|.

#### ***Показники кібербезпеки:***

- aa) кількість кіберзлочинів, скоєних проти юридичних та фізичних осіб, тис. шт.,  $\{\downarrow\}$ |ОПМ|;
- bb) величина збитків, заподіяних скоєними кіберзлочинами, млрд грн,  $\{\downarrow\}$ |ОПМ|;
- cc) загальні витрати на кібербезпеку, млрд грн,  $\{\uparrow\}$ |ОПМ|;
- dd) частка населення, що має доступ до телекомунікаційного зв'язку, %,  $\{\uparrow\}$ |ОПМ|.

#### ***Змішані показники цивільної безпеки:***

- ee) кількість новонароджених, тис. осіб,  $\{\uparrow\}$ |ОПМ|;
- ff) природний приріст населення, тис. осіб,  $\{\uparrow\}$ |ОПМ|;
- gg) кількість людей, які виїхали за кордон на постійне місце проживання, тис. осіб,  $\{\downarrow\}$ |ОПМ|;
- hh) кількість людей, які приїхали в країну на постійне місце проживання, тис. осіб,  $\{\uparrow\}$ |ОПМ|;
- ii) частка населення, яке не має житла для проживання (власного, орендованого, соціального), %,  $\{\downarrow\}$ |ОПМ|;
- jj) ступінь виконання планів із відновлення інфраструктури (відсоток завершення від запланованого), %,  $\{\uparrow\}$ |ОПМ|;

kk) частка населення, яке не має доступу до соціальних послуг, %,  $\{\downarrow\}$ |ОПМ|;

ll) частка населення, яке не має доступу до державних послуг, %,  $\{\downarrow\}$ |ОПМ|;

mm) частка повернення населення до постраждалих від воєнних дій та ворожих атак регіонів після їх завершення, %,  $\{\uparrow\}$ |ОПМ|;

nn) частка повернення населення із закордону, яке перебувало під тимчасовим захистом або як біженці, %,  $\{\uparrow\}$ |ОПМ|.

Показники можна визначати як для всієї держави, так і для окремих регіонів чи територій. Порівнюючи значення показників між собою та за змінами в часі, можна визначити стан розвитку еколого-економічних систем і цивільної безпеки.

Для оцінювання того, як змінюється стан розвитку еколого-економічних систем та цивільної безпеки, пропонується за допомогою штучного інтелекту розраховувати спеціальні індекси розвитку еколого-економічних систем і цивільної безпеки, що є індексами для кожного з розроблених 100 показників оцінювання стану розвитку еколого-економічних систем та цивільної безпеки.

Спеціальні індекси розраховують на основі середніх індексів річних показників за формулами:

$$C_{Ki} = \sqrt[N-1]{\prod_{n=1}^{N-1} \left( \frac{A_{i\{n+1\}}}{A_{i\{n\}}} \right)},$$
$$C_{Gi} = \sqrt[N-1]{\prod_{n=1}^{N-1} \left( \frac{B_{i\{n+1\}}}{B_{i\{n\}}(1+r)_{\{n+1\}}} \right)},$$

де  $C_{Ki}$  – спеціальний індекс розвитку еколого-економічних систем і цивільної безпеки для показників, не вимірюваних у грошових одиницях;

$S_{Gi}$  – спеціальний індекс розвитку еколого-економічних систем та цивільної безпеки для показників, вимірюваних у грошових одиницях;

$A_i$  –  $i$ -й показник стану розвитку еколого-економічних систем та цивільної безпеки, не вимірюваний у грошових одиницях;

$B_i$  –  $i$ -й показник стану розвитку еколого-економічних систем та цивільної безпеки, вимірюваний у грошових одиницях;

$N$  – кількість років, за якими здійснюється аналізування;

$r$  – рівень інфляції;

$n$  – позначення номера року.

Критерієм оцінювання стану розвитку еколого-економічних систем та цивільної безпеки є значення спеціальних індексів більше ніж 1 для тих показників, де бажаною спрямованістю їх зміни є зростання  $\{\uparrow\}$ , і значення менше ніж 1 для тих показників, де бажаною спрямованістю їх зміни є зменшення  $\{\downarrow\}$ . Для показників, у яких бажаним напрямком зміни є збільшення  $\{\uparrow\}$ , значення спеціальних індексів більше ніж 1 буде характеризувати позитивну динаміку змін, тоді як для показників, у яких бажаним напрямком зміни є зменшення  $\{\downarrow\}$ , позитивну динаміку змін буде характеризувати значення спеціальних індексів менше ніж 1. Варто зазначити, що деякі показники можуть набувати від'ємних значень (наприклад, природний приріст населення), тому в таких випадках під час розрахунків спеціальних індексів цей факт потрібно враховувати й програмувати у відповідних системах штучного інтелекту.

Запропоновані спеціальні індекси є достатньо компактними та простими й охоплюють основні сфери розвитку еколого-економічних систем і цивільної безпеки. Водночас вони є достатньо універсальними. Часовий період, за який здійснюються розрахунки, повинен бути не менше ніж 2 роки (як послідовних років, так і з проміжками між роками).

Відповідність значень спеціальних індексів до критеріїв означає, що розвиток еколого-економічних систем та цивільної безпеки за відповідним показником відбувається в правильному напрямку і свідчить про позитивну динаміку, тобто зміну в часі. Якщо значення спеціальних індексів не відповідає

критерію, це означає, що відбувається регрес у розвитку еколого-економічних систем та цивільної безпеки, і ці системи потребують втручання, зокрема, з використанням штучного інтелекту для зміни негативних тенденцій у розвитку.

Після оцінювання 100 спеціальних індексів (для кожного зі 100 показників) потрібно визначити, в якому стані перебуває розвиток еколого-економічних систем та цивільної безпеки. Кількість спеціальних індексів, що відповідають критерію як загалом, так і за окремими блоками, може бути різною, тому частка таких індексів відображає інтегральну оцінку стану розвитку еколого-економічних систем та цивільної безпеки. Шкали оцінок, що відповідають певному стану розвитку, подані в таблицях 4 і 5 (оцінки є умовними).

Таблиця 4 – Стан країнового розвитку та шкала оцінок

№ пор.	Стан розвитку	Частка індексів, що відповідають критерію, %
1	Незадовільний	0–25
2	Задовільний	26–50
3	Добрий	51–75
4	Відмінний	76–100

Таблиця 5 – Стан країнового розвитку та окремі шкали оцінок систем

№ пор.	Стан розвитку	Кількість індексів, що відповідають критерію		
		еколого-економічні системи	системи цивільної безпеки	всі разом
1	Незадовільний	0–15	0–10	0–25
2	Задовільний	16–30	11–20	26–50
3	Добрий	31–45	21–30	51–75
4	Відмінний	46–60	31–40	76–100

### ***Описова характеристика кожного стану***

1 «Відмінний» стан розвитку відповідає випадкам, коли розвиток еколого-економічних систем та цивільної безпеки відбувається без особливих проблем.

2 «Добрий» стан розвитку відповідає випадкам, коли розвиток еколого-економічних систем та цивільної безпеки має певні проблеми, які можна вирішити.

3 «Задовільний» стан розвитку відповідає випадкам, коли розвиток еколого-економічних систем та цивільної безпеки слабкий чи відсутній, що потребує спеціальних дій та здійснення додаткових витрат із боку держави.

4 «Незадовільний» стан розвитку відповідає випадкам, коли розвитку еколого-економічних систем та цивільної безпеки не відбувається, що потребує перегляду стратегії розвитку держави.

Після цього використовують допоміжний комплекс, що передбачає аналізування даних і створення прогнозних моделей на основі технологій штучного інтелекту, використання алгоритмів класифікації та регресії для аналізування даних, використання методів статистичного аналізу для виявлення значущих змін у даних (трендів та аномалій), використання математичних моделей для прогнозування змін у стані еколого-економічних систем і цивільної безпеки, використання методів аналізування ризиків для оцінювання потенційних загроз розвитку, виявлення факторів, які найбільше впливають на розвиток систем. На основі аналізування й прогнозування за допомогою технологій штучного інтелекту розробляють стратегії для покращання стану систем і зниження ризиків для їх розвитку. Потім за допомогою технологій штучного інтелекту можна одержати рекомендації для уряду, бізнесів та громадських організацій щодо впровадження розроблених стратегій.

## Список використаної літератури

1. Price-Smith A. T. Contagion and chaos: disease, ecology, and national security in the era of globalization. MIT Press, 2009. 294 p.
2. Characterizing and Measuring Maliciousness for Cybersecurity Risk Assessment / Z. M. King et al. *Frontiers in Psychology*. 2018. Vol. 9 (39). DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00039>.
3. Rose A. Defining and measuring economic resilience from a societal, environmental and security perspective. Springer Singapore, 2017. 91 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-981-10-1533-5>.
4. Hathaway M., Klimburg A. Preliminary considerations: on national cyber security. National Cyber Security Framework Manual. NATO Cooperative Cyber Defence Centre of Excellence. Tallinn, 2012.
5. Prior T., Hagmann J. Measuring resilience: methodological and political challenges of a trend security concept. *Journal of Risk Research*. 2014. Vol. 17 (3). P. 281–298. DOI: <https://doi.org/10.1080/13669877.2013.808686>.
6. AL-Dosari K., Fetais N., Kucukvar M. A shift to green cybersecurity sustainability development: Using triple bottom-line sustainability assessment in Qatar transportation sector. *International Journal of Sustainable Transportation*. 2023. Vol. 17 (12). P. 1287–1301. DOI: <https://doi.org/10.1080/15568318.2023.2171321>.
7. In-depth analysis on safety and security research based on system dynamics: A bibliometric mapping approach-based study / X. Gou et al. *Safety science*. 2022. Vol. 147. P. 105617. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105617>.
8. Barnett J. The meaning of environmental security: Ecological politics and policy in the new security era. Zed Books, 2001.
9. Bokhari S. A. A., Myeong S. The Influence of Artificial Intelligence on E-Governance and Cybersecurity in Smart Cities: A Stakeholder's Perspective. *IEEE Access*. 2023. Vol. 11. P. 69783–69797. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3293480>.
10. Garcia M. L. *Design and evaluation of physical protection systems*. Elsevier. Second edition. Amorette Pedersen, 2008.
11. Gartner. 2024. URL: <https://www.gartner.com/en>.
12. McKinsey & Company. 2024. URL: <https://www.mckinsey.com/>.

## **2.2 Методика оцінювання й прогнозування впливу цифрових трансформацій на процеси забезпечення цивільного захисту та повоєнного відновлення національної економіки в умовах екологічних і соціальних викликів**

### **2.2.1 Динамічний аналіз показників у методиці оцінювання й прогнозування впливу цифрових трансформацій на процеси забезпечення цивільного захисту та повоєнного відновлення**

Необхідність оцінювання цивільного захисту та повоєнного відновлення України в умовах війни з російською федерацією як єдиного цілого обумовлена кількома ключовими аспектами. По-перше, війна створює комплексні виклики, що потребують інтегрованого підходу до управління ризиками та ресурсами (Liu et al., 2015). Цивільний захист відіграє критично важливу роль у процесі післявоєнної реконструкції, оскільки він забезпечує безпеку й стабільність, сприяє реінтеграції місцевих громад і створенню ефективних структур управління та розвитку громадянського суспільства (Savluk and Dubas, 2023). По-друге, війна спричиняє значні соціально-економічні зміни, що потребують адаптації наявних систем управління (Yerifanova et al., 2023). Оцінювання цивільного захисту в контексті повоєнного відновлення дозволяє виявити вразливі місця в інфраструктурі та соціальній сфері, що може бути критично важливим для формулювання ефективних стратегій відновлення. Цей підхід забезпечує можливість урахування специфічних потреб населення, яке постраждало від конфлікту, що також є запорукою соціальної стабільності та відновлення довіри до державних інститутів (Кропивницький та Коваленко, 2018). По-третє, таке оцінювання сприяє оптимізації використання ресурсів. В умовах обмежених фінансових і матеріальних ресурсів, характерних для країни, яка переживає війну, важливо забезпечити ефективне управління для максимізації результатів (Khaietska et al., 2023). Взаємозв'язок між цивільним захистом і повоєнним відновленням потребує системного підходу, де кожний елемент – від підготовки до надзвичайних ситуацій до відновлення

інфраструктури – розглядається в контексті загальної стратегії національної безпеки та розвитку.

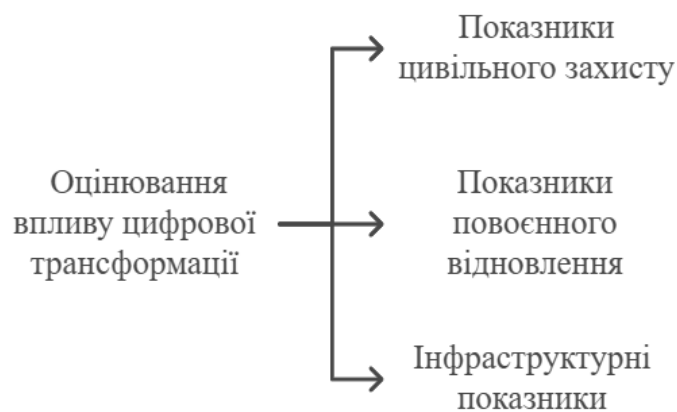
Цифрова трансформація є критично важливим компонентом для розвитку та конкурентоспроможності національної економіки в сучасному світі (Shveda et al., 2024). У глобалізованій швидко змінюваній економіці держави, які впроваджують цифрові рішення, здатні ефективно адаптуватися до нових умов і викликів. Згідно зі звітом Світового банку «Звіт цифрового прогресу та трендів» за 2023 рік вплив цифрової трансформації на розвиток національних економік є вагомим, оскільки вона створює нові можливості для розвитку інноваційних секторів економіки, формування нових робочих місць і залучення інвестицій (Цифровий, 2023). Цифрові рішення є важливим інструментом для забезпечення стійкості національної економіки в умовах післявоєнного відновлення, що підкреслює їх значущість у сучасному економічному контексті.

Важливим фактором для оцінювання впливу цифрових трансформацій на процеси забезпечення цивільного захисту та повоєнного відновлення національної економіки є стан інфраструктури, необхідної для реалізації цифрової трансформації (Wang, 2024). Інфраструктура, що підтримує цифрові рішення, вміщує технологічні, інформаційні та комунікаційні системи, які забезпечують ефективність і надійність упровадження нових технологій (Li et al., 2024). З огляду на це оцінювання стану інфраструктури повинне бути винесене в окрему групу показників у методології оцінювання й прогнозування впливу цифрової трансформації на процеси цивільного захисту та відновлення національної економіки. Це дозволить більш точно визначити потенційні можливості та обмеження, що виникають у процесі реалізації цифрових ініціатив, а також забезпечить комплексне аналізування факторів, які впливають на ефективність упровадження цифрових технологій.

Структура методики оцінювання й прогнозування впливу цифрових трансформацій на процеси забезпечення цивільного захисту та повоєнного відновлення національної економіки складається з трьох основних груп показників: показників цивільного захисту, показників повоєнного відновлення

та інфраструктурних показників. Відстежування трьох груп показників є необхідним для аналізування кожної групи окремо в динаміці. Це дозволяє одержати детальну інформацію про зміни, що відбуваються в кожній із цих сфер, і забезпечує можливість ухвалення більш точних рішень. Показники цивільного захисту дозволяють оцінити ефективність заходів, спрямованих на забезпечення безпеки населення, зокрема, в контексті швидкості та якості реагування на надзвичайні ситуації. Показники повоєнного відновлення відображають стан економічної стабільності, що є критично важливим для функціонування держави в післявоєнний період. Інфраструктурні показники також фокусуються на стані технологічних та інформаційних систем, що підтримують реалізацію цифрових рішень. Включення цієї групи показників дозволяє оцінити готовність інфраструктури до впровадження цифрових трансформацій і визначити необхідні ресурси для їх успішної реалізації.

Згідно з Положенням Кабінету Міністрів України про Державну службу України з надзвичайних ситуацій (ДСНС) одним із ключових завдань цієї установи є реалізація державної політики у сфері цивільного захисту, а також захисту населення й територій від надзвичайних ситуацій (Постанова, 2015). Тому Державна служба України з надзвичайних ситуацій є суб'єктом оцінювання впливу цифрових трансформацій на цивільний захист населення. Ця установа як основний орган, що відповідає за реалізацію державної політики у сфері цивільного захисту, має стратегічне значення для забезпечення безпеки громадян та ефективного реагування на надзвичайні ситуації.



**Рисунок 9 – Структура методології оцінювання впливу цифрової трансформації на процеси забезпечення цивільного захисту та повоєнного відновлення**  
(джерело: розроблено авторами)

Під час оцінювання впливу цифрової трансформації на повоєнне відновлення особливо важливо урахувати, що цифрова трансформація підвищує ефективність підприємств та сприяє економічному розвитку, зокрема, через збільшення експорту інформаційних послуг (Oliinyk, 2024). Цей аспект має істотне значення в контексті відновлення після війни, коли країна потребує економічного відновлення та зростання. Оцінювання впливу цифрових трансформацій повинне включати як індикатори покращання ефективності операційної діяльності та автоматизації, так і індикатори, що відображають збільшення експорту. Перші дозволяють визначити, наскільки ефективно підприємства використовують упроваджені цифрові рішення для оптимізації своїх процесів, зменшення витрат та підвищення продуктивності. Індикатори експорту інформаційних послуг є критично важливими для оцінювання внеску цифрових трансформацій у загальний економічний розвиток.

Методика базується на розрахунку 32 динамічних показників  $X_{1i}$ ,  $X_{2i}$ ,  $X_{3i}$ , які можна звести в 3 агрегатних показники:  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$ . Пропонується впровадити систему, що складається з трьох груп показників, які забезпечують комплексний аналіз впливу цифрової трансформації на різні аспекти цивільного захисту та повоєнного відновлення. Перша група показників містить 12 елементів, із яких 4

є відносними, а 8 – абсолютними. Друга група складається з 12 показників, із яких 11 є відносними, а 1 – абсолютним. Третя група має 8 показників, із яких 4 – відносні, та 4 – абсолютні. Перша група показників характеризує цифрову трансформацію цивільного захисту населення, друга група оцінює вплив цифрової трансформації на повоєнне відновлення, а третя група фокусується на інфраструктурі цифрової трансформації. Загальна кількість показників становить 32. Для кожного з абсолютних та відносних показників розраховують динамічні показники  $X_{1i}$ ,  $X_{2i}$ ,  $X_{3i}$  відповідно до кожної з трьох груп. Кожна група показників матиме свої специфічні динамічні індикатори, які потім можна звести в один узагальнювальний динамічний показник для кожної групи.

Агрегування показників здійснюється за допомогою застосування вагових коефіцієнтів. Оскільки в кожній групі спостерігається різна кількість показників, розмір вагового коефіцієнта повинен визначатися експертами окремо для кожної групи показників. Це дозволяє врахувати специфіку та значущість кожного показника в контексті його відповідної групи. Сума вагових коефіцієнтів для кожної з груп повинна бути обмеженою, не перевищуючи 100 % або 1. Формули для знаходження зведених динамічних показників:

$$X_1 = k_1 \cdot X_{11} + k_2 \cdot X_{12} + k_3 \cdot X_{13} + k_4 \cdot X_{14} + k_5 \cdot X_{15} + k_6 \cdot X_{16} + k_7 \cdot X_{17} + \\ + k_8 \cdot X_{18} + k_9 \cdot X_{19} + k_{10} \cdot X_{110} + k_{11} \cdot X_{111} + k_{12} \cdot X_{112} \\ \text{або } X_1 = \sum_{i=1}^{12} (k_i \cdot X_{1i}),$$

де  $X_1$  – зведений динамічний показник для першої групи показників;

$X_{11}, \dots, X_{112}$  – динамічні показники першої групи;

$$X_2 = k_1 \cdot X_{21} + k_2 \cdot X_{22} + k_3 \cdot X_{23} + k_4 \cdot X_{24} + k_5 \cdot X_{25} + k_6 \cdot X_{26} + k_7 \cdot X_{27} + \\ + k_8 \cdot X_{28} + k_9 \cdot X_{29} + k_{10} \cdot X_{210} + k_{11} \cdot X_{211} + k_{12} \cdot X_{212}, \\ \text{або } X_2 = \sum_{i=1}^{12} (k_i \cdot X_{2i}),$$

де  $X_2$  – зведений динамічний показник для другої групи показників;

$X_{21}, \dots, X_{212}$  – динамічні показники другої групи;

$$X_3 = k_1 \cdot X_{31} + k_2 \cdot X_{32} + k_3 \cdot X_{33} + k_4 \cdot X_{34} + k_5 \cdot X_{35} + k_6 \cdot X_{36} + k_7 \cdot X_{37} + \\ + k_8 \cdot X_{38}, \\ \text{або } X_3 = \sum_{i=1}^8 (k_i \cdot X_{3i}),$$

де  $X_3$  – зведений динамічний показник для другої групи показників;

$X_{31}, \dots, X_{38}$  – динамічні показники першої групи.

Критерії оцінювання динаміки впливу цифрових трансформацій на процеси забезпечення цивільного захисту та повоєнного відновлення національної економіки:

$$X_1, X_2, X_3 > 1.$$

Якщо значення цих показників перевищує одиницю, це свідчить про те, що цифрова трансформація та поширення проривних технологій у відповідних системах відбуваються в правильному напрямку. Додержання цієї умови свідчить про позитивну динаміку, що відображає зміни в часі, які є показниками прогресу. Отже, значення динамічних показників, які перевищують одиницю, є важливими індикаторами успішності впровадження цифрових технологій та їх впливу на цивільний захист населення й повоєнне відновлення, що дозволяє формувати відповідні стратегії для подальшого розвитку. Формула зведення динамічних показників впливу цифрових трансформацій на процеси забезпечення цивільного захисту та повоєнного відновлення національної економіки:

$$X_{ji} = \sqrt[N-1]{\prod_{n=1}^{N-1} \left( \frac{\text{Показник}_{ji\{n+1\}}}{\text{Показник}_{ji\{n\}}} \right)}$$
$$X_j = \sum_{i=1}^n (k_n \cdot D_{ji})$$

Відповідно до сформованого набору статистичних показників, процедур зведення динамічних показників і критеріїв розроблено методику оцінювання й прогнозування впливу цифрових трансформацій на процеси забезпечення цивільного захисту та повоєнного відновлення національної економіки (табл. 6). Використовуючи математичні методи статистичного прогнозування, стає можливим будувати економетричні моделі для прогнозування впливу

цифрової трансформації на цивільний захист населення та відновлення національної економіки.

**Таблиця 6 – Групи показників та індикатори впливу цифрової трансформації на процеси забезпечення цивільного захисту та повоєнного відновлення національної економіки**

<b>Цифрова трансформація цивільного захисту населення</b>	<b>Вплив цифрової трансформації на повоєнне відновлення економіки</b>	<b>Інфраструктура цифрової трансформації</b>
Частка використання штучного інтелекту в організаційній структурі ДСНС, %	Частка підприємств, що здійснювали інтернет-торгівлю, %	Загальна кількість виробленої електроенергії
Частка машин із GPS-навігацією на балансі ДСНС, %	Частка підприємств, що аналізували «великі дані», %	Загальні інвестиції в «зелену» енергетику, тис. грн
Частка структурних одиниць ДСНС із соціальними мережами, %	Частка підприємств із найманими фахівцями в ІКТ, %	Кількість працівників із доступом до мережі «Інтернет», од.
Кількість БПЛА в ДСНС, од.	Частка використання соціальних медіа на підприємствах, %	Кількість випускників ЗВО із STEM-освітою, од.
Витрати на ІКТ в ДСНС, тис. грн	Частка підприємств, що купують послуги хмарних обчислень, %	Частка підприємств із віддаленим доступом працівників, %
Кількість підписників соціальних мереж структур ДСНС, од.	Частка підприємств, що використовують технології штучного інтелекту, %	Частка домогосподарств із доступом до мережі «Інтернет», %
Витрати на центри оброблення даних, тис. грн	Частка підприємств, що використовують ERP та CRM, %	Частка виробленої електроенергії від біопалива та відходів, %
Частка працівників ДСНС у сфері ІТК, %	Частка підприємств, що використовують Інтернет речей, %	Частка виробленої електроенергії на сонячних та вітрових електростанціях, %
Витрати на підвищення кваліфікації працівників, тис. грн	Частка підприємств, що використовують робототехніку, %	
Кількість роботизованих систем розмінування, од.	Частка підприємств, що витрачають на безпеку ІКТ, %	
Витрати на оновлення систем сповіщення, тис. грн	Обсяг експорту інформаційних послуг, тис. грн	
Витрати на автоматизацію внутрішніх процесів, тис. грн	Частка підприємств, що експортують інформаційні послуги, %	

### Список використаної літератури

1. Digital Progress and Trends Report 2023. World Bank, 2023. URL: <https://www.worldbank.org/en/publication/digital-progress-and-trends-report>.
2. Branch Structure of the National Economy and Directions of Its Optimization in the Post-War Period / O. Khaietska, O. Holovnia, T. Pavlyuk, and L. Osipova. *Economics Ecology Socium*. 2023. № 7 (3). P. 1–12. DOI: 10.31520/2616-7107/2023.7.3-1.
3. Digital Infrastructure and Enterprise Digital Transformation: Evidence from China / Li Meng, Zhengqi Wang, Linhan Shu, and Haoyu Gao. 2024. DOI: 10.2139/SSRN.4825415.
4. A Structured War-Gaming Framework for Managing Extreme Risks / Liu Shuang, Jean Philippe Aurambout, Oscar Villalta et al. *Ecological Economics*. 2015. Vol. 116. P. 369–377. DOI: 10.1016/J.ECOLECON.2015.05.004.
5. Oliinyk A. Comparative study of digitalization impact on global goods and services markets in advanced and developing economies. *Economics innovative and economics research journal*. 2024. № 12 (2). P. 195–218. DOI: 10.2478/EOIK-2024-0026.
6. Savluk S., Dubas A. Social Banking in Post-War Reconstruction. *Scientia Fructuosa*. 2023. № 3 (149). P. 4–16. DOI: 10.31617/1.2023(149)01.
7. Digital Transformation as an Imperative for Innovative Development of Business Processes under Martial Law (Ukrainian Experience) / N. Shveda, O. Garmatiuk, T. Kuzhda et al. *Economics of Development*. 2024. № 23 (2). P. 69–79. DOI: 10.57111/ECON/2.2024.69.
8. Wang Wei. Exploring the Relationship between Digital Transformation of Enterprises and «Information Infrastructure» in the New Infrastructure Perspective – Based on Industrial Connection. *Applied Mathematics and Nonlinear Sciences*. 2024. Vol. 9, Issue 1. DOI: 10.2478/AMNS.2023.2.00462.
9. Yepifanova I., Dzhedzhula V., and Kaplun R. Features of strategic management of enterprises in conditions of war. *Innovation and Sustainability*. 2023. № 4. P. 64–71. DOI: 10.31649/INS.2023.4.64.71.

10. Кропивницький В. С., Коваленко В. В. Роль цивільного захисту у забезпеченні національної безпеки України. *Науковий вісник: Державне управління*. 2018. № 1 (1). Р. 48–56. DOI: 10.32689/10.32689/2618-0065-2018-1/1-48-56.

11. Постанова Кабінету Міністрів України. Про затвердження Положення про Державну службу України з надзвичайних ситуацій від 16.12.2015 № 1052. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1052-2015-%D0%BF#Text>.

## **2.2.2 Експертний та стохастичний аналіз показників у методиці оцінювання й прогнозування впливу цифрових трансформацій на процеси забезпечення цивільного захисту та повоєнного відновлення**

Поняття «цивільний захист населення» визначене Кодексом цивільного захисту України так: «комплекс заходів, які реалізуються на території України в мирний час та в особливий період і спрямовані на захист населення, територій, навколишнього природного середовища, майна, матеріальних і культурних цінностей від надзвичайних ситуацій та інших небезпечних подій, запобігання виникненню таких ситуацій та подій, ліквідацію їх наслідків, надання допомоги постраждалим, здійснення державного нагляду (контролю) у сфері пожежної та техногенної безпеки» (Верховна Рада України, 2012).

Державна система цивільного захисту (ЦЗ) має низку завдань, визначених Кодексом, на деякі з них прямо чи опосередковано здатні впливати цифрові трансформаційні процеси. Наведемо окремі тенденції такого впливу на виконання завдань цивільного захисту населення.

*Завдання 1* Навчання населення поведінки та дій у разі виникнення надзвичайної ситуації; опрацювання інформації про надзвичайні ситуації, видання інформаційних матеріалів із питань захисту населення й територій від наслідків надзвичайних ситуацій. Можливі впливи таких цифрових трансформацій:

- створення онлайн-курсів чи тренінгів із розміщенням на освітніх платформах чи державних вебпорталах;
- видання електронних навчальних матеріалів (брошури, збірники, пам'ятки);
- використання технологій віртуальної / доповненої реальності (моделювання надзвичайних ситуацій (НС) та алгоритму дій у критичних ситуаціях);
- чат-боти для комунікацій громадян щодо цивільної безпеки, дій у разі виникнення НС.

*Завдання 2* Прогнозування та оцінювання соціально-економічних наслідків надзвичайних ситуацій, визначення на основі прогнозу потреби в силах, засобах, матеріальних і фінансових ресурсах. Можливі впливи цифрових трансформацій:

- використання датчиків і сенсорів для постійного моніторингу стану довкілля (рівня води, показників якості повітря, сейсмічної активності тощо);
- технології Big Data та ШІ для аналізування інформації з різних джерел (дані з камер відеоспостереження, соціальні мережі, сенсори, датчики тощо) з метою виявлення й прогнозування НС;
- створення та використання спеціалізованих платформ, що займатимуться обробленням даних про НС, допомагатимуть оперативно реагувати й координувати дії органів ЦЗ (об'єднання інформації від рятувальних служб, лікарень, поліції).

*Завдання 3* Створення й цільове використання матеріальних резервів, необхідних для запобігання виникненню надзвичайних ситуацій і ліквідації їх наслідків. Можливі впливи таких цифрових трансформацій:

- ERP-системи для управління матеріальними ресурсами з метою відстеження стану та обсягів резервів у реальному часі;
- прогнозування потреб у матеріальних ресурсах та оцінювання потенційних ризиків за допомогою Big Data (на основі історичних даних, погодних умов, демографічної інформації тощо);
- використання спеціальних програм для моделювання сценаріїв із метою оцінювання можливих наслідків НС і відповідно планування матеріальних резервів;
- використання БПЛА для швидкого доставлення невеликих партій життєво важливих ресурсів (медикаментів, води, продовольства) до важкодоступних місць.

*Завдання 4* Оповіщення населення про загрозу та виникнення надзвичайних ситуацій, своєчасне й достовірне інформування про фактичну обстановку та вжиті заходи. Можливі впливи таких цифрових трансформацій:

- використання мобільних операторів для розсилання масових текстових повідомлень про загрозу або виникнення НС;
- спеціалізовані додатки для смартфонів, які надсилають push-повідомлення про поточну ситуацію;
- інтерактивні мапи, маршрути евакуації та поради щодо дій у критичних ситуаціях (наприклад, через ті самі додатки) (інтерактивні геоінформаційні платформи);
- використання платформ, як-от Facebook, Instagram, Telegram, Twitter, для оперативного поширення інформації;
- чат-боти в месенджерах для надання інформації про НС;
- модернізовані системи сирен та гучномовців з інтеграцією цифрових систем, що можуть бути керовані дистанційно, забезпечуючи швидке інформування населення;
- використання технологій ШІ для виявлення та блокування фейкової інформації, що може загострити кризову ситуацію.

*Завдання 5* Проведення рятувальних та інших невідкладних робіт щодо ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, організація життєзабезпечення постраждалого населення. Можливі впливи таких цифрових трансформацій:

- БПЛА можна використовувати для огляду місць, куди рятувальники не можуть дістатися через небезпечні умови, дрони можуть допомагати в пошуку постраждалих, оцінюванні масштабу руйнувань та доставленні екстрених товарів до важкодоступних місць;
- використання тепловізійного обладнання та сенсорів для пошуку постраждалих під завалами. Ці технології можуть бути інтегровані в дрони або використовуватися вручну рятувальними командами;
- телемедицина може бути використана для надання медичних консультацій на відстані в зонах, де немає доступу до лікарів;
- онлайн-платформи психологічної допомоги.

*Завдання 6* Здійснення заходів щодо соціального захисту постраждалого населення. Можливі впливи таких цифрових трансформацій:

- цифрові платформи для реєстрації постраждалих;
- електронні системи виплат допомоги;
- цифрові сервіси соціальних послуг (консультації щодо соціальних пільг, переселення, працевлаштування та інших видів соціальної підтримки);
- цифрові платформи для пошуку житла;
- цифрові краудфандинг-платформи для збирання коштів на підтримку постраждалих;

*Завдання 7* Підготовка керівного складу єдиної державної системи цивільного захисту до дій у разі мобілізації та виконання завдань цивільного захисту у воєнний час, зважаючи на норми міжнародного гуманітарного права. Можливі впливи таких цифрових трансформацій:

- створення цифрових платформ для управління мобілізаційними ресурсами, включаючи людські, технічні та матеріальні резерви;
- використання систем оповіщення для швидкої мобілізації керівного складу та персоналу;
- цифрові документообігові системи для забезпечення доступу до документів.

*Завдання 8* Сповіднення органів управління та сил цивільного захисту єдиної державної системи цивільного захисту, а також населення про загрозу застосування чи застосування засобів ураження. Можливі впливи таких цифрових трансформацій:

- автоматизовані системи моніторингу загроз (сенсори, супутники, радіолокаційні станції для виявлення ознак загрози застосування засобів ураження, таких як ракетні удари чи хімічні атаки);
- використання телевізійних і радіоканалів для масового оповіщення населення про загрози;
- офіційні вебсайти уряду, органів цивільного захисту та соціальні мережі, що можуть бути ефективно задіяні для швидкого поширення інформації про загрозу.

*Завдання 9* Визначення населених пунктів та районів, що потребують проведення гуманітарного розмінування, маркування небезпечних ділянок, проведення очищення (розмінування) територій. Можливі впливи таких цифрових трансформацій:

- аналізування супутникових знімків. Супутникові дані можуть допомогти ідентифікувати райони, що постраждали від військових дій і потенційно є замінованими чи містять нерозірвані боєприпаси. Використання ШІ для аналізування цих зображень дозволяє швидко виявляти небезпечні зони;

- БПЛА також можуть використовуватися для обстеження територій стосовно замінування чи наявності вибухових залишків війни;

- БПЛА з тепловізійними та іншими сенсорами, що можуть виявляти вибухонебезпечні предмети під землею, в такий спосіб полегшуючи процес планування гуманітарного розмінування;

- використання спеціальних додатків або інтерактивних карт, де місцеві жителі та фахівці з розмінування можуть позначати небезпечні зони або підозрілі предмети.

*Завдання 10* Технології дистанційного розмінування. Можливі впливи таких цифрових трансформацій:

- використання техніки для дистанційного розмінування, наприклад, броньованих машин, керованих на відстані, дозволяє очищати великі території без безпосередньої присутності людей;

- спеціальні роботи можуть використовуватися для безпечного розмінування територій, особливо у районах із важким доступом або високим рівнем ризику.

Поряд із позитивними впливами існують виклики та загрози, які обов'язково повинні враховувати під час процесів планування, аналізування тощо, особливо якщо мова йде про новітні технології, ризики стосовно впровадження яких оцінити до запуску важко. Автори провели SWOT-аналіз для ідентифікації основних переваг та аспектів, що заслуговують на особливу увагу

під час упровадження цифрових технологій у сфері безпеки (цивільного захисту) (табл. 7).

Таблиця 7

<b>Сильні сторони</b>	<b>Слабкі сторони</b>
Поліпшення моніторингу та попередження. Підвищення ефективності комунікацій. Оптимізація використання ресурсів. Можливості для навчання та симуляції	Недостатня інфраструктура в деяких регіонах (особливо у сільській місцевості). Низький рівень цифрової грамотності. Висока залежність від електропостачання. Немає єдиної національної платформи для централізованого управління цивільним захистом
<b>Можливості</b>	<b>Загрози</b>
Впровадження національної цифрової платформи для управління кризами. Співпраця з міжнародними організаціями та обмін досвідом. Використання інноваційних технологій (наприклад, ШІ, Інтернету речей тощо). Розвиток цифрової грамотності серед населення	Зростання ризику кібератак. Безпека даних. Проблеми з фінансуванням. Можливі технічні збої. Вразливість до зовнішніх залежностей (ризиків зовнішніх впливів у разі використання імпортованих технологій та обладнання)

Отже, цифрові трансформації відкривають перед Україною широкі можливості для підвищення ефективності цивільного захисту, проте водночас вони потребують серйозної уваги до викликів у галузі інфраструктури, безпеки та фінансування.

На сьогодні існує низка розроблених методик і стандартів для оцінювання впливу цифрових трансформацій на систему цивільного захисту. Ці методики використовують для оцінювання ефективності управління ризиками, швидкості реагування, а також захисту критичної інфраструктури.

Наприклад, Індекс ризику катастроф (Disaster Risk Index), запропонований UNDRR, покликаний оцінювати ризики та ступінь вразливості територій. Для аналізування, зокрема, використовують цифрові інструменти для моніторингу. DRI враховує як імовірність виникнення катастрофи, так і рівень готовності регіону (United Nations Office for Disaster Risk Reduction, n. d.).

CIPRNet (Critical Infrastructure Preparedness and Resilience Research Network) – інструмент, створений Єврокомісією для оцінювання готовності

критичної інфраструктури до стресових ситуацій. Він вміщує модулі аналізування, що визначають слабкі місця й надають рекомендації щодо підвищення їх стійкості (CISA, n. d.).

Єврокомісія пропонує оцінювати резильєнтність країни, зважаючи на оцінки чотирьох вимірів: соціального та економічного, екологічного, цифрового та геополітичного (European Union, 2021).

Говорячи про цифрову резильєнтність, варто зазначити, що вона має на меті визначення рівня успішності та ефективності подолання певних викликів суб'єктом із подальшою адаптацією до змін, відновленням до оптимального рівня, забезпечення сталого функціонування та вдосконалення після кризових ситуацій завдяки використанню цифрових технологій. Визначення цифрової резильєнтності відбувається на основі чотирьох груп індикаторів: персональної диджиталізації, диджиталізації промисловості, суспільства (соціальний вимір) та кібербезпеки.

Для детальнішої деталізації пропонується використовувати шість груп показників щодо визначення рівня цифрової резильєнтності:

1 Інформаційно-комунікаційні технології (частка кількості підприємств, що аналізували «великі дані», кількість підприємств, які мають доступ до мережі «Інтернет», кількість зайнятих працівників, які мають доступ до мережі «Інтернет», частка кількості підприємств, що купують послуги хмарних обчислень, частка кількості підприємств, що використовують Інтернет речей, частка кількості підприємств, що використовують технології штучного інтелекту).

2 Електронна комерція та інтернет-послуги (кількість підприємств, які здійснювали електронну торгівлю, використання соціальних медіа на підприємствах).

3 Інтернет-інфраструктура (кількість абонентів мережі «Інтернет», рівень покриття мережею «Інтернет» у міських і сільських районах, кількість користувачів мережі «Інтернет» на 100 осіб (інтернет-проникнення), швидкість

мережі «Інтернет» за регіонами, що свідчить про можливість доступу до якісних цифрових послуг).

4 Кібербезпека (частка кількості підприємств, які стикалися з проблемами через інциденти безпеки ІКТ, частка кількості підприємств, що застосовують заходи безпеки ІКТ в інформаційно-комунікаційних системах підприємства, безпека ІКТ в інформаційно-комунікаційних системах підприємств, кількість кібератак).

5 Цифрові навички та освіта (фахівці та навички у сфері ІКТ на підприємствах, частка кількості підприємств, що мають найманих фахівців, для яких ІКТ є основною роботою).

6 Цифровий уряд (кількість зареєстрованих «Е-звернень», кількість розглянутих «Е-звернень», кількість оприлюднених «Е-петицій», кількість оприлюднених «Е-консультацій»).

Алгоритм визначення Індексу цифрової резильєнтності ( $I_{dr}$ ) міститиме декілька етапів.

Для нормалізації даних щодо показників-стимуляторів (наприклад, кількість зайнятих працівників, які мають доступ до мережі «Інтернет», фахівці та навички у сфері ІКТ на підприємствах та ін.) пропонується застосовувати формулу 1.1:

$$A = \frac{x - x_{min}}{x_{max} - x_{min}}, \quad (1.1)$$

де  $A$  – нормалізоване значення показника;

$x$  – фактичне значення показника;

$x_{min}$  та  $x_{max}$  – найменше та найбільше значення показника відповідно.

$$A = \frac{x_{max} - x}{x_{max} - x_{min}}. \quad (1.2)$$

Формулу 1.2 буде використано для показників-дестабілізаторів (наприклад, кількість кібератак, частка кількості підприємств, які стикалися з проблемами через інциденти безпеки ІКТ, та ін.).

На наступному етапі розраховують проміжні індекси для кожної групи:

Індекс інформаційно-комунікаційних технологій ( $I_{CT}$ ):

$$I_{CT} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n A_i. \quad (1.3)$$

Аналогічно проводять розрахунок до всіх груп показників: індексу електронної комерції ( $I_{EC}$ ), індексу інтернет-інфраструктури ( $I_I$ ), індексу кібербезпеки ( $I_{CS}$ ), індексу цифрових навичок та освіти ( $I_{ED}$ ), індексу цифрового уряду ( $I_{EG}$ ).

Наступним кроком є присвоєння вагового коефіцієнта кожній групі ( $w_i$ ) методом експертних оцінок. Сума вагових коефіцієнтів дорівнює одиниці.

Інтегрований індекс цифрової резильєнтності дорівнює сумі проміжних індексів з урахуванням їх вагових коефіцієнтів (за формулою 1.3):

$$I_{dr} = w_1 \cdot I_{CT} + w_2 \cdot I_{EC} + w_3 \cdot I_I + w_4 \cdot I_{CS} + w_5 \cdot I_{ED} + w_6 \cdot I_{EG}. \quad (1.4)$$

Показник потребуватиме подальшого оцінювання в динаміці.

Також розроблено методику оцінювання впливу цифрових трансформацій на систему цивільного захисту в Україні. Цю модель побудовано на релевантних показниках, обраних для оцінювання ефективності системи цивільного захисту та рівня цифрової трансформації:

– витратах на інформаційні технології та телекомунікації (зокрема, витратах на цифровізацію державного сектору, витратах на обладнання, програмне забезпечення, телекомунікаційні послуги тощо);

- витратах на ЦЗ та служби порятунку й реагування (обсяги фінансування служб ЦЗ: аварійно-рятувальні, пожежна безпека та інші послуги з ліквідації наслідків НС);

- показниках продуктивності та ефективності ЦЗ (кількість рятувальних операцій, час реагування на НС, кількість потерпілих і врятованих, а також фінансові втрати від НС тощо);

- загальному рівні цифрової інфраструктури (кількість населення, яке має доступ до мережі «Інтернет», покриття мобільного зв'язку, кількість організацій із доступом до мережі «Інтернет» тощо).

Основне рівняння для моделі оцінювання ефективності ЦЗ залежно від рівня цифровізації має такий вигляд:

$$E = \alpha_1 D + \alpha_2 IT + \alpha_3 T + \alpha_4 C + \varepsilon,$$

де  $E$  – індекс ефективності системи ЦЗ (на основі показників швидкості реагування, кількості врятованих, часу на реагування тощо);

$D$  – загальний рівень цифрової інфраструктури (дані про доступ до мережі «Інтернет», цифровізацію державних установ тощо);

$IT$  – витрати на ІТ у секторі цивільного захисту;

$T$  – час реагування на надзвичайні ситуації;

$C$  – витрати на забезпечення ресурсами ЦЗ (фінансування служб ЦЗ);

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$  – вагові коефіцієнти, що показують, наскільки кожний фактор впливає на ефективність;

$\varepsilon$  – стохастичний член, що враховує вплив інших неконтрольованих факторів.

Модель розширено стохастичним членом  $\varepsilon$  для врахування ймовірності збоїв чи додаткових ризиків, пов'язаних із цифровізацією.

Ця методика дасть змогу оцінити конкретні ефекти цифрових трансформацій на цивільний захист в Україні та визначити пріоритети для оптимізації ресурсів.

Надійний стан системи цивільного захисту в сучасному світі важко уявити без цифрових трансформацій. Хоча основні функції цивільного захисту можуть працювати й без цифрових технологій, їх ефективність, швидкість реагування та можливості координування значно обмежуються. Цифрові трансформації сприяють кращому моніторингу, координації та швидкому реагуванню, зменшуючи ризики для населення й підвищуючи загальну стійкість до надзвичайних ситуацій.

## Список використаної літератури

1. CISA (n. d.). Methodology for assessing regional infrastructure resilience. Cybersecurity and Infrastructure Security Agency. URL: <https://www.cisa.gov/resources-tools/resources/methodology-assessing-regional-infrastructure-resilience>.
2. Commission of the European Union (2021, November 29). Dashboard report: November 2021. URL: [https://commission.europa.eu/system/files/2021-11/dashboard\\_report\\_20211129\\_en.pdf](https://commission.europa.eu/system/files/2021-11/dashboard_report_20211129_en.pdf).
3. United Nations Office for Disaster Risk Reduction (n. d.). *UNDRR*. URL: <https://www.undrr.org/>.
4. Верховна Рада України. Про принципи запобігання та протидії дискримінації в Україні : Закон України № 5403-VI. *Відомості Верховної Ради України*. 2012. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#n49>.

## **2.3 Методика розроблення макроекономічної динамічної моделі визначення повоєнного стану національної соціально-економічної системи (та її регіонів) для відновлення в руслі сучасних трендів Industry 4.0 і технологій штучного інтелекту**

### **2.3.1 Оцінювання впливу сучасних трендів Industry 4.0 і технологій штучного інтелекту на соціально-економічну сферу**

Штучний інтелект (ШІ) відіграє все більшу роль у трансформації глобальної економіки, пропонуючи значний потенціал для економічного зростання. Його вплив є багатограним та охоплює як підвищення продуктивності бізнесу, так і стимулювання споживчого попиту через доступність високоякісних та персоналізованих продуктів і послуг (рис. 10).

У 2016 році світовий ВВП оцінювали приблизно 75 трильйонів доларів США. За базовими прогнозами, до 2030 року цей показник досягне 114 трильйонів доларів. Проте аналітика, що ґрунтується на моделі S-CGE, показує, що завдяки впровадженню ШІ глобальний ВВП може зрости ще на 14 %, це еквівалентно додатковим 15,7 трильйона доларів [1].

Економічний вплив ШІ буде визначатися двома ключовими чинниками. По-перше, підвищенням продуктивності, що зумовлено автоматизацією бізнес-процесів, і вдосконаленням робочої сили за допомогою технологій ШІ (допоміжного, автономного та розширеного інтелекту); по-друге, збільшенням споживчого попиту завдяки доступності персоналізованих і високоякісних продуктів, створених на основі ШІ.

За оцінками, у 2030 році близько 58 % економічного ефекту, або 9,1 трильйона доларів США додаткового ВВП, припадатиме саме на вплив споживання. Водночас за період 2017–2030 років приблизно 55 % економічного зростання забезпечуватиметься завдяки підвищенню продуктивності. Це відображає швидший механізм упровадження ШІ щодо виробничого процесу економіки. Ефекти споживання зі свого боку залежать від більш тривалих змін, наприклад, динамічного входження нових компаній, що пропонують інноваційні

продукти, вдосконалені за допомогою ШІ, та роблять їх доступнішими для споживачів.

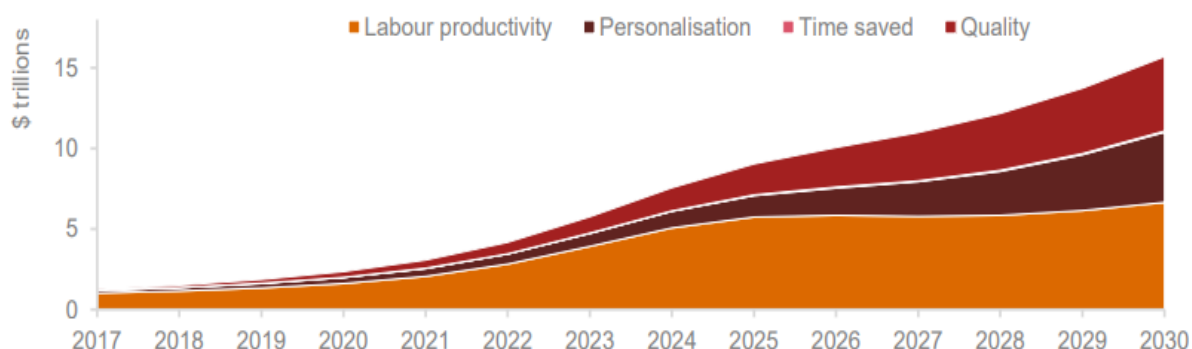


Рисунок 10 – Вплив ШІ на глобальний ВВП за основним сценарієм [1]

Вплив штучного інтелекту на економіку має виражену географічну специфіку, і найбільший економічний прибуток у відсотковому відношенні отримають Північна Америка та Китай.

У Північній Америці провідна позиція в розробленні та впровадженні ШІ, готовність до його швидкого прийняття, а також високий потенціал автоматизації сприяють істотному економічному ефекту. Очікується, що саме цей регіон демонструватиме максимальну вигоду від заміщення та вдосконалення бізнес-процесів на основі ШІ до 2030 року.

Китай, зі свого боку, досягне найбільшого приросту продуктивності завдяки широкомасштабному впровадженню ШІ, що пояснюється нижчою початковою базою продуктивності праці порівняно з іншими країнами. А нещодавній поштовх до активного впровадження технологій ШІ як для автоматизації, так і для розширення можливостей створює сприятливе середовище для економічного зростання. Крім того, менш конкурентоспроможний ландшафт Китаю дозволяє новим компаніям активно виходити на ринок з удосконаленими продуктами на основі ШІ, що стимулює споживчий попит.

У результаті штучний інтелект збільшить ВВП Китаю на 26,1 % та Північної Америки – на 14,5 % до 2030 року, що еквівалентно 10,7 трильйона

доларів США. Ці два регіони забезпечать майже 70 % загального глобального економічного впливу ШІ, наголошуючи на їх ключовій ролі в майбутній економічній трансформації [1].

Штучний інтелект дасть економічні вигоди всім секторам економіки, забезпечуючи помітне зростання в різних галузях [2]. Очікується, що до 2030 року кожна промисловість продемонструє збільшення ВВП щонайменше на 10 %. Найбільший прибуток отримає сфера послуг, що охоплює охорону здоров'я, освіти, громадські послуги та відпочинок, із прогнозованим зростанням на 21 %. Сектори роздрібної та оптової торгівлі, а також послуг розміщення й харчування також продемонструють значне збільшення – на 15 %. Інші галузі, як-от транспорт, логістика, фінансові й професійні послуги, також зазнають значного, хоча й меншого впливу, забезпечуючи приріст ВВП на 10 % [1]. Особливе зростання в короткостроковій перспективі прогнозується для фінансових послуг завдяки їх адаптації до нових можливостей, які пропонує ШІ.

Щодо впливу на робочу силу, за оцінками, у 2030 році ШІ торкнеться 326 мільйонів робочих місць, підтверджуючи тенденцію до технологічних змін, які акцентують на навичках. Вплив на робочу силу не завжди означає створення нових робочих місць, проте передбачає зростаючу залежність багатьох професій від технологій ШІ. Більшість таких робочих місць будуть некваліфікованими, хоча кваліфікована праця демонструватиме більш позитивний вплив, підкреслюючи упередження на користь робочих місць, які потребують високого рівня кваліфікації [3].

Зокрема, 67 % робочих місць у 2030 році залежатимуть від технологій ШІ та припадатимуть на некваліфіковану працю, що трохи менше за показник базового сценарію (69 %). Отже, штучний інтелект не лише трансформує сектори економіки, а й сприяє зміні балансу між кваліфікованою та некваліфікованою працею.

Ми розпочали серію тестів чутливості на основі сценаріїв, щоб надати додаткової впевненості щодо результатів дослідження. Експерти зосередили увагу на тих аспектах методології, які найбільше залежать від припущень, та

внесли корективи до шкали часу й профілю впровадження технологій, урахувавши практичні обмеження та можливі перешкоди впродовж наступних десяти років.

Експерти розглянули альтернативний сценарій, у якому темпи впровадження штучного інтелекту значно сповільнюються. Згідно з цим сценарієм рівень адаптації ШІ, запланований на 2030 рік, буде досягнуто лише до 2040 року. Цей підхід описує світ «повільного сприйняття», де інерція та інші бар'єри затримують упровадження технологій.

Ще один сценарій базувався на зміні профілю адаптації ШІ в часі, залишаючи загальний рівень упровадження незмінним до 2030 року. В цьому разі впровадження технологій має більш відкладений старт, однак демонструє стрімке зростання в середині періоду, що моделює сценарій «відкладеної революції», коли значний прогрес настає раптово після сповільненої початкової фази.

Експерти використали наукові дослідження, економічні теорії та власний досвід для оцінювання впливу штучного інтелекту на якість продукції. В цьому сценарії вплив ШІ на споживчі переваги зменшено на 35 % порівняно з базовим сценарієм. Це відображає умови, за яких користувачі меншою мірою цінують якісні переваги продуктів, покращених за допомогою ШІ, що дозволяє оцінити вплив заниженого сприйняття переваг технологій.

Ці сценарії дозволяють детально вивчити можливі економічні наслідки ШІ та забезпечують більш глибоке розуміння факторів, що впливають на його впровадження.

## 2.3.2 Макроекономічні ефекти технологій Індустрії 4.0

### та штучного інтелекту

Ефекти технологій Індустрії 4.0 та штучного інтелекту є багатоаспектними та охоплюють різні сфери діяльності. Вони впливають на економіку, суспільство, екологію, технологічний розвиток та організаційні процеси.

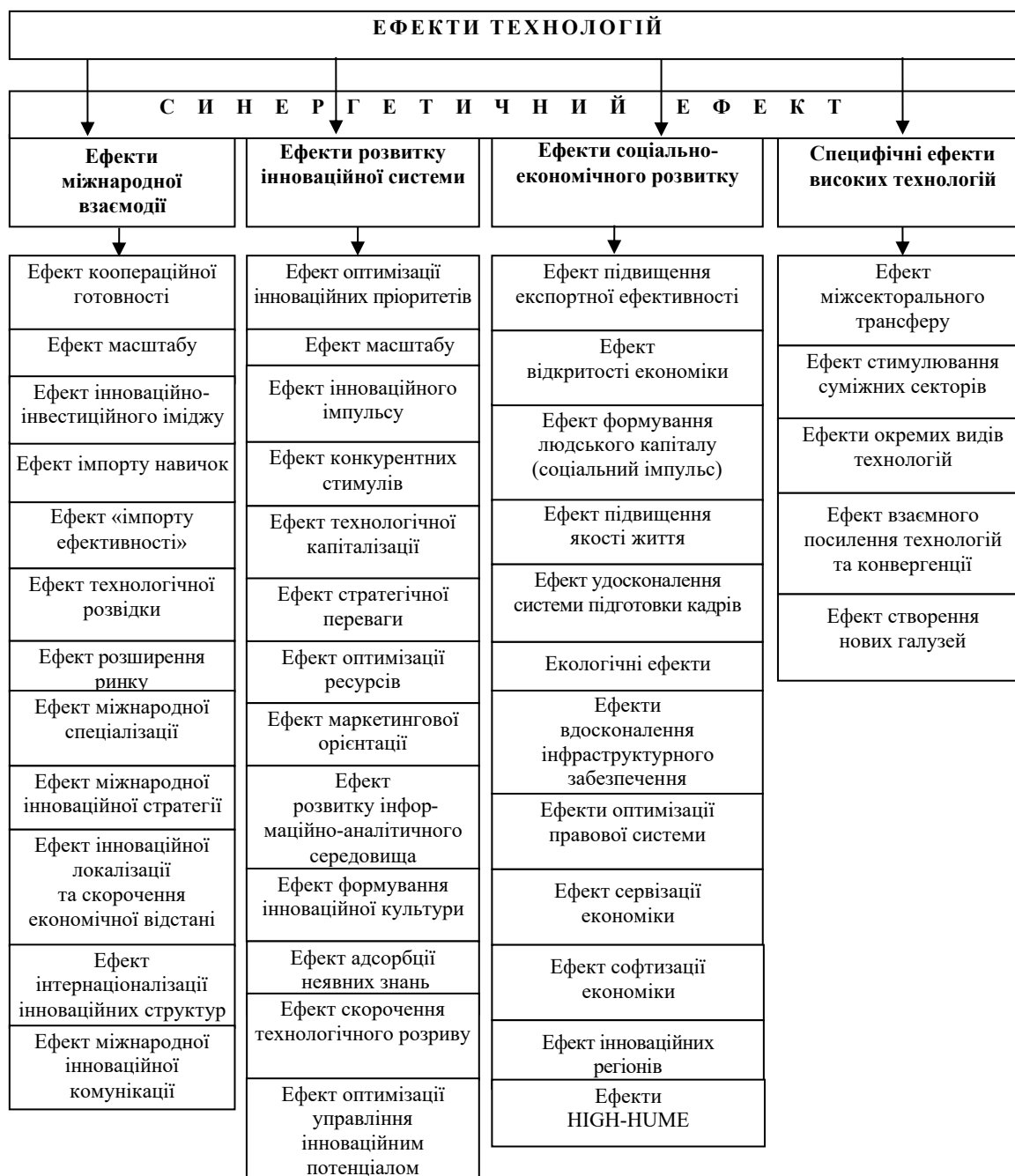


Рисунок 11 – Класифікація макроекономічних ефектів Індустрії 4.0 та штучного інтелекту (авторська розробка)

Ці технології трансформують способи роботи, дають нові можливості для розвитку бізнесу, сприяють підвищенню ефективності ресурсів і впровадженню інновацій, одночасно створюючи нові виклики, що потребують комплексного підходу до їх реалізації.

Наведемо розширене пояснення ефектів, що виникають у процесі відновлення національної соціально-економічної системи (та її регіонів) після війни з урахуванням сучасних тенденцій Industry 4.0 і технологій ШІ.

*Ефект оптимізації інноваційних пріоритетів* на основі світового досвіду та форсайт-технологій особливо важливий в умовах, коли кризи створюють необхідність перегляду інноваційних пріоритетів країни з урахуванням глобальних трендів і наявних ресурсів. Industry 4.0 пропонує роботизацію, автоматизацію, кіберфізичні системи, що дозволяє швидко відновлювати інфраструктуру та промисловість, знижуючи залежність від фізичної праці. У використанні форсайт-технологій для планування розвитку післявоєнної економіки важливу роль відіграє ШІ. Він може допомогти спрогнозувати можливі сценарії розвитку, виявити ризики та розробити оптимальні стратегії з урахуванням майбутніх тенденцій, що значно підвищує адаптивність економіки до мінливих умов.

*Ефект масштабу* (розширення мереж підтримки технологій) на основі технологій Industry 4.0 дозволить інтегрувати регіональні та національні інноваційні системи в глобальні технологічні ланцюжки. Це може включати розвиток кластерів і технологічних парків, які стануть основними центрами поширення нових рішень, знань і ноу-хау. Інтеграція в глобальні ланцюжки створить ефект масштабу, де розвиток однієї технології приведе до прискореного поширення інновацій у різних секторах економіки. Впровадження IoT та автоматизації виробництва дозволить компаніям використовувати спільні ресурси ефективніше, що зменшить витрати і збільшить конкурентоспроможність на міжнародних ринках.

Використання передових іноземних технологій дозволить Україні скоротити технологічний розрив та інтегруватися в глобальні інноваційні

процеси (*імпорт ефективності, ефект «наздоганяючого» розвитку*). У цьому контексті наздоганяючий розвиток полягає в тому, що ІІІ та автоматизація дозволять економіці швидко засвоїти нові знання, уникнувши багатьох помилок та витрат, які зазвичай супроводжують технологічні трансформації. Використання готових рішень із західних ринків для модернізації промисловості та управління сприятиме оптимізації виробництва й підвищенню продуктивності.

*Ефект інноваційного імпульсу ІІІ для національної економіки* полягає в потенціалі генерувати нові рішення у сфері інженерії, науки та управління. Це дозволить не лише створювати нові продукти та послуги, а й упроваджувати принципово нові методи управління ресурсами, що сприятимуть сталому розвитку регіонів. Наприклад, ІІІ може бути використаний для оптимізації енергоспоживання, покращання логістичних систем і модернізації сільськогосподарських процесів, що є особливо актуальним для України після війни.

*Ефект конкурентних стимулів* у післявоєнний період створить передумови для підвищення конкуренції між регіонами та підприємствами, що використовують Industry 4.0 та ІІІ. Країни та регіони, які швидше адаптують нові технології, зможуть залучити більше інвестицій, створити нові робочі місця й запропонувати високоякісні продукти на міжнародному ринку. Впровадження технологій штучного інтелекту у виробництво та управління дасть змогу регіонам, які залишилися позаду в технологічному плані, наздогнати більш розвинені території завдяки впровадженню автоматизації та інтелектуалізації виробничих процесів.

Використання технологій Industry 4.0, зокрема ІІІ, дасть можливість для капіталізації новітніх розробок (*ефект технологічної капіталізації*), що дозволить Україні зайняти провідні позиції в певних секторах, як-от агропромисловий комплекс, машинобудування, ІТ-індустрія. Технології штучного інтелекту можуть створювати нові продукти, що стануть об'єктом експорту, а також допоможуть у розвитку внутрішнього ринку через

упровадження сучасних рішень для оптимізації управлінських процесів та скорочення витрат.

*Ефект стратегічної переваги* передбачає, що країни, регіони або сектори, які активно впроваджуватимуть технології Industry 4.0 та ІІІ, зможуть закріпити за собою стратегічну перевагу у світовій економіці. Наприклад, Україна може стати провідним гравцем у галузі технологічних рішень для агросектору, енергетики чи кібербезпеки, використовуючи передові розробки для підвищення продуктивності та ефективності своїх підприємств.

*Ефект коопераційної готовності* полягає в тому, що інновації в межах Industry 4.0 стимулюють до створення коопераційних мереж, що дозволить Україні долучитися до глобальних дослідницьких та виробничих ініціатив. Співпраця з міжнародними партнерами сприятиме обміну знаннями й технологіями, що також прискорить запровадження інновацій і підвищить технологічну спроможність національних виробництв. ІІІ та аналітичні платформи полегшать пошук нових можливостей для співпраці в різних секторах.

*Ефект оптимізації ресурсів* формується через те, що використання ІІІ дозволить знизити витрати на управління ресурсами як у виробничій сфері, так і у сфері державного управління. Технології дозволять автоматизувати рутинні процеси, скоротивши витрати на робочу силу та підвищивши ефективність управлінських рішень.

*Ефект підвищення експортної ефективності* полягає в тому, що технології Industry 4.0 та ІІІ сприятимуть збільшенню експортного потенціалу українських підприємств, оскільки продукти та послуги, які будуть створювати за допомогою цих технологій, матимуть високу додану вартість. Зокрема, інноваційні рішення в галузі енергетики, агропромислового комплексу чи ІТ зможуть бути успішно реалізованими на міжнародних ринках, збільшуючи надходження до бюджету та сприяючи економічному зростанню.

*Ефект імпорту навичок* полягає в тому, що залучення іноземних фахівців та інтеграція українських спеціалістів у міжнародні наукові й технологічні

проекти створять ефект імпорту навичок. Навчання персоналу роботи з новітніми технологіями, зокрема ІІІ, дозволить підвищити рівень технічної грамотності та кваліфікації робочої сили, що сприятиме розвитку інноваційної економіки.

*Ефект інноваційно-інвестиційного іміджу* полягає в тому, що успішна інтеграція Industry 4.0 і ІІІ здатна підвищити престиж країни на світовій арені. Це дозволить не лише залучати профільні інвестиції у високі технології, а й сприятиме маркетингу національного інноваційного потенціалу через міжнародні комунікації. З розвитком цього іміджу міжнародні інвестори стануть більш зацікавленими в співпраці з країною, що полегшить налагодження міжнародного співробітництва.

Технології Industry 4.0 і ІІІ змінюють маркетингову орієнтацію наукового процесу (*ефект маркетингової орієнтації*), зокрема, в межах В2В- та В2С-бізнес-моделей. Це передбачає спрямування наукових досліджень і розробок на реальні потреби як національної, так і світової економіки. Формування відповідної маркетингової стратегії дозволяє адаптуватися до ринків технологій та високотехнологічної продукції. Важливо розвивати маркетингові стратегії, які б ураховували специфіку попиту на новітні продукти, що стимулюватиме впровадження інновацій на ринках.

*Ефект розвитку інформаційно-аналітичного середовища* полягає в тому, що учасники інноваційних процесів за допомогою ІІІ та великих даних можуть проводити інформаційну розвідку, оцінювати зовнішнє та внутрішнє середовище, а також виявляти майбутні потреби в інноваціях. Це дозволяє ефективніше порівнювати витрати в конкуруючих фірмах та обирати найефективніші рішення на ринку інтелектуальної власності. Така система сприятиме більш раціональному використанню ресурсів та підвищенню конкурентоспроможності.

*Ефект формування інноваційної культури та культури інтелектуальної власності* ґрунтується на тому, що в умовах розвитку Industry 4.0 та ІІІ це стає критично важливим, оскільки технологічний розвиток без належного захисту

інтелектуальних прав може гальмувати інновації. Реформування освітньої системи сприятиме поширенню знань про інтелектуальну власність і формуванню нової економічної культури, де захист інновацій стане одним із пріоритетів.

*Ефекти підвищення якості життя та HIGH-HUME-ефекти* ґрунтуються на потенціалі використання високих технологій у повсякденному житті, який дозволяє покращити якість життя людей. Як зазначав Ж. Фреско, автор терміна «ресурсорієнтована економіка», технології мають сенс лише тоді, коли вони спрямовані на покращання життя людей. Технології Industry 4.0 та ШІ зможуть покращити доступ до медичних послуг, освіти, комунальних послуг, зменшити витрати на побутові потреби, що приведе до зростання якості життя.

*Ефекти міжнародної взаємодії* є природним наслідком розвитку Industry 4.0 та ШІ. Інновації й технології мають глобальний характер, тому міжнародна взаємодія стає основою для швидкого технологічного обміну та кооперації між країнами. Це передбачає створення міжнародних наукових консорціумів, спільних дослідницьких проєктів і впровадження спільних стандартів у виробництві.

*Ефекти розвитку національної інноваційної системи* полягають у тому, що система, яка базується на Industry 4.0, має здатність генерувати власні технології та впроваджувати іноземні. Розвиток внутрішнього інноваційного потенціалу, зокрема у сфері ШІ, дозволяє країні не лише впроваджувати технології з інших країн, а й створювати власні, що зміцнить національний економічний суверенітет і забезпечить довгострокову конкурентоспроможність.

*Ефекти соціально-економічного розвитку* формуються через потенціал впливу технології Industry 4.0 та ШІ на соціально-економічний розвиток. Вони можуть створити нові робочі місця, стимулювати розвиток нових секторів економіки, підвищити продуктивність праці, а також забезпечити економічну стійкість країни. Це приведе до позитивних змін у соціальних сферах, як-от зайнятість, освіта та охорона здоров'я.

*Специфічні ефекти технологій Industry 4.0 та ШІ* виникають через те, що деякі види високих технологій мають унікальні властивості, що забезпечують специфічні ефекти. Наприклад, технології віртуальної реальності (VR) можуть бути використані для тренувань у різних сферах, включаючи медицину та освіту, а дрони можуть бути застосовані в сільському господарстві для моніторингу полів. Такі специфічні ефекти базуються на унікальних можливостях кожної конкретної технології й можуть змінювати структуру економіки та виробництва.

З погляду економіко-математичного моделювання й статистичного оцінювання ефектів у кризових умовах можемо навести ще додаткові аспекти.

Ефекти децентралізації виробництва полягають у тому, що технології Industry 4.0 дозволяють перенести частину виробничих потужностей на локальний рівень завдяки впровадженню таких рішень, як 3D-друк, адитивне виробництво та автоматизовані виробничі лінії. Це може стимулювати розвиток віддалених регіонів, зокрема, тих, які постраждали від війни, оскільки децентралізовані виробництва зможуть забезпечувати локальні ринки й бути менш залежними від централізованих логістичних систем. Отже, відбудова регіонів одержить додатковий імпульс через створення нових виробничих осередків, що зменшить витрати на транспортування та підвищить доступність товарів.

Інтеграція ШІ та автоматизації у виробничі процеси трансформує характер роботи й вимоги до працівників. Швидка адаптація ринків праці означає, що технології ШІ дозволять створити нові робочі місця, де основними цінностями будуть інтелектуальна праця та навички роботи з новими технологіями. Це може стимулювати створення програм для перепідготовки працівників, зокрема тих, які повертаються з фронту або залишилися без роботи через війну. Наприклад, можуть бути створені навчальні платформи, які з використанням ШІ надаватимуть персоналізовані програми навчання для швидкої перекваліфікації в актуальних сферах, як-от ІТ, логістика чи інженерія.

Industry 4.0 та ШІ можуть стати основою для соціальної інтеграції та підтримки внутрішньо переміщених осіб (ВПО) через створення нових можливостей для працевлаштування й інтеграції в післявоєнну економіку. Впровадження цифрових платформ для віддаленої роботи, автоматизації адміністративних процесів та електронного урядування дозволить ВПО інтегруватися в нові громади. Також через упровадження інклюзивних технологій ШІ можна створити більш доступні та адаптовані до потреб різних соціальних груп робочі місця. Це знизить ризики маргіналізації населення, постраждалого від війни.

ШІ та технології Industry 4.0 дають змогу створити більш стійкі економічні системи, здатні швидше реагувати на потенційні кризи й ризики. Наприклад, інтеграція аналітичних платформ на базі ШІ може допомогти в передбаченні майбутніх економічних викликів і забезпечити своєчасне ухвалення рішень щодо запобігання кризовим ситуаціям. Це передбачає моніторинг виробничих процесів, логістичних ланцюгів і ринкових змін у реальному часі. Таким чином, економіка стане менш уразливою до внутрішніх і зовнішніх потрясінь.

Застосування Industry 4.0 та ШІ може значно пришвидшити процес технологічного трансферу – передавання технологій з інших країн чи секторів економіки в український контекст. Це стосується не лише промислових технологій, а й управлінських рішень, які можна адаптувати до нових умов. Технології ШІ дозволяють автоматизувати аналізування даних про міжнародні практики й технологічні інновації, що сприяє їх швидкому впровадженню в локальні виробничі ланцюги. Це створить можливості для запозичення найкращих практик з усього світу.

Штучний інтелект і технології Industry 4.0 можуть зробити державне управління більш прозорим і підзвітним. Цифрові платформи для управління державними послугами та економічною діяльністю, побудовані на основі ШІ, забезпечать прозорість витрат, контроль за виконанням бюджетних програм, а також автоматичне аналізування ефективності використання ресурсів. Це може

допомогти боротися з корупцією, покращити якість надання державних послуг і сприяти залученню інвестицій завдяки створенню більш надійного правового середовища.

ШІ може сприяти впровадженню рішень, спрямованих на екологічну модернізацію економіки, зокрема, в секторах енергетики, сільського господарства та транспорту. Використання технологій розумного управління ресурсами, моніторингу забруднення, оптимізації виробничих процесів та енергоефективності дозволить Україні одночасно відновлювати економіку після війни й досягати цілей сталого розвитку. Наприклад, технології на базі штучного інтелекту можуть бути використані для аналізування та прогнозування рівнів забруднення, управління водними ресурсами або оптимізації витрат енергії на підприємствах, що зменшить їх негативний вплив на довкілля.

Технології Industry 4.0 здатні змінити економічні пріоритети й моделі ведення бізнесу, стимулюючи розвиток більш гнучких і динамічних структур. Наприклад, зростатиме попит на моделі бізнесу як послуги (BaaS), що базуються на використанні технологій для автоматизації процесів і надання клієнтам швидких та ефективних рішень. Це дозволить компаніям зосередитися на інноваціях, сервісах та оптимізації процесів, залишаючи технічні аспекти автоматизованим системам і платформам.

### **2.3.3 Макроекономічні динамічні моделі визначення повоєнного стану національної соціально-економічної системи з урахуванням впливу Industry 4.0 і технологій штучного інтелекту**

Післявоєнний період для будь-якої країни є особливо складним і потребує ретельного аналізування та ефективних підходів до відновлення. Для України цей процес потребує інноваційного підходу, що враховує не лише традиційні економічні інструменти, а й сучасні технології Індустрії 4.0 і штучного інтелекту. Використання динамічних моделей у таких умовах є важливим, оскільки вони забезпечують реалістичний підхід до моделювання складних

процесів відновлення економіки. Такі моделі дають змогу врахувати численні змінні та невизначеності, що впливають на економіку в період післявоєнного відновлення, дозволяючи прогнозувати ефекти від різних стратегій розвитку.

Сучасні тенденції Індустрії 4.0 з їх акцентом на автоматизації, цифровізації та інтеграції інформаційних технологій потребують нових підходів до економічного управління. Динамічні моделі дозволяють інтегрувати ці тенденції в макроекономічний аналіз, оцінюючи, як новітні технології здатні змінити продуктивність і конкурентоспроможність національної економіки. Наприклад, інвестиції в автоматизацію виробничих процесів чи впровадження штучного інтелекту можуть не лише підвищити ефективність промислових підприємств, а й зменшити залежність від трудомістких процесів, що є критично важливим у країні, де демографічні ресурси можуть бути обмеженими після війни. Динамічні моделі допомагають точно оцінити ці можливості, дозволяючи визначити, які інвестиції будуть найефективнішими для досягнення стійкого економічного зростання.

Крім того, динамічні моделі дозволяють розглядати наслідки соціально-економічних рішень у контексті регіональної специфіки. Війна часто призводить до нерівномірного розвитку регіонів, деякі зазнають значних руйнувань, тоді як інші можуть мати відносну стабільність. Динамічні моделі дають змогу оцінити стан кожного регіону окремо, визначаючи унікальні шляхи для їх розвитку. Це дозволяє визначити, які регіони потребують більшої підтримки у вигляді інвестицій у новітні технології, інфраструктуру та людські ресурси, а також сформулювати регіональні стратегії з урахуванням специфічних потреб.

Важливим аспектом використання динамічних моделей є також здатність оцінювати вплив зовнішніх факторів на національну економіку. Післявоєнна економіка часто зазнає значних змін у міжнародному середовищі, й для успішної інтеграції в глобальні ланцюги доданої вартості країна повинна адаптуватися до нових умов. Динамічні моделі дають змогу прогнозувати наслідки різних сценаріїв міжнародної співпраці, оцінювати можливості експорту високотехнологічної продукції, що особливо актуально в контексті Industry 4.0,

і зважувати потенціал розвитку інноваційних секторів, як-от ІТ та інтелектуальні технології.

Отже, динамічні моделі створюють основу для комплексного розуміння післявоєнного стану соціально-економічної системи, дозволяючи прогнозувати наслідки різних економічних рішень та оптимізувати процеси відновлення з урахуванням сучасних технологічних трендів. Вони допомагають побудувати стратегію, що поєднує довгострокову стабільність та економічне зростання, орієнтоване на інновації й конкурентоспроможність на світовому рівні. Це підходить для післявоєнної України, яка прагне інтегруватися в глобальні економічні процеси та використовувати передові технології для сталого відновлення й розвитку.

DSGE-моделі (динамічні стохастичні моделі загальної рівноваги) є потужним інструментом аналізування макроекономічних явищ, що дозволяють досліджувати вплив різних чинників на економіку в умовах невизначеності. Ці моделі базуються на ідеї рівноваги, в якій різні економічні агенти (домогосподарства, фірми, держава) оптимізують свої дії, враховуючи поточні та очікувані умови. DSGE-моделі часто використовують для аналізування ефектів фіскальної та монетарної політики, а також для оцінювання макроекономічних наслідків технологічних змін і зовнішніх шоків. Сутність моделі полягає в тому, що вона будує зв'язок між інвестиціями, споживанням, виробництвом і зайнятістю, що забезпечує розуміння загального економічного середовища.

У контексті післявоєнного відновлення економіки України DSGE-модель має значний потенціал для оцінювання різних сценаріїв розвитку соціально-економічної системи, зокрема, в умовах упровадження технологій Індустрії 4.0 і штучного інтелекту. Враховуючи серйозні втрати, яких зазнали економічні інститути та інфраструктура регіонів України, така модель дозволяє глибше зрозуміти, які зміни необхідні для стабільного зростання. Вона забезпечує інструментарій для аналізування макроекономічного впливу інноваційних

технологій та їх впливу на продуктивність праці, ВВП, рівень зайнятості, інфляцію й конкурентоспроможність економіки.

Результати моделювання для України демонструють значний ефект від інвестицій в Індустрію 4.0 (табл. 8).

Таблиця 8 – Результати оцінювання ефектів за DSGE-моделлю

Ефект	Показник	DSGE-оцінювання		Імпакт-змінна
		min	max	
Ефект інвестицій в Індустрію 4.0	Продуктивність у секторах промисловості	10,31 %	15,02 %	Технологічний рівень
	Зростання ВВП	3,70 %	5,41 %	Загальна продуктивність факторів виробництва
Зменшення безробіття через упровадження нових секторів	Зменшення рівня безробіття	-2,11 %	-3,46 %	Коефіцієнт вакансій та зайнятості
Інфляційний вплив інноваційних витрат	Інфляція	+1,10 %	+2,83 %	Інфляційні очікування
Зовнішньоекономічні наслідки та конкурентоспроможність	Експорт продукції з високою доданою вартістю	+4,06 %	+7,91 %	Продуктивність експорту
	Експорт послуг із високою доданою вартістю	+7,28 %	+11,01 %	Рівень цифровізації
Ефекти для відновлення регіонів, які постраждали від війни	Зростання ВРП	+5,10 %	+7,23 %	Регіональні інвестиції в інновації

Джерело: розрахунки авторів.

Інноваційні витрати, пов'язані з цифровими технологіями, можуть тимчасово спричиняти інфляційний тиск через збільшення попиту на технологічне обладнання, однак у середньостроковій перспективі продуктивність економіки зростає, що дозволяє зменшити цей ефект. Модель також демонструє можливі позитивні наслідки для зовнішньоекономічної діяльності: модернізація промисловості підвищує конкурентоспроможність продукції з високою доданою вартістю, зміцнює торговельний баланс і сприяє

збільшенню валютних резервів. Це дозволяє українській економіці легше адаптуватися до глобальних рецесій або торговельних санкцій.

Особливий інтерес у моделюванні становить оцінювання економічної стійкості регіонів, які постраждали від війни, де інвестиції в новітні технології можуть прискорити відновлення. За умов розумного підходу до використання інвестиційних ресурсів DSGE-модель демонструє, що темпи зростання ВВП таких регіонів можуть бути на 5–7 % швидшими, ніж в інших регіонах. Завдяки таким результатам Україна має можливість поступово інтегруватися в глобальні економічні процеси з новим рівнем технологічного розвитку, демонструючи конкурентоспроможність на світовій арені.

Таким чином, DSGE-моделювання дозволяє оцінити майбутній вплив цифрової трансформації та допомагає визначити пріоритети для розвитку економіки, що є ключовим для сталого післявоєнного відновлення.

Data Envelopment Analysis (DEA), або аналізування обгортання даних, – це метод лінійного програмування, що дозволяє оцінити ефективність порівняння різних об'єктів, так званих Decision-Making Units (DMUs), які можуть мати подібні вхідні та вихідні показники. DEA-аналітика дозволяє обчислити індекси ефективності для кожного об'єкта на основі співвідношення «входів» (наприклад, ресурси або затрати) та «виходів» (наприклад, виробничі результати, економічні показники), що дає змогу ідентифікувати DMU, які найбільш оптимально використовують ресурси. Цей метод особливо корисний у разі, якщо потрібно оцінити ефективність на основі декількох індикаторів, а також за умов обмеженості статистичних даних.

DEA-аналіз має велике значення для дослідження економічної ефективності на етапі післявоєнного відновлення, коли країна прагне ефективно використовувати обмежені ресурси для досягнення соціально-економічної стабільності та розвитку. У цьому контексті застосування DEA-аналізу, на нашу думку, дозволить комплексно оцінити відновлювальні процеси через багатокритеріальне порівняння та виділення найбільш ефективних практик.

У межах цього дослідження DEA-аналіз може стати інструментом для оцінювання національних, регіональних або галузевих показників ефективності, дозволяючи порівнювати об'єкти, що зазнали різного ступеня економічного впливу. Використовуючи DEA-аналіз, можна оцінити, наскільки ефективно використовують ресурси в окремих регіонах, наскільки впровадження штучного інтелекту та зелених технологій підвищує ефективність, а також виявити потенційні напрямки для підвищення конкурентоспроможності. Такий підхід допоможе оптимізувати інвестиційні ресурси, необхідні для відновлення економіки, та підвищити соціально-економічні стандарти.

У процесі дослідження ми адаптували DEA-аналіз за допомогою перевірки таких гіпотез на рівні країн:

1) гіпотези ефективного використання ресурсів у відновленні (H1), що передбачає оптимальне використання доступних ресурсів – як людських, так і матеріальних, відіграє ключову роль у відновленні економіки. DEA-аналіз дозволяє визначити, які регіони чи галузі найкраще використовують наявні ресурси, сприяючи більш ефективному відновленню;

2) гіпотези регіональної конкурентоспроможності (H2), яка полягає в тому, що деякі регіони можуть розвиватися швидше завдяки своїй конкурентоспроможності на ринку праці, ресурсів та інвестицій. DEA-аналіз допомагає оцінити рівень конкурентоспроможності регіонів, виявляючи ті, які потребують додаткових ресурсів для вирівнювання показників;

3) гіпотези відновлення людського капіталу (H3), яка передбачає, що ефективне відновлення економіки неможливе без інвестицій у людський капітал, що включає підвищення рівня освіти, створення нових робочих місць та повернення кваліфікованих працівників. За допомогою DEA-аналізу можна визначити вплив інвестицій у людський капітал на ефективність регіонів, дозволяючи оцінити результативність витрат на навчання та підвищення кваліфікації працівників;

4) гіпотези інтеграції штучного інтелекту та цифрових технологій (H4), яка полягає в тому, що інтеграція технологій Індустрії 4.0, наприклад, штучного

інтелекту та великих даних, може значно покращити ефективність виробничих та управлінських процесів. DEA-аналіз дозволить оцінити рівень упровадження цих технологій та їх вплив на продуктивність і конкурентоспроможність окремих регіонів чи галузей;

5) гіпотези екологічної стійкості та зелених технологій (H5), яка полягає в тому, що підвищення екологічної стійкості через використання зелених технологій є важливим аспектом післявоєнного відновлення. Гіпотеза передбачає, що інвестиції в екологічні технології можуть мати позитивний вплив на економіку. DEA-аналіз допоможе оцінити, як зелені технології впливають на показники ефективності регіонів, виявляючи найкращі практики у сфері екологічного менеджменту.

Результати перевірки цих гіпотез на основі компаративного аналізу подані в таблиці 9.

Таблиця 9 – Результати DEA-оцінювання гіпотез щодо впливу трендів Industry 4.0 і технологій штучного інтелекту

Гіпотеза	Постановка гіпотези	Індикатор	DEA-оцінка
Гіпотеза ефективного використання ресурсів у відновленні (H1)	Повоєнне відновлення національної економіки (та її регіонів) потребує ефективного використання обмежених ресурсів (інфраструктура, людський капітал, фінансові ресурси) з урахуванням інноваційних технологій Industry 4.0 і штучного інтелекту	Входи: інвестиції в регіон, доступність технологій (цифровізація, AI, автоматизація), інфраструктурні проєкти. Виходи: рівень ВРП, зростання продуктивності праці, відновлення критичної інфраструктури	0,67
Гіпотеза регіональної конкурентоспроможності (H2)	Регіони з кращими умовами для впровадження технологій Industry 4.0 матимуть конкурентну перевагу та швидше відновлюватимуть економічні процеси	Входи: кількість інноваційних проєктів, кількість підприємств, що впроваджують AI та Industry 4.0, державна підтримка цифрових інновацій. Виходи: рівень зайнятості в IT-секторі, цифровізація виробничих процесів, упровадження технологій у сфері освіти	0,51

Продовження таблиці 9

Гіпотеза	Постановка гіпотези	Індикатор	DEA-оцінка
Гіпотеза відновлення людського капіталу (H3)	Відновлення та перекваліфікація робочої сили є ключовим фактором для повоєнного економічного зростання	Входи: інвестиції в освіту, програми перекваліфікації, інфраструктура для дистанційного навчання та роботи. Виходи: зростання рівня зайнятості, рівень заробітних плат у секторах, що впроваджують Industry 4.0	0,65
Гіпотеза інтеграції штучного інтелекту та цифрових технологій (H4)	Впровадження штучного інтелекту та цифрових технологій сприяє швидшому відновленню та економічному зростанню	Входи: кількість проєктів із використанням AI, обсяг інвестицій у цифрові рішення. Виходи: приріст ВВП, продуктивність праці у високотехнологічних секторах, кількість автоматизованих процесів	0,70
Гіпотеза екологічної стійкості та зелених технологій (H5)	Відновлення економіки на засадах стійкого розвитку з упровадженням зелених технологій є пріоритетним завданням	Входи: обсяги інвестицій у «зелені» проєкти, кількість екологічних програм у регіонах. Виходи: зниження викидів CO <sub>2</sub> , частка відновлюваних джерел енергії в загальному обсязі енергоспоживання	0,59

Джерело: розраховано авторами.

Результати чисельного оцінювання гіпотез щодо відновлення економіки України після війни демонструють різний рівень ефективності за допомогою DEA-аналізу. Гіпотеза ефективного використання ресурсів у відновленні (H1) отримала оцінку 0,67, що свідчить про помірний рівень ефективності в умовах обмежених ресурсів, як-от інвестиції, технології та інфраструктурні проєкти. Це засвідчує, що ресурсне відновлення є ефективним, проте потребує додаткових зусиль, щоб повністю використати потенціал Industry 4.0 та штучного інтелекту.

Для гіпотези регіональної конкурентоспроможності (H2) результат становить 0,51, що свідчить про нижчий рівень ефективності порівняно з іншими напрямками. Це засвідчує недостатню інтеграцію інноваційних технологій у регіональному розрізі та обмежену державну підтримку цифрових інновацій, що впливає на темпи відновлення економічних процесів у регіонах.

Гіпотеза відновлення людського капіталу (H3) отримала оцінку 0,65, що свідчить про відносну ефективність у залученні інвестицій в освіту та перекваліфікацію робочої сили. Однак цей показник може також сигналізувати про потребу в розширенні інфраструктури для дистанційного навчання

й розвитку програм перекваліфікації для підвищення зайнятості в сучасних секторах економіки.

Інтеграція штучного інтелекту та цифрових технологій (H4) була оцінена на рівні 0,70, що демонструє найвищий рівень ефективності серед досліджуваних гіпотез. Це підкреслює важливість цифрових рішень для стимулювання приросту ВВП та підвищення продуктивності у високотехнологічних секторах.

Нарешті, гіпотеза екологічної стійкості та зелених технологій (H5) має оцінку 0,59, що відображає певний успіх в упровадженні екологічних програм, проте рівень інвестицій у «зелені» проекти поки що недостатній для досягнення високої ефективності щодо скорочення викидів та підвищення частки відновлюваних джерел енергії.

Ці числові результати допомагають визначити основні пріоритети й виклики, що стоять перед економікою України, і засвідчують, які напрями потребують додаткових ресурсів і заходів для підвищення ефективності відновлення та розвитку.

Отже, DEA-аналіз можна використовувати як інструмент для оцінювання ефективності різних аспектів відновлення економіки України. Він дозволяє ідентифікувати як досягнення, так і прогалини в інноваційних та екологічних практиках, управлінні людським капіталом, використанні ресурсів та підвищенні конкурентоспроможності. Це робить DEA корисним для формування стратегій розвитку та визначення ключових пріоритетів у відновленні, що забезпечить стійке зростання економіки й підвищення добробуту населення.

Індекс Малмквіста є потужним інструментом для оцінювання ефективності та продуктивності в макроекономічних динамічних моделях. Він дозволяє вимірювати зміни в продуктивності в контексті зміни вхідних і вихідних ресурсів у часі, що дуже важливо для аналізування впливу нових технологій, як-от Індустрія 4.0 та штучний інтелект, на соціально-економічну систему країни, особливо після значних потрясінь, зокрема війни.

В умовах війни, очевидно, спостерігається значне зниження показників, що відображають вплив Індустрії 4.0, як-от цифровізація, інвестиції в ІКТ, автоматизація, експорт високотехнологічної продукції та інноваційна активність

(рис. 12). Це наголошує на тому, як складні економічні та соціальні умови війни можуть сповільнювати впровадження передових технологій і зменшувати продуктивність у високотехнологічних галузях. Ці оцінки можуть бути використані для подальшого оцінювання ефективності відновлення в умовах використання Індустрії 4.0 в Україні.

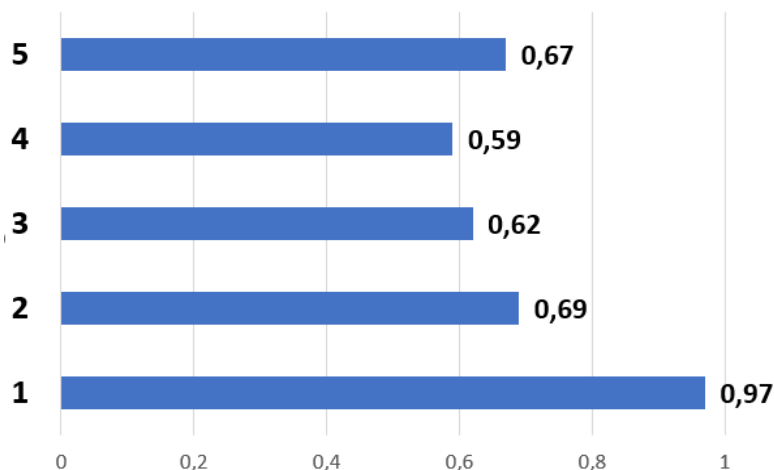


Рисунок 12 – **Результати розрахунку індексу Малмквіста**

(умовні позначення: індекс цифровізації (1); індекс інвестицій у технології (2);  
індекс автоматизації (3); індекс high-tech-експорту (4);  
індекс інноваційної активності (5))

Розглянуті макроекономічні динамічні моделі повоєнного стану національної соціально-економічної системи (та її регіонів) спрямовані на аналізування й визначення шляхів відновлення економіки з урахуванням сучасних викликів і можливостей. Моделі передбачають аналізування ключових макроекономічних показників, як-от зростання ВВП, рівень зайнятості, інвестиції та державні витрати. Вони також дозволяють урахувувати специфічні регіональні особливості та можливі нерівності між регіонами, зокрема, відмінності в інфраструктурі, людському капіталі та рівні інноваційного розвитку. Основна увага зосереджується на тому, як інтеграція технологій штучного інтелекту та цифрових інновацій може прискорити процеси відновлення економіки, підвищити ефективність державного управління, сприяти створенню нових робочих місць і зниженню соціальних ризиків.

### Список використаної літератури

1. PwC. The macroeconomic impact of artificial intelligence. PwC 2017. URL: <https://www.pwc.com/gx/en/issues/analytics/assets/pwc-ai-analysis.pdf>.
2. Економічні та соціальні виклики проривних технологій в умовах Індустрії 4.0 та 5.0: досвід ЄС / Л. Мельник, І. Дегтярьова, О. Кубатко, М. Харченко. *Mechanism of an Economic Regulation*. 2019. № 4 (86). С. 32–42.
3. Вплив Індустрії 4.0 на моделювання сценаріїв енергетичного розвитку економік країн, що розвиваються. *Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice* / М. Тимошенко, В. Саєнко, М. Сербов, М. Шашина, О. Славкова. 2023. № 1 (48). С. 336–350.
4. Omelyanenko V. National strategic innovation security policy making (theoretical review). Tallinn : Teadmus, 2020. 300 p.
5. Прокопенко О. В., Омеляненко В. А. Сучасні тенденції інноваційного розвитку (С. 13–20); Теоретичні аспекти динамічної ефективності (С. 20–26); Концептуальні основи проектування інституційних змін на основі динамічної ефективності (С. 29–32). Інституціональна модель інноваційної економіки : кол. монографія / за ред. В. І. Ляшенка, О. В. Прокопенко, В. А. Омеляненка ; НАН України, Інститут економіки промисловості. Київ, 2019. 327 с.
6. Омеляненко В. А. Практичні аспекти використання методології інституційно-інноваційного проектування в контексті узгодженості інноваційної політики для сталого розвитку. *Проблеми економіки*. 2020. № 4. С. 67–74.
7. Шевцова Г. З., Омеляненко В. А., Прокопенко О. В. Концептуальні питання цифровізації інноваційних мереж. *Економіка промисловості*. 2020. № 4 (92). С. 67–90.
8. Омеляненко В. А. Мережевий аспект інформаційно-аналітичного забезпечення стратегій інноваційного розвитку. *Причорноморські економічні студії*. 2019. Вип. 43. С. 74–78.

## **3 ОБГРУНТУВАННЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ, ІНСТРУМЕНТІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ, ПОВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ, СОЦІАЛЬНО ТА ЕКОЛОГІЧНО ЗБАЛАНСОВАНОГО РОЗВИТКУ ЕКОНОМІКИ**

### **3.1 Екосистемні послуги як компонент сталого розвитку економічних систем**

Економічна система кожної держави є складною мережею взаємозв'язаних елементів, які у своїй сукупності сприяють формуванню ресурсної бази для стабільного розвитку країни. Одним із ключових компонентів цієї системи є природні екосистеми та послуги, які вони забезпечують. Останніми роками світова спільнота активно впроваджує стратегії сталого розвитку, що передбачає як структурні економічні зміни, так і вплив на екологічні та соціальні процеси. Врахування значущості екосистемних послуг у соціально-економічному розвитку є необхідним для досягнення сталого розвитку та підвищення добробуту суспільства. Досвід економічно розвинених країн свідчить, що ефективне управління природними ресурсами є запорукою сталого розвитку, адже коректне оцінювання екосистемних послуг визначає успішність екологічних реформ та їх вплив на економіку. З огляду на це актуальність питання лише зростає, а своєчасний пошук оптимальних рішень дозволить запобігти значним втратам у майбутньому.

**Огляд наукових джерел.** Питання значення екосистемних послуг для досягнення сталого розвитку були розглянуті в дослідженнях Ю. Шпильової та Т. Носуліч (2016). Проблема економічних втрат унаслідок погіршення стану екосистем висвітлюється в працях О. Веклич (2018). Аналізування ролі екосистемних послуг у сфері бджільництва у контексті сталого розвитку представлений у праці П. Ліпського та О. Сенчило (2021). Теоретичні аспекти сталого економічного розвитку досліджували Н. Мацелюх та П. Корж (2021).

**Мета дослідження** полягає в аналізуванні впливу екосистем та їх послуг на становлення основ сталого розвитку економіки та досягнення глобальних цілей сталого розвитку.

**Основні результати дослідження.** У 2015 році в межах 70-ї сесії Генеральної Асамблеї ООН у Нью-Йорку було проведено Саміт ООН зі сталого розвитку, за підсумками якого було прийнято документ «Перетворення нашого світу: Порядок денний у сфері сталого розвитку до 2030 року». У цьому документі визначено 17 ключових цілей і 169 завдань, спрямованих на сталий розвиток. Україна також приєдналася до глобальної ініціативи, взявши на себе відповідні зобов'язання.

Концепція сталого розвитку передбачає гармонійний баланс між економічними, соціальними та екологічними факторами, забезпечуючи високий рівень життя нинішніх і майбутніх поколінь. Цей підхід фокусується на інтеграції економічного зростання, соціальної справедливості та екологічної безпеки, що відображено в 17 Цілях сталого розвитку (Про Цілі, 2019).

Реалізація сталого розвитку потребує трансформації економічної структури. Це передбачає підвищення ефективності виробничих процесів, створення сприятливого соціального середовища, екологічну адаптацію, застосування інноваційних технологій та стимулювання соціального прогресу. Важливим аспектом перебудови економіки є спрямування фінансових, матеріальних і трудових ресурсів на розвиток енергоефективних, технологічно прогресивних та екологічно безпечних галузей.

Роль екосистемних послуг у досягненні сталого розвитку залишається недооціненою, хоча їх вплив є істотним. Вони включають природні процеси очищення води й повітря, регулювання клімату, забезпечення продовольчих ресурсів та інші екологічні функції, що мають значну економічну цінність. Хоча ці послуги надаються природою безкоштовно, їх підтримка потребує значних фінансових вкладень. Відповідно необхідним є оцінювання їх економічного значення для формування ефективної політики у сфері екологічного та економічного розвитку.

Екосистемні послуги відіграють значну роль у досягненні сталого розвитку (Про Цілі, 2019; Індикатори цілей, 2023; Мельник та ін., 2010). У таблиці 10 наведено узагальнені дані щодо цього впливу.

Таблиця 10 – Екосистемні послуги в досягненні Цілей сталого розвитку

Мета	Функціональне спрямування
1 Подолання бідності	У туристичних районах культурні та соціальні екосистемні послуги сприяють покращанню економічного стану населення, особливо його вразливих груп
2 Подолання голоду, розвиток сільського господарства	Запилення ентомофільних культур медоносними бджолами значно підвищує врожайність сільськогосподарських культур залежно від їх виду. Наприклад, для соняшнику приріст може становити 30–41 %, для гречки – 41–60 %, а для плодкових садів і ягідників – 38–55 %
3 Міцне здоров'я та благополуччя	Природні екосистеми з великим туристичним потенціалом виконують важливу рекреаційну функцію, сприяючи покращанню фізичного та психологічного стану людей, які ними користуються. Крім того, такі екосистеми забезпечують доступ до лікарських рослин та інших природних ресурсів, що позитивно впливають на здоров'я
4 Якісна освіта	Екосистеми відіграють важливу роль у забезпеченні можливостей для дослідження біорізноманітності та природних процесів, сприяючи науковому пізнанню. Крім того, виховання дітей у тісному зв'язку з природою сприяє формуванню екологічної свідомості та розуміння взаємодії людини з довкіллям
6 Чиста вода та належні санітарні умови	Екосистеми відіграють ключову роль у формуванні запасів прісної води, виконуючи такі важливі функції, як її збереження, очищення та природне постачання
7 Доступна та чиста енергія	Залучення кінетичної енергії природних потоків води є одним із способів виробництва екологічно чистої енергії
8 Гідна праця та економічне зростання	Сектор використання екосистемних ресурсів і послуг забезпечує значну кількість робочих місць. Покращання підходів до управління цими системами відкриває можливості для появи нових спеціальностей, що позитивно вплине на рівень зайнятості населення
11 Сталий розвиток міст і громад	Екосистемні послуги відіграють важливу роль в охороні культурної та природної спадщини, активно залучаючи приватні підприємства. Вони також допомагають зменшити шкідливий вплив забруднювачів на довкілля

Продовження таблиці 10

Мета	Функціональне спрямування
12 Відповідальне споживання та виробництво	Екосистемні послуги можуть бути як об'єктом, так і суб'єктом впливу. Стале їх використання допомагає забезпечити продовольчу безпеку, зменшити кількість харчових відходів та сприяти формуванню ефективних постачальних мереж
13 Пом'якшення наслідків зміни клімату	Багато екосистемних послуг активно залучені до боротьби з кліматичними змінами. Ліси відіграють важливу роль у поглинанні парникових газів, що допомагає сповільнити парниковий ефект. Гірські лісові масиви сприяють зменшенню негативних наслідків від екстремальних погодних явищ, як-от повені, зсуви та осипи ґрунту
14 Збереження морських ресурсів	Морські екосистеми є важливим джерелом ресурсів океану, зокрема, рибних запасів та морської біорізноманітності. Вони також сприяють розвитку рекреаційних можливостей, що допомагають реалізувати інші важливі цілі сталого розвитку
15 Збереження екосистем суші	Екосистеми та їх послуги можуть діяти як суб'єкти та об'єкти впливу. Вони мають здатність підтримувати інші екосистеми, а також сприяти їх відновленню або перетворенню
16 Мир та справедливість	Екосистеми та їх послуги можуть відігравати роль у підтримці миру, впливаючи на екологічну стабільність, раціональний розподіл ресурсів і сприяючи сталому розвитку в місцевих спільнотах
17 Партнерство заради стійкого розвитку	Збереження екосистем сприяє розвитку міжнародного співробітництва, партнерських відносин та покращанню соціальних інститутів, які прагнуть удосконалити економічні інструменти екологічної політики

Бджільництво створює широкий спектр екосистемних послуг, серед яких:

- **виробництво бджолопродукції.** Ця послуга є важливим інструментом у боротьбі з бідністю. Продукція бджільництва має великий попит як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринку. Мед, зокрема, є цінним харчовим продуктом із високою енергетичною цінністю;

- **медичні властивості бджолопродуктів.** Продукти, як-от маточне молочко та прополіс, мають значний потенціал для медичного застосування завдяки їх антибактеріальним, протизапальним та імуностимулювальним властивостям;

- **збереження традиційних практик.** Пасіка є важливою частиною збереження стародавніх методів господарювання та культурних традицій, пов'язаних із медозбором і доглядом за бджолами. Крафтове виробництво бджолопродуктів також добре монетизується, сприяючи боротьбі з бідністю;

- **екологічний туризм.** Пасіки можуть бути привабливими об'єктами для екологічного туризму, залучаючи людей, які цікавляться природою та виробничими процесами медозбору;

- **запилення сільськогосподарських культур.** Бджоли відіграють важливу роль у підвищенні врожайності багатьох сільськогосподарських рослин. Урожайність запилених бджолами рослин може зрости на 20–60 %;

- **збереження біорізноманітності.** Крім сільськогосподарських рослин, бджоли запилюють численні дикорослі рослини, що сприяє збереженню та розвитку екосистем;

- **підтримка ландшафтної стійкості.** Запилення культурних і дикорослих рослин допомагає зберегти природний ландшафт та підвищує загальну стійкість екосистем;

- **очищення повітря.** Пасіка сприяє очищенню повітря від мікрочастинок пилу та інших шкідливих речовин.

Проте на сьогодні втрата екосистемних послуг, надаваних бджільництвом, є серйозною проблемою. Через військові дії в Україні багато пасічних господарств змушені скорочувати кількість бджолосімей або навіть припиняти свою діяльність. Зниження закупівельних цін на бджолопродукцію, спричинене монополізацією ринку, також призводить до зниження рентабельності галузі. Водночас використання хімічних препаратів у сільському господарстві, що шкодять бджолам, стає причиною щорічних збитків для пасічників.

Рисунок 13 ілюструє зміни в кількості зареєстрованих бджолосімей в Україні за 2017–2023 роки, де спостерігається значне зниження через військову агресію РФ. За даними Міністерства аграрної політики та продовольства України, станом на 15 вересня 2022 року було знищено близько

400 тисяч бджолосімей, що становить приблизно 15 % від їх загальної кількості (Прокопенко, 2021; Прямі збитки, 2022).

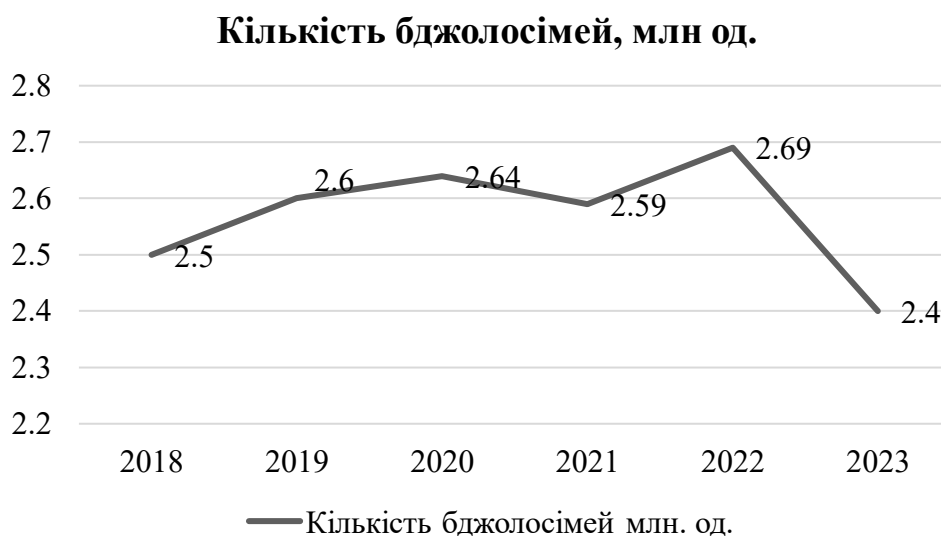


Рисунок 13 – Динаміка зміни кількості бджолосімей в Україні

Зважаючи на зменшення кількості бджолосімей, станом на вересень 2023 року Україні вдалося реалізувати 41 тис. тонн меду на зовнішніх ринках. Для порівняння: у 2022 році цей показник становив 48 тис. тонн. Отже, можна припустити, що у 2024 році експорт меду може перевищити обсяги 2022 року, але навряд чи досягне рівня 2021 року, коли обсяг експорту був на рівні 58 тис. тонн, що в грошовому еквіваленті дорівнювало 143,58 млн доларів США.

Як уже було зазначено, екосистемні послуги, які надають бджоли, безпосередньо впливають на вартість інших секторів економіки. Тому втрати щодо кількості бджолосімей мають наслідки для здатності бджіл здійснювати свої функції, зокрема, запилення сільськогосподарських і дикорослих рослин, що також знижує продуктивність сільського господарства та впливає на природну біорізноманітність, гальмуючи досягнення цілей сталого розвитку.

Для відновлення економіки й досягнення цілей сталого розвитку необхідно якнайшвидше вирішити проблеми бджільництва в Україні. Поряд із проблемами, що існували ще до початку бойових дій, з'явилися нові, як-от руйнування бджолосімей через військові дії й припинення діяльності пасічних господарств.

До того ж неконтрольоване використання пестицидів аграрними підприємствами також спричиняє отруєння бджіл, що призводить до зниження їх дієздатності та сповільнення розвитку.

Зменшення площ посівів медоносних культур і проблеми з кочовим бджільництвом ще більше поглиблюють ситуацію. В Україні ще не сформована активна взаємодія між фермерами та бджолярами, як це є в Канаді чи Європі, де бджолине запилення є платною послугою.

Зважаючи на проблеми галузі, їх вирішення потребує співпраці між законодавцями, виробниками сільськогосподарської продукції та іншими галузями. Державна підтримка у вигляді часткового відшкодування витрат на оновлення обладнання для пасічних господарств повинна сприяти підвищенню продуктивності в майбутньому. Крім того, регулярні ветеринарно-санітарні огляди пасік допоможуть зменшити поширення захворювань і випадків недобросовісного господарювання.

Важливим аспектом є також популяризація бджільництва як доступного й перспективного напрямку зайнятості, зокрема, для вимушених переселенців і демобілізованих осіб. Підвищення зацікавленості в цій галузі приведе до зростання кількості бджолосімей і стабільного постачання екосистемних послуг.

**Висновки.** Екосистемні послуги сприяють досягненню Цілей сталого розвитку (ЦСР), забезпечуючи основи для екологічної, економічної й соціальної стабільності. Вони важливі для продовольчої безпеки, зайнятості та розвитку сільського господарства, допомагаючи підтримувати біорізноманітність і сприяючи розвитку культурної й природної спадщини. Бджільництво відіграє важливу роль у забезпеченні сталого розвитку, зв'язуючи водночас кілька аспектів ЦСР. З початком бойових дій ситуація в галузі стала кризовою, що поставило під загрозу продовольчу безпеку, економічне зростання та збереження біорізноманітності. Серед актуальних проблем – збереження пасічних господарств, відновлення зруйнованих і боротьба з неконтрольованим використанням хімікатів. Державна підтримка,

популяризація бджільництва та контроль за ветеринарно-санітарними умовами можуть допомогти вирішити ці проблеми.

Економіка кожної країни складається з різних взаємозв'язаних елементів, що створюють ресурси для її стабільного функціонування, серед яких важливу роль відіграють екосистеми та послуги, які вони надають. Досвід розвинених країн засвідчує, що ефективне управління природними ресурсами є основою для сталого розвитку національної економіки. Метою цього дослідження є аналізування важливості екосистем та їх послуг у формуванні сталого економічного розвитку та досягненні Цілей сталого розвитку.

У роботі акцентується на значенні екосистемних послуг для досягнення таких цілей сталого розвитку, як економічне зростання та зменшення бідності (створення нових можливостей для доходів і працевлаштування, зокрема, в туристичних галузях), збереження здоров'я та благополуччя населення (формування умов для рекреації, забезпечення лікарськими рослинами), розвиток якісної освіти (можливості для дослідження біорізноманітності) тощо. Також у статті розглянуто роль екосистемних послуг у досягненні кожної з 17 визначених Цілей сталого розвитку.

Особливу увагу приділено галузі бджільництва та послугам, які надають бджоли. Внесок цієї галузі проаналізовано з огляду на три ключові аспекти: соціальний, екологічний та економічний, і порівняно з 14 цілями сталого розвитку. У дослідженні наголошено, що розпочаті бойові дії в Україні призвели до кризової ситуації в бджільництві, що поставило під загрозу продовольчу безпеку, економічний розвиток і збереження природної біорізноманітності. Військові дії ускладнили збереження наявних пасічних господарств та їх відновлення. Крім того, серед причин кризи – неконтрольоване застосування хімічних засобів захисту рослин, відсутність належної державної підтримки та неадекватне матеріальне забезпечення пасік.

Акцентовано на необхідності популяризації бджільництва як важливого елемента сталого розвитку. Результати дослідження можуть стати основою для оновлення політики щодо збереження біорізноманітності, державної підтримки аграрних секторів, а також розроблення стратегій розвитку окремих громад та регіонів на національному рівні.

## Список використаної літератури

1. Веклич О. Визначення економічного збитку від погіршення / знищення екосистемних послуг. *Економіка природокористування і сталий розвиток*. 2018. № 1–2. С. 43–48.
2. Впровадження європейських законодавчих норм у сфері бджільництва обговорили на форумі з питань розвитку медової галузі України. *Міністерство аграрної політики та продовольства України*. URL: <https://minagro.gov.ua/news/vprovadzhennya-yevropejskih-zakonodavchih-norm-u-sferi-bdzhilnictva-obgovorili-na-forumi-z-pitan-rozvitku-medovoyi-galuzi-ukrayini> (дата звернення: 07.01.2024).
3. Індикатори Цілей сталого розвитку. *Indicators For The Sustainable Development Goals*. URL: <https://sdg.ukrstat.gov.ua/uk/> (дата звернення: 07.01.2024).
4. Прокопенко О. Статистичний збірник «Тваринництво України». *Державна служба статистики України*. URL: [https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat\\_u/2022/zb/05/zb\\_tv\\_2021.pdf](https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2022/zb/05/zb_tv_2021.pdf) (дата звернення: 07.01.2024).
5. Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року. *Офіційний вебпортал парламенту України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/722/2019#Text> (дата звернення: 07.01.2024).
6. Прямі збитки в сільському господарстві України внаслідок війни рф сягають \$6,6 млрд – дослідження KSE Institute та Мінагрополітики. *Міністерство аграрної політики та продовольства України*. URL: <https://minagro.gov.ua/news/doslidzhennya-kse-institute-ta-minagropolitiki-pryami-zbitki-v-silskomu-gospodarstvi-ukrayini-vnaslidok-vijni-rf-syagayut-66-mlrd> (дата звернення: 07.01.2024).
7. Мацелюх Н., Корж П. Сталий економічний розвиток України: концептуальні основи, механізми забезпечення та драйвери розвитку. *Ефективна економіка*. 2021. № 4. (*Журнал «Ефективна економіка» – наукове фахове видання з питань економіки*). URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=8796> (дата звернення: 07.01.2024).

8. Мельник Л., Дегтярьова І. Урахування екстернальних ефектів підприємств при еколого-економічному обґрунтуванні регіонального розвитку. *Регіональна економіка*. 2010. № 3. С. 34–35.
9. Ліпський П., Сенчило О. Роль бджільництва у забезпеченні реалізації цілей сталого розвитку України. *Сучасне бджільництво: проблеми, досвід, нові технології*: зб. матеріалів наук.-практ. конф. за міжнар. участі (м. Київ, 20 серпня 2021 р.). Київ, 2021. С. 48–50.
10. Шпильова Ю., Носуліч Т. Екосистемні послуги в системі стимулювання сталого розвитку територій. *Наукова електронна бібліотека періодичних видань НАН України*. URL: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/163023> (дата звернення: 07.01.2024).

### **3.2 Ефективна бізнес-модель фірми як запорука цифрової трансформації та сталого розвитку**

Аналізування моделі діяльності компанії є ключовим етапом розроблення та впровадження ефективних механізмів управління цифровою трансформацією підприємства. Це дозволяє визначити можливості для оптимізації бізнес-процесів, розробити ефективні механізми управління цифровою трансформацією, забезпечити цілісне управління діяльністю та адаптацію до змін. Фокус аналізування бізнес-моделі полягає в систематичному розгляді всіх аспектів підприємницької діяльності, що включає стратегічні цілі та завдання, асортимент продуктів і послуг. Розроблення різних типів та моделей, об'єктів, символів і встановлення зв'язків між ними відповідно до специфіки підприємства є ваговою складовою для досягнення оптимального управління процесом цифрової трансформації та сталого розвитку. Важливим аспектом є стандартизація правил і підходів до описування діяльності компанії з метою їх подальшої формалізації, аналізування та оптимізації. Серед цих елементів – розроблення моделей, що враховують перспективність використання й принцип розумної достатності для досягнення оптимального рівня деталізації, кількості моделей та об'єктів управління цифровою трансформацією, що сприятиме сталому розвитку підприємства упродовж тривалого часу. Використання типових моделей процесів є основою для описування бізнес-процесів, що сприяє створенню механізмів управління цифровою трансформацією. Розроблення та детальне аналізування бізнес-моделі є ключовою основою для подальших змін, а впровадження принципів моделювання створює можливість одержати очікувані результати.

**Аналізування останніх досліджень і публікацій.** Аналізування останніх досліджень і публікацій зарубіжних і вітчизняних дослідників, як-от А. Папатомає та Г. Контеос (2023), Г. Швиданенко й Л. Приходько (2012), дає змогу визначити ключові тенденції в цьому напрямку. Сьогодні дослідники зосереджуються на розробленні цифрових стратегій та інноваційних підходів для підтримки цифрової трансформації. Використання різноманітних підходів до

моделювання, наприклад, BPMN, Value Stream Mapping тощо, сприяє покращанню управління та оптимізації процесів (Camargo, 2020). У контексті цифрової трансформації аналізування даних набуває великого значення для ухвалення рішень. Оскільки цифрова трансформація потребує змін щодо підходів до роботи та культури компанії, дослідники активно вивчають питання організаційних змін, залучення персоналу до процесу й розвитку цифрової культури. Для успішної цифрової трансформації важливо визначити показники ефективності та виміряти результати. В дослідженнях активно розглядають методи вимірювання впливу цифрової трансформації на ключові показники ефективності. Зазначені тренди та напрями досліджень свідчать про загальну спрямованість на практичну реалізацію цифрової трансформації в сучасних бізнес-структурах і розроблення нових методів та підходів для її успішної реалізації. Аналізування бізнес-процесів передбачає вивчення бізнес-процесів компанії для визначення етапів, ролей, взаємодії та інших аспектів. Це аналізування допомагає глибоко зануритися в поточну діяльність компанії та виявити можливості оптимізації й автоматизації Г. Швиданенко та Л. Приходько (2012). Використання методологій моделювання бізнес-процесів, зокрема BPMN (Business Process Model and Notation), для створення формальних моделей дозволяє візуалізувати бізнес-процеси, визначити можливості для вдосконалення та зрозуміти вплив на них цифрових рішень. Використання діаграм ER і схем баз даних допомагає краще зрозуміти, як дані обробляються та змінюються між компонентами системи. Аналізування потреб і цілей допомагає зосередити зусилля на моделюванні аспектів, значущих для досягнення цих цілей. Важливо використовувати стандартні позначення та методи моделювання, щоб забезпечити зрозумілість моделей для всіх учасників процесу. Необхідно детально розглянути потенційні ризики, пов'язані з упровадженням цифрової трансформації, й визначити можливості, які цей процес може відкрити. Особливу увагу потрібно приділити аналізуванню можливих негативних впливів на бізнес-процеси й інфраструктуру компанії, а також способам їх зменшення та управління. Ітеративний підхід до моделювання

є важливим аспектом, що передбачає розгляд моделювання як процесу безперервної еволюції, яка адаптується та вдосконалюється впродовж життєвого циклу компанії. Особливу увагу необхідно приділяти постійній адаптації та оновленню моделей відповідно до нових вимог і змін, що відбуваються в бізнес-середовищі (Tabunshchik, Kaplienko, Petrova, 2016).

Розглядаючи моделювання бізнес-процесів як інструмент цифрової трансформації, важливо оцінити його вплив на сталий розвиток компанії. Це ключовий інструмент для перегляду внутрішніх процесів компанії, виявлення можливостей для оптимізації та створення чіткої основи для ухвалення рішень і зменшення негативного впливу на довкілля.

**Виділення раніше не вирішених частин загальної проблеми та формулювання мети.** Попередні дослідження зробили вагомий внесок у розроблення методології аналізування моделі діяльності компанії та формування механізмів управління цифровою трансформацією бізнес-структур. Метою є розроблення та пропонування нової стратегії аналізування моделі діяльності компанії та формування ефективних механізмів управління цифровою трансформацією, що сприяють сталому розвитку підприємства. Результати дослідження мають теоретичне й практичне значення та дозволяють застосувати новий підхід до аналізування моделі діяльності компанії, яка відповідає конкретним потребам і цілям підприємства та покращує бізнес-процеси в умовах цифрової трансформації.

**Викладення матеріалу дослідження.** На початку аналізування діяльності компанії важливо визначити комплексний підхід і вимоги до забезпечення цілісності моделі, а також методи та інструменти для її створення й аналізування. У процесі описування складових діяльності підприємства необхідно керуватися принципами створення моделей з урахуванням їх передбачуваного застосування в майбутньому. Ми пропонуємо використовувати низхідний підхід до моделювання, спочатку будуючи моделі верхнього рівня, а потім декомпозуючи їх. Під час розроблення моделі діяльності підприємства необхідно додержуватись ергономічних критеріїв і принципів

моделювання. Відповідність ергономічним критеріям передбачає обмеження кількості об'єктів у моделі для забезпечення її легкого розуміння та інтерпретації. Додержання принципів моделювання передбачає узгодженість моделей однакового рівня деталізації за ступенем узагальненості описуваної в них інформації.

Під час моделювання бізнес-процесів важливо використовувати лише ті типи моделей та об'єктів, які реалізують принцип системного підходу, що потребує розгляду всієї діяльності компанії як системи взаємозв'язаних і взаємодіючих процесів. Під час описування бізнес-процесу необхідно забезпечити повноту й точність, а також цілісність моделі. Для цього необхідно описати всю послідовність завдань, що реалізуються процесом, ідентифікувати учасників процесу, матеріальні та інформаційні ресурси, а також проаналізувати й використати наявний екземпляр об'єкта на нових моделях, установити зв'язки із суміжними процесами, якщо вони існують.

З огляду на окреслені аспекти та результати останніх досліджень ми пропонуємо адаптувати підхід до аналізування моделі діяльності компанії для створення ефективних механізмів управління цифровою трансформацією. Розроблена концепція враховує специфіку підприємства та допомагає оптимізувати бізнес-процеси в умовах цифрової трансформації. Ми наголошуємо на важливості аналізування основних, допоміжних та управлінських процесів як компонентів цілісної системи, що сприяє комплексному управлінню компанією в контексті цифрових трансформацій. Наш підхід пропонує комплексний погляд на взаємодію між компонентами діяльності компанії, зокрема, основними, допоміжними та управлінськими процесами, розглядаючи їх як частини цілісної системи. Ми рекомендуємо обмежити рівні декомпозиції чотирма: бізнес-процес, складний процес, простий процес і завдання для кожного компонента діяльності компанії.

Відповідно до рівня складності та деталізації зв'язки між компонентами моделі можна описати на різних рівнях абстракції й деталізації. Наприклад, на рівні бізнес-процесу можна надати загальний опис взаємодії та функціональності

компонентів. На рівні складного процесу можуть бути детально опрацьовані додаткові деталі щодо взаємодії та компонентів. На рівні простого процесу можна описати конкретні послідовності дій і зв'язки, а на рівні завдання можна зазначити конкретні параметри та обмеження. У базовому сценарії модель бізнес-процесу може складатися з двох рівнів: бізнес-процесу та завдання. Наступним кроком є фіксація цілей і завдань моделі на кожному рівні декомпозиції. Це допомагає визначити, як повинно бути представлено в моделі, й допомагає встановити загальні правила формування моделі на кожному рівні декомпозиції. Також важливо встановити загальні принципи моделювання на кожному рівні декомпозиції й тип використовуваної моделі. Визначення зв'язків між моделями на різних рівнях декомпозиції та визначення правил кодування моделей і бізнес-процесів є важливими аспектами цього процесу.

Для описування бізнес-процесів компанії використовують до чотирьох рівнів декомпозиції моделі та до десяти елементів на кожному рівні, щоб забезпечити читабельність моделі. Перший рівень – це модель бізнес-процесу верхнього рівня, яка являє собою графічну діаграму, що відображає перелік бізнес-процесів зазначеного рівня. Другий рівень містить модель складних процесів, зображену як ієрархічна деревоподібна діаграма бізнес-процесу, деталізована до цього рівня. Третій рівень містить графічну діаграму ієрархічного дерева процесу, деталізованого до рівня простих процесів, що переходить у модель завдання, алгоритм виконання, поданий у вигляді впорядкованої послідовності керованих подій і дій, що включає різні входи та виходи, наявні ролі й ресурси.

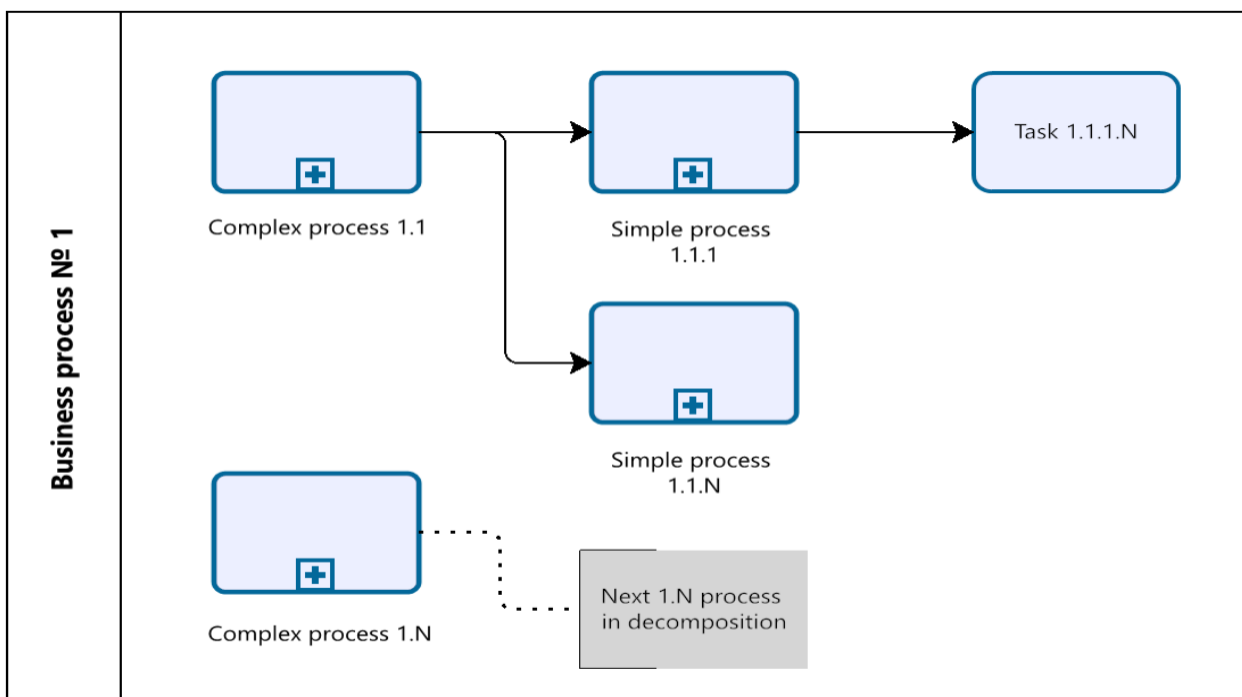


Рисунок 14 – Рівні декомпозиції моделей бізнес-процесів

(джерело: складено авторами)

Діаграма бізнес-процесів компанії починається з побудови моделі та карти бізнес-процесів верхнього рівня, що можуть належати до одного з трьох типів (рис. 14):

- основні процеси, спрямовані на безпосереднє створення продуктів або послуг;
- допоміжні процеси, що забезпечують функціонування основних процесів;
- процеси управління, зосереджені на управлінні та наданні інформації про поточну діяльність компанії або керуванні стратегічним розвитком компанії.

Тип діаграми ланцюга доданої вартості (VAD) використовують для описування моделі та карти бізнес-процесів верхнього рівня. Модель ланцюга створення вартості Портера – це інструмент стратегічного управління, розроблений професором Гарвардської школи бізнесу Майклом Портером. Інструмент аналізує ланцюжок вартості компанії, визначений як набір процесів, які компанія використовує, щоб заробляти гроші (Cuofano, 2023). Модель бізнес-

процесу верхнього рівня використовують для описування основних сфер діяльності компанії, тому кожний бізнес-процес верхнього рівня деталізується на моделі другого рівня – моделі процесу.

Модель процесів і завдань розкриває бізнес-процес верхнього рівня як список складних процесів, що розкривають бізнес-процес верхнього рівня. Кожний процес у моделі складних процесів далі деталізується на модель простих процесів, відформатовану відповідно до BPMN (модель і нотація бізнес-процесу). Він надає підприємствам графічне позначення для розуміння їх внутрішніх бізнес-процедур, полегшуючи розуміння ефективності співпраці та бізнес-операцій між організаціями.

На рівні процесів і завдань кожний складний процес представлений як сукупність простих процесів, призначених для описування впорядкованої послідовності завдань, керованих подіями.

Модель процесів і завдань записує:

- послідовність виконання процесів і завдань;
- логіка / умови для виконання процесів і завдань;
- відповідальність за виконання процесів і завдань або бізнес-ролей;
- входи та виходи кожного процесу й завдання;
- матеріальні та цифрові ресурси, використовувані для виконання процесів і завдань, зокрема, об'єкти цифрової трансформації інформаційних систем.

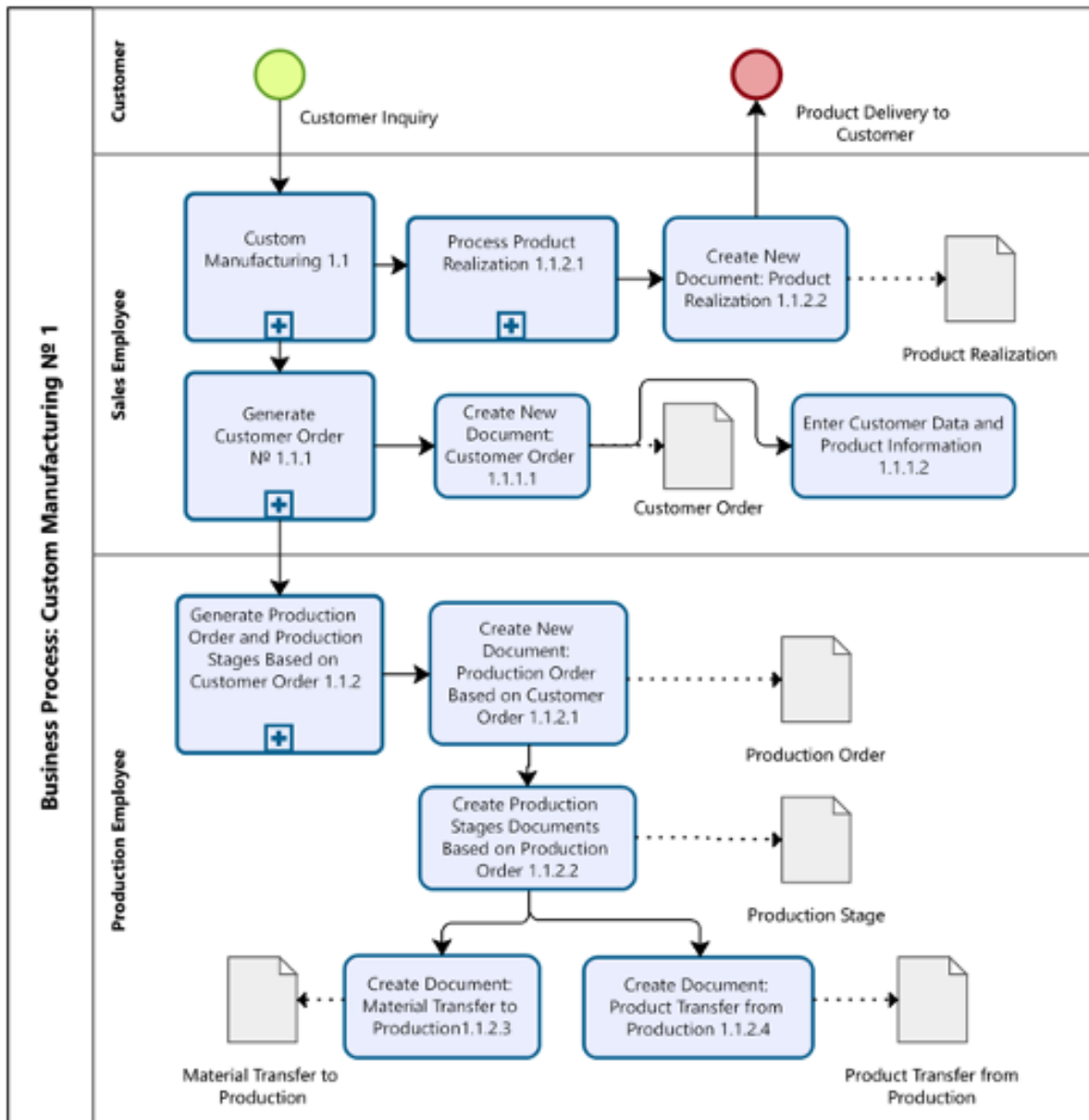


Рисунок 15 – Виробництво бізнес-процесу за замовленням клієнта № 1  
(джерело: складено авторами)

Алгоритм виконання процесів і завдань додатково уточнюється інформацією, рівень деталізації якої повинен бути достатнім для вказівки на певне завдання. Кожні процес і завдання виконуються певною бізнес-роллю впродовж певного періоду часу за фіксованих умов для досягнення конкретного результату. Для описування моделі процесів і завдань із метою формування механізмів управління цифровою трансформацією бізнес-структур

використовують послідовність подій і дій, що відображає логіку виконання взаємозв'язаних завдань, спрямованих на досягнення заданого результату.

Кожний бізнес-процес описується й стандартизується з метою цифрової автоматизації, сприяючи формуванню комплексного набору моделей бізнес-процесів. Опис моделі здійснюється в розрізі дій та сутностей (наприклад, документ – замовлення, акт, рахунок-фактура тощо) без прив'язки до об'єктів наявних і нових інформаційних систем. Модель бізнес-процесу повинна містити аналіз впливу описаної моделі бізнес-процесу на поточну структуру та процеси підприємства, а також опис організаційних змін. Уніфіковані бізнес-процеси, що проходять процес цифрової трансформації, повинні максимально використовувати наявні функціональні можливості програмного забезпечення автоматизації бізнесу, застосовувані для створення інформаційних систем. Однак, розробляючи моделі бізнес-процесів для цифрової трансформації, необхідно враховувати принципи сталого розвитку. Це означає, що бізнес-процеси повинні бути розроблені таким чином, щоб вони були ресурсоефективними, мінімізували негативний вплив на довкілля та сприяли соціальному розвитку.

Наступним кроком є розроблення матриці бізнес-ролей для тих бізнес-процесів, які підлягають цифровій трансформації, з метою фіксації переліку бізнес-ролей, їх прав доступу та повноважень, що потребують проектування в інформаційних системах. Далі формують план організаційних змін, що є одним із найважливіших компонентів успіху цифрової трансформації. Він вміщує перелік заходів, яких необхідно вжити на підприємстві для впровадження управління в нову модель процесів і завдань, як-от зміна організаційної структури, посадових інструкцій, бізнес-процесів і т. ін. Кодування моделей бізнесу верхнього рівня, процесів, складних процесів, простих процесів та завдань виконують зверху вниз, від бізнес-процесів верхнього рівня до завдань нижчого рівня. Для бізнес-процесів необхідно визначити перелік бізнес-ролей (відповідальних і виконавців), які виконують завдання бізнес-процесів.

Кожний бізнес-процес, для якого будується модель, повинен мати принаймні один складний процес, що містить простий процес і початкове завдання. Остаточне завдання можна представити переходом до іншого простого процесу. Кількість вхідних і вихідних з'єднань для процесів і завдань не повинна перевищувати одного. В разі якщо кількість вхідних і вихідних з'єднань для процесів і завдань перевищує одиницю, для належної реалізації цих з'єднань необхідно використовувати логічні з'єднання.

Шлях простих процесів і завдань завжди розділений та об'єднаний за допомогою правил розгалуження/злиття, які використовують логічні оператори «AND», «OR», «exclusive OR» («AND», «OR», «XOR»). Послідовність простих процесів і завдань відображається переважно зліва направо, зверху вниз. Необхідно намагатися звести до мінімуму кількість поворотів і перетинів стрілок. Ділові ролі в моделі повинні бути зображені у вигляді 5–6 горизонтальних смуг або спробувати розкласти модель.

**Висновки.** Дослідження привели до таких результатів та висновків. Розглядаючи переваги запропонованого підходу, потрібно зазначити, що його гнучкість та адаптивність є ключовими для досягнення ефективних результатів у контексті цифрової трансформації й сталого розвитку. Розгляд бізнес-процесів через призму інтегрованої системи дозволяє досягти більшої ефективності порівняно з іншими методами, які можуть бути менш адаптованими до сучасних викликів і змін. Описані типи бізнес-процесів (основні, допоміжні та управлінські) відображають різні аспекти діяльності компанії та її спрямованість. Детальне описування кожного процесу та завдання є важливим для встановлення конкретних ролей, обов'язків, ресурсів і послідовності подій.

Основною перевагою нашого підходу є можливість забезпечити більш точне та адаптоване управління, що відповідає потребам конкретної компанії. Врахування принципів сталого розвитку є необхідною складовою в контексті цифрової трансформації. Моделювання бізнес-процесів повинне приводити до ефективного використання ресурсів, мінімізувати негативний вплив

на довкілля та сприяти соціальному розвитку. Усі ці аспекти разом з адаптованим підходом до моделювання бізнес-процесів створюють основу для успішної цифрової трансформації та розвитку підприємства в умовах сучасної економіки.

Це дослідження пропонує практичний підхід до управління цифровою трансформацією на основі всебічного аналізування та моделювання бізнес-процесів, що сприяє стійкому й інноваційному розвитку компанії. У планах на майбутнє – подальше вивчення запропонованого підходу та досвіду компаній, які успішно впровадили цифрову трансформацію з урахуванням принципів сталого розвитку.

### Список використаної літератури

1. Papathomas A. & Konteos G. Financial institutions digital transformation: the stages of the journey and business metrics to follow. *Journal of Financial Services Marketing*. 2023. URL: <https://link.springer.com/article/10.1057/s41264-023-00223-x> (accessed on: 20.11.2023).
2. Shvydnenko H. & Prykhodko L. Business Process Optimization. KNEU, 2012.
3. Camargo M., Dumas M. & González-Rojas O. Automated discovery of business process simulation models from event logs. *Decision Support Systems*. 2020. Vol. 134. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167923620300397> (accessed on: 20.11.2023).
4. Tabunshchik G., Kapliencko T. & Petrova O. Software Design and Modeling for Modern Information Systems. ZNTU, 2016.
5. Cuofano G. What is Porter's Value Chain Model and why it matters in business. FourWeekMBA, 2023. URL: <https://fourweekmba.com/porters-value-chain-model> (accessed on: 20.11.2023).

### 3.3 Аналізування моделей ціноутворення та регіональних особливостей на ринку ІТ-аутсорсингу

ІТ-аутсорсинг став важливою складовою для багатьох компаній, від великих корпорацій до стартапів. За даними 2019 року, глобальний ринок ІТ-аутсорсингу становив 520,74 мільярда доларів США [1], й очікується, що до 2027 року він збільшиться із середньорічним темпом зростання 7,7 % (рис. 16). Це один із найбільш динамічних сегментів, і причина цього зрозуміла. Сучасні технології, управління даними та кібербезпека стали ключовими для функціонування бізнесу. Оскільки ці сфери постійно розвиваються, компаніям стає важко самостійно управляти всіма аспектами. Прогнозується, що до кінця 2024 року витрати на ІТ-аутсорсинг перевищать 1,3 трильйона доларів, оскільки компанії шукатимуть експертів для цифрової трансформації, щоб залишатися конкурентоспроможними, покращувати ефективність і продуктивність.

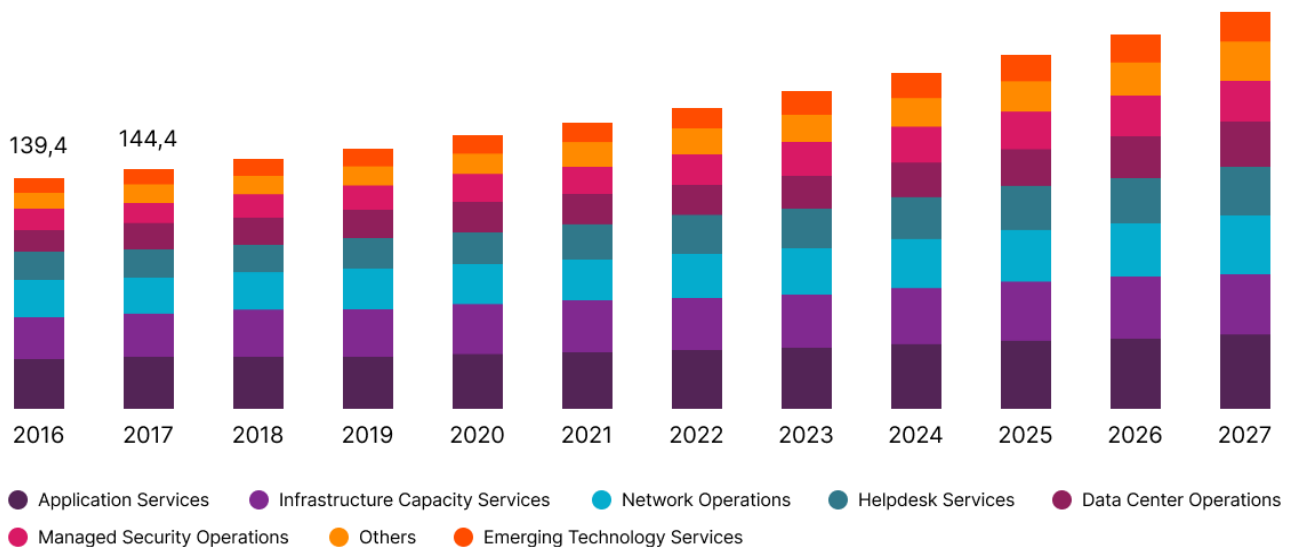


Рисунок 16 – Ринок послуг ІТ-аутсорсингу в США [1]

Популярність аутсорсингу в різних секторах бізнесу, як-от фінансовий, програмний, бухгалтерський та ін., сьогодні є надзвичайно великою. Порівнявши витрати на аутсорсинг і на утримання постійних працівників, можна зробити висновок, що здебільшого аутсорсинг полегшує процес бюджетного планування. В разі роботи з постійним персоналом потрібно враховувати

витрати на відпустки та лікарняні, в той час як в аутсорсингових угодах оплата здійснюється лише за реально надані послуги.

Однією з ключових переваг аутсорсингу є зниження витрат на підбір персоналу. Згідно з дослідженням компанії Deloitte у сфері аутсорсингу [2]:

- 59 % компаній зазначили, що скорочення витрат є основною причиною для аутсорсингу ІТ-фахівців;
- 57 % компаній заявили, що послуги ІТ-аутсорсингу дозволяють зосередитися на основних бізнес-операціях;
- 47 % підкреслили, що ІТ-аутсорсинг допоміг вирішити проблеми з потужностями.

**Аналізування сучасних досліджень та публікацій.** Y. B. Chang, V. Gurbaхані та K. Ravindran [3] вивчають динаміку ІТ-аутсорсингу, зосереджуючи увагу на передаванні активів і значенні контрактів у таких угодах. Автори досліджують, як передавання активів, часто необхідне для угод ІТ-аутсорсингу, впливає на відносини між сторонами й на кінцеві результати. Вони відзначають важливість правильно сформульованих контрактів для зменшення ризиків та узгодження інтересів учасників.

У праці [4] J. C. dos Santos і M. M. da Silva вивчають труднощі ціноутворення в контрактах на ІТ-аутсорсинг, зокрема, питання гнучкості ціноутворення, що дозволяє адаптуватися до змінних умов бізнесу та ринку. Дослідники акцентують на важливості адаптації умов контракту для досягнення взаємної вигоди та забезпечення довготривалої співпраці.

D. M. Jain та R. Khurana [5; 6] досліджують вплив різних моделей ціноутворення на ринок ІТ-аутсорсингу в Індії, розглядаючи такі моделі, як, наприклад, фіксована ціна, час і матеріали, та результативне ціноутворення. Аналізуючи практичні приклади та емпіричні дані, автори роблять висновок про важливість правильного вибору стратегії ціноутворення для поліпшення ефективності операцій, економічних результатів і задоволеності клієнтів.

У праці [7] йдеться про критичні фактори, що визначають успішність ІТ-аутсорсингу з погляду постачальників послуг. Дослідження розглядає

важливі аспекти, що впливають на ефективність аутсорсингових відносин і досягнення бажаних результатів, пропонуючи структуру, яка допоможе зрозуміти постачальникам та клієнтам важливі елементи для ефективного залучення аутсорсингу.

Y. Chen та A. Bharadwaj [8] у своїй публікації аналізують різні структури контрактів для ІТ-аутсорсингу, зокрема, як ці структури впливають на продуктивність і задоволеність клієнтів та постачальників послуг. Вчені детально вивчають такі фактори, як розподіл ризиків і стимулів, що можуть покращити ефективність аутсорсингових угод.

Попередні дослідження також аналізують механізми аутсорсингу [9], управління ціноутворенням через аукціони ставок [10], зміни в технологіях у контрактах аутсорсингу [11], а також практичні аспекти укладання таких угод [12].

**Метою** цього дослідження є глибше вивчення моделей ціноутворення та регіональних особливостей на ринку ІТ-аутсорсингу.

**Основні види ІТ-аутсорсингу.** ІТ-аутсорсинг – це стратегія, що полягає в залученні зовнішніх фахівців для виконання різноманітних ІТ-функцій, як-от розроблення програмного забезпечення, управління бізнес-процесами або тестування програмного забезпечення. Існують три основні моделі аутсорсингу:

1) оншоринг. Цей тип аутсорсингу передбачає, що постачальники послуг перебувають у тій самій країні, що й клієнт. Перевагами цього виду є зручність комунікації та спільна відповідальність. Водночас його основний недолік – висока вартість послуг у країнах із розвиненими ринками праці;

2) ніршоринг. У разі цього виду аутсорсингу фахівці працюють із сусідніх країн, розташованих у тому самому часовому поясі. Перевагами є значна економія коштів, а також зручність у координації роботи завдяки географічній близькості. Однак цей метод також може бути не таким ефективним в усіх випадках;

3) офшоринг. Офшорний аутсорсинг передбачає залучення фахівців із віддалених країн, що мають істотну різницю в часі з країною клієнта.

Основною перевагою є економія, особливо для фахівців із країн із нижчими витратами на робочу силу. Однак проблема різниці в часі може призвести до труднощів у спільній роботі в реальному часі.

*Моделі ціноутворення в IT-аутсорсингу.* Спочатку IT-аутсорсингові угоди здебільшого ґрунтувалися на двох основних моделях: оплаті за час і матеріали або фіксованій ціні. Однак із розвитком технологій і зміною потреб бізнесу з'явилися нові моделі, включаючи орієнтовані на результат угоди. Сьогодні найпоширенішими є такі моделі ціноутворення:

- час і матеріали. Клієнт платить за фактичний час, витрачений на виконання завдань. Ця модель дає велику гнучкість, оскільки дозволяє адаптувати вимоги в процесі роботи. Однак її основний недолік – важко контролювати витрати на проєкт, оскільки неможливо точно передбачити, скільки часу буде потрібно;

- ціноутворення на вимогу. Клієнт платить за обчислювальну потужність за 1 годину або за 1 секунду використання послуг. Така модель є дуже гнучкою та підходить для проєктів із непередбачуваними потребами в обчислювальних ресурсах;

- фіксоване ціноутворення. Вартість проєкту визначають на початку угоди й додаткові роботи оплачують окремо. Це підходить для проєктів із чіткими вимогами, де труднощів у зміні обсягу робіт немає;

- вартість плюс. У цій моделі клієнт оплачує реальні витрати постачальника плюс додатковий відсоток прибутку. Цей метод прозорий, його застосовують, зокрема, для проєктів, де важлива участь виділеної команди;

- ціноутворення на основі ефективності. В цьому разі постачальник отримує бонус за перевищення поставлених цілей або сплачує штраф за невиконання зобов'язань. Така модель підходить для бізнесів, які чітко визначили, як повинні виглядати вимірювані показники ефективності;

- розподіл прибутку. Цей підхід фокусується на поділі прибутку між клієнтом і постачальником у результаті досягнення спільних цілей. Це стимулює співпрацю та дозволяє зосередитися на досягненні важливих бізнес-результатів;

- спільний ризик і винагорода. У цій моделі клієнт і постачальник поділяють ризики та вигоди від спільної роботи, що стимулює новаторство та покращення результатів. Вона добре підходить для створення нових продуктів або рішень.

Нестача технічних фахівців залишається актуальною проблемою для багатьох компаній, які займаються ІТ-бізнесом. За даними досліджень 2023 року, 77 % компаній відчувають нестачу ІТ-талентів, і цей показник зростає з кожним роком.

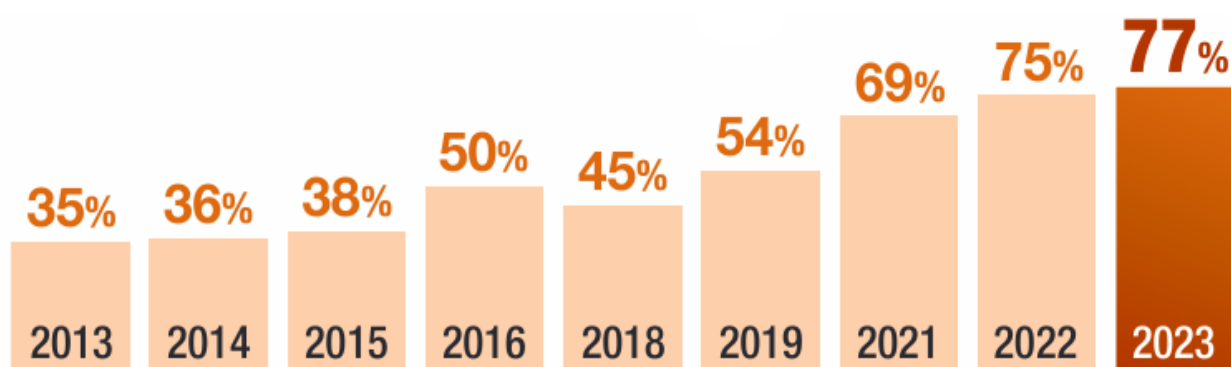


Рисунок 17 – Зростання нестачі кадрів у 2013–2023 рр. [19]

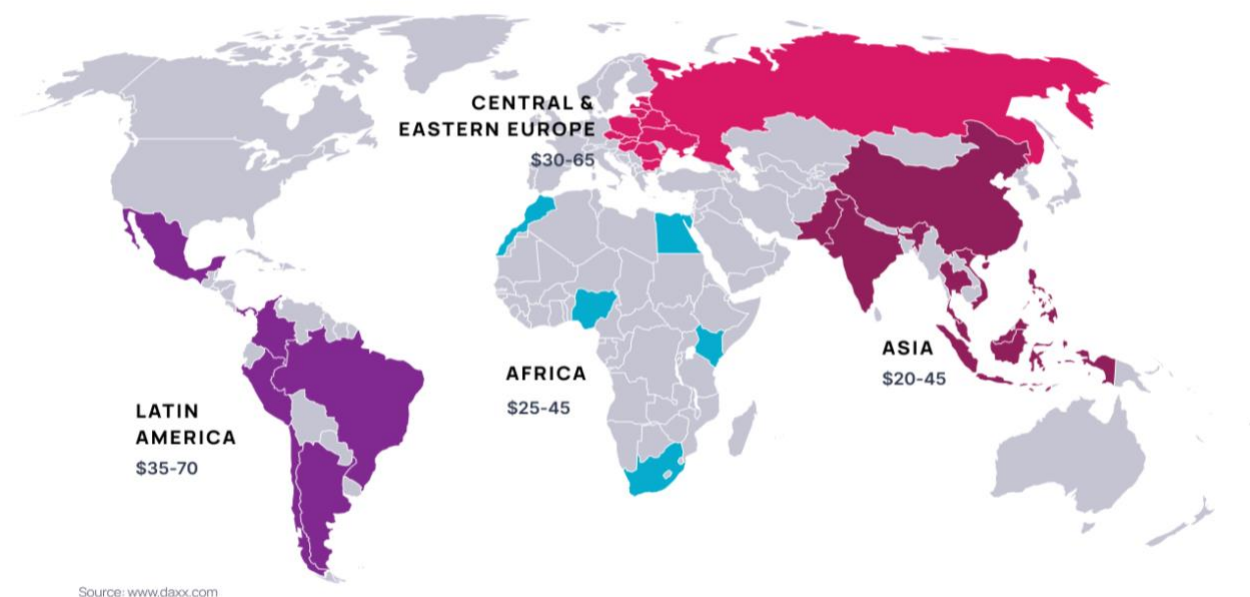
Збільшення витрат на ІТ – ще один важливий фактор, що спонукає компанії звертатися до аутсорсингу ІТ-послуг. Наймання штатних працівників для постійного оновлення ІТ-інфраструктури може бути економічно не виправданим.

Залучення зовнішніх ІТ-провайдерів дозволяє компаніям ефективніше використовувати свої внутрішні ресурси. Завдяки делегуванню певних завдань стороннім виконавцям, внутрішній персонал може зосередитися на важливіших для бізнесу завданнях. Щоб підтримувати високий рівень продуктивності та стабільний розвиток, потрібно знайти оптимальне поєднання аутсорсингових спеціалістів і власних співробітників. Зі збільшенням масштабу компанії багато організацій стикаються з необхідністю наймати більше персоналу, проте витрати на розширення штатного складу не завжди є можливими. У такому разі

аутсорсинг є доступним варіантом, що дозволяє зберегти темпи зростання без зайвих фінансових навантажень.

Ще однією важливою перевагою аутсорсингу є гнучкість. Наприклад, можна збільшити кількість залучених аутсорсингових фахівців перед високим сезоном, без необхідності наймати нових співробітників до штату. Після завершення пік-запитів можна швидко повернутися до основної команди. Залучення досвідчених аутсорсингових команд дозволяє пришвидшити виконання бізнес-процесів та оптимізувати робочі навантаження.

**Аналізування вартості аутсорсингу за регіонами.** Залучення аутсорсингових ІТ-фахівців дає змогу значно знизити витрати на розроблення програмного забезпечення. Наприклад, вартість розробки веб- чи мобільних додатків може знизитися до 60 % у разі залучення фахівців з інших країн без втрати якості. Ставки для розробників у США можуть становити від \$75 до \$125 за 1 годину, тоді як в Україні за аналогічні послуги потрібно платити близько \$35–40 за 1 годину. Детальніше з цією тенденцією можна ознайомитись у таблиці 11 і на рисунку 18, що демонструє регіональний розподіл вартості аутсорсингових послуг у 2021–2022 роках.



**Рисунок 18 – Аутсорсингові локації за регіонами та вартість аутсорсингу**  
(розроблено авторами на основі [20])

Таблиця 11 – Аналізування аутсорсингових локацій за регіонами

Регіон	Ставка	Країна	Перевага
Східна Європа	\$30–65	Україна, Угорщина, Польща, Румунія, Болгарія	Східна Європа – найкращий аутсорсинговий регіон для ІТ-компаній, які бажають отримати високоякісний сервіс без шкоди для якості продукту
Азія	\$20–45	Індія, Філіппіни, В'єтнам, Індонезія	У регіоні налічується понад 10 млн розробників, а Китай та Індія є провідними технологічними центрами
Латинська Америка	\$35–70	Аргентина, Бразилія, Мексика, Колумбія, Чилі	Латинська Америка є найпопулярнішим регіоном для північноамериканських технологічних компаній
Африка	\$25–45	Південна Африка, Єгипет, Нігерія, Кенія, Марокко	В Африці налічується близько 700 тис. професійних програмістів, більшість із яких із Південної Африки, Єгипту та Нігерії

Джерело: розроблено авторами на основі [20].

**Висновки.** Аутсорсинг є вигідним інструментом для зниження витрат в ІТ-сфері. Завдяки доступним витратам на робочу силу, розвитку інфраструктури та сприятливій податковій політиці в країнах, що спеціалізуються на аутсорсингових послугах, організації можуть значно оптимізувати свої операційні витрати. Крім фінансових переваг, аутсорсинг також дозволяє одержати доступ до висококваліфікованих кадрів, які можуть бути недоступними на місцевому ринку. Це дає змогу компаніям знаходити необхідних фахівців для реалізації своїх проєктів, підвищувати продуктивність, упроваджувати інновації та розробляти альтернативні підходи.

Аналізування різних регіонів (Східна Європа, Азія, Латинська Америка, Африка) засвідчує, що кожен із них має свої специфічні переваги, зокрема, доступність кваліфікованих кадрів, конкурентні ціни та стратегічне географічне розміщення, що істотно впливає на вибір місця для аутсорсингу ІТ-послуг.

## Список використаної літератури

1. Grand View Research. IT Services Outsourcing Market Size & Share Report, 2030. URL: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/it-services-outsourcing-market>.
2. Deloitte US. Global Outsourcing Survey 2022. URL: <https://www2.deloitte.com/us/en/pages/operations/articles/global-outsourcing-survey.html>.
3. Chang Y. B., Gurbaxani V., Ravindran K. Information technology outsourcing: Asset transfer and the role of contract. *MIS Quarterly: Management Information Systems*. 2017. Vol. 41, No. 3. P. 959–973. DOI: 10.25300/MISQ/2017/41.3.13.
4. Dos Santos J. C., Da Silva M. M. Price management in IT outsourcing contracts. The path to flexibility. *Journal of Revenue and Pricing Management*. 2015. Vol. 14, No. 5. P. 342–364. DOI: 10.1057/rpm.2014.41.
5. Jain D. M., Khurana R. Impact of pricing and outsourcing models on Indian information technology service outsourcing. *Benchmarking*. 2015. Vol. 22, No. 4. P. 610–623. DOI: 10.1108/BIJ-01-2014-0011.
6. Jain D. M., Khurana R. An empirical comparison of pricing models in information technology service outsourcing in Indian context. *Benchmarking*. 2015. Vol. 22, No. 4. P. 697–710. DOI: 10.1108/BIJ-03-2014-0019.
7. Dos Santos J. C., Da Silva M. M. Mapping critical success factors for IT outsourcing: The providers' perspective. *International Journal of Enterprise Information Systems*. 2015. Vol. 11, No. 1. P. 62–84. DOI: 10.4018/ijeis.2015010105.
8. Chen Y., Bharadwaj A. An empirical analysis of contract structures in IT outsourcing. *Information Systems Research*. 2009. Vol. 20, No. 4. P. 484–506. DOI: 10.1287/isre.1070.0166.
9. Cullen S., Seddon P. B., Willcocks L. P. IT outsourcing configuration: Research into defining and designing outsourcing arrangements. *Journal of Strategic Information Systems*. 2005. Vol. 14, No. 4. P. 357–387. DOI: 10.1016/j.jsis.2005.07.001.
10. Bhargava H. K., Sundaresan S. Computing as utility: Managing availability, commitment, and pricing through contingent bid auctions. *Journal of Management*

- Information Systems*. 2004. Vol. 21, No. 2. P. 201–227.  
DOI: 10.1080/07421222.2004.11045806.
11. Turner M., Smith A., Smith H. It outsourcing: The challenge of changing technology in it outsourcing agreements. *Computer Law and Security Report*. 2002. Vol. 18, No. 3. P. 181–186. DOI: 10.1016/S0267-3649(02)00508-3.
12. Lee M. K. O. IT outsourcing contracts: Practical issues for management. *Industrial Management and Data Systems*. 1996. Vol. 96, No. 1. P. 15–20. DOI: 10.1108/02635579610107684.
13. DesignRush. Outsourcing QA: Benefits, Reasons to Do it & Best Practices. URL: <https://www.designrush.com/agency/software-development/trends/outsourcing-qa>.
14. ManpowerGroup. IT outsourcing in 2022: Full Guide, 2023. URL: <https://brocoders.com/blog/what-is-it-outsourcing/>.
15. SinQ (n. d.). Offshore vs Onshore. URL: <https://www.sinq.co/post/offshore-vs-onshore/>.
16. Entrance Consulting (n. d.). Onshore vs Nearshore vs Offshore. URL: <https://entranceconsulting.com/onshore-vs-nearshore-vs-offshore/>.
17. KIMON Services (n. d.). What is Nearshore Outsourcing? URL: <https://kimonservices.com/what-is-nearshore-outsourcing/>.
18. TTEC (n. d.). Nearshore Outsourcing. URL: <https://www.ttec.com/glossary/nearshore-outsourcing>.

## **4 ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ ЦИФРОВИХ ТРАНСФОРМАЦІЙ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ ТА ПОВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ ЕКОНОМІКИ В УМОВАХ ЕКОЛОГІЧНИХ І СОЦІАЛЬНИХ ВИКЛИКІВ**

### **4.1 Вплив штучного інтелекту на ухвалення рішень у бізнесі**

Дослідження фокусується на вивченні впливу штучного інтелекту на процеси ухвалення рішень у бізнесі. Аналізуються різноманітні аспекти, включаючи технічні, стратегічні та етичні, щоб з'ясувати наслідки інтеграції штучного інтелекту в цей процес. Метою роботи є проведення ґрунтовного дослідження знань і досвіду фахівців щодо застосування штучного інтелекту для покращання процесу ухвалення рішень у бізнес-середовищі. Особливу увагу приділяють дослідженню демографічних даних, рівня обізнаності про штучний інтелект, стану його впровадження в компаніях, а також впливу на ефективність і точність ухвалення рішень, зокрема, в контексті етичних викликів, як-от упередження в алгоритмах штучного інтелекту.

**Загальна постановка проблеми та її зв'язок з науковими та практичними завданнями.** Поява цифрової ери розширила сферу ухвалення корпоративних рішень. Завдяки інформаційним технологіям та аналітиці даних організації можуть ухвалювати рішення на основі даних у реальному часі та прогнозованої інформації (Davenport, 2010). У дослідженні цифрового ухвалення рішень, проведеному Грін та ін. (2018) і Кумар та ін. (2018), було проаналізовано великі дані, штучний інтелект і машинне навчання й наголошено на тому, як ці технології можуть підтримувати процедури ухвалення рішень.

Для оцінювання бібліометричних зв'язків між поняттями «штучний інтелект» та «ухвалення рішень» було використано довідкову базу даних Scopus, що містить наукові статті й матеріали конференцій за тематикою дослідження. Для дослідження було обрано період 2014–2024 роки, оскільки штучний інтелект уже почав широко використовуватися в економічних



інформатизації, управління знаннями, машинного навчання. Зелений сектор відповідає за прогнозування, зміни клімату, водні ресурси та управління водними ресурсами. Синій сектор відповідає за діагноз і людину. Основний сектор – управління даними, державне управління та електронне самоврядування. Фіолетовий сектор відповідає за захист інтересів, етику, прозорість і лідерство.

Метою цього дослідження є сприяння розумінню того, як підприємства можуть використовувати потужність штучного інтелекту для покращання процесу ухвалення рішень, керуючись етичними міркуваннями, властивими використанню штучного інтелекту.

**Основний матеріал дослідження.** Штучний інтелект (ШІ) відіграє ключову роль в ухваленні бізнес-рішень, швидко й ефективно аналізуючи величезні набори даних, надаючи цінну інформацію про ринкові тенденції та поведінку споживачів. AI (ШІ, англ. artificial intelligence) дозволяє компаніям ухвалювати рішення на основі даних за допомогою розширених алгоритмів, мінімізуючи людську упередженість і підвищуючи точність прогнозів. Автоматизація на основі штучного інтелекту спрощує рутинні завдання, дозволяючи особам, які ухвалюють рішення, зосередитися на стратегічному плануванні та вирішенні складних проблем, зрештою підвищуючи ефективність і гнучкість бізнес-операцій. Прогностична аналітика, ключовий аспект штучного інтелекту, допомагає компаніям передбачати майбутні тенденції, ризики й можливості, даючи змогу особам, які ухвалюють рішення, активно вирішувати проблеми та використовувати тенденції ринку, що розвиваються. Інтеграція штучного інтелекту в процеси ухвалення рішень сприяє створенню більш адаптивного та чуйного бізнес-середовища, оскільки організації можуть швидко коригувати стратегії на основі даних у реальному часі, сприяючи інноваціям і конкурентній перевазі.

Крім штучного інтелекту як новітнього фактора, що впливає на ухвалення бізнес-рішень, сучасні цифрові інструменти також включають аналізування великих даних, імітаційні моделі, візуалізацію даних і захист персональних

даних. У таблиці 12 подано ці ключові інструменти щодо використання цифрових технологій та аналізування даних для вдосконалення процесів ухвалення бізнес-рішень.

**Таблиця 12 – Основні інструменти щодо використання цифрових технологій та аналізування даних для вдосконалення процесів ухвалення бізнес-рішень**

<b>Інструмент цифрових технологій</b>	<b>Опис інструменту для ухвалення бізнес-рішень</b>
Штучний інтелект	Штучний інтелект допомагає покращувати бізнес-рішення за допомогою автоматизації аналізування даних, визначення тенденцій і розроблення прогнозів, що дозволяє ухвалювати обґрунтовані та стратегічно важливі рішення
Аналізування великих даних	Аналізування великих даних дозволяє компаніям ухвалювати об'єктивніші й точніші рішення на основі глибшого розуміння змін споживчого попиту, ринкових тенденцій та операційної ефективності
Імітаційні моделі	Побудова імітаційних моделей дозволяє підприємствам тестувати й експериментувати з різними стратегіями, передбачаючи можливі сценарії та їх наслідки, що сприяє більш обдуманому та оптимальному ухваленню рішень
Візуалізація даних	Візуалізація даних полегшує розуміння складних взаємозв'язків і закономірностей, сприяючи швидкому та інтуїтивно зрозумілому бізнес-рішенню на основі чітко поданої інформації
Захист персональних даних	Ефективний захист персональних даних сприяє довірі клієнтів, дозволяючи підприємствам збирати, обробляти та використовувати дані відповідно до високих стандартів конфіденційності, що створює стабільну й етичну основу для ухвалення рішень

Як бачимо з таблиці 12, AI може бути надійним інструментом для ухвалення бізнес-рішень. Однак це може бути за певних умов порівняно з іншими інструментами. Надійність ШІ залежить від якості введення даних, точності алгоритмів і відповідності додатків ШІ конкретним завданням. У разі правильного застосування та навчання штучний інтелект може аналізувати величезні масиви даних, виявляти закономірності та генерувати ідеї, які людям, які ухвалюють рішення, може бути важко розпізнати. Проте важливо ураховувати потенційні похибки в даних, необхідність інтерпретації результатів рішень, а також постійний моніторинг і коригування систем ШІ для забезпечення надійності. Компанії повинні ретельно оцінити придатність та обмеження ШІ в їх конкретних умовах, перш ніж повністю покладатися на нього для ухвалення рішень. Його можна виконати за допомогою моделі процесу ухвалення бізнес-рішень.

У загальному вигляді модель процесу ухвалення бізнес-рішень можна виразити так:

$C/D \rightarrow D'$  – функція очищення даних;

$A/D' \rightarrow P$  – функція аналізування штучного інтелекту;

$D/P \rightarrow R$  – функція ухвалення рішення.

Процедуру ухвалення бізнес-рішень можна описати як склад таких функцій:

$$D = D' \cdot C \cdot A \cdot M, \quad (1)$$

де  $D$  – множина вхідних даних;  $P$  – множина параметрів моделі;

$M$  – модель штучного інтелекту;  $R$  – множина можливих рішень.

Формула (1) показує, що вхідні дані  $D$  обробляються за допомогою функції очищення даних  $C$ , функції аналізування штучного інтелекту  $A$  та моделі штучного інтелекту  $M$  для одержання остаточного набору рішень  $R$ .

Потрібно зазначити той факт, що тема штучного інтелекту набула популярності лише останніми роками. Зокрема, провівши тимчасове



### Список використаної літератури

1. Davenport T. H., Harris J., Shapiro J. Competing on talent analytics. *Harvard business review*. 2010. № 88 (10). P. 52–58.
2. Big Data, digital demand and decision-making / S. Green, E. McKinney Jr., K. Heppard, L. Garcia. *International Journal of Accounting & Information Management*. 2018. № 26 (4). P. 541–555.
3. Predicting changing pattern: building model for consumer decision making in digital market. *Journal of Enterprise Information Management* / A. Kumar et al. 2018. № 31 (5). P. 674–703.

## **4.2 Штучний інтелект для підвищення ефективності бізнесу та цивільного захисту**

Впровадження проривних технологій у виробничі процеси впливає на повсякденне суспільне життя. Технології штучного інтелекту використовують для підвищення ефективності бізнесу та продуктивності. Проте технології штучного інтелекту не останню роль можуть відіграти в цивільному захисті населення, попереджаючи про можливі загрози та надаючи рекомендації щодо вирішення критичних ситуацій. В умовах глобальних та локальних викликів, що є наслідками зміни клімату та регіональних військових конфліктів, технології штучного інтелекту можуть допомогти знайти безпечні місця й мінімізувати наслідки перебування в місцях підвищеної небезпеки. Доступ до геолокації для переносних пристроїв, що дозволяє технологіям штучного інтелекту оцінювати ситуацію, може мати як позитивні, так і негативні наслідки. Тому дослідження впливу штучного інтелекту як на економічну ефективність, так і на цивільний захист населення залишається відкритим науковим питанням. Завдяки всебічному аналізуванню це дослідження має на меті сприяти розумінню того, як підприємства можуть використовувати штучний інтелект для покращання процесу ухвалення рішень і цивільного захисту.

**Аналізування останніх досліджень та підходи до вирішення зазначених питань.** Технології ШІ, що включають машинне навчання, цифрове оброблення природної мови та створення прогнозної аналітики, змінюють традиційні парадигми ухвалення рішень у бізнесі й соціальній практиці.

Історично людська інтуїція, попередній досвід та обмежені доступні дані були основою ухвалення рішень. Однак зі збільшенням аналітичних даних технології штучного інтелекту стають усе більш поширеними. Компанії все частіше використовують аналізування великих даних та алгоритми для керівництва й удосконалення процесу ухвалення рішень (Gupta та ін., 2023).

Отже, наведемо дослідження впливу штучного інтелекту на ухвалення бізнес-рішень та покращання стану цивільного захисту населення. Завдяки дослідженню технічних, стратегічних та етичних аспектів використання

штучного інтелекту поставлене загальне завдання розкриття наслідків інтеграції штучного інтелекту в бізнес-процеси.

**Метою** є дослідження того, як підприємства можуть використовувати технології штучного інтелекту для підвищення економічної ефективності, зосередження на етичних міркуваннях і підвищення цивільного захисту населення.

**Матеріал дослідження.** Для оцінювання бібліометричних зв'язків між поняттями штучного інтелекту та цивільного захисту ми використали базу даних Scopus, що містить наукові статті та матеріали конференцій, присвячених дослідженню. Для дослідження було обрано період 2010–2023 років, оскільки за останні двадцять років штучний інтелект уже почав широко використовуватися в промислових, технологічних і соціальних процесах. Були встановлені фільтри для дослідження за ключовими словами «штучний інтелект» і «цивільний захист». У результаті було відібрано 209 видань. За допомогою бібліометричного інструменту VOSviewer виділено вісім блоків наукових досліджень, що стосуються штучного інтелекту та цивільного захисту.

Однак після проведення більш глибокого формально-логічного аналізу окремі блоки можна об'єднати в одну загальну групу. Хоча синій і фіолетовий блоки формально незалежні, вони утворюють групу мереж і баз даних, які є, по суті, подібними. Штучний інтелект, цивільний захист (разом з управлінням ризиками та готовністю) є окремими блоками, через які проходять усі інші зв'язки. Остання група вміщує системи підтримки ухвалення рішень та ухвалення рішень (рис. 21).

ШІ має великий потенціал для вирішення / пом'якшення основних суспільних проблем, включаючи демографічні зміни, громадську безпеку (табл. 13).



**Рисунок 21 – Бібліометричний аналіз зв’язків між концепціями штучного інтелекту та цивільним захистом**

З погляду актуальності дослідження саме після COVID-19 зріс інтерес науковців до оцінювання взаємодії між штучним інтелектом і цивільним захистом (рис. 22).



**Рисунок 22 – Часова періодизація досліджень взаємозв’язку між штучним інтелектом і цивільним захистом**

Таблиця 13 – Приклади застосування ШІ для цивільної оборони\*

№ пор.	Сфера застосування ШІ	Назва проєкту	Ключова особливість проєкту
1	Управління катастрофами	AIFER	Система використовує штучний інтелект для фіксації та оцінювання ситуації на прикладі сценарію повені. Різноманітні дані із супутників, літаків і дронів, а також дані із соціальних мереж будуть оцінюватися, узагальнюватися та оброблятися в режимі реального часу
2	Інтернет та кібербезпека	FAKE-ID	Розслідувати можливі атаки та підробки зображень і відео та розробити програмну платформу для їх виявлення за допомогою штучного інтелекту. Результатом буде система, яка зможе аналізувати потоки зображень і відеоданих у режимі реального часу та виявляти підроблені матеріали
3	Розкриття злочину	КІСТРА	Дослідити рамкові умови для етично та юридично виправданого використання штучного інтелекту слідчими органами щодо виявлення, запобігання й переслідування кримінальних правопорушень. Із цією метою розробляють різні методи штучного інтелекту для оброблення даних, які, за потреби, можна адаптувати
4	Тренування тактики віртуальної реальності для поліцейських	КАЙТ	VR-симулятор із підтримкою штучного інтелекту розробляють для навчання аварійних сил. Із його допомогою навчальні середовища можуть бути автоматично перенесені у VR як 3D-моделі, а широкий спектр сценаріїв розгортання може бути швидко інтегрований
5	Безпека тунелів і центрів управління тунелями	КІТТ	Проводять дослідження, щоб виявляти небезпечні ситуації в тунелях на ранній стадії та регулювати потік руху в режимі реального часу

Продовження таблиці 13

№ пор.	Сфера застосування ШІ	Назва проєкту	Ключова особливість проєкту
6	Попередження про повінь	KIWA	Інструменти на основі ШІ для попередження про повені розробляють і тестують. Моделювання процесів опадів та стоку в польових умовах на основі машинного навчання повинне дозволити швидко конвертувати метеорологічні прогнози в очікувані обсяги стоку
7	Система попередження про сильний дощ і міські раптові повені	KIWaSuS	Розширити локально точний прогнозований період локальної повені до двох годин у разі шторму
8	Шахрайство та корупція у сфері охорони здоров'я	Злочинні мережі	Це викликає пожадливість злочинців: за підрахунками, шахрайство з виставленням рахунків і корупція в системі охорони здоров'я завдають соціальній системі шкоди на 14 мільярдів євро щорічно. Однак не лише фінансова шкода виникає через те, що пацієнти не отримують необхідних послуг у зв'язку з шахрайством щодо виставлення рахунків
9	Рятувальні місії	БПЛА-рятувальник	У проєкті UAV-Rescue основним напрямком досліджень є безпілотна розвідувальна система з автономним розгортанням (БПЛА). Система буде розгорнута в сильно пошкоджених будівлях або тунелях, щоб створити повну тривимірну карту внутрішньої частини будівлі в режимі реального часу за допомогою штучного інтелекту та виявити можливі ознаки життя

\*Таблиця створена авторами на основі (Федеральне міністерство, 2024 р.)

Поширення технологій штучного інтелекту для систем цивільного сектору привертає увагу вчених у галузі безпеки та етики. Після публікації Європейським

Союзом етичних рекомендацій Trustworthy AI нормативні питання щодо застосування AI були критично оцінені (Schmid, Riebe, 2022). Моральний бік використання штучного інтелекту важливий, оскільки він допоможе мінімізувати ризики неконтрольованих рішень і зменшити очікувані втрати в тих процесах, де штучний інтелект призначений для оптимізації.

Люди, які ухвалюють рішення, повинні точно знати сценарії, за якими працюють технології штучного інтелекту, щоб мати змогу передбачити їх роботу. Допомога в ухваленні рішень і підтримка місцевого населення повинні бути своєчасними під час стихійного лиха чи форсмажорних обставин. Найшвидше заповнити цю нішу можуть технології штучного інтелекту. Машинне розпізнавання об'єктів актуальне для покращання польотів дронів (зокрема, вночі) та допомоги вночі й удень.

Використання даних про погоду та прогнозування погодних умов за допомогою штучного інтелекту в конкретній місцевості сприятимуть ефективному інформуванню населення про ризики перед та під час очікуваних сильних дощів, торнадо чи інших критичних погодних умов. Останнє дає змогу вести розвідку в складних погодних умовах.

**Висновки.** Системи цивільного захисту займаються підготовкою та координацією заходів для захисту населення, яке опинилося в зоні ризику. Ці завдання реалізуються не лише в «мирний час» через прогнозування можливих загроз, а й у періоди військових дій чи стихійних лих. Штучний інтелект може бути ефективно використаний у цивільному захисті для таких завдань, як прогнозування, запобігання надзвичайним ситуаціям, а також для управління й реагування в умовах кризи. Однією з основних переваг ШІ є здатність обробляти великі обсяги даних і надавати інформацію в реальному часі, що значно покращує ухвалення рішень у надзвичайних ситуаціях. Проте варто пам'ятати, що остаточна відповідальність за використання ШІ-технологій завжди покладена на людей, адже саме вони визначають параметри навчання алгоритмів і встановлюють критерії ухвалення рішень.

У цій роботі використаний бібліометричний інструмент VOSviewer і розглянуті вісім основних напрямків наукових досліджень, що поєднують штучний інтелект та цивільний захист. Дослідження засвідчують, що штучний інтелект разом із системами цивільної оборони та управління ризиками створює фундамент для розвитку інших напрямків. Проте емпіричне дослідження не виявило значущого зв'язку між використанням ШІ та підвищенням точності управлінських рішень. Це свідчить про те, що організаціям потрібно враховувати й інші фактори, що впливають на ухвалення ефективних рішень, оскільки інтеграція штучного інтелекту сама по собі не завжди гарантує бажаний результат.

В умовах сучасного високотехнологічного суспільства технології ШІ активно застосовують для оптимізації бізнес-процесів і покращання управління соціальними та економічними системами. З огляду на непередбачувані наслідки зміни клімату й потенційні регіональні конфлікти ці технології можуть також відігравати ключову роль у підвищенні рівня цивільної безпеки. Ми дослідили можливості використання ШІ для підвищення економічної ефективності та зміцнення систем цивільного захисту.

## Список використаної літератури

1. Федеральне міністерство освіти та досліджень. На основі наскрізних питань і діяльності. Схвалені проекти конкурсу «Штучний інтелект у дослідженнях цивільної безпеки», 2024. URL: [https://www.sifo.de/sifo/en/research-projects/cross-cutting-issues-and-activities/artificial-intelligence-in-civil-security-research/artificial-intelligence-in-civil-security-research\\_node.html](https://www.sifo.de/sifo/en/research-projects/cross-cutting-issues-and-activities/artificial-intelligence-in-civil-security-research/artificial-intelligence-in-civil-security-research_node.html).
2. Використання ШІ для прийняття стратегічних рішень і оптимізації ефективності бізнесу / К. Гупта та ін. *International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering*. 2023. № 11 (10s). P. 893–912. URL: <https://ijisae.org/index.php/IJISAE/article/view/3360>.
3. Schmid S., Riebe T. & Reuter C. Dual-Use and Trustworthy? A Mixed Methods Analysis of AI Diffusion Between Civilian and Defense R&D. *Science and Engineering Ethics*. 2022. № 28 (12). DOI: <https://doi.org/10.1007/s11948-022-00364-7>.

#### **4.3 Відновлення національної економіки через розвиток біоенергетики**

Щораз більший обсяг відходів та їх шкідливий вплив на довкілля створюють значні проблеми для традиційних систем управління відходами. Ці виклики ставлять під загрозу фінансову стабільність і перешкоджають спроможності країн досягти сталого розвитку. Оскільки глобальні тенденції все більше зосереджуються на перетворенні відходів на енергію й тепло, існує нагальна потреба адаптувати стратегії управління відходами для ефективного досягнення економічних, екологічних і соціальних цілей. Нездатність інтегрувати сучасні технології та практики перетворення відходів на енергію загрожує погіршенням екологічної деградації й стримуванням економічного зростання. Отже, розуміння цих глобальних тенденцій і розроблення стратегій для їх реалізації має вирішальне значення для сприяння стійкій і конкурентоспроможній економіці, одночасно вирішуючи безпосередні та довгострокові проблеми управління відходами.

В останніх дослідженнях та публікаціях зазначено про нагальну потребу в інноваційних підходах до управління відходами, зважаючи на зростання екологічних та економічних проблем. Дослідження дедалі більше зосереджуються на потенціалі технологій перетворення відходів на енергію як сталого вирішення проблеми відходів, актуальність якої зростає.

У дослідженнях Ruiz та ін. [1] і Govender та ін. [4] наголошено на значних капіталовкладеннях, необхідних для біогазових установок, що можуть бути перешкодою для входу. Потенціал доходу від продажу електроенергії чи тепла має вирішальне значення для визначення економічної життєздатності. У статтях Taleghani й Kia [3] та Akbulut [8] досліджено економічні переваги виробництва електроенергії з біогазу. Вартість і доступність сировини можуть значно вплинути на прибутковість біогазових установок. У дослідженнях Igliński та ін. [5] й Adeoti та ін. [7] йдеться про роль сировини в економіці.

Біогазові установки можуть сприяти зменшенню викидів парникових газів за допомогою вловлювання та утилізації метану, потужного парникового газу.

В дослідженнях Mukumba та ін. [2] і Obileke та ін. [9] обговорено екологічні переваги виробництва біогазу.

Вимоги щодо використання землі для біогазових установок можуть змінюватися залежно від масштабу роботи й типу використовуваної сировини. У працях Mæng та ін. [6] і Курбатової [10] досліджено наслідки використання біогазових установок.

Загалом зазначені дослідження відображають щораз більший консенсус щодо необхідності переходу до більш стійких систем управління відходами та дають цінну інформацію про переваги й проблеми впровадження технологій перетворення відходів на енергію.

Оцінювання потреб є ключовим етапом у плануванні та реалізації будівництва біогазової установки. Воно передбачає ретельне аналізування ринку та визначення рівня попиту на біогаз і супутні продукти. Важливо ураховувати як поточні, так і прогнозовані потреби споживачів, що сприятиме ефективному функціонуванню об'єкта в довгостроковій перспективі.

Детальне аналізування потреб дає змогу визначити основні ринкові сегменти, оцінити конкурентні переваги та ідентифікувати ключові фактори, що впливають на рівень попиту. Це дозволяє розробити ефективну маркетингову стратегію та план збуту, які допоможуть задовольнити потреби клієнтів і підвищити рентабельність проекту.

За результатами аналізування потреб у Сумській області було виявлено такі фактори:

**1 Енергетична інфраструктура.** Сумська область є одним із значущих енергетичних центрів, що входить до складу північної енергомережі разом із Полтавською та Харківською областями. Потужність регіональної енергосистеми становить близько 3 398 МВт, а середній рівень споживання електроенергії не перевищує 2 000 МВт. Це свідчить про наявний потенціал для впровадження альтернативних джерел енергії, наприклад, біогазових установок.

**2 Потенційні споживачі.** В регіоні розміщено значну кількість промислових підприємств, аграрних господарств, тепломереж і комунальних об'єктів. В області функціонує понад 300 промислових підприємств, що забезпечують виробництво значної частки національної промислової продукції, включаючи харчову промисловість, будівельні матеріали, хімічний сектор тощо. Використання біогазу може стати ефективною альтернативою традиційним видам палива та сприяти скороченню шкідливих викидів.

**3 Екологічний аспект.** Поліпшення стану довкілля та зменшення викидів шкідливих речовин є актуальними викликами для Сумської області, оскільки рівень забруднення повітря в регіоні перевищує допустимі норми. Використання біогазових технологій може допомогти знизити навантаження на екосистему та покращити якість повітря.

Отже, проведене аналізування свідчить про перспективність упровадження біогазових проєктів у регіоні, що відповідатиме як економічним, так і екологічним інтересам громади.

Регулювання будівництва та експлуатації біогазових установок ґрунтується на національних і міжнародних стандартах, законодавчих вимогах і нормативних актах. Додержання єдиних стандартів забезпечує якість і безпеку виробництва біогазу, а також мінімізує можливі ризики для довкілля та здоров'я людей.

В Україні функціонує власна система регулювання будівництва біогазових об'єктів, яка враховує міжнародний досвід, а також національні особливості. До правових документів, що визначають вимоги до проєктування, спорудження та експлуатації біогазових установок, належать Конституція України, Цивільний кодекс, Земельний кодекс, Водний кодекс, Лісовий кодекс, Будівельний кодекс, а також закони та підзаконні акти, що регулюють питання екологічної безпеки та енергетичної ефективності.

Ефективне впровадження біогазових технологій можливе за умови співпраці між місцевими органами влади, державними структурами, бізнес-сектором і громадськістю. Всі рішення щодо будівництва та експлуатації

біогазових об'єктів повинні ухвалювати на основі чинних законодавчих норм і регуляторних актів, як-от Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища», Закон України «Про альтернативні джерела енергії» та інші.

Крім того, важливим аспектом є екологічне оцінювання діяльності біогазових установок, що передбачає аналізування викидів парникових газів, рівня використання ресурсів, енергоефективності та можливих ризиків забруднення ґрунтів і водних об'єктів. Такий комплексний підхід дозволяє забезпечити сталий розвиток біоенергетики та зменшити негативний вплив на довкілля.

**Таблиця 14 – Комплексний підхід до екологічного оцінювання виробництва біогазу та будівництва біогазової установки [23]**

Викиди парникових газів	Для аналізування викидів CO <sub>2</sub> й метану необхідно виміряти кількість газів, що виділяються в процесі виробництва біогазу та його використання як джерела енергії. Ці дані можна зібрати за допомогою систематичного моніторингу виробничих процесів
Використання водних ресурсів	Для аналізування використання води необхідно виміряти об'єми води, використовуваної в процесі перетворення органічних матеріалів на біогаз на біогазових установках. Крім того, потрібно враховувати споживання води для очищення та утилізації відходів. Ці дані можна одержати з виробничих звітів і систематичного обліку
Вплив на ґрунти та біорізноманітність	Для оцінювання впливу будівництва та експлуатації біогазових установок на ґрунти та біорізноманітність необхідне детальне аналізування впливу на біологічну різноманітність і стан ґрунту. Ці дані можна одержати за допомогою польових досліджень та експертних оцінок

У сучасних умовах виробництво біогазу набуває все більшої актуальності як екологічно безпечне та фінансово вигідне джерело енергії. Проте успішна реалізація такого проєкту потребує ретельного стратегічного планування. Завдяки продуманій стратегії можна визначити основні етапи розвитку підприємства, проаналізувати ринок, оцінити конкурентне середовище та сформулювати ключові переваги продукту. Це сприяє ефективному досягненню поставлених цілей і забезпечує стабільність бізнесу.

Будівництво біогазових установок потребує значних фінансових вкладень, що може стати викликом для малого бізнесу. Однак існує кілька варіантів залучення фінансування: пошук приватних інвесторів, отримання державної підтримки або використання власного капіталу. Для залучення фінансових ресурсів необхідно розробити детальний бізнес-план, що продемонструє рентабельність проєкту та визначить терміни окупності. В умовах економічної нестабільності та військових викликів державні програми можуть бути спрямовані на підтримку вже наявних підприємств, тому більші шанси на отримання фінансування має залучення приватних інвесторів.

Фінансування проєкту є лише першим кроком. Важливо також урахувати інші аспекти, що впливатимуть на прибутковість бізнесу. Основою успішної реалізації є чіткий план, що передбачає дослідження ринку, визначення конкурентів і створення ефективної стратегії розвитку. У межах бізнес-плану необхідно передбачити підготовку документації, вибір локації, організацію постачання сировини, закупівлю обладнання, формування кадрового складу, а також розроблення маркетингової стратегії та фінансових прогнозів.

Вибір місця для виробництва є ключовим елементом, оскільки він безпосередньо впливає на логістику, витрати та ефективність роботи підприємства. Оптимально розміщена установка дозволяє зменшити витрати на транспортування сировини та продукції. Ураховуючи специфіку біогазового виробництва, доцільним варіантом може бути розміщення на території сміттєзвалищ, аграрних господарств або підприємств, що займаються

переробленням органічних відходів. Також важливими критеріями є доступність водних ресурсів і відповідність санітарним нормам.

Фінансові можливості інвестора визначають вибір між орендою або придбанням приміщення. Оскільки сектор біогазового виробництва в Україні ще перебуває на етапі розвитку, інвестування у великі виробничі площі може бути ризикованим. Для невеликої установки достатньо приміщення площею близько 500 квадратних метрів, що включатиме виробничі зони, склади, приміщення для персоналу та адміністративні офіси. Часто такі об'єкти розміщують поза межами населених пунктів, що знижує вартість оренди та забезпечує кращі умови співпраці з місцевою владою. У середньому витрати на оренду такого приміщення становлять приблизно 2 500 доларів за один місяць без урахування додаткових витрат на ремонт та обладнання.

Документальне забезпечення є важливою частиною процесу, оскільки дозволяє систематизувати діяльність підприємства та уникнути правових ризиків. Необхідно підготувати технічну документацію, отримати відповідні ліцензії та дозволи. Це особливо важливо для підприємств, що працюють з органічними відходами або потенційно небезпечними речовинами. Важливою є також співпраця з регуляторними органами, які здійснюють екологічний контроль. Оформлення необхідних документів може зайняти від чотирьох до восьми місяців.

Обладнання відіграє вирішальну роль у процесі виробництва біогазу. Вибір технологічних рішень повинен відповідати вимогам ефективності та екологічної безпеки. На світовому ринку вже є сучасні технології для виробництва біогазу, що забезпечують високу продуктивність. У країнах Європи, зокрема в Німеччині, широко використовують такі технології, а країни Азії та Латинської Америки активно розвивають цей напрям. В Україні доступність якісного обладнання поступово зростає, що сприяє розвитку біогазового бізнесу. Вартість обладнання залежить від обраного масштабу виробництва та може становити близько 150 тисяч доларів.

Для ефективної роботи підприємства необхідний кваліфікований персонал. Виробничий процес потребує цілодобового моніторингу обладнання, тому важливо сформувати команду фахівців. Навіть для невеликої установки необхідно близько 10–15 робітників, включаючи технічних спеціалістів, електриків та операторів. Також потрібні менеджери з постачання сировини, збуту продукції, ведення фінансової документації. Загальні витрати на заробітну плату можуть становити близько 30 000 доларів за 1 місяць.

Отже, для успішної реалізації проекту з виробництва біогазу необхідно враховувати низку ключових аспектів: фінансове забезпечення, вибір локації, закупівлю якісного обладнання та формування професійної команди. Комплексний підхід дозволить не лише оптимізувати витрати, а й забезпечити стабільний розвиток підприємства, що сприятиме енергетичній незалежності та екологічній безпеці країни.

**Канали збуту.** У воєнних реаліях України канали розподілу біогазу набувають особливого значення через нестабільність традиційних ринків і логістичних мереж. Розглянемо основні потенційні канали розподілу біогазу за таких умов:

1) енергетичні компанії та місцеві теплопостачальні підприємства. Біогаз можна використовувати для виробництва електроенергії й тепла. У воєнний час, коли зростає дефіцит традиційних видів палива, енергетичні компанії можуть бути зацікавлені в закупівлі біогазу для забезпечення стабільного постачання електроенергії й тепла населенню;

2) промислові підприємства. Деякі промислові підприємства, особливо ті, які займаються харчовою промисловістю чи сільським господарством, можуть використовувати біогаз як джерело енергії для своїх потреб. Це дозволяє їм зменшити свою залежність від традиційних енергетичних ресурсів, які можуть бути недоступними або дорогими;

3) сільськогосподарські ферми та операції. Великі сільськогосподарські підприємства з високим споживанням енергії можуть використовувати біогаз для

своїх енергетичних потреб. Крім того, вони можуть використовувати побічні продукти перероблення біогазу як добрива;

4) місцеві громади та муніципальні установи. Біогаз може стати важливим джерелом енергії для опалення, освітлення та інших потреб у сільській місцевості чи віддалених районах з обмеженим газопостачанням. Муніципалітети можуть інвестувати в інфраструктуру для виробництва та використання біогазу;

5) військові бази та польові госпіталі. Військові об'єкти та медичні установи поблизу зон бойових дій можуть використовувати біогаз для задоволення своїх енергетичних потреб, забезпечуючи більшу автономію та незалежність від традиційних джерел палива;

6) транспортні компанії. Біогаз можна використовувати як паливо для транспорту, зокрема, для громадського транспорту чи вантажних перевезень. У воєнний час це може бути стратегічно важливим для підтримки мобільності та забезпечення доставки товарів першої необхідності;

7) постачання біогазу для генераторів. У разі перебоїв з електроенергією використання біогазу для палива генераторів може бути критично важливим для підтримання роботи різних установ і підприємств.

Ці канали збуту допомагають підтримувати ситуацію в Україні та зберігати свою цінність на майбутнє. Після війни біогаз стане актуальним на ринку як екологічне паливо, що буде дешевшим і яке вигідніше купувати. Такий екологічно чистий та економічний результат оброблення завжди буде затребуваний.

**Маркетингова стратегія.** Ринок перероблення сміття ще не має високої конкуренції, тому значні витрати на рекламу не потрібні. Однак, щоб забезпечити міцні позиції на ринку в майбутньому, інформувати потенційних клієнтів про результати своєї роботи та підтримувати стабільні довгострокові відносини, рекомендуються такі рекламні заходи:

- публікація статей про діяльність компанії в спеціалізованих журналах і на відповідних сайтах;

- виготовлення та розповсюдження інформаційних брошур і листівок;
- створення та розповсюдження рекламної продукції для потенційних клієнтів.

З огляду на це запропонований щомісячний рекламний бюджет становить близько 10 000 доларів [29].

Під час реалізації будь-якого проєкту, особливо такого великого та складного, як створення біогазової установки, важливо розуміти витрати, пов'язані з різними етапами. Виявлення витрат є першим кроком у процесі планування та управління. Це дозволяє точно оцінити фінансові зусилля, необхідні для успішного завершення проєкту. Будь-яка недооцінка витрат може призвести до економічних проблем і затримок, тому важливо ретельно вивчити всі можливі аспекти та складові витрат.

Крім того, оцінювання ризиків відіграє вирішальну роль у плануванні проєкту. Заздалегідь виявлення потенційних загроз і непередбачуваних обставин дозволяє вживати запобіжних заходів та ефективного управління. Це може включати розроблення альтернативних стратегій, укладання контрактів зі страховими компаніями або зміну робочих процесів. Оцінювання ризиків може забезпечити більший контроль і стабільність на всіх етапах розроблення проєкту.

Нарешті, розроблення фінансової стратегії має вирішальне значення для успіху будь-якого проєкту. Це передбачає створення плану витрат, розподілу ресурсів та управління доходами й витратами впродовж життєвого циклу проєкту. Добре продумана фінансова стратегія дозволяє ефективно використовувати фінансові ресурси, мінімізує ризики та забезпечує фінансову стабільність під час реалізації проєкту.

Визначення витрат на створення біогазової установки відіграє вирішальну роль у плануванні та виконанні проєкту. Цей процес допомагає визначити фінансові зусилля, необхідні для успішної реалізації бізнес-ініціативи [29].

Основні витрати на створення біогазової установки включають придбання землі, проєктування та інжиніринг, будівництво, монтаж і закупівлю. Крім того, під час реалізації проєкту можуть виникнути витрати на транспортування,

документацію, маркетинг та інші аспекти. Важливою частиною аналізування є оцінювання стабільності й ефективності фінансових показників, що допоможуть визначити, чи є проєкт прибутковим та економічно вигідним. Більш детальний перелік видів витрат та їх оцінки наведено в таблиці 15.

Оцінювання ризиків також є важливим компонентом планування проєкту. Попереднє визначення потенційних загроз і ризиків дозволяє розробляти стратегії управління та допомагає мінімізувати їх негативний вплив на проєкт.

Таблиця 15 – Перелік змінних і постійних витрат (дол. США)

<b>Види витрат</b>	<b>Одноразові витрати</b>	<b>Постійні витрати на будівництво</b>	<b>Постійні витрати</b>	<b>Змінні витрати</b>
Придбання землі	50 000	–	–	–
Проектування та інжиніринг	20 000	–	–	–
Будівництво	100 000	–	–	–
Монтаж обладнання	30 000	–	–	–
Закупівля обладнання	150 000	–	–	–
Транспортні витрати	10 000	–	10 000/рік	–
Документація та ліцензування	15 000	–	–	–
Реклама та маркетинг	10 000	–	10 000/рік	–
Офісне обладнання та меблі	5 000	–	–	–
Оборотний капітал	–	–	20 000/рік	–

Продовження таблиці 15

<b>Види витрат</b>	<b>Одноразові витрати</b>	<b>Постійні витрати на будівництво</b>	<b>Постійні витрати</b>	<b>Змінні витрати</b>
Заробітна плата персоналу	–	–	360 000/рік	–
Сировина та матеріали	–	–	–	Залежно від обсягу
Енергоспоживання	–	–	–	Залежно від обсягу
Технічне обслуговування	–	–	5 000/рік	–
Фонд непередбачуваних витрат	–	–	–	–
<b>Разом</b>	390 000	–	75 000/рік	Залежно від обсягу

Ризики можуть включати коливання вартості матеріалів, технічні труднощі, затримки, зміни в законодавстві та інші непередбачувані обставини. Таблиця 16 визначає потенційні ризики, пов'язані з різними витратами, що можуть виникнути під час проектування, будівництва або експлуатації об'єкта. Всі ризики та їх опис детально наведено в таблиці 16.

Таблиця 16 – Оцінювання ризиків для створення установки з виробництва біогазу [30]

Тип ризику	Опис ризику
Придбання землі	Існує ризик зміни цін на нерухомість, а також можливі юридичні та нормативні перешкоди під час купівлі
Проектування та інжиніринг	Ризик технічних помилок у проєкті, які можуть призвести до затримки будівництва або збільшення витрат
Будівництво	Можливість затримки будівництва через погодні умови, непередбачувані технічні проблеми або зміни у вимогах законодавства
Монтаж обладнання	Ризик технічних проблем під час устанавлення, які можуть призвести до додаткових витрат або затримок запуску
Закупівля обладнання	Ризик зміни ціни на обладнання, а також ризик вибору невідповідного обладнання, що не відповідає потребам об'єкта
Транспортні витрати	Ризик збільшення транспортних витрат на матеріали та обладнання через зміну цін на паливо або непередбачувані обставини
Документація та ліцензії	Можливість затримок в отриманні необхідних документів і ліцензій через бюрократичні процедури або непередбачувані обставини
Реклама та маркетинг	Ризик неефективного використання рекламних ресурсів і можливість низького відгуку цільової аудиторії
Офісне обладнання та меблі	Ризик зміни цін на оргтехніку та меблі, а також ризик вибору невідповідної техніки для офісних потреб

Продовження таблиці 16

Тип ризику	Опис ризику
------------	-------------

Оборотний капітал і зарплата працівників	Ризик недостатності обігових коштів для покриття поточних витрат і можливість зміни рівня заробітної плати, що може призвести до незадоволеності працівників і плинності кадрів
Сировина та матеріали, енергоспоживання	Ризик зміни цін на сировину та матеріали, а також коливання вартості енергії, що може вплинути на загальні витрати виробництва
Технічне обслуговування	Можливість збільшення витрат на обслуговування через технічні проблеми або непередбачувані витрати

Аналізування даних дало змогу заздалегідь виявити можливі труднощі та загрози, що можуть виникнути на різних етапах реалізації проєкту. Крім того, було визначено основні категорії витрат, необхідні для ефективного виконання запланованих робіт. Установлення витрат допомогло оцінити ресурси, фінансування й трудові вкладення, необхідні для успішного впровадження проєкту. Аналізування ризиків дозволило ідентифікувати можливі проблеми та визначити механізми їх мінімізації. Завдяки цьому можна зменшити ймовірність перевищення бюджету та затримок у виконанні завдань, що є критично важливим для своєчасного завершення проєкту.

Формування фінансової стратегії передбачає розроблення чіткого плану управління грошовими потоками впродовж усього життєвого циклу проєкту. Вона охоплює бюджетування, контроль доходів і витрат, а також упровадження фінансових механізмів для збереження стабільності. Грамотно спланована стратегія управління фінансами дозволяє забезпечити стабільний розвиток підприємства, зменшити ризики та ефективно використовувати наявні ресурси.

На основі аналізування визначено ключові принципи фінансового управління, що сприятимуть підвищенню прибутковості бізнесу за мінімальних витрат:

- формування фінансового резерву для покриття можливих непередбачуваних витрат у процесі реалізації проєкту;
- системний підхід до контролю щомісячних витрат для підтримання фінансової стійкості підприємства;
- моніторинг витрат на матеріали, енергію та сировину з метою зниження ризиків їх подорожчання;
- укладання довгострокових контрактів із надійними постачальниками для мінімізації витрат на технічне обслуговування та ремонти;
- пошук додаткових джерел фінансування й залучення інвестицій для стабільного зростання підприємства;
- регулярне аналізування ринкової ситуації для швидкого реагування на зміни та оптимізації витрат.

Застосування цих фінансових механізмів сприятиме мінімізації ризиків та забезпечить сталість економічного розвитку проєкту.

Аналізування прибутковості є важливим елементом оцінювання життєздатності бізнес-ініціативи, зокрема, у сфері біогазового виробництва. Цей показник визначає економічну ефективність проєкту та його інвестиційну привабливість, а також дає змогу оцінити терміни окупності вкладених коштів.

Зважаючи на складність упровадження новітніх екологічних рішень та нестабільність енергетичного ринку, оцінювання фінансових показників стає важливим компонентом бізнес-планування. Воно допомагає врахувати потенційні ризики, спрогнозувати можливі вигоди та визначити оптимальні стратегії управління фінансами.

Для моделювання прибутковості припустимо, що біогазова установка повинна щоденно переробляти близько 65 тонн органічних відходів. До таких відходів можуть належати харчові залишки, стічні води, відходи аграрного виробництва та інші органічні матеріали. Оцінювання цієї кількості базується на спостереженнях за заповненням контейнерів для сміття поблизу житлових районів та підприємств, що можуть постачати сировину.

Для обчислення потенційного прибутку від продажу виробленого біогазу необхідно враховувати кілька важливих факторів, зокрема, обсяг сировини, ефективність процесу виробництва, конверсію енергії та можливі витрати. Також потрібно оцінити економічні показники, що впливають на рентабельність біогазової установки, зокрема, ціни на енергоресурси, собівартість перероблення та витрати на експлуатацію обладнання.

#### *Дані для розрахунку*

Обсяг переробленої сировини: 65 тон органічних відходів за 1 добу.

Вихід біогазу: 100 м<sup>3</sup> біогазу на 1 тонну вихідної сировини.

Енергетичний еквівалент біогазу: 1 м<sup>3</sup> = 6 кВт/год енергії.

ККД ТЕС: 35 % (електрика), 50 % (тепло).

Кількість робочих днів у році: 365 днів.

#### *Розрахунок виходу біогазу та енергії*

1 Добовий вихід біогазу:

$$65 \text{ тон/добу} \cdot 100 \text{ м}^3/\text{тонну} = 6500 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

2 Добовий вихід енергії:

$$6500 \text{ м}^3/\text{добу} \cdot 6 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^3 = 39000 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{добу}.$$

3 Добовий вихід електроенергії (враховуючи ефективність 35 %):

$$39000 \text{ кВт/год} \cdot 0,35 = 13650 \text{ кВт/год}.$$

4 Додова теплова енергія (враховуючи ККД 50 %):

$$39000 \text{ кВт/год} \cdot 0,50 = 19500 \text{ кВт/год}.$$

#### *Річний вихід енергії*

Річна вироблена електроенергія:

$$13650 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{день} \cdot 365 = 4982250 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{рік}.$$

Річний вихід теплової енергії:

$$19500 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{день} \cdot 365 = 7117500 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{рік}.$$

### *Дохід від продажу енергії*

Якщо припустити, що електроенергія продається за 0,10 дол. США/кВт · год, а тепло – 0,05 дол. США/кВт · год, річний дохід від продажу електроенергії [34]:

$$4982250 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік} \cdot 0,10 \text{ дол. США/кВт} \cdot \text{год} = 498225 \text{ дол. США/рік.}$$

Річний дохід від продажу теплової енергії:

$$7117500 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік} \cdot 0,05 \text{ дол. США/кВт} \cdot \text{год} = 355875 \text{ дол. США/рік.}$$

Загальний річний дохід:

$$498225 \text{ USD/рік} + 355875 \text{ USD/рік} = 854100 \text{ USD/рік.}$$

Використовуючи наведені раніше дані про витрати в таблиці 15, розрахуємо загальні постійні витрати.

Загальні постійні витрати за 1 рік:

$$10000 + 10000 + 20000 + 360000 + 5000 = 405000 \text{ доларів США/рік.}$$

На основі зібраної інформації про витрати та доходи створюється річний прибуток:

$$854100 \text{ USD/рік} - 405000 \text{ USD/рік} = 449100 \text{ USD/рік.}$$

У разі спорудження біогазової установки, здатної щодня обробляти 65 тонн органічних відходів і генерувати електроенергію й тепло, прогнозований річний прибуток може досягати приблизно 449100 доларів США. Ця оцінка враховує операційні витрати та доходи від реалізації виробленої енергії. Важливими чинниками успішності проекту є ефективне управління ресурсами, оптимізація витрат, пошук додаткових джерел доходу та потенційні перспективи розширення діяльності в межах міста й регіону.

Для визначення прибутковості проекту використовують формулу прибутковості:

$$ROI = \left( \frac{Net Profit}{Total Investment} \right) \cdot 100 \% - 100 \%$$

Підставивши всі значення, ми одержимо такий результат:

$$ROI = (\$449100/\$390000) \cdot 100 \% - 100 \% = 15,15 \%$$

Незважаючи на те, що показник рентабельності є нижчим, ніж той, який міг би бути привабливим для інвесторів в Україні через відносно скромну

віддачу порівняно з інвестованим капіталом, важливо визнати, що проєкт є прибутковим. Крім того, ціни та обсяги, зібрані з різних джерел, можуть коливатися з часом і відповідно до ситуації в країні. Подібним чином такі фактори, як розмір підприємства, кількість персоналу та якість обладнання, також можуть впливати на прибутковість. Однак цей проєкт є перспективним з екологічного погляду. Він засвідчує позитивний показник рентабельності, який можна вважати економічно вигідним для інвестування та отримання прибутку. Крім того, це ресурс, який поповнюється щодня й може дати користь людству.

Аналізування економічної доцільності будівництва біогазового комплексу в Сумській області свідчить про його перспективність як важливого інфраструктурного об'єкта, що сприятиме виробництву енергії та створенню цінної продукції. Детальне дослідження фінансових аспектів, включаючи прибутковість, рентабельність та рівень витрат, підтвердило, що реалізація цього проєкту має економічний сенс. Висновки дослідження свідчать про те, що створення біогазової установки може стати ефективним напрямком інвестування, спрямованим на зміцнення регіональної економіки.

З огляду на поточні виклики, зокрема наслідки військової агресії, питання відновлення економіки та забезпечення стійкого розвитку набувають особливого значення. У післявоєнний період ключовою метою стане не лише відбудова інфраструктури, а й формування екологічно орієнтованої економічної моделі. Розвиток проєктів, спрямованих на екологічну безпеку та енергонезалежність, зокрема, створення біогазового заводу в Сумській області, може стати вагомим внеском у цей процес.

Фокусування на біогазовій галузі є не лише відповіддю на сучасні енергетичні та екологічні виклики, а й стратегічним рішенням для довгострокового сталого розвитку країни. Такий підхід сприятиме підвищенню енергоефективності, збереженню природних ресурсів та формуванню безпечного середовища для наступних поколінь.

## Список використаної літератури

1. Environmental and economic analysis of power generation in a thermophilic biogas plant / D. Ruiz et al. *Science of the Total Environment*. 2018. № 633. С. 1418–1428.
2. A possible design and justification for a biogas plant at Nyazura Adventist High School, Rusape, Zimbabwe / P. Mukumba, G. Makaka, S. Mamphweli, S. Misi. *Journal of Energy in Southern Africa*. 2013. № 24 (4). С. 12–21.
3. Taleghani G., Kia A. S. Technical-economical analysis of the Saveh biogas power plant. *Renewable energy*. 2005. № 30 (3). С. 441–446.
4. Govender I., Thopil G. A., Inglesi-Lotz R. Financial and economic appraisal of a biogas to electricity project. *Journal of Cleaner Production*. 2019. № 214. С. 154–165.
5. Agricultural biogas plants in Poland: Investment process, economical and environmental aspects, biogas potential / B. Igliński et al. *Renewable and sustainable energy reviews*. 2012. № 16 (7). С. 4890–4900.
6. Mæng H., Lund H., Hvelplund F. Biogas plants in Denmark: technological and economic developments. *Applied energy*. 1999. № 64 (1–4). С. 195–206.
7. Engineering design and economic evaluation of a family-sized biogas project in Nigeria / O. Adeoti, M. O. Ilori, T. O. Oyebisi, L. O. Adekoya. *Technovation*. 2000. № 20 (2). С. 103–108.
8. Akbulut A. Techno-economic analysis of electricity and heat generation from farm-scale biogas plant: Çiçekdağı case study. *Energy*. 2012. № 44 (1). С. 381–390.
9. Economic analysis of biogas production via biogas digester made from composite material / K. Obileke et al. *ChemEngineering*. 2022. Vol. 6, Issue 5. 67 p.
10. Kurbatova T. O. Economic benefits for producers of biogas from cattle manure within energy co-operatives in Ukraine, 2018.
11. Конституція України. *Відомості Верховної Ради України*. 1996. № 30. Ст. 141.
12. Цивільний кодекс України : Закон України від 16.01.2003 № 435-IV. *Відомості Верховної Ради України*. 2003. № 40. Ст. 356.

13. Земельний кодекс України : Закон України від 25.10.2001 № 2768-III. *Відомості Верховної Ради України*. 2002. № 3–4. Ст. 27.
14. Водний кодекс України : Закон України від 06.06.1995 № 213/95-ВР. *Відомості Верховної Ради України*. 1995. № 24. Ст. 189.
15. Лісовий кодекс України : Закон України від 21.01.1994 № 3852-XII. *Відомості Верховної Ради України*. 1994. № 17. Ст. 99.
16. Містобудівний кодекс України : Закон України від 17.02.2011 № 3038-VI. *Відомості Верховної Ради України*. 2011. № 34. Ст. 343.
17. Будівельний кодекс України : Закон України від 17.02.2011 № 3038-VI. *Відомості Верховної Ради України*. 2011. № 34. Ст. 343.
18. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» : Закон України від 25.06.1991 № 1264-XII. *Відомості Верховної Ради України*. 1991. № 41. Ст. 546.
19. Закон України «Про відходи» : Закон України від 05.03.1998 № 187/98-ВР. *Відомості Верховної Ради України*. 1998. № 36–37. Ст. 242.
20. Закон України «Про альтернативні джерела енергії» : Закон України від 20.02.2003 № 555-IV. *Відомості Верховної Ради України*. 2003. № 24. Ст. 155.
21. Закон України «Про енергоефективність будівель та споруд» : Закон України від 22.06.2017 № 2118-VIII. *Відомості Верховної Ради України*. 2017. № 33. Ст. 355.
22. Постанова Кабінету Міністрів України «Про схвалення Стратегії енергетичної політики України до 2035 року» : Постанова від 18.08.2017 № 605. *Офіційний вісник України*. 2017. № 68. Ст. 1993.
23. Економія довкілля і природних ресурсів : монографія / Ю. В. Дзядикувич та ін. Тернопіль : Астон, 2016. 392 с.
24. Безугла А. С. Відходи: проблеми та шляхи вирішення їх утилізації. *Сучасні проблеми економіки та підприємництва*. 2014. Вип. 15. С. 47–48.
25. Що саме відноситься до твердих побутових відходів (ТПВ)?  
URL: <https://ecostyle.ua/shho-same-vidnositsja-do-tverdih-pobutovih-vidhodiv-tpv/>.

26. Для чого Швеція скуповує сміття? Світовий досвід боротьби зі звалищами. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/2039097-dla-cogo-svecia-skupovue-smitta-svitovij-dosvid-borotbi-zi-zvalisami.html>.
27. Обладнання для виробництва біогазу. URL: <https://utc.bio/biogazovi-kompleksy/obladnannya-dlya-vyrobnyctva-biogazu>.
28. Сміттєпереробні заводи, сміттєсортувальні заводи. URL: <https://autoline.com.ua/-/musoropererabatyvayushchie-zavody--c1621>.
29. Облік виробничих витрат і випуску готової продукції. Актив-Софт – програми для бізнесу та бухгалтерії в Україні. URL: <https://aktiv.ua/ua/materials/articles/uchet-proizvodstvennyh-zatrat>.
30. Серпенінова Ю. С., Денисенко В. О. Особливості обліку витрат на розробку та дослідження при створенні внутрішньо генерованого нематеріального активу. *Вісник Запорізького національного університету*. 2013. № 2 (18). С. 116–120.
31. Пандас А. В., Федерка Т. М. Особливості визначення рентабельності будівельних підприємств. *Економіка і суспільство*. 2020. Вип. 22.
32. Прибуток та рентабельність як детермінанти розвитку підприємства / О. М. Вовк, А. М. Ковальчук, Я. І. Комісаренко, А. В. Джулай. *Modern Economics*. 2020. № 21 (2020). С. 37–44.
33. Курочкіна О. Рентабельність підприємства як основний показник ефективності його діяльності. *ЛОГОС*. 2020. URL: <https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/2663-4139/article/view/6877>.
34. Утилізація відходів виробництва. URL: <https://www.vtorma.ua/ua/poslugi-zbir-i-pererobka-vtorsirovini-ta-promislovih-vidhodiv-v-ukrayini>.

#### **4.4 Інтеграція цифрових трансформацій у політику сталого розвитку та цивільного захисту**

##### *Рекомендації для державних органів та місцевих адміністрацій*

Державні органи повинні створити та реалізувати національні стратегії, що визначають пріоритети використання цифрових технологій для досягнення цілей сталого розвитку. Ці стратегії повинні містити використання великих даних, Інтернету речей (IoT), штучного інтелекту (ШІ) та інших інноваційних технологій для моніторингу й управління природними ресурсами, зниження екологічних ризиків і реагування на надзвичайні ситуації.

Місцеві адміністрації повинні враховувати специфіку свого регіону під час розроблення цифрових інструментів для управління природними ресурсами та цивільним захистом, адаптуючи їх до місцевих умов.

Рекомендується забезпечити всі рівні управління необхідними ресурсами для цифровізації, зокрема, для навчання персоналу органів місцевої влади, технічного забезпечення та підтримання інфраструктури. Важливим є створення цифрових центрів, які б координували використання цифрових технологій на місцях, а також забезпечували підготовку кадрів і громадську обізнаність.

Важливою є взаємодія між центральними органами та місцевими адміністраціями для обміну досвідом і координації зусиль на різних рівнях.

Створення та вдосконалення цифрових систем для раннього попередження про природні й техногенні катастрофи. Це передбачає використання супутникових технологій, датчиків, Інтернету речей (IoT) для збирання та аналізування даних про стан довкілля в реальному часі.

Державні органи повинні забезпечити інтеграцію цих систем на національному рівні, щоб інформація про потенційні загрози могла оперативно передаватися до місцевих органів влади для ухвалення рішень.

Необхідно створити стимули для розвитку інноваційних стартапів і бізнесів, які працюють у сфері цифрових технологій, щодо екологічного й цивільного захисту. Це може бути зроблено через пільгове оподаткування, державні гранти, партнерства між урядом та приватним сектором.

Місцеві адміністрації можуть сприяти розвитку місцевих інноваційних хабів, де підприємства, науковці та громадські організації можуть розробляти нові рішення для вирішення актуальних проблем.

Потрібно активно залучати громадян до цифровізації через освітні кампанії, що підвищують обізнаність про можливості цифрових технологій у захисті довкілля та забезпеченні безпеки. Це може передбачати проведення тренінгів, вебінарів, громадських слухань.

Рекомендується створювати онлайн-платформи для збирання громадських ініціатив, моніторингу екологічної ситуації та взаємодії громадян з органами місцевої влади під час надзвичайних ситуацій.

Важливим є створення національної політики управління даними, яка забезпечить прозорість, доступність та безпеку даних. Місцеві адміністрації повинні дотримуватися стандартів зберігання та оброблення даних, особливо коли йдеться про чутливу інформацію, що стосується цивільного захисту й екології.

Рекомендується забезпечити високий рівень кібербезпеки для всіх цифрових платформ, щоб уникнути витоків інформації та зловмисних атак, що можуть призвести до катастрофічних наслідків.

Оскільки проблеми цивільного захисту та екологічного розвитку мають глобальний характер, державні органи повинні активно співпрацювати з міжнародними організаціями та іншими державами у сфері цифрових технологій. Це дозволить обмінюватися досвідом, застосовувати кращі практики та створювати спільні цифрові проекти для вирішення глобальних проблем.

Необхідно забезпечити державне фінансування для розвитку цифрової інфраструктури в регіонах, особливо у віддалених або слаборозвинених. Місцеві адміністрації повинні активно залучати інвестиції та партнерства з міжнародними фінансовими установами для розвитку інноваційних проєктів.

## *Роль міжурядових організацій та міжнародних стандартів*

Міжурядові організації, такі як ООН, Світовий банк, Європейський Союз та інші міжнародні інституції, відіграють ключову роль у координації глобальних зусиль щодо впровадження цифрових трансформацій для еколого-економічного розвитку й цивільного захисту. Ці організації є посередниками між урядами різних країн, надаючи платформу для обміну досвідом, розроблення спільних ініціатив та моніторингу ефективності їх упровадження. Вони допомагають забезпечити сталий розвиток через застосування цифрових технологій, сприяючи адаптації до зміни клімату, боротьбі з екологічними загрозами та покращанню систем цивільного захисту.

Міжурядові організації активно працюють над розробленням міжнародних політик і стандартів у галузі екологічної безпеки та цивільного захисту. Наприклад, Конвенція ООН про зміну клімату (UNFCCC) та Інтернаціональна організація цивільної авіації (ICAO) співпрацюють для визначення глобальних стандартів щодо управління природними катастрофами, використання цифрових технологій для раннього попередження та забезпечення ефективного реагування на надзвичайні ситуації. Вони розробляють механізми для спільного реагування на глобальні екологічні й техногенні загрози, що потребують інтеграції цифрових технологій у національні системи цивільного захисту.

Міжурядові організації відіграють вирішальну роль в установленні міжнародних стандартів для цифрових трансформацій, які забезпечують безпеку, ефективність і сталий розвиток. Ці стандарти охоплюють різні аспекти, включаючи управління даними, кібербезпеку, використання технологій для моніторингу довкілля, управління ризиками та реагування на надзвичайні ситуації. Наприклад, стандарти ISO (Міжнародна організація зі стандартизації) для кібербезпеки або сталого управління водними ресурсами допомагають країнам забезпечити узгодженість щодо використання технологій, сприяючи більш ефективному реагуванню на екологічні виклики.

Міжурядові організації відіграють важливу роль у сприянні обміну технологіями та найкращими практиками між країнами. Через різні програми й

ініціативи, як-от глобальна ініціатива з розбудови інфраструктури чи програми технологічної допомоги, ці організації допомагають країнам, які розвиваються, запроваджувати інноваційні цифрові рішення для сталого розвитку та цивільного захисту. Це дозволяє країнам мати доступ до передових технологій, уникаючи водночас помилок, яким можна було б запобігти через досвід інших держав.

Міжурядові організації, надаючи країнам механізми моніторингу та оцінки виконання міжнародних зобов'язань, допомагають забезпечити підзвітність і прозорість у процесі реалізації цифрових трансформацій. Наприклад, ООН через свої органи та програми здійснює моніторинг прогресу країн у досягненні Цілей сталого розвитку (SDGs), багато з яких включають елементи цифрових трансформацій. Організації, як-от ООН та Світовий банк, публікують щорічні звіти та аналізи, що допомагають оцінити ефективність упровадження цифрових технологій у різних країнах і регіонах.

Міжурядові організації є важливими каталізаторами для розвитку міжнародних партнерств між урядами, приватним сектором, науковими установами та громадянським суспільством. Вони створюють платформи для співпраці, наприклад, міжнародні конференції, семінари та форуми, що дозволяють сторонам обговорювати виклики, технологічні інновації й можливості у сфері цифрових трансформацій. Це сприяє інтеграції новітніх технологій у стратегії еколого-економічного розвитку та цивільного захисту.

Міжурядові організації через фінансову й технічну допомогу можуть сприяти розвитку цифрової інфраструктури в країнах, які розвиваються. Це важливо для забезпечення доступу до необхідних технологій, як-от супутниковий моніторинг, системи раннього попередження катастроф, технології для управління природними ресурсами та інші інструменти для сталого розвитку. Країни, які мають обмежений доступ до цифрових ресурсів, можуть отримати підтримку через міжнародні фонди, що сприятиме скороченню технологічного відставання.

## *Стратегії адаптації цифрових технологій для різних регіонів та секторів*

Цифрові технології можуть бути впроваджені по-різному залежно від регіональних особливостей, а саме: рівня економічного розвитку, доступу до інфраструктури, географічного положення та соціальних умов. Адаптація цифрових технологій повинна враховувати специфіку кожного регіону для досягнення максимального ефекту. Ось кілька ключових аспектів адаптації:

- **регіональні особливості доступу до технологій.** Віддалені або слаборозвинені регіони можуть мати обмежений доступ до інтернет-мереж або цифрових інструментів. У такому разі необхідно створювати стратегії, зосереджені на побудові інфраструктури (розширення доступу до мережі «Інтернет», забезпечення покриття мобільними мережами, встановлення базових станцій для збирання та передавання даних);

- **кліматичні та екологічні умови.** Регіони, які зазнають екстремальних кліматичних змін (наприклад, посухи, повені або урагани), потребують впровадження технологій для моніторингу та прогнозування природних катастроф. Цифрові системи раннього попередження та аналізування великих даних можуть бути адаптовані до специфічних кліматичних умов для покращання готовності до надзвичайних ситуацій;

- **соціальні та культурні контексти.** Врахування культурних та соціальних особливостей місцевих громад є важливим фактором для успішної адаптації цифрових технологій. Це передбачає переклад контенту на місцеві мови, залучення місцевих лідерів та громадських організацій до процесу впровадження нових технологій, а також урахування рівня цифрової грамотності.

Цифрові технології мають величезний потенціал для оптимізації процесів у різних секторах економіки. Однак кожний сектор має свої потреби, виклики та можливості, що повинні бути враховані під час впровадження цифрових рішень:

- **аграрний сектор.** Для сільського господарства важливим є використання технологій для моніторингу стану ґрунтів, рослин і тварин, прогнозування

врожайності, автоматизації поливу та зрошення, а також оптимізації логістики для зберігання й транспортування продуктів. Інструменти, наприклад, дрони, сенсори та системи збирання великих даних, можуть забезпечити високоточне управління аграрними процесами та зниження екологічного впливу на довкілля;

- **енергетичний сектор.** Цифрові технології у сфері енергетики можуть бути застосовані для підвищення ефективності енергоспоживання, інтеграції відновлюваних джерел енергії, а також управління розподілом енергії та моніторингу енергетичних мереж. Стратегії адаптації включають використання смартметрів для точного обліку споживаної енергії, впровадження інтелектуальних мереж для зниження втрат енергії та покращання стабільності постачання;

- **промисловий сектор.** У виробничій сфері цифровізація може передбачати автоматизацію виробничих процесів, використання робототехніки та Інтернету речей (IoT) для моніторингу та керування машинами, а також упровадження інтелектуальних систем для управління ланцюгами постачання. Інтеграція великих даних й аналітики дозволяє підприємствам знижувати витрати, покращувати якість продукції та оптимізувати ресурси;

- **транспортний сектор.** Цифрові технології в транспорті включають автоматизацію процесів керування транспортними потоками, використання смартдорожних систем для покращання безпеки руху, а також упровадження електричних та автономних транспортних засобів. Стратегії адаптації можуть також передбачати розвиток інфраструктури для електричних автомобілів і моніторинг викидів парникових газів;

- **охорона здоров'я.** У сфері охорони здоров'я цифрові технології дозволяють упроваджувати телемедицину, використання електронних медичних записів, а також системи для моніторингу здоров'я пацієнтів у реальному часі через переносні пристрої. Адаптація технологій у цьому секторі повинна включати розвиток інфраструктури для зберігання та обміну медичними даними, а також покращання кібербезпеки для захисту чутливої інформації;

• **освітній сектор.** Цифрові технології можуть бути використані для покращання доступу до освіти, розвитку онлайн-платформ для навчання, впровадження інструментів для моніторингу та оцінювання знань студентів. У кожному регіоні важливо адаптувати ці технології до рівня цифрової грамотності студентів та викладачів, а також забезпечити доступ до необхідних технологій у віддалених або сільських районах.

Адаптація цифрових технологій повинна здійснюватися не лише на рівні окремих секторів, а й у контексті міжсекторального підходу, який сприяє інтеграції різних галузей для досягнення сталого розвитку. Наприклад, у сільському господарстві можна застосовувати інтелектуальні технології для моніторингу та управління природними ресурсами, що безпосередньо впливає на екологічний стан. В енергетичному секторі цифрові технології можуть допомогти інтегрувати відновлювані джерела енергії та зменшити викиди вуглецю, що позитивно позначиться на стані довкілля.

#### *Успішні проєкти у сфері еколого-економічного розвитку*

1 Проєкт «Зелена енергія для міста: смартмережі в Стокгольмі». Стокгольм став одним із перших міст у світі, яке реалізувало масштабну ініціативу з використання смартмереж для управління енергетичними ресурсами. У межах цього проєкту місто інтегрувало відновлювані джерела енергії, наприклад, сонячні панелі та вітрові турбіни, в наявні енергетичні мережі (рис. 23). Цифрові технології були використані для автоматичного регулювання постачання енергії з різних джерел, що дозволило зменшити витрати на енергію та забезпечити її стабільне постачання навіть за змінних погодних умов.



**Рисунок 23 – Встановлення зарядної станції високої потужності від відновлюваних джерел енергії для електроавтомобілів у м. Стокгольмі (джерело: [www.jolt.energy](http://www.jolt.energy))**

В результаті реалізації проєкту виведено з експлуатації кілька застарілих електростанцій, що працювали на викопних паливних ресурсах. Викиди CO<sub>2</sub> скоротилися на 30 %, а загальний обсяг енергії, отриманої з відновлюваних джерел, збільшився до 50 %.

Використання смартмереж допомогло оптимізувати енергоспоживання та знизити витрати на енергетичні ресурси. Залучення приватних інвестицій до відновлюваних джерел енергії стало стимулом для створення нових робочих місць у секторі зеленої енергетики.

2 Проєкт «Агроінновації для сталого розвитку: пілотний проєкт у Кенії». У Кенії було реалізовано пілотний проєкт, спрямований на покращання сільськогосподарського виробництва за допомогою цифрових технологій. Фермери використовували мобільні додатки для моніторингу стану ґрунту, погодних умов та потреб у воді. Також була впроваджена система для управління

поливом, що базується на даних про рівень вологості ґрунту та прогнози погоди (рис. 24). Ці технології дозволили оптимізувати використання води та добрив, зменшити витрати й підвищити врожайність.



**Рисунок 24 – Встановлення сонячного водяного насоса в Кенії**

(джерело: [www.snv.org](http://www.snv.org))

Зменшення використання водних ресурсів та хімічних добрив сприяло зниженню екологічного навантаження на довкілля. Також було зменшено ризик ерозії ґрунтів завдяки більш точному контролю за поливом.

Врожаї збільшилися на 20 %, а фермери змогли знизити витрати на ресурси (вода, добрива), що позитивно вплинуло на їх доходи. Проєкт також сприяв створенню нових робочих місць у сфері агротехнологій та мобільних сервісів.

3 Проект «Сталий туризм: зелені технології на Мальдівах». Мальдівські острови є одними з найбільш уразливих до змін клімату регіонів світу, тому місцева влада й туристичні компанії розробили проєкт, спрямований на зменшення екологічного сліду туристичної галузі. Основними елементами проєкту стали використання відновлюваних джерел енергії в готелях і на курортах (сонячні панелі, енергія хвиль), а також упровадження безвідхідних технологій для управління відходами та водними ресурсами (рис. 25). Туристи мали змогу брати участь у волонтерських програмах із захисту коралових рифів та відновлення природних екосистем.



**Рисунок 25 – Курорт на Мальдівах із сонячними панелями**  
(джерело: [www.traveltrademaldives.com](http://www.traveltrademaldives.com))

Використання відновлюваних джерел енергії дозволило скоротити залежність від викопних видів палива та знизити викиди CO<sub>2</sub>. Відновлення коралових рифів і зменшення впливу туризму на морську екосистему стали важливими кроками в збереженні біорізноманітності.

Туристична галузь зберегла свою конкурентоспроможність завдяки впровадженню зелених технологій, що привернуло нову категорію туристів, орієнтованих на сталий туризм. Крім того, зниження енергетичних витрат та підвищення ефективності використання ресурсів дозволили знизити операційні витрати готелів.

4 Проект «Цифрове управління водними ресурсами: ініціатива в Індії». В Індії була розпочата ініціатива з використання цифрових технологій для управління водними ресурсами в сільських районах (рис. 26). У межах цього проекту було впроваджено системи моніторингу рівня води в місцевих водоймах, а також мобільні додатки для збирання даних про використання води в сільському господарстві. Інформація з датчиків у режимі реального часу дозволила органам влади оптимізувати розподіл водних ресурсів і знизити втрати.



**Рисунок 26 – Цифрове управління водними ресурсами в Індії  
від компанії «Hitachi»**

(джерело: [www.social-innovation.hitachi](http://www.social-innovation.hitachi))

Проект сприяв збереженню водних ресурсів і зменшенню витрат води на полив, що допомогло знизити ризики для екосистем, пов'язаних із виснаженням водних джерел.

Фермери змогли зменшити витрати на воду та підвищити ефективність сільськогосподарського виробництва. Програма також допомогла створити нові

робочі місця у сфері ІТ та водного менеджменту, а місцеві громади отримали доступ до новітніх технологій для сталого використання водних ресурсів.

5 Проект «Вуглецево-нейтральне місто: успішний досвід Копенгагена». Копенгаген, прагнучи стати першим вуглецево-нейтральним містом у світі до 2025 року, розробив комплексну стратегію цифрової трансформації. Проект передбачав упровадження смартмістових технологій, зокрема, інтелектуальних систем для керування транспортними потоками, енергоефективного освітлення, а також широке використання відновлюваних джерел енергії (рис. 27). Ці заходи дозволили значно знизити рівень викидів CO<sub>2</sub>.



**Рисунок 27 – Гірськолижний схил на даху  
Копенгагенського ресурсного центру  
(джерело: Ritzau Scanpix Denmark/Reuters)**

Завдяки цифровим технологіям та впровадженню енергоефективних рішень місто знизило рівень викидів CO<sub>2</sub> на 40 % порівняно з рівнем 2005 року.

Крім покращання екологічного стану, проєкт дав економічні вигоди, зокрема, через скорочення витрат на енергоспоживання, створення нових

робочих місць у секторі зелених технологій та залучення інвестицій у розвиток інфраструктури смартміст.

*Приклади ефективного використання цифрових технологій  
в управлінні надзвичайними ситуаціями*

Цифрові технології відіграють ключову роль в управлінні надзвичайними ситуаціями, забезпечуючи швидке реагування, координацію дій та мінімізацію втрат. Успішні приклади застосування таких технологій продемонстровані в різних країнах і сферах.

1 Система раннього попередження про землетруси в Японії. Японія є однією з найбільш сейсмічно активних країн світу, тому впровадження ефективної системи раннього попередження стало критично важливим завданням. Уряд та приватні компанії розробили систему Earthquake Early Warning (EEW), що базується на тисячах сейсмографів, установлених по всій країні.

Коли сейсмографи фіксують початкові хвилі землетрусу (Р-хвилі), система миттєво аналізує їх параметри та прогнозує силу й місце основного поштовху (S-хвиль). Сповіщення автоматично надсилаються на мобільні телефони, телебачення, радіостанції та громадські інформаційні табло. Автоматично активуються механізми безпеки, наприклад, зупиняються швидкісні поїзди Shinkansen та перекриваються газопроводи.

Завдяки цифровим технологіям вдається скоротити час попередження до кількох секунд або хвилин, що дозволяє людям шукати укриття. Запобігаються масові жертви та зменшуються руйнування інфраструктури.

2 Використання штучного інтелекту для прогнозування ураганів у США. Національне управління океанічних та атмосферних досліджень США (NOAA) застосовує штучний інтелект (ШІ) для вдосконалення прогнозування ураганів.

ШІ аналізує супутникові знімки, дані про температуру океану, атмосферний тиск та швидкість вітру. Нейромережі прогнозують маршрут урагану та оцінюють рівень ризику для конкретних регіонів. Цифрові платформи

надають населенню та рятувальним службам точні рекомендації щодо евакуації та підготовки.

У 2020 році алгоритми ШІ допомогли на 30 % точніше передбачити маршрут урагану «Лаура», що дозволило вчасно евакуювати людей і мінімізувати втрати.

3 Цифрові платформи для координації допомоги під час повеней у Європі. У 2021 році Західна Європа зіткнулася з масштабними повенями. Для швидкої реакції уряди використовували цифрові платформи для координації рятувальних операцій та допомоги постраждалим.

Використовували платформи, що базуються на геоінформаційних системах (GIS), для моніторингу рівня води в режимі реального часу. Додатки на смартфонах дозволяли жителям надсилати повідомлення про затоплені райони. Рятувальники використовували дрони для оцінювання масштабів катастрофи та визначення безпечних шляхів евакуації.

Завдяки цифровим картам і дронам удалося швидко виявити критичні райони та оптимізувати евакуацію. Системи обміну даними між країнами допомогли скоординувати міжнародну допомогу.

4 Використання дронів для ліквідації пожеж в Австралії. Під час масштабних лісових пожеж в Австралії уряд та волонтерські організації активно використовували дрони для моніторингу й гасіння вогню.

Безпілотники, обладнані тепловізорами, виявляли осередки займання навіть у важкодоступних районах. Дрони з розпилювачами води допомагали контролювати пожежі до прибуття основних підрозділів. Алгоритми ШІ аналізували метеорологічні дані та передбачали напрямок поширення вогню.

Використання дронів скоротило час реагування на пожежі на 40 %. Вдалося врятувати значні території лісів та запобігти загибелі людей.

5 Системи розумного відеоспостереження для громадської безпеки в Сінгапурі. Сінгапур упровадив систему «розумного міста», що включає відеоспостереження з елементами штучного інтелекту для швидкого реагування на надзвичайні ситуації.

Камери з технологією розпізнавання облич та аномальної поведінки відстежують натовпи під час масових заходів. У разі виявлення підозрілих дій або загроз система автоматично повідомляє поліцію. Дані з камер інтегруються з іншими цифровими сервісами, наприклад системою громадського транспорту, для швидкого реагування.

Рівень злочинності в місті знизився на 25 %. Удалося запобігти кільком терактам та масовим заворушенням.

#### *Вплив на соціальну стабільність та розвиток громад*

Цифровізація адміністративних послуг спрощує взаємодію громадян із державними установами та зменшує корупційні ризики. Наприклад, електронне урядування (e-Government) в країнах ЄС та Естонії дає змогу громадянам одержувати адміністративні послуги онлайн, скорочуючи бюрократію, а дистанційна медицина в сільських регіонах Індії та Африки – отримувати медичні консультації без необхідності відвідування лікарень.

#### ***Соціальні ефекти:***

- скорочення бюрократичних процедур та підвищення прозорості;
- збільшення довіри до державних інституцій;
- покращання доступу до якісної медицини та освіти.

Ширший доступ до цифрових технологій сприяє рівним можливостям для різних соціальних груп. Наприклад, програми цифрової грамотності в Латинській Америці допомагають жінкам і представникам уразливих груп набути нових навичок та працевлаштуватися, безкоштовний Wi-Fi в громадських місцях (наприклад, у Барселоні) забезпечує рівний доступ до інформації для всіх громадян.

#### ***Соціальні ефекти:***

- підвищення рівня освіти та професійної мобільності;
- розширення можливостей для вразливих верств населення;
- скорочення цифрового розриву між містом та селом.

Цифрові платформи відіграють важливу роль у формуванні громадянського суспільства та сприяють швидкому реагуванню на соціальні

виклики. Наприклад, громадські ініціативи через соціальні мережі (зокрема, петиції, збирання коштів для допомоги постраждалим від надзвичайних ситуацій), використання технологій блокчейну для забезпечення прозорості виборів у різних країнах.

***Соціальні ефекти:***

- підвищення рівня соціальної довіри та участі громадян в ухваленні рішень;
- покращання комунікації між владою та суспільством;
- посилення механізмів громадського контролю.

Технологічні інновації створюють нові робочі місця та змінюють формат праці. Наприклад, розвиток платформ віддаленої роботи (Upwork, Fiverr) дозволяє людям працювати з будь-якої точки світу, підтримання стартапів через цифрові платформи фінансування (зокрема, краудфандингові сайти, як-от Kickstarter).

***Соціальні ефекти:***

- розширення можливостей для самозайнятості та підприємництва;
- зменшення безробіття серед молоді;
- зміцнення локальних економік через цифрову торгівлю.

Попри позитивні ефекти, цифрові трансформації також становлять певні загрози для соціальної стабільності.

***Основні ризики:***

- кіберзагрози та витік персональних даних;
- автоматизація та втрата робочих місць;
- залежність від цифрових платформ та інформаційна маніпуляція.

Для мінімізації цих ризиків необхідно розробляти комплексні державні політики з кібербезпеки, підтримання працевлаштування та боротьби з дезінформацією.

### *Екологічні наслідки застосування цифрових технологій*

Цифрові технології відіграють значну роль у формуванні сучасної екологічної політики та зменшенні негативного впливу людської діяльності на довкілля. Завдяки розвиненим системам дистанційного зондування стало можливим відстежувати зміни клімату, аналізувати рівень забруднення повітря, води та ґрунтів, а також прогнозувати можливі екологічні катастрофи. Використання великих даних дозволяє оптимізувати використання природних ресурсів, що сприяє сталому розвитку суспільства.

Інтернет речей (IoT) забезпечує ефективний моніторинг екологічних показників у містах та промислових зонах. Датчики якості повітря й рівня викидів допомагають вчасно реагувати на екологічні загрози. Смартмережі, що інтегруються в енергетичну систему, сприяють зменшенню споживання електроенергії та підвищенню ефективності відновлюваних джерел енергії. Завдяки цифровим технологіям оптимізуються логістичні процеси, що знижує викиди парникових газів та допомагає боротися з глобальним потеплінням.

Штучний інтелект усе частіше використовують для аналізування екологічних даних та прогнозування природних катастроф. Ці алгоритми здатні оцінювати ризики, пов'язані зі змінами клімату, й розробляти стратегії мінімізації негативного впливу. Використання дронів для моніторингу лісових масивів, океанів і промислових зон допомагає виявляти незаконні вирубки, забруднення водойм та стихійні сміттєзвалища.

Однак упровадження цифрових технологій також має свої екологічні виклики. Нарощуваний обсяг виробництва електронних пристроїв призводить до збільшення електронних відходів, що містять токсичні речовини, небезпечні для довкілля. Утилізація старих гаджетів та компонентів залишається однією з найбільших екологічних проблем цифрової епохи. До того ж робота датацентрів, які обробляють величезні масиви інформації, потребує значних енергетичних витрат, що також сприяє зростанню викидів CO<sub>2</sub>.

Для мінімізації негативного впливу цифрових технологій необхідно розробляти екологічно дружні підходи до виробництва та утилізації електроніки.

Використання відновлюваних джерел енергії для живлення датацентрів є одним із можливих рішень. Крім того, все більше компаній запроваджують принципи колової економіки, створюючи пристрої, які можна переробляти або використовувати повторно.

Цифровізація також змінює стиль життя людей, спонукаючи до більш екологічно свідомої поведінки. Віртуальні зустрічі та віддалена робота зменшують потребу в транспорті та знижують рівень забруднення повітря. Онлайн-освіта дозволяє зменшити споживання паперу та ресурсів, витрачених на утримання навчальних закладів. Смарттехнології в містах допомагають зменшити енергетичні витрати завдяки інтелектуальним системам освітлення та управління транспортними потоками.

Попри всі переваги цифрових рішень, їх ефективне використання потребує узгоджених дій на рівні державної політики, бізнесу та громадян. Важливо не лише впроваджувати інновації, а й оцінювати їх вплив на довкілля, розробляючи стратегії для мінімізації потенційних загроз. Баланс між технологічним прогресом та екологічною безпекою повинен стати пріоритетом для сталого розвитку людства.

#### **4.5 Прогноз розвитку цифрових трансформацій в еколого-економічній та цивільній сферах**

Розвиток цифрових трансформацій в еколого-економічній та цивільній сферах стає ключовим фактором забезпечення сталого розвитку суспільства. Технологічні інновації сприяють підвищенню ефективності використання ресурсів, зниженню екологічного навантаження та зміцненню системи цивільного захисту. В майбутньому цифрові технології продовжать відігравати важливу роль у формуванні екологічно орієнтованої економіки та забезпеченні безпеки населення.

Одним з основних напрямів цифрових трансформацій стане впровадження штучного інтелекту та машинного навчання в управління природними

ресурсами. Ці технології дозволять аналізувати великі обсяги даних про стан довкілля, прогнозувати можливі екологічні загрози та розробляти ефективні стратегії їх запобігання. Використання великих даних у сфері екологічного аналізу дасть змогу виявляти закономірності в зміні клімату та покращувати прогнозування природних катастроф.

Розвиток Інтернету речей сприятиме оптимізації споживання енергії, води та інших ресурсів. Завдяки інтелектуальним сенсорам і системам моніторингу уряди й бізнес зможуть вчасно реагувати на зміни в довкіллі та впроваджувати більш раціональні моделі управління. Впровадження «розумних» енергетичних мереж дозволить підвищити ефективність використання відновлюваних джерел енергії та знизити навантаження на електромережі.

У сфері цивільного захисту цифрові технології допоможуть покращити координацію дій у разі надзвичайних ситуацій. Використання безпілотних літальних апаратів дозволить оперативно оцінювати масштаби стихійних лих, контролювати зони екологічного забруднення та забезпечувати швидку доставку гуманітарної допомоги. Геоінформаційні системи сприятимуть розробленню карт ризиків та оптимізації процесів евакуації населення.

Розвиток блокчейн-технологій відіграватиме значну роль у забезпеченні прозорості екологічних ініціатив. Використання розподілених реєстрів дасть змогу ефективніше контролювати викиди парникових газів, відстежувати додержання екологічних стандартів та сприяти відповідальному використанню природних ресурсів. Це також сприятиме розвитку концепції «зеленого» фінансування та підвищенню довіри до екологічних програм.

Важливим аспектом майбутніх цифрових трансформацій стане розвиток екологічного моделювання. Завдяки потужним комп'ютерним симуляціям можна буде прогнозувати наслідки змін клімату, розробляти сценарії адаптації економіки до нових екологічних умов та оцінювати ефективність природоохоронних заходів. Такий підхід дозволить ухвалювати обґрунтовані рішення у сфері сталого розвитку та мінімізувати ризики екологічних криз.

Автоматизація промислових процесів сприятиме зменшенню екологічного навантаження на довкілля. Використання роботизованих систем дозволить знизити рівень відходів, зменшити забруднення та підвищити ефективність перероблення вторинних матеріалів. Упровадження технологій циркулярної економіки сприятиме створенню замкнених виробничих циклів, що дозволить скоротити споживання невідновлюваних ресурсів.

Однією з ключових тенденцій стане цифровізація екологічного моніторингу. Використання супутникових даних та штучного інтелекту дозволить більш точно оцінювати стан довкілля, виявляти джерела забруднення й розробляти ефективні програми їх усунення. Завдяки мобільним додаткам громадяни зможуть брати активну участь у моніторингу екологічної ситуації, повідомляючи про випадки незаконного вирубування лісів, забруднення водою та інші екологічні порушення.

Цифрові платформи також відіграватимуть важливу роль у розвитку екологічної освіти та підвищенні екологічної свідомості населення. Онлайн-курси, мобільні додатки та інтерактивні сервіси сприятимуть поширенню знань про сталий розвиток, екологічну відповідальність та методи мінімізації негативного впливу на довкілля. Це сприятиме формуванню культури відповідального споживання та підтриманню екологічних ініціатив.

Важливим напрямом цифрової трансформації стане розвиток «розумних» міст. Інтелектуальні транспортні системи, екологічно чистий громадський транспорт та автоматизовані системи управління відходами сприятимуть зниженню рівня забруднення й покращанню якості життя населення. Використання цифрових технологій у міському плануванні дозволить створювати більш комфортні, безпечні та екологічно збалансовані міста.

Розвиток цифрових технологій також вплине на аграрний сектор. Використання дронів для моніторингу полів, точне землеробство та автоматизовані системи управління фермерськими господарствами сприятимуть підвищенню врожайності та зменшенню негативного впливу сільськогосподарської діяльності на довкілля. Це допоможе знизити витрати

води, мінімізувати використання хімікатів та забезпечити більш стале використання земельних ресурсів.

Загалом прогноз розвитку цифрових трансформацій в еколого-економічній та цивільній сферах свідчить про їх ключову роль у забезпеченні сталого розвитку. Інноваційні технології відкривають нові можливості для оптимізації використання ресурсів, підвищення рівня екологічної відповідальності та покращання безпеки населення. Однак їх ефективне впровадження потребує узгоджених дій на міжнародному рівні, підтримання державної політики та активної участі громадянського суспільства. Лише комплексний підхід до цифрової трансформації дозволить досягти гармонійного балансу між технологічним прогресом та екологічною стійкістю.

В Україні цифрові трансформації у сфері еколого-економічного розвитку та цивільного захисту набувають усе більшого значення, особливо у контексті адаптації до змін клімату та післявоєнного відновлення. Впровадження цифрових технологій сприяє покращанню моніторингу довкілля, зокрема, через використання супутникових даних та Інтернету речей для контролю за якістю повітря й води. Українські міста поступово упроваджують концепцію «розумного міста», що дозволяє оптимізувати енергоспоживання, покращити управління відходами та модернізувати громадський транспорт. У сільському господарстві зростає використання дронів і точного землеробства, що допомагає підвищити ефективність ведення агробізнесу та знизити екологічне навантаження. У сфері цивільного захисту цифрові платформи й геоінформаційні системи сприяють оперативному реагуванню на надзвичайні ситуації, зокрема, під час ліквідації наслідків військових дій. Україна активно співпрацює з міжнародними організаціями щодо питань екологічного моніторингу та цифровізації екологічного контролю. Блокчейн-технології починають використовувати для підвищення прозорості екологічних проєктів та контролю за виконанням екостандартів. Розвиток цифрових освітніх платформ сприяє підвищенню екологічної обізнаності населення та поширенню знань про сталий розвиток. Використання штучного інтелекту для аналізування

екологічних даних дозволяє покращувати управління природними ресурсами та прогнозувати екологічні загрози. У перспективі цифровізація стане одним із ключових інструментів екологічного відновлення України, сприяючи її сталому розвитку та інтеграції в європейський екологічний простір.

## ВИСНОВКИ

Проведене аналізування проблематики розроблення науково-методичних підходів до забезпечення цивільного захисту, повоєнного відновлення, соціально та екологічно збалансованого розвитку економіки за допомогою ефективного впровадження цифрових трансформацій дозволило зробити низку висновків, а саме:

1 Знання, навички, досвід і творчий потенціал працівників формують основу інтелектуального капіталу, що відіграє ключову роль в упровадженні цифрових технологій та стратегій. Використання штучного інтелекту з його аналітичними можливостями й здатністю до автоматизації сприяє підвищенню точності, швидкості та ефективності робочих процесів. Поєднання людського капіталу та сучасних технологій створює ефект синергії, що значно прискорює цифрову трансформацію. Компанії, які ефективно застосовують ці ресурси, отримують конкурентні переваги та оперативніше реагують на зміни в бізнес-середовищі.

2 Розглянуто різні підходи до ціноутворення у сфері ІТ-аутсорсингу, зокрема, модель «час і матеріали», тарифікація за одиницю або на вимогу, фіксовані ціни, метод «вартість-плюс», ціноутворення, що базується на ефективності, а також моделі розподілу прибутку та спільного управління ризиками й винагородами. Проведене аналізування погодинних ставок і ключових переваг аутсорсингових напрямків у різних регіонах, включаючи Східну Європу, Азію, Латинську Америку та Африку. Встановлено, що основними факторами вибору місця для аутсорсингу ІТ-проєктів є рівень професійної підготовки фахівців, співвідношення ціни та якості послуг, а також географічна зручність регіону для бізнесу.

3 Сучасні виклики потребують розвитку економіки з урахуванням принципів сталості та охорони довкілля. Для зменшення негативного впливу господарської діяльності на екосистеми необхідно активно впроваджувати екологічно безпечні технології, ефективно управляти відходами, інвестувати

у відновлювані джерела енергії та додержуватися принципів відповідального природокористування.

4 Цивільний захист у контексті цифрових трансформацій і сучасних викликів демонструє важливість технологічного розвитку та адаптації для забезпечення ефективної й стійкої системи безпеки населення. Цифрові трансформації можуть значно підвищити здатність України реагувати на надзвичайні ситуації, мінімізувати наслідки кризових подій і забезпечити швидке відновлення.

5 Зростаюче використання технологій Industry 4.0 та ШІ створює нові виклики у сфері кібербезпеки. Водночас це відкриває можливості для розвитку цифрового суверенітету, коли країна розвиває власні рішення у сфері захисту критичних даних, інформаційної інфраструктури та мережевої безпеки. Війна актуалізувала питання захисту даних і державних інформаційних систем, тому розроблення кібербезпекових платформ із використанням ШІ стане важливим компонентом післявоєнної відбудови. Інвестиції в кібербезпеку допоможуть захистити національну цифрову інфраструктуру від зовнішніх загроз.

6 У контексті відновлення після війни макроекономічні динамічні моделі визначення повоєнного стану національної соціально-економічної системи з урахуванням впливу Industry 4.0 і технологій штучного інтелекту наголошують на важливості стратегічного планування та адаптації до сучасних трендів, як-от цифровізація економіки, розвиток «розумних» інфраструктур і технологічних платформ. Отже, макроекономічні моделі не лише відображають нинішній стан економіки, а й надають прогноз щодо її подальшого розвитку, дозволяючи адаптувати політики та ресурси для досягнення стабільного й стійкого зростання.

7 Для реалізації цифрової трансформації важливо адаптувати підхід до моделювання та аналізування діяльності компанії, ретельно досліджуючи різні рівні деталізації й використання відповідних нотацій для створення чіткої картини бізнес-процесів, що є вирішальною основою для подальшої оптимізації та управління. На основі аналізування та практичного застосування, яке ми

провели, рекомендуємо враховувати описані елементи та рекомендації під час розроблення механізмів управління цифровою трансформацією.

8 Технології штучного інтелекту можуть відігравати важливу роль у сфері цивільного захисту, зокрема, прогнозуванні, запобіганні та координації дій у надзвичайних ситуаціях. Вони сприяють створенню інформаційних баз і сценаріїв реагування, забезпечуючи швидке підтримання ухвалення рішень. Однією з ключових переваг штучного інтелекту є можливість оброблення великих масивів даних у режимі реального часу через хмарні технології. Водночас відповідальність за його застосування, зважаючи на етичні аспекти та можливі наслідки, покладається на людей. Технологічна ефективність штучного інтелекту не завжди узгоджується із загальнолюдськими цінностями, що може створювати як нові можливості, так і потенційні загрози для суспільного життя.

Наукове видання

**Вороненко В'ячеслав Ігорович,  
Кубатко Олександр Васильович,  
Омельяненко Віталій Анатолійович та ін.**

# **Цифрові трансформації для забезпечення еколого-економічного розвитку та цивільного захисту**

## **Монографія**

За загальною редакцією доктора економічних наук, професора О. В. Кубатка,  
кандидата економічних наук, доцента В. І. Вороненка

Художнє оформлення обкладинки О. В. Бруєвої  
Редакторка С. М. Симоненко  
Комп'ютерне верстання О. В. Кубатка, В. І. Вороненка

Формат 60×84/16. Ум. друк. арк. 11,39. Обл.-вид. арк. 15,89.

Видавець і виготовлювач  
Сумський державний університет,  
вул. Харківська, 116, м. Суми, 40007

Свідоцтво про внесення суб'єкта господарювання до Державного реєстру видавців,  
виготовлювачів і розповсюджувачів видавничої продукції ДК № 8193 від 15.10.2024.