

DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-61-5>

УДК 338.2:65.01:658.5

# ЦИФРОВА ЕРА: ТРАНСФОРМАЦІЯ ТА ВИКЛИКИ ПЕРЕХІДНОГО ПЕРІОДУ ВІД «INDUSTRY 4.0» ДО «INDUSTRY 5.0»<sup>1</sup>

## DIGITAL ERA: TRANSFORMATION AND CHALLENGES OF THE TRANSITION PERIOD FROM "INDUSTRY 4.0" TO "INDUSTRY 5.0"

Калініченко Людмила Леонідівна

доктор економічних наук, професор,  
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9847-8448>

Kalinichenko Liudmyla

V.N. Karazin Kharkiv National University

У статті проаналізовано розвиток технологічних і цифрових трансформації в історії людства, зосереджуючись на перехідних періодах від «Industry 4.0» до «Industry 5.0». Розглянуто, як переходи між промисловими ерами впливають на формування економіки, соціальної структури та екологічних умов у світі. Основна увага приділяється аналізу переходу від «Industry 4.0», характерної високим рівнем автоматизації та використанням кібер-фізичних систем, до «Industry 5.0», яка передбачає більшу інтеграцію людини в технологічний процес та акцент на персоналізації, сталому розвитку та соціальній відповідальності. Також в статті розкрито, як цифровізація та технологічний прогрес змінюють економічні моделі, створюють нові можливості для бізнесу та суспільства, а також які виклики вони несуть. Обговорюються ключові тенденції та інновації, що впливають на ринок праці, освіту, здоров'я, та екологічну безпеку. Наголошено на необхідності гармонійного співіснування технологічного прогресу та сталого розвитку, враховуючи етичні аспекти впровадження новітніх технологій. В статті також розглядаються стратегії адаптації до швидких змін, необхідності реформування освітньої системи для підготовки кадрів, здатних працювати в нових умовах, а також питання екологічної відповідальності бізнесу та урядів. Висунуто тезу про критичну роль міжнародної співпраці та політичної волі у вирішенні глобальних викликів, пов'язаних з цифровою трансформацією. Матеріали статті можуть бути використані державними органами для розробки стратегій цифрової трансформації, економічної політики та освітніх ініціатив, а також для створення нормативно-правової бази, яка сприятиме інноваційному розвитку і сталому використанню технологій; представниками бізнесу для планування своїх стратегій інновацій та цифрової трансформації, адаптації до змін у споживчих вимогах, підвищення ефективності та впровадження принципів сталого розвитку; освітніми закладами для розробки та адаптації навчальних програм, спрямованих на підготовку спеціалістів, здатних працювати в умовах цифрової економіки та промисловості 5.0.

**Ключові слова:** «Industry 4.0», «Industry 5.0», цифрова трансформація, Систейновий розвиток, цифрові технології, гармонійне співіснування.

The article analyses the development of technological and digital transformations in the history of mankind, focusing on the transitional periods from "Industry 4.0" to "Industry 5.0". It is considered how transitions between industrial eras affect the formation of the economy, social structure, and environmental conditions in the world. The focus is on the analysis of the transition from "Industry 4.0", characterized by a high level of automation and the use of cyber-physical systems, to "Industry 5.0", which involves a greater integration of people into the technological process and an emphasis on personalization, sustainable development and social responsibility. The article also reveals how digitalization and technological progress change economic models, create new opportunities for business and society, as well as what challenges they bring. Key trends and innovations affecting the labour market, education, health, and environmental safety are discussed. The need for a harmonious coexistence of technological progress and sustainable development, taking into account the ethical aspects of the introduction of the latest technologies, is emphasized. The article also discusses strategies for adapting to rapid changes, the need to reform the educational

<sup>1</sup> Стаття підготовлена в рамках науково-дослідної роботи «Фундаментальні засади переходу України до цифрової економіки на основі реалізації Industries 3.0; 4.0; 5.0» (№ 0124U000576), що фінансується з держбюджету України.

system to train personnel capable of working in new conditions, as well as the issue of environmental responsibility of business and governments. The thesis is put forward about the critical role of international cooperation and political will in solving global challenges related to digital transformation. The materials of the article can be used by state bodies to develop strategies for digital transformation, economic policy and educational initiatives, as well as to create a regulatory and legal framework that will promote innovative development and sustainable use of technologies; by business representatives to plan their innovation and digital transformation strategies, adapt to changes in consumer requirements, improve efficiency and implement the principles of sustainable development; educational institutions for the development and adaptation of training programs aimed at training specialists capable of working in the conditions of the digital economy and industry 5.0.

**Keywords:** "Industry 4.0", "Industry 5.0", digital transformation, system development, digital technologies, harmonious coexistence.

**Постановка проблеми.** У сучасному світі швидкого технологічного прогресу, вивчення ключових періодів технологічного розвитку людства стає особливо актуальним. Розуміння етапів індустріальної та цифрової ери відіграє важливу роль не лише у вивченні минулого, але й у кращому розумінні впливу технологічних змін на сучасні процеси розвитку суспільства.

Розгляд історичного контексту технологічного розвитку від першої індустріальної революції до сучасних цифрових технологій та розуміння цих перехідних процесів допомагає ідентифікувати ключові тенденції, визначити важливі виклики та перспективи, розробити стратегії адаптації до нових перспектив системного розвитку.

Зростання конкуренції на ринках та швидкий темп технологічних інновацій підсилюють важливість вивчення перехідних процесів між Четвертою та П'ятою промисловими революціями. Аналіз перехідних процесів від «Digital 1.0» до «Digital 4.0» в рамках "Industry 4.0", стає ключовим для підготовки до наступного етапу "Industry 5.0", що підкреслює актуальність досліджень у цій області. Підприємства, які швидко адаптуються до нових технологічних вимог і виробничих методів, отримують конкурентну перевагу, забезпечуючи собі стійке місце на ринку. Тому дослідження, спрямовані на аналіз цих процесів, є надзвичайно важливими для бізнесу та економічного розвитку в цілому.

Поміж іншого, вплив перехідних процесів від Четвертої до П'ятої промислових революцій на зайнятість та професійну орієнтацію людей вимагає перегляду соціально-економічних моделей зайнятості та перепідготовки працівників. Дослідження можуть сприяти виявленню можливостей для створення нових робочих місць та розробці навчальних програм для майбутніх поколінь фахівців.

Отже, дослідження в цій області можуть допомогти суспільству адаптуватися до швид-

ких змін у виробничих та економічних процесах, забезпечуючи стале економічне зростання та соціальну стабільність. Додатково, у зв'язку зі зростанням соціальної та екологічної свідомості суспільства, важливо досліджувати, як інновації в галузі промисловості можуть сприяти досягненню системного розвитку. Таким чином, з ростом технологічних можливостей постають важливі завдання щодо забезпечення стійкого соціального розвитку, збалансованого економічного зростання та екологічної сталості, для чого необхідна системна стратегія, яка враховуватиме всі аспекти впливу технологій на суспільство. Вивчення основних технологічних етапів набуває великої важливості, оскільки воно дозволяє краще зрозуміти еволюцію технологічного прогресу та його вплив на сучасне суспільство.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Першими науковцями які згадали про цифрову еру, були фахівці з різних галузей, серед яких можна відзначити соціолога Мануеля Кастельса, який в своїй трилогії «The Information Age: Economy, Society and Culture» описує перехід від індустріального суспільства до інформаційного. Кастельс наголошує на взаємозв'язку соціальних, економічних і політичних особливостей суспільства і стверджує, що «мережа» є визначальною рисою, яка відзначає нашу поточну епоху (Castells, 1996, 1997, 1998).

Іншими науковцями, які внесли значний вклад у розвиток концепції цифрової ери, є винахідник та футурист Рей Курцвейл. У його книзі "The Age of Spiritual Machines: When Computers Exceed Human Intelligence" Курцвейл вважає, що еволюція є доказом того, що люди одного разу створять машини, розумніші за них. Курцвейл прогнозує, що машини з інтелектом людського рівня будуть доступні з обчислювальних пристроїв протягом кількох десятиліть. (Kurzweil, 1999).

Професор аналітики навчання Девід Вільямсон Шаффер стверджує, що нові

обчислювальні інструменти проблематизують концепцію мислення в рамках сучасних соціокультурних теорій технології та пізнання (Shaffer, et. al., 2006).

Нинішні дослідження у цифровій сфері через історичну призму, були здійснені вченими, такими як Р. Лакстон (Laxton 2000), який розглядає Інтернет як нейромережу, та визначає його вплив на ринкову веб-активність.

Дослідження цифрової конвергенції набуло науковий і практичний обсяг у роботах О. Шлегеля та П. Крауса (Schlegel et. al., 2023). Вони аналізують компетенції для цифрової трансформації в контексті роботизації процесів.

Дослідження, представлені роботами таких авторів, як А. Марцал та М. Вівареллі (Marzal et. al., 2024), спрямовані на вивчення зближення штучного інтелекту та цифрових навичок у сфері освіти, відзначаючи тенденцію до поєднання технологій та освіти у сучасному світі.

**Виділення невирішених частин загальної проблеми.** Попередній аналіз розви-

тку досліджень у цифровій сфері підкреслив необхідність подальшого вивчення основних технологічних етапів для кращого розуміння еволюції технологічного прогресу та його впливу на сучасне суспільство.

**Мета статті** полягає у визначенні важливості розуміння основних етапів цифрової ери для кращого розуміння того, як ці етапи впливають на еволюцію технологічного прогресу та моделюють сучасне суспільство.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Історія людства поділяється на різні ери. Термін «ера» використовується для позначення значущого періоду часу або історичної епохи, коли відбуваються важливі події, унікальні особливості зміни чи трансформації в певних сферах, таких як культура, технології, соціальні структури чи економіка (рис. 1). Ці ери віддзеркалюють суттєві моменти у розвитку людства та визначають головні тенденції часу.

Індустріальна та цифрова ера є ключовими періодами у розвитку суспільства. Вони визначаються не лише своїми технологічними



Рис. 1. Історичні ери людства

досягненнями, а й соціальними трансформаціями, впливом на всі сфери життя, зміни у світосприйнятті, організації суспільства та економіці.

Індустріальна ера тривала з приблизно з кінця 18-го до початку 20-го століття. Цей період відомий як Індустріальні революції, призвів до великого економічного зростання, створення масових виробництв та змін у соціальній структурі. Перша промислова революція, відома як "Industry 1.0", відбувалася у 18-19 століттях. Основними передумовами для неї були аграрний переворот, що призвів до звільнення дешевої робочої сили, та механізації ручної праці, яка збільшила продуктивність в 10-20 разів.

Друга промислова революція, "Industry 2.0" розпочалася 1870 році і тривала до 1914 року. Цей період відзначився великими успіхами у фізиці та хімії та бажанням впроваджувати наукові досягнення у виробництво.

Третя промислова революція "Industry 3.0" почалася в кінці 1960-х – початком 1970 років, і відзначалася автоматизацією виробництва. Розпочалася технологічна революція, передумовою для якої стали використання ядерної енергії в промисловості та потреба в переміщенні радіоактивних матеріалів без участі людини. Період "Industry 3.0" поклав початок інформаційним технологіям (ІТ) і комп'ютерним технологіям і заклав основу для сучасних цифрових технологій. Відтоді сама технологічна революція еволюціонувала від технології, доступної лише для великих компаній, до демократизації технології, яка призвела до цифрової революції.

Сучасна цифрова ера, відома як Четверта промислова революція розпочалася приблизно з кінця 20-го століття та триває до наших днів. Сам термін «Industry 4.0» з'явився в 2011 році, коли галузь спостерігала значне зростання інтелектуальних машин, систем зберігання та виробничих потужностей, які не потребують людської взаємодії (The Evolution, 2023). Цифрова трансформація привнесла велику кількість інновацій у всі сфери життя, включаючи бізнес, освіту, здоров'я та комунікації. Було створено початок Інтернету речей (IoT), який є взаємопов'язаною мережею машинних пристроїв і транспортних засобів із вбудованими комп'ютеризованими можливостями зондування, сканування та моніторингу. 3D-друкування, роботи, штучний інтелект, стали революційними технологіями нашого часу. «Industry 4.0» полягає не лише в збільшенні продуктивності, а й у гнучкості

та індивідуалізації. Систейновий розвиток також є важливим чинником «Industry 4.0», оскільки світ продовжує покращувати навколишнє середовище. Завдяки розвитку більш екологічних технологій з використанням «Industry 4.0» три стовпи системного розвитку, екологічний, економічний і соціальний, значно покращаться (The Evolution, 2023; Hashmi et. al., 2021).

Хоча індустріальна та цифрова ери відрізняються за технологіями та соціокультурними впливами, обидві грають ключову роль у формуванні та розвитку людства, зміні способу життя та економіці. Індустріальна ера визначила основи модерного промислового суспільства, водночас викликаючи важливі соціальні та економічні зміни. Сучасна цифрова ера, у свою чергу, продовжує трансформувати світ, надаючи нові можливості та виклики, пов'язані з цифровими технологіями та глобальним з'єднанням (табл. 1).

Якісні зміни у використанні цифрових технологій протягом останніх десятиліть зумовили виділення чотирьох етапів цифрової революції (Ляшенко та ін., 2018; Carruthers, 2014; Rindfleisch, 2020; Gupta, 2018).

Перший етап: Digital 1.0 (1970–2000) – «Digital для бізнесу». Цифрові технології сприяли розвитку бізнесу, підвищенню ефективності підприємств та автоматизації бек-офісу, що призвело до збільшення продуктивності та прибутковості. Цей процес можна поділити на дві основні категорії:

а) корпоративні продукти: виникли відомі компанії, такі як Microsoft, Oracle, SAP, IBM, що забезпечили платформи для бізнесу;

б) створення власних гігантських систем та центрів обробки даних: організації, зокрема компанії фінансового сектору, створили власні інфраструктури, що дозволило їм ефективно переміщувати гроші та покращити економічну ефективність завдяки оптимізації внутрішніх процесів та зменшенню витрат.

Другий етап: Digital 2.0 (1990–2015) – «Digital як бізнес».

З появою Інтернету цифрова революція стала глобальною, а цифрові технології поширилися на країни, що розвиваються. Виникли нові компанії, які можна розділити на дві основні категорії:

а) компанії, які розвивали цифрові продукти, такі як Google, Facebook, Twitter, і монетизували їх через цифрову рекламу та дані про споживачів;

б) компанії, які створили цифрові ринки, які зв'язували попит та пропозицію через

Таблиця 1

## Схожі та відмінні ознаки індустріальної і цифрової ери

ІНДУСТРІАЛЬНА ЕРА	ЦИФРОВА ЕРА
<b>СПІЛЬНІ ОЗНАКИ</b>	
<b>Технологічний процес</b>	
Характеризується використанням машин та парових двигунів у виробництві та промисловості.	Визначається великим прогресом в області інформаційних технологій, комп'ютеризацією та автоматизацією процесів.
<b>Економічні зміни</b>	
Перехід від ручної праці до машинного виробництва, що призвело до економічних трансформацій і виробничого зростання	Зміни в економіці, спричинені широким використанням технологій, електронною комерцією та глобальною цифровою коннективністю
<b>Суспільні трансформації</b>	
Поява великих міст, розвиток робочих класів та зміни в суспільній ієрархії	Зміни в організації праці, важливості креативності та інновацій, зростання глобальної комунікації
<b>ВІДМІННІ ОЗНАКИ</b>	
<b>Технологічна основа</b>	
Основні технології – механічні та парові системи.	Основні технології – комп'ютери, Інтернет, штучний інтелект, обробка даних
<b>Підхід до виробництва</b>	
Масове виробництво, створення великих кількостей стандартизованих товарів.	Індивідуалізовані та персоналізовані виробничі процеси, висока гнучкість та адаптивність.
<b>Інформаційний доступ</b>	
Обмежений доступ до інформації, великому обсязі документації	Відкритий та швидкий доступ до величезних обсягів інформації, миттєві комунікації.
<b>Зміни в зв'язках</b>	
Ієрархічні структури, зростання корпоративних компаній	Гнучкі та децентралізовані структури, зростання ролі стартапів та інноваційних компаній.

цифрові платформи, створюючи нові канали для досягнення споживачів. Однак, цей етап також призвів до виникнення цифрових збоїв, що призвели до занепаду таких відомих організацій, як Nokia, Kodak, Blackberry, та друковані ЗМІ. Це відбулося з кількох причин: 1) недостатня адаптація до стрімкої еволюції технологій та нових ринкових умов; 2) недостатню здатність до інновацій, щоб впроваджувати нові технології та конкурувати з більш адаптивними конкурентами; 3) недостатнє фінансування в цифрові технології та не достатні інвестиції в інновації, що призвело до втрати конкурентоспроможності на ринку.

Третій етап: Digital 3.0 (2010-по даний час): «Digital впровадження».

Цей етап характеризується цифровою демократизацією, шерінговою економікою, епохою

соціальних мереж і месенджерів (додатків для обміну миттєвими повідомленнями).

Зміни у моделі ціноутворення та доступності інфраструктури сприяють кращому впровадженню цифрових технологій. Хмарні технології дозволяють доступ до інфраструктури без значних початкових витрат, що стимулює інновації та знижує витрати. Відкриті бібліотеки та API («Application Programming Interface» – інтерфейс програмування додатків, програмний інтерфейс програми) дозволяють спільноті та організаціям співпрацювати та монетизувати цифрові активи. Ці зміни позначились на зниженні бар'єрів для запуску нових бізнесів, що сприяло проривним інноваціям та демократизації цифрових активів. Наприклад, компанія UBER надає послуги замовлення поїздок, доставку їжі, вантажні перевезення приблизно в 70 країнах

і 10 500 містах по всьому світу (UBER, 2024). З моменту заснування в 2010 році компанія здійснила 42 мільярди поїздок і є найбільшою компанією спільного використання у Сполучених Штатах (UBER, 2024). Інший приклад, компанія AirVnb, розпочала свою діяльність в 2008 році, як онлайн-сервіс з розміщення, пошуку та короткострокової оренди житла по всьому світі. Компанія працює за парадигмою економіки спільної участі (AirVnb, 2024). Сьогодні, це компанія з капіталом 31 мільярд доларів, має понад 2 мільйони апартаментів в більш ніж 190 країнах і 34 000 містах. Господарі AirVnb прийняли понад 40 мільйонів гостей (Повітряний, 2024). Компанія AirVnb фінансує окрему некомерційну організацію Airbnb.org, яка надає безкоштовне житло людям, які постраждали від стихійних лих, та інших надзвичайних ситуацій, таких як російська воєнна вторгнення в Україну в 2022 році (Airbnb.org, 2022). Це приклади компаній, що відображають економіку спільного використання, не володіючи відповідними фізичними активами.

Digital 4.0 (тепер і далі): «Digital Next Wave». Цей етап характеризується конвергенцією традиційного та цифрового бізнесу та впровадженням цифрових технологій і процесів у всіх сферах господарювання.

У контексті цифрової конвергенції традиційний бізнес та цифрові технології об'єднуються для створення цифрових продуктів або послуг, що дозволяє підприємствам змінювати та модернізувати свої процеси, стратегії та моделі бізнесу. Конвергенція також відбувається між різними галузями, наприклад, між медіа та технологіями, коли медійні компанії використовують цифрові платформи для поширення контенту (Mukti, 2023; Albadri, 2023), або між автомобільною та технологічною промисловістю, коли автомобілі оснащуються цифровими системами та підключаються до Інтернету. Зростає популярність дистанційного навчання, яке поєднує в собі традиційні методи навчання з використанням онлайн-платформ та відео конференцій (Parra et. al., 2020; Marzal et. al., 2024) Цифрові технології дозволяють пацієнтам отримувати консультації та медичний догляд віддалено через відео дзвінки та спеціалізовані мобільні додатки (Wang et. al., 2023; Bastone et. al., 2023). Традиційні магазини розширюють свою присутність у цифровому просторі через створення онлайн-магазинів та мобільних додатків. Деякі компанії починають використовувати мультимедіальний підхід,

поєднуючи фізичні магазини з електронною торгівлею, дозволяючи клієнтам замовляти товари онлайн та отримувати їх у магазинах. Традиційні готелі та туристичні агентства також активно використовують цифрові канали та онлайн-бронювання для залучення клієнтів (Kumar et. al., 2023; Fernández-Díaz et. al., 2023). Фінансові установи надають онлайн-платформи та мобільні додатки для зручного керування фінансами клієнтів. Концепції інтернет-банкінгу та мобільного банкінгу призвели до змін у фінансовій поведінці людей щодо заробітку, споживання та заощаджень (Grigorescu et. al., 2023; Stashchuk et. al., 2023). Цифрова конвергенція державних послуг передбачає інтеграцію різних баз даних та систем, щоб інформація про користувачів була доступна на всіх рівнях уряду. Такий підхід сприяє зменшенню бюрократичних процедур, зручності та ефективності для громадян та підприємств завдяки цифровим технологіям (Shen et. al, 2023).

В результаті цифрова конвергенція сприяє змінам у способах взаємодії, виробництва та споживання, створюючи більш ефективні та інноваційні продукти та послугу, нові можливості та виклики для розвитку бізнесу та суспільства (Andrei et. al., 2023; Appio et. al. 2023; Thomas, 2020).

Економічне середовище стає набагато привабливішим і призводить до інвестицій та інновацій у всіх сферах. Переведення всіх державних і приватних послуг у цифрову форму також посилить адміністративну спроможність усього населення.

Ключовим аспектом Digital 4.0 є співпраця людини і робота (Human-Robot Collaboration (HRC)), що поєднує в собі переваги роботів щодо швидкості та точності з перевагами людей у сприйнятті та прийнятті рішень і може ефективно підвищити ефективність виробництва та гнучкість (Baratta et. al., 2023; Yao et. al., 2024; Schlegel et. al., 2023).

Ще одним із ключових напрямів Digital 4.0 є побудова "нейронету", де спілкування між людьми, тваринами та речами відбуватиметься за принципами нейрокомунікації (Косоруков та ін., 2021; Laxton et. al., 2000; Vinogradova et. al., 2020).

В цілому, Digital 4.0 передбачає глибоку інтеграцію цифрових технологій у всі аспекти життя та господарювання і включає в себе широкий спектр передових цифрових технологій, які використовуються для оптимізації виробничих процесів та створення нових можливостей для бізнесу (рис. 2).



Рис. 2. Цифрові технології Digital 4.0

Digital 4.0 може розглядатися як підготовчий процес та базис до нової епохи промислової революції – «Industry 5.0», основною цінністю якої є людиноцентричність (рис. 3).

«Industry 5.0» пропонує новий підхід до виробництва, де акцент робиться на гармонійному співіснуванні між людьми та технологіями, а також на врахуванні соціальних аспектів

виробництва. Основні цінності «Industry 5.0» визначаються гуманізацією виробництва, співробітництвом між людьми та технологіями, сталістю і стійкістю, рівноправ'ям та інклюзивністю, а також екологічною стійкістю. Інтелектуальне виробництво, орієнтоване на людину (human-centric manufacturing (HCM)), повною мірою використовує гнучкість людини,

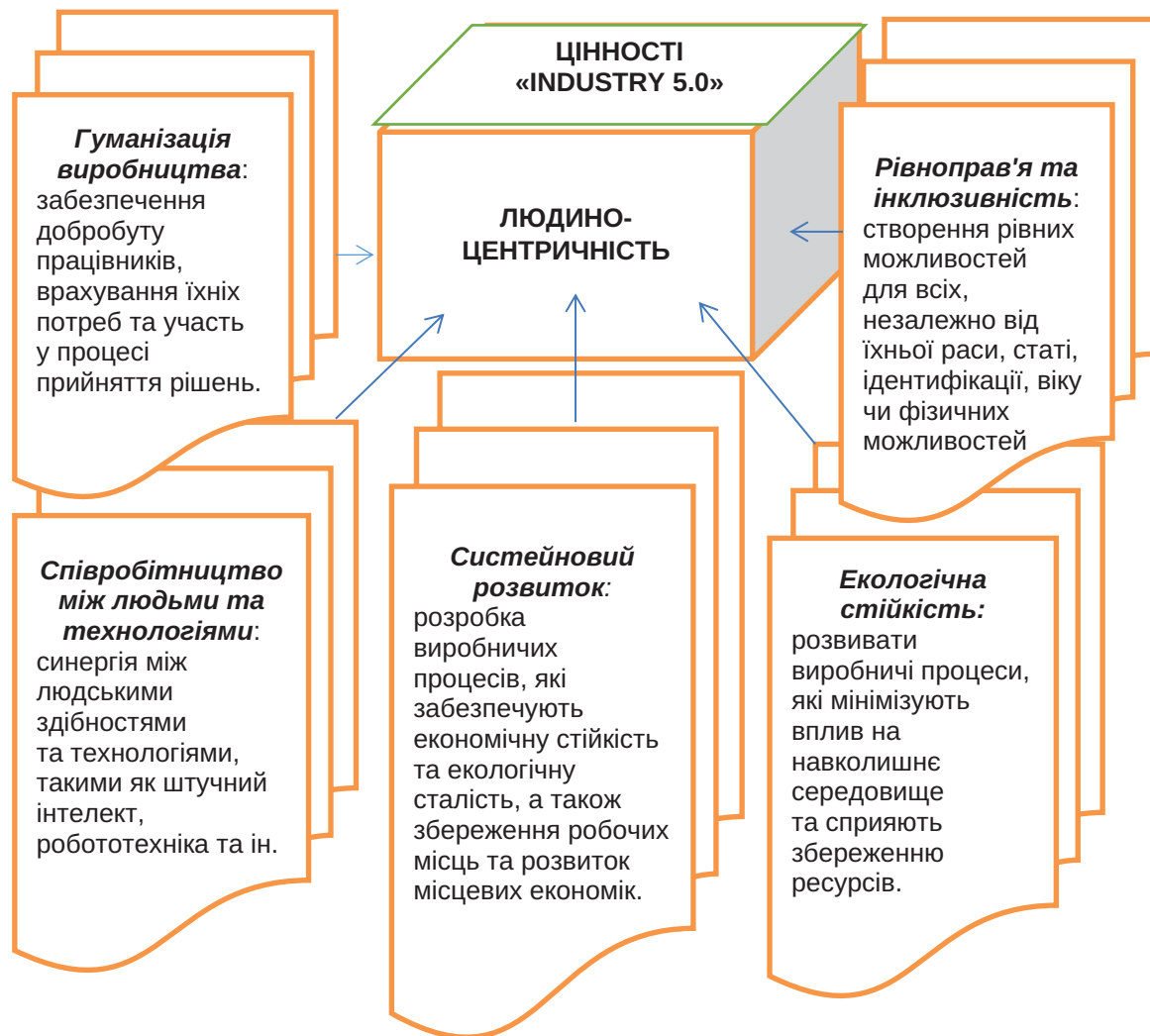


Рис. 3. Основні цінності «Industry 5.0»

точність машин та інформаційні технології нового покоління для створення надзвичайно розумної, системної та інтелектуальної виробничої системи.

Під час перехідного процесу від Digital 4.0 до «Industry 5.0» підприємства мають впроваджувати передові цифрові технології для автоматизації виробничих процесів та забезпечення ефективності, а також звертати увагу на соціальні аспекти виробництва, такі як вплив виробничих процесів на життя та добробут працівників, споживачів, громадськості, адаптацію до змін, збереження робочих місць та гармонійне співіснування між людьми та технологіями.

Перехід від «Industry 4.0» до «Industry 5.0» відбувається в умовах швидкого технологічного прогресу та глибоких змін у суспільстві. Однак цей процес супроводжується рядом викликів та проблем, які потребують уваги та вирішення (табл. 2).

Успішне розв'язання викликів перехідного періоду потребує комплексного підходу. Необхідна співпраця всіх зацікавлених сторін, від урядових органів до промисловості, академічних кіл та громадськості. Важливо розробляти ефективні регуляторні механізми, сприяти створенню нових моделей соціального захисту, посиленню заходів з кібербезпеки та приватності даних, впровадженню етичних стандартів у використанні технологій та розвиток екологічно стійких підходів до виробництва. Тільки шляхом спільних зусиль можна досягти успішного переходу до «Industry 5.0» і максимізувати її позитивний вплив на сучасне суспільство в досягненні стійкості, процвітання та сталості.

**Висновки.** Перехід від «Industry 4.0» до «Industry 5.0» є необхідним етапом у розвитку сучасного промислового виробництва. Це свідчить про зміну підходу від використання цифрових технологій для оптимізації



Таблиця 2

## Виклики перехідного періоду від «Industry 4.0» до «Industry 5.0»

Проблема	Виклик	Рішення
Загрози кібербезпеці та порушення приватності даних	Безпековий	Розробка і впровадження чітких стандартів безпеки та захисту приватності, та ефективних механізмів контролю та відповідальності за порушення.
Зміни в ринку праці можуть призвести до соціальної напруги та нестабільності	Соціальний	Забезпечити навчання та підвищення кваліфікації персоналу з метою розуміння нових технологій та їх впливу на економічні процеси; фінансування програм навчання; стимулювання компаній до внесення відповідних інвестицій у розвиток людського капіталу.
Застосування штучного інтелекту ставлять під питання етичні аспекти використання технологій, такі як відповідальне використання даних, алгоритмічна чесність та справедливість	Етичний	Розробка етичних стандартів та регулятивних механізмів для забезпечення відповідального використання технологій та захисту прав та свобод людини
Збільшення виробництва та споживання підвищує навантаження на навколишнє середовище та може призвести до екологічних проблем	Екологічний	Розвиток екологічно чистих технологій та заходів з охорони довкілля; введення індикаторів, що показують для кожної галузевої екосистеми прогрес в досягненні стійкості, процвітання та сталості
Швидкий темп змін та складність нових технологій потребує оперативного регулювання та врегулювання законодавства	Правовий	Розробка законодавства для контролю та нагляду за розвитком технологій, сприянню інновацій та впровадженню нових технологій.
Зміна технологічного ландшафту може призвести до перегляду економічних моделей, та необхідності перекваліфікації працівників.	Економічний	Розробка механізмів постійного оновлення економічних моделей з урахуванням змін; інвестиції у дослідження та розвиток нових технологій, які можуть стати основою для нових, людино-центричних економічних моделей.

виробничих процесів до створення гуманізованої, сталої та інтелектуальної виробничої системи.

«Industry 5.0» встановлює нові стандарти, де акцент робиться на гармонійному співіснуванні людей та технологій, а також на врахуванні соціальних аспектів виробництва. Це відкриває шлях до розвитку інтелектуального виробництва, орієнтованого на людину, що використовує адаптивність людини, точність машин та передові технології для створення стійкої та ефективної екосистеми.

Проте перехід до «Industry 5.0» супроводжується рядом викликів та ризиків, включа-

ючи необхідність навчання працівників новим навичкам, високі витрати на впровадження технологій та соціальні та екологічні аспекти виробництва. Щоб вирішити ці проблеми, підприємства мають інвестувати в навчання та підготовку персоналу, сприяти співпраці та обміну знаннями, залучати підтримку від уряду та розробляти стандарти та регулювання.

Отже, «Industry 5.0» відкриває нові можливості для розвитку промисловості, проте успішний перехід до цієї епохи вимагає зусиль усіх зацікавлених сторін та врахування різноманітних аспектів виробництва та суспільства.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. AirBnb (2024) official website. URL: <https://news.airbnb.com/about-us/>
2. AirBnb.org та Alight відчиняють двері до житлових рішень для біженців, що втікають з України (2022). URL: <https://www.prnewswire.com/news-releases/airbnborg-and-alight-are-opening-doors-to-housing-solutions-for-refugees-fleeing-ukraine-301538802.html>
3. Albadri H. (2023). The Convergence of Traditional Media to the Digital Communicative Environment – The Reality and Gap. URL: <https://digitalcommons.aaru.edu.jo/cgi/viewcontent.cgi?article=1800&context=isil>
4. Andrei, J. V., Chivu, L., Sima, V., Gheorghe, I. G., Nancu, D., & Duică, M. (2023). Investigating the digital convergence in European Union: An econometric analysis of pitfalls and pivots of digital economic transformation. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 36(2), 2142814. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/1331677X.2022.2142814>
5. Appio F., Bröring S., Sick, N., Lee, S., Mora, L. (2023). Editorial Deciphering Convergence: Novel Insights and Future Ideas on Science, Technology, and Industry Convergence. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 70(4), 1389–1401. URL: <https://www.researchgate.net/profile/FrancescoAppio/publication/368190891>
6. Baratta, A., Cimino, A., Longo, F., & Nicoletti, L. (2023). Digital Twin for Human-Robot Collaboration enhancement in manufacturing systems: literature review and direction for future developments. *Computers & Industrial Engineering*, 109764. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036083522300788X#s0045>
7. Bastone A., Leone D., Schiavone F. (2023). Industrial convergence and digital skills in service industries. An explorative analysis. *IEEE Transactions on Engineering Management*. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10356660>
8. Carruthers, K. (2014). How the internet of things changes everything: The next stage of the digital revolution. *Journal of Telecommunications and the Digital Economy*, 2(4), 69–1. URL: <https://search.informit.org/doi/abs/10.3316/INFORMIT.847940439187111>
9. Castells, Manuel (1996). *The Rise of the Network Society, The Information Age: Economy, Society and Culture Vol. I*. Cambridge, Massachusetts; Oxford, UK: Blackwell. ISBN 978-0-631-22140-1
10. Castells, Manuel (1997). *The Power of Identity, The Information Age: Economy, Society and Culture*. Vol. II. Cambridge, Massachusetts; Oxford, UK: Blackwell. ISBN 978-1-4051-0713-6
11. Castells, Manuel (1998). *End of Millennium, The Information Age: Economy, Society and Culture*. Vol. III. Cambridge, Massachusetts; Oxford, UK: Blackwell. ISBN 978-0-631-22139-5
12. Fernández-Díaz E., Jambrino-Maldonado C., Iglesias-Sánchez P. P., de las Heras-Pedrosa C. (2023). Digital accessibility of smart cities-tourism for all and reducing inequalities: tourism agenda 2030. *Tourism Review*, 78(2), 361–380. DOI: <https://doi.org/10.1108/TR-02-2022-0091>
13. Ginsburg, F. (2008). chapter 15 rethinking the digital age. *Global indigenous media: Cultures, poetics, and politics*, 287. URL: [https://books.google.com.ua/books?hl=uk&lr=&id=-8pzHPos4U0C&oi=fnd&pg=PA287&dq=digital+age+1999&ots=dwSlzHX8iJ&sig=7ghwWinpoQUJKWgjr79FgFmLisw&redir\\_esc=y#v=onepage&q=digital%20age%201999&f=false](https://books.google.com.ua/books?hl=uk&lr=&id=-8pzHPos4U0C&oi=fnd&pg=PA287&dq=digital+age+1999&ots=dwSlzHX8iJ&sig=7ghwWinpoQUJKWgjr79FgFmLisw&redir_esc=y#v=onepage&q=digital%20age%201999&f=false)
14. Grigorescu A., Oprisan, O., Lincaru, C., Pirciog, C. S. (2023). E-Banking Convergence and the Adopter's Behavior Changing Across EU Countries. *SAGE Open*, 13(4), 21582440231220455.
15. Gupta M. (2018) 4 Phases of Digital Evolution during past half century that shook the fortune-500 list. URL: <https://www.linkedin.com/pulse/4-phases-digital-evolution-during-past-half-century-shaked-gupta>
16. Hashmi, M. A., Mo, J. P., & Beckett, R. C. (2021). Transdisciplinary systems approach to realization of digital transformation. *Advanced Engineering Informatics*, 49, 101316. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1474034621000690>
17. Kosorukov, A. (2021). Advanced technological solutions in the sphere of establishing neuro-digital public administration. *Соціодинаміка*, (6), 53–66.
18. Kumar, S., Kumar, V., Kumari Bhatt, I., Kumar, S., & Attri, K. (2023). Digital transformation in tourism sector: trends and future perspectives from a bibliometric-content analysis. *Journal of Hospitality and Tourism Insights*. DOI: <https://doi.org/10.1108/JHTI-10-2022-0472>
19. Kurzweil, Ray (1999). *The Age of Spiritual Machines: When Computers Exceed Human Intelligence*, New York, NY: Penguin Books, ISBN 0-670-88217-8
20. Laxton R. (2000). TheWorldWideWebasneuralnet: Implicationsformarket-drivenwebenabling. *Technological Forecasting and Social Change*, 64(1), 55–70. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0040-1625\(99\)00073-6](https://doi.org/10.1016/S0040-1625(99)00073-6)
21. Marzal Miguel-Ángel, Maurizio Vivarelli (2024). “The Convergence of Artificial Intelligence and Digital Skills: A Necessary Space for Digital Education and Education 4.0”. *JLIS.It* 15 (1):1–15. DOI: <https://doi.org/10.36253/jlis.it-566>

22. Mukti B. (2023). Media Convergence in Technology and Content Aspects in the Digital Communication Era. *Formosa Journal of Applied Sciences*, 2(10), 2277–2288. URL: <https://journal.formosapublisher.org/index.php/fjas/article/view/6292>
23. Parra M., Marambio C., Ramírez J., Suárez D., Herrera H. (2020). Educational convergence with digital technology: integrating a global society. In *HCI International 2020–Late Breaking Posters: 22nd International Conference, HCII 2020, Copenhagen, Denmark, July 19–24, 2020, Proceedings, Part II 22* (pp. 303–310). Springer International Publishing. URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-60703-6?page=3#toc>
24. Rindfleisch, A. (2020). The second digital revolution. *Marketing Letters*, 31, 13–17. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11002-019-09509-4>
25. Schlegel D., Kraus, P. (2023), Skills and competencies for digital transformation – a critical analysis in the context of robotic process automation *International Journal of Organizational Analysis*. Vol. 31. No. 3, pp. 804–822. DOI: <https://doi.org/10.1108/IJOA-04-2021-2707>
26. Shaffer D. W., & Clinton, K. A. (2006). Toolforthoughts: Reexamining thinking in the digital age. *Mind, Culture, and Activity*, 13(4), 283–300. URL: [https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1207/s15327884mca1304\\_2](https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1207/s15327884mca1304_2)
27. Shen Y., Cheng Y., & Yu J. (2023). From recovery resilience to transformative resilience: How digital platforms reshape public service provision during and post COVID-19. *Public Management Review*, 25(4), 710–733. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14719037.2022.2033052>
28. Stashchuk O., Kulynych M., Tesliuk S., Kupyra M., Dorosh V., Vahnovsk, N. (2023). Intelligent financial technologies: convergence, management, synergism and total vectors of influence. *Journal of Namibian Studies: History Politics Culture*, 34, 1085–1108. DOI: <https://doi.org/10.59670/jns.v34i.1193>
29. Thomas, A. (2020). Convergence and digital fusion lead to competitive differentiation. *Business Process Management Journal*, 26(3), 707–720. DOI: <https://doi.org/10.1108/BPMJ-01-2019-0001>
30. UBER 2024 official website. URL: <https://www.uber.com/ua/uk/>
31. Vinogradova, N. V., Popova, T. N., Chehri, A., Burenina, V. I. (2020). SMART technologies as the innovative way of development and the answer to challenges of modern time. In *ITM Web of Conferences* (Vol. 35, p. 06010). URL: <https://constellation.uqac.ca/id/eprint/7328/1/SMART%20Technologies%20as%20the%20Innovative%20Way%20of.pdf>
32. Wang J., Lee, J. J. (2023). Predicting and Analyzing Technology Convergence for Exploring Technological Opportunities in the Smart Health Industry. *Computers & Industrial Engineering*, 109352. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360835223003765>
33. Yao, B., Yang, B., Xu, W., Ji, Z., Zhou, Z., & Wang, L. (2024). Virtual data generation for human intention prediction based on digital modeling of human-robot collaboration. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 87, 102714. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0736584523001898>
34. Ляшенко В., Вишневський О. Цифрова модернізація економіки України як можливість проривного розвитку : монографія. Київ : НАН України, Ін-т економіки пром-ті, 2018. 252 с. URL: [https://iie.org.ua/wp-content/uploads/monografiyi/2017/Lyashenko\\_Vishnevsky\\_2018.pdf](https://iie.org.ua/wp-content/uploads/monografiyi/2017/Lyashenko_Vishnevsky_2018.pdf)
35. Повітряний стартап: Airbnb – від надувних матраців до міжнародного ринку (2023). URL: <https://www.oschadbank.ua/blog/povitryaniy-startap-airbnb-vid-naduvnih-matraciv-do-mizhnarodnogo-rinku>

## REFERENCES:

1. AirBnb (2024) official website. Available at: <https://news.airbnb.com/about-us/>
2. AirBnb.org ta Alight vidchyniaut dveri do zhytlovykh rishen dlia bizhentsiv, shcho vtikaiut z Ukrainy (2022). Available at: <https://www.prnewswire.com/news-releases/airbnborg-and-alight-are-opening-doors-to-housing-solutions-for-refugees-fleeing-ukraine-301538802.html>
3. Albadri H. (2023). The Convergence of Traditional Media to the Digital Communicative Environment – The Reality and Gap. Available at: <https://digitalcommons.aaru.edu.jo/cgi/viewcontent.cgi?article=1800&context=isl>
4. Andrei, J. V., Chivu, L., Sima, V., Gheorghe, I. G., Nancu, D., & Duică, M. (2023). Investigating the digital convergence in European Union: An econometric analysis of pitfalls and pivots of digital economic transformation. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 36(2), 2142814. Available at: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/1331677X.2022.2142814>
5. Appio F., Bröring S., Sick, N., Lee, S., Mora, L. (2023). Editorial Deciphering Convergence: Novel Insights and Future Ideas on Science, Technology, and Industry Convergence. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 70(4), 1389–1401. Available at: <https://www.researchgate.net/profile/FrancescoAppio/publication/368190891>

6. Baratta, A., Cimino, A., Longo, F., & Nicoletti, L. (2023). Digital Twin for Human-Robot Collaboration enhancement in manufacturing systems: literature review and direction for future developments. *Computers & Industrial Engineering*, 109764. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036083522300788X#s0045>
7. Bastone A., Leone D., Schiavone F. (2023). Industrial convergence and digital skills in service industries. An explorative analysis. *IEEE Transactions on Engineering Management*. Available at: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10356660>
8. Carruthers, K. (2014). How the internet of things changes everything: The next stage of the digital revolution. *Journal of Telecommunications and the Digital Economy*, 2(4), 69–1. Available at: <https://search.informit.org/doi/abs/10.3316/INFORMIT.847940439187111>
9. Castells, Manuel (1996). *The Rise of the Network Society, The Information Age: Economy, Society and Culture*. Vol. I. Cambridge, Massachusetts; Oxford, UK: Blackwell. ISBN 978-0-631-22140-1
10. Castells, Manuel (1997). *The Power of Identity, The Information Age: Economy, Society and Culture*. Vol. II. Cambridge, Massachusetts; Oxford, UK: Blackwell. ISBN 978-1-4051-0713-6
11. Castells, Manuel (1998). *End of Millennium, The Information Age: Economy, Society and Culture* Vol. III. Cambridge, Massachusetts; Oxford, UK: Blackwell. ISBN 978-0-631-22139-5
12. Fernández-Díaz E., Jambrino-Maldonado C., Iglesias-Sánchez P. P., de las Heras-Pedrosa C. (2023). Digital accessibility of smart cities-tourism for all and reducing inequalities: tourism agenda 2030. *Tourism Review*, 78(2), 361–380. DOI: <https://doi.org/10.1108/TR-02-2022-0091>
13. Ginsburg, F. (2008). chapter 15 rethinking the digital age. *Global indigenous media: Cultures, poetics, and politics*, 287. Available at: [https://books.google.com.ua/books?hl=uk&lr=&id=-8pzHPoS4U0C&oi=fnd&pg=PA287&dq=digital+age+1999&ots=dwSlzHX8iJ&sig=7ghwWinpoQUJKWgjr79FgFmLisw&redir\\_esc=y#v=onepage&q=digital%20age%201999&f=false](https://books.google.com.ua/books?hl=uk&lr=&id=-8pzHPoS4U0C&oi=fnd&pg=PA287&dq=digital+age+1999&ots=dwSlzHX8iJ&sig=7ghwWinpoQUJKWgjr79FgFmLisw&redir_esc=y#v=onepage&q=digital%20age%201999&f=false)
14. Grigorescu A., Oprisan, O., Lincaru, C., Pirciog, C. S. (2023). E-Banking Convergence and the Adopter's Behavior Changing Across EU Countries. *SAGE Open*, 13(4), 21582440231220455.
15. Gupta M. (2018) 4 Phases of Digital Evolution during past half century that shook the fortune-500 list. Available at: <https://www.linkedin.com/pulse/4-phases-digital-evolution-during-past-half-century-shook-gupta>
16. Hashmi, M. A., Mo, J. P., & Beckett, R. C. (2021). Transdisciplinary systems approach to realization of digital transformation. *Advanced Engineering Informatics*, 49, 101316. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1474034621000690>
17. Kosorukov, A. (2021). Advanced technological solutions in the sphere of establishing neuro-digital public administration. *Sociodynamics*, (6), 53–66.
18. Kumar, S., Kumar, V., Kumari Bhatt, I., Kumar, S., & Attri, K. (2023). Digital transformation in tourism sector: trends and future perspectives from a bibliometric-content analysis. *Journal of Hospitality and Tourism Insights*. DOI: <https://doi.org/10.1108/JHTI-10-2022-0472>
19. Kurzweil, Ray (1999). *The Age of Spiritual Machines: When Computers Exceed Human Intelligence*, New York, NY: Penguin Books, ISBN 0-670-88217-8
20. Laxton R. (2000). The World Wide Web as neural net: Implications for market-driven web enabling. *Technological Forecasting and Social Change*, 64(1), 55–70. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0040-1625\(99\)00073-6](https://doi.org/10.1016/S0040-1625(99)00073-6)
21. Marzal Miguel-Ángel, Maurizio Vivarelli (2024). "The Convergence of Artificial Intelligence and Digital Skills: A Necessary Space for Digital Education and Education 4.0". *JLIS.It* 15 (1):1–15. DOI: <https://doi.org/10.36253/jlis.it-566>.
22. Mukti B. (2023). Media Convergence in Technology and Content Aspects in the Digital Communication Era. *Formosa Journal of Applied Sciences*, 2(10), 2277–2288. Available at: <https://journal.formosapublisher.org/index.php/fjas/article/view/6292>
23. Parra M., Marambio C., Ramírez J., Suárez D., Herrera H. (2020). Educational convergence with digital technology: integrating a global society. In *HCI International 2020–Late Breaking Posters: 22nd International Conference, HCII 2020, Copenhagen, Denmark, July 19–24, 2020, Proceedings, Part II 22* (pp. 303-310). Springer International Publishing. Available at: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-60703-6?page=3#toc>
24. Rindfleisch, A. (2020). The second digital revolution. *Marketing Letters*, 31, 13–17. Available at: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11002-019-09509-4>
25. Schlegel D., Kraus, P. (2023), Skills and competencies for digital transformation – a critical analysis in the context of robotic process automation *International Journal of Organizational Analysis*, vol. 31, no. 3, pp. 804–822. DOI: <https://doi.org/10.1108/IJOA-04-2021-2707>
26. Shaffer D. W., & Clinton, K. A. (2006). Toolforthoughts: Reexamining thinking in the digital age. *Mind, Culture, and Activity*, 13(4), 283–300. Available at: [https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1207/s15327884mca1304\\_2](https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1207/s15327884mca1304_2)

27. Shen Y., Cheng Y., & Yu J. (2023). From recovery resilience to transformative resilience: How digital platforms reshape public service provision during and post COVID-19. *Public Management Review*, 25(4), 710–733. Available at: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14719037.2022.2033052>
28. Stashchuk O., Kulynych M., Tesliuk S., Kupyra M., Dorosh V., Vahnovsk, N. (2023). Intelligent financial technologies: convergence, management, synergism and total vectors of influence. *Journal of Namibian Studies: History Politics Culture*, 34, 1085–1108. DOI: <https://doi.org/10.59670/jns.v34i.1193>
29. Thomas, A. (2020). Convergence and digital fusion lead to competitive differentiation. *Business Process Management Journal*, 26(3), 707–720. DOI: <https://doi.org/10.1108/BPMJ-01-2019-0001>
30. UBER 2024 official website. Available at: <https://www.uber.com/ua/uk/>
31. Vinogradova, N. V., Popova, T. N., Chehri, A., Burenina, V. I. (2020). SMART technologies as the innovative way of development and the answer to challenges of modern time. In *ITM Web of Conferences* (Vol. 35, p. 06010). Available at: <https://constellation.uqac.ca/id/eprint/7328/1/SMART%20Technologies%20as%20the%20Innovative%20Way%20of.pdf>
32. Wang J., Lee, J. J. (2023). Predicting and Analyzing Technology Convergence for Exploring Technological Opportunities in the Smart Health Industry. *Computers & Industrial Engineering*, 109352. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360835223003765>
33. Yao, B., Yang, B., Xu, W., Ji, Z., Zhou, Z., & Wang, L. (2024). Virtual data generation for human intention prediction based on digital modeling of human-robot collaboration. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 87, 102714. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0736584523001898>
34. Liashenko V., Vyshnevskyi O. (2018). Tsyfrova modernizatsiia ekonomiky Ukrainy yak mozhlyvist proyvnoho rozvytku : monohrafiia. Kyiv : NAN Ukrainy, In-t ekonomiky prom-ti, 252 s. Available at: [https://iie.org.ua/wp-content/uploads/monografii/2017/Lyashenko\\_Vishnevsky\\_2018.pdf](https://iie.org.ua/wp-content/uploads/monografii/2017/Lyashenko_Vishnevsky_2018.pdf)
35. Povitrianyi startup: Airbnb – vid naduvnykh matratsiv do mizhnarodnoho rynku (2023). Available at: <https://www.oschadbank.ua/blog/povitrianyi-startap-airbnb-vid-naduvnih-matraciv-do-mizhnarodnogo-rynku>