

## CHAPTER

# MECHANISMS FOR THE FORMATION AND DEVELOPMENT OF DIGITAL INFRASTRUCTURES WITHIN UKRAINE'S INDUSTRIAL-DIGITAL FRAMEWORK<sup>1</sup>

DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-670-6-25>

**Volodymyr Mishchenko**

*Doctor of Economic Sciences, Professor,  
Head of the Sector of Digital Economy  
Institute for Economics and Forecasting of the NAS of Ukraine*

**Svitlana Naumenkova**

*Doctor of Economic Sciences, Professor,  
Professor of the Department of Finance  
Taras Shevchenko National University of Kyiv*

**Svitlana Mishchenko**

*Doctor of Economic Sciences, Professor,  
Professor of the Department of Finance  
State University of Trade and Economics*

### **Summary**

*The rapid digital transformation of contemporary society defines new priorities for economic development and public governance, creating the need for a comprehensive ecosystem of the industrial-digital framework. At the core of this process lie national digital infrastructures, which ensure the country's competitiveness, integration into the global digital space, and the establishment of strategic pillars of the digital economy. Cognitive, sensor, cloud, platform, and trust infrastructures perform complementary functions: from knowledge and data processing and real-time information collection to scalable storage and processing, integration of public and business services, and the legitimacy of digital transactions. An analysis of the current state of Ukraine's digital infrastructures reveals uneven development and varying levels of institutional maturity. The cloud infrastructure demonstrates the most dynamic growth, while cognitive, sensor, platform, and trust infrastructures remain at the formative stage and face systemic barriers. Key challenges include the lagging regulatory framework, lack of harmonization with international standards, workforce shortages, fragmentation of technological solutions, limited funding, and low levels of public trust. A comprehensive*

---

<sup>1</sup> Стаття підготовлена у рамках проекту «Формування структуроутворюючих опор воєнно-повоєнного економічного розвитку України». Етап II: «Обґрунтування механізмів практичного забезпечення створення структурних опор воєнно-повоєнного розвитку економіки України» (державний реєстраційний номер 0125U000280)

*approach to the formation and development of digital infrastructures is proposed, integrating institutional, regulatory, educational, technological, financial, and socio-ethical dimensions. A roadmap for development has been designed, outlining short-, medium-, and long-term stages of ecosystem formation, identifying priorities, funding sources, and performance indicators. The practical implementation of these mechanisms will enhance the resilience and competitiveness of Ukraine's digital infrastructures, ensure integration into the global digital environment, and support the creation of a modern digital state capable of responding to global challenges while maintaining national sovereignty. This study thus provides both a conceptual framework and applied instruments for strategic planning, offering valuable insights for policymakers, business stakeholders, and the academic community.*

### **Вступ**

Сучасний етап розвитку суспільства визначається стрімкою цифровою трансформацією, яка охоплює економіку, державне управління та соціальну сферу. Цей процес формує нові вимоги до цифровізації та потребує створення цілісної екосистеми промислово-цифрового укладу, основу якої становлять національні цифрові інфраструктури. Саме вони забезпечують конкурентоспроможність держави, її інтеграцію у глобальний цифровий простір та формують стратегічні опори цифрової економіки.

У цьому контексті особливого значення набуває формування когнітивної, сенсорної, хмарної, платформної та довірчої інфраструктур. Кожна з них виконує специфічні функції: когнітивна забезпечує обробку знань і даних та підтримку інтелектуальних систем; сенсорна відповідає за збір інформації у реальному часі; хмарна створює умови для масштабованого зберігання й обробки даних; платформна інтегрує державні та бізнес-сервіси; довірча гарантує легітимність цифрових транзакцій і прозорість взаємодії. У сукупності вони утворюють взаємопов'язану екосистему, що забезпечує ефект синергії та формує основу цифрової держави.

Разом із тим розвиток цифрових інфраструктур супроводжується системними проблемами, які знижують ефективність процесу цифрової трансформації. Серед ключових викликів: відставання нормативно-правової бази від темпів технологічних змін, фрагментація рішень та низький рівень інтероперабельності між секторами. Важливим бар'єром залишається кадровий дефіцит у сферах когнітивної інженерії, кібербезпеки та управління даними. Додатково процеси стримуються обмеженим фінансуванням, високими інвестиційними ризиками та недостатнім рівнем суспільної довіри до цифрових технологій, що формує загрозу для легітимності цифрових процесів.

За таких умов постає необхідність розроблення практично орієнтованих механізмів формування та розвитку національних цифрових інфраструктур. Вони мають поєднувати інституційні, нормативні, освітні, технологічні, соціально-етичні та фінансові складові, забезпечуючи системність цифрової трансформації та її узгодженість із міжнародними стандартами. Саме ця проблема визначає актуальність дослідження, яке спрямоване на комплексний аналіз механізмів становлення цифрових інфраструктур промислово-цифрового укладу України, виявлення їхніх спільних і відмінних характеристик, а також окреслення стратегічних напрямів розвитку.

Таким чином, цифрові інфраструктури постають не як окремі технологічні рішення, а як взаємопов'язані елементи єдиної інституційної архітектури, що забезпечує стійкість, прозорість і конкурентоспроможність цифрової економіки. Їхнє дослідження дозволяє сформувати цілісне бачення цифрової держави, яка відповідає викликам глобального середовища та водночас зберігає власну суверенність.

### **1. Загальна характеристика інфраструктур промислово-цифрового укладу**

Сучасний розвиток цифрових технологій зумовив формування промислово-цифрового укладу, який базується на використанні штучного інтелекту, інтернету речей, хмарних середовищ, платформних технологій та реєстрових технологій довіри. Ці технології не існують ізольовано, а перебувають у постійному взаємозв'язку, посилюючи одна одну та створюючи ефект синергії. Їхня інтеграція визначає контури нової економічної системи, сформованої під впливом промислово-цифрового укладу, що набуває власної структури, завдань і функцій та поступово стає фундаментом цифрової трансформації суспільства [1, с. 38; 2, с. 35; 3 с. 78; 4, с. 112].

Промислово-цифровий уклад виступає об'єктивною матеріально-технологічною основою розвитку цифрової економіки. Його ефективне функціонування забезпечує зростання продуктивності праці, стимулює інноваційність і гнучкість бізнес-моделей, створює умови для інтеграції України у глобальні цифрові ринки та сприяє формуванню нових соціально-економічних інституцій. Разом із тим він потребує системної розбудови комплексної цифрової інфраструктури, що охоплює когнітивний, сенсорний, хмарний, платформний та довірчий рівні. Така багаторівнева інфраструктурна конфігурація є результатом еволюції сучасних технологій і відповідає стратегічним завданням держави щодо забезпечення всебічної цифрової трансформації економіки та суспільства.

Однією з базових інституційних складових промислово-цифрового укладу є когнітивна інфраструктура, яка покликана забезпечити

інтеграцію даних, знань та рішень на національному рівні. За своєю суттю вона є базовим середовищем для розробки та використання інтелектуальних систем у державному управлінні, бізнесі та суспільстві. Її основу становлять національні мовні моделі (LM), орієнтовані на українську та багатомовну підтримку, що гарантують цифрову суверенність у сфері штучного інтелекту [5, с. 36; 6].

Важливим елементом когнітивної інфраструктури є системи підтримки прийняття рішень, які інтегрують аналітику та прогнозування у процеси управління. Каталогів знань і даних формують стандартизовану базу для міжсекторальної інтеграції, а етичні та безпекові модулі забезпечують аудит алгоритмів, пояснюваність моделей і сертифікацію їх використання. Інтерфейси інтеграції відкривають доступ різним галузям до когнітивних сервісів, створюючи єдине цифрове середовище.

Формування когнітивної інфраструктури передбачає проведення етичної стандартизації шляхом розробки кодексів та створення центрів етичного штучного інтелекту, міжсекторальної інтеграції на основі єдиних каталогів даних та стандартів обміну, розвитку кадрового потенціалу у сферах безпеки штучного інтелекту та когнітивної інженерії, а також інституційної підтримки.

У процесі створення когнітивної інфраструктури повинні брати участь держава як регулятор і координатор, наукові центри та університети, бізнес-структури, що впроваджують прикладні рішення, та громадські організації, які здійснюють контроль за етичністю і захистом прав користувачів. Головними об'єктами такої інфраструктури є дані, когнітивні моделі, сервіси та користувачі, які взаємодіють у єдиному цифровому середовищі.

Головними завданнями формування національної когнітивної інфраструктури є забезпечення адаптації управлінських процесів на основі автоматизації та аналітичної підтримки, оптимізація управлінських рішень завдяки швидкому та якісному аналізу даних, цифрова суверенність, що ґрунтується на власних мовних моделях та когнітивних сервісах, а також етична довіра на основі високого рівня прозорості та контролю алгоритмів. Таким чином загальнонаціональна когнітивна інфраструктура постає не як технічна система, а як інтелектуальний рівень цифрової держави, що інтегрує знання, алгоритми та рішення у єдине національне цифрове середовище.

Наступною складовою промислово-цифрового укладу є сенсорна інфраструктура, механізми формування якої ґрунтуються на розвитку інтернету речей, який дозволяє забезпечувати безперервний збір, передачу та аналіз даних від фізичних об'єктів і створює технологічну основу для інтеграції датчиків, пристроїв та систем у єдине інформаційне середовище. Формування сенсорної інфраструктури на національному

рівні є необхідною умовою для ефективного управління енергетикою, транспортом, екологією та державними послугами, адже вона забезпечує безперервність процесів моніторингу та створює базу для подальшої аналітики і прийняття рішень [7, с. 287; 8, с. 91].

Загальнонаціональна сенсорна інфраструктура охоплює сенсори та пристрої, інтегровані у виробничі, транспортні та соціальні системи, шлюзи та протоколи зв'язку, які гарантують інтеоперабельність і безпечну передачу даних, телеметричні системи та цифрові двійники, що дозволяють моделювати і прогнозувати поведінку об'єктів. Важливою складовою цієї інфраструктури є стандарти сумісності, що забезпечують взаємодію рішень.

Формування сенсорної інфраструктури передбачає запуск регіональних тестових зон для відпрацювання сценаріїв використання інтернету речей у різних секторах, адаптацію технічних регламентів відповідно до міжнародних стандартів, сертифікацію пристроїв та їхнього програмного забезпечення для підвищення рівня безпеки і довіри. Важливим напрямом є створення інституційних механізмів координації, які забезпечують узгодженість стандартів, ведення реєстрів сертифікованих пристроїв та підтримку міжгалузевої інтеграції.

У процесі створення сенсорної інфраструктури беруть участь держава як координатор і регулятор, що визначає стандарти та забезпечує фінансування пілотних проєктів, виробники обладнання та оператори мереж, які створюють і підтримують сенсорні системи, наукові та освітні установи, що розробляють нові технології та готують кадри, а також бізнес-структури і громадяни, які є користувачами та джерелами даних. Основними об'єктами сенсорної інфраструктури є дані сенсорів, фізичні об'єкти, цифрові двійники та користувачі, що взаємодіють у єдиній системі.

Функціонування загальнонаціональної сенсорної інфраструктури має забезпечити автономізацію об'єктів та взаємодію датчиків і пристроїв, що дозволяє системам самостійно реагувати на зміни середовища. Вона повинна сприяти формуванню балансу ресурсів завдяки моніторингу та прогнозуванню, зниженню ризиків і підвищенню рівня безпеки на основі оперативного виявлення відхилень, а також розвитку інтеоперабельності, що створює умови для масштабної цифрової кооперації.

З огляду на це, сенсорну інфраструктуру варто розглядати як систему збору та використання даних, що забезпечує ефективне управління ресурсами і процесами у ключових галузях та формує фундамент цифрової держави.

Важливим компонентом цифрової екосистеми є хмарна інфраструктура, яка забезпечує масштабоване зберігання, обробку та

захист даних. Вона створює середовище для функціонування цифрових сервісів, державних реєстрів, бізнес-процесів і суспільних комунікацій. Її основу становлять дата-центри, мультихмарні кластери, хмарні офіси та сервіси, а також системи кіберзахисту, що гарантують безперервність і безпеку цифрових процесів [9; 10, с. 345].

Формування хмарної інфраструктури передбачає створення державно-приватних кластерів, які поєднують ресурси держави та бізнесу, впровадження енергетичного моделювання для оптимізації споживання ресурсів, проведення аудитів кібербезпеки, а також розробку стандартів і угод про рівень послуг (SLA), що забезпечують надійність і прозорість роботи систем.

У процесі формування цієї інфраструктури беруть участь держава як координатор і гарант суверенності даних, провайдери хмарних сервісів, наукові установи, що розробляють нові технології, а також бізнес-структури і громадяни як користувачі цифрових послуг. Об'єктами інфраструктури виступають дані, сервіси, робочі процеси та користувачі, які взаємодіють у хмарному середовищі.

Створення та функціонування загальнонаціональної хмарної інфраструктури дозволяє забезпечити цифрову інклюзивність, гнучкі форми зайнятості, економію ресурсів, підвищення рівня кіберзахисту та стійкість критичних систем. Тому хмарна інфраструктура постає як стратегічна інституційна опора цифрової держави [11, с. 36].

Невід'ємною складовою екосистеми промислово-цифрового укладу є інфраструктура платформної кооперації, яка ґрунтується на розвитку платформних архітектур та забезпечує взаємодію між різними суб'єктами економіки і суспільства. Її створення на загальнонаціональному рівні виступає системним механізмом цифрової трансформації, що формує умови для масштабування підприємництва, розвитку інновацій та цифрової інтеграції.

Інфраструктура платформної кооперації охоплює маркетплейси участі, які забезпечують взаємодію між постачальниками та споживачами послуг, API-логіку, що дозволяє інтегрувати цифрові рішення та відкриті стандарти, які гарантують сумісність і прозорість, а також інституційну підтримку, спрямовану на розвиток підприємництва та цифрової кооперації [12, с. 34].

Формування платформної інфраструктури передбачає розробку відкритих стандартів, що забезпечують інтероперабельність платформ, адаптацію регуляторних норм для нових бізнес-моделей, створення інституційних механізмів підтримки підприємництва, а також розвиток інноваційних екосистем, які стимулюють появу нових учасників і сервісів.

У процесі формування платформної інфраструктури беруть участь держава як регулятор і координатор, бізнес-структури та стартапи, що створюють і впроваджують платформи, наукові та освітні установи, які розробляють методології та готують кадри, а також користувачі, що формують попит і забезпечують розвиток екосистеми. Об'єктами цієї інфраструктури є транзакції, цифрові сервіси, дані та API, які взаємодіють у єдиному середовищі.

Функціонування інфраструктури платформної кооперації покликане забезпечити масштабування підприємництва, розвиток цифрової кооперації, зниження бар'єрів доступу до ринку для нових учасників, підвищення прозорості бізнес-процесів і формування стійкої інноваційної екосистеми. Вона постає не як окремий набір сервісів, а як стратегічна інституційна опора цифрової економіки, що інтегрує бізнес, державу та суспільство у єдину систему взаємодії.

Системно важливою складовою екосистеми промислово-цифрового укладу є інфраструктура цифрової довіри, яка на основі використання принципів децентралізації забезпечує підтримку механізмів прозорості, безпеки та легітимності цифрових транзакцій. Її створення на загальнонаціональному рівні є основою розвитку економіки, державного управління, виробничих і суспільних відносин в умовах цифрової трансформації [13, с. 41; 14, с. 263].

Інфраструктура цифрової довіри охоплює технології розподіленого реєстру (зокрема блокчейн), які гарантують незмінність та перевірюваність даних, смарт-контракти, що автоматизують виконання угод, токенизовані моделі, які забезпечують нові форми обігу активів, а також системи цифрової ідентифікації, що підтверджують особу та права користувачів у цифровому середовищі.

Формування інфраструктури цифрової довіри передбачає правову гармонізацію та узгодження національних і міжнародних норм, впровадження цифрової ідентифікації як базового механізму доступу до послуг, сертифікацію смарт-контрактів з метою забезпечення їхньої юридичної чинності, а також розвиток інституційних механізмів, які гарантують прозорість і захист прав учасників цифрових транзакцій.

У процесі формування інфраструктури цифрової довіри беруть участь держава як регулятор і гарант правової визначеності, фінансові установи, що інтегрують технології розподіленого реєстру у свої сервіси, бізнес-структури, які застосовують токенизовані моделі у комерційних процесах, а також громадяни як користувачі цифрових ідентифікацій та учасники транзакцій. Об'єктами інфраструктури довіри є транзакції, цифрові активи, ідентифікаційні дані та смарт-контракти, що взаємодіють у єдиній системі.

Головними завданнями інфраструктури цифрової довіри є забезпечення інституційної довіри, фіскальної прозорості, зниження ризиків шахрайства, підвищення ефективності державних і бізнес-процесів, а також формування нових моделей взаємодії між громадянами, державою та бізнесом. Вона постає не як окрема технологія, а як стратегічна інституційна основа цифрової екосистеми нового економічного укладу, що інтегрує правові, технологічні та соціальні механізми у єдину систему довіри.

Аналіз окремих цифрових інфраструктур свідчить про те, що не дивлячись на відмінності у змісті та функціональному призначенні, вони формуються за спільною логікою, яку можна охарактеризувати як метамодель, що складається з взаємопов'язаних блоків [15, с. 118; 16, с. 18; 17; 18, с. 361]. Складові кожної інфраструктури визначають її матеріально-технологічну та організаційну основу. Це можуть бути когнітивні моделі, сенсори, хмарні кластери, платформи кооперації та технології розподіленого реєстру, які формують базовий набір елементів для функціонування національної цифрової екосистеми.

Результати функціонування цифрових інфраструктур полягають у забезпеченні цифрової суверенності, оптимізації управлінських процесів, розвитку підприємництва, інноваційної кооперації, а також у підвищенні рівня безпеки, прозорості та довіри. Сукупно це спрямоване на формування стійкої цифрової держави, здатної інтегрувати знання, алгоритми, дані та сервіси у масштабі всієї країни (табл. 1).

Таким чином, процес формування національних цифрових інфраструктур дозволяє розглядати когнітивну, сенсорну, хмарну, платформну та довірчу інфраструктури не як ізольовані техніко-технологічні системи, а як взаємопов'язані елементи єдиної інституційної архітектури цифрової екосистеми промислово-цифрового укладу. Узагальнені характеристики цих інфраструктур наведено у табл. 2.

Проведене дослідження сутності, характеристик та архітектури цифрових інфраструктур промислово-цифрового укладу дозволило виявити їхні спільні риси та особливості. Аналіз показав, що всі вони вибудовуються за єдиною методологією, яка передбачає визначення структурних елементів, встановлення механізмів розвитку, окреслення суб'єктів та об'єктів, а також орієнтацію на стратегічні результати цифрової трансформації. Спільними характеристиками є інституційна інтегрованість, міжсекторальна координація, стандартизація та розвиток кадрового потенціалу.

Водночас аналіз засвідчив їхню функціональну спеціалізацію: когнітивна інфраструктура спрямована на акумуляцію та використання

знань і моделей; сенсорна – на збір та інтерпретацію даних від фізичних об’єктів; хмарна – на масштабоване зберігання та обробку інформаційних ресурсів; платформна – на забезпечення кооперації та формування інноваційних екосистем; довірча – на підтримку прозорості та легітимності транзакцій у цифровому середовищі.

Таким чином, усі цифрові інфраструктури є взаємопов’язаними елементами єдиної інституційної архітектури. Їхня взаємодія забезпечує цифрову суверенність, прозорість, довіру, оптимізацію управлінських процесів, розвиток підприємництва та підвищення рівня безпеки. У сукупності вони формують основу для стійкого функціонування промислово-цифрового укладу, здатного інтегрувати знання, алгоритми, дані та сервіси у масштабі всієї країни з метою забезпечення сталого соціально-економічного розвитку [19; 20, с. 78].

Таблиця 1

**Приклади застосування національних цифрових інфраструктур**

<b>Інфраструктура</b>	<b>Державні послуги</b>	<b>Енергетика</b>	<b>Транспорт</b>
Когнітивна	DSS-моделі для прийняття рішень, чат-боти для громадян, аналітика політик	Прогнозування споживання енергії, оптимізація балансів, виявлення аварійних ситуацій	Оптимізація маршрутів, прогноз заторів, управління потоками
Сенсорна	Сенсори в «розумних містах», моніторинг екології, контроль доступу	Сенсори на мережах, телеметрія генерації та споживання, цифрові двійники станцій	Датчики на транспорті, моніторинг руху, безпека перевезень
Хмарна	Дата-центри для реєстрів, хмарні офіси держслужб, онлайн-команди	Моделювання енергосистем, зберігання даних, кіберзахист	Хмарні системи управління, інтеграція даних з різних операторів
Платформна	Платформи державних послуг («єдиний кабінет»), відкриті API для бізнесу	Енергетичні маркетплейси, біржі даних, API для інтеграції	Платформи кооперації перевізників, маркетплейси мобільності
Довірча	Цифрова ідентифікація громадян, прозорість реєстрів, фіскальна довіра	Смарт-контракти для енергетичних угод, токенизація зелених сертифікатів	Реєстри транспортних ліцензій, токенизовані моделі квитків

*Джерело: складено автором*

Таблиця 2

**Характеристики та особливості функціонування  
цифрових інфраструктур**

<b>Інфра-структура</b>	<b>Складові</b>	<b>Механізми формування</b>	<b>Суб'єкти</b>	<b>Об'єкти</b>	<b>Очікувані результати</b>
Когнітивна	Національні LM; DSS системи; каталоги знань; етичні модулі; API	Етична стандартизація; міжсекторальна інтеграція; розвиток кадрів; інституційна підтримка	Держава; університети; бізнес; громадські організації	Дані; моделі; сервіси; користувачі	Автоматизація управління; оптимізація рішень; цифрова суверенність; етична довіра
Сенсорна	Сенсори та пристрої; шлюзи; телеметрія; цифрові двійники; стандарти сумісності	Тестові зони; технічні регламенти; сертифікація пристроїв; інституційна координація	Держава; виробники обладнання; оператори мереж; бізнес; громадяни	Дані сенсорів; фізичні об'єкти; цифрові двійники; користувачі	Автономізація систем; баланс ресурсів; безпека; сумісність
Хмарна	Дата-центри; мультимарні кластери; хмарні офіси; сервіси; кіберзахист	Державно-приватні кластери; енергетичне моделювання; аудит кібербезпеки; стандарти SLA	Держава; приватні провайдери; наукові установи; бізнес; громадяни	Дані; сервіси; робочі процеси; користувачі	Цифрова інклюзивність; економія ресурсів; кіберзахист; стійкість критичних систем
Платформна	Маркетплейси; API логіка; відкриті стандарти; інституційна підтримка	Розробка стандартів; регуляція; підтримка підприємництва	Держава; бізнес; стартапи; наукові установи; користувачі	Транзакції; сервіси; дані; API	Масштабування підприємництва; цифрова кооперація; прозорість
Довірча	Децентралізовані реєстри; смарт-контракти; токенизовані моделі; цифрова ідентифікація	Правова гармонізація; ідентифікація; сертифікація контрактів; інституційні механізми	Держава; фінансові установи; бізнес; громадяни	Транзакції; цифрові активи; ідентифікаційні дані; смарт-контракти	Прозорість; інституційна довіра; зниження шахрайства; нові моделі взаємодії

*Джерело: складено автором*

## **2. Стан і проблеми розвитку цифрових інфраструктур в Україні**

Аналіз стану загальнонаціональних цифрових інфраструктур в Україні свідчить про нерівномірність їхнього розвитку та різний рівень інституційної зрілості. Найбільш динамічно розвивається хмарна інфраструктура. В Україні прийнято Закон «Про хмарні послуги», функціонує понад сорок локальних провайдерів, поширюються мультихмарні практики, бізнес активно переходить на хмарні рішення, а дата-центри адаптуються до енергетичних ризиків [21]. Це створює передумови для високої комерційної зрілості цифрових сервісів та підвищує стійкість критично важливих систем. Відсутність єдиної концепції державної хмари, недостатня регламентація стандартів рівня обслуговування (SLA) та обмежена практика системних аудитів кібербезпеки формують ризики, що стримують інтеграцію хмарних рішень у публічний сектор та знижують довіру до цифрової інфраструктури на рівні державного управління [22, с. 80].

Когнітивна інфраструктура в Україні перебуває на середньому рівні сформованості, проте демонструє позитивну динаміку розвитку завдяки державним ініціативам. Зокрема, ключову роль відіграють проекти Dii.AI та WINWIN AI Center of Excellence, а також заходи, передбачені Концепцією розвитку штучного інтелекту [23]. Поряд із цим реалізуються інші проекти у державному секторі та формується партнерство з глобальними технологічними компаніями. Водночас, відсутність власних національних мовних моделей (LLM), чітких стандартів етики та безпечності ШІ, регуляторних «пісочниць» для стартапів і стабільного фінансування наукових досліджень і розробок створює системні обмеження, що стримують інституційну зрілість когнітивної інфраструктури та знижують її конкурентоспроможність у глобальному цифровому середовищі.

Платформна інфраструктура в Україні також перебуває на середньому рівні розвитку, проте має окремі сильні сторони. Серед ключових досягнень варто відзначити міжреєстрову інтероперабельність, яку забезпечує державна система «Трембіта», що створює можливості для обміну даними між реєстрами та сприяє зростанню кількості транзакцій у державних сервісах. Разом із тим, відсутність відкритих національних стандартів API, адаптованих регуляторних моделей для B2B/B2C-платформ, а також ефективних механізмів підтримки підприємництва та інноваційних екосистем формує системні обмеження, які стримують подальшу інституційну зрілість платформної інфраструктури та ускладнюють її інтеграцію у цифрову економіку на загальнонаціональному рівні.

Сенсорна інфраструктура в Україні активно використовується у сфері зв'язку, енергетики та міських систем управління, проте залишається фрагментованою, що ускладнює процеси накопичення та інтеграції даних від різномірних джерел – сенсорів, телеметричних систем та цифрових двійників. Її розвиток підтримують окремі проекти цифрової стійкості та «розумних міст», а також ініціативи у сфері енергетичного моніторингу та транспортної логістики. Водночас, відсутність єдиних технічних регламентів для систем інтернету речей, процедур сертифікації сенсорних пристроїв та офіційних випробувальних майданчиків для тестування нових технологій створює системні бар'єри. Це знижує рівень інтеграції сенсорних систем у критично важливу інфраструктуру України, зокрема енергетичну, транспортну та комунальну, що обмежує їхню масштабованість у національному цифровому середовищі.

Інфраструктура цифрової довіри в Україні формується у контексті євроінтеграції та гармонізації з нормами ЄС, зокрема регламентом електронної ідентифікації, аутентифікації та довірчих послуг eIDAS 2.0 [24], а також міжнародними стандартами у сфері цифрової ідентифікації та безпеки транзакцій. Активно розвивається е-ідентифікація, яка є базовим механізмом доступу до цифрових послуг та екосистеми е-врядування. Водночас, обмежена кількість пілотних проєктів практичного застосування технологій розподіленого реєстру (DLT, блокчейн), відсутність стандартів і процедур сертифікації смарт-контрактів, а також нормативних рамок для токенизації активів створює бар'єри для розвитку цифрової довіри. Це знижує потенціал формування нових моделей економічної та соціальної взаємодії між державою, бізнесом і громадянами та стримує інституційну зрілість цифрової економіки України.

Таким чином, проведений аналіз стану цифрових інфраструктур в Україні засвідчує поєднання позитивних тенденцій розвитку та наявності системних бар'єрів, що потребують стратегічного вирішення. Для наочності узагальнені результати оцінки їхнього поточного стану наведено у табл. 3.

Узагальнюючи наведені в табл. 3 дані, можна стверджувати, що в Україні функціонують всі цифрові інфраструктури, проте перебувають на різних стадіях розвитку: окремі вже мають сформований ринок і демонструють високий рівень інституційної зрілості, тоді як інші лише формуються і потребують додаткових інституційних, технологічних та організаційних рішень. Така диференціація зумовлює необхідність комплексної державної політики, яка б забезпечувала підтримку зрілих сегментів і створювала умови для розвитку тих, що залишаються недостатньо розвинутими.

Таблиця 3

## Характеристика стану цифрових інфраструктур в Україні

Інфра-структура	Поточний стан	Переваги	Виклики	Пріоритети
Когнітивна	Середній рівень сформованості; активний державний імпульс (Dii.AI, WINWIN AI Center), реалізація Концепції ІІІ	Висока частка відкритих даних; системні проекти у державному секторі; партнерства з глобальними компаніями	Відсутність національних LLM; нестача регуляторних «пісочниць»; відсутність стандартів етики та безпеки ІІІ; нестабільне фінансування R&D	Створення національних LLM; фінансування досліджень; впровадження етичних стандартів; запуск «пісочниць»
Сенсорна	Активне використання у зв'язку, енергетиці, міських системах; проекти цифрової стійкості та «розумних міст»	Зростання мережевої взаємодії; підтримка критичної інфраструктури; розвиток телеметрії	Відсутність єдиних технічних регламентів ІоТ, сертифікації сенсорних пристроїв, офіційних випробувальних майданчиків	Розробка національних стандартів сумісності ІоТ; створення тестових полігонів; сертифікація безпеки сенсорів
Хмарна	Найбільш розвинена; активний ринок; широке коло провайдерів; перехід бізнесу у хмарне середовище	Мультихмарні практики; адаптація дата центрів до енергетичних ризиків; високий рівень комерційної зрілості	Відсутність єдиної нормативної бази для державної хмари; стандарти SLA; системні аудити кібербезпеки	Створення національної концепції хмари; впровадження SLA; регулярні кібераудити; розвиток компетенцій
Платформна	Середній рівень розвитку; GovTech ініціативи («Трембіта», Digital State UA)	Міжреєстрова інтеграбельність; зростання кількості транзакцій у державних сервісах	Відсутність відкритих стандартів API; регуляторних моделей для B2B/B2C платформ; механізмів підтримки інноваційних екосистем	Розробка стандартів API; адаптація регуляторних рамок; стимулювання підприємництва та інноваційних екосистем
Довірча	Формується у контексті євроінтеграції; гармонізація з нормами ЄС (eIDAS) та міжнародними стандартами	Активний розвиток е ідентифікації; правове забезпечення довірчих сервісів	Відсутність масштабних пілотів DLT; стандарти та сертифікація смарт контрактів; нормативні рамки для токенизації активів	Гармонізація з eIDAS 2.0; запуск пілотів DLT; розробка стандартів смарт контрактів; створення наглядових інституцій

Джерело: складено на основі [25; 26; 27; 28]

Результати дослідження підтверджують, що розглянуті цифрові інфраструктури утворюють взаємопов'язану екосистему в межах промислово-цифрового укладу. Їхня взаємодія не лише сприяє забезпеченню суверенності, прозорості та довіри, а й формує передумови для розвитку підприємництва, інноваційної кооперації та підвищення рівня безпеки. У сукупності ці інфраструктури становлять стратегічну основу процесу цифрової трансформації економіки України, здатного інтегрувати знання, алгоритми, дані та сервіси на національному рівні.

Незважаючи на досягнення, сучасний стан цифрових інфраструктур в Україні характеризується низкою системних викликів, що стримують їх подальший розвиток. До ключових проблем слід віднести:

1) недостатню нормативно-правову базу, яка не відповідає темпам розвитку технологій та створює правові бар'єри;

2) відсутність гармонізації з міжнародними стандартами, що ускладнює інтеграцію України у глобальний цифровий простір;

3) невизначеність у питаннях етичного використання цифрових технологій та відсутність відповідних регуляторних рамок, що стримує формування довіри та розвиток інновацій;

5) кадровий дефіцит у сферах когнітивної інженерії, кібербезпеки, управління даними та технологій інтернету речей, який обмежує можливості масштабування інфраструктур і знижує їхню ефективність;

6) фрагментацію технологічних рішень і низький рівень інтероперабельності різних систем і секторами, що ускладнює інтеграцію інфраструктур у єдиний цифровий простір;

7) обмежене фінансування та високі інвестиційні ризики, які знижують темпи впровадження нових технологій і реалізації пілотних проєктів;

8) низький рівень суспільної довіри до цифрових систем, зумовлений побоюваннями щодо безпеки персональних даних, кіберзагроз та можливих зловживань (табл. 4).

Таблиця 4

**Ключові проблеми та виклики функціонування і розвитку цифрових інфраструктур України**

<b>Інфраструктура</b>	<b>Проблема</b>	<b>Наслідки</b>	<b>Напрями розв'язання</b>
1	2	3	4
Системна	Недостатня нормативно правова база	Правові бар'єри, невідповідність темпам технологічного розвитку	Оновлення законодавства, адаптація до міжнародних стандартів

1	2	3	4
Системна	Відсутність гармонізації з міжнародними стандартами	Ускладнена інтеграція у глобальний цифровий простір	Гармонізація з нормами ЄС та міжнародними стандартами
Системна	Фрагментація рішень, низька інтероперабельність	Ускладнена інтеграція у єдиний цифровий простір	Впровадження стандартів сумісності, розвиток API
Системна	Обмежене фінансування та інвестиційні ризики	Повільне впровадження нових технологій, слабкі пілотні проекти	Державні та приватні інвестиційні стимули, грантові програми
Когнітивна та сенсорна	Кадровий дефіцит	Обмежене масштабування, зниження ефективності	Підготовка фахівців, нові освітні програми, стимулювання R&D
Довірча	Невизначеність у питаннях етичного використання технологій	Низький рівень довіри, стримування інновацій	Розробка етичних стандартів і регуляторних рамок
Довірча	Низький рівень суспільної довіри	Побоювання щодо безпеки персональних даних і кіберзагроз	Кіберзахист, прозорість сервісів, комунікація з громадянами

*Джерело: складено автором*

Таким чином, виявлені проблеми свідчать про необхідність переходу від фрагментарних рішень до розроблення цілісної стратегії, яка дозволить інтегрувати правові, інституційні, технологічні та соціальні механізми з метою формування та розвитку стійкої цифрової екосистеми промислово-цифрового укладу.

### **3. Механізми формування та розвитку цифрових інфраструктур в Україні**

Механізми формування та розвитку цифрових інфраструктур в Україні відображають процеси інституційного та нормативного закріплення відповідної системи у структурі промислово-цифрового укладу. До ключових інструментів належать стандартизація, правова гармонізація, освітні програми, інституційна підтримка та публічно-приватні партнерства. Саме вони перетворюють окремі технологічні та організаційні рішення на загальнонаціональні екосистеми.

За своєю природою ці механізми є комплексними, адже поєднують технологічні, правові, освітні та соціально-етичні аспекти. Їхнє призначення полягає у забезпеченні стійкості та безпеки, правової визначеності й суспільної легітимності, а також у створенні умов для економічної конкурентоспроможності та інноваційного розвитку. Важливою складовою є інтеграція у глобальний цифровий простір та підвищення якості життя громадян. Завдяки цьому цифрові інфраструктури виходять за межі окремих проєктів і набувають статусу стратегічних опор промислово-цифрового укладу.

Для інфраструктур, що перебувають на етапі становлення, пріоритетним є застосування інституційних та нормативних механізмів, які формують базові умови функціонування та гарантують правову визначеність. У міру їхньої зрілості акцент зміщується на технологічне вдосконалення, розвиток кадрового потенціалу та формування суспільної довіри. У сукупності ці механізми забезпечують стійкість, легітимність і здатність інфраструктур виконувати роль стратегічних опор державної цифрової політики [29, с. 12].

Формування механізмів функціонування когнітивної інфраструктури в Україні потребує послідовної державної політики, що охоплює технологічний, нормативний, освітній та інституційний виміри. Головним завданням є створення національних мовних моделей і когнітивних платформ, здатних враховувати особливості правового, адміністративного та культурного контексту. Реалізація цих завдань дозволяє забезпечити цифрову суверенність, підвищити точність інтерпретації даних, зменшити залежність від зовнішніх технологічних рішень та перетворити когнітивну інфраструктуру на ключовий елемент національної політики цифрової трансформації.

Важливим механізмом розвитку когнітивної інфраструктури є створення регуляторних «пісочниць», у межах яких державні органи, бізнес та наукові установи можуть тестувати рішення штучного інтелекту у контрольованих середовищах, проводити апробацію нових алгоритмів без ризику для користувачів і критичних систем, а також забезпечувати швидкий перехід від експериментів до масштабних впроваджень [30, с. 128].

До системи механізмів належить і розроблення етичних стандартів та кодексів безпечного використання ШІ, які визначають принципи прозорості, відповідальності, недискримінації, підвищуючи рівень суспільної довіри та легітимності когнітивних технологій. Важливо, щоб ці стандарти були гармонізовані з міжнародними нормами, але водночас враховували національний правовий та культурний контекст [31, с. 28].

Складовою механізмів формування та розвитку когнітивної інфраструктури є інтеграція освітніх програм у сфері когнітивної

інженерії, аналітики даних та машинного навчання в систему вищої освіти, що забезпечує підготовку кадрового резерву для державних інституцій та бізнесу.

Реалізація зазначених механізмів сприяє підвищенню якості управлінських рішень завдяки використанню DSS-систем, оптимізації ресурсів на основі автоматизації документообігу та аналітичних процесів, а також формуванню екосистемного ефекту, коли когнітивна інфраструктура підтримує платформну та довірчу інфраструктури структурованими знаннями та алгоритмами.

Відповідальність за реалізацію механізмів має бути розподілена між ключовими інститутами. Міністерство цифрової трансформації виконує функцію координатора, Міністерство освіти і науки разом із Національною академією наук України забезпечують наукову та освітню складову, Державна служба спеціального зв'язку (ДССЗЗІ) та захисту інформації відповідає за дотримання безпекових стандартів, а бізнес-структури та ІТ-компанії виступають партнерами у створенні та впровадженні технологічних рішень.

Такий підхід до формування та розвитку когнітивної інфраструктури забезпечує її комплексність і поетапність реалізації, створюючи інтелектуальну основу промислово-цифрового укладу, здатну інтегрувати знання та алгоритми на національному рівні й гарантувати ефективність управління, прозорість процесів та суспільну довіру.

Головним завданням механізмів формування та підтримки загальнонаціональної сенсорної інфраструктури є створення системи збору даних у реальному часі, яка забезпечує функціонування енергетики, транспорту, міського управління та безпеки. Такі механізми формують «сенсорний шар» промислово-цифрового укладу, що дозволяє здійснювати постійний моніторинг, оперативно реагувати на зміни та приймати обґрунтовані управлінські рішення.

Ключовим механізмом є розроблення єдиних технічних регламентів і стандартів сумісності для IoT-пристроїв. Відсутність узгоджених протоколів та вимог до безпеки зумовлює фрагментацію рішень і знижує рівень інтеграції сенсорних систем у критичну інфраструктуру. Запровадження стандартів шифрування, регулярного оновлення програмного забезпечення та сертифікації пристроїв створює основу їхньої надійності та довгострокового використання.

До системи механізмів також можна віднести створення сертифікаційних центрів і лабораторій, які перевірятимуть відповідність сенсорних технологій вимогам безпеки та якості. Це сприятиме підвищенню рівня довіри до пристроїв і забезпечить захист критичних систем від кіберзагроз.

Важливим напрямом підтримки та розвитку сенсорної інфраструктури є запуск тестових полігонів і експериментальних середовищ, у яких здійснюється апробація технологій «розумних міст», цифрових двійників та інтелектуальних транспортних систем. Такі середовища дозволяють перевірити ефективність сенсорних рішень у реальних умовах, визначити їхню масштабованість та інтеграцію з державними реєстрами.

Значну роль відіграє розвиток галузевих кластерів у сферах енергетики, транспорту та міської інфраструктури. Об'єднання виробників, наукових установ та органів влади у спільні проєкти сприятиме швидкому впровадженню сенсорних технологій і формуванню єдиної екосистеми [32, с. 262].

Відповідальність за реалізацію механізмів має бути розподілена між ключовими інституціями. Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сфері зв'язку та інформатизації, відповідає за стандартизацію та технічні регламенти; Міністерство цифрової трансформації координує інтеграцію сенсорних систем у цифрову екосистему; ДССЗІ забезпечує кіберзахист; галузеві міністерства, зокрема у сферах енергетики, транспорту та комунальних послуг, відповідають за впровадження сенсорних технологій у відповідних секторах; бізнес-структури та університети виступають партнерами у створенні кластерів і тестових полігонів.

Таким чином, механізми формування та розвитку сенсорної інфраструктури в Україні повинні бути спрямовані на стандартизацію, сертифікацію, апробацію та кластеризацію технологій. Комплексна реалізація цих напрямів дозволить створити надійну та масштабовану систему збору даних, яка стане основою для ефективного управління ресурсами, забезпечення безпеки та стимулювання інноваційного розвитку.

Важливим механізмом підтримки та розвитку хмарної інфраструктури є створення національного фреймворку для загальнонаціонального хмарного середовища, який визначає архітектуру, моделі розміщення даних, політики доступу та стандарти безпеки. Такий фреймворк формує основу для інтеграції державних реєстрів і сервісів, а також корпоративних платформ у хмарне середовище, забезпечуючи їхню стійкість та відповідність міжнародним вимогам.

Ключовим елементом цього механізму є запровадження стандартів SLA та системи регулярного аудиту кібербезпеки. Обов'язковим складником також є визначення показників доступності та відновлення сервісів, що забезпечує прозорість і відповідальність провайдерів, підвищує рівень довіри до хмарних рішень, мінімізує ризики збою і втрати даних та гарантує стабільність функціонування критичних систем.

Особливого значення набуває формування публічно-приватних кластерів, які об'єднують ресурси держави та бізнесу для створення дата-центрів і розроблення мультимарних рішень. Вони забезпечують географічну розподіленість, резервування критичних систем та можливість швидкого масштабування сервісів. Важливою складовою механізмів є стимулювання мультимарних практик, що дозволяє уникати залежності від одного провайдера та забезпечує гнучкість у використанні різних технологічних платформ. Це сприяє формуванню конкурентного середовища та оптимізує витрати на інфраструктуру.

Відповідальність за реалізацію механізмів розвитку хмарної інфраструктури розподіляється між ключовими інституціями: Міністерство цифрової трансформації координує створення державної хмари та інтеграцію реєстрів; ДССЗІ відповідає за стандарти кібербезпеки; бізнес-структури та провайдери хмарних послуг забезпечують технологічну реалізацію кластерних і мультимарних рішень. Комплексна реалізація цих напрямів дозволить сформувати стійку загальнонаціональну хмарну інфраструктуру, яка забезпечить ефективність управління, безперервність роботи цифрових сервісів та конкурентоспроможність економіки у глобальному цифровому середовищі.

Механізми формування та розвитку платформної інфраструктури повинні забезпечувати створення середовища для взаємодії держави, бізнесу та громадян на основі стандартизованих інтерфейсів обміну даними, транзакціями та сервісами. Їхня реалізація визначає темпи цифрової трансформації, оскільки саме платформи стають точками інтеграції різних секторів та основою для появи нових послуг. В Україні цей сегмент перебуває у фазі активного становлення, однак відсутність єдиних стандартів і правових рамок обмежує його повноцінне функціонування, що актуалізує потребу у комплексних механізмах розвитку.

Одним із ключових механізмів розвитку платформної інфраструктури є розроблення відкритих національних стандартів API та протоколів взаємодії. Відкритість і сумісність інтерфейсів забезпечує інтеграцію державних реєстрів, бізнес-сервісів та громадських ініціатив у єдиний цифровий простір.

Важливою складовою механізмів є удосконалення регуляторних моделей для B2B та B2C платформ, зокрема визначення правового статусу платформ і правил конкуренції, запровадження податкових режимів та захист прав споживачів. Значну роль відіграє підтримка інноваційної екосистеми через акселератори, інкубатори та програми фінансування стартапів, що дозволяє залучати нових учасників, розширювати спектр послуг і формувати конкурентне середовище.

Перспективними є пілотні програми у сферах охорони здоров'я, логістики та промисловості, де платформи можуть забезпечити інтеграцію даних і прозорість процесів.

Відповідальність за реалізацію механізмів розвитку платформної інфраструктури має бути розподілена між ключовими інституціями: Міністерством цифрової трансформації, яке координує створення стандартів і забезпечує інтеграцію державних реєстрів; Антимонопольним комітетом, який контролює дотримання правил конкуренції; Національним банком України, який відповідає за регулювання платіжних сервісів; а також бізнес-структурами та інноваційними центрами, що забезпечують технологічну реалізацію нових платформних рішень.

У підсумку розвиток платформної інфраструктури в Україні потребує поєднання відкритих стандартів, прозорих регуляторних моделей та підтримки інноваційної екосистеми. Це дозволить сформувати єдиний цифровий простір, у якому державні, бізнесові та громадські сервіси взаємодіють на основі довіри, прозорості та інноваційності.

Ключовим завданням формування та розвитку механізмів функціонування інфраструктури цифрової довіри є гармонізація національного законодавства з європейськими нормами, що забезпечить взаємне визнання електронної ідентифікації, електронного підпису та електронної печатки, створюючи правову основу для інтеграції України у єдиний цифровий простір. Водночас необхідно враховувати національні особливості, оскільки інфраструктура довіри має відповідати потребам внутрішнього ринку та завданням державного управління.

Серед ключових механізмів розвитку інфраструктури цифрової довіри важливе місце посідає впровадження пілотних проєктів технологій розподіленого реєстру у державних реєстрах, системах публічних закупівель та фінансових транзакціях. Використання DLT та блокчейн-рішень забезпечує прозорість, перевірюваність і захист від маніпуляцій, формуючи технологічну основу для підвищення рівня суспільної довіри до цифрових процесів.

Важливим механізмом є розроблення стандартів і процедур сертифікації смарт-контрактів. Вони повинні гарантувати безпеку коду, відповідність правовим нормам та можливість аудиту, створюючи умови для застосування смарт-контрактів у державних сервісах, фінансових операціях та бізнес-угодах.

До системи механізмів належить також формування нормативних рамок для токенизації цифрових активів і захисту інвесторів. Чіткі правила випуску токенів, розкриття інформації та функціонування кастодіальних сервісів забезпечують легітимність цього напрямку та сприяють розвитку інвестиційної діяльності у цифровій економіці.

Відповідальність за реалізацію механізмів розвитку інфраструктури цифрової довіри має бути покладена на ключові інституції: Міністерство цифрової трансформації, яке координує процеси гармонізації та впровадження технологій; Національний банк України та Національну комісію з цінних паперів і фондового ринку, які відповідають за регулювання фінансових аспектів; Міністерство юстиції, яке забезпечує правову складову; а також на бізнес-структури, що беруть участь у сертифікації та впровадженні рішень.

У підсумку розвиток механізмів формування інфраструктури цифрової довіри в Україні потребує поєднання правових, технологічних та інституційних інструментів. Це створить основу для легітимності цифрових процесів, підвищить рівень суспільної довіри та забезпечить інтеграцію України у глобальну цифрову економіку.

Розроблення механізмів формування та розвитку цифрових інфраструктур в Україні засвідчує, що їхня ефективність визначається узгодженістю технологічних рішень із правовими та інституційними умовами, а також рівнем суспільної довіри. Різні види цифрової інфраструктури мають свою функціональну специфіку, проте однаково потребують системного підходу, який поєднує стандартизацію, інновації, кадрове забезпечення та прозорість.

Сформовані напрями розвитку механізмів свідчать про те, що промислово-цифровий уклад не може реалізовуватися лише через окремі технологічні проекти. Необхідна цілісна екосистема, у межах якої механізми формування, підтримки та розвитку інфраструктур взаємодіють між собою, створюючи умови для безпеки, довіри та інноваційного зростання. Така взаємодія забезпечує перехід від окремих технологічних проектів до цілісної моделі промислово-цифрового укладу, здатної підтримувати економічну стійкість та легітимність суспільних процесів.

Подальший розвиток цифрових інфраструктур має ґрунтуватися на інтеграції стратегічних механізмів, що поєднують державну політику, наукові дослідження, бізнес-ініціативи та громадську участь. Це створює передумови для формування сучасної цифрової держави, яка відповідає викликам глобального середовища та водночас зберігає власну суверенність (табл. 5).

Загальна характеристика механізмів розвитку цифрових інфраструктур в Україні, наведена в табл. 5, свідчить про те, що хоча всі вони ґрунтуються на спільній методологічній основі, конкретні інструменти їх становлення та розвитку відрізняються залежно від функціональної специфіки.

**Загальна характеристика механізмів формування та розвитку  
цифрових інфраструктур в Україні**

<b>Інфраструктура</b>	<b>Напрями формування та розвитку</b>	<b>Ключові інституції</b>	<b>Очікувані результати</b>
Когнітивна	Національні LM; регуляторні «пісочниці»; етичні стандарти; фінансування R&D; інтеграція освітніх програм	Мінцифри; МОН; НАН України; ДССЗЗІ; ІТ-компанії	Підвищення якості управлінських рішень; оптимізація використання ресурсів; розвиток інновацій
Сенсорна	Стандартизація IoT пристроїв; сертифікація; тестові полігони та експериментальні середовища; цифрові двійники; кластеризація	НКРЗІ; Мінцифри; ДССЗЗІ; галузеві міністерства; університети; бізнес	Зменшення втрат і простоїв; підвищення рівня безпеки; формування масивів даних для когнітивної аналітики
Хмарна	Національний фреймворк державної хмари; стандарти SLA; публічно приватні кластери; аудити кібербезпеки; мультихмарні практики	Мінцифри; ДССЗЗІ; провайдери хмарних послуг; бізнес-структури	Стійкість критичних систем; прозорість управління; гнучке масштабування сервісів; прискорення інновацій
Платформна	Відкриті стандарти API; регуляторні моделі для B2B/B2C; підтримка інноваційної екосистеми; акселератори та пілотні програми	Мінцифри; АМКУ; НБУ; інноваційні центри; бізнес	Масштабування цифрових сервісів; прозора взаємодія секторів; інтеграція та синергія
Довіри	Гармонізація з eIDAS; пілотні проекти DLT у реєстрах; стандарти та сертифікація смарт-контрактів; нормативні рамки токенизації цифрових активів	Мінцифри; НБУ; НКЦПФР; Мін'юст; незалежні аудитори; бізнес	Прозорість транзакцій; захист прав користувачів та інвесторів; легітимність цифрових процесів; інтеграція у глобальні ринки

*Джерело: складено автором*

Механізми розвитку когнітивної інфраструктури зосереджуються на етичній стандартизації та зміцненні наукового і кадрового потенціалу. Сенсорна інфраструктура потребує сертифікації пристроїв, гармонізації технічних регламентів і запуску тестових зон. Хмарна базується на

державно-приватних кластерах, стандартах SLA та аудитах кібербезпеки. Платформна розвивається через відкриті стандарти API та адаптацію регуляторних норм до нових бізнес-моделей, а довірча формується на основі правової гармонізації, цифрової ідентифікації та сертифікації смарт-контрактів, включно з базовими правилами обігу цифрових активів.

Спільними механізмами для всіх інфраструктур є стандартизація, інституційна підтримка, освітні програми та розвиток довіри, а відмінності визначаються їхньою функціональною природою. У сукупності ці механізми забезпечують становлення промислово-цифрового укладу, в якому кожна інфраструктура виконує свою роль, але водночас інтегрується з іншими у єдину інституційну архітектуру.

Розроблена система політичних, технологічних та управлінських заходів для формування і розвитку цифрових інфраструктур промислово-цифрового укладу узагальнює комплекс дій, що мають універсальний характер і можуть бути адаптовані до різних національних контекстів.

Інституційний аспект розвитку цифрових інфраструктур передбачає створення центрів компетенцій, кластерів і публічно-приватних партнерств, а також визначення держави як координатора та гаранта цифрової суверенності. Нормативна площина охоплює розроблення технічних, етичних і правових стандартів, їх гармонізацію з міжнародними нормами та сертифікацію технологій і сервісів.

Освітньо-кадровий напрям полягає у підготовці фахівців у сферах когнітивної інженерії, кібербезпеки, IoT-технологій та управління даними. Технологічна складова реалізується через запуск тестових зон і пілотних проєктів, впровадження цифрових двійників, мультимарних кластерів, реєстрових технологій та смарт-контрактів. Соціально-етичний блок спрямований на формування довіри до цифрових систем шляхом розроблення етичних кодексів, забезпечення прозорості та громадського контролю, а також захисту прав користувачів.

Соціально-етичний блок спрямований на формування довіри до цифрових систем шляхом розроблення етичних кодексів, забезпечення прозорості та громадського контролю, а також захисту прав користувачів.

#### **4. Оцінка ефективності механізмів та дорожня карта розвитку цифрових інфраструктур**

Узагальнена система механізмів формування та підтримки цифрових інфраструктур має комплексний характер і охоплює інституційні, нормативні, освітні, технологічні та соціально-етичні аспекти. Така багатовимірність створює універсальну рамку, здатну адаптуватися до

конкретних національних умов і забезпечувати стійкість та легітимність цифрових інфраструктур.

Оцінювання повинно здійснюватися комплексно, враховуючи як внутрішні чинники (готовність технологій, ресурси, узгодженість), так і зовнішні (нормативно-правове середовище, стратегічні пріоритети). Це забезпечує прозорість, можливість порівняння та коригування процесів цифрової трансформації.

Результати оцінювання формують основу для дорожньої карти розвитку цифрових інфраструктур України. Вона визначає строки, етапи та пріоритети впровадження механізмів, узгоджує дії стейкхолдерів і закладає підґрунтя для інтеграції цифрових рішень у стратегічні документи державної політики.

Практична реалізація запропонованих механізмів потребує чіткої оцінки строків та ефективності їхнього впровадження. Її рівень визначається низкою чинників: технологічною готовністю як самих рішень, так і відповідних галузей; наявністю матеріальних і кадрових ресурсів; узгодженістю між складовими інфраструктури; а також інституційними та регулятивними умовами, що забезпечують їх функціонування [33, с. 48; 34, с. 197; 35, с. 104; 36, с. 184].

Кожен механізм має власну специфіку, що відображає особливості відповідної цифрової інфраструктури. Водночас вони не діють ізольовано: їхня ефективність залежить від рівня координації та взаємодії в межах цілісної системи. Узгоджене застосування формує інтегральний результат, який посилює загальний вплив на розвиток цифрових інфраструктур. Тому оцінювання має враховувати не лише індивідуальні характеристики окремих механізмів, а й їхню системну взаємозалежність.

Оцінювання ефективності повинно здійснюватися комплексно, охоплюючи як внутрішні чинники (технологічна готовність, наявність ресурсів, рівень узгодженості), так і зовнішні (нормативно-правове середовище, відповідність міжнародним стандартам, стратегічні пріоритети розвитку). Такий підхід забезпечує поєднання стратегічних цілей із практичними інструментами вимірювання досягнень, створює умови для прозорості та дозволяє здійснювати порівняння різних груп механізмів. Логічним продовженням цього є визначення очікуваних результатів та відповідних показників ефективності, що узагальнено відображено у табл. 6.

Представлені в табл. 6 результати та показники ефективності дають змогу оцінювати дієвість механізмів не лише на рівні стратегічних намірів, а й у практичному вимірі, тобто через їхню здатність забезпечувати конкретні результати, що можуть бути піддані кількісному та якісному оцінюванню. Сукупність показників, згрупованих за блоками механізмів, утворює цілісну систему оцінювання, яка дозволяє

співвідносити очікувані ефекти з визначеними критеріями. Це, у свою чергу, забезпечує можливість об'єктивного моніторингу, порівняння та коригування процесів цифрової трансформації, підвищуючи їхню керованість і прозорість.

Таблиця 6

**Очікувані результати та показники ефективності дії механізмів формування і розвитку цифрових інфраструктур**

<b>Група механізмів</b>	<b>Види механізмів</b>	<b>Очікувані результати</b>	<b>Показники оцінки ефективності</b>
1	2	3	4
Стандарти та регуляторні рамки	Стандарти IoT, API, SLA; регуляторні «пісочниці»; гармонізація з eIDAS	Узгодженість цифрових процесів; інтеграція у глобальні ринки; зменшення регуляторних бар'єрів	– кількість прийнятих стандартів; – частка сумісних рішень; кількість учасників у «пісочницях»; – рівень відповідності міжнародним нормам
Технології та середовища	Сенсорні мережі, цифрові двійники, державна хмара, мультихмарні практики, тестові полігони	Стійкість критичних систем; скорочення простоїв; гнучке масштабування сервісів	– кількість IoT пристроїв; – кількість цифрових двійників; – обсяг даних у державній хмарі; – рівень доступності сервісів
Дані та когнітивні механізми	Національні LM, етичні стандарти, відкриті дані, когнітивна аналітика	Підвищення точності прогнозів; оптимізація управлінських рішень; розвиток інновацій	– кількість відкритих наборів даних; – точність прогнозних моделей; – кількість інтегрованих когнітивних рішень; – обсяг інвестицій у R&D
Платформні екосистеми та організаційні механізми	Відкриті API, акселератори, інноваційні центри, кластеризація	Зростання кількості користувачів; прозора взаємодія секторів; інтеграція сервісів	– кількість доступних API; – кількість стартапів, що пройшли акселерацію; – кількість учасників кластерів; – рівень інтеграції між секторами
Довіра, безпека та інституційні механізми	Кібербезпека, цифрова ідентичність, смарт контракти, аудит	Зменшення кіберінцидентів; підвищення рівня довіри користувачів; легітимність цифрових процесів	– кількість сертифікованих рішень; – кількість кіберінцидентів; рівень довіри користувачів; – кількість транзакцій через смарт контракти

1	2	3	4
Людський капітал та економічні стимули	Освітні програми, R&D фінансування, гранти, PPP кластери	Зростання кількості фахівців; залучення інвестицій; підвищення цифрової грамотності	– кількість підготовлених фахівців; – кількість освітніх програм; обсяг інвестицій у цифрові проекти; – кількість публічно приватних партнерств
Управління та координація	Міжвідомча координація, проєктні офіси, управління строками	Узгодженість дій; скорочення часу реалізації; ефективність виконання дорожньої карти	– кількість міжвідомчих проєктів; – дотримання строків реалізації; кількість створених проєктних офісів; – рівень узгодженості стратегій

*Джерело: складено автором*

Визначення очікуваних результатів та показників ефективності функціонування механізмів має багатовимірне практичне значення для різних груп стейкхолдерів: для політиків і управлінців – це інструмент пріоритезації рішень, оцінки доцільності інвестицій та моніторингу реалізації державної політики; для уряду – основа стратегічного моніторингу, формування звітності та узгодження національних пріоритетів із міжнародними стандартами; для бізнесу – орієнтир у пошуку ринкових можливостей, оцінки інвестиційної доцільності та визначення напрямів інноваційного розвитку; для суспільства – гарантія прозорості цифрових процесів та підвищення рівня довіри до цифрових трансформацій [37, с. 128; 38, с. 89].

Таким чином, система показників ефективності механізмів формування та підтримки розвитку цифрових інфраструктур промислово-цифрового укладу перетворює концептуальні підходи на прикладний інструмент управління цифровими трансформаціями. Її практичне значення полягає у трансформації стратегічних цілей у вимірювані критерії управління, що забезпечує результативність реалізації політики та сприяє розвитку цифрової економіки.

Отримані результати оцінювання формують методологічну основу для побудови дорожньої карти розвитку цифрових інфраструктур України. Вона визначає строки, етапи та пріоритети практичного впровадження механізмів, забезпечує узгодженість дій між різними стейкхолдерами, створює інституційну спроможність до моніторингу і коригування процесів цифрової трансформації та закладає підґрунтя для інтеграції цифрових рішень у стратегічні документи державної політики.

Дорожня карта, сформована на основі зазначених результатів, постає як інструмент стратегічного планування, що поєднує методологічні засади з практичними механізмами реалізації. Вона дозволяє простежити логіку розвитку цифрових інфраструктур у коротко-, середньо- та довгостроковій перспективі, окреслює завдання для кожного етапу формування і підтримки цифрових інфраструктур, визначає взаємозв'язки між окремими напрямками цифрової трансформації та забезпечує системність у плануванні цифрового розвитку держави. Дорожня карта виконує роль інтеграційного інструмента, що узгоджує стратегічні цілі з конкретними управлінськими рішеннями та сприяє формуванню цілісної архітектури цифрової економіки (табл. 7).

Таблиця 7

**Дорожня карта розвитку цифрових інфраструктур України**

Інфраструктура	Період		
	короткостроковий (1–2 роки)	середньостроковий (3–5 років)	довгостроковий (5–10 років)
Когнітивна	Створення національних мовних моделей; запуск регуляторних «пісочниць» для тестування ШІ. Фінансування: державні гранти, університетські програми	Розвиток центрів компетенцій; інтеграція систем підтримки прийняття рішень у державному управлінні; формування етичних кодексів. Фінансування: публічно приватні партнерства, венчурні інвестиції	Масштабування когнітивних платформ у промисловості, освіті та охороні здоров'я; міжнародна інтеграція українських мовних моделей. Фінансування: міжнародні програми, корпорації
Хмарна	Державні дата центри, перші мультихмарні кластери. Фінансування: державний бюджет	Національна хмарна інфраструктура, аудит безпеки. Фінансування: державні програми, приватні інвестори	Оптимізація енергоспоживання, міжнародна інтеграція. Фінансування: корпорації, міжнародні донори
Платформна	Відкриті API, маркетплейси. Фінансування: гранти, бізнес інкубатори	Інноваційні екосистеми, акселератори. Фінансування: венчурні фонди, державна підтримка	Стійка екосистема «державо-бізнес-наука». Фінансування: змішана модель
Довірча	Електронна ідентифікація, цифровий підпис. Фінансування: державний бюджет	Смарт контракти, реєстри транзакцій. Фінансування: державні програми, банки	Токенізовані моделі, висока довіра. Фінансування: міжнародні фонди, фінансові корпорації

*Джерело: складено автором на основі [26; 27; 28; 39]*

У короткостроковій перспективі (1–2 роки) основна увага приділяється створенню нормативно-правової бази та інституційних механізмів. Це включає гармонізацію стандартів із законодавством ЄС, запуск регуляторних «пісочниць», формування центрів компетенцій і кластерів. Паралельно розпочинається реалізація пілотних проєктів у сферах когнітивних технологій, Інтернету речей та хмарних рішень. Важливим завданням є започаткування освітніх програм і формування кадрового резерву для цифрової трансформації.

У середньостроковій перспективі (3–5 років) відбувається масштабування інфраструктур та інтеграція пілотних рішень у національні системи. Пріоритетом стає розвиток інтегрованості між секторами, розбудова мультимарних кластерів, платформної кооперації та систем цифрової довіри. Водночас розширюються освітні програми, створюються бізнес-інкубатори та акселератори, впроваджуються механізми прозорості й громадського контролю. Особливу увагу приділяють екологічному моніторингу та розвитку інноваційних екосистем, що сприяє формуванню стійкого цифрового середовища.

У довгостроковій перспективі (5–10 років) фокус зміщується на забезпечення стійкості та інституційної легітимності цифрової держави. Це передбачає повномасштабне впровадження цифрових двійників у містобудуванні, енергетиці та оборонній сфері, розвиток смарт-контрактів і токенизованих моделей, формування комплексних інноваційних екосистем та інтеграцію з міжнародними цифровими просторами. Ключовими завданнями є досягнення високого рівня суспільної довіри, кібербезпеки та інклюзивності, що гарантує стабільність промислово-цифрового укладу.

Запропонована дорожня карта розвитку ключових цифрових інфраструктур України відображає послідовний перехід від нормативного та інституційного становлення до масштабування і довгострокової стійкості. Вона демонструє практичну логіку трансформаційних процесів, поєднуючи стратегічні завдання з конкретними механізмами їх реалізації.

Систематизація напрямів розвитку цифрових інфраструктур у вигляді таблиці дозволяє не лише визначити пріоритети кожного етапу, а й підкреслити взаємозалежність окремих їх видів. Так, розвиток когнітивних технологій неможливий без хмарних рішень, а сенсорні системи потребують платформної інтеграції та довірчих механізмів для забезпечення прозорості та безпеки. Такий підхід формує основу для комплексного планування, де кожен елемент підтримує інші, створюючи єдину цифрову екосистему.

Разом із цим запропонована дорожня карта окреслює ключові виклики, що можуть виникати на різних етапах її реалізації. У короткостроковій

перспективі головним ризиком є недостатня узгодженість нормативної бази з міжнародними та європейськими стандартами, а також обмеженість фінансування. Водночас саме цей етап відкриває можливості для формування кадрового резерву та запуску пілотних проєктів, які закладають основу майбутніх трансформацій.

У середньостроковій перспективі визначальною проблемою стає потреба у масштабуванні рішень без втрати якості та безпеки, а також у забезпеченні прозорості та громадського контролю. Виконання завдань цього періоду створює можливості для розвитку інноваційних екосистем, розширення освітніх програм та інтеграції бізнесу і науки у процес цифрової трансформації.

У довгостроковій перспективі основними викликами залишаються кіберзагрози, інституційна легітимність цифрової держави та досягнення високого рівня суспільної довіри. Саме цей етап відкриває можливості для повномасштабного впровадження цифрових двійників, розвитку токенизованих моделей та інтеграції України до міжнародних цифрових просторів, що забезпечує стійкість і конкурентоспроможність промислово-цифрового укладу.

Таким чином, розроблена дорожня карта може бути не лише інструментом стратегічного планування, але й механізмом управління ризиками та ресурсами. Вона поєднує розв'язання визначених проблем із практичними механізмами їх реалізації, формуючи узгоджений план розвитку цифрових інфраструктур України у контексті сучасних викликів та інтеграційних процесів глобального цифрового простору.

### **Висновки**

Проведене дослідження дозволило визначити, що ключовими національними цифровими інфраструктурами є когнітивна, сенсорна, хмарна, платформна та довірча. Їхнє функціонування забезпечує комплексну підтримку цифрової економіки: обробку знань і даних, збір інформації у реальному часі, масштабоване зберігання та обробку, інтеграцію державних і бізнес-сервісів, а також легітимність цифрових транзакцій. У сукупності ці інфраструктури формують базис промислово-цифрового укладу та визначають потенціал інноваційного розвитку країни.

Разом із тим розвиток зазначених інфраструктур стримується низкою системних проблем: недостатньою нормативно-правовою базою, фрагментацією технологічних рішень, обмеженим фінансуванням, кадровим дефіцитом та низьким рівнем довіри. Усвідомлення цих викликів дозволило окреслити практичні механізми їх подолання та сформулювати дорожню карту, що передбачає поетапний розвиток

інфраструктур із визначенням ключових завдань, джерел фінансування, а також індикаторів ефективності й критеріїв результативності.

Запропонований механізм формування, підтримки та розвитку цифрових інфраструктур має комплексний характер, оскільки інтегрує нормативно-правові, інституційні, технологічні, фінансові, освітні та соціально-етичні аспекти. Такий підхід забезпечує створення універсальної рамки цифрової трансформації країни, що ґрунтується на синергії стейкхолдерів та формуванні інституційної архітектури цифрової економіки. Це дозволяє адаптувати запропоновані рішення до різних національних умов, узгоджувати стратегічні цілі з конкретними управлінськими рішеннями та використовувати їх як ефективний інструмент стратегічного планування. Практична реалізація отриманих результатів формує основу для довгострокового розвитку, підвищення стійкості та конкурентоспроможності цифрових інфраструктур.

Таким чином, цифрові інфраструктури промислово-цифрового укладу постають не як окремі технологічні рішення, а як взаємопов'язані елементи єдиної інституційної архітектури, що забезпечує стійкість, прозорість і легітимність цифрової держави. Їхнє формування та розвиток є ключовою умовою для забезпечення економічної стабільності, інноваційного зростання та інтеграції України у глобальний цифровий простір.

Подальші наукові дослідження повинні бути спрямовані на розробку методик оцінювання ефективності механізмів формування та підтримки розвитку цифрових інфраструктур, уточнення критеріїв результативності, аналіз ризиків і кіберзагроз, пошук оптимальних моделей поєднання державного та приватного фінансування, а також вироблення рекомендацій для органів влади, бізнесу та наукової спільноти.

### **Список використаних джерел:**

1. Гриценко А. А. Інформаційно-цифровий етап розвитку соціально-економічних систем. *Економіка України*. 2022. № 1. С. 29–46.
2. Міщенко В. І. Промислово-цифровий розвиток як структуроутворюючий чинник формування сучасного технологічного укладу. *Економічна теорія*. 2025. № 2. С. 23–44. DOI: <https://doi.org/10.15407/etet2025.02.023>
3. Яременко О. Ідентичність та суверенітет в системі інституційних ресурсів національно укоріненого економічного розвитку України. *Економічна теорія*. 2023. № 3. С. 71– 83. DOI: <https://doi.org/10.15407/etet2023.03.071>
4. Гриценко А. А. та ін. Формування засад національно укоріненої стійкості та безпеки економічного розвитку України в умовах гібридної системи «мир-війна»: монографія. Київ: НАН України, 2025. 572 с.

5. Міщенко В. І., Науменкова С. В. Механізми державної підтримки використання штучного інтелекту для забезпечення стійкості економічного розвитку. *Економіка України*. 2024. № 5. С. 30–56.
6. Яненкова І. Г. Регулювання штучного інтелекту в ЄС. *Ефективна економіка*. 2025. № 3. DOI: <https://doi.org/10.32702/2307-2105.2025.3.7>
7. Міщенко В. І. Механізми регулювання процесів цифровізації для забезпечення національно укоріненої стійкості економічного розвитку. *Економічний простір*. 2024. № 189. С. 283–290.
8. Яненкова І. Цифрова індустріалізація як чинник економічної динаміки. *Економічна теорія*. 2023. № 3. С. 84–99.
9. Green A. et. al. How data centers and the energy sector can sate AI's hunger for power. McKinsey. 2024. URL: <https://letscleartheairnow.org/news/how-data-centers-and-the-energy-sector-can-sate-ais-hunger-for-power/>
10. Міщенко В. І., Тищенко Є. О. Інституційна роль дата-центрів у цифровій трансформації економіки України. *Бізнес-навігатор*. 2025. № 4 (81). С. 342–347.
11. Naumenkova S., Malyutin O., Mishchenko S. (2015) Transition to Inflation Targeting in Ukraine: New Tools for Monetary Policy. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка*. 2015. № 166. Р. 31–38.
12. Липов В. В. Суперечності віртуальної конкуренції як результат алгоритмізації управління на цифрових платформах: інституційний контекст. *Економічна теорія*. 2022. № 1. С. 26–44. DOI: <https://doi.org/10.15407/etet2022.01.026>
13. Корнівська В. Інституційні трансформації у цифровому суспільстві. *Економічна теорія*. 2024. № 2. С. 29–52. DOI: <https://doi.org/10.15407/etet2023.02.029>
14. Коляда Т., Прозоров Ю. Оцінка впливу детінізації обігу віртуальних активів на фінансову безпеку в умовах цифрової економіки. *Цифрова економіка та економічна безпека*. 2025. № 6 (18). С. 260–265.
15. Mishchenko V., Naumenkova S., Mishchenko S., Tishchenko I. Formation and Functioning of Financial Metaverse Platforms. *Financial and credit activities: problems of theory and practice*. 2025. Vol. 1 (60). Р. 111–122.
16. Зверяков М. І. Формування моделі повоєнного економічного розвитку на основі відтворювального підходу. *Економіка України*. 2025. № 11. С. 3–22.
17. Tishchenko I., Savchenko N., Shostak T. The Role of Digital Financial Assets in the Post-War Recovery of Ukraine's Economy. *Effective economy*. 2024. № 7. DOI: <https://doi.org/10.32702/2307-2105.2024.7.75>
18. Mishchenko V., Tishchenko I., Mishchenko S., Naumenkova S. Basic Pillars of the Industrial-Digital Technological Order. *Financial and credit activities: problems of theory and practice*. 2025. Vol. 5 (64). Р. 353–365.
19. Цифрова трансформація України. НІСД, 2025. URL: <https://niss.gov.ua/news/komentari-ekspertiv/tsyfrova-transformatsiya-ekonomiky-ukrayiny-kviten-2025-roku>

20. Naumenkova S., Mishchenko S., Tishchenko I., Mishchenko V. Government Support for Addressing Energy Poverty in the Context of Low-Carbon Transition. *Public and Municipal Finance*. 2025. Vol. 14. Is. 2. P. 64–82.
21. Про хмарні послуги. Закон України від 17.02.2022 р. № 2075-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2075-20#Text>
22. Naumenkova S., Tishchenko I., Mishchenko S., Mishchenko V., Ivanov V. Assessment and Mitigation of Credit Risks in Project Financing. *Banks and Bank Systems*, 2020. № 15 (1). P. 72-84. DOI: [http://dx.doi.org/10.21511/bbs.15\(1\).2020.08](http://dx.doi.org/10.21511/bbs.15(1).2020.08)
23. Концепція розвитку штучного інтелекту в Україні. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 02.12.2020 р. № 1556-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-2020-%D1%80>
24. Regulation (EU) 910/2014 of the European Parliament and of the Council of 23 July 2014 on electronic identification and trust services for electronic transactions in the internal market and repealing Directive 1999/93/EC. EU. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32014R0910>
25. Mishchenko V., Naumenkova S. The International Monetary System in the Era of Dedollarization and Digitalization. *Three Seas Economic Journal*. 2025. Vol. 6 № 4. P. 44–50. DOI: <https://doi.org/10.30525/2661-5150/2025-4-6>
26. Digital 2025: Україна. Аналітичний звіт. ITTNews. 2025. URL: <https://ittnews.kiev.ua/tsyfrove-maybutnie-ukrainy-chy-hotovi-my-do-2025-roku-analiz-zvitu-digital-2025-ukraina-4636/>
27. Новини та документи щодо цифрової держави. Міністерство цифрової трансформації України. 2025. URL: <https://thedigital.gov.ua/>
28. Про розвиток цифрової інфраструктури. 29.12.2025. ЛІГА. 2025. URL: <https://topics.ligazakon.net/67e307bc24f3b977b9a1222d/2025-12-29>
29. Тищенко Є. О. Міщенко В. І. Роль промислово-цифрового розвитку в трансформації системи економічних відносини. *Наукові записки Національного університету «Острозька академія». «Економіка»*. 2025. № 36 (64). С. 4–14. DOI: [https://doi.org/10.25264/2311-5149-2025-36\(64\)-4-14](https://doi.org/10.25264/2311-5149-2025-36(64)-4-14)
30. Шульга Н. П. та ін. Інтегрована система управління ризиками банку. Київ : КНТЕУ, 2018. 440 с.
31. Лютий І. О. Проблеми розвитку сучасного міжнародного фінансового ринку та інтеграційний курс України. *Фінанси України*. 2006. № 5. С. 21–31.
32. Mishchenko V., Naumenkova S., Ivanov V., Tishchenko I. Special aspects of using hybrid financial tools for project risk management in Ukraine. *Investment Management and Financial Innovations*. 2018. № 15 (2). P. 257–266.
33. Науменкова С. В., Овсянникова Я. О. Особливості оцінювання ефективності проєктів публічно-приватного партнерства. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка*. 2013. № 134. С. 47–51.
34. Гірченко Т., Тищенко Є. Особливості організації та управління ризиками проєктного фінансування в Україні. *Бізнес-навігатор*. 2019. № 6. С. 192–199.
35. Буковинський С. та ін. Банківська система України на шляху євроінтеграції: монографія. Київ : Національний банк України. Центр наукових досліджень, 2015. 496 с.

36. Карчева Г. Т. та ін. Механізми забезпечення ефективності та конкурентоспроможності банківської системи та економіки України. Київ : Університет банківської справи, 2019. 311 с.
37. Науменкова С. В. Проєктне фінансування. Київ: Знання, 2022. 217 с.
38. Tishchenko I. The Impact of Digitalization on Changing the Forms of Economic Relations. *Three Seas Journal*. 2025. Vol. 6. № 1. P. 86–91.
39. Цифрова трансформація під тиском обставин. *VoxUkraine*. 2025. URL: <https://voxukraine.org/tsyfrova-transformatsiya-pid-tyskom-obstavyin>

### References:

1. Hrytsenko A. A. (2022) Informatsiyno-tsyfrovyi etap rozvytku sotsialno-ekonomichnykh system [Information and digital stage of development of socio-economic systems]. *Ekonomika Ukrainy*, no. 1, pp. 29–46.
2. Mishchenko V. I. (2025) Promyslovo-tsyfrovyi rozvytok yak strukturoutvoryuyuchy chynnyk formuvannja suchasnoho tekhnolohichnoho ukladu [Industrial-digital development as a structuring factor in the formation of the modern technological order]. *Ekonomichna teoriia*, no. 2, pp. 23–44.
3. Yaremenko O. (2023) Identychnist ta suverenitet v systemi istytutsiynykh resursiv ekonomichnoho rozvytku Ukrainy [Identity and Sovereignty in the System of Institutional Resources for Ukraine's Economic Development]. *Ekonomichna teoriia*, no. 3, pp. 71–83. <https://doi.org/10.15407/etet2023.03.071>
4. Hrytsenko A. A. et al. (2025) Formuvannja zasad natsionalno ukorinenoj stiykosti ta bezpeky ekonomichnoho rozvytku Ukrainy v umovakh hibrydnoji systemy “myr-viyna” [Formation of the foundations of nationally rooted resilience and the security of Ukraine’s economic development in the context of a hybrid “peace-war” system]. Kyiv, NAN Ukrainy (in Ukrainian)
5. Mishchenko V. I., Naumenkova S. V. (2024) Mekhanizmy derzhavnoi pidtrymky vykorystannja sztuchnoho intelektu dlja zabezpechennja stiykosti ekonomichnoho rozvytku [Mechanisms of state support for the use of artificial intelligence to ensure economic development resilience]. *Ekonomika Ukrainy*, no. 5, pp. 30–56.
6. Yanenkova I. H. (2025) Rehulyuvannja sztuchnoho intelektu v ES [Artificial intelligence regulation in the EU]. *Efektivna ekonomika*, no 3. DOI: <https://doi.org/10.32702/2307-2105.2025.3.7>
7. Mishchenko V. I. (2024) Mekhanizmy rehulyuvannja protsesiv tsyfrovizatsii dlja zabezpechennja natsionalno ukorinenoj stiykosti ekonomichnoho rozvytku [Mechanisms for regulating digitalization processes to ensure nationally rooted economic development resilience]. *Ekonomichnyi prostir*, no. 189, pp. 283–290.
8. Yanenkova I. (2023) Tsyfrova industrializatsija yak chynnyk ekonomichnoi dynamiky [Digital industrialization as a factor of economic dynamics]. *Ekonomichna teoriia*, no. 3, 84–99. DOI: <https://doi.org/10.15407/etet2023.03.084>
9. Green A. et al. (2024) How data centers and the energy sector can satiate AI’s hunger for power. McKinsey. Available at: <https://lets.cleartheairnow.org/news/how-data-centers-and-the-energy-sector-can-satiate-ais-hunger-for-power/>

10. Mishchenko V. I., Tishchenko I. O. (2025) Instytutsoyna rol data-tsentriv u tsyfrovii transformatsii ekonomiky Ukrainy [The institutional role of data centers in the digital transformation of Ukraine's economy]. *Biznes-navihator*, no. 4 (81), pp. 342–347. DOI: <https://doi.org/10.32782/business-navigator.81-51>
11. Naumenkova S., Malyutin O., Mishchenko S. (2015) Transition to Inflation Targeting in Ukraine: New Tools for Monetary Policy. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka*, no. 166, pp. 31–38.
12. Lypov V. V. (2022) Superecnosti virtualnoi konkurentsii yak rezultat alhorytmizatsii upravlinnja na tsyfrovyykh platformakh [Contradictions of virtual competition as a result of algorithmic management on digital platforms]. *Ekonomichna teorija*, no. 1, pp. 26–44. DOI: <https://doi.org/10.15407/etet2022.01.026>
13. Kornivska V. (2024) Instytutsiyni transformatsii u tsyfrovomu suspilstvi [Institutional Transformations in the Digital Society]. *Ekonomichna teorija*, no. 2, pp. 29–52. DOI: <https://doi.org/10.15407/etet2023.02.029>
14. Koljada T., Prozorov Y. (2025) Otsinka vplyvu detinizatsii obihu virtualnykh aktyviv na finansovu bezpeku v umovakh tsyfrovoy ekonomiky [Assessment of the Impact of Detaxation of Virtual Asset Circulation on Financial Security in the Context of the Digital Economy]. *Tsyfrova ekonomika ta ekonomichna bezpeka*, no. 6 (18), pp. 260–265. DOI: <https://doi.org/10.32782/dees.18-39>
15. Mishchenko V., Naumenkova S., Mishchenko S., Tishchenko I. (2025) Formation and Functioning of Financial Metaverse Platforms. *Financial and credit activities: problems of theory and practice*, no. 1 (60), pp. 111–122.
16. Zveryakov M. I. (2025) Formuvannja modeli povennohoekonomichnoho rozvytku na osnovi vidtvoryuvalnoho pidkhodu [Formation of a post-war economic development model based on a reproductive approach]. *Ekonomika Ukrainy*, no. 11, pp. 3–22. DOI: [https://doi.org/10.15407/econo\\_myukr.2025.11.003](https://doi.org/10.15407/econo_myukr.2025.11.003)
17. Tishchenko I., Savchenko N., Shostak T. (2024) The Role of Digital Financial Assets in the Post-War Recovery of Ukraine's Economy. *Effective economy*, no. 7. DOI: <https://doi.org/10.32702/2307-2105.2024.7.75>
18. Mishchenko V., Tishchenko I., Mishchenko S., Naumenkova S. (2025) Basic Pillars of the Industrial-Digital Technological Order. *Financial and credit activities: problems of theory and practice*, no. 5 (64), pp. 353–365.
19. NISD. (2025) Tsyfrova transformatsija Ukrainy [Digital Transformation of Ukraine's Economy]. Available at: <https://niss.gov.ua/news/komentari-ekspertiv/tsyfrova-transformatsiya-ekonomiky-ukrayiny-kviten-2025-roku>
20. Naumenkova S., Mishchenko S., Tishchenko I., Mishchenko V. (2025) Government Support for Addressing Energy Poverty in the Context of Low-Carbon Transition. *Public and Municipal Finance*, no. 14 (2), pp. 64–82.
21. VRU (2022). Pro khmarni posluhy [About cloud services]. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2075-20#Text>
22. Naumenkova S., Tishchenko I., Mishchenko S., Mishchenko V., Ivanov V. (2020) Assessment and Mitigation of Credit Risks in Project Financing. *Banks and Bank Systems*, no. 15 (1), 72–84. DOI: [http://dx.doi.org/10.21511/bbs.15\(1\).2020.08](http://dx.doi.org/10.21511/bbs.15(1).2020.08)

23. KМУ. (2020) Kontseptsija rozvytku shtuchnoho intelektu v Ukraini [The concept of artificial intelligence development in Ukraine]. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-2020-%D1%80>
24. EU. (2014) Regulation (EU) 910/2014 of the European Parliament and of the Council of 23 July 2014 on electronic identification and trust services for electronic transactions in the internal market and repealing Directive 1999/93/EC. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32014R0910>
25. Mishchenko V., Naumenkova S. (2005) The International Monetary System in the Era of Dedollarization and Digitalization. *Three Seas Economic Journal*, no. 6 (4), pp. 44–50. DOI: <https://doi.org/10.30525/2661-5150/2025-4-6>
26. ITTNews. (2025) Digital 2025: Ukraina. Analychnyi zvit. [Digital 2025: Ukraine. Analytical Report]. Available at: <https://ittnews.kiev.ua/tsyfrove-maybutnie-ukrainy-chy-hotovi-my-do-2025-roku-analiz-zvitu-digital-2025-ukraina-4636/>
27. MTsTU (2025) Npvyiny ta dokumenty shchodo tsyfrivoi derzhavy [News and documents of the digital state]. Available at: <https://thedigital.gov.ua/>
28. LIGA. (2025) Pro rozvytok tsyfrovoi infrastruktury [On the development of digital infrastructure]. Available at: <https://topics.ligazakon.net/67e307bc24f3b977b9a1222d/2025-12-29>
29. Tishchenko I. O., Mishchenko V. I. (2025) Rol promyslovo-tsyfrovoho rozvytku v transformatsii systemy ekonomichnykh vidnosyn [The role of industrial-digital development in the transformation of the system of economic relations]. *Naukovi zapysky Natsionalnoho universytetu "Ostrozka akademija". "Ekonomika"*, no. 36 (64), pp. 4–14. DOI: [https://doi.org/10.25264/2311-5149-2025-36\(64\)-4-14](https://doi.org/10.25264/2311-5149-2025-36(64)-4-14)
30. Shulha N. P. et al. (2018) Intehrovana systema upravlinnia ryzykamy banku [Integrated risk management system in banks]. Kyiv: KNTEU (in Ukrainian)
31. Lyutyi I. O., Mishchenko V. I. (2006) Problemy rozvytku suchasnoho mizhnarodnoho finansovoho rynku ta intehratsiynyy kurs Ukrayiny [Problems of development of the modern international financial market and integration course of Ukraine]. *Finansy Ukrainy*, no. 5, pp. 21–31.
32. Mishchenko V., Naumenkova S., Ivanov V., Tishchenko I. (2018) Special aspects of using hybrid financial tools for project risk management in Ukraine. *Investment Management and Financial Innovations*, no. 15 (2), pp. 257–266.
33. Naumenkova S. V., Ovsjannikova Y. O. (2013) Osoblyvosti otsinuyvannja efektyvnosti proektiv publichno-pryvatnoho partnerstva [Features of Evaluating the Effectiveness of Public-Private Partnership Projects]. *Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv*, no. 134, pp. 47–51.
34. Hirchenko T., Tishchenko I. (2019) Osoblyvosti orhanizatsii ta upravlinnja ryzykamy proektnoho finansuvannja v Ukraini [Features of organization and risk management in project financing in Ukraine]. *Business Navigator*, no. 6, pp. 192–199.
35. Bukovinsky S. et al. (2015) Bankivska systema Ukrainy na shljakhu evrointehratsii [The banking system of Ukraine on the path of European integration]. Kyiv: Natsionalnyi bank Ukrainy. Tsentri naukovykh doslidzhen (in Ukrainian)

36. Karcheva G. T. et al. (2019) Mekhanizmy zabezpechennja efektyvnosti ta konkurentospromozhnosti bankivskoi systemy ta ekonomiky Ukrainy [Mechanisms for Ensuring the Efficiency and Competitiveness of the Banking System and the Economy of Ukraine]. Kyiv: Universytet bankivskoi spravy (in Ukrainian)
37. Naumenkova S. V. (2022) Proektne finansuvannja [Project financing]. Kyiv: Znannja (in Ukrainian)
38. Tishchenko I. (2025) The Impact of Digitalization on Changing the Forms of Economic Relations. *Three Seas Journal*. no. 6 (1), pp. 86–91.
39. VoxUkraine. (2025) Tsyfrova transformatsija pid tyskom obstavyn [Digital transformation under pressure]. Available at: <https://voxukraine.org/tsyfrova-transformatsiya-pid-tyskom-obstavyn>