

Богдан Ігорович Логвіненко,*PhD, науковий співробітник,*

ORCID 0000-0002-7956-2916

e-mail: bodya00728@gmail.com

Інститут економіки промисловості НАН України, м. Київ

ПЕРЕДУМОВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ КОЛАБОРАТИВНИХ СИСТЕМ У НАЦІОНАЛЬНУ ПРОМИСЛОВІСТЬ: РОЛЬ ЕКОСИСТЕМИ TALENT-DATA-INFRASTRUCTURE

Вступ. Сучасні трансформаційні процеси в індустрії штучного інтелекту (далі ШІ) дедалі більше виходять за межі окремих технологічних інновацій, перетворюючись на одну глобальну архітектуру. У цьому контексті ШІ вже не розглядається як ізольований інструмент автоматизації чи оптимізації бізнес-функцій. Натомість він постає як ключовий елемент формування нових ланцюгів вартості AI Global Value Chain [1, 2], де вирішальну роль відіграє не лише наявність алгоритмів або технічних рішень, а здатність держави забезпечити повний цикл функціонування екосистеми: від генерації й утримання талантів до управління масивами даних та розвитку цифрової інфраструктури. На сьогодні Україна вже зробила важливий крок, артикулювавши стратегічне бачення розвитку ШІ до 2030 року, де окремо виокремлено блок «інфраструктура і талант» та орієнтацію на практичні сфери застосування. Водночас профільні міжнародні огляди щодо України підкреслюють: роль країни у глобальному секторі ШІ є досяжною [3, 4], але потребує цілеспрямованого розвитку людського капіталу, інфраструктури та інноваційного середовища. Отже, ключове науково-практичне питання полягає у визначенні вимог та рекомендацій щодо формування екосистеми talent-data-infrastructure як бази для впровадження інтелектуальних колаборативних систем у національній промисловості.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Проблематика визначення ключових чинників успішного впровадження цифрових технологій у виробництві перебуває в центрі уваги як зарубіжних, так і вітчизняних науковців. Відомі праці зарубіжних авторів – зокрема Донг Х., Макінтайр С. [5] та П. Даугерті, Х. Вілсон [6] – наголошують, що конкурентоспроможність сучасних економік значною мірою залежить від здатності поєднувати людський талант, великі дані та цифрову інфраструктуру в єдину систему. Аналогічно, українські дослідники Ю. Залознова, Н. Азьмук [7] підкреслюють вирішальну роль людського капіталу навіть у надзвичайних умовах (наприклад, війни) для збереження і розвитку економічного потенціалу країни. У роботі О. Панькової, О. Іщенко, О. Касперовича [8] акцентовано пріоритетність розвитку навичок працівників та техноло-

гічних ресурсів для успішної інтеграції України в глобальні інноваційні процеси Індустрії 4.0.

Водночас триває наукова дискусія щодо винятковості зазначеної триєдиної моделі та можливих доповнень до неї. Частина дослідників, зокрема В. Геєць [9] та І. Підоричева [10], вказують на важливість інституційного середовища й інноваційної культури, які також суттєво впливають на цифрову трансформацію. З іншого боку, О. Сердюк [11] і М. Солдак [12] підкреслюють роль формування промислових екосистем та просторових чинників, які можуть посилювати або стримувати впровадження інтелектуальних технологій. Таким чином, залишається відкритим питання: чи достатньо екосистеми talent-data-infrastructure як універсальної основи для розвитку ІКС, чи її слід розглядати у поєднанні з іншими компонентами залежно від національних умов.

Класичні теоретичні підходи підкреслюють, що знання та люди є визначальними ресурсами сучасної економіки. Ще Пітер Друкер [13] зазначав, що в постіндустріальному суспільстві «найважливішим ресурсом є не капітал, і не земля, а саме знання». Ця думка актуалізує значення людського чинника (таланту) у поєднанні з технологічними ресурсами. З точки зору дослідження, такий акцент обґрунтовує гіпотезу про те, що інтеграція людського капіталу, даних і інфраструктури може створити необхідні передумови для інноваційного прориву.

Мета та методологія дослідження. Метою даної роботи є наукове обґрунтування концепції інтелектуальних колаборативних систем у форматі екосистеми talent-data-infrastructure та аналіз передумов для її впровадження в промисловості України в умовах цифрової трансформації.

Для досягнення поставленої мети вирішено такі завдання:

- дослідити сутність компонентів talent, data, infrastructure та обґрунтувати вибір саме цієї термінології;

- проаналізувати поточний стан кожної складової в Україні, виявити основні бар'єри та можливість розвитку екосистеми для впровадження ІКС;

- показати значущість розвитку екосистеми talent-data-infrastructure для інтеграції України у глобальний AI Global Value Chain;



- узагальнити світовий та національний досвід і надати практичні рекомендації щодо зміцнення згаданої екосистеми в Україні.

Постановка проблеми. Варто почати з того, що упродовж останніх двох років відбулося стрімке зростання впровадження ШІ на рівні підприємств. Згідно щорічних глобальних опитувань аналітичної компанії McKinsey, частка організацій, які використовують ШІ хоча б в одній бізнес-функції, зросла з приблизно 20% у 2017 році до понад 72% у 2024 році. У 2025 році, за оцінками, цей показник перевищує 85%, наближаючись до універсального рівня впровадження. До середини 2023 року динаміка залишалася стабільною (50-60%), проте вихід генеративного ШІ (таких як GPT-4, 5 та інші) різко прискорив процес. Так наприкінці 2024 року вже 88% компаній у світі використовували ШІ в одній чи декількох функціях.

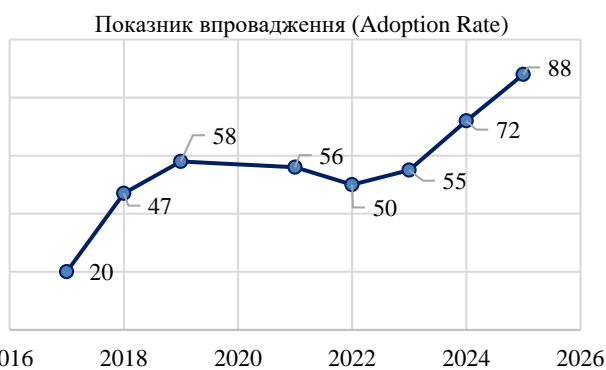


Рис. 1. Динаміка впровадження технологій штучного інтелекту в глобальному бізнес-середовищі (2017-2025 рр.)

Джерело: розроблено автором на основі щорічних звітів The state of AI 2017-2025 [13]

Водночас зростання можливостей ШІ супроводжується новими викликами: з одного боку, прогнозується суттєве підвищення продуктивності, з іншого – актуалізується проблема оновлення навичок працівників та залежності від алгоритмів. Так, за оцінками Світового економічного форуму, до 44% ключових навичок працівників зазнають змін у найближчі п'ять років під впливом ШІ. Більш того, значна частина організацій поки що не отримує сталого економічного ефекту від упровадження ШІ, що пов'язують із відсутністю цілісного поєднання людських компетентностей, даних і технологічної інфраструктури. В цій ситуації постає потреба переходу від фрагментарного використання окремих цифрових рішень до побудови інтелектуальних колаборативних систем (ІКС), які не замінюють людину, а підсилюють її можливості.

Науково обґрунтоване дослідження будь-якої складної соціоекономічної системи потребує передусім чіткого визначення базових понять і категорій, які формують її концептуальну основу. У межах цього дослідження логічним є розпочати аналіз із

розгляду сутності поняття екосистема, що у сучасній науковій літературі все частіше розглядається як альтернатива традиційним «системним» моделям у промисловій політиці, інноваційних дослідженнях та цифровій економіці.

У сучасній науковій традиції поняття екосистеми [9] дедалі частіше розглядається як альтернатива класичним ієрархічним моделям, що домінували у політиці інновацій, промислових трансформаціях і цифровій економіці. Його унікальність полягає у зсуві акценту з централізованого управління на динамічну мережу взаємодії між акторами, де ключову роль відіграють гнучкі зв'язки, взаємозалежність ресурсів і відсутність жорсткої субординації.

Як підкреслює автор [12], бізнес-екосистеми формуються навколо інновацій і поєднують конкуренцію зі співпрацею, що принципово відрізняє їх від вертикально інтегрованих структур. Тоді як [13] визначають інноваційну екосистему як сукупність акторів, артефактів та інституцій, взаємодія яких забезпечує інноваційність – жоден з елементів не є самодостатнім. У цьому сенсі триєдність talent-data-infrastructure виступає прикладом багаторівневої інтеграції, де людський капітал, дані та цифрова інфраструктура перебувають у нерозривному зв'язку. Таким чином, у більшості сучасних трактувань екосистема розуміється як відкрита, динамічна й нелінійна мережа, де інноваційна спроможність визначається балансом між співпрацею й конкуренцією, взаємодоповненням та креативним конфліктом. Саме ця логіка робить екосистемний підхід релевантною основою для формування інтелектуально-колаборативних систем у промисловості.

У цьому контексті доцільно ввести у вітчизняний науковий дискурс поняття інтелектуально-колаборативних систем (ІКС). Його зміст формується на перетині двох ключових ідей. По-перше, «інтелектуальні» системи передбачають використання штучного інтелекту та алгоритмів машинного навчання для обробки великих обсягів даних, автоматизації прийняття рішень та прогнозування. По-друге, «колаборативність» означає не заміну людини машиною, а їхню взаємодію і взаємодоповнення: коли алгоритми виконують рутинні, обчислювальні або прогнозні завдання, тоді як людина забезпечує критичне мислення, стратегічний вибір і ціннісну оцінку. Саме поєднання цих двох складових відрізняє ІКС від традиційних автоматизованих систем чи вузько визначених технологічних рішень.

Спираючись на огляд існуючих трактувань, у цьому дослідженні пропонується власне визначення. *Екосистема talent-data-infrastructure* – це відкрита соціотехнічна система, у якій людський потенціал (talent), інформаційні ресурси (data) та цифрова інфраструктура (infrastructure) взаємодіють у мережевій формі, забезпечуючи умови для створення, поширення й використання інновацій. Її особливість полягає у поєднанні трьох вимірів:

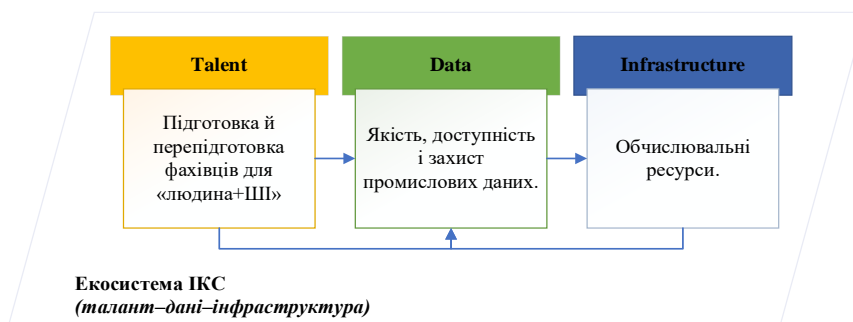


Рис. 2. Графічне позначення взаємозв'язків екосистеми ІКС (талант-дані-інфраструктура)

Джерело: розроблено автором

- кадрового (формування компетентностей та людського капіталу),
 - технологічного (управління та використання даних),
 - інфраструктурного (платформи, мережі та середовище для інтеграції технологій).

В такому розумінні концепція ІКС базується на тісній співпраці людини, штучного інтелекту та сучасних технологій у межах єдиного виробничого процесу. Такі системи інтегрують можливості промислового Інтернету речей (IoT), машинного навчання, робототехніки та когнітивних комп'ютерних систем для підвищення гнучкості та ефективності виробництва. ІКС є ядром парадигми Індустрії 4.0 та водночас реалізують гуманістичний підхід Індустрії 5.0, за якого технології посилюють роль людини, а не витісняють її.

Ключовою передумовою ефективного функціонування ІКС виступає збалансована триєдина екосистема talent-data-infrastructure, що поєднує:

- talent – наявність компетентних фахівців із сучасними цифровими та інженерними навичками;
- data – доступні й якісні промислові дані;
- infrastructure – потужну цифрову інфраструктуру (мережі, сенсори, платформи, обчислювальні ресурси).

Саме ця триада розглядається у стратегіях цифрової трансформації провідних країн (Китай, Сінгапур) як основа розвитку інновацій.

З огляду на стратегічну важливість систем ІКС для майбутнього промисловості, ключовим завданням стає розуміння і розвиток базових елементів, що визначають їхню життєздатність. Екосистема talent-data-infrastructure, яка слугує архітектурною основою таких систем, не є абстрактною конструкцією – вона матеріалізується у реальних ресурсах, компетенціях і технологіях. Її ефективне функціонування вимагає наявності взаємопов'язаних умов і передумов, які можна класифікувати у трьох вимірах.

Компонент «Talent»: людський капітал та навички для ІКС. Україна традиційно має потужний кадровий потенціал у сфері інженерії та ІТ. Станом на 2022 р. в українській ІТ-індустрії було зайнято понад 200 000 висококваліфікованих спеціалістів. На початку 2022 р. кількість ІТ-професіоналів досягала навіть 285 000 осіб за оцінками Асоціації «ІТ Україна»[14]. Це свідчить про наявність великого пулу

талантів (програмістів, інженерів), яких можна залучати до завдань промислової цифровізації.

Загальний рівень цифрової грамотності населення також істотно зріс за останні роки – 93% дорослих українців 18-70 р. тепер мають як мінімум базовий рівень цифрових навичок. Така широка база цифрової грамотності створює передумови для успішного навчання персоналу передовим технологіям. Отже, людський капітал потенційно може стати: [15] рушієм впровадження ІКС. Водночас промисловий сектор відчуває дефіцит актуальних навичок: багато працівників навчалися і здобували професійний досвід у період, коли технології Індустрії 4.0 ще не були поширені. Існує розрив між ІТ-галуззю та традиційною промисловістю: значна частина найкращих українських ІТ-фахівців працює на експорт (аутсорсинг) або за кордоном, натомість внутрішні виробництва часто залишаються без доступу до цього таланту.

Однак, справедливо зауважити, що українська промисловість стикається з кількома ключовими бар'єрами у сфері розвитку талантів:

- Розрив у навичках та невідповідність освіти.

Останніми роками спостерігається нестача інженерів і технічних працівників, що мають досвід у галузях ШІ, робототехніки, аналізу даних. Більшість освітніх програм відстають від стрімкого прогресу технологій Індустрії 4.0. Так як ще до війни було зафіксовано значний розрив між змістом підготовки у закладах освіти та потребами сучасного виробництва.

- Так званий «Відтік мізків» та втрата кадрів.

Соціально-економічна криза та відкрита війна спричинили масову міграцію кваліфікованих фахівців. Близько 8 млн українців виїхали за кордон, причому 70% з них мають вищу освіту. Внутрішнє переміщення населення та мобілізація також зменшили доступний трудовий потенціал промисловості. Утримання молодих талантів стає дедалі складнішим.

- Низька привабливість виробництва для ІТ-фахівців.

На виробничі підприємства важко залучити ІТ-спеціалістів та аналітиків даних, які можуть отримувати вищі зарплати в софтверних компаніях або за кордоном. В результаті відбувається «перекіс» у розподілі талантів: інженерні кадри старіють, молодь віддає перевагу секторам із кращими умо-

вами. Це уповільнює впровадження новітніх технологій на традиційних підприємствах.

Важливо зауважити, що попри бар'єри, у сфері розвитку талантів для ІКС в Україні існують значні можливості:

- Розвинений ІТ-сектор і система STEM-освіти щороку випускають велику кількість компетентних програмістів та інженерів. Є потенціал мобілізувати цю експертизу для потреб промисловості за наявності відповідних стимулів. Високий рівень базової цифрової грамотності населення (59% мають принаймні базові компетентності) спрощує перенавчання працівників виробництва для роботи з цифровими інструментами [16].

- Значна частина високоосвічених українців за кордоном висловлюють готовність повернутися після стабілізації ситуації. Відбудова економіки на основі сучасних технологій здатна залучити частину діаспорних талантів назад в Україну. Ця «репатріація талантів» може значно поповнити кадровий потенціал для цифрової модернізації промисловості.

- Державно-приватні ініціативи з розвитку навичок, вже на сьогодні зростає розуміння, що підготовка кадрів для цифрової економіки потребує об'єднаних зусиль держави, бізнесу та освітніх установ. Уже реалізуються програми на кшталт Dіia.City (спеціальний правовий режим для ІТ-галузі) та численні ІТ-стипендії, зустрічі тощо. Аналогічні програми можна спрямувати й на промислові потреби – наприклад, створювати центри підготовки з робототехніки, ІІ для виробництва; курси перекваліфікації для ветеранів та внутрішньо переміщених осіб, аби залучити їх до індустрії. Міжнародна допомога також може включати освітні проекти, що формують так звані «таланти майбутнього».

Важливо зауважити, що Україна вже перебуває на етапі формування стійких передумов для розвитку компоненту talent у межах інтелектуальної екосистеми. Це підтверджується відносно високим рівнем цифрових навичок і цифрової грамотності населення, широким поширенням ІТ-компетентностей, а також наявністю сформованого середовища підготовки фахівців у сфері інформаційних технологій, аналітики даних та інженерії. Крім того, суттєвий потенціал становить можливість повернення та реінтеграції кваліфікованих спеціалістів, які здобули професійний досвід за кордоном, а також перспективи системного розвитку кадрового потенціалу через модернізацію освітніх програм, корпоративне навчання та міжнародну науково-технологічну співпрацю. Сукупність цих чинників створює підґрунтя для формування в Україні конкурентоспроможного людського капіталу, здатного забезпечити ефективно інтеграцію інтелектуальних систем у національну економіку.

Компонент «Data»: промислові дані та їх використання. Якісні дані є життєво необхідним ресурсом для функціонування ІКС – від алгоритмів штучного інтелекту, що потребують великих навчальних вибірок, до ІоТ-мереж, які генерують дані сенсор-

ного моніторингу в реальному часі. Сьогодні на більшості українських підприємств культура data-driven знаходиться лише на початковому етапі розвитку. Значна частина виробничого обладнання застаріла і не оснащена сучасними сенсорами або інтерфейсами підключення до інтернету. Як наслідок, збір даних про виробничі процеси є фрагментарним або відсутнім. Якщо дані і збираються, вони залишаються ізольованими на рівні окремих верстатів чи цехів і рідко агрегуються для цілісного аналізу.

Відсутні галузеві платформи чи сховища даних, до яких компанії могли б спільно вносити інформацію. Також бракує налагодженого обміну даними між бізнесом і науковими установами – через побоювання щодо безпеки і захисту комерційної таємниці. Отже, доступність і якість даних нині є недостатніми для повноцінного розгортання ІКС у більшості секторів промисловості України.

Головні перепони на шляху до ефективного використання промислових даних наступні:

- Багато підприємств все ще експлуатують обладнання 20-30-річної давності, яке не генерує цифрових даних або не під'єднане до мережі. Масове впровадження сенсорів і ІоТ-рішень тільки починається. Рівень роботизації виробництва в Україні один з найнижчих у світі – за оцінками, потенціал роботизованого виробництва більш ніж у 20 разів менший за середньосвітовий. Це опосередковано вказує на вкрай малі обсяги машинно-генерованих даних у порівнянні з іншими країнами.

- Відсутність культури роботи з даними, сьогоднішній традиційний менеджмент на більшості заводів не має досвіду використання Big Data (збору даних) для оптимізації процесів. Керівники можуть не довіряти аналітичним моделям або просто не розуміти їх потенціалу. У середині компаній дані часто «сховані» в межах окремих відділів і не передаються вертикально чи горизонтально. Поширеним є побоювання, що відкриття даних виявить вузькі місця або призведе до втрати конкурентних переваг. Такий культурний бар'єр призводить до хронічного недовикористання навіть тих даних, що вже збираються.

- Прогалини у політиках та стандартах, так на національному рівні відсутні чіткі стандарти і нормативи, що регулюють промислові дані. Немає рекомендацій щодо сумісності ІоТ-пристроїв, захисту даних у хмарних сервісах, механізмів створення data sharing консорціумів тощо. Компанії не впевнені у правовому захисті своїх даних і тому не поспішають інвестувати у масштабні проекти з їх збору та аналізу. Додатково ситуацію ускладнюють зростаючі ризики кібербезпеки в умовах війни – підключення виробничих систем до інтернету розглядається як потенційна загроза.

Наявні можливості для подолання перелічених бар'єрів та розблокування цінності даних можна використати такі варіанти:

- Визнання цінності даних і кращі практики, на сьогодні у світі дані стали стратегічним ресурсом, а

мережеве підключення – базою сучасного виробництва. Українські керівники поступово усвідомлюють, що аналітика даних веде до підвищення ефективності та інноваційності. Поштовхом слугують успішні приклади інших країн: впровадження прогнозного обслуговування обладнання, систем контролю якості на основі ШІ тощо вже довели свою економічну ефективність. Ці кейси формують бізнес-аргументацію для інвестицій у data-driven проекти і в Україні.

- Нова цифрова інфраструктура та інтеграція з ЄС [17], так післявоєнна відбудова відкриває можливість оновити виробничі потужності «з нуля», одразу інтегрувавши датчики та системи збору даних до нового обладнання. Окрім того, курс на євроінтеграцію означає приєднання до ініціатив ЄС у сфері даних – спільних європейських дата просторів (data spaces), впровадження стандартів на кшталт вже існуючих Industrial Data Space. Це може модернізувати підходи українських фірм до роботи з даними. Міжнародні донори й технологічні корпорації зацікавлені у створенні пілотних проектів в українській промисловості, які продемонструють цінність даних для відновлення та зростання.

- Спільні дані та дослідження. В українських наукових колах та серед стартапів назріває ідея створення ринків промислових даних. Галузеві об'єднання можуть виступати «посередниками» для обміну знеособленими даними між підприємствами з метою спільної розробки моделей ШІ. Це допоможе подолати проблему малих вибірок на рівні окремих фірм шляхом агрегування даних кількох учасників. За умов належної правової бази (захист інтелектуальної власності, кібербезпека) Україна здатна зробити стрибок у сфері управління даними, побудувавши сучасну інфраструктуру «з чистого аркуша» з використанням найкращих світових підходів.

Компонент «Infrastructure»: цифрова інфраструктура та технології в промисловості. Інфраструктурний компонент охоплює фізичні та цифрові технології, які забезпечують роботу ІКС – від мережевої підключеності (інтернет, 5G, локальні мережі) і обчислювальних ресурсів (хмарні сервіси, сервери, дата-центри) до безпосередньо «розумного» обладнання, роботів, сенсорів на виробництві. В Україні ситуація подвійна. З одного боку, телекомунікаційна інфраструктура досить розвинена: завдяки проектам Мінцифри (наприклад, як портал «Дія») країна продемонструвала здатність швидко впроваджувати сучасні цифрові сервіси. З іншого боку, більшість промислових підприємств оснащені застарілою технікою, автоматизація на них досі низька. Війна завдала значних збитків матеріальній базі – зруйновано або пошкоджено заводи, електромережі, логістичні вузли. Тому зараз інфраструктурні передумови для ІКС перебувають у складному стані: необхідно одночасно відновлювати зруйноване та модернізувати застаріле обладнання.

Однак, виділимо основні проблеми інфраструктурного характеру:

- Фізична зношеність та втрати. Значна частина активів промисловості (верстати, виробничі лінії) фізично і морально застаріла. Вона не підтримує підключення до інтернету, не сумісна з сучасними цифровими рішеннями (промисловими інтернет-протоколами тощо). Руйнування від бойових дій призвели до прямої втрати інфраструктурних об'єктів – заводських цехів, енергопостачання, IT-мереж підприємств. Налагодження ІКС неможливе без відновлення базових потужностей.

- Низький рівень автоматизації і роботизації. За різними оцінками, щільність роботів у промисловості України (кількість роботів на 10 тис. працівників) у десятки разів менша, ніж у провідних індустріальних країнах. Багато операцій все ще виконуються вручну. Отже, для впровадження ІКС потрібно спочатку дообладнання виробництва сенсорами, роботами, системами керування процесами (SCADA, MES тощо). Без базового рівня автоматизації говорити про «інтелектуалізацію» зарано.

- Високі ризики і нестача інвестицій. З огляду на воєнні та макроекономічні ризики, інвестори не поспішають вкладати кошти у модернізацію промислової інфраструктури. Підприємства прагнуть мінімізувати витрати, відкладаючи впровадження дорогих технологій (роботи, 3D-принтери, системи доповненої реальності для виробництва тощо). Відсутність фінансування гальмує технологічне переоснащення заводів.

Разом з тим, нинішня ситуація відкриває і певні унікальні можливості для оновлення інфраструктури:

- «Стрибкоподібна» (або прискорена) модернізація у процесі відбудови. Повоєнне відновлення дає шанс уникнути відновлення застарілих технологій, натомість одразу впроваджувати новітні рішення. Заміна зруйнованих цехів може відбуватися з урахуванням принципів «розумного виробництва» – з інтегрованими IoT, автономними роботами, системами кібербезпеки за дизайном. По суті, Україна може перескочити кілька шаблів еволюції технологій, одразу будуючи Industry 4.0-ready інфраструктуру за підтримки міжнародних партнерів.

- Міжсекторні партнерства і демонстраційні проекти. Наразі з'являється інтерес до створення демонстраційних центрів (як наприклад smart manufacturing) у співпраці держави, бізнесу та університетів. Наприклад, технологічні хаби, де українські й закордонні компанії можуть встановити сучасне обладнання і показати його роботу в реальних умовах. Такі полігони слугуватимуть «вітриною» можливостей ІКС, водночас готуючи інженерів і техніків працювати з новою інфраструктурою. Держава може стимулювати цей напрям, надаючи гранти чи податкові пільги для створення спільних інноваційних центрів.

Розроблена таблиця 2 узагальнює роль кожної з трьох розглянутих компонентів екосистеми у впровадженні ІКС та показує, чому їх розвиток є критично важливим.

Таблиця 2. Роль компонентів екосистеми talent-data-infrastructure у впровадженні ІКС

Компонент	Роль у впровадженні ІКС	Наслідки дефіциту компонента
Talent (талант, людський капітал)	Розробка, впровадження і експлуатація ІКС залежать від наявності компетентних фахівців: інженерів, програмістів, аналітиків даних. Людський талант генерує нові ідеї, адаптує технології до виробництва, приймає управлінські рішення в кооперації з ІІІ.	Дефіцит: неможливість налаштування і обслуговування ІКС; низький рівень інновацій. Навіть за наявності передових технологій брак кваліфікованих кадрів призводить до простоювання обладнання або неефективного його використання. Ефект «боттлнеку»: технологічний розвиток стримується відсутністю навченого персоналу.
Data (дані, промислові дані)	Дані – сутність існування алгоритмів ІІІ та аналітичних систем. Без великих масивів достовірних даних неможливо навчити моделі для прогнозування, оптимізації процесів чи виявлення аномалій. Дані про виробничі операції дозволяють виявляти вузькі місця, підвищувати якість і ефективність, реалізувати принципи предиктивного обслуговування тощо.	Дефіцит: алгоритми не отримують необхідного матеріалу для навчання – ІКС працюють неякісно або нестабільно. Без культури даних рішення приймаються «наосліп», інтуїтивно, що знижує ефект від цифрових інвестицій. Відсутність даних також унеможливорює інтеграцію у глобальні ланцюги (немає показників якості, сертифікації тощо).
Infrastructure (цифрова інфраструктура)	Сучасна ІКС потребує високошвидкісних мереж зв'язку, обчислювальних ресурсів (для обробки даних, хмарних платформ), а також впроваджених технологій – датчиків, роботів, автоматизованих ліній. Інфраструктура є скелетом ІКС, на який накладаються дані та алгоритми.	Дефіцит: технічна неможливість реалізувати ІКС. Без мереж – компоненти не з'єднані, без датчиків – немає даних, без обчислювальних потужностей – ІІІ моделі не працюють. Будь-який провал у інфраструктурі зводить нанівець переваги таланту і даних. Наприклад, повільний інтернет або часті відключення електроенергії роблять неможливим стабільну роботу цифрових систем.

Джерело: розроблено автором

Як видно з табл. 2, три компоненти тісно взаємопов'язані та доповнюють один одного. Сильний талант без даних і технічної бази не реалізує свій потенціал; дані без фахівців і платформ залишаються невикористаними; а інфраструктура без навченого персоналу і інформаційного наповнення простоюватиме. Тому розвиток екосистеми має бути комплексним.

Однак більш ілюстративним у цьому контексті є підхід до структурування інноваційної екосистеми, представлений на рис. 3. Він демонструє, що життєздатність інтелектуально-коллаборативних систем визначається не окремими технологіями чи ізольованими факторами, а їхньою інтеграцією в єдину архітектуру.

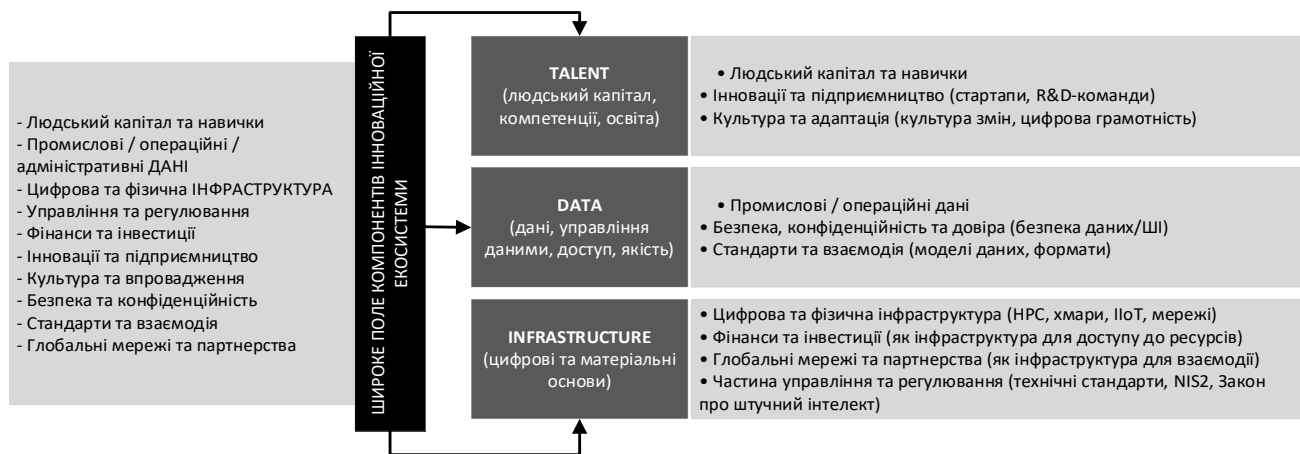


Рис. 3. Структурування інноваційної екосистеми в трикомпонентну модель talent-data-infrastructure

Джерело: розроблено автором на основі [3]

Кожен із трьох компонентів – Talent, Data, Infrastructure – представлений не лише як ресурс, а як підсистема зі своїми внутрішніми елементами: наприклад, для «Talent» важливі не тільки навички, але й культура змін та підприємництва; для «Data» – доступність, якість і безпека даних; для «Infrastructure» – як фізичні, так і цифрові потужності, мережі, інвестиційна база, нормативне середовище тощо.

Взаємозв'язок між компонентами є системоутворюючим: без достатньої кількості кваліфікованих фахівців (talent) навіть найсучасніша інфраструктура

буде неефективною; без даних та їх належного управління (data) неможливо реалізувати аналітичні й прогностичні функції ІІІ; а без інфраструктури (infrastructure) неможливе масштабування рішень. Отже, екосистема має функціонувати як єдиний організм – із постійною синергією та оновленням усіх складових. Це підводить нас до ключового питання: які практичні кроки необхідно здійснити для формування такої збалансованої екосистеми в умовах України?

Практичні рекомендації щодо розвитку екосистеми talent-data-infrastructure в Україні

Спираючись на проведений аналіз, можна сформулювати низку практичних кроків, реалізація яких сприятиме впровадженню інтелектуальних колаборативних систем у промисловості України. Нижче наведено 10 ключових рекомендацій:

1. Розробити та ухвалити національну стратегію розвитку інноваційної екосистеми, що об'єднає цілі й заходи щодо розвитку людського капіталу, даних та інфраструктури в промисловості. Наразі існують окремі документи (Стратегія цифрової трансформації, Стратегія розвитку промисловості тощо), проте потрібне їх узгодження в єдиному баченні. Стратегія ІКС має базуватися на кращих світових практиках і передбачати чіткі орієнтири (цільові значення) за показниками: рівень цифрових навичок працівників, обсяги генерованих і використаних даних, ступінь автоматизації виробництва тощо.

2. Модернізувати освітні програми у закладах вищої та професійної освіти з урахуванням потреб Індустрії 4.0/5.0. Ввести нові спеціалізації і курси з робототехніки, штучного інтелекту, індустріального IoT, аналізу даних для інженерних спеціальностей. Розгорнути масштабні програми підвищення кваліфікації та перекваліфікації кадрів: короткотермінові курси, онлайн-платформи для навчання дорослих, дуальні програми на базі заводів. Особливу увагу приділити перекваліфікації ветеранів та внутрішньо переміщених осіб у технічні сфери. Уряд та бізнес повинні стимулювати інженерні кадри до повернення з-за кордону, пропонуючи конкурентні умови праці та кар'єрні можливості в Україні.

3. Створити умови для мінімізації «відтоку мізків» з країни. Запровадити механізми, що заохочують молодих фахівців залишатися працювати у вітчизняній промисловості: стипендії та гранти для інженерів, програми стажування на провідних підприємствах, кар'єрне консультування. Працювати з діаспорою висококваліфікованих українців – формувати для них привабливі можливості повернення (проекти у високотехнологічних галузях, стартап-інкубатори, спільні наукові дослідження). Для підприємств – впровадити податкові стимули, щоб інвестували у навчання працівників та R&D [14] (наприклад, податковий кредит на витрати з підвищення кваліфікації персоналу).

4. Розробити та впровадити сучасну нормативно-правову базу для промислових даних. Що включає стандартизацію форматів даних і протоколів обміну, вимоги до забезпечення кібербезпеки на підприємствах, а також механізми заохочення до спільного використання знеособлених даних. Необхідно прийняти законодавство, яке б чітко окреслило права власності на виробничі дані, відповідальність за їх витрати та стимули. Приклад: створити галузеві хаби при промислових асоціаціях, куди фірми на добровільних засадах надають неперсональні дані в обмін на аналітичні звіти та доступ до агрего-

ваної статистики. Держава може підтримати такі хаби грантами чи наданням експертизи.

5. Спрямувати зусилля на технічне переоснащення промисловості: стимулювати імпорт і локалізацію сучасного обладнання, роботів, сенсорів. Запровадити державні програми співфінансування купівлі Industry 4.0-рішень [10] для підприємств (ваучери на автоматизацію, пільгове кредитування на закупівлю робототехніки). У післявоєнний період – умовити міжнародних донорів включити проекти з цифрової модернізації заводів до планів відбудови (наприклад, ЄБРР та Світовий банк можуть інвестувати в створення кількох «розумних фабрик» як зразкових кейсів). Приклад: ініціювати пілотний проєкт «Smart Factory Ukraine» [12] – модернізувати один середній машинобудівний завод у співпраці з європейськими партнерами, оснастивши його повним спектром ІКС-технологій (IoT-сенсори, MES, роботи, цифровий двійник виробництва тощо), щоб продемонструвати ефект. Такий приклад здатен прискорити поширення технологій у галузі.

6. Забезпечити пріоритетне розгортання швидкісного інтернету на виробничих територіях. Інвестиції у 5G слід спрямувати насамперед до промислових парків, логістичних центрів, портів – там, де ІКС принесе найбільший економічний ефект. Паралельно стимулювати розвиток національних дата-центрів і хмарних сервісів: можливо, через державно-приватне партнерство створити потужний центр обробки даних, що надаватиме послуги промисловим підприємствам (зберігання даних, оренда обчислювальних ресурсів для ІІІ). Державі варто підтримати ідею платформи, де малі та середні виробники зможуть користуватися цифровими інструментами (аналітика, AI-as-a-service) без потреби будувати власну IT-інфраструктуру [15].

7. Створити механізм координації зусиль різних відомств у розбудові інноваційної екосистеми. Пропонується утворити міжвідомчу Раду з розвитку ІКС ІІІ при уряді, до складу якої увійдуть представники Мінекономіки, Мінцифри, МОН, НАНУ та бізнес-асоціацій. Така рада могла б генерувати пропозиції щодо змін політики, відстежувати виконання стратегій, ініціювати пілотні проекти. Також доцільно реформувати наявні інституції (індустріальні парки, фонди інновацій) під завдання цифрової трансформації – наприклад, створити центри компетенцій ІІІ на базі провідних університетів за підтримки держави і бізнесу, які будуть концентрувати знання і поширювати їх у промисловість.

8. Активізувати участь України у міжнародних програмах та ініціативах, пов'язаних з розвитком талантів, даних та інфраструктури. Залучити гранти програм Horizon Europe для спільних R&D проєктів у промисловості (наприклад, проєкти з впровадження ІКС на українських підприємствах у співпраці з європейськими науковцями). Використати програми Erasmus+ [6] для обміну студентами й викладачами за STEM-напрямами, щоб молоді інже-

нери отримували досвід у кращих європейських лабораторіях. Співпрацювати з НАТО та ІТ-організаціями в галузі кібербезпеки промислової інфраструктури, щоби впроваджувати новітні стандарти захисту (це особливо актуально, враховуючи загрози кібератак). Інтеграція у глобальну спільноту дозволить отримати доступ до сучасних знань, технологій і фінансової підтримки.

9. Працювати над зміною мислення керівників і працівників щодо технологічних інновацій. Проводити освітні кампанії, семінари, де демонструвати успішні приклади впровадження ІКС (як вітчизняні, так і зарубіжні) та їх економічний ефект. Сприяти розвитку професійних спільнот (форумів, кластерів) у сферах промислового ІІТ, автоматизації, щоб відбувався обмін досвідом між підприємствами. Важливо впроваджувати елементи культури *continuous learning* (безперервного навчання) всередині компанії – заохочувати працівників здобувати нові навички, ділитися ідеями оптимізації процесів через цифрові рішення. Інноваційна культура також означає готовність до експериментів і толерантність до певних ризиків – керівництву варто стимулювати команди пробувати нові підходи (наприклад, запускати *pilot projects* з впровадження датчиків або AI-аналізу на окремій лінії).

10. Впровадити систему показників для регулярного відстеження стану передумов ІКС та результатів політики. Використовувати міжнародні індекси як орієнтир: *Global Innovation Index (GII)*, *Digital Economy and Society Index (DESI)*, *Networked Readiness Index*, *Global Talent Competitiveness Index (GTCI)* тощо. Щорічно проводити оцінку позицій України за цими показниками та публікувати звіт «Цифрова готовність промисловості».

На основі даних моніторингу коригувати заходи: якщо, приміром, бачимо відставання в компоненті «технологічна інфраструктура» – спрямувати більше ресурсів на цей напрям (фінансування інтернету, підтримка автоматизації); якщо «залучення талантів» погіршується – вдосконалити освітню чи міграційну політику. Прозорий моніторинг дозволить тримати всі зацікавлені сторони (уряд, бізнес, суспільство) у курсі прогресу та створить підґрунтя для науково обґрунтованих рішень.

Реалізація зазначених рекомендацій опирається як на теоретичні дослідження, так і на практичний досвід інших країн. Як відзначає академік В. М. Геєць [8], у цифрову епоху конкурентоспроможність держав визначається їх здатністю інституціоналізувати цифрові зміни – впелити технологічний прогрес у тканину економіки та суспільства. Саме цього прагне комплексний підхід ІКС: гармонійно розвивати людський, інформаційний і технічно-технологічний потенціали одночасно.

Висновки. Проведене дослідження дозволяє зробити низку ключових висновків щодо передумов впровадження ІКС (екосистеми *talent-data-infrastructure*) в Україні. По-перше, підтверджено, що людський талант, дані та інфраструктура є наріж-

ними факторами успішної інноваційної екосистеми. Вони тісно взаємопов'язані і разом створюють основу для генерування, дифузії та застосування інновацій. Світовий досвід (США, Китай, країни ЄС, Ізраїль, Сінгапур тощо) демонструє: держави, які цілеспрямовано інвестують у розвиток навичок громадян, накопичення даних і сучасну цифрову інфраструктуру, досягають проривних результатів у соціально-економічному розвитку. Навпаки, нехтування хоча б одним із цих елементів може стримувати прогрес навіть за сприятливих умов у інших сферах. По-друге, аналіз українського контексту показав, що за кожною з тріади *talent-data-infrastructure* Україна має значний, але вразливий потенціал. Людський капітал традиційно сильний (високий рівень освіти, потужний ІТ-сектор), проте зазнав важких втрат через війну та міграцію і потребує підтримки та відновлення. Дані як ресурс набувають все більшого значення (зокрема завдяки цифровізації державних послуг і активності ІТ-компаній), але їх використання в промисловості гальмується відсутністю цілісної політики та інфраструктури обміну. Інфраструктура суттєво постраждала від бойових дій, однак це відкриває «вікно можливостей» для модернізаційного стрибка – при відбудові можна впроваджувати новітні технології замість відновлення застарілих. В цілому, Україна має кадровий і науково-технічний потенціал для цифрової трансформації, але реалізація цього потенціалу вимагає скоординованих зусиль та інвестицій. По-третє, обґрунтовано, що концепція ІКС як поєднання *talent, data, infrastructure* не є вичерпною: для її повного розкриття потрібне сприятливе інституційне середовище, доступ до фінансування та міжсекторна співпраця. Українські науковці наголошують на перевагах екосистемного підходу над ізольованими інноваційними проектами. Це означає, що розвиток людського капіталу, даних і інфраструктури має йти паралельно з реформами у сфері управління, податкової політики, законодавства. Необхідна координація дій між освітою, наукою, бізнесом і державою, щоб освітні програми відповідали потребам промисловості, а інфраструктурні проекти планувалися з урахуванням перспектив науки і технологій. Лише за умов такої комплексної підтримки екосистема зможе функціонувати ефективно. По-четверте, актуальність теми впровадження ІКС для України надзвичайно висока як з наукової, так і з практичної точок зору. Результати даного дослідження можуть слугувати основою для формування державної політики у сфері інноваційної промисловості. Наукова новизна роботи полягає у комплексному розгляді трьох ключових передумов цифрової економіки в єдиній екосистемній парадигмі, що узгоджується із сучасними глобальними трендами. Практична значущість проявляється у розроблених пропозиціях – інтегрованій стратегії, заходах з розвитку людського капіталу, управління даними та модернізації інфраструктури, – які можуть бути використані урядовими

органами при плануванні післявоєнного відновлення та інноваційної трансформації України.

На завершення слід підкреслити, що талант, дані й інфраструктура – це три кити, на яких тримається інноваційне майбутнє України. Попри нинішні складні обставини, наша держава має всі шанси, спираючись на ці компоненти, здійснити економічний прорив і зайняти гідне місце у глобальній цифровій економіці. За умови належної уваги до роз-

витку людського капіталу, ефективного використання інформаційних ресурсів та побудови сучасної інфраструктури – підкріплених продуманою державною підтримкою – українська інноваційна екосистема зможе не лише відновитися після потрясінь, а й перейти до випереджального зростання. Це сприятиме досягненню стратегічних цілей сталого розвитку та інтеграції України у глобальні ланцюги створення доданої вартості.

ЛІТЕРАТУРА

1. Kim S. W., Kong J. H., Lee S. W., Lee, S. Recent advances of artificial intelligence in manufacturing industrial sectors: a review. *International journal of precision engineering and manufacturing*. 2022. Vol. 23. P. 111-129. <https://doi.org/10.1007/s12541-021-00600-3>
2. Оберемок В., Лівінський А. Вплив штучного інтелекту на управління розвитком підприємства. *Економічний вісник Причорномор'я*. 2025. Т. 1, № 7. С. 115-128. <https://doi.org/10.37000/ebbbsl.2025.07.09>
3. Вербівська Л. В. Застосування інструментів штучного інтелекту при управлінні конкурентоспроможністю підприємства. *Проблеми сучасних трансформацій. Серія: економіка та управління*. 2023. № 10. <https://doi.org/10.54929/2786-5738-2023-10-04-06>
4. Смоляк Ю. Ю., Холодницька А. В. Штучний інтелект в управлінні підприємством: трансформація ролі менеджера в Індустрії 4.0. *Проблеми сучасних трансформацій. Серія: економіка та управління*. 2024. № 11. <https://doi.org/10.54929/2786-5738-2024-11-04-12>
5. Dong X., Mcintyre S. H. The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies. *Quantitative Finance*. 2014. Vol. 14, Iss. 11. <https://doi.org/10.1080/14697688.2014.946440>
6. Залознова Ю., Азьмук Н. Людський капітал України в умовах війни: втрати та здобутки. *Економіка та суспільство*. 2022. Вип. 38. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-38-59>
7. Панькова О., Іщенко О., Касперович О. Сфера праці та зайнятість в умовах цифрової трансформації: пріоритети для України в контексті глобальних трендів і становлення індустрії 4.0. *Економіка промисловості*. 2020. № 2 (90). С. 133-160. <https://doi.org/10.15407/econindustry2020.02.133>
8. Геєць В. Соціальна реальність у цифровому просторі. *Економіка України*. 2022. Т. 65, № 1 (722). С. 3-28. <https://doi.org/10.15407/economyukr.2022.01.003>
9. Підоричева І. Ю. Інноваційна екосистема в сучасних економічних дослідженнях. *Економіка промисловості*. 2020. № 2 (90). С. 54-92. <https://doi.org/10.15407/econindustry2020.02.054>
10. Сердюк О. Аналіз інституціональних аспектів розвитку смарт-промисловості в Україні. *Економічний вісник Донбасу*. 2024. № 3 (77). С. 35-40. [https://doi.org/10.12958/1817-3772-2024-3\(77\)-35-40](https://doi.org/10.12958/1817-3772-2024-3(77)-35-40)
11. Солдак М. Промислові екосистеми і цифровізація в контексті сталого розвитку. *Економіка промисловості*. 2020. № 4(92). С. 38-66. <https://doi.org/10.15407/econindustry2020.04.038>
12. Drucker P. F. *Post-capitalist Society*. Harper Business, 1993. URL: <http://pinguet.free.fr/drucker93.pdf>
13. Huang Y., Li K., & Li P. Innovation ecosystems and national talent competitiveness: A country-based comparison using fsQCA. *Technological forecasting and social change*, 2023. Vol. 194. Art. 122733. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122733>
14. Шевченко А. Щодо проекту Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні на 2022–2030 рр. *Stuc. intelekt*. 2022. № 27 (1). С. 8-157. <https://doi.org/10.15407/jai2022.01.008>
15. Merhi M. I., Harfouche A. Enablers of artificial intelligence adoption and implementation in production systems. *International Journal of Production Research*. 2023. Vol. 61, Iss. 15. P. 595-610. <https://doi.org/10.1080/00207543.2023.2167014>
16. Gatabazi E., Mijwil M. M., Abotaleb M., Kapaya S. Global Adoption of Artificial Intelligence in the Manufacturing Industries. *Innovations in Optimization and Machine Learning*. IGI Global Scientific Publishing, 2025. P. 399-412. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-5231-1.ch015>
17. Fosso Wamba, S., Queiroz M. M., Guthrie C., Braganza A. Industry experiences of artificial intelligence (AI): benefits and challenges in operations and supply chain management. *Production Planning & Control*. 2022. Vol. 33, Iss. 16. P. 1493-1497. <https://doi.org/10.1080/09537287.2021.1882695>

Надійшла до редакції 26.01.2026

Прийнята до друку 25.02.2026

Опублікована 20.03.2026

REFERENCES

1. Kim, S. W., Kong, J. H., Lee, S. W., & Lee, S. (2022). Recent advances of artificial intelligence in manufacturing industrial sectors: a review. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, 23, 111-129. <https://doi.org/10.1007/s12541-021-00600-3>
2. Oberemok, V., & Livinskyi, A. (2025). *Impact of artificial intelligence on enterprise development management*. *Ekonomichnyi Visnyk Prychornomor'ia*, 1(7), 115-128. <https://doi.org/10.37000/ebbbsl.2025.07.09> [in Ukrainian].
3. Verbivska, L. V. (2023). Application of artificial intelligence tools in enterprise competitiveness management. *Problemy Suchasnykh Transformatsii. Seriya: Ekonomika ta Upravlinnia*, 10. <https://doi.org/10.54929/2786-5738-2023-10-04-06> [in Ukrainian].
4. Smoliak, Yu. Yu., & Kholodnytska, A. V. (2024). Artificial intelligence in enterprise management: transformation of the manager's role in Industry 4.0. *Problemy Suchasnykh Transformatsii. Seriya: Ekonomika ta Upravlinnia*, 11. <https://doi.org/10.54929/2786-5738-2024-11-04-12> [in Ukrainian].
5. Dong, X., & Mcintyre, S. H. (2014). The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies. *Quantitative Finance*, 14(11). <https://doi.org/10.1080/14697688.2014.946440>

6. Zaloznova, Yu., & Azmuk, N. (2022). Human capital of Ukraine in wartime: losses and gains. *Ekonomika ta Suspilstvo*, 38. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-38-59> [in Ukrainian].
7. Pankova, O., Ishchenko, O., & Kasperovych, O. (2020). Labor and employment in the context of digital transformation: priorities for Ukraine in global trends and Industry 4.0 formation. *Ekon. Promysl.*, 2(90), 133-160. <https://doi.org/10.15407/econindustry2020.02.133> [in Ukrainian].
8. Heiets, V. (2022). Social reality in digital space. *Ekonomika Ukrainy*, 65(1), 3-28. <https://doi.org/10.15407/economyukr.2022.01.003> [in Ukrainian].
9. Pidoricheva, I. Yu. (2020). Innovation ecosystem in modern economic research. *Ekon. Promysl.*, 2(90), 54-92. <https://doi.org/10.15407/econindustry2020.02.054> [in Ukrainian].
10. Serdiuk, O. (2024). Analysis of institutional aspects of smart industry development in Ukraine. *Ekonomichnyi Visnyk Donbasu*, 3(77), 35-40. [https://doi.org/10.12958/1817-3772-2024-3\(77\)-35-40](https://doi.org/10.12958/1817-3772-2024-3(77)-35-40) [in Ukrainian].
11. Soldak, M. (2020). Industrial ecosystems and digitalization in the context of sustainable development. *Ekon. Promysl.*, 4(92), 38-66. <https://doi.org/10.15407/econindustry2020.04.038> [in Ukrainian].
12. Drucker, P. F. (1993). *Post-capitalist Society*. Harper Business. <http://pinguet.free.fr/drucker93.pdf>
13. Huang, Y., Li, K., & Li, P. (2023). Innovation ecosystems and national talent competitiveness: A country-based comparison using fsQCA. *Technological Forecasting and Social Change*, 194, 122733. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122733>
14. Shevchenko, A. (2022). On the draft Strategy for the Development of Artificial Intelligence in Ukraine for 2022-2030. *Stuc. Intelekt.*, 27(1), 8-157. <https://doi.org/10.15407/jai2022.01.008> [in Ukrainian].
15. Merhi, M. I., & Harfouche, A. (2023). Enablers of artificial intelligence adoption and implementation in production systems. *International Journal of Production Research*, 61(2), 595-610. <https://doi.org/10.1080/00207543.2023.2167014>
16. Gatabazi, E., Mijwil, M. M., Abotaleb, M., & Kapaya, S. (2025). Global Adoption of Artificial Intelligence in the Manufacturing Industries. In *Innovations in Optimization and Machine Learning* (pp. 399-412). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-5231-1.ch015>
17. Fosso Wamba, S., Queiroz, M. M., Guthrie, C., & Braganza, A. (2022). Industry experiences of artificial intelligence (AI): benefits and challenges in operations and supply chain management. *Production Planning & Control*, 33(16), 1493-1497. <https://doi.org/10.1080/09537287.2021.1882695>

Received: 26.01.2026

Accepted: 25.02.2026

Published: 20.03.2026

Логвіненко Б. І. Передумови впровадження інтелектуальних колаборативних систем у національну промисловість: роль екосистеми talent-data-infrastructure

Сучасна цифрова трансформація промисловості вимагає створення збалансованої екосистеми talent-data-infrastructure, яка інтегрує кадровий потенціал, промислові дані та цифрову інфраструктуру. Інтелектуальні колаборативні системи (ІКС) розглядаються як соціотехнічні комплекси, що підвищують продуктивність, інноваційність та стійкість виробництва завдяки взаємодії людини й алгоритмів. У статті проаналізовано наукові підходи і зарубіжний досвід формування таких екосистем, розглянуто виклики та можливості для України, зокрема в умовах повоєнного відновлення та інтеграції у глобальні ланцюги створення вартості. Показано, що недостатність хоча б однієї зі складових (таланту, даних чи інфраструктури) створює системні обмеження для масштабування інновацій. Зроблено висновок про необхідність розробки практичних рекомендацій із розвитку екосистеми talent-data-infrastructure як чинника цифрової трансформації української промисловості.

Ключові слова: інтелектуальні колаборативні системи, людський капітал, талант, дані, інфраструктура, Industry 4.0, Industry 5.0.

Lohvinenko B. Prerequisites for the adoption of intelligent collaborative systems in national industry: the role of the talent-data-infrastructure ecosystem

The article examines the concept of the talent-data-infrastructure ecosystem as a key prerequisite for implementing intelligent collaborative systems (ICS) in Ukraine's industry. It elucidates the essence of each component (skilled talent, industrial data, and digital infrastructure) and substantiates the relevance of this triad in the context of digital transformation and post-war industrial recovery. Drawing on foreign and domestic research, the study identifies current challenges and opportunities for developing each component in Ukraine. It is shown that a deficiency in any one element – talent, data, or infrastructure – creates systemic constraints on scaling innovations. The author concludes by emphasizing the need to formulate practical recommendations for developing the talent-data-infrastructure ecosystem as a driver of Ukraine's industrial digital transformation and integration into the global AI value chain.

Keywords: intelligent collaborative systems, human capital, talent, data, infrastructure, Industry 4.0, Industry 5.0.