

УДК 330.34:004.9:658

Ярема Олег Романович*кандидат економічних наук,
доцент кафедри цифрової економіки
та бізнес-аналітики**Львівський національний університет
імені Івана Франка*

ORCID: 0000-0003-3736-4820

Депутат Богдан Ярославович*кандидат фізико-математичних наук,
доцент**кафедри цифрової економіки
та бізнес-аналітики**Львівський національний університет
імені Івана Франка*

ORCID: 0000-0002-0146-4312

Країло Діана Віталіївна*здобувачка першого (бакалаврського) рівня
вищої освіти**Львівського національного університету
імені Івана Франка*

ORCID: 0009-0001-7367-8272

DOI: <https://doi.org/10.25313/3083-7782-2026-6-37>

ЦИФРОВІ ЕКОСИСТЕМИ ТА ІНТЕГРАЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ У ФОРМУВАННІ SMART ECONOMY: ЕКОНОМІЧНИЙ ТА СТАЛИЙ ВИМІРИ

Анотація. Сучасний етап цифрової трансформації економіки характеризується переходом від використання окремих інформаційних систем до формування інтегрованих цифрових екосистем, у межах яких підприємства, цифрові платформи, інформаційні ресурси, технологічні сервіси та користувачі взаємодіють у єдиному цифровому середовищі. За таких умов інтеграція інформаційних систем стає важливим фактором формування smart есопому, оскільки забезпечує безперервний обмін даними, автоматизацію бізнес-процесів, масштабованість цифрової інфраструктури та можливість прийняття управлінських рішень на основі даних.

Метою статті є дослідження ролі цифрових екосистем та інтеграції інформаційних систем у формуванні smart есопому, визначення економічних ефектів використання інтеграційних технологій та обґрунтування їхнього впливу на забезпечення сталого розвитку підприємств.

У дослідженні використано системний підхід, методи порівняльного та структурного аналізу, узагальнення, систематизації, економічного оцінювання та аналізу статистичних даних OECD, Eurostat, UNCTAD та International Energy Agency.

Визначено взаємозв'язок між інтеграцією інформаційних систем, розвитком цифрових екосистем і формуванням smart есопому. Систематизовано основні інтеграційні технології, серед яких API, хмарні сервіси, мікросервісна та подієво-орієнтована архітектура, ERP-системи, технології контейнеризації та інтегровані середовища даних. Обґрунтовано, що їх використання сприяє скороченню операційних і транзакційних витрат, підвищенню продуктивності, масштабованості та адаптивності бізнес-процесів. Встановлено, що економічний ефект цифрової інтеграції може доповнюватися сталим ефектом через оптимізацію використання матеріальних, енергетичних та інформаційних ресурсів. На прикладі стандартизованого багатосервісного середовища продемонстровано можливість кількісного оцінювання економічної ефективності інтеграційних рішень.

Перспективами подальших досліджень є розроблення методики розрахунку інтегрального індексу ефективності цифрової екосистеми, кількісне оцінювання економічної ефективності API-економіки, дослідження платформної залежності та оцінювання впливу AI, digital twins, composable enterprise architecture і ESG-monitoring systems на економічну та екологічну результативність цифрових екосистем.

Ключові слова: цифрова екосистема, smart есопому, інтеграція інформаційних систем, цифрова платформа, API, API-економіка, хмарні технології, мікросервісна архітектура, дані як стратегічний ресурс, цифрова трансформація, економічна ефективність, сталий розвиток.



Copyright © The Author(s).

This is an open access article distributed under the terms
of the Creative Commons Attribution License 4.0
(<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Постановка проблеми. Сучасний етап цифрової трансформації характеризується не лише поширенням окремих цифрових технологій, а й формуванням складних взаємопов'язаних цифрових екосистем. Інформаційні системи підприємств дедалі рідше функціонують ізольовано. ERP-, CRM-, аналітичні, логістичні, фінансові та виробничі системи, хмарні сервіси, цифрові платформи, мобільні застосунки та зовнішні інформаційні ресурси формують єдине цифрове середовище, у межах якого відбувається постійний обмін даними, цифровими сервісами та функціональними можливостями [2–4].

Цифрові платформні екосистеми є специфічною формою міжорганізаційної взаємодії, що формується навколо цифрової інфраструктури та передбачає участь взаємозалежних економічних суб'єктів. У процесі розвитку цифрової платформи поступово розширюється коло комплементорів, збільшується кількість взаємозв'язків і відбувається перехід від окремої платформи до розгалуженої екосистеми [2].

Перехід від традиційної інформаційної системи до цифрової екосистеми змінює не лише технологічну архітектуру підприємства, а й механізми створення економічної цінності, характер взаємодії з партнерами та клієнтами, способи координації ресурсів і конкурентні стратегії [2; 3]. Сучасні дослідження пов'язують розвиток цифрових платформ і бізнес-екосистем із появою нових, у тому числі сталих, бізнес-моделей та трансформацією конкурентного середовища [3].

Важливість досліджуваних процесів підтверджується високими темпами розвитку цифрової економіки. За даними OECD, у 27 досліджених країнах сектор інформаційно-комунікаційних технологій у 2013–2023 рр. зростав у середньому на 6,3% на рік, приблизно втричі швидше, ніж економіка загалом [6].

Водночас збільшення кількості цифрових систем створює нову проблему — забезпечення їх технологічної, інформаційної та семантичної сумісності. Наявність значної кількості програмних рішень сама по собі не забезпечує формування smart economy. Необхідною умовою є створення інтегрованого інформаційного середовища, в якому системи здатні автоматично обмінюватися даними, синхронізувати інформацію та використовувати її для аналітики, прогнозування й підтримки управлінських рішень [4; 5].

У попередньому дослідженні smart-технологій було встановлено, що інтеграція Big Data, IoT, AI, цифрової інфраструктури та smart governance формує основу адаптивної моделі управління, орієнтованої на ефективність, інноваційність та сталий розвиток [1]. У ньому також визначено проблеми інтеграції цифрових платформ як один із факторів, що стримують розвиток smart-рішень.

Тому актуальним є дослідження інтеграції інформаційних систем не лише як технологічного процесу, а як економічного механізму формування цифрових екосистем, smart economy та забезпечення сталого розвитку підприємств.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Теоретичні засади розвитку цифрових платформних екосистем досліджують J. F. Nerbel та M. Kreutzer [2], які визначають їх як окрему форму міжорганізаційних відносин, сформовану на базі цифрової інфраструктури. Автори запропонували модель розвитку цифрової платформної екосистеми, що охоплює кілька послідовних стадій — від виникнення базової платформи до формування широкої системи взаємопов'язаних комплементорів [2].

M.-L. Martín-Peña, P. Cabanelas Lorenzo та N. Meyer [3] розглядають цифрові платформи й бізнес-екосистеми з міждисциплінарної позиції та пов'язують їх розвиток із формуванням нових і сталих бізнес-моделей. Науковці акцентують увагу на тому, що економічна цінність дедалі частіше створюється не окремим підприємством, а сукупністю взаємозалежних учасників цифрової екосистеми [3].

Питання технологічної конвергенції цифрових платформ досліджуються A. Mehmood, M. Arif та F. Mehmood [4]. У сучасних цифрових екосистемах особливого значення набуває інтеграція AI, IoT, хмарних та периферійних технологій, яка потребує стандартизованих протоколів, механізмів міжплатформної взаємодії та сумісних інтерфейсів [4].

Окремий напрям досліджень пов'язаний із використанням цифрових платформ для забезпечення сталого розвитку та циркулярної економіки. D. Petrik, S. Hiller та D. Morag на основі систематичного аналізу літератури й вибірки зі 129 цифрових платформ запропонували таксономію платформ циркулярної економіки та виокремили шість їх архетипів [12].

X. Li та співавтори [13] досліджують механізм впливу цифрових платформних екосистем на інновації сталих бізнес-моделей і підкреслюють значення цифрової взаємодії та екосистемного підходу для сталої трансформації підприємств.

Зв'язок цифрової трансформації та сталого розвитку набуває дедалі більшого значення і як окремих напрям наукових досліджень. K. Nadeem, S. Za та M. Smacchia [11] на основі бібліометричного аналізу 226 наукових праць систематизували напрями взаємозв'язку цифрової трансформації та сталого розвитку, серед яких цифрові ланцюги постачання, енергоефективність, екологічна сталість та результативність у сфері сталого розвитку [11].

Водночас міжнародні організації акцентують увагу на тому, що сама цифровізація не є автоматично сталою. UNCTAD наголошує на необхідності враховувати екологічний вплив цифрової економіки протягом усього життєвого циклу цифрової інфраструктури — від видобування сировини та виробництва обладнання до використання енергії й утворення електронних відходів [9].

Таким чином, сучасна наукова література достатньо ґрунтовно висвітлює окремі аспекти розвитку цифрових платформ, цифрових екосистем, цифрової трансформації та sustainability. Водночас недостатньо систематизованим залишається комплексний взаємозв'язок між інтеграцією корпоративних інформаційних систем, архітектурою цифрової екосистеми, економічними результатами smart economy та сталим розвитком підприємства.

Метою статті є дослідження ролі цифрових екосистем та інтеграції інформаційних систем у формуванні smart economy, визначення економічних ефектів використання інтеграційних технологій та обґрунтування їхнього впливу на забезпечення сталого розвитку підприємств.

Методи дослідження. Методологічною основою дослідження є системний підхід, відповідно до якого цифрова екосистема розглядається як сукупність взаємопов'язаних цифрових платформ, інформаційних систем, даних, технологічних сервісів та економічних суб'єктів.

У процесі дослідження використано методи порівняльного аналізу для зіставлення інтеграційних технологій; структурного аналізу — для визначення основних компонентів цифрової екосистеми; узагальнення та систематизації — для формування класифікації економічних і сталих ефектів цифрової інтеграції. Для оцінювання сучасного рівня цифровізації використано статистичні та аналітичні дані OECD, Eurostat, UNCTAD та International Energy Agency [6–10].

Для прикладного оцінювання економічної ефективності використано сценарний розрахунок для модельного багатосервісного середовища, побудованого на основі Node.js, PostgreSQL, Redis, RabbitMQ та Docker Compose. Архітектура середовища передбачає взаємодію п'яти компонентів і реалізацію синхронних та асинхронних механізмів інтеграції. Розрахунок має ілюстративний характер і використовується для демонстрації підходу до кількісного оцінювання економії робочого часу.

Виклад основного матеріалу дослідження. У контексті smart economy цифрову екосистему доцільно визначати як динамічне середовище взаємодії підприємств, користувачів, цифрових платформ, інформаційних систем, даних та технологічних сервісів, у межах якого здійснюється спільне створення та обмін економічною цінністю [2–4].

На відміну від традиційної корпоративної інформаційної системи, цифрова екосистема виходить за організаційні межі одного підприємства. До неї можуть входити постачальники, клієнти, фінансові установи, логістичні оператори, державні інформаційні системи, хмарні провайдери, маркетплейси та інші цифрові платформи [2; 3].

У такій системі **інтеграція інформаційних систем** є технологічною основою цифрової екосистеми, тоді як її економічним результатом стає формування smart economy, заснованої на автоматизації, використанні даних, адаптивності та мережевій взаємодії.

Таблиця 1

Основні компоненти цифрової екосистеми у smart economy

Компонент	Функціональне призначення	Економічний результат
Цифрові платформи	Координація взаємодії учасників	Скорочення транзакційних витрат
ERP/CRM-системи	Управління ресурсами і процесами	Підвищення операційної ефективності
API	Автоматизований обмін даними	Скорочення витрат інтеграції
Хмарні сервіси	Масштабовані IT-ресурси	Гнучкість витрат і масштабування
Data platforms	Консолідація й обробка даних	Data-driven management
AI та аналітика	Аналіз і прогнозування	Підвищення якості рішень
IoT	Автоматизований збір даних	Моніторинг ресурсів у реальному часі
IAM	Управління доступом та ідентифікацією	Безпечна цифрова взаємодія
Мікросервіси	Модульна побудова систем	Адаптивність і масштабованість
Event-driven systems	Реакція на події в реальному часі	Скорочення тривалості процесів

Джерело: сформовано авторами на основі [2–5]

Центральне місце у цифровій екосистемі займають дані як стратегічний ресурс. Їх економічна цінність визначається не лише обсягом накопиченої інформації, а можливістю забезпечити її доступність, актуальність, якість, сумісність та повторне використання різними компонентами цифрової системи.

У цьому контексті особливого значення набуває семантична інтероперабельність, тобто здатність різних інформаційних систем не лише передавати інформацію, а й однаково інтерпретувати її зміст. Відсутність інтероперабельності спричиняє необхідність ручного перетворення інформації, дублювання даних, повторного введення та додаткової перевірки, що підвищує операційні й транзакційні витрати [4; 5].

Одним із ключових механізмів сучасної цифрової інтеграції є API-економіка. API забезпечують стандартизований доступ до функцій і даних інформаційних систем та дозволяють підприємствам взаємодіяти

з партнерами, цифровими платформами і зовнішніми сервісами без необхідності створення окремих механізмів обміну для кожної нової взаємодії.

API водночас виконують роль так званих *boundary resources* цифрової платформи, оскільки дозволяють залучати зовнішніх розробників і комплементорів та поступово розширювати екосистему [2].

Отже, економічна цінність цифрової екосистеми зростає завдяки розширенню сумісної мережі учасників, даних і сервісів та збільшенню можливостей їх спільного використання і створення цінності.

Сучасні тенденції цифровізації підприємств

Масштаби розвитку цифрової економіки можна оцінити через поширення хмарних технологій та AI серед підприємств.

У 2025 році 52,7% підприємств ЄС використовували платні хмарні сервіси. Найпоширенішими напрямками їх використання були електронна пошта, офісне програмне забезпечення та зберігання файлів. Також значна частина підприємств використовувала *cloud services* для систем безпеки, фінансового й бухгалтерського програмного забезпечення та розміщення баз даних [8].

Паралельно суттєво зростає використання AI. У 2025 році 20,0% підприємств ЄС із десятима і більше працівниками застосовували хоча б одну технологію штучного інтелекту, тоді як у 2024 році їх частка становила 13,5% [7].

Рівень використання AI істотно залежить від масштабу бізнесу: у 2025 році відповідні технології використовували близько 55% великих підприємств ЄС і близько 19% малих та середніх підприємств [7].

Таблиця 2

Окремі показники цифровізації підприємств ЄС

Показник	Попереднє значення	2025 р.
Використання платних <i>cloud services</i>	45,3% у 2023 р.	52,7%
Використання AI	13,5% у 2024 р.	20,0%
Використання AI великими підприємствами	–	близько 55%
Використання AI малими та середніми підприємствами	–	близько 19%

Джерело: сформовано авторами за даними Eurostat [7; 8]

Наведені дані свідчать про перехід підприємств до складніших моделей цифровізації. Якщо на ранніх етапах цифрової трансформації основною метою була автоматизація окремих бізнес-функцій, то сучасний етап характеризується необхідністю інтеграції хмарних технологій, AI, аналітики даних та корпоративних інформаційних систем у єдину цифрову архітектуру.

Інтеграція інформаційних систем як механізм формування *smart economy*

Формування *smart economy* на рівні підприємства можна представити як послідовний процес перетворення даних у економічну цінність.

На першому етапі відбувається накопичення інформації із корпоративних і зовнішніх цифрових систем. На другому етапі API, інтеграційні платформи, мікросервіси, подієво-орієнтована архітектура та брокери повідомлень забезпечують її передачу та синхронізацію.

Наступним етапом є створення інтегрованого інформаційного середовища, у межах якого здійснюються перевірка, стандартизація, очищення та забезпечення необхідного рівня якості даних.

Після цього *Big Data analytics*, AI та *predictive analytics* забезпечують виявлення закономірностей, прогнозування та формування сценаріїв розвитку.

Результатом стає прийняття *smart*-рішень у сфері виробництва, управління ресурсами, логістики, фінансів, персоналу та взаємодії з клієнтами.

Запропонована модель розвиває попередній підхід до *smart economy*, у якому процес цифрового управління охоплював збір даних, їх інтеграцію, AI-аналітику, прогнозування та підтримку управлінських рішень [1].

Економічна ефективність інтеграційних рішень

Економічний ефект інтеграції інформаційних систем формується не лише за рахунок автоматизації окремих операцій. Значна частина ефекту виникає внаслідок скорочення непродуктивних операцій: ручного перенесення інформації, повторного введення даних, усунення помилок, налаштування середовищ, підтримки несумісних систем та дублювання функціоналу.

Практичне значення таких ефектів проілюстровано на прикладі модельного багатосервісного середовища, що складається з Node.js API-сервісу, фонового *worker*, PostgreSQL, Redis і RabbitMQ та використовує Docker Compose для стандартизації середовища.

За прийнятих у сценарному розрахунку параметрів ручне первинне розгортання середовища потребує близько 10 годин роботи одного спеціаліста, тоді як використання Docker Compose скорочує цей час приблизно до 6–12 хвилин. Поточні витрати часу на обслуговування середовища у модельному сценарії зменшуються приблизно з 40 до 3 годин на місяць на одного спеціаліста. Для грошової оцінки прийнято умовну вартість години роботи спеціаліста 250 грн.

Для умовної команди з п'яти осіб розрахункова економія становить близько 12,3 тис. грн на етапі первинного розгортання та 46,25 тис. грн щомісяця на поточному обслуговуванні, або близько 555 тис. грн

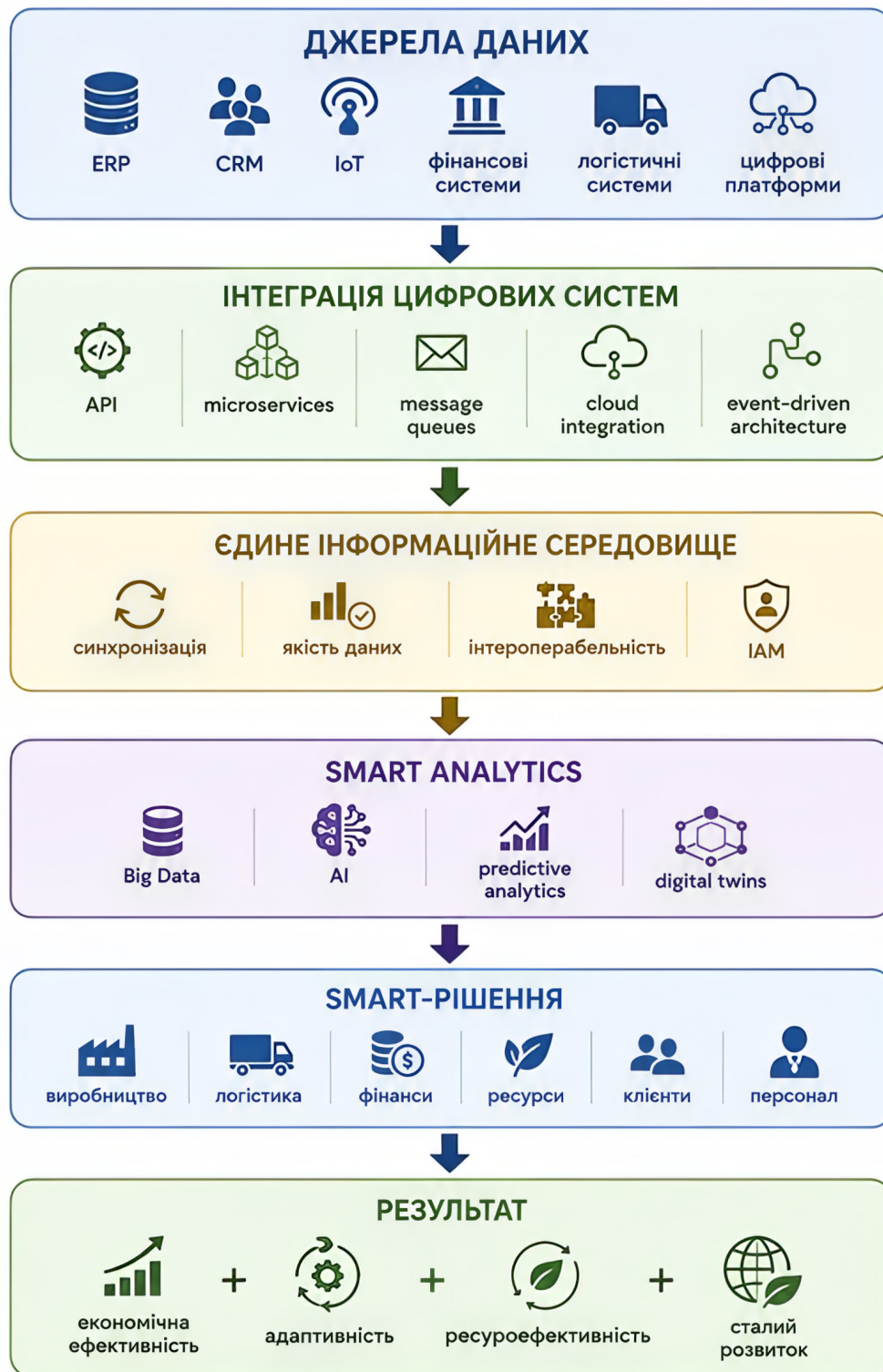


Рис. 1. Модель формування smart економії на основі інтегрованої цифрової екосистеми
Джерело: розроблено авторами на основі [1–5]

Таблиця 3

Економічні ефекти основних технологій інтеграції

Технологія	Функціональний ефект	Економічний результат
API	Автоматизований обмін	Зменшення транзакційних витрат
Мікросервіси	Незалежність компонентів	Скорочення вартості модернізації
Cloud computing	Еластичність IT-ресурсів	Оптимізація CAPEX/OPEX
ERP integration	Єдині бізнес-дані	Скорочення дублювання операцій
Message Queue	Асинхронна взаємодія	Зменшення простоїв
Cache	Швидкий доступ до даних	Скорочення обчислювальних витрат
Containers	Стандартизація середовища	Скорочення часу розгортання

Джерело: сформовано авторами

у річному вимірі. Наведені значення не є емпіричними даними конкретного підприємства, а демонструють методику переведення економії робочого часу у вартісний ефект.

Таблиця 4

Порівняльна оцінка економічного ефекту стандартизації інтеграційного середовища

Показник	Ручний підхід	Docker Compose
Первинне розгортання на одного спеціаліста	5–15 год	6–12 хв
Поточне обслуговування	близько 40 год/міс	близько 3 год/міс
Економія на первинному розгортанні для команди	–	≈ 12,3 тис. грн
Поточна економія для команди	–	≈ 46,25 тис. грн/міс
Річний економічний ефект	–	≈ 555 тис. грн

Джерело: сформовано авторами на основі прикладного розрахунку

Наведений сценарний приклад показує, як технологічний ефект інтеграції може бути переведений у вимірюваний економічний результат. Разом із прямою економією робочого часу до потенційних ефектів інтеграції належать зменшення кількості помилок, швидше залучення нових спеціалістів, скорочення часу модернізації системи та зниження ризиків несумісності.

Отже, економічну ефективність інтеграційних рішень доцільно оцінювати як сукупність прямих і непрямих ефектів, серед яких економія робочого часу, зменшення витрат на обслуговування, скорочення простоїв, зростання продуктивності, прискорення time-to-market і підвищення якості управлінських рішень.

Цифрові екосистеми та сталий розвиток

Цифрова трансформація та сталий розвиток дедалі частіше розглядаються як взаємопов'язані напрями трансформації бізнесу [11–13]. Сучасний науковий дискурс охоплює використання цифрових технологій для підвищення енергоефективності, розвитку цифрових ланцюгів постачання, зелених інновацій, циркулярної економіки та покращення результативності у сфері сталого розвитку [11].

Особливого значення набувають цифрові платформні екосистеми у циркулярній економіці. Вони можуть забезпечувати координацію потоків матеріалів та інформації, об'єднувати постачальників і споживачів вторинних ресурсів та створювати інфраструктуру для нових циркулярних бізнес-моделей [12; 13].

Інтегровані цифрові системи також створюють можливості для оптимізації виробничих ресурсів, енергоспоживання, логістичних потоків, використання обладнання та робочого часу.

Таблиця 5

Економічний та сталий виміри інтеграції цифрових систем

Напрямок	Економічний ефект	Сталий ефект
ERP integration	Оптимізація операцій	Рациональніше використання ресурсів
IoT + analytics	Зниження операційних витрат	Контроль енергії та матеріалів
Cloud computing	Гнучкість IT-витрат	Оптимізація інфраструктури
API	Скорочення інформаційних витрат	Зменшення дублювання процесів
Smart logistics	Скорочення логістичних витрат	Підвищення ресурсоефективності
Predictive maintenance	Скорочення простоїв	Подовження життєвого циклу обладнання
ESG data integration	Покращення контролю	Моніторинг sustainability indicators

Джерело: сформовано авторами на основі [9; 11–13]

Водночас цифровізацію не можна автоматично ототожнювати зі сталим розвитком. Цифрова інфраструктура потребує матеріальних ресурсів, обладнання, води та електроенергії, а після завершення життєвого циклу цифрові пристрої створюють електронні відходи. Саме тому UNCTAD наголошує на необхідності формування екологічно сталої та інклюзивної моделі цифровізації [9].

Особливого значення ця проблема набуває в умовах швидкого розвитку AI та дата-центрів. За оцінками IEA, у 2024 році дата-центри споживали близько 415 ТВт·год електроенергії, або приблизно 1,5% світового споживання, а до 2030 року їх електроспоживання може зрости приблизно до 945 ТВт·год [10].

У 2025 році світове споживання електроенергії дата-центрами збільшилося ще на 17%, тоді як споживання AI-орієнтованими дата-центрами зросло приблизно на 50% [10].

Таким чином, у smart economy необхідно переходити від логіки максимізації цифровізації до логіки підвищення ефективності цифровізації.

За такого підходу результативність smart economy визначається не масштабом цифровізації як таким, а співвідношенням між створюваною економічною та суспільною цінністю і матеріальними, енергетичними та екологічними витратами цифрової інфраструктури.

КРІ цифрової екосистеми

Для комплексного оцінювання результативності цифрової екосистеми доцільно застосовувати систему показників, яка поєднує технологічні, інформаційні, економічні та характеристики сталого розвитку.

Таблиця 6

Система КРІ цифрової екосистеми підприємства

Група КРІ	Основні показники
Інтеграційні	частка інтегрованих систем; кількість API; час синхронізації
Data KPI	повнота; актуальність; точність; рівень дублювання даних
Операційні	тривалість процесу; кількість ручних операцій; uptime
Економічні	ROI; OPEX; вартість транзакції; time-to-market
Екосистемні	кількість учасників; активність взаємодії; використання API
Smart KPI	частка автоматизованих рішень; використання AI та predictive analytics
Sustainability KPI	енергоспоживання IT; ресурсомісткість; CO ₂ intensity; e-waste
Resilience KPI	відмовостійкість; recovery time; рівень кіберризiku

Джерело: розроблено авторами

Запропонований підхід дозволяє перейти від оцінювання цифровізації за кількістю впроваджених технологій до оцінювання результативності цифрової екосистеми.

Сам факт використання ERP, хмарних технологій, AI або великої кількості API не є достатнім показником цифрової зрілості. Ключове значення має те, наскільки їх інтеграція сприяє скороченню витрат, підвищенню продуктивності, створенню нової економічної цінності та більш ефективному використанню ресурсів.

Ризики розвитку інтегрованих цифрових екосистем

Разом із позитивними економічними ефектами розвиток цифрових екосистем створює нові технологічні, організаційні та економічні ризики.

Таблиця 7

Основні ризики розвитку цифрових екосистем

Ризик	Характеристика
Платформна залежність	Залежність підприємства від одного цифрового середовища
Vendor lock-in	Високі витрати переходу до іншого провайдера
Кіберризики	Розширення потенційної поверхні кібератак
Низька якість даних	Автоматичне поширення помилкових даних між системами
Несумісність	Відсутність технічної або семантичної інтероперабельності
Архітектурна складність	Зростання вартості управління цифровим середовищем
Digital divide	Нерівний доступ підприємств до сучасних технологій
Environmental footprint	Енергоспоживання, обладнання та електронні відходи

Джерело: сформовано авторами на основі [4; 6; 9; 10]

Одним із найбільш важливих економічних ризиків є платформна залежність. Концентрація бізнес-процесів у межах однієї технологічної платформи може створювати короткострокові переваги, однак водночас формує switching costs і підвищує залежність від архітектури, цінової політики та стратегічних рішень провайдера.

Іншим важливим ризиком є якість даних. В інтегрованій екосистемі помилка в одній інформаційній системі може автоматично поширюватися на інші системи та впливати на аналітику, прогнозування й управлінські рішення.

Тому розвиток smart economy потребує не просто збільшення кількості цифрових систем, а створення керованої, інтероперабельної, економічно ефективної та стійкої цифрової архітектури.

Висновки та перспективи подальших досліджень. У результаті проведеного дослідження встановлено, що цифрові екосистеми стають однією з ключових організаційно-технологічних форм функціонування smart economy. На відміну від традиційної моделі цифровізації, заснованої на автоматизації окремих бізнес-процесів, екосистемний підхід передбачає інтеграцію корпоративних інформаційних систем, цифрових платформ, хмарних сервісів, API, даних, AI та інших технологічних компонентів у єдине цифрове середовище.

Обґрунтовано, що інтеграція інформаційних систем є базовим механізмом формування smart economy, оскільки забезпечує безперервний рух даних між компонентами цифрової екосистеми, автоматизацію міжсистемної взаємодії та створює технологічну основу для управління на основі даних.

Встановлено, що економічний ефект інтеграції проявляється у скороченні операційних і транзакційних витрат, зменшенні кількості ручних операцій, прискоренні розгортання цифрових сервісів, підвищенні масштабованості та скороченні time-to-market.

На прикладі стандартизованого багатосервісного середовища показано можливість кількісного оцінювання такого ефекту. Скорочення витрат часу на налаштування та обслуговування інтегрованого середовища для умовної команди з п'яти осіб забезпечує розрахункову економію близько 46,25 тис. грн на місяць та близько 555 тис. грн на рік.

Водночас доведено необхідність розглядати цифрову інтеграцію не лише в економічному, але й у сталому вимірі. Інтегровані цифрові системи створюють можливості для оптимізації використання матеріальних та енергетичних ресурсів, розвитку smart logistics, predictive maintenance, circular economy, екологічного й ESG-моніторингу [9; 11–13].

Разом із тим збільшення обсягів хмарних технологій, AI та цифрової інфраструктури формує власний матеріальний та енергетичний слід. Тому концепція smart economy має передбачати перехід від кількісного нарощування цифровізації до ефективної та сталої цифровізації, за якої економічний ефект цифрових технологій співвідноситься з ресурсами, необхідними для їх функціонування.

Запропоновано систему KPI цифрової екосистеми, що об'єднує інтеграційні, інформаційні, операційні, економічні, екосистемні, smart-, показники сталого розвитку та стійкості. Її використання дозволяє оцінювати цифрову трансформацію не за фактом упровадження технологій, а за їх фактичним внеском у створення економічної цінності та забезпечення сталого розвитку.

Таким чином, цифрові екосистеми та інтеграція інформаційних систем доцільно розглядати як взаємопов'язані складові формування smart economy. Їхня результативність визначається здатністю забезпечувати якісний обмін і використання даних, підвищувати ефективність бізнес-процесів, створювати нову економічну цінність та сприяти раціональнішому використанню ресурсів. За такого підходу сталий розвиток виступає не кінцевим наслідком цифровізації, а одним із критеріїв оцінювання її економічної, ресурсної та суспільної результативності.

Перспективами подальших досліджень є розроблення методики кількісного оцінювання Digital Ecosystem Efficiency Index, визначення системи KPI для API-економіки, дослідження економічних наслідків платформної залежності, а також оцінювання впливу artificial intelligence, digital twins, composable enterprise architecture та ESG-monitoring systems на економічну й екологічну результативність цифрових екосистем.

ДОДАТКОВА ІНФОРМАЦІЯ

ВНЕСОК АВТОРІВ: Усі автори зробили внесок порівну.

ФІНАНСУВАННЯ: Автори не отримували фінансування для цього дослідження.

ЗАЯВА ПРО ДОСТУПНІСТЬ ДАНИХ: Не застосовується.

КОНФЛІКТ ІНТЕРЕСІВ: Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Література

1. Ярема О. Р., Депутат Б. Я. Smart-технології як інструмент забезпечення сталого розвитку регіональної економіки. *Економічна парадигма*. 2026. № 5(109). С. 925–933. DOI: 10.25313/3083-7782-2026-5-87.
2. Nerbel J. F., Kreutzer M. Digital platform ecosystems in flux: From proprietary digital platforms to wide-spanning ecosystems. *Electronic Markets*. 2023. Vol. 33. Art. 6. DOI: 10.1007/s12525-023-00625-8.
3. Martín-Peña M.-L., Cabanelas Lorenzo P., Meyer N. Digital platforms and business ecosystems: a multidisciplinary approach for new and sustainable business models. *Review of Managerial Science*. 2024. Vol. 18, No. 9. P. 2465–2482. DOI: 10.1007/s11846-024-00772-y.
4. Mehmood A., Arif M., Mehmood F. Towards a Unified Digital Ecosystem: The Role of Platform Technology Convergence. *Electronics*. 2025. Vol. 14, No. 24. Art. 4787. DOI: 10.3390/electronics14244787.
5. Vincent-Lancrin S., González-Sancho C. Interoperability: unifying and maximising data reuse within digital education ecosystems. *OECD Digital Education Outlook 2023: Towards an Effective Digital Education Ecosystem*. Paris: OECD Publishing, 2023. DOI: 10.1787/c74f03de-en.
6. *OECD Digital Economy Outlook 2024. Volume 1: Embracing the Technology Frontier*. Paris: OECD Publishing, 2024. 161 p. DOI: 10.1787/a1689dc5-en.
7. Eurostat. 20% of EU enterprises use AI technologies. 2025. URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/ddn-20251211-2> (дата звернення: 18.04.2026).
8. Eurostat. 53% of EU enterprises used paid cloud services in 2025. 2026. URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/ddn-20260203-1> (дата звернення: 22.04.2026).
9. *Digital Economy Report 2024: Shaping an Environmentally Sustainable and Inclusive Digital Future*. Geneva: United Nations Conference on Trade and Development, 2024. URL: <https://unctad.org/publication/digital-economy-report-2024> (дата звернення: 27.04.2026).
10. International Energy Agency. Energy and AI. Paris: IEA, 2025. URL: <https://www.iea.org/reports/energy-and-ai> (дата звернення: 23.06.2026).
11. Nadeem K., Za S., Smacchia M. Exploring the relationship of digital transformation and sustainability: a bibliometric analysis and future research agenda. *Sustainability Accounting, Management and Policy Journal*. 2026. Vol. 17, No. 1. P. 49–87. DOI: 10.1108/SAMPJ-03-2024-0280.
12. Petrik D., Hiller S., Morar D. Digital platforms for circular economy: Empirical development of a taxonomy and archetypes. *Electronic Markets*. 2025. Vol. 35. Art. 60. DOI: 10.1007/s12525-025-00792-w.
13. Li X., Zhang L., Cao J. Research on the mechanism of sustainable business model innovation driven by the digital platform ecosystem. *Journal of Engineering and Technology Management*. 2023. Vol. 68. Art. 101738. DOI: 10.1016/j.jengtecman.2023.101738.
14. *OECD Digital Economy Outlook 2024. Volume 2: Strengthening Connectivity, Innovation and Trust*. Paris: OECD Publishing, 2024. 223 p. DOI: 10.1787/3adf705b-en.
15. Cuel R., Ceci F., Pappas I., Senyo P. K. Transformation and Sustainability of Digital Platforms and Ecosystems: A Multidisciplinary Exploration. *International Journal of Electronic Commerce*. 2024. Vol. 28, No. 2. P. 148–155. DOI: 10.1080/10864415.2024.2332045.
16. Liao H.-T., Pan C.-L., Wu Z. Digital transformation and innovation and business ecosystems: A bibliometric analysis for conceptual insights and collaborative practices for ecosystem innovation. *International Journal of Innovation Studies*. 2024. Vol. 8, No. 4. P. 406–431.

References

1. Yarema, O. R., & Deputat, B. Ya. (2026). Smart-tekhnologii yak instrument zabezpechennia staloho rozvytku rehionalnoi ekonomiky [Smart technologies as a tool for ensuring sustainable development of the regional economy]. *Ekonomichna paradyhma*, 5(109), 925–933. <https://doi.org/10.25313/3083-7782-2026-5-87>
2. Nerbel, J. F., & Kreutzer, M. (2023). Digital platform ecosystems in flux: From proprietary digital platforms to wide-spanning ecosystems. *Electronic Markets*, 33, Article 6. <https://doi.org/10.1007/s12525-023-00625-8>
3. Martín-Peña, M.-L., Cabanelas Lorenzo, P., & Meyer, N. (2024). Digital platforms and business ecosystems: A multidisciplinary approach for new and sustainable business models. *Review of Managerial Science*, 18(9), 2465–2482. <https://doi.org/10.1007/s11846-024-00772-y>
4. Mehmood, A., Arif, M., & Mehmood, F. (2025). Towards a unified digital ecosystem: The role of platform technology convergence. *Electronics*, 14(24), Article 4787. <https://doi.org/10.3390/electronics14244787>
5. Vincent-Lancrin, S., & González-Sancho, C. (2023). Interoperability: Unifying and maximising data reuse within digital education ecosystems. In *OECD Digital Education Outlook 2023: Towards an Effective Digital Education Ecosystem*. Paris: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/c74f03de-en>
6. OECD. (2024). *OECD Digital Economy Outlook 2024. Volume 1: Embracing the Technology Frontier*. Paris: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/a1689dc5-en>
7. Eurostat. (2025). 20% of EU enterprises use AI technologies. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/ddn-20251211-2>

8. Eurostat. (2026). 53% of EU enterprises used paid cloud services in 2025. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/ddn-20260203-1>
9. United Nations Conference on Trade and Development. (2024). Digital Economy Report 2024: Shaping an Environmentally Sustainable and Inclusive Digital Future. Geneva: United Nations. <https://unctad.org/publication/digital-economy-report-2024>
10. International Energy Agency. (2025). Energy and AI. Paris: IEA. <https://www.iea.org/reports/energy-and-ai>
11. Nadeem, K., Za, S., & Smacchia, M. (2026). Exploring the relationship of digital transformation and sustainability: A bibliometric analysis and future research agenda. *Sustainability Accounting, Management and Policy Journal*, 17(1), 49–87. <https://doi.org/10.1108/SAMPJ-03-2024-0280>
12. Petrik, D., Hiller, S., & Morar, D. (2025). Digital platforms for circular economy: Empirical development of a taxonomy and archetypes. *Electronic Markets*, 35, Article 60. <https://doi.org/10.1007/s12525-025-00792-w>
13. Li, X., Zhang, L., & Cao, J. (2023). Research on the mechanism of sustainable business model innovation driven by the digital platform ecosystem. *Journal of Engineering and Technology Management*, 68, Article 101738. <https://doi.org/10.1016/j.jengtecman.2023.101738>
14. OECD. (2024). *OECD Digital Economy Outlook 2024. Volume 2: Strengthening Connectivity, Innovation and Trust*. Paris: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/3adf705b-en>
15. Cuel, R., Ceci, F., Pappas, I., & Senyo, P. K. (2024). Transformation and sustainability of digital platforms and ecosystems: A multidisciplinary exploration. *International Journal of Electronic Commerce*, 28(2), 148–155. <https://doi.org/10.1080/10864415.2024.2332045>
16. Liao, H.-T., Pan, C.-L., & Wu, Z. (2024). Digital transformation and innovation and business ecosystems: A bibliometric analysis for conceptual insights and collaborative practices for ecosystem innovation. *International Journal of Innovation Studies*, 8(4), 406–431.

Дата першого надходження статті до видання: 29.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 25.05.2026

Дата публікації: 01.06.2026

Yarema Oleg

*Candidate of Economic Sciences,
Associate Professor of the
Department of Digital Economy and Business
Analytics
Ivan Franko National University of Lviv*

Deputat Bohdan

*Candidate of Physical and Mathematical
Sciences, Associate Professor of the
Department of Digital Economy and Business
Analytics
Ivan Franko National University of Lviv*

Krailo Diana

*Bachelor's degree Student of the
Ivan Franko National University of Lviv*

DIGITAL ECOSYSTEMS AND INFORMATION SYSTEMS INTEGRATION IN THE FORMATION OF SMART ECONOMY: ECONOMIC AND SUSTAINABILITY DIMENSIONS

Summary. The current stage of economic digital transformation is characterized by a transition from the use of isolated information systems to the development of integrated digital ecosystems in which enterprises, digital platforms, information resources, technological services, and users interact within a unified digital environment. Under these conditions, information systems integration becomes an important factor in the formation of a smart economy, as it enables continuous data exchange, business process automation, scalability of digital infrastructure, and data-driven decision-making.

The purpose of the article is to investigate the role of digital ecosystems and information systems integration in the formation of a smart economy, to identify the economic effects of integration technologies, and to substantiate their impact on the sustainable development of enterprises.

The study applies a systems approach, comparative and structural analysis, generalization and systematization, economic evaluation, and analysis of statistical data provided by the OECD, Eurostat, UNCTAD, and the International Energy Agency.

The relationship between information systems integration, the development of digital ecosystems, and the formation of a smart economy is identified. The main integration technologies are systematized, including application programming interfaces (APIs), cloud services, microservice and event-driven architectures, enterprise resource planning (ERP) systems, containerization technologies, and integrated data environments. It is substantiated that their implementation can reduce operating and transaction costs and improve the productivity, scalability, and adaptability of business processes. The study demonstrates that the economic effects of digital integration can be complemented by sustainability effects resulting from the optimization of material, energy, and information resources. Using the example of a standardized multi-service environment, the possibility of quantitatively assessing the economic efficiency of integration solutions is demonstrated. A system of digital ecosystem KPIs combining integration, data, operational, economic, ecosystem, smart, sustainability, and resilience indicators is proposed. It is argued that the development of a smart economy requires a transition from maximizing the level of digitalization to improving the economic, resource, and environmental efficiency of digitalization.

Further research should focus on developing a methodology for calculating a Digital Ecosystem Efficiency Index, assessing the economic efficiency of the API economy, investigating platform dependency and vendor lock-in, and evaluating the impact of artificial intelligence, digital twins, composable enterprise architecture, and ESG monitoring systems on the economic and environmental performance of digital ecosystems.

Key words: digital ecosystem, smart economy, information systems integration, digital platform, API, API economy, cloud technologies, microservice architecture, data as a strategic resource, digital transformation, economic efficiency, sustainable development.