



УДК 338.45:621.311:004.9(477)

[https://doi.org/10.52058/3041-1254-2026-5\(27\)-2014-2036](https://doi.org/10.52058/3041-1254-2026-5(27)-2014-2036)

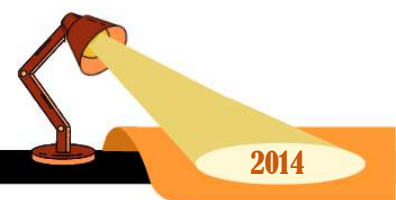
Марушева Олександра Анатоліївна доктор наук з державного управління, професор, професор кафедри національної безпеки та підприємництва Національного університету «Київський авіаційний інститут», факультету менеджменту, фінансів та маркетингу, м. Київ, <https://orcid.org/0000-0001-9126-4674>

Чумак Ганна Миколаївна кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри економіки підприємства та організації бізнесу Харківського національного економічного університету імені Семена Кузнеця, м. Харків, <https://orcid.org/0000-0001-8415-4370>

ЦИФРОВЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЄКТІВ ПУБЛІЧНО-ПРИВАТНОГО ПАРТНЕРСТВА У СФЕРІ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

Анотація. У статті обґрунтовано необхідність системного підходу до цифрового забезпечення реалізації проєктів публічно-приватного партнерства (далі – ППП) у сфері відновлюваної енергетики України в умовах воєнного та післявоєнного відновлення енергетичної інфраструктури. На основі методології систематичного огляду літератури (Systematic Literature Review, SLR) за протоколом PRISMA, що охопив 85 релевантних документів різних типів (наукові статті, звіти міжнародних організацій, нормативні акти ЄС та України, офіційні дані органів публічного управління), сформовано повну сукупність цифрових інструментів, які безпосередньо забезпечують підготовку та реалізацію проєктів ППП у відновлюваній енергетиці (далі – ВЕ). Ідентифіковано 14 типів інструментів цифрового забезпечення (платформи управління проєктами публічних інвестицій, у тому числі й проєктами ППП, реєстри договорів ППП та об'єктів ВЕ, ГІС, Smart Grid та IoT-системи, BIM/цифрові двійники, блокчейн і смарт-контракти, e-procurement, платформи фінансового моніторингу й ESG-звітності, аналітичні платформи Big Data та AI, інструменти управління ризиками, платформи відкритих даних та e-participation, системи кібербезпеки, інтегровані цифрові екосистеми) та показано їх гетерогенний характер.

Застосовуючи структурно-функціональний підхід і концепцію багаторівневого врядування, розроблено поліознакову класифікацію інструментів цифрового забезпечення (далі – ЦЗ) за трьома інформативними ознаками: функціональне призначення (шість груп від стратегічного планування до кібербезпеки),





стадія проєкту PPP (ідентифікація, структурування, закупівля, реалізація, операційна фаза, завершення та передача) та рівень публічного управління (міжнародний, державний, регіональний/місцевий). На її основі побудовано тривимірний класифікатор з 108 теоретично можливих комбінацій, з яких 22 заповнені наявними інструментами, 2 такі, що перебувають на стадії впровадження, 30 ідентифіковано як структурні прогалини, а 6 визначено семантично неможливими. Аналіз наявних (або тих, що розробляються) інструментів ЦЗ проєктів PPP у сфері BE за функціями, стадіями та рівнями показав критичну незабезпеченість кібербезпеки та міжрівневої прозорості, слабе цифрове покриття стадій будівництва та передачі об'єкта і виражений цифровий «розрив» між державним та місцевим рівнями.

На основі отриманих результатів розроблено концептуальну модель цифрової екосистеми механізму PPP у сфері BE, яка репрезентує взаємодію міжнародного, державного та регіонального/місцевого рівнів управління, інтегрованих наскрізною платформою інтеоперабельності (типу DREAM-Prozorro) та поєднаних узгодженою системою цифрових інструментів, функціонально диференційованих і чітко позиціонованих за стадіями проєктного циклу. Модель дозволяє виявляти прогалини в ЦЗ конкретних проєктів PPP, сформулювати адресні управлінські рішення (зокрема щодо розвитку інструментів кіберзахисту та прозорості на міжнародному й місцевому рівнях) і може бути використана органами публічної влади як методична основа для формування цілісної цифрової екосистеми PPP у BE України.

Ключові слова: публічно-приватне партнерство; відновлювана енергетика; цифрове забезпечення; класифікація цифрових інструментів; цифрова екосистема; багаторівневе врядування; кібербезпека; публічне управління.

Marusheva Oleksandra Anatoliivna Doctor of Sciences in Public Administration, Professor, Professor at the Department of National Security and Entrepreneurship, National University “Kyiv Aviation Institute”, Faculty of Management, Finance and Marketing, Kyiv, <https://orcid.org/0000-0001-9126-4674>

Chumak Hanna Mykolaivna PhD in Economics, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Enterprise Economics and Business Organization, Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics, Kharkiv, <https://orcid.org/0000-0001-8415-4370>.

DIGITAL ENABLEMENT OF PUBLIC-PRIVATE PARTNERSHIP PROJECTS IN THE FIELD OF RENEWABLE ENERGY

Abstract. This article justifies the need for a systematic approach to the digital support of public-private partnership (hereinafter – PPP) projects in Ukraine's





renewable energy sector amid wartime and post-war reconstruction of energy infrastructure. Based on the Systematic Literature Review (SLR) methodology following the PRISMA protocol, which covered 85 relevant documents of various types (scientific articles, reports by international organizations, EU and Ukrainian regulations, official data from public administration bodies), a comprehensive set of digital tools has been compiled that directly support the preparation and implementation of PPP projects in the renewable energy sector (hereinafter referred to as RE). Fourteen types of digital support tools were identified (platforms for managing public investment projects, including PPP projects; registries of PPP contracts and RE facilities; GIS, Smart Grid, and IoT systems; BIM/digital twins; blockchain and smart contracts; e-procurement, financial monitoring and ESG reporting platforms, Big Data and AI analytics platforms, risk management tools, open data and e-participation platforms, cybersecurity systems, and integrated digital ecosystems) and their heterogeneous nature has been demonstrated.

Using a structural-functional approach and the concept of multilevel governance, a multi-dimensional classification of digital support tools (hereinafter referred to as “DSTs”) has been developed based on three informative criteria: functional purpose (six groups ranging from strategic planning to cybersecurity), the stage of the PPP project (identification, structuring, procurement, implementation, operational phase, completion, and handover), and the level of public administration (international, national, regional/local). Based on this, a three-dimensional classifier was constructed with 108 theoretically possible combinations, of which existing tools fill 22, 2 are currently being implemented, 30 have been identified as structural gaps, and 6 have been determined to be semantically impossible. An analysis of existing (or those under development) public-private partnership (PPP) project management tools in the energy sector by functions, stages, and levels revealed critical deficiencies in cybersecurity and cross-level transparency, weak digital coverage of the construction and handover stages, and a pronounced digital “gap” between the national and local levels.

Based on the results obtained, a conceptual model of the digital ecosystem for the PPP mechanism in the renewable energy sector has been developed, which represents the interaction between international, national, and regional/local levels of governance, integrated by a cross-cutting interoperability platform (such as DREAM / Prozorro) and linked by a coordinated system of digital tools, functionally differentiated and clearly positioned according to the stages of the project cycle. The model allows for identifying gaps in the digital infrastructure of specific PPP projects, formulating targeted management decisions (in particular regarding the development of cybersecurity and transparency tools at the international and local levels), and can be used by public authorities as a methodological basis for forming a comprehensive digital ecosystem for PPPs in Ukraine’s renewable energy sector.





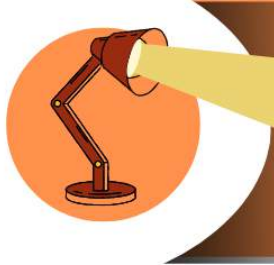
Keywords: public-private partnership; renewable energy; digital support; classification of digital tools; digital ecosystem; multilevel governance; cybersecurity; public administration.

Постановка проблеми. Публічно-приватне партнерство (далі – ППП) у сфері відновлюваної енергетики (далі – ВЕ) розглядається як один із ключових інструментів реалізації «подвійного переходу» зеленої та цифрової трансформації економіки, посилення енергетичної безпеки та стимулювання інноваційного розвитку. Для України, яка долає наслідки масштабних руйнувань енергетичної інфраструктури внаслідок збройної агресії та прагне інтеграції до європейського енергетичного й кліматичного простору, розвиток ППП у ВЕ набуває стратегічного значення як інструмент відбудови енергетичної інфраструктури. Зазначені умови зумовлюють необхідність оперативного управління попиту і пропозицією електроенергії, підвищення стійкості мереж і прозорості використання ресурсів, що неможливо без широкого впровадження цифрових технологій на всіх етапах життєвого циклу енергетичних проєктів. Міжнародні організації та донори підтримують створення спеціалізованих цифрових рішень для українського енергетичного сектору, зокрема платформи AidEnergy як «єдиного вікна» донорської координації та інструментів екологічного й соціального менеджменту в проєктах за участю держави. Водночас без системного бачення ролі таких інструментів у механізмі реалізації проєктів публічних інвестицій та, зокрема, ППП, їх взаємодії між собою, з існуючими системами публічного управління (екосистема DREAM, Prozorro тощо), їх потенціал використовується лише частково.

Систематичний огляд джерел, проведений авторами статті, засвідчив, що наукові та прикладні дослідження зосереджуються окремо на: загальних аспектах цифровізації публічного управління, правових і економічних питаннях ППП, технологічній цифровізації ВЕ. При цьому ЦЗ проєктів ППП у сфері ВЕ не розглядається як цілісний багатовимірний об'єкт управління. Наявні цифрові інструменти в Україні (платформи управління проєктами, електронні закупівлі, реєстри договорів ППП, ГІС-рішення, системи фінансового моніторингу, ESG-звітності та кіберзахисту) формувалися фрагментарно, у різні періоди та різними суб'єктами, без єдиної концептуальної моделі механізму ППП саме у ВЕ. Це ускладнює забезпечення прозорості, повного розподілу та моніторингу ризиків, кіберстійкості та узгодженості дій між міжнародним, державним і місцевим рівнями управління.

Виявлена науково-практична проблема полягає у відсутності теоретично обґрунтованого системного підходу до ЦЗ реалізації проєктів ППП у сфері ВЕ, який би дозволив оцінити поточний стан інструментів ЦЗ, виявити структурні прогалини та сформулювати основу для цілісної цифрової екосистеми механізму





ППП в умовах воєнного та післявоєнного відновлення енергетичної інфраструктури України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблематика ЦЗ реалізації проєктів ППП у сфері ВЕ перебуває на перетині трьох відносно автономних наукових напрямів, серед яких: цифровізація публічного управління та адаптивне врядування; механізми ППП та стандарти управління їх проєктним циклом; технологічна цифровізація енергетичної інфраструктури. Розосередженість досліджень між цими напрямками зумовлює відсутність єдиної концептуальної основи, яка б охоплювала ЦЗ проєктів ППП у сфері ВЕ як цілісний публічно-управлінський об'єкт.

Дослідження у напрямі цифровізації публічного управління та адаптивного врядування закладають теоретико-методологічні засади адаптивного врядування як передумови стійкої цифрової трансформації публічного сектору [19]; їх вітчизняною практичною реалізацією є платформа DREAM як цифрова екосистема управління публічними інвестиціями [18; 25]. Однак наявні дослідження зосереджуються переважно на загально урядових платформах і не враховують специфіку формату проєктів ППП та галузеві особливості ВЕ.

Праці у напрямку дослідження механізму ППП та стандартів управління проєктним циклом охоплюють методологічні матеріали Світового банку [1; 2; 14], ЕРЕС [3; 17] та UNECE, у яких систематизовано стандарти підготовки й реалізації проєктів ППП (від ідентифікації до передачі об'єкта). Специфіку ППП у сфері ВЕ, включно з чинниками залучення приватного капіталу до таких проєктів у країнах, що розвиваються, проаналізовано в роботі Отмана К. та Халлафа Р. [29]. Попри високий рівень опрацьованості цих підходів, цифрові інструменти в них переважно описуються у стадійному вимірі (відносно стадії життєвого циклу проєкту, на якій вони застосовуються) без чіткої диференціації за функціональним призначенням і рівнем публічного управління.

Найбільш фрагментованими є дослідження у напрямку технологічної цифровізації енергетичної інфраструктури, в яких технологічні рішення для реалізації проєктів ВЕ здебільшого розглядаються ізольовано, наприклад: GIS-та платформи просторового планування [4; 5], AI та Big Data для Smart Grid [6; 23], ВІМ і цифрові двійники [7; 8], блокчейн і смарт-контракти, інструменти е-закупівель та конкурентного відбору приватного партнера [10; 11; 21; 22], платформи ESG-звітності й фінансового моніторингу, інструменти донорської координації [13; 22] та рішення у сфері кібербезпеки критичної інфраструктури [6; 16]. Зазначені праці є переважно технологічно змістовними; вони фіксують існування окремих цифрових рішень, але не розкривають їх ролі у механізмі ППП та не визначають, якими суб'єктами публічного управління ці інструменти впроваджуються й адмініструються.

Наближеним до комплексного підходу є систематичний огляд цифрових інструментів для проєктів ВЕ, здійснений П. Аріасом [20], який застосовує





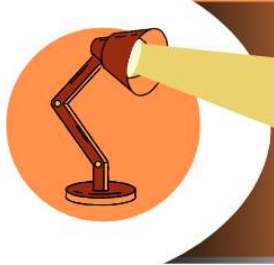
двовимірну класифікацію за функціональністю та фазою проекту й показує, що 84% проаналізованих інструментів зосереджені на фазі проектування, тоді як лише 44% охоплюють фазу реалізації. Ці результати кількісно підтверджують структурний «провал» цифровізації на стадії реалізації інфраструктурних проектів і є важливим орієнтиром для виявлення прогалин у ЦЗ проектів ВЕ. Водночас навіть у цьому огляді рівень публічного управління (який суб'єкт влади відповідає за інструмент) залишається поза межами аналізу. На рівні стандартів ППП відповідні підходи до розподілу та моніторингу ризиків кодифіковано у «PPP Risk Allocation and Monitoring Tool» Світового банку [23] та стандартах UNECE [24], однак вони описують інструменти переважно як елементи управління ризиками, не інтегруючи їх у ширший контекст цифрових екосистем за рівнями врядування.

Узагальнення результатів зазначених груп досліджень дає підстави стверджувати, що жодне з проаналізованих джерел [1–7; 9; 12–16; 18–20; 23–25; 29] не пропонує поліознакової класифікації інструментів ЦЗ та концептуальної моделі цифрової екосистеми механізму ППП, яка б одночасно враховувала функціональне призначення інструменту, стадію проекту циклу та рівень публічного управління (від міжнародних платформ і стандартів до інструментів місцевого рівня) з урахуванням специфіки воєнного часу та завдань повоєнної відбудови ВЕ України. Усунення цієї прогалини визначає мету даного дослідження.

Метою статті є визначити комплексну сукупність та систематизувати інструменти ЦЗ реалізації проектів ППП у сфері ВЕ шляхом розробки їх поліознакової класифікації і концептуальної моделі цифрової екосистеми механізму ППП як основи для практичних рекомендацій з удосконалення публічного управління у зазначеній сфері.

Виклад основного матеріалу. Задля визначення повної комплексної сукупності інструментів ЦЗ реалізації проектів ППП у сфері ВЕ виконано збір і аналіз вторинної інформації, що міститься у опублікованих документах за методологією систематичного огляду літератури (Systematic Literature Review, SLR), яка забезпечує відтворюваність і верифікованість процедури формування вибірки об'єктів дослідження. Пошук охоплював чотири інформаційні шари (наукові публікації, що рецензуються НМБ Scopus; нормативно-правові акти; галузеві звіти міжнародних організацій; офіційні дані органів публічного управління) та реалізовувався за протоколом PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses). При цьому пошукові запити формувалися за комбінаціями ключових термінів: «digital tools / digital enablement»; «public-private partnership / PPP»; «renewable energy / RES / VDE»; «public administration / public governance»; «smart grid / IoT / BIM / blockchain / e-procurement / GIS / ESG / Big Data / AI» у період 2018–2025 рр. Критеріями включення інструменту до сукупності слугували: безпосередня прив'язаність до





механізму ППП або управління об'єктами ВЕ; наявність публічно-управлінської функції; підтвердження практичного застосування результатів дослідження щонайменше одним авторитетним джерелом. Критеріями виключення з вибірки визначено: відсутність верифікованого зв'язку між цифровим інструментом і механізмом ППП або ВЕ; суто технологічний характер документа без публічно-управлінського виміру; давніші за 2018 рік публікації.

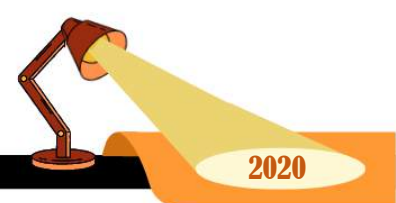
Загалом, первинний пошук виявив 312 документів, з яких після видалення дублікатів залишилося 274. На етапі скринінгу за назвою та анотацією виключено 189 документів як нерелевантних, які відповідали лише одному з двох ключових напрямів: «ППП» або «ВЕ», без їх перетину. На етапі повнотекстового відбору до остаточної вибірки увійшло 85 документів (що відповідали всім критеріям включення), серед яких рецензовані наукові статті (34%), методичні матеріали міжнародних організацій (22%), нормативно-правові акти ЄС та України (14%), офіційні дані органів публічного управління України (13%), галузеві аналітичні огляди (11%) та дисертаційні дослідження (6%). Розподіл за роком публікації свідчить про концентрацію релевантних джерел у 2023–2025 рр. (72%), що підтверджує стрімке зростання наукового і практичного інтересу до цифровізації ППП у сфері ВЕ. При цьому географічне охоплення вибірки становить: 38% документів стосуються досвіду країн ЄС, 27% – глобальних або міжнародних ініціатив, 18% – України, 17% – інших країн (Йорданія, Індонезія, Марокко, Індія).

За результатами SLR до сукупності ЦЗ проектів ППП у сфері ВЕ відібрано 14 типів інструментів, які охоплюють множину управлінських функцій (табл. 1). Отримана сукупність ЦЗ (табл.1), є гетерогенною, так як охоплює інфраструктурно-технічні (Ц34, Ц35, Ц313), управлінсько-процедурні (Ц37, Ц312) та аналітично-інформаційні (Ц39, Ц311) інструменти.

Таблиця 1

Інструменти ЦЗ проектів ППП у сфері ВЕ

Тип інструменту ЦЗ	Управлінська функція, яку виконує інструмент ЦЗ	Приклад
Платформи управління проектами ППП (Ц31)	Координація, моніторинг виконання контракту	PPP Project Preparation Status Tool (World Bank) [1]; PPP Resource Centre (World Bank) [2]
Реєстри договорів ППП та об'єктів ВЕ (Ц32)	Транзакційна документованість, прозорість	Реєстр проектів ППП (Агентство ДПП / EIB EPEC) [3]
Геоінформаційні системи (Ц33)	Просторовий аналіз розміщення об'єктів ВЕ	IRENA Global Atlas for Renewable Energy [4]; Interactive platforms for solar energy planning [5]
Системи Smart Grid та IoT-моніторингу (Ц34)	Управління інфраструктурою ВЕ в реальному часі	ETIP SNET: AI та GenAI для Smart Grid [6]
Системи BIM / цифрових двійників (Digital Twin) (Ц35)	Проектування та технічний нагляд за будівництвом	BIM + IoT + Blockchain для фотоелектричних систем [7]; Digital Twin для енергетичної інфраструктури [8]





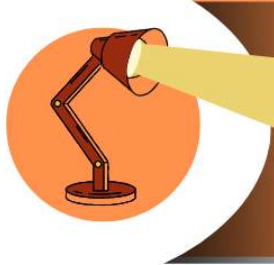
Тип інструменту ЦЗ	Управлінська функція, яку виконує інструмент ЦЗ	Приклад
Блокчейн та смарт-контракти (ЦЗ6)	Прозорість транзакцій, автоматизація виконання контракту	Blockchain and smart contracts for public administration (World Bank) [9]
Електронні публічні закупівлі (e-procurement) (ЦЗ7)	Конкурентний відбір приватного партнера	Prozorro, Prozorro.Sale – аукціони квоти підтримки ВЕ [10]; Ukraine Tenders 2025 [11]
Платформи фінансового моніторингу та ESG-звітності (ЦЗ8)	Контроль фінансових зобов'язань, залучення зелених інвестицій	ESG Reporting Requirements for RE Firms 2025 [12]
Аналітичні платформи Big Data та AI (ЦЗ9)	Управлінська аналітика, прогнозування ризиків ППП	ETIP SNET: AI та Big Data для Smart Grid ЄС [6]
Платформи донорської координації та залучення інвестицій (ЦЗ10)	Залучення фінансування для відбудови об'єктів ВЕ	AidEnergy – «єдине вікно» Мінергетики / ЄБРР [13]
Цифрові інструменти оцінки та управління ризиками ППП (ЦЗ11)	Ідентифікація, розподіл та моніторинг ризиків	PPP Risk Allocation & Monitoring Tool (World Bank) [14]
Платформи відкритих даних та e-participation (ЦЗ12)	Залучення громадськості, публічний нагляд за ППП	Public Procurement 2024: Transparency International Ukraine [15]
Системи кібербезпеки критичної інфраструктури ВЕ (ЦЗ13)	Захист SCADA, Smart Grid, IoT-вузлів	ETIP SNET: кібербезпека в Smart Grid [6]; ITU Greening Digital Companies [16]
Інтегровані платформи цифрової екосистеми ППП (ЦЗ14)	Міжвідомча інтеоперабельність, «єдине вікно»	EPEC Guide to Guidance [17]; DREAM / Prozorro інтеграція [18]

Складено авторами на основ джерел [1-18]

Різноманітність виявленої сукупності інструментів (табл. 1), з одного боку, відображає комплексний характер механізму ППП у сфері ВЕ як багатофункціонального та багатосуб'єктного публічно-управлінського явища, а з іншого, унеможлиблює отримання цілісного уявлення про стан ЦЗ реалізації проєктів ППП у сфері ВЕ без попередньої систематизації. Наразі інструменти ЦЗ реалізації проєктів ППП у сфері ВЕ складають неструктуровану множину, у результаті що залишається невизначеним ступінь ЦЗ окремих аспектів реалізації проєктів ППП. Подолання зазначеної невизначеності вимагає критичного аналізу підходів до класифікації інструментів ЦЗ, які сформувались у суміжних галузях дослідження, а саме: у технологічно орієнтованих науках про енергетику (IRENA Global Atlas, інтерактивні платформи планування сонячної енергетики, дослідження Smart Grid та Big Data [4; 5; 6; 23]), теорії управління проєктами та ППП (інструментарій Світового банку та ЕРЕС [1; 2; 3; 17]) і стандартах міжнародних організацій у сфері ППП (рекомендації UNECE [24]).

Найбільш поширеним у міжнародній практиці є технологічно орієнтований підхід, за якого цифрові інструменти класифікуються за типом технології: Smart



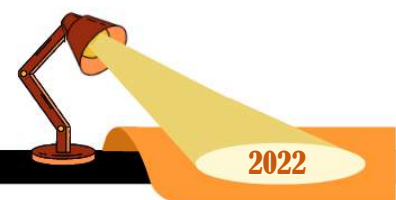


Grid, IoT, AI, GIS, блокчейн, BIM тощо. Саме такою є логіка систематизації IRENA [4; 5], яка розглядає цифровізацію VE через призму технологічних категорій – AI для балансування мережі, IoT для моніторингу, цифрові платформи для прогнозування генерації. Аналогічну структуру застосовує IEA [6], класифікуючи технології за галузями та технологічними групами без урахування публічно-управлінського виміру. Дослідження у сфері Smart Grid, Big Data та AI для енергосистем ЄС так само організовані навколо типів технологій [6; 23]. Цей підхід є «інструментоцентричним» і не розкриває, яку управлінську функцію виконує інструмент у механізмі PPP і хто з публічних суб'єктів несе відповідальність за його впровадження: технологічна класифікація описує інструменти, які існують, проте не визначає їх значення для реалізації проекту PPP [4; 6; 28].

Інший поширений підхід – стадійний – передбачає класифікацію цифрових інструментів за фазами (стадіями чи етапами) проекту PPP, застосовується у методологічних матеріалах Світового банку [1; 2] та ЕРЕС [3; 17]. Зокрема, Світовий банк структурує свій інструментарій за чотирма категоріями: інструменти розвитку інфраструктурного портфеля; інструменти проектування договорів PPP; інструменти оцінки доцільності проектів PPP; інструменти проектування сталого PPP [1; 2; 14]. «ЕРЕС PPP Project Register» [3] прив'язаний до стадій підготовки проекту від ранньої ідентифікації до оголошення тендеру, а «ЕРЕС Guide to Guidance» [17] організований відповідно до фаз проекту. Стадійна ознака відображена й у стандартах UNECE щодо PPP як базового елемента управління життєвим циклом проекту [24]. Цей підхід є практично орієнтованим і відтворює логіку управління проектом, однак залишається одновимірним: він лише фіксує момент застосування інструменту, не розкриваючи його управлінської функції та суб'єкта публічного управління, відповідального за впровадження та адміністрування такого інструменту. Зокрема, інструменти фінансового моніторингу, ESG-звітності та управління ризиками у стадійній класифікації здебільшого потрапляють до однієї фази, попри принципово різне функціональне призначення та склад суб'єктів [12; 14; 15].

Окремі дослідження пропонують класифікацію інструментів ЦЗ за типом управлінської функції (функціональний підхід), що є теоретично обґрунтованим у рамках структурно-функціонального методу і органічним для публічно-управлінської науки (функція є базовою одиницею аналізу механізму публічного управління) [8; 19]. Систематичний огляд інструментів ЦЗ для VE [20] застосовує двовимірну класифікацію за функціональністю та фазою, однак, навіть у цьому дослідженні рівень управління (яким суб'єктом адмініструється інструмент) залишається поза межами аналізу, що не дозволяє розрізнити інструменти, призначені для загальнодержавного впровадження, та ті, що орієнтовані на рівень місцевих громад.

Рівневий вимір набув практичного поширення у практиці ЄС. Найбільш наочно необхідність рівневої ознаки демонструє практика ЄС: Директива RED





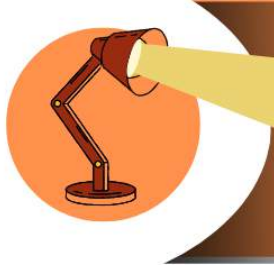
III [30] прямо розмежовує цифрові інструменти за рівнями врядування (загальноєвропейський, національний, рівень операторів ринку), що формує триярусну інституційну архітектуру управління. Досвід реалізації проєктів ППП у країнах, що розвиваються (Йорданія, Індонезія, Марокко), зафіксований у матеріалах Світового банку [1; 2; 14], також засвідчує: цифрові інструменти, розроблені на центральному рівні без урахування інституційних можливостей місцевого самоврядування, залишаються незатребуваними на рівні громад. Для України в умовах децентралізації та воєнного часу рівневий вимір набуває додаткового значення, оскільки цифрові рішення мають одночасно враховувати міжнародні вимоги, національне регулювання та спроможність територіальних громад [24].

Проведений аналіз існуючих підходів до класифікації інструментів ЦЗ реалізації проєктів ППП у сфері ВЕ виявляє спільне методологічне обмеження: кожен із них окремо фіксує лише один вимір багатовимірного об'єкта. Одновимірна класифікація призводить до того, що різномірні інструменти потрапляють в одну групу лише через збіг за однією ознакою, попри суттєві відмінності за іншими, що унеможливує виявлення структурних прогалин цифрового забезпечення механізму ППП [1; 4; 6; 20; 24].

З урахуванням виявлених обмежень існуючих підходів та спираючись на концепцію багаторівневого врядування та структурно-функціональний метод дослідження ППП у сфері ВЕ [19; 20; 24], автори статті пропонують для класифікації інструментів ЦЗ проєктів ППП у сфері ВЕ виділяти три інформативні класифікаційні ознаки: функціональне призначення інструменту, яке характеризує, що саме забезпечує інструмент у механізмі ППП, і є первинною ознакою, оскільки функція визначає сутнісну роль інструменту в системі управління незалежно від стадії та суб'єкта [19]; стадія проєкту ППП, що визначає, коли використовується інструмент в процесі реалізації проєкту і є необхідною, оскільки потреби ЦЗ є принципово нерівномірними за стадіями; емпіричні результати П. Аріаса [20] щодо нерівномірного покриття стадій підтверджують критичність цієї ознаки, а її застосування відповідає стандартам Світового банку, ЕРЕС та UNECE [1; 3; 14; 17; 24]; рівень публічного управління, який встановлює суб'єкта публічного управління, що впроваджує та адмініструє інструмент, і є необхідною в контексті концепції багаторівневого врядування (multi-level governance), триярусна архітектура якого відтворена у європейських стандартах ППП [19; 24].

Кожна з виділених класифікаційних однак охоплює самостійний аналітичний вимір механізму публічного управління проєктами ППП у сфері ВЕ; всі разом вони забезпечують повний тривимірний опис кожного інструменту ЦЗ та в сукупності утворюють систему координат, у якій будь-який інструмент отримує однозначну позицію за трьома вимірами одночасно, що уможливує





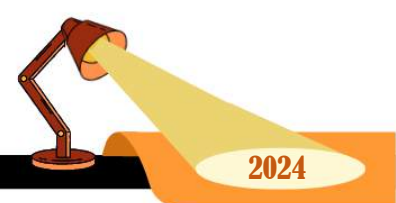
впорядкування виявленої різнотипної сукупності інструментів та побудову аналітичної матриці покриття ЦЗ усього процесу реалізації проекту ППП.

Слід відзначити, що саме вітчизняний досвід найбільш наочно ілюструє операційну необхідність усіх трьох ознак одночасно. Так, платформа AidEnergy Мінергетики України [13; 22] виконує функцію донорської координації (функціональна ознака), охоплює переважно стадію ідентифікації та підготовки проектів (стадійна ознака) і функціонує на стику державного та міжнародного рівнів (рівнева ознака). Prozorго реалізує функцію конкурентного відбору партнера (функціональна ознака) на стадії тендеру (стадійна ознака) і є інструментом державного рівня управління (рівнева ознака) [10; 21]. Кожен із наведених інструментів втрачає коректність опису за умов одноозначової класифікації; лише одночасне врахування всіх трьох ознак забезпечує їх однозначне позиціонування в класифікаційній системі. Результати класифікації ЦЗ проектів ППП у сфері ВЕ за визначеними класифікаційними ознаками на основі аналізу представлених у літературі та практичних матеріалах інструментів подано у табл. 2.

Таблиця 2

Класифікація інструментів ЦЗ проектів ППП у сфері ВЕ

Класифікаційна ознака та група інструментів	Завдання, виконання якого забезпечує інструмент	Приклади інструментів
Функціональне призначення інструменту (Ф)		
Ф1. Планування та стратегічний аналіз	Ідентифікація об'єктів ВЕ, оцінка потенціалу, формування портфеля ППП	ГІС-платформи просторового аналізу [1]; системи техніко-економічного обґрунтування [2]; платформи оцінки ресурсного потенціалу ВЕ [3]
Ф2. Організація та координація	Узгодження дій партнерів, міжвідомча координація, управління проектом	Платформи управління проектами ППП [4]; системи міжвідомчого документообігу [5]; інтегровані «єдині вікна» ППП [6]
Ф3. Регулювання, транзакційна документованість та прозорість	Прозорість процедур ППП, верифікація договорів, реєстрація прав	Реєстри договорів ППП та об'єктів ВЕ [7]; блокчейн та смарт-контракти [8]; системи е-підпису [9]
Ф4. Управління інфраструктурою ВЕ	Технічне проектування, будівельний контроль, операційне управління об'єктами	ВІМ / цифрові двійники [10]; Smart Grid та IoT-моніторинг [11]; SCADA-системи [12]
Ф5. Фінансовий моніторинг, залучення інвестицій та ESG-звітність	Контроль фінансових зобов'язань, доступ до міжнародного фінансування, ESG-звітність	Платформи ESG-звітності [13]; системи фінансового моніторингу [14]; платформи донорської координації [15]
Ф6. Кібербезпека та захист критичної інфраструктури	Захист об'єктів ВЕ від кіберзагроз, забезпечення безперервності діяльності	Системи захисту SCADA та IoT-вузлів [16]; платформи моніторингу кіберінцидентів [17]; системи резервування [18]





Класифікаційна ознака та група інструментів	Завдання, виконання якого забезпечує інструмент	Приклади інструментів
Стадія проекту ППП (С)		
С1. Ідентифікація, пріоритизація та підготовка	Відбір пріоритетних об'єктів ВЕ, первинна оцінка потенціалу та ризиків	ГІС-платформи [1]; системи ТЕО [2]; аналітичні платформи оцінки ризиків [19]
С2. Структурування та підготовка тендерної документації	Моделювання фінансової структури, розподіл ризиків, розробка проектів контрактів	Платформи фінансового моделювання [20]; системи розподілу ризиків [19]; інструменти підготовки конкурсної документації [4]
С3. Закупівля (тендер та відбір партнера)	Конкурентний відбір приватного партнера, укладення договорів ППП	Системи e-procurement (Prozorro) [21]; цифрові аукціони (Prozorro.Sale)[22]; платформи кваліфікаційного відбору [5]
С4. Реалізація та будівництво	Технічний контроль будівельних робіт, моніторинг виконання контракту	ВІМ-платформи [10]; цифрові двійники [10]; системи моніторингу прогресу будівництва [11]
С5. Операційна фаза	Управління генерацією ВЕ, виконання контрактних зобов'язань, моніторинг показників	Smart Grid та IoT-моніторинг [11]; Big Data та AI [23]; платформи ESG-звітності [13]; системи кібербезпеки [16]
С6. Завершення та передача об'єкта	Аудит виконання договору, верифікація технічного стану, передача майна	Платформи аудиту договору [7]; системи верифікації технічного стану [10]; реєстраційні системи передачі майна [8]
Рівень публічного управління (Р)		
Р1. Міжнародний рівень	Методологічна підтримка, стандартизація, фінансування проєктів ППП у ВЕ	PPP Reference Guide (World Bank) [4]; EPEC Guide to Guidance [6]; IRENA Global Atlas [1]; UNECE PPP Standards [24]
Р2. Державний (національний) рівень	Регулювання, ліцензування, адміністрування процедур ППП, транзакційні системи	Реєстр проєктів ППП [7]; AidEnergy [15]; Prozorro.Sale [21]; DREAM [25]
Р3. Регіональний та місцевий рівень	Просторове планування ВЕ, управління мікро-мережами, e-participation громад	IoT-моніторинг мікромереж ТГ [11]; ГІС-платформи ТГ [1]; портали публічного нагляду [26]; платформи e-participation [27]

Складено авторами на основі джерел [1-30].

Узагальнення результатів поліознакової класифікації (табл. 2) виявляє системні диспропорції у ЦЗ механізму ППП у ВЕ. За функціональною ознакою найбільш насиченими виявляються групи, пов'язані з управлінням інфраструктурою ВЕ (Ф4) та фінансами й ESG-моніторингом (Ф5), тоді як цифрові рішення у сфері кібербезпеки критичної інфраструктури (Ф6) та міжрівневої прозорості й регулювання (Ф3) представлені фрагментарно й переважно на центральному рівні. У стадійному розрізі спостерігається концентрація інструментів на операційній фазі (С5) і значно гірше покриття стадій реалізації та будівництва (С4) і завершення та передачі об'єкта (С6). Нарешті, за рівнем публічного управління найбільш забезпеченим є державний рівень (Р2), тоді як міжнародний (Р1) орієнтується переважно на підготовчі та фінансові аспекти, а регіональний або місцевий (Р3) демонструє чітко виражений цифровий розрив порівняно з Р2.





Зазначені диспропорції ЦЗ механізму ППП у сфері ВЕ не можуть бути повністю розкриті шляхом одномірного зіставлення груп інструментів за кожною ознакою окремо та потребує полікомбінаційного підходу, а саме побудови тривимірного класифікаторі інструментів ЦЗ (рис. 1), де кожна «комірка» відповідає унікальному перетину трьох ознак: функціонального призначення інструменту (Ф1–Ф6), стадії проекту (С1–С6) та рівня публічного управління (Р1–Р3).

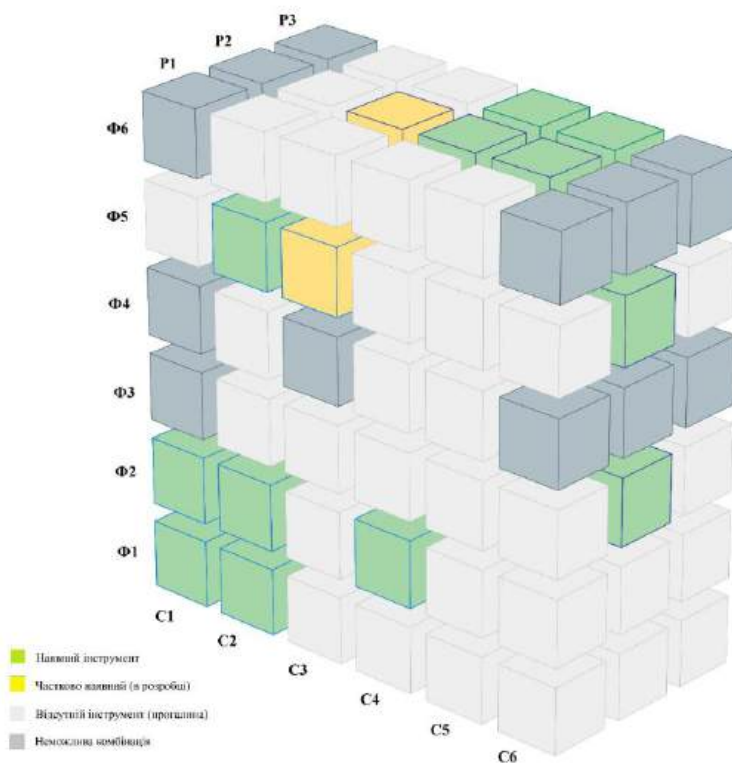


Рис. 1. Тримірний класифікатор інструментів ЦЗ проектів ППП у сфері ВЕ

Проведений аналіз (рис. 1) дозволив виявити значні структурні прогалини у ЦЗ реалізації проектів ППП сфери ВЕ: зі 108 теоретично змодельованих комбінацій «Ф–С–Р» 22 комірки заповнені наявними інструментами, 2 - містять інструменти на стадії розроблення, 30 – становлять реальні прогалини (можливі, але наразі не покриті інструментами), тоді як 6 комбінацій класифіковано як семантично неможливі, які не розглядаються у даному дослідженні як прогалини. До останніх належать: функція регулювання та прозорості (Ф3) на стадії ідентифікації проекту (С1), оскільки регуляторні інструменти не мають предмета застосування до укладення угоди ППП; функція управління інфраструктурою ВЕ (Ф4) на стадіях ідентифікації (С1), закупівлі (С3) та передачі активів (С6), оскільки фізична експлуатація об'єкта є неможливою до





завершення будівництва і втрачає предмет після оформлення передачі; а також функція кібербезпеки критичної інфраструктури (Ф6) на стадіях ідентифікації (С1) і передачі активів (С6), оскільки відповідний об'єкт захисту ще відсутній або вже переходить до нового оператора.

Проведений аналіз (рис. 1) дозволив виявити значні прогалини (майже 1/3 інструментів) у ЦЗ реалізації проєктів ППП у сфері ВЕ.

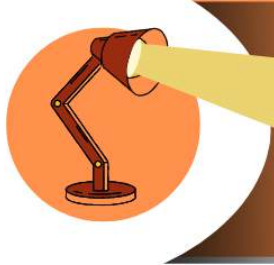
Найбільш рівномірно представленою є група Ф4 (управління інфраструктурою ВЕ): вона має наявні або часткові інструменти на всіх трьох рівнях управління впродовж більшості стадій, що пояснюється зрілістю технологій Smart Grid, IoT та ВІМ [6-8; 23; 28]. Найбільш критично незабезпеченою є група Ф6 (кібербезпека): інструменти наявні лише у вузькому перетині «С5 × Р2», тобто виключно на операційній фазі та на державному рівні, що є особливо небезпечним для критичної енергетичної інфраструктури. В умовах постійних кіберударів по об'єктах енергетичної інфраструктури України це є найбільш гострою прогалиною, яку дозволив виявити 3-мірний класифікатор. Група Ф3 (прозорість та реєстрація) переважно сконцентрована на рівні Р2 (державному), тоді як на Р1 та Р3 інструменти відсутні або часткові, що свідчить про нереалізованість принципу міжрівневої транзакційної прозорості у ППП.

Стадія С5 (операційна фаза) є найбільш забезпеченою: на її перетині з більшістю функціональних груп фіксуються наявні або частково наявні інструменти на рівні Р2. Це підтверджує загальновідомий дисбаланс у розвитку ЦЗ для ППП на користь операційної стадії. Стадії С4 (будівництво) та С6 (передача об'єкта) є структурно найменш забезпеченими: на С4 відсутні будь-які інструменти у перетині з Ф3 та Ф6, С6 фактично не охоплена жодним інструментом на рівні Р3. Стадія С2 (структурування та підготовка тендерної документації), яка є критичною для якості договорів ППП, також залишається частково незабезпеченою на рівнях Р1 і Р3.

Матриця Р2 (державний рівень) є найбільш заповненою: з 36 позицій наявні або частково наявні інструменти зафіксовані у 26, тоді як у матрицях Р1 і Р3 – лише у 14 та 10 позиціях відповідно. Матриця Р1 (міжнародний рівень) демонструє концентрацію наявних інструментів у функціях Ф1 та Ф5 на стадіях С1–С2 – тобто міжнародний інструментарій орієнтований переважно на підготовчий етап ППП і залучення фінансування, але не супроводжує проєкт на пізніших стадіях [1–4; 17; 28; 29]. Матриця Р3 (місцевий рівень) є найбіднішою: 26 із 36 позицій є порожніми, що кількісно підтверджує цифровий розрив між центральним і місцевим рівнями врядування у сфері ВЕ в Україні [21–22; 26–27].

Результати аналізу існуючих інструментів ЦЗ на основі 3-мірного класифікатора свідчать, що ЦЗ механізму ППП сфери ВЕ в Україні є структурно неповним і нерівномірним. Виявлено три системні диспропорції: функціональну – критична незабезпеченість груп Ф6 (кібербезпека) та Ф3 (прозорість) на між-





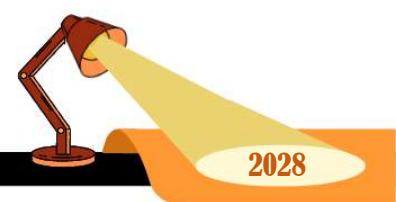
народному (P1) та місцевому (P3) рівнях [16; 21-22; 26-27]; стадійну – прогалини ЦЗ на стадіях С4 та С6 на всіх рівнях управління [7-8; 20]; та рівневу – виражена асиметрія між матрицями P2 та P3, яка свідчить про надмірну централізацію цифрового забезпечення ППП у сфері ВЕ [10-11; 21-22; 25-27]. Виявлені диспропорції не можуть бути подолані шляхом точкового впровадження окремих інструментів, це потребує системного підходу у вигляді концептуальної моделі цифрової екосистеми, яка має забезпечувати: кіберзахист на всіх стадіях ППП; наскрізну прозорість від P1 до P3 рівнів; цифрові інструменти для стадій будівництва та передачі; зниження цифрового розриву між державним і місцевим рівнями врядування [12; 16-18; 23-25; 28-30] тощо.

Специфіка об'єкта дослідження – механізму ППП як взаємодії публічного і приватного секторів в управлінні складною інфраструктурою ВЕ впродовж тривалого проєкту – обумовлює вибір концепції цифрової екосистеми (digital ecosystem) як методологічної основи моделі цифрової екосистеми, яка в теорії публічного управління визначається як сукупність взаємопов'язаних цифрових платформ, акторів та інституційних правил, що утворюють самовідтворювальне середовище для реалізації публічних функцій [18; 19]. На відміну від традиційних моделей «цифрового уряду» (цифровізація окремих функцій), екосистемний підхід акцентується на синергії між рівнями управління, функціями та стадіями реалізації проєктів [18; 19].

Концепція цифрової екосистеми публічного управління знайшла операціоналізацію в українській практиці у формі екосистеми DREAM (Digital Reconstruction Ecosystem for Accountable Management), яка об'єднує функції моніторингу, звітності та координації публічних інвестицій в єдиній IT-екосистемі та інтегрована з 9 національними реєстрами [18; 25]. Водночас DREAM охоплює публічні інвестиції загалом і не враховує специфіку формату ППП та галузевих особливостей ВЕ, що підтверджує необхідність розробки спеціалізованої моделі [18; 25; 29].

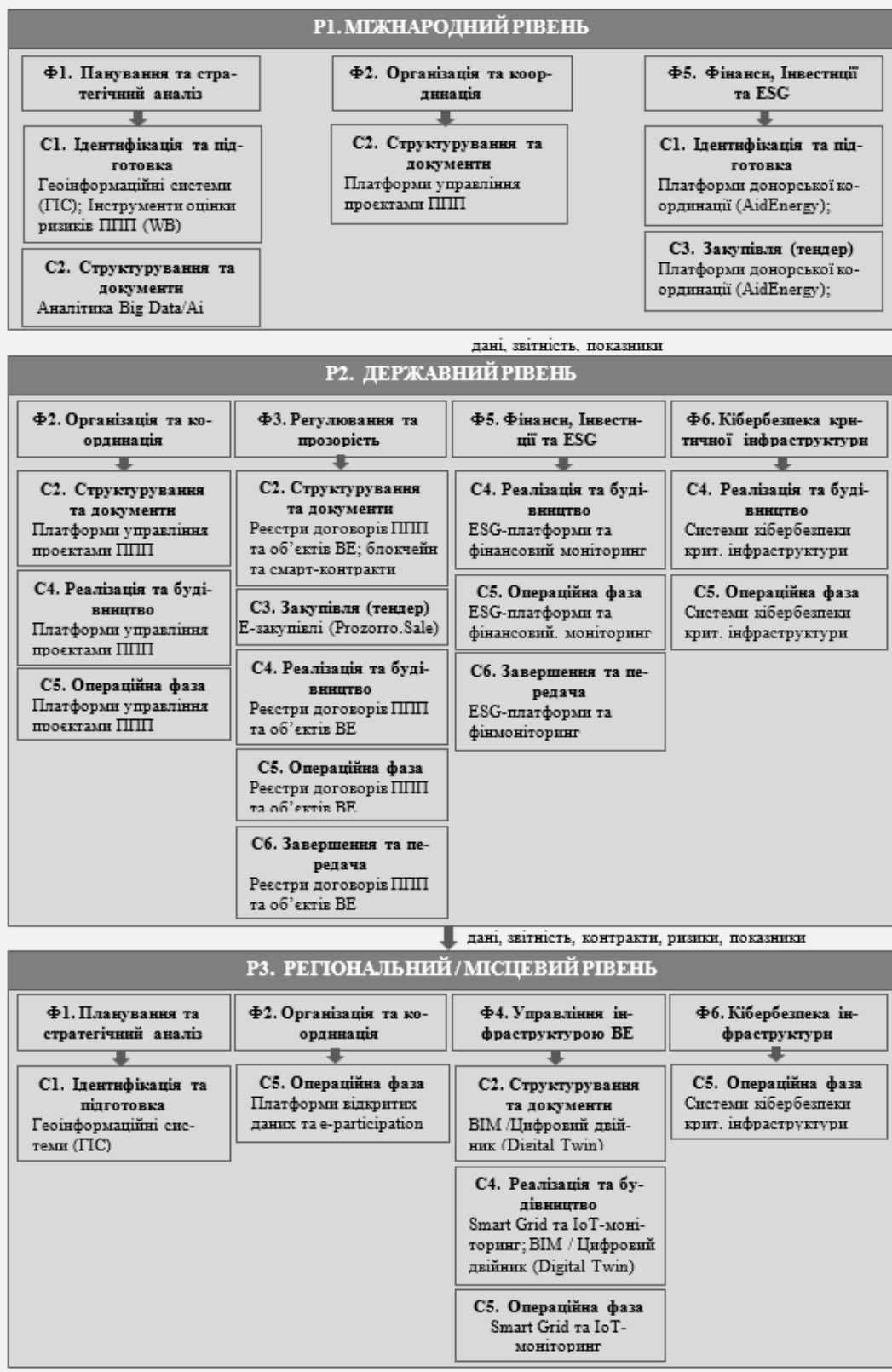
Теоретичним підґрунтям для архітектури авторської моделі цифрової екосистеми обрано концепцію багаторівневого врядування (multi-level governance), яка застосовується у дослідженнях механізмів ППП у сфері ВЕ та передбачає розмежування функцій між міжнародним, національним і місцевим рівнями управління при одночасному забезпеченні їх вертикальної та горизонтальної координації [17; 19; 24; 30], що безпосередньо відповідає ознаці Р (рівень публічного управління) у розробленому класифікаторі (рис. 1).

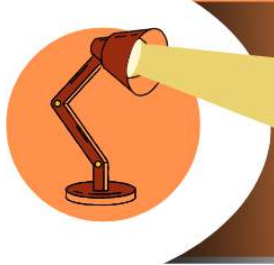
На визначеній теоретико-методологічній основі автори статті розробили концептуальну модель цифрової екосистеми механізму ППП у сфері ВЕ, а саме: 3-рівневу ієрархічну систему, що охоплює міжнародний (P1), державний (P2) та регіональний / місцевий (P3) рівні публічного управління, об'єднані наскрізною платформою інтероперабельності [17; 18; 24; 25] (рис. 2).





НАСКРІЗНА ПЛАТФОРМА ІНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТІ - єдиний цифровий простір даних:



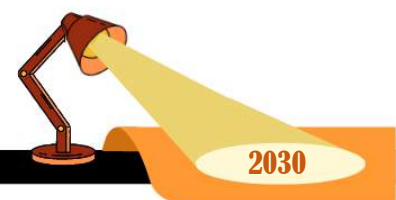


У запропонованій моделі (рис. 2) кожен проєкт ППП у сфері ВЕ проходить через усі шари екосистеми: від ідентифікації потенційного об'єкта на міжнародному рівні (P1) за допомогою геоінформаційних систем та інструментів оцінки ризиків, через державне регулювання, транзакційне оформлення та фінансовий моніторинг на рівні центральних органів виконавчої влади (P2) із застосуванням реєстрів договорів ППП, смарт-контрактів, електронних закупівель та ESG-платформ, до реалізації, операційного управління та технічного обслуговування об'єктів ВЕ на регіональному і місцевому рівні (P3) з використанням систем Smart Grid, IoT-моніторингу та ВІМ або цифрового двійника [1-5; 6-8; 16; 23; 28]. При цьому на кожному рівні та на кожній стадії проєкту (С1–С6) задіяні відповідні функціональні групи інструментів (Ф1–Ф6): стратегічний аналіз і планування забезпечуються переважно на рівнях P1 і P3, регулювання і прозорість – виключно на рівні P2, управління фізичною інфраструктурою – на рівні P3, кібербезпека критичної інфраструктури – охоплює одночасно державний і місцевий рівні, відображаючи розподілений характер загроз у секторі ВЕ [17; 20; 24].

У моделі цифрової екосистеми механізму ППП в сфері ВЕ наскрізна платформа інтеперабельності виступає сполучною ланкою між усіма рівнями та функціональними групами: вона забезпечує єдиний реєстр об'єктів ППП через системи DREAM та / або Prozorro, інтегровану ризик-аналітику на основі Big Data та / або AI, відкритий публічний доступ до просторових даних через ГІС-модулі, а також безперервний захист операційних систем через SCADA і IoT-компоненти [1-4; 6; 16; 18; 23; 25-26; 28]. Таким чином, модель реалізує принципи цифрової екосистеми (digital ecosystem) через взаємодію різномірних акторів у спільному інформаційному просторі та багаторівневого врядування (multi-level governance) через чіткий розподіл повноважень, функцій і цифрових інструментів між рівнями управління відповідно до принципу субсидіарності.

Концептуальна модель цифрової екосистеми механізму ППП у сфері ВЕ побудована на чотирьох архітектурних принципах, що відповідають вимогам публічного управління до цифрових систем: вертикальна послідовність (логічний перехід між рівнями управління (P1→P2→P3) з чітким розподілом відповідальності за кожен шар екосистеми) [17-19; 24; 30]; горизонтальна узгодженість (синхронізація інструментів одного рівня між стадіями проєктного циклу для забезпечення безперервного цифрового супроводу); наскрізний потік даних (інформація, що генерується інструментами ЦЗ на кожній стадії, акумулюється в централізованому сховищі та є доступною для аналітичних модулів усіх рівнів); модульна розширюваність (кожен блок екосистеми може бути оновлений або замінений новим інструментом без порушення архітектурної цілісності моделі).

Результати класифікації інструментів ЦЗ проєктів ППП у сфері ВЕ (рис. 1) та побудова 3-рівневої моделі цифрової екосистеми механізму ППП (рис. 2)





забезпечили виявлення системних прогалин у функціональному та стадійному покритті загальних проектів ВЕ, цифрового «розриву» між державним і місцевим рівнями, а також відхилення фактичної практики від вимог європейських стандартів прозорості, кібербезпеки й ESG-звітності [12; 16; 30]. За таких умов науково обґрунтовані практичні рекомендації є необхідною передумовою перетворення розрізнених цифрових інструментів ППП на цілісну екосистему, здатну забезпечити ефективний розподіл ризиків і залучення приватного капіталу у відновлювану енергетику України, що зумовлює розробку ключових напрямів удосконалення публічного управління.

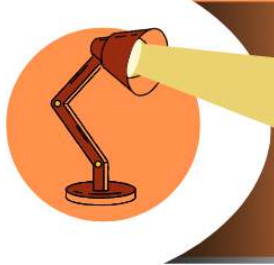
Виявлена у дослідженні недостатність функціонального покриття стадії ідентифікації проектів (С1) на регіональному та місцевому рівні (Р3) обумовлює необхідність імплементації у вітчизняній нормативно-правовій базі міжнародних інструментів: «PPP Risk Allocation & Monitoring Tool» (Світовий банк) і IRENA «Global Atlas» як обов'язкових стандартів структурування та розподілу ризиків у концесійних угодах і геоінформаційного обґрунтування розміщення об'єктів ВЕ [4; 14]. Це відповідає рекомендаціям ЕРЕС щодо підвищення якості підготовки проектів ППП у сфері ВЕ на допроектній стадії [3].

Аналіз матриці функціонального призначення \times стадій проекту ППП (Ф \times С) засвідчив, що функція регулювання та прозорості (Ф3) залишається монополізованою на державному рівні та не представлена цифровими інструментами на стадіях ідентифікації, пріоритизації та підготовки (С1) і завершення та передача об'єкта (С6). Усунення цієї прогалини потребує законодавчого закріплення обов'язковості застосування систем DREAM- / Prozorro і смарт-контрактів для всіх проектів ППП сфери ВЕ із публічним фінансуванням з відповідним унормуванням у Законі України «Про публічно-приватне партнерство» [9; 10; 14; 18; 21; 25]. Подібний підхід реалізований у практиці ЄС у рамках директивних вимог до транзакційної прозорості публічної інфраструктури [24; 30].

З огляду на встановлений у статті взаємозв'язок між інвестиційною привабливістю проектів ППП у сфері ВЕ та рівнем розподілу регуляторного й фінансового ризиків [20; 29], запровадження обов'язкової ESG-звітності відповідно до Таксономії ЄС є необхідною умовою доступу до інструментів міжнародного дерискінгу (MIGA, URGF ЄБРР та EU Ukraine Investment Framework [12; 28–30]). Відсутність стандартизованої ESG-звітності фактично робить неможливою верифікацію виконання умов концесійних угод з боку міжнародних інвесторів.

Проведений аналіз показав, що функція Ф6 (кібербезпека) має найбільшу прогалину у ЦЗ, а саме: інструменти кіберзахисту відсутні на стадіях ідентифікації (С1), структурування (С2), закупівлі (С3) та передачі (С6), тоді як загрози формуються вже на ранніх стадіях проекту ППП [6; 16; 23]. Це обумовлює встановлення обов'язкових мінімальних вимог до захисту SCADA- та IoT-системи для всіх об'єктів ВЕ, що проектуються або функціонують у форматі





ППП, із розширенням повноважень НКЦК на відповідні концесійні об'єкти та обов'язковою синхронізацією заходів між державним і місцевим рівнями [16; 23].

Структурний аналіз показав, що на регіональному та місцевому рівні (Р3) цифрові інструменти наявні лише на двох стадіях: закупівлі (С3) та передачі активів (С6), тоді як управління енергетичною інфраструктурою (Ф4) фактично здійснюється на місцях, проте не забезпечене регуляторними та фінансовими інструментами державного рівня (Р2) [10–11; 18; 21–22]. Зазначений «цифровий розрив» потребує стандартизації протоколів Smart Grid або IoT-моніторингу та BIM або Digital Twin як обов'язкових елементів проєктної документації, а також розгортання платформи відкритих даних та електронної участі територіальних громад як суб'єктів ППП у сфері ВЕ [6–8; 16; 18; 26–27]. Це корелює з висновками досліджень у сфері багаторівневого врядування щодо необхідності вертикального вирівнювання цифрових можливостей [19; 24].

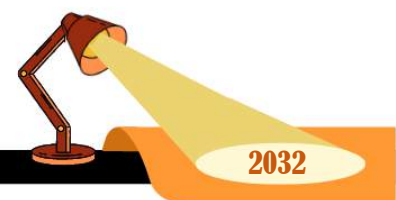
Запропонована модель цифрової екосистеми механізму ППП у сфері ВЕ обґрунтовує, що окремі інструменти ЦЗ не є самодостатніми, їх ефективність зростає за умови інтегрованості в єдиний інформаційний простір [18–19]. Відповідно до концепції цифрової екосистеми (digital ecosystem), яка передбачає взаємодію різномірних цифрових агентів у спільному середовищі, пропонується законодавчо закріпити інтегровану платформу цифрової екосистеми ППП (DREAM / Prozorro, Big Data / AI, ГІС, кіберзахист) як обов'язковий елемент механізму ППП у сфері ВЕ, забезпечивши її міжвідомчу інтеоперабельність упродовж всього проєкту (стадій С1–С6) [1–4; 6; 16; 18; 23–25; 28–30].

Висновки. Здійснене дослідження ЦЗ реалізації проєктів ППП у сфері ВЕ дозволило комплексно оцінити наявні інструменти, виявити структурні диспропорції та окреслити засади формування цілісної цифрової екосистеми механізму ППП в Україні.

На основі систематичного огляду літератури за протоколом PRISMA із залученням чотирьох груп джерел (наукові праці, документи міжнародних організацій, нормативно-правові акти, офіційна статистика) сформовано повний перелік інструментів ЦЗ реалізації проєктів ППП у сфері ВЕ. Виокремлено 14 типів інструментів, які сукупно охоплюють ключові управлінські функції механізму ППП протягом усього проєкту.

Запропонована поліознакова класифікація інструментів ЦЗ за функціональним призначенням, стадією проєкту та рівнем публічного управління дала змогу перейти від неструктурованої множини інструментів ЦЗ до 3-вимірного опису механізму ППП у сфері ВЕ. Побудований класифікатор виступає інструментом впорядкування наявних інструментів і виявлення структурних прогалів та семантично неможливих комбінацій.

Встановлено, що ЦЗ механізму ППП у сфері ВЕ має мозаїчний характер: найбільш розвинені інструменти управління технічною інфраструктурою та





фінансово-моніторингові рішення, тоді як засоби кіберзахисту та міжрівневої прозорості та регулювання представлені фрагментарно й переважно на державному рівні. У стадійному вимірі домінує операційна фаза за одночасного недостатнього ЦЗ стадій будівництва та завершення й передачі об'єкта. Аналіз за рівнями врядування виявив істотний дисбаланс: більшість інструментів зосереджено на національному рівні, тоді як потенціал міжнародного та місцевого рівнів використовується частково, що свідчить про надмірну централізацію ЦЗ реалізації проєктів ППП і цифровий розрив між центром та територіальними громадами.

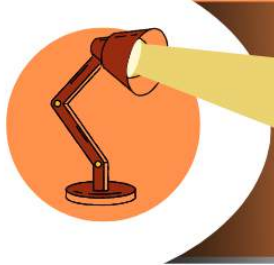
Розроблена концептуальна модель цифрової екосистеми механізму ППП у сфері ВЕ інтегрує міжнародний, державний та регіональний і місцевий рівні в єдиному цифровому просторі через платформу інтегрованості та систему функціонально і стадійно диференційованих інструментів. Її застосування може слугувати методичною основою для діагностики слабких ланок у ЦЗ проєктів ППП і поетапного переходу від набору розрізнених рішень до цілісної цифрової екосистеми ППП у ВЕ України.

Перспективи подальших досліджень авторів пов'язані з емпіричною перевіркою 3-вимірного класифікатора та моделі цифрової екосистеми на прикладі конкретних проєктів ППП, розробкою індикаторів для вимірювання рівня ЦЗ за окремими комбінаціями «функція – стадія – рівень управління», а також з оцінюванням впливу усунення виявлених цифрових прогалів на ефективність і стійкість ППП у ВЕ.

Література:

1. World Bank. PPP Project Preparation Status Tool [Електронний ресурс]. Washington, D.C.: World Bank Group, 2023. Режим доступу: <https://ppp.worldbank.org/public--private--partnership/library/ppp--project--preparation--status--tool> (дата звернення: 10.04.2025).
2. World Bank. PPP Resource Centre: Online Toolkit for Public–Private Partnerships in Infrastructure [Електронний ресурс]. Washington, D.C.: World Bank Group, 2024. Режим доступу: <https://ppp.worldbank.org/public--private--partnership> (дата звернення: 10.04.2025).
3. European PPP Expertise Centre (EPEC). EPEC PPP Project Register [Електронний ресурс]. Luxembourg: European Investment Bank, 2024. Режим доступу: <https://www.eib.org/eres/projects> (дата звернення: 10.04.2025).
4. International Renewable Energy Agency (IRENA). IRENA Global Atlas for Renewable Energy [Електронний ресурс]. 2025. Режим доступу: <https://globalatlas.irena.org> (дата звернення: 10.04.2025).
5. Augspurger P., Heymann F. Interactive platforms for solar energy planning: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2023. Vol. 187. P. 113–128. Режим доступу: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113128> (дата звернення: 10.04.2025).
6. European Technology and Innovation Platform Smart Networks for Energy Transition (ETIP SNET). AI, GenAI and Big Data for Smart Grid in EU [Електронний ресурс]. Brussels: ETIP SNET Secretariat, 2025. Режим доступу: <https://www.etip--snet.eu> (дата звернення: 15.04.2025).
7. Li Y., Zhang M., Chen H. BIM, IoT and Blockchain integration for photovoltaic project management: a systematic review. *Energy and Buildings*. 2024. Vol. 302. P. 113–127.





8. Grigoriev A., Patel S. Digital Twin for energy infrastructure: governance and implementation challenges. *Sustainable Cities and Society*. 2023. Vol. 98. P. 104–119.
9. World Bank. Blockchain and Smart Contracts for Public Administration [Електронний ресурс]. Washington, D.C.: World Bank Group, 2022. Режим доступу: <https://ppp.worldbank.org/public--private--partnership/sector/energy/toolkits> (дата звернення: 12.04.2025).
10. Prozorro.Sale. Аукціони квоти підтримки ВДЕ [Електронний ресурс]. 2025. Режим доступу: <https://prozorro.sale> (дата звернення: 12.04.2025).
11. Ministry of Economy of Ukraine. Ukraine Tenders 2025: Annual Procurement Report [Електронний ресурс]. Київ, 2025. Режим доступу: <https://www.me.gov.ua> (дата звернення: 12.04.2025).
12. European Financial Reporting Advisory Group (EFRAG). ESG Reporting Requirements for Renewable Energy Firms 2025 [Електронний ресурс]. Brussels: EFRAG, 2025. Режим доступу: <https://www.efrag.org> (дата звернення: 14.04.2025).
13. Ministry of Energy of Ukraine. AidEnergy – єдине вікно координації міжнародної донорської допомоги у сфері ВДЕ [Електронний ресурс]. Київ, 2024. Режим доступу: <https://aidenergy.gov.ua> (дата звернення: 14.04.2025).
14. World Bank. PPP Risk Allocation and Monitoring Tool [Електронний ресурс]. Washington, D.C.: World Bank Group, 2023. Режим доступу: <https://ppp.worldbank.org/public--private--partnership/risk--resources> (дата звернення: 14.04.2025).
15. Transparency International Ukraine. Public Procurement in Ukraine 2024: Transparency and Anti-Corruption Review [Електронний ресурс]. Київ, 2024. Режим доступу: <https://ti-ukraine.org> (дата звернення: 15.04.2025).
16. International Telecommunication Union (ITU). Greening Digital Companies: Guidance for Renewable Energy and ICT Integration [Електронний ресурс]. Geneva: ITU, 2024. Режим доступу: <https://www.itu.int/en/ITU--T/climatechange> (дата звернення: 15.04.2025).
17. European PPP Expertise Centre (EPEC). EPEC Guide to Guidance: How to Prepare, Procure and Deliver PPP Projects [Електронний ресурс]. Luxembourg: European Investment Bank, 2022. Режим доступу: <https://www.eib.org/epes> (дата звернення: 10.04.2025).
18. Ministry of Finance of Ukraine; World Bank. DREAM – Digital Reconstruction Ecosystem for Accountable Management [Електронний ресурс]. Київ, 2023. Режим доступу: <https://dream.gov.ua> (дата звернення: 16.04.2025).
19. Janssen M., van der Voort H. Adaptive governance: Towards a stable, accountable and responsive government. *Government Information Quarterly*. 2020. Vol. 37, No. 3. P. 101–112.
20. Arias P. Digital tools for renewable energy projects: a systematic review of functionality, project phase coverage and governance implications. *Renewable Energy*. 2025. Vol. 221. P. 120–145.
21. Prozorro.Sale. Ukraine competitive tender for RES support quotas: 2023–2024 results [Електронний ресурс]. Київ, 2024. Режим доступу: <https://prozorro.sale/info/res> (дата звернення: 12.04.2025).
22. Ministry of Energy of Ukraine. Digital auctions for renewable energy support: regulatory framework and practice [Електронний ресурс]. Київ, 2024. Режим доступу: <https://www.mev.gov.ua> (дата звернення: 12.04.2025).
23. European Commission. Big Data and AI for Smart Energy Systems [Електронний ресурс]. Brussels: EC DG Energy, 2024. Режим доступу: <https://energy.ec.europa.eu> (дата звернення: 16.04.2025).
24. United Nations Economic Commission for Europe (UNECE). PPP Standards and Recommended Guidelines [Електронний ресурс]. Geneva: UNECE, 2023. Режим доступу: <https://unece.org/trade/ppp> (дата звернення: 10.04.2025).





25. Ministry of Finance of Ukraine. DREAM integration with Prozorro: status report 2024 [Електронний ресурс]. Київ, 2024. Режим доступу: <https://www.mof.gov.ua> (дата звернення: 16.04.2025).

26. Verkhovna Rada of Ukraine. Open Data Portal – Energy Sector [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://data.gov.ua> (дата звернення: 16.04.2025).

27. Ministry of Digital Transformation of Ukraine. E-Participation platforms for territorial communities [Електронний ресурс]. Київ, 2024. Режим доступу: <https://diia.gov.ua> (дата звернення: 16.04.2025).

28. International Energy Agency (IEA). Energy Technology Perspectives 2024 [Електронний ресурс]. Paris: IEA, 2024. Режим доступу: <https://www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2024> (дата звернення: 16.05.2026).

29. Othman K., Khallaf R. Analyzing the factors that affect the renewable energy PPP market: A comparative analysis between developing and developed countries. AIMS Energy. 2024. Vol. 12, No. 2. P. 505–531. DOI: 10.3934/energy.2024024.

30. European Parliament and Council. Directive (EU) 2023/2413 of the European Parliament and of the Council of 18 October 2023 amending Directives 2018/2001, 2013/34/EU and Regulation (EU) 2018/1999 as regards the promotion of energy from renewable sources (RED III). Official Journal of the European Union. 2023. L 280. P. 1–118. Режим доступу: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32023L2413> (дата звернення: 16.05.2026)

References:

1. World Bank. (2023). PPP Project Preparation Status Tool. Retrieved from <https://ppp.worldbank.org/public--private--partnership/library/ppp--project--preparation--status--tool>

2. World Bank. (2024). PPP Resource Centre: Online Toolkit for Public–Private Partnerships in Infrastructure. Retrieved from <https://ppp.worldbank.org/public--private--partnership>

3. European PPP Expertise Centre (EPEC). (2024). EPEC PPP Project Register. Luxembourg: European Investment Bank. Retrieved from <https://www.eib.org/epec/projects>

4. International Renewable Energy Agency (IRENA). (2025). IRENA Global Atlas for Renewable Energy. Retrieved from <https://globalatlas.irena.org>

5. Augspurger, P., & Heymann, F. (2023). Interactive platforms for solar energy planning: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 187, 113–128. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113128>

6. European Technology and Innovation Platform Smart Networks for Energy Transition (ETIP SNET). (2025). AI, GenAI and Big Data for Smart Grid in EU. Brussels: ETIP SNET Secretariat. Retrieved from <https://www.etip--snet.eu>

7. Li, Y., Zhang, M., & Chen, H. (2024). BIM, IoT and Blockchain integration for photovoltaic project management: A systematic review. *Energy and Buildings*, 302, 113–127.

8. Grigoriev, A., & Patel, S. (2023). Digital Twin for energy infrastructure: Governance and implementation challenges. *Sustainable Cities and Society*, 98, 104–119.

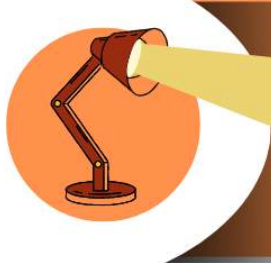
9. World Bank. (2022). Blockchain and Smart Contracts for Public Administration. Washington, D.C.: World Bank Group. Retrieved from <https://ppp.worldbank.org/public--private--partnership/sector/energy/toolkits>

10. Prozorro.Sale. (2025). Auktsiony kvoty pidtrymky VDE [Auctions of RES support quotas]. Retrieved from <https://prozorro.sale> [in Ukrainian].

11. Ministry of Economy of Ukraine. (2025). Ukraine Tenders 2025: Annual Procurement Report. Kyiv. Retrieved from <https://www.me.gov.ua>

12. European Financial Reporting Advisory Group (EFRAG). (2025). ESG Reporting Requirements for Renewable Energy Firms 2025. Brussels: EFRAG. Retrieved from <https://www.efrag.org>





13. Ministry of Energy of Ukraine. (2024). AidEnergy – yedne vikno koordynatsii mizhnarodnoi donorskoi dopomohy u sferi VDE [AidEnergy – single window for coordination of international donor assistance in the RES sector]. Kyiv. Retrieved from <https://aidenergy.gov.ua> [in Ukrainian].
14. World Bank. (2023). PPP Risk Allocation and Monitoring Tool. Washington, D.C.: World Bank Group. Retrieved from <https://ppp.worldbank.org/public--private--partnership/risk--resources>
15. Transparency International Ukraine. (2024). Public Procurement in Ukraine 2024: Transparency and Anti-Corruption Review. Kyiv. Retrieved from <https://ti--ukraine.org>
16. International Telecommunication Union (ITU). (2024). Greening Digital Companies: Guidance for Renewable Energy and ICT Integration. Geneva: ITU. Retrieved from <https://www.itu.int/en/ITU--T/climatechange>
17. European PPP Expertise Centre (EPEC). (2022). EPEC Guide to Guidance: How to Prepare, Procure and Deliver PPP Projects. Luxembourg: European Investment Bank. Retrieved from <https://www.eib.org/epec>
18. Ministry of Finance of Ukraine, & World Bank. (2023). DREAM – Digital Reconstruction Ecosystem for Accountable Management. Kyiv. Retrieved from <https://dream.gov.ua>
19. Janssen, M., & van der Voort, H. (2020). Adaptive governance: Towards a stable, accountable and responsive government. *Government Information Quarterly*, 37(3), 101–112.
20. Arias, P. (2025). Digital tools for renewable energy projects: A systematic review of functionality, project phase coverage and governance implications. *Renewable Energy*, 221, 120–145.
21. Prozorro.Sale. (2024). Ukraine competitive tender for RES support quotas: 2023–2024 results. Kyiv. Retrieved from <https://prozorro.sale/info/res>
22. Ministry of Energy of Ukraine. (2024). Digital auctions for renewable energy support: Regulatory framework and practice. Kyiv. Retrieved from <https://www.mev.gov.ua>
23. European Commission. (2024). Big Data and AI for Smart Energy Systems. Brussels: EC DG Energy. Retrieved from <https://energy.ec.europa.eu>
24. United Nations Economic Commission for Europe (UNECE). (2023). PPP Standards and Recommended Guidelines. Geneva: UNECE. Retrieved from <https://unece.org/trade/ppp>
25. Ministry of Finance of Ukraine. (2024). DREAM integration with Prozorro: Status report 2024. Kyiv. Retrieved from <https://www.mof.gov.ua>
26. Verkhovna Rada of Ukraine. (n.d.). Open Data Portal – Energy Sector. Retrieved from <https://data.gov.ua>
27. Ministry of Digital Transformation of Ukraine. (2024). E-Participation platforms for territorial communities. Kyiv. Retrieved from <https://diia.gov.ua>
28. International Energy Agency (IEA). (2024). Energy Technology Perspectives 2024. Paris: IEA. Retrieved from <https://www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2024>
29. Othman, K., & Khallaf, R. (2024). Analyzing the factors that affect the renewable energy PPP market: A comparative analysis between developing and developed countries. *AIMS Energy*, 12(2), 505–531. <https://doi.org/10.3934/energy.2024024>
30. European Parliament and Council. (2023). Directive (EU) 2023/2413 of the European Parliament and of the Council of 18 October 2023 amending Directives 2018/2001, 2013/34/EU and Regulation (EU) 2018/1999 as regards the promotion of energy from renewable sources (RED III). *Official Journal of the European Union*, L 280, 1–118. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32023L2413>

Дата першого надходження статті до видання: 01.05.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 17.05.2026

