

УДК 330.322:005.8:621.3:004

DOI: <https://doi.org/10.32782/2415-3583/41.15>**Плотнікова М.Ф.**

кандидат економічних наук, доцент

Поліський національний університет

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2852-3009>**Присяжнюк О.Ф.**

кандидат економічних наук, доцент

Поліський національний університет

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0066-9065>**Булуй О.Г.**

кандидат економічних наук, доцент

Поліський національний університет

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3368-4835>

ІНТЕГРАЦІЯ ПРОЄКТНО-ІНВЕСТИЦІЙНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ В УМОВАХ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ЕНЕРГЕТИЧНОГО СЕКТОРУ

Досліджено інструменти діджитал-менеджменту в інтеграції проєктної та інвестиційної діяльності підприємств енергетики України. Обґрунтовано, що сучасний розвиток енергетичного сектору відбувається під одночасним впливом глобальної енергетичної трансформації, цифровізації, декарбонізації, зростання ролі розподіленої генерації та воєнних руйнувань енергетичної інфраструктури України. Запропоновано економіко-математичну модель ретроспективного та перспективного аналізу розвитку енергетичного сектору, яка поєднує оцінювання інвестиційної привабливості, проєктної результативності, цифрової зрілості, стійкості, енергоефективності та декарбонізаційного ефекту.

Ключові слова: діджитал-менеджмент, енергетичні підприємства, проєктна діяльність, інвестиційна діяльність, цифровізація, економіко-математична модель, енергетична безпека, розподілена генерація, декарбонізація, Україна.

Постановка проблеми. Енергетичний сектор України перебуває у стані одночасної дії кількох трансформаційних процесів: воєнного руйнування критичної інфраструктури, потреби у швидкому відновленні генерації та мереж, інтеграції з європейським енергетичним простором, переходу до низьковуглецевої економіки, розвитку розподіленої генерації, впровадження цифрових технологій і зростання вимог до прозорості інвестиційного управління. Сучасні світові тенденції розвитку енергетики демонструють перехід від лінійної моделі «виробництво – передача – споживання» до інтегрованих, цифрових, гнучких, децентралізованих і кліматично орієнтованих енергетичних систем. У таких системах важливу роль відіграють відновлювані джерела енергії, накопичувачі, розподілена генерація, smart grids, цифрові двійники, системи прогнозування попиту, аналітика великих даних, штучний інтелект, автоматизоване управління активами, кіберзахист, цифрові платформи інвестиційного моніторингу та ESG-звітність. Для України ці тенденції є не лише технологічним вибором, а умовою виживання, відновлення й довгострокової конкурентоспроможності.

Проблема полягає в тому, що проєктна та інвестиційна діяльність підприємств енергетики часто розглядаються окремо. Проєктна діяльність зосереджується на реалізації конкретних технічних, інфраструктурних або організаційних змін, тоді як інвестиційна діяльність орієнтується на фінансову доцільність, джерела фінан-

сування, окупність і ризики. У сучасних умовах такий поділ є недостатнім. Інвестиційні рішення мають бути пов'язані з проєктними циклами, цифровими даними, ризик-менеджментом, технологічною готовністю, безпековою стійкістю та стратегічними сценаріями розвитку сектору. В умовах турбулентності зовнішнього середовища інтеграція проєктного та інвестиційного менеджменту стає ключовим чинником забезпечення ефективності інноваційних рішень, підвищення конкурентоспроможності підприємств, оптимізації їх ресурсів. Пожвавлення національної економіки значною мірою залежить від розвитку малого підприємництва, яке виробляє лівову частину валового продукту та доданої вартості в розвинутих краях світу.

Практичне завдання щодо подолання наявних викликів полягає у необхідності розробки економіко-математичної моделі ретроспективного та перспективного аналізу розвитку енергетичного сектору України. Така модель має дозволити оцінити минулу динаміку розвитку сектору, визначити критичні чинники впливу, сформулювати сценарії майбутнього розвитку, порівняти інвестиційні альтернативи, визначити пріоритетність проєктів і сформулювати цифрову основу для управління відновленням та модернізацією енергетичних підприємств.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Зацікавленість вітчизняних та зарубіжних дослідників проблематикою цифровізації енергетичного сектору з вико-



ристанням інструментів інвестиційного та проектного менеджменту свідчить про значний рівень її актуальності. Роль цифрових технологій зводиться не лише до технічного забезпечення процесів розвитку енергетичного сектору, а й до потреби постійних удосконалень на проектній основі, що базуються на якісних комунікаціях, оперативній реакції на проблеми та залученні з цією метою коштів та ефективне їх використання (інвестиційний менеджмент). Зарубіжні наковці Chen et al. [1] досліджуючи роль цифровізації та її інтеграцію з проект-менеджментом, стверджують про її соціально-технічне значення, оскільки вона передбачає не лише застосування нового програмного забезпечення у процесі управління проектами, а й супроводжує процеси прийняття управлінських рішень на всіх рівнях, формування системи відповідальності за виконання поставлених завдань, координацію процесу досягнення поставлених стратегічних цілей та ін.

Chwiłkowska-Kubala et al. [2] вважають, що процеси цифрової трансформації в енергетичному секторі насамперед залежать від ефективного поєднання різних груп ресурсів (люди, фінанси, технології) та розвитку інфраструктури, а перехід на використання діджитал-інструментів залежить насамперед від готовності підприємства до змін через впровадження нових методів управління, навчання персоналу бачити та використовувати переваги цифрових інструментів та їх інтеграції у інформаційну систему підприємства.

Багато зарубіжних дослідників, зокрема Yu et al. [3], Liu i Song [4] та Ren i Xia [5] зазначають про інвестиційну привабливість та ефективність проектів цифровізації, оскільки вони сприяють удоскоhlenню управління всіма видами ресурсів підприємства, комунікаційної взаємодії, зниженню рівня витрат, впровадженню інновацій (зокрема «зелених» технологій в енергетичному секторі) та ін. Окрім цього, автори відзначають особливу роль цифровізації у процесі обґрунтування інвестиційних рішень (підвищення точності фінансової оцінки та прогнозів, зростання оперативності реагування на проблеми та спроможності адаптуватися до змін мікро- та макросередовища). Заслугує на увагу пропозиції зарубіжних дослідників Wang J., Wang B. A. [6] щодо оцінки політики змін у енергетичному секторі через досягнення поставлених цілей, рівень її інтенсивності, використання інструментів та залучення стейкхолдерів (зокрема, активізація інституційного рівня через державне регулювання, в т.ч. у сфері інновацій, податки, побудова ефективного державно-приватного партнерства та ін.).

Інституційною основою застосування цифрових технологій у енергетичному секторі України з обґрунтуванням їх важливості, зважаючи на євроінтеграційний вектор розвитку, є План ЄС [7], у якому також акцентується увага на підтримці застосування відновлювальних джерел енергії, заходах з підтримки споживачів, посиленні кібербезпеки та ін. Роль цифрових технологій у реалізації інвестиційних проектів відслідковується з підготовчого етапу (планування, оцінка ризиків, обґрунтування доцільності вкладення коштів та ін.). Значна кількість сучасних дослідників вважають одними з найбільш перспективних технологій для застосування в енергетиці цифрові двійники. Дослідження Cao et al. [8] та Hashmi et al. [9] доводять

їх ефективність у реалізації та моніторингу інвестиційних проектів за допомогою відслідковування динаміки інвестиційних показників, зокрема чистого дисконтованого доходу, витрат, грошових потоків та ін. з урахуванням змін технічних показників (витрати на експлуатацію, погодні умови, рівень вироблення електроенергії та ін.).

Огляд наукових праць зарубіжних дослідників, зокрема Parra-Rodriguez et al. [10], Fu et al. [11], дає змогу акцентувати увагу на значенні роботизації та автоматизації рутинних процесів у в енергетичному секторі та удосконаленні ланцюгів постачання. Окремо слід відзначити звіти міжнародних агенцій у сфері енергетики IEA [12] і IRENA [13–14], у яких йдеться про інноваційні аспекти управління в енергетичному секторі (інструменти штучного інтелекту, роботизація, машинне навчання та ін), що надають змогу оптимального розподілу ресурсів, підвищення пропускної здатності електромереж, прогнозування технічних збоїв та ін. З позицій проектно-інвестиційного управління, застосування таких інструментів дозволяє більш точно обґрунтувати доцільність інвестицій, знизити рівень інформаційної невизначеності, знизити витрати та підвищити дохідність.

У працях українських дослідників впродовж останніх років відслідковується пошук механізмів (в тому числі проектних та інвестиційних, цифрових, інституційних та ін.) для розвитку енергетики на інноваційній основі. Зокрема, Глущенко А. [15] зазначає, що поряд з проблемами, що насамперед пов'язані з воєнним станом в країні, найбільш доцільним напрямом розвитку енергетики є інноваційний напрям, що базується на «зеленій» енергетиці та залученні інвестицій. Прокопенко Н. та Круш К.-К. [16] вказують на потребу комплексного підходу для забезпечення ефективності проектної діяльності підприємств енергетичної сфери, що враховують наявність компетентного персоналу, рівень застосування цифрових технологій, гнучких методів управління, екологічних принципів та ін. Автори Гнилянська Л., Шпак Н. і Побурко О. [17] ефективність інноваційної проектної діяльності пов'язують не лише з впливом внутрішніх чинників, а й зовнішніх інституційних факторів. Отже, інтегрований менеджмент має одночасно враховувати корпоративні чинники та інституційні, що впливають на спроможність ефективно реалізовувати проекти. Поряд з цим, дослідники Сотник І., Вороненко В., Юй Я., Чень Ї. [18] доводять вагомий вплив фінансових чинників на проекти у енергетичній сфері. Sotnyk I., Sasse J.-P., Trutnevte E. [19] розробили сценарії розвитку енергетичного сектору до 2035 року, продемонстрували можливість інтеграції моделювання у сфері енергетики з управлінням інвестиційним портфелем. Заслугують на увагу дослідження цифрових інструментів, що використовуються на передінвестиційній фазі проектів у електроенергетиці та створює можливість обґрунтування інвестиційних рішень, поєднуючи їх з інформацією про територію, географічні особливості, наявність інфраструктури, оптимальним розміщенням об'єктів енергетики (Doronina I., Nehrey M., Putrenko V. [20]). У науковій літературі питання управління енергетичними підприємствами розглядаються крізь призму інвестиційної ефективності, енергетичної безпеки,

інноваційного розвитку, управління ризиками, цифровізації бізнес-процесів, впровадження smart grids і відновлюваної енергетики.

Міжнародне енергетичне агентство акцентує увагу на тому, що енергетична безпека України в умовах війни потребує не лише ремонту пошкодженої інфраструктури, а й довгострокового підвищення стійкості, розвитку розподіленої генерації, децентралізації та гнучкості енергосистеми [21–22]. Відповідні підходи є важливими для формування нової моделі проєктно-інвестиційного управління підприємствами енергетики.

Світовий банк у звітах щодо оцінки збитків і потреб України наголошує, що енергетика належить до найбільш постраждалих секторів, а відновлення має поєднувати нагальні ремонти з довгостроковими інвестиціями у стійкість, енергоефективність, розподілені рішення та залучення приватного сектору [23–24]. Такий підхід свідчить про необхідність переходу від реактивного управління до портфельного управління енергетичними проєктами, де кожен інвестиційний проєкт оцінюється не тільки за фінансовою окупністю, а й за внеском у стійкість, безпеку, декарбонізацію і цифрову модернізацію.

Енергетична стратегія України до 2050 року передбачає розвиток безпечної, сталої, конкурентної та кліматично нейтральної енергетики, що відповідає європейському зеленому курсу, інтеграції з європейськими енергетичними ринками та посиленню енергетичної незалежності [25]. Національний енергетичний і кліматичний план України визначає орієнтири щодо відновлюваної енергетики, енергоефективності, скорочення викидів, розвитку ринкових механізмів і наближення до політик ЄС [26]. Ці документи формують стратегічне середовище, у якому енергетичні підприємства мають розробляти та реалізовувати власні проєктно-інвестиційні рішення.

Отже, проблема інтеграції проєктного та інвестиційного менеджменту в умовах цифровізації енергетичного сектору досліджена достатньо багатогранно, проте у зарубіжні та вітчизняні наукові праці не містять цілісної моделі розвитку енергетики. Подальших досліджень також потребують можливості штучного інтелекту у цій сфері, елементи кібербезпеки, переваги сталого розвитку енергетики. Також невирішеною частиною загальної проблеми є відсутність універсальної

прикладної моделі, яка дозволяє підприємствам енергетики й органам публічного управління одночасно оцінювати фінансову ефективність енергетичних проєктів, їх роль у зміцненні стійкості енергосистеми, рівень цифрової готовності, екологічний ефект, ризики реалізації та відповідність стратегічним пріоритетам розвитку України.

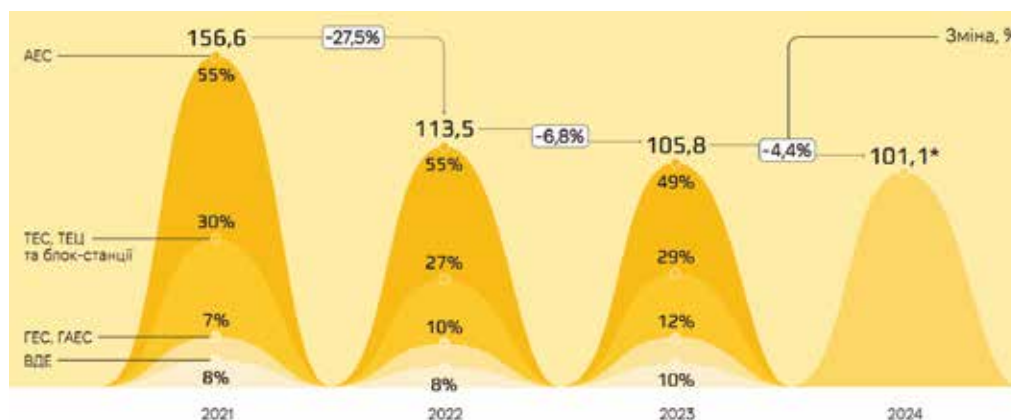
Мета статті є наукове обґрунтування ролі інструментів діджитал-менеджменту в інтеграції проєктної та інвестиційної діяльності підприємств енергетики й розробка економіко-математичної моделі ретроспективного та перспективного аналізу розвитку енергетичного сектору України.

Виклад основного матеріалу дослідження. Діджитал-менеджмент енергетичних підприємств доцільно визначити як систему цифрових інструментів, технологій, управлінських процедур і аналітичних моделей, що забезпечують прийняття рішень на основі даних у сферах виробництва, передачі, розподілу, постачання, інвестування, реалізації проєктів, управління ризиками та взаємодії зі стейкхолдерами. У табл. 1 наведено тенденції розвитку енергетичного сектору України у 2020–2026 рр., що корелює із світовими тенденціями (рис. 1).

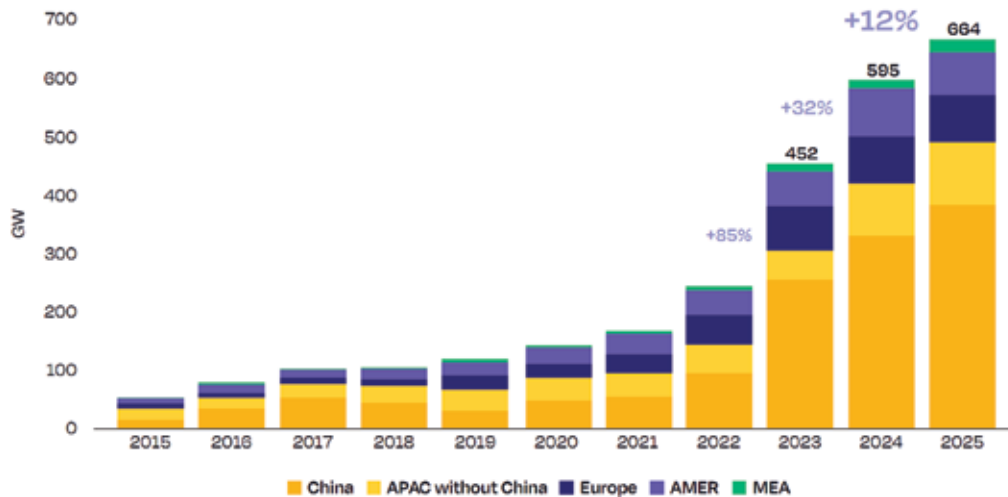
Таблиця 1 демонструє динаміку розвитку енергетичного сектору України у 2020–2026 рр. за ключовими сферами: виробнича, інвестиційна, цифрова, стійкісна, екологічна та ризикова. В цей період відбувся перехід від централізованої атомно-теплової моделі до гнучкої розподіленої системи (DG) та накопичувачами; мав місце інвестиційний зсув від аварійного відновлення у 2022–2023 рр. до стратегічних вкладень у відновлювані джерела енергії (ВДЕ) та цифрові технології. Після 2022 р. спостерігалось зростання цифрових рішень, що підвищує стійкість системи, поступове нарощування ВДЕ та енергоефективності, хоча темпи скорочення CO₂ залишаються недостатніми.

Енергетична система України у 2021–2024 рр. характеризується суперечливим поєднанням: з одного боку – поступове підвищення ефективності та екологічності, з іншого – збереження критичної залежності та інституційні слабкості, що відображено у її структурі (табл. 2).

Таблиця ілюструє дисбаланс між секторами: промисловість та державний сектор формують основне навантаження на енергетичну систему, тоді як сфери



а) виробництво електроенергії за типами генерації в Україні, млрд кВт·годі



б) світовий ринок сонячної енергії

Рисунок 1 – Динаміка енергетичного виробництва в Україні та світі

Джерело: сформовано авторами на основі [27–29]

Таблиця 1 – Галузеві показники розвитку енергетичного сектору України

Рік	Сфера					
	Виробнича	Інвестицій	Цифрова	Стійкості	Екологічна	Ризикова
2020	Стабільна централізована система; атомна генерація 55%, тепла 35%, втрати 11%	Капітальні витрати (CAPEX) низькі, орієнтація на ремонти	Низька цифровізація (окремі системи управління ERP та SCADA)	Розподілена генерація (DG) 5%, резерви обмежені	ВДЕ – 8% у структурі	Ризики низькі, головним чином фінансові
2021	Зростання ВДЕ до 10%, атомна генерація стабільна	Інвестиції у ВДЕ, модернізація ТЕС	Початок впровадження smart metering	DG 7%, накопичувачі відсутні	Енерго-ефективність зросла на 2%	Регуляторні ризики через ринок електроенергії
2022	Воєнна руйнація: втрачено 50% ТЕС, окупація ЗАЕС	CAPEX переорієнтовані на аварійне відновлення	Цифровізація зупинена, кіберзагрози	DG 10%, резерви критично низькі	ВДЕ частково втрачено	Воєнні ризики критичні
2023	Виробництво знижене на 30%, атомна генерація ключова	Інвестиції у відновлення мереж	Впровадження цифрових двійників у тестовому режимі	DG 12%, перші накопичувачі	ВДЕ 9%, CO ₂ скорочення мінімальне	Високі воєнні та фінансові ризики
2024	Енергоатом виробив 53 млрд кВт·год (ріст на 12% до 2022)	Інвестиції у SMR, ВДЕ, ремонти ТЕС	ERP / SCADA інтеграція, BI-аналітика	DG 15%, накопичувачі у пілотних проєктах	ВДЕ 12%, енергоефективність зросла на 3%	Кіберризики зростають, воєнні ризики високі
2025	Зменшення передачі електроенергії через атаки (Укренерго)	CAPEX у відновлення ТЕС (4 млрд грн)	Smart grids, цифрові панелі управління	DG 18%, накопичувачі розширюються	ВДЕ 14%, скорочення CO ₂ на 5%	Воєнні ризики, регуляторні адаптації до ЄС
2026	Відновлення та модернізація, децентралізація	Інвестиції у ВДЕ, накопичувачі, цифрові рішення	AI-прогнозування, кіберзахист інтегрований	DG 20%, резерви стабілізовані	ВДЕ 16%, енергоефективність зросла на 5%	Ризики знижуються, воєнні та кіберзагрози залишаються

Джерело: сформовано авторами на основі [27–29]

послуг і торгівлі залишаються малозначними споживачами, що вимагає стратегічної диверсифікації джерел енергії та оптимізації енергоефективності у найбільш енергомістких галузях. Стратегічним завданням сектору стає одночасне посилення енергетичної безпеки, диверсифікація джерел постачання та підвищення прозорості управління.

Діджитал-менеджмент має системний характер і передбачає цифрову інтеграцію управлінських функ-

цій. через ERP-системи, системи управління активами, SCADA, smart metering, цифрові двійники, геоінформаційні системи, BIM-моделі для енергетичної інфраструктури, платформи управління проєктом портфелем, CRM-системи для роботи зі споживачами, системи прогнозування попиту, аналітика великих даних, штучний інтелект, платформи управління інвестиціями, ESG-моніторинг, системи кіберзахисту, хмарні сховища даних і цифрові панелі управління.

Таблиця 2 – Структура використання теплоенергії та електроенергії в Україні

Галузь економіки	Витрати енергії				Структура, %			
	Теплоенергія, тисяч Гкал		Електроенергія, млн.кВт-год		Теплоенергія		Електроенергія	
	обсяг використаної теплоенергії – всього	витрати на виробництво продукції (виконання робіт)	обсяг використаної електроенергії – всього	витрати на виробництво продукції (виконання робіт)	обсяг використаної теплоенергії – всього	витрати на виробництво продукції (виконання робіт)	обсяг використаної електроенергії – всього	витрати на виробництво продукції (виконання робіт)
Всього	1099,4	626,5	891,5	708,2	100,0	100,0	100,0	100,0
у тому числі								
Промисловість	595,4	553,6	659,1	595,0	54,2	88,4	73,9	84,0
з неї переробна промисловість	547,7	535,3	484,7	442,4	49,8	85,5	54,4	62,5
Державне управління й оборона; обов’язкове соціальне страхування	271,2	13,6	69,9	5,4	24,7	2,2	7,8	0,8
Охорона здоров’я та надання соціальної допомоги	102,8	к	28,1	0,8	9,4	к	3,1	0,1
Освіта	62,8	к	13,0	к	5,7	к	1,5	к
Сільське, лісове та рибне господарство	52,0	50,5	48,8	46,7	4,7	8,1	5,5	6,6
Мистецтво, спорт, розваги та відпочинок	4,8	к	3,0	к	0,4	к	0,3	к
Транспорт, складське господарство, поштова та кур’єрська діяльність	2,1	1,9	15,3	15,1	0,2	0,3	1,7	2,1
Оптова та роздрібна торгівля; ремонт автотранспортних засобів і мотоциклів	0,9	0,9	30,4	27,8	0,1	0,1	3,4	3,9

* Примітка: за 2025 р.; джерело – НКРЕКП, Держстат, Мінекономіки, Держенергоатом

Джерело: сформовано авторами на основі [27–29]

Їх цінність полягає у можливості об’єднати технічні, фінансові, проєктні, інвестиційні й екологічні дані в єдину систему управління.

Проєктна діяльність підприємств енергетики охоплює модернізацію обладнання, будівництво нових генеруючих потужностей, реконструкцію мереж, впровадження систем накопичення енергії, розвиток відновлюваних джерел, створення мікромереж, впровадження цифрових платформ, підвищення енергоефективності, кіберзахист, автоматизацію управління та підвищення фізичної стійкості об’єктів. Інвестиційна діяльність передбачає залучення, розподіл і використання фінансових ресурсів для реалізації цих проєктів. У сучасних умовах ці два напрями не можуть функціонувати окремо, інтеграція проєктної та інвестиційної діяльності підприємств енергетики повинна базуватися на портфельному підході.

Для інтегрованої оцінки таких проєктів пропонується економіко-математична модель, яка поєднує ретроспективний і перспективний блоки. Позначимо через t часовий період, через i окремий енергетичний проєкт, через j показник оцінювання. Інтегральний індекс розвитку енергетичного сектору у період t можна подати як (1):

$$I_t = \sum_{j=1}^m w_j * Z_{jt} \quad (1)$$

де I_t – інтегральний індекс розвитку енергетичного сектору; Z_{jt} – нормоване значення j -го показника у період t ; w_j – ваговий коефіцієнт важливості j -го показника; m – кількість показників оцінювання.

До системи доцільно включити такі групи показників: виробничі, інвестиційні, цифрові, екологічні, фінансові, ризику, показники стійкості. Для кожної групи формується частковий індекс (табл. 3).

Таблиця 3 – Часткові індекси розвитку енергетичного сектору

Частковий індекс	Формула розрахунку
1	2
Виробничий індекс (P_t)	$P_t = f(G_p, C_p, L_p, U_t) \quad (2)$, G_t – обсяг виробництва електроенергії; C_t – встановлена або доступна потужність; L_t – рівень технологічних втрат; U_t – коефіцієнт використання потужності.
Інвестиційний індекс (INV_t)	$INV_t = f(KI_t, PF_t, WACC_t, NPV_t, T_t) \quad (3)$. KI_t – капітальні інвестиції; PF_t – частка приватного фінансування; $WACC_t$ – середньозважена вартість капіталу; NPV_t – чиста приведена вартість портфеля проєктів; T_t – середній строк окупності.
Цифровий індекс (D_t)	$D_t = a_1 ERP_t + a_2 SC_t + a_3 SM_t + a_4 AI_t + a_5 CYB_t + a_6 DATA_t \quad (4)$ ERP_t – рівень інтеграції ресурсного планування; SC_t – рівень автоматизованого технічного управління; SM_t – рівень smart metering; AI_t – використання алгоритмів прогнозування і штучного інтелекту; CYB_t – рівень кіберзахисту; $DATA_t$ – якість управління даними; $a_1, \dots, a_6$ – вагові коефіцієнти

Продовження таблиці 3

1	2
Індекс стійкості енергетичного сектору (R_t)	$R_t = b_1 DG_t + b_2 RES_t + b_3 STOR_t + b_4 BACK_t + b_5 RAP_t + b_6 VUL_t \quad (5)$ RES_t – частка відновлюваних джерел енергії; EE_t – підвищення енергоефективності; $CO2_t$ – скорочення викидів CO_2; $GRID_t$ – модернізація мереж для інтеграції низьковуглецевих технологій; $c_1, \dots, c_4$ – вагові коефіцієнти.
Екологічний або декарбонізаційний індекс (E_t)	$E_t = c_1 RES_t + c_2 EE_t + c_3 CO2_t + c_4 GRID_t \quad (6)$ RES_t – частка відновлюваних джерел енергії; EE_t – підвищення енергоефективності; $CO2_t$ – скорочення викидів CO_2; $GRID_t$ – модернізація мереж для інтеграції низьковуглецевих технологій; $c_1, \dots, c_4$ – вагові коефіцієнти.
Показник ризику (Q_t)	$Q_t = d_1 WAR_t + d_2 FIN_t + d_3 TECH_t + d_4 REG_t + d_5 MARK_t + d_6 CYBER_t \quad (7)$ WAR_t – воєнний ризик; FIN_t – фінансовий ризик; $TECH_t$ – технологічний ризик; REG_t – регуляторний ризик; $MARK_t$ – ринковий ризик; $CYBER_t$ – кіберризик; $d_1, \dots, d_6$ – вагові коефіцієнти.

Джерело: сформовано авторами

З урахуванням зазначених компонентів інтегральна модель розвитку енергетичного сектору () може мати вигляд (8):

$$I_t = w_1 P_t + w_2 INV_t + w_3 D_t + w_4 R_t + w_5 E_t + w_6 Q_t \quad (8)$$

де P_t – виробничий індекс; INV_t – інвестиційний індекс; D_t – цифровий індекс; R_t – індекс стійкості; E_t – екологічний індекс; Q_t – індекс ризику; $w_1, \dots, w_6$ – вагові коефіцієнти, що визначають стратегічну значущість кожного блоку.

Для ретроспективного аналізу модель дозволяє оцінити динаміку I_t за попередні періоди, встановити періоди критичного падіння, визначити чинники погіршення або покращення, порівняти підприємства, регіони або типи енергетичних активів. Наприклад, якщо зниження I_t відбулося переважно через зростання Q_t і падіння R_t , це означає, що головним завданням стає інвестування у стійкість, розподілену генерацію, резервування, кіберзахист і швидке відновлення. Якщо ж зниження зумовлене низьким D_t , пріоритетом стає цифрова модернізація. Для перспективного аналізу пропонується сценарний блок (9):

$$I_{(t+k)s} = F(P_{(t+k)s}, INV_{(t+k)s}, D_{(t+k)s}, R_{(t+k)s}, E_{(t+k)s}, Q_{(t+k)s}) \quad (9)$$

де s – сценарій розвитку; k – горизонт прогнозування.

Доцільно розглядати щонайменше три сценарії: інерційний, відновлювально-модернізаційний і трансформаційний. Інерційний сценарій передбачає переважне відновлення пошкоджених активів без суттєвої зміни структури енергосистеми. Відновлювально-модернізаційний сценарій поєднує ремонт із впровадженням цифрових рішень, енергоефективності та розподіленої генерації. Трансформаційний сценарій передбачає глибоку перебудову енергетичного сектору на основі децентралізації, smart grids, накопичувачів, відновлюваної енергетики, гнучких ринкових механізмів і високої цифрової зрілості. Для інтеграції проектної та інвестиційної діяльності на рівні підприємства енергетики пропонується використовувати показник пріоритетності окремого проекту (10):

$$PI_i = v_1 NPV_i + v_2 IRR_i + v_3 R_i + v_4 D_i + v_5 E_i + v_6 S_i + v_7 Q_i \quad (10)$$

де PI_i – інтегральний показник пріоритетності i -го проекту; NPV_i – нормована чиста приведена вартість; IRR_i – нормована внутрішня норма дохідності; R_i – внесок проекту у стійкість; D_i – цифровий ефект; E_i –

екологічний ефект; S_i – соціально-економічний ефект; Q_i – ризик проекту; $v_1, \dots, v_7$ – вагові коефіцієнти.

Алгоритм застосування моделі включає кілька етапів. На першому етапі формується база даних щодо енергетичних активів, проектів, інвестицій, технічного стану, цифрової інфраструктури, ризиків і фінансових показників. На другому етапі здійснюється нормування показників для забезпечення їх порівняльності. На третьому етапі визначаються вагові коефіцієнти, які можуть бути встановлені експертно, через метод аналізу ієрархій або на основі стратегічних пріоритетів підприємства чи державної політики. На четвертому етапі розраховуються часткові й інтегральні індекси. На п'ятому етапі формується рейтинг проектів і сценарії розвитку. На шостому етапі результати моделі інтегруються у цифрову панель управління для постійного моніторингу.

Особливе місце у моделі займає ретроспективний аналіз. Для України він має охоплювати щонайменше три періоди: довоєнний період, період повномасштабної війни та період відновлення. Довоєнний період дозволяє оцінити базову структуру енергетичного сектору, рівень централізації, частку різних видів генерації, інвестиційну активність і цифрову зрілість. Період повномасштабної війни дозволяє оцінити стійкість системи, наслідки руйнувань, здатність до відновлення, вплив атак на виробництво і споживання. Період відновлення має оцінюватися через швидкість модернізації, залучення інвестицій, розвиток розподіленої генерації, цифровізацію і декарбонізацію.

Перспективний аналіз повинен враховувати світові тенденції, зокрема прискорення розвитку відновлюваної енергетики, зростання попиту на електроенергію через електрифікацію, розвиток систем накопичення, поширення smart grids, зростання ролі кібербезпеки, застосування штучного інтелекту в енергоменеджменті та підвищення вимог до ESG-звітності. Запропонована модель може бути використана для обґрунтування портфеля інвестиційних проектів підприємств енергетики. Для кожного проекту розраховується PI_i , після чого формується рейтинг пріоритетності. Обмеженням може бути доступний бюджет (11):

$$\sum C_i \cdot x_i \leq B \quad (11)$$

де C_i – вартість i -го проекту; x_i – бінарна змінна, що дорівнює 1, якщо проект включено до портфеля,

і 0, якщо не включено; B – бюджет інвестиційного портфеля. Цільова функція портфельної оптимізації може бути записана як (12):

$$\max \sum (PI_i * x_i) \quad (12)$$

за умови дотримання бюджетних, технічних, часових і регуляторних обмежень. Такий підхід дозволяє формувати не просто перелік бажаних інвестицій, а оптимізований портфель, який максимізує сукупний стратегічний ефект.

Інструменти діджитал-менеджменту забезпечують практичне функціонування цієї моделі. Для керівництва підприємства це створює можливість бачити зв'язок між технічними рішеннями, інвестиціями, строками, ризиками і стратегічними цілями. Для інвесторів така система підвищує прозорість і довіру. Для органів публічного управління вона створює дані для програм відновлення, регуляторних рішень і залучення міжнародної допомоги.

Висновки. Діджитал-менеджмент є ключовим інструментом інтеграції проєктної та інвестиційної діяльності підприємств енергетики в умовах цифровізації, воєнних ризиків і глобальної енергетичної трансформації. Його застосування дозволяє перейти від фрагментарного управління окремими проєктами до системного управління проєктно-інвестиційним портфелем на основі даних, індикаторів, цифрових платформ і сценарного аналізу.

Розвиток енергетичного сектору України має оцінюватися не лише за фінансовими або виробничими

показниками, а через комплексне поєднання інвестиційної ефективності, цифрової зрілості, енергетичної стійкості, декарбонізаційного ефекту, ризиків і стратегічної відповідності світовим тенденціям. Запропонована економіко-математична модель дозволяє здійснювати ретроспективний аналіз динаміки сектору, визначати фактори його вразливості та формувати перспективні сценарії розвитку. Розроблена модель включає інтегральний індекс розвитку енергетичного сектору, часткові індекси виробничої, інвестиційної, цифрової, стійкісної, екологічної та ризикової складових, а також показник пріоритетності окремого енергетичного проєкту. Її використання дозволяє порівнювати різні типи проєктів, формувати інвестиційні портфелі, оцінювати їхній внесок у відновлення, модернізацію, стійкість і декарбонізацію.

Практична цінність дослідження. Для інвесторів модель може бути інструментом порівняння проєктів за фінансовими, технологічними та ризиковими критеріями. Для держави вона може бути основою для формування політики відновлення енергетики, розподілу ресурсів і оцінювання ефективності програм.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на емпіричну апробацію моделі на даних енергетичних підприємств України, уточнення вагових коефіцієнтів для різних типів проєктів, розробку цифрової панелі управління проєктно-інвестиційним портфелем, інтеграцію моделі з ESG-звітністю та формування методичних рекомендацій для підприємств енергетики, органів публічного управління й інвесторів.

Список використаних джерел:

1. Chen M., Martins T. S., Zhang L., Dong H. Digital Transformation in Project Management: A Systematic Review and Research Agenda. *Systems*. 2025. Vol. 13, № 8. Art. 625. DOI: <https://doi.org/10.3390/systems13080625>
2. Chwilkowska-Kubala A., Cyfert S., Malewska K., Mierzejewska K., Szumowski W. The Impact of Resources on Digital Transformation in Energy Sector Companies: The Role of Readiness for Digital Transformation. *Technology in Society*. 2023. Vol. 74. Art. 102315. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2023.102315>
3. Yu Y., Ren F., Ju Y., Zhang J., Liu X. Exploring the Role of Digital Transformation and Breakthrough Innovation in Enhanced Performance of Energy Enterprises. *Sustainability*. 2024. Vol. 16, № 2. Art. 650. DOI: <https://doi.org/10.3390/su16020650>
4. Liu Y., Song P. Digital Transformation and Green Innovation of Energy Enterprises. *Sustainability*. 2023. Vol. 15, № 9. Art. 7703. DOI: <https://doi.org/10.3390/su15097703>
5. Ren Y., Xia Y. Research on the Impact of Digitalization on Energy Companies' Green Transition: New Insights from China. *Frontiers in Energy Research*. 2024. Vol. 12. Art. 1421832. DOI: <https://doi.org/10.3389/fenrg.2024.1421832>
6. Wang J., Wang B. A Systemic Evaluation of Energy Digital Transformation Policies for the G20 Group of Countries: A Four-Dimensional Framework and Cross-National Quantitative Analysis. *Sustainability*. 2025. Vol. 17, № 20. Art. 9301. DOI: <https://doi.org/10.3390/su17209301>
7. European Commission. Digitalising the Energy System – EU Action Plan. COM(2022) 552 final. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52022DC0552>
8. Cao M., Song W., Xu Y. Research on the Impact of Enterprise Digital Transformation Based on Digital Twin Technology on Renewable Energy Investment Decisions. *Energy Informatics*. 2024. Vol. 7. Art. 142. DOI: <https://doi.org/10.1186/s42162-024-00447-8>
9. Hashmi R., Liu H., Yavari A. Digital Twins for Enhancing Efficiency and Assuring Safety in Renewable Energy Systems: A Systematic Literature Review. *Energies*. 2024. Vol. 17, № 11. Art. 2456. DOI: <https://doi.org/10.3390/en17112456>
10. Parra-Rodriguez N. C. et al. A Step Towards Digital Transformation Within a Utility Company Through Process Automation for a Sustainable Energy Transition. *The Journal of Engineering*. 2024. Art. e70036. DOI: <https://doi.org/10.1049/tje.2.70036>
11. Fu S., Liu J., Tian J., Peng J., Wu C. Impact of Digital Economy on Energy Supply Chain Efficiency: Evidence from Chinese Energy Enterprises. *Energies*. 2023. Vol. 16, № 1. Art. 568. DOI: <https://doi.org/10.3390/en16010568>
12. International Energy Agency. Energy and AI. 2025. URL: <https://www.iea.org/reports/energy-and-ai> (дата звернення 25.05 2026).
13. IRENA. Digitalisation and AI for Power System Transformation: Perspectives for the G7. 2025. IRENA. Digitalisation and AI for Power System Transformation: Perspectives for the G7. 2025. URL: <https://surli.cc/bglbre>
14. IRENA. Digitalisation and AI for Transforming Power Systems: Case Studies from IRENA Innovation Week 2025. 2026. URL: <https://surli.li/jwable> (дата звернення 25.05 2026).
15. Глушченко А. «Зелена» трансформація та енергетична безпека України: пошук балансу у післявоєнний період. *Економіка та суспільство*. 2026. № (83). DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2026-83-99>
16. Прокопенко Н., Круш К.-К. Економіко-математичне моделювання стратегічної зрілості проєктного управління підприємств енергетичної галузі. *Економіка та суспільство*. 2025. № (74). DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-74-3>

17. Гнилянська Л., Шпак Н., Побурко О. Інституційні чинники втілення інноваційних проектів відновлювальної енергетики в екстремальних умовах. *Економіка та суспільство*. 2025. № (74). DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-74-149>
18. Сотник І., Вороненко В., Юй Я., Чень І. Фінансові механізми та прийняття рішень для підтримки енергетичної децентралізації в Україні. *Наукові праці Міжрегіональної Академії управління персоналом. Економічні науки*. 2025. № 3(79). DOI: <https://doi.org/10.32689/2523-4536/79-11>
19. Sotnyk I., Sasse J.-P., Trutnevte E. Decarbonizing Ukraine's Electricity Sector in 2035: Scenario Analysis. *Energy and Climate Change*. 2025. Vol. 6. Art. 100170. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.egycc.2024.100170>
20. Doronina I., Nehrey M., Putrenko V. Reengineering of the Ukrainian Energy System: Geospatial Analysis of Solar and Wind Potential. *Advances in Artificial Systems for Logistics Engineering III*. Springer. 2023. P. 404–415. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-36115-9_37
21. International Energy Agency. Ukraine's Energy Security. Paris: IEA, 2025. URL: <https://www.iea.org/reports/ukraines-energy-security>
22. International Energy Agency. Empowering Ukraine Through a Decentralised Electricity System. Paris: IEA, 2024. URL: <https://www.iea.org/reports/empowering-ukraine-through-a-decentralised-electricity-system>
23. World Bank. Updated Ukraine Recovery and Reconstruction Needs Assessment Released. 2026. URL: <https://worldbank.org/en/news/press-release/2026/02/23/updated-ukraine-recovery-and-reconstruction-needs-assessment-released>
24. World Bank, Government of Ukraine, European Union, United Nations. Ukraine Fourth Rapid Damage and Needs Assessment: February 2022 – December 2024. Washington, DC: World Bank, 2025. URL: <https://www.worldbank.org>
25. Energy Strategy of Ukraine until 2050. Climate Policy Database. 2023. URL: <https://climatepolicydatabase.org/policies/energy-strategy-ukraine-until-2050>
26. National Energy and Climate Plan of Ukraine. Ministry of Economy of Ukraine. 2024. URL: <https://me.gov.ua>
27. Global Solar Market. Outlook 2026–2030. Including a focus on Australia. URL: <https://surl.li/whxsri>
28. Енергетичний перехід. Трансформація бізнесу в Україні. URL: <https://eba.com.ua/infografichne-doslidzhennya-energetychnyj-perehid/>
29. Ціль 7. Доступна та чиста енергія. Держстат. <https://stat.gov.ua/uk/page-contents/tsil-7-dostupna-ta-chysta-enerhiya>

References:

1. Chen M., Martins T.S., Zhang L., Dong H. (2025). Digital transformation in project management: A systematic review and research agenda. *Systems*, VOL. 13, NO. 8, ART. 625. DOI: <https://doi.org/10.3390/systems13080625>
2. Chwiłkowska-Kubala A., Cyfert S., Malewska K., Mierzejewska K., Szumowski W. (2023). The impact of resources on digital transformation in energy sector companies: The role of readiness for digital transformation. *Technology in Society*, Vol. 74, Art. 102315. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2023.102315>
3. Yu Y., Ren F., Ju Y., Zhang J., Liu X. (2024). Exploring the role of digital transformation and breakthrough innovation in enhanced performance of energy enterprises. *Sustainability*, Vol. 16, No. 2, Art. 650. DOI: <https://doi.org/10.3390/su16020650>
4. Liu Y., Song P. (2023). Digital transformation and green innovation of energy enterprises. *Sustainability*, Vol. 15, No. 9, Art. 7703. DOI: <https://doi.org/10.3390/su15097703>
5. Ren Y., Xia Y. (2024). Research on the impact of digitalization on energy companies' green transition: New insights from China. *Frontiers in Energy Research*, Vol. 12, Art. 1421832. DOI: <https://doi.org/10.3389/fenrg.2024.1421832>
6. Wang J., Wang B. (2025). A systemic evaluation of energy digital transformation policies for the G20 group of countries: A four-dimensional framework and cross-national quantitative analysis. *Sustainability*, Vol. 17, No. 20, Art. 9301. DOI: <https://doi.org/10.3390/su17209301>
7. European Commission. (2022). Digitalising the energy system – EU action plan. COM(2022) 552 final. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52022DC0552> (accessed 20 May 2026).
8. Cao M., Song W., Xu Y. (2024). Research on the impact of enterprise digital transformation based on digital twin technology on renewable energy investment decisions. *Energy Informatics*, Vol. 7, Art. 142. DOI: <https://doi.org/10.1186/s42162-024-00447-8>
9. Hashmi R., Liu H., Yavari A. (2024). Digital twins for enhancing efficiency and assuring safety in renewable energy systems: A systematic literature review. *Energies*, Vol. 17, No. 11, Art. 2456. DOI: <https://doi.org/10.3390/en17112456>
10. Parra-Rodriguez N.C. et al. (2024). A step towards digital transformation within a utility company through process automation for a sustainable energy transition. *The Journal of Engineering*, Art. e70036. DOI: <https://doi.org/10.1049/tje.2.70036>
11. Fu S., Liu J., Tian J., Peng J., Wu C. (2023). Impact of digital economy on energy supply chain efficiency: Evidence from Chinese energy enterprises. *Energies*, Vol. 16, No. 1, Art. 568. DOI: <https://doi.org/10.3390/en16010568>
12. International Energy Agency. (2025). Energy and AI. Paris: International Energy Agency. Available at: <https://www.iea.org/reports/energy-and-ai> (accessed 25 May 2026).
13. International Renewable Energy Agency. (2025). Digitalisation and AI for power system transformation: Perspectives for the G7. Abu Dhabi: IRENA. Available at: <https://surl.li/cc/bglbre> (accessed 25 May 2026).
14. International Renewable Energy Agency. (2026). Digitalisation and AI for transforming power systems: Case studies from IRENA Innovation Week 2025. Abu Dhabi: IRENA. Available at: <https://surl.li/jwable> (accessed 25 May 2026).
15. Hlushchenko A. (2026). “Zelena” transformatsiia ta enerhetychna bezpeka Ukrainy: poshuk balansu u pislivoiennnyi period [“Green” transformation and energy security of Ukraine: searching for balance in the post-war period]. *Ekonomika ta suspilstvo*, No. 83. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2026-83-99>
16. Prokopenko N., Krush K.-K. (2025). Ekonomiko-matematychnye modeliuvannia stratehichnoi zrilosti proiektnoho upravlinnia pidpriemstv enerhetychnoi haluzi [Economic and mathematical modelling of the strategic maturity of project management at energy sector enterprises]. *Ekonomika ta suspilstvo*, No. 74. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-74-3>
17. Hnylianska L., Shpak N., Poburko O. (2025). Instytutsiini chynnyky vtilennia innovatsiinykh proiektiv vidnovliuvalnoi enerhetyky v ekstremalnykh umovakh [Institutional factors in implementing innovative renewable energy projects under extreme conditions]. *Ekonomika ta suspilstvo*, No. 74. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-74-149>
18. Sotnyk I., Voronenko V., Yui Ya., Chen Yi. (2025). Finansovi mekhanizmy ta pryiniattia rishen dla pidtrymky enerhetychnoi detsentralizatsii v Ukraini [Financial mechanisms and decision-making to support energy decentralisation in Ukraine]. *Naukovi pratsi Mizhrehionalnoi Akademii upravlinnia personalom. Ekonomichni nauky*, No. 3(79). DOI: <https://doi.org/10.32689/2523-4536/79-11>

19. Sotnyk I., Sasse J.-P., Trutnevte E. (2025). Decarbonizing Ukraine's electricity sector in 2035: Scenario analysis. *Energy and Climate Change*, Vol. 6, Art. 100170. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.egycc.2024.100170>
20. Doronina I., Nehrey M., Putrenko V. (2023). Reengineering of the Ukrainian energy system: Geospatial analysis of solar and wind potential. In: *Advances in Artificial Systems for Logistics Engineering III*. Cham: Springer, pp. 404–415. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-36115-9_37
21. International Energy Agency. (2025). Ukraine's energy security. Paris: International Energy Agency. Available at: <https://www.iea.org/reports/ukraines-energy-security>
22. International Energy Agency. (2024). Empowering Ukraine through a decentralised electricity system. Paris: International Energy Agency. Available at: <https://www.iea.org/reports/empowering-ukraine-through-a-decentralised-electricity-system>
23. World Bank. (2026). Updated Ukraine recovery and reconstruction needs assessment released. Washington, DC: World Bank. Available at: <https://worldbank.org/en/news/press-release/2026/02/23/updated-ukraine-recovery-and-reconstruction-needs-assessment-released>
24. World Bank, Government of Ukraine, European Union, United Nations. (2025). Ukraine fourth rapid damage and needs assessment: February 2022 – December 2024. Washington, DC: World Bank. Available at: <https://www.worldbank.org>
25. Climate Policy Database. (2023). Energy strategy of Ukraine until 2050. Available at: <https://climatepolicydatabase.org/policies/energy-strategy-ukraine-until-2050>
26. Ministry of Economy of Ukraine. (2024). National Energy and Climate Plan of Ukraine. Kyiv: Ministry of Economy of Ukraine. Available at: <https://me.gov.ua>
27. SolarPower Europe. (2026). Global Solar Market Outlook 2026–2030: Including a focus on Australia. Brussels: SolarPower Europe. Available at: <https://surl.li/whxsri> (accessed 3 July 2026).
28. Top Lead. (2025). Enerhetychnyi perekhid. Transformatsiia biznesu v Ukraini [Energy transition. Business transformation in Ukraine]. Kyiv: Top Lead. Available at: <https://eba.com.ua/infografichne-doslidzhennya-energetychnyj-perehid/>
29. State Statistics Service of Ukraine. (n.d.). Tsil 7. Dostupna ta chysta enerhiia [Goal 7. Affordable and clean energy]. Available at: <https://stat.gov.ua/uk/page-contents/tsil-7-dostupna-ta-chysta-enerhiya>

Plotnikova Mariia, Prysiazhniuk Oksana, Buluy Oleksiy
Polissia National University

INTEGRATION OF PROJECT AND INVESTMENT MANAGEMENT IN THE CONTEXT OF ENERGY SECTOR DIGITALISATION

The article examines digital management tools in the integration of project and investment activities of energy enterprises in Ukraine. The relevance of the study is determined by the simultaneous impact of global energy transition, digitalization, decarbonization, the development of distributed generation, the growing role of renewable energy sources and large-scale wartime damage to Ukraine's energy infrastructure. The purpose of the article is to substantiate an economic and mathematical model for retrospective and prospective analysis of the development of Ukraine's energy sector, taking into account global trends, current national challenges and the need to integrate project and investment decision-making. The methodological basis of the research includes a systemic approach, economic and mathematical modelling, scenario analysis, investment analysis, project management logic, digital maturity assessment and multi-criteria evaluation. The article proposes an integrated model that combines indicators of project efficiency, investment attractiveness, digital maturity, energy resilience, decarbonization potential and risk exposure. Digital management is a key tool for integrating the project and investment activities of energy companies in the context of digitalization, military risks, and the global energy transition. Its application enables a shift from fragmented management of individual projects to systematic management of the project and investment portfolio based on data, indicators, digital platforms, and scenario analysis. The model can be used to compare energy projects, prioritize investment portfolios, assess the retrospective dynamics of the energy sector and develop prospective scenarios for modernization, decentralization and digital transformation. The practical value of the study lies in the possibility of applying the proposed model by energy enterprises, public authorities, investors and local communities for decision-making on recovery, modernization, distributed generation, smart grids, energy storage and digital platforms for managing energy assets.

Keywords: digital management, energy enterprises, project activity, investment activity, digitalization, economic and mathematical model, energy security, distributed generation, decarbonization, Ukraine.

JEL classification: M11, O32, Q40

Дата надходження статті: 05.07.2026
Дата прийняття статті до публікації: 30.07.2026
Дата публікації статті: 03.09.2026