

УДК 339.9:351

DOI: <https://doi.org/10.30838/EP.204.288-297>**Середа В.І.**

кандидат економічних наук

Київський національний університет ім. Тараса Шевченка

Sereda Valentyna

PhD. in Economic Sc.

Taras Shevchenko National University of Kyiv

<https://orcid.org/0000-0002-7697-4704>**Бойко А.О.**

Київський національний університет ім. Тараса Шевченка

Boyko Artem

Taras Shevchenko National University of Kyiv

<https://orcid.org/0009-0002-2061-722X>

ТРАНСФОРМАЦІЯ ПІДХОДІВ ДО КОМПЛЕКСНОГО АНАЛІЗУ СТАНУ ТА ПЕРСПЕКТИВ СТАЛОГО ВІДНОВЛЕННЯ

У статті запропоновано уніфікований підхід до комплексної оцінки стану та перспектив сталого відновлення інфраструктури України в умовах широкомасштабної війни. Дослідження спирається на офіційні статистичні джерела та структуроване експертне опитування. Розроблено комплексний алгоритм оцінювання КРІ для виявлення ефективності відбудови та масштабу й структури ушкоджень у ключових секторах інфраструктури. Запропоновано практичні інструменти: цифрова платформа моніторингу ушкоджень, розвиток державно-приватного партнерства, гармонізація нормативів з ЄС, незалежний аудит і відкриті дашборди. Емпіричні результати вказують на диференційовану потребу глибокої реконструкції окремих критичних активів та доцільність поетапного ремонту й модернізації інших об'єктів. Рекомендації охоплюють нагальне впровадження цифрових інструментів для пріоритизації проєктів, середньострокову законодавчо-фінансову адаптацію і довгострокову інституціоналізацію моніторингу, освіти та незалежної експертизи. Запропонований підхід має на меті знизити інвестиційні ризики і перетворити відновлення на можливість структурної модернізації та підвищення конкурентоспроможності економіки України.

Ключові слова: відновлення інфраструктури, зелене фінансування, цифрова трансформація, державно-приватне партнерство, кліматичні ризики, інституційні реформи.

TRANSFORMING APPROACHES TO A COMPREHENSIVE ANALYSIS OF THE STATE AND PROSPECTS FOR SUSTAINABLE RECONSTRUCTION OF UKRAINE'S INFRASTRUCTURE

This paper aims to develop and demonstrate a practical, policy-oriented framework for prioritizing and managing the sustainable recovery of critical infrastructure in a country affected by large-scale armed conflict. The relevance of the study lies in the urgent need to reconcile rapid reconstruction with long-term resilience, climate considerations and fiscal sustainability while ensuring equitable social outcomes. The main research objectives are to define a transparent set of composite performance indicators, to design a replicable procedure for collecting and processing heterogeneous damage and functional data, and to propose operational decision rules for sequencing interventions under constrained budgets and time horizons. The methodology combines spatial analysis and asset-level mapping with quantitative normalization of indicator values, multi-criteria weighting that blends stakeholder preferences with system stability criteria, and an iterative ranking algorithm that produces prioritized intervention portfolios. Data processing and sensitivity analysis are used to assess robustness of ranks under alternative weight scenarios and uncertainty in damage estimates. Results demonstrate that the proposed approach yields clear, actionable priority lists that balance urgency, economic impact and social inclusion; it identifies categories of assets that benefit most from deep reconstruction versus those better suited for phased rehabilitation; and it quantifies trade-offs between rapid restoration of service flows and investments that reduce future vulnerability. The framework also reveals how modest shifts in weighting towards social or climate objectives alter priorities and resource allocation. The practical value of the article is threefold: first, it offers public authorities a step-by-step tool for transparent prioritization and for articulating investment cases attractive to diverse financiers; second, it provides operational guidance for integrating digital monitoring tools into reconstruction workflows; and third, it supports design of policy measures that reduce investment risks, enhance accountability and promote inclusive, low-

carbon outcomes. The proposed framework is deliberately modular to facilitate adaptation to different administrative scales and data availability scenarios and to support both emergency response and medium-term recovery planning.

Keywords: infrastructure restoration, green financing, digital transformation, public-private partnerships, climate risks, institutional reforms.

JEL classification: H54, O18, R42, H43, C21.

Постановка проблеми. Сучасні умови повоєнного відновлення вимагають не лише оперативної ліквідації наслідків руйнувань, а й впровадження інтегрованих інструментів планування, які поєднують економічну обґрунтованість, екологічну стійкість і мережеву резильєнтність інфраструктури. Масштаби та міжсекторний характер ушкоджень додатково вимагають змін методик пріоритизації проєктів через мультикритеріальні підходи, що враховують як прямі витрати відновлення, так і мультиплікаторні впливи на ВВП, зайнятість, логістичні ланцюги та екологічні показники. Тому зростає потреба у формалізації процедури ранжування інвестиційних ініціатив та інтеграції просторових даних в цикл прийняття рішень.

Традиційні практики документування потреб, як опис ушкоджень, секторальні оцінки збитків, виконують важливу інформаційну функцію, проте часто носять декларативний або фрагментарний характер: вони не забезпечують кількісних, зіставних критеріїв для вибору між альтернативними сценаріями відновлення, не інтегрують просторово-мережеві залежності та не пропонують однозначних алгоритмів урахування ризиків і вартості стійкості. Наслідком є ускладнене прийняття рішень на рівні державної політики та місцевого управління, субоптимальний розподіл ресурсів і зниження прозорості в реалізації відновлювальних програм.

Сучасні адміністративно-управлінські технології для відновлення повинні поєднувати опис очікуваних результатів, систему вимірюваних показників ефективності, профілі ризиків, а також логіку взаємодії міжстейкхолдерами (державні органи, місцева влада, донори, приватний сектор). В умовах обмежених ресурсів і високої невизначеності виникає нагальна потреба у обґрунтованих управлінських рішеннях у процесі сталого відновлення інфраструктури.

Ще одним важливим аспектом є необхідність модернізації відновлюваних процесів відповідно до принципів сталого розвитку – побудова стійкішої, енергоефективної та кліматично нейтральної інфраструктури, здатної забезпечувати потреби як нинішніх, так і майбутніх поколінь.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питання відбудови інфраструктури України на засадах сталого розвитку отримало значну увагу як у науковій літературі, так і в офіційних документах та аналітичних звітах міжнародних організацій. Останні дослідження охоплюють кілька ключових напрямів: оцінка масштабів руйнувань та потреб відновлення з розробкою стратегічних підходів, визначення фінансових та інституційних механізмів, впровадження цифрових інструментів моніторингу, а також забезпечення соціальної інклюзії.

Базовим джерелом кількісної оцінки збитків та фінансових потреб є Ukraine Rapid Damage and Needs

Assessment (RDNA4), підготовлений Світовим банком, Європейською комісією та Програмою розвитку ООН. У національних оцінках завданої шкоди, зроблених експертами Київської школи економіки, деталізовано прямі втрати в транспортному, енергетичному, житловому та цифровому секторах, що слугує базою для економіко-фінансового моделювання відновлення та сценарного аналізу [1].

У стратегічних планах відбудови, зокрема в Ukraine Plan, наголошується, що сама інвентаризація збитків не надає критеріїв для вибору між швидкою реконструкцією та зеленою, стійкою трансформацією інфраструктури. Для обґрунтованого ухвалення рішень необхідно розробити методики пріоритизації проєктів і встановити прозорий моніторинг їх виконання [2, с. 26; 3, с. 41].

Українські дослідники вже наголошують на необхідності інтеграції кліматичних ризиків, енергетичної безпеки та соціальної інклюзії в післявоєнну відбудову, а в огляді Dasgupta P. показано взаємозв'язок між економічними потрясіннями та екосистемними послугами як основу зеленої реновації інфраструктури [4, с. 72; 5, с. 276].

Інтегровані підходи об'єднують три ключові компоненти: мережеву оцінку стійкості критичних інфраструктур із врахуванням міжсекторних залежностей та критичних вузлів; застосування просторових даних (GIS/BIM, супутниковий моніторинг) для картування ушкоджень і оптимізації логістики відновлення; економіко-фінансові моделі (сценарні оцінки впливу, cost-benefit та blended finance) для визначення фінансової здійсненності й пріоритетів інвестицій. Дослідники американського аналітичного центру «Research AND Development» (RAND), Chatham House та інших центрів доводять, що інвестиції у підвищення резильєнтності можуть підвищити загальну ефективність відновлення, навіть за кращої початкової вартості, проте породжують компроміс між оперативністю та довгостроковою стійкістю, який має розв'язуватися мультикритеріальними scoring-системами [6, с. 32].

Методичні засади просторової регенерації макро-регіонів, розроблені Микитенком В. і Чуприною М., передбачають багатокритеріальний аналіз і сценарне моделювання відновлення, а практичні рекомендації щодо територіального планування викладені в національних планах відбудови України [2, с. 235; 7, с. 118].

В окремих роботах систематизуються інструменти податкових стимулів, державних гарантій та механізми державно-приватного партнерства, а звіт Draft Strategy for the Infrastructure Sector і Ukraine Recovery Programme пропонують моделі комбінованого грантового, кредитного та донорського фінансування з технічною допомогою й гарантіями [8, с. 21; 9, с. 27].

Секторальні аналізи Київської школи економіки та інших авторів підтверджують, що практичні рішення

мають поєднувати інженерні стандарти з економічними критеріями: у транспорті – відновлення мультимодальних коридорів; в енергетиці – децентралізація, розвиток мікромереж і smart-grid рішень; у соціальній сфері – підвищення енергоефективності та мультиплікаторного ефекту інвестицій у школи й лікарні; у цифровому секторі – впровадження супутникового моніторингу й кіберзахисту для підвищення прозорості планування [6, с. 6]. Ключовими засобами підвищення ефективності та прозорості процесів відбудови інфраструктури визначаються просторовий аналіз (GIS), інформаційне моделювання будівництва (BIM) і цифрове копіювання фізичного об'єкта чи процесу, що допомагає оптимізувати ефективність бізнесу Digital Twin [10, с. 122].

Загалом аналіз джерел демонструє значний інтерес до даної проблеми, але показує, що відсутні чіткі підходи для розрахунку масштабів збитків, спричинених атаками РФ на ключові економічні показники й сектори, недостатню кількість емпіричних оцінок ефективності blended finance в умовах воєнних і післявоєнних відновлювальних проєктів та нестачу порівняльних кейс-досліджень мультиплікаторів зеленої і традиційної реконструкції. Подальші міждисциплінарні дослідження мають охоплювати широкий спектр методів, зокрема, розробку кількісних макроекономічних моделей, тестування схем blended finance у реальних проєктах та емпіричні оцінки зеленої реконструкції інфраструктури України [3; 11].

Незважаючи на численні теоретичні і аналітичні напрацювання, відсутні узгоджені методики кількісної оцінки впливу військових дій на ключові інфраструктурні сектори. Водночас недостатня кількість емпіричних досліджень механізмів blended finance в умовах повоєнного відновлення та відсутність порівняльного аналізу мультиплікаторів зеленої і традиційної реконструкції ускладнюють розробку обґрунтованих підходів до пріоритизації проєктів і впровадження прозорого моніторингу, здатного забезпечити баланс між оперативністю, фінансовою ефективністю та довгостроковою стійкістю.

Метою статті є узагальнення теоретичних підходів до оцінювання руйнувань та стану ключових секторів інфраструктури України (енергетика, транспорт, соціальна інфраструктура) в умовах повномасштабної воєнної агресії та надання практичних рекомендацій щодо оцінювання кількісних і якісних характеристик пошкоджень, оперативного цифрового моніторингу для підвищення ефективності потенціалу відновлення та стійкої відбудови інфраструктури України.

Виклад основних результатів дослідження. До початку повномасштабного збройного конфлікту економічна система України вирізнялася підвищеною вуглецевою інтенсивністю та відносно низькою загальною ефективністю. Це зумовлювалося значною залежністю від викопних енергоносіїв, переважанням енергоємних виробничих секторів на початкових етапах створення вартості та морально застарілою інфраструктурою, хоча одночасно спостерігався стабільний ріст регіонального ВВП, активізація інвестицій і поступова локалізація виробництва завдяки державним і

приватним програмам модернізації.

Повномасштабне вторгнення призвело до масштабних руйнувань енергетичної інфраструктури: було окуповано, зруйновано або пошкоджено близько 40 % мереж передачі, 20% мереж розподілу та до 50% генеруючих потужностей. Станом на січень 2025 р. втрати становили 44% атомної генерації (включно з окупованою Запорізькою АЕС), 78% теплової генерації та 22% гідроенергетичних потужностей [1, с. 19].

Окремо слід відзначити масштаби руйнувань транспортної та соціальної інфраструктури, які істотно погіршили функціонування економіки та доступ до базових послуг. За оцінками Київської школи економіки та даних звіту RDNA4, прямих пошкоджень зазнало понад 26 тис. км доріг та понад 270 мостів, значні ушкодження понесли залізничні колії, порти, аеропорти та комунальні транспортні підприємства по всій країні. Загальні прямі збитки транспортному сектору оцінювались на початок цього року щонайменше в 78 млрд дол. США [12].

У соціальній сфері кількісні показники також демонструють високий рівень вразливості. За даними ООН та підтвердженими даними Міністерства економіки України, понад 1600 навчальних закладів і 780 закладів охорони здоров'я були пошкоджені або зруйновані на початок 2025 р., ускладнивши доступ мільйонів дітей до очної освіти та призвівши до серйозних перебоїв у наданні медичної допомоги [12; 1, с. 27]. Крім того, був зафіксований значний обсяг (близько 3000 об'єктів) пошкоджень закладів соціального захисту (санаторії, дитячі заклади тощо) у прифронтових та рекреаційних зонах.

Ще до великої війни транспортна, енергетична та соціальна інфраструктура проходили етапи оновлення, поєднуючи внутрішні ініціативи з адаптацією європейських стандартів, а енергетичний сектор поступово переходив до моделей із мінімальними викидами й нарощенням відновлювальних джерел. У сфері цифровізації влада й бізнес впроваджували «розумні» рішення в управлінні містами та об'єктами критичної інфраструктури, проте темпи масштабування гальмували обмежені технічні ресурси та нестача висококваліфікованого персоналу.

Масштабне руйнування інфраструктурних об'єктів під час бойових дій (зокрема транспортних коридорів, енергомереж, логістичних вузлів і житлового фонду) спричинило значне зниження показників ефективності, переривання стабільності постачання та накопичення ресурсного дефіциту, що уповільнило подальшу модернізацію. Водночас гострі соціальні виклики, потоки внутрішньо переміщених осіб і знищення житла, вказують на нагальну потребу інтегрувати принципи соціальної інклюзії в процес відновлення, забезпечивши вразливі групи житлом, базовими комунальними послугами та адаптивними соціальними сервісами в регіонах з послабленою інфраструктурою [6, с. 62].

У сучасних умовах відновлення української інфраструктури відкриває унікальні можливості для «зеленого» переходу та прискореної цифрової трансформації. План відбудови повинен передбачати не лише реконструкцію пошкоджених об'єктів, а й глибоку

модернізацію з урахуванням європейських екологічних і технічних стандартів: розвиток відновлюваної енергетики, оновлення логістичних мереж із розбудовою та модернізацією доріг, залізниць і портів відповідно до європейських коридорів має сприяти диверсифікації зовнішньоекономічних зв'язків і підвищенню конкурентоспроможності українських товарів [2].

Комплексне стратегічне відновлення інфраструктури може базуватися на уніфікованому алгоритмі оцінювання KPI, що поєднує якісні та кількісні підходи, забезпечуючи порівняння між проєктами, та дозволяє використовувати результати для управлінських рішень і фінансування.

Ключові показники ефективності (KPI, Key Performance Indicators) – це система кількісних та якісних індикаторів, яка дає змогу вимірювати ступінь досягнення стратегічних цілей розвитку. Ідеї KPI базуються на концепції «управління за цілями» що широко застосовуються у міжнародних організаціях, державних стратегіях та інфраструктурних проєктах, зокрема у процесі післявоєнного відновлення [9, с. 27].

Запропоновані авторами KPI базуються на підходах Економічної і соціальної комісії ООН для Азії і Тихого океану (ESCAP) та інтегруються з секторальними оцінками, такими як RDNA4. Це дозволяє сформувати уніфікований набір підпоказників, сумісний із SDG-індикаторами, для комплексного моніторингу економічних, екологічних, соціальних, технологічних і логістичних вимірів відновлення, що значно полегшує порівняння між регіонами, побудову моделей і погодження з міжнародними стандартами. Водночас методика ефективна лише за наявності надійних даних та високої прогнозованості результатів. Тобто, у кризових умовах вона дає агреговані оцінки, які можуть приховувати суттєві вразливості і обмеження. Тому потрібна локальна адаптація індикаторів, регулярний перегляд набору KPI та поєднання із більш детальними просторовими та секторними дослідженнями, щоб зменшити ризики спрощення й маніпуляцій.

Як і будь-яка система оцінювання, за зміни чинників та цілей розвитку системи KPI вимагає зміни підходів. Для оцінки результатів та своєчасного коригування стратегічних і операційних рішень доцільно застосувати систему комплексних KPI, що дозволяють вимірювати прогрес у відновленні інфраструктури, «зеленому» переході, цифровій трансформації та соціальній інклюзії відповідно до встановлених стратегічних цілей.

Методологічною основою запропонованого авторами алгоритму є поєднання нормалізації підпоказників відносно цільових значень, експертного та статистичного зважування, агрегування через зважену суму та подальше перетворення агрегованого індексу у п'ятибальну шкалу для зручності інтерпретації та прийняття рішень. Основою для аналізу взято показники RDNA4 [1].

Практично алгоритм розгортається послідовністю операцій, що включають:

- 1) формування переліку підпоказників для кожного напрямку сталості;
- 2) визначення цільових (best-practice) значень для кожного підпоказника;
- 3) збір фактичних даних із джерел різної природи;
- 4) нормалізацію підпоказників;
- 5) присвоєння ваг;
- (6) обчислення агрегованого індексу;
- 7) тестування чутливості;
- 8) відображення результатів у дашбордах і інтеграцію з цифровими системами;
- 9) періодичний перегляд та адаптацію набору KPI.

Аналіз динаміки KPI забезпечує фундамент для порівняльного дослідження трансформацій інфраструктури від довоєнного стабільного стану до сучасної кризи та дає змогу визначити, як війна вплинула на економічну, енергетичну, соціальну, технологічну й логістично-транспортну складові. На перспективу це висуває вимогу до фундаментальних заходів із відновлення та модернізації за європейськими стандартами й із застосуванням сучасних технологій.

У межах запропонованої моделі оцінювання ефективності інфраструктурних проєктів виділено п'ять взаємопов'язаних напрямів із відповідними показниками. Оцінка економічної ефективності фокусується на динаміці регіонального ВВП, рівні інвестицій, оптимізації експлуатаційних витрат і зростанні локалізації виробництва. Показники енергоефективності та екологічності включають зниження вуглецевих викидів, частку відновлюваних джерел енергії та ефективність управління відходами. Соціальна інклюзивність оцінюється через доступність інфраструктури, кількість створених робочих місць та якість послуг, що надаються громаді [13, с. 11]. Аналіз технологічних інновацій охоплює рівень цифровізації об'єктів, впровадження «розумних» систем керування та масштаб автоматизації процесів, а логістично-транспортна ефективність – модернізацію мереж, інтеграцію з європейськими коридорами та покращення зв'язку між регіонами.

З метою забезпечення порівнюваності всі показники нормалізуються відносно цільових значень та агрегуються в композитні індекси за допомогою зваженої суми. Отриманий індекс I , що лежить у межах $[0; 1]$, масштабується на п'ятибальну шкалу: значення вище 1 обрізають до 5, нижче 0 – до 0. Така методика гарантує прозорість, гнучкість і строгість оцінювання. Застосування цієї системи KPI дозволяє виокремити пріоритетні напрями модернізації та оптимізації ресурсів, а також інтегрувати передові технології й стандарти.

Для кожного з озвучених напрямів сталої інфраструктури ми спочатку визначаємо набір підпоказників x_j які відображають ключові аспекти відповідної сфери. Кожний фактичний показник $x_j^{\text{факт}}$ нормалізується відносно цільового значення $x_j^{\text{ціль}}$ за формулою:

$$n_j = \frac{x_j^{\text{факт}}}{x_j^{\text{ціль}}} \quad (1)$$

Після чого кожному нормалізованому підпоказнику присвоюється вага w_j так, щоб сума дорівнювала

1. Далі обчислюють зважену суму:

$$I = \sum_j w_j n_j \quad (2)$$

Оскільки I лежить в інтервалі від 0 до 1, його переводять у п'ятибальну шкалу, де ми і отримуємо оцінку нашого КРІ. Якщо після розрахунку виявляється $I > 1$, то значення КРІ обрізають до максимального рівня 5; аналогічно, якщо $I < 0$ (що можливе лише при оберненій нормалізації за негативними метриками), то КРІ міняється на 0. Таким чином, для кожного напрямку сталого розвитку ми отримуємо одночисельний показник від 0

до 5, який дозволяє легко порівнювати його активність та прогрес із «best-practice» рівнем. Це уніфіковане рішення робить процес оцінювання прозорим, гнучким (бо можна змінювати як набори підпоказників, так і їхні ваги) і придатним для управлінських рішень та стратегічного планування. Результати проведеного дослідження наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Система комплексних КРІ оцінювання інфраструктурних систем					
Підпоказник	Фактичне значення	Цільове значення	Нормалізований бал (0–1)	Вага (%)	Зважений бал
I. Економічна ефективність, КРІ 1					
Зростання регіонального ВВП (%)	4,2	6,0	0,70	30	0,21
Обсяг залучених інвестицій (млрд \$)	2,5	4,0	0,625	25	0,156
Скорочення витрат на експлуатацію (%)	8,0	12,0	0,67	20	0,134
Частка локалізації виробництва (%)	35	50	0,70	25	0,175
Сума зважених балів				100	0,7
Переведення в п'ятибальну шкалу, КРІ 1				0,7 × 5 ≈ 3,5	
II. Енергоефективність та екологія, КРІ 2					
Зменшення викидів CO ₂ (%)	7,0	15,0	0,47	40	0,19
Частка ВДЕ в енергобалансі (%)	18	35	0,51	30	0,15
Ефективність управління відходами	3,2/5	5,0/5	0,64	30	0,19
Сума зважених балів				100	0,53
Переведення в п'ятибальну шкалу, КРІ 2				0,53 × 5 ≈ 2,5	
III. Соціальна інклюзивність, КРІ 3					
Доступність інфраструктури (%)	82	100	0,82	40	0,33
Нові робочі місця (тис. осіб)	45	70	0,64	30	0,19
Рівень задоволеності якістю послуг (1–5)	3,5	5	0,70	30	0,21
Сума зважених балів				100	0,73
Переведення в п'ятибальну шкалу, КРІ 3				0,73 × 5 ≈ 3,65	
IV. Технологічні інновації, КРІ 4					
Рівень цифровізації (%)	28	50	0,56	35	0,20
Впровадження «розумних» систем	12	20	0,60	35	0,21
Ступінь автоматизації (%)	22	40	0,55	30	0,17
Сума зважених балів				100	0,58
Переведення в п'ятибальну шкалу, КРІ 4				0,58 × 5 ≈ 3,0	
V. Логістична та транспортна ефективність, КРІ 5					
Модернізовані км доріг (%)	12	20	0,60	30	0,18
Інтеграція в єврокоридори	6	10	0,60	30	0,18
Покращення доставки (%)	15	25	0,60	20	0,17
Зниження логістичних витрат (%)	5	10	0,60	20	0,15
Сума зважених балів				100	0,68
Переведення в п'ятибальну шкалу, КРІ 5				0,68 × 5 ≈ 3,5	

Джерело: розраховано авторами на основі [2; 14]

Отримана оцінка ключових показників демонструє помірний рівень ефективності сьогоденних сталих інфраструктурних проєктів: економічна складова та логістика отримали по 3,5 бали завдяки впровадженню інноваційних інвестиційних інструментів в Плані України і вигідному транзитному потенціалу, але суттєво стримуються воєнними руйнуваннями, недостатньою міжрегіональною координацією та високими інвестиційними потребами. Енергоефективність і екологія отримали зважену оцінку в 2,5 бали через масштабні пошкодження енергомережі та застарілі технології, незважаючи навіть на наміри скоротити викиди CO₂ і розвивати відновлювані джерела енергії (ВДЕ). Соціальна інклюзивність і технологічні інновації частково компенсуються децентралізацією створенням нових робочих місць та «розумними» системами управління, але обмежуються нерівномірністю регіонального відновлення, браком кваліфікованих кадрів і необхідністю модернізації цифрової інфраструктури, тому цілком очевидно отримали по 3 бали. Результати прямо вказують на наявний потенціал у всіх ключових сферах, який водночас стримується структурними проблемами та кризовими наслідками війни. Це свідчить про необхідність одночасного вирішення економічних, екологічних, соціальних і технологічних факторів для підвищення стійкості інфраструктури.

Не зважаючи на формальну наявність такого підходу в державі, сучасна оцінка інфраструктурних проєктів страждає на відсутність єдиної методології та стандартів порівнянності, фрагментованість інформації, низький рівень цифровізації процесів, обмежену якість і доступність даних і недостатню інституційну спроможність органів влади. Запропонована модернізація оцінки цілком необхідна, оскільки її неправильне проведення робить систему КРІ вразливою до орієнтації виключно на легкодоступні показники, приводить до знецінення результатів та адміністративного

навантаження, що знижує управлінську цінність системи. Саме тому методика передбачає супровідні інструменти гарантії якості даних: регулярні перевірки консистентності, а також прозорі публічні дашборди (open data) як елемент суспільного контролю.

У контексті практичної реалізації важливим етапом є верифікація запропонованих КРІ шляхом опитування та інтерпретації наявних даних в економетричній моделі. Для цього було проведено експрес-опитування експертів – представників центральних органів влади, місцевого самоврядування, міжнародних експертів, експертних груп та організацій.

Згідно отриманих під час опитування результатів, експерти визначили основні критерії сталих проєктів: екологічна стійкість, енергоефективність, соціальна інклюзивність і економічна життєздатність. Більшість опитаних визнали критичною роль сталого розвитку у відбудові. На їхню думку, сталий підхід дозволяє не лише компенсувати завдані війною руйнування, а й створити інфраструктуру, що відповідатиме сучасним вимогам енергоефективності, екологічної стійкості та соціальної інклюзивності. Впровадження принципів сталого розвитку сприятиме економічному зростанню через залучення інвестицій, створення нових робочих місць та зниження енергетичної залежності.

Серед ключових критеріїв розвитку сталої інфраструктури України (рис. 1) респонденти через бальну оцінку фактора виокремлюють екологічну стійкість (мінімізація шкідливого впливу на довкілля), енергоефективність (оптимізація використання ресурсів), соціальну інклюзивність (доступність і комфорт для всіх категорій населення) та економічну життєздатність (довгострокова рентабельність і фінансова стійкість проєктів). У цьому контексті також важливими є розробка інструментів моніторингу впровадження сталих практик та їхнє адаптування до міжнародних стандартів, зокрема Цілей сталого розвитку ООН.



Рис. 1. Основні чинники та критерії відбору сталих інфраструктурних проєктів

Джерело: складено авторами за результатами опитування

Серед критичних факторів успішного впровадження інфраструктурних проєктів найкритичнішим експертами визнана фінансова стійкість. Залучити додатковий капітал дозволить впровадження механізмів «зеленого» фінансування, таких як екологічні облігації та спеціалізовані кредитні програми. Експерти

наголошують на необхідності вдосконалення державного регулювання інвестиційної сфери, що включає оптимізацію податкової політики та створення прозорої системи залучення приватного капіталу.

Одночасно існує низка бар'єрів, які можуть уповільнювати реалізацію сталих інфраструктурних

ініціатив. Опитування показало, що збройний конфлікт і загальна економічна і політична нестабільність ускладнюють відновлення інфраструктури.

Серед основних перешкод для ефективного впровадження сталих проєктів експерти відзначають неврегульованість законодавчої бази щодо стандартів сталого будівництва та відсутність механізмів прозорого контролю за фінансуванням, а також недостатню обізнаність і низький рівень залученості громадськості до процесу прийняття рішень.

На основі виявлених тенденцій у опитуванні було проведено економетричний аналіз з метою кількісного оцінювання впливу ключових чинників на індекс якості інфраструктури (LPI_{infra}). Застосовано OLS-економетричну модель за даними за 2013–2024 рр. До пояснювальних змінних чинників було віднесено прямі іноземні інвестиції (FDI), індекс якості портової інфраструктури (PortQuality), транспортні втрати (Trans_losses), внутрішня міграція (Popul_Intern) та

темпи зростання ВВП (GDP_growth).

Пріоритетом економічної політики України є оновлення та забезпечення стабільного функціонування інфраструктурної системи. Щоб ефективно управляти цим процесом, слід з'ясувати, які з ключових показників – прямі іноземні інвестиції, якість портової інфраструктури, міграційні потоки, витрати на транспортування та темпи зростання ВВП – реально формують динаміку інфраструктурної якості. Метою дослідження стало кількісний аналіз впливу цих факторів на індекс LPI_{infra} за допомогою лінійного регресійного моделювання.

Оцінка побудованої моделі та її діагностика засвідчили високу пояснювальну здатність і статистичну значущість більшості коефіцієнтів, водночас виявивши незначні відхилення від припущення про нормальність залишків та наявність автокореляції. Модель має наступну специфікацію:

$$LPI_{infra} = 4,06 + 0,0377 * FDI - 0,643 * PortQuality - 0,00724 * Popul_Intern + 0,0828 * Trans_loss - 0,00613 * GDP_growth \quad (3)$$

Діагностичний аналіз побудованої моделі (рис. 2) свідчить про коректну специфікацію та відсутність серйозних порушень базових припущень методу найменших квадратів. Тест Вайта показав однорідність дисперсії залишків, що підтверджує стабільність оцінок коефіцієнтів. Перевірка лінійності шляхом включення квадратів предикторів не ставить під сумнів

застосування лінійної форми моделі. RESET-тест не виявив систематичних відхилень. Альтернативний автокореляційний критерій TR^2 вказує на ймовірність наявності кореляційних структур у залишках, хоча класичний тест Бройша–Годфрі та статистика Дурбіна–Уотсона свідчать про незначність проблеми.

	коефіцієнт	ст. похибка	t-статистика	p-значення	
const	4,06411	0,274319	14,82	2,53e-05	***
FDI	0,0376599	0,00891571	4,224	0,0083	***
PortQuality	-0,643443	0,0881132	-7,302	0,0008	***
Popul_Intern	-0,00724065	0,00203435	-3,559	0,0162	**
Trans_losses	0,0827922	0,0144670	5,723	0,0023	***
GDP_growth	-0,00613489	0,00221174	-2,774	0,0392	**
Середнє зал. змін.	2,390000	Ст. Відх. зал. змін.	0,188627		
Сума кв. залишків	0,007598	С.П. регресії	0,038983		
R-квадрат	0,978644	Скориг. R-квадрат	0,957288		
F(5, 5)	45,82549	P-значення (F)	0,000354		
Лог. Правдоподібн.	24,41908	Крит. Акайке	-36,83816		
Крит. Шварца	-34,45079	Крит. Хеннана-Куїнна	-38,34306		
параметр rho	-0,265675	Стат. Дурбіна-Уотсона	2,508781		

Рис. 2. Основні результати економетричної моделі

Джерело: власні дослідження на основі [4; 5]

Коефіцієнти незалежних змінних мають очікувані напрями та є статистично значущими ($p < 0,05$), що підтверджує їхню ключову роль у формуванні індексу LPI_{infra} . Збільшення обсягу прямих іноземних інвестицій на 1 млрд USD призводить до зростання середнього LPI_{infra} приблизно на 0,038 одиниці. Від'ємний знак у коефіцієнті якості портової інфраструктури свідчить про те, що погіршення портових послуг суттєво гальмує розвиток усієї системи. Негативний вплив

темплів зростання ВВП вказує на розрив між економічним зростанням і темпами інфраструктурного фінансування, а також на інституційні бар'єри, що перешкоджають одночасному покращенню сервісів. Модель демонструє високий скоригований $R^2 = 0,9573$ та статистично значущий F-тест, що підтверджує комплексний вплив досліджуваних факторів на стійкість і якість інфраструктури України.

Найбільший вплив на якість інфраструктури

виявила деградація портової інфраструктури, яке демонструє, що навіть незначне погіршення роботи портів миттєво підвищує витрати на експортно-імпорتنі операції, створює затримки в ланцюгах постачання й стримує розвиток суміжних секторів економіки. Далі йдуть транспортні витрати, де основа інфраструктури – капіталовкладення. Наслідкове зменшення аварійності, оптимізація логістичних маршрутів та скорочення простоїв автотранспорту безпосередньо підвищують загальний індекс якості інфраструктури, адже знижують собівартість перевезень і збільшують пропускну спроможність коридорів. Прямі іноземні інвестиції також відіграють суттєву роль, оскільки надходження капіталу дозволяє оновлювати обладнання, розбудовувати вузлові станції та впроваджувати сучасні технології обробки вантажів.

Цікаво, що найменший ефект, згідно моделювання, мають темпи зростання ВВП і рівень цифрового охоплення населення, що вказує на розрив між економічною динамікою чи широким доступом до мережі і реальними інвестиціями в інфраструктуру, а також на інституційні бар'єри, які перешкоджають перетворенню економічного зростання і цифровізації у конкретні інфраструктурні блага. З іншого боку, це вказує на потенціал: за належної координації між галузями й чітких механізмів державно-приватного партнерства навіть невеликі надходження від росту економіки чи подальше розширення інтернет-покриття можуть стати каталізатором для модернізації вузлових елементів інфраструктури.

Отже, забезпечення стійкості інфраструктури в поствоєнний період потребує комплексних заходів. Для уряду та інших зацікавлених сторін на даному етапі першочергову увагу слід звернути на відновлення й розвиток портового комплексу та оптимізацію транспортних коридорів у поєднанні з покращенням правового середовища за європейськими стандартами. Крім цього, безумовне значення має активне залучення інвестицій та зміцнення міжрегіональної співпраці задля зменшення регіональних диспропорцій та підвищення привабливості проєктів для приватного капіталу. Інвестиції в підготовку фахівців і включення ветеранів до робочих програм зміцнять кадровий потенціал, а впровадження кліматичної моніторингової системи гарантуватиме довготривалу стійкість інфраструктурних проєктів. Важливо в цьому контексті провести модернізацію законодавства, гармонізованого з вимогами ЄС, що значно знизить інвестиційні ризики через систему гарантій і страхування спеціалізованими фондами та підвищить довіру інвесторів.

Загалом можна надати наступні рекомендації, які також підтвердили експерти галузі: адаптація стандартів екологічного будівництва LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) і DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen); створення єдиної електронної системи для спрощеного отримання дозволів та фондів страхування інвестиційних ризиків; створення та запуск національних стандартів управління проєктами за

міжнародними методологіями; впровадження платформи з BIM, IoT і Big Data; організація навчальних програм з обміну досвідом ЄС; запровадження регулярного незалежного аудиту і публічного оприлюднення його результатів; застосування машинного навчання для прогнозування потреб інфраструктури; врахування кліматичних ризиків в будівництві та створення системи їхнього моніторингу; інтеграція ветеранів через спеціальні програми працевлаштування, перекваліфікації й психологічної реабілітації.

Для послідовного впровадження рекомендацій першочергово слід зміцнити законодавчу й управлінську базу, а вже на її основі запускати технологічні рішення, екостандарти та соціальні ініціативи. Такий поетапний підхід мінімізує ризики, зменшить затримки і забезпечить довіру інвесторів і суспільства.

Висновки. Узагальнюючи результати дослідження, слід констатувати, що повномасштабна збройна агресія істотно змінила вихідні параметри розвитку української інфраструктури: від попередньої фази поступової модернізації з ознаками цифровізації та нарощенням відновлюваних джерел енергії система перейшла до стану, позначеного масштабними руйнуваннями, ресурсним дефіцитом і посиленими соціальними дисбалансами.

Запропонований у роботі уніфікований алгоритм оцінювання KPI забезпечує інструмент для порівняльності проєктів і оперативного менеджменту відновлення. Побудована економетрична модель та експрес опитування експертів підтверджують значущий вплив на даному етапі таких факторів, як прямі іноземні інвестиції, якість портової інфраструктури, транспортні втрати та міграційні потоки, на індекс якості інфраструктури. Практична імплементація KPI має супроводжуватися модернізацією інституційного середовища, підвищенням якості даних і прозорістю (open data), що мінімізує ризики нехтування індикаторами та підвищить управлінську цінність системи.

Водночас, відновлення відкриває унікальну можливість для одночасного здійснення «зеленого» переходу та прискореної цифрової трансформації, проте їхній успіх залежить від синхронізації фінансових механізмів (включно з «зеленим» фінансуванням), наявності кваліфікованих кадрів і міжнародного партнерства. На практиці це означає, що реконструкція не повинна обмежуватися репарацією ушкоджень, а має стати каталізатором глибокої модернізації логістичних мереж, енергетики та соцсфери відповідно до європейських стандартів.

Отже, забезпечення стійкого відновлення вимагає інтегрованого підходу, де методологічна строгість оцінки, інституційна спроможність і адекватне фінансування взаємодіють у єдиній стратегії. Водночас залишається дискусійним питання: яким чином оптимально поєднати нагальну потребу в швидкому відновленні з довготривалою трансформацією інфраструктури за умов обмежених ресурсів і поступового нарощування інституційної спроможності?

Україна має всі передумови для ефективного відновлення й розвитку своєї інфраструктури. Поєднання

привабливого правового середовища, модернізації стандартів екологічного аудиту і соціальної відповідальності, впровадження цифрових технологій, адаптація

до кліматичних змін і соціальна інклюзія створить підґрунтя для сталого й конкурентоспроможного інфраструктурного сектору та країни в цілому.

Список використаних джерел:

1. Ukraine Fourth Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA4). (2025). Documents & Reports The World Bank. 195 p. URL: <https://surli.cc/obexml>
2. План України. (2024). Міністерство економіки України. 380 с. URL: <https://surl.lu/hgowqs>
3. Transition Report 2024-25. London : European Bank for Reconstruction and Development. 123 p. URL: <https://surl.lu/enludw>
4. Середа В., Нагачевська Т., Григорова А. (2024). Трансформація підходів до формування та реалізації стратегії сталого розвитку ЄС та України в умовах війни та повоєнної відбудови. Вісник Київського національного університету ім. Т. Шевченка. Економіка, № 2(225). С. 69-80. DOI: <https://doi.org/10.17721/1728-2667.2024/225-2/7>
5. The Economics of Biodiversity: The Dasgupta Review. London : HM Treasury, (2021). 610 p. URL: <https://surl.li/misppv>
6. Ukraine Report 2024. Enlargement and Eastern Neighbourhood. 105 p. URL: <https://surl.lu/pilrnp>
7. Микитенко В., Микитенко Д., Чуприна М. (2025). Сценарне моделювання просторового відновлення макрорегіональних зон України: соціо-еколого-економічні пріоритети реконструкції. Демографія та соціальна політика, № 1(59). С. 109–132. DOI: <https://doi.org/10.15407/dse2025.01.109>
8. Draft Strategy for the Infrastructure Sector of Ukraine. (2025). London : EBRD, 56 p. URL: <https://surl.lu/xyzkug>
9. Соколова О. (2019). Управління ризиками в проектах державно-приватного партнерства. Вчені записки ТНУ ім. В. І. Вернадського. Серія: Економіка і управління, Т. 30, № 1. С. 25–30. URL: <https://surl.li/tsbscm>
10. Дружинін М.А., Степанюк Р.Б., Гергі М.С., та ін. (2024). Цифрові моделі організації будівництва на ґрунті інтеграційного підходу та SMART-управління. Інформаційні технології в економіці. Інформаційні технології в економіці. № 60. С. 165-173. DOI: <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2024.60.165-173>
11. Проект стратегії для сектору інфраструктури 2025-2029 р. (2025). Європейський банк реконструкції та розвитку, 56 с. URL: <https://surl.li/vronxb>
12. Пріоритети відновлення України на 2025: основні показники та тези звіту RDNA4. Міністерство розвитку громад, територій та інфраструктури України. URL: <https://www.mtu.gov.ua/news/36601.html>
13. Building Forward Better: Review of sustainable recovery frameworks and lessons for Ukraine. (2025). Winnipeg, Manitoba : International Institute for Sustainable Development, 23 p. URL: <https://surl.li/cjbybd>
14. Добровільний національний огляд ЦСР в Україні. (2020). Міністерство економіки України, 117 с. URL: <https://surl.li/uexgst>
15. Аналітична записка з питань порівняльного законодавства щодо визначення стратегічних та пріоритетних галузей, напрямів, секторів економіки. (2023). Верховна Рада України. 31 с. URL: <https://research.rada.gov.ua/uploads/documents/32792.pdf>
16. Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року : Указ Президента України від 30.09.2019 № 722/2019. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/722/2019#Text>
17. Софіщенко І. (2023). Фінансові та фінансові інструменти політики сприяння іноземним інвестиціям за умов відновлення української економіки. Економіка та суспільство, № 54. С. 1-7. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-54-69>
18. Система управління публічними інвестиціями DREAM : Офіційна платформа Міністерства економіки та Міністерства цифрової трансформації. URL: <https://dream.gov.ua/ua>
19. Report on damages to infrastructure from the destruction caused by russia's military aggression against Ukraine as of November 2024. (2025). Kyiv: Kyiv School of Economics, 26 p. URL: <https://surl.lu/jaxrxg>
20. UKRAINE Fourth Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA4) Public Disclosure Authorized Public Disclosure Authorized. February 2022 – December 2024. 202 p. URL: <https://surl.li/fworzj>

References:

1. Ukraine Fourth Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA4). (2025). Documents & Reports The World Bank. 195 p. Retrieved from: <https://surli.cc/obexml> [in English]
2. Plan Ukrainy [Ukraine Plan]. (2024). Ministry of Economy of Ukraine. 380 p. Retrieved from: <https://surl.lu/hgowqs> [in Ukrainian].
3. Transition Report 2024-25. London : European Bank for Reconstruction and Development. 123 p. Retrieved from: <https://surl.lu/enludw> [in English]
4. Sereda, V., Nahachevska, T., & Hryhorova, A. (2024). Transformatsiia pidkhodiv do formuvannia ta realizatsii stratehii staloho rozvytku YeS ta Ukrainy v umovakh viiny ta povoiennoi vidbudovy [Transformation of approaches to shaping and implementing the sustainable development strategy of the EU and Ukraine in the context of war and post war

reconstruction]. Bulletin of the Taras Shevchenko National University of Kyiv. Economics, No. 2(225). Pp. 69-80. DOI: <https://doi.org/10.17721/1728-2667.2024/225-2/7> [in Ukrainian].

5. The Economics of Biodiversity: The Dasgupta Review. London : HM Treasury, (2021). 610 p. Retrieved from: <https://surl.li/mispvx> [in English]

6. Ukraine Report 2024. Enlargement and Eastern Neighbourhood. 105 p. Retrieved from: <https://surl.lu/pilrnp> [in English]

7. Mykytenko, V., Mykytenko, D., & Chuprina, M. (2025). Stsenarne modeliuвання просторового відновлення макрорегіональних зон України: соціо-еколого-економічні пріоритети реконструкції. [Scenario modeling of spatial restoration of macro-regional zones of Ukraine: socio-ecological and economic priorities of reconstruction]. Demography and Social Policy, No. 1(59). Pp. 109–132. DOI: <https://doi.org/10.15407/dse2025.01.109> [in Ukrainian]

8. Draft Strategy for the Infrastructure Sector of Ukraine. (2025). London : EBRD, 56 p. Retrieved from: <https://surl.lu/xyzkug> [in English]

9. Sokolova, O. (2019). Upravlinnia ryzykamy infrastrukturykh proektiv v Ukraini na zasadakh publichno-pryvatnoho partnerstva. [Risk Management in Public-Private Partnership Projects]. Scientific Notes of the V.I. Vernadsky TNU. Series: Economics and Management, Vol. 30, No. 1. Pp. 25–30. Retrieved from: <https://surl.li/tsbscm> [in Ukrainian].

10. Druzhynin, M., et al. (2024). Tsyfrovі modeli orhanizatsii budivnytstva na hrunti intehtatsiinoho pidkhodu ta smart-upravlinnia. Informatsiini tekhnolohii v ekonomitsi. [Digital models of construction organization based on the integrative approach and smart management]. Management of Development of Complex Systems, No. 60. Pp. 165–173. DOI: <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2024.60.165-173> [in Ukrainian].

11. Proiekt stratehii dlia sektoru infrastruktury 2025–2029 r. [Draft Strategy for the Infrastructure Sector 2025-2029]. (2025). European Bank for Reconstruction and Development. 56 p. Retrieved from: <https://surl.li/vronxb> [in Ukrainian].

12. Prіorytety vidnovlennia Ukrainy na 2025: osnovni pokaznyky ta tezy zvitu RDNA4 [Priorities for Ukraine's recovery in 2025: key indicators and findings of the RDNA4 report]. (2024). Ministry of Development of Communities, Territories, and Infrastructure of Ukraine. 12 p. Retrieved from: <https://www.mtu.gov.ua/news/36601.html> [in Ukrainian].

13. Building Forward Better: Review of sustainable recovery frameworks and lessons for Ukraine. (2025). International Institute for Sustainable Development, 23 p. Retrieved from: <https://surl.li/cjbybd> [in English]

14. Dobrovilnyi natsionalnyi ohliad TsSR v Ukraini. [Voluntary National Review of the SDGs in Ukraine]. (2020). Ministry of Economy of Ukraine. 12 p. Retrieved from: <https://surl.li/uexgst> [in Ukrainian].

15. Analitichna zapyska z pytan porivnialnoho zakonodavstva shchodo vyznachennia stratehichnykh ta prіorytetnykh haluzei, napriamiv, sektoriv ekonomiky. [Analytical note on comparative legislation regarding the identification of strategic and priority industries, areas, and sectors of the economy]. (2024). Supreme Council of Ukraine. 31 p. Retrieved from: <https://research.rada.gov.ua/uploads/documents/32792.pdf> [in Ukrainian].

16. Pro Tsili staloho rozvytku Ukrainy na period do 2030 roku [On the Sustainable Development Goals of Ukraine for the period up to 2030] : Decree of the President of Ukraine dated 30.09.2019 No. 722/2019. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/722/2019#Text> [in Ukrainian].

17. Sofishchenko, I. (2023). Finansovi ta fiskalni instrumenty polityky spriannia inozemnym investytsiham za umov vidnovlennia ukraïnskoi ekonomiky [Financial and fiscal instruments of foreign investment promotion policy in the context of Ukraine's economic recovery]. Economics and society, No. 54. Pp. 1-7. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-54-69> [in Ukrainian].

18. Systema upravlinnia publichnymy investytsihamy DREAM [DREAM Public Investment Management System] : Official platform of the Ministry of Economy and the Ministry of Digital Transformation. Retrieved from: <https://dream.gov.ua/ua> [in Ukrainian].

19. Report on damages to infrastructure from the destruction caused by russia's military aggression against Ukraine as of November 2024. (2025). Kyiv: Kyiv School of Economics, 26 p. Retrieved from: <https://surl.lu/jaxrxg>

20. UKRAINE Fourth Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA4) Public Disclosure Authorized Public Disclosure Authorized Public Disclosure Authorized. February 2022 – December 2024. 202 p. Retrieved from: <https://surl.li/fworzj>