

DOI: [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.54\(2\).380-394](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.54(2).380-394)

УДК 338.3

Ольга БЕЛЕНКОВА¹

доктор екон.наук, професор
ORCID: 0000-0002-1142-5237

Олександр КОВАЛЬ¹

аспірант кафедри економіки будівництва
ORCID: 0009-0004-0874-7894

Михайло БОЖИНСЬКИЙ²

аспірант кафедри організації та управління будівництвом
ORCID: 0000-0002-8681-4675

Ігор ЩЕРБАК²

пров. наук. спеціаліст,
ORCID 0009-0005-7200-3432

Олександр БЕНЬ²

зав. сектору
ORCID 0000-0002-5062-081X

*Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ
²ДП «НДІ будівельного виробництва імені В.С. Балицького» м. Київ*

МОДЕЛІ І МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ ПРОСТОРОВИХ ПАРАМЕТРІВ ІНВЕСТИЦІЙНИХ ПРОЄКТІВ І ПРОГРАМ РЕКОНСТРУКЦІЇ МІСТ

Сучасні процеси реконструкції українських міст відбуваються в умовах значних соціально-економічних трансформацій, зумовлених наслідками воєнних руйнувань, морального та фізичного зносу міської інфраструктури, а також необхідністю забезпечення збалансованого просторового розвитку. У зв'язку з цим актуальним є вдосконалення моделей і методів оцінювання просторових параметрів інвестиційних проєктів і програм реконструкції міст, що охоплюють різні типи об'єктів — житлові, громадські, промислові, культові будівлі та споруди. Існуючі методичні підходи здебільшого орієнтовані на фінансово-економічну оцінку, тоді як просторові, екологічні, соціальні та енергоефективні аспекти залишаються фрагментарно врахованими або представленими у вигляді допоміжних критеріїв.

Необхідність удосконалення таких моделей полягає у переході від суто економічного аналізу до комплексного просторово-функціонального оцінювання, що базується на принципах сталого розвитку та цифрової трансформації. Перспективним напрямом є інтеграція інформаційного моделювання (BIM, CIM) із геоінформаційними технологіями (GIS), що дозволяє поєднувати техніко-економічні показники інвестиційних проєктів із параметрами просторової організації міських територій.

Такі цифрові моделі сприятимуть більш точному визначенню ефективності реконструкційних заходів, оптимізації використання територій, оцінці впливу проєктів на соціальну інфраструктуру та навколишнє середовище.

Подальший розвиток методології оцінювання повинен передбачати використання мультикритеріальних методів прийняття рішень (АНР, TOPSIS, SMART), методів оцінки вартості протягом життєвого циклу будівель (LCC – Life Cycle Costing), а також підходів до оцінювання енергоефективності, термомодернізації та управління вартістю у динаміці життєвого циклу об'єкта. Важливо також розробити інтегровану систему показників, що враховує інвестиційну привабливість, рівень соціальної ефективності, просторову збалансованість і відповідність стратегічним планам розвитку міста.

Удосконалення моделей і методів оцінювання просторових параметрів інвестиційних проєктів реконструкції міст створює основу для підвищення якості управлінських рішень, ефективного розподілу ресурсів та формування науково обґрунтованої політики відновлення і модернізації міського середовища на принципах сталого розвитку, цифровізації та енергоефективності.

Ключові слова: реконструкція, громадські будівлі, промислові будівлі, культові будівлі і споруди, житлові будівлі, комплексна реконструкція, збалансований розвиток, просторове планування, оцінка інвестиційних проєктів, показники оцінювання, соціальні ініціативи, цифрова трансформація, життєвий цикл об'єкта нерухомості, вартість, управління вартістю, енергоефективність, термомодернізація.

Вступ. Сучасні міста України перебувають на етапі глибокої трансформації, зумовленої поєднанням кількох чинників — руйнуванням міської інфраструктури внаслідок воєнних дій, необхідністю відновлення застарілого житлового і промислового фонду, а також потребою у формуванні нової моделі збалансованого просторового розвитку. У цих умовах особливої ваги набуває розроблення науково обґрунтованих моделей і методів оцінювання просторових параметрів інвестиційних проєктів і програм реконструкції міст, що дозволяють інтегрувати техніко-економічні, соціальні, екологічні та просторові аспекти у єдину систему управління.

Комплексна реконструкція громадських, житлових, промислових і інших типів будівель потребує інтегрального підходу, що враховує не лише їхню функціональну та архітектурну цінність, але й інвестиційну доцільність, енергоефективність, суспільну значимість та відповідність сучасним нормам сталого розвитку. Відсутність системних моделей, здатних кількісно оцінювати просторові параметри інвестиційних проєктів, зокрема щільність забудови, ефективність використання

територій, рівень інтеграції з міською інфраструктурою, створює ризики нерационального використання ресурсів і зниження соціального ефекту від втілених програм.

Водночас, цифрова трансформація міст і поширення технологій інформаційного моделювання відкривають нові можливості для просторового аналізу та прогнозування життєвого циклу об'єктів нерухомості. Це дозволяє створювати інтегровані цифрові платформи, у межах яких інвестиційні проєкти оцінюються не лише за фінансовими показниками, а й за їхнім впливом на структуру міського простору, соціальні ініціативи, рівень комфорту населення та стійкість урбаністичних систем.

Важливим є також аспект управління вартістю протягом життєвого циклу будівлі, що передбачає врахування не лише початкових інвестицій, а й витрат на експлуатацію, ремонт, утримання та модернізацію. У контексті відновлення після війни і реалізації державних програм з термомодернізації та підвищення енергоефективності, така оцінка стає ключовим інструментом стратегічного управління інвестиційними ресурсами.

Таким чином, актуальність дослідження зумовлена потребою у науково обґрунтованих моделях оцінювання просторових параметрів інвестиційних проєктів реконструкції міст для підвищення ефективності використання територій і ресурсів, необхідності інтеграції принципів збалансованого розвитку та соціальної орієнтації у процес прийняття інвестиційних рішень, викликами цифрової трансформації, що вимагають розроблення нових підходів до аналітики, моніторингу й візуалізації просторових даних, потребою у створенні методів комплексної оцінки життєвого циклу та вартості об'єктів нерухомості з урахуванням енергоефективності, термомодернізації й експлуатаційних витрат, відсутністю адаптованих до українських умов моделей управління програмами реконструкції, що поєднують техніко-економічну, соціальну та просторову компоненти.

Отже, дослідження моделювання та оцінювання просторових параметрів інвестиційних проєктів і програм реконструкції міст є науково значущим і практично затребуваним напрямом, який сприятиме формуванню сучасної методології управління міськими трансформаціями, оптимізації інвестиційних рішень та реалізації принципів сталого урбаністичного розвитку в Україні.

Аналіз досліджень і публікацій. Аналіз сучасних наукових публікацій свідчить, що питання просторового розвитку та реконструкції міських територій в Україні розглядається через поєднання містобудівних, економічних і соціальних підходів. Так, у роботі «Планування на локальному рівні в Україні» [1] акцентовано на потребі інтеграції просторового розвитку з інструментами стратегічного планування. Автори зазначають, що просторове планування має виступати не лише технічним процесом, а інструментом управління

територіальним розвитком, який забезпечує збалансованість просторових, економічних і соціальних параметрів міста. Єпіфанова І. [2] досліджує удосконалення інвестиційного середовища у сфері розвитку житлового фонду, підкреслюючи значення економічних стимулів і фінансових механізмів для реалізації програм реконструкції. Авторка обґрунтовує потребу адаптації інвестиційних процесів до умов воєнного стану, забезпечення енергоефективності та зростання інвестиційної привабливості сектору.

Дудин Р. Б., Роговський С. В. та Крупа Н. М. [3] аналізують проблеми реставрації та реконструкції садово-паркових об'єктів, пропонуючи методику просторово-композиційного відновлення, що поєднує культурну автентичність і функціональну доцільність. У дослідженні Сорокіної Л. В., Шапошникової І. О. та співавт. [4] сформульовано науково-методичні засади проектування державних програм тимчасового житла для осіб, постраждалих від воєнних дій. Автори наголошують, що у процесі реконструкції необхідно враховувати соціальну складову просторового розвитку, зокрема комфортність середовища та доступність інфраструктури.

Микитенко В. В. [5] розглядає питання післявоєнного відновлення критичної інфраструктури, підкреслюючи важливість комплексного управління проектами реконструкції та створення механізмів фінансування відбудови міських територій. Цифра Т., Вільницька Н. і Шевчук К. [6] зосереджуються на аналізі витрат життєвого циклу проектів реконструкції, що є фундаментом для оцінювання інвестиційної ефективності. Автори пропонують впроваджувати підхід Life Cycle Costing (LCC) для проектів термомодернізації та енергоефективності. Колоша М. [7] розробила удосконалену методику об'ємно-просторового планування міського простору, яка базується на інтеграції цифрових технологій BIM та GIS для оптимізації структури забудови, транспортних зв'язків та громадських зон.

Корнєва О. В. [8] і Лещенко Н. [16] досліджують реконструкцію історичних комплексів і центрів міст, наголошуючи на важливості збереження культурної спадщини при реалізації програм модернізації. Просторове планування, за їх підходом, має поєднувати охоронні, архітектурні та соціально-економічні функції. Лисиця Н. та Гусарова Л. [9] формують методичні основи оцінки економічної ефективності реконструкції житлових будинків, використовуючи показники вартості, рентабельності, енергоефективності та довговічності як ключові параметри прийняття інвестиційних рішень.

Чернова І., Ємельянова О. та Гончаренко А. [10] досліджують перспективи відновлення житлового будівництва у воєнний та післявоєнний періоди, вказуючи на необхідність цифровізації процесів управління та координації проектів. Сорокіна Л., Прав Ю. та співавт. [11] запропонували методичний підхід до оцінювання реальних збитків у

секторі складської нерухомості, що може бути адаптовано до оцінки втрат у програмах реконструкції житлової та громадської забудови.

Плешкановська А. М. [12] ще у попередніх роботах підкреслювала, що реконструктивна діяльність є невід’ємним елементом міського розвитку, який потребує системного підходу та узгодження просторових, економічних і соціальних чинників. Козик В. В., Марущак У. Д. та Марко О. Й. [13] розробили моделі оцінки енергоефективності в життєвому циклі житлових об’єктів, що є базовим елементом управління вартістю реконструкційних проєктів. Гойко А. Ф. [14] удосконалює методичні підходи до оцінювання ефективності роботи будівельних підприємств та, разом з Сорокіною Л. В. [15] пропонують моделі оцінювання ризиків інвестиційних проєктів в умовах невизначеності, що підвищує точність прийняття управлінських рішень при реконструкції міських територій.

Узагальнення наукових джерел демонструє еволюцію досліджень від окремих технічних рішень до інтегрованих просторово-економічних моделей, що поєднують оцінювання вартості, енергоефективності, життєвого циклу, соціального ефекту та ризиків. Такі підходи створюють основу для формування нової системи просторового управління реконструкцією міст в умовах цифрової трансформації та повоєнного відновлення України..

Метою дослідження є узагальнення моделей і методів оцінювання просторових параметрів інвестиційних проєктів і програм реконструкції міст.

Виклад основний матеріалу. На сучасному етапі оцінювання просторових параметрів проєктів комплексної реконструкції ґрунтується на поєднанні економічних, просторових, енергетичних і соціальних моделей, інтегрованих у цифрові системи аналізу та управління вартістю (табл. 1). Найбільш перспективними напрямками є використання BIM/CIM-технологій, цифрових двійників, GIS-аналітики, багатокритеріальної оцінки та методів життєвого циклу. Саме такі підходи формують основу для стратегічного управління комплексною реконструкцією міст у контексті збалансованого розвитку та цифрової трансформації урбанізованого простору.

Сучасні підходи до оцінювання просторових параметрів інвестиційних проєктів реконструкції міст демонструють тенденцію до інтеграції різномірних методів — від класичних фінансових до просторово-цифрових і соціально орієнтованих. У практиці провідних європейських міст (Варшава, Берлін, Барселона) активно застосовуються GIS/BIM-технології, моделі LCC, методи MCDM та Digital Twin, які дозволяють поєднати просторову, економічну й соціальну оцінку в єдиному аналітичному середовищі. Для України актуальним є створення національної методології комплексної оцінки реконструкційних програм, адаптованої до умов відбудови, енергоефективності та цифрової трансформації урбаністичного простору.

Методи та моделі оцінювання просторових параметрів інвестиційних проєктів і програм реконструкції міст включають:

1. *Економіко-математичні та багатокритеріальні методи дозволяють визначати оптимальні варіанти реконструкції на основі комплексу кількісних і якісних показників:*

- Метод багатокритеріальної оцінки (MCDM, АНР, TOPSIS, ELECTRE, PROMETHEE): застосовується для ранжування варіантів проєктів реконструкції за низкою критеріїв - вартість, ефективність використання території, енергоефективність, соціальний ефект тощо.

Таблиця 1

Систематизація сучасних методів і моделей оцінювання просторових параметрів інвестиційних проєктів і програм реконструкції міст

Група методів / моделей	Зміст та інструменти	Основні показники та критерії	Приклади застосування
Економіко-математичні та багатокритеріальні	Методи кількісного вибору оптимальних рішень; моделі АНР, TOPSIS, ELECTRE, PROMETHEE, метод парних порівнянь	Інтегральна оцінка, вагові коефіцієнти, ефективність інвестицій, рівень ризику	Ранжування варіантів реконструкції житлових або промислових кварталів; вибір пріоритетних проєктів для міської програми
2. Просторово-аналітичні (GIS, BIM, CIM)	Геоінформаційне та інформаційне моделювання територій і будівель; 3D-візуалізація, аналіз доступності та щільності забудови	Щільність забудови, коефіцієнт використання території, транспортна доступність, функціональне зонування	Аналіз просторових обмежень при реконструкції центральних районів міста; оцінка взаємодії об'єктів інфраструктури
3. Методи оцінки ефективності інвестиційних проєктів	Фінансово-економічна оцінка за показниками NPV, IRR, PI, DPP; аналіз життєвого циклу (LCC); управління вартістю (VM)	Термін окупності, чиста приведена вартість, коефіцієнт прибутковості, вартість життєвого циклу	Оцінка інвестиційної доцільності реконструкції громадських будівель або житлових комплексів
4. Моделі енергоефективності та термомодернізації	Енергетичне моделювання, симуляції теплових потоків, оцінка економії енергоресурсів	Споживання енергії, рівень тепловтрат, коефіцієнт енергоефективності, зменшення викидів	Аналіз ефектів від термомодернізації шкіл, лікарень, житлових будівель; проєкти «зеленої реконструкції»
5. Соціально-просторові та екологічні моделі	Оцінювання соціального впливу (SIA), збалансованого розвитку (SDI), екологічні індикатори	Соціальний ефект, рівень комфортності, доступність послуг, екологічна безпека, якість середовища	Визначення соціальної цінності реконструкції житлових споруд, створення нових громадських просторів
6. Цифрові та імітаційні моделі	Моделювання, Digital Twin, агентне моделювання, сценарний аналіз	Прогноз динаміки розвитку, часові та просторові сценарії, взаємозв'язки об'єктів	Моделювання реконструкції міського району в цифровому двійнику; оцінка впливу на транспортні потоки

7. Інтегровані системи підтримки рішень (DSS)	Поєднання економічного, соціального, екологічного та просторового аналізу у єдиній аналітичній системі	Комплексний індекс ефективності, збалансований розвиток, пріоритетність інвестицій	Формування муніципальної програми реконструкції міста; оптимізація черговості реалізації проєктів
---	--	--	---

Розроблено авторами

- Метод парних порівнянь (метод Сааті): використовується для визначення вагових коефіцієнтів критеріїв оцінки просторових параметрів або факторів конкурентоспроможності об'єкта.

- Моделі оптимізації використання території: побудовані на методах лінійного, нелінійного чи цільового програмування, дозволяють знаходити оптимальні варіанти реконструкції кварталів, житлових районів чи промислових зон з урахуванням просторових обмежень.

- Стохастичні моделі оцінки ризиків: використовують теорію ймовірностей для визначення невизначеностей у витратах, термінах чи ефектах реконструкції.

2. *Просторово-аналітичні моделі (геоінформаційний підхід)* - орієнтовані на візуалізацію, аналіз і моделювання просторових характеристик об'єктів у контексті міського середовища.

- GIS-моделювання (Geographic Information Systems): дозволяє аналізувати щільність забудови, доступність інфраструктури, екологічне навантаження, інженерні мережі, транспортну логістику тощо.

- Моделі просторової взаємодії та гравітаційні моделі: оцінюють вплив об'єктів реконструкції на навколишню міську структуру (наприклад, як оновлення промислової території впливає на транспортні потоки, житлову забудову, соціальні об'єкти).

- Інтегровані BIM-GIS моделі: поєднують інформаційне моделювання будівель (BIM) із просторовими даними міста (CIM, City Information Modeling), що дозволяє проводити сценарний аналіз реконструкції у цифровому середовищі.

3. *Методи оцінки ефективності інвестиційних проєктів* - класичні фінансово-економічні інструменти, які застосовують і до реконструкційних програм:

- NPV (Net Present Value), IRR (Internal Rate of Return), PI (Profitability Index), DPP (Discounted Payback Period): показники для оцінки економічної доцільності проєктів реконструкції.

- Методи оцінки життєвого циклу (Life Cycle Costing, LCC): враховують витрати на всіх етапах існування будівлі — від інвестицій до експлуатації, утримання, демонтажу.

- Моделі управління вартістю (Value Management, VM): орієнтовані на збалансування вартості, якості та функціональності в межах реконструкції.

4. *Моделі енергоефективності та термомодернізації використовуються для визначення ефектів від підвищення енергоефективності будівель:*

- Енергетичне моделювання (Energy Modeling, Building Performance Simulation): аналізує теплові потоки, споживання енергії, сценарії термомодернізації.

- Моделі розрахунку економії енергії та CO₂-викидів: використовуються у проєктах «зеленої реконструкції» громадських і житлових будівель.

- Індикаторні моделі сталого розвитку (LEED, BREEAM, DGNB): системи сертифікації, що містять набір критеріїв для оцінки екологічної та енергетичної ефективності реконструкційних проєктів.

5. *Соціально-просторові моделі та методи оцінки впливу*

- Моделі оцінювання соціального ефекту (SIA – Social Impact Assessment): оцінюють вплив реконструкції на зайнятість, комфорт, доступність послуг, культурну спадщину.

- Індекс збалансованого розвитку територій (SDI, EDI): поєднує економічні, соціальні та екологічні показники для комплексної оцінки ефективності програм відновлення.

- Моделі просторової справедливості та доступності (Accessibility Models): використовуються для планування громадських просторів, житлових будівель, освітніх і медичних закладів.

6. *Цифрові та симуляційні моделі*

- Digital Twin (цифровий двійник міста або об'єкта): створює динамічну модель, яка дозволяє в реальному часі оцінювати вплив реконструкційних проєктів на простір, транспорт, енергоспоживання, соціальні показники.

- Agent-Based Modeling (агентне моделювання): моделює поведінку мешканців, інвесторів, підприємців у процесі реконструкції міських районів.

- Сценарне та імітаційне моделювання: використовується для прогнозування наслідків реалізації різних варіантів реконструкції у просторі та часі.

7. *Інтегровані комплексні моделі. Сучасна тенденція — поєднання економічного, просторового, соціального та екологічного аналізу в єдину методологічну систему:*

- Моделі комплексної реконструкції міських територій (Urban Regeneration Models): враховують архітектурні, функціональні, транспортні, соціальні й екологічні аспекти.

- Інтегровані системи підтримки прийняття рішень (Decision Support Systems, DSS): створюють аналітичне середовище для оцінки ефективності й пріоритетності інвестиційних програм.

Сучасні тенденції урбаністичного розвитку, цифровізації управлінських процесів і зростання масштабів реконструкційних програм вимагають удосконалення існуючих моделей оцінювання просторових параметрів інвестиційних проєктів. У практиці вітчизняного містобудування та інвестиційного планування досі переважають фрагментарні або економічно орієнтовані методи, які не враховують багатовимірний характер просторового розвитку. Тому актуальним завданням стає формування інтегрованої системи оцінювання, що поєднає економічні, соціальні, екологічні та просторово-планувальні аспекти.

Передусім, необхідним є інтегрування економічних і просторових підходів в єдину аналітичну модель. На практиці це означає поєднання традиційних фінансових показників ефективності (чиста теперішня вартість, внутрішня норма прибутковості, індекс рентабельності інвестицій) із просторовими характеристиками території — щільністю забудови, функціональною насиченістю, доступністю транспортної інфраструктури, рівнем інтегрованості в міське середовище. Таке поєднання дозволить формувати комплексну оцінку ефективності проєктів реконструкції та їхнього впливу на збалансований розвиток міських територій. В основу цієї системи може бути покладено індекс збалансованого просторового розвитку, який синтезує економічні, соціальні та екологічні параметри.

Другою пропозицією є цифрова трансформація процесу оцінювання. Удосконалення моделей має ґрунтуватися на інтеграції геоінформаційних технологій (GIS) та інформаційного моделювання будівель (BIM). Це дозволить створити цифрові двійники міських територій і об'єктів реконструкції, в яких дані про вартість, площу, енергоспоживання, інфраструктурні зв'язки та соціальні показники будуть поєднані в єдиній базі. Поєднання BIM і GIS дає можливість здійснювати просторово-фінансовий аналіз у режимі реального часу, моделювати сценарії реконструкції, оптимізувати використання ресурсів і прогнозувати результати інвестиційних рішень. Впровадження алгоритмів штучного інтелекту, зокрема нейронних мереж і машинного навчання, дозволить підвищити точність прогнозів ефективності та ризиків проєктів.

Наступним напрямом удосконалення є впровадження концепції життєвого циклу об'єкта (Life Cycle Costing, LCC). Традиційні підходи до оцінювання ефективності реконструкції зазвичай враховують лише початкові витрати, тоді як значна частина витрат і ефектів виникає на етапах експлуатації, модернізації та утримання. Моделі, побудовані на концепції повного життєвого циклу, дозволять врахувати всі етапи функціонування об'єкта нерухомості та визначити повну вартість володіння (Total Cost of Ownership). Це забезпечить об'єктивне планування витрат, прогнозування експлуатаційної ефективності та підвищення економічної стійкості проєктів реконструкції.

Важливим завданням також є удосконалення просторово-аналітичних методів. Для комплексного оцінювання впливу реконструкції на міський простір доцільно застосовувати моделі гравітаційної взаємодії, які відображають силу просторових зв'язків між об'єктами інфраструктури. Крім того, перспективним є використання мультиагентного моделювання, яке дозволяє відтворювати поведінку мешканців, інвесторів та муніципальних органів у процесі реалізації реконструкційних програм. Це дає змогу виявляти оптимальні сценарії розвитку територій, прогнозувати наслідки просторових змін і мінімізувати ризики неузгодженості рішень.

Важливим напрямом модернізації методичного інструментарію є запровадження багатокритеріального оцінювання (Multi-Criteria Decision Making, MCDM). Методи AHP, TOPSIS, ELECTRE чи PROMETHEE дозволяють одночасно враховувати фінансові, соціальні, енергетичні та екологічні критерії. Такий підхід забезпечує можливість ранжування альтернативних проектів реконструкції за сукупністю вагових показників, які визначаються на основі експертних оцінок. Використання методу парних порівнянь дозволить об'єктивізувати ваги критеріїв і сформувати узагальнену інтегральну оцінку просторової ефективності проекту.

Подальшого розвитку потребують моделі управління вартістю реконструкційних проектів, які повинні базуватися на принципах Value Management (управління цінністю) та Value Engineering (інженерія цінності). Їхня суть полягає у забезпеченні максимальної віддачі від вкладених ресурсів при мінімізації витрат і збереженні якості проектних рішень. Доцільно розробити показник індексу вартості просторових змін, який відображатиме економічну ефективність перетворень міського середовища з урахуванням соціальних та екологічних ефектів.

Важливе місце у вдосконаленні методів посідає посилення соціально-гуманітарного аспекту оцінювання. У сучасних підходах до реконструкції міського простору часто недооцінюється соціальна складова, хоча саме вона визначає якість міського життя. Тому пропонується включати до моделей оцінювання такі показники, як рівень соціальної інтеграції, створення робочих місць, доступність соціальної інфраструктури, задоволеність мешканців якістю простору. Доцільним є використання коефіцієнта соціальної віддачі інвестицій (Social Return on Investment, SROI), який показує соціальний ефект у розрахунку на одиницю вкладених коштів.

Завершальним етапом удосконалення системи оцінювання має стати створення комплексної системи моніторингу та візуалізації просторових параметрів реконструкційних програм. Для цього слід використовувати інтерактивні аналітичні панелі на основі геоінформаційних систем, які дозволять відстежувати динаміку змін у забудові, інфраструктурі, енергоефективності та вартості об'єктів. Такий підхід забезпечить прозорість управлінських рішень, оперативність реагування на відхилення та публічний доступ до даних про реалізацію проектів.

У сукупності запропоновані напрями удосконалення створюють передумови для переходу від фрагментарних оцінок до інтегрованої цифрово-просторової моделі оцінювання інвестиційних проєктів реконструкції міст, що враховує весь спектр соціально-економічних, технічних і екологічних факторів. Такий підхід сприятиме формуванню збалансованої міської політики, підвищенню інвестиційної привабливості територій і сталому розвитку міського середовища.

Висновки. Розвиток урбанізованих територій і реалізація програм реконструкції міст вимагають використання комплексного підходу до оцінювання інвестиційних проєктів, який охоплює не лише економічну складову, а й просторові, енергетичні, соціальні та екологічні аспекти. Сучасна практика управління реконструкційними процесами демонструє тенденцію до інтеграції різномірних методів і моделей у межах єдиних аналітичних систем підтримки прийняття рішень.

До першої групи належать економіко-математичні та багатокритеріальні методи, що базуються на поєднанні кількісного аналізу, експертних оцінок і логічного моделювання. Методи АНР (аналіз ієрархій Сааті), TOPSIS, ELECTRE, PROMETHEE дають змогу оцінити альтернативні варіанти реконструкції територій чи будівель з урахуванням багатьох критеріїв: вартості, рівня енергоефективності, архітектурної цінності, просторової інтегрованості, соціального ефекту. Особливо актуальним є використання методу парних порівнянь для визначення вагових коефіцієнтів критеріїв, що формують узагальнену оцінку ефективності інвестиційних проєктів у системі просторового планування.

Друга група охоплює просторово-аналітичні моделі, які базуються на використанні геоінформаційних систем (GIS) та інформаційного моделювання (BIM, CIM). Ці технології забезпечують просторовий аналіз територій, моделювання сценаріїв реконструкції, оцінювання щільності забудови, доступності соціальної інфраструктури, транспортних потоків тощо. Вони створюють основу для візуалізації та аналізу взаємозв'язків між об'єктами міського середовища, що дозволяє приймати обґрунтовані рішення щодо функціонального зонування, послідовності реалізації проєктів і їхнього впливу на навколишній простір.

Третя група методів охоплює класичні підходи оцінювання інвестиційної ефективності (NPV, IRR, PI, DPP), доповнені концепціями життєвого циклу будівель (Life Cycle Costing, LCC) та управління вартістю (Value Management, VM). Такий підхід забезпечує врахування витрат і ефектів не лише на етапі реалізації реконструкційного проєкту, але й протягом усього життєвого циклу об'єкта - від проєктування до експлуатації, модернізації та утримання. У контексті цифрової економіки це дозволяє забезпечити прозоре управління інвестиційними потоками та зниження експлуатаційних витрат.

В умовах енергетичної кризи особливого значення набувають моделі енергоефективності та термомодернізації, які використовують методи енергетичного моделювання, симуляції теплових потоків і аналізу споживання енергії. Вони дозволяють кількісно визначати ефекти від утеплення, модернізації систем опалення та вентиляції, застосування відновлюваних джерел енергії. Оцінювання таких ефектів стає ключовим компонентом програм реконструкції громадських, житлових і промислових будівель, а також важливою складовою екологічної політики міст.

Соціально-просторові та екологічні моделі формують п'яту групу, орієнтовану на вимірювання якості міського середовища, соціальної справедливості та екологічної збалансованості. Методи SIA (Social Impact Assessment) і система індексів збалансованого розвитку територій (SDI) дають змогу оцінити вплив реконструкційних проєктів на рівень комфорту мешканців, доступність соціальних послуг, культурну спадщину, екологічну ситуацію. Такі підходи підсилюють соціальну орієнтацію інвестиційної політики міста.

Цифрові та симуляційні моделі (зокрема Digital Twin, агентне моделювання, сценарний аналіз) дозволяють відтворювати процеси реконструкції в динаміці часу і простору. На основі цифрових двійників створюються інтегровані цифрові карти міських територій, що дають змогу в реальному часі аналізувати зміни у структурі забудови, транспортній інфраструктурі та споживанні енергії. Агентне моделювання дозволяє прогнозувати поведінку інвесторів, мешканців і муніципальних органів у різних сценаріях розвитку міських просторів.

Зрештою, інтегровані системи підтримки прийняття рішень (Decision Support Systems, DSS) об'єднують результати просторових, економічних, соціальних та екологічних оцінок у єдине аналітичне середовище. Такі системи формують основу для стратегічного управління програмами реконструкції міст, оскільки дозволяють моделювати сценарії, визначати пріоритети інвестицій, оцінювати збалансованість розвитку територій і контролювати ефективність реалізації проєктів.

Аналіз сучасних методів свідчить про перехід від вузькоекономічного підходу до системно-просторової парадигми оцінювання, що поєднує економічні, соціальні, технічні й екологічні показники. У майбутньому така інтеграція, підсилена цифровими технологіями (BIM, GIS, Digital Twin), стане основою для формування нової моделі управління реконструкцією міських територій, орієнтованої на збалансований розвиток, енергоефективність та соціальну сталість міського середовища.

References:

1. Habrel, M., Dobrovolska, M., Dobrovolska, M., & Forkutsa, L. (2023). Prostorove planuvannya na lokalnomu rivni v Ukraini. Prostorovy rozvytok, (6), 165-182.

2. Iepifanova, I. (2023). Udoskonalennia investytsiinoho seredovyscha v sferi rozvytku zhytloвого фонду v Ukraini. Modeling the development of the economic systems, (1), 185–193. <https://doi.org/10.31891/mdes/2023-7-26>
3. Dudyn, R. B., Rohovskiy, S. V., & Krupa, N. M. (2021). Konservatsiia, restavratsiia ta rekonstruktsiia sadovo-parkovykh ob'ektiv. Lviv : Vydavnytstvo «Novyi Svit-2000», 2021. – 258 s.
4. Sorokina L.V., Shaposhnykova I.O., Stetsenko S.P., Hoiko A.F. Naukovo-metodychne obgruntuvannia dyzainu derzhavnykh prohram nadannia tymchasovoho zhytla naselenniu, postrazhdalomu cherez ahresiiu rf. Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn. 2022. №49 (1). S. 108–123.
5. Mykytenko, V. V. (2023). Povoienne vidnovlennia ta rozvytok krytychnoi infrastruktury Ukrainy. Visnyk ekonomichnoi nauky Ukrainy. Visnyk ekonomichnoi nauky Ukrainy. — 2023. — № 1 (44). — S. 124-138
6. Tsyfra T., Vilnytska N., Shevchuk K. Teoretychni pidkhody analizu vytrat zhyttievoho tsyклу proektu budivnytstva ta rekonstruktsii sportyvykh i rekreatsiinykh zakladiv u Avstralii. Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva, 2023, 50(2), 153–161.
7. Kolosha, M. (2022). Obiemno-prostorove planuvannia miskoho prostoru–udoskonalena metodyka proektuvannia terytorii ta zabudovy mista. Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia, (81), 199-207.
8. Kornieva, O. V. (2013). Istorychni komplekсы yak ob'ekty rekonstruktsii. Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia, (50), 292-298.
9. Hao Shaotsin. Upravlinnia proektamy kompleksnoi rekonstruktsii zhytlovoi zabudovy na prykladi m.Veikhai [Tekst] /Shaotsyn Hao//Investytsii: praktyka ta dosvid- 2014- № 21. - S.90-95.
10. Lysytsia N., Husarova L. (2023). Metodychni osnovy otsinky ekonomichnoi efektyvnosti rekonstruktsii zhytlovykh budynkiv. Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva , 2 (52), 32–42. [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2023.52\(2\).32-42](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2023.52(2).32-42)
11. Chernova, I., Yemelianova, O., & Honcharenko, A. Perspektyvy vidnovlennia zhytloвого budivnytstva u voiennyi ta voiennyi chas. Ekonomika ta suspilstvo. 2022, (44). <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-44-15>
12. Sorokina, L., Prav, Y., Stetsenko, S., Skakun, V., Lysytsia, N. (2023). Methodical Approach to Assessment of Real Losses Due to Damage and Destruction of Warehouse Real Estate. In: Semenov, A., Yepifanova, I., Kajanová, J. (eds) Data-Centric Business and Applications. Lecture Notes on DECT (Preprint), vol 194. Springer, Cham.
13. Popovychenko, I. V., Omelianenko, M. V., Sankov, P. M., & Tkach, N. O. (2022, May). Strukturovanist mistobudivnogo upravlinnia terytoriiamy pislivoiennoho vidnovlennia Ukrainy. In The KhVII International Scientific and Practical Conference «Multidisciplinary Academic Notes. Theory, Methodology and Practice (pp. 96-100).
14. Kozyk V. V., Marushchak U. D., Marko O. Y. Otsinka enerhoefektyvnosti v zhyttievomu tsykli ob'ektiv zhytloвого budivnytstva.

Biznes Inform. 2024. № 5. S. 201-207. URL: <http://jnas.nbuv.gov.ua/article/UJRN-0001496946>

15. Rosynskyi A. The economic potential growth management for real estate development company through automation and artificial intelligence technologies. Economics, Finance and Management Review. 2023. № 3. S. 99–114. DOI: 10.36690/2674-5208-2023-3-99-114..

16. Hoiko A.F. Metodichni pytannia otsinky efektyvnosti roboty budivelnogo pidpriemstva», Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn, 2022. №49(1), s. 148–156.

17. Pleshkanovska, A. M. (2010). Rekonstruktyvna diialnist v konteksti miskoho rozvytku. Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia, (37), 413-420.

18. Izmailova K.V. Vplyv finansovoho vazheliu u vprovadzhenni skhem proektnoho finansuvannia v Ukraini. Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn. 2012. №28. S.82-87.

19. Kozyk V.V. Otsinka efektyvnosti investytsiinykh proektiv. Finansy Ukrainy. 2001. №4. S.59–71.

20. Hoiko A.F., Sorokina L.V. Otsiniuvannia ryzykiv investytsiinykh proektiv v umovakh nevyznachenosti: innovatsiinyi pidkhid. Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn. 2013, vyp.29. S. 65-80.

21. Bozhanova V., Korenyuk P., Lozovskyi O., Koval V. Green Enterprise Logistics Management System in Circular Economy International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences, 2022. 7, 3, 350-363.

22. Leshchenko, N. (2022). Pryntsyp «tsilisnosti» u kompleksnomu protsesi restavratsiino-rekonstruktyvnykh transformatsii istorychnykh tsentriv mist. Suchasni problemy Arkhitektury ta Mistobuduvannia, (62), 50-60.

Bielienkova, O., Koval O., Bozhynskyi M., Scherbak I., Ben O.

Models and methods for assessing spatial parameters of investment projects and urban reconstruction programs

Modern processes of reconstruction of Ukrainian cities are taking place in conditions of significant socio-economic transformations caused by the consequences of war destruction, moral and physical deterioration of urban infrastructure, as well as the need to ensure balanced spatial development. In this regard, it is urgent to improve models and methods for assessing spatial parameters of investment projects and urban reconstruction programs that cover various types of objects - residential, public, industrial, religious buildings and structures. Existing methodological approaches are mostly focused on financial and economic assessment, while spatial, environmental, social and energy-efficient aspects remain fragmentarily taken into account or presented as auxiliary criteria.

The need to improve such models lies in the transition from purely economic analysis to a comprehensive spatial and functional assessment based on the principles of sustainable development and digital transformation. A

promising direction is the integration of information modeling (BIM, CIM) with geographic information technologies (GIS), which allows combining technical and economic indicators of investment projects with the parameters of the spatial organization of urban areas. Such digital models will contribute to a more accurate determination of the effectiveness of reconstruction measures, optimization of the use of territories, assessment of the impact of projects on social infrastructure and the environment.

Further development of the evaluation methodology should include the use of multi-criteria decision-making methods (AHP, TOPSIS, SMART), methods of estimating the cost during the life cycle of buildings (LCC - Life Cycle Costing), as well as approaches to assessing energy efficiency, thermal modernization and cost management in the dynamics of the life cycle of the facility. It is also important to develop an integrated system of indicators that takes into account investment attractiveness, the level of social efficiency, spatial balance and compliance with strategic plans for the development of the city.

Thus, improving models and methods for assessing spatial parameters of urban reconstruction investment projects creates the basis for improving the quality of management decisions, effective resource allocation, and the formation of a scientifically sound policy for the restoration and modernization of the urban environment based on the principles of sustainable development, digitalization, and energy efficiency.

Keywords: reconstruction, public buildings, industrial buildings, religious buildings and structures, residential buildings, comprehensive reconstruction, balanced development, spatial planning, investment project evaluation, evaluation indicators, social initiatives, digital transformation, real estate life cycle, cost, cost management, energy efficiency, thermal modernization

Посилання на статтю

АРА: Bieliienkova, O., Koval O., Bozhynskyi M., Scherbak I., Ben O. (2024). Modeli i metody otsiniuvannya prostorovykh parametriv investytsiynykh proiektiv i prohram rekonstruktsii mist [Models and methods for assessing spatial parameters of investment projects and urban reconstruction programs]. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*, 54(2), 380-394.

ДСТУ: Белєнкова О.Ю., Коваль О.О., Божинський М.О., Щербак І.В., Бень О.В. Моделі і методи оцінювання просторових параметрів інвестиційних проєктів і програм реконструкції міст. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2024. № 54 (2). С. 380-394 .