

DOI: 10.32347/2412-9933.2025.63.127-136

УДК 005.8:614.2:004.8

Тригуба Анатолій Миколайович

Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інформаційних технологій,

<https://orcid.org/0000-0001-8014-5661>

Національний природничий університет України, Львів

Шолудько Роксолана Ярославівна

Аспірант кафедри інформаційних технологій та систем електронних комунікацій,

<https://orcid.org/0009-0000-6149-7354>

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Львів

Маланчук Оксана Михайлівна

Кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри біофізики,

<https://orcid.org/0000-0001-7518-7824>

Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького, Львів

Тригуба Інна Леонтіївна

Кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри генетики, селекції та захисту рослин,

<https://orcid.org/0000-0002-5239-5951>

Національний природничий університет України, Львів

**ІНТЕЛЕКТУАЛЬНО-ЦІННІСНИЙ ПІДХІД
ДО ОЦІНЮВАННЯ ЦІННОСТІ ПРОЄКТІВ РОЗВИТКУ
МЕДИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД**

Анотація. Виконано аналіз теорії та практики управління проєктами у сфері охорони здоров'я. Обґрунтовано доцільність розробки інтелектуально-ціннісного підходу до оцінювання цінності проєктів розвитку медичної інфраструктури територіальних громад. Метою дослідження є розроблення інтелектуально-ціннісного підходу до оцінювання цінності проєктів розвитку медичної інфраструктури територіальних громад, що забезпечує комплексне врахування технічних, економічних, соціальних та стратегічних даних про стан проєктного середовища під час відбору та визначення пріоритетних проєктів. Запропонований підхід, який структурує цінність за чотирма складовими – якістю і відповідністю стандартам, просторова доступність населення до медичних послуг, синергетична взаємодія під час ухвалення рішень та ризики, зумовлені невизначеністю й динамічністю проєктного середовища. Для реалізації підходу означено сім груп критеріїв та обґрунтовано набір інтелектуальних інструментів: поєднання АНР з ентропійним зважуванням, нечітку логіку для соціальних індикаторів, нормалізацію й стабілізацію мультимодальних даних, ГІС/OSM-ізохрони та мережевий аналіз доступності, сценарне моделювання з використанням CVaR, портфельну оптимізацію та VE-втручання. Підхід забезпечує швидкий доступ до якісних мультимодальних даних, прозору декомпозицію джерел цінності та підтримку рішень, спрямованих на підвищення доступності й якості медичних послуг у громадах. Перспективи подальших досліджень пов'язані зі створенням інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень на базі запропонованого підходу. Цей інструментарій забезпечить точне визначення пріоритетів у розподілі інвестицій та доцільність масштабування кращих управлінських рішень у територіальних громадах.

Ключові слова: інтелектуально-ціннісний підхід; медична інфраструктура; територіальна громада; оцінювання цінності; мультимодальні дані; просторовий аналіз; сценарне моделювання; оптимізація портфеля

Постановка проблеми

Стан системи охорони здоров'я в Україні на місцевому рівні за останнє десятиліття зазнав суттєвих змін. Реформа первинної ланки медичної допомоги, децентралізація та створення територіальних

громад відкрили нові можливості для розвитку медичної інфраструктури [2]. Водночас, виникла низка задач щодо ефективного управління проєктами розвитку медичної інфраструктури територіальних громад [1; 2]. Збройна агресія росії внесла корективи у першочергові завдання щодо модернізації закладів

охорони здоров'я в громадах. Адже від їх стану залежить не лише своєчасність надання медичної допомоги, а й загальна стійкість місцевої системи життєзабезпечення.

Існуючі традиційні методи оцінки та відбору проєктів розвитку медичної інфраструктури орієнтовані на фінансові та технічні показники. При цьому, поза увагою залишається значна частина соціальних і стратегічних складових цінності проєктів розвитку територіальних громад. Тому важливо виконувати комплексну оцінку цінності таких проєктів. Така оцінка передбачає врахування економічного ефекту, соціального впливу, підвищення доступності медичних послуг, екологічної сталості та відповідності довгостроковим пріоритетам розвитку громад. Для цього використовується багатовимірний підхід. Він здатний об'єднати кількісні та якісні критерії в єдину систему оцінювання.

Світовий досвід показує, що мультикритеріальні методи аналізу (MCDA) у поєднанні з інтелектуальними технологіями суттєво підвищують точність обґрунтування управлінських рішень у медицині. Зокрема, такі методи, як аналіз ієрархій (АНР), аналіз зважених сум (WSM) та алгоритми машинного навчання, дозволяють комплексно враховувати інтереси стейкхолдерів, прогнозувати ефекти від впровадження проєктів і моделювати альтернативні сценарії розвитку медичної інфраструктури. Прикладом є дослідження Frazão та співавторів [3], у якому продемонстровано ефективність застосування MCDA для визначення пріоритетів у розподілі ресурсів медичної системи в умовах обмеженого фінансування.

У запропонованій статті представлено інтелектуально-ціннісний підхід до оцінювання цінності проєктів розвитку медичної інфраструктури територіальних громад. Він поєднує багатокритеріальні методи з інтелектуальними технологіями аналізу даних. Це дозволяє: 1) кількісно визначати рівень цінності кожного проєкту з урахуванням локальних особливостей громади; 2) підвищувати прозорість процесу відбору проєктів; 3) забезпечувати адаптивність управлінських рішень у відповідь на зміну соціально-економічних умов.

Окрему увагу приділено методам інтеграції даних про інфраструктурні, демографічні та фінансові характеристики громад, що дає змогу створювати більш точні прогнози ефективності реалізації проєктів.

Таким чином, розробка та впровадження інтелектуально-ціннісного підходу до оцінювання цінності проєктів є не лише науковим завданням, а й практичною потребою для підвищення результативності управління проєктами розвитку

медичної інфраструктури на рівні територіальних громад. Це особливо важливо в умовах, коли від якості прийнятих управлінських рішень залежить не тільки розвиток медичної системи, а й соціальна стабільність і добробут мешканців громади.

Мета статті

Мета – обґрунтувати інтелектуально-ціннісний підхід до оцінювання цінності проєктів розвитку медичної інфраструктури територіальних громад, що забезпечує комплексне врахування технічних, економічних, соціальних та стратегічних складових проєктного середовища під час відбору та визначення пріоритетних проєктів.

Досягнення поставленої мети передбачає виконання наступних завдань:

- розробити інтелектуально-ціннісний підхід до оцінювання цінності проєктів розвитку медичної інфраструктури територіальних громад;
- запропонувати критерії оцінювання цінності проєктів розвитку медичної інфраструктури територіальних громад на основі інтелектуальних технологій.

Аналіз основних досліджень і публікацій

Проблематика розвитку медичної інфраструктури в умовах сучасних викликів знаходить відображення у наукових працях як вітчизняних, так і закордонних вчених [4; 5]. Є окремі роботи присвячені інтеграції інтелектуальних технологій у процеси управління проєктами охорони здоров'я [6; 7]. У науковій літературі останніх років активно розвивається напрям використання систем підтримки прийняття рішень, які поєднують алгоритми машинного навчання з методами багатокритеріального аналізу. Такий підхід, як зазначають автори роботи [8], дозволяє не лише підвищити точність вибору раціональних управлінських рішень, а й адаптувати модель до змін проєктного середовища, враховуючи нові дані та пріоритети стейкхолдерів.

На території нашої держави важливим орієнтиром є стратегічні документи та державні програми, які визначають пріоритети розвитку галузі. Зокрема, Стратегічний план розвитку системи охорони здоров'я України на 2023–2030 роки [9] передбачає модернізацію інфраструктури медичних закладів, розвиток цифрових сервісів і впровадження інноваційних технологій управління ресурсами. Розпорядження Кабінету Міністрів України № 34-р від 17 січня 2025 р. [10] конкретизує ці завдання через операційний план заходів, у якому передбачено застосування сучасних аналітичних інструментів для визначення пріоритетних проєктів і підвищення ефективності їх реалізації на місцевому рівні.

Наукові дослідження у сфері цифровізації громад та впровадження інтелектуальних технологій в управління соціальними та інфраструктурними проектами демонструють високий потенціал такого підходу для підвищення результативності інвестицій у сферу охорони здоров'я. Автори роботи [6] розробили нейромережеву модель для системи підтримки прийняття рішень, що забезпечує оптимізацію управління проектами медичного призначення на основі аналізу часових та ресурсних параметрів. Подібні дослідження підтверджують доцільність інтеграції інтелектуальних алгоритмів у процес оцінювання цінності проектів, особливо у випадках, коли потрібно враховувати велику кількість різнонаправлених критеріїв.

Важливе значення під час формування підходів до оцінювання цінності проектів має використання методів багатокритеріального аналізу (MCDA), які дозволяють поєднувати фінансові, технічні та соціальні показники в єдиній системі. У роботі [3] її авторами виконано систематичний огляд. Вони підкреслюють, що у сфері охорони здоров'я MCDA забезпечує прозорість процесу прийняття управлінських рішень, що сприяє обґрунтованому вибору інвестиційних пріоритетів. Цей підхід особливо важливий для територіальних громад, де обмеженість ресурсів і неоднорідність потреб населення громад вимагають максимально ефективного розподілу коштів.

Досвід впровадження інтелектуальних систем у галузі охорони здоров'я, описаний у роботах [11; 12; 13], свідчить про важливість побудови комплексних моделей, що враховують як кількісні, так і якісні аспекти ефективності проектів. У цих роботах наголошується на ролі інтегрованих систем управління, які дозволяють поєднати моніторинг виконання проекту з прогнозуванням його довгострокового впливу на якість медичних послуг у громаді.

Виконаний аналіз вказує на те, що наукова база для створення інтелектуально-ціннісного підходу до оцінювання цінності проектів розвитку медичної інфраструктури на основі інтелектуальних технологій є достатньо розвиненою. Однак, значна частина існуючих розробок зосереджена на загальних питаннях цифрової трансформації та автоматизації управлінських процесів. Водночас специфіка територіальних громад України, їхня соціально-економічна різноманітність і потреба в урахуванні локальних пріоритетів вимагають адаптації та подальшого розвитку цих підходів у напрямі комплексного багатокритеріального оцінювання цінності проектів розвитку медичної інфраструктури територіальних громад на основі інтелектуальних технологій. Це лежить в основі виконаного дослідження.

Виклад основного матеріалу

Реалізація проектів розвитку медичної інфраструктури в територіальних громадах характеризується складним проектним середовищем. Його складність зумовлена поєднанням обмежених ресурсів, потребою врахування інтересів різних стейкхолдерів, доцільністю швидкого реагування на зміни соціально-економічних і демографічних показників. Традиційні методи прийняття управлінських рішень, засновані на статистичних і інтуїтивних підходах, демонструють обмежену ефективність у динамічному проектному середовищі. Застосування інтелектуальних технологій дозволяє поєднати переваги математичних моделей, алгоритмів машинного навчання, методів нечіткої логіки та аналізу великих даних, створюючи адаптивні системи підтримки прийняття управлінських рішень, здатних до самонавчання і багатокритеріальної оцінки.

Процес визначення інтегрального показника цінності проектів розвитку медичної інфраструктури в територіальних громадах можна представити як функцію багатьох змінних, де критерії мають різну природу та масштаб. Нехай реалізовується k -й проект P_k розвитку медичної інфраструктури в територіальній громаді, тоді його цінність V_k визначається як:

$$V_k = \frac{\sum_{i=1}^n \left[w_i(t) \cdot f_i \left(\frac{C_{ik} - \min(C_i)}{\max(C_i) - \min(C_i)} \right)^{\alpha_i} \right] + \lambda \cdot \Phi_k}{\sum_{i=1}^n w_i(t)}, \quad (1)$$

де C_{ik} – значення i -го критерію для k -го проекту; $w_i(t)$ – динамічна вага критерію, що змінюється у часі t залежно від стану проектного середовища громади; $f_i(\cdot)$ – функція нормалізації з можливістю нелінійного перетворення через показник α_i ; Φ_k – показник синергетичного ефекту від взаємодії проекту з іншими ініціативами; λ – коефіцієнт значущості синергії.

Для оцінювання вагових коефіцієнтів використовується інтегрований підхід, який поєднує метод аналізу ієрархій (АНР) та метод ентропійної оцінки. Це дозволяє враховувати як суб'єктивну експертну думку, так і об'єктивну інформацію з наявних даних. Ваги визначаються за формулою:

$$w_i(t) = \beta \cdot w_i^{AHP} + (1 - \beta) \cdot w_i^{ENT}(t) \quad (2)$$

де w_i^{AHP} – ваги, отримані методом парних порівнянь; w_i^{ENT} – ваги, розраховані за ентропійним методом на основі актуальних даних; β – параметр, що

відображає ступінь довіри до експертної оцінки. При цьому він знаходиться в межах $\beta \in [0;1]$.

На рисунку наведено узагальнену схему інтелектуально-ціннісного підходу до оцінювання цінності проектів розвитку медичної інфраструктури.

Вона включає етапи збору даних із відкритих джерел та внутрішніх інформаційних систем, попередню обробку та нормалізацію показників, визначення вагових коефіцієнтів із використанням комбінованих методів, побудову інтегральної моделі з можливістю сценарного моделювання, розрахунок показника цінності проектів та візуалізацію результатів для підтримки прийняття рішень.

Важливим елементом цієї схеми є можливість проведення сценарного аналізу, коли для кожного проекту моделюється декілька варіантів розвитку подій (наприклад, базовий, оптимістичний, песимістичний) із використанням методів Монте-Карло. Це дозволяє не лише визначити середнє значення показника V_k , але й оцінити його варіацію та ймовірність досягнення цільових показників.

У таблиці наведено групи критеріїв оцінювання цінності проектів, відповідних показників, джерел даних та рекомендованих методів обробки та аналізу даних, які інтегровані у єдину інтелектуальну систему підтримки прийняття рішень.

Кожна група критеріїв із таблиці стосується окремих етапів схеми (рисунок), яка відображає процес оцінювання цінності проектів із застосуванням інтелектуальних технологій. Він розпочинається із збирання даних. Економічні, медичні та соціально-ціннісні показники отримуються з фінансових звітів, реєстрів національної служби здоров'я України (НСЗУ), закупівель «Prozorro» і результатів опитувань. Просторові характеристики формуються на основі геоданих OSM та мережових моделей доступності, тоді як часово-операційний профіль і ризик-параметри витягуються з графіків виконання медичних проектів та історичних даних. На цьому етапі важливо забезпечити сталі ідентифікатори зв'язку між джерелами – код ЄДРПОУ для медзакладу, ідентифікатор закупівлі, геокод громади та вузол мережі доріг. Після злиття виникає єдина фактова таблиця з вимірами «проект», «заклад», «територія», «період», де кожен запис має повний набір сирих (непідготовлених) показників.

Попередня обробка даних перетворює сирі дані на чисті дані. Для адрес і координат застосовується геокодування з переведенням у єдину систему координат. Для вартостей і тривалостей – усунення викидів, вінзування та, за потреби, трансформації розподілів.



Рисунок – Схема інтелектуально-ціннісного підходу до оцінювання цінності проектів

Таблиця – Критерії оцінювання цінності проєктів розвитку медичної інфраструктури територіальних громад

Група критеріїв	Показники	Джерела даних	Методи обробки та аналізу
Економічні	Загальний бюджет проєкту; CAPEX/OPEX; обсяг економії ресурсів; вартість життєвого циклу (LCC)	Бюджети громад; фінансові звіти закладів; Prozorro; відкриті дані порталу data.gov.ua	Нормалізація (MinMax/Robust, Box–Cox); регресійний аналіз; MAUT/UTA; AHP + ентропійні/CRITIC-ваги; TOPSIS/PROMETHEE
Соціально-ціннісні (equity)	Охоплене населення; індекс вразливості (вік, доходи, маломобільні); задоволеність пацієнтів; очікуваний соціальний ефект	Опитування; дані Держстату; реєстри громад; локальні моніторинги	Нечітка логіка (fuzzy AHP/ANP); латентне моделювання; ентропія Шеннона; багатокритеріальна агрегація
Медичні (якість та відповідність)	Відповідність стандартам МОЗ; рівень оснащення; коефіцієнти завантаженості; очікуваний приріст якості послуг	Ліцензійні/технічні реєстри; eHealth/HCЗУ; паспорти обладнання	Кластеризація (k-means, HDBSCAN); оцінювання відповідності (scoring); ELECTRE TRI; експертні панелі з перевіркою CR
Просторові та доступність	Середній час/ізохрони доїзду; відстань до найближчого ЗОЗ; покриття населення в 10...20 хв; транспортна зв'язність	OSM/Geofabrik; OSMnx; дорожні довідники; геокоди громад	Мережевий аналіз (NetworkX, OSMnx); потенційна доступність Hansen; просторове моделювання в GIS
Часові та операційні	Тривалість реалізації; критичний шлях; термін окупності; пропускна спроможність	Графіки виконання; план-графи підрядів; історія проєктів	Аналіз часових рядів (ARIMA/ETS/Prophet); CPM/PERT; імітаційне моделювання; оптимізація розкладів
Ризики й невизначеність	Інвестиційні та операційні ризики; чутливість до коливань цін; імовірність досягнення цілей	Реєстри подій; історичні дані; експертні оцінки	Монте-Карло; латинський гіперкуб; копули залежностей; глобальна чутливість (Sobol/Morris); CVaR
Синергія та портфельна узгодженість	Взаємодія з іншими проєктами; ефект масштабу; відсутність конфліктів за ресурси	Плани розвитку громад; секторальні програми; матриці ресурсів	Графові моделі взаємодії; центральності/модульність; портфельна оптимізація (Pyomo/PuLP/CVXPY)

Якщо розподіл критерію суттєво перекошений, корисною є монотонна стабілізуюча трансформація $x^{(\lambda)}$ за Бокса – Кокса:

$$x^{(\lambda)} = \begin{cases} \frac{x^\lambda - 1}{\lambda}, & \lambda \neq 0, \\ [6pt] \ln x, & \lambda = 0. \end{cases}, \quad (3)$$

де x – початкове значення показника, $x > 0$; $x^{(\lambda)}$ – значення показника після перетворення Бокса – Кокса; $\lambda \in R$ – параметр перетворення (за $\lambda = 0$ отримаємо логарифм); $c > 0$ – малий зсув, який додають до нульових/негативних значень, тобто використовують $x^* = x + c$ перед перетворенням.

Після цього переходять до масштабування, але з урахуванням типу критерію. Для критерію «бенефіту» нормована оцінка для k -го проєкту за i -м показником задається наступним чином. Для критеріїв типу «більше – краще»:

$$x'_{ik} = \frac{x_{ik} - \min_k x_{ik}}{\max_k x_{ik} - \min_k x_{ik}}, \quad (4)$$

Для критеріїв типу «менше – краще»:

$$x'_{ik} = \frac{\max_k x_{ik} - x_{ik}}{\max_k x_{ik} - \min_k x_{ik}}, \quad (5)$$

де x'_{ik} – нормоване значення i -го критерію для k -го проєкту в безрозмірній шкалі $[0;1]$; x_{ik} – початкове

(ненормоване) значення показника; $\min_k x_{ik}$ та $\max_k x_{ik}$ – відповідно мінімальне та максимальне значення цього критерію серед усіх порівнюваних проєктів $k \in K$; $i \in \{1, \dots, n\}$ – індекс критерію; $k \in \{1, \dots, m\}$ – індекс проєкту.

Якщо $\max_k x_{ik} = \min_k x_{ik}$ (нульовий розкид), значення приймають – $k' = 0.5$. Для показників із перекошеним розподілом перед нормалізацією допускається стабілізуюче перетворення (логарифм, Вох-Сох).

Соціально-ціннісні показники, отримані в лінгвістичній шкалі («низький», «середній», «високий»), дефазифікують після представлення трикутними нечіткими числами $\tilde{x}_{ik} = (l, m, u)$ через центр тяжіння:

$$x'_{ik} = \frac{l + m + u}{3}, \quad (6)$$

де x'_{ik} – отримане «чітке» значення i -го критерію для k -го проєкту; l – нижня межа (left, мінімально можливе значення показника); m – модальне значення (mode, найімовірніше або типове); u – верхня межа (urpeg, максимально можливе значення).

При цьому виконується умова $l \leq m \leq u$. Якщо $l = m = u$, то $x'_{ik} = l$ і формула (6) зводиться до звичайного чіткого значення.

Медичні критерії відповідності стандартам МОЗ часто мають бінарну або порядкову природу. У такому разі застосовується порядкове шкалювання з подальшим нормуванням, щоб зберегти інтерпретованість при зведенні в інтегральну модель.

Вагове оцінювання поєднує експертну і орієнтовану компоненти. Експертна частина надходить із АНР (після перевірки відношення узгодженості), а об'єктивна – з ентропійного підходу, чутливого до інформативності показника в поточній сукупності проєктів. Базові співвідношення такі. Спершу визначаються частки:

$$p_{ik} = \frac{x'_{ik}}{\sum_{k=1}^m x'_{ik}}. \quad (7)$$

Далі ентропія критерію:

$$e_i = -\frac{1}{\ln m} \sum_{k=1}^m p_{ik} \ln p_{ik}. \quad (8)$$

де e_i – ентропія i -го критерію (нормована до інтервалу $[0, 1]$ завдяки множнику $1/\ln m$; m – кількість порівнюваних проєктів; p_{ik} – частка (ймовірність) i -го критерію для k -го проєкту в

нормованому розкладі; x'_{ik} – нормоване (безрозмірне) значення показника після попередніх перетворень.

Якщо $p_{ik} = 0$, доданок $p_{ik} \ln p_{ik}$ вважають рівним нулю за границею; якщо $\sum_k x'_{ik} = 0$ (усі нулі), критерій неінформативний для цієї вибірки і його або виключають, або вводять згладжувальний коефіцієнт $\varepsilon > 0$.

Остаточна вага в момент часу t визначається:

$$w_i(t) = \beta w_i^{AHP} + (1 - \beta) \cdot w_i^{ENT}(t). \quad (9)$$

де $\beta \in [0; 1]$ – показник, що відображає довіру до експертного блоку.

Інтегральна модель є основою запропонованої схеми. Для зведення різнорідних показників використовується узагальнена мультикритеріальна корисність з нелінійними відгуками та двома коректорами – просторової доступності і синергетичної взаємодії. Інтегральна цінність k -го проєкту визначається так:

$$V_k = \sum_{i=1}^n w_i(t) \cdot u_i(x'_{ik}) + \rho A_k + \lambda S_k, \quad (10)$$

де $u_i(\cdot)$ – монотонна функція корисності критерію (для швидко зростаючих вигод доцільно застосувати S-подібні або логістичні криві); A_k – індекс доступності для населення громади; S_k – показник синергії з іншими проєктами портфеля розвитку громади.

Просторова складова визначається як потенційна доступність Гансена:

$$A_k = \sum_{j \in \mathbb{Z}} P_j \exp(-\theta c_{kj}), \quad (11)$$

де P_j – населення заданої j -ї зони; c_{kj} – час доїзду від місця реалізації проєкту до j -ї зон; θ – параметр затухання, $\theta > 0$.

Значення c_{kj} походять із мережевої моделі (OSMnx/NetworkX) і забезпечують прямий зв'язок із просторовими критеріями.

Синергія моделюється через графову взаємодію проєктів:

$$S_k = \sum_{\ell \neq k} \gamma_{k\ell} \cdot r_{k\ell}, \quad (12)$$

де $r_{k\ell}$ – індикатор доповнюваності або ресурсного конфлікту між k -ми проєктами; ℓ – показник, який додатний для комплементарності, від'ємний за конкуренції; $\gamma_{k\ell}$ – ваговий коефіцієнт впливу зв'язку. Цей доданок забезпечує включення синергійних критеріїв таблиці без втрати інтерпретованості.

Сценарний аналіз у схемі використовується для «розкриття» невизначеності як у вагових коефіцієнтах, так і в самих критеріях. Параметри x'_{ik} , $w_i(t)$, θ , γ_{kl} розглядаються як випадкові, що задаються емпіричними або теоретичними розподілами. Із кожною ітерацією $s = 1, \dots, S$ утворюється сценарний інтегральний бал $V_k^{(s)}$. На виході, крім середнього значення $\mathbb{E}[V_k]$, розраховують показники ризику, зокрема ймовірність досягнення цільового порога $Pr\{V_k \geq \tau\}$ та умовне математичне сподівання «хвоста» втрат $CVaR$ на рівні α :

$$CVaR_\alpha(V_k) = \mathbb{E}\left[V_k \mid V_k \leq q_\alpha(V_k)\right], \quad (13)$$

де q_α – α -квантиль.

Для чутливості застосовується глобальний аналіз Соболя, що показує, які групи критеріїв із таблиці домінують у розкіді підсумкової оцінки.

Розрахунок показників для окремих сценаріїв дає не тільки рейтингові позиції, а й портфельні рішення. Нехай $z_k \in \{0,1\}$ – індикатор відбору k -го проекту. Типова постановка виглядає так:

$$\begin{aligned} \max_{z_1, \dots, z_m} \sum_{k=1}^m z_k \mathbb{E}[V_k] \quad \text{за умов} \\ \sum_{k=1}^m z_k CAPEX_k \leq B, \\ \sum_{k=1}^m z_k h_{kr} \leq H_r, \quad \forall r, \end{aligned} \quad (14)$$

де B – обмеження бюджету проекту; h_{kr} – споживання r -го ресурсу k -м проектом; H_r – доступний ресурс.

Цей етап інтегрує економічні, часові, кадрові й екологічні критерії, подані в таблиці 1, в єдину оптимізаційну задачу. Просторовий доданок A_k гарантує, що вибраний портфель максимізує реальну доступність мешканців до медичних послуг, а не лише фінансову складову проектів.

Останній етап передбачає візуалізацію та рекомендації для проектних менеджерів. Карти ізохрон відображають просторовий внесок A_k графі взаємодій у структуру синергії S_k , а водоспадні діаграми та SHAP-пояснення демонструють внесок кожної групи критеріїв у підсумковий бал. Рейтинги і множина проектів подаються разом із числовими межами невизначеності, включно з $Pr\{V_k \geq \tau\}$ та $CVaR_\alpha$, щоб проектні менеджери бачили не тільки кращий сценарій проекту, а й значення ризику за кожним сценарієм його реалізації.

Таким чином, використання інтелектуально-ціннісного підходу до оцінювання цінності проектів розвитку медичної інфраструктури територіальних громад є не лише доцільним, але й економічно виправданим. Такий підхід забезпечує підвищення точності та адаптивності оцінювання цінності, що дозволяє враховувати широкий спектр чинників динамічного проектного середовища і підвищує прозорість управлінських рішень. Саме це особливо важливо у післявоєнний період відновлення системи охорони здоров'я на території громад.

Для використання інтелектуально-ціннісного підходу до оцінювання цінності проектів розвитку медичної інфраструктури територіальних громад слід мати мультимодальні відкриті державні та картографічні дані. Медичні показники (контракти, обсяги послуг, довідники закладів) взято із порталу відкритих даних НСЗУ/eHealth, який публікує набори даних з указаною періодичністю оновлення [14; 15; 17]. Бюджетні параметри проектів і капітальні витрати (CAPEX/OPEX) відтворювалися за даними публічних закупівель Prozorro (пошук тендерів та договорів за кодами CPV у сфері охорони здоров'я) [18]. Межі, площі та базові характеристики громад бралися з порталу «Децентралізація» та з довідникових наборів data.gov.ua щодо адміністративно-територіальних одиниць [19]. Для просторових розрахунків доступності застосовано дорожню мережу OpenStreetMap (ліцензія ODbL, дозволяє повторне використання з атрибуцією), що є стандартом для побудови ізохрон [20]. Інформацію про конкурси місцевих ініціатив (для калібрування соціальних ефектів і синергії) отримують із матеріалів про обласні конкурси медичних проектів та описами наборів із досліджень, які вміщують результати таких конкурсів [21].

У результаті використання запропонованого інтелектуально-ціннісного підходу проектні менеджери отримують не лише рейтинг проектів, а й означені складові, завдяки яким примножується цінність. Це дає можливість встановити пріоритети у фінансуванні проектів розвитку медичної інфраструктури територіальних громад, масштабувати на інші громади кращі управлінські рішення з високим приростом цінності і низьким ризиком.

Цей підхід забезпечує підвищення ефективності портфелів проектів розвитку медичної інфраструктури територіальних громад на підставі відкритих мультимодальних даних, що лежить в основі підвищення доступності та якості медичних послуг для мешканців громад.

Висновки

На підставі виконаного аналізу стану теорії та практики управління проектами у сфері охорони здоров'я встановлено, що є потреба у розробці інтелектуально-ціннісного підходу, який лежить в основі створення моделі оцінювання цінності проєктів розвитку медичної інфраструктури територіальних громад. Запропонований підхід передбачає врахування 4 складових, які зумовлюють зростання цінності проєктів розвитку медичної інфраструктури територіальних громад. До них належить якість та відповідність стандартам, просторова доступність населення до медичних послуг, синергетична взаємодія під час ухвалення управлінських рішень та ризики, зумовлені невизначеністю та динамічним проєктним середовищем.

Для реалізації запропонованого підходу означено 7 груп критеріїв оцінювання цінності проєктів розвитку медичної інфраструктури територіальних громад. Задля їх кількісного визначення пропонується використовувати набір інтелектуальних інструментів.

Він включає АНР та ентропійне зважування, нечітку логіку для виявлення соціальних індикаторів, нормалізацію та стабілізацію для підготовки мультимодальних даних, ГІС/OSM-ізохрони та мережевий аналіз доступності для населення медичних послуг, сценарне моделювання із CVaR, оптимізацію портфеля та VE-втручання для підвищення цінності. Застосування цих інструментів забезпечує швидкий доступ до якісних мультимодальних даних, прозору декомпозицію джерел цінності та підтримку управлінських рішень, орієнтованих на підвищення доступності й результативності медичних послуг для населення громад.

Подальші дослідження слід проводити у напрямі розроблення моделі оцінювання цінності проєктів розвитку медичної інфраструктури територіальних громад та на її основі інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень, які забезпечать точне та швидке встановлення пріоритетів у інвестиціях та доцільності масштабування кращих управлінських рішень у територіальних громадах.

Список літератури

1. Bushuyev S., Bushuyeva N., Nekrasov I., Chumachenko I. Successful management of public health projects driven by AI in a BANI environment. *Computation*. Vol. 13, No. 7. 2025. Article 160. URL: <https://doi.org/10.3390/computation13070160>.
2. Тригуба А., Маланчук О., Ратушний А., Паньків О., Коваль Л., Шолудько Р., Андрушків О. Адаптивно-ціннісний підхід до управління проєктами розвитку громад та регіонів. *Вісник Львівського Національного Університету Природокористування. Серія Агроінженерні Дослідження*. № 27. 2023. С. 113–126. URL: <https://doi.org/10.31734/agroengineering2023.27.113>.
3. Frazão T. D. C., Camilo D. G., Cabral E. L. D., Souza R. P., França A. C. L. Multicriteria decision analysis (MCDA) in health care: a systematic review of the main characteristics and methodological steps. *BMC Medical Informatics and Decision Making*. Vol. 18, No. 1. 2018. Article 90. <https://doi.org/10.1186/s12911-018-0663-1>.
4. Ali R., Hussain A., Nazir S., Khan S., Khan H. U. Intelligent decision support systems—an analysis of machine learning and multicriteria decision-making methods. *Applied Sciences*. Vol. 13, No. 22. 2023. 12426. <https://doi.org/10.3390/app132212426>.
5. Malanchuk O. M., Tryhuba A. M., Pankiv O. V., Sholudko R. Y. Architecture of an intelligent information system for forecasting components of medical projects. *Applied Aspects of Information Technology*. Vol. 6, No. 4. 2023. P. 376–390. URL: <https://doi.org/10.15276/aaht.06.2023.25>.
6. Тригуба А., Маланчук О., Паньків О., Шолудько Р. Структурна модель системи планування медичних проєктів на основі обчислювального інтелекту. *Вісник Львівського Державного Університету Безпеки Життєдіяльності*. № 28. 2023. С. 30–43. URL: <https://doi.org/10.32447/20784643.28.2023.04>.
7. Malanchuk O., Tryhuba A., Tryhuba I., Sholudko R., Pankiv O. A neural network model-based decision support system for time management in pediatric diabetes care projects. *International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies*. 2023. С. 1–4.
8. Malanchuk O. M., Tryhuba A. M. Information technology for forecasting epidemiological threats based on the telegraphic equation. *Applied Aspects of Information Technology*. Vol. 7, No. 4. 2024. P. 313–326. URL: <https://doi.org/10.15276/aaht.07.2024.21>.
9. Міністерство охорони здоров'я України. Стратегічний план розвитку системи охорони здоров'я України на 2023–2030 роки. Київ : МОЗ України. 2023.
10. Кабінет Міністрів України. Розпорядження від 17 січня 2025 р. № 34-р «Про схвалення Стратегії розвитку системи охорони здоров'я на період до 2030 року та затвердження операційного плану заходів з її реалізації у 2025–2027 роках». Київ. 2025. URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-skhvalennia-strategii-rozvytku-systemy-okhorony-zdorovia-na-period-do-2030-roku-ta-zatverdzhennia-operatsiino-ho-planu-zakhodiv-z-ii-realizatsii-u-20252027-rokakh-34r-170125>.
11. Bushuyev S., Bushuyeva N., Bushuiev D., Bushuieva V. Integrated intelligence model for assessment digital transformation project. *2023 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies*. 2023. С. 42–46.
12. Коротка В. О., Мокринський В. А. Технології штучного інтелекту в сучасній медицині: впровадження та проблематика. *Український Медичний Часопис*. № 5 (163). 2024. С. 119–121. <https://doi.org/10.32471/umj.1680-3051.163.257497>.

13. Преїзнер Є. Е., Яшина О. М. Методи штучного інтелекту в сфері охорони здоров'я. *Вимірювальна та Обчислювальна Техніка в Технологічних Процесах*. № 1. 2020. С. 84–87. URL: <https://doi.org/10.31891/2219-9365-2020-65-1-13>.
14. Маланчук О., Тригуба А., Шолудько Р. Стейкхолдер-орієнтовані технології конфлікт-менеджменту в проєктах створення та розвитку мережі медичних закладів. *Вісник Львівського Державного Університету Безпеки Життєдіяльності*. № 30. 2024. С. 229–243. URL: <https://doi.org/10.32447/20784643.30.2024.22>.
15. Malanchuk O. M., Tryhuba A. M., Tryhuba I. L., Sholudko R. Ya. Computer model of differential-symbolic risk assessment of projects to improve the health of the community population. *Herald of Advanced Information Technology*. Vol. 7, No. 4. 2024. P. 437–451. URL: <https://doi.org/10.15276/hait.07.2024.32>.
16. Національна служба здоров'я України (НСЗУ). Відкриті дані е-системи охорони здоров'я (eHealth): довідник наборів даних. URL: <https://edata.e-health.gov.ua/e-data/open-data>.
17. Data.gov.ua. Набір даних: «Інформація про суб'єктів господарювання, які уклали договір із НСЗУ за програмою медичних гарантій». URL: <https://data.gov.ua/dataset/a1d554df-be4b-4d3f-8063-dd0db4d83ff5>.
18. Prozorro – електронна система публічних закупівель. Розділ «About». URL: <https://prozorro.gov.ua/en/about>.
19. Портал «Децентралізація». Розділ «Територіальні громади». URL: <https://decentralization.ua/newgromada>.
20. OpenStreetMap contributors. OpenStreetMap [Data set]. OpenStreetMap Foundation. Доступні як відкриті дані під ліцензією ODbL. URL: <https://www.openstreetmap.org>.
21. Львівська обласна рада. Обласний конкурс мікропроєктів місцевого розвитку (Конкурс проєктів місцевих ініціатив). URL: <https://dialog.lviv.ua/category/dijalnist-go/oblasniy-konkurs-mikroproektiv/>.

Стаття надійшла до редколегії 02.08.2025

Tryhuba Anatoliy

DSc (Eng.), Professor, Head of the Department of Information Technologies,
<https://orcid.org/0000-0001-8014-5661>

National University of Natural Sciences of Ukraine, Lviv

Sholudko Roksolana

Postgraduate student of the Department of Information Technologies and Electronic Communications Systems,
<https://orcid.org/0009-0000-6149-7354>

Lviv State University of Life Safety, Lviv

Malanchuk Oksana

DSc (Eng.), Associate Professor of the Department of Biophysics,
<https://orcid.org/0000-0001-7518-7824>

Danylo Halytsky Lviv National Medical University, Lviv

Tryhuba Inna

DSc (Eng.), Associate Professor of the Department of Genetics, Plant Breeding and Protection,
<https://orcid.org/0000-0002-5239-5951>

National University of Natural Sciences of Ukraine, Lviv

INTELLECTUAL AND VALUE-BASED APPROACH TO ASSESSING THE VALUE OF MEDICAL INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT PROJECTS IN LOCAL COMMUNITIES

Abstract. An analysis of the theory and practice of project management in the healthcare sector has been carried out. The feasibility of developing an intellectual-value approach to assessing the value of projects for the development of medical infrastructure in local communities has been substantiated. The aim of the study is to develop an intellectual-value approach to assessing the value of medical infrastructure development projects in local communities, which ensures comprehensive consideration of technical, economic, social, and strategic data on the state of the project environment during the selection and prioritization of projects. The proposed approach structures value according to four components: quality and compliance with standards, spatial accessibility of medical services to the population, synergistic interaction during decision-making, and risks caused by the uncertainty and dynamism of the project environment. To implement the approach, seven groups of criteria have been identified and a set of intellectual tools has been justified: a combination of AHP with entropy weighting, fuzzy logic for social indicators, normalization and stabilization of multimodal data, GIS/OSM isochrones and network accessibility analysis, scenario modeling using CVaR, portfolio optimization, and VE intervention. The approach provides quick access to high-quality multimodal data, transparent decomposition of value sources, and support for decisions aimed at improving the accessibility and quality of medical services in communities. Prospects for further research are related to the creation of an intelligent decision support system based on this approach. This toolkit will ensure accurate prioritization in the distribution of investments and the feasibility of scaling up the best management decisions in local communities.

Keywords: intellectual value approach; medical infrastructure; territorial community; value assessment; multimodal data; spatial analysis; scenario modeling; portfolio optimization

References

1. Bushuyev, S., Bushuyeva, N., Nekrasov, I., & Chumachenko, I. (2025). Successful management of public health projects driven by AI in a BANI environment. *Computation*, 13(7), Article 160. <https://doi.org/10.3390/computation13070160>.
2. Tryhuba, A., Malanchuk, O., Ratushnyi, A., Pankiv, O., Koval, L., Sholudko, R., & Andrushkiv, O. (2023). Adaptive-value approach to project management for community and regional development. *Visnyk Lvivskoho Natsionalnoho Universytetu Pryrodokorystuvannia. Seriya Ahroinzhenerni Doslidzhennia*, (27), 113–126. <https://doi.org/10.31734/agroengineering2023.27.113>.
3. Frazao, T. D. C., Camilo, D. G., Cabral, E. L. D., Souza, R. P., & Franca, A. C. L. (2018). Multicriteria decision analysis (MCDA) in health care: A systematic review of the main characteristics and methodological steps. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 18(1), Article 90. <https://doi.org/10.1186/s12911-018-0663-1>.
4. Ali, R., Hussain, A., Nazir, S., Khan, S., & Khan, H. U. (2023). Intelligent decision support systems—an analysis of machine learning and multicriteria decision-making methods. *Applied Sciences*, 13(22), 12426. <https://doi.org/10.3390/app132212426>.
5. Malanchuk, O. M., Tryhuba, A. M., Pankiv, O. V., & Sholudko, R. Y. (2023). Architecture of an intelligent information system for forecasting components of medical projects. *Applied Aspects of Information Technology*, 6(4), 376–390. <https://doi.org/10.15276/aait.06.2023.25>.
6. Tryhuba, A., Malanchuk, O., Pankiv, O., & Sholudko, R. (2023). Structural model of the medical project planning system based on computational intelligence. *Visnyk Lvivskoho Derzhavnoho Universytetu Bezpeky Zhyttiedialnosti*, (28), 30–43. <https://doi.org/10.32447/20784643.28.2023.04>.
7. Malanchuk, O., Tryhuba, A., Tryhuba, I., Sholudko, R., & Pankiv, O. (2023). A neural network model-based decision support system for time management in pediatric diabetes care projects. In *2023 International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies* (pp. 1–4).
8. Malanchuk, O. M., & Tryhuba, A. M. (2024). Information technology for forecasting epidemiological threats based on the telegraphic equation. *Applied Aspects of Information Technology*, 7(4), 313–326. <https://doi.org/10.15276/aait.07.2024.21>.
9. Ministry of Health of Ukraine. (2023). *Strategic development plan for the healthcare system of Ukraine for 2023–2030*. MOZ Ukrainy.
10. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2025). *Order of January 17, 2025, No. 34-r "On approval of the healthcare system development strategy for the period up to 2030 and approval of the operational action plan for its implementation in 2025–2027"*. Retrieved from URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-skhvalennia-stratehii-rozvytku-systemy-okhorony-zdorovia-na-period-do-2030-roku-ta-zatverdzhennia-operatsiinoho-planu-zakhodiv-z-ii-realizatsii-u-20252027-rokakh-34r-170125>.
11. Bushuyev, S., Bushuyeva, N., Bushuiev, D., & Bushuieva, V. (2023). Integrated intelligence model for assessment digital transformation project. In *2023 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies* (pp. 42–46). IEEE.
12. Korotka, V. O., & Mokrynskyi, V. A. (2024). Artificial intelligence technologies in modern medicine: Implementation and problematic issues. *Ukrainskyi Medychnyi Chasopys*, 5(163), 119–121. <https://doi.org/10.32471/umj.1680-3051.163.257497>.
13. Preizner, Y. E., & Yashyna, O. M. (2020). Artificial intelligence methods in the field of healthcare. *Vymiriuvalna ta Obchysluvalna Tekhnika v Tekhnolohichnykh Protseсах*, (1), 84–87. <https://doi.org/10.31891/2219-9365-2020-65-1-13>.
14. Malanchuk, O., Tryhuba, A., & Sholudko, R. (2024). Stakeholder-oriented conflict management technologies in projects for the creation and development of a network of medical institutions. *Visnyk Lvivskoho Derzhavnoho Universytetu Bezpeky Zhyttiedialnosti*, (30), 229–243. <https://doi.org/10.32447/20784643.30.2024.22>.
15. Malanchuk, O. M., Tryhuba, A. M., Tryhuba, I. L., & Sholudko, R. Ya. (2024). Computer model of differential-symbolic risk assessment of projects to improve the health of the community population. *Herald of Advanced Information Technology*, 7(4), 437–451. <https://doi.org/10.15276/hait.07.2024.32>.
16. National Health Service of Ukraine (NHSU). (n.d.). *Open data of the e-health system (eHealth): Data set guide*. Retrieved August 17, 2025, from URL: <https://edata.e-health.gov.ua/e-data/open-data>.
17. Data.gov.ua. (n.d.). *Dataset: "Information about business entities that have entered into an agreement with the NHSU under the medical guarantee program"*. Retrieved August 17, 2025, from URL: <https://data.gov.ua/dataset/a1d554df-be4b-4d3f-8063-dd0db4d83ff5>.
18. Prozorro. (n.d.). *Electronic public procurement system. About section*. Retrieved August 17, 2025, from URL: <https://prozorro.gov.ua/en/about>.
19. Decentralization portal. (n.d.). *Territorial communities*. Retrieved August 17, 2025, from URL: <https://decentralization.ua/newgromada>.
20. OpenStreetMap contributors. (n.d.). *OpenStreetMap* [Data set]. OpenStreetMap Foundation. Retrieved August 17, 2025, from URL: <https://www.openstreetmap.org>.
21. Lviv Regional Council. (n.d.). *Regional competition of local development microprojects (Competition of local initiative projects)*. Retrieved August 17, 2025, from URL: <https://dialog.lviv.ua/category/dijalnist-go-oblasny-konkurs-mikroproektiv/>.

Посилання на публікацію

- APA Tryhuba, A., Sholudko, R., Malanchuk, O., & Tryhuba, I. (2025). Intellectual and value-based approach to assessing the value of medical infrastructure development projects in local communities. *Management of Development of Complex Systems*, 63, 127–136. [dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2025.63.127-136](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2025.63.127-136).
- ДСТУ Тригуба А. М., Шолудько Р. Я., Маланчук О. М., Тригуба І. Л. Інтелектуально-ціннісний підхід до оцінювання цінності проєктів розвитку медичної інфраструктури територіальних громад. *Управління розвитком складних систем*. Київ, 2025. № 63. С. 127 – 136. [dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2025.63.127-136](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2025.63.127-136).