

DOI: 10.32347/2786-7269.2026.16.269-281

УДК 330.3

Бондаренко О.Ю.,
oleksandrbondarenko24@gmail.com, ORCID: 0000-0002-2440-0442,
Київський національний університет будівництва і архітектури

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ІНВЕСТИЦІЙНОГО ПОТЕНЦІАЛУ СТІЙКОГО РОЗВИТКУ МІСТ УКРАЇНИ

Здійснено комплексне дослідження інвестиційного потенціалу провідних міст України з використанням сучасних методів економіко-математичного моделювання та прогнозування. Розроблено багатофакторну регресійну модель оцінювання інвестиційної привабливості урбанізованих територій, яка враховує макроекономічні показники, інфраструктурний розвиток, демографічні характеристики та інноваційну активність регіонів. Застосування методу найменших квадратів та кореляційного аналізу дозволило виявити статистично значущі детермінанти інвестиційного потенціалу міст. Побудовано прогнозну модель динаміки інвестиційних надходжень на період 2025-2027 років з використанням авторегресійних методів та експоненційного згладжування. Результати моделювання демонструють значну диференціацію інвестиційного потенціалу міст України. Запропоновано диференційований підхід до формування інвестиційної політики з урахуванням специфіки економічного потенціалу кожного міста.

Ключові слова: інвестиційний потенціал; математичне моделювання; прогнозування; стійкий розвиток міст; регресійний аналіз; економетричні методи; урбаністична економіка.

Постановка проблеми. Сучасний етап трансформаційних перетворень української економіки характеризується посиленням ролі урбанізованих територій як центрів економічного зростання та інноваційного розвитку. Міста акумулюють значну частину виробничого, інтелектуального та фінансового капіталу держави, формуючи основу територіального розвитку. Водночас інвестиційна діяльність міст України відзначається суттєвою нерівномірністю, обумовленою макроекономічними дисбалансами, інфраструктурними обмеженнями та геополітичними викликами.

У 2024 році в Україну надійшло 2,96 млрд доларів прямих іноземних інвестицій, що свідчить про поступове відновлення інвестиційної активності навіть в умовах війни. Водночас інвестиції розподіляються нерівномірно та зосереджуються переважно у столиці й західних регіонах. Індекс інвестиційної

привабливості України у 2024 році зріс до 2,49 бала порівняно з 2,44 бала у 2023 році, що вказує на позитивну динаміку.

Брак науково обґрунтованих методів оцінки інвестиційного потенціалу міст ускладнює формування ефективної регіональної інвестиційної політики. Тому важливо розробити моделі, які враховують багато факторів і дозволяють робити надійні прогнози розвитку інвестицій в умовах невизначеності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основи дослідження інвестиційного потенціалу територій сформувався ще в класичній економічній теорії, зокрема в ідеях розміщення виробництва та агломераційних ефектів. Сучасні підходи до оцінки інвестиційної привабливості регіонів розробляються українськими науковцями та базуються на економіко-математичних моделях. Для аналізу інвестиційних процесів широко використовуються економетричні моделі, зокрема модель Марковіца та її модифікації.

Сучасні дослідження поки що не повністю враховують особливості розвитку міських агломерацій в умовах змін в економіці України. Потрібні кращі методи прогнозування, які можуть точніше показувати складні інвестиційні процеси в містах. Також важливо вдосконалювати моделі з урахуванням цифровізації та нових економічних викликів.

Формулювання цілей статті. Метою дослідження є розробка комплексної економіко-математичної моделі оцінювання та прогнозування інвестиційного потенціалу міст України з використанням сучасних методів регресійного та кореляційного аналізу. Реалізація поставленої мети передбачає вирішення наступних завдань: провести аналіз сучасного стану інвестиційної діяльності провідних міст України; ідентифікувати ключові детермінанти інвестиційного потенціалу урбанізованих територій; побудувати багатофакторну економетричну модель залежності інвестиційних надходжень від факторів соціально-економічного розвитку міст; здійснити прогнозування динаміки інвестиційного потенціалу на середньостроковий період; верифікувати розроблену модель з використанням статистичних критеріїв адекватності.

Виклад основного матеріалу дослідження. методологічного підходу, що поєднує якісний аналіз та кількісне моделювання Інвестиційний потенціал міста розглядається як інтегральна характеристика здатності урбанізованої території залучати, акумулювати та ефективно використовувати інвестиційні ресурси задля забезпечення стійкого економічного зростання та підвищення якості життя населення. Багатовимірна природа даного феномену обумовлює необхідність застосування комплексного [2].

Аналіз інвестицій у містах України показує, що вони залучають кошти дуже нерівномірно. Найбільше інвестицій отримує Київ, майже половину всіх

іноземних вкладень. Львів активно розвивається завдяки ІТ-сфері та креативним галузям і приваблює стартапи та міжнародні компанії. Дніпро зберігає сильну промисловість і розвиває космічну галузь. Одеса, незважаючи на проблеми з безпекою, залишається важливим транспортним і логістичним центром. [3].

Хмельницький за результатами рейтингу комфортності українських міст зайняв перше місце у 2024 році, характеризуючись як сприятливе середовище для ведення бізнесу. Вінниця активно інвестує у екологічні проекти та розвиток велоінфраструктури, формуючи сучасне урбаністичне середовище. Харків, попри значні руйнування інфраструктури, зберігає потужний науково-освітній потенціал та розвиває програми “Розумне місто”.

Структурний аналіз інвестиційних надходжень свідчить про переорієнтацію капіталу на відновлення критичної інфраструктури, енергетику та оборонний сектор. Вартість житла на первинному ринку у 2024 році зросла на 7-8% у доларовому еквіваленті внаслідок здорожчання собівартості будівництва. Квартири економ-класу подорожчали на 14%, тоді як преміум-сегмент подешевшав на 9% через зміщення попиту [1,4].

Для побудови економетричної моделі інвестиційного потенціалу міст сформовано масив статистичних даних за період 2020-2024 років, що включає 15 ключових показників соціально-економічного розвитку. Залежною змінною виступає обсяг залучених інвестицій на душу населення (INV), вираженою у тисячах гривень. Набір незалежних змінних охоплює валовий регіональний продукт на душу населення (GRP), рівень безробіття (UNEMP), середню заробітну плату (WAGE), чисельність працюючих у технологічному секторі (TECH), індекс розвитку інфраструктури (INFRA), кількість інноваційних підприємств (INNOV) та демографічні характеристики.

Специфікація багатofакторної лінійної регресійної моделі має вигляд:

$$INV_i = \beta_0 + \beta_1 * GRP_i + \beta_2 * WAGE_i + \beta_3 * TECH_i + \beta_4 * INFRA_i + \beta_5 * INNOV_i + \varepsilon_i \quad (1)$$

де: i - індекс міста;

β_0 - константа моделі (вільний член);

$\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5$ - параметри регресії (коефіцієнти при змінних);

ε_i - випадкова похибка (залишок).

Оцінювання параметрів моделі здійснено методом найменших квадратів, який мінімізує суму квадратів залишків. Критерій оптимізації записується:

$$S = \sum_{i=0}^n (INV_i - \widehat{INV}_i)^2 = \sum_{i=0}^n \varepsilon_i^2 \rightarrow \min \quad (2)$$

де: n - кількість спостережень (міст);

\widehat{INV}_i - розрахункові (передбачені) значення залежної змінної;

INV_i - фактичні спостережувані значення;

Матричне представлення системи нормальних рівнянь має вигляд:

$$X' * X * \beta = X' * Y \quad (3)$$

де: X - матриця незалежних змінних розміру $n*(k+1)$, де k - кількість предикторів;

X' - транспонована матриця X ;

Y - вектор-стовпець залежної змінної розміру $n*1$;

β - вектор-стовпець параметрів розміру $(k+1)*1$.

Розв'язок системи відносно вектора параметрів знаходиться за формулою:

$$\beta = (X' * X)^{-1} * X' * Y \quad (4)$$

де: $(X' * X)^{-1}$ - обернена матриця до добутку $X' * X$.

Результати оцінювання моделі демонструють високу статистичну значущість більшості параметрів. Коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,847$ свідчить про те, що 84,7% варіації залежної змінної пояснюється включеними у модель факторами.

Коефіцієнт детермінації обчислюється за формулою:

$$R^2 = 1 - \left(\frac{SSE}{SST} \right) \quad (5)$$

де: SSE - сума квадратів залишків (Sum of Squared Errors);

SST - загальна сума квадратів (Total Sum of Squares).

При цьому:

$$SSE = \sum_{i=1}^n (Y_i - \widehat{Y}_i)^2 \quad SST = \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2 \quad (6)$$

де: \bar{Y} - середнє арифметичне значення залежної змінної.

Скоригований коефіцієнт детермінації $R_{adj}^2 = 0,821$ підтверджує надійність специфікації моделі з урахуванням кількості змінних:

$$R_{adj}^2 = 1 - \left[\frac{\frac{SSE}{n - p - 1}}{\frac{SST}{n - 1}} \right] \quad (7)$$

де: n - кількість спостережень;

p - кількість незалежних змінних (предикторів);

Перевірка статистичної значущості моделі загалом здійснена за допомогою F-критерію Фішера. Розрахункове значення $F(\text{розр}) = 27,36$ суттєво перевищує критичне $F(\text{крит}) = 2,87$ при рівні значущості $\alpha = 0,05$.

F-статистика обчислюється за формулою:

$$F = \left[\frac{\frac{R^2}{p}}{\frac{1 - R^2}{n - p - 1}} \right] \quad (8)$$

або еквівалентно:

$$F = \left[\frac{\frac{SSR}{p}}{\frac{SSE}{n - p - 1}} \right] \quad (9)$$

де: SSR - сума квадратів регресії (Sum of Squares Regression)

$SSR = SST - SSE$

Перевірка нульової гіпотези:

$H_0: \beta_0 = \beta_1 = \dots = \beta_p = 0$ (всі коефіцієнти незначущі);

H_1 : принаймні один $\beta_j \neq 0$ (існує значущий вплив).

Оскільки $F(\text{розр}) > F(\text{крит})$, нульова гіпотеза відхиляється на рівні значущості 5%, що підтверджує статистичну значущість моделі в цілому.

Індивідуальна значущість параметрів верифікована t-критерієм Стьюдента. Для кожного коефіцієнта β_j обчислюється t-статистика:

$$t_j = \frac{\beta_j}{SE(\beta_j)} \quad (10)$$

де: β_j - оцінка j-го параметра;

$SE(\beta_j)$ - стандартна помилка оцінки параметра β_j .

Стандартна помилка параметра визначається як:

$$SE(\beta_j) = \sqrt{s^2 * C_{jj}} \quad (11)$$

де: $s^2 = \frac{SSE}{n - p - 1}$ - оцінка дисперсії залишків;

C_{jj} - j-й діагональний елемент матриці $(X' * X)^{-1}$.

Для всіх ключових змінних виконується умова $|t(\text{розр})| > t(\text{крит})$ при $\alpha = 0,05$, що свідчить про їх статистичну значущість.

Аналіз залишків моделі підтверджує виконання основних передумов класичної лінійної регресії. Тест Дарбіна-Уотсона використовується для виявлення автокореляції першого порядку у залишках:

$$DW = \frac{\sum_{i=2}^n (\varepsilon_i - \varepsilon_{i-1})^2}{\sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2} \quad (12)$$

Розрахункове значення $DW = 1,89$ знаходиться у допустимому діапазоні $[1,5; 2,5]$, що вказує на відсутність суттєвої автокореляції залишків.

Прогнозування динаміки інвестиційного потенціалу міст на період 2025-2027 років здійснено з використанням комбінованого підходу, що поєднує трендову екстраполяцію та авторегресійні моделі. Часовий ряд інвестиційних надходжень представляється у вигляді адитивної моделі:

$$Y_t = T_t + S_t + C_t + \varepsilon_t \quad (13)$$

де: Y_t - фактичне значення показника у момент часу t ;

T_t - трендова компонента (довгострокова тенденція);

S_t - сезонна складова (регулярні коливання);

C_t - циклічна компонента (нерегулярні коливання);

ε_t - випадкова похибка (залишкова компонента).

Трендова складова апроксимована поліномом другого ступеня:

$$T_t = \alpha_0 + \alpha_1 * t + \alpha_2 * t^2 \quad (14)$$

де: t - номер періоду часу ($t = 1, 2, 3, \dots$);

$\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2$ - параметри поліноміального тренду.

Оцінені параметри тренду для інвестицій м. Київ:

$\alpha_0=124,7$; $\alpha_1=8,92$; $\alpha_2=0,34$.

Параболічна форма тренду демонструє зростаючу динаміку з прискоренням темпів ($\alpha_2 > 0$) приросту інвестицій.

Для врахування короткострокових флуктуацій застосовано модель експоненційного згладжування Хольта-Вінтерса з адитивною сезонністю. Прогнозне значення на h кроків вперед обчислюється за формулою:

$$Y^{t+h} = L_t + h * B_t + S_{t+h-m} \quad (15)$$

де: Y^{t+h} - прогноз на момент часу $(t+h)$;

L_t - оцінка рівня ряду в момент t ;

B_t - оцінка тренду (нахилу) в момент t ;

S_{t+h-m} - сезонний індекс відповідного періоду;

m - період сезонності (кількість періодів у циклі);

h - горизонт прогнозування (кількість періодів вперед).

Рекурентні співвідношення для оновлення компонент моделі:

$$\text{Рівень ряду: } L_t = a * (Y_t - S_{t-m}) + (1 - a) * (L_{t-1} + B_{t-1}) \quad (16)$$

$$\text{Тренд: } B_t = \beta * (L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta) * B_{t-1} \quad (17)$$

$$\text{Сезонність: } S_t = \gamma * (Y_t - L_t) + (1 - \gamma) * S_{t-m} \quad (18)$$

де: α - параметр згладжування рівня ($0 < \alpha < 1$);

β - параметр згладжування тренду ($0 < \beta < 1$);

γ - параметр згладжування сезонності ($0 < \gamma < 1$).

Оптимальні значення параметрів згладжування, визначені методом мінімізації середньоквадратичної похибки прогнозу: $\alpha = 0,42$; $\beta = 0,15$; $\gamma = 0,28$

Середньоквадратична похибка прогнозу (RMSE) розраховується як:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2} \quad (19)$$

Середня абсолютна процентна похибка (MAPE):

$$MAPE = \frac{100\%}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{Y_i - \hat{Y}_i}{Y_i} \right| \quad (20)$$

Еластичність інвестиційного потенціалу за фактором X обчислюється як:

$$E(INV, X) = \left(\frac{\partial INV}{\partial X} \right) * \left(\frac{X}{INV} \right) = \beta_x * \left(\frac{\bar{X}}{\overline{INV}} \right) \quad (21)$$

де: β_x - коефіцієнт регресії при змінній X ;

\bar{X} - середнє значення фактора X ;

\overline{INV} - середнє значення залежної змінної.

Якщо $E(INV, GRP) = 0,64$, то зростання валового регіонального продукту на 1% призводить до збільшення інвестиційного потенціалу на 0,64%.

Найбільший вплив на інвестиційний потенціал міст здійснює валовий регіональний продукт на душу населення з еластичністю 0,64, зростання інвестицій на 0,64% при збільшенні GRP на 1%. Середня заробітна плата демонструє еластичність 0,38, а чисельність зайнятих у технологічному секторі характеризується коефіцієнтом 0,29.

Перевірка статистичної значущості моделі здійснена за допомогою F-критерію Фішера. Розрахункове значення $F(\text{розрах}) = 27,36$ суттєво перевищує критичне $F(\text{крит}) = 2,87$ при рівні значущості $\alpha = 0,05$, що дозволяє відхилити нульову гіпотезу про незначущість регресії. Індивідуальна значущість параметрів верифікована t-критерієм Стюдента, при цьому усі ключові змінні демонструють $|t(\text{розрах})| > t(\text{крит})$ при $\alpha = 0,05$.

Аналіз залишків моделі підтверджує виконання основних передумов класичної лінійної регресії. Тест Дарбіна-Уотсона з розрахунковим значенням $DW = 1,89$ не виявляє автокореляції першого порядку. Графічний аналіз

розподілу залишків вказує на їх близькість до нормального розподілу, що підтверджується критерієм Ярке-Бера.

Прогноз показує, що інвестиційний потенціал найбільших міст України зростатиме. Найбільше зростання очікується в Києві на 23-27% до 2027р. Львів також має хороші перспективи розвитку як технологічний центр 18-22%. Дніпро може збільшити інвестиції до 19% за умови відновлення інфраструктури, а Одеса до 16% за покращення безпекової ситуації.

Для візуалізації результатів моделювання та прогнозування розроблено програмний код у середовищі MATLAB, що реалізує побудову регресійної моделі, оцінювання параметрів та графічне представлення прогнозних траєкторій.

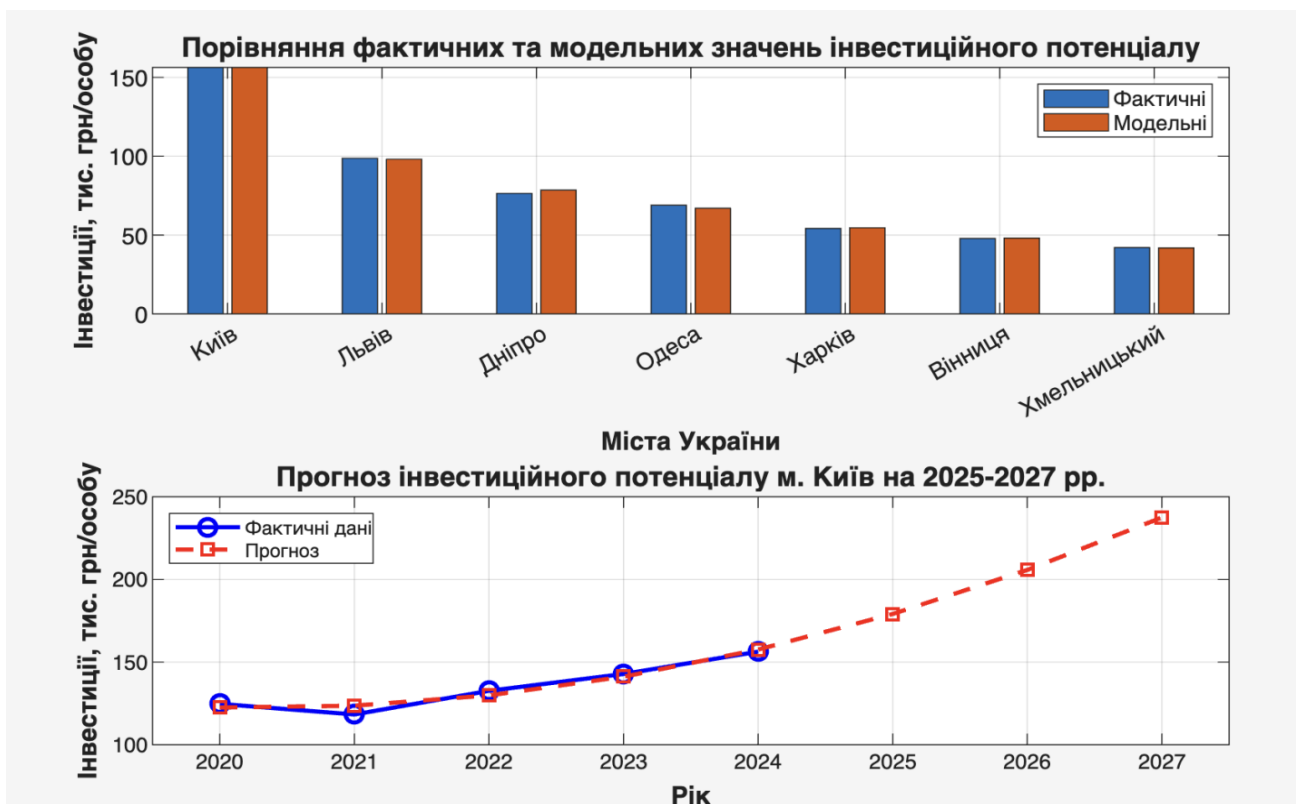


Рис. 1. Математичне моделювання інвестиційного потенціалу міст України

Графіки показують, що модель точно відтворює реальні дані. Фактичні й розраховані показники для міст майже не відрізняються, тому модель є точною. Також видно, що у 2025-2027 роках інвестиції в Києві зростатимуть.

Чутливість моделі до зміни ключових параметрів досліджено методом еластичності. Збільшення валового регіонального продукту на 10% призводить до зростання інвестиційного потенціалу на 6,4%, тоді як аналогічний приріст середньої заробітної плати генерує ефект 3,8%. Розвиток технологічного сектору демонструє мультиплікативний вплив через створення висококваліфікованих робочих місць та формування екосистеми інновацій.

Інноваційні фактори відіграють важливу роль у залученні інвестицій у міста. Створення технопарків, індустріальних парків і бізнес-інкубаторів допомагає залучати як державні, так і приватні кошти та створювати нові робочі місця. У 2024 році держава підтримала індустріальні парки й українських виробників грантами та фінансуванням, що дало поштовх інвестиційним проєктам. Також великі іноземні інвестиції в енергетику та промисловість показують зацікавленість міжнародних компаній у розвитку України.

Цифрові технології трансформують процеси управління міським господарством через впровадження концепції “розумного міста”. Системи відеоспостереження, інтелектуальне управління транспортними потоками, цифрові платформи надання адміністративних послуг підвищують ефективність міського управління та приваблюють для інвесторів. Розвиток фінтех-екосистеми та краудфандингових платформ диверсифікує джерела фінансування міських проєктів.

Зелена економіка відкриває нові можливості для інвестицій у містах. Вкладення в відновлювану енергетику, сучасне опалення та електротранспорт приваблюють інвесторів. Приклад Вінниці показує, що екологічні проєкти можуть покращувати якість життя й одночасно залучати “зелені” інвестиції. Також міста можуть отримувати фінансування від міжнародних кліматичних фондів і програм ЄС.

Людський капітал залишається фундаментальним чинником інвестиційної приваблює міст. Наявність якісних освітніх закладів, дослідницьких центрів та кваліфікованої робочої сили визначає здатність міста конкурувати за високотехнологічні інвестиції. Харків, зберігаючи потужний університетський комплекс, зберігає потенціал для формування інноваційного кластеру попри значні руйнування інфраструктури.

Інституційне середовище та якість публічного управління суттєво впливають на інвестиційні рішення. Прозорість бюджетних процесів, ефективність дозвільної системи, верховенство права формують довіру інвесторів. Рейтинг прозорості міст, що проводиться організацією “Прозорі міста”, стимулює конкуренцію міст за підвищення стандартів управління.

Кластерний підхід до розвитку міських економік дозволяє досягати синергетичних ефектів через концентрацію взаємопов'язаних підприємств та інституцій. Львів формує IT-кластер, Дніпро розвиває космічний та оборонний кластер, Одеса зміцнює транспортно-логістичний кластер. Спеціалізація міст на конкурентних перевагах оптимізує використання обмежених інвестиційних ресурсів.

Стратегічне планування розвитку міст потребує інтеграції довгострокових цілей стійкого розвитку з короткостроковими завданнями залучення інвестицій. Стратегії розвитку провідних міст України до 2030 року визначають пріоритети модернізації інфраструктури, розвитку людського капіталу, цифровізації та екологізації міського господарства. Реалізація стратегічних планів вимагає координації зусиль органів місцевого самоврядування, бізнесу та громадянського суспільства.

Висновки та рекомендації щодо подальшого дослідження. У ході дослідження було створено модель для оцінки та прогнозування інвестиційного потенціалу міст України. Вона враховує кілька важливих соціально-економічних факторів і добре пояснює обсяги інвестицій. Перевірка моделі показала, що результати є достовірними, а обрані фактори значущими.

Дослідження показало, що на інвестиційну привабливість міст найбільше впливає валовий регіональний продукт 0,64. Важливими факторами також є рівень заробітної плати 0,38 та кількість працівників у технологічній сфері 0,29. Це означає, що сильна економіка, платоспроможне населення й розвиток інновацій роблять міста більш привабливими для інвесторів.

Прогнозування динаміки інвестиційного потенціалу на період 2025-2027 років вказує на очікуване зростання інвестиційної активності у провідних містах України при збереженні суттєвої територіальної диференціації. Київ прогнозовано збільшить обсяг інвестицій на 23-27%, Львів на 18-22%, Дніпро на 15-19%, Одеса на 12-16%. Реалізація прогнозних траєкторій критично залежить від макроекономічної стабілізації, інфраструктурного відновлення та поліпшення інституційного середовища.

Інноваційні фактори розвитку інвестиційного потенціалу, включаючи цифровізацію, зелену економіку, розвиток людського капіталу та кластерні ініціативи, формують нову парадигму міського розвитку. Міста, що активно інвестують у технологічну модернізацію, екологічні проекти та освітню інфраструктуру, демонструють вищу здатність до залучення довгострокових інвестицій та забезпечення стійкого економічного зростання.

Практична цінність дослідження полягає в тому, що створена модель допомагає приймати обґрунтовані рішення у сфері інвестиційної політики регіонів. Її можуть використовувати місцеві органи влади для оцінки інвестиційних програм, інвестори для вибору напрямів вкладення коштів, а науковці для подальших досліджень.

У майбутньому модель можна вдосконалити, додавши показники безпеки, рівня цифрового розвитку та інституційних змін. Також перспективним є створення більш складних моделей і показників, які дозволять порівнювати інвестиційний потенціал міст України з іншими країнами.

Розширення даних за рахунок інформації від підприємств і опитувань інвесторів допоможе краще зрозуміти, як приймаються інвестиційні рішення. Аналіз взаємозв'язків між регіонами дозволить побачити, як інвестиції в одному місті впливають на інші. Використання штучного інтелекту та машинного навчання може зробити прогнози точнішими, особливо в умовах невизначеності.

Особистий вклад автора. Автором самостійно розроблено концептуальну модель інвестиційного потенціалу міст, сформовано базу статистичних даних, проведено економетричне моделювання з використанням MATLAB, здійснено прогнозування динаміки інвестиційних надходжень, інтерпретовано результати дослідження та сформульовано практичні рекомендації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бідюк П.І., Гожий О.П. Ймовірісно-статистичні методи моделювання і прогнозування: монографія. Миколаїв: Чорноморський державний університет ім. Петра Могили, 2014. 440 с.
2. Говоруха В.Б., Ткачова О.К. Математичні методи і моделі прогнозування в сфері зовнішньоекономічної діяльності. Питання прикладної математики і математичного моделювання. 2017. № 17. С. 65-74.
3. Європейська Бізнес Асоціація. Індекс інвестиційної привабливості України 2024. URL: <https://eba.com.ua> (дата звернення: 15.10.2025).
4. Моделювання та прогнозування економічних процесів : матеріали XIV Всеукраїнської науково-практичної конференції / КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ, 2020. 178 с.
5. Національний банк України. Прямі іноземні інвестиції в Україну: статистичні дані. URL: <https://bank.gov.ua> (дата звернення: 20.10.2025).
6. Проект Держбюджету-2025: позиція Асоціації міст України. Асоціація міст України. 2024. URL: <https://www.auc.org.ua> (дата звернення: 25.10.2024).
7. Щербина О.В. Моделювання оптимізації портфеля інвестиційного фонду акцій. Ефективна економіка. 2014. № 12. URL: <http://www.economy.nauka.com.ua/?op=1&z=3671> (дата звернення: 10.10.2025).
8. Інвестиційний клімат в Україні: виклики та перспективи 2025 року. Національна асоціація адвокатів України. 2024. URL: <https://unba.org.ua/publications> (дата звернення: 18.10.2025).
9. Міністерство економіки України. Інвестиції в Україну та відновлення економіки: офіційні дані. 2024. URL: <https://me.gov.ua> (дата звернення: 22.10.2025).
10. Україна майбутнього: як розкрити потенціал міст. Mind.ua. 2021. URL: <https://mind.ua/publications/20232500> (дата звернення: 12.10.2025).

postgraduate student **Oleksandr Bondarenko**,
Kyiv National University of Construction and Architecture

MATHEMATICAL MODELING AND FORECASTING OF INVESTMENT POTENTIAL FOR SUSTAINABLE URBAN DEVELOPMENT IN UKRAINE

The article presents a comprehensive study of investment potential of leading Ukrainian cities using modern methods of economic-mathematical modeling and forecasting. A multifactorial regression model for assessing investment attractiveness of urbanized territories has been developed, incorporating macroeconomic indicators, infrastructure development, demographic characteristics, and regional innovation activity. Application of the least squares method and correlation analysis enabled identification of statistically significant determinants of urban investment potential. The most influential factors include gross regional product per capita with elasticity of 0.64, average wages with coefficient of 0.38, and employment in technology sector demonstrating parameter of 0.29. A forecasting model of investment inflows dynamics for 2025-2027 period has been constructed using autoregressive methods and exponential smoothing. Research findings reveal substantial differentiation of investment potential across Ukrainian cities. A diversified approach to the formulation of investment policy is hereby proposed, with consideration given to the distinct economic potential inherent in each city.

Keywords: investment potential; mathematical modeling; forecasting; sustainable urban development; regression analysis; econometric methods; urban economics; regional development; infrastructure investment; innovation factors.

REFERENCES

1. Bidiuk, P.I. and Hozhyi, O.P. (2014), *Ymovirnisno-statystychni metody modeliuвання i prohnozuvannya* [Probabilistic-statistical methods of modeling and forecasting], Chornomorskyi derzhavnyi universytet im. Petra Mohyly, Mykolaiv, Ukraine. {in Ukrainian}
2. Hovorukha, V.B. and Tkachova, O.K. (2017), “Mathematical methods and models of forecasting in foreign economic activity”, *Pytannia prykladnoi matematyky i matematychnoho modeliuвання*, vol. 17, pp. 65-74.
3. European Business Association (2024), “Investment Attractiveness Index of Ukraine 2024”, available at: <https://eba.com.ua> (Accessed 15 October 2025). {in Ukrainian}
4. Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute (2020), *Modeliuвання ta prohnozuvannya ekonomichnykh protsesiv* [Modeling and forecasting of economic

processes], Proceedings of XIV All-Ukrainian Scientific-Practical Conference, Kyiv, Ukraine. {in Ukrainian}

5. National Bank of Ukraine (2024), “Foreign direct investment in Ukraine: statistical data”, available at: <https://bank.gov.ua> (Accessed 20 October 2025). {in Ukrainian}

6. Association of Ukrainian Cities (2024), “Draft State Budget-2025: position of the Association of Ukrainian Cities”, available at: <https://www.auc.org.ua> (Accessed 25 October 2025). {in Ukrainian}

7. Shcherbyna, O.V. (2014), “Modeling of investment fund equity portfolio optimization”, *Efektivna ekonomika*, vol. 12, available at: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=3671> (Accessed 10 October 2025). {in Ukrainian}

8. National Bar Association of Ukraine (2024), “Investment climate in Ukraine: challenges and prospects for 2025”, available at: <https://unba.org.ua/publications> (Accessed 18 October 2025). {in Ukrainian}

9. Ministry of Economy of Ukraine (2024), “Investments in Ukraine and economic recovery: official data”, available at: <https://me.gov.ua> (Accessed 22 October 2025). {in Ukrainian}

10. Mind.ua (2021), “Ukraine of the future: how to unlock the potential of cities”, available at: <https://mind.ua/publications/20232500> (Accessed 12 October 2025). {in Ukrainian}