УДК 519.85 **DOI 10.33042/2522-1809-2021-4-164-2-9**

В.І. Крамаренко[1], Н.Г. Долгова[2]

[1]Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна
[2]Харківський національний університет будівництва та архітектури, Україна

МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ ЗОВНІШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ПРОЕКТУ ЖИТЛОВОГО БУДІВНИЦТВА

Розглянуто проблему визначення екзогенних факторів інвестиційно-будівельних проектів будівництва житла. Проведено вибір факторів з множини впливів зовнішніх зацікавлених сторін на процес формування і управління ресурсами девелоперської компанії. Для ранжирування зовнішніх стейкхолдерів за ступенем впливу використаний метод аналізу ієрархій. Подальша оцінка значущості та ступеня впливу факторів виконані з використанням інструментарію статистичного аналізу даних.

Ключові слова: *будівельний проект, ресурси, екзогенні фактори, стейкхолдери, експертні оцінки, автокореляція, регресія.*

Постановка проблеми

Виявлення чинників, які значимо впливають на значення собівартості будівництва і вартості реалізації будівельної продукції в процесі управління ресурсами інвестиційно-будівельного проекту, розглядається як одна з важливих задач.

Девелоперський проект є складною системою, яка знаходиться під впливом множини параметрів, які характеризують прямі і зворотні зв'язки між усіма учасниками проекту. Зв'язки в свою чергу мають як лінійний, так і не лінійний характер.

Для аналізу процесу взаємодії проекту з зовнішнім середовищем, обробки великих обсягів інформації про стан проекту і його оточення необхідно використання математичного моделювання з метою дослідження характеру взаємозв'язків між факторами, що характеризують стан елементів середовища проекту і ступінь їх впливу на формування ресурсної бази проекту. Створення та реалізація такого математичного інструментарію є важливим етапом розробки інформаційної технології управління ресурсами проекту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Теоретичним та прикладним питанням створення інформаційних технологій управління проектами присвячена ціла низка наукових робіт українських та зарубіжних вчених. В роботі [1] розглянуті інноваційні інструменти управління проектами. Для опису результату управлінських дій при реалізації проекту було введено поняття «інформаційний об'єкт» і «інформаційне середовище» матричної технології проактивного управління. Інформаційне середовище включає в себе чотири рівні: організаційний, управлінський, технологічний і продуктовий, кожному з яких відповідає складова інформаційної технології.

Можливості використання комп'ютерних технологій і метод адаптації проектно-орієнтованої організації до екзогенних змін на основі збалансованої системи показників розглянуті в дослідженні [2], і реалізовані на прикладі функціонування вищих навчальних закладів. Для аналізу впливу факторів зовнішнього середовища був використаний кореляційний аналіз, ступінь зв'язку факторів оцінювалася за коефіцієнтом кореляції рангу Спірмена, для оцінки тісноти кореляції використана шкала Чеддока.

В результаті аналізу впливу факторів зовнішнього і внутрішнього середовища проекту з використанням теорії стейкхолдерів [3] були визначені стейкхолдери будівельного проекту, виділено групи стейкхолдерів які мають прямий і непрямий вплив на зміст проекту. Авторами запропоновано опис оточення проекту у вигляді класифікації безлічі зовнішніх і внутрішніх, стабільних і змінних факторів.

Для вирішення практичних завдань пошуку і вибору альтернативних і ефективних рішень в умовах ризику і невизначеності, в яких знаходиться будівельний проект, необхідно щоб інформаційна система підтримки прийняття управлінських рішень була здатна здійснювати всебічне врахування різних факторів, їх взаємозв'язок і діяти в умовах слабоструктурованої або неструктурованої інформації про об'єкт управління. В роботі [4] проведено онтологічний аналіз процесу підтримки прийняття рішень в містобудівних проектах і запропоновано створення гібридної системи, яка виконує інтеграціюдекількох методів: аналітичних і методів штучного інтелекту та інформаційна технологія, яка

 © Крамаренко В.І., Долгова Н.Г.

інтегрує взаємодоповнюючі один одного методи і засоби представлення та обробки знань: онтологічні і продукційні, що дозволяє одночасно представляти декларативні і процедурні знання. При розробці технології для формалізації знань в умовах невизначеності автор застосовує модель нечіткого виводу, в основі якої знаходиться нечітка база знань з правил нечіткого управління.

Обробка вихідної інформації про стан зовнішнього середовища проекту з використанням методів нечіткої логіки і методів аналізу середовища функціонування (DEA) розглядається в дослідженнях [5].

При проведенні кількісного аналізу ризиків інвестиційно-будівельних проектів розроблена комп'ютерна модель, яка дозволяє здійснювати вибір проекту будівництва за критеріями прибутку і ризиків в умовах невизначеності [6]. Пропонована імітаційна модель дозволяє отримувати чисельні значення рівня ризику проекту будівництва житла на основі статистичних методів і визначення найкращої стратегії інвестування проекту за допомогою побудови дерева рішень.

Метод побудови дерева рішень також використовується для ранжирування факторів при виборі території для реалізації проекту житлового будівництва [7]. При побудові дерева рішень для ранжирування також задіяні такі поняття як ентропія і приріст інформації, що дозволяє в процесі врахування ступеня впливу факторів розглядати не все існуюче безліч одночасно, а починати з найбільш значимого, отриманого методом послідовних поступок, і послідовно переходити до менш впливових факторів.

Дослідження [8] направлено на визначення ключових факторів зовнішнього середовища проекту, з використанням підходу, заснованого на аналізі даних. Ключові фактори підсумовуються і ідентифікуються за допомогою методу гранулярних обчислень і методу аналізу нечітко структурованих динамічних систем зі структурою, яка змінюється в процесі функціонування.

Для зважування критеріїв, на яких заснований процес ранжирування факторів, що впливають на прийняття рішення при виборі проектів, використовуються інструменти інтелектуального аналізу даних і метод прийняття рішень по множинним критеріям [9].

Модель урахування інтервальних експертних оцінок запропонована до реалізації в інформаційній технології для підтримки прийняття рішень в роботі [10].

Аналіз моделей, методів та інформаційних технологій, які використовуються для вирішення завдань визначення значущості та ступеня впливу чинників в різних предметних областях показав, що сьогодні актуальною є розробка моделей і методів, за допомогою яких вирішувалося б завдання пошуку ефективних рішень для управління ресурсами будівельних проектів в умовах невизначеності і ризику під впливом безлічі екзогенних факторів.

Формулювання мети статті

Метою роботи є визначення множини характеристик стану зовнішнього середовища проекту, які впливають на процес його реалізації і ступінь їх впливу на показники проекту з використанням методу аналізу ієрархій та методів статистичного аналізу.

Виклад основного матеріалу

Середовище реалізації будівельного проекту формується його оточенням, яке в свою чергу ділиться на зовнішнє і внутрішнє. Під зовнішнім оточенням прийнято розуміти набір факторів, які впливають на проект, і які знаходяться поза зоною компетенції органу управління проектом. Таким чином, під факторами зовнішнього оточення будемо приймати характеристики стану зовнішнього середовища проекту і показники, які визначаються зовнішніми стейкхолдерами проекту.

Експертна оцінка ступеня впливу стейкхолдерів зовнішнього оточення на реалізацію проекту в контексті оперативного управління матеріальними ресурсами проведена із застосуванням методу аналізу ієрархій [11]. Використання методу базується на декомпозиції багатокритеріального завдання вибору на складові і опрацюванні послідовності думок експертів парними порівняннями, що дозволяє враховувати наявну базу знань експертів [12].

В рамках реалізації методу аналізу ієрархій дослідження були розроблені опитувальні листи для збору експертної інформації, відібрана і сформована група експертів, які були представниками зовнішніх стейкхолдерів проекту будівництва житла (рис. 1). Як параметри проекту були визначені питомі показники, які формують потоки витрат і доходів проекту і час реалізації проекту: собівартість будівництва житла, вартість реалізації житла на первинному ринку нерухомості м. Харкова, значення орендної ставки на ринку житлової нерухомості, термін проекту [13].

В ході реалізації методу аналізу ієрархій проведена ієрархія параметрів проекту і попарне порівняння ступеня впливу стейкхолдерів на параметри проекту (рис. 2).

Проведено аналіз отриманих даних про значущість параметрів проекту на процес управління матеріальними ресурсами і ступенем значущості на них зовнішніх стейкхолдерів.

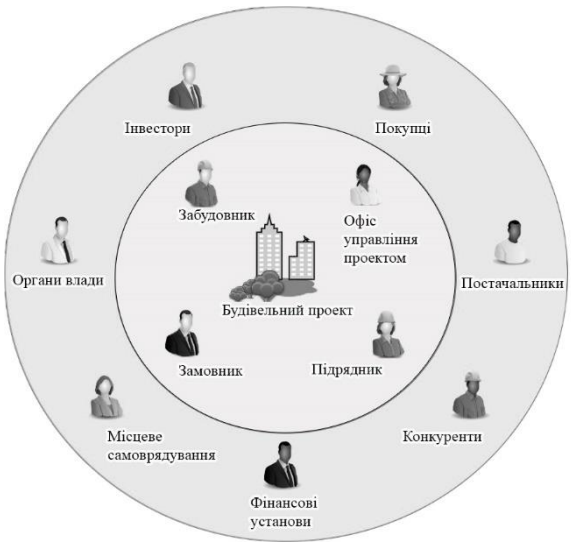

Рис. 1. Внутрішнє і зовнішнє оточення проекту

Експертна група включала 10 фахівців, в тому числі представників державних і комерційних організацій, приватних осіб: покупців і мікро-інвесторів. При виборі експертів враховувалися стаж роботи, посаду і наявний досвід придбання або інвестування в об'єкти житлової нерухомості.

Відповідно до шкали відносної важливості експерт визначає пріоритет одного параметра проекту над іншим на основі порівняння параметру по вертикалі з рядом параметрів по горизонталі.

В табл. 1 представлені значення діапазону вектора пріоритетів десяти експертів, прийняте значення вектора пріоритетів параметрів проєкту, значення λmax – максимального власного числа матриці попарних порівнянь, ІО, ВО – індексу та відношення однорідності суджень експертів відповідно.

Таблиця 1

Вектор пріоритетів параметрів проекту, Wп

	Діапазон Wпі, i=1..10	Wп
Собівартість	0,42-0,47	0,45
Ціна	0,27-0,32	0,30
Оренда	0,06-0,08	0,07
Термін	0,15-0,18	0,17
λmax	ІО	ВО
4.1	0.034	0.035

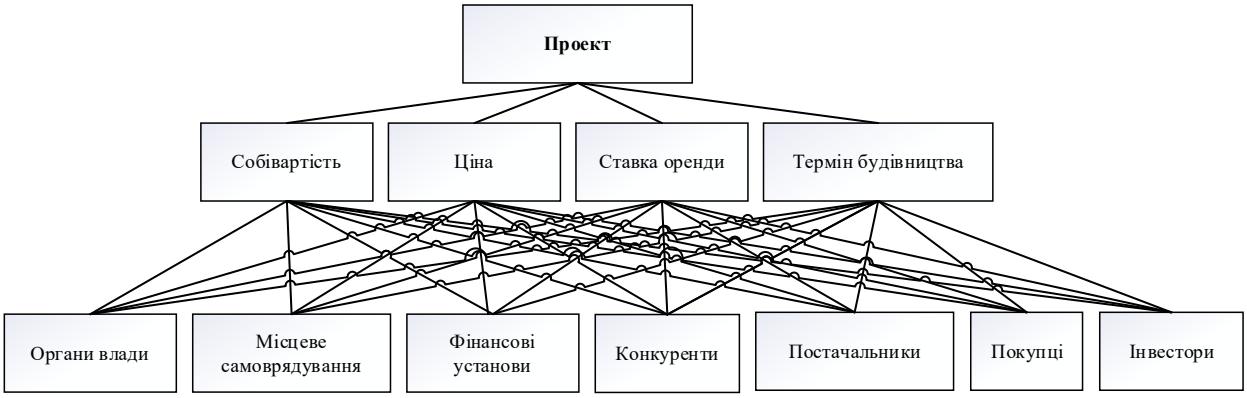

Рис. 2. Ієрархічна схема впливу параметрів проекту і стейкхолдерів на ефективність управління ресурсами

Далі кожним експертом проводиться попарне порівняння впливу стейкхолдерів на параметри проекту за кожним критерієм і визначаються матриці локальних оцінок.

В табл. 2 наведено локальні оцінки впливу стейкхолдерів на параметри проекту, кожна оцінка розраховується як середнє арифметичне значення вектору експертних оцінок за кожним параметром проекту.

Для всіх отриманих матриць попарних порівнянь індекс однорідності суджень експертів ІО менш 10%, відповідно матриці є узгодженими.

Аналіз значень вектору глобальних пріоритетів дозволяє зробити висновок про ступінь впливу зовнішніх стейкхолдерів на параметри проекту (табл. 3).

В результаті рішення багатокритеріальної задачі визначення найбільш значимого параметра проекту та ранжирування стейкхолдерів за ступенем впливу на параметри проекту з використанням методу аналізу ієрархій було визначено, що найбільш значущим параметром проекту при управлінні ресурсами будівельного проекту є собівартість будівництва, вага даного параметра становить 0,45 (табл. 1) і найбільший вплив на параметри проекту надають постачальники, фінансові установи, конкуренти.

Динаміка собівартості будівництва житла в Харківській області в період 2016 по 2020 рр. графічно представлена на рис. 3. Графік побудований в програмному пакеті статистичного аналізу Statistica 12.

Таблиця 2

Локальні оцінки впливу стейкхолдерів на параметри проекту

	Собі-вартість	Ціна	Ставка оренди	Термін
Органи влади	0,17	0,06	0,05	0,13
Органи МС	0,1	0,05	0,04	0,11
Фінансові установи	0,24	0,13	0,11	0,25
Постачальники	0,33	0,04	0,07	0,3
Конкуренти	0,1	0,29	0,14	0,03
Покупці	0,03	0,21	0,26	0,07
Інвестори	0,03	0,21	0,34	0,11
	Wсобівартість	Wціна	Wставка оренди	Wтермін
λmax	7,4	7,6	7,4	7,4
ІО	0,073	0,1	0,08	0,073
ВО	0,056	0,079	0,061	0,056

Таблиця 3

Значення оцінок вектору глобального пріоритету

Стейкходери	Wгл
Постачальники	0,22
Фінансові установи	0,2
Конкуренти	0,15
Органи влади	0,12
Інвестори	0,12
Покупці	0,11
Органи місцевого самоврядування	0,08

Візуально можна відзначити, що є висхідний тренд показника собівартості за період дослідження.

Перевірка наявності тренда проведена з використанням методу Фостера-Стюарта. Згідно з методом Фостера-Стюарта, нульова гіпотеза має наступний вигляд: якщо $H_0: M(y(t)) = a = \text{const}$, то в динаміці значень показника тренд відсутній [14].

Розрахуємо спеціальні показники:

$$d = \sum_{t=2}^{n}(k_t - l_t), \quad (1)$$

де

$$k_t = \begin{cases} 1, \text{якщо } y_t > \text{усіх попередніх рівнів} \\ 0, \text{в іншому випадку} \end{cases}$$

$$l_t = \begin{cases} 1, \text{если } y_t < \text{усіх попередніх рівнів} \\ 0, \text{в іншому випадку} \end{cases}$$

$d = 15, \sigma_d = 11{,}19$ (для 59 показників).

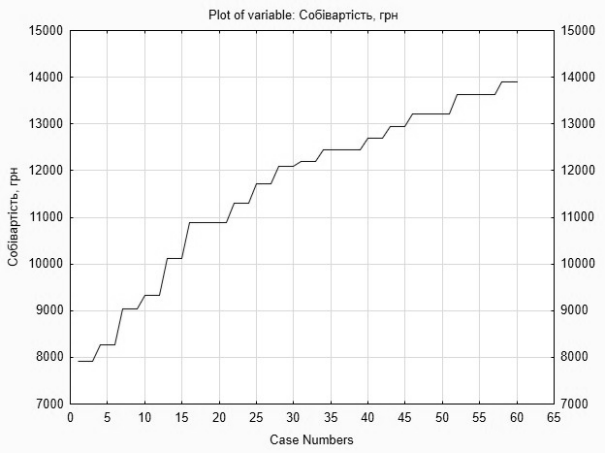

Рис. 3. Собівартість будівельно-монтажних робіт, грн

Згідно з критерієм Стьюдента при α= 0,05 та n =58, $t_{кр}$ = 2. Так як $t_{набл} = d/\sigma_d = 1{,}34 < 2$, гіпотеза про відсутність тренду відхиляється з імовірністю 0,05, і тренд має місце.

Лінія тренду значень собівартості з достовірністю апроксимації R^2 = 0,9327 описується лінійним регресійним рівнянням

$$y = 3{,}2608x - 129489.$$

Для виявлення структури часового ряду і визначення стаціонарності ряду необхідно визначити вид автокореляційної функції ACF, частинної автокореляційної функції PACF і провести тест Дікі-Фулера.

Автокореляція рівнів ряду – кореляційний зв'язок між послідовними рівнями одного і того ж ряду динаміки, зсунутими на певний проміжок часу. Величина зсуву між рядами спостережень називається лагом. L – лаг визначає порядок коефіцієнта автокореляції $r_{t,t-L}$. Тобто автокореляція L-ого порядку – це зв'язок між значеннями часового ряду $x_1, x_2, \ldots x_{n-L}$ та $x_{1+L}, x_{2+L}, \ldots x_n$.

Лінійний коефіцієнт кореляції приймає значення від -1 до +1. Зв'язки між ознаками можуть бути слабкими і сильними (тісними).

Сила зв'язку оцінюється за шкалою Чеддока:

$0.1 < r_{t,t-1} < 0.3$: слабка;

$0.3 < r_{t,t-1} < 0.5$: помірна;

$0.5 < r_{t,t-1} < 0.7$: помітна;

$0.7 < r_{t,t-1} < 0.9$: висока;

$0.9 < r_{t,t-1} < 1$: вельми висока.

Графіки функцій ACF и PACF представлені на рис. 4 і 5.

Чорними лініями на графіках рис. 4 і 5 відзначений критичний інтервал $[-2/\sqrt{n}\ ;\ 2/\sqrt{n}]$, в межах якого значення ACF і PACF вважаються відмінними від нуля.

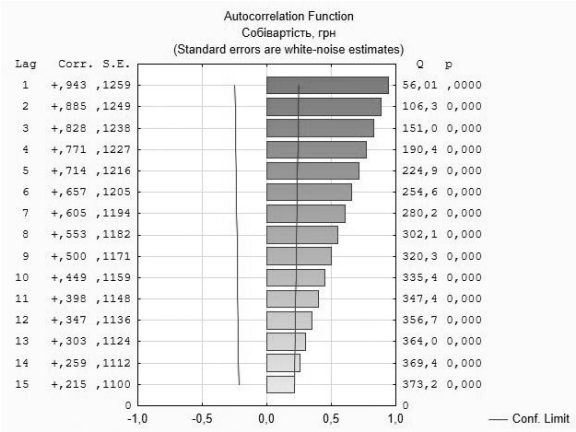

Рис. 4. Коефіцієнти автокореляційної функції

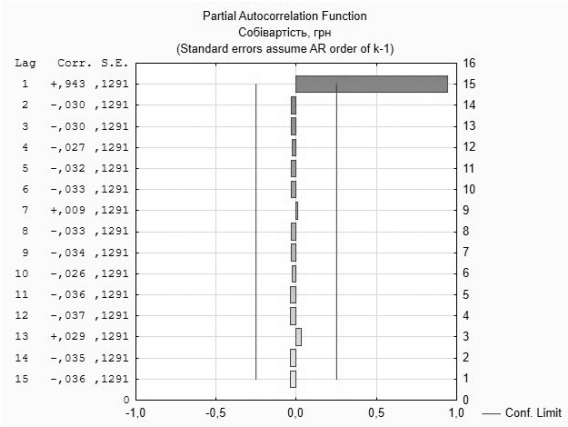

Рис. 5. Коефіцієнти частотної автокореляційної функції

При візуальному аналізі графіків видно, що ряд є стаціонарним. Автокореляція вельми висока. Корелограма ряду значень собівартості представлена в табл. 4.

Таблиця 4

Корелограма ряду значень собівартості

Лаг L	$r_{t,t-L}$
1	0,942535
2	0,885071
3	0,827606
4	0,770672
5	0,713737
6	0,656802
7	0,604652
8	0,552501
9	0,500351
10	0,449153
11	0,397955
12	0,346757
13	0,302825
14	0,258894
15	0,214962

Аналіз значень коефіцієнта автокореляції показав, що для даного ряду характерна тенденція, сила зв'язку між рядами спостережень з лагом 1 за шкалою Чеддока вельми висока:

$$r_{t,t-1} = 0.942 \rightarrow 1$$

Перевіримо наявність властивості стаціонарності ряду, що розглядається, за допомогою тесту Дікі-Фулера.

Тест Дікі-Фулера полягає в тому, що необхідно перевіряти нульову гіпотезу H_0: $\alpha=0$ про наявність одиничного кореня в рівнянні:

$$y_t = \alpha y_{t-1} + \varepsilon_t, \quad (2)$$

Є альтернативна гіпотеза H_1: $\alpha<1$, ряд стаціонарний. Визначивши першу різницю можна отримати наступне рівняння:

$$y_t - y_{t-1} = (\alpha - 1)y_{t-1} + \varepsilon_t, \quad (3)$$

або

$$\Delta y_t = \beta y_{t-1} + \varepsilon_t, \quad (4)$$

тоді

$$H_0: \beta = 0, H_1: \beta < 0, \quad (5)$$

Після знаходження оцінки $\hat{\beta}$, обчислюємо статистику $t_{набл} = \hat{\beta}/S(\hat{\beta})$. Гіпотеза приймається і ряд визнається нестаціонарним, якщо $t_{набл} > t_{крит}$. Для досліджуваного ряду значень собівартості $t_{набл} = -10{,}4014$.

Таким чином, ряд визнається стаціонарним і за результатами тесту Дікі-Фулера на рівні значущості 1%.

На наступному етапі дослідження динаміки найбільш значимого параметра проекту – собівартості будівельно-монтажних робіт, з метою визначення значущості та ступеня впливу зовнішніх факторів оточення було знаходження рівняння множинної регресії.

В табл. 5 представлені множини показників, які відображають стан зовнішнього середовища проекту і є чисельними характеристиками впливу стейкхолдерів на проект.

Таблиця 5

Показники зовнішнього середовища будівельного проекту

Стейкходери	Показники
Постачальники	Вартість будівельних матеріалів (арматура, пісок, щебінь, цемент, газобетон) Вартість паливномастильних матеріалів
Фінансові установи	Депозитна ставка Обсяги кредитування будівництва

Конкуренти	Обсяг пропозиції на ринку Вартість реалізації житла на ринку Орендні ставки на ринку житла
Органи влади	Рівень мінімальної заробітної плати Реальний дохід населення
Інвестори	Обсяг інвестицій в будівництво
Покупці	Чисельність населення Обсяг попиту на ринку житла
Органи місцевого самоврядування	Вартість земельних ділянок Значення оренди на землю

Для побудови моделі множинної регресії найбільш значимого параметра проекту – собівартості, проведений збір та обробка статистичних даних за період 2016–2020 рр. [15].

Рівняння множинної лінійної регресії має такий вигляд:

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^{n} \beta_i x_i + \varepsilon \quad , \qquad (6)$$

де β_i – регресивні коефіцієнти, β_0 – вільний член, ε – збурення.

При отриманні рівняння множинної лінійної регресії поетапно виключалися показники для яких параметр p-value > 0,05 і мав максимальне значення.

Модель множинної регресії побудована з використанням програмного пакету Statistica 12. Отримані параметри моделі множинної регресії представлені в табл. 6.

Таблиця 6

Результати регресійного аналізу

	β	Std error β	t(55)	p-value
	0,56164	0,05488	10,2338	0,00000
Обсяг пропозиції	0,09316	0,02864	3,2524	0,00196
Доход населення	0,57305	0,06219	9,2143	0,00000
Депозитна ставка	-0,48322	0,07067	-6,8374	0,00000
Обсяг кредитування	-0,15806	0,04174	-3,7865	0,00038

Regression Summary for Dependent Variable: Собівартість: R= 0,988; R^2= 0,978; Adjusted R^2=0,976; F(4,55)=613,40; p<0,0000; Std.Error of estimate: 0,04600.

Побудована модель пояснює 97,8% мінливості досліджуваного показника собівартості будівництва житла.

Аналіз параметрів отриманої регресійної моделі показав, що найбільший вплив на ефективність управління ресурсами мають такі екзогенні фактори як рівень реального доходу населення β=0,573 та значення депозитної ставки β=-0,483.

Напрямок зв'язку між змінними визначається знаками регресійних коефіцієнтів β. β–коефіцієнти позитивні, для змінних «Обсяг пропозиції» та «Доход населення», тобто зв'язок цих змінних з залежною змінною позитивний (рис. 6).

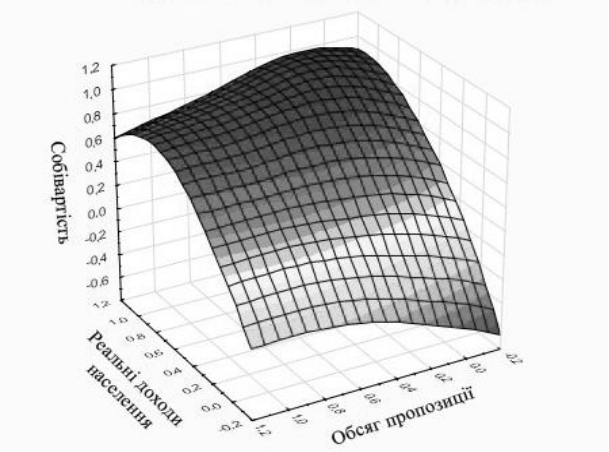

Рис. 6. Вплив депозитної ставки та обсягів кредитування на собівартість

Для змінних «Депозитна ставка» та «Обсяг кредитування» β–коефіцієнти від'ємні, зв'язок з залежною змінною носить від'ємний характер (рис. 7).

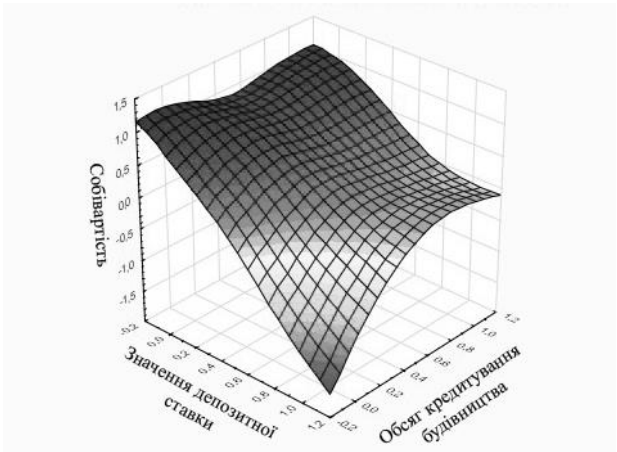

Рис. 7. Вплив обсягу пропозиції і доходу населення на собівартість

Вихідними даними для побудови графіків на рисунках 6 і 7 були нормовані значення екзогенних факторів.

Висновки

Проведені дослідження визначають необхідність використання математичного апарату обробки якісної та кількісної інформації щодо динаміки зовнішнього середовища проекту житлового

будівництва як складової інформаційної технології управління матеріальними ресурсами, як на стратегічному, так і операційному рівнях.

Проведено експертну оцінку ступеня впливу стейкхолдерів зовнішнього оточення на реалізацію проекту із застосуванням методу аналізу ієрархій. Визначено вектор пріоритетів параметрів проекту, найвищий пріоритет – 0,41 – виявлено у чинника «собівартість».

Проведено експертну оцінку впливу стейкхолдерів на параметри проекту. Найвищий пріоритет – 0,22 – виявлено у стейкхолдера «постачальники».

Побудовано та проведено аналіз моделі множинної регресії собівартості будівельно-монтажних робіт при будівництві житлової нерухомості в залежності від екзогенних факторів – чисельних характеристик впливу зовнішніх стейкхолдерів.

Література

1. Бушуев С.Д. Креативные технологии управления проектами и программами / С.Д. Бушуев, Н.С. Бушуева, И.К. Бабаев и др. ; под общ. ред. С.Д. Бушуева. – К. : Саммит–Книга, 2010. – 768 с.

2. Babaiev V.M. The method of adaptation of a projectoriented organization's strategy to exogenous changes / V.M. Babaiev, I.M. Kadykova, Yu.Yu. Husieva, I.V. Chumachenko // Scientific Bulletin of National Mining University. – 2017. – Vol. 2. – P. 134–140.

3. Dorokhina A. Conceptual model of construction project taking into account the interests of stakeholders / A. Dorokhina, A. Starostina, R. Artyukh // Modern information systems. – 2018. – No. 2 (2). – P. 17–22. DOI: http://dx.doi.org/10.20998/2522-9052.2018.2.03

4. Гайна Г.А. Гібридна система для підтримки прийняття рішень в управлінні складними системами / Г.А. Гайна // World science. – 2018. – № 3(31), Vol. 7. – С. 4–9.

5. Jafarzadeh H.A. Methodology for project portfolio selection under criteria prioritisation, uncertainty and projects interdependency – combination of fuzzy QFD and DEA / H. Jafarzadeh, P. Akbari, B. Abedin // Expert Systems with Applications. – 2018. – V. 110. – P. 237–249.

6. Sizova N. Development of a computer model for evaluating the alternative options of an investment and construction project under conditions of uncertainty and risk / Sizova N., Starkova O., Solodovnik G., Dolgova N. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2019. – Vol. 6 No. 3 (102) – P. 66–76. DOI: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.184376

7. Гайна Г.А. Ранжирование независимых факторов методом построения дерева решений и методом последовательных уступок / Г.А. Гайна, А.В. Ерукаев // Управление развитием сложных систем. – 2016. – № 26. – С. 111–117.

8. Bingsheng LIU Project external environmental factors affecting project delivery systems selection / LIU Bingsheng, XU Bin, HUO Tengfei, SHEN Geoffrey, FU Meiqing. // Journal of Civil Engineering and Management. – 2019. – Vol. 25, No. 3. – P. 276–286. DOI: https://doi.org/10.3846/jcem.2019.7460

9. Peetawan W. Identifying factors affecting the success of rail infrastructure development projects contributing to a logistics platform: A Thailand case study / W. Peetawan, K. Suthiwartnarueput // Kasetsart Journal of Social Sciences. – 2018. – V. 39, iss. 2. – P. 320–327. DOI: https://doi.org/10.1016/j.kjss.2018.05.002

10. Nima Golghamat Raad. Selecting a portfolio of projects considering both optimization and balance of sub-portfolios / Nima Golghamat Raad, M.A. Shirazia, S.H. Ghodsypoura // Journal of Project Management. – 2020. – № 5. – P. 1–16. DOI: http://dx.doi.org/10.5267/j.jpm.2019.8.003

11. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий : пер. с англ. Р. Г. Вачнадзе ; М. : Радио и связь, 1993. – 278 с.

12. Hanwei Liang. Comparison of Different Multicriteria Decision-Making Methodologies for Sustainability Decision Making / Hanwei Liang, Jingzheng Ren, Suzhao Gao, Liang Dong, Zhiqiu Gao // Hydrogen Economy. – 2017. – P. 189–224. DOI: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811132-1.00008-0

13. Qiping Shen. Critical Success Factors for Value Management Studies in Construction / Qiping Shen, Guiwen Liu // Journal of construction engineering and management. – 2018. – Vol. 129, Issue 05. – P. 485–491. DOI: http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2003)129:5(485)

14. Доугерти К. Введение в эконометрику / К. Доугерти. – М. : ИНФРА-М. – 2009. – 465 с.

15. Макроекономічні показники [Електронний ресурс] / Державна служба статистики України. – Режим доступу: http://www.ukrstat.gov.ua/ (дата звернення 16.08.2021 р.)

References

1. Bushuev, S.D., Bushueva, N.S., Babayev, I.K. etc. (2010) *Creative project management technologies and programs*. Summit book, Kyiv [in Ukrainian]

2. Babaiev, V.M., Kadykova, I.M., Husieva, Yu.Yu., Chumachenko, I.V. (2017) The method of adaptation of a projectoriented organization's strategy to exogenous changes. *Scientific Bulletin of National Mining University*, 2, 134–140.

3. Dorokhina, A., Starostina, A., Artyukh, R. (2018) Conceptual model of construction project taking into account the interests of stakeholders. Modern information systems, 2 (2), 17–22. DOI: http://dx.doi.org/10.20998/2522-9052.2018.2.03

4. Gaina, G.A. (2018) Hybrid system to support decision making in the management of complex systems. *World science*, 3(31), Vol. 7., 4–9 [in Ukrainian]

5. Jafarzadeh, H.A., Akbari, P., Abedin, B. (2018) Methodology for project portfolio selection under criteria prioritisation, uncertainty and projects interdependency – combination of fuzzy QFD and DEA. *Expert Systems with Applications*, 110, 237–249.

6. Sizova, N., Starkova, O., Solodovnik, G., Dolgova, N. (2019) Development of a computer model for evaluating the alternative options of an investment and construction project under conditions of uncertainty and risk. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, Vol. 6, No. 3 (102), 66–76. DOI: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.184376

7. Gaina, G.A., Erukaev, A.V. (2016) Ranking of independent factors by the decision tree method and the method of successive concessions. *Complex systems development management*, 26, 111–117 [in Russian]

8. Bingsheng, LIU, Bin, XU, Tengfei, HUO, Geoffrey, SHEN, Meiqing, FU (2019) Project external environmental factors

affecting project delivery systems selection. *Journal of Civil Engineering and Management*, 25 (3), 276–286. DOI: https://doi.org/10.3846/jcem.2019.7460
9. Peetawan, W., Suthiwartnarueput, K. (2018) Identifying factors affecting the success of rail infrastructure development projects contributing to a logistics platform: A Thailand case study. *Kasetsart Journal of Social Sciences*, 39 (2), 320–327. DOI: https://doi.org/10.1016/j.kjss.2018.05.002
10. Nima Golghamat Raad, Shirazia, M.A., Ghodsypoura, S.H. (2020) Selecting a portfolio of projects considering both optimization and balance of sub-portfolios. *Journal of Project Management*, 5, 1–16. DOI: http://dx.doi.org/10.5267/j.jpm.2019.8.003
11. Saaty, T. (1993) *Making Decisions. Analytic Hierarchy Process*. Radio and communication, Moscow [in Russian]
12. Hanwei, Liang, Jingzheng, Ren, Suzhao, Gao, Liang, Dong, Zhiqiu, Gao (2017) Comparison of Different Multicriteria Decision-Making Methodologies for Sustainability Decision Making. *Hydrogen Economy*, P. 189–224. DOI: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811132-1.00008-0
13. Qiping, Shen, Guiwen, Liu (2018) Critical Success Factors for Value Management Studies in Construction. *Journal of construction engineering and management*, Vol. 129, Is. 05, 485-491. DOI: http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2003)129:5(485)
14. Doughert, C. *Introduction to econometrics*. INFRA-M, Moscow [in Russian]
15. Macroeconomic indicators http://www.ukrstat.gov.ua/ Accessed 16 August 2021.

Рецензент: д-р техн. наук, доцент О.В. Старков, Харківський національний університет будівництва і архітектури, Україна.

Автор: КРАМАРЕНКО Владислав Ігорович
аспірант кафедри комп'ютерних наук та інформаційних технологій
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – Vladyslav.Kramarenko@kname.edu.ua
ID ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4065-9972

Автор: ДОЛГОВА Наталя Геннадіївна
кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерних наук та інформаційних технологій
Харківський національний університет будівництва і архітектури
E-mail – n.dolgova@kstuca.kharkov.ua
ID ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8950-8200

MODELING THE EXTERNAL ENVIRONMENT DYNAMICS OF REAL ESTATE PROJECT

V. Kramarenko[1], N. Dolgova[2]
[1]*O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine*
[2]*Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture, Ukraine*

The article examined the problem of the determination of exogenous factors of investment and real estate projects. During the investigation, were highlighted the construction project external environment factors. The expert external stakeholders' impact analysis was performed on the material resources management process using hierarchy analysis.

Determination of the cause-effect relationship between the main parameters of the project as of the cost of production, price of the dwelling, the rental rate on the housing market, duration of the project, and influence of the interests of external stakeholders was performed by the hierarchy analysis process.

Was solved the multicriteria problem of determining the most significant project parameter and ranking stakeholders according to the degree of influence on the project parameters.

The most crucial parameter in the management of resources of the construction project was determined as the construction cost. The construction prime cost trend availability check was performed by the Foster-Stewart method.

Collection and processing of statistical data have been carried out.

Basing on that data, we conducted building and analysis of the model of multiple regression of construction and installation prime cost of residential property construction, considering exogenous factors.

The exogenous factors were considered as the inferred numerical characteristics of external stakeholders' influence. The resulting regression model parameters analysis revealed exogenous factors with the most significant efficiency impact on resource management. The research defines the necessity of using mathematical apparatus for processing qualitative and quantitative information about the external environment of a real estate object dynamics as a component of information technologies for material resources management at the strategic and operational levels.

Keywords: *construction project, resources, exogenous factors, stakeholders, expert assessments, autocorrelation, regression.*