

УДК 65.012.2:334.02

JEL Classification: O22, O14, C02

DOI: [https://doi.org/10.32515/2663-1636.2020.5\(38\).228-237](https://doi.org/10.32515/2663-1636.2020.5(38).228-237)

С.С. Нісфоян, доц., канд.екон.наук

Н.П. Сисоліна, доц., канд.екон.наук

Г.В. Савеленко, доц., канд.техн.наук

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

Розвиток методу аналізу ієрархій як механізму вибору інвестиційного проєкту на підприємстві

В статті розглянуто три можливих проєкти інвестицій виробничого підприємства. Досліджено механізми вибору інвестиційного проєкту на підприємстві. Визначено, що вирішенням завдання вибору оптимального проєкту є застосування метода аналізу ієрархій, запропонованого Т. Саати. Метод аналізу ієрархії дозволяє кількісно і якісно порівняти альтернативні проєкти. Критеріями для порівняння були: загальна сума капіталовкладень, необхідна на реалізацію проєкту, попит на продукцію, очікувана прибутковість та термін окупності проєкту. Побудовано багатокритеріальну матричну модель на основі метода аналізу ієрархій. Оптимальним в умовах багатокритеріальної невизначеності з урахуванням вимог замовника за результатами аналізу було обрано проєкт по випуску бетонних сумішей.

інвестиційний проєкт, метод аналізу ієрархій, матриці, підприємства

С.С. Нисфоян, доц., канд. екон. наук

Н.П. Сысолина, доц., канд. экон. наук

Г.В. Савеленко, доц., канд. техн. наук

Центральноукраїнський національний технічний університет, г. Кропивницький, Україна

Развитие метода анализа иерархий как механизма выбора инвестиционного проекта на предприятии

В статье рассмотрены три возможных проекта инвестиций производственного предприятия. Исследованы механизмы выбора инвестиционного проекта на предприятии. Определено, что решением задачи выбора оптимального проекта является применение метода анализа иерархий, предложенного Т. Саати. Метод анализа иерархий позволяет количественно и качественно сравнить альтернативные проекты. Критериями для сравнения были: общая сумма капиталовложений, необходимая для реализации проекта, спрос на продукцию, ожидаемая доходность и срок окупаемости проекта. Построена многокритериальная матричная модель на основе метода анализа иерархий. Оптимальным в условиях многокритериальной неопределенности с учетом требований заказчика по результатам анализа был выбран проект по выпуску бетонных смесей.

инвестиционный проєкт, метод анализа иерархий, матрицы, предприятия

Постановка проблеми. Ринкове середовище впливає на розвиток підприємств будь-якої галузі і у підприємств виникає проблема визначення напряму для подальшого розвитку, коли необхідно обрати оптимальний інвестиційний проєкт, що відповідає прагненням та можливостям як споживачів, так і виробників продукції. При цьому завдання, що потрібно вирішити, є складними та багатокритеріальними.

Для визначення оптимального інвестиційного проєкту, щоб зменшити ймовірність ризику, замало інтуїції і досвіду, для цього застосовують різні математичні моделі. Існує велика кількість економічних завдань, у яких неможливо однозначно визначити основні параметри й змінні моделі досліджуваного процесу. У цьому випадку прийняття господарських рішень здійснюється в умовах невизначеності.

Математичні моделі в залежності від невідомих факторів поділяються на детерміновані, стохастичні й моделі з елементами невизначеності. Застосування імовірнісних методів моделювання економічних процесів виправдовує себе в тих випадках, коли є можливість накопичити й обробити велику кількість статистичної інформації.

В умовах невизначеності необхідно застосовувати математичні моделі з врахуванням теорії ігор або імітаційного моделювання. Їх сутність полягає в тому, що ухвалення рішень відбувається, коли приймають участь декілька сторін, причому часто з протилежними інтересами, наприклад, як у класичній ситуації взаємодії продавця й покупця. Такі ситуації відбуваються в умовах невизначеності другого порядку. Тому одним з оптимальних шляхів вирішення економічних завдань є застосування моделі теорії ігор, зокрема, методу аналізу ієрархій, оскільки він простий у використанні та потребує мінімум вихідних даних.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Дослідженню проблем математичного моделювання присвячено достатньо праць вітчизняних і зарубіжних авторів. Зокрема, В.В. Вітлінський [2] описує основні економіко-математичні методи і моделі діяльності та вибору управлінських рішень, О.А. Рядно, Ю.В. Шерстенников [7] приводять дослідження моделей управління фірмою. Праця Л.О. Волонтира, Н.А. Потапової, І.М. Ушкаленко, І.А. Чікова [6] містить основи математичного програмування і економіко-математичного моделювання економічних процесів та ситуацій.

Дослідженню методу аналізу ієрархій (МАІ), який був розроблений американським вченим Т. Сааті [8], приділяли увагу багато науковців. Зокрема, М.Г. Бадюл, В.А. Крамаренко [1], Н.М. Ершова [3] приділяли увагу застосування МАІ у будівництві, Д.І. Євстрат, Ю.І. Кушнерук [4] – у торгівлі, Х.Б. Кульчицька, Л.С. Предко [5] – у поліграфії, О.В. Трунова [9], В.І. Хомяков [10] – у виборі інвестиційного проекту в промисловості та ін.

Однак, незважаючи на наявність значної кількості наукових праць, слід зазначити, що низка завдань теоретико-методичного обґрунтування та практичне застосування МАІ при виборі оптимального інвестиційного проекту не одержали свого остаточного визначення. Доцільним є розв'язання проблем, пов'язаних з дослідженням та аналізом проектів, з врахуванням їх специфічності, в умовах економічної нестабільності.

Постановка завдання. Метою статті є дослідження та розвиток методу аналізу ієрархій як механізму вибору інвестиційного проекту на підприємстві.

Виклад основного матеріалу. Для підприємств важливо обрати оптимальний проект інвестицій, розглядаючи вплив найбільш важливих критеріїв на спільну мету. Аналіз проектів проводять послідовно побудувавши ієрархічну модель, за допомогою матричних функцій отримують узгодженість результатів. Перевагою методу аналізу ієрархій є можливість отримання результату при вирішенні складних, багатокритеріальних завдань.

Задля отримання пільгових кредитів запропоновано три проекти підприємства з випуску продукції. Разом з проектувальниками вибрано найважливіші критерії (чотири) оцінювання проектів та визначено їх кількісні та якісні характеристики.

В дослідженні зосереджена увага на трьох проектах: «1-ий проект» – виробництво піноблоків, зі строком окупності 4 роки. «2-ий проект» – виробництво тротуарної плитки, зі строком окупності 2 роки. «3-ій проект» – виробництво бетонної суміші, зі строком окупності 3 роки.

Необхідно зробити оптимальний вибір серед трьох проектів, за такими критеріями:

- необхідні кошти (сума капіталу, яку необхідно вкласти у проект);
- попит на продукцію (представлена на ринку потреба у продукції певного виду);
- прибуток (очікувана прибутковість проекту на рік);

– термін окупності (час, впродовж якого окупляться вкладені кошти).

Для побудови ієрархічної моделі проаналізуємо проблеми з вибору оптимального проекту за методом МАІ, починаючи з побудови ієрархічної структури, яка містить мету, критерії та альтернативи (рис. 1).

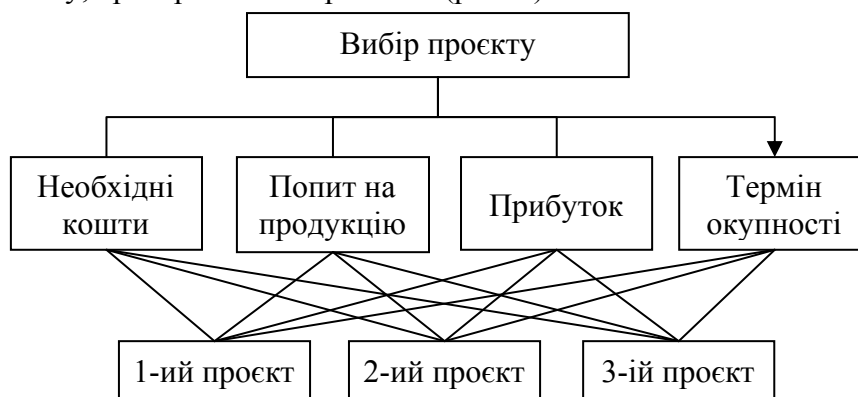


Рисунок 1 – Ієрархічна модель вибору проектів підприємства

Джерело: побудовано авторами на основі [5, с. 53]

Вершиною домінуючої ієрархічної моделі є мета – «Вибір проекту» (перший рівень). Другий рівень отриманої ієрархії формують чотири критерії: «Необхідні кошти», «Попит на продукцію», «Прибуток», «Термін окупності», які уточнюють мету. На останньому рівні є три альтернативи: «1-ий проект», «2-ий проект», «3-ій проект», які оцінюють за критеріями другого рівня.

При визначенні вектора пріоритетів та оцінюванні узгодженості результатів, визначають пріоритети, які представляють відносну важливість або перевагу елементів на кожному рівні ієрархічної моделі. Що більша величина пріоритету, то більш значущим є відповідний елемент.

Психофізіологічна межа здатності людини одночасно розрізняти різні властивості елементів дорівнює 7 ± 2 , тому для створення психометричної шкали порівнянь Т. Сааті обрав 9 точок (табл. 1) [5].

Таблиця 1 – Шкала парних порівнянь Т. Сааті

Відносна важливість (бали)	Визначення	Пояснення
1	однакова важливість	обидва елементи дають однаковий внесок
3	один елемент незначним чином важливіший за другий	досвід дозволяє поставити один елемент трохи вище за другий
5	суттєва перевага	безумовна перевага одного над іншим
7	значна перевага	один елемент настільки важливіший за інший, що є практично значимим
9	абсолютна перевага одного над іншим	очевидність переваги підтверджується більшістю
2,4,6,8	проміжні оцінки між сусідніми твердженнями	компромісне рішення
обернені величини чисел, наведених вище	якщо при порівнянні одного елемента з другим, отримане одне з вищевказаних чисел (1-9), то при порівнянні другого з першим, матимемо обернену величину	

Джерело: побудовано авторами на основі [5, с. 53]

Закон ієрархічної неперервності вимагає, щоб елементи нижчого рівня були попарно порівняні щодо елементів наступного рівня і так до вершини ієрархії. Результати порівнянь формують матрицю, де попарно порівнюються відносну важливість лівих елементів таблиці (критеріїв) з елементами (критеріями) вгорі. Якщо елемент зліва важливіший за елемент вгорі, тоді в комірку таблиці заноситься позитивне ціле число, якщо навпаки – дробове. Якщо обидва критерії рівнозначно впливають на досягнення головної мети – 1.

Кількість порівнянь, що може здійснювати експерт на рівні 2 становить:

$$K_{\text{порівн}} = \frac{n(n-1)}{2} = \frac{4(4-1)}{2} = 6. \quad (1)$$

де n – кількість критеріїв на одному рівні.

Таблицю парних порівнянь можна записати у вигляді оберненої симетричної квадратної матриці. Матриця формується зі значень парних порівнянь критеріїв на другому рівні щодо загальної мети, розташованої на першому рівні. Такі ж матриці будують для парних порівнянь кожної альтернативи на нижчому рівні щодо критеріїв вищого рівня.

За результатами експертних оцінювань критеріїв складається матриця парних порівнянь: номери рядка і стовпчика відповідають певному критерію (2).

Після формування матриці парних порівнянь за п'ятьма критеріями визначається власний вектор матриці, перевіряється узгодженість матриці за допомогою її власного числа, оскільки власний вектор забезпечує впорядкування пріоритетів, а власне значення є мірою узгодженості оцінок.

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1/4 & 1/2 & 1/6 \\ 4 & 1 & 3 & 1/4 \\ 2 & 1/3 & 1 & 1/4 \\ 6 & 4 & 4 & 1 \end{pmatrix}. \quad (2)$$

Таблиця 2 – Матриця та результати парних порівнянь для критеріїв рівня 2

Номер рядка (i)	Критерії	Номер стовпця матриці (j)				Вектор пріоритетів (W_i)	Інтенсивність відносної важливості (IV)	Частка
		1	2	3	4			
1	Необхідні кошти, тис. у. о.	1	1/4	1/2	1/6	0,06952	0,2836	4,0801
2	Попит на продукцію	4	1	3	1/4	0,24081	1,0128	4,2058
3	Термін окупності, роки	2	1/3	1	1/4	0,11691	0,4794	4,1005
4	Прибуток, тис. у. о./рік	6	4	4	1	0,57276	2,4208	4,2265
Власне значення матриці (λ_{\max})						4,1532		
Індекс узгодженості (IU)						0,0511		
Усереднене значення індексу узгодженості (UIU)						0,9		
Відносна узгодженість (BU)						0,0568 (5,68%)		

Джерело: розроблено авторами

Нормалізація головного власного вектора матриці дає вектор пріоритетів. Враховані чотири алгоритми наближених методів визначення нормованих власних векторів квадратної оберненої симетричної матриці, що запропонував Т. Саати:

Підсумувати елементи кожного рядка і їх нормалізувати у спосіб ділення кожної суми на суму усіх елементів. Сума нормалізованих елементів дорівнює одиниці. Перший елемент результуючого вектора буде пріоритетом першого критерію, другий – другого і т. д.

Підсумувати елементи кожного стовпця і отримати зворотні величини цих сум. Нормалізувати їх так, щоб їхня сума дорівнювала одиниці, розділити кожну зворотну величину на суму всіх зворотних величин.

Розділити елементи кожного стовпця на суму елементів цього стовпчика (нормалізувати стовпчики), додати елементи кожного отриманого рядка і розділити цю суму на число елементів рядка. Це процес усереднення по нормалізованих стовпчиках.

Помножити n елементів кожного рядка і отримати корінь n -го ступеня. Нормалізувати отримані числа.

Усі алгоритми дають один і той же власний вектор матриці. Четвертий метод, як найточніший, був застосований для знаходження компонентів власного вектора локальних пріоритетів матриці за формулами:

$$\bar{u}_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}}; \quad i = 1 \dots n \quad (3)$$

де a – елемент i рядка j стовпця матриці парних порівнянь критеріїв,
 n – кількість критеріїв.

Відповідні обчислення для нашого завдання:

$$\begin{aligned} \bar{u}_1 &= \sqrt[4]{1 \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{6}} = 0,3799; & \bar{u}_3 &= \sqrt[4]{2 \cdot \frac{1}{3} \cdot 1 \cdot \frac{1}{4}} = 0,6389; \\ \bar{u}_2 &= \sqrt[4]{4 \cdot 1 \cdot 3 \cdot \frac{1}{4}} = 1,3161; & \bar{u}_4 &= \sqrt[4]{6 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 1} = 3,1302. \end{aligned}$$

Вектор пріоритетів отримано нормалізацією власного вектора матриці.

$$w_i = \frac{\bar{u}_i}{\sum_{i=1}^n \bar{u}_i}; \quad i = 1 \dots n \quad (4)$$

$$\begin{aligned} w_1 &= \frac{\sqrt[4]{1 \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{6}}}{\sqrt[4]{1 \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{6}} + \sqrt[4]{4 \cdot 1 \cdot 3 \cdot \frac{1}{4}} + \sqrt[4]{2 \cdot \frac{1}{3} \cdot 1 \cdot \frac{1}{4}} + \sqrt[4]{6 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 1}} = \frac{0,3799}{5,4651} = 0,06952; \\ w_2 &= \frac{1,3161}{5,4651} = 0,24081; \\ w_3 &= \frac{0,6389}{5,4651} = 0,11691; \\ w_4 &= \frac{3,1302}{5,4651} = 0,57276. \end{aligned}$$

Перевірка: сума нормалізованих компонентів вектора становить 1.

Множенням матриці порівнянь справа на отриману оцінку вектора отримано новий вектор інтенсивності відносної важливості. Поділом кожного компоненту цього вектора на відповідну компоненту оцінки вектора рішення визначено ще один вектор для знаходження власного значення матриці.

$$IB = A \cdot w = \begin{pmatrix} 1 & 1/4 & 1/2 & 1/6 \\ 4 & 1 & 3 & 1/4 \\ 2 & 1/3 & 1 & 1/4 \\ 6 & 4 & 4 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 0,06952 \\ 0,24081 \\ 0,11691 \\ 0,57276 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,2836 \\ 1,0128 \\ 0,4794 \\ 2,4208 \end{pmatrix} \quad (5)$$

За максимальне наближене власне значення матриці λ_{max} прийнято середнє арифметичне значення компонентів цього вектора, яке застосовують для оцінки узгодженості. Що ближче λ_{max} до n (числа критеріїв), то більш узгоджений результат.

$$0,2836 : 0,06952 = 4,0801;$$

$$1,0128 : 0,24081 = 4,2058;$$

$$0,4794 : 0,11691 = 4,1005;$$

$$2,4208 : 0,57276 = 4,2265.$$

Максимальне власне значення матриці $\lambda_{max} = 16,6129/4 = 4,1532$. Відомо, що узгодженість квадратної обернено симетричної матриці еквівалентна вимозі рівності її максимального власного значення λ_{max} з n . Визначили індекс узгодженості (IY)

$$IY = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} = \frac{4,1532 - 4}{4 - 1} = 0,0511 \quad (6)$$

Індекс узгодженості порівнювали з випадково вибраним усередненим значенням індексу узгодженості (UIY) матриці того ж розміру. У таблиці 3 подані значення UIY матриць різного порядку за даними Т. Сааті.

Відношення індексу узгодженості до усередненого значення (UIY) для матриці того ж порядку називається відносною узгодженістю (BU).

$$\text{Для } n = 4, UIY = 0,9$$

Таблиця 3 – Усереднені значення індексу узгодженості для матриць різного порядку

Порядок матриці	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
UIY	0,58	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,54	1,56	1,57	1,59	

Джерело: побудовано авторами на основі [9, с. 2]

$$BU = \frac{IY}{UIY} = \frac{0,0511}{0,9} = 0,0568 \quad (5,68\%). \quad (7)$$

МАІ допускає певний рівень неузгодженості. Відносна неузгодженість не має бути більшою за 10 % (в деяких випадках, коли немає потреби у високій точності, дозволяється не більше за 20 %). Якщо BU виходить за ці межі, тоді експертам необхідно дослідити задачу і перевірити свої судження.

Оцінюючи альтернативні проекти, визначено вектори пріоритетів альтернатив відносно критеріїв, а також вектор глобальних пріоритетів, на основі якого можна ухвалювати рішення щодо вибору проекту. Кращою вважається альтернатива з максимальним значенням пріоритету.

Наприклад, порівнюючи альтернативи «1-ий проєкт» та «2-ий проєкт» щодо характеристики «Необхідні кошти», визначено необхідні кошти якого із цих проєктів є меншими, тоді критерій є кращим.

Оскільки в ієрархії є три альтернативних проєкти та чотири критеріїв оцінювання, то експерт проводив таку кількість пар порівнянь:

$$K_{\text{порівн}} = \frac{n(n-1)}{2} = 4 \frac{3(3-1)}{2} = 12 \text{ для рівня 3 ієрархічної моделі.}$$

Таблиця 4 – Матриця парних порівнянь та їх узгодженість для елементів рівня 3 за критерієм «Необхідні кошти»

№	Альтернативні проєкти	Матриця парних порівнянь проєктів для			Вектор пріоритетів (V)	Інтенсивність відносної важливості (IB)	Частка
		1	2	3			
1	1-ий проєкт	1	3	1/2	0,31962	0,9647	3,0183
2	2-ий проєкт	1/3	1	1/4	0,12196	0,3681	3,0183
3	3-ий проєкт	2	4	1	0,55843	1,6855	3,0183
Власне значення матриці (λ_{max})					3,0183		
Індекс узгодженості (IU)					0,0091		
Усереднене значення індексу узгодженості (UIU)					0,58		
Відносна узгодженість (BU)					0,0158 (1,58%)		

Джерело: розроблено авторами

$$IB = A \cdot w = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 1/2 \\ 1/3 & 1 & 1/4 \\ 2 & 4 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 0,31962 \\ 0,12196 \\ 0,55843 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,9647 \\ 0,3681 \\ 1,6855 \end{pmatrix}$$

Таблиця 5 – Матриця парних порівнянь та їх узгодженість для елементів рівня 3 за критерієм «Попит на продукцію»

№	Альтернативні проєкти	Матриця парних порівнянь проєктів для			Вектор пріоритетів (V)	Інтенсивність відносної важливості (IB)	Частка
		1	2	3			
1	1-ий проєкт	1	2	1/3	0,24931	0,7613	3,0536
2	2-ий проєкт	1/2	1	1/3	0,15706	0,4796	3,0536
3	3-ий проєкт	3	3	1	0,59363	1,8127	3,0536
Власне значення матриці (λ_{max})					3,0536		
Індекс узгодженості (IU)					0,0268		
Усереднене значення індексу узгодженості (UIU)					0,58		
Відносна узгодженість (BU)					0,0462 (4,62%)		

Джерело: розроблено авторами

Таблиця 6 – Матриця парних порівнянь та їх узгодженість для елементів рівня 3 за критерієм «Термін окупності»

№	Альтернативні проекти	Матриця парних порівнянь проектів для			Вектор пріоритетів (V)	Інтенсивність відносної важливості (IB)	Частка
		1	2	3			
1	1-ий проєкт	1	1/3	1/2	0,15146	0,4707	3,1078
2	2-ий проєкт	3	1	4	0,63010	1,9582	3,1078
3	3-ий проєкт	2	1/4	1	0,21844	0,6789	3,1078
Власне значення матриці (λ_{max})					3,1078		
Індекс узгодженості (IU)					0,0539		
Усереднене значення індексу узгодженості (UIU)					0,58		
Відносна узгодженість (BU)					0,0929 (9,29%)		

Джерело: розроблено авторами

Таблиця 7 – Матриця парних порівнянь та їх узгодженість для елементів рівня 3 за критерієм «Прибуток»

№	Альтернативні проекти	Матриця парних порівнянь проектів для			Вектор пріоритетів (V)	Інтенсивність відносної важливості (IB)	Частка
		1	2	3			
1	1-ий проєкт	1	2	1/3	0,23849	0,7198	3,0183
2	2-ий проєкт	1/2	1	1/4	0,13650	0,4120	3,0183
3	3-ий проєкт	3	4	1	0,62501	1,8865	3,0183
Власне значення матриці (λ_{max})					3,0183		
Індекс узгодженості (IU)					0,0091		
Усереднене значення індексу узгодженості (UIU)					0,58		
Відносна узгодженість (BU)					0,0158 (1,58%)		

Джерело: розроблено авторами

Отримані результати представлені у табл. 8.

Таблиця 8 – Визначення вектора глобальних пріоритетів

Проекти	Вектори пріоритетів альтернатив відносно критеріїв				
	Кошти	Попит	Термін окупності	Прибуток	Глобальний вектор
1	0,31962	0,24931	0,15146	0,23849	0,23656
2	0,12196	0,15706	0,63010	0,13650	0,19815
3	0,55843	0,59363	0,21844	0,62501	0,56529

Джерело: розроблено авторами

Методом аналізу ієрархії отримано найбільше значення компоненти вектора глобальних пріоритетів - 0,56529 для «3-й проєкту», який передбачає випуск бетонних сумішей. Отже, він є оптимальним під час вибору. Для цього проєкту найвищі пріоритети вектора альтернатив мають критерії «Попиту» та «Прибутку». «2-ий проєкт» з випуску тротуарної плитки не рекомендується до впровадження.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Метод аналізу ієрархій є ефективним методом порівняння як різних проектних пропозицій, що відповідають меті, так і оцінювання та порівняння різних за розмірністю кількісних та якісних критеріїв оцінювання проектів. МАІ дає змогу визначити ієрархію компонентів системи в цілому, детально проаналізувати критерії, їх функціональну взаємодію і вплив на систему, що досліджується, загалом.

Застосовуючи метод аналізу ієрархій Т. Сааті, вибрано оптимальний проект підприємства серед проектів, які передбачають випуск різної продукції в умовах багатокритеріальної невизначеності з врахуванням вимог замовника. Проведене дослідження показало, що підприємству доцільно впроваджувати два проекти з трьох розглянутих. Найкращим в умовах багатокритеріальної невизначеності з урахуванням вимог замовника за результатами аналізу були отримані результати по проекту, який передбачає випуск бетонних сумішей.

Перспективи подальших досліджень пов'язуємо з дослідженням залежностей між критеріями досягнення мети на основі їх кореляційного та факторного аналізу.

Список літератури

1. Бадюл М. Г., Крамаренко В. А. Застосування методу аналізу ієрархій у проектуванні та будівництві. *Будівництво, матеріалознавство, машинобудування*. 2013. Вип. 70. С.27-35.
2. Економіко-математичне моделювання: Навч. посібник / За заг. ред. В. В. Вітлінського. – К.: КНЕУ, 2008. – 536 с.
3. Ершова Н. М. Принятие решений на основе метода анализа иерархий. *Вісник Придніпровської держ. акад. буд-ва і архітектури*. 2015. № 9 (210). С. 39-45.
4. Євстрат Д. І., Кушнерук Ю. І. Застосування методу аналізу ієрархій для оцінки маркетингової активності торговельних підприємств. *Проблеми економіки*. 2012. № 2. С. 66-71.
5. Кульчицька Х.Б., Предко Л.С. Застосування методу аналізу ієрархій при виборі проекту в поліграфії. *Поліграфія і видавнича справа*. 2018. № 1. С. 51–60.
6. Оптимізаційні методи та моделі в підприємницькій діяльності: Навчальний посібник. / Волонтир Л.О, Потапова Н.А., Ушкаленко І.М., Чіков І.А., Вінницький національний аграрний університет. – Вінниця: ВНАУ, 2020 – 404 с.
7. Рядно О.А., Шерстеников Ю.В. Математичне моделювання підприємницької діяльності : навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів економічних спеціальностей. – Дніпропетровськ: ДДФА, 2011. – 352 с.
8. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. / пер. с англ. Р. Г. Вачнадзе. Москва: Радио и связь. 1993. 278 с.
9. Трунова О.В. Застосування методу Сааті при прийнятті управлінських рішень. *Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. Педагогічні науки*. 2013. Вип. 108.1. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VchdpuP_2013_1_108_34. (дата звернення: 19.11.2020)
10. Хомяков В. І. Менеджмент підприємства. 2-ге вид., перероб. і доп. Київ: Кондор, 2005. 434 с.

References

1. Badiul, M. H., & Kramarenko, V. A. (2013). Zastosuvannya metodu analizu iierarkhii u proektuvanni ta budivnytstvi [Application of the method of hierarchy analysis in design and construction]. *Budivnytstvo, materialoznavstvo, mashynobuduvannya – Construction, materials science, mechanical engineering*, 70, 27-35 [in Ukrainian].
2. Vitlinskoho, V. V. (2015). *Ekonomiko-matematychnye modelyuvannya. [Economic and mathematical modeling]*. Kyiv: KNEU [in Ukrainian].
3. Ershova, N. M. (2015). Priniatie reshenii na osnove metoda analiza ierarkhii. [Decision making based on the method of analysis of hierarchies]. *Visnyk Prydniprovskoyi derzh. akad. bud-va i arkhitektury – Bulletin of the Dnieper state. acad. construction and architecture*, 9 (210), 39-45 [in Russian].
4. Yevstrat, D. I., & Kushneruk, Yu. I. (2012). Zastosuvannya metodu analizu iierarkhii dlia otsinky marketynhovoї aktyvnosti torhovelnykh pidprijemstv [Application of the method of analysis of

- hierarchies to assess the marketing activity of commercial enterprises]. *Problemy ekonomiky – Problems of the economy*, 2, 66-71 [in Ukrainian].
5. Kulchytska, H. B., & Predko, L. S. (2018). Zastosuvannya metodu analizu iyerarkhiy pry vybori proektu v polihrafiyi [Application of the method of analysis of hierarchies when choosing a project in printing]. *Polihrafiya i vydavnycha sprava - Printing and publishing*, 1, 51–60 [in Ukrainian].
 6. Volunteer, L. O., Potapova, N. A., Ushkalenko, I. M., & Chikov, I. A. (2020). *Optymizatsiyni metody ta modeli v pidpryyemnytskiy diyalnosti [Optimization methods and models in business]*. Vinnytsya: VNAU [in Ukrainian].
 7. Ryadno, O. A., & Sherstennikov, Yu.V. (2011). *Matematychnye modelyuvannya pidpryyemnytskoyi diyalnosti: navchalnyy posibnyk dlya studentiv vyshchyykh navchalnykh zakladiv ekonomichnykh spetsialnostey [Mathematical modeling of entrepreneurial activity: a textbook for students of higher educational institutions of economic specialties]*. Dnepropetrovsk: DSFA [in Ukrainian].
 8. Saaty, T. (1993). *Priniatie reshenii. Metod analiza ierarkhii [Decision making. Hierarchy analysis method]*. Moskva : Radio i sviaz [in Russian].
 9. Trunova, O. V. (2013). Zastosuvannya metodu Saati pry pryiniatti upravlinskykh rishen [Application of the Saaty method in making management decisions] *Visnyk Chernihivskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu. Pedahohichni nauky – Bulletin of Chernihiv National Pedagogical University. Pedagogical sciences*, 108.1. Retrieve from http://nbuv.gov.ua/UJRN/VchdpuP_2013_1_108_34 [in Ukrainian].
 10. Khomiakov, V.I. (2005). *Menedzhment pidpryyemstva [Enterprise management]*. Kyiv: Kondor, [in Ukrainian].

Serhii Nisfoian, Associate Professor, PhD in Economics (Candidate of Economic Sciences)

Nataliia Sysolina, Associate Professor, PhD in Economics (Candidate of Economic Sciences)

Hryhorii Savelenko, Associate Professor, PhD tech. sci. (Candidate of Engineering Sciences)

Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

Improving the Efficiency of Investment Project Selection Mechanisms at the Enterprise

It is important for companies to choose the optimal project, considering the impact of the most important criteria on the common goal.

The article investigates the mechanism of choosing the optimal of the three proposed investment projects at the production enterprise: production of foam blocks, production of paving slabs, production of concrete mix.

To solve the problem of choosing the optimal project, the method of hierarchy analysis proposed by T. Saaty was used. The method of analysis of hierarchies is considered to be a general theory of measurement, it is used to derive a scale from pairwise comparisons in multilevel hierarchical structures. Comparisons can be made on the basis of real or approximate values. The method is widely used in tasks related to multicriteria decision making, strategic planning, forecasting, etc.

The method of hierarchy analysis allows to quantitatively and qualitatively compare alternative projects. The criteria for comparison were: the total amount of investment required for the project, product demand, expected profitability and payback period of the project.

A multicriteria matrix model based on the method of hierarchy analysis is constructed. The relationship between the criteria was established and the consistency of results was assessed at all levels of the model. According to the results of the analysis, the optimal project was determined, which has the greatest value of the component of the vector of global priorities - 0.56529 (for the project involving the production of concrete mixtures). For this project, the criteria of "Demand" and "Profit" have the highest priorities of the vector of alternatives.

The application of the method of analysis of hierarchies allows to reduce the amount of before the project work and numerically confirm the choice of the project.

investment project, method of analysis of hierarchies, matrices, enterprises

Одержано (Received) 02.12.2020

Прорецензовано (Reviewed) 11.12.2020

Прийнято до друку (Approved) 21.12.2020