

УДК 338.2

Синенко М.А.

кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри ІСЕ,
Чернігівський технологічний національний університет

МЕТОД СААТІ ПРИ ПРИЙНЯТТІ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ НА ПРИКЛАДІ ПІДПРИЄМСТВА МАЛОГО БІЗНЕСУ

Сучасний етап розвитку економіки та суспільства в цілому обумовлює високі вимоги до прийняття управлінських рішень. Задачі управління стають дедалі складнішими і вимагають від особи, яка приймає рішення, не лише досвіду, інтуїції, але й глибоких теоретичних знань. У статті розглянуто метод аналізу ієрархій, запропонований Т. Сааті. Як відомо, цей метод є загальним методом розв'язання широкого класу слабо структурованих задач прийняття рішень в умовах наявності багатьох критеріїв і дозволяє поєднати математичний апарат з досвідом та інтуїцією особи, що приймає рішення. У роботі розглянуті математичні аспекти метода та можливості його використання для обґрунтованого розподілу фінансових ресурсів на прикладі підприємства малого бізнесу, побудована ієрархічна модель можливого розподілу фінансів, показана дієвість метода як інструменту зменшення суб'єктивності та невизначеності при прийнятті рішень.

Ключові слова: ієрархія, альтернатива, критерій, матриця парних порівнянь, власний вектор, індекс узгодженості, пріоритет.

МЕТОД СААТИ ПРИ ПРИНЯТИИ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ ПРЕДПРИЯТИЯ МАЛОГО БИЗНЕСА

Синенко М.А.

Современный этап развития экономики и общества в целом обуславливает высокие требования к принятию управленческих решений. Задачи управления становятся все более сложными и требуют от лица, принимающего решения, не только опыта, интуиции, но и глубоких теоретических знаний. В статье рассмотрен метод анализа иерархий, предложенный Т. Саати. Как известно, этот метод является общим методом решения широко класса слабо структурированных задач в условиях многокритериальности и позволяет объединить математический аппарат с опытом лица, принимающего решения. В работе рассматриваются математические аспекты метода и возможности его применения для обоснованного распределения финансовых ресурсов, построена иерархическая модель возможного распределения финансов. Показана действенность метода как инструмента уменьшения субъективности и неопределенности при принятии решений.

Ключевые слова: иерархия, альтернатива, критерий, матрица парных сравнений, собственный вектор, индекс согласованности, приоритет.

SAATY'S METHOD DECISION-MAKING ON THE EXAMPLE OF A SMALL BUSINESS ENTERPRISE

Synenko M.

The modern stage of society development puts forward high demands for the adoption of managerial decision. The tasks of management are becoming more complex and require on the person of the decision maker not only experience, but also deep knowledge. The article considers the Analytic Hierarchy Process (AHP) and possibilities of applying this method for a distribution of financial resources on the example of small business enterprise. The Analytic Hierarchy Process is a multi-criteria decision-making approach. It was introduced by T. Saaty. AHP uses a multi-level hierarchical structure of objectives, criteria and alternatives. The article considers the possibilities of applying the analytic hierarchy process for a distribution of financial resources. A hierarchical model of a possible distribution of finances is constructed. The effectiveness of the method is shown as a tool for reducing subjectivity and uncertainty in decision-making.

Keywords: hierarchy, alternative, criterion, pairwise comparisons matrix, eigenvector, consistency index, priority.

Постановка проблеми. Сучасний етап розвитку вітчизняної економіки та суспільства в цілому обумовлює високі вимоги до прийняття управлінських рішень як стратегічного так і тактичного характеру. Задачі управління стають дедалі складнішими і вимагають від особи, яка приймає рішення, не лише досвіду, інтуїції, але й глибоких теоретичних знань. Крім того, стратегічні, тактичні та оперативні рішення часто доводиться приймати в умовах невизначеності, неточності та неповноти інформації. Використання науково обґрун-

тованих методів, зокрема методів математичного моделювання, дозволяє зробити цей процес більш прозорим та об'єктивним.

Відомо досить багато методів прийняття рішень в умовах невизначеності та наявності багатьох критеріїв. Відмітимо деякі з них: метод розрахунку компромісних кривих, метод Джофрїона-Дайера-Файнберга, метод випадкового пошуку [1, с. 88, с. 98-102], Analytic Hierarchy Process, відомий у вітчизняній літературі як метод аналізу ієрархій (МАІ) [2]. Цей метод був запропонований амери-

канським математиком Томасом Сааті в 70-х роках минулого сторіччя і на даний час успішно застосовується у багатьох країнах світу для розв'язання практичних задач різного рівня. Широке використання методу сприяє його подальшому розвитку та узагальненням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. До вивчення проблеми прийняття рішень в умовах наявності багатьох критеріїв долучалися відомі вітчизняні та зарубіжні вчені як у сфері економіки так і математичного моделювання. Це насамперед Т. Сааті, А.В. Лотов, В.В. Вітлінський, М.О. Перестюк, С.І. Наконечний та багато інших. Значна кількість наукових праць присвячена можливостям використання метода аналізу ієрархій у різних областях економіки та соціології, зокрема В.І. Дубровіна, В.В. Круглікової, [5], І.С. Скітера, Е.Ю. Сахна, [3], С.В. Мамалиги, [6] та багатьох інших.

Мета статті. Мета дослідження полягає в тому, щоб розглянути можливості використання методу аналізу ієрархій для обґрунтованого розподілу фінансових ресурсів на прикладі підприємства малого бізнесу та показати доцільність його використання як дієвого інструменту зменшення суб'єктивності та невизначеності цілей у процесі прийняття економічних рішень. Слід зазначити, що здебільшого в економіці МАІ застосовують для розв'язання стратегічних задач. Так, в [2, с. 11] наведені приклади використання методу для дослідження транспортної системи Судану, розподілу енергії та капіталовкладень в умовах невизначеності. Підприємства малого бізнесу, як правило, можуть розпоряджатися обмеженими фінансовими ресурсами, що робить їх більш вразливими щодо помилок в управлінні. З іншого боку перевага таких підприємств полягає у їх більшій мобільності. Все вищесказане мусить спонукати керівників малого бізнесу до виваженого науково обґрунтованого підходу до прийняття рішень.

Виклад основного матеріалу. Метод аналізу ієрархій є загальним методом розв'язання широкого класу слабо структурованих задач прийняття рішень, який дозволяє поєднати відносно простий математичний апарат з досвідом та інтуїцією особи, що приймає рішення, і передбачає послідовне виконання наступних етапів:

- структурування задачі та виявлення зв'язків між її складовими (побудова багаторівневої ієрархії);
- формування критеріїв оцінювання та порівняння наявних порівнянь та векторів локальних пріоритетів);
- синтез пріоритетів та вибір пріоритетної альтернативи.

Найпростіша ієрархічна модель може мати, наприклад, такий вигляд (рис. 1):

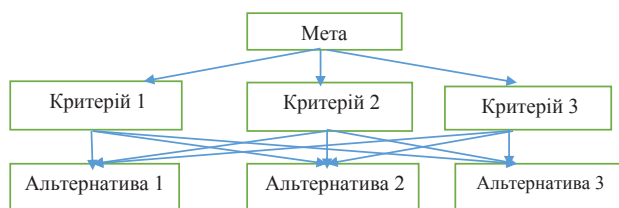


Рис. 1.

Відмітимо, що не існує єдиного підходу до побудови ієрархії, тому будь-яка ієрархічна модель відображає суб'єктивний погляд на проблему експерта чи особи, яка приймає рішення.

Наступним етапом після побудови багаторівневої ієрархії є формування матриць парних порівнянь для кількісного вираження відносної значущості критеріїв та наявних альтернатив щодо прийнятих критеріїв (в загальному випадку відносно вищого рівня ієрархії). Позначимо $A = (a_{ij})$ матрицю парних порівнянь. Елемент a_{ij} матриці виражає відносну цінність i -го об'єкта ієрархії (альтернативи, критерію) у порівнянні з j -им об'єктом. Для будь-якої матриці парних порівнянь $a_{ii} = 1$; $a_{ij} = 1/a_{ji}$. (Матрицю, яка задовольняє вказаним умовам називають обернено-симетричною). Якщо для деякого критерію можна отримати об'єктивні кількісні оцінки елементів, наприклад, вартість чи строки виконання певних робіт, то елементи матриці парних порівнянь будуть дорівнювати відношенню цих об'єктивних оцінок. Однак, у більшості випадків для слабо структурованих задач знайти такі оцінки неможливо. Для суб'єктивної оцінки пріоритетів Т. Сааті була запропонована наступна шкала [2, с. 53].

Таблиця 1. Шкала відносної значущості об'єктів за Сааті

Ступінь значущості	Інтерпретація
1	Об'єкти рівнозначні
3	Слабка перевага об'єкта i над j
5	Суттєва перевага
7	Сильна перевага
9	Абсолютна (максимально можлива перевага)
2, 4, 6, 8	Проміжні рівні

На наступному етапі для кожної матриці парних порівнянь знаходимо вектор локальних пріоритетів, тобто на множині об'єктів ієрархії певного рівня відносно розглядуваного критерію задаємо функцію $w(x_i) \in [0;1]$, яка повинна задовольняти умові нормування: $\sum w(x_i) = 1$. Найбільш математично обґрунтованим методом побудови векторів локальних пріоритетів є метод власних векторів, який полягає в тому, що для визначення локальних пріоритетів знаходять нормований власний вектор, що відповідає найбільшому власному значенню матриці парних порівнянь. Нагадаємо, що ненульовий вектор \bar{v} називається власним вектором матриці A , якщо знайдеться число λ таке, що виконується рівність $A\bar{v} = \lambda\bar{v}$, λ називається власним значенням A . В більшості статей, де застосовується МАІ, для знаходження власного вектору матриці парних порівнянь рекомендують наближений метод середнього геометричного. В даній роботі для обчислення власних векторів та власних було використано MatLab. Зокрема, команда $\gg [V, D] = \text{eig}(A)$ повертає дві матриці V і D . Кожен стовпчик першої матриці – відповідний власний вектор матриці A . D – діагональна матриця, елементами головної діагоналі якої є власні значення A . Після знаходження λ_{max} , необхідно розрахувати індекс узгодженості (I_c , consistency index):

$$I_c = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1},$$

який порівнюють з I_{cs} – середнім значенням індексу узгодженості, отриманого експериментально в результаті обробки великої кількості випадково згенерованих матриць парних порівнянь. Значення I_{cs} для деяких розмірностей матриць парних порівнянь наведені в таблиці.

Таблиця 2. Експериментальне значення I_{cs} для деяких матриць парних порівнянь

N	3	4	5	6	7	8	9	10
I_{cs}	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Матриця парних порівнянь вважається добре узгодженою, якщо відношення узгодженості (R_c , consistency ratio), де

$$R_c = \frac{I_c}{I_{cs}}$$

не перевищує 0,05 для матриць розмірності $n = 3$, 0,08 – для $n = 4$. Для матриць парних порівнянь, розмірність яких $n \geq 5$, допустиме значення R_c складає 0,1. Якщо R_c перевищує порогове значення, матрицю парних порівнянь необхідно переглянути.

Заключний етап метода аналізу ієрархій – ієрархічний синтез, мета якого знаходження пріоритетів альтернатив відносно елементів вищих рівнів ієрархії до головної мети (фокусу ієрархії) включно. Пріоритет елементів нижчих рівнів ієрархії відносно вищих визначається як зважена сума по всім шляхам ієрархії. Позначимо $W^{k-1,k}$ матрицю пріоритетів елементів k -го рівня ієрархії відносно $(k-1)$ -го рівня, W^* – матрицю-рядок, елементами якого є шукані пріоритети альтернатив, тоді

$$W^* = \prod_{k=1}^N W^{k-1,k}$$

Розглянемо приклад застосування метода аналізу ієрархій до розподілу внутрішніх фінансів підприємства малого бізнесу. Головна мета вкладання коштів визначається як зростання прибутковості підприємства та підвищення його конкурентоздатності. Як можливі альтернативи розглядаються наступні проекти.

1. Вкладення коштів у розширення сфери діяльності підприємства, тобто, наприклад, в освоєння нових технологій з метою надання нових послуг чи товарів, розширення ринків збуту, тощо.

2. Вкладення коштів у зміцнення матеріальної бази (закупівля нового чи реконструкція існуючого обладнання).

3. Вкладення коштів у проведення рекламної кампанії.

4. Вкладення коштів у покращення умов праці з метою залучення високо кваліфікованих спеціалістів.

Для порівняння та вибору альтернатив виділяють наступні критерії.

1. Стабільність роботи підприємства та зміцнення його конкурентоспроможності у часовій перспективі.
2. Термін окупності вкладених коштів.
3. Створення привабливого іміджу підприємства

Таким чином, ієрархічна структура має вигляд (рис. 2). Спочатку створимо матрицю парних порівнянь та розрахуємо вектор пріоритетів вибраних критеріїв.

Таблиця 3

	K1	K2	K3	W
K1	1	1/3	5	0,27
K2	3	1	8	0,66
K3	1/5	1/8	1	0,07
	$\lambda_{max} = 3,044; R_c = 0,038$			

1/3 у першому рядку і другому стовпчику таблиці означає, що, з точки зору експерта (керівника підприємства), критерій K1 (термін окупності) дещо менш важливий у порівнянні з зростанням конкурентоздатності, але суттєво важливіший у порівнянні з створенням привабливого іміджу, критерій K2 дуже сильно переважає K3. Вектор пріоритетів критеріїв приведений в останньому стовпчику таблиці. Відношення узгодженості складає 0,038, тобто матриця парних порівнянь добре узгоджена.

Матриці парних порівнянь та вектори локальних пріоритетів альтернатив відносно кожного з критеріїв наведені в таблицях 4, 5, 6.

Таблиця 4. Матриця парних порівнянь та вектор локальних пріоритетів альтернатив відносно критерію K1

	A1	A2	A3	A4	W
A1	1	1/5	1/6	1/3	0,06
A2	5	1	1/2	3	0,31
A3	6	2	1	4	0,49
A4	3	1/3	1/4	1	0,14
	$\lambda_{max} = 4,0788; R_c = 0,03$				

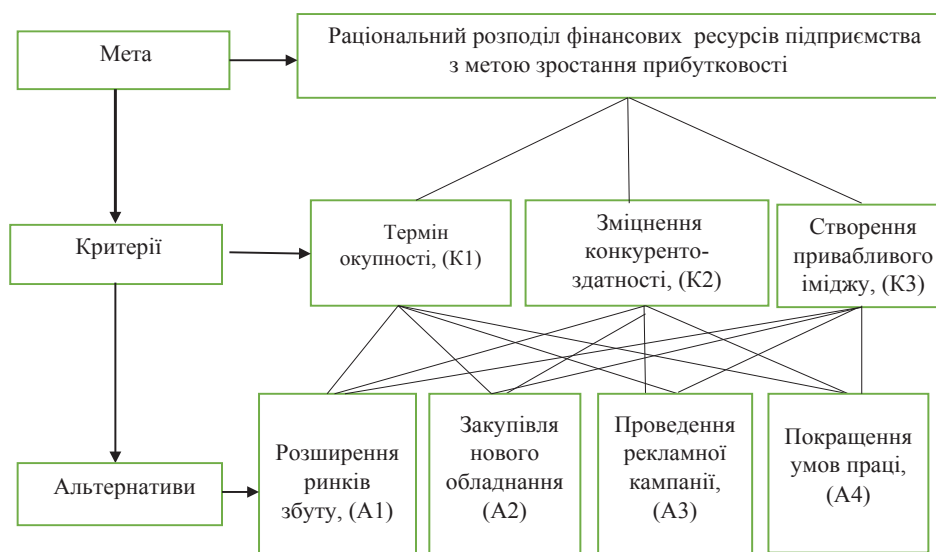


Рис. 2.

Таблиця 5. Матриця парних порівнянь та вектор локальних пріоритетів альтернатив відносно критерію К2

	A1	A2	A3	A4	W
A1	1	3	7	3	0,53
A2	1/3	1	5	2	0,25
A3	1/7	1/5	1	1/4	0,05
A4	1/3	1/2	4	1	0,17
$\lambda_{max} = 4,0992; R_c = 0,036$					

Для проведення ієрархічного синтезу запишемо матриці $W^{1,2}$ та $W^{0,1}$. Згідно з позначеннями $W^{1,2}$ – матриця пріоритетів альтернатив відносно критеріїв ієрархії, $W^{0,1}$ – матриця пріоритетів критеріїв.

$$W^{0,1} = (0,27 \ 0,66 \ 0,07);$$

$$W^{1,2} = \begin{pmatrix} 0,06 & 0,31 & 0,49 & 0,14 \\ 0,53 & 0,25 & 0,05 & 0,17 \\ 0,09 & 0,09 & 0,58 & 0,27 \end{pmatrix}.$$

Шукані пріоритети альтернатив відносно поставленої мети відповідно дорівнюють:

Таблиця 6. Матриця парних порівнянь та вектор локальних пріоритетів альтернатив відносно критерію К3

	A1	A2	A3	A4	W
A1	1	2	1/6	1/4	0,09
A2	1/2	1	1/7	1/5	0,09
A3	6	7	1	3	0,58
A4	4	5	1/3	1	0,27
$\lambda_{max} = 4,0992; R_c = 0,036$					

$$W^* = W^{0,1}W^{1,2} = (0,37 \ 0,25 \ 0,21 \ 0,17).$$

Таким чином, найвищу пріоритетність отримала перша альтернатива.

Висновки. Проведене дослідження переконливо показало доцільність використання метода аналізу ієрархій для прийняття управлінських рішень на підприємствах малого бізнесу, оскільки даний метод дозволяє чітко ранжувати наявні альтернативи та в умовах невизначеності вибирати найбільш перспективні. Хоча метод не повністю усуває елемент суб'єктивності в процесі прийняття рішень, та робить цей процес абсолютно прозорим.

1. Лотов А.В. Многокритериальные задачи принятия решений /А.В. Лотов, И.И. Поспелова. – М.: МАКС Пресс, 2008. – 198 с.
2. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Саати Т. – М.: Радио и связь. – 1993. – 278 с.
3. Маргасов Д.В. Розробка моделі та модифікації методу аналізу ієрархій для оцінки рівня енергоефективності / Д.В. Маргасов, Е.Ю. Сахно, І.С. Скитер // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2015. – № 5(2). – С. 26-32.
4. Вітлінський В.В. Економічний ризик: ігрові моделі / В.В. Вітлінський. – К. КНЕУ, 2002. – 446 с.
5. Дубровін В.І. Метод аналізу ієрархій у підвищенні ефективності рекламної кампанії / В.І. Дубровін, В.В. Круглікова, К.О. Фандєєва // Держава та регіони – 2011. – № 4. – С. 87-91.
6. Мамалига С.В. Метод аналізу ієрархій як інструмент залучення фінансових ресурсів агрохолдингами / С.В. Мамалига // Економіка АПК. – Київ. 2009. – № 6. – С. 84-89.

E-mail: mara.a.snnk@gmail.com