



Гордієнко Т. Б. /к. т. н./  
ДНУ “УкрНДДспиртбіопрод”



Величко О. М. /д. т. н./  
ДП “Укрметрестандарт”

## Методика оцінки компетентності експертів із застосуванням метода аналізу ієрархій

Розглянуто застосування методу аналізу ієрархій для оцінки компетентності експертів. Запропоновано критерії, за допомогою яких можна всебічно проаналізувати і відобразити рівень компетентності експерта з урахуванням всіх складових. З використанням поширених пакетів математичних програм здійснюють розрахунки, отримують узагальнені пріоритети для кожного із порівнюваних експертів, глобальні пріоритети для кожного експерта ранжирують і визначають найбільш компетентного експерта, для якого значення буде максимальним. Іл. 2. Табл. 4. Бібліогр.: 8 найм.

*Application of Analytic Hierarchy Process for the estimation of expert competence is considered. Criteria, by means of which it is possible to make all-round analysis and represent the level of expert competence taking into account all constituents, are offered. With the use of widespread packages of mathematical software, one may carry out calculations, get generalized priorities for each of the compared experts, global priorities for every expert range and determine the most competent expert for which the value will be maximal.*

Для ухвалення обґрунтованих рішень у будь-яких сферах (галузях) діяльності необхідно опиратися на досвід, знання та інтуїцію фахівців. З цією метою проводять експертні оцінювання – процедури отримання оцінки певної проблеми (питання) на основі думки фахівців (експертів) з метою подальшого ухвалення рішення (вибору). Для отримання таких оцінок необхідно перш за все коректно підходити до підбору експертів – кваліфікованих фахівців певної галузі діяльності, яких залучають для дослідження, консультування, вироблення суджень, висновків, пропозицій, проведення науково-технічної експертизи з певних питань.

На основі практичного досвіду науковці намагались розробити прийоми відбору експертів, зокрема, доволі складні. У спеціальній науково-технічній літературі щодо експертних оцінок фактично відображено тип «ідеального» експерта, здатного вирішувати творчі завдання, бачити і формувати не очевидні проблеми, інтуїтивно робити вірні висновки, передбачати можливі зміни стану досліджуваного об'єкту, з незалежністю суджень і умінням бачити проблему з різних точок зору. Однак, на практиці підібрати експертів, які б володіли подібними властивостями, досить складно [1–5].

Методи відбору експертів зводяться до двох основних підходів: суб'єктивного і об'єктивного. Суб'єктивний підхід передбачає залучення до процедури відбору потенційних експертів або наукової громадськості, з середовища якої вони відбираються, із застосуванням методу взаємної оцінки або методу самооцінки рівня компетентності та об'єктивності. Об'єктивний підхід має, у свою чергу, два варіанти: документальний і експериментальний. Документальний передбачає відбір експертів на основі соціально-

демографічних даних (вчена ступінь, звання, посада, стаж роботи за фахом і в сфері діяльності, пов'язаної з предметом дослідження, кількість опублікованих робіт і посилань на них в науковій літературі, участь в спеціалізованих радах, комісіях, симпозиумах). Об'єктивний підхід припускає використання спеціальних методик відбору. У цьому контексті варто зауважити, що наявні методи не можуть у повній мірі однозначно вирішити питання щодо відбору експертів, тобто методика такого відбору повинна базуватися на поєднанні різних підходів (приймів).

У будь-якому випадку, одним із основних критеріїв відбору експерта є рівень його компетентності. Компетентність експерта – це його здатність надавати достовірні судження про об'єкт експертизи на базі професійних знань, інтуїції і досвіду. Тому питанням оцінки компетентності експертів присвячено чимало робіт [1–5].

Із застосуванням методу аналізу ієрархій (МАІ) [6–8] можна реалізувати декілька варіантів оцінки компетентності експертів, зокрема, оцінити: компетентність будь-якого експерта будь-якої сфери (галузі) діяльності; динаміку підвищення рівня компетентності експертів за роками для кожного експерта окремо.

Завдання щодо визначення компетентності експертів із застосуванням МАІ вирішується за допомогою трьох ієрархічних рівнів (рис. 1). Перший (верхній) рівень ієрархії відповідає меті завдання – визначити компетентність експертів; другий рівень містить критерії, за якими визначається компетентність експерта; на третьому (нижньому) рівні – експерт (група експертів), компетентність яких треба визначити або порівняти.

В загальному випадку перелік критеріїв (складо-

вих) повинен бути таким, щоб максимально всебічно відобразити рівень компетентності експерта. Кожен критерій компетентності експерта може бути оцінений з використанням даних щодо освіти, досвіду роботи у певній сфері (галузі) діяльності на певній

й усі інші етапи із застосуванням МАІ виконують за критеріями.

Алгоритм оцінки компетентності експертів наведений на рис. 2, а формули для розрахунку чисельних значень складових, які необхідні для визначення найбільш компетентного експерта, представлені у табл. 1.

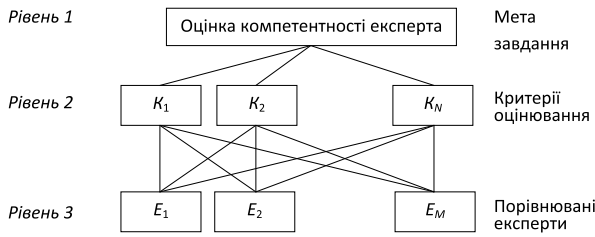


Рис. 1. Структура найпростішої моделі для реалізації МАІ щодо компетентності експертів

посаді та іншої доступної інформації.

Для релевантного порівняння під час проведення оцінки компетентності експертів необхідно брати до уваги всі складові, які порівнюються. Для цього їх групують по критеріям. Кожну складову критерію оцінюють окремо, а попарні порівняння



Рис. 2. Алгоритм оцінки компетентності експертів за МАІ

Таблиця 1. Формули для розрахунку чисельних значень складових, які необхідні для визначення найбільш компетентного експерта

Елемент алгоритму	Позначення	Вираз для розрахунку
Матриця попарних порівнянь критеріїв	$A$	$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1N} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{N1} & a_{N2} & \dots & a_{NN} \end{pmatrix}$ (1)
Нормований власний вектор матриці $A$	$A_i$	$A_i = \sqrt[N]{\prod_{j=1}^N a_{ij}} / \sum_{i=1}^N \sqrt[N]{\prod_{j=1}^N a_{ij}}$ (2)
Відношення узгодженості матриці $A$	$C_d$	$C_d = I_c / R_c$ (3) де: $R_c$ – табульований залежно від розмірності матриці індекс випадкової узгодженості
Індекс узгодженості вихідних даних матриці $A$	$I_c$	$I_c = \frac{\lambda_{\max} - N}{N - 1}$ (4)
Найбільше власне число для матриці $A$	$\lambda_{\max}$	$\lambda_{\max} = \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^N a_{ij} \cdot A_i$ (5)
Матриця попарних порівнянь експертів за встановленими критеріями	$B_k$	$B_k = \begin{pmatrix} b_{11}^k & b_{12}^k & \dots & b_{1M}^k \\ b_{21}^k & b_{22}^k & \dots & b_{2M}^k \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{M1}^k & b_{M2}^k & \dots & b_{MM}^k \end{pmatrix}$ (6)
Нормовані власні вектори для матриць $B_k$	$B_i^k$	$B_i^k = \sqrt[M]{\prod_{j=1}^M b_{ij}^k} / \sum_{i=1}^M \sqrt[M]{\prod_{j=1}^M b_{ij}^k}$ (7)
Відношення узгодженості матриць $B_k$	$C_d^k$	$C_d^k = I_c^k / R_c$ (8)
Індекс узгодженості матриць $B_k$	$I_c^k$	$I_c^k = \frac{\lambda_{\max}^k - M}{M - 1}$ (9)
Найбільші власні числа для матриць $B_k$	$\lambda_{\max}^k$	$\lambda_{\max}^k = \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^M b_{ij}^k \cdot B_i^k$ (10)
Глобальні (узгалянені) пріоритети для кожного з $M$ порівнюваних експертів	$G_n$	$G_n = \sum_{i=1}^N B_i^0 \cdot B_n^i$ (11) де: $B_i^0, \dots, B_n^i$ – компоненти нормованих власних векторів локальних пріоритетів, які визначають за виразом (6)

Чисельні значення  $a_{ij}$  ( $i, j = 1, 2, \dots, N$ ) відносної важливості складових встановлюються безпосередньо при кожному конкретному виконанні порівняльного аналізу компетентності експертів. При цьому аналізують результати наявних даних про експертів, що характеризують їх рівень за окремими складовими і визначаються числами будь-якої розмірності.

Для реалізації МАІ запропоновані конкретні критерії оцінки експертів та їхні складові, наведені у табл. 2, а також визначені значення матриці попарних порівнянь показників **B** з нормованими власними векторами  $K_i$  (вектор пріоритетів) для обраних критеріїв (табл. 3) і коефіцієнти ваги для обраних критеріїв оцінки (табл. 4).

Таблиця 2. Критерії оцінки експертів та їхні складові

Критерій оцінки експертів	Складові критерію
$K_{1i}$ – освіта і науковий рівень у відповідній галузі науки і техніки	$K_{11}$ – неповна вища (бакалавр); $K_{12}$ – вища (спеціаліст/магістр); $K_{13}$ – післядипломна (спеціалізація); $K_{14}$ – аспірантура; $K_{15}$ – докторантура
$K_{2i}$ – загальний стаж роботи	$K_{21}$ – менше 5 років; $K_{22}$ – від 5 до 10 років; $K_{23}$ – від 10 до 12 років; $K_{24}$ – від 12 до 15 років; $K_{25}$ – від 15 до 18 років; $K_{26}$ – від 18 до 20 років; $K_{27}$ – від 20 до 25 років; $K_{28}$ – більше 25 років
$K_{3i}$ – досвід роботи у відповідній галузі науки і техніки	$K_{31}$ – менше 1 року; $K_{32}$ – від 1 до 3 років; $K_{33}$ – від 3 до 5 років; $K_{34}$ – від 5 до 8 років; $K_{35}$ – від 8 до 10 років; $K_{36}$ – від 10 до 15 років; $K_{37}$ – від 15 до 20 років; $K_{38}$ – більше 20 років
$K_{4i}$ – досвід роботи експертом у відповідній галузі науки і техніки	$K_{41}$ – менше 1 року; $K_{42}$ – від 1 до 3 років; $K_{43}$ – від 3 до 5 років; $K_{44}$ – від 5 до 8 років; $K_{45}$ – від 8 до 10 років; $K_{46}$ – від 10 до 15 років; $K_{47}$ – більше 15 років
$K_{5i}$ – робота на посаді	$K_{51}$ – інженер; $K_{52}$ – провідний інженер; $K_{53}$ – науковий співробітник; $K_{54}$ – керівник (заступник керівника) сектору у складі відділу; $K_{55}$ – керівник (заступник керівника) відділу (сектору) у складі інституту; $K_{56}$ – керівник (заступник керівника) інституту у складі підприємства, установи, організації; $K_{57}$ – керівник (заступник керівника) підприємства, установи, організації

Таблиця 3. Значення матриці попарних порівнянь показників **A** з нормованими власними векторами  $K_i$  для обраних критеріїв

	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$	$K_5$	$A_i$
$K_1$	1	0,333	0,2	0,143	2	0,068
$K_2$	2	1	0,333	0,333	0,5	0,106
$K_3$	5	3	1	0,333	3	0,260
$K_4$	7	3	3	1	5	0,478
$K_5$	0,5	2	0,333	0,2	1	0,088

Таблиця 4. Коефіцієнти ваги для обраних критеріїв оцінки

$i$	$W_{1i}$	$W_{2i}$	$W_{3i}$	$W_{4i}$	$W_{5i}$
1	2	1	2	3	1
2	5	3	3	4	3
3	6	4	4	5	5
4	7	5	5	6	6
5	9	6	6	7	7
6	–	7	7	8	8
7	–	8	8	9	9
8	–	9	9	–	–

Для запропонованих критеріїв оцінки компетентності експертів найбільше власне число матриці попарних порівнянь критеріїв **A**, визначене за виразами (1) і (5), склало  $\lambda_{\max} = 5,35$ . Перевірка узгодженості вихідних даних, що використовувалися для побудови матриці **A**, за отриманим індексом узгодженості  $I_c = 0,088$ , обчисленим за виразом (3), і відношення узгодженості  $C_d = 0,079$ , обчислене за виразом (4), показала, що відношення узгодженості задовольняє вимогам узгодженості ( $C_d \leq 0,1$ ). Це показує узгодженість встановлених критеріїв оцінки експертів.

Для проведення оцінки компетентності конкретних експертів визначаються вхідні дані для обчислення елементів матриць  $B_k$  за виразом (6) з метою попарного зрівняння компетентності експертів відповідно до кожного із встановлених критеріїв. Визначають також нормовані власні вектори для кожної матриці попарних порівнянь  $B_k$  за виразом (7) і перевіряється узгодженість локальних пріоритетів, які увійшли до матриць попарних порівнянь  $B_k$  з використанням виразів (8)–(10) для  $C_d^k, I_c^k$  і  $\lambda_{\max}^k$ .

Елементами матриць  $B_k$  попарного порівняння експертів, що складають для кожного  $k$ -го критерію, мають бути числа, що визначають згідно зі шкалою відносної вагомості Сааті [7]. Для переходу від кількісних оцінок поточних значень критеріїв до вказаних чисел використовують спеціальну процедуру, основні етапи якої наведені нижче.

Для кожного з критеріїв ( $k$ -й) оцінюють можливий діапазон його зміни, і максимальному значенню цього діапазону ставиться у відповідність число 9 шкали Сааті, а мініимальному – число 1. Для цих же критеріїв отримують реальні поточні значення для кожного експерта, якого порівнюють.

Отримані кількісні характеристики експертів, отримані для  $k$ -го критерію, ранжують в порядку зростання. В результаті отримують певну послідовність чисел в реальній шкалі, яку використовують при подальших розрахунках. Отриманій послідовності чисел в реальній шкалі ставиться у відповідність послідовність чисел у шкалі Саати.

З використанням загально розповсюджених пакетів математичних програм розраховують відношення значень узагальненого  $k$ -го критерію у шкалі Саати для першого експерта до його значень для інших експертів. Отримані відношення використовують як елементи першого рядку матриці попарних порівнянь  $B_k$  для  $k$ -го критерію, що аналізують.

Аналогічні дії виконують для другого, третього, ...,  $M$ -го експерта і при цьому отримують елементи другого, третього, ...,  $M$ -го рядків матриці попарних порівнянь  $B_k$ . Всі перераховані вище операції виконують для кожного з  $k$  критеріїв і отримують всі необхідні дані для аналізу матриці попарних порівнянь  $B_k$ .

В результаті проведеної оцінки визначають узагальнені пріоритети  $G_n$  за виразом (11) для кожного з  $M$  порівнюваних експертів. Глобальні пріоритети для кожного експерта ( $n=1, 2, \dots, M$ ) ранжують і визначають найбільш компетентного експерта – експерта, для якого отримане максимальне значення  $G_n$ , чи групу найбільш компетентних експертів з максимальними значеннями  $G_n$  для певного експертного оцінювання. Одним з варіантів визначення групи експертів може бути застосування методу Парето [7] за результатами аналізу отриманих глобальних пріоритетів  $G_n$  для експертів.

МАІ доцільно застосувати як корисний інстру-

мент для порівняльної оцінки компетентності експертів на основі їхніх даних за наведеними вище критеріями для різних сфер (галузей) діяльності та споріднених чи суміжних сфер (галузей), а також для визначення динаміки підвищення компетентності з роками для кожного експерта окремо.

#### Бібліографічний список

1. Сырицын Т. А. Надежность гидро- и пневмопривода. – М.: Машиностроение, 1981. – 216 с.
2. Голубков Е. П. Какое принять решение? Практикум хозяйственника. – М.: Экономика, 1990. – 192 с.
3. Гаврилова Т. А., Червинская К. Р. Извлечение и структурирование знаний для экспертных систем. – М.: Радио и связь, 1992. – 200 с.
4. Орлов А. И. Экспертные оценки. Учеб. пособие. – М., 2002. – 31 с.
5. Кузнецов Е. С. Управление техническими системами: Учеб. пособие. – М.: МАДИ (ТУ), 2003. – 247 с.
6. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М.: Радио и связь, 1993. – 279 с.
7. Величко О. М., Коломієць Л. В., Гордієнко Т. Б. Методи оптимізації ієрархічних систем в метрології та стандартизації: теорія і практика. – Одеса: ВМВ, 2010. – 250 с.
8. Чернышева Т. Ю. Иерархическая модель оценки и отбора экспертов // Доклады ТУСУР. Управление, вычислительная техника и информатика. – 2009. – № 1 (19). – Часть 1. – С. 168–173.

Поступила 26.02.2014



### **ВНИМАНИЮ АВТОРОВ!**

*В редакции можно приобрести по льготной цене авторские экземпляры журнала.*

*Просим заблаговременно подать заявку для формирования тиража.*

**контактный телефон: 056-744-81-66**

**(факс): 0562-46-12-95**