

А.О.Азарова, к.т.н., доц.

О.В.Рузакова, асп.

РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ОЦІНЮВАННЯ ВАГ ФІНАНСОВИХ ПАРАМЕТРІВ З УРАХУВАННЯМ ГРУПОВОЇ ЕКСПЕРТНОЇ ОЦІНКИ

У даній статті запропоновано математичну модель визначення ваг коефіцієнтів, що застосовуються для оцінки фінансового стану підприємства з урахуванням ступеня узгодженості групових експертних знань, які є базовими аспектами при побудові СППР. Запропоновано використовувати коефіцієнт конкордації та критерій Пірсона для перевірки узгодженості думок експертів при вирішенні фінансової задачі.

Вступ

Процес формалізації СППР, що дозволяють вирішувати проблеми у різних галузях людської діяльності, зокрема у фінансовому аналізі, потребує на обробку масивів групових експертних знань. При цьому ключовою проблемою є визначення ваг оцінювальних параметрів об'єкта, щодо якого приймається рішення. Особливої актуальності набуває необхідність врахування ваг оцінювальних параметрів при розв'язку фінансових задач, що суттєво впливає на точність прийнятого рішення.

На сьогодні розроблено багато методик щодо оцінки фінансового стану підприємства. Зокрема вагомий внесок у дослідження цієї проблеми зробили такі вчені, як Хотомлянський О., Кручок С., Керанчук Т., Остапенко В.[1-4] тощо. Усі ці методики містять рекомендації з розрахунку фінансових коефіцієнтів, але практично жоден з них не враховує, нажаль, впливу даних коефіцієнтів на прийняття рішення щодо оцінки фінансового стану підприємства. Тому для вирішення цієї задачі автори пропонують використовувати і відповідним чином обробляти експертні знання. Останнім часом проблема формалізації процесу експертного оцінювання набуває все більшого значення. Вагомий внесок у розвиток експертних методів зробили як провідні вітчизняні вчені, так і зарубіжні – Панкова Л.А., Литвак В.Г.,

Тоценко В.Г., Дженіс І.Л., Крамер Р.М., Бешелев С.Д., Гурвич Ф.Г.[5] тощо. Проте немає універсальної методики оцінки компетентності обраних експертів, що дозволила б точніше приймати управлінські рішення. У попередніх працях [6] авторами була запропонована методика, що вирішує вищевикладену проблему. Отже, викладена нижче математична модель оцінювання ваг фінансових коефіцієнтів, що пропонується у цій статті, дозволяє розвинути підходи до продуктивного застосування експертних методів для розв'язку фінансових задач.

Метою дослідження є підвищення точності оцінювання фінансового стану підприємства з використанням узгоджених групових експертних оцінок.

Опитування експертів

У проведеному дослідженні, результати якого висвітлюються у цій статті, до співпраці було залучено п'ятьох компетентних (за вищевикладеною методикою [6]) експертів. Даним спеціалістам пропонується проранжувати ряд параметрів фінансового стану підприємства. Метод простого ранжування полягає в тому, що кожний експерт розподіляє показники в порядку переваги одного над іншим. Найнижчим балом позначається найменш важливий параметр, а найвищим – найважливіший. Експерти не обмежуються конкретною градацією, їм надається право самостійного вибору максимального та мінімального балу. Усі бальні оцінки експертів автори пропонують розміщувати в окремій матриці (див. табл. 1).

Обробка даних

Після того, як дані від експертів зібрані, проводимо обробку отриманих оцінок.

При обробці матеріалів колективного експертного оцінювання відносної ваги параметрів доцільно використовувати метод рангової кореляції. Тому дані, отримані в балах, відповідним чином ранжують. Традиційно обирають ранги, що відповідають числам натурального ряду 1, 2, 3,... n , де n — кількість ранжованих факторів. Ранг, що дорівнює одиниці, присвоюється найбільш важливому фактору; ранг з максимальним числом n – найменш

Матриця балів параметрів фінансового стану підприємства

Параметри	Позна- чення	Експерти				
		s_1	s_2	s_3	s_4	s_5
Коефіцієнт незалежності (автономності)	x_1	6	25	60	90	75
Коефіцієнт фінансової стабільності	x_2	6	30	50	90	90
Коефіцієнт фінансової стійкості	x_3	5	30	60	90	90
Коефіцієнт маневреності власних засобів	x_4	4	25	30	60	60
Коефіцієнт забезпечення власними оборотними засобами	x_5	5	25	60	90	90
Коефіцієнт грошової платоспроможності (миттєвої, абсолютної ліквідності)	x_6	4	15	20	45	45
Коефіцієнт розрахункової платоспроможності (загальної ліквідності)	x_7	4	20	50	60	45
Коефіцієнт критичної (поточної) ліквідності	x_8	6	30	60	90	75
Коефіцієнт мобільності активів	x_9	3	20	30	60	75
Коефіцієнт оборотності активів	x_{10}	3	15	40	45	45
Коефіцієнт оборотності дебіторської заборгованості	x_{11}	3	10	10	30	30
Коефіцієнт оборотності кредиторської заборгованості	x_{12}	3	20	30	45	30
Коефіцієнт оборотності матеріальних запасів	x_{13}	2	15	20	30	45
Коефіцієнт оборотності основних засобів	x_{14}	2	10	30	30	45
Коефіцієнт оборотності власного капіталу	x_{15}	3	20	30	45	30
Рентабельність витрат	x_{16}	3	10	30	45	45
Рентабельність продаж	x_{17}	5	25	40	60	45
Рентабельність всіх активів	x_{18}	4	15	40	60	75
Коефіцієнт співвідношення дебіторської та кредиторської заборгованостей	x_{19}	3	15	40	45	45
Рентабельність власного капіталу	x_{20}	4	20	30	60	60
Всього		78	395	760	1170	1140

важливому факторові. Якщо експерт присвоює однакову кількість балів декільком факторам, то їм присвоюються стандартизовані ранги. Стандартизований ранг — це частка від ділення суми місць, зайнятих факторами з однаковими рангами, та загальної кількості таких альтернатив.

Аналізуючи бали проставлені показникам першим експертом 6,6,6,5,5,5,4,4,4, 4,4,3,3,3,3,3,3,2,2, визначимо займані місця кожного показника згідно з кількістю балів: 1-3; 4-6; 7-11; 12-18; 19-20.

Використовуючи правила визначення стандартизованих рангів, отримаємо такі їх значення: 2; 5; 9; 15; 19,5, де $2=(1+2+3):3$; $5=(4+5+6):3$; $9=(7+8+9+10+11):5$; $15=(12+13+14+15+16+17+18):7$; $19,5=(19+20):2$.

Аналогічним чином визначаємо ранги за усіма іншими експертами та результати заносимо до табл.2.

Таблиця 2

Матриця рангів показників фінансового стану підприємства

Позначення	Експерти				
	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5
x_1	2	5,5	2,5	3	5,5
x_2	2	2	5,5	3	2
x_3	5	2	2,5	3	2
x_4	9	5,5	14	9	8,5
x_5	5	5,5	2,5	3	2
x_6	9	15	18,5	14,5	13,5
x_7	9	10	5,5	9	13,5
x_8	2	2	2,5	3	5,5
x_9	15	10	14	9	5,5
x_{10}	15	15	8,5	14,5	13,5
x_{11}	15	19	20	18,5	19
x_{12}	15	10	14	14,5	19
x_{13}	19,5	15	18,5	18,5	13,5
x_{14}	19,5	19	14	18,5	13,5
x_{15}	15	10	14	14,5	19
x_{16}	15	19	14	9	13,5
x_{17}	5	5,5	8,5	9	13,5
x_{18}	9	15	8,5	9	5,5
x_{19}	15	15	8,5	18,5	13,5
x_{20}	9	10	14	9	8,5

Визначення ступеня узгодженості експертних знань

Для оцінювання ступеня узгодженості думок експертів використаємо дисперсійний коефіцієнт конкордації, що визначається як відношення оцінки дисперсії (D) до максимального значення цієї оцінки (D_{\max})[5]:

$$W = \frac{D}{D_{\max}}. \quad (1)$$

$$D = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m \left(\sum_{s=1}^d r_{is} - \bar{r} \right)^2, \quad (2)$$

де m – кількість об'єктів; r_{is} – ранг, наданий s -м експертом i -му об'єкту; \bar{r} – середнє арифметичне рангів:

$$\bar{r} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \sum_{s=1}^d r_{is}. \quad (3)$$

Результати розрахунків занесемо до табл.3.

Таблиця 3

Визначення середньої суми рангів та квадратів відхилень суми рангів від середнього арифметичного рангів

Позначення	Експерти					Сума рангів	Відхилення суми r_s від серед. ар. ранг. \bar{r}	Z_s^2
	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5			
x_1	2	5,5	2,5	3	5,5	18,5	-34	1156
x_2	2	2	5,5	3	2	14,5	-38	1444
x_3	5	2	2,5	3	2	14,5	-38	1444
x_4	9	5,5	14	9	8,5	46	-6,5	42,25
x_5	5	5,5	2,5	3	2	18	-34,5	1190,25
x_6	9	15	18,5	14,5	13,5	70,5	18	324
x_7	9	10	5,5	9	13,5	47	-5,5	30,25
x_8	2	2	2,5	3	5,5	15	-37,5	1406,25
x_9	15	10	14	9	5,5	53,5	1	1
x_{10}	15	15	8,5	14,5	13,5	66,5	14	196
x_{11}	15	19	20	18,5	19	91,5	39	1521
x_{12}	15	10	14	14,5	19	72,5	20	400
x_{13}	19,5	15	18,5	18,5	13,5	85	32,5	1056,25
x_{14}	19,5	19	14	18,5	13,5	84,5	32	1024
x_{15}	15	10	14	14,5	19	72,5	20	400
x_{16}	15	19	14	9	13,5	70,5	18	324
x_{17}	5	5,5	8,5	9	13,5	41,5	-11	121
x_{18}	9	15	8,5	9	5,5	47	-5,5	30,25
x_{19}	15	15	8,5	18,5	13,5	70,5	18	324
x_{20}	9	10	14	9	8,5	50,5	-2	4
Всього						1050	997,5	12438,5
\bar{r}						52,5		

Максимальне значення дисперсії визначається за формулою:

$$D_{\max} = \frac{d^2(m^3 - m) - d \sum_{s=1}^d T_s}{12(m-1)} \quad (4)$$

де T_s – показник зв'язаних рангів в s -му ранжуванні.

$$T_s = \sum_{k=1}^{H_s} (h_k^3 - h_k), \quad (5)$$

де H_s – число груп рівних рангів в s -му ранжуванні; h_k – число рівних рангів в k -й групі зв'язаних рангів при ранжуванні s -м експертом.

Підставляючи (2), (4) в (1) запишемо вираз для визначення коефіцієнта конкордації:

$$W = \frac{D}{D_{\max}} = \frac{12 \sum_{i=1}^m Z_s^2}{d^2(m^3 - m) - d \sum_{s=1}^d T_s} \quad (6)$$

За даними таблиці 3 в ранжуванні експертом s_1 є 5 груп зв'язних рангів (6;6;6),(5;5;5),(4;4;4;4;4),(3;3;3;3;3;3;3;3),(2;2), тому $H_1=5$, $h_1=3$, $h_2=3$, $h_3=5$, $h_4=7$, $h_5=2$.

Підставляючи ці значення в формулу (5) отримаємо $T_1 \dots T_5$.

$$T_1 = (3^3 - 3) + (3^3 - 3) + (5^3 - 5) + (7^3 - 7) + (2^3 - 2) = 510;$$

$$T_2 = (3^3 - 3) + (4^3 - 4) + (5^3 - 5) + (5^3 - 5) + (3^3 - 3) = 348;$$

$$T_3 = (4^3 - 4) + (2^3 - 2) + (4^3 - 4) + (7^3 - 7) + (2^3 - 2) = 468; \quad (7)$$

$$T_4 = (5^3 - 5) + (7^3 - 7) + (4^3 - 4) + (4^3 - 4) = 576;$$

$$T_5 = (3^3 - 3) + (4^3 - 4) + (2^3 - 2) + (8^3 - 8) + (3^3 - 3) = 618.$$

Підставляючи значення T_s , S та $m=20$, $d=5$ в формулу 6 отримуємо:

$$W = \frac{D}{D_{\max}} = \frac{12 \sum_{i=1}^m Z_s^2}{d^2(m^3 - m) - d \sum_{s=1}^d T_s} = \frac{12 \cdot 12438,5}{186900} = 0,8.$$

Коефіцієнт конкордації набуває значень від 0 до 1. Чим більше значення коефіцієнта конкордації, тим вище ступінь узгодженості думок експертів. При $W=1$ є повна узгодженість думок експертів; якщо $W=0$, то інформація є неузгодженою.

У даному випадку значення коефіцієнта конкордації близьке до одиниці, отже, можна зробити висновок, що ступінь узгодженості думок експертів досить високий.

Коефіцієнт конкордації являє собою випадкову величину. Оцінка значимості коефіцієнта конкордації перевіряється за критерієм Пірсона (χ^2):

$$\chi^2 = \frac{12 \sum_{i=1}^m Z_s^2}{dm(m+1) - \frac{1}{m-1} \sum_{s=1}^d T_s} \quad (8)$$

На основі раніше розрахованих даних:

$$\chi^2 = \frac{12 \cdot 12438,5}{5 \cdot 20(20+1) - \frac{1}{20-1} 2520} = \frac{149262}{1967,37} = 75,87. \quad (9)$$

Розраховане значення χ^2 зіставляється із табличним значенням $\chi_{табл.}^2$ для $n=m-1$ ступенів свободи та рівнем значимості ($P=0,95$). Якщо $\chi^2 > \chi_{табл.}^2$, то коефіцієнт конкордації істотний, якщо ж $\chi^2 < \chi_{табл.}^2$, то необхідно збільшити кількість експертів. Для наведеного прикладу при 20-1 ступенів свободи та $P=0,95$ $\chi_{табл.}^2 = 31,4$.

Оскільки $31,4 < 75,87$, то гіпотеза про узгодженість експертів у ранжируванні приймається.

Визначення ваг фінансових параметрів

Для врахування думок усіх експертів пропонуємо обчислювати агреговану оцінку, що включає в себе компетентність усіх експертів:

$$r = \sum_{s=1}^d k_{ns} r_{ns}, \quad (10)$$

де d – кількість експертів; k_{ns} – нормований коефіцієнт відносної компетентності s -го експерта; r_{ns} – нормована оцінка, дана s -м експертом.

Раніше авторами було визначено компетентність кожного з експертів[6]:

$$k_{n1} = \frac{0,94}{3,8} = 0,24, \quad k_{n2} = \frac{0,71}{3,8} = 0,19, \quad k_{n3} = \frac{0,68}{3,8} = 0,18, \quad k_{n4} = \frac{0,96}{3,8} = 0,25,$$

$$k_{n5} = \frac{0,51}{3,8} = 0,14.$$

Пронормуємо бальну оцінку експертів таким чином, щоб сума усіх відносних значень параметрів дорівнювала 1:

Для параметра x_1 : $r_{n1} = \frac{6}{78} = 0,077$; $r_{n2} = \frac{25}{395} = 0,063$; $r_{n3} = \frac{60}{760} = 0,079$;
 $r_{n4} = \frac{90}{1170} = 0,077$; $r_{n5} = \frac{75}{1140} = 0,066$. Аналогічним чином визначаємо r_{ns} для

усіх інших показників та зводимо результати до таблиці 4.

Визначимо агреговані ваги параметрів:

Агрегована вага коефіцієнта незалежності (автономності) x_1 : $r_1 = 0,077 \cdot 0,24 + 0,063 \cdot 0,19 + 0,079 \cdot 0,18 + 0,077 \cdot 0,25 + 0,066 \cdot 0,14 = 0,073$.

Агрегована вага коефіцієнта фінансової стабільності x_2 : $r_2 = 0,077 \cdot 0,24 + 0,076 \cdot 0,19 + 0,066 \cdot 0,18 + 0,077 \cdot 0,25 + 0,079 \cdot 0,14 = 0,075$.

Аналогічним чином визначаємо агреговані ваги усіх інших параметрів фінансового стану підприємства та результати заносимо до таблиці 4.

Таблиця 4

Визначення агрегованої оцінки ваг параметрів фінансового стану підприємства

Параметри	Нормована оцінка експертів					Агрегована оцінка	
	r_{n1}	r_{n2}	r_{n3}	r_{n4}	r_{n5}	r	α
x_1	0,077	0,063	0,079	0,077	0,066	0,073	1,46
x_2	0,077	0,076	0,066	0,077	0,079	0,075	1,50
x_3	0,064	0,076	0,079	0,077	0,079	0,074	1,49
x_4	0,051	0,063	0,039	0,051	0,053	0,051	1,03
x_5	0,064	0,063	0,079	0,077	0,079	0,072	1,44
x_6	0,051	0,038	0,026	0,038	0,039	0,039	0,78
x_7	0,051	0,051	0,066	0,051	0,039	0,052	1,04
x_8	0,077	0,076	0,079	0,077	0,066	0,076	1,51
x_9	0,038	0,051	0,039	0,051	0,066	0,048	0,96
x_{10}	0,038	0,038	0,053	0,038	0,039	0,041	0,82
x_{11}	0,038	0,025	0,013	0,026	0,026	0,026	0,53
x_{12}	0,038	0,051	0,039	0,038	0,026	0,039	0,78
x_{13}	0,026	0,038	0,026	0,026	0,039	0,030	0,60
x_{14}	0,026	0,025	0,039	0,026	0,039	0,030	0,60
x_{15}	0,038	0,051	0,039	0,038	0,026	0,039	0,78
x_{16}	0,038	0,025	0,039	0,038	0,039	0,036	0,72
x_{17}	0,064	0,063	0,053	0,051	0,039	0,055	1,10
x_{18}	0,051	0,038	0,053	0,051	0,066	0,051	1,02
x_{19}	0,038	0,038	0,053	0,038	0,039	0,041	0,82
x_{20}	0,051	0,051	0,039	0,051	0,053	0,049	0,98

У подальшому пропонується використовувати ваги параметрів у вигляді ступеневих коефіцієнтів для функцій належності $(\mu(x_i))^{\alpha_i}$, де $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \alpha_i = 1$. Значення коефіцієнтів $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ знаходяться, відповідно, як $\alpha_1 = nr_1$; $\alpha_2 = nr_2$; \dots ; $\alpha_n = nr_n$.

$\alpha_1 = 20 \cdot 0,073 = 1,46$; $\alpha_2 = 20 \cdot 0,075 = 1,5$. Аналогічним чином визначаємо ступеневі коефіцієнти для усіх інших параметрів та результати зводимо до таблиці 4.

Висновки

Авторами обґрунтовано доцільність врахування впливу оцінювальних параметрів досліджуваного об'єкта при оцінюванні фінансового стану підприємства. У статті розроблено математичну модель визначення ваг фінансових коефіцієнтів із використанням методів групової експертної оцінки. Вона дозволяє формалізувати узгоджену інформацію, отриману від компетентних експертів, що суттєво підвищує точність прийнятого фінансового рішення.

Адекватність вищевикладеної моделі було доведено шляхом порівняння результатів за запропонованим підходом та існуючими у фінансовому аналізі. Складена авторами модель дозволяє точніше і обґрунтовано приймати рішення щодо оцінювання фінансового стану підприємства.

Запропонована методика із використанням експертного опитування дозволить розробити у перспективі формалізовану ієрархічну СППР щодо оцінювання фінансового стану підприємства. Формалізація ієрархічних СППР за допомогою різних математичних апаратів, на зразок нечітких множин, нейронних мереж, порогових елементів та ін., потребує саме наявності ваг аналізованих параметрів. Отже, запропонована у статті модель дозволяє забезпечити вирішення цієї проблеми. Доцільність подібних розробок засвідчується системами підтримки прийняття рішень на базі експертних оцінок, які застосовуються фінансовими менеджерами компаній для зменшення ризику при плануванні фінансової діяльності компаній.

Список літератури

1. Хотомлянський О.Л., Черната Т.Г., Северина Г.О. Комплексна оцінка фінансового стану підприємства на основі використання матричних моделей // Фінанси України, 2003, №2. – С.35-41.
2. Кручок С.І. Оцінка фінансового стану підприємств // Фінанси України, 2002, №8.– С.40-47.
3. Керанчук Т. Финансовая стабильность предприятия и методические аспекты её оценки // Экономика Украины, 2000, №1. – С.82-85.
4. Остапенко В. Финансовое состояние предприятия: оценка, пути улучшения // Экономист, 2000, №7. – С.37-42.
5. Бешелев С. Д., Гурвич Ф. Г. Математико-статистические методы экспертных оценок. – 2-е изд., перер. и доп. – М.: Статистика, 1980. – 263с.
6. Азарова А.О., Рузакова О.В., Воронюк Л.В. Розробка підходу визначення компетентності експертів при побудові СППР щодо оцінювання фінансового стану підприємства // Механізм регулювання економіки, 2006, №2. – С.34-39.

Кафедра ІМЕН

Довідка про авторів:

Азарова Анжеліка Олексіївна,

кандидат технічних наук, доцент, заступник директора з наукової роботи інституту менеджменту ВНТУ

Вінницький національний технічний університет, вул. Хмельницьке шосе, 95, 21021 Вінниця, Україна

дом. адреса: м. Вінниця, вул. Келецька, 94, кв.43, тел.: 8 (0432)46-43-21.

Рузакова Ольга Володимирівна,

аспірантка кафедри ІМЕН Вінницького національного технічного університету

дом. адреса: 21000, м. Вінниця, вул. Стеценка, 57, кв.5.

моб.тел.: 8(097)502-56-72

роб.тел.: 8(0432)59-85-63

e-mail: nika-33@mail.ru