

## Про комплексну оцінку фінансової безпеки з лінгвістичним класифікатором

Л. М. БОЖУХА, І. П. ТКАЧЕНКО

Дніпродзержинський державний технічний університет

У роботі представлені результати побудови найпростішої комплексної оцінки фінансової безпеки підприємства на основі трапецієвидного числа лінгвістичного класифікатора. Використання зазначеного методу розширяє спектр якісних критеріїв оцінки фінансової безпеки підприємства з лінгвістичним класифікатором при аналізі кількісних характеристик.

В работе представлены результаты построения простейшей комплексной оценки финансовой безопасности предприятия на основе трапециевидного числа лингвистического классификатора. Использование указанного метода расширяет спектр качественных критериев оценки финансовой безопасности предприятия с лингвистическим классификатором при анализе количественных характеристик.

The paper presents the results of the simplest complex estimation of financial safety of the enterprise on the basis of a trapezoidal number a linguistic classifier. Using this method can give the opportunity to improve quality assessment criteria financial security company with the linguistic criterion in the analysis of quantitative characteristics.

Для аналізу фінансової безпеки підприємства використовують математичний апарат на основі вибірки статистичних даних діяльності підприємства. На фінансову безпеку підприємства впливає цілий ряд взаємопов'язаних між собою причин, які можна об'єднати за групами: причини з зовнішнього оточення підприємства, ринкові причини, внутрішнього характеру економічних причини, фінансові причини та управлінські причини. Зв'язок між цими групами є дуже суттєвим і тому завжди виникає складність у побудові комплексної математичної моделі фінансової безпеки підприємства.

Оцінка фінансової безпеки підприємства тільки за станом його фінансів є необхідною, однак, не достатньою умовою, а відтак – не перспективною. Вимірювання матеріальних потоків у натуральному виразі підлягають кількісному вимірюванню і відповідно – аналізу цих даних. Аналіз кількісних характеристик кожного параметра у причинних групах може бути показаний на побудованій інтерполяційній функції або при використанні математичного апарату планування експерименту. Отримані таким чином критерії є локальними для кожної з груп та не є корисними на підприємстві з іншим набором кількісних характеристик. У більшій мірі математична модель, яка побудована тільки на основі статистичних даних, показує необхідні результати тільки при використанні великого обсягу цих даних. Як правило такі моделі можуть бути багатовимірними, але кількість параметрів, які аналізуються, тільки ускладнюють математичні перетворення і іноді не враховуються зв'язки між факторами.

Багато причинних груп фінансової безпеки не мають кількісних характеристик, або мають дуже велику їх кількість з невизначеними пороговими значеннями. При оцінюванні цих слабо вимірюваних факторів використовують штучні прийоми (наприклад, підхід, де кожному фактору оцінювання ставиться у відповідність кількісна бальна шкала). Проблемою цього підходу є створення для аналітика або експерта методики виставлення відповідних балів по критерію, який досліджується.

У випадку факторів такого типу доцільно вводиться термінологія нечітких виражених степенів: «дуже низька», «низька», «середня», «висока», «дуже висока». Проблемою побудови таких критеріїв по якісним

характеристикам є існування набору фінансових показників неупорядкованих факторів одного рівня ієрархії.

Лінгвістичний опис можна зіставити з кількісними характеристиками факторів. На основі результатів роботи [1] побудови комплексної оцінки зроблений аналіз кількісних характеристик факторів, відношень між факторами у структурі ієрархії цих факторів. Модель будується на основі агрегування даних з усіх рівнів ієрархії факторів, на основі кількісних даних про рівні факторів та їх відношення порядку на одному рівні ієрархії.

Метою даної роботи є представлення схеми такого агрегування при аналізі фінансової безпеки підприємства.

Нехай FSM-моделлю (Financial Security) математична модель фінансової безпеки підприємства:

$$FSM = \langle G, L, S \rangle. \quad (1)$$

де  $G$  - деревоподібна ієрархія факторів фінансової безпеки.

Набір якісних оцінок рівнів кожного фактору в ієрархії  $G$  має вигляд:

$$L = \left\{ \begin{array}{l} \text{дуже низький рівень (ДН)} \\ \text{низький рівень (Н)} \\ \text{середній рівень (С)} \\ \text{високий рівень (В)} \\ \text{дуже високий рівень (ДВ)} \end{array} \right\}. \quad (2)$$

Система переваг одних факторів іншим для одного рівня ієрархії факторів:

$$S = \left\{ F_{k,i} \mathfrak{R} F_{k,j} \mid \mathfrak{R} = \left\{ \begin{array}{l} > \text{відношення переваги,} \\ \approx \text{відношення байдужості} \end{array} \right\} \right\}. \quad (3)$$

Деревоподібна ієрархія факторів фінансової безпеки  $G$  може бути описана орієнтованим графом без циклів, петель, горизонтальних ребер у межах одного рівня ранжування, який містить одну кореневу вершину:

$$G = \langle F, V \rangle, \quad (4)$$

де  $F = \{ F_i \}$  - множина вершин факторів,

$V = \{ V_i \}$  - множина дуг.

Вершину, яка відповідає фактору фінансової безпеки у цілому позначимо  $F_0$ .

Експерту необхідно вибрати ряд окремих фінансових показників, про які можна сказати, що вони якнайкраще характеризують окремі сторони діяльності підприємства і при цьому утворюють якусь закінчену сукупність, що дає вичерпне уявлення про підприємство в цілому. Вибір системи показників для аналізу може бути індивідуальним для кожного підприємства. Значимість тих чи інших показників для оцінки тих чи інших підприємств різна і тому, перед експертом постає важке завдання відбору і ранжирування чинників аналізу. Показники, які класифіковані за групами, можуть утворювати ієрархію, але в найпростішому випадку вони просто складають невпорядкований набір.

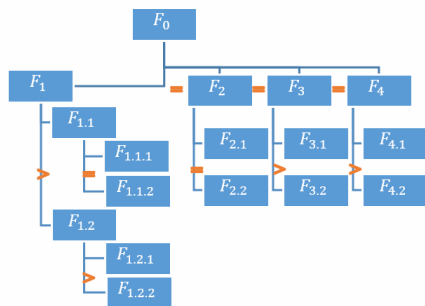


Рис 1. Деревовидна ієрархія

Розглянемо деревовидну ієрархію  $F$ , яка залежить від чотирьох основних груп існування критеріїв аналізу фінансової безпеки:

$F_1$  - рівень стану фінансової системи підприємства;

$F_2$  - рівень стану джерел фінансової безпеки;

$F_3$  - рівень структури капіталу підприємства;

$F_4$  - рівень чистого грошового потоку підприємства;

$F_{1,1}$  - рівень зовнішніх показників,  $\forall i = \overline{1, 4}$ ;

$F_{1,2}$  - рівень внутрішніх показників,  $\forall i = \overline{1, 4}$ ;

$F_{1,j,1}$  - рівень абсолютних критеріїв,  $\forall j = \overline{1, 2}$ ;

$F_{1,j,2}$  - рівень відносних критеріїв,  $\forall j = \overline{1, 2}$ .

Фінансову безпеку підприємства оцінюємо за чотирма блоками факторів  $F_1, F_2, F_3, F_4$ . Дерево можна розширити, якщо додавати до графа  $G$  нові вузли. На ієрархії критеріїв (рис. 1) обираємо систему відношень переваг на основі експертної оцінки груп факторів. На нашій схемі ця система є початковою і на даному етапі моделювання не є експертною.

Система переваг одних факторів іншим (рис. 1) для усіх рівнів ієрархії факторів має вигляд:

$$S = \left\{ \begin{array}{l} F_1 \approx F_2 \approx F_3 \approx F_4, \\ F_{1,1} > F_{1,2}, \\ F_{2,1} \approx F_{2,2}, \\ F_{3,1} > F_{3,2}, \\ F_{4,1} > F_{4,2}, \\ F_{1,1,1} \approx F_{1,1,2}, \quad F_{1,2,1} > F_{1,2,2} \end{array} \right\}. \quad (5)$$

Сформуємо лінгвістичну змінну «Рівень фактору» з терм-множиною значень  $L$ . Алгоритм побудови змінної агрегування даних проходить за напрямом дуг

графа ієрархії при застосуванні OWA-оператора Ягера [2] з вагами у згортці у вигляді коефіцієнтів Фішберна і кожному рівню відповідає функція належності.

Нехай лінгвістичні експертні оцінки рівнів факторів відповідають набору якісних оцінок  $L$ :

$$\{F_{1,1,1}(B), F_{1,1,2}(ДВ), F_{1,2,1}(C), F_{1,2,2}(B), F_{2,1}(B), F_{2,2}(ДН), F_{3,1}(B), F_{3,2}(C), F_{4,1}(C), F_{4,2}(H)\}. \quad (6)$$

Для запису якісних характеристик параметру рівня надалі використовується стандартний кількісний вигляд у вигляді відповідної функції належності.

Функція належності  $\mu^*(x)$  представляється стандартним п'ятирівневим 01-класифікатором. Функції належності  $\mu^*(x)$  – трапецієвидні трикутні числа  $(a_1^*, a_2^*, a_3^*, a_4^*)$ , де  $a_i^*$  - абсциси вершин трапеції.

Отже, для подальшої побудови алгоритму у якості функції належності обираємо стандартну функцію у вигляді:

$$\mu^*(x) = \begin{cases} ДН: \mu_1(x) = (-0.05, 0.05, 0.15, 0.25) \\ Н: \mu_2(x) = (0.15, 0.25, 0.35, 0.45) \\ С: \mu_3(x) = (0.35, 0.45, 0.55, 0.65) \\ В: \mu_4(x) = (0.55, 0.65, 0.75, 0.85) \\ ДВ: \mu_5(x) = (0.75, 0.85, 0.95, 1.05) \end{cases} \quad (7)$$

За кожним показником  $F^* = (F_1^*, F_2^*, \dots, F_i^*)$  на обраному підрівні графу  $G$  відомі лінгвістичні оцінки  $L^* = (L_1^*, L_2^*, \dots, L_i^*)$  та визначена вагова система Фішберна  $P^* = (p_1^*, p_2^*, \dots, p_i^*)$ . Показник підрівня  $F^*$  характеризується своєю лінгвістичною оцінкою, яка визначається функцією належності на 01-носії  $x \in [0; 1]$  за допомогою OWA-оператора Ягера:

$$\begin{aligned} \mu^*(x) &= \sum_{k=1}^i p_k^* \mu_k^*(x) = \\ &= \sum_{k=1}^i p_k^* (a_{k1}^*, a_{k2}^*, a_{k3}^*, a_{k4}^*) = \\ &= \left( \sum_{k=1}^i p_k^* a_{k1}^*, \sum_{k=1}^i p_k^* a_{k2}^*, \sum_{k=1}^i p_k^* a_{k3}^*, \sum_{k=1}^i p_k^* a_{k4}^* \right), \end{aligned} \quad (8)$$

де  $\mu_k^*(x)$  визначені формулами (7).

Таблиця 1. Інтерпретація функції належності фактору фінансової безпеки

Функція належності	Рівень фактору $F_0$	Ступінь фінансової безпеки підприємства
$\mu_1(x)$	ДН	Незначна
$\mu_2(x)$	Н	Прийятна
$\mu_3(x)$	С	Гранична
$\mu_4(x)$	В	Небезпечна
$\mu_5(x)$	ДВ	Висока

Проводячи обчислення послідовно знизу догори по усім рівням ієрархії  $G$ , застосовуючи співвідношення (7), (8) і доведені у роботі [1] результати лінгвістичного розпізнавання показника верхнього рівня ієрархії,

а в нашому випадку показника фінансової безпеки підприємства, отримуємо функцію належності фактору  $F_0$  та його інтерпретацію (таблиця 1).

Визначимо критерій фінансової безпеки для побудованої моделі, яка представлена графом  $G$  (рис. 1) з системою переваг (5) та лінгвістичними оцінками факторів (6).

Розглянемо рівень зовнішніх показників фінансової системи підприємства  $F_{1,1}$ . Функція належності цього рівня базується на двох рівнях  $F_{1,1,1}$  і  $F_{1,1,2}$ , тому

$$\mu_{1,1}^*(x) = \begin{cases} \text{В: } \mu_4(x) = (0.55, 0.65, 0.75, 0.85) \\ \text{ДВ: } \mu_5(x) = (0.75, 0.85, 0.95, 1.05) \end{cases}$$

За умовою  $F_{1,1,1} \approx F_{1,1,2}$  і ваговою таблицею Фішберна [1]  $r_{1,1,1} = 1/2$ ,  $r_{1,1,2} = 1/2$ . Показник підрівня визначається за формулою (8) і має вигляд:

$$\mu_{1,1}^*(x) = \begin{pmatrix} 1/2 \\ 1/2 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} 0.55 & 0.65 & 0.75 & 0.85 \\ 0.75 & 0.85 & 0.95 & 1.05 \end{pmatrix} = (0.65 \ 0.75 \ 0.85 \ 0.95).$$

На рівні внутрішніх показників фінансової системи підприємства  $F_{1,2}$  функція належності має вигляд:

$$\mu_{1,2}^*(x) = \begin{cases} \text{С: } \mu_3(x) = (0.35, 0.45, 0.55, 0.65) \\ \text{В: } \mu_4(x) = (0.55, 0.65, 0.75, 0.85) \end{cases}$$

Для мішаної системи переваг маємо вагові числа  $r_{1,2,1} = 2/3$ ,  $r_{1,2,2} = 1/3$  при умові  $F_{1,2,1} > F_{1,2,2}$ . Отже,

$$\mu_{1,2}^*(x) = \begin{pmatrix} 2/3 \\ 1/3 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} 0.35 & 0.45 & 0.55 & 0.65 \\ 0.55 & 0.65 & 0.75 & 0.85 \end{pmatrix} = (0.42 \ 0.52 \ 0.62 \ 0.72).$$

На рівні фінансової системи підприємства  $F_1$  при  $F_{1,1} > F_{1,2}$  і  $r_{1,1} = 2/3$ ,  $r_{1,2} = 1/3$  отримуємо функцію належності на цьому рівні:

$$\mu_1^*(x) = \begin{pmatrix} 2/3 \\ 1/3 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} 0.65 & 0.75 & 0.85 & 0.95 \\ 0.42 & 0.52 & 0.62 & 0.72 \end{pmatrix} = (0.57 \ 0.67 \ 0.77 \ 0.87).$$

Враховуючи аналогічні обчислення для інших рівнів ієрархії  $F_2$ ,  $F_3$ ,  $F_4$ , маємо

$$\mu_2^*(x) = \begin{pmatrix} 1/2 \\ 1/2 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} 0.55 & 0.65 & 0.75 & 0.85 \\ -0.05 & 0.05 & 0.15 & 0.25 \end{pmatrix} = (0.25 \ 0.35 \ 0.45 \ 0.55),$$

$$\mu_3^*(x) = \begin{pmatrix} 2/3 \\ 1/3 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} 0.55 & 0.65 & 0.75 & 0.85 \\ 0.35 & 0.45 & 0.55 & 0.65 \end{pmatrix} = (0.48 \ 0.58 \ 0.68 \ 0.78),$$

$$\mu_4^*(x) = \begin{pmatrix} 2/3 \\ 1/3 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} 0.35 & 0.45 & 0.55 & 0.65 \\ 0.15 & 0.25 & 0.35 & 0.45 \end{pmatrix} = (0.28 \ 0.38 \ 0.48 \ 0.58),$$

Для того, щоб визначити рівень кожного з отриманих факторів, необхідно визначити ступінь схожості трапецієвидного числа  $(a_1^*, a_2^*, a_3^*, a_4^*)$  відповідного рівня і стандартного трапецієвидного числа  $(b_1^*, b_2^*, b_3^*, b_4^*)$  вигляду (7) за допомогою міри розпізнання рівня (різновидність міри Хемінга):

$$0 \leq v = 1 - \max\{|a_1^* - b_1^*|, |a_2^* - b_2^*|, |a_3^* - b_3^*|, |a_4^* - b_4^*|\} \leq 1.$$

Для рівня  $F_1$  з відповідним трапецієвидним числом  $\mu_1^*(x) = (0.57 \ 0.67 \ 0.77 \ 0.87)$ ,  $\forall x \in [0; 1]$  рівень фактору відповідає лінгвістичній змінній «Високий (В)» при  $v_1 = 1 - \max\{0.02, 0.02, 0.02, 0.02\} = 0.98 \leq 1$ .

Лінгвістична змінна, яка відповідає рівню ієрархії  $F_2$ , приймає значення «Середній (С)» при  $v_2 = 1 - \max\{0.1, 0.1, 0.1, 0.1\} = 0.9 \leq 1$ .

Фактори рівнів  $F_3$  і  $F_4$  приймають значення «Високий (В)» і «Середній (С)» при  $v_3 = 0.93$  і  $v_4 = 0.93$  відповідно.

На рівні  $F_0$  побудови критерію фінансової безпеки підприємства  $F_1 \approx F_2 \approx F_3 \approx F_4$  і  $r_1 = 1/4$ ,  $r_2 = 1/4$ ,  $r_3 = 1/4$ ,  $r_4 = 1/4$ . Функція належності цього рівня може бути записана у вигляді:

$$\mu_0^*(x) = \begin{pmatrix} 1/4 \\ 1/4 \\ 1/4 \\ 1/4 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} 0.57 & 0.67 & 0.77 & 0.87 \\ 0.25 & 0.35 & 0.45 & 0.55 \\ 0.48 & 0.58 & 0.68 & 0.78 \\ 0.28 & 0.38 & 0.48 & 0.58 \end{pmatrix} = (0.395 \ 0.495 \ 0.595 \ 0.695).$$

Рівень фактору  $F_0$  відповідає лінгвістичній змінній «Середній (С)» при

$$v_0 = 1 - \max\{0.045, 0.045, 0.045, 0.045\} = 0.955 \leq 1.$$

Отже, при порівнянні отриманої функції належності і ступені фінансової безпеки підприємства (таблиця 1) маємо, що при побудованій залежності критеріїв ступінь фінансової безпеки є «Граничною».

## Висновки

У цій роботі проаналізований алгоритм побудови критерію фінансової безпеки без врахування кількісних характеристик фінансового стану підприємства при залученні експертів для формування початкових умов на кожному з етапів постановки задачі.

Використання цієї схеми не дає відповіді на питання про коректність експертної оцінки факторів побудованої ієрархії, про зв'язки між рівнями та їх якісну зміну в залежності від зміни відношень байдужості до відношень переваг.

При використанні результатів роботи [3] для вибору стандартного трьохрівневого 01-класифікатора в залежності від кількісних характеристик можна зменшити участь експертів при формуванні критерію.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Недосекин А. О. Комплексная оценка риска банкротства корпорации на основе нечетких описаний. — На сайте: <http://sedok.narod.ru>.
2. Yager R. Families of OWA operators // Fuzzy Sets and Systems, 59. 1993.
3. Божуха Л. М. Про якісне представлення кількісних характеристик факторів на функціях належності // Тези доповідей. "Міжнародна науково-технічна конференція Інформаційні технології в металургії та машинобудуванні (24.03.2015—26.03.2015. м. Дніпропетровськ)". — 2015. — С. 51.

пост.13.05.2015