

Г. І. Великоіваненко, канд. фіз.-мат. наук, доцент,
К. М. Мамонова, аспірантка,
ДВНЗ «Київський національний економічний університет
імені Вадима Гетьмана»

ІЄРАРХІЧНА ЛОГІКО-ЛІНГВІСТИЧНА МОДЕЛЬ ОЦІНЮВАННЯ ІНВЕСТИЦІЙНОЇ ПРИВАБЛИВОСТІ ПІДПРИЄМСТВА

АНОТАЦІЯ. Стаття присвячена питанню побудови моделі оцінювання інвестиційної привабливості підприємства. З огляду на високу питому вагу якісних даних у структурі інформації, яка використовується при прийнятті інвестиційних рішень, автори в основу своєї моделі пропонують покласти математичний апарат нечіткого логічного виведення.

ANNOTATION. The article is dedicated to question of building the model of estimating the investment attractiveness of a company. As qualitative data play a vital part into information which is used during the process of decision making, the authors of this task offer to put into their model mathematical instrument of fuzzy logic conclusion.

КЛЮЧОВІ СЛОВА. Лінгвістична змінна, функція належності, інвестиційна привабливість, нечітке логічне виведення, експертна оцінка, узгодженість думок, метод попарних порівнянь, компетентність.

Вступ

З огляду на ситуацію, яка склалась сьогодні на Світовому ринку капіталу, останнім часом спостерігається стрімке зростання вагомості такої характеристики суб'єктів економіки, як інвестиційна привабливість. Адже вона стає головним інструментом у боротьбі за такий сьогодні дефіцитний ресурс, як гроші.

При цьому все більш явною стає неспроможність значної кількості підходів та методів, які сьогодні використовуються для оцінювання інвестиційної привабливості підприємств, передбачати можливі різкі зміни економічної ситуації. Так, упродовж 2008 р. майже всі всесвітньо визнані рейтингові агентства повідомляли про виявлення неадекватності в роботі своїх скорингових систем та помилковість деяких прогностичних оцінок, що значно знизило довіру інвесторів до кредитного рейтингу як інструменту інвестиційного аналізу.

На сучасному етапі можна виділити такі основні «слабкі сторони» більшості існуючих соціально-економічних моделей

прийняття рішення: неврахування якісної інформації та неформальних зв'язків; відсутність системи адаптації критеріїв та коефіцієнтів моделей до змін; спрощене представлення великих багатofакторних явищ, яке не дозволяє оцінити всю повноту можливих наслідків. Усі ці особливості динамічного середовища неможливо врахувати за допомогою статистичного аналізу та кількісних дискретних моделей, які сьогодні все ще переважають у структурі соціально-економічних моделей. Адже вони дають адекватні результати основним чином під час аналізу процесів, які мають лінійний характер та описуються нормальним законом розподілу.

Необхідно зазначити, що сьогодні прийняття переважної більшості складних економічних рішень відбувається за таких умов, коли цілі, обмеження та наслідки можливих дій чітко не відомі. Деякі дослідники та аналітики таку нечіткість ототожнюють з випадковістю та використовують для вирішення такого роду задач математичний апарат теорії ймовірності. Хоча неточність та випадковість мають різну природу та властивості, тому при їх дослідженні слід використовувати різні інструменти аналізу.

Так, випадковість характеризується ймовірністю настання чи ненастання певної події або явища. Тоді як нечіткість вказує на відсутність можливості однозначно оцінити певну ситуацію, показник тощо. За таких умов більш-менш точно можна встановити лише до чого тяжіє те чи те рішення.

Сьогодні усунення проблеми нечіткості та неповноти інформації найчастіше відбувається за допомогою заповнення наявних «білих плям» експертними судженнями щодо проблемних зон. З огляду на те, що досить часто досвід людини не можна передати ніякими засобами кількісного оцінювання, виникає проблема урахування якісних експертних оцінок у моделях, усі процедури яких адаптовані лише для роботи з кількісними даними.

Крім того, наявність експертної складової неоднозначно впливає на надійність системи. Адже неправильні висновки експерта, чи невірне їх трактування при побудові моделі може призвести до прийняття хибних рішень, що може мати значні негативні наслідки як на мікро-, так і на макрорівні економіки. Тож моделюючи експертні системи оцінювання, слід окрему увагу приділити аналізу компетентності потенційних експертів. Компетентність — це ступінь кваліфікації експертів у певній області знань, який визначається рівнем професіоналізму, досвідом, особистими якостями тощо [7, 8].

Основна частина

Аби поєднати такі дві складові процесу прийняття рішення, як інтуїція людини та кількісний аналіз об'єкта, сьогодні при моделюванні складних соціально-економічних процесів все частіше використовуються нечітко-множинний підхід, розроблений у середині ХХ ст. Лотфі Заде.

Основною перевагою цього підходу є змога побудувати нечітко-логічний апарат знаходження рішення, оперуючи змінними, які мають лінгвістичну форму, тобто їх назва і значення описуються словесними виразами природної чи штучної мови [1, 3]. Наприклад:

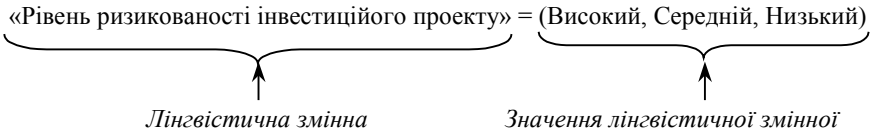
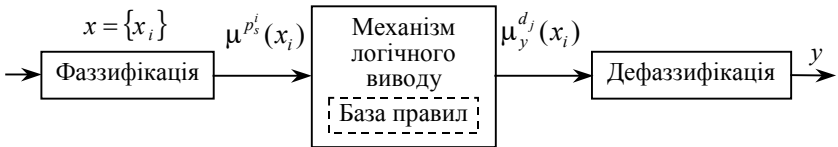


Рис. 1. Приклад зображення лінгвістичної змінної

Відповідно до теорії лінгвістичної змінної значення лінгвістичної змінної називається термом, який надалі будемо позначати через p_s^i , де індекси вказують на належність s -го терму i -й лінгвістичній змінній. Повна сукупність термів, якими описується певна лінгвістична змінна називається терм-множиною. Належність показника x_i терму відповідної лінгвістичної змінної описується функцією належності $\mu^{p_s^i}(x_i)$.

У загальному випадку механізм нечіткого логічного виведення складається з таких етапів:



$\mu_y^{d_j}(x_i)$ — функція належності вихідного показника у j -му терму (d_j) відповідної лінгвістичної змінної.

Рис. 2. Загальна схема нечіткого логічного виводу

Фаззифікація (введення нечіткості, fuzzification) включає в себе опис вхідних та вихідних показників лінгвістичними змінними; формування терм-множин лінгвістичних змінних та побу-

дову функцій належності вхідних та вихідних показників термам відповідних лінгвістичних змінних.

Сьогодні для побудови нечітких моделей найчастіше використовують функції належності гаусівського типу, трикутні та трапецевидні [1, 3].

Механізм логічного виводу. В його основі лежить база знань, яка представляє собою набір нечітких (семантичних) логічних правил «ЯКЩО-ТО, ІНАКШЕ» («IF-THEN, ELSE»), які зв'язують лінгвістичні оцінки вхідних та вихідних змінних. Слід зазначити, що кількість правил відповідає кількості термів вихідної лінгвістичної змінної.

Дефаззифікація (приведенні до чіткості, defuzzification). Операція зворотна до фаззифікації. Вона описує процес перетворення нечіткої множини виводу у чітке значення вихідної змінної через відповідну функцію належності. Найчастіше це здійснюється шляхом обчислення середнього арифметичного вихідних значень, які мають максимальну ступінь належності вихідній нечіткій множині. Крім того, іноді використовують і такі методи дефаззифікації, як центр тяжіння, медіану, найменший з мінімумів тощо.

Даний нечітко-множинний підхід ми пропонуємо покласти і в основу моделі оцінки інвестиційної привабливості підприємств, поєднавши його з методом аналізу ієрархій (Analytic Hierarchy Process). З огляду на чинники, які формують інвестиційну привабливість підприємства, вхідними змінними такої ієрархічної логіко-лінгвістичної моделі будуть чотири групи показників [5] (рис. 1).



Рис. 3. «Вхід-вихід» ієрархічної логіко-лінгвістичної моделі оцінювання інвестиційної привабливості підприємства

Первинними даними для розрахунку вхідних змінних є фінансова звітність підприємств (Форма № 1 та Форма № 2), макропоказники соціально-економічного стану розвитку різних регіонів, результати маркетингових досліджень ринків, а також показники, які характеризують потенціал та роль різних галузей в економіці країни.

Блок ієрархічного нечіткого логічного виведення можна змодельовувати двома способами [9]:

1. Процедура нечіткого логічного виведення (див. рис.2) виконується на всіх рівнях ієрархії. При цьому результати нечіткого логічного виводу нижчого рівня ієрархії є вхідними даними для вищого рівня.

2. Процедури фазифікації та дефазифікації для проміжних рівнів ієрархії не виконуються. Результати логічного виводу проміжного рівня подаються на вищий рівень у вигляді функції належності проміжних змінних термам, які їх описують. У даному випадку функції належності утворюються не з множини значень деяких показників, а шляхом перетворень функцій належності вхідних лінгвістичних змінних.

Необхідно відзначити, що в логіко-лінгвістичних моделях операція фазифікації проводиться спираючись переважно на експертні судження. Тож питання обґрунтування виду та граничних значень функцій належності показників терм-множинам відповідних їм лінгвістичних змінних має досить суперечливий характер. Водночас, коректний вид побудованих таким чином функцій належності значною мірою визначає адекватність усієї процедури нечіткого логічного виводу. З огляду на це, на думку переважної більшості науковців другий спосіб побудови ієрархічної логіко-лінгвістичної моделі є більш надійним, адже містить менше, так званих, «вузьких місць», які потребують втручання експертів.

Ми також віддаємо перевагу другому способу моделювання. З огляду на це, ієрархічна модель оцінювання інвестиційної привабливості підприємства виглядатиме таким чином (рис. 4).

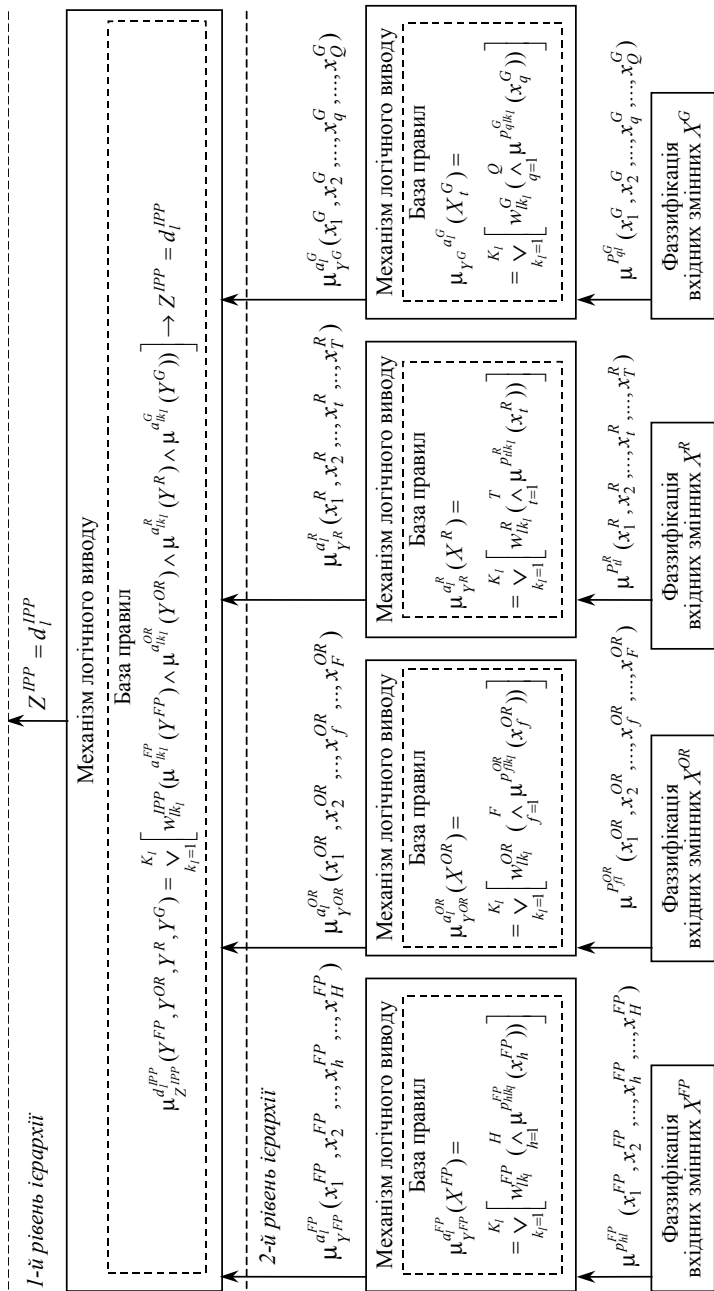


Рис. 4. Ієрархічна логіко-лінгвістична модель оцінювання інвестиційної привабливості підприємства

Опишемо етапи побудови ієрархічної логіко-лінгвістичної моделі оцінювання інвестиційної привабливості підприємства:

1. Фазифікація вхідних та вихідних показників, яка включає:

1.1 Опис вхідних показників $x_h^{FP}, h=1,2,\dots,H$; $x_f^{OR}, f=1,2,\dots,F$; $x_t^R, t=1,2,\dots,T$; $x_q^G, q=1,2,\dots,Q$ лінгвістичними змінними «Рівень показника x_h^{FP} », «Рівень показника x_f^{OR} », «Рівень показника x_t^R », «Рівень показника x_q^G » шляхом побудови функцій належності цих показників відповідним термам

$$\mu^{FP}(x_1^{FP}, x_2^{FP}, \dots, x_h^{FP}, \dots, x_H^{FP}), \mu^{OR}(x_1^{OR}, x_2^{OR}, \dots, x_f^{OR}, \dots, x_F^{OR}), \\ \mu^{PR}(x_1^R, x_2^R, \dots, x_t^R, \dots, x_T^R) \text{ та } \mu^{PG}(x_1^G, x_2^G, \dots, x_q^G, \dots, x_Q^G), \text{ де}$$

$$\text{де } P^{FP} = \begin{pmatrix} p_{11}^{FP} & p_{12}^{FP} & \dots & p_{1L}^{FP} \\ p_{21}^{FP} & p_{22}^{FP} & \dots & p_{2L}^{FP} \\ \dots & \dots & p_{hl}^{FP} & \dots \\ p_{H1}^{FP} & p_{H2}^{FP} & \dots & p_{HL}^{FP} \end{pmatrix}, h=1,2,\dots,H, l=1,2,\dots,L,$$

$$P^{OR} = \begin{pmatrix} p_{11}^{OR} & p_{12}^{OR} & \dots & p_{1L}^{OR} \\ p_{21}^{OR} & p_{22}^{OR} & \dots & p_{2L}^{OR} \\ \dots & \dots & p_{fl}^{OR} & \dots \\ p_{F1}^{OR} & p_{F2}^{OR} & \dots & p_{FL}^{OR} \end{pmatrix}, f=1,2,\dots,F, l=1,2,\dots,L,$$

$$P^R = \begin{pmatrix} p_{11}^R & p_{12}^R & \dots & p_{1L}^R \\ p_{21}^R & p_{22}^R & \dots & p_{2L}^R \\ \dots & \dots & p_{tl}^R & \dots \\ p_{T1}^R & p_{T2}^R & \dots & p_{TL}^R \end{pmatrix}, t=1,2,\dots,T, l=1,2,\dots,L,$$

$$P^G = \begin{pmatrix} p_{11}^G & p_{12}^G & \dots & p_{1L}^G \\ p_{21}^G & p_{22}^G & \dots & p_{2L}^G \\ \dots & \dots & p_{ql}^G & \dots \\ p_{Q1}^G & p_{Q2}^G & \dots & p_{QL}^G \end{pmatrix}, q=1,2,\dots,Q, l=1,2,\dots,L,$$

p_{hl}^{FP} — l -й терм лінгвістичної змінної, яка описує h -ий показник оцінки фінансового стану підприємства;

p_{fl}^{OR} — l -й терм лінгвістичної змінної, яка описує f -ий показник оцінки інвестиційної привабливості регіону;

p_{il}^R — l -й терм лінгвістичної змінної, яка описує t -ий показник оцінки інвестиційної привабливості ринку;

p_{ql}^G — l -й терм лінгвістичної змінної, яка описує q -ий показник оцінки інвестиційної привабливості галузі.

Для побудови функції належності скористаємося так званими квазідзвоноподібними функціями. Однією з їх основних переваг є те, що вся їх область значень не містить нуля [1].

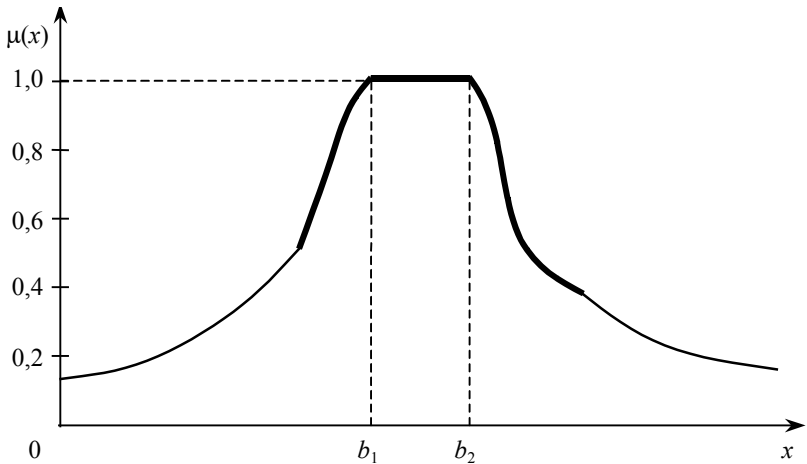


Рис. 5. Графічне відображення квазідзвоноподібної функції належності

Аналитичну форму запису цієї функції наведено нижче:

$$\mu(x_i) = \begin{cases} \frac{1}{1 + \left(\frac{x_i - b_1}{c_1}\right)^2}, & x_i \leq b_1 \\ 1, & b_1 < x_i < b_2 \\ \frac{1}{1 + \left(\frac{x_i - b_2}{c_2}\right)^2}, & x_i \geq b_2 \end{cases},$$

де b_1, b_2 — відповідно лівий та правий кінці відрізка на осі Ox , на якому функція належності має максимальне значення ($\mu(x_i) = 1$);

c_1, c_2 — коефіцієнти концентрації розтягування лівої та правої дуги «дзвоника», відповідно.

1.2. Введення проміжних лінгвістичних змінних «Оцінка фінансового стану підприємства Y^{FP} », «Рівень інвестиційної привабливості ринку Y^{OR} », «Рівень інвестиційної привабливості регіону Y^R », «Рівень інвестиційної привабливості галузі Y^G » та формування їх терм-множин

$$A^{FP} = (a_1^{FP}, a_2^{FP}, \dots, a_l^{FP}, \dots, a_L^{FP}), \quad A^{OR} = (a_1^{OR}, a_2^{OR}, \dots, a_l^{OR}, \dots, a_L^{OR}),$$

$$A^R = (a_1^R, a_2^R, \dots, a_l^R, \dots, a_L^R), \quad A^G = (a_1^G, a_2^G, \dots, a_l^G, \dots, a_L^G), l = 1, 2, \dots, L.$$

1.3. Опис вихідної лінгвістичної змінної «Рівень інвестиційної привабливості підприємства Z^{IPP} » та відповідної терм-множини $D^{IPP} = (d_1^{IPP}, d_2^{IPP}, \dots, d_l^{IPP}, \dots, d_L^{IPP})$, $l = 1, 2, \dots, L$ таким чином, щоб терми вихідної лінгвістичної змінної відповідали шкалі рейтингів інвестиційної привабливості [11].

2. Побудова баз знань 2-го (нижчого) рівня ієрархії, які містять правила відповідності виду «ЯКЩО — ТО, ІНАКШЕ» вхідних лінгвістичних змінних проміжним лінгвістичним змінним.

2.1. База знань перетворення вхідних лінгвістичних змінних «Рівень показника x_h^{FP} », $h = 1, 2, \dots, H$, у проміжну лінгвістичну змінну «Оцінка фінансового стану підприємства Y^{FP} » містить L правил $V^{FP} = (v_1^{FP}, v_2^{FP}, \dots, v_l^{FP}, \dots, v_L^{FP})$. Кожне правило зазвичай складається з кількох можливих альтернатив, які записуються через АБО (OR). Досить часто альтернативи мають різну вагу ($w_{ik_l}^{FP}, k_l = 1, 2, \dots, K_l, l = 1, 2, \dots, L$, де k_l — k -та альтернатива l -го правила) для експерта. На сьогодні існує багато підходів до визначення вагових коефіцієнтів. Ми пропонуємо скористатися методом попарних порівнянь, який є найбільш розповсюдженим [4, 8].

В базу знань правила можуть записуватися у вигляді системи логічних рівнянь, а також у семантичній чи табличній формі [1, 3].

Загальну форму запису у вигляді системи логічних рівнянь наведено нижче:

$$\begin{aligned}
\mu_{Y^{FP}}^{a_i^{FP}}(x_1^{FP}, x_2^{FP}, \dots, x_h^{FP}, \dots, x_H^{FP}) &= w_{11}^{FP} \left| \mu^{p_{11}^{FP}}(x_1^{FP}) \wedge \mu^{p_{21}^{FP}}(x_2^{FP}) \wedge \mu^{p_{31}^{FP}}(x_3^{FP}) \wedge \dots \wedge \mu^{p_{H1}^{FP}}(x_H^{FP}) \right| \vee \\
&\vee w_{12}^{FP} \left| \mu^{p_{12}^{FP}}(x_1^{FP}) \wedge \mu^{p_{22}^{FP}}(x_2^{FP}) \wedge \mu^{p_{32}^{FP}}(x_3^{FP}) \wedge \dots \wedge \mu^{p_{H2}^{FP}}(x_H^{FP}) \right| \vee \dots \\
&\vee w_{1k_1}^{FP} \left| \mu^{p_{1k_1}^{FP}}(x_1^{FP}) \wedge \mu^{p_{2k_1}^{FP}}(x_2^{FP}) \wedge \mu^{p_{3k_1}^{FP}}(x_3^{FP}) \wedge \dots \wedge \mu^{p_{Hk_1}^{FP}}(x_H^{FP}) \right| \vee \dots \\
&\vee w_{1K_1}^{FP} \left| \mu^{p_{1K_1}^{FP}}(x_1^{FP}) \wedge \mu^{p_{2K_1}^{FP}}(x_2^{FP}) \wedge \mu^{p_{3K_1}^{FP}}(x_3^{FP}) \wedge \dots \wedge \mu^{p_{HK_1}^{FP}}(x_H^{FP}) \right|, \\
&k_1 = 1, 2, \dots, K_1,
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\mu_{Y^{FP}}^{a_2^{FP}}(x_1^{FP}, x_2^{FP}, \dots, x_h^{FP}, \dots, x_H^{FP}) &= w_{21}^{FP} \left| \mu^{p_{21}^{FP}}(x_1^{FP}) \wedge \mu^{p_{22}^{FP}}(x_2^{FP}) \wedge \mu^{p_{23}^{FP}}(x_3^{FP}) \wedge \dots \wedge \mu^{p_{2H}^{FP}}(x_H^{FP}) \right| \vee \\
&\vee w_{22}^{FP} \left| \mu^{p_{22}^{FP}}(x_1^{FP}) \wedge \mu^{p_{22}^{FP}}(x_2^{FP}) \wedge \mu^{p_{22}^{FP}}(x_3^{FP}) \wedge \dots \wedge \mu^{p_{22}^{FP}}(x_H^{FP}) \right| \vee \dots \\
&\vee w_{2k_2}^{FP} \left| \mu^{p_{2k_2}^{FP}}(x_1^{FP}) \wedge \mu^{p_{2k_2}^{FP}}(x_2^{FP}) \wedge \mu^{p_{2k_2}^{FP}}(x_3^{FP}) \wedge \dots \wedge \mu^{p_{2k_2}^{FP}}(x_H^{FP}) \right| \vee \dots \\
&\vee w_{2K_2}^{FP} \left| \mu^{p_{2K_2}^{FP}}(x_1^{FP}) \wedge \mu^{p_{2K_2}^{FP}}(x_2^{FP}) \wedge \mu^{p_{2K_2}^{FP}}(x_3^{FP}) \wedge \dots \wedge \mu^{p_{2K_2}^{FP}}(x_H^{FP}) \right|, \\
&k_2 = 1, 2, \dots, K_2,
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\mu_{Y^{FP}}^{a_l^{FP}}(x_1^{FP}, x_2^{FP}, \dots, x_h^{FP}, \dots, x_H^{FP}) &= w_{l1}^{FP} \left| \mu^{p_{l1}^{FP}}(x_1^{FP}) \wedge \mu^{p_{l2}^{FP}}(x_2^{FP}) \wedge \mu^{p_{l3}^{FP}}(x_3^{FP}) \wedge \dots \wedge \mu^{p_{lH}^{FP}}(x_H^{FP}) \right| \vee \\
&\vee w_{l2}^{FP} \left| \mu^{p_{l2}^{FP}}(x_1^{FP}) \wedge \mu^{p_{l2}^{FP}}(x_2^{FP}) \wedge \mu^{p_{l2}^{FP}}(x_3^{FP}) \wedge \dots \wedge \mu^{p_{l2}^{FP}}(x_H^{FP}) \right| \vee \dots \\
&\vee w_{lk_l}^{FP} \left| \mu^{p_{lk_l}^{FP}}(x_1^{FP}) \wedge \mu^{p_{lk_l}^{FP}}(x_2^{FP}) \wedge \mu^{p_{lk_l}^{FP}}(x_3^{FP}) \wedge \dots \wedge \mu^{p_{lk_l}^{FP}}(x_H^{FP}) \right| \vee \dots \\
&\vee w_{lK_l}^{FP} \left| \mu^{p_{lK_l}^{FP}}(x_1^{FP}) \wedge \mu^{p_{lK_l}^{FP}}(x_2^{FP}) \wedge \mu^{p_{lK_l}^{FP}}(x_3^{FP}) \wedge \dots \wedge \mu^{p_{lK_l}^{FP}}(x_H^{FP}) \right|.
\end{aligned}$$

Зображену вище систему можна подати і в більш компактній формі:

$$\mu_{Y^{FP}}^{a_l^{FP}}(x_1^{FP}, x_2^{FP}, \dots, x_h^{FP}, \dots, x_H^{FP}) = \bigvee_{k_l=1}^{K_l} \left[w_{lk_l}^{FP} \left(\bigwedge_{h=1}^H \mu^{p_{hk_l}^{FP}}(x_h^{FP}) \right) \right] \rightarrow Y^{FP} = a_l^{FP},$$

де \wedge — логічне ТА, \vee — логічне АБО;

$w_{lk_l}^{FP}$ — ваговий коефіцієнт k_l -ї альтернативи l -го правила,
 $l = 1, 2, \dots, L, k_l = 1, 2, \dots, K_l$;

$\mu^{p_{hk_l}^{FP}}(x_h^{FP})$ — функція належності h -го вхідного показника оцінки фінансового стану підприємства l -му терму відповідної вхідної лінгвістичної змінної в k_l -й альтернативі l -го правила;

$\mu_{Y^{FP}}^{a_{FP}}(x_1^{FP}, x_2^{FP}, \dots, x_h^{FP}, \dots, x_H^{FP})$ — функція належності проміжної змінної Y^{FP} l -му терму відповідної терм-множини значень, що залежить від значень вхідних показників оцінки фінансового стану підприємства.

2.2. База знань перетворення вхідних лінгвістичних змінних «Рівень показника x_f^{OR} », $f = 1, 2, \dots, F$, у проміжну лінгвістичну змінну «Рівень інвестиційної привабливості ринку Y^{OR} » містить L правил $V^{OR} = (v_1^{OR}, v_2^{OR}, \dots, v_l^{OR}, \dots, v_L^{OR})$ з ваговими коефіцієнтами $w_{lk_l}^{OR}, l = 1, 2, \dots, L, k_l = 1, 2, \dots, K_l$.

$$\mu_{Y^{OR}}^{a_{OR}}(x_1^{OR}, x_2^{OR}, \dots, x_f^{OR}, \dots, x_F^{OR}) = \bigvee_{k_l=1}^{K_l} \left[w_{lk_l}^{OR} \left(\bigwedge_{f=1}^F \mu^{p_{flk_l}^{OR}}(x_f^{OR}) \right) \right] \rightarrow Y^{OR} = a_l^{OR},$$

де \wedge — логічне ТА, \bigvee — логічне АБО;

$w_{lk_l}^{OR}$ — ваговий коефіцієнт k_l -ї альтернативи l -го правила, $l = 1, 2, \dots, L, k_l = 1, 2, \dots, K_l$;

$\mu^{p_{flk_l}^{OR}}(x_f^{OR})$ — функція належності f -го вхідного показника оцінки інвестиційної привабливості регіону l -му терму відповідної вхідної лінгвістичної змінної в k_l -ій альтернативі l -го правила;

$\mu_{Y^{OR}}^{a_{OR}}(x_1^{OR}, x_2^{OR}, \dots, x_f^{OR}, \dots, x_F^{OR})$ — функція належності проміжної змінної Y^{OR} l -му терму відповідної терм-множини значень, що залежить від значень вхідних показників оцінки інвестиційної привабливості регіону.

2.3. База знань перетворення вхідних лінгвістичних змінних «Рівень показника x_t^R », $t = 1, 2, \dots, T$, у проміжну лінгвістичну змінну «Рівень інвестиційної привабливості ринку Y^R » містить L правил $V^R = (v_1^R, v_2^R, \dots, v_l^R, \dots, v_L^R)$ з ваговими коефіцієнтами $w_{lk_l}^R, k_l = 1, 2, \dots, K_l, l = 1, 2, \dots, L$.

$$\mu_{Y^R}^{a^R}(x_1^R, x_2^R, \dots, x_t^R, \dots, x_T^R) = \bigvee_{k_l=1}^{K_l} \left[w_{lk_l}^R \left(\bigwedge_{t=1}^T \mu^{p_{tlk_l}^R}(x_t^R) \right) \right] \rightarrow Y^R = a_l^R,$$

де \wedge — логічне ТА, \bigvee — логічне АБО;

$w_{lk_l}^R$ — ваговий коефіцієнт k_l -ї альтернативи l -го правила, $l = 1, 2, \dots, L, k_l = 1, 2, \dots, K_l$;

$\mu^{p_{tkl}^R}(x_t^R)$ — функція належності t -го вхідного показника оцінки інвестиційної привабливості ринку l -му терму відповідної вхідної лінгвістичної змінної в k_l -й альтернативі l -го правила, $t = 1, 2, \dots, T$;

$\mu_{Y^R}^{a^R}(x_1^R, x_2^R, \dots, x_t^R, \dots, x_T^R)$ — функція належності проміжної змінної Y^R l -му терму відповідної терм-множини значень, що залежить від значень вхідних показників оцінки інвестиційної привабливості ринку.

2.4. База знань перетворення вхідних лінгвістичних змінних «Рівень показника x_q^G », $q = 1, 2, \dots, Q$, у проміжну лінгвістичну змінну «Рівень інвестиційної привабливості ринку Y^G » містить L правил $V^G = (v_1^G, v_2^G, \dots, v_l^G, \dots, v_L^G)$ з ваговими коефіцієнтами $w_{lk_l}^G, k_l = 1, 2, \dots, K_l, l = 1, 2, \dots, L$.

$$\mu_{Y^G}^{a^G}(x_1^G, x_2^G, \dots, x_q^G, \dots, x_Q^G) = \bigvee_{k_l=1}^{K_l} \left[w_{lk_l}^G (\bigwedge_{q=1}^Q \mu^{p_{qk_l}^G}(x_q^G)) \right] \rightarrow Y^G = a_l^G,$$

де \bigwedge — логічне ТА, \bigvee — логічне АБО;

$w_{lk_l}^G$ — ваговий коефіцієнт k_l -ї альтернативи l -го правила, $l = 1, 2, \dots, L, k_l = 1, 2, \dots, K_l$;

$\mu^{p_{qk_l}^G}(x_q^G)$ — функція належності q -го вхідного показника оцінки інвестиційної привабливості галузі l -му терму відповідної вхідної лінгвістичної змінної в k_l -й альтернативі l -го правила;

$\mu_{Y^G}^{a^G}(x_1^G, x_2^G, \dots, x_q^G, \dots, x_Q^G)$ — функція належності проміжної змінної Y^G l -му терму відповідної терм-множини значень, що залежить від значень вхідних показників оцінки інвестиційної привабливості галузі.

3. Побудова бази знань 1-го (вищого) рівня ієрархії, яка містить L правил $V^{IPP} = (v_1^{IPP}, v_2^{IPP}, \dots, v_l^{IPP}, \dots, v_L^{IPP})$ відповідності проміжних лінгвістичних змінних вихідній лінгвістичній змінній з ваговими коефіцієнтами $w_{lk_l}^{IPP}, k_l = 1, 2, \dots, K_l, l = 1, 2, \dots, L$.

$$\begin{aligned} \mu_{Z^{IPP}}^{d_1^{IPP}}(Y^{FP}, Y^{OR}, Y^R, Y^G) &= \\ &= \bigvee_{k_l=1}^{K_l} \left[w_{lk_l}^{IPP} (\mu^{a_{lk_l}^{FP}}(Y^{FP}) \wedge \mu^{a_{lk_l}^{OR}}(Y^{OR}) \wedge \mu^{a_{lk_l}^R}(Y^R) \wedge \mu^{a_{lk_l}^G}(Y^G)) \right] \rightarrow Z^{IPP} = d_1^{IPP}, \end{aligned}$$

де \bigwedge — логічне ТА, \bigvee — логічне АБО;

$w_{k_l}^{IPP}$ — ваговий коефіцієнт k_l -ї альтернативи l -го правила,
 $l = 1, 2, \dots, L, k_l = 1, 2, \dots, K_l$;

$\mu_{k_l}^{a_{FP}}(Y^{FP})$ — функція належності проміжної змінної Y^{FP} l -му терму відповідної терм-множини значень у k_l -й альтернативі l -го правила;

$\mu_{k_l}^{a_{OR}}(Y^{OR})$ — функція належності проміжної змінної Y^{OR} l -му терму відповідної вхідної лінгвістичної змінної в k_l -й альтернативі l -го правила;

$\mu_{k_l}^{a_{R}}(Y^R)$ — функція належності проміжної змінної Y^R l -му терму відповідної терм-множини значень у k -й альтернативі l -го правила;

$\mu_{k_l}^{a_{G}}(Y^G)$ — функція належності проміжної змінної Y^G l -му терму відповідної терм-множини значень у k -й альтернативі l -го правила;

$\mu_{z^{IPP}}^{a_{IPP}}(Y^{FP}, Y^{OR}, Y^R, Y^G)$ — функція належності вихідної змінної z^{IPP} l -му терму відповідної терм-множини значень, що залежить від значень проміжних змінних ієрархії.

З огляду на те, що вихідна змінна нашої ієрархічної логіко-лінгвістичної моделі має якісну форму, що цілком нас влаштовує, то немає потреби проводити процедуру дефаззифікації.

Висновки

Описана нами логіко-лінгвістична модель дає можливість одночасно працювати не лише з кількісною, але й якісною інформацією, не використовуючи механізмів її формалізації. Адже кількісна інтерпретація якісних даних зазвичай має доволі наближений характер, що часом призводить до деякого спотворення кінцевих результатів.

У свою чергу, ієрархічна будова моделі дозволить аналізувати динаміку всіх складових інвестиційної привабливості підприємства поетапно. Це дасть можливість визначати передумови до змін у соціально-економічному середовищі країни в момент їх первинного прояву.

Треба зазначити, що майже всі етапи побудови запропонованої нами моделі потребують залучення експертів. Саме вони формують всі критерії та правила оцінювання підприємства з точки зору його інвестиційної привабливості, терм-множини лінгвістич-

них змінних, а також задають параметри функцій належності показників термам відповідних лінгвістичних змінних.

На сьогодні цей факт є як важливою перевагою, так і значним недоліком моделей, побудованих з використання математичного апарату теорії лінгвістичної змінної. Так, використання цієї теорії з одного боку дозволяє розв'язувати складні соціально-економічні задачі, вирішення яких неможливе без врахування якісної інформації та аналітичних здібностей людини; а з іншого — ставить перед розробниками моделі нові серйозні завдання направлені на пошук надійних методів оцінювання професійної та психологічної здатності особи, яка бере участь в експертизі, приймати вдалі рішення. Крім того, коли над тією чи іншою проблемою працює не один експерт, а ціла група виникає питання як узгодити та узагальнити думки всіх її учасників.

Література

1. *Матвійчук А. В.* Моделирование економічних процесів із застосування методів нечіткої логіки. — К.: КНЕУ, 2007. — С. 263.
2. *Матвійчук А. В.* Методологічні підходи до комплексного фінансового аналізу підприємства на підґрунті теорії нечіткої логіки. // Моделирование та інформаційні системи в економіці. — 2007. — Вип. 76. — С. 30—47.
3. *Митюшкин Ю. И.* Soft Computing: идентификация закономерностей нечёткими базами знаний. / Митюшкин Ю. И., Мокин Б. И., Ротштейн А. П. — Вінниця: Универсум, 2002. — С. 143.
4. *Саати Т.* Принятие решений. Метод анализа иерархий. — М: Радио связь, 1993. — С. 215
5. *Мамонова К. М.* Інвестиція привабливість як необхідна складова інвестиційного процесу: концептуальні підходи до її визначення та аналізу // Економіка: проблеми теорії та практики. — 2008. — Вип. 235. — Том IV. — С. 844—853.
6. *Боярко І. М.* Оцінка інвестиційної привабливості суб'єктів господарювання // Актуальні проблеми економіки. — 2008. — № 7. — С. 90—99.
7. *Давнис В. В.* Прогнозные модели экспертных предпочтений / Давнис В. В., Тинякова В. И. — Воронеж: Воронеж, гос. ун-т, 2005. — 248 с.
8. *Бешелев С. Д., Гурвич Ф. Г.* Математико-статистические методы экспертных оценок / Бешелев С. Д., Гурвич Ф. Г. — М.: Статистика, 1974. — С. 160.
9. *Ястребова Н. Н.* Построение экспертных систем на базе иерархического нечеткого вывода. // Программные продукты и системы. — 2007. — № 4. — Режим доступу до журн.: <http://www.swsys.ru/index.php?page=article&id=48>

10. Паклин Н. Нечеткая логика — математические основы. — Режим доступу до статті: <http://www.basegroup.ru/library/analysis/fuzzylogic/math/>

11. Великоіваненко Г. І., Мамонова К. М. Ієрархічна модель оцінки інвестиційної привабливості підприємства // Моделювання та інформаційні системи в економіці. — 2007. — Вип. 76. — С. 48—61.

Стаття надійшла до редакції 22.12.08 р.

УДК 3366 (075.8)

Т. Г. Затонацька, канд. фіз.-мат. наук, доц.
кафедри економічної кібернетики,
А. В. Ставицький, канд. екон. наук, доц.
кафедри економічної кібернетики,
Київський національний університет
імені Тараса Шевченка

Економіко-математичне моделювання впливу соціальних видатків на приріст інвестицій

АНОТАЦІЯ. У роботі проведено дослідження впливу рівня соціальних видатків на зростання інвестицій в Україні протягом останніх років. Визначено, що приріст видатків на соціальні потреби сприяє збільшенню інвестицій з лагом в один рік, що вимагає чіткого планування рівня соціалізації бюджету у середньостроковій перспективі.

ANNOTATION. The article deals with the investigation of the influence of social expenses on increasing investment level in Ukraine during the last years. It is defined that the increase of social expenses leads to increasing investments with a year lag. It demands clear planning of the socialization level of the budget in mid-term period.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: модель, соціальні видатки, приріст інвестицій, індекс зростання цін.

Всі існуючі теоретичні концепції соціально-економічного розвитку країни виділяють визначальну роль інвестицій у забезпеченні соціально-економічного розвитку. Трансформаційні процеси спричинили великі інвестиційні втрати в економіці України. Зокрема, у 1998 році, коли була зупинена інвестиційна криза, приріст інвестицій у основний капітал склав 6,8 %. Останніми роками інвестиції зростали дуже нерівномірно, з великими перепадами [1]. Рекордні темпи приросту інвестицій в основні фонди за роки реформ спостерігалися в 2007 році, що є результатом послідовної політики уряду при формуванні інвестиційного іміджу України. Але порівняння об-