

МОДЕЛІ ОЦІНКИ ІНВЕСТИЦІЙНОГО КЛІМАТУ ДЕРЖАВИ ЗА НЕЧІТКОЇ ВХІДНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

Анотація. Обґрунтовано необхідність використання теорії нечіткої логіки для оцінювання інвестиційного клімату держави чи регіону. Запропоновано дві нечіткі моделі оцінювання інвестиційної привабливості цих економічних суб'єктів. Розглянуті моделі враховують неповноту первинної інформації про ці суб'єкти.

Ключові слова: інвестиційний клімат, модель, інформація, формалізація, нечітка логіка, лінгвістична змінна, нечітка множина, нечітке число.

Annotation. The necessity of the use of theory of fuzzy logic is grounded for the evaluation of investment climate of the state or region. Two not clear models of evaluation of investment attractiveness of these economic subjects are offered. The considered models take into account incompleteness of primary information about these subjects.

Key words: investment climate, model, information, formalization, fuzzy logic, linguistic variable, not clear great number, unclear number.

Вступ. Інвестиції є одним із найважливіших чинників зростання економіки. Тому для забезпечення економічного зростання держави чи регіону необхідно стимулювати інвестиційні процеси та удосконалювати управління інвестиційною діяльністю в межах цих господарських одиниць.

Джерелами фінансування інвестицій в основний капітал можуть бути кредити банків, кошти державного і місцевих бюджетів, підприємств і організацій, іноземних інвесторів і населення та інші. Як показує практика, для того, щоб виконати глибоку структурну перебудову економіки і забезпечити стабільне економічне зростання, в Україні власних джерел фінансування інвестицій недостатньо. Потрібно залучати іноземні інвестиції, обсяги яких, як свідчить світовий досвід, залежать від інвестиційного клімату в країні. Звідси очевидно, що ефективність регулювання інвестиційною діяльністю держави чи регіону залежить, зокрема, і від уміння оцінити їхній інвестиційний клімат, тобто від вміння визначити рівень інвестиційної привабливості окремих економічних суб'єктів.

Українськими і закордонними вченими розроблена значна кількість методик оцінки інвестиційної ситуації, що складається в різних країнах чи регіонах однієї держави. Ці методики відрізняються одна від одної кількістю аналізованих показників і їх якісними характеристиками, способами вибору самих показників і методами їхньої статистичної обробки, алгоритмами власне оцінювання самого інвестиційного клімату розглянутої держави чи регіону. Причому майже всі із них використовують для вимірювання рівня інвестиційної привабливості економічного суб'єкта шкалу порядку чи найменувань [1], тобто виконують ранжирування чи групування розглянутих суб'єктів за значенням цього рівня. Для групування у більшості випадків застосовують кластерний аналіз [2], а для ранжирування – будують інтегральні показники [3].

Одне з перших досліджень за цією тематикою було виконано в 1969 р. співробітниками Гарвардської школи бізнесу і ґрунтувалося на бальних експертних оцінках таких чинників: законодавчі умови для іноземних і національних інвесторів, можливість вивозу капіталу, стійкість національної валюти, політична ситуація, рівень інфляції, можливість використання національного капіталу. Хоча найпростішим способом типології різних країн чи регіонів є ранжирування їх залежно від значення одного чи декількох показників, що характеризують досліджуване явище [4, с.97]. Типологія інвестиційного клімату при такому способі полягає у диференціації регіонів або безпосередньо за показниками інвестицій, або за допомогою відносних розрахункових індексів, побудованих з урахуванням значень цього ж показника по країні в цілому.

Подібною до розглянутої є методика рейтингової оцінки інвестиційної приваб-

ливості регіонів, побудована на базі узагальнених показників, які враховують цілий комплекс чинників, що впливають на активність інвесторів. Наприклад, в роботі [5] побудовано комплексний показник на підставі рейтингових оцінок таких критеріїв: рівень економічного розвитку регіону, рівень інвестиційної інфраструктури, демографічна характеристика, рівень розвитку ринкових відносин, ступінь безпеки інвестиційної діяльності.

В Україні однією з перших подібних комплексних методик, яка без складних обчислень дозволяє врахувати досить значну кількість показників, є методика формування інтегрального показника на підставі сумування рангових значень подібних аналітичних показників: рівень загального розвитку регіону, рівень розвитку інвестиційної інфраструктури регіону, демографічна характеристика регіону, рівень розвитку ринкових відносин і комерційної інфраструктури регіону, рівень криміногенних, екологічних та інших ризиків [6, с.96–97].

Суть розглянутих методів оцінювання інвестиційного клімату держави чи регіону зводиться до подолання багатовимірності і побудови інтегрального показника на підставі статистичних та експертних даних про величини часткових показників. Якщо як первинну інформацію використовувати тільки статистичні дані, то за допомогою розрахунку одних із цих узагальнених показників можна оцінити цей клімат на якийсь момент часу [7, с.88–92], інших – зміни, що відбуваються з ним протягом визначеного періоду [8], а ще інших – одночасно оцінити як перше, так і друге [9]. Але, як було вже сказано, для оцінки рівня інвестиційної привабливості окремих економічних суб'єктів необхідне використання експертної інформації. Тому для вирішення цього завдання, крім розглянутих методик, залежно від наявних метричних чи неметричних експертних даних можна скористатися відповідними алгоритмами побудови інтегрального показника, які описані в працях [10] і [11].

Використання вказаних методик дозволить точно оцінити інвестиційний клімат держави чи регіону лише за умови достовірності і повноти первинної інформації про стан об'єкта дослідження. Однак виконати ці умови практично неможливо. Причин такого стану справ декілька.

Однією з головних серед цих причин є суб'єктивність експертної інформації. Досить часто експерти згладжують чи стискають реальне розсіювання регіональних характеристик. Особливо це може проявитися при опитуванні експертів методом Дельфі.

Не вся статистична інформація є повною і достовірною. Наприклад, в роботі [2] як первинні статистичні змінні, які характеризують інвестиційний клімат в регіонах, серед інших вибрані показники: кількість вільних робочих місць і рівень безробіття. Але через приховане безробіття, самостійний пошук роботи багатьма незайнятими, неправдивість відповідей при опитуванні, пошук підприємствами працівників на вільні робочі місця без посередництва служби зайнятості, значні обсяги тіньової зайнятості та інші причини значення вищевказаних показників ніяк не можуть бути достовірними. Можна навести інші приклади і причини, чому не вся статистична інформація, що використовується у наведених алгоритмах, є повною.

Крім суб'єктивності експертної інформації, використання її для оцінювання інвестиційного клімату держави чи регіону має й інші недоліки. Зокрема, недоліком цього оцінювання групою експертів є слабка формалізація цього процесу.

Поліпшити достовірність статистичної інформації про інвестиційний клімат об'єкта дослідження можна за допомогою розширення статистичної бази, збільшення кількості та періодичності статистичних обстежень, впровадження сучасних інформаційних технологій, але остаточно вирішити цю проблему неможливо. Тому для оцінювання рівня інвестиційної привабливості держави чи регіону необхідні такі методи і моделі, які б менше базувалися на математичній строгості й точності, а були спрямовані на одержання якісних і наближених розв'язків поставлених завдань. Вказані методи і моделі можна розробити, використавши для цього теорію нечітких множин і нечіткої

математики [12].

Постановка завдання. Очевидно, що застосування точних алгоритмів до вирішення будь-якого завдання, зокрема оцінювання інвестиційного клімату держави чи регіону, при використанні наближених вхідних даних не може привести до точного результату. Для обробки такої інформації досить нечітких (розмитих) алгоритмів, які побудовані з використанням теорії нечіткої логіки. Застосування цієї теорії при вирішенні певних проблем ще не означає прийняття лише наближених рішень. Практика показала, що, налагоджуючи нечітку базу знань, можна досягти точності моделювання, яка не поступається строгим кількісним співвідношенням.

Метою даної роботи є розробка нечітких моделей оцінювання інвестиційного клімату держави чи регіону, які враховують той факт, що вхідна інформація є наближеною. Для побудови таких моделей скористаємось теорією нечіткої логіки, яка дозволяє формалізувати притаманні цьому процесу властивості суб'єктивності й невизначеності.

Результати. Спочатку розглянемо коротко суть тих понять теорії нечіткої логіки, які будуть використовуватись у подальших викладах. Одним з головних понять цієї теорії є лінгвістична змінна. Її вперше ввів у науковий обіг Лотфі Заде [13]. Значення цієї змінної називають лінгвістичними термами. Наприклад, лінгвістичну змінну “ступінь безпеки інвестиційної діяльності” можна визначити такими характеристиками (лінгвістичними термами): критичний, низький, середній, високий. Тобто, лінгвістична змінна – це змінна, значення якої визначають через набір вербальних (словесних) характеристик деякої властивості. Лінгвістичні терми можна винажити через нечіткі (розмиті, розпливчасті) множини.

На противагу класичній (чіткій) теорії множин, в якій будь-який елемент належить або не належить множині, в теорії нечітких множин елемент може належати множині на половину, на чверть, на шістнадцять відсотків тощо. Тобто, вводиться функція належності $\mu(x)$, яка для чіткої множини може приймати тільки два значення – нуль чи один, а для нечіткої – довільне значення із відрізка $[0, 1]$. Нечітку множину \tilde{A} визначають як сукупність пар виду

$$\tilde{A} = \{(x, \mu_{\tilde{A}}(x)), x \in X\}, \quad (1)$$

де X – універсальна множина (базова шкала),

$\mu_{\tilde{A}}(x)$ – функція належності множини \tilde{A} .

Функція належності визначає суб'єктивну міру впевненості експерта у тому, що задане конкретне значення базової шкали відповідає нечіткій множині. Міру належності не можна ототожнювати з імовірністю, тому що невідома функція розподілу, немає повторюваності експериментів. Значення цієї функції можуть бути знайдені тільки за допомогою опитування експертів, їхнього досвіду та інтуїції.

Функція належності може бути дискретною чи неперервною. Серед нечітких множин з неперервними функціями належності найбільш поширеними в практичному використанні є нечіткі числа.

Нечітким числом називають [14, с.8] нечітку множину \tilde{A} , визначену на множині дійсних чисел \mathbf{R} (універсальна множина $X = \mathbf{R}$), функція належності якої випукла і нормалізована, тобто

$$x \leq y \leq z \Rightarrow \mu_{\tilde{A}}(y) \geq \min(\mu_{\tilde{A}}(x) \cdot \mu_{\tilde{A}}(z)) \text{ і } \sup_{x \in X} \mu_{\tilde{A}}(x) = 1.$$

На практиці для зображення нечітких чисел найчастіше використовують функції належності трикутного чи трапецієподібного типу [15, с.102–104]. Для побудови однієї з моделей інвестиційної привабливості економічних суб'єктів ми скористаємось трапецієподібною формою нечіткого числа. Тому розглянемо визначення цього поняття.

Трапецієподібною формою нечіткого числа \tilde{q} (невизначеного параметра q) називають таку четвірку чисел:

$$\tilde{q} = (\underline{q}_0, \underline{q}_1, \overline{q}_1, \overline{q}_0), \quad (2)$$

де $[\underline{q}_0, \overline{q}_0]$ – носій, а $[\underline{q}_1, \overline{q}_1]$ – ядро нечіткого числа \tilde{q} . Причому функція належності розраховується за формулою

$$\mu_{\tilde{q}}(q) = \begin{cases} 0, q < \underline{q}_0 \\ \frac{q - \underline{q}_0}{\underline{q}_1 - \underline{q}_0}, \underline{q}_0 \leq q < \underline{q}_1 \\ 1, \underline{q}_1 \leq q < \overline{q}_1 \\ \frac{\overline{q}_0 - q}{\overline{q}_0 - \overline{q}_1}, \overline{q}_1 \leq q \leq \overline{q}_0 \\ 0, q > \overline{q}_0 \end{cases}. \quad (3)$$

Інтервал $[\underline{q}_1, \overline{q}_1]$ називають оптимістичною, а інтервал $[\underline{q}_0, \overline{q}_0]$ – песимістичною оцінкою параметра q .

Крім вказаних, на практиці досить часто використовують квазідзвоноподібну функцію належності нечіткого параметра \tilde{q} , яка має вигляд:

$$\mu_{\tilde{q}}(q) = 1 / (1 + ((q - b) / c)^2), \quad (4)$$

де c – коефіцієнт концентрації-розтягування функції;

b – координата максимуму функції належності ($\mu_{\tilde{q}}(b) = 1$).

Позначимо через $X = x_1, x_2, \dots, x_n$ показники (кількісні і якісні), які визначають інвестиційний клімат держави чи регіону. Тоді наше завдання буде полягати в пошуку функціонального відображення виду $X \rightarrow S \in [0, 1]$, де S – комплексний показник стану інвестиційного клімату, причому чим більше значення S , тим інвестиційний клімат “кращий”. Тобто зв’язок між вхідними показниками і станом інвестиційного клімату подамо співвідношенням:

$$S = f(x_1, x_2, \dots, x_n). \quad (5)$$

Для оцінки лінгвістичних змінних x_i , $i = \overline{1, n}$ і S використовуватимемо якісні терми з таких терм-множин:

$A_i = \{a_i^1, a_i^2, \dots, a_i^{k_i}\}$ – терм-множина вхідної змінної x_i , $i = \overline{1, n}$;

$D = \{d_1, d_2, \dots, d_m\}$ – терм-множина вихідної змінної S ,

де a_i^p – p -ий лінгвістичний терм змінної x_i , $p = \overline{1, k_i}$, $i = \overline{1, n}$,

d_j – j -ий лінгвістичний терм змінної S .

Тоді нечітку базу знань можна подати у вигляді системи логічних висловлювань типу “ЯКЩО – ТОДІ, ІНАКШЕ”, які пов’язують значення вхідних змінних x_1, x_2, \dots, x_n з

одним із можливих значень виходу d_j , $j = \overline{1, m}$. Із використанням операцій \vee (АБО) й \wedge (ТА) цю систему логічних висловлювань можна записати таким чином [15]:

$$\bigvee_{p=1}^{l_j} \left[\bigwedge_{i=1}^n (x_i = a_i^{jp}) \right] \rightarrow s = d_j, \quad j = \overline{1, m}, \quad (6)$$

де a_i^{jp} – лінгвістична оцінка вхідної змінної x_i у p -му рядку j -ої диз'юнкції матриці знань, яка вибирається із відповідної терм-множини A_i , $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, m}$, $p = \overline{1, l_j}$, l_j – кількість правил, які визначають значення змінної $S = d_j$.

Виходячи з цього, співвідношенню (5) можна поставити у відповідність систему логічних рівнянь такого виду

$$\mu^{d_i}(x_1, x_2, \dots, x_n) = \bigvee_{p=1, l_j}^{l_i} \left[\bigwedge_{i=1, n}^n \mu^{a_i^{jp}}(x_i) \right], \quad j = \overline{1, m}, \quad (7)$$

де $\mu^{a_i^{jp}}(x_i)$ – функція належності параметра x_i нечіткому терму a_i^{jp} , $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, m}$, $p = \overline{1, l_j}$;

$\mu^{d_i}(x_1, x_2, \dots, x_n)$ – функція належності вектора вхідних змінних $X = x_1, x_2, \dots, x_n$ значенню вихідної змінної $S = d_j$, $j = \overline{1, m}$.

Використовуючи теорію нечітких множин, одержимо таку модель нечіткої апроксимації об'єкта [15]:

$$\mu^{d_i}(s) = \max_{p=1, l_j} \left(\min_{i=1, n} \mu^{a_i^{jp}}(x_j) \right), \quad j = \overline{1, m}. \quad (8)$$

Для формалізації лінгвістичних термів можна взяти функцію належності виду (4).

Таким чином, співвідношення (5), яке встановлює зв'язок між вхідними змінними x_i і вихідною змінною S , може бути формалізовано у вигляді нечітких логічних висловлювань, які ґрунтуються на матриці знань. Її потрібно побудувати на підставі статистичних і експертних даних.

Для вирішення поставленого завдання можна також скористатися іншим підходом.

А.О.Недосекін, аналізуючи ризик банкрутства підприємства, замість бази знань для кожного первинного показника на підставі експертних оцінок будує п'ять нечітких множин, функції належності яких є трапецієподібні нечіткі числа виду (3) [16]. Тобто, для кожного нечіткого показника x_k визначається лінгвістична змінна "Рівень показника x_k " із введенням п'яти нечітких підмножин B_i ($i = \overline{1, 5}$) множини $D(x_k)$, яка є областю визначення цього показника. Тут $D(x_k)$ – незліченна множина точок осі дійсних чисел, а B_1, B_2, B_3, B_4, B_5 – нечіткі множини, які в загальному перетинаються і характеризують, відповідно, "дуже низький", "низький", "середній", "високий" і "дуже високий" рівень показника x_k .

Повна множина станів A підприємства розділена також на п'ять нечітких підмножин A_i ($i = \overline{1, 5}$), кожній з яких відповідає функція належності у вигляді трапецієподібного нечіткого числа $\beta_i(a_{1i}, a_{2i}, a_{3i}, a_{4i})$. Узагальнений показник S будується за формулою:

$$S = \sum_{i=1}^5 \alpha_i Y_i, \quad (9)$$

де $\alpha_i = (a_{2i} + a_{3i}) / 2$;

Y_i – дійсні числа, розраховані на підставі запропонованого автором алгоритму з урахуванням інформації про те, що початкові показники – стимулятори чи дестимулятори.

Розглянутий підхід можна використати для оцінювання стану інвестиційного клімату держави чи регіону. При цьому множину станів інвестиційного клімату

економічного суб'єкта можна розділити на три, п'ять чи сім нечітких підмножин A_i . Аналізуючи досвід різних кваліфікацій лінгвістичної змінної "Стан", для першого випадку можна задати набір функцій належності $\{\mu\}$, якому відповідає трійка нечітких трапецієподібних чисел $\{\beta\}$ "поганий", "середній" і "добрий", таким чином: $\beta_1 = (0,0; 0,0; 0,2; 0,4)$, $\beta_2 = (0,2; 0,4; 0,6; 0,8)$, $\beta_3 = (0,6; 0,8; 1,0; 1,0)$. У другому випадку п'ять нечітких чисел, які відповідають "критичному", "поганому", "задовільному", "доброму" і "дуже доброму" стану інвестиційного клімату держави чи регіону, можна задати так: $\beta_1 = (0,0; 0,0; 0,15; 0,25)$, $\beta_2 = (0,15; 0,25; 0,35; 0,45)$, $\beta_3 = (0,35; 0,45; 0,55; 0,65)$, $\beta_4 = (0,55; 0,65; 0,75; 0,85)$, $\beta_5 = (0,75; 0,85; 1,0; 1,0)$.

Для запропонованих моделей кількість і склад первинних показників не має суттєвого значення. Тому аналітики можуть застосовувати ці моделі при використанні наявної в їхньому розпорядженні інформації, яка подана за допомогою значень статистичних і експертних показників.

Висновки. Використання наближених вхідних даних при оцінюванні інвестиційного клімату держави чи регіону не може привести до точного результату. Крім того, недоліком цього оцінювання при використанні експертної інформації є слабка формалізація цього процесу. Запропоновані методики оцінювання інвестиційної привабливості економічних суб'єктів дозволяють позбутися цих недоліків. Вони ґрунтуються на застосуванні теорії нечіткої логіки. Практичне використання органами державного управління розглянутих моделей допоможе більш точно оцінити інвестиційний клімат держави чи регіону і виробити такі рішення, які збільшать приплив зовнішніх інвестицій до цих економічних суб'єктів.

Розглянуті в цій роботі задачі економічного аналізу відносяться до слабо структурованих задач економіки. Побудовані моделі оцінювання інвестиційного клімату держави чи регіону використовують відносно прості положення теорії нечітких множин і нечіткої математики. Застосування для вирішення поставлених проблем нечітких мір та інтегралів [17] дозволить використовувати для цього ширший діапазон експертної інформації і вміти ще точніше оцінити стан інвестиційної привабливості цих економічних суб'єктів.

1. Суппес П., Зинес Дж. Основы теории измерений // Психологические измерения. – М.: Мир, 1967. – 176 с.
2. Лукашин Ю., Рахлина Л. Факторы инвестиционной привлекательности регионов России // МЭМО. – 2006. – № 3. – С. 87–94.
3. Стерський М. Методи оцінки інвестиційної привабливості регіонів у перехідній економіці // Соціально-економічні дослідження в перехідній економіці. Застосування статистичних методів (регіональний аспект): Зб. наук. праць НАН України. ІРД. – Львів, 1999. – Вип. X. – С. 40–48.
4. Приймак В.І. Трудовий потенціал і механізми його реалізації в регіоні. – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2002. – 383 с.
5. Антонова А.В., Пономаренко Л.В. Методика рейтинговой оценки инвестиционной привлекательности региона // <http://nimc.web.tstu.ru/articles/2/2/htm>.
6. Бланк И.А. Инвестиционный менеджмент. – Киев: МП ИТЕМ ЛТД, Юнайтед Лондон Трейд Лимитед, 1995. – 276 с.
7. Плют В. Сравнительный многомерный анализ в эконометрическом моделировании / Пер. с пол. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 175 с.
8. Долішній М., Побурко В., Карпов В. Про рівномірність економічного розвитку регіонів України // Регіональна економіка. – 2002. – № 2. – С. 7–17.
9. Приймак В. І. Комплексна оцінка динаміки регіональних ринків праці // Україна: аспекти праці. – 2002. – № 6. – С. 3–7.
10. Айвазян С.А. К методологии измерения синтетических категорий качества жизни населения // Экономика и математические методы. – 2003. – Т. 39. – № 2. – С. 33–53.
11. Приймак В.І., Баранкевич М.М., Цицак В.М. Інтегральна оцінка розвитку трудового потенціалу регіону з урахуванням його якісних характеристик // Регіональна економіка. – 2004. – № 2. – С. 45–53.

12. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / Под ред. Д.А.Поспелова. – М., 1986.
13. Заде Л. Лингвистическая переменная. – М.: Физматгиз, 1972.
14. Ротштейн А.П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткие множества, генетические алгоритмы, нейронные сети. – Винница: “УНІВЕРСУМ-Вінниця”, 1999. – 320 с.
15. Сявавко М., Рибицька О. Математичне моделювання за умов невизначеності. – Львів: НВФ Українські технології, 2000. – 320 с.
16. Недосекин А.О. Нечетко-множественный анализ риска фондовых инвестиций. – Санкт-Петербург, 2002. – 180 с.
17. Сявавко М. Застосування нечітких мір та інтегралів для розв’язування слабо структурованих задач економіки // Вісник Львів. ун-ту. Сер. екон. – Львів, 2007. – Вип. 37. – С. 39–51.