

Електронне наукове фахове видання "Ефективна економіка" включено до переліку наукових фахових видань України з питань економіки (Наказ Міністерства освіти і науки України від 29.12.2014 № 1528)

**Ефективна
ЕКОНОМІКА**



Дніпровський державний
аграрно-економічний
університет



Видавництво ТОВ «ДКС-центр»



Ефективна економіка № 5, 2016

УДК 330.322; 519.86

*І. В. Мірошниченко,
старший викладач кафедри економіко-математичного моделювання,
Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана, м. Київ*

МОДЕЛЬ ОЦІНЮВАННЯ ІНВЕСТИЦІЙНОГО ПОТЕНЦІАЛУ УКРАЇНИ НА ПІДҐРУНТІ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

*I. Miroshnychenko,
Senior Lecturer of the department of economic and mathematical modeling,
Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman, Kyiv*

ASSESSMENT MODEL OF INVESTMENT POTENTIAL OF UKRAINE TO MOTIVATED FUZZY LOGIC

У статті запропоновано методологічний підхід до оцінювання інвестиційного потенціалу країни. Побудовано економіко-математичну модель, що ґрунтується на використанні інструментарію теорії нечіткої логіки. Проаналізовано наявність взаємозалежностей між пояснюючими змінними шляхом виявлення кореляційних зв'язків. Визначено ряд вхідних показників, що є репрезентантами своєї груп. Сформовано терми для кожної з вхідних та вихідної змінної. Задано вигляд функцій належності термів та їх параметрів. Сформована база знань та правил прийняття рішень. Проведена оптимізація всіх ваг правил та параметрів функцій належності всіх вхідних та результуючої змінних. Отримано лінгвістичний опис інвестиційного потенціалу країни та кількісна оцінка вихідної змінної на наступний рік. Проведене експериментальне дослідження засвідчило адекватність побудованих моделей та ефективність їх застосування з метою підтримки прийняття управлінських рішень.

Article offers the methodological approach to the assessment of investment potential. Was constructed mathematical model based on the use of tools of the theory of fuzzy logic. Also the

presence of interdependencies between explanatory indicators by identifying correlations was analyzed. Determined the number of input parameters that are representants their groups. Formed theme for each input and output variable. Given the appearance of functions of terms and their parameters. Formed the base of knowledge and rules of decision-making. Conducted the optimization of all weights of the rules and parameters of membership functions of all the incoming and the resulting variables. Obtained linguistic description of the country's investment potential and quantification of the output variable for the next year. The pilot study showed the constructed models adequacy and effectiveness of their application in order to support management decision-making.

Ключові слова: *інвестиційний потенціал, нечітка логіка, функція належності, лінгвістична змінна, дефазифікація, прогнозування.*

Keywords: *investment potential, fuzzy logic, membership function, linguistic variable, defuzzification, prognostication.*

Постановка проблеми. Сучасний стан розвитку світових економічних процесів потребує ефективного оцінювання інвестиційного потенціалу країни. Це дає поштовх до залучення нових прямих іноземних інвестицій і, як результат, стабілізації та/або активізації розвитку країни, особливо в наш нестабільний час.

Тому актуальною є проблема оцінювання та прогнозування інвестиційного потенціалу країни з метою визначення можливостей країни з залучення інвестицій та пошуку шляхів підвищення інвестиційної привабливості економіки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій та виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Питанням оцінювання інвестиційного потенціалу займається широке коло вітчизняних вчених, а саме: О.І. Лайко [1], С.В. Леонов [2], І.А. Маринич [3], Т.В. Романова [4] та інші.

Існуючі підходи враховують в аналізі досить обмежений обсяг інформації. Наявність суб'єктивності у виборі показників інвестиційного потенціалу суттєво знижує їх практичне застосування. Це свідчить про недостатню розвиненість існуючих математичних моделей оцінювання інвестиційного потенціалу країни.

Мета статті. Метою статті є розробка методологічного підходу до оцінки інвестиційного потенціалу країни та побудова відповідної економіко-математичної моделі на підґрунті нечіткої логіки.

Виклад основного матеріалу. Враховуючи результати попередніх досліджень автора [5], з метою оцінювання інвестиційного потенціалу країни пропонується застосування інструментарію теорії нечіткої логіки [6].

Центральне місце у теорії нечіткої логіки займає поняття лінгвістичної змінної. Лінгвістична змінна характеризується кортежем $\langle \beta, T, X, U \rangle$, де: β – назва лінгвістичної змінної; T – терм-множина значень, тобто множина лінгвістичних значень змінної X , причому кожне з таких значень характеризується нечіткою множиною, визначеною на універсальній множині U .

Структуру процесу нечіткого виводу представлено на рис. 1, де використано наступні позначення: $\mu^{t_i}(x_i)$ – функція належності i -го показника I -ому терму терм-множини значень відповідної лінгвістичної змінної, $i = \overline{1, I}$, $I = \overline{1, k_I}$ (k_i – кількість термів t_{iI} у терм-множині змінної x_i); t_{iI} – I -ий терм терм-множини лінгвістичної змінної, яка описує i -ий вхідний показник; $\mu^{p_j}(y)$ – функція належності вихідного показника y j -му терму терм-множини значень відповідної лінгвістичної змінної, яка залежить від вхідних показників $(x_1, x_2, \dots, x_I)$; p_j – j -ий терм терм-множини значень лінгвістичної змінної, що характеризує вихідний показник y .

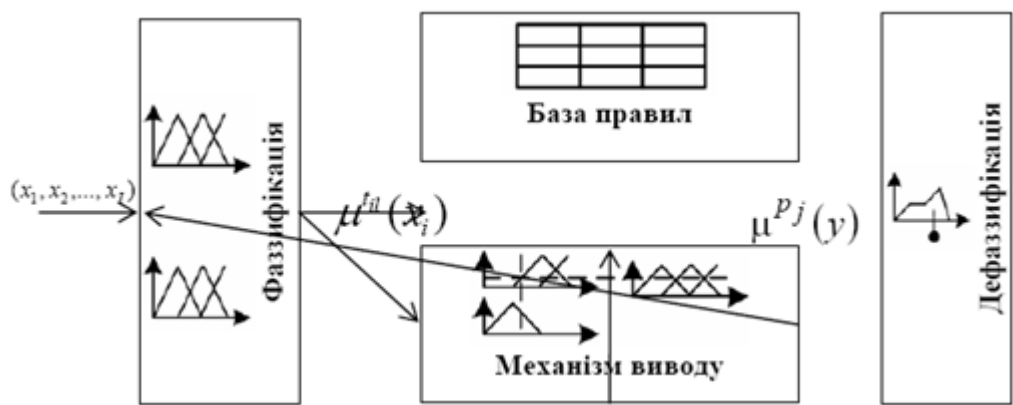


Рис. 1. Структура процесу нечіткого виводу

Проведення розрахунків в економіко-математичній моделі оцінювання інвестиційного потенціалу країни здійснюється за такими етапами.

Етап 1 (Показники). Першочерговою задачею при побудові моделі є обґрунтування вибору результуючого показника та визначення переліку входних факторів. Оскільки основним завданням нашого дослідження є моделювання інвестиційного потенціалу країни, то важливо визначитись зі змінною, яка могла би слугувати уособленням цього показника. При цьому важливо розуміти, що поняття інвестиційного потенціалу пов'язане не стільки з сучасним рівнем інвестиційних надходжень, скільки з потенційною можливістю його реалізації із залучення інвестицій в майбутньому, виходячи з поточної економічної та політичної кон'юнктури. Тож за вихідну змінну у в результаті проведеного аналізу вирішено взяти чистий приплив прямих іноземних інвестицій (% від ВВП) наступного року, в той час як на входи моделі подаватимуться показники поточного року. Таким чином, при налаштуванні параметрів економіко-математичної моделі та її використанні з метою оцінювання інвестиційного потенціалу країни лаг між входними та результуючою змінними становитиме один рік.

Для формування набору пояснюючих показників при конструюванні моделі оцінювання інвестиційного потенціалу країни на підґрунті інструментарію нечіткої логіки проведемо аналіз та відбір найбільш значущих показників з повного переліку [7]. Зазначимо, що у літературі з нечіткого моделювання рекомендується, щоб кількість входів моделі була не більшою за 7 ± 2 пояснюючих змінних [3]. Крім того, важливо, щоб відібрані до моделі фактори відображали всі групи показників оцінювання інвестиційного потенціалу.

Перш за все спробуємо проаналізувати наявність взаємозалежностей між показниками шляхом виявлення кореляційних зв'язків. З результуючим показником у значущий кореляційний зв'язок є лише у показника x_{23} «Торгівля послугами (% від ВВП)» – залежність між значеннями показника x_{23} та у з лагом в один рік (кореляція між показником торгівлі послугами та чистим припливом прямих іноземних інвестицій у наступному році) становить 0,54. І хоча інші входні показники не мають значущого кореляційного зв'язку з вихідною змінною, для моделей на нечіткій логіці це не має особливого значення (адже всі показники переводяться у лінгвістичну форму та залежність шукається на основі логічних правил прийняття рішень, що нівелює значимість лінійного зв'язку між показниками).

Разом з тим, до множини входних змінних відберемо такі показники, що є найбільш вираженими репрезентантами своїх груп – вони мають характеризуватись найбільш тісним зв'язком із максимальною кількістю інших пояснюючих змінних із своєї групи. Разом з тим, вони не повинні мати значущої взаємозалежності із іншими показниками з множини входних факторів моделі оцінювання інвестиційного потенціалу країни.

Так, наприклад, всі показники із групи «Торгівля» (x_{22} , x_{23} , x_{24} , x_{25}) мають між собою значущі кореляційні зв'язки (від 0,42 до 0,94) та жодного значущого зв'язку із показниками з інших груп. Тож, репрезентантом цієї групи виберемо x_{23} «Торгівля послугами (% від ВВП)» як єдиного, що має значний лінійний вплив на вихідну змінну.

Інші групи не стоять так відокремлено від інших – значущі зв'язки у показників з тих груп можуть бути як зі змінними у своїй групі, так і з іншими. Так, наприклад, показник x_2 «ВВП на душу населення (в поточних доларах \$)» має значущий кореляційний зв'язок з показниками x_4 , x_{11} , x_{13} , $x_{17} - x_{21}$, x_{29} , x_{31} , x_{41} . І найбільша кореляція у нього з показником x_{19} «Паритет купівельної спроможності» – на рівні 0,92. Але через такий тісний зв'язок між цими двома показниками x_{19} має саме такі ж значущі зв'язки з тим же переліком факторів, як і x_2 . Тож, хоч обидва ці показники мають нульову кореляцію із вихідною змінною, ми відберемо один з них, як найбільш вираженого репрезентанта інших факторів. Зважаючи на кроскореляційні зв'язки інших входних показників, відберемо до моделі оцінювання інвестиційного потенціалу країни пояснюючу змінну x_2 «ВВП на душу населення (в поточних доларах \$)», які буде презентувати групу «Показники ВВП». Репрезентантом же групи «Специфіка ціноутворення» з аналогічних міркувань виберемо показник x_{17} «Інфляція споживчих цін (% на рік)».

В результаті проведення дослідження пояснюючих змінних до моделі оцінювання інвестиційного потенціалу країни на

нечіткій логіці було також відібрано показник x_{12} «Зайнятість у промисловості (% від загальної зайнятості)» як репрезентант групи «Ринок трудових ресурсів», x_{31} «Витрати на кінцеве споживання і т.д. (% від ВВП)» в якості представника групи «Уряд», та від групи «Бізнес» показник x_{38} «Індекс легкості ведення бізнесу».

Ми також здійснили спробу побудувати модель оцінювання інвестиційного потенціалу країни на основі не самих значень показників, а їх відносних змін у щорічному розрізі. Але жодних залежностей між результативним показником та змінами вхідних факторів виявлено не було (коефіцієнти кореляції між показником відносної зміни прямих іноземних інвестицій із показником зміни будь-якого вхідного фактору не перевищив 0,1 по модулю як для поточного року, так і зі зсувом на будь-який лаг). Крім того, коефіцієнти детермінації регресійних моделей, побудованих на різних можливих комбінаціях цих відносних показників не перевищили 0,05, що свідчить про неадекватність такого підходу та недоцільність подібної обробки вхідних показників.

Етап 2 (Лінгвістичні змінні). Для формування бази знань при побудові моделі на підґрунті теорії нечіткої логіки скористаємось трьома термами для кожної змінної. Відповідно, для оцінювання всіх показників x_i , $\bar{i} = \overline{1, I}$, що характеризують інвестиційний потенціал країни, формується єдина шкала з трьох якісних термів: H – низький рівень показника x_i , C – середній рівень показника x_i , B – високий рівень показника x_i .

Для оцінювання значень результуючої лінгвістичної змінної y , що охоплює повну множину ступенів інвестиційного потенціалу країни, будемо використовувати терми: H – низький інвестиційний потенціал, C – середній та B – інвестиційний потенціал країни.

Етап 3 (Побудова функцій належності). Нечіткі описи в моделі аналізу інвестиційного потенціалу з'являються у зв'язку з непевністю експерта, що виникає в ході різного роду класифікацій. Наприклад, коли не вдається чітко розмежувати значення середнього та високого рівня деякого показника. У такому разі необхідно побудувати функції належності всіх нечітких термів як вхідних, так і результуючої змінних, щоб отримати можливість здійснювати адекватну класифікацію рівнів всіх показників.

Спочатку визначасмо можливий діапазон зміни вхідних факторів x_i , $\bar{i} = \overline{1, I}$, і результуючого показника y та задаємо вигляд функцій належності нечітких термів всіх змінних. На рис. 2 подано схематично квазідзвоноподібні функції належності трьох нечітких термів $\{H, C, B\}$ вхідної змінної x_i , $\bar{i} = \overline{1, I}$, на множині X .

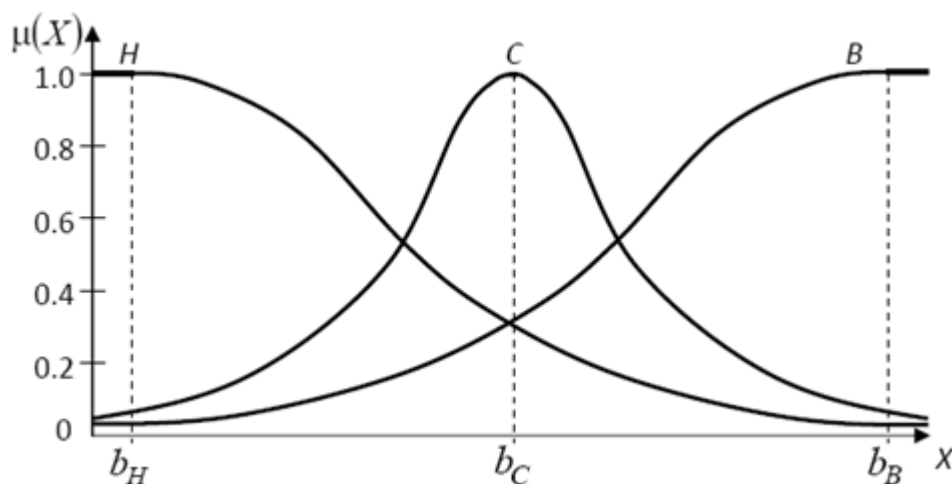


Рис. 2. Квазідзвоноподібні функції належності

Усі квазідзвоноподібні функції належності нечітких термів як вхідних x_i , $\bar{i} = \overline{1, I}$, так і вихідної змінної y , зображених на рис. 2, можна аналітично представити функцією [15]

$$\mu^T(X) = \frac{1}{1 + \left(\frac{X - b_T}{c_T} \right)^2}, \tag{1}$$

де c – коефіцієнт концентрації-розтягування функції;
 b – координата максимуму функції ($\mu(b) = 1$);
 T – лінгвістичний терм із множини $\{H, C, B\}$. Значення функцій належності бічних термів H та B усіх змінних за межами своїх максимумів b прирівнюються, як і в точках максимуму, до одиниці.

Перед проведенням оптимізації параметрів моделі або у випадку, якщо налаштування параметрів моделі здійснюватись не буде взагалі, необхідно задати орієнтовні межі змін всіх термів кожного з показників x_i , $i = \overline{1, I}$, шляхом порівняння даних показників за різними країнами у різні періоди часу. Таким чином можна встановити рівні показників, які будуть відповідати своїм лінгвістичним термам, щоб вони досить точно узгоджувались із заданими правилами оцінки інвестиційного потенціалу країни.

Продемонструємо принцип встановлення параметрів функцій належності для змінної x_2 «ВВП на душу населення (в поточних доларах \$)». Так, на рис. 3 відображені значення цього показника для всіх країн з кластера 2, сформованого на другому рівні ієрархії побудови моделі. По осі абсцис відкладено номер спостереження з навчальної вибірки (що являє собою позначку країни та року спостереження), а за віссю ординат – відповідне йому значення ВВП на душу населення в доларах.

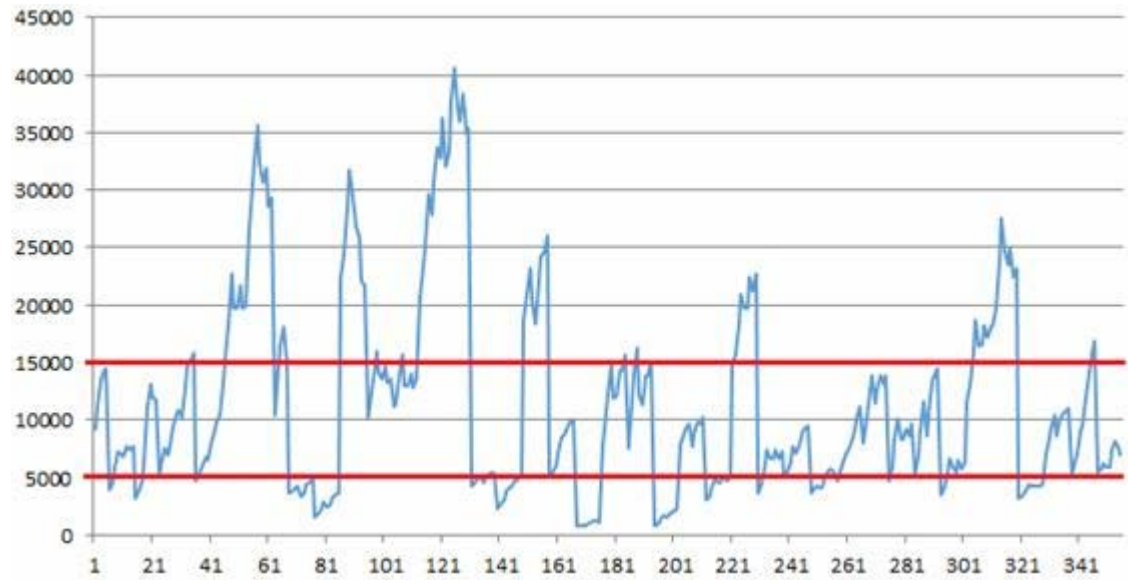


Рис. 3. Аналіз рівнів показника x_2 «ВВП на душу населення (в поточних доларах \$)» для встановлення параметрів функцій належності

Як видно з рис. 3, значення ВВП на душу населення коливається для різних країн із другого кластера в межах від кількох сотень до 40 тис. доларів на рік. Оскільки для побудови моделі на нечіткій логіці необхідно задати функції належності до лінгвістичних термів (що відповідають своїм нечітким множинам) кожної зі змінних, то важливо встановити орієнтовні розмежування між цими термами. Так, на основі графічного аналізу рис. 3 можна задати границю між низьким та середнім значенням показника x_2 «ВВП на душу населення (в поточних доларах \$)» (між термами H та C) на рівні близько 5 тис. дол., а між середнім та високим значеннями показника x_2 (між термами C та B) – на рівні 15 тис. дол. Ці розмежування на рис. 3 позначені потовщеними горизонтальними лініями. Ці ж лінії відображені на рис. 4 вже вертикально при ілюстрації розмежування між різними функціями належності показника x_2 .

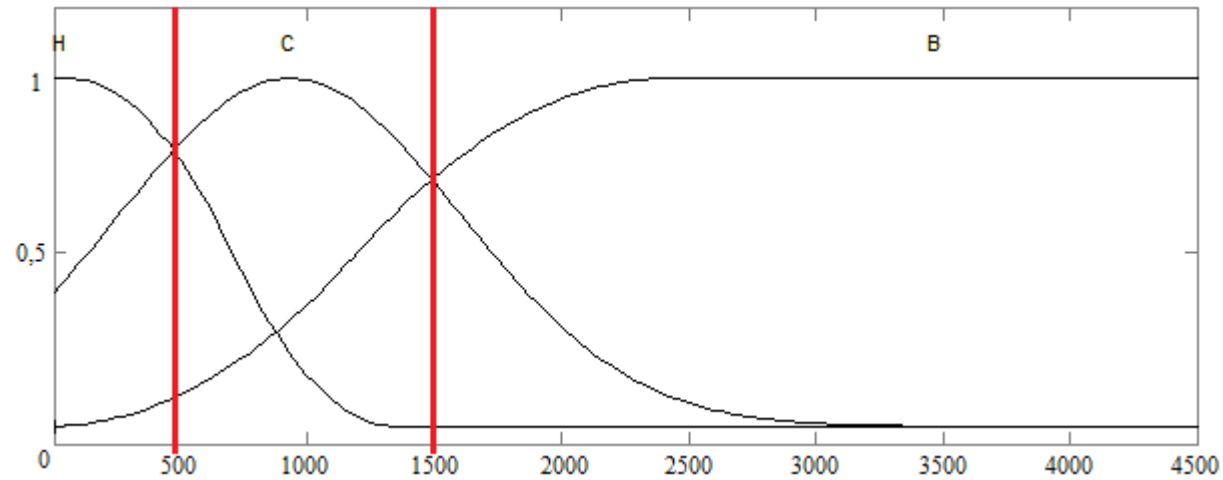


Рис. 4. Функції належності показника x_2 «ВВП на душу населення (в поточних доларах \$)»

Зазначимо, що ці розмежування між різними нечіткими множинами є досить умовними, адже функція належності відповідної нечіткої множини залишається ще на досить високому рівні за цими границями, але вже трохи нижче за сусідні функції належності.

Крім того, в процесі оптимізації параметрів моделі на реальних даних всі параметри функцій належності можуть бути суттєво скорегованими, щоб мінімізувати розходження розрахунків моделі із реальними показниками результуючої змінної.

Але, як би там не було, перед здійсненням налаштування моделі необхідно встановити початкові значення усіх параметрів та задати правила прийняття рішень. Так, для показника x_{12} «Зайнятість у промисловості (% від загальної зайнятості)» було вирішено розмежування між термами H та C поставити на рівні 20, а між термами C та B – на рівні 30. Для показника x_{17} «Інфляція споживчих цін (% на рік)» границя між термами H та C була встановлена на рівні 2, а між термами C та B – на рівні 10. Для x_{23} «Торгівля послугами (% від ВВП)» ці границі визначені на рівні 12 та 30, відповідно. Для показника витрат на кінцеве споживання і т.д. (% від ВВП) x_{31} – на рівні 75 та 90. Індекс легкості ведення бізнесу x_{38} у якості даних границь має значення 45 та 70.

Власне, для кожного терму $T \in \{H, C, B\}$ всіх вхідних змінних було встановлено свої параметри функції належності, які дозволяють на перетині функцій належності отримувати встановлені вище розмежування між термами. Так само встановлюються границі перетину лінгвістичних термів вихідної змінної. Для показника u «Прямі іноземні інвестиції, чистий приплив (% від ВВП)» розмежування між термами H та C було встановлено на рівні 2, а між термами C та B – на рівні 10.

Етап 4 (Формування бази знань та правил прийняття рішень). Експертна система на базі нечітких знань повинна містити механізм прийняття рішень, який би надав можливість робити висновок про інвестиційний потенціал країни. В табл. 1 наведено набір вирішальних правил щодо оцінювання чистого припливу прямих іноземних інвестицій (% від ВВП) наступного року на основі низки пояснюючих змінних поточного року.

Таблиця 1.
База знань щодо оцінювання інвестиційного потенціалу країни

Лінгвістичні значення показників						Вага	Вихідна змінна
x_2	x_{12}	x_{17}	x_{23}	x_{31}	x_{38}	w	y
C	C	C	H	C	C	w_1^H	H
$-C$	B	C	C	$-B$	$-C$	w_2^H	
C	C	C	$-B$	$-B$	$-B$	w_3^H	
C	C	C	C	C	C	w_4^H	
$-C$	C	C	H	H	C	w_1^C	C
H	H	C	C	C	H	w_2^C	
H	H	$-H$	B	B	B	w_3^C	
C	$-C$	C	C	C	$-C$	w_4^C	
B	C	C	B	C	B	w_1^B	B
C	B	C	C	C	$-B$	w_2^B	
C	H	C	B	$-C$	C	w_3^B	

Правила прийняття рішень, що свідчать про високу оцінку інвестиційного потенціалу країни та які записані в останніх трьох рядках табл. 1, у термінах теорії нечіткої логіки означатимуть лінгвістичне висловлювання: «ЯКЩО значення показника x_2 для аналізованої країни є високе ТА показник x_{12} середній, ТА x_{17} середній, ТА x_{23} високий, ТА x_{31} середній, ТА x_{38} високий АБО ЯКЩО x_2 середній ТА x_{12} високий, ТА x_{17} середній, ТА x_{23} середній, ТА x_{31} середній, ТА x_{38} не високий, АБО ЯКЩО x_2 середній ТА x_{12} низький, ТА x_{17} середній, ТА x_{23} високий, ТА x_{31} не середній, ТА x_{38} середній, ТОДІ ступінь інвестиційного потенціалу країни u є високою». Представимо за допомогою функцій належності та вагових коефіцієнтів аналітичну форму запису зазначеного вирішального правила визначення високого інвестиційного потенціалу країни:

$$\begin{aligned} \mu^B(y) = & w_1^B \left[\mu^B(x_2) \cdot \mu^C(x_{12}) \cdot \mu^C(x_{17}) \cdot \mu^B(x_{23}) \cdot \mu^C(x_{31}) \cdot \mu^B(x_{38}) \right] \vee \\ & \vee w_2^B \left[\mu^C(x_2) \cdot \mu^B(x_{12}) \cdot \mu^C(x_{17}) \cdot \mu^C(x_{23}) \cdot \mu^C(x_{31}) \cdot \mu^{-B}(x_{38}) \right] \vee \\ & \vee w_3^B \left[\mu^C(x_2) \cdot \mu^H(x_{12}) \cdot \mu^C(x_{17}) \cdot \mu^B(x_{23}) \cdot \mu^{-C}(x_{31}) \cdot \mu^C(x_{38}) \right] \end{aligned} \tag{2}$$

де $\mu^{d_j}(y)$ – функція належності вектора вхідних змінних x_i , $i = \overline{1, I}$, значенню d_j вихідної змінної y з множини $\{H, C, B\}$;
 I – кількість вхідних змінних (у даній задачі $I = 6$);

$\mu^{a_i^p}(x_i)$ – функція належності вхідної змінної x_i лінгвістичному терму a_i^p , $j = \overline{1, m}$, $i = \overline{1, I}$, $p = \overline{1, k_j}$ ($\mu^{-a}(x_i) = 1 - \mu^a(x_i)$);
 m – кількість значень вихідної змінної y (в нашій задачі $m = 3$);
 k_j – кількість правил у базі знань, що відповідають j -му терму вихідної змінної y (у нас $k_1 = k_2 = 4, k_3 = 3$);

$w_p^{d_j}$ – вага p -го правила серед тих, що відповідають терму d_j вихідної змінної. Вага являє собою число з інтервалу $[0, 1]$, яке характеризує впевненість експерта в кожному вибраному ним для прийняття рішення конкретному правилі (зазвичай всі ваги правил спочатку прирівнюються до одиниці та в результаті проведення оптимізації моделі на реальних даних можуть зменшуватись, якщо правило не відповідає дійсності).

Подібним чином утворюються всі функціональні залежності, які втілюють у математичній формі запису правила прийняття рішень, зведені до бази знань у табл. 1. Оскільки для опису кожного терму вихідної змінної використовується різна кількість правил, то об’єднання розрахунків за усіма правилами, що відносяться до одного терму результуючого показника, доцільно здійснювати за операцію максимізації. А для того, щоб при розрахунку вихідної змінної по кожному правилу враховувати значення всіх вхідних показників, операцію перетину функцій належності всіх вхідних змінних реалізовуватимемо шляхом їх добутку:

$$y = \arg \max_{p=1, k_j} \left\{ w_p^{d_j} \prod_{i=1}^I \mu^{a_i^p}(x_i) \right\}, \tag{3}$$

де $d_j = \{H, C, B\}$.

Від цього моменту модель можна використовувати для здійснення оцінки інвестиційного потенціалу країни, хоча за наявності статистичних даних варто провести оптимізацію її параметрів, що і було зроблено в цій роботі.

Етап 5 (Налаштування параметрів моделі). При проведенні налаштування параметрів моделі здійснюється оптимізація всіх ваг правил та параметрів функцій належності всіх вхідних та результуючої змінних. В принципі, навчання моделі не є обов'язковим, оскільки за наявності базових правил вона вже може видавати рішення для будь-яких значень пояснюючих змінних. Проте, якщо провести оптимізацію моделі на існуючому статистичному матеріалі, то якість її логічного висновку можна суттєво підвищити. Навчальною вибіркою слугували дані щодо відібраних на першому етапі побудови нечіткої моделі шести показників оцінювання інвестиційного потенціалу $\{x_2, x_{12}, x_{17}, x_{23}, x_{31}, x_{38}\}$ щодо всіх країн із кластера 2, сформованого на другому рівні ієрархії побудови моделі. На вихід моделі при оптимізації подавались відповідні цим країнам значення чистого припливу прямих іноземних інвестицій (% від ВВП) наступного року. Результат моделювання цього показника на навчальній вибірці із застосуванням побудованої моделі на нечіткій логіці наведений на рис. 5.

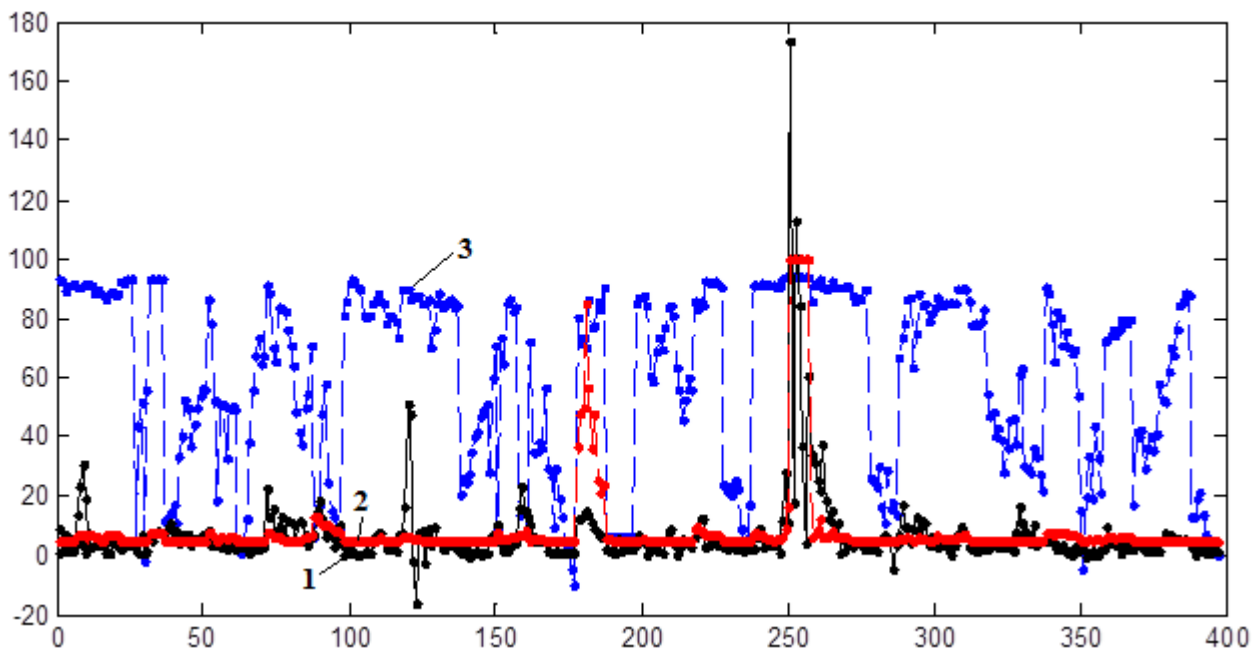


Рис. 5. Моделювання інвестиційного потенціалу країни на основі моделі на нечіткій логіці

На рис. 5 точками, що утворюють криву 1, позначені реальні дані щодо чистого припливу прямих іноземних інвестицій (% від ВВП) за 397 спостереженнями, що увійшли до навчальної вибірки. Крива 2 утворена із результатів моделювання після проведення оптимізації параметрів моделі на реальних даних, а 3 – моделювання до проведення оптимізації. Як видно з рис. 5, налаштування моделі на нечіткій логіці на даних щодо інвестиційного потенціалу країн суттєво підвищило точність розрахунку результуючої змінної.

Результатом застосування подібної моделі є лінгвістичний опис інвестиційного потенціалу країни, а також кількісна оцінка чистого припливу прямих іноземних інвестицій (% від ВВП) наступного року після того, за який подаються дані на вхід моделі.

Відтепер з'являється можливість застосовувати побудовану економіко-математичну модель для оцінювання інвестиційного потенціалу будь-якої з країн, що потрапили до другого кластера, сформованого на другому рівні ієрархії побудови моделі. Зокрема, можна здійснити розрахунок інвестиційного потенціалу України (зауважимо, що статистику за Україною не було включено до навчальної вибірки). Так, якщо подати на входи моделі на нечіткій логіці значення пояснюючих змінних щодо України за 2014 рік ($x_2 = 3082,5$ дол. США, $x_{12} = 26,1\%$, $x_{17} = 12,2\%$, $x_{23} = 20,7\%$, $x_{31} = 90,0\%$, $x_{38} = 87$), отримаємо прогнозну оцінку прямих іноземних інвестицій у 2015 році на рівні 4,6 % від ВВП.

Висновки.

В результаті проведеного дослідження автором запропоновано методологічний підхід до побудови економіко-математичної моделі оцінювання та прогнозування інвестиційного потенціалу країни з використанням інструментарію нечіткої логіки.

Проведений кореляційний аналіз вхідних змінних дозволи виділити масив показників, що якнайкраще репрезентують розвиток та потенціал своєї групи.

Проведене експериментальне дослідження побудованої моделі підтвердило високу ефективність запропонованого підходу.

Подальшим етапом дослідження є коригування бази правил з метою покращення результатів побудованої моделі, а також її використання у інших сферах економічної діяльності.

Література.

1. Лайко О. І. Шляхи відтворення інвестиційного потенціалу країни та регіонів [Текст] / О. І. Лайко // Економічні інновації. Випуск 42: Інноваційний інструментарій розвитку господарської діяльності. Збірник наукових праць. – 2011. – С. 129-139.
2. Леонов С. В. Інвестиційний потенціал банківської системи України: монографія / С. В. Леонов. – Суми : ДВНЗ “УАБС НБУ”, 2009. – 375 с.
3. Маринич І.А. Наукові підходи до формування потенціалу підприємства / І. А. Маринич, Н. Р. Кадилович // Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України : зб. наук.-техн. пр. - Львів, 2010. - Вип. 20.15. - С. 220-223
4. Романова Т.В. Теоретико-методологічні засади оцінки інвестиційного потенціалу регіонів / Т.В. Романова // Збірник наукових праць Черкаського державного технологічного університету. — 2009. — № 24. — С. 209-212.
5. Мірошніченко І.В. Модель оцінювання інвестиційного потенціалу країни / І.В. Мірошніченко // Інвестиції: практика та досвід. – 2016. - №7. – С. 81-85.

6. Матвійчук А. В. Штучний інтелект в економіці: нейронні мережі, нечітка логіка: Монографія. / А. В. Матвійчук. — К. : КНЕУ, 2011.— 439 с.

7. Miller G. A. The Magic Number Seven Plus or Minus Two: Some Limits on Our Capacity for Processing Information // Psychological Review. – 1956. – № 63. – P. 81–97.

References.

1. Layko, A. (2011), “Ways of the country and regions investment potential renewal”, *Economic Innovation*, vol.42, pp. 129-139.

2. Lieonov, S. V. (2009), *Investytsijnyj potentsial bankivs'koi systemy Ukrainy: monohrafiia* [Investment potential of the banking system of Ukraine], UABS NBU, Sumy, Ukraine.

3. Marynych, I.A. (2010), “Scientific approaches to capacity building enterprise”, *Naukovyj visnyk Natsional'noho lisotekhnichnoho universytetu Ukrainy*, vol. 20.15, pp. 220-223.

4. Romanova, T.V. (2009), “Theoretical and methodological principles of assessment of investment potential of regions”, *Zbirnyk naukovykh prats' Cherkas'koho derzhavnoho tekhnolohichnoho universytetu*, vol. 24, pp. 209-212.

5. Miroshnychenko I. (2016), “Assessment model of country’s investment potential”, *Investment: Practice and Experience*, vol.7, pp. 81-85.

6. Matviychuk, A. V. (2011), *Shtuchnyj intelekt v ekonomitsi: nejronni merezhi, nechitka lohika* [Artificial intelligence in the economy: neural networks, fuzzy logic], KNEU, Kyiv, Ukraine.

7. Miller G. A. (1956) The Magic Number Seven Plus or Minus Two: Some Limits on Our Capacity for Processing Information, *Psychological Review*, vol. 63, pp. 81-97.

Стаття надійшла до редакції 18.05.2016 р.



ТОВ "ДКС Центр"

[Впро](#)