

КОМПЛЕКС МОДЕЛЕЙ ОЦІНЮВАННЯ ІНВЕСТИЦІЙНОГО ПОТЕНЦІАЛУ КРАЇНИ

О. Д. Лук'яненко

Кандидат економічних наук, доцент
доцент кафедри міжнародного менеджменту
Державний вищий навчальний заклад «Київський національний
економічний університет імені Вадима Гетьмана»
проспект Перемоги, 54/1, м. Київ, 03680, Україна
OPavlovska@rambler.ru

І. В. Мірошніченко

Магістр з економічної кібернетики,
старший викладач кафедри економіко-математичного моделювання
Державний вищий навчальний заклад «Київський національний
економічний університет імені Вадима Гетьмана»
проспект Перемоги, 54/1, м. Київ, 03680, Україна
ihor.miroshnychenko@kneu.ua

У статті запропоновано методологічний підхід до оцінювання інвестиційного потенціалу країни, в рамках якого побудовано комплексну економіко-математичну модель, що складається з трьох рівнів ієрархії та ґрунтується на використанні апарату штучних нейронних мереж, а саме карт самоорганізації Кохонена, та інструментарії теорії нечіткої логіки. Обґрунтовано формування переліку показників, що найбільше характеризують інвестиційний потенціал країни, та проаналізовано наявність взаємозалежностей між ними шляхом виявлення кореляційних зв'язків. Проведено аналіз сучасного стану країн світу за показниками інвестиційного потенціалу та на основі карт самоорганізації Кохонена визначено кластер країн, подібних за цими показниками до України. Визначено ряд факторів, що є репрезентантами своїх груп, на основі яких побудовано економіко-математичну модель оцінювання інвестиційного потенціалу країни із застосуванням інструментарію нечіткої логіки. Сформовано терм-множини для кожної з вхідних та вихідної змінних, задано вигляд функцій належності термів та їх параметри, сформована база правил прийняття рішень. Проведена оптимізація всіх параметрів моделі на основі показників країн, які разом з країною дослідження формують відповідний кластер в результаті самоорганізації на карті Кохонена. Отримано лінгвістичний опис інвестиційного потенціалу України та його кількісну оцінку на наступний рік. Проведене експериментальне дослідження засвідчило адекватність побудованих моделей та ефективність їх застосування з метою підтримки прийняття управлінських рішень як для країни-реципієнта (для підвищення інвестиційної привабливості), так і для потенційного інвестора (з метою пошуку найбільш привабливих і неризикових ринків).

Ключові слова. *Інвестиційний потенціал, ієрархічна модель, штучна нейронна мережа, карта Кохонена, нечітка логіка.*

КОМПЛЕКС МОДЕЛЕЙ ОЦЕНИВАНИЯ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА СТРАНЫ

О. Д. Лукьяненко

Кандидат экономических наук, доцент,
доцент кафедры международного менеджмента
Государственное высшее учебное заведение «Киевский национальный
экономический университет имени Вадима Гетьмана»
проспект Победы, 54/1, г. Киев, 03680, Украина
OPavlovskia@rambler.ru

И. В. Мирошниченко

Магистр по экономической кибернетике,
старший преподаватель кафедры
экономико-математического моделирования
Государственное высшее учебное заведение «Киевский национальный
экономический университет имени Вадима Гетьмана»
проспект Победы, 54/1, г. Киев, 03680, Украина
ihor.miroshnychenko@kneu.ua

В статье предложен методологический подход к оцениванию инвестиционного потенциала страны, в рамках которого построена комплексная экономико-математическая модель, состоящая из трех уровней иерархии и базирующаяся на использовании аппарата искусственных нейронных сетей, а именно самоорганизующихся карт Кохонена, и инструментария теории нечеткой логики. Обосновано формирование перечня показателей, характеризующих в наибольшей степени инвестиционный потенциал страны, и проанализировано наличие взаимосвязей между ними путем выявления корреляционных зависимостей. Проведен анализ текущего состояния стран мира по показателям инвестиционного потенциала и с применением самоорганизующихся карт Кохонена определен кластер стран, подобных по этим показателям Украине. Определен ряд входных показателей-репрезентантов своих групп, на основе которых построено экономико-математическую модель оценивания инвестиционного потенциала страны с использованием инструментария нечеткой логики. Сформированы терм-множества для каждой из входных и выходной переменных, задан вид функций принадлежности термов и их параметры, сформирована база правил принятия решений. Проведена оптимизация всех параметров модели на основе показателей стран, которые вместе с исследуемой страной формируют соответствующий кластер в результате самоорганизации на карте Кохонена. Получено лингвистическое описание инвестиционного потенциала Украины и его количественную оценку на следующий год. Проведенное экспериментальное исследование подтвердило адекватность построенных моделей и эффективность их использования с целью поддержки принятия управленческих решений как для страны-реципиента (для повышения инвестиционной привлекательности), так и для потенциального инвестора (с целью поиска наиболее привлекательных и безрисковых рынков).

Ключевые слова. *Инвестиционный потенциал, иерархическая модель, искусственная нейронная сеть, карта Кохонена, нечеткая логика.*

COMPLEX OF EVALUATION MODELS OF INVESTMENT POTENTIAL**Olha Lukianenko**

PhD (Economic Sciences), Docent,
Associate Professor of Department of International Management

State Higher Educational Establishment
«Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman»
54/1 Peremogy Avenue, Kyiv, 03680, Ukraine
OPavlovska@rambler.ru

Ihor Miroshnychenko

Master's Degree in Economic Cybernetics,
Senior Lecturer of Department of Economic and Mathematical Modeling

State Higher Educational Establishment
«Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman»
54/1 Peremogy Avenue, Kyiv, 03680, Ukraine
ihor.miroshnychenko@kneu.ua

The article provides the methodological approach to the assessment of country's investment potential. The constructed in the frame of this approach integrated model consists of three levels of hierarchy and based on usage of artificial neural networks (Kohonen self-organizing maps) and tools of fuzzy logic theory. It's substantiated the forming of set of indicators that characterize the country's investment potential, and analyzed the relationship between them by identifying correlations. The cluster of countries similar to Ukraine in terms of investment potential has been defined in result of carried out analysis of current state of the world's countries. There is defined the set of input parameters-representants of their indicators' groups on the basis of which built the economic and mathematical model for estimating the country's investment potential using fuzzy logic tools. The term sets of each input and output variables was formed, and also determined the type and parameters of membership functions, constructed the base of decision-making rules. The optimization of the fuzzy model parameters was carried out on the basis of the performance of countries which form one cluster together with the studied country in the issue of self-organization at the Kohonen map. As a result was obtained the linguistic description of the investment potential of Ukraine and its quantitative estimate for the next year. The performed experimental research has confirmed the adequacy of constructed models and their effectiveness for support the management decision-making for the recipient country (to increase the investment attractiveness), as well as for potential investors (in order to find the most attractive and risk-less markets).

Keywords. *Investment potential, hierarchical model, Kohonen's map, artificial neural network, fuzzy logic.*

JEL Classification: C45, E22

Вступ

Залучення прямих іноземних інвестицій є однією з основних цілей економічного розвитку більшості країн світу, оскільки надає поштовх до запровадження нових експортно-імпортних проєктів, інституційних перетворень у країні та технологічної модернізації підприємств та організацій. Проте в сучасних реаліях нестабільності державних інститутів в Україні, неузгодженості державної політики та суттєвої специфічності ведення бізнесу, досягнення значних, а головне, стабільних обсягів прямих іноземних інвестицій постає складною задачею. Особливо це помітно для країн із середнім і низьким рівнем достатку, для яких залучення іноземних коштів — запорука економічного зростання та конкурентоспроможності. Всі ці негативні процеси поглиблюються на фоні світової економічної кризи. З одного боку, іноземні компанії та корпорації стали значно обережнішими при інвестуванні капіталу в інші країни, банки неохоче долучаються до фінансових інвестицій, а з іншого — урядам країн-реципієнтів важко забезпечити стабільне та привабливе середовище для інвестування. 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.

Різнноманітні теоретичні та практичні аспекти інвестиційного потенціалу було досліджено в роботах науковців і практиків, таких як О. І. Лайко [1], С. В. Леонов [2—4], І. А. Маринич [5], С. А. Павлова [6], Т. В. Романова [7], О. Г. Ултургашева [8] та інші. У той же час сфера інвестиційного потенціалу цікавить не тільки науковців, але й світових лідерів консалтингового та аудиторського бізнесу, серед яких International Finance Corporation [9], Deloitte [10], Ernst & Young [11], PricewaterhouseCoopers [12] та інші.

Ознайомлення з їх доробками підтверджує актуальність і важливість зазначеної проблематики. Разом з тим, проведений аналіз існуючих методів оцінювання інвестиційного потенціалу країни виявив, що існує необхідність у розробленні комплексу економіко-математичних моделей, які б враховували обмеженість статистичної інформації, розпливчастість інформації щодо ключових факторів формування інвестиційного потенціалу, експертні знання в предметній області тощо. Аналіз сучасного математичного апарату моделювання складних економічних процесів привів ав-

тора до висновку щодо доцільності побудови таких моделей на підґрунті інструментарію штучних нейронних мереж і теорії нечіткої логіки.

Мета і завдання дослідження

Метою статті є розробка методологічного підходу до оцінки інвестиційного потенціалу країни та побудова відповідного комплексу економіко-математичних моделей.

Досягнення мети дослідження передбачає вирішення таких завдань: побудова ієрархічної моделі оцінювання інвестиційного потенціалу країни; визначення системи показників для оцінювання інвестиційного потенціалу країни; визначення кола країн світу, що схожі/подібні за показниками інвестиційного потенціалу на країну, що оцінюється; розроблення експертної системи оцінювання інвестиційного потенціалу країни; проведення модельних обчислювальних експериментів відповідно до запропонованого методологічного підходу.

Виклад основного матеріалу дослідження

Ураховуючи результати попередніх досліджень автора [13, 14], для більш наочного відображення процесу моделювання інвестиційного потенціалу країни пропонуємо ієрархічну модель, що складається з трьох рівнів (див. рис. 1).



Рис. 1. Ієрархічна модель оцінювання інвестиційного потенціалу України

Розглянемо дану модель у висхідному порядку.

Третій рівень ієрархії. Розуміння та опис такого складного об'єкту дослідження, як інвестиційний потенціал країни, вимагає одночасного розгляду та врахування численного набору показників, що характеризують його різноманітні аспекти і співвідношення. При цьому головною задачею у пошуку, зборі та аналізі даних є представлення їх у зрозумілій формі зі збереженням інформативності.

Статистичні показники, що використовуються в аналізі інвестиційного потенціалу країни, були відібрані з різноманітних джерел інформації [15, 16], щоб відобразити якомога більше аспектів інвестиційної привабливості країни як для потенційного інвестора, так і з позицій країни-реципієнта.

Для оцінювання інвестиційного потенціалу кожної з країн було взято 41 вхідний показник (x_j), що представлені у табл. 1, які за принципами вичерпності та інформативності найбільше характеризують інвестиційну привабливість країни. Обрані показники характеризують розвиток і потенціал фондового ринку, ринку трудових ресурсів, обсяги валового національного продукту, грошей, специфіку ціноутворення, торгівлі, урядової політики, ведення бізнесу, особливості споживачів та оподаткування. Умовно ці показники було об'єднано за шістьма групами, зазначеними у третьому стовпчику табл. 1. За вихідний показник (y) взято прямі іноземні інвестиції (% від ВВП), що в найбільшій мірі відображають реалізацію інвестиційного потенціалу країни.

Кожен показник з табл. 1 представлений для кожної країни щорічними часовими рядами довжиною у 10 років (2005—2014 рр.). Проте не для всіх країн інформація була доступна в повному обсязі. Цю проблему було вирішено трьома шляхами: 1) доповнення пропущених даних додатковими базами даних, зокрема [17]; 2) виключення показників, дані по яким неможливо «відновити», якщо вони пропущені для значної кількості країн; 3) виключення країн, більшість даних яких відсутні. У результаті такого формування масиву даних для дослідження було відібрано 123 країни. На рис. 2 світлим кольором виділені країни, які не було враховано в дослідженні через відсутність достатнього обсягу інформації, темним кольором — основна країна дослідження (Україна), а проміжна градація сірого відповідає країнам, відібраним для побудови моделей оцінювання інвестиційного потенціалу.

Таблиця 1

**ПЕРЕЛІК ПОКАЗНИКІВ ОЦІНЮВАННЯ
ІНВЕСТИЦІЙНОГО ПОТЕНЦІАЛУ КРАЇНИ**

Змінна	Назва показника	Назва групи показників
<i>у</i>	Прямі іноземні інвестиції, чистий приплив (% від ВВП)	Вихідний
<i>x</i> ₁	Зростання ВВП (% на рік)	Показники ВВП
<i>x</i> ₂	ВВП на душу населення (в поточних дол. США)	
<i>x</i> ₃	Зростання ВВП на душу населення (% на рік)	
<i>x</i> ₄	Сільське господарство, додана вартість (% від ВВП)	
<i>x</i> ₅	Промисловість, додана вартість (% від ВВП)	
<i>x</i> ₆	Виробництво, додана вартість (% від ВВП)	
<i>x</i> ₇	Послуги і т.д., додана вартість (% від ВВП)	
<i>x</i> ₈	Безробіття, всього (% від загальної чисельності робочої сили) (національна оцінка)	Ринок трудових ресурсів
<i>x</i> ₉	Населення у віці 15—64 років (% від загального числа населення)	
<i>x</i> ₁₀	Наймані працівники, всього (% від загальної кількості працівників)	
<i>x</i> ₁₁	Зайнятість в сільському господарстві (% від загальної зайнятості)	
<i>x</i> ₁₂	Зайнятість у промисловості (% від загальної зайнятості)	
<i>x</i> ₁₃	Робота в сфері послуг (% від загальної зайнятості)	
<i>x</i> ₁₄	Зайнятість в загальній чисельності населення, всього (%) (за оцінкою МОП)	
<i>x</i> ₁₅	Зайнятість в загальній чисельності населення, всього (%) (національна оцінка)	
<i>x</i> ₁₆	Рівень участі в робочій силі, всього (% від загального числа населення у віці 15-64 років) (за зразком оцінки МОП)	

Закінчення табл. 1

Змінна	Назва показника	Назва групи показників
x_{17}	Інфляція споживчих цін (% на рік)	Специфіка ціноутворення
x_{18}	Інфляція, дефлятор ВВП (% на рік)	
x_{19}	Паритет купівельної спроможності	
x_{20}	Ціна дизельного палива (дол. США за літр)	
x_{21}	Ціна бензину (дол. США за літр)	
x_{22}	Торгівля (% від ВВП)	Торгівля
x_{23}	Торгівля послугами (% від ВВП)	
x_{24}	Експорт товарів і послуг (% від ВВП)	
x_{25}	Імпорт товарів і послуг (% від ВВП)	
x_{26}	Загальні резерви (включаючи золото, в поточних дол. США) на душу населення	Урядова політика
x_{27}	Сальдо рахунку поточних операцій (% від ВВП)	
x_{28}	Загальні запаси золота на душу населення (дол. США)	
x_{29}	Валові національні витрати (% від ВВП)	
x_{30}	Витрати на охорону здоров'я, всього (% від ВВП)	
x_{31}	Витрати на кінцеве споживання і т.д. (% від ВВП)	
x_{32}	Загальні державні витрати на кінцеве споживання (% від ВВП)	
x_{33}	Військові витрати (% від ВВП)	
x_{34}	Індекс виробництва тваринництва	Бізнес
x_{35}	Індекс виробництва харчових продуктів	
x_{36}	Індекс виробництва зерна	
x_{37}	Товарно-матеріальні запаси (% від ВВП)	
x_{38}	Індекс легкості ведення бізнесу	
x_{39}	Час, необхідний для початку бізнесу (дні)	
x_{40}	Загальна податкова ставка (% від комерційного прибутку)	
x_{41}	Індекс сприйняття корупції	



Рис. 2. Мапа країн світу, дані яких використовувались у дослідженні

Другий рівень ієрархії. Математичною основою розрахунків на даному рівні ієрархії є штучна нейронна мережа на основі карт самоорганізації Кохонена [18]. Цей тип нейронних мереж дає можливість отримати кластери однорідних об'єктів дослідження (в нашій задачі — найбільш подібні країни за показниками інвестиційного потенціалу).

Опишемо процедуру побудови даної нейронної мережі. Вхідний простір показників $\mathbf{x} = [x_1, x_2, \dots, x_n]^T \in X \subset \mathfrak{R}^n$, відображається на двовимірну гексагональну решітку нейронів (вузлів карти Кохонена), де X — множина всіх можливих показників; $\mathfrak{R}^n$ — множина дійсних чисел. Кожному вузлу карти $i, i = \overline{1, k}$, ставиться у відповідність параметричний вектор моделі $\mathbf{m}_i = \{\mu_{i1}, \mu_{i2}, \dots, \mu_{in}\} \in \mathfrak{R}$, де k — кількість нейронів карти.

Перед початком проведення навчання нейронної мережі всі ваги $\mu_{ij}, i = \overline{1, k}, j = \overline{1, n}$, ініціалізуються за допомогою генератора випадкових величин. Після ініціалізації мережі запускається так званий процес конкуренції, який полягає у визначенні найбільш подібних нейронів до векторів вхідних даних. Найпоширенішим підходом до визначення подібності векторів є обчислення Евклідової відстані між ними:

$$\|\mathbf{x} - \mathbf{m}_i\| = \sqrt{\sum_{j=1}^n (x_j - \mu_{ij})^2}, \quad i = \overline{1, k}. \quad (1)$$

Після подання вхідних векторів на входи карти відбувається змагання нейронів шару Кохонена за правилом «переможець отримує все», згідно якого обирається нейрон-переможець c , що є найближчим до вхідного вектора за Евклідовою відстанню:

$$c = \operatorname{argmin}_i \{\|\mathbf{x} - \mathbf{m}_i\|\}. \quad (2)$$

Після визначення нейрона-переможця здійснюється визначення міри його впливу на сусідні нейрони. Нейрон-переможець знаходиться в центрі топологічного околу. При збудженні він впливає на просторово близькі до нього нейрони, проте даний вплив зменшується із збільшенням відстані до нейронів. Даний процес визначає топологічне сусідство нейронів, коли близько розташовані вузли карти отримують схожі характеристики.

На заключному етапі побудови карти самоорганізації відбувається процес синаптичної адаптації, який полягає у корегуванні вектора синаптичних ваг нейрона-переможця та його сусідів відповідно до вектора вхідних даних:

$$\mathbf{m}_i(t+1) = \mathbf{m}_i(t) + v(t) \cdot h_{ci}(t) \cdot [\mathbf{x}(t) - \mathbf{m}_i(t)], \quad (3)$$

$$h_{ci}(t) = h(\|r_c - r_i\|; t), \quad (4)$$

де $v(t)$ — параметр швидкості навчання, що з кожною епохою навчання t зменшується; $h_{ci}(t)$ — функція топологічного сусідства з центром у нейроні-переможці; r_c та r_i — координати геометричного розташування вузлів c нейрона-переможця та інших вузлів i на карті.

Для визначення топологічної зони впливу нейрона-переможця (4) обрано функцію Гауса:

$$h_{ci}(t) = e^{-\frac{\|r_c - r_i\|^2}{2\sigma^2(t)}}, \quad (5)$$

де $\sigma(t)$ — функція ефективної ширини топологічного околу.

В процесі навчання нейронної мережі топологічний окіл зужується. Це забезпечується за рахунок поступового зменшення ширини функції $\sigma(t)$ (рис. 3).

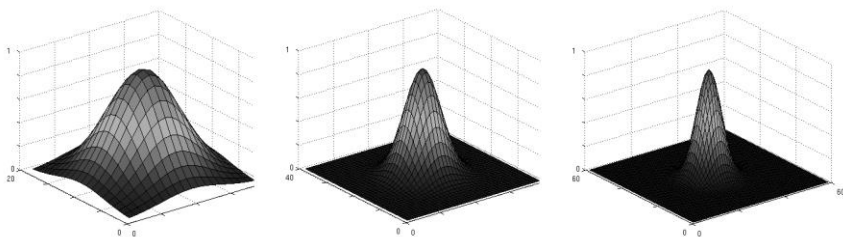


Рис. 3. Процес зуження топологічного околу Гаусової функції

Алгоритм самоорганізації карт Кохонена являє собою метод кластеризації, що полягає у зменшенні розмірності багатовимірних векторів даних. Він може бути застосований для візуалізації кластерів і виявлення нелінійних закономірностей у структурах вхідних даних. Головною особливістю такого типу нейронних мереж є навчання «без вчителя», коли для коректного налаштування синаптичних ваг не потрібна інформація щодо бажаного відгуку мережі.

У цьому дослідженні карти самоорганізації використовуються для узагальнення складного набору даних і кластеризації країн за показниками, що найбільше впливають на інвестиційний потенціал країни.

Результатом побудованої карти самоорганізації є візуальне представлення двовимірної гексагональної решітки нейронів, що відображають організаційну залежність країн світу за показниками інвестиційного потенціалу з можливістю подальшого визначення кластерів, які за економічним розвитком та умовами інвестиційної діяльності схожі між собою (рис. 4).

На сьогодні існує низка сучасних програмних пакетів, котрі реалізують інструментарій побудови карт самоорганізації Кохонена. Серед них виділимо: MATLAB, Deductor Studio Academic, SOMine, Statistica та багато інших. Для вирішення поставлених у нашому дослідженні задач побудову економіко-математичної моделі здійснено із застосуванням програмного продукту Deductor Studio Academic.

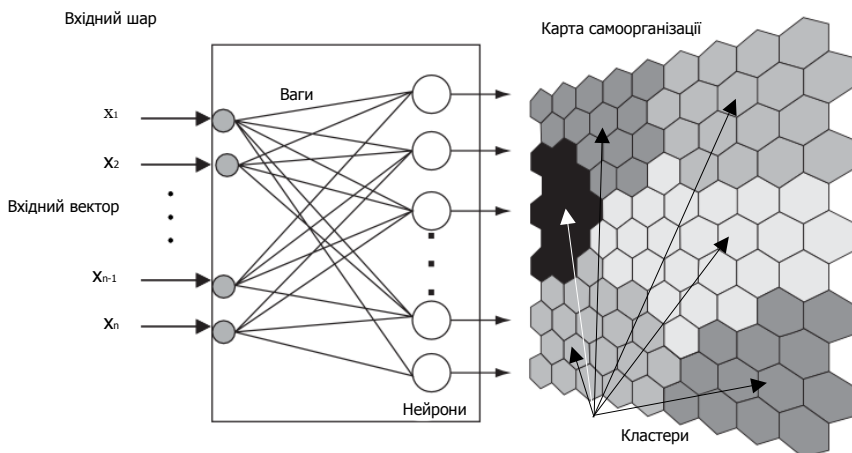


Рис. 4. Візуальне представлення карти самоорганізації з визначенням кластерів

Для побудови карти самоорганізації слід визначити оптимальну кількість нейронів, що здійснюється експериментально відповідно до поставленої задачі та з урахуванням особливостей досліджуваних показників. Розмірність карти самоорганізації (кількість нейронів) у нашому дослідженні була обрана з низки варіантів за критерієм середньозваженої помилки квантування. Матриця помилок квантування відображає середню відстань між прикладом і центрами клітинок (які відповідають вузлам решітки карти Кохонена). Кожен приклад відображається у багатовимірному просторі, де кількість вимірів відповідає кількості вхідних показників (елементів вектора вхідних даних). Центр клітинки — точка у цьому просторі з координатами, що дорівнюють вагам нейрона. Чим менша відстань від вектора вхідних даних до центра клітинки, тим ближче до неї розташований приклад, що описується цим вектором.

У результаті проведених численних експериментів було визначено найраціональнішу структуру карти самоорганізації країн світу за показниками інвестиційного потенціалу, що являє собою решітку розмірністю 70 на 35 нейронів, як видно з рис. 5. Така структура карти забезпечила відображення географічної організації країн світу, хоча жодної географічної інформації для моделі не було надано. Так, наприклад, у правій частині карти самоорганізації згруповані країни — часники ОЕСР — організації еконо-

мічного співробітництва та розвитку (кластер 1 на рис. 5); значна кількість країн згрупована у другому кластері — країни Центральної та Південної Америки, Східної Європи (2); переважна більшість арабських країн займають центральну верхню частину карти Кохонена (3 кластер); країни Азії та Африки — ліву частину карти (4 та 5 кластери, відповідно).

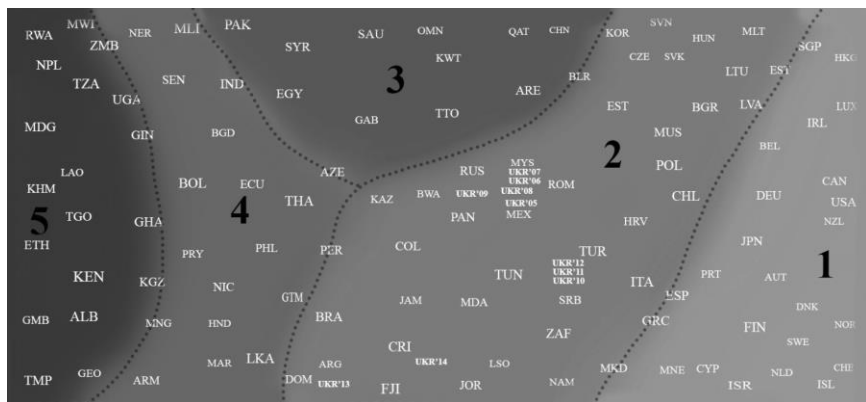


Рис. 5. Кластеризація країн світу за показниками інвестиційного потенціалу

Зміна значень більшості показників відбувається здебільшого у горизонтальному напрямку, як можна бачити з рис. 6.

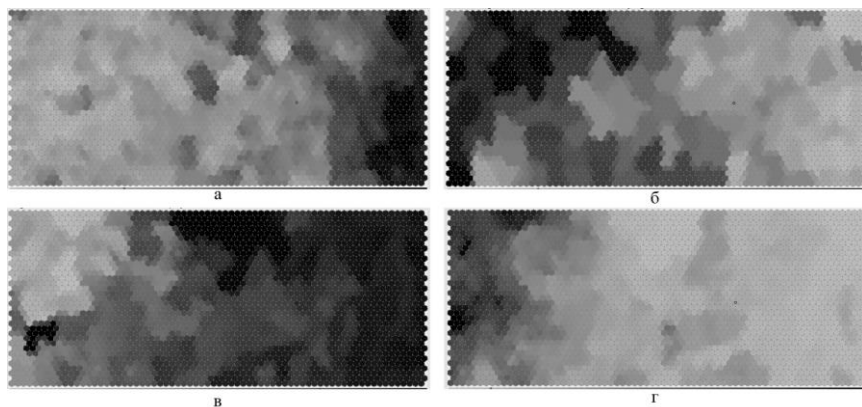


Рис. 6. Візуалізація значень деяких показників за допомогою карти самоорганізації:

а) індекс сприйняття корупції; б) індекс легкості ведення бізнесу; в) найманих працівників (% від загальної кількості працівників); г) сільське господарство, додана вартість (% від ВВП)

З аналізу наведених карт самоорганізації можна дійти висновку, що інвестиційний потенціал збільшується від африканських країн зліва до країн-учасників ОЕСР, які розташовані у правих частинах карт.

На заключному етапі розрахунків на другому рівні ієрархії визначається розташування основної країни дослідження інвестиційного потенціалу (України) та кластер, до якого вона належить. На вхід побудованої карти самоорганізації Кохонена вводяться показники цієї країни, на основі яких модель визначає її місце на гексагональній решітці нейромережі та повертає координати нейрону і номер кластеру, до якого віднесено дану країну. Так вдається отримати перелік країн світу, що схожі/подібні за показниками інвестиційного потенціалу на країну, що оцінюється. За результатами експериментального дослідження Україна протягом останніх 10 років потрапляла лише до другого кластеру (рис. 5). Відповідно, можна зробити висновок, що Україна найбільш подібна до країн цього кластеру за показниками інвестиційного потенціалу.

Зважаючи на те, що економіка та умови ведення інвестиційної діяльності країн з інших кластерів суттєво відрізняються від України, доречно здійснювати побудову моделі виявлення залежності впливу різноманітних факторів на інвестиційний потенціал без урахування невластивих Україні характеристик. Тобто, є сенс проводити оцінювання інвестиційного потенціалу України у порівнянні з країнами другого кластеру.

Перший рівень ієрархії. Результати формування кластеру країн на другому рівні ієрархії застосовуються як вхідна інформація для побудови моделі оцінювання інвестиційного потенціалу країни, математичним підґрунтям якої було обрано інструментарій теорії нечіткої логіки [19].

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. 7, де використано наступні позначення: $\mu^l_i(x_i)$ — функція належності i -го показника l -му терму терм-множини значень відповід-

ної лінгвістичної змінної, $i = \overline{1, I}$, $l = \overline{1, k_i}$ (k_i — кількість термів t_{il} у терм-множині змінної x_i); t_{il} — l -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 .

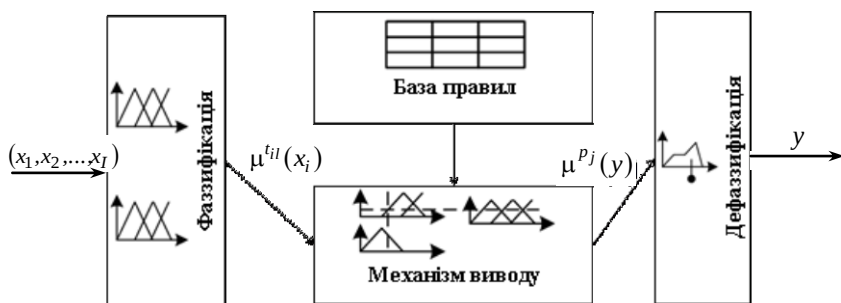


Рис. 7. Структура процесу нечіткого виводу

Порядок проведення розрахунків у моделі на нечіткій логіці типу Мамдані детально описано в монографіях [20, 21]. За подібним принципом здійснимо побудову економіко-математичної моделі оцінювання інвестиційного потенціалу країни, що відбуватиметься за такими етапами.

Етап 1 (Показники). Першочерговою задачею при побудові моделі є обґрунтування вибору результуючого показника та визначення переліку вхідних 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 y в результаті проведеного аналізу вирішено взяти чистий приплив прямих іноземних інвестицій (% від ВВП) наступного року, в той час як на входи моделі подавати-

муться показники поточного року. Таким чином, при налаштуванні параметрів економіко-математичної моделі та її використанні з метою оцінювання інвестиційного потенціалу країни лаг між вхідними 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 і відбір найбільш значущих показників з повного переліку, наведеного у табл. 1. Зазначимо, що у літературі з нечіткого моделювання рекомендується, щоб кількість входів моделі була не більшою за 7 ± 2 пояснюючих змінних [22]. Крім того, важливо, щоб відібрані до моделі фактори відображали всі групи показників оцінювання інвестиційного потенціалу, вказані у третьому стовпчику табл. 1.

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 вхідні 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 вхідних змінних відберемо такі показники, що є найбільш вираженими репрезентантами своїх груп — вони мають характеризуватись найтіснішим 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 вхідних факторів моделі оцінювання інвестиційного потенціалу країни.

Так, наприклад, всі показники із групи «Торгівля» (x_{22} , x_{23} , x_{24} , x_{25}) мають між собою тісні 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 дол. США)» 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 одного з них, як найбільш вираженого репрезентанта інших факторів. Зважаючи на кроскореляційні зв'язки інших вхідних показників, відберемо до моделі оцінювання інвестиційного потенціалу країни пояснюючу змінну x_2 «ВВП на душу населення (в поточних дол. США)», яка буде презентувати групу «Показники ВВП». Репрезентантом же групи «Специфіка ціноутворення» з аналогічних міркувань виберемо показник x_{17} «Інфляція споживчих цін (% на рік)».

У результаті проведення дослідження пояснюючих змінних з табл. 1 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 «Урядова політика», 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, вказаних у табл. 1, а їх відносних змін у щорічному розрізі. Але жодних залежностей між результативним показником і 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 навіть з метою конструювання моделі на нечіткій логіці.

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 , $i = \overline{1, I}$, 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 u , що охоплює повну множину ступенів інвестиційного потенціалу країни, будемо використовувати терми: H — низький інвестиційний потенціал, C — середній і B — високий 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 визначаємо можливий діапазон зміни вхідних факторів x_i , $i = \overline{1, I}$, і результуючого показника u та задаємо вигляд функцій належності всіх їх нечітких термів. На рис. 8 подано схематично квазідзвоноподібні функції належності трьох нечітких термів $\{H, C, B\}$ вхідної змінної x_i , $i = \overline{1, I}$, на множині X .

Усі квазідзвоноподібні функції належності нечітких термів як вхідних x_i , $i = \overline{1, I}$, так і вихідної змінної u , зображених на рис. 8, можна аналітично представити функцією:

$$\mu^T(x) = \frac{1}{1 + \left(\frac{x - b_T}{c_T} \right)^2}, \quad (6)$$

де c_T — коефіцієнт концентрації-розтягування функції;

b_T — координата максимуму функції ($\mu(b_T) = 1$);

T — лінгвістичний терм із множини $\{H, C, B\}$. Значення функцій належності бічних термів H та B усіх змінних за межами своїх максимумів b_T прирівнюються, як і в точках максимуму, до одиниці.

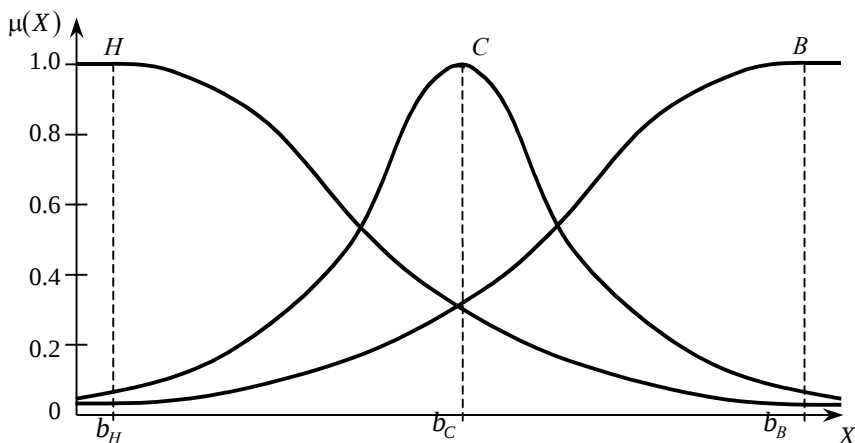


Рис. 8. Квазідзвоноподібні функції належності

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 дол. США)». Так, на рис. 9 відображено 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.

Як видно з рис. 9, значення ВВП на душу населення коливається для різних країн із другого кластеру 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. 9 мож-

на задати границю між низьким і середнім значенням показника x_2 «ВВП на душу населення (в поточних дол. США)» (між термами H та C) на рівні близько 5 тис. дол., а між середнім і високим значеннями показника x_2 (між термами C та B) — на рівні 15 тис. дол. Ці розмежування на рис. 9 позначені потовщеними горизонтальними лініями. Ці ж лінії відображено на рис. 10 вже вертикально при ілюстрації розмежування між різними функціями належності показника x_2 .

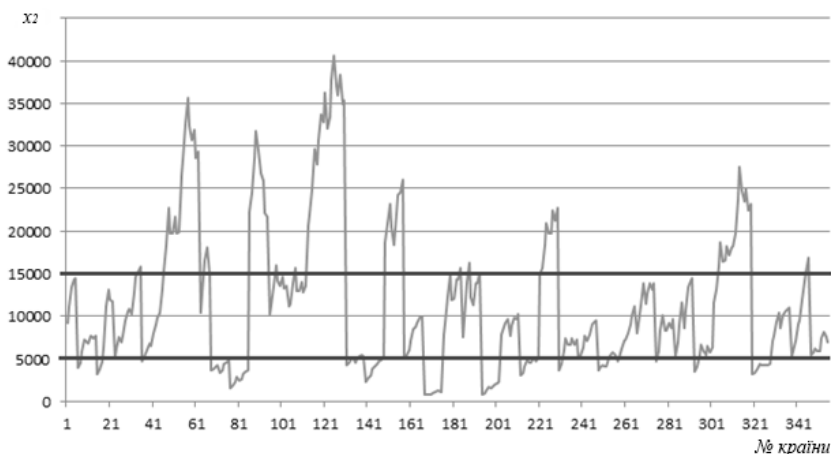


Рис. 9. Аналіз рівнів показника x_2 «ВВП на душу населення (в поточних дол. США)» для встановлення параметрів функцій належності

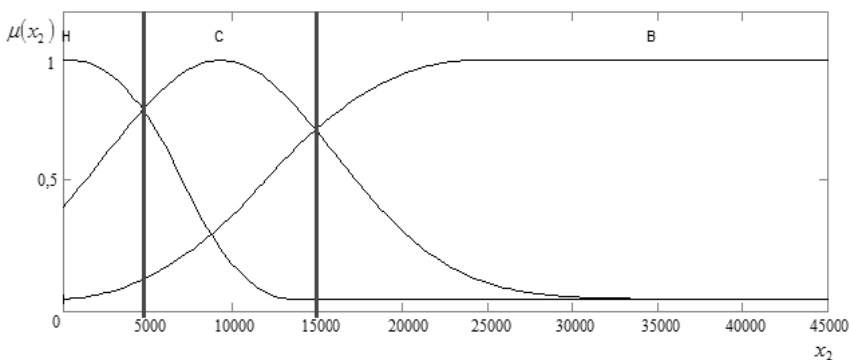


Рис. 10. Функції належності показника x_2 «ВВП на душу населення (в поточних дол. США)»

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 усі 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 і задати правила прийняття рішень. Так, для показника x_{12} «Зайнятість у промисловості (% від загальної зайнятості)» було вирішено розмежування між термами H і C поставити на рівні 20, а між термами C і B — на рівні 30. Для показника x_{17} «Інфляція споживчих цін (% на рік)» границя між термами H і C була встановлена на рівні 2, а між термами C і B — на рівні 10. Для x_{23} «Торгівля послугами (% від ВВП)» ці границі визначені на рівні 12 і 30, відповідно. Для показника витрат на кінцеве споживання і т. д. (% від ВВП) x_{31} — на рівні 75 і 90. Індекс легкості ведення бізнесу x_{38} у якості даних границь має значення 45 і 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 з іншими термами. Так само встановлюються границі перетину функцій належності лінгвістичних термів вихідної змінної. Для показника у «Прямі іноземні інвестиції, чистий приплив (% від ВВП)» розмежування між термами H і C було встановлено на рівні 2, а між термами C і B — на рівні 10.

Етап 4 (Формування бази знань і правил прийняття рішень). Експертна система на базі нечітких знань повинна містити механізм прийняття рішень, який би надав можливість робити висновки про інвестиційний потенціал країни. В табл. 2 наведено набір вирішальних правил щодо оцінювання чистого припливу прямих іноземних інвестицій (% від ВВП) наступного року на основі низки пояснюючих змінних поточного року, який отримано в результаті аналізу закономірностей у статистичних даних країн, віднесених на другому рівні ієрархії моделі до другого кластеру.

Таблиця 2

БАЗА ЗНАТЬ 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. 2, 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 y є високим». Представимо за допомогою функцій належності та вагових коефіцієнтів аналітичну форму запису зазначеного вирішального правила визначення високого інвестиційного потенціалу країни:

$$\begin{aligned} \mu^B(y) = & w_1^B [\mu^B(x_2) \cdot \mu^C(x_{12}) \cdot \mu^C(x_{17}) \cdot \mu^B(x_{23}) \cdot \mu^C(x_{31}) \cdot \mu^B(x_{38})] \vee \\ & \vee w_2^B [\mu^C(x_2) \cdot \mu^B(x_{12}) \cdot \mu^C(x_{17}) \cdot \mu^C(x_{23}) \cdot \mu^C(x_{31}) \cdot \mu^{-B}(x_{38})] \vee \\ & \vee w_3^B [\mu^C(x_2) \cdot \mu^H(x_{12}) \cdot \mu^C(x_{17}) \cdot \mu^B(x_{23}) \cdot \mu^{-C}(x_{31}) \cdot \mu^C(x_{38})] \end{aligned} \quad (7)$$

де $\mu^{d_j}(y)$ — функція належності вектора вхідних змінних x_i , $i = \overline{1, I}$, терму d_j вихідної змінної y з множини $\{H, C, B\}$;

I — кількість вхідних змінних (у базі знань в табл. 2 $I = 6$);

$\mu^{a_i^{jp}}(x_i)$ — функція належності вхідної змінної x_i лінгвістичному терму a_i^{jp} , $j = \overline{1, m}$, $i = \overline{1, I}$, $p = \overline{1, k_j}$ ($\mu^{-a}(x_i) = 1 - \mu^a(x_i)$);

m — кількість термів вихідної змінної y (в нашій задачі $m = 3$);

k_j — кількість правил у базі знань, що відповідають j -му терму вихідної змінної y (в табл. 2 $k_1 = k_2 = 4$, $k_3 = 3$);

$w_p^{d_j}$ — 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. 2. 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 операцією максимізації, щоб не віддавати перевагу термам з більшою кількістю правил. 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:

$$y = \arg \max_{p=1, k_j, j=1, m} \left\{ w_p^{d_j} \prod_{i=1}^I \mu^{a_i^{jp}}(x_i) \right\}, \quad (8)$$

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 і параметрів функцій належності всіх вхідних і 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 $\{x_2, x_{12}, x_{17}, x_{23}, x_{31}, x_{38}\}$ для 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 наведено на рис. 11.

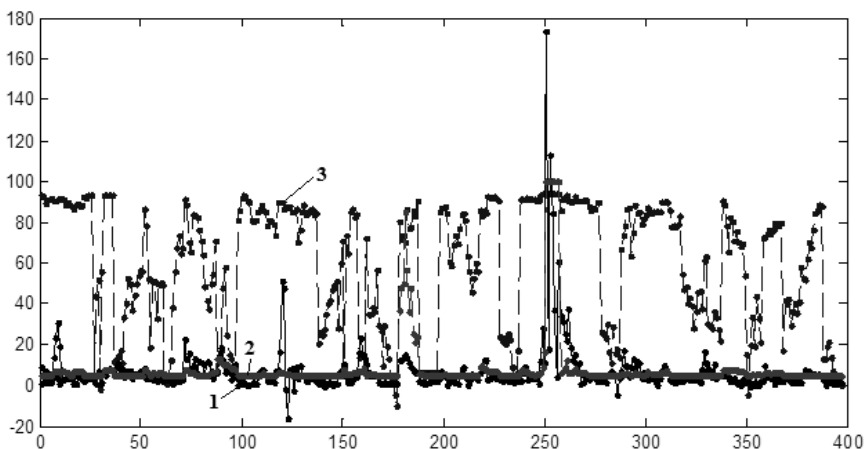


Рис. 11. Моделювання інвестиційного потенціалу країн із другого кластеру із застосуванням моделі на нечіткій логіці

На рис. 11 точками, що утворюють криву 1, позначено реальні дані щодо чистого припливу прямих іноземних інвестицій (% від ВВП) за 397 спостереженнями, що увійшли до навчальної вибірки. Крива 2 утворена із результатів розрахунків вихідної змінної нечіткою моделлю після проведення оптимізації її параметрів на реальних даних, а 3 — моделювання до проведення оптимізації. Як видно з рис. 11, 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.

За даними [23], протягом 2015 року в економіку України надійшло 3,76 млрд дол. США прямих іноземних інвестицій. При цьому ВВП України у 2015 році склав 83 млрд дол. США [24]. Таким чином, відсоток прямих іноземних інвестицій в Україну від ВВП у 2015 році становив $(3,76 / 83) \cdot 100 \% = 4,53$ %, що майже точно співпадає з прогнозом, отриманим побудованою нечіткою моделлю.

Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямку

У статті запропоновано методологічний підхід до побудови комплексу економіко-математичних моделей оцінювання інвестиційного потенціалу країни, в основу якого покладено методи теорії штучних нейронних мереж та інструментарій нечіткої логіки.

В дослідженні обґрунтовано відбір 41 показника, що за принципами вичерпності та інформативності найбільше характеризують інвестиційну привабливість країни. На їх основі побудовано карту самоорганізації Кохонена, яка надала можливість сформулювати 5 кластерів, кожен з яких містить найбільш подібні між собою країни за показниками інвестиційного потенціалу.

Зважаючи на те, що за результатами експериментального дослідження Україна протягом останніх 10 років потрапляла лише до другого кластеру (який складається переважно з країн Центральної та Південної Америки, Східної Європи), запропоновано проводити оцінювання інвестиційного потенціалу України у порівнянні саме з країнами із даного кластеру.

З цією метою було побудовано економіко-математичну модель оцінювання інвестиційного потенціалу України на підґрунті інструментарію нечіткої логіки, де налаштування параметрів моделі здійснюється на основі показників країн, які разом з Україною представляють другий кластер на карті Кохонена.

Грунтуючись на сформованій інформаційній базі проведено експериментальне дослідження з визначення інвестиційного потенціалу України із застосуванням розробленої системи моделей. Аналіз результатів комп'ютерних експериментів свідчить про високу ефективність побудованих моделей і підтверджує доцільність застосування розробленого методологічного підходу та відповідного модельного інструментарію для оцінювання інвестиційного потенціалу країни.

Запропонований методологічний підхід та рекомендації щодо застосування системи економіко-математичних моделей дозволяють здійснювати прогнозування показників розвитку інвестиційного потенціалу країни з метою підвищення ефективності прийняття управлінських рішень як для країни-реципієнта (для вжиття заходів з підвищення інвестиційної привабливості), так і для потенційного інвестора (з метою пошуку найбільш привабливих і неризикових ринків).

Література

1. Лайко О. І. Шляхи відтворення інвестиційного потенціалу країни та регіонів [Текст] / О. І. Лайко // Економічні інновації : Інноваційний інструментарій розвитку господарської діяльності : зб. наук. пр. — Одеса : ОНЕУ, 2011. — № 2. — Вип. 42. — С. 129—139.

2. *Леонов С. В.* Використання інвестиційного потенціалу банків у фінансовому забезпеченні інноваційного розвитку в Україні / С. В. Леонов // В кн.: Проблеми фінансового забезпечення інноваційного розвитку : монографія / За заг. ред. Т. А. Васильєвої, В. Г. Боронос. — Суми : Вид-во СумДУ, 2009. — С. 178—199.

3. *Леонов С. В.* Інвестиційний потенціал банківської системи України : монографія / С. В. Леонов. — Суми : ДВНЗ «УАБС НБУ», 2009. — 375 с.

4. *Леонов С. В.* Проблеми та перспективи використання інвестиційного потенціалу банківської системи в забезпеченні соціально-економічного розвитку міста / С. В. Леонов // В кн.: Інвестиційне забезпечення соціально-економічного розвитку міста [Текст] : монографія : у 2 т. — Том 2. Інструменти інвестиційного забезпечення соціально-економічного розвитку міста / За заг. ред. д-ра екон. наук А. О. Єпіфанова і д-ра екон. наук Т. А. Васильєвої. — Суми : ДВНЗ «УАБС НБУ», 2009. — С. 180—187.

5. *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.

6. *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.

7. *Павлова С. А.* Инвестиционно-строительная компания: оценка структуры инвестиционного потенциала [Текст] / С. А. Павлова // Креативная экономика. — 2007. — № 4. — С. 151—154.

8. *Ултургашева О. Г.* Экономическая сущность и структура инвестиционного потенциала региона [Текст] / О. Г. Ултургашева, А. В. Лавренко, Д. А. Профатилев // Проблемы современной экономики: Евразийский международный научно-аналитический журнал. — 2011. — № 1 (37). — С. 227—229.

9. Investment Potential in EMENA [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.enterprise-development.org/wp-content/uploads/Investment-Potential-in-EMENA.pdf>.

10. The investment potential of sub-Saharan Africa [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/za/Documents/energy-resources/za_investment_potential_sub_saharan_africa_26012015.pdf.

11. Renewable energy country attractiveness index [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.ey.com/GL/en/Industries/Power---Utilities/Renewable-Energy-Country-Attractiveness-Index>.

12. South East Asia Investment Opportunities — Tax & Other Incentives [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.pwc.com/la/en/publications/sea.html>.

13. Мірошніченко І. В. Ієрархічна логіко-лінгвістична модель оцінювання інвестиційного потенціалу України з урахуванням ризику / Г. І. Великоіваненко, І. В. Мірошніченко // *Культура народів Причорномор'я*. — 2012. — № 231. — С. 14—18.
14. Мірошніченко І. В. Дослідження взаємозв'язків між показниками інвестиційного потенціалу України на основі карт самоорганізації / І. В. Мірошніченко // *Економічний аналіз: Зб. наук. праць*. — Тернопіль : ТНЕУ, 2013. — Т. 14. — № 2. — С. 63—69.
15. Статистична інформація за даними Світового банку [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://www.data.worldbank.org>.
16. Статистична інформація за даними ОЕСР [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <https://data.oecd.org>.
17. Trading Economics database [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://www.tradingeconomics.com>.
18. Kohonen T. Self-organizing maps. 3d ed. — New-York: Springer, 2001. — 501 p.
19. Bellman R. Decision-making in a fuzzy environment / R. Bellman, L. Zadeh // *Management Science*. — 1970. — Vol.17. — № 4. — P. 141—164.
20. Ротштейн А. П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткая логика, генетические алгоритмы, нейронные сети / А. П. Ротштейн. — Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 1999. — 320 с.
21. Матвійчук А. В. Штучний інтелект в економіці: нейронні мережі, нечітка логіка: монографія. / А. В. Матвійчук. — К. : КНЕУ, 2011. — 439 с.
22. 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.
23. Прямі іноземні інвестиції із країн світу в економіці України [Електронний ресурс]. — Режим доступу : https://ukrstat.org/uk/operativ/operativ2015/zd/ivu/ivu_u/ivu0415.html.
24. Валовий внутрішній продукт України за 2015 рік [Електронний ресурс]. — Режим доступу : https://ukrstat.org/uk/operativ/operativ2015/vvp/vvp_kv/vvp_kv_u/vvpf_kv2015_u_n.htm.

References

1. Laiko, A. (2011). Shliakhy vidtvorennia investytsiinoho potentsialu krainy ta rehioniv. *Ekonomichni innovatsii (Economic Innovation)*, 2(42), 129—139 [in Ukrainian].
2. Leonov, S. V. (2009). *Vykorystannia investytsiinoho potentsialu bankiv u finansovomu zabezpechenni innovatsiinoho rozvytku v Ukraini*. Sumy: SumDU [in Ukrainian].

3. Lieonov, S. V. (2009). *Investytsiyni potentsial bankivskoi systemy Ukrainy*. Sumy: UABS NBU [in Ukrainian].
4. Lieonov, S. V. (2009). *Problemy ta perspektivy vykorystannia investytsiinoho potentsialu bankivskoi systemy v zabezpechenni sotsialno-ekonomichnoho rozvytku mista*. Sumy: UABS NBU [in Ukrainian].
5. Marynych, I. A. (2010). Naukovi pidkhody do formuvannia potentsialu pidpryiemstva. *Naukovyy visnyk Natsional'noho lisotekhnichnoho universytetu Ukrainy (Scientific Bulletin of National Forestry University of Ukraine)*, 20.15, 220—223 [in Ukrainian].
6. Romanova, T. V. (2009). Teoretyko-metodolohichni zasady otsinky investytsiinoho potentsialu rehioniv. *Zbirnyk naukovykh prats' Cherkas'koho derzhavnoho tekhnolohichnoho universytetu (Proceedings of Cherkasy State Technological University)*, 24, 209—212 [in Ukrainian].
7. Pavlova, S. A. (2007). Investicionno-stroitel'naja kompanija: ochenka struktury investicionnogo potentsiala. *Kreativnaja ekonomika (Creative Economics)*, 4, 151—154 [in Russian].
8. Ulturgasheva, O. G., Lavrenko, A. V., & Profatilov, D. A. (2011). Jekonomicheskaja sushhnost' i struktura investicionnogo potentsiala regiona. *Problemy sovremennoj ekonomiki (Problems of Modern Economics)*, 1(37), 227—229 [in Russian].
9. International Finance Corporation. (2013). *Investment Potential in EMENA*. Retrieved from <http://www.enterprise-development.org/wp-content/uploads/Investment-Potential-in-EMENA.pdf>.
10. Deloitte US. (2014). *The investment potential of sub-Saharan Africa*. Retrieved from http://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/za/Documents/energy-resources/za_investment_potential_sub_saharan_africa_26012015.pdf.
11. Ernst & Young. (2015). *Renewable energy country attractiveness index*. Retrieved from <http://www.ey.com/GL/en/Industries/Power---Utilities/Renewable-Energy-Country-Attractiveness-Index>.
12. PricewaterhouseCoopers. (2012). *South East Asia Investment Opportunities — Tax & Other Incentives*. Retrieved from <http://www.pwc.com/la/en/publications/sea.html>.
13. Mirosnynchenko, I. V., & Velykoivanenko, G. I. (2012). Iyerarhichna logiko-lingvistychna model' otsynyuvannya investitsiynogo potentsialu Ukrainy z urahuvannyam ryzyku. *Kultura narodov Prichernomorya (Culture of Black Sea Nations)*, 231, 14—18 [in Ukrainian].
14. Mirosnynchenko, I. V. (2013). Doslidzhennya vzayemozv'yazkiv mizh pokaznykamy investytsiynogo potentsialu Ukrainy na osnovi kart samoorganizatsii. *Ekonomichniy Analiz (Economic Analysis)*, 2(14), 63—69 [in Ukrainian].
15. World DataBank. (2015). *World Development Indicators*. Retrieved from <http://www.data.worldbank.org>.

16. OECD Data. (2015). *OECD Statistics*. Retrieved from: <https://data.oecd.org>.
17. Trading Economics. (2015). *Trading Economics Database*. Retrieved from <http://www.tradingeconomics.com>.
18. Kohonen, T. (2001). *Self-organizing maps*. 3rd ed. New-York: Springer.
19. Bellman, R., & Zadeh, L. (1970). Decision-making in a fuzzy environment. *Management Science*, 17 (4), 141—164.
20. Rotshtein, A. P. (1999). *Intelektualnyie tekhnologii identifikacii: nechetkaya logika, geneticheskie algoritmy, neyronnyie seti*. Vinnytsia: UNIVERSUM-Vinnytsia [in Russian].
21. Matviychuk, A. V. (2011). *Shtuchnyi intelekt v ekonomitsi: neironni merezhi, nechitka lohika*. Kyiv: KNEU [in Ukrainian].
22. Miller, G. A. (1956). The Magic Number Seven Plus or Minus Two: Some Limits on Our Capacity for Processing Information. *Psychological Review*, 63, 81—97.
23. State Statistics Service of Ukraine. (2015). *Foreign direct investment*. Retrieved from https://ukrstat.org/uk/operativ/operativ2015/zd/ivu/ivu_u/ivu0415.html.
24. State Statistics Service of Ukraine. (2015). *Gross domestic product*. Retrieved from https://ukrstat.org/uk/operativ/operativ2015/vvp/vvp_kv/vvp_kv_u/vvp_kv2015_u_n.htm.

Стаття надійшла до редакції 29.05.2016