

КОМПЛЕКС ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ОЦІНЮВАННЯ ІНВЕСТИЦІЙНОЇ ПРИВАБЛИВОСТІ СУБ'ЄКТІВ ГОСПОДАРЮВАННЯ

Г. І. Великоіваненко

канд. фіз-мат. наук,
професор кафедри економіко-математичного моделювання
ДВНЗ «Київський національний економічний університет
імені Вадима Гетьмана»
ivanenkog@list.ru

К. М. Мамонова

канд. екон. наук, старший викладач кафедри
економіко-математичного моделювання
ДВНЗ «Київський національний економічний університет
імені Вадима Гетьмана»
kiki-vik@yandex.ru

Стаття містить результати дослідження альтернативних підходів до моделювання інвестиційної привабливості підприємств. Зокрема, авторами розроблено комплекс економіко-математичних моделей, який дозволяє приймати інвестиційні рішення в умовах неповноти та неоднорідності інформації, спираючись на методологічний інструментарій теорії нечіткої логіки та нейронних мереж.

Ключові слова. *Інвестиційна привабливість, рейтинг, нейро-нечіткі технології, логіко-лінгвістичні моделі, ієрархія, лінгвістична змінна, функція належності, нейронні мережі, нейрокластеризація, карта Кохонена, похибка квантування.*

Статья содержит результаты исследования альтернативных подходов к моделированию инвестиционной привлекательности предприятий. В частности, авторами разработан комплекс экономико-математических моделей, который позволяет принимать инвестиционные решения в условиях неполноты и неоднородности информации, опираясь на методологический инструментарий теории нечёткой логики и нейронных сетей.

Ключевые слова. *Инвестиционная привлекательность, рейтинг, нейро-нечёткие технологии, логико-лингвистические модели, иерархия, лингвистическая переменная, функция принадлежности, нейронные сети, нейрокластеризация, карта Кохонена, ошибка квантования.*

The article contains the results of research of alternative approaches to the modelling of companies' investment attractiveness. In particu-

lar, the authors developed the system of mathematical and economic models, which allows to make investment decisions in conditions of incomplete and non-uniform information, based on the methodological tools of fuzzy logic theory and neural networks.

Keywords. *Investment attractiveness, rating, neuro-fuzzy techniques, logical and linguistic models, the hierarchy, the linguistic variable, membership function, neural networks, neural clustering, Kohonen's map.*

Інвестиції, як фінансовий інструмент залучення капіталу, є домінуючим фактором економічного зростання переважної більшості країн світу. Тому формування сприятливого інвестиційного середовища, яке ґрунтується, перш за все, на правових засадах та прозорих механізмах взаємодії між всіма учасниками інвестиційного процесу є одним з пріоритетних завдань уряду кожної держави.

Особливо гостро це питання постало в умовах світової фінансової кризи, коли нестача вільних коштів значно посилила конкуренцію на фінансовому ринку та підвищила вимоги інвесторів до потенційних ділових партнерів.

Слід зазначити, що досить часто, крім правових та інституціональних чинників, на заваді розвитку інвестиційної діяльності стає низька поінформованість потенційних інвесторів про можливі об'єкти інвестування. Це стосується, зокрема, процесу налагодження міжнародних ділових зв'язків і реалізації інвестиційних проектів, які фінансуються за рахунок залучення іноземного капіталу.

Для створення єдиного інформаційного простору на світовому фінансовому ринку використовують різного роду рейтинги, які дозволяють учасникам інвестиційного процесу проводити постійний моніторинг своїх інвестиційних портфелів, а також знаходити нові об'єкти інвестування та джерела залучення коштів. Проте, в переважній більшості сучасні рейтинги мають вузькоспрямований характер (рейтинг інвестиційної привабливості банків, страхових компаній, аграрних підприємств окремого регіону тощо), що ускладнює процес прийняття інвестиційних рішень у випадках, коли необхідно порівняти об'єкти інвестування різної галузевої та регіональної належності, які виробляють/реалізують різну продукцію.

Проведене авторами дослідження існуючих підходів до аналізу та оцінювання інвестиційної привабливості підприємств пока-

зало, що на сьогодні немає єдності у сприйнятті цієї економічної категорії. Аналітики та науковці вкладають різний зміст у поняття «інвестиційна привабливість підприємства» [1—12], а також використовують різні концептуальні підходи та методологічний інструментарій для оцінювання цієї характеристики економічних суб'єктів. Існуючі розбіжності зумовлені, головним чином, багатогранністю інвестиційних відносин. Адже кожен вид інвестицій має свої особливості [13], а тому потребує використання відповідних методів дослідження.

Водночас науковці та аналітики є одноставними у тому, що аналіз потенційного об'єкта інвестування з точки зору його інвестиційної привабливості є невід'ємною складовою інвестиційної діяльності. Хоча встановлено, що функціональної залежності між рівнем інвестиційної привабливості підприємства та його інвестиційною активністю (кількістю реалізованих інвестиційних проєктів, обсягом залучених інвестицій тощо) немає [6, 11, 12].

Головним чином, оцінка інвестиційної привабливості підприємств впливає на формування ділових зв'язків об'єкта інвестування, а також інвестиційної стратегії й тактики всіх учасників інвестиційного процесу.

В Україні найбільшого поширення набули інвестиції у формі капітальних вкладень у створення нового та розширення існуючого бізнесу під реалізацію конкретних інвестиційних проєктів. Значною мірою це обумовлено недорозвиненістю фінансового ринку, недосконалістю законодавства, що регламентує права інтелектуальної власності та високий відсоток правопорушень у сфері купівлі-продажу нерухомого майна та землі.

З огляду на зазначене вище, у підґрунтя даного наукового дослідження покладено таке визначення інвестиційної привабливості підприємств: *це комплексна характеристика, оцінка якої дозволяє потенційному інвестору сформулювати попереднє уявлення про спроможність об'єкта інвестування брати на себе деякі інвестиційні зобов'язання та своєчасно їх виконувати.*

У результаті порівняльного аналізу існуючих економіко-математичних моделей оцінювання інвестиційної привабливості підприємств автори дійшли висновку, що переважна більшість з них не в повній мірі враховує вплив зовнішнього середовища на об'єкт інвестування, зосереджуючи свою увагу, головним чином, на дослідженні фінансових потоків потенційного об'єкта інвестування та його позицій на фінансовому ринку. Хоча соціально-

економічна ситуація в регіоні, фінансово-господарські особливості роботи в певній галузі, динаміка ринку відповідних товарів (робіт та послуг) значною мірою впливає на вибір сфери бізнес інтересів суб'єктів господарювання, а також ефективність їхньої фінансово-господарської діяльності.

Тож автори статті пропонують враховувати у процесі моделювання інвестиційної привабливості підприємства критерії оцінювання не лише його внутрішнього, але й зовнішнього середовища: регіону, галузі, товарного ринку, де об'єкт інвестицій реалізує свою продукцію (рис. 1).

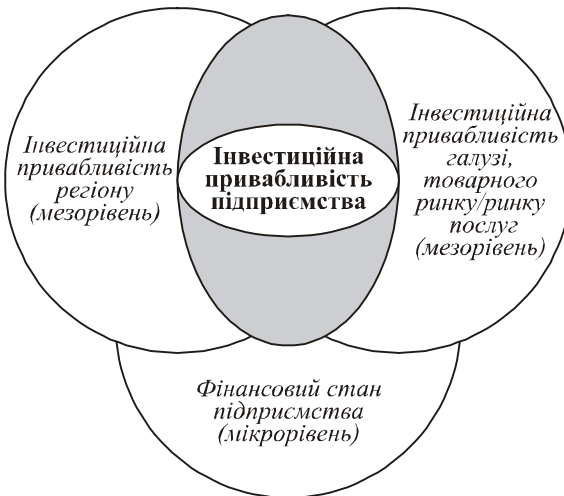


Рис. 1. Складові інвестиційної привабливості підприємства

Зазвичай на етапі «попереднього знайомства» з потенційним об'єктом інвестування пріоритети інвестора щодо вагомості різних складових інвестиційної привабливості підприємства не визначені чітко або відсутні. Тому результати аналізу цієї характеристики мають якомога повніше відображати всі переваги та недоліки суб'єкта господарювання як на мікро-, так і на мезорівні.

За таких умов найкраще підходить «паралельний аналіз», який і покладено в основу комплексу економіко-математичних моделей оцінювання інвестиційної привабливості підприємств (рис. 2).

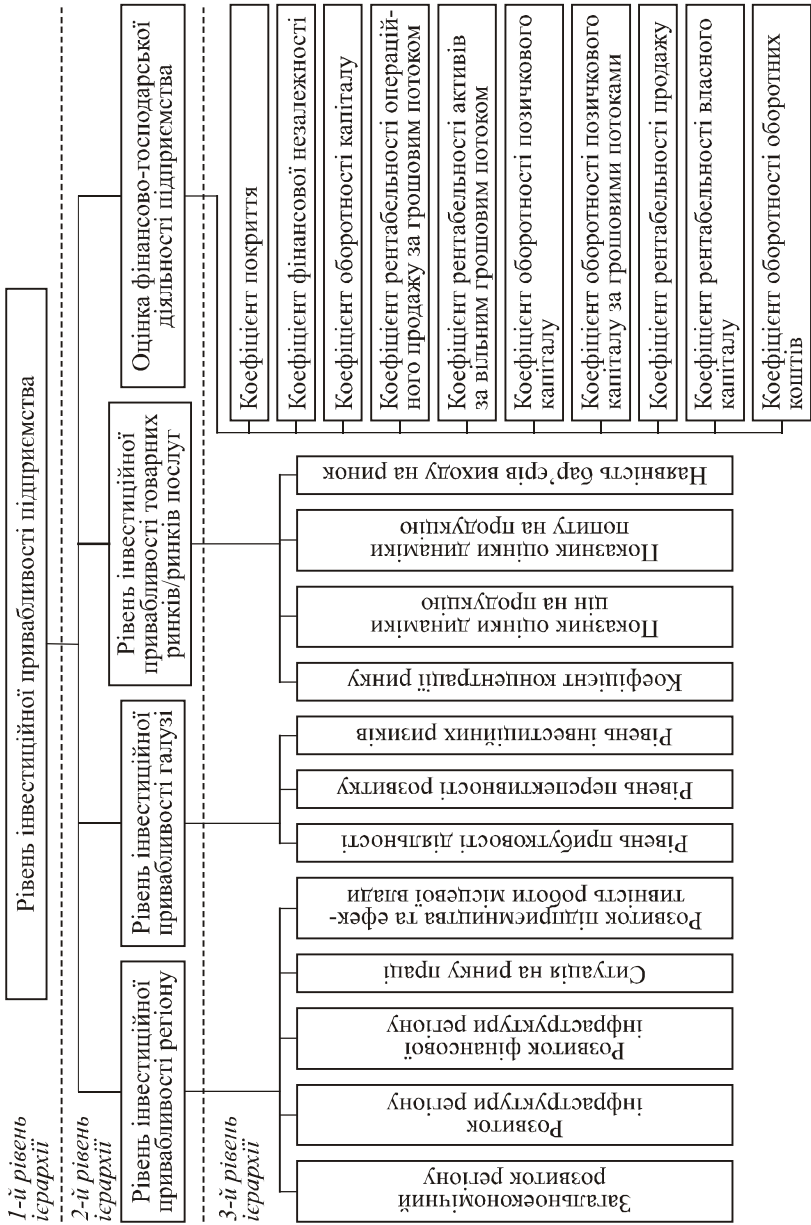


Рис. 2. Ієрархія критеріїв оцінювання інвестиційної привабливості підприємств

У розробленому комплексі економіко-математичних моделей оцінювання інвестиційної привабливості підприємств аналіз фінансового стану вітчизняних суб'єктів господарювання проводиться на підґрунті дискримінантної моделі, затвердженої Міністерством фінансів України. Основною перевагою даної моделі перед іншими є те, що вона враховує галузеві особливості ведення бізнесу. Зокрема, для різних галузей використовуються різні нормативні значення показників ефективності діяльності підприємств.

У процесі аналізу інвестиційної привабливості товарних ринків, де об'єкт інвестування реалізує (планує реалізовувати) свою продукцію, інвесторів, перш за все, цікавлять такі питання, як рівень попиту та пропозиції, а також інформація щодо потенційних конкурентів і наявності різного роду бар'єрів виходу на ринок. Для дослідження динаміки попиту та пропозиції на певний вид товару досить часто використовується концепція про життєвий цикл товару. Основні її положення автори даної статті пропонують використати і для аналізу інвестиційної привабливості товарних ринків. Рівень конкуренції на ринку та наявність можливих бар'єрів, зазвичай, регламентується нормативними документами на рівні держави. Досить часто такого роду інформація має якісну форму.

На думку переважної більшості науковців, інвестиційна привабливість регіону визначається рівнем його загальноекономічного розвитку, транспортною та фінансовою інфраструктурою, якістю робочої сили, а також прозорістю та ефективністю роботи місцевих органів влади тощо [5, 7]. Інвестиційний аналіз галузі включає визначення рівня перспективності її розвитку, прибутковості діяльності та інвестиційних ризиків.

Щодо існуючого інструментарію моделювання інвестиційної привабливості підприємств, то на сьогодні в його основі лежить переважно поєднання статистичних та експертних методів. Основними недоліками такого підходу є високий ступінь суб'єктивізму та часткова неспроможність вирішення таких проблем моделювання складних соціально-економічних явищ як багатокритеріальність, неповнота та неоднорідність вхідної інформації, відсутність бази для порівняння результуючих інтегральних змінних моделі тощо. Враховуючи вище зазначене, існує потреба у пошуку нових, адекватніших інструментів аналізу інвестиційної привабливості підприємств.

Сьогодні все частіше для моделювання складних соціально-економічних явищ і процесів застосовуються нейро-нечіткі технології,

які розглядаються як об'єктивна альтернатива експертним методам. Так, до основних переваг використання логіко-лінгвістичних моделей можна віднести те, що, порівняно з експертними системами:

➤ вони не мають обмежень щодо обсягу вхідної інформації, тоді як фізіологічні здібності експертів не дозволяють їм працювати з дуже великими обсягами даних;

➤ обробка вхідних даних проводиться виключно на основі математичних і логічних перетворень, що дозволяє забезпечити порівняно високий рівень об'єктивності результатів аналізу;

➤ застосування інструментарію теорії нечіткої логіки та нейронних мереж дозволяє значно підвищити швидкість та якість обробки інформації;

➤ оперативність роботи такого роду моделей не залежить від формату представлення вхідних даних тощо.

На думку авторів цієї статті, всі ці характеристики логіко-лінгвістичних моделей дозволяють у повній мірі врахувати основні властивості інвестиційної привабливості підприємств у процесі її моделювання. Тож саме нейро-нечіткі технології пропонується використовувати для аналізу цієї економічної категорії. Нижче наведено етапи моделювання цієї характеристики суб'єктів господарювання на підґрунті інструментарію теорії нечіткої логіки, нейронних мереж та методу аналізу ієрархії (рис. 3).

У процесі фазифікації (*fuzzification*) для критеріїв оцінювання будується їхнє лінгвістичне відображення (лінгвістичні змінні).

Слід зазначити, що кожна лінгвістична змінна визначається таким набором характеристик [14—17]:

$$\langle \beta, P, X, G, M \rangle, \quad (1)$$

де β — назва лінгвістичної змінної;

P — множина значень лінгвістичної змінної (терм-множина);

X — універсальна множина;

G — синтаксичне правило, на основі якого генерується терм-множина значень P ;

M — семантична процедура, відповідно до якої кожному новому терму, згенерованому на основі правила G , ставиться у відповідність нечітка множина, задана на універсальній множині X .

Назва лінгвістичної змінної та універсальна множина зазвичай відповідають назві та множині значень певного кількісного критерію оцінювання.

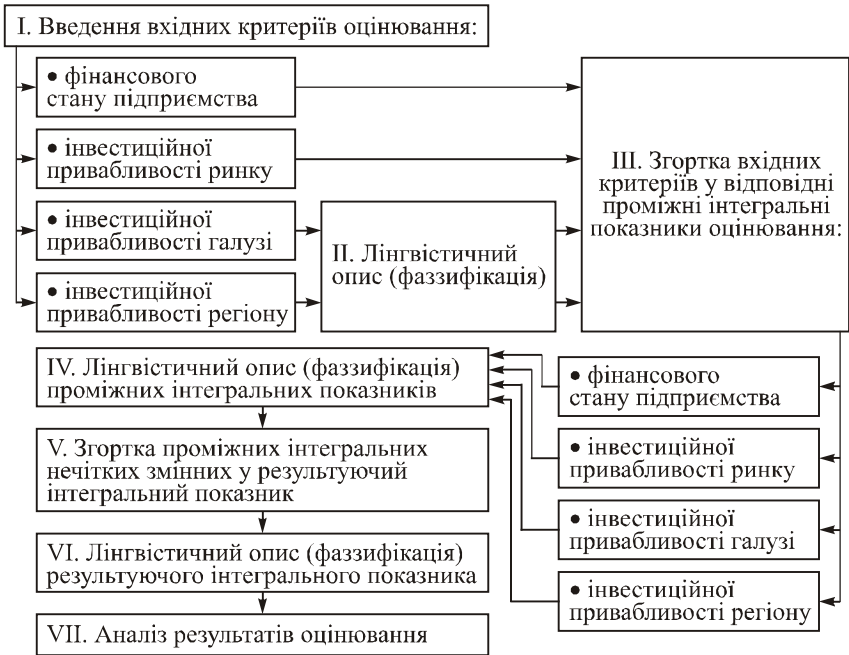


Рис. 3. Етапи моделювання інвестиційної привабливості підприємства

Що стосується значень лінгвістичних змінних, то для аналізу інвестиційної привабливості підприємств автори даної статті пропонують використовувати упорядковану терм-множину значень (term set), яка складається з п'яти термів (p_1, p_2, \dots, p_5) — «Дуже низький» (p_1), «Низький» (p_2), «Середній» (p_3), «Високий» (p_4) і «Дуже високий» (p_5). Терми наведені в порядку від найбільш негативного до найбільш позитивного. Така терм-множина значень є однією з найпоширеніших, коли для опису лінгвістичних змінних застосовуються трапецієподібні чи квазі-дзвоноподібні функції належності. Значною мірою це обумовлено тим, що зазначена вище терм-множина ділить відповідну універсальну множину на дев'ять рівнів. П'ять рівнів характеризуються абсолютною належністю значень вхідного критерію одному з термів лінгвістичної змінної, а чотири описують проміжні стани. Сьогодні дев'ятирівневий розподіл якісних оцінок вважається одним з найкращих з точки зору ступеня їх деталізації та сприйняття людиною [18].

Крім того, така структура терм-множини є раціональною у випадках економічної інтерпретації результатів моделювання на основі рейтингового підходу. Адже такий набір термів дозволяє поставити їх у відповідність певній рейтинговій шкалі, яка зазвичай складається з 9-ти рівнів.

Відповідність між значеннями критеріїв оцінювання та термами лінгвістичних змінних описується за допомогою функцій належності (membership function). Вид функції визначається властивостями об'єкта моделювання.

На думку значної кількості дослідників, для лінгвістичного опису різних соціально-економічних явищ, які в своїй переважній більшості мають нелінійний характер, одною з найбільш адекватних є квазідзвоноподібна функція належності. Зокрема, функція такого виду є неперервною та опуклою на всій області визначення [19—22].

Ще однією перевагою використання квазідзвоноподібної функції є те, що множина її значень є нормальною ($\max_{l=1,\dots,5} \mu^{p_l}(x_i) = 1$) і

не містить нуля ($\mu^{p_l}(x_i) \in (0;1]$) [22]. Це є суттєвим, адже нуль має такі властивості, яких не мають інші дійсні числа, зокрема, добуток будь-якого числа на нуль дорівнює нулю; результатом додавання, віднімання та множення довільного числа нулів є нуль тощо. Тому за великої кількості різного роду математичних перетворень наявність нуля може призвести до спотворення кінцевих результатів і зниження надійності моделі.

Аналitiчну форму запису квазідзвоноподібної функції належності наведено нижче:

$$\mu^{p_l}(x_i) = \begin{cases} \frac{1}{1 + \left(\frac{x_i - b_{1il}}{c_{1il}}\right)^2}, x_i \leq b_{1il} \\ 1, b_{1il} < x_i < b_{2il} \\ \frac{1}{1 + \left(\frac{x_i - b_{2il}}{c_{2il}}\right)^2}, x_i \geq b_{2il} \end{cases}, \quad l = \overline{1,5}, \quad i = \overline{1,I}, \quad (2)$$

де x_i — i -ий показник оцінювання інвестиційної привабливості підприємства;

I — кількість показників оцінювання інвестиційної привабливості підприємства;

b_{1il}, b_{2il} — відповідно лівий та правий кінці відрізка на осі ox , на якому функція належності i -го показника оцінювання інвестиційної привабливості підприємства l -му терму відповідної термножини приймає максимальне значення, що дорівнює одиниці;

c_{1il}, c_{2il} — коефіцієнти концентрації-розтягування відповідно лівої та правої дуг функції належності i -го показника оцінювання інвестиційної привабливості підприємства l -му терму.

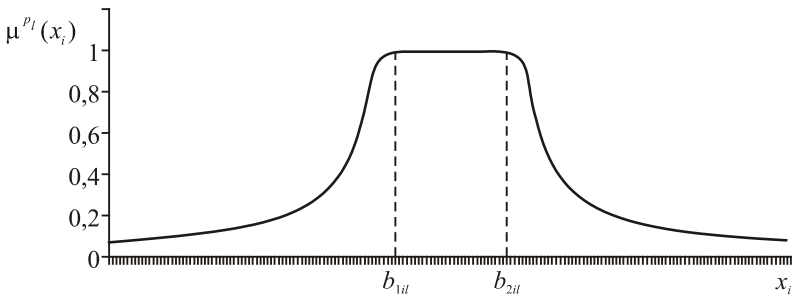


Рис. 4. Графічне відображення квазідзвоноподібної функції належності

Традиційно для визначення параметрів функції належності використовують такі методи:

— статистичний, який малоефективний в умовах обмеженої і досить неоднорідної інформаційної бази [23];

— експертний, який полягає у тому, що функція задається одним чи групою експертів інтуїтивно, з огляду на рівень їх компетентності [24, 25], а також апріорні знання про предмет досліджень [19].

Зважаючи на те, що інвестиційні рішення досить часто приймаються в умовах обмеженої та неоднорідної інформаційної бази, використання статистичного методу визначення параметрів функції належності є малоефективним. У свою чергу експертний метод є доволі суб'єктивним, а тому вкрай суперечливим.

Останнім часом все частіше для встановлення параметрів функції належності в умовах невизначеності використовують нейронні мережі, в основі яких лежить принцип «зворотного поширення помилки» (error backpropagation algorithm) [19—22]. Цей метод є ефективним в умовах неповноти інформації, проте необхідно

умовою застосування таких нейронних мереж є наявність навчальної вибірки, яка представляє собою масив експериментальних пар «вхід — вихід» (x, y). Процедура навчання нейромережі полягає в обчисленні такого вектора ваг синапсів¹, який дозволяє мінімізувати різницю між результатом, отриманим у процесі нейрообробки даних, і реальними значеннями «виходу». Такий підхід отримав назву «навчання з учителем».

Проте досить часто моделювання соціально-економічних явищ, відбувається в умовах, коли результат не має «реального аналогу», а тому використовувати нейронні мережі, які навчаються за принципом «навчання з вчителем», неможливо. Саме така проблема виникає у процесі оцінювання інвестиційної привабливості підприємств. Так, на сьогодні немає загальноприйнятих нормативних значень, які б визначали, як саме підприємства розподіляються за тими чи іншими рівнями інвестиційної привабливості. Неefективним є і застосування методу «порівняння з аналогами». Адже наявність значних відмінностей в існуючих моделях оцінювання інвестиційної привабливості підприємств і, як наслідок, різний формат представлення вихідних інтегральних змінних унеможливають використання результатів моделей-аналогів як даних для навчання нейронної мережі.

У зв'язку з відсутністю загальноприйнятих вимірників результуючої змінної та, відповідно, принциповою неможливістю проведення налаштування моделі на реальних значеннях цього показника, автори статті пропонують використати для побудови функцій належності результати кластеризації вхідних даних. Зокрема, як функції належності, так і кластери розбивають деяку універсальну множину на підмножини. Водночас, деякі види функцій належності (трикутні, трапецієподібні, гаусівські, квазідзвоноподібні тощо), як і кластери, мають центр і радіуси.

Для проведення процедури кластеризації даних автори цієї статті використовують нейронні мережі, що самоорганізуються (карти Кохонена). Головна перевага цього підходу полягає в тому, що на відміну від статистичних методів кластеризації карти Кохонена не потребують наявності апріорної інформації про параметри кластерів. «Еталони кластерів» формуються в процесі навчання нейронної мережі виключно на основі вхідної інформації.

¹ Синапсис — зв'язуюча ланка, через яку передається інформація від одного нейрону до іншого.

Даний підхід не потребує великого обсягу статистичних спостережень, відомих значень «виходу» моделі та залучення експертної думки, що робить його доволі зручним для налаштування параметрів функцій належності [26].

Нейрокластеризація масиву даних на основі карт самоорганізації складається з двох етапів:

1. Побудова нейронної мережі.
2. Налаштування (навчання) мережі.

Побудова нейронної мережі включає процедуру опису її топології, яка характеризується кількістю, формою та структурою нейронних шарів, а також кількістю нейронів у кожному шарі та зв'язками між ними.

Карта Кохонена — це асинхронна дійсна нейронна мережа прямого розповсюдження, яка складається з двох шарів нейронів (вхідного та вихідного (конкуруючого)), між якими відсутні зворотні зв'язки [26—29]. Ці параметри є незмінними для всіх карт самоорганізації.

До тих характеристик, які визначають топологію карт Кохонена, та можуть змінюватись, відносяться: тип зв'язку між нейронами шару та кількість нейронів у шарі.

Традиційно, залежно від взаємозв'язку між нейронами, розрізняють прямокутну топологію карти Кохонена, де кожний нейрон вихідного шару зв'язаний з чотирма сусідніми нейронами; та гексагональну, де кожний нейрон конкуруючого шару зв'язаний з шістьма сусідніми нейронами. За невеликого обсягу навчальної вибірки гексагональна структура дозволяє значно зменшити час навчання нейронної мережі. Адже зв'язок кожного нейрону шару з більшою кількістю «сусідів» зумовлює вищу швидкість взаємодії між ними [30—32]. Зважаючи на те, що інвестиційна привабливість підприємств характеризується обмеженим обсягом статистичних спостережень, то для встановлення параметрів функцій належності показників оцінювання інвестиційної привабливості підприємств термам відповідних лінгвістичних змінних нами було обрано гексагональну форму зв'язку між нейронами конкуруючого шару карти Кохонена.

На рис. 5 наведено карту саморганізації з гексагональною топологією, для навчання якої було використано вибірку значень одного з критеріїв оцінювання інвестиційної привабливості підприємств за три роки.

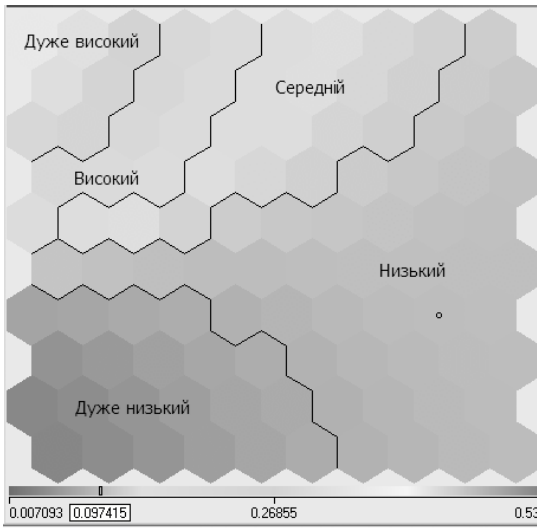


Рис. 5. Карта Кохонена з гексагональною топологією, реалізована в середовищі Deductor Studio Academic 5.2

На даному рисунку нейрокластери відокремлені один від одного суцільною чорною лінією. Кількість та назви зазначених нейрокластерів («Дуже низький», «Низький», «Середній», «Високий» та «Дуже високий») відповідають терм-множині значень лінгвістичної змінної, функцію належності якої необхідно побудувати.

Параметрична відповідність між результатами нейрообробки статистичної вибірки значень деякого критерію оцінювання та функціями його належності термам відповідної лінгвістичної змінної визначається таким чином.

Нехай, показник X має позитивний інгредієнт і статистичну вибірку значень $(x_1, x_2, \dots, x_\psi, \dots, x_\Psi)$. У процесі моделювання він описується лінгвістичною змінною «Рівень показника X », термножина значень якої складається з 5 термів (p_1, p_2, \dots, p_5) , де p_1 — терм лінгвістичної змінної, який визначається семантичним виразом «Дуже низький»; p_2 — відповідно, «Низький»; p_3 — «Середній»; p_4 — «Високий»; p_5 — «Дуже високий». Терми наведені в порядку від найнегативнішого до найпозитивнішого.

У процесі нейронної обробки статистичної вибірки $(x_1, x_2, \dots, x_\psi, \dots, x_\Psi)$ формується 5 нейрокластерів, які характеризуються такими параметрами:

1. Точність визначення центру кластеру (ε). Вона задається аналітиком і визначає максимальне середньоквадратичне відхилення ваг нейрона певного кластеру ($w_{lj}, j = \overline{1, J}, J$ — кількість нейронів у відповідному кластері) від відповідного еталону (v_l), за якого даний нейрон можна розглядати як такий, що абсолютно подібний до еталону. Зазвичай центр кластеру формується сукупністю нейронів, які задовольняють деякому рівню точності. Тоді центром l -го кластеру є всі можливі значення, які знаходяться в межах $[b_l; \overline{b}_l]$, $l = \overline{1, 5}$, де $b_l = v_l(1 - \varepsilon)$, $\overline{b}_l = v_l(1 + \varepsilon)$, $b_l < \overline{b}_l$, v_l — еталон l -го кластеру.

2. Межі кластеру $(\underline{d}_l, \overline{d}_l)$, які визначаються таким чином: $\underline{d}_l = \min(w_{l1}, w_{l2}, \dots, w_{lJ})$ та $\overline{d}_l = \max(w_{l1}, w_{l2}, \dots, w_{lJ})$, $l = \overline{1, 5}$, де \underline{d}_l — нижня межа l -го кластеру ($\underline{d}_l \leq b_l$), \overline{d}_l — верхня межа l -го кластеру ($\overline{d}_l \geq \overline{b}_l$).

Зважаючи на те, що терм-множина значень лінгвістичної змінної «Рівень показника x » є упорядкованою в напрямку зростання, то значення b_{1l}, b_{2l} відповідних функцій належності ($\mu^{p_l}(x), l = \overline{1, 5}$) задовольняють таким нерівностям: $b_{11} < b_{12} < \dots < b_{15}$ та $b_{21} < b_{22} < \dots < b_{25}$, де b_{11}, b_{21} — відповідно, лівий і правий кінці відрізка на осі Ox , де функція належності показника x терму «Дуже низький» приймає максимальне значення, що дорівнює одиниці; b_{12}, b_{22} — відповідно лівий і правий кінці відрізка на осі Ox , де функція належності показника x терму «Низький» приймає максимальне значення, що дорівнює одиниці, і т. д.

Тоді, якщо впорядкувати побудовані нейрокластери за принципом $b_1 < b_2 < \dots < b_5$ та $\overline{b}_1 < \overline{b}_2 < \dots < \overline{b}_5$, то межі їхніх центрів $(b_l, \overline{b}_l, l = \overline{1, 5})$ можна поставити у відповідність параметрам b_{1l}, b_{2l} квазідзвоноподібної функції належності показника x терм-множині значень лінгвістичної змінної ($\mu^{p_l}(x), l = \overline{1, 5}$): $b_1, \overline{b}_1 \Rightarrow \Rightarrow b_{11}, b_{21}$; $b_2, \overline{b}_2 \Rightarrow b_{12}, b_{22}$; $b_3, \overline{b}_3 \Rightarrow b_{13}, b_{23}$; $b_4, \overline{b}_4 \Rightarrow b_{14}, b_{24}$ та $b_5, \overline{b}_5 \Rightarrow b_{15}, b_{25}$.

У свою чергу відстань від нижньої межі центру кластеру до нижньої межі кластеру ($b_l - d_l, l = \overline{1,5}$) можна поставити у відповідність коефіцієнту концентрації-розтягування лівої дуги відповідної функції належності $\mu^{pl}(x)$ (c_{1l}), а від верхньої межі центру кластеру до верхньої межі кластеру ($\overline{d_l} - \overline{b_l}, l = \overline{1,5}$) — коефіцієнту концентрації-розтягування правої дуги (c_{2l}).

Даний підхід використовується для встановлення значень параметрів функцій належності всіх лінгвістичних змінних, які мають позитивний інгредієнт. Для лінгвістичних змінних з негативним інгредієнтом відповідність між характеристиками нейрокластерів і параметрами функцій належності описується таким чином: $\underline{b}_5, \overline{b}_5 \Rightarrow b_{11}, b_{21}$; $\underline{b}_4, \overline{b}_4 \Rightarrow b_{12}, b_{22}$; $\underline{b}_3, \overline{b}_3 \Rightarrow b_{13}, b_{23}$; $\underline{b}_2, \overline{b}_2 \Rightarrow b_{14}, b_{24}$ та $\underline{b}_1, \overline{b}_1 \Rightarrow b_{15}, b_{25}$.

Кількість нейронів у шарі Кохонена зазвичай визначається експериментальним шляхом і залежить від обсягу множини навчальних значень, на основі яких проводиться налаштування нейронної мережі [28—36].

У розробленому комплексі економіко-математичних моделей оцінювання інвестиційної привабливості підприємств нейромережевий розподіл проводиться окремо за кожним критерієм оцінювання. Для кожного з критеріїв будується окрема карта Кохонена, яка навчається на відповідному масиві статистичних даних. З огляду на обсяг наявної статистичної інформації, вхідний масив даних для навчання карт Кохонена складається в середньому зі 100—130 елементів.

Для налаштування карт самоорганізації використовуються такі параметри навчання:

- ініціалізація карти Кохонена проводиться випадковим чином з навчальної вибірки, що обумовлено невеликим обсягом масиву даних для навчання нейромережі;
- у процесі навчання мережі значення спостережень подаються на вхід випадковим чином;
- коефіцієнт швидкості навчання на початку навчання карти самоорганізації складає 0,3, у кінці — 0,005;

— початковий радіус навчання¹ ($R_{поч}$) варіюється в межах $[2,8; 10,3]$ залежно від значень навчальної вибірки, кінцевий ($R_{кін}$) складає $R_{кін} = 0,1$;

— функція сусідства має гаусівську форму. Зокрема, на думку переважної більшості вчених, за невеликих обсягів навчальної вибірки використання такої функції сусідства дозволяє досягти максимально можливого ступеня точності роботи карти Кохонена за коротший час навчання;

— кількість кластерів задається апріорно та відповідає кількості термів у терм-множині значень відповідних лінгвістичних змінних.

У результаті проведення ряду експериментів з використанням карт Кохонена та навчальних масивів даних різної розмірності було встановлено, що для нейронної обробки статистичної вибірки значень показників оцінювання інвестиційної привабливості галузі (обсягом біля 100 елементів) найбільш точний результат дають симетричні карти (що мають однакову кількість нейронів по горизонталі та вертикалі) розмірністю 9×9 .

Для аналізу масивів значень проміжних інтегральних показників (обсягом біля 115 елементів) найкраще підходять симетричні карти самоорганізації, які складаються з 64 нейронів (8×8). За таких умов досягається найточніше нейронне відображення навчальної вибірки.

Для масивів даних показників оцінювання інвестиційної привабливості регіону (обсягом біля 130 елементів) найбільш точний результат дають симетричні карти розмірністю 12×12 . За таких умов максимальне значення елементів відповідних матриць похибок квантування не перевищує 0,001.

Критерієм якості налаштування карти Кохонена є точність відображення нею елементів навчальної вибірки даних, що визначається щільністю побудованих кластерів і стійкістю їх параметрів (радіусу, центру). Для аналізу цих характеристик карт самоорганізації використовується показник середньої похибки квантування, а також матриця похибок квантування [26].

¹ Радіус навчання — параметр навчання карти Кохонена, який визначає кількість нейронів, які крім нейрона-переможця приймають участь у навчанні (тобто значення ваг яких буде модифіковано в даний момент часу). Початковий радіус навчання визначається як максимальна лінійна відстань між двома довільними нейронами після ініціалізації мережі. Кінцевий радіус задається вручну, виходячи з того, що чим менше нейронів братимуть участь наприкінці навчання, тим більш точно налаштованою є карта [30, 32].

Середня похибка квантування дозволяє оцінити рівень близькості елементів навчальної вибірки, яка використовується для налаштування нейронної мережі, до ваг синапсисів нейронів побудованої карти самоорганізації. Чим меншою є середня похибка квантування, тим краще нейрони мережі передають властивості навчальної вибірки даних.

Матриця похибок квантування дозволяє оцінити тісноту зв'язку всередині побудованих кластерів. Вона представляє собою матрицю відстаней нейронів до центрів відповідних кластерів. Чим меншими є значення матриці похибок квантування, тим вищою є якість кластерного розподілу.

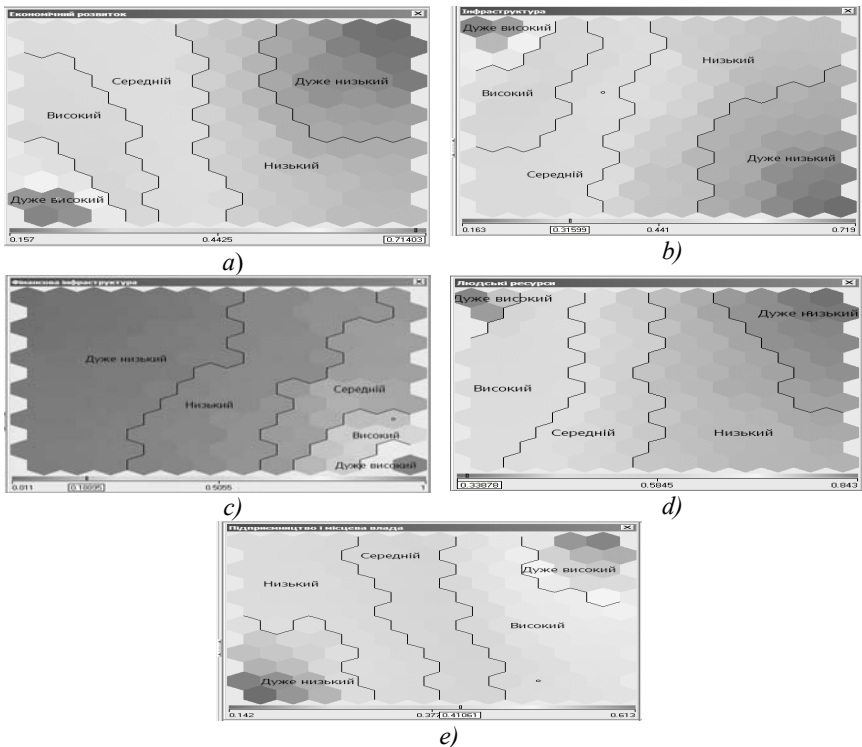


Рис. 6. Карти Кохонена вхідних критеріїв оцінювання інвестиційної привабливості регіону:

a) загальноекономічний розвиток регіону, *b)* розвиток інфраструктури, *c)* розвиток фінансової інфраструктури, *d)* людський ресурс регіону, *e)* розвиток підприємництва та місцева влада регіону

Максимальні значення матриць похибок квантування побудованих у дослідженні карт самоорганізації не перевищують 0,001, а середні похибки квантування складають 0,0003—0,0006, що свідчить про високий рівень адекватності отриманих результатів нейрокластеризації.

На рис. 6 наведено результати нейронної обробки статистичної вибірки значень вхідних показників оцінювання інвестиційної привабливості регіону в середовищі Deductor Studio Academic 5.2.

Проаналізувавши профілі побудованих кластерів за допомогою вбудованих функцій Deductor Studio Academic 5.2, було отримано такі параметри центрів і меж відповідних кластерів (табл. 1).

Таблиця 1

ПАРАМЕТРИ КЛАСТЕРІВ, ОТРИМАНІ В РЕЗУЛЬТАТІ НЕЙРОННОЇ ОБРОБКИ СТАТИСТИЧНОЇ ВИБІРКИ ЗНАЧЕНЬ КРИТЕРІВ ОЦІНЮВАННЯ ІНВЕСТИЦІЙНОЇ ПРИВАБЛИВОСТІ РЕГІОНУ

Назва показника	Назва кластера	Нижня межа центру кластера (з точністю $\pm 5\%$)	Верхня межа центру кластера (з точністю $\pm 5\%$)	Нижня межа кластера	Верхня межа кластера
Загально-економічний розвиток регіону	Дуже високий	0,514	—	0,495	—
	Високий	0,360	0,398	0,349	0,416
	Середній	0,295	0,326	0,291	0,344
	Низький	0,251	0,277	0,243	0,289
	Дуже низький	—	0,210	—	0,239
Розвиток інфраструктури	Дуже високий	0,650	—	0,523	—
	Високий	0,395	0,437	0,382	0,486
	Середній	0,314	0,347	0,312	0,376
	Низький	0,257	0,285	0,252	0,308
	Дуже низький	—	0,224	—	0,247
Розвиток фінансової інфраструктури	Дуже високий	0,870	—	0,645	—
	Високий	0,319	0,353	0,268	0,593
	Середній	0,195	0,215	0,152	0,26
	Низький	0,086	0,095	0,067	0,149
	Дуже низький	—	0,052	—	0,066

Закінчення табл. 1

Назва показника	Назва кластера	Нижня межа центру кластера (з точністю $\pm 5\%$)	Верхня межа центру кластера (з точністю $\pm 5\%$)	Нижня межа кластера	Верхня межа кластера
Ситуація на ринку праці	Дуже високий	0,693	—	0,691	—
	Високий	0,518	0,572	0,499	0,589
	Середній	0,437	0,483	0,429	0,498
	Низький	0,385	0,425	0,366	0,426
	Дуже низький	—	0,273	—	0,344
Розвиток підприємництва та ефективність роботи місцевої влади	Дуже високий	0,563	—	0,495	—
	Високий	0,409	0,452	0,395	0,479
	Середній	0,342	0,378	0,329	0,392
	Низький	0,289	0,319	0,267	0,327
	Дуже низький	—	0,229	—	0,263

Слід зазначити, що для налаштування карт Кохонена використовувались впорядковані масиви даних з позитивним інгредієнтом¹. Тож результати нейрокластеризації — кластери та їх параметри — також упорядковані у порядку зростання.

Подібні характеристики має і множина значень параметрів b_1 та b_2 . Тож якщо кількість кластерів і кількість термів однакова, межі центру кластера можна поставити у відповідність параметрам b_1 та b_2 квазідвоноподібної функції належності. В свою чергу відстані від нижньої межі центру до нижньої межі кластера та від верхньої межі центру до верхньої межі кластера — параметрам c_1 і c_2 , відповідно. Детально процедуру інтерпретації результатів нейрокластеризації було описано раніше.

¹ Вважається, що економічний показник X (або його характеристика) має *позитивний інгредієнт*, якщо при прийнятті рішення орієнтуються на його максимальне значення ($X = X^+$).

Якщо ж під час прийняття рішень орієнтуються на мінімальне значення економічного показника, то вважають, що він має *негативний інгредієнт* ($X = X^-$).

Спираючись на зазначене вище, параметри функцій належності вхідних критеріїв оцінювання інвестиційної привабливості регіону термам відповідних лінгвістичних змінних мають такий вигляд, як подано у табл. 2.

Таблиця 2

ПАРАМЕТРИ ФУНКЦІЙ НАЛЕЖНОСТІ ПОКАЗНИКІВ ОЦІНЮВАННЯ ІНВЕСТИЦІЙНОЇ ПРИВАБЛИВОСТІ РЕГІОНІВ

Назва показника	Назва кластера	Значення параметрів функцій належності			
		b_1	b_2	c_1	c_1
Економічний розвиток регіону	Дуже високий	0,514	—	0,019	—
	Високий	0,360	0,398	0,011	0,018
	Середній	0,295	0,326	0,004	0,019
	Низький	0,251	0,277	0,008	0,012
	Дуже низький	—	0,210	—	0,029
Розвиток інфраструктури	Дуже високий	0,650	—	0,027	—
	Високий	0,395	0,437	0,013	0,049
	Середній	0,314	0,347	0,002	0,030
	Низький	0,257	0,285	0,005	0,023
	Дуже низький	—	0,224	—	0,023
Розвиток фінансової інфраструктури	Дуже високий	0,870	—	0,225	—
	Високий	0,319	0,353	0,051	0,240
	Середній	0,195	0,215	0,043	0,045
	Низький	0,086	0,095	0,019	0,055
	Дуже низький	—	0,052	—	0,014
Людський ресурс	Дуже високий	0,693	—	0,002	—
	Високий	0,518	0,572	0,019	0,017
	Середній	0,437	0,483	0,008	0,015
	Низький	0,385	0,425	0,019	0,001
	Дуже низький	—	0,273	—	0,071
Рівень розвитку підприємництва та ефективність роботи місцевої влади	Дуже високий	0,563	—	0,068	—
	Високий	0,409	0,452	0,014	0,028
	Середній	0,342	0,378	0,013	0,014
	Низький	0,289	0,319	0,022	0,008
	Дуже низький	—	0,229	—	0,034

Аналогічним чином було розраховано параметри функцій належності (b_1, b_2, c_1, c_2) для всіх критеріїв оцінювання інвестиційної привабливості підприємств.

Для агрегації лінгвістичних змінних зазвичай використовується композиційне правило такого виду [14—16, 19, 22, 37—39]:

$$\mu_Y^{p_l}(x_1, x_2, \dots, x_I) = \bigcup_{k_l=1, K_l} (T(\mu^{p_{lk_l}}(x_i))), \quad i=\overline{1, I}, \quad l=\overline{1, L}, \quad k_l=\overline{1, K_l}, \quad (3)$$

де K_l — кількість альтернатив l -го правила;

I — кількість вхідних лінгвістичних змінних;

L — кількість термів у терм-множині значень відповідної лінгвістичної змінної;

k_l — k -та альтернатива l -го правила, яка описує відповідність між значеннями вхідних змінних (x_1, x_2, \dots, x_I) та l -м термом результуючої змінної Y ;

$\mu^{p_{lk_l}}(x_i)$ — функція належності i -го показника l -му терму терм-множини значень відповідної лінгвістичної змінної в k_l -й альтернативі l -го правила;

$\mu_Y^{p_l}(x_1, x_2, \dots, x_I)$ — функція належності результуючої змінної Y l -му терму відповідної терм-множини значень, що залежить від значень вхідних показників x_1, x_2, \dots, x_I ;

S — s -норма, на основі якої проводиться агрегація множини альтернативних комбінацій функцій належності вхідних змінних відповідним терм-множинам значень результуючої змінної;

T — t -норма, на основі якої проводиться узагальнення можливих альтернативних комбінацій функцій належності вхідних змінних (x_1, x_2, \dots, x_I) щодо їхньої відповідності терм-множині значень результуючої лінгвістичної змінної.

Основним недоліком зазначеної функції згортки (3) є необхідність побудови адекватної бази правил, що досить складно зробити в умовах багатокритеріальності. Адже максимальна кількість таких комбінацій сягає $K = L^I$, де I — кількість вхідних лінгвістичних змінних, L — кількість термів у терм-множині значень кожної лінгвістичної змінної. До того ж, дане композиційне правило потребує проведення процедури дефаззифікації вихідної лінгвістичної змінної, від вибору якої суттєво залежить кінцевий результат розрахунку.

Щоб усунути ці недоліки, для моделювання інвестиційної привабливості підприємств авторами даної статті розроблено композиційне правило згортки нечітких змінних такого виду:

$$Y = \underline{S}_{i=1,I}(\underline{G}_{l=1,L}(\mu^{p_l}(x_i))), \quad i = \overline{1,I}, \quad l = \overline{1,L}, \quad (4)$$

де G — асоціативна комутативна бінарна операція, на основі якої проводиться агрегація функцій належності i -ї змінної до усіх своїх термів;

S — s -норма, на основі якої проводиться згортка функцій належності множини вхідних змінних $\mu^{p_1}(x_1), \mu^{p_2}(x_2), \dots, \mu^{p_l}(x_l)$ у результуючу змінну;

$\mu^{p_l}(x_i)$, $i = \overline{1,I}$ — функція належності i -го показника оцінювання інвестиційної привабливості підприємства l -му терму термножини значень {«Дуже низький» (p_1), «Низький» (p_2), «Середній» (p_3), «Високий» (p_4) та «Дуже високий» (p_5)}.

Для реалізації G застосовується операція знаходження максимуму, за допомогою якої з термножини значень i -ї вхідної змінної обирається терм, функція належності якому максимальна. Саме цей терм вважається лінгвістичною оцінкою вхідного показника, яка надалі враховується в процесі згортки.

Для агрегації вхідних нечітких змінних $\underline{S}_{i=1,I}(\underline{G}_{l=1,L}(\mu^{p_l}(x_i)))$ автори даної статті пропонують використати лінійну функцію згортки, складові якої зважуються на певні коефіцієнти.

Отже, композиційне правило згортки лінгвістичних змінних у моделі оцінювання інвестиційної привабливості підприємств можна звести до такого вигляду:

$$Y = \sum_{i=1}^I \beta_{\arg(\max_{l=1,\dots,5}(\mu^{p_l}(x_i)))} * \max_{l=1,\dots,5}(\mu^{p_l}(x_i)), \quad i = \overline{1,I}, \quad l = \overline{1,5}, \quad (5)$$

де Y — інтегральний показник вищого рівня ієрархії;

β — корегуючий коефіцієнт, який визначається
$$\arg(\max_{l=1, \dots, 5} (\mu^{pl}(x_l)))$$

термом лінгвістичної змінної «Рівень показника x_i », якому значення x_i -го вхідного показника оцінювання інвестиційної привабливості підприємства належить з максимальним ступенем належності.

Щодо множини значень корегуючих коефіцієнтів, яка використовується в розроблених композиційних правилах згортки (5) нечітких змінних, то її було сформовано експериментальним шляхом.

Зокрема, як зазначалося раніше, корегуючі коефіцієнти є відображенням терм-множини значень лінгвістичної змінної. Тому ці коефіцієнти мають якомога точніше передати всі властивості відповідної терм-множини значень і зберігати їх в процесі згортки.

Всі лінгвістичні змінні побудованого комплексу економіко-математичних моделей для оцінювання інвестиційної привабливості підприємств визначаються терм-множиною значень, яка складається з 5 елементів — «Дуже низький», «Низький», «Середній», «Високий» і «Дуже високий».

Властивості даної терм-множини такі:

- 1) упорядкованість термів;
- 2) позитивний інгредієнт вектора значень;
- 3) симетричність множини значень відносно центру (для операцій знаходження добутку);
- 4) пропорційне зростання сили висловлювань позитивних та негативних значень відносно центру симетрії (для операцій знаходження добутку);
- 5) однакова сила змісту термів «Низький»-«Високий» та абсолютна протилежність їх за знаком. Аналогічна ситуація і з парою термів «Дуже низький» і «Дуже високий».

У результаті численних експериментальних досліджень встановлено, що в повній мірі ці властивості задовольняє лінійно впорядкований ряд цілих чисел $\{-3, -2, 1, 2, 3\}$. Тому саме він використовується в даній статті для побудови композиційних правил згортки відповідних нечітких змінних.

Аналітичну форму запису залежності між цим вектором корегуючих коефіцієнтів і відповідною терм-множиною значень наведено нижче:

$$\beta_{\arg(\max_{l=1,\dots,5}(\mu^{P_l}(x_i)))} = \begin{cases} -3, & \text{if } \max_{l=1,\dots,5}(\mu^{P_l}(x_i^+)) = \mu^{P_1}(x_i^+) \\ -2, & \text{if } \max_{l=1,\dots,5}(\mu^{P_l}(x_i^+)) = \mu^{P_2}(x_i^+) \\ 1, & \text{if } \max_{l=1,\dots,5}(\mu^{P_l}(x_i^+)) = \mu^{P_3}(x_i^+), \quad i = \overline{1, I}, \quad l = \overline{1, 5}. \\ 2, & \text{if } \max_{l=1,\dots,5}(\mu^{P_l}(x_i^+)) = \mu^{P_4}(x_i^+) \\ 3, & \text{if } \max_{l=1,\dots,5}(\mu^{P_l}(x_i^+)) = \mu^{P_5}(x_i^+) \end{cases} \quad (6)$$

У процесі моделювання інвестиційної привабливості підприємств використання двох s-норм дозволяє вирішити проблему багатокритеріальності. Зокрема, автори спираються на припущення, що чим вищим є значення функції належності показника певному терму, тим вищим є ступінь відповідності між ними. А тому достатньо буде врахувати в процесі згортки лише ті значення лінгвістичних змінних, яким відповідні критерії оцінювання належать з максимальним ступенем належності.

Якщо значення вхідного критерію оцінювання належить кільком термам відповідної лінгвістичної змінної з однаковим ступенем належності (наприклад, $\mu^{P_1}(x_i) = 0,5$, $\mu^{P_2}(x_i) = 0,5$), то, дотримуючись поміркованого підходу, в процесі згортки нечітких змінних береться до уваги той терм, який має більш негативне забарвлення. Адже, на думку авторів, краще дещо недооцінити об'єкт інвестування, ніж його переоцінити. Такий підхід застосовується для згортки лінгвістичних змінних на всіх рівнях ієрархії розробленого механізму нечіткого логічного виводу.

Дана процедура не суперечить основним положенням теорії нечіткої логіки, а її ефективність підтверджується результатами численних експериментальних досліджень.

Як зазначалося раніше, деякі критерії оцінювання інвестиційної привабливості підприємств мають якісну форму, а тому вони характеризуються абсолютною належністю тому чи іншому терму. Зважаючи на це, композиційне правило згортки показників оцінювання інвестиційної привабливості товарних ринків від-

різнятиметься від наведеного вище правила (5) та матиме такий вигляд:

$$Y^{RN} = \beta_{x_1^{RN}} + \beta_{x_2^{RN}} + \dots + \beta_{x_F^{RN}}, \quad (7)$$

де $\beta_{x_f^{RN}}$, $f = \overline{1, F}$ — корегуючий коефіцієнт, який визначається значенням f -го вхідного якісного критерію оцінювання інвестиційної привабливості товарного ринку / ринку послуг, де об'єкт інвестування реалізує свою продукцію;

x_f^{RN} — лінгвістична оцінка f -го вхідного якісного критерію оцінювання інвестиційної привабливості товарного ринку / ринку послуг, що приймає одне із значень p_l , $l = \overline{1, 5}$;

F — кількість критеріїв оцінювання інвестиційної привабливості товарного ринку / ринку послуг.

Вектор значень корегуючих коефіцієнтів наведено нижче:

$$\beta_{x_f^{RN}} = \begin{cases} -3, & \text{if } x_f^{RN} = p_{f1}^{RN} \\ -2, & \text{if } x_f^{RN} = p_{f2}^{RN} \\ 1, & \text{if } x_f^{RN} = p_{f3}^{RN}, \quad f = \overline{1, F}, \\ 2, & \text{if } x_f^{RN} = p_{f4}^{RN} \\ 3, & \text{if } x_f^{RN} = p_{f5}^{RN} \end{cases} \quad (8)$$

де p_{f1}^{RN} — якісне значення «Дуже низький», p_{f2}^{RN} — «Низький», p_{f3}^{RN} — «Середній», p_{f4}^{RN} — «Високий», p_{f5}^{RN} — «Дуже високий».

Якщо лінгвістична змінна має негативний інгредієнт, то вектор корегуючих коефіцієнтів також матиме протилежний напрямок змін. Тим самим всі нечіткі змінні приводяться до однакового інгредієнту — позитивного, що є вкрай важливим для процедури їхньої згортки.

Агрегація значень критеріїв оцінювання фінансового стану підприємства проводиться на основі дискримінантної моделі, затвердженої Міністерством фінансів України:

$$Y^{FSP} = \lambda_1 x_1^{FSP} + \lambda_2 x_2^{FSP} + \dots + \lambda_{10} x_{10}^{FSP} + \lambda_0, \tag{9}$$

де x_h^{FSP} , $h = \overline{1,10}$ — h -й показник оцінювання фінансового стану підприємства у кількісному вигляді;

$\lambda_0, \lambda_2, \dots, \lambda_{10}$ — деякі корегуючі коефіцієнти, значення яких визначаються Порядком, затвердженим наказом Міністерства фінансів України [40].

Аналіз результатів моделювання інвестиційної привабливості підприємств включає два кроки:

- економічну інтерпретацію результатів оцінювання інвестиційної привабливості підприємств. Задля цього використовується рейтинговий підхід, у межах якого в даному науковому дослідженні розроблено рейтингову шкалу інвестиційної привабливості підприємств. Аналогічно до існуючих шкал фінансових рейтингів вона складається з дев'яти рівнів, які розташовані в порядку від найпозитивнішого до найнегативнішого та позначаються наступним чином: *Iaaa*, *Iaa*, *Ia*, *Ibbb*, *Ibb*, *Ib*, *Iccc*, *Icc*, *Ic* [41] (табл. 3).

Відповідність між значеннями лінгвістичної змінної та рівнями рейтингової шкали схематично зображено на рис. 7.

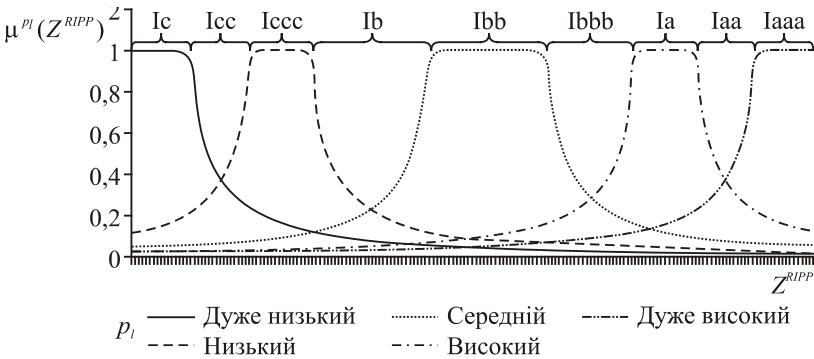


Рис. 7. Схематичне зображення відповідності між значеннями результуючої змінної та рівнем рейтингу

Аналітичну форму запису цієї залежності наведено нижче:

$$Rr = \begin{cases} Iaaa, & \text{if } Z^{RIPP} \geq b_{15}^{RIPP} \\ Iaa, & \text{if } b_{24}^{RIPP} < Z^{RIPP} < b_{15}^{RIPP} \\ Ia, & \text{if } b_{14}^{RIPP} \leq Z^{RIPP} \leq b_{24}^{RIPP} \\ Ibbb, & \text{if } b_{23}^{RIPP} < Z^{RIPP} < b_{14}^{RIPP} \\ Ibb, & \text{if } b_{13}^{RIPP} \leq Z^{RIPP} \leq b_{23}^{RIPP} \\ Ib, & \text{if } b_{22}^{RIPP} < Z^{RIPP} < b_{13}^{RIPP} \\ Iccc, & \text{if } b_{12}^{RIPP} \leq Z^{RIPP} \leq b_{22}^{RIPP} \\ Icc, & \text{if } b_{21}^{RIPP} < Z^{RIPP} < b_{12}^{RIPP} \\ Ic, & \text{if } Z^{RIPP} \leq b_{21}^{RIPP} \end{cases}, \quad (10)$$

де Rr — рейтингова оцінка інвестиційної привабливості підприємства;

Z^{RIPP} — інтегральний показник оцінювання інвестиційної привабливості підприємства;

$\mu^{p_l}(Z^{RIPP})$, $l = \overline{1,5}$ — функція належності інтегрального показника оцінки інвестиційної привабливості підприємства терму p_l .

Таблиця 3

**РЕЙТИНГОВА ШКАЛА
ІНВЕСТИЦІЙНОЇ ПРИВАБЛИВОСТІ ПІДПРИЄМСТВА**

Рейтинг	Економічна інтерпретація рівня рейтингу
Iaaa	Інвестиційна привабливість підприємства на рівні «Iaaa» вказує на фінансову стабільність підприємства, його стійкість до негативних змін, ВИКЛЮЧНО здатність до подальшого нарощення виробництва за рахунок підвищення ефективності діяльності та ВИКЛЮЧНО сприятливого зовнішнього середовища
Iaa	Інвестиційна привабливість підприємства на рівні «Iaa» вказує на ДОСИТЬ ВИСОКИЙ фінансово-господарський потенціал підприємства, дуже сприятливий інвестиційний клімат у регіоні, де воно функціонує, перспективність відповідного ринку та галузі
Ia	Інвестиційна привабливість підприємства на рівні «Ia» вказує на відносну фінансову стійкість підприємства, його ВИСОКУ здатність підвищувати рентабельність виробництва за умови вдалого використання основних переваг зовнішнього середовища — ринку, галузі тощо

Закінчення табл. 3

Рейтинг	Економічна інтерпретація рівня рейтингу
Ibbb	Інвестиційна привабливість підприємства на рівні «Ibbb» вказує на поточну ДОСТАТНЮ ЗДАТНІСТЬ підприємства до подальшого розвитку за рахунок залучення інвестицій та помірну чутливість до негативних змін у зовнішньому середовищі
Ibb	Інвестиційна привабливість підприємства на рівні «Ibb» вказує на ВІДНОСНО НЕВИСОКИЙ економічний потенціал підприємства, неоднозначність стану та розвитку зовнішнього середовища — ринку, галузі тощо, наявність досить реальних потенційних загроз для стабільного функціонування цієї компанії у майбутньому
Ib	Інвестиційна привабливість підприємства на рівні «Ib» означає, що за сучасних умов існує ЗНАЧНА ймовірність скорочення компанії своєї діяльності, навіть за умови залучення інвестицій, через досить низьку якість адміністрування, високу чутливість до негативних змін і відносну нестабільність зовнішнього середовища
Icss	Інвестиційна привабливість підприємства на рівні «Icss» вказує на те, що існує РЕАЛЬНА загроза скорочення компанією своєї діяльності у зв'язку зі значним моральним старінням фондів, низькою продуктивністю праці; фінансова нестабільність компанії може спричинити невиконання нею своїх зобов'язань, що підсилюється низьким ступенем соціально-економічного розвитку відповідного регіону, занепадом галузі, яку представляє підприємство тощо
Icc	Інвестиційна привабливість підприємства на рівні «Icc» вказує на ЗНАЧНУ ЗАЛЕЖНІСТЬ підприємства від зовнішнього середовища, яке тяжіє до негативної динаміки розвитку, низьку гнучкість та продуктивність, високий ризик невиконання своїх зобов'язань
Ic	Інвестиційна привабливість підприємства на рівні «Ic» означає, що підприємство низькорентабельне, потребує значних структурних змін і капіталовкладень. При цьому його висока фінансова нестабільність і повна залежність від змін зовнішнього середовища вказує на ДУЖЕ ВИСОКИЙ ІНВЕСТИЦІЙНИЙ РИЗИК

➤ детальний опис результатів оцінювання, у процесі якого аналізуються значення проміжних інтегральних змінних, які характеризують фінансовий стан підприємства, інвестиційну привабливість регіону, галузі та товарного ринку, де об'єкт інвестування реалізує свою продукцію. Дана процедура дозволяє встановити,

які саме фактори (регіональні, галузеві, ринкові чи фінансово-господарські) підтримують чи обмежують інвестиційну привабливість об'єкта інвестування. Ця інформація значно підвищує цінність результатів оцінювання, адже дозволяє не лише проводити постійний моніторинг рівня інвестиційної привабливості суб'єктів господарювання, але й управляти ним шляхом усунення/послаблення негативних і підсилення позитивних чинників.

Висновки

У статті проведено аналіз існуючих теоретичних підходів та інструментарію дослідження інвестиційної привабливості підприємств. Зокрема, обґрунтовано доцільність урахування в процесі оцінювання інвестиційної привабливості підприємства результатів аналізу зовнішнього середовища (регіону, галузі, товарного ринку/ринку послуг). Адже суб'єкт господарювання є відкритою системою, яка в процесі своєї фінансово-господарської діяльності активно взаємодіє з оточуючим його макросередовищем, яке може стати додатковим джерелом інвестиційного ризику чи переваг. Також сформовано перелік ключових критеріїв, який дозволить оцінити внутрішні та зовнішні фактори формування інвестиційної привабливості об'єкта інвестування за умови залучення ним капітальних інвестицій.

Побудовано комплекс економіко-математичних моделей оцінювання інвестиційної привабливості підприємств, який дозволяє аналізувати мікро- та мезо-середовища об'єкта досліджень як у комплексі, так і за окремими факторами, що значно розширює сферу його прикладного застосування.

Також розроблений комплекс моделей має прозорий механізм проведення розрахунків і високу наочність представлення результатів оцінювання. Крім того, він характеризується відносно високим рівнем об'єктивності та адекватності проведення розрахунків, що було підтверджено експериментальним шляхом. Зокрема, для агрегації лінгвістичних змінних авторами даної статті було розроблено композиційне правило згортки, яке принципово відрізняється від існуючих підходів до побудови алгоритмів логічного висновку. Дане правило дозволяє сформулювати базу нечітких знань без залучення експертної думки в умовах багатокритеріальності та відсутності бази порівняння для інтегральних змінних вищого рівня ієрархії. Запропоноване правило згортки ґрунту-

ється на поєднанні двох s-норм, які реалізуються за допомогою операторів знаходження максимуму та суми. Також функція згортки включає корегуючі коефіцієнти, які ставляться у відповідність терм-множинам значень лінгвістичних змінних.

Даний підхід дозволяє значно знизити рівень суб'єктивності результатів оцінювання інвестиційної привабливості підприємств та підвищити ефективність прийняття інвестиційних рішень, оскільки відповідність між значеннями вхідних критеріїв і вихідної оцінки визначається виключно на основі математичних та логічних перетворень без використання експертної інформації.

На думку авторів, застосування побудованого комплексу моделей дозволить підвищити раціональність інвестиційних рішень та ефективність формування інвестиційної стратегії і тактики різних економічних суб'єктів.

Література

1. *Van Horne. Fundamentals of Financial Management: 13th edition* / J. Van Horne, John Wachowicz, Prentice Hall, USA, 2008 — 760 p.
2. *Беренс В.* Руководство по оценке эффективности инвестиций / В. Беренс, П. Хавранин. — М.: Инфра-М, 2005. — 178 с.
3. *Шарп У.* Инвестиции / У. Шарп, Г. Александер, Д. Бэйли; пер. с англ. А. Н. Буренина, А. А. Васина. — М.: ИНФРА-М, 1997. — 1024 с.
4. *Deryl Northcott.* Capital investment decision-making, Thomson, London, 1998. — 208 p.
5. *Бланк И. А.* Инвестиционный менеджмент: учеб. пособие / И. А. Бланк. — К.: «Ника-Центр», «Эльга-Н», 2001. — 448 с.
6. *Пересада А. А.* Основы инвестиционной деятельности / А. А. Пересада. — К.: Изд. «Либра», 1996. — 344 с.
7. *Ковалев В. В.* Финансовый анализ: Управление капиталом. Выбор инвестиций. Анализ отчетности / В. В. Ковалев. — [2-е изд.] — М.: Финансы и статистика, 2000. — 512 с.
8. *Величко М. И.* Особенности анализа отраслевой инвестиционной привлекательности экономики / М. И. Величко // Аудит и финансовый анализ. — 2008. — № 6. — С. 291—293.
9. *Шеремет А.* Методика финансового анализа / А. Д. Шеремет, Р. С. Сейфулина, Е. В. Негашева. — [3-е изд.] — М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2002. — 479 с.
10. *Данилин В. Н.* Методы оценки инвестиционной привлекательности хозяйственных субъектов / В. Н. Данилин, С. В. Исаева // Вестник Херсонского государственного технического университета. — Херсон. — 2000. — № 3 — С. 26—29.

11. Мамуль Л. О., Чернявська Т. А. Нові методичні підходи до аналізу інвестиційної привабливості регіонів // Вісник економічної науки України. — 2005. — № 1 (7). — С. 83—89.

12. Буткевич С. А. Инвестиционная привлекательность аграрного сектора экономики / С. А. Буткевич. — К.: Издательство Европейского института, 2003. — 251 с.

13. Закон України Про інвестиційну діяльність : за станом на 1 січня 2009 р. // Відомості Верховної Ради України — 1991. — № 47. — 646 с.

14. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / Л. Заде. — М.: Мир, 1976. — 165 с.

15. Кофман А. Введение в теорию нечётких множеств / А. Кофман. — М.: Радио и связь, 1982. — 432 с.

16. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств в управлении предприятиями / А. Кофман, Х. Хил Алуха; пер с франц. — Минск: Высшая школа, 1982. — 224 с.

17. Bellman R. E., Giertz M. On the analytical formalism of fuzzy sets // Information Sciences. — 1975. — Vol. 5. — S. 149—156.

18. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Саати Т.; пер. с англ. Р. Г. Вачнадзе. — М.: Радио и связь, 1993. — 278 с.

19. Матвійчук А. В. Моделювання економічних процесів із застосування методів нечіткої логіки / А. В. Матвійчук. — К.: КНЕУ, 2007. — 264 с.

20. Митюшкин Ю. И. Soft Computing: идентификация закономерностей нечёткими базами знаний / Ю. И. Митюшкин, Б. И. Мокин, А. П. Ротштейн. — Винница: Универсум, 2002. — 143 с.

21. Матвійчук А. В. Аналіз та прогнозування розвитку фінансово-економічних систем із використанням теорії нечіткої логіки / А. В. Матвійчук. — К.: Центр навчальної літератури, 2005. — 201 с.

22. Ротштейн А. П. Интеллектуальные технологии идентификации / А. П. Ротштейн. — Винница: Универсум, 1999. — 300 с

23. Недосекин А. О. Нечетко-множественный анализ риска фондовых инвестиций / А. О. Недосекин. — СПб.: Типография «Сезам», 2002. — 181 с.

24. Бешелев С. Д. Математико-статистические методы экспертных оценок / С. Д. Бешелев, Ф. Г. Гурвич. — М.: Статистика, 1980. — 263 с.

25. Шикин Е. В. Математические методы и модели в управлении: учеб. пособие [для студ. управленческих спец. вузов] / Е. В. Шикин, А. Г. Чхартишвили. — М.: Академия народного хозяйства при Правительстве РФ, 2002. — 440 с.

26. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы: Пер. с польского И. Д. Рудинского / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. — М.: Горячая линия — Телеком, 2004. — 452 с.

27. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации / Осовский С.; пер. с польского И. Д. Рудинского. — М.: Финансы и статистика, 2002. — 344 с.

28. *Kohonen T.* Self-Organization and Associative Memory, Springer-Verlag, Berlin, 1988 — 312 p.
29. *Kohonen T.* The self-organizing map // Proceeding of the IEEE. — 1990. — Vol. 78. — P. 1464—1480.
30. *Круглов В. В.* Искусственные нейронные сети. Теория и практика / В. В. Круглов, В. В. Борисов. — М.: Горячая линия — Телеком; 2002. — 382 с.
31. *Короткий С.* Нейронные сети: основные положения [Электронный ресурс] / С. Короткий. — Режим доступа до статті: http://www.gotai.net/documents-neural_networks.aspx.
32. *Короткий С.* Нейронные сети: обучение без учителя [Электронный ресурс] / С.Короткий. — Режим доступа: http://www.gotai.net/documents-neural_networks.aspx.
33. *Ежов А. А.* Нейрокомпьютеринг и его применения в экономике и бизнесе / А. А. Ежов, С. А. Шумский. — М.: МИФИ, 1998. — 224 с.
34. *Медведев В. С.* Нейронные сети. MATLAB6 / В. С. Медведев., В. Г. Потёмкин. — М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2002. — 496 с.
35. *Анил К. Джейн.* Введение в искусственные нейронные сети [Электронный ресурс] / Анил К. Джейн, Жианчанг Мао, К М. Моинуддин. — Режим доступа до статті: <http://cylib.iit.nau.edu.ua/Books/ComputerScience/FundamentalAlgorithm/>.
36. *Уоссермен Ф.* Нейрокомпьютерная техника: теория и практика / Ф. Уоссермен; пер. с англ. — М.: Мир, 1992. — 184 с.
37. *Штовба С. Д.* Проектирование нечетких систем средствами MATLAB / С. Д. Штовба. — М.: Горячая линия - Телеком, 2007. — 288 с.
38. *Блюмин С. Л.* Нечеткая логика: алгебраические основы и приложения / [С. Л. Блюмин, И. А. Шуйкова, П. В. Сараев, И. В. Черпаков]. — Липецк: ЛЭГИ, 2002. — 111 с.
39. *Takagi T., Sugeno M.* Fuzzy Identification of Systems and Its Applications to Modeling and Control // IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics. — 1985. — Vol. 15. — S. 116—132.
40. Порядок проведення оцінки фінансового стану бенефіціара та визначення виду забезпечення для обслуговування та погашення позики, наданої за рахунок коштів міжнародних фінансових організацій: затв. Наказом Міністерства Фінансів України від 01.04.2003 № 247 [Електронний ресурс] — Режим доступу до нормативного документу: <http://zakon.nau.ua/doc/?uid=1097.1457.0>.
41. *Мамонова К. М.* Ієрархічна модель оцінки інвестиційної привабливості підприємства / К. М. Мамонова, Г. І. Великоіваненко // Моделювання та інформаційні системи в економіці: Зб. наукових праць / відп. ред. В. К. Галіцин.— К.: КНЕУ, 2007. — Вип. 76. — С. 48—63.

Стаття надійшла до редакції 23.04.2012