

Настроювання функцій належності засобами штучного інтелекту у складній автоматизованій системі прийняття інвестиційних рішень

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У дослідженні розглянуто сучасні проблеми інноваційно-інвестиційної сфери в Україні. Запропоновано для вирішення окреслених проблем розробити відповідну складну автоматизовану систему прийняття інвестиційного рішення на базі нечітко-логічного підходу. Розглянуто механізм настроювання функцій належності у такій системі засобами апарату генетичних алгоритмів.

Ключові слова: інноваційно-інвестиційна діяльність; система прийняття інвестиційних рішень; нечітка логіка; генетичні алгоритми.

Customization of membership functions by means of artificial intelligence in a complex automated system of investment decision making

Abstract

The study examines current problems of innovation and investment in Ukraine. It is proposed to develop an appropriate complex automated investment decision making system based on a fuzzy-logical approach to solve the outlined problems. The mechanism of setting the membership functions in such a system by means of the apparatus of genetic algorithms is considered.

Key words: innovation and investment activity; investment decision making system; fuzzy logic; genetic algorithms.

Негативні зміни, які відбуваються у економічній, соціальній, політичній сферах в Україні, зумовлені впливом коронавірусної інфекції, мінливих та дестабілізованих зовнішнього та внутрішнього середовищ функціонування вітчизняної економіки, потребують підвищення дослідницької уваги до вирішення питань інвестування як одного з найважливіших напрямів відтворення основних фондів і виробничих потужностей суб'єктів господарювання.

Інвестиційно-інноваційна діяльність завжди обтяжена як систематичними, так і несистематичними ризиками різного походження. Проблема невизначеності та конфлікту іманентно притаманна економіці, що зумовлюється, зокрема, тим, що результат такої діяльності отримується із значним часовим лагом у майбутньому.

Несприятливий вплив зовнішніх геополітичного та економічного середовищ спричинив значне падіння економічної активності в державі, з'явилися нові чинники ризику, пов'язані з карантинними заходами, крім того, підвищилася ступінь його невизначеності. За цих умов інвестиційно-інноваційний клімат перебуває у стадії стагнаційного колапсу. Отже, особливої актуальності набувають науково-обґрунтовані методи оцінювання економічної ефективності інвестиційних проектів.

Аналіз стану процесів реального інвестування в Україні виявив низку нерозв'язаних практичних проблем, серед яких основними є: націленість інвесторів на одержання одноразового швидкоотриманого прибутку; вплив національного капіталу; незацікавленість за умов значної девальвації національної валюти у довготерміновому кредитуванні; надзвичайно низька ефективність інвестиційного ринку; слабка активність державних і муніципальних органів управління у фінансуванні проектів; недосконалість нормативної бази тощо.

Перелічені проблеми, які притаманні інвестиційним процесам в Україні, негативно її позиціонують на світовому ринку капіталовкладень і є перешкодами у використанні розвинених механізмів інвестування, що застосовуються у країнах з постіндустріальною стадією економіки. Таким чином, постає об'єктивна необхідність у науково-теоретичному обґрунтуванні концепції та методологічних засад побудови математичних методів та моделей інвестування, які враховуватимуть соціально-економічний аспект, стратегічну спрямованість і нададуть можливість підвищити рівень активності інвестиційної діяльності та ефективність очікуваних результатів.

Серед найзначніших досліджень, в яких проводився аналіз проблем прийняття інвестиційних рішень за умов невизначеності та пов'язаного з нею ризиком, слід виокремити роботи таких українських вчених, як П. Верченко, В. Вітлінський, О. Герасименко, В. Геєць, М. Гуровський, О. Іващук, О. Корольов, А. Матвійчук, В. Михайленко, С. Наконечний, Т. Пепеляєва, М. Скрипниченко, І. Ткаченко, О. Ястремський та ін. Серед зарубіжних дослідників необхідно відзначити Дж. Бейлі, М. Грубера, Е. Елтона, Л. Канторовича, Л. Крушвіца, Г. Марковіца, О. Моргенштерна, О. Недосекіна, Дж. Неймана, В. Ротаря, І. Фішера, У. Шарпа та ін.

Генерація сучасних методологічних засад управління інноваційно-інвестиційним процесом в державі потребує розроблення якісно нового методологічного забезпечення реалізації і стимулювання процесу капіталовкладень, тобто розбудови концепції стратегічного інвестування суб'єктів господарювання за умов зовнішнього середовища, що не є перманентним [1–6].

Формування такого потенціального підходу потребує на дослідження та оброблення потужних масивів інформації, що описує процес інвестування, залучення узгоджених експертних знань для прийняття рішень та опис множини змішаних параметрів, що характеризують досліджуваний об'єкт, їх кардинальними оцінками. Разом із тим, у системах багатокритеріального прийняття інвестиційних рішень універсальним підходом, що дозволяє їх будувати, є декомпозиційне розбиття складної проблеми на послідовність поступово ідентифікованих підпроблем. Проте класичні математичні методи, що дозволяють вирішувати такі проблеми мають певні обмеження щодо швидкодії, обсягів інформаційних масивів, що потребують на оброблення, та їх різноякісної природи. Це спричиняє потребу в розробленні відповідних математичних моделей формалізації таких складних систем на базі сучасних інформаційних технологій.

На думку автора дослідження, одним із найбільш продуктивних підходів, який дозволяє вирішити низку проблем, які описані вище, є розроблення математичних моделей процесу прийняття інвестиційних рішень на основі нечітко-логічних функцій. Разом із тим, адекватність таких моделей, тобто відповідність результатів нечіткого логічного висновку і реального значення результуючого параметра моделювання визначається головним чином якістю функції належності (ФН).

Отже, в загальному вигляді задача настроювання зводиться до розв'язання оптимізаційної задачі підбору таких параметрів функцій належності та параметрів, що описують базу знань, за яких розбіжність між теоретичним та реальним значенням вихідного параметра є мінімальною.

Параметрами настроювання для функцій належності є значення характеристичних точок, які назвемо a , b , c для кожного параметру, і кожного з лінгвістичних термів T_i .

Настроювання системи підтримки прийняття інвестиційного рішення, побудованої на базі математичного апарату нечіткої логіки, передбачає зміну параметрів настроювання відповідно до величини відхилення результуючої змінної від експериментального значення.

Процес настроювання полягає у побудові навчальної вибірки, яка є сукупністю пар «входи – виходи» типу $\langle (x_1, x_2, \dots, x_n), (y_1, y_2, \dots, y_m) \rangle$, що відповідають стійкому підтриманню показників якості процесу – отримання значення ризикованості інвестиційного процесу. Для отримання навчальної вибірки необхідно організувати спостереження та реєстрацію вхідних оцінювальних $(x_1 \dots x_n)$, узагальненого (Y) та вихідного (R) параметрів процесу визначення ризикованості процесу інвестування.

Задачу оптимального настроювання моделі, яка полягає в отриманні оптимальних векторів (a, b, c) , що забезпечують мінімум розбіжностей між модельними та експериментальними виходами, автором дослідження пропонується вирішувати за допомогою методу оптимізації на базі генетичного алгоритму (ГА) на основі залежності (1) [7].

$$\sum_{p=1}^L \left[(F(a, b, c) - \hat{Y}^p) \right]^2 \rightarrow \min \quad (1)$$

Для реалізації генетичного алгоритму щодо отримання оптимальних параметрів ФН, автором виконано кодування нечіткої моделі. Із цією метою зведено параметри настроювання моделі a, b, c , до одного вектора S :

$$S = (a, b, c) = (a_{11}, \dots, a_{1i}, b_{11}, \dots, b_{1i}, c_{11}, \dots, c_{1i}, \dots, a_{m1}, \dots, a_{mi}, b_{m1}, \dots, b_{mi}, c_{m1}, \dots, c_{mi}) \quad (2)$$

де i_j – кількість термів оцінювального параметру X_i ;

m – загальна кількість рядків у базі знань.

Вектор S можна розглядати як код нечіткої моделі (2) і поставити йому у відповідність хромосому, що описує шукану матрицю нових оптимальних параметрів.

Наступним кроком настроювання моделі ГА є генерація популяції нових параметрів моделі. Під генерацією популяції розуміється визначення початкової множини рішень S (хромосом), що потім будуть піддаватися операціям схрещування і мутації. Структура згенерованих хромосом буде мати вигляд аналогічний початковій хромосомі, при цьому діапазон зміни генів визначається такими умовами:

$$a_i = \text{RANDOM}([\underline{a}_i, \overline{a}_i]), \quad b_i = \text{RANDOM}([\underline{b}_i, \overline{b}_i]), \quad c_i = \text{RANDOM}([\underline{c}_i, \overline{c}_i]), \quad (3)$$

де $\text{RANDOM}([\underline{\xi}, \overline{\xi}])$ – операція визначення випадкового числа, рівномірно розподіленого на інтервалі $[\underline{\xi}, \overline{\xi}]$.

Наступною операцією є схрещування, що є основною операцією генетичного алгоритму, яка визначає його продуктивність. Отже, простота виконання даної операції і зумовлює продуктивність генетичного алгоритму. Механізм проведення операції схрещування полягає в тому, що за батьківські хромосоми обираються дві хромосоми PAR_1 і PAR_2 . Провести схрещування цих хромосом – означає отримати дві хромосоми-нащадки CH_1 і CH_2 шляхом обміну генів хромосом-батьків відносно обраної точки схрещування. Під час схрещування батьківські хромосоми поділяються на дві частини, а потім обмінюються своїми частинами, внаслідок чого з'являється вдвічі більше хромосом-нащадків.

Наступним кроком настроювання досліджуваної моделі ГА є мутація генів хромосоми будь-якого елемента популяції параметрів. Класичний метод мутації полягає в зміні одного або декількох чисел генів з імовірністю, яка дорівнює коефіцієнту мутації p_i . Кожний елемент вектора S може зазнати мутації з імовірністю p_i .

Наступним і найважливішим елементом ГА є операція селекції, що є відбором кращих варіантів рішень, отриманих у результаті операцій схрещування і мутації, на основі певної функції відповідності. Функцію відповідності хромосоми S позначимо через $FF(S)$. За функцію відповідності оберемо критерій оптимізації (1).

$$FF(S) = - \sum_{p=1}^L \left[F(a, b, c) - \hat{Y}^p \right]^2, \quad (4)$$

де a, b, c – параметри настроювання СППР;

\hat{Y}^p – експериментальні дані;

$p - 1, \bar{L}$;

L – кількість експериментальних даних.

Операція селекції формує нову популяцію кращих параметрів моделі за рахунок відбору деяких батьків та нащадків згідно з функцією відповідності і вилучає решту з метою збереження сталого розміру популяції. Функція (4) використовується і для контролю якості хромосом після їх генерації.

Враховуючи вищесказане, можна сформулювати метод настроювання математичної моделі формалізації прийняття інвестиційного рішення на базі генетичного алгоритму так:

1. Сформулювати початкову популяцію (2).

2. Обчислити значення функції відповідності $FF(S_i)$, $i = \overline{1, k}$ (для кожної хромосоми).

3. Провести операцію схрещування кожної пари хромосом-батьків.

4. Здійснити мутацію одержаних хромосом-нащадків.

5. Вилучити з одержаної популяції розміром $k + p_i \times k$ – хромосом $p_i \times k$ – хромосом, що мають найгірші значення функції відповідності $FF(S_i)$, згідно (4).

6. Якщо одержана хромосома S_i , для якої $FF(S_i) = 0$ (максимум функції відповідності), тоді – кінець алгоритму, інакше – перейти до наступного п. 7.

7. Якщо задане число ітерацій застосування цього методу не вичерпане, то перейти до п. 2, у іншому випадку – отримано оптимальні значення. При цьому хромосома, що має найбільше значення функції відповідності $FF(S_i)$, представлятиме собою знайдені оптимальні параметри досліджуваної моделі.

Таким чином, одержана в результаті виконання вищеописаного генетичного алгоритму хромосома буде відповідати новим оптимальним значенням параметрів a , b , c .

Настроювання може проводитися як попередньо (одноразово), так і у адаптивному режимі (налагодження в режимі on-line), коли математичний апарат настроювання моделей вводиться до основного математичного апарату і, в разі, коли відхилення наближається до деякого еталонного (мінімального) значення, відбувається автоматичне настроювання функцій належності.

Таким чином, самонавчання системи прийняття інвестиційного рішення, реалізованої за допомогою нечіткої логіки з використанням апарату генетичних алгоритмів, полягає в тому, щоб система постійно фіксувала власні результати щодо отриманої інвестиційної стратегії R , та запитувала нові фактичні дані щодо результатів процесу інвестування, після чого генерувала параметри настроювання та вносила б відповідні зміни до своїх баз знань та характеристичних точок ФН. У такому випадку модель працює не в пасивному, а в інтерактивному режимі.

Система прийняття інвестиційних рішень, реалізована на базі нечіткої логіки з використанням апарату генетичних алгоритмів, є ефективною за умови постійного доступу до навчальної вибірки. У випадку відсутності можливості постійного моніторингу ринку інвестування та коригування такої системи, доцільніше проводити її реалізацію на базі апарату нейронних мереж [8–10].

Отже, основними результатами дослідження є:

- вивчення існуючих проблем інформування інвестиційно-інноваційного механізму в Україні та пропонування для їх вирішення концептуального підходу на базі побудови системи прийняття інвестиційного рішення засобами штучного інтелекту, а саме нечіткої логіки;
- для запропонованої системі розроблено підхід до настроювання функцій належності на основі математичного апарату генетичних алгоритмів, що уможливорює суттєве підвищення точності та швидкодії процесу прийняття раціонального інвестиційного рішення.

Список використаної літератури

1. Азарова А. О., Юхимчук С. В. Математичні моделі ризику для систем підтримки прийняття рішень. Монографія. Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця. 2003. 188 с.
2. Azarova A. O., Bondarchuk A. V. Analysys of program products for evaluating innovation attractiveness. Collection of scientific articles «Institution of framework for the functioning of the economy in the context of transformation». Montreal, Canada. 2015. С. 278–282.
3. Азарова А. О., Бондарчук А. В. Математична та структурна моделі оцінювання інноваційної привабливості підприємства. Колективна монографія. Інтеграція економічних та інформаційних процесів: сучасний стан і перспективи розвитку / За заг. ред. Л. М. Савчук. Дніпропетровськ: «Герда», 2015. С. 204–211. 500 с.
4. Азарова А. О., Житкевич О. В. Управління ККСП вітчизняних підприємств як базовий важіль забезпечення інноваційного розвитку економіки. Колективна монографія: Socio-economic problems of management : Collective monograph: Thorpe-Bowker®, Melbourne, Australia, 2015. С. 209–218.
5. Azarova A. O., Moroz O. O., Zhalin Y. O. The mathematical model of enterprises innovation attractiveness on the basis of fuzzy logic theory. Science and education: Collection of scientific articles. Verlag SWG imex GmbH, Nürnberg, Deutschland, 2017. 396 p. P. 277–280.
6. Азарова А. О., Жалін Ю. О. Розроблення механізму покращення інноваційної діяльності підприємства сучасними інформаційними технологіями. Колективна монографія: «Управління інноваційною, інвестиційною та економічною діяльністю інтегрованих об'єднань та підприємств». 2016. №1. С. 124–133.
7. Ротштейн А.П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткие множества, генетические алгоритмы, нейронные сети.– Винница: Універсум-Вінниця, 1999.– 320 с.
8. Азарова А. О., Бершов Д. М. Моделювання СППР щодо оцінювання ефективності інвестиційних проектів на основі нечіткої логіки. *Механізми регулювання економіки*. 2006. №1. С.168–177.
9. Азарова А. О., Бершов Д. М. Розробка методу формалізації СППР щодо інвестування на базі нейронної мережі Хопфілда. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. №2. 2008. С. 13–18.
10. Азарова А. О., Бершов Д. М., Кательніков Д. І. Розробка методу формалізації СППР щодо оцінювання ризикованості процесу банківського інвестування на базі нейронної мережі Хеммінга. *Збірник наукових праць «Економічний простір»*. №10. 2008. С. 103–109.

Азарова Анжеліка Олексіївна – канд. техн. наук, професор, заст. декана Факультету менеджменту та інформаційної безпеки з наукової роботи та міжнародного співробітництва Вінницького національного технічного університету, м. Вінниця, azarova.angelika@gmail.com

Azarova A. Anzhelika – Ph.D., Professor, Deputy dean of the Faculty of management and information security by scientific work and international cooperation Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.