

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ІНВЕСТИЦІЙНИХ ПРОЕКТІВ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ЗА ДОПОМОГОЮ НЕЧІТКО-МНОЖИННОЇ МОДЕЛІ

Анотація. Публікація присвячена аналізу її особливостям застосування нечітко-множинної моделі в інвестиційному проектуванні. Розглянута в статті модель дозволяє отримати загальну оцінку ефективності інвестиційного проекту у випадку «нечітких» даних.

Ключові слова: інвестиції, інвестиційний проект, інвестиційне рішення, умови невизначеності та ризику, прийняття рішення.

Summary. A publication is devoted an analysis and features of application of unexpressly-plural model in the investment planning. The model considered in the article allows to get the general estimation of efficiency of investment project in the case of the «washed» out information.

Key words: investments, investment project, investment decisions, the uncertainty and risk conditions, decision-making processes.

Постановка проблеми. У конкурентних ринкових умовах будь-який суб'єкт господарювання у своїй виробничо-комерційній (у тому числі інвестиційній) діяльності неминуче стикається з невизначеностями різного виду і походження. Очевидно, що підприємство не може володіти абсолютно повними і всеохоплюючими даними про своє теперішнє та майбутнє, також практично неможливо точно передбачити всі зміни, які можуть відбутися у зовнішньому середовищі, його динаміку, особливо в довгостроковій перспективі.

У той же час планування як одна зі складових контролінгу бізнес-процесів є способом прояснення зовнішніх і внутрішніх умов діяльності, зменшення невизначеності і ризику. Однак будь-якому, навіть потужному підприємству, не під силу повністю дослідити й усунути невизначеність, а отже, цілком спланувати свою діяльність. Адже усунути невизначеність — це означає усунути сам ринок, розмаїття різних інтересів і дій. Тому досягти позитивних результатів економічної діяльності (у тому числі й інвестиційної) в умовах невизначеності можна, лише приймаючи комплексні рішення.

Підвищення якості прийнятих інвестиційних рішень було і залишається найважливішою проблемою не тільки на рівні підприємств, але і розглядається як панацея від багатьох труднощів на макроекономічному рівні. Від того, наскільки далекоглядні, раціональні, економічно обгрунтовані й ефективні інвестиційні рішення, багато в чому залежить не тільки майбутнє конкретних підприємств і організацій, а й майбутнє економіки країни в цілому, оскільки їх функціонування впливає на поведінку інших суб'єктів економічного співтовариства, соціально-економічне та природне середовище.

Велика практика проведення реальних прогнозних розрахунків інвестиційних проектів сві-

дчить про необхідність всебічного обліку різних видів невизначеності при оцінці, плануванні та управлінні інвестиційними проектами. Дійсність така, що вплив факторів невизначеності на інвестиційний проект призводить до виникнення непередбачених ситуацій, що призводять до несподіваних втрат, збитків, навіть у тих проектах, які спочатку визнані економічно доцільними для підприємства. Невраховані в інвестиційному проекті негативні сценарії розвитку подій, нехай і малоочікувані, втім, можуть відбутися і зірвати реалізацію інвестиційного проекту. Врахування невизначеності інформації при плануванні інвестиційної діяльності та її ефективність безпосередньо залежать від вибору математичного апарату, який визначається математичною теорією. Необгрунтований і як наслідок неправильний вибір математичного апарату, в основному, призводить до неадекватності створених математичних моделей, отримання неправильних результатів у процесі їх застосування, і відповідно виникає недовіра до отриманих результатів, ігноруються висновки на їх основі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Окремим аспектам проблеми аналізу ризиків та ефективності інвестиційних проектів, у тому числі і в умовах невизначеності, присвячені наукові праці багатьох учених. Серед зарубіжних авторів можна виділити Р. Брейлі, Дж. Бейлі, С. Хьюс, У. Шарпа та інших. У вітчизняній економічній науці ця проблематика розглядається в дослідженнях В. В. Глушенка, О. О. Недосєкіна, В. О. Фурсової, В. Ю. Катонова, М. О. Лімітовського, В. Д. Шапіро, А. М. Дібова, В. О. Калугіна, Ю. М. Тітової та інших.

Вирішенням проблем оцінювання ризику за допомогою методів математичного моделювання займалися В. В. Вітлінський, П. І. Верченко, Н. М. Внукова, В. А. Смоляк, В. К. Галіцин, О. П. Суслов, Ю. О. Кубрушко, І. Ю. Івченко, С. М. Ілляшенко,

Н. І. Машина, А. В. Мельников, Е. О. Човушян, М. А. Сидоров та інші.

Щодо застосування теорії нечітких множин до оцінки ефективності інвестиційних процесів, то цій проблемі присвячені праці таких вчених, як В. Г. Чернов, О. В. Дорохов, Л. П. Дорохова, О. А. Дмитрієва, О. С. Зайцева, М. О. Лисова, С. О. Калмиков, Ю. І. Шокін, О. О. Недосекін, О. В. Щирова та інших.

Метою статті є аналіз особливостей застосування нечітко-множинної моделі оцінки ефективності інвестиційних проектів в умовах невизначеності.

Виклад основного матеріалу дослідження. Побудова адекватних моделей вибору інвестиційної альтернативи має важливу особливість, яка полягає в необхідності врахування суб'єктивних суджень особи, що приймає рішення, при формалізації уявлень і виборі найкращої альтернативи. Ця особливість означає, що різні особи, які приймають рішення, в однакових умовах, на основі однієї і тієї ж моделі можуть отримати різні результати.

Конкуренція як атрибут ринкової економіки також змушує осіб, що приймають рішення, приймати інвестиційні рішення в умовах невизначеності, оскільки жоден із суб'єктів господарювання заздалегідь не знає, яке рішення приймуть інші. Існують різноманітні і різноспрямовані внутрішні і зовнішні фактори, більше того, невизначеність виникає навіть при однозначному виборі, якщо рішення приймається в умовах швидкої зміни і слабкої передбачуваності стану зовнішнього середовища.

Процес прийняття інвестиційного рішення значною мірою ґрунтується на майбутніх значеннях параметрів, що враховуються, і наслідків, які очікують від реалізації прийнятого рішення. При цьому певна унікальність інвестиційних проектів робить некоректним використання ретроспективних даних. На практиці прийняття інвестиційних рішень у більшості випадків ґрунтується на експертних оцінках з припущенням, що експерт може дати точну оцінку. Але будь-який експертний висновок, навіть той, що ґрунтується на об'єктивних даних, більш невизначений, ніж сама сукупність цих даних, яку, як уже зазначалося, отримати в повному вигляді важко (а іноді — неможливо). Тому, хоча експертний висновок може містити узагальнення і прогнози, важливі для практики, він не знижує рівень невизначеності [1, с. 20].

Невизначеність прогнозованих результатів призводить до виникнення ризику того, що цілі, поставлені в проекті, можуть бути не досягнуті повністю або частково. Нині багато авторів визначають ризик як похідну від факторів невизначеності. При цьому під невизначеністю розуміється неповнота або неточність інформації щодо умов реалізації проекту, в тому числі про пов'язані з ним витрати і результати. Альтернативою є трактування ризику як можливості будь-яких (позитивних

чи негативних) відхилень показників від передбачених проектом їх середніх значень [2, с. 8].

При прогнозуванні економічної ефективності та оцінці ризиків реалізації інвестиційного проекту ключовим моментом є прояв невизначеності числових параметрів планованого інвестиційного проекту. Отже, при проведенні прогнозів необхідно враховувати фактори невизначеності, що зумовлюють ризик за певним показником ефективності. Тому на практиці неминуче стикаємося з проблемою формального представлення невизначених прогнозних параметрів, що визначають інвестиційний проект, і проведення з ними відповідних розрахунків [3, с. 9]. Таким чином, наявність різних видів невизначеності призводить до необхідності адаптації вище описаних показників аналізу та оцінки економічної ефективності інвестиційного проекту на основі застосування математичних методів, які дозволяють формалізувати й одночасно обробляти різні види невизначеності.

На рисунку 1 зображено взаємозв'язок основних показників і методів, які застосовуються при оцінці ефективності інвестиційних проектів. Для кожного з цих методів можуть бути виділені відповідні фактори, що підтверджують наявність невизначеностей.

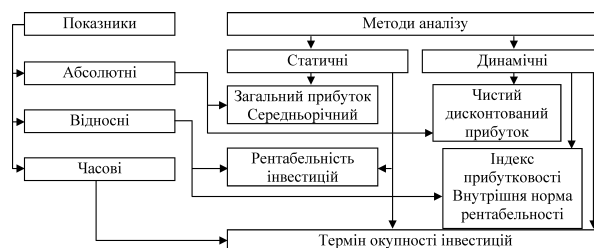


Рис. 1. Взаємозв'язок показників і методів аналізу інвестиційних проектів. Джерело: [4, с. 21]

Слід зауважити, що принципове розходження цих методів статичного і динамічного інвестиційного аналізу полягає в тому, що перші методи не розглядають зміну вартості грошей у процесі реалізації проектів. У цьому випадку невизначеність як фактор статичного аналізу практично не розглядається. У всіх цих методах при порівнянні витрат, прибутку, рентабельності основою розрахунків є два параметри — вартісна оцінка результатів P від застосування проекту протягом t -го інтервалу часу і оцінка сукупних витрат Z , пов'язаних з реалізацією проекту на тому ж інтервалі.

Однак значення обох параметрів відноситься до майбутніх етапів реалізації проекту і тому точно не можуть бути визначені. Дані параметри значною мірою контролюються ззовні, а внутрішні можливості управління ними обмежені і недостатні, особливо на початкових етапах проектування. Відповідно оцінки, які можуть бути отримані на основі розглянутих параметрів, матимуть неточний, розпливчастий характер. Також

часто допускається сильна ідеалізація реальних умов. Так, передбачається, що всі об'єкти інвестицій знаходяться в однакових умовах, витрати і прибутки від них відомі точно. На практиці навіть об'єкти в одному регіоні знаходяться в різних соціально-економічних умовах. Вони можуть належати до різних областей діяльності, мати різну передісторію тощо. Тому чекати однакової точності оцінок, вважати, що оцінки строго визначені, не зовсім коректно, а частина оцінок може мати істотно суб'єктивний характер [5, с. 21].

Виявлені обставини стимулюють сьогоденні проведено досліджень з розробки методів оцінки ефективності і ризику інвестиційних проектів на основі апарату теорії нечітких множин [6–8]. Їх використання передбачає формалізацію вихідних параметрів і цільових показників ефективності інвестиційних проектів у вигляді вектора інтервальних значень (нечіткого інтервалу), попадання в кожний інтервал якого характеризується деяким ступенем невизначеності. Здійснюючи арифметичні та інші операції з такими нечіткими інтервалами за правилами нечіткої математики, можливо отримати в результаті нечіткий інтервал для цільового показника. На основі вихідної інформації, досвіду та інтуїції інвестори часто можуть досить упевнено кількісно охарактеризувати межі (інтервали) можливих (допустимих) значень параметрів і області їх найбільш можливих (бажаних) значень.

У літературі з інвестиційного аналізу [9, 10] добре відома модель чистої приведенної вартості інвестицій (*NPV* – Net Present Value):

$$NPV = -I_0 + \sum_{i=1}^N \frac{\Delta V_i}{(1+r)^i} + \frac{C}{(1+r)^{N+1}}, \quad (1)$$

де I_0 – стартовий обсяг інвестицій;

N – число планових періодів інвестиційного процесу, відповідних терміну існування проекту;

ΔV_i – оборотне сальдо надходжень і платежів в i -му періоді;

r – ставка дисконтування, обрана для проекту з урахуванням оцінок очікуваної вартості використовуваного в проекті капіталу;

C – ліквідаційна вартість чистих активів, що склалася в ході інвестиційного процесу.

Інвестиційний проект визнається ефективним, коли *NPV*, що оцінена за формулою (1), більше деякого проектного рівня G [11, с. 27].

Якщо всі параметри у формулі (1) є нечіткими (точне планове значення невідоме), тоді за вихідні дані необхідно використовувати трикутні нечіткі числа, які характеризуються функцією приналежності. Ці числа моделюють висловлення: «параметр A наближено дорівнює a і однозначно знаходиться у діапазоні $[a_{\min}; a_{\max}]$ ». Це, в свою чергу, дозволяє використовувати у якості вихідної інформації інвестиційного проекту інтервал параметра $[a_{\min}; a_{\max}]$ і найбільш очікуване зна-

чення \bar{a} , і тоді відповідне трикутне число $\underline{A} = (a_{\min}, a, a_{\max})$ побудовано.

Використовуючи поняття трикутного числа, можна задати наступний набір нечітких чисел для аналізу ризику інвестиційного проекту:

$\underline{I} = (I_{\min}, \bar{I}, I_{\max})$ – інвестор не може точно оцінити, яким об'ємом інвестиційних ресурсів він володітиме на момент прийняття рішення;

$\underline{r} = (r_{\min}, \bar{r}, r_{\max})$ – інвестор не може точно оцінити вартість капіталу, що використовується в проекті;

$\underline{\Delta V}_i = (V_{\min}, \bar{\Delta V}_i, V_{\max})$ – інвестор прогнозує діапазон зміни грошових результатів реалізації проекту з урахуванням можливих коливань цін на продукцію, що реалізовується, вартості споживаних ресурсів, умов оподаткування, впливу інших факторів;

$\underline{C} = (C_{\min}, \bar{C}, C_{\max})$ – інвестор нечітко уявляє собі потенційні умови майбутнього продажу діючого бізнесу або його ліквідацію;

$\underline{G} = (G_{\min}, \bar{G}, G_{\max})$ – інвестор нечітко уявляє собі критерій, за яким проект може бути визнаний ефективним [12, с. 268].

Таким чином, завдання інвестиційного вибору в наведеній вище постановці є процес прийняття рішення в нечітких умовах, коли рішення досягається злиттям цілей і обмежень.

Для кожного нечіткого числа в структурі вихідних даних є відповідні інтервали достовірності $[I_1; I_2]$, $[r_1; r_2]$, $[\Delta V_{i1}; \Delta V_{i2}]$, $[C_1; C_2]$. І тоді для заданого рівня шляхом підстановки відповідних меж інтервалів в (1) за правилами основних алгебраїчних операцій з нечіткими числами маємо [13, с. 28]:

$$\begin{aligned} [NPV_1, NPV_2] &= (-)[I_1, I_2] + \left(\sum_{i=1}^N \left[\frac{\Delta V_{i1}}{(1+r_2)^i}, \frac{\Delta V_{i2}}{(1+r_1)^i} \right] \right) (+) \\ (+) \left[\frac{C_1}{(1+r_2)^{N+1}}, \frac{C_2}{(1+r_1)^{N+1}} \right] &= \left[-I_2 + \sum_{i=1}^N \frac{\Delta V_{i1}}{(1+r_2)^i} + \right. \\ &= \left[-I_2 + \sum_{i=1}^N \frac{\Delta V_{i1}}{(1+r_2)^i} + \sum_{i=1}^N \frac{C_1}{(1+r_2)^{N+1}}, -I_1 + \sum_{i=1}^N \frac{\Delta V_{i2}}{(1+r_1)^i} + \sum_{i=1}^N \frac{C_2}{(1+r_1)^{N+1}} \right]. \end{aligned} \quad (2)$$

Задавшись прийнятним рівнем дискретизації α на інтервалі приналежності $[0, 1]$, можна реконструювати результуюче нечітке число *NPV* шляхом апроксимації його функції приналежності ламаною кривою за інтервальними точками.

Використовуючи функції приналежності нечітких чисел *NPV* і \underline{G} , можливо визначити зону неефективних інвестицій як площу фігури, що обмежена функціями приналежності нечітких чисел *NPV* і \underline{G} [14, с. 28]:

$$S_{\alpha} = \begin{cases} 0, G_2 \leq NPV_1, \\ \frac{(G - NPV_1)^2}{2}, G_1 < NPV_1 < G_2 \leq NPV_2, \\ \frac{(G_1 - NPV_1) + (G_2 - NPV_1)}{2} \cdot (G_2 - G_1), NPV_1 \leq G_1 < G_2 \leq NPV_2, \\ \frac{(G_2 - NPV_1) + (G_2 - NPV_2)}{2} \cdot (NPV_2 - NPV_1), G_1 \leq NPV_1 < NPV_2 \leq G_2, \\ (G_2 - G_1) \cdot (NPV_2 - NPV_1) - \frac{(NPV_2 - G_1)^2}{2}, NPV_1 \leq G_1 \leq NPV_2 \leq G_2, \\ (G_2 - G_1) \cdot (NPV_2 - NPV_1), NPV_2 \leq G_1. \end{cases} \quad (3)$$

Міра ризику неефективності проекту $\varphi(\alpha)$ визначається при цьому як геометрична ймовірність події попадання точки (NPV, G) в зону неефективних інвестицій:

$$\varphi(\alpha) = \frac{S_a}{(G_2 - G_1) \cdot (NPV_2 - NPV_1)}, \quad (4)$$

де S_a оцінюється за формулою (3).

Тоді підсумкове значення міри ризику неефективності проекту [15, с. 270]:

$$V \& M = \int_0^{\alpha_i} \varphi(\alpha) d\alpha. \quad (5)$$

Отже, отримана за формулою (5) міра ризику приймає значення від 0 до 1. Інвестор, маючи розраховану за допомогою даної моделі міру ризику, зможе відповісти на питання, яка можливість ризику неефективності вкладених ним коштів, тобто розглянута нечітко-множинна модель дає загальне уявлення про фінансовий ризик інвестиційного проекту в цілому.

Застосування теорії нечітких множин націлене на нечіткі, якісні описи та оцінки із строгим математичним представленням, однак без жорстких нормативних обмежень. Використання функцій приналежності дозволяє виконувати формалізовані математичні перетворення і знаходити однозначні рішення. При цьому не вимагається статистична однорідність змінних. Експерт для різних змінних процесу, згідно зі своїми суб'єктивними уподобаннями, може вибирати різні за видом і параметрами функції приналежності, що не впливає на кінцевий результат [16–17].

Висновки. Важливим фактором, що супроводжує інвестиційну діяльність, є ризик, обумовлений впливом зовнішніх і внутрішніх факторів середовища, що постійно змінюються. Трансформаційні процеси, які відбуваються в Україні, об'єктивно вимагають узгодження національної економічної політики, інвестиційної політики, ринкових перетворень зі світовою системою економічних координат. Керуючись цим, оцінка ризику інвестиційної діяльності набуває особливого значення, оскільки більшість важливих рішень (у тому числі й інвестиційних) приймаються в умовах неповної, неточної або суперечливої інформації. Тому потрібно не ігнорувати ризик, ґрунтуючись на принципі фактичного зниження невизначеності, а враховувати його.

Великий досвід вітчизняних і зарубіжних дослідників переконливо свідчить про те, що ймовірнісний підхід не може бути надійним і адекватним інструментом вирішення слабоструктурованих завдань, до яких належать завдання управління реальними інвестиціями. Будь-яка спроба використання статистичних методів для вирішення такого роду завдань є не що інше, як

редукція до добре структурованих (добре формалізованих) завдань. При цьому такого роду редукція істотно спотворює вихідну постановку задачі.

Недоліки, властиві ймовірнісним підходам врахування невизначеності, можуть бути виправлені, якщо використовувати досягнення теорії нечітких множин. При цьому, по-перше, формується повний спектр можливих сценаріїв інвестиційного процесу. По-друге, рішення приймається не на основі деяких оцінок ефективності проекту, а за всією сукупністю оцінок. По-третє, очікувана ефективність проекту не є точковим показником, а являє собою поле інтервальних значень зі своїм розподілом очікувань, що характеризується функцією приналежності відповідного нечіткого числа. При цьому виважена повна сукупність очікувань дозволяє оцінити інтегральну міру очікування негативних результатів інвестиційного проекту.

Таким чином, апарат теорії нечітких множин є найбільш адекватний задачам прийняття інвестиційних рішень в умовах невизначеності.

Література

1. Чернов В. Г. Неопределенность как фактор принятия инвестиционных решений и применение теории нечетких множеств для ее моделирования / Чернов В. Г., Дорохов А. В., Дорохова Л. П. // Montenegrin journal of economics. — 2010. — № 11, вып. 6. — С. 17–26.
2. Дыбов А. М. Особенности оценки инвестиционных проектов с учетом факторов риска и неопределенности / А. М. Дыбов // Вестник Удмуртского университета. Серия Экономика и право. — 2010. — Вып. 2. — С. 7–14.
3. Там же.
4. Чернов В. Г. Неопределенность как фактор принятия инвестиционных решений и применение теории нечетких множеств для ее моделирования / Чернов В. Г., Дорохов А. В., Дорохова Л. П. // Montenegrin journal of economics. — 2010. — № 11, вып. 6. — С. 17–26.
5. Там же.
6. Недосекин А. О. Методологические основы моделирования финансовой деятельности с использованием нечетко-множественных описаний : дис. ... доктора экон. наук : 08.00.13 / Недосекин Алексей Олегович. — СПб., 2003. — 218 с.
7. Деревянко П. М. Оценка проектов в условиях неопределенности [Электронный ресурс] / П. М. Деревянко. — Режим доступа : http://www.cfin.ru/finanalysis/invest/fuzzy_analysis.shtml.
8. Царев В. В. Оценка экономической эффективности инвестиций / В. В. Царев. — СПб. : Питер, 2004. — 464 с.
9. Недосекин А. О. Оценка риска инвестиций по NPV произвольно-нечеткой формы [Электронный ресурс] / А. О. Недосекин. — Режим доступа : http://sedok.narod.ru/sc_group.html.

10. Недосекин А. О. Оценка риска инвестиций для произвольно-размытых факторов инвестиционного проекта [Электронный ресурс] / А. О. Недосекин, А. М. Кокош. — Режим доступа : http://sedok.narod.ru/sc_group.html.

11. Лысова М. А. Анализ и особенности применения нечетко-множественной модели оценки эффективности инвестиционного проекта / М. А. Лысова // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. — 2007. — № 4. — С. 27–31.

12. Дмитрієва О. А. Моделі прийняття рішень на основі теорії нечітких множин / О. А. Дмитрієва, О. С. Зайцева // Наукові праці ДонНТУ. Серія «Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка». — 2009. — Вип. 10 (153). — С. 266–273.

13. Лысова М. А. Анализ и особенности применения нечетко-множественной модели оценки эффективности инвестиционного проекта /

М. А. Лысова // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. — 2007. — № 4. — С. 27–31.

14. Там же.

15. Дмитрієва О. А. Моделі прийняття рішень на основі теорії нечітких множин / О. А. Дмитрієва, О. С. Зайцева // Наукові праці ДонНТУ. Серія «Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка». — 2009. — Вип. 10 (153). — С. 266–273.

16. Недосекин А. О. Финансовый менеджмент на нечетких множествах / А. О. Недосекин // Аудит и финансовый анализ. — 2003. — № 4. — С. 195–255.

17. Недосекин А. О. Применение теории нечетких множеств к финансовому анализу предприятий [Электронный ресурс] / А. О. Недосекин, О. Б. Максимов. — Режим доступа : <http://www.delovoy.newmail.ru/analytic/3.htm>.