

Петро БІДЮК
Ольга ОМЕЛЬЧЕНКО

ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКІВ ІНВЕСТУВАННЯ ПРИ РЕСТРУКТУРИЗАЦІЇ ПІДПРИЄМСТВ

Розглянуто проблему інвестування при реструктуризації промислових підприємств. Запропоновано нечітку модель оцінювання інвестиційних проектів за показником чистої сучасної цінності інвестицій. Розроблено нечіткий метод оцінювання ризику неефективності проекту. Побудовано нечітку модель оцінювання ефективності нейтралізації.

Для функціонування підприємств характерна невизначеність, ризиковість є невід'ємною ознакою підприємницькою діяльності [1, 2]. Неспроможність прогнозувати наслідки здійснення підприємством господарських операцій із відповідною достовірністю перетворює будь-яке управлінське рішення щодо цих операцій в джерело ризику. Для підприємства управління ризиками перетворюється у об'єктивну необхідність і обов'язкову умову ефективності його моделі управління. В умовах банкрутства ціна управлінських помилок, які підвищують загрозу ліквідації підприємства або втрату власником контролю над ним, зростає. Тому проблема управління ризиками підприємства в умовах банкрутства з метою мінімізації їх негативного впливу є актуальною.

Офіційна статистична інформація свідчить, що значна частка підприємств машинобудування України знаходиться у стані, коли їхнє банкрутство можливе не у віддаленій перспективі, а найближчим часом. Досвід показує, що багато з таких підприємств спроможні перебудувати свою діяльність. Для цього їм необхідно використати всі свої потенційні можливості і переваги, які надає підприємствам стан банкрутства.

Тому важливим науковим завдання можна вважати узагальнення досвіду управління в умовах банкрутства, розроблення моделей і методів управління підприємством і напрацювання рекомендацій, які зможуть допомогти керівникам цих підприємств вивести їх із кризи, їх власникам зберегти бізнес, а інвесторам одержати прибуток від вкладених коштів.

Сьогодні реструктуризація розглядається як основний засіб антикризового менеджменту. За певних умов вихід із кризового стану може забезпечити інвестування старих і нових напрямів діяльності підприємства. Деякі переваги може надати саме банкрутство. Вибір об'ґрунтованої стратегії виходу із кризи повинен базуватися на можливості комбінування цих та інших інструментів.

Питання антикризового управління підприємствами, банкрутства, санації і фінансової реструктуризації та їх впливу на сучасний розвиток підприємств досліджено у працях вітчизняних і зарубіжних науковців: І. Булеєва, Л. Лігоненка, А. Чернявського, П. Градова, А. Грязнової, Г. Іванова, В. Кошкіна. Проте існуючі теоретичні розробки та підходи до вирішення цієї проблеми охоплюють лише окремі аспекти антикризово-

го управління підприємствами, тому існує потреба в її подальшому комплексному вивченні та дослідженні.

Метою статті є наукове обґрунтування моделі і методів оцінювання інвестиційних проєктів та ризиків інвестування.

Порушення стосовно підприємства процедури банкрутства призводить до зміни правового поля його діяльності в бік підвищення детермінованості управлінських дій, посилення державного контролю, зміни складу органів управління та їх повноважень, ускладнення процесу прийняття управлінських рішень. Водночас, оскільки банкрутство окремого промислового підприємства є фактором, що негативно впливає на економічну стійкість пов'язаних з ним суб'єктів, а також на економічний розвиток території, на законодавчому рівні встановлено дієвий організаційно-правовий механізм забезпечення відновлення платоспроможності підприємств засобами судових процедур банкрутства. Підприємство в умовах банкрутства користується, зокрема, гарантіями та перевагами мораторію на задоволення вимог кредиторів (мінімальний термін дії мораторію становить 6 місяців).

Таким чином, в умовах банкрутства підприємство отримує можливість тимчасово не повертати заборгованість з одночасним спрямуванням вивільнених грошових потоків на відновлення платоспроможності. Банкрутство унеможлиблює застосування до підприємства заходів захисту інтересів кредиторів, таких як судові позови, арешти майна та грошових коштів, реалізація арештованого майна з прилюдних торгів, податкова застава та ін., що істотно обмежують господарську діяльність підприємства. Тобто банкрутство можна розглядати як автоматичне відстрочення сплати заборгованості та фактор нейтралізації правових ризиків, пов'язаних з обмеженням діяльності підприємства за судовими позовами й іншими заходами за-

хисту кредиторів. Вказане дає підприємству час, необхідний для здійснення антикризових заходів та реалізації плану реструктуризації.

Реструктуризація розглядається як основний засіб антикризового менеджменту. А оскільки реструктуризація підприємств часто пов'язана з інвестиціями, то необхідно володіти засобами оцінювання сценаріїв виходу із банкрутства, побудованих на залученні інвестицій. Під інвестиціями (у широкому змісті) розуміють тимчасову відмову суб'єкта господарювання від споживання наявних у його розпорядженні ресурсів (капіталу) і їх використання для збільшення в майбутньому свого добробуту.

Інвестиційний проєкт припускає планування в часі трьох основних грошових потоків – інвестицій, поточних (операційних) платежів і надходжень. Ні потік поточних платежів, ні потік надходжень не можуть бути сплановані точно, оскільки нема й не може бути повної визначеності стосовно майбутнього стану ринку. Ціна й обсяги реалізованої продукції, ціни на сировину й матеріали та інші грошово-вартісні параметри середовища на час здійснення в майбутньому можуть сильно відрізнятись від передбачуваних планових значень, які оцінюються з позицій сьогодення.

Інформаційна невизначеність призводить до ризику ухвалення невірних інвестиційних рішень. Завжди залишається можливість того, що проєкт, визнаний вдалим, виявиться збитковим, оскільки досягнуті в ході інвестиційного процесу параметри відхиляються від планових, або ж які-небудь чинники взагалі не були враховані. Інвестор ніколи не буде мати у своєму розпорядженні повну оцінку ризику, оскільки кількість варіацій зовнішнього середовища завжди перевищує управлінські можливості і обов'язково знайдеться мало очікуваний сценарій розвитку, який може трапитись і зірвати інвестиційний процес. Водночас інвестор повинен докласти зусиль для під-

вищення рівня інформованості і змінювати ризик своїх інвестиційних рішень як на стадії розробки, так і в ході самого проекту.

Оскільки інвестиційна діяльність є важливою складовою реструктуризації підприємства, особливо в умовах наближення банкрутства або в умовах виходу із цього стану, то виникає проблема оцінювання ризиків інвестиційних проектів в умовах невизначеності.

Традиційний спосіб оцінювання ризику інвестицій базується на окресленні інформаційної невизначеності вихідних даних проекту. Показники ефективності інвестицій є випадковими величинами зі своїм імплікативним розподілом [3]. Його недоліки пов'язані зі складністю обґрунтування застосування будь-яких типів ймовірностей в інвестиційному аналізі в умовах малого ступеня статистичної обумовленості, слабкої інформативності контексту свідочть щодо стану ринкового середовища і низького рівня інтуїтивної активності експертів.

Недоліком альтернативного способу врахування невизначеності – мінімаксного підходу – є відкидання більшості проектів, навіть таких, які мають шанси на успіх, що породжує небезпеку паралічу ділової активності. Це є наслідком орієнтації на мінімізацію ризику інвестора. Дійсно, формування набору очікуваних сценаріїв розвитку подій в інвестиційному процесі, вибір двох сценаріїв з відповідно максимальною й мінімальною ефективністю й оцінка очікуваного ефекту за допомогою формули Гурвіца $E_{av} = (1 - l)E_{min} + lE_{max}$ (l – параметр згоди, а E_{av} , E_{min} , E_{max} – очікувана, мінімальна й максимальна ефективність проекту відповідно) готують при $E_{av} = 0$ (точка Вальда) ухвалення рішення на основі найбільш песимістичної оцінки ефективності проекту, коли в умовах реалізації найнесприятливішого зі сценаріїв зроблено все для того, щоб зменшити очікувані витрати.

Позбавленим наведених недоліків інструментом вимірювання можливостей (очікувань) у процесі інвестиційного аналізу є апарат нечітких множин. Уперше застосований для інвестиційного аналізу в праці [4], він підтвердив свою працездатність у цій важливій сфері діяльності підприємств. Використовуючи цей підхід, побудуємо метод оцінювання інвестиційного ризику, придатний як на стадії проекту, так і в ході інвестиційного процесу.

Для аналізу інвестицій будемо використовувати відому формулу чистої сучасної цінності інвестицій (NPV – Net Present Value) [5]. Якщо інвестиції надходять на початок інвестиційного процесу, а оцінювання ліквідаційної вартості проекту провадиться після закінчення строку життя проекту, то NPV можна визначити за формулою:

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

де I – стартовий обсяг інвестицій; N – число планових інтервалів (періодів) інвестиційного процесу, що відповідають строку життя проекту; ΔV_i – оборотне сальдо надходжень і платежів в i -ому періоді; r – дисконтна ставка, вибрана для проекту з урахуванням оцінок очікуваної вартості використовуваного в проекті капіталу (наприклад, очікувана ставка за довгостроковими кредитами); C – ліквідаційна вартість чистих активів, що склалась в ході інвестиційного процесу (у тому числі залишкова вартість основних коштів на балансі підприємства). У формулі (1) I , ΔV_i і C визначаються у реальних цінах, r – за збігом періоду нарахувань відсотків на задіяний капітал з відповідним періодом інвестиційного процесу, а $(N+1)$ -й інтервал в терміні життя проекту не враховується і виділений лише для фіксації моменту завершення грошових взаєморозрахунків усіх сторін інвестиційного процесу (інвесторів, кредиторів і дебіторів) за кредитами, депозитами,

дивідендами тощо, коли відомий підсумковий фінансовий результат проекту.

Якщо отримана за допомогою (1) оцінка NPV перевищує прийнятий проектний рівень G (звичайно $G = 0$), інвестиційний проект вважається ефективним.

Застосування нечітких множин обумовлене "розмитістю" всіх параметрів формули (1). Якщо їх точне плановане значення невідоме, то в якості вихідних даних можна використати трикутні нечіткі числа з трикутною функцією належності – "параметр A приблизно дорівнює \bar{a} й однозначно належить діапазону $[a_{\min}, a_{\max}]$ ".

Автору інвестиційного проекту досить взяти за вихідну інформацію інтервал параметра $[a_{\min}, a_{\max}]$ і найбільш очікуване його значення \bar{a} , що визначає відповідне трикутне число $\underline{A} = (a_{\min}, \bar{a}, a_{\max})$. Параметри $(a_{\min}, \bar{a}, a_{\max})$ – значущі точки трикутного числа \underline{A} – часто розглядаються як суб'єктивні ймовірності реалізації "песимістичного", "нормального" і "оптимістичного" сценаріїв вихідних даних відповідно [5]. Для аналізу ефективності проекту можна використовувати такий набір нечітких чисел: $\underline{I} = (I_{\min}, \bar{I}, I_{\max})$ – для оцінки обсягу інрсів; $\underline{r} = (r_{\min}, \bar{r}, r_{\max})$ – для оцінки вартості капіталу; $\underline{\Delta V}_i = (V_{\min}, \bar{\Delta V}_i, V_{\max})$ – для оцінки грошових результатів реалізації проекту з урахуванням впливу важливих чинників; $\underline{C} = (C_{\min}, \bar{C}, C_{\max})$ – для оцінки умов продажу діючого бізнесу або його ліквідації; $\underline{G} = (G_{\min}, \bar{G}, G_{\max})$ – для оцінки ефективності проекту.

Вигляд введених нечітких чисел залежить від вибору очікуваних оцінок інвестором, який може керуватися не тільки тактичними, а й стратегічними міркуваннями. З метою диверсифікації діяльності або розширення ринку інвестор може дозволити проекту бути збитковим. А для приросту середньозваженої прибутковості бізнесу він може піти на підвищений ризик.

Таким чином, задача інвестиційного вибору в наведеній вище постановці є процесом ухвалення рішення в нечітких умовах, коли рішення досягається злиттям цілей й обмежень [6]. Зазначимо, якщо який-небудь із параметрів \underline{A} однозначно заданий, то нечітке число \underline{A} вироджується в дійсне число A з виконанням умови $a_{\min} = \bar{a} = a_{\max}$. При цьому суть методу не змінюється.

Для приведення формули (1) до вигляду, придатного для використання нечітких вихідних даних, скористаємося сегментним способом. Для цього задамо фіксований рівень належності α і визначимо відповідні інтервали вірогідності за двома нечіткими числами \underline{A} та $\underline{B} : [a_p, a_2]$ і $[b_p, b_2]$ відповідно. Тоді основні операції з нечіткими числами зводяться до операцій над їхніми інтервалами вірогідності [7]. У свою чергу, операції над інтервалами виражаються через операції над дійсними числами – границями інтервалів:

- операція "додавання": $[a_p, a_2]$ (+)
 $[b_p, b_2] = [a_1 + b_p, a_2 + b_2]$;
- операція "віднімання": $[a_p, a_2]$ (–)
 $[b_p, b_2] = [a_1 - b_2, a_2 - b_1]$;
- операція "множення": $[a_p, a_2]$ (x)
 $[b_p, b_2] = [a_1 \times b_p, a_2 \times b_2]$;
- операція "ділення": $[a_p, a_2]$ (/)
 $[b_p, b_2] = [a_1 / b_2, a_2 / b_p]$;
- операція "зведення в ступінь": $[a_p, a_2]$ (\wedge)
 $i = [a_1^i, a_2^i]$.

Для кожного нечіткого числа в структурі вихідних даних одержуємо інтервали вірогідності $[I_1, I_2], [r_{i1}, r_{i2}], [DV_{i1}, DV_{i2}], [C_1, C_2]$. І тоді, для заданого рівня (шляхом підстановки відповідних границь інтервалів в (1) за наведеними вище виразами для операцій над границями інтервалів, одержуємо:

$$[NPV_1, NPV_2] = [-I_2 + \sum_{i=1}^N \Delta V_{i1} / ((1+r_2)^i) + C_1 / ((1+r_2)^{N+1}), -I_1 + \sum_{i=1}^N \Delta V_{i2} / ((1+r_1)^i) + C_2 / ((1+r_1)^{N+1})] \quad (2)$$

Якщо задано прийнятний рівень дискретизації за α на інтервалі належності $[0, 1]$, можна легко реконструювати результуюче нечітке число NPV шляхом апроксимації його функції належності μ_{NPV} ламаною кривою за інтервальними точками.

Управління підприємством в умовах невизначеності повинне передбачати нейтралізацію ризиків шляхом максимального попередження потенційних негативних наслідків. Реалізація політики нейтралізації вимагає серед іншого:

- розроблення та обґрунтування загальної стратегії нейтралізації ризиків і стратегії нейтралізації конкретних видів ризиків;
- розроблення альтернативних сценаріїв розвитку підприємства та оцінки ймовірності їх виконання для прийняття управлінських рішень у рамках основних організаційно-економічних механізмів, у тому числі реструктуризації;

- координація та інтеграція з антикризовим управлінням підприємством з метою попередження його ліквідації та ін.

Забезпечення нейтралізації ризиків підприємства в умовах банкрутства на основі *стратегії уникнення ризику* передбачає прийняття управлінських фінансових рішень на основі порівняльного аналізу фінансово-математичних моделей альтернативних сценаріїв (різних варіантів здійснення реструктуризації підприємства) з метою визначення безризикового сценарію (сукупний рівень ризику за яким менший або дорівнює максимально прийнятному [8]) із наступним прийняттям його як основного.

В умовах банкрутства стратегія уникнення ризику реалізується шляхом оцінки можливих варіантів розвитку подій та вибору сценарію з оптимальним відношенням дохідність-ризик. Необхідною умовою реалізації такого підходу є розрахунок економічного ефекту від реалізації переваг банкрутства.

Стратегію уникнення ризиків інколи ідентифікують як пасивну стратегію управління ризиком [8], адже суб'єкт господарювання абстрагується від здійснення будь-яких заходів, спрямованих на попередження негативних наслідків для його фінансово-господарської діяльності, джерелом яких є сукупність ризиків. На ефективність реалізації цієї стратегії істотно впливає фактор часу, сутність впливу якого характеризується принципом: чим раніше діагностовано небезпеку, тим меншими заходами її можна усунути.

Оптимальною для підприємства стане та стратегія реструктуризації, яка веде до розширення числа можливостей, чим більше у підприємства варіантів дій, тим стабільніше його стан. І навпаки, зменшення можливостей (притаманне для процедури банкрутства) може призвести до так званої "стратегічної воронки", коли кожна наступна дія звужує простір можливостей підприємства та призводить до поразки та ліквідації [8]. Оптимальним моментом прийняття рішення про варіант реструктуризації підприємства є той, коли можливості підприємства обирати варіант поведінки не звужені нормативними приписами законодавства про банкрутство.

Аналіз сценаріїв, пов'язаних з інвестуванням, їх використання для побудови інтегральної стратегії виходу з кризи, також вимагає оцінювання ризиків. Для цього будемо використовувати логіко-нечіткі методи.

Точкою перетину функції належності NPV й критеріального значення G є точка з ординатою a_1 . Обираємо довільний рівень належності α і визначимо відповідні інтервали $[NPV_1, NPV_2]$ й $[G_1, G_2]$. Якщо $a > a_1$ і $NPV_1 > G_2$, інтервали не перетинаються, повна впевненість в ефективності проекту, ступінь ризику неефективності інвестицій дорівнює нулю. Рівень a_1 дореч-

но назвати верхньою межею зони ризику. Якщо $0 \leq a \leq a_1$, інтервали перетинаються.

Площу зони неефективних інвестицій, обмежену прямими $G=G_p$, $G=G_2$, $NPV=NPV_p$, $NPV=NPV_2$ і бісектрисою координатного кута $G=NPV$, можна розрахувати на основі відношення параметрів G_i і NPV_p , $i=1,2$ за правилом А.

Правило А. Якщо $G_2 \leq NPV_2$, то $S_a = 0$. Якщо $G_1 < NPV_1 < G_2 < NPV_2$, то $S_a = ((G_2 - NPV_1)^2) / 2$. Якщо $NPV_1 \leq G_1 < G_2 \leq NPV_2$, то $S_a = (((G_1 - NPV_1) + (G_2 - NPV_1)) / 2) \cdot (G_2 - G_1)$. Якщо $G_1 \leq NPV_1 < NPV_2 \leq G_2$, то $S_a = (((G_2 - NPV_2) + (G_2 - NPV_1)) / 2) \cdot (NPV_2 - NPV_1)$. Якщо $NPV_1 \leq G_1 \leq NPV_2 \leq G_2$, то $S_a = (G_2 - G_1)(NPV_2 - NPV_1) - ((NPV_2 - G_1)^2) / 2$. Якщо $NPV_2 \leq G_1$, то $S_a = (G_2 - G_1)(NPV_2 - NPV_1)$.

Оскільки всі реалізації (NPV, G) при заданому рівні належності рівновірогідні, то ступенем ризику неефективності проекту є геометрична ймовірність події влучення точки (NPV, G) у зону неефективних інвестицій:

$$\varphi(\alpha) = S_a / ((G_2 - G_1) \cdot (NPV_2 - NPV_1)), \quad (3)$$

де S_a оцінюється за допомогою правила А.

Тоді підсумкове значення ступеня ризику неефективності проекту:

$$V \& M = \int_0^{\alpha_1} \varphi(\alpha) d\alpha \quad (4)$$

В окремому випадку, коли обмеження \underline{G} визначене чітко рівнем G , граничний перехід в (4) при $G_2 \rightarrow G_1 = G$, $\alpha = [0, 1]$ дає: $V \& M = 0$ при $G < NPV_p$, $V \& M = (G - NPV_1) / (NPV_2 - NPV_1)$ при $NPV_1 \leq G \leq NPV_2$ і $V \& M = 1$ при $G > NPV_2$.

Для того, щоб зібрати всі необхідні вихідні дані для оцінки ризику, потрібні два значення оберненої функції $\mu_{NPV}^{-1}(\alpha_1)$. Першим значенням є G (за визначенням верхньої межі зони ризику α_1), а друге значення позначимо G' . Аналогічним чином позначимо NPV_{min} й NPV_{max} – два значення

оберненої функції $\mu_{NPV}^{-1}(0)$. Також введемо позначення NPV_{av} – найбільш очікуване значення NPV . Тоді ступінь інвестиційного ризику $V \& M$, з урахуванням (4), може бути обчислений за допомогою правила В.

Правило В. Якщо $G < NPV_{min}$, то $V \& M = 0$. Якщо $NPV_{min} \leq G < NPV_{av}$, то $V \& M = R \times (1 + ((1 - \alpha_1) / \alpha_1) \times \ln(1 - \alpha_1))$. Якщо $NPV_{av} \leq G < NPV_{max}$, то $V \& M = 1 - (1 - R) \times (1 + ((1 - \alpha_1) / \alpha_1) \times \ln(1 - \alpha_1))$. Якщо $G \geq NPV_{max}$, то $V \& M = 1$.

У правилі В використовується $R = (G - NPV_{min}) / (NPV_{max} - NPV_{min})$, якщо $G < NPV_{max}$, і $R = 1$, якщо $G \geq NPV_{max}$, а α_1 обчислюється за правилом С.

Правило С. Якщо $G < NPV_{min}$, то $\alpha_1 = 0$. Якщо $NPV_{min} \leq G < NPV_{av}$, то $\alpha_1 = (G - NPV_{min}) / (NPV_{av} - NPV_{min})$. Якщо $G = NPV_{av}$, то $\alpha_1 = 1$. Якщо $NPV_{av} < G < NPV_{max}$, то $\alpha_1 = (NPV_{max} - G) / (NPV_{max} - NPV_{av})$. Якщо $G \geq NPV_{max}$, то $\alpha_1 = 0$.

Обчислення можна спростити для трьох окремих випадків:

1. Якщо $G = NPV_{min}$ (гранично низький ризик), $R = 0$, $\alpha_1 = 0$, $G' = NPV_{max}$, граничний перехід в дає $V \& M = 0$.
2. Якщо $G = G' = NPV_{av}$ (середній ризик), $\alpha_1 = 1$, $R = (NPV_{max} - NPV_{av}) / (NPV_{max} - NPV_{min})$, і граничний перехід дає $V \& M = (NPV_{max} - NPV_{av}) / (NPV_{max} - NPV_{min})$.
3. Якщо $G = NPV_{max}$ (гранично високий ризик) $R = 0$, $\alpha_1 = 0$, $G' = 0$, і граничний перехід дає $V \& M = 1$.

Таким чином, ступінь ризику $V \& M$ набуває значення від 0 до 1. Кожен інвестор може класифікувати значення $V \& M$, виділивши для себе відрізок неприйнятних значень ризику. Можлива також докладна градація ступенів ризику. Наприклад, якщо ввести лінгвістичну змінну "Ступінь ризику" зі своїми значеннями {Незначна, Низька,

Середня, Відносно висока, Неприйнятна}, то кожен інвестор може зробити самостійний опис відповідних нечітких підмножин, задавши п'ять функцій належності $\mu_{*(V\&M)}$.

Нейтралізація ризиків господарської діяльності в умовах банкрутства можлива в рамках трьох основних стратегій реструктуризації підприємства, що враховують гарантії та переваги банкрутства:

1. Здійснення реструктуризації підприємства без застосування судових процедур самобанкрутства з одночасним моніторингом ініціювання банкрутства кредиторами та випереджальним застосуванням самобанкрутства.

2. Затвердження плану реструктуризації (досудова санація) з запланованим ініціюванням самобанкрутства на певному її етапі з використанням законодавчих переваг та гарантій банкрутства як фактора забезпечення здійснення реструктуризації.

3. Реструктуризація підприємства на базі домовленостей з кредиторами та застосування спеціального порядку банкрутства – процедури санації підприємства його керівником.

Визначення оптимального сценарію та структурування моделі управління ризиками підприємства має здійснюватися винятково на основі особливостей його фінансово-господарської діяльності. Ефективність мінімізації ризиків може бути оцінена шляхом порівняння декількох стратегій реструктуризації. Цільові показники управління ризиками повинні бути приведені до зіставних одиниць виміру, що забезпечує можливість їх адекватного оброблення і формування тренду їх зміни (розроблення сценаріїв розвитку подій).

Для побудови моделі оцінки ефективності нейтралізації ризиків можна використовувати нечітку логіку. Розглянемо спосіб оцінювання ризику інвестицій при реструктуризації, коли невизначеність вихідних даних дає змогу використовувати інтервально-симетричні оцінки, тобто нечіткі

параметри можна характеризувати двома дійсними числами – середнім значенням параметра та відхиленням від середнього.

Якщо всі параметри плану інтервально-симетричні, то можна привести результуючий показник його ефективності NPV до інтервально-симетричного вигляду, внісши несиметричність нечіткого фактора дисконтування. Позначимо NPV_{av} – очікуване значення NPV, Δ – відхилення NPV від середнього, тобто $\Delta = NPV_{av} - NPV_{min} = NPV_{max} - NPV_{av}$, $NPV = NPV_{av} \pm \Delta$. Коефіцієнт стабільності бізнес-плану визначимо за допомогою виразу $\lambda = NPV_{av} / \Delta$. Чим вищий коефіцієнт стабільності бізнес-плану, тим надійніше прийняте інвестиційне рішення. При $\lambda \rightarrow \infty$ розсіювання даних немає, тому інвестиційний проект може бути прийнятий до виконання або відкинтий без ризику помилкового рішення. Однак у реальності інвестиційного проектування завжди існують сценарії несприятливого розвитку подій, коли $NPV_{min} = NPV_{av} - \Delta < 0$, тобто $\lambda < 1$. При цьому раціональні інвестиційні проекти припускають позитивний очікуваний результат проекту, тобто виконується умова $\lambda > 0$.

Таким чином, ми досліджуємо ризик інвестиційного проекту при вихідному допущенні про стабільність проекту в межах $0 < \lambda < 1$.

Якщо NPV проекту – трикутне нечітке число ($NPV_{min}, NPV_{av}, NPV_{max}$), то ризик проекту RE (Risk Estimation – очікування того, що $NPV < 0$) оцінюється за допомогою такої формули:

$$RE = \int_0^{\alpha_1} \varphi(\alpha) d\alpha, \quad (5)$$

де функція $\varphi(\alpha)$ може бути обчислена за допомогою правила D.

Правило D. Якщо $0 < NPV_1$, то $\varphi(\alpha) = 0$. Якщо $NPV_1 \leq 0 \leq NPV_2$, то $\varphi(\alpha) = -NPV_1 / (NPV_2 - NPV_1)$. Якщо $0 > NPV_2$, то $\varphi(\alpha) = 1$. $\alpha \in [0, 1]$.

Тоді NPV_1 обчислимо за допомогою $NPV_{min} + \alpha \times (NPV_{av} - NPV_{min})$, NPV_2 обчислимо як $NPV_{max} - \alpha \times (NPV_{max} - NPV_{av})$, а α_1 – як $-NPV_{min} / (NPV_{av} - NPV_{min})$. Нарешті, перепишемо (5) у такому вигляді:

$$RE = \int_0^{\alpha_1} \varphi(\alpha) d\alpha = \frac{-NPV_{min}}{NPV_{max} - NPV_{min}} + \frac{NPV_{av}}{NPV_{max} - NPV_{min}} \ln \frac{NPV_{av}}{NPV_{av} - NPV_{min}}. \quad (6)$$

З урахуванням симетричності оцінок маємо:

$$RE = \frac{\Delta - NPV_{av}}{2\Delta} + \frac{NPV_{av}}{2\Delta} \ln \frac{NPV_{av}}{\Delta} = \frac{1}{2} + \frac{\lambda}{2} (\ln \lambda - 1) \quad (7)$$

Розрахунки показують, що допустимий ризик проекту становить до 10%. При ризику від 10% до 20% спостерігається прикордонна ситуація, а при ризику понад 20% – функція ризику сильно зростає, а він перестає бути прийнятним. Такі суб'єктивні оцінки прийнятності ризику показані в табл. 1 (для оцінок першого стовпця вирішувалося рівняння вигляду (7) відносно $(PE = 10\% \dots 20\%)$).

Оскільки у деяких випадках трикутна форма оцінки NPV не може бути обґрунтована, приведення нечіткого числа NPV до трикутного вигляду неможливе. Дійсно, якщо фактор дисконтування не є трикутним числом, то й NPV не є таким. Тоді наведені формули для оцінювання ризику застосовувати не можна.

Водночас виявляється можливим записати формулу для оцінки ризику інвестицій для випадку NPV у формі довільного не-

чіткого числа. Задамо крок дискретизації за рівнем належності $\Delta\alpha$ (наприклад, $\Delta\alpha=0.1$) і введемо сегментний набір нечіткого числа як набір інтервалів кількістю N :

$$\alpha \rightarrow [NPV_{1\alpha}, NPV_{2\alpha}]. \quad (8)$$

Для заданого рівня належності $\Delta\alpha$ (для $\Delta\alpha=0.1$ число інтервалів належності $N=11=1/\Delta\alpha+1$, при $\Delta\alpha=0.1$). Такий сегментний спосіб завдання довільного нечіткого числа є загальнозживаним.

Також можливе функціональне завдання нечіткого числа, наприклад числами $(L-R)$ -типу [9] (їх окремий випадок – це трикутні нечіткі числа).

Далі будемо використовувати тільки сегментний вигляд числа, до якого можна перейти, зокрема, від функціонального вигляду, – як найзагальніший вигляд завдання нечіткого числа. Якщо NPV заданий трикутним числом, то ризик інвестицій визначається за допомогою формули:

$$Risk = \int_0^A \varphi(\alpha) d\alpha, \quad (9)$$

де функція $\varphi(\alpha)$ може бути обчислена за допомогою правила Е.

Правило Е. Якщо $G < NPV_{1\alpha}$, то $\varphi(\alpha)=0$. Якщо $NPV_{1\alpha} \leq G \leq NPV_{2\alpha}$, то $\varphi(\alpha)=(G - NPV_{1\alpha}) / (NPV_{2\alpha} - NPV_{1\alpha})$. Якщо $G > NPV_{1\alpha}$, то $\varphi(\alpha)=1$. $\alpha \in [0, 1]$.

Тут G – попередньо прийнятий проектний рівень NPV , нижче якого проект стає неефективним, $NPV_{1\alpha}$, $NPV_{2\alpha}$ – сегментно-інтервальні функції, отримані на основі функції належності трикутного нечіткого числа в кожній точці α , а $A = \mu_{NPV}(G)$.

Таблиця 1

Рівень ризику й ризик-статус проекту

Значення λ	Рівень ризику проекту	Ризик-статус проекту
0.44 – 1	<10%	Прийнятний ризик
0.25 – 0.44	10% - 20%	Прикордонний ризик
0 – 0.25	> 20%	Неприйнятний ризик

Розглянемо перехід від формул (9) до запису для NPV довільного вигляду. Нехай $\alpha = \alpha_i = i \times \Delta\alpha$, $i = 0, \dots, N$, тоді правило Е залишається без змін, а вираз (9) матиме такий вигляд:

$$Risk = \sum_{i=1}^{N-1} \varphi(\alpha_i) \times \Delta\alpha. \quad (10)$$

На початкових етапах оцінювання проекту можна робити висновок про те, буде NPV близький до трикутного вигляду чи ні, на основі характеру нечіткого числа фактора дисконтування. Якщо при сценарній зміні числа років проекту й ставки дисконтування (трикутне число) у деяких межах (близьких до розрахункового) фактор дисконтування близький до трикутного вигляду, то результуючий NPV також можна вважати трикутним і ускладнення розрахунків не потрібне. Якщо ж форма числа фактора дисконтування викривляється по передньому й задньому фронтах, то потрібно переходити до розрахунків у сегментній формі і тоді виконувати оцінювання ризику інвестицій.

В результаті проведеного дослідження обґрунтовано метод оцінювання інвестиційного ризику. Оцінка інвестиційного ризику – це оцінка міри можливості настання несприятливих подій у ході інвестиційного процесу, коли вірогідність таких подій, що задають функцією належності відповідних нечітких чисел, відома або визначається спеціальними методами.

Використання нечіткості дозволило перебороти недоліки ймовірнісного й мінімаксного підходів, пов'язаних з урахуванням невизначеності. Оскільки формується повний спектр можливих сценаріїв інвестиційного процесу, а рішення приймається не на основі двох оцінок ефективності проекту, а по всій сукупності оцінок, й очікувана ефективність проекту не є точковим показником, а становить поле інтервальних значень зі своїм розподілом вірогідностей, що характеризується функцією належності відповідного нечіткого

числа, зважена повна сукупність очікувань дає змогу оцінити інтегральну міру очікування негативних результатів інвестиційного процесу, тобто ступінь інвестиційного ризику. Хоч у загальному вигляді результуючі оцінки ефективності інвестиційного проекту не мають трикутного вигляду, у переважній більшості випадків можна обґрунтувати можливість переходу до трикутних оцінок.

Розвиток методу оцінки ризику інвестиційних проектів дозволив встановити, що найпростіша двостороння оцінка ризику дає можливість зводити несиметричні трикутні оцінки ефективності проекту, а також одержувати оцінки ризику для довільно розмитих критеріїв ефективності інвестиційного проекту.

Література

1. Баюра Д. О. Система корпоративного управління в Україні: стан та перспективи розвитку: Монографія. – К.: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2009. – 288 с.
2. Лігоненко Л. О. Антикризисное управління підприємством: теоретико-методологічні засади та практичний інструментарій. – К.: Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2001. – 580 с.
3. Кравец А. С. Природа вероятности. – М.: Мысль, 1976. – 173 с.
4. Buckley, J. The Fuzzy Mathematics of Finance // Fuzzy Sets & Systems. – 1987. – № 21. – P. 257–273.
5. Финансовое планирование и контроль. – М.: ИНФРА-М, 1996. – 438 с.
6. Беллман Р., Заде Л. Принятие решений в расплывчатых условиях // В кн.: Вопросы анализа и процедуры принятия решений. – М.: Мир, 1976. – С. 172–215.
7. Dubois D., Prade H. Fuzzy Real Algebra: Some Results // Fuzzy Sets and Systems, 2, 1979. – P. 327 – 348.
8. Энциклопедия финансового риск-менеджмента /Под ред. А. А. Лобанова и А. В. Чугунова. – М.: Изд-во "Альпина Паблишер", 2003. – 786 с.
9. Zimmerman H.-J. Fuzzy Sets Theory – and Its Applications. – Kluwer Academic Publishers, 2001. – 544 p.