

С. В. Тарасенко,  
старший викладач кафедри обліку та аудиту, Львівський навчально-науковий  
навчальний інститут Закарпатського державного університету

## МАТЕМАТИЧНИЙ РОЗРАХУНОК ВПЛИВУ РИЗИКІВ НА ПРИВАБЛИВІСТЬ ЗАЛУЧЕННЯ ІНВЕСТИЦІЙ

**Достовірність кінцевого рішення щодо привабливості вкладання інвестицій в промислово-сільськогосподарські підприємства повинна бути математично обгрунтована на основі тих економіко-фінансових критеріїв, які реально визначають стан справ щодо об'єктів інвестування. Математичний апарат такої дії повинен чітко визначити доцільність вкладення коштів, бо в умовах рецесійних явищ помилки у визначенні правильності прийняття рішень зазвичай закінчуються банкрутством.**

***Authenticity of eventual decision on the attractiveness of inseting of investments in industrially-agricultural enterprises must be mathematically reasonable on the basis of those economic criteria which really determine the state of businesses on objects of investing. The mathematical vehicle of such action must clearly define expediency of investment of money, because in the conditions of the recession phenomena, errors in determination of rightness of making decision usually end with bankruptcy.***

Достоїнством будь-якої системи або процесу є те, що можна визначити надійність функціонування і можливість підтримувати їх у працездатному стані. Це твердження повністю можна віднести до визначення ступеня ризиків інвестиційного процесу, бо швидкоплинні зміни в глобалізованому світі економічних взаємовідносин надають критерію надійності все більшу значимість. Математичний інструментарій розрахунку ризиків інвестиційного клімату є молодою наукою, але за останні десять років вона стала сильно розвиватись і продовжує швидко прогресувати [1].

Формально об'єктом вивчення процесів виявлення ризиків інвестиційних процесів є самі інвестиційні проекти, які можна уявити як складні економіко-юридичні й економіко-математичні системи, а також всі побічні елементи, які є структурно неподільними складовими всього процесу залучення коштів у економіку держави. Прості інвестиційні проекти, які навіть немає сенсу диференціювати з точки зору виникнення ризиків, досить легко піддаються обрахунку ступеню виникнення ризику. Інша річ, коли мається справа зі складними проектами, які мають розгалужену структуру впливу ризиків на всіх рівнях і у всі періоди їхнього функціонування, то необхідно розглядати з точки зору всіх критеріїв впливу негативних факторів на надійність процесу. Якщо структурна деталізація системи ризиків проведена так глибоко, що система має характер простих підсистем, тоді простіше, поелементно розклавши її на частини, визначити вплив ризик-факторів на сам процес інвестування, а в кінці, просумувавши всі негативні процеси, висунути кінцеве рішення — чи варто інвестору вкладати кошти і проект [2].

Коли визначені завдання інвестора щодо математичного визначення не задовольняють заданий рівень безпеки інвестиційного проекту, тоді має місце похибка 1-го роду. Її ймовірність ( $\alpha$ ) назвемо ризиком інвестора, який задав ступінь надійності.

Якщо гіпотеза  $\tilde{G}_0$  хибна, тоді справедлива альтернативна гіпотеза  $\tilde{G}_1$  про те, що рівень захисту не був досягнутий. Якщо ж інвестор все ж таки йде на ризик, запускає інвестиційний проект і він реалізовується, тоді має місце похибка 2-го роду. Її ймовірність ( $\beta$ ) назвемо ризиком виконавця розрахунку, який базував свої розрахунки на даних економістів, юристів і математиків.

Зазвичай необхідно задати значення  $\alpha$  або  $\beta$ , а значення інших величин визначаються так, щоб при розрахунках на надійність інвестиційного проекту мінімізувати ризик взагалі.

Для інвестиційних проектів можна застосувати припущення, що розподіл часу відновлення життєздатності проекту є логарифмічно нормальним. Логарифмічно нормальний розподіл виявляється тоді, коли досліджувана система має кінцеві середнього і середньо квадратичного відхилення, а також можливості визначення випродуковуючої функції ризик-моментів.

В принципі важливо знати розподіл вибірових середніх і випадкових величин ризиків, які розподіляються за законом, що відмінний від нормального, наприклад за логарифмічно нормальним. Допускається, що випадковий ризик-фактор  $\tilde{R}$  може розподілитися за законом, який відмінний від нормального, але має похідну функцію моментів. Необхідно максимально збирати дані  $\hat{n}$  про цей ризик-фактор аж доти, поки не будемо

мати достатній обсяг інформації. В результаті розподілу набраних даних про ризик-фактор  $\check{R}$  його значення наближається до нормального  $\check{R}$  при збільшенні кількості інформації про нього.

Гранична теорема встановлює, що якщо випадкові величини ризик-факторів  $\check{R}$  мають розподіл, для якого існує похідна функція моментів,  $\check{R}$  середнє і середньо квадратичне відхилення  $\delta$ , тоді граничний розподіл випадкових ризиків  $\check{U} = (\check{R} - \check{R})\sqrt{n}/\delta$  (1) є нормальним із середнім, рівним нулеві, і дисперсією, рівною одиниці. Дане положення розповсюджується і на логарифмічний нормальний розподіл.

Дуже важливим є ще визначення часу дії ризик-фактора на інвестиційний процес. Тут також можна скористатися граничною теоремою. Згідно з її трактуванням мінімальна величина даних по ризик-факторам може бути задана якимось числом, цією величиною можна скористатися в подальших розрахунках. Прийнятливий час дії ризик-фактора можна визначити:

$$T_R = \check{T}_p + |\check{K}_\beta| \delta_v / \sqrt{\check{n}} \quad (2),$$

де  $\check{T}_p$  — час дії ризику за аналогом з іншими інвестиційними проектами;

$|\check{K}_\beta|$  — абсолютне значення квантиля нормального розподілу, визначене за ризиком у групі розрахунків ризику ( $\beta$ );

$\delta_v$  — вибіркове середньо квадратичне відхилення за результатами розрахунків на надійність захисту інвестиційного проекту;

$\check{n}$  — число контрольних тестів на надійність системи інвестиційного проекту.

У результаті розрахунку вважається цілком прийнятним  $T_z \leq T_R$  (3),

де  $T_z$  — заданий час дії ризик-фактора.

Щоб формули (1) і (2) привести до необхідного вигляду, необхідно прийняти певні визначення і умови:

— час визначення дії ризик-фактора визначається як ціль групи розрахунків ризиків, якою вона повинна керуватись при забезпеченні точності ймовірності правильного рішення;

— в формулі (3) повинен бути використаний знак рівності, бо вимагається тільки конкретне значення дії ризик-фактора;

— після того як визначені ступені відповідальності інвестора і виконавця розрахунків, необхідно визначити нормальний розподіл для визначення значення  $|\check{K}_\beta|$ ;

— потім необхідно розрахувати коефіцієнт варіації  $\delta_v / \check{R}$ .

Тоді отримаємо:

$$T_r = T_z - |\check{K}_\beta| \delta_v / \sqrt{\check{n}} \quad (4),$$

$$T_{rr} = T_r - |\check{K}_\beta| \delta_v / \sqrt{\check{n}} \quad (5).$$

Обрахунки за даним виразами на визначення терміну дії ризик-факторів можна використати для визначення співвідношення  $\delta_v / \check{R}$ , виходячи з якого можна знайти оцінки середніх квадратичних відхилень визначення терміну дії ризику, які задаються інвестором.

Стабільність розвитку промислового підприємства визначається певним набором економічних змін  $y_1, \dots, y_n$ , які характеризують стан фінансових показників, визначають, що відсутні збурюючі ризики. Отже, рівняння стану описується диференціальним рівнянням [3]:

$$dy/dt = Y(y_1, \dots, y_n, t) \quad (6).$$

У цьому рівнянні  $y_1, \dots, y_n$  — функції змінних: рентабельності, норми прибутку, прибутковості, доходу і т.д.

За відсутності збурення побічними ризиками рівняння стану економічної системи має вигляд:

$$y_1 = f_1(t), \dots, y_n = f_n(t) \quad (7).$$

При виявленні ризиків, які визначаються величиною  $x_j$ , можна безпосередньо визначити значення стійкості стану:

$$f_i(t) = f_{y_i}(t) - x_j(t) \quad (8).$$

При впливі ризик факторів інвестиційного процесу можна враховувати, що внутрішні ризик-фактори відсутні ( $R_{вн} = 0$ ). Тоді зовнішні подразники  $\check{Z}$  можуть визначатися невідомим числом  $\lambda$ .

$$\text{Тоді } Z_1 = \lambda_1 \check{Z} + Z_n \quad (9),$$

де  $Z_n$  — постійно діючий ризик збудження зовнішнього впливу, тоді коефіцієнт стійкості виразиться:  $\check{Z}_t + C_0 Z_1 = 0$  (10).

де  $C_0$  — показник не стабільності директивних державних актів щодо інвестиційної діяльності;

$\check{Z}_t$  — показник внутрішньої стабільності.

Звідси виходить, що при зрівнянні зовнішнього ризику і внутрішньої стабільності промислове підприємство може продовжувати функціонувати.

При величинах  $f_i(t)$ , які будить перевищувати допустимі норми функціонування промислового підприємства, можна зробити висновок, що воно може припинити свою діяльність.

Отже критерій  $x_i(t) = y_i(t) - f_i(t)$  (11) буде визначати величину ринкових збурень. При коефіцієнтній стійкості  $f_i(t)$ , що буде дорівнювати коефіцієнтові стабільності  $y_i(t)$  ( $y_i(t) = f_i(t)$ ) (12), буде однозначно вирішено, що економічна система стабільна. Звідси виходить, що  $f_i(t)$  ніколи не повинно перевищувати  $y_i(t)$ .

Ризик-фактор  $x_i(t)$  появляється тільки тоді, коли коефіцієнт стійкості починає перевищувати коефіцієнт стабільності.

Будь-яка економічна система може сприйняти або не сприйняти фактори ризику. З одного боку, ці фактори є побічними і їм не стосуються, а з іншого боку, вони через інші ризик моменти зможуть якимось чином вплинути на систему, але чи вона на це відреагує; визначення стану сприйняття ризик факторів можна позначити рівнянням:

$$\check{Z} + P_z = Z \quad (13),$$

де  $P_z$  — постійно діючий фактор не безпосередньо промислове підприємство, а на інші промислові об'єкти, з якими досліджуване підприємство має виробничі зв'язки. При добутку  $P_z = 0$ , величина  $\check{Z} = Z$  — стійкість, адекватна збуренню, що приводить до надійності функціонування.

Для стабілізації розвитку або рівномірної роботи, запобігаючи впливу ризиків, кожне промислове підприємство проводить відповідні заходи, які унеможливають зрив його діяльності. Відповідно ці напрацювання не можуть виходити за рамки якихось фінансово-ресурсних критеріїв, які унеможлилювали б діяльність цього підприємства. Фактично все зводиться до виявлення внутрішнього ризику, або точніше — визначення межі напрацювань, які запобігли б ризику. Відомо, що з на-

рошуванням фонду стабілізації — саме основа фінансової стійкості — зменшується за експоненціальним розподіл. Звідси виходить, що ймовірність роботи може бути виражена рівнянням:

$$F(t) = e^{-\alpha t} \quad (14).$$

звідси  $\alpha = \lambda t$ , де  $\lambda$  величина виникнення ризиків. Характерно рисою експоненційного розподілу ризиків при інвестуванні є те, що сам інвестиційний проект не має ще напрацьовані і умовно величину  $F(t)$  на початку можна визначити за 1, допустивши, що процес має надійність забезпечену надійністю систем, які його сформулювали.

Вплив ризиків на інвестиційні процеси може мати не постійний характер. В одні моменти ризики можуть поз'являтися, в інші — зникати. Відповідно найбільшу небезпеку несуть ризики, які мають концентровану форму, або ударну. В такому випадку вони можуть об'єднуватися і нанести бізнес-проекту нищівний удар, від якого вже неможливо буде оговтатись, але такі ударні ризик — фактори виникають випадково, опісля вони щезають і ризик зводиться до нуля. Витримавши такі удари ризик-факторів промислове підприємство знову стабілізує роботу. При цьому ударні ризик-фактори є незалежними випадковими величинами з функцією розподілу  $G(t)$ . Проміжними між такими ударами є експонентно розподіленими випадковими процесами з параметром  $\alpha$ . При цьому стабільність інвестиційного об'єкта промислового підприємства може бути задана рівнянням:

$$F(t) = \sum_{k=0}^{\infty} (\alpha t^k) / k! \times e^{-\alpha t} \times G(t) \quad (15),$$

де  $k$  — ймовірність того, що ризик-фактори, являють собою суму ударів на перевищуючу величину ( $x$ ) законодавчого забезпечення;

$(\alpha t^k) \times e^{-\alpha t} / k!$  — ймовірність того, що за час  $[0, t]$  виникне рівно  $k$  ризиків.

Таке визначення в принципі є достатнім, щоб слугувати основою для більшості прикладних досліджень. Тому оцінка надійності від впливу ризиків здійснюється в залежності від її призначення на основі кількісних показників, які відображають ту чи іншу суттєву сторону процесу інвестування. Перерахуємо найважливіші показники надійності функціонування інвестиційних проектів:

1. Ймовірність того, що інвестиційний проект працює без впливу ризиків на якомусь інтервалі часу.
2. Коефіцієнт спротиву негативним тенденціям і здатність бути в працездатному стані.
3. Сума фінансових витрат, яка необхідна для підтримки працездатності інвестиційного проекту при впливі на нього різносторонніх ризиків.

Приведені показники вже дозволяють оцінити, наскільки складні проблеми виникають при обрахунку ризиків інвестиційної діяльності. Щоб їх вирішити, необхідні відомості з найрізноманітніших економічних та правових дисциплін, а особливо з математики. Точні математичні визначення показників дії ризик-факторів роблять можливим і необхідним застосування математичних методів, головним чином, імовірнісних і оптимізаційних. Використання математичного апарату дає можливість вирішити ряд завдань щодо розрахунку ризиків інвестиційних процесів:

а) моделювання динаміки виникнення ризиків на початку становлення інвестиційного проекту і в процесі його реалізації;

б) оцінки показників надійності функціонування фінансового проекту;

в) вирішення завдань оптимізації, які пов'язані з підтримкою і відновленням функціонування інвестиційного проекту, після нанесення йому значних завданий з реалізації;

г) дослідження показників ризик-факторів у їх залежності від структурно-функціональних зв'язків.

Всі ці розрахунки є важливими у випадку, коли інвестиційний проект піддано сильному зовнішньому тиску різних негативних чинників. Запобіжні заходи, які запропоновані для відвернення небезпек, можуть мати, принаймні таке значення, як повернення до початку задуму інвестиційного проекту. І, навпаки, ті самі заходи, які необхідні для відновлення процесу реалізації інвестиційного задуму, можуть оперативним чином змінити стан справ на краще і не потрібно буде вносити значні фінансові вкладення на його підтримку.

Можна розрізнити раптові відмови реалізації інвестиційного проекту, внаслідок лавиноподібного впливу ризиків, і поступові, коли нагромадження дрібних ризик-факторів тільки в часі може зруйнувати бізнес-проект [3]. Раптова дія ризиків практично моментально переводить реалізуючий інвестиційний проект з працездатного стану до повного знищення. Про поступові відмови можна говорити в тих випадках, коли задовільне функціонування бізнес-програми зберігається в деякій допустимій галузі характерних і залежних від часу параметрів. Розрахунки і спостереження за вектором параметрів інвестиційних небезпек дає можливість прогнозувати стан працездатності проекту [4; 5]. Ось чому можливості застосування стратегії попереднього розрахунку ризиків інвестиційних проектів має елемент можливих варіацій вже в процесі реалізації самого проекту. На цій стадії розрахунку ризиків можна звільнити сам розрахунок від надмірного математичного супроводу, від педантизму тих доказів, які є очевидними, і не загроможувати ними звітність. У результаті маємо не опис варіантів розрахунку, а конкретний висновок. Ось чому дуже важливо ілюструвати твердження і навіть саму постановку питань, які розглядаються конкретним висновком. Це дозволяє створити достатній запас наглядних економічних і юридичних представлень про перспективи інвестиційного проекту.

#### Література:

1. Тарасенко С.В. Ризики інвестиційної привабливості. — Ужгород, Видавництво Ужгородського державного університету: 2010. — 236 с.
  2. Дутка Г.Я. Практикум з математики для економістів. — Львів: Львівський банківський коледж, 1998. — 362 с.
  3. Мейс Джордж. Теория и задачи преобразования. — М.: Издательство "Мир". 2004. — 318 с.
  4. Ли Э.Б., Маркус Л. Основы теории оптимального управления. — М.: Издательство "Наука", 2009. — 574 с.
  5. Вайт Г. Стихийные бедствия: изучение и методы борьбы. — М.: Издательство "Прогресс", 2006. — 415 с.
- Стаття надійшла до редакції 13.04.2010 р.*