

УДК 336.001.57.004

Є. Ю. КУЗЬКІН, Є. О. ГЛОТОВ

МОДЕЛЮВАННЯ РИЗИКУ В ІНВЕСТИЦІЙНОМУ ПРОЕКТУВАННІ

Розглянуто поняття інвестиційного проектування, фактор невизначеності та його врахування при інвестиційному проектуванні. Запропоновано концепцію ризику інвестиційного проекту. Запропоновано визначення ризику інвестиційного проекту як систему факторів, які проявляються у вигляді комплексу ризиків, індивідуальних для кожного учасника інвестиційного проекту.

The concept of the investment planning, factor of vagueness and his account, is considered at the investment planning. Conception of risk of investment project is offered. Determination of risk of investment project as system of factors, which show up as a complex of risks, individual for every participant of investment project, is offered.

Ключові слова: інвестиція, ризик, невизначеність, дисконт, прибутковість, потік платежів, імовірність.

Інвестиційне проектування розглядає інвестиційний проект як об'єкт фінансової операції, пов'язаної з розподіленими в часі фінансовими надходженнями і витратами коштів, тобто грошовими потоками, або як систему організаційно-правових і розрахунково-фінансових документів, необхідних для здійснення певних дій або таких, що описують ці дії. Відповідно до цього зміст інвестиційного проектування зводиться до проектування грошових потоків на майбутнє на величину інвестиційного горизонту з метою створення певного комплексу організаційно-правових і розрахунково-фінансових документів [1; 4]. Результатом такого проектування є фінансовий план інвестиційного проекту, який ґрунтується на прогнозній звітності (прогнозний звіт про рух коштів, прогнозний звіт про фінансові результати).

Інвестиційне проектування доводиться проводити з урахуванням ризику та невизначеності, що має низку таких особливостей:

1. Основною відмінною рисою проектів, розроблюваних і оцінюваних з урахуванням невизначеності, є те, що умови реалізації таких проектів і одержані результати не вважаються визначеними з імовірністю, рівною 1, інакше кажучи, вважаються недетермінованими. У зв'язку з цим доводиться брати до уваги весь спектр можливих значень ключових параметрів проекту, розглядаючи при цьому ймовірності кожного можливого варіанта, а також характер розподілу ймовірностей.

2. Вплив факторів ризику і невизначеності неминуче приводить до того, що зміст, склад інвестиційного проекту і проектних матеріалів істотно змінюються. Ця обставина обумовлює необхідність застосування нових, удосконалених методів, технологій та інструментів інвестиційного проектування.

Тому при інвестиційному проектуванні в умовах невизначеності потрібно дотримуватися таких принципів взаємозв'язку категорій “прибутковість” і “ризик”;

ймовірного підходу; інвестиційного проекту як стохастична прогнозна модель фінансових потоків; формалізації; багатоваріантності рішень; оптимізації; прогнозування; моделювання.

Відповідно до цих принципів, можна сформулювати зміст інвестиційного проектування так:

1. Суть інвестиційного проектування в умовах невизначеності зводиться до моделювання інвестиційних грошових потоків з урахуванням факторів ризику.

2. Мета інвестиційного проектування полягає в побудові стохастичної прогнозної моделі грошових потоків інвестиційного проекту.

3. Основні завдання, які виникають при інвестиційному проектуванні, полягають у побудові прогнозної моделі обсягу реалізації продукції, оптимізації капіталовкладень, оцінці ризику проекту з урахуванням індивідуальної толерантності до ризику, визначенні оптимальної стратегії реалізації в умовах невизначеності ринкової кон'юнктури тощо.

4. Методи, які використовуються при інвестиційному проектуванні, зводяться до прогнозування, оптимізації, диверсифікації, моделювання.

5. Інвестиційний проект (ІП) вважається ефективним, якщо його прибутковість і ризик збалансовані в прийнятній для учасника проекту пропорції (критерій прийняття рішення), тобто ефективність [4; 5] інвестиційного проекту можна подати у вигляді вектора:

$$\text{Ефективність ІП} = \{\text{прибутковість}; \text{ризик}\},$$

Під “прибутковістю” розуміється економічна категорія, яка характеризує співвідношення результатів і витрат інвестиційного проекту. У загальному випадку прибутковість інвестиційного проекту можна описати формулою:

$$\text{Прибутковість} = \{NPV; IRR; PI; MIRR, ARR\},$$

де *NPV* (Net Present Value) – чиста зведена вартість (чиста поточна вартість, чистий дисконтований дохід); *IRR* (Internal Rate of Return) – внутрішня ставка доходу (внутрішня норма рентабельності); *PI* (Profitability Index) – індекс прибутковості; *MIRR* (Modified internal rate of return) – модифікована внутрішня норма доходу (рентабельності); *ARR* (Average rate of return) – середня норма рентабельності.

Дане означення не вступає в протиріччя з означенням терміна “ефективність”, оскільки означення поняття “ефективність”, як правило, дається для випадку повної визначеності, тобто коли друга координата “вектора” – ризик – дорівнює нулю:

$$\text{Ефективність} = f(\text{прибутковість}; 0) = \text{результат} / \text{витрати}.$$

Тобто в даному випадку:

$$\text{Ефективність} = \text{Прибутковість}.$$

Проте в ситуації “невизначеності” не можна з упевненістю говорити про величину результатів і витрат, оскільки вони ще не одержані, а тільки очікуються в майбутньому, тому з’являється необхідність внесення коректив у цю формулу, а саме: з’являється новий фактор – фактор ризику, який необхідно враховувати в аналізі ефективності інвестиційного проекту.

У загальному випадку під ризиком розуміється можливість настання деякої несприятливої події, яка стає причиною тих чи інших втрат (наприклад, одержання фізичної травми, втрата майна, одержання доходів, нижчих за очікувані тощо). Існування ризику пов’язане з неможливістю точно прогнозувати майбутнє. Виходячи з цього, варто виділити основну властивість ризику: ризик має місце тільки відносно майбутнього і нерозривно пов’язаний із прогнозуванням і плануванням, а отже, із прийняттям рішень взагалі. Ризик має місце тільки в тих випадках, коли приймати рішення необхідно, в протилежному випадку немає рації ризикувати. Інакше кажучи, саме необхідність приймати рішення в умовах невизначеності породжує ризик, за відсутності такої необхідності немає і ризику. Ризик суб’єктивний, а невизначеність – об’єктивна. Наприклад, об’єктивна відсутність достовірної інформації про потенційний обсяг попиту на вироблену продукцію приводить до виникнення спектра ризиків для учасників проекту. Ризик, породжений невизначеністю із-за відсутності маркетингового дослідження інвестиційного проекту, перетворюється на кредитний ризик для інвестора, а в разі неповернення кредиту – на ризик втрати ліквідності і далі на ризик банкрутства, а для реципієнта цей ризик трансформується в ризик непередбачених коливань ринкової кон’юнктури, причому для кожного учасника інвестиційного проекту прояв ризику індивідуальний як в якісному, так і в кількісному вираженні.

Невизначеність може бути заданою по-різному:

- у вигляді ймовірнісних розподілів (розподіл випадкової величини відомий, але не відоме конкретне значення випадкової величини);
- у вигляді суб’єктивних імовірностей (розподіл випадкової величини не відомий, але відомі ймовірності окремих подій, визначені експертним шляхом);
- у вигляді інтервальної невизначеності (розподіл випадкової величини не відомий, але відомо, що вона може набувати будь-якого значення з певного інтервалу).

Крім того, слід зазначити, що природа невизначеності формується під впливом різних чинників: часова невизначеність обумовлена тим, що неможливо з імовірністю 1 передбачити значення того чи іншого фактора в майбутньому; незнання точних значень параметрів ринкової системи можна охарактеризувати як невизначеність ринкової кон’юнктури; непередбачуваність поведінки учасників у разі конфлікту інтересів теж породжує невизначеність тощо. Сполучення цих факторів на практиці створює спектр різних видів невизначеності. Оскільки невизначеність виступає джерелом ризику, її варто мінімізувати за допомогою здобуття інформації, намагаючись звести невизначеність до нуля, тобто до повної визначеності. Проте на практиці це зробити, як правило, не вдається. Тому, приймаючи рішення в умовах невизначеності, потрібно її формалізувати й оцінити ризику, джерелом яких є ця невизначеність. Ризик є практично в усіх сферах

людського життя, тому точно й однозначно означити його неможливо, оскільки означення ризику залежить від сфери його використання (наприклад, у математиці ризик – це ймовірність, у страховиків – це предмет страхування тощо). Тому залежно від мети дослідження дається різне означення ризику: це невизначеність, пов'язана з вартістю інвестицій наприкінці періоду; ймовірність несприятливого результату; можлива втрата, викликана настанням випадкових несприятливих подій; можлива небезпека втрат, які випливають зі специфіки тих чи інших явищ природи і видів діяльності людського суспільства. Найбільш повне і точне означення економічного ризику таке: ризик – це рівень фінансової втрати, яка виражається можливістю не досягти поставленої мети; у невизначеності прогнозованого результату; у суб'єктивності оцінки прогнозованого результату. Множину методів розрахунку ризику можна згрупувати в декілька класів: ризик оцінюється як сума можливих збитків, зважених їх ймовірностями; ризик оцінюється як сума ризиків від ухвалення рішення і ризиків зовнішнього середовища; ризик визначається як добуток ймовірності настання негативної події і міри негативних наслідків.

Усім цим класам тією чи іншою мірою властиві такі недоліки: не показується чітко взаємозв'язок і різниця між поняттями “ризик” і “невизначеність”; не відзначається індивідуальність ризику, суб'єктивність його прояву;

спектр критеріїв оцінки ризику обмежений, як правило, одним показником.

Крім того, включення в показники оцінки ризику таких елементів, як альтернативні витрати, втрачена вигода тощо, недоцільне, оскільки вони здебільшого характеризують прибутковість, а не ризик. Ризик варто розглядати як можливість (P) втрат (L), яка виникає внаслідок необхідності прийняття інвестиційних рішень в умовах невизначеності. Міру цієї можливості можна характеризувати різними критеріями: ймовірністю настання події; величиною відхилення від прогнозованого значення; дисперсією; математичним сподіванням; середнім квадратичним відхиленням; коефіцієнтом асиметрії; ексцесом, а також множиною інших математичних і статистичних параметрів. Оскільки невизначеність може бути задана по-різному (ймовірнісними розподілами, інтервальною невизначеністю, суб'єктивною ймовірністю тощо), а прояви ризику надзвичайно різноманітні, варто використовувати весь арсенал наведених критеріїв, звертаючи особливу увагу на математичне сподівання і середнє квадратичне відхилення як найбільш адекватні і перевірені на практиці критерії. Крім того, при оцінці ризику варто враховувати індивідуальну толерантність до ризику, яка описується кривими індивідуальності або корисності [4; 10]. Отже, з достатньою точністю ризик можна описати трьома параметрами:

$$\text{Ризик} = (P; L; Y),$$

де Y характеризує індивідуальну толерантність до ризику. Крім статистичних критеріїв, використовуються й інші показники виміру ризику: величина втраченої вигоди, недоотриманий дохід та інші, які розраховуються, як правило, у грошових одиницях. Безумовно, такі показники мають право на існування, більше того, вони найпростіші і зрозуміліші за статистичні критерії, проте для адекватного опису ризику вони повинні враховувати і його ймовірнісну характеристику.

На підставі цього можна запропонувати узагальнений комплексний критерій –

“ціна ризику” (*Crisk*), який характеризує величину можливих умовних втрат при реалізації інвестиційного рішення:

$$Crisk = \psi (P; L),$$

де L – визначається як сума можливих прямих втрат від інвестиційного рішення.

Для визначення ціни ризику варто використовувати тільки ті показники, які враховують обидві координати “вектора” – можливість настання несприятливої події і величину збитку від неї. Як такі показники доцільно використовувати дисперсію, середнє квадратичне відхилення і коефіцієнт варіації [2; 3; 7 – 9]. Для економічного тлумачення і порівняльного аналізу ці показники варто подавати в грошовому форматі. Ставлення інвесторів до ризику суб’єктивне, тому в описі ризику враховується третій фактор – толерантність інвестора до ризику. Графічно толерантність інвестора до ризику оцінюється мірою крутості кривої байдужності: чим вона крутіша, тим вище неприйняття ризику, і навпаки, чим пологіша, тим байдужніше ставлення до ризику. Для того, аби кількісно оцінити толерантність до ризику, варто розрахувати тангенс кута нахилу дотичної до кривої байдужності. Ставлення інвесторів до ризику можна описати не тільки кривими індивідуальності, а й термінами теорії корисності. При цьому ставлення інвестора до ризику відображає функція корисності. Вісь абсцис є змінною очікуваного доходу, а вісь ординат – змінною корисності. Оскільки в загальному випадку нульовому доходу відповідає нульова корисність, графік проходить через початок координат. Прийняття інвестиційне рішення може привести як до позитивних (доходи) так і до негативних (збитки) результатів. Тому корисність рішення може бути як позитивною, так і негативною [10]. Крива корисності має такі переваги:

1. Крива корисності, виражаючи індивідуальні переваги інвестора і будучи побудованою один раз, дозволяє приймати інвестиційні рішення з урахуванням його переваг, але без додаткових консультацій із ним.

2. Функції корисності в загальному випадку можуть використовуватися для делегування права прийняття рішень. При цьому найлогічніше використовувати функцію корисності вищого керівництва, оскільки для забезпечення свого стану при ухваленні рішення воно намагається враховувати конфліктуючі потреби всіх зацікавлених сторін, тобто всієї компанії. Проте варто пам’ятати, що функція корисності може змінюватися з часом, відображаючи фінансові умови даного моменту часу. Таким чином, теорія корисності дозволяє формалізувати підхід до ризику і тим самим науково обґрунтувати рішення, прийняті в умовах невизначеності. Узагальнюючи викладене, необхідно зазначити таке:

- невизначеність – об’єктивна умова існування ризику;
- необхідність ухвалення рішення – суб’єктивна причина існування ризику;
- майбутнє – джерело ризику;
- можливість втрат – основна погроза від ризику; величина втрат – міра погрози від ризику;
- взаємозв’язок “ризик – прибутковість” – стимулюючий фактор прийняття рішень в умовах невизначеності;
- толерантність до ризику – суб’єктивна складового ризику.

Приймаючи рішення про ефективність інвестиційного проекту в умовах невизначеності, інвестор розв'язує принаймні двокритеріальну задачу [2; 3; 6], інакше кажучи, йому необхідно знайти оптимальне сполучення “ризик – прибутковість” інвестиційного проекту. Знайти ідеальний варіант “максимальна прибутковість – мінімальний ризик” вдається досить рідко. Тому варто розглядати чотири підходи [3; 4; 6] до розв'язування цієї оптимізаційної задачі.

1. Підхід “максимум виграшу” полягає в тому, що з усіх варіантів укладень капіталу вибирається варіант, який дає найбільший результат (NPV , прибуток) при прийнятному для інвестора ризику ($Rin\ don$). Таким чином, критерій ухвалення рішення у формалізованому вигляді можна записати так:

$$\begin{aligned} NPV &\longrightarrow \max, \\ Rin &= Rin\ don. \end{aligned}$$

2. Підхід “оптимальна ймовірність” полягає в тому, що з можливих рішень вибирається те, за якого ймовірність результату є прийнятною для інвестора:

$$M(NPV) \longrightarrow \max,$$

де $M(NPV)$ – математичне сподівання NPV .

3. Підхід “оптимальна ймовірність” варто сполучити з підходом “оптимальне коливання”. Коливання показників виражається їх дисперсією, середнім квадратичним відхиленням і коефіцієнтом варіації. Сутність стратегії оптимального коливання результату полягає в тому, що з можливих рішень вибирається те, за якого ймовірності виграшу і програшу для одного й того ж ризикового вкладення капіталу мають невеликий розрив, тобто найменшу величину варіації:

$$CV(NPV) \longrightarrow \min,$$

де $CV(NPV)$ – коефіцієнт варіації NPV .

4. Підхід “мінімуму ризику”. З усіх можливих варіантів вибирається той, який дозволяє одержати очікуваний виграш ($NPV_{in\ don}$) за мінімального ризику:

$$\begin{aligned} NPV &= NPV_{in\ don}, \\ Rin &\longrightarrow \min. \end{aligned}$$

Говорячи про ризик інвестиційного проекту, слід зазначити, що йому властиві ризики надзвичайно широкого кола: економічні ризики; політичні ризики; технічні ризики; юридичні ризики; природні ризики; соціальні ризики; виробничі ризики тощо. Якщо навіть розглядати ризики, пов'язані з реалізацією тільки економічної складової проекту, перелік їх буде досить великим: сегмент фінансових ризиків, ризики, зв'язані з коливаннями ринкової кон'юнктури, ризики коливання ділових циклів тощо.

Фінансові ризики – це ризики, обумовлені ймовірністю втрат із-за здійснення фінансової діяльності в умовах невизначеності. До фінансових ризиків належать такі: ризики коливань купівельної спроможності коштів (інфляційний, дефляційний, валютний ризики); інфляційний ризик інвестиційного проекту, який обумовлений,

насамперед, непередбачуваністю інфляції, оскільки помилковий темп інфляції, закладений у ставку дисконтування, може істотно спотворити значення показника ефективності інвестиційного проекту, не говорячи про те, що умови функціонування суб'єктів господарювання істотно відрізняються при темпі інфляції 1 % на місяць (12,68 % на рік) і 5 % на місяць (79,58 % на рік); валютний ризик – це ризик втрат фінансових ресурсів із-за непередбачених коливань валютних курсів. Валютний ризик може зіграти злий жарт із розроблювачами проектів, які, прагнучи уникнути ризику непередбачуваності інфляції, розраховують грошові потоки у “твердій” валюті, як правило, в американських доларах, оскільки будь-якій валюті притаманна внутрішня інфляція, а динаміка її купівельної спроможності в окремо взятій країні може бути нестабільною. Необхідно відзначити взаємозв'язки різних ризиків. Так, наприклад, валютний ризик може трансформуватися в інфляційний або дефляційний ризик. У свою чергу, всі ці ризики взаємозалежні з ціновим ризиком, що належить до ризиків коливань ринкової кон'юнктури. Інший приклад: ризик коливання ділових циклів пов'язаний із інвестиційними ризиками, наприклад, ризиком зміни процентної ставки. Будь-який ризик взагалі, і ризик інвестиційного проекту зокрема, досить багатогранний у своїх проявах і найчастіше є складною конструкцією інших ризиків. Наприклад, ризик коливання ринкової кон'юнктури є набором ризиків: цінового (як на витрати, так і на продукцію), зміни структури та обсягу попиту. Коливання ринкової кон'юнктури можуть викликатися коливаннями ділових циклів тощо. Крім того, прояви ризику індивідуальні для кожного учасника ситуації, пов'язаної з невизначеністю. Про багатогранність ризику і його складні взаємозв'язки говорить той факт, що навіть рішення мінімізації ризику містить ризик. На основі цього варто визначити ризик інвестиційного проекту (ІП) як такий, що відображає сутність однойменної концепції:

Ризик ІП (R_{in}) – це система факторів, яка проявляється у вигляді комплексу ризиків (погроз), індивідуальних для кожного учасника інвестиційного проекту як у кількісному, так і в якісному відношенні [4; 6; 9]. Систему ризиків інвестиційного проекту можна подати так:

$$R_{in} = \begin{pmatrix} R_{11} & R_{12} & \dots & R_{1n} \\ R_{21} & R_{22} & \dots & R_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ R_{1m} & R_{2m} & \dots & R_{mn} \end{pmatrix}$$

де n – можлива кількість ризиків інвестиційного проекту; m – кількість учасників проекту.

У цьому означенні звертається увага на той факт, що ризик інвестиційного проекту є складною системою з численними взаємозв'язками, яка проявляється для кожного учасника інвестиційного проекту у вигляді індивідуальної комбінації [4; 6], тобто ризик i -го учасника проекту (R_i) описується таким співвідношенням:

$$R_i = (R_{i1}, R_{i2}, R_{i3}, R_{i4}, \dots, R_{in})$$

Для аналізу та управління системою ризиків інвестиційного проекту пропонуються такі етапи.

1. Аналіз ризиків, як правило, розпочинається з якісного аналізу, метою якого є ідентифікація ризиків. Ця задача розпадається на такі підзадачі: виявлення спектра ризиків,

властивого інвестиційному проекту; опис ризиків; класифікація та групування ризиків; аналіз початкових допущень. Цей етап є підготовчою фазою повноцінного аналізу.

2. Другою і найбільш складною фазою є кількісний аналіз ризиків, метою якого є вимірювання ризику, що обумовлює розв'язування таких підзадач: формалізація невизначеностей; розрахунок ризиків; оцінка ризиків; врахування ризиків.

3. На третьому етапі ризик-аналіз плавно трансформується з апіорних, теоретичних суджень у практичну діяльність із управління ризиком. Це відбувається в момент закінчення проектування стратегії ризик-менеджменту і початку її реалізації. Третій етап завершує інжиніринг інвестиційних проектів.

4. Четвертий етап є контролем, тобто є початком реінжинірингу інвестиційного проекту. Він завершує процес ризик-менеджменту і забезпечує йому циклічність.

У загальному випадку можна виділити дві складові кількісного аналізу ризику інвестиційного проекту:

- 1) чутливість чистої зведеної вартості (*NPV*) до змін значень ключових показників;
- 2) величину діапазону можливих змін ключових показників, які обумовлюються їхніми ймовірнісними розподілами.

До найбільш розповсюджених методів аналізу ризиків інвестиційних проектів належать: метод корегування норми дисконту; метод достовірних еквівалентів (коефіцієнтів вірогідності); аналіз чутливості критеріїв ефективності (*NPV*, *IRR* тощо); метод сценаріїв; аналіз ймовірнісних розподілів потоків платежів; дерево рішень; імітаційне моделювання (метод Монте-Карло) тощо.

Література:

1. *Бланк И. А.* Инвестиционный менеджмент : [учебный курс] / И. А. Бланк. – К. : Эльга-Н, Ника Центр, 2002. – 448 с.
2. *Брауна С. Дж.* Количественные методы финансового анализа : [учебник] / С. Дж. Брауна, М. П. Крипмена. – М. : ИНФРА-М, 1996. – 336 с.
3. *Бурков В. Н.* Модели и методы управления организационными системами : [книга] / В. Н. Бурков, В. А. Ириков. – М. : Наука, 1994. – 270 с.
4. *Готов С. О.* Моделювання фінансових операцій у середовищі Microsoft Excel : [навчальний посібник] / С. О. Готов, С. М. Зацеркляна. – Х. : XIV, 2006. – 257 с.
5. *Зацеркляний М. М.* Інформаційні системи і технології у фінансово-кредитних установах : [навчальний посібник] / М. М. Зацеркляний, О. Ф. Мельников. – К. : Професіонал, 2006. – 432 с.
6. *Зацеркляний М. М.* Основи економічної кібернетики : [навчальний посібник] / М. М. Зацеркляний, О. Ф. Мельников. – Чернівці : ТОВ Видавництво “Наші книги”, 2008. – 392 с.
7. *Кочович Е. И.* Финансовая математика: Теория и практика финансово - банковских расчетов : [учебник] / Е. И. Кочовича. – М. : Финансы и статистика, 1994. – 271 с.
8. *Лукашевич И. Я.* Анализ финансовых операций. Методы, модели, техника вычислений : [підручник] / И. Я. Лукашевич. – М. : Юнити, 1998. – 400 с.
9. *Петров А. А.* Экономика. Модели. Вычислительный эксперимент : [книга] / А. А. Петров. – М. : Наука, 1996.

10. *Фишберн П.* Теория полезности для принятия решений : [книга] / П. Фишберн.
– М. : Наука, 1978. – 352 с.

Надійшла до редколегії 14.10.2009 р.