УДК 330.341
ББК 65.9 (4 Укр) 29-5
Зянько В.В.

ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКІВ ТА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ІННОВАЦІЙНИХ ПРОЕКТІВ

Вінницький національний технічний університет,
Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України,
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
тел.: 0432598325, e-mail: zank@ukr.net

Анотація. У статті проаналізовано основні економіко-математичні методи оцінювання ризиків при впровадженні інноваційних проектів, обґрунтовано доцільність застосування методу Монте-Карло, який дозволяє здійснити найоб'єктивнішу оцінку проекту з точки зору його ризикованості та одержання фінансового результату.
Ключові слова: дисконтування, економіко-математичний метод, імітаційне моделювання, інноваційний проект, метод Монте-Карло.

Annotation. There have been analyzed the main economic-mathematical methods of risk assessment on the implementation of innovative projects. The expediency of application of the Monte Carlo method, which allows making the most objective evaluation of the project in terms of risk and obtaining financial results were proved.
Key words: discounting, Economic-mathematical method, simulation, innovative project, Monte-Carlo method.

Вступ. Сучасний розвиток інформаційної індустрії досяг такого рівня технологічної складності та різноманіття інформаційних послуг, що їх надання ототожнюється з процесом виробництва продуктів споживання. Необхідність спрямування інноваційної діяльності в напрямі інформатизації бізнес-процесів визнає сьогодні переважна більшість керівників підприємств. Тому й увага вітчизняних науковців і практиків до оцінювання ефективності інноваційних рішень у системі управління науково-технічним прогресом нині підвищена. Це зумовлює потребу переходу вітчизняних підприємств до формування інноваційної стратегії розвитку бізнес-діяльності, а поява на світовому ринку нових технологічних продуктів і рішень стимулює вітчизняні суб'єкти підприємництва до активного розгляду можливостей їх практичного застосування. Проте впровадження й експлуатація високотехнологічних систем пов'язані зі значними фінансовими витратами, що не під силу багатьом вітчизняним підприємствам. При зверненні підприємств за кредитами в банки останні далеко не завжди погоджуються їх надати на розробку та впровадження інноваційних технологій, оскільки ризикують зазнати відчутних фінансових збитків у разі, якщо відповідні технології виявляться недостатньо економічно ефективними.

Отже, проблема достовірності оцінювання ризиків та економічної ефективності проектів щодо впровадження витратних технологічних рішень є актуальною для вітчизняних підприємств різних сфер діяльності.

Розробкою та оцінюванням методів визначення ефективності інноваційних проектів займаються як вітчизняні, так і зарубіжні науковці й практики, серед яких слід відзначити праці [1–3; 5; 7–9; 11; 12], у яких досліджуються різні методи оцінювання ризиків, що виникають при впровадженні інноваційних проектів. Разом з тим ця тема потребує подальшого дослідження, зокрема в частині вдосконалення економіко-математичних методів оцінювання економічної ефективності інноваційних проектів з урахуванням останніх досягнень у сфері автоматизації.

Постановка завдання. Стаття присвячена дослідженню економіко-математичних методів оцінювання ризиків при впровадженні інноваційних проектів з метою

пошуку методу, який дозволяє найоб'єктивніше оцінити ризики й ефективність проекту з позиції інвестора, що прагне отримати найбільш повну й достовірну інформацію при прийнятті рішень щодо надання фінансової допомоги для реалізації підприємцем інноваційного проекту.

Досягнення поставленої мети передбачає вирішення таких завдань: виокремлення основних методів оцінювання ризиків, що супроводжують інноваційну діяльність; дослідження сутності цих методів, виявлення їх переваг і недоліків; вибір методу, який дозволяє здійснити найоб'єктивнішу оцінку проекту й з-поміж інших вибрати найменш ризиковий і найбільш ефективний з точки зору одержання фінансового результату інноваційний проект.

Результати. Для того, щоб вибрати інноваційний проект з найкращим співвідношенням ризик – вигода, необхідно кількісно визначити ризик. Дослідниками пропонується досить багато методів оцінювання економічної ефективності й аналізу ризику [1], які можна використати стосовно інноваційних проектів, найбільш розповсюдженими з них є такі:

– методи експертних оцінювань (Дельфі);
– методи коригування норми дисконту;
– метод коефіцієнтів достовірності;
– аналіз чутливості реагування за показниками NPV, IRR, PI (чистої теперішньої вартості, внутрішньої норми окупності, індексу прибутковості);
– метод Монте-Карло (імітаційне моделювання).

Метод експертних оцінювань ґрунтується на припущенні, що на основі міркувань незалежних експертів можна збудувати адекватну модель майбутнього розвитку об'єкта прогнозування. Відправною інформацією при цьому є думка спеціалістів, які займаються дослідженнями й розробками в прогнозованій галузі.

Математично це можна показати у вигляді залежності:

$$Y_i^k = f\left(x_{i_1}, x_{i_2}, \dots x_{i_m}\right) + \varepsilon_i^k, \qquad (1)$$

де Y_i^k – очікуване значення бінарної залежної змінної, яке *k*-й експерт зв'язує з *i*-м набором оцінюваних показників;

ε_i^k – помилка, яку може допустити *k*-й експерт, оцінюючи вплив *i*-го набору на появу очікуваної події (випадкова змінна, яка може набувати значень 1, 0, -1) [2, с.9].

Метод Дельфі був розроблений Н.Докі та його колегами ще в 1950 році в мозковому центрі Rand Corporation і використовується як метод групового прийняття рішень, зокрема, при довгостроковому прогнозуванні. Найбільш широко цей метод використовують у розвідувальних і проблемних дослідженнях для одержання попередніх відомостей про об'єкт, предмет аналізу, для уточнення гіпотез і завдань головного дослідження, при оцінюванні ефективності інноваційних проектів. В основу цього методу покладено проведення опитувань експертів, які між собою не знайомі, у чотири та більше турів з метою максимально зблизити їх точки зору, однак практика показує, що досягається це не завжди. Недоліком зазначеного методу є й те, що багатотурове опитування експертів нерідко затягується надовго, що подовжує процедуру складання прогнозу й призводить до втрати часу – фактора, який завжди відіграє неоціненну роль при оцінюванні інноваційного проекту. Для усунення цього недоліку вченими розроблена система огляду й оцінки подій SEER (System for Evalution and Review), яка дещо модифікує метод Дельфі, оскільки передбачає не чотири, а лише два тури опитувань [3]. Однак, на наш погляд, це лише спрощує цей метод, що аж ніяк не сприяє об'єктивнішому оцінюванню.

Характеризуючи ефективність інноваційних проектів, бачимо, що фактор часу краще врахований у методі коригування норми дисконту або непрямої капіталізації доходу. Цей метод застосовується тоді, коли прогнозовані грошові потоки від інноваційного проекту є неоднаковими за величиною, непостійними протягом визначеного періоду прогнозування або якщо отримання їх обмежується в часі. Прогнозовані грошові потоки, у тому числі розмір реверсії, підлягають дисконтуванню з використанням ставки дисконту для отримання їх поточної вартості [4]. Однак недоліком цього методу є те, що він не дозволяє виміряти величину ризику, можливі відхилення від прогнозованих результатів. Дисконтування майбутніх грошових потоків за більш високими ставками призводить до зменшення інвестиційного ефекту. Таким чином, перевагу надають тому інноваційному проекту, для якого показник NPV найбільший, тобто при виборі проекту враховують лише єдиний фактор – ставку дисконту, тоді як інші фактори залишаються поза увагою.

Ставку дисконту (i) також визначають різними методами, серед яких найпоширенішим на практиці є кумулятивний, що передбачає врахування не лише поправки на ризик (премії за ризик), але й інфляції:

$$i + d + h + r, \tag{2}$$

де d – норма дохідності, яка враховує альтернативні доходи, %;

h – рівномірний ланцюговий темп інфляції, %;

r – ризикова премія, %.

Зважати на інфляцію є дуже важливо при оцінюванні грошових витрат, оскільки знецінити гроші можуть тільки інфляція, фінансова криза чи інші форс-мажорні обставини, але не фактор часу [5]. Однак у нинішніх умовах нестабільного економічного розвитку України неможливо передбачити, якими будуть величина й динаміка грошових потоків на часовому інтервалі в 5–8, не кажучи вже про більше років, на які розрахований інноваційний проект. А спроба використати орієнтовні дані може призвести до грубих викривлених оцінок. Тому, на нашу думку, застосування цього методу на теперішньому етапі формування в Україні інноваційної моделі розвитку економіки є нераціональним. У цьому зв'язку певною мірою нераціональним є використання взагалі всіх методів, що ґрунтуються на дисконтуванні. Але, беручи до уваги те, що абсолютно точного методу визначення ступеня ризику не існує, бо якби він був відомий, то перестало б існувати саме поняття "ризик" [6, с.131–132], застосування методів, які базуються на дисконтуванні, є виправданим.

Метод чистої теперішньої вартості (NPV, Net Present Value) при оцінюванні ефективності інвестицій в інноваційні проекти передбачає визначення показника NPV як суми всіх майбутніх грошових потоків, дисконтованих за певною ставкою дохідності, за винятком дисконтованої вартості вкладених інвестицій.

Математична формула NPV виглядає так [7]:

$$NPV = \frac{CF_1}{(1+i)^1} + \frac{CF_2}{(1+2)^1} + \cdots + \frac{CF_n}{(1+i)^n} - I = \sum_{t=1}^{n} \frac{CF_t}{(1+i)^t} - I, \tag{3}$$

де I – обсяг інвестування;

CF_t – чистий грошовий приплив у кінці t-го періоду;

i – бажана ставка дисконтування;

n – тривалість життєвого циклу проекту.

Окрім того, що важко, виходячи з нинішніх економічних реалій у нашій країні, передбачити чистий грошовий приплив у кінці t-го періоду, ця формула має й інші обмеження – її доцільно використовувати лише тоді, коли інноваційний проект вимагає одномоментних вкладень. Якщо ж передбачаються тривалі витрати впродовж кількох

(m) років з одночасним отриманням віддачі від них, то тоді користуються такою формулою [8]:

$$NPV = \sum_{t=1}^{n} \frac{CF_t}{(1+i)^t} - \sum_{j=1}^{m} \frac{I_j}{(1+i)^j} . \quad (4)$$

Загальне правило прийняття проектів за критерієм *NPV*: якщо $NPV = 0$, то проект можна рекомендувати для фінансування. Якщо $NPV < 0$ – проект не приймається.

Разом з тим метод чистої теперішньої вартості має і певні переваги, особливо при оцінюванні економічної ефективності капітальних інвестицій. Адже чиста теперішня вартість показує ймовірну величину приросту капіталу підприємства в разі реалізації інвестиційного проекту. Суттєвою його перевагою є також адитивність, тобто можливість додавати значення чистої теперішньої вартості за різними проектами та аналізувати сукупну величину приросту капіталу [9]. Але через те, що цей метод не дає змоги оцінити ефективність проекту з позиції "результати – витрати", у результаті можна вибрати не найбільш рентабельний проект, а такий, що хоч і генерує значну в абсолютному виразі суму доходів, проте потребує і значних початкових інвестицій. Спеціалісти з економічного аналізу радять використовувати метод чистої теперішньої вартості тоді, коли величину інвестиційних ресурсів практично не обмежено, а економічна ситуація уможливлює достатньо точне прогнозування ставки дохідності на тривалий період [9]. На жаль, нестабільність економічної і політичної ситуацій в Україні не дозволяє спрогнозувати на більше чи менше віддалену перспективу ставку дохідності.

Аналізуючи чутливість реагування за показником внутрішньої норми дохідності (IRR), підприємство вибирає для себе допустимий рівень рентабельності вкладення капіталу – граничний коефіцієнт (HR), далі IRR порівнюється з HR. Якщо IRR > HR – проект приймають; IRR < HR – проект відхиляють; IRR = HR – можна приймати будь-яке рішення.

Внутрішня норма дохідності (internal rate of return) є відсотковою ставкою, при якій NPV = 0. IRR показує дохідність через порівняння очікуваних чистих грошових потоків з початковими витратами. Її величину розраховують за формулою [10]:

$$NPV = -IC + \sum_{t=1}^{N} \frac{CF_t}{(1+IRR)^t} = 0 , \quad (5)$$

де *IC* – початкові витрати капіталу, що здійснюються тепер (чи нинішні вартості всіх витрат).

Показник внутрішньої норми дохідності характеризує максимально прийнятний відносний рівень витрат, які можуть бути здійснені при реалізації певного проекту. Адже значення IRR показує верхню межу допустимого рівня дисконтної ставки, перевищення якої робить проект збитковим. Тому для прийняття рішення інвесторові необхідно порівняти отримане значення IRR із ціною джерел фінансових ресурсів певного інвестиційного проекту [11].

Аналіз чутливості реагування за відносним показником – індексом прибутковості (PI – Profitability Index) показує, як зросте вартість рішення в розрахунку на 1 грн інвестицій. PI розраховується як відношення чистої поточної вартості грошового припливу до чистої поточної вартості відтоку, включаючи початкові інвестиції, тобто за формулою:

$$PI = \frac{\left[\sum_{i=1}^{N} \frac{CF_t}{(1+d)^t}\right]}{\left[\sum_{i-1}^{N} \frac{I_t}{(1+d)^t}\right]}. \quad (6)$$

Якщо PI > 1 – проект приймають; PI < 1 – проект відхиляють; PI = 1 – можна приймати будь-яке рішення.

PI прямо пов'язаний з NPV. Якщо NPV позитивна, то й PI > 1, і навпаки.

Окрім того, що достовірність значення коефіцієнта PI (як і NPV) залежить від ставки дисконтування, яку, як уже говорилося, важко визначити через неможливість точно передбачити обсяг і динаміку грошових потоків на тривалому часовому інтервалі, цьому коефіцієнту притаманні й інші недоліки, зокрема:

- він може давати неправильні ранжирування, а отже, перевага того чи іншого інноваційного проекту залишається сумнівною;
- він не застосовується при виборі проектів, які виключають один одного;
- він не показує фактичної величини чистих вигод.

Одним з найточніших існуючих імітаційних методів оцінювання ризиків інноваційних проектів є, на наш погляд, метод Монте-Карло, який дозволяє побудувати математичну модель для проекту з невизначеними значеннями параметрів і передбачити ймовірність отримання NPV 0.

Алгоритм методу імітації Монте-Карло такий:

- Крок 1. Використовуючи статистичний пакет, випадковим чином вибирається, ґрунтуючись на ймовірнісній функції розподілу, значення тієї змінної, яка є однією з параметрів визначення потоку готівки.
- Крок 2. Вибране значення випадкової величини, разом зі значеннями змінних, які є екзогенними, використовується при підрахунку чистої приведеної вартості проекту.

Кроки 1 і 2 повторюють багато разів (цифра може доходити до тисячі разів). Далі отриману величезну кількість значень чистої приведеної вартості проекту використовують для побудови щільності розподілу зі своїм власним математичним очікуванням і стандартним відхиленням. Використовуючи значення математичного очікування і стандартного відхилення, обчислюють коефіцієнт варіації чистої приведеної вартості проекту і тільки потім оцінюють індивідуальний ризик інноваційного проекту [12].

Основними недоліками цього методу є: складність; те, що при його застосуванні потрібна велика кількість експериментальних даних; іноді необхідне попереднє визначення початкових параметрів за іншими методами.

Але все ж модель Монте-Карло не настільки формалізована, як вищезгадувані імітуючі методи, і водночас є гнучкішою за них, оскільки:

- по-перше, при моделюванні за методом Монте-Карло немає необхідності визначати, що саме оптимізується;
- по-друге, немає потреби спрощувати реальність для полегшення її аналізу, бо застосування ЕОМ дозволяє реалізувати моделі складних систем;
- по-третє, у програмі для ЕОМ можна передбачити випередження в часі.

На відміну від інших описаних нами методів метод Монте-Карло передбачає урахування великої кількості параметрів інноваційного проекту та їх варіацій; дозволяє використання спеціальних математичних пакетів (наприклад, спеціалізованого програмного пакета Гарвардського університету під назвою Risk-Master). Перевагою його є й те, що він може застосовуватися для оцінювання економічної ефективності протилежних проектів, лише при цьому вимагається, щоб альтернативи були виражені кількісно.

Висновки. Отже, процес визначення ефективності інноваційних проектів є доволі складним і багатоетапним, вимагає застосування різноманітних підходів до оціночних процедур. Точність установлення рівня ризикованості інноваційного проекту буде тим більшою, чим більше факторів ризику при цьому вдалося врахувати. Основними факторами ризику є час, упродовж якого здійснюється оцінювання проекту, та окупність проекту, що передбачає визначення обсягу й динаміки руху грошових потоків на тривалому часовому інтервалі. Із цієї позиції жоден з розглянутих економіко-математичних методів не є досконалим, не дає повного уявлення про потенціал проекту, хоча кожен становить певну цінність для характеристики ефективності інноваційних рішень.

Найбільшу кількість факторів, що впливають на інвестиційні рішення щодо підтримки того чи іншого інноваційного проекту, ураховує метод Монте-Карло. До того ж при використанні цього методу застосовується ЕОМ, і тому немає необхідності з метою полегшення аналізу спрощувати реальність, адже ЕОМ дозволяє реалізувати моделі дуже складних систем.

1. Лукасевич И. Я. Анализ финансовых операций : методы, модели, техника вичислений / И. Я. Лукасевич. – М. : Финансы, ЮНИТИ, 1998. – 400 с.
2. Кількісні методи експертного оцінювання : наук.-метод. розробка / уклад. : В. П. Новосад, Р. Г. Селіверстов, І. І. Артим. – К. : НАДУ, 2009. – 36 с.
3. Грабовецький Б. Є. Методи експертних оцінок : теорія, методологія, напрямки використання : монографія / Б. Є. Грабовецький ; Він. нац. техн. ун-т. – Вінниця, 2010. – 171 с.
4. Національний Стандарт №1 “Загальні засади оцінки майна і майнових прав”. Затверджений Постановою Кабінету Міністрів України № 1440 від 10 вересня 2003 р.
5. Дасковский В. Б. Об эффективности инвестиций / В. Б. Дасковский, В. Б. Киселёв // Экономист. – 2007. – № 3. – С. 35–48.
6. Зянько В. В. Основи мікроекономіки : навч. посіб. для вищ. навч. закл. / В. В. Зянько. – 2-ге вид., переробл. і доповн. – К. : Вид. дім “Слово”, 2009. – 344 с.
7. Інвестування : навч.-метод. посіб. для самост. вивч. дисц. / [А. А. Пересада, О. О. Смирнова, С. В. Онікієнко, О. О. Ляхова]. – К. : КНЕУ, 2001. – 251 с.
8. Аптекар С. Оцінка ефективності інвестиційних проектів / С. Аптекар // Економіка України. – 2007. – № 1. – С. 42–49.
9. Економічний аналіз : навч. посібник / [М. А. Болюх, В. З. Бурчевський, М. І. Горбаток та ін.] ; за ред. М. Г. Чумаченка. – 2-ге вид., переробл. і доповн. – К. : КНЕУ, 2003. – 556 с.
10. Правові засади розробки інвестиційних проектів : навч.-метод. зб. / Чернігів. центр перепідготовки та підвищ. кваліфікації працівників органів держ. влади, органів місц. самоврядування, держ. п-в, установ і орг. ; упоряд. Н. О. Гудок. – Чернігів : ЦППК, 2011. – 30 с.
11. Черваньов Д. М. Менеджмент інвестиційної діяльності підприємств / Д. М. Черваньов. – К. : Знання – Прес, 2003. – 622 с.
12. Волков И. М. Проектный анализ : учебник для вузов / И. М. Волков, М. В. Грачева. – М. : Банки и биржи, ЮНИТИ, 1998. – 423 с.

Рецензенти:

Мороз О.О. – доктор економічних наук, завідувач кафедри підготовки менеджерів ВНТУ;

Фурик В.Г. – кандидат економічних наук, доцент, декан факультету фінансового зовнішньоекономічного менеджменту Вінницького національного технічного університету.