

УДК 65.012:658.14:330.322

Полозова Т.В.*кандидат економічних наук,
доцент кафедри економічної кібернетики
та управління економічною безпекою**Харківського національного університету радіоелектроніки***Стороженко О.В.***кандидат технічних наук,
доцент кафедри економічної кібернетики
та управління економічною безпекою**Харківського національного університету радіоелектроніки*

ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ОЦІНКИ ЧУТЛИВОСТІ ІННОВАЦІЙНО-ІНВЕСТИЦІЙНИХ ПРОЕКТІВ

Запропоновано економіко-математичну модель оцінки чутливості інноваційно-інвестиційних проектів за критерієм чистої поточної вартості. Отриманий показник чутливості пропонується використовувати як додатковий під час оцінювання економічної ефективності інноваційно-інвестиційних проектів підприємства. Запропонована модель дозволяє оцінити вплив одночасно кількох внутрішніх параметрів на показник чистої поточної вартості проекту.

Ключові слова: чутливість, оцінка, математична модель, інноваційно-інвестиційний проект, показник чутливості.

Полозова Т.В. ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ИННОВАЦИОННО-ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

Предложена экономико-математическая модель оценки чувствительности инновационно-инвестиционных проектов по критерию чистой текущей стоимости. Полученный показатель чувствительности предлагается использовать как дополнительный при оценке экономической эффективности инновационно-инвестиционных проектов предприятия. Предложенная модель позволяет оценить влияние одновременно нескольких внутренних параметров на показатель чистой текущей стоимости проекта.

Ключевые слова: чувствительность, оценка, математическая модель, инновационно-инвестиционный проект, показатель чувствительности.

Polozova T.V. ECONOMIC AND MATHEMATICAL MODEL EVALUATION OF THE SENSITIVITY OF INNOVATIVE AND INVESTMENT PROJECTS

The economic and mathematical model evaluation of the sensitivity of innovative and investment projects according to the criterion of net present value are proposed. The sensitivity index is proposed to use as additional when assessing the economic efficiency of innovative and investment projects of the enterprise. The proposed model allows evaluating the influence of several internal parameters on the net present value of the project.

Keywords: sensitivity, estimation, mathematical model, innovative and investment project, sensitivity index.

Постановка проблеми. У сучасних умовах господарювання підвищення інноваційно-інвестиційної активності країни, галузей, підприємств є дієвим інструментом забезпечення умов виходу з економічної кризи, науково-технічного прогресу, одним із найбільш діючих механізмів структурних перетворень. Економічна ситуація, що склалася в Україні (наявність високих темпів інфляції, різкі коливання курсу національної валюти, нестабільність законодавчої бази, нестійкий фінансовий стан більшості підприємств) значно ускладнює здійснення інноваційно-інвестиційних процесів. Указані фактори мають безпосередній вплив на умови реалізації інноваційно-інвестиційних проектів і на внутрішні параметри проектів. Такими внутрішніми параметрами можуть бути виручка, витрати, ціна продукції, грошовий потік, ставка оподаткування прибутку, норма дисконту та інші. У зв'язку з цим виникає необхідність у розробці та використанні відповідного методичного інструментарію оцінки впливу вказаних параметрів, що дозволить отримати додаткову інформацію про доцільність реалізації проекту з метою вибору оптимального варіанту з кількох альтернатив. Це обумовлює актуальність нашого дослідження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Теоретико-методичні аспекти оцінки чутливості в інноваційно-інвестиційній сфері розглядали у своїх роботах багато науковців. Серед наукових досліджень, які зосереджені на оцінці чутливості інноваційно-інвес-

тиційних проектів, можна відзначити роботи таких авторів: В. Москаленка [1], О. Чернеги [2], П. Лежнюка [3], В. Глібчука [4], Т. Баланської [5], О. Пилип'яка [6], О. Білоцерковського [7], С. Васильцова і Р. Майстро [8].

Особливої уваги заслуговують дослідження, проведені в роботі В. Козик [9], де запропоновано економіко-математичну модель чутливості інвестиційної ефективності продуктових інновацій до зміни показників, що її зумовлюють. Автори вважають найбільш поширеним критерієм оцінки інвестиційного проекту чисту поточну вартість. При цьому, досліджуючи відхилення чистого грошового потоку від реалізації інноваційної продукції протягом життєвого циклу проекту, не враховано суму інвестицій, тобто автори ототожнюють поняття грошовий потік і чистий грошовий потік. Це не дозволяє врахувати вплив зміни сум інвестиційних вкладень протягом терміну реалізації проекту.

Науковець Ю. Гусак у своїй роботі [10] зосередив увагу на оцінці зовнішніх факторів впливу на організаційно-ресурсне забезпечення машинобудівної галузі шляхом розрахунку відомого коефіцієнту еластичності.

Галузева приналежність таких досліджень спостерігається в роботах Л. Філіпківської [11], Л. Ачкасової [12] та інших.

У роботі Н. Краснокутської [13] досліджено чутливість ефективності діяльності торговельного під-

приємства до змін використання ресурсного потенціалу, що певно має свої галузеві особливості.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Результати наукового пошуку свідчать про брак єдиного підходу до теоретичного обґрунтування та формування методичного інструментарію оцінки впливу факторів на ефективність реалізації інноваційно-інвестиційних проектів. Це обумовлює необхідність і поширює коло подальших наукових досліджень за цією проблематикою.

Постановка завдання. Ураховуючи актуальність і ступінь розробки такого питання, метою дослідження є розробка економіко-математичної моделі оцінки чутливості інноваційно-інвестиційних проектів за критерієм чистої поточної вартості.

Виклад основного матеріалу дослідження. Під час оцінювання економічної ефективності інноваційно-інвестиційних проектів пропонується як обов'язковий етап здійснювати оцінку чутливості проекту, тобто схильність проекту до впливу його внутрішніх параметрів.

Базовий підхід до діагностики чутливості полягає в розрахунку прибутковості проекту в умовах найбільш імовірного прогнозу зміни основних його параметрів. Основне завдання проведення діагностики полягає в тому, щоб, вибравши найбільш істотні параметри, визначити ступінь їх впливу на вартість проекту в разі зміни величин цих параметрів.

Економіко-математична сутність аналізу чутливості полягає в тому, що на основі базового варіанта розрахунку вихідного параметру визначається очікуване середнє відхилення кожної змінної величини (фактору) і результат розрахунку вихідного параметру у випадку відхилення однієї зі змінних величин від базового сценарію.

Запропонований у цьому дослідженні підхід передбачає побудову кількісного показника чутливості $S(y, x_i)$.

Відповідно до цього деякий вихідний параметр оцінки (y) може бути функціонально виражений через внутрішні змінні параметри (x_i) [15]:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_{k-1}, x_k). \quad (1)$$

Як показник інноваційно-інвестиційної чутливості підприємства $S(y, x_i)$ до зміни параметрів (x_i) пропонується розраховувати відношення відносного збільшення критерію до відносного збільшення параметра [15]:

$$S(y, x_i) = \frac{y(x_1, x_2, \dots, x_i + \Delta x_i, \dots, x_k) - y(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_k)}{\frac{\Delta x_i}{x_i}}. \quad (2)$$

Однак при різних (дискретних) значеннях Δx_i будуть отримані різні значення чутливості. Щоб цього не відбувалося, необхідно зменшувати Δx_i так, щоб в інтервалі $(x_i - \Delta x_i; x_i + \Delta x_i)$ функція $y(x_i)$ при незмінних інших (x) наближалася до дотичної в точці x_i . Тоді показник чутливості можна визначити за формулою [15]:

$$S(y, x_i) = \lim_{\Delta x_i \rightarrow 0} \frac{y(x_1, x_2, \dots, x_i + \Delta x_i, \dots, x_k) - y(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_k)}{\frac{\Delta x_i}{x_i}} = \frac{\partial y}{\partial x_i} \cdot \frac{x_i}{y}. \quad (3)$$

Величина $S(y, x_i)$ показує на скільки відсотків зміниться значення вихідного параметру (y) при зміні параметру (x_i) на один відсоток.

Математична формалізація в загальному вигляді показника чутливості відповідає вираженню [15; 16]:

$$S_{x_i}^y = \frac{x_i}{y} \cdot \frac{\partial y}{\partial x_i}, \quad (4)$$

де y – деякий вихідний параметр інноваційно-інвестиційного проекту (його окремо узятий або інтегральний показник ефективності);

x_i ($i=1, 2, \dots$) – внутрішні параметри проекту, що змінюються.

Частинна похідна $\partial y / \partial x_i$ є функцією чутливості або коефіцієнтом впливу параметра x_i на показник ефективності проекту. Відношення x_i/y вводить $S_{x_i}^y$ для нормування й дозволяє отримати величину $S_{x_i}^y$ у відносних одиницях.

На рис. 1 представлено структурно-логічну послідовність етапів оцінки чутливості інноваційно-інвестиційних проектів [14].

На етапі фінансової оцінки проекту звичайно здійснюється розрахунок показників ефективності інноваційно-інвестиційних проектів, заснованих на концепції дисконтування грошових потоків (чиста поточна вартість, внутрішня норма окупності, дисконтований термін окупності, індекс прибутковості та інші). Вибір узагальнювального показника для оцінки чутливості здійснює особа, що приймає рішення. Декомпозиція узагальнювального показника ефективності проекту передбачає виділення складових елементів (внутрішніх параметрів), що здійснюють найбільший вплив на кінцевий результат його реалізації.

Отримані результати такої оцінки дозволяють зробити висновки щодо подальшого розгляду проекту або доцільності долучення його до інноваційно-інвестиційного портфеля за критерієм стійкості до зміни внутрішніх параметрів.

Діагностиці чутливості передує фінансова оцінка інноваційно-інвестиційного проекту, у ході якої розраховуються показники ефективності, найбільш узагальнювальним із яких є чиста поточна вартість (NPV), яку розраховують за формулою [9]:

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{F_t}{(1+r)^t}, \quad (5)$$

де F_t – чистий грошовий потік наприкінці періоду t ;

T – життєвий цикл проекту;

r – ставка дисконтування;

$(1+r)^{-t}$ – поточна вартість грошової одиниці, яка буде отримана наприкінці періоду t при ставці дисконтування r .

Чистий грошовий потік визначається як різниця між доходами й витратами від реалізації проекту. Як дохід приймається чистий прибуток і амортизаційні відрахування, а як витрати – сумарні інвестиційні вкладення в проект. Отже, чистий грошовий потік розраховують за формулою:

$$F_t = P_N + Am - I, \quad (6)$$

де P_N – сума чистого прибутку, розрахована без урахування амортизаційних відрахувань;

Am – сума амортизаційних відрахувань у періоді t ;

I – сума інвестицій у періоді t .

Суму чистого прибутку в загальному вигляді визначають за формулою:

$$P_N = [X_n \cdot C - (A + b \cdot X_n) + L] \cdot \left(1 - \frac{N_p}{100}\right), \quad (7)$$

де X_n – обсяг виробництва продукції в натуральному вираженні;

C – ціна продукції;

A – постійні витрати на виробництво продукції;

b – змінні витрати на одиницю продукції;

L – ліквідаційна виручка від продажу об'єкта інвестування (ураховується тільки в останньому періоді);

N_p – ставка податку на прибуток для підприємств, що діє.

Підставляючи формулу (7) у формулу (6) і спрощуючи вираження, одержуємо для $N_p = 18\%$ (ставка оподаткування прибутку підприємств, що діє):

$$F_t = 0,82 \cdot X_n \cdot (C - b) + 0,82 \cdot (L - A) + Am - I. \quad (8)$$

Найбільш істотно впливають на величину чистого грошового потоку, а значить і на NPV, обсяг виробництва продукції в натуральному вираженні і ціна продукції. Для спрощення розрахунків уведемо позначення (B):

$$B = 0,82 \cdot (L - A) + Am - I. \quad (9)$$

Тоді формула для розрахунку чистої поточної вартості здобуває вид:

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{0,82 \cdot X_n \cdot (C-b) + B}{(1+r)^t}. \quad (10)$$

Виходячи з вираження (10), пропонується оцінити чутливість NPV проекту до зміни:

– обсягу виробництва продукції в натуральному вираженні;

– ціни продукції;

– величини ставки дисконтування.

З цією метою отримано частинні похідні:

$$\frac{\partial NPV}{\partial X_n} = \sum_{t=1}^T \frac{0,82 \cdot (C-b)}{(1+r)^t}, \quad (11)$$

$$\frac{\partial NPV}{\partial C} = \sum_{t=1}^T \frac{0,82 \cdot X_n}{(1+r)^t}, \quad (12)$$

$$\frac{\partial NPV}{\partial r} = \sum_{t=1}^T (-t) \cdot \frac{0,82 \cdot X_n \cdot (C-b) + B}{(1+r)^{t+1}}. \quad (13)$$

Зазначені параметри можуть змінюватися як кожний окремо при незмінних інших, так і одночасно. У першому випадку досить використовувати відповідну похідну для знаходження чутливості відповідно до (4), а в останньому, коли одночасно змінюються всі три параметри, – необхідно використовувати чутливість за трьома змінними, відповідно до градієнта:

$$\text{grad}(NPV) = \left\{ \frac{\partial NPV}{\partial X_n}, \frac{\partial NPV}{\partial C}, \frac{\partial NPV}{\partial r} \right\}. \quad (14)$$

Тоді відносна зміна NPV, обумовлена невеликими й незалежними абсолютними відхиленнями параметрів X_n , C , r (ΔX_n , ΔC , Δr), у першому наближенні можна визначити як:

$$S_{NPV} = \frac{1}{NPV} \cdot \left[\frac{\partial NPV}{\partial X_n} \cdot \Delta X_n + \frac{\partial NPV}{\partial C} \cdot \Delta C + \frac{\partial NPV}{\partial r} \cdot \Delta r \right], \quad (15)$$

де $\frac{\partial NPV}{\partial x_i}$ – функція чутливості NPV до параметра x_i .

Величина $S_{NPV} = \frac{\Delta NPV}{NPV}$ є показником чутливості інноваційно-інвестиційного проекту за критерієм чистої поточної вартості. Він показує якою мірою відхилення обраних параметрів впливають на зміну NPV, що дозволяє вибрати один або кілька проектів із безлічі альтернатив за критерієм стійкості.

Отримане значення S_{NPV} в результаті розрахунків дозволяє оцінити стійкість NPV до зміни внутрішніх параметрів проекту (обсягу виробництва в натуральному вираженні, ціни продукції та ставки дисконтування). Очевидно, що найбільшу стійкість має той проект, якому відповідає мінімальне значення модуля S_{NPV} .



Рис. 1. Структурно-логічна схема оцінки чутливості інноваційно-інвестиційних проектів

Джерело: розробка авторів

Можливі зміни параметрів проекту можна визначити на основі експертних оцінок. При цьому завдання експертів зводиться до таких двох напрямків:

1) визначити найбільш впливові параметри на реалізацію проекту;

2) визначити найбільш імовірні напрями зміни цих параметрів.

У розрахунках за формулою (15) для порівняння результатів відносні зміни параметрів мають бути рівними (наприклад, 1%). Для підвищення точності розрахунків можливе врахування ймовірності під час визначення напрямів зміни внутрішніх параметрів проекту.

Висновки. Отже, запропонований показник чутливості можна використовувати під час оцінювання ефективності інноваційно-інвестиційних проектів і рекомендується як додатковий до запропонованих у сучасній літературі показників ефективності. Таким чином, діагностика чутливості дозволяє оцінити стійкість інноваційно-інвестиційного проекту до змін його внутрішніх параметрів, що підвищує ефективність прийняття управлінських рішень на підприємстві.

Універсальність і комплексність запропонованого підходу полягає в тому, що розроблений методичний інструментарій дозволяє:

– використовувати його для підприємств промисловості будь-якої форми власності та організаційно-правової форми;

– враховувати фактори внутрішнього впливу на процес реалізації проекту;

– оцінювати вплив одночасно кількох параметрів на узагальнювальний показник ефективності інноваційно-інвестиційного проекту;

– використовувати отримані результати як самостійний інструмент моніторингу або як складову системи проектного менеджменту на підприємстві.

Подальші дослідження можуть бути спрямовані на розробку методичних рекомендацій щодо врахування впливу інших параметрів на NPV проекту (наприклад, витрат на випуск продукції, банківського відсотка, ставки податку на прибуток та ін.).

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Москаленко В. Теоретичні аспекти аналізу проектних ризиків / В. Москаленко // Наукові праці НУХТ. – 2013. – № 52 – С. 129–135.
2. Чернега О. Аналіз ризиків в управлінні проектами / О. Чернега // Науковий вісник Одеського національного економічного університету. – 2015. – № 8. – С. 196–205.
3. Лежнюк П. Аналіз чутливості оптимальних рішень в складних системах критеріальним методом : Монографія / Вінниця : Видав. «УНІВЕРСУМ-Вінниця», 2003. – 131 с.
4. Глібчук В. Моделювання і оптимізація інвестиційних ризиків на машинобудівних підприємствах в умовах невизначеності / В. Глібчук // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». – 2010. – № 691 : Менеджмент та підприємництво в Україні : етапи становлення і проблеми розвитку. – С. 263–269.
5. Баланська Т. Сучасні методи управління інвестиційними ризиками / Т. Баланська, М. Постан // Розвиток методів управління та господарювання на транспорті. – 2014. – № 4(49). – С. 53–66.
6. Пилипак О. Практичні аспекти застосування методу чутливості для оцінки рівня проектного ризику / О. Пилипак, Л. Швець, Н. Захаркевич // Університетські наукові записки. – 2015. – № 10(53). – С. 365–378.
7. Білоцерківський О. Кількісне оцінювання ризику високотехнологічного проекту / О. Білоцерківський // Економічний вісник Запорізької державної інженерної академії. – 2016. – Випуск 4–2(04). – С. 105–109.
8. Васильцова С. Визначення соціально-економічної ефективності портфеля реальних інноваційно-інвестиційних проектів [Текст] / С. Васильцова, Р. Майстро // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Збірник наукових праць. Серія : Технічний прогрес і ефективність виробництва. – 2014. – № 64. – С. 102–108.
9. Козик В. Визначення чутливості інвестиційної ефективності до зміни ефектоутворюючих факторів виробництва інноваційної продукції / В. Козик, О. Ємельянов, О. Політанська // Інвестиції : практика та досвід. – 2009. – № 3. – С. 6–9.
10. Гусак Ю. Оцінка впливу зовнішніх факторів на організаційно-ресурсне забезпечення машинобудівної галузі / Ю. Гусак // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. – 2013. – № 5(47). – С. 16–23.
11. Філіпковська Л. Імітаційне моделювання для оцінювання економічних ризиків інвестиційних проектів на комунальному підприємстві теплових мереж / Л. Філіпковська, Н. Челомбіт // Економіка та управління підприємствами машинобудівної галузі : проблеми теорії та практики. – 2012. – № 2(18). – С. 123–132.
12. Ачкасова Л. Оцінка чутливості інвестиційних проектів на АТП / Л. Ачкасова // Економіка транспортного комплексу. – 2011. – Вип. 18. – С. 90–97.
13. Краснокутська Н. Аналіз чутливості ефективності діяльності підприємства до змін рівня використання його ресурсного потенціалу / Н. Краснокутська, О. Круглова, Л. Михайлова // Бізнес Інформ. – 2014. – № 11. – С. 188–193.
14. Полозова Т. Модель діагностики изменений внутренних параметров инвестиционного проекта / Т. Полозова // Международная научно-практическая конференция «Математическое моделирование процессов в экономике и управлении инновационными проектами (ММП–2013)», Алушта, 9–15 сентября 2013 г. Тезисы докладов. – Харьков : ХНУРЭ, 2013. – С. 173–174.
15. Волков И. Проектный анализ : Продвинутый курс / И. Волков, М. Грачева. – М. : ИНФРА–М, 2011. – 495 с.
16. Вітлінський В. Ризикологія в економіці та підприємстві : монографія / В. Вітлінський, Г. Великоіваненко. – К. : КНЕУ, 2004. – 557 с.