

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ІНВЕСТИЦІЙНО-ІННОВАЦІЙНИХ РИЗИКІВ

Резюме. Розглянуто наукові підходи до імітаційного моделювання інвестиційно-інноваційних ризиків. Обґрунтовано методологічний підхід до аналізу ефективності інвестиційно-інноваційних проектів в умовах ризику із використанням методів імітаційного моделювання для прийняття управлінських рішень.

The summary. In the article the scientific going is considered near the imitation design of investment-innovative risks. The methodological going is reasonable near the analysis of efficiency of investment-innovative projects in the conditions of risk with the use of simulation techniques for the acceptance of administrative decisions.

Ключові слова: невизначеність, ризики, інвестиційне проектування, математичні функції, імітаційне моделювання.

Постановка проблеми. В сучасних умовах рівень впливу факторів ризику та невизначеності на ефективність інвестиційно-інноваційної діяльності збільшується у зв'язку зі зміною економічної ситуації в країні в цілому та невизначеності на інвестиційному ринку зокрема.

Невизначеність і ризик є невід'ємними властивостями інвестиційно-інноваційної діяльності підприємства. Результат інвестиційно-інноваційної діяльності багато в чому визначається тим, наскільки повно виявлені теперішні й майбутні фактори невизначеності та ризику інвестиційно-інноваційних проектів. Ці сфери зумовлюють величину грошового потоку, отриманого від інвестиційного капіталу. Необхідно зазначити, що невизначеність – ширше поняття, ніж ризик, і відображає безліч можливих результатів, імовірність яких невідома; при цьому інвестори не мають доступу до інформації та підстав для розрахунку очікуваного чистого прибутку. Ризик, за своєю природою, є вимірюваною похідною невизначеності, тому дає безліч можливих результатів, кожен із яких характерний певною імовірністю. В такому випадку інвестори мають доступ до інформації і деякі підстави для оцінювання очікуваних доходів. Це означає, що ризик підлягає оцінюванню, аналізу та контролю з боку інвестора [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вітчизняні вчені опублікували низку робіт, присвячених проблемам оцінювання інвестиційно-інноваційних ризиків [1; 2; 3; 4; 5]. Основна увага в цих роботах приділена вдосконаленню методів оцінювання, тоді як недостатньо вивченим залишився власне предмет оцінювання – види можливих ризиків, що виникають на передінвестиційній, інвестиційній та стадії реалізації інвестиційно-інноваційних проектів. Наслідком подібної ситуації є неможливість спрогнозувати величину ризику за інвестиційно-інноваційним проектом, так і його зниження за допомогою наявних методів, оскільки окремі види ризику можна не враховувати при оцінюванні.

Останніми роками фахівці приділяють багато уваги комп'ютерним експериментам і необхідним для їх проведення інструментам. Комп'ютерні експерименти відрізняються від традиційних тим, що аналітик працює не з реальним об'єктом, а з його комп'ютерною моделлю. Комп'ютерне моделювання як метод дослідження є природним розвитком математичного моделювання, яке стає одним із методів економічного аналізу [9].

Метою статті є розроблення теоретичних, методологічних та практичних рекомендацій щодо імітаційного моделювання ризиків, їх вплив на ефективність інвестиційно-інноваційних проектів для обґрунтування та прийняття управлінських рішень.

Виклад основного матеріалу. Здійснення імітаційних експериментів може бути різним – від виявлення властивостей і закономірностей досліджуваної системи до вирішення конкретних практичних завдань. Із розвитком засобів обчислювальної техніки і програмного забезпечення спектр застосування імітації в інвестиційно-інноваційній діяльності істотно розширився. Імітаційне моделювання застосовується не лише для розв'язання управлінських

проблем на мікроекономічному рівні, а й для моделювання управління на макроекономічному рівні. Зазначимо основні переваги застосування імітаційного моделювання в процесі вирішення завдань аналізу інвестиційно-інноваційної діяльності. Як впливає з визначення, імітація – це комп'ютерний експеримент. Єдина відмінність цього експерименту від реального полягає в тому, що його проводять із моделлю системи, а не зі системою. Однак здійснення реальних експериментів із економічними системами потребує значних витрат і не може бути виконано на практиці. Отже, імітація – це єдиний спосіб дослідження систем без здійснення реальних експериментів [2].

Оцінити вплив випадковості початкових даних на кінцеві показники можливо за допомогою стохастичних моделей, які поділяються на дві групи: аналітичні й імітаційні. Аналітичні стохастичні моделі дозволяють отримати розподіл показника в аналітичній формі тільки в простих випадках. Алгоритмічний спосіб розрахунку ефективності інвестиційно-інноваційного проекту виключає можливість застосування цих моделей. Інший підхід пов'язаний з прямим моделюванням динаміки витрат і очікуваних результатів із використанням статистичного методу.

Доведено, що для адекватного оцінювання ефективності проекту необхідно мати достатню кількість інформації для формування правдоподібних гіпотез про вірогідний розподіл ключових параметрів проекту. У подібних випадках відсутні дані замінюються величинами, отриманими у процесі імітаційного експерименту. Застосування імітації є особливо ефективним у випадках, коли досліджувані процеси надто складні, мають випадкову (стохастичну) природу чи не можуть бути вивчені в реальних умовах. Найпростіші імітаційні моделі часто використовуються для генерації вихідних даних, що мають деякі припустимі властивості.

При вирішенні багатьох завдань аналізу ефективності інвестиційно-інноваційного проекту використовуються моделі, що містять випадкові величини, поведінка яких не піддається управлінню з боку менеджерів, котрі ухвалюють рішення. Такі моделі називають стохастичними. Застосування імітації дає змогу зробити висновки про можливі результати, які засновані на ймовірному розподілі випадкових величин. Стохастичну імітацію часто називають методом Монте-Карло.

Варто відзначити технологію застосування імітаційного моделювання для аналізу ризиків інвестиційно-інноваційних проектів у середовищі пакета прикладних програм (ППП) EXCEL [2].

Ефективність застосування розроблених технологій інвестиційного проектування зумовлена тим, що їх може легко реалізувати звичайний користувач персонального комп'ютера (ПК) у середовищі MS EXCEL, а універсальність математичних алгоритмів, що використовуються у технологіях, дає змогу застосовувати їх для широкого спектра ситуацій невизначеності, а також модифікувати й доповнювати іншими інструментами.

Практика застосування запропонованого інструментарію продемонструвала його високу надійність і перспективність. Економічний ефект від упровадження нових проектних технологій відображається в зменшенні обсягу страхових відрахувань, потреба в яких зумовлена наявністю ризиків і невизначеністю умов реалізації інвестиційно-інноваційного проекту.

Досвід застосування даних алгоритмів може бути використаний як для проектування індивідуальних проектів підприємств, незалежно від їх форм власності й галузевої належності, так у фінансових установах для аналізу ефективності цих проектів.

Імітаційне моделювання є серією експериментів, покликаних отримати емпіричні оцінки ступеня впливу різних чинників (початкових величин) на деякі залежні від них результати (показники) [2].

Загалом, проведення імітаційного експерименту можна поділити на такі етапи:

1. Встановити взаємозв'язки між початковими і вихідними показниками у вигляді математичного рівняння або нерівності.
2. Задати закони розподілу імовірностей для ключових параметрів моделі.
3. Провести комп'ютерну імітацію значень ключових параметрів моделі.
4. Розрахувати основні характеристики розподілів початкових і вихідних показників.
5. Проаналізувати отримані результати і прийняти рішення.

Результати імітаційного експерименту можуть бути доповнені статистичним аналізом, а також використані для побудови прогнозних моделей і сценаріїв.

Імітаційні експерименти в середовищі ППП EXCEL можна здійснити двома способами – за допомогою вбудованих функцій і використовуючи інструмент «Генератор випадкових чисел» та доповнення «Аналіз даних» (Analysis Tool-Pack). При цьому основна увага зосереджена на технології проведення імітаційних експериментів і подальшого аналізу результатів із використанням інструменту «Генератор випадкових чисел».

Варто зазначити, що застосування вбудованих функцій доцільне лише у випадку, коли ймовірність реалізації всіх значень випадкової величини вважається однаковою. Тоді для імітації значень необхідної змінної можна скористатися математичними функціями *СЛЧИС()* або *СЛУЧМЕЖДУ()*. Формати функцій наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Назва функції		Формат функції
Оригінальна версія	Локалізована версія	
RAND	СЛЧИС	СЛЧИС() – не має аргументів
RANDBETWEEN	СЛУЧМЕЖДУ	СЛУЧМЕЖДУ (нижня межа; верхня межа)

Функція *СЛЧИС()* повертає рівномірно розподілене випадкове число E , більше або дорівнює 0 і менше 1, тобто: $0 \leq E < 1$. Разом із тим, шляхом простих перетворень, за її допомогою можна отримати будь-яке випадкове дійсне число. Наприклад, щоб отримати випадкове число a і b , досить задати в будь-якому елементі електронної таблиці (ЕТ) функцію

$$= СЛЧИС() * (b - a) + a.$$

Ця функція не має аргументів. Якщо в електронній таблиці встановлений режим автоматичних розрахунків, то результат, який видає функція, змінюватиметься щоразу, коли вводять або коригують дані. У режимі ручних розрахунків перерахунок усієї ЕТ здійснюють тільки після натиснення клавіші [F9].

Налаштування режиму управління розрахунками здійснюється установленням відповідного прапорця в підпункті «Розрахунок» пункту «Параметри» теми «Сервіс» головного меню.

Загалом застосування даної функції при розв'язанні завдань аналізу інвестиційно-інноваційних ризиків обмежене низкою специфічних доповнень. Однак її зручно використовувати в деяких випадках для генерації значень імовірності подій, а також дійсних чисел.

Функція СЛУЧМЕЖДУ (нижня межа; верхня межа). Як впливає з назви цієї функції, вона дає змогу отримати випадкове число із заданого інтервалу. При цьому дійсне або ціле залежить від типу заданих аргументів. Як приклад, згенеруємо випадкове значення для змінної Q (обсяг випуску продукції). Припустимо, ця змінна набуває значень у діапазоні 150–300.

Уведіть у будь-яку комірку ЕТ параметри

= СЛУЧМЕЖДУ(150; 300) (Результат: 210).

Якщо задати аналогічні параметри для змінних P і V , а також формулу для розрахунку чистої теперішньої вартості (NPV) і скопіювати їх необхідну кількість разів, можна отримати генеральну сукупність, що містить різні значення між початковими і вихідними показниками. Після цього, використовуючи статистичні функції, можна розрахувати відповідні параметри розподілу і провести аналіз чутливості NPV до зміни параметрів проекту (рис. 1).

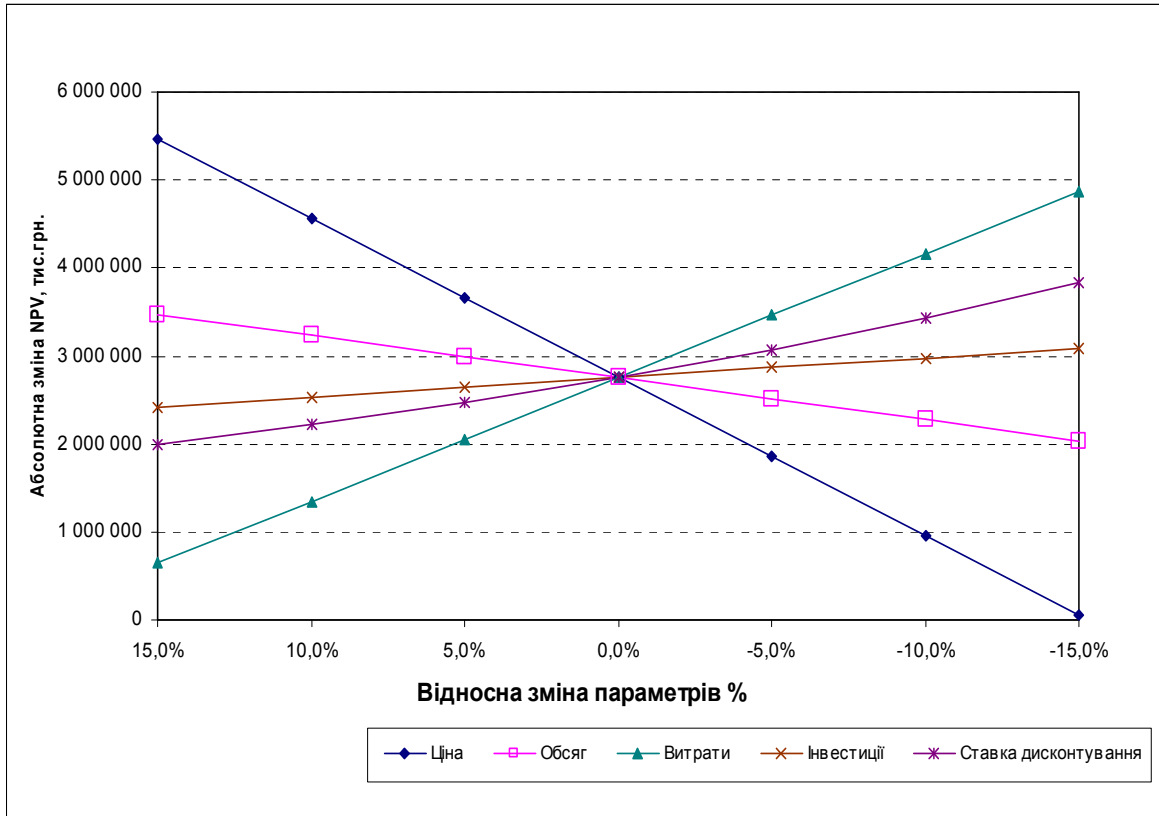


Рисунок 1. Оцінка чутливості NPV до зміни параметрів проекту будівництва установки з виробництва поліпропілену

Імітація з інструментом «Генератор випадкових чисел». Цей інструмент призначений для автоматичної генерації безлічі даних (генеральної сукупності) заданого обсягу, елементи якого характерні певним розподілом імовірності. При цьому можуть бути використані 7 типів розподілів: рівномірне, нормальне, Бернуллі, Пуассона, біноміальне, модельне і дискретне. Застосування інструменту «Генератор випадкових чисел», потребує встановлення спеціального доповнення – «Пакет аналізу» [6].

Статистичний аналіз результатів імітації. В аналізі стохастичних процесів важливе значення мають статистичні взаємозв'язки між випадковими величинами. В імітації з інструментом «Генератор випадкових чисел» для встановлення ступеня взаємозв'язку ключових і розрахункових показників ми використовували графічний аналіз. Як кількісні характеристики подібних взаємозв'язків у статистиці використовують два показники: коваріацію і кореляцію.

Коваріація відображає ступінь статистичної залежності між даними двох множин і визначається зі співвідношення

$$\text{Cov}(X, Y) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (X_i - M(X))(Y_i - M(Y)), \quad (1)$$

де X, Y – значення випадкових величин граничної величини m ; $M(X)$ – математичне очікування випадкової величини X ; $M(Y)$ – математичне очікування випадкової величини Y .

Коваріація залежить від одиниць вимірювання досліджуваних величин, що обмежує її застосування на практиці. Зручнішим для використання в аналізі є похідний від неї показник – коефіцієнт кореляції R , який розраховують за формулою

$$R = \frac{\text{Cov}(X, Y)}{\sigma_X \sigma_Y}. \quad (2)$$

Коефіцієнт кореляції має такі властивості, що й коваріація, однак величиною, яка набуває значення від -1 (характеризує лінійний зворотний взаємозв'язок) до $+1$ (характеризує лінійний прямий взаємозв'язок). Для незалежних випадкових величин значення коефіцієнта кореляції близьке до 0 . Визначення кількісних характеристик для оцінювання взаємозв'язку між випадковими величинами в ППП EXCEL можна здійснювати двома способами:

- за допомогою статистичних функцій *KOBAP()* і *KOPPEЛ()*;
- за допомогою спеціальних інструментів статистичного аналізу.

Якщо число досліджуваних змінних більше 2-х, зручнішим є використання інструментів статистичного аналізу.

Доцільність проведення статистичного аналізу результатів імітаційного експерименту полягає також у тому, що в багатьох випадках він дає змогу виявити неточності у вихідних даних або навіть помилки в постановці завдання.

Слід зазначити, що близький до нульового значення коефіцієнт кореляції R вказує на відсутність лінійного зв'язку між досліджуваними змінними, але не виключає можливість нелінійної залежності. Окрім того, високе значення коефіцієнта кореляції не обов'язково завжди означає наявність причинного зв'язку, оскільки дані двох досліджуваних змінних можуть залежати від значень третьої.

При проведенні імітаційного експерименту і подальшого аналізу отриманих результатів ми виходили із припущення розподілу початкових і вихідних показників. Разом з тим, необхідно перевірити відповідність розрахунків для вихідного показника *NPV*.

Для перевірки гіпотези про нормальний розподіл випадкової величини застосовують спеціальні статистичні критерії: Колмогорова-Смірнова, ω^2 , χ^2 . Загалом ППП EXCEL дає змогу швидко й ефективно розрахувати необхідний критерій і здійснити статистичне оцінювання гіпотез.

Проте в простому випадку для цих цілей можна використовувати такі характеристики розподілу, як асиметрія та ексцес. Нагадаємо, що для нормального розподілу ці характеристики мають дорівнювати 0 . На практиці близькими до нульових значеннями можна нехтувати. Для розрахунку коефіцієнта асиметрії та ексцесу в ППП EXCEL реалізовані спеціальні статистичні функції – *СКОС()* і *ЕКСЦЕС()*.

Також відомий ще один корисний інструмент для аналізу даних ППП EXCEL – «Описова статистика».

Чим більше характеристик розподілу випадкової величини нам відомо, тим точніше можемо судити про описані нею процеси. Інструмент «Описова статистика» автоматично розраховує найширше використовувані в практичному аналізі характеристики розподілів. При цьому значення можуть бути визначені відразу для кількох досліджуваних змінних.

Остання характеристика «Рівень надійності» показує величину інтервалу для математичного очікування згідно з заданим рівнем надійності 95%. Ви можете вказати інший рівень надійності, наприклад 98%, шляхом ведення відповідного значення в полі «Рівень надійності» діалогового вікна «Описова статистика». Слід зазначити, що чим вище прийнятий рівень надійності, тим більшою буде величина надійності інтервалу для середнього [8].

У процесі розв'язання конкретної інноваційної задачі запропоновано модель оцінювання впливу факторів ризику та невизначеності на ефективність інвестиційно-інноваційного проекту (рис. 2).

У загальному випадку проведення імітаційного експерименту можна розбити на п'ять етапів: встановити взаємозв'язки між початковими і вихідними показниками у вигляді математичного рівняння або нерівності; задати закони розподілу вірогідностей для ключових параметрів моделі; провести комп'ютерну імітацію знань ключових параметрів моделі; розрахувати основні характеристики розподілу ймовірностей початкових та вихідних показників; провести аналіз отриманих результатів і прийняття рішення.

Оцінити вплив випадковості початкових даних на кінцеві показники можна за допомогою стохастичних моделей. Такі моделі поділяють на дві групи: аналітичні та імітаційні. Аналітичні стохастичні моделі дають змогу отримати розподіл показника в аналітичній формі тільки у простих випадках. Алгоритмічний спосіб розрахунку економічної ефективності інвестиційно-інноваційного проекту унеможливує застосування цих моделей. Інший підхід, пов'язаний із прямим моделюванням динаміки витрат і очікуваних результатів із використанням статистичного методу.

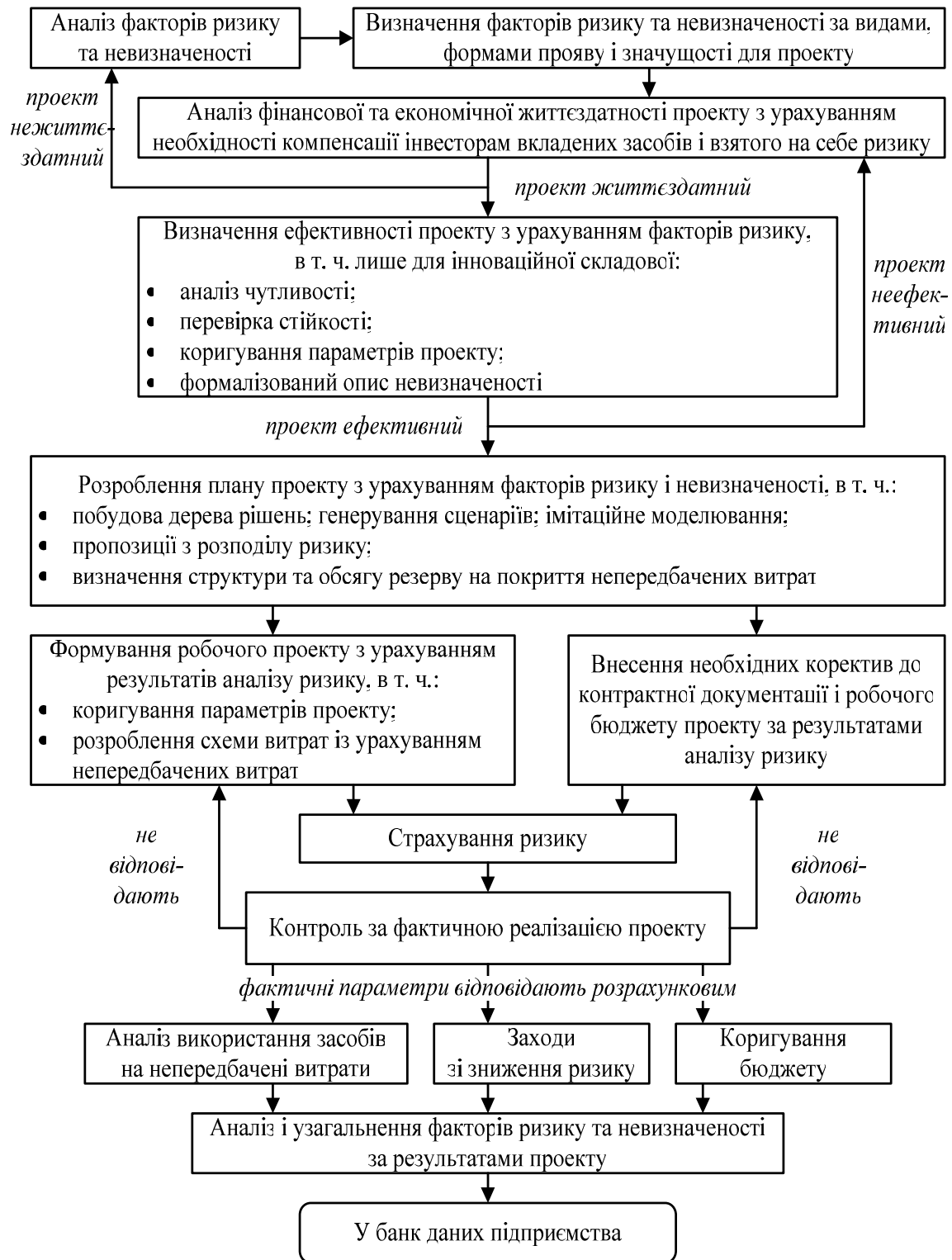


Рисунок 2. Модель оцінювання впливу факторів ризику на ефективність інвестиційно-інноваційного проекту [7]

Типовий алгоритм розрахунку показників економічної ефективності інвестиційно-інноваційного проекту з використанням стохастичної імітаційної моделі наведено на рисунку 3.

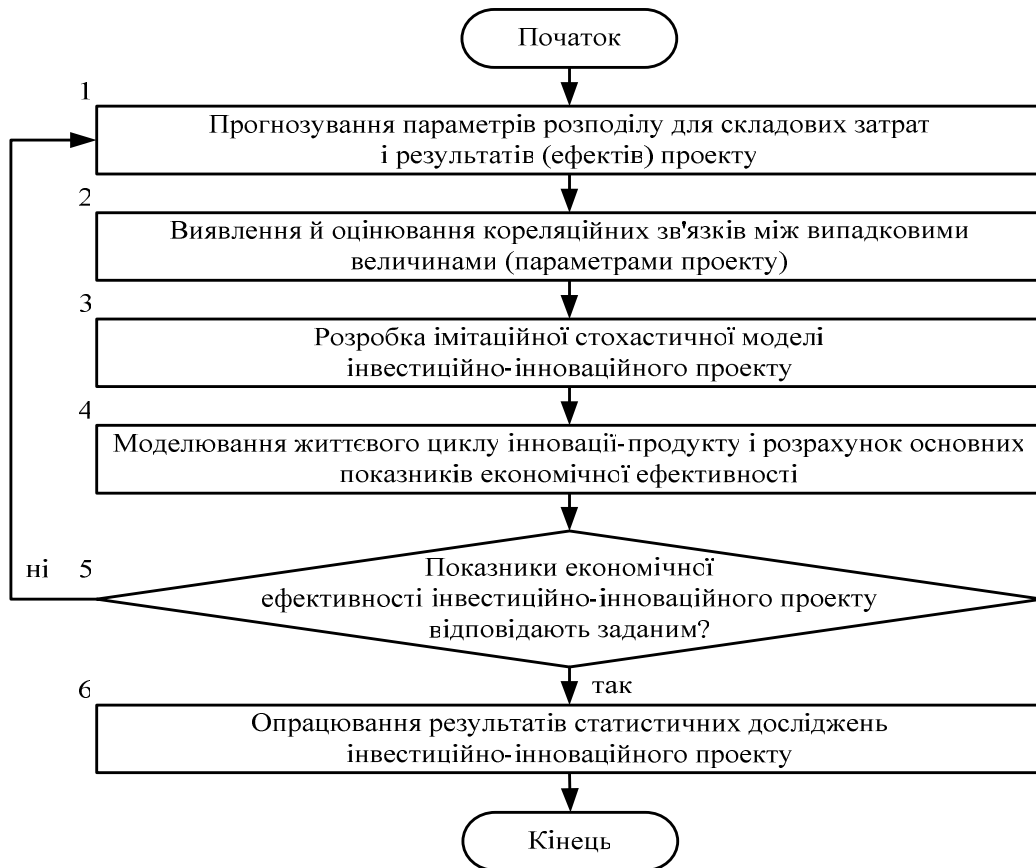


Рисунок 3. Блок-схема типового алгоритму розрахунку показників економічної ефективності інвестиційно-інноваційного проекту з використанням стохастичної імітаційної моделі [7]

При прогнозуванні параметрів розподілу витрат і результатів (ефектів) використовують статистичне опрацювання даних щодо наявних об'єктів. Коли достовірних статистичних даних для отримання необхідних оцінок немає, можуть бути залучені експерти. Відомо багато методів експертного оцінювання. Найнадійнішою та простою є схема організації, коли експертам пропонують оцінити найбільше і найменше ймовірне значення прогнозованої величини.

Виявлення та оцінювання кореляційних зв'язків між випадковими величинами – це найскладніша частина завдання, особливо через необхідність обліку тимчасового чинника в процесі моделювання.

Розроблення імітаційної стохастичної моделі і програмного забезпечення пов'язане з необхідністю зберігання великого обсягу інформації, використовуваної при підготовці початкових даних, а також числових масивів, що накопичуються в процесі моделювання. В цьому випадку важливою складовою імітаційної моделі є системи управління базами даних. Бази даних дають змогу підтримувати початкову інформацію в актуальному стані й автоматизувати статистичне опрацювання результатів досліджень.

Життєвий цикл інвестиційно-інноваційного проекту моделюють за допомогою генераторів випадкових чисел, які дозволяють генерувати значення початкових даних для кожного варіанта реалізації інвестиційно-інноваційного проекту. Отримані значення використовують при розрахунку показників економічної ефективності. При моделюванні мають бути враховані основні кореляційні зв'язки між значеннями випадкових величин; процес

багато разів повторюється. Необхідна кількість досліджень (експериментів) залежить від потрібної точності обчислень.

Якщо в процесі моделювання життєвого циклу інновації-продукту і розрахунку основних показників економічної ефективності досягнуті задані результати, то переходять до блоку 6 (рис.2), якщо ні, то уточнюють прогнозні параметри розподілу для витрат і результатів проекту.

Опрацювання результатів статистичних досліджень зводиться до визначення середніх значень показників ефективності інвестиційно-інноваційного проекту, закону розподілу і його параметрів (зазвичай, середнього квадратичного відхилення).

Висновки. Зазначимо, що імітаційне моделювання дає змогу врахувати максимально можливе значення чинників зовнішнього та внутрішнього середовища для прийняття управлінських рішень і є важливим чинником в аналізі імітаційного моделювання ризиків. Необхідність застосування у інвестиційно-інноваційній діяльності зумовлена особливостями українського ринку, що характеризується суб'єктивізмом, залежністю від політичних, соціальних чинників і високим ступенем невизначеності.

Результати імітації можуть бути доповнені ймовірнісним та статистичним аналізом і загалом забезпечують менеджера якнайповнішою інформацією про ступінь впливу ключових чинників на очікувані результати й можливі сценарії розвитку подій.

До недоліків розглянутого підходу можна віднести:

- важкість розуміння і сприйняття менеджерами імітаційних моделей, що враховують велику кількість зовнішніх та внутрішніх чинників, унаслідок їх математичної складності;
- при розробленні реальних моделей може виникнути необхідність залучення фахівців або наукових консультантів зі сторони;
- відносну неточність отриманих результатів порівняно з іншими методами аналізу тощо.

Незважаючи на зазначені недоліки, імітаційне моделювання нині є основою для створення нових перспективних технологій управління і прийняття рішень у сфері бізнесу, а розвиток обчислювальної техніки та програмного забезпечення робить цей метод дедалі доступнішим для широкого кола фахівців-практиків.

Використана література

1. Бланк, И.А. Управление финансовыми рисками [Текст] / И.А. Бланк. – К.: Ника-Центр, 2005. – 600 с.
2. Грачева, М.В. Моделирование экономических процессов [Текст] / М.В. Грачева, Л.Н. Фадеева, Ю.Н. Черемных. – 2005. – 309 с.
3. Захарін, С.В. Особливості регулювання інвестиційної та інноваційної діяльності корпоративного сектора в трансформаційній економіці [Текст] / С.В. Захарін // Проблеми науки. – 2008. – №4. – С. 12–19.
4. Ілляшенко, С.М. Економічний ризик: навч. посібник [Текст] / С.М. Ілляшенко. – 2-ге вид., доп. перероб. – К.: Центр навчальної літератури, 2004. – 220 с.
5. Колесов, Ю.Б. Моделирование систем. Динамические и гибридные системы проекты: учебн. пособие [Текст] / Ю.Б. Колесов, Ю.Б. Сениченков. – СПб, 2006. – 360 с.
6. Лукасевич, И.Я. Методы анализа рисков инвестиционных проектов [Текст] / И.Я. Лукасевич // Управление финансовыми рисками. – 2006. – №4. – С 16–17.
7. Микитюк, П.П. Аналіз інвестиційно-інноваційної діяльності підприємств: монографія [Текст] / П.П. Микитюк. – Тернопіль: Терно-граф, 2009. – 304 с.
8. Микитюк, П. П. Інноваційна діяльність: навч. посібник [Текст] / П.П. Микитюк, Б.Г. Сенів. – К.: Центр учбової літератури, 2009. – 392 с.
9. Шапкин, А.С. Экономические и финансовые риски. Оценка, управление, портфель инвестиций [Текст] / А.С. Шапкин; 4-е изд. – М.: 2006. – 198 с.