

СЕКЦІЯ 10 МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ, МОДЕЛІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОНОМІЦІ

УДК 681.83

Білоцерківський О.Б.
*кандидат технічних наук,
доцент кафедри менеджменту
зовнішньоекономічної діяльності та фінансів
Національного технічного університету
«Харківський політехнічний інститут»*

Ширяєва Н.В.
*кандидат технічних наук,
доцент кафедри менеджменту
зовнішньоекономічної діяльності та фінансів
Національного технічного університету
«Харківський політехнічний інститут»*

ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ТА ВИБІР ВИСОКОТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЕКТУ

Стаття присвячена економічній оцінці та вибору високотехнологічного проекту. Наведено теоретичні засади високотехнологічного підприємництва. Розглянуто поняття та методику оцінки інвестиційного ризику. Проведено імітаційний експеримент із використанням функцій MS EXCEL і генератора випадкових чисел. Отримано економічні показники проекту. Досліджено кореляційний зв'язок між величинами.

Ключові слова: високотехнологічні інвестиційні проекти, інвестиційний ризик, імітаційне моделювання, функції MS EXCEL, генератор випадкових чисел, економічні показники проекту, коефіцієнти парної кореляції.

Белоцерковский А.Б., Ширяева Н.В. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА И ВЫБОР ВИСОКОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТА
Статья посвящена экономической оценке и выбору високотехнологического проекта. Представлены теоретические основы високотехнологического предпринимательства. Рассмотрено понятие и методика оценки инвестиционного риска. Проведен имитационный эксперимент с использованием функций MS Excel и генератора случайных чисел. Определены экономические показатели проекта. Исследована корреляционная связь между величинами.

Ключевые слова: високотехнологичные инвестиционные проекты, инвестиционный риск, имитационное моделирование, функции MS Excel, генератор случайных чисел, экономические показатели проекта, коэффициенты парной корреляции.

Bilotserkivskiy O.B., Shyriaieva N.V. ECONOMIC EVALUATION AND SELECTING OF HIGH-TECH PROJECT

The article deals with the economic evaluation and selecting of high-tech project. Theoretical principles of high-technology business are presented. The definition and estimation method of investment risk is considered. An imitation experiment is carried out using MS Excel functions and random number generator. The economic indicators of project are defined. Correlation relationship between values is investigated.

Keywords: high-tech investment projects, investment risk, simulation modeling, MS Excel functions, random number generator, economic indicators of project, pair correlation coefficients.

Постановка проблеми. Однією з тенденцій розвитку сучасних промислових підприємств є переорієнтація на випуск високотехнологічної продукції, яка має такі особливості: вимагає спеціальних технологічних знань, схильна до старіння технологій і виробляється в компаніях, у яких працюють як мінімум в два рази більше технічного персоналу, ніж у звичайних компаніях, і які інвестують в дослідження і розробки як мінімум удвічі більшу кількість грошових коштів [1, с. 285]. Отже, високотехнологічний проект – це проект, пов'язаний з високими технологіями і спрямований на розробку високотехнологічної продукції. Проте, виробництво такої продукції пов'язано з певним ризиком, тобто з імовірною подією, в результаті настання якої можуть відбутися тільки нейтральні або негативні наслідки [2]. У зв'язку з викладеним, економічна оцінка та вибір високотехнологічного інвестиційного проекту є суттєвою проблемою, вирішення якої потребує використання ефективного методу кількісного оцінювання ризику.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Задачу про вибір інвестиційного проекту розглянуто у роботах таких українських та зарубіжних учених, як В.В. Вітлінський, Г.І. Великоіваненко [3, с. 40], М.Д. Годлевський, А.А. Поляков [4], О.Б. Білоцерківський [5, с. 3], Г.І. Горемікіна [6, с. 987], В.В. Кобзев, А.Е. Радаєв [7, с. 138], А.Г. Кравець, А.С. Дроботов [8, с. 163], Р.М. Лі [9] та ін. Характерною особливістю цих робіт є те, що їх автори для моделювання інвестиційних проектів використовували імітаційне моделювання. Проте, проблема економічної оцінки та вибору саме високотехнологічного проекту із застосуванням методів математичного та комп'ютерного моделювання є маловивченою.

Мета дослідження полягає в економічній оцінці та вибору високотехнологічного інвестиційного проекту, що ґрунтується на розрахунку його економічних показників, кількісній оцінці ризику проекту і прийнятті відповідного управлінського рішення.

Виклад основних результатів. Інвестиційний ризик – це можливість неотримання, недоотримання або невчасного отримання коштів від проекту, на реалізацію якого здійснено інвестиції [10, с. 106].

Найважливішим економічним показником для оцінки інвестиційних проектів є чиста приведена (дисконтована) вартість (ЧПВ) NPV [10, с. 106]:

$$NPV = \sum_{i=1}^n PV_i - IC, \quad (1)$$

де IC – сума первісних інвестицій; PV – приведена вартість надходжень:

$$PV = \sum_{i=1}^n NCF_i \cdot d_i, \quad (2)$$

де NCF_i – прогнозована сума грошових надходжень в i -му періоді; d_i – коефіцієнт дисконтування прогнозованих грошових надходжень:

$$d_i = \frac{1}{(1+r)^i}, \quad (3)$$

де r – усереднена процентна ставка.

Таким чином, якщо $NPV > 0$, то інвестиції доцільні; $NPV < 0$ – недоцільні; $NPV = 0$ – перевірити проект за іншими критеріями.

Для оцінки ризику інвестиційного проекту використовують такі методи [10, с. 106-107]: метод аналогій; аналіз чутливості (вразливості); аналіз дерева рішень; метод імітаційного моделювання; аналіз ризику збитків; методи математичної статистики. Проте, такі методи як метод аналогій, аналіз чутливості (вразливості), аналіз дерева рішень, аналіз ризику збитків мають певні недоліки, пов'язані з обмеженістю їх використання, наприклад *метод аналогій* може виявитися достатнім лише в простих випадках, а в основному він використовується як допоміжний у низці інших методів [10, с. 106]. Головним недоліком *методу аналізу чутливості* є передумова про те, що зміна одного чинника розглядається ізольовано, тоді як на практиці всі економічні чинники в тому або іншому ступені корельовані. Тому застосування даного методу на практиці як самостійного інструменту аналізу ризику є обмеженим [4, с. 314]. Обмеженням практичного вико-

ристання *методу аналізу дерева рішень* є початкова передумова про те, що проект повинен мати розумне число варіантів розвитку [4, с. 315]. У той же час найбільш універсальним серед перелічених методів є *метод імітаційного моделювання*, оскільки він має переваги над іншими методами: методом аналогій; аналізом чутливості (вразливості); аналізом дерева рішень, – та включає деякі з них, наприклад методи математичної статистики.

Для демонстрації можливостей методу імітаційного моделювання розглянемо «абстрактне» високотехнологічне підприємство і розв'яжемо задачу про вибір інвестиційного проекту з виробництва високотехнологічної продукції. Вихідні дані для розрахунку візьмемо з роботи І.Я. Лукасевича [11, с. 213] (табл. 1-2).

Таблиця 1

Змінні параметри проекту за інвестиційним проектом

Сценарій	Найгірший	Найкращий
Обсяг випуску	150	300
Ціна за штуку	40	55
Змінні витрати	25	35

Таблиця 2

Незмінні параметри проекту за інвестиційним проектом

Показники	Найбільш імовірне значення
Постійні витрати, тис. грн	550
Амортизація, тис. грн	150
Норма податку на прибуток, %	24
Норма дисконту, %	13
Термін проекту, років	5
Початкові інвестиції, тис. грн	2000

Для проведення імітаційного експерименту використовувався алгоритм І.Я. Лукасевича [11, с. 213]:

1) встановлення взаємозв'язків між початковими та вихідними показниками у вигляді математичного рівняння або нерівності;

	A	B	C	D	E	F
1	Імітаційний	аналіз	інвестиційного	проекту		
2		дані	для	аналізу		
3	Початкові інвестиції (I)	2000	Норма дисконту (r)	0,13		
4	Постійні витрати (F)	550	Податок (T)	0,24		
5	Амортизація (A)	150	Термін (n)	5		
6		мінімум	максимум			
7	Змінні витрати (V)	25	35			
8	Кількість (Q)	150	300			
9	Ціна (P)	40	55			
10	Кількість іспитів=		1000			
11						
12		Результати	аналізу			
13	Показники	Змінні витрати (V)	Кількість (Q)	Ціна (P)	Надходження (NCFt)	NPV
14	Середнє значення	31,5	245	50	2903,86	8213,54717
15	Стандартне відхилення	2,5	38	3	489,82	1722,81022
16	Коефіцієнт варіації	0,079365079	0,155102041	0,06	0,168678931	0,20975228
17	Мінімум	29	207	47	2414,04	6490,73695
18	Максимум	34	283	53	3393,68	9936,35739
19	Число випадків NPV<0					8
20	Імовірність p(NPV<0)					9,325E-07
21	Сума збитків=	-3161,26176		Сума доходів=		7405073,69
22						
23		Змінні витрати (V)	Кількість (Q)	Ціна (P)	Надходження (NCFt)	ЧСС (NPVt)
24		29	207	53	3393,68	9 936,36р.
25		25	297	51	5486,72	17 298,06р.

Рис. 1. Результати імітаційного експерименту з використанням функцій MS EXCEL

2) завдання законів розподілу ймовірностей для ключових параметрів моделі;

3) проведення комп'ютерної імітації значень ключових параметрів моделі;

4) розрахунок основних характеристик розподілів початкових і вихідних показників;

5) проведення аналізу отриманих результатів і прийняти рішення.

У якості результуючого показника було обрано ЧПВ проекту (1). Будемо вважати, що потік платежів, який генерується проектом, має вигляд ануїтету. Тоді величина потоку платежів NCF для будь-якого періоду і однакова та може бути визначена зі співвідношення [11, с. 214]:

$$NCF_i = ((P - V) \cdot Q - A - F) \cdot (1 - T) + A. \quad (4)$$

Для всіх ключових параметрів проекту використовувався рівномірний закон розподілу ймовірностей. Реалізація імітаційного моделювання здійснювалася з використанням функцій MS EXCEL. Авторами була розроблена відповідна програма у середовищі MS EXCEL (рис. 1), яка має переваги над програмою І.Я. Лукасевича [11, с. 218], оскільки вихідні дані та результати імітаційного аналізу розташовані на одному аркуші MS EXCEL, що є більш зручним та наочним для користувача, адже дає змогу безпосередньо аналізувати отримані результати при зміні вихідних даних.

Як слідує із рис. 1, сума доходів (7405073,7) значно перевищує суму збитків (-3161,26). Величина стандартного відхилення дорівнює 1722,8 і становить лише 0,02% від NPV . Оцінка ризику проекту здійснювалася за допомогою коефіцієнта варіації, який виявився рівним 0,21, що нижче середнього ризику інвестиційного проекту. За результатами імітаційного експерименту ймовірність отримання негативної величини NPV є меншою, ніж 1%. Більш обнадійливий результат показує величина потоку платежів NCF . Тут коефіцієнт варіації ще нижче і дорівнює 0,17. Отже, грошові надходження від проекту будуть більше нуля.

Проаналізуємо кореляційний зв'язок між випадковими величинами: V , Q , P , NCF , NPV . Інформацію

про парну залежність може дати симетрична матриця коефіцієнтів парної кореляції між пояснювальними змінними [12, с. 121]:

$$r = (r_{xy} r_{xk}) = \begin{pmatrix} r_{x1x1} & r_{x1x2} & \dots & r_{x1xm} \\ r_{x2x1} & r_{x2x2} & \dots & r_{x2xm} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{xmx1} & r_{xmx2} & \dots & r_{xmxm} \end{pmatrix}. \quad (5)$$

Для розрахунку елементів матриці використовуємо функцію MS EXCEL КОРРЕЛ. Результати наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Матриця коефіцієнтів парної кореляції

Величини	V	Q	P	NCF	NPV
V	1	-0,017	0,0204	-0,475	-0,475
Q	-0,017	1	-0,007	0,5195	0,5195
P	0,0204	-0,007	1	0,6842	0,6842
NCF	-0,475	0,5195	0,6842	1	1
NPV	-0,475	0,5195	0,6842	1	1

Із табл. 3 видно, що коефіцієнти кореляції між V , Q , P близькі до нуля, що підтверджує некорельованість цих величин. Проте, коефіцієнти кореляції між NCF і NPV дорівнюють одиниці, що свідчить про функціональний зв'язок між ними. Між величинами P та NCF , NPV спостерігається тісний прямий кореляційний зв'язок (0,68): дійсно, потік платежів та чиста приведена вартість прямо залежать від ціни продукції. У той же час між величинами V , Q та NCF , NPV попарно спостерігається середній кореляційний зв'язок, причому для обсягу випуску Q зв'язок прямий (0,52), а для змінних витрат V – обернений (-0,48), що пояснюється від'ємними змінними витратами у формулі (4).

Проте, застосування розглянутої технології проведення імітаційних експериментів у середовищі MS EXCEL – це досить трудомісткий процес, який обмежується рівномірним законом розподілу ймовірностей досліджуваних змінних. Тому слід вико-

	A	B	C	D	E	F
1	Імітаційний	аналіз	(Метод Монте-Карло)			
2		Дані	для			
3	Початкові інвестиції (I)	2000	Норма дисконту (r)	0,13		
4	Постійні витрати (F)	550	Податок (T)	0,24		
5	Амортизація (A)	150	Термін (n)	5		
6		мінімум	максимум			
7	Змінні витрати (V)	25	35			
8	Кількість (Q)	150	300			
9	Ціна (P)	40	55			
10	Кількість іспитів=		1000			
11						
12		Результати	аналізу			
13	Показники	Змінні витрати (V)	Кількість (Q)	Ціна (P)	Надходження (NCFt)	NPV
14	Середнє значення	33.5647145	174.4636372	49.17729728	1668.589942	3868.81671
15	Стандартне відхилення	1.333964049	7.512131108	4.75287637	364.1860035	1280.9264
16	Коефіцієнт варіації	0.039743048	0.043058435	0.096647775	0.218259738	0.33108997
17	Мінімум	32.23075045	166.9515061	44.42442091	1304.403938	2587.89031
18	Максимум	34.89867855	181.9757683	53.93017365	2032.775945	5149.7431
19	Число випадків $NPV < 0$					9
20	Ймовірність $p(NPV < 0)$					0.00126251
21	Сума збитків=	-3583.615682		Сума доходів=		7291423.74
22						
23		Змінні витрати (V)	Кількість (Q)	Ціна (P)	Надходження (NCFt)	ЧПВ (NPVt)
24		32.23075045	181.9757683	44.42442091	1304.40	2 587.89
25		28.67900632	237.4584185	50.43275246	3543.86	10 464.59

Рис. 2. Результати імітаційного експерименту з використанням Генератора випадкових чисел

ристовувати більш зручний і ефективний засіб розв'язування таких задач – Генератор випадкових чисел. Для попередньої задачі авторами була розроблена відповідна програма з моделюванням ключових параметрів проекту V , Q , P , NCF , NPV за допомогою Генератора випадкових чисел. Результати імітації наведено на рис. 2.

Як слідує з рис. 2, результати проведеного імітаційного експерименту з використанням інструмента Генератору випадкових чисел не набагато відрізняються від попередніх. Так сума доходів зменшилася лише на 1,5%. Коефіцієнт варіації складає 0,33, що нижче середнього ризику інвестиційного проекту. Загальна кількість від'ємних значень NPV у вибірці становить 9 з 1000. Тобто, з високою імовірністю можна стверджувати, що чиста теперішня вартість проекту буде більше 0. Також практично не змінилися і результати кореляційного аналізу

Отже, результати імітаційних експериментів, отримані з використанням двох засобів програмування MS EXCEL, не набагато відрізняються одне від одного, проте імітаційне моделювання з застосуванням інструменту Генератор випадкових чисел зручніше, надає користувачу більше можливостей для моделювання показників, займає менше часу порівняно з функціями MS EXCEL і тому може бути рекомендовано для оцінки ризику високотехнологічного проекту.

Таким чином, резюмуючи все викладене, можна стверджувати, що для управління ризиком високотехнологічного проекту, тобто зниження імовірності виникнення несприятливого результату і мінімізацію можливих втрат проекту, потрібно проводити імітаційні експерименти з використанням Генератору випадкових чисел і орієнтуватися на такі ключові параметри V , P , Q високотехнологічного проекту, при яких $NPV > 0$.

Висновки з проведеного дослідження. З наведеного вище можна зробити наступні висновки.

1) Розглянуто понятійний апарат високотехнологічного підприємства: наведено визначення таких понять, як високотехнологічна продукція, проект, ризику та управління ними. Розглянуто сутність економічної категорії «інвестиційний ризик» та метод розрахунку з використанням чистої приведеної вартості.

2) Проаналізовано недоліки різних методів кількісної оцінки ризиків, зазначено, що найбільш універсальним методом для оцінки ризику інвестиційного проекту є метод імітаційного моделювання, оскільки він має переваги над іншими методами: методом аналогій; аналізом чутливості (вразливості); аналізом дерева рішень, – та включає деякі з них, наприклад методи математичної статистики.

3) Як приклад практичного використання методу імітаційного моделювання для управління ризиком високотехнологічного проекту було розглянуто задачу про вибір інвестиційного проекту з виробництва високотехнологічної продукції. Для проведення імітаційного експерименту застосовувалися функції MS EXCEL і Генератор випадкових чисел. Було розраховано економічні показники проекту: потік платежів, чисту приведену вартість. Результати імітаційного експерименту з використанням функцій MS EXCEL показують, що сума доходів (7405073,7) значно перевищує суму збитків (-3161,26). У той же час результати імітаційного експерименту з використанням Генератору випадкових чисел не набагато

відрізняються від використання функцій MS EXCEL, при цьому імітаційне моделювання за допомогою цього засобу є зручнішим, надає користувачу більше можливостей для моделювання показників, займає менше часу порівняно з функціями MS EXCEL і тому може бути рекомендовано для оцінки ризику високотехнологічного проекту.

4) Досліджено кореляційний зв'язок між випадковими величинами: V , Q , P , NCF , NPV . Спостерігається функціональний кореляційний зв'язок ($r = 1$) між потоком платежів і чистою приведеною вартістю, тісний зв'язок ($r = 0,68$) між ціною та потоком платежів (і відповідно ЧПВ) і середній зв'язок ($r \approx 0,5$) між змінними витратами, обсягом випуску та потоком платежів (і відповідно ЧПВ) попарно.

5) Для управління ризиком високотехнологічного проекту, тобто зниження імовірності виникнення несприятливого результату і мінімізацію можливих втрат проекту, потрібно проводити імітаційні експерименти з використанням Генератору випадкових чисел і орієнтуватися на такі ключові параметри V , P , Q високотехнологічного проекту, при яких $NPV > 0$. Перспективою подальших досліджень є застосування розробленого програмного забезпечення для оцінки ризиків реальних високотехнологічних проектів.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Zemlickienė V. Analysis of high-technology product development models // *Intelektinė ekonomika*, 2011. – No. 5(2) – P. 283-297.
2. Управление рисками [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://ru.wikipedia.org/wiki/Управление_рисками.
3. Вітлінський В.В. Моделювання економіки: [навч.-метод. посіб.] / В.В. Вітлінський, Г.І. Великоіваненко. – К.: КНЕУ, 2005. – 306 с.
4. Годлевский М.Д. Управление рисками в високотехнологических проектах: состояние и подходы управления / М.Д. Годлевский, А.А. Поляков // *Методы та засоби програмної інженерії*. – 2006. – № 2-3. – С. 311-319.
5. Білоцерківський О.Б. Вибір інвестиційного проекту з використанням імітаційного моделювання / О. Б. Білоцерківський // *Вісник НТУ «ХПІ»*. – Харків: НТУ «ХПІ», 2013. – № 53 (1026). – С. 3-7.
6. Горемыкина Г.И. Моделирование оценки риска инвестиционного проекта с учетом инновационного поведения предприятия / Г.И. Горемыкина, М.А. Жданова, И.Н. Мастяева // *Фундаментальные исследования*. – 2013. – № 11-5. – С. 986-990.
7. Kobzev V.V. Instruments for management of industrial enterprises' high-tech manufacture of the basis of simulation modeling / V.V. Kobzev, A.E. Radaev // *St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics*. 2013. – No. 6 –2(185). – P. 138-144.
8. Кравец А.Г. Применение имитационного моделирования для оценки бизнес-планов инновационных проектов / А.Г. Кравец, А.С. Дроботов // *Научно-технический вестник Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики*, 2011, № 2 (72). – С. 163-165.
9. Li Rui-mei. Properties of Monte Carlo and Its Application to Risk Management / Rui-mei Li // *International Journal of u- and e- Service, Science and Technology*. – 2015. – Vol.8. – № 9. – P. 381-390.
10. Білоцерківський О.Б. Кількісне оцінювання ризику високотехнологічного проекту / О.Б. Білоцерківський // *Економічний вісник Запорізької державної інженерної академії*. – Запоріжжя: ЗДІА, 2016. – Вип. 4(04), Ч. 2. – С. 105-109.
11. Лукасевич И.Я. Анализ финансовых операций. Методы, модели, техника вычислений: [учеб. пособие для вузов] / И.Я. Лукасевич. – М.: Финансы, ЮНИТИ, 1998. – 400 с.
12. Лугінін О.Є. Економетрія: [навч. посіб.] / О.Є. Лугінін, С.В. Білоусова, О.М. Білоусов. – К.: Центр навчальної літератури, 2005. – 252 с.