

# ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ІНВЕСТИЦІЙНИХ ПРОЕКТІВ

Вінницький національний технічний університет

**Анотація:** Наукова стаття присвячена розробці імітаційної моделі інвестиційного проекту засобами системи MathCAD. Розроблена імітаційна модель дозволяє інвестору оцінити коефіцієнт ризику, імовірність прибутку або збитку від вкладених інвестицій, оцінити можливу невизначеність результатів власного рішення про вкладення інвестицій у проект.

**Ключові слова:** імітаційна модель; MathCAD; інвестиції; коефіцієнт ризику; ймовірність; гістограма; критичні інтервали; похибки.

## SIMULATION MODELING OF INVESTMENT PROJECTS

**Abstract:** The scientific article is devoted to the development of a simulation model of an investment project using the MathCAD system. The developed simulation model allows the investor to assess the risk factor, the probability of profit or loss from the invested investment, and to assess the possible uncertainty of the results of his own decision to invest in the project.

**Keywords:** simulation model; MathCAD; investments; risk factor; probability; histogram; critical intervals; errors.

Імітаційне моделювання – це метод дослідження, при якому досліджувана система замінюється математичною моделлю, яка з достатньою точністю описує реальну систему. Імітаційне моделювання полягає у розробці надійної математичної моделі системи та проведення чисельних експериментів над моделлю.

Інформація про імітаційну модель має логіко-математичний характер і подається у вигляді сукупності алгоритмів, які описують процес функціонування системи. Отже, більшою мірою імітаційною моделлю є її програмна реалізація на комп'ютері, а імітаційне моделювання зводиться до проведення експериментів (імітацій) з моделлю шляхом багаторазового прогону програми з деякою множиною даних.

Імітаційне моделювання вимагає значних обсягів обчислень та багаторазового прогону програми, тому здійснюється за допомогою комп'ютерів. Імітаційні моделі досить зручно розробляти у пакеті прикладних програм **MathCAD** [1].

Важливу роль у імітаційному моделюванні відведено імітаційному статистичному моделюванню. Імітаційне статистичне моделювання являє собою числовий метод проведення на ЕОМ обчислювальних експериментів з математичними моделями, що імітують поведінку реальних об'єктів, процесів і систем у часі протягом заданого періоду. Імітаційні статистичні моделі використовують для моделювання ймовірнісних систем і процесів у стані невизначеності. Більшість економічних процесів і систем мають ймовірнісний характер, тому для їх дослідження застосовують імітаційні статистичні моделі.

Найважливішою перевагою імітаційного моделювання є те, що воно дає спроможність досліджувати економічні системи на етапі їх проектування. Завдяки цьому, імітаційні моделі можна використовувати як універсальний засіб при прийнятті відповідних рішень в умовах невизначеності та врахуванні тих факторів, які важко передбачити. Найчастіше імітаційне моделювання використовують при розробці інвестиційних проектів. Таким чином, побудова імітаційних моделей і підвищення достовірності прогнозування інвестиційних проектів є актуальною.

Інвестування будь-якого проекту пов'язане з ризиком. Результати реалізації інвестиційного проекту неоднозначні. Це обумовлено тим, що критерії оцінки ефективності інвестицій залежать від грошових потоків, які у свою чергу в майбутніх періодах можуть зазнавати впливів випадкових факторів: зростати чи зменшуватися. Фактори ризику і невизначеності підлягають обліку при оцінці ефективності проекту, тому що при різних можливих умовах реалізації проекту результати будуть різні.

Основні критерії інвестиційного проекту:

- Чистий грошовий потік (Cash-flow);
- Чиста теперішня вартість проекту – Net Present Value (NPV).

Показник Cash-flow (CF) використовується при аналізі цінних паперів, розробці інвестиційних проектів та звітності підприємств. Чистий рух грошових коштів у результаті операційної діяльності

прийнято позначати як операційний Cash-flow, чистий рух коштів від інвестиційної діяльності – як інвестиційний Cash-flow. Різниця між вхідними та вихідними потоками в рамках фінансової діяльності (у вузькому розумінні) – Cash-flow від фінансової діяльності.

Чистий Cash-flow (рух грошових коштів) по підприємству за звітний період розраховується як арифметична сума Cash-flow від усіх видів діяльності. Він дорівнюватиме приросту грошових коштів та їх еквівалентів за означений період[1,2].

$$CF = (Q(P - V) - PV - AM) \cdot (1 - PD) + AM$$

де  $Q$  – об'єми реалізації,  $P$  – вартість однієї послуги,  $PV$  – змінні витрати на одну послугу,  $AM$  – амортизація,  $PD$  – податки.

Чиста теперішня вартість проекту NPV. Це найвідоміший і найуживаніший критерій. NPV являє собою дисконтовану цінність проекту (поточну вартість доходів або вигід від зроблених інвестицій)[1,2]. Чиста теперішня вартість проекту – це різниця між величиною грошового потоку, дисконтованого за прийнятної ставки дохідності і сумою інвестицій. Розрахунки NPV зручно виконувати з використанням вбудованої функції MathCAD  $pv(r, \tau, CF)$ ,  $r$  – процентна ставка дисконтування (норма) за період,  $\tau$  – загальне число періодів платежів (у нашому випадку 3 періоди, кількість періодів дорівнює кількості років реалізації),  $CF$  – виплата, проведена в кожен період (вводимо як від'ємну величину).  $NPV = PV(r, \tau, CF) - IN$ .

Для попереднього аналізу рядів розподілу значень NPV найчастіше використовують гістограми абсолютних значень. По осі ординат відкладають не щільність частот, а абсолютне значення частот. Гістограми для імітаційних моделей інвестиційних проектів необхідно будувати таким чином, щоб окремі інтервали містили тільки додатні (прибуткові) або від'ємні (збиткові) значення NPV. Якщо у один із інтервалів гістограми одночасно попадають як від'ємні так і додатні значення NPV, то результати імітаційного експерименту можуть бути істотно спотвореними. Також детально необхідно дослідити критичні інтервали гістограми на межі переходу від збиткових до прибуткових значень NPV. Вони можуть містити значне число частот при несуттєвих для проекту прибутках або збитках. Похибки середніх значень NPV на цих інтервалах можуть досягати досить великих значень 100-300%, тому середні значення на цих інтервалах мало достовірні. В окремих випадках вдається, за результатами імітаційного моделювання, встановити функцію розподілу щільності досліджуваної випадкової величини, тоді ймовірність події оцінюється за класичними співвідношеннями математичної статистики та теорії ймовірностей.

Похибки імітаційної моделі залежить від типу математичної залежності моделі, кількості змінних та числа прогонів моделі. Похибку моделі можливо оцінити тільки на основі результатів імітаційного моделювання. Для цього проводять попередні імітаційні експерименти з моделлю. Число прогонів програми обирають таким, щоб середнє значення похибки частот на інтервалі не перевищувало наперед заданий рівень, наприклад 2,5%. Зауважимо, що із збільшенням числа прогонів програми, збільшується кількість інтервалів гістограми.

Розглянемо імітаційну модель інвестиційний проекту у сфері послуг. У модель закладемо умовні параметри (табл. 1):

Таблиця 1

Змінні параметри моделі	Мінімум	Максимум
Змінні витрати на одну послугу (V), грн	3000	4500
Кількість наданих послуг Q), од	2500	4300
Вартість однієї послуги (P), грн	3300	5000
Постійні параметри моделі	Числове значення	
Початкові інвестиції (INV), грн.	1500000	
Постійні витрати (PV), грн.	400000	
Амортизація (AM), грн.	300000	
Податок (POD), %	60	
Термін реалізації проекту ( $\tau$ ), років	3	
Норма (ставка) дисконту (r), %	10	

Оцінимо ефективність інвестиційного проекту та ризик його реалізації методом імітаційного моделювання. Імітаційну модель побудуємо в системі MathCAD. Проведемо 2000 імітацій з математичною моделлю. Результати моделювання приведено на рис.1, табл. 2.

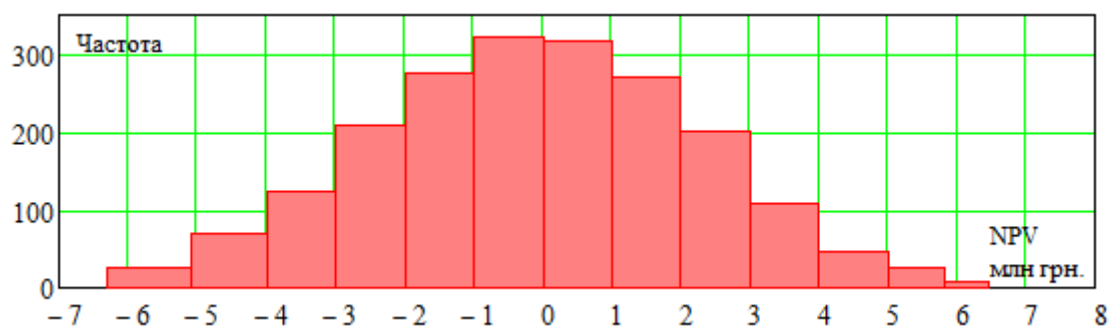


Рис. 1. Гістограма абсолютних частот для NPV

Таблиця 2

Статистичні характеристики NPV на інтервалах гістограми

Інтервал №	Середина інтервалу, грн.	Частота	Відносна похибка попадання значення NPV в інтервал, %	Середнє значення NPV на інтервалі, грн.	Відносна похибка середнього значення NPV на інтервалі, %	Абсолютна середня квадратична похибка середнього значення NPV на інтервалі, грн	Ймовірність (прибутку, збитку), %
1	-5684146	25	2,2	-5507512	4,9	67178	1,3
2	-4500000	69	2,1	-4373706	5,3	33185	3,4
3	-3500000	124	2,2	-3476674	7,0	25720	6,2
4	-2500000	209	2,1	-2478676	9,8	19513	10,5
5	-1500000	276	2,0	-1470367	18,2	17860	13,8
6	-500000	321	2,0	-464905	267	15810	16,0
7	500000	317	2,1	482974	214	16463	15,8
8	1500000	271	2,1	1480006	16,6	16713	13,5
9	2500000	200	2,2	2505676	9,8	20246	10
10	3500000	108	2,3	3394558	7,3	27796	5,4
11	4500000	47	2,2	4431278	5,3	39649	2,4
12	5500000	26	2,2	5407193	4,3	56963	1,3
13	6137666	7	2,2	6148473	1,4	38740	0,4

За результатами імітаційного моделювання коефіцієнт ризику для інвестиційного проекту складає 52%, ймовірність прибутку від вкладених інвестицій складає 48,8%, збитків 51,2%.

Отримані результати імітаційного моделювання дають можливість інвестору оцінити невизначеність рішення щодо вкладення коштів у проект, оцінити ступінь ризику та проаналізувати ефективність інвестиційного проекту.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гавриленко В. В. Імітаційне моделювання інвестиційних ризиків засобами MS Excel та MathCad / В. В. Гавриленко, О. А.Шумейко // *Економіко-математичне моделювання соціально-економічних систем*: Зб. наук. праць МННЦ ІТіС. – 2007. – С. 211-220.
2. Janekova J., Fabianova J., Kadarova J. Selection of Optimal Investment Variant Based on Monte Carlo Simulations. *International Journal of Simulation Modelling*. 2021. Vol. 20, № 2. P. 279–290.

**Дзись Віктор Григорович**, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри загальної фізики, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [dzisvg@gmail.com](mailto:dzisvg@gmail.com)

**Dzis Viktor G.** – Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of Department of General Physics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [dzisvg@gmail.com](mailto:dzisvg@gmail.com)