

УДК 681.83

**О. Б. БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ**, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХПІ»**ВИБІР ІНВЕСТИЦІЙНОГО ПРОЕКТУ  
З ВИКОРИСТАННЯМ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ**

В роботі розглянуто вибір інвестиційного проекту з використанням імітаційного моделювання. Досліджено історію розвитку імітаційного моделювання. Наведено теоретико-методологічні засади імітаційного моделювання. Проведено імітаційний експеримент з використанням засобів програмування MS EXCEL і порівняльний аналіз результатів моделювання.

**Ключові слова:** імітаційне моделювання, інвестиційний проект, імітаційний експеримент, засоби програмування MS EXCEL.

**Вступ.** Імітаційне моделювання як вид комп'ютерного моделювання економіки застосовується з початку 1960-х рр. Трохи пізніше були створені перші інструментальні засоби імітаційного моделювання, що називаються мовами моделювання, кількість яких до кінця 1970-х рр. нараховувала вже більше сотні. Системи імітаційного моделювання найактивніше почали використовуватися в 80-ті роки, коли в різних країнах застосовувалося більше 20 різних систем. Найбільш поширеними були GASP-IV, Simula-67, GPSS-V і SLAM-II, які, проте, мали багато недоліків. У якості типових представників покоління систем імітаційного моделювання 90-х років можна назвати наступні поширені пакети: Process Charter-1.0.2, Powersim-2.01, Lthink-3.0.61, Extend+BPR-3.1, ReThink. Спроби створення універсальної системи імітаційного моделювання привели до появи системи Pilgrim-2.1, яка володіє широким спектром можливостей імітації часової, просторової та фінансової динаміки модельованих об'єктів [1].

*Імітація* (від лат. *imitation* – наслідування) – це відтворення певним чином явищ, подій, дій, об'єктів [2-6].

*Імітаційне моделювання* – це вид комп'ютерного моделювання, для якого характерним є відтворення на комп'ютері (імітація) процесу функціонування досліджуваної складної системи [2-6].

Імітаційні моделі можуть бути *детермінованими* і *стохастичними* [2-6]. У *стохастичних моделях* за допомогою генераторів (датчиків) випадкових чисел імітується вплив (дія) невизначених і випадкових чинників. Такий метод імітаційного моделювання дістав назву *методу статистичного моделювання (чи методу Монте-Карло)* [2-6]. Сьогодні його вважають одним із найефективніших методів дослідження складних систем, а часто і єдиним практично доступним методом отримання нової інформації про поведінку гіпотетичної системи (на етапі її проектування). Тому використання імітаційного моделювання для вибору інвестиційного проекту з множини альтернативних варіантів є актуальним і має важливе практичне значення, оскільки проведення реальних експериментів з економічними системами, принаймні, безрозсудно, вимагає значних витрат і навряд чи буде здійснено на практиці.

**Аналіз останніх досліджень та літератури.** Теоретичні та практичні питання використання імітаційного моделювання для дослідження економічних процесів

розглянуті в багатьох працях [1-9]. Зокрема, в роботах [1, 4] для імітаційного моделювання економічних процесів застосовується система Pilgrim. В роботі [3] розглянуто особливості імітаційного моделювання з використанням блоків SIMULINK системи MATLAB. Електронні таблиці EXCEL є універсальним обчислювальним інструментом, які відкрили нову епоху у програмуванні – так зване «програмування без мови», завдяки чому складні розрахунки стали доступними непрограмістам. Саме їх використанню для імітаційного моделювання економічних процесів, наприклад таких як вибір інвестиційного проекту з множини альтернативних варіантів, присвячені роботи [7-9].

**Метою дослідження** є вибір інвестиційного проекту з використанням двох засобів MS EXCEL для імітаційного моделювання: його функцій та інструмента Генератор випадкових чисел, – та їх порівняльний аналіз.

**Постановка задачі.** Розглянуто задачу про вибір інвестиційного проекту з виробництва нового продукту.

В процесі попереднього аналізу експертами були виявлені три ключові параметри проекту і визначені можливі межі їх змін (табл. 1). Інші параметри проекту вважаються за постійні величини (табл. 2).

Таблиця 1. Змінні параметри проекту за інвестиційним проектом.

Сценарій	Найгірший	Найкращий
Обсяг випуску – $Q$	150	300
Ціна за штуку – $P$	40	55
Змінні витрати – $V$	35	25

Таблиця 2. Незмінні параметри проекту за інвестиційним проектом.

Показники	Найбільш імовірне значення
Постійні витрати – $F$ , тис. грн.	500
Амортизація – $A$ , тис. грн.	100
Норма податку на прибуток – $T$ , %	24
Норма дисконту – $r$ , %	13
Термін проекту – $n$ , років	5
Початкові інвестиції – $I_0$ , тис. грн.	2000

**Методологія.** Для проведення імітаційного експерименту використовувався наступний алгоритм [7]:

1. Встановлення взаємозв'язків між початковими та вихідними показниками у вигляді математичного рівняння або нерівності.
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.

На першому етапі алгоритму було визначено залежність результуючого показника від початкових. При цьому у якості результуючого показника було обрано чисту поточну (теперішню) вартість проекту  $NPV$  [7, 8]:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{NCF_t}{(1+r)^t} - I_o, \quad (1)$$

де  $NCF_t$  – величина чистого потоку платежів у періоді  $t$ .

З метою спрощення вважалося, що потік платежів, який генерується проектом, має вигляд ануїтету. Тоді величина потоку платежів  $NCF$  для будь-якого періоду  $t$  однакова та може бути визначена зі співвідношення [7, 8]:

$$NCF_t = ((P - V) \cdot Q - A - F) \cdot (1 - T) + A. \quad (2)$$

На другому етапі алгоритму було обрано закони розподілу ймовірностей ключових змінних. Припускалося, що всі ключові змінні мають рівномірний розподіл імовірності. Реалізація третього етапу алгоритму – імітаційного моделювання здійснювалася з використанням засобів програмування MS EXCEL, а саме функцій MS EXCEL та інструмента Генератор випадкових чисел.

**Результати досліджень.** Розглянемо результати імітаційного моделювання з використанням функцій MS EXCEL (рис. 1):

	A	B	C	D	E	F
1	<b>Імітаційний</b>	<b>аналіз</b>	<b>(Метод Монте-Карло)</b>			
2	Початкові інвестиції (I)	2000	Норма дисконту (r)	0,13		
3	Постійні витрати (F)	500	Податок (T)	0,24		
4	Амортизація (A)	100	Термін (n)	5		
5		<b>Результати</b>	<b>аналізу</b>			
6	Показники	Змінні витрати (V)	Кількість (Q)	Ціна (P)	Надходження (NCF <sub>t</sub> )	NPV
8	Середнє значення	29,94188377	226,5490982	47,4248497	2656,818196	7344,644017
9	Стандартне відхилення	3,075312073	43,76017596	4,600673442	1150,920129	4048,052256
10	Коефіцієнт варіації	0,102709372	0,193159789	0,097009763	0,433194913	0,55115704
11	Мінімум	25	150	40	396,4	-605,769528
12	Максимум	35	300	55	6370	20404,76314
13	Число випадків NPV<0					5
14	Сума збитків=					-1098,8725
15	Сума доходів=					3666076,237
16						
17	Імовірність p(NPV<=X)			Величина (X)	Нормал. (X)	p(NPV<=X)
18					-1,814364922	0,034810781

Рис. 1 – Результати аналізу.

Як видно з рис. 1, сума всіх від'ємних значень  $NPV$  в отриманій генеральній сукупності, що дорівнює -1099 грн., може бути інтерпретована як чиста вартість невизначеності для інвестора у випадку прийняття проекту. Аналогічно сума всіх невід'ємних значень  $NPV$ , що дорівнює 3666076,2 грн., може трактуватися як чиста вартість невизначеності для інвестора у випадку відхилення проекту. Отже, отримані показники наочно демонструють несумірність суми можливих збитків стосовно загальної суми доходів (-1099 й 3666076,2 відповідно). Величина очікуваної  $NPV$  дорівнює 7344,64 при стандартному відхиленні 4048,05. Коефіцієнт варіації дорівнює 0,55.

Для більш зручного та ефективного розв'язання задачі у середовищі MS EXCEL використовувався спеціальний інструмент аналізу – Генератор випадкових чисел. Цей інструмент призначений для автоматичної генерації множини даних (генеральної сукупності) заданого об'єму, елементи якого характеризуються певним розподілом

імовірностей. Результати проведеного імітаційного експерименту ненабагато відрізняються від попередніх (рис. 2).

	A	B	C	D	E	F
1	<b>Імітаційний</b>	<b>аналіз</b>	<b>(Метод Монте-Карло)</b>			
2	Початкові інвестиції (I)	2000	Норма дисконту (r)	0,13		
3	Постійні витрати (F)	500	Податок (T)	0,24		
4	Амортизація (A)	100	Термін (n)	5		
5		<b>Результати</b>	<b>аналізу</b>			
6	<b>Показники</b>	<b>Змінні витрати (V)</b>	<b>Кількість (Q)</b>	<b>Ціна (P)</b>	<b>Надходження (NCFt)</b>	<b>NPV</b>
7						
8	Середнє значення	29,943673	211,6329779	48,66328188	2735,725942	7622,180806
9	Стандартне відхилення	3,578867932	55,08828068	5,509839048	1097,655545	3860,708396
10	Коефіцієнт варіації	0,119520005	0,260301023	0,113223746	0,401230082	0,506509685
11	Мінімум	19,29852736	47,77591976	32,27456896	115,1561649	-1594,96914
12	Максимум	42,13252544	399,2517829	67,42860556	7319,623865	23744,80988
13	Число випадків NPV<0					10
14	Сума збитків=					-6790,7763
15	Сума доходів=					3817881,18
16						
17	P(E<=0)	2,9602E-17	6,10911E-05	5,13782E-19	0,006345304	0,024174053
18	P(E<=MIN(E))	1	0,001467596	0,001467596	0,008483443	0,008483443
19	P(M(E)+σ<=E<=max)	0,158325383	0,158325383	0,158325383	0,158640425	0,158640425
20	P(M(E)-σ<=E<=M(E))	0,341344746	0,341344746	0,341344746	0,341344746	0,341344746

Рис. 2 – Результати аналізу.

Як видно з рис. 2, величина очікуваної  $NPV$  дорівнює 7622,18 при стандартному відхиленні 3860,7. Коефіцієнт варіації (0,5) трохи нижче, тому ризик даного проекту в цілому нижче середнього ризику інвестиційного портфеля фірми. Загальна кількість від'ємних значень  $NPV$  у вибірці становить 10 з 500. Отже, з імовірністю близько 97,6% можна стверджувати, що чиста теперішня вартість проекту буде більше 0. При цьому ймовірність того, що величина  $NPV$  виявиться більше ніж  $M(NPV) + \sigma$ , дорівнює 15,8%. Імовірність потрапляння значення  $NPV$  в інтервал  $[M(NPV) - \sigma, M(NPV)]$  дорівнює 34%.

#### Висновки:

1. Досліджено історію розвитку імітаційного моделювання як виду комп'ютерного моделювання економіки, розглянуто найпоширеніші мови моделювання.

2. Наведено теоретико-методологічні засади імітаційного моделювання, а саме: поняття імітації, імітаційного моделювання, класифікацію імітаційних моделей, етапи проведення імітаційного експерименту.

3. Розглянуто задачу про вибір інвестиційного проекту з виробництва нового продукту. Для проведення імітаційного експерименту застосовувалися засоби програмування MS EXCEL, а саме функції MS EXCEL та інструмент Генератор випадкових чисел. 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, займає менше часу порівняно з функціями MS EXCEL і тому може бути рекомендовано для комп'ютерного моделювання.

**Список літератури:** 1. Емельянов А.А., Власова Е.А. Имитационное моделирование экономических процессов. – М. Московский международный институт эконометрики, информатики, финансов и права. 2003. – 92 с. 2. Вітлінський В.В., Вітлінський Г.І. Моделювання економіки: навч.-метод. посіб. для самост. вивч. дисц. – К.: КНЕУ, 2005. – 306 с. 3. Снетков Н.Н. Имитационное моделирование экономических процессов: Учебно-практическое пособие. – М.: Изд.центр ЕАОИ, 2008. – 228 с.

4. Емельянов А.А. Имитационное моделирование экономических процессов: Учеб. пособие / А.А. Емельянов, Е.А. Власова, Р.В. Дума; Под ред. А.А. Емельянова. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 368 с. 5. Трусов П.В. Введение в математическое моделирование: учеб. Пособие. – М.: Логос, 2005. – 440 с. 6. Власов М.П. Моделирование экономических процессов / М.П. Власов, П.Д. Шимко. – Ростов н/Д: Феникс, 2005. – 409 с. 7. Лукасевич И.Я. Анализ финансовых операций. Методы, модели, техника вычислений: учеб. Пособие для вузов. – М.: Финансы, 1998. – 400 с. 8. Расторгуев Д.Н. Методические рекомендации к практическим занятиям по компьютерному моделированию социально-экономических процессов. – Ульяновск: УлГТУ, 2006. – 32 с. 9. Мур Дж., Уэдерфорд Л. Экономическое моделирование в Microsoft Excel: Пер. с англ. – М.: Вильямс, 2004. – 1024 с.

Надійшла до редакції 24.10.2013

УДК 681.83

**Вибір інвестиційного проекту з використанням імітаційного моделювання / Білоцерківський О. Б.** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Актуальні проблеми управління та фінансово-господарської діяльності підприємства – Харків: НТУ «ХПІ». – 2013. – № 53(1026). – С. 3–7. – Бібліогр.: 9 назв.

В статті розглянуто вибір інвестиційного проекту з використанням імітаційного моделювання. Досліджено історію розвитку імітаційного моделювання. Представлено теоретико-методологічні основи імітаційного моделювання. Проведено імітаційний експеримент з використанням засобів програмування MS Excel і порівняльний аналіз результатів моделювання.

**Ключевые слова:** імітаційне моделювання, інвестиційний проект, імітаційний експеримент, засоби програмування MS Excel.

In the article the using of imitation modeling for choice of investment project is considered. The history of imitation modeling development is investigated. Theoretical and methodological bases of imitation modeling are presented. An imitation experiment is executed. The programming facilities of MS Excel are used. Comparative analysis of modeling results is carried out.

**Keywords:** imitation modeling, investment project, imitation experiment, programming facilities of MS Excel.

УДК 330.31: 628.477.6

**О. В. БОНДАРЕНКО**, асистент, ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, Харків

### **ОЦІНКА ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА РЕЦИКЛІНГ ВІДХОДІВ ВИРОБНИЦТВА, БУДІВНИЦТВА І ЗНОСУ**

Розглядаються проблеми поводження з відходами. З метою зменшення відходів і збільшення частки використання вторинних матеріальних ресурсів, що залучаються до господарського обороту, виявлені фактори, що впливають на рециклінг відходів виробництва, будівництва і зносу.

**Ключові слова:** відходи виробництва, будівництва і зносу, рециклінг, фактори, інфраструктура, інвестиції.

**Вступ.** Головною проблемою поводження з відходами є й залишається роздільний збір, переробка сміття та його утилізація. Переробка відходів стала однією з найважливіших проблем одержання додаткових матеріальних ресурсів і охорони навколишнього середовища. За даними ISWA (Міжнародної Асоціації Твердих Відходів, International Solid Waste Association) глобальний ринок твердих побутових відходів і промислових відходів становить близько 4 млрд тонн. У випадку України це більше 10 млн тонн ТПВ і більше 120 млн тонн промислових відходів у рік. Але середній рівень утилізації ТПВ в Україні не перевищує 6%. У той же час Президент