

**В. П. Синчак**

доктор економічних наук,
завідувач кафедри менеджменту, фінансів та кредиту
Хмельницького університету управління та права

О. В. Пилип'як

кандидат економічних наук,
доцент кафедри економіки підприємства і підприємництва
Хмельницького національного університету

УДК 332.14

ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ ОЦІНЦІ ПРОЕКТНИХ РИЗИКІВ

У роботі розглянуті практичні аспекти застосування методу імітаційного моделювання при аналізі ризиків. Досліджено систему показників кількісної оцінки ризику. Сформовано алгоритм застосування методу імітаційного моделювання.

В работе рассмотрены практические аспекты использования метода имитационного моделирования при анализе проектных рисков. Исследовано систему показателей количественной оценки риска. Сформирован алгоритм использования метода имитационного моделирования.

The practical aspects of applying the method of simulation in risk analysis are observed in the work. It is investigated the system of indices of quantitative risk assessment. It is formed the algorithm of applying the method of simulation.

Інвестиційні процеси є одними із визначальних фінансово-економічних процесів розвитку економічної системи на усіх її рівнях. Однією із складових інвестиційної діяльності є ризики, які її супроводжують. Саме фактор ризику формує конфігурацію усіх інвестиційних процесів і нарівні із фактором доходу — є базовою економічною категорією.

Слід чітко розуміти, що ризики — це об'єктивна реальність, позбутися якої неможливо. Ризики супроводжують інвестиційний проект з моменту його ініціації і завершуючи припиненням. Схематично вплив ризиків на проектні рішення показано на рис. 1.

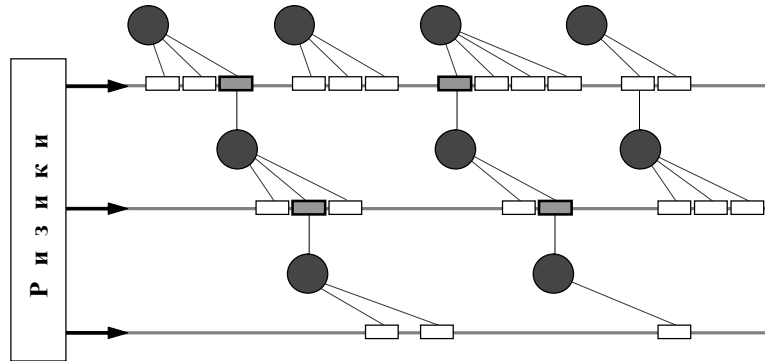


Рис. 1. Вплив ризиків на проектні рішення

Вплив ризику на проектні рішення доволі неоднозначний. Рис. 1 показує, що внаслідок впливу ризиків результати проектних рішень відхиляються від запланованих. Причому, чим сильнішим є вплив ризику, тим, відповідно, вищим може бути саме відхилення.

Актуальність проблематики оцінки проектних ризиків виявляє себе у теоретичному та прикладному аспектах. У теоретичному аспекті актуальність обумовлюється тим, що ризик виступає одним із основних структурних елементів у низці сучасних інвестиційних теорій, зокрема, у сучасній портфельній теорії, моделі оцінки капітальних активів, теорії реальних опціонів тощо.

У прикладному аспекті актуальність проблематики оцінки проектних ризиків обумовлена об'єктивною необхідністю ідентифікації, аналізу, вимірювання та управління ризиком у проектній діяльності суб'єктів господарювання.

Оскільки метод імітаційного моделювання враховує форму залежності між самими факторними ознаками і передбачає застосування потужного математичного апарату та, відповідно, ЕОМ, то його застосування для оцінювання проектних ризиків ще не набуло належно широкого поширення, але інструментарій даного методу інтенсивно розвивається. І однією із безсумнівних переваг методу імітаційного моделювання є можливість його застосування, насамперед, в умовах невизначеності та ризику.

У науковій літературі вже накопичено достатній досвід у дослідженні ризику. Зокрема, значний внесок у розвиток ризикології зроблено такими вченими-економістами, як: Г. Марковіц, С. Фішер, У. Шарп І. Тюнен, Р. Кантільон, Й. Шумпетер, Дж.М. Кейнс, І. Кірцнер та інші.

Дослідження місця ризику у підприємницькій діяльності висвітлені в роботах таких українських науковців: М. Долішнього, М. Козоріз, В. Лук'янової, А. Даниленка, Б. Андрушківа, П. Беленького, О. Кузьміна, С. Реверчука, О. Слюсаренко, О. Устенка, В. Черкасова та інших.

Аналіз цих та деяких інших робіт дає можливість констатувати, що в наш час в інвестиційній теорії та практиці не має єдиного підходу щодо оцінки рівня проектних ризиків і зокрема щодо вибору методу оцінки.

У даній роботі досліджується метод імітаційного моделювання оцінки проектних ризиків. З погляду авторів метод імітаційного моделювання має неабиякий потенціал для оцінки ризиків, а з огляду на труднощі прикладного застосування, несправедливо ігнорується в інвестиційному проектуванні.

Метою цієї статті є дослідити прикладні аспекти застосування методу імітаційного моделювання для оцінки проектних ризиків.

Загалом моделювання є важливим засобом розв'язання багатьох економічних завдань і, зокрема, проведення аналітичного дослідження. Імітаційне моделювання — це метод, що дозволяє будувати моделі, що описують процеси так, як вони проходили б насправді.

Варто зазначити, що сам термін “імітаційне моделювання” є подвійним. “Імітація” та “моделювання” — це синоніми. Поширена думка, що метод імітаційного моделювання може цілком розглядатися як більш складна форма методу чутливості, оскільки



застосовує елементи даного методу [1]. Це не зовсім так. Метод імітаційного моделювання має розглядатися значно ширше, ніж метод чутливості, оскільки ґрунтується не тільки на формально заданих параметрах, а й на параметрах, які безпосередньо є “чужими” для тої чи іншої сукупності даних. Таким чином, метод імітаційного моделювання застосовує елементи чутливості, але не вичерпується тільки формальним аналізом чутливості.

До імітаційного моделювання проектних ризиків вдаються, коли:

- дорого або неможливо експериментувати на реальному проекті;
- неможливо побудувати аналітичну модель: у системі є час, причинні зв'язки, наслідок, нелінійності, стохастичні (випадкові) змінні;
- необхідно зімітувати поведінку проекту або його окремих параметрів у часі.

Застосування імітації дозволяє зробити висновки щодо можливих результатах, які ґрунтуються на імовірнісних розподілах випадкових величин. Стохастичну імітацію часто називають методом Монте-Карло [2].

Імітаційне моделювання проектних ризиків складається з двох великих етапів: створення моделі і аналізу ризиків. Але це тільки верхня частина айсберга. Побудова імітаційної моделі вимагає кропіткої роботи [3]. Розглянемо основні кроки застосування методу імітаційного моделювання для оцінювання проектних ризиків:

Крок 1. Визначаються усі незалежні показники (фактори ризику), які гіпотетично здійснюють вплив на результативний показник (показники) інвестиційного проекту. При цьому слід мати на увазі, що вельми небажаним є високий кореляційний зв'язок між факторними показниками: такі показники виключаються із попереднього переліку.

Крім чистої теперішньої вартості (NPV) в якості результативного показника при оцінці проектних ризиків застосовують: дисконтований період окупності (DPP); модифіковану чисту теперішню вартість ($MNPV$); дисконтований індекс прибутковості (DPI); внутрішню норму прибутковості (IRR); модифіковану внутрішню норму прибутковості ($MIRR$), грошовий потік (CF) тощо.

Як факторний показник, як вважають автори, можна обрати будь-який кількісний показник, що прямо або опосередковано впливає на результативний. Найбільш поширені результативні показники оцінки проектних ризиків та основні кількісні фактори впливу на них представлено на рис. 2

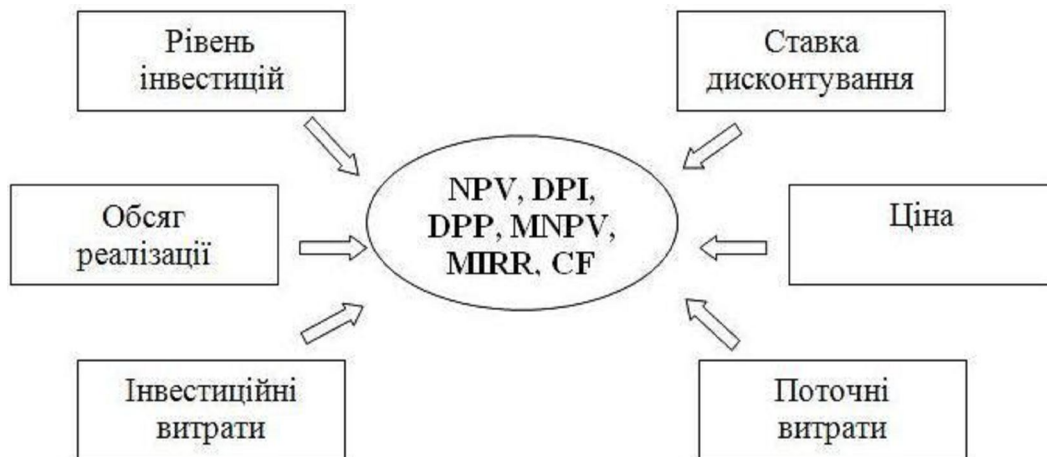


Рис.2. Найбільш поширені результативні показники оцінки проектних ризиків та основні кількісні фактори впливу на них

Крок 2. За допомогою спеціальних методів початковий набір факторних показників звужується: залишаються тільки найбільш значущі.

Крок 3. Встановлюється форма взаємозв'язку між факторними показниками та результативним показником у вигляді математичного рівняння або системи рівнянь.

Крок 4. Задаються закони розподілу ймовірностей факторних показників моделі. Припускається, що кожен факторний показник є випадковою величиною (що відповідає дійсності) і для можливих значень цих випадкових величин, які теж визначаються,



з'ясовуються ймовірності, тобто задається закон розподілу.

Завдання закону розподілу випадкових величин обов'язково передбачає з'ясування різновиду розподілу. Як показує досвід оптимально, коли закон розподілу є нормальним.

Крок 5. Здійснюється генерація випадкових сценаріїв, що ґрунтується на системі прийнятих гіпотез щодо законів розподілу ймовірностей незалежних показників та особливостей протікання досліджуваного явища або процесу. Власне сама генерація здійснюється з метою отримання додаткових значень незалежних показників в межах їх законів розподілу. Наприклад, встановлено, що два факторні показники, для кожного із яких визначено дванадцять значень, відповідно із ймовірностями для кожного, змінюються за нормальним законом розподілу. У такому разі необхідно генерувати ще додаткові значення, які б також "підкорялися" нормальному закону. Це здійснюється з метою розширення початкової вибірки до меж репрезентативності: більша вибірка — краща репрезентативність — більше можливостей для моделювання.

Досвід показує, що у переважній більшості випадків цілком достатньо 200-500 значень. Саме генерування здійснюється, переважно, методом Монте-Карло, який в сучасних умовах реалізується практично виключно за допомогою ЄОМ.

Як вже було зазначено вище, може мати місце підхід, коли результативний показник розглядається без факторних. У цьому випадку на основі попередньо здійсненого статистичного аналізу генеруються значення саме результативного показника.

Крок 6. На основі початкових та генерованих значень факторних ознак здійснюється процедура моделювання, тобто визначення значень результативного показника при різних значеннях факторних показників. Після чого на основі отриманих в результаті імітації даних розраховуються критерії, які кількісно характеризують ризик, насамперед, це: дисперсія, середнє квадратичне відхилення, квадратичний коефіцієнт варіації, квадратичний рівень варіації, довірчі межі середнього значення.

Довірчі межі середнього значення показника, у випадку його нормального розподілу, визначаються згідно наступного виразу:

$$\bar{X} - t(\hat{\beta})\sqrt{\frac{\sigma^2}{n}} < X < \bar{X} + t(\hat{\beta})\sqrt{\frac{\sigma^2}{n}} \quad (1)$$

де $\hat{\beta}$ — довірна ймовірність (надійність).

Значення t за заданою довірчою ймовірністю $\hat{\beta}$ визначаються згідно спеціальної статистичної таблиці (табл. 1).

Якщо ж розглядався тільки один результативний показник, то, власне моделювання не здійснюється, а натомість проводиться статистичний аналіз генерованих значень за одним або усіма вищенаведеними критеріями.

Значення коефіцієнта t для обраних довірчих ймовірностей $\hat{\beta}$ Таблиця 1

$\hat{\beta}$	0,683	0,90	0,95	0,98	0,99	0,995	0,9973
t	1,00	1,645	1,96	2,33	2,58	2,80	3,00

Розглянемо такий приклад. Планується впровадження інвестиційного проекту. Грошовий потік за проектом представлений у табл. 2

Очікуваний грошовий потік Таблиця 2

Рік	Грошовий потік, млн. грн.
0	-10,0
1	6,8
2	7,2
3	6,2
4	1,7



Необхідно методом імітаційного моделювання визначити рівень ризику даного проекту. В якості моделюючого результативного показника прийняти — чисту теперішню вартість проекту; факторного — ставку дисконтування, ряд розподілу за якою представлений в табл. 3.

Таблиця 3

Ряд розподілу ставки дисконтування

Рівень ставки дисконтування, %	Ймовірність
12	0,15
15	0,70
19	0,15

Очевидно, що рівні ймовірності, представлені у табл. 3, розподілені нормально, а тому в подальшому саме нормальний розподіл із властивими для нього параметрами (середній рівень та середнє квадратичне відхилення) буде основою для генерування значень.

1. Визначаємо середній рівень (математичне сподівання) ставки дисконтування:

$$\bar{X} = 12 \times 0,15 + 15 \times 0,70 + 19 \times 0,15 = 15,15\%$$

2. Розраховуємо середнє квадратичне відхилення за ставкою дисконтування. На основі даних табл. 2 отримуємо:

$$\sigma = \sqrt{(12 - 15,15)^2 \times 0,15 + (15 - 15,15)^2 \times 0,70 + (19 - 15,15)^2 \times 0,15} = 1,93\%$$

3. Здійснюємо генерування випадкових чисел ставки дисконтування, виходячи із таких передумов — кількість випадкових чисел 100; розподіл — нормальний; середнє значення ставки — 15,15 %; середнє квадратичне відхилення за ставкою дисконтування — 1,93 %. Для генерування випадкових чисел розроблено значну кількість спеціалізованих програмних продуктів. Ми скористаємося вбудованою функцією MS Excel “Генерація случайных чисел”. Отримуємо такі значення ставки дисконтування (табл. 4).

Таблиця 4

Генеровані значення ставки дисконтування

№ з/п	z, %	№ з/п	z, %	№ з/п	z, %	№ з/п	z, %	№ з/п	z, %
1	14,77	21	16,55	41	14,15	61	15,37	81	11,73
2	15,56	22	15,91	42	17,56	62	13,64	82	15,83
3	15,23	23	13,41	43	16,52	63	15,73	83	14,19
4	20,08	24	16,94	44	16,03	64	15,88	84	16,48
5	15,88	25	14,14	45	15,29	65	18,08	85	17,83
6	13,42	26	17,66	46	13,76	66	13,61	86	16,69
7	14,18	27	16,95	47	15,91	67	15,93	87	11,95
8	15,44	28	17,22	48	14,07	68	17,71	88	14,30
9	18,10	29	17,79	49	16,22	69	16,11	89	16,54
10	17,73	30	12,81	50	10,67	70	14,50	90	16,27
11	16,08	31	14,70	51	13,89	71	17,18	91	14,07
12	16,75	32	14,59	52	11,11	72	15,37	92	13,13
13	12,73	33	16,45	53	17,91	73	14,67	93	16,77
14	17,27	34	15,62	54	12,09	74	14,72	94	17,20
15	13,39	35	13,93	55	14,48	75	10,02	95	11,24
16	11,28	36	12,67	56	12,21	76	16,48	96	18,03
17	17,78	37	13,36	57	14,57	77	13,93	97	13,77
18	12,66	38	14,64	58	16,99	78	18,28	98	17,78
19	13,04	39	14,08	59	16,79	79	14,03	99	15,13
20	13,80	40	16,26	60	17,16	80	15,46	100	13,88



4. Для кожного генерованого значення ставки дисконтування визначимо чисту теперішню вартість проекту. Результати представлено у табл. 5.

Таблиця 5
Залежність між ставкою дисконтування (%) та рівнем чистої теперішньої вартості проекту (млн.грн.)

z	NPV	z	NPV	z	NPV	z	NPV	z	NPV
14,77	6,472	16,55	5,971	14,15	6,654	15,37	6,300	11,73	7,389
15,56	6,247	15,91	6,149	17,56	5,701	13,64	6,804	15,83	6,171
15,23	6,341	13,41	6,871	16,52	5,980	15,73	6,199	14,19	6,640
20,08	5,053	16,94	5,867	16,03	6,115	15,88	6,158	16,48	5,990
15,88	6,158	14,14	6,654	15,29	6,324	18,08	5,562	17,83	5,629
13,42	6,869	17,66	5,674	13,76	6,767	13,61	6,813	16,69	5,934
14,18	6,643	16,95	5,863	15,91	6,149	15,93	6,144	11,95	7,322
15,44	6,280	17,22	5,790	14,07	6,677	17,71	5,661	14,30	6,609
18,10	5,557	17,79	5,639	16,22	6,062	16,11	6,094	16,54	5,974
17,73	5,656	12,81	7,053	10,67	7,732	14,50	6,550	16,27	6,049
16,08	6,102	14,70	6,492	13,89	6,729	17,18	5,801	14,07	6,677
16,75	5,917	14,59	6,523	11,11	7,587	15,37	6,301	13,13	6,955
12,73	7,077	16,45	6,000	17,91	5,608	14,67	6,500	16,77	5,912
17,27	5,779	15,62	6,230	12,09	7,275	14,72	6,485	17,20	5,797
13,39	6,879	13,93	6,716	14,48	6,557	10,02	7,944	11,24	7,545
11,28	7,534	12,67	7,097	12,21	7,240	16,48	5,991	18,03	5,576
17,78	5,641	13,36	6,888	14,57	6,530	13,93	6,717	13,77	6,764
12,66	7,101	14,64	6,508	16,99	5,852	18,28	5,510	17,78	5,642
13,04	6,984	14,08	6,672	16,79	5,906	14,03	6,686	15,13	6,367
13,80	6,755	16,26	6,053	17,16	5,806	15,46	6,275	13,88	6,733

Згідно отриманих у табл. 5 результатів, можливий найвищий рівень чистої теперішньої вартості складає 7,944 млн. грн., а можливий найнижчий — 5,053 млн. грн.

5. На основі отриманих результатів (табл. 5) визначаємо квадратичний рівень варіації:

$$v'_\sigma = \frac{0,57}{6,372} \times 100 = 8,94\%$$

Таким чином, керуючись загальноприйнятим ранжуванням рівня проектного ризику за значеннями квадратичного рівня варіації, можна зробити висновок про незначний ризик досліджуваного проекту.

Розглянемо також більш спрощений підхід імітаційного моделювання проектних ризиків, коли безпосередньо генеруються значення результативного показника.

Досліджується на предмет ризику інвестиційний проект. Ряд розподілу чистої теперішньої вартості проекту представлено у табл. 6.

Ряд розподілу чистої теперішньої вартості проекту

Таблиця 6

Чиста теперішня вартість, тис. грн.	Ймовірність
900	0,1
1050	0,2
1250	0,4
1400	0,2
1550	0,1

Необхідно методом імітаційного моделювання визначити рівень ризику даного проекту та довірчі інтервали середньої чистої теперішньої вартості для $\beta = 0,99$.



Побудувати графік динаміки генерованих значень чистої теперішньої вартості, впорядкованих за спаданням. Зобразити на графіку визначені довірчі межі.

1. За заданим рядом розподілу чистої теперішньої вартості проекту визначаємо середній рівень (математичне сподівання) даного показника:

$$\bar{X} = 900 \times 0,1 + 1050 \times 0,2 + 1250 \times 0,4 + \\ + 1400 \times 0,2 + 1550 \times 0,1 = 1235 \text{ тис.грн.}$$

2. Розраховуємо середнє квадратичне відхилення чистої теперішньої вартості:

$$\sigma = \sqrt{(900 - 1235)^2 \times 0,1 + (1050 - 1235)^2 \times 0,2 + \\ + (1250 - 1235)^2 \times 0,4 + (1400 - 1235)^2 \times 0,2 + \\ + (1550 - 1235)^2 \times 0,1} = 183,10 \text{ тис.грн.}$$

3. Здійснюємо генерування випадкових значень чистої теперішньої вартості, виходячи із таких передумов: кількість випадкових чисел 100; розподіл — нормальний; середнє значення показника — 1235 тис. грн.; середнє квадратичне відхилення — 183,10 тис. грн. Застосувавши вбудовану функцію MS Excel “Генерація случайних чисел” отримуємо наступні значення чистої теперішньої вартості проекту (табл. 7).

Таблиця 7

Генеровані значення чистої теперішньої вартості проекту,
(тис. грн.)

№ п/п	NPV	№ п/п	NPV	№ п/п	NPV	№ п/п	NPV	№ п/п	NPV
1	1188,123	21	943,462	41	1095,215	61	1231,729	81	934,241
2	1395,449	22	1308,829	42	1588,588	62	1321,487	82	1421,872
3	1124,007	23	1187,877	43	1371,397	63	861,537	83	1283,558
4	1341,980	24	1618,672	44	1265,358	64	1471,889	84	1048,104
5	1285,476	25	1596,998	45	990,159	65	1092,330	85	1355,400
6	1244,396	26	1356,393	46	1439,396	66	1495,981	86	1293,632
7	1348,003	27	1341,831	47	1368,019	67	1359,781	87	1196,056
8	1348,919	28	1400,065	48	881,322	68	1097,324	88	955,640
9	1471,792	29	1167,824	49	1520,292	69	906,313	89	1286,918
10	1037,610	30	1001,972	50	1502,244	70	950,320	90	1166,443
11	1457,376	31	1336,022	51	1416,003	71	1318,399	91	1454,102
12	1311,496	32	908,190	52	1397,744	72	1018,089	92	1369,592
13	1272,212	33	962,443	53	1135,118	73	1176,943	93	1530,641
14	1350,129	34	882,581	54	1269,941	74	1663,438	94	1303,496
15	1034,680	35	1086,216	55	1120,860	75	947,086	95	1057,324
16	919,409	36	1163,973	56	1545,989	76	1187,964	96	1142,165
17	1173,530	37	1391,396	57	1564,320	77	1193,186	97	1294,532
18	1300,292	38	1245,097	58	1034,195	78	1380,323	98	1192,553
19	1212,060	39	1227,595	59	1113,520	79	1188,239	99	1198,031
20	1251,825	40	1309,392	60	1394,936	80	1487,050	100	940,436

4. На основі генерованих значень чистої теперішньої вартості проекту визначаємо квадратичний рівень варіації. Отримуємо:

$$v'_\sigma = \frac{191,39}{1242,943} \times 100 = 15,40\%$$



Отримане значення квадратичного рівня варіації свідчить про істотний ризик досліджуваного інвестиційного проекту.

5. Також на основі генерованих значень чистої теперішньої вартості визначимо довірчі межі середньої чистої теперішньої вартості проекту. Згідно табл. 7, взявши до уваги, що для $\beta = 0,99$ $t(0,99) = 2,58$, за формулою (1) отримаємо нерівність:

$$1242,943 - 2,58 \sqrt{\frac{191,39^2}{100}} < X < 1242,943 + 2,58 \sqrt{\frac{191,39^2}{100}}$$

Таким чином, з ймовірністю 0,99 можна стверджувати, що середня чиста теперішня вартість проекту буде коливатися від 1 193,564 тис. грн. до 1 292,322 тис. грн.

Побудуємо графік динаміки генерованих значень чистої теперішньої вартості, впорядкованих за спаданням. Відмітимо на графіку визначену зону коливання середньої чистої теперішньої вартості для $\beta = 0,99$ (рис. 3).

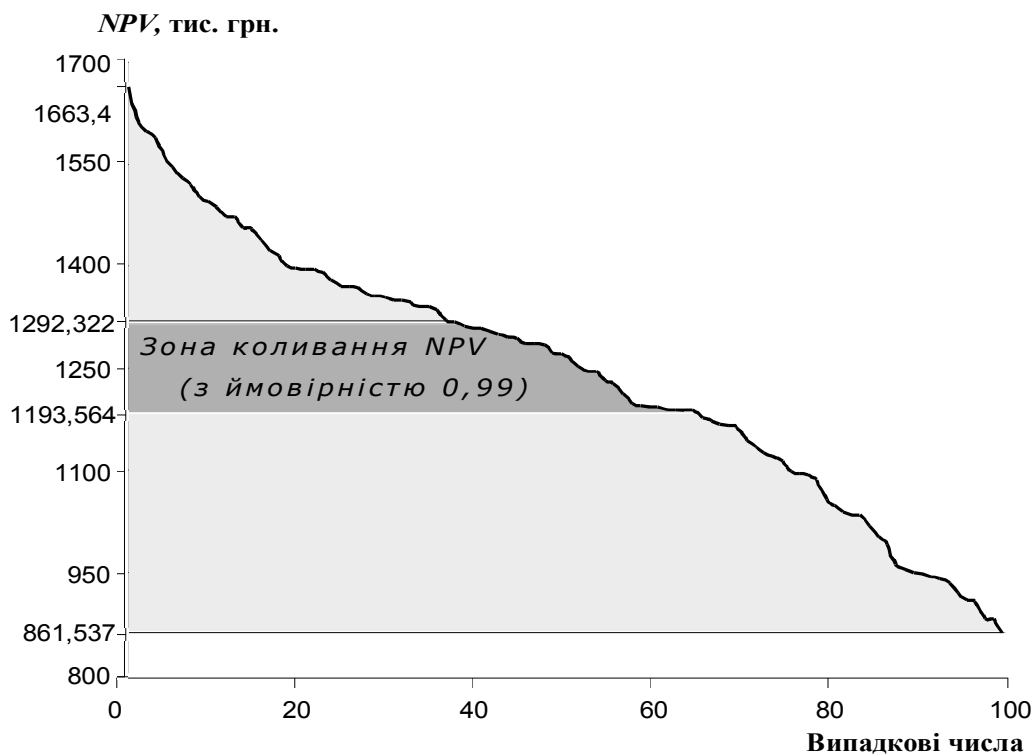


Рис.3. Динаміка генерованих значень чистої теперішньої вартості проекту, впорядкованих за спаданням та зона коливання середнього значення чистої теперішньої вартості

З рис. 3 можна зробити висновок, що чиста теперішня вартість проекту може прийняти значення з діапазону від 861,537 тис. грн. до 1663,438 тис. грн., але з високою ймовірністю 0,99 можна стверджувати, що зона коливання середньої чистої теперішньої вартості буде значно вужча: від 1 193,564 тис. грн. до 1 292,322 тис. грн.

Безумовно, прикладні аспекти оцінки проектних ризиків методом імітаційного моделювання не вичерпуються викладеним матеріалом. Так, практично поза увагою залишилися проблеми відбору факторів для подальшого дослідження, оцінки надійності отриманих результатів тощо. Складність полягає й у тому, що на сьогодні не має однозначності у прикладних аспектах імітаційного моделювання ризиків. Є



фундаментальна теорія, яка доволі часто не співпадає із практикою. Аналітикам, які, власне, і оцінюють проектні ризики, дана стаття стане у нагоді, оскільки без зайвих теоретичних викладок демонструє процедуру моделювання ризиків.

Список використаних джерел

1. Брейли Р. Принципы корпоративных финансов / Р. Брейли, С. Майерс. — М. : Олимп-Бизнес, 2006. — 1008 с.
2. Емельянов А. А. Имитационное моделирование экономических процессов / А. А. Емельянов, Е. А. Власова, Р. В. Дума. — М. : Финансы и статистика, 2009. — 416 с.
3. Кризис проекта: анализ ошибок и варианты выхода с минимальными потерями / Дэвид Никсон. — М. : Эксмо, 2009. — 256 с.

Надійшла до редакції 10.10.2009
Рекомендована до друку 01.12.2009

