Одеський національний університет імені І. І. Мечникова
Факультет математики, фізики та інформаційних технологій
Кафедра оптимального керування та економічної кібернетики

Кваліфікаційна робота

на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

«Ймовірнісні методи аналізу ризиків інвестиційних проектів»

«Probabilistic risk analysis methods for investment projects»

Виконав: здобувач денної форми навчання
спеціальності 113 Прикладна математика
Освітня програма «Прикладна математика»

Дяченко Олександр Геннадійович

Керівник: канд. фіз.-мат. наук, доц. Васильєв О.Б.
Рецензент: канд. фіз.-мат. наук, доц. Страхов Є. М.

Рекомендовано до захисту:
Протокол засідання кафедри
№ ___ від _____________2023 р.

Завідувач кафедри

_________ _____________________
(підпис) (прізвище, ініціали)

Захищено на засіданні ЕК №_______
протокол № ____ від ________ 2023 р.

Оцінка_____________/___ ___/_____
(за національною шкалою, шкалою ECTS, бали)

Голова ЕК

___________ _______________________
(підпис) (прізвище, ініціали)

Одеса – 2023

ЗМІСТ

Вступ

В умовах ринку рішення про доцільність реалізації інвестиційного проєкту (ІП) приймаються, як правило, в умовах ризику, тобто часткової невизначеності, коли відомі розподіли вірогідності можливих результатів проєкту. Ухвалення рішення про реалізацію ІП в умовах повної невизначеності, коли кількісна інформація про майбутнє проєкту взагалі відсутня, сьогодні навряд чи можливо - ринок жорстоко покарає за такий авантюризм. З іншого боку, абсолютно достовірної інформації про результати передбачуваного проєкту також чекати нереально. Потоки грошових коштів будь-якого ІП відносяться до майбутніх періодів і тому неминуче мають прогнозний характер. При цьому існує цілком реальна вірогідність недостовірності використаних для розрахунків числових даних за проєктом, а, отже, і самих прогнозованих результатів. Таким чином, аналіз ІП в умовах повної визначеності (детермінованості) можна розглядати тільки як перше наближення до реальності. Дійсно ж актуальним, наближеним до практики являється аналіз ІП з урахуванням ризику, оскільки будь-яку інвестицію обов'язково супроводжує ризик.

Зазвичай під ризиком розуміють "можливість настання деякої несприятливої події, що спричиняє за собою різного роду втрати". Або ризик трактується як "нестабільність, невпевненість в майбутньому, точніше, рівень невпевненості". Існує і більш загальна концепція, згідно якої ризик не обов'язково пов'язується з негативними явищами. Наприклад, існує ризик виграти в лотерею.

Ризик ІП може розглядатися в трьох аспектах:

1) власний (окремий) ризик проєкту – ризик того, що фактичні чисті вигоди у разі його реалізації будуть відрізнятися від запланованих. При цьому можливі відхилення від очікуваних результатів як в гіршу, так і в кращу сторону. Таке трактування ризику повністю узгоджується з його найбільш

поширеними кількісними показниками – дисперсією і стандартним відхиленням, для яких важлива тільки абсолютна величина відхилення;

2) корпоративний (внутріфірмовий) ризик пов'язаний з впливом, який може зробити реалізація ІП на фінансовий стан підприємства, тобто в контексті портфеля ІП цієї господарюючої одиниці;

3) ринковий ризик характеризує вплив, який може зробити реалізація проєкту на зміну вартості акцій фірми, тобто в контексті ринку капіталів.

У цій роботі розглядаються методи аналізу власного ризику ІП.

На практиці використовуються різні методи кількісного аналізу ризиків ІП. Найбільш поширеними з них є:

1) метод коригування ставки дисконтування;
2) метод достовірних еквівалентів (коефіцієнтів достовірності);
3) аналіз дерев рішень;
4) аналіз чутливості критеріїв ефективності;
5) метод сценаріїв;
6) аналіз імовірнісних розподілів потоків платежів;
7) імітаційне моделювання (метод Монте-Карло або метод статистичних випробувань).

У цій роботі детально розглядаються два методи аналізу ризиків ІП – новий комбінований метод аналізу ризика збитковості проєкту та метод імовірнісних розподілів потоків платежів проекту.

Розділ 1. Комбінований метод аналізу ризику збитковості ІП

У цьому розділі дипломної роботи розглядається новий комбінований метод аналізу ризику збитковості інвестиційних проєктів, створений шляхом об'єднання методу сценаріїв та аналізу фінансової стійкості проєкту за його параметрами. Метод сценаріїв, що є складовою нового комбінованого методу добре відомий. Як правило, цей метод застосовується для інвестиційних проєктів, у яких потік чистих експлуатаційних доходів є простою постійною рентою (ануїтетом) із заданою структурою платежів, вираженою через параметри проєкту. Інвестиційні проєкти з такою структурою досліджуються і у цій роботі. Однак, у досліджуваному новому методі для кожного ймовірного сценарію проєкту не тільки традиційно обчислюється значення результуючого показника прибутковості, але й динамічні точки беззбитковості проєкту, а також запаси його фінансової стійкості за кожним параметром. Потім за результатами всіх сценаріїв обчислюється не тільки очікуване значення результуючого показника прибутковості, а й очікувані значення точок беззбитковості і запасів фінансової стійкості проєкту. У результаті крім оцінки інтегрального фінансового ризику проєкту в цілому отримуємо ще оцінки ризику проєкту за кожним параметром.

За знайденими очікуваними значеннями запасів фінансової стійкості проєкту можна побудувати рейтинг проєктних параметрів зменшення ризику за аналогією з процедурою іншого відомого методу аналізу проєктних ризиків – аналізу чутливості критеріїв ефективності проєкту.

Можна також застосувати запропонований новий метод до інвестиційних проєктів з довільним грошовим потоком. У цьому разі ризик проєкту за його параметрами визначити не можна, оскільки невідома структура платежу. Натомість інтегральний фінансовий ризик проєкту загалом можна оцінити двома способами:

– за допомогою стандартного відхилення та коефіцієнта варіації;

– за допомогою відносних запасів фінансової стійкості проєкту за значеннями критеріїв ефективності.

Розглянемо докладніше новий комбінований метод аналізу проєктних ризиків. У розрахункових формулах обох методів, що утворюють комбінацію, використовуються значення дисконтованих критеріїв ефективності проєкту. Найзручніше користуватися критеріями NPV (Net Present Value – чиста поточна вартість) та PI (Profitability Index – індекс рентабельності), які для k-го ймовірного сценарію проєкту визначаються формулами:

$$NPV_k = -I_0^k + \sum_{t=1}^{n_k} \frac{CF_t^k}{\left(1+i_k\right)^t}, \quad k=\overline{1,m}, \tag{1}$$

$$PI_k = \sum_{t=1}^{n_k} \frac{CF_t^k}{\left(1+i_k\right)^t} : I_0^k, \qquad k=\overline{1,m}, \tag{2}$$

де k – номер сценарію проєкту, m – число сценаріїв проєкту,

i_k – ставка дисконтування,

t – номер поточного часового періоду проєкту,

CF_t^k – розмір чистого доходу від експлуатації проєкту,

I_0^k – початкові інвестиції у проєкт,

n_k – кількість часових періодів проєкту.

Ці критерії ефективності проєкту пов'язані між собою формулами:

$$PI_k = 1 + NPV_k \,/\, I_0^k, \qquad k=\overline{1,m}, \tag{3}$$

$$NPV_k = I_0^k * \left(PI_k - 1\right), \quad k=\overline{1,m}, \tag{4}$$

так що від значення одного критерію можна легко перейти до значення іншого.

Задамо для k-го ймовірного сценарію проєкту визначальні рівні його доходності за допомогою критеріїв (1-2).

I. Рівень інвестиційної беззбитковості проєкту:

$$NPV_k \geq 0 \quad \left(PI_k \geq 1\right), \quad k=\overline{1,m}. \tag{5}$$

II. Фактичний рівень прибутковості проєкту, який визначається заданим за умовою сценарію потоком його платежів:

$$NPV = NPV_k \quad \left(PI = PI_k\right), \qquad k = \overline{1,m}, \tag{6}$$

де значення $NPV = NPV_k \quad \left(PI = PI_k\right)$ знаходимо за формулами (1-2).

В рамках аналізу фінансової стійкості проєкту для його k-го сценарію ($k = \overline{1,m}$) введемо поняття запасів інвестиційної беззбитковості та прийнятності за проєктними параметрами. При цьому розглянемо три випадки:

1) Виготовляється однорідна продукція. Потік чистих доходів від експлуатації проєкту за k-му сценарієм є простою постійною рентою (ануїтетом) постнумерандо з відомою структурою платежів, що виражається через задані за сценарієм значення проєктних параметрів.

2) Виробляється кілька видів продукції проєкту. Грошовий потік проєкту подібний до потоку для першого випадку.

3) Розміри платежів проєктного потоку довільні.

Розглянемо докладніше кожен із перелічених випадків.

1.1 Аналіз ризиків інвестиційного проєкту для рентного грошового потоку та виробництва однорідної продукції

Нехай рентний потік чистих доходів від експлуатації проєкту за його k-м ймовірним сценарієм має вигляд:

$$CF_t^k = \left(Q_k\left(c_k - v_k\right) - FC_k - dep_k\right)\left(1 - \tau_k\right) + dep_k\,, \quad k = \overline{1,m}, \tag{7}$$

де Q_k – обсяг виробництва (продажів) продукції проєкту за 1 його період,

c_k – ціна одиниці виробленої продукції,

v_k – питомі змінні витрати виробництва,

FC_k – сумарні постійні витрати виробництва за 1 період,

dep_k – величина амортизаційних відрахувань за 1 період проєкту,

τ_k – величина податку на прибуток,

k – номер сценарію проєкту, m – кількість сценаріїв проєкту.

Тоді для розрахунку значення критерію NPV для k-го ймовірного сценарію проєкту і вважаючи ліквідаційну вартість обладнання проєкту рівною нулеві, застосуємо формулу:

$$NPV_k = -I_0^k + \left(\left(Q_k\left(c_k - v_k\right) - FC_k - dep_k\right)\left(1-\tau_k\right) + dep_k\right) * a\left(n_k, i_k\right), \ k = \overline{1,m}, \quad (8)$$

де коефіцієнт дисконтування одиничної ренти дорівнює:

$$a\left(n_k, i_k\right) = \left(1 - \left(1 + i_k\right)^{-n_k}\right) \Big/ i_k. \quad (9)$$

Розглянемо спочатку аналіз інтегрального фінансового ризику проєкту загалом методом сценаріїв у традиційному вигляді. Знайдемо математичне сподівання, дисперсію, стандартне відхилення та коефіцієнт варіації для сценарних значень критерію ефективності проєкту NPV:

$$M\left(NPV\right) = \sum_{k=1}^{m} NPV_k * p_k, \quad (10)$$

$$D\left(NPV\right) = \sum_{k=1}^{m} \left(NPV_k - M\left(NPV\right)\right)^2 * p_k, \quad (11)$$

$$\sigma\left(NPV\right) = \sqrt{D\left(NPV\right)}, \quad (12)$$

$$CV\left(NPV\right) = \frac{\sigma\left(NPV\right)}{M\left(NPV\right)}, \quad (13)$$

де сценарні значення критерію NPV розраховуються за формулою (8),
m – кількість розглянутих можливих сценаріїв проєкту.

Тепер для кожного можливого проєктного сценарію оцінимо фінансовий ризик проєкту за його параметрами за допомогою аналізу величин запасів фінансової стійкості проєкту за цими параметрами. Перш ніж вводити поняття запасів, знайдемо для кожного проєктного сценарію критичні значення параметрів проєкту, що відповідають нижнім границям першого та другого рівнів прибутковості.

Спочатку знайдемо значення параметрів проєктного грошового потоку (7), що відповідають нижній границі рівня I інвестиційної беззбитковості проєкту, з наступних рівнянь:

$$NPV_k = 0 \quad , \quad k = \overline{1,m}, \tag{14}$$

де сценарні значення критерію NPV знаходимо за формулою (8).

Розв’язуючи рівняння (14) відносно параметра обсягу виробництва (продажів) для кожного ймовірного проєктного сценарію та вважаючи значення інших проєктних параметрів фіксованими, знаходимо динамічну точку беззбитковості проєкту за цим параметром:

$$Q_k^0 = \frac{1}{c_k - v_k}\left(\frac{1}{1-\tau_k}\left(\frac{I_0^k}{a(n_k, i_k)} - dep_k\right) + FC_k + dep_k\right), \quad k = \overline{1,m}. \tag{15}$$

Знайдемо з рівнянь (14) беззбиткові значення інших параметрів проєкту – ціни за одиницю продукції, питомих змінних витрат виробництва, сумарних постійних витрат виробництва за один період проєкту:

$$c_k^0 = v_k + \frac{1}{Q_k}\left(\frac{1}{1-\tau_k}\left(\frac{I_0^k}{a(n_k, i_k)} - dep_k\right) + FC_k + dep_k\right), \quad k = \overline{1,m}, \tag{16}$$

$$v_k^0 = c_k - \frac{1}{Q_k}\left(\frac{1}{1-\tau_k}\left(\frac{I_0^k}{a(n_k, i_k)} - dep_k\right) + FC_k + dep_k\right), \quad k = \overline{1,m}, \tag{17}$$

$$FC_k^0 = Q_k\left(c_k - v_k\right) - \frac{1}{1-\tau_k}\left(\frac{I_0^k}{a(n_k, i_k)} - dep_k\right) - dep_k, \quad k = \overline{1,m}. \tag{18}$$

Тепер знайдемо динамічну точку беззбитковості проєкту зі ставки дисконтування. Шукаємо її як корінь рівняння (1) за параметром ставки (у цьому випадку структура платежів неважлива):

$$NPV_k\left(i_k\right) = -I_0^k + \sum_{t=1}^{n_k} \frac{CF_t^k}{\left(1+i_k\right)^t} = 0, \quad k = \overline{1,m}. \tag{19}$$

Очевидно, що беззбиткове значення ставки дорівнює значенню одного з основних критеріїв ефективності проєкту – внутрішньої норми дохідності проєкту для його k-го сценарію, тобто:

$$i_k^0 = IRR_k \quad , \quad k = \overline{1,m}. \tag{20}$$

Можна визначити очікувані значення динамічних точок беззбитковості проєкту за параметрами c (ціни за одиницю продукції), v (питомих змінних витрат виробництва), FC (сумарним постійним витратам виробництва за період). За ставкою дисконтування ми фактично отримуємо очікуване значення за всіма сценаріями критерію ефективності IRR:

$$M\left(i^0\right)=M\left(IRR\right)=\sum_{k=1}^{m} IRR_k * p_k, \quad (21)$$

тобто за цим параметром ми отримуємо оцінку інтегрального ризику проєкту загалом, альтернативну для оцінки (10). За бажання можна знайти не лише математичне сподівання IRR проєкту (21), а й дисперсію, стандартне відхилення і коефіцієнт варіації IRR за аналогією з формулами (11-13).

Перейдемо до визначення поняття запасів фінансової стійкості проєкту. Спочатку введемо поняття запасів інвестиційної беззбитковості проєкту за його параметрами.

Абсолютним запасом інвестиційної беззбитковості на один період проєкту для його k-го ймовірного сценарію за параметром обсягу виробництва (продажів) продукції назвемо:

$$\alpha_{Q_k}=Q_k-Q_k^0, \quad k=\overline{1,m}, \quad (22)$$

а відносним:

$$\beta_{Q_k}=\frac{Q_k-Q_k^0}{Q_k}=1-\frac{Q_k^0}{Q_k}, \quad k=\overline{1,m}, \quad (23)$$

де значення точок беззбитковості беремо з (15).

Математичні сподівання цих запасів відповідно дорівнюють:

$$M\left(\alpha_Q\right)=M\left(Q\right)-M\left(Q^0\right), \quad (24)$$

$$M\left(\beta_Q\right)=1-M\left(Q^0/Q\right), \quad (25)$$

$$M\left(Q\right)=\sum_{k=1}^{m} Q_k * p_k; \quad M\left(Q^0/Q\right)=\sum_{k=1}^{m}\frac{Q_k^0}{Q_k} * p_k. \quad (26)$$

Якщо величини (24-25) позитивні, то проєкт має певний «запас міцності» у фінансовому плані. Чим більше величини запасів (24-25), тим стійкіший проєкт з фінансової точки зору, і тим менший ризик збитковості проєкту за обсягом виробництва (продажів) продукції.

Аналогічно (22-23) можна визначити поняття абсолютних та відносних запасів інвестиційної беззбитковості проєкту за параметрами – ціна, питомі змінні та сумарні постійні витрати, а також очікувані значення цих запасів за всіма сценаріями проєкту. Після цього можна побудувати рейтинг параметрів проєкту за зменшенням ризику його збитковості. Для цього потрібно впорядкувати проєктні параметри за зростанням очікуваних значень їх відносних запасів. На основі рейтингу ризиків збитковості проєктних параметрів можна за аналогією з аналізом чутливості критеріїв ефективності побудувати матрицю ризиковості та прогнозованості факторів проєкту, що має три (або чотири) зони ризику з відповідними рекомендаціями щодо управління інвестиційним проєктом. За ставкою дисконтування знову отримуємо оцінку інтегрального ризику проєкту загалом, оскільки відносний запас інвестиційної беззбитковості проєкту за цим параметром збігається з відповідним запасом за значеннями критерію ефективності IRR:

$$\beta_{i_k} = \frac{i_k^0 - i_k}{i_k^0} = \frac{IRR_k - CC_k}{IRR_k} = 1 - \frac{CC_k}{IRR_k}, \quad k = \overline{1,m}, \tag{27}$$

де ставка дисконтування за k-м сценарієм проєкту дорівнює сценарній вартості капіталу проєкту CC (Cost of Capital).

Зауваження 1. Крім відносних запасів фінансової стійкості проєкту за його параметрами виду (24) можна розглянути ще відносні запаси очікуваних значень проєктних параметрів виду:

$$\mu_Q = \frac{M(Q) - M\left(Q^0\right)}{M(Q)} = 1 - \frac{M\left(Q^0\right)}{M(Q)}, \qquad (28).$$

За значеннями цих запасів також можна побудувати відповідні рейтинги проєктних параметрів за зменшенням ризику проєкту.

Приклад 1.1.1

Розглянемо інвестиційний проєкт із наступними вихідними даними:

Показники	*Сценарії*		
	Найгірший $P=0.25$	*Найкращий* $P=0.25$	*Вірогідний* $P=0.5$
Обсяг виробництва Q	150	300	200
Ціна за одиницю продукції c	40	55	50
Питомі змінні витрати v	35	25	30
Постійні витрати FC	600	450	500
Амортизація dep	100		
Податок на прибуток τ	20%		
Ставка дисконтування i	15%	8%	10%
Термін проєкту n	5	7	6
Початкові інвестиції I_0	500	7500	5000

Тепер складемо комп'ютерну програму на мові Python, яка реалізуватиме даний випадок розглянутого методу аналізу інвестиційних проєктів. Результат роботи такої програми буде наступним:

```
In [215]: runfile('D:/Alex/4 course/Диплом Дяченко/1.1.py',
wdir='D:/Alex/4 course/Диплом Дяченко')
NPV кожного зі сценаріїв проєкту:
 [  -30.69828628 28215.69860627  7281.83517248]
Аналіз інтегрального фінансового ризику проєкту загалом:
Математичне сподівання NPV M(NPV) = 10687.167666240148
Дисперсія NPV D(NPV) = 111328656.56947035
Стандартне відхилення NPV σ(NPV) = 10551.2395750201
Коефіцієнт варіації NPV CV(NPV) = 0.9872811866094855

IRR кожного зі сценаріїв проєкту:
 [0.12376241 0.904606   0.51788452]
Альтернативна оцінка інтегрального фінансового ризику проєкту:
Математичне сподівання IRR M(IRR) = 0.5160343646541832
Дисперсія IRR D(IRR) = 0.07621801093866748
Стандартне відхилення IRR σ(IRR) = 0.2760760962826508
Коефіцієнт варіації IRR CV(IRR) = 0.5349955646222538

Беззбиткові значення параметрів проєкту для всіх сценаріїв:
обсяг виробництва Q:
 [152.28944406  74.18929211  95.50230636]
ціна за одиницю продукції c:
 [40.0763148  32.41892921 39.55023064]
питомі змінні витрати v:
 [34.9236852  47.58107079 40.44976936]
постійні витрати FC:
 [ 588.55277971 7224.32123661 2589.95387273]

Запаси беззбитковості за параметром Q для всіх сценаріїв:
абсолютний: [ -2.28944406 225.81070789 104.49769364]
відносний: [-0.01526296  0.75270236  0.52248847]
Математичне сподівання абсолютного запасу за параметром Q =
108.12916277564923
Математичне сподівання відносного запасу за параметром Q =
0.44560408390131023
```

```
Запаси беззбитковості за параметром c для всіх сценаріїв:
абсолютний: [-0.0763148  22.58107079 10.44976936]
відносний: [-0.00190787  0.41056492  0.20899539]
Математичне сподівання абсолютного запасу за параметром c =
10.85107367852644
Математичне сподівання відносного запасу за параметром c =
0.20666195698235423

Запаси беззбитковості за параметром v для всіх сценаріїв:
абсолютний: [-0.0763148  22.58107079 10.44976936]
відносний: [-0.00218519  0.47458097  0.25833941]
Математичне сподівання абсолютного запасу за параметром v =
10.851073678526442
Математичне сподівання відносного запасу за параметром v =
0.2472686486012553

Запаси беззбитковості за параметром FC для всіх сценаріїв:
абсолютний: [ -11.44722029 6774.32123661 2089.95387273]
відносний: [-0.01944978  0.93771041  0.80694637]
Математичне сподівання абсолютного запасу за параметром FC =
2735.695440446714
Математичне сподівання відносного запасу за параметром FC =
0.6330383428904028

Рейтинг параметрів проєкту за зменшенням ризику його збитковості:
('c', 0.20666195698235423)
('v', 0.2472686486012553)
('Q', 0.44560408390131023)
('FC', 0.6330383428904028)
```

Інші випадки інвестиційних проєктів, аналіз ризику їх реалізації даним методом та код програми наведені у розділі «Додатки».

1.2 Випадок виробництва кількох видів продукції проєкту

У разі багатономенклатурного виробництва та рентного потоку чистих доходів від проєкту замість формули (8) використовуватимемо формулу:

$$NPV_k = -I_0^k + \left(\left(A_k - VC_k - FC_k - dep_k\right)\left(1-\tau_k\right) + dep_k\right) * a\left(n_k, i_k\right),\ \ k = \overline{1,m}. \qquad (29)$$

У формулі (29) A – сумарний виторг за один період від продажу всіх видів продукції проєкту, а VC – сумарні змінні витрати за один період проєкту. Прирівнюючи вирази (29) до нуля і вирішуючи отримані рівняння щодо параметра сумарного виторгу, отримаємо:

$$A_k^0 = \frac{1}{1-\tau_k}\left(\frac{I_0^k}{a\left(n_k, i_k\right)} - dep_k\right) + VC_k + FC_k + dep_k,\quad k = \overline{1,m}. \qquad (30)$$

Аналогічно знаходимо динамічні точки беззбитковості проєкту за параметрами VC та FC:

$$VC_k^0 = A_k - \frac{1}{1-\tau_k}\left(\frac{I_0^k}{a\left(n_k, i_k\right)} - dep_k\right) - FC_k - dep_k, \quad k = \overline{1, m}, \tag{31}$$

$$FC_k^0 = A_k - \frac{1}{1-\tau_k}\left(\frac{I_0^k}{a\left(n_k, i_k\right)} - dep_k\right) - VC_k - dep_k, \quad k = \overline{1, m}. \tag{32}$$

Динамічна точка беззбитковості проєкту зі ставки дисконтування, як і раніше, задається формулою (20).

Очікуване значення за всіма проєктними сценаріями динамічної точки беззбитковості проєкту за параметром сумарного виторгу дорівнює:

$$M\left(A^0\right) = \sum_{k=1}^{m} A_k^0 * p_k. \tag{33}$$

Аналогічно знаходимо очікувані значення точок беззбитковості проєкту за параметрами VC та FC.

У повній аналогії з випадком 1.1 можна визначити поняття абсолютних та відносних запасів інвестиційної беззбитковості проєкту для його k-го можливого сценарію за параметрами – сумарний виторг від продажу продукції, сумарні постійні витрати за 1 період проєкту, сумарні змінні витрати за 1 період проєкту, ставка дисконтування . Також можна знайти очікувані значення цих запасів. Інтегральний фінансовий ризик проєкту можна оцінювати двома способами: за допомогою стандартних формул (10-13) методу сценаріїв та за допомогою аналізу запасів фінансової стійкості проєкту за значеннями критеріїв ефективності PI або IRR.

Приклад 1.2.1

Розглянемо інвестиційний проєкт із наступними вихідними даними:

Показники	*Сценарії*		
	Найгірший P=0.25	*Найкращий P=0.25*	*Вірогідний P=0.5*

Сумарний виторг *A*	6000	16500	10000
Сумарні змінні витрати *VC*	5250	7500	6000
Постійні витрати *FC*	600	450	500
Амортизація *dep*	100		
Податок на прибуток τ	20%		
Ставка дисконтування *i*	15%	8%	10%
Термін проєкту *n*	5	7	6
Початкові інвестиції I_0	500	7500	5000

Тепер складемо комп'ютерну програму на мові Python, яка реалізуватиме даний випадок розглянутого методу аналізу інвестиційних проєктів. В ній розрахунок шуканих величин буде майже співпадати із розрахунками попереднього випадку, за тим винятком, що замість показників обсягу виробництва *Q*, ціни за одиницю продукції *c* та питомих змінних витрат *v* будемо розглядати значення сумарного виторгу *A* за один період від продажу всіх видів продукції проєкту та сумарні змінні витрати *VC* за один період проєкту. Результат роботи такої програми буде наступним:

```
In [259]: runfile('D:/Alex/4 course/Диплом Дяченко/1.2.py',
wdir='D:/Alex/4 course/Диплом Дяченко')
NPV кожного зі сценаріїв проєкту:
 [   -30.69828628 28215.69860627  7281.83517248]
Аналіз інтегрального фінансового ризику проєкту загалом:
Математичне сподівання NPV M(NPV) = 10687.167666240148
Дисперсія NPV D(NPV) = 111328656.56947035
Стандартне відхилення NPV σ(NPV) = 10551.2395750201
Коефіцієнт варіації NPV CV(NPV) = 0.9872811866094855

Беззбиткові значення параметрів проєкту для всіх сценаріїв:
сумарний виторг A:
 [6011.44722029 9725.67876339 7910.04612727]
сумарні змінні витрати VC:
 [ 5238.55277971 14274.32123661  8089.95387273]
постійні витрати FC:
 [ 588.55277971 7224.32123661 2589.95387273]
ставка дисконтування i:
 [0.12376241 0.904606   0.51788452]

Очікувані значення за всіма проєктними сценаріями динамічної точки
беззбитковості проєкту дорівнює:
за параметром сумарного виторгу A M(A) = 7889.304559553286
за параметром сумарних змінних витрат VC M(VC) = 8923.195440446714
за параметром постійних витрат FC M(FC) = 3248.1954404467137
за параметром ставки дисконтування i M(IRR) = 0.5160343646541832

Запаси беззбитковості за параметром A для всіх сценаріїв:
абсолютний: [ -11.44722029 6774.32123661 2089.95387273]
відносний: [-0.00190787  0.41056492  0.20899539]
Математичне сподівання абсолютного запасу за параметром A =
2735.695440446714
Математичне сподівання відносного запасу за параметром A =
0.20666195698235423
```

```
Запаси беззбитковості за параметром VC для всіх сценаріїв:
абсолютний: [ -11.44722029 6774.32123661 2089.95387273]
відносний: [-0.00218519  0.47458097  0.25833941]
Математичне сподівання абсолютного запасу за параметром VC =
2735.6954404467137
Математичне сподівання відносного запасу за параметром VC =
0.2472686486012553

Запаси беззбитковості за параметром FC для всіх сценаріїв:
абсолютний: [ -11.44722029 6774.32123661 2089.95387273]
відносний: [-0.01944978  0.93771041  0.80694637]
Математичне сподівання абсолютного запасу за параметром FC =
2735.6954404467137
Математичне сподівання відносного запасу за параметром FC =
0.6330383428904027

Запаси беззбитковості за параметром i для всіх сценаріїв:
абсолютний: [-0.02623759  0.824606    0.41788452]
відносний: [-0.21199962  0.91156371  0.80690676]
Математичне сподівання абсолютного запасу за параметром i =
0.4085343646541832
Математичне сподівання відносного запасу за параметром i =
0.5783444013278365

Рейтинг параметрів проєкту за зменшенням ризику його збитковості:
('A', 0.20666195698235423)
('VC', 0.2472686486012553)
('i', 0.5783444013278365)
('FC', 0.6330383428904027)
```

Інші випадки інвестиційних проєктів, аналіз ризику їх реалізації даним методом та код програми наведені у розділі «Додатки».

1.3 Випадок проєктного потоку із довільними величинами платежів

Для такого грошового потоку значення критерію NPV для k-го ймовірного сценарію проєкту розраховуються за формулою (1). Єдиним параметром, яким можна досліджувати фінансову стійкість проєкту, є ставка дисконтування. Але для цього параметра запаси збігаються із запасами за значенням критерію ефективності IRR.

Таким чином, для випадку 1.3 можна оцінювати лише інтегральний ризик проєкту за формулами (10-13) або за допомогою відносних запасів за критеріями IRR і PI. Наприклад, для критерію PI відносний запас інвестиційної беззбитковості проєкту для його k-го ймовірного сценарію дорівнює:

$$\chi_k = \frac{PI_k - 1}{PI_k} = 1 - \frac{1}{PI_k}, \quad k = \overline{1, m}, \tag{34}$$

де значення критерію PI для заданого сценарного грошового потоку знаходимо за формулою (2).

Можна знайти очікувані значення цих запасів і з їх допомогою оцінити інтегральний ризик проєкту. У разі 1.3 побудувати рейтинги параметрів зменшення ризику неможливо, зате інтегральний ризик проєкту оцінюється комплексно, тобто більш системно та всебічно порівняно з класичним методом сценаріїв.

Зауваження 2. Якщо ймовірність реалізації базового сценарію проєкту істотно переважає ймовірності інших сценаріїв, то доцільно побудувати рейтинги проєктних параметрів за зростанням їх відносних запасів також для базового (найбільш ймовірного) сценарію, а не лише проєкту в цілому.

Приклад 1.3.1

Розглянемо наступний інвестиційний проєкт:

Показники	*Сценарії*		
	Найгірший P=0.25	*Найкращий P=0.25*	*Вірогідний P=0.5*
Ставка дисконтування i	15%	10%	13%
Початкові інвестиції I_0	83000		
CF_1	5900	8300	7100
CF_2	11800	16600	14200
CF_3	17700	24900	21300
CF_4	29500	41500	35500
CF_5	53100	74700	63900

Тепер складемо комп'ютерну програму на мові Python, яка реалізуватиме даний випадок розглянутого методу аналізу інвестиційних проєктів. Результат роботи такої програми буде наступним:

```
In [138]: runfile('D:/Alex/4 course/Диплом Дяченко/
1.3.py', wdir='D:/Alex/4 course/Диплом Дяченко')
NPV кожного зі сценаріїв проєкту:
 [-14042.22723991  31700.08258254   5621.01194411]
PI кожного зі сценаріїв проєкту:
 [0.83081654 1.38192871 1.06772304]
IRR кожного зі сценаріїв проєкту:
 [0.09486418 0.19955708 0.14993719]

Аналіз інтегрального фінансового ризику проєкту:
Математичне сподівання NPV M(NPV) = 7224.969807713358
Дисперсія NPV D(NPV) = 264117544.31477603
Стандартне відхилення NPV σ(NPV) = 16251.693582970855
Коефіцієнт варіації NPV CV(NPV) = 2.2493787538905132

Математичне сподівання PI M(PI) = 1.0870478290085948
Відносні запаси беззбитковості усіх сценаріїв проєкту за
критерієм PI:
 [-0.20363516  0.27637367  0.06342753]
Математичне сподівання відносного запасу за критерієм PI
M(χ) = 0.0800772759814844
```

Інші випадки інвестиційних проєктів, аналіз ризику їх реалізації даним методом та код програми наведені у розділі «Додатки».

Розділ 2. Метод аналізу імовірнісних розподілів потоків платежів проєкту

У цьому розділі роботи розглядається один з найбільш інформативних методів аналізу ефективності ІП з урахуванням ризику – метод аналізу імовірнісних розподілів потоків платежів проекту. У цьому методі по відомому розподілу вірогідності для кожного елементу потоку платежів ІП визначають очікувані величини чистих надходжень готівки в періоді t, розраховують по них очікуване значення чистої теперішньої вартості проекту (Net Present Value – NPV) і оцінюють стандартні відхилення елементів потоку платежів від їх очікуваних значень, а також дисперсію і стандартне відхилення NPV проекту. Проте традиційно досліджуються тільки крайні випадки незалежних і ідеально корельованих потоків. Нашою метою є дослідження загального випадку довільної кореляційної залежності між елементами потоку і виведення формул для оцінки ризику ІП.

Отже, нехай чисте теперішнє значення потоку платежів за ІП має вигляд:

$$NPV = \sum_{t=1}^{n} \frac{C_t}{(1+r)^t} + \frac{S}{(1+r)^n} - I_0, \tag{35}$$

де C_t – випадкова величина чистого грошового потоку в періоді $t=\overline{1,n}$, що набуває значення c_{it} з вірогідністю $p_{it}(i=\overline{1,l})$; S – залишкова (ліквідаційна) вартість за проектом; I_0 – початкові інвестиції (капіталовкладення); r – ставка дисконтування (вартість капіталу ІП); n – кількість періодів терміну життя проекту. Без обмеження спільності надалі рахуватимемо, що залишкова вартість $S=0$. Тоді очікуване (середнє) значення NPV проекту за відомими властивостями математичного очікування дорівнює:

$$M(NPV) = M\left(\sum_{t=1}^{n} \frac{C_t}{(1+r)^t} - I_0\right) = \sum_{t=1}^{n} \frac{M(C_t)}{(1+r)^t} - I_0 \tag{36}$$

де

$$M(C_t) = \sum_{i=1}^{l} c_{it} p_{it}, \quad t=\overline{1,n} \tag{37}$$

Дисперсія елементів потоку платежів дорівнює:

$$D(C_t) = \sigma_t^2 = \sum_{i=1}^{l} (c_{it} - M(C_t))^2 p_{it}, \;\; t=\overline{1,n}, \tag{38}$$

де σ_t – стандартне відхилення елементів потоку платежів в періоді $t=\overline{1,n}$. Величина дисперсії NPV проекту, що служить мірилом його ризику, істотно залежить від міри кореляції між елементами потоку платежів. Розглянемо спочатку два спеціальних випадки – незалежних і ідеально корельованих потоків, а потім найзагальніший випадок довільної кореляції між елементами потоку.

1. Незалежні потоки платежів. В цьому випадку для будь-кого $t \neq \tau$, $t = \overline{1,n}$, $\tau = \overline{1,n}$, справедлива рівність:

$$\operatorname{cov}(C_t, C_\tau) = 0, \tag{39}$$

де $\operatorname{cov}(C_t, C_\tau) = M\big((C_t - M(C_t))(C_\tau - M(C_\tau))\big) -$ коваріація випадкових величин C_t і C_τ тому дисперсія суми випадкових величин дорівнює сумі їх дисперсій :

$$D(NPV) = D\left(\sum_{t=1}^{n} \frac{C_t}{(1+r)^t} - I_0\right) = \sum_{t=1}^{n} \frac{D(C_t)}{(1+r)^{2t}} = \sum_{t=1}^{n} \frac{\sigma_t^2}{(1+r)^{2t}} . \tag{40}$$

Тоді стандартне відхилення NPV проекту рівне:

$$\sigma(NPV) = \left(\sum_{t=1}^{n} \frac{\sigma_t^2}{(1+r)^{2t}}\right)^{1/2} . \tag{41}$$

2. Ідеально корельовані (сильно залежні) потоки. Нехай позитивна лінійна залежність між елементами потоку платежів дуже сильна (майже функціональна). Тоді коефіцієнт кореляції між елементами потоку приблизно дорівнює одиниці. Отже, справедлива приблизна рівність**:**

$$\operatorname{cov}(C_t, C_\tau) = \sigma_t \sigma_\tau , \tag{42}$$

де σ_t і σ_τ – стандартні відхилення відповідних елементів потоку C_t і C_τ, $t = \overline{1,n}$, $\tau = \overline{1,n}$. В цьому випадку при $t \neq \tau$ маємо:

$$D(NPV) = D\left(\sum_{t=1}^{n} \frac{C_t}{(1+r)^t} - I_0\right) = \sum_{t=1}^{n} \frac{D(C_t)}{(1+r)^{2t}} + \sum_{t=1}^{n}\sum_{\tau=1}^{n} \frac{1}{(1+r)^t} \cdot \frac{1}{(1+r)^\tau} \operatorname{cov}(C_t, C_\tau) =$$

$$= \sum_{t=1}^{n} \left(\frac{\sigma_t}{(1+r)^t}\right)^2 + \sum_{t=1}^{n}\sum_{\tau=1}^{n} \frac{\sigma_t}{(1+r)^t} \cdot \frac{\sigma_\tau}{(1+r)^\tau} = \left(\sum_{t=1}^{n} \frac{\sigma_t}{(1+r)^t}\right)^2 .$$

Звідки отримуємо:

$$\sigma(NPV) = \sum_{t=1}^{n} \frac{\sigma_t}{(1+r)^t} . \tag{43}$$

3. Загальний випадок. На практиці значно частіше, ніж два останніх випадки, спостерігається проміжна ситуація, коли елементи C_t і C_τ потоку платежів помірно корелюють між собою. В цьому випадку при $t \neq \tau$:

$$D(NPV) = D\left(\sum_{t=1}^{n}\frac{C_t}{(1+r)^t} - I_0\right) = \sum_{t=1}^{n}\frac{D(C_t)}{(1+r)^{2t}} + \sum_{t=1}^{n}\sum_{\tau=1}^{n}\frac{1}{(1+r)^t}\cdot\frac{1}{(1+r)^\tau}\operatorname{cov}(C_t, C_\tau) =$$

$$= \sum_{t=1}^{n}\frac{\sigma_t^2}{(1+r)^{2t}} + \sum_{t=1}^{n}\sum_{\tau=1}^{n}\frac{\operatorname{cov}(C_t, C_\tau)}{(1+r)^{t+\tau}},$$

а стандартне відхилення NPV проекту обчислюється за формулою:

$$\sigma(NPV) = \left(\sum_{t=1}^{n}\frac{\sigma_t^2}{(1+r)^{2t}} + \sum_{t=1}^{n}\sum_{\tau=1}^{n}\frac{\operatorname{cov}(C_t, C_\tau)}{(1+r)^{t+\tau}}\right)^{1/2}, \qquad (44)$$

яку на відміну від двох попередніх випадків вже не можна спростити.

На жаль, матриця коваріацій елементів потоку платежів часто невідома, оскільки для її визначення треба знати усю спільну вірогідність елементів потоку. В цьому випадку можна застосувати наступний підхід, що не вимагає завдання коваріаційної матриці елементів потоку.

Нехай $Y_t, Z_t^{(1)}, ..., Z_t^{(m)}$ – нормально розподілені випадкові величини, такі що:

$$C_t = Y_t + Z_t^{(1)} + ... + Z_t^{(m)}, \qquad (45)$$

де всі ці випадкові величини взаємно незалежні при будь-кому $t = \overline{1,n}$, а випадкові величини $Z_1^{(k)}, Z_2^{(k)}, ..., Z_n^{(k)}$ з різних часових періодів при фіксованому $k = \overline{1,m}$, навпаки, ідеально корельовані. Іншими словами, чистий грошовий потік C_t кожного періоду $t = \overline{1,n}$ складається з незалежного грошового потоку Y_t плюс m ідеально корельованих у своїх групах грошових потоків $Z_t^{(k)}$ (група визначається верхнім індексом при Z). Знайдемо за формулами (40) і (43) дисперсію NPV такого потоку :

$$D(NPV) = D\left(\sum_{t=1}^{n}\frac{C_t}{(1+r)^t} - I_0\right) = D\left(\sum_{t=1}^{n}\frac{Y_t + Z_t^{(1)} + \ldots + Z_t^{(m)}}{(1+r)^t}\right) =$$

$$= D\left(\sum_{t=1}^{n}\frac{Y_t}{(1+r)^t}\right) + D\left(\sum_{t=1}^{n}\frac{Z_t^{(1)} + \ldots + Z_t^{(m)}}{(1+r)^t}\right) =$$

$$= \sum_{t=1}^{n}\frac{\sigma_{Y_t}^2}{(1+r)^{2t}} + D\left(\sum_{t=1}^{n}\frac{Z_t^{(1)}}{(1+r)^t}\right) + \ldots + D\left(\sum_{t=1}^{n}\frac{Z_t^{(m)}}{(1+r)^t}\right) =$$

$$= \sum_{t=1}^{n}\frac{\sigma_{Y_t}^2}{(1+r)^{2t}} + \left(\sum_{t=1}^{n}\frac{\sigma_{Z_t^{(1)}}}{(1+r)^t}\right)^2 + \ldots + \left(\sum_{t=1}^{n}\frac{\sigma_{Z_t^{(m)}}}{(1+r)^t}\right)^2 = \sum_{t=1}^{n}\frac{\sigma_{Y_t}^2}{(1+r)^{2t}} + \sum_{k=1}^{m}\left(\sum_{t=1}^{n}\frac{\sigma_{Z_t^{(k)}}}{(1+r)^t}\right)^2.$$

Таким чином, стандартне відхилення *NPV* проекту в цьому випадку дорівнює:

$$\sigma(NPV) = \left(\sum_{t=1}^{n}\frac{\sigma_{Y_t}^2}{(1+r)^{2t}} + \sum_{k=1}^{m}\left(\sum_{t=1}^{n}\frac{\sigma_{Z_t^{(k)}}}{(1+r)^t}\right)^2\right)^{1/2}. \tag{46}$$

Формули (41) і (43) є окремими випадками формули (46) : при $m=0$ отримаємо формулу (41), а при $m=1$ і $Y_t=0$ отримаємо формулу (43). Очікуване значення NPV проекту визначається звичайним способом:

$$M(NPV) = \sum_{t=1}^{n}\frac{M(Y_t) + \sum_{k=1}^{m} M(Z_t^{(k)})}{(1+r)^t} - I_0. \tag{47}$$

Приклад 2.1. Проект X вимагає початкових капіталовкладень у розмірі 100 тыс. грн. Прогнозований за проектом нетто-потік платежів характеризується розподілом вірогідності, представленим в наступній початковій таблиці:

Таблиця 1. Імовірнісний розподіл елементів потоку платежів ІП

Рік 1		Рік 2		Рік 3	
C_{i1} (*тис.грн.*)	p_{i1}	C_{i2} (*тис.грн.*)	p_{i2}	C_{i3} (*тис.грн.*)	p_{i3}
30 50 70	0.3 0.4 0.3	20 40 60	0.2 0.6 0.2	30 50 70	0.3 0.4 0.3
$M(C_1) = 50$		$M(C_2) = 40$		$M(C_3) = 50$	

Вимагається оцінити ризик проекту $\sigma(NPV)$ (стандартне відхилення NPV проекту), якщо ставка дисконтування $r = 6\%$ річних.

Розіб'ємо кожен елемент C_{it} цього прогнозованого за проєктом грошового потоку на два доданки (можна і більше!):

$C_{it} = Y_{it} + Z_{it}^{(1)}$, $i = \overline{1,l}$ (у прикладі $l = n = 3$),

де доданки Y_{it} – незалежні при $t = \overline{1,3}$, а доданки $Z_{i1}^{(1)}, Z_{i2}^{(1)}, Z_{i3}^{(1)}$ – навпаки, ідеально корельовані (сильно лінійно залежні). Наприклад, виберемо:

$Z_{i1}^{(1)} = Z_{i2}^{(1)} = Z_{i3}^{(1)}$ при $i = \overline{1,3}.$

Тоді початкова таблиця 1 прогнозованих платежів за проєктом набере вигляду:

Таблиця 2. Розкладання елементів потоку платежів ІП

	Рік 1			Рік 2			Рік 3		
	Y_{i1}	$Z_{i1}^{(1)}$	p_{i1}	Y_{i2}	$Z_{i2}^{(1)}$	p_{i2}	Y_{i3}	$Z_{i3}^{(1)}$	p_{i3}
	25 40 55	5 10 15	0.3 0.4 0.3	15 30 45	5 10 15	0.2 0.6 0.2	25 40 55	5 10 15	0.3 0.4 0.3
Математичне очікування платежу	40	10		30	10		40	10	
Дисперсія платежу	135	15		90	10		135	15	
Стандартне відхилення	11.62	3.87		9.49	3.16		11.62	3.87	

Оцінимо ризик проєкту по формулі (46) :

$$\sigma\left(NPV\right) = \left(\sum_{t=1}^{3} \frac{\sigma_{Y_t}^2}{\left(1+r\right)^{2t}} + \left(\sum_{t=1}^{3} \frac{\sigma_{Z_t^{(1)}}}{(1+r)^t} \right)^2 \right)^{1/2} =$$

$$= \left(\frac{135}{1.06^2} + \frac{90}{1.06^4} + \frac{135}{1.06^6} + \left(\frac{3.87}{1.06} + \frac{3.16}{1.06^2} + \frac{3.87}{1.06^3} \right)^2 \right)^{1/2} \approx$$

$$\approx \left(286.61 + 94.34\right)^{1/2} \approx \sqrt{380.95} \approx 19.52 \text{ (\textit{тыс. грн.})}$$

Очікуване значення NPV проекту не залежить від міри корельованості елементів грошового потоку і по формулі (36) дорівнює:

$$M(NPV)=\frac{50}{1.06}+\frac{40}{1.06^2}+\frac{50}{1.06^3}-100\approx 47.17+35.60+41.98-100\approx$$
$$\approx 124.75-100=24.75 \text{ (\textit{тис. грн.})}.$$

Оскільки $M(NPV)>0$, то цей проект рекомендується до реалізації за критерієм NPV.

Коефіцієнт варіації NPV проекту, що характеризує міру ризику на одиницю середнього доходу за проектом, рівний:

$$C(NPV)=\frac{\sigma(NPV)}{M(NPV)}\approx\frac{19.52}{24.75}\approx 0.79.$$

Врахування ризику інвестицій дуже корисне при порівняльному аналізі ІП. З введенням показника ризику $\sigma(NPV)$з'являється можливість вибору між двома альтернативними проектами з приблизно рівними очікуваними значеннями NPV. Якщо $M(NPV_1)\approx M(NPV_2)$, а $\sigma(NPV_1)<\sigma(NPV_2)$, то перевагу слід віддати першому проекту як менш ризикованому при тій же прибутковості. Якщо ж $M(NPV_1)<M(NPV_2)$ і $\sigma(NPV_1)<\sigma(NPV_2)$, то вибір проекту залежить від суб'єктивного відношення до ризику особи, що приймає рішення (ОПР). При схильності ОПР до ризику буде обраний другий проект як більш ризикований, та зате і більш прибутковий. При несхильності ОПР до ризику буде обраний, швидше за все, перший проект. При нейтральному відношенні ОПР до ризику більше шансів бути обраним у другого проекту (більш прибуткового за прогнозами). Вибір в подібних неоднозначних ситуаціях залежить також від співвідношення величин прибутковості і ризику. При цьому корисним може виявитися коефіцієнт варіації :

$$C(NPV)=\frac{\sigma(NPV)}{M(NPV)}, \tag{48}$$

який визначає міру ризику на одиницю середнього доходу. Цей показник особливо корисний в тих випадках, коли очікувані прибутковості порівнюваних проектів істотно розрізняються.

Програмна реалізація прикладу 2.1

Розрахуємо значення математичного сподівання, стандартного відхилення і коефіцієнту варіації NPV із розглянутого прикладу за допомогою складеної на мові Python програми, та порівняємо результат із отриманими вище значеннями.

```
In [21]: runfile('D:/Alex/4 course/Диплом Дяченко/2.py',
wdir='D:/Alex/4 course/Диплом Дяченко')
Розмір початкових капіталовкладень = 100
Ставка дисконування r = 6.0 % річних
Елементи С грошового потоку:
 [[30 50 70]
 [20 40 60]
 [30 50 70]]
Відповідні вірогідності p:
 [[0.3 0.4 0.3]
 [0.2 0.6 0.2]
 [0.3 0.4 0.3]]

Математичне сподівання NPV M(NPV) = 24.750633072939394
Стандартне відхилення NPV σ(NPV) = 19.5214272992985б
Коефіцієнт варіації NPV CV(NPV) = 0.7887243627978922
```

Як бачимо, розраховані програмою значення співпадають із знайденими раніше значеннями. Інші випадки інвестиційних проєктів, аналіз ризику їх реалізації даним методом та код програми наведені у розділі «Додатки».

Висновки

У цій роботі було детально розглянуто два методи аналізу ризиків інвестиційних проєктів, один з котрих був утворений шляхом об'єднання двох інших відомих методів оцінки фінансових ризиків проєктів. Розглянуті методи дозволяють ефективно і наочно оцінити доцільність інвестування коштів у той чи інший потенціальний інвестиційний проєкт. Зокрема розглянуті методи дозволяють побачити, на котрі параметри проєкту слід звернути більшу увагу при реалізації різних сценаріїв проєкту, а також розрахувати інтегральний ризик проєкту в цілому.

Також для кожного з методів була складена комп'ютерна програма, що сприяє розумінню методів і прийде у пригоді при розрахунку ризику по розглянутим методам. Дослідження ризику інвестиційного проєкту комбінованим методом дещо відрізняється в кожному з розглянутих випадків, тому для кожного з них була створена окрема програма. У загальному випадку програми аналізують інтегральний фінансовий ризик проєкту в залежності від вихідних даних, а також розраховують точки беззбитковості і запаси беззбитковості за основними параметрами проєкту та складають рейтинг параметрів проєкту за зменшенням ризику його збитковості, якщо це можливо.

Програма, складена за другим розглянутим методом, оцінює ризик інвестиційного проєкту з певними вихідними даними, знаходячи математичне сподівання, стандартне відхилення та коефіцієнт варіації критерію NPV, використовуючи для цього відповідний розглянутий метод.

Список літератури

1. Васильєва Т. А., Лєонов С. В., Кривич Я. М. Економічний ризик: методи оцінки та управління: навч. посібник. Суми: ДВНЗ "УАБС НБУ", 2015. 208 с.
2. Васильєв О.Б., Васильєва Н.С., Тупко Н.П. Новий підхід до побудови рейтингу параметрів інвестиційного проекту за величиною їх ризиків. *Науковий вісник Херсонського державного університету*. 2019. Вип. 34. С.153-156.
3. Гранатуров В. М., Шевчук О. Б. Ризики підприємницької діяльності: Проблеми аналізу. Київ: Зв'язок, 2020. 152 с.
4. Кігель В. Методи і моделі підтримки прийняття рішень у ринковій економіці: монографія. Київ: ЦУЛ, 2018. 202 с.
5. Ястремський О. І. Моделювання економічного ризику. Київ: Либідь, 2012 176 с.
6. Crouhy M., Galai D. Risk management. McGraw-Hill, 2011. 717 p.
7. Vasil'ev A., Vasil'eva N., Tupko N. Development of combined method for analysis of financial risks of investment project.*Technology Audit and Production Reserves*. 2017. no. 4/4(36). P. 43-49.

Додатки

до розділу 1.1

Інші випадки

- **Приклад 1.1.2:**

Показники	*Сценарії*		
	Найгірший P=0.2	*Найкращий P=0.2*	*Вірогідний P=0.6*
Обсяг виробництва Q	1500	2500	2000
Ціна за одиницю продукції c	150	250	200
Питомі змінні витрати v	140	100	120
Постійні витрати FC	500	500	500
Амортизація dep	200		
Податок на прибуток τ	40%		
Ставка дисконтування i	15%	8%	12%
Термін проєкту n	4	4	4
Початкові інвестиції I_0	10000	250000	100000

```
In [231]: runfile('D:/Alex/4 course/Диплом Дяченко/1.1.py',
wdir='D:/Alex/4 course/Диплом Дяченко')
NPV кожного зі сценаріїв проєкту:
 [ 15066.71002462 494499.87110517 190917.32041988]
Аналіз інтегрального фінансового ризику проєкту загалом:
Математичне сподівання NPV M(NPV) = 216463.70847788366
Дисперсія NPV D(NPV) = 23964542508.583683
Стандартне відхилення NPV σ(NPV) = 154804.8529878301
Коефіцієнт варіації NPV CV(NPV) = 0.7151538429992604

IRR кожного зі сценаріїв проєкту:
 [0.79305928 0.81654862 0.88134602]
Альтернативна оцінка інтегрального фінансового ризику проєкту:
Математичне сподівання IRR M(IRR) = 0.85072918990383
Дисперсія IRR D(IRR) = 0.0014612599602815105
Стандартне відхилення IRR σ(IRR) = 0.03822643012735443
Коефіцієнт варіації IRR CV(IRR) = 0.04493372342340306

Беззбиткові значення параметрів проєкту для всіх сценаріїв:
обсяг виробництва Q:
 [620.44225265 841.11334571 690.48840897]
ціна за одиницю продукції c:
 [144.13628168 150.46680074 147.61953636]
питомі змінні витрати v:
 [145.86371832 199.53319926 172.38046364]
постійні витрати FC:
 [  9295.57747349 249332.99814415 105260.92728239]

Запаси беззбитковості за параметром Q для всіх сценаріїв:
абсолютний: [ 879.55774735 1658.88665429 1309.51159103]
відносний: [0.58637183 0.66355466 0.6547558 ]
Математичне сподівання абсолютного запасу за параметром Q =
1293.395834946469
Математичне сподівання відносного запасу за параметром Q =
0.6428387759656334
```

```
Запаси беззбитковості за параметром c для всіх сценаріїв:
абсолютний: [ 5.86371832 99.53319926 52.38046364]
відносний: [0.03909146 0.3981328  0.26190232]
Математичне сподівання абсолютного запасу за параметром c =
52.50766169937896
Математичне сподівання відносного запасу за параметром c =
0.2445862414172486

Запаси беззбитковості за параметром v для всіх сценаріїв:
абсолютний: [ 5.86371832 99.53319926 52.38046364]
відносний: [0.04019998 0.49883027 0.30386543]
Математичне сподівання абсолютного запасу за параметром v =
52.50766169937897
Математичне сподівання відносного запасу за параметром v =
0.29012530703108635

Запаси беззбитковості за параметром FC для всіх сценаріїв:
абсолютний: [  8795.57747349 248832.99814415 104760.92728239]
відносний: [0.94621098 0.99799465 0.9952499 ]
Математичне сподівання абсолютного запасу за параметром FC =
114382.27149295824
Математичне сподівання відносного запасу за параметром FC =
0.9859910656036468

Рейтинг параметрів проєкту за зменшенням ризику його збитковості:
('c', 0.2445862414172486)
('v', 0.29012530703108635)
('Q', 0.6428387759656334)
('FC', 0.9859910656036468)
```

- **Приклад 1.1.3:**

Показники	*Сценарії*		
	Найгірший P=0.3	*Найкращий P=0.3*	*Вірогідний P=0.4*
Обсяг виробництва Q	2000	6000	4000
Ціна за одиницю продукції c	40	60	50
Питомі змінні витрати v	30	20	25
Постійні витрати FC	600	400	500
Амортизація dep	300		
Податок на прибуток τ	60%		
Ставка дисконтування i	20%	10%	15%
Термін проєкту n	4	6	5
Початкові інвестиції I_0	10000	100000	50000

```
In [236]: runfile('D:/Alex/4 course/Диплом Дяченко/1.1.py',
wdir='D:/Alex/4 course/Диплом Дяченко')
NPV кожного зі сценаріїв проєкту:
 [ 10554.55246914 318192.13236236  84019.1608185 ]
Аналіз інтегрального фінансового ризику проєкту загалом:
Математичне сподівання NPV M(NPV) = 132231.669776848
Дисперсія NPV D(NPV) = 15745762764.423725
Стандартне відхилення NPV σ(NPV) = 125482.12129392667
Коефіцієнт варіації NPV CV(NPV) = 0.9489566418217984

IRR кожного зі сценаріїв проєкту:
 [0.69862616 0.94231697 0.75102523]
Альтернативна оцінка інтегрального фінансового ризику проєкту:
Математичне сподівання IRR M(IRR) = 0.7926930306319491
Дисперсія IRR D(IRR) = 0.010065252251036487
Стандартне відхилення IRR σ(IRR) = 0.1003257307525666
Коефіцієнт варіації IRR CV(IRR) = 0.12656315480985764

Беззбиткові значення параметрів проєкту для всіх сценаріїв:
обсяг виробництва Q:
 [ 980.72280179 1433.79612727 1493.57776231]
ціна за одиницю продукції c:
 [34.90361401 29.55864085 34.33486101]
питомі змінні витрати v:
 [35.09638599 50.44135915 40.66513899]
постійні витрати FC:
 [ 10792.77198212 183048.15490933  63160.55594231]

Запаси беззбитковості за параметром Q для всіх сценаріїв:
абсолютний: [1019.27719821 4566.20387273 2506.42223769]
відносний: [0.5096386  0.76103398 0.62660556]
Математичне сподівання абсолютного запасу за параметром Q =
2678.213216360429
Математичне сподівання відносного запасу за параметром Q =
0.6318439971376458
```

```
Запаси беззбитковості за параметром c для всіх сценаріїв:
абсолютний: [ 5.09638599 30.44135915 15.66513899]
відносний: [0.12740965 0.50735599 0.31330278]
Математичне сподівання абсолютного запасу за параметром c =
16.927379137014988
Математичне сподівання відносного запасу за параметром c =
0.3157508025753315

Запаси беззбитковості за параметром v для всіх сценаріїв:
абсолютний: [ 5.09638599 30.44135915 15.66513899]
відносний: [0.14521113 0.60349998 0.38522281]
Математичне сподівання абсолютного запасу за параметром v =
16.92737913701499
Математичне сподівання відносного запасу за параметром v =
0.3787024563105302З

Запаси беззбитковості за параметром FC для всіх сценаріїв:
абсолютний: [ 10192.77198212 182648.15490933  62660.55594231]
відносний: [0.94440724 0.99781478 0.99208367]
Математичне сподівання абсолютного запасу за параметром FC =
82916.5004443584
Математичне сподівання відносного запасу за параметром FC =
0.9795000730737196

Рейтинг параметрів проєкту за зменшенням ризику його збитковості:
('c', 0.3157508025753315)
('v', 0.3787024563105302З)
('Q', 0.6318439971376458)
('FC', 0.9795000730737196)
```

- **Приклад 1.1.4:**

Показники	*Сценарії*		
	Найгірший *P=0.2*	*Найкращий* *P=0.3*	*Вірогідний* *P=0.5*
Обсяг виробництва Q	1000	3000	2000
Ціна за одиницю продукції c	300	500	400
Питомі змінні витрати v	200	100	150
Постійні витрати FC	750	250	500
Амортизація dep	500		
Податок на прибуток τ	30%		
Ставка дисконтування i	30%	10%	20%
Термін проєкту n	5	9	7
Початкові інвестиції I_0	100000	1000000	500000

```
In [241]: runfile('D:/Alex/4 course/Диплом Дяченко/1.1.py',
wdir='D:/Alex/4 course/Диплом Дяченко')
NPV кожного зі сценаріїв проєкту:
 [  69576.54399625 3837436.03007572  760886.19898834]
Аналіз інтегрального фінансового ризику проєкту загалом:
Математичне сподівання NPV M(NPV) = 1545589.2173161372
Дисперсія NPV D(NPV) = 2319370639793.443
Стандартне відхилення NPV σ(NPV) = 1522948.009550373
Коефіцієнт варіації NPV CV(NPV) = 0.9853510832554333

IRR кожного зі сценаріїв проєкту:
 [0.63702773 0.83643929 0.68116802]
Альтернативна оцінка інтегрального фінансового ризику проєкту:
Математичне сподівання IRR M(IRR) = 0.7189213430846506
Дисперсія IRR D(IRR) = 0.006197109339173927
Стандартне відхилення IRR σ(IRR) = 0.07872172088549594
Коефіцієнт варіації IRR CV(IRR) = 0.10949976884498575

Беззбиткові значення параметрів проєкту для всіх сценаріїв:
обсяг виробництва Q:
 [591.90221195 620.23406812 793.78264671]
ціна за одиницю продукції c:
 [259.19022119 182.69787575 249.22283084]
питомі змінні витрати v:
 [240.80977881 417.30212425 300.77716916]
постійні витрати FC:
 [ 41559.77880531 952156.37275094 302054.33832362]

Запаси беззбитковості за параметром Q для всіх сценаріїв:
абсолютний: [ 408.09778805 2379.76593188 1206.21735329]
відносний: [0.40809779 0.79325531 0.60310868]
Математичне сподівання абсолютного запасу за параметром Q =
1398.6580138210654
Математичне сподівання відносного запасу за параметром Q =
0.621150489121974
```

```
Запаси беззбитковості за параметром c для всіх сценаріїв:
абсолютний: [ 40.80977881 317.30212425 150.77716916]
відносний: [0.1360326  0.63460425 0.37694292]
Математичне сподівання абсолютного запасу за параметром c =
178.74117761706114
Математичне сподівання відносного запасу за параметром c =
0.40605925520599073

Запаси беззбитковості за параметром v для всіх сценаріїв:
абсолютний: [ 40.80977881 317.30212425 150.77716916]
відносний: [0.16946894 0.76036547 0.50129194]
Математичне сподівання абсолютного запасу за параметром v =
178.7411776170611
Математичне сподівання відносного запасу за параметром v =
0.5126493961124539

Запаси беззбитковості за параметром FC для всіх сценаріїв:
абсолютний: [ 40809.77880531 951906.37275094 301554.33832362]
відносний: [0.98195371 0.99973744 0.99834467]
Математичне сподівання абсолютного запасу за параметром FC =
444511.0367481543
Математичне сподівання відносного запасу за параметром FC =
0.9954843069135026

Рейтинг параметрів проєкту за зменшенням ризику його збитковості:
('c', 0.40605925520599073)
('v', 0.5126493961124539)
('Q', 0.621150489121974)
('FC', 0.9954843069135026)
```

Код

```
'''Анализ рисков инвестиционного проекта для рентного потока
 платежей и производства однородной продукции'''
import numpy as np
Q=np.array([150,300,200])            #объем выпуска
c=np.array([40,55,50])               #цена за штуку
v=np.array([35,25,30])               #переменные затраты
FC=np.array([600,450,500])           #постоянные затраты
dep=100                              #амортизация
tau=0.2                              #налог на прибыль
i=np.array([0.15,0.08,0.1])          #ставка дисконтирования
n=np.array([5,7,6])                  #срок проекта
I0=np.array([500,7500,5000])         #начальные инвестиции
p=np.array([0.25,0.25,0.5])          #вероятность сценария
CF=(Q*(c-v)-FC-dep)*(1-tau)+dep      #cash flow
def a(n,i):                          #коэффициент дисконтирования
    return (1-1/(1+i)**n)/i          #единичной ренты
```

```
NPV=-I0+CF*a(n,i)                    #NPV
M_NPV=np.sum(NPV*p)                  #мат ожидание NPV
D_NPV=np.sum((NPV-M_NPV)**2*p)       #дисперсия NPV
dev_NPV=np.sqrt(D_NPV)               #стандартное отклонение NPV
CV_NPV=dev_NPV/M_NPV                 #коэффициент вариации NPV

Q0=1/(c-v)*(1/(1-tau)*(I0/a(n,i)-dep)+FC+dep)   #точки безубыточности по Q
M_Q0=np.sum(Q0*p)                    #мат ожидание Q0
D_Q0=np.sum((Q0-M_Q0)**2*p)          #дисперсия Q0
dev_Q0=np.sqrt(D_Q0)                 #стандартное отклонение Q0
CV_Q0=dev_Q0/M_Q0                    #коэффициент вариации Q0
alphaQ=Q-Q0                          #абсолютный запас безубыточности по Q
betaQ=(Q-Q0)/Q                       #относительный запас безубыточности по Q
M_Q=np.sum(Q*p)                      #мат ожидание Q
M_Q0Q=np.sum(Q0/Q*p)                 #мат ожидание Q0/Q
M_alphaQ=M_Q-M_Q0                    #мат ожидание alpha Q
M_betaQ=1-M_Q0Q                      #мат ожидание beta Q

c0=v+1/Q*(1/(1-tau)*(I0/a(n,i)-dep)+FC+dep)     #точки безубыточности по c
M_c0=np.sum(c0*p)                    #мат ожидание c0
D_c0=np.sum((c0-M_c0)**2*p)          #дисперсия c0
dev_c0=np.sqrt(D_c0)                 #стандартное отклонение c0
CV_c0=dev_c0/M_c0                    #коэффициент вариации c0
alphac=c-c0                          #абсолютный запас безубыточности по c
betac=(c-c0)/c                       #относительный запас безубыточности по c
M_c=np.sum(c*p)                      #мат ожидание c
M_c0c=np.sum(c0/c*p)                 #мат ожидание c0/c
M_alphac=M_c-M_c0                    #мат ожидание alpha c
M_betac=1-M_c0c                      #мат ожидание beta c

v0=c-1/Q*(1/(1-tau)*(I0/a(n,i)-dep)+FC+dep)     #точки безубыточности по v
M_v0=np.sum(v0*p)                    #мат ожидание v0
D_v0=np.sum((v0-M_v0)**2*p)          #дисперсия v0
dev_v0=np.sqrt(D_v0)                 #стандартное отклонение v0
CV_v0=dev_v0/M_v0                    #коэффициент вариации v0
alphav=v0-v                          #абсолютный запас безубыточности по v
```

```
betav=(v0-v)/v0                     #относительный запас безубыточности по v
M_alphav=sum(alphav*p)              #мат ожидание абсолютного запаса по v
M_betav=sum(betav*p)                #мат ожидание относительного запаса по v

FC0=Q*(c-v)-1/(1-tau)*(I0/a(n,i)-dep)-dep       #точки безубыточности по FC
M_FC0=np.sum(FC0*p)                 #мат ожидание FC0
D_FC0=np.sum((FC0-M_FC0)**2*p)      #дисперсия FC0
dev_FC0=np.sqrt(D_FC0)              #стандартное отклонение FC0
CV_FC0=dev_FC0/M_FC0                #коэффициент вариации FC0
alphaFC=FC0-FC                      #абсолютный запас безубыточности по FC
betaFC=(FC0-FC)/FC0                 #относительный запас безубыточности по FC
M_alphaFC=sum(alphaFC*p)            #мат ожидание абсолютного запаса по FC
M_betaFC=sum(betaFC*p)              #мат ожидание относительного запаса по FC

IRR=np.array([])                    #IRR
for j in range(len(n)):
    IRR=np.append(IRR,np.irr(np.append(-I0[j],np.full(n[j],CF[j]))))
M_IRR=np.sum(IRR*p)                 #мат ожидание IRR
D_IRR=np.sum((IRR-M_IRR)**2*p)      #дисперсия IRR
dev_IRR=np.sqrt(D_IRR)              #стандартное отклонение IRR
CV_IRR=dev_IRR/M_IRR                #коэффициент вариации IRR

print("NPV кожного зі сценаріїв проєкту:\n",NPV)
print("Аналіз інтегрального фінансового ризику проєкту загалом:")
print("Математичне сподівання NPV M(NPV) =",M_NPV)
print("Дисперсія NPV D(NPV) =",D_NPV)
print("Стандартне відхилення NPV \u03C3(NPV) =",dev_NPV)
print("Коефіцієнт варіації NPV CV(NPV) =",CV_NPV)

print("\nIRR кожного зі сценаріїв проєкту:\n",IRR)
print("Альтернативна оцінка інтегрального фінансового ризику проєкту:")
print("Математичне сподівання IRR M(IRR) =",M_IRR)
print("Дисперсія IRR D(IRR) =",D_IRR)
print("Стандартне відхилення IRR \u03C3(IRR) =",dev_IRR)
print("Коефіцієнт варіації IRR CV(IRR) =",CV_IRR)
```

```
print("\nБеззбиткові значення параметрів проєкту для всіх сценаріїв:")
print("обсяг виробництва Q:\n",Q0)
print("ціна за одиницю продукції c:\n",c0)
print("питомі змінні витрати v:\n",v0)
print("постійні витрати FC:\n",FC0)

print("\nЗапаси беззбитковості за параметром Q для всіх сценаріїв:")
print("абсолютний:",alphaQ)
print("відносний:",betaQ)
print("Математичне сподівання абсолютного запасу за параметром Q =",M_alphaQ)
print("Математичне сподівання відносного запасу за параметром Q =",M_betaQ)

print("\nЗапаси беззбитковості за параметром c для всіх сценаріїв:")
print("абсолютний:",alphac)
print("відносний:",betac)
print("Математичне сподівання абсолютного запасу за параметром c =",M_alphac)
print("Математичне сподівання відносного запасу за параметром c =",M_betac)

print("\nЗапаси беззбитковості за параметром v для всіх сценаріїв:")
print("абсолютний:",alphav)
print("відносний:",betav)
print("Математичне сподівання абсолютного запасу за параметром v =",M_alphav)
print("Математичне сподівання відносного запасу за параметром v =",M_betav)

print("\nЗапаси беззбитковості за параметром FC для всіх сценаріїв:")
print("абсолютний:",alphaFC)
print("відносний:",betaFC)
print("Математичне сподівання абсолютного запасу за параметром FC
=",M_alphaFC)
print("Математичне сподівання відносного запасу за параметром FC =",M_betaFC)

print("\nРейтинг параметрів проєкту за зменшенням ризику його збитковості:")
lib={'Q':M_betaQ,'c':M_betac,'v':M_betav,'FC':M_betaFC}
for j in sorted(lib.items(),key=lambda f: f[1]):
    print(j)
```

до розділу 1.2

Інші випадки

- **Приклад 1.2.2:**

Показники	*Сценарії*		
	Найгірший P=0.2	*Найкращий P=0.2*	*Вірогідний P=0.6*
Сумарний виторг A	22500	62500	40000
Сумарні змінні витрати VC	21000	25000	24000
Постійні витрати FC	500	500	500
Амортизація dep	2000		
Податок на прибуток τ	40%		
Ставка дисконтування i	15%	8%	12%
Термін проєкту n	4	4	4
Початкові інвестиції I_0	2500	25000	12500

```
In [271]: runfile('D:/Alex/4 course/Диплом Дяченко/1.2.py',
wdir='D:/Alex/4 course/Диплом Дяченко')
NPV кожного зі сценаріїв проєкту:
 [ 1496.9697078  51178.91732102 18177.22840093]
Аналіз інтегрального фінансового ризику проєкту загалом:
Математичне сподівання NPV M(NPV) = 21441.514446319634
Дисперсія NPV D(NPV) = 262812936.9435072
Стандартне відхилення NPV σ(NPV) = 16211.506313218004
Коефіцієнт варіації NPV CV(NPV) = 0.7560802831257405

Беззбиткові значення параметрів проєкту для всіх сценаріїв:
сумарний виторг A:
 [21626.10563163 36746.70018558 30025.71742304]
сумарні змінні витрати VC:
 [21873.89436837 50753.29981442 33974.28257696]
постійні витрати FC:
 [ 1373.89436837 26253.29981442 10474.28257696]
ставка дисконтування i:
 [0.42369073 0.83968112 0.71448629]

Очікувані значення за всіма проєктними сценаріями динамічної точки
беззбитковості проєкту дорівнює:
за параметром сумарного виторгу A M(A) = 29689.99161726383
за параметром сумарних змінних витрат VC M(VC) = 34910.00838273617
за параметром постійних витрат FC M(FC) = 11810.00838273617
за параметром ставки дисконтування i M(IRR) = 0.6813661431911026

Запаси беззбитковості за параметром A для всіх сценаріїв:
абсолютний: [  873.89436837 25753.29981442  9974.28257696]
відносний: [0.03883975 0.4120528  0.24935706]
Математичне сподівання абсолютного запасу за параметром A =
11310.00838273617
Математичне сподівання відносного запасу за параметром A =
0.2397927480016795
```

```
Запаси беззбитковості за параметром VC для всіх сценаріїв:
абсолютний: [  873.89436837 25753.29981442  9974.28257696]
відносний: [0.03995148 0.50742119 0.29358332]
Математичне сподівання абсолютного запасу за параметром VC =
11310.00838273617
Математичне сподівання відносного запасу за параметром VC =
0.2856245236198436

Запаси беззбитковості за параметром FC для всіх сценаріїв:
абсолютний: [  873.89436837 25753.29981442  9974.28257696]
відносний: [0.636071   0.98095478 0.95226403]
Математичне сподівання абсолютного запасу за параметром FC =
11310.00838273617
Математичне сподівання відносного запасу за параметром FC =
0.8947635757634274

Запаси беззбитковості за параметром i для всіх сценаріїв:
абсолютний: [0.27369073 0.75968112 0.59448629]
відносний: [0.64596818 0.90472574 0.83204716]
Математичне сподівання абсолютного запасу за параметром i =
0.5633661431911026
Математичне сподівання відносного запасу за параметром i =
0.8093670801084231

Рейтинг параметрів проєкту за зменшенням ризику його збитковості:
('A', 0.2397927480016795)
('VC', 0.2856245236198436)
('i', 0.8093670801084231)
('FC', 0.8947635757634274)
```

- **Приклад 1.2.3:**

Показники	*Сценарії*		
	Найгірший $P=0.3$	*Найкращий* $P=0.3$	*Вірогідний* $P=0.4$
Сумарний виторг A	8000	36000	20000
Сумарні змінні витрати VC	6000	12000	10000
Постійні витрати FC	600	400	500
Амортизація dep	3000		
Податок на прибуток τ	60%		
Ставка дисконтування i	20%	10%	15%
Термін проєкту n	4	6	5
Початкові інвестиції I_0	3000	12000	6000

```
In [280]: runfile('D:/Alex/4 course/Диплом Дяченко/1.2.py',
wdir='D:/Alex/4 course/Диплом Дяченко')
NPV кожного зі сценаріїв проєкту:
 [ 3109.41358025 36953.13026196 12772.06854886]
Аналіз інтегрального фінансового ризику проєкту загалом:
Математичне сподівання NPV M(NPV) = 17127.590572206238
Дисперсія NPV D(NPV) = 184456621.88864374
Стандартне відхилення NPV σ(NPV) = 13581.480842995132
Коефіцієнт варіації NPV CV(NPV) = 0.7929592189711991

Беззбиткові значення параметрів проєкту для всіх сценаріїв:
сумарний виторг A:
 [ 4997.16840537 14788.22141088 10474.73328692]
сумарні змінні витрати VC:
 [ 9002.83159463 33211.77858912 19525.26671308]
постійні витрати FC:
 [ 3602.83159463 21611.77858912 10025.26671308]
ставка дисконтування i:
 [0.69029749 0.91784288 0.89515538]

Очікувані значення за всіма проєктними сценаріями динамічної точки
беззбитковості проєкту дорівнює:
за параметром сумарного виторгу A M(A) = 10125.510259642713
за параметром сумарних змінних витрат VC M(VC) = 20474.489740357287
за параметром постійних витрат FC M(FC) = 11574.489740357287
за параметром ставки дисконтування i M(IRR) = 0.8405042620756499

Запаси беззбитковості за параметром A для всіх сценаріїв:
абсолютний: [ 3002.83159463 21211.77858912  9525.26671308]
відносний: [0.37535395 0.58921607 0.47626334]
Математичне сподівання абсолютного запасу за параметром A =
11074.489740357287
Математичне сподівання відносного запасу за параметром A =
0.4798763406363491
```

```
Запаси беззбитковості за параметром VC для всіх сценаріїв:
абсолютний: [ 3002.83159463 21211.77858912  9525.26671308]
відносний: [0.33354302 0.6386824  0.4878431 ]
Математичне сподівання абсолютного запасу за параметром VC =
11074.489740357287
Математичне сподівання відносного запасу за параметром VC =
0.4868048671859917

Запаси беззбитковості за параметром FC для всіх сценаріїв:
абсолютний: [ 3002.83159463 21211.77858912  9525.26671308]
відносний: [0.83346432 0.98149157 0.95012602]
Математичне сподівання абсолютного запасу за параметром FC =
11074.489740357287
Математичне сподівання відносного запасу за параметром FC =
0.9245371751266691

Запаси беззбитковості за параметром i для всіх сценаріїв:
абсолютний: [0.49029749 0.81784288 0.74515538]
відносний: [0.71026984 0.89104889 0.83243133]
Математичне сподівання абсолютного запасу за параметром i =
0.6905042620756499
Математичне сподівання відносного запасу за параметром i =
0.8133681500675511

Рейтинг параметрів проєкту за зменшенням ризику його збитковості:
('A', 0.4798763406363491)
('VC', 0.4868048671859917)
('i', 0.8133681500675511)
('FC', 0.9245371751266691)
```

- **Приклад 1.2.4:**

Показники	*Сценарії*		
	Найгірший P=0.2	*Найкращий P=0.3*	*Вірогідний P=0.5*
Сумарний виторг *A*	3000	15000	8000
Сумарні змінні витрати *VC*	2000	3000	2500
Постійні витрати *FC*	750	250	500
Амортизація *dep*	5000		
Податок на прибуток τ	30%		
Ставка дисконтування *i*	30%	10%	20%
Термін проєкту *n*	5	9	7
Початкові інвестиції I_0	2500	10000	5000

```
In [300]: runfile('D:/Alex/4 course/Диплом Дяченко/1.2.py',
wdir='D:/Alex/4 course/Диплом Дяченко')
NPV кожного зі сценаріїв проєкту:
 [ 1579.57933492 46006.50661328 13022.95881916]
Аналіз інтегрального фінансового ризику проєкту загалом:
Математичне сподівання NPV M(NPV) = 20629.347260545852
Дисперсія NPV D(NPV) = 294707369.2088402
Стандартне відхилення NPV σ(NPV) = 17167.04311198758
Коефіцієнт варіації NPV CV(NPV) = 0.8321660833554333

Беззбиткові значення параметрів проєкту для всіх сценаріїв:
сумарний виторг A:
 [2073.50552987 3587.72198678 2838.74233105]
сумарні змінні витрати VC:
 [ 2926.49447013 14412.27801322  7661.25766895]
постійні витрати FC:
 [ 1676.49447013 11662.27801322  5661.25766895]
ставка дисконтування i:
 [0.60759996 0.97032708 0.9919642 ]

Очікувані значення за всіма проєктними сценаріями динамічної точки
беззбитковості проєкту дорівнює:
за параметром сумарного виторгу A M(A) = 2910.388867531102
за параметром сумарних змінних витрат VC M(VC) = 8739.611132468897
за параметром постійних витрат FC M(FC) = 6664.611132468899
за параметром ставки дисконтування i M(IRR) = 0.9086002128456807

Запаси беззбитковості за параметром A для всіх сценаріїв:
абсолютний: [   926.49447013 11412.27801322  5161.25766895]
відносний: [0.30883149 0.76081853 0.64515721]
Математичне сподівання абсолютного запасу за параметром A =
6189.611132468898
Математичне сподівання відносного запасу за параметром A =
0.6125904625827279
```

```
Запаси беззбитковості за параметром VC для всіх сценаріїв:
абсолютний: [  926.49447013 11412.27801322  5161.25766895]
відносний: [0.31658849 0.79184415 0.67368282]
Математичне сподівання абсолютного запасу за параметром VC =
6189.611132468899
Математичне сподівання відносного запасу за параметром VC =
0.6377123527757294

Запаси беззбитковості за параметром FC для всіх сценаріїв:
абсолютний: [  926.49447013 11412.27801322  5161.25766895]
відносний: [0.55263795 0.97856336 0.9116804 ]
Математичне сподівання абсолютного запасу за параметром FC =
6189.611132468899
Математичне сподівання відносного запасу за параметром FC =
0.8599368009105203

Запаси беззбитковості за параметром i для всіх сценаріїв:
абсолютний: [0.30759996 0.87032708 0.7919642 ]
відносний: [0.50625408 0.89694197 0.79837982]
Математичне сподівання абсолютного запасу за параметром i =
0.7186002128456808
Математичне сподівання відносного запасу за параметром i =
0.769523316335148

Рейтинг параметрів проєкту за зменшенням ризику його збитковості:
('A', 0.6125904625827279)
('VC', 0.6377123527757294)
('i', 0.769523316335148)
('FC', 0.8599368009105203)
```

Код

```
'''Случай производства нескольких видов продукции проекта'''

import numpy as np

A=np.array([6000,16500,10000])      #суммарная выручка

VC=np.array([5250,7500,6000])       #суммарные издержки

FC=np.array([600,450,500])          #постоянные затраты

dep=100                             #амортизация

tau=0.2                             #налог на прибыль

i=np.array([0.15,0.08,0.1])         #ставка дисконтирования

n=np.array([5,7,6])                 #срок проекта

I0=np.array([500,7500,5000])        #начальные инвестиции

p=np.array([0.25,0.25,0.5])         #вероятность сценария

CF=(A-VC-FC-dep)*(1-tau)+dep        #cash flow

def a(n,i):                         #коэффициент дисконтирования

    return (1-1/(1+i)**n)/i         #единичной ренты

NPV=-I0+CF*a(n,i)                   #NPV

M_NPV=np.sum(NPV*p)                 #мат ожидание NPV
```

```
D_NPV=np.sum((NPV-M_NPV)**2*p)        #дисперсия NPV
dev_NPV=np.sqrt(D_NPV)                #стандартное отклонение NPV
CV_NPV=dev_NPV/M_NPV                  #коэффициент вариации NPV

A0=1/(1-tau)*(I0/a(n,i)-dep)+VC+FC+dep      #точки безубыточности по A
M_A0=np.sum(A0*p)                     #мат ожидание A0
D_A0=np.sum((A0-M_A0)**2*p)           #дисперсия A0
dev_A0=np.sqrt(D_A0)                  #стандартное отклонение A0
CV_A0=dev_A0/M_A0                     #коэффициент вариации A0
alphaA=A-A0                           #абсолютный запас безубыточности по A
betaA=(A-A0)/A                        #относительный запас безубыточности по A
M_A=np.sum(A*p)                       #мат ожидание A
M_A0A=np.sum(A0/A*p)                  #мат ожидание A0/A
M_alphaA=M_A-M_A0                     #мат ожидание alpha A
M_betaA=1-M_A0A                       #мат ожидание beta A

VC0=A-1/(1-tau)*(I0/a(n,i)-dep)-FC-dep      #точки безубыточности по VC
M_VC0=np.sum(VC0*p)                   #мат ожидание VC0
D_VC0=np.sum((VC0-M_VC0)**2*p)        #дисперсия VC0
dev_VC0=np.sqrt(D_VC0)                #стандартное отклонение VC0
CV_VC0=dev_VC0/M_VC0                  #коэффициент вариации VC0
alphaVC=VC0-VC                        #абсолютный запас безубыточности по VC
betaVC=(VC0-VC)/VC0                   #относительный запас безубыточности по VC
M_alphaVC=sum(alphaVC*p)              #мат ожидание абсолютного запаса по VC
M_betaVC=sum(betaVC*p)                #мат ожидание относительного запаса по VC

FC0=A-1/(1-tau)*(I0/a(n,i)-dep)-VC-dep      #точки безубыточности по FC
M_FC0=np.sum(FC0*p)                   #мат ожидание FC0
D_FC0=np.sum((FC0-M_FC0)**2*p)        #дисперсия FC0
dev_FC0=np.sqrt(D_FC0)                #стандартное отклонение FC0
CV_FC0=dev_FC0/M_FC0                  #коэффициент вариации FC0
alphaFC=FC0-FC                        #абсолютный запас безубыточности по FC
betaFC=(FC0-FC)/FC0                   #относительный запас безубыточности по FC
M_alphaFC=sum(alphaFC*p)              #мат ожидание абсолютного запаса по FC
M_betaFC=sum(betaFC*p)                #мат ожидание относительного запаса по FC
```

```
IRR=np.array([])                    #IRR
for j in range(len(n)):
    IRR=np.append(IRR,np.irr(np.append(-I0[j],np.full(n[j],CF[j]))))
M_IRR=np.sum(IRR*p)                 #мат ожидание IRR
D_IRR=np.sum((IRR-M_IRR)**2*p)      #дисперсия IRR
dev_IRR=np.sqrt(D_IRR)              #стандартное отклонение IRR
CV_IRR=dev_IRR/M_IRR                #коэффициент вариации IRR
alphai=IRR-i                        #абсолютный запас безубыточности по i
betai=(IRR-i)/IRR                   #относительный запас безубыточности по i
M_alphai=sum(alphai*p)              #мат ожидание абсолютного запаса по i
M_betai=sum(betai*p)                #мат ожидание относительного запаса по i

print("NPV кожного зі сценаріїв проєкту:\n",NPV)
print("Аналіз інтегрального фінансового ризику проєкту загалом:")
print("Математичне сподівання NPV M(NPV) =",M_NPV)
print("Дисперсія NPV D(NPV) =",D_NPV)
print("Стандартне відхилення NPV \u03C3(NPV) =",dev_NPV)
print("Коефіцієнт варіації NPV CV(NPV) =",CV_NPV)

print("\nБеззбиткові значення параметрів проєкту для всіх сценаріїв:")
print("сумарний виторг A:\n",A0)
print("сумарні змінні витрати VC:\n",VC0)
print("постійні витрати FC:\n",FC0)
print("ставка дисконтування i:\n",IRR)

print("\nОчікувані значення за всіма проєктними сценаріями динамічної точки
беззбитковості проєкту дорівнює:")
print("за параметром сумарного виторгу A M(A) =",M_A0)
print("за параметром сумарних змінних витрат VC M(VC) =",M_VC0)
print("за параметром постійних витрат FC M(FC) =",M_FC0)
print("за параметром ставки дисконтування i M(IRR) =",M_IRR)

print("\nЗапаси беззбитковості за параметром A для всіх сценаріїв:")
print("абсолютний:",alphaA)
print("відносний:",betaA)
print("Математичне сподівання абсолютного запасу за параметром A =",M_alphaA)
```

```
print("Математичне сподівання відносного запасу за параметром A =",M_betaA)


print("\nЗапаси беззбитковості за параметром VC для всіх сценаріїв:")
print("абсолютний:",alphaVC)
print("відносний:",betaVC)
print("Математичне сподівання абсолютного запасу за параметром VC =",M_alphaVC)
print("Математичне сподівання відносного запасу за параметром VC =",M_betaVC)


print("\nЗапаси беззбитковості за параметром FC для всіх сценаріїв:")
print("абсолютний:",alphaFC)
print("відносний:",betaFC)
print("Математичне сподівання абсолютного запасу за параметром FC =",M_alphaFC)
print("Математичне сподівання відносного запасу за параметром FC =",M_betaFC)


print("\nЗапаси беззбитковості за параметром i для всіх сценаріїв:")
print("абсолютний:",alphai)
print("відносний:",betai)
print("Математичне сподівання абсолютного запасу за параметром i =",M_alphai)
print("Математичне сподівання відносного запасу за параметром i =",M_betai)


print("\nРейтинг параметрів проєкту за зменшенням ризику його збитковості:")
lib={'A':M_betaA,'VC':M_betaVC,'FC':M_betaFC,'i':M_betai}
for j in sorted(lib.items(),key=lambda f: f[1]):
    print(j)
```

до розділу 1.3

Інші випадки

- **Приклад 1.3.2:**

Показники	*Сценарії*		
	Найгірший P=0.2	*Найкращий P=0.2*	*Вірогідний P=0.6*
Ставка дисконтування *i*	16%	12%	14%
Початкові інвестиції I_0	111000		
CF_1	8300	10700	9500
CF_2	16600	21400	19000
CF_3	24900	32100	28500
CF_4	41500	53500	47500
CF_5	74700	96300	85500

```
In [147]: runfile('D:/Alex/4 course/Диплом Дяченко/1.3.py',
wdir='D:/Alex/4 course/Диплом Дяченко')
NPV кожного зі сценаріїв проєкту:
 [-17070.22453983  27105.08976333   3719.73856387]
PI кожного зі сценаріїв проєкту:
 [0.84621419 1.24419    1.03351116]
IRR кожного зі сценаріїв проєкту:
 [0.10953865 0.18761791 0.15009355]

Аналіз інтегрального фінансового ризику проєкту:
Математичне сподівання NPV M(NPV) = 4238.8161830245845
Дисперсія NPV D(NPV) = 195550001.74041897
Стандартне відхилення NPV σ(NPV) = 13983.919398381091
Коефіцієнт варіації NPV CV(NPV) = 3.2990152897837954

Математичне сподівання PI M(PI) = 1.0381875331804018
Відносні запаси беззбитковості усіх сценаріїв проєкту за
критерієм PI:
 [-0.1817339   0.19626423  0.03242457]
Математичне сподівання відносного запасу за критерієм PI
M(χ) = 0.03678288551916764
```

- **Приклад 1.3.3:**

Показники	*Сценарії*		
	Найгірший P=0.3	*Найкращий P=0.3*	*Вірогідний P=0.4*
Ставка дисконтування *i*	15%	10%	13%
Початкові інвестиції I_0	91000		
CF_1	5700	10100	7900
CF_2	11400	20200	15800
CF_3	17100	30300	23700
CF_4	28500	50500	39500
CF_5	51300	90900	71100

```
In [149]: runfile('D:/Alex/4 course/Диплом Дяченко/1.3.py',
wdir='D:/Alex/4 course/Диплом Дяченко')
NPV кожного зі сценаріїв проєкту:
 [-24379.7788589   48574.79928718   7606.47807866]
PI кожного зі сценаріїв проєкту:
 [0.73209034 1.533789   1.08358767]
IRR кожного зі сценаріїв проєкту:
 [0.05936575 0.23445646 0.15449461]

Аналіз інтегрального фінансового ризику проєкту:
Математичне сподівання NPV M(NPV) = 10301.097359950614
Дисперсія NPV D(NPV) = 803196219.5848883
Стандартне відхилення NPV σ(NPV) = 28340.71663852007
Коефіцієнт варіації NPV CV(NPV) = 2.7512327714429

Математичне сподівання PI M(PI) = 1.1131988720873693
Відносні запаси беззбитковості усіх сценаріїв проєкту за
критерієм PI:
 [-0.36595164  0.34801984  0.07713974]
Математичне сподівання відносного запасу за критерієм PI
M(χ) = 0.10168791482433781
```

- **Приклад 1.3.4:**

Показники	*Сценарії*		
	Найгірший *P=0.2*	*Найкращий* *P=0.3*	*Вірогідний* *P=0.5*
Ставка дисконтування *i*	16%	12%	14%
Початкові інвестиції I_0	96000		
CF_1	6800	9200	8000
CF_2	13600	18400	16000
CF_3	20400	27600	24000
CF_4	34000	46000	40000
CF_5	61200	82800	72000

```
In [152]: runfile('D:/Alex/4 course/Диплом Дяченко/1.3.py',
wdir='D:/Alex/4 course/Диплом Дяченко')
NPV кожного зі сценаріїв проєкту:
 [-19045.48516517  22744.563161      606.09563274]
PI кожного зі сценаріїв проєкту:
 [0.80160953 1.23692253 1.0063135 ]
IRR кожного зі сценаріїв проєкту:
 [0.09384892 0.18572834 0.14191733]

Аналіз інтегрального фінансового ризику проєкту:
Математичне сподівання NPV M(NPV) = 3317.319731634235
Дисперсія NPV D(NPV) = 216919712.8068021
Стандартне відхилення NPV σ(NPV) = 14728.194485638833
Коефіцієнт варіації NPV CV(NPV) = 4.439787442009148

Математичне сподівання PI M(PI) = 1.0345554138711899
Відносні запаси беззбитковості усіх сценаріїв проєкту за
критерієм PI:
 [-0.24749016  0.19154193  0.00627389]
Математичне сподівання відносного запасу за критерієм PI
M(χ) = 0.03340122086055053
```

Код

```
'''Случай проектного потока с произвольными величинами платежей'''

import numpy as np

r=np.array([0.15,0.1,0.13])          #ставка дисконтирования
```

```
p=np.array([0.25,0.25,0.5])          #вероятность сценария
C0=np.empty([6,25])
A=np.empty([6,25])
B=np.empty([6,25])
for j in range(1,26):
    for i in range(1,7):
        C0[i-1][j-1]=(50+10*i+j)*1000
        A[i-1][j-1]=(180+20*i+4*j)*100
        B[i-1][j-1]=(50+6*i+j)*100
#     for i in range(4,7):
#         C0[i-1][j-1]=(130-10*i+j)*1000
#         A[i-1][j-1]=(330-20*i+2*j)*100
#         B[i-1][j-1]=(13-i)*1000+100*j
i,j=2,2
def cf(i,j):
    W=B[i,j]
    return np.array([W,W*2,W*3,W*5,W*9])
#     if i in([0,1,2]):
#         return np.array([W,W*2,W*3,W*5,W*9])
#     elif i in([3,4,5]):
#         return np.array([W*3,W*5,W*3,W*2,W*2,W])
CF=np.array([cf(0,2),cf(4,2),cf(2,2)])
I0=np.array([C0[0,2],C0[4,2],C0[2,2]])
NPV=np.zeros(len(CF))                #NPV
PI=np.zeros(len(CF))                 #PI
IRR=np.array([])                     #IRR
for k in range(len(CF)):
    for t in range(1,len(CF[k])+1):
        NPV[k]+=CF[k][t-1]/(1+r[k])**t
        PI[k]+=CF[k][t-1]/(1+r[k])**t
    NPV[k]-=C0[i,j]
    PI[k]/=C0[i,j]
    IRR=np.append(IRR,np.irr(np.append(-C0[i,j],CF[k])))
M_NPV=np.sum(NPV*p)                  #мат ожидание NPV
D_NPV=np.sum((NPV-M_NPV)**2*p)       #дисперсия NPV
dev_NPV=np.sqrt(D_NPV)               #стандартное отклонение NPV
```

```
CV_NPV=dev_NPV/M_NPV                #коэффициент вариации NPV


chi=(PI-1)/PI                       #относительный запас безубыточности

M_PI=np.sum(PI*p)                   #мат ожидание PI

M_chi=1-1/M_PI                      #ожидаемое значение chi


print("NPV кожного зі сценаріів проєкту:\n",NPV)

print("PI кожного зі сценаріів проєкту:\n",PI)

print("IRR кожного зі сценаріів проєкту:\n",IRR)


print("\nАналіз інтегрального фінансового ризику проєкту:")

print("Математичне сподівання NPV M(NPV) =",M_NPV)

print("Дисперсія NPV D(NPV) =",D_NPV)

print("Стандартне відхилення NPV \u03C3(NPV) =",dev_NPV)

print("Коефіцієнт варіації NPV CV(NPV) =",CV_NPV)


print("\nМатематичне сподівання PI M(PI) =",M_PI)

print("Відносні запаси беззбитковості усіх сценаріїв проєкту за критерієм
PI:\n",chi)

print("Математичне сподівання відносного запасу за критерієм PI M(\u03C7)
=",M_chi)
```

до розділу 2

Інші випадки

- **Приклад 2.2:**

```
In [44]: runfile('D:/Alex/4 course/Диплом Дяченко/2.py',
wdir='D:/Alex/4 course/Диплом Дяченко')
Розмір початкових капіталовкладень = 5000
Ставка дисконування r = 6.0 % річних
Елементи C грошового потоку:
 [[2000 3000 4000]
 [3000 4000 6000]
 [2000 5000 3000]]
Відповідні вірогідності p:
 [[0.2 0.5 0.3]
 [0.4 0.3 0.3]
 [0.1 0.6 0.3]]

Математичне сподівання NPV M(NPV) = 5104.952410379035
Стандартне відхилення NPV σ(NPV) = 1623.7606906468632
Коефіцієнт варіації NPV CV(NPV) = 0.31807557840216993
```

- **Приклад 2.3:**

```
In [50]: runfile('D:/Alex/4 course/Диплом Дяченко/2.py',
wdir='D:/Alex/4 course/Диплом Дяченко')
Розмір початкових капіталовкладень = 200
Ставка дисконування r = 12.0 % річних
Елементи С грошового потоку:
 [[ 40 100 150]
 [130 150 160]
 [160 200 240]]
Відповідні вірогідності p:
 [[0.2 0.6 0.2]
 [0.3 0.4 0.3]
 [0.1 0.8 0.1]]

Математичне сподівання NPV M(NPV) = 147.0435495626822
Стандартне відхилення NPV σ(NPV) = 61.419606512061684
Коефіцієнт варіації NPV CV(NPV) = 0.4176967075041911
```

- **Приклад 2.4:**

```
In [51]: runfile('D:/Alex/4 course/Диплом Дяченко/2.py',
wdir='D:/Alex/4 course/Диплом Дяченко')
Розмір початкових капіталовкладень = 100
Ставка дисконування r = 5.0 % річних
Елементи С грошового потоку:
 [[ 80 110 150]
 [ 90 100 110]
 [ 90  90 100]]
Відповідні вірогідності p:
 [[0.3 0.4 0.3]
 [0.2 0.6 0.2]
 [0.4 0.4 0.2]]

Математичне сподівання NPV M(NPV) = 177.79505452974837
Стандартне відхилення NPV σ(NPV) = 62.767278902899335
Коефіцієнт варіації NPV CV(NPV) = 0.35303163560377443
```

Код

```
'''Анализ вероятностных распределений потоков платежей'''

import numpy as np

I0=100

t=np.array([1,2,3])

C=np.array([[30,50,70],[20,40,60],[30,50,70]])
```

```
p=np.array([[0.3,0.4,0.3],[0.2,0.6,0.2],[0.3,0.4,0.3]])
r=0.06
Z=np.full((3,3),[5,10,15])
Y=C-Z
M_C=np.sum(C*p, axis=1)
M_Y=np.sum(Y*p, axis=1)
M_Z=np.sum(Z*p, axis=1)
D_Y=np.sum((Y-M_Y.reshape(3,1))**2*p, axis=1)
D_Z=np.sum((Z-M_Z.reshape(3,1))**2*p, axis=1)
dev_Y=np.sqrt(D_Y)
dev_Z=np.sqrt(D_Z)
D_NPV=np.sum(D_Y/(1+r)**(2*t))+(np.sum(dev_Z/(1+r)**t))**2
dev_NPV=np.sqrt(D_NPV)
M_NPV=np.sum(M_C/(1+r)**t)-I0
CV_NPV=dev_NPV/M_NPV
print("Розмір початкових капіталовкладень =",I0)
print("Ставка дисконування r =",r*100,"% річних")
print("Елементи C грошового потоку:\n",C)
print("Відповідні вірогідності p:\n",p)
#print("Y:\n",Y)
#print("Z:\n",Z)
#print("Математичні очікування платежів C:",M_C)
#print("Математичні очікування платежів Y:",M_Y)
#print("Математичні очікування платежів Z:",M_Z)
#print("Дисперсії платежів Y:",D_Y)
#print("Дисперсії платежів Z:",D_Z)
#print("Стандартні відхилення Y:",dev_Y)
#print("Стандартні відхилення Z:",dev_Z)
print("\nМатематичне сподівання NPV M(NPV) =",M_NPV)
print("Стандартне відхилення NPV \u03C3(NPV) =",dev_NPV)
print("Коефіцієнт варіації NPV CV(NPV) =",CV_NPV)
```