

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова
Факультет математики, фізики та інформаційних технологій
Кафедра математичного та комп'ютерного моделювання

ДИПЛОМНА РОБОТА

бакалавра

на тему: **“Комплексна оцінка ризиків неприйнятно низької для
інвестора прибутковості інвестиційного проекту”**

**“A comprehensive risk assessment of unacceptably low profitability of the investment
project for the investor”**

Виконав: студент денної форми навчання
спеціальності 113 Прикладна математика
Бєбїк Владислав Русланович

Керівник:

канд. фіз.-мат. наук, доцент Васильєв О. Б.

Рецензент:

канд. фіз.-мат. наук, доцент Таїрова М. С.

Рекомендовано до захисту:
Протокол засідання кафедри
№ ____ від “ ____ ” _____ р.
Завідувач кафедри

Захищено на засіданні ЕК № ____
Протокол № ____ від “ ____ ” _____ р.
Оцінка _____ / _____ / _____
Голова ЕК

Одеса – 2022 р.

ЗМІСТ

Вступ	3
1 Дослідження ризиків неприйнятно низької прибутковості інвестиційного проєкту за його параметрами в ситуації високої визначеності.....	5
1.1 Дослідження ризиків інвестиційного проєкту за його параметрами з використанням аналізу чутливості	6
1.2 Оцінка ризику неприйнятно низької прибутковості проєкту за його основними параметрами в ситуації високої визначеності з використанням нового підходу.....	11
2 Оцінка інтегральних ризиків неприйнятно низької прибутковості проєкту загалом у ситуації високої визначеності.....	20
Висновок	27
Список літератури	28
Програмна реалізація	29
Виведення програми	37
Додатки	40

Вступ

Інвестиційні вкладення капіталу завжди стосується майбутнього, часто дуже віддаленого, а майбутнє завжди пов'язане з невизначеністю. Ризик є частковою невизначеністю, коли якась інформація про майбутню ситуацію відома з ймовірністю меншої одиниці. Можна виділити такі чотири основні рівні невизначеності [1]:

- 1) надійний прогноз – рівень високої визначеності, реальна можливість формування сценарію майбутнього;
- 2) дискретні сценарії – рівень середньої (часткової) невизначеності, опис майбутнього, як кількох дискретних сценаріїв;
- 3) безперервна невизначеність – діапазон майбутнього, безперервний спектр можливих сценаріїв;
- 4) справжня невизначеність – рівень високої невизначеності, майже повний брак інформації про майбутні перспективи.

У даній роботі всюди розглядається тільки перший рівень невизначеності, коли платежі за проєктом відомі з вірогідністю, близькою до одиниці.

У сучасному складному, нестабільному світі є велика кількість явних і прихованих чинників, що впливають на хід економічних процесів. Простежити взаємодію цих чинників часто неможливо. Тому доводиться приймати економічні рішення за умов неповної інформації, тобто. у ситуації невизначеності (повної чи часткової). У зв'язку з цим наукова проблематика, пов'язана із застосуванням теорії прийняття рішень в умовах невизначеності та ризику в економіці, є актуальною. У рамках цієї проблематики становлять цікавість дослідження, спрямовані на розроблення нових підходів та методів кількісної оцінки фінансових ризиків інвестиційних проєктів в умовах невизначеності.

Предмет дослідження: методи кількісного аналізу фінансового ризику інвестиційного проєкту за умов невизначеності. Найбільш відомі методи, що використовуються на практиці: метод корекції ставки дисконтування, аналіз чутливості критеріїв ефективності проєкту, метод сценаріїв, метод достовірних еквівалентів, метод Монте-Карло, метод дерев рішень. У кожного методу є суттєві обмеження та недоліки. Між перелічених підходів немає універсального методу аналізу фінансових ризиків проєкту, який є корисним у будь-якій ситуації.

Отже, буде доцільним проведення досліджень із розроблення єдиного системного підходу до оцінки фінансових ризиків інвестиційних проєктів, корисного для високої визначеності, а також для випадку часткової невизначеності. Крім того, такий підхід має бути застосований для ризиків за основними проєктними параметрами окремо та оцінки інтегрального ризику проєкту загалом.

Мета дослідження: розроблення комп'ютерної програми, яка реалізує запропонований керівником новий системний підхід до оцінки фінансових ризиків інвестиційних проєктів у ситуації високої визначеності [6], застосування цього підходу до конкретних ІІ, побудова рейтингу параметрів проєктів із використанням нового підходу та порівняння з рейтингом, отриманим допомогою класичного аналізу на чутливість. Також спроба зняття протиріччя між рекомендаціями показників фінансової ефективності NPV і $IRAR$ у разі наявності точки Фішера допомогою значень сукупного ризику проєкту.

РОЗДІЛ 1. Дослідження ризиків неприйнятно низької прибутковості інвестиційного проєкту за його параметрами в ситуації високої визначеності

Перш, ніж наводити явні формули з оцінки ризику неприйнятно низької прибутковості проєкту, визначимо саме поняття ризику. У межах традиційного підходу інтегральний фінансовий ризик збитковості проєкту сприймається, як можливість відхилення фактичних результатів проєкту від беззбиткових [2, 3, 6]. У рамках пропонованого нового підходу[6] трактуватимемо інтегральний ризик неприйнятно низької прибутковості проєкту, як можливість відхилення фактичних результатів проєкту від прийнятних для інвестора або керівництва проєкту. Цілком аналогічно трактуватимемо ризик неприйнятно низької прибутковості проєкту за якимось із його параметрів, як можливість відхилення фактичного значення параметра від динамічної точки прийнятності інвестиційного проєкту (П) за цим параметром. Традиційний ризик збитковості П є деяким випадком ризику неприйнятно низької прибутковості проєкту, якщо прийнятним вважати беззбитковий рівень прибутковості.

1.1. Дослідження ризиків інвестиційного проєкту за його параметрами з використанням аналізу чутливості

У практиці фінансового менеджменту цей метод добре поширений. Мета цього методу: здобути найважливіші чинники проєкту, котрі можуть мати суттєвий вплив на інвестиційний проєкт, а далі змінюючи поодиночі та послідовно впливові чинники здобути результати змін на проєкт. Такий аналіз називається однофакторним аналізом. Метод показує залежність деякого показника (наприклад, NPV) від варіацій значень чинників. Аналіз на чутливість проводиться в такій послідовності:

1. Вибір ключового показника ефективності інвестицій, може, бути NPV , IRR і тому подібне. Наприклад, для показника NPV маємо таку формулу:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{[Q(c-v)-FC-dep](1-\tau)+dep}{(1+r)^t} + \frac{S}{(1+r)^n} - I_0,$$

де

Q – обсяг випуску продукції $П$ за 1 період проєкту,

c – ціна одиниці продукції,

v – змінні витрати на одиницю продукції,

FC – сумарні постійні витрати за 1 період,

dep – величина відрахувань на амортизацію обладнання за 1 період,

τ – податок на прибуток,

r – ставка дисконтування, тобто вартість капіталу інвестиційного проєкту,

n – термін життя інвестиційного проєкту (у періодах),

t – номер періоду,

S – залишкова вартість обладнання,

I_0 – початкові інвестиції.

2. Вибір чинників, щодо яких розробники проєкту не мають однозначного висновку. Отже, такі чинники:

- 1) ринкові чинники (обсяг продажу Q , ціна товару c);
- 2) компоненти собівартості продукції (змінні v та постійні FC витрати);
- 3) ставка дисконтування r ;

- 4) термін життя проєкту n ;
- 5) капітальні витрати (I_0).

3. Вибір номінальних (найбільш ймовірних) і граничних значень чинників, обраних на попередньому етапі. Граничних значень, може, бути кілька. Наприклад, $\pm 5\%$, $\pm 10\%$ від номінального значення.

4. Розрахунок ключового показника ефективності для всіх обраних на попередньому етапі значень чинників.

5. Побудова графіку чутливості для кожного чинника (spider-graph).

6. Визначення рейтингу еластичності цих чинників.

7. Побудова таблиці еластичності і прогнозованості чинників, а також визначення зони ризику.

Стійким вважається той проєкт, у якого менша чутливість за обраним критерієм ефективності. Ця процедура передбачає зміну лише одного вхідного параметра, а значення інших параметрів мають залишатися фіксованими. Також треба виділяти такі змінні, які будуть незалежні поміж собою, або в крайньому випадку обирати такі, залежність яких мінімальна. У випадку, коли змінні тісно взаємопов'язані, треба обирати їхні можливі альтернативні комбінації, що призводить до аналізу сценаріїв, а це вже вибір іншої техніки аналізу ризиків.

Розрахунок еластичності дає багато інформації в аналізі на чутливість. Метод дає можливість порівняти результати деякого показника (наприклад, NPV) від варіацій значень чинників. Перевагою показника еластичності полягає в тому, що це величина безрозмірна. Тому можна порівнювати між собою вплив натуральних і вартісних характеристик проєкту, що варіюються. Часткова еластичність y за x_i :

$$E_{x_i}(y) = \frac{\partial y}{\partial x_i} \cdot \frac{y}{x_i} = \frac{\partial y}{y} \cdot \frac{\partial x_i}{x_i} ,$$

де

y – обраний показник ефективності,

x_i – змінний чинник, вплив якого на y з'ясовується.

Якщо y – NPV , то формула набуде вигляду:

$$E(NPV) \approx \frac{NPV_2 - NPV_1}{NPV_1} \cdot \frac{x_2 - x_1}{x_1}, \quad (*)$$

де

x_1 – базове (тобто номінальне та найбільш ймовірне) значення параметра,

що варіюється,

x_2 – змінене значення чинника ($\pm 5\%$, $\pm 10\%$),

$$NPV_1 = NPV(x_1),$$

$$NPV_2 = NPV(x_2).$$

Величина (*) показує, на скільки відсотків зміниться NPV інвестиційного проєкту за зміни чинника x_i на 1%.

Рейтинг будують за показниками еластичності. Цей рейтинг дає змогу виявити ризикові параметри проєкту, які мають найбільший вплив на NPV . Задля коректності результатів, повинні бути **абсолютні** значення еластичностей, тому що знак показує, яка направленість змін між результуючим та змінним параметром. Найбільша за абсолютною величиною еластичність мусить більшу увагу за відповідним параметром, водночас буде більш чутливий проєкт до змін із цього параметру. Побудова рейтингу чутливості дає змогу виявити змінні, яким потрібно приділити увагу та провести додаткові дослідження.

Приклад. Фірма розглядає інвестиційний проєкт, пов'язаний із випуском продукції “А”. Отримані в результаті опитування експертів дані щодо проєкту наведено в таблиці 1. Потрібно побудувати рейтинг ризиків параметрів ІІ у випадку високої визначеності.

Таблиця 1. Вхідні дані щодо проєкту виробництва продукції “А”

<i>Показники</i>	<i>Діапазон змін</i>	<i>Найбільш ймовірне значення</i>
Обсяг продажу Q	150-300	200
Ціна за штуку c	35-55	50
Змінні витрати v	25-40	30
Постійні витрати FC	500	500
Амортизація dep	100	100
Податок на прибуток τ	20%	20%
Норма дисконту r	8%-15%	10%
Термін проєкту n	5-7	5
Залишкова вартість S	0	0
Початкові інвестиції I_0	2000	2000

У результаті проведення аналізу були виявлені такі чинники проєкту, які необхідно перевірити на ризик:

Таблиця 2. Рейтинг чинників проєкту “А”, що перевіряються на ризик

Змінна x	Еластичність NPV	Рейтинг
Обсяг продажу	1.39591	III
Ціна товару	3.48978	I
Змінні витрати	2.093878.	II
Постійні витрати	0.17449	IV

Найризикованіший параметр – ціна товару.

1.2 Оцінка ризику неприйнятно низької прибутковості проєкту за його основними параметрами в ситуації високої визначеності з використанням нового підходу

Будемо оцінювати ризик неприйнятно низької для інвестора прибутковості проєкту допомогою аналізу його фінансової стійкості за основними параметрами або значеннями дисконтованих показників фінансової ефективності ІІ, а саме NPV , PI або IRR . Наприклад, як показник фінансової ефективності проєкту обраний показник NPV (Net Present Value), який визначається такою формулою:

$$NPV = - I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+i)^t}, \quad (1)$$

де I_0 – початкові інвестиції ІІ,

t – номер поточного тимчасового періоду ІІ,

n – кількість періодів ІІ,

CF_t – величина чистого доходу від експлуатації ІІ у періоді t ,

i – ставка дисконтування платежів (вартість капіталу ІІ).

Задамо необхідні для аналізу рівні дохідності інвестиційного проєкту, прийнятні для інвестора.

(і) Рівень інвестиційної прийнятності проєкту. Цей рівень за абсолютною прибутковістю можна показати у вигляді:

$$NPV \geq NPV_* > NPV_0 > 0, \quad (2)$$

де значення показника NPV розраховуємо за формулою (1), а значення NPV_* – нижня межа прийнятних для інвестора значень абсолютної прибутковості ІІ, NPV_0 – невелика додатна величина (наприклад, $NPV_0 = 0.1 \cdot NPV_*$)

(ii) Реально досягнутий рівень абсолютної прибутковості ІІ, з огляду на передбачувані потоки його платежів:

$$NPV = NPV_p, \quad (3)$$

де значення NPV_p для певних потоків платежів ІІ знаходимо за формулою (1).

Зауваження 1. Якщо для рівня прибутковості (i) задати нижню прийнятну межу $NPV_* = 0$, то здобуємо рівень інвестиційної беззбитковості проєкту. А в самій роботі розглядається більш широке поняття ризику неприйнятно низької для інвестора прибутковості.

Нехай потік чистих доходів від ІІ утворює просту постійну ренту постнумерандо з платежами, структура яких має вигляд:

$$CF_t = (Q(c - v) - FC - dep)(1 - \tau) + dep = const, \quad t = \overline{1, n}, \quad (4)$$

де

Q – обсяг виробництва (продажу) однорідної продукції за 1 період ІІ,

c – ціна за одиницю продукції,

v – питомі змінні витрати виробництва,

FC – сумарні постійні витрати виробництва за 1 період ІІ,

dep – амортизаційні відрахування за 1 період ІІ,

τ – податок на прибуток,

n – кількість періодів ІІ,

t – номер поточного тимчасового періоду ІІ.

Для розрахунку значень показника NPV проєкту за нульової залишкової вартості обладнання використовуємо формулу:

$$NPV = -I_0 + ((Q(c - v) - FC - dep)(1 - \tau) + dep)a(n; i), \quad (5)$$

у якій коефіцієнт дисконтування одиничної ренти за n періодів за ставкою i визначається так:

$$a(n; i) = (1 - (1 + i)^{-n})/i. \quad (6)$$

Знайдемо значення параметрів потоку платежів (4), що відповідають нижній межі прийнятної для інвестора проекту прибутковості з рівнем (i) . Ці значення визначаємо з рівняння:

$$NPV = NPV_*, \quad (7)$$

де ліва частина рівняння (7) має вигляд (5), а величина NPV_* задана (2).

[6] Вирішуючи рівняння (7) щодо параметра Q під час фіксованих значеннях інших параметрів проекту, здобуємо:

$$Q_* = \frac{1}{c-v} \left(\frac{1}{1-\tau} \left(\frac{I_0 + NPV_*}{a(n; i)} - dep \right) + dep + FC \right). \quad (8)$$

Обсяг Q_* виробництва продукції П за 1 період П назвемо динамічною точкою прийнятності проекту за Q . Якщо задовольняючий в (2) рівень прийнятної прибутковості NPV_* збільшити, то обсяг Q_* також буде зростати. Отже, знайдемо з рівняння (7) динамічні точки прийнятності проекту за параметрами c , v , FC відповідно:

$$c_* = v + \frac{1}{Q} \left(\frac{1}{1-\tau} \left(\frac{I_0 + NPV_*}{a(n; i)} - dep \right) + dep + FC \right), \quad (9)$$

$$v_* = c - \frac{1}{Q} \left(\frac{1}{1-\tau} \left(\frac{I_0 + NPV_*}{a(n; i)} - dep \right) + dep + FC \right), \quad (10)$$

$$FC_* = Q(c - v) - \frac{1}{1-\tau} \left(\frac{I_0 + NPV_*}{a(n; i)} - dep \right) - dep, \quad (11)$$

Зі зростанням величини NPV_* значення c прийнятної ціни теж зростає, а прийнятні значення витрат v_* , FC_* зменшуються.

Зауваження 2. Значення точок прийнятності можна здобувати допомогою формул (8)-(11). Або можна знайти корінь рівняння (7) допомогою будь-якого пакета прикладних програм, наприклад, WolframAlpha. Якщо треба один раз знайти точки прийнятності, то вибір способу їхнього обчислення не має особливого значення. Але якщо треба знайти ці точки багато разів у комп'ютерній програмі, що реалізує метод Монте-Карло або метод сценаріїв, тоді запрограмувати явні формули (8)-(11) буде набагато простіше, ніж щоразу використовувати програмний пакет.

[6] Введемо поняття запасів інвестиційної прийнятності проекту. Відносними запасами інвестиційної прийнятності проекту за параметрами Q , c , v , FC відповідно назвемо такі величини:

$$W_Q = \frac{Q_P - Q_*}{Q_P} = 1 - \frac{Q_*}{Q_P}, \quad (12)$$

$$W_c = \frac{c_P - c_*}{c_P} = 1 - \frac{c_*}{c_P}, \quad (13)$$

$$W_v = \frac{v_* - v_P}{v_*} = 1 - \frac{v_P}{v_*}, \quad (14)$$

$$W_{FC} = \frac{FC_* - FC_P}{FC_*} = 1 - \frac{FC_P}{FC_*}, \quad (15)$$

де Q_P , c_P , v_P , FC_P – реальні, тобто фактичні значення параметрів ІІІ, а Q_* , c_* , v_* , FC_* – динамічні точки прийнятності проекту за параметрами Q , c , v , FC – відповідно отримані формулами (8) – (11).

Значення запасів (12)-(15) можуть бути від'ємними, якщо реальні значення якихось параметрів ІІІ виявилися меншими за відповідні точки прийнятності. Краще змінювати значення параметрів ІІІ, щоби величини всіх запасів (12)-(15) були додатними і якомога більшими. Якщо відносні запаси (12)-(15) додатні, то ІІІ має деякий запас фінансової стійкості за перерахованими параметрами. Причому, чим більша величина відносного

запасу за якимось проєктним параметром, тим менший ризик неприйнятно низької для інвестора прибутковості проєкту за цим же параметром.

[6] Визначимо значення ризиків неприйнятно низької прибутковості ІІ за вищезазначеними проєктними параметрами так:

- ризик за параметром обсягу виробництва за період ІІ

$$R_Q = 1 - W_Q = Q_*/Q_p; \quad (16)$$

- ризик за параметром ціни за одиницю продукції ІІ

$$R_c = 1 - W_c = c_*/c_p; \quad (17)$$

- ризик за параметром питомих змінних витрат виробництва

$$R_v = 1 - W_v = v_p/v_*; \quad (18)$$

- ризик за параметром сумарних постійних витрат виробництва за період ІІ

$$R_{FC} = 1 - W_{FC} = FC_p/FC_*; \quad (19)$$

Відшукаємо діапазони значень запроваджених ризиків. Під час $Q_p \geq Q_*$, тобто за прийнятних для інвестора обсягах виробництва продукції за 1 період ІІ здобуємо: $\gamma_Q \in (0; 1]$, причому, ризик досягає свого максимального значення 1 під час $Q_p = Q_*$, водночас запас $W_Q = 0$. Нехай тепер $0 < Q_0 \leq Q_p < Q_*$, тобто реальний обсяг виробництва менший за прийнятний, але все ж не переходить межу беззбитковості, де беззбиткове значення Q_0 можна здобути, поклавши в (8) $NPV_* = 0$. У цьому випадку: $R_Q \in (1; Q_*/Q_0]$. Отже, для будь-якого беззбиткового значення параметра $Q_p \geq Q_0$: $R_Q \in (0; Q_*/Q_0]$. Ризик (16) максимальний під час $Q_p = Q_0$ і зменшується зі зростанням Q_p .

Відповідно під час $c_p \geq c_0$, тобто для беззбиткових значень ціни: $R_c \in (0; c_*/c_0]$, де беззбиткове значення c_0 можна здобути з (9) під час

$NPV_* = 0$. Ризик (17) зменшується зі зростанням ціни й максимальний під час $c_p = c_0$. Значення ціни прийнятна для інвестора набуває максимальне значення ризику (17), коли дорівнює 1, а тоді запас $W_c = 0$.

Звісно, у разі $v_p \leq v_0$, тобто для беззбиткових значень питомих змінних витрат виробництва: $R_v \in (0; v_0/v_*]$, де беззбиткове значення v_0 можна здобути за (10) під час $NPV_* = 0$. Ризик (18) зменшується зі зниженням питомих змінних витрат виробництва та набуває максимального значення під час $v_p = v_0$. Для інвестора прийнятні значення v_p мають максимальне значення ризику (18), коли дорівнює 1, тоді запас $W_v = 0$.

У разі $FC_p \leq FC_0$, тобто для беззбиткових значень сумарних постійних витрат виробництва за 1 період ІП: $R_{FC} \in (0; FC_0/FC_*]$, де беззбиткове значення FC_0 можна здобути за формулою (11) під час $NPV_* = 0$. Доречі, ризик (19) буде зменшуватися зі зниженням сумарних постійних витрат виробництва й набувати максимальних значень під час $FC_p = FC_0$. Для прийнятних інвестору значень $FC_p \leq FC_*$ максимальне значення ризику дорівнює 1, коли запас $W_{FC} = 0$.

У перевищенні верхньої межі значень якогось із ризиків (16)-(19) доходимо висновків про збиток цього проєкту за відповідним параметром, тоді проєкт відкидається.

Можна побудувати рейтинг параметрів за значеннями ризиків (16)-(19) ІП порядком спадання ризику непринятно низької прибутковості проєкту. Параметрам із високим рейтингом, треба приділити підвищену увагу у зв'язку з їхньою потенційною здатністю завадити успішній реалізації проєкту, тому що складно передбачити їхню поведінку в цьому випадку.

Зауваження 3. Розглянуто випадок виробництва лише однорідної продукції ІП щодо ризику проєкту кожного з його параметрів. Водночас усі введені в роботу поняття з відповідними поправками можна перенести на

випадок великої кількості виробництва. Тоді треба розглядати параметр виторгу від продажу всіх видів продукції П.

Застосуємо новий підхід до проєкту, заданому в таблиці 1.

За формулою (1) здобуємо: $NPV = 8690$ - за базових значень параметрів.

З формул (4) та (6), здобуємо:

$$CF = 2820, a = 3.79079 \Rightarrow NPV = 8690 \text{ (за формулою (5))}$$

Нехай $NPV_* = 1000.0$ – прийнятна прибутковість

Значення параметрів потоку платежів (4), що відповідають нижній межі прийнятної для інвестора проєкту прибутковості, визначаємо з рівняння (7) та здобуємо: $CF_* = 791.4$

Динамічні точки прийнятності проєкту за параметрами, формули (8)-(11):

$$Q_* = 73.21; c_* = 37.32; v_* = 42.68; FC_* = 3035.76$$

Відносні запаси інвестиційної прийнятності проєкту, формули (12)-(15):

$$W_Q = 0.63393986; W_c = 0.25357594;$$

$$W_v = 0.29707485; W_{FC} = 0.83529657$$

Значення ризиків проєкту за параметрами, формули (16)-(19):

$$R_Q = 0.366; R_c = 0.746; R_v = 0.703; R_{FC} = 0.165$$

Динамічні точки прийнятності проєкту за параметрами в разі $NPV_* = 0$:

$$Q_* = 56.72; c_* = 35.67; v_* = 44.33; FC_* = 3365.51$$

Значення ризиків проекту за параметрами в разі $NPV_* = 0$:

$$R_Q = 0.284; R_c = 0.713; R_v = 0.677; R_{FC} = 0.149$$

Таблиця 3. Рейтинг параметрів проекту “А”

Змінна x	Значення ризиків проекту	Рейтинг
Обсяг продажу	0.366	III
Ціна товару	0.746	I
Змінні витрати	0.703	II
Постійні витрати	0.165	IV

Рейтинг параметрів проекту в таблиці 3 збігається з рейтингом у таблиці 2. Найризикованіший параметр – ціна товару.

РОЗДІЛ 2. Оцінка інтегральних ризиків неприйнятно низької прибутковості проєкту загалом у ситуації високої визначеності

Нехай маємо довільний потік платежів ІІ, тобто він не є простою постійною рентою вигляду (4). У цьому випадку також можна запровадити поняття запасів прийнятності ІІ. Тільки значення запасів будуть визначатися значеннями інтегральних показників фінансової ефективності проєкту, а не значеннями проєктних параметрів.

[6] Відносні запаси інвестиційної прийнятності ІІ:

- за значеннями показника NPV

$$W_{NPV} = \frac{(NPV_p - NPV_*)}{NPV_p} = 1 - \frac{NPV_*}{NPV_p}, \quad (20)$$

де значення NPV_* є нижньою межею прийнятною для інвестора прибутковості ІІ, яке задано в (2), а значення NPV_p розраховуємо для запланованого довільного потоку платежів проєкту $\{CF_t\}_{t=1}^n$ за (1);

- за значеннями показника PI (Profitability Index)

$$W_{PI} = \frac{(PI_p - PI_*)}{PI_p} = 1 - \frac{PI_*}{PI_p}, \quad (21)$$

де $PI_* = 1 + NPV_*/I_0$; $PI_p = 1 + NPV_p/I_0$, значення NPV_* подано в (2), а значення NPV_p розраховуємо за (1).

Інвестор спочатку, може, задати рівень прийнятної для нього прибутковості ІІ у відносній формі, тоді вхідним значенням прийнятної відносної прибутковості ІІ буде PI_* , а значення NPV_* можна знайти за такою формулою:

$$NPV_* = (PI_* - 1) \cdot I_0.$$

- за значеннями показника $IRAR$ (Internal Rate of Acceptable Return)

$$W_{IRAR} = \frac{(IRAR_p - CC)}{IRAR_p} = 1 - \frac{CC}{IRAR_p}, \quad (22)$$

де CC (Cost of Capital) – вартість капіталу ІП, $IRAR_p$ – корінь рівняння (7) за параметром i (ставці дисконтування):

$$NPV(IRAR) \equiv -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+IRAR)^t} \equiv NPV_*; \quad (23)$$

- за значеннями нового показника $DPAR$ (Discounted Period of Acceptable Return)

$$W_{DPAR} = \frac{(n-DPAR_p)}{n} = 1 - \frac{DPAR_p}{n}, \quad (24)$$

$$DPAR_p \approx (m-1) + \frac{NPV_* + I_0 - \sum_{t=1}^{m-1} CF_t / (1+i)^t}{CF_m / (1+i)^m}, \quad (25)$$

m – номер періоду проекту, у якому вперше його абсолютна прибутковість досягає значення NPV_* , заданого в (2). У разі рентного потоку платежів ІП, коли $CF_t = R > 0$, $t = \overline{1, n}$ можна використовувати більш точну формулу для розрахунку:

$$DPAR_p = -\ln\left(1 - i \frac{(I_0 + NPV_*)}{R}\right) / \ln(1 + i). \quad (26)$$

Якщо (25), (26) покласти $NPV_* = 0$, то здобуємо поширені формули показника ефективності проекту DPP (Discounted Payback Period).

[6] Знайдемо значення ризиків неприйнятно низької прибутковості ІП за перерахованими інтегральними показниками фінансової ефективності так:

- ризик за показником NPV

$$R_{NPV} = 1 - W_{NPV} = \frac{NPV_*}{NPV_p}, \quad (27)$$

де запас W_{NPV} визначений у (20);

- ризик за показником PI

$$R_{PI} = 1 - W_{PI} = \frac{PI_*}{PI_p}, \quad (28)$$

де запас W_{PI} визначений в (21);

- ризик за показником $IRAR$

$$R_{IRAR} = 1 - W_{IRAR} = \frac{CC}{IRAR_p}, \quad (29)$$

де запас W_{IRAR} визначений в (22);

- ризик за показником $DPAR$

$$R_{DPAR} = 1 - W_{DPAR} = \frac{DPAR_p}{n}, \quad (30)$$

де запас W_{DPAR} визначений в (24).

Пошукаємо діапазони значень ризиків (27)–(30).

Нехай $NPV_p \geq NPV_*$, тобто абсолютна прибутковість ІІ не нижче прийняттого рівня інвестором. Тоді $R_{NPV} \in (0; 1]$. Притому, $R_{NPV} = 1$ під час $NPV_p \geq NPV_*$, коли запас $W_{NPV} = 0$. Нехай тепер $0 < NPV_0 \leq NPV_p < NPV_*$, тоді абсолютна прибутковість ІІ нижче прийняттого рівня інвестором, проте все ж приймає додатне числове значення. Тоді здобуємо: $R_{NPV} \in (1; NPV_*/NPV_0]$. Водночас запас $W_{NPV} < 0$. Коли ризик $R_{NPV} > NPV_*/NPV_0$, тоді ІІ стає ненадійним, тому ІІ набуває чинності, як збитковий проєкт. У разі $R_{NPV} < 0$ проєкт збитковий і мусить бути в будь-якому випадку відкинтий. Отже, для будь-якого надійного значення $NPV_p \geq NPV_0$: $R_{NPV} \in (0; NPV_*/NPV_0]$.

Ризик (27) приймає максимальне значення під час $NPV_p = NPV_0$ і зменшується з ростом NPV_p .

Для будь-якого беззбиткового значення показника $PI_p \geq 1$: $R_{PI} \in (0; PI_*]$.

Ризик (28) приймає максимальне значення під час $PI_p = 1$ і зменшується з ростом PI_p . У разі $R_{PI} > PI_*$, інвестиційний проєкт стає збитковий і має бути відкинтий. Під час прийнятних значеннях для інвестора $PI_p \geq PI_*$, відповідно максимальне значення ризику дорівнює 1, коли запас $W_{PI} = 0$.

Для будь-якого беззбиткового ІІ, тобто під час $CC \leq IRR_p$, де IRR_p – реальне значення внутрішньої норми прибутковості ІІ, маємо: $R_{IRAR} \in (0; IRR_p/IRAR_p]$.

Ризик (29) приймає максимальне значення під час $IRR_p = CC$, це каже про беззбитковий рівень прибутковості інвестиційного проєкту, і зменшується з ростом $IRAR_p$. У разі $R_{IRAR} > IRR_p/IRAR_p$ проєкт – збитковий, а тому мусить бути відкинтий із розгляду. У разі прийнятних

значеннях для інвестора $IRAR_p \geq CC$, відповідно максимальне значення ризику дорівнює 1, коли запас $W_{IRAR} = 0$.

Під час $DPAR_p \leq n$, тобто коли прибутковість інвестиційного проекту не нижче прийнятної для інвестора: $R_{DPAR} \in (0; 1]$. Причому, ризик (30) приймає максимальне значення в разі $DPAR_p = n$, коли запас $W_{DPAR} = 0$. Якщо $R_{DPAR} > 1$, тоді $NPV_p < NPV_*$, тобто прибутковість інвестиційного проекту нижче прийнятного рівня для інвестора.

Поняття точки Фішера є актуальним у порівнянні двох альтернативних ІІ, тобто такої ставки дисконтування i_F . У якій значення показника NPV цих проектів збігаються, а саме графіки NPV перетинаються. У разі ставках дисконтування менших i_F , тобто під час $CC < i_F$ має місце розбіжність між вибором за показниками NPV та $IRAR$. Ця суперечність зберігає свою силу і для ризиків (27) та (29). Тому розумно запровадити поняття сукупного інтегрального ризику непринятно низької прибутковості проекту відразу за всіма чотирма основними критеріями фінансової ефективності ІІ. Спочатку проформуємо ризики:

$$P_{NPV} = R_{NPV} / \left(R_{NPV}^2 + R_{PI}^2 + R_{IRAR}^2 + R_{DPAR}^2 \right)^{\frac{1}{2}}, \quad (31)$$

$$P_{PI} = R_{PI} / \left(R_{NPV}^2 + R_{PI}^2 + R_{IRAR}^2 + R_{DPAR}^2 \right)^{\frac{1}{2}}, \quad (32)$$

$$P_{IRAR} = R_{IRAR} / \left(R_{NPV}^2 + R_{PI}^2 + R_{IRAR}^2 + R_{DPAR}^2 \right)^{\frac{1}{2}}, \quad (33)$$

$$P_{DPAR} = R_{DPAR} / \left(R_{NPV}^2 + R_{PI}^2 + R_{IRAR}^2 + R_{DPAR}^2 \right)^{\frac{1}{2}}. \quad (34)$$

Зазвичай, після нормування значення всіх ризиків (31)-(34) будуть перебувати в інтервалі (0; 1), якщо виключені всі збиткові проекти. Чим менше значення (31)-(34), тим менший ризик непринятно низької прибутковості проекту за відповідним інтегральним показником фінансової ефективності проекту.

Тепер знайдемо сукупний ризик ІІ відразу за всіма чотирма показниками фінансової ефективності так:

$$P = P_{NPV} + P_{PI} + P_{IRAR} + P_{DPAR}. \quad (35)$$

У порівнянні двох ІП більш корисний ІП, у якого сукупний ризик (35) менше. Показник (35) дає правильну оцінку сукупного ризику ІП лише за умови, коли абсолютна прибутковість ІП не нижче прийнятного рівня для інвестора, тобто $NPV_p \geq NPV_*$. Для проєктів, які мають збитки, перший доданок в (35) явно переважатиме над іншими.

Отримані результати для ІІІ “А” з таблиці 1.

Відносні запаси інвестиційної прийнятності ІІІ:

За формулою (20) здобуємо $W_{NPV} = 0.885$

Нехай $NPV_* = 1000$, тоді за формулою (21) здобуємо $W_{PI} = 0.719$

З формули (23) $\Rightarrow -I_0 + CF \cdot \frac{(1-(1+IRAR_p)^{-n})}{IRAR_p} = NPV_*$, тоді

$$-2000 + 2820 \cdot \frac{(1-(1+IRAR_p)^{-5})}{IRAR_p} = 1000$$

$$IRAR_p = 0.90226$$

Тоді за формулою (22) розрахуємо $W_{IRAR} = 0.889$

З (26) $\Rightarrow DPAR_p = 1.180$. Тоді з (24) $\Rightarrow W_{DPAR} = 0.764$

Значення ризиків за інтегральними показниками фінансової ефективності, формули (27)-(30):

$$R_{NPV} = 0.115; R_{PI} = 0.281; R_{IRAR} = 0.111; R_{DPAR} = 0.236$$

Візьмемо проєкт В з вхідними даними проєкту А з поправками на параметри $I_{0B} = 8000$, $Q = 340$.

За формулою (4) знайдемо CF для проєкту В:

$$CF_B = (340 * (50 - 30) - 500 - 100) * (1 - 0.2) + 100 = 5060$$

Тоді під час $NPV_A = NPV_B$ здобуємо:

$$\begin{aligned}
 -I_{0A} + CF_A \cdot (1 - (1 + i)^{-n})/i &= -I_{0B} + CF_B \cdot (1 - (1 + i)^{-n})/i \\
 -2000 + 2820 \cdot (1 - (1 + i)^{-5})/i &= -8000 + 5060 \cdot (1 - (1 + i)^{-5})/i
 \end{aligned}$$

Звідки $i_F = 0.251948$.

Нормовані значення інтегральних ризиків для проєкту А, формули (31)-(34):

$$P_{NPV} = 0.288; \quad P_{PI} = 0.702; \quad P_{IRAR} = 0.277; \quad P_{DPAR} = 0.59$$

За формулою (35) обчислимо сукупний ризик ІІ за всіма чотирма показниками фінансової ефективності для проєкту А:

$$P = 1.856$$

Нормовані значення інтегральних ризиків для проєкту В, формули (31)-(34):

$$P_{NPV} = 0.135; \quad P_{PI} = 0.708; \quad P_{IRAR} = 0.311; \quad P_{DPAR} = 0.62$$

За формулою (35) обчислимо сукупний ризик ІІ за всіма чотирма показниками фінансової ефективності для проєкту В:

$$P = 1.774$$

Висновки

Програмна реалізація запропонованого керівником підходу була написана на мові програмування C++. У процесі виконання завдання потрібно було шукати корінь нелінійного рівняння під час визначення $IRAR_p$ та під час пошуку точки Фішера, тому скористалися пакетом прикладних програм WolframAlpha.

У проєкті "А" збіглися рейтинги ризиків параметрів ІІ, побудовані двома способами. А саме, рейтинг параметрів, побудований за спаданням еластичностей, збігся з рейтингом параметрів, побудованим за спаданням явних значень ризиків проєкту. Водночас, застосування нового підходу до побудови рейтингу параметрів проєкту простіше за традиційний, бо не треба знаходити значення еластичностей до кожного параметру.

Явну формулу (35) виведено для аналізу сукупного інтегрального ризику ІІ у ситуації високої визначеності. Ця формула корисна в разі розбіжності в рекомендаціях за показниками NPV та $IRAR$, коли є так звана точка Фішера. Показник (35) дає правильну оцінку сукупного ризику ІІ лише за умови, коли абсолютна прибутковість ІІ призначена не нижче прийняттого рівня для інвестора. Для проєктів, які мають збитки, перший доданок в (35) явно переважає над іншими. Ця формула була застосована в моїй роботі до двох проєктів із точкою Фішера. Формула (35) дає змогу зняти протиріччя між рекомендаціями показників NPV і $IRAR$ та вибрати кращий проєкт у кожній парі.

Список літератури

1. Keršytė, A. (2012). Investment risk analysis: theoretical aspects. *Economics and Management*, 17, (3), 889-894.
2. Лукасевич, И. Я. (1998). *Анализ финансовых операций. Методы, модели, техника вычислений*. Москва: Финансы, ЮНИТИ.
3. Грачёва, М. В. (Ред.). (2018). *Риск-менеджмент инвестиционного проекта*. Москва: ЮНИТИ.
4. Васильев, А.Б., & Васильева, Н.С. (2015). Запасы и пределы инвестиционной безубыточности и приемлемости проекта по значениям показателей эффективности. *Економіка та держава*, (4), 28-32.
5. Васильев, А.Б., & Васильева, Н.С. (2020). Анализ финансовой устойчивости инвестиционного проекта по его параметрам. *Управление корпоративными финансами*, (1), 2-13
6. Vasiliev, A., Vasilieva, N., Tupko, N. (2022). Development of a systems approach to assessment investment project risks: risks of unacceptably low project profitability. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (4 (115)), 77–86. (Scopus)

Програмна реалізація

```

#include <iostream>
#include <iomanip>
#include <cmath>
#include <string>
#include <map>
using namespace std;

typedef long long ll;
typedef long double db;

db Q = 200.0; //340.0 // обсяг випуску продукції ІІ за 1 період проекту
db c = 50; // ціна одиниці продукції
db v = 30.0; // змінні витрати на одиницю продукції
ll FC = 500; // сумарні постійні витрати за 1 період
ll dep = 100; // величина відрахувань на амортизацію обладнання за 1
період
db tau = 0.2; // (20%) податок на прибуток
db r = 0.1; // (10%, 2%) ставка дисконтування, тобто вартість капіталу
інвестиційного проекту
ll n = 5.0; // термін життя інвестиційного проекту (у періодах)
ll t; // номер періоду
db S = 0.0; // залишкова вартість обладнання
db I_0 = 2000.0; //8000 // початкові інвестиції

map<db, string> Elas; // Абсолютні значення еластичностей
string R[4] = {"I", "II", "III", "IV"}; // Рейтинг
map<db, string> param; // Параметри ІІІ

int main() {
    // 1.1.1
    // 1 спосіб
    cout << "1.1.1\n1 спосіб\n";
    db NPV;
    db Sum = 0.0;

```

```

for (t = 1; t <= n; ++t) {
    Sum += ((Q * (c - v) - FC - dep) * (1 - tau) + dep) / (pow(1 + r, t));
}
NPV = - I_0 + Sum;
cout << fixed << setprecision(1) << "NPV = " << NPV << " - під час
базових значеннях параметрів\n\n";

```

// Невизначені чинники: Q, c, v, FC.

```

db pr_Q = Q * 0.05; // граничне значення (+-5% от Q)
db pr_c = c * 0.05; // граничне значення (+-5% от c)
db pr_v = v * 0.05; // граничне значення (+-5% от v)
db pr_FC = FC * 0.05; // граничне значення (+-5% от FC)

db NPV_2;

pr_Q += Q;
Sum = 0;
for (t = 1; t <= n; ++t) {
    Sum += ((pr_Q * (c - v) - FC - dep) * (1 - tau) + dep) / (pow(1 + r,
t));
}
NPV_2 = Sum + S / (pow(1 + r, n)) - I_0;
//cout << NPV_2 << "\n";

db E_NPV_Q = ((NPV_2 - NPV) / NPV) / ((pr_Q - Q) / Q);
Elas.insert(pair<db, string>(abs(E_NPV_Q), "E_NPV_Q"));
//cout << "E_NPV_N = " << E_NPV_N << "\n"; // Еластичність NPV за
змінною N
param.insert(pair<db, string>(abs(E_NPV_Q), "Q"));

pr_c += c;
Sum = 0;
for (t = 1; t <= n; ++t) {
    Sum += ((Q * (pr_c - v) - FC - dep) * (1 - tau) + dep) / (pow(1 + r,
t));
}

```

```

NPV_2 = Sum + S / (pow(1 + r, n)) - I_0;
//cout << NPV_2 << "\n";

db E_NPV_c = ((NPV_2 - NPV) / NPV) / ((pr_c - c) / c);
Elas.insert(pair<db, string>(abs(E_NPV_c), "E_NPV_c"));
//cout << "E_NPV_p = " << E_NPV_p << "\n"; // Еластичність NPV за
змІНОЮ р
param.insert(pair<db, string>(abs(E_NPV_c), "c"));

pr_v += v;
Sum = 0;
for (t = 1; t <= n; ++t) {
    Sum += ((Q * (c - pr_v) - FC - dep) * (1 - tau) + dep) / (pow(1 + r,
t));
}
NPV_2 = Sum + S / (pow(1 + r, n)) - I_0;
//cout << NPV_2 << "\n";

db E_NPV_v = ((NPV_2 - NPV) / NPV) / ((pr_v - v) / v);
E_NPV_v = abs(E_NPV_v);
Elas.insert(pair<db, string>(abs(E_NPV_v), "E_NPV_v"));
//cout << "E_NPV_v = " << E_NPV_v << "\n"; // Еластичність NPV за
змІНОЮ v
param.insert(pair<db, string>(abs(E_NPV_v), "v"));

pr_FC += FC;
Sum = 0;
for (t = 1; t <= n; ++t) {
    Sum += ((Q * (c - v) - pr_FC - dep) * (1 - tau) + dep) / (pow(1 + r,
t));
}
NPV_2 = Sum + S / (pow(1 + r, n)) - I_0;
//cout << NPV_2 << "\n";

db E_NPV_FC = ((NPV_2 - NPV) / NPV) / ((pr_FC - FC) / FC);
Elas.insert(pair<db, string>(abs(E_NPV_FC), "E_NPV_FC"));

```

```

//cout << "E_NPV_FC = " << E_NPV_FC << "\n\n"; // Еластичність
NPV за зміною FC
param.insert(pair<db, string>(abs(E_NPV_FC), "FC"));

    И i = 3;
    for (auto it = Elas.begin(); it != Elas.end(); ++it, --i) {
        cout << fixed << setprecision(5) << it->first << " : " << it->second
<< " " << R[i]; // Виведення ключів та значень
        if (i == 0) cout << " - найризикованіший параметр";
        cout << "\n";
    }

// 1.1.2
// 2 способ
cout << "\n1.1.2\n2 способ\n";
db a = (1 - pow(1 + r, -n)) / r;
cout << fixed << setprecision(5) << "a = " << a << "\n";

db CF = (Q * (c - v) - FC - dep) * (1 - tau) + dep;
cout << fixed << setprecision(1) << "CF = " << CF << "\n";
NPV = -I_0 + CF * a;
cout << fixed << setprecision(1) << "NPV = " << NPV << "\n";

db PI_ = 1.2;
db NPV_ = (PI_ - 1) * I_0;
NPV_ = 1000.0;
PI_ = NPV_ / I_0 + 1;
cout << "NPV_ = " << NPV_ << " - прийнятна прибутковість\n\n";

db CF_ = (NPV_ + I_0) / a;
cout << "CF_ = " << CF_ << " - нижня межа значень параметрів
поточку платежів\n\n";

cout << "Динамічні точки прийнятності проекту за параметрами:\n";
db Q_ ;
Q_ = (((I_0 + NPV_) / a - dep) / (1.0 - tau)) + dep + FC) / (c - v);
cout << fixed << setprecision(2) << "Q_ = " << Q_ << "\n";

```

```

db c_;
c_ = v + (((I_0 + NPV_) / a - dep) / (1 - tau)) + dep + FC) / Q;
cout << fixed << setprecision(2) << "c_ = " << c_ << "\n";

db v_;
v_ = c - (((I_0 + NPV_) / a - dep) / (1 - tau)) + dep + FC) / Q;
cout << fixed << setprecision(2) << "v_ = " << v_ << "\n";

db FC_;
FC_ = Q * (c - v) - (((I_0 + NPV_) / a - dep) / (1 - tau)) - dep;
cout << fixed << setprecision(2) << "FC_ = " << FC_ << "\n\n";

cout << "Відносні запаси інвестиційної прийнятності проекту:\n";
db W_Q = 1 - Q_ / Q;
db W_c = 1 - c_ / c;
db W_v = 1 - v / v_;
db W_FC = 1 - FC / FC_;

cout << fixed << setprecision(8) << "W_Q = " << W_Q << "\n";
//Res.insert(pair<db, string>(W_N, "N"));
cout << fixed << setprecision(8) << "W_c = " << W_c << "\n";
//Res.insert(pair<db, string>(W_p, "p"));
cout << fixed << setprecision(8) << "W_v = " << W_v << "\n";
//Res.insert(pair<db, string>(W_v, "v"));
cout << fixed << setprecision(8) << "W_FC = " << W_FC << "\n\n";
//Res.insert(pair<db, string>(W_FC, "FC"));

db R_Q = Q_ / Q;
db R_c = c_ / c;
db R_v = v / v_;
db R_FC = FC / FC_;

cout << "Значення ризиків проекту за параметрами:\n";
cout << fixed << setprecision(3) << "R_Q = " << R_Q << "\n";
cout << fixed << setprecision(3) << "R_c = " << R_c << "\n";
cout << fixed << setprecision(3) << "R_v = " << R_v << "\n";

```

```

cout << fixed << setprecision(3) << "R_FC = " << R_FC << "\n\n";

db NPV_0 = 0.0;

cout << "Динамічні точки прийнятності проекту за параметрами в
разі NPV_ = 0.0:\n";
Q_ = (((I_0 + NPV_0) / a - dep) / (1.0 - tau)) + dep + FC) / (c - v);
cout << fixed << setprecision(2) << "Q_ = " << Q_ << "\n";

c_ = v + (((I_0 + NPV_0) / a - dep) / (1 - tau)) + dep + FC) / Q;
cout << fixed << setprecision(2) << "c_ = " << c_ << "\n";

v_ = c - (((I_0 + NPV_0) / a - dep) / (1 - tau)) + dep + FC) / Q;
cout << fixed << setprecision(2) << "v_ = " << v_ << "\n";

FC_ = Q * (c - v) - (((I_0 + NPV_0) / a - dep) / (1 - tau)) - dep;
cout << fixed << setprecision(2) << "FC_ = " << FC_ << "\n\n";

R_Q = Q_ / Q;
R_c = c_ / c;
R_v = v / v_;
R_FC = FC / FC_;

cout << "Значення ризиків проекту за параметрами в разі NPV_ =
0.0:\n";
cout << fixed << setprecision(3) << "R_Q = " << R_Q << "\n";
cout << fixed << setprecision(3) << "R_c = " << R_c << "\n";
cout << fixed << setprecision(3) << "R_v = " << R_v << "\n";
cout << fixed << setprecision(3) << "R_FC = " << R_FC << "\n\n";

// 2.1
cout << "2.1\nВідносні запаси інвестиційної прийнятності ІІ:\n";
db W_NPV = 1 - NPV_ / NPV;
cout << "W_NPV = " << W_NPV << "\n";

PI_ = 1 + NPV_ / I_0;
db PI = 1 + NPV / I_0;

```

```

db W_PI = 1 - PI_ / PI;
// cout << "CF = " << CF << "\n";
cout << "W_PI = " << W_PI << "\n";

db IRAR_p = 0.902262;
// 0.902262 (проект А, NPV_ = 1000) // 0.484145 (проект В, NPV_ =
1000) // знайдено допомогою пакета прикладних програм WolframAlpha

db W_IRAR = 1 - r / IRAR_p;
cout << "W_IRAR = " << W_IRAR << "\n";

db DPAR_p = -log(1 - r * (I_0 + NPV_) / CF) / log(1 + r);
db W_DPAR = 1 - DPAR_p / n;
cout << "W_DPAR = " << W_DPAR << "\n\n";

db R_NPV = NPV_ / NPV;
db R_PI = PI_ / PI;
db R_IRAR = r / IRAR_p;
db R_DPAR = DPAR_p / n;
//cout << "W_IRAR = " << 1 - W_IRAR << " " << R_IRAR << "\n";

cout << "Значення ризиків за інтегральними показниками фінансової
ефективності:\n";
cout << fixed << setprecision(1) << "(NPV_ = " << NPV_ << ")\n";
cout << fixed << setprecision(3) << "(NPV = " << NPV << ")\n";
cout << fixed << setprecision(3) << "R_NPV = " << R_NPV << "\n\n";

cout << fixed << setprecision(3) << "(PI_ = " << PI_ << ")\n";
cout << fixed << setprecision(3) << "(PI = " << PI << ")\n";
cout << fixed << setprecision(3) << "R_PI = " << R_PI << "\n\n";

cout << fixed << setprecision(2) << "(r = " << r << ")\n";
cout << fixed << setprecision(5) << "(IRAR_p = " << IRAR_p << ")\n";
cout << fixed << setprecision(3) << "R_IRAR = " << R_IRAR << "\n\n";

cout << fixed << setprecision(3) << "(DPAR_p = " << DPAR_p << ")\n";
cout << "(n = " << n << ")\n";

```

```

cout << fixed << setprecision(3) << "R_DPAR = " << R_DPAR <<
"\n\n";

db sr = sqrt(R_NPV * R_NPV + R_PI * R_PI + R_IRAR * R_IRAR +
R_DPAR * R_DPAR);
db P_NPV = R_NPV / sr;
db P_PI = R_PI / sr;
db P_IRAR = R_IRAR / sr;
db P_DPAR = R_DPAR / sr;

cout << "Нормовані значення інтегральних ризиків:\n";
cout << "P_NPV = " << P_NPV << "\n";
cout << "P_PI = " << P_PI << "\n";
cout << "P_IRAR = " << P_IRAR << "\n";
cout << "P_DPAR = " << P_DPAR << "\n\n";

cout << "Сукупний ризик ІІ за всіма чотирма показниками
фінансової ефективності:\n";
db P = P_NPV + P_PI + P_IRAR + P_DPAR;
cout << "P = " << P << "\n";
return 0;
}

```

Виведення програми

1.1.1

1 спосіб

$NPV = 8690.0$ - під час базових значеннях параметрів

0.17449 : E_NPV_FC IV

1.39591 : E_NPV_Q III

2.09387 : E_NPV_v II

3.48978 : E_NPV_c I - найризикованіший параметр

1.1.2

2 спосіб

$a = 3.79079$

$CF = 2820.0$

$NPV = 8690.0$

$NPV_ = 1000.0$ - прийнятна прибутковість

$CF_ = 791.4$ - нижня межа значень параметрів потоку платежів

Динамічні точки прийнятності проекту за параметрами:

$Q_ = 73.21$

$c_ = 37.32$

$v_ = 42.68$

$FC_ = 3035.76$

Відносні запаси інвестиційної прийнятності проекту:

$W_Q = 0.63393986$

$$W_c = 0.25357594$$

$$W_v = 0.29707485$$

$$W_{FC} = 0.83529657$$

Значення ризиків проекту за параметрами:

$$R_Q = 0.366$$

$$R_c = 0.746$$

$$R_v = 0.703$$

$$R_{FC} = 0.165$$

Динамічні точки прийнятності проекту за параметрами в разі $NPV_ = 0.0$:

$$Q_ = 56.72$$

$$c_ = 35.67$$

$$v_ = 44.33$$

$$FC_ = 3365.51$$

Значення ризиків проекту за параметрами в разі $NPV_ = 0.0$:

$$R_Q = 0.284$$

$$R_c = 0.713$$

$$R_v = 0.677$$

$$R_{FC} = 0.149$$

2.1

Відносні запаси інвестиційної прийнятності ІІ:

$$W_{NPV} = 0.885$$

$$W_{PI} = 0.719$$

$$W_{IRAR} = 0.889$$

$$W_{DPA} = 0.764$$

Значення ризиків за інтегральними показниками фінансової ефективності:

$$(\text{NPV}_- = 1000.0)$$

$$(\text{NPV} = 8690.019)$$

$$\text{R_NPV} = 0.115$$

$$(\text{PI}_- = 1.500)$$

$$(\text{PI} = 5.345)$$

$$\text{R_PI} = 0.281$$

$$(r = 0.10)$$

$$(\text{IRAR}_p = 0.90226)$$

$$\text{R_IRAR} = 0.111$$

$$(\text{DPAR}_p = 1.180)$$

$$(n = 5)$$

$$\text{R_DPAR} = 0.236$$

Нормовані значення інтегральних ризиків:

$$\text{P_NPV} = 0.288$$

$$\text{P_PI} = 0.702$$

$$\text{P_IRAR} = 0.277$$

$$\text{P_DPAR} = 0.590$$

Сукупний ризик ПІ за всіма чотирма показниками фінансової ефективності:

$$\text{P} = 1.856$$

Додатки

(i=6, j=6)

Підприємство має зробити вибір між двома ІП А і В, що мають такі характеристики:

– початкові інвестиції в обидва ІП рівні
 $(130 - 10 * i + j) * 1000 = 76000$ (грн.)

– доходи від ІП А рівні $(330 - 20i + 2j) * 100 = 22200$ (грн.) щорічно впродовж 6 років, а від ІП В становлять:

рік	1	2	3	4	5	6
дохід	3w	5w	3w	2w	2w	w

де $w = (13 - i) * 1000 + 100 * j = 7600$ (грн.)

-ставка дисконтування дорівнює $(17 - i)\% = (17 - 6)\% = 11\%$

Запишемо результат у вигляді таблиці

t	A	B
0	(76000)	(76000)
1	22200	22800
2	22200	38000
3	22200	22800
4	22200	15200
5	22200	15200
6	22200	7600

Спочатку відшукаємо точку Фішера:

$$NPV_A = NPV_B$$

$$-I_{0A} + CF_A \cdot (1 - (1 + i)^{-n})/i = -I_{0B} + \sum_{t=1}^n \frac{CF_{Bt}}{(1+i)^t}$$

Прирівнюємо в прикладному пакеті [WolframAlpha](https://www.wolframalpha.com/) і здобуваємо точку Фішера:

$$i_F = 0.17563$$

Нехай $NPV_* = 2000$

1) Обчислимо наведений дохід кожного проєкту – NPV

Для проєкту А

$$a_{ni} = 4.231 \text{ (таблиця)}$$

$$NPV_A = -C_0 + R * a_{ni} = -76000 + 22200 * 4.231 = 17928.2 \text{ (грн)}$$

Для проєкту В

t	CF_t	$(i + 1)^{-t}$	$CF_t * (i + 1)^{-t}$
0	(76000)	1	(76000)
1	22800	0.901	20542.8
2	38000	0.812	30856
3	22800	0.731	16666.8
4	15200	0.659	10016.8
5	15200	0.593	9013.6
6	7600	0.535	4066

$$NPV_B = 91162 - 76000 = 15162 \text{ (грн)}$$

2) Обчислимо індекс прибутковості проєктів – PI

Для проєкту А

$$PI_A = 1 + \frac{NPV_A}{C_0} = 1 + \frac{17928.2}{76000} = 1.236$$

Для проєкту В

$$PI_B = 1 + \frac{NPV_B}{C_0} = 1 + \frac{15162}{76000} = 1.2$$

3) Обчислимо $IRAR_p$:

Для проєкту А

$$\text{З формули (23)} \Rightarrow -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+IRAR_p)^t} = NPV_{*}, \text{ тоді}$$

$$-76000 + \sum_{t=1}^6 \frac{22200}{(1+IRAR_p)^t} = 2000$$

Допомогою прикладного пакету [WolframAlpha](#) здобуваємо:

$$IRAR_p = 0.178232$$

Для проєкту В

$$\text{З формули (23)} \Rightarrow -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+IRAR_p)^t} = NPV_{*}, \text{ тоді}$$

допомогою прикладного пакету [WolframAlpha](#) здобуваємо:

$$IRAR_p = 0.17874$$

4) Обчислимо $DPAR_p$

Для проєкту А

$$DPAR_p = \frac{-\ln\left(1 - \frac{i(C_0 + NPV_*)}{R}\right)}{\ln(i+1)} = 4.681 \text{ роки}$$

Для проєкту В

t	CF_t	$(i + 1)^{-t}$	$CF_t * (i + 1)^{-t}$	Нарощ. підсумок
0	(76000)	1	(76000)	
1	22800	0.901	20542.8	(55457.2)
2	38000	0.812	30856	(24601.2)
3	22800	0.731	16666.8	(7934.4)
4	15200	0.659	10016.8	2082.4 > 0 m=4
5	15200	0.593	9013.6	11096
6	7600	0.535	4066	15162

$$DPAR_p = (m - 1) + \frac{NPV_* + C_0 - \sum_{s=1}^m \frac{CF_s}{(1+i)^s}}{\frac{CF_m}{(1+i)^m}} = 4 - 1 + \frac{2000 + 7946.6}{10012.7} = 3.993$$

роки

5) Зробимо підсумок:

<i>NPV</i>		<i>PI</i>		<i>IRAR_p</i>		<i>DPAR_p</i>	
A	B	A	B	A	B	A	B
17928.2	15162	1.236	1.2	0.178232	0.17874	4.681	3.993

Проект А / Проект В

$$(NPV_{_} = 2000.0) / (NPV_{_} = 2000.0)$$

$$(NPV = 17928.2) / (NPV = 15162)$$

$$R_NPV = 0.112 / R_NPV = 0.132$$

$$(PI_{_} = 1.026) / (PI_{_} = 1.026)$$

$$(PI = 1.236) / (PI = 1.2)$$

$$R_PI = 0.83 / R_PI = 0.855$$

$$(r = 0.11) / (r = 0.11)$$

$$(IRAR_p = 0.178232) / (IRAR_p = 0.17874)$$

$$R_IRAR = 0.617 / R_IRAR = 0.615$$

$$(DPAR_p = 4.681) / (DPAR_p = 3.993)$$

$$(n = 6) / (n = 6)$$

$$R_DPAR = 0.78 / R_DPAR = 0.665$$

Значення ризиків за інтегральними показниками фінансової ефективності:

Величина	Проект А	Проект В
R_{NPV}	0.112	0.132
R_{PI}	0.83	0.855
R_{IRAR}	0.617	0.615
R_{DPPAR}	0.78	0.665

Далі шукаємо нормовані значення інтегральних ризиків для проектів, щоби порахувати сукупний ризик та вибрати вигідний проект:

Величина	Проект А	Проект В
P_{NPV}	0.086	0.105
P_{PI}	0.638	0.683
P_{IRR}	0.475	0.491
P_{DPP}	0.6	0.531
P	1.799	1.81

Приходимо до висновку, що проект А буде менш ризиковим. Визначили це, завдяки тому, що знайшли сукупний ризик обох проектів та обрали менший із них. А без сукупного ризику складно було б обрати задовільний для інвестора проект, бо була супереч між параметрами NPV та $IRAR$.

(i=6, j=12)

Здобуємо такі результати:

Значення ризиків за інтегральними показниками фінансової ефективності:

Величина	Проект А	Проект В
R_{NPV}	0.118	0.122
R_{PI}	0.848	0.853
R_{IRAR}	0.647	0.612
R_{DPPAR}	0.802	0.663

Далі шукаємо нормовані значення інтегральних ризиків для проектів, щоби порахувати сукупний ризик та вибрати вигідний проект:

Величина	Проект А	Проект В
P_{NPV}	0.088	0.098
P_{PI}	0.633	0.684
P_{IRR}	0.483	0.491
P_{DPP}	0.599	0.531
P	1.8026	1.8034

Приходимо до висновку, що проект А буде менш ризиковим. Визначили це, завдяки тому, що знайшли сукупний ризик обох проектів та обрали менший із них. А без сукупного ризику складно було б обрати задовільний для інвестора проект, бо була супереч між параметрами NPV та $IRAR$.