

Тема: Імітаційне моделювання інвестиційних ризиків

Мета роботи

Мета — вивчення методів та інструментів дослідження інвестиційних ризиків з використанням засобів імітаційного моделювання.

Етапи виконання роботи

- ознайомлення з теоретичним матеріалом;
- вивчення моделі аналізу інвестиційних ризиків;
- опанування інструментом реалізації моделі аналізу інвестиційних ризиків;
- одержання індивідуальних даних у викладача та реалізація моделі аналізу інвестиційних ризиків;
- аналіз моделі та написання звіту.

Вступ

Імітаційне моделювання (simulation) є одним із потужних методів аналізу економічних систем. Під імітацією розуміють процес проведення на ЕОМ експериментів з математичними моделями реальних систем. Цілі проведення імітаційних експериментів можуть бути різними — від виявлення властивостей та закономірностей досліджуваної системи до вирішення конкретних практичних завдань. З розвитком засобів обчислювальної техніки та програмного забезпечення спектр застосування імітації у сфері економіки істотно розширився. Імітаційне моделювання з успіхом використовують як для розв'язання завдань внутрішньофірмового управління, так і для моделювання процесів управління на макроекономічному рівні. Розглянемо основні переваги застосування імітаційного моделювання у процесі вирішення завдань фінансового аналізу.

Оскільки імітація — це комп'ютерний експеримент, її головна відмінність полягає в роботі з *моделлю* системи, а не з самою системою. Тому імі-

таційне моделювання доцільно в тих випадках, коли робота з реальною системою ускладнена або взагалі неможлива. Наприклад, проведення реальних експериментів з економічними системами, як правило, вимагає значних витрат і навряд чи може бути здійснено на практиці. У такому випадку імітація виглядає єдиним способом дослідження систем без проведення реальних експериментів.

При дослідженні параметрів та поведінки економічних систем часто постає проблема збору необхідної інформації. Іноді цю проблему практично неможливо розв'язати, оскільки це потребує значних фінансових витрат. Наприклад, при оцінюванні ризику інвестиційних проектів, як правило, використовують прогнозні дані щодо обсягів продажу, витрат, цін і т.і. Щоб адекватно оцінити ризик, потрібно мати велику кількість інформації для формулювання правдоподібних гіпотез про ймовірнісні розподіли ключових параметрів. Зібрати потрібний обсяг інформації здебільшого проблематично. Використання імітаційного моделювання дозволяє замінити відсутні фактичні дані величинами, що отримані в процесі імітаційного експерименту.

Однією з найефективніших галузей використання імітаційного моделювання є аналіз процесів, що містять ймовірнісні величини (тобто величини, на поведінку яких не впливають особи, що приймають рішення). Такі моделі називають **стохастичними**. Стохастичні моделі часто виникають при вирішенні завдань фінансового аналізу. Застосування імітації дозволяє зробити висновки щодо можливих результатів, базуючись на ймовірнісних розподілах випадкових величин. Стохастичну імітацію часто **називають методом Монте-Карло**.

Існує багато інших переваг імітації. Докладний виклад основ імітаційного моделювання і його застосування в різних сферах можна знайти у відповідній літературі. Ми ж розглянемо технологію застосування імітаційного моделювання для аналізу ризиків інвестиційних проектів з використанням програми MS Excel.

Розробка моделі для аналізу ризиків інвестиційних проектів

Імітаційне моделювання — це серія експериментів, що мають на меті одержати емпіричні оцінки ступеня впливу вхідних величин (факторів) на залежні від них результати (показники). Проведення імітаційного експерименту можна розбити на етапи, а саме;

- встановити модель, що пов'язує вхідні й вихідні показники у вигляді математичного рівняння або нерівності;
- завдання законів розподілу ймовірностей для ключових параметрів моделі;
- проведення комп'ютерної імітації значень ключових параметрів моделі;
- розрахунок основних характеристик розподілу вхідних і вихідних показників;
- аналіз отриманих результатів і прийняття відповідних рішень.

Результати імітаційного експерименту, доповнені статистичним аналізом, можуть використовуватись при формуванні прогнозних моделей та сценаріїв. Здійснимо імітаційне моделювання аналізу ризиків інвестиційного проекту на такому прикладі.

Фірма розглядає інвестиційний проект з виробництва продукту "А". Експериментально були виявлені три ключових параметри проекту й визначені можливі межі їх змін (табл. 1). Інші параметри проекту вважаються сталими (табл. 2)

Таблиця 1

Ключові параметри проекту

| Показники | Сценарій | | |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|
| | Найгірший | Найкращий | Ймовірний |
| Обсяг випуску Q | 150 | 300 | 200 |
| Ціна за штуку P | 40 | 55 | 50 |
| Змінні витрати V | 35 | 25 | 30 |

Сталі параметри проекту

| Показники | Найбільш ймовірне значення |
|------------------------------|----------------------------|
| Постійні витрати - F | 500 |
| Амортизація - A | 100 |
| Податок на прибуток - T | 60% |
| Норма дисконту - r | 10% |
| Термін проекту - n | 5 |
| Початкові інвестиції - I_0 | 2000 |

Першим етапом аналізу є визначення залежності результуючого показника від вихідних. При цьому як результуючий показник звичайно виступає один із критеріїв ефективності: NPV , IRR , PI . Припустимо, що використовуваним критерієм є чиста теперішня вартість проекту NPV :

$$NPV = \sum_{i=1}^n \frac{NCF_i}{(1+r)^i}, \quad (1)$$

де: NCF_t – значення чистого потоку платежів у періоді t .

За умовами прикладу значення норми дисконтування r і початковий обсяг інвестицій I_0 відомі і вважаються сталими протягом строку реалізації проекту (табл. 2). Будемо вважати, що потік платежів, який генерується проектом, має вид анuitету. Тоді величина потоку платежів NCF для будь-якого періоду t однакова і може бути визначена із співвідношення:

$$NCF = [Q(P - V) - F A](1 - T) + A. \quad (2)$$

Наступним етапом проведення аналізу є вибір законів розподілу ймовірностей змінних факторів. У нашому прикладі до таких факторів належать: змінні витрати V , обсяг випуску Q і ціна P . Діапазони можливих змін показників наведено у табл. 1. Ми будемо виходити з припущення, що всі ключові змінні фактори **мають рівномірний розподіл** ймовірностей. Реалізація третього етапу може бути здійснена тільки із застосуванням комп'ютерної техніки з відповідним програмним забезпеченням. Тому перш ніж приступити до третього етапу — імітаційного експерименту, познайомимося з відповідними засобами Excel, що автоматизують його проведення.

Технологія імітаційного моделювання засобами MS Excel

Проведення імітаційних експериментів в Excel можна здійснити двома способами: за допомогою вбудованих функцій і використанням інструменту "Генератор випадкових чисел". В ході роботи будемо використовувати перший спосіб – з допомогою функцій.

Слід зазначити, що застосування вбудованих функцій доцільно лише в тому випадку, коли ймовірності реалізації всіх значень випадкової величини вважаються однаковими. Тоді для імітації значень необхідної змінної можна скористатися математичними функціями **СЛЧИС()** або **СЛУЧМЕЖДУ()**. Формати функцій наведені у табл. 3.

Таблиця 3

Математичні функції для генерації випадкових чисел

| Найменування функції | | Формат функції |
|----------------------|---------------------|-------------------------------------|
| Оригінальна версія | Локалізована версія | |
| RAND | СЛЧИС | СЛЧИС() - не має аргументів |
| RANDBETWEEN | СЛУЧМЕЖДУ | СЛУЧМЕЖДУ (нижня_межа; верхня_межа) |

Функція СЛЧИС() повертає рівномірно розподілене випадкове число E , яке більше або дорівнює 0 і менше 1, тобто: $0 \leq E < 1$. Разом з тим, шляхом нескладних перетворень з її допомогою можна одержати будь-яке випадкове речовинне число. Наприклад, щоб одержати випадкове число між a та b , досить задати в будь-якому комірок наступну формулу: $=\text{СЛЧИС()}*(b-a)+a$. Ця функція не має аргументів. Якщо в Excel встановлений режим автоматичного виконання обчислень, то результат функції буде змінюватися щоразу, коли відбувається введення або коригування даних. У режимі ручного обчислення перерахування таблиці здійснюється тільки після натискання клавіші [F9]. Змінити режим виконання обчислень можна через меню Сервіс ► Параметри ► Вычисления.

Якщо Ви не побачили цих функцій в Вашому Excel, Вам необхідно активізувати пакет аналізу за допомогою пунктів меню Сервіс ► Надстройки ► Пакет аналіза.

Функція СЛУЧМЕЖДУ(нижн_межа; верхн_межа)

Як впливає з назви цієї функції, вона дозволяє одержати випадкове число із заданого інтервалу. При цьому тип числа, що повертається, залежить від типу заданих аргументів.

Наприклад, згенеруємо випадкове значення для змінної Q (обсяг випуску продукту). Згідно з табл. 1, Q приймає значення з діапазону 150 - 300. Формула матиме вигляд: =СЛУЧМЕЖДУ(150; 300).

Якщо задати аналогічні формули для змінних P та V, а також формулу для обчислення NPV і скопіювати їх необхідну кількість разів, можна одержати генеральну сукупність, що містить різні значення вихідних показників та результатів. Після чого, використовуючи статистичні функції, неважко розрахувати відповідні параметри розподілу та провести ймовірнісний аналіз.

Продемонструємо викладений підхід на конкретному прикладі. Перед тим, як приступити до розробки шаблону, доцільно встановити в таблиці режим ручних обчислень. Для цього необхідно виконати наступні дії:

- Вибрати Сервіс ► Параметри ► Вычисления
- Установити параметр "Вручную" і натиснути "ОК".

Приступаємо до розробки шаблону. З метою спрощення та підвищення наочності аналізу виділимо для його проведення в робочій книзі Excel два аркуші.

Перший аркуш - "Імітація" призначений для побудови генеральної сукупності (рис. 1). Визначені в даному аркуші формули та власні імена комірок наведені у табл. 4 та табл. 5.

Перша частина аркуша (блок комірок A1:E7) призначена для введення діапазонів змін ключових параметрів, значення яких будуть генеруватися в процесі проведення експерименту. В комірці B7 задається загальне число імітацій (експериментів). Формула в E7 обчислює номер останнього рядка вихі-

дного блоку, до якого будуть записані отримані значення. Зміст цієї формули буде розкритий пізніше.

| | A | B | C | D | E | |
|----|--------------------------------------|----------------|----------|---------------------------------|-------------------------|--|
| 1 | Исходные условия эксперимента | | | | | |
| 2 | | Минимум | Максимум | | | |
| 3 | Перем. расходы | | | | | |
| 4 | Количество | | | | | |
| 5 | Цена | | | | | |
| 6 | | | | | | |
| 7 | Экспериментов = | | | Номер стр. = | 8 | |
| 8 | | | | | | |
| 9 | Переменные расходы (V) | Количество (Q) | Цена (P) | Поступления (NCF _t) | ЧСС (NPV _t) | |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 0,00 | |
| 11 | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 0,00 | |
| 12 | | | | | | |

Рис. 1 — Аркуш "Імітація"

Таблиця 4

Формули аркуша "Імітація"

| Комірка | Формула |
|---------|--|
| E7 | =B7+10-2 |
| A10 | =СЛУЧМЕЖДУ(\$B\$3;\$C\$3) |
| A11 | =СЛУЧМЕЖДУ(\$B\$3;\$C\$3) |
| B10 | =СЛУЧМЕЖДУ(\$B\$4;\$C\$4) |
| B11 | =СЛУЧМЕЖДУ(\$B\$4;\$C\$4) |
| C10 | =СЛУЧМЕЖДУ(\$B\$5;\$C\$5) |
| C11 | =СЛУЧМЕЖДУ(\$B\$5;\$C\$5) |
| D10 | =(B10*(C10-A10)-Пост_расх-Аморт)*(1-Налог+Аморт |
| D11 | =(B11*(C11-A11)-Пост_расх-Аморт)*(1-Налог)+Аморт |
| E10 | =ПЗ(Норма;Срок;-D10)-Нач_инвест |
| E11 | =ПЗ(Норма;Срок;-D11)-Нач_инвест |

Таблиця 5.

Імена комірок аркуша "Імітація"

| Адреса комірок | Ім'я | Коментарі |
|----------------|-------------|---------------------------------|
| Блок A10:A11 | Перем_расх | Змінні витрати |
| Блок B10:B11 | Количество | Обсяг випуску |
| Блок C10:C11 | Цена | Ціна |
| Блок D10:D11 | Поступления | Надходження від проекту NCF_t |
| Блок E10:E11 | ЧСС | Чиста приведена вартість NPV |

Друга частина аркуша (блок комірок A9:E11) призначена для проведення імітації. Формули в комірках A10:E11 генерують значення для відповідних змінних з врахуванням заданих в комірках B3:C5 діапазонів їхніх змін. Зверніть увагу на те, що нижню та верхню межі змін вказувати треба з *абсолютною адресацією*.

Формули в комірках D10:E11 обчислюють величину потоку платежів і його чисту сучасну вартість відповідно. При цьому значення постійних змінних беруться з наступного аркуша шаблону - "Результати аналізу".

Аркуш "Результати аналізу", крім значень постійних змінних, містить також функції, що обчислюють параметри розподілу змінних (Q , V , P) і результативних змінних (NCF , NPV) та ймовірності різних подій. Визначені для даного аркуша формули та власні імена комірок наведені у табл. 6 та табл. 7. Загальний вид аркуша показаний на рис. 2.

Таблиця 6

Формули аркуша «Результати аналізу»

| Комірка | Формула |
|---------|----------------------------|
| B8 | =CPЗНАЧ(Перем_расх) |
| B9 | =СТАНДОТКЛОНП(Перем_расх) |
| B10 | =B9/B8 |
| B11 | =МИН(Перем_расх) |
| B12 | =МАКС(Перем_расх) |
| C8 | =CPЗНАЧ(Количество) |
| C9 | =СТАНДОТКЛОНП(Количество) |
| C10 | =C9/C8 |
| C11 | =МИН(Количество) |
| C12 | =МАКС(Количество) |
| D8 | =CPЗНАЧ(Цена) |
| D9 | =СТАНДОТКЛОНП(Цена) |
| D10 | =D9/D8 |
| D11 | =МИН(Цена) |
| D12 | =МАКС(Цена) |
| E8 | =CPЗНАЧ(Поступления) |
| E9 | =СТАНДОТКЛОНП(Поступления) |
| E10 | =E9/E8 |
| E11 | =МИН(Поступления) |
| E12 | =МАКС(Поступления) |

| Комірка | Формула |
|---------|----------------------------------|
| F8 | =СРЗНАЧ(ЧСС) |
| F9 | =СТАНДОТКЛОНП(ЧСС) |
| F10 | =F9/F8 |
| F11 | =МИН(ЧСС) |
| F12 | =МАКС(ЧСС) |
| F13 | =СЧЁТЕСЛИ(ЧСС;"<0") |
| F14 | =СУММЕСЛИ(ЧСС;"<0") |
| F15 | =СУММЕСЛИ(ЧСС;">0") |
| E18 | =НОРМАЛИЗАЦИЯ(D18;\$F\$8;\$F\$9) |
| F18 | =НОРМСТРАСП(E18) |

Таблица 7.

Імена комірок аркуша «Результати аналізу»

| Комірка | Ім'я | Коментар |
|---------|------------|----------------------------|
| B2 | Нач_инвест | Початкові інвестиції |
| B3 | Пост_расх | Постійні витрати |
| B4 | Аморт | Амортизація |
| D2 | Норма | Норма дисконту |
| D3 | Налог | Ставка податку на прибуток |
| D4 | Срок | Строк реалізації проекту |

| | A | B | C | D | E | F |
|----|--|----------------|----------------|--------------|--------------------|-----------|
| | Имитационный анализ (Метод Монте-Карло) | | | | | |
| 1 | Распределение с равными вероятностями | | | | | |
| 2 | Начальные инвест. (I) | | Норма г | | | |
| 3 | Пост. расходы (F) | | Налог (П) | | | |
| 4 | Амортизация (A) | | Срок (n) | | | |
| 5 | | | | | | |
| 6 | Показатели | Переменные (M) | Количество (Q) | Цена (P) | Поступления (NCFt) | NPV |
| 7 | | | | | | |
| 8 | Среднее значение | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 9 | Стандарт. отклонение | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 10 | Козф. вариации | #ДЕЛ/0! | #ДЕЛ/0! | #ДЕЛ/0! | #ДЕЛ/0! | #ДЕЛ/0! |
| 11 | Минимум | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 12 | Максимум | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 13 | Число случаев NPV < 0 | | | | | 0,00 |
| 14 | Сумма убытков | | | | | 0,00 |
| 15 | Сумма доходов | | | | | 0,00 |
| 16 | | | | | | |
| 17 | Вероятность p(NPV<=X) | | | Величина (X) | Нормал. (X) | p(NPV<=X) |
| 18 | | | | 0,00 | #ЧИСЛО! | #ЧИСЛО! |
| 19 | | | | | | |

Рис. 2 — Аркуш «Результати аналізу»

Оскільки формули аркуша містять ряд нових функцій, наведемо необхідні пояснення. Функції МИН() і МАКС() обчислюють мінімальне та максимальне значення для масиву даних із блоку комірок, зазначеного як їхній аргумент. Імена та діапазони цих блоків наведені у табл. 7.

Функція СЧЕТЕСЛИ(блок; "умова") знаходить кількість елементів у вказаному блоці, значення яких задовольняють вказаній умові.

Функція в F13 підраховує кількість негативних значень NPV в блоці комірок ЧСС (табл. 6).

Дія функції СУММЕСЛИ(блок;"умова") схожа на функцію СЧЕТЕСЛИ(). Відмінність полягає в тому, що СУММЕСЛИ() підсумовує значення елементів в блоці, якщо вони задовольняють заданій умові. Функції в блоці F14:F15 знаходять суми негативних (F14) і позитивних (F15) значень NPV блоку ЧСС. Зміст цих розрахунків розглянемо пізніше.

Дві останні формули (комірки E18 та F18) виконують ймовірнісний аналіз розподілу NPV . Цей момент вимагає незначного теоретичного пояснення.

У прикладі ми виходимо з припущення про незалежність і рівномірний розподіл ключових змінних Q , V , P . Визначити, який розподіл при цьому буде мати показник NPV , заздалегідь неможливо. Одне з можливих вирішень цієї проблеми — спробувати апроксимувати невідомий розподіл одним із відомих. Зазвичай для апроксимації використовують функцію нормального розподілу. Згідно з центральною граничною теоремою, за певних умов сума великої кількості випадкових величин має розподіл, що приблизно відповідає нормальному.

У прикладному аналізі для цілей апроксимації широко застосовується окремий випадок нормального розподілу — *стандартний нормальний розподіл*. Математичне очікування стандартно розподіленої випадкової величини E дорівнює 0: $M(E) = 0$. Графік цього розподілу симетричний відносно осі

ординат. Розподіл характеризується одним параметром — стандартним відхиленням σ , яке дорівнює 1.

Приведення випадкової змінної E до стандартно розподіленої величини Z здійснюється за допомогою нормалізації, яка полягає у вирахуванні середньої та наступного ділення її на стандартне відхилення:

$$Z = \frac{E - M(E)}{\delta(E)}. \quad (3)$$

Виходячи з (3), величина Z виражається в кількості стандартних відхилень. Для обчислення ймовірностей за значенням нормалізованої величини Z використовуються спеціальні статистичні таблиці.

В Excel для подібних обчислень використовують статистичні функції НОРМАЛИЗАЦИЯ () і НОРМСТРАСП().

Функція НОРМАЛИЗАЦИЯ(х; середнє; станд. відхилення) повертає нормалізоване значення Z величини x , на підставі якого потім обчислюється ймовірність $p(E, x)$. Вона реалізує співвідношення (3). Функція має три аргументи:

- x — значення, що нормалізується;
- середнє — математичне очікування випадкової величини E ;
- станд відхилення — стандартне відхилення.

Отримане значення Z є аргументом для наступної функції НОРМСТРАСП().

Функція НОРМСТРАСП(Z) повертає стандартний нормальний розподіл, тобто ймовірність того, що випадкова нормалізована величина E буде менше або дорівнюватиме x . Вона має всього один аргумент — Z , що обчислюється функцією НОРМАЛИЗАЦИЯ().

Вказані функції слід використовувати в тандемі. При цьому доцільно використовувати функцію НОРМАЛИЗАЦИЯ() як аргумент функції НОРМСТРАСП(), тобто:

$$=НОРМСТРАСП(НОРМАЛИЗАЦИЯ (x; середнє; станд відхилення)).$$

Для підвищення наочності у проєктованому шаблоні функції задані окремо (комірки E18 та F18).

Хід роботи

Сформуйте даний шаблон і збережіть його з іменем SIMUL_1.XLT. Приступаємо до імітаційного експерименту. Для його проведення треба виконати такі кроки.

- 1) Ввести значення постійних змінних (табл. 2) в комірки B2:B4 та D2:D4 аркушу "Результати аналізу", діапазони змін ключових змінних (табл. 1) в комірки B3:C5 аркушу "Імітація".
- 2) Задати в комірку B7 необхідне число експериментів (500).
- 3) Встановити курсор в комірку A11 і вставити необхідне число рядків у шаблон (номер останнього рядка буде обчислений в E7).
- 4) Скопіювати формули блоку A10:E10 необхідну кількість разів (500).
- 5) Перейти до аркуша "Результати аналізу" і проаналізувати отримані результати.

Розглянемо реалізацію вказаних кроків докладніше. Виконання перших трьох пунктів не повинне викликати особливих труднощів. Введіть значення постійних змінних в комірки B2:D4 аркуша "Результати аналізу". Введіть значення діапазонів змін ключових змінних в комірки B3:C5 аркуша "Імітація". Вкажіть в комірці B7 число проведених експериментів, наприклад - 500.

Формули з комірок A10:E10 скопіюйте нижче до 508 рядку. В результаті цих дій Excel заповнить блок A10:E508 випадковими значеннями ключових змінних V, Q, P і результатами обчислень NCF та NPV.

Приклад імітації наведено на рис. 4, відповідні результати аналізу наведені на рис. 5 (Внаслідок ймовірнісної природи експерименту, отримані вами результати будуть відрізнятися від наведених).

| | A | B | C | D | E |
|----|--------------------------------------|----------------|----------|--------------------|------------|
| 1 | Исходные условия эксперимента | | | | |
| 2 | | Минимум | Максимум | | |
| 3 | Перем. расходы | 25 | 35 | | |
| 4 | Количество | 150 | 300 | | |
| 5 | Цена | 40 | 55 | | |
| 6 | | | | | |
| 7 | Экспериментов = | 500 | | Номер стр. = | 508 |
| 8 | | | | | |
| 9 | Переменные расходы (V) | Количество (Q) | Цена (P) | Поступления (NCFt) | ЧСС (NPVt) |
| 10 | 29 | 288 | 52 | 2509,60 | 7513,36 |
| 11 | 31 | 202 | 51 | 1476,00 | 3595,20 |
| 12 | 28 | 200 | 46 | 1300,00 | 2928,02 |
| 13 | 35 | 297 | 54 | 2117,20 | 6025,85 |
| 14 | 32 | 260 | 40 | 692,00 | 623,22 |
| 15 | 31 | 229 | 42 | 867,60 | 1288,89 |
| 16 | 25 | 243 | 53 | 2581,60 | 7786,30 |
| 17 | 25 | 213 | 40 | 1138,00 | 2313,92 |
| 18 | 32 | 225 | 41 | 670,00 | 539,83 |
| 19 | 27 | 279 | 47 | 2092,00 | 5930,33 |
| 20 | 26 | 297 | 47 | 2354,80 | 6926,54 |

Рис. 4 — Результати імітації

| | A | B | C | D | E | F |
|----|--|----------------|----------------|--------------|--------------------|------------|
| 1 | Имитационный анализ (Метод Монте-Карло) | | | | | |
| 2 | Распределение с равными вероятностями | | | | | |
| 3 | Начальные инвест. (I) | 2000,00 | Норма г | 0,10 | | |
| 4 | Пост. расходы (F) | 500,00 | Налог (T) | 0,60 | | |
| 5 | Амортизация (A) | 100,00 | Срок (n) | 5,00 | | |
| 6 | Показатели | Переменные (V) | Количество (Q) | Цена (P) | Поступления (NCFt) | NPV |
| 7 | | | | | | |
| 8 | Среднее значение | 29,93 | 223,72 | 47,32 | 1414,47 | 3361,96 |
| 9 | Стандарт. отклонение | 3,14 | 45,53 | 4,66 | 599,17 | 2271,31 |
| 10 | Козф. вариации | 0,10 | 0,20 | 0,10 | 0,42 | 0,68 |
| 11 | Минимум | 25,00 | 150,00 | 40,00 | 196,00 | -1257,01 |
| 12 | Максимум | 35,00 | 300,00 | 55,00 | 3224,00 | 10221,50 |
| 13 | Число случаев NPV < 0 | | | | | 20,00 |
| 14 | Сумма убытков | | | | | -11691,92 |
| 15 | Сумма доходов | | | | | 1692669,76 |
| 16 | | | | | | |
| 17 | Вероятность p(NPV<=X) | | | Величина (X) | Нормал. (X) | p(NPV<=X) |
| 18 | | | | | -1,48 | 0,07 |

Рис. 5 — Результати аналізу

Прокоментуємо результати ймовірнісного аналізу. Вони показують, що шанс одержати негативну величину NPV не перевищує 7%. Ще більший оптимізм вселяють результати аналізу розподілу чистих надходжень від проекту

NCF. Величина стандартного відхилення тут становить усього 42% від середнього значення. У такий спосіб із ймовірністю більше 90% можна стверджувати, що надходження від проекту будуть позитивними величинами.

Сума всіх негативних значень NPV в отриманій генеральній сукупності (комірка F14) може бути інтерпретована як чиста вартість невизначеності для інвестора у випадку прийняття проекту. Аналогічно сума всіх позитивних значень NPV (комірка F15) може трактуватися як чиста вартість невизначеності для інвестора у випадку відхилення проекту.

Незважаючи на певну умовність цих показників, у цілому вони виступають індикаторами доцільності проведення подальшого аналізу. У цьому випадку вони наочно демонструють різну розмірність суми можливих збитків стосовно загальної суми доходів (-11691,92 та 1692669,76 відповідно).

Важливим етапом аналізу результатів імітаційного експерименту є дослідження залежностей між ключовими параметрами. Кількісна оцінка варіації прямо залежить від ступеня кореляції між випадковими величинами. На даному етапі обмежимося візуальним (графічним) дослідженням. На рис. 6 наведено графік розподілу значень ключових параметрів V, P та Q, побудований на підставі 75 імітацій. Неважко помітити, що в цілому варіація значень всіх трьох параметрів носить випадковий характер, що підтверджує прийняту раніше гіпотезу про їх незалежність. Для порівняння нижче наведено графік розподілів потоку платежів NCF і величини NPV (рис. 7).

Як і слід було сподіватися, напрямки коливань тут у точності збігаються та між цими величинами існує сильний кореляційний зв'язок, близький до функціонального. Подальші розрахунки показали, що величина коефіцієнта кореляції між отриманими розподілами NCF та NPV дорівнює 1.

Ми розглянули одну з технологій проведення імітаційних експериментів у середовищі Excel.

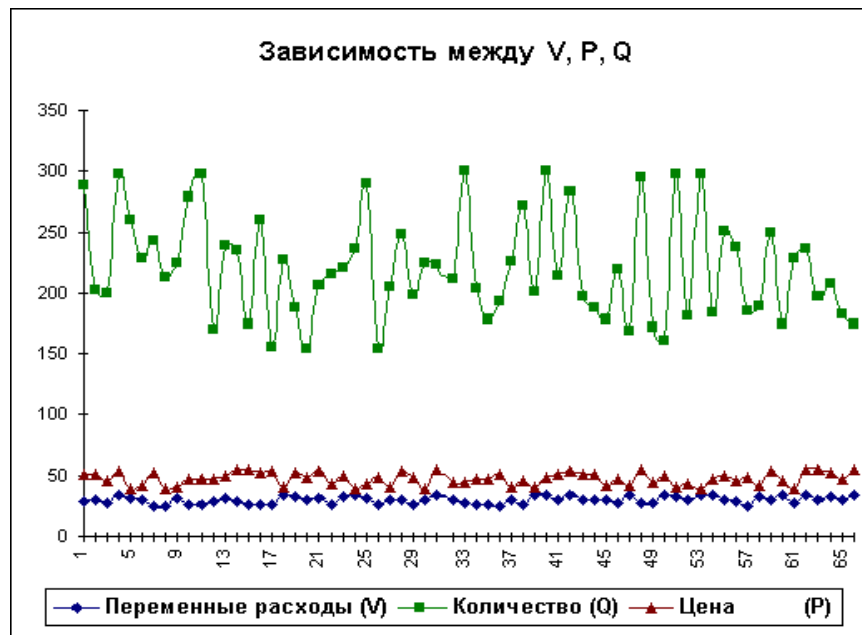


Рис. 6 — Розподіл значень параметрів V, P та Q

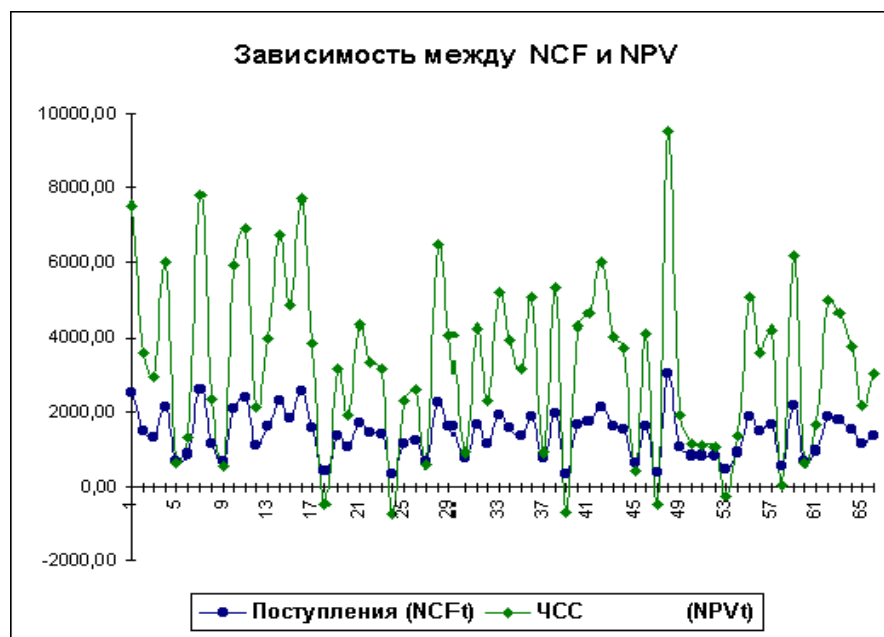


Рис. 7 — Залежність між *NCF* та *NPV*