

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Інститут інформатики та радіоелектроніки
Факультет комп'ютерних наук і технологій
Кафедра системного аналізу та обчислювальної математики

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

магістр

(ступінь вищої освіти)

на тему Задача оптимального розподілу інвестицій у сфері господарської діяльності

Виконав: студент(ка) 2-го курсу, групи КНТ– 810м
Спеціальності 124 Системний аналіз

Освітня програма (спеціалізація)

«Інтелектуальні технології та прийняття рішень в складних системах»

Білий В.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник

Подковаліхіна О.О.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Стеганцев Є.В.

(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет Інформатики та радіоелектроніки, комп'ютерних наук і технологій
Кафедра Системного аналізу та обчислювальної математики
Ступінь вищої освіти магістр
Спеціальність 124 Системний аналіз
(код і найменування)
Освітня програма (спеціалізація) Інтелектуальні технології та прийняття рішень в складних системах
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри проф. Р.В. Корніч

« 21 » грудня 2021 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

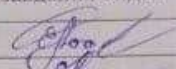
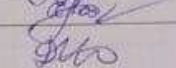
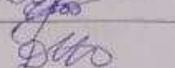
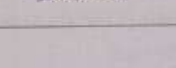
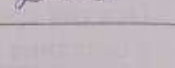
Білого Віталія Вікторовича
(прізвище, ім'я по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Задача оптимального розподілу інвестицій у сфері господарської діяльності
керівник проекту (роботи) Подковахіна Олена Олександрівна, к.ф.-м.н., доц.
(прізвище, ім'я по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНТУ від « 10 » грудня 2021 року № 490
2. Строк подання студентом проекту (роботи) 21 грудня 2021 року
3. Вихідні дані до проекту (роботи) Умова задачі розподілу інвестицій у сфері господарської діяльності, перелік літературних джерел згідно теми дослідження
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які належить розробити) Проведено аналіз публікацій та досліджень за темою роботи. Розглянуто загальну та математичну постановку задачі розподілу інвестицій в умовах невизначеності у сфері господарської діяльності. Розглянуто приклад задачі розподілу інвестицій серед підприємств сільського зеленого туризму в умовах, коли прибуток може змінюватися за рівномірним законом у межах 10% та 40%. Наведено алгоритм та програмну реалізацію для розв'язання задачі розподілу інвестицій з рівномірними вхідними параметрами для заданої кількості відсотків відхилень методом перебору даних в середовищі MATLAB. Отримано та проаналізовано за декількома критеріями оптимальності розв'язок задачі розподілу інвестицій серед підприємств сільського зеленого туризму з рівномірними вхідними параметрами для випадків 10% та 40% відхилень.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконання завдання
1	Подковаліхіна О.О. доцент		
2	Подковаліхіна О.О. доцент		
Нормоконтроль	Широкорад Д.В. старший викладач		

7. Дата видачі завдання « 02 » вересня 2021 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

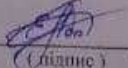
№ зп	Назва етапів дипломного проекту(роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Мета та основні задачі дипломної роботи	02.09.2021 – 09.09.2021	
2	Аналіз досліджень і публікацій	10.09.2021 – 24.09.2021	
3	Загальна та математична постановка задачі	24.09.2021 – 01.10.2021	
4	Алгоритм розв'язання задачі та розробка програмного коду	02.10.2021 – 31.10.2021	
5	Розрахунки та аналіз результатів	01.11.2021 – 06.12.2021	
6	Підсумки та висновки щодо дипломної роботи	07.12.2021 – 13.12.2021	
7	Попередній захист дипломної роботи та отримання рецензії	14.12.2021 – 20.12.2021	
8	Захист дипломної роботи	21.12.2021	

Студент(ка)


(підпис)

Білий В.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту(роботи)


(підпис)

Подковаліхіна О.О.
(прізвище та ініціали)

Дипломна р
Об'єкт досл
невизначеності.

Предмет до
діяльності.

Мета робо
сфері господарсь

Метод досл

Розглянуто
умовах невизнач

програмну реалі

вхідними парам

даних в середо

серед підприєм

змінюватися з

проаналізовано

ЗАДАЧА І

УМОВАХ

ОПТИМАЛЬН

РЕФЕРАТ

Дипломна робота: 39 с., 8 рис., 19 табл., 16 літературних джерел, 1 додаток.

Об'єкт дослідження – задача розподілу ресурсів в умовах статистичної невизначеності.

Предмет дослідження – задача розподілу інвестицій у сфері господарської діяльності.

Мета роботи – аналіз оптимального розв'язку задачі розподілу інвестицій у сфері господарської діяльності в умовах статистичної невизначеності.

Метод дослідження – метод перебору даних.

Розглянуто загальну та математичну постановку задачі розподілу інвестицій в умовах невизначеності у сфері господарської діяльності. Наведено алгоритм та програмну реалізацію для розв'язання задачі розподілу інвестицій з рівномірними вхідними параметрами для заданої кількості відсотків відхилень методом перебору даних в середовищі MATLAB. Розглянуто приклад задачі розподілу інвестицій серед підприємств сільського зеленого туризму в умовах, коли прибуток може змінюватися за рівномірним законом у межах 10% та 40%, отримано та проаналізовано за декількома критеріями оптимальності розв'язок цієї задачі.

ЗАДАЧА РОЗПОДІЛУ РЕСУРСІВ, ЗАДАЧА РОЗПОДІЛУ ІНВЕСТИЦІЙ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ, МЕТОД ПЕРЕБОРУ, КРИТЕРІЇ ОПТИМАЛЬНОСТІ, MATLAB.

ЗМІСТ

Реферат	4
Зміст	5
Вступ	6
1 Аналіз досліджень і публікацій	7
2 Задача розподілу інвестицій у сфері господарської діяльності.....	11
2.1 Постановка задачі розподілу інвестицій в умовах невизначеності	11
2.2 Алгоритм та програмна реалізація задачі розподілу інвестицій в умовах невизначеності	16
2.3 Критерії оптимальності та аналіз оптимального плану задачі розподілу інвестицій в умовах невизначеності.....	19
Висновок.....	35
Перелік посилань.....	36
Додаток А	38

ВСТУП

Обсяг інвестицій у будь-яку з галузей національної економіки держави характеризує її стан у майбутньому. У всіх сферах господарської діяльності виникають задачі, для розв'язання яких потрібно приймати досить складні та виважені рішення. Тому важливо заздалегідь оцінити наслідки кожного рішення, щоб відкинути недопустимі варіанти і рекомендувати оптимальні або найбільш раціональні.

Нестабільність економічної ситуації може призвести до того, що прибуток від інвестицій в ту чи іншу галузь перестає бути постійною величиною. Тому метою роботи є проаналізувати вплив статистичної невизначеності на оптимальний розв'язок задачі розподілу інвестицій у сфері господарської діяльності.

1 АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Метою задачі розподілу ресурсів є визначення видів робіт та їх відповідної кількості для найбільш раціонального використання певної кількості заданих ресурсів. Цю задачу та методи її розв'язання досліджували в своїх роботах автори Беллман Р. [1], Каліхман І.Л. [2], Таха Х.А. [3], Лежньов А.В. [4], Кремер Н.Ш. [5] та інші.

Задача розподілу ресурсів досить затребувана з точки зору її використання в реальному житті.

В роботі [6] проаналізовано перешкоди на шляху активізації інвестиційної діяльності в туристичній галузі взагалі і в сільському зеленому туризмі зокрема. Для підвищення ефективності інвестиційної діяльності у сфері сільського зеленого туризму запропоновано використати метод динамічного програмування для розподілу інвестиційних коштів серед сільських регіонів, що забезпечує максимальний прибуток суб'єктам малого підприємства у цій сфері. Наведено алгоритм оптимального розподілу інвестицій у загальному вигляді, роботу якого проаналізовано на конкретному прикладі.

В роботі [7] розглянуто актуальну задачу зменшення простоїв автомобілів під обслуговуванням на терміналах, в пунктах навантаження-розвантаження. Процес обробки вантажопотоку на терміналі представлено за допомогою ігрового підходу, що дозволяє приймати управлінські рішення в умовах невизначеності для підвищення ефективності функціонування системи. Було проаналізовано технологію функціонування транспортно-складського комплексу в умовах ризику, що призводить до необхідності визначення оптимальної продуктивності складів із необхідністю прийняття рішення по розподілу навантажувально-розвантажувальних робіт, орієнтуючись на існуючі резерви й можливості. При цьому вся система в цілому прагне до ефективного функціонування і отримання максимального прибутку. Для визначення кращої стратегії поведінки суб'єктів складської системи застосовано графоаналітичний підхід. Перспективними напрямками досліджень є

розробка імітаційної моделі прийняття рішень щодо вибору стратегії поведінки суб'єктів складської системи в умовах невизначеності та розробка практичних рекомендацій щодо визначення оптимального значення обсягу замовлення при зміні продуктивності складу і запланованого обсягу робіт на терміналі.

В роботі [8] запропоновано математичну формалізацію процесу функціонування терміналу. Визначено раціональну кількість людських та транспортно-складських ресурсів термінального комплексу відповідно до характеристик вхідного вантажопотоку. Для вирішення поставленої задачі автори застосовували сітьове планування, що дозволяє повно та наочно відобразити всі операції, що виконуються на термінальному комплексі. Подальші дослідження слід спрямувати на визначення імовірнісних характеристик вантажопотоку та розробку імітаційної моделі функціонування термінального комплексу з урахуванням умов невизначеності та ризику.

В роботі [9] розглянуто метод пошуку оптимального розподілу колій в парку накопичення составів технічних станцій між призначеннями плану формування поїздів. В якості критерію оптимізації обрано мінімум експлуатаційних витрат, пов'язаних з поїздоутворенням. Основні витрати сортувальних станцій припадають на процеси, пов'язані з розформуванням, накопиченням та закінченням формування вантажних поїздів у сортувальних парках. Впровадження прогресивної ресурсо- та енергозберігаючої технології на етапі поїздоутворення дозволить підвищити ефективність використання їх технічного забезпечення та зменшити собівартість перевезень. Пошук оптимального розподілу сортувальних колій здійснювався за допомогою методу гілок та меж, на підставі чого було розроблено алгоритми для автоматизованого розв'язку задачі вибору спеціалізації сортувальних колій.

У статті [10] запропоновано новий метод побудови виробничої функції для підприємства на основі багатокритеріальної постановки задачі про оптимальну виробничу програму підприємства. Центральне ядро відповідної задачі параметричного лінійного програмування складає еколого-економічний баланс типу моделі Леонт'єва-Форда «витрати-випуск». На прикладі конкретного підприємства визначено інформаційні труднощі реалізації такого підходу.

В роботі [11] визначено оптимальний розподіл капіталовкладень для забезпечення сталого розвитку залізниць на прикладі Держаного підприємства «Придніпровська залізниця» та створення передумов для розробки математичної моделі. Ця задача була розв'язана на основі інтегрального критерію ефективності сталого розвитку. Для підвищення значень складових інтегрального критерію ефективності пропонується проводити оптимізаційні заходи технологічного характеру: оптимізація парку маневрових та поїзних локомотивів, оптимізація потужності вантажо-розвантажувальних механізмів та ін.

У статті [12] запропоновано використання економіко-математичної моделі оптимального функціонування плодоовочесховищ у сільськогосподарських підприємствах за критерієм максимуму прибутку. Модель враховує використання потужностей ліній приймання та відвантаження плодів та овочів, наявних і залучених трудових ресурсів, фінансових ресурсів. Для практичної реалізації моделі рекомендовано порядок розрахунку технічно-економічних коефіцієнтів. Розроблена модель дає можливість оптимізувати наступні показники: структуру продукції за її видами, розподіл капіталовкладень за основними напрямками.

В роботі [13] розроблена багатокритеріальна оптимізаційна задача управління виробничо-господарської діяльності промислового підприємства. Для складання функції цілі та частинних критеріїв рекомендується ефективність діяльності підприємства структурувати за трьома основними складовими: ефективність підсистем діяльності підприємства, ефективністю використання окремих видів ресурсів та соціально-економічною ефективністю, кожна з яких визначається окремою системою показників. Функцію цілі та частинні критерії слід розробляти з використання методів канонічного та факторного аналізів. Наведено розв'язування прикладу багатокритеріальної оптимізаційної задачі управління ефективністю діяльності промислового підприємства.

У статті [14] розглянута задача оптимального розподілу ресурсів в багатопроцесорних системах. Побудовано декілька математичних моделей для різних постановок задач. Ці моделі дозволяють зробити завантаження процесорів більш рівномірним, врахувати та мінімізувати вартість багатопроцесорної системи

та розташувати задачі для виконання на процесорах в найкращому порядку. Описано методи, що існують, та алгоритми для побудови розкладів. Для розв'язання задачі запропоновано метод точної квадратичної регуляції. Для підтвердження ефективності запропоновано методу проведені чисельні експерименти.

Задачу розподілу інвестицій в умовах статистичної невизначеності було розглянуто в роботі [15]. Описано метод комп'ютерного моделювання за допомогою пакету MATLAB для розв'язання задачі. Було отримано оптимальні плани задачі з вхідними параметрами, що підпорядковуються закону неперервного рівномірного розподілу з 10% відхиленням. Запропоновано декілька варіантів критеріїв оптимальності. Проаналізовано знайдені оптимальні плани за всіма критеріями

2 ЗАДАЧА РОЗПОДІЛУ ІНВЕСТИЦІЙ У СФЕРІ ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

2.1 Постановка задачі розподілу інвестицій в умовах невизначеності

Особливо актуальною на сьогодні залишається проблема залучення та використання інвестицій у різні сфери господарської діяльності, особливо туристичного бізнесу. Тому розглянемо задачу розподілу інвестицій у сфері господарської діяльності на прикладі задачі оптимального розподілу коштів в окремі сільські регіони для забезпечення максимального прибутку.

Нехай для інвестування n сільських регіонів $R_i, i = \overline{1, n}$ інвестор може виділити m грошових одиниць. При цьому для інвестування одного сільського регіону інвестор може виділити не більше однієї інвестиції, розмір якої може становити $k, k = \overline{0, m}$. Залежно від розміру вкладених коштів в той чи інший регіон інвестор отримує відповідний прибуток. Необхідно визначити такий розподіл інвестиційних коштів серед регіонів, щоб величина сумарного прибутку була найбільшою [6].

Нехай $g_i(x_j), i = \overline{1, n}$ – прибуток від інвестування $x_j, j = \overline{0, m}$ грошових одиниць коштів у сільський регіон R_i . $P_i(x_j), i = \overline{1, n}$ – прибуток від інвестування $x_j, j = \overline{0, m}$ одиниць коштів у відповідні регіони R_i .

Внаслідок проведеного аналізу стану туристичної галузі у Львівській області виявлено основні чинники впливу на її розвиток загалом і сільського зеленого туризму зокрема. На основі статистичних даних побудовано часові тренди динаміки надходження інвестицій в основний капітал готелів та інших закладів тимчасового проживання, які дали змогу спрогнозувати обсяг їх надходжень. Оскільки динаміка надходжень інвестицій у ці заклади є нестабільною, особливо за останні роки, тому запропоновано знаходження оптимальних планів задачі розподілу інвестицій серед підприємств сільського зеленого туризму в умовах статистичної невизначеності.

Розглянемо наступний приклад. Для інвестування чотирьох сільських регіонів інвестор може виділити сім грошових одиниць коштів. Нехай $g_i(x_j), i =$

$\overline{1,4}$ – прибуток від інвестування $x_j, j = \overline{0,7}$ грошових одиниць коштів у сільський i -й регіон (табл. 2.1) [6].

Таблиця 2.1 – Вихідні дані для визначення максимального прибутку від розподілу інвестиційних коштів у сільські регіони

$g_i(x_j)$	x_j							
	0	1	2	3	4	5	6	7
$g_1(x_j)$	0	10	15	20	30	32	34	35
$g_2(x_j)$	0	30	40	50	55	60	65	70
$g_3(x_j)$	0	20	25	30	35	40	45	50
$g_4(x_j)$	0	5	10	15	20	40	45	50

Норма динаміки прибутку складає приблизно 10-12% для країн з розвиткою економікою. Для інфляційних економік показник повинен бути вищим. Для України динаміка прибутку залежить не тільки від календарного року, але й від виду економічної діяльності підприємств. Наприклад, для сільського господарства, лісового господарства та рибного господарства динаміка прибутку за 2020 рік складала 15,2%; для промисловості – 11,2%; для мистецтва, спорту, розваг та відпочинку – 19%. За період січень-червень 2021 року для вищенаведених сфер динаміка стала наступною: для сільського господарства, лісового господарства та рибного господарства динаміка прибутку складала 3,8%; для промисловості – 12,8%; для мистецтва, спорту, розваг та відпочинку – 37,4% (дані з <http://www.ukrstat.gov.ua> – державна служба статистики України).

Розглянемо вищенаведений приклад для наступних випадків:

- прибуток (табл. 2.1) може змінюватися за рівномірним законом у межах 10% (на основі загальних статистичних даних);
- прибуток (табл. 2.1) може змінюватися за рівномірним законом у межах 40% (на основі даних для галузі мистецтва, спорту, розваг та відпочинку за січень-червень 2021 року).

Сформулюємо математичну постановку задачі розподілу інвестицій в умовах статистичної невизначеності:

$$F = \sum_{j=1}^n P_i(x_j) \rightarrow \max$$

$$\sum_{j=1}^m x_j \leq m,$$

P_i можуть варіюватися відповідно заданому закону розподілу,

де n – кількість регіонів;

x_j – грошових одиниць коштів інвестовано у сільський регіон R_i ;

$P_i(x_j)$ – прибуток від інвестування x_j одиниць коштів у відповідний регіон R_i ;

m – максимальна кількість грошових одиниць коштів інвестицій;

F – величина сумарного прибутку за всіма регіонами.

Для вищенаведеного прикладу математична постановка буде мати вигляд:

$$F = \sum_{j=1}^4 P_i(x_j) \rightarrow \max$$

$$\sum_{j=1}^7 x_j \leq 7,$$

Прибуток може варіюватися відповідно рівномірному закону розподілу з 10% відхиленням:

$$0 \leq P_1(x_0) \leq 0,$$

$$0 \leq P_2(x_0) \leq 0,$$

$$0 \leq P_3(x_0) \leq 0,$$

$$0 \leq P_4(x_0) \leq 0,$$

$$\begin{aligned}
9 &\leq P_1(x_1) \leq 11, \\
27 &\leq P_2(x_1) \leq 33, \\
18 &\leq P_3(x_1) \leq 22, \\
4.5 &\leq P_4(x_1) \leq 5.5, \\
13.5 &\leq P_1(x_2) \leq 16.5, \\
36 &\leq P_2(x_2) \leq 44, \\
22.5 &\leq P_3(x_2) \leq 27.5, \\
9 &\leq P_4(x_2) \leq 11, \\
18 &\leq P_1(x_3) \leq 22, \\
45 &\leq P_2(x_3) \leq 55, \\
27 &\leq P_3(x_3) \leq 33, \\
13.5 &\leq P_4(x_3) \leq 16.5, \\
27 &\leq P_1(x_4) \leq 33, \\
49.5 &\leq P_2(x_4) \leq 60.5, \\
31.5 &\leq P_3(x_4) \leq 38.5, \\
18 &\leq P_4(x_4) \leq 22, \\
28.8 &\leq P_1(x_5) \leq 35.2, \\
54 &\leq P_2(x_5) \leq 66, \\
36 &\leq P_3(x_5) \leq 44, \\
36 &\leq P_4(x_5) \leq 44, \\
30.6 &\leq P_1(x_6) \leq 37.4, \\
58.5 &\leq P_2(x_6) \leq 71.5, \\
40.5 &\leq P_3(x_6) \leq 49.5, \\
40.5 &\leq P_4(x_6) \leq 49.5, \\
31.5 &\leq P_1(x_7) \leq 38.5, \\
63 &\leq P_2(x_7) \leq 77, \\
45 &\leq P_3(x_7) \leq 55, \\
45 &\leq P_4(x_7) \leq 55.
\end{aligned}$$

Прибуток може варіюватися відповідно рівномірному закону розподілу з 40% відхиленням:

$$0 \leq P_1(x_0) \leq 0,$$

$$0 \leq P_2(x_0) \leq 0,$$

$$0 \leq P_3(x_0) \leq 0,$$

$$0 \leq P_4(x_0) \leq 0,$$

$$6 \leq P_1(x_1) \leq 14,$$

$$18 \leq P_2(x_1) \leq 42,$$

$$12 \leq P_3(x_1) \leq 28,$$

$$3 \leq P_4(x_1) \leq 7,$$

$$9 \leq P_1(x_2) \leq 21,$$

$$24 \leq P_2(x_2) \leq 56,$$

$$15 \leq P_3(x_2) \leq 35,$$

$$6 \leq P_4(x_2) \leq 14,$$

$$12 \leq P_1(x_3) \leq 28,$$

$$30 \leq P_2(x_3) \leq 70,$$

$$18 \leq P_3(x_3) \leq 42,$$

$$9 \leq P_4(x_3) \leq 21,$$

$$18 \leq P_1(x_4) \leq 42,$$

$$33 \leq P_2(x_4) \leq 77,$$

$$21 \leq P_3(x_4) \leq 49,$$

$$12 \leq P_4(x_4) \leq 28,$$

$$19.2 \leq P_1(x_5) \leq 44.8,$$

$$36 \leq P_2(x_5) \leq 84,$$

$$24 \leq P_3(x_5) \leq 56,$$

$$24 \leq P_4(x_5) \leq 56,$$

$$20.4 \leq P_1(x_6) \leq 47.6,$$

$$39 \leq P_2(x_6) \leq 91,$$

$$27 \leq P_3(x_6) \leq 63,$$

$$27 \leq P_4(x_6) \leq 63,$$

$$21 \leq P_1(x_7) \leq 49,$$

$$42 \leq P_2(x_7) \leq 98,$$

$$30 \leq P_3(x_7) \leq 70,$$

$$30 \leq P_4(x_7) \leq 70.$$

Для інвесторів може бути важлива не лише величина максимального сумарного прибутку, але й вірогідність його отримати, щоб зменшити ризики інвестування.

У випадку, коли прибуток може варіюватися відповідно рівномірному закону розподілу з 10% відхиленням, визначимо не лише максимальний сумарний прибуток, але й вірогідність отримати цей прибуток.

У випадку інфляційної економіки важливо отримати не менше певної величини сумарного прибутку з заданою вірогідністю, щоб прорахувати доцільність інвестування в ту чи іншу господарську сферу.

Тому у випадку, коли прибуток може варіюватися відповідно рівномірному закону розподілу з 40% відхиленням, визначимо чи є можливість отримати сумарний прибуток у розмірі 100 грошових одиниць з вірогідністю рівною або більшою за 80%.

2.2 Алгоритм та програмна реалізація задачі розподілу інвестицій в умовах невизначеності

Задача розподілу інвестицій може бути розв'язана:

— точними методами, до яких відносяться повний перебір і метод гілок і кордонів [5];

– наближеними методами, що представлені різновидами методу динамічного програмування [1-5].

Будемо розв'язувати задачу методом перебору, який реалізуємо за допомогою пакету MATLAB [16].

Спочатку задаємо вхідні дані для розв'язання задачі:

- матрицю $g_i(x_j)$, $i = \overline{1,4}$ – прибуток від інвестування x_j , $j = \overline{0,7}$ грошових одиниць коштів у сільський i -й регіон (табл. 2.1);
- кількість експериментів;
- відсоток відхилення.

Далі розраховуємо матрицю $P_i(x_j)$ – прибуток від інвестування x_j одиниць коштів у відповідний регіон R_i , що підпорядковується рівномірному закону розподілу з заданим відсотком відхилення. Матрицю будемо розраховувати за допомогою функції `unifrnd(A,B)`, що призначена для генерації псевдовипадкового числа, що підпорядковуються неперервному рівномірному розподілу на відрізьку $[A,B]$. [16].

Наступним кроком формуємо вектор всіх можливих розподілів x_j , $j = \overline{0,7}$ для всіх регіонів R_i , $i = \overline{1,4}$. Далі рахуємо сумарну кількість інвестицій за всіма регіонами та порівнюємо зі значенням максимальною кількості грошових одиниць коштів інвестицій m . Знаходимо сумарну кількість прибутків $P_i(x_j)$ лише для тих планів, де сумарна кількість інвестицій не перевищує m . Визначаємо набір проектів, що дають максимальний сумарний прибуток від інвестицій, та значення цього прибутку.

Вихідними даними програми є (рис. 2.1, 2.2):

- матриця $P_i(x_j)$ прибутку від інвестування x_j одиниць коштів у відповідний регіон R_i , що підпорядковується рівномірному закону розподілу з заданим відсотком відхилення;
- оптимальний план розподілу інвестиційних коштів за всіма регіонами;
- відповідний сумарний прибуток від інвестування.

C_rnd =

0	10.8116	13.8810	21.6535	30.7942	29.4243	32.4938	35.3282
0	32.7893	37.2609	54.7059	60.0288	59.8245	68.9036	64.9864
0	21.6629	26.4610	32.7570	36.0902	36.2857	48.1422	54.3399
0	21.0310	26.2157	29.3534	36.0883	37.3695	46.8544	45.3183

x_opt =

1	4	1	1
---	---	---	---

f_opt =

113.5343

C_rnd =

0	9.0923	13.7914	21.2938	31.1690	30.8294	37.0615	31.7411
0	29.2894	42.1241	52.9520	51.5556	59.8772	64.2926	72.0484
0	21.0187	23.8801	31.0782	36.0857	37.3009	41.5710	49.9836
0	19.3615	25.4263	28.3429	36.7589	38.0408	45.0536	51.9908

x_opt =

1	3	1	2
---	---	---	---

f_opt =

108.4894

Рисунок 2.1 – Приклади значень матриці прибутку від інвестування, що підпорядковується рівномірному закону розподілу з 10% відхиленням

```
C_rnd =
    0    9.1179    11.9003    18.4626    20.3149    22.5785    46.0238    47.7718
    0   19.4347   31.5130   44.1263   69.1325   36.7394   41.2372   51.4634
    0   23.7076   27.9549   28.8222   36.3162   33.4823   53.8089   37.5582
    0   14.9362   22.3697   33.0148   42.8464   26.5960   60.4579   61.0285
```

```
x_opt =
    1    4    1    1
```

```
f_opt =
  116.8942
```

```
C_rnd =
    0    9.4869   14.3614   16.9016   30.2042   32.2758   42.6395   43.2553
    0   27.0866   49.9706   51.3130   48.4320   81.0721   84.5490   72.8088
    0   21.3927   19.1548   25.2299   34.1859   31.3756   57.3951   37.7906
    0   14.7313   19.5533   28.4568   29.7109   53.5481   42.4875   37.3927
```

```
x_opt =
    0    5    1    1
```

```
f_opt =
  117.1961
```

Рисунок 2.2 – Приклади значень матриці прибутку від інвестування, що підпорядковується рівномірному закону розподілу з 40% відхиленням

2.3 Критерії оптимальності та аналіз оптимального плану задачі розподілу інвестицій в умовах невизначеності

Знайдемо оптимальні плани задачі розподілу інвестицій для випадку, коли прибуток підпорядковується рівномірному закону розподілу з 10% відхиленням.

Зробимо 1000 експериментів. Для кожного запуску будемо фіксувати оптимальний план та значення прибутку (рис. 2.3).

0115_	0610_	1240_	1312_	1321_	1330_	1411_	1420_	1510_	2311_	2320_	2410_	3310_	4210_
94,6719	91,0246	91,6184	92,306	93,0065	94,4295	97,1478	95,717	96,7882	96,6043	96,8929	95,1581	92,3888	91,4153
91,9259	90,337	89,8186	96,9841	94,9532	94,2813	94,8637	95,715	94,8453	95,7357	95,6652	95,9663	97,1933	95,3424
93,5846	92,0327	89,6335	97,0697	89,9017	92,8357	94,1038	95,6462	92,8918	93,8855	94,5733	94,3813	94,8734	93,6623
91,644	91,3454		93,4921	97,345	93,936	94,6851	98,11	91,8127	96,1056	95,1983	92,0489	96,58	93,3834
95,2951	91,1561		95,9856	93,7934	96,6364	96,2764	93,3821	94,6285	95,5608	95,4137	94,2053	93,2375	93,1948
93,2948	89,2896		93,5391	97,7922	92,2624	97,4299	96,2677	90,8177	94,2451	94,0721	93,9705	94,0587	94,3012
95,1337			96,0646	90,6989	94,6724	92,4797	94,2128	89,9071	92,8962	94,3136	94,3092	93,1172	94,7249
95,2542			95,2058	90,9425	94,7413	92,8728	90,7736	92,6973	94,9562	97,1891	92,009	89,8906	92,8104
92,1103			93,1864	96,0862	93,7155	95,1014	94,9733	96,0276	93,2026	96,3632	95,4095	93,1392	95,8773
91,5523			93,3136	97,288	96,0574	93,856	96,0668	95,8022	95,3461	91,9436	96,6868	96,6976	96,2146
93,448			95,4749	94,9979	93,5955	91,9409	92,6655	94,0319	96,5066	94,1606	97,6987	97,7821	92,1082
95,6045			93,1319	93,1112	95,7088	96,6409	93,7198	94,8211	97,2283	96,3323	96,217	94,4968	92,2256
95,1013			93,1933	90,6136	94,8942	98,516	94,9104	94,9562	92,8329	94,0479	95,0425	92,4899	92,8986
90,0193			96,7094	95,1362	92,4408	95,9589	94,0107	94,1236	94,4141	92,4104	92,2694	92,1668	92,6521
91,6542			97,1546	96,2128	97,5269	94,5739	93,1117	92,7865	97,9328	95,2625	97,6662	92,9792	95,5695
94,948			97,2727	98,0138	96,4652	91,7913	96,3207	91,0168	93,6608	94,0256	94,0841	93,5607	96,127
98,0822			95,172	93,7247	93,3282	93,7011	94,3687	98,3563	90,743	94,6833	95,0526	95,2419	93,5827
95,3059			95,1297	94,1286	96,0172	91,99	94,9602	94,6393	96,3719	92,3943	94,4304	97,3936	93,3241
91,066			93,4772	95,7167	97,1982	96,0332	94,011	95,2842	96,3405	90,2669	94,0441	95,6026	91,5595
97,1418				96,8951	91,9245	95,2438	94,9774	96,959	91,8504	91,9334	93,6977	94,8723	93,6569
93,9448				95,243	95,5186	95,8661	95,595	94,3961	91,6088	94,5167	89,9339	96,0666	92,9224
94,7458				97,9341	96,5999	94,7413	97,1571	91,1944	94,5372	91,9187	96,8142	93,2413	93,1671
92,899				96,3851	92,7208	97,9063	95,7954	94,4086	94,0462	97,3928	97,4401	95,6293	93,6503
92,2475				97,4992	94,0215	95,3535	89,2008	93,802	92,9036	95,9432	95,3088	93,8334	90,7799
90,4977				96,1577	96,7958	94,5339	93,7412	95,338	94,6195	91,0753	96,5128	96,2987	92,8757
91,6963				95,5215	91,9739	94,844	95,8837	94,3319	93,8447	93,6955	96,3901	94,6621	95,6341
93,5509				95,5091	95,3468	96,5959	95,2754	91,707	96,0878	93,3063	92,3263	92,2937	92,4372
93,7642				96,8816	93,007	93,661	91,5759	93,937	95,4716	96,1097	94,7486	92,6207	94,2994
96,2593				94,3837	94,5177	96,0938	96,8932	97,2024	95,2972	93,7946	91,7135	95,4648	94,6594
91,5566				97,0347	93,7935	96,1224	92,6718	94,9881	95,2725	97,3905	96,2228	92,2674	93,9607
92,3844				93,6514	95,4753	95,0468	94,5142	96,2519	97,081	95,231	94,1632	94,9879	93,053

Рисунок 2.3 – Вирізка з таблиці значень оптимальний план та значення прибутку для 10% відхилення для 1000 запусків

Для 1000 запусків було отримано 14 наборів оптимальних планів. Першим кроком проаналізуємо отримані оптимальні плани за наступним критерієм оптимальності: кількість (у відсотках) кожного плану відносно загальної кількості запусків. Відсортуюємо за цим критерієм оптимальні плани, що мають кількість (у відсотках) більшу за 5% (табл. 2.2). Отримали 8 оптимальних планів, що відповідають розглянутому критерію.

Таблиця 2.2 – Кількість оптимальних планів у відсотках

План	Кількість, відсотки
	1000 експериментів
0 1 1 5	14,2
1 3 3 0	9,6
1 4 2 0	11,2
1 5 1 0	18,4

Продовження таблиці 2.2

План	Кількість, відсотки
	1000 експериментів
2 3 2 0	5,7
2 4 1 0	7
3 3 1 0	6
4 2 1 0	12,5

На другому кроці знайдемо середньоарифметичний сумарний прибуток для 8 оптимальних планів (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 – Середньоарифметичний сумарний прибуток, од.

План	Середньоарифметичний сумарний прибуток, од.
	1000 експериментів
0 1 1 5	93,4
1 3 3 0	94,5
1 4 2 0	94,7
1 5 1 0	94,3
2 3 2 0	94,4
2 4 1 0	94,6
3 3 1 0	94,6
4 2 1 0	93,6

За вищенаведеним критерієм можна залишити для подальшого аналізу 6 оптимальних планів, середньоарифметичний прибуток яких перевищує 94 од.

Наступний кроком проаналізуємо ймовірність отримати прибуток, більший за 94 од. (табл 2.4).

Таблиця 2.4 – Ймовірність отримати прибуток, більший за 94 од., відсотки

План	Ймовірність отримати прибуток, більший за 94 од., відсотки
	1000 експериментів
1 3 3 0	58,3
1 4 2 0	72,3
1 5 1 0	60,3
2 3 2 0	64,9
2 4 1 0	68,6
3 3 1 0	63,3

Згідно останнього критерію найбільший відсоток ймовірності отримати сумарний прибуток більший за 94 од. у плану (1 4 2 0). Можна рекомендувати наступний розподіл інвестиційний коштів: у перший регіон інвестувати 1 грошову одиницю, у другий регіон – 4 од., у третій – 2 од., у четвертий – 0 од. При цьому розподілі сумарний прибуток від інвестицій досягатиме значення 94 грошові одиниці або більше з ймовірністю 72,3%; середньоарифметичне значення максимального прибутку буде дорівнювати 94,7 од.

Але 1000 експериментів може бути не достатнім для остаточного висновку, тому збільшимо кількість експериментів та знову проаналізуємо отримані оптимальні плани за вищенаведеними критеріями оптимальності.

Зробимо 5000 експериментів. Для кожного запуску будемо фіксувати оптимальний план та значення прибутку (рис. 2.4).

0115_	0610_	1222_	1231_	1240_	1312_	1321_	1330_	1411_	1420_	1510_	2221_	2230_	2311_	2320_
91,5974	89,5617	91,3529	91,0089	91,5966	97,6281	95,8347	96,0986	93,2038	94,998	97,3468	90,4406	91,4105	96,5497	96,4087
92,0577	92,9813		90,5752	91,9103	93,3976	95,0863	96,2193	95,2374	94,0212	93,2556	91,4794	92,0844	97,0514	95,6347
95,3185	89,522		91,2333	92,3063	93,1789	94,269	95,3162	94,557	92,9331	94,3804		90,7624	91,3771	94,79
96,3219	89,4331			92,1522	94,9589	91,5618	95,101	95,3551	94,2858	95,1512		90,2464	95,9124	96,5214
94,8344	89,4309			91,7442	96,7957	95,5462	92,6781	96,6113	96,1457	96,5752		91,8126	91,5455	93,0269
91,2565	91,5917			91,3423	96,0663	94,4615	94,7904	96,3307	94,8969	95,8588		92,4143	91,2398	95,4284
96,4205	88,8931			88,8853	96,8047	92,0095	94,8072	95,9312	93,9995	94,3379			96,5153	93,8042
94,4102	88,5598			88,4771	96,711	93,6743	92,1668	97,5044	95,5328	95,3833			93,244	97,3851
93,38	91,1991			90,1068	97,7586	92,708	94,5352	94,7336	92,9643	95,1337			96,2304	93,7789
94,6655	92,7898				93,3835	94,5665	96,967	95,6169	90,4452	94,7492			95,5432	93,0804
94,7777	89,9147				94,5538	97,106	93,4933	97,7637	90,0283	95,6205			97,2725	94,1613
94,6243	92,1279				97,5574	93,0832	90,9182	95,6996	93,0135	97,9203			93,7209	94,3249
96,0509	92,7769				95,109	95,4087	97,5137	95,2936	90,754	94,2407			96,83	96,7758
91,8018	92,2131				96,2003	93,4186	95,0567	94,6739	94,469	95,1092			93,3255	96,3761
93,1276	91,6422				94,7639	92,7831	95,4157	95,4472	96,8923	97,0076			96,8952	96,2248
91,6121	92,7779				95,2031	94,7542	94,2883	94,5558	96,8062	93,4862			92,7146	91,8239
93,1791	90,291				94,1372	96,7569	97,4685	90,6735	93,4532	91,9074			91,7238	93,7366
94,3982	89,7455				95,9783	95,1421	94,4702	95,9082	94,6671	93,8868			96,7222	94,7894
92,8057	90,7376				90,7538	91,8089	95,3632	95,9866	94,9443	93,8756			93,0456	94,2793
91,386	92,8421				95,15	94,228	96,4719	95,7555	95,8201	93,1968			94,4776	93,6441
92,2396	90,821				93,0253	95,1005	95,3601	94,8062	96,4208	95,7249			96,0119	95,6934
92,7903	90,3698				93,9762	96,5065	96,7648	96,5562	95,8575	94,3502			93,55	92,1708
93,5478	92,8185				95,598	92,5041	93,1761	96,3668	94,2537	93,5876			95,3665	95,1477
95,8035	91,4574				95,9696	94,3963	95,4215	93,9601	91,517	95,0041			98,5281	94,1379
96,0213	90,5102				90,4984	95,9997	91,6244	96,7467	95,611	92,4296			92,0409	96,4992
94,2276	91,0134				96,8992	95,8001	96,7887	94,9297	94,1477	93,364			93,0864	95,2483
91,0815	92,4203				95,7429	94,707	93,6465	93,8333	95,4984	94,4052			95,0075	95,9914
93,546	91,3366				94,459	94,5619	95,7851	96,2051	97,1366	94,9723			91,5755	94,004
94,4572	89,906				96,4919	95,708	93,8731	95,843	94,0983	93,5921			92,3664	95,8103
92,5724	90,4027				93,4479	95,5052	93,6867	92,748	95,6268	94,4428			93,4696	96,639

Рисунок 2.4 – Вирізка з таблиці значень оптимальний план та значення прибутку для 10% відхилення для 5000 запусків

Для 5000 запусків було отримано 20 наборів оптимальних планів. Першим кроком проаналізуємо отримані оптимальні плани за наступним критерієм

оптимальності: кількість (у відсотках) кожного плану відносно загальної кількості запусків. Відсортуюмо за цим критерієм оптимальні плани, що мають кількість (у відсотках) більшу за 5% (табл. 2.5). Отримали 9 оптимальних планів, що відповідають розглянутому критерію.

Таблиця 2.5 – Кількість оптимальних планів у відсотках

План	Кількість, відсотки
	5000 експериментів
0 1 1 5	12,7
1 3 3 0	9,4
1 4 1 1	5,1
1 4 2 0	11,7
1 5 1 0	17,3
2 3 2 0	6,5
2 4 1 0	7,3
3 3 1 0	5,6
4 2 1 0	13,1

На другому кроці знайдемо середньоарифметичний сумарний прибуток для 9 оптимальних планів (табл. 2.6).

Таблиця 2.6 – Середньоарифметичний сумарний прибуток, од.

План	Середньоарифметичний сумарний прибуток, од.
	5000 експериментів
0 1 1 5	93,9
1 3 3 0	94,4
1 4 1 1	94,8
1 4 2 0	94,4
1 5 1 0	94,4
2 3 2 0	94,6
2 4 1 0	94,9
3 3 1 0	95
4 2 1 0	93,9

За вищенаведеним критерієм можна залишити для подальшого аналізу всі 9 оптимальних планів.

Наступним кроком проаналізуємо ймовірність отримати прибуток, більший за 94 од. (табл 2.7).

Таблиця 2.7 – Ймовірність отримати прибуток, більший за 94 од., відсотки

План	Ймовірність отримати прибуток, більший за 94 од., відсотки
	5000 експериментів
0 1 1 5	50,2
1 3 3 0	61,1
1 4 1 1	69,2
1 4 2 0	61
1 5 1 0	59,5
2 3 2 0	67,9
2 4 1 0	69,6
3 3 1 0	75,6
4 2 1 0	50,2

Згідно останнього критерію найбільший відсоток ймовірності отримати сумарний прибуток 94 од. або більше у плану (3 3 1 0), а саме 75,6%, також у цього плану найбільший середньоарифметичний сумарний прибуток (95 од.), але кількість появ лише 5,6%, що може давати додатковий ризик для інвестування. Для остаточної рекомендації доцільно ще збільшити кількість експериментів та знову проаналізувати отримані оптимальні плани за вищенаведеними критеріями оптимальності.

Зробимо 10000 експериментів. Для кожного запуску будемо фіксувати оптимальний план та значення прибутку (рис. 2.5).

0115_	0520_	0610_	1222_	1231_	1240_	1312_	1321_	1330_	1411_	1420_	1510_	2221_	2230_	2311_	2320_
94,957	92,7022	93,0539	90,0664	90,5271	88,8683	93,324	96,2511	95,1921	95,3128	92,013	93,7524	89,3992	90,8369	95,9178	95,5935
94,8111		91,2504	91,1178		91,9175	95,3217	91,3599	95,3488	95,2342	92,2741	93,2759	92,6392	91,1487	96,9472	93,0356
93,0639		91,6493	91,5834		90,566	96,1959	92,8644	94,2839	96,1449	94,1689	93,1821	90,3892	88,7202	96,1654	95,5145
95,9424		93,3518	90,275		91,4903	92,1672	96,0464	94,0299	91,7258	94,8277	95,6715		91,8592	96,1398	96,2527
96,6261		92,4406			93,039	95,5704	94,1333	93,7506	93,3053	94,1208	96,9836		91,9852	97,6748	95,0503
91,8184		92,1301			90,8905	97,1422	96,3623	93,8319	95,0229	94,5684	96,6062			93,3919	95,1113
94,2044		89,677			89,8964	94,4572	95,2792	95,9517	95,8846	96,0522	93,2831			94,0311	97,1894
92,8438		90,8134			90,6246	95,7665	93,887	97,1236	94,8251	94,4205	95,5438			98,2373	93,4927
94,9924		88,4897			91,524	91,5845	95,5061	93,7801	96,3595	94,8472	92,2069			92,9357	92,7215
90,8356		91,1147			88,2234	96,9339	94,6074	96,0925	91,8134	91,2421	94,0412			94,1662	91,9743
91,1447		90,8705			90,9016	96,2969	92,821	95,7858	89,3351	93,7315	91,5406			96,5264	95,2012
96,7804		89,9883			88,7764	95,0636	97,6209	94,2612	96,5412	94,0524	95,5636			93,5822	96,7152
92,4028		89,9914			90,2771	94,8959	96,7143	98,1122	93,5213	95,5021	96,078			96,4776	95,3718
95,1956		89,4739			91,7161	97,1523	94,2309	91,5151	94,0094	94,2216	92,8695			94,5533	97,3948
96,0774		92,3097			91,388	90,6736	91,1751	95,3288	95,2293	92,9881	93,5724			96,047	96,7607
93,5942		90,7337				95,9531	96,7929	89,3105	93,234	94,8128	88,7759			95,6996	90,7993
91,7769		90,6868				97,4176	93,8612	96,3208	95,4537	97,0859	96,6144			94,7928	96,9685
95,8782		89,6071				94,8661	92,8081	97,7199	93,6235	93,8497	91,5712			92,7205	96,3131
94,1633		89,9805				94,5506	93,6511	95,7051	97,3482	96,481	92,3255			92,546	97,0764
93,5828		90,6752				96,0707	95,1035	93,8773	95,082	96,5781	92,9983			96,2733	92,8491
96,6847		90,1469				93,42	96,664	96,1786	96,4848	88,8984	94,4962			89,8409	96,1982
88,092		91,5664				93,1919	96,9496	95,5649	93,5325	97,6439	93,7837			94,6302	95,7935
95,3474		91,2237				96,4371	94,4891	98,0456	92,2368	92,0362	94,3485			94,118	96,6595
92,5846		90,0858				94,7964	95,7753	96,5483	89,8418	96,6964	90,0914			94,3323	95,158
95,0925		92,7459				93,2184	93,3306	95,3303	96,4123	97,2606	95,1543			94,4846	93,8496
94,9319		90,8074				93,9477	95,8998	94,7242	93,0305	96,0957	95,7946			96,5451	91,0144
94,7864		91,1913				95,7368	95,1243	95,3564	94,5085	96,694	94,3292			95,7026	93,1227
93,6763		91,0969				93,8742	92,5896	94,6307	96,4119	89,5367	91,3167			96,679	94,2875
95,267		90,9597				95,4822	91,4543	97,0888	94,8642	93,8169	95,2186			95,9972	96,0598
94,4087		92,0549				95,2013	96,0276	98,2026	95,1254	90,8164	91,8331			94,455	91,0692

Рисунок 2.5 – Вирізка з таблиці значень оптимальний план та значення прибутку для 10% відхилення для 10000 запусків

Для 10000 запусків було отримано 22 набори оптимальних планів. Першим кроком проаналізуємо отримані оптимальні плани за наступним критерієм оптимальності: кількість (у відсотках) кожного плану відносно загальної кількості запусків. Відсортуємо за цим критерієм оптимальні плани, що мають кількість (у відсотках) більшу за 5% (табл. 2.8). Отримали 9 оптимальних планів, що відповідають розглянутому критерію.

Таблиця 2.8 – Кількість оптимальних планів у відсотках

План	Кількість, відсотки
	10000 експериментів
0 1 1 5	13
1 3 3 0	9,8
1 4 1 1	5,3
1 4 2 0	11,9
1 5 1 0	17,4
2 3 2 0	6,6
2 4 1 0	7,8
3 3 1 0	5,1
4 2 1 0	12,6

На другому кроці знайдемо середньоарифметичний сумарний прибуток для 9 оптимальних планів (табл. 2.9).

Таблиця 2.9 – Середньоарифметичний сумарний прибуток, од.

План	Середньоарифметичний сумарний прибуток, од.
	10000 експериментів
0 1 1 5	94
1 3 3 0	94,5
1 4 1 1	94,4
1 4 2 0	94,5
1 5 1 0	94,4
2 3 2 0	94,8
2 4 1 0	94,7
3 3 1 0	94,9
4 2 1 0	94

За вищенаведеним критерієм можна залишити для подальшого аналізу всі 9 оптимальних планів.

Наступним кроком проаналізуємо ймовірність отримати прибуток, більший за 94 од. (табл 2.10).

Таблиця 2.10 – Ймовірність отримати прибуток, більший за 94 од., відсотки

План	Ймовірність отримати прибуток, більший за 94 од., відсотки
	10000 експериментів
0 1 1 5	53,3
1 3 3 0	62,7
1 4 1 1	59,5
1 4 2 0	64,6
1 5 1 0	59,3
2 3 2 0	67,4
2 4 1 0	66,6
3 3 1 0	68,9
4 2 1 0	51,1

Проаналізуємо за трьома критеріями:

– оберемо плани, що мають ймовірність більшу за 60% отримати прибуток, більший за 94 од., таких планів п'ять: (1 3 3 0), (1 4 2 0), (2 3 2 0), (2 4 1 0), (3 3 1 0);

- ці плани мають найвищі за значенням середньоарифметичні сумарні прибутки;
- оберемо план, що має найбільшу кількість появ у відсотках: (1 4 2 0).

Таким чином, для 10000 експериментів план (1 4 2 0) є достатньо надійним для реалізації згідно кількості появ (11,9%), в середньому забезпечує сумарний прибуток 94,5 од. та має ймовірність у 64,6% отримати прибуток більший за 94 од. Тому можна рекомендувати наступний розподіл інвестиційних коштів: у перший регіон інвестувати 1 грошову одиницю, у другий регіон – 4 од., у третій – 2 од., у четвертий – 0 од.

Тепер знайдемо оптимальні плани задачі розподілу інвестицій для випадку, коли прибуток підпорядковується рівномірному закону розподілу з 40% відхиленням.

Зробимо 1000 експериментів. Для кожного запуску будемо фіксувати оптимальний план та значення прибутку (рис. 2.6).

0106_	0115_	0160_	0205_	0250_	0340_	0412_	0430_	0520_	0610_	0700_	1105_	1123_	1132_	1141_	1150_
99,7574	114,153	103,276	90,2435	108,481	102,99	113,729	110,989	107,967	102,892	95,9232	106,205	106,453	98,8628	104,704	98,6969
113,399	94,7175	102,651	105,048	110,268			113,75	115,618	106,263	94,768		99,9201			102,548
	103,005		107,213	104,758	115,552		105,609	104,967	100,156	97,6802					102,955
	109,796		104,187	107,792	113,253		100,42	117,779	115,341						102,418
	107,612		109,92	109,684	112,235		109,291	112,735	104,3						96,8875
	99,9677		93,0757	101,491	107,25		110,367	112,37	116,26						106,038
	114,139			108,974	110,257		113,74	107,052	118,049						99,5111
	119,356			110,396	102,342		112,865	101,297	107,346						103,694
	112,837				105,562		115,128	118,278	103,474						102,878
	115,891				117,255		111,714	106,626	97,709						99,3264
	106,084				116,165		116,062	115,402	104,397						101,301
	110,702				106,716		103,005	105,886	98,1285						101,697
	111,51				97,9082		114,236	104,374	104,601						99,7706
	113,031				114,411		107,969	117,968	104,272						
	114,056				110,316		115,347	116,434	97,564						
	116,937				116,079		113,545	105,734	103,192						
	100,83				116,297		114,599	114,874	106,027						
	110,911				102,701		104,985	113,472	102,156						
	113,401				114,738		114,446	101,602	110,839						
	115,299				116,836		107,329	97,0131	103,707						
	97,9297				114,344		109,771	95,6322	105,252						
	113,762				104,677		111,391	111,562	111,626						
	116,286				107,19		102,216	115,131	110,887						
	105,879				99,0844		104,538		103,241						
	102,095				112,253		96,3605		104,658						
	109,886				96,0956				97,5235						
	113,627				113,541				105,66						
	92,8532				104,148				113,941						
	98,9856								116,347						
	106,437								104,098						
	107,429								103,648						

Рисунок 2.6 – Вирізка з таблиці значень оптимальний план та значення прибутку для 40% відхилення для 1000 запусків

Для 1000 запусків було отримано 44 наборів оптимальних планів. Першим кроком проаналізуємо отримані оптимальні плани за наступним критерієм оптимальності: кількість (у відсотках) кожного плану відносно загальної кількості запусків. Відсортуюмо за цим критерієм оптимальні плани, що мають кількість (у відсотках) більшу за 5% (табл. 2.11). Отримали 7 оптимальних планів, що відповідають розглянутому критерію.

Таблиця 2.11 – Кількість оптимальних планів у відсотках

План	Кількість, відсотки
	1000 експериментів
0 1 1 5	8,3
0 6 1 0	7,7
1 3 3 0	7,2
1 4 2 0	7,8
1 5 1 0	11,8
2 4 1 0	5,9
4 2 1 0	6,1

На другому кроці знайдемо середньоарифметичний сумарний прибуток для 7 оптимальних планів (табл. 2.12).

Таблиця 2.12 – Середньоарифметичний сумарний прибуток, од.

План	Середньоарифметичний сумарний прибуток, од.
	1000 експериментів
0 1 1 5	109,2
0 6 1 0	106,7
1 3 3 0	111,1
1 4 2 0	110,3
1 5 1 0	108,6
2 4 1 0	110,1
4 2 1 0	109,4

У випадку, коли прибуток може варіюватися відповідно рівномірному закону розподілу з 40% відхиленням, інвестора цікавила можливість отримати сумарний прибуток у розмірі 100 грошових одиниць з вірогідністю рівною або більшою за 80% (табл. 2.13).

Таблиця 2.13 – Ймовірність отримати прибуток, більший за 100 од., відсотки

План	Ймовірність отримати прибуток, більший за 100 од., відсотки
	1000 експериментів
0 1 1 5	85,6
0 6 1 0	88,3
1 3 3 0	93,1
1 4 2 0	89,8
1 5 1 0	86,4
2 4 1 0	89,8
4 2 1 0	86,9

Всі сім оптимальних планів дають ймовірність отримати сумарний прибуток у розмірі 100 грошових одиниць з вірогідністю рівною або більшою за 80%. Але в плану (1 3 3 0) найбільша ймовірність, а саме 93,1%. Тому можна рекомендувати наступний розподіл інвестиційних коштів: у перший регіон інвестувати 1 грошову одиницю, у другий регіон – 4 од., у третій – 2 од., у четвертий – 0 од. При цьому розподілі сумарний прибуток від інвестицій досягатиме значення в середньому 111,1 грошових одиниць.

Але 1000 експериментів може бути не достатнім для остаточного висновку, тому збільшимо кількість експериментів та знову проаналізуємо отримані оптимальні плани за вищенаведеними критеріями оптимальності.

Зробимо 5000 експериментів. Для кожного запуску будемо фіксувати оптимальний план та значення прибутку (рис. 2.7).

0106_	0115_	0124_	0133_	0160_	0205_	0214_	0223_	0232_	0241_	0250_	0313_	0322_	0331_	0340_	0_
94,5291	99,0642	98,8722	100,609	95,6703	98,899	107,413	104,074	108,795	102,674	104,984	117,249	111,431	111,751	109,65	:
100,659	110,604			96,4509	103,635			104,258		87,7829	108,109	103,412		107,645	:
100,805	100,919			91,6839	99,0021			101,668		96,9133	98,6775			100,182	:
94,8378	109,346			100,254	108,445					103,775	101,45			109,761	:
93,9108	109,454			100,977	99,3814					99,4351	106,598			115,822	:
89,624	112,373			94,8895	102,76					104,27	108,634			114,811	:
	114,921			87,1745	107,431					106,215	114,99			103,957	:
	118,084			97,1049	101,563					108,302				107,66	:
	105,74			93,8118	109,554					91,3467				101,333	:
	108,776			100,13	98,5434					105,408				116,026	:
	116,133				111,638					105,314				110,312	:
	111,807				108,684					106,694				110,218	:
	111,971				108,146					101,432				100,168	:
	108,689				104,618					106,94				108,85	:
	115,807				110,354					107,376				108,295	:
	116,3				100,442					102,442				107,456	:
	110,459				102,806					103,886				108,722	:
	116,531				107,015					103,741				114,512	:
	104,387				97,0835					100,834				112,736	:
	106,598				102,202					100,221				114,513	:
	112,678				108,196					108,342				111,26	:
	94,2102				104,321					110,723				94,9686	:
	112,37				102,17					95,0099				101,125	:
	109,19				96,4478					105,135				105,813	:
	115,001				105,186					95,4104				109,028	:
	118,105				96,6724					105,779				106,834	:
	111,452				99,0201					107,275				114,618	:
	109,673				100,621					104,263				101,863	:
	105,925				102,371					101,299				113,041	:
	110,707				106,734					90,9458				110,32	:
	113,136				107,946					106,977				112,688	:

Рисунок 2.7 – Вирізка з таблиці значень оптимальний план та значення прибутку для 40% відхилення для 5000 запусків

Для 5000 запусків було отримано 58 наборів оптимальних планів. Першим кроком проаналізуємо отримані оптимальні плани за наступним критерієм оптимальності: кількість (у відсотках) кожного плану відносно загальної кількості запусків. Відсортуємо за цим критерієм оптимальні плани, що мають кількість (у відсотках) більшу за 5% (табл. 2.14). Отримали 7 оптимальних планів, що відповідають розглянутому критерію.

Таблиця 2.14 – Кількість оптимальних планів у відсотках

План	Кількість, відсотки
	5000 експериментів
0 1 1 5	8,6
0 6 1 0	7,4
1 3 3 0	7,5
1 4 2 0	7,8

Продовження таблиці 2.14

План	Кількість, відсотки
	5000 експериментів
1 5 1 0	11
2 4 1 0	5,4
4 2 1 0	6,3

На другому кроці знайдемо середньоарифметичний сумарний прибуток для 9 оптимальних планів (табл. 2.15).

Таблиця 2.15 – Середньоарифметичний сумарний прибуток, од.

План	Середньоарифметичний сумарний прибуток, од.
	5000 експериментів
0 1 1 5	108,4
0 6 1 0	106,7
1 3 3 0	111,3
1 4 2 0	111
1 5 1 0	110,4
2 4 1 0	111,9
4 2 1 0	110

За вищенаведеним критерієм можна залишити для подальшого аналізу всі 7 оптимальних планів.

Наступним кроком проаналізуємо ймовірність отримати прибуток, більший за 100 од. (табл 2.16).

Таблиця 2.16 – Ймовірність отримати прибуток, більший за 100 од., відсотки

План	Ймовірність отримати прибуток, більший за 100 од., відсотки
	1000 експериментів
0 1 1 5	90,4
0 6 1 0	87
1 3 3 0	96,8
1 4 2 0	94,6
1 5 1 0	95,6
2 4 1 0	97
4 2 1 0	93,4

Всі сім оптимальних планів дають ймовірність отримати сумарний прибуток у розмірі 100 грошових одиниць з вірогідністю рівною або більшою за 80%. Але в плану (2 4 1 0) найбільша ймовірність, а саме 97%. Але в цього план найменша кількість появ (5,4%), що може давати додатковий ризик для інвестування. Для остаточної рекомендації доцільно ще збільшити кількість експериментів та знову проаналізувати отримані оптимальні плани за вищенаведеними критеріями оптимальності.

Зробимо 10000 експериментів. Для кожного запуску будемо фіксувати оптимальний план та значення прибутку (рис. 2.8).

0106	_0115_	_0124_	_0142_	_0160_	_0205_	_0214_	_0223_	_0232_	_0241_	_0250_	_0313_	_0322_	_0331_	_0340_
94,7394	100,451	98,761	97,2155	102,048	98,4072	101,006	102,985	105,517	97,8178	95,5281	102,393	114,446	100,016	110,901
103,383	114,007			97,3652	96,642		106,53		99,89	98,8367	99,9977	112,934	110,362	109,119
86,4492	101,867			100,627	102,505				110,169	105,495	102,532	109,119	108,304	109,454
104,629	110,213			97,788	94,2631					109,683	102,703	108,953	107,109	112,263
89,7654	94,039			95,9509	99,992					98,7142	108,301	115,92	106,349	108,6
96,7318	108,608			103,586	101,23					104,9	104,245	114,734	99,6452	108,31
88,4617	110,29			99,492	100,101					106,818	114,26	105,976	116,545	107,652
99,735	117,813			104,097	107,932					100,199	115,407	113,489	108,879	117,126
100,792	102,629			91,2767	94,3951					110,455	94,967	101,666	98,1518	113,908
98,9007	100,693			103,943	102,33					98,7372	115,227			112,196
102,633	101,533			100,686	98,4694					108,381	118,378			112,423
101,617	109,617			95,8854	107,394					101,278	107,338			103,911
99,1447	112,961			96,4949	105,101					104,99	101,011			104,693
96,7512	103,323			104,218	107,772					87,6291	116,098			116,994
93,4782	102,842			94,957	96,2859					103,39	100,723			106,046
100,308	105,48				103,356					95,4752				112,431
100,35	109,309				107,412					104,262				112,872
103,015	102,58				104,212					108,534				100,889
102,647	106,289				108,512					98,4274				107,237
	121,341				99,195					103,933				103,34
	118,914				97,6672					106,066				110,604
	114,945				109,635					97,6342				112,101
	110,002				103,05					100,808				109,109
	101,447				104,408					99,6728				114,453
	105,231				110,033					105,614				103,129
	111,647				104,39					105,872				106,355
	108,763				106,721					105,39				105,647
	111,488				94,9526					97,1115				114,376
	105,797				109,232					98,8759				102,592
	116,358				100,899					97,7401				110,363
	111,14				106,124					99,7961				110,831

Рисунок 2.8 – Вирізка з таблиці значень оптимальний план та значення прибутку для 40% відхилення для 10000 запусків

Для 10000 запусків було отримано 60 наборів оптимальних планів. Першим кроком проаналізуємо отримані оптимальні плани за наступним критерієм

оптимальності: кількість (у відсотках) кожного плану відносно загальної кількості запусків. Відсортуюмо за цим критерієм оптимальні плани, що мають кількість (у відсотках) більшу за 5% (табл. 2.17). Отримали 7 оптимальних планів, що відповідають розглянутому критерію.

Таблиця 2.17 – Кількість оптимальних планів у відсотках

План	Кількість, відсотки
	10000 експериментів
0 1 1 5	8
0 6 1 0	7,7
1 3 3 0	7,5
1 4 2 0	8,6
1 5 1 0	11,3
2 4 1 0	5,2
4 2 1 0	6,3

На другому кроці знайдемо середньоарифметичний сумарний прибуток для 7 оптимальних планів (табл. 2.18).

Таблиця 2.18 – Середньоарифметичний сумарний прибуток, од.

План	Середньоарифметичний сумарний прибуток, од.
	10000 експериментів
0 1 1 5	108,5
0 6 1 0	107,4
1 3 3 0	110,6
1 4 2 0	110,8
1 5 1 0	109,9
2 4 1 0	111,2
4 2 1 0	109,6

За вищенаведеним критерієм можна залишити для подальшого аналізу всі 7 оптимальних планів.

Наступним кроком проаналізуємо ймовірність отримати прибуток, більший за 100 од. (табл. 2.19).

Таблиця 2.19 – Ймовірність отримати прибуток, більший за 100 од., відсотки

План	Ймовірність отримати прибуток, більший за 100 од., відсотки
	10000 експериментів
0 1 1 5	89,1
0 6 1 0	89,7
1 3 3 0	92,3
1 4 2 0	93,8
1 5 1 0	92
2 4 1 0	94,4
4 2 1 0	92,7

Проаналізуємо за трьома критеріями:

- оберемо плани, що мають ймовірність більшу за 90% отримати прибуток, більший за 100 од., таких планів п'ять: (1 3 3 0), (1 4 2 0), (1 5 1 0), (2 4 1 0), (4 2 1 0);
- ці плани мають найвищі за значенням середньоарифметичні сумарні прибутки;
- оберемо плани, що мають кількість появ, більшу за 7%: (1 3 3 0), (1 4 2 0), (1 5 1 0);
- оберемо план, що має найбільшу ймовірність та середньоарифметичний прибуток: (1 4 2 0).

Таким чином, для 10000 експериментів план (1 4 2 0) є достатньо надійним для реалізації згідно кількості появ (8,7%), в середньому забезпечує сумарний прибуток 110,8 од. та має ймовірність у 93,8% отримати прибуток більший за 100 од. Тому можна рекомендувати наступний розподіл інвестиційних коштів: у перший регіон інвестувати 1 грошову одиницю, у другий регіон – 4 од., у третій – 2 од., у четвертий – 0 од.

ВИСНОВОК

У дипломній роботі було зроблено наступне:

- розглянуто загальну та математичну постановку задачі розподілу інвестицій в умовах невизначеності у сфері господарської діяльності;
- наведено алгоритм та програмну реалізацію для розв’язання задачі розподілу інвестицій з рівномірними вхідними параметрами для заданої кількості відсотків відхилень методом перебору даних в середовищі MATLAB;
- розглянуто приклад задачі розподілу інвестицій серед підприємств сільського зеленого туризму з рівномірними вхідними параметрами з різними відсотками відхилень;
- отримано та проаналізовано за декількома критеріями оптимальності розв’язок задачі розподілу інвестицій серед підприємств сільського зеленого туризму в умовах, коли прибуток може змінюватися за рівномірним законом з 10% та 40% відхиленнями;
- для розглянутої задачі інвестиції з рівномірними вхідними параметрами з 10% відхиленням план (1 4 2 0) є достатньо надійним для реалізації згідно кількості появ (11,9%), в середньому забезпечує сумарний прибуток 94,5 од. та має ймовірність у 64,6% отримати прибуток більший за 94 од. Тому можна рекомендувати наступний розподіл інвестиційний коштів: у перший регіон інвестувати 1 грошову одиницю, у другий регіон – 4 од., у третій – 2 од., у четвертий – 0 од;
- для розглянутої задачі інвестиції з рівномірними вхідними параметрами з 40% відхиленням план (1 4 2 0) є достатньо надійним для реалізації згідно кількості появ (8,7%), в середньому забезпечує сумарний прибуток 110,8 од. та має ймовірність у 93,8% отримати прибуток більший за 100 од. Тому можна рекомендувати наступний розподіл інвестиційний коштів: у перший регіон інвестувати 1 грошову одиницю, у другий регіон – 4 од., у третій – 2 од., у четвертий – 0 од.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. **Беллман Р.** Динамическое программирование и современная теория управления [Текст] / Р. Беллман, С. Дрейфус; Издательство «Наука». – Пер. с англ. – Главная редакция физико-математической литературы. – 1965. – 460 с.
2. **Калихман И.Л.** Динамическое программирование в примерах и задачах: Учеб. пособие [Текст] / И.Л. Калихман, М.А. Войтенко. – М. : Высш. школа. – 1979. – 125 с.
3. **Таха Х.А.** Введение в исследование операций [Текст] / Х. А. Таха ; пер. с англ. – 7-е изд. – М. : ”Вильямс”, 2005. – 912 с.
4. **Лежнёв А.В.** Динамическое программирование в экономических задачах: учебное пособие [Текст] / А.В. Лежнёв. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний. – 2010. – 176 с.
5. **Кремер Н.Ш.** Исследование операций в экономике [Текст] учеб. пособие для вузов / Н.Ш. Кремер. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Юрайт, 2013. – 438 с.
6. **Петлін І.В.** Використання методу динамічного програмування для підвищення ефективності інвестиційної діяльності у сфері сільського зеленого туризму [Текст] / І.В. Петлін, Г.Г. Цегелик // Науковий вісник НЛТУ України – 2013. – Вип. 23.4 – С. 307-314.
7. **Нагорний Є.В.** Формування технології обробки вантажопотоку на терміналі в умовах невизначеності [Текст] / Є.В. Нагорний, Н.Ю. Шраменко, О.М. Шептура // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. Системы управления – 2012. – № 2/3 (56). – С. 21-23.
8. **Нагорний Є.В.** Визначення раціональної кількості ресурсів термінального комплексу на основі теорії сітьового планування [Текст] / Є.В. Нагорний, Н.Ю. Шраменко // Автомобильный транспорт – 2012. – вып. 31. – С. 83-87.
9. **Березовий М.І.** Визначення оптимального варіанту розподілу сортувальних колій між призначеннями вагонопотоків / М. І. Березовий, С. О. Пожидаєв, В. С. Буров // Транспортні системи та технології перевезень : зб. наук. пр.

Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2011. – Вип. 2. – С. 5–9.

10. **Ляшенко І.М.** Оптимальна програма підприємства та еколого-економічनावиробнича функція [Текст] / І.М. Ляшенко, Л.З. Хрущ // Економічний вісник Донбасу – 2012. – №1 (27). – С. 184-188.

11. **Харченко О.І.** Визначення оптимального розподілу капіталовкладень для забезпечення сталого розвитку залізниць [Текст] / О.І. Харченко // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. – 2015. – № 2 (56). – С.77–87.

12. **Концеба С.М.** Економіко-математична модель оптимізації функціонування плодоовочесховищ [Текст] / С.М. Концеба // БІЗНЕСІНФОРМ.– 2013. – № 2. – С. 79–82.

13. **Малярець Л.М.** Багатокритеріальна оптимізаційна задача управління ефективністю виробничо-господарської діяльності підприємства [Текст] / Л.М.°Малярець, Б.В. Сенкевич, А.В. Жуков // Проблеми економіки. – 2013. – №4. – С. 392-400.

14. **Косолап А.І.** Оптимальний розподіл ресурсів у багатопроцесорних системах [Текст] / А.І. Косолап, Н.С. Волинець // Математичне моделювання. – 2018. – № 2 (39). – С. 89–94.

15. **Подковаліхіна О.О.** Задача розподілу інвестицій в умовах статистичної невизнаеності / О.О. Подковаліхіна, В.О. Логвіненко, В.Є. Бахрушин // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 2 (121). – Дніпро, 2-19. – С. 56-63.

16. **Дьяконов В.П.** MATLAB. Полный самоучитель [Текст]/ В.П. Дьяконов // Пер. з англ. — М.: ДМК Пресс. – 2012. – 768 с.

ДОДАТОК А

Код програмної реалізації задачі розподілу інвестицій з рівномірними вхідними параметрами для заданої кількості відсотків відхилень методом перебору даних

```
function fun_Dev(x, number, cent)
    n = 1;
    d = 7;
    a = [1 1 1 1];
    while n <= number
        for b=1:4
            for c=1:8
                C_rnd(b,c) = unifrnd(x(b,c) - x(b,c) * cent, x(b,c) + x(b,c) * cent);
            end
        end
        n1 = 4;
        x_min=zeros(1,n1);
        x1=x_min;
        x_max=floor(d./a);
        f = 0;
        f_opt=-inf;
        j=n1;
        while 1
            if x1(j)<=x_max(j)
                if a*x1'<=d
                    for b=1:4
                        f = f + C_rnd(b,x1(b) + 1);
                    end
                    if f_opt<f
                        f_opt=f;
                    end
                end
            end
            j=j-1;
            x1(j)=x_max(j);
            if j==1
                break;
            end
        end
        n=n+1;
    end
end
```



```
        x_opt=x1;
    end
end
j=n1;
else
    x1(j)=x_min(j);
    j=j-1;
    if j<1
        break
    end
end
end
f = 0;
x1(j)=x1(j)+1;
end
C_rnd
x_opt
f_opt
n = n + 1;
end
end
```