

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ СЕМЕНА КУЗНЕЦЯ

**ЗАТВЕРДЖЕНО**  
на засіданні кафедри  
вищої математики та економіко-  
математичних методів  
Протокол № 1 від 21.08.2023 р.

**ПОГОДЖЕНО**  
Проректор з навчально-методичної роботи

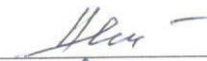



Каріна НЕМАШКАЛО

**ДОСЛІДЖЕННЯ ОПЕРАЦІЙ І МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ**  
робоча програма навчальної дисципліни (РПНД)

Галузь знань	<b>07 "Управління та адміністрування"</b>
Спеціальність	<b>072 "Фінанси, банківська справа, страхування та фондовий ринок"</b>
Освітній рівень	<b>перший (бакалаврський)</b>
Освітня програма	<b>"Фінанси і кредит"</b>
Статус дисципліни	<b>обов'язкова</b>
Мова викладання, навчання та оцінювання	<b>українська</b>

Розробники:  
д.е.н., професор  
к.е.н., доцент

  
\_\_\_\_\_  
  
\_\_\_\_\_ Людмила МАЛЯРЕЦЬ  
Олена МАРТИНОВА

Завідувач кафедри  
вищої математики та  
економіко-математичних  
методів

  
\_\_\_\_\_ Людмила МАЛЯРЕЦЬ

Гарант програми

  
\_\_\_\_\_ Ольга ПОЛТІНІНА

Харків

2023

## ВСТУП

Сучасний етап розвитку економіки визначається високим рівнем її формалізації. В умовах стрімкого зростання ролі аналітичних досліджень в управлінні соціально-економічними процесами майбутнім менеджерам потрібна ґрунтовна математична підготовка, що надавала би можливість застосовувати математичний інструментарій до розв'язання широкого кола проблем у сфері їх професійної діяльності. Використання економіко-математичних методів і побудованих на їх основі моделей стає характерною особливістю розвитку інструментів дослідження соціально-економічних процесів і явищ на різних рівнях їх управління. За допомогою методів дослідження операцій та методи досліджуються складні проблеми в економіці, які дають можливість оптимізувати процеси та явища, характеристики суб'єктів господарювання всіх рівнів управління, на науково обґрунтованій основі ухвалювати раціональні управлінські рішення, отримати нові знання про цей суб'єкт.

У результаті вивчення навчальної дисципліни здобувачі набувають компетенцій загальної технології моделювання та оволодівають сучасними методами побудови моделей об'єктів, явищ, процесів в економіці в різних умовах визначеності та в умовах ризику; навчаються класифікувати типи задач оптимізації та вибрати математичні моделі і методи для їх розв'язання; вивчають основні математичні методи оптимізації, за допомогою яких розробляються економіко-математичні моделі для обґрунтування управлінських рішень в економіці, а також розв'язувати економічні задачі за допомогою різних економіко-математичних методів.

Мета навчальної дисципліни полягає формуванні системи знань з методології застосування математичного математичних інструментів дослідження операцій та оптимізаційних методів і моделей у побудові і використанні різних типів економіко-математичних оптимізаційних моделей для розв'язання конкретних завдань в економіці, їх реалізації на комп'ютері.

Завданнями навчальної дисципліни є:

– засвоєння математичних методів побудови математичних моделей та розв'язання оптимізаційних задач, що виникають в процесі прийняття управлінських рішень;

– формування вмінь і навиків дослідження економічних процесів та явищ в використанні оптимізаційних методів.

Об'єктом вивчення дисципліни є процес побудови оптимізаційних економіко-математичних моделей та їх реалізація в середовищі Excel.

Предметом навчальної дисципліни є оптимізаційні методи, алгоритми обчислення, економічні задачі реального змісту.

Результати навчання та компетентності, які формує навчальна дисципліна визначено в табл. 1.

**Результати навчання та компетентності, які формує навчальна дисципліна**

<b>Результати навчання</b>	<b>Компетентності, якими повинен оволодіти здобувач вищої освіти</b>
ПР03	ЗК02
ПР05	СК04
ПР13	ЗК02, СК04
ПР14	ЗК02
ПР16	ЗК06
ПР20	ЗК11

де ЗК02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК06. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні

ЗК11. Здатність спілкуватися з представниками інших професій груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності).

СК04. Здатність застосовувати економіко-математичні методи та моделі для вирішення фінансових задач.

ПР03. Визначати особливості функціонування сучасних світових та національних фінансових систем та їх структури.

ПР05. Володіти методичним інструментарієм діагностики стану фінансових систем (державні фінанси, у т.ч. бюджетна та податкова системи, фінанси суб'єктів господарювання, фінанси домогосподарств, фінансові ринки, банківська система та страхування).

ПР13. Володіти загальнонауковими та спеціальними методами дослідження фінансових процесів.

ПР14. Вміти абстрактно мислити, застосовувати аналіз та синтез для виявлення ключових характеристик фінансових систем, а також особливостей поведінки їх суб'єктів.

ПР16. Застосовувати набуті теоретичні знання для розв'язання практичних завдань та змістовно інтерпретувати отримані результати.

ПР20. Виконувати функціональні обов'язки в групі, пропонувати обґрунтовані фінансові рішення.

**ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ****Зміст навчальної дисципліни**

**Змістовий модуль 1. Основні поняття математичного моделювання економічних систем. Методи лінійного програмування. Цілочислове програмування**

**Тема 1. Загальні поняття оптимізаційних економіко-математичних методів й моделей**

**1.1. Зміст і принципи моделювання.**

Основні методологічні принципи розробки моделей.

### **1.2. Основні типи моделей.**

Визначення математичної моделі. Класифікація економіко-математичних моделей. Приклади типових задач.

### **1.3. Класифікація оптимізаційних задач.**

Математична модель задачі оптимізації. Різні класифікації оптимізаційних задач.

### **1.4. Основи класичної теорії оптимізації.**

### **1.5. Загальна постановка задачі оптимізації.**

Загальний вигляд оптимізаційної задачі.

### **1.6 Класична задача умовної оптимізації.**

Формулювання задачі. Інформаційне забезпечення оптимізаційних економіко-математичних моделей. Постановка задачі оптимізації.

### **1.7. Метод множників Лагранжа.**

Умовний екстремум. Метод множників Лагранжа. Приклад.

## **Тема 2. Задача лінійного програмування та методи її розв'язання**

### **2.1. Загальна постановка задачі лінійного програмування.**

Економічна та математична постановки задач лінійного програмування (ЗЛП). Система гіпотез. Основні означення. Стандартна форма лінійної оптимізаційної моделі. Множина припустимих планів та оптимальний план ЗЛП.

### **2.2. Графічний метод розв'язування ЗЛП.**

Геометрична інтерпретація ЗЛП. Графічний метод розв'язання ЗЛП, його можливості та область застосування. Приклади задач, які можна розв'язувати графічним методом.

### **2.3. Симплексний метод розв'язання ЗЛП.**

Канонічна (основна) форма ЗЛП. Побудова опорних планів. Критерій оптимальності. Відшукання оптимального плану за алгоритмом симплексного методу.

## **Тема 3. Теорія двоїстості та аналіз лінійних моделей економічних оптимізаційних задач**

### **3.1. Правила складання умов взаємно двоїстих задач.**

Взаємно двоїсті задачі лінійного програмування. Економічна інтерпретація прямої та двоїстої ЗЛП на прикладі задачі про оптимальне використання сировини. Правила побудови математичної моделі двоїстої задачі.

### **3.2. Теорема двоїстості.**

Основні теореми двоїстості та їх економічне тлумачення. Визначення оптимального плану вихідної задачі за розв'язком двоїстої.

## **Тема 4. Транспортна задача**

### **4.1. Загальна постановка транспортної задачі.**

Постановка транспортної задачі за критерієм вартості перевезень.

### **4.2. Способи складання першого базисного плану.**

Складання опорного базисного плану. Перехід до іншого базисного плану.

### **4.3. Критерій оптимальності. Метод потенціалів.**

Критерій оптимальності плану. Метод потенціалів. Економічна інтерпретація потенціалів. Дослідження стійкості оптимального плану як задача параметричного програмування.

#### **4.4. Виродження плану транспортної задачі.**

Проблема виродження плану транспортної задачі та шляхи її подолання.

### **Тема 5. Цілочислове програмування**

#### **5.1. Економічна постановка задачі цілочислового програмування та її математична модель.**

Економічна постановка задачі цілочислового програмування та її математична модель. Задача про призначення. Розв'язання задачі про призначення як транспортної. Задача про ранець як задача комбінаторної оптимізації.

#### **5.2. Графічний метод розв'язання цілочислових задач.**

Геометрична інтерпретація розв'язків цілочислової задачі на площині.

#### **5.3. Основні аналітичні методи розв'язування цілочислових задач.**

#### **Метод Гоморі.**

Загальна характеристика методів розв'язання цілочислових задач: методи відсікання, комбінаторні методи, методи наближених обчислень. Метод гілок і меж.

Метод Гоморі (метод відсікань). Складання додаткових обмежень.

## **Змістовий модуль 2. Методи нелінійного та динамічного програмування. Теорії ігор. Системи масового обслуговування та управління запасами**

### **Тема 6. Нелінійні оптимізаційні моделі економічних систем: загальні властивості**

#### **6.1. Загальна постановка задачі опуклого програмування.**

Економічна й математична постановки задачі нелінійного програмування.

#### **6.2. Графічний метод.**

Геометрична інтерпретація задачі нелінійного програмування.

#### **6.3. Метод множників Лагранжа.**

Розв'язання задач методом множників Лагранжа.

#### **6.4. Теорема Куна-Таккера.**

Необхідні й достатні умови існування сідлової точки у функції Лагранжа.

Теорема Куна — Таккера.

### **Тема 7. Теорія ігор. Аналіз та управління ризиком в економіці на базі концепції теорії ігор**

**7.1. Основні поняття теорії ігор.** Основні поняття теорії ігор, математична модель матричної гри як окремих випадок імовірнісних моделей економічних систем. Матричні ігри двох осіб. Платіжна матриця. Мінімаксний та максимінний критерії. Ціна гри.

#### **7.2. Розв'язання матричної гри в чистих стратегіях.**

Гра в чистих стратегіях. Сідлова точка.

### ***7.3. Розв'язання матричної гри в змішаних стратегіях.***

Гра в змішаних стратегіях. Основна теорема теорії ігор (теорема Неймана). Зведення матричної гри двох осіб до задачі лінійного програмування.

### ***7.4. Розв'язання матричної гри графічним методом.***

Геометрична інтерпретація матричної гри двох осіб. Визначення активних стратегій гравців.

### ***7.5. Аналіз та управління ризиком в економіці на базі концепції теорії ігор.***

Зміст основних підходів кількісного оцінювання ризику. Система кількісних оцінок міри економічного ризику. Ціна гри як оцінка ступеня ризику.

## **Тема 8. Динамічне програмування**

### ***8.1. Загальні теоретичні викладки.***

Економічна постановка задачі динамічного програмування. Можливості застосування динамічного програмування в теорії управління. Рівняння Беллмана та принцип оптимальності.

### ***8.2. Розв'язання задачі динамічного програмування в аналітичній формі.***

Розв'язання задач динамічного програмування за методом рекурентних співвідношень.

### ***8.3. Розв'язання задачі про заміну обладнання.***

Задача про заміну устаткування як задача динамічного програмування.

## **Тема 9. Багатокритеріальні оптимізаційні задачі та методи їх розв'язування**

### ***9.1. Основні поняття побудови багатокритеріальних задач.***

Класифікація багатокритеріальних задач та аналіз методів розв'язання багатокритеріальних оптимізаційних задач для оцінки діяльності підприємства.

### ***9.2. Приклад побудови багатокритеріальної задачі ефективності виробничо-господарської діяльності.***

## **Тема 10. Методи мережевого планування й управління**

### ***10.1. Призначення й області застосування мережевого планування й управління.***

Мережеві моделі в управлінні економічними процесами.

### ***10.2. Мережева модель і її основні елементи.***

Основні означення і поняття теорії графів.

### ***10.3. Порядок і правила побудови мережевих графіків.***

Алгоритм побудови мінімального остівного дерева.

### ***10.4. Упорядкування мережевого графіка. Поняття про шлях.***

Упорядкування мережевого графіка. Шлях. Критичний шлях. Відшукування найкоротшого шляху у мережі.

### ***10.5. Часові параметри мережевих графіків.***

Основні визначення та приклад обчислення тимчасових параметрів робіт для мережевого графіка.

### ***10.6. Мережеве планування в умовах невизначеності.***

$\beta$ -розподіл та його характеристики. Детерміновані і стохастичні мережі.

## **Тема 11. Моделі управління запасами**

### **11.1. Основні поняття.**

Основні характеристики моделей управління запасами.

### **11.2. Статична детермінована модель без дефіциту.**

Модель Уілсона найбільш економічного обсягу постачання.

### **11.3. Статична детермінована модель із дефіцитом.**

Статична детермінована модель управління запасами.

### **11.4. Стохастичні моделі управління запасами.**

Стохастичні моделі управління запасами, у яких попит є випадковим.

## **Тема 12. Моделі систем масового обслуговування**

### **12.1. Базові поняття теорії систем масового обслуговування.**

Основні елементи моделей систем масового обслуговування. Завдання дослідження СМО.

### **12.2. Показники ефективності систем масового обслуговування.**

Визначення ефективності. Пуассонівський потік заявок. Час обслуговування заявок у системі

### **12.3. Типові одноканальні системи масового обслуговування та їх основні параметри.**

Типи моделей прийняття рішень у теорії масового обслуговування. Системи масового обслуговування з відмовами.

Перелік практичних та лабораторних занять за навчальною дисципліною наведено в табл. 2.

Таблиця 2

### **Перелік практичних та лабораторних занять**

Назва занять	Зміст
Тема 1. Практичне заняття 1.	Оптимізаційні економіко-математичні методи й моделі
Тема 2. Лабораторне заняття 1.	Задача лінійного програмування та методи її розв'язування.
Тема 2. Практичне заняття 2.	Розв'язання задач лінійного програмування графічним та симплексним методами.
Тема 3. Лабораторне заняття 2.	Теорія двоїстості та аналіз лінійних моделей економічних оптимізаційних задач
Практичне заняття 3.	Транспортна задача.
Тема 4. Лабораторне заняття 3.	Транспортна задача за допомогою надбудови «Пошук розв'язків». Цілочислове програмування
Тема 5. Практичне заняття 4.	Розв'язання задач цілочислового програмування методом Гоморі
Тема 6. Практичне заняття 5.	Нелінійні оптимізаційні моделі економічних систем

Тема 7. Лабораторне заняття 4.	Теорія гри. Аналіз та управління ризиком у фінансах на базі концепції теорії гри
Тема 7. Практичне заняття 6.	Теорія гри. Розв'язання задач графічним та аналітичним методами.
Тема 8. Лабораторне заняття 5.	Динамічне програмування. Моделі управління запасами.
Тема 10. Лабораторне заняття 6.	Методи мережевого планування

3. Перелік самостійної роботи за навчальною дисципліною наведено в табл.

Таблиця 3

### Перелік самостійної роботи

Тема	Зміст
Теми 1 - 12	Вивчення лекційного матеріалу
Теми 1 - 12	Підготовка до практичних та лабораторних занять
Теми 1 - 12	Підготовка до контрольних робіт і колоквиумів
Теми 1 - 12	Виконання завдань для самостійного виконання
Теми 1-5,7	Виконання самостійного творчого завдання
Теми 1 - 12	Підготовка до екзамену

Кількість годин лекційних, практичних та лабораторних занять та годин самостійної роботи наведено в робочому плані (технологічній карті) з навчальної дисципліни.

### МЕТОДИ НАВЧАННЯ

У процесі викладання навчальної дисципліни для набуття визначених результатів навчання, активізації освітнього процесу передбачено застосування таких методів навчання, як:

Словесні (лекція (Теми 1-9), проблемна лекція (Теми 6, 8)).

Наочні (демонстрація (Теми 1 - 12)).

Практичні (практична робота (Теми 1, 2, 4 -7), лабораторна робота ( Теми 1, 3 - 5, 7, 8, 10, 11)).

### ФОРМИ ТА МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ

Університет використовує 100 бальну накопичувальну систему оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти.

**Поточний контроль** здійснюється під час проведення лекційних, практичних, лабораторних та семінарських занять і має на меті перевірку рівня підготовленості здобувача вищої освіти до виконання конкретної роботи і оцінюється сумою набраних балів. Для дисциплін з формою семестрового



контролю екзамен (іспит): максимальна сума – 60 балів; мінімальна сума, що дозволяє здобувачу вищої освіти скласти екзамен (іспит) – 35 балів.

**Підсумковий контроль** включає семестровий контроль та атестацію здобувача вищої освіти.

**Семестровий контроль** проводиться у формі семестрового екзамену (іспиту). Складання семестрового екзамену (іспиту) здійснюється під час екзаменаційної сесії.

Максимальна сума балів, яку може отримати здобувач вищої освіти під час екзамену (іспиту) – 40 балів. Мінімальна сума, за якою екзамен (іспит) вважається складеним – 25 балів.

**Підсумкова оцінка за навчальною дисципліною** визначається сумуванням балів за поточний та підсумковий контроль.

Під час викладання навчальної дисципліни використовуються такі контрольні заходи:

Поточний контроль: домашні завдання (10 балів), лабораторні роботи (12 балів), письмові контрольні роботи (18 балів), колоквиуми (12 балів), самостійне творче завдання (8 балів).

Семестровий контроль: екзамен (40 балів)

Більш детальну інформацію щодо системи оцінювання наведено в робочому плані (технологічній карті) з навчальної дисципліни.

Приклад екзаменаційного білета та критерії оцінювання для навчальної дисципліни.

### **Приклад екзаменаційного білета**

Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця  
Перший (бакалаврський) рівень вищої освіти  
Спеціальність "Фінанси, банківська справа, страхування та фондовий ринок"  
Освітньо-професійна програма "Фінанси і кредит"  
Навчальна дисципліна "Дослідження операцій і методи оптимізації"

### **ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ**

**Завдання 1 (діагностичне).** Або задача матричної гри, або задача нелінійного програмування, яка розв'язується графічно, або задача нелінійного програмування, яка розв'язується методом множників Лагранжа. **(6 балів)**

**Завдання 2 (стереотипне).** Підприємство має три види виробничих ресурсів: сировина, обладнання, електроенергія, і спроможне організувати виробництво

продукції двома різними способами. Затрати ресурсів за один місяць і загальний ресурс при кожному способі виробництва наведені в таблиці (в умовн. одн).

Виробничі ресурси	Затрати ресурсів за 1 місяць роботи		Загальний ресурс
	1-й спосіб	2-й спосіб	
Сировина	1	2	4
Обладнання	1	1	3
Електроенергія	2	1	8

Першим способом виробництва підприємство випускає за один місяць 3 тис. виробів, другим способом – 4 тис. виробів.

Скільки місяців має працювати підприємство кожним з способів, щоб за наявними ресурсами забезпечити максимальний випуск продукції. Побудувати математичну модель та розв’язати її симплекс методом. **(8 балів)**

**Завдання 3 (стереотипне).** Скласти оптимальний план перевезення вантажу від 3-х постачальників з вантажем 240, 40, 110 т до 4-х споживачів з потребами 90, 190, 40 і 130 т. Вартість перевезення одиниці вантажу від кожного постачальника

$$\begin{pmatrix} 7 & 13 & 9 & 8 \\ 14 & 8 & 7 & 10 \\ 3 & 15 & 20 & 6 \end{pmatrix}$$

до кожного споживача задані матрицею . Провести аналіз. **(8 балів)**

**Завдання 4 (евристичне).** Розв’язати задачу цілочислового програмування:

$$\begin{cases} Z_{\max} = 4x_1 + x_2 \\ 4x_1 + 2x_2 \leq 7, \\ 3x_1 + 10x_2 \leq 15, \\ x_1, x_2 \geq 0 - \text{цілі.} \end{cases}$$

максимізувати **(10 балів)**

**Завдання 5 (стереотипне).** Скласти двоїсту задачу до задачі №2 та розв’язати її за допомогою теорем двоїстості. Провести аналіз отриманих результатів щодо обсягів виробництва ресурсів підприємства. **(8 балів)**

Затверджено на засіданні кафедри вищої математики та економіко-математичних методів

Протокол № \_\_\_\_\_ від «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Екзаменатор

д.е.н., проф. Малярець Л.М.

Зав. кафедрою

д.е.н., проф. Малярець Л.М.

## Критерії оцінювання

Кожен білет містить п'ять практичних завдань, з яких одне є завданням першого рівня (діагностичне), три – завданнями другого рівня (стереотипні) та одне – завдання третього рівня (евристичне).

### *Завдання першого рівня (діагностичне) оцінюється:*

у **6 балів**, якщо задачі з теми теорії матричних ігор, нелінійного програмування правильно розв'язані; обґрунтовано всі ключові моменти розв'язання. Економіко-математична модель чітко описана, розв'язок її прокоментований, проведений аналіз отриманих результатів;

у **5 балів**, якщо задачі правильно розв'язані, але не наведена інтерпретація отриманих результатів;

у **4 бали**, можлива одна негруба помилка або описка в обчисленнях, яка не впливає на правильність подальшого розв'язання;

у **3 бали**, у правильній послідовності етапів розв'язування відсутні окремі його етапи. Ключові моменти розв'язання не обґрунтовано. Отримана відповідь є близькою до правильної. Задачі розв'язані не повністю;

у **2 бали**, розпочато розв'язування задач, є окремі вірні міркування, але спочатку задачі допущена логічна помилка, що призвела до невірного розв'язку;

у **1 бал**, якщо розпочато розв'язування задач, але майже всі міркування не точні, і тому задача розв'язання не правильно.

### *Завдання другого рівня (стереотипне) оцінюється:*

у **8 балів кожне**, якщо задачі розв'язані бездоганно, обґрунтовано всі ключові моменти розв'язання. Розв'язування двоїстої задачі супроводжується поясненням та інтерпретацією з точки зору економіки. Транспортна задача розв'язання теж бездоганно;

у **7 балів**, якщо задачі розв'язані правильно, але не обґрунтовані ключові моменти розв'язання. Розв'язування двоїстої задачі не супроводжується поясненням та інтерпретацією з точки зору економіки. Транспортна задача розв'язана без пояснень;

у **6 балів**, задачі розв'язані правильно, але відсутні пояснення проміжних результатів розв'язування. Можлива описка в обчисленнях, яка не впливає на правильність подальшого розв'язання;

у **5 балів**, якщо задачі розв'язані не до кінця, оскільки допущена одна негруба помилка в обчисленнях, яка не впливає на правильність подальшого розв'язання, але здобувач не продовжив розв'язування задачі;

у **4 бали**, у розпочатій правильній послідовності етапів розв'язування відсутні окремі його етапи, а допущена помилка призвела до неправильної відповіді. Наведене в роботі часткове розв'язування прокоментовано. Задачі розв'язані не повністю;

у **3 бали**, у розпочатому правильному розв'язуванні відразу допущена помилка, яка призвела до неправильної відповіді;

у **2 бали**, хід розв'язування задач неправильний, проте окремі етапи свідчать про знання деяких стандартних прийомів розв'язання задач лінійного програмування, застосування теорем двоїстості, знання методів розв'язування транспортної задачі;

в **1 бал**, розпочато розв'язування задач, є окремі вірні міркування, але з початку задачі допущена принципова помилка.

***Завдання третього рівня (евристичне) оцінюється:***

у **10 балів**, якщо задача розв'язана бездоганно з чіткими обґрунтуваннями та поясненнями, продемонстровані знання та уміння вирішення проблем з цілочисловими величинами в оптимізаційних задачах;

у **9 балів**, якщо задача розв'язана правильно, наведена інтерпретація отриманих результатів, але відсутні пояснення щодо складання додаткових обмежень;

у **8 балів**, якщо задача розв'язана правильно, але відсутні будь-які пояснення;

у **7 балів**, якщо задача розв'язана на 2/3 правильно, але зроблена обчислювальна похибка вплинула на подальше розв'язування;

у **6 балів**, якщо у правильній послідовності етапів розв'язування відсутні окремі етапи. Можлива одна негруба помилка (при складанні додаткового обмеження), яка вплинула на правильність подальшого розв'язання;

у **5 балів**, якщо розв'язування завдання розпочато правильно, але допущена помилка призвела до неправильної відповіді. Наведене в роботі часткове розв'язування прокоментовано;

у **4 бали**, якщо хід розв'язування задач неправильний, проте окремі етапи свідчать про знання деяких стандартних прийомів розв'язання задач даного типу;

у **3 бали**, якщо хід розв'язування задач неправильний, проте окремі етапи свідчать про знання деяких стандартних прийомів розв'язання задач лінійного програмування;

у **2 бали**, якщо розпочато розв'язування задачі, але з початку задачі допущена принципова помилка, яка спонукала неправильне розв'язування;

в **1 бал**, якщо розпочато розв'язування задачі, в процесі якого була продемонстрована відсутність навичок розв'язання даного типу задач.

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

### Основна

1. Єгоршин О. О. Математичне програмування : підручник / О. О. Єгоршин, Л. М. Малярець. – Х. : ВД «ІНЖЕК», 2006. – 438 с.
2. Збірник вправ з навчальної дисципліни “Економіко-математичне моделювання” для студентів усіх галузей знань усіх форм навчання / укл. Л. М. Малярець, Е. Ю. Железнякова, Л. О. Норік. – Х. : Вид. ХНЕУ, 2009. – 88 с.
3. Лабораторний практикум з навчальної дисципліни “Економіко-математичне моделювання”. Навчально-практичний посібник / Л. М. Малярець, П. М. Куликов, І. Л. Лебедева та ін. – Х. : Вид. ХНЕУ, 2009. – 136 с
4. Лебедева І. Л. Розв'язання завдань з навчальної дисципліни "Оптимізаційні методи і моделі" у середовищі MS Excel – 2010. Навчально-практичний посібник / І. Л. Лебедева, Л. О. Норік – Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2015. – 220 с.
5. Малярець Л. М. Економіко-математичні методи та моделі : навчальний посібник / Л. М. Малярець. – Харків : Вид. ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2014. – 412 с.  
<http://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/29181>
6. Малярець Л. М. Дослідження операцій та методи оптимізації : практикум у 2-х ч. Частина 1 / Л. М. Малярець, І. Л. Лебедева, Л. О. Норік. – Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2018. – 169 с.
7. Малярець Л. М. Дослідження операцій та методи оптимізації : практикум у 2-х ч. Частина 2 / Л. М. Малярець, І. Л. Лебедева, Л. О. Норік. – Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2019. – 161 с. <http://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/22002>

### Додаткова

8. Дослідження операцій та методи оптимізації: методичні рекомендації і завдання до виконання контрольних робіт для студентів усіх спеціальностей першого (бакалаврського) рівня / уклад. Л. М. Малярець, О. В. Мінєнкова. – Харків : Вид. ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2017. – 44 с.  
<http://www.repository.hneu.edu.ua/jspui/handle/123456789/18483>
9. Малярець Л. М. Дослідження операцій та методи оптимізації: мультимедійні методичні рекомендації до самостійної роботи з тем «Теорія двоїстості та аналіз лінійних моделей економічних оптимізаційних задач» та «Транспортна задача» / Л. М. Малярець, І. Л. Лебедева, Л. О. Норік. – Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2021.
10. Дослідження операцій та методи оптимізації. Методичні рекомендації до практичних занять для студентів усіх спеціальностей першого (бакалаврського) рівня [Електронний ресурс] // укл. Л.М. Малярець, О.В. Мартинова; - Х. : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2019. - 84 с. – Режим доступу: <http://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/20335>

### Інформаційні ресурси

11. Malyarets L., Martynova O. , Misiura Ie. Operations Research and Optimization Methods / multimedia tests for Bachelor's (first) degree students of speciality 051 "Economics" (content module 1). 2021.  
<https://pns.hneu.edu.ua/mod/url/view.php?id=471711>
12. Малярець Л.М. Дослідження операцій та методи оптимізації. Задача лінійного програмування та методи її розв'язання /Л.М. Малярець, К.О. Ковальова, І.Л. Лебедева [Електронний ресурс] – Режим доступу:  
<https://pns.hneu.edu.ua/course/view.php?id=7284>
13. Ukrstat.org – публікація документів Державної Служби Статистики України. [Електронний ресурс] – Режим доступу:  
[https://ukrstat.org/uk/druk/publicat/Arhiv\\_u/01/Arch\\_Ukr.htm](https://ukrstat.org/uk/druk/publicat/Arhiv_u/01/Arch_Ukr.htm)
14. Державна служба статистики України [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua/>