

Харківський національний університет ім.В.Н. Каразіна  
Факультет комп'ютерних наук  
Кафедра теоретичної та практичної системотехніки

УХВАЛЕНО

Вченою радою факультету  
комп'ютерних наук, протокол № \_\_\_\_\_  
від «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

Голова Вченої ради \_\_\_\_\_



<b>Назва курсу</b>	Математичні методи дослідження операцій
<b>Викладачі</b>	Угрюмов Михайло Леонідович Чуб Ольга Ігорівна
<b>Профайли викладачів</b>	<a href="https://scholar.google.com.ua/citations?user=ZBsZd2QAAAAJ&amp;hl=uk&amp;oi=sra">https://scholar.google.com.ua/citations?user=ZBsZd2QAAAAJ&amp;hl=uk&amp;oi=sra</a> <a href="https://scholar.google.com.ua/citations?user=eCM1V6UAAAAJ&amp;hl=uk">https://scholar.google.com.ua/citations?user=eCM1V6UAAAAJ&amp;hl=uk</a>
<b>Контактний телефон</b>	+38(067)581-45-64 Чуб Ольга Ігорівна
<b>E-mail:</b>	o.i.chub@karazin.ua Чуб Ольга Ігорівна
<b>Сторінка курсу в системі дистанційного навчання</b>	
<b>Консультації</b>	<i>Очні консультації</i> кожен вівторок з 12.30 до 13.30 в ауд. 319 північного корпусу

### 1. Коротка анотація до курсу

Курс «Математичні методи дослідження операцій» дозволяє вивчити базові теоретичні положення та сформувати практичні навички застосування методології математичного моделювання та методів дослідження операцій в процесі підготовки та прийняття управлінських рішень в соціально-економічних та виробничих системах, а також шляхи використання сучасних інформаційних технологій та спеціалізованих пакетів прикладних систем. Освоєння курсу сприяє підвищенню рівня фундаментальної математичної та комп'ютерної підготовки студентів.

### 2. Мета та цілі курсу

*Мета* курсу – знайомство студентів з методологією розв'язання задач дослідження операцій із застосуванням математичних методів для обґрунтування рішень у всіх областях цілеспрямованої людської діяльності, формування навичок з адаптації

стандартних алгоритмів до нових – чисельних рішень складних прикладних задач, а також набуття знань про пакети прикладних програм спеціального призначення.

*Цілі курсу:*

- формування у студентів професійних КОМПЕТЕНЦІЙ на основі вивчення теоретичних знань та набуття практичних навичок з питань, що стосуються прийняття науково-обґрунтованих управлінських рішень в сучасних умовах господарювання;
- освоєння студентами сучасних математичних методів аналізу та наукового прогнозування поведінки об'єктів управління;
- навчання студентів застосуванню методів і моделей дослідження операцій в процесі вирішення реальних оптимізаційних задач, підготовки і прийняття управлінських рішень;
- підготовка студентів до роботи з сучасними пакетами прикладних програм, за допомогою яких формуються і аналізуються варіанти управлінських рішень;
- розгляд широкого кола завдань та можливих шляхів їх вирішення, які виникають в практичній діяльності керівника.

**3. Формат курсу – очний (*offline*), дистанційний.**

#### **4. Результати навчання**

Після вивчення теоретичних основ курсу студент отримує навички:

- з класифікації завдань дослідження операцій в залежності від кількості, типу і області допустимих значень змінних, кількості і типу цільових функцій, кількості, виду і характеру обмежуючих факторів;
- з застосування основних положень та методичних принципів математичного моделювання і оптимізації для вирішення практичних задач в техніці та економіці;
- з інтерпретації результатів обчислюваних експериментів та їх візуалізації.

Після виконання лабораторних робіт курсу студент отримує навички:

- з формалізації практичних задач, побудови математичних моделей об'єктів та процесів управління;
- з обґрунтованого вибору та застосування математичних методів для дослідження математичних моделей об'єктів та процесів управління;
- з використання інформаційних технологій для кількісного розв'язання прикладних задач теорії дослідження операцій.

#### **5. Обсяг курсу**

<b>Вид заняття</b>	<b>Загальна кількість годин</b>
лекції	32
семінарські заняття / практичні / лабораторні	32
самостійна робота	56

## 6. Ознаки курсу:

Рік викладання	Семестр	Спеціальність	Курс (рік навчання)	Нормативний\ вибірковий
2020	7	122 «Комп'ютерні науки»	4	нормативний (Н)

## 7. Пререквізити

Дисциплінами, що передують курсу «Математичні методи дослідження операцій» є такі: «Теорія ймовірності та математична статистика», «Дискретна математика», «Алгоритмізація та програмування», «Пакети прикладного програмування», «Комп'ютерні системи прийняття рішень».

Студент, щоб приступити до вивчення дисципліни «Математичні методи дослідження операцій», повинен знати: визначення понять теорії матриць і визначників; методи розв'язання систем лінійних рівнянь; поняття та теореми диференціального і інтегрального числення. Крім того, студент повинен вміти розв'язувати прикладні задачі за допомогою надбудови «Пошук рішення» в пакеті MS Excel та використовувати технологію об'єктно-орієнтованого програмування для побудови моделей та розв'язання оптимізаційних задач.

## 8. Технічне та програмне забезпечення /обладнання

Для вивчення матеріалу курсу студенту необхідно буде працювати з пакетами MS Excel, MS Project, середовищем розробки з підтримкою мови програмування Python або іншої мови об'єктно-орієнтованої мови програмування (за вибором студента).

## 9. Політики курсу

Під час вивчення курсу «Математичні методи дослідження операцій» необхідно дотримуватися усіх етичних принципів та норм академічної доброчесності, визначених Листом Міністерства освіти і науки України № 1/-650 від 23.11.2018 року «Щодо рекомендацій з академічної доброчесності для закладів вищої освіти», а саме:

- самостійно виконувати навчальні завдання, завдання поточного та підсумкового контролю результатів навчання (для осіб з особливими освітніми потребами ця вимога застосовується з урахуванням їхніх індивідуальних потреб і можливостей);
- здійснювати посилання на джерела інформації у разі використання ідей, розробок, тверджень, відомостей;
- дотримуватися норм законодавства про авторське право і суміжні права;
- надавати достовірну інформацію про результати власної навчальної (наукової, творчої) діяльності, використані методики досліджень і джерела інформації.

### 10. Схема курсу

Тиждень / дата / кількість академічних годин	Тема, план, короткі тези	Форма заняття / формат заняття	Матеріали	Література / Електронні ресурси	Завдання, кількість год	Вага оцінки	Термін виконання
Тиждень № 1 / 2 академічні години	<b>Тема № 1</b> «Загальна методологія математичного програмування та дослідження операцій»: - Поняття «операція», ефективність та характеристики операцій; - Основна задача дослідження операцій; - Математичні моделі операцій.	Лекція / аудиторна	Презентація лекції	[1-6]	Ознайомитись з літературою, переглянути презентацію, 2 години		Протягом тижня (до наступної лекції)
Тиждень № 1 / 2 академічні години	<b>Тема № 1</b> «Розв'язок систем лінійних рівнянь методом Жордана-Гаусса»: - алгоритм класичного методу Жордана-Гаусса; - матрично-векторний метод Жордана-Гаусса; - приклади розв'язку систем з чотирьох рівнянь.	Лабораторна робота / аудиторна	Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт	[1-6, 9-10]	Вирішити систему з чотирьох рівнянь методом Жордана-Гаусса відповідно до варіанту, підготувати письмовий звіт, 2 години	3 бали	Протягом тижня (до наступної лабораторної роботи)

Тиждень № 2 / 2 академічні години	Тема № 2 «Типові задачі математичного програмування»: - задача про розкрій; - задача оптимального використання ресурсів виробництва; - задача про дісту; - задача про призначення; - задача про перевезення.	Лекція / аудиторна	Презентація лекції	[1-6]	Ознайомитись з літературою, переглянути презентацію, 2 години		Протягом тижня (до наступної лекції)
Тиждень № 2 / 2 академічні години	Тема № 2 «Графічний метод розв'язання систем лінійних рівнянь»: - алгоритм графічного методу; - приклади розв'язку системи з чотирьох рівнянь.	Лабораторна робота / аудиторна	Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт	[1-10]	Вирішити систему з чотирьох рівнянь графічним методом відповідно до варіанту, підготувати письмовий звіт, 2 години	3 бали	Протягом тижня (до наступної лабораторної роботи)
Тиждень № 3 / 2 академічні години	Тема № 3 «Задачі лінійного програмування»: - поняття «лінійне програмування»; - геометрична інтерпретація задач лінійного програмування; - графічний метод розв'язання задач лінійного програмування.	Лекція / аудиторна	Презентація лекції	[1-10]	Ознайомитись з літературою, переглянути презентацію, 2 години		Протягом тижня (до наступної лекції)

Тиждень № 3 / 2 академічні години	Тема № 3 «Розв'язок задач лінійного програмування симплекс методом»: - алгоритм симплекс методу; - приклад розв'язку задачі лінійного програмування з системою обмежень з трьох нерівностей.	Лабораторна робота / аудиторна	Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт	[1-10, 12]	Вирішити симплекс методом задачу лінійного програмування відповідно до варіанту, підготувати письмовий звіт, 2 години	3 бали	Протягом тижня (до наступної лабораторної роботи)
Тиждень № 4 / 2 академічні години	Тема № 4 «Симплекс метод розв'язання задач лінійного програмування»: - поняття «симплекс методу»; - стандартна та канонічна форми запису задачі лінійного програмування; - алгоритм симплекс методу.	Лекція / аудиторна	Презентація лекції	[1-10]	Ознайомитись з літературою, переглянути презентацію, 2 години		Протягом тижня (до наступної лекції)
Тиждень № 4 / 2 академічні години	Тема № 4 «Застосування програмних засобів для вирішення задач лінійного програмування симплекс методом»: - надбудова «Пошук рішення» в пакеті MS Excel; - бібліотека SciPy для мови програмування Python.	Лабораторна робота / аудиторна	Презентація лабораторної роботи, методичні вказівки до виконання лабораторних робіт	[1-10, 12, 16-18]	Вирішити задачу симплекс методом за допомогою програмного засобу (за вибором студента), підготувати письмовий звіт, 2 години	3 бали	Протягом тижня (до наступної лабораторної роботи)

Тижень № 5 / 2 академічні години	<b>Тема № 5</b> «Двоїста задача лінійного програмування»: - загальна постановка та правила побудови двоїстої задачі; - основні теореми двоїстості; - аналіз розв'язку задач лінійного програмування на основі двоїстих оцінок.	Лекція / аудиторна	Презентація лекції	[7-12]	Ознайомитись з літературою, переглянути презентацію, 2 години		Протягом тижня (до наступної лекції)
Тижень № 5 / 2 академічні години	<b>Тема № 5</b> «Розв'язок двоїстої задачі лінійного програмування»: - зв'язок прямої та двоїстої задачі; - основні теореми двоїстості; - приклад складання та вирішення двоїстої задачі; - інтерпретація двоїстої задачі	Лабораторна робота / аудиторна	Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт	[7-2]	Скласти та розв'язати двоїсту задачу лінійного програмування відповідно до варіанту, підготувати письмовий звіт, 2 години	4 бали	Протягом тижня (до наступної лабораторної роботи)
Тижень № 6 / 2 академічні години	<b>Тема № 6</b> «Транспортна задача лінійного програмування»: - постановка транспортної задачі; - методи пошуку опорного плану – метод «північно-західного кута» та метод «найменшої вартості».	Лекція / аудиторна	Презентація лекції	[5-13]	Ознайомитись з літературою, переглянути презентацію, 2 години		Протягом тижня (до наступної лекції)

Тиждень № 6 / 2 академічні години	Тема № 6 «Розв'язок транспортної задачі лінійного програмування»: - відкрита та закрита транспортні задачі; - циклічність та впрожденість опорного плану; - приклади побудови опорних планів.	Лабораторна робота / аудиторна	Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт	[5-13]	Побудувати опорні плани транспортної задачі методами «північного-західного кута» та «найменшої вартості» відповідно до варіанту, підготувати письмовий звіт, 2 години	4 бали	Протягом тижня (до наступної лабораторної роботи)
Тиждень № 7 / 2 академічні години	Тема № 7 «Метод потенціалів розв'язання транспортної задачі»: - теореми: про платежі та про оптимальність плану; - алгоритм методу потенціалів.	Лекція / аудиторна	Презентація лекції	[5-14]	Ознайомитись з літературою, переглянути презентацію, 2 години		Протягом тижня (до наступної лекції)
Тиждень № 7 / 2 академічні години	Тема № 7 «Метод потенціалів розв'язання транспортної задачі»: - алгоритм методу потенціалів; - умови оптимальності планів; - інтерпретація результатів розв'язання транспортної задачі методом потенціалів.	Лабораторна робота / аудиторна	Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт	[8, 10-14]	Розв'язати транспорту задачу методом потенціалів відповідно до варіанту, підготувати письмовий звіт, 4 години	4 бали	Протягом тижня (до наступної лабораторної роботи)



Тиждень № 8 / жовтень 2020 р. / 2 академічні години	Тема № 8 «Задачі цілочисельного лінійного програмування»: - приклади задач цілочисельного програмування – задача розподілу капіталовкладень, задача з постійними витратами; - метод «гілок та меж» для вирішення задач цілочисельного програмування.	Лекція / аудиторна	Презентація лекції	[5-14]	Ознайомитись з літературою, переглянути презентацію, 2 години		Протягом тижня (до наступної лекції)
Тиждень № 8 / 2 академічні години	Тема № 8 «Метод «гілок та меж» для вирішення задачі цілочисельного лінійного програмування»: - алгоритм методу «гілок та меж»; - приклад вирішення задачі методом «гілок та меж».	Лабораторна робота / аудиторна	Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт	[1, 5-14]	Розв'язати задачу методом «гілок та меж» відповідно до варіанту, підготувати письмовий звіт, 4 години	4 бали	Протягом тижня (до наступної лабораторної роботи)
Тиждень № 9 / 2 академічні години	Тема № 9 «Динамічне програмування»: - загальна постановка задачі динамічного програмування; - принцип оптимальності та рівняння Беллмана.	Лекція / аудиторна	Презентація лекції	[5-14]	Ознайомитись з літературою, переглянути презентацію, 2 години		Протягом тижня (до наступної лекції)

<b>Тиждень № 9 /</b> 2 академічні години	<b>Тема № 9</b> «Динамічне програмування»: - принцип оптимальності Беллмана; - безперервні системи, рівняння Беллмана; - приклад розв'язання задачі динамічного програмування.	Лабораторна робота / аудиторна	Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт	[5-14]	Розв'язати задачу динамічного програмування відповідно до варіанту, підготувати письмовий звіт, 2 години	4 бали	Протягом тижня (до наступної лабораторної роботи)
<b>Тиждень № 10 /</b> 2 академічні години	<b>Тема № 10</b> «Задачі та методи прийняття рішень»: - прийняття рішень в умовах визначеності; - прийняття рішень в умовах ризику; - прийняття рішень в умовах невизначеності; - класифікація методів прийняття рішень.	Лекція / аудиторна	Презентація лекції	[1-2, 7-14]	Ознайомитись з літературою, переглянути презентацію, 2 години		Протягом тижня (до наступної лекції)
<b>Тиждень № 10 /</b> 2 академічні години	<b>Тема № 10</b> «Методи прийняття рішень»: - класифікація методів прийняття рішень; - прийняття рішень в умовах невизначеності; - розв'язок задач за допомогою показників EMV та EVPI.	Лабораторна робота / аудиторна	Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт	[5-7, 9-14]	Розв'язати задачу на прийняття рішень в умовах невизначеності, використовуючи показники EMV та EVPI відповідно до варіанту, підготувати письмовий звіт, 2 години	4 бали	Протягом тижня (до наступної лабораторної роботи)

<b>Тиждень № 11 /</b> 2 академічні години	<b>Тема № 11</b> «Грові моделі і методи»: - основні поняття теорії ігор; - положення теорії ігор у задача моделювання; - критерії оптимальності для вибору стратегії: Вальда, оптимізму, песимізму, Севіджа, Гурвиця.	Лекція / аудиторна	Презентація лекції	[1-7, 9-14]	Ознайомитись з літературою, переглянути презентацію, 2 години		Протягом тижня (до наступної лекції)
<b>Тиждень № 11 /</b> 2 академічні години	<b>Тема № 11</b> «Критерії оптимальності для вибору стратегії»: - критерій Вальда; - критерій оптимізму; - критерій песимізму; - критерій Севіджа; - критерій Гурвиця; - приклади розрахунку критеріїв.	Лабораторна робота / аудиторна	Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт	[1-7, 9-14, 16-18]	Розрахувати 5 критеріїв, створити програму для розрахунку критеріїв за допомогою мови програмування (за вибором студента) підготувати письмовий звіт, 6 годин	4 бали	Протягом тижня (до наступної лабораторної роботи)
<b>Тиждень № 12 /</b> 2 академічні години	<b>Тема № 12</b> «Теорія графів»: - основні поняття теорії графів; - способи завдання графів – графічний та аналітичний; - матриця інцидентності, принцип ізоморфізму.	Лекція / аудиторна	Презентація лекції	[5-7, 9-14]	Ознайомитись з літературою, переглянути презентацію, 2 години		Протягом тижня (до наступної лекції)

<b>Тиждень № 12 /</b> 2 академічні години	<b>Тема № 12</b> «Теорія графів»: - орієнтовані та неорієнтовані графи; - побудова матриці інцидентності; - представлення графів за допомогою переліку підмножин вершин.	Лабораторна робота / аудиторна	Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт	[5-7, 9-14]	Побудувати матриці інцидентності та представити граф за допомогою переліку підмножин вершин відповідно до варіанту, підготувати письмовий звіт, 2 години	4 бали	Протягом тижня (до наступної лабораторної роботи)
<b>Тиждень № 13 /</b> 2 академічні години	<b>Тема № 13</b> «Елементи графа. Маршрут графа»: - лема про рукописання; - шлях та контур графа, їх довжина; - турніри; - задача про три дома та три колодязя.	Лекція / аудиторна	Презентація лекції	[1, 5-7, 9-14]	Ознайомитись з літературою, переглянути презентацію, 2 години		Протягом тижня (до наступної лекції)
<b>Тиждень № 13 /</b> 2 академічні години	<b>Тема № 13</b> «Елементи графа»: - сума ступенів вершин графа; - розрахунок довжини шляху та контуру графа; - поняття «повний граф»; - граф-дерево; - вирішення задачі про сполучення міст.	Лабораторна робота / аудиторна	Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт	[1, 5-7, 9-14]	Розв'язати задачу про сполучення міст відповідно до варіанту, підготувати письмовий звіт, 2 години	4 бали	Протягом тижня (до наступної лабораторної роботи)

<b>Тиждень № 14 /</b> 2 академічні години	<b>Тема № 14</b> «Мережеве планування»: - особливості побудови графіків передування та стрілочних графіків; - методи оптимізації мережевих графіків; - календарне планування проектів.	Лекція / аудиторна	Презентація лекції	[9-15]	Ознайомитись з літературою, переглянути презентацію, 2 години		Протягом тижня (до наступної лекції)
<b>Тиждень № 14 /</b> 2 академічні години	<b>Тема № 14</b> «Алгоритми пошуку шляхів в графах»: - алгоритм пошуку у ширину; - алгоритм Дейкстри; - алгоритм A*; - алгоритм пошуку по першому найкращому збігу; - приклади розв'язання.	Лабораторна робота / аудиторна	Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт	[9-15]	Знайти шлях в графі за допомогою метода Дейкстри відповідно до варіанту, підготувати письмовий звіт, 2 години	4 бали	Протягом тижня (до наступної лабораторної роботи)
<b>Тиждень № 15 /</b> 2 академічні години	<b>Тема № 15</b> «Системи масового обслуговування»: - базові поняття систем масового обслуговування; - показники ефективності систем масового обслуговування; - методи дослідження систем масового обслуговування.	Лекція / аудиторна	Презентація лекції	[6, 9-14]	Ознайомитись з літературою, переглянути презентацію, 2 години		Протягом тижня (до наступної лекції)

<b>Тиждень № 15 /</b> 2 академічні години	<b>Тема № 15</b> «Розробка мережевого плану виконання робіт»: - основні поняття в MS Project; - стадії життєвого циклу проекту; - принципи побудови діаграми Ганта; - модифікація плану в ході проекту.	Лабораторна робота / аудиторна	Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт	[6, 9-15]	Скласти календарний графік виконання проекту у MS Project відповідно до варіанту, підготувати письмовий звіт, 6 годин	4 бали	Протягом тижня (до наступної лабораторної роботи)
<b>Тиждень № 16 /</b> грудень 2020 р. / 2 академічні години	<b>Тема № 16</b> «Імітаційне моделювання. Метод Монте-Карло»: - оптимізація і імітаційне моделювання»; - основні типи задач, які розв'язуються на основі імітаційної моделі; - область застосування імітаційного моделювання.	Лекція / аудиторна	Презентація лекції	[6, 9-14]	Ознайомитись з літературою, переглянути презентацію, 2 години		<i>Заключна лекція.</i> Вивчити матеріал до заключного практичного заняття
<b>Тиждень № 16 /</b> 2 академічні години	<b>Тема № 16</b> «Метод Монте-Карло»: - способи побудови та експлуатації імітаційних моделей; - роль випадкових чисел; - метод інверсії; - метод Монте-Карло.	Лабораторна робота / аудиторна	Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт	[6, 9-14]	Розв'язати задачу теорії масового обслуговування відповідно до варіанту, підготувати письмовий звіт, 2 години	4 бали	<i>Заключна лабораторна робота.</i> Виконати завдання до консультації перед екзаменом

## 11. Система оцінювання та вимоги

<b>Загальна система оцінювання курсу</b>	Впродовж семестру студент набирає до 100 балів. До 60 балів – за виконання лабораторних робіт (16 робіт, за виконання кожної студент отримує до 4 балів). До 40 балів – під час складання іспиту.
<b>Вимоги до письмової роботи</b>	На кожну лабораторну роботу студент повинен підготувати письмовий звіт про виконання відповідної лабораторної роботи. В звіті наводиться коротка теоретична довідка про матеріал, який вивчався на лабораторній роботі, описується порядок виконання завдання в залежності від варіанту, виконується детальний аналіз отриманих результатів. Кількість сторінок звіту – від 4 до 6. Звіт здається у роздрукованій формі.
<b>Семінарські заняття</b>	В курсі «Математичні методи дослідження операцій» не заплановані семінарські заняття.
<b>Умови допуску до підсумкового контролю</b>	Студент отримує допуск до екзамену після успішної здачі та захисту звітів з виконання усіх 16 лабораторних робіт.

## 12. Рекомендована література

1. Галаєва Л.В. Дослідження: Навч. посібник / Л.В. Галаєва, Ш.А. Рогоза, Н.Г. Шульга. – К.: Компринт, 2019. – 352 с.
2. Зайченко Ю.П. Дослідження операцій: Підручник / Ю.П. Зайченко. – 8-е вид., переробл. та доп. – К.: Слово, 2018. – 816 с.
3. Забуга С.І. Дослідження операцій: Навч.-метод. посібник / С.І. Забуга. – Харків: ХНУ ім. Каразіна, 2020. – 127 с.
4. Математичні методи дослідження операцій: Навч. посібник / В.П. Лавренчук, М.І. Букатар, Т.І. Готинчан. – Чернівці: Рута, 2018. – 360 с.
5. Самойленко М.І. Дослідження операцій (Математичне програмування. Теорія масового обслуговування): Навч. посібник / М.І. Самойленко, Б.Г. Скоков – Харків: ХНАМГ, 2019. – 176 с.
6. Дослідження операцій в економіці: Підручник / за ред. І.К. Федоренко. – К.: Знання, 2021. – 558 с.
7. Степаненко В.К. Дослідження операцій в транспортних системах: Навч. посібник / В.К. Степаненко. – К.: НТУ, 2021. – 241 с.
8. Корольов М.Є. Дослідження операцій і методи оптимізації: Навч. посібник / М. Є. Корольов. – К.: Університет «Україна», 2018. – 177 с.
9. Шепеленко О.В. Дослідження операцій: Навч. посібник / О. В. Шепеленко. – Л: ЛНУ імені Івана Франка, 2020. – 312 с.
10. Кутковецький В.Я. Дослідження операцій: Підручник для студ. вищих навч. закл. / В. Я. Кутковецький – К.: «Києво-Могилянська академія», 2019. – 259 с.
11. Роїк О.М. Дослідження операцій як інструментарій стратегічного менеджменту: Навч. посібник для студ. денної та заоч. форм навч. / О.М. Роїк. – Вінниця: ВНТУ, 2018. – 191 с.
12. Дослідження операцій: Практичний курс: Навч. посібник / за заг. ред. В.Є. Березовського. – Умань: ВД «Сочінський», 2020. – 238 с.
13. Вдовин М. Л. Моделювання соціально-економічних процесів: Монографія / М. Л. Вдовин, Р. В. Вовк, С. С. Прийма. – Львів: ЛНУ імені Франка, 2019. – 460 с.

14. Taha H.A. Operation Research An Introduction / H.A. Taha. – 8<sup>th</sup> edition. – Pearson Education Inc., 2007. – 817 p.
15. Культин Н. Інструменти управління проєктами: Project Expert и Microsoft Project / Н. Культин. – К.: Наукова думка, 2020. – 160 с.
16. Сяєв А.В. Вступ до системи MathCAD: Навч. посібник для студ. техн. спец. / А.В. Сяєв – Дніпро: ДНУ ім. О.Гончара, 2019. – 208 с.
17. Matthes E. Python Crash Course: A Hands-On, Project-Based Introduction to Programming [Lingua Inglese] / E. Matthes. – San Francisco, 2018. – 672 p.
18. Troelsen A. Pro C# 7: With .NET and .NET Core. – 7<sup>th</sup> edition. / – A. Troelsen, P. Japikse. – New York: Apress, 2020. – 1372 p.