

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

**ФАКУЛЬТЕТ КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК ТА КІБЕРНЕТИКИ
кафедра системного аналізу та теорії прийняття рішень**

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник декана
з навчальної роботи

_____ Людмила ОМЕЛЬЧУК
«__» _____ 20__ року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ
для студентів**

галузі знань **12 – «Інформаційні технології»**
спеціальність **124 – «Системний аналіз»**
освітній рівень **бакалавр**
освітня програма **«Системний аналіз»**
вид дисципліни **обов'язкова**

Форма навчання **денна**
Навчальний рік **2024/2025**
Семестр **5, 6**
Кількість кредитів ECTS **6**
Мова викладання,
навчання та оцінювання **українська**
Форма заключного контролю **залік/іспит**

Викладач: доцент, к.ф.-м.н. Петро ЗІНЬКО

Пролонговано: на 20 /20 н.р. () « » 20 р.
на 20 /20 н.р. () « » 20 р.

Розробник: доцент Петро ЗІНЬКО, к.ф.-м.н., доцент кафедри системного аналізу та теорії прийняття рішень

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри «Системного аналізу та теорії прийняття рішень»

_____ Олена КАПУСТЯН

Протокол № ____ від «__» _____ 20__ р.

Схвалено. Гарант освітньо-професійної програми першого рівня вищої освіти "Системний аналіз"

_____ Михайло ШАРАПОВ

Протокол від «__» _____ 20__ року №__

Голова науково-методичної комісії _____ Тетяна КАРНАУХ

(підпис)

1. **Мета дисципліни:** засвоєння теоретичних знань і набуття практичних навичок з використання теорії і практики системного аналізу для розв'язування складних міждисциплінарних задач різної природи, формування й багатокритеріального оцінювання ефективних альтернатив складних рішень і стратегій управління у різних сферах практичної діяльності людини.

2. **Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни**

Для вивчення курсу «Системний аналіз» студент повинен знати базові поняття математичного аналізу, алгебри, диференціальних рівнянь, обчислювальної математики, теорії ймовірностей і математичної статистики.

3. **Анотація навчальної дисципліни:** Системний аналіз – це прикладна наукова дисципліна, що спирається на широке різноманіття системно організованих, структурно взаємозалежних і функціонально взаємодіючих евристичних процедур, методичних прийомів, математичних методів, алгоритмічних, програмних і обчислювальних засобів, що забезпечує формування цілісних, міждисциплінарних знань про досліджуваній об'єкт як про сукупність взаємозалежних процесів різної природи. Ці знання використовуються для прийняття рішень щодо подальшого розвитку і поведінки об'єкта з урахуванням багатьох конфліктних критеріїв і цілей, наявності факторів ризику, неповноти й недостовірності інформації. Предметом навчальної дисципліни «Системний аналіз» є складні багаторівневі множини систем різної природи та різних видів і класів з різноманітними властивостями і відношеннями між ними. Навчальна дисципліна «Системний аналіз» є базовою для вивчення таких дисциплін як «Конфліктно-керовані системи», «Аналіз даних».

4. **Завдання (навчальні цілі):**

В результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен опанувати:

К17. Здатність використовувати системний аналіз як сучасну міждисциплінарну методологію, що базується на прикладних математичних методах та сучасних інформаційних технологіях і орієнтована на вирішення задач аналізу і синтезу технічних, економічних, соціальних, екологічних та інших складних систем.

К21. Здатність формулювати задачі оптимізації при проектуванні систем управління та прийняття рішень, а саме: математичні моделі, критерії оптимальності, обмеження, цілі управління; обирати раціональні методи та алгоритми розв'язання задач оптимізації та оптимального керування.

5. **Результати навчання за дисципліною:**

Результат навчання (РН) (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)		Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання	Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
РН 1.1	Знати основні поняття теорії систем та системного аналізу	Лекція	Контрольна робота1, Контрольна робота2, 60% правильних відповідей	20%
РН 1.2	Знати основні постановки задач системного аналізу	Лекція		20%
РН 1.3	Знати основні методи розв'язання задач системного аналізу	Лекція		20%
РН 2.1	Вміти застосовувати основні методи постановки та розв'язання задач системного аналізу	Лабораторне заняття, самостійна робота	Звіт по лабораторній роботі, поточне оцінювання	16%
РН 2.2	Вміти застосовувати основи теорії системного аналізу на практиці	Лабораторне заняття, самостійна робота		16%

PH 4.1	Організувати свою самостійну роботу для досягнення результату	Самостійна робота	Поточне оцінювання, перевірка самостійної роботи	4%
PH 4.2	Відповідально ставитися до виконуваних робіт, нести відповідальність за їх якість	Лабораторна робота	Захист лабораторної роботи	4%

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

Програмні результати навчання	Результати навчання дисципліни						
	PH 1.1	PH 1.2	PH 1.3	PH 2.1	PH 2.2	PH 4.1	PH 4.2
ПР 01. Знати і вміти застосовувати на практиці диференціальне та інтегральне числення, ряди та інтеграл Фур'є, аналітичну геометрію, лінійну алгебру та векторний аналіз, функціональний аналіз та дискретну математику в обсязі, необхідному для вирішення типових завдань системного аналізу	+	+	+			+	
ПР 07. Знати основи теорії оптимізації, оптимального керування, теорії прийняття рішень, вміти застосовувати їх на практиці для розв'язування прикладних задач управління і проектування складних систем.				+	+		+

7. Схема формування оцінки.

7.1 Форми оцінювання студентів: Контроль знань студентів здійснюється за кредитно-трансферною системою. Результати навчальної діяльності студентів у кожному семестрі оцінюються за 100-бальною шкалою.

Семестрове оцінювання. Робота у п'ятому семестрі складається з 2-х частин. При виставленні балів за кожну частину враховується:

оцінка за контрольну роботу: PH1.1, PH1.2, PH1.3 – 20 балів/12 балів,

робота студентів на лабораторних заняттях: PH2.1, PH2.2, PH4.2 – 20 балів/12 балів,

виконання самостійної роботи: PH4.1 – 10 балів/6 балів.

Підсумковий контроль у п'ятому семестрі проводиться у формі заліку – 100 балів/60 балів. Залік виставляється за результатами роботи студента упродовж всього семестру і не передбачає додаткових заходів оцінювання для успішних студентів.

Підсумкова оцінка за п'ятий семестр – $100=2*(20+20+10)$.

Робота у шостому семестрі складається з однієї частини. При виставленні балів враховується:

оцінка за контрольну роботу: PH1.1, PH1.2, PH1.3 - 25 балів/15 балів,

робота студентів на лабораторних заняттях: PH2.1, PH2.2, PH4.2 - 25 балів/15 балів,

виконання самостійної роботи: PH4.1 – 10 балів/6 балів.

Бали набрані за шостий семестр – $60=25+25+10$.

Підсумковий контроль у шостому семестрі проводиться у формі іспиту – 40 балів/24 бали.

Результати навчання які будуть оцінюватись: PH1.1, PH1.2, PH1.3, PH2.1, PH2.2.

Форма проведення і види завдань: письмова.

Види завдань: 2 теоретичних питання та 1 задача.
 Підсумкова оцінка за шостий семестр $100=25+25+10+40$.

Критерії оцінювання на іспиті

Завдання	Види завдань	Максимальний відсоток від 40 балів	Всього відсотків
Завдання 1,2	Теоретичні питання	60%	100%
Завдання 3	Задача	40%	

Запитання для підготовки до іспиту

1. Основні поняття, що характеризують будову та функціонування систем.
2. Принципи системного підходу
3. Означення та представлення динамічних систем. . Класифікація динамічних систем за Р.Калманом
4. Структурні властивості лінійних динамічних систем
5. Канонічна декомпозиція лінійних динамічних систем
6. Математичні моделі типових з'єднань лінійних динамічних систем
7. Апроксимація нелінійних динамічних систем.
8. Оптимізація у системах з ієрархічною структурою. Приклади ієрархічних систем керування.
9. Синтез систем сумісного оцінювання та керування
10. Побудова спостерігачів стану повного та низького порядків.
11. Алгоритми Б. Ху пошуку лінійної моделі найменшої розмірності.
12. Предметна область системного аналізу.
13. Етапи розвитку системного аналізу.
14. Об'єкти системного аналізу: матеріальні та абстрактні.
15. Фундаментальні властивості та принципи системної методології.
16. Поняття системної задачі.
17. Клас задач та процедур системного аналізу.
18. Поняття складності системної задачі.
19. Спектри складності.
20. Трансчислювальна складність. Принципи подолання та прийоми розв'язання задач трансчислювальної складності.
21. Формалізованість задач системного аналізу.
22. Характеристика рівнів задач, які розв'язуються під час дослідження складних формалізованих систем.
23. Аналіз та синтез у системних дослідженнях.
24. Декомпозиція та агрегування.
25. Послідовність етапів системного аналізу за Ю.І.Черняком та В.А.Губановим.
26. Задачі та методи розкриття невизначеності цілей.
27. Розкриття ситуаційної невизначеності.
28. Розкриття невизначеностей у задачах взаємодії та конфлікту стратегій.
29. Задачі та методи розкриття системної невизначеності.
30. Метод аналізу ієрархій.
31. Експертне оцінювання пріоритетів.
32. Алгоритми обчислення локальних та глобальних ваг матриць попарних порівнянь.
33. Алгоритми автоматичного підвищення узгодженості матриці попарних порівнянь.
34. Класи задач, які розв'язуються із застосуванням методів аналізу ієрархій.
35. Модифіковані методи аналізу ієрархій.

36. Підвищення узгодженості точкових оцінок експертів.
37. Методи отримання групового рішення у модифікованому методі аналізу ієрархій.
38. Реверс рангів у модифікованому методі аналізу ієрархій.
39. Модифіковані методи аналізу ієрархій обробки нечітких експертних оцінок. Постановка задачі.
40. Загальне розв'язання задач обробки нечітких експертних оцінок.
41. Алгоритм модифікованого методу аналізу ієрархій обробки нечітких експертних оцінок.
42. Методи обчислення інтервальних локальних та глобальних ваг із інтервальних матриць попарних порівнянь.
43. Інтервальний спектральний коефіцієнт узгодженості.
44. Ранжування нечітких ваг.
45. Показники ступеня довіри до отриманого ранжування.
46. Пошук раціонального компромісу у задачах розкриття концептуальної невизначеності.
47. Формування функцій наближення у вигляді ієрархічної багаторівневої системи моделей.
48. Інформаційний аналіз системних задач. Аналіз кількісних та якісних характеристик інформації.
49. Формалізація характеристик та показників інформованості особи, що приймає рішення.
50. Інтегральний показник інформованості особи, що приймає рішення.
51. Системний аналіз багатofакторних ризиків.
52. Декомпозиція загальної задачі аналізу багатofакторних ризиків у послідовність системно узгоджених задач.
53. Основи стратегії гарантованої безпеки.
54. Системна методологія передбачення та прогнозування.
55. Загальна процедура експертного оцінювання у задачах передбачення.
56. Сценарний аналіз як методологічна основа передбачення.
57. Технологічне передбачення в інноваційній діяльності.
58. Глобальне моделювання процесів стійкого розвитку в контексті якості та безпеки життя людей.
59. Методологія оцінювання стійкого розвитку.
60. Математичне моделювання процесів стійкого розвитку.
61. Взаємозв'язок великих економічних циклів і системних світових конфліктів.

Студент допускається до складання іспиту, якщо кількість набраних ним балів за семестр становить не менше 36 балів. Студент допускається до іспиту за умови здачі 60% передбачених планом лабораторних робіт.

Для отримання загальної позитивної оцінки з дисципліни оцінка за іспит не може бути меншою за 24 бали.

Іспит вважається не зданим, якщо сумарна кількість балів з дисципліни складає менше 60 балів.

7.2 Організація оцінювання:

Терміни проведення форм оцінювання у 5 семестрі:

1. Контрольна робота 1: до 7 тижня семестру.
2. Контрольна робота 2: до 13 тижня семестру.
3. Лабораторна робота 1: до 6 тижня семестру.
4. Лабораторна робота 2: до 9 тижня семестру.
5. Лабораторна робота 3: до 11 тижня семестру.
6. Лабораторна робота 4: до 13 тижня семестру.

Терміни проведення форм оцінювання у 6 семестрі:

1. Контрольна робота 1: до 7 тижня семестру.
2. Контрольна робота 2: до 13 тижня семестру.
3. Лабораторна робота 5: до 7 тижня семестру.

4. Лабораторна робота 6: до 10 тижня семестру.

5. Лабораторна робота 7: до 13 тижня семестру.

Студент має право на одне перескладання кожної контрольної роботи із можливістю отримання максимально 80% початково визначених за цю контрольну роботу балів. Термін перескладання визначається викладачем.

У разі неякісного виконання лабораторної роботи чи самостійної роботи викладач має право не зарахувати цю роботу або знизити за неї бали.

У випадку відсутності студента з поважних причин відпрацювання та перездачі контрольних робіт здійснюються у відповідності до «Положення про організацію освітнього процесу».

7.3 Шкала відповідності оцінок

Відмінно / Excellent	90-100
Добре / Good	75-89
Задовільно / Satisfactory	60-74
Незадовільно / Fail	0-59
Зараховано / Passed	60-100
Не зараховано / Fail	0-59

8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план занять

№ п/п	Номер і назва теми	Кількість годин		
		лекції	Лабораторні заняття	Самостійна робота
Частина 1. Системи та моделювання. Динамічні та ієрархічні системи				
1	Тема 1. Вступ. Основні поняття, що характеризують будову та функціонування систем <i>Самостійна робота.</i> Системний аналіз як універсальна наукова методологія. Виконання лабораторної роботи №1.	2		3
2	Тема 2. Основні закономірності систем. Класифікація систем. Принципи системного підходу <i>Самостійна робота.</i> Соціальний світ у дискурсі системного аналізу. Соціальний організм у контексті розвитку планетарної спільноти. Виконання лабораторної роботи №1.	2	2	3
3	Тема 3. Системи та моделювання <i>Самостійна робота.</i> Основні етапи побудови математичної моделі системи. Оцінка адекватності моделі. Виконання лабораторної роботи №1.	2		3
4	Тема 4. Означення та представлення динамічних систем <i>Самостійна робота.</i> Основи моделювання систем. Математичне та комп'ютерне моделювання. Виконання лабораторної роботи №1.	2		3
5	Тема 5. Основні проблеми теорії систем. Класифікація динамічних систем за Р.Калманом <i>Самостійна робота.</i> Сталий розвиток суспільства як об'єкт системного аналізу. Виконання лабораторної роботи №1.	2	2	3
6	Тема 6. Структурні властивості лінійних динамічних систем <i>Самостійна робота.</i> Приклади постановок задач багатокритеріальної оптимізації. Виконання лабораторної	2		3

	роботи №1.			
7	Тема 7. Перетворення Лапласа. Передавальна матриця у лінійних динамічних системах <i>Самостійна робота.</i> Основні властивості і особливості складних ієрархічних систем. Загальна стратегія розв'язування задачі структурно-функціонального аналізу. Виконання лабораторної роботи №2.	2		3
8	Тема 8. Канонічна декомпозиція лінійних динамічних систем <i>Самостійна робота.</i> Аналіз та класифікація задач системного керування складними об'єктами. Виконання лабораторної роботи №2.	2	2	3
9	Тема 9. Математичні моделі типових з'єднань лінійних динамічних систем <i>Самостійна робота.</i> Інформація та самоорганізація систем. Інформаційна синергетика. Виконання лабораторної роботи №2.	2		3
10	Тема 10. Апроксимація нелінійних динамічних систем <i>Самостійна робота.</i> Таблиці рішень. Аналіз та моделювання систем за допомогою мереж Петрі. Виконання лабораторної роботи №2.	2		4
11	Тема 11. Алгоритми Б. Ху пошуку лінійної моделі найменшої розмірності <i>Самостійна робота.</i> Основи прийняття рішень та ситуаційне моделювання. Виконання лабораторної роботи №2.	2		3
	<i>Контрольна робота 1</i>		2	
	Всього за частиною 1	22	8	34
Частина 2. Аналіз та синтез у системних дослідженнях				
12	Тема 12. Оптимізація у системах з ієрархічною структурою Приклади ієрархічних систем керування <i>Самостійна робота.</i> Застосування системного аналізу при створенні інформаційних систем. Виконання лабораторної роботи №3.	2		3
13	Тема 13. Предметна область системного аналізу. Етапи розвитку системного аналізу. Об'єкти системного аналізу: матеріальні та абстрактні <i>Самостійна робота.</i> Системне планування. Стратегія, тактика та аналіз дій. Методи знаходження бажаних сценаріїв. Виконання лабораторної роботи №3.	2		3
14	Тема 14. Фундаментальні властивості та принципи системної методології. Поняття системної задачі. Клас задач та процедур системного аналізу <i>Самостійна робота.</i> Еволюційне моделювання та генетичні алгоритми. Виконання лабораторної роботи №3.	2	2	3
15	Тема 15. Поняття складності системної задачі. Спектри складності. Трансобчислювальна складність. Принципи подолання та прийоми розв'язання задач трансобчислювальної складності <i>Самостійна робота.</i> Розпізнавання ситуацій в умовах нечіткої інформації. Виконання лабораторної роботи №3.	2		3
16	Тема 16. Формалізованість задач системного аналізу. Характеристика рівнів задач, які розв'язуються під час дослідження складних формалізованих систем <i>Самостійна робота.</i> Методи дерева цілей, функціонального аналізу та формування експертних висновків. Виконання лабораторної роботи №3.	2		3
17	Тема 17. Аналіз та синтез у системних дослідженнях. Декомпозиція та агрегування. Послідовність етапів	2		3

	системного аналізу за Ю.І.Черняком та В.А.Губановим <i>Самостійна робота.</i> Аналіз систем за допомогою когнітивних карт. Таблиці рішень. Виконання лабораторної роботи №3.			
18	Тема 18. Задачі та методи розкриття невизначеності цілей. Розкриття ситуаційної невизначеності <i>Самостійна робота.</i> Приклади задач розпізнавання критичних та катастрофічних ситуацій при зміні характеристик інформованості особи, що приймає рішення. Виконання лабораторної роботи №4.	2	2	3
19	Тема 19. Розкриття невизначеностей у задачах взаємодії та конфлікту стратегій. Задачі та методи розкриття системної невизначеності <i>Самостійна робота.</i> Багатокритеріальне групове оцінювання інноваційних об'єктів із застосуванням нечітких оцінок експертів. Виконання лабораторної роботи №4.	2		3
20	Тема 20. Синтез систем сумісного оцінювання та керування <i>Самостійна робота.</i> Експертні та людино-машинні методи вибору. Відбір та формування елітних груп. Виконання лабораторної роботи №4.	2		3
21	Тема 21. Побудова спостерігачів стану повного та низького порядків <i>Самостійна робота.</i> Аналіз та класифікація задач системного керування складними об'єктами. Виконання лабораторної роботи №4.	2		3
	<i>Контрольна робота 2</i>		2	
	Всього за частиною 2	20	6	30
Частина 3. Методи аналізу ієрархій. Системна методологія передбачення та прогнозування				
22	Тема 22. Методи аналізу ієрархій. Експертне оцінювання пріоритетів. Класи задач, які розв'язуються із застосуванням методів аналізу ієрархій <i>Самостійна робота.</i> Приклад використання методу аналізу ієрархій для аналізу та розв'язування екологічних проблем міста. Модель впровадження результатів системного аналізу. Виконання лабораторної роботи №5.	2	2	5
23	Тема 23. Модифіковані методи аналізу ієрархій. Підвищення узгодженості точкових оцінок експертів. Реверс рангів у модифікованому методі аналізу ієрархій. Модифіковані методи аналізу ієрархій обробки нечітких експертних оцінок. Алгоритм модифікованого методу аналізу ієрархій обробки нечітких експертних оцінок. Методи обчислення інтервальних локальних та глобальних ваг із інтервальних матриць попарних порівнянь <i>Самостійна робота.</i> Приклади розв'язання практичних задач із використанням модифікованих методів аналізу ієрархій. Виконання лабораторної роботи №5.	2		4
24	Тема 24. Пошук раціонального компромісу у задачах розкриття концептуальної невизначеності. Формування функцій наближення у вигляді ієрархічної багаторівневої системи моделей <i>Самостійна робота.</i> Приклади відновлення функціональних залежностей по дискретній виборці Виконання лабораторної роботи №5.	2	2	5
25	Тема 25. Інформаційний аналіз системних задач. Формалізація характеристик та показників інформованості особи, що приймає рішення <i>Самостійна робота.</i> Класифікація методів отримання	2	2	4

	інформації. Пасивні та активні методи отримання інформації. Виконання лабораторної роботи №6.			
26	Тема 26. Системний аналіз багатфакторних ризиків. Основи стратегії гарантованої безпеки <i>Самостійна робота.</i> Приклади розв'язування задачі системного аналізу багатфакторних ризиків. Виконання лабораторної роботи №6.	2	2	5
27	Тема 27. Системна методологія передбачення та прогнозування. Сценарний аналіз <i>Самостійна робота.</i> Приклади розв'язування практичних задач на основі методології технологічного передбачення. Виконання лабораторної роботи №7.	2	2	4
28	Тема 28. Глобальне моделювання процесів стійкого розвитку в контексті якості та безпеки життя людей. Методологія оцінювання стійкого розвитку. Взаємозв'язок великих економічних циклів і системних світових конфліктів <i>Самостійна робота.</i> Проблеми розвитку та зростання. Глобальні проблеми людства. Екологія та розвиток людства. Виконання лабораторної роботи №7.	2	2	5
	<i>Контрольна робота 3</i>		2	
	Всього за частиною 3	14	14	32
	ВСЬОГО	56	28	96

Загальний обсяг – 180 год., в тому числі:

Лекцій - 56 год.

Лабораторні заняття - 28 год.

Самостійна робота - 96 год.

Назви лабораторних робіт та детальні умови їх виконання

Лабораторна робота №1. Чисельні методи дослідження перехідних процесів у лінійних стаціонарних системах [8].

Лабораторна робота №2. Дослідження впливу зворотного зв'язку на динамічні властивості лінійної стаціонарної системи [8].

Лабораторна робота №3. Програмне керування і перехідний процес переводу лінійної системи із довільного стану в заданий [8].

Лабораторна робота №4. Дослідження стійкості лінійної неперервної стаціонарної системи [8].

Лабораторна робота №5. Синтез лінійних систем сумісного оцінювання і керування [8].

Лабораторна робота №6. Метод аналізу ієрархій багатокритеріального прийняття рішень [10].

Лабораторна робота №7. Розв'язання задач передбачення для багатокритеріального оцінювання інноваційних об'єктів [1, 2].

РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА

Основні:

1. Панкратова Н.Д. Системний аналіз. Теорія. Застосування, Підручник. – К.: Наукова думка, 2018. – 346с.
2. Швець С.В. Основи системного аналізу: Навч. посібник. – Суми: Сумський держ. університет, 2017. – 126 с.
3. Прокопенко Т.О. Теорія систем і системний аналіз: Навч. посібник [Електр. ресурс] . – Черкаси, ЧДТУ, 2019. – 139 с. – Назва з титульного екрана.
er.cdtu.edu.ua/bitstream/ChSTU/986/1/TCICA_НП_Прокопенко.pdf
4. Згуровський М.З., Панкратова Н.Д. Основи системного аналізу, Підручник. –К.: Видав. Група ВНУ, 2007. – 544с.
5. Катренко А.В. Системний аналіз, Підручник, Львів: Новий світ-2000, 2011. –396с.
6. Системний аналіз сталого розвитку: навч. посібник. – К.: «МП Леся», 2015. – 512с.
7. Пономаренко О.І., Пономаренко В.О. Системні методи в економіці, менеджменті та бізнесі, Навч. посібник. – К.: Либідь, 1995. – 239с.
8. Бакан Г.М., Волошин О.Ф., Зінько П.М. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт з курсу «Теорія систем». – К.: РВЦ «Київський університет», 1997. – 38с.
9. Панкратова Н.Д., Недашківська Н.І. Моделі і методи аналізу ієрархій. Теорія. Застосування, Навч. посібник. – К.: НТУУ «КПІ», 2010. – 372с.

Додаткові:

10. Чорней Н.Б., Чорней Р.К. Теорія систем і системний аналіз, Навч. посібник. – К.: МАУП, 2005. – 256с.
11. Стопакевич О.А. Теорія систем і системний аналіз. - К.: ІСДО, 1996. – 200 с.
12. Бейко І.В., Зінько П.М., Наконечний О.Г. Задачі, методи та алгоритми оптимізації: навч. посіб. 2- ге вид., перероб. – К. : ВПЦ "Київський університет", 2012. - 799 с.