

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА  
ФАКУЛЬТЕТ КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК ТА КІБЕРНЕТИКИ  
Кафедра прикладної статистики**

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**

Заступник декана  
з навчальної роботи

\_\_\_\_\_ Людмила ОМЕЛЬЧУК

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
ПРОБЛЕМИ КРИПТОГРАФІЇ, ОПТИМІЗАЦІЇ ТА АНАЛІЗУ РИЗИКІВ.**

**МОДУЛЬ 2.ДЕКОМПОЗИЦІЙНІ МЕТОДИ  
ДИСКРЕТНОЇОПТИМІЗАЦІЇ  
для студентів**

галузь знань           **12 «Інформаційні технології»**  
спеціальність       **124 «Системний аналіз»**

освітній рівень       **бакалавр**  
освітня програма   **«Системний аналіз»**  
вид дисципліни      **за вибором**

Форма навчання	<b>денна</b>
Навчальний рік	<b>2024/2025</b>
Семестр	<b>7</b>
Кількість кредитів ECTS	<b>2,5</b>
Мова викладання, навчання та оцінювання	<b>українська</b>
Форма заключного контролю	<b>залік</b>

Викладачі: **професор Семенова Наталія Володимирівна, д.ф.-м.н.**

Пролонговано: на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» 20\_\_ р.  
(підпис, ПІБ, дата)

на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» 20\_\_ р.  
(підпис, ПІБ, дата)

**КИЇВ – 2025**

Розробник: **Семенова Наталія Володимирівна**, д.ф.-м.н., професор кафедри прикладної статистики

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри Прикладної Статистики

\_\_\_\_\_ (Ірина РОЗОРА)

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. Метою дисципліни** є формування теоретичних знань та практичних навичок з аналізу та розробки декомпозиційних методів дискретної оптимізації та їхнього застосування для прийняття оптимальних рішень у різних сферах людської діяльності: наукових дослідженнях, виробництві, економіці, техніці, медицині та бізнесі.

**2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни (за наявності):**

1. *Знати:* матеріал стандартних університетських курсів математичного аналізу, лінійної алгебри, дослідження операцій та теорії прийняття рішень, теорії імовірності, теорії графів, дискретної оптимізації з використанням сучасних обчислювальних ресурсів; програмувати на одній з актуальних мов програмування.

2. *Вміти:* розробляти, аналізувати та застосовувати алгоритми декомпозиції для розв'язання завдань та прикладних задач, реалізовувати алгоритми на програмувати на одній з сучасних мов програмування.

**3. Анотація навчальної дисципліни:** Дисципліна “Проблеми криптографії, оптимізації та аналізу ризиків” належить до переліку дисциплін вибору за блоками. Предметом вивчення модулю 2 “Декомпозиційні методи дискретної оптимізації” навчальної дисципліни є актуальні проблеми дискретної оптимізації, що стосуються основних принципів розробки математичних методів декомпозиції розв'язання складних задач дискретної оптимізації. Вона забезпечує ознайомлення, поглиблення та удосконалення знань, які є елементом фундаментальної математичної підготовки студентів, і які можуть бути використані при практичному застосуванні моделей і методів дискретної оптимізації при розв'язуванні складних задач оптимального проектування, управління функціонуванням економічних та технічних об'єктів і систем, а також при виконанні наукових проєктів. Студент, що опанував курс, має самостійно використовувати вивчені методи для математичного моделювання процесів та явищ різної природи на сучасних комп'ютерних системах.

Викладається у 7-му семестрі, обсяг 29 год. (2,5 кредит ECTS), з них лекції – 28 год., консультацій – 1, самостійна робота – 45 год. Передбачено 2 змістовна частина та залік.

В результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен:

**Знати** основні означення, основні поняття декомпозиції як наукового методу, правил декомпозиції, ієрархічної структури, глибини декомпозиції, точні та наближені методи декомпозиції.

**Вміти** розробляти та застосовувати на практиці декомпозиційні методи розв'язання складних задач дискретної оптимізації, що мають велику розмірність, обґрунтовувати власний погляд на оптимізаційну задачу, спілкуватися з колегами з питань розробки та використання методів та алгоритмів декомпозиції.

**4. Завдання (навчальні цілі):** набуття знань, умінь та навичок (компетенцій) на рівні новітніх досягнень у розробці методів оптимізації, відповідно до кваліфікації фахівця з системного аналізу. Зокрема, розвивати:

- **СК2.** Здатність формалізувати проблеми, описані природною мовою, у тому числі за допомогою математичних методів, застосовувати загальні підходи до математичного моделювання конкретних процесів
- **СК8.** Здатність організувати роботу з аналізу та проектування складних систем, створення відповідних інформаційних технологій та програмного забезпечення.
- **СК13.2.** Здатність проводити аналітично обґрунтоване планування експериментів і спостережень, здійснювати статистичний аналіз отриманих результатів та коректно їх інтерпретувати.

## 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 навчання	Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			Код
РН 1.1	Знати історію становлення та розвитку дискретної оптимізації; основні концепції дискретної оптимізації.	Лекція	Контрольна робота 1 (60% правильних відповідей), екзамен, активна робота на лекції, усні відповіді	20%
РН 1.2	Знати сучасні тенденції розвитку, наукові і прикладні досягнення дискретної оптимізації.	Лекція, практичне заняття		
РН 1.3	Знати сучасні підходи, методи оптимізації, комп'ютерні технології та засоби розв'язання актуальних наукових проблем дискретної оптимізації.	Лекція		30%
РН 1.4	Знати теоретичні методи дослідження складності та швидкості обчислювальних алгоритмів.	Самостійна робота		
РН 2.1	Вміти з нових дослідницьких позицій формулювати загальну методологічну базу власного наукового дослідження, усвідомлювати його актуальність, мету і значення для розвитку дискретної оптимізації.	Самостійна робота	виконання завдань, винесених на самостійну роботу	10%
РН 2.2	Вміти розробляти та застосовувати методи дискретної оптимізації для математичного моделювання та оптимізації науково-технічних, економічних, екологічних та соціальних процесів і систем.	Лекція, практичне заняття	Контрольна робота 2, екзамен, активна робота на лекції, усні відповіді	20%
РН 2.3	Вміти аналізувати та розв'язувати практичні задачі дискретної оптимізації, обирати найефективніші методи їхнього дослідження та розв'язання.	Лекція, самостійна робота	виконання завдань, винесених на самостійну роботу	20%

## 6 Співвідношення результатів навчання дисципліни з програмними результатами навчання

Результати навчання дисципліни	Програмні результати навчання						
	РН.1.1	РН.1.2	РН.1.3	РН.1.4	РН.2.1	РН.2.2	РН.2.3
<i>(з опису освітньої програми)</i>							
<b>ПРО1.</b> 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.	+	+	+	+			
<b>ПРО5.</b> Знати основні положення теорії метричних просторів, лебегівської теорії міри та інтеграла, теорії обмежених	+	+	+				

лінійних операторів в банахових та гільбертових просторах, застосовувати техніку і методи функціонального аналізу для розв'язання задач керування складними процесами в умовах невизначеності.							
<b>ПРНСАПР2.</b> Вміти розробляти алгоритмічне забезпечення для систем підтримки прийняття рішень та розв'язання задач системного аналізу.				+	+	+	+
<b>ПРНСАПР3.</b> Вміти проектувати, реалізовувати, тестувати, впроваджувати, супроводжувати та експлуатувати програмне забезпечення комп'ютерних систем і мереж обробки даних і знань.				+	+	+	+

## 7. Схема формування оцінки.

### 7.1 Форми оцінювання студентів:

#### - семестрове оцінювання:

Максимальна кількість балів які можуть бути отримані студентом: 100/60 балів.

1. Контрольна робота1: РН 1.1., РН 1.2 20/10 балів.

2. Контрольна робота2: РН1.3 - 30/20 балів.

3. Поточне оцінювання :РН.1.4, РН.2.1 РН.2.2, РН.2.3 - 10/6 балів

#### - підсумкове оцінювання (у формі заліку):

Залікові бали визначаються як сума оцінок/балів за всіма успішно оціненими результатами навчання передбачених даною програмою. - Оцінки нижче від мінімального порогового рівня не додаються. - Мінімальний пороговий рівень для сумарної оцінки за всіма компонентами становить 60% від максимально можливої кількості балів.

## Запитання до заліку

### Контрольні запитання до частини I

1. Класифікація задач дискретної оптимізації.
2. Прикладні задачі, що описуються моделями з цілочисловими та неперервними змінними. Приклади дискретних моделей.
3. Частково цілочислові задачі.
4. Підхід Данцига і Вулфа.
5. Підхід Корнаї-Ліптака.
6. Метод генерування стовпців.
7. Метод розділення обмежень.
8. Метод розділення та закріплення змінних.
9. Прийоми, засновані на теорії двоїстості, агрегування змінних.
10. Схема послідовного аналізу варіантів.
11. Декомпозиція в нелінійному програмуванні.
12. Розбиття і релаксаційні процедури.
13. Алгоритм Розена.
14. Процедури розбиття в нелінійному програмуванні.
15. Опис методу декомпозиції Бендерса для частково цілочислових задач.
16. Лема Фаркаша.
17. Обґрунтування алгоритму Бендерса, теореми, леми. Скінченна збіжність. Верхня та нижня границі.
18. Наближене розв'язання задач за методом Бендерса. Декомпозиційний алгоритм методу Бендерса для розв'язання задач з блочно-діагональними матрицями умов.
19. Взаємна двоїстість алгоритму Бендерса і принципу декомпозиції Данцига-Вулфа.
20. Верхня та нижня оцінки для оптимального розв'язку задач частково цілочислового програмування з булевими змінними. Найсильніші обмеження для відтинань.

### Контрольні запитання до частини II

1. Класична постановка задачі дискретної оптимізації.
2. Неточно задані дані. Множини можливих значень вхідних даних задачі. Математичні постановки задач з неоднозначно заданими даними.
3. Різні класи задач за умов невизначеності та керованості вхідних даних, взаємозв'язок між ними.

4. Математичні постановки різних задач, що виникають і розв'язуються за умов невизначеності.
5. Підходи та стратегії до розв'язання задач цілочислової оптимізації з неточно заданими коефіцієнтами цільової функції.
6. Змістовний опис та математичні постановки оптимістичної та песимістичної стратегій розв'язання задач з даними, заданими множинами можливих значень.
7. Алгоритми розв'язання задач цілочислової оптимізації з неточно заданими коефіцієнтами цільової функції за песимістичною стратегією.
8. Наближений алгоритм.
9. Точний та наближений алгоритми розв'язання задач цілочислової оптимізації з неоднозначно заданими коефіцієнтами цільової функції за оптимістичною стратегією.
10. Задачі дискретної оптимізації з керованими даними. Підходи до розв'язання
11. Задачі цілочислової оптимізації з неоднозначно заданими даними, їхні властивості.
12. Обґрунтування декомпозиційного методу розв'язання задач цілочислової оптимізації з неоднозначно заданими даними. Теореми, що обґрунтовують метод.
13. Постановки задач, їх властивості. Опис та обґрунтування алгоритмів знаходження їх точних та наближених розв'язків.

## 7.2 Організація оцінювання:

### Терміни проведення форм оцінювання:

1. Контрольна робота: до 7 тижня семестру.
2. Контрольна робота: до 13 тижня семестру.

Студент має право на одне перескладання контрольної роботи із можливістю отримання максимально 8 балів за кожен раз. Термін перескладання визначається викладачем.

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

## 8. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ. ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ

№	Назва лекції	Кількість годин		
		Лекції	Практичні	Самостійна робота
<b>Частина 1. Методи декомпозиції розв'язання задач частково цілочислової оптимізації</b>				
1	<b>Тема 1.</b> Задачі дискретної та частково дискретної оптимізації великої розмірності. Моделі з цілочисловими та неперервними змінними. Огляд та загальна характеристика декомпозиційних підходів до розв'язання оптимізаційних задач великої розмірності. <i>Самостійна робота:</i> Побудова моделей змішано цілочислової оптимізації. Розміщення центрів обслуговування. Частково цілочислові задачі і проблема розміщення. Задача проектування телекомунікаційних мереж. Задача оптимізації	4		4

	роботи гібридного автомобіля.			
2	<b>Тема 2.</b> Процедури декомпозиції в нелінійному програмуванні. Алгоритм розбиття Розена. <i>Самостійна робота:</i> Приклад застосування алгоритму розбиття Розена.	2		2
3	<b>Тема 3.</b> Двоїстість і декомпозиція в математичному програмуванні. Сідлові точки функцій Лагранжа. Основні теореми. Теорема Еверетта. <i>Самостійна робота:</i> Застосування до задач лінійної цілочислової оптимізації.	2		4
4	<b>Тема 4.</b> Наближений алгоритм. Застосування методу до розв'язання задач з блочно-діагональними матрицями умов. <i>Самостійна робота:</i> Розв'язати числовий приклад за наближеним алгоритмом.	2		4
5	<b>Тема 5.</b> Сурогатні обмеження та ефективність оцінок в методі декомпозиції Бендерса для задач частково цілочислового програмування з булевими змінними.	1		3
	<i>Контрольна робота</i>	1		
<b>Частина 2. Задачі дискретної оптимізації за умов неоднозначно заданих даних</b>				
6	<b>Тема 6.</b> Неточно задані та узагальнені задачі дискретної оптимізації. Оптимістична та песимістична стратегії розв'язання задач цілочислової оптимізації з даними, заданими множинами можливих значень. <i>Самостійна робота:</i>	2		4
7	<b>Тема 7.</b> Декомпозиційний метод розв'язання задач цілочислової оптимізації з неоднозначно заданими даними. <i>Самостійна робота:</i> Розв'язати числовий приклад задачі цілочислової оптимізації, дані якої задаються множинами їх можливих значень.	2		4
8	<b>Тема 8.</b> Задачі цілочислової оптимізації з керованими та невизначеними даними. Методи знаходження їх точних та наближених розв'язків.	2		4
9	<b>Тема 9.</b> Бікритеріальна задача стохастичної оптимізації. Декомпозиційний метод її розв'язання.	2		4
10	<b>Тема 10.</b> Векторна задача цілочислової лінійної оптимізації. Основні означення та загальні результати. Методи знаходження ефективних розв'язків. Метод Клейна – Ханнана. Метод Вільярелла – Кервана.	2		4
11	<b>Тема 11.</b> Деякі оцінки для задач цілочислового лінійного програмування. Розміри розв'язків. Відстані між оптимальними розв'язками. Оцінки відхилення наближених розв'язків від оптимальних в деяких задачах дискретної оптимізації.	2		4
12	<b>Тема 12.</b> Багатокритерійне лінійне програмування з булевими змінними. Алгоритм Дескро– Вінковскі. Алгоритм Кізілтана – Юкогли. Алгоритм Бітрана.	2		2
13	<b>Тема 13.</b> Розробка високоефективних інформаційних технологій розв'язання дискретних	1		2

	оптимізаційних задач.			
	<i>Контрольна робота</i>	1		
ВСЬОГО		28		14

**Загальний обсяг 29 годин**, в тому числі:

Лекцій – **28 год.**

Консультацій – **1 год.**

Самостійна робота – **45 год.**

## 9. Рекомендовані джерела:

### *Основні:*

1. Сергієнко І.В. Інформатика в Україні: становлення, розвиток проблеми. К.: Наук. думка, 1999. 354 с.
2. Shylo V. P., Glover F., Sergienko I. V. Teams of global equilibrium search algorithms for solving the weighted maximum cut problem in parallel. *Кибернетика и системный анализ*. 2015. Т. 51, N 1. P. 20. – 29.
3. Семенова Н.В., Колечкіна Л.М. Векторні задачі дискретної оптимізації на комбінаторних множинах: методи дослідження та розв’язання. Київ: Наук. думка, 2009. 266 с.
4. Сергієнко І.В., Шило В.П., Рощин В.О. Дискретна оптимізація. Алгоритми та їхнє ефективне використання. Київ: Наукова думка, 2020. 144 с.
5. Shylo V. P., Glover F., Sergienko I. V. Teams of global equilibrium search algorithms for solving the weighted maximum cut problem in parallel. *Кибернетика и системный анализ*. 2015. Т. 51, N 1. P. 20. – 29.

### *Додаткові*

6. Montemanni R, Gambardella LM. An exact algorithm for the robust shortest path problem with interval data. *Computers and Operations Research*. 2004. **31**, N10. P. 1667–1680