

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Центральноукраїнський державний університет імені Володимира Винниченка

Факультет математики, природничих наук та технологій
Кафедра математики та цифрових технологій

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
В.о. завідувача кафедри

 Трифонова О.М.

«1» вересня 2023 року



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ОК 2 Стохастичне програмування

Рівень вищої освіти: другий (магістерський)

Галузь знань: 11 Математика та статистика

Спеціальність: 112 Статистика

Освітня програма: Статистика (Фінансова, страхова та комп'ютерна статистика)

Форма навчання: денна

2023 – 2024 навчальний рік

Робоча програма навчальної дисципліни Стохастичне програмування розроблена на основі освітньо-професійної програми Статистика (Фінансова, страхова та комп'ютерна статистика), навчального плану підготовки здобувачів вищої освіти освітнього ступеня магістр за спеціальністю 112 Статистика

Розробник: Луньова Марія Валентинівна, старший викладач кафедри математики та цифрових технологій, доктор філософії з прикладної математики

Робочу програму обговорено та схвалено на засіданні кафедри математики та цифрових технологій

Протокол від «1» вересня 2023 року № 1

В.о. завідувача кафедри



д.пед.н., доцент Трифонова О.М.

Робоча програма навчальної дисципліни **Стохастичне програмування** для студентів спеціальності 112 Статистика за другим (магістерським) рівнем вищої освіти. – ЦДУ імені В. Винниченка, 2023.

© Луньова М.В., 2023 рік

© ЦДУ імені В.Винниченка, 2023 рік

1. ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

1.1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 6,5	Галузь знань <u>11 Математика та статистика</u> (шифр і назва)	Нормативна	
Індивідуальне навчально-дослідне завдання _____ (назва)	Спеціальність: <u>112 Статистика</u> (шифр і назва)	Рік підготовки	
		1-й	-й
Загальна кількість годин – 195		Семестр	
		1, 2-й	-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3 самостійної роботи студента – 3	Освітня програма: <u>Статистика (Фінансова, страхова та комп'ютерна статистика)</u> (шифр і назва)	42 год.	год.
		Практичні, семінарські	
		42 год.	год.
		Лабораторні	
	Рівень вищої освіти: <u>другий (магістерський)</u>	год.	год.
		Самостійна робота	
		111 год.	год.
		Індивідуальні завдання:	
		год.	
		Вид контролю:	
Залік, Екзамен			

1.2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою викладання дисципліни є висвітлення сучасного математичного апарату теорії ймовірностей, математичної статистики та випадкових функцій, який повинен бути достатнім для опрацювання математичних моделей стохастичних явищ та процесів за результатами спостережень при розв'язанні професійних завдань.

Завданнями вивчення навчальної дисципліни є:

- оволодіння необхідними теоретичними знаннями з теорії ймовірностей та математичної статистики та основними принципами їх застосування в системі дисциплін за спеціальністю 112 Статистика.

- оволодіння знаннями та навичками, потрібними для теоретико-ймовірнісного аналізу та статистичного моделювання випадкових явищ та процесів, що виникають в суспільному житті та природі;

- прищеплення первинних навичок математичного дослідження задач дослідження стохастичних явищ та процесів за результатами спостережень;

- вироблення вміння самостійно використовувати при розв'язанні теоретико-ймовірнісних задач та при обробці статистичних даних необхідні методи і спеціальну літературу.

У результаті вивчення навчальної дисципліни у студента мають бути сформовані такі *компетентності*:

загальні	фахові
<p>ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.</p> <p>ЗК3. Здатність проведення теоретичних та прикладних досліджень на відповідному рівні.</p> <p>ЗК6. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.</p>	<p>ФК1. Здатність аналізувати предметні області, формувати, аналізувати та моделювати процеси їх функціонування.</p> <p>ФК2. Знання на рівні новітніх досягнень, необхідні для дослідницької та/або інноваційної діяльності у сферах статистики та інформаційних технологій з їх практичними застосуваннями.</p> <p>ФК5 Спроможність розробляти ймовірнісно-статистичні моделі ситуацій з реального світу та переносити математичні знання у нематематичні контексти.</p> <p>ФК13. Володіння знаннями та здатність ініціювати й проводити наукові статистичні дослідження у спеціалізованих сферах застосувань.</p>

1.3. Очікувані програмні результати навчання:

ПРН1. Знання методології аналізу та моделювання прикладної предметної області, виявлення інформаційних потреб і збору вихідних даних для статистичного дослідження процесів її функціонування.

ПРН3. Знання типових математичних моделей для дослідження стохастичних явищ та процесів за результатами спостережень при розв'язанні професійних завдань.

ПРН4. Знання методів моделювання природничих та соціальних процесів.

ПРН9. Уміти використовувати фундаментальні математичні закономірності у професійній діяльності.

ПРН12. Застосовувати методології обґрунтованого вибору парадигм і спеціалізоване програмне забезпечення для вирішення прикладних статистичних завдань.

ПРН14. Застосовувати нові підходи для вироблення стратегії прийняття рішень у складних непередбачуваних умовах.

2. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Розділ 1. Одноетапні задачі стохастичного програмування

Тема 1 Постановка задач стохастичного програмування.

Постановки задач стохастичного програмування. Жорсткі постановки, межі застосування. Ймовірнісні, статистичні та мішані умови обмеження.

Тема 2. Прикладні задачі стохастичного програмування.

Стохастична транспортна задача. Задача фільтрації та прогнозу. Стохастичне керування. Перспективне планування.

Тема 3. Одноетапні задачі стохастичного програмування з розв'язком у вигляді детермінованого вектора.

Задачі з простроченими ймовірнісними обмеженнями. Задачі з ймовірнісними обмеженнями. Задачі з ймовірнісними обмеженнями (загальний випадок). Оцінки нев'язок та моделі стохастичного програмування. Умови опуклості детермінованого еквівалента.

Тема 4. Одноетапні задачі стохастичного програмування з розв'язком у вигляді набору розв'язувальних правил.

Одноетапні стохастичні задачі з лінійними розв'язувальними правилами. Одноетапна М-модель з ймовірнісними обмеженнями. Одноетапна М-модель з кінцевозначними обмеженнями. Одноетапна Р-модель з ймовірнісними обмеженнями. Одноетапна Р-модель зі змішаними умовами. Стохастичний аналог задачі лінійного програмування з двосторонніми обмеженнями. Ітераційні методи розв'язку задачі стохастичного програмування.

Тема 5. Одноетапні задачі стохастичного програмування з розв'язком у вигляді розв'язувального розподілу.

Ігрова постановка задачі стохастичного програмування. Експериментальні задачі та розв'язувальні розподіли. Задачі стохастичного програмування з розв'язувальними розподілами заданого виду.

Розділ 2. Двоетапні задачі стохастичного програмування

Тема 6. Постановка та якісний аналіз двоетапних задач стохастичного програмування.

Область визначення планів першого етапу. Умови розв'язності задачі другого етапу. Еквівалентна детермінована задача. Умова оптимальності плану першого етапу.

Тема 7. Двоетапна задача з випадковим вектором обмежень.

Область визначення задачі. Випадок скінченного числа реалізацій вектора $b(\omega)$. Найпростіша постановка двоетапної задачі. Частковий розподіл вектора $b(\omega)$.

Тема 8. Деякі методи розв'язку двоетапних задач.

Метод узагальнених стохастичних градієнтів. Метод Келлі. Псевдоборотні матриці в двоетапній задачі. Наближені методи.

3. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Назви розділів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усього	у тому числі				
		л	п	лаб.	інд.	СРС
1	2	3	4	5	6	7
Розділ 1. Одноетапні задачі стохастичного програмування						
Тема 1. Постановка задач стохастичного програмування.	18	4	4			10
Тема 2. Прикладні задачі стохастичного програмування.	18	4	4			10
Тема 3. Одноетапні задачі стохастичного програмування з розв'язком у вигляді детермінованого вектора.	18	4	4			10
Тема 4. Одноетапні задачі стохастичного програмування з розв'язком у вигляді набору розв'язувальних правил.	25	6	6			13
Тема 5. Одноетапні задачі стохастичного програмування з розв'язком у вигляді розв'язувального розподілу.	226	6	6			14
Разом за Розділом 1	105	24	24			57
Розділ 2. Двоетапні задачі стохастичного програмування						
Тема 6. Постановка та якісний аналіз двоетапних задач стохастичного програмування.	30	6	6			18
Тема 7. Двоетапна задача з випадковим вектором обмежень.	30	6	6			18
Тема 8. Деякі методи розв'язку двоетапних задач.	30	6	6			18
Разом за Розділом 2	90	18	18			54
Усього годин	195	42	42			111
ІНДЗ						
Усього годин	195	42	42			111

4. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

4.1. Теми лекційних занять

4.1.1 денна форма навчання

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Постановка задач стохастичного програмування.	4
2	Прикладні задачі стохастичного програмування.	4
3	Одноетапні задачі стохастичного програмування з розв'язком у вигляді детермінованого вектора.	4
4	Одноетапні задачі стохастичного програмування з розв'язком у вигляді набору розв'язувальних правил.	6
5	Одноетапні задачі стохастичного програмування з розв'язком у вигляді розв'язувального розподілу.	6
6	Постановка та якісний аналіз двоетапних задач стохастичного програмування.	6
7	Двоетапна задача з випадковим вектором обмежень.	6
8	Деякі методи розв'язку двоетапних задач.	6
	Разом	42

4.2. Теми семінарських (практичних) занять

4.2.1 денна форма навчання

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Постановка задач стохастичного програмування.	4
2	Прикладні задачі стохастичного програмування.	4
3	Одноетапні задачі стохастичного програмування з розв'язком у вигляді детермінованого вектора.	4
4	Одноетапні задачі стохастичного програмування з розв'язком у вигляді набору розв'язувальних правил.	6
5	Одноетапні задачі стохастичного програмування з розв'язком у вигляді розв'язувального розподілу.	6
5	Постановка та якісний аналіз двоетапних задач стохастичного програмування.	6
7	Двоетапна задача з випадковим вектором обмежень.	6
8	Деякі методи розв'язку двоетапних задач.	6
	Разом	42

4.3. Теми лабораторних занять

Даний вид роботи для курсу «Стохастичне програмування» навчальним планом не передбачений.

4.4. Завдання для самостійної роботи

4.4.1 денна форма навчання

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Постановка задач стохастичного програмування. Історичний огляд.	10
2	Прикладні задачі стохастичного програмування. Керування повітряним рухом та планування польотів.	10
3	Дві часткові стохастичні моделі з розв'язувальними правилами нульового порядку.	10
4	Стохастичний аналог задачі квадратичного програмування. Стохастичний аналог задачі з квадратичною цільовою функцією і квадратичними обмеженнями.	13
5	Стохастичне цілочисельне програмування.	14
6	Нелінійні аналоги двоетапної задачі стохастичного програмування.	18
7	Двоетапна задача з випадковим вектором обмежень.	18
8	Деякі методи розв'язку двоетапних задач.	18
	Разом	111

4.5. Індивідуальне навчально-дослідне завдання

4.6. Методи навчання

Під час вивчення дисципліни «Стохастичне програмування» передбачено комплексне використання різноманітних методів організації і здійснення навчально-пізнавальної діяльності студентів та методів стимулювання і мотивації їх навчання, що сприяє розвитку творчих засад особистості майбутнього фахівця, з урахуванням індивідуальних особливостей учасників освітнього процесу.

З метою формування професійних компетентностей широко впроваджуються інноваційні методи навчання. Це – комп'ютерна підтримка освітнього процесу, впровадження інтерактивних методів навчання (робота в малих групах, мозковий штурм, ситуативне моделювання тощо).

За джерелами знань на заняттях використовуються словесні (розповідь, бесіда, лекція) та практичні методи.

За рівнем самостійної розумової діяльності використовуються проблемно-інформаційний, проектно-пошуковий, дослідницький методи.

Із метою забезпечення максимального засвоєння студентами матеріалу курсу використовуються наступні методи навчання:

- 1) Методи організації та здійснення навчально-пізнавальної діяльності:
 - словесні (лекція-монолог, лекція-діалог);
 - наочні (презентація, демонстрування);
 - практичні методи (вправи; практичні завдання).
- 2) Методи стимулювання й мотивації навчально-пізнавальної діяльності:
 - метод проблемного викладу матеріалу;

- моделювання життєвих ситуацій;
- мозковий штурм;
- метод опори на життєвий досвід.

3) Методи контролю й самоконтролю за ефективністю навчально-пізнавальної діяльності:

- усного контролю;
- письмового контролю;
- самоконтролю та взаємоконтролю;
- рецензування відповідей.

4.7. Засоби діагностики результатів навчання здобувачів освіти.

Порядок та критерії виставлення балів

Контрольні заходи здійснюються з дотриманням вимог об'єктивності, індивідуального підходу, системності, всебічності.

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання можуть бути:

- екзамен;
- наскрізні проекти;
- розрахункові та розрахунково-графічні роботи;
- презентації результатів виконаних завдань та досліджень;
- студентські презентації та виступи на наукових заходах;
- розрахункові роботи;
- інші види індивідуальних та групових завдань.

Використовуються такі методи контролю (усний, письмовий), які мають сприяти підвищенню мотивації студентів до навчально-пізнавальної діяльності.

Поточний контроль. *Завданням поточного контролю* є перевірка розуміння та засвоєння певної частини учбового матеріалу, рівня сформованості навичок, умінь самостійно опрацьовувати навчальний матеріал, здатності осмислити зміст теми.

Об'єктами поточного контролю знань студента є систематичність та активність роботи на заняттях; виконання завдань для самостійної роботи. Оцінюванню можуть підлягати: рівень знань, продемонстрований у відповідях і виступах на практичних заняттях; активність при обговоренні питань практичного заняття; результати тестування тощо.

У разі невиконання завдань поточного контролю студент має право скласти їх індивідуально до останнього практичного заняття за дозволом завідувача кафедри. Порядок такого контролю регламентований викладачем.

Підсумковий контроль. *Завданням підсумкового контролю* є перевірка розуміння студентом програмного матеріалу в цілому, логіки та взаємозв'язків між окремими розділами, здатності творчого використання накопичених знань, умінь сформулювати своє ставлення до певної проблеми навчальної дисципліни тощо.

4.8. Перелік програмових питань для самоконтролю:

1. Постановки задач стохастичного програмування. Жорсткі постановки, межі застосування. Імовірнісні, статистичні та мішані умови обмеження.
2. Стохастична транспортна задача. Неперервний розподіл попиту.
3. Стохастична транспортна задача. Дискретний розподіл попиту.
4. Класифікація задач стохастичного програмування: за виглядом цільової функції та за умовами обмеження.
5. Задача СП: М-модель з імовірнісними обмеженнями з детермінованою матрицею коефіцієнтів обмежень та випадковим вектором обмежень. Детермінована задача. Двоїста задача.
6. Задача СП: М-модель з імовірнісними обмеженнями з випадковою матрицею коефіцієнтів обмежень та випадковим вектором обмежень. Незалежні умови обмеження. Корельовані умови обмеження.
7. Задача СП: Р-модель з імовірнісними обмеженнями з нормально розподіленими коефіцієнтами цільової функції, випадковою матрицею коефіцієнтів обмежень та випадковим вектором обмежень. Детермінований еквівалент. Приклад.
8. Задача з імовірнісними обмеженнями. Детермінований аналог для довільного розподілу випадкового вектора b .
9. Задача з імовірнісними обмеженнями. Детермінований аналог для відомого розподілу випадкового вектора b : нормальний розподіл, розподіл Вейбулла, рівномірного розподілу, гамма-розподілу.
10. Задача з імовірнісними обмеженнями. Загальний випадок.
11. Дві часткові стохастичні моделі з розв'язувальними правилами нульового порядку.
12. Одноетапні стохастичні задачі з лінійними розв'язувальними правилами. М-модель та V-модель.
13. Одноетапні стохастичні задачі з лінійними розв'язувальними правилами. Р-модель.
14. Одноетапна М-модель з імовірнісними обмеженнями. Розв'язувальні правила. Узагальнення для скінченнозначних обмежень (без доведення).
15. Одноетапна Р-модель з імовірнісними обмеженнями. Постановка задачі та умови сумісності.
16. Одноетапна Р-модель з імовірнісними обмеженнями. Алгоритм побудови розв'язувального правила. Приклад.
17. Ігрова постановка задач СП.
18. Екстремальні задачі та розв'язувальні розподіли. Класифікація задач за розв'язувальними розподілами: з детермінованими умовами, з апіорними розв'язувальними правилами, з апостеріорними розв'язувальними правилами.
19. Задача СП з розв'язувальним розподілом за умови детермінованих параметрів умов обмежень. Дискретний розв'язувальний розподіл.
20. Задача СП з апіорними розв'язувальними розподілами. Зведення до розв'язку задачі скінченно-вимірного нелінійного програмування.
21. Постановка двохетапної задачі СП.

22. Область визначення планів першого етапу.
23. Умови розв'язуваності задачі другого етапу.
24. Детермінована задача, еквівалентна до двохетапної задачі СП.
25. Умови оптимальності плану першого етапу задачі СП
26. Область визначення двохетапної задачі з випадковим вектором обмежень.
27. Випадок скінченного числа реалізацій випадкового вектору обмежень.
28. Найпростіша постановка двохетапної задачі СП.
29. Метод узагальнених стохастичних градієнтів для розв'язання двохетапної задачі СП. Загальний алгоритм.
30. Метод узагальнених стохастичних градієнтів для розв'язання двохетапної задачі СП. Часткові випадки.

4.9. Схема нарахування балів, які отримують студенти

Залік (I семестр)

Поточне тестування та самостійна робота					Контроль на робота	Колоквіум	Сума
Розділ 1							
T1	T2	T3	T4	T5	20	30	100
10	10	10	10	10			

T1, T2 ... T5 – теми розділів.

Екзамен (II семестр)

Поточне тестування та самостійна робота			Контроль на робота	Разом	Екзамен	Сума
Розділ 2					Макс. - 40	
T6	T7	T8	30	60	40	100
10	10	10				

T6, T7, T8 – теми розділу.

Шкала оцінювання: національна та ЄКТС

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка за національною шкалою	
	для екзамену, курсового проєкту (роботи), практики	для заліку
90-100	відмінно	зараховано
82-89		
74-81		
64-73	задовільно	
60-63		
35-59	незадовільно	
1-34	незадовільно	незараховано

5. НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

5.1. Рекомендована література

Основна

1. Основи статистичного моделювання: навч. посібник / за загальною редакцією С.В. Чугаєвської, Н.В. Ковтун. Житомир: Видавництво ПП "Рута", 2022. 604 с.
2. John R. Birge, Francois Louveaux. Introduction to Stochastic Programming. Second Edition. (2010). 512 p.
3. Shapiro, Alexander. Lectures on stochastic programming: modeling and theory / Alexander Shapiro, Darinka Dentcheva, Andrzej Ruszczyński. (2009). 447 p.
4. Бабак В.П., Марченко Б.Г., Фриз М.Є. Теорія ймовірностей, випадкові процеси та математична статистика. - К.: Техніка, 2004. - 288 с.

Допоміжна література

5. Ймовірнісні основи обробки сигналів та даних: лабораторний практикум /уклад.: І. Ф. Бойко, Є. С. Іваницький, - К.: НАУ, 2015. – 28 с.
6. Теорія ймовірностей та математична статистика: Навч. посібник /О. І. КушликДивульська, Н. В. Пліщук, Б. П. Орел, П. І. Штабальок – К.: НТТУ «КПІ», 2014. – 212 с.
7. Білушак Г.І., Чабанюк Я. М. Теорія ймовірностей та математична статистика. Конспект лекцій. Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів освіти. 1-е, Львів: В-во «Львівський ЦНТЕІ», 2002. - 569 с.

6. ПОЛІТИКА ЩОДО АКАДЕМІЧНОЇ ДОБРОЧЕСНОСТІ

Політика щодо академічної доброчесності формується на основі дотримання принципів академічної доброчесності відповідно до Законів України «Про освіту», «Про вищу освіту», «Про наукову і науково-технічну діяльність», «Про авторське право і суміжні права», «Про видавничу справу», з урахуванням норм Положення «Про академічну свободу та академічну доброчесність в Центральнуукраїнському державному педагогічному університеті імені Володимира Винниченка» (затверджене вченою радою, протокол №2 від 30.09.2019; №10 від 07.02.2022).