

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра Математичного моделювання та штучного інтелекту (№ 304)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова НМК

 Д.М. Крицкий
(підпис) (ініціали та прізвище)

« 31 » 08 2021 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«Теорія та методи оптимізації складних систем»

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 11 «Математика та статистика»
(шифр і назва галузі)

Спеціальність: 113 «Прикладна математика»
(код та найменування спеціальності)

Освітня програма: «Обчислювальний інтелект»
(найменування освітньої програми)

Рівень вищої освіти: другий (магістерський)

Харків 2021 рік

Робоча програма «Теорія та методи оптимізації складних систем»

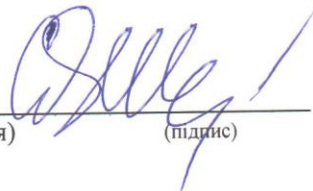
(назва навчальної дисципліни)

для студентів за спеціальністю 113 «Прикладна математика»
освітньої програми
“Обчислювальний інтелект”

РОЗРОБНИК ПРОГРАМИ:

Яковлев С. В., професор каф. 304, д.ф.-м.н., професор

(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь та вчене звання)



(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри
математичного моделювання та штучного інтелекту

(назва кафедри)

Протокол № 1 від « 29 » серпня 2021 р.

Завідувач кафедри д.т.н., доцент

(науковий ступінь та вчене звання)



(підпис)

А.Г. Чухрай

(ініціали та прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни	
		Денна форма навчання	Заочна форма навчання
Кількість кредитів – 6	Галузь знань 11 «Математика та статистика» (шифр та найменування) Спеціальність 113 «Прикладна математика» (код та найменування) Освітня програма «Обчислювальний інтелект» (найменування) Рівень вищої освіти: другий (магістерський)	Обов’язкова	
Кількість модулів – 2		Навчальний рік	
Кількість змістових модулів – 2		2021/ 2022	
Індивідуальне завдання: розрахункова робота		Семестр	
Загальна кількість годин – 180 денна – 64/180 заочна – 0		2-й	
		Лекції	
		32 години	
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4 самостійної роботи студента – 5,5		Практичні, семінарські	
		Лабораторні	
		32 години	
		Самостійна робота	
		116 годин	
		Вид контролю	
іспит			

Примітка

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:
для денної форми навчання – 64/180.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни «Теорія та методи оптимізації складних систем» є формування системи знань щодо математичного моделювання складних систем та застосування методів оптимізації їх параметрів, навчання роботі із сучасними програмними системами оптимізації складних систем.

Завданнями вивчення дисципліни «Теорія та методи оптимізації складних систем» є формування навичок аналізу та синтезу складних систем, реалізація фундаментальних принципів побудови оптимальних систем, засвоєння основних методів оптимізації структури та параметрів систем.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні досягти таких **компетентностей**:

ЗК1 – здатність виявляти наукову сутність проблем у професійній сфері, знаходити адекватні шляхи щодо їх розв’язання.

ЗК2 – здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань).

ЗК3 – навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

ЗК4 – здатність до самостійного освоєння нових методів дослідження, зміни наукового й науково-виробничого профілю своєї діяльності.

ЗК5 – здатність досліджувати проблеми з використанням системного аналізу, синтезу, комп’ютерного моделювання та методів оптимізації.

ЗК6 – здатність генерувати нові ідеї (креативність), виявляти, ставити та вирішувати проблеми, знаходити оптимальні шляхи щодо їх вирішення.

ЗК7 – здатність аналізувати, верифікувати, оцінювати повноту інформації в ході професійної діяльності, за необхідності доповнювати й синтезувати відсутню інформацію й працювати в умовах невизначеності.

ЗК8 – здатність вести професійну, у тому числі науково-дослідну діяльність, у міжнародному середовищі.

ЗК9 – здатність керувати проектами, організовувати командну роботу, проявляти ініціативу з удосконалення діяльності.

ЗК10 – здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

ЗК11 – знання іншої мови(мов).

ФК2 – здатність продемонструвати знання і розуміння наукових фактів, концепцій, теорій, принципів і методів, необхідних для підтримки освітніх програм з прикладної математики.

ФК7 – здатність розробляти плани і проекти для забезпечення досягнення поставленої певної мети з урахуванням всіх аспектів вирішуваної проблеми

ФК16 – здатність до розв'язання складних задач і проблем, що потребує оновлення та інтеграції знань, часто в умовах неповної інформації та суперечливих вимог

Програмні результати навчання:

ПРН14 – уміння представляти та обговорювати наукові результати іноземною мовою (англійською або іншою, відповідно до специфіки спеціальності) в усній та письмовій формах, приймати участь у наукових дискусіях і конференціях.

ПРН17 – використовувати методи статичної обробки номінальних вибірок;

Міждисциплінарні зв'язки:

Для вивчення дисципліни необхідно володіти знаннями таких дисциплін, як «Методи оптимізації та дослідження операцій», «Математичне та комп'ютерне моделювання», «Дискретна математика», «Системний аналіз та теорія прийняття рішень».

3. Програма навчальної дисципліни «Теорія та методи оптимізації складних систем»

Модуль 1.

Змістовний модуль 1. Загальна теорія складних систем і проблем оптимізації

Тема 1. Складні системи (СС). Основні поняття теорії систем (система, підсистема, надсистема, система систем, зв'язку, страти). Види моделей для опису систем, зв'язків тощо. Особливості складних систем. Принципи системного підходу, як концептуальна модель опису та дослідження СС.

Тема 2. Теоретичний аспект проблеми вибору і проблеми оптимізації. Основні поняття і визначення. Особи, які приймають рішення. Люди і їх ролі в процесі прийняття рішень. Особлива важливість проблем індивідуального вибору. Альтернативи. Критерії. Оцінки за критеріями. Процесі прийняття рішень. Множина Еджворта - Парето. Типові задачі прийняття рішень. Приклад узгодження інтересів ЛПР і активних груп. Багатодисциплінарний характер науки про прийняття рішень.

Тема 3. Концептуальні моделі прийняття рішень. Аксиоматичні теорії раціональної поведінки. Багатокритеріальні рішення. Методи оцінки і порівняння багатокритеріальних альтернатив. Моделі експертних рішень. Моделі колективних рішень. Проблема оптимізації та проблема вибору.

Тема 4. Особливості проблеми оптимізації СС. Багатоцільовий характер і невизначеність цілей оптимізації. Априорна невизначеність, невизначеність процедур (сценаріїв) досягнення цілей

Тема 5. Основні постановки формальних та неформальних задач оптимізації. Особливості формальних (математичних) моделей задач оптимізації. Обговорення методів евристичної оптимізації. Комбінований («інженерний») підхід до оптимізації СС. Співвідношення між рішенням задач математичної оптимізації, евристичною і комбінованою оптимізацією.

Модуль 2.

Змістовний модуль 2. Методи і алгоритми розв'язання екстремальних задач

Тема 6. Загальна характеристика методів розв'язання екстремальних задач. Класифікація методів розв'язання екстремальних задач за їх характеристиками. Екстремальні задачі для функцій однієї змінної. Екстремальні задачі для функцій багатьох змінних. Варіаційні задачі. Класичні і некласичні (метод максимуму Д.С. Понтрягіна і метод динамічного програмування) підходи до розв'язання варіаційних задач. Метод динамічного програмування і його застосування при розв'язанні задач дослідження операцій. Задача динамічного програмування. Загальна постановка задачі про розподіл ресурсів.

Тема 7. Математичне програмування. Лінійне програмування. Опукле програмування. Нелінійне програмування. Дискретна оптимізація. Комбінаторна оптимізація. Недиференційована оптимізація. Глобальна оптимізація.

Тема 8. Загальна характеристика методів розв'язання задач опуклого програмування. Елементи теорії опуклого програмування. Методи розв'язання задач опуклого програмування. Задачі лінійного програмування. Основні методи і алгоритми розв'язання задач лінійного програмування. Задачі квадратичного програмування.

Тема 9. Особливості розв'язання задач неопуклого програмування. Методи розв'язання екстремальних задач для функцій однієї змінної. Пошук мінімуму унімодальної функції. Методи інтерполяції і комбіновані методи. Методи розв'язання екстремальних задач для функцій декількох змінних. Градієнтні методи. Квазіньютонівські методи. Методи нульового порядку. Оптимізація недиференційованих функцій.

Тема 10. Задачі комбінаторної та дискретної оптимізації. Можливості зведення задач до неперервної постановки. Відображення комбінаторних множин. Теорія опуклого продовження функцій на комбінаторних многогранниках. Спеціальні методи розв'язання задач комбінаторної та дискретної оптимізації.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин									
	Денна форма					Заочна форма				
	Усього	У тому числі				Усього	У тому числі			
		л	лаб	п.	с. р.		л	п	лаб.	с. р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Модуль 1										
Змістовий модуль 1. Загальна теорія складних систем і проблем оптимізації										
Тема 1.	12	2	2		8	-	-	-	-	-
Тема 2.	12	2	2		8	-	-	-	-	-
Тема 3.	14	2	2		10	-	-	-	-	-
Тема 4.	14	2	2		10	-	-	-	-	-
Тема 5.	18	4	4		10					
Разом за ЗМ 1	70	12	12		46	-	-	-	-	-
Модуль 2										
Змістовий модуль 2. Методи і алгоритми розв'язання екстремальних задач										
Тема 6.	20	4	4		12	-	-	-	-	-
Тема 7.	20	4	4		12	-	-	-	-	-
Тема 8	20	4	4		12	-	-	-	-	-
Тема 9.	20	4	4		12	-	-	-	-	-
Тема 10.	20	4	4		12					
Разом за ЗМ 2	110	20	20		70	-	-	-	-	-
Усього годин	180	32	32		116	-	-	-	-	-

5. Теми семінарських занять

Не передбачено

6. Теми практичних занять

Не передбачено

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Опукле програмування. Характеристика непрямих методів оптимізації. Оптимізація цільових функцій класичними методами.	2
2.	Оптимізація недиференційованих функцій. Субградієнт. Субдиференціал. Принцип Лагранжа у недиференційованій формі.	2
3.	Методи багатоекстремальної оптимізації.	2
4.	Детермінований локальний пошук в задачах дискретної оптимізації.	2
5.	Стохастичний локальний пошук в задачах дискретної оптимізації.	2
6.	Метод гілок і меж. Метод гілок і відтинання.	2
7.	Методи послідовного аналізу варіантів. Метод околів, що звужуються.	2
8.	Генетичні алгоритми визначення глобального екстремуму цільових функцій. Блок-схема і принцип роботи генетичного алгоритму.	2
9.	Можливості програмного пакету Optimization Toolbox. Список функцій Optimization Toolbox.	2
10.	Задачі оптимізації, які розв'язуються засобами Optimization Toolbox.	4
11.	Визначення екстремуму з використанням MATLAB.	4
12.	Формулювання задачі варіаційного обчислення. Необхідні умови екстремуму функціонала, рівняння Ейлера. Рівняння Ейлера – Пуасона.	2
13.	Варіаційні задачі на умовний екстремум. Варіаційні задачі з обмеженнями у вигляді нерівностей.	2
14.	Необхідні умови оптимальності. Сутність принципу максимуму. Гамільтоніан та необхідні умови оптимальності.	2
15.	Принцип максимуму в задачі максимальної швидкодії.	2
16.	Принцип максимуму в задачі максимальної швидкодії. Приклади синтезу оптимальних систем.	2
	Разом	32

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Характеристика методів оптимізації цільових функцій. Класифікація методів оптимізації.	6
2.	Недиференційована оптимізація.	6
3.	Методи багато екстремальної оптимізації.	6
4.	Методи Монте Карло та алгоритми статистичної оптимізації.	6
5.	Смішані задачі цілочисельного програмування.	6
6.	Задачі комбінаторної оптимізації. Метод гілок і меж. Метод гілок і відтинань.	6
7.	Теорія Дарвіна і генетичні алгоритми. Генетичні алгоритми визначення глобального екстремуму цільових функцій	6
8.	Оптимізація цільових функцій за допомогою спеціальних функцій MATLAB / Optimization Toolbox. Можливості Optimization Toolbox. Задачі та рівняння, які вирішуються в Optimization Toolbox. Форми обмежень.	8
9.	Спеціальні функції Optimization Toolbox і алгоритми оптимізації. Графічний інтерфейс Optimization Tool	8
10.	Задачі синтезу оптимальних систем. Мета управління і критерії оптимальності. Постановка задачі оптимального керування. Методи теорії оптимального управління.	8
11.	Варіаційні методи теорії оптимальних систем. Рівняння Ейлера і його розв'язання. Рівняння Ейлера - Пуассона і його розв'язання.	8
12.	Принцип максимуму Л. С. Понтрягіна. Необхідні умови оптимальності.	8
13.	Принцип максимуму та рівняння Ріккаті. Синтез оптимальних систем.	8
14.	Розрахункова робота «Розробка оптимізаційних методів, алгоритмів та програмного забезпечення складних систем» за затвердженою на кафедрі тематикою.	26
	Разом	116

9. Індивідуальні завдання

Розрахункова робота «Розробка оптимізаційних методів, алгоритмів та програмного забезпечення складних систем» за затвердженою на кафедрі тематикою.

10. Методи навчання

Словесні, наочні, практичні; синтетичні; продуктивні (проблемні; частково-пошукові), репродуктивні (пояснювально-ілюстративні).

Рішення задач, конспектування лекцій, самостійна робота.

11. Методи контролю

Поточний контроль: фронтальне усне опитування; тестування; практична перевірка умінь і навичок. Модульний контроль: комп'ютерне тестування, практична перевірка умінь і навичок. Форма підсумкового контролю – диф. залік (комп'ютерне тестування).

12. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне тестування і самостійна робота												Сума	Підсумковий тест (іспит) у разі відмови від балів поточного тестування та за наявності допуску до заліку/іспиту
Змістовий модуль 1						Змістовий модуль 2					Індивідуальне завдання		
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11			
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	12	100	100

T1 ... T10 – теми змістовних модулів.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка за національною шкалою	
	для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90-100	відмінно	зараховано
83-89	добре	
75-82		
68-74	задовільно	
60-67		
01-59	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання

13. Методичне забезпечення

1. Конспект лекцій з навчальної дисципліни «Теорія та методи оптимізації складних систем», упорядкувач Яковлев С.В., сервер каф. 304, 2020.

14. Рекомендована література

Базова

1. Сухарев А.Г., Тимохов А.В., Федоров В.В. Методы оптимизации: учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры. – М.: Юрайт, 2014. – 367 с.
2. Таха Х. Введение в исследование операций. – М.–СПб.–К.: Издательский дом «Вильямс», 2001. – 912 с.
3. Аттетков А.В., Галкин С.В., Зарубин В.С. Методы оптимизации. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2003. – 228 с.
4. Бейко И.В., Бублик Б.Н., Зинько П.Н. Методы и алгоритмы решения задач оптимизации. - Киев: Вища школа, 2003. – 512 с.
5. Математичні методи оптимізації та інтелектуальні комп'ютерні технології моделювання складних процесів і систем з урахуванням просторових форм об'єктів / Автори: В.В. Грицик, А.І. Шевченко, О.М. Кісельова, С.В.Яковлев - Монографія. Ін-т пробл. штучного інтелекту НАН України. - Донецьк : Наука і освіта, 2012. - 480 с.
6. Волошин А.Ф. , Кудин В.И. Последовательный анализ вариантов в задачах исследования сложных систем- Київ: ВПЦ «Київський університет», 2014. – 314 с.
7. Глибовець М.М., Гуляева Н.М. Еволюційні алгоритми. - Київ: НУКМА, 2013. – 176 с.
8. Сергиенко И.В., Шило В.П. Задачи дискретной оптимизации. - Киев: Наук думка, 2003. – 322 с.
9. Стоян Ю.Г., Яковлев С.В. Математические модели и оптимизационные методы геометрического проектирования. – Киев: Наукова думка, 2020. - 271 с.
10. Гуляницький Л.Ф., Мулеса О.Ю. Прикладні методи комбінаторної оптимізації: навч. посібник. - Київ: ВПЦ «Київський університет», 2016. – 142 с.
11. Соколов, Ю. Н. Компьютерный анализ и проектирование систем управления: учеб. пособие: в 6 ч. / Ю.Н. Соколов. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2011. – Ч.6: Оптимизация целевых функций. – 312 с.
12. Соколов Ю. Н. Компьютерный анализ и проектирование систем управления. Ч. 3. Оптимальные системы. – Учеб. пособие. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2006. – 273 с.

13. Соколов Ю.Н. Функции MATLAB в ТАУ. Учебно-методическое пособие: – Х.: Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», каф. 301, 2003, – 85 с.
14. Пантелеев А.В. Методы оптимизации в примерах и задачах. – М.: Высшая школа, 2005. – 544 с.

3.2 Допоміжна

15. Сухарев А.Г., Тимохов А.В., Федоров В.В. Курс методов оптимизации. – М.: Наука, 1986.– 328 с.
16. Исследование операций в экономике: Учебное пособие для вузов / Кремер Н. Ш., Путко Б. А., Тришин И. М., Фридман М. Н.: под ред. Кремера Н. Ш. – М.: ЮНИТИ, 2004
17. Компьютерное проектирование систем оптимального управления [Текст] / Ю.Н. Соколов, В.М. Илюшко, М.И. Луханин и др.; под ред. Ю.Н. Соколова. – К.: Аванпост-Прим, 2006. – 269 с.
18. Стоян Ю.Г., Яковлев С.В., Пичугина О.С. Евклидовы комбинаторные конфигурации. Харьков: Константа, 2017. 404 с.