

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Кафедра системного аналізу та управління



ЗАТВЕРДЖЕНО»
завідувач кафедри
Желдак Т.А. 
« 30 » серпня 2024 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«Оптимальні та адаптивні системи»

Галузь знань	12 Інформаційні технології
Рівень вищої освіти.....	Доктор філософії
Статус	вибіркова
Загальний обсяг	4 кредити ЄКТС (120 годин)
Форма підсумкового контролю	диференційований залік
Термін викладання	7 чверть
Мова викладання	українська

Викладачі: к.ф.-м.н., доц. каф САУ Коряшкіна Лариса Сергіївна

Пролонговано: на 20²⁵/20²⁶ н.р.  (підпис, ПІБ, дата) « 28 » 08 20²⁵ р. 
на 20 __/20 __ н.р. () « » 20 __ р.
(підпис, ПІБ, дата)

Дніпро
НТУ «ДП»
2024

Робоча програма навчальної дисципліни «Оптимальні та адаптивні системи» для докторів філософії галузі знань 12 Інформаційні технології / Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка», каф. САУ. – Д. : НТУ «ДП», 2024. – 12 с.

Розробники:

Коряшкіна Лариса Сергіївна – доцент, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри системного аналізу та управління

Робоча програма регламентує:

- мету дисципліни;
- дисциплінарні результати навчання, сформовані на основі трансформації очікуваних результатів навчання освітньої програми;
- базові дисципліни;
- обсяг і розподіл за формами організації освітнього процесу та видами навчальних занять;
- програму дисципліни (тематичний план за видами навчальних занять);
- алгоритм оцінювання рівня досягнення дисциплінарних результатів навчання (шкали, засоби, процедури та критерії оцінювання);
- інструменти, обладнання та програмне забезпечення;
- рекомендовані джерела інформації.

Робоча програма призначена для реалізації компетентнісного підходу під час планування освітнього процесу, викладання дисципліни, підготовки здобувачів вищої освіти 3-го рівня до контрольних заходів, контролю провадження освітньої діяльності, внутрішнього та зовнішнього контролю забезпечення якості вищої освіти, акредитації освітніх програм у межах спеціальності.

ЗМІСТ

1 МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ	4
2 ОЧІКУВАНІ ДИСЦИПЛІНАРНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ.....	4
3 БАЗОВІ ДИСЦИПЛІНИ.....	4
4 ОБСЯГ І РОЗПОДІЛ ЗА ФОРМАМИ ОРГАНІЗАЦІЇ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ ТА ВИДАМИ НАВЧАЛЬНИХ ЗАНЯТЬ	4
5 ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ ЗА ВИДАМИ НАВЧАЛЬНИХ ЗАНЯТЬ.....	5
6 ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ.....	6
6.1 Шкали.....	6
6.2 Засоби та процедури	6
6.3 Критерії	7
7 ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	10
8 РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ.....	10

1 МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Мета дисципліни – формування у здобувачів компетентностей щодо основ створення оптимальних та адаптивних систем управління.

2 ОЧІКУВАНІ ДИСЦИПЛІНАРНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

ДРН 01	знати класифікацію оптимальних та адаптивних систем, вміти використовувати методи класичного варіаційного числення щодо синтезу оптимальних систем керування
ДРН 02	знати принципи дії екстремальних систем, основні пошукові алгоритми, виконувати аналітичне конструювання оптимальних регуляторів, вміти використовувати метод ДП щодо синтезу оптимальних систем керування
ДРН 03	вміти виконувати аналіз та синтез СНС за допомогою методів допоміжних операторів, варіаційні рівняння, методом Ляпунова
ДРН 04	виконувати розрахунок систем керування методами класичного варіаційного числення, з використанням методу ПМП, методу стискань
ДРН 05	уміти аналітично конструювати оптимальні регулятори за допомогою рівняння Ріккати. Вміти використовувати метод ДП щодо синтезу оптимальних систем керування. Виконувати методами імітаційного моделювання та дослідження адаптивних систем.

3 БАЗОВІ ДИСЦИПЛІНИ

Успішне засвоєння даної дисципліни потребує базової підготовки магістра в галузі знань 12 – інформаційні технології.

4 ОБСЯГ І РОЗПОДІЛ ЗА ФОРМАМИ ОРГАНІЗАЦІЇ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ ТА ВИДАМИ НАВЧАЛЬНИХ ЗАНЯТЬ

Вид навчальних занять	Розподіл за формами навчання, години					
	денна			заочна		
	Обсяг	аудиторні заняття	самостійна робота	Обсяг	аудиторні заняття	самостійна робота
лекційні	70	21	49	70	6	64
практичні	50	14	36	50	4	46
лабораторні	-	-	-	-	-	-
семінари	-	-	-	-	-	-
контрольні заходи	-	-	-	-	-	-
РАЗОМ	120	35	85	120	10	110

5 ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ ЗА ВИДАМИ НАВЧАЛЬНИХ ЗАНЯТЬ

Шифри ДРН	Види та тематика навчальних занять	Обсяг складових (денна форма), години
	ЛЕКЦІЇ	70
ДРН 1 ДРН 2	1 Класифікація оптимальних та адаптивних систем. Методи класичного варіаційного числення Вступ. Актуальність задач оптимального і адаптивного управління. Методи класичного варіаційного числення для рішення задач оптимального управління. Варіація функціонала. Необхідна умова існування екстремуму. Рівняння Ейлера. Умова Лежандра. Умова Лежандра.	14
ДРН 1 ДРН 2 ДРН 3	2 Типові задачі оптимізації, їх властивості, методи розв'язування задач оптимального керування і особливості їх застосування. Модифікація найпростішої задачі. Рівняння Ейлера – Лагранжа та Ейлера – Пуассона. Задача Лагранжа на умовний екстремум. Ізопериметрична задача. Синтез СУ за допомогою варіаційних методів. ПМП та його застосування для синтезу оптимальних систем керування	14
ДРН 1 ДРН 4 ДРН 5	3 Структура та основні типи адаптивних систем. Аналіз та синтез СНС за допомогою методів: допоміжних операторів, варіаційних рівнянь, методом Ляпунова Теорема про n -інтервалів. Метод стикування рішень. Аналітичний синтез оптимальних регуляторів по квадратичному критерію якості. Рівняння Ріккати. Загальна характеристика адаптивних систем, їх класифікація. Типи адаптивних систем з моделлю.	14
ДРН 1 ДРН 3 ДРН 5	4 Розрахунок систем керування методами класичного варіаційного числення з використанням методу ПМП Екстремальні системи, їх класифікація, показники якості. Методи пошуку екстремуму. Гradientні та не gradientні методи. Визначення екстремалей функціоналу. Синтез оптимальних систем управління за допомогою варіаційних методів.	14
ДРН 1 ДРН 5	5 Аналітичне конструювання оптимальних регуляторів Рішення безперервних задач оптимального управління за допомогою методу ДП. Дослідження якості роботи АД СУ за допомогою імітаційного моделювання. Дослідження пошукових СУ.	14
	ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ	50
ДРН 1 ДРН 2 ДРН 3	Практична робота № 1 Тема: Визначення екстремалей функціоналу	12

Шифри ДРН	Види та тематика навчальних занять	Обсяг складових (денна форма), години
ДРН 1 ДРН 3	Практична робота № 2 Тема: Аналітичні СНС з налагоджуванням по зовнішньому впливу.	12
ДРН 2 ДРН 4	Практична робота № 3 Тема: Розв'язування задач оптимального керування	12
ДРН 3 ДРН 5	Практична робота № 4 Тема: Аналітичні СНС з еталонною моделлю. Метод допоміжних операторів	14
РАЗОМ		120

6 ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Оцінювання та сертифікація досягнень здобувачів вищої освіти 3-го рівня здійснюється за допомогою прозорих процедур, що ґрунтуються на об'єктивних критеріях відповідно до Положення університету «Про оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти». Досягнутий рівень компетентностей відносно очікуваних, що ідентифікований під час контрольних заходів, відображає реальний результат навчання здобувача вищої освіти 3-го рівня за дисципліною.

6.1 Шкали

Оцінювання навчальних досягнень здобувачів вищої освіти НТУ «ДП» здійснюється за рейтинговою (100-бальною) та інституційною шкалами. Остання необхідна (за офіційною відсутністю національної шкали) для конвертації (переведення) оцінок здобувачів вищої освіти різних закладів.

Шкали оцінювання навчальних досягнень здобувачів вищої освіти 3-го рівня НТУ «ДП»

Рейтингова	Інституційна
90...100	відмінно / Excellent
74...89	добре / Good
60...73	задовільно / Satisfactory
0...59	незадовільно / Fail

Кредити навчальної дисципліни зараховується, якщо здобувач отримав підсумкову оцінку не менше 60-ти балів. Нижча оцінка вважається академічною заборгованістю, що підлягає ліквідації відповідно до Положення про організацію освітнього процесу НТУ «ДП».

6.2 Засоби та процедури

Зміст засобів діагностики спрямовано на контроль рівня сформованості знань, умінь/навичок, комунікації, автономії та відповідальності здобувача за вимогами НРК.

Здобувач на контрольних заходах має виконувати завдання, орієнтовані виключно на демонстрацію дисциплінарних результатів навчання (розділ 2).

Засоби діагностики, що надаються здобувачам на контрольних заходах у вигляді завдань для поточного та підсумкового контролю, формуються шляхом конкретизації вихідних даних та способу демонстрації дисциплінарних результатів навчання.

Засоби діагностики (контрольні завдання) для поточного та підсумкового контролю дисципліни затверджуються кафедрою.

Види засобів діагностики та процедур оцінювання для поточного та підсумкового контролю дисципліни подано нижче.

Засоби діагностики та процедури оцінювання

ПОТОЧНИЙ КОНТРОЛЬ			ПІДСУМКОВИЙ КОНТРОЛЬ	
навчальне заняття	засоби діагностики	процедури	засоби діагностики	процедури
лекції	контрольні завдання за кожною темою	виконання завдання під час контрольних заходів	комплексна контрольна робота (ККР)	визначення середньозваженого результату поточних контролів;
практичні	індивідуальне завдання	виконання завдань під час самостійної роботи		виконання ККР під час диференційованого заліку за бажанням здобувача вищої освіти 3-го рівня

Під час поточного контролю лекційні заняття оцінюються шляхом визначення якості виконання контрольних конкретизованих завдань. Практичні заняття оцінюються якістю виконання індивідуального завдання.

Якщо зміст певного виду занять підпорядковано декільком складовим опису кваліфікаційного рівня НРК, то інтегральне значення оцінки може визначатися з урахуванням вагових коефіцієнтів, що встановлюються викладачем.

За наявності рівня результатів поточних контролів з усіх видів навчальних занять не менше 60 балів, підсумковий контроль здійснюється без участі здобувача шляхом визначення середньозваженого значення поточних оцінок.

Незалежно від результатів поточного контролю кожен здобувач вищої освіти 3-го рівня під час екзамену має право виконувати ККР, яка містить завдання, що охоплюють ключові дисциплінарні результати навчання.

Кількість конкретизованих завдань ККР повинна відповідати відведеному часу на виконання. Кількість варіантів ККР має забезпечити індивідуалізацію завдання.

Значення оцінки за виконання ККР визначається середньою оцінкою складових (конкретизованих завдань) і є остаточним.

Інтегральне значення оцінки виконання ККР може визначатися з урахуванням вагових коефіцієнтів, що встановлюється кафедрою для кожної складової опису кваліфікаційного рівня.

6.3 Критерії

Реальні результати навчання здобувача вищої освіти 3-го рівня ідентифікуються та вимірюються відносно очікуваних під час контрольних заходів за допомогою критеріїв, що описують дії здобувача для демонстрації досягнення результатів навчання.

Для оцінювання виконання контрольних завдань під час поточного контролю лекційних і практичних занять в якості критерія використовується коефіцієнт засвоєння, що автоматично адаптує показник оцінки до рейтингової шкали:

$$O_i = 100 a/m,$$

де a – число правильних відповідей або виконаних суттєвих операцій відповідно до еталону рішення; m – загальна кількість запитань або суттєвих операцій еталону.

Індивідуальні завдання та комплексні контрольні роботи оцінюються експертно за допомогою критеріїв, що характеризують співвідношення вимог до рівня компетентностей і показників оцінки за рейтинговою шкалою.

Зміст критеріїв спирається на компетентнісні характеристики, визначені НРК для третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти (подано нижче).

**Загальні критерії досягнення результатів навчання
для 8-го кваліфікаційного рівня за НРК**

Опис кваліфікаційного рівня	Вимоги до знань, умінь/навичок, комунікації, відповідальності і автономії	Показник оцінки
Знання		
концептуальні та методологічні знання в галузі чи на межі галузей знань або професійної діяльності	Відповідь відмінна – правильна, обґрунтована, осмислена. Характеризує наявність: – спеціалізованих концептуальних знань на рівні новітніх досягнень; – критичне осмислення проблем у навчанні та/або професійній діяльності та на межі предметних галузей	95-100
	Відповідь містить не грубі помилки або описки	90-94
	Відповідь правильна, але має певні неточності	85-89
	Відповідь правильна, але має певні неточності й недостатньо обґрунтована	80-84
	Відповідь правильна, але має певні неточності, недостатньо обґрунтована та осмислена	74-79
	Відповідь фрагментарна	70-73
	Відповідь демонструє нечіткі уявлення здобувача вищої освіти 3-го рівня про об'єкт вивчення	65-69
	Рівень знань мінімально задовільний	60-64
	Рівень знань незадовільний	<60
Уміння/навички		
♦ спеціалізовані уміння/навички і методи, необхідні для розв'язання значущих проблем у сфері професійної діяльності, науки та/або інновацій, розширення та переоцінки вже існуючих знань і професійної практики; ♦ започаткування, планування, реалізація та коригування послідовного процесу ґрунтового	Відповідь характеризує уміння: – виявляти проблеми; – формулювати гіпотези; – розв'язувати проблеми; – оновлювати знання; – інтегрувати знання; – провадити інноваційну діяльність; провадити наукову діяльність	95-100
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання в практичній діяльності з не грубими помилками	90-94
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання в практичній діяльності, але має певні неточності при реалізації однієї вимоги	85-89
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання в практичній діяльності, але має певні неточності при реалізації двох вимог	80-84
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання в практичній діяльності, але має певні неточності при реалізації трьох вимог	74-79

Опис кваліфікаційного рівня	Вимоги до знань, умінь/навичок, комунікації, відповідальності і автономії	Показник оцінки
наукового дослідження з дотриманням належної академічної доброчесності; ♦ критичний аналіз, оцінка і синтез нових та комплексних ідей	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання в практичній діяльності, але має певні неточності при реалізації чотирьох вимог	70-73
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання в практичній діяльності при виконанні завдань за зразком	65-69
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання при виконанні завдань за зразком, але з неточностями	60-64
	Рівень умінь/навичок незадовільний	<60
Комунікація		
♦ вільне спілкування з питань, що стосуються сфери наукових та експертних знань, з колегами, широкою науковою спільнотою, суспільством у цілому; ♦ використання академічної української та іноземної мови у професійній діяльності та дослідженнях	Зрозумілість відповіді (доповіді). <i>Мова:</i> правильна; чиста; ясна; точна; логічна; виразна; лаконічна. <i>Комунікаційна стратегія:</i> – послідовний і несутеречливий розвиток думки; – наявність логічних власних суджень; – доречна аргументація та її відповідність відстоюваним положенням; – правильна структура відповіді (доповіді); – правильність відповідей на запитання; – доречна техніка відповідей на запитання; – здатність робити висновки та формулювати пропозиції; – використання іноземних мов у професійній діяльності	95-100
	Достатня зрозумілість відповіді (доповіді) та доречна комунікаційна стратегія з незначними хибами	90-94
	Добра зрозумілість відповіді (доповіді) та доречна комунікаційна стратегія (сумарно не реалізовано три вимоги)	85-89
	Добра зрозумілість відповіді (доповіді) та доречна комунікаційна стратегія (сумарно не реалізовано чотири вимоги)	80-84
	Добра зрозумілість відповіді (доповіді) та доречна комунікаційна стратегія (сумарно не реалізовано п'ять вимог)	74-79
	Задовільна зрозумілість відповіді (доповіді) та доречна комунікаційна стратегія (сумарно не реалізовано сім вимог)	70-73
	Задовільна зрозумілість відповіді (доповіді) та комунікаційна стратегія з хибами (сумарно не реалізовано дев'ять вимог)	65-69
	Задовільна зрозумілість відповіді (доповіді) та комунікаційна стратегія з хибами (сумарно не реалізовано 10 вимог)	60-64
	Рівень комунікації незадовільний	<60
Відповідальність і автономія		

Опис кваліфікаційного рівня	Вимоги до знань, умінь/навичок, комунікації, відповідальності і автономії	Показник оцінки
♦ демонстрація значної авторитетності, інноваційність, високий ступінь самостійності, академічна та професійна доброчесність, постійна відданість розвитку нових ідей або процесів у передових контекстах професійної та наукової діяльності; ♦ здатність до безперервного саморозвитку та самовдосконалення	Відмінне володіння компетенціями: - використання принципів та методів організації діяльності команди; - ефективний розподіл повноважень в структурі команди; - підтримка врівноважених стосунків з членами команди (відповідальність за взаємовідносини); - стресовитривалість; - саморегуляція; - трудова активність в екстремальних ситуаціях; - високий рівень особистого ставлення до справи; - володіння всіма видами навчальної діяльності; - належний рівень фундаментальних знань; - належний рівень сформованості загальнонавчальних умінь і навичок	95-100
	Упевнене володіння компетенціями автономії та відповідальності з незначними хибами	90-94
	Добре володіння компетенціями автономії та відповідальності (не реалізовано дві вимоги)	85-89
	Добре володіння компетенціями автономії та відповідальності (не реалізовано три вимоги)	80-84
	Добре володіння компетенціями автономії та відповідальності (не реалізовано чотири вимоги)	74-79
	Задовільне володіння компетенціями автономії та відповідальності (не реалізовано п'ять вимог)	70-73
	Задовільне володіння компетенціями автономії та відповідальності (не реалізовано шість вимог)	65-69
	Задовільне володіння компетенціями автономії та відповідальності (рівень фрагментарний)	60-64
	Рівень автономії та відповідальності незадовільний	<60

7 ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Технічні засоби навчання: мультимедійні та комп'ютерні пристрої.

Засоби дистанційної освіти: Moodle, MS Teams.

Пакети прикладних програм Python (безкоштовні).

8 РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

Базові

1. Соколов, С.В. Оптимальні та адаптивні системи [Текст]: навч. посіб. / С.В. Соколов. – Суми: СумДУ, 2018. – 221 с.
2. Штаєр, Л. О. Оптимальні та адаптивні системи : конспект лекцій / Л. О. Штаєр. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2015. – 52 с.
3. Szuster M., Hendzel Z. Intelligent Optimal Adaptive Control for Mechatronic Systems, Series: Studies in Systems, Decision and Control Vol. 120, 1st ed. Springer, 2018, XI – 382 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-68826-8>
4. Belegundu, A. D., & Chandrupatla, T. R. (2019). Optimization Concepts and Applications in Engineering (3rd ed.). Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108347976>

5. В. В. Півошенко, М. С. Кулик, Ю. Ю. Іванов, А. С. Васюра, Аналіз та експериментальне дослідження методу безмодельного навчання з підкріпленням, Вісник Вінницького політехнічного інституту: № 3 (2019)
6. Т. М. Боровська, Д. І. Гришин, І. С. Колесник, В. А. Северілов, Розробка моделей і методів оптимального управління системами проектів на базі методів оптимального агрегування, Вісник Вінницького політехнічного інституту: № 1 (2020)
7. J. Dornheim, N. Link, and P. Gumbsch, "Model-Free Adaptive Optimal Control of Sequential Manufacturing Processes Using Reinforcement Learning," arXiv.org, 2019. [Electronic resource]. Available: <https://arxiv.org/abs/1809.06646v1>. Accessed: Jan. 07. 2019.
8. Коряшкіна Л.С. Розширення одного класу нескінченновимірних оптимізаційних задач / Л.С. Коряшкіна // Вісн. Черкаського ун-ту. Сер. Прикл. матем. Інф. – 2015. – № 18 (351). – С. 28 – 36.
9. Blyuss O. Optimal placement of irradiation sources in the planning of radiotherapy: mathematical models and methods of solution / Blyuss O., Koriashkina L., Kiseleva E., Molchanov R. // The Scientific World Journal. – Vol. 2015. – 17 p.
10. Kiseleva E.M. Solving the Dynamic Optimal Set Partitioning Problem with Arrangement of Centers of Subsets / E.M. Kiseleva, L.S. Koriashkina, T.A. Shevchenko // Cybernetics and Systems Analysis, Vol. 50, Issue 6, 2014. – P. 842 – 853
11. Avramenko S.E. Guided hybrid genetic algorithm for solving global optimization problems / S.E. Avramenko, T.A. Zheldak, L.S. Koriashkina // Radio Electronics, Computer Science, Control. – 2021. – № 2. – pp. 174–188.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«Оптимальні та адаптивні системи»
для здобувачів ступеня доктор філософії
галузі знань 12 – інформаційні технології

Розробники:
Лариса Сергіївна Коряшкіна

В редакції автора

Підготовлено до виходу в світ
у Національному технічному університеті
«Дніпровська політехніка».
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру ДК № 1842
49005, м. Дніпро, просп. Д. Яворницького, 19