УКРАЇНСЬКА ІНЖЕНЕРНО-ПЕДАГОГІЧНА АКАДЕМІЯ

Факультет Енергетики, енергозберігаючих технологій і автоматизації енергетичних процесів

Кафедра Теплоенергетики та енергозберігаючих технологій

СИЛАБУС

НЕЙРОМЕРЕЖЕВІ ТЕХНОЛОГІЇ В СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ

Харків 2020

Кафедра	Кафедра теплоенергетики та енергозберігаючих технологій Department of thermal power engineering and energy-saving technologies Посилання на сайт кафедри tez@uipa.edu.ua
Назва навчальної дисципліни	Нейромережеві технології в системах управління Neural Network Technologies in Control Systems Навчальна дисципліна ведеться українською мовою
Рівень вищої освіти	Бакалавр
Викладач (-і)	1. Кандидат технічних наук, доцент Василець Тетяна Юхимівна; Лекційні, практичні заняття; посилання на профайл викладача: http://tez.uipa.edu.ua/?attachment_id=1217; контактний телефон: 067-57-57-032; електронна пошта: tatyana.vasilets@gmail.com.
Сторінка дисципліни в системі дистанційної освіти УІПА	Дисципліна нова, сторінка ДО у стадії розробки.
Консультації	Зазначається формат, розклад і місце проведення консультацій **Очні консультації:** Василець Тетяна Юхимівна, щосереди та щоп’ятниці 14^{00}-15^{00} в ауд. 15/1 **Он лайн- консультації:** Усі запитання можна надсилати на електронну Василець Тетяни Юхимівни, вказану в цьому силабусі.

1. **Коротка анотація до курсу.**

«Нейромережеві технології в системах управління» – це дисципліна, що вивчає питання, пов'язані з застосуванням нейромережевих технологій в системах управління. Викладаються основи теорії багатошарових нейронних мереж прямого розповсюдження, показується їх застосування до завдань ідентифікації і управління. При вивченні курсу розглядається програмна реалізація даних моделей за допомогою інструментальних засобів математичної системи MATLAB – пакету Neural Networks Toolbox (нейронні мережі), наводяться приклади, що ілюструють ефективність застосування тейромережевих технологій для вирішення завдань ідентифікації і управління.

Вивчення навчальної дисципліни сприяє здобуттю наступних **компетентностей**:

ЗК01. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК04. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

ЗК05. Здатність до пошуку, опрацювання та аналізу інформації з різних джерел.

ФК4. Здатність застосовувати методи системного аналізу, математичного моделювання, ідентифікації та числові методи для розроблення математичних моделей окремих елементів та систем автоматизації в цілому, для аналізу якості їх функціонування із використанням новітніх комп'ютерних технологій.

ФК6. Здатність використовувати для вирішення професійних завдань новітні технології у галузі автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій, зокрема, проектування багаторівневих систем керування, збору даних та їх архівування для формування бази даних параметрів процесу та їх візуалізації за допомогою засобів людино-машинного інтерфейсу.

2. Мета та завдання курсу.

Мета: формування у студентів знань принципів побудови і способів реалізації нейромережевих систем управління, набуття навичок практичного використання нейронних мереж для ідентифікації динамічних об'єктів і систем з використанням нейронних мереж, аналізу і синтезу систем з нейромережевими регуляторами.

Завдання:
- вивчення основ теорії багатошарових нейронних мереж прямого розповсюдження;
- формування вміння виконувати ідентифікацію динамічних об'єктів і систем з використанням нейронних мереж;
- формування навичок побудови нейромережевих, синтезу нейромережевих регуляторів;
- оволодіти технікою застосування пакетів прикладних програм для виконання ідентифікації об'єктів і систем управління з застосуванням нейронних мереж;
- оволодіння технікою синтезу нейромережевих регуляторів з застосуванням системи MATLAB.

3. Формат навчальної дисципліни. Змішаний (blended).

4. Результати навчання.

Очікувані результати навчання (ПР)	Складові результатів навчання
ПР12. Вміти використовувати різноманітне спеціалізоване програмне забезпечення для розв'язування типових інженерних задач у галузі автоматизації, зокрема, математичного моделювання, автоматизованого проектування, керування базами даних, методів	ПР12. 1. Знання основ теорії багатошарових нейронних мереж прямого розповсюдження. ПР12. 2. Володіння методами ідентифікації динамічних систем з застосуванням технологій нейронних мереж. ПР12. 3. Володіння методами побудови нейромережевих систем управління. ПР12. 4. вміння застосувати новітні програмні розробки для виконання ідентифікації об'єктів і систем управління з застосуванням нейронних мереж. ПР12. 5. Вміння виконувати синтез і дослідження нейромережевих систем управління з використанням інструментальних засобів системи MATLAB – пакету Neural Networks Toolbox.

Очікувані результати навчання (ПР)	Складові результатів навчання
комп'ютерної графіки	
ПР05. Вміти застосовувати методи теорії автоматичного керування для дослідження, аналізу та синтезу систем автоматичного керування	ПР05. 1. Володіння методами ідентифікації динамічних систем з застосуванням технологій нейронних мереж. ПР05. 2. Володіння методами побудови нейромережевих систем управління. ПР05. 3. вміння застосувати новітні програмні розробки для виконання ідентифікації об'єктів і систем управління з застосуванням нейронних мереж. ПР05. 4. Вміння виконувати синтез і дослідження нейромережевих систем управління з використанням інструментальних засобів системи MATLAB – пакету Neural Networks Toolbox.

5. Обсяг курсу

Види навчальних занять	Кількість годин (кредитів)	Форми поточного та підсумкового контролю
Лекції	28	Опитування.
Практичні заняття	32	Опитування, письмові контрольні роботи.
Лабораторні заняття		Опитування, захист лабораторних робіт
Самостійна робота	120	Захист індивідуальних завдань.
Всього	**180 (6кредитів)**	Підсумковий контроль: Екзамен.

6. Ознаки навчальної дисципліни:

Навчальний рік	Курс (рік навчання)	Семестр	Спеціальність (спеціалізація), освітня програма (за необхідністю)	Нормативна / вибіркова
2020/2021	4	8 (весна)	Спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології Освітня програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»	вибіркова (В)

7. Пререквізити. Теоретичною базою вивчення дисципліни «Технології нейронних мереж і нечіткого моделювання в системах управління» є попередні навчальні дисципліни: «Вища математика», «Теорія автоматичного управління», «Програмування, бази даних, програмне забезпечення в мікропроцесорних системах і системах управління», «Технічні засоби автоматизації та проектування систем автоматизації», «Основи комп'ютерно-інтегрованого управління».

8. Постреквізити. Дисципліни, які будуть використовувати результати навчання даного курсу: дипломне проектування.

9. Технічне й програмне забезпечення та/або обладнання. ПК Celeron 2.8 Ггц, 2 Гб ОЗУ, 250 ГБ HDD – 15 шт. Система MATLAB.

10. Політики курсу. Викладач та всі здобувачі, що вивчають цей курс, зобов'язуються дотримуватись таких положень:

- Положення про академічну доброчесність в Українській інженерно-педагогічній академії https://drive.google.com/file/d/1fyh2uMJczxJ8shq9LYB9Rhs2TFsbT9bF/view;
- Положення про академічну доброчесність при виконанні письмових робіт здобувачами освіти Української https://drive.google.com/file/d/1R5RZt0aA1y-mS7lzecUkfGWozG-3QS0h/view;
- Положення про порядок формування рейтингу успішності студентів Української інженерно-педагогічної академії для призначення стипендії https://drive.google.com/file/d/1ZRDuNTerpnwHUtL4G25B0RmDuBSU9HfH/view;
- Положення про порядок реалізації учасниками освітнього процесу УІПА права на академічну мобільність
- https://drive.google.com/file/d/1RwJKM6P5QiTgqm7STqczL7ng-2_GvMKu/edit

та розуміють, що за їх порушення несуть особисту відповідальність.

11. Календарно-тематичний план навчальної дисципліни

№ тижня	Вид і номер занять	Тема заняття або завдання на самостійну роботу	К-ть годин
Змістовий модуль № 1. ***Структури і властивості штучних нейронних мереж.***			
1	Лекція 1	Загальні положення теорії штучних нейронних мереж.	2
	Лекція 2	Структурна схема штучного нейрона.	2
	Практичне заняття 1	Побудова структурних схем нейрона. Визначення вихідного сигналу нейрона	2
	Лекція 3	Навчання нейронних мереж. Методи навчання нейронних мереж.	2
	Самостійна робота 1	Робота з конспектом лекцій. Робота з навчальною літературою. Виконання індивідуальних завдань. Складання тлумачного словника на англійській мові.	17
2	Лекція 3	Класифікація нейронних мереж і їх властивості.	2
	Лекція 4	Архітектура нейронних мереж прямого розповсюдження	2
	Практичне заняття 2	Побудова структурних схем нейронних мереж прямого розповсюдження. Визначення вихідного сигналу нейронних мереж прямого розповсюдження	2
	Самостійна робота 2	Робота з конспектом лекцій. Робота з навчальною літературою. Виконання індивідуальних завдань.	17
3	Лекція 5	Особливості навчання нейронних мереж. Критерій якості навчання.	2
	Лекція 6	Метод зворотного розповсюдження помилки	2
	Самостійна робота 3	Робота з конспектом лекцій. Робота з навчальною літературою. Виконання індивідуальних завдань. Складання тлумачного словника на англійській мові.	17
4	Лекція 7	Настройка вагових коефіцієнтів мережі	2
	Практичне заняття 3	Вивчення функцій пакету прикладних програм NEURAL NETWORK TOOLBOX системи MATLAB	4
	Самостійна робота3	Робота з конспектом лекцій. Робота з навчальною літературою. Виконання індивідуальних завдань. Складання тлумачного словника на англійській мові.	17
Всього за змістовий модуль 1 – 90 год. (лекцій – 14 год., ПЗ – 8 год., СР – 68 год.)			
Змістовий модуль № 2. ***Застосування нейронних мереж прямого розповсюдження в системах управління***			
5	Лекція8	Моделі систем, використовувані при нейромережевій ідентифікації	2

	Лекція 9	Нейронні мережі як універсальні моделі	2
	Лекція 10	Побудова прямої і інверсної нейронної моделі об’єкту	2
	Практичне заняття 4	Створення і моделювання нейронних мереж за допомогою SIMULINK	6
	Самостійна робота 5	Робота з конспектом лекцій. Робота з навчальною літературою. Виконання індивідуальних завдань. Складання тлумачного словника на англійській мові.	13
6	Лекція 11	Структури систем нейрорегулювання	2
	Лекція 12	Принцип побудови регулятора з прогнозом NN Predictive ControllerФ	2
	Практичне заняття 5	Синтез регулятора з прогнозом NN Predictive controller з використанням системи MATLAB	6
	Самостійна робота 6	Робота з конспектом лекцій. Робота з навчальною літературою. Виконання індивідуальних завдань. Складання тлумачного словника на англійській мові..	13
7	Лекція 13	Принцип побудови нейрорегулятора на основі моделі авторегресії з ковзаючим середнім NARMA-L2 CONTROLLER	2
	Практичне заняття 6	Синтез нейрорегулятора на основі моделі авторегресії з ковзаючим середнім NARMA–L2 Controller з використанням системи MATLAB	6
	Лекція 15	Основні поняття і визначення гібридних мереж	2
	Самостійна робота 7	Робота з конспектом лекцій. Робота з навчальною літературою. Виконання індивідуальних завдань. Складання тлумачного словника на англійській мові. Виконання курсового проекту.	13
	Лекція 14	Принцип побудови нейрорегулятора з еталонною моделлю MODEL REFERENCE CONTROLLER	2
	Практичне заняття 7	Синтез нейрорегулятора регулятора з еталонною моделлю Model Reference Controller з використанням системи MATLAB	6
	Самостійна робота 8	Робота з конспектом лекцій. Робота з навчальною літературою. Підготовка до захисту курсового проекту. Складання тлумачного словника на англійській мові. Підготовка до іспиту.	13
Всього за змістовий модуль 2 – 90 год. (лекцій – 14 год., ПЗ – 24 год., СР – 52 год.)			
Всього з навчальної дисципліни – 180 год. (лекцій – 28 год., ПЗ – 32 год., СР – 120 год.)			

12. Система оцінювання та вимоги

Загальна система оцінювання: Навчальна дисципліна оцінюється за 100-бальною шкалою. Робота здобувача впродовж семестру/еказамен (іспит) - 73/27

Шкала оцінювання з навчальної дисципліни

№	Види робіт здобувача	Оцінка
1.	Виконання індивідуальних завдань	0-30
2.	Виконання і захист лабораторних робіт	0-30
3.	Складання тлумачного словника на англійській мові	0-13
4.	Екзамен	0-27
	Всього за навчальну дисципліну	**0-100**

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Підсумкова оцінка	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою (екзамен)	Оцінка за національною шкалою (залік)
90 – 100	**A**	відмінно	зараховано
82 – 89	**B**	добре	
74 – 81	**C**		
64 – 73	**D**	задовільно	
60 – 63	**E**		
35 – 59	**FX**	незадовільно з можливістю повторного складання	незараховано
0 – 34	**F**	незадовільно з обов’язковим повторним вивченням дисципліни	

Умови допуску до підсумкового контролю:

1) Відпрацювання і захист усіх лабораторних робіт.
2) Оцінка за виконання всіх робіт, в тому числі індивідуальних завдань, не менше, ніж 60 балів з 73 можливих.
3) Робота здобувача впродовж семестру оцінено не менше, ніж на 60 балів.

Критерії оцінювання видів робіт.

Впродовж семестру студент повинен виконати індивідуальні завдання. Максимальна кількість балів за кожне завдання становить у середньому 6 балів.

- **6** балів виставляється студенту який має глибокі теоретичні знання відповідного розділу дисципліни, правильно виконав завдання, відповів на всі запитання, має логічне мислення при відповідях на запитання.
- **5** балів виставляється студенту, який має достатньо глибокі теоретичні знання відповідного розділу дисципліни, правильно виконав завдання, але його відповіді на деякі запитання не є чіткими.
- **4** бали виставляється студенту, який має тверді теоретичні знання відповідного розділу дисципліни, правильно виконав завдання, але нераціональним способом; наявні неточності у деяких формулюваннях при відповідях на теоретичні запитання.
- **3** бали виставляється студенту, який володіє теоретичним матеріалом відповідного розділу дисципліни в повному обсязі, але допустив незначні помилки при виконанні завдання, можливі деякі неточності у відповідях на запитання.
- **2** бали виставляється студенту, який в основному володіє теоретичним матеріалом відповідного розділу дисципліни, виконав завдання з грубими помилками, не відповів на деякі запитання.
- **1** Оцінка бал виставляється студенту, який не володіє деякою частиною теоретичного матеріалу відповідного розділу дисципліни, не виконав завдання, не відповів на більшість запитань.
- **0** балів виставляється студенту, який не володіє основними питаннями теоретичного матеріалу відповідного розділу дисципліни, не виконав завдання.

13. Питання до екзамену

1. Що називається нейронною мережею?
2. Які найважливіші особливість та властивості нейронних мереж?
3. Дайте визначення нейромережевої системи управління.
4. Які функції виконує нейронна мережа у складі автоматизованих систем управління?
5. Перерахуйте області застосування штучних нейронних мереж.
6. Які задачі вирішуються за допомогою штучних нейронних мереж?
7. Дайте характеристику основним етапам розвитку нейронних мереж.
8. Які фактори обумовлюють застосування нейромережевих технологій в системах управління?
9. Наведіть структурну схема і запишіть основні рівняння штучного нейрона з скалярним входом (без зсуву і зі зсувом).
10. Які ви знаєте види функцій активації нейронів? Запишіть їх формули та намалюйте графіки.
11. Наведіть структурну схему і запишіть основні рівняння штучного нейрона з векторним входом.
12. Наведіть укрупнену схема нейрона з векторним входом. Дайте пояснення основних елементів схеми.
13. Дайте визначення нейронної мережі.
14. У чому полягає алгоритм функціонування мережі.
15. Назвіть етапи формування нейронної мережі.
16. Які дії слід виконаним на кожному етапі формування нейронної мережі.
17. Назвіть типи нейронів в мережі в залежності від функцій, що вони виконують.
18. Наведіть класифікацію нейронних мереж по топології.
19. Наведіть класифікацію нейронних мереж по числу шарів. Зобразіть схему двошарової мережі прямого розповсюдження.
20. Від чого залежить вибір структури нейронної мережі?
21. Які нейронні мережі використовуються в задачах управління?
22. Зобразіть схему і запишіть рівняння одношарової нейронної мережі.
23. Який вигляд має матриця вагів?
24. Зобразіть укрупнену структурну схему одношарової нейронної мережі.
25. Зобразіть розгорнуту і укрупнену схему багатошарової нейронної мережі.
26. Зобразіть розгорнуту і укрупнену схему багатошарової нейронної мережі з сигмоїдальними функціями активації.
27. Перечисліть основні достоїнства багатошарових прямонаправлених нейронних мереж.
28. У чому полягає сутність процесу навчання нейронних мереж?

29. Покажіть зв'язок алгоритмів навчання нейронних мереж і алгоритмів пошуку глобального екстремуму функції багатьох змінних.
30. Що таке «явище перенавчання» ? Як виявити ефект перенавчання?
31. У чому полягає здібність узагальнення нейронних мереж?
32. Запишіть квадратичний функціонал якості навчання.
33. Які проблеми виникають при використанні градієнтних методів настройки параметрів ШНМ?
34. Які ви знаєте методи навчання нейронних мереж?
35. Запишіть основні етапи навчання одношарової мережі.
36. Перерахуйте кроки навчання нейронної мережі.
37. Запишіть основні етапи навчання багатошарової мережі методом зворотного розповсюдження помилки.
38. Перечисліть і запишіть основні співвідношення методів настройки вагових коефіцієнтів мережі.
39. Які моделі систем використовуються при нейромережевій ідентифікації?
40. Запишіть рівняння узагальнених NARMAX або NARX моделей, що враховують різні види нелінійностей по вхідних і вихідних змінних.
41. Зобразіть структурні схеми узагальнених NARMAX або NARX моделей, що враховують різні види нелінійностей по вхідних і вихідних змінних.
42. Запишіть рівняння прямої і інверсної нейронних NARX моделей нелінійної динамічної системи.
43. Зобразіть структурні схеми прямої і інверсної нейронних NARX моделей.
44. Зобразіть структурні схеми тренування прямої і інверсної нейронних моделей.
45. Запишіть методику обчислення градієнта при тренуванні нейромоделей.
46. Запишіть типову послідовність дій, що приводить до формування нейромоделі (ідентифікації) динамічної системи.
47. Зобразіть схему ідентифікації нелінійного об’єкту управління за допомогою штучної нейронної мережі.
48. Зобразіть схему ідентифікації нелінійного об'єкту за допомогою багатошарового персептрона.
49. Які Ви знаєте програмні засоби для побудови нейромережевих моделей динамічних об’єктів і систем?
50. Перечисліть регулятори реалізовані в пакеті прикладних програм Neural Network Toolbox системи MATLAB.
51. Поясніть принцип дії регулятора з прогнозом NN Predictive Controller, регулятора на основі моделі авторегресії з ковзаючим середнім NARMA-L2 Controller, регулятора на основі еталонної моделі Model Reference Controller.
52. Поясніть структуру нейронних мереж, які використовуються в кожному регуляторі.
53. Наведіть структурні схеми системи управління з нейрорегулятором NN Predictive Controller, NARMA-L2 Controller і Model Reference Controller.

54. Перечисліть основні етапи синтезу нейромережевих систем управління, побудованих на основі вищеназваних регуляторів.
55. Як виконується формування навчальної послідовності?
56. Як відбувається контроль процесу навчання мережі?
57. Як вибираються параметри нейрорегулятора?
58. Які функції виконують нейронні мережі в вищеназваних регуляторах?
59. Скільки шарів містить нейронна мережа нейрорегулятора NARMA-L2 Controller?
60. Скільки нейронних мереж містить нейрорегулятор Model Reference Controller?

14. Рекомендована література та інформаційні ресурси

Основна (базова) література

1. Нейромережеві технології в системах управління: Підручник для візів./ Б. І. Кузнецов, Т.Ю. Василець, Т.Б. Нікітіна, В. В. Коломиєць, О.О. Варфоломієв; Укр. інж.-пед. акад.. - Харків: УІПА, 2014. - 232 с.
2. Кирик В. В. Математичний апарат штучного інтелекту в електроенергетичних системах:підручник..– Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2019. –224 с.
3. Терехов В. А. Нейросетевые системы управления / В. А. Терехов, Д .В. Ефимов, И. Ю. Тюкин. – М. : ИПРЖР, 2002. – 480 с.
4. Зайченко Ю.П. Основи проектування інтелектуальних систем.. – К.: Слово, 2004. –353 с.
5. Круглов В.В., Дли М.И., Галунов Р.Ю. Нечёткая логика и искусственные нейронные сети. – М.: Физматлит, 2001. – 201 с.

Додаткова (допоміжна) література

1. Субботін С. О., Олійник А.О., Субботін С.О. Нейронні мережі: навч. посібн. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2014. – 132 с.
2. Тимощук П.В. Штучні нейронні мережі; Навч. посібн. - Львів: Львівська політехніка, 2011. -444 с.
3. Кононюк, А. Ю. .Нейронні мережі і генетичні алгоритми. - Київ: Корнійчук, 2008. - 468 с.
4. Бодянский Е.В., Руденко О. Г. . Искусственные нейронные сети: архитектуры, обучение, применения. – Х. : Телетех, 2004. – 264 с.
5. Круглов В.В., Борисов В.В., Искусственные нейронные сети. Теория и практика. – М.: Горячая линия – Телеком, 2001. – 382с.
6. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344 с.
7. Омату С, Халид М, Юсоф Р. Нейроуправление и его приложения. – М.: ИПРЖРБ, 2000. – 272с..
8. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. Пер. с польск. И.Д. Рудинского. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 452 с.
9. Зозуля Ю.И. Интеллектуальные нейросистемы. Кн. 12. – М.: Радиотехника, 2003. – 144 .
10. Головко В.А. Нейронные сети: обучение, организация и применение. Кн. 4. – М.: ИПРЖР, 2001. – 256 с.
11. Тархов Д. А. Нейронные сети. Модели и алгоритмы. Кн.18.. – М. : ИПРЖР, 2005. – 256 с..
12. В.П.Дьяконов, В.В.Круглов MATLAB 6.5 SP1/SP2 + Simulink 5/6 инструменты искусственного интеллекта и биоинформатики. Серия «Библиотека профессионала». – М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2006.- 456 с.
13. Медведев В.С., Потемкин В.Г. Нейронные сети. MATLAB 6/[Под общ. ред. к.т.н. В.Г. Потемкина]. – М. : ДИАЛОГ-МИФИ, 2002. – 496 с
14. Дьяконов В. Математические пакеты расширения MATLAB. Специальный справочник / В. Дьяконов, В. Круглов. – СПб: Питер, 2001. –488 с.
15. ШтовбаС.Д. Проектированиенечеткихсистемстредствами MATLAB / С.Д. Штовба – М.: "Горячаяли-ния - Телеком", 2007. – 288 с.

Інформаційні ресурси

Дисципліна нова, сторінка ДО у стадії розробки.