

**РОБОЧА ПРОГРАМА**  
навчальної дисципліни  
**«НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ  
В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗАЦІЇ»**

Затверджено на засіданні кафедри  
автоматизації, електро- та  
робототехнічних систем  
Протокол № 2 від «17» вересня 2024 р.



УКЛАДАЧ(І):

РАЗЖИВІН Олексій, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри організації та автоматизації виробництва.

ЗАТВЕРДЖЕНО

Завідувач кафедри

Олексій КОЙФМАН

УЗГОДЖЕНО:

Гарант освітньої програми  
«Інтелектуальні системи управління та  
робототехнічні комплекси в  
гірничо-металургійному виробництві»

Олексій КОЙФМАН



# 1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

**Опис курсу.** Нейронні мережі в системах автоматизації (НМСА) – базова навчальна дисципліна, яка забезпечить наявність необхідних знань для вирішення практичних задач у процесі інженерної діяльності, що пов'язана з проектуванням систем автоматизації з використанням нейронних мереж та кіберфізичних систем управління. Під час вивчення дисципліни оволодієте вміннями та знаннями створення системи автоматизації, кіберфізичного виробництва з використанням нейронних мереж, а також здобудете навички з практичної реалізації сучасних методів проектування цифрових та інформаційних систем з використанням нейрокерування, робототехнічних та нечітких нейромережевих технологій, баз знань стану технологічного об'єкту.

Особливістю курсу є акцент на саме практичному використанні методів проектування інтелектуальних систем управління при розв'язанні різноманітних інженерних задач, наукових досліджень та проектуванні систем автоматизації з використанням нейротехнологій.

Отримані знання будуть корисними для проектування АСУ з використанням інтелектуальних методів управління на базі нейромережевих технологій та баз знань.


За освітньою програмою Інтелектуальні системи управління та робототехнічні комплекси в гірничо-металургійному виробництві, цей освітній компонент є обов'язковим, в іншому випадку — звертайтеся за консультацією: можливо саме цей курс допоможе розширити ваші знання та навички в АСУ з використанням інтелектуальних систем управління.

## **Вимоги:**

- наявність базових знань рівня «Бакалавр» в теорії автоматичного регулювання, ідентифікації, моделюванні об'єктів та системного аналізу, проектуванні систем автоматизації;
- математичні знання та навички: диференціальне та інтегральне обчислення, матрична алгебра; функції багатьох змінних, функціональні ряди;
- підготовка з інформатики: використання Microsoft Word, Excel та Visio, базові знання з алгоритмізації та програмування;
- наявність корпоративного облікового запису @mipolytech.education, Microsoft Teams, Word, Excel;
- наявність особистого логіну та паролю в Moodle (для отримання або поновлення слід звернутися до куратора групи).

## **Програмні результати навчання:**

- створювати системи автоматизації, кіберфізичні виробництва на основі використання інтелектуальних методів управління, баз даних та баз знань, цифрових та мережевих технологій, робототехнічних та інтелектуальних мехатронних пристроїв, працюючи автономно і в команді;
- застосовувати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки, а також критичне осмислення сучасних проблем у сфері автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій для розв'язування складних задач професійної діяльності з відомим рівнем професійної та соціальної відповідальності;
- застосовувати сучасні підходи і методи моделювання та оптимізації для дослідження та створення ефективних систем автоматизації складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами;
- розробляти комп'ютерно-інтегровані системи управління складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами, застосовуючи системний підхід із врахуванням нетехнічних складових оцінки об'єктів автоматизації;



- застосовувати сучасні математичні методи, методи теорії автоматичного керування, теорії надійності та системного аналізу для дослідження та створення систем автоматизації складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами, кіберфізичних виробництв;

- розробляти і використовувати спеціалізоване програмне забезпечення та цифрові технології для створення систем автоматизації складними організаційно-технічними об'єктами, професійно володіти спеціальними програмними засобами;

- застосовувати методики тренування, адаптації та тестування нейронних мереж різної архітектури при дослідженні та створенні цифрових двійників систем автоматизації складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами математичного моделювання з використанням Neural Network Toolbox середовища MATLAB;

- застосовувати сучасні математичні методи синтезу нейро-нечітких регуляторів supervisory управління на підставі інформації стану технологічного об'єкту у реальному часі з використанням редактора системи нечіткого висновку Anfis MATLAB;

- створювати, налаштувати та моделювати нейронні мережі для ідентифікації параметрів стаціонарних сигналів, апроксимації перехідних функцій системи автоматизації технологічним об'єктом з використанням Neural Network Toolbox середовища MATLAB;

- впроваджувати методи управління системами автоматизації з використанням концепції ідентифікації динамічних ланок нейронною мережею та нейрорегуляторів на основі використання методів з передбаченням (NN Predictive Controller), з урахуванням авторегресії зі ковзним середнім (NARMA – L2 Controller) та з урахуванням еталонної моделі (Model Reference Controller).

### **Організація курсу, форми та методи навчання.**

- Освітній процес є комбінацією лекцій, практичних занять та самостійного вивчення навчального матеріалу на платформі Moodle; роботи з джерелами інформації професійного змісту, самостійного пошуку матеріалів у Kortext та Research4life за заданим англійським тезаурусом, виконання індивідуальних завдань, індивідуальних та групових консультацій.

- Відвідування лекційних занять є бажаним, однак не обов'язковим; від студентів очікується ознайомлення з матеріалом перед лекцією, що дозволить побудувати лекційне заняття у вигляді сполучення пояснень викладача та обговорення проблемних питань, які виникли при підготовці до лекції.

- Лабораторні і практичні заняття передбачають набуття навичок з синтезу систем автоматизації, кіберфізичних систем з використанням методів нейротехнологій для умовно поставленого завдання до змодельованих ситуацій та розв'язання задач різних рівнів, розбір реальних кейсів за матеріалами відкритого доступу; їх відвідування є бажаним.

- Від студента потребується виконати індивідуальні завдання та модульні контрольні роботи у терміни, встановлені у розділі «Розподіл балів за контрольними точками та графік їх виконання».

- З урахуванням поточної ситуації від учасників освітнього процесу очікується виконання вимог безпеки при сигналі «Повітряна тривога», санкції за залишення заняття або неявку на заняття не застосовуються.

- Опціонально доступні індивідуальні та групові консультації. З викладачем можна зв'язатися через електронну пошту, в чаті або в персональній розмові в MS Teams.

**Мова освітнього процесу:** українська, англійська (окремі джерела літератури, фактологічна та інша інформація).



## 2 НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА

*Для варіанту вивчення дисципліни як обов'язкового компоненту освітньої програми «Інтелектуальні системи управління та робототехнічні комплекси в гірничо-металургійному виробництві»*

**Змістовий модуль 1. Інтелектуальні системи управління з застосуванням нейронних мереж**

**Тема 1. Основи штучного інтелекту та теорії нейронних мереж.**

Деякі відомості про мозок людини. Проблеми теорії та практики формування знань. Особливості та проблеми формування знань. Сучасні уявлення про штучний інтелект робототехнічних та інтелектуальних пристроїв

**Тема 2. Базові поняття застосування нейронних мережі у системах автоматизації.**

Принципи функціонування біологічного нейрона. Класифікація нейронних мереж. Завдання розпізнавання та лінійна машина. Штучний нейрон. Проблема лінійної роздільності. Правило навчання Хебба. Концепція вхідної і виховної зірки. Парадигми навчання. Попередня обробка інформації та оцінка якості роботи нейромережі.

**Тема 3. Дослідження та створення систем автоматизації з використанням одношарової нейронної мережі.**

Опис штучного нейрона у спеціалізованому програмному забезпеченні MatLab. Персептрон. Лінійна нейронна мережа. Рекурентний метод найменших квадратів. Лінійна мережа з лінією затримки для опису та дослідження об'єктів автоматизації.

**Тема 4. Аналіз об'єктів автоматизації, процесів та методів з використанням нейронної мережі прямого поширення.**

**Лекція 4.1.** Топологія та властивості. Алгоритм зворотного розповсюдження помилки. Реалізація логічних функцій.

**Лекція 4.2.** Апроксимація функцій вхід-вихід об'єктів автоматизації. Математичне моделювання статичних залежностей з використанням ШНМ ПП. Масштабування та відновлення даних.


**Тема 5. Застосування методики апроксимації характеристик системи автоматизації з використанням радіальної нейронної мережі**

Структура радіальної нейронної мережі. Розрахунок параметрів радіальної та навчання RBF мережі. Радіальні нейронні мережі в MatLab. Методика застосування RBF мережі та нечіткої системи для апроксимації характеристик системи автоматизації.

**Тема 6. Застосування рішення по впровадженню технологій штучного інтелекту з використанням моделі асоціативної пам'яті**

Нейронна мережа Елмана. Мережі Хопфілда. Двоспрямована асоціативна пам'ять. Нейронна мережа Хеммінгу. Адаптивні резонансні нейронні мережі.

**Змістовий модуль 2. Нейронні мережі в системах автоматизації**



## **Тема 7. Математичне моделювання при дослідженні мехатронних та робототехнічних систем з використанням нейронної мережі Кохонена**

Структура мережі Кохонена. Навчання мережі Кохонена. Шар Кохонена. Самоорганізовані карти Кохонена. Нейронні мережі класифікації.

## **Тема 8. Нейрокерування на основі використання інтелектуальних методів управління.**

**Лекція 8.1.** Управління зі зворотним зв'язком. Моделі об'єктів керування. Ідентифікація динамічних ланок. Ідентифікація динамічних ланок нейронною мережею. Нейроемулятори та нейропредиктори. Концепція нейроуправління. Інверсне нейрокерування.

**Лекція 8.2.** Нейроконтролери у спеціалізованому програмному забезпеченні MatLab Контролер із передбаченням (NN Predictive Controller). Контролер з урахуванням авторегресії зі ковзним середнім (NARMA – L2 Controller). Контролер з урахуванням еталонної моделі (Model Reference Controller).

## **Тема 9. Нечіткі регулятори в системах автоматизації**

**Лекція 9.1.** Аналітичний опис нечіткого логічного регулятора ПД-типу. Синтез нечіткого регулятора ПД-типу. Синтез нечіткого регулятора ПІ-типу. Ковзаючий режим нечіткого регулятора. Моделювання роботи нечіткого регулятора у режимі спостереження.

**Лекція 9.2.** Нечіткі супервізори. Системи управління з нечітким супервізором ПІД регулятора. Інкрементальний нечіткий супервізор. системи нечіткого інкрементального супервізору НЛР\_ПД. Організації нечіткого супервізора, в якому корекція коефіцієнтів ПІД-регулятора відбувається на підставі інформації про помилку та її похідну.

*Варіанту вивчення дисципліни як вибіркового компоненту освітніх програм*

## **Змістовий модуль 1. Інтелектуальні системи управління з застосуванням нейронних мереж**

### **Тема 1. Основи штучного інтелекту та теорії нейронних мереж.**

Деякі відомості про мозок людини. Проблеми теорії та практики формування знань. Особливості та проблеми формування знань. Сучасні уявлення про штучний інтелект робототехнічних та інтелектуальних пристроїв

### **Тема 2. Базові поняття застосування нейронних мережі у системах автоматизації.**

Принципи функціонування біологічного нейрона. Класифікація нейронних мереж. Завдання розпізнавання та лінійна машина. Штучний нейрон. Проблема лінійної роздільності. Правило навчання Хебба. Концепція вхідної і виховної зірки. Парадигми навчання. Попередня обробка інформації та оцінка якості роботи нейромережі.

### **Тема 3. Дослідження та створення систем автоматизації з використанням одношарової нейронної мережі.**

Опис штучного нейрона у спеціалізованому програмному забезпеченні MatLab. Персептрон. Лінійна нейронна мережа. Рекурентний метод найменших квадратів. Лінійна мережа з лінією затримки для опису та дослідження об'єктів автоматизації.



**Тема 4. Аналіз об'єктів автоматизації, процесів та методів з використанням нейронної мережі прямого поширення.**

**Лекція 4.1.** Топологія та властивості. Алгоритм зворотного розповсюдження помилки. Реалізація логічних функцій.

**Лекція 4.2.** Апроксимація функцій вхід-вихід об'єктів автоматизації. Математичне моделювання статичних залежностей з використанням ШНМ ПП. Масштабування та відновлення даних.

**Тема 5. Застосування методики апроксимації характеристик системи автоматизації з використанням радіальної нейронної мережі**

Структура радіальної нейронної мережі. Розрахунок параметрів радіальної та навчання RBF мережі. Радіальні нейронні мережі в MatLab. Методика застосування RBF мережі та нечіткої системи для апроксимації характеристик системи автоматизації.

**Тема 6. Застосування рішення по впровадженню технологій штучного інтелекту з використанням моделі асоціативної пам'яті**

Нейронна мережа Елмана. Мережі Хопфілда. Двоспрямована асоціативна пам'ять. Нейронна мережа Хеммінгу. Адаптивні резонансні нейронні мережі.

## **Змістовий модуль 2. Нейронні мережі в системах автоматизації**

**Тема 7. Математичне моделювання при дослідженні мехатронних та робототехнічних систем з використанням нейронної мережі Кохонена**

Структура мережі Кохонена. Навчання мережі Кохонена. Шар Кохонена. Самоорганізовані карти Кохонена. Нейронні мережі класифікації.

**Тема 8. Нейрокерування на основі використання інтелектуальних методів управління.**

**Лекція 8.1.** Управління зі зворотним зв'язком. Моделі об'єктів керування. Ідентифікація динамічних ланок. Ідентифікація динамічних ланок нейронною мережею. Нейроемулятори та нейропередиктори. Концепція нейроуправління. Інверсне нейрокерування.

**Лекція 8.2.** Нейроконтролери у спеціалізованому програмному забезпеченні MatLab Контролер із передбаченням (NN Predictive Controller). Контролер з урахуванням авторегресії зі ковзним середнім (NARMA – L2 Controller). Контролер з урахуванням еталонної моделі (Model Reference Controller).

**Тема 9. Нечіткі регулятори в системах автоматизації**

**Лекція 9.1.** Аналітичний опис нечіткого логічного регулятора ПД-типу. Синтез нечіткого регулятора ПД-типу. Синтез нечіткого регулятора ПІ-типу. Ковзаючий режим нечіткого регулятора. Моделювання роботи нечіткого регулятора у режимі спостереження.

**Лекція 9.2.** Нечіткі супервізори. Системи управління з нечітким супервізором ПІД регулятора. Інкрементальний нечіткий супервізор. системи нечіткого інкрементального супервізора НЛР\_ПД. Організації нечіткого супервізора, в якому корекція коефіцієнтів ПІД-регулятора відбувається на підставі інформації про помилку та її похідну

### 3 ОБСЯГ І СТРУКТУРА ДИСЦИПЛІНИ

*Варіант вивчення дисципліни як обов'язкової*

№ з/п	Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
		Усього	в т.ч.			
			Л	П (С)	Лаб	СРС
<b>Змістовий модуль 1. Інтелектуальні системи управління з застосуванням нейронних мереж</b>						
1.	Основи штучного інтелекту та теорії нейронних мереж	8	2			6
2.	Базові поняття застосування нейронних мережі у системах автоматизації	10	2	2		6
3.	Дослідження та створення систем автоматизації з використанням одношарової нейронної мережі	12	2	4		6
4.	Аналіз об'єктів автоматизації, процесів та методів з використанням нейронної мережі прямого поширення	14	4	4		6
5.	Застосування методики апроксимації характеристик системи автоматизації з використанням радіальної нейронної мережі	10	2	2		6
6.	Застосування рішення по впровадженню технологій штучного інтелекту з використанням моделі асоціативної пам'яті	10	2	2		6
<b>Змістовий модуль 2. Нейронні мережі в системах автоматизації</b>						
7.	Математичне моделювання при дослідженні мехатронних та робототехнічних систем з використанням нейронної мережі Кохонена	10	2	2		6
8.	Нейрокерування на основі використання інтелектуальних методів управління	15	4	4		7
9.	Нечіткі регулятори в системах автоматизації	15	4	4		7
<b>Усього годин</b>		<b>105</b>	<b>24</b>	<b>24</b>		<b>57</b>

тут і далі: Л – лекції, П (С) – практичні (семінарські) заняття, Лаб – лабораторні заняття, СРС – самостійна робота студентів.

*Варіант вивчення дисципліни як вибіркової*

№ з/п	Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
		Усього	в т.ч.			
			Л	П (С)	Лаб	СРС
<b>Змістовий модуль 1. Інтелектуальні системи управління з застосуванням нейронних мереж</b>						
1	Основи штучного інтелекту та теорії нейронних мереж	16	4	4		8
2.	Базові поняття застосування нейронних мережі у системах автоматизації	16	4	4		8
3.	Дослідження та створення систем автоматизації з використанням одношарової нейронної мережі	16	4	4		8
4.	Аналіз об'єктів автоматизації, процесів та методів з використанням нейронної мережі прямого поширення	17	4	4		9
5.	Застосування методики апроксимації характеристик системи автоматизації з використанням радіальної нейронної мережі	17	4	4		9
6.	Застосування рішення по впровадженню технологій штучного інтелекту з використанням моделі асоціативної пам'яті	17	4	4		9
<b>Змістовий модуль 2. Нейронні мережі в системах автоматизації</b>						
7.	Математичне моделювання при дослідженні мехатронних та робототехнічних систем з використанням нейронної мережі Кохонена	17	4	4		9
8.	Нейрокерування на основі використання інтелектуальних методів управління	17	4	4		9
9.	Нечіткі регулятори в системах автоматизації	17	4	4		9
<b>Усього годин</b>		<b>150</b>	<b>36</b>	<b>36</b>		<b>78</b>

## 4 ПІДХОДИ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

### 4.1 Розподіл балів за контрольними точками та графік їх виконання

Для варіанту вивчення дисципліни як обов'язкової

Тижні	1	2	3	4	5	6	7	8	Всього
Види контр. точок									
Робота на практичних заняттях	5	5	5		5	5	5		30
Складання індивідуальних завдань			20				20		40
Модульні контрольні роботи				15				15	30
Всього	50			50			100		

Для варіанту вивчення дисципліни як вибіркової

Тижні	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Всього
Види контр. точок																			
Робота на практичних заняттях		5		5			5			5		5				5			30
Складання індивідуальних завдань								20										20	40
Модульні контрольні роботи									15										15
Всього	50									50									100

### 4.2 Зміст та вимоги до контрольних точок

Назва контрольної точки	Опис контрольної точки, порядок її проходження та отримання балів
Робота на практичних заняттях ПР1. Створення, адаптація і навчання лінійної нейронної мережі у командному вікні MatLab	Оцінка за роботу на практичному занятті оголошується наприкінці заняття і може бути оскаржена одразу ж.  Мах :5 балів – студент продемонстрував критичне осмислення при виконанні практичне завдання, а також засвоїв методику та придбав навички створення, адаптації та навчання лінійної нейронної мережі із застосування пакету прикладних програм (ППП) Neural Network Toolbox системи програмування MATLAB, навів аргументовані аналітичні висновки за результатами проведеної практичної роботи, дав пряму і релевантну відповідь на поставлене питання з використанням обґрунтованого посилання на теоретичний матеріал та варіації зміни відповідь на зміну вхідних умов, в т.ч. у вигляді додаткових запитань / зміг стисло формалізувати вербально сутність проблеми за ситуацією, ідентифікував ключові складові і пріоритети вирішення, запропонував логічне розв'язання (3 бали); – оцінка ініціативності у роботі над проблемою, логічності та структурованості відповіді, здатності комунікувати у команді та під впливом негативних факторів, в т.ч. під тиском викладача та/або групи, вміння вести дискусію та бути критичним та самокритичним (2 бали)
ПР2. Розробка радіальної	Мах :5 балів

Назва контрольної точки	Опис контрольної точки, порядок її проходження та отримання балів
<p>базисної нейронної мережі для апроксимації функцій</p>	<p>– студент продемонстрував критичне осмислення при виконанні практичне завдання, придбав навички створення, налаштування та моделювання радіальних базисних мереж для апроксимації функцій, а також навів аргументовані аналітичні висновки за результатами проведеної практичної роботи, дав пряму і релевантну відповідь на поставлене питання з використанням обґрунтованого посилання на теоретичний матеріал та варіації зміни відповідь на зміну вхідних умов, в т.ч. у вигляді додаткових запитань / зміг стисло формалізувати вербально сутність проблеми за ситуацією, ідентифікував ключові складові і пріоритети вирішення, запропонував логічне розв'язання (3 бали);</p> <p>– оцінка ініціативності у роботі над проблемою, логічності та структурованості відповіді, здатності комунікувати у команді та під впливом негативних факторів, в т.ч. під тиском викладача та/або групи, вміння вести дискусію та бути критичним та самокритичним (2 бали)</p>
<p>ПР3. Розробка нейронної мережі для моделювання стаціонарних сигналів</p>	<p>Max :5 балів</p> <p>– студент продемонстрував критичне осмислення при виконанні практичне завдання, придбав вміння та навички у створенні та навчанні нейронних мереж для ідентифікації параметрів стаціонарних сигналів, а також навів аргументовані аналітичні висновки за результатами проведеної практичної роботи, дав пряму і релевантну відповідь на поставлене питання з використанням обґрунтованого посилання на теоретичний матеріал та варіації зміни відповідь на зміну вхідних умов, в т.ч. у вигляді додаткових запитань / зміг стисло формалізувати вербально сутність проблеми за ситуацією, ідентифікував ключові складові і пріоритети вирішення, запропонував логічне розв'язання (3 бали);</p> <p>– оцінка ініціативності у роботі над проблемою, логічності та структурованості відповіді, здатності комунікувати у команді та під впливом негативних факторів, в т.ч. під тиском викладача та/або групи, вміння вести дискусію та бути критичним та самокритичним (2 бали)</p>
<p>ПР4. Розробка нейронної мережі для моделювання стаціонарного фільтру</p>	<p>Max :5 балів</p> <p>– студент продемонстрував критичне осмислення при виконанні практичне завдання, придбав вміння та навички у створенні та навчанні нейронних мереж для моделювання стаціонарних фільтрів, а також навів аргументовані аналітичні висновки за результатами проведеної практичної роботи, дав пряму і релевантну відповідь на поставлене питання з використанням обґрунтованого посилання на теоретичний матеріал та варіації зміни відповідь на зміну вхідних умов, в т.ч. у вигляді додаткових запитань / зміг стисло формалізувати вербально сутність проблеми за ситуацією, ідентифікував ключові складові і пріоритети вирішення, запропонував логічне розв'язання (3 бали);</p> <p>– оцінка ініціативності у роботі над проблемою, логічності та структурованості відповіді, здатності комунікувати у команді та під впливом негативних факторів, в т.ч. під тиском викладача та/або групи, вміння вести дискусію та бути критичним та самокритичним (2 бали)</p>
<p>ПР5. Синтез нечіткого супервізора</p> <p>Супервізорне управління з інкрементальною зміною коефіцієнтів регулятора</p>	<p>Max :5 балів</p> <p>– студент продемонстрував критичне осмислення при виконанні практичне завдання, засвоїв методики синтезу нечіткого супервізору регулятора ПІД-типу з використанням редактора системи нечіткого висновку а також навів аргументовані аналітичні висновки за результатами проведеної практичної роботи, дав пряму і релевантну відповідь на поставлене питання з використанням обґрунтованого посилання на теоретичний матеріал та варіації зміни відповідь на зміну вхідних умов, в т.ч. у вигляді додаткових запитань / зміг стисло формалізувати вербально сутність проблеми за ситуацією, ідентифікував ключові складові і пріоритети вирішення, запропонував логічне розв'язання (3 бали);</p>

Назва контрольної точки	Опис контрольної точки, порядок її проходження та отримання балів
<p>ПР6. Супервізорне управління з корекцією коефіцієнтів ПІД-регулятора на підставі інформації про помилку та її похідну</p>	<p>– оцінка ініціативності у роботі над проблемою, логічності та структурованості відповіді, здатності комунікувати у команді та під впливом негативних факторів, в т.ч. під тиском викладача та/або групи, вміння вести дискусію та бути критичним та самокритичним (2 бали)</p> <p>Мах :5 балів</p> <p>– студент продемонстрував критичне осмислення при виконанні практичне завдання, засвоїв методику синтезу супервізорного управління з корекцією коефіцієнтів ПІД-регулятора на підставі інформації про помилку та її похідну з використанням редактора системи нечіткого висновку, а також навів аргументовані аналітичні висновки за результатами проведеної практичної роботи, дав пряму і релевантну відповідь на поставлене питання з використанням обґрунтованого посилання на теоретичний матеріал та варіації зміни відповідь на зміну вхідних умов, в т.ч. у вигляді додаткових запитань / зміг стисло формалізувати вербально сутність проблеми за ситуацією, ідентифікував ключові складові і пріоритети вирішення, запропонував логічне розв'язання (3 бали);</p> <p>– оцінка ініціативності у роботі над проблемою, логічності та структурованості відповіді, здатності комунікувати у команді та під впливом негативних факторів, в т.ч. під тиском викладача та/або групи, вміння вести дискусію та бути критичним та самокритичним (2 бали).</p>
<p>Виконання та захист індивідуального завдання</p> <p>ІН31. Моделювання коливальної динамічної ланки лінійною нейронною мережею з лінією затримки</p> <p>ІН32. Побудова цифрового двійника математичної моделі нейронною мережею прямого поширення</p>	<p>Підготовлений звіт з індивідуального у вигляді файлу *.docx, або *.pdf розміщується у відповідному розділі дисципліни в Moodle і перевіряється протягом тижня після завершення терміну подачі. Оскарження оцінки може бути здійснене на останньому практичному занятті модуля. Невчасно складене</p> <p>Мах 20 балів:</p> <p>– студент підготував звіт відповідно індивідуального завдання, в якому: правильно визначив методику вирішення завдання з моделювання коливальної динамічної ланки лінійною нейронною мережею з лінією затримки, комплекс факторів, які могли вплинути на результат рішення, обґрунтував своє бачення теоретичними концепціями або моделями, виконав необхідні розрахунки та математичне модулювання, представив аналітичний висновок результатів дослідження; звіт структуровано, викладено діловим, науковим або публіцистичним стилем української (7 балів);</p> <p>– звіт містить комплексну, логічну пропозицію вирішення індивідуального завдання з використанням методів проектування інтелектуальних систем управління аж до міждисциплінарного підходу; якщо наведене рішення не є комплексним або не відповідає за стилем і викладеними позиціями завдання, містить очевидно неправдиву інформацію (результати математичного моделювання: залежності, графіки перехідних процесів та інш.), то оцінка за цим критерієм знижується (7 балів)</p> <p>– студент під час презентації / захисту звіту демонструє володіння термінологічним апаратом, відповідає на запитання, здатний швидко адаптувати позицію під зміни у вихідному ситуаційному завданні (6 бали)</p> <p>Мах 20 балів:</p> <p>– студент підготував звіт відповідно індивідуального завдання, в якому: правильно визначив методику вирішення завдання з побудови цифрового двійника математичної моделі нейронною мережею прямого поширення, комплекс факторів, які могли вплинути на результат рішення, обґрунтував своє бачення теоретичними концепціями або моделями, виконав необхідні розрахунки та математичне модулювання, представив аналітичний висновок результатів дослідження; звіт структуровано, викладено діловим, науковим або публіцистичним стилем української (7 балів);</p> <p>– звіт містить комплексну, логічну пропозицію вирішення індивідуального завдання з використанням методів проектування інтелектуальних систем управління аж до міждисциплінарного підходу; якщо</p>

Назва контрольної точки	Опис контрольної точки, порядок її проходження та отримання балів
	наведене рішення не є комплексним або не відповідає за стилем і викладеними позиціями завдання, містить очевидно неправдиву інформацію (результати математичного моделювання: залежності, графіки перехідних процесів та інш.), то оцінка за цим критерієм знижується (7 балів) студент під час презентації / захисту звіту демонструє володіння термінологічним апаратом, відповідає на запитання, здатний швидко адаптувати позицію під зміни у вихідному ситуаційному завданні (6 бали)
Модульні контрольні роботи	МКР виконуються в Moodle під час останнього практичного заняття в модулі за 1 годину 10 хвилин. В разі неявки або неможливості виконання МКР з поважних причин на таке заняття допускається відкриття виконання МКР за погодженням з викладачем в інший час асинхронно. Кількість спроб не обмежується, однак обмеження по часу виконання МКР залишається. Кожна модульна контрольна робота включає блок тестових завдань з теоретичного матеріалу модуля (max 15 балів). Тестові завдання являють собою тести множинного вибору або відповідності. Тести оцінюються за співпадінням з правильною відповіддю.

Додаткові зауваження:

– студент може оскаржити отримані оцінки в порядку, передбаченому Положенням про організацію освітнього процесу ([Нормативні документи : Polytechnic \(metinvest.university\)](#)) та Положенням про політику та процедури врегулювання конфліктних ситуацій ([Академічні політики : Polytechnic \(metinvest.university\)](#));

– оцінки, отримані за роботу на практичних заняттях, не можуть бути відпрацьовані або покращені, окрім процедури оскарження, оцінки за інші види поточного контролю можуть бути покращені за індивідуальною домовленістю з викладачем;

– викладач не має права знижувати оцінку за індивідуальне завдання або модульну контрольну роботу, якщо вони не були складені вчасно, однак в разі, якщо така робота була оцінена пізніше, ніж момент завершення теоретичного навчання у семестрі, то відповідна оцінка не враховується у рейтингу здобувачів освіти.

#### 4.3 Форма підсумкового контролю. Порядок визначення підсумкової оцінки

	Варіант вивчення як обов'язкової	Варіант вивчення як вибіркової
Форма підсумкового контролю	Залік, тобто підсумкова оцінка вставляється як сума оцінок поточного контролю без проведення додаткових контрольних заходів	Залік, тобто підсумкова оцінка вставляється як сума оцінок поточного контролю без проведення додаткових контрольних заходів
Умови допуску до підсумкового контролю	якщо сума оцінок за поточний контроль за семестр становить менше 60 балів, необхідно відпрацювати відповідні види контролю поточної успішності до звершення теоретичного навчання	якщо сума оцінок за поточний контроль за семестр становить менше 60 балів, необхідно відпрацювати відповідні види контролю поточної успішності до звершення теоретичного навчання
Порядок визначення підсумкової оцінки	<p>– якщо протягом семестру за результатами поточного контролю здобувач освіти набрав менше 60 балів, то під час екзаменаційної сесії йому надається змога отримати/покращити власний результат з усіх видів поточного контролю, крім активності на навчальних заняттях;</p> <p>– в разі, якщо протягом семестру за результатами поточного контролю або в процесі покращення власних результатів здобувач освіти набрав більше 60 балів, йому виставляється фактична сума балів і оцінка «залік», в іншому випадку – «незалік».</p>	

Відповідність між прийнятими в університеті шкалами оцінки наведена в таблиці.

Бальна шкала	Рівні	Характеристика	Традиційні шкали	
			Іспит	Залік
90-100	A	Студент демонструє видатний рівень досягнення запланованих результатів вивчення навчальної дисципліни, що засвідчують його безумовну готовність до подальшого навчання та/або професійної діяльності за фахом	Відмінно	Залік
82-89	B	Студент виявляє вищий за середній рівень досягнення запланованих результатів вивчення навчальної дисципліни та готовності до подальшого навчання та/або професійної діяльності за фахом, в його знаннях або діях присутні незначні помилки	Добре	
75-81	C	Студент виявляє середній рівень досягнення запланованих результатів вивчення навчальної дисципліни та готовності до подальшого навчання та/або професійної діяльності за фахом, в його знаннях або діях присутні деякі значущі помилки		
67-74	D	Студент виявляє задовільний рівень досягнення запланованих результатів вивчення навчальної дисципліни та готовності до подальшого навчання та/або професійної діяльності за фахом, в його знаннях або діях наявні суттєві помилки	Задовільно	
60-66	E	Наявні мінімально достатні для подальшого навчання та/або професійної діяльності за фахом результати вивчення навчальної дисципліни		
35-59	FX	Низка запланованих результатів навчання не досягнуті. Рівень наявних результатів навчання є недостатнім для подальшого навчання та/або професійної діяльності за фахом	Незадовільно	Незалік
0-34	F	Результати навчання відсутні або критично низькі		


#### 4.4 Особливі підходи до визнання результатів навчання

– В разі, якщо дисципліна є обов'язковою для здобувача освіти, і він засвоїв повністю або частково відповідні програмні результати навчання під час отримання освіти на попередніх або такому ж рівні, то кредити та оцінка з дисципліни може бути перезарахована в порядку, передбаченому Положенням про організацію освітнього процесу ([Нормативні документи : Polytechnic \(metinvest.university\)](#)). Консультацію з даного питання можна отримати у викладача, куратора або гаранта освітньої програми, завідувача кафедри, за якою закріплено цю дисципліну;

– В разі, якщо здобувач освіти обрав цю дисципліну як дисципліну вільного вибору, не зважаючи на той факт, чи вивчалася вона раніше, оцінка та кредити з цієї дисципліни не перезараховуються;

– В разі, якщо здобувач освіти хотів би самостійно вивчити певні курси з проблематики інтелектуальних систем управління (наприклад, Coursera, Udemy або інших платформ, в т.ч. платформ відкритих курсів вітчизняних та/або закордонних університетів), то 1) доцільно звернутися до списку рекомендованих вебресурсів або проконсультуватися з викладачем на предмет релевантності самостійно знайденого освітнього ресурсу програмі дисципліни; 2) в разі успішності опанування такого курсу, яке підтверджується сертифікатом або іншим способом, такому здобувачу у порядку, визначеному Положенням про визнання результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті [Нормативні документи : Polytechnic \(metinvest.university\)](#), такі результати можуть бути зараховані замість оцінки з певного виду поточного контролю;

– В разі, якщо здобувач освіти реалізував певний вид наукової роботи (тези, стаття, результативна участь у студентській олімпіаді тощо), то у порядку, визначеному Положенням про визнання результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті [Нормативні документи : Polytechnic \(metinvest.university\)](#), такі результати можуть бути зараховані замість оцінки з



певного виду поточного або навіть підсумкового контролю; консультацію з питань визнання результатів неформальної та інформальної освіти можна отримати в уповноваженої особи від кафедри, яка викладає дисципліну; перелік таких осіб можна знайти за посиланням [Студентам : Polytechnic \(metinvest.university\)](http://metinvest.university).

## 5 РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА

### Базові

1 Інтелектуальні системи управління. Експертні системи - основи проектування та застосування в системах автоматизації : навч. посіб. для студ. спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / уклад. Л. Д. Ярошук. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 136 с.

2 Інтелектуальні системи управління : курс лекцій з дисципліни «Інтелектуальні системи управління» (за освітньо-професійною програмою другого (магістерського) рівня освіти «Інтелектуальні системи управління та робототехнічні комплекси в гірничо-металургійному виробництві» спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка») / уклад. О. В. Разживін. Запоріжжя : ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2024. 345 с. URL: <https://dspace.mipolytech.education/handle/mip/703>.

3 Нейронні мережі в системах автоматизації: курс лекцій з дисципліни «Нейронні мережі в системах автоматизації» (за освітньо-професійною програмою другого (магістерського) рівня освіти «Інтелектуальні системи управління та робототехнічні комплекси в гірничо-металургійному виробництві» спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка») / уклад. О. В. Разживін. Запоріжжя : ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2023. 296 с. URL: <https://dspace.mipolytech.education/handle/mip/705>.

4 Нейронні мережі в системах автоматизації: методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Нейронні мережі в системах автоматизації» (для здобувачів вищої освіти спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» усіх форм навчання другого (магістерського) рівня вищої освіти) / уклад. О. В. Разживін. Запоріжжя : ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2024. 139 с. URL: <https://dspace.mipolytech.education/handle/mip/719>.

5 *Advances in Intelligent Systems Research : Proceedings of the 1st International Conference on Neural Networks and Machine Learning 2022 (ICONNSMAL 2022)*. Springer Nature, 2022. Volume 177. 335 p. DOI: 10.2991/978-94-6463-174-6. URL: [https://read.kortext.com/search/collections\(book:2361502\)](https://read.kortext.com/search/collections(book:2361502)).


6 Fingscheidt T., Gottschalk H., Houben S. Deep Neural Networks and Data for Automated Driving Robustness. Uncertainty Quantification, and Insights Towards Safety. Springer, 2022. 515 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-031-01233-4>. URL: [https://read.kortext.com/search/collections\(book:1972423\)](https://read.kortext.com/search/collections(book:1972423)).

7 Soldatos J., Kyriazis D. Trusted Artificial Intelligence in Manufacturing. A Review of the Emerging Wave of Ethical and Human Centric AI Technologies for Smart Production. Boston-Delft : Norwell, 2021. 240 p. DOI: <http://dx.doi.org/10.1561/9781680838770>. URL: <https://read.kortext.com/library/books/1959529>.

8 Soldatos J. Artificial Intelligence in Manufacturing. Enabling Intelligent, Flexible and Cost-Effective Production Through AI. Cham, Switzerland : Springer Nature, 2024. 570 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-031-46452-2>. URL: [https://read.kortext.com/library/books\(book:2550757\)](https://read.kortext.com/library/books(book:2550757)).

### Додаткові

1 Giese H., Rumpe B., Schätz B., Sztipanovits J. Science and Engineering of Cyber-Physical Systems. *Report from Dagstuhl Seminar 11441*. 2012. Vol. 1, no. 11, P. 1–22.



2 Looking ahead in pervasive computing: challenges and opportunities in the era of cyber-physical convergence / M. Conti et al. *Pervasive and Mobile Computing*. 2012. Vol. 8. Issue 1. P. 2-21.

3 Sha L., Gopalakrishnan S., Liu X., Wang Q. Cyber-physical systems: A new frontier. *Machine Learning in Cyber Trust*. 2009. P. 3–13.

4 Horv'ath I., Gerritsen B. Cyber-physical systems: Concepts, technologies and implementation principles. *Tools and Methods of Competitive Engineering Symposium (TMCE)* : Proceedings. Karlsruhe, Germany, 2012. P. 19–36.

5 Lee E. A. Computing needs time. *Communications of the ACM*. 2009. Vol. 52, no. 5. P. 70–79. DOI: <https://doi.org/10.1145/1506409.15064>.

6 . Albus J. S., Meystel A. M. *Intelligent Systems: Architecture, Design, and Control*. New York : Wiley, 2002. 716 p.

7 Engelbrecht A. P. *Computational Intelligence: An Introduction*. U.K. : Wiley, Chichester, 2002. 311 p.

8 Badiru A. B., Cheung J. Y. *Fuzzy Engineering Expert Systems with Neural Network Applications*. New York : John Wiley, 2002. 313 p.

9 Антоненко В. М., Мамченко С. Д., Рогушин Ю. В. *Сучасні інформаційні системи і технології: управління знаннями : навчальний посібник*. Ірпінь : Національний університет ДПС України, 2016. 212 с.

10Awad M., Khanna R. *Efficient Learning Machines. Theories, Concepts, and Applications for Engineers and System Designers*. Springer Nature, 2015. 271 p. DOI: [10.1007/978-1-4302-5990-9](https://doi.org/10.1007/978-1-4302-5990-9). URL: <https://read.kortext.com/library/books/1323571>.

11Апостолук В. О., Апостолук О. С. *Інтелектуальні системи керування : конспект лекцій*. Київ : НТУУ «КПІ», 2008. 88 с.

12Моделювання та удосконалення сенсорної мережі системи обліку споживання енергетичних ресурсів у мікрорайоні / О. Разживін та ін. *Технічні науки та технології*. 2023. № 1 (31). С. 138-145. DOI: [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2023-1\(31\)-138-145](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2023-1(31)-138-145).

13Разживін О. В., Делієв О. С. Математичне моделювання системи автоматичного регулювання тиском в апарату штучної вентиляції легенів. *Сучасні інформаційні технології, засоби автоматизації та електропривод* : матеріали VII Всеукраїнської науково-практичної конференції, 20–22 квітня 2023 р. Краматорськ : ДДМА, 2023. С. 120-124.

14Разживін О. В., Люта А. В., Картамишев Д. О., Ільїнський М. І. Розробка інтелектуальної інформаційної системи обліку споживання електричної енергії. *Інформатика, управління та штучний інтелект* : тези десятої міжнародної науково-технічної конференції. Харків : НТУ "ХПІ", 2023. С. 79.

15Разживін О., Люта А., Марков О., Єрмакін Г. Синтез нечіткого регулятора температури пастеризації молока. *Технічні науки та технології*. 2023. № 2 (32). С. 185-191. DOI: [10.25140/2411-5363-2023-2\(32\)-185-192](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2023-2(32)-185-192).

16Разживін О. В., Люта А. В., Ільїнський М. І. Дослідження мережі інформаційної системи обліку споживання енергетичних ресурсів мікрорайону. *Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології у виробництві та освіті: стан, досягнення, перспективи розвитку* : матеріали Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції, 13-19 березня 2023 р. Черкаси, 2023. С. 99-101.

17Разживін О. В., Бережна О. В., Сахацький С. О., Мурат В. М. Синтез систем управління динамічними процесами у котлі із застосуванням нейронної мережі прямого поширення. *Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету*. 2023. Т. 3, №103. С 13-21. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-97>.

18Разживін О. В., Олійник І. О., Потоцький С. В., Бобов Г. Р. Нечітка супервізорна система автоматизованого регулювання тиску пару котлоагрегату.

*Web-ресурси*

- 1 Kortext : веб-сайт. URL: <https://kortext.com/> (дата звернення: 26.09.2024).
- 2 Research4life : веб-сайт. URL: <https://portal.research4life.org/> (дата звернення: 26.09.2024).
- 3 Інституційний репозитарій ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА» : веб-сайт. URL: <https://dspace.mipolytech.education/home> (дата звернення: 26.09.2024).
- 4 Центральна державна науково-технічна бібліотека гірничо-металургійного комплексу України : веб-сайт. URL: <http://cgntb.dp.ua/> (дата звернення: 26.09.2024).
- 5 Інформаційні системи і технології (ICT) : Букліб : веб-сайт. URL: <https://buklib.net/books/24221/> (дата звернення: 26.09.2024).
- 6 KDnuggets : веб-сайт. URL: <https://www.kdnuggets.com/> (дата звернення: 26.09.2024).

*Навчальна платформа UdeMy*

- 1 Deep Learning A-Z 2024: Neural Networks, AI & ChatGPT Prize : UdeMy : веб-сайт. URL: <https://www.udemy.com/course/deeplearning/?couponCode=LETSLEARNNOW> (дата звернення: 26.09.2024).
- 2 AWS Certified Machine Learning Engineer Associate: Hands On! : UdeMy : веб-сайт. URL: <https://www.udemy.com/course/aws-certified-machine-learning-engineer-associate-mla-c01/> (дата звернення: 26.09.2024).
- 3 Machine Learning Practical: 6 Real-World Applications : UdeMy : веб-сайт. URL: <https://www.udemy.com/course/machine-learning-practical/> (дата звернення: 26.09.2024).
- 4 An Introduction to Machine Learning for Data Engineers : UdeMy : веб-сайт. URL: <https://www.udemy.com/course/an-introduction-to-machine-learning-for-data-engineers/> (дата звернення: 26.09.2024).
- 5 Practical Introduction to Fuzzy Logic with Matlab : UdeMy : веб-сайт. URL: <https://www.udemy.com/course/fuzzy-logic-matlab/> (дата звернення: 26.09.2024).

## 6 АКАДЕМІЧНІ ПОЛІТИКИ

Як член спільноти Технічного університету «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА» Ви маєте дотримуватися певних стандартів та академічної політики:

– **Академічна недоброчесність** вигляді академічного плагіату; фабрикації; фальсифікації; списування обману; хабарництва; необ'єктивного оцінювання; надання здобувачам освіти під час проходження ними оцінювання результатів навчання допомоги чи створення перешкод, не передбачених умовами та/або процедурами проходження такого оцінювання; впливу у будь-якій формі (прохання, умовляння, вказівка, погроза, примушування тощо) на педагогічного (науково-педагогічного) працівника з метою здійснення ним необ'єктивного оцінювання результатів навчання – прямо заборонено (докладніше про це – у Положенні про академічну доброчесність здобувачів вищої освіти та науково-педагогічних працівників ТОВ ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»); і в разі виявлення – **відповідний захід контролю (контрольну точку) буде оцінено в 0 балів за з наступним повідомленням декану факультету та голові комісії з академічної доброчесності Університету.**

– В разі випадку надання здобувачам освіти під час проходження ними оцінювання результатів навчання допомоги чи створення перешкод, не передбачених умовами та/або процедурами проходження такого оцінювання; впливу у будь-якій формі (прохання, умовляння, вказівка, погроза, примушування тощо) на педагогічного (науково-педагогічного) працівника з метою здійснення ним необ'єктивного оцінювання результатів навчання студент може оскаржити процедури оцінювання за процедурами, передбаченими Положенням про організацію освітнього процесу (розділ 10).

– Матеріали в рамках курсу, захищені авторським правом, можуть бути використані лише тільки здобувачами освіти, яким призначено даний курс і для цілей, пов'язаних з цим курсом і не можуть поширюватися.

– Спілкування з однокурсниками та викладачем має бути професійним та ввічливим.

– Очікується, що Ви перевірятимете всі Ваші письмові повідомлення, включаючи поштові повідомлення та повідомлення у MS Teams на коректність змісту та мови.

– Університет прагне підтримувати середовище, вільне від дискримінації або дискримінаційних домагань, спрямованих на будь-яку людину або групу в межах своєї спільноти - здобувачів освіти, співробітників або відвідувачів.

Докладніше про академічні політики стосовно етичності поведінки, академічної доброчесності та протидію булінгу можна дізнатися за посиланням: [Академічні політики - Polytechnic \(metinvest.university\)](https://metinvest.university)