

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.10- 05.01/151.00.1/Б/ВК9.1- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 9/ 1

## ЗАТВЕРДЖЕНО

Вченою радою факультету  
комп'ютерно-інтегрованих  
технологій, мехатроніки і  
робототехніки

\_\_\_\_\_ 2023 р.,  
протокол № \_\_

Голова Вченої ради

\_\_\_\_\_ Олексій ГРОМОВИЙ

## РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «Інтелектуальні мехатронні системи»

для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «бакалавр»  
спеціальності 151 «Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології»  
освітньо-професійна програма «Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані  
технології», «Робототехніка та комп'ютеризовані системи управління»  
факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки  
кафедра автоматизація і комп'ютерно-інтегрованих технологій ім. проф. Б.Б.  
Самотокіна

Схвалено на засіданні кафедри  
автоматизації і комп'ютерно-  
інтегрованих технологій ім. проф. Б.Б.  
Самотокіна  
протокол від 25 січня 2023 р. № 1

Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ Андрій Ткачук  
Гаранти освітньо-професійної  
програми  
\_\_\_\_\_ Олександр ПІДТИЧЕНКО  
\_\_\_\_\_ Андрій Ткачук

Розробник: ст.викл. кафедри автоматизації і комп'ютерно-інтегрованих  
технологій ім. проф. Б.Б. Самотокіна БОГДАНОВСЬКИЙ Мартін

Житомир  
2022– 2023 н.р.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.10- 05.01/151.00.1/Б/ВК9.1- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 9/ 2

## 1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітній ступінь	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів - 4	Галузь знань 15 «Автоматизація та приладобудування»	За вибором (нормативна, за вибором)	
Модулів – 2	Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 2		2022	2023
Загальна кількість годин - 120		Семестр	
		4	4
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних - 2 самостійної роботи – 5,5		Лекції	
	32 год.	4 год.	
	Практичні		
	- год.	- год.	
	Лабораторні		
	32 год.	4 год.	
	Самостійна робота		
56 год.	102 год.		
Вид контролю: залік			

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної та індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 53 % аудиторних занять, 47 % самостійної та індивідуальної роботи;

для заочної форми навчання 6 % аудиторних занять, 94 % самостійної та індивідуальної роботи.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.10- 05.01/151.00.1/Б/ВК9.1- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 9/ 3

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета:** ознайомлення студента із сучасною прикладною теорією та принципами побудови систем автоматизованого управління мехатронними пристроями. Розгляд питань, пов'язаних з оцінкою та проектуванням мехатронних пристроїв у виробничих системах, засобів моделювання процесів управління, що ґрунтуються на класичних, лінійних законах регулювання нелінійних на базі нечіткої логіки та штучних нейронних мережах. Впровадження основних властивостей штучного інтелекту при проектуванні інтелектуальних мехатронних систем (ІМС) на рівні систем управління. Розгляд практичних питань застосування нечіткої логіки та штучних нейронних мереж для реалізації задач керування технічними системами. Курс базується на знаннях, отриманих студентом під час вивчення таких предметів, як «Теорія автоматичного керування», «Теорія оптимального керування», «Теорія прийняття рішень», «Автоматизований електропривод», «Мікропроцесорна техніка», окремих розділів вищої математики (диференціальне числення, теорія ймовірності, теорія множин)

**Завдання:** отримати знання у наступних питаннях:

1. реалізація сучасних методів та принципів управління мехатронними системами;
2. володіння математичним апаратом нечітких множин та принципами створення систем управління мехатронними системами на основі нечіткої логіки та штучних нейронних мереж.
3. застосування теорії нечіткої логіки та штучних нейронних мереж для задач синтезу керування мехатронними системами;
4. застосувати сучасних програмних засобів при вирішення задач синтезу та аналізу управління мехатронними системами.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.10- 05.01/151.00.1/Б/ВК9.1- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 9/ 4

### 3. Програма навчальної дисципліни

#### Змістовний модуль 1. Інтелектуальні мехатронні системи та системи керування ними.

##### Тема 1. Основні поняття та визначення інтелектуальних систем керування.

Поняття штучного інтелекту та напрямки досліджень систем штучного інтелекту. Загальні принципи побудови та функціонування інтелектуальних систем, типові схеми вирішення задач із їх залученням. Експертні системи та принципи їх побудови. Загальна структура побудови експертних систем, сфери їх застосування. Побудова експертних систем апріорного визначення керування та систем реального часу. Поняття та структура побудови інтелектуальних систем керування, інтелектуальний зворотній зв'язок. Формалізація задач інтелектуального керування, переваги та недоліки інтелектуальних систем.

##### Тема 2. Мехатронні системи.

Концепція побудови мехатронних систем. Структура та принципи інтеграції мехатронних систем. Електромеханічні модулі мехатронних систем Двигуни-редуктори. Поступальні та обертальні модулі. Мехатронні модулі класу «двигун – робочий орган». Інтелектуальні мехатронні модулі руху. Сучасні мехатронні системи. Мобільні роботи для ремонту підземних комунікацій та гексаподи. Лазерний робото-технічний комплекс. Робототехнологічні комплекси механообробки. Транспортні мехатронні засоби. Мікроманіпуляційні системи (ММС). Структура ММС. Модулі руху ММС. Датчики та п'єзо приводи ММС.

##### Тема 3. Нечіткі системи та теорія нечітких множин.

Поняття нечітких множин та нечіткої логіки. Історія розвитку нечіткої логіки та практики її застосування для побудови нечітких систем, доля ринку пристроїв із нечітким керуванням. Сфери використання нечітких систем. Доля ринку пристроїв, в яких використовується нечітке керування. Процес проектування нечіткої системи: етапи опису змінних та правил функціонування системи, offline – оптимізація, online – оптимізація, реалізація.

##### Тема 4. Проектування та моделювання нечітких регуляторів.

Математичний апарат нечіткої логіки та операції із нечіткими множинами. Поняття лінгвістичних змінних, функції приналежності до нечітких множин та математичні операції над ними. Поняття нечіткого алгоритму та структура побудови правил прийняття рішення. Процедура фазифікації вихідної інформації, формування механізму (функції) виводу, дефазифікація вихідної множини та визначення керуючого впливу. Основні види механізмів виводу та дефазифікації. Приклад формування нечіткого алгоритму управління резервуаром із водою.

#### Змістовний модуль 2. Інтелектуальні системи керування побудовані за використанням нечіткої логіки та штучних нейронних мереж.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.10- 05.01/151.00.1/Б/ВК9.1- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 9/ 5

## **Тема 1. Побудова інтелектуальних систем керування (ІСК) за використанням нечіткої логіки.**

Загальні принципи побудови ІСК. Призначення та сфери застосування нечітких моделей. Типова структурна схема систем нечіткого керування, призначення її елементів. Фазифікація вхідних та вихідних змінних за принципом Мамдані та Сугено. Формування та опис нечітких правил співставлення вхідних та вихідних нечітких множин. Концепція керування на випередження та її реалізація у ІМС. Блок-схема нечіткого регулятора.

## **Тема 2. Побудова адаптивних систем управління з використанням нечіткої логіки.**

Структури ІСК із нечітким та ПІД - регуляторами. Переваги застосування комбінованих схем керування. Узагальнена процедура синтезу нечіткого алгоритму керування. Формування таблиці правил та аналіз повноти зв'язків вхідних та вихідних змінних. Синтез адаптивної системи автоматичного керування (САК) із еталонною моделлю, побудованою за використанням нечіткої логіки. Практичні приклади застосування ІСК, нечіткий регулятор для керування нестійким об'єктом.

## **Тема 3. Штучні нейронні мережі (ШНМ). Проектування нечітких регуляторів на базі ШНМ.**

Проектування ІМС на базі нейронних мереж. Загальні поняття. Визначення та історія виникнення ШНМ. Структурна схема нейронної мережі. Математична модель нейрона та принципи його функціонування. Функції активації нейрона. Методи навчання ШНМ та алгоритми їх адаптації: метод зворотного розповсюдження. Сфери застосування ШНС. Побудова нечіткого регулятора по методу FАM. Застосування нейронних мереж та контролерів для мехатронних систем.

## **Тема 4. Розпізнавання зображень.**

Системи розпізнавання зображень. Формування зображень в технічних системах. Методи розпізнавання зображень. Фільтрація та обробка зображень. Використання перцептронних мереж для навчання.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.10- 05.01/151.00.1/Б/ВК9.1- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 9/ 6

#### 4. Структура (тематичний план) навчальної дисципліни

Змістові модулі і теми	Кількість годин									
	денна форма					заочна форма				
	Всього	Лекції	Лабораторні	Практичні	Самостійна робота	Всього	Лекції	Лабораторні	Практичні	Самостійна робота
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Змістовний модуль 1</b>										
Тема 1. Основні поняття та визначення інтелектуальних систем керування	14	4	4	-	5	-	-	-	-	8
Тема 2. Мехатронні системи	14	4	4	-	5	1	1	-	-	12
Тема 3. Нечіткі системи та теорія нечітких множин	16	4	4	-	8	1	1	2	-	16
Тема 4. Проектування та моделювання нечітких регуляторів	16	4	4	-	8	-	-	-	-	14
<b>Разом змістовний модуль 1</b>	<b>60</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>26</b>	<b>60</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>50</b>
<b>Змістовний модуль 2</b>										
Тема 1. Побудова інтелектуальних систем керування (ІСК) за використанням нечіткої логіки.	16	4	4	-	6	1	1	-	-	14
Тема 2. Побудова адаптивних систем управління з використанням нечіткої логіки	14	4	4	-	8	-	-	-	-	12
Тема 3. Штучні нейронні мережі (ШНМ). Проектування нечітких регуляторів на базі ШНМ	16	4	4	-	8	1	1	2	-	12
Тема 4. Розпізнавання зображень	14	4	4	-	6	-	-	-	-	14
<b>Разом змістовний модуль 2</b>	<b>60</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>28</b>	<b>60</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>52</b>
<b>ВСЬОГО</b>	<b>120</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>54</b>	<b>120</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>102</b>

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.10- 05.01/151.00.1/Б/ВК9.1- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 9/ 7

### 5. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
1.	Дослідження класичних законів управління електромеханічними системами.	8
2.	Дослідження комбінованих регуляторів електромеханічними системами на базі нечіткої логіки.	8
3.	Інтелектуальні системи управління на базі штучних нейронних мереж.	8
4.	Апроксимація складних функцій з використанням штучних нейронних мереж.	8
<b>Разом</b>		<b>32</b>

### 6. Завдання для самостійної роботи

Самостійна робота студента є невід'ємною частиною процесу навчання, що спрямована на оволодіння студентом додаткових знань у вільний від аудиторного навантаження час. З урахуванням розподілу загального навчального часу, структура та зміст тем самостійного вивчення підібрані з позиції доповнення предметної області знань з метою поглиблення у навчальний процес.

1 Передумови розвитку мехатроніки та області використання мехатронних систем. Концепція побудови мехатронних систем. Структура та принципи інтеграції мехатронних систем.

2 Сучасні мехатронні системи. Мобільні роботи для ремонту підземних комунікацій та гексаподи. Лазерний робото-технічний комплекс. Робототехнологічні комплекси механообробки. Транспортні мехатронні засоби.

3 Мікроманіпуляційні системи (ММС). Структура ММС. Модулі руху ММС. Датчики та п'єзо приводи ММС.

4 Діаграми Ейлера-Венна. Множини рівня нечітких множин. Нечіткі відношення.

5 Нечіткі відображення. Чіткі відображення нечітких множин.

6 Невизначеність та її класифікація при автоматизованому управлінні. Ймовірнісні та нечіткі підходи подолання невизначеностей.

7 Одношарові та багатошарові ШНМ. Алгоритм зворотного поширення помилки.

8 Системи розпізнавання образів, формування образів в технічних системах, виділення ознак розпізнавання об'єктів. Методи розпізнавання образів.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.10- 05.01/151.00.1/Б/ВК9.1- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 9/ 8

## 7. Методи навчання

Навчальний процес побудований на сполученні лекційних і лабораторних занять з самостійною роботою студентів.

Лекційні заняття призначені для теоретичного ознайомлення та узагальнення складних розділів курсу, що визначають основний матеріал та проблемні питання.

Лабораторні заняття призначені для закріплення на практиці методів розрахунку та математичного і комп'ютерного моделювання управління електромеханічних систем, а також формування в студентах навичок і вмінь самостійного і творчого мислення при розв'язуванні практичних задач.

Розділи самостійного вивчення, призначені для ознайомлення з розширеним матеріалом дисципліни, з метою розвитку критичного мислення та досягнення спеціальних питань та проблем, що оформляються реферативною роботою.

## 8. Методи контролю

Кредитна модульна робота проводиться у вигляді письмової аудиторної роботи. До складу роботи входять теоретичні питання та практичні завдання у формі задач.

Кінцевим видом контролю є залік, що проводиться у письмовій формі за завданнями, сформованими з теоретичних і практичних питань до модулів.

## 9. Розподіл балів

У накопичувальній заліково-екзаменаційній відомості структура балів для оцінювання навчальних досягнень студентів має наступну структуру:

5-семестр – 40 балів за виконання і здачу лабораторних робіт, 10 балів на поточний контроль за всіма змістовними модулями (опитування), 20 балів за модульні контрольні роботи, 30 балів на складання заліку.

Поточне тестування та самостійна робота						Залік	Сума
модуль 1			модуль 2				
О	ЛР	МКР	О	ЛР	МКР		
5	20	10	5	20	10	30	100

О – опитування; І – індивідуальне завдання; МКР – модульна контрольна; ЛР – лабораторні роботи

## Шкала оцінювання

За шкалою	Екзамен	Залік	Бали
А	Відмінно	Зараховано	90-100
В	Добре	Зараховано	82-89



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.10- 05.01/151.00.1/Б/ВК9.1- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 9/9

C			74-81
D	Задовільно	Зараховано	64-73
E			60-63
FX	Незадовільно	Не зараховано	35-59
F		Не зараховано	0-34

## 10. Рекомендована література

### Основна:

1. Ловейкін В.С., Ромасевич Ю.О., Човнюк Ю.В. Мехатроніка. Навчальний посібник. – К., 2012. - 357 с.
2. Ямпольський Л. С. Системи штучного інтелекту в плануванні, моделюванні та управлінні / Л. С. Ямпольський, Б. П. Ткач, О. І. Лісовиченко. – Київ : ДП «Видавничий дім «Персонал», 2011. – 544 с.
3. Литвин В.В., Пасічник В.В. Яцишин Ю.В. Інтелектуальні системи: Підручник. – Львів: «Новий світ - 2000», 2017. – 406с.

### Додаткова:

1. Pelz G. Mechatronic systems. Modelling and Simulation with HDLS. Heidelberg, 2001. - 234 p.
2. Робототехніка та мехатроніка: навч. посіб. / Л.І. Цвіркун, Г. Грулер ; під заг. ред. Л.І. Цвіркуна ; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – 3-тє вид., переробл. і доповн. – Дніпро: НГУ, 2017. – 224 с.
3. Куссуль Н. М. Інтелектуальні обчислення. Навчальний посібник (навчальний посібник з грифом МОН України) / Н. М. Куссуль, А. Ю. Шелестов, А. М. Лавренюк. – К. : «Наукова думка», 2006. – 186 с.
4. М.А. Новотарський, Б.Б. Нестеренко. Штучні нейронні мережі: обчислення // Праці Інституту математики НАН України. – Т50. –Київ: Ін-т математики НАН України, 2004. – 408 с.
5. Fuzzy Logic Toolbox. User's Guide. The MathWorks, Inc., 1999. – 134 p.
6. Kaufmann, A., Gupta, M. : Introduction to Fuzzy Arithmetic: Theory and Applications. Van Nostrand Reinhold Company, New York (1985).

## 11. Інформаційні ресурси в Інтернеті

1. <https://www.mathcad.com/en/blogs/complete-beginners-guide-ptc-mathcad>  
[Електронний ресурс] - COMPLETE BEGINNERS GUIDE TO PTC MATHCAD
2. <https://nl.mathworks.com/help/matlab/getting-started-with-matlab.html>  
[Електронний ресурс] - Get Started with MATLAB