

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова

Навчально-науковий інститут автоматики та електротехніки
(повна назва підрозділу)

Кафедра комп'ютеризованих систем управління
(повна назва кафедри)

Код РНПД



ЗАТВЕРДЖЕНО

Проректор

з науково-педагогічної роботи

Сергій СЛОБОДЯН

« 21 » 08 2025 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
PROGRAM OF THE DISCIPLINE

МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В
КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ
MODERN METHODS OF AUTOMATIC CONTROL SYSTEM ANALYSIS

рівень вищої освіти _____ третій (освітньо-науковий) _____

тип дисципліни _____ обов'язкова _____

мова(и) викладання _____ українська _____

Галузь знань G «Інженерія, виробництво та будівництво»

Спеціальність G7 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»

ОНП «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»

Робоча програма навчальної дисципліни «Моделі та методи штучного інтелекту в комп'ютерно-інтегрованих технологіях» є однією із складових комплексної підготовки фахівців третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти галузі знань G «Інженерія, виробництво та будівництво» спеціальності G7 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка».

10 травня 2025 р. – 13 с.

Розробник: Герасін Олександр Сергійович, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри комп'ютеризованих систем управління, методист 1 кат. Махнова І.В..

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Моделі та методи штучного інтелекту в комп'ютерно-інтегрованих технологіях» узгоджено з гарантом освітньої програми.

Гарант освітньої програми



Віктор ТИМЧЕНКО

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Моделі та методи штучного інтелекту в комп'ютерно-інтегрованих технологіях» розглянуто на засіданні кафедри комп'ютеризованих систем управління.

Протокол № 10 від «12» травня 2025 року.

Завідувач кафедри
д.т.н., професор

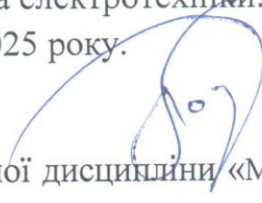


Олександр ЧЕРНО

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Моделі та методи штучного інтелекту в комп'ютерно-інтегрованих технологіях» розглянуто Методичною радою Навчально-наукового Інституту автоматики та електротехніки.

Протокол № 05 від «15» травня 2025 року.

Заступник голови



Сергій НОВОГРЕЦЬКИЙ

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Моделі та методи штучного інтелекту в комп'ютерно-інтегрованих технологіях» погоджено з навчальним відділом.

Начальник відділу
к.т.н., доцент



Андрій ЛАБАРТКАВА

Робоча програма навчальної дисципліни «Моделі та методи штучного інтелекту в комп'ютерно-інтегрованих технологіях» затверджена Навчально-методичною радою НУК.

Протокол № 05 від «21» травня 2025 р.

Голова НМР НУК



Сергій СЛОБОДЯН

© НУК, 2025

Анотація

Аналіз складних технічних об'єктів керування або інформаційних систем, формалізація яких ускладнена класичними математичними методами, підтверджує доцільність використання методів і систем, які засновані на аналогах інтелектуального мислення людини. Подібні системи, засновані на нейронних мережах та нечіткій логіці, розробляються й успішно впроваджуються в таких областях, як: керування технологічними процесами, транспортом, робототехнічними комплексами, технічна діагностика, розпізнавання образів, експертні системи. Дисципліну «Моделі та методи штучного інтелекту в комп'ютерно-інтегрованих технологіях» присвячено теоретичним і практичним питанням інтелектуальних технологій, зокрема вона надає базові знання та практичні навички з розробки адаптивних систем, оптимізаційних методів, різнотипних нейронних мереж, нечітких та гібридних систем, генетичних та еволюційних алгоритмів.

Мета цієї дисципліни полягає у формуванні у студентів теоретичних знань та практичних навичок, необхідних для розробки, впровадження та використання інтелектуальних систем.

Курс призначений для здобувачів третього рівня вищої освіти всіх спеціальностей.

Ключові слова: адаптивна система, нейронна мережа, нечітка логіка, нейро-нечітка система, генетичний алгоритм, моделювання, оптимізація.

Abstract

Analysis of complex technical control objects or information systems, the formalization of which is complicated by classical mathematical methods, confirms the expediency of using methods and systems that are based on analogues of human intellectual thinking. Similar systems based on neural networks and fuzzy logic are developed and successfully implemented in such areas as: control of technological processes, transport, robotic complexes, technical diagnostics, pattern recognition, expert systems. The discipline "Models and methods of artificial intelligence in computer-integrated technologies" is devoted to theoretical and practical issues of intelligent technologies, in particular, it provides basic knowledge and practical skills in the development of adaptive systems, optimization methods, various types of neural networks, fuzzy and hybrid systems, genetic and evolutionary algorithms.

The aim of this discipline is to form in students theoretical knowledge and practical skills necessary for the development, implementation and use of intelligent systems.

The course is intended for third-level higher education students of all specialties.

Keywords: adaptive system, neural network, fuzzy logic, neuro-fuzzy system, genetic algorithm, modeling, optimization.

ЗМІСТ

1. Опис навчальної дисципліни.....	5
2. Мета вивчення навчальної дисципліни.....	5
3. Передумови для вивчення дисципліни.....	5
4. Очікувані результати навчання.....	6
5. Програма навчальної дисципліни.....	6
6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування.....	10
7. Форми поточного та підсумкового контролю.....	10
8. Критерії оцінювання результатів навчання.....	10
9. Засоби навчання.....	11
10. Рекомендовані джерела інформації.....	12

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність (освітня програма), освітній рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		Денна форма навчання	Заочна форма навчання
Кількість кредитів – 4	Галузь знань G «Інженерія, виробництво та будівництво»	Обов’язкова з циклу професійної підготовки доктора філософії	
Модулів – 1	Спеціальність G7 «Автоматизація, комп’ютерно-інтегровані технології та робототехніка» Освітньо-наукова програма «Автоматизація, комп’ютерно-інтегровані технології та робототехніка»	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 1		2-й	2-й
Електронна адреса РПНД на сайті університету:			
Загальна кількість годин – 120		Семестри	
	4-й	4-й	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3; самостійної роботи здобувача – 5	Освітній рівень: третій (освітньо-науковий)	Лекції	
		30 год	10 год
		Практичні заняття	
		15 год	10 год
		Самостійна робота	
		75 год	100 год
		Індивідуальні завдання	
		–	–
		Вид контролю: екзамен	
		Форма контролю: усна / письмова	

2. МЕТА ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Метою вивчення навчальної дисципліни «Моделі та методи штучного інтелекту в комп'ютерно-інтегрованих технологіях» є формування у здобувачів наукового ступеня відповідно до освітньо-професійної програми таких компетентностей:

- здатність генерувати нові ідеї (креативність) – у відповідності до ОНП ЗК1;
- здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел – у відповідності до ОНП ЗК2;
- здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у сфері автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій, керування складними організаційно-технічними чи кіберфізичними системами та дотичних до неї міждисциплінарних напрямів і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях – у відповідності до ОНП СК1;
- здатність створювати новітні системи автоматизації, комп'ютерно-інтегровані технології, розробляти їх технічне, інформаційне, математичне, програмне та організаційне забезпечення із застосуванням сучасних інформаційних технологій, інструментів та компонентів – у відповідності до ОНП СК5.

3. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Бажаними передумовами для вивчення дисципліни є дисципліни: «Методологія наукових досліджень», «Теорія систем та системний аналіз», «Вища математика», «Моделювання об'єктів і

4. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування та розвиток у здобувачів наукового ступеня таких результатів навчання:

- розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі об'єктів і процесів автоматизації, ефективно використовувати їх для отримання нових знань та/або створення інноваційних розробок у сфері автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій та дотичних міждисциплінарних напрямках (РН3);
- планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження систем автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих комплексів та їх складових з використанням сучасних методів дослідження, технічних, програмних засобів та з дотриманням норм академічної і професійної етики. Формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень і математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні літературні дані (РН4);
- розробляти і застосовувати сучасні методи аналізу, синтезу, оптимізації, проектування та дослідження систем автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій, їх програмних та апаратних компонентів (РН6);
- застосовувати сучасні інструменти і технології пошуку, оброблення та аналізу інформації, зокрема, статистичні методи аналізу даних, спеціалізовані бази даних та інформаційні системи (РН8).

5. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Модуль 1. Моделі та методи штучного інтелекту в комп'ютерно-інтегрованих технологіях.

Змістовий модуль 1. Нейромережеві системи штучного інтелекту.

- 1.1. Вступ до дисципліни. Базові поняття та визначення. Етапи розвитку та класифікація засобів обчислювальної техніки та моделей штучного інтелекту. [1] с. 18-46. [2] с. 33-74; [3] с. 5-19.
- 1.2. Нейронна мережа зі зворотним поширенням. Архітектура, функції. Градієнтний метод навчання нейронної мережі зі зворотним поширенням. Градієнтний алгоритм навчання для мережі з довільним числом шарів. [1] с. 47-54. [4] с. 219-245; [5] с. 45-47.
- 1.3. Удосконалення градієнтного алгоритму навчання нейронної мережі ВР. Прискорення збіжності алгоритмів навчання нейронних мереж. Алгоритм спряжених градієнтів. [1] с. 55-60.
- 1.4. Генетичний алгоритм навчання нейронної мережі. [1] с. 60-62.
- 1.5. Нейронні мережі з радіально-базисними функціями (РБФ-мережі). [1] с. 62-84.
- 1.6. ННМ NEFClass. [1] с. 207-229.
- 1.7. Метод опорних векторів. Алгоритм налаштування SVM. [1] с. 230-248.
- 1.8. Глибокі нейронні мережі. Алгоритми глибокого навчання. [1] с. 407-428.

Змістовий модуль 2. Нечіткі системи.

- 2.1. Структура моделі нечіткої системи. [6] с. 13-36, 179-207; [7] с. 46-78, 79-109..
- 2.2. Алгоритми нечіткого логічного висновку. Теореми про універсальну апроксимацію. [1] с. 127-134, 136-138. [6] с. 332-343; [8] с. 115-125.
- 2.3. Методи приведення до чіткості. [1] с. 135-136. [7] с. 110-116; [8] с. 51-87.
- 2.4. Нечіткі нейронні мережі з висновком Мамдані і Цукамото. Градієнтний алгоритм навчання ННМ Мамдані і Цукамото. [1] с. 138-142.
- 2.5. Нечітка нейронна мережа ANFIS. Нечіткі нейронні мережі TSK та Ванга – Менделя. [1] с. 142-159. [8] с. 172-174, 178-183; [9] с. 27-50; [10] с. 57-59.
- 2.6. Каскадна нечітка (нео-фаззі) нейронна мережа. Експериментальні дослідження каскадної нечіткої (нео-фаззі) мережі. [1] с. 160-174.
- 2.7. Ройові алгоритми обчислювального інтелекту. [1] с. 359-370.

Тематичний план навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин									
	денна форма					заочна форма				
	усього	у тому числі				усього	у тому числі			
		лек	пр.	лаб.	с.р.		лек	пр.	лаб.	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Модуль 1. Моделі та методи штучного інтелекту в комп'ютерно-інтегрованих технологіях.										
Змістовий модуль 1. Нейромережеві системи штучного інтелекту.										
1.1. Вступ до дисципліни. Базові поняття та визначення. Етапи розвитку та класифікація засобів обчислювальної техніки та моделей штучного інтелекту.	7	2	-	-	5	5	-	-	-	5
1.2. Нейронна мережа зі зворотним поширенням. Архітектура, функції. Градієнтний метод навчання нейронної мережі зі зворотним поширенням. Градієнтний алгоритм навчання для мережі з довільним числом шарів.	9	2	2	-	5	5	-	-	-	5
1.3. Удосконалення градієнтного алгоритму навчання нейронної мережі ВР. Прискорення збіжності алгоритмів навчання нейронних мереж. Алгоритм спряжених градієнтів.	6	2	-	-	4	8	2	-	-	6
1.4. Генетичний алгоритм навчання нейронної мережі.	8	2	1	-	5	9	-	2	-	7
1.5. Нейронні мережі з радіально-базисними функціями (РБФ-мережі).	8	2	-	-	6	6	-	-	-	6
1.6. ННМ NEFClass.	7	2	2	-	3	9	2	2	-	5
1.7. Метод опорних векторів. Алгоритм налаштування SVM.	6	2	-	-	4	9	2	-	-	7
1.8. Глибокі нейронні мережі. Алгоритми глибокого навчання.	9	2	2	-	5	9		2	-	7
Разом за змістовим модулем 1	60	16	7	-	37	60	6	6	-	48
Змістовий модуль 2. Нечіткі системи.										

2.1. Структура моделі нечіткої системи.	7	2	-	-	5	4	2	-	-	2
2.2. Алгоритми нечіткого логічного висновку. Теореми про універсальну апроксимацію.	8	2	-	-	6	12	-	-	-	12
2.3. Методи приведення до чіткості.	12	2	4	-	6	12	-	2	-	10
2.4. Нечіткі нейронні мережі з висновком Мамдані і Цукамото. Градієнтний алгоритм навчання ННК Мамдані і Цукамото.	10	2	4	-	4	4	-	2	-	2
2.5. Нечітка нейронна мережа ANFIS. Нечіткі нейронні мережі TSK та Ванга – Менделя.	6	2	-	-	4	12	2	-	-	10
2.6. Каскадна нечітка (нео-фаззі) нейронна мережа. Експериментальні дослідження каскадної нечіткої (нео-фаззі) мережі.	8	2	-	-	6	8	-	-	-	8
2.7. Ройові алгоритми обчислювального інтелекту.	9	2	-	-	7	8	-	-	-	8
Разом за змістовим модулем 2	60	14	8	-	38	60	4	4	-	52
Усього годин	120	30	15	-	75	120	10	10	-	100

Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1	Дослідження методів навчання нейронних мереж прямого поширення.	3	2
2	Розробка та програмна реалізація нейронної мережі з радіально-базисними функціями (РБФ) для задач апроксимації багатовимірних функцій.	2	2
3	Побудова моделей класифікації даних з використанням методу опорних векторів (SVM).	2	2
4	Синтез та налаштування адаптивної нейро-нечіткої системи висновку (ANFIS) для задач ідентифікації нелінійних об'єктів.	4	2
5	Дослідження архітектури та експериментальний аналіз алгоритмів навчання каскадних нечітких нейронних мереж.	4	2
	Всього	15	10

Теми лабораторних занять

Лабораторні заняття програмою не передбачено.

Самостійна робота

Самостійна робота здобувача вищої освіти є однією з форм організації навчання, основною формою оволодіння навчального матеріалу в час, вільний від обов'язкових навчальних занять.

Навчальний матеріал дисципліни, передбачений для засвоєння здобувачем вищої освіти в процесі самостійної роботи, виноситься на підсумковий контроль поряд з навчальним матеріалом, який опрацьовувався при проведенні навчальних занять.

Денна форма навчання

Розподіл годин самостійної роботи для денної форми навчання:

- підготовка до лекційних занять – 0,5-1 год. / 1 заняття (на 1 лекцію);
- самостійне опрацювання окремих тем навчальної дисципліни (які не викладаються на лекціях) – 1-3 год. / 1 заняття;
- підготовка до практичних занять – 1-2 год. / 1 заняття;
- підготовка до контрольних заходів – 15-30 год. на 1 захід.

Завдання для самостійної роботи

№	Вид роботи	Кількість годин	
		Денна	Заочна
1	Підготовка до лекцій	10	14
2	Самостійне опрацювання окремих тем навчальної дисципліни	15	30
3	Підготовка до практичних занять	10	26
4	Підготовка тези доповіді, статті, заявки на корисну модель	40	30
Разом за курсом		75	100

Індивідуальне навчально-дослідне завдання

Програмою передбачається виконання навчально-дослідного завдання за темою свого наукового дослідження у вигляді підготовлених тез доповіді або статті.

6. МЕТОДИ НАВЧАННЯ, ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ ТА МЕТОДИ ЇХ ДЕМОНСТРУВАННЯ

Методи навчання з дисципліни «Моделі та методи штучного інтелекту в комп'ютерно-інтегрованих технологіях» є наступні: пояснення, демонстрування та робота з літературою – для всіх видів занять; лекція та бесіда (для лекційних занять); вправа, практична робота, інструктаж, методи контролю (для практичних занять).

Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання:

- виконання практичних робіт;
- захист практичних робіт;
- виконання індивідуального завдання.

7. ФОРМИ ПОТОЧНОГО ТА ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ

Рівень засвоєння матеріалу дисципліни здійснюється шляхом захисту звітів з практичних робіт та виконання індивідуального завдання по тематиці свого наукового дослідження (тези доповіді або статті). Підсумкова оцінка з дисципліни складається з оцінок, отриманих за результатами здачі та захисту практичних робіт (до 50 балів) та індивідуального завдання (до 50 балів). Якщо студент не набрав мінімальну суму балів для заліку (менше 60 балів), то йому рекомендується набрати невідстачаючу кількість за рахунок написання аналітичного огляду за темою свого наукового дослідження.

Шкала оцінювання ECTS

Сума балів за результатом підсумкового контролю	Оцінка ECTS
90 – 100	A
82 – 89	B
74 – 81	C
64 – 73	D
60 – 63	E
35 – 59	FX
0 – 34	F

8. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Форми контролю та критерії оцінювання результатів навчальної діяльності студентів

Кількість балів	Критерії оцінювання практичної роботи для студентів денної і заочної форм навчання
10	Роботу виконано самостійно у встановлений термін. Студент самостійно визначає тип задачі, мету написання програми, складає алгоритм раціонального вирішення поставленої задачі. У висновках проведено коректну інтерпретацію результатів. Звіт відповідає встановленим вимогам.
8	Робота виконана у встановлений термін. Студент самостійно або іноді після консультації викладача визначає тип задачі, мету написання програми, складає алгоритм раціонального вирішення поставленої задачі. У висновках проведено коректну інтерпретацію результатів. Звіт відповідає встановленим вимогам.
6	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Студент виконує практичну роботу іноді після консультації викладача, складає алгоритм вирішення поставленої задачі, складає звіт, що містить неточності у висновках та помилки.
4	Роботу виконано із підказками викладача з порушенням встановленого терміну. Студент складає алгоритм вирішення поставленої задачі. Складений звіт містить неточності у висновках та помилки.
2	Роботу виконано із підказками викладача з порушенням встановленого терміну. Студент виконує практичну роботу за складеним під керівництвом викладача алгоритмом вирішення поставленої задачі. Складає звіт, що містить неточності і помилки.
0	Робота не виконується.

Кількість балів	Критерії оцінювання індивідуального завдання для студентів денної і заочної форм навчання
50	Завдання виконано самостійно у встановлений термін. Студент самостійно визначає проблему, мету роботи, проводить огляд посилань по темі, основна частина містить алгоритм раціонального вирішення поставленої задачі. У висновках проведено коректну інтерпретацію результатів. Робота відповідає встановленим вимогам за змістом і оформленням.
40	Завдання виконано у встановлений термін. Студент самостійно або іноді після консультації викладача визначає проблему, мету роботи, складає алгоритм раціонального вирішення поставленої задачі. У висновках проведено коректну інтерпретацію результатів. Робота відповідає встановленим вимогам за змістом і оформленням.
30	Завдання виконано з порушенням встановлених термінів. Студент виконує індивідуальне завдання іноді після консультації викладача, складає алгоритм вирішення поставленої задачі, оформлює роботу, що містить неточності у висновках та помилки.
20	Завдання виконано із підказками викладача з порушенням встановленого терміну. Студент складає алгоритм вирішення поставленої задачі. Складена робота містить неточності у висновках та помилки.
10	Завдання виконано із підказками викладача з порушенням встановленого терміну. Студент виконує індивідуальне завдання за складеним під керівництвом викладача алгоритмом вирішення поставленої задачі. Формує роботу, що містить неточності і помилки.
0	Завдання не виконується.
	<i>Максимальна оцінка студента за даний компонент програми 50 балів.</i>

Розподіл балів, які отримують студенти

Форма контролю	Максимальна кількість балів	
	Денна форма	Заочна форма
Виконання практичних робіт	5 x 10 балів = 50 балів	5 x 10 балів = 50 балів
Індивідуальне завдання	1 x 50 балів = 50 балів	1 x 50 балів = 50 балів
Всього	100 балів	100 балів

Штрафні та заохочувальні бали за:

відсутність на лекційному занятті без поважної причини..... – 1 бал
недопуск до практичної роботи у зв'язку з незадовільним вхідним контролем..... – 1 бал
несвоєчасний захист практичної роботи..... – 1 бал
відсутність на практичній занятті без поважної причини..... – 3 бали
участь у профільних олімпіадах, відповідно..... + 4, 6, 8, 10 балів
участь у модернізації практичних робіт чи виконання завдань із удосконалення дидактичних матеріалів з дисципліни..... + 10 балів.

9. ЗАСОБИ НАВЧАННЯ

Для досягнення мети дисципліни та набуття бажаних результатів навчання передбачено застосування наступних засобів навчання:

- комп'ютери з відповідним програмним забезпеченням;
- рекомендовані джерела інформації, бібліотечний ресурс (фахова література, вітчизняні та закордонні фахові періодичні видання, в тому числі в електронному вигляді), доступ до баз даних періодичних наукових видань.

10. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

Основна література

1. Згуровський М.З. Системи і методи штучного інтелекту / М.З. Згуровський, Ю.П. Зайченко; НАН України, ННК ІПСА КПП ім. Ігоря Сікорського. – Київ: Академперіодика, 2025. – 744 с.
2. Russel S.J. and Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. Second edition. Prentice Hall; 2nd edition (January 1, 2003). – 1080 p.
3. Глибовець М.М., Олецький О.В. Системи штучного інтелекту. – К.: КМ Академія, 2002. – 366 с.
4. Haykin S. Neural networks: A Comprehensive Foundation. Prentice Hall. 2nd edition. 1999. – 842 p.
5. Новотарський М.А., Нестеренко Б.Б.. Штучні нейронні мережі: обчислення // Праці Інституту математики НАН України.– Т50. – Київ: Ін-т математики НАН України, 2004. – 408 с.
6. Piegat A. Fuzzy Modeling and Control. Physica-Verlag Heidelberg 2001. – 728 p.
7. Кирик В.В. Математичний апарат штучного інтелекту в електроенергетичних системах: підручник. - Київ : КПП ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка» 2019. – 224 с.
8. Добровська Л. М. Нечіткі моделі в медицині. Комп'ютерний практикум : навчальний посібник. – Київ: КПП ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 315 с.
9. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни "Нечітке програмування" / Уклад.: С.О. Субботін. – Запоріжжя: ЗНТУ. 2013. – 50 с.
10. Кондратенко Ю.П., Рудольф Й., Козлов О.В., Запорожець Ю.М., Герасін О.С. Нейро-нечіткі спостерігачі для ідентифікації притискного зусилля магнітокерованих рушіїв мобільних роботів // Технічна електродинаміка, № 5. – 2017. – С. 53-61.

Допоміжна література

1. Hampel R., Wagenknecht M., Chaker N. Fuzzy Control: Theory and Practice. – Physika-Verlag, Heidelberg, New York, 2000.
2. Zadeh L.A. Fuzzy sets // Information and Control. – Vol. 8, 1965. – P. 338-353.
3. Association for the advancement of artificial intelligence. URL: <http://www.aaai.org/home.html>
4. MIT Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory. URL: <http://www.csail.mit.edu/>