

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова

Навчально-науковий інститут автоматики та електротехніки

Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ЗАТВЕРДЖЕНО
Проректор з науково-педагогічної роботи

С.О. Слободян



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
Program of the Discipline

КОМП'ЮТЕРИЗОВАНІ СИСТЕМИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ
Computerized artificial intelligence systems

рівень вищої освіти _____ перший (бакалаврський) _____

тип дисципліни _____ нормативна _____

мова(и) викладання _____ українська _____

Галузь знань 17 «Електроніка, автоматизація та електронні комунікації» _____

Спеціальність 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та
робототехніка» _____

ОПП «Комп'ютерно-інтегровані технології та системи автоматизації» _____

Миколаїв – 2023 рік

Робоча програма навчальної дисципліни «Комп'ютеризовані системи штучного інтелекту» є однією із складових комплексної підготовки фахівців галузі знань 17 «Електроніка, автоматизація та електронні комунікації» за спеціальністю 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка», ОПП «Комп'ютерно-інтегровані технології та системи автоматизації».

“24” квітня 2023 р. – 12 с.

Розробник: Герасін О.С., доцент кафедри комп'ютеризованих систем управління, канд. техн. наук

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Комп'ютеризовані системи штучного інтелекту» узгоджено з гарантом освітньо-професійної програми «Комп'ютеризовані системи управління та автоматика»

Гарант ОПП «Комп'ютерно-інтегровані технології та системи автоматизації»

к.т.н., доцент  І.Л. Вінниченко

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Комп'ютеризовані системи штучного інтелекту» розглянуто на засіданні кафедри комп'ютеризованих систем управління

Протокол № 11 від “21” квітня 2023 року.

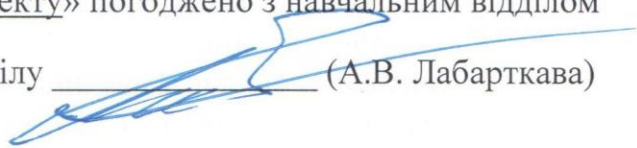
Завідувач кафедри комп'ютеризованих систем управління  (О.О. Черно)

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Комп'ютеризовані системи штучного інтелекту» розглянуто методичною радою Навчально-наукового інституту автоматики та електротехніки

Протокол № 09 від “18” “05” 2023 року.

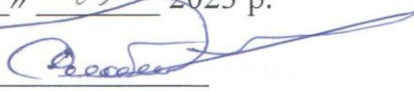
Голова  (Д.О. Жук)

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Комп'ютеризовані системи штучного інтелекту» погоджено з навчальним відділом

Начальник відділу  (А.В. Лабарткава)

Робочу програму навчальної дисципліни «Комп'ютеризовані системи штучного інтелекту» затверджено Навчально-методичною радою НУК

Протокол № 04 від “14” “05” 2023 р.

Голова НМР НУК 

© Герасін О.С., 2023

© НУК, 2023

Анотація

Навчальна дисципліна «Комп'ютеризовані системи штучного інтелекту» є нормативною дисципліною професійної підготовки фахівців першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерно-інтегровані технології та системи автоматизації» зі спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» галузі знань 17 «Електроніка, автоматизація та електронні комунікації».

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, медична і технічна діагностика, фінансовий менеджмент, біржове прогнозування, розпізнавання образів, експертні системи.

Дисципліну «Комп'ютеризовані системи штучного інтелекту» присвячено теоретичним і практичним питанням інтелектуальних технологій, зокрема вона надає базові знання та практичні навички з розробки адаптивних систем, базових оптимізаційних методів, різнотипних нейронних мереж, нечітких та гібридних систем, генетичних та еволюційних алгоритмів.

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

Abstract

The discipline "Computerized artificial intelligence systems" is a normative discipline of professional training of specialists of the first (bachelor's) level of higher education in the educational-professional program "Computer-integrated technologies and automation systems" in specialty 174 "Automation, computer integrated technologies and robotics" in the field of knowledge 17 "Electronics, automation and electronic communications".

Analysis of complex technical objects or information systems, the formalization of which is complicated by classical mathematical methods, confirms the feasibility of using methods and systems that are based on analogues of human intellectual thinking. Such systems, based on neural networks and fuzzy logic, are developed and successfully implemented in such areas as process control, transport, medical and technical diagnostics, financial management, stock market forecasting, pattern recognition, expert systems.

The discipline "Computerized artificial intelligence systems" is devoted to theoretical and practical issues of intelligent technologies, in particular it provides basic knowledge and practical skills in developing adaptive systems, basic optimization methods, various neural networks, fuzzy and hybrid systems, genetic and evolutionary algorithms.

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

ЗМІСТ

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

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, (освітня програма), освітній рівень	Характеристика навчальної дисципліни		
		денна форма навчання	заочна форма навчання	
Кількість кредитів – 3	Галузь знань <i>17 – Електроніка, автоматизація та електронні комунікації</i>	<i>Нормативна з циклу дисциплін професійної підготовки бакалавра</i>		
Модулів – 1	Спеціальність <i>174 – Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка</i> Освітня програма <i>Комп'ютерно-інтегровані технології та системи автоматизації</i>			
Змістових модулів – 2		Рік підготовки		
Загальна кількість годин – 90		4-й		4-й
		Семестр		
		8-й		8-й
		Лекції		
	30 год		10 год	
	Практичні роботи			
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3; самостійної роботи студента – 3	Освітній рівень: перший (бакалаврський)	-		-
		Лабораторні роботи		
		15 год		4 год
		Самостійна робота		
		45 год		76 год
		Вид контролю: залік		

2. МЕТА ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Метою викладання навчальної дисципліни «Комп'ютеризовані системи штучного інтелекту» є набуття студентами знань і навичок, які дозволяють вирішувати інженерно-технічні завдання в області автоматизації складно формалізованих завдань, які досі вважаються прерогативою людини.

Під час вивчення дисципліни у студентів формуються наступні компетентності:

Інтегральна компетентність:

- здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми, що характеризуються комплексністю та невизначеністю умов, під час професійної діяльності у галузі автоматизації або у процесі навчання, що передбачає застосування теорій та методів галузі;

Загальні:

- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК1).

Фахові:

- 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 (ФК4);

- 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 (ФК6);

- здатність вільно користуватись сучасними комп'ютерними та інформаційними технологіями для вирішення професійних завдань, програмувати та використовувати прикладні та

3. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Передумовами для вивчення дисципліни є дисципліни: «Вища математика», «Основи теорії кіл, сигналів та процесів в системах автоматизованої обробки і захисту інформації», «Теорія систем та системний аналіз», «Моделювання об'єктів і систем», «Теорія автоматичного управління».

4. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування та розвиток у студентів таких результатів навчання:

- вміти застосовувати сучасні інформаційні технології та мати навички розробляти алгоритми та комп'ютерні програми з використанням мов високого рівня та технологій об'єктно-орієнтованого програмування, створювати бази даних та використовувати інтернет-ресурси (ПРН3);
- вміти застосовувати методи системного аналізу, моделювання, ідентифікації та числові методи для розроблення математичних та імітаційних моделей окремих елементів та систем автоматизації в цілому, для аналізу якості їх функціонування із використанням новітніх комп'ютерних технологій (ПРН6);
- вміти використовувати різноманітне спеціалізоване програмне забезпечення для розв'язування типових інженерних задач у галузі автоматизації, зокрема, математичного моделювання, автоматизованого проектування, керування базами даних, методів комп'ютерної графіки (ПРН12).

5. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Модуль 1. Комп'ютеризовані системи штучного інтелекту.

Змістовий модуль 1. Адаптивні системи та нейромережеві системи штучного інтелекту.

- 1.1. Штучний інтелект: історія розвитку, сучасні тенденції, основні визначення. Основні моделі та складові адаптивних інтелектуальних систем. [1] с. 33-74; [2] с. 5-19.
- 1.2. Градієнтний пошук мінімуму цільової функції: адаптивний алгоритм LMS. [1] с. 109-239; [3] с. 19-47; [4] с. 101-106.
- 1.3. Адаптивний фільтр Калмана в задачах керування та ідентифікації. [1] с. 737-745.
- 1.4. Штучний нейрон. Нейронна мережа ADALINE. [4] с. 106-112; [5] с. 42-48; [6] с. 12-32.
- 1.5. Персептрон. [5] с. 194-211; [6] с. 34-45; [7] с. 5-21.
- 1.6. Багатошаровий персептрон. Алгоритм зворотного розповсюдження помилки. [5] с. 219-245; [6] с. 45-47.
- 1.7. Нейронні мережі Хеммінга та Хопфілда. [6] с. 48-51, 57-58; [8] с. 109-115.
- 1.8. Кластеризатор Кохонена. Радіальні нейронні мережі. [6] с. 51-53; [8] с. 83-103; [9] с. 130-151.

Змістовий модуль 2. Нечіткі множини та нечіткий вивід.

- 2.1. Основні визначення теорії нечітких множин. [10] с. 13-36; [11] с. 46-78.
- 2.2. Структура та основні операції в нечітких моделях. [10] с. 179-207; [11] с. 79-109.
- 2.3. Нечіткий вивід Мамдані. Методи дефазифікації. [11] с. 110-116; [12] с. 51-87.
- 2.4. Нечіткий вивід Такагі-Сугено. [10] с. 332-343; [12] с. 115-125.
- 2.5. Нейро-нечіткі системи. [12] с. 172-174, 178-183; [13] с. 27-50; [14] с. 57-59.
- 2.6. Генетичні алгоритми. [12] с. 191-199; [15] с. 186-233.
- 2.7. Еволюційні моделі. [15] с. 336-379; [16] с. 90-114.

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. Комп'ютеризовані системи штучного інтелекту.										
Змістовий модуль 1. Адаптивні системи та нейромережеві системи штучного інтелекту.										
1.1. Вступ. Основні визначення теорії систем. Штучний інтелект: історія розвитку, сучасні тенденції, основні визначення. Основні моделі та складові адаптивних інтелектуальних систем.	6	2	-	-	4	6	-	-	-	6
1.2. Градієнтний пошук мінімуму цільової функції: адаптивний алгоритм LMS.	9	2	-	2	5	6	-	-	-	6
1.3. Адаптивний фільтр Калмана в задачах керування та ідентифікації.	6	2	-	-	4	8	2	-	-	6
1.4. Штучний нейрон. Нейронна мережа ADALINE	9	2	-	3	4	10	2	-	2	6
1.5. Персептрон.	6	2	-	-	4	6	-	-	-	6
1.6. Багатошаровий персептрон. Алгоритм зворотного розповсюдження помилки.	8	2	-	2	4	8	-	-	-	8
1.7. Нейронні мережі Хеммінга та Хопфілда.	6	2	-	-	4	8	2			6
1.8. Кластеризатор Кохонена. Радіальні нейронні мережі.	10	2	-	2	6	8				8
Разом за змістовим модулем 1	60	16	-	9	35	60	6	-	2	52
Змістовий модуль 2. Нечіткі множини та нечіткий вивід.										
2.1. Основні визначення теорії нечітких множин.	3	2	-	-	1	2	-	-	-	2
2.2. Структура та основні операції в нечітких моделях.	4	2	-	-	2	6	2	-	-	4
2.3. Нечіткий вивід Мамдані. Методи дефазифікації.	7	2	-	4	1	6	-	-	2	4
2.4. Нечіткий вивід Такагі-Сугено.	5	2	-	2	1	2	-	-	-	2
2.5. Нейро-нечіткі системи.	3	2	-	-	1	6	2	-	-	4
2.6. Генетичні алгоритми.	4	2			2	4	-	-	-	4
2.7. Еволюційні моделі.	4	2			2	4	-	-	-	4
Разом за змістовим модулем 2	30	14	-	6	10	30	4	-	2	24
Усього годин	90	30	-	15	45	90	10	-	4	76

Теми практичних занять

Практичні заняття програмою не передбачено.

Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1	Моделювання та програмне проектування фільтрів на основі адаптивних алгоритмів.	2	-
2	Моделювання та програмне проектування фільтрів на основі нейронної мережі ADALINE.	3	2
3	Розпізнавання символів за допомогою нейронної мережі.	2	-
4	Нейронна мережа Кохонена. Конкурентне навчання.	2	-
5	Вивчення особливостей побудови інтелектуальних систем з нечітким висновком Мамдані.	4	2
6	Застосування нечітких систем Такагі-Сугено типу в задачах штучного інтелекту.	2	-

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.

Розподіл годин самостійної роботи для денної форми навчання:

- підготовка до лекційних занять – 0,5-2 год. / 1 заняття (на 1 лекцію);
- самостійне опрацювання окремих тем навчальної дисципліни (які не викладаються на лекціях) – 1-3 год. / 1 заняття;
- підготовка до лабораторних занять – 1-3 год. / 1 заняття;
- підготовка до контрольних заходів – 5-10 год. на 1 захід.

Завдання для самостійної роботи

№	Вид роботи	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1	Підготовка до лекцій	8	30
2	Самостійне опрацювання окремих тем навчальної дисципліни	11	16
3	Підготовка до лабораторних занять	6	10
4	Підготовка до модульних контрольних робіт (МКР)	20	20
Разом за курсом		45	76

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

Методи навчання з дисципліни «Комп'ютеризовані системи штучного інтелекту» є наступні: пояснення, демонстрування та робота з літературою – для всіх видів занять; лекція та бесіда (для лекційних занять); лабораторна робота, інструктаж, робота з літературою, контрольні роботи, лабораторний контроль.

Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання:

- модульні контрольні роботи;

- виконання лабораторних робіт;
- усні відповіді;
- залік.

7. ФОРМИ ПОТОЧНОГО ТА ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ

Рівень засвоєння матеріалу дисципліни здійснюється шляхом проведення поточного модульного контролю (ПМК) у вигляді письмових контрольних робіт або тестових завдань різної складності, захисту звітів з лабораторних робіт та написання залікової контрольної роботи. Підсумкова оцінка з дисципліни складається з оцінок, отриманих за поточний (модульний) контроль, результатів здачі та захисту лабораторних робіт та залікової контрольної роботи. У разі успішного навчання протягом семестру, тобто своєчасного та якісного захисту лабораторних робіт, виконання ПМК, отримання мінімально встановленої суми балів по кожному модулю, підсумкова оцінка може бути виставлена без залікової контрольної роботи.

За всі контрольні заходи (КЗ) протягом семестру студент може отримати від 0 до 100 балів. Умовою допуску студента до КЗ є мінімальна сума балів, яку студент повинен набрати у разі виконання всіх елементів модулів. Якщо студент не набрав мінімальну суму балів, то він не допускається до КЗ і йому рекомендується набрати цю кількість за рахунок написання реферату або виконання додаткового індивідуального завдання.

Семестровий підсумковий контроль здійснюється в письмовій формі у вигляді тестування. Студент, який отримав за всі КЗ протягом семестру не менше 60 балів, за його бажанням, може бути звільненим від залікової контрольної роботи. Студент, який набрав за всі КЗ менше 60 балів, складає залікову контрольну роботу. Максимальна кількість балів за підсумкову залікову роботу становить 30 балів.

Екзаменаційні оцінки виставляються згідно шкали оцінювання ECTS.

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 годин		Кількість годин
Денна форма	заочна форма	
5	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.
4	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.
3	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.
2	4	Роботу виконано із підказками викладача з порушенням встановленого терміну. Студент складає алгоритм вирішення поставленої задачі. Складений звіт містить неточності у висновках та помилки.
1	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	0	Робота не виконується.

Поточний модульний контроль у формі тестування

Правильних відповідей, %	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
Кількість балів	20	18	16	14	12	10	8	6	4	2

Форма контролю	Максимальна кількість балів	
	Денна форма	Заочна форма
Виконання практичних робіт	6 x 5 балів = 30 балів	2 x 10 балів = 20 балів
Поточний модульний контроль	2 x 20 балів = 40 балів	2 x 20 балів = 40 балів
Всього	70 балів	60 балів

Семестрова залікова робота у формі тестування

Правильних відповідей, %	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
Кількість балів	30	27	24	21	18	15	12	9	6	3
Кількість балів	40	36	32	28	24	20	16	12	8	4

Формування підсумкової оцінки

		Денна форма		Заочна форма	
		Вид роботи	Кількість балів	Вид роботи	Кількість балів
ЗМ1	T1.1	Лабораторна робота 1	5	-	-
	T1.2				
	T1.3				
	T1.4	Лабораторна робота 2	5	Лабораторна робота	10
	T1.5	Лабораторна робота 3	5	-	-
	T1.6				
	T1.7	Лабораторна робота 4	5	-	-
	T1.8				
	ПМК1	Тест	20		20

ЗМ2	T2.1	Лабораторна робота 5	5	Лабораторна робота	10
	T2.2				
	T2.3				
	T2.4	Лабораторна робота 6	5	-	-
	T2.5				
	T2.6				
	T2.7				
	ПМК2	Тест	20		20
Підсумковий контроль		Залік	30		40
Всього			100		100

Штрафні та заохочувальні бали за:

відсутність на лекційному занятті без поважної причини..... – 1 бал
недопуск до лабораторної роботи у зв'язку з незадовільним вхідним контролем..... – 1 бал
несвоєчасний захист лабораторної роботи..... – 1 бал
відсутність на лабораторному занятті без поважної причини..... – 3 бали
участь у олімпіадах з дисципліни, відповідно..... + 4,6, 8, 10 балів
участь у модернізації лабораторних 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 для побудови, моделювання та аналізу моделей інтелектуальних систем;
- 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. Russel S.J. and Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. Second edition. Prentice Hall; 2nd edition (January 1, 2003). – 1080 p.
2. Глибовець М.М., Олецький О.В. Системи штучного інтелекту. – К.: КМ Академія, 2002. – 366 с.
3. Haykin S. Adaptive Filter Theory. – Pearson Education, 2014. – 920 p.
4. Кондратенко Ю.П., О.В. Коробко, Свірідов А.І. Фільтрація завод та аналіз характеристик фільтрів на основі адаптивних алгоритмів та нейронної мережі ADALINE. Вісник НТУ "ХПІ", 2012, № 62 (968). С. 101-112.
5. Haykin S. Neural networks: A Comprehensive Foundation. Prentice Hall. 2nd edition. 1999. – 842 p.
6. 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.
7. Яганов П.О. Основи нейромережних технологій вибрані розділи класифікаційні властивості персептронів. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського. 2021. – 42 с.
8. Callan R. The Essence of Neural Networks. Prentice Hall (January 1, 1998). – 248 p.
9. Osowski S. Siecinieuronowe do przetwarzania informacji. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. Warszawa. 2020. – 490 p.
10. Piegat A. Fuzzy Modeling and Control. Physica-Verlag Heidelberg 2001. – 728 p.
11. Кирик В.В. Математичний апарат штучного інтелекту в електроенергетичних системах: підручник. - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка» 2019. – 224 с.

12. Добровська Л. М. Нечіткі моделі в медицині. Комп'ютерний практикум : навчальний посібник. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 315 с.
13. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни "Нечітке програмування" / Уклад.: С.О. Субботін. – Запоріжжя: ЗНТУ. 2013. – 50 с.
14. Кондратенко Ю.П., Рудольф Й., Козлов О.В., Запорожець Ю.М., Герасін О.С. Нейро-нечіткі спостерігачі для ідентифікації притискового зусилля магнітокерованих рушіїв мобільних роботів // Технічна електродинаміка, № 5. – 2017. – С. 53-61.
15. Кононюк А.Ю. Нейронні мережі і генетичні алгоритми. – К.: «Корнійчук». 2008. – 446 с.
16. Олійник А.О., Субботін С.О., Олійник О.О. Еволюційні обчислення та програмування : навчальний посібник. – Запоріжжя : ЗНТУ. 2010. – 324 с.

Допоміжна література

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