

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
УКРАЇНИ**

**НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ЕНЕРГЕТИКИ,
АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ**

**КАФЕДРА АВТОМАТИКИ ТА РОБОТОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ
ІМ. АКАДЕМІКА І.І. МАРТИНЕНКА**

НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС

ДИСЦИПЛІНИ

**" ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ
БІОТЕХНІЧНИМИ ОБ'ЄКТАМИ "**

Спеціальність - 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітній ступінь – „Магістр”

Київ 2020

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Кафедра автоматики та робототехнічних систем ім. акад. І. І. Мартиненка

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Директор ННІ енергетики, автоматики
і енергозбереження

(Козирський В. В.)

_____ “ ____ ” _____ 2020 р.

РОЗГЛЯНУТО І СХВАЛЕНО

на засіданні кафедри автоматики
та робототехнічних систем

ім. акад. І. І. Мартиненка

Протокол № 37 від “ 19” 06. 2020 р.

Завідувач кафедрою

(Лисенко В.П.)

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ
БІОТЕХНІЧНИМИ ОБ’ЄКТАМИ**

Спеціальність - **151 Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології**

(шифр і назва напрямку підготовки)

ННІ енергетики, автоматики і енергозбереження

(назва факультету)

Розробники: доц., д.т.н. Заєць Н. А.

(посада, науковий ступінь, вчене звання)

Київ – 2020 р.

1. Опис навчальної дисципліни

Інтелектуальні системи керування біотехнічними об'єктами

(назва)

Галузь знань, напрям підготовки, спеціальність, освітньо-кваліфікаційний рівень		
Освітньо-кваліфікаційний рівень	магістр (бакалавр, спеціаліст, магістр)	
Напрямок підготовки		
Спеціальність	151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології	
Характеристика навчальної дисципліни		
Вид	Обов'язкова / вибіркова	
Загальна кількість годин	180	
Кількість кредитів ECTS	6	
Кількість змістових модулів	2	
Курсовий проект (робота) (за наявності)		
Форма контролю	<i>Іспит</i>	
Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм навчання		
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Рік підготовки (курс)	2	
Семестр	4	
Лекційні заняття	40 год.	год.
Практичні, семінарські заняття	80 год.	год.
Лабораторні заняття	год.	год.
Самостійна робота	60 год.	год.
Індивідуальні завдання	год.	год.
Кількість тижневих аудиторних годин для денної форми навчання	6 год.	

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета – вивчення теоретичних засад інтелектуальних систем, котрі застосовуються при керуванні та автоматизації об'єктів аграрного напрямку, що дасть змогу у спеціалізованих програмних середовищах синтезувати відповідні моделі технологічних процесів (об'єктів), із використанням яких розробити та реалізувати ефективні алгоритми керування ними.

Завдання:

- ефективно засвоїти комплекс спеціальних дисциплін – теорія автоматичного керування, автоматизація технологічних процесів, автоматизовані системи керування, моделювання і оптимізація систем керування, проектування систем автоматики тощо;
- застосовувати набуті знання при виконанні дисертаційного дослідження;
- по завершенню навчання набуті знання із інтелектуальних підходів моделювання та керування дадуть змогу студенту ефективно вирішувати практичні задачі інтелектуалізації систем автоматизації сучасних об'єктів аграрного спрямування.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати:

- основні засади побудови систем нечіткої логіки, нейронних мереж, нечітких нейронних мереж та систем генетичного алгоритму;
- особливості реалізації інтелектуальних систем на виробництві стосовно конкретних об'єктів, установок і обладнання автоматизації виробничих процесів;
- засоби для проектування, моделювання, навчання і використання відомих парадигм апарату штучних нейронних мереж, від базових моделей перцептрона до сучасних асоціативних мереж, що само-організуються;

вміти:

- із використанням спеціалізованого програмного середовища синтезувати нейроінформаційні системи;
- складати алгоритми функціонування нейроінформаційних, інтелектуальних та нейронечітких систем стосовно конкретних технологічних процесів (об'єктів);
- застосовувати інтелектуальний підхід у контексті підвищення енергоефективності функціонування досліджуваного об'єкта.

3. Програма та структура навчальної дисципліни для: – повного терміну денної форми навчання

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин													
	денна форма							Заочна форма						
	тижні	усього	у тому числі					усього	у тому числі					
			л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Змістовий модуль 1. Назва														
Тема 1. Вступ. Інтелектуалізація систем автоматизації як метод підвищення енергоефективності виробництва		4	8											
Тема 2. Характеристики та основні властивості нейронних мереж. Навчання нейронних мереж		4	8				10							
Тема 3. Персептрон Розенблата. Нейронні мережі зустрічного розповсюдження		4	8											
Тема 4. Нейронні мережі Хопфілда. Нейронна мережа Хемінга		4	8				10							
Тема 5. Нечіткі множини та нечіткі нейронні мережі		4	8				10							
Разом за змістовим модулем 1	20		40				30							
Змістовий модуль 2. Назва														
Тема 1. Нечітка логіка при управлінні біотехнічними об'єктами		4	8				10							
Тема 2. Операції над нечіткими множинами		4	8											
Тема 3 Нечіткий регулятор. Ефективність методів нечіткої логіки		4	8				10							
Тема 4. Використання експертних систем при управлінні біотехнічними об'єктами		4	8											
Тема 5. Бази знань. Основні характеристики та особливості застосування		4	8				10							

Разом за змістовим модулем 2	20	40				30						
Усього годин	40	80				60						

4. Теми семінарських занять

5. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Особливості методів та алгоритмів навчання штучних нейронних мереж для об'єктів аграрного спрямування.	8
2	Класифікація та прогнозування сигналів і процесів нейронними мережами.	8
3	Ідентифікація статичних лінійних об'єктів за допомогою нейронних мереж.	8
4	Ідентифікація статичних нелінійних об'єктів за допомогою нейронних мереж	8
5	Ідентифікація динамічних об'єктів за допомогою нейронних мереж	8
6	Дослідження роботи АСР із нейрорегулятором	8
7	Побудова нечіткої апроксимуючої системи	8
8	Створення і навчання нейро-нечітких систем.	8
9	Побудова експертної системи для об'єкта досліджень	8
10	Застосування нейронних мереж для прогнозування та управління процесом вирощування томатів у теплицях	8

6. Контрольні питання, комплекти тестів для визначення рівня засвоєння знань.

1. Історія розвитку теорії штучних нейромереж.
2. Біологічні нейрони та їх фізичні моделі.
3. Моделі нейроелементів. Поняття: синапс, ваговий коефіцієнт, поріг, дискримінантна функція, функція активації, персептрон.
4. Біологічний і формальний нейрони: подібність та відмінності.
5. Функції активації формальних нейронів та їх вплив на навчання нейромереж.
6. Метод найменших квадратів як основа алгоритму Уїдроу-Хоффа.
7. Можливості і властивості одношарових персептронів
8. Лінійна роздільність і лінійна нероздільність класів.
9. Загальне уявлення про навчання нейромереж. Характеристики процесу навчання.
10. Вимоги до навчальних вибірок даних.
11. Класифікація та види моделей нейромереж.
12. Властивості штучних нейромереж.

13. Повнозв'язні НМ Хопфілда. Псевдоінверсне навчальне правило, проєктивний алгоритм настроювання ваг.
14. Застосування НМ для асоціативного пошуку інформації.
15. Ефект Городничого та перспективи й методи його використання.
16. Алгоритм рознасичення синаптичної матриці мережі Хопфілда.
17. Мережі Хопфілда у задачах комбінаторної оптимізації.
18. Нейронна мережа SOM.
19. Нейронна мережа LVQ.
20. Найромережа "SOM-АЗП".
21. Застосування мереж Кохонена у задачах кластер-аналізу та геоінформаційних системах.
22. Багатошаровий персептрон.
23. Алгоритм зворотнього поширення помилки.
24. Градієнтні алгоритми навчання багатошарових нейромереж.
25. Критерії порівняння моделей та градієнтних алгоритмів навчання нейромереж прямого поширення.
26. Евристичний алгоритм прискорення навчання нейромереж.
27. Евристичний алгоритм синтезу та налагодження вагових коефіцієнтів двошарового персептрона.
28. Евристичний алгоритм синтезу та налагодження вагових коефіцієнтів тришарового персептрона.
29. Евристичний алгоритм синтезу та налагодження вагових коефіцієнтів п'ятишарового персептрона.
30. Евристичний алгоритм синтезу та налагодження вагових коефіцієнтів шестишарового персептрона.
31. Методи навчання радіально-базисних нейромереж.
32. Застосування кластер-аналізу при навчанні радіально-базисних нейромереж.
33. Евристичний алгоритм синтезу та налагодження вагових коефіцієнтів багатошарового персептрона.
34. Еволюційні алгоритми в задачах синтезу архітектури нейромережевої моделі.
35. Відбір ознак за допомогою генетичних алгоритмів.
36. Навчання нейромереж на основі еволюційної адаптації.
37. Нейронні мережі у пакеті MATLAB. Модуль Neural Network Toolbox.
38. Пакет Statistica Neural Networks.
39. Пакет Brain Maker Pro.
40. Архітектура експертної системи.
41. База правил.
42. Визначення структури фрейму як моделі подання знань про поняття.
43. Визначення переваг та недоліків фреймів.
44. Використання метазнань для обмеження області пошуку рішень.
45. Впровадження в промислову експлуатацію.
46. Евристичний пошук.
47. Етап інтерпретації. Етап концептуалізації. Етап тестування.
48. Етапи проектування експертної системи. Етап формалізації. Дослідна експлуатація.

49. Інтерпретатор правил.
50. Інтерфейс користувача експертної системи.
51. Класифікація фреймів.
52. Концепція “швидкого прототипу”.
53. Машина логічного виведення.
54. Механізм виведення в продукційній системі.
55. Модель бази знань в поєднанні фреймового і мережного подання.
56. Модуль придбання знань.
57. Особливості модифікації і супроводу в експлуатації експертної системи.
58. Підсистема роз'яснень.
59. Принципи наслідування інформації у фреймовій мережній моделі
60. Продукційні моделі: Основні визначення.
61. Пряме та зворотне виведення.
62. Робоча пам'ять у продукційній системі.
63. Склад розроблювачів експертної системи, роль і задачі кожного з членів групи.
64. Стратегії керування виведенням.
65. Структури даних фрейму.
66. Управління виведенням у продукційній системі.
67. Формальний опис фрейму.
68. Фреймові мережі.
69. Фреймові моделі.
70. Характеристика продукційних моделей.
71. Цикл роботи інтерпретатора правил.
72. Нечітка логіка. Поняття лінгвістичної перемінної. Зіставлення значень лінгвістичної перемінної з реальними даними. Фазифікація.
73. Нечітка логіка. Універсальна множина. Нечітка множина. Нечітка підмножина. Ступінь належності.
74. Узагальнення нечітких експертних оцінок з метою одержання виду функцій належності.
75. Нечітка логіка. Функція приналежності. Способи опису функції належності.
76. Нечітка логіка. Функція приналежності. Стандартні форми функції належності.
77. Нечітка логіка. Нечіткі множини. Властивості нечітких множин.
78. Нечітка логіка. Нечіткі множини. Операції з нечіткими множинами.
79. Нечіткі алгоритми. Прийняття рішень на основі нечітких алгоритмів.
80. Передумови і загальні принципи побудови систем керування на основі нечіткої логіки.
81. Блок-схема нечіткого регулятора. Етапи формування керуючих впливів. Дефазифікація. Методи дефазифікації.
82. Нечіткий регулятор: постановка задачі, алгоритм розрахунку керуючого впливу по відхиленню значення регульованої змінної від уставки.
83. Нечіткий регулятор: постановка задачі, алгоритм розрахунку керуючого впливу по відхиленню значення регульованої змінної від уставки і зміні регульованої перемінної.

84. Приклади і призначення систем керування з традиційними і нечіткими регуляторами.
85. Моделі на базі нейро-нечітких мереж.
86. Недетермінованість управління виведенням та евристичні знання.
87. Нечітка кластеризація як підхід до подання знань.
88. Порівняння методів побудови нечіткого логічного виведення Мамдані та Сугено.
89. Створення нечітких моделей у пакеті MATLAB.
90. Функції пакету MATLAB для створення нейро-нечітких мереж.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

ННІ Енергетики, автоматики і енергозбереження
 Напрям підготовки (спеціальність) Автоматизоване управління технологічними процесами
 Форма навчання денна
 Семестр 4 Курс 2
 ОКР «магістр»
 Кафедра Автоматики та робототехнічних систем ім. акад. І.І. Мартиненка
 Дисципліна ІСКБО
 Викладач (Заєць Н.А.)
 «Затверджую»
 Завідувач кафедри Лисенко В.П.
 «30» черня 2018 р.

Варіант № 1

50	Питання 1. До операцій систем генетичного алгоритму відносяться:
1.	кросове, мутація
2.	перехрещення, додавання
3.	сполучення, динамізації
4.	альтернатива, перспектива

50	Питання 2. Біологічний нейрон - це:
1.	сустав
2.	частина кровоносної системи
3.	частина спинного мозгу
4.	біологічна клітина

50	Питання 3. Біологічний нейрон складається з:
1.	мікрохромосом
2.	відростків кровоносних судин
3.	аксона та дендритів
4.	аксона, дендритів, тіла, соми

50	Питання 4. Математична модель нейрона:
1.	$Y = ax + b$
2.	$Y = (a+b) * (v+d)$
3.	$Y = \sum wx + b$
4.	$Y = (\sum wx + b) / 2$

50	Питання 5. До активаційних функцій відносяться:
1.	функція одиничного стрибка
2.	функція одиничного стрибка і сигмоїди
3.	лінійний поріг
4.	всі зазначені

50	Питання 6. Мережі, де кожен нейрон передає свій вихідний сигналі іншим нейронам наступного шару
1.	зустрічного розповсюдження
2.	багатошарова паралельна
3.	од шарова паралельна
4.	повнозв'язна

75	Питання 7. Типовий алгоритм навчання нечіткої нейронної мережі складається із такої кількості кроків
1.	2
2.	4
3.	5
4.	6

75	Питання 8. Асоціативність операцій алгебраїчного
----	--

	перетину нечітких множин:
1.	$A + (B + C) = (A * B) + C$
2.	$A + (B + C) = (A + B) - C$
3.	$A + (B + C) = (A + B) + C$
4.	$A - (B + C) = (A + B) + C$

75	Питання 9. Робота Хета-Нільсена використовує функцію:
1.	перервну однієї змінної.
2.	неперервну однієї змінної
3.	перервну двох змінних
4.	неперервну двох змінних

100	Питання 10. Скільки існує наслідків теореми Колмогорова-Арнольда-Хехт-Нільсен
1.	3
2.	2.
3.	4
4.	1

100	Питання 11. Формула розрахунку кількості нейронів двошарової мережі
1.	$L = Lw / (n+m)$
2.	$L = Lw / (n+m+c)$
3.	$L = Lw * (n+m)$
4.	$L = 2 * Lw / (n+m)$

75	Питання 12. Скільки кроків у навчанні типової мережі з учителем:
1.	4
2.	5
3.	6
4.	7

100	Питання 13. Логіка взаємодії між інформаційними об'єктами базується на концепції:
1.	формування відношень асоціацій між неоднорідностями
2.	формування відношень асоціацій між однорідностями
3.	формування перетинів асоціацій між однорідностями
4.	формування перетинів асоціацій між неоднорідностями

75	Питання 14. Функція 2-ох змінних називається трикутнковою нормою (t-нормою) якщо щодо неї виконуються вимоги:
1.	асоціативність, комутативність, монотонність
2.	обмеженість, асоціативність, комутативність, монотонність, лінійність

3.	обмеженість, асоціативність, комутативність, монотонність, нелінійність
4.	обмеженість, асоціативність, комутативність, монотонність.

75	Питання 15. Якими методами проводиться інтегрування та усереднення поточних значень вимірюваних величин?
1.	найменших квадратів, градієнтним
2.	непрямими методами
3.	прямокутників, трапецій +
4.	методами покоординатного спуску

100	Питання 16. Алгоритм навчання перцептрона із учителем складається із кроків:
1.	4
2.	5
3.	6
4.	7

100	Питання 17. Нейронні мережі зустрічного розповсюдження складаються із:
1.	шару нейронів Кохонена, шару нейронів Гросберга
2.	шару нейронів, шару нейронів Кохонена, шару нейронів Гросберга, нейрона Розенблата
3.	шару нейронів, шару нейронів Гросберга
4.	шару нейронів, шару нейронів Кохонена, шару нейронів Гросберга

75	Питання 18. Скільки кроків навчання у нейронній мережі Хопфілда ?
1.	1
2.	2
3.	3
4.	4

75	Питання 19. Логічне заперечення:
1.	$T(A) = 1 - T(A)$
2.	$T(\neg A) = 1 - T(A)$.
3.	$T(\neg A) = 1 + T(A)$
4.	$T(\neg A) = 1 - T(A)$

50	Питання 20. Скільки властивостей має мережа адаптивної резонансної теорії ART
1.	1
2.	5
3.	9
4.	3

50	Питання 21. Скільки шарів у когнітрона?
1.	2
2.	3
3.	5
4.	6

50	Питання 22. Для двонаправленої асоціативної мережі кількість векторів пам'яті не повинно перевищувати:
1.	$n/2 * \log_2 n$
2.	$n/4 * \log_2 n$
3.	$4 * n/3 * \log_2 n$
4.	$n/2 * \log_3 n$

50	Питання 23. Неокогнітрон відноситься до:
1.	нестабільних мереж
2.	самоорганізуючих
3.	адаптивних
4.	метастабільних

100	Питання 24. Які із нейронів входять до складу неокогнітрона: 1 – складні; 2 – типові; 3 – прості; 4 – адитивні; 5 – формалізовані.
1.	всі
2.	1,3
3.	2,4,5
4.	1,2,3,5

75	Питання 25. Топологія мережі може бути :
1.	централізованою, децентралізованою, комбінованою
2.	магістральною, радіальною, кільцевою, деревовидною або довільною .
3.	магістральною, радіальною, децентралізованою, комбінованою
4.	централізованою, кільцевою, деревовидною або довільною

75	Питання 26. Знак “\equiv” відноситься до нечіткої ...
1.	ідентичності
2.	Еквівалентності .
3.	амплікації
4.	дуплікації

100	Питання 27. Існують наступні операції над нечіткими множинами:
1.	додавання, агрегування, різниці
2.	множення та ділення
3.	перетину, різниці, об'єднання
4.	композиції, перетину та піднесення до степеня

100	Питання 28. Поставте у вірній послідовності елементи алгоритму створення систем нечіткого виведення: 1 – формування бази даних; 2 – агрегування підумов; 3 – акумуляція висновків; 4 – фазифікація входних змінних; 5 – активізація підвисновків
1.	1, 2, 3, 4, 5
2.	5, 3, 1, 2, 4
3.	1, 4, 2, 5, 3
4.	4, 3, 1, 5, 2

100	Питання 29. Процес отримання звичайного (не нечіткого) значення ...
1.	деактивація
2.	дазифікація
3.	дефазифікація .
4.	укрупнення

100	Питання 30. Процедура знаходження степені істинності кожного із під висновків правил нечітких продукцій – це ...
1.	агрегування
2.	продукція
3.	аккумуляція
4.	активація

7. Методи навчання.

За джерелами знань використовуються такі методи навчання: словесні – розповідь, пояснення, лекція, інструктаж; наочні – демонстрація, ілюстрація; практичні – лабораторна робота.

За характером логіки пізнання використовуються такі методи: аналітичний, синтетичний, аналітико-синтетичний, індуктивний, дедуктивний.

За рівнем самостійної розумової діяльності використовуються методи: проблемний, частково-пошуковий, дослідницький.

8. Форми контролю.

Оцінювання якості знань студентів, в умовах організації навчального процесу за кредитно-модульною системою здійснюється шляхом поточного, модульного, підсумкового (семестрового) контролю за 100-бальною шкалою оцінювання, за шкалою ECTS та національною шкалою оцінювання.

9. Розподіл балів, які отримують студенти. Оцінювання студента відбувається згідно положенням «Про екзамени та заліки у НУБіП України» від 20.02.2015 р. протокол № 6 з табл. 1.

Оцінка національна	Оцінка ЄКТС	Визначення оцінки ЄКТС	Рейтинг студента, бали
Відмінно	A	ВІДМІННО – відмінне виконання лише з незначною кількістю помилок	90 – 100
Добре	B	ДУЖЕ ДОБРЕ – вище середнього рівня з кількома помилками	82 – 89
	C	ДОБРЕ – в загальному правильна робота з певною кількістю грубих помилок	74 – 81
Задовільно	D	ЗАДОВІЛЬНО – непогано, але зі значною кількістю недоліків	64 – 73
	E	ДОСТАТНЬО – виконання задовольняє мінімальні критерії	60 – 63
Незадовільно	FX	НЕЗАДОВІЛЬНО – потрібно працювати перед тим, як отримати залік (позитивну оцінку)	35 – 59
	F	НЕЗАДОВІЛЬНО – необхідна серйозна подальша робота	01 – 34

Для визначення рейтингу студента (слухача) із засвоєння дисципліни $R_{\text{дис}}$ (до 100 балів) одержаний рейтинг з атестації (до 30 балів) додається до рейтингу студента (слухача) з навчальної роботи $R_{\text{НР}}$ (до 70 балів): $R_{\text{дис}} = R_{\text{НР}} + R_{\text{ат}}$.

10. Методичне забезпечення

1. Підручники та посібники, зазначені у списку літератури.
2. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт.
3. Нормативні документи.

4. Таблиці, схеми і плакати, виготовлені на кафедрі, а також типографічним способом.

5. Інтернет-ресурси.

11. Рекомендована література

– основна

1. Пугачев В.С. Основы автоматического управления. – М.: Наука, 1974. – 720 с.

2. Poznyak A.S., Sanchez E.N. Dynamic neural networks for nonlinear control: Identification state estimation and trajectory tracking // World Scientific. 2001. London. – P.102-120.

3. Лисенко В.П., Кузьменко Б.В. – Спеціальні розділи вищої математики (Нечіткі множини) – К.: НАУ, 2004 р.- 83 с.

4. Kevin M. Passino, Stephen Yurkovich Fuzzy Control – Ohio State University, 2001 у. – 572 р.

5. Ross T.J. Fuzzy logic with engineering applications. – McGraw-Hill, 1995. – 600 р.

6. Zadeh L.A. Fuzzy logic. – IEEE Transactions on Computer, vol. 21, no. 4 1988, pp. 83-93.

7. Круглов В.В. и др. Искусственные нейронные сети. Теория и практика - М.: Горячая линия – Телеком, 2002. – 382 с.

8. Советов Е. Я. Моделирование систем. Учебн. для вузов.-М: Высшая школа, 1985.-271 с.

9. Кафаров В.В. Методы кибернетики в химии и химической технологии: Учебник для вузов. 4-е изд., перер., доп.- М.: Химия, 1985.- 488 с.

10. Железнов И.Г. Сложные технические системы (оценка характеристик). Учебн. пособие для техн. вузов.- М.: Высшая школа, 1984.- 119 с.

11. Балакирев Б.С., Дудников Е.Г., Цирлин А.М. Экспериментальное определение динамических характеристик промышленных объектов управления.- М: Энергия, 1967. -232с.

12. Дейч А.М. Методы идентификации динамических объектов.-М.: Энергия, 1979.- 240с.

13. Молчанов А.А. Моделирование и проектирование сложных систем.-К.: Вища школа, 1988.- 359 с.

14. Корчемний М.О., Лисенко В.П., Чапний М.В. Нейронні мережі. – К.: НАУ, 2008. – 156 с.

15. Представление и использование знаний / Под ред. Х. Уэно, М. Исидзука. - М.: Мир, 1989.- 220 с.

16. Прикладные нечеткие системы / Асаи К., Ватада Д., Иваи С. и др./Под ред. Т. Тэрано, К. Асаи, М. Сугено.- М.: Мир, 1993. – 368 с.

17. Приобретение знаний / Под ред. С. Осуги, Ю. Саэки. – М.: Мир, 1990. – 304 с.

18. Рідкокаша А.А., Голдер К.К. Основы систем штучного інтелекту. Навчальний посібник. – Черкаси: "ВІДЛУННЯ-ПЛЮС", 2002. – 240 с.

19. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети,

генетические алгоритмы и нечеткие системы: Пер с польск. – М.: Горячая линия - Телеком, 2004. – 452 с.

– допоміжна:

1. Леоненков А.В. – Нечёткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH - СПб: БХВ-Петербург, 2003 г. – 736 с
2. Скурихин Е.М. и др. Математическое моделирование.- К.: Техника, 1983.- 270 с.
3. Кричевский М.Л. Интеллектуальные методы в менеджменте. – СПб.: Питер, 2005. – 304 с.
4. Люгер Дж.Ф. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем / Пер. с англ. – М.: Вильямс, 2005. – 864 с.
5. Митюшкин Ю.И., Мокин Б.И., Ротштейн А.П. Soft Computing: идентификация закономерностей нечеткими базами знаний. – Винница: УНИВЕРСУМ-Винница, 2002. – 145 с.
6. Осуга С. Обработка знаний. – М.: Мир, 1989. – 293 с.
7. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход, 2-е изд.: Пер с англ. – М.: Вильямс, 2006. – 1408 с.

13. Інформаційні ресурси

1. <https://wikipedia.org>
2. <http://www.victoria.lviv.ua/html/oio/html/theme5.htm>
3. http://om.univ.kiev.ua/users_upload/15/upload/file/pr_lecture_10.pdf
4. <https://www.youtube.com/watch?v=Kdx268WczxI>