

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ КОМП'ЮТЕРНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. декана факультету
комп'ютерних інформаційних
технологій
Ігор ЯКИМЕНКО

“ _____ 2023 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. проректора з науково-педагогічної
роботи
Віктор ОСТРОВЕРХОВ

“ _____ 2023 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор навчально-наукового
інституту новітніх освітніх
технологій
Святослав ПИТЕЛЬ

“ _____ 2023 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА

з дисципліни «Дослідження комп'ютерних систем штучного інтелекту»

ступінь вищої освіти – магістр

галузь знань – 12 «Інформаційні технології»

спеціальність – 123 «Комп'ютерна інженерія»

освітньо-професійна програма – «Комп'ютерна інженерія»

Кафедра комп'ютерної інженерії

Форма навчання	Курс	Семестр	Лекції (год.)	Практичні (год.)	ІРС (год.)	Тренінг (год.)	СРС (год.)	Разом (год.)	Залік (сем.)
Денна	1	2	30	15	5	4	96	150	2
Заочна	1	2	8	4	-	-	138	150	2

Тернопіль – ЗУНУ
2023

Робочу програму склав д.т.н., професор

Олег БЕРЕЗЬКИЙ

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри комп'ютерної інженерії,
протокол №3 від 28 вересня 2023р.

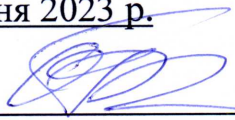
Завідувач кафедри



Леся ДУБЧАК

Розглянуто та схвалено групою забезпечення спеціальності «Комп'ютерна
інженерія», протокол №2 від 28 вересня 2023 р.

Голова ГЗС



Олег БЕРЕЗЬКИЙ

Гарант ОП



Григорій МЕЛЬНИК

СТРУКТУРА РОБОЧОЇ ПРОГРАМИ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«ДОСЛІДЖЕННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ»

1. Опис дисципліни «Дослідження комп'ютерних систем штучного інтелекту»

Дисципліна - «Дослідження комп'ютерних систем штучного інтелекту»	Галузь знань, спеціальність, СВО	Характеристика навчальної дисципліни
Кількість кредитів ECTS <i>Денна – 5, Заочна – 5</i>	Галузь знань – 12 «Інформаційні технології»	Статус дисципліни – вибіркова Мова навчання – українська
Кількість залікових модулів – 3	Спеціальність – 123 «Комп'ютерна інженерія»	Рік підготовки: <i>Денна – 1 Заочна – 1</i> Семестр: <i>Денна – 2 Заочна – 2</i>
Кількість змістових модулів – 3	Ступінь вищої освіти – магістр	Лекції: <i>Денна – 30 год. Заочна – 8 год.</i> Практичні заняття: <i>Денна – 15 год. Заочна – 4 год.</i>
Загальна кількість годин – <i>Денна: 150 год., Заочна: 150 год.</i>		Самостійна робота: <i>Денна – 100 год., в т. ч. тренінг – 4 год. Заочна – 138 год.</i> Індивідуальна робота – 5 год.
Тижневих годин: <i>Денна: 10 год., з них аудиторних – 3 год.</i>		Вид підсумкового контролю <i>Денна: 2 семестр - залік Заочна: 2 семестр – залік</i>

2. МЕТА І ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ «ДОСЛІДЖЕННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ»

2.1. Мета вивчення дисципліни.

Мета вивчення дисципліни «Дослідження комп'ютерних систем штучного інтелекту» (ДКСШ) – вивчення основних видів комп'ютерних систем штучного інтелекту і набуття практичних навиків роботи з ними.

2.2. Завдання вивчення дисципліни

Завданням вивчення ДКСШ є вивчення методів обчислювального інтелекту, методів машинного навчання і шляхів побудови програм з елементами штучного інтелекту .

В результаті вивчення дисципліни «Дослідження комп'ютерних систем штучного інтелекту» студенти повинні

знати: японський проект ЕОМ п'ятого покоління, образний комп'ютер агентний підхід в штучному інтелекті, методи розпізнавання образів, природномовні системи, нейронні мережі, методи кластерного аналізу, імунні і нечіткі системи, генетичні і роєві алгоритми, методи машинного навчання;

вміти: проектувати і програмувати нечіткі системи, синтезувати структури нейронних мереж для класифікації зображень, застосовувати генетичні алгоритми для оптимізації структур нейронних мереж.

3. ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ «ДОСЛІДЖЕННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ»

Змістовий модуль 1. Проекти інтелектуальних комп'ютерів і сучасні тенденції розвитку штучного інтелекту

Тема 1. Японський проект ЕОМ п'ятого покоління.

Основні компоненти ЕОМ п'ятого покоління. Концепція ЕОМ п'ятого покоління. Обчислювальна система ЕОМ п'ятого покоління. Нові архітектури. Мови програмування.

Література: 17.

Тема 2. Український проект інтелектуального комп'ютера: образний комп'ютер

Поняття образного комп'ютера. Структура образного комп'ютера. Мультимодальність в образному комп'ютері. Генеративна модель для бімодального розпізнавання мовлення. Базова платформа образного комп'ютера.

Література: 3.

Тема 3. Агентний підхід в штучному інтелекті

Поняття агентів і видів середовищ. Концепція раціональності агентів. Середовище агентів. Структура агентів.

Література: 16

Тема 4. Розпізнавання образів

Постановка задачі розпізнавання. Поняття класу та його властивості. Постановка задачі та основні режими розпізнавання. Класифікація основних методів розпізнавання. Розпізнавання зображень.

Література: 2, 7, 8, 11, 15, 16.

Тема 5. Природномовні системи

Основні задачі обробки природної мови. Типова схема обробки природної мови. Класифікація рівнів розуміння природної мови. Розуміння текстів на природній мові.

Література: 2, 15, 16.

Змістовий модуль 2. Основи обчислювального інтелекту

Тема 6. Нейронні мережі

Поняття обчислювального інтелекту. Основні напрямки обчислювального інтелекту. Структура нейронної мережі. Основні компоненти нейронної мережі. Навчання нейронної мережі.

Література: 1, 2, 4, 6, 13, 14, 15, 16.

Тема 7. Методи кластерного аналізу

Поняття кластерного аналізу. Критерії якості та метрики кластерного аналізу.

Методи на основі прототипів. Ієрархічні методи. Методи на основі густини даних.

Література: 1, 2, 4, 15.

Тема 8. Імунні системи

Механізми імунної системи. Штучні імунні системи. Базові структури і класифікація алгоритмів штучних імунних систем. Алгоритми негативного відбору. Моделі імунних мереж.

Література: 13.

Тема 9. Генетичні алгоритми

Біологічні принципи побудови генетичних алгоритмів. Класичний генетичний алгоритм. Генетичні оператори: репродукція, мутація, оператор схрещування. Використання генетичних алгоритмів в задачах комбінаторної оптимізації.

Література: 15, 16.

Тема 10. Роеві алгоритми

Біологічні основи роевих алгоритмів. Алгоритми мурашиних колоній. Алгоритми бджолоїної колонії. Застосування алгоритмів мурашиних колоній для в задачах комівояжера. Застосування алгоритмів бджолоїної колонії для задач оптимізації.

Література: 9, 12, 15, 16.

Тема 11. Нечіткі системи

Нечіткі множини та операції над ними. Функції належності. Нечіткі бази продукційних правил. Алгоритми нечіткого логічного виведення.

Література: 9, 12, 16.

Змістовий модуль 3. Машинне навчання

Тема 12. Класифікація та особливості методів машинного навчання

Поняття машинного навчання. Навчання без вчителя. Навчання з вчителем. Навчання з частковим залученням вчителя. Навчання з підкріпленням.

Література: 9, 12.

Тема 13. Методи навчання нейронних мереж

Регуляризація та функція помилки в нейронних мережах. Метрика Кульбака-Лейблера. Нормалізація по міні-батчам. Методи градієнтного спуску.

Література: 9, 12.

Тема 14. Згорткові нейронні мережі та авто кодувальники

Біологічні основи згорткових нейронних мереж. Поняття згортки. Види функцій згортки. Операція субдискретизації. Види функцій дискретизації. Типова архітектура згорткової нейронної мережі. Сучасні структури згорткових нейронних мереж. Автокодувальники.

Література: 9, 12.

Тема 15. Породжувальні моделі та змагальні мережі

Поняття глибокого навчання. Породжувальні моделі та їх види. Породжувальні мережі. Архітектури генеративно-змагальних мереж.

Література: 9, 12.

4. Структура залікового кредиту з дисципліни «Дослідження комп'ютерних систем штучного інтелекту»

(денна форма)

Назва теми	Кількість годин				
	Лекції	Практичн	СРС	Індивідуальна робота	Контрольні заходи
Змістовий модуль 1. Проекти інтелектуальних комп'ютерів і сучасні тенденції розвитку штучного інтелекту					
Тема 1. Японський проект ЕОМ п'ятого покоління	2		7		опитування
Тема 2. Український проект інтелектуального комп'ютера: образний комп'ютер	2	2	7		опитування
Тема 3. Агентний підхід в штучному інтелекті	2	2	7	0,5	опитування
Тема 4. Розпізнавання образів	2	2	7	0,5	опитування
Тема 5. Природномовні системи	2	2	7		опитування
Змістовий модуль 2. Основи обчислювального інтелекту					
Тема 6. Нейронні мережі	2		7	0,5	опитування
Тема 7. Методи кластерного аналізу	2		7		Заліковий модуль 1
Тема 8. Імунні системи	2	2	7	0,5	опитування
Тема 9. Генетичні алгоритми	2	2	7	0,5	опитування
Тема 10. Роєві алгоритми	2		7	0,5	опитування
Тема 11. Нечіткі системи	2	2	7		опитування

Змістовий модуль 3. Машинне навчання					
Тема 12. Класифікація та особливості методів машинного навчання	2		7	0,5	опитування
Тема 13. Методи навчання нейронних мереж	2	1	7	0,5	Заліковий модуль 2
Тема 14. Згорткові нейронні мережі та авто кодувальники	2		5	0,5	опитування
Тема 15. Породжувальні моделі та змагальні мережі	2			0,5	опитування
Тренінг			4		
Разом:	30	15	100	5	

Структура залікового кредиту з дисципліни «Дослідження комп'ютерних систем штучного інтелекту» (заочна форма)

Назва теми	Кількість годин			
	Лекції	Практичні	СРС	Індивідуальна робота
Змістовий модуль 1. Проекти інтелектуальних комп'ютерів і сучасні тенденції розвитку штучного інтелекту				
Тема 1. Японський проект ЕОМ п'ятого покоління	1		10	
Тема 2. Український проект інтелектуального комп'ютера: образний комп'ютер	1		10	
Тема 3. Агентний підхід в штучному інтелекті	1		10	
Тема 4. Розпізнавання образів	1		10	
Тема 5. Природномовні системи			10	
Змістовий модуль 2. Основи обчислювального інтелекту				

Тема 6. Нейронні мережі	1		10	
Тема 7. Методи кластерного аналізу			10	
Тема 8. Імунні системи			10	
Тема 9. Генетичні алгоритми			10	
Тема 10. Роеві алгоритми			10	
Тема 11. Нечіткі системи	1	2	10	
Змістовий модуль 3. Машинне навчання				
Тема 12. Класифікація та особливості методів машинного навчання			10	
Тема 13. Методи навчання нейронних мереж	1		10	
Тема 14. Згорткові нейронні мережі та авто кодувальники	1	2	10	
Тема 15. Породжувальні моделі та змагальні мережі			10	
Разом:	8	4	150	-

5. Тематика практичних занять

Практичні заняття № 1-2

Тема: Нечіткі системи.

Мета: оволодіти навиками проектування і програмування нечітких систем.

Питання для обговорення:

1. Нечітка логіка
2. Нечіткі множини
3. Функції належності
4. Розробка бази знань та бази правил
5. Моделювання нечіткої системи

Література: 2, 8, 16.

Практичні заняття № 3-5

Тема: Багатошаровий персептрон

Мета: оволодіти навиками синтезу структур нейронних мереж для класифікації зображень.

Питання для обговорення:

1. Нейронна мережа
2. Синтез структури нейронної мережі
3. Застосування нейронних мереж для класифікації зображень

Література: 9, 12

Практичні заняття № 6-8

Тема: Генетичні алгоритми

Мета: оволодіти основними навиками застосування генетичних алгоритмів для оптимізації структур нейронних мереж.

Питання для обговорення:

1. Класичний генетичний алгоритм.
2. Розробка генетичних операторів.
3. Використання генетичних алгоритмів в задачах оптимізації.

Література: 9, 12

6. Комплексне практичне індивідуальне завдання

Комплексно-практичне індивідуальне завдання з дисципліни «Дослідження комп'ютерних систем штучного інтелекту» виконується самостійно кожним студентом і охоплює усі основні теми дисципліни. КПЗ оформлюється у відповідності з встановленими вимогами. КПЗ оцінюється за 100-бальною шкалою. Виконання КПЗ є одним із обов'язкових складових модулів залікового кредиту з даної дисципліни.

Перелік основних типів завдань для виконання комплексного практичного індивідуального завдання:

1. Підготовка даних для нечіткої системи.
2. Підготовка зображень для багатошарового персептрону.
3. Підготовка даних для оптимізації структур нейронних мереж.

7. Самостійна робота студентів

ДФН – 100 год. (з них 4 год. на тренінг), ЗФН – 138 год.

№ п/п	Тематика	ДФН, год.	ЗФН, год.
1.	Основні компоненти ЕОМ п'ятого покоління.	1,3	1
2.	Концепція ЕОМ п'ятого покоління.	1,3	1
3.	Обчислювальна система ЕОМ п'ятого покоління.	1,3	1
4.	Нові архітектури ЕОМ п'ятого покоління.	1,3	1
5.	Мови програмування ЕОМ п'ятого покоління.	1,3	1
6.	Поняття образного комп'ютера.	1,3	1
7.	Структура образного комп'ютера.	1,3	2
8.	Мультимодальність в образному комп'ютері.	1,3	2
9.	Генеративна модель для бімодального розпізнавання мовлення.	1,3	2
10.	Базова платформа образного комп'ютера.	1,3	2
11.	Поняття агентів і видів середовищ.	1,3	2
12.	Концепція раціональності агентів.	1,3	2
13.	Середовище агентів.	1,3	2
14.	Структура агентів.	1,3	2
15.	Постановка задачі розпізнавання.	1,3	2
16.	Поняття класу та його властивості.	1,3	2
17.	Постановка задачі та основні режими розпізнавання.	1,3	2
18.	Класифікація основних методів розпізнавання.	1,3	2
19.	Розпізнавання зображень.	1,3	2
20.	Основні задачі обробки природної мови.	1,3	2
21.	Типова схема обробки природної мови.	1,3	2
22.	Класифікація рівнів розуміння природної мови.	1,3	2
23.	Розуміння текстів на природній мові.	1,3	2
24.	Поняття обчислювального інтелекту.	1,3	2
25.	Основні напрямки обчислювального інтелекту.	1,3	2
26.	Структура нейронної мережі.	1,3	2
27.	Основні компоненти нейронної мережі.	1,3	2
28.	Навчання нейронної мережі.	1,3	2
29.	Поняття кластерного аналізу.	1,3	2
30.	Критерії якості та метрики кластерного аналізу.	1,3	2
31.	Методи на основі прототипів.	1,3	2
32.	Ієрархічні методи.	1,3	2
33.	Методи на основі густини даних.	1,3	2
34.	Механізми імунної системи.	1,3	2
35.	Штучні імунні системи.	1,3	2
36.	Базові структури і класифікація алгоритмів штучних імунних систем.	1,3	2
37.	Алгоритми негативного відбору.	1,3	2

38.	Моделі імунних мереж.	1,3	2
39.	Біологічні принципи побудови генетичних алгоритмів.	1,3	2
40.	Класичний генетичний алгоритм.	1,3	2
41.	Генетичні оператори: репродукція, мутація, оператор схрещування.	1,3	2
42.	Використання генетичних алгоритмів в задачах комбінаторної оптимізації.	1,3	2
43.	Біологічні основи роєвих алгоритмів.	1,3	2
44.	Алгоритми мурашиних колоній.	1,3	2
45.	Алгоритми бджолоїної колонії.	1,3	2
46.	Застосування алгоритмів мурашиних колоній для в задачах комівояжера.	1,3	2
47.	Застосування алгоритмів бджолоїної колонії для задач оптимізації.	1,3	2
48.	Нечіткі множини та операції над ними.	1,3	2
49.	Функції належності.	1,4	2
50.	Нечіткі бази продукційних правил.	1,4	2
51.	Алгоритми нечіткого логічного виведення.	1,4	2
52.	Поняття машинного навчання.	1,4	2
53.	Навчання без вчителя.	1,4	2
54.	Навчання з вчителем.	1,4	2
55.	Навчання з частковим залученням вчителя.	1,4	2
56.	Навчання з підкріпленням.	1,4	2
57.	Регуляризація та функція помилки в нейронних мережах.	1,4	2
58.	Метрика Кульбака-Лейблера.	1,4	2
59.	Нормалізація по міні-батчам.	1,4	2
60.	Методи градієнтного спуску.	1,4	2
61.	Біологічні основи згорткових нейронних мереж.	1,4	2
62.	Поняття згортки.	1,4	2
63.	Види функцій згортки.	1,4	2
64.	Операція субдискретизації згорткових нейронних мереж.	1,4	2
65.	Види функцій дискретизації.	1,4	2
66.	Типова архітектура загорткової нейронної мережі.	1,4	2
67.	Сучасні структури згорткових нейронних мереж.	1,4	2
68.	Автокодувальники (згорткові нейронні мережі).	1,4	2
69.	Поняття глибокого навчання.	1,4	2
70.	Породжувальні моделі та їх види	1,4	2
71.	Породжувальні мережі.	1,4	2
72.	Архітектури генеративно-змагальних мереж.	1,4	2
Всього:		96	138

8. Тренінг з дисципліни «Дослідження комп'ютерних систем штучного інтелекту»

№п/п	Вид роботи	Порядок проведення тренінгу	Кількість годин
1	Підготовка даних для багатозарового перцептрон	формування зображень для розпізнавання;	1
2	Проектування багатозарового перцептрон	– проектування архітектури багатозарового перцептрон – формування навчального вектору ознак	1
3	Навчання багатозарового перцептрон	– для спроектованої архітектури на основі навчального вектору досягнення необхідної помилки навчання	1
4	Тестування багатозарового перцептрон на тестовій вибірці	– дослідження помилки розпізнавання на тестовій вибірці	1

9. Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання

У навчальному процесі застосовуються: лекції, в тому числі з використанням мультимедіапроектора та інших ТЗН; практичні заняття; індивідуальні заняття, самостійна робота студента, робота в Інтернет.

У процесі вивчення дисципліни "Дослідження комп'ютерних систем штучного інтелекту" використовуються такі засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання:

- поточні опитування;
- залікове модульне тестування та опитування;
- оцінювання результатів виконання практичних робіт;
- оцінювання результатів КПЗ;
- студентські презентації та виступи на наукових заходах;
- ректорська контрольна робота;
- залік.

10. Критерії, форми поточного та підсумкового контролю

Підсумковий бал (за 100-бальною шкалою) з дисципліни «Дослідження комп'ютерних систем штучного інтелекту» визначається як середньозважена величина, в залежності від питомої ваги кожної складової залікового кредиту:

Заліковий модуль 1	Заліковий модуль 2	Заліковий модуль 3
30%	40%	30%
1. Поточне опитування (6 тем по 5 балів) – макс. 30 балів 2. Модульна контрольна робота – макс. 70 балів	1. Поточне опитування (9 тем по 5 балів) – макс. 45 балів 2. Ректорська контрольна робота – макс. 55 балів	1. Написання та захист КПІЗ – макс. 80 балів 2. Виконання завдань під час тренінгу – макс. 20 балів

Шкала оцінювання

За шкалою університету	За національною шкалою	За шкалою ECTS
90-100	Відмінно	A (відмінно)
85-89	Добре	B (дуже добре)
75-84		C (добре)
65-74	Задовільно	D (задовільно)
60-64		E (достатньо)
35-59	Незадовільно	FX (незадовільно, з можливістю повторного складання)
1-34		F (незадовільно, з обов'язковим повторним курсом)

11. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна

№	Найменування	Номер теми
1.	Мультимедійний проектор	1–14
2.	Проекційний екран	1–14
3.	Комунікаційне програмне забезпечення (Internet Explorer, Opera, Google Chrome, Firefox)	1–14
4.	Наявність доступу до мережі Інтернет	1–14
5.	Персональні комп'ютери	1–14
6.	Комунікаційне програмне забезпечення (Zoom) для проведення занять у режимі онлайн (за необхідності)	1–14
7.	Комунікаційна навчальна платформа (Moodle) для організації дистанційного навчання (за необхідності)	1–14
8.	Операційні системи (Windows, Unix)	1–14
9.	Бібліотеки комп'ютерного зору та машинного навчання (OPENCV, TensorFlow и Keras)	6, 7
10.	Середовище Neuroff Studio	3, 5, 6

РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

1. Бодянський Є. В., Пелешко Д. Д., Винокурова О. А., Машталір С. В., Іванов Ю. С. Аналіз та обробка потоків даних засобами обчислювального інтелекту: Монографія. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2016. 236 с.
2. Глибовець М.М., Олецький О.В. Штучний інтелект: Підручник. К.: Вид. дім „КМ Академія”, 2002. 366 с.
3. Матеріали Восьмої Всеукраїнської міжнародної конференції з оброблення сигналів і зображень та розпізнавання образів УкрОбраз’2006. <http://www.uasoiro.org.ua/files/Zbirnyk/proceedind.html>
4. Методи, алгоритми і програмні засоби опрацювання біомедичних зображень / Березький О. М., Батько Ю.М., Березька К.М., Вербовий С.О., Дацко Т.В., Дубчак Л.О., Ігнатєв І.В., Мельник Г.М., Николюк В.Д., Піцун О.Й. Тернопіль: Економічна думка, ТНЕУ, 2017. 330 с.
5. Рашкевич Ю.М., Ткаченко Р.О., Цмоць І.Г., Пелешко Д.Д. Нейроподібні методи, алгоритми та структури обробки сигналів і зображень у реальному часі: монографія. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2014. 256 с.
6. Ткаченко Р. О., Ткаченко П. Р., Ізонін І. В. Нейромережеві засоби штучного інтелекту: навч. посібник. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2017. 208 с.
7. Шаховська Н. Б. Системи штучного інтелекту: навч. посібник / Н. Б. Шаховська, Р. М. Камінський, О. Б. Вовк. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2018. 392 с.
8. Bratko I. Prolog Programming for Artificial Intelligence (4th Edition). Pearson Education Canada, 2011. 696 p.
9. Deng L.y Yu D. Deep Learning: Methods and Applications // Foundations and Trends in Signal Processing, 2014, vol. 7, no. 3-4. — P. 197-387.
10. Garvey C. Artificial Intelligence and Japan’s Fifth Generation. *Pacific Historical Review*. Published By: University of California Press. Vol. 88, No. 4, SPECIAL ISSUE: Making the Pacific, Making Japanese-U.S. Relations: Science and Technology as Historical Agents in the Twentieth Century (FALL 2019), 2019. pp. 619-658 (40 pages)
11. Gonzalez Rafael C., Woods Richard E. Digital Image Processing (4th Edition). Pearson Education Limited, 2018. 1022 p. <https://dl.icdst.org/pdfs/files4/01c56e081202b62bd7d3b4f8545775fb.pdf>
12. Goodfellow Bengio Y Courville A. Deep Learning, MIT Press, 2016, <http://www.deeplearningbook.org>.
13. Haykin Simon S. Neural Networks and Learning Machines, Pearson Education India, 2010. 944 p.
14. Haykin Simon S. Neural Networks. A Comprehensive Foundation. (2th Edition). Pearson Education India, 2005. 823 p. https://cdn.preterhuman.net/texts/science_and_technology/artificial_intelligence/Neural%20Networks%20-%20A%20Comprehensive%20Foundation%20-%20Simon%20Haykin.pdf.

15. Luger George F. Artificial intelligence : structures and strategies for complex problem solving (6th Edition). Pearson Education, 2009. 779 p.
http://www.uoitc.edu.iq/images/documents/informatics-institute/exam_materials/artificial%20intelligence%20structures%20and%20strategies%20for%20%20complex%20problem%20solving.pdf
16. Russell S., Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach (4th Edition). Pearson Education, 2020. 1136 p.
17. Simons G. L. Towards fifth-generation computers. NCC Publications, 1983. 226 p.