

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Декан факультету комп'ютерних
інформаційних технологій
Ігор ЯКИМЕНКО
“ ” 2024 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ
Директор навчально-наукового
інституту новітніх освітніх
технологій
Святослав ПИТЕЛЬ
“ ” 2024 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ
Проректор з науково-педагогічної роботи
Віктор ОСТРОВЕРХОВ
“ ” 2024 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.)	Екзамени (сем.)
Денна	1	2	32	14	5	6	93	150	2
Заочна	1	2	8	4	-	-	138	150	2

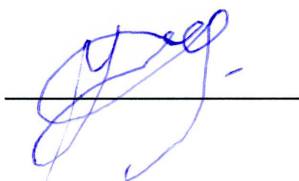
Тернопіль – ЗУНУ
2024

Робочу програму склав д.т.н., професор

Олег БЕРЕЗЬКИЙ

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри комп'ютерної інженерії,
протокол №___ від _____ 2024р.

Завідувач кафедри



Леся ДУБЧАК

Розглянуто та схвалено групою забезпечення спеціальності «Комп'ютерна інженерія», протокол №___ від _____ 2024 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 – 5	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 – 32 год. Заочна – 8 год.</i> Практичні заняття: <i>Денна – 14 год. Заочна – 4 год.</i>
Загальна кількість годин – <i>Денна: 150 год., Заочна: 150 год.</i>		Самостійна робота: <i>Денна – 93 год. Заочна – 138 год.</i> Індивідуальна робота – 5 год. Тренінг – 6 год.
Тижневих годин: <i>Денна: 10 год., з них аудиторних – 3 год.</i>		Вид підсумкового контролю екзамен <i>Денна: 2 семестр Заочна: 2 семестр</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. Мультиmodalність в образному комп'ютері. Генеративна модель для біmodalного 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	Практичні	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	1	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		опитування
Тема 4. Розпізнавання образів	2	2	7		опитування
Тема 5. Природномовні системи	2	2	7		опитування
Змістовий модуль 2. Основи обчислювального інтелекту					
Тема 6. Нейронні мережі	2		7	2	опитування
Тема 7. Методи кластерного аналізу	2		7		опитування
Тема 8. Імунні системи	2	2	7		опитування
Тема 9. Генетичні алгоритми	2	2	7		опитування
Тема 10. Ресві алгоритми	2		7		опитування
Тема 11. Нечіткі системи	2	1	7		опитування
Змістовий модуль 3. Машинне навчання					
Тема 12. Класифікація та особливості методів машинного навчання	2		7	2	опитування

Тема 13. Методи навчання нейронних мереж	2	1	5		опитування
Тема 14. Згорткові нейронні мережі та авто кодувальники	4		5		опитування
Тема 15. Породжувальні моделі та змагальні мережі	2				опитування
Тренінг			6		
Разом:	32	14	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 перцептрон

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 № 6-7

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.

6. Самостійна робота студентів

Самостійна робота з дисципліни «Дослідження комп'ютерних систем штучного інтелекту» виконується самостійно кожним студентом і охоплює усі основні теми дисципліни. Самостійна робота оцінюється за 100-бальною шкалою. Виконання самостійної роботи є одним із обов'язкових складових модулів залікового кредиту з даної дисципліни.

Перелік основних типів завдань для виконання самостійної роботи:

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

Критерії оцінювання завдань самостійної роботи:

90-100 балів – студент повністю виконав завдання (виконав завдання в повному обсязі, навів необхідні обґрунтування та висновки).

75-89 балів – студент повністю виконав завдання, але при розв'язуванні допустив незначні помилки.

60-74 бали – студент виконав завдання, але не може самостійно зробити відповідні обґрунтування отриманих результатів, не може зробити правильних висновків.

1-59 балів – студент виконав завдання частково або із суттєвими помилками, не знає відповідей на теоретичні питання, не вміє пояснити розв'язування виконаних ним практичних завдань, не може зробити жодних висновків при виконанні завдання.

Загальна оцінка студента за самостійну роботу визначається як середнє арифметичне з оцінок, отриманих за виконання завдань.

Перелік запитань на іспит:

№ п/п	Тематика
1.	Основні компоненти ЕОМ п'ятого покоління.
2.	Концепція ЕОМ п'ятого покоління.
3.	Обчислювальна система ЕОМ п'ятого покоління.
4.	Нові архітектури ЕОМ п'ятого покоління.
5.	Мови програмування ЕОМ п'ятого покоління.
6.	Поняття образного комп'ютера.
7.	Структура образного комп'ютера.
8.	Мультимодальність в образному комп'ютері.
9.	Генеративна модель для бімодального розпізнавання мовлення.
10.	Базова платформа образного комп'ютера.
11.	Поняття агентів і видів середовищ.
12.	Концепція раціональності агентів.
13.	Середовище агентів.
14.	Структура агентів.
15.	Постановка задачі розпізнавання.
16.	Поняття класу та його властивості.
17.	Постановка задачі та основні режими розпізнавання.
18.	Класифікація основних методів розпізнавання.

19.	Розпізнавання зображень.
20.	Основні задачі обробки природної мови.
21.	Типова схема обробки природної мови.
22.	Класифікація рівнів розуміння природної мови.
23.	Розуміння текстів на природній мові.
24.	Поняття обчислювального інтелекту.
25.	Основні напрямки обчислювального інтелекту.
26.	Структура нейронної мережі.
27.	Основні компоненти нейронної мережі.
28.	Навчання нейронної мережі.
29.	Поняття кластерного аналізу.
30.	Критерії якості та метрики кластерного аналізу.
31.	Методи на основі прототипів.
32.	Ієрархічні методи.
33.	Методи на основі густини даних.
34.	Механізми імунної системи.
35.	Штучні імунні системи.
36.	Базові структури і класифікація алгоритмів штучних імунних систем.
37.	Алгоритми негативного відбору.
38.	Моделі імунних мереж.
39.	Біологічні принципи побудови генетичних алгоритмів.
40.	Класичний генетичний алгоритм.
41.	Генетичні оператори: репродукція, мутація, оператор схрещування.
42.	Використання генетичних алгоритмів в задачах комбінаторної оптимізації.
43.	Біологічні основи роєвих алгоритмів.
44.	Алгоритми мурашиних колоній.
45.	Алгоритми бджолоїної колонії.
46.	Застосування алгоритмів мурашиних колоній для в задачах комівояжера.
47.	Застосування алгоритмів бджолоїної колонії для задач оптимізації.
48.	Нечіткі множини та операції над ними.
49.	Функції належності.
50.	Нечіткі бази продукційних правил.
51.	Алгоритми нечіткого логічного виведення.
52.	Поняття машинного навчання.
53.	Навчання без вчителя.
54.	Навчання з вчителем.
55.	Навчання з частковим залученням вчителя.
56.	Навчання з підкріпленням.
57.	Регуляризація та функція помилки в нейронних мережах.
58.	Метрика Кульбака-Лейблера.
59.	Нормалізація по міні-батчам.
60.	Методи градієнтного спуску.
61.	Біологічні основи згорткових нейронних мереж.
62.	Поняття згортки.
63.	Види функцій згортки.
64.	Операція субдискретизації згорткових нейронних мереж.
65.	Види функцій дискретизації.
66.	Типова архітектура загорткової нейронної мережі.
67.	Сучасні структури згорткових нейронних мереж.

68.	Автокодувальники (згорткові нейронні мережі).
69.	Поняття глибокого навчання.
70.	Породжувальні моделі та їх види
71.	Породжувальні мережі.
72.	Архітектури генеративно-змагальних мереж.

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

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

Критерії оцінювання тренінгу:

90-100 балів – студент повністю виконав всі етапи (виконав завдання в повному обсязі, навів необхідні обґрунтування та висновки).

75-89 балів – студент повністю виконав всі етапи, але при розв'язуванні допустив незначні помилки.

60-74 бали – студент виконав всі етапи, але не може самостійно зробити відповідні обґрунтування отриманих результатів, не може зробити правильних висновків.

1-59 балів – студент виконав всі етапи частково або із суттєвими помилками, не знає відповідей на теоретичні питання, не вміє пояснити розв'язування виконаних ним практичних завдань, не може зробити жодних висновків при виконанні завдання.

Загальна оцінка студента за роботу під час тренінгу визначається як середнє арифметичне з оцінок, отриманих за виконання завдань на тренінгу.

8. Методи навчання

У навчальному процесі застосовуються: лекції, в тому числі з використанням мультимедіапроектора та інших ТЗН, практичні заняття, консультації, самостійна робота, тренінг.

9. Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання

У процесі вивчення дисципліни використовуються наступні засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання:

- поточне оцінювання;
- оцінювання результатів модульних контрольних робіт;
- оцінювання тренінгу;

- оцінювання самостійної роботи;
- екзамен.

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:

Модуль 1		Модуль 2	Модуль 3	Модуль 4
20%	20%	5%	15%	40%
Поточне оцінювання	Модульний контроль 1	Тренінг	Самостійна робота	Екзамен
Оцінка визначається як середнє арифметичне з оцінок, отриманих під час практичних робіт	Контрольна робота складається з 2-х теоретичних запитань (макс. 50 балів за кожне)	Визначається як середнє арифметичне з оцінок, отриманих за виконання завдань на тренінгу	Визначається як середнє арифметичне з оцінок, отриманих під час вивчення дисципліни за виконання завдань самостійної роботи	Тестові завдання (10 тестів по 2 бали за тест) – макс. 20 балів Теоретичне питання 1 – макс. 40 балів. Теоретичне питання 2 – макс. 40 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 YCourville 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.