

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 «Теоретичні основи 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, КПЗ (год.)	СРС (год.)	Разом (год.)	Екзамени (сем.)
Денна	1	1	30	15	5	4	96	150	1
Заочна	1	1	8	4	-	-	138	150	1

31.08.2023

Тернопіль – ЗУНУ  
2023

Робоча програма складена на основі освітньо-професійної програми підготовки магістра галузі знань 12 “Інформаційні технології”, спеціальності 123 “Комп’ютерна інженерія”, затвердженої Вченою радою ЗУНУ (протокол №10 від 23.06.2023 р.).

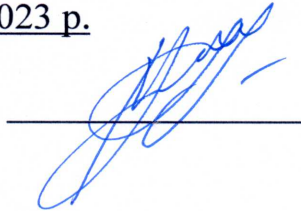
Робочу програму склав д.т.н., професор



Олег БЕРЕЗЬКИЙ

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри комп’ютерної інженерії, протокол №1 від 28 серпня 2023 р.

Завідувач кафедри



Леся ДУБЧАК

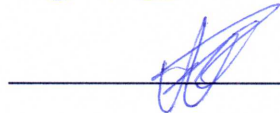
Розглянуто та схвалено групою забезпечення спеціальності «Комп’ютерна інженерія», протокол №1 від 28 серпня 2023 р.

Голова ГЗС



Олег БЕРЕЗЬКИЙ

Гарант ОП



Григорій МЕЛЬНИК

## СТРУКТУРА РОБОЧОЇ ПРОГРАМИ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### «ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ»

#### 1. Опис дисципліни «Теоретичні основи штучного інтелекту»

Дисципліна - «Дослідження комп'ютерних систем штучного інтелекту»	Галузь знань, спеціальність, освітньо-професійна програма, ступінь вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
Кількість кредитів ECTS <i>Денна – 5, Заочна – 5</i>	<b>Галузь знань – 12</b> «Інформаційні технології»	Статус дисципліни – обов'язкова Мова навчання – українська
Кількість залікових модулів – 3	<b>Спеціальність – 123</b> «Комп'ютерна інженерія»	Рік підготовки: <i>Денна – 1 Заочна – 1</i> Семестр: <i>Денна – 1 Заочна – 1, 2</i>
Кількість змістових модулів – 3	<b>Освітньо-професійна програма –</b> «Комп'ютерна інженерія»	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>	<b>Ступінь вищої освіти –</b> магістр	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: 1 семестр - екзамен Заочна: 1 семестр – екзамен</i>

## **2. МЕТА І ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ «ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ»**

### **2.1. Мета вивчення дисципліни.**

Мета вивчення дисципліни «Теоретичні основи штучного інтелекту» (ТОШІ) – вивчення основних математичних структур, які використовуються у дисциплінах штучного інтелекту.

### **2.2. Завдання вивчення дисципліни**

Завданням ТОШІ є вивчення теорії множин, матричної алгебри, елементів теорії ймовірностей та математичної статистики, теорії графів, метрик і теорії груп на прикладах розділів штучного інтелекту.

**2.3. Найменування та опис компетентностей, формування котрих забезпечує вивчення дисципліни «Теоретичні основи штучного інтелекту»:**

СК12. Здатність застосувати сучасні методи і алгоритми штучного інтелекту для розв'язання практичних задач при побудові інформаційних технологій, практичні навички володіння сучасними програмними засобами.

СК15. Спроможність інтегрувати знання і розуміння дисциплін інших інженерних галузей.

### **2.4. Передумови для вивчення дисципліни**

Засвоєння знань за програмою вступного фахового випробування за спеціальністю (додаткового вступного фахового випробування за спеціальністю).

### **2.5. Результати навчання**

ПРН15. Практичні навички володіння сучасними програмними засобами проектування систем штучного інтелекту.

ПРН16. Застосувати сучасні теоретичні, методологічні, технічні та технологічні основи до створення компонентів комп'ютерних систем.

### **3. ЗМІСТ ДИСЦИПЛІНИ «ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ»**

#### **Змістовий модуль 1. Алгебраїчні структури та елементи теорії ймовірностей**

##### **Тема 1. Математичні основи теорії штучного інтелекту.**

Роль математичних теорій у прикладних науках. Основні розділи штучного інтелекту та математичні структури, які використовуються в них. Множини, матриці, графи, елементи теорії ймовірностей, алгебра логіка, нечітка логіка, метрики.

Література: 1-4, 16, 17, 22.

##### **Тема 2. Множини.**

Поняття множин. Операції над множинами. Кортежі. Приклади застосування множин в штучному інтелекті.

Література: 7, 8, 9.

##### **Тема 3. Матриці.**

Поняття матриць. Операції над матрицями. Приклади застосування матричних операцій в комп'ютерному зорі.

Література: 7, 8, 9.

##### **Тема 4. Графи.**

Поняття графів. Дерева. Описи графів. Скелетони. Приклади застосування графів і дерев в штучному інтелекті.

Література: 1-4, 16, 17, 22.

##### **Тема 5. Елементи теорії ймовірностей.**

Поняття імовірності. Обчислення імовірності. Залежні та незалежні події. Повна імовірність подій. Умовні імовірності. Теорема Байєса. Необхідні відомості з теорії випадкових подій. Випадкові величини і закони їх розподілу. Граничні теореми теорії ймовірностей. Приклади застосування теореми Байєса в розпізнаванні образів.

Література: 5, 6, 18, 20.

##### **Тема 6. Теорія груп.**

Поняття групи та підгрупи. Задання групи породжуючими елементами та співвідношеннями. Групи симетрій на смузі. Групи симетрій на площині.

Література: 5, 20, 21, 22.

#### **Змістовий модуль 2. Елементи теорії логіки та метрик**

##### **Тема 7. Алгебра логіки.**

Аксиоми алгебри логіки. Теореми алгебри логіки. Приклади застосування алгебри логіки в штучному інтелекті.

Література: 1, 2, 3, 9, 16.

### **Тема 8. Нечітка логіка.**

Поняття нечітких множин. Операції над нечіткими множинами. Функції належності. Правила виведення логічного висновку. Приклади застосування нечіткої логіки в штучному інтелекті.

Література: 1, 2, 3, 9, 16.

### **Тема 9. Метрики.**

Визначення метрики. Метрика Фреше. Метрика Хаусдорфа. Метрика Громова – Фреше. Метрика Громова-Хаусдорфа. Приклади застосування метрик в комп'ютерному зорі.

Література: 11-15, 19.

#### 4. СТРУКТУРА ЗАЛІКОВОГО КРЕДИТУ З ДИСЦИПЛІНИ «ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ»

(денна форма / заочна форма)

Назва теми	Кількість годин							
	Лекції		Практичні		СРС		Інд. робота	Контрольні заходи
	денна	заочна	денна	заочна	денна	заочна	денна	денна
<b>Змістовий модуль 1. Алгебраїчні структури та елементи теорії ймовірностей</b>								
<b>Тема 1. Математичні основи теорії штучного інтелекту.</b>	2	1			4	12		
<b>Тема 2. Множини.</b>	4	1	2	1	11	15		
<b>Тема 3. Матриці.</b>	4	2	2	1	11	15	1	
<b>Тема 4. Графи</b>	4	2	2	1	11	16	1	
<b>Тема 5. Елементи теорії ймовірностей</b>	4	2	2	1	11	16	1	Заліковий модуль 1
<b>Змістовий модуль 2. Елементи теорії логіки та метрик</b>								
<b>Тема 6. Теорія груп</b>	2		1		12	16	0,5	
<b>Тема 7. Алгебра логіки</b>	2		2		12	16	0,5	
<b>Тема 8. Нечітка логіка</b>	4		2		12	16	0,5	
<b>Тема 9. Метрики</b>	4		2		12	16	0,5	
<b>Тренінг</b>					4			
<b>Разом:</b>	<b>30</b>	<b>8</b>	<b>15</b>	<b>4</b>	<b>100</b>	<b>138</b>	<b>5</b>	

#### 5. ТЕМАТИКА ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

##### Практичне заняття № 1

##### Тема. Множини

**Мета:** оволодіти навиками роботи із множинами різної природи.

##### Питання для обговорення:

1. Поняття множини.
2. Операції над множинами.
3. Поняття кортежів.

4. Застосування множин в розділах штучного інтелекту.

Література: 7, 8, 9.

### **Практичне заняття № 2**

**Тема. Матриці.**

**Мета:** оволодіти навиками роботи з матрицями.

**Питання для обговорення:**

1. Поняття матриці.
2. Операції над матрицями.
3. Застосування матричного числення в комп'ютерному зорі.

Література: 7-9.

### **Практичне заняття № 3**

**Тема. Графи.**

**Мета:** оволодіти основними навиками роботи з графами та операціями над ними.

**Питання для обговорення:**

1. Поняття графу, дерева графу.
2. Представлення графів.
3. Операції над графами.
4. Застосування графів в комп'ютерному зорі.

Література: 1-4, 16, 17, 21, 22.

### **Практичне заняття № 4**

**Тема. Елементи теорії ймовірностей.**

**Мета:** оволодіти основними навиками опису та обчислення числових характеристик випадкових величин.

**Питання для обговорення:**

1. Поняття ймовірності події.
2. Обчислення ймовірностей.
3. Теорема Байєса.
4. Застосування теореми Байєса в розпізнаванні образів.

Література: 5, 6, 18, 20.

### **Практичне заняття № 5**

**Тема. Теорія груп.**

**Мета:** оволодіти основними поняттями з теорії груп і їх застосуванням в синтезі зображень .



### **Питання для обговорення:**

5. Поняття групи.
6. Симетричні групи на смузї.
7. Симетричні групи на площині.
8. Застосування симетричних груп для синтезу зображень.

Література: 3, 9, 10.

### **Практичне заняття № 6**

#### **Тема. Алгебра логіки.**

**Мета:** оволодіти основними аксіомами та теоремами з алгебри логіки та їх застосуванням у штучному інтелекті.

#### **Питання для обговорення:**

1. Основи алгебри Д. Буля.
2. Використання алгебри логіки в моделях представлення знань.
3. Використання алгебри логіки в комп'ютерному зорі..

Література: 1, 2, 3, 9, 16.

### **Практичне заняття № 7**

#### **Тема. Нечітка логіка.**

**Мета:** оволодіти основними поняттями нечіткої логіки та її застосуваннями у штучному інтелекті.

#### **Питання для обговорення:**

1. Поняття нечіткої множини.
2. Поняття функції належності.
3. Нечіткі правила виводу.
4. Використання нечіткого виводу в інженерії знань.

Література: 1, 2, 3, 9, 16, 19

### **Практичне заняття № 8**

#### **Тема. Метрики.**

**Мета:** оволодіти основними поняттями теорії метрик та її застосуваннями у комп'ютерному зорі.

#### **Питання для обговорення:**

1. Поняття метрики.
2. Метрики Хаусдорфа та Фреше.
3. Використання метрик в комп'ютерному зорі.

Література: 11-15.

## 6. КОМПЛЕКСНЕ ПРАКТИЧНЕ ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ

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

Перелік основних типів завдань для виконання комплексного практичного індивідуального завдання:

1. Підготовка зображень та їх оброблення на основі теорії множин та метрик в комп'ютерному зорі.
2. Підготовка зображень для синтезу симетричних структур.
3. Формалізація знань на основі алгебри логіки та нечіткої логіки в інженерії знань.

## 7. САМОСТІЙНА РОБОТА СТУДЕНТІВ

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

№ п/п	Тематика	ДФН, год.	ЗФН, год.
1.	Поняття множин.	2	3
2.	Операції над множинами.	2	3
3.	Кортежі.	2	3
4.	Приклади застосування множин в штучному інтелекті.	2	3
5.	Поняття матриць.	2	3
6.	Операції над матрицями.	2	3
7.	Приклади застосування матричних операцій в комп'ютерному зорі.	2	3
8.	Поняття графів.	2	3
9.	Дерева.	2	3
10.	Описи графів.	2	3
11.	Скелетони.	2	3
12.	Приклади застосування графів і дерев в штучному інтелекті.	2	3
13.	Поняття імовірності.	2	3
14.	Обчислення імовірності.	2,5	3
15.	Залежні та незалежні події.	2,5	3
16.	Повна імовірність подій.	2,5	3
17.	Необхідні відомості з теорії випадкових подій.	2,5	3
18.	Умовні імовірності.	2,5	3
19.	Теорема Байєса.	2,5	3

20.	Випадкові величини і закони їх розподілу.	2,5	3
21.	Граничні теореми теорії ймовірностей.	2,5	3
22.	Приклади застосування теореми Байєса в розпізнаванні образів.	2,5	3
23.	Аксиоми алгебри логіки.	2,5	3
24.	Теореми алгебри логіки.	2,5	3
25.	Приклади застосування алгебри логіки в штучному інтелекті.	2,5	3
26.	Поняття нечітких множин.	2,5	3
27.	Операції над нечіткими множинами.	2,5	4
28.	Функції належності.	2,5	4
29.	Правила виведення логічного висновку.	2,5	4
30.	Приклади застосування нечіткої логіки в штучному інтелекті.	2,5	4
31.	Визначення метрики.	2,5	4
32.	Метрика Фреше.	2,5	4
33.	Метрика Хаусдорфа	2,5	4
34.	Метрика Громова – Фреше.	2,5	4
35.	Метрика Громова-Хаусдорфа.	2,5	4
36.	Приклади застосування метрик в комп'ютерному зорі.	2,5	4
37.	Теорія груп. Групи симетрій на смузі.	2,5	4
38.	Поняття групи та підгрупи.	2,5	4
39.	Задання групи породжуючими елементами та співвідношеннями.	2,5	4
40.	Групи симетрій на смузі.	2,5	4
41.	Групи симетрій на площині.	2,5	4
Всього:		96	138

### **8 ТРЕНІНГ З ДИСЦИПЛІНИ «ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ»**

<b>№п/п</b>	<b>Вид роботи</b>	<b>Порядок проведення тренінгу</b>	<b>Кількість годин</b>
1	Аналіз етапів розробки експертних систем	етап ідентифікації проблеми; етап отримання знань;	1
2	Проектування фрагменту експертної системи	– структуризація знань на основі алгебри логіки та нечіткої логіки	1
3	Реалізація фрагменту експертної системи	– формування міркувань на основі правил оберненого логічного	1

		виводу; – формування міркувань на основі правил прямого логічного виводу	
4	Тестування фрагменту експертної системи	– тестування на прикладах	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 "Теоретичні основи штучного інтелекту" використовуються такі засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання:

- поточні опитування;
- залікове модульне тестування та опитування;
- презентації результатів виконання практичних робіт;
- оцінювання результатів КППЗ;
- 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 «Теоретичні основи штучного інтелекту» визначається як середньозважена величина, в залежності від питомої ваги кожної складової залікового кредиту:

Заліковий модуль 1	Заліковий модуль 2	Заліковий модуль 3	Заліковий модуль 4 (екзамен)	Разом (%)
20%	20%	20%	40%	100
Опитування під час занять (5 тем) 8 балів за тему – макс. 40 балів; Модульна контрольна робота – макс. 60 балів	Опитування під час занять (4 теми) 10 балів за тему – макс. 40 балів; Модульна контрольна робота – макс. 60 балів	Підготовка КППЗ – макс. 40 балів; Захист КППЗ – макс. 40 балів; Виконання завдань під час тренінгу – макс. 20 балів	Тестові завдання (10 тестів по 1 балу за тест) – макс. 10 балів Теоретичне питання 1 – макс. 25 балів Теоретичне питання 2 – макс. 25 балів	

			Задача – 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	1–9
2.	Проекційний екран	1–9
3.	Комунікаційне програмне забезпечення (Internet Explorer, Opera, Google Chrome, Firefox)	1–9
4.	Наявність доступу до мережі Інтернет	1–9
5.	Персональні комп'ютери	1–9
6.	Комунікаційне програмне забезпечення (Zoom) для проведення занять у режимі онлайн (за необхідності)	1–9
7.	Комунікаційна навчальна платформа (Moodle) для організації дистанційного навчання (за необхідності)	1–9
8.	Операційні системи (Windows, Unix)	1–9
9.	Бібліотеки комп'ютерного зору та машинного навчання (OPENCV, TensorFlow и Keras)	1–9

## РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

1. Бодянский С. 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., Отецький О.В. Штучний інтелект: Підруч. для студ. ВНЗ. К.: Вид. дім „КМ Академія”, 2002. 366 с.
3. 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., Николіук В.Д., Піцун О.Й. Тернопіль: Економічна думка, ТНЕУ, 2017. 330 с.
4. Ткаченко Р. О., Ткаченко П. Р., Ізонін І. В. Нейромережеві засоби штучного інтелекту: навч. посібник. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2017. 208 с.
  5. Жильцов О.Б. Теорія ймовірностей та математична статистика у прикладах і задачах: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл.; за ред. Г.О. Михаліна. К.: Київ. ун-т ім. Б. Грінченка, 2015. 336 с.
  6. Зайцев Є.П. Теорія ймовірностей і математична статистика. Базовий курс з індивідуальними завданнями. К., Алерта, 2017. 440 с.
  7. Зайцев Є.П. Вища математика. В-во “Алерта”, 2018. 608 с.
  8. Лиман Ф., Власенко В., Петренко С. Вища математика: навч. посібн. у 2-х частинах. В-во : Університетська книга, 2018. 614 с.
  9. Базилевич Л. Є. Дискретна математика у прикладах і задачах: підручник. Львів: Видавець І. Е. Чижиков, 2013. 487 с.
  10. Грицик В.В., Березька К.М., Березький О.М. Моделювання та синтез складних зображень симетричної структури. Львів: УАД – ДНДІІ, 2005. 140 с.
  11. Bazylevych L., Berezsky O., Zarichnyi M. Fréchet fuzzy metric. *Matematychni Studii*. 2022. Vol. 57, No.2. P. 210-215. <https://doi.org/10.30970/ms.57.2.210-215>.
  12. Berezsky O., Zarichnyi M., Pitsun O. Development of a metric and the methods for quantitative estimation of the segmentation of biomedical images. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. V. 6, № 4. P. 4–11. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.119493>.
  13. Berezsky O. O., Zarichnyi M. Fréchet distance between weighted rooted. *Matematychni Studii*. 2017. Vol. 48, No.2. P. 165-170. doi:10.15330/ms.48.2.165-170.
  14. Berezsky O., Zarichnyi M. Gromov-Fréchet distance between curves. *Matematychni Studii*. 2018. V. 50, No.1. P. 88-92. doi:10.15330/ms.50.1.88-92
  15. Berezsky O., Zarichnyi M. (2021) Metric Methods in Computer Vision and Pattern Recognition. In: Shakhovska N., Medykovskyy M.O. (eds) *Advances in Intelligent Systems and Computing V. CSIT 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 1293. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-63270-0\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-030-63270-0_13)
  16. Bratko I. *Prolog Programming for Artificial Intelligence (4th Edition)*. Pearson Education Canada, 2011. 696 p.
  17. 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.
  18. Devore J.L. *Probability and statistics for engineering and science*. California Polytechnic State University (8th edition). Brooks/Coll Cengage learning. 2012. 776 p.
  19. Dubchak L., Verbovyuy S., Berezska K., Datsko T. Fuzzy Knowledge Base For Diagnosing Breast Cancer Pathological Processes. XIIth International Scientific and Technical Conference Computer Sciences and Information

- Technologies. CSIT 2017, 5-8 Sept. 2017. P. 36-39. DOI: 10.1109/STC-CSIT.2017.8098731
20. Forsyth D. Probability and statistics for computer Science. Springer International Publishing. 2018. 367 p.
  21. 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>.
  22. 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](https://cdn.preterhuman.net/texts/science_and_technology/artificial_intelligence/Neural%20Networks%20-%20A%20Comprehensive%20Foundation%20-%20Simon%20Haykin.pdf).