

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Затверджено  
Вченою радою  
Запорізького національного університету  
протокол № 2 від 29 2021 р.  
Голова Вченої ради, ректор  
 М. О. Фролов



МЕТОДИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
підготовки здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти  
ступеня доктора філософії

Укладач:

**Кудін О.В.**, доцент кафедри програмної інженерії, кандидат фізико-математичних наук,  
доцент

Погоджено:

Проректор з наукової роботи

Проректор з науково-педагогічної роботи

Зав. відділу аспірантури і докторантури

Г. М. Васильчук

Ю. О. Каганов

О. П. Єфіменкова

Запоріжжя 2022

## 1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
		Денна, вечірня, заочна форми навчання
Кількість кредитів – 4	Галузь знань <u>інформаційні технології</u> (шифр і назва)	вибіркова
		Цикл професійної підготовки
Змістових модулів – 6	Спеціальність <u>комп'ютерні науки</u> (шифр і назва)	<b>Рік підготовки:</b>
Загальна кількість годин – 120		2-й
Освітньо-наукова програма <u>комп'ютерні науки</u>		<b>Лекції</b> 32 год.
		<b>Лабораторні</b> 0 год.
Рівень вищої освіти: <b>третій</b> (доктор філософії)		<b>Самостійна робота</b>
		88 год.
		<b>Вид підсумкового контролю:</b> залік

## 2. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**Метою** забезпечити аспірантів необхідним теоретичним та методичним інструментарієм із сучасних методів штучного інтелекту. Розглядаються наступні питання. Архітектури нейронних мереж. Типові задачі машинного навчання. Спеціалізовані шари. Шари уваги.

Основними **завданнями** вивчення дисципліни «Методи штучного інтелекту» є: ознайомити аспірантів з такими темами. Методи параметризації нейронних мереж. Еволюційні алгоритми. Метанавчання.

Навчання з вчителем: мережі прямого поширення сигналу, згорткові мережі, рекурентні мережі. Автокодувальники. Глибинні нейронні мережі.

Навчання з підкріпленням. Q-навчання. Пояснювальні нейронні мережі. Нейронні мережі Тюринга

У практичній частині курсу розв'язуються задачі анотування зображень, ARC dataset. Всі задачі розглядаються із застосуванням нейронних мереж.

Бібліотеки tensorflow, pytorch.

Згідно з вимогами освітньо-наукової програми аспіранти повинні досягти таких програмних **компетентностей** і **програмних результатів навчання**:

<b>Програмні компетентності</b>	
<i>для здобувачів 2021 року вступу за ОНП 2020-2021 р.</i>	
СК1	Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності
СК2	Здатність до засвоєння основних концепцій, розуміння теоретичних і практичних проблем, історії розвитку та сучасного стану наукових знань за спеціальністю комп'ютерні науки, оволодіння термінологією з досліджуваного наукового напрямку
СК4	Здатність вдосконалювати існуючі методи та підходи до математичного та комп'ютерного моделювання природних та технічних систем та процесів
СК7	Здатність виявляти, ставити та вирішувати дослідницькі науково-прикладні задачі та/або проблеми в сфері комп'ютерних наук, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень
СК9	Здатність до продукування нових ідей і розв'язання комплексних проблем у галузі комп'ютерних наук, а також до застосування сучасних методологій, методів та інструментів наукової діяльності в комп'ютерних науках.
СК11	Здатність інтегрувати знання з інших дисциплін, застосовувати системний підхід при розв'язанні інженерних задач та проведенні досліджень
ЗК3	Здатність до формування системного наукового світогляду та загального культурного кругозору
ЗК6	Здатність до пошуку, оброблення та аналізу наукової інформації з різних джерел; використання інформаційно-комунікаційних технологій у дослідницькій та викладацькій діяльності
<i>для здобувачів 2022 року вступу за ОНП 2022 р.</i>	
ЗК 1	Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу
ЗК 2	Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел
ЗК 10	Здатність розв'язувати комплексні проблеми комп'ютерних наук на основі системного наукового світогляду та загального культурного кругозору із дотриманням принципів професійної етики та академічної доброчесності
СК3	Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми дослідницького та/або інноваційного характеру; оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень; комерціалізувати їх результати; здійснювати захист прав інтелектуальної власності
СК4	Здатність використовувати сучасні методології, методи та інструменти емпіричних і теоретичних досліджень у галузі, методи комп'ютерного моделювання, сучасні цифрові технології, бази даних та інші електронні ресурси, спеціалізоване програмне забезпечення у науковій та науково-педагогічній діяльності.
СК8	Здатність розробляти нові та вдосконалювати існуючі моделі та методи комп'ютерного моделювання природних та інженерно-технічних систем та процесів, а також критично оцінювати отримані результати.
<b>Програмні результати навчання</b>	

<i>для здобувачів 2021 року вступу за ОНП 2020-2021 р.</i>	
ПРН1	Демонструвати системний науковий світогляд та загальний культурний кругозір; володіти техніками і технологіями критичного мислення
ПРН11	Здійснювати пошук, оброблення та аналіз наукової інформації, її систематизацію та узагальнення; використовувати інформаційно-комунікаційні технології у дослідницькій та викладацькій діяльності
ПРН18	Знати основні концепції, історію розвитку та сучасний стан наукових знань за спеціальністю комп'ютерні науки
ПРН20	Формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень і математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні літературні дані
ПРН21	Розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі процесів і систем, ефективно використовувати їх для отримання нових знань та/або створення інноваційних продуктів у комп'ютерній науці та дотичних міждисциплінарних напрямках
ПРН22	Застосовувати сучасні інструменти і технології пошуку, оброблення та аналізу інформації, зокрема, статистичні методи аналізу даних великого обсягу та/або складної структури, спеціалізовані бази даних та інформаційні системи
ПРН26	Здійснювати розробку та вдосконалення методів розв'язання науково-прикладної задачі, критичне оцінювання отриманих результатів.
<i>для здобувачів 2022 року вступу за ОНП 2022 р.</i>	
ПРН2	Глибоко розуміти загальні принципи, методи, методології наукових досліджень, застосовувати їх у власних дослідженнях у сфері комп'ютерних наук та у викладацькій практиці
ПРН3	Застосовувати сучасні інструменти і технології пошуку, оброблення та аналізу інформації, зокрема, статистичні методи аналізу даних великого обсягу та/або складної структури, спеціалізовані бази даних та інформаційні системи
ПРН4	Формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень, спостережень, тощо і математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні літературні дані
ПРН 11	Розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі процесів і систем, ефективно використовувати їх для отримання нових знань та/або створення інноваційних продуктів у комп'ютерних науках та дотичних міждисциплінарних напрямках.
ПРН 12	Відшуковувати, оцінювати та критично аналізувати інформацію щодо поточного стану та трендів розвитку, інструментів та методів досліджень, наукових та інноваційних проєктів з комп'ютерних наук.
ПРН 13	Здійснювати розробку та вдосконалення методів розв'язання науково-прикладної задачі.

### **3. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

#### **Змістовий модуль 1. Мережі RBF**

***Тема 1. Мережі RBF. Використання RBF мереж. Тренування RBF***

мереж. Тренування прихованого шару, вихідного шару. Ортогональний метод найменших квадратів. Класифікація з використанням критерію перцептронну. Класифікація з кусково лінійною функцією втрат. Приклад лінійного розділення з використанням RBF функцій.

**Тема 2. Мережі RBF та ядрові методи.** Ядровий трюк. RBF ядро. Поліноміальне ядро. Ядрове згладжування. Графові ядра. Ядро Фішера. Ядрова регресія із застосуванням RBF-мереж. Ядровий метод SVM як випадок RBF-мереж.

## **Змістовий модуль 2. Обмежені машини Больцмана**

**Тема 3. Мережі Хопфілда та Больцмана.** Поняття стохастичних нейромереж. Мережі Хопфілда. Оптимальна конфігурація станів мережі. Навчання мережі Хопфілда. Створення елементарної системи рекомендацій та її обмеження. Покращення результатів роботи мереж Хопфілда.

**Тема 4. Обмежені машини Больцмана RBM.** Машини Больцмана. Навчання ваг машини Больцмана. Навчання RBM. Алгоритми дивергенції. Застосування RBM. Зниження розмірностей та реконструкція даних. Застосування для колаборативної фільтрації. Класифікація. Тематичне моделювання.

## **Змістовий модуль 3. Навчання з підкріпленням**

**Тема 5. Основи навчання з підкріпленням.** Парадигма RL. Агент. Функції політики. Функції цінності. Модель агента з середовщем. Детерміноване середовище. Стохастичне середовище. Середовище з повною інформацією. Дискретне та неперервне середовище. Платформи RL. Практичне застосування RL. OpenAI. TensorFlow.

**Тема 6. Глибинні Q-мережі.** Мережі DQN та DQRN. Алгоритми без пам'яті станів. Постановка задачі навчання з підкріпленням. Простий алгоритм навчання для гри хрестики-нулики. Бутстрепінг та навчання функції оцінки. Нейронна мережа для гри Atari. Градієнтний спуск за стратегіями.

## **Змістовий модуль 4. Методи метанавчання**

**Тема 7. Основи метанавчання нейромереж.** Поняття метанавчання. Переніс навчання. Адаптація домену. Неперервне навчання. Метарепазентація. Метаоптимізація. Метаналаштування цільової функції.

Шари уваги. Налаштування гіперпараметрів. Розширення набору даних.

**Тема 8. Алгоритми метанавчання.** One-shot навчання. Siamese нейронні мережі. Розпізнавання звуку та зображень. Prototypical нейромережі. Relation та Matching нейронні мережі. Нейромережі з розширенням пам'яті. MAML алгоритм. Meta-SGD та Reptil алгоритми.

## **Змістовий модуль 5. Нечіткі нейромережі**

**Тема 9. Нечіткі продукційні та реляційні моделі.** Поняття про нечіткі продукційні моделі. Компоненти моделей та методи нечіткого висновку. Створення бази нечітких правил. Алгоритми нечіткого висновку. Алгоритм Мамдані. Алгоритм Ларсена. Алгоритм Цунамото. Нечіткі реляційні моделі. Реляційне представлення нечіткого висновку. Подібність нечітких реляційних та продукційних моделей.

**Тема 10. Нечіткі нейронні продукційні моделі.** Мережі виду ANFIS. Мережа Ванга-Менделя. Мережа Такагі-Сугено-Канга. Формування передумов для нечітких правил. Формування заключень нечітких правил. Формування простори входних змінних. Нечіткі продукційні мережі з представленням структури у вигляді нейронних мереж.

**Тема 11. Нейронні нечіткі мережі.** Нейронні нечіткі мережі з введенням нечіткості в структуру. Мережі на основі нечітких нейронів. Гібридні нечіткі мережі з нечіткими операціями. Навчання нечітких мереж. Алгоритм зворотного поширення помилки. Використання нечітких продукційних моделей в нейронних мережах.

**Тема 12. Нечіткі моделі на основі графів.** Нечіткі автомати. Навчання автоматів. Нечіткі мережі Петрі. Різні способи завдання нечіткості. Ситуативні карти. Моделювання управління. Когнітивні карти. Задачі побудови та аналізу нечітких когнітивних карт. Методи навчання. Динамічне моделювання за допомогою нечітких карт. Нечіткі продукційні когнітивні карти. Нечіткі реляційні когнітивні карти.

## **Змістовий модуль 6. Еволюційна оптимізація нейромереж**

**Тема 13. Основи нейроеволюції.** Нейроеволюційні методи. Генетичні оператори. Схеми кодування геному. Коеволюція. Алгоритм NEAT. Схеми кодування NEAT. Структурні мутації. Кроссовери. NEAT на основі гіперкубу. Алгоритм HyperNEAT. Бібліотеки Python. Налаштування середовища виконання.

**Тема 14. NEAT та задача XOR.** Цільова функція задачі XOR. Налаштування гіперпараметрів. Секції NEAT, DefaultStagnation, DefaultReproduction, DefaultSpeciesSet, DefaultGenome. Обчислювальний експеримент задачі XOR. Балансування системи з маятником. Автономне проходження лабіринту.

**Тема 15. Оптимізація пошуком новизни.** Опис методу оптимізації. NoveltyItem. NoveltyArchive. Функція пристосування з обчисленням новизни. Метрики новизни. Обчислювальний експеримент з простою конфігурацією лабіринту. Сладна конфігурація лабіринту. .

**Тема 16. Коеволюція.** Стратегії коеволюції. Стратегії коеволюції. Метод SAFE. Створення агенту для задачі з лабіринтом. Середовище лабіринту. Модифікована функція пристосованості. Модифікований пошук новизни. Функція `_add_novelty_item`. Функція `_evaluate_novelty_score`. Гіперпараметри для популяцій агентів.

#### 4. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Назви тематичних розділів і тем	Кількість годин			
	усього	у тому числі		
		л.	практ.	сам. роб.
1	2	3	4	5
<b>Змістовий модуль 1. Мережі RBF</b>				
Тема 1. Мережі RBF	7	2	-	5
Тема 2. Мережі RBF та ядрові методи	7	2	-	5
Разом за змістовим модулем 1	14	4	-	10
<b>Змістовий модуль 2. Обмежені машини Больцмана</b>				
Тема 3. Мережі Хопфілда та Больцмана	7	2	-	5
Тема 4. Обмежені машини Больцмана RBM	7	2	-	5
Разом за змістовим модулем 2	14	4	-	10
<b>Змістовий модуль 3. Навчання з підкріпленням</b>				
Тема 5. Основи навчання з підкріпленням	7	2	-	5
Тема 6. Глибинні Q-мережі	7	2	-	5
Разом за змістовим модулем 3	14	4	-	10
<b>Змістовий модуль 4. Методи метанавчання</b>				
Тема 7. Основи метанавчання нейромереж	7	2	-	5
Тема 8. Алгоритми метанавчання	7	2	-	5
Разом за змістовим модулем 4	14	4	-	10
<b>Змістовий модуль 5. Нечіткі нейромережі</b>				
Тема 9. Нечіткі продукційні та реляційні моделі	7	2	-	5
Тема 10. Нечіткі нейронні продукційні моделі	7	2	-	5
Тема 11. Нейронні нечіткі мережі	7	2	-	5
Тема 12. Нечіткі моделі на основі графів	7	2	-	5
Разом за змістовим модулем 5	28	8	-	20
<b>Змістовий модуль 6. Еволюційна оптимізація нейромереж</b>				



Тема 13. Основи нейроеволюції	7	2	-	5
Тема 14. NEAT та задача XOR	7	2	-	5
Тема 15. Оптимізація пошуком новизни	11	2	-	9
Тема 16. Коеволюція	11	2	-	9
Разом за змістовим модулем 6	36	8	-	28
Усього годин	120	32	-	88

## 5. ТЕМИ ЛЕКЦІЙНИХ ЗАНЯТЬ

№ теми	Назва теми	Кіл-ть годин
<b>Змістовий модуль 1. Мережі RBF</b>		
1	Мережі RBF	2
2	Мережі RBF та ядрові методи	2
	Разом за змістовим модулем 1	4
<b>Змістовий модуль 2. Обмежені машини Больцмана</b>		
3	Мережі Хопфілда та Больцмана	2
4	Обмежені машини Больцмана RBM	2
	Разом за змістовим модулем 2	4
<b>Змістовий модуль 3. Навчання з підкріпленням</b>		
5	Основи навчання з підкріпленням	2
6	Глибинні Q-мережі	2
	Разом за змістовим модулем 3	4
<b>Змістовий модуль 4. Методи метанавчання</b>		
7	Основи метанавчання нейромереж	2
8	Алгоритми метанавчання	2
	Разом за змістовим модулем 4	4
<b>Змістовий модуль 5. Нечіткі нейромережі</b>		
9	Нечіткі продукційні та реляційні моделі	2
10	Нечіткі нейронні продукційні моделі	2
11	Нейронні нечіткі мережі	2
12	Нечіткі моделі на основі графів	2
	Разом за змістовим модулем 5	8
<b>Змістовий модуль 6. Еволюційна оптимізація нейромереж</b>		
13	Основи нейроеволюції	2
14	NEAT та задача XOR	2
15	Оптимізація пошуком новизни	2

16	Коеволюція	2
	Разом за змістовим модулем 6	8
Усього годин		32

## 6. ТЕМИ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

Не передбачено навчальним планом

№ теми	Назва теми	Кіл-ть годин
Усього годин		

## 7. САМОСТІЙНА РОБОТА

№ теми	Назва теми	Кіл-ть годин
<b>Змістовий модуль 1. Мережі RBF</b>		
1	Мережі RBF	5
2	Мережі RBF та ядрові методи	5
	Разом за змістовим модулем 1	10
<b>Змістовий модуль 2. Обмежені машини Больцмана</b>		
3	Мережі Хопфілда та Больцмана	5
4	Обмежені машини Больцмана RBM	5
	Разом за змістовим модулем 2	10
<b>Змістовий модуль 3. Навчання з підкріпленням</b>		
5	Основи навчання з підкріпленням	5
6	Глибинні Q-мережі	5
	Разом за змістовим модулем 3	10
<b>Змістовий модуль 4. Методи метанавчання</b>		
7	Основи метанавчання нейромереж	5
8	Алгоритми метанавчання	5
	Разом за змістовим модулем 4	10
<b>Змістовий модуль 5. Нечіткі нейромережі</b>		
9	Нечіткі продукційні та реляційні моделі	5
10	Нечіткі нейронні продукційні моделі	5
11	Нейронні нечіткі мережі	5
12	Нечіткі моделі на основі графів	5

	Разом за змістовим модулем 5	20
<b>Змістовий модуль 6. Еволюційна оптимізація нейромереж</b>		
13	Основи нейроеволюції	5
14	NEAT та задача XOR	5
15	Оптимізація пошуком новизни	9
16	Коеволюція	9
	Разом за змістовим модулем 6	28
Усього годин		88

## 8. ВИДИ КОНТРОЛЮ І СИСТЕМА НАКОПИЧЕННЯ БАЛІВ

№ змістового модуля	Вид контролю	Кіл-ть балів
<b>ПОТОЧНИЙ</b>		
1	<i>Тест № 1.</i>	2
	Сам. роб. № 1. Автоматичне анотування зображень	8
2	<i>Тест № 2.</i>	2
	Сам. роб. № 2. Шари уваги зготових нейромереж	8
	<i>Тест № 3.</i>	2
	Сам. роб. № 3. Генетична оптимізація нейромереж	8
3	<i>Тест № 4.</i>	2
	Сам. роб. № 4. Алгоритм MAML	8
4	<i>Тест № 5.</i>	2
	Сам. роб. № 5. Сильний штучний інтелект та набір даних ARC	8
	<i>Тест № 6.</i>	2
	Сам. роб. № 6. Q-навчання та ARC	8
	<i>Тест № 7.</i>	2
	Сам. роб. № 7. Нечіткий логічний висновок та ARC	8
	<i>Тест № 8.</i>	2
	Сам. роб. № 8. Нейчіткі нейромережі та ARC	8
	<i>Разом:</i>	80
<b>ПІДСУМКОВИЙ</b>		
	Екзамен	20
	Усього	100

**Шкала оцінювання: національна та ECTS**

<i>За шкалою ECTS</i>	<i>За шкалою університету</i>	<i>За національною шкалою</i>
A	90 – 100 (відмінно)	5 (відмінно)
B	85 – 89 (дуже добре)	4 (добре)
C	75 – 84 (добре)	
D	70 – 74 (задовільно)	3 (задовільно)
E	60 – 69 (достатньо)	
FX	35 – 59 (незадовільно – з можливістю повторного складання)	2 (незадовільно)
F	1 – 34 (незадовільно – з обов'язковим повторним курсом)	

## 9. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА ТА ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ

### ОСНОВНІ ДЖЕРЕЛА

#### Монографії:

1. Кривохата А. Г., Кудін О. В., Чопоров С. В. Нейромережеві математичні моделі у задачах обробки звукових сигналів : монографія. Херсон : Видавничий дім «Гельветика», 2020. 120 с.
2. Субботін С.О. Нейронні мережі: теорія та практика. Навчальний посібник. Житомир : Вид. О. О. Євенок, 2020. 184 с.
3. Abdallah Abderazek Ben, Dang Khanh N. Neuromorphic Computing Principles and Organization. Springer, 2022. 528 p
4. Alnoor A., Wah K.K., Hassan A. Artificial Neural Networks and Structural Equation Modeling: Marketing and Consumer Research Applications. Springer, 2022. 336 p.
5. Ahmed Mohiuddin. Explainable Artificial Intelligence for Cyber Security: Next Generation Artificial Intelligence. Springer, Cham, 2022. 280 p.
6. Alloghani M., Thron C., Subair S. (eds.) Artificial Intelligence for Data

- Science in Theory and Practice. Springer, Cham, 2022. 246 p.
7. Awasthi K.M., Gupta M., Tomar R. (eds.) Mathematical Modeling for Intelligent Systems. CRC Press, 2022. 259 p.
  8. Awasthi S., Travieso-Gonzalez C.M., Sanyal G., Singh D.K. (Eds.) Artificial Intelligence for a Sustainable Industry 4.0. Springer, 2021. 311 p.
  9. Basetti V., Shiva C.K., Ungarala M.R., Rangarajan S.S. (eds.) Artificial Intelligence and Machine Learning in Smart City Planning. Elsevier, 2023. 326 p.
  10. Batina L., Bäck T., Buhan I., Picek S. (eds.) Security and Artificial Intelligence: A Crossdisciplinary Approach. Springer, 2022. 365 p.
  11. Bernstein Phil. Machine Learning: Architecture in the age of Artificial Intelligence. RIBA Publishing, 2022. 200 p.
  12. Bhargava C., Sharma P.K. (eds.) Artificial Intelligence: Fundamentals and Applications. CRC Press, 2021. 271 p.
  13. Biswas A., Kalayci C.B., Mirjalili S. (eds.) Advances in Swarm Intelligence: Variations and Adaptations for Optimization Problems. Springer, 2023. 416 p.
  14. Boulouard Z., Ouaisa M., Ouaisa M., Himer S.El (Eds.) AI and IoT for Sustainable Development in Emerging Countries. Springer, 2022. 638 p.
  15. Aggarwal Charu C. Artificial Intelligence: A Textbook. Springer, 2021. 496 p.
  16. Brown B.R. Engineering Intelligent Systems: Systems Engineering and Design with Artificial Intelligence, Visual Modeling, and Systems Thinking. Wiley, 2023. 387 p.
  17. Castillo O., Melin P. New Perspectives on Hybrid Intelligent System Design based on Fuzzy Logic, Neural Networks and Metaheuristics. Springer Cham, 2022. 483 p.
  18. Chakraborty U., Banerjee A., Saha J.K., Sarkar N., Chakraborty C. (eds.) Artificial Intelligence and the Fourth Industrial Revolution. Jenny Stanford Publishing Pte. Ltd., 2022. 313 p.
  19. Chakraverty S., Sahoo D.M., Mahato N.R. Concepts of Soft Computing: Fuzzy and ANN with Programming. New York: Springer, 2019. 206 p.
  20. Chan L., Hogaboam L., Cao R. Applied Artificial Intelligence in Business: Concepts and Cases. Springer Cham 2022. 368 p.

Статті в наукових виданнях:

1. Тимофєєва А. Є., Кудін О. В., Кривохата А. Г., Лісняк А. О. Автоматичне анотування зображень за допомогою нейронних мереж.

- Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Київ, 2019. Т. 30(69), № 2, Ч. 1. С. 214–220.
2. Кудін О. В., Бабкін А. А. Огляд нейромережових моделей систем виявлення вторгнень. Вчені записки ТНУ ім. В.І. Вернадського. Серія: технічні науки. 2020. Т. Т. 31(70). № Ч. 1, №3. С. 77-82. (Index Copernicus).
  3. Тимофєєва А. Є., Кудін О. В. Automatic image annotation with ensemble of convolutional neural networks. CEUR Workshop Proceedings 2403. 2019. С. 21-25.
  4. Abdoli S., Cardinal P., Koerich A. L. End-to-end environmental sound classification using a 1D convolutional neural network. Expert Systems With Applications. 2019. Vol. 136 (2019). P. 252–263.
  5. Deep Unsupervised Representation Learning for Abnormal Heart Sound Classification / S. Amiriparian, N. Cummins, K. Qian [et al.]. Engineering in Medicine and Biology : proceedings of the 40th International IEEE Conference. (Honolulu, 18-21 July 2018). Honolulu, HI, USA, 2018. P. 4776–4779.
  6. Babaei K., Chen Z. Y., Maul T. Data Augmentation by AutoEncoders for Unsupervised Anomaly Detection. Preprint arXiv.org. 2019. 8 p. URL: <https://arxiv.org/abs/1912.13384>.
  7. Bakhshi A., Noman N., Chen Z., Zamani M., Chalup S. Fast Automatic Optimisation of CNN Architectures for Image Classification Using Genetic Algorithm. Congress on Evolutionary Computation (CEC 2019) : proceedings of the 2019 IEEE Congress on Evolutionary Computation. (Wellington, 10-13 June 2019). Wellington, New Zealand, 2019. P. 1283–1290. DOI: <https://doi.org/10.1109/CEC.2019.8790197>.
  8. Baldominos A., Saez Y., Isasi P. Evolutionary Design of Convolutional Neural Networks for Human Activity Recognition in Sensor-Rich Environments. Sensors (Basel). 2018. No 18(4): 1288. P. 1–24.
  9. Bohrer J. S., Grisci B. I., Dorn M. Neuroevolution of Neural Network Architectures Using CoDeepNEAT and Keras. Preprint arXiv.org. 2020. 29 p., URL: <https://arxiv.org/abs/2002.04634> (дата звернення: 10.04.2020).
  10. Environmental sound classification with dilated convolutions / Y. Chen, Q. Guo, X. Liang [et al.]. Applied Acoustics. 2019. Vol. 148 (2019). P. 123–132.
  11. Elsken T., Metzen J. H., Hutter F. Neural Architecture Search: A Survey. Journal of Machine Learning Research. 2019. Vol. 20. P. 1–21.
  12. Gottapu R. D., Dagli C. H. Efficient Architecture Search for Deep Neural Networks. Procedia Computer Science. 2020. Vol. 168. P. 19–25. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.02.246>.

13. Gülcü Y., Kuş Z. Hyper-Parameter Selection in Convolutional Neural Networks Using Microcanonical Optimization Algorithm. IEEE Access. 2020. Vol. 8. P. 52528–52540. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2981141>
14. Real E., Liang C., So D. R., Le Q. V. AutoML-Zero: Evolving Machine Learning Algorithms From Scratch. Preprint arXiv.org, 2020. 23 p. URL: <https://arxiv.org/abs/2003.03384> (дата звернення: 01.08.2020).
15. Sun Y., Xue B., Zhang M., Yen G. G. Automatically Designing CNN Architectures Using Genetic Algorithm for Image Classification. IEEE Transactions on Cybernetics. 2020. P. 1–15.

#### Інтернет-посилання:

1. Kaggle Competitions Datasets. URL: <https://www.kaggle.com/datasets>
2. База даних Всесвітнього Банку. URL: <http://data.worldbank.org/>
3. Державна служба статистики України. URL: <http://ukrstat.gov.ua>