

Шифр та назва спеціальності	122 "Комп'ютерні науки"
Назва освітньої програми	Комп'ютерні науки
Назва дисципліни	Штучні нейронні мережі
Категорія дисципліни	Методи та технології AI
Кількість студентів (поточний рік)	28
Семестр	6

ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ПРО ДИСЦИПЛІНУ

Анотація	В дисципліні розглядається побудова та практичне використання штучних нейронних мереж (ШНМ) з градієнтними методами навчання (навчанням з "вчителем"): багат шаровий перцептрон, згортова ШНМ, рекурентні ШНМ; побудова та практичне використання ШНМ з самонавчанням (навчанням без "вчителя"): мережі Кохонена, автоенкодер, а також інші моделі ШНМ та підходи до їх навчання. Цикл практичних занять та лабораторних робіт побудовано з використанням мови Python та її бібліотек, фреймворків TensorFlow, Keras, PyTorch.						
Мета та цілі	Дисципліна має метою вивчення теорії та практики побудови програмних моделей штучних нейронних мереж різноманітної архітектури та їх навчання із застосуванням алгоритмів і методів, що відображають сучасні парадигми навчання, для вирішення практичних задач аналізу інформації на основі використання мови програмування Python та її бібліотек.						
Типи занять та контролю	Лекції, лабораторні роботи, практичні заняття, самостійна робота. Підсумковий контроль – залік						
Загальний обсяг (кредитів)	16	Лекції (занять)	8	Лабораторні (занять)	Практичні (занять)	56	Самостійна (годин)
Попередні дисципліни	Математичний аналіз, Дискретна математика, Алгоритми та структури даних, Теорія ймовірностей та математична статистика, Основи програмування, Методи та засоби обчислювальної математики, Основи (інструменти) Python, Основи штучного інтелекту.						
Необхідні знання та вміння	Вміння програмувати, знання мови Python, знання та вміння використовувати для вирішення практичних задач: диференціального обчислення, основних алгоритмів та структур даних, основних понять теорії ймовірностей, основних методів статистичного аналізу даних, методів та засобів обчислювальної математики.						

ПЕРЕЛІК ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Наявні у навчальних аудиторіях у ЗВО	Комп'ютери: процесор Intel Core i7 або аналогічний, оперативна пам'ять від 8гб, сучасна відеокарта з обсягом відеопам'яті від 1 гб; Операційна система Windows 11, версія мови Python вище 3.6, доступ до Internet.
Необхідні для самостійної роботи студента	Ті ж вимоги, що і для навчання в аудиторії

СТРУКТУРА ДИСЦИПЛІНИ

№	Теоретична складова	Годин	Практична складова	Годин	Інструменти та засоби
	Назва, перелік питань або анотація лекції		Опис та приклад завдання, а також посилання на методичні матеріали		

Тема 1 – Принципи побудови та навчання штучних нейронних мереж

1	Вступ до штучних нейронних мереж (ШНМ). Основні визначення, історія виникнення та розвитку, задачі, що вирішуються з використанням ШНМ, переваги та недоліки ШНМ, парадигми навчання, приклади застосування.	2			
2	Моделі нейронів. Біологічний нейрон, класифікація моделей нейронів, формальна модель МакКаллока-Піттса, типи активаційних функцій та їх призначення, недоліки формальної моделі нейрону	2			
3.	Загальна постановка задачі класифікації на основі ШНМ. Геометрична інтерпретація роботи нейрону, задача класифікації в n-вимірному просторі, проблема XOR, призначення прихованих шарів, навчання окремого нейрону.	2	Лабораторна робота № 1. "Дослідження моделі нейрону з використанням програмно-нейросимулятора". Завдання: 1. Шляхом підбору синаптичних ваг та порогу чутливості математичного нейрону змусити його моделювати логічні функції "І", "АБО" та інші; 2. Навчити одношаровий перцептрон здійснювати класифікацію парних та непарних цифр; 3. Створити навчальну вибірку букв українського алфавіту та навчити одношаровий перцептрон їх розпізнаванню. Методичні матеріали: керівництво до лабораторної роботи.	2	Комп'ютер (ноутбук), програма-нейросимулятор
4.	Перцептрон Розенблатта. Історія створення, архітектура, основні поняття теорії перцептронів, навчання елементарного перцептрону, його можливості та недоліки, прихований шар та його призначення, приклади використання та навчання.	2	Лабораторна робота № 2. "Використання елементарного перцептрону для вирішення задач класифікації з використанням програмно-нейросимулятора". Завдання: 1. Шляхом підбору параметрів навчання перцептрону (кількість нейронів у прихованому шарі, вид активаційної функції, швидкість навчання та кількість епох навчання) здійснити моделювання різних логічних функцій. 2. Шляхом підбору параметрів входу мережі та її структури, навчити перцептрон здійснювати класифікацію медичних діагнозів. Методичні матеріали: керівництво до лабораторної роботи.	2	
5.	Багатшаровий перцептрон. Архітектура багатшарового перцептрону, нейрон зміщення та його призначення, градієнтний спуск, момент та швидкість навчання.		Лабораторна робота № 3. За допомогою програми-нейросимулятора створити та навчати багатшарову нейронну мережу, що вирішує одну з наданих задач (наприклад): детектор брехні, антиспамер, система діагностики складних технічних пристроїв, діагностика здоров'я людини та інші. Методичні матеріали: керівництво до лабораторної роботи.	2	Комп'ютер (ноутбук), програма-нейросимулятор

6.	Алгоритм зворотного розповсюдження помилки. Загальний алгоритм, рекурентний алгоритм у математичному вигляді, дельта-правило, гіперпараметри та їх вибір, проблема перенавчання, практичні рекомендації, методи регуляризації		Лабораторна робота № 4. "Вирішення задачі класифікації на основі застосування одношарового перцептронну на мові Python з використанням бібліотек. Завдання: 1. Встановити Python, 2. Встановити PyCharm, 3. Підготувати навчальну вибірку за допомогою таблиці Excel, 3. Створити архітектуру одношарового перцептронну, 4. Розробити алгоритм побудови та навчання одношарового перцептронну та написати код на мові Python, 5. Навчити та протестувати створену модель, 6. Зробити висновки. Методичні матеріали: керівництво до лабораторної роботи.	6	Комп'ютер, мова Python та її бібліотеки, TensorFlow, Keras, доступ до Internet
7.	Функції втрат. Задачі, що вирішуються та функції втрат, класифікаційні втрати, втрата регресії, середньоквадратична помилка, крос-ентропія, задачі ML та відповідні функції втрат.				
8.	Оптимізатори. Градієнтний спуск, стохастичний градієнтний спуск, оптимізатор імпульсу, середньоквадратичне розповсюдження, оптимізатор Adam.		Лабораторна робота № 5. "Побудова та навчання багатошарового перцептронну на мові Python з використанням бібліотек". Завдання: 1. Побудувати програмну модель нейрону з вибраною активаційною функцією; 2. Підготувати набір даних та провести навчання моделі нейрону; 3. Створити багатошаровий перцептрон, використовуючи алгоритм зворотного розповсюдження помилки, навчити ШНМ здійснювати класифікацію зображень бібліотеки MNIST; 4. Зміною гіперпараметрів домогтися мінімізації помилки розпізнавання; 5. Зробити висновки. Методичні матеріали: керівництво до лабораторної роботи.	4	Комп'ютер, мова Python та її бібліотеки, TensorFlow, Keras, доступ до Internet

Тема 2 - Згорткові та рекурентні нейронні мережі

9.	Згорткові нейронні мережі (CNN). Історія та досягнення, загальний підхід до побудови архітектури, операція згортки, пулінг.	2			
10.	Побудова CNN на прикладі мережі LeNet5. Загальна архітектура, шар згортки, шар пулінгу, шар активації, повнозв'язний шар, побудова мережі, навчання мережі, переваги та недоліки CNN.	2	Лабораторна робота № 6. "Побудова та навчання згорткової нейронної мережі на мові Python з використанням бібліотек". Завдання: 1. Визначити та запрограмувати операції згортки, активаційної функції, функції втрат; 2. Створити шари згортки, пулінгу, активації та повнозв'язний шар; 3. Запрограмувати алгоритм зворотного розповсюдження помилки; 4. Побудувати згорткову ШНМ, провести її навчання та	6	Комп'ютер, мова Python та її бібліотеки, TensorFlow, Keras, доступ до Internet

			тестування з використанням бібліотеки MNIST або FashionMNIST; 5. Зробити висновки. Методичні матеріали: керівництво до лабораторної роботи.		
11.	Основи обробки природної мови (Natural Language Processing, NLP). Приклади використання, рівні та етапи NLP, практичні задачі NLP, рекурентна мережева мовна модель (RNNLM), модель GloVe, модель fastText. модель Word2Vec, її архітектура та навчання.	2			
12	Рекурентні нейронні мережі (RNN). Архітектура і навчання. Історія створення, мережі Хопфілда, Хемінга, Елмана; загальна ідея побудови сучасних RNN, обчислювальні графи, архітектура RNN, двоспрямовані RNN, навчання RNN: метод зворотного розповсюдження помилки у часі. Двоспрямована асоціативна пам'ять (мережа Коско). Постановка задачі, архітектура, навчання, практичне використання.	2			
13	Рекурентні нейронні мережі. LSTM та GRU. Довга короткочасна пам'ять (long short-term memory, LSTM), приклади RNN та LSTM, керований рекурентний блок (Gated Recurrent Unit, GRU), концепція уваги, застосування RNN.	2	Лабораторна робота № 7 "Побудова та навчання рекурентної ШНМ на мові Python з використанням бібліотек". Завдання: 1. Розробити архітектуру ШНМ для вирішення обраної задачі (наприклад: класифікації недовгих регресних, зростаючих або періодичних послідовностей чисел; класифікації фраз технічного або ліричного тексту; класифікації страв або коктейлів за короткими рецептами або іншої задачі); 2. Підготувати набір навчаючої та тестової вибірки; 3. Запрограмувати фази прямого розповсюдження сигналів та зворотного розповсюдження помилки у часі; 4. Провести навчання та тестування створеної ШНМ. 5. Зробити висновки. Методичні матеріали: керівництво до лабораторної роботи.	6	Комп'ютер, мова Python та її бібліотеки, TensorFlow, Keras, доступ до Internet

Тема 3 - Навчання без вчителя та огляд інших сучасних ШНМ

14	Навчання без вчителя. Загальний підхід. Визначення навчання без вчителя, кластеризація, постановка задачі, цілі кластеризації, типи кластерних структур, якість кластеризації; Методи кластеризації, алгоритм k-means, функції відстані, візуалізація кластерної структури; практичні задачі, що вирішуються з навчанням без вчителя; навчання з частковим залученням вчителя.	2	Лабораторна робота № 8. "Навчання без вчителя. Методи та алгоритми рішення задач кластеризації на мові Python з використанням бібліотек". Завдання: 1. На основі наданих прикладів вивчити та створити програмні моделі найбільш популярних методів навчання без вчителя для кластеризації даних: методу k-середніх (k-means), методу ієрархічної кластеризації, методу t-SNE,	4	Комп'ютер, мова Python та її бібліотеки, TensorFlow, Keras, доступ до Internet
----	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	--------------------------------------------------------------------------------

			методу кластеризації на основі щільності DBSCAN. 2. Для складення прогнозів використовується набір даних "Іриса Фішера". 3. Результати кластеризації за кожним методом візуалізуються. 4. Зробити висновки. Методичні матеріали: керівництво до лабораторної роботи.		
15	Мережі Кохонена та автокодувальники (автоенкодери). Правило Хебба, нейронна мережа Хебба, конкурентне навчання, нейронні мережі Кохонена, мережа, що сама навчається, її архітектура та алгоритм навчання; мапи, що самі організовуються (SOM); застосування мереж Кохонена. Призначення та основна архітектура автокодувальників, їх типи та задачі, що вирішуються; схеми функціонування, алгоритм навчання, приклади реалізації та застосування	2			
16	Вступ до технологій глибокого навчання та архітектури сучасних глибоких ШНМ. Визначення глибокого навчання (ГН), історія розвитку та сучасний стан, відмінність ГН від звичайного машинного навчання, переваги ГН, складність впровадження технології ГН, приклади використання ГН, популярні алгоритми та архітектурні рішення мереж ГН, спеціальні методи ГН, бібліотеки Python та найбільш популярні фреймворки для ГН, Генеративно-змагальна мережа (GAN), Трансформери (GPT), глибокі машини Больцмана, глибокі мережі довіри, огляд інших архітектур глибоких ШНМ. Online – прикладення з використанням ГН.	2			

КОНТРОЛЬНІ ЗАХОДИ

№	Назва	Методи контролю	Тиждень
1	Тема 1	За результатами захисту практичних завдань та лабораторних робіт	28
2	Тема 2	За результатами захисту лабораторних робіт.	33
3	Тема 3	За результатами захисту лабораторних робіт.	38
4	ІДЗ, РГЗ тощо	За результатами виконання завдань для самостійної роботи.	39
5	Залік	За результатами співбесіди	40

ТЕМИ ТА ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

№	Назва та опис завдання	Метод контролю	Годин
1	Застосування інструментів PyTorch для побудови та навчання багат шарового перцептронну. Завдання: створюється програмна реалізація ШНМ, яка розглянута в лабораторній роботі №5, із застосування TensorFlow та Keras	Оцінка роботи програмної реалізації	12
2	Застосування інструментів PyTorch для побудови та навчання згорткової ШНМ. Завдання: створюється програмна реалізація ШНМ, яка розглянута в лабораторній роботі №6, із застосування TensorFlow та Keras	Оцінка роботи програмної реалізації	12
3	Застосування інструментів PyTorch для побудови та навчання рекурентної ШНМ. Завдання: створюється програмна реалізація ШНМ, яка розглянута в лабораторній роботі №7, із застосування TensorFlow та Keras	Оцінка роботи програмної реалізації	12
4	Побудова нейронної мережі Кохонена на мові Python з використанням бібліотек. Завдання: створюється програмна реалізація мережі Кохонена для вирішення задачі кластеризації.	Оцінка роботи програмної реалізації	10
5	Побудова та навчання автоенкодерів на мові Python з використанням бібліотек. Завдання: створюється програмна реалізація автоенкодеру заданого типу.	Оцінка роботи програмної реалізації	10

ПРОЕКТ (за наявністю)

№	Назва та опис завдання	Метод контролю та захисту	Строки виконання
1	Окремий проект не передбачений навчальним планом.		

ЛІТЕРАТУРА ТА НАВЧАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ

Основна

№	Назва	До теми
1	Терейковський І. А., Бушуєв Д. А., Терейковська Л. О. Штучні нейронні мережі: Базові положення. Навчальний посібник. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022, - 123 с. https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/50135/1/ANN.pdf	1-3
2	Литвин В. В., Пелещак Р. М., Висоцька В. А. Глибинне навчання: навч. посіб. /; Нац. ун-т "Львів. політехніка". - Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2021. - 263 с.	1-3
3	Субботін С. О. Нейронні мережі. Теорія та практика. Навчальний посібник. Національний університет "Запорізька політехніка". 2020, - 184с. http://eir.zntu.edu.ua/bitstream/123456789/6800/1/Subbotin_Neural.pdf	1-3
4	Тимощук П.В. Штучні нейронні мережі. Навчальний посібник. Львів: Видавництво Львівської Політехніки, 2011. - 444с.	1-3

5	Руденко О.Г., Бодянский Є.В. Штучні нейронні мережі: Навчальний посібник. Харків: ТОВ «Компанія СМІТ», 2006. - 404 с.	1-3
6	Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, Aaron Courville Deep Learning. The MIT Press. 2016 – 652p. https://www.deeplearningbook.org/	1-3
7	Francois Chollet Deep Learning with Python, Second Edition 2nd Edition. Manning, 2021. – 504 p.	1-3
8	Sebastian Raschka, Vahid Mirjalili Machine Learning with PyTorch and Scikit-Learn: Develop machine learning and deep learning models with Python. Packt Publishing. 2022. – 774p.	1-3
9	Eli Stevens, Luca Antiga, Thomas Viehmann Deep Learning with PyTorch: Build, train, and tune neural networks using Python tools First Edition. Manning, 2020. – 520 p.	1-3
10	Charu C. Aggarwal Neural Networks and Deep Learning: A Textbook 1st ed. 2018 Edition. Springer. 2018. -520 p.	1-3
11	Tariq Rashid Make Your Own Neural Network 1st Edition. 2016. -222 p.	1-3
12	Rowel Atienza Advanced Deep Learning with TensorFlow 2 and Keras: Apply DL, GANs, VAEs, deep RL, unsupervised learning, object detection and segmentation, and more, 2nd Edition. Packt Publishing. 2017. – 512p.	1-3
13	Antonio Gulli, Sujit Pal Deep Learning with Keras: Implementing deep learning models and neural networks with the power of Python. Packt Publishing. 2017. – 318 p.	1-3

Додаткова

№	Назва	До теми
1	Акіменко В.В. Штучні нейронні мережі в задачах групування та аналізу інформації. Курс лекцій. КНУіМ. Тараса Шевченка. Київ, 2020. – 166с. http://csc.knu.ua/media/study/asp/art_net_group_inf_akimenko/lecture/lec1.pdf	1-3
2	Кондратенко Н. Р., Куземко С. М. Основи нейронних мереж. Теорія та практика. Навч. посіб. Вінницький національний технічний ун-т. - Вінниця : ВНТУ, 2006. - 104 с.	1-3
3	Кононова К. Ю. Машинне навчання. Методи та моделі. Підручник. - Харків : ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2020. - 279 с.	1-3
4	Denis Rothman, Antonio Gulli Transformers for Natural Language Processing: Build, train, and fine-tune deep neural network architectures for NLP with Python, Hugging Face, and OpenAI's GPT-3, ChatGPT, and GPT-4, 2nd Edition 2nd ed. Edition. Packt Publishing. 2022. – 602p.	

СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ

Розподіл балів для оцінювання успішності аспіранта	Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка за національною шкалою	Процедура нарахування балів
	90-100	відмінно	Бали нараховуються за наступним співвідношенням: - лабораторні роботи: 50% семестрової оцінки - практичні заняття: 10% семестрової оцінки; - опрацювання лекційного матеріалу: 10% семестрової оцінки; - виконання завдань для самостійної роботи: 20% семестрової оцінки; - залік: 10% семестрової оцінки.
	82-89	добре	
	74-81		
	64-73	задовільно	
	60-63		
	35-59	незадовільно з можливістю повторного складання	
0-34	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни		

РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ, ЗНАННЯ ТА ВМІННЯ

Результати навчання	Використовувати знання математичних моделей, алгоритмів, технологій та засобів побудови та навчання ШНМ для вирішення широкого кола практичних задач. Проектувати та розробляти інформаційні системи, які використовують ШНМ.
Набуті знання та вміння	Здатність вирішувати практичні завдання з використанням ШНМ. Здатність здійснювати підготовку даних, побудову архітектури ШНМ та їх навчання в залежності від поставлених практичних задач. Здатність використовувати сучасні засоби, методи, технології та мови програмування для побудови та навчання ШНМ, візуалізації результатів їхньої роботи.

НОРМИ АКАДЕМІЧНОЇ ЕТИКИ

Студент повинен дотримуватися «Кодексу етики академічних взаємовідносин та доброчесності НТУ «ХПІ»»: виявляти дисциплінованість, вихованість, доброзичливість, чесність, відповідальність. Конфліктні ситуації повинні відкрито обговорюватися в навчальних групах з викладачем, а при нерозв'язності конфлікту доводиться до співробітників відділу аспірантури.