

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ СЕМЕНА КУЗНЕЦЯ

ЗАТВЕРДЖЕНО

на засіданні кафедри
інформатики та комп'ютерної
техніки
Протокол № 1 від 29.08.2023 р.

ПОГОДЖЕНО

Проректор з навчально-методичної
роботи


Каріна НЕМАШКО



ШТУЧНІ НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ: ТЕОРІЯ ТА ПРАКТИКА

робоча програма навчальної дисципліни (РПНД)

Галузь знань **всі**
Спеціальність **всі**
Освітній рівень **другий (магістерський)**

Освітня програма **всі**

Статус дисципліни **вибіркова**
Мова викладання, навчання та оцінювання **українська**

Розробники:
д.т.н., проф.



Сергій УДОВЕНКО

к.т.н., доц.



Олексій
ГОРОХОВАТСЬКИЙ

Завідувач кафедри
інформатики та комп'ютерної
техніки



Сергій УДОВЕНКО

Харків
2023

ВСТУП

Одним з трендів останніх років при вирішенні багатьох задач обробки даних, до яких можна віднести класифікацію та кластеризацію даних, є використання штучних нейронних мереж (ШНМ), які дозволяють досягнути надзвичайної точності, яка іноді сягає точності людської обробки. Поява моделей, які здатні обробляти довільні текстові запити користувачів, піднімає багато нових питань щодо місця ШНМ в світі людини, їх можливостей, користі, потенційних загроз тощо. Наявність багатьох тематичних наборів даних та програмних засобів створення та навчання штучних нейронних мереж дозволяє достатньо швидко побудувати ефективні моделі для вирішення різноманітних практичних задач. Розуміння принципів обробки даних із використанням ШНМ та наявність цього досвіду надає значні професійні можливості майбутнім фахівцям, оскільки вони матимуть інструменти для вирішення широкого кола задач, які характеризуються значною складністю та невизначеністю.

Навчальна дисципліна "Штучні нейронні мережі: теорія і практика" є вибірковою навчальною дисципліною та може бути обрана під час підготовки здобувачів за всіма спеціальностями другого (магістерського) рівня.

Мета навчальної дисципліни – формування у майбутніх фахівців системи компетентностей з питань застосування штучних нейронних мереж для вирішення практичних задач прогнозування, кластеризації та класифікації даних у сфері використання інформаційних технологій.

Завданнями навчальної дисципліни є:

- засвоєння основних методів та засобів побудови та навчання моделей штучних нейронних мереж;
- отримання практичних навичок навчання штучних нейронних мереж для вирішення задач професійної діяльності.

Об'єктом вивчення дисципліни є процес вирішення задач із невизначеністю та обчисленнями.

Предметом навчальної дисципліни є штучні нейронні мережі.

Навчальна дисципліна знайомить здобувачів з основними теоретичними принципами та особливостями практичного застосування штучних нейронних мереж при вирішенні практичних задач. Зокрема, приділено увагу історії розвитку ШНМ, принципам роботи штучних нейронів, способам їх навчання, регресійним моделям прогнозування та класифікації, об'єднанням нейронів у мережі різного типу, конволюційним ШНМ. Розглянуто приклади вирішення практичних задач та сучасні програмні застосунки для побудови та навчання штучних нейронних мереж.

Програма навчальної дисципліни передбачає використання різних форм навчання (лекцій, лабораторних занять та самостійної роботи слухачів). Для практичного засвоєння основних тем дисципліни лабораторні заняття, індивідуальна робота та консультації проводяться з застосуванням персональних комп'ютерів, локальної мережі та мережі Інтернет у

комп'ютерних класах. Всі види занять забезпечуються необхідними електронними методичними матеріалами.

З метою підвищення ефективності вивчення навчальної дисципліни здобувачі мають змогу користуватись системою дистанційного навчання ХНЕУ ім. С. Кузнеця.

Результати навчання та компетентності, які формує навчальна дисципліна, визначено в табл. 1.

Таблиця 1

Результати навчання та компетентності, які формує навчальна дисципліна

Результати навчання	Компетентності, якими повинен оволодіти здобувач вищої освіти
Застосовувати штучні нейронні мережі для розв'язання задач прогнозування, кластеризації та класифікації, здійснювати інтерпретацію результатів роботи побудованої моделі, виконувати аналіз якості, вдосконалювати модель	Розуміння доцільності та можливості застосування штучних нейронних мереж при вирішенні практичних задач
	Здатність будувати моделі штучних нейронних мереж, навчати їх та оцінювати процес навчання
	Здатність виконувати аналіз якості моделей штучних нейронних мереж та покращувати моделі
	Здатність проводити обчислювальні експерименти, порівнювати результати експериментальних даних і отриманих рішень
	Здатність створювати та використовувати моделі штучних нейронних мереж для розв'язання прикладних задач обробки даних

ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Змістовий модуль 1. Штучні нейронні мережі.

Тема 1. Штучний/обчислювальний інтелект, машинне/глибоке навчання.

1.1. Штучний інтелект та його зв'язок з обчислювальним інтелектом. Машинне навчання та його зв'язок з глибоким навчанням.

1.2. Історія розвитку штучного інтелекту.

1.3. Класифікація методів штучного інтелекту. Навчання із вчителем та без вчителя.

Тема 2. Модель штучного нейрона.

2.1. Історія розвитку та застосування штучних нейронних мереж (ШНМ). Задачі, які традиційно вирішуються з використанням ШНМ. Задачі, що недоцільно вирішувати із використанням ШНМ.

2.2. Моделювання штучного нейрона. Нейрон Маккаллоха-Піттса. Перцептрон Розенблатта. Ваги нейрона. Активація штучного нейрона. Функції активації: лінійна та її різновиди, порогова, логістична (сигмоїдальна), гіперболічний тангенс, випрямлена лінійна (RELU), нормована експоненційна (softmax). Властивості та області застосування різних функції активації. Лінійна роздільність.

Тема 3. Лінійна регресія.

3.1. Формат збереження даних CSV.

3.2. Кореляція. Визначення регресії та класифікація. Схожості та відмінності. Приклади типових задач. Бінарна класифікація. Точність класифікації та оцінка якості.

3.3. Метод k-найближчих сусідів (KNN). Реалізація, недоліки та переваги. Голосування та ансамблеві моделі.

3.4. Регресійний аналіз. Лінійна регресія. Множинна лінійна регресія. Функція втрат. Метод найменших квадратів. Коефіцієнти. Оцінка якості моделі.

Тема 4. Логістична регресія.

4.1. Класифікація даних. Відмінності лінійної та логістичної регресії. Сигмоїд.

4.2. Навчання моделі логістичної регресії. Метод градієнтного спуску.

Тема 5. Навчання штучних нейронів та мереж.

5.1. Методи навчання: з учителем, без вчителя, з підкріпленням.

5.2. Навчання одношарового перцептрона. Правила навчання Хебба. Метод корекції помилки. Дельта правило.

5.3. Багатошарові нейронні мережі. Навчання багатошарового перцептрона. Метод зворотнього поширення помилки.

5.4. Вхідні дані. Важливість та методи попередньої підготовки даних. Релевантність даних. Очищення даних. Датасети. ImageNet.

5.5. Побудова моделей ШНМ в Python. Бібліотека Keras. Принциповий приклад створення ШНМ. Типи шарів. Типи функцій активації. Методи навчання, функції помилок. Google colab.

5.6. Проблема перенавчання мережі. Навчальний, тестувальний та валідаційний набори даних. Регуляризація. Крос-валідація. Оцінка якості навченої моделі ШНМ.

Тема 6. Конволюційні нейронні мережі.

6.1. Історія виникнення конволюційних ШНМ.

6.2. Особливості обробки зображень із використанням ШНМ. Оператор конволюції (згортки).

6.3. Популярні моделі конволюційних ШНМ: LeNet, AlexNet, VGG, Inception, Xception, ResNet, DenseNet.

6.4. Визначення глибоких ШНМ. Історія створення глибоких ШНМ.

6.5. Передавальне (transfer) навчання. Популярні моделі ШНМ в Keras. Фіксування вагових коефіцієнтів. Точне налаштування (fine-tuning).

Тема 7. Проблеми використання ШНМ.

7.1. Приклади використання невдалих моделей ШНМ.

7.2. ШНМ як "чорна скриня". Проблема прозорості. Прозорий штучний інтелект.

7.3. Методи пошуку (RISE, LIME, RD) обґрунтування результатів роботи ШНМ. Локальне та глобальне обґрунтування.

Перелік лабораторних занять / завдань за навчальною дисципліною наведено в табл. 2

Таблиця 2

Перелік лабораторних занять / завдань

Назва теми та / або завдання	Зміст
Тема 1-4. Лабораторна робота 1	Знайомство з методом k-найближчих сусідів та його реалізація на прикладах вирішення задач класифікації та регресії, недоліки та переваги методу. Реалізація та застосування лінійної регресії для вирішення практичних задач. Реалізація та застосування логістичної регресії для вирішення практичних задач
Тема 1-4. Лабораторна робота 2	Вивчення поняття кластеризації та практичних методів кластеризації даних (самоорганізовані мапи Т. Кохонена, K-means)
Тема 5-7. Лабораторна робота 3	Вивчення принципів побудови, навчання та застосування конволюційних нейронних мереж в середовищі Google Colab із використанням Keras на прикладі задачі класифікації зображень
Тема 5-7. Лабораторна робота 4	Знайомство з технологією трансферного навчання із застосуванням попередньо навчених моделей в середовищі Google Colab

Перелік самостійної роботи за навчальною дисципліною наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Перелік самостійної роботи

Назва теми та / або завдання	Зміст
Тема 1-4. Лабораторна робота 1	Дослідження особливостей реалізації методу kNN, його недоліків та переваг.

	Оцінка точності класифікації. Дослідження поняття лінійної регресії, особливостей застосування для вирішення практичних задач. Реалізація логістичної регресії для вирішення задачі класифікації. Дослідження відмінностей між логістичною та лінійною регресією
Тема 1-4. Лабораторна робота 2	Дослідження процесу навчання мап Кохонена, використання K-means. Дослідження недоліків, переваг та областей застосування цих методів кластеризації даних
Тема 5-7. Лабораторна робота 3	Дослідження повного процесу створення, навчання та оцінки точності штучної нейронної мережі, вивчення методів покращення точності. Дослідження особливостей використання конволюційних ШНМ для вирішення задачі класифікації зображень
Тема 5-7. Лабораторна робота 4	Дослідження принципів застосування передавального навчання, fine tuning, типів нейронів в різних шарах

Кількість годин лекційних, практичних (семінарських) та / або лабораторних занять та годин самостійної роботи наведено в робочому плані (технологічній карті) з навчальної дисципліни.

МЕТОДИ НАВЧАННЯ

У процесі викладання навчальної дисципліни для набуття визначених результатів навчання, активізації освітнього процесу передбачено застосування таких методів навчання, як:

- словесні (лекції за всіма темами), елементи проблемних лекції (за всіма темами навчальної дисципліни);
- наочні (демонстрації включено в усі лекційні та практичні матеріали);
- практичні (лабораторні заняття за всіма темами навчальної дисципліни).

В умовах змішаної форми навчання подання лекційного матеріалу та/або проведення лабораторних занять та групових та індивідуальних консультацій відбувається з використанням платформи Zoom, в умовах звичайної аудиторної форми заняття проводяться очно, в аудиторіях та комп'ютерних залах.

ФОРМИ ТА МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ

Університет використовує 100-бальну накопичувальну систему оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти.

Поточний контроль здійснюється під час проведення лекційних та лабораторних занять і має на меті перевірку рівня підготовленості здобувача вищої освіти до виконання конкретної роботи і оцінюється сумою набраних балів:

– для дисциплін з формою семестрового контролю залік: максимальна сума – 100 балів; мінімальна сума – 60 балів.

Підсумковий контроль включає семестровий контроль.

Семестровий контроль проводиться у формі заліку.

Підсумкова оцінка за навчальною дисципліною визначається сумуванням всіх балів, отриманих під час поточного контролю.

Під час викладання навчальної дисципліни використовуються наступні контрольні заходи:

Поточний контроль: виконання лабораторних робіт та їх захист (60 балів), письмові контрольні роботи (20 балів), виконання тестових завдань (20 балів).

Семестровий контроль: Залік.

Більш детальну інформацію щодо системи оцінювання наведено в робочому плані (технологічній карті) з навчальної дисципліни.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Нейронні мережі: теорія та практика: навч. посіб. / С. О. Субботін. – Житомир : Вид. О. О. Євенок, 2020. – 184 с.

2. Штучні нейронні мережі: навч. посіб. / С. В. Ткаліченко. – Кривий Ріг : Державний університет економіки і технологій, 2023. – 150 с.

3. Терейковський І. А. Штучні нейронні мережі: базові положення [Електронний ресурс] : навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою "Системне програмування та спеціалізовані комп'ютерні системи" спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія / І. А. Терейковський, Д. А. Бушуєв, Л. О. Терейковська ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 123 с. – Назва з екрана.

4. Нейромережева обробка даних. Методичні рекомендації до лабораторних робіт для здобувачів вищої освіти спеціальності 126 "Інформаційні системи та технології" освітньої програми "Інформаційні системи та технології" першого (бакалаврського) рівня [Електронний ресурс] / уклад. С. Г. Удовенко, О. В. Гороховатський; Харківський національний економічний університет ім. С. Кузнеця. – Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2024.

– 57 с. Режим доступу до ресурсу: <http://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/31933>.

Додаткова

5. Штучні нейронні мережі: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / О.Г. Руденко, Є.В. Бодянський. – Київ : Компанія СМІТ, 2006, – 404 с.

6. F. Chollet. Deep Learning with Python. – Manning Publications Co, 2017. – 384 p. ISBN 9781617294433

7. Гороховатський О. В. Ансамбль дрібних згорткових нейронних мереж для класифікації статі людини у відеопотоці / О. В. Гороховатський, О. О. Передрій // Сучасні інформаційні системи. – 2019. – № 3(4). – С. 74-79. – Режим доступу до ресурсу: <http://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/23308>.

8. Gorokhovatskyi O. Recursive Division of Image for Explanation of Shallow CNN Models / O. Gorokhovatskyi, O. Peredrii // In: Del Bimbo A. et al. (eds) Pattern Recognition. ICPR International Workshops and Challenges. ICPR 2021. Lecture Notes in Computer Science, vol. 12663, pp. 274-286, 2021, Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-68796-0_20.

9. Gorokhovatskyi O., Peredrii O., Gorokhovatskyi V., Vlasenko N. (2023). Explanation of CNN Image Classifiers with Hiding Parts. In. J. Benois-Pineau, R. Bourqui, D. Petkovic, G. Quenot, Explainable Deep Learning AI (pp. 125-146). Academic Press, 346 p., ISBN: 9780323960984. DOI: 10.1016/B978-0-32-396098-4.00013-2.

Інформаційні ресурси

10. Dive into Deep Learning. Режим доступу : <https://d2l.ai/>.

11. Ian Goodfellow and Yoshua Bengio and Aaron Courville. Deep Learning. Режим доступу : <https://www.deeplearningbook.org/>

12. Machine Learning, Neural and Statistical Classification. Режим доступу : <http://www1.maths.leeds.ac.uk/~charles/statlog/whole.pdf>