

ВСТУП

Вміння використовувати сучасні досягнення науково-технічного прогресу є надважливим для кваліфікованого спеціаліста з побудови інформаційних систем та впровадження інформаційних технологій. Одним з трендів останніх років при вирішенні багатьох задач класифікації та кластеризації даних є використання штучних нейронних мереж (ШНМ), які дозволяють досягти надзвичайної точності, яка іноді сягає точності людської обробки. Наявність багатьох програмних та технічних інструментів створення та навчання штучних нейронних мереж, а також великої кількості доступних наборів даних (датасетів) для навчання мереж на них дозволяє швидко побудувати ефективні моделі для вирішення різноманітних практичних задач. Саме тому розуміння принципів нейромережевої обробки даних надає значні професійні можливості майбутнім фахівцям з інформаційних систем та технологій, скільки вона матимуть інструментарій для вирішення таких задач, які характеризуються значною складністю та невизначеністю.

Навчальна дисципліна "Нейромережева обробка даних" є обов'язковою навчальною дисципліною та вивчається згідно з навчальним планом підготовки здобувачів за спеціальністю 126 "Інформаційні системи та технології" першого (бакалаврського) рівня усіх форм навчання. Програму навчальної дисципліни розроблено у відповідності до вимог галузевого стандарту вищої освіти на базі освітньо-професійної програми підготовки бакалавра.

Мета навчальної дисципліни – формування у майбутніх фахівців системи компетентностей з питань застосування нейромережевої обробки даних для розв'язання складних спеціалізованих задач прогнозування, кластеризації та класифікації даних у сфері використання інформаційних технологій.

Завданнями навчальної дисципліни є:

- засвоєння основних методів та засобів нейромережевої обробки даних;
- отримання навичок навчання штучних нейронних мереж для вирішення практичних задач.

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

Предметом навчальної дисципліни є штучні нейронні мережі.

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
ПР 1.	КС 4, КС 13.
ПР 6.	КС 1.
ПР 13.	КС 10, КС 16.

де:

ПР 1. Знати лінійну та векторну алгебру, диференціальне та інтегральне числення, теорію функцій багатьох змінних, теорію рядів, диференціальні рівняння для функції однієї та багатьох змінних, операційне числення, теорію ймовірностей та математичну статистику в обсязі, необхідному для розробки та використання інформаційних систем, технологій та інфокомунікацій, сервісів та інфраструктури організації.

ПР 6. Демонструвати знання сучасного рівня технологій інформаційних систем, практичні навички програмування та використання прикладних і спеціалізованих комп'ютерних систем та середовищ з метою їх запровадження у професійній діяльності.

ПР 13. Застосовувати нейромережеву обробку даних для розв'язання задач прогнозування, кластеризації та класифікації, здійснювати інтерпретацію результатів роботи побудованої моделі, виконувати аналіз якості, вдосконалювати модель.

КС 1. Здатність аналізувати об'єкт проектування або функціонування та його предметну область.

КС 4. Здатність проектувати, розробляти та використовувати засоби реалізації інформаційних систем, технологій та інфокомунікацій (методичні, інформаційні, алгоритмічні, технічні, програмні та інші).

КС 10. Здатність вибору, проектування, розгортання, інтегрування, управління, адміністрування та супроводжування інформаційних систем, технологій та інфокомунікацій, сервісів та інфраструктури організації.

КС 13. Здатність проводити обчислювальні експерименти, порівнювати результати експериментальних даних і отриманих рішень.

КС 16. Здатність створювати та використовувати моделі штучних нейронних мереж для розв'язання прикладних задач обробки даних.

ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Змістовий модуль 1. Базові концепції створення штучних нейронних мереж.

Тема 1. Біологічні основи нейронних мереж.

1.1. Біологічний нейрон. Біологічні нейронні мережі. Структура нейрона: аксони, дендрити, синапси. Активація нейронів. Типи нейронів. Принцип роботи біологічного нейрона. Ідеї Г'юбела та Візела.

Тема 2. Модель штучного нейрона.

2.1. Історія розвитку та застосування штучних нейронних мереж (ШНМ). Задачі, які традиційно вирішуються із 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.

2.3. Адаптивний лінійний нейрон (ADALINE).

2.4. Когнітрон та неокогнітрон Фукушими.

2.5. Радіально-базисні ШНМ.

Тема 3. Навчання штучних нейронів та мереж.

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

3.2. Навчання одношарового персептрона. Правила навчання Хебба. Метод корекції помилки. Дельта правило.

3.3. Багатошарові нейронні мережі. Навчання багатошарового персептрона. Метод зворотного поширення помилки.

3.4. Прогнозування. Регресійні моделі.

3.5. Самонавчання штучних нейронних мереж. Кластеризація. K-means. Самоорганізовані мапи Кохонена.

3.6. Мережі векторного квантування.

3.7. Дерева рішень.

3.8. Машини опорних векторів.

Тема 4. Топології нейронних мереж.

4.1. Мережі прямого розповсюдження сигналу.

4.2. Мережі зі зворотними зв'язками.

4.3. Повнозв'язні ШНМ.

Змістовий модуль 2. Архітектури ШНМ для вирішення практичних задач.

Тема 5. Практичні аспекти навчання ШНМ.

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

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

5.3. Проблема перенавчання мережі. Навчальний, тестувальний та валідаційний набір 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 практичних (семінарських) та / або лабораторних занять / завдань за навчальною дисципліною наведено в табл. 2

Таблиця 2

Перелік практичних (семінарських) та / або лабораторних занять / завдань

Назва теми	Зміст
Тема 1-2. Лабораторна робота 1	Знайомство з методом бінарної класифікації даних із використанням одношарового перцептрону, визначення обмежень його застосування
Тема 3. Лабораторна робота 2	Вивчення поняття кластеризації та практичних методів кластеризації даних (самоорганізовані мапи Кохонена, K-means)
Тема 4. Лабораторна робота 3	Знайомство із Google Colaboratory (Colab) та процесом бінарної класифікації текстових даних. Побудова моделі штучної нейронної мережі, її навчання та оцінка точності
Тема 5-7. Лабораторна робота 4	Вивчення принципів роботи конволюційних нейронних мереж в середовищі Google Colab із використанням Keras на прикладі задачі класифікації зображень
Тема 5-7. Лабораторна робота 5	Знайомство з технологією трансферного (передавального) 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	Зміст
Тема 1-2	Дослідження процесу навчання одношарового перцептрона, дослідження процесу налаштування гіперпараметрів моделі та їх впливу на якість моделі
Тема 3	Дослідження процесу навчання самоорганізованих мап Кохонена, використання K-means. Дослідження недоліків, переваг та областей застосування цих методів

	кластеризації даних
Тема 4	Дослідження повного процесу створення, навчання та оцінки точності штучної нейронної мережі, вивчення методів покращення точності.
Тема 5-7	Дослідження особливостей використання конволюційних ШНМ для вирішення задачі класифікації зображень. 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 як 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. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,5 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 123 с. – Назва з екрана.

Додаткова

4. Штучні нейронні мережі: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / О.Г. Руденко, Є.В. Бодянський. – Київ : Компанія СМІТ, 2006, 404 с.
5. F. Chollet. Deep Learning with Python. – Manning Publications Co, 2017. – 384 p. ISBN 9781617294433
6. 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>.
7. 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.
8. Gorokhovatskyi O. Interpretability of Neural Network Binary Classification with Part Analysis / O. Gorokhovatskyi, O. Peredrii, V. Gorokhovatskyi // The Third IEEE International Conference on DataStream Mining & Processing 21-25 August 2020, Lviv, Ukraine. – P. 136 – 141. – DOI: 10.1109/DSMP47368.2020.9204310.
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. Нейромережева обробка даних (6.04.126.010.20.1, д.т.н., проф. С. Удовенко, к.т.н., доц. О. Гороховатський) – Режим доступу до ресурсу : <https://pns.hneu.edu.ua/course/view.php?id=8006>.

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