

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧОРНОМОРСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ПЕТРА МОГИЛИ
ФАКУЛЬТЕТ КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК
КАФЕДРА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Перший проректор

Котляр Ю.В.

“31” 08 2023 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«НЕЙРОМЕРЕЖЕВІ МЕТОДИ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОГО ІНТЕЛЕКТУ»

Спеціальність: 122 Комп'ютерні науки

Розробники

Завідувач кафедри

Гарант освітньої програми

Декан факультету

Начальник НМВ

Козлов О.В.

Сіденко Є.В.

Кондратенко Ю.П.

Гожий О.П.

Бойко А.П.

Шкірчак С.І.

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показника	Характеристика дисципліни	
Найменування дисципліни	Нейромережеві методи обчислювального інтелекту	
Шифр курсу в освітній програмі	ПП 4	
Галузь знань	12 Інформаційні технології	
Спеціальність	122 Комп'ютерні науки	
Спеціалізація (якщо є)	-	
Освітня програма	Інтелектуальні інформаційні системи	
Рівень вищої освіти	Магістр	
Статус дисципліни	Нормативна	
Курс навчання	1 курс	
Навчальний рік	2023-2024	
Номер(и) семестрів (триместрів):	Денна форма	Заочна форма
	1 сем.	
Загальна кількість кредитів ЄКТС/годин	3,5 кредити / 105 годин	
Структура курсу: – лекції – семінарські заняття (практичні, лабораторні, півгрупові) – годин самостійної роботи студентів	Денна форма	Заочна форма
	105=	
	15	
	30	
	60	
Відсоток аудиторного навантаження	43%	
Мова викладання	Українська	
Форма проміжного контролю (якщо є)	-	
Форма підсумкового контролю	Екзамен, КР	

2. Мета, завдання та результати вивчення дисципліни

Мета викладання навчальної дисципліни «Нейромережеві методи обчислювального інтелекту» полягає в навчанні студентів використанню методів та підходів, що базуються на нейронних мережах, а також розробці відповідних архітектур і моделей при вирішенні задач розпізнавання, класифікації, кластеризації, прогнозування, тощо. Оволодіння матеріалом курсу має закласти у студентів теоретичну та практичну бази в області нейронних мереж та штучному інтелекті і сформуванню у них основні навички користувачів і розробників сучасних інтелектуальних систем.

Завданням є вивчення та засвоєння студентами комплексу знань, що базуються на основних принципах нейронних мереж для вирішення задач розпізнавання, класифікації, кластеризації, прогнозування, тощо. В результаті вивчення дисципліни «Нейромережеві методи обчислювального інтелекту» у студента повинні сформуватися професійні компетентності, знання та уміння для практичного використання існуючих програмних засобів та розробки власних систем з використанням нейронних мереж.

Передумовами вивчення дисципліни є попередня підготовка студентів з дисциплін «Методи та системи машинного навчання», «теорія прийняття рішень», «основи нечіткої логіки».

Очікувані результати навчання (компетентності):

- загальні компетентності:
 - ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;
 - ЗК5. Здатність вчитися й оволодівати сучасними знаннями;
- фахові компетентності:
 - СК8. Здатність розробляти і реалізовувати проекти зі створення програмного забезпечення, у тому числі в непередбачуваних умовах, за нечітких вимог та необхідності застосовувати нові стратегічні підходи, використовувати програмні інструменти для організації командної роботи над проектом;
 - СК12. Здатність розробляти елементи програмного забезпечення для реалізації інтелектуальних технологій, а саме нейронних мереж, методів нечіткої логіки, еволюційних методів обчислень, біоінспірованих методів в інтелектуальних системах;
 - СК13. Здатність розробляти та реалізовувати проекти з інтелектуальних систем в тому числі за допомогою методів машинного і глибокого навчання, імітаційних моделей, застосовуючи нові інструментальні засоби розробки, сучасні бібліотеки мов програмування та сучасні візуальні технології;
- програмні результати навчання:
 - РН2. Мати спеціалізовані уміння/навички розв'язання проблем комп'ютерних наук, необхідні для проведення досліджень та або провадження інноваційної діяльності з метою розвитку нових знань та процедур;
 - РН8. Розробляти математичні моделі та методи аналізу даних (включно з великим);
 - РН9. Розробляти алгоритмічне та програмне забезпечення для аналізу даних (включно з великими);
 - РН20. Розробляти та застосовувати елементи програмного забезпечення для реалізації інтелектуальних технологій, а саме нейронних мереж, методів нечіткої логіки, еволюційних методів обчислень, біоінспірованих методів в інтелектуальних системах.

В результаті вивчення дисципліни студент

має знати:

- класифікація нейронних мереж, успішні застосування та реалізації, типові архітектури нейронних мереж, поняття та визначення обчислювального інтелекту;

- типи та способи навчання нейронних мереж, критерії оцінювання точності моделей, параметри нейронних мереж, що впливають на точність;
- сучасні програмні засоби та інструменти для розробки систем на основі нейронних мереж, алгоритми прямого та зворотного розповсюдження похибки;
- можливості та особливості адаптивної нейро-нечіткої системи логічного виведення (ANFIS), багатошаровий перцептрон, кластеризація на основі нейронної мережі Кохонена;

має вміти:

- розробляти моделі нейронних мереж для вирішення поставлених задач, самостійно визначати їх архітектуру та способи навчання;
- досліджувати вплив параметрів нейронних мереж на точність моделі, порівнювати методи та моделі нейронних мереж;
- самостійно обирати програмні засоби та інструменти для розробки систем на основі нейронних мереж, вирішувати задачі розпізнавання, класифікації, кластеризації, прогнозування, тощо;
- реалізовувати та застосовувати адаптивну нейро-нечітку систему логічного виведення, багатошаровий перцептрон, мережу Кохонена для різнотипних задач прийняття рішень.

3. Програма навчальної дисципліни

Денна форма:

	Теми	Лекції	Практичні (семінарські, лабораторні, півгрупові)	Самостійна робота
1	Тема 1. Загальна характеристика та властивості нейронних мереж. Класифікація нейронних мереж, властивості, основні питання синтезу нейронних мереж.	2	6	10
2	Тема 2. Нейронні мережі прямого поширення. Одношаровий перцептрон. Метод зворотного поширення помилки. Багатошарова нейронна мережа. Радіально-базисні нейромережі. Гібридні нейро-нечіткі мережі.	2	6	10
3	Тема 3. Нейронні мережі зі зворотними зв'язками. Нейромережа Хопфілда. Навчання нейромережі Хопфілда. Нейромережа Елмана.	2	4	10
4	Тема 4. Нейронні мережі з латеральними зв'язками.	2	4	10

	Нейронна мережа Кохонена SOM. Нейронна мережа Кохонена LVQ. Методи навчання мережі LVQ.			
5	Тема 5. Глибинні нейронні мережі. Глибинне навчання та глибинні нейромережі. Згорткові нейромережі. Мережі довгої короткочасної пам'яті. Генеративні змагальні мережі.	5	4	10
6	Тема 6. Нейронні мережі в системах керування. Нейрорегулятор з прогнозом.	2	6	10
	Всього за курсом	15	30	60

4. Зміст навчальної дисципліни

4.1. План лекцій (денна форма)

№	Тема заняття / план	Кількість годин
1	Тема 1. Загальна характеристика та властивості нейронних мереж. Класифікація нейронних мереж, властивості, основні питання синтезу нейронних мереж. 1) Біологічний нейрон. 2) Моделі штучних нейронів. 3) Класифікація та види моделей нейромереж. 4) Властивості штучних нейромереж. 5) Загальні питання питання синтезу нейронних мереж.	2
2	Тема 2. Нейронні мережі прямого поширення. Одношаровий персептрон. Метод зворотного поширення помилки. Багатошарова нейронна мережа. Радіально-базисні нейромережі. Гібридні нейро-нечіткі мережі. 1) Одношаровий персептрон. Метод Уідроу-Хоффа. 2) Багатошарова нейронна мережа. Метод зворотного поширення помилки. 3) Радіально-базисні нейромережі. Навчання радіально-базисних нейромереж 4) Гібридні нейро-нечіткі мережі. Мережа ANFIS.	2
3	Тема 3. Нейронні мережі зі зворотними зв'язками. Нейромережа Хопфілда. Навчання нейромережі Хопфілда. Нейромережа Елмана. 1) Нейромережа Хопфілда. 2) Навчання нейромережі Хопфілда. 3) Нейромережа Елмана.	2
4	Тема 4. Нейронні мережі з латеральними зв'язками. Нейронна мережа Кохонена SOM. Нейронна мережа Кохонена LVQ. Методи навчання мережі LVQ. 1) Кластеризація та її властивості. 2) Нейронна мережа Кохонена SOM. 3) Нейронна мережа Кохонена LVQ. 4) Методи навчання мережі LVQ.	2

5	Тема 5. Глибинні нейронні мережі. Глибинне навчання та глибинні нейромережі. Згорткові нейромережі. Мережі довгої короткочасної пам'яті. Генеративні змагальні мережі. 1) Глибинне навчання та глибинні нейромережі. 2) Згорткові нейромережі. 3) Мережі довгої короткочасної пам'яті. 4) Гібридні глибинні мережі. Генеративні змагальні мережі.	5
6	Тема 6. Нейронні мережі в системах керування. Нейрорегулятор з прогнозом. 1) Особливості застосування нейронних мереж в системах керування. 2) Структури нейромережевих систем автоматичного керування. 3) Нейрорегулятор з прогнозом.	2
	Всього	15

4.2. План практичних (семінарських, лабораторних, півгрупових) занять

№	Тема заняття / план	Кількість годин
1	Практична робота №1. Дослідження побудови та процесів навчання двошарових нейронних мереж прямого поширення сигналу.	6
2	Практична робота №2. Дослідження побудови та процесів навчання багатошарових нейронних мереж прямого поширення сигналу.	6
3	Практична робота №3. Дослідження побудови та процесів навчання гібридних нейро-нечітких мереж типу ANFIS.	4
4	Практична робота №4. Порівняльний аналіз та дослідження ефективності різних типів нейронних мереж прямого поширення сигналу з урахуванням точності та обчислювальних витрат.	4
5	Практична робота №5. Дослідження побудови та процесів навчання глибинних нейронних мереж.	4
6	Практична робота №6. Побудова та дослідження ефективності системи керування для нелінійних об'єктів з використанням нейрорегулятора з прогнозом.	6
	Всього	30

Методичні рекомендації щодо виконання практичних робіт знаходяться в Moodle3.

Для зарахування практичної роботи здобувач має змогу надати сертифікат (або інший документ) про проходження курсів на платформах Prometheus, Coursera тощо та за умови співпадіння направленості курсів блоку освітньої компоненти.

План курсової роботи (КР)

Курсова робота передбачає розробку моделі з визначенням архітектури нейронної мережі, навчання її та тестування на наборах даних для задачі, що самостійно сформована студентом. Перелік можливих тем зазначено в методичних вказівках до виконання КР. Крім того студенту необхідно дослідити вплив параметрів (наприклад, кількість наборів навчальної вибірки, розмір навчальної та тестової множин, кількість прихованих шарів, кількість

нейронів в прихованих шарах, тип активаційної функції, значення помилки в умові розпізнавання прикладу, критерій зупинки навчання, порогове значення точності моделі) на результат роботи нейронної мережі. Звіт оформити відповідно до вимог. Методичні рекомендації до виконання курсових робіт знаходяться в Moodle3.

4.3. Завдання для самостійної роботи (денна форма)

№	Тема заняття	Кількість годин
1	Тема 1. Дослідження побудови та процесів навчання рекурентних нейронних мереж.	10
2	Тема 2. Дослідження алгоритмів машинного навчання з підкріпленням.	10
3	Тема 3. Дослідження побудови та процесів навчання нейронної мережі Кохонена SOM.	10
4	Тема 4. Дослідження побудови та процесів навчання нейронної мережі Кохонена LVQ.	10
5	Тема 5. Дослідження побудови та процесів навчання генеративних змагальних нейронних мереж.	10
6	Тема 6. Побудова та дослідження ефективності системи керування для нелінійних об'єктів з використанням нейрорегулятора на основі еталонної моделі.	10
	Всього	60

Теми занять для самостійної роботи відображаються в питаннях підсумкового контролю (екзамену).

4.4. Забезпечення освітнього процесу

Практичні роботи з дисципліни проводяться у комп'ютерних класах з використанням програмного забезпечення MatLAB Trial Version, Microsoft Visual Studio, Java SE, Python, C#, Deductor Studio Academic.

5. Підсумковий контроль

5.1. Денна форма

Перелік питань підсумкового контролю:

1. Основні терміни та визначення.
2. Класифікація нейронних мереж.
3. Успішні приклади застосування та реалізації нейронних мереж.
4. Типові архітектури нейронних мереж.
5. Типи та способи навчання нейронних мереж: з вчителем.
6. Навчання без вчителя.
7. Навчання з підкріпленням.
8. Критерії оцінювання точності моделей.
9. Параметри нейронних мереж: активаційна функція.
10. Параметри нейронних мереж: кількість прихованих шарів.

11. Параметри нейронних мереж: обсяг навчальної вибірки.
12. Мережа ANFIS.
13. Поняття та структура багат шарового перцептрону.
14. Алгоритми прямого розповсюдження похибки.
15. Алгоритми зворотного розповсюдження похибки.
16. Кластеризація та її властивості.
17. Нейронна мережа Кохонена SOM.
18. Нейронна мережа Кохонена LVQ.
19. Карта Кохонена та аналіз результатів кластеризації.
20. Мережа Хопфілда.
21. Архітектура мережі Хопфілда.
22. Особливості навчання мережі Хопфілда.
23. Класифікація та її властивості.
24. Мережа Хемінга.
25. Архітектура мережі Хемінга.
26. Способи навчання мережі Хемінга.
27. Визначення та поняття згорткових нейронних мереж.
28. Мережі з довгостроковою короткочасною пам'яттю (LSTM).
29. Успішні реалізації для задач класифікації і регресії зображень, часових рядів і текстових даних.
30. Рекурентні нейронні мережі.
31. Визначення та поняття генеративних змагальних мереж.
32. Навчання та застосування генеративних змагальних мереж.
33. Регресія з використанням машинного навчання.
34. Алгоритм машинного навчання: трансдуктивне навчання.
35. Перцептрон з пороговою передаточною функцією.
36. Особливості застосування нейронних мереж в системах керування.
37. Нейрорегулятор з прогнозом.
38. Нейрорегулятор на основі еталонної моделі.
39. Асинхронний режим роботи мережі Хопфілда.

Типові задачі для розв'язування:

1. Для визначеної викладачем задачі сформувати модель багат шарового перцептрону на основі алгоритму зворотного розповсюдження помилки та дослідити вплив параметрів на результат роботи мережі.

«0» варіант екзаменаційного білету з зазначенням максимальної кількості балів за кожне виконане завдання:

Чорноморський національний університет імені Петра Могили

Кафедра інтелектуальних інформаційних систем

Дисципліна “Нейромережіві методи обчислювального інтелекту”

БІЛЕТ №0

1. Класифікація нейронних мереж. (10 балів)
2. Способи навчання мережі Хемінга. (20 балів)
3. Перцептрон з пороговою передаточною функцією. (10 балів)

Викладач

д.т.н., доцент

О.В. Козлов

Зав. кафедри

д.т.н., професор

“ ”

Ю.П. Кондратенко

2023 р.

6. Критерії оцінювання та засоби діагностики результатів навчання

6.1. Денна форма

№	Вид діяльності (завдання)	Максимальна кількість балів
1	Практична робота №1	8
2	Практична робота №2	8
3	Практична робота №3	8
4	Практична робота №4	8
5	Практична робота №5	8
6	Практична робота №6	8
7	Самостійна робота (по 2 бали за кожну тему, сумарно – 12 балів)	12
8	Разом за семестр	60
9	Екзамен	40
	Всього	100

Критерії оцінювання завдань для досягнення максимальної кількості балів

Максимальна кількість балів (відповідно до попередньої таблиці) – студент з високою якістю самостійно виконав весь обсяг робіт, відповідає на всі питання, пов'язані з виконаними роботами, та робить додатковий аналіз параметрів нейронних мереж, які йому

пропонує викладач. У викладача немає претензій щодо програмної реалізації та вимог до виконання роботи.

7 балів - студент з достатньою якістю виконав всі завдання, але в процесі роботи він робив деякі помилки, які, після вказування на них викладачем, самостійно виправляв. На деякі питання він відповідає з похибкою. Запропоновані викладачем додаткові розрахунки робить з деякою потугою. Не всі вимоги до виконання роботи дотримані.

1-6 балів - студент самостійно виконав всі роботи, але якість реалізації недостатня (помилки при розрахунках, невірно сформовані моделі мереж, неточно обрані параметри для навчання, не всі вимоги до роботи дотримані). На питання щодо виконання робіт відповіді не зовсім чіткі. Є помилки при відповідях.

0 балів - студент не виконав весь обсяг робіт, або виконав з грубими помилками. Він має проблеми з формуванням моделей нейронних мереж, навчанням та тестуванням, не знає теоретичного матеріалу, реалізація не відповідає поставленим вимогам.

При отриманні незадовільної оцінки студент має право виправити всі помилки або виконати нові варіанти завдань, якщо викладач невпевнений, що студент виконав їх самостійно. Такий варіант пропонується, коли студент має багато пропусків занять.

Критерії оцінювання КР для досягнення максимальної кількості балів

90-100 балів – студент з високою якістю самостійно виконав весь обсяг КР, відповідає на всі питання, можливі незначні помилки при відповідях, за необхідністю проводить додатковий аналіз параметрів нейронної мережі, які йому пропонує викладач. У викладача немає претензій щодо програмної реалізації, вимог до виконання КР та презентації.

75-89 балів – студент якістю виконав весь обсяг КР, але в результатах роботи виявлено деякі несуттєві помилки, які, не впливають на кінцевий результат роботи нейронної мережі. На всі питання він відповідає без помилок. Можливі претензії щодо оформлення звіту, програмної реалізації та презентації. На запропоновані викладачем додаткові питання відповідає без помилок.

60-74 балів – студент виконав весь обсяг КР, але є суттєві помилки при розрахунках та аналізі параметрів нейронної мережі. Вимоги до оформлення КР, програмної реалізації та презентації дотримані частково. На питання відповідає з помилками.

0-59 балів – студент не виконав весь обсяг КР, або виконав з грубими помилками. Він має проблеми з розрахунками, визначенням моделі нейронної мережі, її навчанням та тестуванням, не знає теоретичного матеріалу, програмна реалізація та презентація КР не відповідають поставленим вимогам.

7. Рекомендовані джерела інформації

7.1. Основні:

1. Субботін С.О. Нейронні мережі: теорія та практика. Навчальний посібник. – Житомир: Вид. О. О. Євенок, 2020. – 184 с.
2. Aggarwal, C.C. Artificial Intelligence. Springer International Publishing, 2021, 490 p. DOI 10.1007/978-3-030-72357-6.
3. Троцько В.В. Методи штучного інтелекту. - К.: Університет "КРОК", 2020. — 86 с.

7.2. Додаткова

1. Hugh Cartwright. Artificial Neural Networks. Humana, New York, NY. 2021 <https://doi.org/10.1007/978-1-0716-0826-5>
2. Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні: монографія / А.І. Шевченко, С.В. Барановський, О.В. Білокобильський, Є.В. Бодянський, А.Я. Бомба, А.С. Довбиш, Т.В. Єрошенко, А.С. Жохін, В.В. Казимир, М.С. Клименко, С.В. Ковалевський, О.В. Козлов, Ю.П. Кондратенко, та ін. [За заг. ред. А.І. Шевченка]. Київ: ППШ, 2023. 305 с.
3. Kondratenko, Y., Wang, K., Kozlov, O., Shevchenko, A., Denysenko A. Neural Network Control of the Mobile Robotic Platform's Adhesion Force. Selected Papers of the III International Scientific Symposium "Intelligent Solutions" (IntSol-2023). Symposium Proceedings, September 27-28, 2023, Kyiv – Uzhhorod, Ukraine, Bidyuk P. et al. (Eds), CEUR-WS, Vol- 3538, pp. 65-77. <https://ceur-ws.org/Vol-3538/>
4. Kondratenko, Y.P., Kozlov, O.V., Gerasin, O.S. Neuroevolutionary approach to control of complex multicoordinate interrelated plants // International Journal of Computing, 18(4), 2019. — P. 502-514. <https://www.computingonline.net/computing/article/view/1620>
5. Aghdam H.H., Heravi E.J. Guide to Convolutional Neural Networks: A Practical Application to Traffic-Sign Detection and Classification. – New York: Springer, 2017. — 299 p.