МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ І.І.МЕЧНИКОВА
Кафедра комп'ютерних систем та технологій

"**ЗАТВЕРДЖУЮ**"
Проректор з науково-педагогічної роботи
Олександр ЗАПОРОЖЧЕНКО
"_____" _____ 2023 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ВП 10.1. НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ

Рівень вищої освіти	**перший (освітньо-професійний)**
Галузь знань	**12 «Інформаційні технології»**
Спеціальність	**122- Комп'ютерні науки**
Освітньо-професійна програма	**Комп'ютерні науки**

ОНУ
Одеса
2023

Робоча програма навчальної дисципліни «Нейронні мережі» – Одеса: ОНУ, 2023. – 15 с.

Розробник: кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерних систем та технологій Єпік Марина Олександрівна

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри комп'ютерних систем та технологій

Протокол № 1 від " " серпня 2023 р.

Завідувач кафедри _____ Юрій ГУНЧЕНКО

Погоджено із гарантом ОПП «Комп'ютерні науки»

_____

Схвалено навчально-методичною комісією (НМК) ФМФІТ

Протокол № від " " 2023 р.

Голова НМК _____ Алла РАЧИНСЬКА

Переглянуто та затверджено на засіданні кафедри комп'ютерних систем та технологій

Протокол № 1 від "____" серпня 2024 р.

Завідувач кафедри _____ (Юрій ГУНЧЕНКО)

Переглянуто та затверджено на засіданні кафедри комп'ютерних систем та технологій

Протокол № 1 від "29" серпня 2024 р.

Завідувач кафедри _____ (Юрій ГУНЧЕНКО)

1. Опис навчальної дисципліни

<table>
<tr><td rowspan="2">Найменування показників</td><td rowspan="2">Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень</td><td colspan="2">Характеристика навчальної дисципліни</td></tr>
<tr><td>денна форма навчання</td><td>заочна форма навчання</td></tr>
<tr><td rowspan="11">Кількість кредитів – 3,5

Загальна кількість годин – 105</td><td>Галузь знань
12 «Інформаційні технології»</td><td colspan="2" rowspan="2">Вибіркова</td></tr>
<tr><td>Напрям підготовки
122
«Комп’ютерні науки»</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Спеціальність (професійне спрямування):

122 «Комп’ютерні науки»</td><td colspan="2">Рік підготовки:</td></tr>
<tr><td>3-й</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">Семестр</td></tr>
<tr><td rowspan="6">Освітньо-кваліфікаційний рівень:

Перший
Бакалавр</td><td>6-й</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">Лекції</td></tr>
<tr><td>18 год.</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">Практичні, семінарські</td></tr>
<tr><td>0 год.</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">Лабораторні</td></tr>
<tr><td>36 год.</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">Самостійна робота</td></tr>
<tr><td>51 год.</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">Вид контролю: іспит</td></tr>
</table>

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Робоча програма навчальної дисципліни «Нейронні мережі» складена відповідно до профілю освітньої програми та освітньої програми підготовки бакалавра галузі 12 Інформаційні технології формує інтегральні, загальні та фахові компетентності та програмні результати навчання, якими оволодіють здобувачі вищої освіти.

Метою вивчення навчальної дисципліни є формування знань та вмінь здобувачів у галузі сучасних інформаційних технологій, штучного інтелекту, нейронних мереж.

У **результаті вивчення** навчальної дисципліни здобувач повинен:

- знати особливості будови і функціонування нейронних мереж;
- знати типи нейронних мереж;
- знати визначення функції активації нейронної мережі, типи функцій активації;
- знати правила навчання нейронної мережі;
- знати типи нейронних мереж, які використовують контрольоване навчання;
- знати типи нейронних мереж, які використовують неконтрольоване навчання;
- вміти правильно підбирати та використовувати функції активації нейронних мереж;
- вміти виконувати проєктування нейронних мереж різної структури і складності;
- вміти проводити попередню обробку даних для навчання нейронної мережі;
- вміти використовувати програми та платформи для моделювання та навчання нейронних мереж;
- вміти проводити тестування нейронної мережі у середовищі сучасних програмних засобів моделювання нейронних мереж;
- вміти користуватись існуючими нейронними мережами.

Навчальна дисципліна формує **міждисциплінарні взаємозв'язки** із навчальною дисципліною «Інтелектуальний аналіз даних і методи Machine Learning».

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування та розвиток у здобувачів компетентностей та програмних результатів навчання відповідно до освітньої програми спеціальності 122 Комп'ютерні науки.

Фахові компетентності (СК):

- СК8. Здатність проектувати та розробляти програмне забезпечення із застосуванням різних парадигм програмування: узагальненого, об'єктно-орієнтованого, функціонального, логічного, з відповідними моделями, методами й алгоритмами обчислень, структурами даних і механізмами управління.

- СК12. Здатність забезпечити організацію обчислювальних процесів в інформаційних системах різного призначення з урахуванням архітектури, конфігурування, показників результативності функціонування операційних систем і системного програмного забезпечення.

Програмні результати навчання (ПРН):

- ПРН1. Застосовувати знання основних форм і законів абстрактно-логічного мислення, основ методології наукового пізнання, форм і методів вилучення, аналізу, обробки та синтезу інформації в предметній області комп'ютерних наук.
- ПРН8. Використовувати методологію системного аналізу об’єктів, процесів і систем для задач аналізу, прогнозування, управління та проектування динамічних процесів в макроекономічних, технічних, технологічних і фінансових об’єктах.
- ПРН12. Застосовувати методи та алгоритми обчислювального інтелекту та інтелектуального аналізу даних в задачах класифікації, прогнозування, кластерного аналізу, пошуку асоціативних правил з використанням програмних інструментів підтримки багатовимірного аналізу даних на основі технологій DataMining, TextMining, WebMining.
- ПРН13. Володіти мовами системного програмування та методами розробки програм, що взаємодіють з компонентами комп’ютерних систем, знати мережні технології, архітектури комп’ютерних мереж, мати практичні навички технології адміністрування комп’ютерних мереж та їх програмного забезпечення.
- ПР15. Застосовувати знання методології та CASE-засобів проектування складних систем, методів структурного аналізу систем, об'єктно-орієнтованої методології проектування при розробці і дослідження функціональних моделей організаційно-економічних і виробничо-технічних систем.
- ПР16. Розуміти концепцію інформаційної безпеки, принципи безпечного проектування програмного забезпечення, забезпечувати безпеку комп’ютерних мереж в умовах неповноти та невизначеності вихідних даних.

Зміст навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. *Нейронні мережі*

Тема 1. *Вступ до глибокого навчання* (Deep Learning Introduction). Глибоке навчання (Deep Learning). Штучні нейронні мережі (Artificial Neural Networks, ANN). Різниця між машинним навчанням (Machine Learning) і глибоким навчанням (Deep Learning). Моделі глибокого навчання (Deep Learning Models). Застосування глибокого навчання. Виклики глибокого навчання. Стисла історія штучних нейронних мереж. Різниця між штучною (ANN) та біологічною (BNN) нейромережами.

Тема 2. *Штучні нейронні мережі* (ANN). Визначення штучної нейромережі (Artificial Neural Networks, ANN). Типи штучних нейромереж. Схема роботи штучної нейромережі. Функція активації (Activation Function). Типи функцій активації. Як правильно підібрати функцію активації.

Тема 3. *Адаптація та навчання штучної нейронної мережі* (Artificial Neural Network, ANN). Правила навчання нейронної мережі (Artificial Neural Networks, ANN). Контрольоване навчання. Персептрон. Контрольоване навчання: адаптивний лінійний нейрон (Adaline), множинний адаптивний лінійний нейрон (Madaline). Нейронні мережі зворотного поширення.

Тема 4. *Навчання штучної нейронної мережі* (Artificial Neural Network, ANN). Неконтрольоване навчання. Мережі Winner-Takes-All: мережа Хеммінга, мережа Max Net. Неконтрольоване навчання: конкурентне навчання у ANN, неокогнітрон (Neocognitron). Навчене векторне квантування (Learning Vector Quantization). Теорія адаптивного резонансу (Adaptive Resonance Theory).

Тема 5. *Навчання штучної нейронної мережі* (Artificial Neural Network, ANN). Самоорганізаційні карти Кохонена (Kohonen Self-Organizing Feature Maps). Мережа асоціативної пам'яті (Associate Memory Network). Мережі Хопфілда (Hopfield Networks): дискретна, безперервна. Машина Больцмана (Boltzmann Machine). Мережа Brain-State-in-a-Box.

Тема 6. *Оптимізація нейронних мереж. Генетичний алгоритм. Застосування*. Оптимізація за допомогою мережі Хопфілда. Техніка ітераційного градієнтного спуску (Iterated Gradient Descent Technique). Метод імітації відпалу (Simulated Annealing). Генетичний алгоритм (Genetic Algorithm). Застосування нейронних мереж.

Тема 7. *Комплексна платформа для машинного навчання TensorFlow*. Програмне середовище. Бібліотеки та розширення. Створення нейронної мережі у TensorFlow.

Тема 8. *Програмне забезпечення для розробки нейронних мереж*. Chainer – створення графіків динамічних обчислень. SuperLearner – методики ансамблевого навчання. NVIDIA Deep Learning AMI – прискорення GPU інтегрованого в AWS. Swift AI – бізнес-аналітика на основі даних. NVIDIA DIGITS – інтерактивна візуалізація глибокого навчання. Knet – онлайн-навчання та створення навчальних курсів. Keras – для модульності та швидкого експериментування. Caffe – для модульності у фреймворках глибокого навчання.

Тема 9. *Програмне забезпечення для розробки нейронних мереж*. Neuton AutoML – найкраще для автоматизованого створення та вибору моделей. Synaptic.js – нейронні мережи у середовищах JavaScript. Microsoft Cognitive Toolkit – для масштабованих інструментів глибокого навчання від Microsoft. Google Cloud Deep Learning Containers – найкраще підходить для інтегрованих у Google Cloud програм глибокого навчання.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						Заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		Л	п	лаб	Інд	с.р.		Л	п	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Змістовий модуль 1. *Нейронні мережі*												
Тема 1 Вступ до глибокого навчання	6	2		4								
Тема 2 Штучні нейронні мережі (ANN)	6	2		4								
Тема 3 Адаптація та навчання штучної нейронної мережі	6	2		4								

Тема 4 Навчання штучної нейронної мережі	6	2		4								
Тема 5 Навчання штучної нейронної мережі	6	2		4								
Тема 6 Оптимізація нейронних мереж. Генетичний алгоритм. Застосування	6	2		4								
Тема7 Комплексна платформа для машинного навчання TensorFlow	6	2		4								
Тема 8 Програмне забезпечення для розробки нейронних мереж	32	2		4		26						
Тема 9 Програмне забезпечення для розробки нейронних мереж	31	2		4		25						
Разом за змістовним модулем 1	105	18		36		51						
Усього	**105**	**1**		**36**		**51**						

годин		**8**										
Загальна кількість годин	**105**	**18**		**36**		**51**						

4. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Семінарські заняття не передбачені	0

5. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Практичні заняття не передбачені	0

6. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Бібліотеки NumPy, pandas, Keras	6
2	Структура та функції TensorFlow, хмарне середовище Google Colab	6
3	Побудова і навчання моделі нейронної мережі для класифікації зображень	8
4	Класифікація зображень за допомогою TensorFlow	8
5	Створення і навчання моделі пошуку для прогнозу наборів даних у TensorFlow	8
	Разом	**36**

7. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Програмне забезпечення для розробки нейронних мереж	51
	Разом	**51**

8. Методи навчання

За джерелом передачі та сприймання навчальної інформації використовуються словесні (лекція, бесіда), наочні (ілюстрація, демонстрація), практичні (досліди, вправи, навчальна праця, лабораторні роботи студентів) методи.

За характером пізнавальної діяльності студентів використовуються пояснювально-ілюстративний і репродуктивний методи, проблемне викладання, частково-пошуковий і дослідницький методи.

Залежно від основної дидактичної мети і завдань використовуються методи усного викладу знань, закріплення навчального матеріалу, самостійної роботи студентів з осмислення й засвоєння нового матеріалу, роботи із застосуванням знань на практиці та вироблення вмінь і навичок, перевірки та оцінювання знань, умінь і навичок.

9. Методи контролю

При оцінювання знань здобувачів вищої освіти використовуються наступні методи контролю:

- усний контроль (експрес-опитування на лекціях);
- тестування;
- захист лабораторних робіт.

Загальна підсумкова оцінка з навчальної дисципліни виставляється відповідно до методики накопичення балів за результатами поточного та підсумкового контролю.

Основою для оцінки академічних досягнень є рівень опанування матеріалу курсу «Нейронні мережі», який передбачено навчальним планом за спеціальністю 122 «Комп‘ютерні науки».

Результати навчальних досягнень за навчальною дисципліною здобувачів вищої освіти здійснюється за критеріями, що запроваджені в університеті за 100-бальною шкалою, шкалою ЄКТС та національною шкалою, що доводяться до відома студентів на першому занятті. Загальна оцінка визначається як сума балів за всі виконані завдання.

Здобувач має можливість отримати за кожний змістовний модуль 50 балів, загалом за весь курс – 100 балів.

Схема нарахування балів, які отримують здобувачі вищої освіти спеціальності 122 Комп’ютерні науки Освітньої програми «Освітньо-професійна програма «Комп’ютерні науки»:

Поточний контроль	Загальна		Загало

Змістовний модуль 1 (max 80 балів)		сума балів (поточний контроль)	Іспит	м за курс
Тестування	Лабораторні роботи	80	20	100
40	40			

Оцінка за опанування курсу «Нейронні мережі» виставляється за наступними принципами:

- оцінку «відмінно» (90-100 балів) заслуговує здобувач, що виявив глибокі знання при відповідях на теоретичні запитання по темам курсу, а також виконав практичні завдання у повному обсягу і набрав більш ніж 90 балів.
- оцінку «добре» (75-89 балів) заслуговує здобувач, який робив помилки у теоретичних відповідях чи практичних завданнях, які можуть бути інтерпретовані як мало сутні для питань, що розглядались. Здобувач повинен набрати більш ніж 75 балів.
- оцінку «задовільно» (60-74 бали) заслуговує здобувач, який виконував завдання неповно з помилками, але при цьому набрав більш ніж 60 балів.
- оцінку «незадовільно» (1-59 балів) заслуговує здобувач, який не виконав більшість з теоретичних і практичних завдань і набрав менш ніж 60 балів.

Робота на лекціях

На лекціях може бути проведено бліцопитування студентів. Такі опитування проводяться на довільних лекціях 5 разів протягом семестру, наприкінці лекції. Ваговий бал за вірну відповідь – 1. Максимальна кількість балів, що може отримати кожен студент за семестр – 5.

Лабораторний практикум

Максимальна кількість балів за усі виконані комп’ютерні практикуми дорівнює 40 балів: за кожний виконаний лабораторний практикум нараховується 8 балів.

Критерії оцінювання виконання лабораторного практикуму:

- виконаний своєчасно (протягом зазначеної кількості годин для виконання), у повному обсязі – відповідний бал згідно номеру комп'ютерного практикуму;
- виконаний із запізненням – знімається 10-30% від максимальної кількості балів в залежності від терміну запізнення;
- виконаний не самостійно, із запізненням – знімається 50% від максимальної кількості балів;
- невиконаний протягом відведеного часу – 0 балів.

Складання іспиту

Для отримання іспиту з курсу «Нейронні мережі» здобувачеві потрібно пройти підсумковий тест, що містить 20 питань з варіантами відповідей. Кожна правильна відповідь оцінюється у 1 бал.

Розрахунок шкали (R) рейтингу

Семестрова складова рейтингової шкали $R_{семестр}$ = 80 балів, вона визначається як сума додатних балів, отриманих за виконання та захист лабораторних практикумів (40 балів), тестів (40 балів).
Складова рейтингової шкалиіспиту $R_{іспит}$ = 20 балів.
Рейтингова шкала з дисципліни дорівнює: $R_{курс} = R_{семестр} + R_{іспит} = 80 + 20 = 100$ балів.

Умова допуску до іспиту та визначення оцінки

Необхідною умовою допуску до іспиту є стартовий рейтинг не менше 60% від $R_{семестр}$ = 80 балів, тобто 48 балів. У іншому разі студент має виконати додаткову роботу та підвищити свій рейтинг.

10. Питання для підсумкового контролю

1. Дати визначення що таке *глибоке навчання* (Deep Learning)
2. Перерахувати типи машинного навчання (Machine Learning)
3. З яких шарів складається штучна нейронна мережа
4. Чим відрізняється *машинне навчання* (Machine Learning) від *глибокого навчання* (Deep Learning)
5. Перерахувати основні *моделі глибокого навчання* (Deep Learning Models)
6. Області застосування *глибокого навчання* (Deep Learning)

7. Переваги та недоліки *глибокого навчання* (Deep Learning)
8. До чого призводить *надмірна пристосованість* (Overfitting) *моделі глибокого навчання* (Deep Learning Model)
9. Чому відповідає *прихований шар* штучної нейромережі у біологічній нейромережі
10. Чи містять *персептронні нейронні мережі* (Perceptron Neural Networks) прихований шар
11. Для чого призначені *модульні нейронні мережі* (Modular Neural Networks)
12. Дати визначення *функції активації* (Activation Function)
13. В чому полягає мета *функції активації* (Activation Function)
14. Яка з *функцій активації* приймає будь-яке дійсне значення на вхід і виводить значення в діапазоні від 0 до 1
15. Який варіант *функції активації ReLU* вирішує проблему вмираючого ReLU
16. У яких шарах нейромережі слід використовувати *функцію активації ReLU*
17. Сформулювати *правило навчання* Гебба (Hebbian Learning Rule)
18. Описати основну концепцію *правила конкурентного навчання* (Competitive Learning Rule Winner-takes-all)
19. У чому різниця між *контрольованим навчанням* (Supervised Learning) та неконтрольованим навчанням (Unsupervised Learning)
20. З яких основних елементів складається *персептрон*
21. Скільки вузлів має *адаптивний лінійний нейрон* (Adaptive Linear Neuron)
22. Яку концепцію використовує *алгоритм кластеризації K-середніх* (K-means Clustering Algorithm)
23. Дати визначення *Неокогнітрону* (Neocognitron)
24. Чим відрізняються S-комірка і C-комірка *неокогнітрону*
25. Яку основну операцію виконують *ART-мережі*
26. Перерахувати топології *самоорганізаційних карт Кохонена* (Kohonen Self-Organizing Feature Maps)
27. Чим *автоасоціативна пам'ять* (Auto Associative Memory) відрізняється від *гетероасоціативної пам'яті* (Hetero Associative Memory)
28. Чим *дискретна мережа Хопфілда* (Discrete Hopfield Network) відрізняється від *безперервної мережі Хопфілда* (Continuous Hopfield Network)
29. Дати визначення *машини Больцмана* (Boltzmann Machine)
30. Перерахувати методи оптимізації нейронних мереж

12. Розподіл балів, які отримують здобувачі

Поточний та періодичний контроль	Підсумковий контроль (іспит)	Сума балів
Змістовий модуль 1		
80	20	00

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для іспиту
90 – 100	**A**	відмінно	зараховано
85-89	**B**	добре	
75-84	**C**		
70-74	**D**	задовільно	
60-69	**E**		
35-59	**FX**	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	**F**	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

13. Навчально-методичне забезпечення

1. Хмарне сховище OneDrive
2. Telegram канал «ОНУ Нейронні мережі»

14. Рекомендована література

Базова

1. Kevin Gurney. An introduction to neural networks. UCL Press Limited is an imprint of the Taylor & Francis Group, this edition published in the Taylor & Francis e-Library, 2004. – 317 p.
   URL: https://www.macs.hw.ac.uk/~yjc32/project/ref-NN/Gurney_et_al.pdf
2. Martin T. Hagan, Howard B. Demuth, Mark Hudson Beale, Orlando De Jesús. Neural Network Design, 2nd Edition, eBook, 2012. – 1012 p.
   URL: https://hagan.okstate.edu/NNDesign.pdf
3. Michael Nielsen. Neural Networks and Deep Learning, 2016. – 293 p.
   URL:
   https://jingyuexing.github.io/Ebook/Machine_Learning/Neural%20Networks%20and%20Deep%20Learning-eng.pdf

Допоміжна

1. Добровська Л. М., ДобровськаІ. А. Теорія та практика нейронних мереж: навч. посіб. / Л. М. Добровська, І. А. Добровська. – К.: НТУУ «КПІ» Вид-во «Політехніка», 2015. – 396 с. – Бібліогр. : с. 385–387. – 55 пр. ISBN 978-966-622-691-7.
2. Haykin S. Neural networks. A comprehensive foundations. McMillan College Publ.Co. N.Y., 1994. 696 pp.
3. Глибовець М. М., Олецький О. В. Системи штучного інтелекту. – К.: КМ Академія, 2002. – 366 с.

15. Електронні інформаційні ресурси

1. Artificial Neural Network Tutorial [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
   https://www.tutorialspoint.com/artificial_neural_network/artificial_neural_network_other_optimization_techniques.htm
2. Deep Learning Tutorial [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
   https://www.geeksforgeeks.org/deep-learning-tutorial/?ref=lbp
3. Artificial Neural Network Tutorial [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.javatpoint.com/artificial-neural-network
4. What is a neural network? [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
   https://www.ibm.com/topics/neural-networks
5. TensorFlow [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
   https://www.tensorflow.org/