

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



"ЗАТВЕРДЖУЮ"

Проректор з навчально-методичної роботи

№0207 Каріна ІЗМАШКАЛО

НЕЙРОМЕРЕЖЕВА ОБРОБКА ДАНИХ

робоча програма навчальної дисципліни

Галузь знань
Спеціальність
Освітній рівень
Освітня програма

12 Інформаційні технології
126 Інформаційні системи та технології
перший (бакалаврський)
Інформаційні системи та технології

Статус дисципліни
Мова викладання, навчання та оцінювання

обов'язкова
українська

Завідувач кафедри
інформатики та комп'ютерної техніки

Сергій УДОВЕНКО

Харків
2021

ЗАТВЕРДЖЕНО

на засіданні кафедри інформатики та комп'ютерної техніки
Протокол №1 від 27 серпня 2021 р.

Розробники:

Удовенко С. Г., д.т.н., проф., завідувач кафедри інформатики та комп'ютерної техніки,
Гороховатський О. В., к.т.н., доц., доцент кафедри інформатики та комп'ютерної
техніки

**Лист оновлення та перезатвердження
робочої програми навчальної дисципліни**

Навчальний рік	Дата засідання кафедри - розробника РПНД	Номер протоколу	Підпис завідувача кафедри

Анотація навчальної дисципліни

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, які дозволяють досягнути 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 студентів 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.

Метою викладання навчальної дисципліни є 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.

Навчальна дисципліна "Нейромережева обробка даних" знайомить студентів з основними принципами застосування нейромережевих підходів до обробки даних. Увагу приділено принципам роботи штучних нейронів, способам їх навчання, об'єднанням нейронів у мережі різного типу. Розглянуто способи навчання штучних нейронних мереж різної архітектури для обробки чисельних, текстових та графічних даних. Розглянуто приклади вирішення практичних задач та програмні застосунки для побудови та навчання штучних нейронних мереж.

Програма навчальної дисципліни передбачає навчання у формі лекцій, лабораторних занять та самостійної роботи студентів. 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 студенти мають змогу користуватись системою дистанційного навчання ХНЕУ ім. С. Кузнеця.

Характеристика навчальної дисципліни

Курс	4
Семестр	7
Кількість кредитів ECTS	5
Форма підсумкового контролю	залік

Структурно-логічна схема вивчення дисципліни

Пререквізити	Постреквізити
Управління ІТ-проектами Курсовий проект: проектування	Дипломний проект

Компетентності та результати навчання за дисципліною

Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми в області інформаційних систем та технологій, або в процесі навчання, що характеризуються комплексністю та невизначеністю умов, які потребують застосування теорій та методів інформаційних технологій.

Компетентності	Результати навчання
<p>КС 4. Здатність проектувати, розробляти та використовувати засоби реалізації інформаційних систем, технологій та інфокомунікацій (методичні, інформаційні, алгоритмічні, технічні, програмні та інші).</p> <p>КС 13. Здатність проводити обчислювальні експерименти, порівнювати результати експериментальних даних і отриманих рішень.</p>	<p>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.</p>
<p>КС 1. Здатність аналізувати об'єкт проектування або функціонування та його предметну область.</p>	<p>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.</p>
<p>КС 10. Здатність вибору, проектування, розгортання, інтегрування, управління, адміністрування та супроводжування інформаційних систем, технологій та інфокомунікацій, сервісів та інфраструктури організації.</p> <p>КС 15. Здатність створювати та використовувати моделі штучних нейронних мереж для розв'язання прикладних задач обробки даних</p>	<p>ПР 12. Застосовувати нейромережеву обробку даних для розв'язання задач прогнозування, кластеризації та класифікації, здійснювати інтерпретацію результатів роботи побудованої моделі, виконувати аналіз якості, вдосконалювати модель.</p>

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 функцій 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 перцептрона. Правила навчання Хебба. Метод корекції помилки. Дельта правило.

3.3 Багатошарові нейронні мережі. Навчання багатошарового перцептрона. Метод зворотнього 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 colabatory.

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 обґрунтування результатів роботи ШНМ. Локальне та глобальне обґрунтування.

Перелік лабораторних занять, а також питань до завдань до самостійної роботи наведено у таблиці "Рейтинг-план навчальної дисципліни".

Методи навчання та викладання

Методи навчання – взаємодія між викладачем і студентами, під час якої відбувається передача та засвоєння знань, умінь і навичок від викладача до студента, а також самостійної та індивідуальної роботи студента.

При проведенні визначених планом видів занять використовуються такі методи:

- викладення навчального лекційного матеріалу за темами 1-7: словесні (бесіда, пояснення, розповідь, інструктаж) із використанням наочного матеріалу (презентації);
- виконання лабораторних робіт за темами 1-7: пояснення, інструктаж, робота в малих

групах, обговорення, самостійне спостереження, дискусії.

Порядок оцінювання результатів навчання

ХНЕУ ім. С. Кузнеця використовує накопичувальну (100-бальну) систему оцінювання.

Оцінювання здійснюється за такими видами контролю:

поточний контроль, що здійснюється протягом семестру під час проведення лекційних, лабораторних занять, тестових завдань та контрольних робіт і оцінюється сумою набраних балів (максимальна сума – 100 балів; мінімальна сума, що дозволяє студенту отримати залік – 60 балів);

підсумковий/семестровий контроль здійснюється у формі семестрового заліку.

Залік виставляється як загальна сума балів, набраних за результатами поточного та модульного контролю.

Поточний контроль включає оцінювання студентів під час:

Лекційних занять – активна робота на парі (1 бал за кожне заняття) за умови участі студента в обговоренні питань лекції. Загальна кількість балів 15.

Лабораторних занять – активна робота на парі (1 бал за кожне заняття) за умови виконання студентом завдань з лабораторних робіт. Захист лабораторної роботи оцінюється у 10 балів (кожна лабораторна робота). Оцінка за лабораторну роботу отримується студентом за наявності звіту з лабораторної роботи, виконаних завдань лабораторної роботи, розгорнутої відповіді на запитання та виконання контрольних прикладів. Загальна кількість балів за роботу на занятті складає 15 балів, за захист лабораторних робіт 50.

Контрольних робіт, які застосовуються для перевірки практичних умінь студентів та компетенцій, набутих під час опанування матеріалу модуля. Контрольні роботи виконуються на комп'ютері з застосуванням системи дистанційного навчання та завершуються обов'язковим захистом у вигляді бесіди з викладачем. Контрольна робота містить практичні завдання та/або теоретичні питання та оцінюється у 5 балів. Оцінка за контрольну роботу знижується при відсутності виконаного завдання, припущення помилок у формулах та розрахунках, неповного виконання завдання. Загальна кількість балів 10.

Самостійна робота студента включає виконання домашніх завдань у вигляді проходження тестових завдань. Тестовий контроль проводиться на комп'ютері з застосуванням системи дистанційного навчання у автоматичному режимі. Тести складаються з 15 – 20 завдань та обмежені за часом їх виконання. Студент має тільки одну спробу для виконання тестових завдань. За правильне виконання тестового завдання за модулем студент отримує 5 бали. Оцінка з тестового завдання знижується при відсутності відповіді на запитання, невірно надану відповідь, або за надану неповну відповідь (в залежності від типу тестового завдання). Максимальна оцінка за виконання тестових завдань за модулями становить 10 балів. Додатково, самостійна робота включає ознайомлення із літературними джерелами під час виконання лабораторних робіт та підготовці до їх захисту.

Студента слід вважати атестованим, якщо сума балів, одержаних за результатами підсумкової/семестрової перевірки успішності, дорівнює або перевищує 60 балів.

Підсумкова оцінка з навчальної дисципліни розраховується з урахуванням балів, отриманих під час поточного та модульного контролю за накопичувальною системою. Сумарний результат у балах за семестр складає: "60 і більше балів – зараховано", "59 і менше балів – не зараховано" та заноситься у залікову "Відомість обліку успішності" навчальної дисципліни.

Підсумковий контроль:

Виставлення підсумкової оцінки здійснюється за шкалою, наведено в таблиці "Шкала оцінювання: національна та ЄКТС".

Форми оцінювання та розподіл балів наведено у таблиці "Рейтинг-план навчальної дисципліни".

Шкала оцінювання: національна та ЄКТС

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ЄКТС	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
82 – 89	B	добре	
74 – 81	C		
64 – 73	D	задовільно	
60 – 63	E		
35 – 59	FX	незадовільно	не зараховано

Рейтинг-план навчальної дисципліни

Тема	Форми та види навчання		Форми оцінювання	Мак бал
Тема 1	Аудиторна робота			
	Лекція	Лекція 1. Біологічні основи нейронних мереж.	Активна робота на парі	1
	Самостійна робота			
	Питання та завдання до самостійного опрацювання	Ознайомлення із додатковою інформацією щодо принципів роботи біологічного нейрона.	-	-
Тема 2	Аудиторна робота			
	Лекція	Лекція 2. Модель штучного нейрона.	Активна робота на парі	1
	Лабораторне заняття	Лабораторна робота 1. Вирішення задачі бінарної класифікації одношаровим перцептроном.	Активна робота на парі	1
	Самостійна робота			
	Питання та завдання до самостійного опрацювання	Ознайомлення із прикладами навчання одношарового перцептрона та обмеженнями його застосування.	-	-
Тема 2	Аудиторна робота			
	Лекція	Лекція 3. Модель штучного нейрона.	Активна робота на парі	1
	Лабораторне заняття	Лабораторна робота 1. Вирішення задачі бінарної класифікації одношаровим перцептроном	Активна робота на парі	1
			Захист лабораторної роботи №1	10
	Самостійна робота			
	Питання та завдання до самостійного опрацювання	Підготовка до захисту лабораторної роботи №1.	-	-
Тема 2	Аудиторна робота			
	Лекція	Лекція 4. Модель штучного нейрона	Активна робота на парі	1

Тема	Форми та види навчання		Форми оцінювання	Мак бал
	Лабораторне заняття	Лабораторна робота 2. Кластеризація даних із використанням самоорганізованих мап Кохонена.	Активна робота на парі	1
	<i>Самостійна робота</i>			
	Питання та завдання до самостійного опрацювання	Ознайомлення із особливостями задачі кластеризації.	-	-
Тема 3	<i>Аудиторна робота</i>			
	Лекція	Лекція 5. Навчання штучних нейронів та мереж.	Активна робота на парі	1
	Лабораторне заняття	Лабораторна робота 2. Кластеризація даних із використанням самоорганізованих мап Кохонена	Активна робота на парі	1
	<i>Самостійна робота</i>			
	Питання та завдання до самостійного опрацювання	Ознайомлення із областями застосування самоорганізованих мап Кохонена.	-	-
Тема 3	<i>Аудиторна робота</i>			
	Лекція	Лекція 6. Навчання штучних нейронів та мереж.	Активна робота на парі	1
	Лабораторне заняття	Лабораторна робота 2. Кластеризація даних із використанням самоорганізованих мап Кохонена	Активна робота на парі	1
			Захист лабораторної роботи №2	10
	<i>Самостійна робота</i>			
		Питання та завдання до самостійного опрацювання	Підготовка до захисту лабораторної роботи №2.	-
Тема 3	<i>Аудиторна робота</i>			
	Лекція	Лекція 7. Навчання штучних нейронів та мереж.	Активна робота на парі	1
	Лабораторне заняття	Лабораторна робота 3. Бінарна класифікація текстових даних.	Активна робота на парі	1
			Контрольна робота 1	5
	<i>Самостійна робота</i>			
	Питання та завдання до самостійного опрацювання	Ознайомлення із спеціальними методами представлення текстових даних.	Проходження тестування	5

Тема	Форми та види навчання		Форми оцінювання	Мак бал
Тема 3	<i>Аудиторна робота</i>			
	Лекція	Лекція 8. Навчання штучних нейронів та мереж.	Активна робота на парі	1
	Лабораторне заняття	Лабораторна робота 3. Бінарна класифікація текстових даних.	Активна робота на парі	1
	<i>Самостійна робота</i>			
	Питання та завдання до самостійного опрацювання	Ознайомлення із спеціальними методами представлення текстових даних.	-	-
Тема 3	<i>Аудиторна робота</i>			
	Лекція	Лекція 9. Топології нейронних мереж.	Активна робота на парі	1
	Лабораторне заняття	Лабораторна робота 3. Бінарна класифікація текстових даних.	Активна робота на парі	1
			Захист лабораторної роботи №3	10
	<i>Самостійна робота</i>			
	Питання та завдання до самостійного опрацювання	Підготовка до захисту лабораторної роботи №3.	-	-
Тема 4	<i>Аудиторна робота</i>			
	Лекція	Лекція 10. Практичні аспекти навчання ШНМ.	Активна робота на парі	1
	Лабораторне заняття	Лабораторна робота 4. Класифікація зображень із використанням конволюційних ШНМ.	Активна робота на парі	2
	<i>Самостійна робота</i>			
	Питання та завдання до самостійного опрацювання	Ознайомлення із матеріалами щодо типів шарів в конволюційних нейронних мережах.	-	-
Тема 5,6	<i>Аудиторна робота</i>			
	Лекція	Лекція 11. Конволюційні нейронні мережі.	Активна робота на парі	1
	Лабораторне заняття	Лабораторна робота 4. Класифікація зображень із використанням конволюційних ШНМ.	Активна робота на парі	1
			Захист лабораторної роботи №4	10
	<i>Самостійна робота</i>			
	Питання та завдання до самостійного опрацювання	Підготовка до захисту лабораторної роботи №4.	-	-

Тема	Форми та види навчання		Форми оцінювання	Мак бал
Тема 5	Аудиторна робота			
	Лекція	Лекція 12. Конволюційні нейронні мережі.	Активна робота на парі	1
	Лабораторне заняття	Лабораторна робота 5. Класифікація зображень із використанням передавального навчання.	Активна робота на парі	1
	Самостійна робота			
	Питання та завдання до самостійного опрацювання	Ознайомлення із методом передавального навчання.	-	-
Тема 6	Аудиторна робота			
	Лекція	Лекція 13. Конволюційні нейронні мережі .	Активна робота на парі	1
	Лабораторне заняття	Лабораторна робота 5. Класифікація зображень із використанням передавального навчання.	Активна робота на парі	1
	Самостійна робота			
	Питання та завдання до самостійного опрацювання	Ознайомлення із методами точного налаштування гіперпараметрів ШНМ.	-	-
Тема 5,6	Аудиторна робота			
	Лекція	Лекція 14. Конволюційні нейронні мережі .	Активна робота на парі	1
	Лабораторне заняття	Лабораторна робота 5. Класифікація зображень із використанням передавального навчання.	Активна робота на парі	1
			Захист лабораторної роботи №5	10
			Контрольна робота 2	5
	Самостійна робота			
	Питання та завдання до самостійного опрацювання	Підготовка до захисту лабораторної роботи №5.	Проходження тестування	5
Тема 7	Аудиторна робота			
	Лекція	Лекція 15. Проблеми використання ШНМ.	Активна робота на парі	1
	Лабораторне заняття	Додатковий час для здачі лабораторних робіт.	Активна робота на парі	1
	Самостійна робота			
	Питання та завдання до самостійного опрацювання	Ознайомлення із методами покращення прозорості нейромережевих моделей.	-	-

Рекомендована література

Основна

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

Додаткова

2. Штучні нейронні мережі: навчальний посібник / П.В. Тимошук. – Львів: Видавництво Львівська політехніка, 2011. – 444 с.

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

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

5. 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.

6. 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.

7. Gorokhovatskyi O. Investigation of Random Neighborhood Features for Interpretation of MLP Classification Results / O. Gorokhovatskyi, O. Peredrii, V. Zatkhei, O. Teslenko // In: Lytvynenko V., Babichev S., Wójcik W., Vynokurova O., Vyshemyrskaya S., Radetskaya S. (eds). Lecture Notes in Computational Intelligence and Decision Making. Proceedings of the XV International Scientific Conference “Intellectual Systems of Decision Making and Problems of Computational Intelligence” (ISDMCI'2019), Ukraine, May 21–25, 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing. Springer, Cham, 2020. Vol. 1020. P. 581-596. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-26474-1_40

Інформаційні ресурси в Інтернеті

8. Нейромережева обробка даних (6.04.126.010.18.1, 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>.

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