

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

ЗАТВЕРДЖЕНО

на засіданні кафедри
інформатики та комп'ютерної техніки
Протокол № 21 від 29.08.2025 р.

ПОГОДЖЕНО

Проректор з навчально-методичної роботи

Каріна ПЕМАШКАЛО



ШТУЧНІ НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ

робоча програма навчальної дисципліни (РПНД)

Галузь знань
Спеціальність
Освітній рівень
Освітня програма

**F "Інформаційні технології"
F6 "Інформаційні системи і технології"
перший (бакалаврський)
"Штучний інтелект"**

Статус дисципліни
Мова викладання, навчання та оцінювання

**обов'язкова
українська**

Розробник:
к.т.н., доц.

Ольга ТЮТЮНИК

Завідувач кафедри
інформатики та комп'ютерної техніки

Сергій УДОВЕНКО

Гарант програми

Сергій УДОВЕНКО

**Харків
2025**

ВСТУП

Стрімкий розвиток інформаційних технологій, цифровізація суспільства та зростання обсягів даних обумовлюють необхідність впровадження інтелектуальних методів їх аналізу та обробки. Одним із найбільш ефективних інструментів сучасного штучного інтелекту є штучні нейронні мережі, які дозволяють моделювати складні нелінійні залежності, здійснювати класифікацію, кластеризацію, прогнозування та розпізнавання образів.

Дисципліна «Штучні нейронні мережі» спрямована на формування у здобувачів вищої освіти системного розуміння теоретичних засад побудови нейронних моделей, принципів їх навчання та практичного застосування для розв'язання прикладних задач у сфері інформаційних технологій.

Опанування дисципліни забезпечує формування здатності аналізувати структуру даних, обґрунтовано обирати архітектуру нейронної мережі, реалізовувати її програмними засобами та оцінювати ефективність отриманих результатів.

Навчальну дисципліну "Штучні нейронні мережі" віднесено до групи освітньо-професійних дисциплін підготовки бакалаврів по спеціальності Г6 "Інформаційні системи і технології", освітньої програми "Штучний інтелект".

Метою навчальної дисципліни є 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: оволодіння теоретичними та практичними знаннями щодо вивчення біологічних передумов створення нейронних мереж; засвоєння математичної моделі штучного нейрона; володіння методами навчання нейронних мереж; набуття навичок практичної реалізації нейронних моделей; формування вмінь аналізувати якість навчання моделей.

Предметом навчальної дисципліни є математичні моделі штучних нейронів і нейронних мереж, алгоритми їх навчання, архітектурні рішення та методи практичного застосування для розв'язання задач класифікації, кластеризації та прогнозування.

Об'єктом навчальної дисципліни є процеси моделювання, навчання та застосування штучних нейронних мереж для інтелектуальної обробки даних у складних інформаційних системах.

В результаті вивчення навчальної дисципліни здобувачі вищої освіти мають оволодіти знаннями з теоретичних основ функціонування біологічних та штучних нейронних систем, принципів побудови моделі штучного нейрона, методів навчання нейронних мереж (з учителем, без учителя, з підкріпленням), основних архітектур нейронних мереж (MLP, CNN, RNN тощо). У процесі навчання здобувачі вищої освіти отримують необхідні знання під час проведення аудиторних занять: лекційних та лабораторних. Також велике значення в процесі вивчення та закріплення знань має самостійна робота здобувачів вищої освіти.

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	ІК, КС 4, КС 13
ПР 2	ІК, КЗ 2, КЗ 6, КС 2, КС 10
ПР 4	ІК, КС 6, КС 11
ПР 5	ІК, КЗ 2, КЗ 3, КЗ 7, КЗ 8, КС 4, КС 8, КС 10
ПР 6	ІК, КЗ 1, КЗ 2, КЗ 3, КЗ 4, КЗ 5, КЗ 8, КС 10
ПР 12	ІК, КС 1, КС 15, КС 16
ПР 13	ІК, КС 17

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 2. Застосовувати знання фундаментальних і природничих наук, системного аналізу та технологій моделювання, стандартних алгоритмів та дискретного аналізу при розв'язанні задач проектування і використання інформаційних систем та технологій.

ПР 4. Проводити системний аналіз об'єктів проектування та обґрунтовувати вибір структури, алгоритмів та способів передачі інформації в інформаційних системах та технологіях.

ПР 5. Аргументувати вибір програмних та технічних засобів для створення інформаційних систем та технологій на основі аналізу їх властивостей, призначення і технічних характеристик з урахуванням вимог до системи і експлуатаційних умов; мати навички налагодження та тестування програмних і технічних засобів інформаційних систем та технологій.

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 12. Розробляти, інтегрувати, аналізувати та підтримувати інформаційні системи штучного інтелекту для вирішення прикладних задач класифікації, кластеризації, прогнозування та генерації нових даних.

ПР 13. Аналізувати та виявляти ризики неетичного використання інформаційних моделей штучного інтелекту в контексті вирішення практичної задачі, пропонувати методи уникання цих ризиків.

ІК. 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.

КЗ 1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

КЗ 2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

КЗ 3. Здатність до розуміння предметної області та професійної діяльності.

КЗ 4. Здатність спілкуватися іноземною мовою.

КЗ 5. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

КЗ 6. Здатність до пошуку, оброблення та узагальнення інформації з різних джерел.

КЗ 7. Здатність розробляти та управляти проектами.

КЗ 8. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

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

КС 2. Здатність застосовувати стандарти в області інформаційних систем та технологій при розробці функціональних профілів, побудові та інтеграції систем, продуктів, сервісів і елементів інфраструктури організації.

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

КС 6. Здатність використовувати сучасні інформаційні системи та технології (виробничі, підтримки прийняття рішень, інтелектуального аналізу даних та інші), методики й техніки кібербезпеки під час виконання функціональних завдань та обов'язків.

КС 8. Здатність управляти якістю продуктів і сервісів інформаційних систем та технологій протягом їх життєвого циклу.

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

КС 11. Здатність до аналізу, синтезу і оптимізації інформаційних систем та технологій з використанням математичних моделей і методів.

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

КС 15. Здатність аналізувати сучасні тенденції розвитку інформаційних систем штучного інтелекту.

КС 16. Здатність формувати набори даних для навчання інформаційних моделей штучного інтелекту, проєктувати нові моделі або обирати відповідні з тих, що вже існують.

КС 17. Здатність виконувати навчання нейромережових моделей штучного інтелекту, оцінювати та контролювати їх якість в процесі використання.

ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Зміст навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Базові концепції створення штучних нейронних мереж

Тема 1. Біологічні основи нейронних мереж.

1.1. Будова та принцип функціонування біологічного нейрона.

1.2. Механізми передавання нервового імпульсу та синаптична пластичність.

1.3. Принципи паралельної обробки інформації в мозку.

1.4. Порівняння біологічного та штучного нейрона.

Тема 2. Модель штучного нейрона.

2.1. Формальна математична модель штучного нейрона.

2.2. Вагові коефіцієнти та зсув (bias).

2.3. Функції активації та їх властивості.

2.4. Персептрон і проблема лінійної роздільності.

Тема 3. Навчання штучних нейронів та мереж.

3.1. Постановка задачі навчання та функція втрат.

3.2. Градієнтний спуск та його модифікації.

3.3. Алгоритм зворотного поширення помилки.

3.4. Типи навчання нейронних мереж.

Тема 4. Топології нейронних мереж.

4.1. Поняття архітектури та топології нейронної мережі.

4.2. Одношарові та багатошарові мережі (MLP).

4.3. Рекурентні нейронні мережі.

4.4. Самоорганізовані та радіально-базисні мережі.

Змістовий модуль 2. Архітектури ШНМ для вирішення практичних задач

Тема 5. Практичні аспекти навчання ШНМ.

5.1. Підготовка та нормалізація даних.

5.2. Розбиття вибірки та оцінювання якості моделі.

5.3. Перенавчання та методи регуляризації.

5.4. Оптимізатори та налаштування гіперпараметрів.

Тема 6. Конволюційні нейронні мережі.

6.1. Операція згортки та формування карт ознак.

6.2. Шари підвибірки та архітектура CNN.

6.3. Переваги CNN у задачах обробки зображень.

6.4 Практичні приклади застосування CNN.

Тема 7. Проблеми використання ШНМ.

7.1. Проблема зникнення та вибуху градієнтів.

7.2. Перенавчання та узагальнювальна здатність моделей.

7.3. Інтерпретованість нейронних мереж.

7.4. Етичні та обчислювальні обмеження використання ШНМ.

Перелік практичних лабораторних занять за навчальною дисципліною наведено в табл. 2

Таблиця 2

Перелік лабораторних занять

Назва завдання	Зміст
Тема 1-3. Лабораторна робота 1	Ознайомлення з математичною моделлю штучного нейрона та реалізація одношарового персептрона для задачі бінарної класифікації
Тема 4. Лабораторна робота 2	Набуття практичних навичок побудови багатошарової нейронної мережі та дослідження алгоритму зворотного поширення помилки
Тема 5-6. Лабораторна робота 3	Вивчення практичних аспектів навчання нейронних мереж та методів підвищення узагальнювальної здатності моделі
Тема 7. Лабораторна робота 4	Опанування принципів побудови та навчання конволюційної нейронної мережі для задачі розпізнавання зображень

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

Таблиця 3

Перелік самостійної роботи

Назва теми	Зміст
Тема 1 - 7	Вивчення лекційного матеріалу
Тема 1 - 7	Підготовка до лабораторних робіт
Тема 1 - 7	Підготовка до екзамену

Кількість годин лекційних, 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 темами 1-7), елементи проблемних лекцій (за темами 1-7);
- наочні (демонстрації за темами 1-7);
- практичні (лабораторні заняття за темами 1-7).

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, практичних, лабораторних та семінарських 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 екзамен (іспит): максимальна сума – 60 балів; мінімальна сума, що дозволяє здобувачу вищої освіти скласти екзамен (іспит) – 35 балів.

Підсумковий контроль включає семестровий контроль та атестацію здобувача вищої освіти.

Семестровий контроль проводиться у формах семестрового екзамену (іспиту), диференційованого заліку або заліку. Складання семестрового екзамену (іспиту) здійснюється під час екзаменаційної сесії.

Максимальна сума балів, яку може отримати здобувач вищої освіти під час екзамену (іспиту) – 40 балів. Мінімальна сума, за якою екзамен (іспит) вважається складеним – 25 балів.

Підсумкова оцінка за навчальною дисципліною визначається:

– для дисциплін з формою семестрового контролю екзамен (іспит) – сумуванням балів за поточний та підсумковий контроль.

Під час викладання навчальної дисципліни використовуються наступні контрольні заходи:

Поточний контроль: лабораторні роботи за варіантом (40 балів), письмові контрольні роботи (20 балів).

Семестровий контроль: Екзамен (40 балів)

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

Приклад екзаменаційного білета та критерії оцінювання для навчальної дисципліни.

Приклад екзаменаційного білета

Харківський національний економічний університет імені Семена
Кузнеця
Перший (бакалаврський) рівень вищої освіти
Спеціальність "Інформаційні системи і технології"
Освітньо-професійна програма "Штучний інтелект"
Навчальна дисципліна "Штучні нейронні мережі"

Завдання 1 (стереотипне). (10 балів)

Реалізувати модель штучного нейрона (без використання готових високорівневих бібліотек). Вивести значення функції втрат, точність класифікації, графік зміни втрат у процесі навчання.

Завдання 2 (евристичне). (10 балів)

Побудувати багатошарову нейронну мережу для задачі класифікації або регресії та реалізувати навчання з використанням backpropagation.

Завдання 3 (діагностичне). (10 балів)

Навчити нейронну мережу на заданих даних та виявити ознаки перенавчання (через аналіз графіків loss/accuracy).

Завдання 4 (діагностичне). (10 балів)

Побудувати CNN для задачі класифікації зображень та реалізувати один згортковий шар, шар pooling, повнозв'язний шар.

Критерії оцінювання

Підсумкові бали за екзамен складаються із суми балів за виконання всіх завдань, що округлені до цілого числа за правилами математики. Алгоритм вирішення кожного завдання включає окремі етапи, які відрізняються за складністю, трудомісткістю та значенням для розв'язання завдання. Тому окремі завдання та етапи їх розв'язання оцінюються окремо один від одного таким чином:

Завдання 1. Може бути виставлено від 10 до 0 балів:

10 балів виставляється у випадку, якщо поставлене завдання розкрито повністю: реалізована повністю модель штучного нейрона (без використання готових високорівневих бібліотек) та виведені всі потрібні значення;

9 балів виставляється у випадку, якщо поставлене завдання виконано в основному правильно, але при виведенні показників допущені незначні помилки;

8 балів – якщо поставлене завдання виконано в основному правильно, але при виведенні показників допущені значні помилки;

7-6 балів – якщо поставлене завдання виконано в основному правильно, але модель штучного нейрона реалізована в неповному вигляді;

5 балів – якщо поставлене завдання виконано, але модель штучного нейрона реалізована в неповному вигляді та с помилками;

4-3 бали – якщо поставлене завдання виконано частково, модель штучного нейрона містить значні помилки;

2-1 бал – якщо поставлене завдання майже не виконано;

0 балів – якщо відсутня відповідь на питання.

Завдання 2. Може бути виставлено від 10 до 0 балів:

10 балів виставляється у випадку, якщо поставлене завдання розкрито повністю: побудовано багатошарову нейронну мережу для задачі класифікації або регресії та повністю реалізовано навчання з використанням backpropagation;

9 балів виставляється у випадку, якщо поставлене завдання виконано в основному правильно, але при навчанні з використанням backpropagation допущені незначні помилки;

8 балів – якщо поставлене завдання виконано в основному правильно, але при навчанні з використанням backpropagation допущені значні помилки;

7-6 балів – якщо поставлене завдання виконано в основному правильно, але багатошарову нейронну мережу для задачі класифікації або регресії побудовано в неповному вигляді;

5 балів – якщо поставлене завдання виконано, але багатошарову нейронну мережу для задачі класифікації або регресії побудовано з помилками;

4-3 бали – якщо поставлене завдання виконано частково, багатошарову нейронну мережу для задачі класифікації або регресії побудовано зі значними помилками та відсутнє навчання з використанням backpropagation;

2-1 бал – якщо поставлене завдання майже не виконано;

0 балів – якщо відсутня відповідь на питання.

Завдання 3. Може бути виставлено від 10 до 0 балів:

10 балів виставляється у випадку, якщо проведено навчання нейронної мережі на заданих даних та виявлено ознаки перенавчання (через аналіз графіків loss/accuracy);

9 балів – якщо проведено навчання нейронної мережі на заданих даних та виявлено ознаки перенавчання (через аналіз графіків loss/accuracy) із незначними помилками;

8 балів – якщо проведено навчання нейронної мережі на заданих даних та виявлено ознаки перенавчання (через аналіз графіків loss/accuracy) із незначними помилками із значними помилками;

7-6 балів – якщо навчання нейронної мережі на заданих даних проведено неповністю та виявлено ознаки перенавчання (через аналіз графіків loss/accuracy) із значними помилками;

5 балів – якщо навчання нейронної мережі на заданих даних проведено неповністю;

4-3 бали – якщо навчання нейронної мережі на заданих даних майже не проведено;

2-1 бал – якщо поставлене завдання майже не виконано;

0 балів – якщо відсутня відповідь на поставлене питання.

Завдання 4. Може бути виставлено від 10 до 0 балів:

10 балів виставляється у випадку, якщо побудовано CNN для задачі класифікації зображень та реалізовано один згортковий шар, шар pooling, повнозв'язний шар;

9 балів – якщо побудовано CNN для задачі класифікації зображень та реалізовано один згортковий шар, шар pooling, повнозв'язний шар із незначними помилками;

8 балів – якщо побудовано CNN для задачі класифікації зображень та реалізовано один згортковий шар, шар pooling, повнозв'язний шар із значними помилками;

7-6 балів – якщо побудовано CNN для задачі класифікації зображень неповністю та реалізовано один згортковий шар, шар pooling, повнозв'язний шар із незначними помилками;

5 балів – якщо побудована CNN для задачі класифікації зображень із значними помилками;

4-3 бали – якщо побудована CNN для задачі класифікації зображень із значними помилками та відсутня реалізація згорткового шару, шару pooling та повнозв'язного шару;

2-1 бал – якщо поставлене завдання майже не виконано;

0 балів – якщо відсутня відповідь на поставлене питання.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Дмитрієнко В. Д. Нейронні мережі: від найпростіших моделей біологічних систем до систем штучного інтелекту [Електронний ресурс] : навч. посібник / Дмитрієнко В. Д., Леонов С. Ю., Заковоротний О. Ю. ; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". – Електрон. текст. дані. – Харків, 2025. – 232 с. Режим доступу: <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/86346>.

2. Штучні нейронні мережі: навчальний посібник / С. В. Ткаліченко. – Кривий Ріг, 2023. –150 с. Режим доступу: <https://dspace.duet.edu.ua/handle/123456789/892>

3. Гороховатський В.О., Творошенко І.С. Методи інтелектуального аналізу та оброблення даних: навч. посібник. – Харків : ХНУРЕ, 2021. – 92 с.

Додаткова

4. Беседовський О. Дослідження ґрунтовних відмінностей штучного інтелекту та машинного навчання / О. Беседовський // Вісник Хмельницького

національного університету. Серія: Технічні науки. – 2024. - Т. 341. - № 5. - С. 515-520. Режим доступу: <https://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/36144>

5. Солодовник Г. В. Методи та системи штучного інтелекту : навчальний посібник. – Харків : ТОВ «ДІСА ПЛЮС», 2021. -177 с. Режим доступу: <https://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/34052>.

6. Arnulf Jentzen, Benno Kuckuck, Philippe von Wurstemberger Mathematical Introduction to Deep Learning: Methods, Implementations, and Theory, 2025, pp. 737.

7. Charu C. Aggarwal Neural Networks and Deep Learning: A Textbook, Springer, 2023, pp.529.

8. Тютюник В.В. Особливості застосування нечітких когнітивних карт сценарного моделювання функціонування критичної інфраструктури в умовах надзвичайних ситуацій воєнного характеру / В.В. Тютюник, О.О. Тютюник, Д.В. Усачов // Modern Information Technologies in the Sphere of Security and Defence. - 2025. - № 3(54). – С. 93-102. Режим доступу: <https://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/38759>.

Інформаційні ресурси

9. Introduction to Machine Learning / Alex Smola and S.V.N. Vishwanathan – Режим доступу до ресурсу: <https://alex.smola.org/drafts/thebook.pdf/>