

МІНІСТЕРСТВО ФІНАНСІВ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ПОДАТКОВИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет фінансів та цифрових технологій  
Кафедра кібернетики та прикладної математики

Затверджено

Науково-методична рада ДПУ

від « 11 » 01 2024 № 5

Голова НМР  Іван ШЕМЕЛИНЕЦЬ

**Робоча програма  
навчальної дисципліни**

«Штучні нейронні мережі в моделюванні, прогнозуванні та аналізу даних»  
для підготовки здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня  
(денної форми навчання)  
галузь знань 05 «Соціальні та поведінкові науки»  
спеціальність 051 «Економіка»

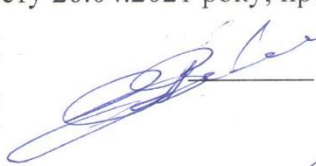
ОПП: «Економічна кібернетика»

Статус дисципліни: обов'язкова

Ірпінь – 2024

Робоча програма навчальної дисципліни «Штучні нейронні мережі в моделюванні, прогнозуванні та аналізі даних» складена на основі освітньо-професійної програми «Економічна кібернетика» першого (бакалаврського) освітнього рівня, спеціальності 051 «Економіка», затвердженої Вченою радою Університету 26.04.2021 року, протокол №5

Укладачі:



В.В. Лаговський, к.е.н., доцент, зав. кафедри кібернетики та прикладної математики

Гаранти освітніх програм



В.В. Лаговський, к.е.н., доцент, зав. Кафедри кібернетики та прикладної математики

Робочу програму навчальної дисципліни розглянуто та схвалено кафедрою кібернетики та прикладної математики, протокол від «27» листопада 2023 р. № 5

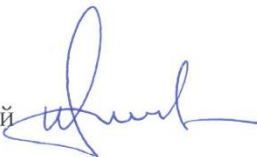
Завідувач кафедри



В.В. Лаговський, к.е.н., доцент

Розглянуто і схвалено Вченою радою Факультету фінансів та цифрових технологій, протокол від «12» грудня 2023 р. №5

Голова Вченої ради факультету фінансів та цифрових технологій



В.В. Корнєєв, д.е.н., професор

Завідувач навчально-методичного відділу



І.В. Качур, к.біол.н, доцент

Реєстраційний № \_\_\_\_\_

## Зміст

1. Передмова	4
2. Опис навчальної дисципліни	5
2.1. Компетентності і результати навчання	6
2.2. Пререквізити та постреквізити	7
2.3. Структура навчальної дисципліни	8
3. Програма навчальної дисципліни	9
4. Критерії оцінювання рівня навчальних досягнень здобувачів вищої освіти	16
5. Засоби діагностики результатів навчання	19
6. Форми та питання поточного та підсумкового контролю	19
7. Рекомендована література	22
8. Лист погодження	24

## 1. ПЕРЕДМОВА

Дисципліна «Штучні нейронні мережі в моделюванні, прогнозуванні та аналізі даних» є однією з фундаментальних дисциплін підготовки бакалаврів за освітньо-професійною програмою «Економічна кібернетика» першого (бакалаврського) освітнього рівня, спеціальності 051 «Економіка». Набуття вмінь та навичок з основ штучних нейронних мереж є базою, що забезпечує подальше вивчення спеціальних дисциплін при подальшому самонавчанні, пов'язаних з фаховою діяльністю та практичним вирішенням питань у моделюванні, прогнозуванні, а також при аналізі даних методами та засобами штучного інтелекту.

Матеріал курсу допоможе при підготовці наукових статей, доповідей на науково-практичних конференціях.

**Мета навчальної дисципліни:** вивчення студентами базових понять, принципів та методів побудови штучних нейронних мереж з метою аналізу даних.

**Завдання навчальної дисципліни:** ознайомити студентів з видами та методами побудови штучних нейронних мереж, а також з існуючим інструментарієм для моделювання, прогнозування та аналізу даних за допомогою штучних нейронних мереж.

### **Методи навчання:**

1. Методи організації та здійснення навчально-пізнавальної діяльності:
  - словесні, наочні, практичні методи;
  - індуктивні методи і дедуктивний метод;
  - творчі, проблемно-пошукові методи;
  - навчальна робота під керівництвом, самостійна робота.
2. Методи стимулювання й мотивації навчально-пізнавальної діяльності:
  - методи стимулювання інтересу до навчання (створення ситуації інтересу при викладанні того чи іншого матеріалу, навчальні дискусії, аналіз життєвих ситуацій);
  - методи стимулювання обов'язку й відповідальності (роз'яснення мети навчальної дисципліни, вимоги до вивчення навчальної дисципліни, заохочення, покарання).
3. Методи контролю за ефективністю навчально-пізнавальної діяльності:
  - метод усного опитування;
  - письмовий контроль;
  - тестові методи;
  - практична контрольна перевірка;
  - екзамен.

**Форми організації навчання:** лекційні заняття, лабораторні роботи, самостійна робота здобувача вищої освіти, індивідуально-консультаційна робота під керівництвом викладача, тестові завдання.

### **Організація поточного та підсумкового контролю знань**

Поточний контроль здійснюється під час лабораторних занять, при проведенні модульних контрольних робіт, оцінювання результатів виконання лабораторних робіт та завдань для самостійного вирішення, за допомогою тестів.

Підсумковий контроль – екзамен. Підсумкове оцінювання знань здійснюється на основі оцінювання відповідей на теоретичні питання і вирішення практичних завдань.

## 2. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Денна форма навчання  
(група ЕКБ-21-1)

Найменування показників	Рівень вищої освіти, галузь знань, спеціальність, освітня програма	Характеристика навчальної дисципліни
		денна форма
Кількість кредитів - 5	Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)	Обов'язкова
Модулів - 1	Галузь знань: 05 «Соціальні та поведінкові науки»	<b>Рік підготовки:</b> 4-й
Змістових модулів - 2		<b>Семестр:</b> 7-й
Загальна кількість годин - 150	Спеціальність 051 «Економіка» Освітня програма: «Економічна кібернетика»,	<b>Лекції:</b> 26 год
		<b>Лабораторні роботи:</b> 24 год.
		<b>Самостійна робота:</b> 97 год.
		<b>Інд. консульт. робота:</b> 3 год.
		<b>Вид контролю:</b> Екзамен

## 2.1. КОМПЕТЕНТНОСТІ І РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

### Освітня програма «Економічна кібернетика»

(ЕКБ-21-1)

<p>ІК. Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми в економічній сфері, які характеризуються комплексністю та невизначеністю умов, що передбачає застосування теорій та методів економічної науки.</p> <p>ЗК7. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.</p> <p>СК11. Здатність обґрунтовувати економічні рішення на основі розуміння закономірностей економічних систем і процесів та із застосуванням сучасного методичного інструментарію.</p> <p>СК13. Здатність проводити економічний аналіз функціонування та розвитку суб'єктів господарювання, оцінку їх конкурентоспроможності.</p> <p>СК14. Здатність поглиблено аналізувати проблеми і явища в одній або декількох професійних сферах з врахуванням економічних ризиків та можливих соціально-економічних наслідків.</p> <p>ФК 1 Здатність описувати і моделювати соціально- економічні системи.</p> <p>ФК 2 Здатність застосовувати мови програмування для роботи з базами даних, збору, представлення та аналізу інформації.</p>	<p>ПРН 4. Усвідомлювати основні особливості сучасної світової та національної економіки, інституційної структури, напрямів соціальної, економічної та зовнішньоекономічної політики держави.</p> <p>ПРН 6. Застосовувати аналітичний та методичний інструментарій для обґрунтування пропозицій та прийняття управлінських рішень різними економічними агентами (індивідуумами, домогосподарствами, підприємствами та органами державної влади).</p> <p>ПРН 9. Проводити аналіз функціонування та розвитку суб'єктів господарювання, визначати функціональні сфери, розраховувати відповідні показники які характеризують результативність їх діяльності.</p> <p>ПРН 10. Вміти аналізувати процеси державного та ринкового регулювання соціально-економічних і трудових відносин.</p> <p>ПРН 11. Застосовувати набуті теоретичні знання для розв'язання практичних завдань та змістовно інтерпретувати отримані результати.</p> <p>ПРН 12. Ідентифікувати джерела та розуміти методологію визначення і методи отримання соціально-економічних даних, збирати та аналізувати необхідну інформацію, розраховувати економічні та соціальні показники.</p> <p>ПРН 13. Вміти використовувати дані, надавати аргументацію, критично оцінювати логіку та формувати висновки з наукових та аналітичних текстів з економіки.</p> <p>ПРН 16. Використовувати інформаційні та комунікаційні технології для вирішення соціально-економічних завдань, підготовки та представлення аналітичних звітів.</p> <p>ПРН 17. Вміти абстрактно мислити, застосовувати аналіз та синтез для виявлення ключових характеристик економічних систем різного рівня, а також особливостей поведінки їх суб'єктів. Формування суджень:</p> <p>ПРН 22. Демонструвати гнучкість та адаптивність у нових ситуаціях, у роботі із новими об'єктами, та у невизначених умовах.</p> <p>ПРН 23. Показувати навички самостійної роботи, демонструвати критичне, креативне, самокритичне мислення.</p>
--	---

## **2.2. ПРЕРЕКВІЗИТИ ТА ПОСТРЕКВІЗИТИ ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Пререквізити вивчення дисципліни. Прогнозування соціально-економічних процесів, Об'єктно-орієнтоване програмування, Моделі і системи прийняття рішень та ризикологія, Інтелектуальний аналіз даних.

Постреквізити вивчення дисципліни. Знання, вміння і навички здобуті під час вивчення дисципліни використовуються в наступних дисциплінах: виробнича практика.

### 2.3. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Денна форма навчання

ЕКБ-21-1

№ п/п	Змістовні модулі	Кількість годин				
		Денна форма				
		Усього	У тому числі			
Лекції	Лабораторні роботи		Інд.-конс. заняття	Самостійна робота		
<b>Модуль I</b>						
<b>Змістовий модуль 1. Базові концепції штучних нейронних мереж</b>						
T.1	Основні поняття та концепції штучних нейронних мереж.	10	2	2	-	6
T.2	Огляд бібліотек Python для нейронних мереж.	10	2	2	-	6
T.3	Різновиди архітектури штучних нейронних мереж.	10	2	2	-	6
T.4	Парадигми навчання нейронних мереж.	10	2	2	-	6
T.5	Підготовка даних для навчання штучних нейронних мереж.	10	2	2	-	6
<b>Форма модульного контролю - контрольна робота</b>						
	<b>Разом змістовий модуль I</b>	<b>50</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>-</b>	<b>30</b>
<b>Змістовий модуль 2. Основні архітектури нейронних мереж</b>						
T.6	Штучні нейронні мережі прямого поширення.	15	2	2	-	11
T.7	Рекурентні штучні мережі.	15	2	4	-	9
T.8	Мережі із самонавчанням.	20	4	4	-	12
T.9	Різновиди сучасних нейромережових технологій.	20	2	2	-	16
T.10	Сучасний стан та перспективи розвитку нейроінформатики.	15	2	2	-	11
T.11	Гібридні мережі	15	4	-	3	8
	<b>Разом змістовий модуль II</b>	<b>100</b>	<b>16</b>	<b>14</b>	<b>3</b>	<b>67</b>
	<b>Разом</b>	<b>150</b>	<b>26</b>	<b>24</b>	<b>3</b>	<b>97</b>
<b>Форма модульного контролю - контрольна робота (тестування)</b>						
<b>Форма підсумкового контролю - екзамен</b>						



**РЕЙТИНГ-ПЛАН**  
Денна форма навчання  
ЕКБ-21-1

Години	Тема	Форма заняття та діяльності	Результати навчання	Вага оцінки (кількість балів)
<b>Змістовий модуль 1. Базові концепції штучних нейронних мереж</b>				
2	Т.1. Основні поняття та концепції штучних нейронних мереж	Лекція	ПРН 6, ПРН 9, ПРН 10, ПРН 11, ПРН 12, ПРН 13, ПРН 16, ПРН 17, ПРН 22, ПРН 23	<b>0</b>
2		Лабораторна робота		<b>3</b>
2	Т.2. Огляд бібліотек Python для нейронних мереж	Лекція	ПРН 6, ПРН 9, ПРН 10, ПРН 11, ПРН 12, ПРН 13, ПРН 16, ПРН 17, ПРН 22, ПРН 23	<b>0</b>
2		Лабораторна робота		<b>3</b>
2	Т.3. Різновиди архітектури штучних нейронних мереж.	Лекція	ПРН 6, ПРН 9, ПРН 10, ПРН 11, ПРН 12, ПРН 13, ПРН 16, ПРН 17, ПРН 22, ПРН 23	<b>0</b>
2		Лабораторна робота		<b>3</b>
2	Т.4. Парадигми навчання нейронних мереж.	Лекція	ПРН 6, ПРН 9, ПРН 10, ПРН 11, ПРН 12, ПРН 13, ПРН 16, ПРН 17, ПРН 22, ПРН 23	<b>0</b>
2		Лабораторна робота		<b>3</b>
2	Т.5. Підготовка даних для навчання штучних нейронних мереж.	Лекція	ПРН 4, ПРН 6, ПРН 9, ПРН 10, ПРН 11, ПРН 12, ПРН 13, ПРН 16, ПРН 17, ПРН 22, ПРН 23	<b>0</b>
2		Лабораторна робота		<b>3</b>
Модульний контроль		Контрольна робота (за рахунок лабораторної роботи 40 хв.)		<b>3</b>
<b>Змістовий модуль 2. Основні архітектури нейронних мереж</b>				
2	Т.6. Штучні нейронні мережі прямого поширення	Лекція	ПРН 4, ПРН 6, ПРН 9, ПРН 10, ПРН 11, ПРН 12, ПРН 13, ПРН 16, ПРН 17, ПРН 22, ПРН 23	<b>0</b>
2		Лабораторна робота		<b>3</b>
2	Т.7. Рекурентні штучні мережі	Лекція	ПРН 4, ПРН 6, ПРН 9, ПРН 10, ПРН 11, ПРН 12, ПРН 13, ПРН 16, ПРН 17, ПРН 22, ПРН 23	<b>0</b>
4		Лабораторна робота		<b>6=2*3</b>
4	Т.8. Мережі із самонавчанням	Лекція	ПРН 6, ПРН 9, ПРН 10, ПРН 11, ПРН 12, ПРН 13, ПРН 16, ПРН 17, ПРН 22, ПРН 23	<b>0</b>
4		Лабораторна робота		<b>6=2*3</b>
2	Т.9. Різновиди сучасних нейромережевих технологій	Лекція	ПРН 6, ПРН 9, ПРН 10, ПРН 11, ПРН 12, ПРН 13, ПРН 16, ПРН 17, ПРН 22, ПРН 23	<b>0</b>
2		Лабораторна робота		<b>3</b>
2	Т.10. Сучасний стан та перспективи розвитку нейроінформатики	Лекція	ПРН 6, ПРН 9, ПРН 10, ПРН 11, ПРН 12, ПРН 13, ПРН 16, ПРН 17, ПРН 22, ПРН 23	<b>0</b>
2		Лабораторна робота		<b>3</b>
4	Т.12. Гібридні мережі	Лекція	ПРН 6, ПРН 9, ПРН 10, ПРН 11, ПРН 12,	<b>0</b>

		ПРН 13, ПРН 16, ПРН 17, ПРН 22, ПРН 23	
3	Індивідуальна робота		3
Модульний контроль	Контрольна робота (за рахунок лабораторної роботи 40 хв.)		3
Комп'ютерне тестування на платформі дистанційного навчання ДПУ MOODLE			5
Усього за модулем I			50
	Підсумковий контроль	Екзамен	50
Усього			100

### 3. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

#### Модуль I

##### Змістовий модуль 1. Базові концепції штучних нейронних мереж

##### Тема 1. Основні поняття та концепції штучних нейронних мереж

###### *План лекційного заняття*

1. Огляд можливостей інтелектуальних інформаційних технологій заснованих на штучних нейронних мережах.
2. Історія розвитку нейронних мереж.
3. Поняття штучної нейронної мережі.
4. Модель нейронну.
5. Функції активації нейронна.

###### *Лабораторна робота*

Програмна реалізація перцептронну.

###### *План самостійної роботи здобувачів вищої освіти*

1. Задачі, що вимагають для розв'язання з використанням нейронних мереж.

###### *Перелік питань для самоконтролю*

1. Можливості інтелектуальних інформаційних технологій заснованих на штучних нейронних мережах.
2. Поняття штучної нейронної мережі.
3. Модель нейронну.
4. Функції активації нейронна.
5. Приклади задач, що вимагають для розв'язання з використанням нейронних мереж.

###### *Рекомендовані літературні джерела*

Основна: 1, 2, 3, 4.

Допоміжна: 1, 2, 3

Інформаційні ресурси Інтернет: 4.

Міжнародні видання: 1, 2, 3.

##### Тема 2. Огляд бібліотек Python для нейронних мереж

###### *План лекційного заняття*

1. Бібліотека Theano.
2. Бібліотека TensorFlow.
3. Бібліотека Keras. Anaconda Python.

###### *Лабораторна робота.*

Побудова найпростішої нейронної мережі за допомогою бібліотек Python

###### *План самостійної роботи здобувачів вищої освіти*

1. Програмна реалізація нейронних мереж.

### ***Перелік питань для самоконтролю***

1. Можливості, переваги та недоліки бібліотеки Theano.
2. Можливості, переваги та недоліки бібліотеки TensorFlow.
3. Можливості, переваги та недоліки бібліотеки Keras.
4. Можливості, переваги та недоліки бібліотеки Anaconda Python

### ***Рекомендовані літературні джерела***

Основна: 1, 2.

Допоміжна: 1, 2, 3.

Інформаційні ресурси Інтернет: 1-4.

Міжнародні видання: 3.

### **Тема 3. Різновиди архітектур штучних нейронних мереж**

#### ***План лекційного заняття***

1. Класифікаційні ознаки.
2. Класифікація за типом вхідної інформації.
3. Класифікація за кількістю шарів.
4. Класифікація за характером навчання.
5. Класифікація за характером налаштування синапсів.

#### ***Лабораторна робота.***

Дослідження одношарових нейронних мереж на прикладі моделювання булевих виразів (задача класифікації для двох класів).

#### ***План самостійної роботи здобувачів вищої освіти***

1. Класифікація за часом передачі сигналу.
2. Класифікація за характером зв'язків.

### ***Перелік питань для самоконтролю***

1. Класифікація за часом передачі сигналу.
2. Класифікація за характером зв'язків.
3. Класифікація за типом вхідної інформації.
4. Класифікація за кількістю шарів.
5. Класифікація за характером навчання.
6. Класифікація за характером налаштування синапсів.

### ***Рекомендовані літературні джерела***

Основна: 1, 2, 3, 4.

Допоміжна: 1, 2, 3.

Інформаційні ресурси Інтернет: 1.

Міжнародні видання: 1, 2, 3.

### **Тема 4. Парадигми навчання нейронних мереж**

#### ***План лекційного заняття***

1. Навчання з учителем.
2. Навчання без учителя.
3. Стохастичне навчання нейромереж.
4. Нейронні мережі із самонавчанням.

#### ***Лабораторна робота***

Застосування нейронної мережі для побудови регресійної моделі.

#### ***План самостійної роботи здобувачів вищої освіти***

1. Алгоритми та особливості парадигм навчання штучних нейронних мереж.

### ***Перелік питань для самоконтролю***

1. Суть алгоритму навчання з учителем.

2. Суть алгоритму навчання без учителя.
3. Стохастичне навчання нейромереж.
4. Нейронні мережі із самонавчанням.

#### ***Рекомендовані літературні джерела***

Основна: 1, 2, 3, 4.

Допоміжна: 1, 2, 3.

Інформаційні ресурси Інтернет: 1, 2, 3, 4.

Міжнародні видання: 1, 2, 3.

### **Тема 5. Підготовка даних для навчання штучних нейронних мереж**

#### ***План лекційного заняття***

1. Максимізація ентропії як ціль передобробки даних.
2. Кодування ординальних та категоріальних параметрів, нормування даних.
3. Формування оптимального простору ознак.
4. Перенавчання мережі.
5. Поліпшення здатності мережі до узагальнення.
6. Методи регуляризації.
7. Метод раннього зупину.

#### ***Лабораторна робота***

Підготовка даних до навчання

#### ***План самостійної роботи здобувачів вищої освіти***

1. Передобробка даних:
  - кодування,
  - нормалізація,
  - стандартизація,
  - «вибілення».

#### ***Перелік питань для самоконтролю***

1. Максимізація ентропії.
2. Передобробка даних.
3. Кодування ординальних та категоріальних параметрів.
4. Нормування даних.
5. Формування оптимального простору ознак.
6. Перенавчання мережі.
7. Поліпшення здатності мережі до узагальнення.
8. Методи регуляризації.
9. Метод раннього зупину.

#### ***Рекомендовані літературні джерела***

Основна: 1, 2, 3, 4.

Допоміжна: 2, 3.

Інформаційні ресурси Інтернет: 1, 3, 4.

Міжнародні видання: 1, 2, 3.

### **Змістовий модуль 2. Основні архітектури нейронних мереж**

#### **Тема 6. Штучні нейронні мережі прямого поширення.**

#### ***План лекційного заняття.***

1. Поняття перцептрон.
2. Адаптивні лінійні аналізатори.
3. Радіальнобазисні штучні нейронні мережі.

### ***Лабораторна робота.***

Вивчення алгоритмів навчання багатошарового перцептронну на прикладі задачі розпізнавання образів.

#### ***План самостійної роботи здобувачів вищої освіти***

1. Моделювання роботи мереж прямого поширення в середовищі MatLab.
2. Застосування різновидів мереж прямого поширення.

#### ***Перелік питань для самоконтролю***

1. Поняття перцептрон.
2. Адаптивні лінійні аналізатори.
3. Радіальнобазисні штучні нейронні мережі.

#### ***Рекомендовані літературні джерела***

Основна: 1, 2, 3, 4.

Допоміжна: 1, 2, 3.

Інформаційні ресурси Інтернет: 1, 2, 3, 4.

Міжнародні видання: 1, 2, 3.

### **Тема 7. Рекурентні штучні мережі.**

#### ***План лекційного заняття***

1. Узагальнена архітектура рекурентної нейронної мережі і особливості функціонування. Мережа Елмана.
2. Поняття про стійкість динамічних штучних нейронних мереж.
3. Архітектура мережі Хопфілда.
4. Нейродинаміка в мережі Хопфілда.
5. Гетероасоціативна пам'ять.
6. Автоасоціативна пам'ять.
7. Двоспрямована асоціативна пам'ять.

### ***Лабораторна робота***

Дослідження апроксимативних властивостей нейронних мереж RBF.

### ***Лабораторна робота.***

Дослідження рекурентної нейронної мережі Хопфілда на прикладі задачі розпізнавання образів

#### ***План самостійної роботи здобувачів вищої освіти***

1. Моделювання роботи мереж Елмана і Хопфілда в середовищі Python.
2. Застосування різновидів рекурентних мереж до прогнозування.

#### ***Перелік питань для самоконтролю***

1. Мережа Елмана.
2. Мережі Хопфілда.
3. Гетероасоціативна пам'ять.
4. Автоасоціативна пам'ять.
5. Двоспрямована асоціативна пам'ять.

#### ***Рекомендовані літературні джерела***

Основна: 1, 2, 3, 4.

Допоміжна: 1, 2, 3.

Інформаційні ресурси Інтернет: 1, 2, 3, 4.

Міжнародні видання: 1, 2, 3.

### **Тема 8. Мережі із самонавчанням.**

#### ***План лекційного заняття.***

1. Карті самоорганізації.
2. Архітектура та принцип роботи одношарової конкурентної мережі (шару Кохонена).
3. Навчання шару Кохонена.

4. Поняття про «мертві нейрони».
5. Типи топології мап Кохонена.
6. Способи обчислення відстані між нейронами.
7. Навчання мапи Кохонена.

***Лабораторна робота.***

Побудова та навчання мережі Кохонена для задачі класифікації (частина I).

***Лабораторна робота.***

Побудова та навчання мережі Кохонена для задачі класифікації (частина II).

***План самостійної роботи здобувачів вищої освіти***

1. Моделювання роботи мережі Кохонена та мапи Кохонена

***Перелік питань для самоконтролю***

1. Типи топології мап Кохонена.
2. Способи обчислення відстані між нейронами.
3. Навчання мапи Кохонена.

***Рекомендовані літературні джерела***

Основна: 1, 2, 3, 4.

Допоміжна: 1, 2, 3.

Інформаційні ресурси Інтернет: 2, 3.

Міжнародні видання: 1, 2, 3, 4.

**Тема 9. Різновиди сучасних нейромережних технологій**

***План лекційного заняття***

1. Нечіткі нейромережні парадигми.
2. Глибинні нейронні мережі.
3. Еволюційно-параметрична оптимізація нейромереж.

***Лабораторна робота.***

Дослідження рекурентної нейронної мережі Ельмана на прикладі задачі прогнозування стохастичних рядів.

***План самостійної роботи здобувачів вищої освіти***

1. Побудова рекурентної нейронної мережі Ельмана за допомогою Python.

***Перелік питань для самоконтролю***

1. Нечітка логіка.
2. Нечіткі нейромережі.
3. Оптимізація нейромереж.

***Рекомендовані літературні джерела***

Основна: 1, 2, 3, 4.

Допоміжна: 1, 2.

Інформаційні ресурси Інтернет: 1, 2, 3, 4.

Міжнародні видання: 1, 2, 3.

**Тема 10. Сучасний стан та перспективи розвитку нейроінформатики.**

***План лекційного заняття***

1. Програмні та апаратні реалізації штучних нейронних мереж.
2. Промислове застосування нейронних мереж.
3. Актуальні напрямки досліджень сучасної нейронауки.

***Лабораторна робота.***

Дослідження часового ряду за допомогою нейронних мереж.

***План самостійної роботи здобувачів вищої освіти***

1. Нейронні мережі та системи підтримки прийняття рішень на базі штучного інтелекту.

***Перелік питань для самоконтролю***

1. Актуальні напрямки досліджень сучасної нейронауки.
2. Штучний інтелект.
3. Приклади застосування нейронних мереж в економіці та промисловості.

***Рекомендовані літературні джерела***

Основна: 1, 2, 3, 4.

Допоміжна: 1, 2, 3.

Інформаційні ресурси Інтернет: 1, 2, 3, 4.

Міжнародні видання: 1, 2, 3.

**Тема 11. Гібридні мережі**

***План лекційного заняття***

1. Мережа зустрічного поширення.
  - Структура повної мережі зустрічного поширення.
  - Гібридна мережа Кохонена.
2. Рекурентні мережі.
  - Мережа Хопфілда.
  - Мережа Хеммінга.
  - Рекурентна мережа Ельмана.

***План самостійної роботи здобувачів вищої освіти***

1. Спеціалізовані мережі.
  - Мережа Вольтеррі.
  - Мережа каскадної кореляції Фальмана.

***Індивідуально-консультативна робота***

Дослідження економічних показників засобами штучних нейронних мереж

***Перелік питань для самоконтролю***

1. Структура повної мережі зустрічного поширення.
2. Гібридна мережа Кохонена.
3. Мережа Хопфілда.
4. Мережа Хеммінга.
5. Рекурентна мережа Ельмана.
6. Мережа Вольтеррі.
7. Мережа каскадної кореляції Фальмана.

***Рекомендовані літературні джерела***

Основна: 1 - 4.

Допоміжна: 1, 2, 3.

Інформаційні ресурси Інтернет: 1, 2, 3, 4.

Міжнародні видання: 1 - 4.

#### 4. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ НАВЧАЛЬНИХ ДОСЯГНЕНЬ ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Загальний розподіл балів, які здобувач вищої освіти може отримати в межах 100-бальної системи оцінювання, представлено в таблиці.

Максимальна кількість балів отримана здобувачем вищої освіти на лабораторному занятті становить 3 бали для денної форми навчання.

Виконання самостійної роботи, як правило, оцінюється під час проведення лабораторного заняття у вигляді опитування в тому числі за питаннями, які виносяться на самостійну роботу.

##### Шкала оцінювання роботи здобувачів вищої освіти на лабораторних заняттях

Кількість балів	Критерії оцінювання
3	В повному обсязі володіє навчальним матеріалом, вільно самостійно та аргументовано його викладає під час усних відповідей, глибоко та всебічно розкриває зміст теоретичних питань та практичних завдань, використовуючи при цьому обов'язкову та додаткову літературу. Лабораторну роботу виконав повністю і самостійно.
2	Володіє навчальним матеріалом. Фрагментарно, поверхово (без аргументації) викладає його під час усних відповідей, недостатньо розкриває зміст теоретичних питань та практичних завдань, допускаючи при цьому не суттєві помилки (більше технічного характеру). Лабораторну роботу виконав повністю. Частина лабораторної роботи виконав не самостійно.
1	Не в повному обсязі володіє навчальним матеріалом. Фрагментарно, поверхово (без аргументації) викладає його під час усних відповідей, недостатньо розкриває зміст теоретичних питань та практичних завдань, допускаючи при цьому суттєві неточності. Лабораторну роботу виконав не самостійно.
0	Не володіє навчальним матеріалом та не в змозі його викласти, не розуміє змісту теоретичних питань та практичних завдань, не вирішив жодного практичного завдання.

##### Критерії оцінювання контрольних робіт

Формою проміжного поточного контролю є контрольні роботи, які проводяться у письмовій формі та кожна з яких оцінюється від 0 до 3 балів.

##### Розподіл балів за різні види завдань в межах контрольної роботи

Вид завдання	Максимальна кількість балів за виконання
Теоретичні питання	2
Практичне завдання	1
Всього	3

##### Критерії оцінювання відповіді на теоретичне питання

Критерії оцінювання	Кількість балів
Оцінюється робота здобувача вищої освіти, який у повному обсязі дав відповіді на всі питання. При цьому використовував актуальну наукову термінологію, належним чином обґрунтовував свої думки та зробив узагальнені підсумки.	2
Оцінюється робота здобувача вищої освіти, який дав фрагментарні відповіді на теоретичні питання (без аргументації й обґрунтування, підсумків), у відповідях присутні неточності та помилки або відповідь дана лише на окремі питання.	1



Оцінюється робота здобувача вищої освіти, який дав неправильну відповідь на всі теоретичні питання, допустив істотні помилки, оперував неактуальною застарілою інформацією або відповіді на питання відсутні взагалі.	0
---	---

### Критерії оцінювання відповіді на практичне завдання

Критерії оцінювання	Кількість балів
Оцінюється робота здобувача вищої освіти, який у повному обсязі дав відповіді на всі практичні завдання. При цьому використовував актуальну наукову термінологію, належним чином обґрунтовував свої думки та зробив узагальнені підсумки.	1
Оцінюється робота здобувача вищої освіти, який дав неправильну відповідь на всі практичні завдання, допустив істотні помилки, оперував неактуальною застарілою інформацією або відповіді на питання відсутні взагалі.	0

### Критерії оцінювання тестового контролю на платформі Moodle

Критерії оцінювання	Кількість балів
Оцінюється робота здобувача вищої освіти, який повністю розкрив всі питання.	5
Оцінюється робота здобувача вищої освіти, який дав відповіді на 85-95% всіх питань.	4
Оцінюється робота здобувача вищої освіти, який дав відповіді на 75-84% всіх питань	3
Оцінюється робота здобувача вищої освіти, який дав відповіді на 45-75% всіх питань	2
Оцінюється робота здобувача вищої освіти, який розкрив сутність менше половини питань.	1
Оцінюється робота здобувача вищої освіти, який взагалі не розкрив сутність визначень.	0

### Критерії оцінювання індивідуально-консультаційної роботи.

Індивідуальна робота оцінюється від 0 до 3 балів.

### Шкала оцінювання індивідуально-консультаційної роботи здобувачів вищої освіти

Кількість балів	Критерії оцінювання
3	Робота виконана повністю, правильно оформлена. Не містить помилок. Висновки зроблені і правильні. Показано відмінне володіння матеріалом.
2	Робота виконана повністю, допущено неправильне оформлення. Допущені помилки і неточності які призводять до неправильного результату. Висновки не зроблені або можуть бути не повні. Показано задовільне володіння матеріалом.
1	Робота виконана не повністю, допущені грубі помилки.
0	Не виконано індивідуальну роботу.

Підсумкове оцінювання знань здобувачів вищої освіти здійснюється за результатами поточного контролю (від 0 до 50 балів) та екзамену (від 0 до 50 балів). Критерієм успішного проходження здобувачем освіти підсумкового оцінювання є отримання не менше 25 балів за поточний контроль та 25 балів за підсумковий контроль у формі екзамену.

## Критерії оцінювання підсумкового контролю

### Розподіл балів за різні види завдань в межах підсумкового контролю

Вид завдання	Максимальна кількість балів за виконання
Теоретичні питання (2 питання)	2*10=20
Практичне завдання (3 завдання)	3*10=30
Всього	50

### Критерії оцінювання відповіді на теоретичне питання

Критерії оцінювання	Кількість балів
Оцінюється робота здобувача вищої освіти, який у повному обсязі дав відповіді на всі питання. При цьому використовував актуальну наукову термінологію, належним чином обґрунтовував свої думки та зробив узагальнені підсумки.	10
Оцінюється робота здобувача вищої освіти, який у повному обсязі дав відповіді на всі питання. При цьому не використовував актуальну наукову термінологію, належним чином не обґрунтовував свої думки та не зробив узагальнені підсумки.	9-7
Оцінюється робота здобувача вищої освіти, який дав фрагментарні відповіді на теоретичні питання (без аргументації й обґрунтування, підсумків), у відповідях присутні неточності відповідь дана лише на окремі питання.	4-6
Оцінюється робота здобувача вищої освіти, який дав фрагментарні відповіді на теоретичні питання (без аргументації й обґрунтування, підсумків), у відповідях присутні помилки.	1-3
Оцінюється робота здобувача вищої освіти, який дав неправильну відповідь на теоретичне питання, допустив істотні помилки, оперував неактуальною застарілою інформацією або відповіді на питання відсутні взагалі.	0

### Критерії оцінювання відповіді на практичне завдання

Критерії оцінювання	Кількість балів
Оцінюється робота здобувача вищої освіти, який у повному обсязі розв'язав практичні завдання. При цьому використовував актуальну наукову термінологію, належним чином обґрунтовував свої думки та зробив узагальнені підсумки.	10
Оцінюється робота здобувача вищої освіти, який у повному обсязі розв'язав практичні завдання. При цьому не використовував актуальну наукову термінологію, належним чином не обґрунтовував свої думки та зробив не узагальнені підсумки	9-8
Оцінюється робота здобувача вищої освіти, який в основному розкрив зміст практичного завдання. Проте, допускалися при цьому окремі неістотні неточності та незначні помилки.	7-5
Оцінюється робота здобувача вищої освіти, який в основному розкрив зміст практичного завдання. Проте, при висвітленні деяких питань не вистачало достатньої аргументації, допускалися при цьому окремі неістотні неточності та незначні помилки.	4-3
Оцінюється робота здобувача вищої освіти, який дав фрагментарні відповіді на практичні завдання у відповідях присутні неточності та помилки.	2-1
Оцінюється робота здобувача вищої освіти, який дав неправильну відповідь на всі практичні завдання, допустив істотні помилки, оперував неактуальною застарілою інформацією або відповіді на питання відсутні взагалі.	0

Переведення даних 100-бальної шкали оцінювання в національну шкалу та шкалу за системою ЄКТС здійснюється в такому порядку:

Сума балів за 100-бальною шкалою	Оцінка в ЄКТС	Значення оцінки в ЄКТС	Оцінка за національною шкалою
			Екзамен
90-100	A	відмінно	відмінно
80-89	B	дуже добре	добре
70-79	C	добре	
60-69	D	задовільно	задовільно
50-59	E	достатньо	
35-49	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	незадовільно
0-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням курсу	

Результати складання екзамену оцінюються за чотирибальною шкалою («відмінно», «добре», «задовільно», «незадовільно») і вносяться у відомість обліку успішності здобувача вищої освіти, залікову книжку, індивідуальний навчальний план здобувача вищої освіти.

## 5. ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Перелік засобів оцінювання, які застосовуються при вивченні навчальної дисципліни:

- екзамен;
- тести;
- комп'ютерне тестування на платформі MOODLE ДПУ;
- лабораторні роботи;
- контрольна роботи.

## 6. ФОРМИ ТА ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ ДО ПІДСУМКОВОГО ТА ПОТОЧНОГО КОНТРОЛЮ

Форми поточного контролю:

- 1) модульні контрольні роботи;
- 2) письмові, усні опитування на практичних та лабораторних заняттях;
- 3) тестування.

### Перелік питань до поточного контролю

#### *Змістовий модуль 1. Базові концепції штучних нейронних мереж*

1. Концепції штучних нейронних мереж.
2. Можливості інтелектуальних інформаційних технологій заснованих на штучних нейронних мережах.
3. Історія розвитку нейронних мереж.
4. Поняття штучної нейронної мережі.
5. Модель нейронну.
6. Функції активації нейронна.
7. Перцептрон.
8. Theano.
9. TensorFlow.
10. Keras. Anaconda Python.
11. Різновиди архітектур штучних нейронних мереж.
12. Класифікаційні ознаки архітектур штучних нейронних мереж.
13. Класифікація за типом вхідної інформації.

14. Класифікація за кількістю шарів.
15. Класифікація за характером навчання.
16. Класифікація за характером налаштування синапсів.
17. Класифікація за часом передачі сигналу.
18. Класифікація за характером зв'язків.
19. Парадигми навчання нейронних мереж.
20. Навчання з учителем.
21. Навчання без учителя.
22. Стохастичне навчання нейромереж.
23. Нейронні мережі із самонавчанням.
24. Алгоритми та особливості парадигм навчання штучних нейронних мереж
25. Підготовка даних для навчання штучних нейронних мереж.
26. Максимізація ентропії як ціль передобробки даних.
27. Кодування ординальних та категоріальних параметрів, нормування даних.
28. Формування оптимального простору ознак.
29. Перенавчання мережі.
30. Поліпшення здатності мережі до узагальнення.
31. Методи регуляризації.
32. Метод раннього зупину.

***Змістовий модуль 2. Основні архітектури нейронних мереж***

1. Штучні нейронні мережі прямого поширення.
2. Перцептрони.
3. Адаптивні лінійні аналізатори.
4. Радіальнобазисні штучні нейронні мережі.
5. Рекурентні штучні мережі.
6. Узагальнена архітектура рекурентної нейронної мережі і особливості функціонування.
7. Мережа Елмана.
8. Поняття про стійкість динамічних штучних нейронних мереж.
9. Архітектура мережі Хопфілда.
10. Нейродинаміка в мережі Хопфілда.
11. Гетероасоціативна пам'ять.
12. Автоасоціативна пам'ять.
13. Двоспрямована асоціативна пам'ять.
14. Мережі із самонавчанням.
15. Карті самоорганізації.
16. Архітектура та принцип роботи одношарової конкурентної мережі (шару Кохонена).
17. Навчання шару Кохонена.
18. Поняття про «мертві нейрони».
19. Типи топології мап Кохонена.
20. Способи обчислення відстані між нейронами.
21. Навчання мапи Кохонена.
22. Різновиди сучасних нейромережних технологій.
23. Нечіткі нейромережні парадигми.
24. Глибинні нейронні мережі.
25. Еволюційно-параметрична оптимізація нейромереж.
26. Сучасний стан та перспективи розвитку нейроінформатики.

27. Програмні та апаратні реалізації штучних нейронних мереж.
28. Промислове застосування нейронних мереж.
29. Актуальні напрямки досліджень сучасної нейронауки.
30. Гібридні мережі
31. Мережа зустрічного поширення.
32. Структура повної мережі зустрічного поширення.
33. Гібридна мережа Кохонена.
34. Рекурентні мережі.
35. Мережа Хопфілда.
36. Мережа Хеммінга.
37. Рекурентна мережа Ельмана.
38. Спеціалізовані мережі.
39. Мережа Вольтеррі.
40. Мережа каскадної кореляції Фальмана.

### **Перелік питань до підсумкового контролю**

1. Концепції штучних нейронних мереж.
2. Можливості інтелектуальних інформаційних технологій заснованих на штучних нейронних мережах.
3. Поняття штучної нейронної мережі. Модель нейронну.
4. Функції активації нейронна.
5. Перцептрон.
6. Theano.
7. TensorFlow.
8. Keras. Anaconda Python.
9. Різновиди архітектур штучних нейронних мереж.
10. Класифікаційні ознаки архітектур штучних нейронних мереж.
11. Класифікація за типом вхідної інформації.
12. Класифікація за кількістю шарів.
13. Класифікація за характером навчання.
14. Класифікація за характером налаштування синапсів.
15. Класифікація за часом передачі сигналу.
16. Класифікація за характером зв'язків.
17. Парадигми навчання нейронних мереж.
18. Навчання з учителем.
19. Навчання без учителя.
20. Стохастичне навчання нейромереж.
21. Нейронні мережі із самонавчанням.
22. Алгоритми та особливості парадигм навчання штучних нейронних мереж
23. Підготовка даних для навчання штучних нейронних мереж.
24. Максимізація ентропії як ціль передобробки даних.
25. Кодування ординальних та категоріальних параметрів, нормування даних.
26. Формування оптимального простору ознак.
27. Перенавчання мережі.
28. Поліпшення здатності мережі до узагальнення.
29. Методи регуляризації.
30. Метод раннього зупину.

31. Штучні нейронні мережі прямого поширення.
32. Перцептрони.
33. Адаптивні лінійні аналізатори.
34. Радіальнобазисні штучні нейронні мережі.
35. Рекурентні штучні мережі.
36. Узагальнена архітектура рекурентної нейронної мережі і особливості функціонування.
37. Мережа Елмана.
38. Поняття про стійкість динамічних штучних нейронних мереж.
39. Архітектура мережі Хопфілда.
40. Нейродинаміка в мережі Хопфілда.
41. Гетероасоціативна пам'ять.
42. Автоасоціативна пам'ять.
43. Двоспрямована асоціативна пам'ять.
44. Мережі із самонавчанням.
45. Карти самоорганізації.
46. Архітектура та принцип роботи одношарової конкурентної мережі (шару Кохонена).
47. Навчання шару Кохонена.
48. Поняття про «мертві нейрони».
49. Типи топології мап Кохонена.
50. Способи обчислення відстані між нейронами.
51. Навчання мапи Кохонена.
52. Різновиди сучасних нейромережних технологій.
53. Нечіткі нейромережні парадигми.
54. Глибинні нейронні мережі.
55. Еволюційно-параметрична оптимізація нейромереж.
56. Сучасний стан та перспективи розвитку нейроінформатики.
57. Програмні та апаратні реалізації штучних нейронних мереж.
58. Промислове застосування нейронних мереж.
59. Мережа зустрічного поширення.
60. Структура повної мережі зустрічного поширення.
61. Гібридна мережа Кохонена.
62. Мережа Хопфілда.
63. Мережа Хеммінга.
64. Рекурентна мережа Елмана.
65. Мережа Вольтеррі.
66. Мережа каскадної кореляції Фальмана.

## 7. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

### **Основна:**

1. І. А. Терейковський, Д. А. Бушуєв, Л. О. Терейковська Штучні нейронні мережі: базові положення: Навчальний посібник. - КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022 – 122с.
2. Ткаліченко С.В. Штучні нейронні мережі: Навчальний посібник. – Кривий Ріг: Державний університет економіки і технологій, 2023. – 150 с
3. Акіменко В.В. Штучні нейронні мережі в задачах групування та аналізу інформації. Курс лекцій. КНУім. Тараса Шевченко. Київ, 2020. – 166с. Режим доступу: URL: [http://csc.knu.ua/media/study/asp/art\\_net\\_group\\_inf\\_akimenko/lecture/lec1.pdf](http://csc.knu.ua/media/study/asp/art_net_group_inf_akimenko/lecture/lec1.pdf)
4. Кононова К. Ю. Машинне навчання. Методи та моделі. Підручник. - Харків: ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2020. - 279 с.

### **Допоміжна:**

1. Дорофєєв Ю.І. Штучні нейронні мережі : метод. вказ. до лаб. роб. Харків : НТУ «ХПІ», 2019. 40 с.
2. Субботін С. О. Нейронні мережі: теорія та практика : навч. посіб. Житомир : Вид. О. О. Євенок, 2020. 184 с
3. Федоряка, М., and К. Мелкумян. "Гібридний метод обробки зображень на конволюційних нейронних мережах." *Адаптивні системи автоматичного управління* 1, no. 38 (May 31, 2021): 72–76.

### **Інформаційні ресурси Інтернет:**

1. Офіційний сайт бібліотеки TENSORFLOW Режим доступу: URL: <https://www.tensorflow.org/>
2. Офіційний сайт бібліотеки KERAS Режим доступу: URL: <https://keras.io/>
3. Офіційний сайт бібліотеки PANDAS Режим доступу: URL: <https://pandas.pydata.org/>
4. Офіційний сайт додатка ANACONDA Режим доступу: URL: <https://www.anaconda.com/>

### **Міжнародні видання:**

1. R.M. Golden, *Statistical Machine Learning* // CRC Press, 2020 - 525 с.
2. С.С. Aggarwal, *Linear Algebra and Optimization for Machine Learning* // Springer, 2020 - 517 с.
3. Т. Trappenberg, *Fundamentals of Machine Learning* // Oxford University Press, 2020 - 272 с.
4. Jung, *Machine Learning: The Basics (Machine Learning: Foundations, Methodologies, and Applications)* // Springer, 2020 - 229 с.