

**ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
ФАКУЛЬТЕТ МАТЕМАТИКИ ТА ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Кафедра кібернетики і прикладної математики**



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

**Декан факультету математики
та цифрових технологій**

Микола МАЛЯР/

2023 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

МОДЕЛЮВАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

Рівень вищої освіти	другий (магістерський)
Галузь знань	11 Математика та статистика
Спеціальність	113 Прикладна математика
Освітня програма	Науки про дані та інтелектуальні рішення
Статус дисципліни	обов'язкова
Мова навчання	українська

Робоча програма навчальної дисципліни «**Моделювання нейронних мереж**» для здобувачів вищої освіти галузі знань **11 Математика та статистика** спеціальності **113 Прикладна математика** освітньої програми **Науки про дані та інтелектуальні рішення**.

Розробник: Винокурова О. А., професор, доктор. техн. наук кафедри кібернетики і прикладної математики.

Робочу програму розглянуто та затверджено на засіданні кафедри **кібернетики і прикладної математики**.

Протокол № 12 від «05» червня 2023 року.


Завідувач кафедри



Павло МУЛЕСА

Схвалено науково-методичною комісією **факультету математики та цифрових технологій**.

Протокол № 10 від «20» червня 2023 року.

Голова науково-методичної комісії  _____ Наталія ЮРЧЕНКО

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Розподіл годин за навчальним планом
	Денна форма навчання
Кількість кредитів ЄКТС – 5	Рік підготовки:
Загальна кількість годин – 150	1-й
Кількість модулів – 2	Семестр:
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3 самостійної роботи студента – 5	1-й
	Лекції:
	24
	Практичні (семінарські):
	-
Вид підсумкового контролю: екзамен.	Лабораторні:
	34
Форма підсумкового контролю: письмовий.	Самостійна робота:
	92

2. МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Мета дисципліни: опанування теоретичних засад нейрокомп'ютингу, вивчення сучасних нейромережних парадигм, особливостей їх застосування для розв'язання практичних задач, дослідження ефективності функціонування та основ їх проектування, освоєння технології моделювання штучних нейронних мереж на персональному комп'ютері.

Вивчення дисципліни сприяє формуванню у здобувачів вищої освіти таких компетентностей:

загальні компетентності:

- здатність до самонавчання, пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел. (ЗК02);
- здатність вести професійну, у тому числі науково-дослідну діяльність у міжнародному середовищі. (ЗК07);

фахові компетентності:

- здатність використовувати математичний апарат, розробляти моделі для розв'язання задач широкого спектру (ФК01);
- здатність обирати та застосовувати математичні методи для розв'язання прикладних задач, моделювання, прогнозування, прийняття рішень, аналізу даних (ФК02);
- здатність до проведення математичного і комп'ютерного моделювання, аналізу та обробки даних, обчислювального експерименту, розв'язання формалізованих задач за допомогою спеціалізованих програмних засобів (ФК03);
- здатність розробляти нові та адаптовувати вже існуючі методи та алгоритми розв'язання прикладних задач моделювання та аналізу даних, проводити відповідні експерименти з аналізом одержаних результатів (ФК04);
- здатність розробляти програмне забезпечення для розв'язання формалізованих задач (ФК05);
- здатність пропонувати практичні рішення за фахом з урахуванням сучасних досягнень науки (ФК07);
- здатність будувати нечіткі моделі процесів та явищ у різних галузях науки, розв'язувати задачі обчислювального інтелекту шляхом проектування систем нечіткого виведення, побудови штучних нейронних мереж, розробляти та застосовувати на практиці алгоритми інтелектуального аналізу даних (ФК08).

3. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Згідно з освітньою програмою «**Науки про дані та інтелектуальні рішення**» передумов для вивчення навчальної дисципліни «**Моделювання нейронних мереж**» не має.

4. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Відповідно до освітньої програми «**Науки про дані та інтелектуальні рішення**», вивчення навчальної дисципліни повинно забезпечити досягнення здобувачами вищої освіти таких програмних результатів навчання:

Програмні результати навчання	Шифр ПРН
Проводити математичне і комп'ютерне моделювання, аналіз та обробку даних, обчислювальний експеримент, розв'язання формалізованих задач із використанням сучасних методів аналізу даних.	ПРН 04
Уміти будувати комп'ютерний експеримент для конкретних задач прикладної математики шляхом використання спеціалізованих (у тому числі й створених) програмних засобів, та виконувати опис та аналіз результатів експерименту.	ПРН 06
Знаходити, вивчати та аналізувати науково-технічну інформацію, вітчизняний й іноземний досвід, пов'язаний із професійною проблематикою.	ПРН 07

Вміти спроектувати архітектуру системи з великими обсягами даних, моделювати штучні нейронні мережі та використовувати їх на практиці, застосовувати технологію блокчейн.	ПРН 10
---	--------

Очікувані результати навчання, які повинні бути досягнуті після опанування навчальної дисципліни «**Моделювання нейронних мереж**»:

Очікувані результати навчання з дисципліни	Шифр ПРН
Вміти проводити аналіз бізнес області і формулювати ТЗ. Вміти збирати данні для моделювання, проводити їх аналіз і очистку. Вміти обрати потрібну архітектуру глибокої нейронної мережі для вирішення бізнес-задачі, провести моделювання на базі обраної глибокої мережі та зібраних даних.	ПРН 04
Вміти будувати пайплайн процесу обробки даних на базі глибокої нейронної мережі, вміти будувати датасети для навчання та тестування глибоких нейронних мереж, вміти реалізовувати архітектури глибоких нейронних мереж та їх навчання на базі Python, Pytorch, Keras.	ПРН 06
Вміти знаходити та аналізувати наукові статті, що стосуються систем глибокого навчання и вирішення практичних задач.	ПРН 07
Вміти побудувати архітектуру нейронної мережі, глибокої нейронної мережі для вирішення практичної задачі класифікації, прогнозування, знаходження аномалій в великих обсягах даних.	ПРН 10

5. ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання з навчальної дисципліни «**Моделювання нейронних мереж**» є: виконання лабораторних робіт, модульні контрольні роботи, екзамен.

Форми (методи) контролю та критерії оцінювання результатів навчання

Форми поточного контролю: усні відповіді на лабораторних заняттях, захист лабораторних робіт.

Форма модульного контролю: письмова контрольна робота.

Форми підсумкового семестрового контролю: екзамен.

Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 1)

Поточне оцінювання та самостійна робота					Модульна контроль на робота	Сума
T1	T2	T3	T4	T5	25	100
10	10	20	15	20		

T1, T2 ... – теми

Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 2)

Поточне оцінювання та самостійна робота						Модульна контрольна робота	Сума
T1	T2	T3	T4	T5	T6	25	100
12	12	13	12	13	13		

T1, T2 ... – теми

Оцінювання окремих видів навчальної роботи з дисципліни

Вид діяльності здобувача вищої освіти	Модуль 1		Модуль 2	
	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)
Лабораторні заняття (допуск, виконання та захист)	3	75	3	75
Модульна контрольна робота	1	25	1	25
Разом		100		100

Критерії оцінювання модульної контрольної роботи

Методика оцінювання. Матеріал кожного модуля, який здобувачі вищої освіти повинні засвоїти протягом семестру, вноситься на одну з двох модульних контрольних робіт.

Модульна контрольна робота складається із 2-ох завдань: 1-ого теоретичного питання та 1-го практичного завдання, кожне з яких оцінюється в 10 та 15 балів відповідно.

За виконання лабораторних робіт здобувачу вищої освіти також нараховується різна кількість балів, в залежності від складності матеріалу.

Критерієм успішного проходження здобувачем освіти поточного оцінювання (включно із захистом лабораторних робіт) є досягнення здобувачем освіти не менше 50% балів від загальної кількості запланованої за конкретною темою. Конкретна максимальна кількість балів подається у таблицях розподілу балів, які отримують здобувачі за модуль та за окремі види навчальної роботи.

Невиконані та незахищені лабораторні роботи, а також неявка на модульну контрольну роботу оцінюються в 0 балів незалежно від причини невиконання (неявки).

Сумарна оцінка (від 0 до 100 балів) виставляється у відомість модульного контролю. Модуль зараховується, якщо сумарний бал складає не менше 60 балів, і студент виконав і захистив всі лабораторні роботи, які є складовими даного модуля.

Здобувач вищої освіти, який не з'явився на модульну контрольну роботу, або ж його модульна оцінка складає від 0 до 34 балів, зобов'язаний скласти (перескласти) модуль до початку підсумкового контролю у строки, визначені викладачем дисципліни та погоджені деканатом факультету.

Критерії оцінювання підсумкового контролю

Екзаменаційна методика оцінювання. За результатами модульних контролів визначається підсумкова модульна оцінка. Екзаменаційна оцінка визначається в залежності від рейтингового балу, або балів за екзамен.

До складання екзамену допускаються здобувачі вищої освіти, у яких підсумкова модульна оцінка за семестр становить не менше 35.

Здобувач вищої освіти, підсумкова модульна оцінка якого складає від 0 до 34 балів, зобов'язаний покращити її до початку підсумкового семестрового контролю під час чергування викладача на кафедрі у строки, визначені викладачем дисципліни та погоджені деканатом факультету. В протилежному випадку, здобувач не допускається до екзамену і у нього виникає академічна заборгованість.

Екзамен з навчальної дисципліни здобувач вищої освіти може не складати, якщо він успішно пройшов усі модульні контролі та його влаштовує підсумкова модульна оцінка. Здобувачі вищої освіти, підсумкова модульна оцінка яких становить від 35 до 59, екзамен складають обов'язково. Здобувач освіти може підвищити на екзамені рейтинговий бал, при

цьому, за результатами складання екзамену оцінка не може бути менша за підсумкову модульну оцінку, яку він отримав за результатами модульних контролів.

Екзамен проводиться в письмовій формі. Екзаменаційний білет складається з двох теоретичних питань та двох практичних завдань. Оцінювання результатів навчання на екзамені здійснюється за 100-бальною шкалою. Оцінка за екзамен вноситься у відомість обліку успішності.

Таблиця відповідності оцінок за різними шкалами оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену	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 з можливістю повторного складання	незараховано з можливістю повторного складання
0-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	незараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

Критерій оцінювання підсумкового контролю з дисципліни

— **«відмінно» (90-100 балів, A)** заслуговує студент, який виявив всебічне і глибоке знання програмового матеріалу, вміння вільно виконувати завдання, передбачені програмою, засвоїв основну і ознайомився з додатковою літературою, розуміє взаємозв'язок головних понять дисципліни та їх значення для майбутньої професії;

— **«добре» (82-89 балів, B)** заслуговує студент, який виявив повне знання програмного матеріалу, успішно виконує передбачені програмою завдання, засвоїв основну літературу рекомендовану програмою, виявив систематичний характер знань з дисциплін і здатний до самостійного доповнення, але під час відповіді допустив деякі неточності;

— **«добре» (74-81 бал, C)** заслуговує студент, що виявив не цілком повне знання програмного матеріалу, не завжди успішно виконує передбачені програмою завдання, частково засвоїв основну літературу, рекомендовану програмою, виявив не систематичний характер знань з дисциплін і не завжди здатний до їх самостійного доповнення і під час відповіді допускає деякі неточності;

— **«задовільно» (64-73 бали, D)** заслуговує студент, що виявив знання основного програмного матеріалу в обсязі, необхідному для подальшого навчання та майбутньої роботи за професією, вміє виконувати завдання, передбачені програмою, знайомий з основною рекомендованою літературою. Як правило, дана оцінка виставляється студентам, що допустили помилки у відповіді на заліку чи екзамені та при виконанні залікових або екзаменаційних завдань, але які володіють необхідними знаннями для їх усунення за допомогою викладача;

— **«задовільно» (60-63 балів, E)** заслуговує студент, що виявив часткове знання основного програмового матеріалу в обсязі, необхідному для подальшого навчання та майбутньої роботи за професією, не завжди вміє виконувати завдання, передбачені програмою, знайомий лише частково з основною рекомендованою літературою. Як правило, дана оцінка виставляється студентам, що допустили грубі помилки у відповіді на заліку чи екзамені та при виконанні залікових або екзаменаційних завдань, але які частково володіють необхідними знаннями для їх усунення за допомогою викладача.

— «незадовільно» (35-59 балів, FX) виставляється студенту, який виявив суттєві прогалини в знаннях основного програмового матеріалу, допустив принципові помилки у виконанні передбачених програмою завдань.

— «незадовільно» (0-34 балів, F) виставляється студенту коли протягом семестру він допустив грубі помилки у виконанні передбачених програмою завдань.

6. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

6.1. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1.

Тема 1. Машинне навчання та глибоке навчання. Сучасні проекти на базі адаптивного інтелекту. Python. Бібліотеки.

Тема 2. Предобробка та нормалізація даних. Типи даних та їх зберігання в БД.

Тема 3. Хмарні технології для моделювання нейронних мереж (Google, Amazon, Azure).

Тема 4. Глибокі мережі прямого розповсюдження.

Тема 5. Регуляризація в глибокому навчанні.

Модуль 2.

Тема 1. Оптимізація в навчанні глибоких моделей.

Тема 2. Глибокі конволюційні нейронні мережі. LeNet-5, AlexNet, GoogLeNet, ResNet і їх навчання. Операція конволюції і пулінга

Тема 3. Глибокий автоенкодер, коволюційний автоенкодер і варіаційний автоенкодер та їх навчання.

Тема 4. Нейромережева класифікація даних. Побудова ансамблів нейромереж.

Тема 5. LSTM, GRU-мережі та їх навчання. Вирішення задачі прогнозування на базі нейронних мереж.

Тема 6. GAN-мережі, їх типи та навчання.

6.2. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	Денна форма					
	Усього	у тому числі				
		лекції	практичні	лабораторні	індивідуальна робота	самостійна робота
1 семестр						
Модуль 1						
Тема 1. Машинне навчання та глибоке навчання. Сучасні проекти на базі адаптивного інтелекту. Python. Бібліотеки.	11	2				8
Тема 2. Предобробка та нормалізація даних. Типи даних та їх зберігання в БД.	11	2				8
Тема 3. Хмарні технології для моделювання нейронних мереж (Google, Amazon, Azure)	17	2		6		12
Тема 4. Глибокі мережі прямого розповсюдження.	13	2		2		8
Тема 5. Регуляризація в глибокому навчанні.	14	2		2		10

Разом за модуль	66	10		10		46
Модуль 2						
Тема 1. Оптимізація в навчанні глибоких моделей.	10	2				8
Тема 2. Глибокі конволюційні нейронні мережі. LeNet-5, AlexNet, GoogLeNet, ResNet і їх навчання. Операція конволюції і пулінга.	18	4		6		8
Тема 3. Глибокий автоенкодер, коволюційний автоенкодер і варіаційний автоенкодер та їх навчання.	16	2		6		8
Тема 4. Нейромережева класифікація даних. Побудова ансамблів нейромереж.	8	2				6
Тема 5. LSTM, GRU-мережі та їх навчання. Вирішення задачі прогнозування на базі нейронних мереж.	16	2		6		8
Тема 6. GAN-мережі, їх типи та навчання.	16	2		6		8
Разом за модуль	84	14		24		46
Разом за семестр	150	24		34		92

6.3. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Хмарні технології для моделювання нейронних мереж. Сервіси Amazon для побудови та моделювання нейронних мереж.	6
2	Реалізація глибокої мережі прямого розповсюдження в Pytorch / Keras для вирішення задачі класифікації. Регуляризація гіперпараметрів.	4
3	Реалізація глибоких конволюційних нейронних мереж LeNet-5, AlexNet, GoogLeNet, ResNet в Pytorch / Keras для вирішення практичних задач.	6
4	Реалізація архітектури глибокого автоенкодера, коволюційного автоенкодера і варіаційного автоенкодера та вирішення практичних задач.	6
5	LSTM, GRU-мережі та вирішення задачі прогнозування на базі цих архітектур.	6
6	GAN-мережі та їх застосування на практиці.	6
Разом		34

6.4. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Просунуті алгоритми CatBoost, LightGBM, XGBoost.	9
2	Хмарні технології для моделювання нейронних мереж (Google, Amazon, Azure).	8
3	Глибокі мережі прямого розповсюдження.	8
4	Регуляризація в глибокому навчанні.	8
5	Оптимізація в навчанні глибоких моделей	9
6	Глибокі конволюційні нейронні мережі. LeNet-5, AlexNet, GoogLeNet, ResNet і їх навчання.	8
7	Глибокий автоенкодер	9
8	Варіаційний автоенкодер	8

9	Коволюційний автоенкодер	8
10	LSTM GRU-мережі та їх навчання.	9
11	GAN-мережі, їх типи та навчання.	8
	Разом	92

7. ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ВИКОРИСТАННЯ ЯКИХ ПЕРЕДБАЧАЄ НАВЧАЛЬНА ДИСЦИПЛІНА

Технічні засоби – персональні комп’ютери, мультимедійний проектор.

Програмне забезпечення – сервіс Google Meet, Google Drive, Python, Pytorch, Keras, Tensorflow, Wandb, Github.

8. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

Основна література

1. Goodfellow, I., Bengio, Y., Courville, A. Deep Learning. MIT Press, 2016. 800 p.
2. Dulani Meedeniya Deep Learning. CRC Press LLC, 2023. 200 p.
3. Charu C. Aggarwal Neural Networks and Deep Learning. Springer International Publishing. 2023. 529 p.
4. Nithin Buduma, Nikhil Buduma, Joe Papa Fundamentals of Deep Learning, 2nd Edition, 2022 356 p.

Допоміжна література

1. Субботін, С. О., Олійник А. О. Нейронні мережі: навчальний посібник. Запоріжжя: ЗНТУ, 2014. 132 с.
2. В. Д. Дмитрієнко, О. Ю. Заковоротний, В. І. Носков, М. В. Мезенцев Основи нейрокомп’ютерингу. Х.: НТМТ, 2014, 140 с.
3. <https://dlcourse.ai/>
4. <http://www.deeplearningbook.org/>
5. <https://keras.io/>
6. <https://www.tensorflow.org/>
7. <https://pytorch.org/>