

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна  
Кафедра прикладної математики

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Дека́н факультету  
математики і інформатики

Григорий ЖОЛТКЕВИЧ

“ 29 ” 08

2023 р.



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**Глибоке машинне навчання**

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти другий (магістерський)

галузь знань 11 – Математика та статистика

спеціальність 113 – Прикладна математика  
(шифр і назва)

освітня програма Прикладна математика  
(шифр і назва)

спеціалізація \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)

вид дисципліни за вибором  
(обов'язкова / за вибором)

факультет математики і інформатики

2023 / 2024 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження вченою радою факультету математики і інформатики  
 “29” серпня 2023 року, протокол № 8

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: *Карєва Валерія Віталіївна*, викладач кафедри прикладної математики.

Програму схвалено на засіданні кафедри Прикладної математики  
 Протокол від “28” серпня 2023 року №10

Завідувач кафедри Прикладної математики



(підпис)

Валерій КОРОБОВ

(прізвище та ініціали)

Програму погоджено з гарантом освітньо-професійної програми (керівником проектної групи) Прикладна математика  
 назва освітньої програми

Гарант освітньо-професійної програми

(керівник проектної групи) Прикладна математика



(підпис)

Світлана ІГНАТОВИЧ

(прізвище та ініціали)

Програму погоджено з гарантом освітньо-наукової програми (керівником проектної групи) Прикладна математика  
 назва освітньої програми

Гарант освітньо-наукової програми

(керівник проектної групи) Прикладна математика



(підпис)

Валерій КОРОБОВ

(прізвище та ініціали)

Програму погоджено науково-методичною комісією факультету математики і інформатики Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна  
 назва факультету, для здобувачів вищої освіти якого викладається навчальна дисципліна

Протокол від “29” серпня 2023 року, протокол № 1

Голова науково-методичної комісії факультету математики і інформатики



(підпис)

Ольга АНОЩЕНКО

(прізвище та ініціали)

## ВСТУП

Програма навчальної дисципліни “Глибоке машинне навчання” складена відповідно до освітньо-професійної та освітньо-наукової програм підготовки  
магістр  
 (назва рівня вищої освіти, освітньо-кваліфікаційного рівня)

Спеціальності (напрямку) 113 Прикладна математика  
 спеціалізації \_\_\_\_\_

### 1. Опис навчальної дисципліни

#### 1.1. Мета викладання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни “Глибоке машинне навчання” є навчання майбутніх спеціалістів сучасним методам глибокого машинного навчання. Навчити розв’язувати різні прикладні задачі, що виникають в прикладних галузях (робототехніка, медицина, інформаційний пошук тощо).

#### 1.2. Основні завдання вивчення дисципліни

1. Вивчення теоретичної бази глибокого машинного навчання.
2. Вивчення основних алгоритмів знаходження оптимальної стратегії в процесах прийняття рішень.
3. Побудова та аналіз моделей при розв’язанні прикладних задач машинного навчання.

#### 1.3. Кількість кредитів 6

#### 1.4. Загальна кількість годин 180

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
за вибором	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
1-й	-й
Семестр	
2-й	-й
Лекції	
22 год.	год.
Практичні, семінарські заняття	
22 год.	год.
Лабораторні заняття	
год.	год.
Самостійна робота	
136 год.	год.
у тому числі індивідуальні завдання	
год.	

### 1.6. Заплановані результати навчання

Студенти повинні досягти таких результатів навчання:

#### *знати :*

- Основні поняття, сучасні підходи, методи і проблеми глибокого машинного навчання
- Основні моделі машинного навчання, що базуються на деревах прийняття рішень.
- Задачі класифікації і регресії
- Моделі нейронних мереж, згорткові нейронні мережі
- Глибоке машинне навчання з підкріпленням
- Нейробайєсівські методи класифікації

#### *вміти :*

- Реалізовувати алгоритми глибокого навчання і оцінювати ефективність їх роботи
- Будувати глибокі нейронні мережі, згорткові нейронні мережі
- Застосовувати глибоке машинне навчання для вирішення практичних завдань

## 2. Тематичний план навчальної дисципліни

### ***Розділ 1. Введення у глибоке навчання.***

*Тема 1. Основні поняття, методи і проблеми глибокого машинного навчання.*

Постановка завдань навчання з прецедентів. Об'єкти та ознаки. Типи шкал: бінарні, номінальні, порядкові, кількісні. Типи задач: класифікація, регресія, прогнозування, кластеризація. Приклади прикладних задач. Основні поняття: модель алгоритмів, метод навчання, функція втрат та функціонал якості, принцип мінімізації емпіричного ризику, узагальнююча здатність, перехресна перевірка.

Основна модель нейронної мережі та градієнтні методи. Лінійний класифікатор, безперервні апроксимації граничної функції втрат. Метод стохастичного градієнта SG і його модифікації.

*Тема 2. Нейронні мережі: градієнтні методи оптимізації*

Біологічний нейрон, модель МакКаллока-Піттса як лінійний класифікатор. Опції активації. Проблема повноти. Завдання виключає або. Повнота двошарових мереж у просторі булевих функцій. Алгоритм зворотного розповсюдження помилок. Швидкі методи стохастичного градієнта: Поляка, Нестерова, AdaGrad, RMSProp, AdaDelta, Adam, Nadam, діагональний метод Левенберга-Марквардта. Проблема вибуху градієнта та евристика gradient clipping. Метод випадкових вимкнень нейронів (Dropout). Інтерпретація Dropout. Зворотній Dropout та L2-регуляризація. Функції активації ReLU та PReLU. Проблема «паралічу» мережі. Евристики на формування початкового наближення. Метод пошарового налаштування мережі. Підбір структури мережі: методи поступового ускладнення мережі, оптимальне проріджування нейронних мереж.

### ***Розділ 2. Глибокі нейронні мережі***

*Тема 3. Згорткові нейронні мережі*

Обґрунтування глибоких нейронних мереж: виразні можливості, швидкість збіжності при надмірній параметризації. Згортки нейронні мережі (CNN) для зображень. Згортковий нейрон. Pooling нейрон. Вибірка зображень ImageNet. ResNet: залишкова нейронна мережа (residual NN). Наскрізнi зв'язки між шарами. Згортки для сигналів, текстів, графів, ігор.

#### *Тема 4. Рекурентні нейронні мережі*

Рекурентні нейронні мережі (RNN). Навчання рекурентних мереж: Backpropagation Through Time (BPTT). Мережі довготривалої пам'яті (Long short-term memory, LSTM). Рекурентні мережі Gated Recurrent Unit (GRU) та Simple Recurrent Unit (SRU).

#### *Тема 5. Нейронні мережі з навчанням без вчителя*

Нейронна мережа Кохонена. Конку rentне навчання, стратегії WTA та WTM. Самоорганізована карта Кохонена. Застосування візуального аналізу даних. Мистецтво інтерпретації карт Кохонена. Автокодувальник. Лінійний AE, SAE, DAE, CAE, RAE, VAE, AE для класифікації, багатошаровий AE. Перед-навчання нейронних мереж. Перенесення навчання. Багатозадачне навчання. Самостійне навчання. Дистиляція моделей або сурогатне моделювання. Навчання з використанням привілейованої інформації (learning using privileged information). Генеративні змагальні мережі (generative adversarial net).

#### *Розділ 3. Глибоке навчання із підкріпленням.*

#### *Тема 6. Глибоке навчання із підкріпленням.*

Байєсівські мережі та породжуючі моделі. Змагальні мережі та автокодувальники, побудовані на архітектурі змагальних мереж. Навчання із підкріпленням. Марківські процеси прийняття рішень.

#### *Тема 7. Глибокі породжувальні моделі*

Машини Больцмана: обмежені та згорткові. Глибокі мережі довіри. Нейробайєсівські методи класифікації. EM-алгоритм та нейронні мережі. Варіаційний автокодувальник. Байєсовські мережі та дропаут.

#### *Тема 8. Застосування глибокого навчання в комп'ютерному зорі та машинному перекладі.*

Згорткові мережі та розпізнавання зображень. Виділення об'єктів. Спостереження за об'єктами. Використання «онлайнного» навчання. Мовні моделі, генерування текстів та машинний переклад.

#### *Тема 9. Інші нейромережеві моделі.*

Діагностика у медицині. Діагностика несправностей складних технічних пристроїв. Нейромережевий детектор брехні. Прогнозування результатів виборів президента. Нейромережі у банківській справі: скоринг та прогнозування банкрутств. Модель ринку житлової нерухомості міста. Прогнозування валютних курсів та котирувань цінних паперів. Невербальність та «шосте почуття» нейромереж. Штучний інтелект та інтелектуальні інформаційні системи. Нейронні мережі та експертні системи. Філософські проблеми штучного інтелекту та інтелектуальних інформаційних систем.

### 3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин											
	Денна форма						Заочна форма					
	Усього	у тому числі					Усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	ср		л	п	лаб	інд	ср
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Розділ 1. Введення у глибоке навчання.</b>												
Тема 1. Основні поняття, методи і проблеми глибокого машинного навчання.	16	2	2			12						
Тема 2. Нейронні мережі: градієнтні методи оптимізації	18	2	2			14						
<b>Разом за розділом 1</b>	<b>34</b>	<b>4</b>	<b>4</b>			<b>26</b>						
<b>Розділ 2. Глибокі нейронні мережі</b>												
Тема 3. Згорткові нейронні мережі	20	4	4			12						
Тема 4. Рекурентні нейронні мережі	22	2	4			16						
Тема 5. Нейронні мережі з навчанням без вчителя	22	2	2			18						
<b>Разом за розділом 2</b>	<b>64</b>	<b>8</b>	<b>10</b>			<b>46</b>						
<b>Розділ 3. Глибоке навчання із підкріпленням.</b>												
Тема 6. Глибоке навчання із підкріпленням.	24	4	2			18						
Тема 7. Глибокі породжувальні моделі	22	2	2			18						
Тема 8. Застосування глибокого навчання в комп'ютерному зорі та машинному перекладі.	22	2	2			18						
Тема 9. Інші нейромереві моделі.	14	2	2			10						
<b>Разом за розділом 3</b>	<b>82</b>	<b>10</b>	<b>8</b>			<b>64</b>						
<b>Усього годин</b>	<b>180</b>	<b>22</b>	<b>22</b>			<b>136</b>						

### 4. Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Математичний нейрон Маккаллока - Пітса. Персептрон Розенблатта	2
2	Метод стохастичного градієнта SG.	2

3	Реалізація згортки. Розріджені взаємодії (sparse interactions). Pooling (агрегація, субдискретизація/subsampling).	4
4	RNN: навчання. RNN: як вирішувати завдання класифікації LSTM. Двонаправлені RNN. Глибокі двонаправлені RNN. Багатоспрямовані RNN. Рекурсивні нейронні мережі.	4
5	Нейронні мережі з навчанням без вчителя	2
6	Реакція «середовища» та навчання з підкріпленням. Градієнт зі стратегій.	2
7	Навчання обмежених та глибоких машин Больцмана. Алгоритм EM.	2
8	Завдання із зображеннями: Класифікація, Локалізація, Сегментація. Моделювання мови. Параметричне оцінювання. RNN-моделювання мови. Підходи до генерування.	2
9	Створення нейромережної моделі у заданій предметній області.	2
	Разом	<b>22</b>

### 5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	Перцептрон Розенблатта	12
2	Метод стохастичного градієнта SG.	14
3	Згортки нейронні мережі (CNN) для зображень. Згортки для сигналів, текстів, графів, ігор.	12
4	RNN: навчання. Мережі довготривалої пам'яті (LSTM). Глибокі двонаправлені RNN. Багатоспрямовані RNN. Рекурсивні нейронні мережі.	16
5	Нейронна мережа Кохонена. Конкурентне навчання, стратегії WTA та WTM. Самоорганізована карта Кохонена.	18
6	Реакція «середовища» та навчання з підкріпленням. Метод SARSA. Метод Q-навчання. R-learning.	18
7	Навчання машин Больцмана. Алгоритм EM. Глибокі машини Больцмана. Згорткові машини Больцмана.	18
8	Завдання із зображеннями. Моделювання мови. Параметричне оцінювання. RNN-моделювання мови. Підходи до генерування.	18
9	Застосування алгоритмів глибокого навчання до розв'язання прикладних задач	10
	Разом	<b>136</b>

### 6. Індивідуальні завдання

*Не передбачені*

### 7. Методи навчання

Використовуються пояснювально-ілюстративний і частково-пошуковий методи. Студенти опановують значну частину теоретичного матеріалу шляхом самостійного написання комп'ютерних програм. Протягом семестру виконується проект, результати якого підсумовують усі теми курсу.

### 8. Методи контролю

- опитування студентів на лекціях і практичних заняттях;
- перевірка контрольної роботи;
- перевірка виконання домашніх завдань;
- перевірка семестрового проекту;
- проведення заліку.

### 9. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання			Сума
Поточний контроль (семестровий проект)	Контрольна робота, передбачена навчальним планом	Залікова робота	
40	20	40	100

Для допуску до складання підсумкового контролю (заліку) здобувач вищої освіти повинен набрати не менше 10 балів з навчальної дисципліни під час поточного контролю, самостійної роботи.

### Критерії оцінювання

Контрольна робота оцінюється у 20 балів. Робота складається з теоретичних та практичних запитань. У разі правильно обґрунтованої відповіді студент отримує за завдання бали; якщо у відповіді є помилки, бал не зараховується.

Зміст семестрового проекту: студентам надана проста нейронна мережа, яка розв'язує певну медичну задачу. Потрібно запропонувати методи покращення нейронної мережі для поставленої задачі.

Після виконання семестрового проекту студенти надають звіт, за результатами цього звіту виставляється оцінка до 40 балів за такими критеріями:

0-10 балів - Було проведено аналіз завдання та запропоновано модель нейронної мережі. Однак практичної реалізації результату отримано не було.

10-25 балів - Було проведено аналіз завдання та запропоновано модель нейронної мережі. Є чистий програмний код із простими інструкціями про те, як відтворити кожен результат звіту.

25-35 балів - Було проведено аналіз завдання та запропоновано дві моделі нейронних мереж різних за архітектурою. Кожна з цих моделей розв'язує поставлену задачу. Проаналізовано «плюси» і «мінуси» моделей. Є чистий програмний код із простими інструкціями про те, як відтворити кожен результат звіту

35-40 балів - Було проведено аналіз завдання та запропоновано три моделі нейронних мереж або дві моделі та Transfer Learning. Кожна з цих моделей розв'язує поставлену задачу. Проаналізовано «плюси» і «мінуси» моделей. Є чистий код із простими інструкціями про те, як відтворити кожен результат звіту.

Залікова робота складається з трьох завдань і передбачає письмову відповідь на два теоретичних питання зі списку, який надається студентам заздалегідь, а також розв'язання практичної задачі.

Кожне теоретичне завдання оцінюється максимально 15 балами, задача – 10 балами.

По кожному завданню залікової роботи нараховується:

- максимальний бал у разі правильно обґрунтованої відповіді;
- за незначні помилки оцінка зменшується від 10 до 30 відсотків;
- за значні логічні помилки оцінка зменшується до 50 відсотків, якщо хід міркувань в цілому правильний;
- якщо відповідь не відповідає жодному з критеріїв – виставляється 0 балів.



### Шкала оцінювання (дворівнева)

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка
50-100	зараховано
1-49	не зараховано

## 10. Рекомендована література

### Основна література

1. Richert W., Coelho L. P. Building Machine Learning Systems with Python. - Packt, 2013. – 290 p.
2. Haykin S. Neural Networks and Learning Machines. – Prentice Hall, 2009. – 906 p.
3. Chollet F. Deep Learning with Python 1st Edition. — Manning, 2017. — 384 p.
4. Sutton R. S., Barto A. G. Reinforcement Learning: An . — MIT Press, Cambridge, MA, 1998.
5. Christian B., Griffiths T. Algorithms to Live By : The Computer Science of Human Decisions. – Henry Holt and Co., 2016. – 368 p.

### Допоміжна література

1. Hastie T., Tibshirani R., Friedman J. The Elements of Statistical Learning. — Springer, 2014. - 739 p.
2. Bishop C. M. Pattern Recognition and Machine Learning. — Springer, 2006. — 738 p.
3. Rojas R. Neural Networks. A systematic introduction. — Springer-Verlag, 1996.
4. Schwartz B., Kliban K. The Paradox of Choice: Why More Is Less. — Brilliance Audio, 2014.
5. Provost F., Fawcett T. Data Science for Business: What You Need to Know about Data Mining and Data-Analytic Thinking. – O'Reilly Media, 2013. – 414 p.
6. Oakley B. A Mind For Numbers: How to Excel at Math and Science (Even If You Flunked Algebra). – Tarcher Perigee, 2014. – 332 p.
7. Steiner C. Automate This: How Algorithms Came to Rule Our World. –Portfolio Hardcover, 2012. – 256 p.

## 11. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення

1. Ресурс з різними датасетами, що можна використовувати при навчанні: <https://www.kaggle.com/>
2. Web app that allows users to test the artificial intelligence (AI) algorithm with TensorFlow machine learning library: <https://playground.tensorflow.org/>