МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ І. І. МЕЧНИКОВА
Кафедра оптимального керування і економічної кібернетики

"ЗАТВЕРДЖУЮ"
Проректор з науково-педагогічної роботи
_____ Олександр ЗАПОРОЖЧЕНКО
"12" вересня 2022 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ВБ «Машинне навчання ІІ»

Рівень вищої освіти	**другий (магістерський)**
Галузь знань	**11 Математика та статистика**
Спеціальність	**111 Математика,** **113 Прикладна математика**
Освітньо-професійна програма	**Математика,** **Прикладна математика**

ОНУ
2022

Робоча програма навчальної дисципліни «Машинне навчання ІІ». – Одеса: ОНУ, 2022.

Розробник:
Страхов Євген Михайлович, кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри оптимального керування і економічної кібернетики

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри оптимального керування і економічної кібернетики

Протокол № _1_ від. “_30_”_серпня__2022_ р.

Завідувач кафедри _____ Ольга КІЧМАРЕНКО

Погоджено із гарантом ОПП «Математика» Наталія ШАРАЙ

Погоджено із гарантом ОПП «Прикладна математика» Ольга КІЧМАРЕНКО

Схвалено навчально-методичною комісією (НМК) факультету математики, фізики та інформаційних технологій

Протокол № _1_ від. “_9_”_вересня__2022_ р.

Голова НМК _____ Євген СТРАХОВ

Переглянуто та затверджено на засіданні кафедри оптимального керування і економічної кібернетики

Протокол № ___ від. “____”_____20__ р.

Завідувач кафедри _____

Переглянуто та затверджено на засіданні кафедри оптимального керування і економічної кібернетики

Протокол № ___ від. “____”_____20__ р.

Завідувач кафедри _____

1. Опис навчальної дисципліни

<table>
<tr><td rowspan="2">Найменування показників</td><td rowspan="2">Галузь знань, спеціальність, спеціалізація, рівень вищої освіти</td><td colspan="2">Характеристика навчальної дисципліни</td></tr>
<tr><td>денна форма навчання</td><td>заочна форма навчання*</td></tr>
<tr><td rowspan="15">Загальна кількість:
кредитів – 4

годин – 120

змістових модулів – 3</td><td rowspan="15">Галузь знань
11 Математика та статистика

Спеціальність
111 Математика
113 Прикладна математика

Рівень вищої освіти:
другий (магістерський)</td><td colspan="2">Вибіркова компонента</td></tr>
<tr><td colspan="2">Рік підготовки:</td></tr>
<tr><td>2-й</td><td>2-й</td></tr>
<tr><td colspan="2">Семестр</td></tr>
<tr><td>3-й</td><td>3-й</td></tr>
<tr><td colspan="2">Лекції</td></tr>
<tr><td>20 год.</td><td>6 год.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Практичні, семінарські</td></tr>
<tr><td>20 год.</td><td>6 год.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Лабораторні</td></tr>
<tr><td>год.</td><td>год.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Самостійна робота</td></tr>
<tr><td>80 год.</td><td>108 год.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Форма підсумкового контролю:
залік</td></tr>
</table>

* заочна форма навчання тільки для спеціальності 111 «Математика»

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета дисципліни: поглиблення знань з науки про дані та машинного навчання, ознайомлення з основними поняттями та положеннями теорії глибоких нейронних мереж, характерними прикладами та особливостями їх застосування на практиці, поглиблення професійних компетентностей щодо методів прогнозування на основі аналізу статистичних даних та зображень.

Завданнями дисципліни є вивчення основних методів та моделей глибинного навчання та набуття практичних навичок побудови та навчання моделей за допомогою мови Python та спеціалізованих фреймворків.

Процес вивчення дисципліни спрямований на формування елементів наступних **компетентностей**:

а) для спеціальності 111 «Математика»:

ЗК.03 Здатність вирішувати проблеми у професійній діяльності на основі абстрактного мислення, аналізу, синтезу та прогнозу

ЗК.07 Здатність спілкуватися іноземною мовою, читати та аналізувати документацію, наукові, науково-технічні статті тощо

ФК.01 Знання на рівні новітніх досягнень, необхідні для дослідницької та/або інноваційної діяльності у сфері математики та її практичних застосувань

ФК.02 Здатність застосовувати міждисциплінарні підходи при критичному осмисленні математичних проблем

ФК.04 Спроможність розробляти математичну модель ситуації з реального світу та переносити математичні знання у нематематичні контексти

ФК.12 Спроможність отримувати якісну інформацію на основі кількісних даних

ФК.13 Спроможність проводити експериментальні та спостережні дослідження й аналізувати дані, отримані на їхній основі

ФК.15 Знання загальнометодологічних принципів побудови операційних моделей, основних етапів і сутності операційних досліджень та вміння їх застосовувати під час здійснення аналізу та синтезу інформаційних систем різного призначення та в завданнях організаційно-економічного управління

ФК.16 Знання принципів і правил формалізації економічних ситуацій, уміння застосувати математичні методи обґрунтування та прийняття управлінських і технічних рішень у різних ситуаціях

ФК.17 Знання закономірностей випадкових явищ і вміння застосовувати ймовірнісно-статистичні методи для вирішення професійних задач

ФК.18 Знання принципів аналізу та візуалізації даних, сучасних методів та алгоритмів штучного інтелекту, машинного навчання, аналізу природних мов, комп’ютерного зору та їх використання у професійній діяльності, побудові нових предикативних моделей у будь-якій галузі

б) для спеціальності 113 «Прикладна математика»:

ЗК.03 Здатність ставити та вирішувати задачі на основі абстрактного мислення, аналізу й синтезу

ЗК.05 Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій

ЗК.06 Здатність спілкуватися англійською мовою, читати та аналізувати документацію, наукові, науково-технічні статті тощо

ФК.03 Здатність обирати та застосовувати математичні методи для розв’язання прикладних задач, моделювання, аналізу, проектування, керування, прогнозування, прийняття рішень

ФК.04 Здатність розробляти алгоритми та структури даних, програмні засоби та програмну документацію

ФК.05 Здатність використовувати сучасні технології програмування та розробки програмного забезпечення
ФК.06 Здатність до проведення математичного і комп'ютерного моделювання, аналізу та обробки даних, обчислювального експерименту, розв'язання формалізованих задач за допомогою спеціалізованих програмних засобів
ФК.11 Знання принципів аналізу та візуалізації даних, сучасних методів та алгоритмів штучного інтелекту, машинного навчання, аналізу природних мов, комп'ютерного зору та їх використання у професійній діяльності, побудові нових предиктивних моделей у будь-якій галузі

Очікувані результати навчання. В результаті вивчення дисципліни здобувач повинен **знати:** основні поняття, властивості та складові глибоких повнозв'язних нейронних мереж, розрізняти їх архітектури, області застосування; знати алгоритм навчання мережі та його теоретичне обґрунтування; знати практичні аспекти використання глибоких нейронних мереж та збору даних для їх навчання; знати та розуміти архітектуру згорткових мереж, їх побудову, гіперпараметри; знати класичні архітектури згорткових мереж; області застосування та особливості використання глибоких мереж у задачах практики та бізнесу; мати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки у предметі навчальної дисципліни.

вміти: будувати моделі глибинного навчання для розв'язування практичних задач; використовувати мову програмування Python та фреймворки TensorFlow, Keras, PyTorch тощо для побудови та навчання глибоких мереж; організовувати пошук та збір даних для навчання глибокої мережі; підбирати архітектуру мережі та гіперпараметри виходячи з бінес-постановки задачі; вміти опрацьовувати документацію програмних пакетів та спеціалізовану літературу, у тому числі іноземною мовою; критично осмислювати проблеми у галузі прикладної математики та на межі з іншими галузями знань; бути здатним до проведення досліджень з метою розвитку нових знань та процедур; бути здатним інтегрувати знання та розв'язувати складні задачі у широких або мультидисциплінарних контекстах; бути здатним розв'язувати проблеми у нових або незнайомих середовищах за наявності неповної або обмеженої інформації з урахуванням аспектів соціальної та етичної відповідальності; бути здатним продовжувати навчання з високим ступенем автономії.

Це відповідає таким програмним результатам навчання:

а) для спеціальності 111 «Математика»:

ПРН.01 Знати та розуміти фундаментальні і прикладні аспекти наук у сфері математики
ПРН.04 Володіти математичними методами аналізу, прогнозування та оцінки параметрів моделей, математичними способами інтерпретації числових даних та принципами функціонування природничих процесів
ПРН.10 Інтегрувати знання з різних галузей для вирішення теоретичних та/або практичних задач і проблем
ПРН.11 Застосовувати нові підходи для вироблення стратегії прийняття рішень у складних непередбачуваних умовах
ПРН.16 Використовувати раціональні способи пошуку та використання науково-технічної інформації, включаючи засоби електронних інформаційних мереж; застосовувати інформаційні ресурси, у тому числі електронні, для пошуку відповідних математичних моделей
ПРН.18 Використовувати в практичній роботі спеціалізовані програмні продукти та програмні системи комп'ютерної математики

б) для спеціальності 113 «Прикладна математика»:

ПРН08. Поєднувати методи математичного та комп’ютерного моделювання з неформальними процедурами експертного аналізу для пошуку оптимальних рішень
ПРН11. Вміти застосовувати сучасні технології програмування та розроблення програмного забезпечення, програмної реалізації чисельних і символьних алгоритмів.
ПРН12. Розв’язувати окремі інженерні задачі та/або задачі, що виникають принаймні в одній предметній галузі: в соціології, економіці, екології та медицині.
ПРН13. Використовувати в практичній роботі спеціалізовані програмні продукти та програмні системи комп’ютерної математики

3. Зміст навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Повнозв'язні нейронні мережі (fully-connected NN).

Тема 1. Історія виникнення штучних нейронних мереж. Модель штучного нейрона. Порогова функція активації. Перцептрон

Тема 2. Тонкі нейронні мережі. Лінійна регресія як найпростіша нейронна мережа. Логістична регресія як найпростіша нейронна мережа

Тема 3. Багатошарові нейронні мережі. Глибокі мережі

Тема 4. Навчання нейронних мереж. Параметри та гіперпараметри. Функція втрат. Forward propagation та backpropagation

Тема 5. Фреймворки для навчання нейронних мереж. Бібліотека Tensorflow. Бібліотека Keras. Побудова простих моделей за допомогою фреймворків

Змістовий модуль 2. Практичні аспекти навчання глибоких мереж та підбір гіперпараметрів.

Тема 1. Розбиття датасету на тренувальну, валідаційну та тестову частини. Проблема bias/variance у контексті глибинного навчання

Тема 2. Проблема перенавчання. Регуляризація. Види регуляризації у глибинному навчанні

Тема 3. Нормалізація вхідних даних. Зникаючі та вибухові градієнти. Ініціалізація ваг нейронної мережі

Тема 4. Алгоритми оптимізації та їх роль у глибинному навчанні. Міні-пакетний градієнтний спуск

Тема 5. Градієнтний спуск з моментом. RMSProp. Метод Adam

Тема 6. Роль learning rate у процесі навчання мережі. Способи задання закону зміни learning rate

Тема 7. Проблема локальних оптимумів у контексті глибинного навчання

Тема 8. Підбір гіперпараметрів у глибинному навчанні. Підбір по сітці та рандомізований підбір

Тема 9. Нормалізація вихідних значень після активації. Batch normalization та його роль

Змістовий модуль 3. Згорткові нейронні мережі та комп'ютерний зір.

Тема 1. Комп'ютерний зір. Розвиток методів розпізнавання образів до глибинного навчання. Проблема edge detection. Фільтри та їх різновиди

Тема 2. Ідея згорткової мережі. Переваги згорткових мереж перед повнозв'язними у задачах комп'ютерного зору

Тема 3. Padding, stride та інші гіперпараметри згорткових мереж

Тема 4. Поняття згортки над об'ємом. Pooling. Побудова одного шару згорткової мережі

Тема 5. Приклад архітектури згорткової мережі. Мережа LeNet-5

Тема 6. Класичні архітектури згорткових мереж. Архітектура ResNet. Згортка 1x1 та її роль. Архітектура Inception

Тема 7. Архітектури MobileNet та EfficientNet

Тема 8. Задача object detection та її розв'язання за допомогою згорткової мережі. Алгоритм YOLO

Тема 9. Мережа U-Net.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви тем	Кількість годин									
	Очна форма					Заочна форма				
	Усього	у тому числі				Усього	у тому числі			
		л	п/с	лаб	ср		л	п/с	лаб	ср
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Змістовий модуль 1. Повнозв'язні нейронні мережі (fully-connected NN)										
Тема 1. Історія виникнення штучних нейронних мереж. Модель штучного нейрона. Порогова функція активації. Перцептрон	4	2			2	4				4
Тема 2. Тонкі нейронні мережі. Лінійна регресія як найпростіша нейронна мережа. Логістична регресія як найпростіша нейронна мережа	4	1			3	4				4
Тема 3. Багатошарові нейронні мережі. Глибокі мережі	4	1			3	4	1			3
Тема 4. Навчання нейронних мереж. Параметри та гіперпараметри. Функція втрат. Forward propagation та backpropagation	12	2	2		8	12	1	1		10
Тема 5. Фреймворки для навчання нейронних мереж. Бібліотека Tensorflow. Бібліотека Keras. Побудова простих моделей за допомогою фреймворків	12	2	2		8	12		1		11
Разом за змістовим модулем 1	36	8	4		24	36	2	2		32
Змістовий модуль 2. Практичні аспекти навчання глибоких мереж та підбір гіперпараметрів										
Тема 1. Розбиття датасету на тренувальну, валідаційну та тестову частини. Проблема bias/variance у контексті глибинного навчання	4	1	0,5		2,5	4				4
Тема 2. Проблема перенавчання. Регуляризація. Види регуляризації у глибинному навчанні	4	1	0,5		2,5	4	0,5	0,5		3
Тема 3. Нормалізація вхідних даних. Зникаючі та вибухові градієнти. Ініціалізація	6		1		5	6				6

ваг нейронної мережі										
Тема 4. Алгоритми оптимізації та їх роль у глибинному навчанні. Міні-пакетний градієнтний спуск	8		2		6	8	0,5	0,5		7
Тема 5. Градієнтний спуск з моментом. RMSProp. Метод Adam	8		2		6	8	0,5	0,5		7
Тема 6. Роль learning rate у процесі навчання мережі. Способи задання закону зміни learning rate	4	1	1,5		1,5	4				4
Тема 7. Проблема локальних оптимумів у контексті глибинного навчання	2		0,5		1,5	2				2
Тема 8. Підбір гіперпараметрів у глибинному навчанні. Підбір по сітці та рандомізований підбір	4	1	1		2	4	0,5	0,5		3
Тема 9. Нормалізація вихідних значень після активації. Batch normalization та його роль	4		1		3	4				4
Разом за змістовим модулем 2	44	4	10		30	44	2	2		40
Змістовий модуль 3. Згорткові нейронні мережі та комп'ютерний зір										
Тема 1. Комп'ютерний зір. Розвиток методів розпізнавання образів до глибинного навчання. Проблема edge detection. Фільтри та їх різновиди	4	1			3	4				4
Тема 2. Ідея згорткової мережі. Переваги згорткових мереж перед повнозв’язними у задачах комп'ютерного зору	2	1			1	2	0,5	0,5		1
Тема 3. Padding, stride та інші гіперпараметри згорткових мереж	2	1			1	2				2
Тема 4. Поняття згортки над об'ємом. Pooling. Побудова одного шару згорткової мережі	4	1			3	4				4
Тема 5. Приклад архітектури згорткової мережі. Мережа LeNet-5	4		2		2	4	0,5	0,5		3
Тема 6. Класичні архітектури згорткових мереж. Архітектура ResNet. Згортка 1x1 та її роль. Архітектура Inception	8	1	1		6	8	0,5			7,5
Тема 7. Архітектури	4	1	1		2	4				4

MobileNet та EfficientNet										
Тема 8. Задача object detection та її розв’язання за допомогою згорткової мережі. Алгоритм YOLO	8	1	2		5	8	0,5	1		6,5
Тема 9. Мережа U-Net.	4	1			3	4				4
Разом за змістовим модулем 3	40	8	6		26	40	2	2		36
Усього годин	**120**	**20**	**20**		**80**	**120**	**6**	**6**		**108**

5. Теми семінарських занять

Семінарські заняття не передбачені.

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Навчання нейронних мереж	2	1
2	Фреймворки для навчання нейронних мереж	2	1
3	Практичні аспекти навчання глибоких мереж	2	0,5
4	Оптимізація у нейронних мережах	6	1
5	Підбір гіперпараметрів у глибинному навчанні	2	0,5
6	Класичні архітектури згорткових мереж	4	1
7	Задача object detection та її розв’язання за допомогою згорткової мережі	2	1
	Разом	**20**	**6**

7. Теми лабораторних занять

Лабораторні заняття не передбачені.

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Історія виникнення штучних нейронних мереж	2	4
2	Тонкі та багатошарові нейронні мережі	6	7
3	Навчання нейронних мереж	8	10
4	Фреймворки для навчання нейронних мереж	8	11
5	Практичні аспекти навчання глибоких мереж	10	13
6	Алгоритми оптимізації та їх роль у глибинному навчанні	15	20
7	Підбір гіперпараметрів у глибинному навчанні	5	7
8	Комп'ютерний зір. Ідея згорткової мережі	4	5
9	Складові частини згорткових мереж	4	6

10	Класичні архітектури згорткових мереж	10	14,5
11	Задача object detection та її розв’язання за допомогою згорткової мережі	8	10,5
	Разом	**80**	**108**

Студентам пропонується самостійно розв'язати практичні завдання з кожного змістового модуля. Самостійна робота оформлюється у вигляді письмового звіту, обговорення та оцінювання якого здійснюється на поточному та підсумковому контролі.

Самостійна робота здобувачів забезпечується засобами Google Workspace for Education.

Навчально-методичне забезпечення: робоча програма навчальної дисципліни; навчально-методичні матеріали для лекцій, конспекти (тексти, схеми) лекцій; мультимедійні презентації; плани практичних занять.

Критерії оцінювання виконання самостійної роботи**:**

– своєчасність виконання;

– доброчесність та коректність у представлені текстів, презентацій та посилань (у разі доведеного плагіату бали за роботу анулюються);

– повнота, грамотність і коректність розкриття основних положень;

– творчий підхід до постановки і реалізації завдання;

– відповідність формальним критеріям (структура, послідовність, логічність, мовна грамотність, якість оформлення тощо).

– вміння застосовувати теоретичні знання для рішення практичних завдань.

9. Методи навчання

Метод проблемного викладення (наукового пошуку).

Пояснювально-ілюстративні методи: лекція, пояснення, самостійне опрацювання літературних джерел, робота з електронними конспектами лекцій та презентаціями, опрацювання наукових публікацій.

Наочні методи (презентації, ілюстрації).

Репродуктивні методи: розв’язування задач за алгоритмами конкретних методів, практичні роботи.

Дослідницький метод.

Методи формування і стимулювання пізнавальної діяльності: навчальні дискусії.

10. Форми контролю і методи оцінювання

Методи усного контролю: індивідуальне усне поточне опитування, захист практичних робіт.

Методи письмового контролю: поточні практичні роботи.

При оцінюванні в балах рівня засвоєння матеріалу використовуються загальні критерії оцінювання навчальних досягнень здобувачів вищої освіти**:**

Оцінка за національною шкалою та **відсоток від максимальної кількості балів**	Теоретична підготовка	Практична підготовка
	Здобувач освіти	
зараховано (90-100% від максимальної кількості балів)	у повному обсязі володіє навчальним матеріалом, вільно, самостійно та аргументовано його викладає під час усних виступів та письмових відповідей; глибоко та всебічно розкриває зміст теоретичних питань, використовуючи при цьому нормативну, обов'язкову та додаткову літературу; робить самостійні висновки, виявляє причинно-наслідкові зв'язки; самостійно знаходить додаткову інформацію та використовує її для реалізації поставлених перед ним завдань. Здобувач здатен виділяти суттєві ознаки вивченого за допомогою операцій синтезу, аналізу, виявляти причинно-наслідкові зв'язки, формувати висновки і узагальнення, вільно оперувати фактами та відомостями.	глибоко та всебічно розкриває сутність практичних/ розрахункових завдань, використовуючи при цьому нормативну, обов'язкову та додаткову літературу; може аргументовано обрати раціональний спосіб виконання завдання й оцінити результати власної практичної діяльності; виконує творчі завдання та ініціює нові шляхи їх виконання; вільно використовує набуті теоретичні знання при аналізі практичного матеріалу; проявляє творчий підхід до виконання індивідуальних та колективних завдань при самостійній роботі.
зараховано (75-89% від максимальної кількості балів)	достатньо повно володіє навчальним матеріалом, обґрунтовано його викладає під час усних виступів та письмових відповідей, використовуючи при цьому нормативну та обов'язкову літературу; при представленні деяких питань не вистачає достатньої глибини та аргументації, застосовує знання для розв'язання стандартних ситуацій; самостійно аналізує, узагальнює і систематизує навчальну інформацію, але допускаються при цьому окремі несуттєві неточності та незначні помилки.	правильно вирішив більшість розрахункових /тестових завдань за зразком; має стійкі навички виконання завдання
зараховано (60-74% від максимальної кількості балів)	володіє навчальним матеріалом на репродуктивному рівні або відтворює певну частину навчального матеріалу з елементами логічних зв'язків, знає основні поняття навчального матеріалу; має ускладнення під час виділення суттєвих ознак вивченого;	може використовувати знання в стандартних ситуаціях, має елементарні, нестійкі навички виконання завдання. Правильно вирішив половину розрахункових/тестових завдань. Здобувач має

	під час виявлення причинно-наслідкових зв'язків і формулювання висновків.	ускладнення під час виділення суттєвих ознак вивченого; під час виявлення причинно-наслідкових зв'язків і формулювання висновків.
не зараховано (35-59% від максимальної кількості балів)	володіє навчальним матеріалом поверхово й фрагментарно (без аргументації та обґрунтування); безсистемно виокремлює випадкові ознаки вивченого; не вміє робити найпростіші операції аналізу і синтезу; робити узагальнення, висновки; під час відповіді допускаються суттєві помилки	недостатньо розкриває сутність практичних завдань, допускаючи при цьому суттєві неточності, правильно вирішив окремі розрахункові/тестові завдання за допомогою викладача, відсутні сформовані уміння та навички.
не зараховано (0-34% від максимальної кількості балів)	не володіє навчальним матеріалом	виконує лише елементи завдання, потребує постійної допомоги викладача

Примітка: максимальна кількість балів за кожною темою вказана в п.12.

Форма підсумкового контролю – залік. Підсумкова оцінка визначається як сума балів за поточний і періодичний контроль за 100-бальною системою, виставляється за результатами роботи здобувача вищої освіти впродовж всього семестру.

11. Питання для поточного та періодичного контролю

1. **Повнозв'язні нейронні мережі (fully-connected NN)**
    - Історія виникнення штучних нейронних мереж
    - Модель штучного нейрона. Порогова функція активації. Перцептрон
    - Тонкі нейронні мережі. Лінійна регресія як найпростіша нейронна мережа.
    - Логістична регресія як найпростіша нейронна мережа
    - Багатошарові нейронні мережі. Глибокі мережі
    - Навчання нейронних мереж. Параметри та гіперпараметри. Функція втрат.
    - Forward propagation та backpropagation
    - Фреймворки для навчання нейронних мереж. Бібліотека Tensorflow. Бібліотека Keras.

2. **Практичні аспекти навчання глибоких мереж та підбір гіперпараметрів**
    - Розбиття датасету на тренувальну, валідаційну та тестову частини
    - Проблема bias/variance у контексті глибинного навчання
    - Проблема перенавчання. Регуляризація
    - Види регуляризації у глибинному навчанні
    - Нормалізація вхідних даних. Зникаючі та вибухові градієнти
    - Ініціалізація ваг нейронної мережі

- Алгоритми оптимізації та їх роль у глибинному навчанні
- Міні-пакетний градієнтний спуск
- Градієнтний спуск з моментом
- RMSProp
- Метод Adam
- Роль learning rate у процесі навчання мережі. Способи задання закону зміни learning rate
- Проблема локальних оптимумів у контексті глибинного навчання
- Підбір гіперпараметрів у глибинному навчанні. Підбір по сітці та рандомізований підбір
- Нормалізація вихідних значень після активації. Batch normalization та його роль

3. **Згорткові нейронні мережі та комп'ютерний зір**
   - Комп'ютерний зір. Розвиток методів розпізнавання образів до глибинного навчання
   - Проблема edge detection. Фільтри та їх різновиди
   - Ідея згорткової мережі
   - Переваги згорткових мереж перед повнозв’язними у задачах комп'ютерного зору
   - Padding, stride та інші гіперпараметри згорткових мереж
   - Поняття згортки над об'ємом. Pooling
   - Побудова одного шару згорткової мережі
   - Мережа LeNet-5
   - Класичні архітектури згорткових мереж. Архітектура ResNet
   - Класичні архітектури згорткових мереж. Згортка 1x1 та її роль
   - Архітектура Inception
   - Архітектури MobileNet та EfficientNet
   - Задача object detection та її розв’язання за допомогою згорткової мережі
   - Алгоритм YOLO
   - Мережа U-Net

12. Розподіл балів, які отримують здобувачі

Поточне тестування та самостійна робота			**Сума балів**
ЗМ 1	ЗМ 2	ЗМ 3	
20	40	40	**100**

Розподіл балів за видами навчальної роботи

Види навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовий модуль 1			
Виконання практичної	20	1	20

роботи			
Усього за змістовим модулем 1			**0 – 20**
Змістовий модуль 2			
Виконання практичної роботи	20	2	40
Усього за змістовим модулем 2			**0 – 40**
Змістовий модуль 3			
Виконання практичної роботи	20	2	40
Усього за змістовим модулем 3			**0 – 40**
Підсумкова сума балів			**0 – 100**

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90–100	**A**	відмінно	зараховано
85–89	**B**	добре	
75–84	**C**		
70–74	**D**	задовільно	
60–69	**E**		
35–59	**FX**	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0–34	**F**	незадовільно з обов’язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов’язковим повторним вивченням дисципліни

13. Навчально-методичне забезпечення

Інтерактивні блокноти Jupyter notebook із текстом лекцій та програмним кодом:

https://www.kaggle.com/emstrakhov/

14. Рекомендована література

1. Goodfellow, I., Bengio, Y. and Courville, A. Deep Learning: MIT Press, 2016. 779 p.
2. Haykin, S. Neural Networks: A Comprehensive Foundation: Prentice Hall, 1999. 823 p.
3. Bishop C. M. Pattern Recognition and Machine Learning: Springer (India) Private Limited, 2013. 173 p.
4. Schmidhuber J. Deep Learning in Neural Networks: An Overview. *Neural Networks*, Vol. 61, 2015. pp. 85-117.
5. Bengio Y., LeCun Y., Hinton G. Deep Learning. *Nature*, Vol. 521, 2015. pp. 436-444.

6. Matthew D. Zeiler, Rob Fergus. Visualizing and Understanding Convolutional Networks. *ECCV*, 2014, Part I, LNCS 8689. pp. 818–833.
7. Bengio Y., Courville A., Vincent P. Representation learning: A review and new perspectives. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2013. Vol. 35 (8). pp. 1798-1828.
8. Arel I., Rose D.C., Karnowski T.P. Deep Machine Learning - A New Frontier in Artificial Intelligence Research. *IEEE Computational Intelligence Magazine*, 2010. Vol. 5 (4). pp. 13-18.
9. Bengio Y. Learning deep architectures for AI. *Foundations and trends in Machine Learning*, 2010. Vol. 2 (1). pp. 1-127.

15. Електронні інформаційні ресурси

1. http://lib.onu.edu.ua/ – Сайт бібліотеки ОНУ імені І. І. Мечникова;
2. http://odnb.odessa.ua/ – Сайт Одеської національної наукової бібліотеки;
3. https://cocalc.com/ — інтерактивне середовище для наукових обчислень та оформлення документації за допомогою популярних пакетів та мов програмування (Python, R, SageMath, Octave, LaTeX)
4. https://colab.research.google.com/ — інтерактивне середовище для роботи з Jupyter notebook
5. https://www.anaconda.com/ — дистрибутив математичних пакетів Python/R, а також пакетів для аналізу та візуалізації даних
6. https://www.kaggle.com/ – ресурс для вивчення Data Science, пошуку датасетів, участі у змаганнях з машинного навчання, інтерактивне середовище для роботи з Jupyter notebook
7. https://www.tensorflow.org/ – документація фреймворку Tensorflow
8. https://keras.io/ – документація фреймворку Keras
9. https://pytorch.org/ – документація фреймворку PyTorch
10. https://www.deeplearningbook.org/ – підручник з глибинного навчання
11. http://cs231n.github.io/ — Convolutional Neural Networks for Visual Recognition (Stanford course given by Fei-Fei Li, Andrej Karpathy, and Justin Johnson, 2016)