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
"25" листопада 2022 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ВБ 2.4 «Згорткові мережі у задачах комп'ютерного зору »

Рівень вищої освіти	**третій (освітньо-науковий)**
Галузь знань	**11 Математика та статистика**
Спеціальність	**113 Прикладна математика**
Освітньо-наукова програма	**Обчислювальна математика, методи математичної фізики, варіаційне числення і теорія оптимального керування та механіка**

ОНУ
2022

Робоча програма навчальної дисципліни «Згорткові мережі у задачах комп'ютерного зору. – Одеса: ОНУ, 2022.

Розробник: Володимир Мороз, канд. техн.наук, професор кафедри оптимального керування і економічної кібернетики

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри оптимального керування і економічної кібернетики

Протокол № 5 від. "14" листопада 2022 р.

Завідувач кафедри _____ Ольга КІЧМАРЕНКО

Погоджено із гарантом ОНП "Обчислювальна математика, методи математичної фізики, варіаційне числення і теорія оптимального керування та механіка" Н.Д. ВАЙСФЕЛЬД

Схвалено навчально-методичною комісією (НМК) факультету математики, фізики та інформаційних технологій
Протокол № 3 від. "15" листопада 2022 р.

Голова НМК _____ Євген СТРАХОВ

Переглянуто та затверджено на засіданні кафедри оптимального керування і економічної кібернетики
Протокол № ___ від. "____"_____20__ р.
Завідувач кафедри _____ (_____)
(підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Переглянуто та затверджено на засіданні кафедри оптимального керування і економічної кібернетики
Протокол № ___ від. "____"_____20__ р.
Завідувач кафедри _____ (_____)
(підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, спеціалізація, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
		Очна (денна, вечірня) форма навчання
Загальна кількість: кредитів – 3 годин – 90 змістових модулів – 3	Галузь знань **11 Математика та статистика** Спеціальність **113 Прикладна математика** Спеціалізації: _____ (назва) Рівень вищої освіти: третій (освітньо-науковий)	За вибором
		Рік підготовки:
		1-й
		Семестр
		1-й
		Лекції
		12 год.
		Практичні, семінарські
		10 год.
		Лабораторні
		0 год.
		Самостійна робота
		68 год.
		Форма підсумкового контролю: **залік**

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета дисципліни: ознайомити аспірантів з методами машинного навчання з учителем і без учителя, систематизувати нейронні мережі, розглянути їх можливості в ключових теоріях і практичному застосуванні комп'ютерного 'ютерного зору з використанням програмного забезпечзору, в задачах класифікації і розпізнавання, надати приклади ефективної практичної реалізації рішень комп'ютерного зору з використанням програмного забезпечення нейронних мереж, стандартних бібліотек комп'ютерного зору.

Завданнями дисципліни є ознайомлення з теоретичними основами та практикою використання математичного та програмного апарату нейронних мереж для задач класифікації і розпізнавання.

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

Інтегральна компетентність. Здатність розв'язувати комплексні проблеми в галузі професійної та дослідницько-інноваційної діяльності у сфері математики та статистики із залученням отриманих знань із суміжних навчальних дисциплін, що передбачає глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних знань та професійних практик.

ФК 01. Здатність до глибокого розуміння теоретичних положень, історії їх розвитку, сучасного стану та майбутнього концепту за напрямком власного наукового дослідження в прикладній математиці.

ФК 02. Здатність до визначення перспективних наукових напрямів на основі аналітичного пошуку з використанням сучасних методів комп'ютерних та інформаційних технологій.

ФК 04. Здатність до абстракції, включаючи здатність логічно розвивати окремі формальні теорії та встановлювати зв'язок між ними.

ФК 05. Здатність до глибинного розуміння загальних та спеціальних математичних дисциплін.

ФК 06. Здатність будувати математичні моделі для опису та подальшого аналізу явищ та процесів.

ФК 07. Здатність формулювати математичні постановки складних оптимізаційних проблем і проблем прийняття рішень.

ФК 09. Здатність користуватися, управляти і розробляти нові інформаційні технології.

Очікувані результати навчання. В результаті вивчення дисципліни здобувач повинен

знати: математичні основи штучних нейронних мереж (ШНМ), основні типи нейронних мереж та методи їх навчання, а також класи задач, де вони можуть мати перевагу над класичними методами, методи оптимізації і регуляризації штучних нейронних мереж;

вміти: вибирати необхідний тип нейронної мережі в залежності від задачі, розв'язувати задачі КЗ методами глибоко навчання з використанням бібліотек TensorFlow, Keras, PyTorch.

Це відповідає наступним програмним результатам навчання:

ПРН 05. Вміти описувати, аналізувати та синтезувати інформацію, враховуючи попередній досвід; піддавати сумніву отримані раніше результати; правильно поставити задачу дослідження та відібрати підходи до її розв'язку; виявляти ключові ідеї у напрацьованому розв'язку та представлення їх у чіткому і завершеному вигляді.

ПРН 06. Вміти здійснювати аналіз поставленої задачі, працювати з літературою, обирати шляхи до вирішення проблеми, застосовувати сучасні методи дослідження, робити висновки, оцінювати отримані результати.

ПРН 07. Вміти ставити проблему, проводити аналіз її сучасного стану розробки, користуватися апаратом розв'язання та оприлюднення результатів із застосуванням сучасних інформаційно – комп'ютерних технологій.

ПРН 10. Вміти проводити доведення математичних тверджень, що не є аналогічними до раніше відомих.

ПРН 12. Вміти складати модель творчої роботи, програму і план власного дослідження; формулювати висновки та узагальнення; обґрунтовувати практичну значущість результатів дослідження.

ПРН 14. Вміти розв'язувати конкретні математичні задачі, сформульовані у термінах даної предметної області; оцінювати ступінь адекватності математичної моделі явищу, яке вона описує.

ПРН 15. Вміти здійснювати базові перетворення математичних моделей для зручності розв'язання відповідних задач; надавати інтерпретацію отриманих результатів.

3. Зміст навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Моделі та архітектури нейронних мереж (НМ)

Тема 1. Історичні аспекти розвитку штучних нейронних мереж. Штучний інтелект, машинне навчання та аналіз сучасних НМ. Нейрон та його моделювання. Задачі штучних нейронних мереж.

Тема 2. Математичні основи ШНМ. Архітектура штучних нейронних мереж. Ієрархічні структури. Одношарові та багатошарові нейронні мережі прямого поширення. Конкурентні та рекурентні структури. Методи навчання з учителем та принципи формування цільової функції.

Тема 3. Перцептрон та архітектури НМ.

Змістовий модуль 2. Оптимізація архітектури нейронних мереж та методи навчання без учителя.

Тема 4. Методи визначення реальної похибки. Методи оптимізації параметрів. Регуляризація, усереднення, методи відсікання: метод “пригнічення”, OBD, OBS, OLS методи. Методи нарощування: каскадноъ кореляцыъ та ытерацыйного нарощування.

Тема 5. RNN архітектури та їх застосування.

Тема 6. CNN та їх застосування в КЗ.

Змістовий модуль 3. Складні НМ.

Тема 7. Архітектури на основі GAN та їх застосування.

Тема 8. Глибоке навчання з підкріпленням.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	Очна (денна, вечірня) форма					
	усього	у тому числі				
		л	п	лаб.	інд.	с. р.
1	2	3	4	5	6	7
Змістовий модуль 1. Моделі та архітектури нейронних мереж.						
Тема 1. Штучний інтелект, машинне навчання та аналіз сучасних НМ.	5	1				4
Тема 2. Математичні основи ШНМ.	8	2				6
Тема 3. Перцептрон та архітектури НМ.	9	1				8
Разом за змістовим модулем 1	22	4				18
Змістовий модуль 2. Оптимізація архітектури НМ та методи навчання без учителя.						
Тема 4. Методи оптимізації та регуляризації НМ.	7	1				6
Тема 5. RNN архітектури та їх застосування.	8	2	2			4
Тема 6. CNN та їх застосування в КЗ.	25	3	4			18
Разом за змістовим модулем 2	40	6	6			22
Змістовий модуль 3. Складні НМ.						
Тема 7. Архітектури на основі GAN та їх застосування.	13	1	2			10
Тема 8. Глибоке навчання з підкріпленням.	15	1	2			12
Разом за змістовим модулем 3	28	2	4			28
Усього годин	**90**	**12**		**10**		**68**

5. Теми семінарських занять

Семінарські заняття навчальним планом не передбачені.

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	RNN архітектури та їх застосування.	2
2.	CNN та їх застосування в КЗ.	4
3.	Архітектури на основі GAN та їх застосування.	2
4.	Глибоке навчання з підкріпленням.	2
	Разом	**10**

7. Теми лабораторних занять

Лабораторні заняття не передбачені навчальним планом

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Штучний інтелект, машинне навчання та аналіз сучасних НМ.	4
2	Математичні основи ШНМ.	6
3	Перцептрон та архітектури НМ.	8
4	Методи оптимізації та регуляризації НМ.	6
5	RNN архітектури та їх застосування.	4
6	CNN та їх застосування.	18
7	Архітектури на основі GAN та їх застосування.	10
8	Глибоке навчання з підкріпленням.	12
	Разом	**68**

Самостійна робота оформлюється у вигляді доповіді, обговорення, та оцінювання якої здійснюється на поточному та підсумковому контролі.

Самостійна робота здобувачів забезпечується засобами Google Workspace for Education.

Робоча програма навчальної дисципліни; силабус; навчально-методичні матеріали для лекцій, конспекти (тексти, схеми) лекцій; мультимедійні презентації;

плани практичних занять; методичні вказівки (рекомендації) щодо самостійного вивчення дисципліни:

1. Новотарський М.А., Нестеренко Б.Б. Штучні нейронні мережі: обчислення // Праці Інституту математики НАН України. – Т50. – Київ: Ін-т математики НАН України, 2004. – 408 с.
2. Кононюк А.Ю. Нейроні мережі і генетичні алгоритми – К.:«Корнійчук», . 2008. – 446 с.

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, оцінювання доповідей, підсумковий контроль - усний залік.

Методи письмового контролю: письмові поточні самостійні роботи.

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

Оцінка за національною шкалою та **відсоток**	Теоретична підготовка	Практична підготовка
	Здобувач освіти	

від максимальної кількості балів		
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; під час виявлення причинно-наслідкових зв'язків і формулювання висновків.	може використовувати знання в стандартних ситуаціях, має елементарні, нестійкі навички виконання завдання. Правильно вирішив половину розрахункових/тестових завдань. Здобувач має ускладнення під час виділення суттєвих ознак вивченого; під час виявлення причинно-наслідкових зв'язків і формулювання висновків.

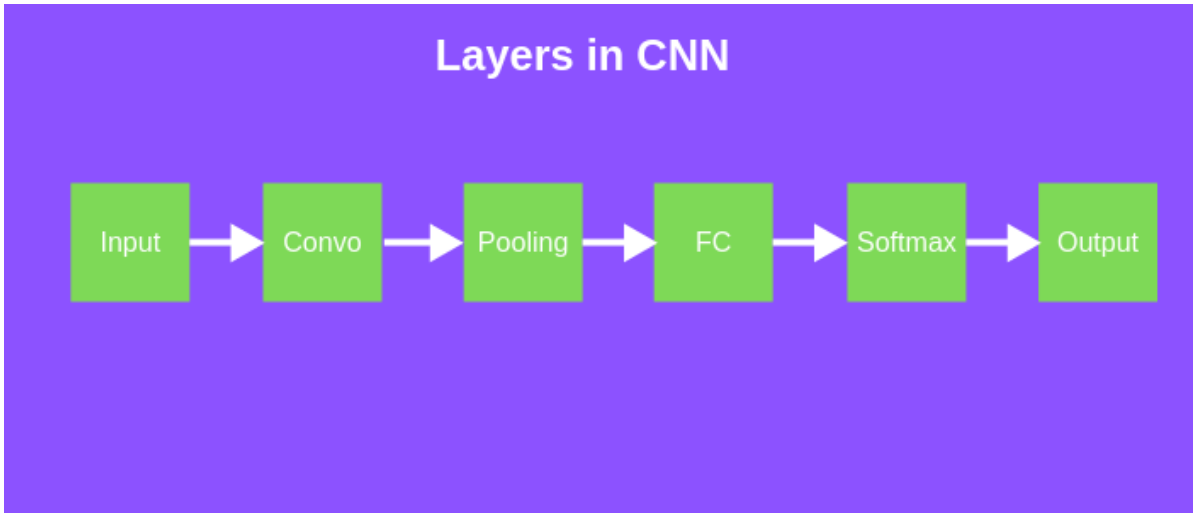
не зараховано (35-59% від максимальної кількості балів)	володіє навчальним матеріалом поверхово й фрагментарно (без аргументації та обґрунтування); безсистемно виокремлює випадкові ознаки вивченого; не вміє робити найпростіші операції аналізу і синтезу; робити узагальнення, висновки; під час відповіді 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, виставляється за кількістю балів, набраних в семестрі (згідно зі шкалою оцінювання з п.12).

11. Питання для підсумкового контролю

1. Що ви розумієте про нейронні мережі в контексті глибокого навчання?
2. Які застосування глибокого навчання?
3. Поясніть швидкість навчання в контексті моделей нейронної мережі. Що станеться, якщо швидкість навчання надто висока або занизька?
4. Які переваги нейронних мереж?
5. Які недоліки нейронних мереж?
6. Поясніть, що таке глибока нейронна мережа.
7. Які різні типи глибоких нейронних мереж?
8. Що ви маєте на увазі під наскрізним навчанням?
9. Що ви розумієте про відсікання градієнта в контексті глибокого навчання?
10. Поясніть пряме та зворотне розповсюдження в контексті глибокого навчання.
11. Поясніть нормалізацію даних. Яка в ній потреба?
12. Які є методи нормалізації даних?
13. Що ви маєте на увазі під гіперпараметрами в контексті глибокого навчання?

14. Різниця між проблемами класифікації з кількома класами та кількома мітками.
15. Поясніть трансферне навчання в контексті глибокого навчання.
16. Які переваги трансферного навчання?
17. Чи можна навчити модель нейронної мережі, встановивши всі зміщення на 0? Крім того, чи можна навчити модель нейронної мережі, встановивши всі ваги на 0?
18. Що таке тензор у глибокому навчанні?
19. Поясніть різницю між мілкою мережею та глибокою мережею.
20. Як у згортковій нейронній мережі (CNN) виправити постійну точність перевірки?
21. Поясніть груповий градієнтний спуск.
22. Поясніть стохастичний градієнтний спуск. Чим він відрізняється від пакетного градієнтного спуску?
23. Який алгоритм глибокого навчання найкращий для виявлення облич?
24. Що таке функція активації? Яка користь від функції активації?
25. Що ви маєте на увазі під епохою в контексті глибокого навчання?
26. Під час побудови архітектури нейронної мережі, як ви вирішуєте, скільки нейронів і прихованих шарів має мати нейронна мережа?
27. Чи може модель глибокого навчання бути побудована виключно на основі лінійної регресії?
28. На вашу думку, що є потужнішим - двошарова нейронна мережа без будь-якої функції активації чи двошарове дерево рішень?
29. Чим повторюване зворотне поширення нейронної мережі відрізняється від зворотного поширення штучної нейронної мережі?
30. Що саме ви маєте на увазі під вибуховими та зникаючими градієнтами?
31. Що таке автокодери? Поясніть різні рівні автокодерів.
32. Що ви знаєте про Dropout?
33. Розрізніть Deep Learning і Machine Learning.
34. Поясніть різні типи функцій активації.
35. Що ви маєте на увазі під згортковою нейронною мережею?
36. Чому ми віддаємо перевагу згортковим нейронним мережам (CNN) над штучними нейронними мережами (ANN) для введення даних зображення?
37. Поясніть різні рівні в CNN.



38. Поясніть значення функції активації RELU в нейронній мережі згортки.
39. Чому ми використовуємо рівень об’єднання в CNN?
40. Який розмір карти функцій для заданого розміру вхідного зображення, розміру фільтра, кроку та величини відступу?
41. Вхідне зображення було перетворено на матрицю розміром 12 X 12 разом із фільтром розміром 3 X 3 із кроком 1. Визначте розмір згорнутої матриці.
42. Поясніть терміни «Дійсне заповнення» та «Те саме заповнення» в CNN.
43. Які є різні типи об'єднання? Поясніть їх ознаки.
44. Чи завжди розмір карти функцій зменшується після застосування фільтрів? Поясніть чому чи ні.
45. Що таке Stride? Який вплив високого кроку на карту функцій?
46. Поясніть роль шару зведення в CNN.
47. Перелічіть гіперпараметри рівня об’єднання.
48. Яка роль повністю підключеного (FC) рівня в CNN?
49. Коротко поясніть два основні етапи CNN, тобто вивчення функцій і класифікацію.
50. Які проблеми пов’язані з операцією Convolution і як їх вирішити?
51. Поясніть значення «Спільного використання параметрів» і «Розрідженості з’єднань» у CNN.
52. Поясніть роль шару згортки в CNN.
53. Чи можемо ми використовувати CNN для зменшення розмірності? Якщо так, то який рівень відповідає за зменшення розмірності, зокрема в CNN?

12. Розподіл балів, які отримують здобувачі

Поточне тестування та самостійна робота								Сума балів
ЗМ 1			ЗМ 2			ЗМ 3		
Т1	Т2	Т3	Т4	Т5	Т6	Т7	Т8	
8	10	10	12	16	24	10	10	100

Розподіл балів за видами навчальної роботи

Види навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовий модуль 1			
Поточний контроль на лекціях	14	2	28
Усього за змістовим модулем 1			**0 – 28**
Змістовий модуль 2			
Поточний контроль на лекціях	5	2	10
Виконання практичних робіт	7	6	42

Види навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовий модуль 1			
Поточний контроль на лекціях	14	2	28
Усього за змістовим модулем 1			**0 – 28**
Змістовий модуль 2			
Поточний контроль на лекціях	5	2	10
Усього за змістовим модулем 2			**0 – 52**
Змістовий модуль 3			
Поточний контроль на лекціях	5	2	10
Виконання практичних робіт	5	2	10
Усього за змістовим модулем 3			**0 – 20**
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

Робоча програма навчальної дисципліни; силабус; навчально-методичні матеріали для лекцій, конспекти (тексти, схеми) лекцій; мультимедійні презентації; плани практичних занять; методичні вказівки (рекомендації) щодо самостійного вивчення дисципліни:

1. Новотарський М.А., Нестеренко Б.Б. Штучні нейронні мережі: обчислення // Праці Інституту математики НАН України. – Т50. – Київ: Ін-т математики НАН України, 2004. – 408 с.
2. Кононюк А.Ю. Нейроні мережі і генетичні алгоритми – К.:«Корнійчук», . 2008. – 446 с.

14. Рекомендована література

Основна

1. Deep Learning in Python. Master Data Science and Machine Learning with Modern Neural Networks written in Python, Theano, and Tensor Flow. LazyProgrammer, 2016. — 71 p.
2. Kelleher John D. Deep Learning. The MIT Press, 2019. — 296 p. — (MIT Press Essential Knowledge series).
3. Bonaccorso Giuseppe. Hands-on unsupervised learning with Python: Implement machine learning and deep learning models using Scikit-Learn, TensorFlow, and more. Packt Publishing, 2019. — 375 p.
4. Тимчишин Р.М., Волков О.Є., Господарчук О.Ю., Богачук Ю.П. Сучасні підходи до розв'язання задач комп'ютерного зору. // Control systems and computers, 2018, № 6 **DOI: https://doi.org/10.15407/usim.2018.06.046**

Додаткова

1. Mane, Deepak & Kulkarni, U., "A Survey on Supervised Convolutional Neural Networkand Its Major Applications", International Journal of Rough Sets and Data Analysis(IJRSDA), (2017).
2. J. Bouvrie, "1 Introduction Notes on Convolutional Neural Networks," (2006).
3. Lee, Chen-Yu et al. "Generalizing Pooling Functions in Convolutional Neural Networks:Mixed, Gated, and Tree." AISTATS (2015).

15. Електронні інформаційні ресурси

1. http://cs231n.stanford.edu/ - Сайт Стендфордського університету
2. http://eir.zntu.edu.ua/bitstream/123456789/6800/1/Subbotin_Neural.pdf - Сайт Національного університету "Запорізька політехніка"
3. https://www.udemy.com/topic/convolutional-neural-networks/ - Сайт освітнього порталу Udemy

4. https://www.coursera.org/specializations/deep-learning - Сайт освітнього порталу Coursera