

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ім. Ю.М. Потебні
ЗАПОРІЗЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОНІКИ, ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ТА
ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

ЗАТВЕРДЖУЮ



КОГНІТИВНІ НАУКИ В ІНЖЕНЕРІЇ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

підготовки магістра
очної (денної) форми здобуття освіти
спеціальності **121 Інженерія програмного забезпечення**
освітньо-професійна програма **Інженерія програмного забезпечення**

Укладач **Безверхий А.І.** доцент кафедри електроніки,
інформаційних систем та програмного забезпечення

Обговорено та ухвалено
на засіданні кафедри програмного забезпе-
чення автоматизованих систем

Протокол № 1 від “26” серпня 2022 р.
Завідувач кафедри

Безвх
(підпис)

А.І. Безверхий
(ініціали, прізвище)

Ухвалено науково-методичною радою
інженерного навчально-наукового інститу-
ту ім. Ю.М. Потебні ЗНУ

Протокол № 1 від “02” вересня 2022 р.
Голова науково-методичної ради
інженерного навчально-наукового інститу-
ту ім. Ю.М. Потебні ЗНУ

Шарапова
(підпис)

Т.А. Шарапова
(ініціали, прізвище)

Погоджено
з навчально-методичним відділом

О.В. Шевченко
(підпис)

О.В. Шевченко
(ініціали, прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

1	2	3	
Галузь знань, спеціальність, освітня програма рівень вищої освіти	Нормативні показники для планування і розподілу дисципліни на змістові модулі	Характеристика навчальної дисципліни	
		очна (денна) форма здобуття освіти	заочна (дистанційна) форма здобуття освіти
Галузь знань 12 Інформаційні технології	Кількість кредитів – 5	Обов'язкова дисципліна освітньо-професійної програми	
Спеціальність 121 Інженерія програмного забезпечення	Загальна кількість годин – 150	Семестр:	
		1-й	
Освітньо-професійна програма Інженерія програмного забезпечення	Змістових модулів – 8	Лекції	
		20 год.	
		Лабораторні	
		20 год.	
Рівень вищої освіти: магістерський	Кількість поточних контрольних заходів – 16	Самостійна робота	
		110 год.	
		Вид підсумкового семестрового контролю:	
		екзамен	

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни «Когнітивні науки в інженерії програмного забезпечення» є: підготовка магістрів, що мають знання з проектування та створення програмного забезпечення, що підтримує діяльність інтелектуальних систем різного призначення, засвоєння методів машинного навчання; програмна реалізація машинного навчання; створення та використання інтелектуальних систем з машинним навчанням, засвоєння основ Data Science, .

Основними **завданнями** викладання дисципліни «Когнітивні науки в інженерії програмного забезпечення» є: вивчення основних методів машинного навчання; навчання з учителем (кероване навчання, англ. supervised learning); навчання без учителя (спонтанне навчання, англ. unsupervised learning); навчання з підкріпленням(англ. reinforcement learning); напівавтоматичне навчання (англ. semi-supervised learning); навчання дерев рішень; навчання асоціативних правил.

Вивчення курсу передбачає теоретичну підготовку і практичне вивчення матеріалу з використанням персональних комп'ютерів,.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен набути таких результатів навчання (знання, уміння тощо) та компетентностей:

Заплановані робочою програмою результати навчання та компетентності	Методи і контрольні заходи
1	2
<p>Інтегральна компетентність: ІК Здатність особи розв'язувати складні задачі і проблеми у певній галузі професійної діяльності або у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій та характеризується невизначеністю умов і вимог.</p>	
<p>Загальні компетентності: ЗК 1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу ЗК 3. Здатність проводити дослідження на відповідному рівні. ЗК 4. Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами інших галузей знань/видів економічної діяльності). ЗК 5. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).</p>	<p>Методи: Наочні методи (схеми, моделі, алгоритми). Словесні методи (лекція, пояснення, робота з підручником). Практичні методи (творчі завдання, контрольні, складання схем і алгоритмів). Логічні методи (індуктивні, дедуктивні, створення проблемної ситуації). Проблемно-пошукові методи (репродуктивні). Метод формування пізнавального інтересу (навчальна дискусія, створення цікавих ситуацій).</p>
<p>Спеціальні (фахові, предметні) компетентності: СК 1. Здатність аналізувати предметні області, формувати, класифікувати вимоги до програмного забезпечення.</p>	<p>Методи: Дослідницький (самостійна робота, проекти).</p>

<p>СК 2. Здатність розробляти і реалізовувати наукові та/або прикладні проєкти у сфері інженерії програмного забезпечення.</p> <p>СК 4. Здатність розвивати і реалізовувати нові конкурентоспроможні ідеї в інженерії програмного забезпечення.</p> <p>СК 7. Здатність критично осмислювати проблеми у галузі інформаційних технологій та на межі галузей знань, інтегрувати відповідні знання та розв'язувати складні задачі у широких або мультидисциплінарних контекстах.</p> <p>СК 11. Здатність застосовувати та розвивати фундаментальні та міждисциплінарні знання для успішного розв'язання завдань</p>	<p>Наочні методи (схеми, моделі, алгоритми).</p> <p>Проблемно-пошукові методи (репродуктивні).</p> <p>Практичні методи (творчі завдання, контрольні, складання схем і алгоритмів).</p> <p>Логічні методи (індуктивні, дедуктивні, створення проблемної ситуації).</p> <p>Метод формування пізнавального інтересу (навчальна дискусія, створення цікавих ситуацій).</p>
<p align="center">Програмні результати навчання:</p> <p>ПР 2. Оцінювати і вибирати ефективні методи і моделі розроблення, впровадження, супроводу програмного забезпечення та управління відповідними процесами на всіх етапах життєвого циклу.</p> <p>ПР 3. Будувати і досліджувати моделі інформаційних процесів у прикладній області.</p> <p>ПР 4. Виявляти інформаційні потреби і класифікувати дані для проєктування програмного забезпечення.</p> <p>ПР 7. Аналізувати, оцінювати і застосовувати на системному рівні сучасні програмні та апаратні платформи для розв'язання складних задач інженерії програмного забезпечення.</p> <p>ПР 9. Обґрунтовано вибирати парадигми і мови програмування для розроблення програмного забезпечення; застосовувати на практиці сучасні засоби розроблення програмного забезпечення.</p> <p>ПР 10. Модифікувати існуючі та розробляти нові алгоритмічні рішення детального проєктування програмного забезпечення.</p> <p>ПР 14. Прогнозувати розвиток програмних систем та інформаційних технологій.</p> <p>ПР 17. Збирати, аналізувати, оцінювати необхідну для розв'язання наукових і прикладних задач інформацію, використовуючи науково-технічну літературу, бази даних та інші джерела.</p>	<p>Методи контролю і самоконтролю: (усний, письмовий, програмований, лабораторно-практичний).</p> <p>Контрольні заходи: теоретичне тестування за змістовим модулем.</p>

Міждисциплінарні зв'язки.

Згідно зі структурно - логічною схемою освітньо-професійної програми-дисципліна «Когнітивні науки в інженерії програмного забезпечення» пов'язана тематично з такими дисциплінами: «Професійно-орієнтована підготовка», «Програмне забезпечення наукових досліджень», при проходженні навчальної технологічної та виробничої практики, при написанні курсових та дипломної робіт, а також в подальшій розробницькій діяльності у сфері інженерії програмного забезпечення.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1 Машинне навчання

Основні поняття про машинне навчання (МН)

Біологічний прототип. Навчання з учителем (кероване навчання, англ. supervised learning). Навчання без учителя (спонтанне навчання, англ. unsupervised learning).

Змістовий модуль 2 Багатошарові нейронні мережі

Проблема лінійного розподілу в НМ. Навчання багатошарових НМ.

Алгоритм зворотного поширення помилки. Навчання багатошарової НМ без учителя. Контрастування НМ. Логічно прозорі НМ.

Змістовий модуль 3 Складні архітектури нейронних мереж

НМ зустрічного поширення. Навчання мережі Гросберга і функціонування НМЗП. НМ Хопфілда і Хеммінга. Застосування НМ Хопфілда для рішення задачі комівояжера. Двонаправлена асоціативна пам'ять (ДАП). Кодування асоціації. Стохастичні методи навчання НМ. Навчання Коші і Больцмана. Машина Больцмана. Навчання з підкріпленням (англ. reinforcement learning).

Змістовий модуль 4 Глибокі нейронні мережі

Глибоке навчання НМ Методи глибокого навчання Методи глибокого навчання згоркових нейронних мереж.. Попереднє навчання НМ. Обмежена машина Больцмана. Ініціалізація Ксав'є. Ініціалізація Хе. Методи побудови функції приналежності. Рекурентні нейронні мережі. Програмне забезпечення глибокого навчання

Змістовий модуль 5 Еволюційне числення.

Основні поняття генетичних алгоритмів. Простий генетичний алгоритм.

Поняття шими в генетичному алгоритмі. Теорема шим. Основні моделі ГА. Застосування ГА для оптимізації навчання НМ. Підвищення ефективності ГА.

Змістовий модуль 6 Методи аналізу даних

Основні поняття Data Science. Побудова систем, орієнтованих на аналіз даних. Моделі даних, використовувані для збережених даних. Багатомірна модель сховища даних. Реляційна модель сховища даних. Гібридна модель сховища даних. Методи аналітичної обробки даних Data Mining.

Змістовий модуль 7 Асоціативні правила

Асоціативні правила. Навчання асоціативних правил. Алгоритм Apriori Алгоритм FPG. Класифікація в системах Data Mining. Навчання дерев рішень.

Змістовий модуль 8 Кластерний аналіз

Індуктивне логічне програмування, Трансдукція (англ. transduction). Методи кластерного аналізу в Data Mining. Метод опорних векторів, Кластерування. Баєсові мережі. Навчання з підкріпленням

4. Структура навчальної дисципліни

Змістовий модуль	Усього годин	Аудиторні (контактні) години						Самостійна робота, год		Система накопичення балів		
		Усього годин		Лекційні заняття, год		Лабораторні заняття, год				Теор. зав-ня, к-ть балів	Практ. зав-ня, к-ть балів	Усього балів
		о/д ф.		о/д ф.	з/дист. ф.	о/д ф.	з/дист. ф.	о/д ф.	з/дист. ф.			
1	2	3		4		6	7	8	9	10	11	12
1	15	4		2		2		11		3	5	8
2	15	6		4		2		9		3	5	8
3	15	4		2		2		11		3	5	8
4	15	6		4		2		97		3	5	8
5	15	4		2		2		11		1	5	6
6	15	6		2		4		9		3	5	8
7	15	4		2		2		11		1	5	6
8	15	6		2		4		9		3	5	8
Усього за змістові модулі	120	40		20		20		80		20	40	60
Підсумковий семестровий контроль екзамен	30							30				40
Загалом								150				100

5. Теми лекційних занять

№ змістового модуля	Назва теми	Кількість годин	
		о/д ф.	з/дист. ф.
1	2	3	4
1	1. Основні поняття про машинне навчання (МН) Біологічний прототип. Навчання з учителем (кероване навчання, англ. supervised learning). Навчання без учителя (спонтанне навчання, англ. unsupervised learning).	2	
2	2. Проблема лінійного розподілу в НМ. Навчання багатошарових НМ. Алгоритм зворотного поширення помилки. Навчання багатошарової НМ без учителя. 3. Контрастування НМ. Логічно прозорі НМ.	4	
3	4. НМ зустрічного поширення. Навчання мережі Гросберга і функціонування НМЗП. НМ Хопфілда і Хеммінга. Двонаправлена асоціативна пам'ять (ДАП). Кодування	2	

	асоціації. Стохастичні методи навчання НМ. Навчання Коші і Больцмана. Машина Больцмана. Навчання НМ з підкріпленням(англ. reinforcement learning)		
4	5. Глибоке навчання НМ Методи глибокого навчання згоркових нейронних мереж. Попереднє навчання НМ. Обмежена машина Больцмана. Ініціалізація Ксав'є. Ініціалізація Хе. Методи побудови функції приналежності. 6. Рекурентні нейронні мережі. Програмне забезпечення глибинного навчання	4	
5	7. Основні поняття генетичних алгоритмів. Простий генетичний алгоритм. Поняття шими в генетичному алгоритмі. Теорема шим. Основні моделі ГА. Застосування ГА для оптимізації навчання НМ. Підвищення ефективності ГА.	2	
6	8. Основні поняття Data Science. Побудова систем, орієнтованих на аналіз даних. Моделі даних, використовувані для збережених даних. Багатомірна модель сховища даних. Реляційна модель сховища даних. Гібридна модель сховища даних. Методи аналітичної обробки даних Data Mining.	2	
7	9. Асоціативні правила. Навчання асоціативних правил. Алгоритм Apriori Алгоритм FPG. Класифікація в системах Data Mining. Навчання дерев рішень.	2	
8	10.Індуктивне логічне програмування, Трансдукція (англ. transduction). Методи кластерного аналізу в Data Mining. Метод опорних векторів, Кластерування. Баєсові мережі. Навчання з підкріпленням	2	
Разом:		20	

6. Теми лабораторних занять

№ змістового модуля	Назва теми	Кількість годин	
		о/д ф.	з/дист ф.
1	2	3	4
1	Лаб. роб. №1 Одношаровий перцептрон	2	
2	Лаб. роб. №2 Багатошаровий перцептрон. Контрастування нейронних мереж	2	
3	Лаб. роб. №3 Реалізація нейронних мереж з архітектурою ДАП.	2	
4	Лаб. роб. №4. Глибоке навчання згорткових НМ	2	
5	Лаб. роб. №5 Навчання НМ генетичним алгоритмом	2	
6	Лаб. роб. №6 Побудова сховища даних	4	
7	Лаб. роб. №7 Реалізація асоціативних правил	2	
8	Лаб. роб. №8 Навчання з підкріпленням	4	
Разом		20	

7. Види і зміст поточних контрольних заходів

№ змістового модуля	Види поточних контрольних заходів	Зміст поточного контрольного заходу	*Критерії оцінювання	Усього балів
1	2	3	4	5
1	Тест 1	Питання для підготовки: Основні поняття про машинне навчання (МН). Біологічний прототип. Навчання з учителем (кероване навчання, англ. supervised learning). Навчання без	Тестові питання оцінюються: правильно/неправильно. Кількість питань – 6. Правильна відповідь оцінюється у 0,5 бали.	3
	Лабораторна робота 1	Вимоги до виконання та оформлення: побудувати, навчити і протестувати одношаровий перцептрондношаровий перцептрон. Лабораторна робота у вигляді SQL-скрипта завантажена на сайт СЕЗН ЗНУ,	Лабораторна робота оцінюється виходячи з максимально можливої кількості балів за цю роботу з урахуванням якості виконання, повноти реалізації функціональної частини, відповідей на запитання при захисті роботи та строків здачі завершеної роботи.	5
Усього за ЗМ 1	2			8
2	Тест 2	Питання для підготовки: Проблема лінійного розподілу в НМ. Навчання багатошарових НМ. Алгоритм зворотного	Тестові питання оцінюються: правильно/неправильно. Кількість питань – 6. Правильна відповідь	3

		поширення помилки. Навчання багат шарової НМ без учителя. Контрастування НМ. Логічно прозорі НМ.	оцінюється у 0,5 бали.	
	Лабораторна робота 2	Вимоги до виконання та оформлення: реалізувати та навчити і контрастувати нейронну мережу. Лабораторна робота у ви- гляді SQL-скрипта заванта- жена на сайт СЕЗН ЗНУ,	Лабораторна робота оцінюється виходячи з максимально можливої кількості балів за цю роботу з урахуванням якості виконання, повноти реалізації функціональної частини, відповідей на запитання при захисті роботи та строків здачі завершеної роботи.	5
Усього за ЗМ 2	2			8
3	Тест 3	Питання для підготовки: НМ зустрічного поширення. Навчання мережі Гросберга і функціонування НМЗП. НМ Хопфілда і Хеммінга. Двонаправлена асоціативна пам'ять (ДАП). Кодування асоціації. Стохастичні методи навчання НМ. Навчання Коші і Больцмана. Машина Больцмана. Навчання НМ з підкріпленням(англ. reinforcement learning)	Тестові питання оцінюються: правильно/неправильно. Кількість питань – 6. Правильна відповідь оцінюється у 0,5 бали.	3
	Лабораторна робота 3	Вимоги до виконання та оформлення: реалізувати нейронну мережу з архітектурою дво направленої асоціативної пам'яті.. Лабораторна робота у ви- гляді SQL-скрипта заванта- жена на сайт СЕЗН ЗНУ,	Лабораторна робота оцінюється виходячи з максимально можливої кількості балів за цю роботу з урахуванням якості виконання, повноти реалізації функціональної частини, відповідей на запитання при захисті роботи та строків здачі завершеної роботи.	6
Усього за ЗМ 3	2			8
4	Тест 4	Питання для підготовки: Глибоке навчання НМ Методи глибокого навчання. Попереднє навчання НМ. Обмежена машина Больцмана.	Тестові питання оцінюються: правильно/неправильно. Кількість питань – 6. Правильна відповідь оцінюється у 0,5 бали.	3

		Ініціалізація Ксав'є. Ініціалізація Хе. Методи побудови функції приналежності. Рекурентні нейронні мережі. Програмне забезпечення глибинного навчання		
	Лабораторна робота 4	Вимоги до виконання та оформлення: реалізувати глибоке навчання згорткових нейронних мереж. Лабораторна робота у вигляді SQL-скрипта завантажена на сайт СЕЗН ЗНУ,	Лабораторна робота оцінюється виходячи з максимально можливої кількості балів за цю роботу з урахуванням якості виконання, повноти реалізації функціональної частини, відповідей на запитання при захисті роботи та строків здачі завершеної роботи.	5
Усього за ЗМ 4	2			8
5	Тест 5	Питання для підготовки: Основні поняття генетичних алгоритмів. Простий генетичний алгоритм. Поняття шими в генетичному алгоритмі. Теорема шим. Основні моделі ГА. Застосування ГА для оптимізації навчання НМ. Підвищення ефективності ГА.	Тестові питання оцінюються: правильно/неправильно. Кількість питань – 6. Правильна відповідь оцінюється у 0,5 бали.	1
	Лабораторна робота 5	Вимоги до виконання та оформлення: реалізувати навчання нейронних мереж генетичним алгоритмом. Лабораторна робота у вигляді SQL-скрипта завантажена на сайт СЕЗН ЗНУ,	Лабораторна робота оцінюється виходячи з максимально можливої кількості балів за цю роботу з урахуванням якості виконання, повноти реалізації функціональної частини, відповідей на запитання при захисті роботи та строків здачі завершеної роботи.	5
Усього за ЗМ 5	2			6
6	Тест 6	Питання для підготовки: Основні поняття Data Science. Побудова систем, орієнтованих на аналіз даних. Моделі даних, використовувані для збережених даних.	Тестові питання оцінюються: правильно/неправильно. Кількість питань – 6. Правильна відповідь оцінюється у 0,5 бали.	3

		Багатомірна модель сховища даних. Реляційна модель сховища даних. Гібридна модель сховища даних. Методи аналітичної обробки даних Data Mining.		
	Лабораторна робота 6	Вимоги до виконання та оформлення: реалізувати побудову сховища даних. Лабораторна робота у вигляді SQL-скрипта завантажена на сайт СЕЗН ЗНУ,	Лабораторна робота оцінюється виходячи з максимально можливої кількості балів за цю роботу з урахуванням якості виконання, повноти реалізації функціональної частини, відповідей на запитання при захисті роботи та строків здачі завершеної роботи.	5
Усього за ЗМ 6	2			8
7	Тест 7	Питання для підготовки: Асоціативні правила. Навчання асоціативних правил. Алгоритм Apriori Алгоритм FPG. Класифікація в системах Data Mining. Навчання дерев рішень.	Тестові питання оцінюються: правильно/неправильно. Кількість питань – 6. Правильна відповідь оцінюється у 0,5 бали.	1
	Лабораторна робота 7	Вимоги до виконання та оформлення: реалізувати асоціативних правил. Лабораторна робота у вигляді SQL-скрипта завантажена на сайт СЕЗН ЗНУ,	Лабораторна робота оцінюється виходячи з максимально можливої кількості балів за цю роботу з урахуванням якості виконання, повноти реалізації функціональної частини, відповідей на запитання при захисті роботи та строків здачі завершеної роботи.	5
Усього за ЗМ 7	2			6
8	Тест 8	Питання для підготовки: Індуктивне логічне програмування, Трансдукція (англ. transduction). Методи кластерного аналізу в Data Mining. Метод опорних векторів, Кластерування. Бассові мережі.	Тестові питання оцінюються: правильно/неправильно. Кількість питань – 6. Правильна відповідь оцінюється у 0,5 бали.	3
	Лабораторна робота 7	Вимоги до виконання та оформлення: реалізувати систему	Лабораторна робота оцінюється виходячи з максимально можливої	5

		навчання з підкріпленням. Лабораторна робота у вигляді SQL-скрипта завантажена на сайт СЕЗН ЗНУ, https://moodle.znu.edu.ua/course/view.php	кількості балів за цю роботу з урахуванням якості виконання, повноти реалізації функціональної частини, відповідей на запитання при захисті роботи та строків здачі завершеної роботи.	
Усього за ЗМ 8	2			8
Усього за змістові модулі	16			60

8. Підсумковий семестровий контроль

Форма	Види підсумкових контрольних заходів	Зміст підсумкового контрольного заходу	Критерії оцінювання	Усього балів
1	2	3	4	5
Екзамен	Тестування	Питання для підготовки: див. питання до ЗМ 1–8 у таблиці 7. Тестування передбачає обмежену у часі (40 хвилин) відповідь на теоретичні питання. У разі дистанційної форми навчання екзамен проходить у тестовій формі через платформу Moodle.	Тестові питання оцінюються: правильно/неправильно. Кількість питань – 30. Правильна відповідь оцінюється у 1 бал.	30
	Теоретичні питання	Індивідуальні теоретичні питання	Завдання складається з 2 теоретичних питань, за кожне з яких студент може отримати до 5 балів, з урахуванням повноти та обґрунтованості відповідей на ці питання.	10
Усього за підсумковий семестровий контроль	2			40

9. Рекомендована література

Основна:

1. Субботін С.О. Нейронні мережі : теорія та практика: навч. посіб. Житомир : Вид. О. О. Євенок, 2020. 184 с.
2. Кононова К. Ю. Машинне навчання: методи та моделі: підручник для бакалаврів, магістрів та докторів філософії спеціальності 051 «Економіка» / К. Ю. Кононова. Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2020. 301 с.
3. Штовба С.Д., Козачко О.М. Machine learning: стартовий курс : електронний навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2020. 81 с.
4. В'югін В.В. Математичні основи машинного навчання та прогнозування. Київ : МЦМНО, 2013. 304 с.
5. Hu J., Niu H., Carrasco J.; Lennox B., Arvin F. Voronoi-Based Multi-Robot Autonomous Exploration in Unknown Environments via Deep Reinforcement Learning. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2020.
6. Вільчинська О. С. , Вітько О. В. Методичні вказівки до лабораторних занять з дисципліни "Машинне навчання" для студентів усіх форм навчання МОН України, . Харків : ХНУРЕ . 56 с.

Додаткова:

1. Безверхий А.І. Скрипник І.А. Нейрокомп'ютерні системи. Навчально-методичний посібник, ЗДІА, 2016, 60 с.
2. S. Haykin, Neural Networks: A Comprehensive Foundation, New York:Macmillan, 1994. 1104 p.
3. Bernard Widrow, Michael A. Lehr, 30 Years of Adaptive Neural Networks : Perceptron, Madaline, and Backpropagation //Artificial Neural Networks : Concepts and Theory, IEEE Computer Society Press, 1992, pp.327–354.

Інформаційні ресурси:

1. John Markoffnov, Scientists See Promise in Deep-Learning Programs . 23, 2012. URL :
2. http://www.nytimes.com/2012/11/24/science/scientists-see-advances-in-deep-learning-a-part-of-artificial-intelligence.html?_r=0 (дата звернення: 15.08.2022)
3. D. Hinton, Нейронные сети в обучении машин ,
4. URL : <https://www.coursera.org/course/neuralnets> (дата звернення: 15.08.2022)
5. Вступ до машинного навчання. URL: <http://specials.kunsht.com.ua/machinelearning1> (дата звернення: 15.08.2022).
6. Нейронні мережі. Вступ. URL : <https://ru.coursera.org/lecture/vvedenie-mashinnoe-obuchenie/neyronnyie-sieti-vviedieniie-SjSID> (дата звернення: 15.08.2022).
7. Вступ до машинного навчання. URL : <https://ru.coursera.org/learn/vvedenie-mashinnoe-obuchenie> (дата звернення: 15.08.2022)