

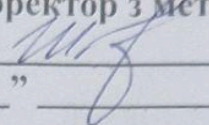
ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ
«УНІВЕРСИТЕТ КОРОЛЯ ДАНИЛА»

Факультет суспільних і прикладних наук

Кафедра інформаційних технологій

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з методичної роботи

 Ярослав ШТАНЬКО

“ — ” — 2024 р.


ОСНОВИ РОБОТИ З НЕЙРОННИМИ МЕРЕЖАМИ

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Галузь знань:	12 Інформаційні технології
Спеціальність:	121 Інженерія програмного забезпечення
Освітньо-професійна (освітньо-наукова) програма:	Розробка та тестування програмного забезпечення
Освітній рівень:	перший (бакалаврський)
Статус дисципліни:	обов'язкова
Мова викладання, навчання та оцінювання:	українська

РОЗРОБНИК:

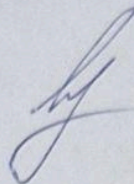
викладач кафедри ІТ



Петро ГОЛОВЧУК

ЗАТВЕРДЖЕНО:

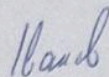
на засіданні кафедри ІТ
протокол № 5 від 19.12 2024 р.
К. т. н., завідувач кафедри



Сергій ВАЩИШАК

УЗГОДЖЕНО:

Гарант ОПП



Олександр ІВАНОВ

СХВАЛЕНО:

на засіданні Науково-методичної ради, протокол № 5 від 20.12 2024 р.

e-mail	holovchuk.petro@ukd.edu.ua
Номер аудиторії чи кафедри	Кафедра ІТ
Посилання на сайт	Університет Короля Данила
Сторінка курсу в СДО	Основи роботи з нейронними мережами

ВСТУП

Анотація навчальної дисципліни «Основи роботи з нейронними мережами»

Нейронні мережі є одним із основних інструментів сучасного машинного навчання, які використовуються для вирішення складних задач в різних сферах: від розпізнавання образів до обробки природних мов. У цьому курсі студенти отримають основи теоретичних знань та практичних навичок для розробки, навчання та оцінки нейронних мереж. Дисципліна охоплює фундаментальні аспекти побудови моделей, навчання мереж та їх застосування у реальних задачах.

Метою курсу є ознайомлення студентів з базовими поняттями нейронних мереж, а також розвиток умінь застосовувати сучасні методи машинного навчання для створення ефективних моделей. Важливою частиною є вивчення принципів роботи різних типів нейронних мереж, таких як перцептрони, згорткові та рекурентні мережі, що дозволяє обирати оптимальні підходи в залежності від конкретної задачі.

Курс включає теоретичні знання з алгоритмів навчання, таких як алгоритм зворотного поширення помилки, а також практичні навички роботи з популярними фреймворками для машинного навчання, такими як TensorFlow, Keras і PyTorch. Студенти будуть навчатися розпізнавати та вирішувати проблеми, пов'язані з перенавчанням моделей, оцінювати ефективність мереж та оптимізувати їх для досягнення високої продуктивності.

Мета та завдання навчальної дисципліни:

Метою курсу є надання студентам знань і практичних навичок для створення, навчання та оптимізації нейронних мереж, а також розвиток здатності вирішувати різноманітні задачі з обробки даних за допомогою цих технологій. Студенти ознайомляться з основними концепціями та інструментами, необхідними для ефективного застосування нейронних мереж у сучасних інформаційних системах.

В результаті вивчення дисципліни студент повинен знати:

- Основні поняття та принципи роботи нейронних мереж;
- Алгоритми навчання нейронних мереж та їх особливості;
- Різні типи нейронних мереж: перцептрони, згорткові, рекурентні та інші;

- Основи функціонування популярних фреймворків для машинного навчання (TensorFlow, Keras, PyTorch);
- Методи оцінки якості нейронних мереж та оптимізації їх роботи;
- Проблеми перенавчання та методи боротьби з ними;
- Техніки використання нейронних мереж для розв'язання реальних задач.

В результаті вивчення дисципліни студент повинен вміти:

- Розробляти архітектуру нейронних мереж для вирішення конкретних задач;
- Навчати нейронні мережі та оптимізувати їх параметри;
- Застосовувати методи для боротьби з перенавчанням і покращення ефективності моделей;
- Використовувати популярні інструменти для машинного навчання в реальних проектах;
- Оцінювати якість нейронних мереж та аналізувати результати їх роботи;
- Інтерпретувати результати, отримані за допомогою нейронних мереж, та приймати оптимальні рішення для їх застосування.

Компетентності та результати навчання, яких набувають здобувачі освіти внаслідок вивчення навчальної дисципліни (шифри та зміст компетентностей та програмних результатів навчання вказано відповідно до ОПП “Розробка та тестування програмного забезпечення”.

Шифр та назва компетентності	Шифр та назва програмних результатів навчання
ЗК 1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу. ЗК 2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.	ПРН 7. Знати і застосовувати на практиці фундаментальні концепції, парадигми і основні принципи функціонування мовних, інструментальних і обчислювальних засобів інженерії програмного забезпечення.
ФК 8. Здатність застосовувати фундаментальні і міждисциплінарні знання для успішного розв'язання завдань інженерії програмного забезпечення.	

ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Курс	1		
Семестр	2		
Кількість кредитів ECTS	3		
Аудиторні навчальні заняття		денна форма	заочна форма
	лекції	6 (в годинах)	2 (в годинах)
	практичні	36 (в годинах)	6 (в годинах)
Самостійна робота		48 (в годинах)	82 (в годинах)
Форма підсумкового контролю	залік		

Структурно-логічна схема вивчення навчальної дисципліни:

Пререквізити	Постреквізити
Математичний аналіз	Людино-машинна взаємодія
Інформаційно-комунікаційні технології	Інженерія програмного забезпечення

ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Перелік тем лекційного матеріалу

Тема 1. Основи штучних нейронних мереж (2 год)

Вступ до курсу та основні поняття штучних нейронних мереж. Огляд типів мереж прямого поширення та їх основних характеристик. Поглиблене вивчення архітектур нейронних мереж та парадигм, на яких базуються сучасні моделі нейронних мереж.

Самостійне вивчення (4 год):

- *Структура нейромережі та її компоненти [1, 2].*
- *Різні архітектури нейронних мереж та їх особливості [3, 4].*
- *Парадигми нейронних мереж: основні типи та їх застосування [5].*

Тема 2. Загальна характеристика та властивості нейронних мереж (2 год)

Класифікація та види моделей штучних нейронних мереж. Оцінка основних властивостей нейронних мереж, таких як навчання, узагальнення та адаптивність.

Самостійне вивчення (4 год):

- *Моделі штучних нейроелементів та їх функціонування [2, 3].*
- *Синтез нейронних мереж: підходи до побудови та їх особливості [4].*
- *Властивості нейронних мереж, що визначають ефективність їх застосування [1, 5].*

Тема 3. Основні етапи розв'язання завдань за допомогою нейронних мереж (2 год)

Збір та підготовка даних для навчання нейронної мережі, нормалізація даних. Вибір топології мережі та експериментальний підбір її характеристик. Техніки налаштування параметрів навчання та перевірка адекватності навченої моделі. Коригування параметрів та остаточне навчання моделі.

Самостійне вивчення (6 год):

- *Як збирати та готувати дані для навчання нейронних мереж [1, 2].*
- *Параметри та методи нормалізації даних для нейромереж [3, 4].*
- *Стратегії тестування та перевірки ефективності навчання нейронних мереж [5].*

– *Вербалізація мережі для подальшого використання в реальних додатках [2, 4].*

Зміст практичних занять

Тема 1. Основи штучних нейронних мереж (6 год)

Вступ до штучних нейронних мереж. Огляд основних понять, таких як нейрони, шари, зв'язки між нейронами. Структура і типи нейронних мереж (перцептрони, мережі прямого поширення). Основи навчання нейронних мереж: алгоритм зворотного поширення помилки, функції активації.

Самостійне вивчення (6 год):

– *Структура нейронних мереж: шари, нейрони, ваги, функції активації [1, 2].*

– *Алгоритм зворотного поширення помилки: принцип роботи і використання [3, 4].*

– *Типи функцій активації та їх вплив на роботу нейронної мережі [5].*

Тема 2. Застосування нейронних мереж для вирішення різноманітних задач (6 год)

Приклади застосування нейронних мереж у різних сферах, таких як розпізнавання образів, обробка природних мов, прогнозування та класифікація. Оцінка ефективності нейронних мереж для вирішення задач, визначення переваг і обмежень. Розгляд реальних прикладів і кейсів.

Самостійне вивчення (6 год):

– *Застосування нейронних мереж для класифікації та регресії [1, 2].*

– *Використання нейронних мереж для обробки природних мов та зображень [3, 4].*

– *Порівняння різних архітектур нейронних мереж для конкретних задач [5].*

Тема 3. Створення та навчання простої нейронної мережі (6 год)

Процес створення та налаштування простої нейронної мережі для розв'язання реальних задач. Кроки, що включають збір і підготовку даних, вибір топології мережі, налаштування параметрів навчання. Поглиблене вивчення алгоритмів навчання та оптимізації. Оцінка результатів навчання та

коригування моделі для досягнення кращих результатів.

Самостійне вивчення (6 год):

- *Підготовка та нормалізація даних для навчання нейронної мережі [1, 2].*
- *Вибір топології мережі: одинарні та багатошарові мережі [3, 4].*
- *Налаштування параметрів та навчання нейронної мережі на реальних наборах даних [5].*
- *Оцінка ефективності навчання та коригування параметрів моделі [6].*

Тема 4. Вдосконалення нейронних мереж та боротьба з перенавчанням (6 год)

Розгляд методів покращення ефективності нейронних мереж: регуляризація, техніки боротьби з перенавчанням, крос-валідація. Вивчення методів оптимізації навчання, таких як використання різних функцій втрат, адаптивних алгоритмів навчання.

Самостійне вивчення (6 год):

- *Методи регуляризації нейронних мереж: L1, L2-регуляризація, дроп-аут [1, 2].*
- *Проблеми перенавчання і методи боротьби з ними [3, 4].*
- *Використання крос-валідації для покращення моделі [5].*

Тема 5. Робота з глибокими нейронними мережами (6 год)

Загальна характеристика глибоких нейронних мереж (deep learning). Архітектури глибоких нейронних мереж: згорткові нейронні мережі (CNN), рекурентні нейронні мережі (RNN). Використання глибоких мереж для розпізнавання зображень, відео та обробки послідовностей даних.

Самостійне вивчення (6 год):

- *Архітектури CNN та їх застосування для обробки зображень [1, 2].*
- *Рекурентні нейронні мережі та їх використання для роботи з послідовними даними [3, 4].*
- *Використання фреймворків для створення глибоких нейронних мереж (TensorFlow, Keras) [5].*

Тема 6. Оцінка якості нейронних мереж та оптимізація результатів (6 год)

Методи оцінки якості навченої нейронної мережі: точність, повнота, F1-міра, ROC-криві. Оптимізація результатів роботи мережі: налаштування параметрів, вибір оптимальних метрик, робота з великими наборами даних.

Самостійне вивчення (4 год):

- *Методи оцінки ефективності нейронних мереж [1, 2].*
- *Оптимізація роботи нейронних мереж для покращення результатів [3, 4].*
- *Використання метрик для порівняння різних моделей [5].*

Зміст самостійної роботи здобувачів

Розподіл годин, виділених на вивчення дисципліни:

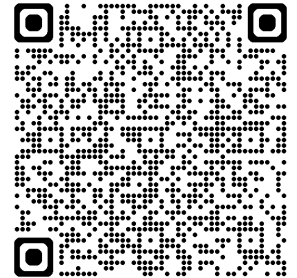
Найменування видів робіт	Розподіл годин за формами навчання	
	денна	заочна
Самостійна робота, год, у т.ч.:	48	82
Опрацювання матеріалу, викладеного на лекціях	8	10
Підготовка до практичних занять та контрольних заходів	10	12
Підготовка звітів з практичних робіт	8	10
Підготовка до поточного контролю	6	10
Опрацювання матеріалу, винесеного на самостійне вивчення	16	40

ПОЛІТИКА КУРСУ

Коротко, з покликанням на відповідну нормативну базу УЖД, висвітлити питання:¹

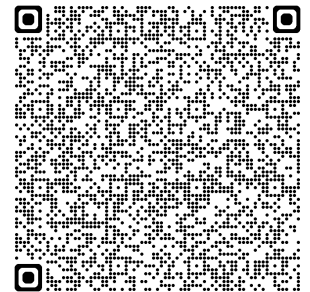
1) щодо системи поточного і підсумкового контролю

Організація поточного та підсумкового семестрового контролю знань студентів, проведення практик та атестації, переведення показників академічної успішності за 100-бальною шкалою в систему оцінок за національною шкалою здійснюється згідно з “Положенням про систему поточного і підсумкового контролю, оцінювання знань та визначення рейтингу здобувачів освіти”. Ознайомитись з документом можна за [покликанням](#).



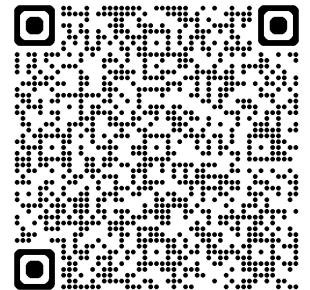
2) щодо оскарження результатів контрольних заходів

Здобувачі вищої освіти мають право на оскарження оцінки з дисципліни отриманої під час контрольних заходів. Апеляція здійснюється відповідно до «Положення про політику та врегулювання конфліктних ситуацій». Ознайомитись з документом можна за [покликанням](#).



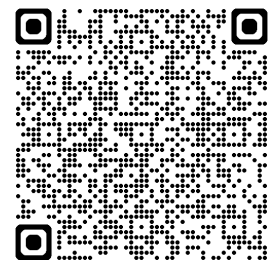
3) щодо відпрацювання пропущених занять

*Згідно “Положення про організацію освітнього процесу” здобувач допускається до семестрового контролю з **конкретної навчальної дисципліни (семестрового екзамену, диференційованого заліку), якщо він виконав усі види робіт, передбачені на семестр навчальним планом та силабусом/робочою програмою навчальної дисципліни, підтвердив опанування на мінімальному рівні результатів навчання (отримав ≥ 35 бали), відпрацював визначені індивідуальним навчальним планом всі лекційні, практичні, семінарські та лабораторні заняття, на яких він був відсутній. Ознайомитись з документом можна за [покликанням](#).***



4) щодо дотримання академічної доброчесності

“Положення про академічну доброчесність” закріплює моральні принципи, норми та правила етичної поведінки, позитивного, сприятливого, доброчесного освітнього і наукового середовища, професійної діяльності та професійного спілкування спільноти Університету, викладання та провадження наукової (творчої)

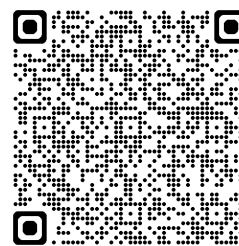


¹ зміст пунктів може редагуватись з огляду на особливості курсу

діяльності з метою забезпечення довіри до результатів навчання. Ознайомитись з документом можна за [посиланням](#).

5) щодо використання штучного інтелекту

“Положення про академічну доброчесність” визначає політику щодо використання технічних засобів на основі штучного інтелекту в освітньому процесі. Ознайомитись з документом можна за [посиланням](#).² “Положення про систему запобігання та виявлення академічного плагіату, самоплагіату, фабрикації та фальсифікації академічних творів” містить рекомендації щодо використання в академічних текстах генераторів на основі штучного інтелекту. Ознайомитись з документом можна за [посиланням](#).



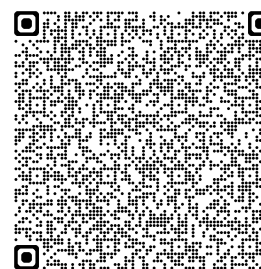
6) щодо використання технічних засобів в аудиторії та правила комунікації

Використання мобільних телефонів, планшетів та інших гаджетів під час лекційних та практичних занять дозволяється виключно у навчальних цілях (для уточнення певних даних, перевірки правопису, отримання довідкової інформації тощо). На гаджетах повинен бути активований режим «без звуку» до початку заняття. Під час занять заборонено надсилання текстових повідомлень, прослуховування музики, перевірка електронної пошти, соціальних мереж тощо, окрім виробничої необхідності. Під час виконання заходів контролю використання гаджетів заборонено (за винятком, коли це передбачено умовами його проведення). У разі порушення цієї заборони результат анулюється без права перескладання.

Комунікація відбувається через електронну пошту і сторінку дисципліни в курсі СДО.

7) щодо зарахування результатів навчання, здобутих шляхом формальної/інформальної освіти

Процедури визнання результатів навчання, здобутих шляхом формальної/інформальної освіти визначаються «Положенням про порядок визнання результатів навчання, здобутих шляхом неформальної та / або інформальної освіти». Ознайомитись з документом можна за [посиланням](#).³



Окремі теми можуть бути зараховані як вивчені за рахунок публікації одноосібних або у співавторстві статей, тез, виступів на конференціях. Можливість зарахування попередньо узгоджується з викладачем з позицій актуальності теми, журналу, конференції, тощо.

МЕТОДИ НАВЧАННЯ

² визначається політика використання ШІ в навчальній дисципліні - дозволене/заборонене, правила використання

³ визначається перелік електронних та інших ресурсів та умови перезарахування

При вивченні дисципліни застосовується комплекс методів для організації навчання студентів з метою розвитку їх логічного та абстрактного мислення, творчих здібностей, підвищення мотивації до навчання та формування особистості майбутнього фахівця.

Програмний результат навчання ⁴	Метод навчання	Метод оцінювання
ПРН 7. Знати і застосовувати на практиці фундаментальні концепції, парадигми і основні принципи функціонування мовних, інструментальних і обчислювальних засобів інженерії програмного забезпечення.	словесні методи (лекція, розповідь-пояснення) наочні методи (комп'ютерні і мультимедійні методи) практичні методи (практичні роботи)	поточний контроль тестовий контроль залік, письмові роботи

ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Вид	Зміст	% від загальної оцінки	Бал	
			min	max
Поточні контрольні заходи	всього	60	35	60
Підсумкові контрольні заходи	екзамен	40	24	40
Всього:	-	100	60	100

Процедура проведення контрольних заходів, а саме поточного контролю знань протягом семестру та підсумкового семестрового контролю, регулюється «Положенням про систему поточного та підсумкового контролю оцінювання знань та визначення рейтингу студентів».

Фіксація **поточного** контролю здійснюється в “Електронному журналі обліку успішності академічної групи” на підставі чотирибальної шкали – “2”; “3”; “4”; “5”. У разі відсутності студента на занятті виставляється “н”. За результатами поточного контролю у Журналі, автоматично визначається підсумкова оцінка, здійснюється підрахунок пропущених занять.

⁴ для вибіркового навчальних дисциплін вказується результат навчання

Усі пропущені заняття, а також негативні оцінки студенти зобов'язані відпрацювати впродовж трьох наступних тижнів. У випадку недотримання цієї норми, замість “н” в журналі буде виставлено “0” (нуль балів), без права перездачі. Відпрацьоване лекційне заняття в електронному журналі позначається літерою «в».⁵

⁵ можна вказати теми чи завдання, які є обов'язковими до виконання, а також особисті підходи до оцінювання рівня знань здобувачів під час аудиторної роботи

Критерії оцінювання:

«незадовільно»	Студент володіє матеріалом лише на рівні розпізнавання і відтворення окремих фактів, елементів та об'єктів, що виражаються окремими словами чи реченнями; володіння матеріалом обмежується елементарним рівнем засвоєння, викладення уривається речення; здатний висловити думку на елементарному рівні; володіє матеріалом на рівні окремих фрагментів, що становлять незначну частину навчального матеріалу; не може розпізнати або відтворити матеріал практичних.
«задовільно»	студент володіє матеріалом на початковому рівні, значну частину матеріалу відтворює на репродуктивному рівні; володіє матеріалом на рівні вищому за початковий, за допомогою викладача може логічно відтворити значну його частину; може відтворити значну частину теоретичного матеріалу, виявляючи знання і розуміння основних положень; за допомогою викладача може аналізувати навчальний матеріал, порівнювати, робити висновки та виправляти помилки; може розпізнати або відтворити за прикладом матеріал практичних занять.
«добре»	Студент здатний застосовувати вивчений матеріал у стандартних ситуаціях, частково контролювати власні навчальні дії та наводити окремі власні приклади на підтвердження певних тверджень; вміє порівнювати, узагальнювати та систематизувати інформацію під керівництвом викладача, в чілому самостійно застосовувати її на практиці; контролює власну діяльність, виправляє помилки та добирає аргументи на підтвердження певних думок під керівництвом викладача; вільно володіє вивченим обсягом матеріалу та вміє застосовувати його на практиці; вільно розв'язує задачі в стандартних ситуаціях, самостійно виправляє помилки та добирає переконливі аргументи на підтвердження вивченого матеріалу.
«відмінно»	студент виявляє початкові творчі здібності, самостійно визначає окремі цілі власної навчальної діяльності та оцінює нові факти, явища і ідеї; знаходить джерела інформації та самостійно використовує їх відповідно до цілей, поставлених викладачем; здатний вільно дискутувати на теми, пов'язані з матеріалом навчальної дисципліни, висловлювати власні думки та визначати програму особистої діяльності; самостійно оцінює різноманітні

	явища і факти, виявляючи особисту позицію щодо них; без допомоги викладача знаходить джерела інформації та використовує одержані відомості відповідно до мети й завдань власної пізнавальної діяльності; використовує набуті знання і вміння в нестандартних ситуаціях, виявляє вміння знаходити альтернативні шляхи для вирішення завдань та здобути нові знання самостійно.
--	---

До підсумкового контролю допускаються студенти які за результатами поточного контролю отримали не менше 35 балів. Усі студенти, що отримали 34 балів і менше, не допускаються до складання підсумкового контролю і на підставі укладання додаткового договору, здійснюють повторне вивчення дисципліни впродовж наступного навчального семестру. За результатами підсумкового контролю (екзамен) студент може отримати 40 балів. Студенти, які під час підсумкового контролю отримали 24 бали і менше, вважаються такими, що не здали екзамен і повинні йти на перездачу.

Загальна семестрова оцінка з дисципліни, яка виставляється в екзаменаційних відомостях оцінюється в балах (згідно з **Шкалою оцінювання знань за ЄКТС**) і є сумою балів отриманих під час поточного та підсумкового контролю.

Підсумковий контроль з дисципліни «Основи роботи з нейронними мережами» проводиться у вигляді підсумкового проєкту.

Шкала оцінювання знань за ЄКТС:

Оцінка за національною шкалою	Рівень досягнень, %	Шкала ECTS
Національна диференційована шкала		
Відмінно	90 – 100	A
Добре	83 – 89	B
	75 – 82	C
Задовільно	67 – 74	D
	60 – 66	E
Незадовільно	35 – 59	FX
	0 – 34	F
Національна недиференційована шкала		

Зараховано	60 – 100	-
Не зараховано	0 – 59	-

Студенти, які не з'явилися на екзамені без поважних причин, вважаються такими, що одержали незадовільну оцінку.

РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

Основна література

1. Томашевський О.М., Цегелик Г.Г., Вітер М.Б., Дубук В.І. Інформаційні технології та моделювання: Навч. посібник. К.: ЦУЛ, 2012. 296 с.
2. Руденко, О. Г. Штучні нейронні мережі: Харків : Компанія СМІТ, 2006. 404 с.
3. Олійник, А. О. Інтелектуальний аналіз даних : навч. посіб. Запоріжжя : ЗНТУ, 2011. 271 с.
4. Розенблатт, Ф. (2019). *Перцептрони: Теорія і практика*. Київ: Наукова думка. 312 с.
5. Гудфеллоу, І., Бенджіо, Й., & Кортив, А. (2020). *Глибоке навчання*. Київ: Видавництво "Медіа-Плюс". 675 с.
6. Янг, В. (2018). *Штучні нейронні мережі: Архітектури, алгоритми та застосування*. Харків: ХНУРЕ. 210 с.
7. Нейролаб (2021). *Основи нейронних мереж і глибокого навчання*. Львів: Львівська політехніка. 145 с.
8. Льовен, Х., & Янсен, М. (2019). *Нейронні мережі для аналізу даних*. Київ: Видавництво "Профі". 180 с.

Додаткова література

9. Нейрономіка, М. (2020). *Математичні основи нейронних мереж: Від лінійних моделей до глибоких мереж*. Київ: Видавництво "Наука і Техніка". 258 с.
10. Гош, П. (2021). *Глибоке навчання: Теорія та практичні аспекти*. Одеса: Одеський національний університет. 123 с.
11. Бенджіо, Й. (2020). *Вступ до глибокого навчання*. Харків: Харківський політехнічний інститут. 134 с.

12. Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2021). *Deep Learning*. MIT Press. 780 p.
13. Томпсон, Л. (2022). *Нейронні мережі та глибоке навчання на Python*. Санкт-Петербург: Видавництво "Діалектика". 345 с.

Електронні інформаційні ресурси

14. Субботін С. О. Нейронні мережі : теорія та практика: навч. посіб. Житомир : Вид. О. О. Євенок, 2020. 184 с. URL: http://eir.zntu.edu.ua/bitstream/123456789/6800/1/Subbotin_Neural.pdf (дата звернення: 14.08.2023).
15. Основи нейромережних технологій. Вибрані розділи: Класифікаційні властивості перцептронів: навч. посіб. КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 44 с. URL: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/43712/1/Osnovy_neiromerezh.pdf (дата звернення: 14.08.2023).
16. Neso Academy. (2021). Introduction to Artificial Neural Networks [відео]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=Y7yV2UnkXxQ> (Дата доступу: 10 грудня 2024)
17. Data Science Tutorials. (2020). Neural Network Basics [відео]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=aircAruvnKk> (Дата доступу: 10 грудня 2024)
18. 3Blue1Brown. (2021). Neural Networks: An Introduction [відео]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=ihL8TkVeDvw> (Дата доступу: 10 грудня 2024)
19. deeplearning.ai. (2021). Neural Networks and Deep Learning Specialization [онлайн-курс]. Coursera. <https://www.coursera.org/specializations/deep-learning> (Дата доступу: 10 грудня 2024)
20. Andrew Ng. (2020). Machine Learning and Neural Networks [онлайн-курс]. Coursera. <https://www.coursera.org/learn/machine-learning> (Дата доступу: 10 грудня 2024)
21. Sentdex. (2021). Introduction to Neural Networks with Python [відео]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=5Xw0WyQ4dhA> (Дата доступу: 10 грудня 2024)

22. Machine Learning with TensorFlow. (2020). Practical Neural Networks [відео]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=F5Tj09EzFcI> (Дата доступу: 10 грудня 2024)
23. Yann LeCun. (2019). Understanding Deep Learning [відео]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=5S8wbPZAcKk> (Дата доступу: 10 грудня 2024)
24. IBM Technology. (2020). What is Deep Learning? [відео]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=W2X7Y3pyqL4> (Дата доступу: 10 грудня 2024)
25. StatQuest with Josh Starmer. (2021). Understanding Neural Networks [відео]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=4rOoJ6Egrf8> (Дата доступу: 10 грудня 2024)