

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

**В. В. Олійник, О. І. Лісовиченко**

# **НЕЙРОТЕХНОЛОГІЇ ТА НЕЙРОКОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ**

*Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського  
як навчальний посібник для студентів,  
які навчаються за спеціальністю 126 «Інформаційні системи та технології»,  
освітньою програмою «Інформаційне забезпечення робототехнічних систем»*

Київ  
КПІ ім. Ігоря Сікорського  
2021

Рецензенти

Дичка Іван Андрійович, д.т.н., професор, декан факультету  
прикладної математики КПІ ім. Ігоря Сікорського  
Стіренко Сергій Григорович, д.т.н., професор, завідувач  
кафедри обчислювальної техніки факультету інформатики  
та обчислювальної техніки КПІ ім. Ігоря Сікорського

Відповідальний  
редактор

Ткач М. М., канд. техн. наук, доцент

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 7 від 13.05.2021 р.)  
за поданням Вченої ради факультету інформатики та обчислювальної техніки (протокол № 9 від  
19.04.2021 р.)*

Електронне мережне навчальне видання

*Олійник Володимир Валентинович, канд. техн. наук  
Лісовиченко Олег Іванович, канд. техн. наук, доц.*

# **НЕЙРОТЕХНОЛОГІЇ ТА НЕЙРОКОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ**

Нейротехнології та нейрокомп'ютерні системи: методичні вказівки до виконання  
курсової роботи [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 126  
«Інформаційні системи та технології», освітньою програмою «Інформаційне  
забезпечення робототехнічних систем» / В.В. Олійник, О.І. Лісовиченко ; КПІ ім.  
Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 425 Кбайт). – Київ : КПІ ім.  
Ігоря Сікорського, 2021. – 52 с.

У навчальному посібнику наведено методичні вказівки до виконання курсових робіт  
студентами, що навчаються за спеціальністю 126 «Інформаційні системи та технології».  
Посібник містить рекомендації щодо вибору теми, розробки і навчання нейромережевої  
моделі, організації та проведення дослідження, інших важливих етапів виконання курсової  
роботи і підготовки пояснювальної записки: вимоги щодо її структури, обсягів та змісту,  
порядку оформлення та захисту. В додатках наведено матеріали та основні джерела  
вихідних даних для виконання роботи: типові задачі, набори даних для навчання, основні  
види моделей та засобів розробки, перелік посилань на літературні джерела.

© В.В. Олійник, О.І. Лісовиченко, 2021

© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	4
1. ЦІЛІ І ЗАДАЧІ КУРСОВОЇ РОБОТИ.....	6
1.1. Мета курсової роботи.....	6
1.2. Основні завдання курсової роботи. ....	6
2. ТЕМАТИКА КУРСОВИХ РОБІТ.....	9
3. ОСНОВНІ ЕТАПИ І ГРАФІК ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ.....	12
3.1. Видача завдань і затвердження тем .....	12
3.2. Виконання курсової роботи.....	12
3.2. Календарний план виконання курсової роботи.....	15
4. ЗМІСТ КУРСОВОЇ РОБОТИ І МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ПО ЇЇ ВИКОНАННЮ .....	17
4.1. Склад пояснювальної записки.....	17
4.2. Зміст розділів пояснювальної записки .....	19
4.2.1 Вступ.....	19
4.2.2 Постановка практичної задачі.....	19
4.2.3. Розробка і навчання нейромережевої моделі .....	20
4.2.4. Експериментальне дослідження обраної НМ.....	21
4.2.5. Висновки .....	22
4.2.7. Додатки.....	23
5. ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ.....	24
6. ЗАХИСТ ТА ОЦІНЮВАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ.....	27
6.1. Порядок захисту курсової роботи.....	27
6.2. Рейтингова система оцінювання .....	29
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	34
ДОДАТКИ.....	36
Додаток А. Орієнтовна тематика курсових робіт.....	36
Додаток Б. Типові набори даних (датасети) .....	39
Додаток В. Рекомендовані пакети для роботи з нейромережами .....	46
Додаток Г. Типові моделі нейромереж.....	48

Додаток Д. Зразок оформлення титульного аркуша курсової роботи .....	52
--	----

## ВСТУП

Курсова робота із дисципліни «Нейротехнології та нейрокомп'ютерні системи» виконується в першому семестрі першого курсу магістратури спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології». Оскільки дана робота виконується магістрами, вона відрізняється від аналогічних робіт на молодших курсах наявністю та більшим обсягом наукових досліджень, вищим рівнем обґрунтування прийнятих в роботі рішень та створених моделей. Від курсових проектів її відрізняє менші обсяги і ступінь опрацювання інженерних рішень.

У цих Методичних вказівках конкретизовано вимоги до тематики курсових робіт, їхньої структури, обсягу, змісту та оформлення. Видання покликане допомогти студентові зрозуміти, що курсова робота є формою самостійної діяльності, у процесі якої він під керівництвом викладача розвиває практичні навички роботи з нейронними мережами та отримує практичний досвід їх застосування, закріплює та водночас розширює знання, отримані під час вивчення курсу «Нейротехнології та нейрокомп'ютерні системи». У процесі виконання комп'ютерних практикумів вказаної дисципліни студенти засвоюють окремі прийоми та методи створення і застосування нейромоделей на відносно простих прикладах. Тому в зазначеному навчальному курсі передбачена курсова робота, де на наближених до реальності задачах середньої складності освоюються прийоми вибору, комплексної розробки та навчання програмних моделей на основі нейронних мереж, навички аналізу результатів, дослідження ефективності та оптимізації створених моделей. Виконання курсової роботи дозволяє студенту пройти всі типові етапи реального використання нейромоделей: від коректної постановки та формалізації задачі та підготовки даних до навчання, до аналізу результатів та ітеративного процесу вибору виду моделі та підбору її параметрів для покращення визначених показників якості.

Виконуючи курсову роботу, студент має показати свої вміння працювати зі спеціалізованою навчальною літературою та сучасними науковими роботами, продемонструвати здатність систематизувати й аналізувати фактичний матеріал, доцільно та творчо його застосовувати.

Належно підготовлена курсова робота, що містить елементи проведення наукових досліджень, дає студентові впевненість у своїй підготовленості до виконання в майбутньому дипломної роботи, якість якої зростає, якщо вона є завершенням самостійно та якісно виконаних курсових робіт.

# **1. ЦІЛІ І ЗАДАЧІ КУРСОВОЇ РОБОТИ**

## **1.1. Мета курсової роботи**

У результаті виконання курсової роботи з дисципліни «Нейротехнології та нейрокомп'ютерні системи» студенти повинні узагальнити і поглибити знання та розвинути навички створення моделей нейронних мереж, що застосовуються для розв'язку прикладних задач, зокрема, у гнучких комп'ютеризованих системах і робототехніці.

### **Метою виконання курсової роботи є:**

- набуття навичок практичного використання нейромереж для розв'язання реальних прикладних задач аналізу, синтезу та обробки інформації, що виникають в процесах розпізнавання образів, класифікації, кластеризації та створення нових об'єктів і явищ, планування, моделювання та управління гнучкими комп'ютерно-інтегрованими комплексами організаційно-технічного, екологічного та економічного спрямування тощо;
- оволодіння методами та засобами проектування та експлуатації нейрокомп'ютерних систем і нейромережових моделей.

При виконанні роботи студенти повинні вміти використовувати сучасну науково-технічну літературу, демонструючи вміння творчо підходити до завдання, що виконується. Курсова робота повинна містити елементи наукових досліджень, пов'язаних з аналізом і вибором моделей нейронних мереж, експериментальним дослідженням впливу зміни параметрів обраної нейромоделі на результат вирішення задачі тощо.

## **1.2. Основні завдання курсової роботи.**

Виконання курсової роботи є однією з важливих форм індивідуальної роботи студентів, виконання якої сприяє підвищенню рівня фахової підготовки і навичок науково-дослідної роботи, перетворенню студента з пасивного споживача знань в активного творця, що може ідентифікувати і формалізувати проблему, проаналізувати та запропонувати шляхи її

вирішення, оцінити досягнутий результат і довести його доцільність шляхом публічного захисту.

Отже, **завданнями** виконання курсової роботи з дисципліни «Нейротехнології та нейрокомп'ютерні системи»

- систематизація, закріплення та узагальнення набутих теоретичних і практичних знань з дисципліни, застосування цих знань у вирішенні конкретних наукових завдань;
- закріплення та розвиток навичок ведення самостійної роботи; оволодіння методами наукового дослідження; формування вміння синтезувати в єдиний комплекс елементи фундаментальних знань, розвиток самостійних наукових суджень;
- підготовка студента до виконання дипломної роботи як форми науково-дослідницької діяльності.

Організація виконання курсової роботи студента має бути системною та послідовною від осмислення предмету дисципліни і вибору теми, визначення мети та конкретних задач курсової роботи, власне виконання пошукових та експериментальних досліджень, оформлення результатів і захисту курсової роботи. Враховуючи порівняно невеликий обсяг часу відведений на курсову роботу, методичні рекомендації мають встановлювати конкретні завдання, етапи та терміни успішного виконання роботи.

У процесі виконання й захисту курсової роботи студент має продемонструвати такі **вміння**:

- обирати архітектуру та топологію нейронної мережі з урахуванням особливостей поставленої задачі;
- виконувати параметричний синтез нейронних мереж, зокрема, обирати розмір, тип нейронів, параметри алгоритмів навчання тощо
- формалізувати задачі за допомогою нейромереж різних топологій;
- програмно створювати моделі нейронних мереж;
- використовувати нейротехнології для розв'язання прикладних задач у різних предметних галузях;



- проводити аналітичне та імітаційне моделювання складних об'єктів із застосуванням нейротехнологій, експериментально досліджувати вплив параметрів моделі на результат роботи;
- використовувати сучасні пакети (фреймворки) для роботи з нейронними мережами

## **2. ТЕМАТИКА КУРСОВИХ РОБІТ**

Теми курсових робіт визначаються структурою і спрямованістю навчальних курсів “Нейротехнології та нейрокомп’ютерні системи”, “Системи штучного інтелекту”, “Інтелектуальні технології у робототехніці” та іншими, потребами навчального процесу і відбивають практичні вимоги господарства і науки. Вони пов’язані із суміжними дисциплінами (“Сучасні методи обробки масивів даних”, “Системи розпізнавання образів” та ін.) і повинні мати чітку практичну направленість та відображення в реальних практичних задачах.

Тему та назву роботи студент обирає самостійно, що дозволяє враховувати індивідуальні інтереси і здібності студента без зниження загальних вимог, з урахуванням наведених нижче вимог і рекомендацій. Орієнтована тематика наведена у Додатку А.

Тема курсової роботи має бути унікальною серед студентів, що вивчають дисципліну, бути обрана і затверджена вчасно відповідно до календарного плану. Студенти, що не обрали або не погодили тему до відповідної передбаченої для цього в календарному плані дати, отримують довільну тему зі списку запропонованих впродовж тижня після цієї дати.

Деяку частину можуть складати комплексні роботи, де більш складна задача розв’язується невеликою групою студентів (бригадою). Це розвиває навички колективної праці, наближеної до реальних умов реалізації вирішення складних програмних завдань.

Методичні рекомендації щодо вибору теми:

### **1. Практична направленість**

Рекомендується обирати тематику робіт пов’язану з вирішенням реальних практичних задач. Це дозволить легко та природньо описати мотивацію та поставити задачу, вибрати набір даних та засоби розробки, обґрунтувати доцільність проведеного експерименту, отримати навички вирішення реальних задач, отримати значимі результати та використати їх в подальшій науковій або практичній діяльності, зокрема, опублікувати

наукову статтю, підготувати доповідь на конференцію, використати напрацювання у дипломному проєкті.

Темою курсової роботи може бути також створення емуляторів певного виду нейронних мереж. Метою таких робіт є візуалізація та забезпечення наочності вивчення таких моделей.

Іншим варіантом теми є наукове дослідження певних аспектів роботи нейронних мереж, модифікацій архітектур та підходів до навчання тощо. Такі роботи теж повинні мати практичну цінність або новизну та потребують обґрунтування своєї доцільності (див. розділ Мотивація).

## **2. Складність роботи.**

Переконайтеся, що запланований обсяг роботи не є занадто вузьким або широким.

Наприклад, вирішення звичайної задачі класифікації для загальновідомого стандартного набору даних, наприклад, рукописних символів на наборі MNIST або зображень на CIFAR, є занадто простою задачею. З іншого боку, вибір задачі, що взагалі не має готового набору даних, тобто потребує організації процесу збирання та попередньої обробки даних – може призвести до акцентування уваги на вторинних задачах. Оскільки метою курсової роботи є набуття практичних навичок використання нейронних моделей, більша частина роботи (не менше 70%), має бути присвячена саме питанням створення, використання та дослідження нейронних мереж.

Такі супутні задачі як вивченню особливостей предметної області та задачі (наприклад, можливостей камери в задачах комп'ютерного зору), збору та підготовці датасету, його попередній обробці, прикладним аспектам застосування навченої моделі та іншим безпосередньо не пов'язаним з нейронними мережами питанням в роботі та пояснювальній записці має приділятися не більше 30% від загального обсягу.

Обираючи реальні або наближені до реальності задачі, для розв'язку яких доцільно використовувати нейротехнології, слід спрощувати їх до

типових проблем, нехтуючи менш важливими факторами. Наприклад, вирішуючи задачу класифікації деяких типів об'єктів у комп'ютерному зорі, може бути доцільно нехтувати потенційно різними рівнями освітленості чи іншими параметрами.

Таким чином, в курсовій роботі рекомендується обирати спрощену версію реальних задач, опускаючи подібні практичні аспекти.

Взявши нетиповий датасет, складніший тип даних або обравши реальну предметну область, можна вирішувати звичайну задачу класифікації. З іншого боку цікавими задачами, наприклад, для обробки зображень є сегментація, генерація, стилізація, реконструкція, детектування та/або ідентифікація об'єктів на ньому тощо.

### **3. Наявність набору даних.**

Очевидною вимогою для застосування нейронних мереж та оцінювання їх роботи є наявність достатньої кількості даних відповідної якості. Тому при виборі теми варто перевіряти наявність відповідного доступного датасету. Звичайно, його можна зібрати і самостійно, що підвищує якість курсової роботи, однак, слід враховувати вплив такої роботи на складність та вимогу, що нейромоделі має бути присвячено не менше (70%). Тому рішення щодо обрання теми роботи рекомендується приймати після перегляду існуючих готових датасетів у відповідних базах (див. Додаток Б)

### **3. ОСНОВНІ ЕТАПИ І ГРАФІК ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ**

#### **3.1. Видача завдань і затвердження тем**

Завдання на курсову роботу видається на самому початку семестру після проведення вступної лекції. В рамках видачі завдання викладач надає загальну характеристику роботи: мета та задачі, можливі теми, вихідні дані, приблизний обсяг і зміст окремих частин пояснювальної записки, надає перелік рекомендованої навчально-методичної літератури, приблизний графік виконання, а також вимоги щодо порядку виконання та захисту, доводить до відома студентів положення рейтингової системи оцінювання курсової роботи та розклад консультацій.

Після оприлюднення завдання студент має передбачений календарним планом час для ознайомлення з рекомендованою тематикою робіт та обрання власної теми. В цей час рекомендується проводити індивідуальні бесіди керівника зі студентами для роз'яснення незрозумілих пунктів завдання, та надання рекомендацій щодо вибору тем з урахуванням ступені підготовленості та інтересів студента, рекомендації літературних джерел тощо. Подібні консультації дозволяють вчасно відкоригувати тему та забезпечують успіх подальшого керівництва роботою.

Студенти, що у встановлені терміни не вибрали або не погодили тему, отримують довільну тему зі списку запропонованих впродовж тижня після завершення термінів.

#### **3.2. Виконання курсової роботи**

Після вибору теми курсової роботи студент виконує літературний огляд для знайомства з особливостями обраної теми, сучасним станом її вирішення, існуючими рішеннями тощо. За результатами формуються мета і задачі роботи, уточняється практичне завдання на роботу.

Варто пам'ятати про визначальний вплив набору даних, що застосовується для навчання моделі, на результати навчання. Тому при вже

при уточненні задачі роботи слід виконувати пошук наявних даних, що можуть бути використані для проблеми. За результатами такого пошуку приймається рішення щодо його наявності, можливості використання в існуючому вигляді, необхідності розширення тощо. При відсутності необхідного набору даних, недостатнього об'єму таких даних, чи необхідності його спеціалізації – планується та реалізується збирання даних для навчання з оформленням їх у необхідний формат.

Визначившись з набором даних для навчання нейромоделі слід проаналізувати його статистичні характеристики, повноту та визначитись з необхідністю попередньої обробки початкових прикладів: нормалізації, доповнення та інших перетворень, розділити набір даних на навчальну, тестову та, при необхідності, валідаційну вибірку.

Результатом першого етапу роботи має бути формалізована задача, що включає виділення вхідних-вихідних параметрів, визначення типів даних, набору даних для навчання.

Наступним кроком з урахуванням особливостей задачі та особистих переваг виконавця обираються засоби розробки: мова та середовище програмування, фреймворк, бібліотека або середовище для розробки нейронних мереж. Типові сучасні засоби розробки нейронних мереж та їх порівняння наведено в Додатку В.

На основі особливостей поставленої задачі виконується вибір типу нейронної мережі та конкретної її архітектури. Для цього використовуються теоретичні знання курсу та рекомендований список літератури [1-9]. Типові моделі нейромереж наведені у Додатку Г. Для обраної архітектури визначаються значення необхідних гіперпараметрів (к-сть шарів, нейронів, зв'язки між нейронами та шарами тощо), обирається алгоритм навчання та його параметри. Це дозволяє провести навчання та одержати перші результати, що дає змогу оцінити можливість та точність розв'язання задачі обраною нейромоделлю, порівняти отримані показники з відомими аналогами, оцінити технічні показники навчання: швидкість, динаміку

навчання та інше. Обов'язково слід переконатися, що перенавчання мережі відсутнє, або ж мінімізувати його вплив, вживши відповідних заходів.

Виконавши аналіз отриманих результатів, приймається рішення щодо прийнятності обраної моделі та її параметрів. У разі необхідності виконуються зміни у моделі, її архітектурі та параметрах, налаштуваннях алгоритму навчання. Даний процес є ітеративним до одержання очікуваних прийнятних результатів, або доведення неможливості їх досягнення.

Процес емпіричного підбору параметрів моделі або й власне вибору моделі є складовою частиною експериментального дослідження нейромоделі (нейромоделей). Типовим підходом на практиці також являється застосування деякої простої базової моделі, наприклад, нейронної мережі прямого поширення для одержання першого наближення рішення. Подальше ускладнення моделі, застосування спеціалізованих тонко налаштованих архітектур нейронних мереж дозволяє порівняти результати їх застосування з базовим рішенням і оцінити приріст показників ефективності та, відповідно, доцільність застосування складніших моделей, що зазвичай мають більші вимоги до даних та обчислювальних ресурсів.

Таким чином, курсова робота завершується плануванням і виконанням експериментального дослідження впливу параметрів моделі та алгоритму навчання на результати, порівняння ефективності різних нейромоделей, алгоритмів навчання, вивчення впливу методів регуляризації та інших емпіричних методів покращення навчання нейромереж. Студент на власний розсуд обирає і реалізовує одну з експериментальних задач, ставить експеримент та трактує його результати.

Для допомоги студентам на різних етапах виконання роботи відповідно до розкладу проводяться консультації, що можуть мати як індивідуальний, так і груповий характер. Консультації повинні сприяти розвитку самостійного, продуманого й обґрунтованого, планомірного виконання роботи, не перетворюватися в натаскування або репетиторство. Не слід давати готових рецептів, а постановкою навідних запитань, указівкою

додаткової літератури допомогти студенту зрозуміти допущені помилки і знайти правильний шлях вирішення ускладнень. Щоб навчити студента пояснювати свою роботу, необхідно вимагати від нього доказів і обґрунтування найбільш важливих моментів роботи.

### 3.2. Календарний план виконання курсової роботи

Для студентів денної форми навчання рекомендується наступний календарний графік виконання роботи:

Таблиця 1. Основні етапи і графік виконання курсової роботи

№	Етап	Терміни
1	Видача завдання на курсову роботу	1й тиждень
2	Творчий етап вибору студентом теми, знайомство з нейротехнологіями та типовими задачами, обрання та узгодження з викладачем теми роботи.	2-3 тиждень
3	Затвердження тем курсових робіт	4й тиждень
4	Підготовка даних, розробка нейромоделі, її навчання та аналіз перших результатів. Звіт за поточними результатами виконання роботи	5-8 тиждень
5	Завершити навчання НМ та провести дослідження	9-10 тиждень
6	Оформлення пояснювальної записки	11-12 тиждень
7	Подання готової роботи на перевірку викладачеві	13й тиждень
8	Опрацювання зауважень та рекомендацій	14й тиждень
9	Захист курсових робіт	15-16 тиждень

Четвертий етап виконання роботи завершується проміжним звітом по отриманим результатам, що виконується студентом та надається викладачу в електронному вигляді: надсилається на електронну пошту або ж іншим способом. Це дозволяє провести поточний контроль та є складовою частиною стартових рейтингових балів, що отримує студент перед захистом. Звіт має бути обсягом 0,5-2 сторінки та містити наступну інформацію: задача, датасет,



обрані засоби розробки моделі, тип та структура моделі, параметри та результати навчання.

Відхилення від графіку виконання основних етапів курсової роботи в бік запізнення призводить до зняття штрафних балів згідно з Положенням про рейтингову систему оцінки успішності студентів курсової роботи з даної дисципліни.

## **4. ЗМІСТ КУРСОВОЇ РОБОТИ І МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ПО ЇЇ ВИКОНАННЮ**

### **4.1. Склад пояснювальної записки**

Курсова робота передбачає підготовку текстової документації у вигляді пояснювальної записки. Пояснювальна записка – це документ, оформлений згідно вимог діючих ДСТУ та інших відповідних нормативних документів, що описує процес виконання курсової роботи та основні одержані результати. Викладення матеріалу в пояснювальній записці повинно бути коротким, ясным і загальноприйнятим в технічній літературі. Опис відомих положень та рішень, що викладені в довідкових матеріалах, не допускається. В основній частині пояснювальної записки не наводиться програмний код. При реальній необхідності, коли він має суттєве значення для оцінки практичного внеску студента, лістинг окремих важливих елементів програми може бути наведений у додатках.

Основне завдання студента під час виконання курсової роботи – показати рівень володіння теоретичним матеріалом та практичні навички застосування нейромоделей для вирішення поставленої задачі. Тому, у першу чергу, варто описувати принципові моменти – обґрунтування прийнятих рішень. У пояснювальній записці мають бути висвітлені обсяги виконаної роботи, складність та особливості розв'язуваної задачі і використаних методів, елементи новизни, що дозволяють отримати уявлення про рівень практичної і теоретичної підготовки студента.

Пояснювальна записка – це єдиний документ, що характеризується цілісністю викладів від постановки задачі до аналізу отриманих результатів. Взаємозв'язок окремих частин записки повинен чітко проглядатися; попередні розділи визначають напрямок рішення наступних. Кожен розділ має закінчуватися короткими висновками.

Рекомендована структура пояснювальної записки та орієнтовний її обсяг за розділами наведено в таблиці 2.

Таблиця 2. Обсяг пояснювальної записки за розділами

Розділ	Сторінок
<b>Зміст</b>	<b>1</b>
Перелік скорочень та умовних позначень	<b>1</b>
<b>Вступ</b>	<b>1-2</b>
<b>1. Практична задача, що розв’язується</b>	<b>5-10</b>
1.1. <u>Постановка мети та задач роботи</u>	1-2
1.2. <u>Особливості задачі та її формалізація</u>	1-2
1.3. <u>Набір даних для навчання</u>	1-2
1.4. <u>Вибір середовища розробки</u>	1-2
<b>2. Розробка і навчання нейромережевої моделі</b>	<b>5-10</b>
2.1. <u>Вибір нейронної мережі та її параметрів</u>	1-2
2.2. <u>Структура мережі</u>	1-2
2.3. <u>Навчання мережі</u>	1-2
2.4. <u>Результати навчання та роботи мережі</u>	2-4
<b>3. Експериментальне дослідження обраної НМ</b>	<b>5-10</b>
3.1. <u>Планування експерименту</u>	1-2
3.2. <u>Результати експериментів</u>	3-8
<b>4. Висновки</b>	<b>1</b>
<b>5. Список використаної літератури</b>	<b>1-2</b>
<b>Додатки</b>	
<b>Всього</b>	<b>20-35</b>

Курсова робота з дисципліни "Нейротехнології" має містити: титульний аркуш, реферат, зміст, перелік скорочень та умовних позначень (якщо в цьому є необхідність); основну частину за розділами, рекомендований зміст яких наведено далі, висновків, списку використаної літератури та додатків.

Найменування розділів пояснювальної записки формуються, виходячи з конкретних особливостей розв’язуваної задачі. При необхідності кількість розділів пояснювальної записки може бути збільшена.

## **4.2. Зміст розділів пояснювальної записки**

### **4.2.1 Вступ**

У вступі варто розкрити наступні питання:

1. Сучасний стан розв'язку задач обраної тематики
2. Актуальність обраної теми –її важливість для суспільства, науки та техніки на сьогодні.
3. Мотивацію вибору теми роботи: чим цікава Вам задача та чому вважаєте доцільним використання нейротехнологій при її вирішенні.

Вступ має бути стислим за обсягом, формулювання конкретної задачі та мети роботи виконується в наступному розділі.

### **4.2.2 Постановка практичної задачі.**

Перший розділ основної частини пояснювальної записки присвячений аналізу теми роботи, постановці конкретної задачі та мети в рамках обраної теми, формалізації поставленої задачі та підготовці ключових елементів для її розв'язку з використанням нейротехнологій: вибору середовища розробки нейронних мереж. Назва розділу формулюється відповідно до обраної теми і практичної задачі, наприклад, «Задача класифікації коротких текстових повідомлень: відгуків на статтю новин»

Перший підрозділ *Постановка мети та задач роботи* має містити чітко сформульовану мету роботи та перелік задач, що необхідно виконати для досягнення поставленої мети. В даному розділі виконується конкретизація розв'язуваної задачі, тобто формулювання практичної задачі з обмеженнями, розв'язку якої і була присвячена курсова робота. Наприклад, якщо в темі мова йде про класифікацію зображень, то чітко окреслюється їх вид, формат, розміри, кольоровість, якість та інші характеристики. Якщо обрана задача передбачає практичний аспект подальшого застосування навченої нейромоделі, необхідно описати середовище її використання.

Окремим пунктом важливо обґрунтувати доцільність використання нейротехнологій для розв’язання поставленої задачі.

В наступному розділі *Особливості задачі та її формалізація* для чітко сформульованої в попередньому розділі задачі за результатом наводяться результати аналізу її особливостей, зокрема тих, на які студент планує звернути увагу в процесі виконання роботи, в т.ч. в експериментальних дослідженнях. Для поставленої задачі описується її формалізоване подання: виділення вхідних-вихідних параметрів, опис типів даних, виду та вимог до навчальних даних, критеріїв, за якими буде оцінюватись ефективність моделей.

В розділі *Набір даних для навчання* описується обраний набір даних: чи є він стандартним, надається його коротка характеристика, описуються наявні особливості. Якщо датасет повністю або частково збирався студентом – описується процедура і результати.

Обов’язково наводиться аналіз необхідності попередньої обробки даних набору для використання в нейронних мережах: нормалізації, аугментації тощо. У випадках якщо це необхідно – коротко описуються процедури обробки та їх результати.

Останнім розділом є *вибір середовища розробки*, в якому наводиться коротка інформація про обраний framework, бібліотеку або інше середовище створення нейронної мережі та причини його вибору. Також в розділі вказується мова програмування, характеристика апаратних засобів, що використовувались для навчання нейромоделі та інші засоби, в разі їх наявності.

#### **4.2.3. Розробка і навчання нейромережевої моделі**

Другий основний розділ пояснювальної записки присвячений нейромоделі та її навчанню.

По-перше, обґрунтовується вибір виду нейронної мережі. Далі наводиться конкретна архітектура мережі. Якщо обрана відома

спеціалізована нейромережа, дається її коротка загальна характеристика, опис структури та особливостей, вказуються причини вибору. Якщо ж реалізація нейронної мережі робиться на основі типової, шляхом зміни компонентів або параметрів, то детально описується вся модель. В будь-якому разі, опис моделі має містити інформацію про к-сть та тип шарів, нейронів, особливості зв'язків тощо. Бажано зобразити схему обраної нейронної мережі графічно.

Аналогічним чином описується і пояснюється вибір алгоритму навчання та його параметрів. У разі наявності будь-яких особливостей процесу навчання: самого алгоритму, методики навчання тощо – їх необхідно описати.

Завершується розділ опису результатів навчання: отриманими значеннями функцій втрат та показниками точності (або інших критеріїв ефективності розв'язку) на навчальній і тестовій вибірці. За результатами обов'язково робиться висновок щодо досягнення мети навчання, наявності та ступеня перенавчання. Для наочності таких висновків рекомендується включати в пояснювальну записку графіки залежності втрат та обраних метрик від кількості епох навчання. В цілому для наочності отримані результати бажано подати у вигляді графіків, зведених таблиць і т.п.

#### **4.2.4. Експериментальне дослідження обраної НМ**

Останній основний розділ пояснювальної записки повинен відображати творчу роботу студента щодо емпіричного покращення результатів роботи нейромоделі. Це відображається у підготовці і виконанні деякого запропонованого студентом експериментального дослідження зі створеної моделлю. В залежності від отриманих на попередньому кроці результатів вид такого експерименту може відрізнятись. Це може бути порівняння результатів базової моделі нейронної мережі зі спеціалізованою, вивчення впливу окремих параметрів моделі, супутніх методів та інше. В будь-якому разі даний розділ пояснювальної записки має містити чітко сформульований

план експерименту: які гіпотези перевірятимуться, яким чином, як будуть оцінюватися результати.

Далі наводяться отримані в процесі дослідження результати. Для їх кращої інтерпретації рекомендується застосовувати порівняльний аналіз з базовими моделями чи наборами параметрів, подавати дані у вигляді таблиць, діаграм та порівняльних графіків

Доцільно також порівнювати отримані результати з відомими аналогами, представленими в літературі та науково-практичних роботах.

Логічним завершенням опису експериментального дослідження є висновки щодо підтвердження чи спростування запропонованих гіпотез, виявлених залежностей та успіхів у покращенні базової нейромоделі.

#### **4.2.5. Висновки**

У висновках наводяться основні результати роботи та їх значення. Рекомендується наступний підхід до формулювання висновків: по основним задачам роботи вказати що робилося, для чого і який результат. Наприклад: «Проаналізувавши результати навчання обраної нейромоделі, виявили її перенавчання, тому були застосований метод дропауту для його уникнення».

Коротко зазначаються досягнуті показники ефективності розв'язання поставленої задачі, виявлені в процесі роботи проблеми та обмеження. Робиться висновок щодо досягнення поставленої мети курсової роботи та загальна оцінка одержаних результатів. Якщо ж мети досягти не вдалося, вказуються можливі причини і визначаються шляхи подолання виявлених ускладнень. При виявленні цікавих наукових результатів намічається перспектива їхнього використання чи продовження досліджень.

Для кращого структурування текст висновків може поділятися на пункти.

#### **4.2.7. Додатки**

Щоб уникнути переобтяження викладу основного матеріалу курсової роботи, у «Додатках» розміщують матеріал, що доповнює або розкриває виконану роботу. Така інформація:

- є необхідною для повноти матеріалу, але включення його до основної частини може змінити впорядковане й логічне уявлення про роботу;
- не може бути послідовно розміщена в основній частині через великий обсяг або способи відтворення;
- може бути вилучена для широкого кола читачів, оскільки носить спеціальний характер.

Зокрема, до таких матеріалів відноситься програмний код або ж спеціалізована інформація про застосовані архітектури нейронних мереж, методи обробки даних та навчання тощо. У додатки варто виносити великі таблиці, схеми, діаграми та рисунки. У змістовій частині роботи неодмінно мають бути посилання на додатки.



## 5. ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ

**Загальні вимоги.** Курсова робота оформляється відповідно до діючих стандартів України [10]. Пояснювальна записка виконується у друкованому або електронному вигляді українською мовою. Текст пояснювальної записки повинен бути коротким та чітким, виключати можливість суб'єктивного тлумачення. Стиль викладу – науковий. Термінологія і визначення повинні відповідати нормам встановленим у стандартах, а при їхній відсутності – загальноприйнятим. Якщо в записці використовується специфічна термінологія або скорочення, повинен бути наведений перелік прийнятих термінів і скорочень з роз'ясненнями [11-12]. Не допускаються емоційні висловлювання, жаргон, якщо вони не є предметом наукового дослідження. Також слід уникати викладу від першої особи.

**Форматування.** Слід використовувати наступні відступи від краю аркуша: верхній – 20 мм, нижній – 20 мм, лівий – 25 мм, правий – 15 мм. Основний текст набирається шрифтом Times New Roman розмір 14, міжстроковий інтервал – півтора (1,5). Для спеціальних символів та формул необхідно використовувати редактори формул Mathtype та Microsoft Equation. Всі рисунки, створені в Microsoft Word, повинні бути згруповані в один об'єкт. Перша сторінка пояснювальної записки – титульний аркуш, що оформлюється згідно додатку Д. Нумерація сторінок пояснювальної записки і додатків повинна бути наскрізна.

**Оформлення розділів.** Текст пояснювальної записки поділяється на розділи, кількість яких визначається конкретною задачею. Розділи повинні мати порядкові номери, позначені арабськими цифрами з крапкою. Найменування розділів повинні бути короткими, визначатися темою роботи, відповідати змісту частини роботи і записуватися великими літерами з нової сторінки.

Розділи можуть складатися з підрозділів, що мають порядкові номери в межах розділу. Повний номер підрозділу складається з двох чисел – номера розділу і підрозділу, розділених крапкою. Наприкінці номера також

ставиться крапка. Найменування підрозділу записується малими літерами. Між підрозділами додатково пропускається один інтервал.

При необхідності, розділи можна поділяти на пункти і підпункти. Кожен пункт нумерується в межах підрозділу. Загальний номер пункту складається з номера розділу, підрозділу і пункту, розділених крапками. Пункт починається з абзацу і може мати заголовок, що записується малими літерами. Між пунктами додаткових пропусків не робиться.

Підкреслювати і переносити слова в заголовках не допускається. Крапка наприкінці заголовка не ставиться, а якщо заголовок складається з двох речень, їх розділяють крапкою.

**Формули.** Формули нумеруються арабським цифрами в межах розділу з правого боку аркуша на рівні формули в круглих дужках. Посилання в тексті на формулу наводять у круглих дужках, наприклад: “дисперсія помилки визначається у відповідності з формулою (2.3)”.

Позначення величин і параметрів у тексті доцільно пояснити. Значення символів і числових коефіцієнтів, що входять у формулу, вказуються відразу під нею. Значення кожного символу наводять з нового рядка в послідовності, прийнятій у формулі. Перший рядок розшифровки повинен починатися зі слова “де”. Формула розглядається як звичайний елемент речення. З урахуванням цього необхідно ставити розділові знаки після формул.

**Рисунки.** Текст пояснювальної записки може бути ілюстрований необхідними схемами, малюнками, таблицями та графіками.

Всі ілюстрації повинні мати номери в межах розділу або написи, що пояснюють їхній зміст, і розміщуватися після відповідного посилання на них у тексті. Номер рисунка має складатися з номера розділу та порядкового номера рисунка, між якими ставиться крапка (рис. 1.1). Кожен рисунок мусить мати назву, яка зазначається під рисунком після номера рисунка з крапкою з великої літери. Після підпису крапка не ставиться.

Зображення графіків, діаграм подаються аналогічно. Якщо на одному графіку наведено кілька кривих, бажано зобразити їх різними типами ліній або різними кольорами.

У пояснювальній записці на кожен малюнок обов'язково повинно бути посилання в тексті.

**Таблиці.** Цифровий матеріал, зокрема приклади даних для навчання та результати, рекомендується оформляти у вигляді таблиць і наводити тільки значущі цифри. Для зручності посилань графі таблиці нумерують. При переносі таблиці на інший аркуш заголовки розташовують тільки над першою частиною, а на початку кожного наступного листа розміщують лише рядок з номерами стовбців.

Графу “№ п/п” у таблицю не включають. При необхідності нумерації даних порядкові номери вказують у першому ліворуч стовпці перед їх найменуванням. Якщо числові дані в графах таблиці мають різні одиниці, їх вказують у заголовку кожної графи. Ставити лапки замість повторюваних цифр, знаків та математичних символів не допускається. Якщо цифрові чи інші дані в таблиці не вказуються, у графі ставиться риска. Для скорочення тексту заголовків і підзаголовків граф окремі поняття замінюють літерними позначеннями, якщо вони пояснені в тексті чи зазначені на малюнках. Таблиці нумерують арабськими цифрами в межах розділів. Над правим верхнім кутом поміщають напис з номером, та назвою таблиці.

**Список літератури.** У пояснювальній записці має бути наведений список використаних джерел. До нього потрібно обов'язково включати використану літературу, наукові роботи, технічну документацію та інші електронні та друковані джерела. Відомості про іноземні джерела вказуються мовою оригіналу.

Оформлення списку літературних джерел виконується відповідно [13-16].

Літературні джерела вказуються або в порядку вживання, або за алфавітом. Іноземні видання містяться після українських.

У тексті пояснювальної записки обов'язково повинні бути посилання на використану літературу. При цьому вказується в квадратних дужках номер джерела відповідно до списку, наприклад: “значення коефіцієнта  $K_n$  згідно приймається рівним  $x$ ”.

Посилання на неопубліковані матеріали забороняються.

**Додатки.** Окремі ілюстрації, таблиці, допоміжний текст, лістинги програм рекомендується розташовувати в додатку з посиланням на них в основному тексті. Додатки розташовують у порядку посилання на них у тексті. Кожен додаток повинен мати заголовок, який друкують вгорі прописними літерами і симетрично до тексту сторінки. Над заголовком, але посередині рядка, друкують слово «ДОДАТОК» і велику літеру української абетки, що позначає додаток, за винятком літер І, Є, З, І, Ї, Й, О, Ч, Ь, наприклад, ДОДАТОК А, ДОДАТОК Б. Текст кожного додатка починають з нової сторінки. Додатки повинні мати спільну з рештою курсової роботи наскрізну нумерацію сторінок.

## **6. ЗАХИСТ ТА ОЦІНЮВАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ**

### **6.1. Порядок захисту курсової роботи**

Після підготовки курсової роботи студент здає її на перевірку керівнику. Пояснювальна записка подається на перевірку в електронному вигляді, по запиту керівника додатково демонструється робота навченої нейронної мережі. Після перевірки виконання усіх вимог до роботи та пояснювальної записки керівник допускає роботу до публічного захисту. В разі наявності істотних недоліків та зауважень курсова робота повертається на доробку. Також керівник може надавати рекомендації щодо покращення роботи, що в цілому задовольняє необхідним критеріям, для підвищення оцінки за нею. В останньому випадку рішення щодо врахування отриманих рекомендацій студент приймає на свій розсуд.

Не допускаються до захисту курсові роботи:

- повністю або значною мірою виконані не самостійно (з більше 20% безпосередніх запозичень з інших джерел);
- роботи, що не відповідають затвердженій тематиці;
- роботи, що містять істотні фактичні помилки (наприклад, використання нормативних актів, що втратили чинність);
- роботи, що не відповідають формальним вимогам щодо обсягу, структури тощо.

Після виправлення отриманих зауважень курсова робота допускається до захисту, який відбувається на кафедрі привселюдно в присутності керівника, інших студентів групи і комісії з викладачів (2 чоловік). Студент в короткій доповіді (до 5 хв.) хвилин має викласти мету, основні прийняті рішення та результати свого дослідження. В цілях підвищення ефективності викладу можливе використання наочного матеріалу. Після виступу відбувається обговорення роботи з відповідями студента на запитання викладача та інших присутніх. Під час зацікавленого обговорення, що відбувається в дружній атмосфері, висловлюються критичні зауваження, рекомендації та побажання щодо подальших досліджень.

Виступ з доповіддю за підсумками курсової роботи на студентській науковій конференції може бути зарахований як публічний захист.

За результатами підготовки курсової роботи, її захисту та обговорення доповіді студента за темою курсової роботи комісія виставляє відповідну кількість балів і оцінку. Під час оцінювання враховують такі чинники, як розкриття теми курсової роботи, якість пошукових досліджень, організація та інтерпретація результатів та експерименту, оформлення роботи, дотримання графіку виконання роботи, старанність студента, виступ на захисті, переконливість відповідей на запитання, власний погляд на проблему та обґрунтованість його захисту. Критерії оцінювання визначаються у рейтинговій системі оцінювання.

Після захисту рекомендується проводити заключну бесіду керівника з групою студентів, у якій аналізувати кращі і погані роботи з указівкою типових помилок і недоліків, а також організаційних недопрацювань.

Друковані версії пояснювальної записки здаються до архіву кафедри і зберігаються там згідно діючих вимог.

## 6.2. Рейтингова система оцінювання

Рейтинг студента з курсової роботи складається з балів:

- 1) стартової складової;
- 2) захисту курсової роботи.

*Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання*

### 1. Стартова складова

Ваговий бал - 60. Розподіл балів по складовим виконаної роботи наведено у таблиці 3.

Таблиця 3. Компоненти стартової складової рейтингу

Складова роботи	Балів
<b>1. Дотримання вимог календарного плану</b>	<b>10</b>
<b>2. Практична робота над темою</b>	<b>30</b>
Задача, набір даних, середовище	10
Нейромодель	10
Експеримент	10
<b>3. Оформлення пояснювальної записки</b>	<b>20</b>
Відповідність вимогам до структури, обсягів, повноти	10
Якість оформлення та повнота подання інформації	10
<b>Всього</b>	<b>60</b>

Принципи оцінювання окремих компонентів роботи:

#### 1. Дотримання вимог календарного плану – 10 балів

Оцінка знижується на 2 бали за невчасне без поважних причин: обрання теми, подачу проміжного звіту, представлення роботи до захисту та власне захисту – всього 8 балів. Ще 2 є оцінкою проміжного

звіту: 2 – звіт в повному обсязі, 1 – інформація не повна, 0 – звіт відсутній.

## **2. Практична робота над темою – 30 балів**

### **2.1. Задача, датасет, середовище – 10 балів**

*Критерії оцінювання:*

- 10 балів – задача добре проаналізована і формалізована, набір даних і середовище вдало підібрані;
- 8-9 балів – є незначні зауваження до одного, або кількох пунктів;
- 6-7 – в цілому задача поставлена, датасет і середовище описані, однак є суттєві зауваження до результату;
- 0-5 – обрана задача, що не відповідає темі, окремі пункти не виконані, чи містять суттєві помилки.

### **2.2. Нейромодель – 10 балів**

*Критерії оцінювання:*

- 10 балів – вид нейронної мережі та її параметри підібрано вдало і обґрунтовано, модель коректно навчена, а результати інтерпретовані;
- 8-9 балів – є незначні зауваження до одного, або кількох пунктів виконання завдання;
- 6-7 – є суттєві зауваження до результатів навчання, моделі або методики її навчання;
- 0-5 – нейромодель не підходить для задачі, відсутні або помилкові окремі етапи роботи з нею.

### **2.3. Експеримент – 10 балів**

*Критерії оцінювання:*

- 10 балів – постановка і реалізація дослідження виконані на високому рівні, результати інтерпретовані;
- 8-9 балів – експеримент сплановано і виконано в цілому вірно, однак є зауваження до експерименту або висновків;

- 6-7 – дослідження невдале, сплановано некоректно, містить помилки у реалізації чи інтерпретації результатів;
- 0-5 – дослідження фактично відсутнє або містить значні помилки.

### **3. Оформлення пояснювальної записки**

#### **3.1. Відповідність вимогам до структури та обсягів, повноти подання інформації**

*Критерії оцінювання:*

- 10 балів – пояснювальна записка повністю відповідає вимогам щодо змісту та структури;
- 8-9 балів – є незначні зауваження до структури або змісту;
- 6-7 – послідовність викладу матеріалу не відповідає вимогам, є суттєві зауваження до обсягів або повноти викладення розділів;
- 0-5 – дослідження фактично відсутнє або містить значні помилки.

#### **3.2. Якість оформлення та відповідність стандартам**

*Критерії оцінювання:*

- 10 балів – пояснювальна записка повністю відповідає діючим вимогам та стандартам оформлення;
- 8-9 балів – робота містить незначні відхилення від стандартів оформлення, граматичні та синтаксичні помилки тощо;
- 6-7 – окремі частини пояснювальної записки не відповідають вимогам, в роботі багато помилок в оформленні;
- 0-5 – робота не оформлена згідно діючих вимог.

## **2. Захист роботи**

Ваговий бал – 40.

**Складові захисту:**

#### **4. Ступінь володіння теоретичним матеріалом – 10 балів**

*Критерії оцінювання:*

#### **5. 10 балів – студент вільно орієнтується в пов'язаному теоретичному матеріалі;**



6. 8-9 балів – допущено несуттєві неточності;
7. 6-7 – в теоретичному матеріалі допущені суттєві неточності;
8. 0-5 – студент допускає суттєві помилки.
9. Ступінь обґрунтування прийнятих рішень - 15 балів

*Критерії оцінювання:*

- 14-15 балів – рішення обґрунтовані та логічні, підкріплені теоретичним та методичним матеріалом;
- 11-13 балів – рішення логічні, однак аргументації не достатньо;
- 8-10 – окремі рішення не обґрунтовані, або нерозумні;
- 0-8 – аргументація рішень помилкова.

10. Якість відповідей на питання та вміння захищати свою думку – 15 балів

*Критерії оцінювання:*

- 14-15 балів – студент впевнено і чітко відповідає на питання, відстоює свою думку;
- 11-13 балів – відповіді надаються, однак відсутня впевненість, логічність, або наявні несуттєві помилки;
- 8-10 – частина відповідей відсутня, або вони містять помилки, нелогічні чи необґрунтовані;
- 0-8 – відповіді на деякі питання відсутні, не вірні, або ж з суттєвими помилками.

*Умови позитивної проміжної атестації*

Для отримання “зараховано” з першої проміжної атестації (8 тиждень) студент повинен надати поточний звіт по роботі згідно календарного плану.

Для отримання “зараховано” з другої проміжної атестації (14 тиждень) студент повинен подати готову роботу (пояснювальну записки) на перевірку викладачу.

*Розрахунок шкали (R) рейтингу*

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складається зі стартового рейтингу  $R_c$

оцінка за захист роботи  $R_3$ .

Загальний рейтинг студента:  $R_D = R_C + R_3$

Максимальне значення стартової шкали  $R_C = 60$  балів.

Максимальне значення захисту  $R_3 = 40$  балів.

Всього  $R_D = 60 + 40 = 100$  балів.

Для отримання студентом відповідних оцінок (ECTS та традиційних) його рейтингова оцінка  $R_D$  переводиться згідно з таблицею 4.

Таблиця 4. Відповідність ECTS та традиційних оцінок

$R_D = R_C + R_3$	Оцінка
95...100	відмінно
85...94	дуже добре
75...84	добре
65...74	задовільно
60...64	достатньо
$R < 60$	незадовільно
$R_C < 35$ або не виконано інші умови допуску до екзамену	не допущений

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ямпольський Л.С. Нейротехнології та нейрокомп'ютерні ситеми / Л.С. Ямпольський, О.І. Лісовиченко, В.В. Олійник. – К.:Дорадо-друк, 2016. – 571 с.
2. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс, 2-е издание. Вильямс, 2017. – 1104 с.
3. Архангельський В.І. Нейронні мережі в системах автоматизації / В.І. Архангельський, І.М. Богаєнко, Г.Г. Грабовський, М.О. Рюмшин. – К.: Техніка, 1999. – 364 с.
4. Ямпольський Л.С. Гнучкі комп'ютерно-інтегровані системи: планування, моделювання, верифікація, управління. КНИГА 2. Штучний інтелект в плануванні і керуванні виробничими процесами: підручник / Л.С. Ямпольський, П.П. Мельничук, К.Б. Остапченко, О.І. Лісовиченко. – Ж.: ЖДТУ, 2010. – 786 с.
5. Галушкин А.И. Теория нейронных сетей. М.: ИПРЖР, 2000. – 416 с.
6. Медведєв В.С. Нейронные сети. MATLAB 6 / В.С. Медведєв, В.Г. Потемкин. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2002. – 496 с.
7. Руденко О.Г. Основы теории искусственных нейронных сетей / О.Г. Руденко, Е.В. Бодянский. – Харьков: ТЕЛІТЕХ. – 2002. – 317 с.
8. Бодянский Е.В. Нейро-фаззи сети Петри в задачах моделирования сложных систем / Е.В. Бодянский, Е.И. Кучеренко, А.И. Михалев. – Дніпропетровськ: Системні технології, 2005. – 311 с.
9. Тимошук П.В. Штучні нейронні мережі. Навчальний посібник / Львів: Видавництво Львівської Політехніки, 2011. – 444 с.
- 10.ДСТУ 3008:2015 «Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення».
- 11.ДСТУ 3582:2013 «Інформація та документація. Бібліографічний опис. Скорочення слів і словосполучень українською мовою. Загальні вимоги та правила».

- 12.ДСТУ 6095:2009 «Система стандартів з інформації, бібліотечної та видавничої справи. Правила скорочення заголовків і слів у заголовках публікації».
- 13.ДСТУ 8302:2015 «Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання».
- 14.ДСТУ ГОСТ 7.1:2006 «Система стандартів з інформації, бібліотечної та видавничої справи. Бібліографічний запис. Бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання».
- 15.ДСТУ 7093:2009 «Бібліографічний запис. Скорочення слів і словосполук, поданих іноземними європейськими мовами».
- 16.ДСТУ ГОСТ 7.82–2001 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Библиографическое описание электронных ресурсов. Общие требования и правила составления».

## ДОДАТКИ

### Додаток А. Орієнтовна тематика курсових робіт

Типові задачі по сферам застосування:

#### 1. Комп'ютерний зір (CV – computer vision)

- Класифікація, розпізнавання зображень: обличь, поз, дій, станів, елементів сцен, предметів
- Локалізація (визначення границь) об'єкту
- Детектування (класифікація та локалізація багатьох об'єктів)
- Сегментація зображень,
- Реконструкція, збільшення роздільної здатності, розфарбовування чорно-білих зображень
- Інші задачі: опис зображень, синтез та стилізація тощо
- Аналогічні задачі на відео
- Трекінг об'єктів

#### 2. Обробка природної мови (NLP – natural language processing)

- Класифікація текстів
- Пошук а текстових даних, відповіді на питання
- Визначення емоційного забарвлення (sentiment analysis)
- Прогнозування наступного символу чи слова/вставка пропущеного
- Розпізнавання мови, чат-боти
- Машинний переклад
- Опис зображень та ін

#### 3. Задачі управління:

- Управління рухомим об'єктом та іншими пристроями
- Еволюційне моделювання,
- Глибоке навчання з підкріпленням (<https://gym.openai.com>)

#### 4. Прогнозування та загальні задачі машинного навчання

- Прогнозування числових рядів в практичних задачах (курси, індекси та ін.)

- задачі економічного та ERP прогнозування (продажів, закупівель, рівней складських запасів, доходу, ризиків тощо)
- Маркетингові задачі (прогнозування результатів рекламних кампаній, акцій, програм лояльності тощо)
- Виявлення залежностей в даних (data mining)
- автоматичне виділення значимих ознак (feature extraction), зменшення розмірності

## **5. Аудіо та музика**

- Класифікація музичних даних: жанри, ноти, інструменти та ін.
- Класифікація аудіо даних: тип, стать, види звуків, команд тощо
- Сегментація аудіо даних
- Покращення аудіо даних

## **6. Генерація контенту (Generative models)**

- Створення текстових послідовностей, зображень, аудіо контенту
- Перенос стилю
- Агментація вибірки даних для навчання
- Створення новизни

## **7. Інші спеціальні застосування:**

- Стиснення, збереження інформації
- Криптографії
- Фільтрації

## **8. Наукове дослідження нейронних мереж**

- Нові архітектури НМ
- Біологічно подібні моделі нейронних мереж
- Питання покращення якості роботи НМ
- Методологічні питання вибору та використання НМ

Прикладна сфера дуже широка. Варто згадати: обробку сенсорної інформації пристроїв, використання в природничих науках: медицині,

фізичних та хімічних задачах, економіці: фінанси та комерційна діяльність, маркетинг та планування

З формальної точки зору типовими задачами для нейронних мереж є:

1. Класифікації
2. Регресія
3. Прогнозування, в т. ч. структуроване.
4. Ранжування

## Додаток Б. Типові набори даних (датасети)

### Де шукати датасети

[Google Dataset Search](#). Dataset Search дозволяє за ключовим словом шукати датасет по всій Мережі.

[Kaggle](#). Майданчик для змагань по машинному навчанню з безліччю цікавих датасетів.

[UCI Machine Learning Repository](#). Один з найстаріших джерел датасетів у Мережі і перше місце, куди варто зазирнути в пошуку цікавих датасет. Хоча вони додаються користувачами і тому мають різну ступінь «чистоти», більшість з них очищені. Дані можна завантажувати відразу, без реєстрації.

[VisualData](#). Датасети для комп'ютерного зору, розбиті за категоріями. Доступний пошук.

[Find Datasets | CMU Libraries](#). Колекція датасетів, надана університетом Карнегі Меллон.

### Датасети загального призначення

#### 1. Державні датасети

- **Data.gov**. Тут можна знайти дані від різних державних установ США. Вони варіюються від державних бюджетів до шкільних оцінок.
- **Food Environment Atlas**. Містить дані про те, як різні фактори (близькість магазинів / ресторанів, ціни на продукти тощо) впливають на вибір продуктів і якість харчування в США.
- **School system finances**. Дані про фінанси шкільних систем в США.
- **Chronic disease data**. Дані про показники хронічних захворювань на території США.
- **The US National Center for Education Statistics**. Дані про освітні установи і освітню демографію в США і в усьому світі.
- **The UK Data Service**. Найбільша у Великобританії колекція соціальних, економічних і демографічних даних.
- **Data USA**. Вичерпна візуалізація загальнодоступних даних США.



## 2. Динаміка змін цін та споживання

- **Boston Housing Dataset.** Містить інформацію про житло в Бостоні, зібрану бюро перепису населення США. Вона була отримана з архіву StatLib і широко використовувалася в літературі для оцінки алгоритмів.
- **Hourly Energy Consumption.** Історичні дані погодинного споживання електроенергії. <https://www.kaggle.com/robikscube/hourly-energy-consumption>

## 3. Економіка та фінанси

- **Quandl.** Гарне джерело економічних і фінансових даних - корисний при побудові моделей для прогнозування економічних показників або цін на акції.
- **World Bank Open Data.** Набори даних, що охоплюють демографічну ситуацію, величезна кількість економічних показників та індикаторів розвитку з усього світу.
- **IMF Data.** Міжнародний валютний фонд публікує дані про міжнародні фінанси, показниках боргу, валютні резерви, інвестиції і ціни на сировинні товари.
- **Financial Times Market Data.** Актуальна інформація про фінансові ринки з усього світу, яка включає індекси цін на акції, товари і валюту.
- **Google Trends.** Вивчайте і аналізуйте дані пошукової активності в Інтернеті та тренди по всьому світу.
- **American Economic Association (AEA).** Хороше джерело даних про макроекономіку США.
- **Census Income Data Set** – прогнозування доходу на основі інформації про людину
- **Bitcoin Historical Data** – історія зміну курсу біткоїну.  
<https://www.kaggle.com/mczielinski/bitcoin-historical-data>

## 4. Комп'ютерний зір

- **xView.** Один з найбільших загальнодоступних наборів повітряних знімків землі. Він містить зображення різних сцен з усього світу, анотованих за допомогою обмежувальних рамок.
- **Labelme.** Великий датасет анотованих зображень.
- **ImageNet.** Датасет зображень для нових алгоритмів, організований відповідно до ієрархії **WordNet**, в якій сотні і тисячі зображень представляють кожен вузол ієрархії.
- **LSUN.** Датасет зображень, розбитих по сценам і категоріям з частковою розміткою даних.
- **MS COCO.** Великомасштабний датасет для виявлення і сегментації об'єктів.
- **COIL100.** 100 різних об'єктів, зображених під кожним кутом в круговому обороті.
- **Visual Genome.** Датасет з ~ 100 тис. детально анотованих зображень.
- **Google's Open Images.** Колекція з 9 мільйонів URL-адрес до зображень, «які були помічені мітками, які охоплюють понад 6000 категорій» під ліцензією Creative Commons.
- **Labelled Faces in the Wild.** Набір з 13 000 розмічених зображень обличч людей для використання додатків, які передбачають використання технології розпізнавання осіб.
- **Stanford Dogs Dataset.** Містить 20 580 зображень з 120 порід собак.
- **Indoor Scene Recognition.** Датасет для розпізнавання інтер'єру будівель. Містить 15 620 зображень і 67 категорій.

## 5. Інші рекомендовані датасети зображень для задач класифікації:

- **MNIST** – база даних рукописних цифр
- **Fashion MNIST** – аналог MNIST але 10 класів одягу замість цифр
- **CIFAR-10** - 60тис кольорових зображень 32x32 10 класів
- <https://www.kaggle.com/grassknoted/asl-alphabet>

- <https://www.kaggle.com/sachinpatel21/az-handwritten-alphabets-in-csv-format>
- <https://www.kaggle.com/dansbecker/cityscapes-image-pairs>
- <https://www.kaggle.com/jessicali9530/lfw-dataset>
- <https://www.kaggle.com/meowmeowmeowmeowmeow/gtsrb-german-traffic-sign>
- <https://www.kaggle.com/jessicali9530/stanford-dogs-dataset>
- <https://www.kaggle.com/alxmamaev/flowers-recognition>
- <https://www.kaggle.com/uciml/mushroom-classification>
- <https://www.kaggle.com/olgabelitskaya/classification-of-handwritten-letters>
- <https://www.kaggle.com/moltean/fruits>
- <https://www.kaggle.com/ardamavi/sign-language-digits-dataset/home>
- <https://www.kaggle.com/gregvial/comnist>
- <https://www.kaggle.com/olgabelitskaya/flower-color-images>
- <https://www.kaggle.com/joosthazelzet/lego-brick-images>
- <https://www.kaggle.com/fournierp/captcha-version-2-images>

## 6. Аналіз тональності тексту

- **Multidomain sentiment analysis dataset.** Трохи застарілий датасет, який містить відгуки на товари з Amazon.
- **IMDB reviews.** Трохи застарілий, відносно невеликий (25 000 відгуків до фільмів) датасет для бінарного аналізу тональності.
- **Stanford Sentiment Treebank.** Стенфордський датасет для аналізу тональності.
- **Sentiment140.** Популярний датасет зі 160 000 твітів з видаленими смайликами.
- **Twitter US Airline Sentiment.** Набір даних з Twitter про авіакомпанії США, що датується лютим 2015 року, розділений на позитивні, негативні і нейтральні твіти.

## 7. Обробка природної мови

- **HotspotQA Dataset.** Датасет з питаннями-відповідями, що дозволяє створювати системи для відповідей на питання більш зрозумілим способом.
- **Enron Dataset.** Дані електронної пошти від вищого керівництва Enron.
- **Amazon Reviews.** Містить близько 35 млн відгуків з Amazon за 18 років. Дані включають інформацію про продукт і користувача, оцінки і сам текст відгуку.
- **Google Books Ngrams.** Колекція слів з Google Книги.
- **Blogger Corpus.** Колекція з 681 288 постів з Blogger. Кожен блог містить як мінімум 200 входжень часто використовуваних англійських слів.
- **Wikipedia Links data.** Датасет, що складається з веб-сторінок, які задовольняють наступним двом умовам: кожна з них містить хоча б одне посилання на Вікіпедію і текст її якоря збігається або схожий на заголовок цільової сторінки.
- **Gutenberg eBooks List.** Анотований список електронних книг проекту «Гутенберг».
- **Hansards text chunks of Canadian Parliament.** Датасет з 1.3 мільйонами пар текстових файлів, записаних з дебатів 36-го Канадського Парламенту.
- **Jeopardy.** Архів з більш ніж 200 000 питань з телевікторини Jeopardy.
- **Rotten Tomatoes Reviews.** Архів з більш ніж 480 000 рецензій з Rotten Tomatoes.
- **SMS Spam Collection in English.** Датасет, що складається з 5574 спам-смс англійською.
- **Yelp Reviews.** Датасет від Yelp, що містить більше 5 млн відгуків.
- **UCI's Spambase.** Великий датасет спам-листів.
- **Penn Tree Bank (PTB)** – датасет для мовного моделювання (передбачення наступного слова)

- <https://www.kaggle.com/yutkin/corpus-of-russian-news-articles-from-lenta>
- <https://www.kaggle.com/aashita/nyt-comments>
- <https://www.kaggle.com/thoughtvector/customer-support-on-twitter/>
- <https://www.kaggle.com/reddit/reddit-comments-may-2015>
- <https://www.kaggle.com/primaryobjects/voicegender>
- <https://www.kaggle.com/rounakbanik/the-movies-dataset>

## 8. Автопілоти

- **Berkeley DeepDrive BDD100k.** На даний момент це найбільший датасет для автопілотів. Він містить понад 100 000 відео з більш ніж 1100 годинами записів водіння в різний час дня і в різних погодних умовах.
- **Baidu Apolloscapes.** Великий датасет для розпізнавання 26 семантично різних об'єктів на кшталт машин, велосипедів, пішоходів, будівель, вуличних ліхтарів і т. д.
- **Comma.ai.** Понад сім годин їзди по шосе. Датасет включає інформацію про швидкість машини, прискорення, кути повороту керма і GPS-координати.
- **Oxford's Robotic Car.** Понад сто повторень одного маршруту по Оксфорду, знятого протягом року. У датасет потрапили різні комбінації погодних умов, трафіку і пішоходів, а також більш тривалі зміни на кшталт дорожніх робіт.
- **Cityscape Dataset.** Великий датасет, що містить записи ста вуличних сцен в 50 містах.
- **KUL Belgium Traffic Sign Dataset.** Більш 10 000 анотацій тисяч різних світлофорів в Бельгії.
- **LISA. Laboratory for Intelligent & Safe Automobiles, UC San Diego Datasets.** Датасет з дорожніми знаками, світлофорами, розпізнаними засобами пересування і траєкторіями руху.
- **Bosch Small Traffic Light Dataset.** Датасет з 24 000 анотованих світлофорів.

- **LaRa Traffic Light Recognition.** Ще один датасет для розпізнавання світлофорів.
- **WPI datasets.** Датасет для розпізнавання світлофорів, пішоходів і дорожньої розмітки.

## 9. Медичні дані

**MIMIC-III.** Датасет із знеособленими даними про стан здоров'я ~ 40 000 пацієнтів, що знаходяться на інтенсивної терапії. Він включає демографічні дані, показники життєдіяльності, лабораторні аналізи, ліки та багато іншого.

## Додаток В. Рекомендовані пакети для роботи з нейромережами

Популярні пакети та фреймворки для роботи з нейронними мережами:

- **Keras** – відкрита високорівнева нейромережева бібліотека для роботи поверх найвідоміших пакетів. Створена для швидких та ефективних експериментів з нейромоделями, зручна в користуванні, модульна та розширювана
- **Tensorflow** – повнофункціональна відкрита програмна бібліотека для машинного навчання, розроблена компанією Google. Є найбільш відомою та популярною платформою для роботи з нейронними мережами
- **Caffe** – відкрита система для глибинного навчання, розроблена в Каліфорнійському університеті в Берклі, написана на C++
- **Theano** – відкрита бібліотека, розроблена в Монреальському університеті. Обчислення мають NumPy-подібний синтаксис та компілюються для ефективних паралельних обчислень.
- **PyTorch** - відкрита бібліотека машинного навчання для комп'ютерного бачення та обробки природної мови, що розробляється компанією Facebook.
- **MXNet** —програмне забезпечення для глибинного машинного навчання з відкритим кодом, є масштабованим, дозволяє швидко навчатись моделям, підтримує гнучку модель програмування та декілька мов програмування та портативність.
- **Deeplearning4j** — бібліотека програм на мові Java, яка використовується як фреймворк для глибокого навчання
- **Microsoft Cognitive Toolkit**, раніше відома як CNTK – застаріла платформа глибинного навчання, розроблена Microsoft Research
- **Matlab Neural Network Toolbox** –пакет розширення MATLAB, що містить засоби для проектування, моделювання, розробки та візуалізації нейронних мереж.

Порівняльна таблиця основних фреймворків для роботи з НМ:

[https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5\\_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC\\_%D0%B3%D0%BB%D1%83%D0%B1%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE\\_%D0%BE%D0%B1%D1%83%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC_%D0%B3%D0%BB%D1%83%D0%B1%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D0%BE%D0%B1%D1%83%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F)



## Додаток Г. Типові моделі нейромереж

### Типові сучасні моделі нейронних мереж:

#### 1. Мережі прямого поширення (feedforward neural networks)

*Загальна характеристика:* не мають зворотніх зв'язків у структурі. Вихід – функція від входу, не має внутрішнього стану. Найбільш розповсюджені, працюють швидше, немає перехідних процесів, процес навчання простіший і збігається. Використовуються для типових задач класифікації та регресії.

*Основні різновиди:*

- багатошаровий перцептрон;
- радіально-базисні мережі (RBF);
- класичні моделі: Хопфілда, Хеммінга, Кохонена, імовірнісні, узагально-регресійні та ін.

#### 2. Мережі зі зворотніми зв'язками (recurrent neural networks)

*Загальна характеристика:* мають зворотні зв'язки, Являють собою динамічну система, може не мати стійкого стану, переходити в коливальний або хаотичний режим. Може моделювати асоціативну пам'ять. Дозволяють природньо працювати з даними, розподіленими в часі: числовими та текстовими послідовностями, відео.

*Сучасні різновиди:* LSTM, GRU та інші модифікації LSTM;

#### 3. Згорткові мережі (convolutional neural networks)

*Загальна характеристика:* спеціалізована мережа прямого поширення з додатковим блоком попередньої обробки двовірних даних для виділення значимих ознак. Основу блока складають згорткові шари, що виконують операцію згортки вхідного образу та деякого ядра згортки(фільтра), та пулінгу, які можуть зменшувати розмірність зображення без втрати важливих ознак. Застосовується для обробки зображень та інших структурованих даних.

*Основні архітектури:* VGG, Inception, ResNet та інші сучасні архітектури

#### 4. Генеративно-конкуруючі мережі (GAN)

*Загальна характеристика:* двокомпонентна нейронна мережа, що складається з генератора та декодера, які, навчаючись одночасно та конкуруючи, дозволяють досягти високої якості згенерованих зразків без явного відтворення розподілу навчальних даних.

*Основні архітектури:* DCGAN, CycleGAN, CGAN та інші.

#### 5. Автокодувальники (autoencoder)

*Загальна характеристика:* нейронна мережа прямого поширення, яка дозволяє застосовувати самонавчання з учителем, тобто отримувати на виході образ максимально наближений до вхідного, застосовуючи обмеження на проміжні шари

*Основні архітектури:* класичний, варіаційний, розріджений та інші.

### Класичні моделі НС

1. Мережі Хопфілда, Хеммінга, Кохонена (в т.ч. карти Кохонена), мережі зустрічного поширення (Кохонена-Гроссберга).
2. Мережі Джордана, Елмана, Коско.
3. Імовірнісна та узагальнено-регресійні нейронні мережі.
4. Ієрархічні моделі нейронних мереж: когнітрон та неокогнітрон.
5. Мережі адаптивно-резонансної теорії: ART-1, ART-2.
6. Класична машина Больцмана та Коші.
7. Класичні генеративні моделі: обмежена машина Больцмана, «мережа переконань» та ін.

### Нечіткі нейронні мережі

*Загальна характеристика:* Нейронні мережі з використанням нечіткої логіки та нейро-фаззі технології. Це нечіткі нейромережі, в яких виведення робляться на основі засобів нечіткої логіки, а відповідні параметри функцій належності визначаються з використанням алгоритмів навчання нейронних мереж, наприклад, алгоритму зворотного поширення. У таких системах не

тільки використовується апріорна інформація, а й існують механізми для здобуття нових знань, залишаючись при цьому логічно прозорими.

*Основні архітектури:* ANFIS, NEFClass, TSK та ін.

## **Сучасні нейромережеві концепції**

### **1. Механізми уваги (Attention)**

*Загальна характеристика:* техніки та модулі, що застосовуються в рекурентних і згорткових мережах для пошуку взаємозв'язків між різними частинами вхідних та вихідних образів

*Основні архітектури:*

- Архітектура Seq2Seq для машинного навчання
- Мережі з модулями візуальної уваги (Visual attention) для роботи зі зображеннями
- Мережа ієрархічної уваги hierarchical attention network (HAN) – застосування механізму уваги на декількох рівнях та для задачі класифікації
- SAGAN – Self attention GAN, різновид механізму уваги, що застосовується у генеративно-змагальних мережах для виявлення закономірностей лише між вхідними даними

### **2. Трансформери (Transformer).**

*Загальна характеристика:* призначені для обробки послідовних даних. На відміну від рекурентних нейронних мереж, не вимагають послідовної обробки таких даних, що дозволяє набагато більше розпаралелювання, і відтак знижує тривалість навчання. На практиці замінили LSTM-подібні моделі та дозволили створення великих моделей, переднавчених на величезних масивах даних

*Основні архітектури:*

- BERT, GPT та їх модифікації – трансформерні мережі для задач обробки природної мови (NLP)

- Моделі Vision Transformer – трансформери для застосування в задачах комп'ютерного зору

**Додаток Д. Зразок оформлення титульного аркуша курсової роботи**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**КАФЕДРА ТЕХНІЧНОЇ КІБЕРНЕТИКИ**

**КУРСОВА РОБОТА**

з дисципліни **«Нейротехнології та нейрокомп'ютерні системи»**

на тему: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Студента (ки) V курсу \_\_\_\_\_ групи  
спеціальності 126 «Інформаційні системи та  
технології»

Іваненко Іванни Іванівни

Керівник: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Національна оцінка \_\_\_\_\_

Кількість балів: \_\_\_\_\_ Оцінка: ECTS \_\_\_\_\_

Члени комісії _____	_____
(підпис)	(вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)
_____	_____
(підпис)	(вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Київ – 20\_\_