

## Лабораторна робота 1

### ВВЕДЕННЯ В НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ

**Мета роботи:** Отримати загальні відомості про роботу нейронних мереж. Визначити поняття нейрона, синапсів, функції активації. Отримати практичні навички в побудові і калібрування нейронної мережі прямого розповсюдження.

### Методичні вказівки до виконання роботи

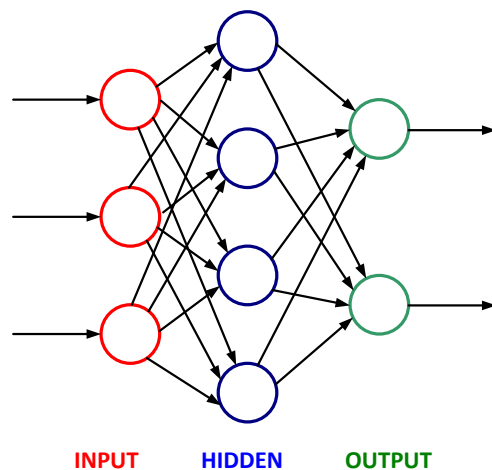
Нейронна мережа - це послідовність нейронів, з'єднаних між собою синапсами. Структура нейронної мережі прийшла в світ комп'ютерних наук як модель організації мозку людини. Завдяки такій структурі, машина отримує можливість обробляти і запам'ятовувати різну інформацію. Нейронні мережі також здатні не тільки аналізувати вхідну інформацію, а й відтворювати її зі своєї пам'яті.

Нейронні мережі використовуються для вирішення складних завдань, які вимагають аналітичних обчислень подібних тим, що робить людський мозок. Найпоширенішими застосуваннями нейронних мереж є:

- **Класифікація** - розподіл даних по параметрах. Наприклад, на вхід дається набір людей і потрібно вирішити, кому з них давати кредит, а кому ні. Цю роботу може зробити нейронна мережа, аналізуючи таку інформацію як: вік, платоспроможність, кредитна історія і тд.
- **Передбачення** - можливість прогнозувати наступний крок. Наприклад, зростання або падіння акцій, ґрунтуючись на ситуації на фондовому ринку.
- **Розпізнавання** - в даний час, саме широке застосування нейронних мереж. Використовується в Google при пошук фото або в

камерах телефонів, коли визначається положення обличчя людини і багато іншого.

Щоб зрозуміти, як же працюють нейронні мережі, треба визначити її складові і їх параметри. Нейронні мережі складаються з шарів нейронів (рис. 1.1). Кожен нейрон - це елементарна обчислювальна одиниця, яка отримує інформацію, виробляє над нею прості обчислення і передає її далі. Шари нейронів (в нейрони) діляться на три основних типи: вхідний (червоний), прихований (пурпурний) і вихідний (зелений).



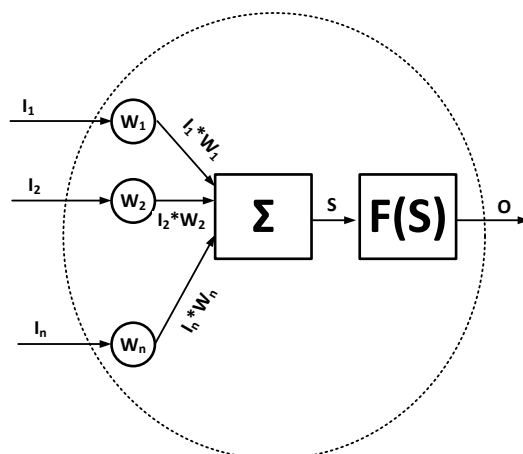
**Input** – вхідний шар нейронів.

**Hidden** – прихований шар нейронів.

**Output** – вихідний шар нейронів.

Рис 1.1 Структура нейронної мережі

В свою чергу кожен нейрон має однакову побудову (рисю 1.2).



$I_1, I_2, \dots, I_n$  – вхідні сигнали.

$W_1, W_2, \dots, W_n$  – ваги вхідних сигналів.

$\Sigma$  – суматор вхідних сигналів

$S$  – вихід суматора.

$F(S)$  – функція активації (передавальна функція) нейрону.

$O$  – вихідний сигнал нейрону.

Рис 1.2 Структура нейрону

У кожного з нейронів є 2 основні параметри: вхідні сигнали  $I_1, I_2, \dots, I_n$  (input data) і вихідний сигнал  $O$  (output data). Нейрон вхідного шару має один вхід  $I$ , а його вихід  $O$  подається на входи всіх нейронів прихованого шару. Причому  $O = I * W$ , тобто вхідні нейрони передають свій вхідний сигнал на всі нейрони прихованого шару, можливо послабивши або посиливши його.

В нейронах прихованого та вихідного шарів вхідні сигнали  $I_1, I_2, \dots, I_n$  кожного нейрона множаться на вагові коефіцієнти  $W_1, W_2, \dots, W_n$  різні для кожного нейрона і обчислюється їх сума

$$S = I_1 * W_1 + I_2 * W_2 + \dots + I_n * W_n + b,$$

де  $b$  – деяке зміщення.

За допомогою нелінійної функції активації  $F(S)$  формується вихідний сигнал нейрону  $O$ .

Прийнято, що нейрони оперують числами в діапазоні  $0 \leq I_i \leq 1$  або  $-1 \leq I_i \leq 1$ . Якщо вхідні сигнали вхідного шару виходять з даного діапазону, то вони нормалізуються до цього діапазону. На даному етапі вивчення, будемо вважати що сигнали вже нормалізовані. Значення вагових коефіцієнтів також нормалізовані, тобто  $0 \leq W_i \leq 1$ .

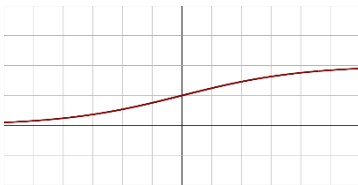
Передачу сигналу між нейронами за допомогою вагових коефіцієнтів можна вважати моделлю синапсу - зв'язок між двома біологічними нейронами. Єдиний параметр синапсу – його вага  $W_i$ . Завдяки йому, вхідна інформація змінюється, коли передається від одного нейрона до іншого. Припустимо, є 3 нейрона, які передають інформацію до нейрону з наступного шару. Тоді у нас є 3 ваги, відповідні кожному з цих нейронів. У того нейрона, у якого вага буде більше, та інформація і буде домінуючою в наступному нейроні.

Як вказано, вихідний сигнал нейрону формується за допомогою функції активації  $F(S)$ . Фактично функція активації - це спосіб нормалізації вхідних даних. У сучасних нейронних мережах використовують досить багато [1] функцій активації, розглянемо найосновніші: лінійна, сигмоїдальна та гіперболічний тангенс. Головні їх відмінності - це допустимий діапазон значень.



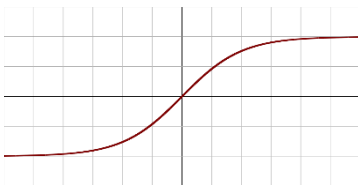
Лінійна функція активації

$$F(S) = S$$



Сигмоїдальна

$$F(S) = \frac{1}{1 + e^{-S}}$$



Гіперболічна

$$F(S) = \text{th}(S) = \frac{e^S - e^{-S}}{e^S + e^{-S}}$$

Рис 1.3 Функції активації

**Лінійна** функція активації як правило використовується у нейронах вхідного шару, в інших шарах майже ніколи не використовується, за винятком випадків, коли потрібно протестувати нейронну мережу або передати значення без перетворень.

**Сигмоїдальна** функція є найпоширенішою функцією активації, її діапазон значень  $[0,1]$ . Саме на ній показано більшість прикладів в мережі, також її іноді називають логістичною функцією. Відповідно, якщо в деякому випадку присутні негативні значення (наприклад, акції можуть йти не тільки вгору, але і вниз), то знадобиться функція яка захоплює і негативні значення.

Зазвичай функція активації типу **гіперболічний тангенс** використовується тільки тоді, коли значення сигналів можуть бути і негативними, і позитивними, так як діапазон функції  $[-1,1]$ . Використовувати цю функцію тільки з позитивними значеннями недоцільно так як це значно погіршує результати нейромережі.

### **Контрольні питання**

1. Наведіть приклади використання нейронних мереж.
2. Які існують структурні одиниці нейронних мереж? наведіть приклади.
3. Що таке функція активації нейрона?
4. Які види існують види функцій активації?
5. Які значення можуть приймати вхідні і вихідні значення нейрона?
6. У чому полягає нормалізація даних і коли вона застосовується?

### Завдання до лабораторної роботи

1. Реалізувати наведену схему (рис. 3) нейронної мережі використовуючи будь-яку із запропонованих мов програмування: C, C++, C#, Java, Python (пріоритет).
2. Як функцію активації використовувати сигмоїд.
3. Вручну підібрати значення ваг ( $W$ ) і зміщень ( $b$ ) для досягнення результату представленого на графіку відповідно до варіанту (досить приблизного відповідності 80-90%).
4. Привести результати у вигляді графіків (3-4 графіка, останній найбільш наближений до заданого варіанту)

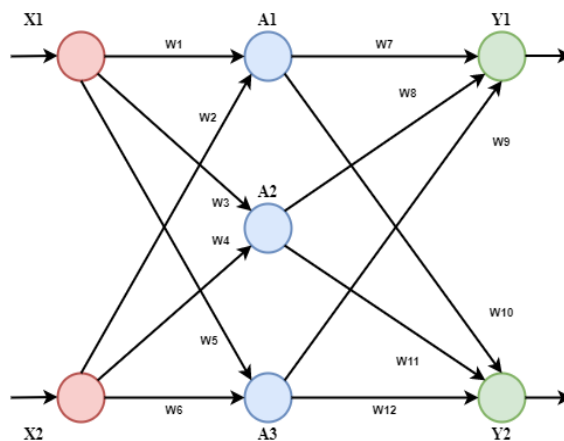


Рис. 1.4 – Структура учбової нейронної мережі

$X$  – вхідні нейрони та їх сигнали.

$A$  – приховані нейрони їх вихідні сигнали.

$Y$  – вихідні нейрони їх вихідні сигнали.

$W$  – ваги,  $b$  – зміщення.

Обчислення сигналів :

$$A1 = f(X1 * W1 + X2 * W2 + b1)$$

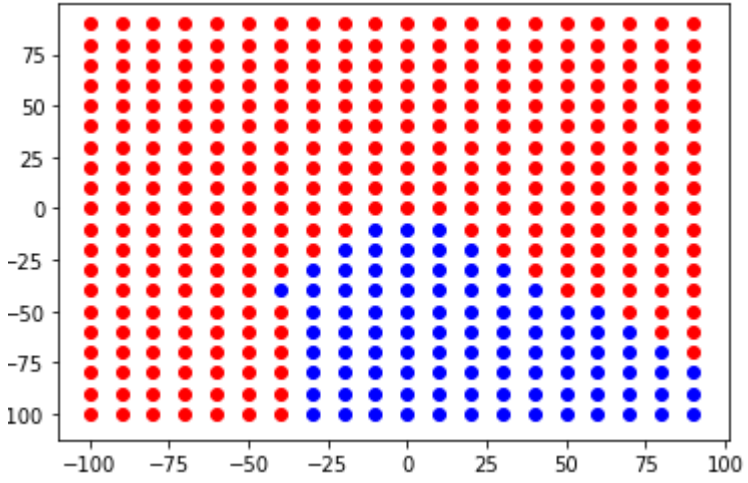
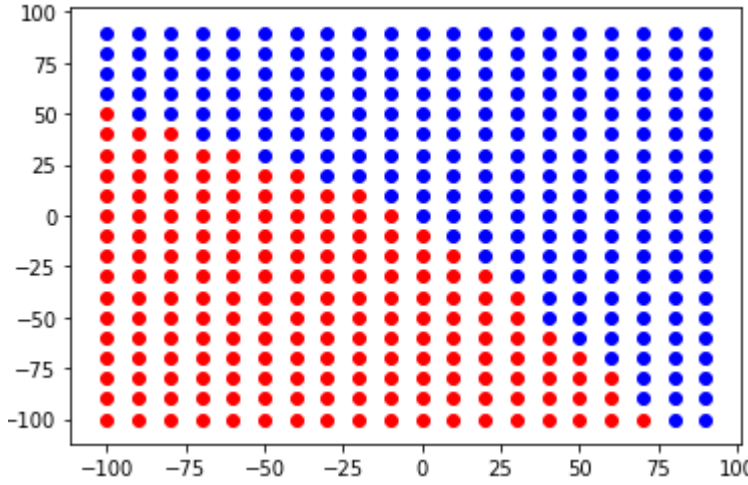
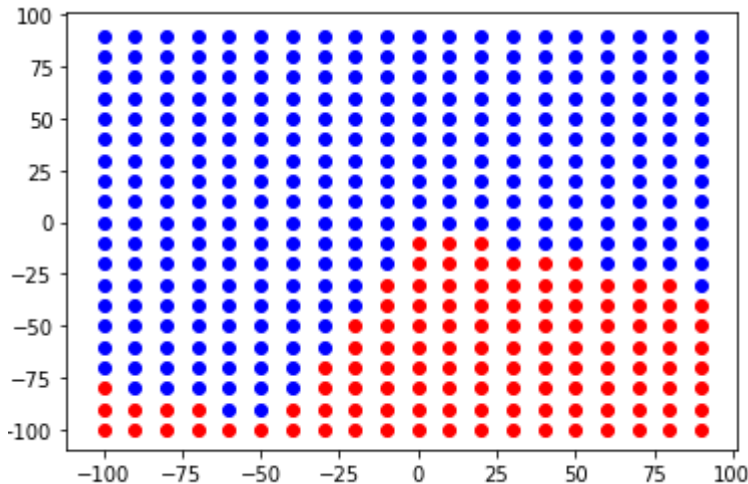
$$A2 = f(X1 * W3 + X2 * W4 + b2)$$

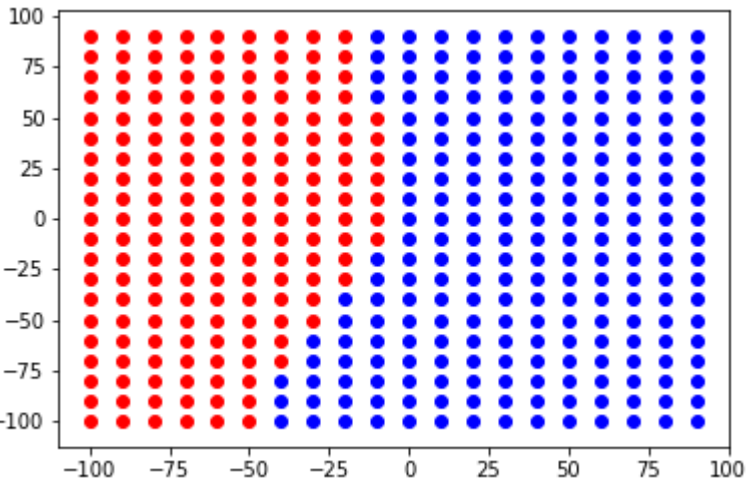
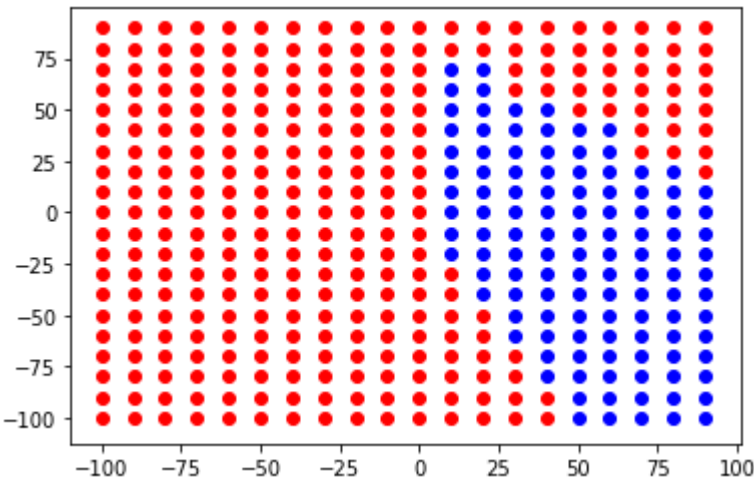
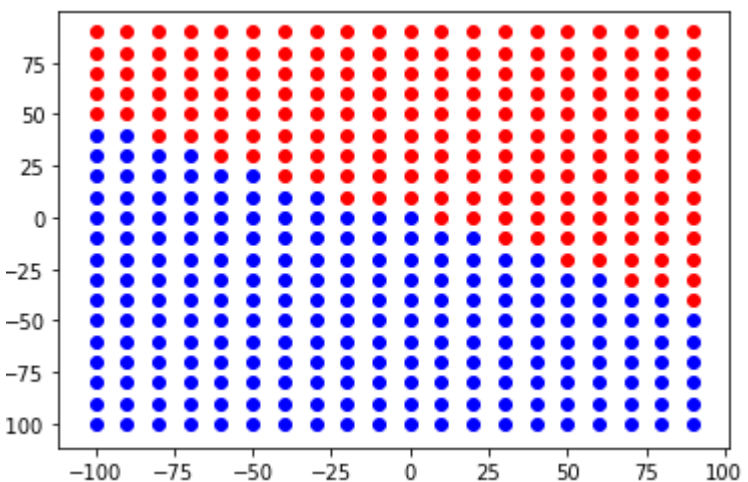
$$A3 = f(X1 * W5 + X2 * W6 + b3)$$

$$Y1 = f(A1 * W7 + A2 * W8 + A3 * W9 + b4)$$

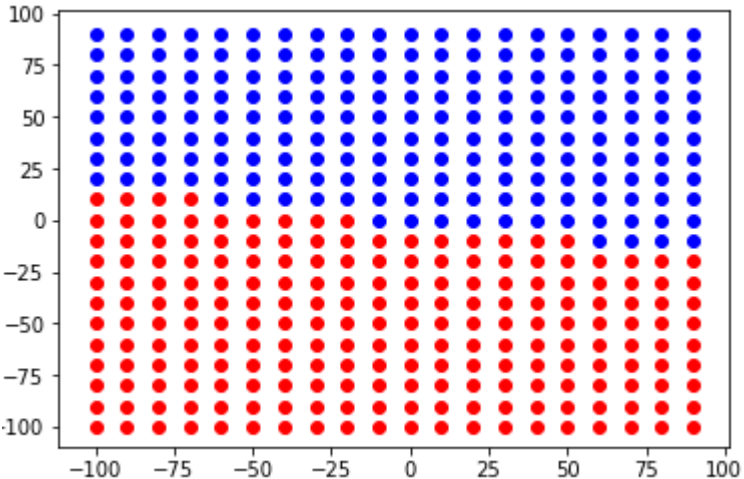
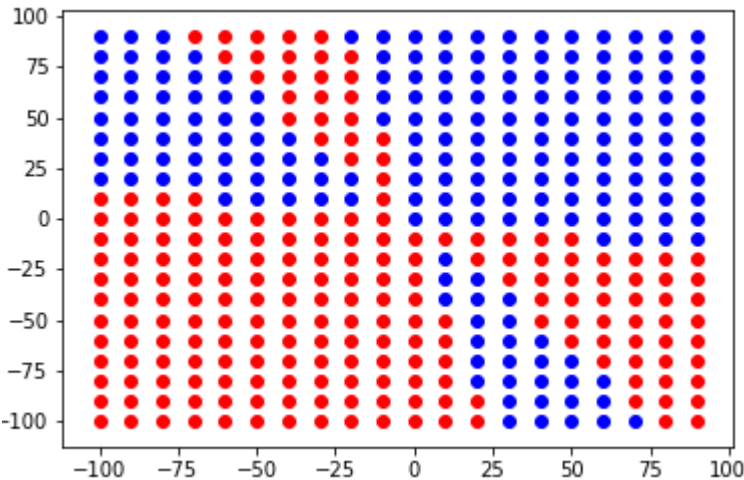
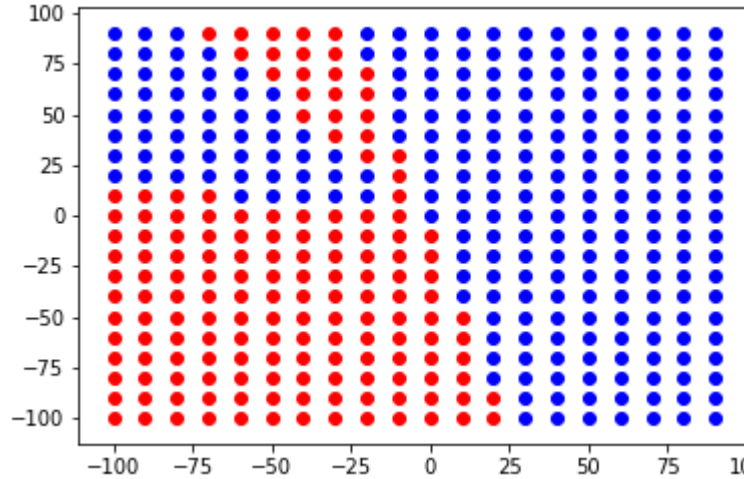
$$Y2 = f(A1 * W10 + A2 * W11 + A3 * W12 + b5)$$

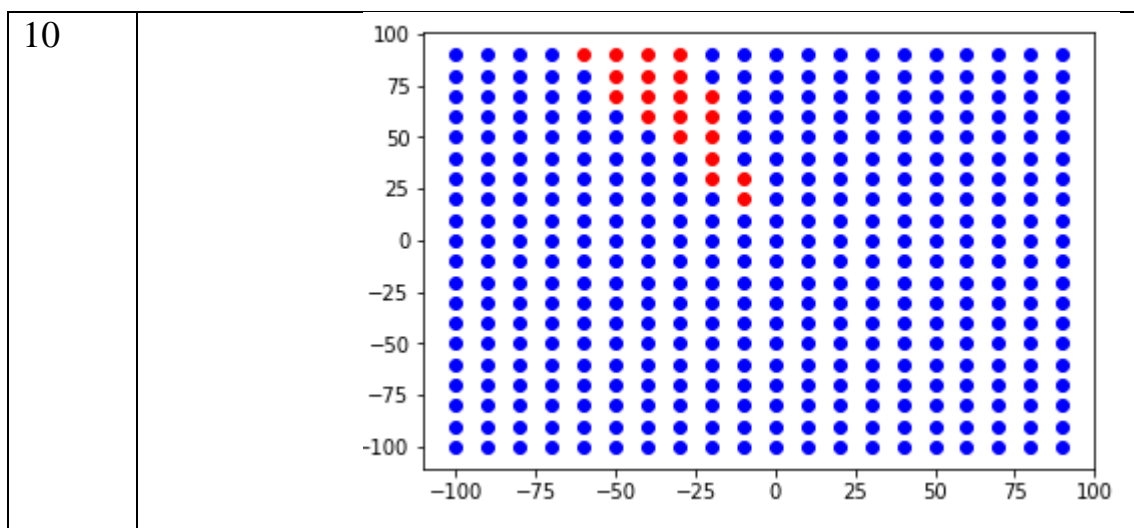
### Варіанти завдань

№	графік
1	
2	
3	

4	 <p>Scatter plot showing a sharp vertical boundary between red and blue points at x=0. The x-axis ranges from -100 to 100, and the y-axis ranges from -100 to 100. Red points are located to the left of the boundary (x &lt; 0), and blue points are located to the right (x &gt; 0).</p>
5	 <p>Scatter plot showing a diagonal boundary between red and blue points. The x-axis ranges from -100 to 100, and the y-axis ranges from -100 to 100. Red points are located in the upper-left region, and blue points are located in the lower-right region, separated by a diagonal line.</p>
6	 <p>Scatter plot showing a horizontal boundary between red and blue points. The x-axis ranges from -100 to 100, and the y-axis ranges from -100 to 100. Red points are located in the upper region (y &gt; 0), and blue points are located in the lower region (y &lt; 0).</p>



7	 <p>A scatter plot on a coordinate system with both x and y axes ranging from -100 to 100. The plot shows a dense grid of points. Points with x &lt; 0 are red, and points with x &gt; 0 are blue. At x = 0, there is a sharp vertical boundary where the color changes abruptly from red to blue.</p>
8	 <p>A scatter plot on a coordinate system with both x and y axes ranging from -100 to 100. The plot shows a dense grid of points. Points with x &lt; y are red, and points with x &gt; y are blue. A diagonal boundary from the top-left to the bottom-right separates the red and blue regions.</p>
9	 <p>A scatter plot on a coordinate system with both x and y axes ranging from -100 to 100. The plot shows a dense grid of points. Points with x &lt; y^2 are red, and points with x &gt; y^2 are blue. A curved boundary, representing the equation x = y^2, separates the red and blue regions.</p>



### Зміст звіту

1. Назва та мета роботи.
2. Постановка завдання.
3. Нейронний алгоритм (вхідний і вихідний сигнали нейромережі, структура нейромережі, формули обчислення вагових коефіцієнтів нейромережі).
4. Програмна реалізація нейронної мережі.
5. Результати підбору ваг і зміщень для нейронної мережі (графіки і значення відповідних параметрів).
6. Висновки до лабораторної роботи.

### Посилання

1. [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D1%83%D0%BD%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F\\_%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%B8](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D1%83%D0%BD%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F_%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%B8)