

Київський національний університет  
імені Т.Шевченка

## **Звіт**

до лабораторної роботи 2  
з предмету Нейронні мережі та нейрообчислення  
«Мережі Хопфілда»

*Студента четвертого курсу  
Групи ТК-42  
Факультету комп'ютерних наук  
та кібернетики  
Мальованого Дмитра*

*Київ*

## Теоретичні відомості:

Мережа Хопфілда - це модель нейромережі зворотного зв'язку, яка використовується для асоціативної пам'яті та розв'язання оптимізаційних задач. Вона була запропонована Джоном Хопфілдом в 1982 році.

У мережі Хопфілда кожен нейрон пов'язаний з кожним іншим нейроном в мережі. Кожен з нейронів може приймати значення 0 або 1. Зв'язки між нейронами задаються матрицею ваг, яка зберігається в мережі.

Мережа Хопфілда може бути використана для зберігання та відновлення паттернів. Зберігання відбувається за допомогою вивчення мережі на основі навчальних зразків. Після навчання, якщо мережі буде подано злегка змінений зразок, вона зможе розпізнати його та повернути збережений зразок, який найбільш схожий на вхідний зразок.

## Постановка задачі:

1. Для роботи з нейронною мережею Хопфілда взяти в якості еталонів цифри від 0 до 9. Розмір цифр має бути 7\*11 пікселів або 9\*11 пікселів. Наприклад.

0	0	1	1	1	1	1	0
	1	0	0	0	0	0	1
	1	0	0	0	0	0	1
	1	0	0	0	0	0	1
	1	0	0	0	0	0	1
	1	0	0	0	0	0	1
	1	0	0	0	0	0	1
	1	0	0	0	0	0	1
	1	0	0	0	0	0	1
	1	0	0	0	0	0	1
2	0	0	1	1	1	0	0
	0	1	0	0	0	1	0
	1	0	0	0	0	0	1
	1	0	0	0	0	0	1
	0	0	0	0	0	1	0
	0	0	0	0	1	0	0
	0	0	0	1	0	0	0
	0	0	1	0	0	0	0
	0	1	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	0	0	1
8	0	1	1	1	1	1	0
	1	0	0	0	0	0	1
	1	0	0	0	0	0	1
	1	0	0	0	0	0	1
	1	0	0	0	0	0	1
	0	1	1	1	1	1	0
	1	0	0	0	0	0	1
	1	0	0	0	0	0	1
	1	0	0	0	0	0	1
	1	0	0	0	0	0	1

2. Навчити нейронну мережу на вибраних еталонах.
3. Створити зашумлений образ і очистити (розпізнати) його мережею Хопфілда.  
Наприклад.

Y	0	1	1	1	1	1	0
	1	0	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	1	0	0	0
	1	0	1	1	1	0	0
	0	0	0	0	0	0	1
	0	0	1	0	0	0	0
	0	1	0	0	0	0	1
	0	0	0	0	0	0	1
	0	1	1	0	1	1	0

## Алгоритм:

### Алгоритм навчання:

Перший етап – навчання. Нехай еталонний зразок  $N$ -мірний вектор

$$x = [x_1, x_2, \dots, x_N],$$

де  $x_i$  рівні  $-1$  або  $1$ .

Результат навчання мережі Хопфілда - вагова матриця.

1.  $w_{ii} = 0$

2. Для всіх образів корегування ваг:

$$w_{ij} = w_{ij} + x_i x_j,$$

3.  $w_{ii} = 0$

і нормуємо  $w_{ij} := w_{ij} / N$ .

### Розпізнавання.

Нехай шукаємо образ  $Y = [y_1, y_2, \dots, y_N]$ .

1. Цикл по  $j$  от  $1$  до  $N$ :
2. Покладемо  $d = 0$
3. Вкладений цикл по  $i$  від  $1$  до  $N$ :
4.  $d = d + w_{ij} y_i$
5. Кінець вкладеного циклу
6. Якщо  $d > 0$ , то  $z_j = 1$ , інакше  $z_j = -1$ .
7. Кінець зовнішнього циклу
8. Маємо вектор:  $Z = [z_1, z_2, \dots, z_N]$ .

Якщо вектор  $Z$  є в множині еталонів, то алгоритм знайшов образ  $Z$ , що відповідає  $Y$ .

9. Покладемо  $Y = Z$

10. Переходимо до кроку 1.

Якщо алгоритм не може знайти образ, то значить мережа Хопфілда не згадала такий образ. Це може бути у випадку, коли значення вектора  $Z$  не міняється в процесі навчання.

## Опис роботи:

В якості даних для тренування – було взято файли з цифрами розміром 11x9, від 0 до 9. Данні доступні за посиланням:

[https://github.com/DiMalovanyy/University\\_Term9/tree/main/NeurNet/Lab2/digits](https://github.com/DiMalovanyy/University_Term9/tree/main/NeurNet/Lab2/digits)

Спочатку зчитуємо файли та перетворюємо їх у масив, що має значення -1 або 1: якщо цифра 0, то значення в масиві -1, інакше 1. Ініціалізуємо матрицю вагів нулями. Зчитуємо зашумлені зразки для розпізнавання.

Потім тренуємо мережу за допомогою набору масивів для тренування.

Потім вибираємо випадкове число та зашумлюємо його. Перевіряємо що число зчитується навченою мережею.

Весь код наведений за посиланням:

[https://github.com/DiMalovanyy/University\\_Term9/blob/main/NeurNet/Lab2/lab2.py](https://github.com/DiMalovanyy/University_Term9/blob/main/NeurNet/Lab2/lab2.py)

## Результати:

Розмір тренувального масиву: 4 [0,1,5,7]

Вхід	Вихід
000010000	000010000
000110000	000110000
001010000	001010000
010010000	010010000
000010000	000010000
000001000	000010000
000001000	000010000
000001000	000010000
000010000	000010000
000010000	000010000
111111111	111111111

Якщо на вхід подати зашумлену п'ятірку з файлу src0.txt, то за даного тренувального набору програма не знайде її еталон, хоча якщо змінити тренувальні набори і форму цифр у еталонах налаштувати краще, то розпізнавання можливе.

Вхід	Вихід
111111111	111111111
100000000	100000001
111000000	100000001
111100000	100000001
100000000	100000001
111111011	100000001
000000001	000000001
000000001	000000001
000000101	000000001
000001111	000000001
111111111	011111111

Якщо зменшити тренувальний набір до 2 еталонів, то і зашумлена трійка і зашумлена одиниця буде розпізнаватися

Вхід	Вихід
11111111	11111111
00000001	00000001
00000001	00000001
00000001	00000001
00000001	00000001
11111111	11111111
00000001	00000001
00000000	00000001
00000010	00000001
00000110	00000001
11111111	11111111

Тренувальний набір складається з 5 та 3. На вхід подаємо зашумлену 3 та 5, система добре розпізнає їх.

Вхід	Вихід
11111111	11111111
10000000	10000000
11000000	10000000
10000000	10000000
11000000	10000000
11111011	11111111
00000001	00000001
00000111	00000001
00000001	00000001
00001111	00000001
11111111	11111111

Якщо за такого тренувального масиву подати на вхід цілковитий шум, то система не буде розпізнавати взагалі.

Вхід	Вихід
010101010	000000000
110000110	111111110
010101010	111111110
010101010	111111110
010101010	111111110
111000101	000000000
101010010	111111110
101010010	111111110
101001010	111111110
101001010	111111110
101001010	000000000

Якщо збільшувати розмір навчального датасету до 10 цифр, то система почне гірше працювати за наявних зразків. Якщо зразки краще настроїти то система буде краще їх розпізнавати.