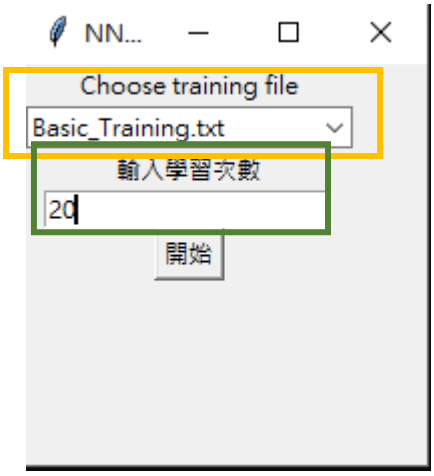
108522050 賴映如 類神經網路作業 3 - Hopfield

A. 程式執行說明:



1. 選擇檔案 2.設定學習次數

Hopfield 類神經網路， 第一個輸入為訓練資料集，下拉選單選取檔案。

第二個輸入學習次數，若在指定學習次數前即收斂，則停止 recall。

按下開始鍵進行運算，程式執行完後會在命令執行視窗 print 出原始圖樣和 recall 完之訓練結果。

B. 程式簡介:

主程式[Hopfield_Training()]

```
def Hopfield_Training():
    #traning data Processing
    Epoch=int(entry_Epoch.get())
    file = str(var_filename.get())
    train_word_num, train_row,train_column = counting_data_size(file)
    train_processed = data_processing(file,train_word_num)

    #testing data Processing
    test_file=corresponding_test_data(file)
    test_processed = data_processing(test_file,train_word_num)

    #Class Example traning data
    #train_processed = np.array([[[1,-1,1]],[[-1,1,-1]]])
    #train_word_num=2
    #train_row=1
    #train_column=3
    #test_processed = np.array([[[1,1,-1]]])

    #Calculate Weight & 0
    weight = calculate_weight(train_processed,train_column,train_row,train_word_num)
    treshold = calculate_treshold(train_column,train_row,weight)
    #print("W=",weight,"\n 0=",treshold)
    recall(train_processed,test_processed,train_column,train_row,train_word_num,weight,treshold,Epoch)
```

1. 首先在收到使用者選取檔案 file 後呼叫 *counting_data_size 函式*，**獲得檔案內字母數量、每一字母的行列數**。
2. 再透過 *data_processing 函式*，**將資料中空白改為-1，並將各字母切開成不同 array，再放入 train_processed 的陣列中**。
3. **test_file 透過** *corresponding_test_data 函式*，由選取之訓練檔案**抓取相對應的 testing data**。
4. *中間註解處 #Class Example training data 為課本範例測試*
5. *calculate_weight 函式* ，**傳入檔案和字母數量、行列數進而計算出 weight**。
6. *calculate_treshold 函式*，**傳入剛算好的 weight 和行列數進而計算出 treshold**。
7. **回想階段** *recall 函式*，**傳入訓練及測試檔案、字母數量、行列數、weight、treshold，進行回想訓練並印出訓練結果**。

counting_data_size 函式

```
def counting_data_size(file):
    if file == "Basic_Training.txt":
        word_num = 3
        row_size = 12
        column_size = 9

    else:
        word_num = 15
        row_size = 10
        column_size = 10

    return word_num,row_size, column_size
```

依據選取檔案設定字數、行列數

data_processing 函式

```
def data_processing(file,word_num):
    data_processed_1=np.genfromtxt(file, delimiter=1, filling_values=-1)  #將資料每列切出array 空白以-1代替
    data_processed_2 = np.split(data_processed_1, word_num) #依字數分開為不同array
    data_processed = np.array(data_processed_2) #再把全部array組在一array
    #print("training data after processing",data_processed)

    return data_processed
```

1. 將讀到的空白改為-1

2. 依字數切割 array

3. 合併所有 array 為處理完的 data 傳回

calculate_weight 函式

```
def calculate_weight(train_data,column,row,word_num):
    sum_x_product=np.zeros([column*row,column*row])

    for i in range(word_num):
        x = train_data[i].reshape(column*row,1)
        x_product=np.dot(x,x.T)
        sum_x_product+= x_product
    weight = (1/column*row)*sum_x_product - (word_num/(column*row))* np.identity(column*row)

    return(weight)
```

$$W = \begin{bmatrix} w_{11} & \cdots & w_{1p} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{p1} & \cdots & w_{pp} \end{bmatrix} = \frac{1}{p}\sum_{k=1}^{N} \underline{x}_k \underline{x}_k^T - \frac{N}{p} I$$

依據課本公式轉為程式碼:

1. 先算 $\sum_{k=1}^{N} \underline{x}_k \underline{x}_k^T$，每一 x 相乘結果為 x_product
2. Sum_x_product 將所有 x_product 加起來
3. W=[1/P*Sum_x_product] - N/P * I
4. 傳回 W

calculate_treshold 函式

依據課本公式轉為程式碼:

$$\underline{\theta} = (\theta_1, \theta_2, \theta_3)^T = \left(\sum_{i=1}^{3} w_{1i}, \sum_{i=1}^{3} w_{2i}, \sum_{i=1}^{3} w_{3i} \right)^T \quad \text{或者} \quad \begin{matrix} \theta_j = 0,\ j = 1, \cdots, p \\ \theta_j = \sum_{i=1}^{p} w_{ji},\ i = 1, \cdots, p \end{matrix}$$

```
def calculate_treshold(column,row,weight):
    treshold = np.zeros([column*row,1])
    for i in range(column*row):
        treshold[i]=sum(weight[i])

    return(treshold)
```

recall 函式

```
def recall(train_data,test_data,column,row,word_num,weight,treshold,Epoch):
    for i in range(word_num):
        test_data_trained = np.copy(test_data[i].reshape(column*row,1))
        test_data_recalled = np.zeros((column*row,1))
        print("第{0:d}個圖 原輸入".format(i+1))
        print_data(test_data_trained,column,row)
        for j in range(Epoch):
            for k in range(column*row):
                W_Xproduct=np.dot(weight,test_data_trained)
                #if W_Xproduct[k]>treshold[k]:
                if W_Xproduct[k]>0:
                    test_data_trained[k]=1
                #elif W_Xproduct[k]<treshold[k]:
                elif W_Xproduct[k]<0:
                    test_data_trained[k]=-1
                else:
                    pass
            print("第{0:d}次學習 recall結果".format(j+1))
            print_data(test_data_trained,column,row)
            if(test_data_recalled==test_data_trained).all():
                break
            else:
                test_data_recalled=np.copy(test_data_trained)

        #print("學習{0:d}後 最終recall結果".format(Epoch))
        #print_data(test_data_trained,column,row)
        print("**********************************************")
```

1. 先呼叫 print_data 函式 把原本為訓練的字印出來

2. 由使用者給的學習次數 Epoch 去做回想:

$$x_j(n+1)=\operatorname{sgn}\left(\sum_{i=1}^{p} w_{ji}x_i(n)-\theta_j\right)=\operatorname{sgn}(u_j(n)-\theta_j)$$

$$=\begin{cases}1 & \text{若} u_j(n)>\theta_j\\ x_j(n) & \text{若} u_j(n)=\theta_j\\ -1 & \text{若} u_j(n)<\theta_j\end{cases}$$

或者

$$\theta_j=0,\ j=1,\cdots,p$$

$$\theta_j=\sum_{i=1}^{p} w_{ji},\ i=1,\cdots,p$$

   1. W_Xproduct 計算 W 和 x 內積=np.dot(weight,test_data_trained)

   2. 再和 treshold 比對更新 x (這邊使用黃色框的值=0，因為結果相對後較準確)

3. 印出回想後結果

4. 如果比學習次數提前回想成功則跳出迴圈 結束訓練。

print_data 函式

```
def print_data(data,column,row):
    for i in range(column*row):
        if data[i]==-1:
            print(' ',end='')
        else:
            print('1',end='')
        if(i+1)%column == 0:
            print('')
    print('---------------------------')
```

1. 迴轉-1 為原本的空白

2. 依據行數分段

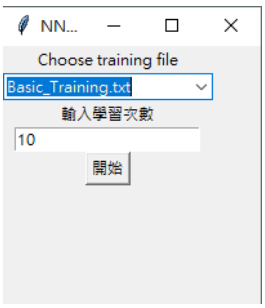
corresponding_test_data 函式

```
def corresponding_test_data(file):
    if file == 'Basic_Training.txt':
        test_file = 'Basic_Testing.txt'
    else:
        test_file = 'Bonus_Testing.txt'
    return test_file
```

依據 training data 抓取相對應的 testing data

C. 實驗結果:

- **Basic :**



```
(py37) C:\Users\Irene\Documents\碩一上修課\NN\HW
第1個圖 原輸入
   111
  1   1
 1 1 111
1 1   1 1
11      11
 1      1
11      1
 1      11
11 11111
11      11
1        1
11       1
-------------------------
第1次學習 recall結果
   111
  11111
 111 111
111   111
11      11
11      11
11      11
11      11
111111111
11      11
11      11
11      11
-------------------------
第2次學習 recall結果
   111
  11111
 111 111
111   111
11      11
11      11
11      11
11      11
111111111
11      11
11      11
11      11
-------------------------
**********************************************
第2個圖 原輸入
   11111
  11 1
111
1 11111
1 1    1
1 1
1 1    1
1 1
1
111
  111 1
   11  1
-------------------------
第1次學習 recall結果
```

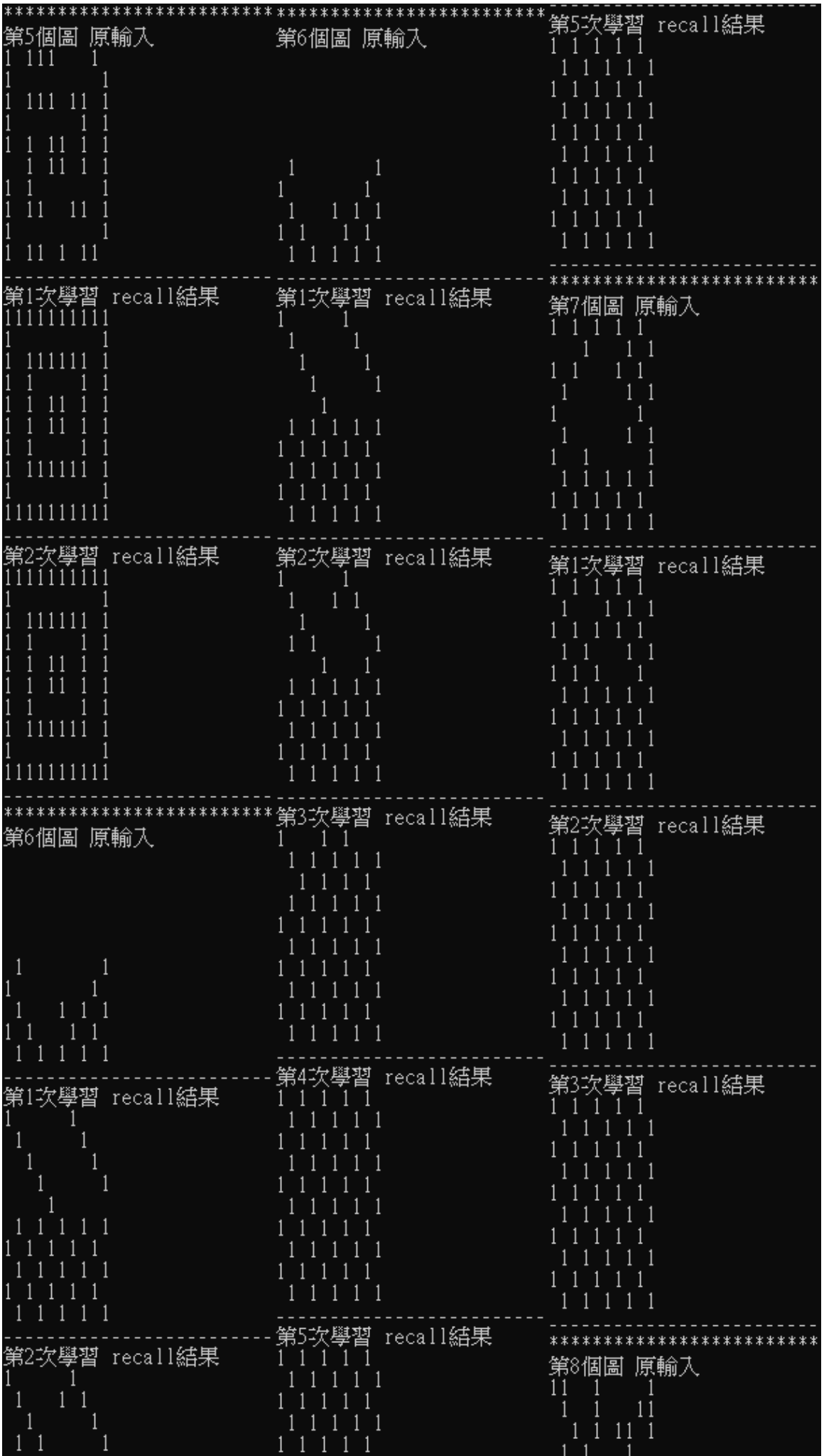
Anaconda Prompt (Anaconda3) - python 108522050_賴映妤

```
第2個圖 原輸入
   11111
  11 1
111
1 11111
1 1    1
1 1
1 1    1
1 1
1
111
  111 1
   11  1
-------------------------
第1次學習 recall結果
   11111
  1111111
111
111
111
111
111
111
111
  1111111
   11111
-------------------------
第2次學習 recall結果
   11111
  1111111
111
111
111
111
111
111
111
  1111111
   11111
-------------------------
**********************************************
第3個圖 原輸入
111
1 1
1 1
111   111

111   111

      111
111
1 11 11 1
1 1 1 11
11 11 11
-------------------------
第1次學習 recall結果
111
111
```

```
--------------------------
**********************************************
第3個圖 原輸入
111
1  1
1  1
111    111

111    111

       111
111
1  11  11  1
1  1  1  11
11  11  11
--------------------------
第1次學習 recall結果
111
111
111
111
111
111
111
111
111
111
111111111
111111111
--------------------------
第2次學習 recall結果
111
111
111
111
111
111
111
111
111
111
111111111
111111111
--------------------------
**********************************************
```

- **Bonus:**

```
(base) C:\Users\Irene>act

(py37) C:\Users\Irene>cd

(py37) C:\Users\Irene\Doc
第1個圖 原輸入
1 1 1 1 1
    1 1    1
1 1 1 1 1
  1 1 1    1
   1 1 1 1
    1 1    1
1 1 1 1 1
        1 1
   1 1 1 1
    1 1 1 1
------------------------
第1次學習 recall結果
1 1 1 1 1
  1 1 1 1 1
1 1 1 1 1
  1 1 1 1 1
1 1 1 1 1
  1 1 1 1 1
1 1 1 1 1
  1 1 1 1 1
1 1 1 1 1
  1 1 1 1 1
------------------------
第2次學習 recall結果
1 1 1 1 1
  1 1 1 1 1
1 1 1 1 1
  1 1 1 1 1
1 1 1 1 1
  1 1 1 1 1
1 1 1 1 1
  1 1 1 1 1
1 1 1 1 1
  1 1 1 1 1
------------------------
**************************
第2個圖 原輸入
11  11  11


  11  11
  11  11
11  11  11
11  11  11
  11  11
  11  11


11  11  11
------------------------
第1次學習 recall結果
11  11  11
11  11  11
  11  11
  11  11
11  11  11
11  11  11
  11  11
  11  11
11  11  11
11  11  11
------------------------
第2次學習 recall結果
11  11  11
11  11  11
  11  11
  11  11
11  11  11
11  11  11
------------------------
第2次學習 recall結果
11  11  11
11  11  11
  11  11
  11  11
11  11  11
11  11  11
------------------------
第1次學習 recall結果
11111
11111
11111
11111
11111
     11111
     11111
     11111
     11111
     11111
------------------------
**************************第2次學習 recall結果
11111
11111
11111
11111
11111
     11111
     11111
     11111
     11111
     11111
------------------------
**************************第3個圖 原輸入
11111
1   11
11111


11111
     11 11
     11111
       111
     11  1
     1 111
------------------------
第1次學習 recall結果
11111
11111
11111
11111
11111
     11111
     11111
     11111
     11111
     11111
------------------------
第2次學習 recall結果
11111
11111
11111
11111
11111
     11111
     11111
     11111
     11111
     11111
------------------------
**************************第4個圖 原輸入
1  1  1  1


  1  1  1
1        1
 1  1
  1    1
1     1  1
 1     1
  1     1
1  1     1
------------------------
第1次學習 recall結果
1  1  1  1
 1  1  1
  1  1  1
1  1  1  1
 1  1  1
  1  1  1
1  1  1  1
 1  1  1
  1  1  1
1  1  1  1
------------------------
第2次學習 recall結果
1  1  1  1
 1  1  1
  1  1  1
1  1  1  1
 1  1  1
  1  1  1
1  1  1  1
 1  1  1
  1  1  1
1  1  1  1
------------------------
**************************第1次學習 recall結果
1  1  1  1
 1  1  1
  1  1  1
1  1  1  1
 1  1  1
  1  1  1
1  1  1  1
 1  1  1
  1  1  1
1  1  1  1
------------------------
**************************第4個圖 原輸入
1  1  1  1
 1  1  1
  1  1  1
1  1  1  1
 1  1  1
  1  1  1
1  1  1  1
 1  1  1
  1  1  1
1  1  1  1
------------------------
**************************第5個圖 原輸入
1 111   1
1       1
1 111 11 1
1     1 1
```


第5個圖 原輸入
第6個圖 原輸入
第5次學習 recall結果
第1次學習 recall結果
第1次學習 recall結果
第7個圖 原輸入
第2次學習 recall結果
第2次學習 recall結果
第1次學習 recall結果
第6個圖 原輸入
第3次學習 recall結果
第2次學習 recall結果
第1次學習 recall結果
第4次學習 recall結果
第3次學習 recall結果
第2次學習 recall結果
第5次學習 recall結果
第8個圖 原輸入

```
**************************
第8個圖 原輸入
11  1    1
 1  1   11
  1 1 11 1
 1 1   1
1   1  111
 1 1 1   1
1 11  1  1
   1 1 1
1  1 1  1
 1  1  1 1
------------------------
第1次學習 recall結果
111 1   11
 1  11  11
  1 1 11
  11   1
11  1   11
 1  11   1
1 11  1
   1 111
11  11  1
11  11 111
------------------------
第2次學習 recall結果
111 11  11
11  11  11
  11  11
  11   1
11  11  11
11  11   1
1 11  11
  11  11
11  11  11
11  11  11
------------------------
第3次學習 recall結果
11  11  11
11  11  11
  11  11
  11  11
11  11  11
11  11  11
  11  11
  11  11
11  11  11
11  11  11
------------------------
第4次學習 recall結果
11  11  11
11  11  11
  11  11
  11  11
11  11  11
11  11  11
  11  11
  11  11
11  11  11
11  11  11
------------------------
**************************
第9個圖 原輸入
    11  11
    11  11
   1  11
   1  11
11  11   1
11  11   1
   1  11
   1  11
11   1   1
11  11   1
------------------------
第1次學習 recall結果
11  11  11
11  11  11
  11  11
  11  11
11  11  11
11  11  11
  11  11
  11  11
11  11  11
11  11  11
------------------------
第2次學習 recall結果
11  11  11
11  11  11
  11  11
  11  11
11  11  11
11  11  11
  11  11
  11  11
11  11  11
11  11  11
------------------------
**************************
第10個圖 原輸入
11  1
    1 1 1
    1 1 1
1   1 1 1
11 11
     11 11
 1 1 1
 1 1 1
 1 1 1   1
    11  1
------------------------
第1次學習 recall結果
11 11
11  1 111
        1
1  11 1 1
 1 11
     11 1
 1 1 11  1
 1       1
 111 1 11
       1  1
------------------------
第2次學習 recall結果
1  1
 1111 111
 1       1
11 11 1 1
 1 1
       1 1
 1 1111 11
 1       1
 111 1111
       1
------------------------
第3次學習 recall結果
   1
 1111 111
 1    1  1
11 1111 1
 1 1  1
  11  1 1
 1 1111 1
 1   1   1
 111 1111
       1
------------------------
第4次學習 recall結果
   1
 1111 111
 1    1  1
11 1111 1
 1 1  11
  11  1 1
 1 1111 1
 1   1   1
 111 1111
       1
------------------------
第5次學習 recall結果
   1
 1111 111
 1    1  1
11 1111 1
 1 1  11
  11  1 1
 1 1111 1
 1   1   1
 111 1111
       1
------------------------
**************************
第11個圖 原輸入
11 11
1   1
1   1
11 11
11111
     11111
     11  1
     1   1
     1  11
     11111
------------------------
第1次學習 recall結果
11111
11 11
1 1 1
11111
```

```
----------
第1次學習 recall結果
11111
11 11
1 1 1
11111
11111
     11111
     11111
     11111
     11111
     11111
----------
第2次學習 recall結果
11111
11111
11111
11111
11111
     11111
     11111
     11111
     11111
     11111
----------
第3次學習 recall結果
11111
11111
11111
11111
11111
     11111
     11111
     11111
     11111
     11111
----------
**********
第12個圖 原輸入
1  1111  1
11  11 1
1 1   1 1
1 11  11 1
 1111  1 1
  1 11  11
1  1 11  1
11  1  1
1 1  1  1
1 11  1  1
----------
第1次學習 recall結果
1  11 1  1
 1  1  1
  1  1  1
1  1  1  1
 1  1  1
  1  1  1
1  1  1  1
 1  1  1
  1  1  1
1  1  1  1
----------
第2次學習 recall結果
1  1  1  1
 1  1  1
  1  1  1
1  1  1  1
 1  1  1
  1  1  1
1  1  1  1
 1  1  1
  1  1  1
1  1  1  1
----------
第3次學習 recall結果
1  1  1  1
 1  1  1
  1  1  1
1  1  1  1
 1  1  1
  1  1  1
1  1  1  1
 1  1  1
  1  1  1
1  1  1  1
----------
**********
第13個圖 原輸入
1  1  1  1
       1
     1  1
1         1
 1  1  1
  1  1  1
1     1  1
 1     1
  1     1
1  1  1  1
----------
第1次學習 recall結果
1  1  1  1
 1  1  1
  1  1  1
1  1  1  1
 1  1  1
  1  1  1
1  1  1  1
 1  1  1
  1  1  1
1  1  1  1
----------
第2次學習 recall結果
1  1  1  1
 1  1  1
  1  1  1
1  1  1  1
 1  1  1
  1  1  1
1  1  1  1
 1  1  1
  1  1  1
1  1  1  1
----------
第3次學習 recall結果
1  1  1  1
 1  1  1
  1  1  1
1  1  1  1
 1  1  1
  1  1  1
1  1  1  1
 1  1  1
  1  1  1
1  1  1  1
----------
**********
第14個圖 原輸入
1  1  1  1
1         1
1         1
 1  1  1
  1  1  1
1         1
1         1
1         1
1         1
1  1  1  1
----------
第1次學習 recall結果
1  1  1  1
 1  1  1
  1  1  1
1  1  1  1
 1  1  1
  1  1  1
1  1  1  1
 1  1  1
  1  1  1
1  1  1  1
----------
第2次學習 recall結果
1  1  1  1
 1  1  1
  1  1  1
1  1  1  1
 1  1  1
  1  1  1
1  1  1  1
 1  1  1
  1  1  1
1  1  1  1
----------
第3次學習 recall結果
1  1  1  1
 1  1  1
  1  1  1
1  1  1  1
 1  1  1
  1  1  1
1  1  1  1
 1  1  1
  1  1  1
1  1  1  1
----------
**********
第15個圖 原輸入
111 111111
1         1
1 11 111  1
1 1     1 1
1       1 1
1         1
1 1     1 1
1 11 111  1
1         1
11 111   11
----------
第1次學習 recall結果
1  1  1  1
 1  1  1
  1  1  1
1  1  1  1
 1  1  1
  1  1  1
1  1  1  1
 1  1  1
  1  1  1
1  1  1  1
----------
第2次學習 recall結果
1  1  1  1
 1  1  1
  1  1  1
1  1  1  1
 1  1  1
  1  1  1
1  1  1  1
 1  1  1
  1  1  1
1  1  1  1
----------
第3次學習 recall結果
1  1  1  1
 1  1  1
  1  1  1
1  1  1  1
 1  1  1
  1  1  1
1  1  1  1
 1  1  1
  1  1  1
1  1  1  1
```

```
**************************
第15個圖 原輸入
111 111111
1         1
1 11 111  1
1 1     1 1
1       1 1
1         1
1 1     1 1
1 11 111  1
1         1
11 111   11
--------------------------
第1次學習 recall結果
1111111111
1         1
1 111111  1
1 1     1 1
1 1 11  1 1
1 1 11  1 1
1 1     1 1
1 111111  1
1         1
1111111111
--------------------------
第2次學習 recall結果
1111111111
1         1
1 111111  1
1 1     1 1
1 1 11  1 1
1 1 11  1 1
1 1     1 1
1 111111  1
1         1
1111111111
--------------------------
**************************
```

D.實驗結果分析及討論:

在這次 Hopfield 的類神經網路實作中，首先 basic 檔案經由 Hopfield 做回想訓練，可以看出幾乎都可以在 2 次以內就回想成功，效果算是挺好。然而 Bonus 檔案就需要訓練較多次，且 treshold 在設為 0 時訓練效果比起根據 weight 做設定時效果來的好。由結果還可發現第 14 個圖型容易被誤認成 15。

E. 加分項目:

Bonus 資料訓練。