آزمایش پنجم پیاده سازی شبکه عصبی RBF

اعضای گروه:

ملیکا صالحیان ، محدثه قاسم مهرابی، مریم حیدری

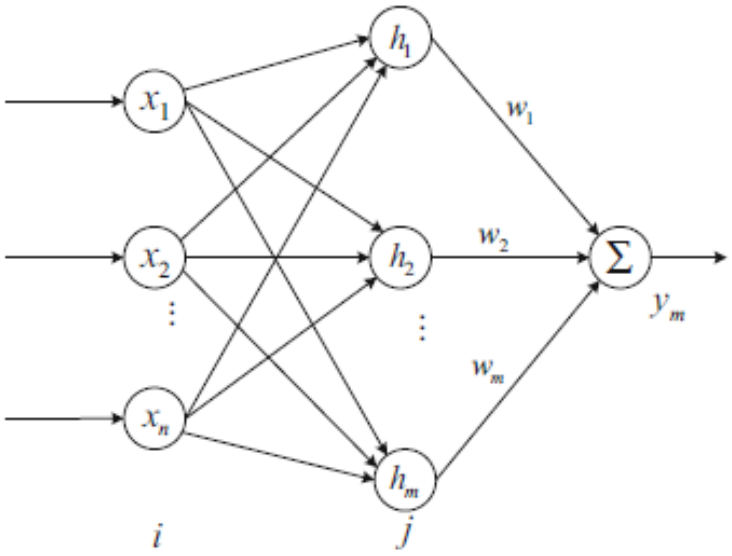
❖ **ساختار کلی شبکه عصبی RBF:**

شبکه‌های عصبی RBF سه لایه دارند :

لایه ورودی(Input Layer) ،

لایه پنهان یا مخفی(Hidden Layer)

و لایه خروجی(Output Layer)



ساختار شبکه عصبیRBF

نورون‌های لایه مخفی با یک تابع پایه شعاعی (RBF) فعال می‌شوند. لایه مخفی از آرایه‌ای از واحدهای محاسباتی تشکیل شده که گره‌های مخفی (Hidden Nodes) نامیده می‌شوند. هر گره مخفی شامل یک بردار c مرکزی است که یک بردار پارامتری با طولی مشابه با بردار ورودی x است.

در شبکه عصبی RBF بردار ورودی $x=[xi]^T$ است. فرض می‌کنیم m نورون در لایه مخفی وجود داشته باشد، و بردار تابع پایه شعاعی در لایه مخفی $h=[h_j]^T$ و h_j تابع گوسی نورون j در لایه مخفی باشد،

$$h_j = \exp\left(-\frac{||x-c_j||^2}{2b_j^2}\right)$$

مقدار وزن RBF برابر است با:

$w=[w1,\cdots,wm]T$

خروجی شبکه عصبی RBF به صورت زیر است:

$y(t)=w^Th=w1h1+w2h2+\cdots+wm.hm$

یک شبکه تابع شعاعی(RBF) ، نظیر MLP ، یک شبکه یادگیری نظارت شده است و از جهاتی به آن شباهت دارد. اما شبکه RBF فقط با یک لایه مخفی کار می کند. این کار با محاسبه مقدار هر واحد در لایه مخفی برای یک مشاهده به انجام می رسد. در واقع به جای مجموع مقادیر وزن دار واحد های سطح قبلی، از فاصله میان این مشاهدات و مرکز این واحد استفاده می کند.

بر خلاف وزن های یک پرسپترون چند لایه ، مراکز لایه پنهان یک شبکه RBF در طول یادگیری در هر تکرار تنظیم نمی شوند. در شبکه RBF ، نورون های مخفی ، فضا را به اشتراک می گذارند و عملا از یکدیگر مستقل هستند. این امر باعث ایجاد همگرایی سریع تر شبکه‌های RBF در مرحله یادگیری می شود، که یکی از نقاط قوت آن هاست.

توضیحات کد پایتون کلاس RBF :

شبکه عصبی توابع شعاعی پایه(radial basis function) یک شبکه عصبی ۳ لایه است که از یک‌لایه پنهان تشکیل‌شده است و برای حل مسائل پیچیده و غیرخطی استفاده می‌شود.

در ابتدا کتابخانه‌های لازم برای استفاده در کد معرفی‌شده‌اند.

```
from numpy.linalg import norm
import numpy as np
import pandas as pd
import math as m
import matplotlib.pyplot as plt
```

در این قسمت با استفاده از کد زیر یک فایل اکسل به منظور ذخیره سازی دیتا ایجاد می شود.

```
# Writing to an excel
## sheet using Python
import xlwt
from xlwt import Workbook
## Workbook is created
wb = Workbook()
## add_sheet is used to create sheet.
sheet1 = wb.add_sheet('Sheet 1')
```

سپس داده‌های ورودی و خروجی ساخته می‌شوند.

ابتدا ۱۰۰ داده ورودی در بازه [0,1] و فواصل رندم ساخته و مرتب می‌شود. سپس خروجی‌ها مقدار sin هر داده تعریف شده و با نویز در محدوده [-0.1,0,1] جمع می شود و به این ترتیب یک تابع سینوسی نویزی تولید می شود.

```
#noise + data
NUM_SAMPLES = 100
XX = np.random.uniform(0., 1., NUM_SAMPLES)
XX = np.sort(XX, axis=0)
noise = np.random.uniform(-0.1, 0.1, NUM_SAMPLES)
y = np.sin(2*np.pi*XX)  + noise
```

به منظور نوشتن در فایل اکسل ایجاد شده در قسمت قبل از دستور **sheet.write** استفاده می شود. در فایل اکسل ایجاد شده در سطر اول نام متغیر و در سطرهای بعدی به ترتیب تعداد ۱۰۰ داده ورودی رندم نوشته می شوند. پس از ثبت فایل لازم است به منظور استفاده از کد **k-mean** فایل به فرمت **csv.** تبدیل شود.

```
# sheet.write is used to write in the sheet.
for i in range(1,NUM_SAMPLES+1):
  sheet1.write(i,0, XX[i-1])
sheet1.write(0, 0, 'X')
# saving the sheet
wb.save('xlwt example.xls')
# Read and store content of an excel file
read_file = pd.read_excel ("xlwt example.xls")
# Write the dataframe object into csv file
read_file.to_csv ("Test.csv",
                  index = None,
                  header=True)
# read csv file and convert into a dataframe object
df = pd.DataFrame(pd.read_csv("Test.csv"))
data = pd.read_csv("Test.csv")
```

کد K mean مورد استفاده که به منظور پیدا کردن میانگین و انحراف معیار توابع گوسین که به تعداد دسته های انتخابی می باشند، به شرح زیر می باشد.

```
#finding the number of class
def CNUM(x):
  s=0
  for i in range (k):
    A = float(x - center_x[i])
    #dist[i]= m.sqrt(A**2 + B**2)
    dist[i]= (A**2)
    if dist[i] == min(dist):
      s = i
  return s

#classification
def classify(x):
   for j in range (data_number):
     X = data.iloc[[j],[0]].values
     X = float(X)
     index = CNUM(X)
     A[index].append([float(X)])
   return A


# Data
data_number = input('Enter the number of data')
data_number = int(data_number)
k = input('Enter the number of class')
k = int(k)
center_x_new = np.empty(k)
center_x = np.empty(k)
dist = np.empty(k)
CLASS = [[]for _ in range (k)]
```

```
E22= [0 for _ in range (k)]
Error=[[]for _ in range (k)]
A = [[]for _ in range (k)]
flag = 1
data = pd.read_excel("xlwt example.xls")
lr = 0.01


# Center initializing
for i in range (k):
  center_x[i] = np.random.uniform(size=(1,1))


CLASS= classify(data_number)

#Finding new centers
for o in range (k):
  if CLASS[o] != []:
    m =np.mean(CLASS[o], axis=0)
    #print(m)
    center_x_new[o] = float(m[0])

#Reclassification by new centers
while flag:
  for i in range (k):
    C = center_x_new[i]- center_x[i]
    C = C.astype('float')
    E2 = C**2
    E22[i] = C**2
    if (np.sum(E22) < (0.001)**2):
      flag = 0
    if E2 > (0.001)**2:
      center_x[i] = center_x_new[i]
```

```
  CLASS= classify(data_number)
MAX = []
MIN = []
d = []
for i in range(k):
  if CLASS[i] == []:
    d.append(0)
  else:
    MAX.append(np.max(np.abs(CLASS[i])))
    MIN.append(np.min(np.abs(CLASS[i])))
    d.append((MAX[i]-MIN[i])/(1.414*k))
s = d
c = center_x
```

توضیحات کد پایتون بخش RBF:

ابتدا تابع rbf به منظور محاسبه تابع گوسی با میانگین و واریانس مشخص شده در قسمت قبل تعریف می شود.

```
#RBF
def rbf(x, c, s):
  #j = m.sqrt(2*m.pi*s**2)
  j = (2.506*s)
  return(np.exp((-(x-c)**2)) / (2*s**2*j))
```

وزن ها ، بایاس و خروجی پیش بینی شده توسط RBF:

```
w = np.random.rand(k)
b = np.random.randn(1)
y_pre = []
```

در این قسمت مجموع توابع RBF با استفاده از تابع rbf محاسبه می شود. در اینجا به منظور طولانی شدن اجرای کد نمودار در حالت اجرای بار اول به نمایش درآمده است.

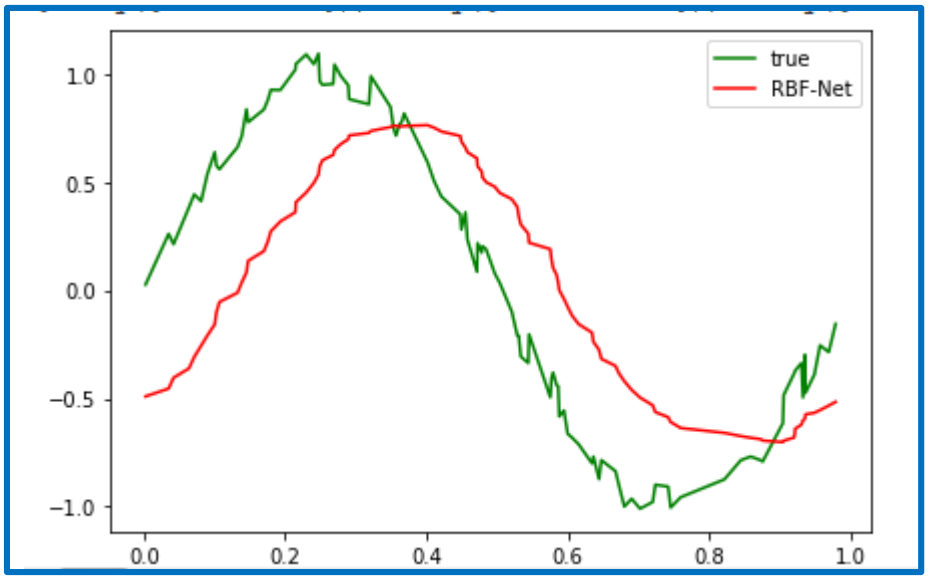
```
# training
#for epoch in range(1000):
for i in range(NUM_SAMPLES):
  F = 0;
  for m in range(k):
    # forward pass
    a = np.array([rbf(XX[i], c[m], s[m]*500)])
    F = F + a.dot(w[m].T) + b

    print(a.dot(w[m].T) + b)
    #if epoch==500:
  y_pre.append(F)
```

به ترتیب زیر وزن ها و بایاس آپدیت می شوند.

```
  # backward pass
  error = -(y[i] - F)
  # online update
  w = w - lr *a*error
  b = b - lr * error
```

نمودار خروجی سینوسی همراه با نویز و خروجی حاصل از کد به ترتیب با رنگ های سبز و قرمز ترسیم می شوند.

```
plt.plot(XX, y, '-g', label='true')
print(XX)
print(y_pre)
plt.plot(XX, y_pre, '-r', label='RBF-Net')
plt.legend()
plt.tight_layout()
plt.show()
```



تمرین ۱-کد متلب پیاده سازی شبکه عصبی RBF

```
%%computational Inteligence Lab RBF code%%
clear all
clc
close all
%%noise + data
NUM_SAMPLES = 100
%building an array of 0 to 1 with 100 random numbers
XX = zeros(1,100);
i=0;
for i =1: 100
    XX(i)=rand();
    while XX(i)==0;
        XX(i)=rand();
    end
end
XX = sort(XX);
%producing a -1 to 1 noise
noise = rand(1,100)/10;
```

```
for i=1:50
    noise(i)= -noise(i);
end
noise = sort(noise)
%y
y = sin(2*pi*XX)  + noise


%% initializing %%
k = 50 %limit of the number of classes that can be chosen by user
g = 1
iteration = 10; %the limit of updationg
center_x =zeros(1,k);
center_x_new =ones(1,k);
dist = zeros(1,k);
data_number = 100
k = input('Enter the number of class')
dist = zeros(1,k)
A = []
s = []
flag = 1
lr = 0.01
%% initializing centers of classes by random numbers
for i = 1:k
    center_x(1,i) = rand();
    while center_x(1,i)==0
        center_x(1,i) = rand();
    end
end
%% K-Mean %%
%input data & classification
  for j = 1:length(XX)
      index = CNUM(k,XX(j),center_x(1,:));
      CLASS_X(index,j)= XX(j);
  end
%Finding new centers
  flag = 1;
```

```
    while flag
        for l = 1 : iteration %to limit the number of updating
        m_1 = 0;
        sum_1 = 0
        for o = 1:k
            for j = 1:length(XX)
                CLASS_X(o,j)
                if CLASS_X(o,j) ~= 0
                    m_1 = m_1+1;
                    sum_1 = sum_1 +CLASS_X(o,j);
                end
            end
            center_x_new(1,o) = sum_1 / m_1
        end
% input data & classification
        for j = 1:length(XX)
            index = CNUM(k,XX(j),center_x_new(1,:));
            CLASS_X(index,j)= XX(j);
        end
        for i = 1:k
            T=center_x(1,i) - center_x_new(1,i)
            if (sqrt(T^2) < 10)
                flag = 0
            end
        end
    end
    end
% finding c & s
c= center_x
%finding the max distance between centers
d = 0;
for i=1:k
   d0 = 0;
   for j = 1:k
      d = abs(center_x(i)-center_x(j));
```

```
        if d > d0
            d0 = d;
        end
    end
    s(i) = d0/sqrt(2*k);

end
%%RBF
w = rand(1,k);
b = rand(1,1);
y_pre = [];
%% training
j=0;
for epoch = 1:100
  for i = 1 : NUM_SAMPLES
    F = 0;
    for m =1:k
      a = rbf(XX(i), c(m), s(m));
      F = F + a*(transpose(w(m))) + b
    if epoch==100
      y_pre(i)=F;
    end
    end
    loss = (y(i) - F)^ 2;
    error = -(y(i) - F);
   % update
    w = w - lr *a*error;
    b = b - lr * error;
  end
end
%%Plot
plot(XX,y,'g')
hold on;
plot(XX, y_pre,'r')
legend('sin(x)+noise','RBF')
%%FUNCTIONS
```

```
function [s] = CNUM(k, x, center_x)
s=0;
for i = 1:k
    A = x - center_x(i);
    dist(i) = sqrt(A^2);
    if (dist(i) == min(dist))
      s = i ;
    end
end

end
function[r] = rbf(x, c, s)
 r = exp(-1 / (2 * s^2) * (x-c)^2);
end
```

نتیجه کد متلب با انتخاب ۸ کلاس: