ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

РОЗРОБКА ПРОСТИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

Мета: використовуючи спеціалізовані бібліотеки та мову програмування Python навчитися створювати та застосовувати прості нейронні мережі**.**

GitHub: https://github.com/ingaliptn/AI

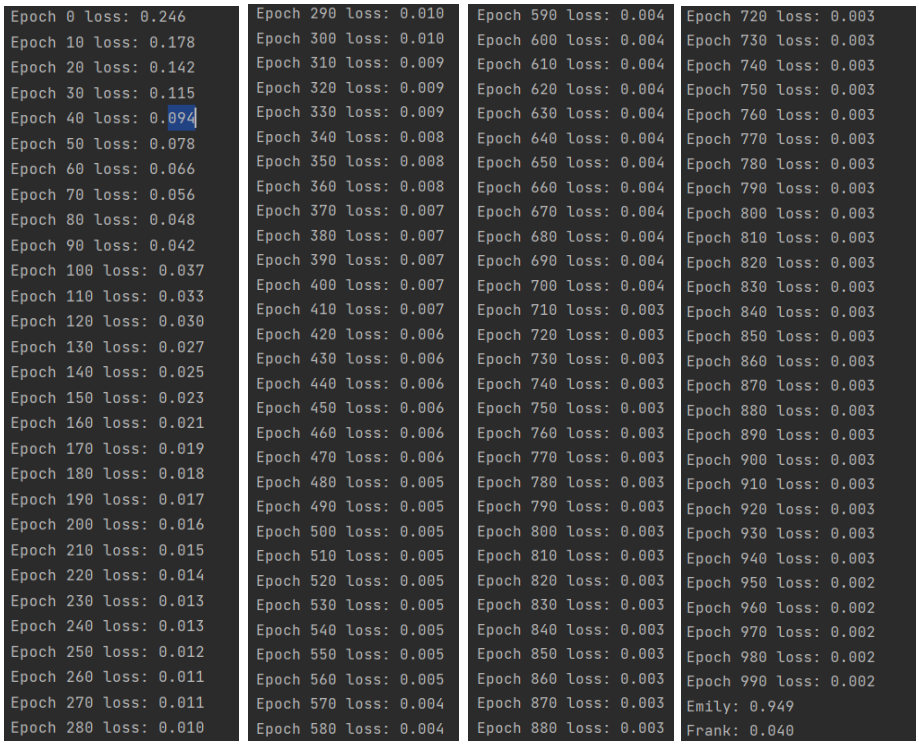
Хід роботи:

Завдання 2.1. Створити простий нейрон

```
D:\Labs\AI\AILab4\venv\Scripts\python.exe D:/Labs/AI/AILab5/LR_5_task_1.py
0.9990889488055994
```

Завдання 2.2. Створити просту нейронну мережу для передбачення статі людини

```python
import numpy as np
def sigmoid(x):
    return 1 / (1 + np.exp(-x))


class Neuron:
    def __init__(self, weights, bias):
        self.weights = weights
        self.bias = bias

    def feedforward(self, inputs):
        total = np.dot(self.weights, inputs) + self.bias
        return sigmoid(total)


if __name__ == "__main__":
    weights = np.array([0, 1])
    bias = 4
    n = Neuron(weights, bias)

    x = np.array([2, 3])
    print(n.feedforward(x))
```

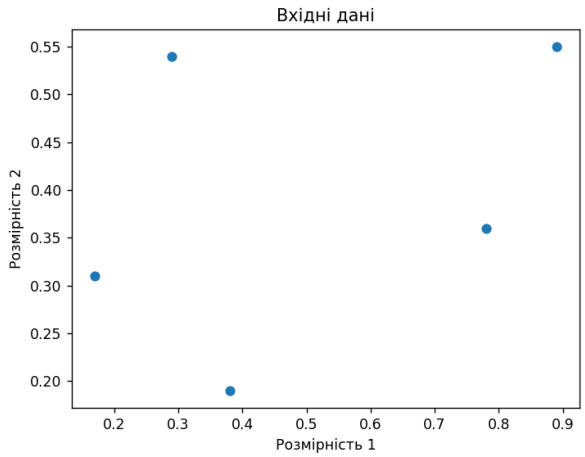


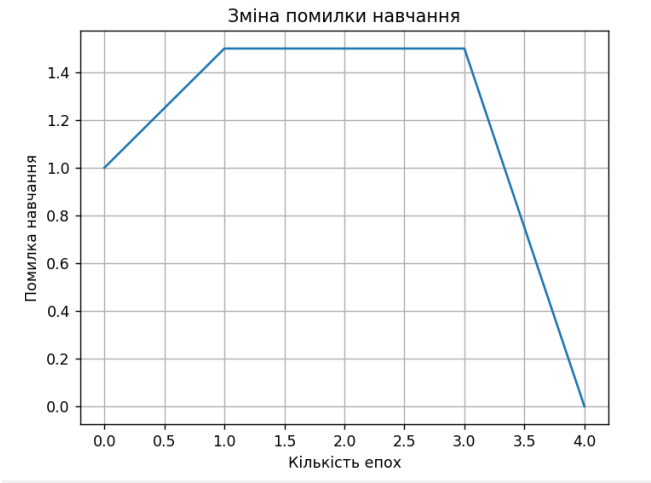
Завдання 2.3. Класифікатор на основі перцептрону з використанням бібліотеки NeuroLab

```python
import numpy as np
from LR_5_task_1 import Neuron, sigmoid


def deriv_sigmoid(x):
    # Похідна від sigmoid: f'(x) = f(x) * (1 - f(x))
    fx = sigmoid(x)
    return fx * (1 - fx)


def mse_loss(y_true, y_pred):
    return ((y_true - y_pred) ** 2).mean()


class TkachukNeuralNetwork:
    def __init__(self):
        # Вага
        self.w1 = np.random.normal()
        self.w2 = np.random.normal()
        self.w3 = np.random.normal()
        self.w4 = np.random.normal()
        self.w5 = np.random.normal()
        self.w6 = np.random.normal()

        self.b1 = np.random.normal()
        self.b2 = np.random.normal()
        self.b3 = np.random.normal()

    def feedforward(self, x):
```

```
        h1 = sigmoid(self.w1 * x[0] + self.w2 * x[1] + self.b1)
        h2 = sigmoid(self.w3 * x[0] + self.w4 * x[1] + self.b2)
        o1 = sigmoid(self.w5 * h1 + self.w6 * h2 + self.b3)
        return o1

    def train(self, data, all_y_trues):
        learn_rate = 0.1
        epochs = 1000

        for epoch in range(epochs):
            for x, y_true in zip(data, all_y_trues):
                sum_h1 = self.w1 * x[0] + self.w2 * x[1] + self.b1
                h1 = sigmoid(sum_h1)

                sum_h2 = self.w3 * x[0] + self.w4 * x[1] + self.b2
                h2 = sigmoid(sum_h2)

                sum_o1 = self.w5 * h1 + self.w6 * h2 + self.b3
                o1 = sigmoid(sum_o1)
                y_pred = o1
                # --- Підрахунок часткових похідних
                d_L_d_ypred = -2 * (y_true - y_pred)
                # Нейрон o1
                d_ypred_d_w5 = h1 * deriv_sigmoid(sum_o1)
                d_ypred_d_w6 = h2 * deriv_sigmoid(sum_o1)
                d_ypred_d_b3 = deriv_sigmoid(sum_o1)

                d_ypred_d_h1 = self.w5 * deriv_sigmoid(sum_o1)
                d_ypred_d_h2 = self.w6 * deriv_sigmoid(sum_o1)

                # Нейрон h1
                d_h1_d_w1 = x[0] * deriv_sigmoid(sum_h1)
                d_h1_d_w2 = x[1] * deriv_sigmoid(sum_h1)
                d_h1_d_b1 = deriv_sigmoid(sum_h1)

                # Нейрон h2
                d_h2_d_w3 = x[0] * deriv_sigmoid(sum_h2)
                d_h2_d_w4 = x[1] * deriv_sigmoid(sum_h2)
                d_h2_d_b2 = deriv_sigmoid(sum_h2)

                # --- Оновлюємо вагу і зміщення
                # Нейрон h1
                self.w1 -= learn_rate * d_L_d_ypred * d_ypred_d_h1 * d_h1_d_w1
                self.w2 -= learn_rate * d_L_d_ypred * d_ypred_d_h1 * d_h1_d_w2
                self.b1 -= learn_rate * d_L_d_ypred * d_ypred_d_h1 * d_h1_d_b1

                # Нейрон h2
                self.w3 -= learn_rate * d_L_d_ypred * d_ypred_d_h2 * d_h2_d_w3
                self.w4 -= learn_rate * d_L_d_ypred * d_ypred_d_h2 * d_h2_d_w4
                self.b2 -= learn_rate * d_L_d_ypred * d_ypred_d_h2 * d_h2_d_b2

                # Нейрон o1
                self.w5 -= learn_rate * d_L_d_ypred * d_ypred_d_w5
```

```
            self.w6 -= learn_rate * d_L_d_ypred * d_ypred_d_w6
            self.b3 -= learn_rate * d_L_d_ypred * d_ypred_d_b3

        if epoch % 10 == 0:
            y_preds = np.apply_along_axis(self.feedforward, 1, data)
            loss = mse_loss(all_y_trues, y_preds)
            print("Epoch %d loss: %.3f" % (epoch, loss))


if __name__ == "__main__":
    data = np.array([
        [-2, -1],  # Alice
        [25, 6],  # Bob
        [17, 4],  # Charlie
        [-15, -6],  # Diana
    ])
    all_y_trues = np.array([
        1,  # Alice
        0,  # Bob
        0,  # Charlie
        1,  # Diana
    ])

    network = TkachukNeuralNetwork()
    network.train(data, all_y_trues)

    # Робимо передбачення
    emily = np.array([-7, -3])  # 128 фунтов, 63 дюйма
    frank = np.array([20, 2])  # 155 фунтов, 68 дюймів
    print("Emily: %.3f" % network.feedforward(emily))  # +-0.966 - F
    print("Frank: %.3f" % network.feedforward(frank))  # +-0.038 - M
```

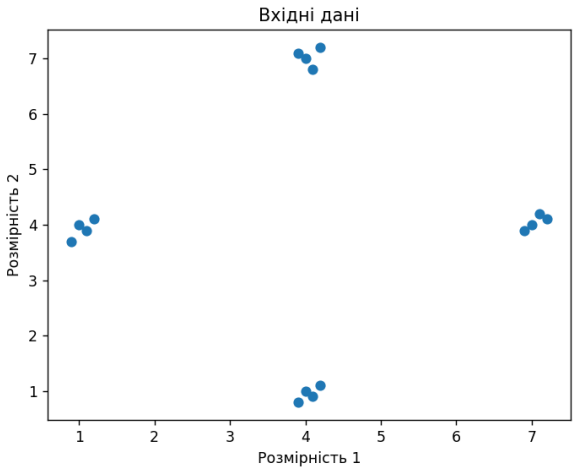


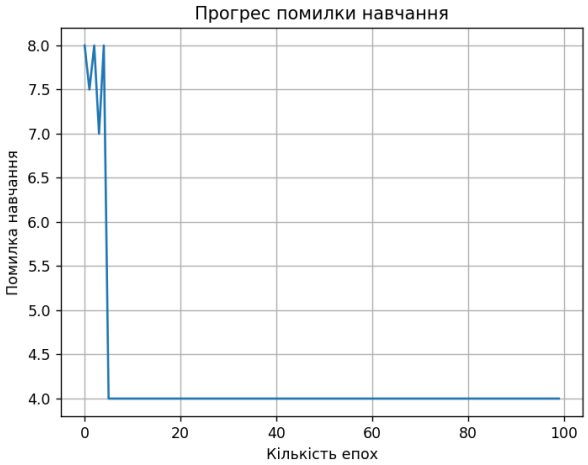


Завдання 2.4. Побудова одношарової нейронної мережі

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
```

```
import neurolab as nl

text = np.loadtxt('data_simple_nn.txt')
data = text[:, 0:2]
labels = text[:, 2:]

plt.figure()
plt.scatter(data[:, 0], data[:, 1])
plt.xlabel('Розмірність 1')
plt.ylabel('Розмірність 2')
plt.title('Вхідні дані')
plt.show()

# Мінімальне та максимальне значення для кожного виміру
dim1_min, dim1_max = data[:, 0].min(), data[:, 0].max()
dim2_min, dim2_max = data[:, 1].min(), data[:, 1].max()

num_output = labels.shape[1]

dim1 = [dim1_min, dim1_max]
dim2 = [dim2_min, dim2_max]
nn = nl.net.newp([dim1, dim2], num_output)

error_progress = nn.train(data, labels, epochs=100, show=20, lr=0.03)

# Побудова графіка просування процесу навчання
plt.figure()
plt.plot(error_progress)
plt.xlabel('Кількість епох')
plt.ylabel('Помилка навчання')
plt.title('Прогрес помилки навчання')
plt.grid()
plt.show()

print('\nTest results:')
data_test = [[0.4, 4.3], [4.4, 0.6], [4.7, 8.1]]
for item in data_test:
    print(item, '-->', nn.sim([item])[0])
```



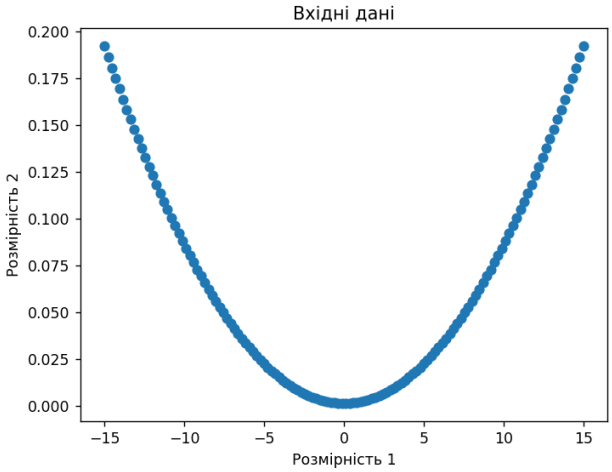


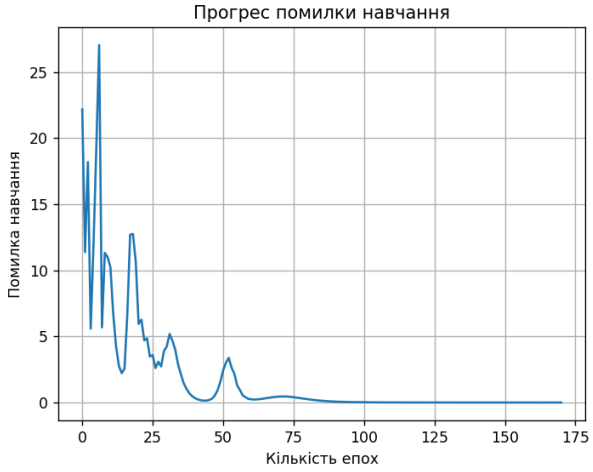

```
Epoch: 20; Error: 4.0;
Epoch: 40; Error: 4.0;
Epoch: 60; Error: 4.0;
Epoch: 80; Error: 4.0;
Epoch: 100; Error: 4.0;
The maximum number of train epochs is reached
```

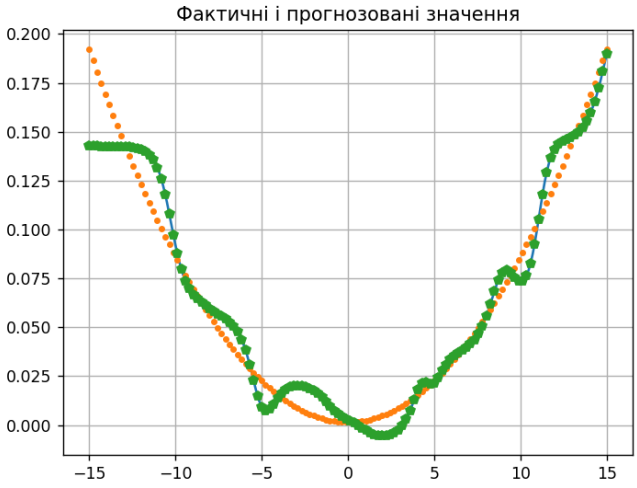
Завдання 2.5. Побудова багатошарової нейронної мережі

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import neurolab as nl

# Генерація тренувальних даних
min_val = -15
max_val = 15
num_points = 130
x = np.linspace(min_val, max_val, num_points)
y = 3 * np.square(x) + 5
y /= np.linalg.norm(y)

data = x.reshape(num_points, 1)
labels = y.reshape(num_points, 1)

plt.figure()
plt.scatter(data, labels)
plt.xlabel('Розмірність 1')
plt.ylabel('Розмірність 2')
plt.title('Вхідні дані')
```

```
nn = nl.net.newff([[min_val, max_val]], [10, 6, 1])
nn.trainf = nl.train.train_gd

error_progress = nn.train(data, labels, epochs=2000, show=100, goal=0.01)

output = nn.sim(data)
y_pred = output.reshape(num_points)

plt.figure()
plt.plot(error_progress)
plt.xlabel('Кількість епох')
plt.ylabel('Помилка навчання')
plt.title('Прогрес помилки навчання')
plt.grid()
plt.show()

# Побудова графіка результатів
x_dense = np.linspace(min_val, max_val, num_points * 2)
y_dense_pred = nn.sim(x_dense.reshape(x_dense.size, 1)).reshape(x_dense.size)

plt.figure()
plt.plot(x_dense, y_dense_pred, '-', x, y, '.', x, y_pred, 'p')
plt.title('Фактичні і прогнозовані значення')
plt.grid()
plt.show()
```



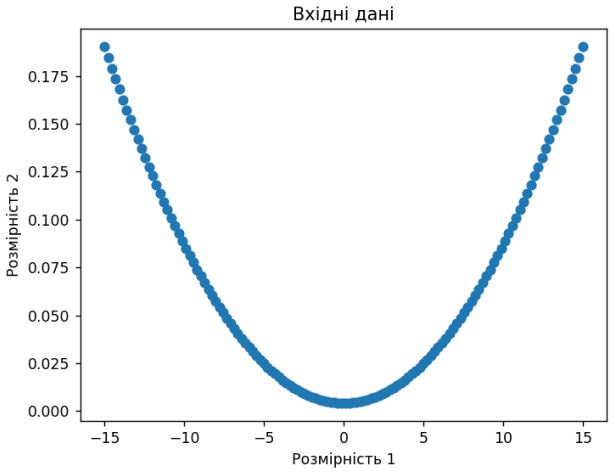


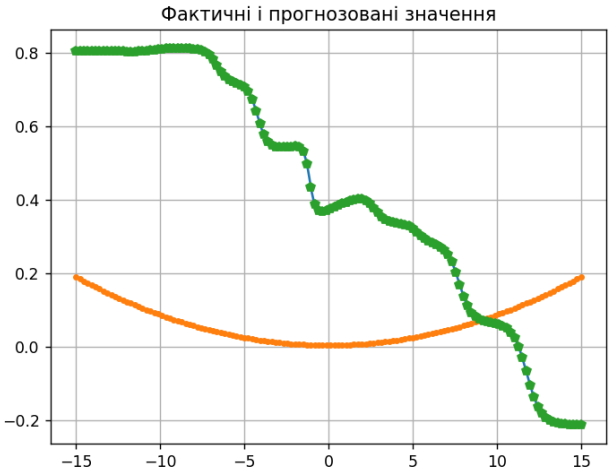


Завдання 2.6. Побудова багатошарової нейронної мережі для свого варіанту

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import neurolab as nl

min_val = -15
max_val = 15
num_points = 130
x = np.linspace(min_val, max_val, num_points)
y = 2 * np.square(x) + 8
y /= np.linalg.norm(y)

data = x.reshape(num_points, 1)
labels = y.reshape(num_points, 1)

plt.figure()
plt.scatter(data, labels)
plt.xlabel('Розмірність 1')
plt.ylabel('Розмірність 2')
plt.title('Вхідні дані')

nn = nl.net.newff([[min_val, max_val]], [5, 1])
nn.trainf = nl.train.train_gd

# Тренування нейронної мережі
error_progress = nn.train(data, labels, epochs=20000, show=1000, goal=0.01)
output = nn.sim(data)
y_pred = output.reshape(num_points)

plt.figure()
plt.plot(error_progress)
plt.xlabel('Кількість епох')
plt.ylabel('Помилка навчання')
```

```
plt.title('Прогрес помилки навчання')
plt.grid()
plt.show()

x_dense = np.linspace(min_val, max_val, num_points * 2)
y_dense_pred = nn.sim(x_dense.reshape(x_dense.size, 1)).reshape(x_dense.size)

plt.figure()
plt.plot(x_dense, y_dense_pred, '-', x, y, '.', x, y_pred, 'p')
plt.title('Фактичні і прогнозовані значення')
plt.grid()
plt.show()
```



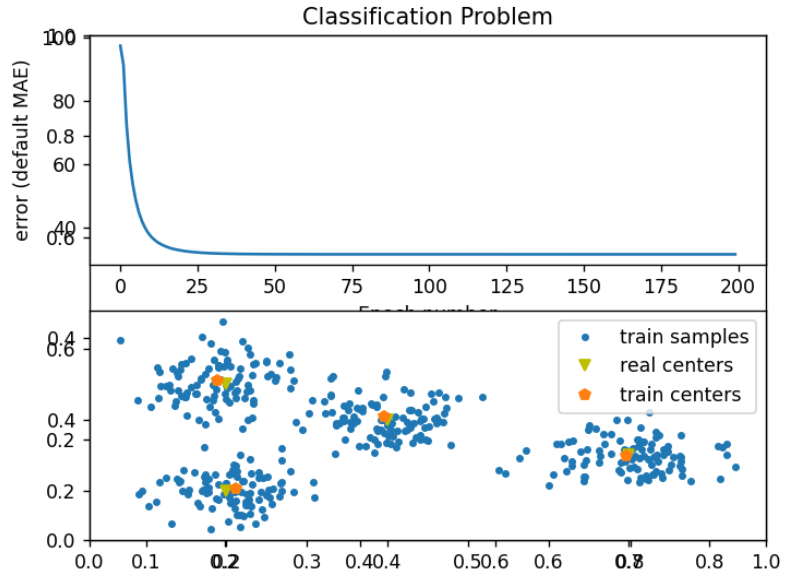


```
Epoch: 1000; Error: 24.87576522150247;
Epoch: 2000; Error: 29.025622522511757;
Epoch: 3000; Error: 13.300783503352068;
Epoch: 4000; Error: 18.200389893253757;
Epoch: 5000; Error: 18.782650371656334;
Epoch: 6000; Error: 25.96867862273163;
Epoch: 7000; Error: 15.911897880953015;
Epoch: 8000; Error: 10.70193214257344;
Epoch: 9000; Error: 14.933361810393407;
Epoch: 10000; Error: 20.38361359680419;
Epoch: 11000; Error: 0.6269861778328086;
Epoch: 12000; Error: 23.70657819561857;
Epoch: 13000; Error: 12.090781918019662;
Epoch: 14000; Error: 18.08270262753587;
Epoch: 15000; Error: 10.618707405142963;
Epoch: 16000; Error: 24.652386994391435;
Epoch: 17000; Error: 13.185885363370803;
Epoch: 18000; Error: 26.468806090503023;
Epoch: 19000; Error: 25.560328400622588;
Epoch: 20000; Error: 16.25648178934355;
The maximum number of train epochs is reached
```

Завдання 2.7. Побудова нейронної мережі на основі карти Кохонена, що самоорганізується

```
import numpy as np
import neurolab as nl
import numpy.random as rand

skv = 0.05
centr = np.array([[0.2, 0.2], [0.4, 0.4], [0.7, 0.3], [0.2, 0.5]])
rand_norm = skv * rand.randn(100, 4, 2)
inp = np.array([centr + r for r in rand_norm])
inp.shape = (100 * 4, 2)
rand.shuffle(inp)
# Create net with 2 inputs and 4 neurons
net = nl.net.newc([[0.0, 1.0],[0.0, 1.0]], 4)
# train with rule: Conscience Winner Take All algoritm (CWTA)
error = net.train(inp, epochs=200,  show=20)
# Plot results:
import pylab as pl
pl.title('Classification Problem')
pl.subplot(211)
pl.plot(error)
pl.xlabel('Epoch number')
pl.ylabel('error (default MAE)')
w = net.layers[0].np['w']

pl.subplot(212)
pl.plot(inp[:,0], inp[:,1], '.', \
      centr[:,0], centr[:, 1] , 'yv', \
      w[:,0], w[:,1], 'p')
```

```
pl.legend(['train samples', 'real centers', 'train centers'])
pl.show()
```



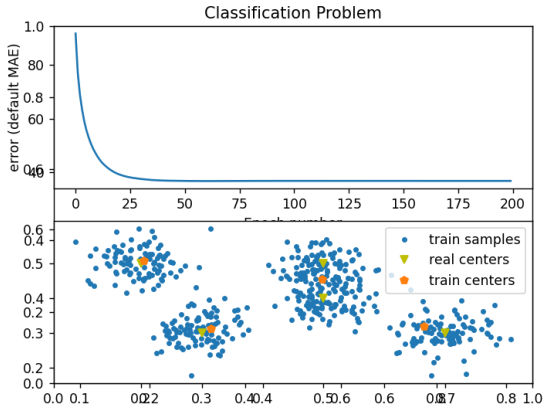

```
Epoch: 20; Error: 32.928073979179125;
Epoch: 40; Error: 31.722773835700654;
Epoch: 60; Error: 31.632282028600628;
Epoch: 80; Error: 31.62199186787624;
Epoch: 100; Error: 31.620747057139504;
Epoch: 120; Error: 31.62058886669008;
Epoch: 140; Error: 31.620568662945832;
Epoch: 160; Error: 31.62056609179109;
Epoch: 180; Error: 31.620565767014615;
Epoch: 200; Error: 31.620565726537222;
The maximum number of train epochs is reached
```

MAE - "Mean Absolute Error" (Середня абсолютна помилка). Це метрика, яка використовується для вимірювання середньої величини абсолютних відхилень між прогнозованими значеннями моделі та реальними спостереженнями у наборі даних.

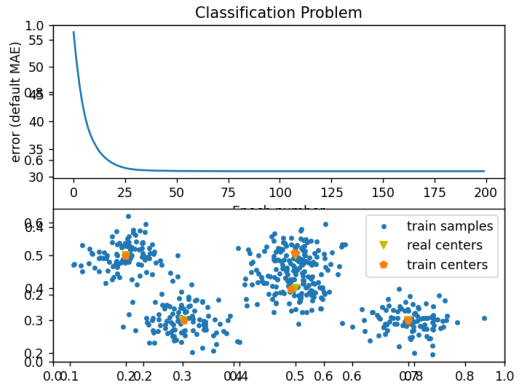
Завдання 2.8. Дослідження нейронної мережі на основі карти Кохонена, що самоорганізується

```
import numpy as np
import neurolab as nl
import numpy.random as rand

skv = 0.03
centr = np.array([[0.2, 0.2], [0.4, 0.4], [0.3, 0.3], [0.2, 0.6], [0.5, 0.7]])
rand_norm = skv * rand.randn(100, 5, 2)
```

```
inp = np.array([centr + r for r in rand_norm])
inp.shape = (100 * 5, 2)
rand.shuffle(inp)
# Create net with 2 inputs and 4 neurons
net = nl.net.newc([[0.0, 1.0],[0.0, 1.0]], 5)
# train with rule: Conscience Winner Take All algoritm (CWTA)
error = net.train(inp, epochs=200,  show=20)
# Plot results:
import pylab as pl
pl.title('Classification Problem')
pl.subplot(211)
pl.plot(error)
pl.xlabel('Epoch number')
pl.ylabel('error (default MAE)')
w = net.layers[0].np['w']

pl.subplot(212)
pl.plot(inp[:,0], inp[:,1], '.', \
        centr[:,0], centr[:, 1] , 'yv', \
        w[:,0], w[:,1], 'p')
pl.legend(['train samples', 'real centers', 'train centers'])
pl.show()
```




```
Epoch: 20; Error: 39.630105265810286;
Epoch: 40; Error: 37.06468570222352;
Epoch: 60; Error: 36.838352555522604;
Epoch: 80; Error: 36.88717348366923;
Epoch: 100; Error: 36.90785024583879;
Epoch: 120; Error: 36.90439324609395;
Epoch: 140; Error: 36.90360513885904;
Epoch: 160; Error: 36.90347306035799;
Epoch: 180; Error: 36.90345264598024;
Epoch: 200; Error: 36.90344952731468;
The maximum number of train epochs is reached
```




```
Epoch: 20; Error: 32.39110848287471;
Epoch: 40; Error: 31.050288049193757;
Epoch: 60; Error: 30.966108083688724;
Epoch: 80; Error: 30.946216859830546;
Epoch: 100; Error: 30.94496728632885;
Epoch: 120; Error: 30.94287960980094;
Epoch: 140; Error: 30.942733467031736;
Epoch: 160; Error: 30.942683645263024;
Epoch: 180; Error: 30.94266699578742;
Epoch: 200; Error: 30.942661563516467;
The maximum number of train epochs is reached
```

Висновки: в ході виконання лабораторної, я,використовуючи спеціалізовані бібліотеки та мову програмування Python навчитися створювати та застосовувати прості нейронні мережі**.**