

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
«Брестский государственный технический университет»  
Кафедра ИИТ

Лабораторная работа №1

За шестой семестр

**По дисциплине:** «Модели решения задач в интеллектуальных системах»

**Тема:** «Бинарная классификация»

**Выполнил:**  
Студент 3 курса  
Группы ИИ-26(1)  
Прокопюк А.Д.  
**Проверила:**  
Андренко К.В.

Брест 2026

**Цель работы:** Изучить принципы бинарной классификации и реализовать однослойную нейронную сеть (персептрон) для решения задачи классификации с использованием пороговой функции активации, а также исследовать процесс обучения модели с применением среднеквадратичной ошибки (MSE).

**Задачи лабораторной работы:**

1. Реализовать алгоритм обучения однослойной нейронной сети с использованием **MSE** в качестве функции ошибки.
2. Провести обучение сети с **разными значениями шага обучения** и построить **график зависимости MSE от номера эпохи**.
3. Выполнить визуализацию результатов классификации:
  - исходные точки обучающей выборки,
  - разделяющую линию (границу между двумя классами).
4. Реализовать режим функционирования сети:
  - пользователь задаёт произвольный входной вектор,
  - сеть вычисляет выходной класс,
  - соответствующая точка отображается на графике,
  - для корректной визуализации рекомендуется выбирать значения из диапазона

12.

$x_1$	$x_2$	e
6	2	0
-6	2	0
6	-2	1
-6	-2	0

Код программы:

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

class Perceptron:
    def __init__(self, input_size=0, learning_rate=0.1):
        self.X = np.array([])
        self.w = np.random.uniform(0, 1.0, input_size + 1)
        #self.threshold = np.random.uniform(0, 1.0)
        self.learning_rate = learning_rate
        self.target = np.array([])

    def set_X(self, X: np.array) -> None:
        X = np.array(X)

        if X.ndim == 1:
            X = X.reshape(1, -1)
        elif X.ndim != 2:
            print("X must be 1D or 2D array")
            return

        self.X = X
        self.X = np.insert(self.X, 0, -1, axis=1)

    def set_target(self, target: np.array) -> None:
```

```

if self.X.ndim != 2:
    print("X not setted!")
    return

if len(target) != len(self.X):
    print(f"Invalid size of target vector. It must have length = {len(self.X)}. Now = {len(target)}")
    return

self.target = target

def get_wsum(self, X: np.array) -> np.array:
    return np.dot(X, self.w)

def activate(self, arr_wsum: np.array) -> np.array:
    return np.where(arr_wsum > 0, 1, 0) #2 / (1 + np.exp(-arr_wsum)) - 1

# def der_activate(self, y_pred: np.array) -> np.array:
#     return 0.5 * (1 - y_pred**2)

def prediction(self, X_input=None) -> np.array:
    X = self.X if X_input is None else X_input

    if X.size == 0:
        print("Input X vector not set!")
        return None

    wsum = self.get_wsum(X)
    y = self.activate(wsum)

    return y

def delta(self, error: np.array) -> None:
    self.w = self.w - self.learning_rate * np.dot(error, self.X)

def mse(self, error: np.array) -> np.array:
    return np.mean(0.5 * error ** 2)

def train(self, epochs=500) -> np.array:    # поезд
    mse_history = []

    for epoch in range(epochs):
        s = self.get_wsum(self.X)

        error = s - self.target
        mse = self.mse(error)
        mse_history.append(mse)

        self.delta(error)

    return mse_history

# def chk_stop(self, mse: np.array, accuracy: float) -> bool:
#     if mse > accuracy:
#         return False
#     elif

# def train(self, epochs = 1000) -> list:
#     mse_history = []
#     for epoch in range(epochs):
#         y_pred = self.forward()

#         error = y_pred - self.target # gamma

#         mse = np.mean(error**2)
#         mse_history.append(mse)

#         self.w = self.w - np.dot(self.learning_rate * error * self.der_activate(y_pred), self.X)

#     return mse_history

X_train = np.array([[6, 2], [-6, 2], [6, -2], [-6, -2]])
Y_targets = np.array([-1, -1, 1, -1])

plt.figure(figsize=(12, 5))
plt.subplot(1, 2, 2)

```

```

for lr in [0.0001, 0.001, 0.01]:
    test_p = Perceptron(input_size=2, learning_rate=lr)
    test_p.set_X(X_train)
    test_p.set_target(Y_targets)
    history = test_p.train(epochs=500)
    plt.plot(history, label=f'LR = {lr}'')

plt.title("Dependence MSE on epoch")
plt.xlabel("epoch")
plt.ylabel("MSE")
plt.legend()
plt.grid(True)

p = Perceptron(input_size=2, learning_rate=0.001)
p.set_X(X_train)
p.set_target(Y_targets)
p.train(epochs=1000)

def plot_current_state(user_point=None, user_class=None):
    plt.subplot(1, 2, 1)

    xx, yy = np.meshgrid(np.linspace(-10, 10, 100), np.linspace(-10, 10, 100))
    grid_points = np.c_[np.ones(xx.ravel().shape) * -1, xx.ravel(), yy.ravel()]

    Z_linear = p.get_wsum(grid_points).reshape(xx.shape)
    Z_class = p.prediction(grid_points).reshape(xx.shape)

    plt.contourf(xx, yy, Z_class, levels=[-0.1, 0.5, 1.1], colors=["#ffcccc", "#ccccff"], alpha=0.8)
    plt.contour(xx, yy, Z_linear, levels=[0], colors='red', linewidths=2)

    plt.scatter(X_train[:, 0], X_train[:, 1], c=Y_targets, cmap='RdBu', edgecolors='k', s=100,
    label='Training samples')

    if user_point is not None:
        plt.scatter(user_point[0], user_point[1], color='yellow', marker='*', s=250,
        edgecolors='black', label=f'Pred: {user_class}')

    plt.xlim([-10, 10])
    plt.ylim([-10, 10])
    plt.grid(True, linestyle='--', alpha=0.5)
    plt.legend(loc='upper left')
    plt.title("Perceptron Decision Boundary (S=0)")

plot_current_state()
plt.show(block=False)

print("\nInput coordinates (x1, x2) from -7 to 7")
try:
    while True:
        line = input("Input x1 x2 (or 'exit'): ")
        if line.lower() == 'exit': break

        parts = line.split()
        if len(parts) != 2: continue

        coords = [float(p) for p in parts]
        user_x = np.array([[-1, coords[0]], coords[1]]))

        pred = p.prediction(user_x)[0]

        print(f"Result: {pred} (Class {'1' if pred > 0 else '0'})")

        plt.subplot(1, 2, 1)
        plt.cla()
        plot_current_state(coords, pred)
        plt.draw()
        plt.pause(0.1)
except ValueError:
    print("Invalid input.")

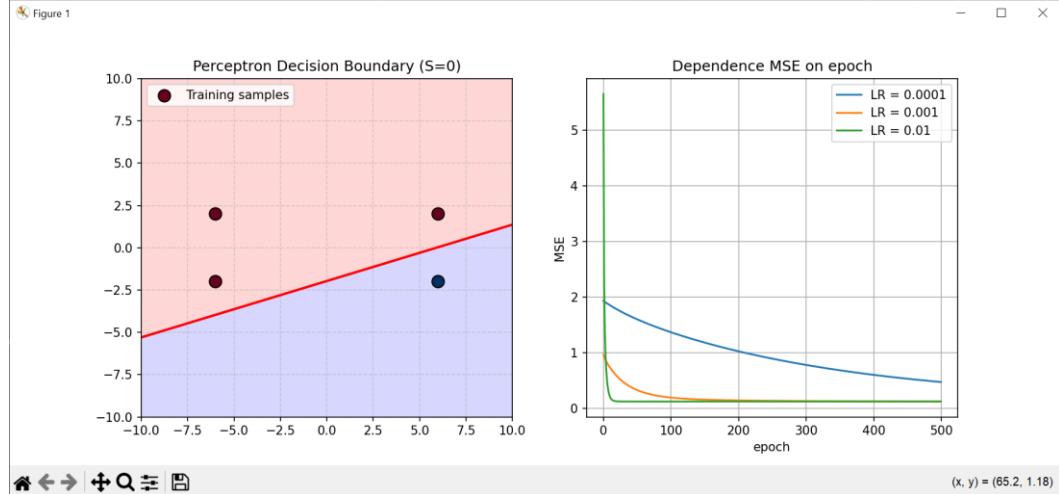
plt.show()

```

Результат:

Синее – класс 1

Красное – класс -1



Вывод: Изучил принципы бинарной классификации и реализовал однослойную нейронную сеть (персептрон) для решения задачи классификации с использованием пороговой функции активации, а также исследовать процесс обучения модели с применением среднеквадратичной ошибки (MSE).