

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

**Лабораторная работа №1**  
По дисциплине : «Модели решения задач в ИС»  
По теме : «Бинарная классификация»

**Выполнил:**  
студент 3 курса  
группы ИИ-26  
Згера Е. А.  
**Проверил:**  
Адренко 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).

### Вариант 5:

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

### Ход работы :

#### Код программы:

```

import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

def load_custom_dataset():
    data = [
        [2, 6, 0],
        [-2, 6, 1],
        [2, -6, 0],
        [-2, -6, 0]
    ]
    X = np.array([[point[0], point[1]] for point in data])
    y = np.array([point[2] for point in data])

    return X, y

def step_function(x):
    return 1 if x >= 0 else 0

class Adaline:
    def __init__(self, input_size, learning_rate=0.001):
        self.weights = np.random.randn(input_size) * 0.01
        self.bias = np.random.randn() * 0.01
        self.learning_rate = learning_rate
        self.mse_history = []

    def linear_output(self, x):
        return np.dot(x, self.weights) + self.bias

    def predict(self, x):
        z = self.linear_output(x)
        return step_function(z)

    def fit(self, X, y, epochs=50):
        n_samples = X.shape[0]

        print("Начальные параметры:")
        print(f" Веса: {self.weights}")
        print(f" Смещение: {self.bias:.4f}")
        print("-" * 40)

        for epoch in range(epochs):
            total_error = 0

            for i in range(n_samples):
                linear_z = self.linear_output(X[i])
                error = y[i] - linear_z
                total_error += error ** 2

                weight_update = self.learning_rate * error * X[i]
                bias_update = self.learning_rate * error

                self.weights += weight_update
                self.bias += bias_update

            mse = total_error / n_samples
            self.mse_history.append(mse)

            if epoch < 5 or epoch >= epochs-5:
                print(f"\nЭпоха {epoch + 1}:")
                print(f" Веса: {self.weights}, Смещение: {self.bias:.4f}")
                print(f" MSE: {mse:.6f}")
                print("-" * 40)

    def decision_boundary(self, x):
        if abs(self.weights[1]) < 1e-10:
            return np.full_like(x, np.nan)
        return (-self.weights[0] * x - self.bias) / self.weights[1]

    def visualize_results(X, y, adaline):
        plt.figure(figsize=(10, 4))

        x_min, x_max = X[:, 0].min() - 1, X[:, 0].max() + 1
        y_min, y_max = X[:, 1].min() - 1, X[:, 1].max() + 1

```

```

plt.subplot(1, 2, 1)
epochs = range(1, len(adaline.mse_history) + 1)
plt.plot(epochs, adaline.mse_history, 'b-o', linewidth=2, markersize=2)
plt.xlabel('Номер эпохи')
plt.ylabel('MSE')
plt.title('Снижение ошибки по эпохам')
plt.grid(True)

plt.subplot(1, 2, 2)
colors = ['red' if label == 0 else 'blue' for label in y]
plt.scatter(X[:, 0], X[:, 1], c=colors, edgecolors='k', s=150)

predictions = [adaline.predict(x) for x in X]
for i, (x, y_val) in enumerate(X):
    plt.text(x, y_val, f'Предск.: {predictions[i]}\nИстина: {y[i]}',
              ha='center', va='bottom', fontsize=9,
              bbox=dict(boxstyle='round,pad=0.3', facecolor='white', alpha=0.8))

x_vals = np.linspace(x_min, x_max, 100)
y_vals = adaline.decision_boundary(x_vals)
if not np.isnan(y_vals[0]):
    plt.plot(x_vals, y_vals, 'g--', linewidth=2, label='Разделяющая линия')

xx, yy = np.meshgrid(np.linspace(x_min, x_max, 100),
                     np.linspace(y_min, y_max, 100))
grid_points = np.c_[xx.ravel(), yy.ravel()]
grid_predictions = np.array([adaline.predict(p) for p in grid_points])
grid_predictions = grid_predictions.reshape(xx.shape)

plt.contourf(xx, yy, grid_predictions, alpha=0.2, cmap=plt.cm.RdYlBu)
plt.xlabel('x1')
plt.ylabel('x2')
plt.title('Классификация и разделяющая линия')
plt.xlim(x_min, x_max)
plt.ylim(y_min, y_max)
plt.grid(True)
plt.legend()

plt.tight_layout()
plt.show()

if __name__ == "__main__":
    X, y = load_custom_dataset()

    print("ADALINE С ПРАВИЛОМ ВИДРОУ-ХОФФА")

    print("ОБУЧАЮЩАЯ ВЫБОРКА:")
    for i in range(len(X)):
        print(f" Точка {i+1}: ({X[i,0]}, {X[i,1]}) -> Класс {y[i]}")

    print("ПАРАМЕТРЫ ОБУЧЕНИЯ:")
    print(f" Количество эпох: 50")
    print(f" Learning rate: 0.001")

    adaline = Adaline(input_size=2, learning_rate=0.001)
    adaline.fit(X, y, epochs=50)

    print("РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ")

    print(f"Финальные параметры модели:")
    print(f" Веса: w1 = {adaline.weights[0]:.6f}, w2 = {adaline.weights[1]:.6f}")
    print(f" Смещение (bias): {adaline.bias:.6f}")

    print(f"Уравнение разделяющей линии:")
    print(f" {adaline.weights[0]:.4f}*x1 + {adaline.weights[1]:.4f}*x2 + {adaline.bias:.4f} = 0")

    print(f"MSE по эпохам (первые/последние 5):")
    for epoch, mse in enumerate(adaline.mse_history[:5], 1):
        print(f" Эпоха {epoch:2d}: {mse:.6f}")
    print(" ...")
    for epoch, mse in enumerate(adaline.mse_history[-5:], len(adaline.mse_history)-4):
        print(f" Эпоха {epoch:2d}: {mse:.6f}")

    print(f"Классификация обучающих данных:")
    correct_count = 0
    for i in range(len(X)):
        prediction = adaline.predict(X[i])
        is_correct = prediction == y[i]
        if is_correct:
            correct_count += 1

    print(f" ({X[i,0]}, {X[i,1]}) -> предсказание: {prediction}")

    accuracy = correct_count / len(X) * 100
    print(f"\nТочность на обучающей выборке: {accuracy:.1f}% ({correct_count}/{len(X)})")

print("\nВИЗУАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ")

visualize_results(X, y, adaline)

```

## Результат тестирования:

Финальные параметры модели:

Веса:  $w_1 = -0.071280, w_2 = 0.041115$

Смещение (bias): 0.051918

Уравнение разделяющей линии:

$$-0.0713*x_1 + 0.0411*x_2 + 0.0519 = 0$$

MSE по эпохам (первые/последние 5):

Эпоха 1: 0.255673

Эпоха 2: 0.235483

Эпоха 3: 0.219865

Эпоха 4: 0.207674

Эпоха 5: 0.198055

...

Эпоха 46: 0.121421

Эпоха 47: 0.120644

Эпоха 48: 0.119883

Эпоха 49: 0.119139

Эпоха 50: 0.118410

Классификация обучающих данных:

(2, 6) -> предсказание: 1

(-2, 6) -> предсказание: 1

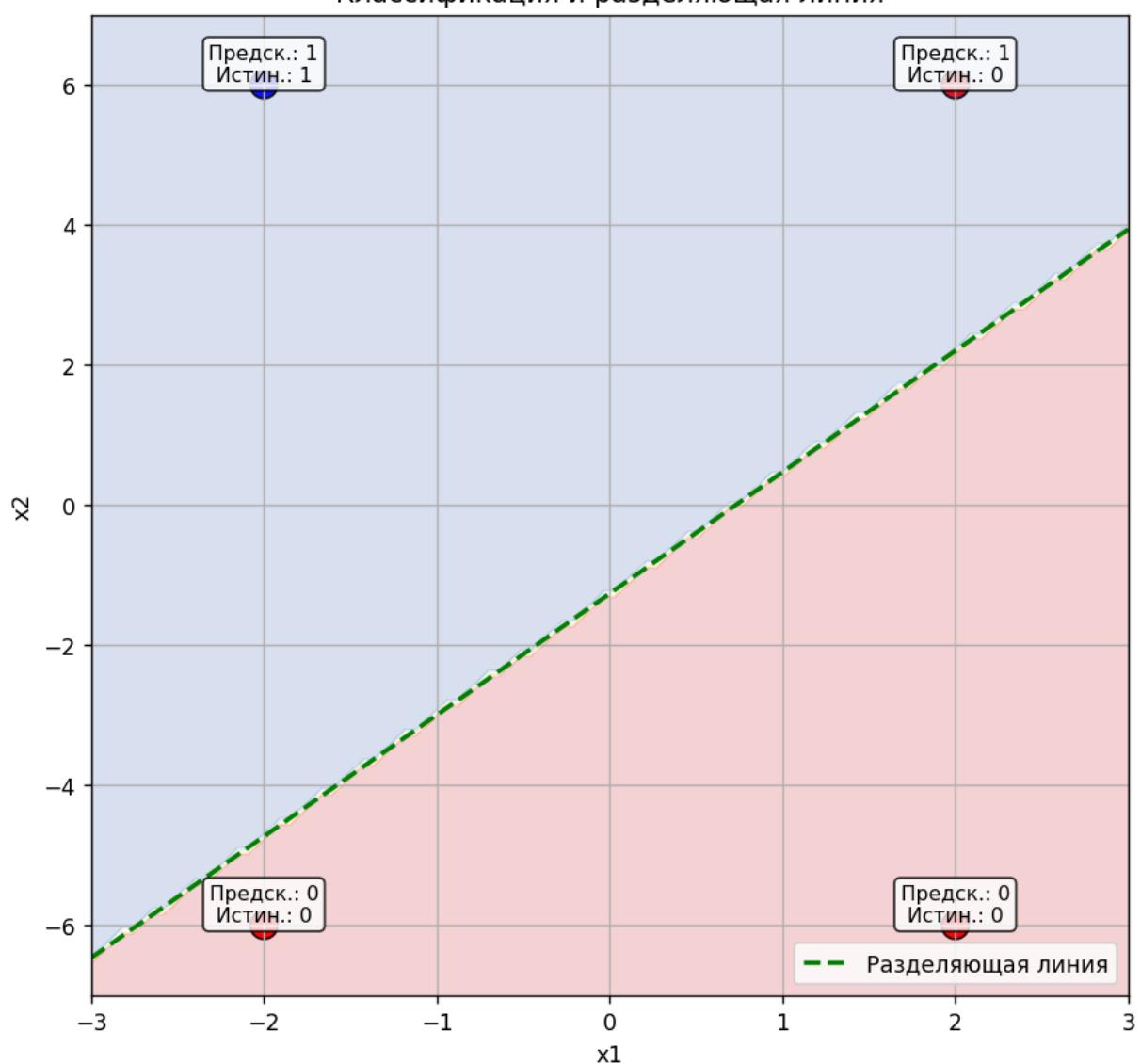
(2, -6) -> предсказание: 0

(-2, -6) -> предсказание: 0

Точность на обучающей выборке: 75.0% (3/4)

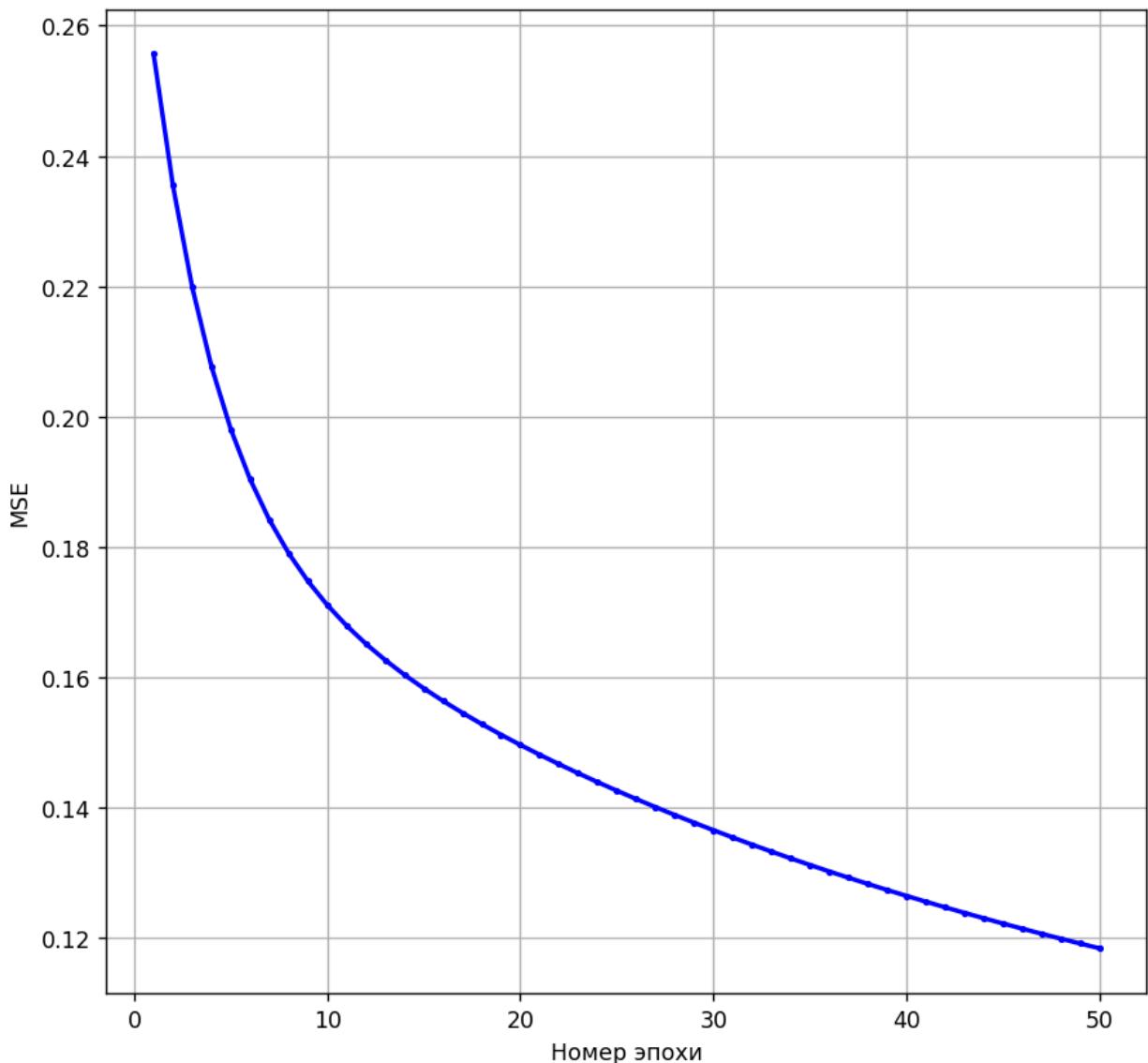
### График с разделяющей поверхностью:

Классификация и разделяющая линия



## График изменения ошибки:

Снижение ошибки по эпохам



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