

```
1 import numpy as np
```

Определим исходные данные

```
1 X = np.array([[1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1], # для умножения на intercept
2               [1, 1, 2, 1, 3, 0, 5, 10, 1, 2]]) # стаж
3 # средний балл ЕГЭ (целевая переменная)
4 y = [45, 55, 50, 59, 65, 35, 75, 80, 50, 60]
```

Предопределим функцию

```
1 def calc_mse(y, y_pred):
2     err = np.mean((y - y_pred)**2)
3     return err
```

▼ Домашние задания

Подберите скорость обучения (alpha) и количество итераций:

```
1 n = X.shape[1]
2 alpha = 2e-3
3 w = np.array([1, 0.5])
4
5 for i in range(6000):
6     y_pred = np.dot(w, X)
7     err = calc_mse(y, y_pred)
8     for j in range(w.shape[0]):
9         w[j] -= alpha * (1/n * 2 * np.sum(X[j] * (y_pred - y)))
10    if i % 400 == 0:
11        print(f"итераций = {i:5d}, w1 = {w[0]:.5f}, w2 = {w[1]:.5f}, ошибка = {err:.6f}")
```

```
итераций =      0, w1 = 1.22040, w2 = 1.18000, ошибка = 3173.150000
итераций =   400, w1 = 28.09451, w2 = 7.44462, ошибка = 243.660917
итераций =   800, w1 = 38.90961, w2 = 5.44753, ошибка = 83.330689
итераций =  1200, w1 = 43.61286, w2 = 4.57904, ошибка = 53.009250
итераций =  1600, w1 = 45.65820, w2 = 4.20136, ошибка = 47.274900
итераций =  2000, w1 = 46.54767, w2 = 4.03711, ошибка = 46.190427
итераций =  2400, w1 = 46.93448, w2 = 3.96568, ошибка = 45.985333
итераций =  2800, w1 = 47.10270, w2 = 3.93462, ошибка = 45.946546
итераций =  3200, w1 = 47.17585, w2 = 3.92111, ошибка = 45.939211
итераций =  3600, w1 = 47.20766, w2 = 3.91523, ошибка = 45.937824
итераций =  4000, w1 = 47.22150, w2 = 3.91268, ошибка = 45.937561
итераций =  4400, w1 = 47.22751, w2 = 3.91157, ошибка = 45.937512
итераций =  4800, w1 = 47.23013, w2 = 3.91109, ошибка = 45.937502
итераций =  5200, w1 = 47.23127, w2 = 3.91088, ошибка = 45.937500
итераций =  5600, w1 = 47.23176, w2 = 3.91078, ошибка = 45.937500
```

2. В этом коде мы избавляемся от итераций по весам, но тут есть ошибка, исправьте

```
1 w = np.array([1, 0.5])
2
3 for i in range(6000):
4     y_pred = np.dot(w, X)
5     err = calc_mse(y, y_pred)
6     w -= (alpha * (1/n * 2 * np.sum(X * (y_pred - y), axis=1)))
7     # добавлен аргумент axis=1, чтобы считался вектор, а не сумма всех элементов матр
8
9     if i % 100 == 0:
10        print(f"итераций = {i:5d}, w1 = {w[0]:.5f}, w2 = {w[1]:.5f}, ошибка = {err:.6f}
```

```
итераций =      0, w1 = 1.22040, w2 = 1.18000, ошибка = 3173.150000
итераций =    100, w1 = 11.49159, w2 = 10.48818, ошибка = 735.402902
итераций =    200, w1 = 18.21165, w2 = 9.26953, ошибка = 500.601854
итераций =    300, w1 = 23.66557, w2 = 8.26246, ошибка = 345.767101
итераций =    400, w1 = 28.09451, w2 = 7.44462, ошибка = 243.660917
итераций =    500, w1 = 31.69110, w2 = 6.78049, ошибка = 176.326726
итераций =    600, w1 = 34.61178, w2 = 6.24116, ошибка = 131.923017
итераций =    700, w1 = 36.98356, w2 = 5.80319, ошибка = 102.640875
итераций =    800, w1 = 38.90961, w2 = 5.44753, ошибка = 83.330689
итераций =    900, w1 = 40.47369, w2 = 5.15871, ошибка = 70.596537
итераций =   1000, w1 = 41.74383, w2 = 4.92417, ошибка = 62.198967
итераций =   1100, w1 = 42.77526, w2 = 4.73371, ошибка = 56.661167
итераций =   1200, w1 = 43.61286, w2 = 4.57904, ошибка = 53.009250
итераций =   1300, w1 = 44.29304, w2 = 4.45344, ошибка = 50.600984
итераций =   1400, w1 = 44.84540, w2 = 4.35145, ошибка = 49.012847
итераций =   1500, w1 = 45.29395, w2 = 4.26862, ошибка = 47.965546
итераций =   1600, w1 = 45.65820, w2 = 4.20136, ошибка = 47.274900
итераций =   1700, w1 = 45.95399, w2 = 4.14673, ошибка = 46.819452
итераций =   1800, w1 = 46.19420, w2 = 4.10238, ошибка = 46.519106
итераций =   1900, w1 = 46.38926, w2 = 4.06636, ошибка = 46.321041
итераций =   2000, w1 = 46.54767, w2 = 4.03711, ошибка = 46.190427
итераций =   2100, w1 = 46.67630, w2 = 4.01335, ошибка = 46.104294
итераций =   2200, w1 = 46.78076, w2 = 3.99406, ошибка = 46.047492
итераций =   2300, w1 = 46.86559, w2 = 3.97840, ошибка = 46.010035
итераций =   2400, w1 = 46.93448, w2 = 3.96568, ошибка = 45.985333
итераций =   2500, w1 = 46.99042, w2 = 3.95535, ошибка = 45.969044
итераций =   2600, w1 = 47.03585, w2 = 3.94696, ошибка = 45.958302
итераций =   2700, w1 = 47.07274, w2 = 3.94015, ошибка = 45.951218
итераций =   2800, w1 = 47.10270, w2 = 3.93462, ошибка = 45.946546
итераций =   2900, w1 = 47.12702, w2 = 3.93013, ошибка = 45.943466
итераций =   3000, w1 = 47.14678, w2 = 3.92648, ошибка = 45.941434
итераций =   3100, w1 = 47.16282, w2 = 3.92351, ошибка = 45.940094
итераций =   3200, w1 = 47.17585, w2 = 3.92111, ошибка = 45.939211
итераций =   3300, w1 = 47.18643, w2 = 3.91916, ошибка = 45.938628
итераций =   3400, w1 = 47.19502, w2 = 3.91757, ошибка = 45.938244
итераций =   3500, w1 = 47.20200, w2 = 3.91628, ошибка = 45.937991
итераций =   3600, w1 = 47.20766, w2 = 3.91523, ошибка = 45.937824
итераций =   3700, w1 = 47.21226, w2 = 3.91439, ошибка = 45.937713
итераций =   3800, w1 = 47.21600, w2 = 3.91370, ошибка = 45.937641
итераций =   3900, w1 = 47.21903, w2 = 3.91314, ошибка = 45.937593
итераций =   4000, w1 = 47.22150, w2 = 3.91268, ошибка = 45.937561
итераций =   4100, w1 = 47.22350, w2 = 3.91231, ошибка = 45.937540
итераций =   4200, w1 = 47.22512, w2 = 3.91201, ошибка = 45.937527
итераций =   4300, w1 = 47.22644, w2 = 3.91177, ошибка = 45.937518
итераций =   4400, w1 = 47.22751, w2 = 3.91157, ошибка = 45.937512
итераций =   4500, w1 = 47.22838, w2 = 3.91141, ошибка = 45.937508
```

```

итераций = 4600, w1 = 47.22909, w2 = 3.91128, ошибка = 45.937505
итераций = 4700, w1 = 47.22966, w2 = 3.91117, ошибка = 45.937503
итераций = 4800, w1 = 47.23013, w2 = 3.91109, ошибка = 45.937502
итераций = 4900, w1 = 47.23051, w2 = 3.91102, ошибка = 45.937501
итераций = 5000, w1 = 47.23082, w2 = 3.91096, ошибка = 45.937501
итераций = 5100, w1 = 47.23106, w2 = 3.91091, ошибка = 45.937501
итераций = 5200, w1 = 47.23127, w2 = 3.91088, ошибка = 45.937500
итераций = 5300, w1 = 47.23143, w2 = 3.91085, ошибка = 45.937500
итераций = 5400, w1 = 47.23157, w2 = 3.91082, ошибка = 45.937500
итераций = 5500, w1 = 47.23167, w2 = 3.91080, ошибка = 45.937500
итераций = 5600, w1 = 47.23176, w2 = 3.91078, ошибка = 45.937500
итераций = 5700, w1 = 47.23183, w2 = 3.91077, ошибка = 45.937500
итераций = 5800, w1 = 47.23189, w2 = 3.91076, ошибка = 45.937500

```

3. Вместо того, чтобы задавать количество итераций, задайте условие остановки алгоритма - когда ошибка за итерацию начинает изменяться ниже определенного порога

```

1  w = np.array([1, 0.5])
2  # Задаем порог, после которого считаем, что ошибка уже не изменяется
3  min_error_gain = 1e-6
4  # Задаем изначальную ошибку как бесконечность
5  prev_err = 0
6  err = np.inf
7  # Задаем максимальное количество итераций
8  i_max = 100000
9  i = 0
10 while (i < i_max and (prev_err - err) > min_error_gain) or err == np.inf:
11     y_pred = np.dot(w, X)
12     prev_err = err
13     err = calc_mse(y, y_pred)
14     w -= (alpha * (1/n * 2 * np.sum(X * (y_pred - y), axis=1)))
15     i += 1
16 print(f"Всего выполнено {i:5d} итераций, w1 = {w[0]:.5f}, w2 = {w[1]:.5f}, ошибка = {
17

```

Всего выполнено 3674 итераций, w1 = 47.21111, w2 = 3.91460, ошибка = 45.937739

✓ 0 сек. выполнено в 23:00

