Ушаков Владимир Александрович, группа МПиКИ

Лабораторная работа № 3

**Нейронные сети**

**Цель работы:**

Целью лабораторной работы является изучение структуры нейронных сетей, способов оценки их качества и обучения.

Код:

import math  
  
tabl3 = [  
 [1, 0, None, 0.02],  
 [1, 0, 0, 0.12],  
 [1, 0, 1, 0.35],  
 [1, 1, None, -0.015],  
 [1, 1, 0, -0.5],  
 [1, 1, 1, 0.24],  
 [2, 0, None, -0.084],  
 [2, 0, 0, -0.33],  
 [2, 0, 1, 0.27],  
 [2, 1, None, 0.037],  
 [2, 1, 0, -0.08],  
 [2, 1, 1, 0.79],  
 [3, 0, None, 0.04],  
 [3, 0, 0, 0.062],  
 [3, 0, 1, 0.64],  
]  
  
x = []  
  
delta = [None, None, None]  
  
n = 0.8  
  
A = 1  
a = [0, 1]  
  
  
def f(s):  
 return 1 / (1 + math.exp(-A \* s))  
  
  
def w(n, q, i, j):  
 return -n \* delta[q - 1][j] \* (1 if i is None else x[(q - 2) \* 2 + i][-1])  
  
  
def iterachiya(index):  
 global tabl3, x, delta, n, A, a  
  
 print()  
 print()  
 print()  
 print('$' \* 30 + ' ' \* 10 + f'Итерация {index + 1}' + ' ' \* 10 + '$' \* 30)  
 print()  
 print()  
 print()  
  
 if index == 2:  
 a = [1, 1]  
  
 x = []  
 print('Таблица 3')  
 for line in tabl3:  
 print(\*line)  
 print()  
  
 first\_layer = [(1, i, f(tabl3[1 + 3 \* i][-1] \* a[0] +  
 tabl3[2 + 3 \* i][-1] \* a[1] +  
 tabl3[0 + 3 \* i][-1]))  
 for i in range(2)] # Расчет 1 слоя  
  
 x += first\_layer  
  
 second\_layer = [(2, i, f(tabl3[7 + 3 \* i][-1] \* first\_layer[0][-1] +  
 tabl3[8 + 3 \* i][-1] \* first\_layer[1][-1] +  
 tabl3[6 + 3 \* i][-1])) # Расчет 2 слоя  
 for i in range(2)]  
 x += second\_layer  
  
 output\_layer = (3, 0, f(tabl3[13][-1] \* second\_layer[0][-1] +  
 tabl3[14][-1] \* second\_layer[1][-1] +  
 tabl3[12][-1])) # Расчет выходного слоя  
 x.append(output\_layer)  
  
 print('Таблица 4')  
 for line in x:  
 print(\*line)  
 print()  
  
 y = 1  
 E2 = 0.5 \* ((y - x[-1][-1]) \*\* 2)  
 print(f'Ошибка ИНС E2={E2}')  
 print()  
  
 delta[2] = [A \* x[-1][-1] \* (1 - x[-1][-1]) \* (x[-1][-1] - y)]  
 print(f'delta3 {delta[2]}')  
  
 delta[1] = [A \* x[-3 + i][-1] \* (1 - x[-3 + i][-1]) \* delta[2][0] \* tabl3[4 \* 3 + 1 + i][-1] for i in range(2)]  
 print(f'delta2 {delta[1]}')  
  
 delta[0] = [A \* x[-5 + i][-1] \* (1 - x[-5 + i][-1]) \* sum(  
 [delta[1][j] \* tabl3[2 \* 3 + 1 + i + j \* 3][-1] for j in range(2)]) for i in range(2)]  
 print(f'delta1 {delta[0]}')  
 print()  
  
 res = []  
  
 print('Новые веса связей ИНС')  
 for q in [1, 2, 3]:  
 for j in [0, 1]:  
 for i in [None, 0, 1]:  
 founded = list(filter(lambda x: x[0] == q and x[1] == j and x[2] == i, tabl3))  
 if len(founded) != 0:  
 aaa = founded[0][-1]  
 print(f"{i} {j} {q} {aaa + w(n, q, i, j)}")  
 res.append([q, j, i, aaa + w(n, q, i, j)])  
  
 tabl3 = res  
  
  
if \_\_name\_\_ == '\_\_main\_\_':  
 for i in range(3):  
 iterachiya(i)

Пояснения к коду:

Мною были воспроизведены формулы из методического пособия.

При старте скрипта объявляются глобальные переменные tabl3 – таблица с начальными весами нейронной сети, x – таблица со значениями выходов нейронов, delta – ошибки нейронов для каждого слоя, n – скорость обучения, A – константа для логсигмоидной функции, a – входные значения для нейронной сети x1, x2

Функция f является функцией активации, функция w предназначена для расчета изменения веса нейрона.

Весь код расположен в функции iterachiya, внутри которой происходит одна итерация обучения нейронной сети с вычислением выходных значений каждого нейрона, вычислению ошибки ИНС, расчету ошибки нейронов и перерасчету весов. На 3 итерации, согласно условию задания, я изменяю входные данные на x1 = 1, x2 = 1, y = 1 (в условии в начале функции iterachiya).

Результат выполнения программы:

$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$ Итерация 1 $$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$

Таблица 3

1 0 None 0.02

1 0 0 0.12

1 0 1 0.35

1 1 None -0.015

1 1 0 -0.5

1 1 1 0.24

2 0 None -0.084

2 0 0 -0.33

2 0 1 0.27

2 1 None 0.037

2 1 0 -0.08

2 1 1 0.79

3 0 None 0.04

3 0 0 0.062

3 0 1 0.64

Таблица 4

1 0 0.5914589784327801

1 1 0.5560138905446199

2 0 0.4677802801658073

2 1 0.6056191497331865

3 0 0.6122069678751251

Ошибка ИНС E2=0.07519171788230214

delta3 [-0.09206578722809203]

delta2 [-0.0014210940863678048, -0.014073226037216236]

delta1 [0.0003853645279348117, -0.0028392992556389]

Новые веса связей ИНС

None 0 1 0.01969170837765215

0 0 1 0.11981329268980383

1 0 1 0.34981126172066107

None 1 1 -0.01272856059548888

0 1 1 -0.49862437279916955

1 1 1 0.24139059103054783

None 0 2 -0.08286312473090576

0 0 2 -0.329327584914736

1 0 2 0.2706321184414331

None 1 2 0.04825858082977299

0 1 2 -0.07334101128381959

1 1 2 0.7962599273291732

None 0 3 0.11365262978247362

0 0 3 0.096453247794594

1 0 3 0.6846054430244749

$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$ Итерация 2 $$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$

Таблица 3

1 0 None 0.01969170837765215

1 0 0 0.11981329268980383

1 0 1 0.34981126172066107

1 1 None -0.01272856059548888

1 1 0 -0.49862437279916955

1 1 1 0.24139059103054783

2 0 None -0.08286312473090576

2 0 0 -0.329327584914736

2 0 1 0.2706321184414331

2 1 None 0.04825858082977299

2 1 0 -0.07334101128381959

2 1 1 0.7962599273291732

3 0 None 0.11365262978247362

3 0 0 0.096453247794594

3 0 1 0.6846054430244749

Таблица 4

1 0 0.5913388730283515

1 1 0.5569177219199724

2 0 0.4683206167371724

2 1 0.61024458980365

3 0 0.6402847935295433

Ошибка ИНС E2=0.06469751488304167

delta3 [-0.08284966991752576]

delta2 [-0.0019897601810511378, -0.013490474344533682]

delta1 [0.00039745070082845786, -0.002783559938858082]

Новые веса связей ИНС

None 0 1 0.019373747816989386

0 0 1 0.11961925897788844

1 0 1 0.3496076764087266

None 1 1 -0.010501712644402415

0 1 1 -0.4972654508847037

1 1 1 0.2428164079111309

None 0 2 -0.08127131658606485

0 0 2 -0.3283862868802884

1 0 2 0.27151862460719156

None 1 2 0.059050960305399934

0 1 2 -0.06695905776740804

1 1 2 0.8022703947208352

None 0 3 0.17993236571649424

0 0 3 0.12749341460439145

1 0 3 0.7250522932918255

$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$ Итерация 3 $$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$

Таблица 3

1 0 None 0.019373747816989386

1 0 0 0.11961925897788844

1 0 1 0.3496076764087266

1 1 None -0.010501712644402415

1 1 0 -0.4972654508847037

1 1 1 0.2428164079111309

2 0 None -0.08127131658606485

2 0 0 -0.3283862868802884

2 0 1 0.27151862460719156

2 1 None 0.059050960305399934

2 1 0 -0.06695905776740804

2 1 1 0.8022703947208352

3 0 None 0.17993236571649424

3 0 0 0.12749341460439145

3 0 1 0.7250522932918255

Таблица 4

1 0 0.6197767337078811

1 1 0.4341470946073506

2 0 0.45836700054106927

2 1 0.5904569385037468

3 0 0.6607152639129649

Ошибка ИНС E2=0.05755706607082454

delta3 [-0.07605766419808158]

delta2 [-0.002407405212051464, -0.013335217917335612]

delta1 [0.00039671624069752666, -0.0027887968727002173]

Новые веса связей ИНС

None 0 1 0.019056374824431364

0 0 1 0.11943186389233885

1 0 1 0.34939798322818977

None 1 1 -0.00827067514624224

0 1 1 -0.49594811931385296

1 1 1 0.24429048844052753

None 0 2 -0.07934539241642367

0 0 2 -0.32719264388905916

1 0 2 0.2723547589898753

None 1 2 0.06971913463926843

0 1 2 -0.06034717152413678

1 1 2 0.8069019516126489

None 0 3 0.2407784970749595

0 0 3 0.15538327332969906

1 0 3 0.7609793137335418

Так можно судить о корректности программы по совпадению результатов первой итерации с данными, приведенными в методическом пособии. Также следует отметить, что ошибка после 2 итерации составила 0.05755706607082454, что показывает, что нейронная сеть в результате обучения повысила свою точность

Также для удобства чтения вынесу результаты расчетов отдельно:

**delta3**: [-0.08284966991752576]

**delta2**: [-0.0019897601810511378, -0.013490474344533682]

**delta1**: [0.00039745070082845786, -0.002783559938858082]

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Индекс веса** | | **Индекс нейрона** | | **Номер слоя** | | **Вес** |
| None | | 0 | | 1 | | 0.019373747816989386 |
| 0 | | 0 | | 1 | | 0.11961925897788844 |
| 1 | | 0 | | 1 | | 0.3496076764087266 |
| None | | 1 | | 1 | | -0.010501712644402415 |
| 0 | | 1 | | 1 | | -0.4972654508847037 |
| 1 | | 1 | | 1 | | 0.2428164079111309 |
| None | | 0 | | 2 | | -0.08127131658606485 |
| 0 | | 0 | | 2 | | -0.3283862868802884 |
| 1 | | 0 | | 2 | | 0.27151862460719156 |
| None | | 1 | | 2 | | 0.059050960305399934 |
| 0 | | 1 | | 2 | | -0.06695905776740804 |
| 1 | | 1 | | 2 | | 0.8022703947208352 |
| None | | 0 | | 3 | | 0.17993236571649424 |
| 0 | | 0 | | 3 | | 0.12749341460439145 |
| 1 | | 0 | | 3 | | 0.7250522932918255 |
| **Номер слоя** | **Индекс слоя** | | **Значение выхода** | |
| 1 | 0 | | 0.6197767337078811 | |
| 1 | 1 | | 0.4341470946073506 | |
| 2 | 0 | | 0.45836700054106927 | |
| 2 | 1 | | 0.5904569385037468 | |
| 3 | 0 | | 0.6607152639129649 | |

**Ошибка ИНС E2**=0.05755706607082454

**Вывод:**

В результате проведения лабораторной работы была изучена структура нейронной сети, методы ее обучения и оценки качества обучения, а также были произведено обучение нейронной сети. Полученная ошибка в результате новой итерации говорит об успешности повышения точности сети