

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]))
                for i in range(2)] # Расчет 2 слоя

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