**Задача определения максимума**

**Описание**

Нейросеть поиска максимума представляет собой многослойную сеть с прямыми связями. Входные сигналы попарно сравниваются друг с другом. Наибольший сигнал в каждой паре передаётся на следующий слой для дальнейших сравнений. На выходе сети сигнал имеет значение большее нуля. Он соответствует максимальному сигналу на входе сети.

Для эталона приведём схему сети поиска максимума с линейными функциями активации на рисунке ниже. *x1* и *x2* – входные значения сети, на выходе *y* – значение максимального сигнала (*x1* или *x2*). На рисунке проставлены значения синаптических весов. Смещения всех нейронов сети – нулевые.

0.5

0.5

1

0.5

0.5

-1

-1

1

1

x1

x2

y

Теперь необходимо построить и обучить нейронную сеть для поиска максимального значения со следующими функциями активации слоёв:

* PReLU (Parameteric rectified linear unit)
* Linear (Линейная функция)

Входные значения такой сети должны быть всегда больше нуля.

**Решение**

Нейросеть будет состоять из 2 слоёв с разными функциями активации:

* 0 слой = 2 входа
* 1 слой = 3 нейрона, функция активации PReLU,
* 2 слой = 1 нейрон, функция активации линейная Linear,

Используемые функции активации такие:

* PReLU:
* Линейная функция:

Для обучения будет использоваться 30 примеров, при тестировании используется ещё 10 примеров.

Для обучения нейросети использовались следующие параметры:

* Метод инициализации – Нгуен-Видроу (InitG)
* Вид целевой функции – Разность квадратов (MSE)
* Метод обучения – Метод обратного распространения ошибки
* Использование прироста/уменьшения скорости обучения (начальное значение = 0.07; прирост = 1.41; уменьшение = 0.7; увеличение = 1.05)
* Использование регуляризации (уровень = 0.000008)
* Использование инерции (уровень = 0.025)
* Количество эпох обучения = 100000
* Минимальная ошибка обучения = 7.0e-06
* Минимальная тестовая ошибка = 7.0e-06
* Использование случайного перемешивания обучающих примеров

В ходе обучения была получена следующая матрицы весов:

На выходе нейросети получаем значение в разных пределах. Значение должно быль больше нуля. На последней итерации обучения была достигнута следующая энергия:

* Суммовая = 3.51306e-08
* Средняя = 6.24772e-06
* Максимальная = 1.06632e-04
* Регуляризация = 2.80529

После обучения на тренировочном множестве получаем следующую картину:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вход | | Выход | | |
| x | y | output | outrun | outpostrun |
| 0 | 1 | 1 | 1.000006 | 1.000006 |
| 1 | 0 | 1 | 1.000045 | 1.000045 |
| 8 | 12 | 12 | 11.99998 | 11.99998 |
| 12 | 8 | 12 | 12.00002 | 12.00002 |
| 7 | 6 | 7 | 7.000066 | 7.000066 |
| 6 | 7 | 7 | 7.000035 | 7.000035 |
| 2 | 5 | 5 | 4.999969 | 4.999969 |
| 5 | 2 | 5 | 5.000013 | 5.000013 |
| 7 | 5 | 7 | 7.000043 | 7.000043 |
| 5 | 7 | 7 | 7.000007 | 7.000007 |
| 2.5 | 5 | 5 | 4.999983 | 4.999983 |
| 5 | 2.5 | 5 | 5.000024 | 5.000024 |
| 3 | 2 | 3 | 3.000052 | 3.000052 |
| 2 | 3 | 3 | 3.000016 | 3.000016 |
| 4 | 2 | 4 | 4.000032 | 4.000032 |
| 2 | 4 | 4 | 3.999993 | 3.999993 |
| 0 | 8 | 8 | 8.000038 | 8.000038 |
| 8 | 0 | 8 | 7.99991 | 7.99991 |
| 1 | 4 | 4 | 3.999964 | 3.999964 |
| 4 | 1 | 4 | 4.00001 | 4.00001 |
| 9 | 11 | 11 | 11.00003 | 11.00003 |
| 11 | 9 | 11 | 11.00006 | 11.00006 |
| 7 | 7.5 | 7.5 | 7.500051 | 7.500051 |
| 7.5 | 7 | 7.5 | 7.500079 | 7.500079 |
| 2 | 9 | 9 | 8.999876 | 8.999876 |
| 9 | 2 | 9 | 8.999937 | 8.999937 |
| 8 | 5 | 8 | 8.000023 | 8.000023 |
| 5 | 8 | 8 | 7.999984 | 7.999984 |
| 3 | 7 | 7 | 6.999951 | 6.999951 |
| 7 | 3 | 7 | 6.999997 | 6.999997 |
| 0 | 1 | 1 | 1.000006 | 1.000006 |

Теперь посмотрим на тестовое множество:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вход | | Выход | | |
| x | y | output | outrun | outpostrun |
| 3 | 8 | 8 | 7.999928 | 7.999928 |
| 8 | 3 | 8 | 7.999979 | 7.999979 |
| 4 | 7 | 7 | 6.999979 | 6.999979 |
| 7 | 4 | 7 | 7.00002 | 7.00002 |
| 1 | 3 | 3 | 2.999988 | 2.999988 |
| 3 | 1 | 3 | 3.00003 | 3.00003 |
| 10 | 0 | 10 | 9.999872 | 9.999872 |
| 0 | 10 | 10 | 10.00193 | 10.00193 |
| 1 | 9 | 9 | 8.999848 | 8.999848 |
| 9 | 1 | 9 | 8.999914 | 8.999914 |

После обучения нейросеть справляется с задачей нахождения максимального из двух значений с заданной погрешностью.