Учреждение образования

«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»

Кафедра интеллектуальных информационных технологий

**Отчёт по лабораторной работе №2 по курсу «МРЗвИС»**

**на тему: «Предсказание числовых последовательностей нейросетевыми методами.»**

|  |  |
| --- | --- |
| Выполнил студент  группы 921704: | Белоус П.А |
| Проверил: | Ивашенко В.П. |

**МИНСК**

**2021**

*Цель:*

Ознакомиться, проанализировать и получить навыки реализации модели нейронной сети для задачи предсказания числовых последовательностей.

*Вариант:*

Реализовать модель сети Элмана с линейной функцией активации

*Описание модели:*

Пусть задана числовая последовательность: (x0, … xq), где xi = f(t+i\*h). Реализованная модель после обучения на выборке из L = q-p образов (xk, … xk+p), где p < q и k = 0, … q‑p‑1, эталонными значениями для которых являются xk+p+1, обеспечивает прогнозирование p+i-го значения (i > 1), для произвольной последовательности из p+1 значений.

Входные данные модели: ● ***p*** – размер окна;

● ***E*** – максимальная среднеквадратичная ошибка; ● ***α*** – коэффициент обучения;

● ***Q*** – максимальное число итераций;

● ***N*** – количество прогнозируемых значений;

Выводятся результаты следующих вычислений(режим зануления контекстного слоя нейронов ):

● исходные данные;

● матрица весов после обучения на первом слое; ● матрица весов после обучения на втором слое; ● количество шагов обучения;

● ошибка обучения;

● ответы для всех заданных последовательностей.

*Результаты работы программы:*

• **Последовательность (1, 0, -1, 0, 1, 0, -1)**

◦ Количество нейронов скрытого слоя - 2 ◦ Размер окна - 3

◦ Шаг обучения *-* 0,005

◦ Максимально допустимая ошибка — 0.00000001 ◦ Максимальное количество итераций - 10000

**Матрица весов после обучения на первом слое:**

|  |  |
| --- | --- |
| *0.03875144* | *-0.01465376* |
| *0.77561049* | *0.63159122* |
| *0.03696544* | *-0.01244853* |
| *-0.02813558* | *0.01734949* |
| *0.05543876* | *0.0482736* |

**Матрица весов после обучения на втором слое**

|  |  |
| --- | --- |
| *-0.77488356* | *-0.63161585* |

**Количество шагов обучения:** *864*

**Ошибка обучения:** *9.72463515e-09* **Результат:**

*-7.272735797880098e-06, 0.9999299662921295, 1.7049486000758618e-05, -0.9998600270021555,* *-2.682166307603484e-05,* *0.9997900923938329, 3.659247715405087e-05, -0.9997201625816656, -4.636192426980129e-05, 0.9996502375651848*

**Выводы:**

● {введенная последовательность}{ожидаемый результат} -- вывод;

● {1, 0, -1, 0, 1, 0, -1}{0, 1, 0, -1, 0} -- предсказана с погрешностью в 0.1, что с учетом выставленной ошибки является довольно близким к реальности результатом.

• **Последовательность (1, 2, 3, 5, 8, 13, 21)**

◦ Количество нейронов скрытого слоя - 2 ◦ Размер окна - 3

◦ Шаг обучения *-* 0,005

◦ Максимально допустимая ошибка — 0.00000001 ◦ Максимальное количество итераций - 10000

**Матрица весов после обучения на первом слое:**

|  |  |
| --- | --- |
| *1.42605409e-02* | *-1.52383563e-04* |
| *-7.11730077e-01* | *-4.27961024e-01* |
| *-7.13612044e-01* | *-4.70405608e-01* |
| *-1.69860004e-02* | *9.18378260e-02* |
| *-1.60507038e-02* | *4.76506689e-02* |

**Матрица весов после обучения на втором слое**

|  |  |
| --- | --- |
| *-1.00450536* | *-0.63243752* |

**Количество шагов обучения:** *10000*

**Ошибка обучения:** *1.8488546e-08* **Результат:**

*33.9998722894824, 54.999678072662874, 88.99923177058703, 143.99839686921467, 232.99679708576548*

**Выводы:**

● {введенная последовательность}{ожидаемый результат} -- вывод;

● {1, 2, 3, 5, 8, 13, 21}{34, 55, 89, 144, 233} -- предсказана с погрешностью в 0.1, что с учетом выставленной ошибки является довольно близким к ожидаемому результатом;

• **Последовательность (1, 2, 4, 8, 16, 32, 64)** ◦ Количество нейронов скрытого слоя - 2 ◦ Размер окна - 3

◦ Шаг обучения *-* 0.0005

◦ Максимально допустимая ошибка — 0.00000001 ◦ Максимальное количество итераций - 10000

**Матрица весов после обучения на первом слое:**

|  |  |
| --- | --- |
| *1.33969572e-01* | *-3.04954814e-01* |

|  |  |
| --- | --- |
| *1.96158436e-01* | *-6.03737910e-01* |
| *5.72079379e-01* | *-9.62101201e-01* |
| *4.38089256e-04* | *7.51768979e-02* |
| *7.56923852e-02* | *-2.93041888e-02* |

**Матрица весов после обучения на втором слое**

|  |  |
| --- | --- |
| *0.61419735* | *-1.16983051* |

**Количество шагов обучения:** *19*

**Ошибка обучения:** *6.60416752e-09* **Результат:**

*127.9998589673844, 255.99950964863717, 511.9985950879207, 1023.996329557692, 2047.9909459393627, 4095.978463991818, 8191.950071250965, 16383.886429890234, 32767.7454343512, 65535.43601782461*

**Выводы:**

● {введенная последовательность}{ожидаемый результат} -- вывод;

● {1, 2, 4, 8, 16, 32, 64}{128 , 256 , 512 , 1024 , 2048 , 4096} -- предсказана с погрешностью в 0.1, что с учетом выставленной ошибки является близким к ожидаемому результатом;

• **Последовательность (1, 4, 9, 16, 25, 36, 49, 64)** ◦ Количество нейронов скрытого слоя - 2

◦ Размер окна - 5

◦ Шаг обучения *-* 0.00005

◦ Максимально допустимая ошибка — 0.00000001 ◦ Максимальное количество итераций - 1000000

**Матрица весов после обучения на первом слое:**

|  |  |
| --- | --- |
| *1.40599268e-01* | *-3.89867112e-01* |
| *4.28991661e-02* | *4.11746627e-01* |
| *-1.23616792e-01* | *5.40678718e-01* |
| *-7.14903336e-02* | *6.61256586e-04* |
| *1.79289982e-01* | *-1.23608270e+00* |
| *-7.78353952e-02* | *-3.61786504e-02* |
| *4.29814861e-02* | *9.19562835e-02* |

**Матрица весов после обучения на втором слое**

|  |  |
| --- | --- |
| *0.21616352* | *-1.4313083* |

**Количество шагов обучения:** *1000000*

**Ошибка обучения:** *3.42124117e-07* **Результат:**

*80.99798460707848, 99.99092362990692, 120.97341604139166, 143.93728568281858, 168.87144125877714*

**Выводы:**

● {введенная последовательность}{ожидаемый результат} -- вывод;

● {1, 4, 9, 16, 25, 36, 49, 64}{81, 100, 121} -- предсказана с погрешностью в 0.1, что с учетом выставленной ошибки является близким к ожидаемому результатом;

• **Последовательность (1, 2, 5, 15, 52, 203, 877, 4140, 21147)** ◦Количество нейронов скрытого слоя - 2

◦ Размер окна - 5

◦ Шаг обучения *-* 0.000000005

◦ Максимально допустимая ошибка — 0.00000001 ◦ Максимальное количество итераций - 1000000

**Матрица весов после обучения на первом слое:**

|  |  |
| --- | --- |
| *0.24496198* | *0.08678133* |
| *0.40196656* | *0.42938165* |
| *1.26833405* | *1.18310479* |
| *2.56286375* | *2.20334719* |
| *-1.52033787* | *-1.30250875* |
| *0.0957271* | *0.08963421* |
| *-0.02802113* | *0.07818325* |

**Матрица весов после обучения на втором слое**

|  |  |
| --- | --- |
| *-3.22783092* | *-2.81487567* |

**Количество шагов обучения:** *1000000*

**Ошибка обучения:** *681.05190354* **Результат :**

*114308.75841009746, 640795.5586876804, 3671019.8272315254, 21292282.177445237, 124346675.00072832*

**Выводы :**

● {введенная последовательность}{ожидаемый результат} -- вывод;

● {1, 2, 5, 15, 52, 203, 877, 4140, 21147}{115975, 678570, 4213597} --предсказана с достаточно большой погрешностью в несколько тысяч, что не является близким к ожидаемому результатом, однако может дать некоторое представление о разрядности чисел в дальнейшей последовательности;

• **Последовательность (1, 2, 6, 24, 120, 720, 5040, 40320)** ◦ Количество нейронов скрытого слоя - 2

◦ Размер окна - 3

◦ Шаг обучения *-* 0.0000000005

◦ Максимально допустимая ошибка — 0.00000001 ◦ Максимальное количество итераций - 1000000

**Матрица весов после обучения на первом слое:**

|  |  |
| --- | --- |
| *-2.24110389* | *-0.0903486* |
| *-5.51395367* | *-0.27657785* |
| *2.102063* | *0.20429217* |
| *0.01106036* | *0.09371513* |
| *-0.02474826* | *0.03616846* |

**Матрица весов после обучения на втором слое**

|  |  |
| --- | --- |
| *6.30010778* | *0.34044818* |

**Количество шагов обучения:** *1000000*

**Ошибка обучения:** *4748.57316536* **Результат:**

*351026.4743060052, 3197367.511714653, 29768119.251545377, 279956421.7200093, 2644851208.415175, 25037462187.246914, 237229503749.88168, 2248636853273.4897*

**Выводы:**

● {введенная последовательность}{ожидаемый результат} -- вывод;

● {1, 2, 6, 24, 120, 720, 5040, 40320}{362880, 3628800, 39916800, 479001600, 6227020800} -- предсказана с большой погрешностью в несколько тысяч, что не является близким к ожидаемому результатом, однако может дать некоторое представление о виде последовательности и разрядности чисел далее;

• **Последовательность (1, 0, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 0, 1)** ◦ Количество нейронов скрытого слоя - 2

◦ Размер окна - 6

◦ Шаг обучения *-* 0,005

◦ Максимально допустимая ошибка — *0.0000000000001* ◦ Максимальное количество итераций - 1000000

**Матрица весов после обучения на первом слое:**

|  |  |
| --- | --- |
| *0.05511379* | *0.11942328* |
| *0.11952027* | *0.00365432* |
| *-0.9419923* | *-0.25848764* |
| *-0.04917994* | *0.00606175* |
| *-0.08246588* | *0.00804467* |
| *-0.07114264* | *-0.03400845* |
| *0.09469763* | *0.08500669* |
| *0.01438681* | *-0.00297411* |

**Матрица весов после обучения на втором слое**

|  |  |
| --- | --- |
| *-0.94995649* | *-0.25910489* |

**Количество шагов обучения:** *1401*

**Ошибка обучения:** *9.99258323e-09*

**Результат:**

*0.8972825629817495, 1.0231692953960703, -0.0039482573593113204, 1.0064068858050388, 0.7960063288064166, 1.04891184289545, -*

*0.016516149835374836, 1.0780629833866395,*

*1.0196337195409968, -0.03780412932775469,*

*0.6953210072513502, 1.0399307308000083,*

*0.594197699583665, 1.1114789924313286, -0.0680182327844241* **Выводы:**

● {введенная последовательность}{ожидаемый результат} -- вывод;

● {1, 0, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 0, 1}{1, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 0} -- данная последовательность не была предсказана нашей моделью;

*Вывод:*

В ходе лабораторной работы была реализована модель сети Элмана с линейной функцией активации. Практически были предсказаны неизвестные элементы таких числовых последовательностей, как «числа Фибоначчи», «числа Белла» и т.д..

В результате проверки работы реализованной модели можно сделать следующие выводы о том как она предсказывает нижеприведенные последовательности:

● Периодическая, степенная функция и числа Фибоначчи были предсказаны с погрешность < 0.001, что является близким к ожидаемому результату.

● Последовательность Белла: была предсказана с ошибкой > 39 000(для двух предсказанных чисел). Предсказание неточно, однако ожидаемые и предсказанные числа совпадают по разряду.

● Факториальная функция: была предсказана с ошибкой для первого предсказанного числа > 30000. Предсказание неточно, числа по разрядам не совпадают.

● Последовательность (1, 0, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 0, 1): с каждым предсказанным числом погрешность увеличивается.

Рекуррентные нейронные сети имеют синаптические соединения между выходами нейронных элементов последующих слоев с нейронами предшествующих слоев. Такие сети применяются для обработки динамических данных и временных образов, прогнозирования и идентификации систем, распознавания речи, видео, обработки естественного языка.