

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет информатики и  
радиоэлектроники»

Факультет информационных технологий и управления

Кафедра интеллектуальных информационных технологий

**Отчёт по лабораторной работе №2 по курсу «МРЗВИС»**  
**на тему “Предсказание числовых последовательностей**  
**нейросетевыми методами”**

Выполнили студент гр. 821702:

Макаревич Д. А.

Проверил:

Ивашенко В. П.

МИНСК 2020

**Тема:** предсказание числовых последовательностей нейросетевыми методами

**Цель:** Ознакомиться, проанализировать и получить навыки реализации модели нейронной сети для задачи предсказания числовых последовательностей

**Вариант задания: 3**

Дано: Реализовать модель сети Джордана-Элмана с линейной функцией активации

Для обучения нейронной сети Джордана-Элмана использовался метод обратного распространения ошибки.

В лабораторной работе использовалась линейная функция активации  $y=cx$ , где  $c = 1$ .

Считаем, что производная линейной функции активации равна единице.

Для линейной функции активации корректировка весов при методе обратного распространения ошибки происходит следующим образом:

$$W = W - \alpha * [X[i]]^t * dX * [WT]^t;$$

$$W_{chh} = W_{chh} - \alpha * [ContextHiddenLayer]^t * dX * [WT]^t;$$

$$W_{coh} = W_{coh} - \alpha * [ContextOutputLayer]^t * dX * [WT]^t;$$

$$W_t = W_t - \alpha * [hiddenLayerValues]^t * dX;$$

**Обозначения:**

$W$  – веса между входным и скрытым слоем.

$W_{chh}$ ,  $W_{coh}$  – веса между контекстом и скрытым слоем, контекстом и выходом слоем соответственно.

$W_t$  – веса скрытым слоем и выходом.

$\alpha$  – коэффициент обучения.

$dX$  – линейная разница между полученный значением и ожидаемым для набора данных.

$hiddenLayerValues$  – выходы скрытого слоя.

## Примеры обработки:

$P=11$ ,  $k=15$ ,  $m=4$ ,  $r=3$ ,  $\maxError=0.0001$ ,  $\alpha=0.0001$ . Периодическая функция вида  $[(0, -1, 0, 1)]$ . Без зануления контекстных нейронов.

```
Epoch 1 Error: 252.552
Epoch 2 Error: 170.277
Epoch 3 Error: 128.32
Epoch 4 Error: 102.733
Epoch 5 Error: 85.5256
Epoch 6 Error: 73.217
Epoch 7 Error: 64.028
Epoch 8 Error: 56.9492
Epoch 9 Error: 51.3627
Epoch 10 Error: 46.8687
Result sequence:
Result: -0.987665 Expected value: -1 Line error: -0.0123347
Result: -0.00508866 Expected value: 0 Line error: 0.00508866
Result: 1.00328 Expected value: 1 Line error: -0.0032753
```

Рисунок 1 PeriodicFunction

$P=11$ ,  $k=15$ ,  $m=4$ ,  $r=3$ ,  $\maxError=0.0001$ ,  $\alpha=0.0001$ .

Числа Фибоначчи, последовательность вида  $[0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, 377, 610, 987, 1597]$ . Без зануления контекстных нейронов.

```
Epoch 1 Error: 108713
Epoch 2 Error: 84807.6
Epoch 3 Error: 64780.3
Epoch 4 Error: 46837.7
Epoch 5 Error: 30870.9
Epoch 6 Error: 17646.8
Epoch 7 Error: 8231.15
Epoch 8 Error: 3044.75
Epoch 9 Error: 1053.77
Epoch 10 Error: 549.262
Result sequence:
Result: 611.166 Expected value: 610 Line error: -1.16642
Result: 987.333 Expected value: 987 Line error: -0.332719
Result: 1597.23 Expected value: 1597 Line error: -0.229376
```

Рисунок 2 Fibonacci

$P=5, k=7, m=2, r=2, \maxError=0.0001, \alpha=0.000001$ .

Показательная функция, последовательность вида  $y = x^2$  [1, 4, 9, 16, 25, 36, 49, 64, 81]. Без зануления контекстных нейронов.

```
Epoch 170000 Error: 1.33202
Epoch 180000 Error: 0.910601
Epoch 190000 Error: 0.50938
Epoch 200000 Error: 0.231311
Epoch 210000 Error: 0.0877807
Epoch 220000 Error: 0.0292411
Epoch 230000 Error: 0.00896244
Epoch 240000 Error: 0.00261592
Epoch 250000 Error: 0.000742972
Epoch 260000 Error: 0.000207917
Epoch 270000 Error: 5.77265e-05
Epoch 280000 Error: 1.59604e-05
Result sequence:
Result: 64.1562 Expected value: 64 Line error: -0.156235
Result: 78.3138 Expected value: 81 Line error: 2.68616
Result: 96.5585 Expected value: 100 Line error: 6.5585
```

Рисунок 3 PowerFunction

$P=4, k=5, m=1, r=2, \maxError=0.0001, \alpha=0.0000001$ .

Факториал, последовательность вида  $y = !x$  [1, 1, 2, 6, 24, 120, 720, 5040, 40320]. Без зануления контекстных нейронов.

```
Epoch 2 Error: 7417.33
Epoch 3 Error: 7043.92
Epoch 4 Error: 6698.02
Epoch 5 Error: 6265.09
Epoch 6 Error: 5654.05
Epoch 7 Error: 4794.74
Epoch 8 Error: 3677.36
Epoch 9 Error: 2419.19
Epoch 10 Error: 1279.95
Result sequence:
Result: 593.722 Expected value: 720 Line error: 126.278
Result: 6791.7 Expected value: 5040 Line error: -1751.7
Result: 76229.6 Expected value: 40320 Line error: -35909.6
```

Рисунок 4 Factorial

$P=6$ ,  $k=8$ ,  $m=2$ ,  $r=2$ ,  $\max\text{Error}=0.0001$ ,  $\alpha=0.0000001$ .

Числовая последовательность  $y = x \cdot 2$  [2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18].

Без зануления контекстных нейронов.

```
Epoch 870000 Error: 0.00153645
Epoch 880000 Error: 0.00147375
Epoch 890000 Error: 0.00141398
Epoch 900000 Error: 0.00135699
Epoch 910000 Error: 0.00130261
Epoch 920000 Error: 0.00125072
Epoch 930000 Error: 0.00120118
Epoch 940000 Error: 0.00115387
Epoch 950000 Error: 0.00110868
Epoch 960000 Error: 0.00106549
Epoch 970000 Error: 0.00102421
Epoch 980000 Error: 0.000984737
Epoch 990000 Error: 0.000946983
Epoch 1000000 Error: 0.000910863
Result sequence:
Result: 18.7957 Expected value: 18 Line error: -0.795694
Result: 21.0873 Expected value: 20 Line error: -1.08728
```

Рисунок 5 Arithmetic sequence

## Выводы

В данной работе была реализована сеть Джордана-Элмана с линейной функцией активации для прогнозирования числовых последовательностей, которая обучается по алгоритму обратного распространения ошибки. Можно сделать вывод, что периодическую последовательность вида  $[(0, -1, 0, 1,)]$  реализованная модель сети Джордана-Элмана предсказывает с малой погрешностью, также хорошо справляется с числами Фибоначчи и арифметической прогрессией, а последовательность показательной функции и особенно факториала поддаются прогнозированию намного хуже, чем описанные выше последовательности.