

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
«Брестский государственный технический университет»  
Кафедра ИИТ

Лабораторная работа №6  
По дисциплине: «Основы машинного обучения»  
Тема: **«Рекуррентные нейронные сети»**

Выполнил:  
3-го курса  
Группы АС-65  
Вавдийчик Н.Д.  
Проверил:  
Крощенко А.А.

Цель работы: Исследование применения рекуррентных искусственных нейронных сетей

Ход работы

Задание:

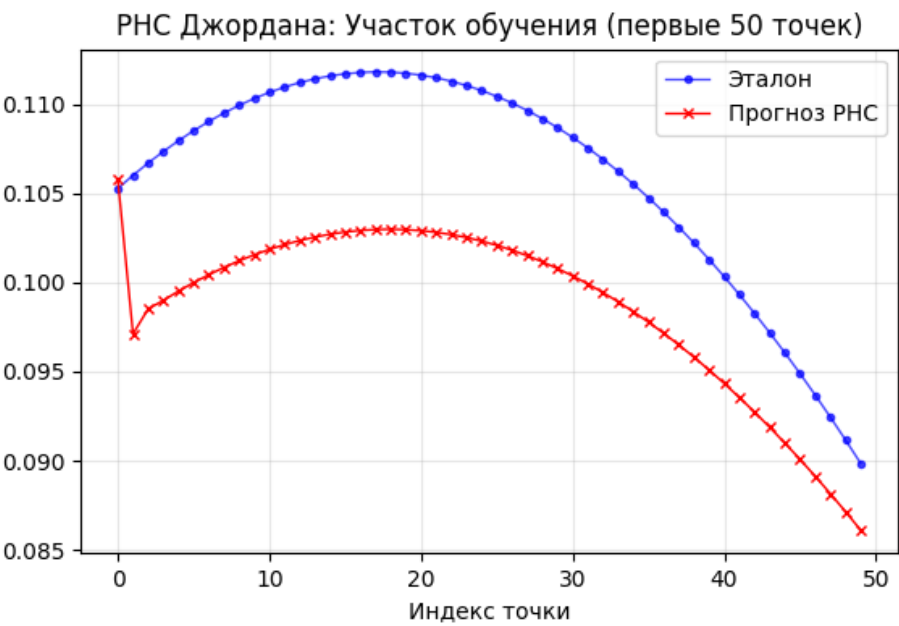
1. По вариантам предыдущей лабораторной работы реализовать предложенный вариант рекуррентной нейронной сети. Сравнить полученные результаты с ЛР 5.

$$y = a \cos(bx) + c \sin(dx)$$

1	0.1	0.1	0.05	0.1	6	2	Элмана
---	-----	-----	------	-----	---	---	--------

В качестве функций активации для скрытого слоя использовать сигмоидную функцию, для выходного – линейную

График прогнозируемой функции на участке обучения:



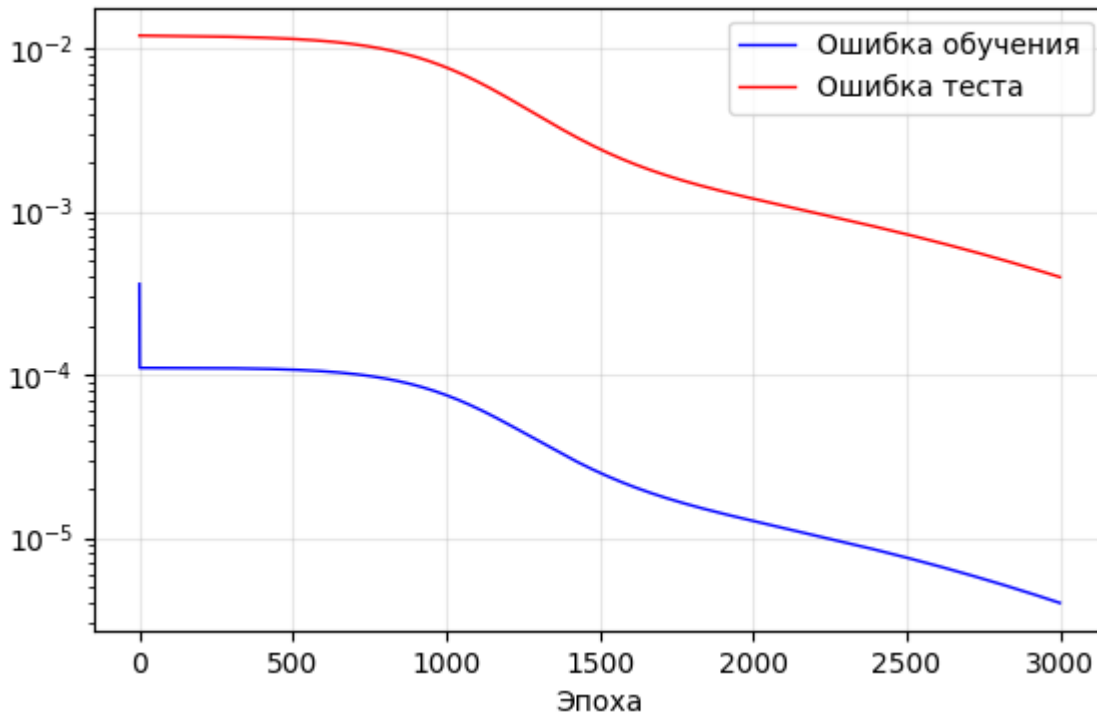
Результаты обучения: таблицу со столбцами: эталонное значение, полученное значение, отклонение; график изменения ошибки в зависимости от итерации.

```
=== РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ РНС ДЖОРДАНА ===
Первые 10 записей:
Эталон    Прогноз    Отклонение
0 0.105271 0.105754   0.000483
1 0.106004 0.097119   0.008885
2 0.106694 0.098515   0.008179
3 0.107341 0.098991   0.008350
4 0.107946 0.099510   0.008436
5 0.108507 0.099988   0.008519
6 0.109025 0.100431   0.008594
7 0.109499 0.100839   0.008660
8 0.109929 0.101212   0.008717
9 0.110315 0.101550   0.008765
```

```
=====
=== СТАТИСТИКА ===
=====
Финальная ошибка обучения (MSE): 0.00000399
Финальная ошибка теста (MSE): 0.00039718
Среднее отклонение на обучении (MAE): 0.014928
Среднее отклонение на тесте (MAE): 0.016639
Максимальное отклонение на тесте: 0.033564

Оптимальный параметр α (learning rate): 0.05
При α = 0.05 достигнута MSE на тесте: 0.00039718
```

### РНС Джордана: Изменение ошибки обучения



Результаты прогнозирования: таблицу со столбцами: эталонное значение, полученное значение, отклонение

```

=== РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РНС ДЖОРДАНА ===
=====
Первые 10 записей:
      Эталон  Прогноз  Отклонение
0 0.060029 0.067997 0.007968
1 0.058129 0.060331 0.002201
2 0.056206 0.059331 0.003125
3 0.054260 0.057721 0.003461
4 0.052292 0.056145 0.003853
5 0.050303 0.054546 0.004243
6 0.048294 0.052931 0.004637
7 0.046266 0.051299 0.005033
8 0.044219 0.049652 0.005433
9 0.042155 0.047989 0.005834

Создание РНС Джордана...
Начало обучения РНС Джордана...
Эпоха 0, Ошибка обучения: 0.000360, Ошибка теста: 0.012013
Эпоха 500, Ошибка обучения: 0.000108, Ошибка теста: 0.011459
Эпоха 1000, Ошибка обучения: 0.000075, Ошибка теста: 0.007660
Эпоха 1500, Ошибка обучения: 0.000025, Ошибка теста: 0.002421
Эпоха 2000, Ошибка обучения: 0.000013, Ошибка теста: 0.001201
Эпоха 2500, Ошибка обучения: 0.000008, Ошибка теста: 0.000727
    
```

Модель	Train MSE	Test MSE	Среднее отклонение на тесте (MAE)
MLP (ЛР5)	0.000100	0.000107	0.009454
РНС Джордана (ЛР6)	0.000004	0.000397	0.016639

В ходе выполнения лабораторных работ были реализованы и сравнены две архитектуры нейронных сетей для задачи прогнозирования гармонического временного ряда.

Многослойный перцептрон (ЛР5) показал существенно более высокое качество прогнозирования на тестовой выборке. Его среднеквадратичная ошибка (0.000107) оказалась в 3.7 раза ниже, чем у рекуррентной сети Джордана (0.000397). Среднее абсолютное отклонение прогнозов MLP также почти в два раза меньше (0.009454 против 0.016639).