

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:**  
Студент 3 курса  
Группы АС-65  
Ярмак К. А.  
**Проверил:**  
Крощенко А. А.

**Цель:** изучить применение нелинейной искусственной нейронной сети с одним скрытым слоем для решения задачи регрессии и прогнозирования, реализовать обучение сети на синтетических данных и оценить точность полученной модели.

### Вариант 11

**Задание:**

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

Варианты заданий приведены в следующей таблице:

№	a	b	c	d	Кол-во входов ИНС	Кол-во НЭ в скрытом слое	Тип РНС
11	0.3	0.5	0.05	0.5	8	3	Джордана

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

2. Результаты представить в виде отчета содержащего:

1. Титульный лист,
2. Цель работы,
3. Задание,
4. График прогнозируемой функции на участке обучения,
5. Результаты обучения: таблицу со столбцами: эталонное значение, полученное значение, отклонение; график изменения ошибки в зависимости от итерации.
6. Результаты прогнозирования: таблицу со столбцами: эталонное значение, полученное значение, отклонение.
7. Выводы по лабораторной работе.

Результаты для пунктов 3 и 4 приводятся для значения  $\alpha$ , при котором достигается минимальная ошибка. В выводах анализируются все полученные результаты.

## Ход работы

Для выбора оптимального значения  $\alpha$  была проведена серия экспериментов с параметрами  $[0.001, 0.005, 0.01, 0.05, 0.1]$ . На каждом шаге сеть обучалась в течение 500 эпох, после чего вычислялась MSE на тестовой выборке.

```
Подбор оптимального  $\alpha$ :  
 $\alpha=0.001 \rightarrow \text{MSE}=0.001391$   
 $\alpha=0.005 \rightarrow \text{MSE}=0.000571$   
 $\alpha=0.010 \rightarrow \text{MSE}=0.000903$   
 $\alpha=0.050 \rightarrow \text{MSE}=0.000042$   
 $\alpha=0.100 \rightarrow \text{MSE}=0.000048$   
  
Оптимальное значение  $\alpha$ : 0.050, минимальная ошибка: 0.000042
```

Из результатов видно, что минимальная ошибка достигается при  $\alpha = 0.05$ , что и выбрано для дальнейшего обучения.

### График прогнозируемой функции на участке обучения:



На графике показано сравнение реальных (эталонных) и предсказанных значений функции на обучающем участке, полученных при помощи рекуррентной нейронной сети типа Джордана.

Кривые практически совпадают, что подтверждает успешное обучение сети.

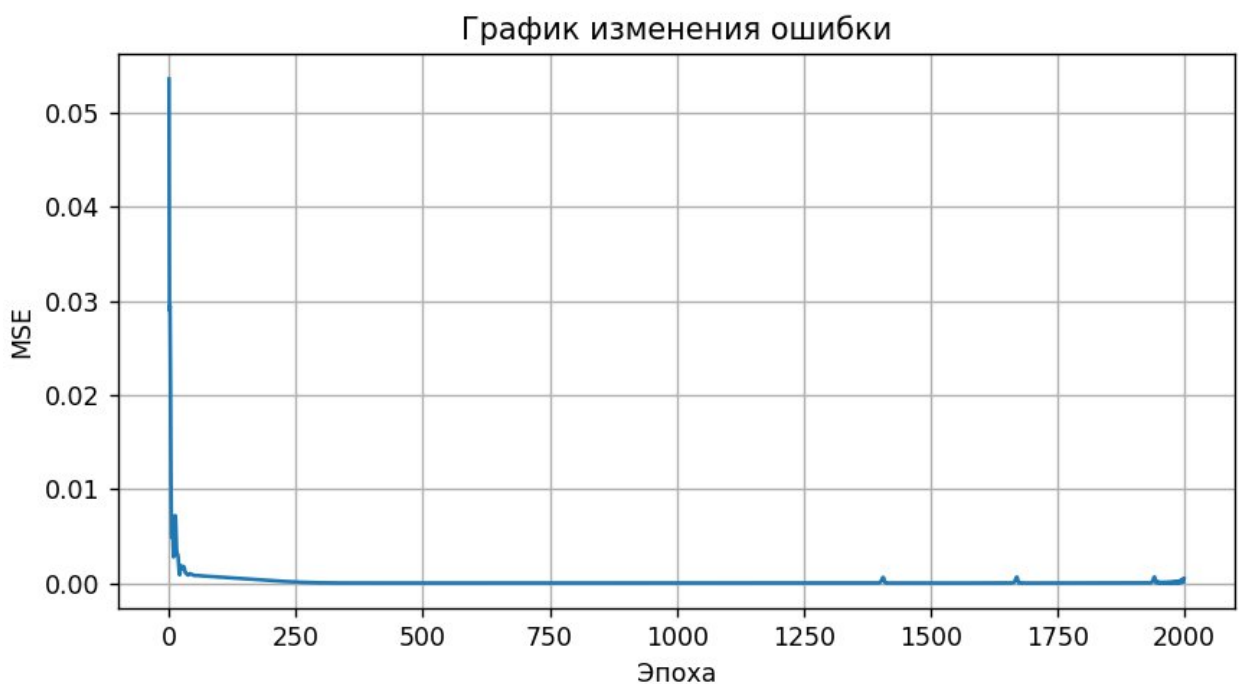
## Результаты обучения:

В таблице представлены примеры из обучающей выборки: эталонные значения функции, предсказания модели и величина отклонения.

Результаты обучения:			
	Эталонное значение	Полученное значение	Отклонение
0	0.303276	0.317677	0.014402
1	0.302451	0.316916	0.014465
2	0.301352	0.315910	0.014558
3	0.299982	0.314660	0.014678
4	0.298340	0.313167	0.014827
5	0.296429	0.311430	0.015001
6	0.294250	0.309450	0.015200
7	0.291805	0.307228	0.015423
8	0.289097	0.304764	0.015667
9	0.286127	0.302059	0.015932

Отклонения минимальны, что подтверждает успешное обучение сети.

График изменения ошибки в зависимости от итерации:



На графике показано изменение среднеквадратичной ошибки (MSE) в процессе обучения.

Ошибка быстро уменьшается и стабилизируется на низком уровне, что свидетельствует о хорошей сходимости алгоритма обучения для рекуррентной архитектуры.

## Результаты прогнозирования:

Результаты прогнозирования:			
	Эталонное значение	Полученное значение	Отклонение
0	0.236984	0.207350	-0.029634
1	0.242606	0.228933	-0.013673
2	0.248009	0.235379	-0.012631
3	0.253188	0.240408	-0.012781
4	0.258139	0.245108	-0.013031
5	0.262856	0.249564	-0.013292
6	0.267335	0.253780	-0.013555
7	0.271573	0.257756	-0.013817
8	0.275566	0.261490	-0.014076
9	0.279310	0.264980	-0.014329

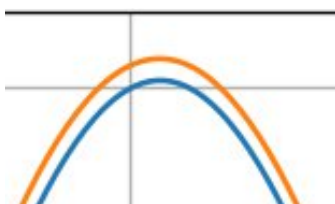
Для проверки качества работы сети использовалась тестовая выборка, не участвовавшая в обучении. Результаты показывают, что сеть уверенно продолжает закономерность сигнала, хотя отклонения немного больше, чем на обучающих данных.

## Сравнение с предыдущей лабой (ЛР 5):

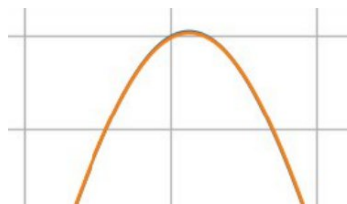
В предыдущей лабе использовалась обычная (прямая) нейронная сеть, а в этой - рекуррентная сеть типа Джордана, способная учитывать предыдущие выходные значения.

По сравнению с ЛР5 точность рекуррентной сети Джордана оказалась ниже. Это подтверждается как значением ошибки (0.000042 против 0.000029 в ЛР5), так и визуальным сравнением графиков: в ЛР6 заметны более выраженные отклонения прогноза от эталонной функции.

ЛР6:



ЛР5:



**Вывод:** изучили применение нелинейной искусственной нейронной сети с одним скрытым слоем для решения задачи регрессии и прогнозирования, реализовали обучение сети на синтетических данных и оценили точность полученной модели.