

**Отчет по лабораторной работе № 2**  
**«Применение многослойной нейронной сети**  
**для аппроксимации функций»**

студента Баранова Александра группы Б22-534 . Дата сдачи: 21.04.2025\_  
Ведущий преподаватель: Трофимов А.Г. оценка: \_\_\_\_\_ подпись: \_\_\_\_\_

Вариант №9

*Цель работы:* изучение математической модели многослойной нейронной сети и решение с её помощью задачи аппроксимации функций.

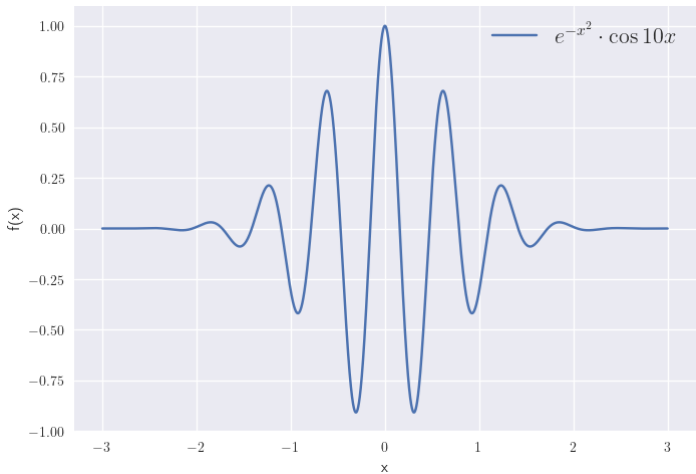
1. Подготовка данных

Аппроксимируемая функция	Число входов	Число выходов	Диапазон изменения аргументов
$e^{-x^2} \cdot \cos 10x$	1	1	$[-3; 3]$

Формирование обучающей, валидационной и тестовой выборок:

	Обучающая	Валидационная	Тестовая	Всего
%	60	30	10	100
Объём выборки	120	60	20	200

График аппроксимируемой функции:



Предобработка данных:

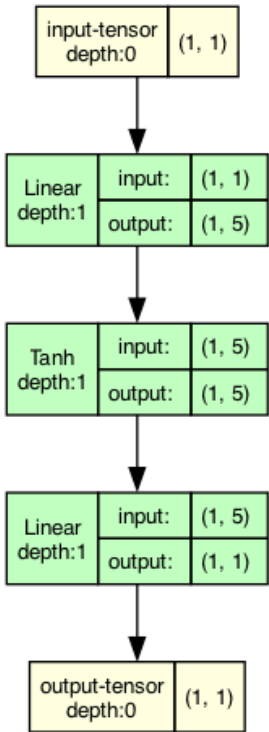
	Метод	Параметры метода	Формула расчёта
Предобработка входов	Масштабирование на [-1; 1]	$x_{min}, x_{max}$	$x' = 2 \frac{x - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} - 1$
Предобработка выходов	Масштабирование на [-1; 1]	$y_{min}, y_{max}$	$y' = 2 \frac{y - y_{min}}{y_{max} - y_{min}} - 1$

2. Обучение и тестирование нейронной сети с одним скрытым слоем

Параметры архитектуры сети:

Число входов	Число выходов	Число нейронов в скрытом слое	Функция активации нейронов скрытого слоя	Функция активации выходного нейрона
1	1	5	Tanh $y = \tanh(x)$	Linear $y = h$

Схема нейронной сети:



### Параметры обучения:

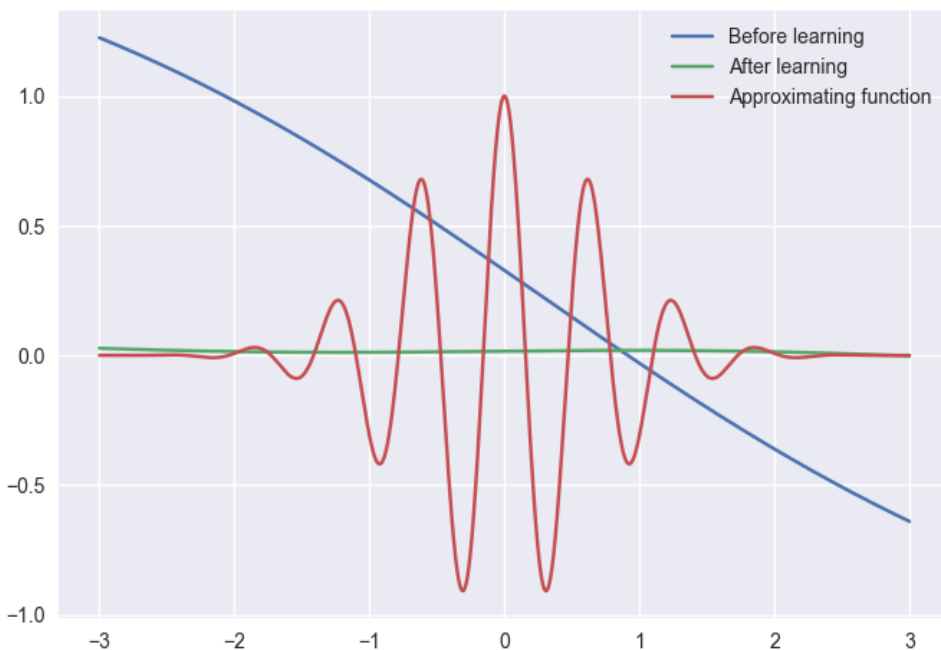
Метод обучения	Скорость обучения $\alpha$	Режим обучения	Функция потерь
GD	0.001	Stochastic	Quadratic loss

Метод инициализации сети: **Xavier normal**

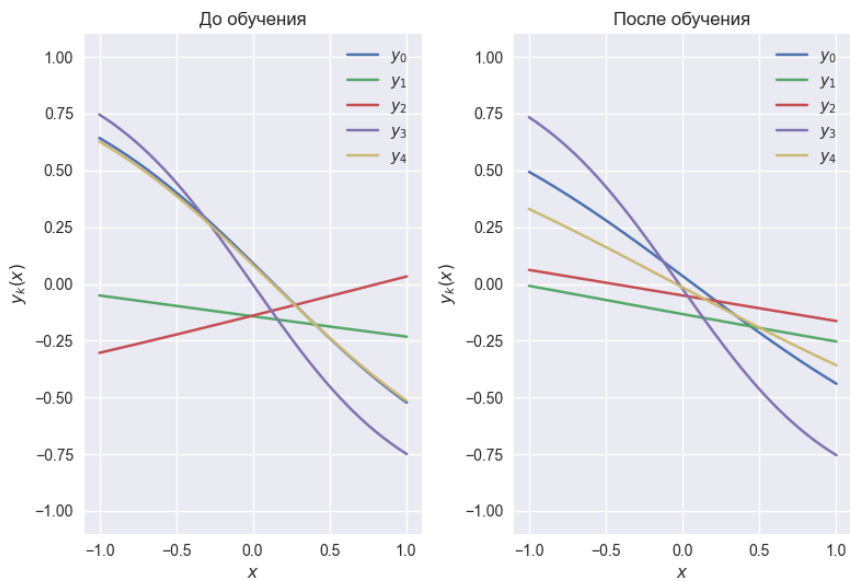
Критерий обучения:  $E(w)$ : **MSE**

Критерий останова: **Early Stopping**

Зависимость выхода  $y(x)$  сети от входа сети (изобразить три графика: до обучения, после обучения и график аппроксимируемой функции):

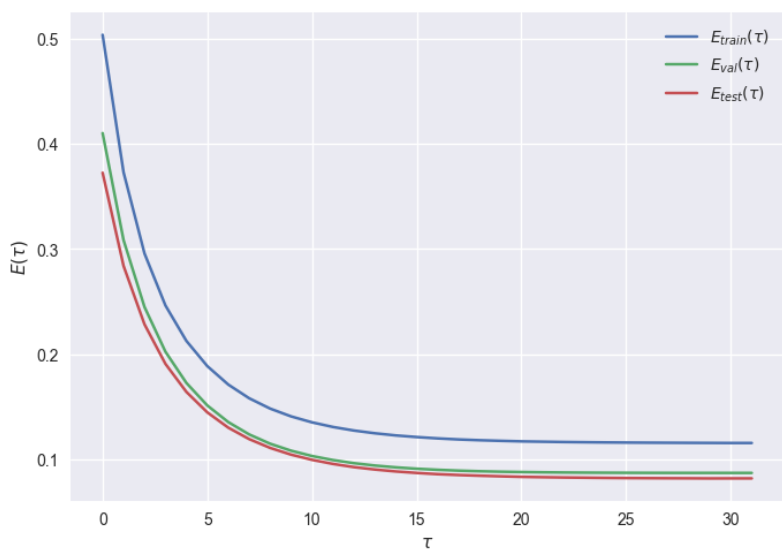


Зависимость выходов  $y_k(x)$  нейронов скрытого слоя от входа сети (изобразить на одном графике:

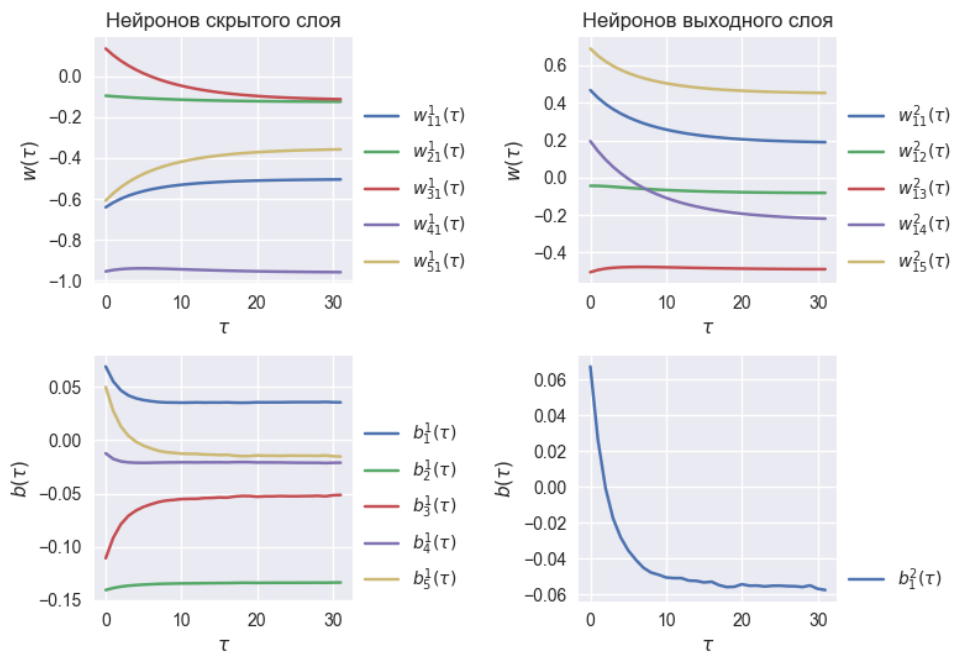


Зависимость ошибки сети  $E(\tau)$  на обучающей, валидационной и тестовой выборках от времени обучения:

*Отметить на графике начало переобучения (если наблюдается)*



Зависимость синаптических коэффициентов сети  $w(\tau)$  от времени обучения:  
Показатели качества обученной нейросетевой модели:



	Обучающая	Валидационная	Тестовая
Макс. абс. ошибка	0.95	0.93	0.66
С.к.о. ошибки	0.10	0.08	0.07
RMSE	0.32	0.28	0.27

Обученная нейросетевая модель обладает / не обладает способностью к генерализации данных. Для улучшения качества аппроксимации требуется использовать сеть с большим числом нейронов / сеть с меньшим числом нейронов / продолжить обучение имеющейся сети / изменить параметры метода обучения / изменить критерий останова / изменить режим обучения / обучить сеть заново из другой начальной точки.

### 3. Улучшение качества аппроксимации

Параметры архитектуры сети:

Число входов	Число выходов	Число нейронов в скрытом слое	Функция активации нейронов скрытого слоя	Функция активации выходного нейрона
1	1	5	Tanh $y = \tanh(x)$	Linear $y = h$

Параметры обучения:

Метод обучения	Скорость обучения $\alpha$	Режим обучения	Функция потерь
GD	0.01	Batch	Quadratic loss

Метод инициализации сети: **Xavier normal**

Критерий останова: **Early Stopping**

Показатели качества обученной нейросетевой модели:

	Обучающая	Валидационная	Тестовая
Макс. абс. ошибка	0.95	0.93	0.65
С.к.о. ошибок	0.10	0.08	0.07
RMSE	0.32	0.28	0.27

Выводы:

1. Архитектура нейронной сети прямого распространения с одним скрытым слоем не может качественно аппроксимировать функцию  $f(x) = e^{-x^2} \cdot \cos 10x$
2. Объем выборки недостаточно для качественного обучения модели.