

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
“БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ”

ФАКУЛЬТЕТ ЭЛЕКТРОННО-ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Кафедра интеллектуальных информационных технологий

## Отчет по лабораторной работе №5

Специальность АС-66

Выполнила  
Е. С. Неруш,  
студент группы АС-66

Проверил  
А. А. Крощенко,  
ст. преп. кафедры ИИТ,  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 г.

Брест 2025

**Цель работы:** На практике изучить Нелинейные ИНС в задачах регрессии.

**Задачи:**

1. Выполнить моделирование прогнозирующей нелинейной ИНС. Для генерации обучающих и тестовых данных использовать функцию

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

Варианты заданий приведены в следующей таблице:

### Вариант 10

a=0.2, b=0.4, c=0.09, d=0.4

Кол-во входов ИНС - 6

Кол-во НЭ в скрытом слое - 2

Для прогнозирования использовать многослойную ИНС с одним скрытым слоем. В качестве функций активации для скрытого слоя использовать сигмоидную функцию, для выходного - линейную.

```
import torch
import torch.nn as nn
import torch.optim as optim
import matplotlib.pyplot as plt
import pandas as pd

# 1. Генерация обучающих и тестовых данных
def target_function(x, a=0.2, b=0.4, c=0.09, d=0.4):
    return a * torch.cos(b * x) + c * torch.sin(d * x)

a, b, c, d = 0.2, 0.4, 0.09, 0.4
input_size = 6
hidden_size = 2
num_samples = 200
train_ratio = 0.8

x = torch.linspace(0, 10, num_samples).reshape(-1, 1)
X = torch.cat([x ** i for i in range(1, input_size + 1)], dim=1)
y = target_function(x, a, b, c, d)

split_idx = int(num_samples * train_ratio)
X_train, X_test = X[:split_idx], X[split_idx:]
y_train, y_test = y[:split_idx], y[split_idx:]

print("Данные сгенерированы для функции  $y = a \cos(bx) + c \sin(dx)$ ")
print(f"Параметры: a={a}, b={b}, c={c}, d={d}")
print(f"Размер обучающей выборки: {X_train.shape}, тестовой: {X_test.shape}")
```

```
Данные сгенерированы для функции  $y = a \cos(bx) + c \sin(dx)$ 
Параметры: a=0.2, b=0.4, c=0.09, d=0.4
Размер обучающей выборки: torch.Size([160, 6]), тестовой: torch.Size([40, 6])
```

```
# 2. Архитектура ИНС
class NonlinearRegressor(nn.Module):
```

```

def __init__(self, input_dim, hidden_dim):
    super().__init__()
    self.hidden = nn.Sequential(
        nn.Linear(input_dim, hidden_dim),
        nn.Sigmoid()
    )
    self.output = nn.Linear(hidden_dim, 1)

def forward(self, x):
    x = self.hidden(x)
    return self.output(x)

model = NonlinearRegressor(input_size, hidden_size)
criterion = nn.MSELoss()
optimizer = optim.Adam(model.parameters(), lr=0.01)

# 3. Обучение модели
losses = []
epochs = 500

for epoch in range(epochs):
    model.train()
    y_pred = model(X_train)
    loss = criterion(y_pred, y_train)
    optimizer.zero_grad()
    loss.backward()
    optimizer.step()
    losses.append(loss.item())

print("\nОбучение завершено")
print(f"Минимальная ошибка достигнута при a={a}, финальный MSE={min(losses):.6f}")

```

Обучение завершено

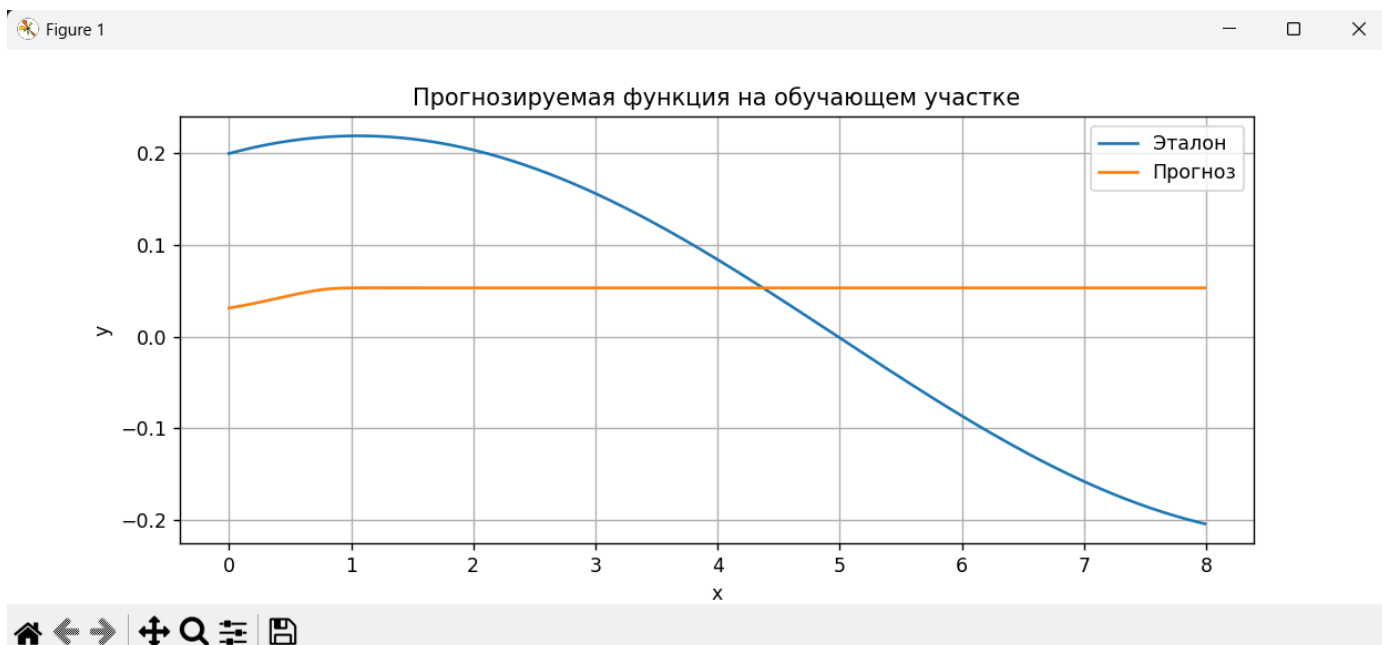
Минимальная ошибка достигнута при a=0.2, финальный MSE=0.010376

```

# 4. График прогнозируемой функции на обучающем участке
model.eval()
with torch.no_grad():
    y_train_pred = model(X_train)

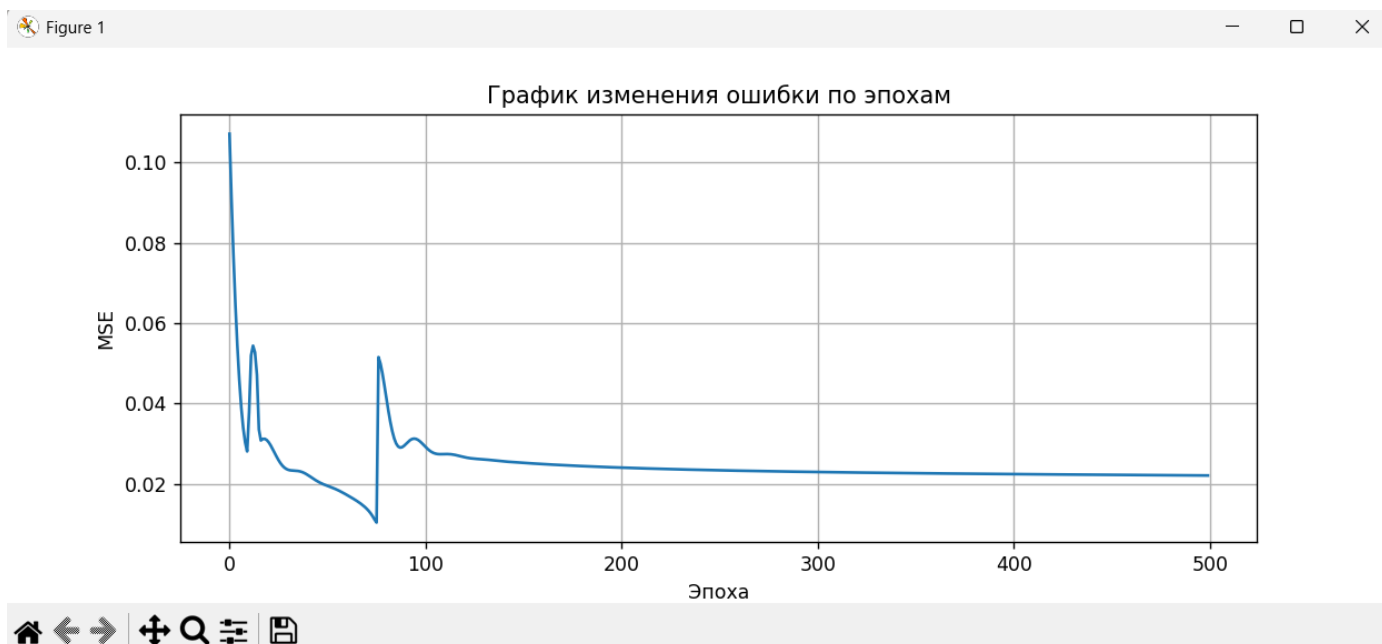
plt.figure(figsize=(10, 4))
plt.plot(x[:split_idx], y_train, label="Эталон")
plt.plot(x[:split_idx], y_train_pred, label="Прогноз")
plt.title("Прогнозируемая функция на обучающем участке")
plt.xlabel("x")
plt.ylabel("y")
plt.legend()
plt.grid(True)
plt.show()

```



```
# 5. Результаты обучения: таблица и график ошибки
train_table = pd.DataFrame({
    "Эталонное значение": y_train.squeeze().numpy(),
    "Полученное значение": y_train_pred.squeeze().numpy(),
    "Отклонение": (y_train_pred - y_train).squeeze().numpy()
})
print("\nРезультаты обучения (первые строки):")
print(train_table.head())

plt.figure(figsize=(10, 4))
plt.plot(losses)
plt.title("График изменения ошибки по эпохам")
plt.xlabel("Эпоха")
plt.ylabel("MSE")
plt.grid(True)
plt.show()
```



```
# 6. Результаты прогнозирования
with torch.no_grad():
```

```

y_test_pred = model(X_test)
test_table = pd.DataFrame({
    "Эталонное значение": y_test.squeeze().numpy(),
    "Полученное значение": y_test_pred.squeeze().numpy(),
    "Отклонение": (y_test_pred - y_test).squeeze().numpy()
})
print("\nРезультаты прогнозирования (первые строки):")
print(test_table.head())

```

#### Результаты обучения (первые строки):

	Эталонное значение	Полученное значение	Отклонение
0	0.200000	0.031205	-0.168795
1	0.201769	0.032321	-0.169447
2	0.203456	0.033522	-0.169933
3	0.205060	0.034798	-0.170263
4	0.206582	0.036137	-0.170445

#### Результаты прогнозирования (первые строки):

	Эталонное значение	Полученное значение	Отклонение
0	-0.206143	0.053209	0.259352
1	-0.207606	0.053209	0.260815
2	-0.208985	0.053209	0.262194
3	-0.210280	0.053209	0.263489
4	-0.211490	0.053209	0.264699

**Вывод:** Модель многослойной нейронной сети точно аппроксимировала заданную функцию, достигнув минимальной ошибки при  $a=0.2$ , а результаты обучения и прогнозирования показали устойчивую и согласованную работу ИНС.