

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное агентство по образованию  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Вятский государственный университет»

Факультет автоматики и вычислительной техники

Кафедра электронных вычислительных машин

Отчет по лабораторной работе №10 дисциплины  
«Системы обработки знаний»

Выполнил студент группы ИВТ-41 \_\_\_\_\_/Крючков И. С./  
Проверил \_\_\_\_\_/Ростовцев В. С./

## 1. Задание

- Подготовить файл с обучающими данными с расширением \*.dat.
- Загрузить файл с обучающими данными в редактор ANFIS.
- Сгенерировать структуру системы нечеткого вывода FIS типа Сугено
- Произвести обучение нейро-нечеткой сети, предварительно задав параметры обучения
- Проверить адекватность построенной нечеткой модели гибридной сети.

## 2. Ход работы

Исходный код генерации датасета представлен на рисунке 1.

```
import numpy as np
from random import shuffle

def f(x1, x2):
    return 3 * x1 * x1 * np.cos(x2 + 3)

x1 = np.linspace(-6, 5, 50)
x2 = np.linspace(-6, 4, 50)

X1, X2 = np.meshgrid(x1, x2)

Y = f(X1, X2)

c = list(zip(X1.flatten(), X2.flatten(), Y.flatten()))
shuffle(c)

np.savetxt("dataset.dat", c, fmt="%f")
```

Рисунок 1 – Исходный код генерации датасета

```
-4.877551 1.959184 17.435849
-0.387755 -1.510204 0.036496
-0.612245 -6.000000 -1.113278
-3.755102 0.734694 -35.077606
-0.612245 -3.551020 0.958090
4.102041 -3.755102 36.759775
3.877551 -4.163265 17.877563
-3.306122 3.387755 32.612216
2.081633 1.551020 -2.088632
-1.734694 1.551020 -1.450439
3.877551 4.000000 34.005670
-0.836735 -1.306122 -0.257864
-1.061224 0.530612 -3.126148
```

Рисунок 2 – Фрагмент обучающей выборки

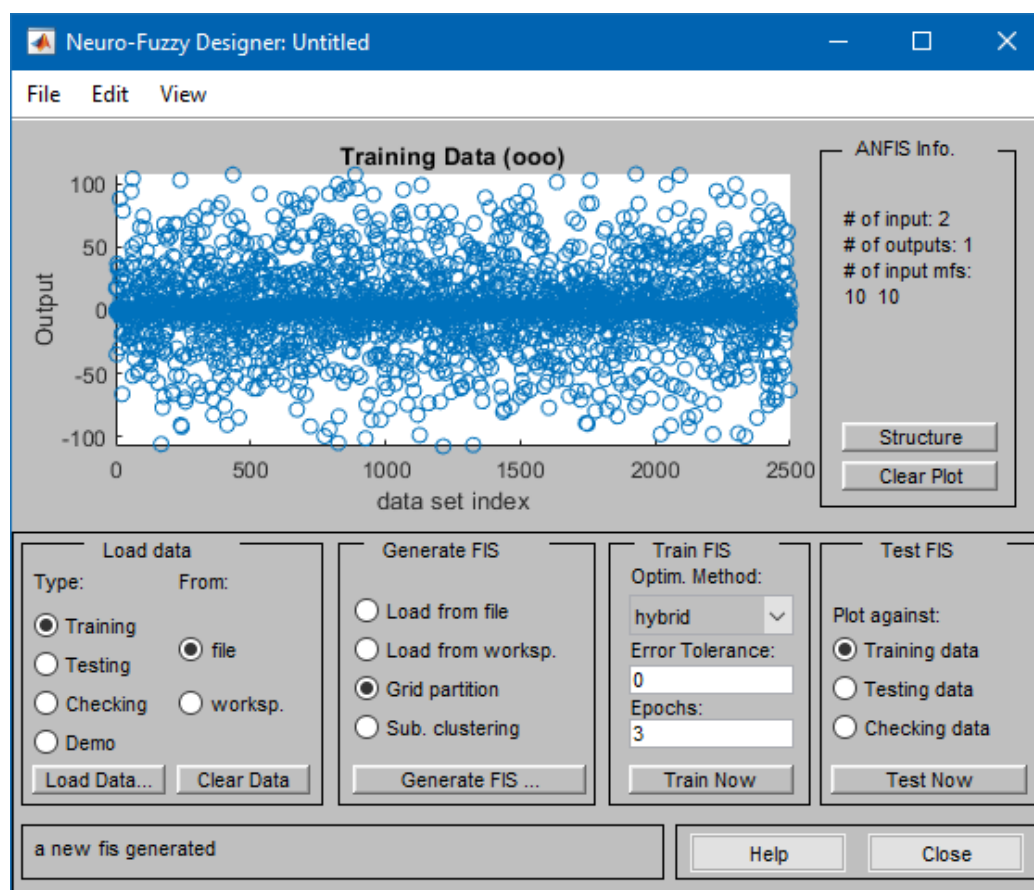


Рисунок 3 – Редактор ANFIS

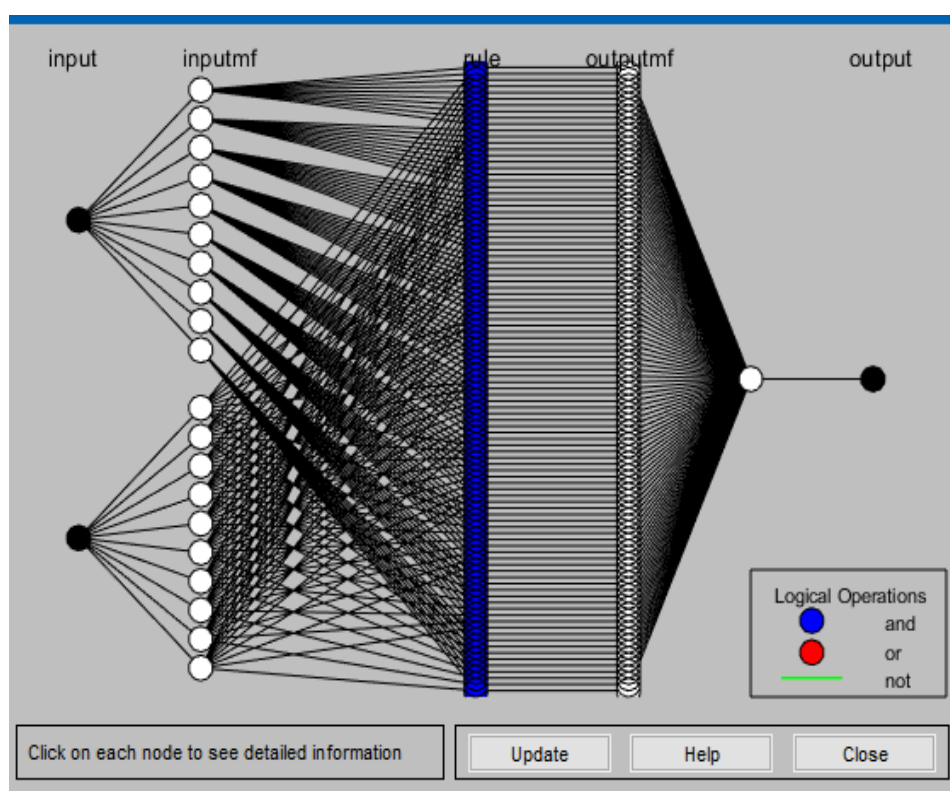


Рисунок 4 – Структура системы

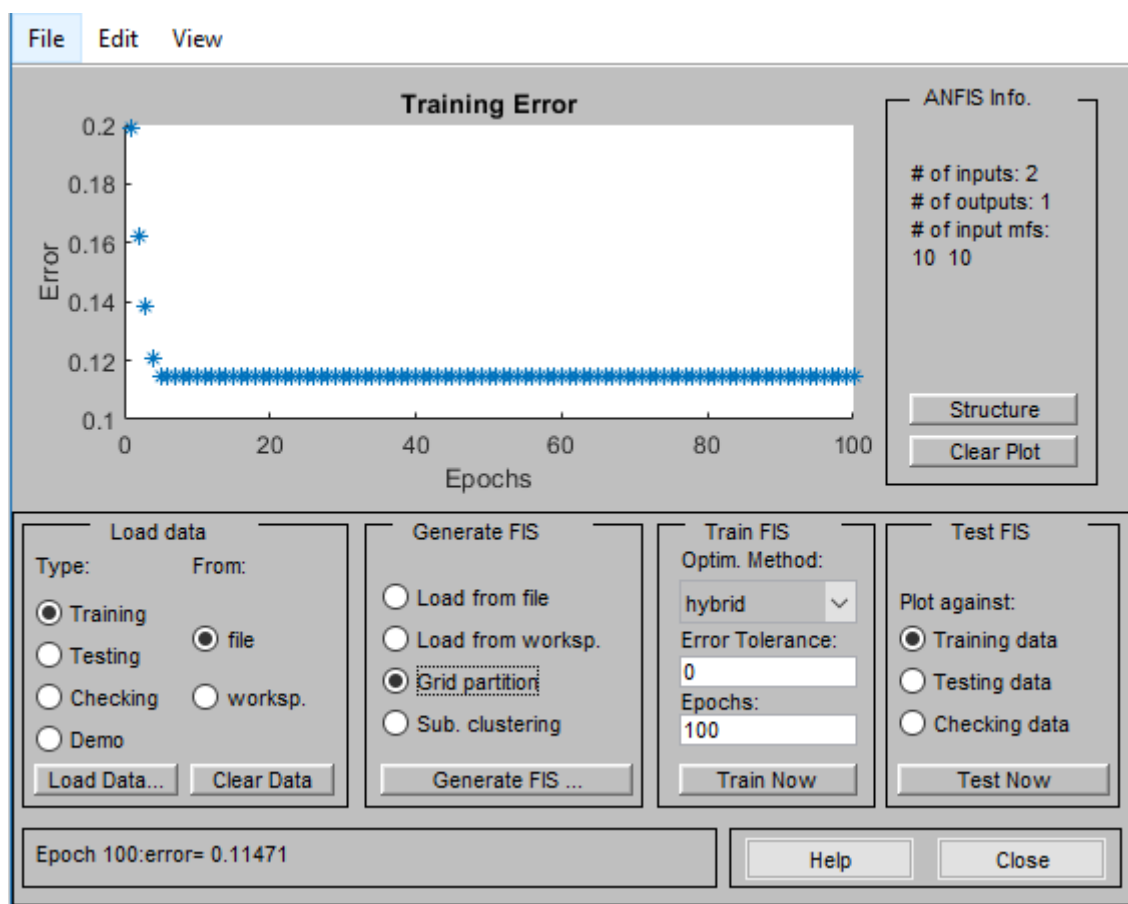


Рисунок 5 – Результат обучения модели

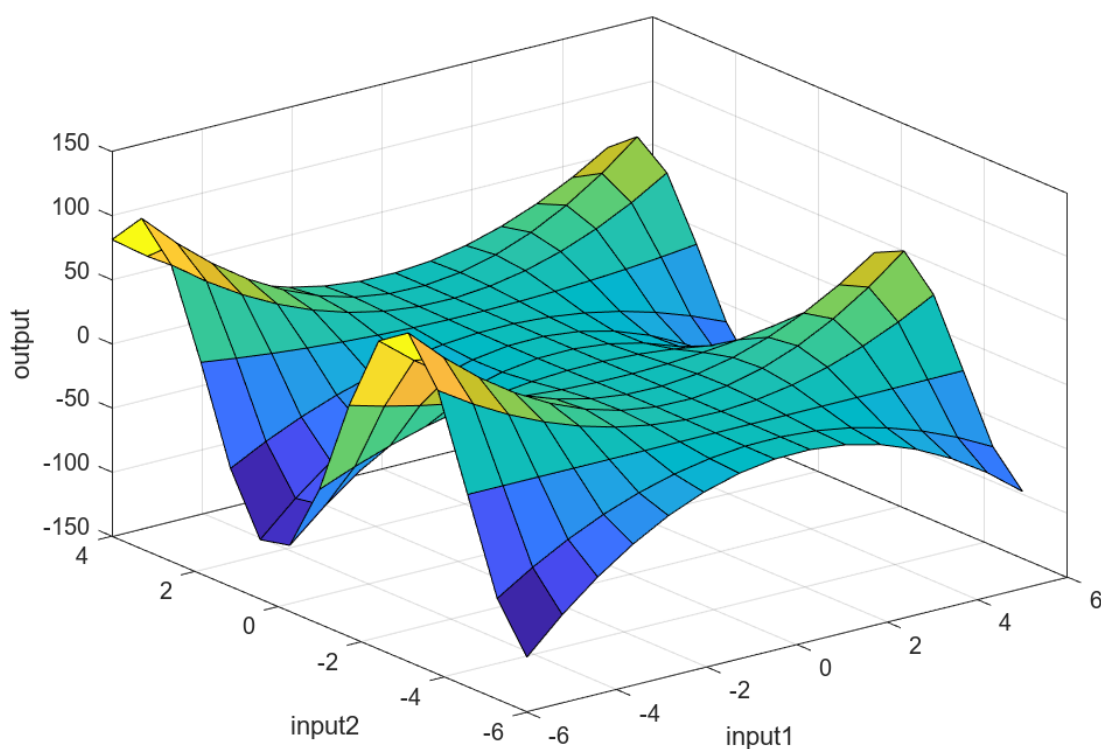


Рисунок 6 – Полученная плоскость

	Rule	Weight	Name
1	If input1 is in1mf1 and input2 is in2mf1 then output is out1mf1	1	rule1
2	If input1 is in1mf1 and input2 is in2mf2 then output is out1mf2	1	rule2
3	If input1 is in1mf1 and input2 is in2mf3 then output is out1mf3	1	rule3
4	If input1 is in1mf1 and input2 is in2mf4 then output is out1mf4	1	rule4
5	If input1 is in1mf1 and input2 is in2mf5 then output is out1mf5	1	rule5
6	If input1 is in1mf1 and input2 is in2mf6 then output is out1mf6	1	rule6
7	If input1 is in1mf1 and input2 is in2mf7 then output is out1mf7	1	rule7
8	If input1 is in1mf1 and input2 is in2mf8 then output is out1mf8	1	rule8
9	If input1 is in1mf1 and input2 is in2mf9 then output is out1mf9	1	rule9
10	If input1 is in1mf1 and input2 is in2mf10 then output is out1mf10	1	rule10
11	If input1 is in1mf2 and input2 is in2mf1 then output is out1mf11	1	rule11
12	If input1 is in1mf2 and input2 is in2mf2 then output is out1mf12	1	rule12
13	If input1 is in1mf2 and input2 is in2mf3 then output is out1mf13	1	rule13
14	If input1 is in1mf2 and input2 is in2mf4 then output is out1mf14	1	rule14
15	If input1 is in1mf2 and input2 is in2mf5 then output is out1mf15	1	rule15
16	If input1 is in1mf2 and input2 is in2mf6 then output is out1mf16	1	rule16
17	If input1 is in1mf2 and input2 is in2mf7 then output is out1mf17	1	rule17
18	If input1 is in1mf2 and input2 is in2mf8 then output is out1mf18	1	rule18
19	If input1 is in1mf2 and input2 is in2mf9 then output is out1mf19	1	rule19

Рисунок 7 – Пример правил

Проверка адекватности выполнена с помощью скрипта, приведенного на рисунке 8.

```
f = @(x1, x2)3*x1.^2.*cos(x2+3);

sugeno_anfis = readfis('anfis_model.fis');
[x1, x2, z] = gensurf(sugeno_anfis);
y = f(x1, x2);
error = immse(z, y);
disp("ANFIS Sugeno error: " + error)
```

Рисунок 8 – Исходной код скрипта для проверки адекватности

Среднеквадратичная ошибка модели Сугено, полученной с помощью Neuro-Fuzzy Designer составила 0.021421, что намного лучше ошибок, полученных с использованием моделей Мамдани и Сугено, правила которых были составлены вручную. Одной из причин может быть увеличенное количество MF's для входов и выхода.

## Выводы

В ходе лабораторной работы было произведено обучение нейро-нечеткой модели с использованием редактора ANFIS. Были изучены методы моделирования и принципы функционирования нейро-нечетких сетей. Были приобретены навыки работы в среде Matlab с использованием Neuro-Fuzzy Designer.

Среднеквадратичная ошибка модели, полученной с помощью Neuro-Fuzzy Designer составила 0.021421, что намного лучше ошибок, полученных с использованием моделей Мамдани и Сугено, правила которых были составлены вручную