

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 №9 дисциплины
«Системы обработки знаний»

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

1. Задание

Создать систему нечеткого вывода типа Сугено, которая моделирует зависимость $y = 3x_1^2 * \cos(x_2 + 3)$.

Диапазон x_1 : [-6; 5]

Диапазон x_2 : [-6; 4]

Построить график функции.

Выполнить моделирование со всеми типами функций принадлежности и выбрать ее оптимальный тип по критерию минимума среднеквадратичного отклонения.

Для алгоритма Сугено выполнить моделирование со следующими параметрами:

- метод агрегации (максимум, сумма, вероятностное «ИЛИ»);
- метод дефаззификации (центр тяжести, медиана, наибольший из максимумов);
- метод «И» (минимум, умножение (вероятностное «И»));
- метод «ИЛИ» (максимум, вероятностное «ИЛИ»);
- метод импликации (минимум, умножение);

По результатам проектирования системы нечёткого вывода в Fuzzy Logic Toolbox составить отчет в электронном виде, включив в него результаты промежуточных этапов, а также графики моделируемой и аппроксимированной функции, сформировать выводы.

2. Ход работы

Графики функции, полученные в ходе лабораторной работы №7 представлены на рисунках 1-3.

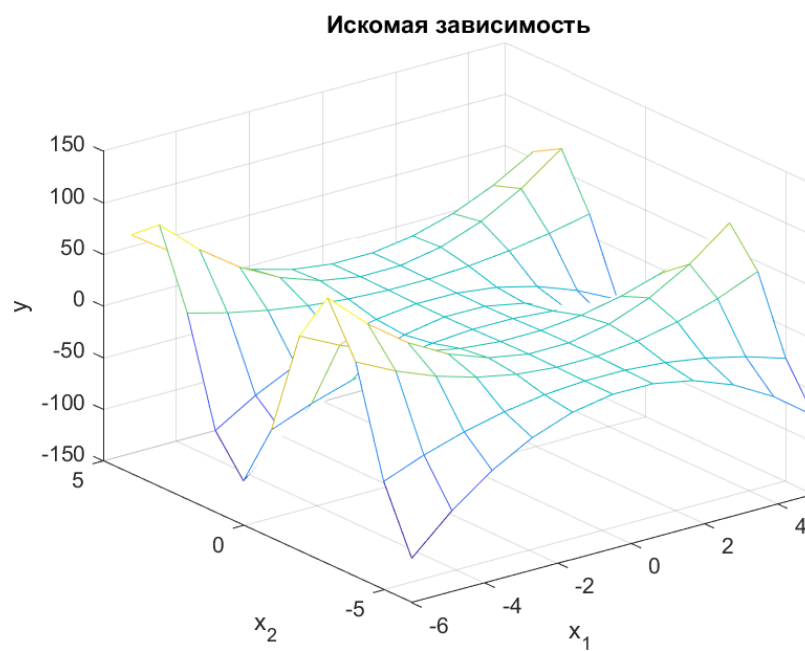


Рисунок 1 – График функции с 10 точками дискретизации

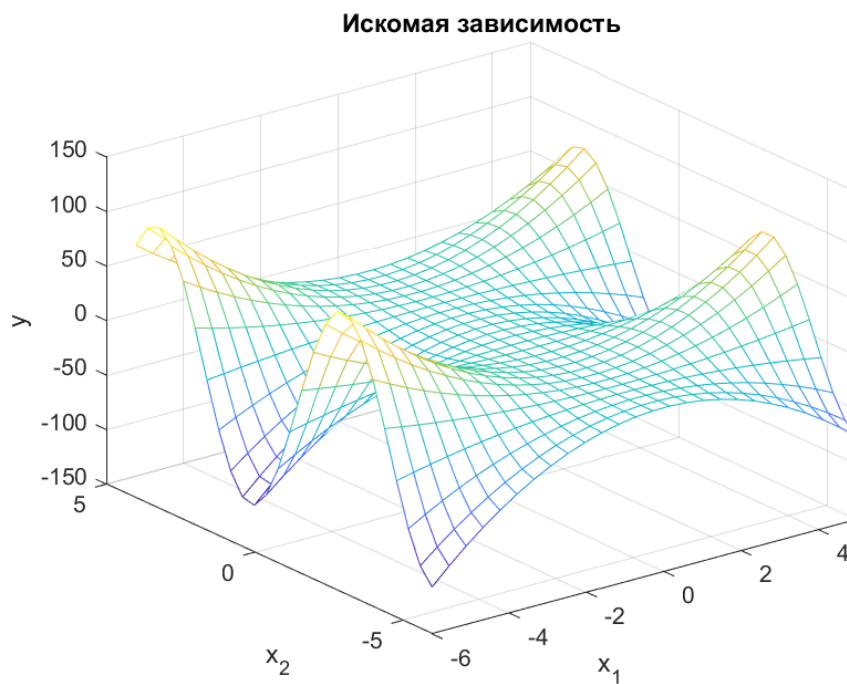


Рисунок 2 – График функции с 25 точками дискретизации

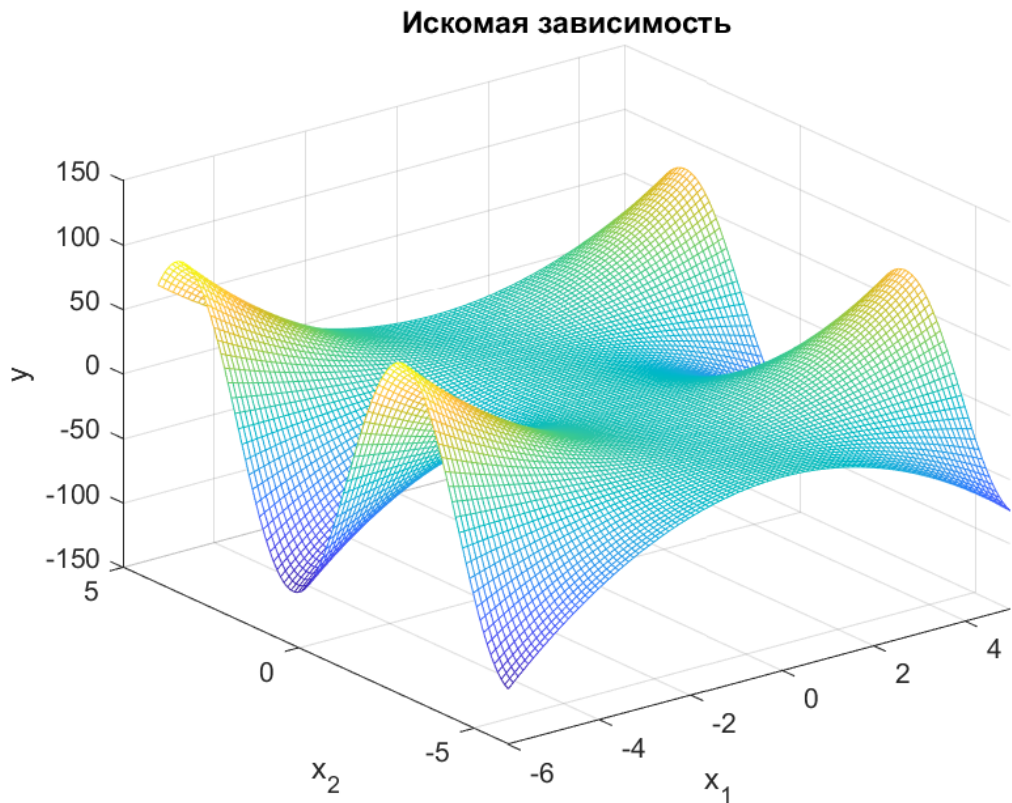


Рисунок 3 – График функции с 100 точками дискретизации

Нечеткие правила, полученные в ходе лабораторной работы №7:

Если X_2 = «низкий» И X_1 = «низкий», ТО $y = 26.7298 \cdot x_1 - 9.4049 \cdot x_2$;

Если X_2 = «низкий» И X_1 = «средний», ТО $y = 2.97 \cdot x_1 + 1.32 \cdot x_2$;

Если X_2 = «низкий» И X_1 = «высокий», ТО $y = -20.7898 \cdot x_1 - 5.445 \cdot x_2$;

Если X_2 = «средний» И X_1 = «низкий», ТО $y = 11.236 \cdot x_1 + 23.7204$;

Если X_2 = «средний» И X_1 = «средний», ТО $y = 1.2484 \cdot x_1 - 3.3292$;

Если X_2 = «средний» И X_1 = «высокий», ТО $y = -8.7391 \cdot x_1 - 13.7328$;

Если X_2 = «высокий» И X_1 = «низкий», ТО $y = -26.8160 \cdot x_1 - 16.6505 \cdot x_2$;

Если X_2 = «высокий» И X_1 = «средний», ТО $y = -2.9796 \cdot x_1 + 2.3369 \cdot x_2$;

Если X_2 = «высокий» И X_1 = «высокий», ТО $y = 20.8569 \cdot x_1 - 9.6397 \cdot x_2$

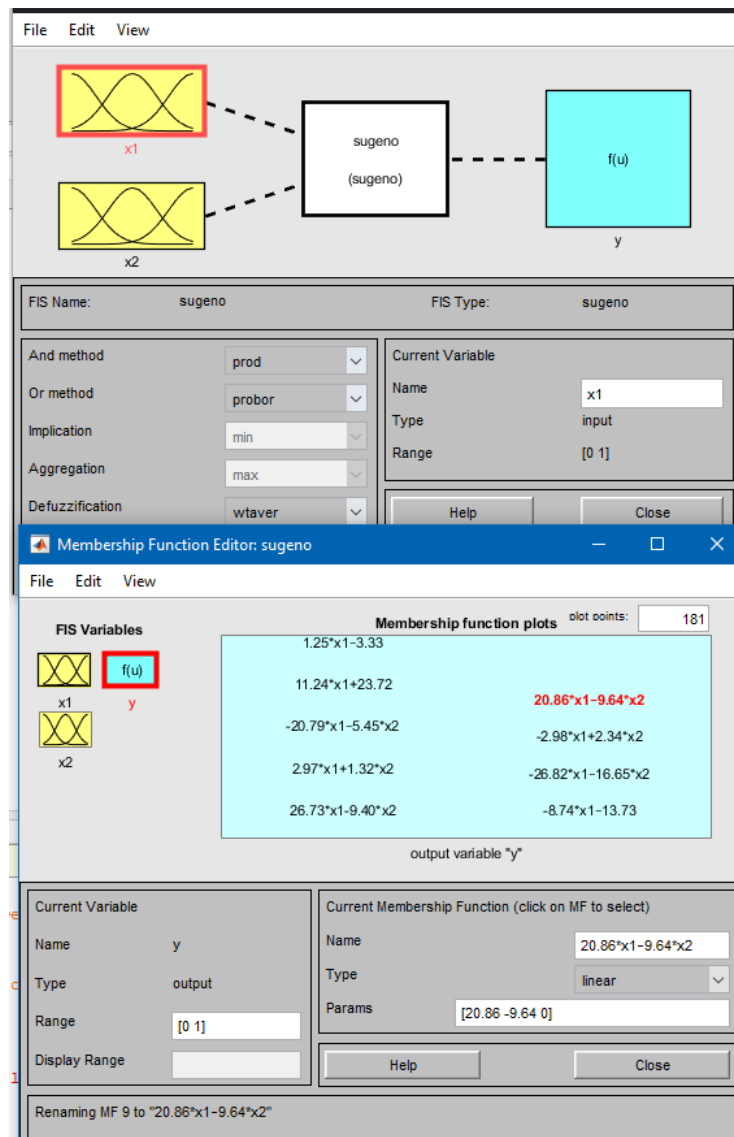


Рисунок 4 – Система Сугено

	Rule	Weight	Name
1	If x1 is низкий and x2 is низкий then y is $26.73 \cdot x1 - 9.40 \cdot x2$	1	rule1
2	If x1 is низкий and x2 is средний then y is $2.97 \cdot x1 + 1.32 \cdot x2$	1	rule2
3	If x1 is низкий and x2 is высокий then y is $-20.79 \cdot x1 - 5.45 \cdot x2$	1	rule3
4	If x1 is средний and x2 is низкий then y is $11.24 \cdot x1 + 23.72$	1	rule4
5	If x1 is средний and x2 is средний then y is $1.25 \cdot x1 - 3.33$	1	rule5
6	If x1 is средний and x2 is высокий then y is $-8.74 \cdot x1 - 13.73$	1	rule6
7	If x1 is высокий and x2 is низкий then y is $-26.82 \cdot x1 - 16.65 \cdot x2$	1	rule7
8	If x1 is высокий and x2 is средний then y is $-2.98 \cdot x1 + 2.34 \cdot x2$	1	rule8
9	If x1 is высокий and x2 is средний then y is $20.86 \cdot x1 - 9.64 \cdot x2$	1	rule9

Рисунок 5 – Правила

Исходный код вычисления среднеквадратичной ошибки представлен на рисунке 6.

```

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

types = ["gaussmf", "gauss2mf", "trimf", "trapmf", "gbellmf"];
types_errors = {};

for i = 1:length(types)
    for j = 1:length(sugeno.inputs)
        for k = 1:length(sugeno.inputs(j).mf)
            sugeno.inputs(j).mf(k).type = types(i);
        end
    end

    % fuzzyLogicDesigner(sugeno);
    % pause;

    [x1, x2, z] = gensurf(sugeno);

    y = f(x1, x2);
    E = immse(z, y);
    disp(types(i) + " " + E);

    types_errors{end+1} = [types(i), E];
end

best_type = types_errors{1};
for i = 2:length(types_errors)
    if types_errors{i}(2) < best_type(2)
        best_type = types_errors{i};
    end
end

disp("Best type: " + best_type(1) + " " + best_type(2));
for j = 1:length(sugeno.inputs)
    for k = 1:length(sugeno.inputs(j).mf)
        sugeno.inputs(j).mf(k).type = best_type(1);
    end
end

fuzzyLogicDesigner(sugeno);

```

Рисунок 6 – Код для вычисления среднеквадратичной ошибки

Таблица 1 – результаты ошибок при изменении типа входов и выхода

gaussmf	gauss2mf	trimf	trapmf	gbellmf
1780.72	1819.76	1828.61	1817.4197	1810.72

Наибольшей точностью обладает функция gaussmf. График функции с применением gaussmf для входов и выходов представлен на рисунке 7.

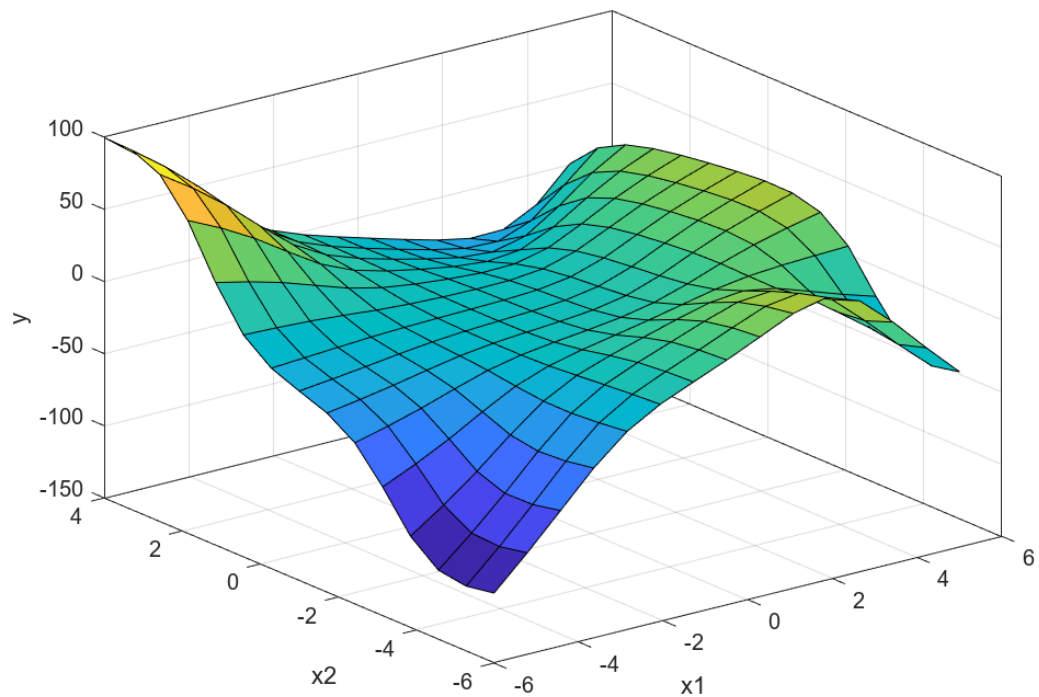


Рисунок 7 - График функции с применением gaussmf для входов и
ВЫХОДОВ

Исходный код скрипта, выполняющего полный перебор всех возможных значений параметров с получением наилучшего результата ошибки приведен на рисунке 8.

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

best_type = "trimf";

for i = 1:length(sugeno.inputs)
    for j = 1:length(sugeno.inputs(i).mf)
        sugeno.inputs(i).mf(j).type = best_type;
    end
end

% fuzzyLogicDesigner(sugeno);
% pause;
and_methods = ["min", "prod"];
or_methods = ["max", "probor", "sum"];
implication_methods = ["prod"];
aggregation_methods = "sum";
defuzz_methods = ["wtaver", "wtsum"];

best_methods = [];
best_error = intmax;

for and_method = and_methods
    for or_method = or_methods
        for implication_method = implication_methods
            for aggregation_method = aggregation_methods
                for defuzz_method = defuzz_methods
                    sugeno.AndMethod = and_method;
                    sugeno.OrMethod = or_method;
                    sugeno.ImplicationMethod = implication_method;
```

```

        sugeno.AggregationMethod = aggregation_method;
        sugeno.DefuzzMethod = defuzz_method;

        [x1, x2, z] = gensurf(sugeno);
        y = f(x1, x2);
        error = immse(z, y);

        if error < best_error
            best_error = error;
            best_methods = [and_method, or_method, implication_method,
aggregation_method, defuzz_method];
        end
    end
end
end
end

sugeno.AndMethod = best_methods(1);
sugeno.OrMethod = best_methods(2);
sugeno.ImplicationMethod = best_methods(3);
sugeno.AggregationMethod = best_methods(4);
sugeno.DefuzzMethod = best_methods(5);

fuzzyLogicDesigner(sugeno);
pause;

[x1, x2, z] = gensurf(sugeno);
y = f(x1, x2);
E = immse(z, y);
disp("Final error: " + E);

```

Рисунок 8 – Исходный код полного перебора, полученные методов полного перебора

Type:	Sugeno Type-1
Name	<input type="text" value="sugeno"/>
And method	<input type="text" value="prod"/> ▼
Or method	<input type="text" value="max"/> ▼
Implication method	<input type="text" value="prod"/> ▼
Aggregation method	<input type="text" value="sum"/> ▼
Defuzzification method	<input type="text" value="wtsum"/> ▼

Рисунок 9 – Лучшие параметры

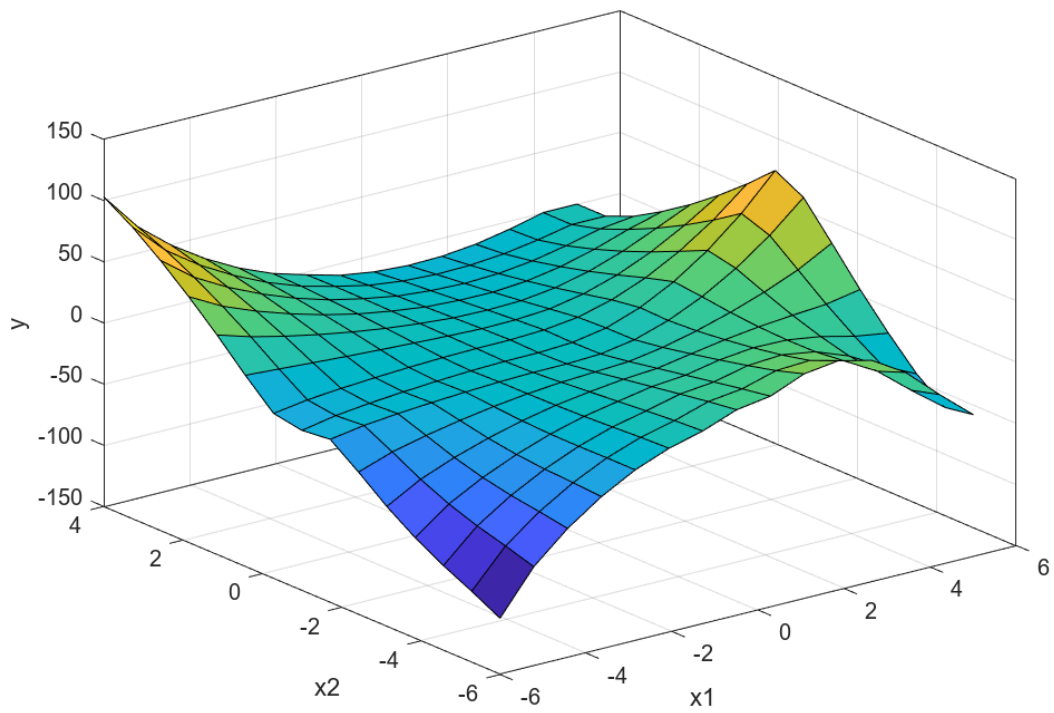


Рисунок 10 – График функции, полученный в результате полного перебора

Итоговая среднеквадратичная ошибка составила: 1619.89.

Выводы

В ходе лабораторной работы была составлена система Сугено.

Было замечено уменьшение значения ошибки, по сравнению с методом Мамдани (1619.89 против 2761.15).

Результат экспериментов показал, что наибольшую эффективность среди используемых функций принадлежности имеет функция `gaussmf` (1780.72).

Среднеквадратичная ошибка имеет большое значение предположительно из-за малого количества правил.

С помощью полного перебора параметров скриптов удалось добиться наилучшего значения ошибки.

После подбора оптимальных параметров среднеквадратичная ошибка составила 1619.89.