

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 №8 дисциплины
«Системы обработки знаний»

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

1. Задание

Создать систему нечеткого вывода типа Мамдани, 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 Мамдани 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.

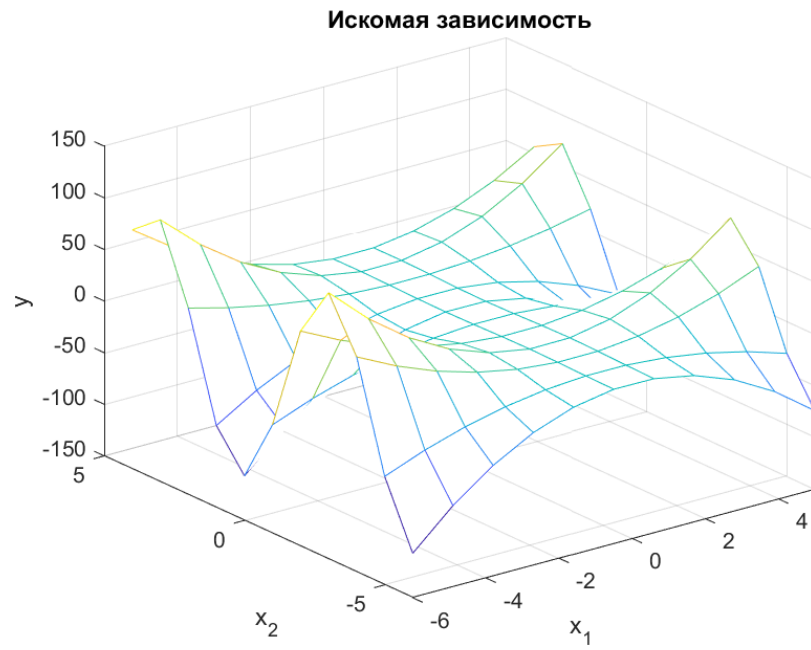


Рисунок 1 – График функции с 10 точками дискретизации

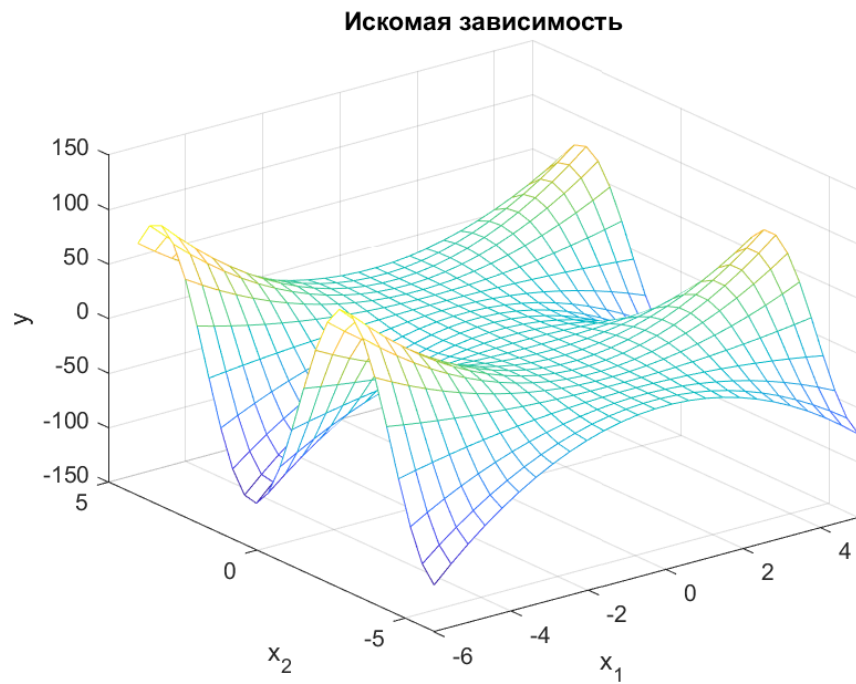


Рисунок 2 – График функции с 25 точками дискретизации

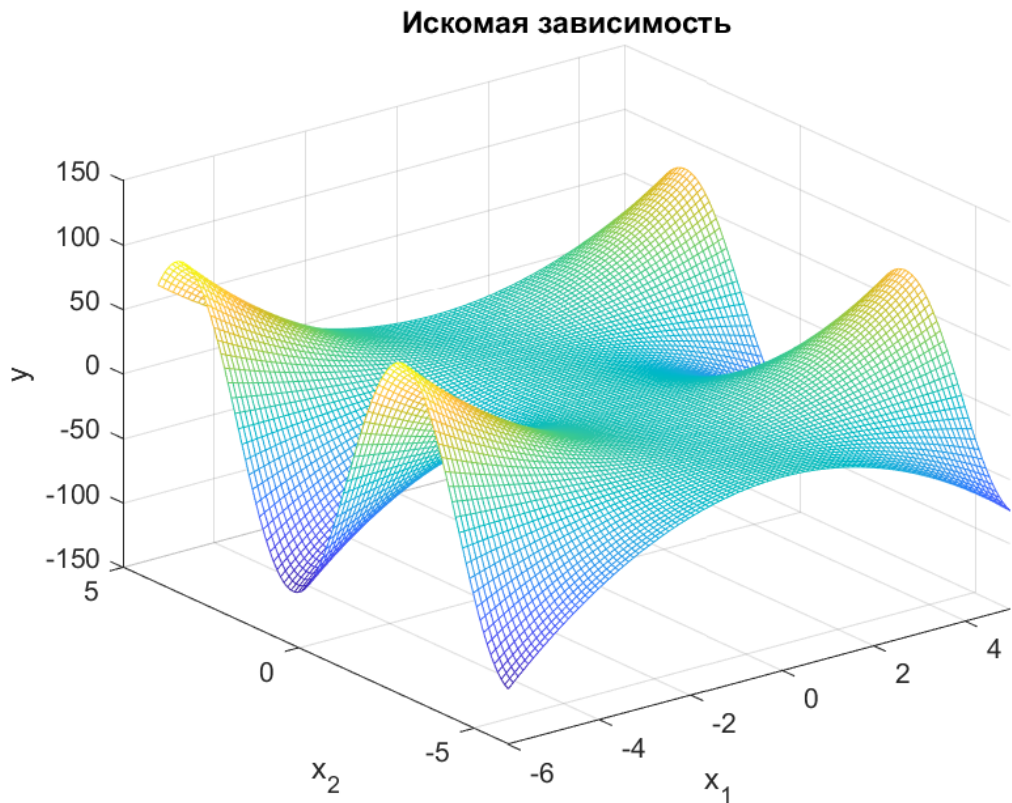


Рисунок 3 – График функции с 100 точками дискретизации

Нечеткие правила, полученные в ходе лабораторной работы №7:

Если X_2 = «низкий» И X_1 = «низкий», ТО y = «низкий»;

Если X_2 = «низкий» И X_1 = «средний», ТО y = «средний»;

Если X_2 = «низкий» И X_1 = «высокий», ТО y = «ниже среднего»;

Если X_2 = «средний» И X_1 = «низкий», ТО y = «средний»;

Если X_2 = «средний» И X_1 = «средний», ТО y = «средний»;

Если X_2 = «средний» И X_1 = «высокий», ТО y = «средний»;

Если X_2 = «высокий» И X_1 = «низкий», ТО y = «высокий»;

Если X_2 = «высокий» И X_1 = «средний», ТО y = «средний»;

Если X_2 = «высокий» И X_1 = «высокий», ТО y = «выше среднего»;

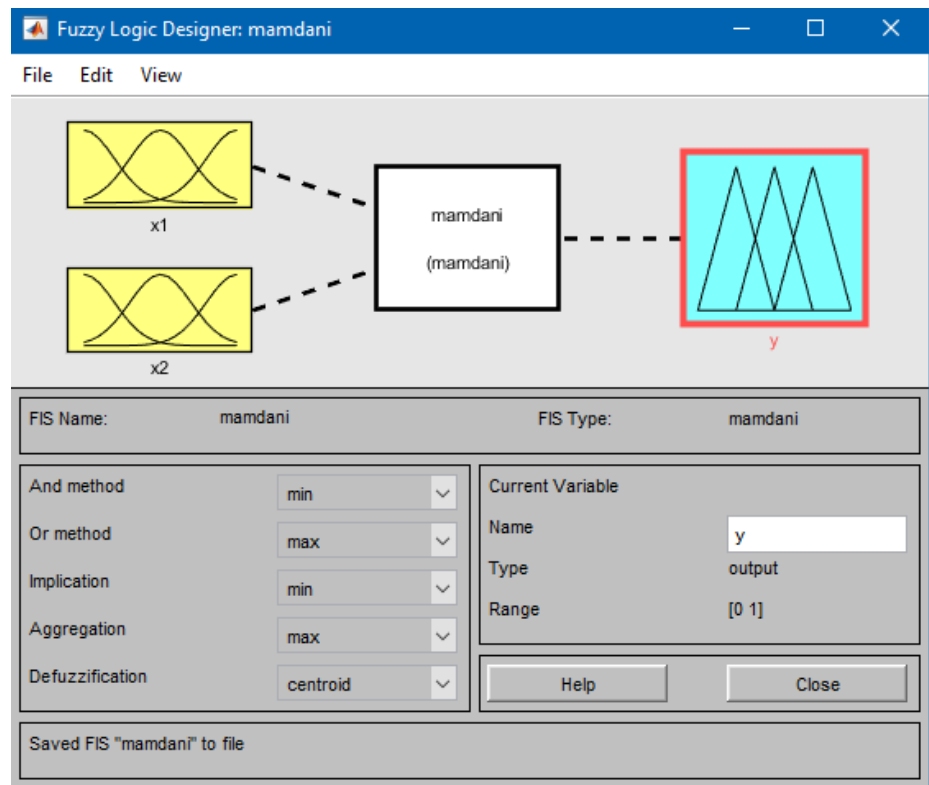


Рисунок 4 – Система Мамдами

```

1. If (x1 is низкий) and (x2 is низкий) then (y is низкий) (1)
2. If (x1 is низкий) and (x2 is средний) then (y is средний) (1)
3. If (x1 is низкий) and (x2 is высокий) then (y is ниже_среднего) (1)
4. If (x1 is средний) and (x2 is низкий) then (y is средний) (1)
5. If (x1 is средний) and (x2 is средний) then (y is средний) (1)
6. If (x1 is средний) and (x2 is высокий) then (y is средний) (1)
7. If (x1 is высокий) and (x2 is низкий) then (y is высокий) (1)
8. If (x1 is высокий) and (x2 is средний) then (y is средний) (1)
9. If (x1 is высокий) and (x2 is высокий) then (y is выше_среднего) (1)

```

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

```

```

% fuzzyLogicDesigner(mamdani);
% pause;

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

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(mamdani.inputs)
    for k = 1:length(mamdani.inputs(j).mf)
        mamdani.inputs(j).mf(k).type = best_type(1);
    end
end
for j = 1:length(mamdani.outputs)
    for k = 1:length(mamdani.outputs(j).mf)
        mamdani.outputs(j).mf(k).type = best_type(1);
    end
end

fuzzyLogicDesigner(mamdani);

```

Рисунок 6 – Код вычисления среднеквадратичной ошибки

Таблица 1 – результаты ошибок при изменении типа входов и выхода

gaussmf	gauss2mf	trimf	trapmf	gbellmf
2755.15	3373.2322	2954.3917	3216.8576	3434.2117

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

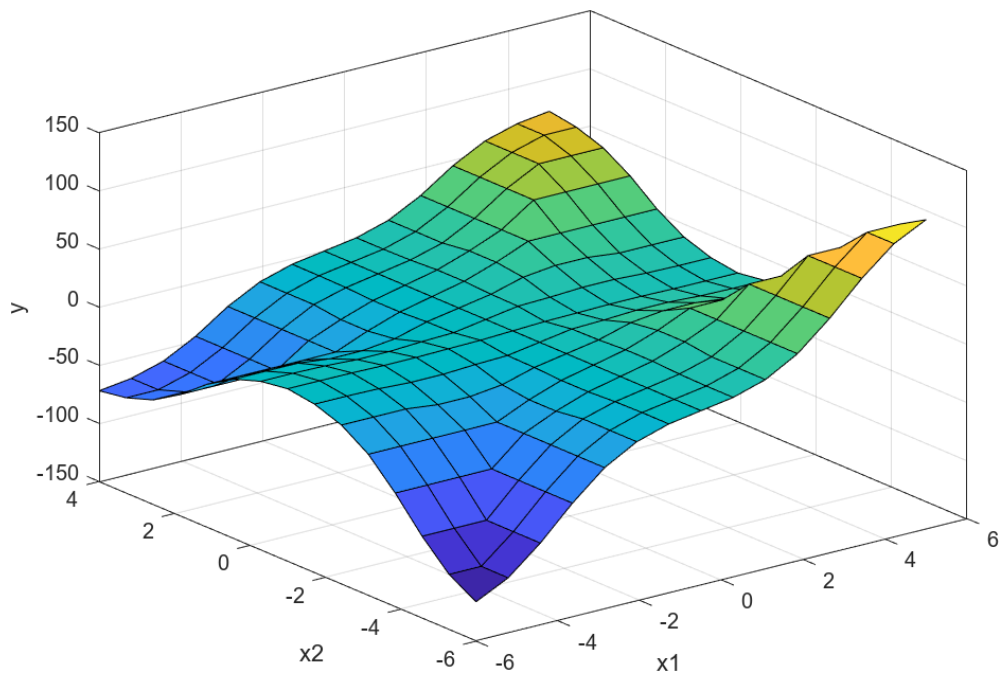


Рисунок 7 – График функции с применением gaussmf для входов и
ВЫХОДОВ

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

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

% fuzzyLogicDesigner(mamdani);
% pause;

and_methods = ["min", "prod"];
or_methods = ["max", "probor"];
implication_methods = ["min", "prod"];
aggregation_methods = ["max", "probor"];
defuzz_methods = ["centroid", "bisector", "lom", "mom", "som"];

best_and_method = "";
best_and_error = intmax;

for i = 1:length(and_methods)
    mamdani.AndMethod = and_methods(i);
    [x1, x2, z] = gensurf(mamdani);

    y = f(x1, x2);
    E = immse(z, y);
    disp(and_methods(i) + " error: " + E);
    if E < best_and_error
        best_and_error = E;
        best_and_method = and_methods(i);
    end
end
```

```

    end
end

mamdani.AndMethod = best_and_method;

best_or_method = "";
best_or_error = intmax;
for i = 1:length(or_methods)
    mamdani.OrMethod = or_methods(i);

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

    y = f(x1, x2);
    E = immse(z, y);
    disp(or_methods(i) + " error: " + E);
    if E < best_or_error
        best_or_error = E;
        best_or_method = or_methods(i);
    end
end

mamdani.OrMethod = best_or_method;

best_implication_method = "";
best_implication_error = intmax;
for i = 1:length(implication_methods)
    mamdani.ImplicationMethod = implication_methods(i);

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

    y = f(x1, x2);
    E = immse(z, y);
    disp(implication_methods(i) + " error: " + E);
    if E < best_implication_error
        best_implication_error = E;
        best_implication_method = implication_methods(i);
    end
end

mamdani.ImplicationMethod = best_implication_method;

best_aggregation_method = "";
best_aggregation_error = intmax;
for i = 1:length(aggregation_methods)
    mamdani.AggregationMethod = aggregation_methods(i);

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

    y = f(x1, x2);
    E = immse(z, y);
    disp(aggregation_methods(i) + " error: " + E);
    if E < best_aggregation_error
        best_aggregation_error = E;
        best_aggregation_method = aggregation_methods(i);
    end
end

mamdani.AggregationMethod = best_aggregation_method;

best_defuzz_method = "";

```



```

best_defuzz_error = intmax;
for i = 1:length(defuzz_methods)
    mamdani.DefuzzMethod = defuzz_methods(i);

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

    y = f(x1, x2);
    E = immse(z, y);
    disp(defuzz_methods(i) + " error: " + E);
    if E < best_defuzz_error
        best_defuzz_error = E;
        best_defuzz_method = defuzz_methods(i);
    end
end

mamdani.DefuzzMethod = best_defuzz_method;

fuzzyLogicDesigner(mamdani);
pause;

[x1, x2, z] = gensurf(mamdani);
y = f(x1, x2);
E = immse(z, y);

disp("Final error: " + E);

```

Рисунок 8 – Исходный код поэтапного подбора параметров

Таблица 2 – Результат поэтапного подбора

and		or		implication		aggregation		defuzzification				
min	prod	max	probor	min	probor	max	probor	centro id	bisect or	lom	mom	som
2761. 14	2769. 57	2761. 14	2761. 14	2761. 14	2881. 24	2954. 50	2761. 14	2761. 14	2906. 49	5248. 57	3979. 68	3476. 80

Лучшие параметры представлены на рисунке 9.

And method	<input type="text" value="min"/>	▼
Or method	<input type="text" value="max"/>	▼
Implication method	<input type="text" value="min"/>	▼
Aggregation method	<input type="text" value="probor"/>	▼
Defuzzification method	<input type="text" value="centroid"/>	▼

Рисунок 9 – Лучшие параметры методом поэтапного подбора

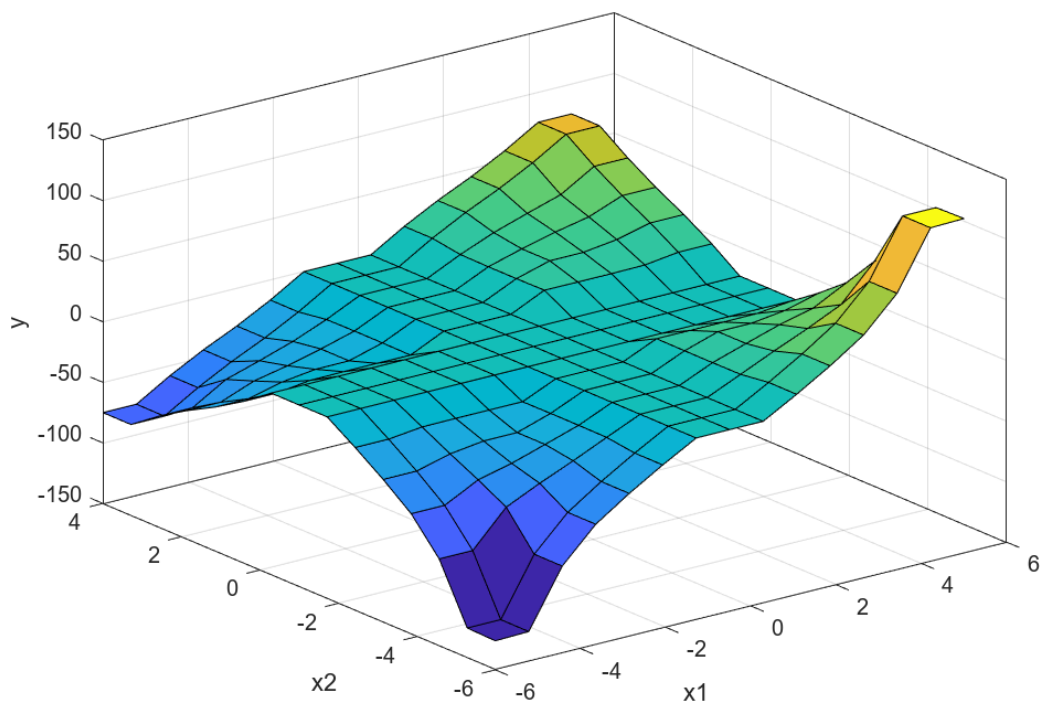


Рисунок 10 – График функции, полученный в результате поэтапного подбора параметров

Итоговая среднеквадратичная ошибка составила: 2761.1466.

Выводы

В ходе лабораторной работы была составлена система Мамдани.

Были подобраны функции, а также параметры моделирования.

Был написан скрипт для поэтапного подбора параметров.

Результат экспериментов показал, что наибольшую эффективность среди используемых функций принадлежности имеет функция `gaussmf`. Среднеквадратичная ошибка этой функции составила 2755.15, наихудший результат показала функция `gbellmf` со среднеквадратичной ошибкой 3434.2117.

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

Полный перебор, реализованный скриптом, позволил подобрать лучшие параметры аппроксимации (рис. 13).

После подбора оптимальных параметров среднеквадратичная ошибка составила 231.5297.