

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна

Должность: проректор по учебной работе

Дата подписания: 20.01.2021 15:08:23

Уникальный программный ключ:

0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра вычислительной техники

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

О.Г. Локтионова

2016 г.



ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОДЕЛИ МАМДАНИ В ПАКЕТЕ FUZZY LOGIC TOOLBOX

Методические указания по выполнению лабораторной работы
по дисциплине «Теория нечеткой логики и множеств»
для студентов специальности 09.03.01 «Информатика
и вычислительная техника»

Курск 2016

УДК 621.37(075)

Составитель: М.В. Бобырь

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *Е.О. Брежнева*

Проектирование модели Мамдани в пакете Fuzzy Logic Toolbox : методические указания по выполнению лабораторной работы по дисциплине «Теория нечеткой логики и множеств» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: М.В. Бобырь. – Курск, 2016. – 14 с.: ил. 12, табл. 2. – Библиогр.: с.14.

Рассмотрены базовые понятия теории нечеткой логики. Показан численный расчет модели Мамдани.

Методические указания соответствуют требованиям программы дисциплины «Теория нечеткой логики и множеств».

Предназначены для студентов специальности 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника» дневной и заочной форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 19.10 . Формат 60x84 1/16.

Усл.печ. л. 0,8. Уч.-изд. л. 0,9. Тираж 50 экз. Заказ. 974 Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОДЕЛИ МАМДАНИ В ПАКЕТЕ FUZZY LOGIC TOOLBOX

1. Цель работы

Получение практических навыков по проектированию модели Мамдани в пакете Fuzzy Logic Toolbox.

2. Модель Мамдани

Рассмотрим модель Мамдани для SISO- и MISO.

Модель Мамдани для SISO-системы.

Пусть заданы входная A и выходная B переменные (рис. 1), которые описываются системой из трех нечетких правил:

R_1 : Если $a=a_1$ То $b=b_2$;

R_2 : Если $a=a_2$ То $b=b_1$;

R_3 : Если $a=a_3$ То $b=b_3$.

где a_1 – примерно 1; a_2 – примерно 3; a_3 – примерно 10; b_1 – примерно 3,25; b_2 – примерно 1; b_3 – примерно 10.



Рис. 1. Модель Мамдани для SISO-системы: a – входная переменная A ; b – выходная переменная B .

Пусть моделируемая SISO-система реализует функцию

$$b = (0,5a - 2)^2 + 1.$$

Вывод в модели Мамдани (ММ) осуществляется по методу центра тяжести с учетом упрощенного вывода. Например, $a = 4$, тогда $a_1=0$; $a_2=0,857$; $a_3=0,143$.

С учетом упрощенного вывода:

$$b_{MM} = \frac{(0,857 \cdot 3,25) + (0 \cdot 1) + (0,143 \cdot 10)}{0,857 + 0 + 0,143} = 2,28.$$

Сведем данные полученные при моделировании функции SISO-системы и при моделировании модели Мамдани в таблицу 1.

Таблица 1

Результаты моделирования

a	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
b_{siso}	3,25	2	1,25	1	1,25	2	3,25	5	7,25	10
b_{MM}	3,25	2,125	1	2,28	3,57	4,85	6,14	7,42	8,71	10

(Примечание. SISO – данные получены при моделировании уравнения $b=(0,5a-2)^2+1$; MM – данные получены при моделировании с помощью модели Мамдани).

Данные полученные в таблице 1 в графической форме предоставлены на рисунке 2.

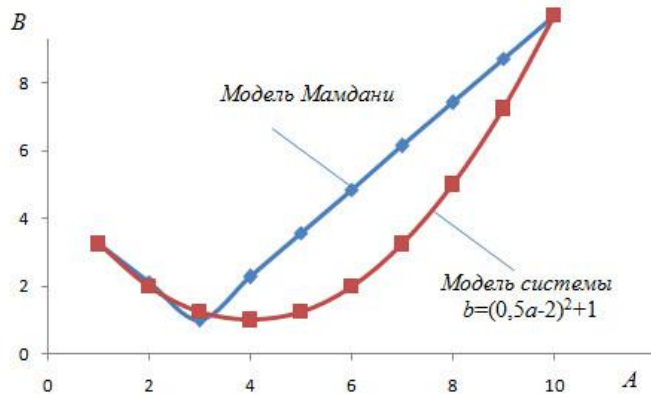


Рис. 2. Результаты моделирования.

Модель Мамдани для MISO-системы.

Пусть заданы входные A и B переменные (рис. 3), которые описываются системой из девяти нечетких правил:

R_1 : Если $a=a_1$ И $b=b_1$ То $y_1 \approx -2$;

R_2 : Если $a=a_1$ И $b=b_2$ То $y_2 \approx +4$;

R_3 : Если $a=a_1$ И $b=b_3$ То $y_3 \approx -5$;

- R_4 : Если $a=a_2$ И $b=b_1$ То $y_4 \approx +1$;
 R_5 : Если $a=a_2$ И $b=b_2$ То $y_5 \approx +6$;
 R_6 : Если $a=a_2$ И $b=b_3$ То $y_6 \approx -2$;
 R_7 : Если $a=a_3$ И $b=b_1$ То $y_7 \approx +3$;
 R_8 : Если $a=a_3$ И $b=b_2$ То $y_8 \approx +7$;
 R_9 : Если $a=a_3$ И $b=b_3$ То $y_9 \approx +5$;

где a_1 – примерно 1; a_2 – примерно 3; a_3 – примерно 10; b_1 – примерно 10; b_2 – примерно 15; b_3 – примерно 30.



Рис. 3. Модель Мамдани для MISO-системы: a – входная переменная A ; b – входная переменная B .

Вывод в модели Мамдани (ММ) осуществляется по методу центра тяжести с учетом упрощенного вывода. Например, $a = 5$, и $b=21$ тогда $a_1=0$; $a_2=0,83$; $a_3=0,17$ и $b_1=0$; $b_2=0,6$; $b_3=0,4$. Составим для каждого правила таблицу активизации. Данные сведем в таблицу 2.

Таблица 2

Таблица активизации нечетких правил

Правило	a_i	b_i	$\min(a_i; b_i)$	y_i	$y_i \cdot \min(a_i; b_i)$
R1	0	0	0	-2	0
R2	0	0,6	0	4	0
R3	0	0,4	0	-5	0
R4	0,83	0	0	1	0
R5	0,83	0,6	0,6	6	3,6
R6	0,83	0,4	0,4	-2	-0,8
R7	0,17	0	0	3	0
R8	0,17	0,6	0,17	7	1,17
R9	0,17	0,4	0,17	5	0,83
Σ			1,33		4,8

С учетом данных таблицы 4 на выходе нечеткой MISO-системы, работающей на основе модели Мамдани будет:

$$y_{MM_min} = \frac{4.8}{1.3} = 3.6.$$

Для реализации модели Мамдани можно использовать и мягкие операторы, например, операции алгебраического произведения PROD или нахождения среднего арифметического MEAN, тогда

$$y_{MM_prod} = \frac{3.37}{1} = 3.37, \quad y_{MM_mean} = \frac{8.03}{3} = 2.68.$$

Поверхность отклика нечеткой MISO-системы, работающей на основе модели Мамдани, для различных операторов (MIN, PROD, MEAN) приведена на рисунке 4.

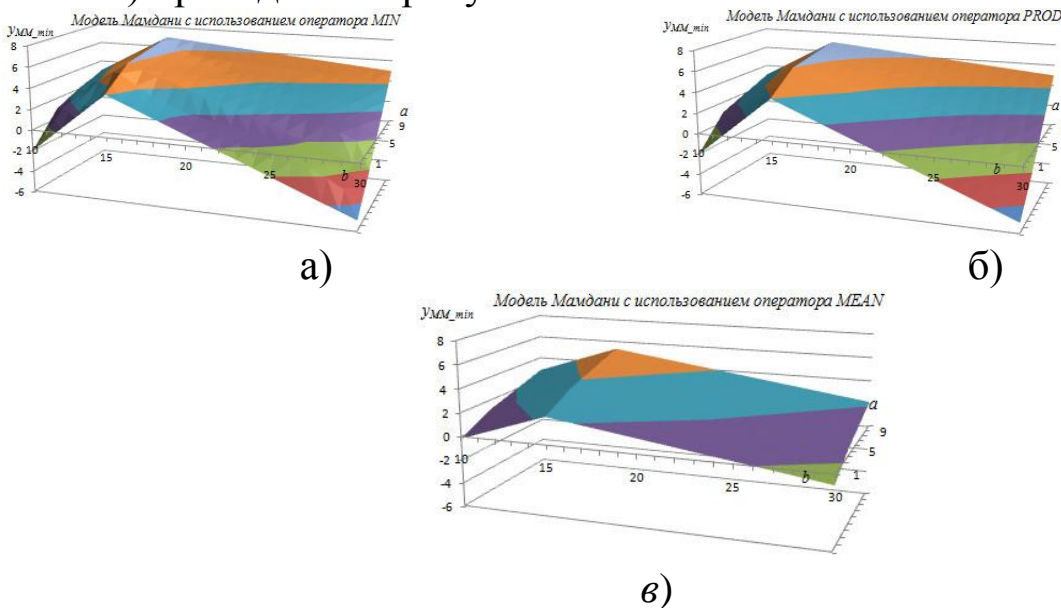


Рис. 4. Поверхность отклика нечеткой MISO-системы для модели Мамдани: *а* – с использованием оператора MIN; *б* – с использованием оператора PROD; *в* – с использованием оператора MEAN.

Как правило нечеткие системы, могут аппроксимировать различные математические выражения, например

$$y = x_1^2 \sin(x_2 - 1).$$

Составим трехмерный график вышеуказанной функции в Matlab. Зададим область построения функции $x_1 \in [-3, 7]$ и $x_2 \in [-1, 9]$. Составим следующую программу.

составим программу:

```

n=15;
x=-3:10/(n-1):7;
y=-1:10/(n-1):9;
z=zeros(n,n);
    for j=1:n
        z(j,:)=x.^2*sin(y(j)-1);
    end
surf(x,y,z)
xlabel('x')
ylabel('y')
zlabel('z')
title('Fuzzy');

```

В результате моделирования данной программы получится графическое изображение рис. 5.

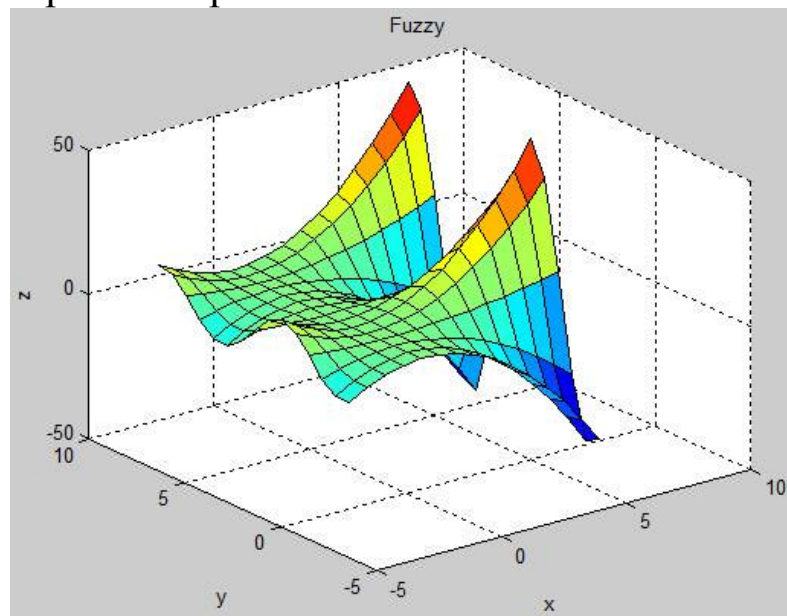


Рис. 5 Моделирование функции $y = x_1^2 \sin(x_2 - 1)$.

3. Общие сведения о пакете Fuzzy Logic Toolbox

Для проектирования функции показанной на рисунке 5, можно воспользоваться моделью Мамдани, которая входит в пакета Fuzzy Logic Toolbox, входящий в Matlab.

В состав **Fuzzy Logic Toolbox** входят следующие модули:

- редактор систем нечёткого вывода FIS Editor (FIS);
- редактор функций принадлежности систем нечёткого вывода Membership Function Editor (MFE);

- редактор правил систем нечёткого вывода Rule Editor;
- программа просмотра правил системы нечёткого вывода Rule Viewer;
- программа просмотра поверхности нечёткого вывода Surface Viewer.

Этап 1. Для загрузки fis-редактора напечатаем слово **fuzzy** в командной строке Matlab. После этого откроется графическое окно, показанное на рис. 5.

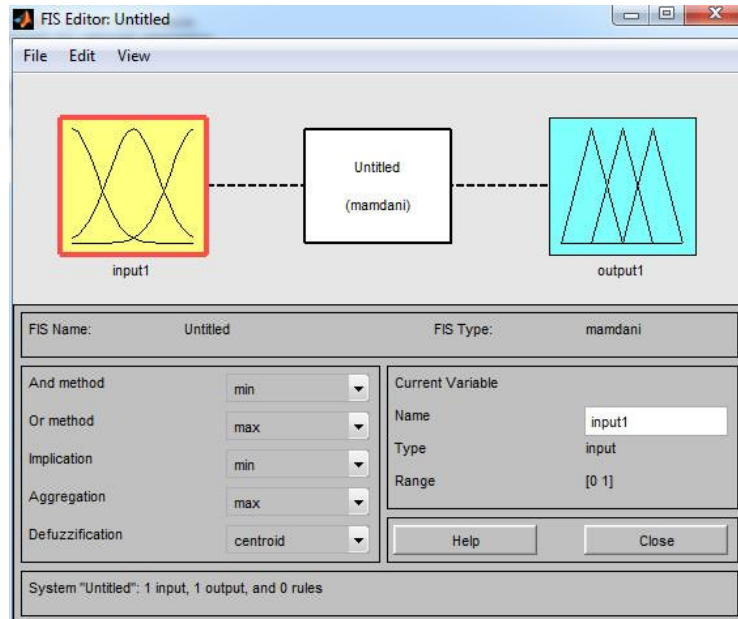


Рис. 6 Окно FIS-редактора

Этап 2. Добавим вторую входную переменную. Для этого в меню **Edit** выбираем команду **Add variable** и выбираем **Input**.

Этап 3. Переименуем первую входную переменную. Для этого сделаем один щелчок ЛКМ на блоке **input1**, введем новое обозначение **x** в поле редактирования имени текущей переменной и нажмем **Enter**.

Этап 4. Переименуем вторую входную переменную. Для этого сделаем один щелчок ЛКМ на блоке **input2**, введем новое обозначение **y** в поле редактирования имени текущей переменной и нажмем **Enter**.

Этап 5. Переименуем выходную переменную. Для этого сделаем один щелчок ЛКМ на блоке **output**, введем новое обозначение **z** в поле редактирования имени текущей переменной и нажмем **Enter**.

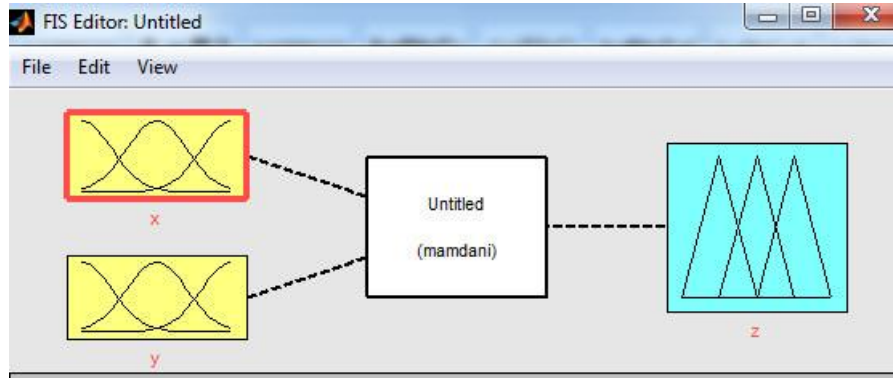


Рис. 7 Переименование переменных

Этап 6. Сделаем двойной щелчок ЛКМ на блоке x и перейдем в редактор функций принадлежности. Далее зададим диапазон значения первой входной переменной. В поле Range введем $[-3, 7]$ и нажмем **Enter**.

Этап 7. Зададим наименования термов для первой входной переменной x . Для этого делаем один щелчок левой кнопкой мыши по графику первой функции принадлежности (**mf1**). Затем вводим наименование термина, x_1 , x_2 и x_3 в поле **Name** и нажмем **Enter**.

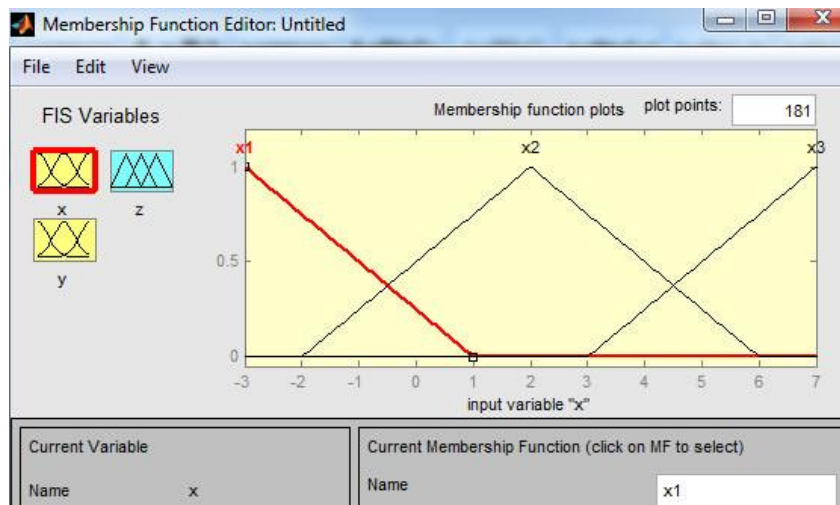


Рис. 8 Ввод имен для функций принадлежности

Этап 8. Зададим имена для функций принадлежности второй входной переменной y . Пусть y этой переменной будут 5 колокообразных термов. Вначале зададим диапазон значений для переменной y . В поле Range напечатаем $[-1, 9]$ и нажмем **<Enter>**.

У первых трех функций принадлежности необходимо сменить тип термов с **trimf** на **gaussmf**.

Далее в меню **Edit** выберем команду **Add MFs**. В появившемся диалоговом окне выбираем 2 и тип функции принадлежности **gaussmf** и нажимаем **Enter**.

Этап 9. По аналогии с этапом 7 зададим у второй входной переменной y следующие имена термов: $y_1, y_2, y_3, y_4,$ и y_5 .

В поле Params, для каждого из термов введем следующие значения:

$$y_1 \Rightarrow [1.2 \ -1];$$

$$y_2 \Rightarrow [1.2 \ 1.5];$$

$$y_3 \Rightarrow [1.2 \ 4];$$

$$y_4 \Rightarrow [1.2 \ 6.5];$$

$$y_5 \Rightarrow [1.2 \ 9].$$

В результате должен появиться следующий график.

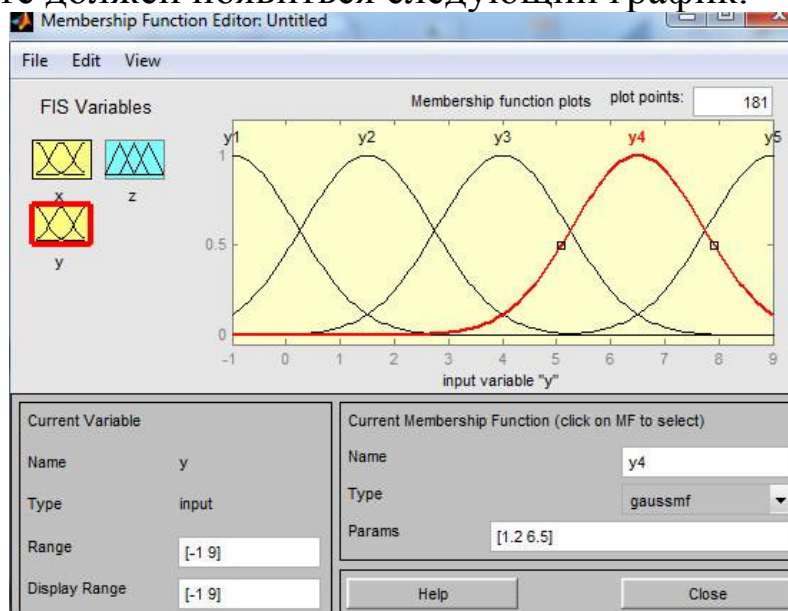


Рис. 9 Редактор FIS для второй входной функции принадлежности

Этап 10. Зададим имена для функций принадлежности выходной переменной z . Пусть у этой переменной будут 5 треугольных терма. Вначале зададим диапазон значений для переменной z . В поле Range напечатаем $[-50, 50]$ и нажмем **Enter**.

Далее в меню **Edit** выберем команду **Add MFs**. В появившемся диалоговом окне выбираем 2 терма и нажимаем **Enter**.

В поле Params, для каждой метки термов введем следующие значения:

$$z_1 \Rightarrow [-50 -50 -25];$$

$$z_2 \Rightarrow [-50 -25 0];$$

$$z_3 \Rightarrow [-25 0 25];$$

$$z_4 \Rightarrow [0 25 50];$$

$$z_5 \Rightarrow [25 50 50].$$

В результате должен появиться следующий график.

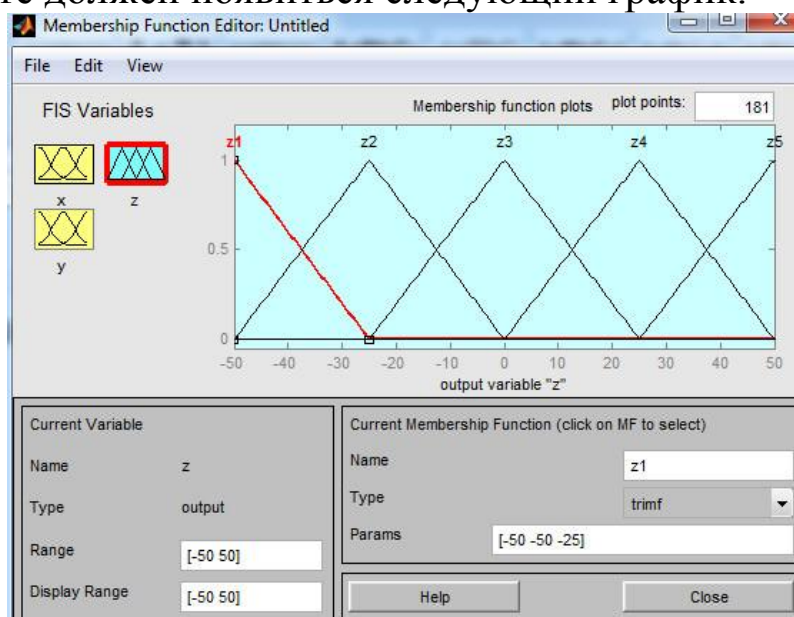


Рис. 10 Редактор FIS для второй входной функции принадлежности

Этап 11. Перейдем в редактор создания нечетких правил **RuleEditor**. Выберем в меню **Edit** команду **Edit rules** и зададим следующие правила

НП₁: Если $x = x_2$, ТО $z = z_3$;

НП₂: Если $x = x_1$ И $y = y_1$, ТО $z = z_5$;

НП₃: Если $x = x_1$ И $y = y_5$, ТО $z = z_5$;

НП₄: Если $x = x_3$ И $y = y_5$, ТО $z = z_4$;

НП₅: Если $x = x_3$ И $y = y_1$, ТО $z = z_4$;

НП₆: Если $x = x_3$ И $y = y_3$, ТО $z = z_3$;

НП₇: Если $x = x_1$ И $y = y_3$, ТО $z = z_1$;

НП₈: Если $x = x_3$ И $y = y_4$, ТО $z = z_3$;

НП₉: Если $x = x_3$ И $y = y_2$, ТО $z = z_3$.

Для ввода девяти нечетких правил необходимо в меню выбрать **Edit** кнопку **Rules**.

После этого в поле **If ... and ... Then** необходимо набрать правила.

Для набора первого правила в поле «**x is**» выберем x_2 . В поле «**z is**» выберем z_3 . После этого нажмем кнопку **Add rule**. Аналогично создадим и следующие 8 нечетких правил.

Выполнив команду **View** и **Surface** получим следующее изображение

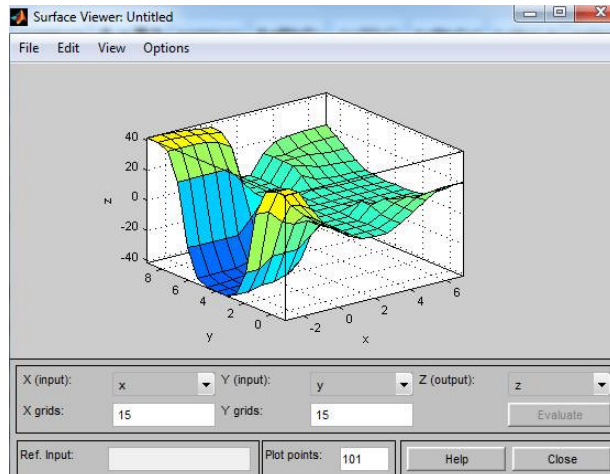


Рис. 11 Отклик результирующей переменной в модели Мамдани

Также можно перейти во вьювер нечетких правил. Например, если $x=5$ и $y=6$ (данные вводим в поле Input), то выходное значение составит $z=2.04$.

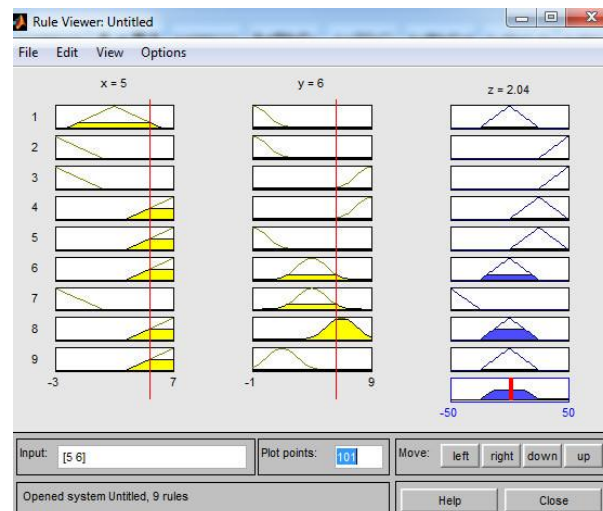


Рис. 12 Вьювер нечетких правил

Этап 12. Для сохранения разработанной нечеткой системы выполните команду File - Export - to file. Выберите любую папку на компьютере и сохраните туда разработанную нечеткую систему.

6. Задания для проектирования модели Мамдани

Ниже располагаются варианты для создания студентом модели Мамдани. Вариант назначает преподаватель.

Варианты заданий

1. Найти на сайтах sciencedirect.com и link.springer.com статьи по ключевому слову **fis (fuzzy inference system)**. Выбрать **Open access articles**. И скачать статью с готовыми нечетко-логическими системами.

2. Разработать собственную нечеткую систему.

3. Промоделировать разработанную нечеткую систему в среде Matlab.

7. Контрольные вопросы

1. Чем отличается модель Мамдани от модели Сугэно?
2. Расскажите структуру нечеткого вывода?
3. Какие типы функций принадлежности Вы знаете?
4. Промоделируйте в Matlab любую математическую функцию?
5. Поменяйте в полученной модели Мамдани правила местами. Сравните полученные результаты с Вашими?
6. Как можно оценить точности разработанной нечеткой системы?
7. Каким образом нужно работать с окном редактора Surface?
8. Каким образом нужно работать с окном редактора Rules?

8. Содержание отчёта

Отчёт должен содержать:

- 1) титульный лист;
- 2) наименование работы и цель исследований;
- 3) алгоритмов нечеткого вывода;
- 4) результаты расчета и графики результирующей переменной.

9. Библиографический список

1. Емельянов С.Г., Интеллектуальные системы на основе нечеткой логики и мягких арифметических операций / Емельянов С.Г., Титов В.С., Бобырь М.В. – - М. : АРГАМАК - МЕДИА, 2014. - 341 с. - (Научное сообщество).

2. Рубанов В.Г. Адаптивные системы принятия нечетко-логических решений / Рубанов В.Г., Титов В.С., Бобырь М.В. - Б.: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова (Белгород). 2014. - 239.

3. Емельянов С.Г., Адаптивные нечетко-логические системы управления / Емельянов С.Г., Титов В.С., Бобырь М.В. – - М. : АРГАМАК - МЕДИА, 2013. - 184 с. - (Научное сообщество).

4. Емельянов С.Г., Автоматизированные нечетко-логические системы управления / Емельянов С.Г., Титов В.С., Бобырь М.В. – М.:ИНФРА-М. 2011. 176 с. (Научная мысль).

5. Бобырь М.В. Теоретические основы построения автоматизированных систем управления технологическими процессами на основе нечеткой логики: монография / М.В. Бобырь, С.Г. Емельянов, В.С. Титов. Старый Оскол: Тонкие наукоемкие технологии, 2009. 232 с.