

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ

**ХАРЬКОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ**

КАФЕДРА СИСТЕМОТЕХНИКИ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
для лабораторных работ по дисциплине
«НЕЧЕТКИЕ РЕГУЛЯТОРЫ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧЕСКОГО
УПРАВЛЕНИЯ»**

Для студентов специальности
8.05020101 – «КОМПЬЮТЕРИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И
АВТОМАТИКИ»

**Лабораторная работа № 3
РАЗРАБОТКА НЕЧЕТКОЙ АППРОКСИМИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ
«МНОГО ВХОДОВ – ОДИН ВЫХОД» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
АЛГОРИТМА СУГЕНО И ИНТЕРАКТИВНОЙ СРЕДЫ РАЗРАБОТКИ
MATLAB**

Утверждено
на заседании кафедры «Системотехники»
Протокол № 8 от 16 ноября 2016 г.

Харьков 2017

УДК 681.3.068

ББК 32.973.26-018.2

Н12

Нечеткие регуляторы в системах автоматического управления.
Методические указания к лабораторным работам для студентов всех
Н12 форм обучения специальности 8.05020101 «Компьютеризированные
системы управления и автоматики» [Электронное издание] / ХНУРЭ;
Сост. А.И.Коваленко, В.М.Решетник — Харьков, 2017. – 17с.

УДК 681.3.068

ББК 32.973.26-018.2

© Харьковский национальный университет радиоэлектроники, 2017
© Коваленко А.И., Решетник В.М., 2017 .

СОДЕРЖАНИЕ

1 РАЗРАБОТКА НЕЧЕТКОЙ АППРОКСИМИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ «МНОГО ВХОДОВ – ОДИН ВЫХОД» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМА СУГЕНО И ИНТЕРАКТИВНОЙ СРЕДЫ РАЗРАБОТКИ MATLAB.....	4
1.1 Цели работы.....	4
1.2 Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.....	4
1.3 Описание лабораторной установки.....	5
1.4 Порядок выполнения работы и методические указания по ее выполнению.....	5
1.4.1 Задание на работу.....	5
1.4.2 Алгоритм нечеткого вывода Сугено (Sugeno).....	7
1.4.3 Пример разработки нечеткого регулятора на основе алгоритма Сугено.....	9
Способ 1.....	11
Способ 2.....	13
1.5 Содержание отчета.....	16
1.6 Контрольные вопросы и задания.....	16

1 РАЗРАБОТКА НЕЧЕТКОЙ АППРОКСИМИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ «МНОГО ВХОДОВ – ОДИН ВЫХОД» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМА СУГЕНО И ИНТЕРАКТИВНОЙ СРЕДЫ РАЗРАБОТКИ MATLAB

1.1 Цели работы

1. Изучение модели нечеткого управления.
2. Изучение основных этапов нечеткого вывода.
3. Изучение основ построения систем нечеткого вывода с использованием алгоритма Сугено (Sugeno).
4. Ознакомление с функциональными возможностями пакета прикладных программ FUZZY LOGIC TOOLBOX, входящих в состав интерактивной среды программирования MATLAB.
5. Практическая разработка нечеткого регулятора на основе алгоритма Сугено и использованием пакета прикладных программ FUZZY LOGIC TOOLBOX среды MATLAB.
6. Получить практические навыки разработки нечетких регуляторов для систем автоматического управления.

1.2 Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Во время подготовки к выполнению лабораторной работы необходимо:

- изучить модель нечеткого управления;
- изучить основные этапы нечеткого вывода;
- изучить основы построения систем нечеткого вывода с использованием алгоритма Сугено (Sugeno).;
- изучить функциональные возможности пакета прикладных программ FUZZY LOGIC TOOLBOX среды MATLAB;
- изучить порядок (этапы) практической разработки нечеткого регулятора на основе алгоритма Сугено.

1.3 Описание лабораторной установки

В качестве лабораторной установки используется персональный компьютер типа IBM PC. Выполнение заданий лабораторной работы осуществляется с помощью пакета прикладных программ FUZZY LOGIC TOOLBOX, входящих в состав интерактивной среды программирования MATLAB.

1.4 Порядок выполнения работы и методические указания по ее выполнению

1.4.1 Задание на работу

В процессе выполнения лабораторной работы необходимо разработать нечеткий регулятор «много входов – один выход» реализующий заданную аппроксимируемую функцию отклика с использованием алгоритма Сугено и пакета прикладных программ Fuzzy Logic Toolbox среды MATLAB. Варианты заданий представлены в табл. 1.1.

Таблица 1.1 – Варианты заданий

№	Назначение устройства	Входные параметры	Объект управления
1.	Система, управляющая орошением растений в теплице.	1. Время суток (утро, день, вечер, ночь) 2. Влажность почвы. 3. Температура в помещении. 4. Содержание азота в почве.	1. Впускной клапан системы автоматического орошения растений. 2. Впускной клапан системы автоматического добавления удобрений в систему орошения. 3. Реле освещения. 4. Реле нагревателей (тенов), для отопления помещения.
2.	Система управления беговой дорожкой (кардио-тренажером).	1. Пульс 2. Вес 3. Рост 4. Текущая скорость вращения вала двигателя (движения дорожки).	1. Скорость вращения вала двигателя. 2. Угол наклона дорожки в горизонтальной плоскости.

№	Назначение устройства	Входные параметры	Объект управления
3.	Бортовая система автомобиля, управляющая парковкой.	1. Расстояние до препятствия . 2. Скорость заднего хода автомобиля. 3. Ускорение автомобиля (торможение, нулевое, ускорение). 3. Угол отклонения от заданного направления движения.	1. Дисковый колесный тормозной механизм. 2. Акселератор (регулятор количества горючей смеси, поступающей в цилиндры двигателя). 3. Угол отклонения рулевой колонки.
4.	Система управления кондиционером	1. Давление компрессора (высокое давление – горячий воздух, низкое давление – холодный воздух). 2. Скорость вращения вентиляторов. 3. Температура в помещении.	1. Давление. 2. Скорость вентиляторов (скорость теплообмена). 3. Влажность выпускаемого воздуха.
5.	Система управления увлажнителем воздуха	1. Влажность в помещении. 2. Температура в помещении. 3. Скорость вращения вентилятора. 4. Интенсивность работы высокочастотного пьезодинамика (механического вибратора).	1. Скорость вентиляторов. 2. Интенсивность работы высокочастотного пьезодинамика.
6.	Система управления смесителем душа	1. Температура воды на выходе смесителя. 2. Значение напора воды. 4. Величина поворота вентиля горячей (холодной) воды.	1. Вентиль горячей воды. 2. Вентиль холодной воды.
7.	Автоматический информатор пассажиров в поезде метрополитена.	1. Расстояние до установки. 2. Текущая скорость поезда. 3. Ускорение поезда (торможение, нулевое, ускорение). 4. Длительность объявления.	1. Время начала объявления остановки. 2. Время прибытия на остановку.

№	Назначение устройства	Входные параметры	Объект управления
8.	Система управления стиральной машиной в режиме «ручная стирка»	1. Вид ткани. 2. Температура.	1. Скорость вращения вала двигателя. 2. Длительность стирки.
9.	Система управления холодильником.	1. Температура в рабочей камере. 2. Температура в морозильной камере. 3. Давление компрессора (высокое давление – повышение температуры, низкое давление – понижение температуры).	1. Давление компрессора рабочей камеры. 2. Давление компрессора морозильной камеры.
10.	Автоматический информатор клиентов о размере одежды.	1. Вес 2. Рост.	1. Размер одежды. 2. Дополнительная информация – «вес в норме», «вес не в норме».
11.			

1.4.2 Алгоритм нечеткого вывода Сугено (Sugeno)

Формально алгоритм Сугено может быть определен следующим образом.

1. Формирование базы правил систем нечеткого вывода. В базе правил используются только правила нечетких продукций в форме:

ПРАВИЛО: ЕСЛИ (х есть А) ТО $(y=a*x+b)$,

то есть в качестве выходной продукции используется линейная функция.

Если рассматривать нечеткий регулятор с двумя входами **X, Y** и одним выходом **Z** то простейшую систему правил нечеткого вывода можно записать в виде

ПРАВИЛО1 : ЕСЛИ (х есть A_1) AND (у есть B_1) ТО $z_1 = A_1(x_0) * x_0 + B_1(y_0) * y_0$,

ПРАВИЛО2 : ЕСЛИ (х есть A_2) AND (у есть B_2) ТО $z_2 = A_2(x_0) * x_0 + B_2(y_0) * y_0$,

где **A, B** – упрощенная запись заданных непрерывных функций принадлежности. При этом стоит задача определить четкое значение **Z**.

2. **Фаззификация** входных переменных. На этапе фаззификации находятся степени истинности для предпосылок каждого правила: $A_1(x_0)$, $A_2(x_0)$, $B_1(y_0)$, $B_2(y_0)$, где x_0, y_0 – числовые значения входных переменных.

Целью этапа фазификации является установление соответствия между конкретным (численным) значением отдельной входной переменной системы нечеткого вывода и значением функции принадлежности соответствующего ей терма входной лингвистической переменной. После завершения этого этапа для всех входных переменных должны быть определены конкретные значения функций принадлежности по каждому из лингвистических термов, которые используются в подусловиях базы правил системы нечеткого вывода.

3. Агрегирование промежуточных условий в нечетких правилах продукций. Агрегирование представляет собой процедуру определения степени истинности каждого из *условий (подусловий) правил* системы нечеткого вывода. Сводится к вычислению значений ФП для входных переменных.

4. Активизация или композиция подзаключений в нечетких правилах продукций. Активизация представляет собой процедуру определения степени истинности каждого **заключения (подзаключений) из правил α_k** системы нечеткого вывода.

4. Аккумуляция заключений нечетких правил продукций в алгоритме Сугено отсутствует.

5. Дефазификация аккумулярованных заключений с целью получения количественных значений каждой из выходных переменных (приведение к четкости). В алгоритме Сугено используется модифицированный вариант в форме метода центра тяжести для одноточечных множеств

$$z = \frac{\sum z_k \cdot \alpha_k}{\sum \alpha_k}.$$

1.4.3 Пример разработки нечеткого регулятора на основе алгоритма Сугено

Рассмотрим пример разработки нечеткого регулятора на основе алгоритма Сугено с использованием пакета прикладных программ FUZZY LOGIC TOOLBOX, входящих в состав интерактивной среды программирования MATLAB.

Задание: разработать нечеткую аппроксимирующую систему «много входов – один выход» с использованием алгоритма Сугено» для нечеткого регулятора, реализующего отклик в виде функции $z = x^2$.

В качестве примера рассмотрим аппроксимирующую зависимость входных и выходных значений (табл.1.2).

Таблица 1.2 – Аппроксимирующая зависимость

x	-1	-0.6	0	0.4	1
z	1	0.36	0	0.16	1

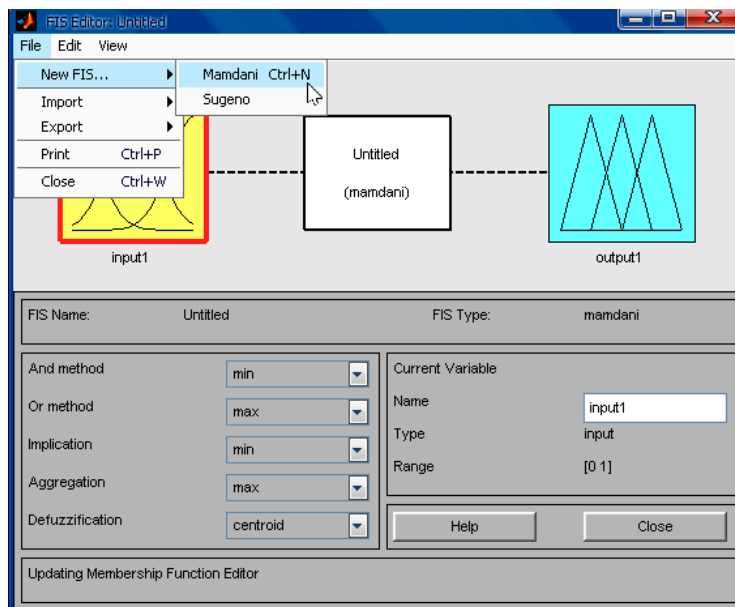


Рисунок 1.1 – Окно редактора нечеткой системы вывода

Для построения ФП с использованием пакета прикладных программ Fuzzy Logic Toolbox необходимо ввести в окне «Command Window» среды MATLAB команду «fuzzy». Команда «fuzzy» запускает основную интерфейсную программу пакета Fuzzy Logic – редактор нечеткой системы вывода (Fuzzy Inference System Editor – FIS Editor). В появившемся окне редактора «FIS Editor Untitled» (untitled – имя файла) необходимо зайти и выполнить пункт главного меню «File» / «New FIS...» / «Sugeno» (рис. 1.1). Таким образом, задается используемый по умолчанию тип алгоритма нечеткого вывода.

По умолчанию, для входной переменной «input1» редактор создает 3 треугольных функций принадлежности «trimf» с именами «mf1», «mf2», «mf3» (рис. 1.2). Необходимо изменить их наименования на «небольшой», «средний», «высокий».

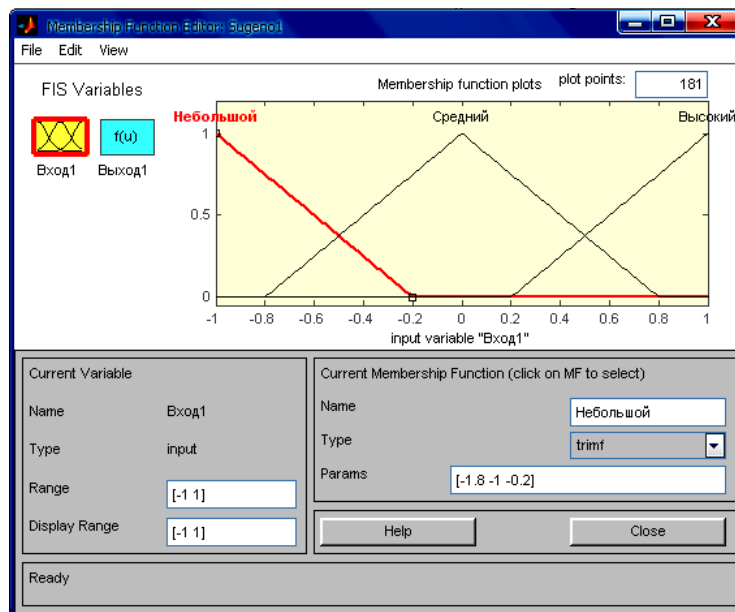


Рисунок 1.2 – Окно редактора функций принадлежности

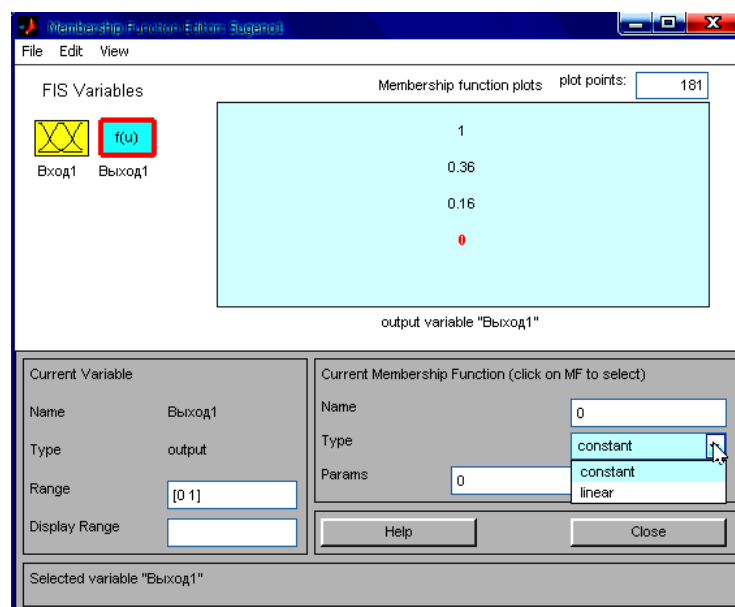


Рисунок 1.3 – Окно редактора функций принадлежности

Способ 1

Для создания системы нечеткого вывода с использованием алгоритма Сугено и линейных выходных функций «0»-го порядка необходимо ввести данные базы правил для выходной лингвистической переменной (табл. 1.2). Первоначально из выпадающего списка «Type» выбирается пункт «constant». Затем добавляется 4 функции принадлежности. Для каждой из них в поле «Params» вводится значение z из таблицы 1.2. Для удобства, следует переименовать выходные ФП на значения параметра z (рис. 1.3).

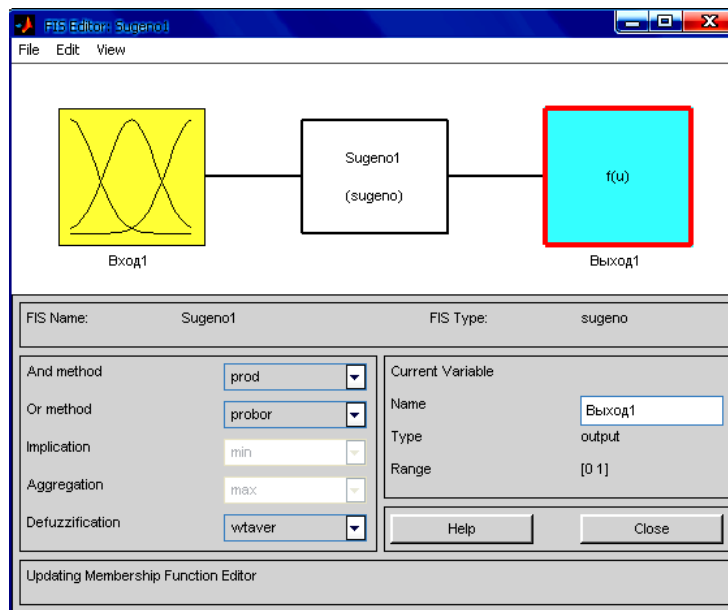


Рисунок 1.5 – Настройка базы правил системы нечеткого вывода

Далее следует настроить базу правил системы нечеткого вывода. Для этого в окне редактора FIS (рис. 1.5) необходимо щелкнуть по белому квадрату для вызова диалогового окна редактора правил «Rule Editor».

В окне редактора «Rule Editor» необходимо внести правила нечеткого вывода, определенные в табл. 1.2.

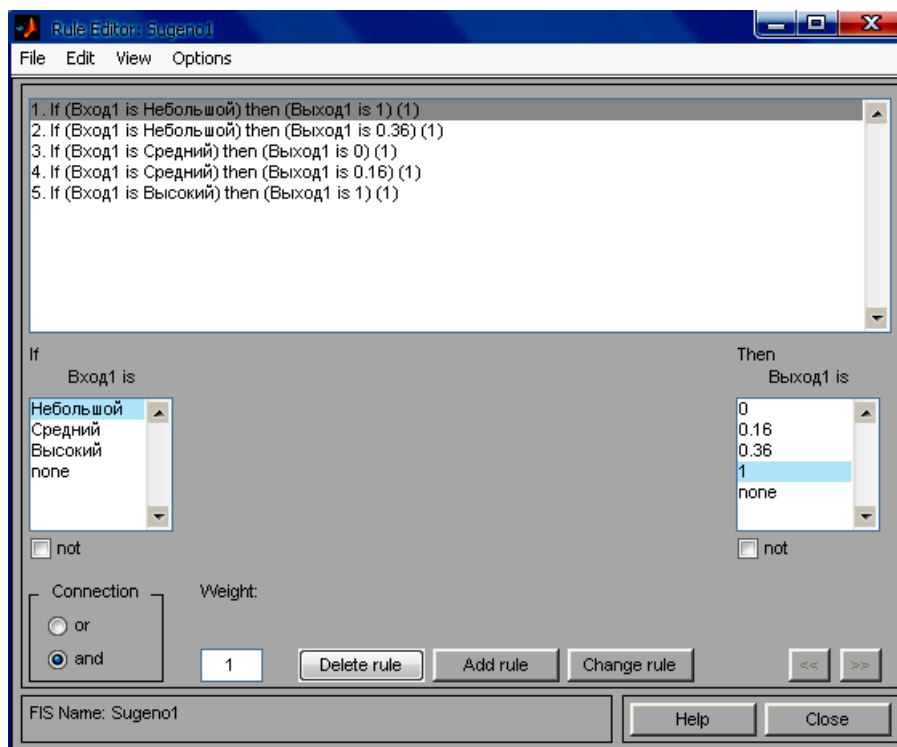


Рисунок 1.6 – Настройка базы правил системы нечеткого вывода

Для занесения правила необходимо

- выбрать предположения из окон слева (по умолчанию для алгоритма Сугено используется логический оператор «AND»);
- выбрать заключение правила – в окне справа;
- нажать кнопку «Add rule» (добавить правило).

Для удаления правила или его изменения используются кнопки «Delete rule» и «Change rule» соответственно.

Для проверки созданной базы правил служит диалоговое окно «Rule Viewer». Данное окно вызывается командой главного меню «View»/«Rules» редактора FIS (рис. 1.7).

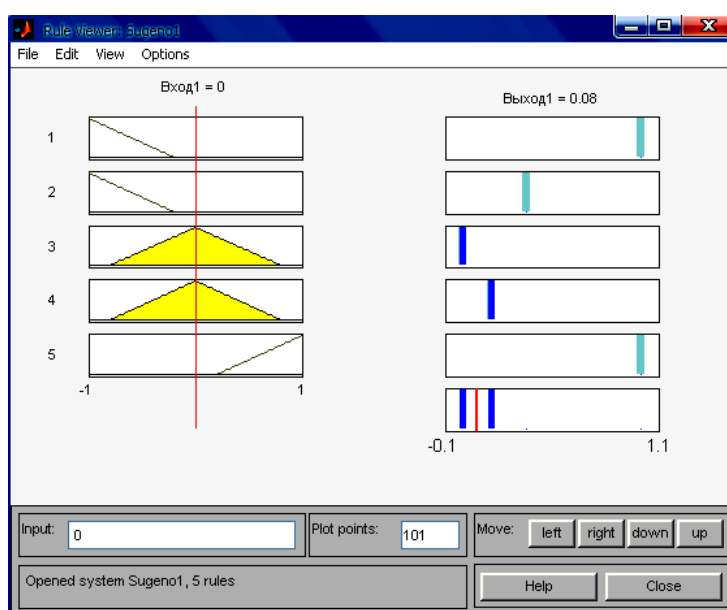


Рисунок 1.7 – Визуализация работы нечеткого регулятора

Визуализатор «Rule Viewer» позволяет проконтролировать работу разработанной базы правил для нечеткого регулятора. В окне «Rule Viewer» (рис.1.7) в виде пронумерованных графических изображений отображаются все правила, которые ввел пользователь. Входное воздействие для предположений отображается в виде красной вертикальной линии, проходящей через все функции принадлежности. Значение входной переменной отображается над верхним краем линии. Пользователь может проконтролировать дефазификацию выходного воздействия. Для этого нужно задать численные значения входных переменных, изменяя положение линии влево – вправо. Каждое изменение входных переменных приводит к перерасчету значения выходной переменной.

Для просмотра функции отклика необходимо выполнить пункт меню «View»/ «Surface» (рис.1.8).

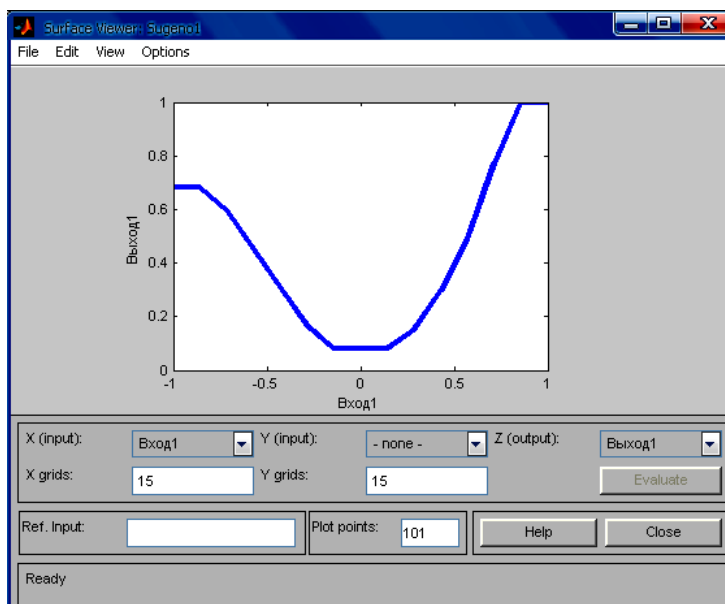


Рисунок 1.8 – Функция отклика нечеткого регулятора

Способ 2

Для создания системы нечеткого вывода с использованием алгоритма Сугено и линейных выходных функций «1»-го порядка необходимо ввести данные базы правил для выходной лингвистической переменной (табл. 1.2).

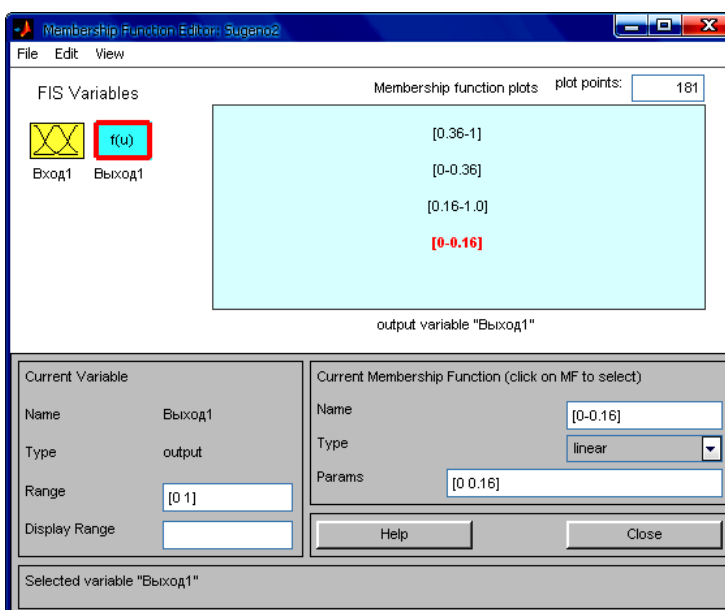


Рисунок 1.9 – Окно редактора функций принадлежности

Первоначально из выпадающего списка «Type» выбирается пункт «linear». Затем добавляется 4 функции принадлежности. Для каждой из них в поле «Params» вводятся значения диапазонов z из таблицы 1.2. Для удобства, следует переименовать выходные ФП на значения диапазонов выходного параметра z (рис. 1.9).

Далее следует настроить базу правил системы нечеткого вывода. Для этого в окне редактора FIS (рис. 1.5) необходимо щелкнуть по белому квадрату для вызова диалогового окна редактора правил «Rule Editor». В окне редактора «Rule Editor» необходимо внести правила нечеткого вывода, определенные в табл. 1.2 (рис.1.10).

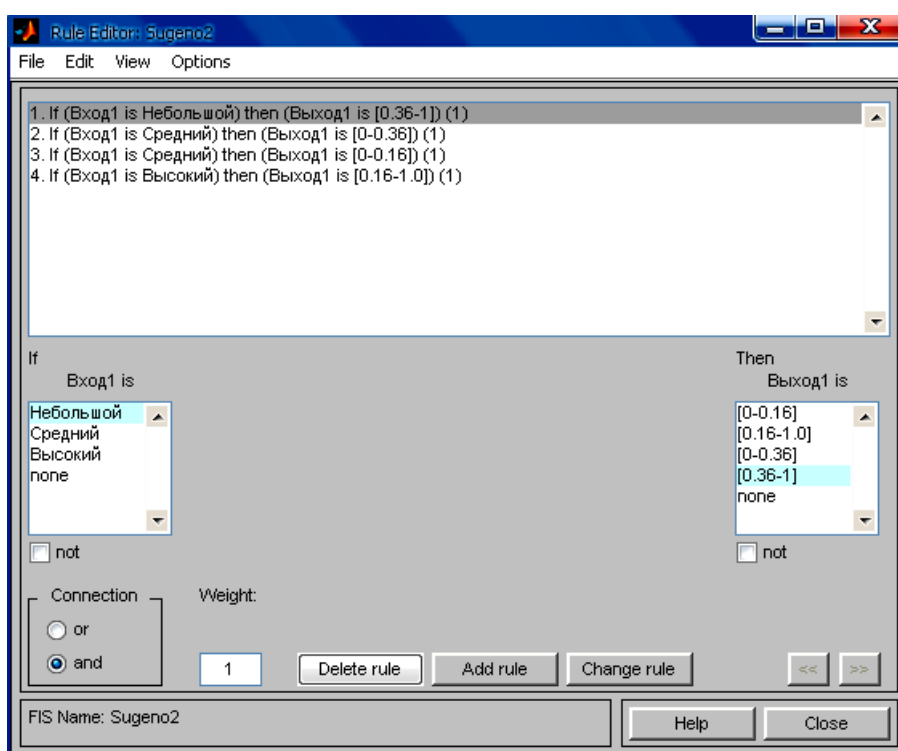


Рисунок 1.10 – Настройка базы правил системы нечеткого вывода

Для проверки созданной базы правил служит диалоговое окно «Rule Viewer». Данное окно вызывается командой главного меню «View»/«Rules» редактора FIS (рис. 1.11).

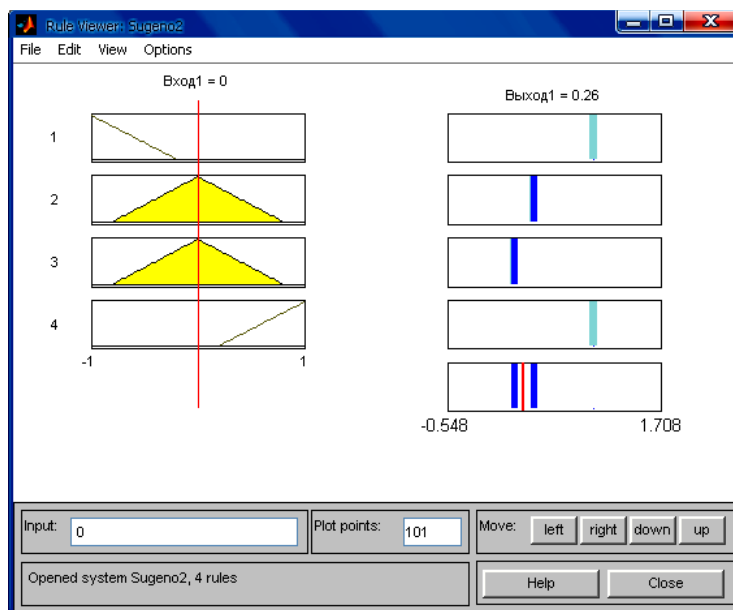


Рисунок 1.11 – Визуализация работы нечеткого регулятора

Для просмотра функции отклика необходимо выполнить пункт меню «View»/ «Surface» (рис.1.12).

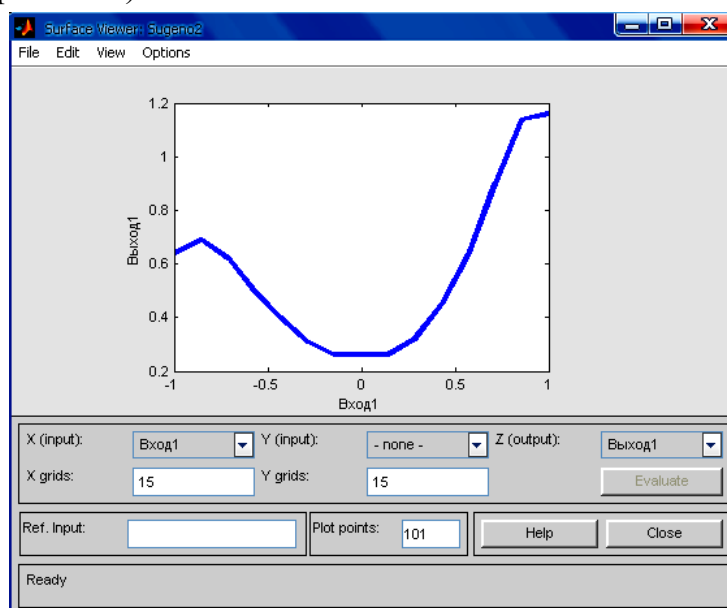


Рисунок 1.12 – Функция отклика нечеткого регулятора

1.5 Содержание отчета

Отчет должен содержать:

- цель работы;
- исходные данные и постановку задачи;
- определение входных лингвистических переменных;
- определение выходной лингвистической переменной;
- определение правил нечеткого вывода;
- значения входных и выходных нечетких переменных;
- скриншоты разработанной системы вывода нечеткого регулятора;
- выводы по работе.

1.6 Контрольные вопросы и задания

1. Что такое нечеткое множество, и каково его основное отличие от обычного (четкого) множества?
2. Дайте определение нечеткой переменной.
3. Дайте определение лингвистической переменной. Чем она отличается от нечеткой переменной?
4. Дайте определение функции принадлежности.
5. В чем идея нечеткого управления?
6. Чем отличаются модели классической теории управления и нечеткого управления?
7. Что понимается под нечеткой системой вывода?
8. Перечислите основные этапы нечеткого вывода.
9. Назначение, тип и параметры функции принадлежности `trapmf`.
10. Назначение, тип и параметры функции принадлежности `trimf`.
11. Какие минимаксные функции среды MATLAB используются для нахождения пересечения и объединения нечетких множеств.
12. Какие альтернативные алгебраические функции среды MATLAB используются для нахождения пересечения и объединения нечетких множеств.
13. Какой смысл вкладывается в термин «дефаззификация»?
14. Назовите цель дефаззификации.
15. Перечислите методы дефаззификации для систем типа Сугено.
16. Что и как определяется по методу центра тяжести?

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ
по дисциплине
**«НЕЧЕТКИЕ РЕГУЛЯТОРЫ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧЕСКОГО
УПРАВЛЕНИЯ»**
для студентов всех форм обучения
по специальности 8.05020101
«Компьютеризированные системы управления и автоматики»

Лабораторная работа № 3

Составители: КОВАЛЕНКО Андрей Иванович
РЕШЕТНИК Виктор Михайлович

Ответственный выпускающий: Коваленко А.И.
Редактор: Коваленко А.И.
Компьютерная верстка: Коваленко А.И.

План 2017 (первое полугодие), поз. 9		
Подп. к печ. 30.01.2017.	Формат 60x84 1/16.	Способ печати –
ризография		
Усл. печ. лист. 9,5.	Учет. изд.лист. 8,4	Тираж 50 экз.
Цена договорная	Зам. №1-9	

ХНУРЭ. Украина. 61166, Харьков, просп. Науки, 14

Отпечатано в учебно-научном
издательско-полиграфическом центре ХНУРЭ
61166, Харьков, просп. Науки, 14