

Лабораторная работа №2

ЛОГИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ НА БАЗЕ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ

Цель работы: получить представление о синтезе логических законов управления, способных обеспечить высокие качественные показатели ведения технологического процесса.

Используемые программы: Matlab, Simulink, Fuzzy Logic Toolbox

Общие сведения о пакете Fuzzy Logic Toolbox

Для рассмотрения результатов разработки и функционирования системы нечёткого вывода будем использовать графические средства пакета Fuzzy Logic Toolbox. Эти же средства используются и при разработке систем нечёткого вывода как графический объектно-ориентированный язык автоматического программирования.

В состав этих средств входят:

- 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.

Система нечёткого вывода

Система нечёткого вывода (СНВ) реализует процесс получения результата по исходным данным посредством нечётких продукций, иначе говоря, по правилам нечётких продукций.

Целью нечёткого вывода может быть получение результата либо в виде нечёткой величины с оценкой степени её принадлежности, либо чёткой количественной оценки результата.

Правило-продукция состоит из двух частей: условия (антецедента) или посылки и заключения (консеквента) или вывода. Продукция основывается на правиле заключения при исчислении предикатов — modus ponens: если A и $A \rightarrow B$ (импликация) произвольно выводимые формулы, т.е. истинные выражения, то B — так же выводимая формула.

В правилах нечётких продукций и условная часть, и заключения описываются как нечёткие высказывания. Таким образом, нечёткая продукция является аналогом правила modus ponens в нечёткой среде высказываний, реализуя немонотонный вывод.

Для описания нечётких высказываний используются нечёткие лингвистические переменные (ЛП).

ЛП — это именованная переменная, которая принимает свои значения из множества лингвистических термов, т.е. символьных величин.

Для нечёткой ЛП терм-множество задаётся как нечёткое множество. Этот процесс называется фаззификацией.

Фаззификация является одной из проблемных задач описания нечёткого вывода и отражает индивидуальные эмпирические знания автора.

Нечёткие высказывания в условной части нечёткой продукции могут быть составными, соединёнными связками “И” и/или “ИЛИ”. Эти связки при исчислении высказываний реализуются логическими или арифметическими операциями пересечения или объединения, соответственно.

Операции исчисления высказываний в условной части нечётких продукций с определением степени их истинности называют агрегированием.

При получении результата по каждому правилу необходимо дать оценку степени его истинности. Эта оценка зависит от степени истинности высказываний условной части правила, степени истинности отношения, положенного в основу правила, между исходными утверждениями (посылкой) и заключением, т.е. степени истинности импликации, и степени истинности высказывания относительно значения из термножества возможных результатов, приведенного в правиле.

Получение оценки степени истинности заключения, полученного по правилу, называют активизацией.

В случае необходимости получения чёткого количественного значения результата оно может быть получено на основании функции принадлежности термножества результата различными способами по алгоритмам, названным по именам их авторов (Мамдани, Сугено, Цукамото и т.д.), что определяет тип системы нечёткого вывода. Эта операция называется дефаззификацией.

Редактор систем нечёткого вывода FIS

Редактор FIS является основным средством, которое используется для создания и редактирования систем нечёткого вывода в графическом режиме.

Вызов редактора FIS для создания СНВ производится с помощью ввода функции **fuzzy** в окне команд системы MATLAB.

Редактор даёт возможность описать основные свойства СНВ: тип и структуру, способы реализации операций агрегирования, активизации и дефаззификации, а также описание лингвистических переменных, используемых при описании модели реального мира.

Описание выполняется с помощью графического интерфейса через окно редактора. Интерфейс позволяет так же вызывать все другие редакторы и программы просмотра.

На схеме, в верхней части окна редактора FIS (рис. 1), приведена схема СНВ, установленная по умолчанию. Левый и правый прямоугольники – входная и выходная ЛП, соответственно, именованные по умолчанию. Центральный прямоугольник отображает процессор нечетких правил (именованный по умолчанию Untitled). Совокупность этих правил описывается в БЗ и определяет функционирование СНВ.

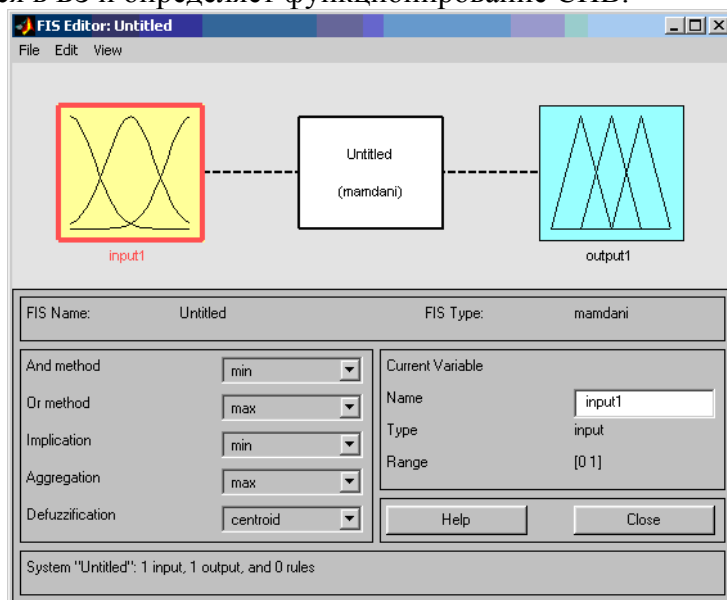


Рис. 1. Графический интерфейс редактора FIS

По умолчанию так же задается целый ряд параметров: тип СНВ по алгоритму Мамдани, нечеткие логические операции, методы импликации, агрегирования и дефаззификации.

Изменение начальных установок может производиться следующим образом.

Для добавления входной переменной следует выполнить команду основного меню Edit > Add Variable... > Input. После этого число левых прямоугольников увеличится на один, именованный по умолчанию «input».

Для удаления входной переменной следует выделить её щелчком по изображению и нажать клавишу Delete.

Для методов выполнения операций нечеткого вывода изменение производится выбором нужных пунктов из пяти всплывающих меню в левой нижней области окна.

Редактор функций принадлежности (MFE)

Редактор функций принадлежности в графическом режиме обеспечивает задание и изменение функции принадлежности любых термов ЛП СНВ.

Для фаззификации лингвистической переменной СНВ следует выделить ее изображение – именованный прямоугольник в левой верхней части окна редактора (рис. 2).

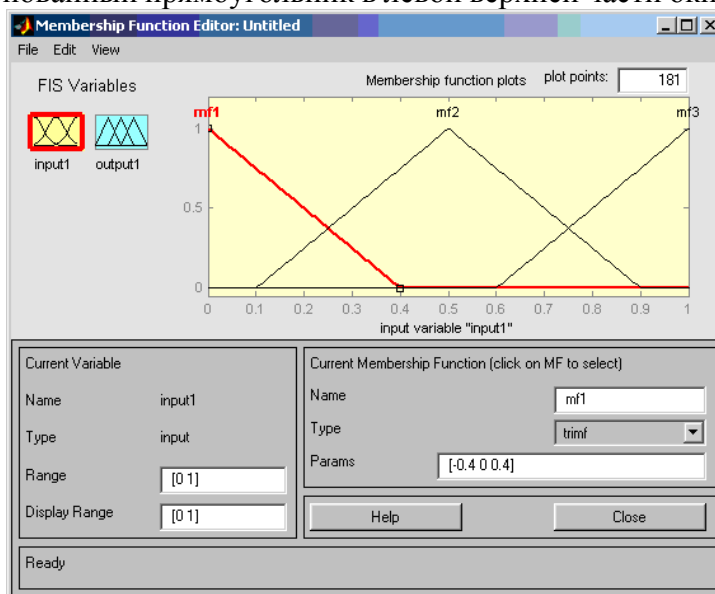


Рис. 2. Графический интерфейс редактора MFE

В окне редактора выводятся графики функций принадлежности для всех значений выделенной ЛП (по умолчанию для трёх значений).

Для описания функции принадлежности каждого значения ЛП используются три поля: Name, Type и Params. Описываемая функция выделяется щелчком по её графику. В поле Name устанавливается значение ЛП. В поле Type, выбором элемента меню, устанавливается имя нужной функции принадлежности (одной из 11-ти встроенных). В поле ввода Params указываются необходимые параметры функции принадлежности, которые определяют положение ее модальных значений на числовой шкале, диапазон изменения которой указывается в полях ввода Range и Display range.

Эти операции выполняются над всеми значениями из терм-множеств лингвистических переменных СНВ.

Добавление нового значения ЛП со встроенной функцией принадлежности производится по команде основного меню Edit > Add MF.

Удаление ненужного значения ЛП производится нажатием клавиши Delete, после выделения графика функции принадлежности этого значения.

Редактор правил системы нечеткого вывода

Редактор правил СНВ (рис. 3) обеспечивает описание правил системы в графическом режиме. Основой языка представления знаний (ЯПЗ) являются априорные элементарные нечеткие высказывания относительно значений ЛП вида:

<имя ЛП is значение ЛП>.

Сложные нечеткие высказывания в условных частях нечетких продукций соединяются связками «and» и/или «or».

Условная часть нечеткого правила вводится словом «If» и отделяется от заключения словом «then».

После заключительной части в правиле в скобках указывается значение весового коэффициента правила (поле ввода Weight).

Правила нумеруются.

Таким образом база знаний СНВ, описанная средствами пакета Fuzzy Logic ToolBox, представляется линейной последовательностью нумерованных нечетких продукций, описанных изложенным образом.

Тексты введенных правил размещаются на поле в верхней части окна редактора правил.

Описание новых или изменение нечетких продукций производится только после описания всех необходимых ЛП средствами редакторов FIS и MFE. После этого могут выполняться три вида операций над правилами: удаление (кнопка Delete rule), добавление (кнопка Add rule) и изменение (кнопка Change rule).

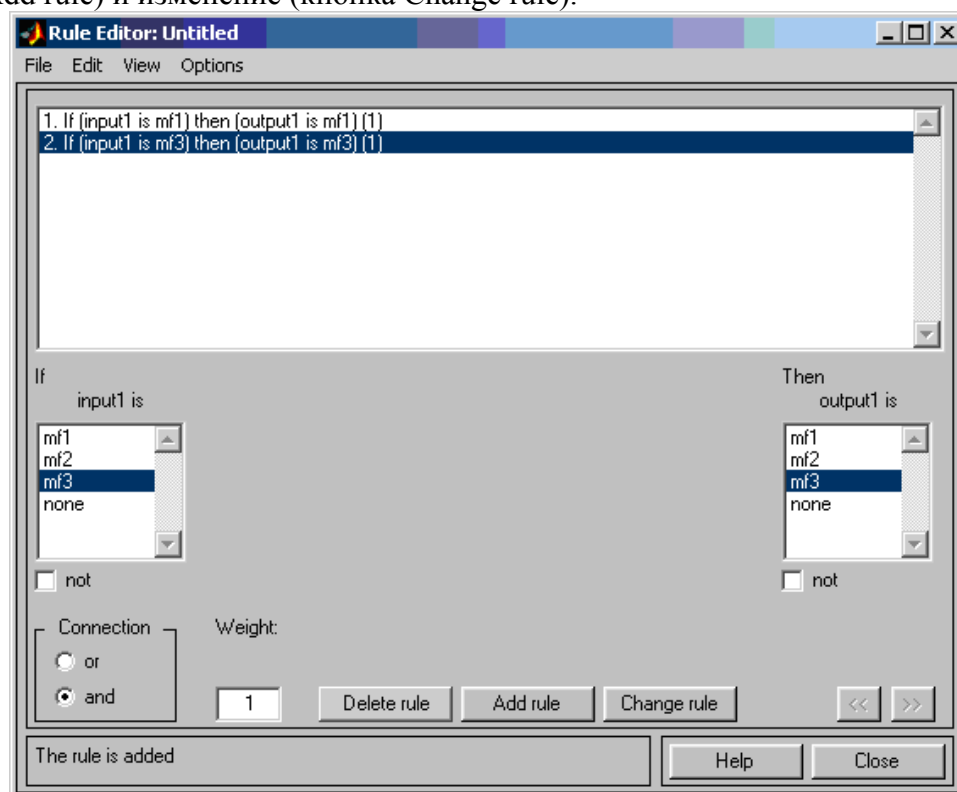


Рис. 3. Графический интерфейс Rule Editor

Удаляемое или изменяемое правило предварительно должно быть выделено. При изменении или добавлении правила набор нужных значений ЛП, для описания априорных высказываний, производится выделением их из списков, размещённых в полях нижней части окна редактора.

Тип связки для сложных высказываний устанавливается переключателем Connection.

Величина весового коэффициента правила устанавливается в поле ввода Weight.

Перечисленные операции над правилами выполняются после щелчка по соответствующей клавише внизу окна.

Порядок работы

1. Построить модель системы автоматического управления согласно рис 4 и 5.

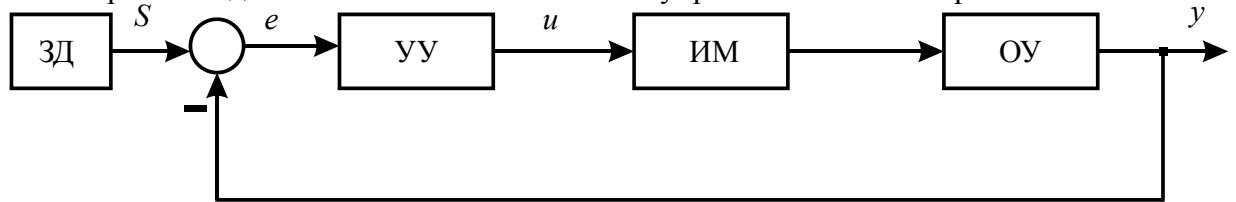


Рис 4. Одноконтурная система автоматического регулирования:
ОУ – объект управления; ИМ – исполнительный механизм;
УУ – устройство управления; ЗД - задатчик

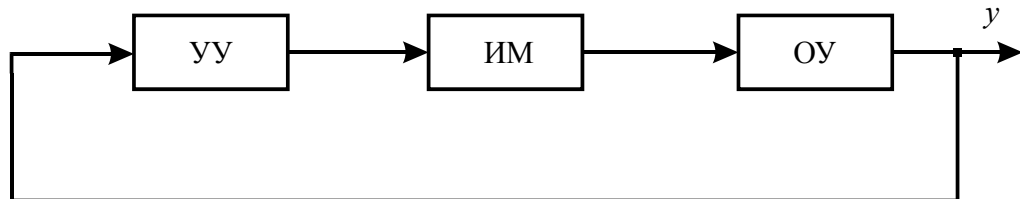


Рис 5. Система автоматического регулирования

2. В качестве устройства управления использовать нечеткий регулятор. Для каждой из структур синтезировать функции принадлежности входа и выхода нечеткого регулятора.

3. Разработать базу правил нечетких регуляторов.

4. Построить модель одноконтурной системы автоматического регулирования (рис. 4) используя в качестве УУ двухпозиционный закон регулирования вида:

$$u(e) = \begin{cases} k, & \text{если } e > 0, \\ -k, & \text{если } e < 0. \end{cases}$$

параметр k выбрать самостоятельно.

5. Построить переходные характеристики в полученных системах автоматического регулирования и оценить его качество.

6. По найденным прямым оценкам качества переходных процессов сравнить синтезированные системы автоматического регулирования.

В отчете представить:

- цель работы;
- номер индивидуального варианта;
- исходные данные;
- структурные схемы и порядок синтеза моделей;
- результаты работы по п. 1 – 6;
- выводы по проделанной работе.

Варианты задания

№ п/п	ОУ	ИМ	S
1	$W_{\text{ОУ}}(p) = \frac{2}{20p + 1}$	$W_{\text{ИМ}}(p) = \frac{1}{10p}$	2
2	$W_{\text{ОУ}}(p) = \frac{1}{40p + 1}$	$W_{\text{ИМ}}(p) = \frac{1}{20p}$	1
3	$W_{\text{ОУ}}(p) = \frac{6}{80p + 1}$	$W_{\text{ИМ}}(p) = \frac{1}{5p}$	2
4	$W_{\text{ОУ}}(p) = \frac{8}{67p + 1}$	$W_{\text{ИМ}}(p) = \frac{1}{40p}$	1
5	$W_{\text{ОУ}}(p) = \frac{2}{20p + 1}$	$W_{\text{ИМ}}(p) = \frac{1}{50p}$	2
6	$W_{\text{ОУ}}(p) = \frac{2}{20p + 1}$	$W_{\text{ИМ}}(p) = \frac{1}{30p}$	2
7	$W_{\text{ОУ}}(p) = \frac{3}{120p + 1}$	$W_{\text{ИМ}}(p) = \frac{1}{20p}$	2
8	$W_{\text{ОУ}}(p) = \frac{6}{43p + 1}$	$W_{\text{ИМ}}(p) = \frac{1}{50p}$	2
9	$W_{\text{ОУ}}(p) = \frac{0.6}{20p + 1}$	$W_{\text{ИМ}}(p) = \frac{1}{10p}$	2
10	$W_{\text{ОУ}}(p) = \frac{1}{50p + 1}$	$W_{\text{ИМ}}(p) = \frac{1}{20p}$	2
11	$W_{\text{ОУ}}(p) = \frac{5}{120p + 1}$	$W_{\text{ИМ}}(p) = \frac{1}{40p}$	2
12	$W_{\text{ОУ}}(p) = \frac{2}{70p + 1}$	$W_{\text{ИМ}}(p) = \frac{1}{50p}$	2
13	$W_{\text{ОУ}}(p) = \frac{1}{90p + 1}$	$W_{\text{ИМ}}(p) = \frac{1}{20p}$	2
14	$W_{\text{ОУ}}(p) = \frac{3}{29p + 1}$	$W_{\text{ИМ}}(p) = \frac{1}{10p}$	2
15	$W_{\text{ОУ}}(p) = \frac{8}{40p + 1}$	$W_{\text{ИМ}}(p) = \frac{1}{30p}$	2
16	$W_{\text{ОУ}}(p) = \frac{2}{55p + 1}$	$W_{\text{ИМ}}(p) = \frac{1}{40p}$	2
17	$W_{\text{ОУ}}(p) = \frac{1}{32p + 1}$	$W_{\text{ИМ}}(p) = \frac{1}{20p}$	2
18	$W_{\text{ОУ}}(p) = \frac{7}{134p + 1}$	$W_{\text{ИМ}}(p) = \frac{1}{10p}$	2