

Лабораторная работа 5. МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕЧЕТКИХ СИСТЕМ

Цель работы: получить представление о способах создания нечетких моделей, изучить функции языка MATLAB библиотеки FUZZY LOGIC TOOLBOX, создать и исследовать нечеткую модель объекта управления.

Общие положения

Нечеткие системы формируются на основе математического аппарата нечетких множеств (FUZZY LOGIC). В основе представления «нечеткости» лежит функция принадлежности, определяющая степень принадлежности переменной к нечеткому множеству. Более подробно теория нечетких множеств описана, например, здесь ¹.

Нечеткие системы позволяют описывать процессы в виде качественных понятий, которые формализуются при помощи нечетких множеств путем формирования функций принадлежности. Переменные, которые соответствуют качественным понятиям, называются лингвистическими. Взаимодействие лингвистических переменных в нечетких системах описывается нечеткими отношениями, которые реализуются в виде логических выражений – правил.

Принципиальным вопросом является связь нечетких систем с другими, описываемыми традиционными средствами без нечеткости. Пусть имеется некоторый объект управления – динамическая система, описываемая обыкновенными дифференциальными уравнениями. Для этого объекта нужно построить «нечеткий» регулятор (см. рисунок 5.1). Процедура представления числовых значений в нечетком виде называется фаззификацией. При этом определяется значение функции принадлежности для всех термов лингвистической переменной, соответствующей численной входной.

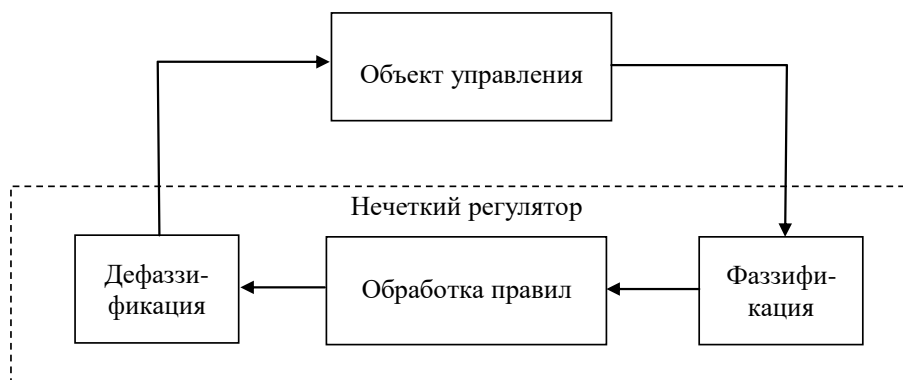


Рис. 5.1. Структура нечеткой системы

¹ Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. 736 с.

Далее согласно правилам, определенным в нечеткой модели регулятора, формируются нечеткие значения выходных переменных. Их функции принадлежности удобно представить в виде площади или нескольких площадей плоских фигур. Для нахождения соответствующих числовых значений нужно осуществить дефаззификацию. Есть несколько методов дефаззификации, и самый распространенный из них – метод центра тяжести, при котором выходное значение равно абсциссе центра тяжести площади.

Методы дефаззификации, а также процедуры обработки логических выражений над лингвистическими переменными можно определить в редакторе нечетких систем среды MATLAB. В качестве примера реализации нечетких систем в среде MATLAB можно рассмотреть расчет чаевых для официанта в зависимости от качества блюд и скорости обслуживания (для этого достаточно в командной строке ввести команду **fuzzy('tipper')**). На рис. 5.2 – 5.4 показаны рабочие окна редактора нечетких систем.

Далее приводятся основные функции языка MATLAB библиотеки FUZZY LOGIC TOOLBOX.

FUZZY – вызов основного редактора нечетких систем.

Редактор представляет собой интерактивное средство для создания и редактирования нечетких систем, реализованное с помощью элементов графического пользовательского интерфейса. С помощью редактора можно выбирать и изменять структуру модели, количество и параметры входных и выходных переменных, выбирать вид функции принадлежности и т. д. Нечеткие модели могут быть сохранены в виде файлов с расширением **fis** – специальных FIS-структур (FIS, Fuzzy Inference System – системы нечеткой логики).

MFEDIT('FILENAME') – вызов редактора функций принадлежности переменных нечетких моделей. Аргументом функции является имя файла **FILENAME.fis**, в котором хранится модель.

RULEEDIT(FILENAME) – вызов редактора правил нечеткой модели. Аргументом функции является имя файла **FILENAME.fis**, в котором хранится модель.

RULEVIEW('FILENAME') – вызов программы просмотра правил нечеткой модели в виде диаграмм входных и выходных переменных. Аргументом функции является имя файла **FILENAME.fis**, в котором хранится модель.

SURFVIEW('FILENAME') – вызов программы просмотра поверхности нечеткого вывода. Аргументом функции является имя файла **FILENAME.fis**, в котором хранится модель.

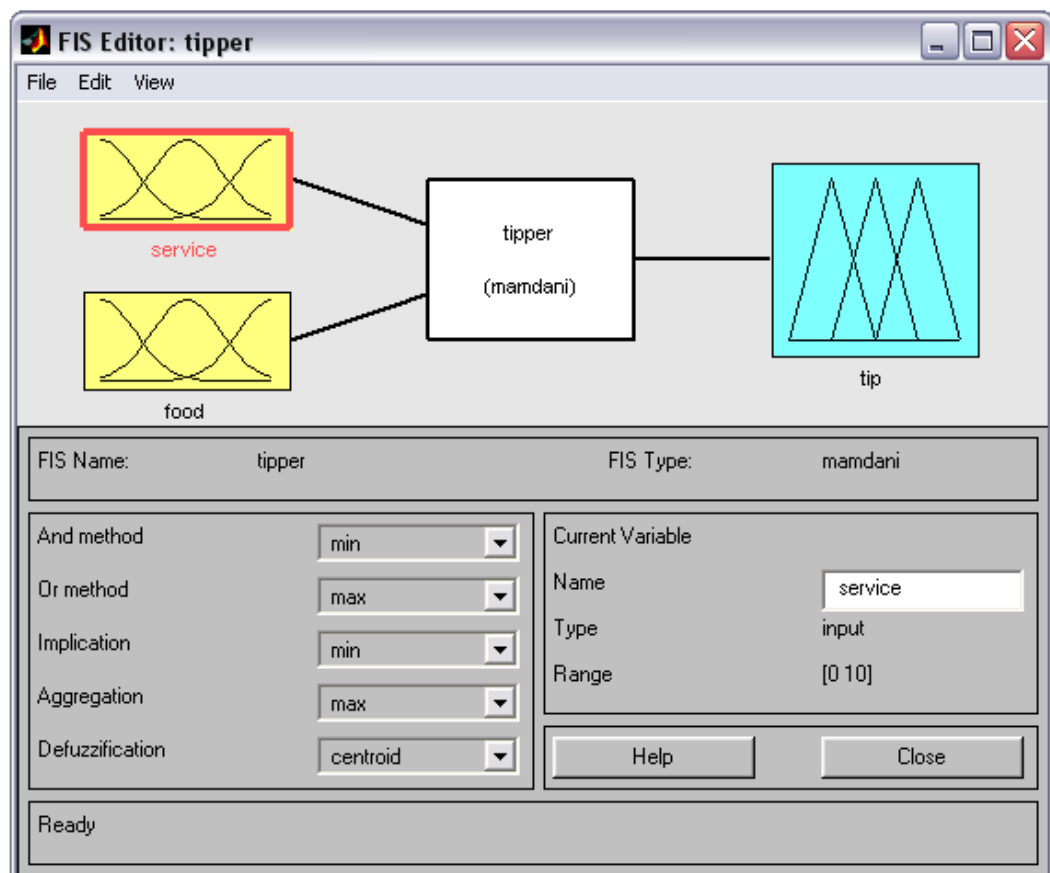


Рис. 5.2. Приложение FUZZY

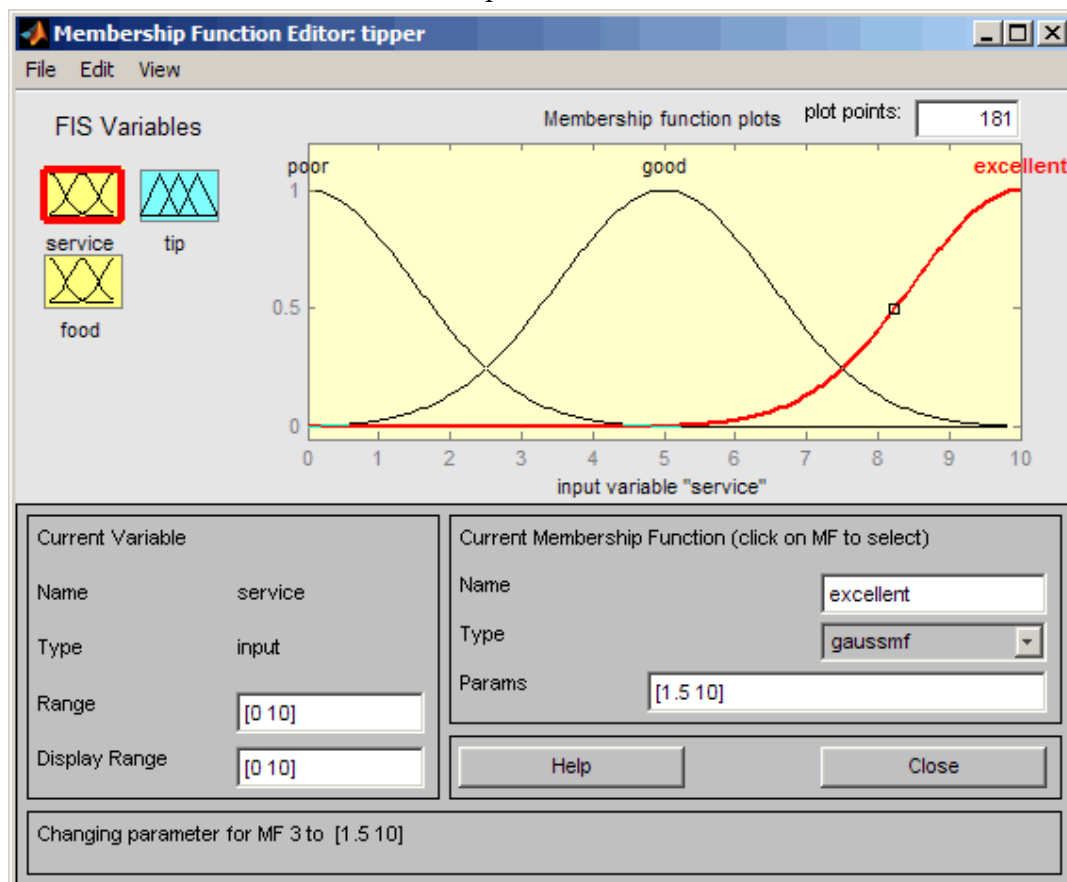


Рис. 5.3. Окно редактора функций принадлежности

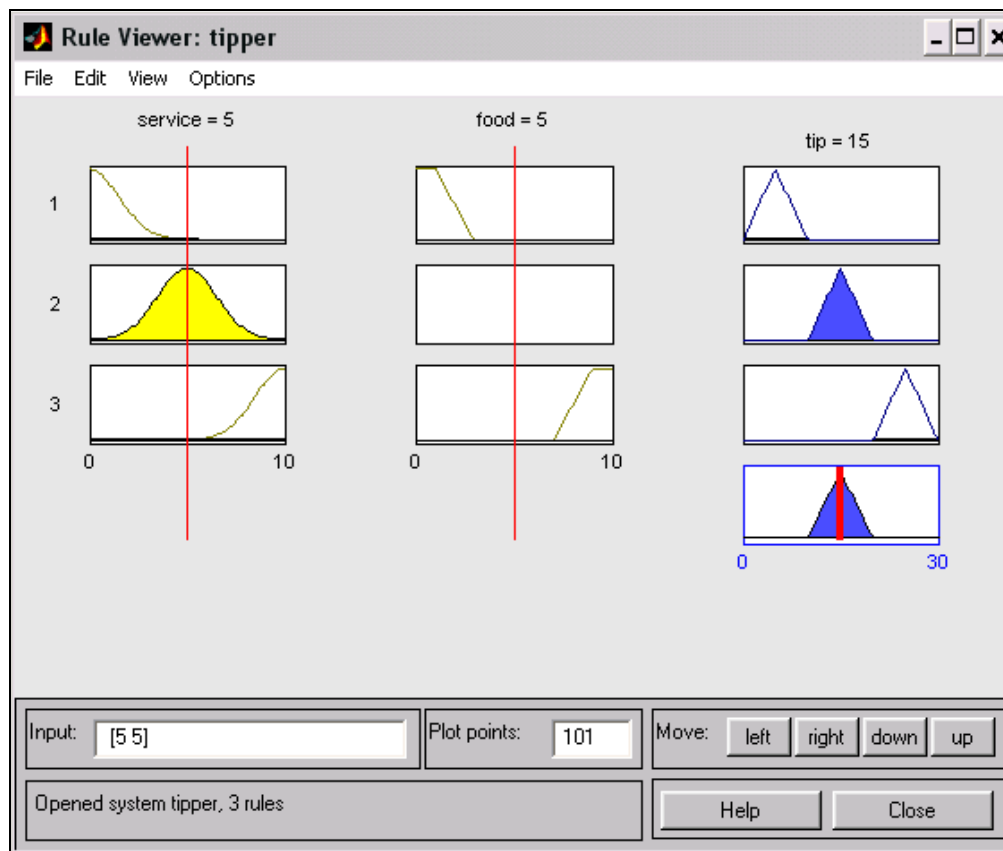


Рис. 5.4. Приложение FUZZY: фаззификация и дефаззификация

Примечание. Нечеткие модели и их элементы, созданные с помощью приведенных выше редакторов, можно хранить не только в файлах, а также в структурных переменных рабочего пространства. Для этого в меню **File** окна редактора нужно выбрать пункты **Export -> To Workspace** (аналогично, для редактирования модели-переменной: **Import -> From Workspace**). В этом случае при вызове редакторов аргументом указывается имя переменной.

Подробное описание создания нечеткой системы через редактор на примере расчета чаевых описано здесь: <https://www.mathworks.com/help/fuzzy/building-systems-with-fuzzy-logic-toolbox-software.html>

Задание на лабораторную работу

Для заданного объекта управления требуется предложить и реализовать в пакете MATLAB нечеткую модель управления, последовательно наращивая число доступных для наблюдения входных переменных и их значений. Последовательность выполнения задания включает в себя:

1. Задание для каждого входа и выхода лингвистических переменных с множеством возможных значений (термов):

а) вариант усеченного множества предполагает задание 2–3 термов, необходимых для описания лингвистических переменных;

б) вариант полного множества предполагает задание 4–7 термов, необходимых для описания лингвистических переменных.

2. Задание таблицы правил логического вывода для определения значения выхода системы управления.

Предложить 2 варианта правил (если это возможно):

а) для неполного набора входных переменных, с «загрубленным» описанием возможных сочетаний значений входных переменных;

б) для полного набора входных переменных с приближением к реальному описанию возможных ситуаций управления.

Набор правил логического вывода в отчете представить в виде таблицы, например, табл. 5.1.

Таблица 5.1

Входная переменная			Выходная переменная	
первая	Вторая	третья	первая	вторая
мало	Далеко	быстро	много	чуть-чуть увеличить
средне	Близко	около 0	мало	сильно уменьшить
...

3. Для каждого варианта систем нечеткого вывода построить нечеткую модель управления в редакторе систем нечеткого вывода и представить диаграммы и поверхности нечеткого вывода. При этом для каждого из вариантов рассмотреть по два варианта множества возможных значений входных переменных. Сделать выводы о влиянии степени детализации представления входного пространства, степени детализации значений выходного пространства, влиянии включения дополнительных правил в систему логического вывода или их исключения.

Для редактирования системы нечеткого вывода использовать скрипт **fuzzy**. Для просмотра диаграмм нечеткого вывода использовать скрипт **ruleview**. Для просмотра поверхностей нечеткого вывода использовать скрипт **surfview**.

4. Привести примеры 1-2 сравнимых между собой ситуаций логического вывода для нескольких значений входных переменных для разных систем логического вывода.

5. Провести моделирование нечеткой системы с объектом управления в среде SIMULINK (модели предоставляются преподавателем).

Варианты заданий

Вариант 1. Нечеткая модель управления автомобилем (система торможения). Объект управления – автомобиль. Он должен двигаться достаточно быстро, но при этом соблюдать дистанцию до автомобиля, едущего впереди.

Входные переменные:

- расстояние до ближайшего впереди автомобиля;
- разница в скоростях (между скоростью автомобиля, управляемого нечеткой логикой и скоростью впереди едущего автомобиля);
- информация с датчика погоды («сухо», «дождь», «снег», «лед»);

Выходная переменная – сила торможения.

Вариант 2. Нечеткая модель управления автомобилем на перекрестке. Объект управления – автомобиль. Автомобиль должен двигаться со скоростью не ниже 60 км/ч по улице вдали от светофора. Он должен останавливаться на перекрестке на красный сигнал светофора. Если светофор мигает желтым, то автомобиль должен проезжать перекресток со скоростью ниже 40 км/ч. При нарушении правил автомобиль попадает в аварию.

Режим работы светофора: «красный», «красный и желтый», «зеленый», «зеленый мигающий», «желтый», «красный» и т. д.

Упрощенный режим работы светофора: «красный», «желтый», «зеленый», «желтый», «красный» и т. д.

Светофор может не работать (выключен), мигать желтым, быть сломанным (включены одновременно все три сигнала).

Сигнал с системы технического зрения не всегда на 100 % достоверен.

Система технического зрения обрабатывает видеоизображения, получаемые с телекамеры. При обработке изображения распознается образ светофора. На выходе системы формируется сигнал расстояния до светофора и сигнал цвета светофора. Сигнал расстояния до светофора измеряется в метрах. Если светофор не найден или расстояние до него свыше 140 м, то значение этого сигнала равно 140 м.

Входные переменные:

- расстояние до светофора;
- цвет светофора;
- скорость.

Выходная переменная – изменение скорости.

Вариант 3. Нечеткая модель управления автомобилем. Объект управления – автомобиль. Он должен двигаться с наименьшим расходом топлива. Входные переменные:

- скорость;
- ускорение;
- изменение ускорения;
- уклон дороги.

Выходные переменные:

- номер передачи (нейтральная, 1-я, 2-я, 3-я, 4-я, 5-я);
- действие с педалью газа (нажать, отпустить).

Вариант 4. Нечеткая модель управления смесителя воды при принятии душа. Объект управления – смеситель воды. При принятии душа на вход смесителя подается холодная и горячая вода по соответствующим магистральным трубопроводам. Наиболее комфортные условия для душа создаются при наличии на выходе смесителя теплой воды постоянной температуры. Так как во время принятия душа может наблюдаться неравномерный расход воды, температура воды на выходе смесителя будет колебаться, приводя к необходимости ручного изменения подачи холодной или горячей воды. Задача состоит в том, чтобы сделать регулировку температуры воды автоматической, обеспечивая постоянную температуру воды на выходе смесителя.

Входные переменные:

- температура воды;
- напор воды.

Выходные переменные:

- угол поворота вентиля крана горячей воды;
- угол поворота вентиля крана холодной воды.

Вариант 5. Нечеткая модель управления кондиционером воздуха в помещении. Объект управления – кондиционер воздуха в помещении.

Входные переменные:

- температура воздуха;
- скорость изменения температуры.

Выходная переменная – угол поворота регулятора (влево – больше холода, вправо – больше тепла).

Вариант 6. Нечеткая модель управления перевернутым маятником. Объект управления – перевернутый маятник на тележке. Проблема состоит в балансировке вертикальной мачты, подвижно закрепленной нижним концом на тележке, которая может двигаться только в двух направлениях – влево или вправо. Для упрощения предполагается, что угол более, чем 45° в любом направлении, никогда не возникнет.

Входные переменные:

- угол отклонения маятника от вертикали;
- отклонение тележки от центра координат;
- угловая скорость;
- линейная скорость.

Выходная переменная – сила, прилагаемая к тележке.

Вариант 7. Нечеткая модель управления уровнем жидкости в цистерне. Объект управления – цилиндрическая цистерна высотой 2 м. Регулировка уровня жидкости обеспечивается за счет управления впускным пропорциональным клапаном, изменяющим напор жидкости, поступающим в цистерну. Положение пропорционального клапана изменяется от 0 (полностью закрыт) до 1 (полностью открыт).

Входные переменные:

- уровень жидкости в цистерне;
- скорость изменения уровня;

Выходная переменная – требуемое положение клапана.

Вариант 8. Нечеткая модель управления глубиной погружения телеуправляемого подводного робота. Объект управления – малогабаритный подводный робот, оборудованный двумя винтами направления и двумя винтами погружения/всплытия. Проблема состоит в управлении последними для погружения робота на заданную глубину. Диапазон изменения тяг – $[-15 \dots 15]$ Н. Знак «минус» соответствует погружению.

Входные переменные:

- глубина погружения робота;
- скорость изменения глубины погружения;

Выходные переменные – тяги на двух винтах погружения/всплытия.

Инструкция по созданию моделей нечеткой логики в среде MATLAB:

1. Запустить редактор систем нечеткой логики командой **fuzzy**.
2. Через меню **Edit -> Add variables** добавить необходимое число входных и выходных лингвистических переменных. Поочередно выделяя мышью каждую переменную, присвоить ей имя в поле **Name** в правом нижнем углу экрана. Остальные настройки рекомендуется оставить по умолчанию. В верхней части редактора отобразится структура нечеткой модели
3. Двойным нажатием на квадрате первой входной переменной в структуре открыть редактор функций принадлежности. В поле **Range** указать числовой диапазон изменения параметра. В правой части приведены параметры термов (значений лингвистической переменной) – имя, вид функции принадлежности, область определения (соответственно, **Name, Type, Params**).
4. Поочередно выделяя мышью на графике в верхней части окна терм, определить для него перечисленные параметры. При необходимости, с помощью меню **Edit -> Add MFs** добавить новые термы (указать в открывшемся окне количество добавляемых термов). Лишние термы можно удалить клавишей **Delete**.
5. Прodelать действия пп. 3, 4 для всех входных и выходных переменных. Закрыть редактор функций принадлежности при помощи кнопки **Close**.
6. Открыть при помощи **Edit -> Rules** редактор правил нечеткой модели. Для создания правила мышью выделить желаемое сочетание логических операторов и значений переменных, нажать **Add rule**. В случае ошибочного ввода данных выделить в верхнем окне мышью правило, изменить его параметры, нажать **Change rule**. Для удаления – выделить правило мышью и нажать **Delete rule**.
7. Сформировать набор правил для модели. Если в отдельно взятых правилах присутствуют не все переменные, их значение устанавливать как **none**. После окончания ввода правил закрыть окно редактора кнопкой **Close**.
8. Проанализировать правильность функционирования модели путем просмотра правил через меню **View -> Rules**. Сдвигая нажатой мышью красные линии на схемах, задать набор входных переменных, контролируя при этом выходные. В случае обнаружения ошибки вернуться к пп. 3–7, внести требуемые поправки. Закрыть окно просмотра правил кнопкой **Close**.
9. Перейти через меню **View -> Rules** к окну просмотра поверхностей нечеткого вывода. Выбирая по осям **X, Y, Z** желаемые входные и выходные переменные, построить требуемые поверхности. Для построения двумерных графиков выбрать в списке **Y(input)** значение **none**.

10. Для сохранения модели нечеткой логики в файл выбрать в меню **File -> Export -> To disk**. Сохранить модель можно на любой стадии.

Содержание отчета

1. Постановка задачи.
2. Таблица правил для усеченной нечеткой модели
3. Таблица правил для уточненной нечеткой модели.
4. Рабочие окна с иллюстрацией функций принадлежности и правил.
5. Графики рабочих поверхностей.
6. Результаты моделирования работы нечеткой системы управления.
7. Выводы.