CHAPTER 9

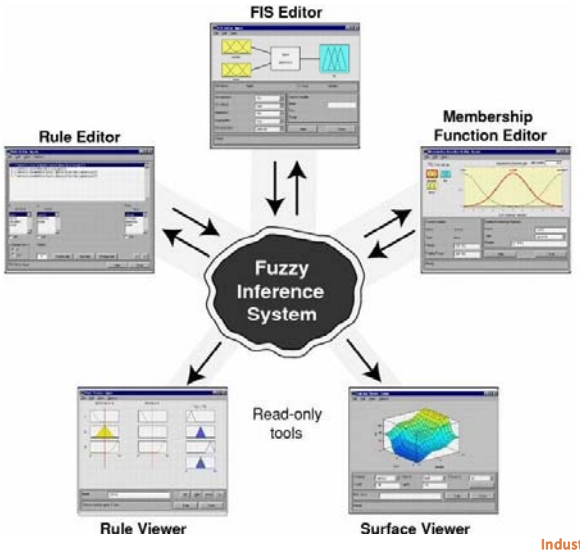
MATLAB
FUZZY LOGIC TOOLBOX

Hassan Shavandi | Industrial Engineering dept. | Sharif University of Technology

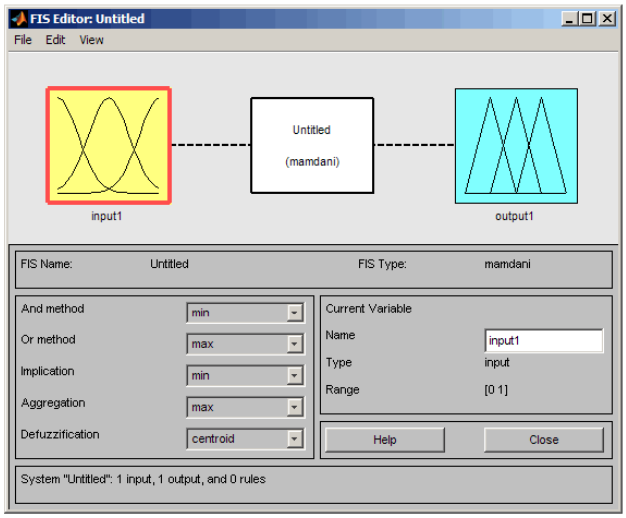
Fuzzy Logic Toolbox Graphical User Interface Tools

- You can use five primary GUI tools for building, editing, and observing fuzzy inference systems in the toolbox:
  - Fuzzy Inference System (FIS) Editor
  - Membership Function Editor
  - Rule Editor
  - Rule Viewer
  - Surface Viewer

Fuzzy Logic Toolbox Graphical User Interface Tools

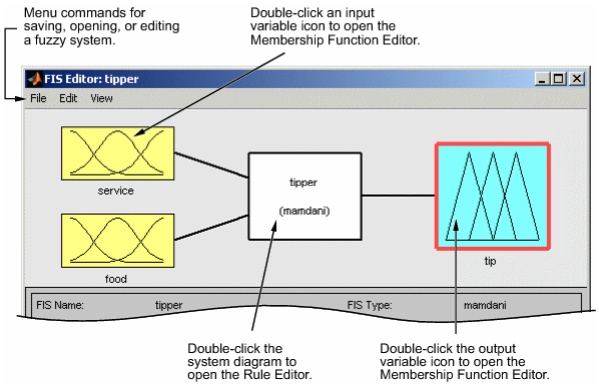


The FIS Editor

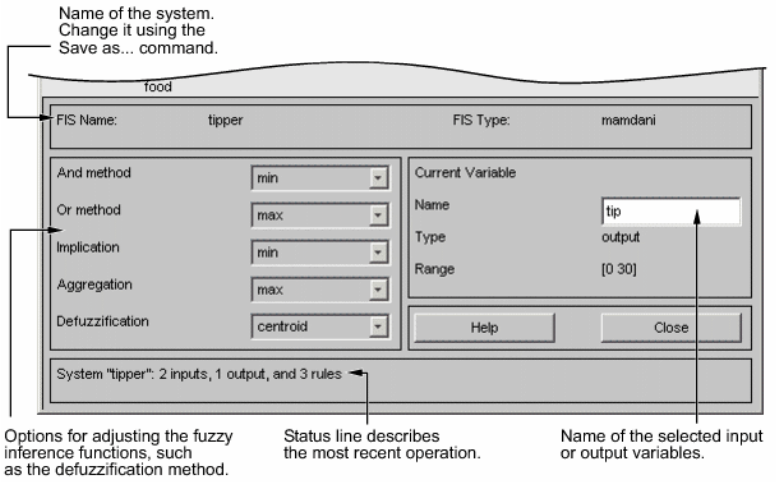


The FIS Editor

- The FIS Editor displays information about a fuzzy inference system. To open the FIS Editor, type the following command at the MATLAB prompt: **fuzzy**



The FIS Editor



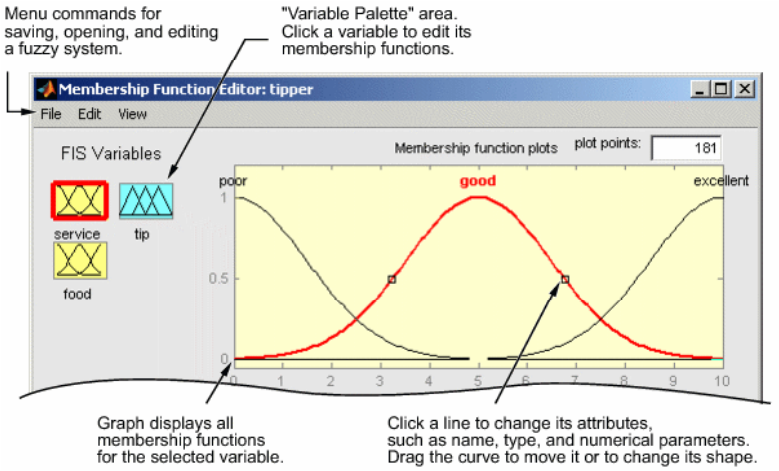
The FIS Editor

- The generic untitled FIS Editor opens, with one input labeled **input1**, and one output labeled **output1**.
- To add a second input variable and change the variable names to reflect these designations:
  1. Select **Edit** > **Add variable** > **Input**.
     A second yellow box labeled **input2** appears.
  2. Click the yellow box **input1**. This box is highlighted with a red outline.
  3. Edit the **Name** field from input1 to service, and press **Enter**.
  4. Click the yellow box **input2**. This box is highlighted with a red outline.
  5. Edit the **Name** field from input2 to food, and press **Enter**.
  6. Click the blue box **output1**.
  7. Edit the **Name** field from output1 to tip, and press **Enter**.
  8. Select **File** > **Export** > **To Workspace**.
  9. Enter the **Workspace variable** name tipper, and click **OK**.

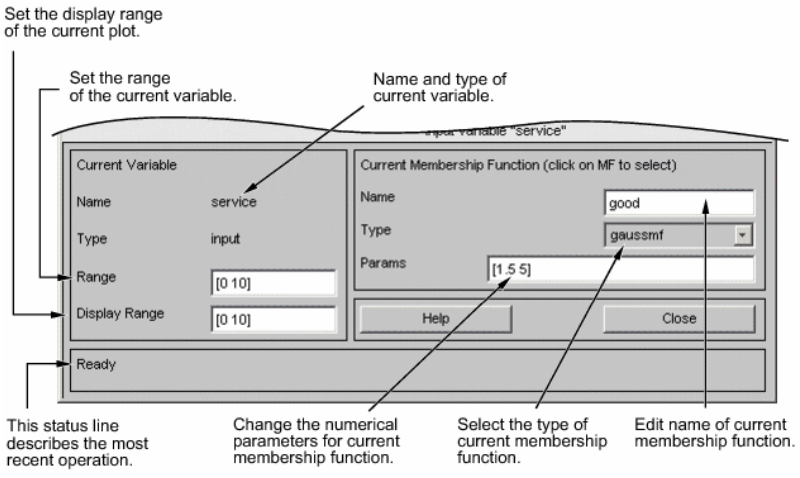
The Membership Function Editor

- The Membership Function Editor is the tool that lets you display and edit all of the membership functions associated with all of the input and output variables for the entire fuzzy inference system. The Membership Function Editor shares some features with the FIS Editor, as shown in the next figure. In fact, all of the five basic GUI tools have similar menu options, status lines, and **Help** and **Close** buttons.
- You can open the Membership Function Editor in one of three ways:
  - Within the FIS Editor window, select **Edit** > **Membership Functions**..
  - Within the FIS Editor window, double-click the blue icon called **tip**.
  - At the command line, type mfedit.

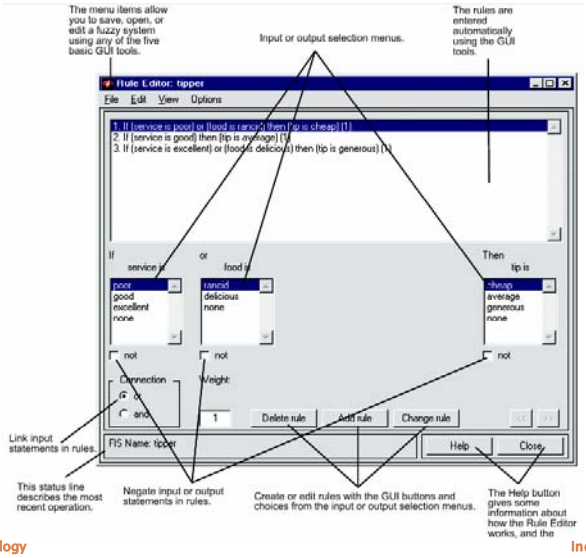
The Membership Function Editor



The Membership Function Editor



The Rule Editor



The Rule Editor

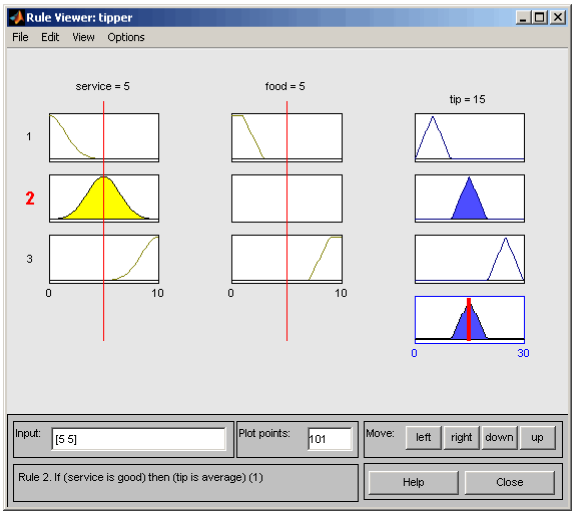
- To call up the Rule Editor, go to the **Edit** menu and select **Rules**, or type rule edit at the command line.

- Constructing rules using the graphical Rule Editor interface is fairly self evident. Based on the descriptions of the input and output variables defined with the FIS Editor, the Rule Editor allows you to construct the rule statements automatically, From the GUI, you can:

  - Create rules by selecting an item in each input and output variable box, and one **Connection** item and clicking **Add Rule**. You can choose none as one of the variable qualities to exclude that variable from a given rule and choose not under any variable name to negate the associated quality.
  - Delete a rule by selecting the rule and clicking **Delete Rule**.
  - Edit a rule by changing the selection in the variable box and clicking **Change Rule**.
  - Specify weight to a rule by typing in a desired number between 0 and 1 in **Weight**. If you do not specify the weight, it is assumed to be unity (1).

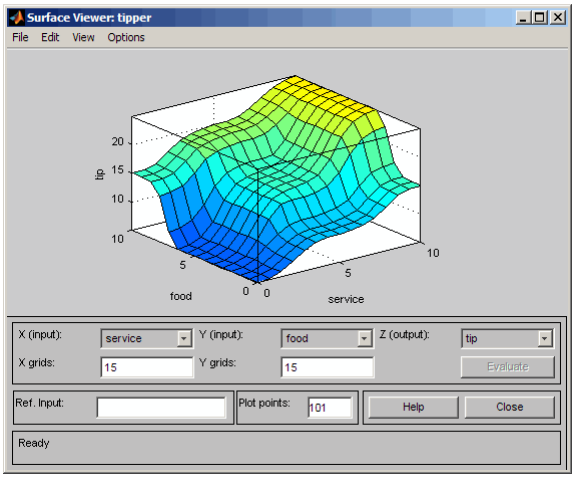
The Rule Viewer

- The Rule Viewer displays a roadmap of the whole fuzzy inference process. It is based on the fuzzy inference diagram described in the previous section. You see a single figure window with 10 plots nested in it. The three plots across the top of the figure represent the antecedent and consequent of the first rule. Each rule is a row of plots, and each column is a variable. The rule numbers are displayed on the left of each row. You can click on a rule number to view the rule in the status line.



The Rule Viewer

- Upon opening the Surface Viewer, you see a three-dimensional curve that represents the mapping from food and service quality to tip amount. Because this curve represents a two-input one-output case, you can see the entire mapping in one plot. When we move beyond three dimensions overall, we start to encounter trouble displaying the results.



Importing and Exporting from the GUI Tools

- When you save a fuzzy system to a file, you are saving an ASCII text FIS file representation of that system with the file suffix .fis. This text file can be edited and modified and is simple to understand. When you save your fuzzy system to the MATLAB workspace, you are creating a variable (whose name you choose) that acts as a MATLAB structure for the FIS system. FIS files and FIS structures represent the same system.

Note:

- If you do not save your FIS to a file, but only save it to the MATLAB workspace, you cannot recover it for use in a new MATLAB session.

Summary

Basic steps for developing Fuzzy Inference Systems using FIS:

1. Entering Fuzzy Logic Toolbox Graphical User Interface Tools by calling FIS Editor
   - Typing and entering the command "fuzzy "at the MATLAB prompt
2. Defining input and output variables and editing FIS properties from FIS editor
3. Defining Membership functions for variables using Membership Function Editor
   - Calling Membership Function Editor from FIS editor, edit menu
4. Defining rules from Rules Editor
   - Calling Rules Editor from FIS editor, edit menu
5. Viewing and checking rules and results from Rules Viewer
   - Calling Rules Viewer from FIS editor, view menu
6. Checking and analyzing results from Surface Viewer
   - Calling Surface Viewer from FIS editor, view menu

مثال ۲-۴- ماشین لباسشویی

مقدمه

در ماشین های لباسشویی، معمولاً مدت زمان شستشو را بر اساس میزان و حجم لباس‌هایی که می خواهید بشوید و نوع و درجه کثیفی آنها انتخاب می‌کنید. در لباسشویی‌های معمولی این کار بطور دستی و توسط کاربر انجام می شود. برای مکانیزه کردن این فرآیند، سنسورهایی جهت اندازه گیری و بررسی این پارامترها، مهیا می‌شود. و پس از جمع آوری داده توسط سنسورها، مدت زمان شستشو تعیین می‌شود. متأسفانه هیچ فرمول ریاضی وجود ندارد که بطور دقیق رابطه بین حجم لباس‌ها، میزان کثیفی لباس و مدت زمان شستشو را مدل نماید. در نتیجه این مسئله تا همین اواخر غیر قابل حل باقی مانده بود و مردم با سعی و خطا و تجربه مدت زمان شستشو را بطور دستی در ماشین تنظیم می کردند.

برای مکانیزه کردن ماشین لباسشویی بطوریکه خود ماشین بطور اتوماتیک مدت زمان شستشو را تعیین و تنظیم نماید ما روی دو زیر سیستم متمرکز می شویم.

۱- مکانیزم سنسور

۲- قسمت کنترل کننده

مکانیزم سنسور ، اطلاعات خارجی ورودی به ماشین را جهت تصمیم‌گیری کنترل کننده مهیا می کند. به دلیل اینکه اطلاعات ورودی و خروجی واضح و مشخص و دقیق نیستند لذا مدتها بود که با روش های سنتی کنترل، این مسئله حل نشده بود تا اینکه با پیدایش نظریه فازی و منطق فازی این مسئله قابل حل گردید.

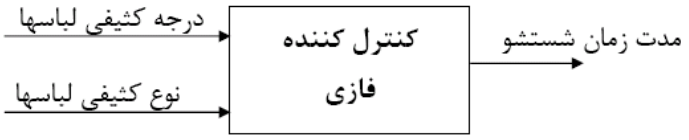
طراحی کنترل کننده فازی

Fuzzy controller

هدف طراحی یک کنترل کننده ماشین لباسشویی است به گونه ای که مدت زمان شستشوی مناسب را تعیین کند گر چه یک مدل دقیقی از ارتباط بین ورودیها و خروجیها در دسترس نیست.

شکل (۱-۴) بطور شماتیک نمودار کنترل کننده فازی را نشان می دهد. دو ورودی برای سیستم کنترل کننده وجود دارد. یکی درجه کثیفی لباس‌ها و دیگری نوع کثیفی لباس ها می باشد.

این دو ورودی می توانند توسط یک سنسور نوری تعیین شوند.



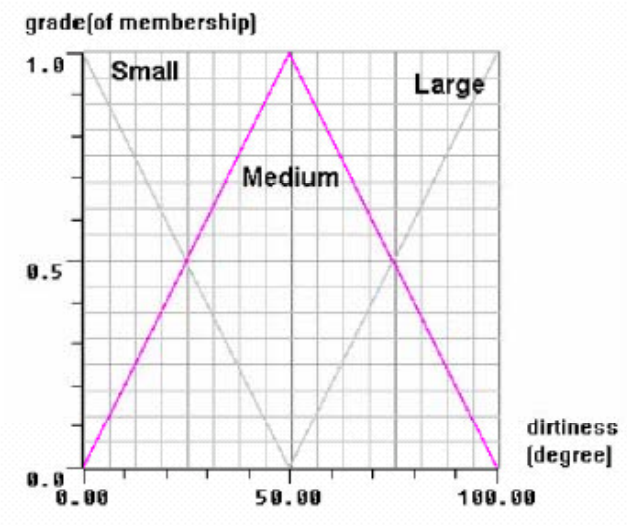
درجه کثیفی لباس ها از میزان شفافیت آب شستشوی ماشین با توجه به یک حجم ثابت آب مشخص می شود. و نوع کثیفی لباس ها با توجه به مدت زمانی که طول می کشد تا آب اشباع شود مشخص می شود.

در نتیجه سنسور نوری مهیا شده در ماشین لباسشویی، اطلاعات ورودی لازم برای واحد کنترل کننده را مهیا می کند.

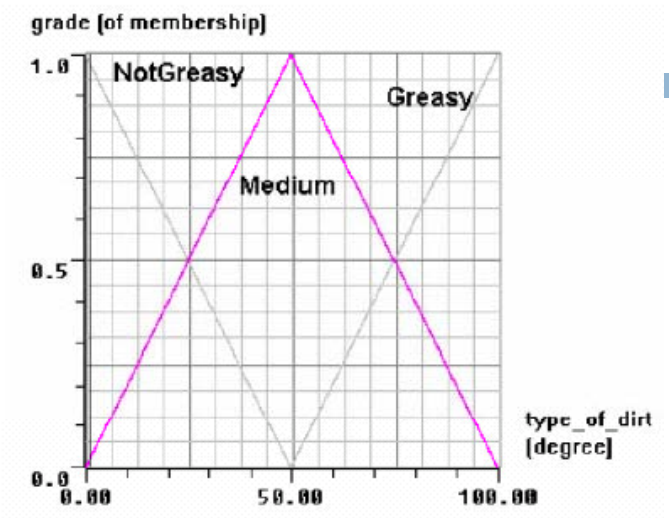
تعریف متغیرهای ورودی و خروجی

قبل از طراحی واحد کنترل کننده، مـی بایسـت دامنـه مقـادیر ممکـن بـرای متغیرهـای ورودی و خروجی مشخص می شود. که این امر با تعریف توابع عضویت که مقادیر دنیای واقعـی را بـه مقـادیر فـازی تبدیل می کنند انجام می شود.

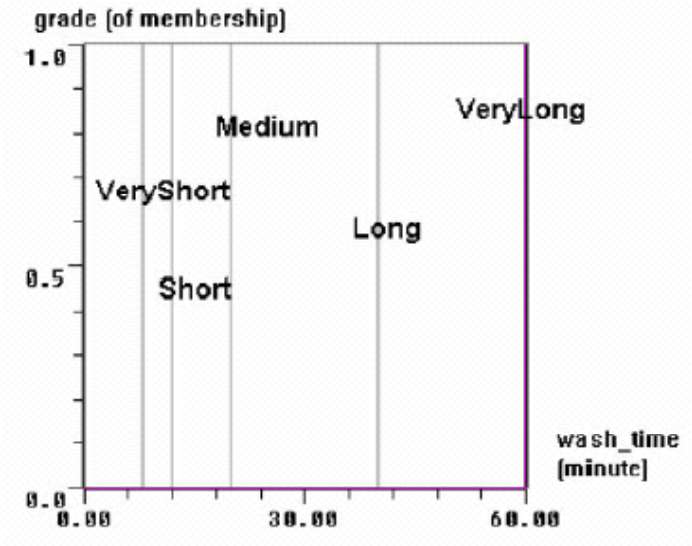
شکل (۲- ۴) متغیرهای ورودی و خروجی و توابع عضویت آنها را نشان می دهد. لازم به ذکر است که تابع عضویت متغیر خروجی (مدت زمان شستشو) بطور قطعی (crisp) می باشد. (البته ایـن مـورد بـه خاطر سادگی کار در مثال بوده است).



شکل (۲-۴- الف) – تابع عضویت درجه کثیفی لباس ها



شکل (۲-۴- ب)- تابع عضویت ماهیت کثیفی لباس ها



شکل (۲-۴-ج)- تابع عضویت متغیر خروجی- مدت زمان شستشو

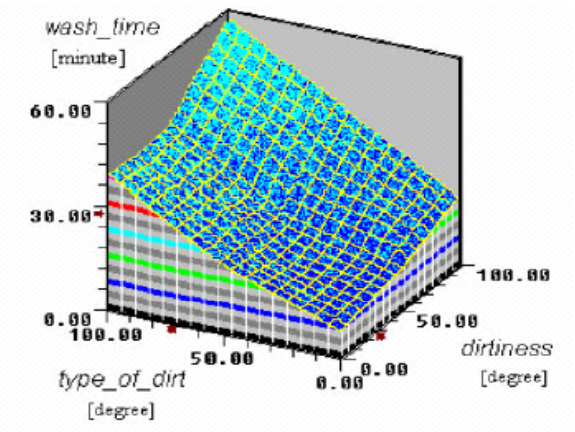
قوانین Rules

قابلیت تصمیم گیری کنترل کننده فازی بصورت مجموعه ای از قوانین تعریف می‌شود در این مثال ، قوانین فازی با استفاده از "احساس مشترک"، "داده های جمع آوری شده از کاربر در منازل" و آزمایشات که در یک محیط تحت کنترل انجام می شوند، تعیین می گردند. که یک قانون موردی بصورت ذیل است:

اگر " زمان اشباع طولانی است" و "شفافیت آب نیز بد است" آنگاه "مدت زمان شستشو باید طولانی باشد".

لذا مشابه این قانون، با ترکیب قوانین دیگر مورد نیاز، سیستم کنترل کننده ماشین لباسشویی ساخته می شود.

شکل (۳- ۴) سطح پاسخ ارتباط ورودی – خروجی را نشان می دهد. که توسط کنترل کننده تعیین می شوند.



شکل (۳-۴) – سطح پاسخ کنترل کننده فازی – مدت زمان شستشو

این مثال برای کنترل کثیفی لباس‌ها و تعیین مدت زمان شستشو بود لذا با بکارگیری روش مشابه

این مثال، می توان برای کنترل سایر متغیرها مانند متغیر سطح آب، متغیر سرعت چرخش و ... نیز کنترل

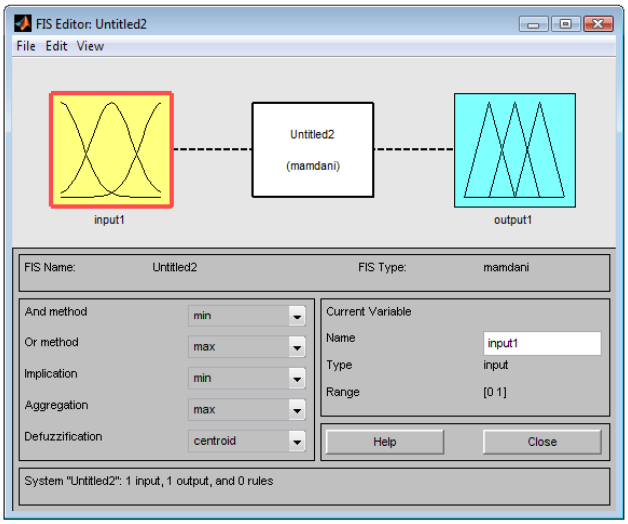
کننده هوشمند طراحی کرد.

Example: Washing Machine Fuzzy System

- Now we develop a fuzzy inference system using MATLAB Fuzzy Logic Toolbox for a washing machine.
- In this system we decide about the **length of washing time** according to the **grade of dirtiness** and **type of dirtiness** of the clothes.
- We follow the basic steps for developing fuzzy inference systems using FIS as described before:

1. Entering Fuzzy Logic Toolbox Graphical User Interface Tools by calling FIS Editor
   - Typing and entering the command “fuzzy “at the MATLAB prompt

Washing Machine Fuzzy System

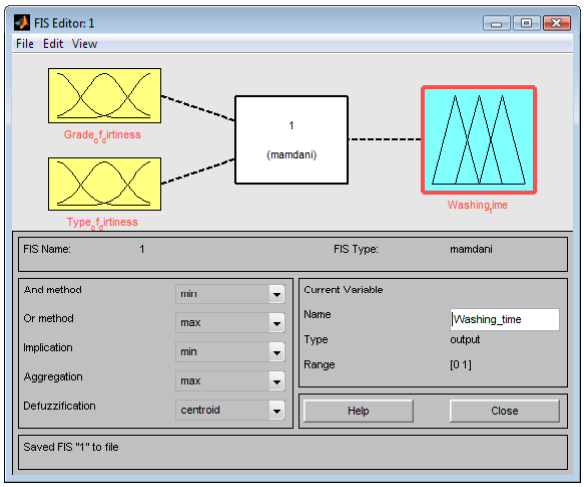


Washing Machine Fuzzy System

2. Defining input and output variables and editing FIS properties from FIS editor

- Input Variables:
  - **Grade of dirtiness**
  - **Type of dirtiness**
- Output Variable:
  - **Washing Time**

Washing Machine Fuzzy System

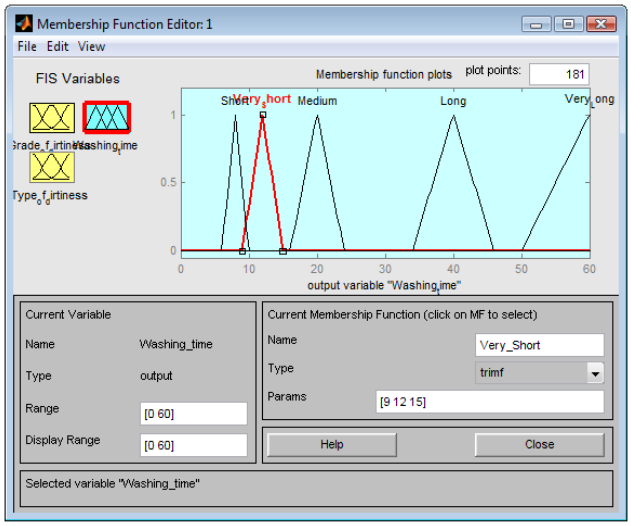


Washing Machine Fuzzy System

3. Defining Membership functions for variables using Membership Function Editor
   - Calling Membership Function Editor from FIS editor, edit menu

- **Grade of dirtiness: Range: 0-100**
  - Small : Triangular M.F. (-50,0,50)
  - Medium: Triangular M.F. (0,50,100)
  - Large: Triangular M.F. (50,100,150)
- **Type of dirtiness: Range: 0-100**
  - Not Greasy: Triangular M.F. (-50,0,50)
  - Medium: Triangular M.F. (0,50,100)
  - Greasy: Triangular M.F. (50,100,150)
- **Washing Time: Range: 0-60**
  - Very Short: Triangular M.F. (6,8,10)
  - Short: Triangular M.F. (9,12,15)
  - Medium: Triangular M.F. (16,20,24)
  - Long: Triangular M.F. (34,40,46)
  - Very Long: Triangular M.F. (5,060,70)

Washing Machine Fuzzy System

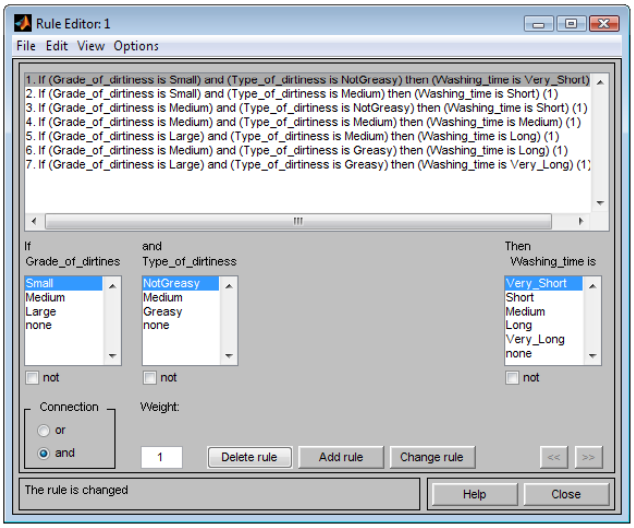


Washing Machine Fuzzy System

4. Defining rules from Rules Editor
   - Calling Rules Editor from FIS editor, edit menu

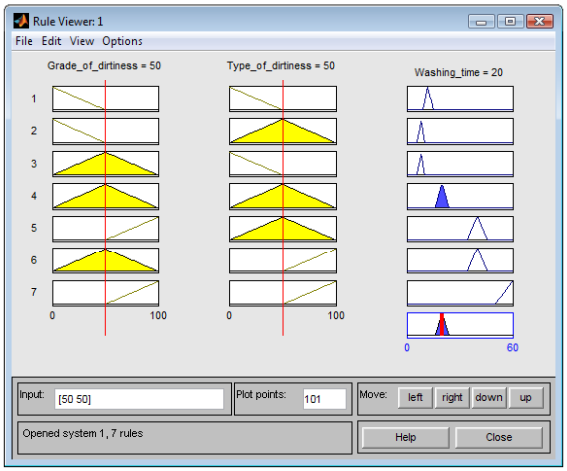
1. **If Grade of dirtiness is (Small) and Type of dirtiness is (Not Greasy) then Washing time is (Very Short).**
2. **If Grade of dirtiness is (Small) and Type of dirtiness is (Medium) then Washing time is (Short).**
3. **If Grade of dirtiness is (Medium) and Type of dirtiness is (Not Greasy) then Washing time is (Short).**
4. **If Grade of dirtiness is (Medium) and Type of dirtiness is (Medium) then Washing time is (Medium).**
5. **If Grade of dirtiness is (Large) and Type of dirtiness is (Medium) then Washing time is (Long).**
6. **If Grade of dirtiness is (Medium) and Type of dirtiness is (Greasy) then Washing time is (Long).**
7. **If Grade of dirtiness is (Large) and Type of dirtiness is (Greasy) then Washing time is (Very Long).**

Washing Machine Fuzzy System



Washing Machine Fuzzy System

5. Viewing and checking rules and results from Rules Viewer
   - Calling Rules Viewer from FIS editor, view menu



Washing Machine Fuzzy System

6. Checking and analyzing results from Surface Viewer
   - Calling Surface Viewer from FIS editor, view menu