

Fuzzy logika használata MATLAB segítségével

Fuzzy Logic Toolbox

Werner Ágnes¹



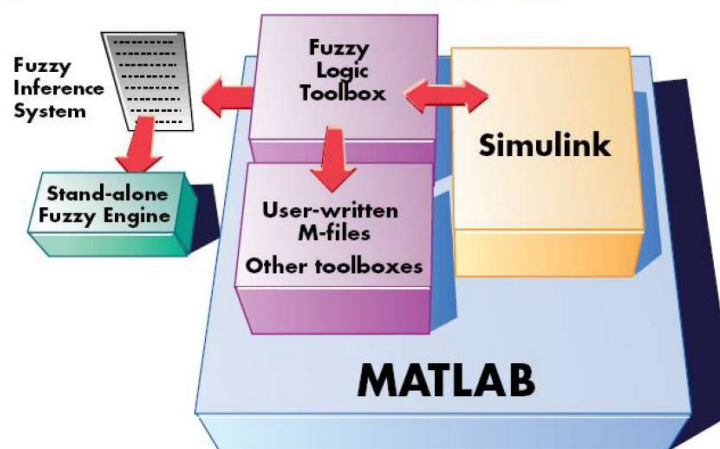
- **Matlab:** *numerikus* módszereken alapuló matematikai programcsomag, amit általános *mérnöki és matematikai* számításokhoz fejlesztettek ki.
- **Toolbox:** olyan beépülő modulok, amelyek kiterjesztik a MATLAB funkcionalitását egy-egy speciális matematikai illetve mérnöki területre.
- **Fuzzy Logic Toolbox:** a fuzzy alapú következtető rendszerek fejlesztését támogató toolbox.

2

- A *Fuzzy Logic Toolbox* (FLT) a MATLAB környezetre épülő függvények és eszközök gyűjteménye, amelyek a fuzzy logikán alapuló következtetési rendszerek létrehozását és fejlesztését segítik. Az FLT eszközök az alábbi kategóriákba sorolhatóak:
 - parancssori eszközök
 - grafikai-interaktív eszközök
 - SIMULINK blokkok és példák

3

- Az FLT és egyéb komponensek összefüggése:



4

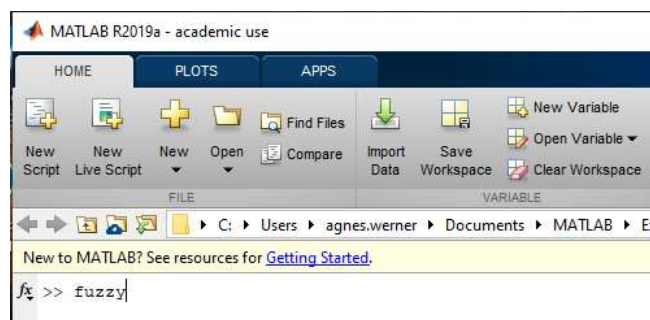
- A fuzzy alapú következtető rendszerek működése:

1. **Bemenő adatok fuzzyifikálása.**
2. **Fuzzy operátorok alkalmazása.**
3. **Következtetés végrehajtása.**
4. **Aggregáció.**
5. **Defuzzyifikálás.**

Az FLT is ezeket a lépéseket hajtja végre a működés során.

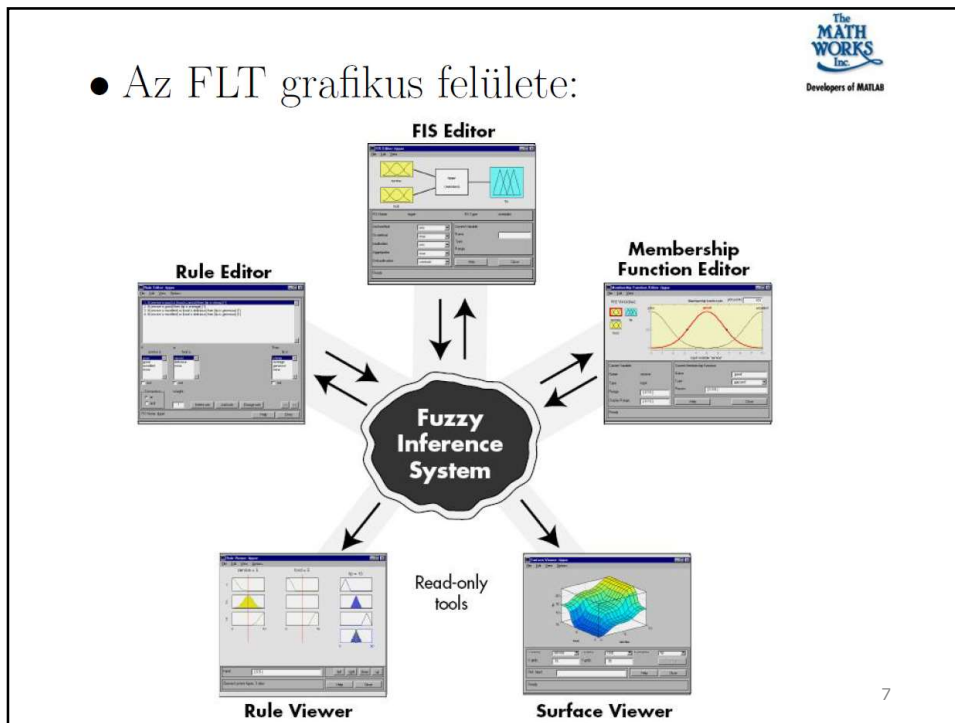
5

Indítás



6

- Az FLT grafikus felülete:

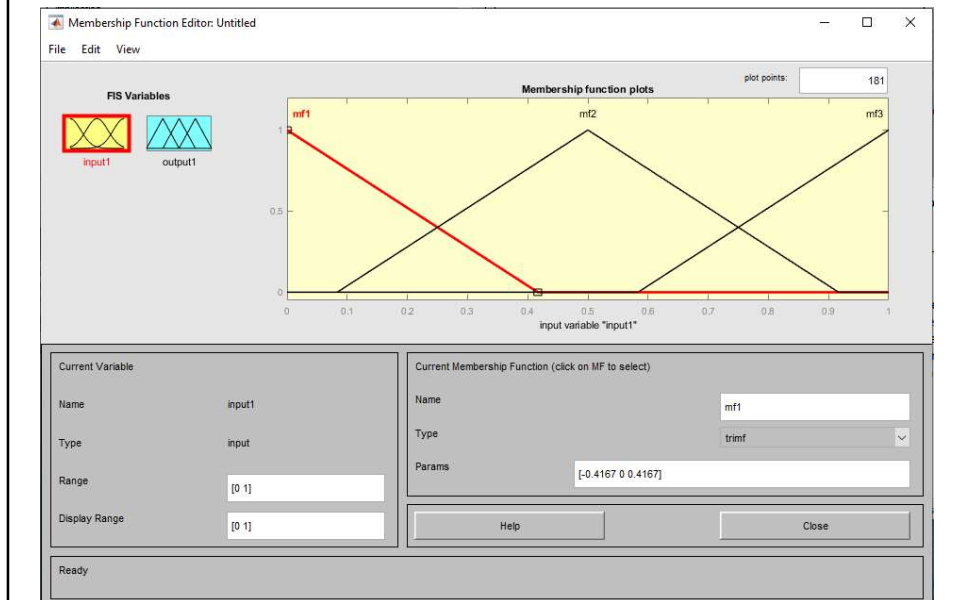


7

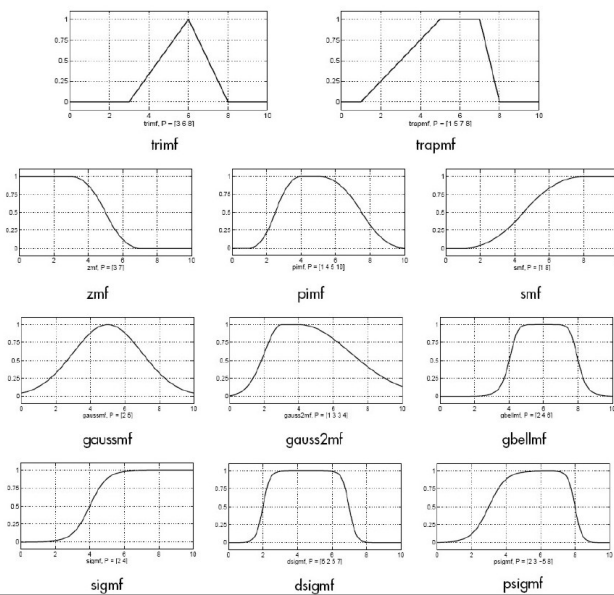
Fuzzy következtető rendszer szerkesztő

8

Fuzzy tagsági függvény szerkesztő

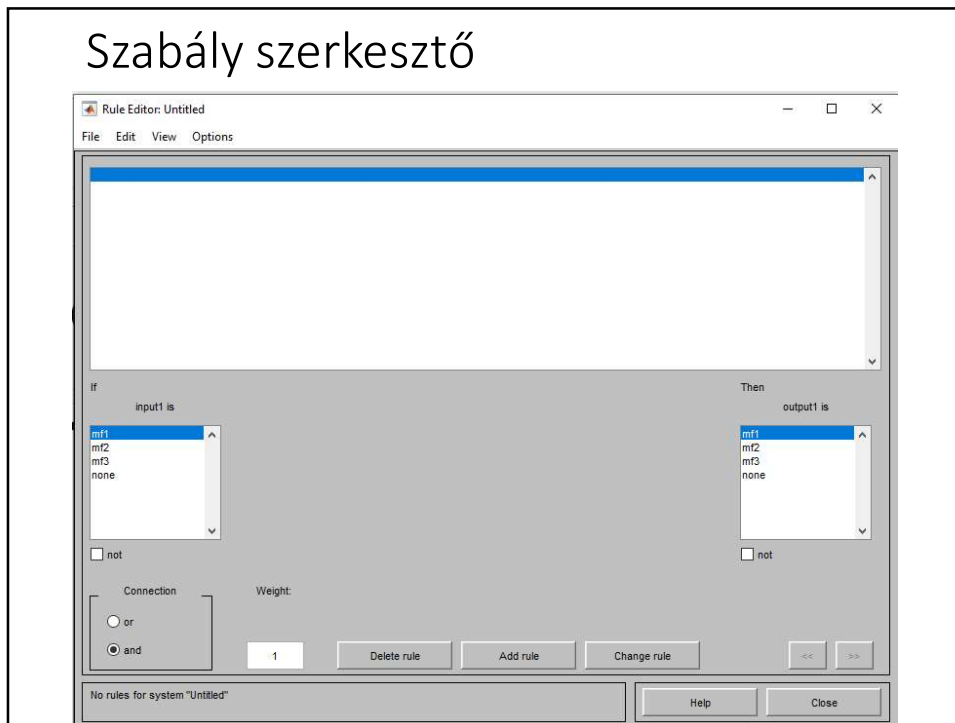


Beépített tagsági függvények

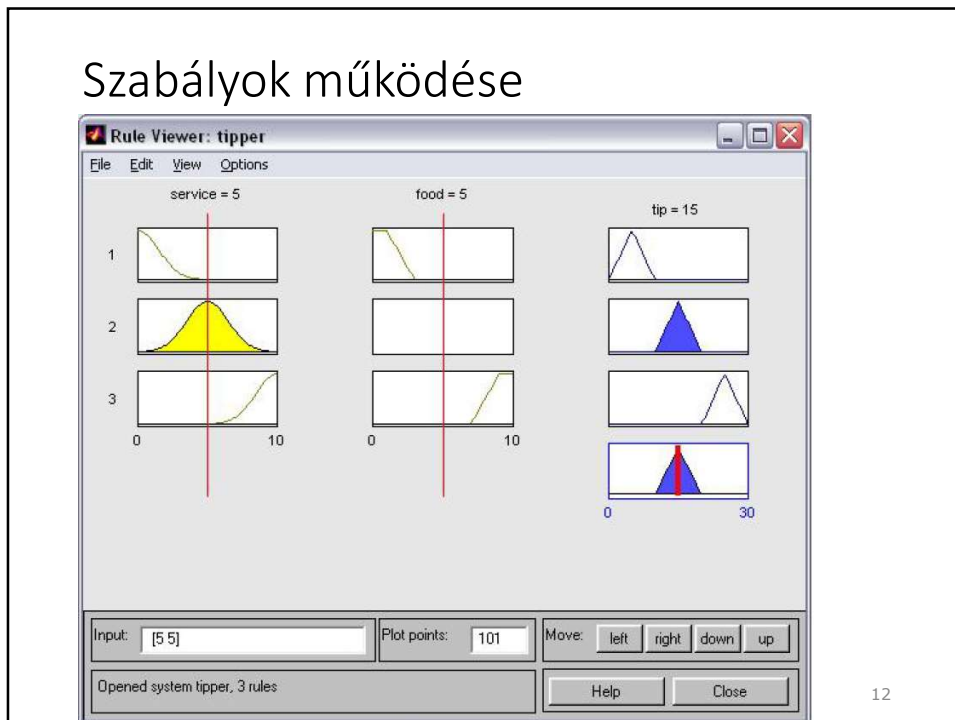


10

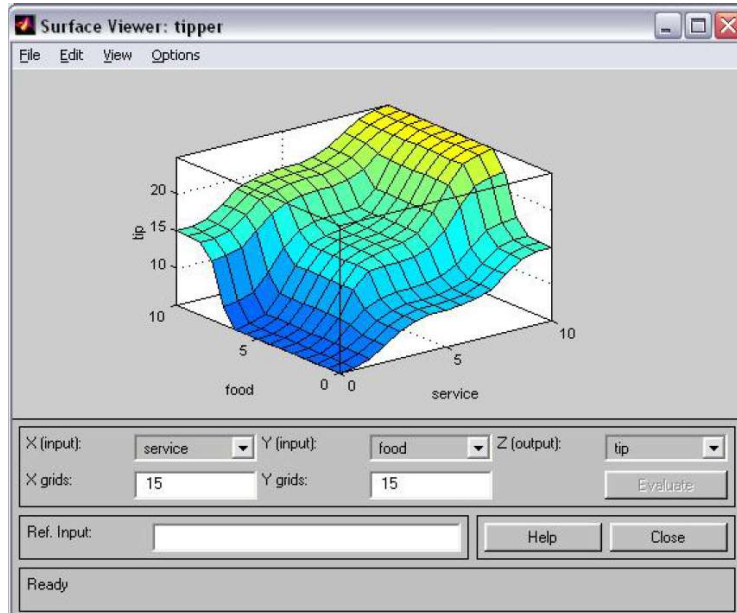
Szabály szerkesztő



Szabályok működése



Felület megtekintő



13

Feladat:

Egy étteremben a minőséget két paraméterrel mérjük:

1. Az étel minősége
2. A kiszolgálás minősége

Mindkettőt egy 0–tól 10–ig terjedő skálán egy számértékkel jellemezzük.

Készítsünk egy olyan fuzzy következtető rendszert, amely ezen két paraméter alapján tanácsot ad, hogy mennyi borra valót célszerű adni (5%, 15%, 25%).

14

Használjuk az alábbi nyelvi változókat:

1. Az **étel minősége**: ehetetlen, finom
2. A **kiszolgálás minősége**: szegényes, jó, kiváló
3. Az adott **borravaló**: kevés, átlagos, bőkezű

15

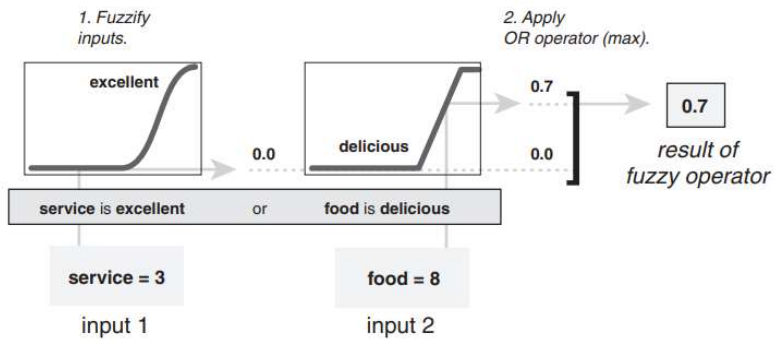
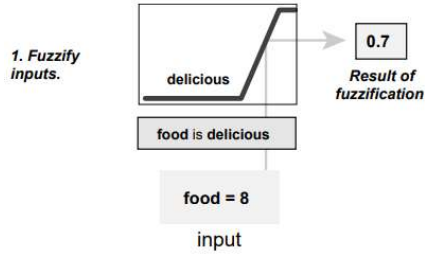
A szabályaink, amelyek alapján döntést hozunk legyenek a következők:

1. Ha az étel ehetetlen **vagy** a kiszolgálás szegényes, akkor a borravaló legyen kevés.
2. Ha a kiszolgálás jó **és** az étel finom, akkor a borravaló legyen átlagos.
3. Ha az étel finom **vagy** a kiszolgálás kiváló, akkor a borravaló legyen bőkezű.

Még további logikus szabályokat generáljunk!

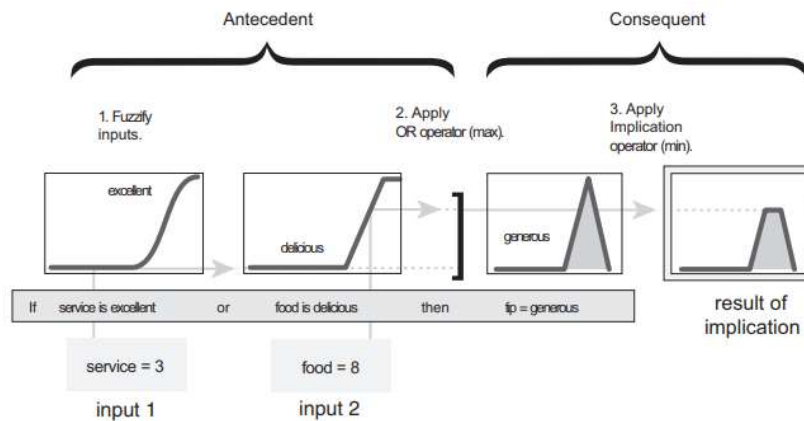
16

Fuzzy halmaz, fuzzy operátor



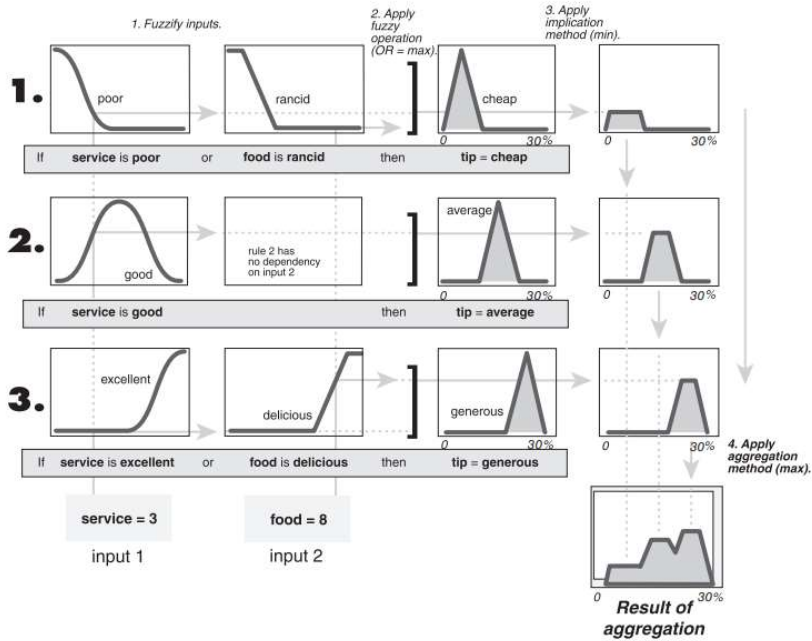
17

Szabály működése

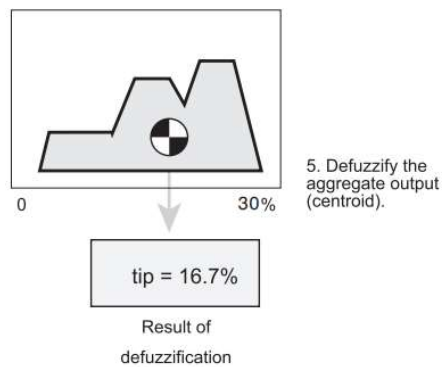


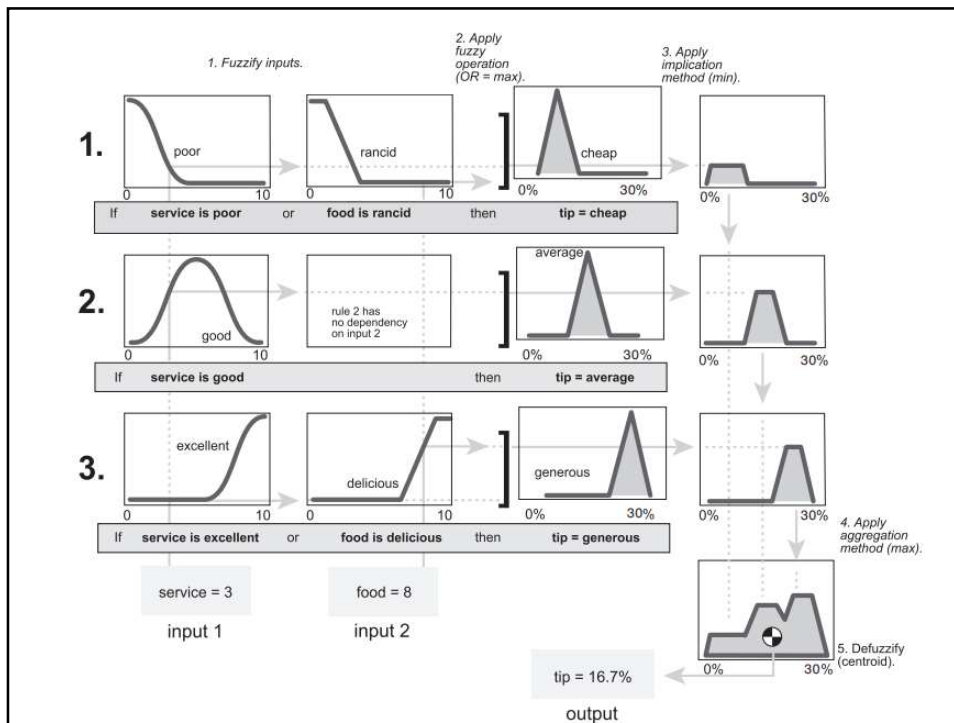
18

Több szabály működése

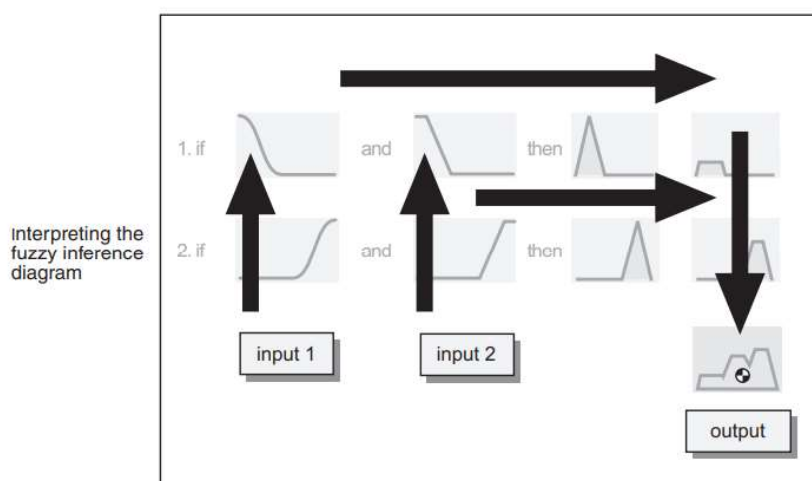


Defuzzifikálás





Összefoglalva



Nyelvi változó hozzáadása:
Add Variable... Input Output

Fájlműveletek

FIS Name: etterem FIS Type: mamdani

And method: min Or method: max Implication: min Aggregation: max Defuzzification: centroid

Current Variable Name: etel Type: input Range: [0 10]

System "etterem": 2 inputs, 1 output, and 3 rules

23

Tagsági függvény hozzáadása:
Add MFs... Add Custom MF

Membership Functions

Add membership functions

MF type: trimf Number of MFs: 3

Custom Membership Function

Add customized membership function

MF name: mf1 M-File function name: trimf Parameter list: [0 5 10]

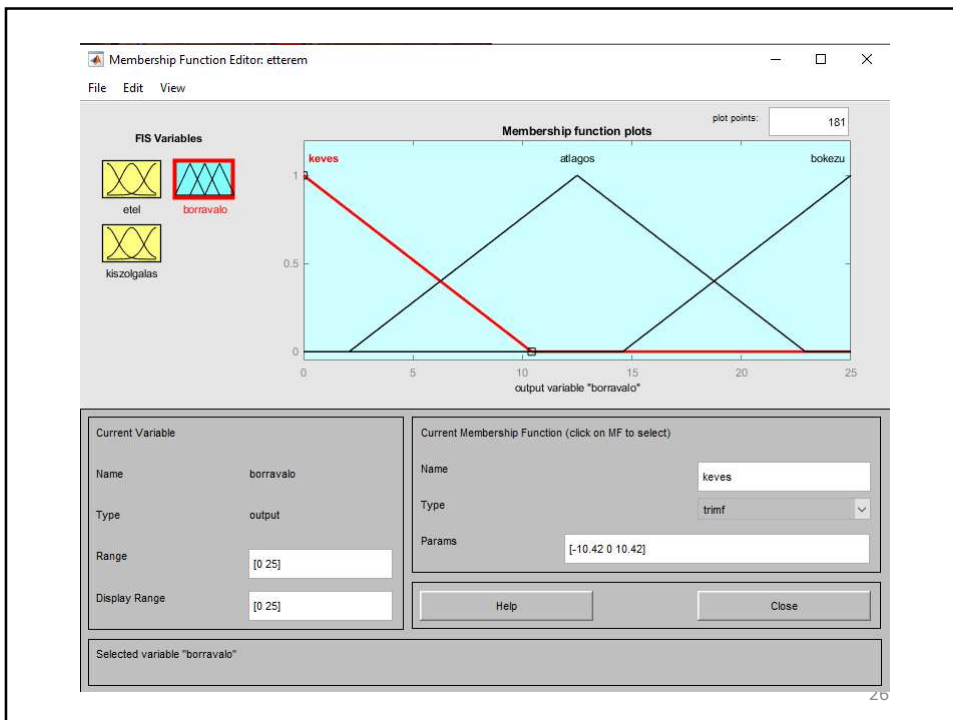
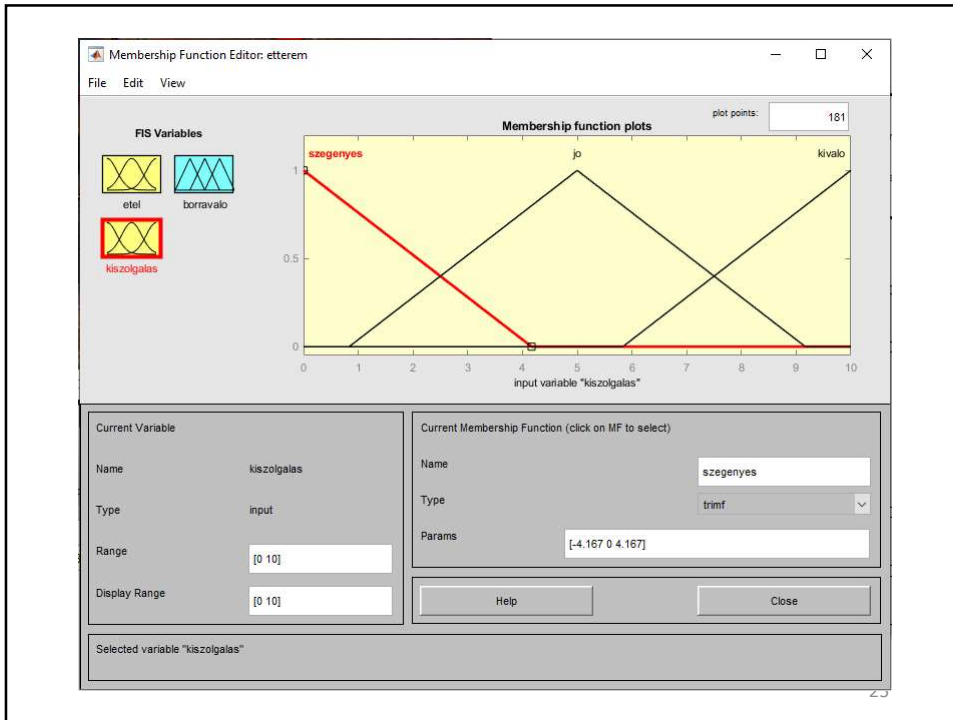
Membership function plots

Current Variable Name: etel Type: input Range: [0 10] Display Range: [0 10]

Current Membership Function (click on MF to select)

Name: ehetetlen Type: trimf Params: [-4.17 0 5.992]

Elérhető szerkesztő ablakok



Szabályok bevittele:

Rules...

The screenshot shows the 'Rule Editor: etterem' window. It contains a list of three rules:

1. If (etel is ehetetlen) or (kiszolgalas is szegenyes) then (borrvalo is keves) (1)
2. If (etel is finom) and (kiszolgalas is jo) then (borrvalo is atlagos) (1)
3. If (etel is finom) or (kiszolgalas is kivalo) then (borrvalo is bokezu) (1)

The interface includes dropdown menus for 'etel is' (with 'ehetetlen' selected), 'kiszolgalas is' (with 'szegenyes' selected), and 'borrvalo is' (with 'keves' selected). There are also checkboxes for 'not', radio buttons for 'or' and 'and' connections, and a 'Weight' field set to '1'. Buttons for 'Delete rule', 'Add rule', and 'Change rule' are visible. The 'FIS Name' is 'etterem'.

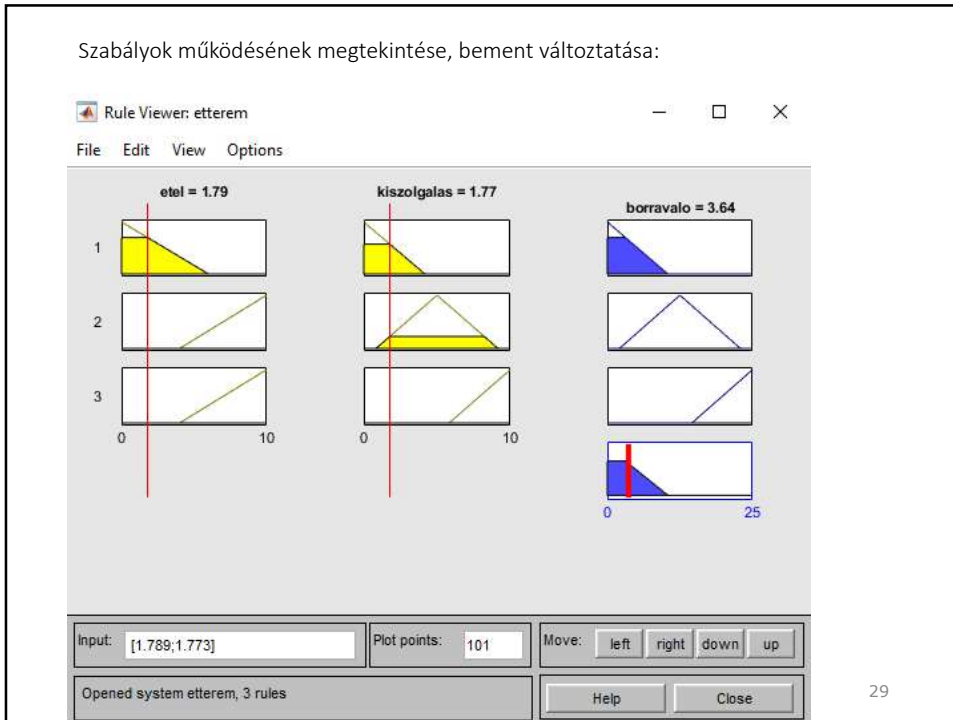
27

Szabályok működésének megtekintése:

The screenshot shows the 'Rule Viewer: etterem' window. It displays three columns of plots for the input variables 'etel = 5', 'kiszolgalas = 5', and 'borrvalo = 12.5'. The 'borrvalo = 12.5' plot is highlighted with a red box and labeled 'Konklúzió'. The plots show the firing strength of the rules for each input. The 'borrvalo' plot has a vertical red line at 12.5. The bottom of the window shows the input field with '[5;5]', 'Plot points: 101', and 'Opened system etterem, 3 rules'.

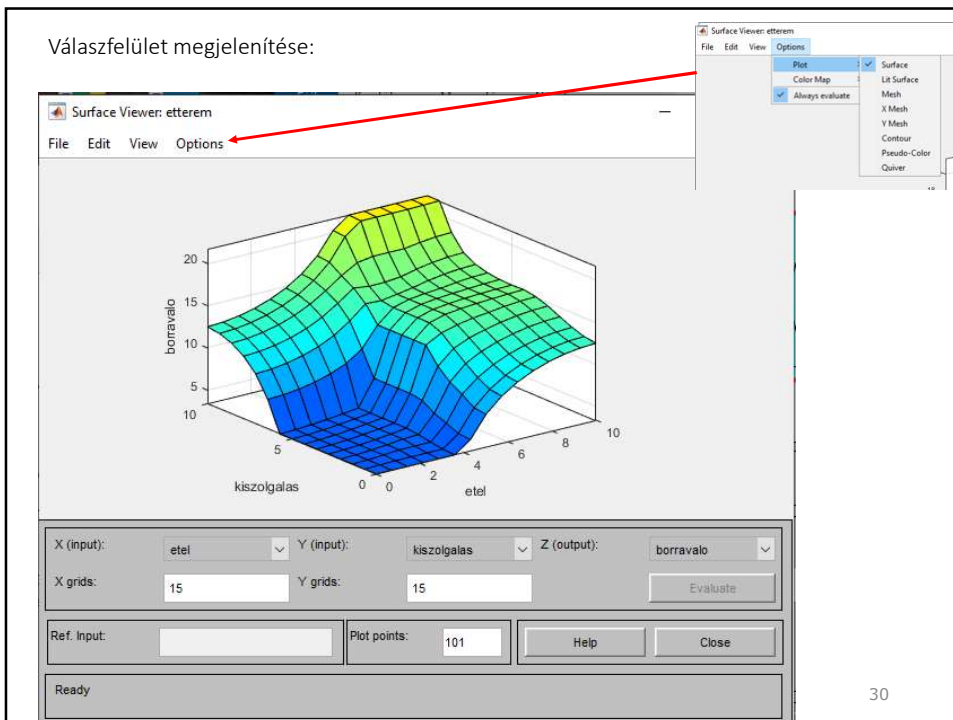
28

Szabályok működésének megtekintése, bement változtatása:



29

Válaszfelület megjelenítése:



30

Kód szinten a feladat leírása

```
[System]
Name='etterem'
Type='mamdani'
Version=2.0
NumInputs=2
NumOutputs=1
NumRules=3
AndMethod='min'
OrMethod='max'
ImpMethod='min'
AggMethod='max'
DefuzzMethod='centroid'

[Input1]
Name='etel'
Range=[0 10]
NumMFs=2
MF1='ehetetlen':'trimf',[-4.17 0 5.992]
MF2='finom':'trimf',[4.01 9.987 11.5]

[Input2]
Name='kiszolgalas'
Range=[0 10]
NumMFs=3
MF1='szegenyes':'trimf',[-4.167 0 4.167]
MF2='jo':'trimf',[0.8333 5 9.167]
MF3='kivalo':'trimf',[5.833 10 14.17]

[Output1]
Name='borravalo'
Range=[0 25]
NumMFs=3
MF1='keves':'trimf',[-10.42 0 10.42]
MF2='atlagos':'trimf',[2.083 12.5 22.92]
MF3='bokezu':'trimf',[14.58 25 35.43]

[Rules]
1 1, 1 (1) : 2
2 2, 2 (1) : 1
2 3, 3 (1) : 2
```

31

Másik feladat: Szauna működtetése

Probléma: Sokan nem ismerik a szaunák helyes használatát, szabályait. Ez a fuzzy rendszer abban segít a szauna használójának, hogy döntést hozzon, számára mi a megfelelő és egyben biztonságos időtartama amit a szauna használatával eltölthet, egészsége károsodása nélkül.

Egy szaunában töltött idő hosszát két paraméter segítségével határozzuk meg:

- Életkor
- Hőfok

Értékhatárok:

Az életkort 18-tól 66-ig terjedő skálán adjuk meg.

A szaunát csak az használhatja, aki 18 éves elmúlt már, de még nem töltötte be a 66-ot.

A hőfokot egy 60-100-ig terjedő skálán határozzuk meg.

Feladat:

Feladat elkészíteni egy olyan fuzzy következtető rendszert, amely a paraméterek alapján a használónak tanácsot ad, hogy mennyi időt tölthet bent a szaunában. Ezt egy 0-tól 20-ig terjedő skálán kapjuk meg.

32

Az alábbi nyelvi változókat használjuk:

1. Életkor: Fiatal, középkorú, idős.
2. Hőfok: Alacsony, közepes, magas.
3. Bent tartózkodás időtartama: Rövid, közepes, hosszú.

Döntéshozási szabályok a következők lesznek:

1. Ha (ÉLETKOR FIATAL ÉS HŐFOK ALACSONY) akkor (IDŐTARTAM HOSSZÚ)
2. Ha (ÉLETKOR FIATAL ÉS HŐFOK KÖZEPES) akkor (IDŐTARTAM KÖZEPES)
3. Ha (ÉLETKOR FIATAL ÉS HŐFOK MAGAS) akkor (IDŐTARTAM RÖVID)
4. Ha (ÉLETKOR KÖZÉPKORÚ ÉS HŐFOK ALACSONY) akkor (IDŐTARTAM HOSSZÚ)
5. Ha (ÉLETKOR KÖZÉPKORÚ ÉS HŐFOK KÖZEPES) akkor (IDŐTARTAM HOSSZÚ)
6. Ha (ÉLETKOR KÖZÉPKORÚ ÉS HŐFOK MAGAS) akkor (IDŐTARTAM KÖZEPES)
7. Ha (ÉLETKOR IDŐS ÉS HŐFOK ALACSONY) akkor (IDŐTARTAM KÖZEPES)
8. Ha (ÉLETKOR IDŐS ÉS HŐFOK KÖZEPES) akkor (IDŐTARTAM RÖVID)
9. Ha (ÉLETKOR IDŐS ÉS HŐFOK MAGAS) akkor (IDŐTARTAM RÖVID)

33

Szauna használata:

Hőfok Életkor	Alacsony	Közepes	Magas
Fiatal	Hosszú	Közepes	Rövid
Középkorú	Hosszú	Hosszú	Közepes
Idős	Közepes	Rövid	Rövid

Példa: Egy 33 éves személy szeretné használatba venni a szaunát, ami 84 fokos. Mennyi időt tölthet bent az adott személy az ismert paraméterek alapján?

34

Megoldási lépések:

The screenshot shows the Fuzzy Logic Designer interface for a system named 'szauna'. The main workspace displays three fuzzy membership functions: two for the input 'Elektor' (yellow boxes) and one for the output 'Bent_tartozkodas_idotartama' (cyan box). The 'Elektor' input is currently selected in the configuration panel.

Configuration Panel:

- FIS Name: **szauna**
- FIS Type: **mamdani**
- And method: **min**
- Or method: **max**
- Implication: **min**
- Aggregation: **max**
- Defuzzification: **centroid**
- Current Variable:
 - Name: **Elektor**
 - Type: **input**
 - Range: **[18 66]**

System "szauna": 2 inputs, 1 output, and 0 rules

35

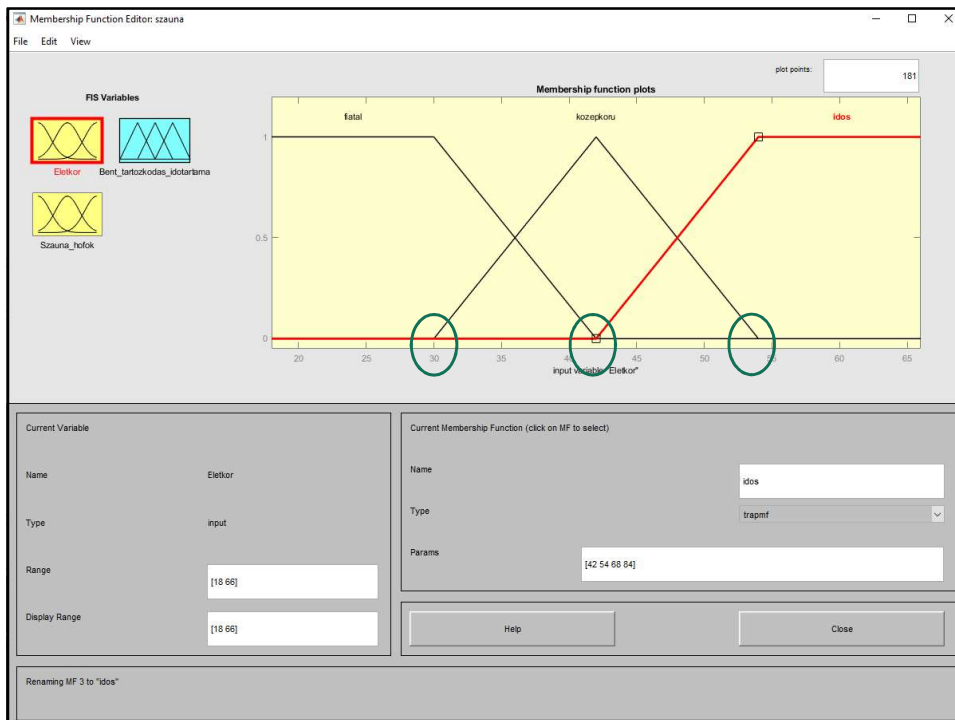
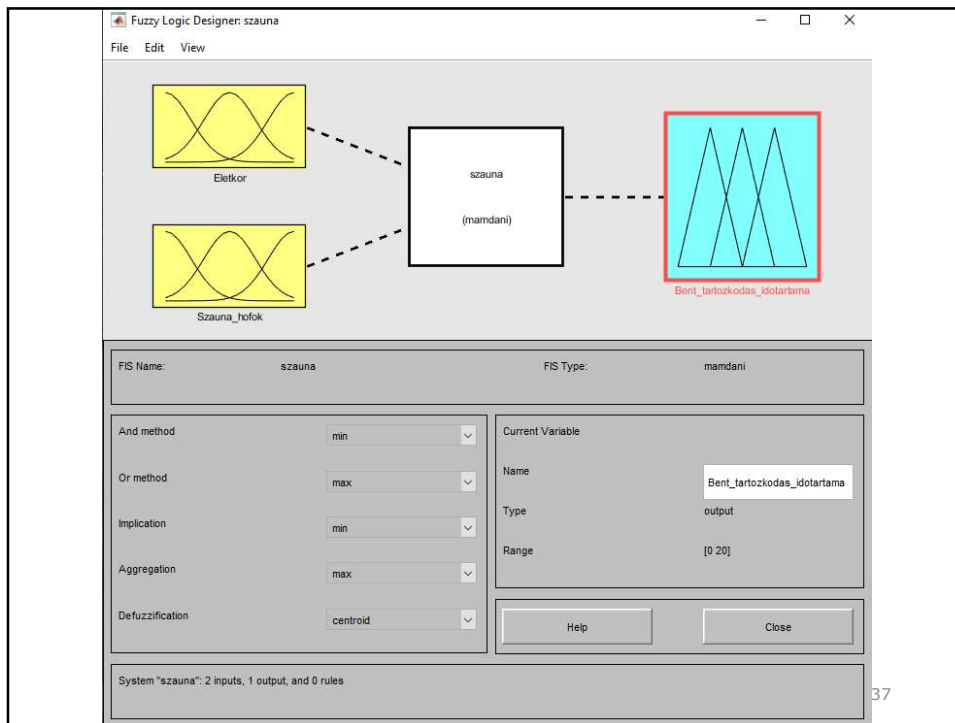
The screenshot shows the Fuzzy Logic Designer interface for the same system 'szauna'. The configuration panel is now set for the 'Szauna_hofok' input variable.

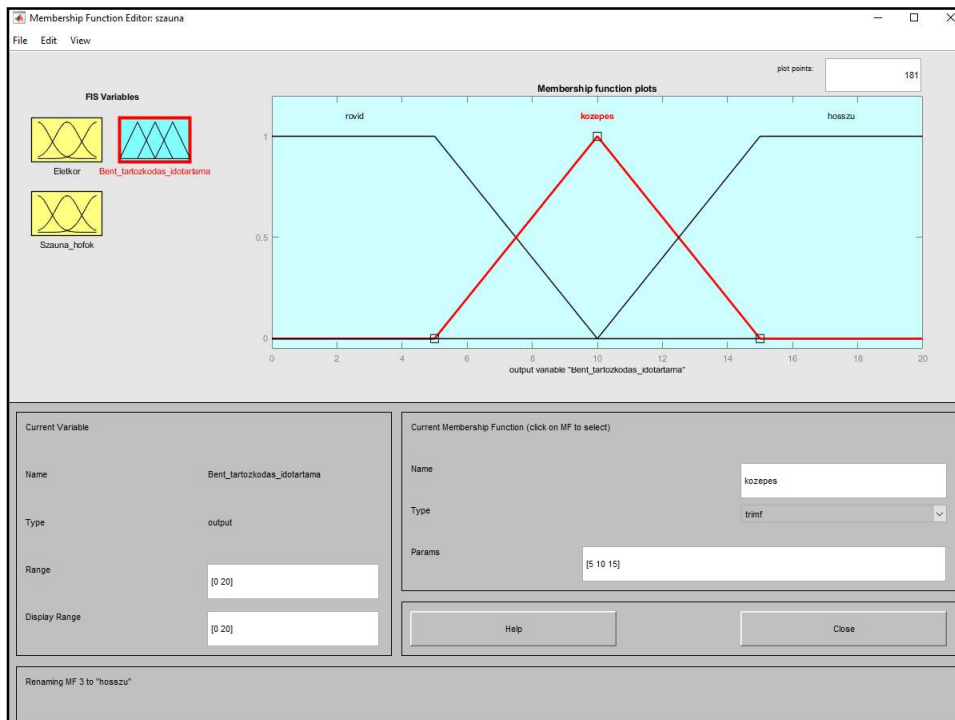
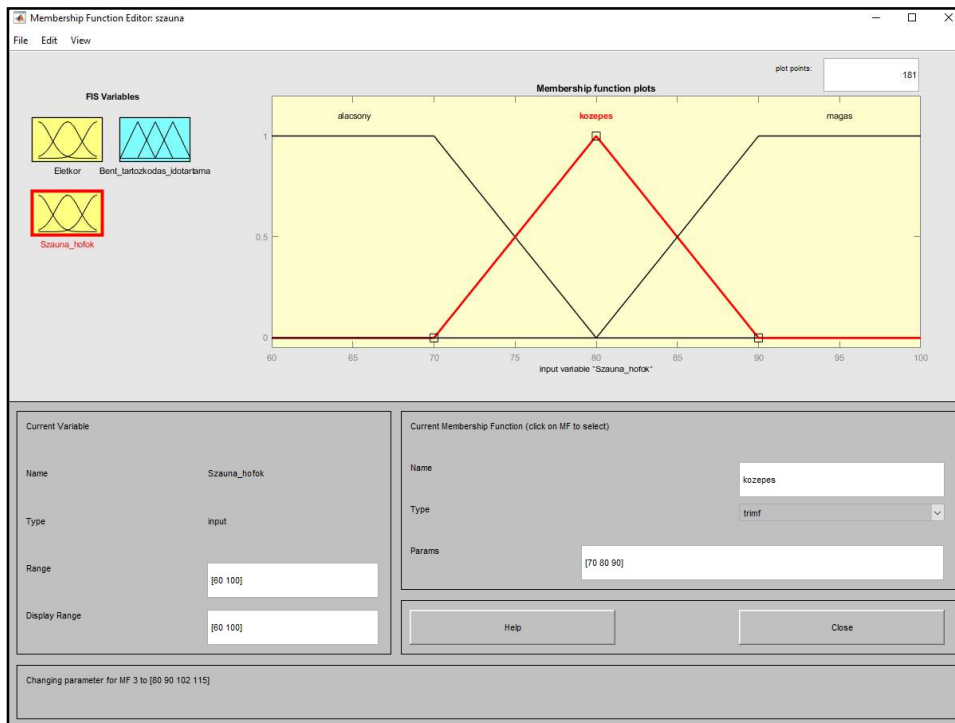
Configuration Panel:

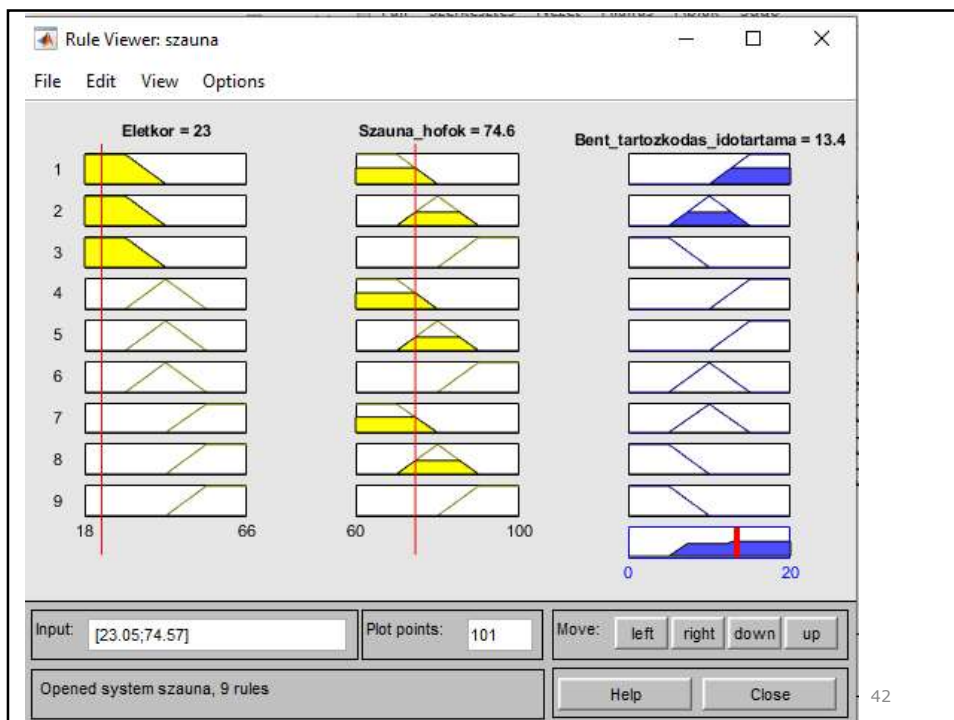
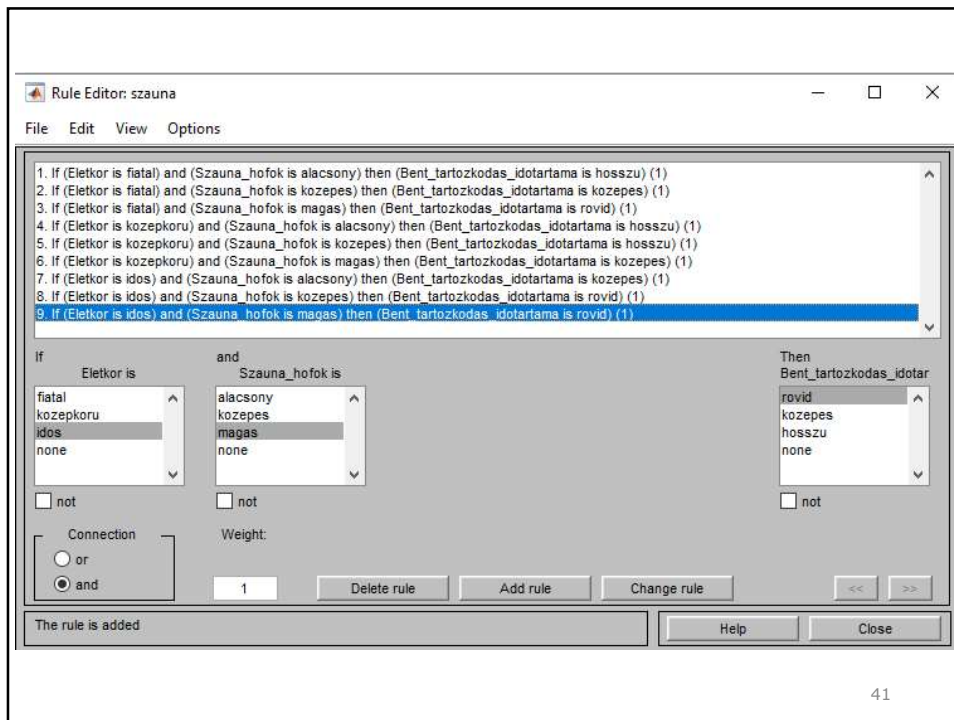
- FIS Name: **szauna**
- FIS Type: **mamdani**
- And method: **min**
- Or method: **max**
- Implication: **min**
- Aggregation: **max**
- Defuzzification: **centroid**
- Current Variable:
 - Name: **Szauna_hofok**
 - Type: **input**
 - Range: **[60 100]**

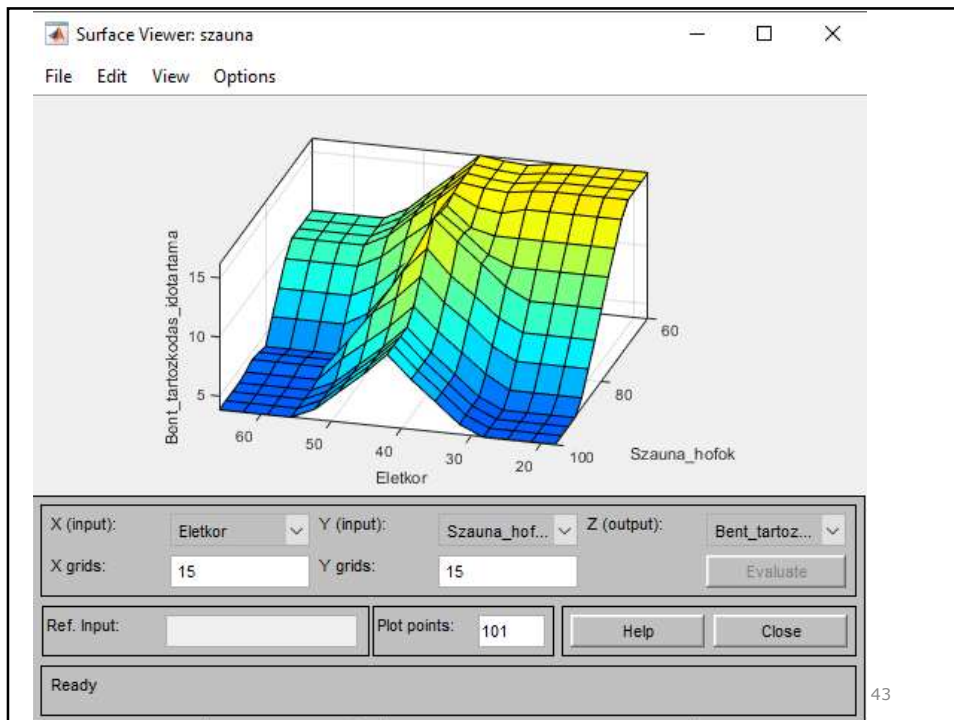
System "szauna": 2 inputs, 1 output, and 0 rules

36









További
gyakorló
feladat:

Feladat: a befektetési tanácsadó az ügyfele befektetési lehetőségére az alábbi paraméterekből következtet:

- 1) Kockázatvállalási hajlandóság
- 2) Befektetni kívánt tőke nagysága
- 3) Befektetési időtartam

Mindenyik paramétert egy 0-tól 10-ig terjedő skálán egy számértékkel jellemezzük. Olyan fuzzy következtető rendszert kell készíteni, amely a paraméterek alapján tanácsot ad a javasolt befektetési formára.

Használjuk a következő nyelvi változókat:

- 1) Kockázatvállalási hajlandóság: *kockázatkerülő, kockázattűrő, kockázatkezelő*
- 2) Befektetni kívánt tőke nagysága: *kicsi, közepes, nagy*
- 3) Befektetési időtartam: *rövid, közepes, hosszú*
- 4) Befektetési forma: *bankbetét, befektetési alap, részvény*

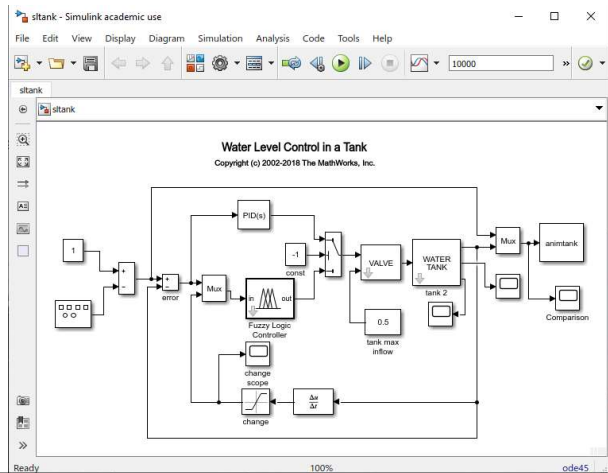
A szabályaink, amelyek alapján döntést hozunk:

- 1) Ha a befektetési időtartam rövid, akkor a befektetési forma legyen bankbetét.
- 2) Ha a kockázatvállalási hajlandóság kockázatkerülő és a befektetési időtartam közepes vagy hosszú, akkor a befektetési forma legyen befektetési alap.
- 3) Ha a befektetni kívánt tőke nagysága kicsi, akkor a befektetési forma legyen bankbetét.
- 4) Ha a befektetni kívánt tőke nagysága közepes vagy nagy és a kockázatvállalási hajlandóság kockázatkerülő vagy kockázattűrő, akkor a befektetési forma legyen befektetési alap.
- 5) Ha a befektetni kívánt tőke nagysága közepes vagy nagy és a kockázatvállalási hajlandóság kockázatkezelő, akkor a befektetési forma legyen részvény.
- 6) Ha a befektetési időtartam közepes, akkor a befektetési forma legyen befektetési alap.
- 7) Ha a befektetési időtartam hosszú és a kockázatvállalási hajlandóság kockázatkezelő, akkor a befektetési forma legyen részvény.
- 8) Ha a befektetési időtartam hosszú és a kockázatvállalási hajlandóság kockázatkerülő vagy kockázattűrő, akkor a befektetési forma legyen befektetési alap.

A fuzzy következtetési rendszer szimulációja a Simulink használatával

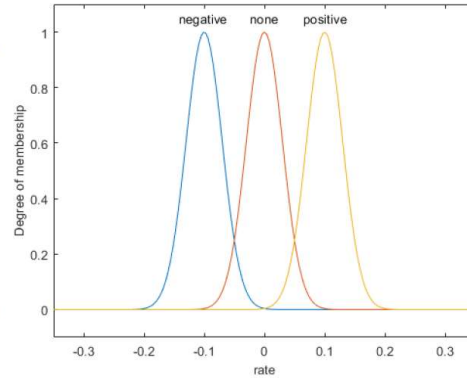
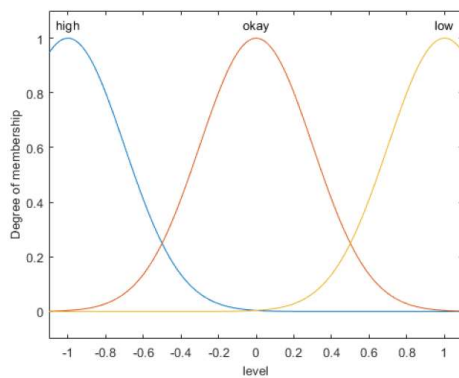
- Feladat: egy tartályban lévő víz szintjének ellenőrzése, vezérlése
- Ehhez meg kell nyitni egy már létrehozott modellt:

```
>> open_system('sltank')
```

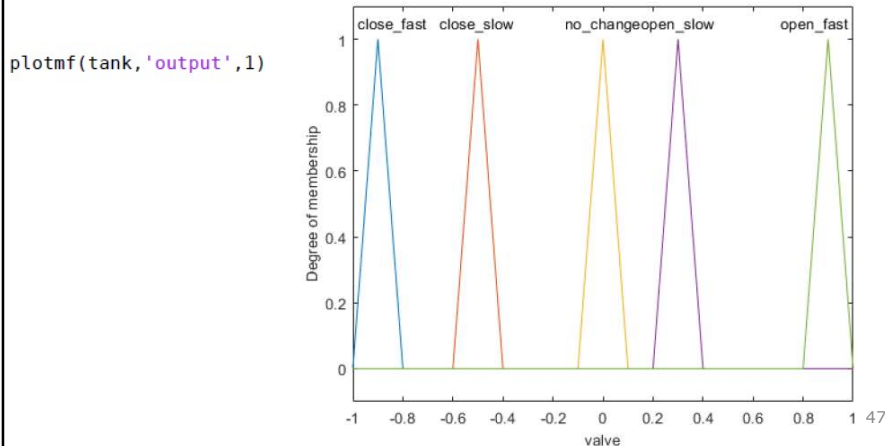


- A fuzzy rendszernek két bemenete van
 - a vízszint hiba: **szint**
 - a vízszint változásának sebessége: **sebesség**
- Minden bemenet három tagsági függvénnyel van leírva.

```
figure
plotmf(tank,'input',1)
figure
plotmf(tank,'input',2)
```



- A fuzzy rendszer kimenete az a sebesség, amellyel a vezérlőszelep nyit vagy zár: szelep
- 5 tagsági függvénnyel rendelkezik
- A kiáramló cső átmérője miatt a víztartály ebben a rendszerben lassabban ürül, mint megtelik. Ennek az egyensúlyhiánynak a kiegyenlítésére a `close_slow` és az `open_slow` szelep tagsági függvények nem szimmetrikusak.



A fuzzy rendszernek öt szabálya van. Az első három szabály csak a vízszint hibája alapján állítja be a szelepet.

1. Ha a vízszint rendben van, akkor ne állítsa be a szelepet.
2. Ha alacsony a vízszint, akkor gyorsan nyissa ki a szelepet.
3. Ha magas a vízszint, akkor gyorsan zárja el a szelepet.

A másik két szabály a vízszint változásának sebessége alapján állítja be a szelepet, amikor a vízszint az alapérték közelében van.

1. Ha a vízszint rendben van és növekszik, zárja le lassan a szelepet.
2. Ha a vízszint rendben van és csökken, akkor lassan nyissa ki a szelepet.


```

>> tank.rules

ans =

1×5 fisrule array with properties:

    Description
    Antecedent
    Consequent
    Weight
    Connection

Details:

                Description
    -----
1  "level==okay => valve=no_change (1)"
2  "level==low => valve=open_fast (1)"
3  "level==high => valve=close_fast (1)"
4  "level==okay & rate==positive => valve=close_slow (1)"
5  "level==okay & rate==negative => valve=open_slow (1)"

```

49

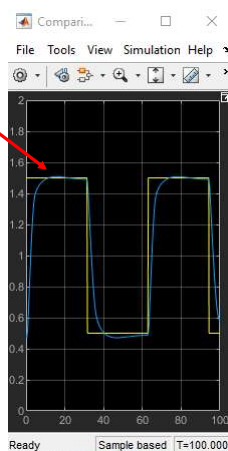
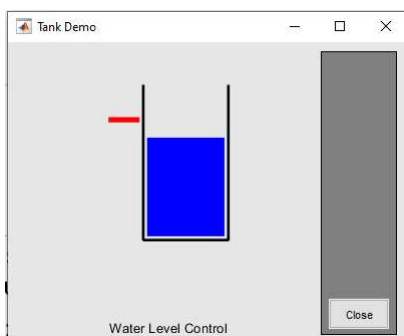
Szimuláció

- A modell a szabályozót szimulálja a vízszint alapértékének periodikus változásával.
- Futtassuk a szimulációt:


```

>> sim('sltank',100)
open_system('sltank/Comparison')

```
- A vízszint jól követi az alapjelet.

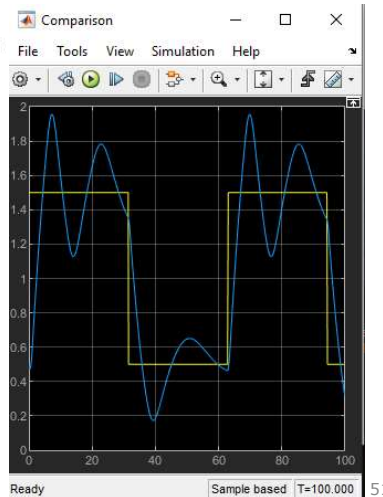
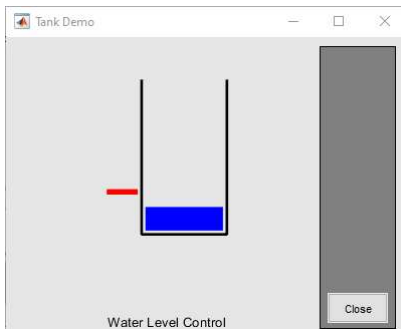


50

- A tartály FIS szabályainak módosításával beállítható a vezérlő teljesítménye.
- Például, ha eltávolítjuk az utolsó két szabályt, a vezérlő gyengén teljesít, nagy rezgések lesznek a vízszintben.

```
rule1 = "If level is okay then valve is no_change";
rule2 = "If level is low then valve is open_fast";
rule3 = "If level is high then valve is close_fast";
rules = [rule1 rule2 rule3];
tank.Rules = fisrule(rules);

open_system('sltank/Comparison')
sim('sltank',100)
```



- Ezek a szabályok nem elegendők a rendszer vezérléséhez, mivel a vízszint az alapjel körül ingadozik.
- Az oszcillációk csökkentése érdekében meg kell adni további szabályokat. Ezek a szabályok a szelepet a vízszint változásának sebessége alapján állítják be, amikor a vízszint az alapérték közelében van.

```
rule4 = "If level is okay and rate is positive then valve is close_slow";
rule5 = "If level is okay and rate is negative then valve is open_slow";
newRules = [rule4 rule5];
tank = addRule(tank.newRules):
```

```
sim('sltank',100)
```

- A vízszint most rezgés nélkül követi az alapjelet.
- A Fuzzy Logic Controller with Ruleviewer blokk segítségével is szimulálhatjuk a fuzzy rendszerünket:

```
open_system('sltankrule')
```

52

