

Simularea sistemelor cu logică fuzzy în MATLAB. Aplicație – mașina de spălat cu logică fuzzy

Obiective: construirea unui sistem cu logică fuzzy utilizând Fuzzy Logic Toolbox, analizarea diferitelor metode pentru implicație și defuzzificare

Observație: MATLAB/Simulink se accesează online (<https://matlab.mathworks.com/>), prin logare cu credențialele MS Teams (cele de tip nume.prenume@student.utcluj.ro).

Termeni și acronime: *fuzzificare, defuzzificare, implicație, centroid, bisector, MOM, SOM, LOM*

○ Controlul proceselor prin sisteme cu logică fuzzy

Una dintre aplicațiile practice importante ale sistemelor cu logică fuzzy este utilizarea lor ca sisteme de control a proceselor. Controlul proceselor prin sisteme cu logică fuzzy are la bază un suport teoretic solid și este validat prin aplicații comerciale. Pentru exemplificare, se va prezenta o aplicație de control al timpului de spălare pentru o mașină de spălat.

Când se folosește o mașină de spălat, utilizatorul selectează de obicei durata de spălare, în funcție de cantitatea de haine și de tipul și gradul de murdărie al acestora. Pentru automatizarea procesului de spălare, se pot utiliza senzori de detecție pentru volumul hainelor, respectiv tipul și gradul de murdărie. Pe baza acestor date, se va alege un anumit timp de spălare.

Deoarece nu se poate defini o relație matematică precisă între mărimile de intrare (volumul hainelor, tipul și gradul de murdărie) și mărimea de ieșire (timpul de spălare). Astfel, timpul de spălare se setează manual, de către utilizator, pe baza experienței proprii și a încercărilor repetate.

Realizarea unei mașini de spălat cu timp de spălare autodeterminat presupune construirea a două subsisteme:

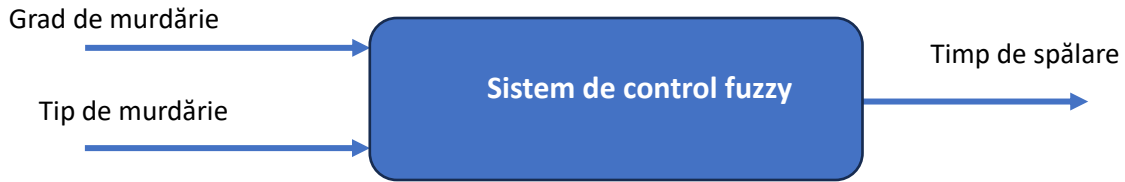
- sistemul de senzori - furnizează mărimile de intrare ale mașinii de spălat, preluate din mediul exterior (hainele din mașină)
- unitatea de control - pe baza informațiilor primite de la sistemul de senzori, va lua decizia asupra timpului de spălare, sub forma unei ieșiri de comandă.

Exercițiul 1

Ce tip de senzori pot fi utilizați pentru determinarea volumului hainelor, gradului și tipului de murdărie, culorii, materialului hainelor?

○ Definirea SLF pentru controlul timpului de spălare

Se dorește proiectarea unui sistem de control cu logică fuzzy pentru o mașină de spălat, care să furnizeze timpul de spălare corect, în funcție de anumite informații despre hainele care trebuie spălate. Schema bloc a sistemului este:

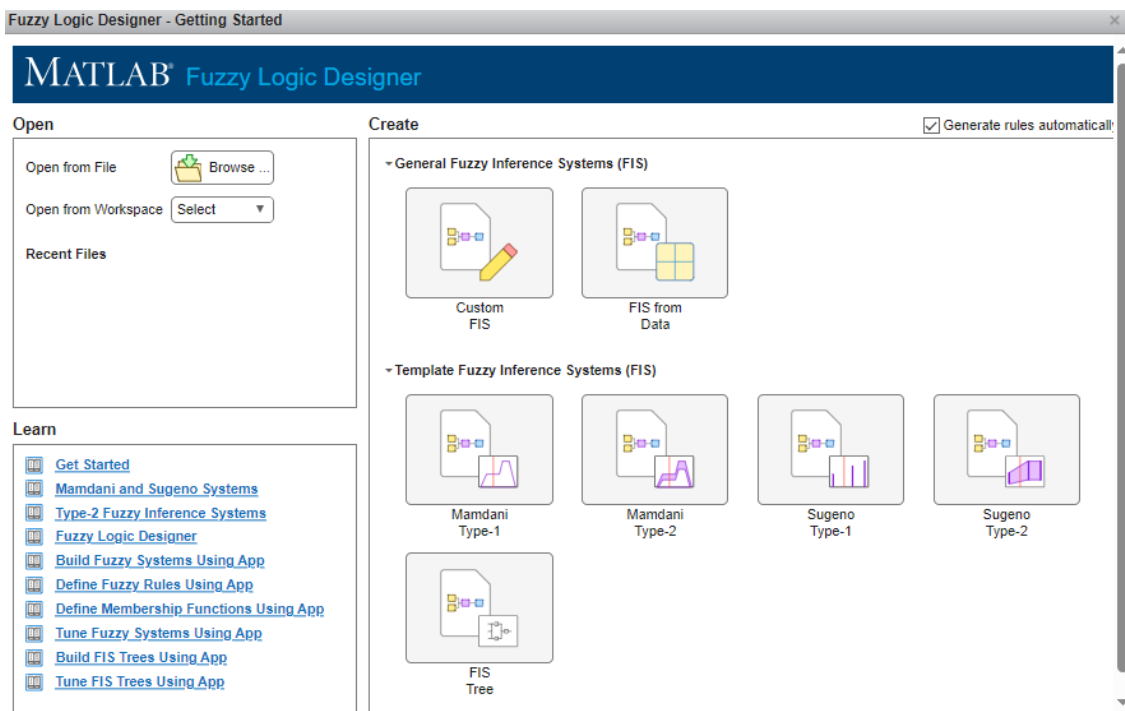


Sistemul are două intrări:

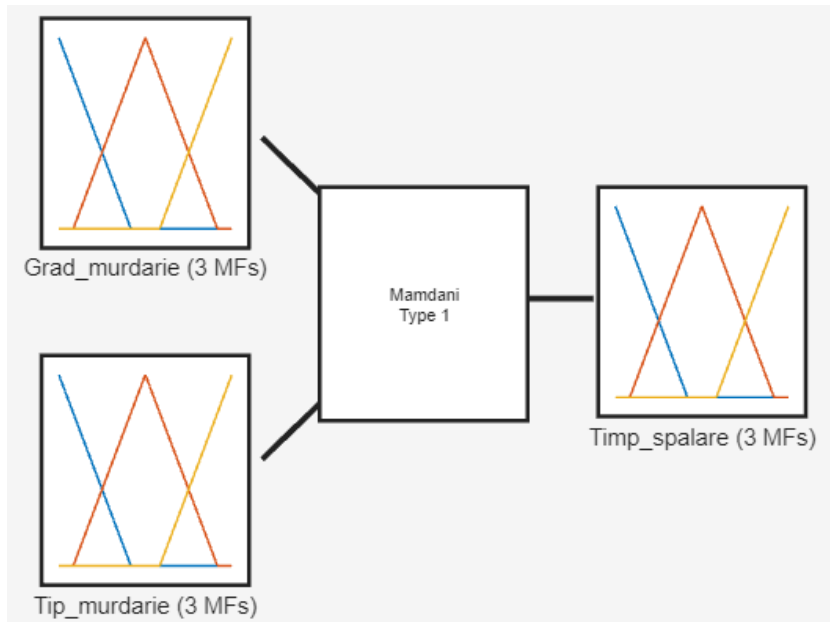
- gradul de murdărie - poate fi determinat din transparența apei
- tipul de murdărie - poate fi determinat din timpul necesar apei în care se înmoaie hainele să ajungă cu transparența la saturație (fără modificări vizibile ale transparenței). De exemplu, pentru hainele cu pete de grăsime, acest timp va fi mai lung, deoarece grăsimea este mai greu solubilă în apa decât alte tipuri de murdărie.

Sistemul cu logică fuzzy va fi construit utilizând *Fuzzy Logic Designer*, a cărui lansare în execuție se face scriind la linia de comandă:

```
FuzzyLogicDesigner
```



Se selectează opțiunea *Mamdani Type-1* (sistem fuzzy Mamdani predefinit) și se continuă cu particularizarea numelor pentru variabilele de intrare, respectiv variabila de ieșire.



Mulțimile fuzzy pentru cele 3 variabile au denumirile, tipul și parametrii din tabelul alăturat. Mulțimile definite peste variabilele de intrare formează o partiție fuzzy.

Variabilă	Universul discuției	Denumire	Tip	Parametri
<i>Grad_murdarie</i>	[0...100] %	<i>Mic</i> <i>Mediu</i> <i>Mare</i>	<i>trimf</i>	[-40 0 50] [0 50 100] [50 100 140]
<i>Tip_murdarie</i>	[0...100] %	<i>NeGras</i> <i>Mediu</i> <i>Gras</i>	<i>trimf</i>	[-40 0 50] [0 50 100] [50 100 140]
<i>Timp_spalare</i>	[0...60] minute	<i>FoarteScurt</i> <i>Scurt</i> <i>Mediu</i> <i>Lung</i> <i>FoarteLung</i>	<i>trimf</i>	[0 8 12] [8 12 20] [12 20 40] [20 40 60] [40 60 60]

Baza de reguli a sistemului este:

		<i>Grad_murdarie</i>		
		<i>Mic</i>	<i>Mediu</i>	<i>Mare</i>
<i>Tip_murdarie</i>	<i>NeGras</i>	FoarteScurt	Scurt	Mediu
	<i>Mediu</i>	Mediu	Mediu	Lung
	<i>Gras</i>	Lung	Lung	FoarteLung

Toate regulile sunt alcătuite utilizând conectivul AND.

Exercițiul 2

Definiți mulțimile fuzzy pentru cele 3 variabile și baza de reguli, conform valorilor specificate anterior.

Operațiile sistemului cu logică fuzzy pentru controlul mașinii de spălat sunt:

- fuzzificare - mărimea de intrare se transformă în mulțime fuzzy *singleton*
- inferență - de tip *max-min* (Mamdani)

- defuzzificare - se va folosi defuzzificare de tip *centroid* (COA - *center of area*). Succesiunea răspunsurilor tranșante obținute prin acest tip de defuzzificare este suficient de lină pentru a asigura o suprafață de control fără variații bruște, cerință importantă a unui controller de proces. Formula după care se calculează valoarea tranșanta a ieșirii, pe baza mulțimii fuzzy agregată de ieșire, în cazul folosirii metodei de defuzzificare COA (centroid) este:

$$t_{0-\text{continuu}} = \frac{\int_{t=0}^{60} t * \mu_{MFO}(t)}{\int_{t=0}^{60} \mu_{MFO}(t)} \quad t_{0-\text{discret}} = \frac{\sum_{t=0}^{60} t * \mu_{MFO}(t)}{\sum_{t=0}^{60} \mu_{MFO}(t)}$$

PROPERTY EDITOR: FIS	
Type:	Mamdani Type-1
Name	<input type="text" value="mamdanitype1"/>
And method	<input type="text" value="min"/>
Or method	<input type="text" value="max"/>
Implication method	<input type="text" value="min"/>
Aggregation method	<input type="text" value="max"/>
Defuzzification method	<input type="text" value="centroid"/>
Inputs:	2
Outputs:	1
Rules:	9

Exercițiul 3

Analizați funcționarea SLF vizualizând suprafața de control (Control surface) și operațiile realizate în sistemul cu logică fuzzy.

Exercițiul 4

Realizați un document în care să plasați suprafețele de control și valorile numerice obținute la ieșire, pentru 5 perechi de valori relevante ale variabilelor de intrare, în următoarele cazuri:

- Implication: min; Defuzzification: centroid
- Implication: prod; Defuzzification: centroid
- Implication: min; Defuzzification: bisector

- Implication: min; Defuzzification: MOM

De ce suprafața de control a unui sistem de control în general trebuie să fie cât mai netedă? Care metodă de defuzzificare este cea mai potrivită și care este cea mai defavorabilă pentru implementarea sistemului cu logică fuzzy de control din aplicația studiată?