



Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
"Προηγμένες Τεχνολογίες Υπολογιστών
και Πληροφορικής"

Υπολογιστική Νοημοσύνη

Μάθημα 2ο

Δρ. Βασίλειος Γ. Καμπουρλάζος
Δρ. Ανέστης Γ. Χατζημιχαηλίδης

Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής Τ.Ε.
ΤΕΙ Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης

2016-2017

Περιεχόμενα

- ◎ Ασαφή Συστήματα

Ασαφή Συστήματα

Ασαφής Λογική (*Fuzzy Logic*)

Η ασαφής λογική προτάθηκε το 1965 από τον Prof. Lotfi Zadeh ο οποίος δήλωσε ότι οι άνθρωποι:

- ◉ Δεν μιλούν με ακρίβεια
- ◉ Δεν απαιτούν αριθμητική πληροφορία για να λειτουργήσουν
- ◉ Επεξεργάζονται δεδομένα με θόρυβο
- ◉ Επεξεργάζονται μη ακριβή δεδομένα

Ασαφής Λογική (*Fuzzy Logic*)

Βασικός στόχος της ασαφούς λογικής είναι η διαχείριση της αβεβαιότητας που υπεισέρχεται σε κάθε πρόβλημα μοντελοποίησης.

Παραδείγματα λεξικής αβεβαιότητας:

- Ψηλοί άνθρωποι
- Ζεστές μέρες
- Πιθανόν θα έχουμε μία πετυχημένη επαγγελματική χρονιά

Ασαφής Λογική και Πιθανότητες

Είναι δυο διαφορετικές έννοιες:

- Η πιθανότητα εκφράζει γεγονότα τα οποία θα συμβούν ή δεν θα συμβούν. Δεν υπάρχει καθόλου ασάφεια.
- Η ασαφής λογική περιγράφει τον βαθμό αληθείας μίας κατάστασης.

Ασαφές Σύνολο

Ένα ασαφές σύνολο A του Ω ταυτίζεται με την χαρακτηριστική συνάρτησή του $A:\Omega\rightarrow[0,1]$. Η χαρακτηριστική συνάρτηση $A(\mathbf{x})$ ενός ασαφούς συνόλου A , εναλλακτικά, ονομάζεται *συνάρτηση συμμετοχής του ασαφούς συνόλου A* .

Ασαφές Σύνολο

Ένα ασαφές σύνολο A αναπαριστάται ως ένα σύνολο διατεταγμένων ζευγών $A = \{(x, A(x)) \mid x \in \Omega \text{ και } A(x) \in [0, 1]\}$ όπου το $A(x)$ δείχνει τον βαθμό κατά τον οποίο το x είναι μέλος του ασαφούς συνόλου A .

Ασαφές Σύνολο

Παράδειγμα Α

Θεωρείστε το βασικό σύνολο Ω οπωρολαχανικών
 $\Omega = \{\text{μήλο, αχλάδι, κεράσι, μαρούλι, ντομάτα}\}$

Μπορούμε να ορίσουμε το ασαφές σύνολο $\Pi: \Omega \in [0,1]$ έτσι ώστε η χαρακτηριστική συνάρτηση $\Pi(x)$ να δείχνει τον βαθμό κατά τον οποίο το οπωρολαχανικό $x \in \Omega$ είναι πράσινο.

Συγκεκριμένα, το ασαφές σύνολο Π θα μπορούσε να είναι το ακόλουθο $\Pi = \{(\text{μήλο}, 0.2), (\text{αχλάδι}, 0.9), (\text{κεράσι}, 0), (\text{μαρούλι}, 1), (\text{ντομάτα}, 0.2)\}$.

Κλασικό Σύνολο

Ένα κλασικό σύνολο θεωρείται ως ειδική περίπτωση ασαφούς συνόλου όπου το πεδίο τιμών της χαρακτηριστικής συνάρτησης είναι το διμελές σύνολο αριθμών $\{0,1\}$ αντί του κλειστού διαστήματος αριθμών $[0,1]$.

Κλασικό Σύνολο

Παράδειγμα Β

Θεωρείστε το ακόλουθο βασικό σύνολο Ω φοιτητών και φοιτητριών

$\Omega = \{\text{Μαρία, Ελένη, Γιάννης, Κώστας, Νίκη, Γεωργία, Ανδρέας}\}$

Ένα κλασικό σύνολο K θα μπορούσε περιγραφικά να οριστεί ως το υποσύνολο εκείνο των φοιτητών και φοιτητριών του Ω που έχουν περάσει το μάθημα της Υπολογιστικής Νοημοσύνης. Η χαρακτηριστική συνάρτηση, έστω $K(x)$, του συνόλου K λαμβάνει τιμές στο διμελές σύνολο $\{0, 1\}$.

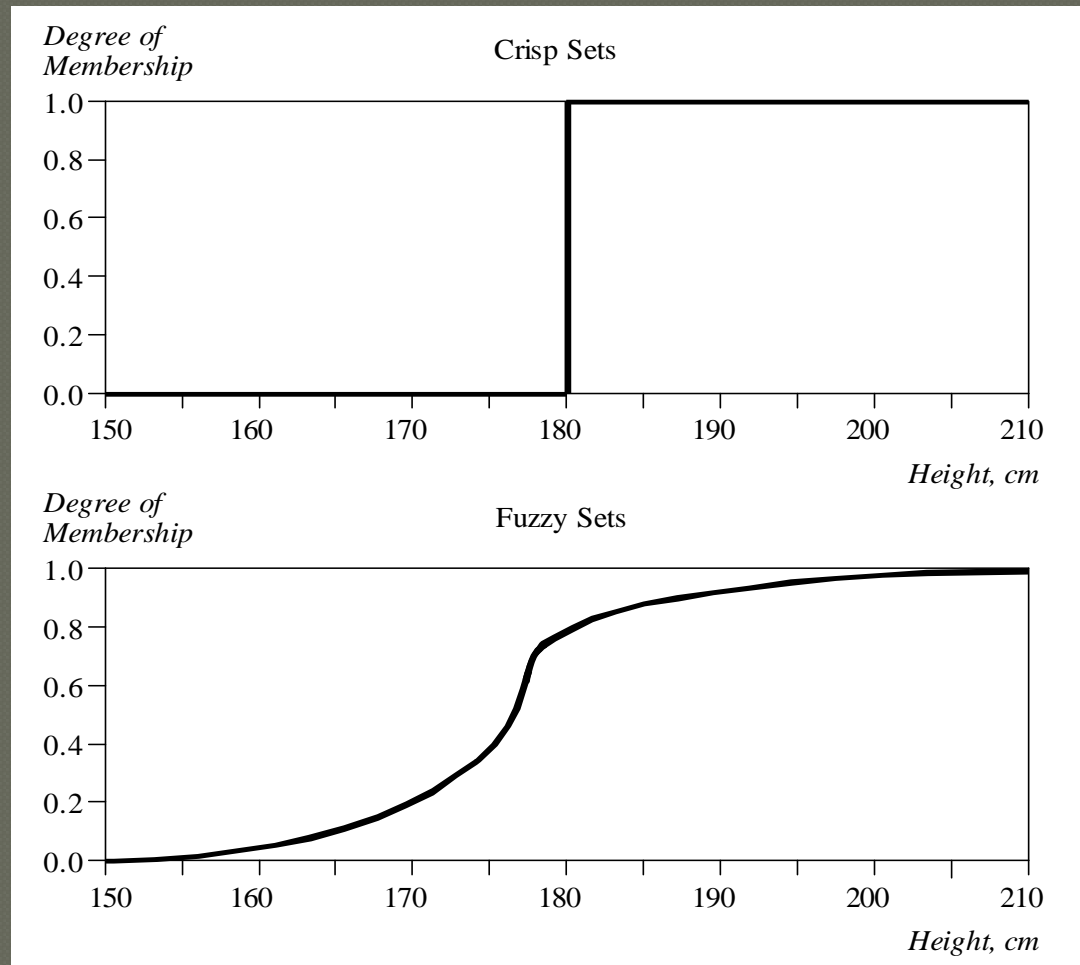
Έτσι, θα μπορούσε να είναι είτε “ $K(\text{Ελένη}) = 1$ ” είτε “ $K(\text{Ελένη}) = 0$ ”, δηλ. είτε η Ελένη πέρασε το μάθημα «Υπολογιστική Νοημοσύνη» είτε η Ελένη δεν το πέρασε, αντίστοιχα, και οτιδήποτε άλλο αποκλείεται.

Ασαφής Λογική

Η Ασαφής Λογική ξεκινάει με την παραδοχή ότι μια πρόταση μπορεί να μην είναι ούτε (απόλυτα) αληθής ούτε (απόλυτα) ψευδής, αλλά να χαρακτηρίζεται από κάποιο βαθμό αλήθειας/ψεύδους.

Με άλλα λόγια, μπορεί η αλήθεια μιας πρότασης να μην είναι **δίτιμη** στο διμελές σύνολο $\{0,1\}$, αλλά να είναι **πλειότιμη** στο απειροσύνολο (κλειστό) διάστημα $[0,1]$.

Κλασικό και Ασαφές Σύνολο Για τους ψηλούς άνδρες



Ασαφές Σύστημα

Αναπαράσταση με την χρήση **κανόνων** της μορφής:

R: EAN «πρόταση-αίτιο» ΤΟΤΕ «πρόταση-αποτέλεσμα»

Παράδειγμα

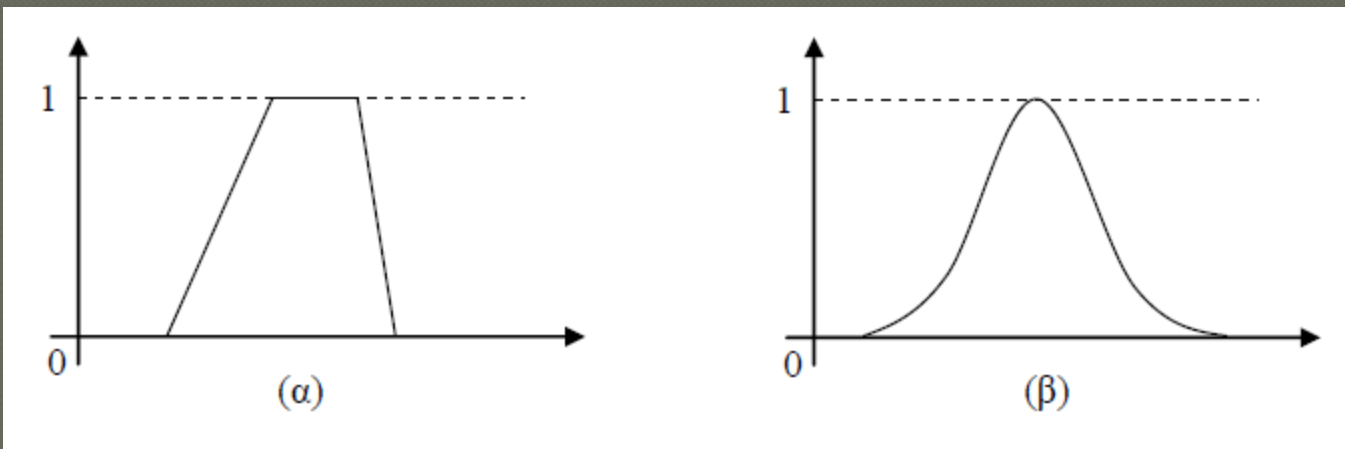
R: EAN «ο άνθρωπος A πέφτει στο νερό» ΤΟΤΕ «ο άνθρωπος A βρέχεται»

Ένα σύνολο κανόνων ονομάζεται **ασαφής αλγόριθμος** ή, εναλλακτικά, **ασαφές σύστημα** ή, εναλλακτικά, **ασαφές μοντέλο** και αποτελεί το υψηλότερο επίπεδο της ομιλούμενης γλώσσας που μοντελοποιείται εδώ στα πλαίσια της ασαφούς λογικής.

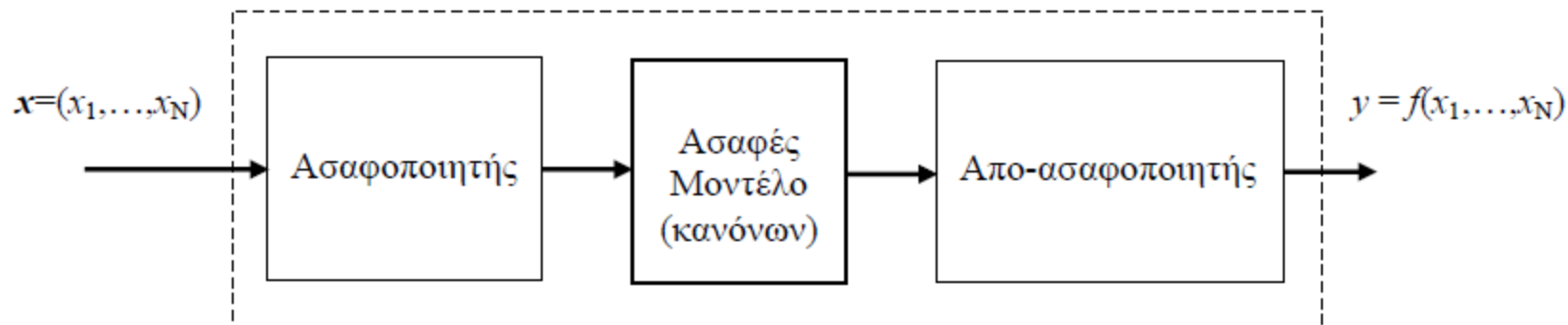
Συνάρτηση συμμετοχής

Ιδιότητες/Παραδοχές:

1. Έχει ύψος ίσο με 1 (κανονικό σύνολο)
2. Έχει κωδωνοειδή (κυρτή) μορφή
3. Είναι συνεχής



Ασαφές Μοντέλο



1. Υλοποιεί μια συνάρτηση $f: \mathbb{R}^N \rightarrow \mathbb{T}$
2. Αξιοποιεί την ανθρώπινη εμπειρία χρησιμοποιώντας όρους της ομιλούμενης γλώσσας προς υλοποίηση της συνάρτησης

Ασαφές Μοντέλο Mamdani

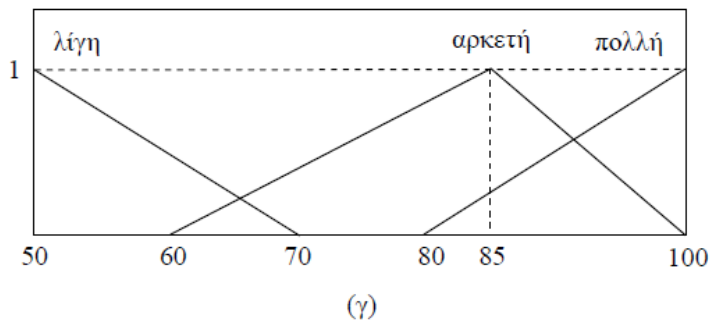
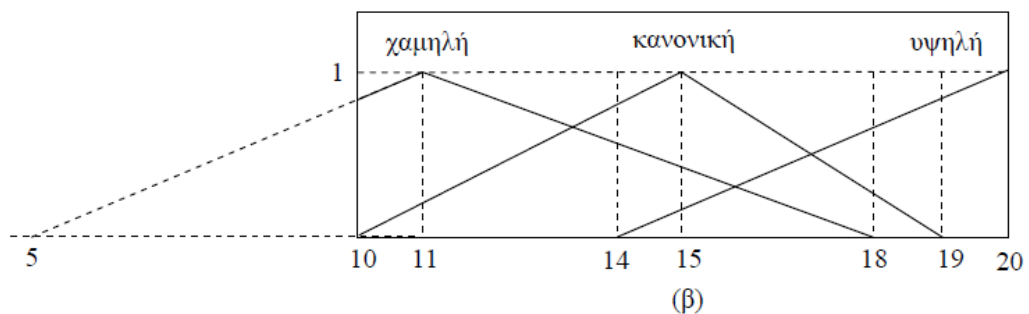
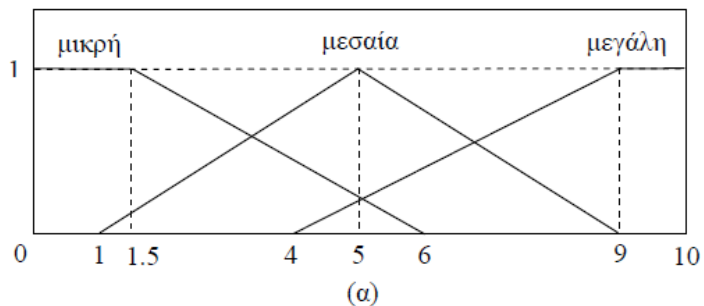
- Οι κανόνες ενός μοντέλου Mamdani απεικονίζουν ασαφείς αριθμούς σε ασαφείς αριθμούς

Παράδειγμα

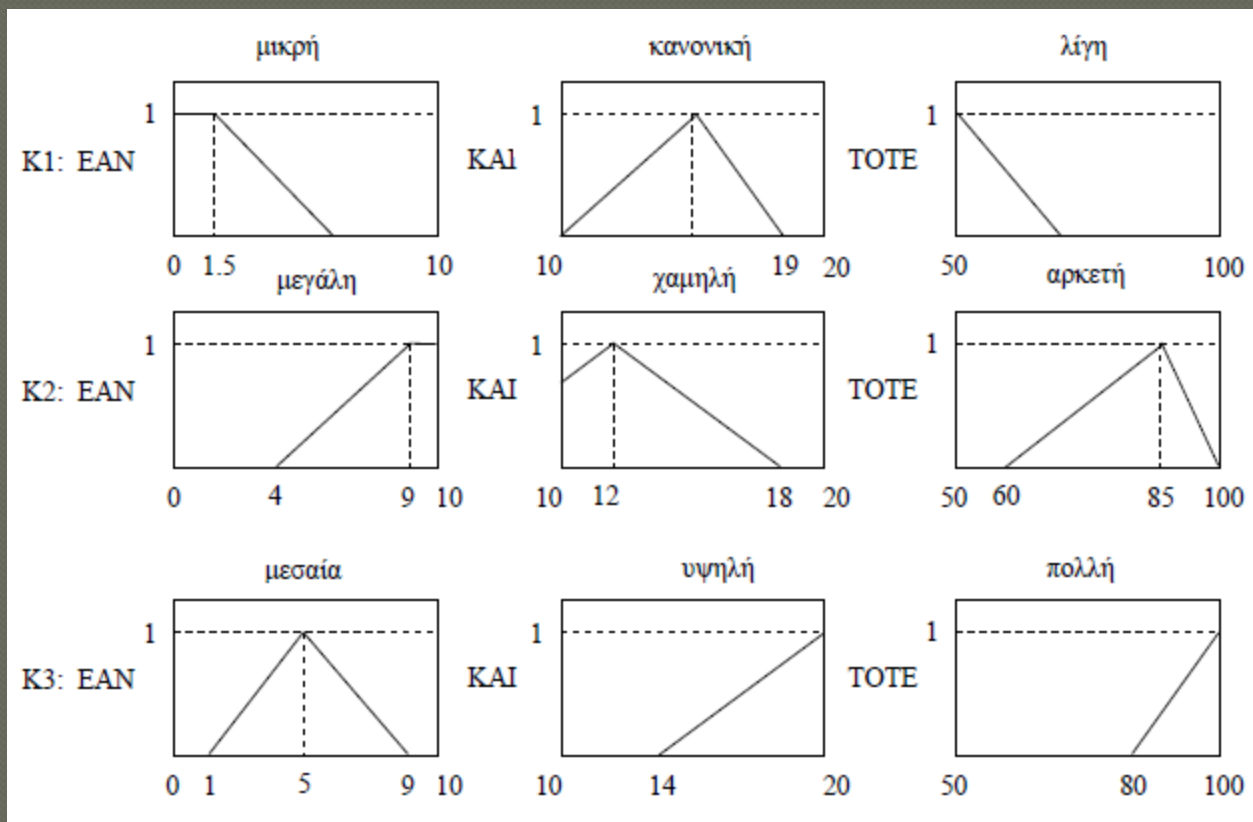
$R_M: \text{ΕΑΝ } X = A \text{ ΤΟΤΕ } Y = B$

- Ένα μοντέλο Mamdani χρησιμοποιείται σε εφαρμογές όπου υπάρχει διαθέσιμη γνώση εμπειρογνωμόνων

Παράδειγμα Συστήματος Mamdani Απεικόνιση Μεταβλητών



Παράδειγμα Συστήματος Mamdani Γραφική Αναπαράσταση Κανόνων

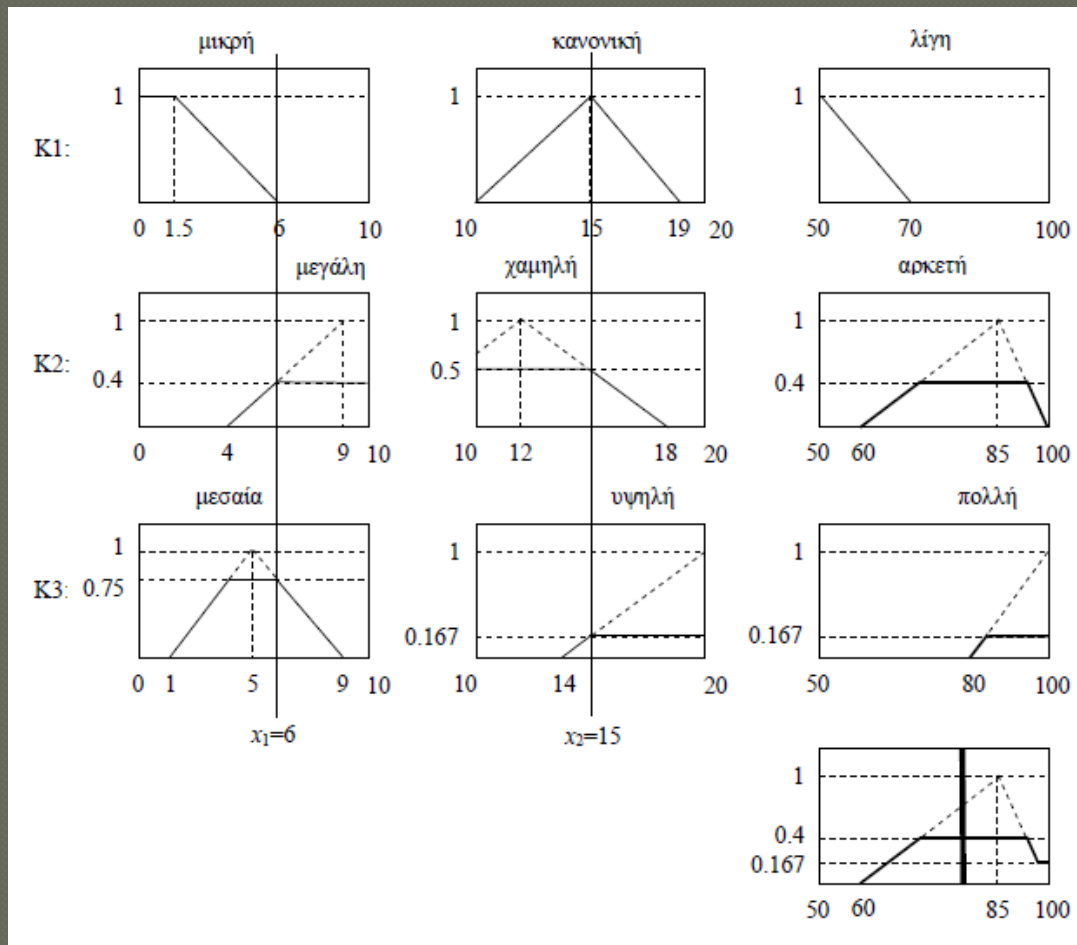


Παράδειγμα Συστήματος Mamdani

- K1: EAN (η είσοδος1 είναι μικρή) ΚΑΙ (η είσοδος2 είναι κανονική) ΤΟΤΕ (η έξοδος1 είναι λίγη)
- K2: EAN (η είσοδος1 είναι μεγάλη) ΚΑΙ (η είσοδος2 είναι χαμηλή) ΤΟΤΕ (η έξοδος1 είναι αρκετή)
- K3: EAN (η είσοδος1 είναι μεσαία) ΚΑΙ (η είσοδος2 είναι υψηλή) ΤΟΤΕ (η έξοδος1 είναι πολλή)

Παράδειγμα Συστήματος Mamdani

Υπολογισμός εξόδου (Σύζευξη min)



Από-
ασαφοποίηση

Ασαφές Μοντέλο Sugeno

- Οι κανόνες ενός μοντέλου Sugeno απεικονίζουν ασαφείς αριθμούς σε πραγματικές συναρτήσεις

Παράδειγμα

R_s : ΕΑΝ $X = A$ ΤΟΤΕ $y = f(x)$

- Ένα μοντέλο Mamdani χρησιμοποιείται σε εφαρμογές όπου υπάρχουν διαθέσιμες πολλές αριθμητικές μετρήσεις

Προγραμματισμός σε **MATLAB**

MATLAB+FUZZY

The screenshot displays the MATLAB FIS Editor window titled "FIS Editor: Untitled". The interface is divided into several sections:

- Diagram:** A central white box labeled "Untitled (mandani)" is connected by dashed lines to a yellow box on the left labeled "input1" (containing two overlapping bell-shaped curves) and a cyan box on the right labeled "output1" (containing two overlapping triangular curves).
- System Information:** FIS Name: Untitled; FIS Type: mandani.
- Configuration Options:**
 - And method: min
 - Or method: max
 - Implication: min
 - Aggregation: max
 - Defuzzification: centroid
- Current Variable:** Name: input1; Type: input; Range: [0 1].
- Buttons:** Help and Close.
- Status Bar:** System "Untitled": 1 input, 1 output, and 0 rules.

Οδηγίες

Ελεγκτής *Mamdani*

Ο ελεγκτής τύπου Mamdani, ελέγχει την ταχύτητα περιστροφής ενός ανεμιστήρα στο θάλαμο εντατικής παρακολούθησης ενός νοσοκομείου, ώστε η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία του θαλάμου να διατηρούνται σε επίπεδα σύμφωνα με τις υποδείξεις των γιατρών. Ο ελεγκτής διαθέτει αισθητήρα θερμοκρασίας που μετράει τη θερμοκρασία από 0 °C έως 50 °C, και αισθητήρα που μετράει τη σχετική υγρασία από 20% έως 100%. Η ταχύτητα περιστροφής του ανεμιστήρα κυμαίνεται από 120 έως 1200 RPM (Rotations Per Minute).

Ελεγκτής Mamdani

Οι γιατροί έχουν ορίσει τις παρακάτω 5 προδιαγραφές:

	Θερμοκρασία	Σχετική Υγρασία	Επιθυμητή ταχύτητα περιστροφής ανεμιστήρα.
1	8	20	300
2	15	40	400
3	21	50	600
4	32	70	1000
5	41	90	900

Source Code 1 – Mamdani

```
%% Αρχικοποίηση του περιβάλλοντος MATLAB
clear all;
close all;
clc;

%% Δημιουργία ασαφούς μοντέλου τύπου Mamdani
model = newfis('MamModel','mamdani');

%% Ορισμός εισόδων, εξόδων του συστήματος
model = addvar(model,'input','temp',[0 50]);
model = addvar(model,'input','hum',[20 100]);
model = addvar(model,'output','speed',[120 1200]);

%% Ορισμός των συναρτήσεων συμμετοχής
model = addmf(model,'input',1,'low','gaussmf',[7.5 0]);
model = addmf(model,'input',1,'medium','gaussmf',[7.5 25]);
model = addmf(model,'input',1,'high','gaussmf',[7.5 50]);
model = addmf(model,'input',2,'low','gaussmf',[10 20]);
model = addmf(model,'input',2,'medium','gaussmf',[10 60]);
model = addmf(model,'input',2,'high','gaussmf',[10 100]);
model = addmf(model,'output',1,'low','gaussmf',[120 120]);
model = addmf(model,'output',1,'medium','gaussmf',[120 660]);
model = addmf(model,'output',1,'high','gaussmf',[120 1200]);
```

Source Code 1 – Mamdani

```
% Προβολή των συναρτήσεων συμμετοχής  
subplot(1,3,1);plotmf(model,'input',1);  
subplot(1,3,2);plotmf(model,'input',2);  
subplot(1,3,3);plotmf(model,'output',1);
```

```
%% Ορισμός των κανόνων  
rule1 = [1 1 1 1 1];  
rule2 = [2 2 2 1 1];  
rule3 = [2 2 3 1 1];  
rule4 = [3 3 3 1 1];  
ruleList = [rule1;rule2;rule3;rule4];  
model = addrule(model,ruleList);
```

```
%Προβολή των κανόνων  
showrule(model)
```

```
%% Προβολή του συστήματος  
figure;  
plotfis(model);
```

```
%% Λειτουργία του συστήματος  
inputs = [8 20];  
outputs = evalfis(inputs, model)
```

Ελεγκτής Sugeno

Ο ασαφής ελεγκτής τύπου Sugeno ελέγχει την παραγόμενη ποσότητα PAC σε μια βιομηχανική διαδικασία καθαρισμού νερού με βάση δύο μετρήσιμες μεταβλητές: 1) το PH του νερού, και 2) η αλκαλικότητα AL του νερού, οι οποίες καθορίζουν την ποσότητα χημικών ουσιών τύπου PAC που θα χρησιμοποιηθούν για τον καθαρισμό μιας ποσότητας νερού. Έστω x_1 είναι η ακριβής μετρούμενη τιμή του PH, x_2 είναι η ακριβής μετρούμενη τιμή του AL, και y είναι η ακριβής ποσότητα PAC που πρέπει να χρησιμοποιηθεί για τον καθαρισμό μιας ποσότητας νερού. Θα χρησιμοποιηθούν οι παρακάτω τρεις κανόνες:

K1. Εάν PH είναι κανονικό και AL είναι χαμηλό τότε $y = 2x_1 + x_2 + 1$.

K2. Εάν PH είναι υψηλό και AL είναι μέτριο τότε $y = x_1 + 2x_2 + 3$.

K3. Εάν PH είναι χαμηλό και AL είναι μέτριο τότε $y = 2x_1 + 3x_2 - 1$.

Σημειώνεται ότι τα πεδία τιμών των μεταβλητών PH και AL είναι [6,8] και [40,60] αντίστοιχα.

Source Code 2 – Sugeno

```
%% Αρχικοποίηση του περιβάλλοντος MATLAB
clear all;
close all;
clc;

%% Δημιουργία ασαφούς μοντέλου τύπου Mamdani
model = newfis('SugModel','sugeno');

%% Ορισμός εισόδων, εξόδων του συστήματος
model = addvar(model,'input','PH',[6 8]);
model = addvar(model,'input','AL',[40 60]);
model = addvar(model,'output','PAC',[50 200]);

%% Ορισμός των συναρτήσεων συμμετοχής
model = addmf(model,'input',1,'low','trimf',[4.2 6 6.8]);
model = addmf(model,'input',1,'medium','trimf',[6.2 7 7.8]);
model = addmf(model,'input',1,'high','trimf',[7.2 8 9.8]);
model = addmf(model,'input',2,'low','trimf',[32 40 48]);
model = addmf(model,'input',2,'medium','trimf',[42 50 58]);
model = addmf(model,'input',2,'high','trimf',[52 60 68]);
model = addmf(model,'output',1,'low','linear',[2 1 1]);
model = addmf(model,'output',1,'medium','linear',[1 2 3]);
model = addmf(model,'output',1,'high','linear',[2 3 -1]);
```

Δρ. Βασίλειος Γ. Καμπουράζος

Source Code 2 – Sugeno

```
% Προβολή των συναρτήσεων συμμετοχής  
subplot(1,2,1);plotmf(model,'input',1);  
subplot(1,2,2);plotmf(model,'input',2);
```

```
%% Ορισμός των κανόνων  
rule1 = [2 1 1 1 1];  
rule2 = [3 2 2 1 1];  
rule3 = [1 2 3 1 1];  
ruleList = [rule1;rule2;rule3];  
model = addrule(model,ruleList);
```

```
%Προβολή των κανόνων  
showrule(model)
```

```
%% Προβολή του συστήματος  
figure;  
plotfis(model);
```

```
%% Λειτουργία του συστήματος  
inputs = [7 40];  
outputs = evalfis(inputs, model)
```

Στοιχεία Επικοινωνίας

Δρ. Βασίλειος Γ. Καμπουράζος

vgkabs@teiemt.gr

Τηλ. 2520 462 320

Γραφείο Β 1 22 (Κτήριο βιβλιοθήκης)

ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ