

Fuzzy Rendszerek

2. előadás – Fuzzy következtető rendszerek

Ballagi Áron
egyetemi adjunktus

Széchenyi István Egyetem,
Automatizálási Tsz.

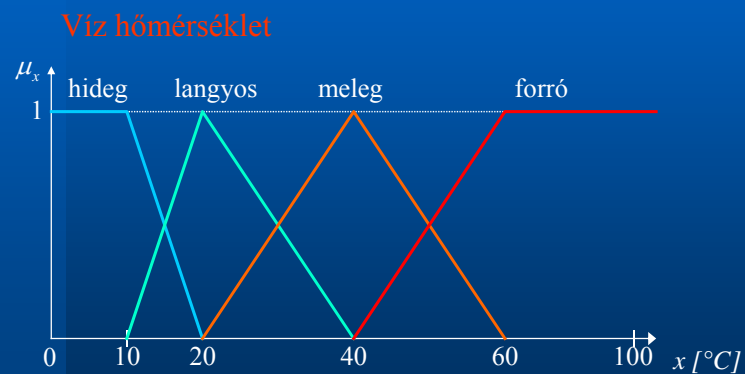


Nyelvi változók

- Nyelvi változó az a nyelvi értékekből (fuzzy számok) álló halmaz mely alkalmas valamely értelmezési tartomány leírására.
- Egy nyelvi változót öt jellemzővel határozhatunk meg:
 - a változó neve (pl.: víz hőmérséklet)
 - a nyelvi értékek nevének előállítási szintaxisa
 - a szemantikai jelentés (a nyelvi érték és a fuzzy szám egymáshoz rendelése)
 - az értelmezési tartomány (pl.: 0 - 100C)
 - a nyelvi értékek nevei (pl.: *hideg, langyos, meleg, forró*).

3

Nyelvi változók



4

Szabályok – szabálybázis

- A szakértői ismereteket szokásosan

HA...AKKOR... (IF...THEN...)

típusú szabályokkal lehet legegyszerűbben kifejezni.

pl:

Ha *víz hőfok = hideg* és *levegő hőfok = hideg* akkor *fűtés := max*

- A szabálybázis a szabályok halmaza: a szakértői ismereteket magába foglaló nyelvi változókkal megfogalmazott kijelentések.

5

Fuzzy szabályok

- általában természetes nyelvi elemekkel kifejezett szabályok

R : Ha $x = A$ akkor $y = B$

ahol

$x \in X$ a bemeneti változó

$y \in Y$ a kimeneti változó

pl:

Ha *víz hőfok = hideg* és *levegő hőfok = hideg* akkor *fűtés := max*

6

Fuzzy szabálybázis

- **Többdimenziós szabályok**

- ha n bemenet és m kimenet van, akkor az i -edik szabály általánosan

$$R_i : \text{Ha } \underline{x} = \underline{A}_i \text{ akkor } \underline{y} = \underline{B}_i$$

ahol

$$\underline{x} = \langle x_1, \dots, x_n \rangle \quad x_j \in X_j, \quad X = X_1 \times \dots \times X_n$$

$$\underline{A}_i = \langle A_{i1}, \dots, A_{in} \rangle \quad A_j \in X$$

$$\underline{y} = \langle y_1, \dots, y_m \rangle \quad y_j \in Y_j, \quad Y = Y_1 \times \dots \times Y_m$$

$$\underline{B}_i = \langle B_{i1}, \dots, B_{im} \rangle \quad B_j \in Y$$

$$i \in [1, r] \quad \text{ahol } r \text{ a szabályok száma}$$

7

Fuzzy szabálybázis

$$R_i : \text{Ha } x_i = A_{1,i} \text{ és } \dots \text{ és } x_n = A_{n,i} \text{ akkor } \underline{y} = \underline{B}_i$$

$$R_i \rightarrow \{R_{1,i}, \dots, R_{m,i}\}$$

ahol

$$R_{1,i} : \text{Ha } x_i = A_{1,i} \text{ és } \dots \text{ és } x_n = A_{n,i} \text{ akkor } y_1 = B_{1,i}$$

⋮

$$R_{m,i} : \text{Ha } x_i = A_{1,i} \text{ és } \dots \text{ és } x_n = A_{n,i} \text{ akkor } y_m = B_{m,i}$$

8

A szabályok forrása és származtatása

- A szakértői ismeretek és a mérnöki tapasztalat
 - szakmai leírások, üzemeltetési könyvek
 - kérdőív
- A kezelő személyzet beavatkozásainak megfigyelése
- A folyamat fuzzy modelljének (leírásának) felállítása
- Tanuló rendszerek felépítése

9

A következtető rendszer

- A szabálybázis szabályait és az adatbázis adatait felhasználva meghatározza a bemenő megfigyeléshez tartozó fuzzy következtetéseket.
A következtetés eredménye szintén egy fuzzy halmaz, amelynek tagsági függvényét a fuzzy logikai következtetés többféle elve szerint *s-normák* és *t-normák* felhasználásával lehet meghatározni.

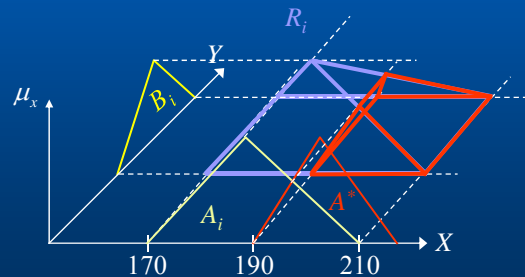
10

A Zadeh következtetési módszer

$$\mu_R : X \times Y \rightarrow [0,1]$$

$$A^* : X \times X \rightarrow [0,1]$$

$$B^* = A^* \circ R$$



11

A Mamdani következtetési módszer

- A Mamdani féle következtetési módszer szerint, ha az X illetve az Y univerzumokon meghatározott A és B olyan két fuzzy halmaz, amelyeket egy reláció köt össze, akkor a következtetés eredménye az $X \times Y$ tartományon meghatározott R fuzzy halmaz lesz, amelyet a következő összefüggés szerint határozunk meg:

$$R(x_1, \dots, x_n, y) = \max_{i=1}^r \left\{ \min_{x,y} \{A_{1,i}(x_1), \dots, A_{n,i}(x_n), B(y)\} \right\}$$

$$R(\underline{x}, y) = \max_{i=1}^r \left\{ \min_{\underline{x}, y} \{A_i(\underline{x}_i), B(y)\} \right\}$$

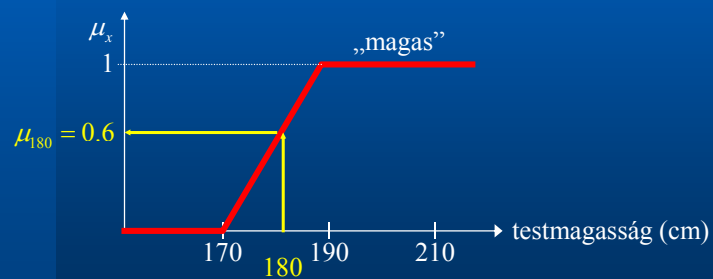
12

Fuzzy következtető rendszer



Fuzzifikáció

- Illeszkedési mértéket meghatározó egység, crisp bemenetek egyes tagsági értékeit határozza meg a tüzelő szabályokban.



14

Defuzzifikáció

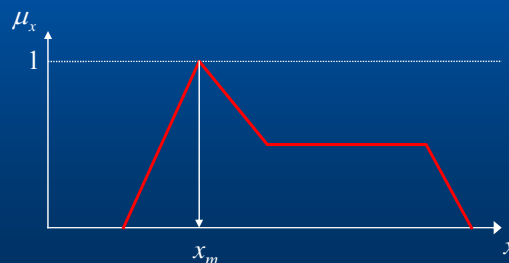
- A defuzzifikáció folyamata nem más mint a logikai következtetések alapján egy kimeneti értelmezési tartományon születő fuzzy beavatkozások (következtetések) leképezése egy éles értékeket tartalmazó halmazra.

15

Defuzzifikáció – MAX

- A maximális tagsági fokkal rendelkező alaphalmazbeli elem megkeresése

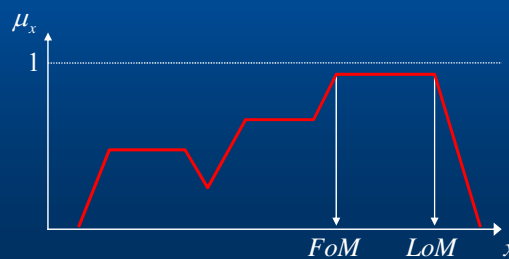
$$\mu_x(x_m) = \max_{x \in X} \mu_x(x) \quad x_m \in X$$



16

Defuzzifikáció – FoM, LoM

- Az első (utolsó) maximum hely módszerek (FoM, LoM) olyan fuzzy halmazok esetén használhatók, a MAX módszer bizonytalanságának feloldására, ahol több maximumhely van, illetve ahol a maximális tagsági fok egy platón helyezkedik el és nem egy egyedülálló pont.



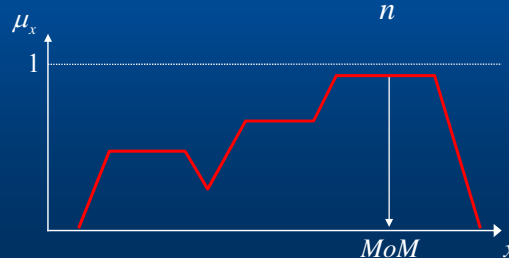
17

Defuzzifikáció – MoM

- A maximum átlagoló módszer a maximális tagsági fokú elemek átlagát választja a fuzzy halmazra legjellemzőbb elemnek.

$$MoM = \frac{\sum_{i=1}^n x_{mi}}{n} \quad \mu_x(x_{mi}) = \max_{x \in X} \mu_x(x)$$

$$x_{mi} \in X$$

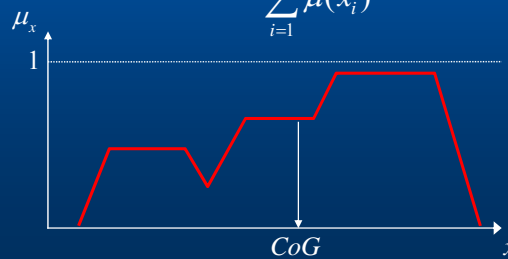


18

Defuzzifikáció – CoG

- A fuzzy halmaz legjellemzőbb eleméül a halmaz elemeinek tagsági fokával súlyozott átlagát választja.

$$CoG = \frac{\sum_{i=1}^n \mu(x_i) x_i}{\sum_{i=1}^n \mu(x_i)}$$



19

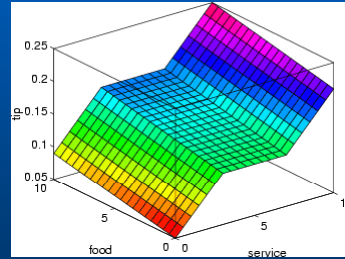
Fuzzy következtető rendszer

- A rendszer felépítésének és elemeinek bemutatása egy példa alapján (Matlab borralaló példa):
 - Az átlag borralaló 15 %, eltérés (5-5 %) a kiszolgálás és az étel minőségének függvényében történik. A minőség 0 és 10 között pontozott, 10 a legjobb, 0 a pocskék. Kérdés: mennyi borralalót adjak?

20

Klasszikus megközelítés

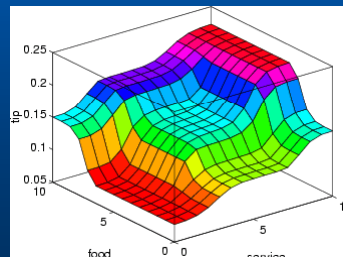
```
servRatio=0.8;
if service<3,
    tip=((0.10/3)*service+0.05)*servRatio + ...
    (1-servRatio)*(0.20/10*food+0.05);
elseif service<7,
    tip=(0.15)*servRatio + ...
    (1-servRatio)*(0.20/10*food+0.05);
else,
    tip=((0.10/3)*(service-7)+0.15)*servRatio + ...
    (1-servRatio)*(0.20/10*food+0.05);
end
```



21

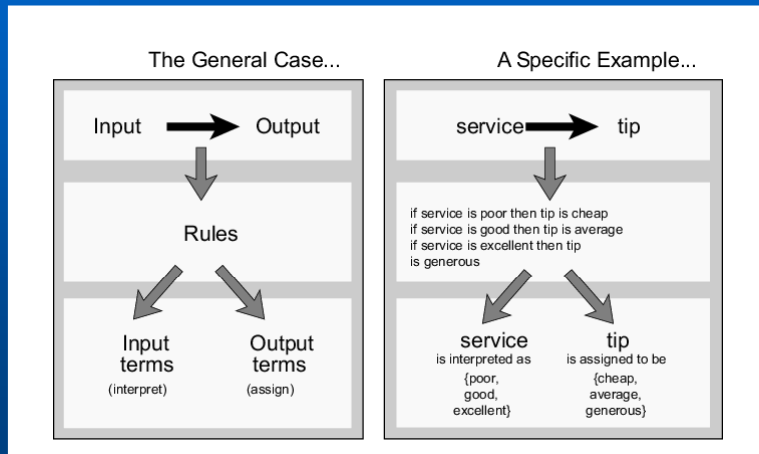
Fuzzy megközelítés

1. *If service is poor or the food is rancid, then tip is cheap*
2. *If service is good, then tip is average*
3. *If service is excellent or food is delicious, then tip is generous*



22

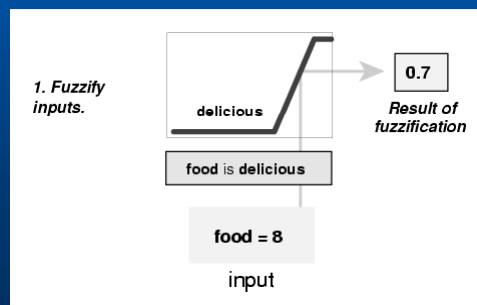
Fuzzy következtetés koncepciója



23

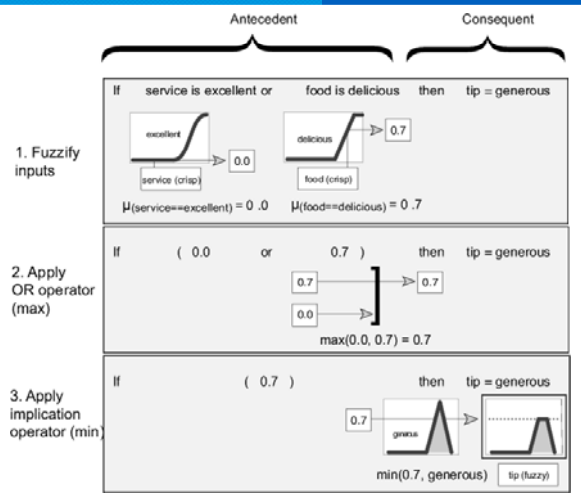
Fuzzifikáció

- A fuzzifikálás során egy (pl. állapotváltozó mérésből eredő) éles (pontos, határozott) érték fuzzy halmazokká alakul át, azaz nyelvi kifejezéséhez tagsági függvények értékei társulnak .



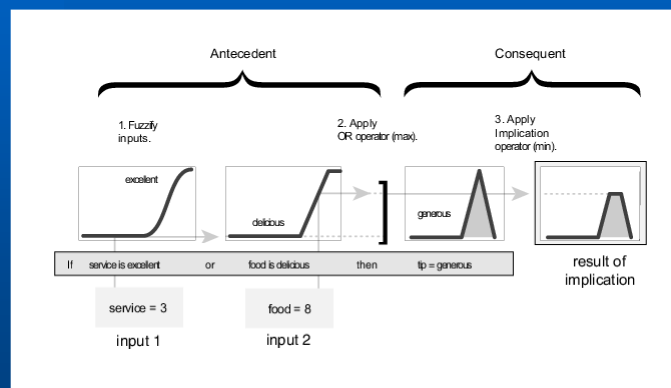
24

Fuzzy leképezés



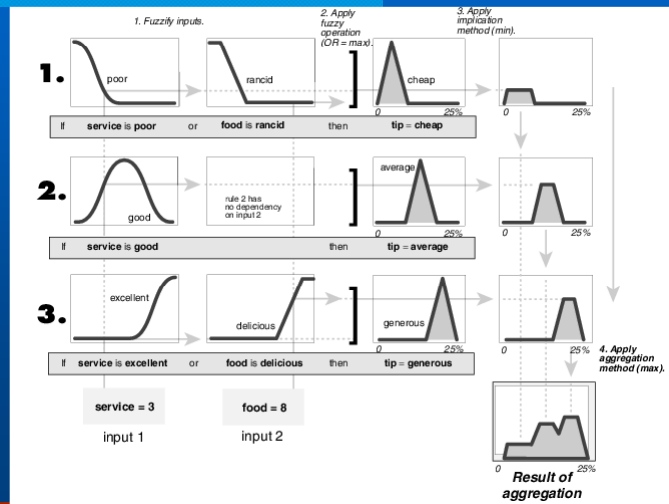
25

Fuzzy leképezés



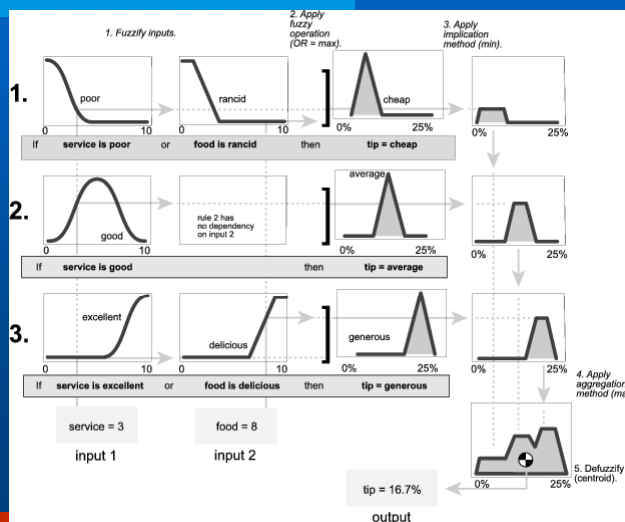
26

Aggregáció



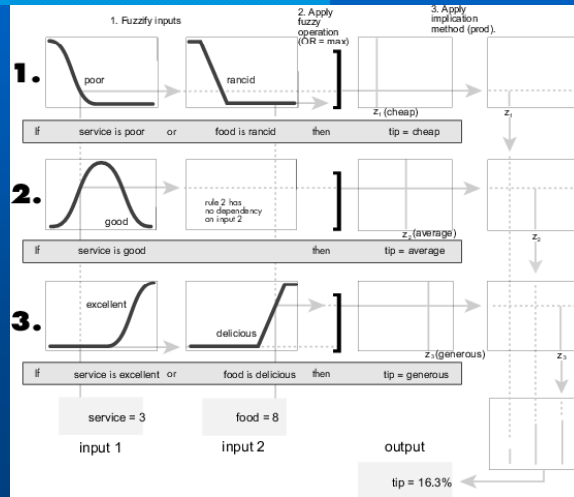
27

A fuzzy következtetés



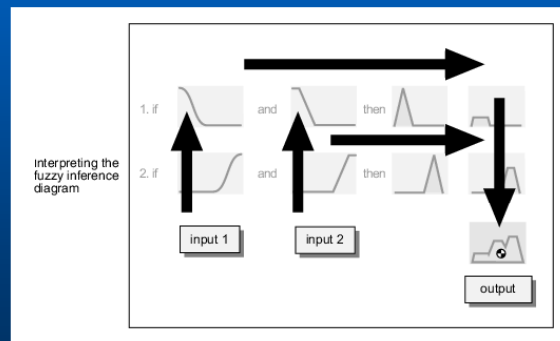
28

Sugeno féle fuzzy következtetés



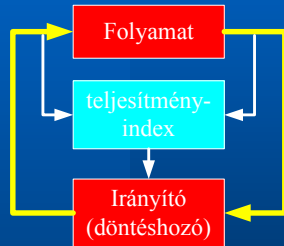
29

A fuzzy következtetés



30

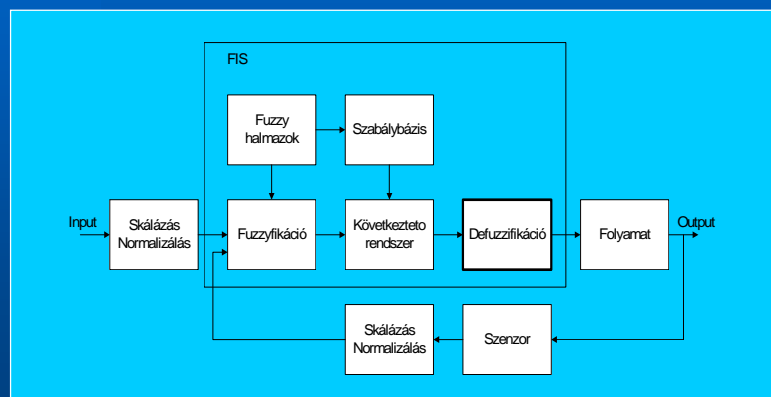
Zárthurkú irányítási rendszerek



- Hagyományos rendszerek
- Szakértői rendszerek
- Lágyprogramozási rendszerek
 - Fuzzy logika
 - Neurális háló
 - stb.

31

Fuzzy szabályozás



32

Fuzzy szabályozás

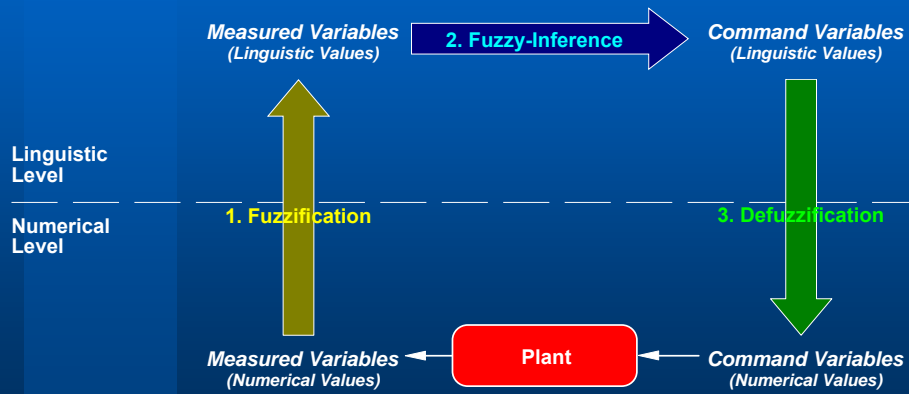
előnye	hátránya
<ul style="list-style-type: none">• Könnyen implementálható technológia• Emberi tudás könnyen leképezhető• Nem kell matematikai modell a folyamatról• Könnyen átalakítható• Nemlineáris rendszerek szabályozása• Imprecíz, zajos adatok feldolgozása• Robusztus szabályozás	<ul style="list-style-type: none">• Stabilitás vizsgálat nem megoldott• Hangolás nagy tapasztalatot, sok megfigyelést igényel• Nagy számítási igény• Esetenként lassú• Hardver támogatottsága kicsi

IEEE fuzzy szabályozások felmérése [1996]

- Több mint 1100 sikeres fuzzy alkalmazás lett publikálva (kb. 5%-a a működő alkalmazásoknak)
- A legtöbb alkalmazás nem érinti a hagyományos szabályozásokat (PID, stb.), hanem a több-változós ill. felügyeleti rendszerek
- Az alkalmazások 28%-a beágyazott rendszer, 62%-a ipari automatizálás és 10%-a folyamatirányítás
- A megkérdezettek 90%-a radikális csökkenést látott a fejlesztési időben és 97,5%-a mondta, hogy használni fogja még a fuzzy logikát

34

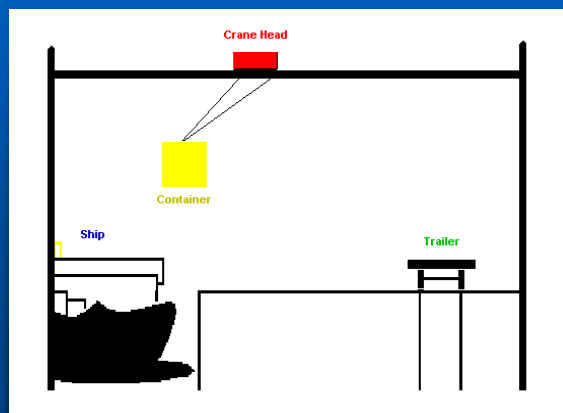
Fuzzy Kontroll



35

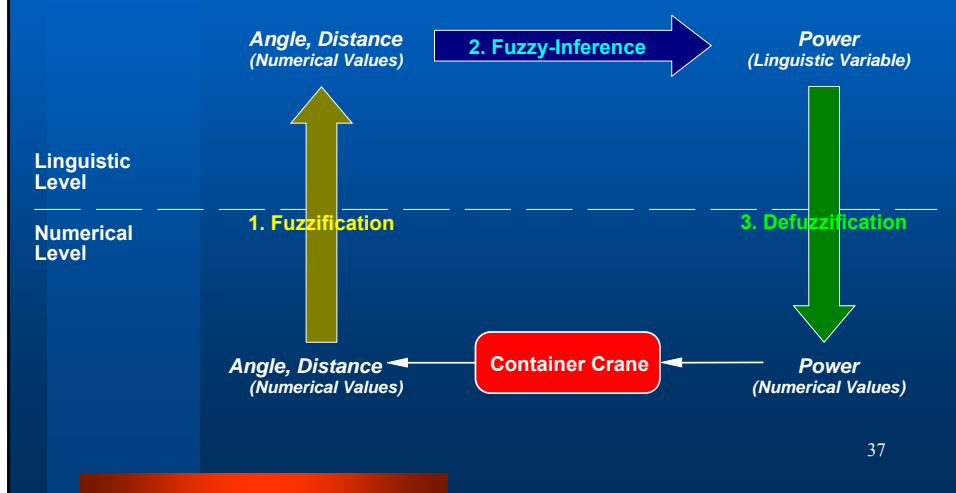
Fuzzy Kontroll pl.:

- Konténer daru vezérlése



36

Fuzzy Kontroll pl.:



37

Fuzzy Kontroll pl.: 1. fuzzyfikáció

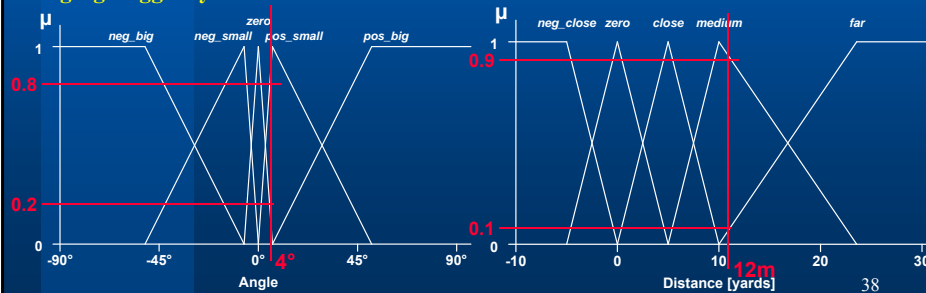
Nyelvi változó és érték definíció:

Distance := {far, medium, close, zero, neg_close}

Angle := {pos_big, pos_small, zero, neg_small, neg_big}

Power := {pos_high, pos_medium, zero, neg_medium, neg_high}

Tagsági függvény definíció:



Fuzzy Kontroll pl.: 2. következtetés

„If – Then” szabályok kiértékelése (Mamdani, min-max):

#1: IF Distance = medium AND Angle = pos_small THEN Power = pos_medium

#2: IF Distance = medium AND Angle = zero THEN Power = zero

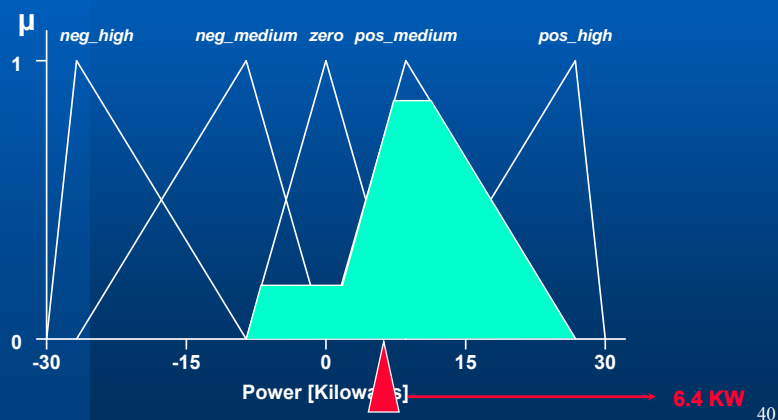
#3: IF Distance = far AND Angle = zero THEN Power = pos_medium

#1: $\min\{ 0.9, 0.8 \} = 0.8$	<i>pos_high</i>	with the degree 0.0
#2: $\min\{ 0.9, 0.2 \} = 0.2$	<i>pos_medium</i>	with the degree 0.8 (= $\max\{ 0.8, 0.1 \}$)
#3: $\min\{ 0.1, 0.2 \} = 0.1$	<i>zero</i>	with the degree 0.2
	<i>neg_medium</i>	with the degree 0.0
	<i>neg_high</i>	with the degree 0.0

39

Fuzzy Kontroll pl.: 3. defuzzifikálás

“Center-of-Gravity”:



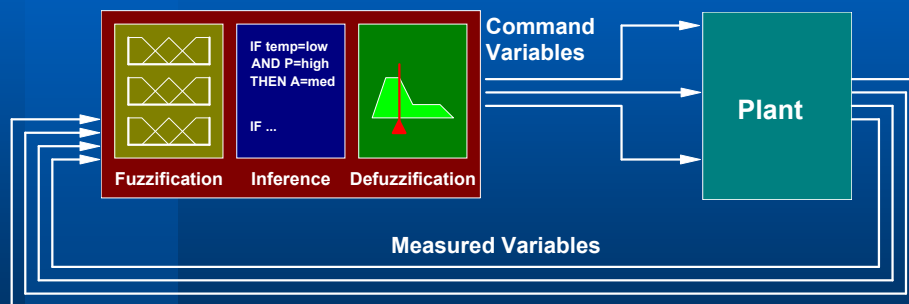
Tervezési lépések

- Következtető rendszer tervezése
 - hogyan kapcsolódnak a kimenetek a bemenetekhez
 - szabálybázis tervezése
- Nyelvi változók definiálása
 - univerzum meghatározása
 - az univerzum felosztása nyelvi értékekkel (fuzzy halmazokkal)
- Kezdeti rendszer felépítése az összes ismert szabályból
- Off – line tesztelés, ellenőrzés és hangolás
- On – line tesztelés és hangolás

41

Fuzzy szabályozók típusai

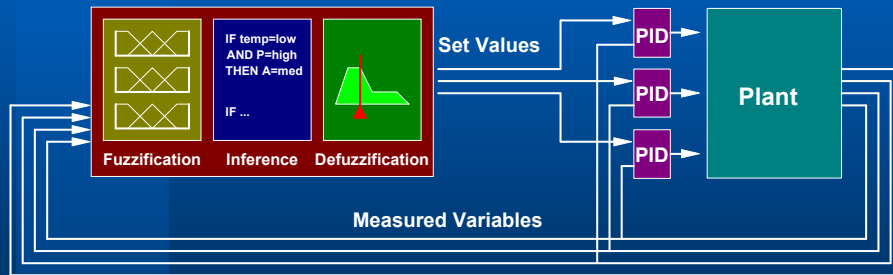
- Direkt kontroll



42

Fuzzy szabályozók típusai

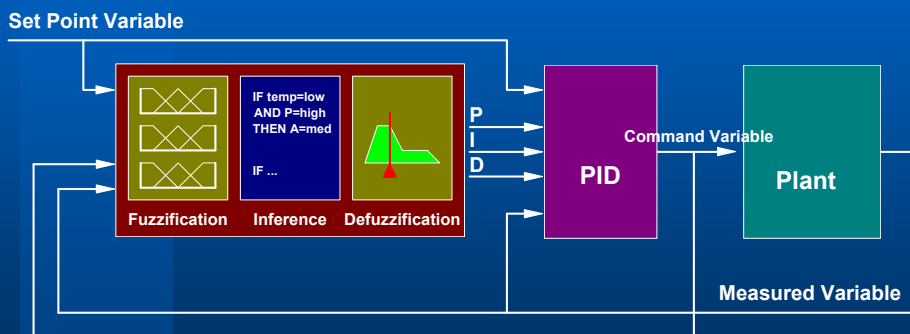
- Felügyeleti kontroll



43

Fuzzy szabályozók típusai

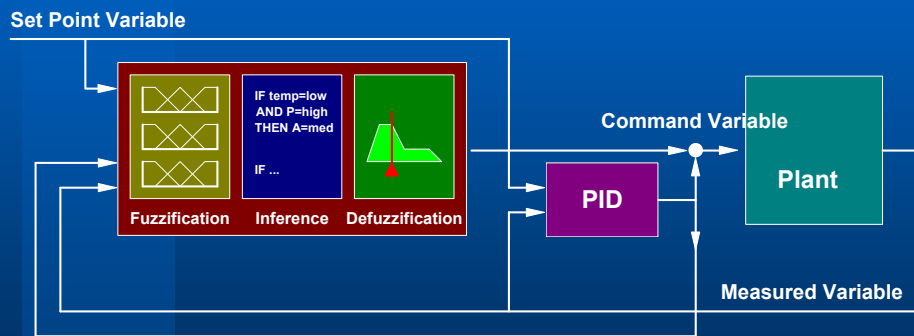
- PID adaptív



44

Fuzzy szabályozók típusai

- Fuzzy - PID hibrid párhuzamos



45

