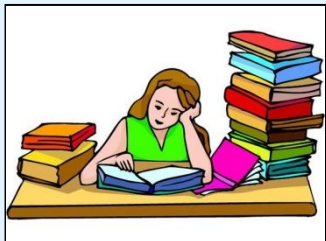
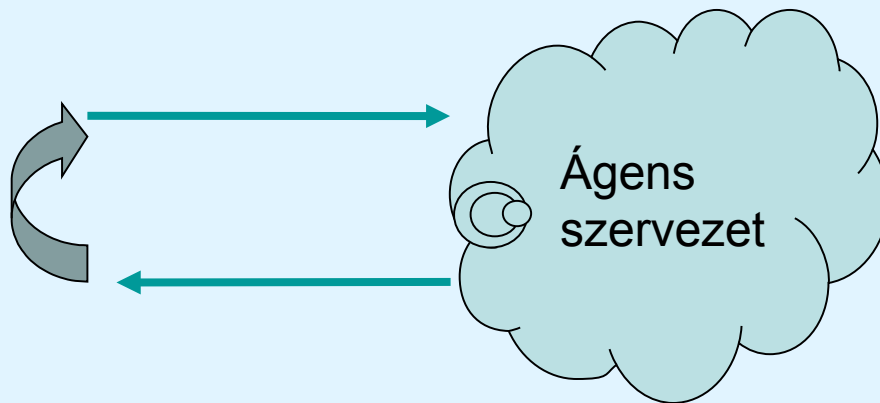


Ambiens szabályozás problémája – Kontroll és tanulás-1

Ambiens (fizikai) tér



Ambiens Intelligencia

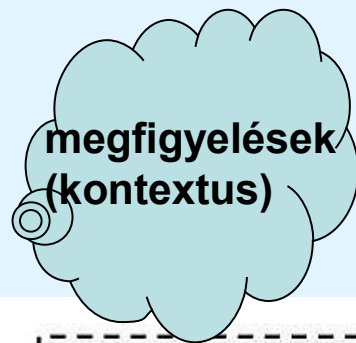


Aml - megfigyelés, elemzés
- tervezés, megtanulás

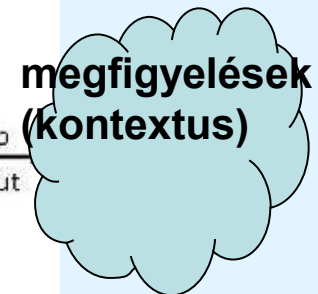
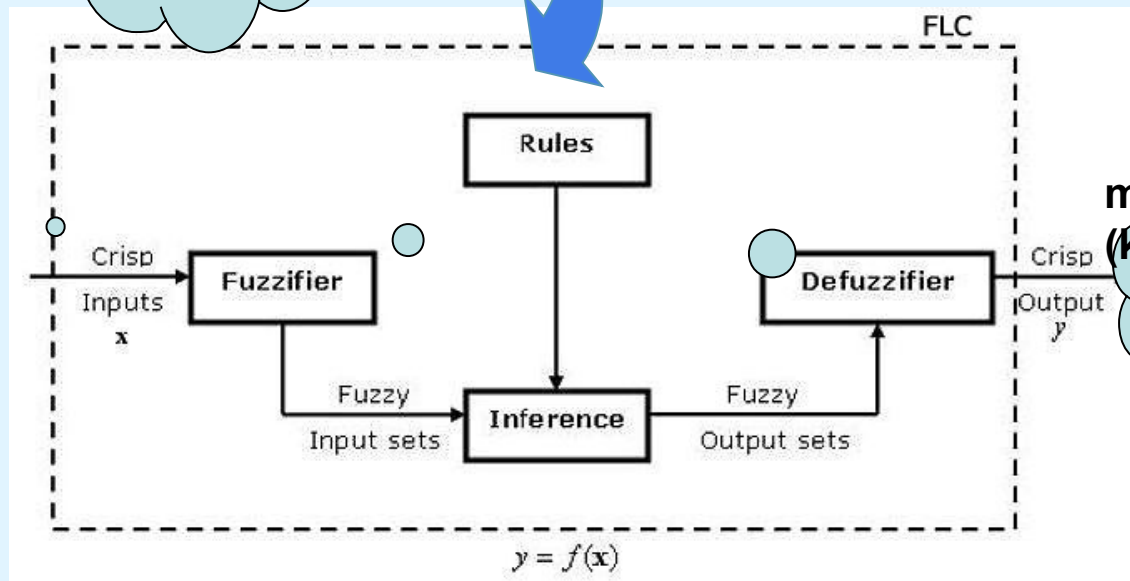
Aml - statikus
- (folyamatosan) adaptív

(fuzzy) tanulás problémája

- on-line
- ritka adat
- nem stacionárius környezet



fuzzy leíró modell



fuzzy jósló modell (leíró modell végrehajtása)



The Essex intelligent Dormitory (iDorm)

Szenzorok

Beltéri fényszint szenzor, kültéri fényszint szenzor, beltéri hőmérséklet szenzor, kültéri hőmérsékleti szenzor, páratartalom szenzor, széknymomás szenzor, ágynyomás szenzor, jelenlét szenzor, telefon státusz szenzor.

Beavatkozók

fűtőtest, hűtő ventilátor, 4 szabályozható kis lámpa, ablaksötétítő, asztali lámpa, ágy melletti lámpa, PC szövegszerkesztő alkalmazás, PC média lejátszó alkalmazás.

L. X.Wang and J. M. Mendel, “Generating fuzzy rules by learning from examples,” *IEEE Trans. Syst., Man, Cybern.*, vol. 22, pp. 1414–1427, Dec 1992.

L.X. Wang, The WM Method Completed: A Flexible Fuzzy System Approach to Data Mining, *IEEE Trans. on Fuzzy Systems*, Vol. 11, No. 6, Dec 2003, pp. 768-782

F. Doctor, H. Hagra, and V. Callaghan, A Fuzzy Embedded Agent-Based Approach for Realizing Ambient Intelligence in Intelligent Inhabited Environments *IEEE Trans. on Syst., Man, Cybern.—Part A: Systems and Humans*, Vol. 35, No. 1, Jan 2005, pp. 55-65.

Adaptive Online Fuzzy Inference System (AOFIS)

One-shot

Felhasználó monitorozása

I/O adatok begyűjtése

Tagsági függvények azonosítása

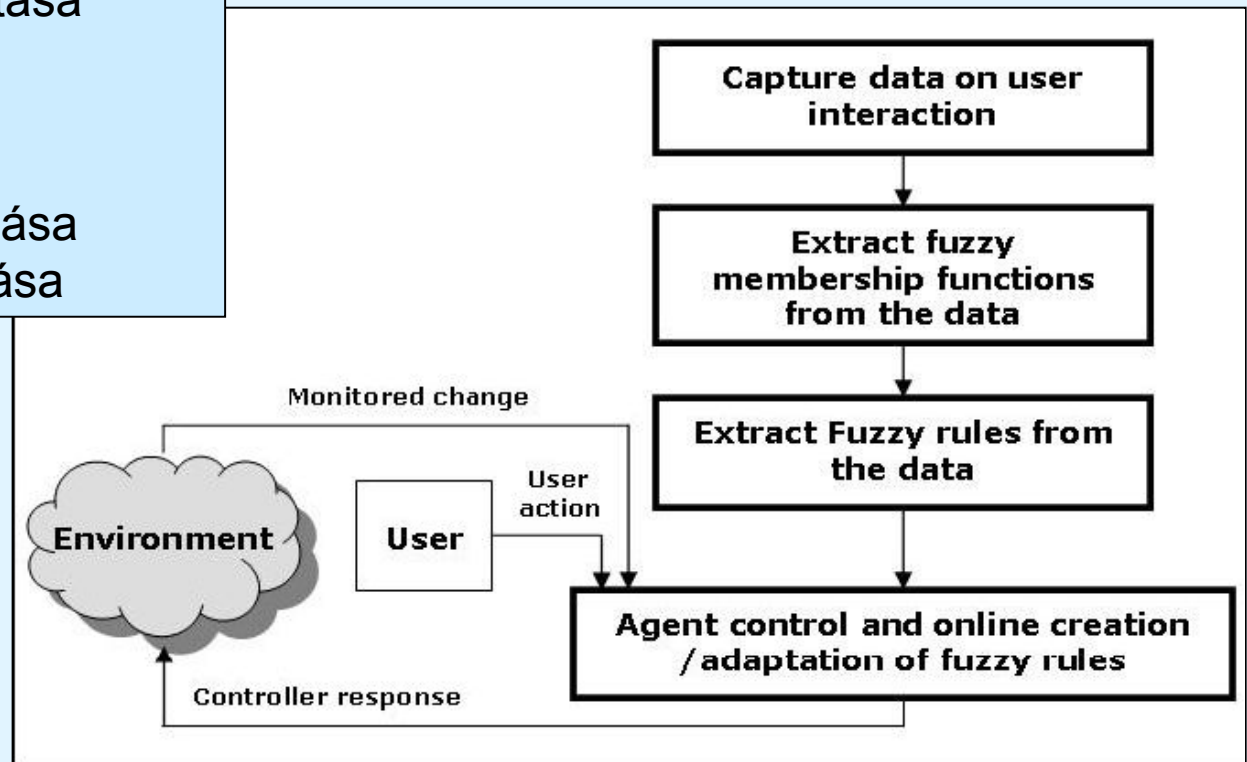
Fuzzy szabályok azonosítása

Control loop

Szenzorok/felhasználói

beavatkozások monitorozása

Tanult szabályok adaptálása



I/O adatok begyűjtése

Felhasználó berendezéseket kezel

- „pillanatfelvétel” aktuális bemenetekről (szenzor állapotok) és kimenetekről (beavatkozók új, felhasználó állította állapotai)

„Pillanatfelvételek” kumulálása (pl. 3 nap – iDorm)

$$(x^{(t)}, y^{(t)}), \quad t = 1, 2, \dots, N$$

n bemeneti változó $x = (x_1, \dots, x_n)^T \in R^n$

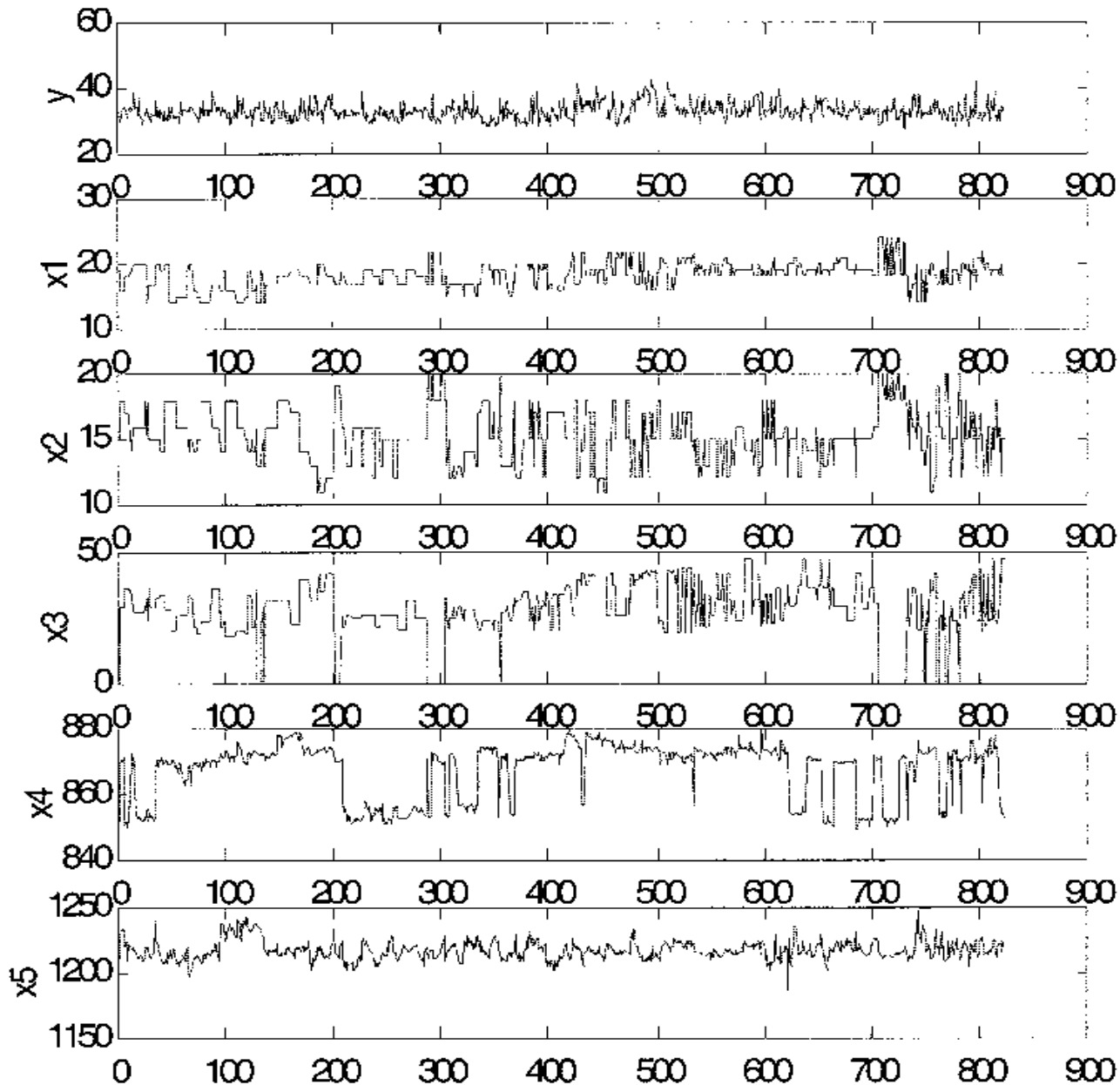
befolyásolja k kimeneti $y = (y_1, \dots, y_k)^T \in R^k$ változót

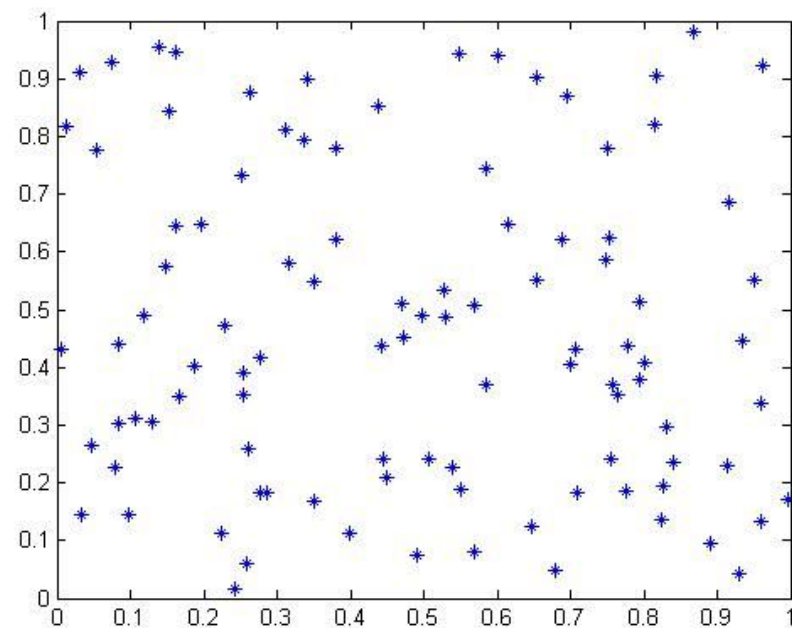
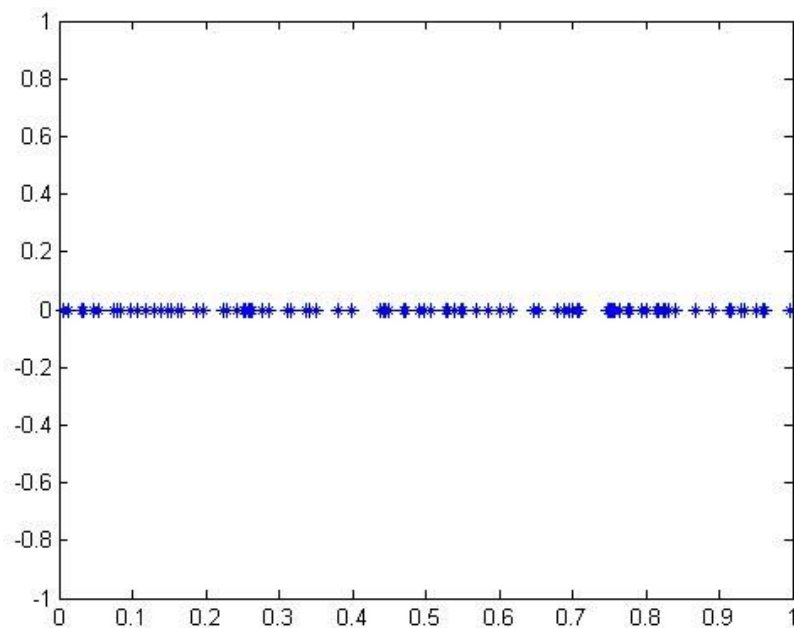
iDorm: 7 szenzor bemenet, 10 beavatkozó kimenet = 17 dimenzió

Előre kivetítve: „dimenzió átka” probléma

I/O adatok begyűjtése

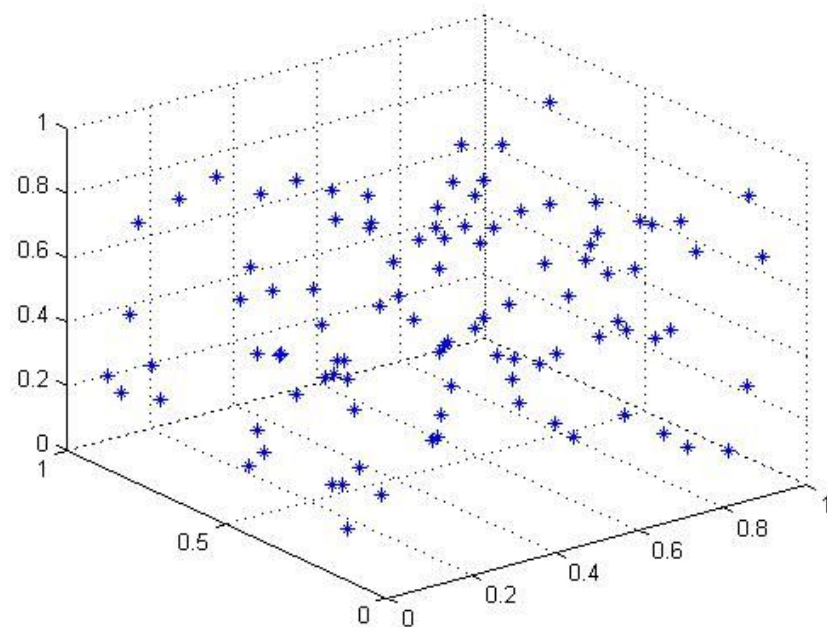
Előre kivetítve: „dimenzió átka” probléma





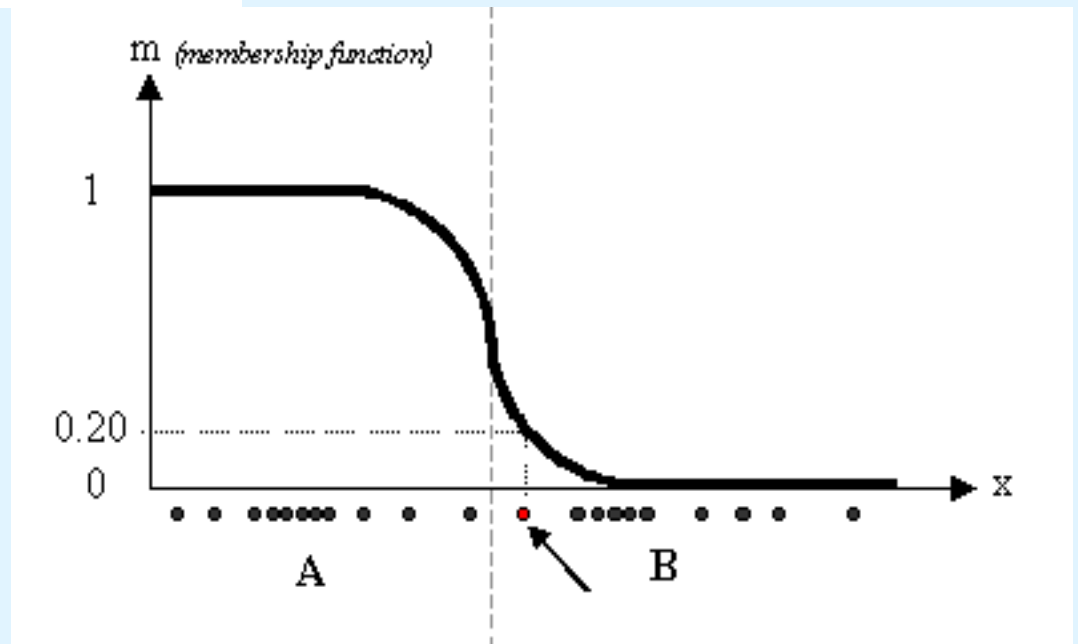
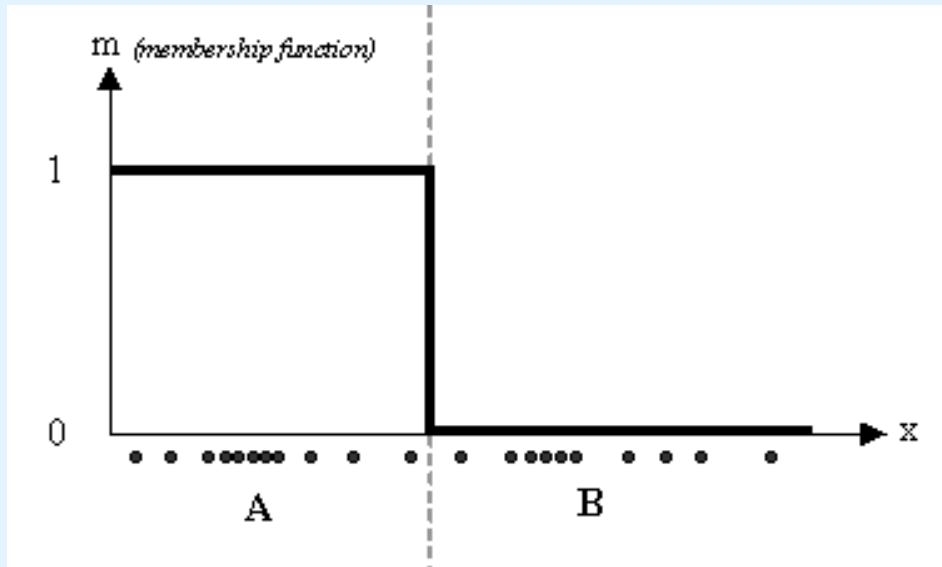
„dimenzió átka” probléma

100 adat 1, 2, 3dimenzióban



Tagsági függvények azonosítása – klaszterezés

- hasra ütés, vagy



Tagsági függvények azonosítása

Double Clustering: Fuzzy-C-Means (FCM) + hierarchical clustering

FCM algoritmus

Initialize $U=[u_{ij}]$ matrix, $U(0)$

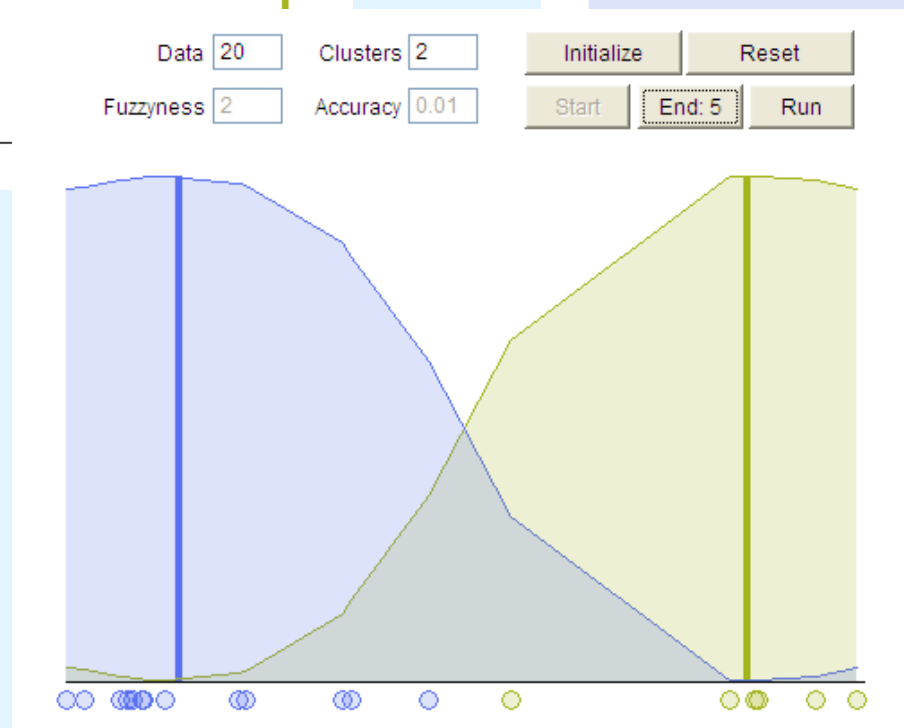
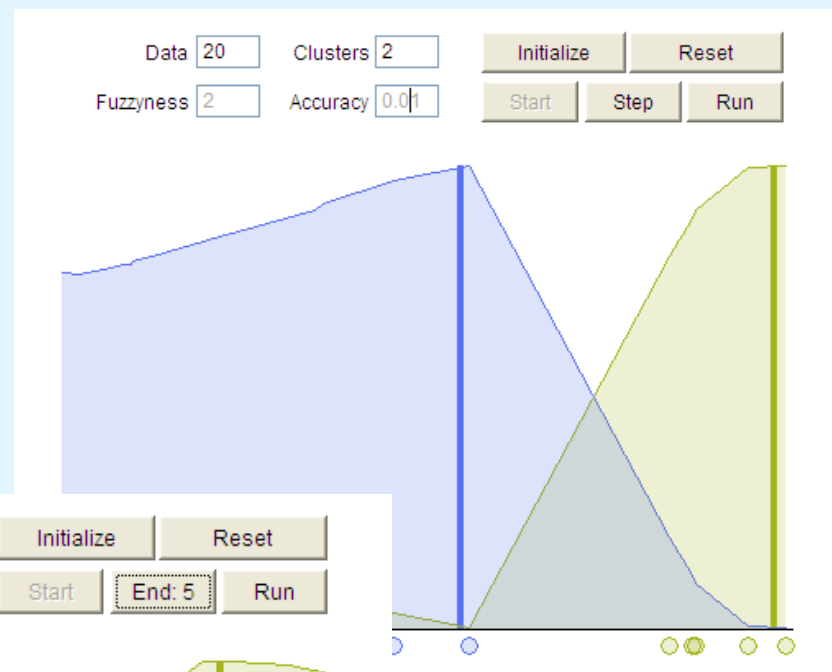
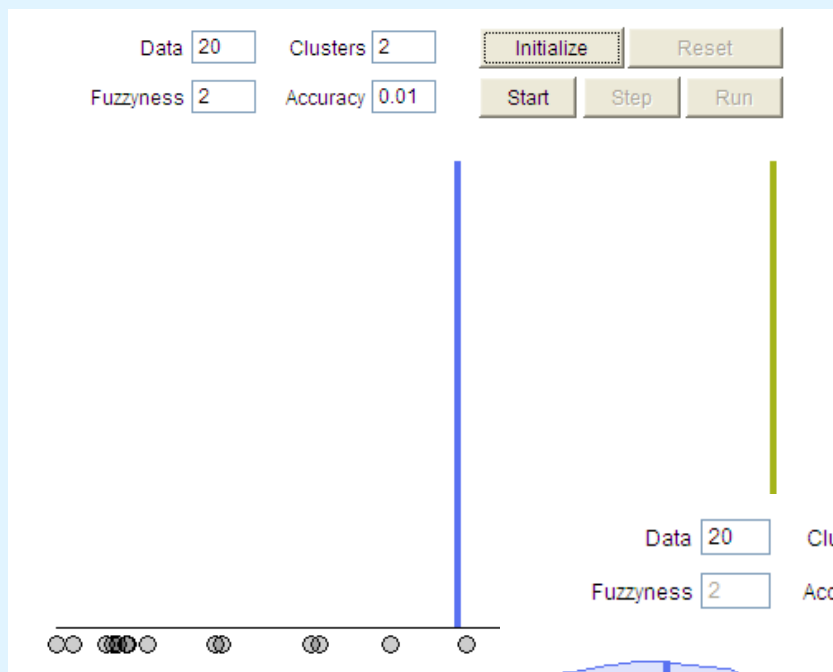
$$c_j = \frac{\sum_{i=1}^N u_{ij}^m \cdot x_i}{\sum_{i=1}^N u_{ij}^m}$$

$$J_m = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^C u_{ij}^m \|x_i - c_j\|^2, \quad 1 \leq m < \infty$$

Update $U(k)$, $U(k+1)$

If $\|U(k+1) - U(k)\| < \varepsilon$ then STOP; otherwise cont

$$u_{ij} = \frac{1}{\sum_{k=1}^C \left(\frac{\|x_i - c_j\|}{\|x_i - c_k\|} \right)^{\frac{2}{m-1}}}$$



http://home.dei.polimi.it/matteucc/Clustering/tutorial_html/cmeans.html
http://home.dei.polimi.it/matteucc/Clustering/tutorial_html/AppletFCM.html

Hierarchikus klaszterezés

FCM algoritmus: $\bar{c}_1, \bar{c}_2, \dots, \bar{c}_p \subseteq R^r$

minden klaszterközpont egy r -dim vektor $\bar{c}_i = (c_{i1}, c_{i2}, \dots, c_{ir})$

minden bemenet/kimenet számára - 1-dim centroid értékek $C_j := \{c_{ij} \mid i = 1, 2, \dots, p\}$

Iteratív újra klaszterezés – középpontok – majdani tagsági függvények
(majdnem) középpontjai

K_j ($j = 1, 2, \dots, r$) a középpontok (tagsági függvények) **kívánt száma** (felbontás)

Algoritmus minden lépésében a két legközelebbi elem összerosódik
Ismétlés minden dimenzió szerint.

Tagsági függvények származtatása

Gauss-féle tagsági függvények (előny, hátrány)

$$\mu_{A_z^j}(x) = \exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{x - w_z^j}{\sigma_z^j}\right)^2\right\}$$

Szétválasztó pontok származtatása:

$$T_j := \{t_0^j, t_1^j, \dots, t_{K_j}^j\}$$

$$w_z^j := (t_{z-1}^j + t_z^j) / 2$$

Gauss-paraméterek számítása:

$$\sigma_z^j := (t_z^j - t_{z-1}^j) / 2\sqrt{-2\ln \varepsilon}$$

ε - a két szomszédos tagsági függvény átlapolódás mértéke.

Szélső („határ”) tagsági függvények „kinyújtása” végtelenbe 1 érték szinten.

Fuzzy szabályok kinyerése

Mendel Wang (MW) módszer javított változata

Fuzzy szabályok one-pass származtatása megfigyelt adatokból

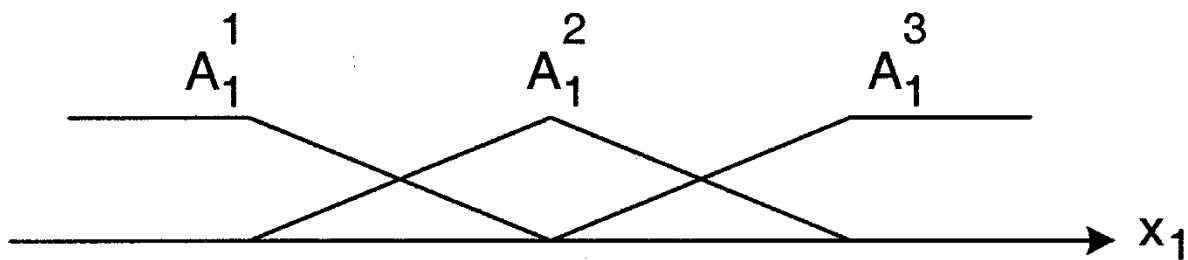
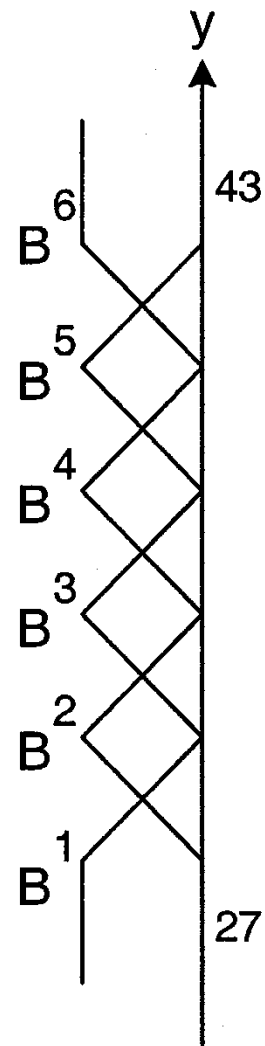
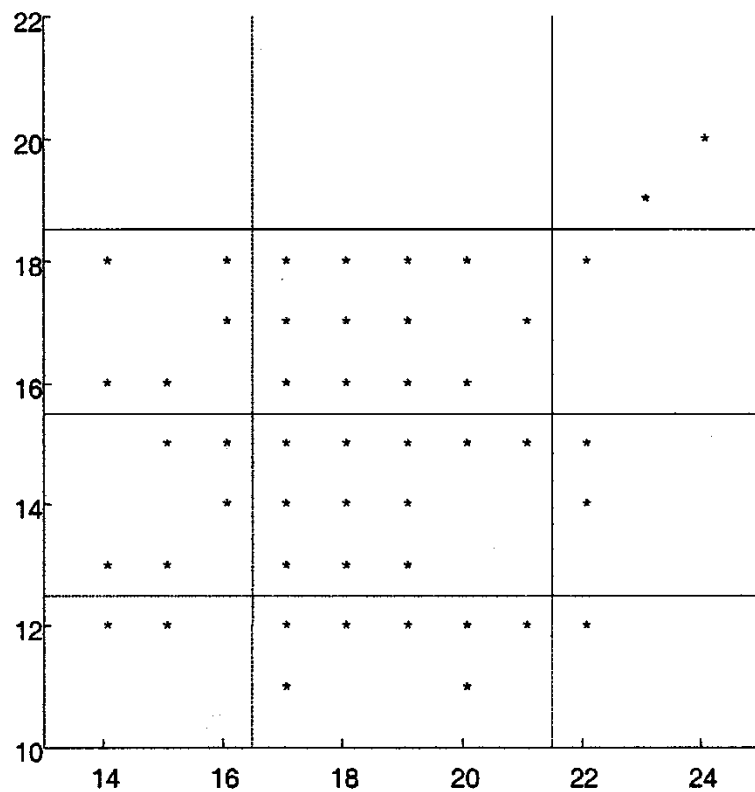
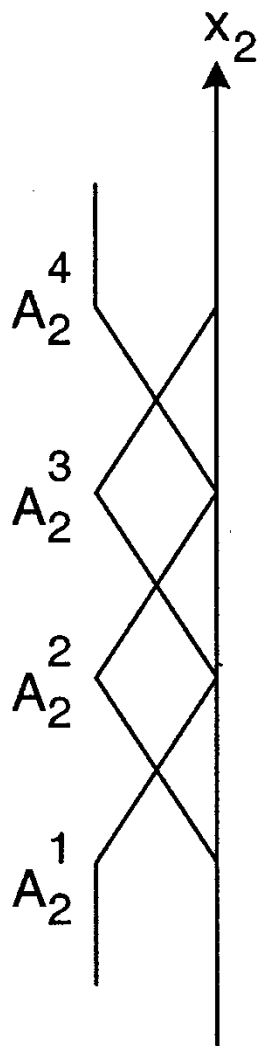
$$x = (x_1, \dots, x_n)^T \longrightarrow y = (y_1, \dots, y_k)$$

IF x_1 is $A_1^{(l)}$ and ... and x_n is $A_n^{(l)}$, THEN y_1 is $B_1^{(l)}$ and ... and y_k is $B_k^{(l)}$

$l = 1, 2, \dots, M$, M a szabályok száma, l szabály indexe

minden x_s bemenethez q számú fuzzy halmaz A_s^q

minden y_c kimenethez h számú fuzzy halmaz B_c^h



1. lépés

Minden I/O $(x^{(t)}; y^{(t)})$ adatpár esetén

Tagsági függvényértékek számítása $\mu_{A_s^q}(x_s^{(t)})$

Minden bemeneti s változóra ($s = 1, \dots, n$), megtalálni

$$q^* \in \{1, \dots, V\}$$

$$\mu_{A_s^{q^*}}(x_s^{(t)}) \geq \mu_{A_s^q}(x_s^{(t)})$$

minden $q = 1, \dots, V$

$(x^{(t)}; y^{(t)})$ által generált szabály

IF x_1^t is $A_1^{q^}$ and ... and x_n^t is $A_n^{q^*}$, THEN y is centred at $y^{(t)}$*

szabályok max. száma V^n

Tényleges szabályok – domináns régióban legalább egy adatpont van.

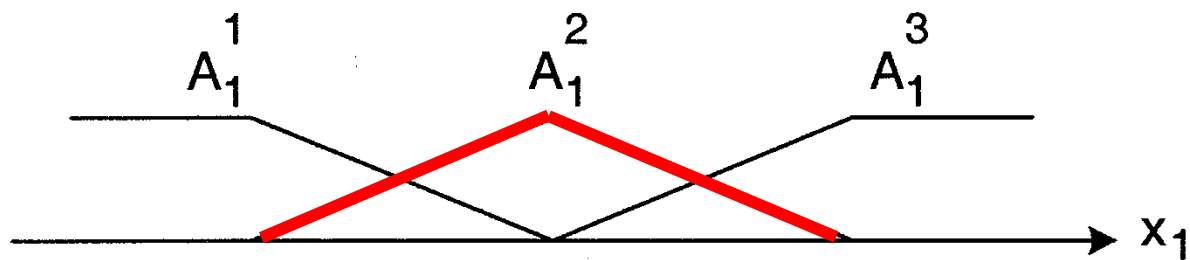
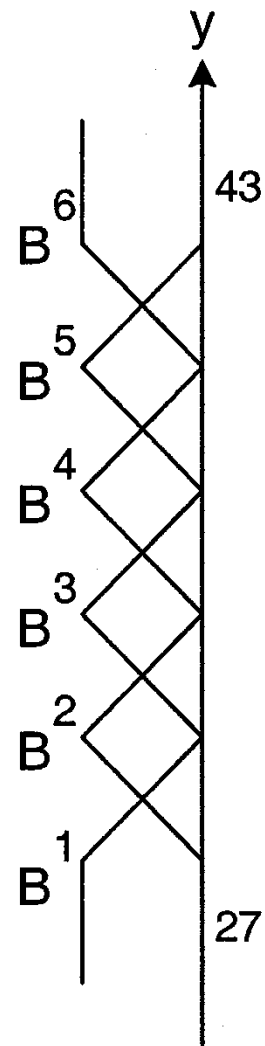
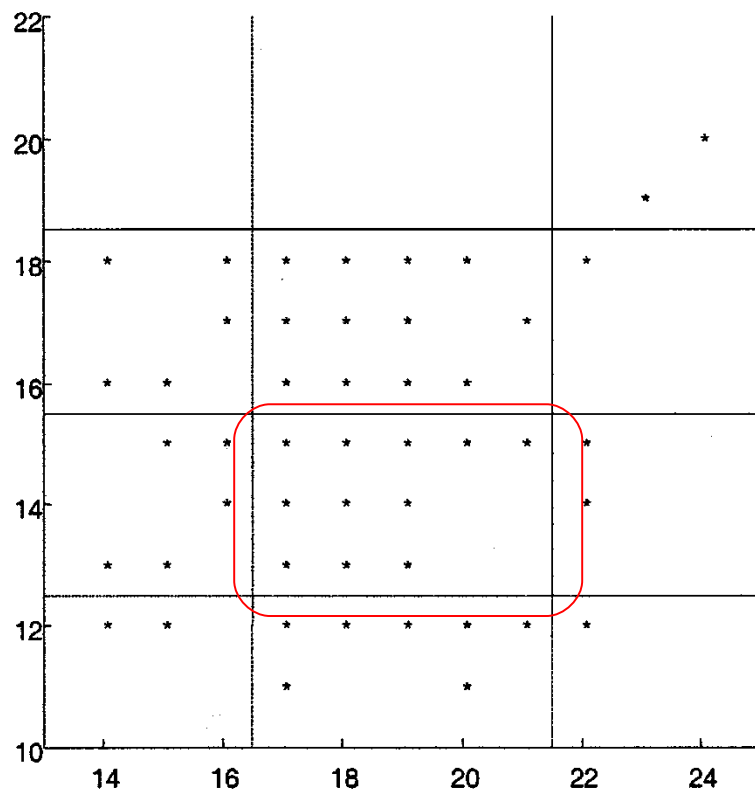
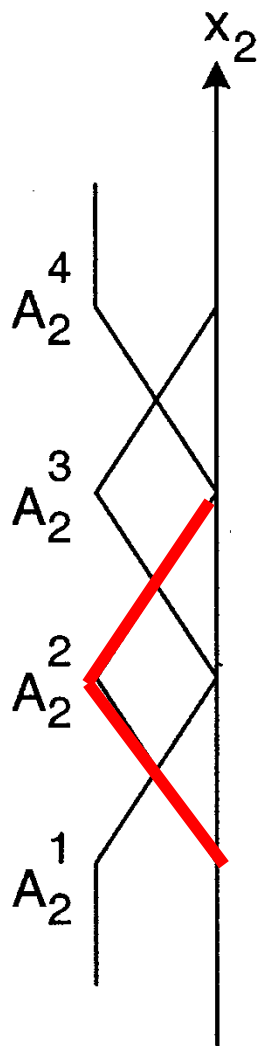
1 db. szabály minden adatpontra, max-t adó fuzzy halmazok beválasztásával.

Szabály súlya

$$w^{(t)} = \prod_{s=1}^n \mu_{A_s^q}(x_s(t))$$

Szabály által lefedett régióhoz tartozó pontok erőssége.

1. Lépés ismétlése minden t adatpontra, végül N db. szabály.



2. lépés

Sok adatpont → sok szabály → sok szabály ugyanazzal az IF résszel
→ sok szabály konfliktusban áll (ugyanaz az IF, eltérő következmény)

Azonos IF résszel rendelkező szabályok egyetlenegy szabályba!

N szabályból – M szabálycsoport: azonos IF rész

i -ik csoport - N_i db. szabály

IF x_1 is $A_1^{(q^l)}$ and ... and x_n is $A_n^{(q^l)}$, THEN y is centred at $y^{(t_u^l)}$

$u = 1, \dots, N_i$ a csoport adatindexe

Konfliktuscsoporthoz tartozó szabályok
átlagos kimenete (konfliktusban lévő
következmények összemosása)

$$av^{(l)} = \frac{\sum_{u=1}^{N_i} y^{(t_u^l)} w^{(t_u^l)}}{\sum_{u=1}^{N_i} w^{(t_u^l)}}$$

N , szabály összekombinálása egyetlenegy szabályba

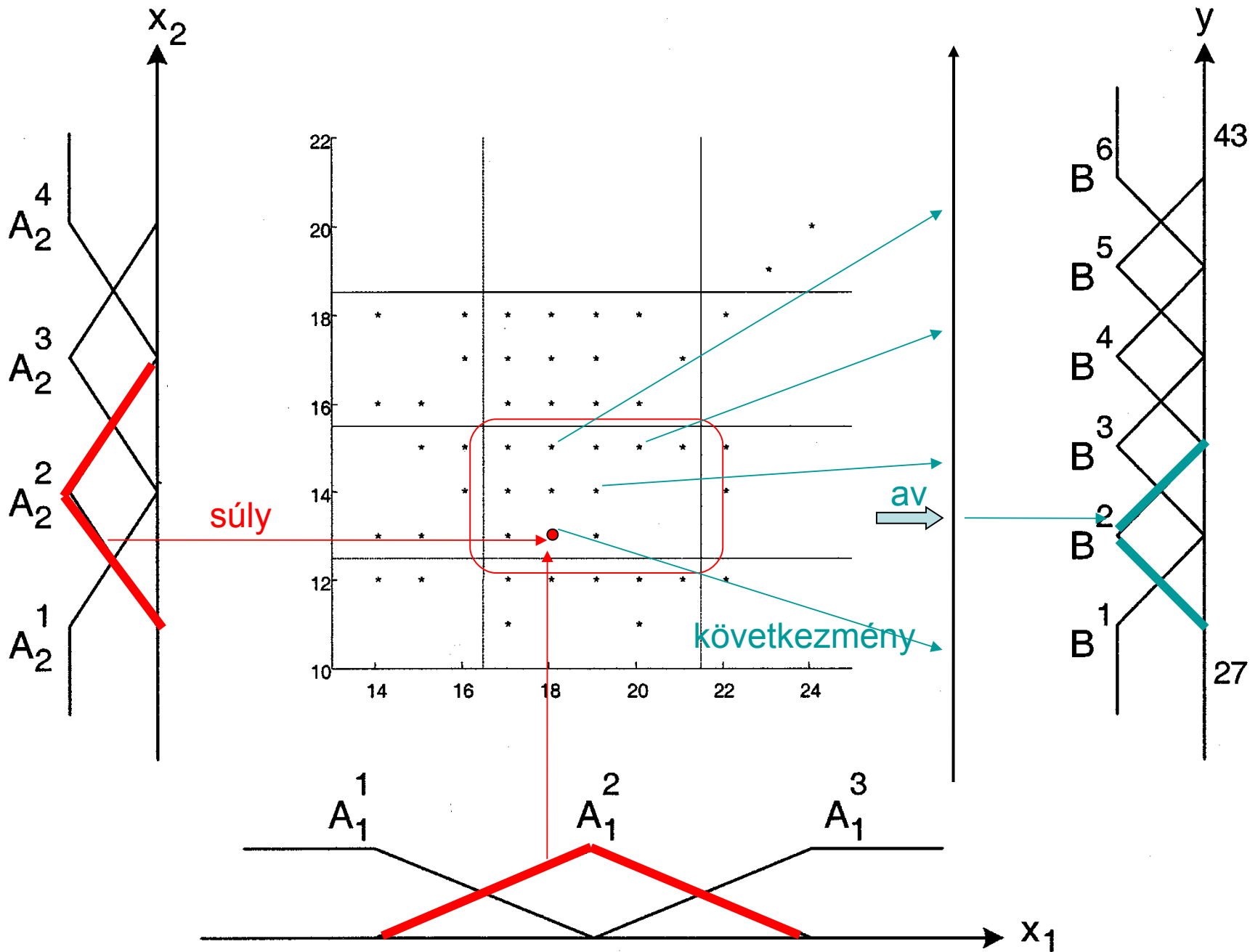
IF x_1 is $A_1^{(l)}$ and ... and x_n is $A_n^{(l)}$, THEN y is $B^{(l)}$

A kimeneti B^l halmaz megválasztása:

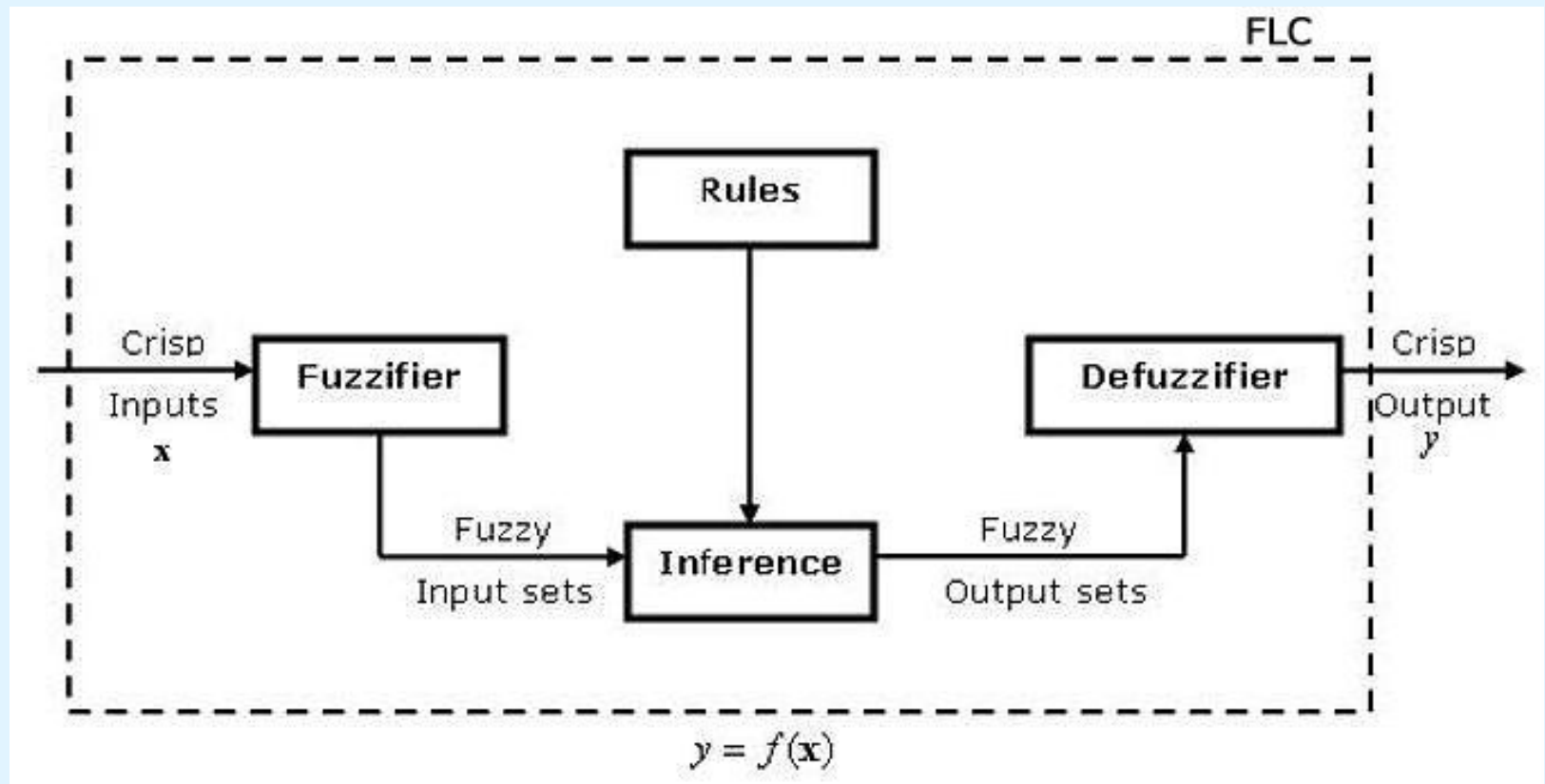
$B^1, \dots, B^W$ W kimeneti fuzzy halmaz közül megtalálni azt, amire:

$$\mu_{B^{h^*}}(av^{(l)}) \geq \mu_{B^h}(av^{(l)})$$

$h = 1, 2, \dots, W$, -re, az eredmény: B^{h^*}



FLC



$$\mu_{F_i^l}(x_i) = \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left(\frac{x_i - m_{F_i^l}}{\sigma_{F_i^l}} \right)^2 \right\}$$

$$y(\mathbf{x}) = f_s(\mathbf{x}) = \frac{\sum_{l=1}^M \bar{y}^l \prod_{i=1}^n \mu_{F_i^l}(x_i)}{\sum_{l=1}^M \prod_{i=1}^n \mu_{F_i^l}(x_i)}$$

Online adaptáció és „life-long” tanulás

Felhasználót közelítő módon modellező FLC tanulása

Felhasználói viselkedésváltozáshoz adaptálás – gyorsan, nem zavaró módon

Nem-zavaró: Aml döntés felülbírása, kézi vezérlés, berendezések átállítása

Kézi vezérlés érzékelése –
- szabályok on-line adaptálása
- új szabályok hozzáadása (új preferenciák)

„Tanulási tehetetlenség” – okos késleltetés, nincs kapkodás

...

és mi lenne, ha a viselkedésváltozás már igen lényeges?

Kézi vezérlés érzékelése → „pillanatfelvétel” → szabályadaptációs mechanizmus

Bemeneti $\mathbf{x}$ vektor minden paramétere – szabály előfeltétel halmaza
tagsági érték szintje?

Szabály súlya: bemeneti tagsági értékek szorzata (szabály elsütési súlya)
(nagyobb nullánál)

Felhasználói beavatkozás értékéhez max. tagsági szintet adó kimeneti fuzzy
halmaz beválasztása az összes elsüthető szabály következményébe

minden $h = 1, 2, \dots, W$

$$\mu_{B_c^{h*}}(y_c) \geq \mu_{B_c^h}(y_c)$$

B_c -nek B_c^{h*} -t használjuk, ahol $c = 1, 2, \dots, k$.

Ha a felhasználói beavatkozásnál nincs elsüthető szabály,
új szabályt adunk hozzá szabálybázishoz

Ehhez azonosítani kell a bemenetre nem nulla értéket adó halmazokat

$$\mu_{A_s^g}(x_s^{(t)}) > 0$$

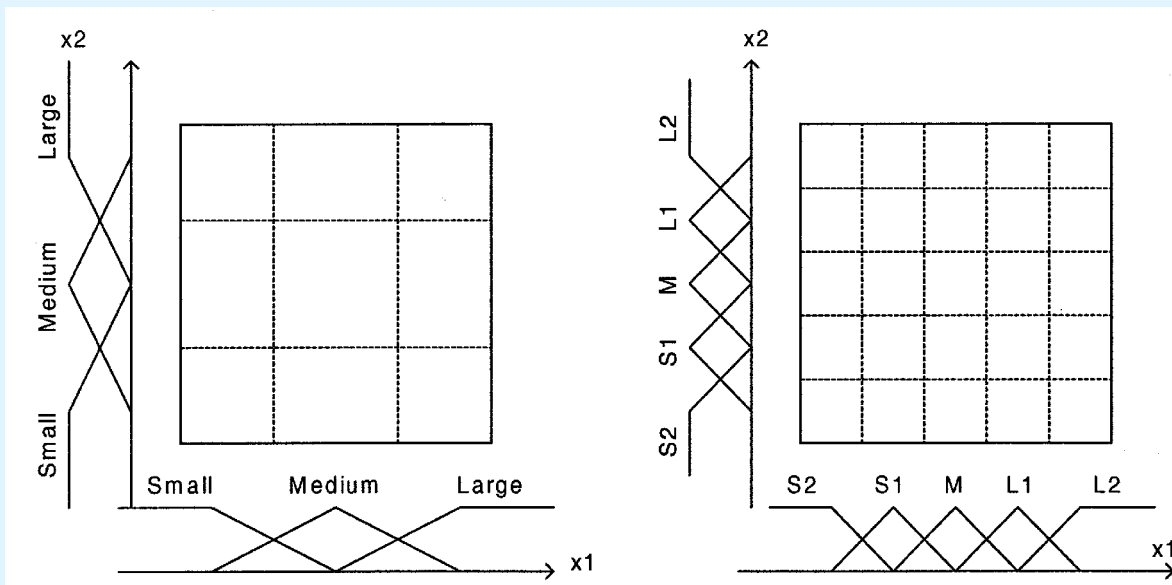
Szabályrács (minden azonosított bemeneti kombináció)

Következmény megválasztása

$$\mu_{B_c^{h*}}(y_c) \geq \mu_{B_c^h}(y_c)$$

Új szabályok hozzáadása – **ha aktuális helyzethez (kézi vezérlés nélkül)**
sincs elsüthető szabály:

új szabály: feltétel = környezet aktuális állapota
következmény = beavatkozók aktuális állapota



$$av^{(l)} = \frac{\sum_{k=1}^{N_l} y^{(p_k^l)} w^{(p_k^l)}}{\sum_{k=1}^{N_l} w^{(p_k^l)}}$$

$$\sigma^{(l)} = \frac{\sum_{k=1}^{N_l} |y^{(p_k^l)} - av^{(l)}| w^{(p_k^l)}}{\sum_{k=1}^{N_l} w^{(p_k^l)}}$$

$$doc^{(l)} = 1 - \frac{\sigma^{(l)}}{\max_{k,t=1}^{N_l} |y^{(p_k^l)} - y^{(p_t^l)}|}$$

Felbontás, elegendő modell tanulása?

Extrapolálás, ahol mérés nincs?

- lehet ez egyáltalán?

- szabályközpont
- szomszédos szabály
- max.szab.csoport
- középpont szomszédokból

$$y_c^{(l)} = \frac{\sum_{r=1}^b y_c^{(r)} doc^{(r)} dis^{(r)}}{\sum_{r=1}^b doc^{(r)} dis^{(r)}}$$

	$B(...)$ ← $B(...)$		
A_2^4			$B(30.2)$
A_2^3	$B(32.8)$	$B(32.5)$	$B(30.5)$
A_2^2	$B(34.7)$	$B(33.4)$	$B(33.2)$
A_2^1	$B(33.7)$	$B(33.3)$	$B(32.7)$
	A_1^1	A_1^2	A_1^3