

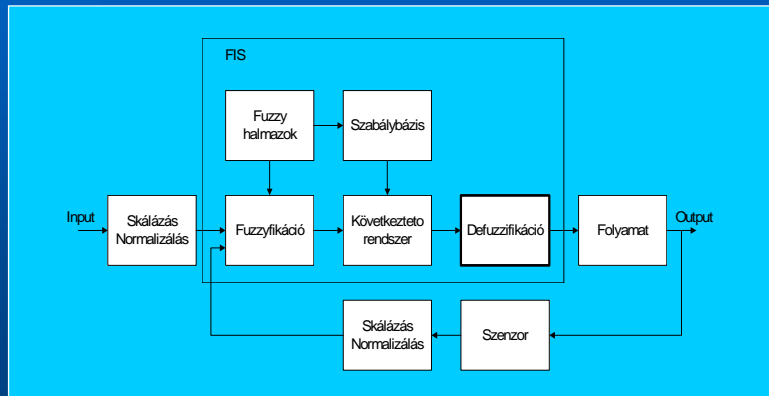


## IEEE fuzzy szabályozások felmérése [1996]

- 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

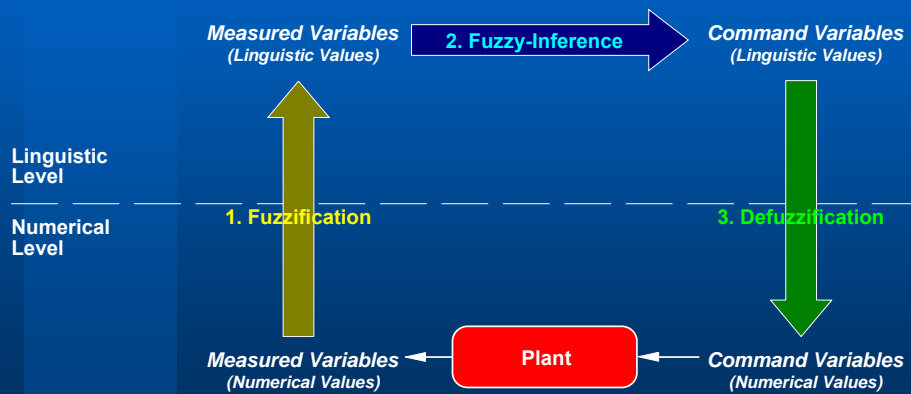
2

# Fuzzy szabályozás



3

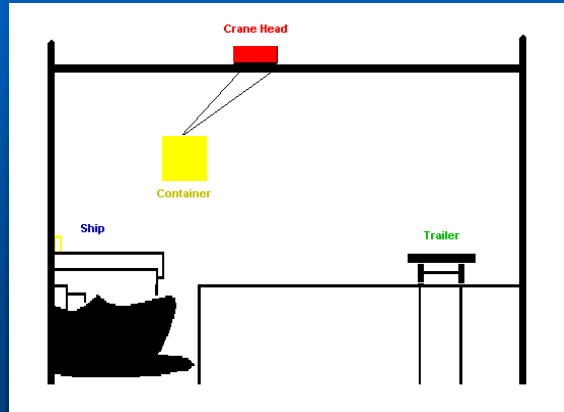
# Fuzzy Kontroll



4

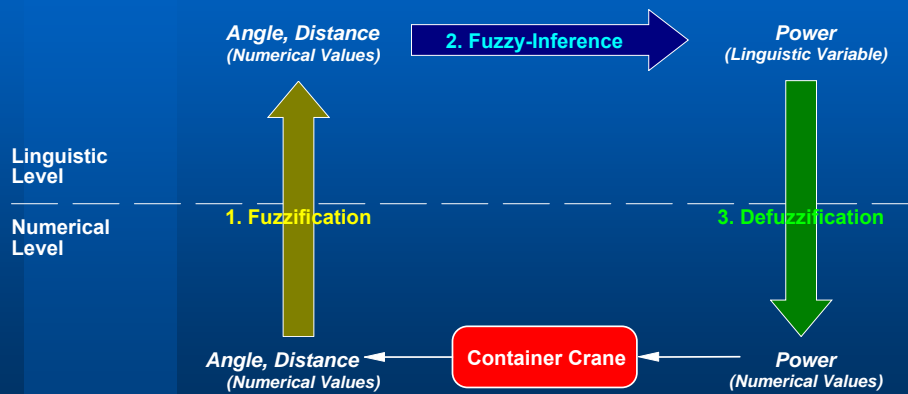
# Fuzzy Kontroll pl.:

- Konténer daru vezérlése



5

# Fuzzy Kontroll pl.:



6

## Fuzzy Kontroll pl.: 1. fuzzyfikáció

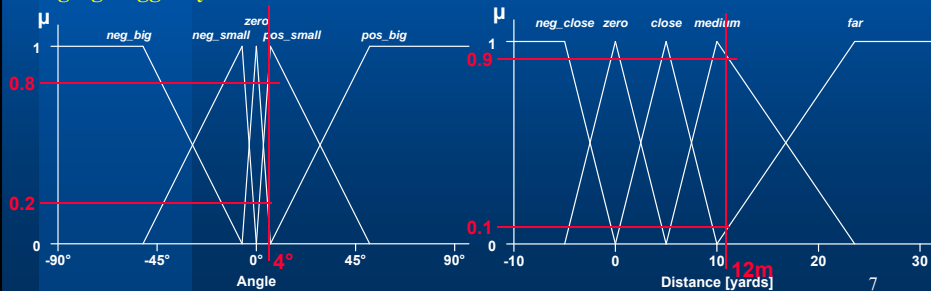
Nyelvi változó és érték definíció:

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:  $\min\{0.9, 0.8\} = 0.8$

#2:  $\min\{0.9, 0.2\} = 0.2$

#3:  $\min\{0.1, 0.2\} = 0.1$

„Power”:

*pos\_high*

*pos\_medium*

*zero*

*neg\_medium*

*neg\_high*

with the degree 0.0

with the degree 0.8 (=  $\max\{0.8, 0.1\}$ )

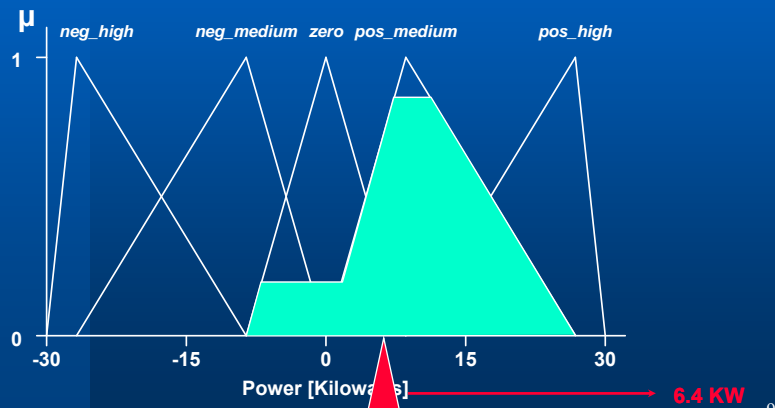
with the degree 0.2

with the degree 0.0

with the degree 0.0

## Fuzzy Kontroll pl.: 3. defuzzifikálás

“Center-of-Gravity”:

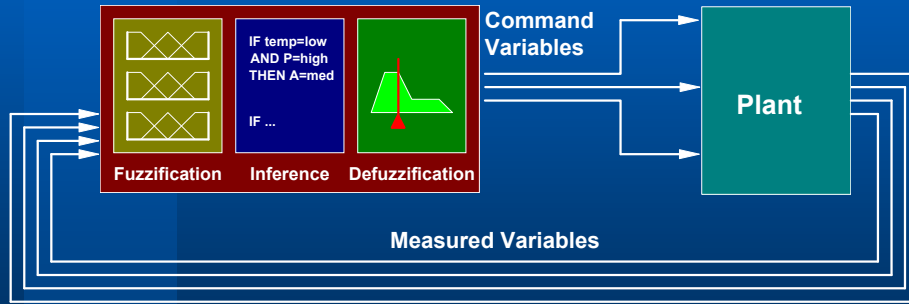


## Tervezési lépések

- 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

# Fuzzy szabályozók típusai

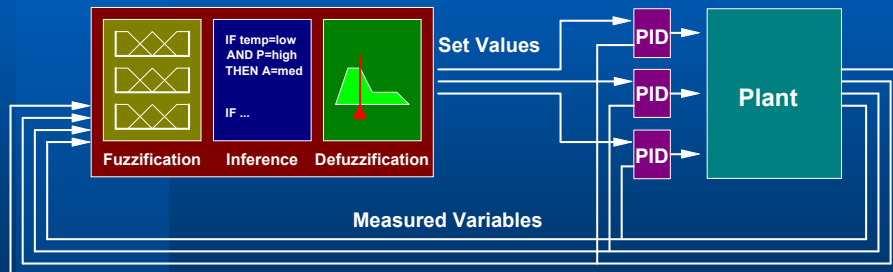
- Direkt kontroll



11

# Fuzzy szabályozók típusai

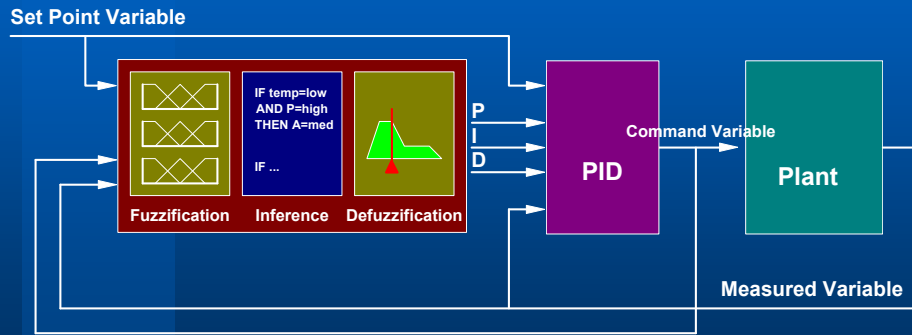
- Felügyeleti kontroll



12

# Fuzzy szabályozók típusai

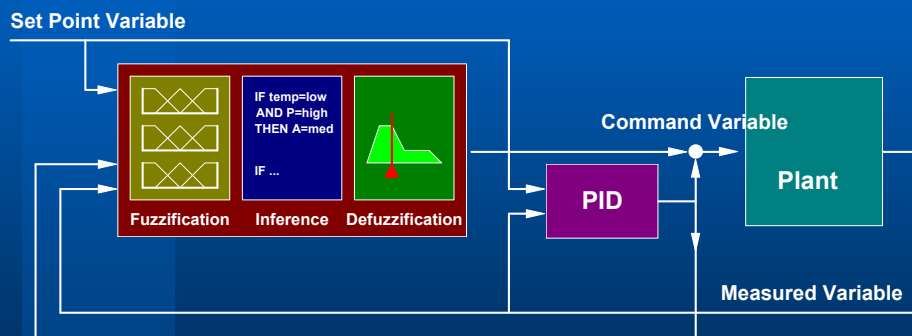
- PID adaptív



13

# Fuzzy szabályozók típusai

- Fuzzy - PID hibrid párhuzamos



14

## Alkalmazási példák

15

## Híddaru fuzzy irányítása



16



## Híddaru fuzzy irányítása

- **Feladat:**

- A teher gyors és hatékony eljuttatási a kiindulási pontból a végpontig
- A teher lengésének minimalizálása, illetve a célpontnál a lengés megszüntetése

- **Problémák:**

- A teher súlya ismeretlen
- A motor és hajtás nemlineárisok
- A futómacska súrlódása és a kötélnyúlása
- Erős külső zavarások, pl.: szél

17

## Híddaru fuzzy irányítása

- **Az kezelő műveleteinek megfigyelése:**

- Indítás közepes teljesítménnyel
- Ha elindult és a célpont elég messze van akkor a teljesítményt növeli míg a teher kissé lemarad a macskához képest
- A célponthoz közeledve csökkenti a sebességet így a teher a macskát megelőzi
- Amikor a teher egész közel ér a célponthoz növeli a motor teljesítményét
- Ha a teher a célpont fölött van és a lengés nulla, akkor lekapcsolja a motort

18

# Híddaru fuzzy irányítása

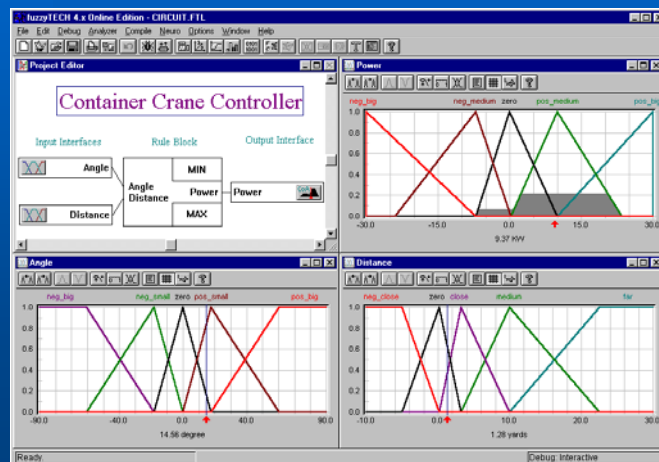
- A szabálybázis felépítése:

1. IF Distance = far AND Angle = zero THEN Power = pos\_medium
2. IF Distance = far AND Angle = neg\_small THEN Power = pos\_big
3. IF Distance = far AND Angle = neg\_big THEN Power = pos\_medium
4. IF Distance = medium AND Angle = neg\_small THEN Power = neg\_medium
5. IF Distance = close AND Angle = pos\_small THEN Power = pos\_medium
6. IF Distance = zero AND Angle = zero THEN Power = zero

	IF		THEN	
	Angle	Distance	DoS	Power
1	zero	far	1.00	pos_medium
2	neg_small	far	1.00	pos_big
3	neg_big	far	1.00	pos_medium
4	neg_small	medium	1.00	neg_medium
5	pos_small	close	1.00	pos_medium
6	zero	zero	1.00	zero

19

# Híddaru fuzzy irányítása



20

## Híddaru fuzzy irányítása

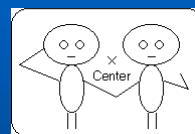


21

## Fényképező autofókusz

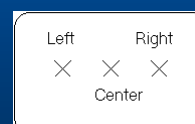
- Hagyományos autofókusz csak a középpontot méri

- Életlen a kép ha a téma nincs a középpontban



- Megoldás: több pont mérése

- Melyik legyen a mérvadó?



22

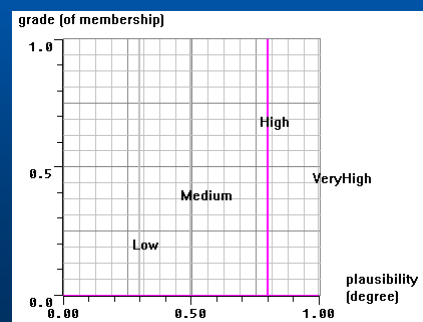
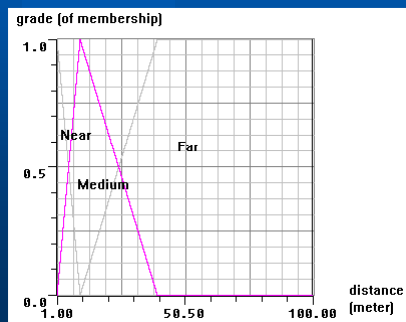
# Fényképező autófókusz

- Szabálybázis felépítése

- Meg kell határozni, hogy melyik mérési pont a mérvadó, melyeknek legnagyobb az elfogadhatósága
- 3 mérési pont, mindegyik elfogadhatósága 4 szinten megadva
- Ha a távolság közepes (kb. 10 m) akkor magas az elfogadhatóság, ha nő a távolság csökken a szenzor szerepe

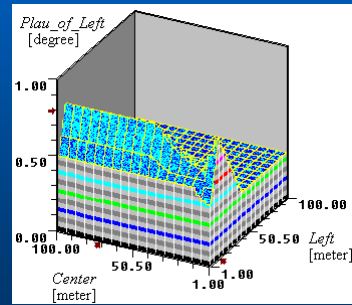
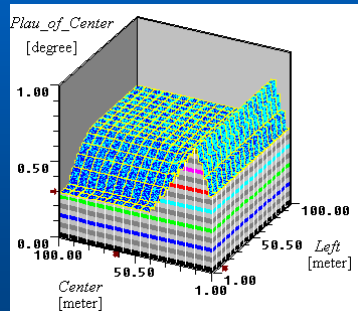
23

# Fényképező autófókusz



24

## Fényképező autófókusz



25

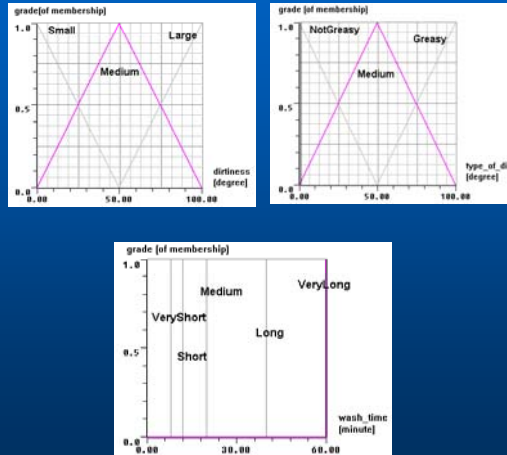
## Fényképező autófókusz

if Left is Near then Plau\_of\_Left is Medium;  
if Center is Near then Plau\_of\_Center is Medium;  
if Right is Near then Plau\_of\_Right is Medium;  
if Left is Near and Center is Near and Right is Near then Plau\_of\_Center is High;  
if Left is Near and Center is Near then Plau\_of\_Left is Low;  
if Right is Near and Center is Near then Plau\_of\_Right is Low;  
if Left is Medium then Plau\_of\_Left is High;  
if Center is Medium then Plau\_of\_Center is High;  
if Right is Medium then Plau\_of\_Right is High;  
if Left is Medium and Center is Medium and Right is Medium then Plau\_of\_Center is VeryHigh;  
if Left is Medium and Center is Medium then Plau\_of\_Left is Low;  
if Right is Medium and Center is Medium then Plau\_of\_Right is Low;  
if Left is Far then Plau\_of\_Left is Low;  
if Center is Far then Plau\_of\_Center is Low;  
if Right is Far then Plau\_of\_Right is Low;  
if Left is Far and Center is Far and Right is Far then Plau\_of\_Center is High;  
if Left is Medium and Center is Far then Plau\_of\_Center is Low;  
if Right is Medium and Center is Far then Plau\_of\_Center is Low

26

# Fuzzy mosógép vezérlés

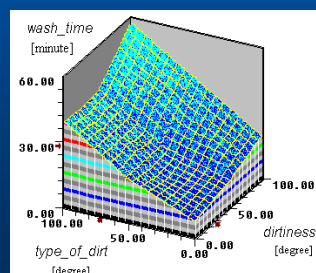
- **Cél**
  - Egy mosógép amely kiszámítja a szükséges mosási időt a precíz modell megléte nélkül
- **Bemenetek**
  - koszosság
  - kosz minősége
- **Kimenet**
  - mosási idő



27

# Fuzzy mosógép vezérlés

- A szabályok „háziasszonyok” tapasztalatai alapján intuitív úton készülnek
- **Pl.**
  - If *saturation time* is long and *transparency* is bad, then *wash time* should be long



28

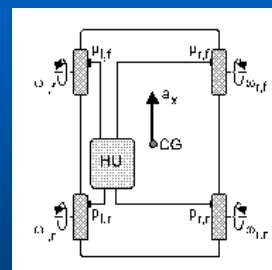
# ABS kontroll

- Az autó dinamika és a fékrendszer komplex és erősen nemlineáris tulajdonságú, így hagyományos rendszerekkel nehéz szabályozni
- Cél:
  - a legnagyobb fékhatás elérése és a kerekek megcsúszásának elkerülése
- Megvalósítás:
  - Fuzzy szabályozó kalkulálja a megcsúszás esélyét és beavatkozik a fékerő nagyságába és eloszlásába

29

# ABS kontroll

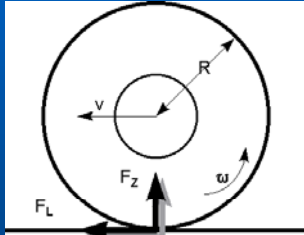
- Szenzorok
  - longitudinális gyorsulásmérő
  - 4 kerék szögsebesség mérő
- Beavatkozó
  - 3 állású mágnes szelepek



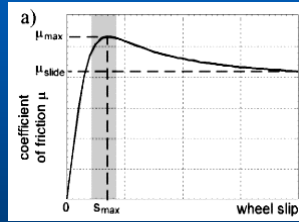
30

# ABS kontroll

## • A fizika



Fz: Wheel load  
 R: Wheel radius  
 ω: Angular wheel frequency  
 v: Velocity of wheel center  
 FL: Longitudinal force



Calculating the wheel slip by

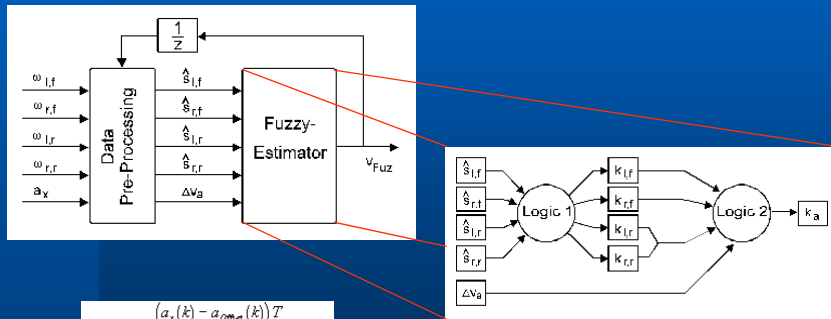
$$s = \frac{v - \omega \cdot R}{v} \cdot 100\%$$

the longitudinal wheel force results in  $F_L(s) = \mu(s) \cdot F_z$

31

# ABS kontroll

## 1. Fuzzy autó sebesség kalkulátor



$$\Delta v_a(k) = \frac{(a_x(k) - a_{\text{opt}}(k))T}{v_{\text{Fuz}}(k-1)} \cdot 100\%$$

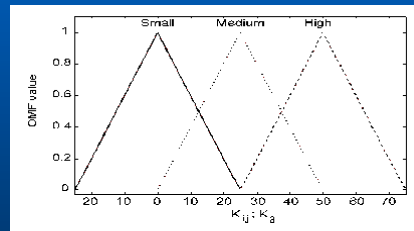
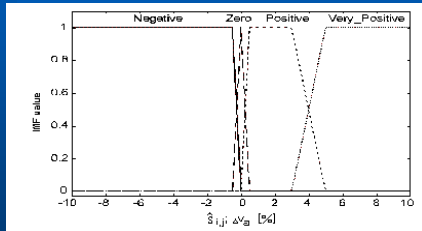
32



# ABS kontroll

## 1. Fuzzy autó sebesség kalkulátor

- Be/kimeneti fuzzy halmazok



A szabálybázis összesen 35 szabályból áll

$$v_{FLX}(k) = \frac{\sum_{i=1}^4 k_i \omega_i(k) R + k_o [v_{FLX}(k-1) - T a_{x,corrected}(k)]}{\sum_{i=1}^4 k_i + k_o}$$

33

# ABS kontroll

## 2. Fuzzy – ABS algoritmus

- bemeneti változók

kerék szlip:

$$s_B = \frac{v_{FLX} - \omega R}{v_{FLX}} = \frac{v_{FLX} - v_{Wheel}}{v_{FLX}}$$

kerék gyorsulás:

$$a_{Wheel} = \frac{\partial v_{Wheel}}{\partial t} \approx \frac{\Delta v_{Wheel}}{\Delta t}$$

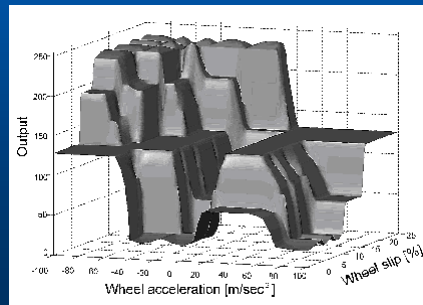
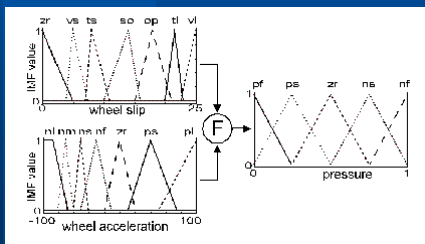
34

# ABS kontroll

## 2. Fuzzy – ABS algoritmus

slip = {zero, very small, too small, smaller than optimum, optimum, too large, very large}  
 dvwheel/dt = {negative large, negative medium, negative small, negative few, zero, positive small, positive large}  
 pressure = {positive fast, positive slow, zero, negative slow, negative fast}

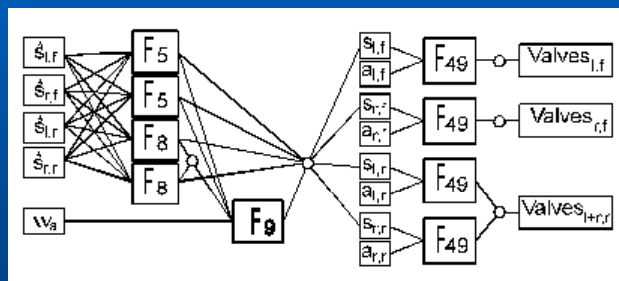
Szabálybázis: 49 szabály



35

# ABS kontroll

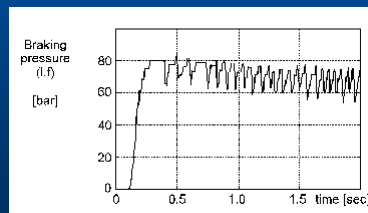
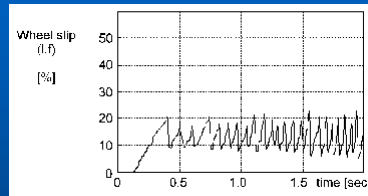
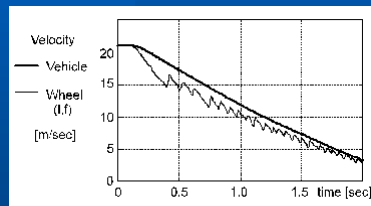
## A teljes fuzzy rendszer



36

# ABS kontroll

## Szimulált vészfékezés



37

# ABS kontroll

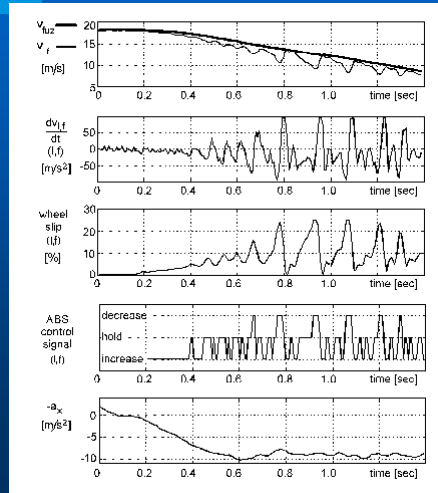
## Az implemetáció

- Siemens SAB 80C166 mikroprocesszor
- Siemens SAE 81C99A fuzzy kooprocesszor
  - 64 szabálybázis egyenként 256 inittalal és szabállyal
  - tetszőleges alakú tagsági függvények
  - több, általános, defuzzifikációs eljárás
  - 10 millió szabály kiértékelés / másodperc
  - real-time fuzzy kontroll
- Az adott 7 ms-os szabályozási ciklusban a fuzzy következtetés összesen 0.5 ms-ot vesz igénybe

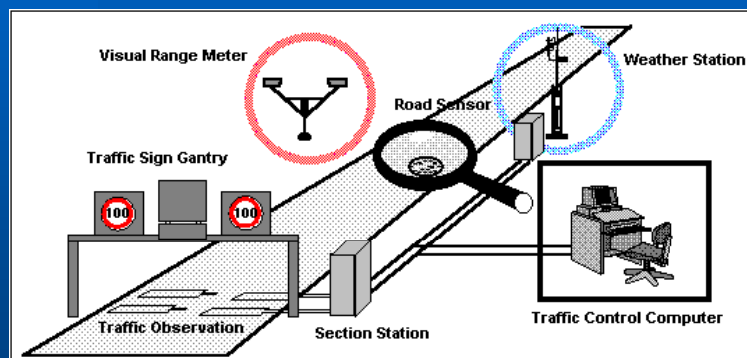
38

# ABS kontroll

Megvalósított rendszer  
(BMW 328i)  
eredményei  
száraz aszfalton



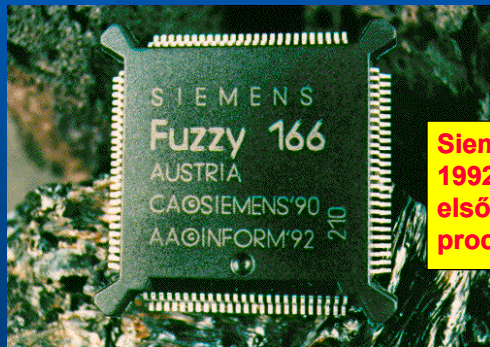
# Forgalom szabályozás



## Fuzzy rendszer implementációk

- **Beágyazott rendszerek**

- Intel, Motorola, Texas Instruments, Microchip Technologies, Siemens, SGS-Thomson, Mitsubishi kontrollerek



**Siemens és az Inform cég 1992-ben jelentette be az első 16-bites Fuzzy processzort**

41

## Fuzzy rendszer implementációk

- **Ipari programozható vezérlők**

- Allen-Bradley, Klöckner-Moeller, Siemens, Bosch, ABB



**1993-ban az Inform és Klockner-Moeller megalkotta a fuzzyPLC-t, mely a fuzzy és a konvencionális automatizálást kombinálta**

**1994, Inform és Allen-Bradley hordozható fuzzy funkciók blokkokat fejlesztett a standard PLCkhez**

**1996-ban elkészült a Siemens fuzzy szoftver modulja**

# Fuzzy rendszer implementációk

- Folyamatirányítási rendszerek
  - Foxboro/Eckardt, Bailey/Hartmann&Braun, Wonderware, Iconics, Siemens, USDATA, Intellution, National Instruments



1995, az Inform és a Hartmann&Braun bemutat egy elosztott fuzzy komponensű folyamatirányítási rendszerekhez

43

