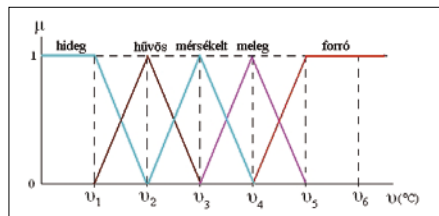


A fuzzy logika

Példák a fuzzy rendszer alkalmazására

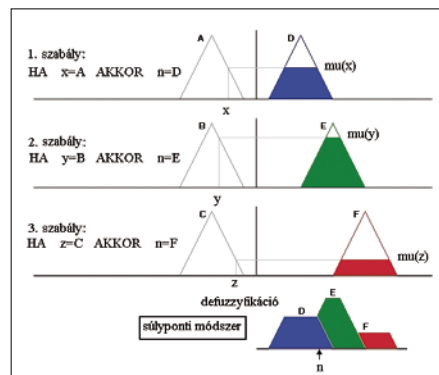
Blokkolásgátló fékrendszer

Vegyük alapul a blokkolásgátló fékrendszer működését, amikor egy vezérlőelektronikát működtet. A mikrovezérlőnek kell döntést hozni a fék hőmérsékletére, működési sebességére és egyéb bemeneti változókra támaszkodva. A hőmérsékletet a következő módon csoportosíthatjuk: hideg, hűvös, mérsékelt, meleg, forró. Tagsági függvénye a 4. ábrán látható. Bármely időpillanatban a fékhőmérséklet valós értéke majdnem mindig két tagsági funkcióba esik. Pl.: mérsékelt; 0,6, meleg; 0,4 vagy mérsékelt; 0,7 és hűvös; 0,3 stb. A bemeneti jeleket, mint már korábban láttuk, át kell alakítani, vagyis fuzzyfikálni kell. Ebben a példában a következő szabálykészlet működik.



4. ábra

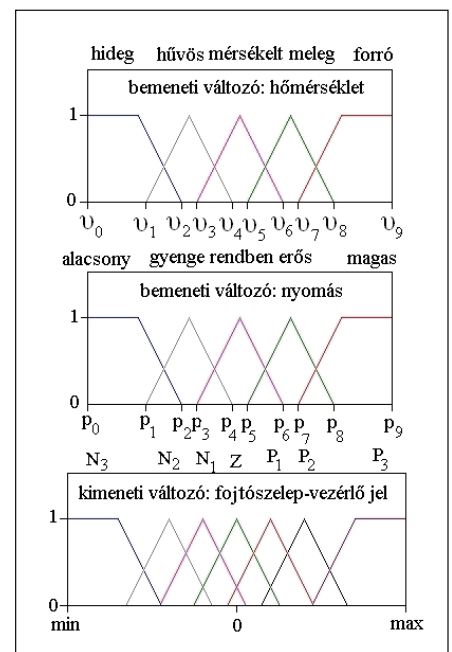
HA a fékhőmérséklet meleg ÉS a sebesség alacsony, AKKOR a féknyomás enyhén csökken. Ekkor két bemeneti változóval rendelkezünk. Ezek a fék „hőmérséklete” és a „sebesség”. Mind a



5. ábra

bemeneti változók, mind a kimeneti változók meghatározhatók fuzzykészslet által. A kimeneti változót pl. lehet stabil, kissé nőtt, kissé csökkent megnevezéssel illetni. A fuzzyvezérlő egy input, egy feldolgozó és egy output szakaszból áll. A feldolgozó szakasz logikai szabályok gyűjteményén alapul, HA, AKKOR nyilatkozat formájában. Itt a HA rész az előzményt, az AKKOR rész pedig a következményt jelenti. Vizsgáljuk meg egy hőszabályzó működési szabályát.

HA a hőmérséklet „hideg”, AKKOR a fűtés „magas”. Ez a szabály létrehoz a kimeneten egy valós magas értéket, ami a szabályozott érték növelését jelenti. Mindez azért kell, mert a bemeneti változó, a hőmérséklet alacsony. Néha a tagsági függvényt módosíthatják olyan mellénevekkel, mint pl.: körös-körül, körülbelül, közvetlenül mellette, rendkívül, némileg stb. Ezeknek az operációknak pontos definícióik lehetnek, bár ezek a definíciók különböző körülmények között lényegesen is változhatnak. A „Nagyon” pl. tagsági függvényeket emelhet negyzetre. De mert a tagsági függvény értéke mindig 1-nél kevesebb, ezáltal szűkíti a tagsági függvényt. A „Rendkívüli” negyedik hatványra emeli az értékeket, tovább szűkítve az előző feltétel melletti értékeket, de pl. az „Amíg” némileg szélesíti a tagsági függvényt azáltal, hogy négyzetgyököt alkalmaz. A gyakorlatban a fuzzy szabályegységek általában rendelkeznek néhány előzménnyel, mivel a felhasznált fuzzyoperátorok, mint azt a már korábbi cikk is említette ÉS, VAGY, illetve NEM kombináltak. Az ÉS az előzmények közül a minimális súlyozást használja, míg a VAGY a maximális, a NEM pedig kivon az 1-ből egy tagsági függvényt. Több módszer is van, hogy meghatározzák a szabályok eredményét, de ezek közül a legegyszerűbb a „min-max” következtetési módszer, ahol a bemeneti tagsági függvényt adják hozzá az előfeltétel által generált valós értékhez. Ezen szabályok eredményét defuzzifikálják valamelyik módszerrel a sok közül. Mint már korábban említettük, a súlypontmód-

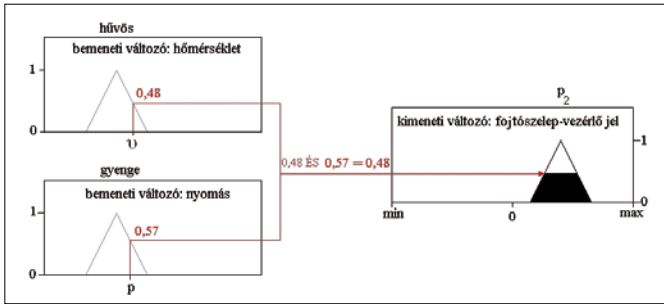


6. ábra

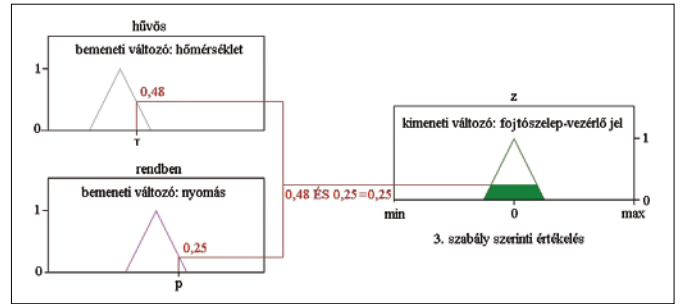
szert meglehetősen népszerű. Vizsgáljuk meg az 5. ábrát.

Az ábra súlyponti módszerrel történő defuzzifikálást mutat. Legyenek a bemeneti változók x , y és z , és a kimeneti változó „ n ”. A „ μ ” szabványos fuzzy-logikai szaknyelv az „igaz (valós) érték”-re. Látható, hogy mindegyik szabály a kimeneti értékre ad egy valós értéket. A súlyponti defuzzifikálásnál az értékek a VAGY szerint meghatározott - lásd korábban - maximálisra változnak. A fuzzy ellenőrző rendszerterv alapvetően tapasztalati módszereken alapul. A helyes módszer kialakítása próbálgatással járhat. Az általános eljárás a következő:

- Meg kell határozni a rendszert működtető peremfeltételeket, a be- és kimeneti változókat (pl.: hőmérséklet, nyomás stb.), azok értékeit.
- Meg kell határozni az előző pontban elsorolt változók fuzzykészsletét.
- Meg kell határozni a szabálykészletet.
- Meg kell határozni a defuzzifikációs módszert.



7. ábra



8. ábra

Általános példaként vizsgáljuk meg egy a gőzturbinára vonatkoztatott fuzzy vezérlési tervet. Két bemeneti változó van, a hőmérséklet és nyomás. A kimeneti változó a turbina fojtószelepeinek helyzete, amely lehet pozitív vagy negatív. Az előbb leírt eljárás szerint elsőként meg kell határozni a változók fuzzy megfeleltetését, vagyis fuzzyfikálni kell (6. ábra). A bemeneti változók jelentése egyértelmű, így azzal itt nem kell foglalkozni. A kimeneti változó értékei pedig a jelölés alapján a következők:

- N3 - Nagyon negatív
- N2 - Közepesen negatív
- N1 - Kicsit negatív
- Z - Zéró
- P1 - Kicsit pozitív
- P2 - Közepesen pozitív
- P3 - Nagyon pozitív

A szabálykészlet a következőképpen fogalmazható meg:

1. szabály:

HA a hőmérséklet hűvös ÉS a nyomás nagyon alacsony, AKKOR a fojtószelep P3

2. szabály:

HA a hőmérséklet hűvös ÉS a nyomás alacsony, AKKOR a fojtószelep P2

3. szabály:

HA a hőmérséklet hűvös ÉS a nyomás rendben, AKKOR a fojtószelep Z

4. szabály:

HA a hőmérséklet hűvös ÉS a nyomás erős, AKKOR a fojtószelep N1

Vizsgáljuk meg - figyelembe véve a fuzzyfikációt és a defuzzyfikációt - hogyan függnek össze a bemeneti és kimeneti változók az alacsony és rendben esetben. Ekkor a 2-es és 3-as szabályok aktiválódnak, amit a nyomásértékek biztosítanak. Ezek a szabályok számokban vannak kifejezve: a 7. ábra mutatja a 2-es szabályt, a 8. ábra pedig a 3-as szabályt. Ezután a két kimeneti változót (output) összeadják (9. ábra). Az output érték beállítja a fojtószelepet, majd a szabályozó kör elkezd generálni a következő értéket.

HA a szint MAGAS - AKKOR a feszültség csökken

HA a szint ALACSONY - AKKOR a feszültség nő

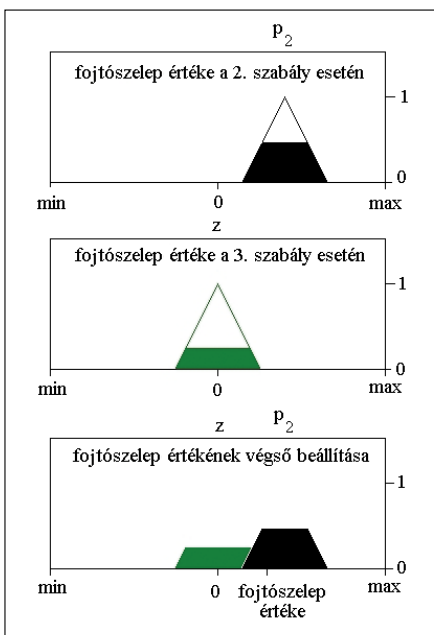
HA a szint JÓ - AKKOR a feszültség változatlan

A fuzzy logikában az első lépés, hogy az x változó jelét konvertálni kell a fuzzy variációkra. Ez a fuzzyfikálás művelete. Vagyis a kimeneti változót tagsági függvénnyé $[\mu(x)]$ alakítjuk, ami itt legyen a könnyen kezelhető háromszög alakú függvény. A fuzzy osztályozó (fuzzyfikátor) a következő szintű jeleket hozza létre:

- NP - x nagyon pozitív
- KP - x közepesen pozitív
- K - x kicsi
- KN - x közepesen negatív
- NN - x nagyon negatív

E tagsági függvények ábrái a 11. ábrán láthatók. Ezeket rajzoljuk egyetlen ábrába össze, akkor a tagsági függvény a következőképpen néz ki (12. ábra). A vizsgált állapot legyen olyan, hogy a különböző szintekhez tartozzon $\mu_{NN} = 0$; $\mu_{KN} = 0$; $\mu_K = 0,6$; $\mu_{KP} = 0,4$ és $\mu_{NP} = 0$. Egy másik állapotnál természetesen más értékek adódnának. Itt a feszültség értéke +10...-10 V között változik, ennek megfelelően változnak a tagsági függvény értékei is.

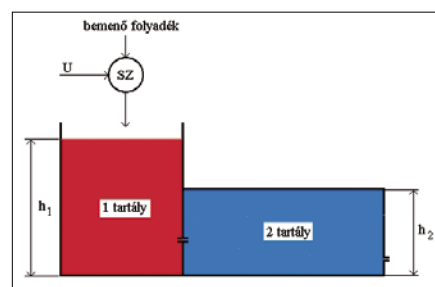
Ezután már felrajzolható a fuzzyfikációs rendszer (13. ábra). Ezeket az értékeket vissza kell alakítani közvetlenül használható jelekké, amelyet a defuzzyfikátor végez és a művelet neve defuzzyfikáció (14. ábra). A visszaalakítás a legegyszerűbb és leggyakrabban alkalmazott módszer szerint a következő képlettel határozható meg:



9. ábra

Két tartállyal rendelkező tartályrendszer

Vizsgáljunk meg egy két tartállyal rendelkező rendszert, ahol a szint szabályozósa a feladat (10. ábra). A szivattyú betáplálása a feszültséggel (u) vezérelhető. A fuzzy logika szerint a következő esetben lehetnek:

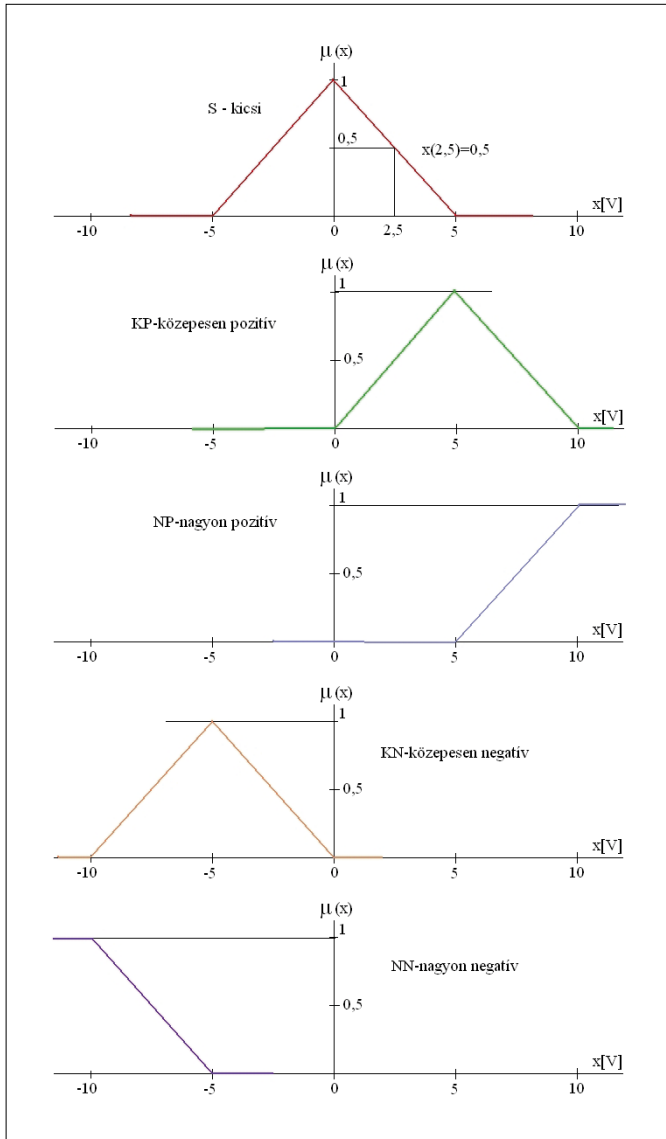


10. ábra

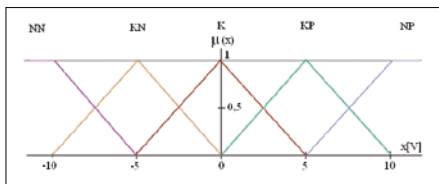
$$U_{ki} = \frac{\sum_{i=1}^5 U_i \cdot \mu_i}{\sum_{i=1}^5 \mu_i}$$

ahol:

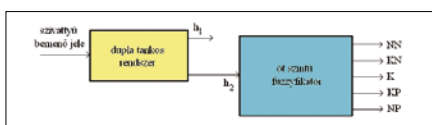
$U_1=10\text{ V}, U_2=5\text{ V}, U_3=0\text{ V}, U_4=-5\text{ V}$ és $U_5=-10\text{ V}$
 $U_{NP} \quad U_{KP} \quad U_k \quad U_{KN} \quad U_{NN}$



11. ábra



12. ábra



13. ábra

Jelen esetben a kimenő feszültség +2V a fenti képlet alapján, hiszen ismert az μ érték és az U értéke is.

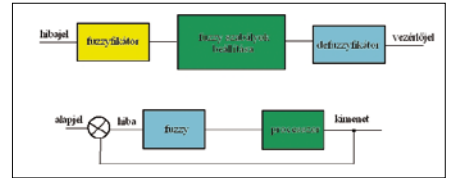
A fuzzy vezérlés behelyettesíthető egy zárt láncú szabályozó rendszerbe (15. ábra). Emlékeztetőül a fuzzy rendszereket éppen pl. egy bonyolult zárt láncú szabályozó rendszer kiváltásaként alkalmazzuk az egyszerűségé miatt. A 15. ábra szerint építhető fel egy-egy zárt láncú szabályozó rendszerbe behelyettesített fuzzy vezérlőrendszer. Gyakran alkalmazzák a fuzzy vezérlést PID szabályozók helyett. (P-arányos, I-integráló és D-differenciáló).

a) P szabályozás
Vizsgáljuk meg az arányos (proporcionális) vezérlés szabályait.
1. szabály:
HA {NN hiba} AKKOR {NN vezérlés}
2. szabály:
HA {KN hiba} AKKOR {KN vezérlés}
3. szabály:
HA {K hiba} AKKOR {K vezérlés}
4. szabály:
HA {KP hiba} AKKOR {KP vezérlés}

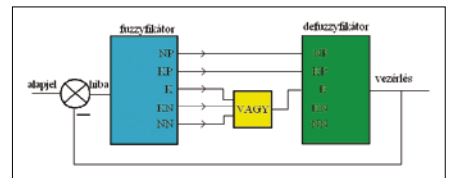
5. szabály:
HA {NP hiba} AKKOR {NP vezérlés}
Ezek a szabályok ugyanazt a szabályozást hajtják végre, mint a hagyományos megfelelője. Ez semmilyen előnyt nem jelent. Azonban helyes adatokat nyerhetünk, ha megváltoztatjuk az előbbi fuzzy szabályokat. Vizsgáljuk a már korábban tárgyalt kettős tartályt. Ott a tápszivattyú nem hajtja visszafelé a vizet a tankból, ha a minimális jel értéke 0 V és a szivattyú 10 V-nál nagyobb jelet nem fogad. Ezek a vezérlési paraméterek normalisak és a működés könnyen megadható fuzzy vezérléssel. A fuzzyarányos (P) vezérlésé, amely lekorlátozza a minimális bemenő jelet 0 V-ra, a következő feltételeknek felel meg:



14. ábra



15. ábra



16. ábra

1-es szabály:
HA {NN hiba} VAGY {KN hiba} VAGY {K hiba} AKKOR {K vezérlés}
2-es szabály:
HA {KP hiba} AKKOR {KP vezérlés}
3-as szabály:
HA {NP hiba} AKKOR {NP vezérlés}
Itt a K szint 0 V és az 1-es szabály biztosítja, hogy a szivattyú nem kap negatív értéket. A 16. ábra ennek megoldását mutatja.
Hasonló módon - de más feltételek figyelembevételével - lehet fuzzy szabályozást csinálni, amelyek ellátják a PI, PD és PID szabályozási feladatokat.

DR. OLÁH FERENC

Forrás:

1. Dr. Szalay Tibor: A mesterséges intelligencia alapjai
www.manuf.bme.hu/gdf/Fejezet_4.pdf
www.manuf.bme.hu/gdf/8-Fuzzy.pdf
2. www.tankönyvtar.hu/informatika/fuzzy-rendszerek-3-2-3-080904
3. www.tankönyvtar.hu/informatika/fuzzy-rendszerek-4-3-7-4-080904
4. www.tankönyvtar.hu/informatika/fuzzy-rendszerek-1-7-1-080904
5. www.rit.bme.hu/betoltheto/szamszim/F-4/Fur.log.html
6. <http://mek.nif.hu/01100/01105/01105.doc>