

**KÖZZÉTÉTELI
PÉLDÁNY**~~63.696/MK~~

KIVONAT

Eljárás fuzzy-szabályozó tervezésére

SIEMENS Aktiengesellschaft, MÜNCHEN, DE

A találmány tárgya eljárás fuzzy-szabályozó tervezésére. Az eljárás során egy tanulási szakaszban egy szabályozó kör modelljén vagy operátorüzemben felvesszük a bemenő és kimenő mennyiségeket (e_1 , e_2 , y), klaszterezéssel a lingvisztikai értékekhez (K , M , G) tartozó hozzátartozási függvényeket helyezünk el a mért tanulási adatok halmozódási pontjain, egy értékelő szakaszban megállapítjuk a bemenő és kimenő mennyiségek (e_1 , e_2 , y) megfelelő mért értékeinél a lingvisztikai értékek fellépő kombinációit, és egy szintézis során meghatározzuk az ezeket a kombinációkat létrehozó szabályozómű szabályait.

A találmány a folyamatok automatizálásában alkalmazható.

(1. ábra)



P 9901154

~~63.696/MK~~

S.B.G. & K.
Nemzetközi
Szabadalmi Iroda
H-1062 Budapest, Andrásy út 113.
Telefon: 34-24-950, Fax: 34-24-323

14278

1997 MAJ 02

KÖZZÉTÉTELI PÉLDÁNY



Eljárás fuzzy-szabályozó tervezésére

SIEMENS Aktiengesellschaft, MÜNCHEN, DE

Feltaláló: PREUSS, Hans, ^{Peter}KARLSRUHE, DE

A bejelentés napja: 1995. 10. 23.

Elsőbbsége: 1994. 11. 08. (DE P 44 39 505.1)

A nemzetközi bejelentés száma: PCT/DE95/01470

A nemzetközi közzététel száma: WO 96/14608

A találmány tárgya eljárás fuzzy-szabályozó tervezésére. Az eljárásban szerepel legalább egy bemenő és kimenő mennyiség; fuzzyvá tevő berendezés, amelyben a bemenő mennyiségek lingvisztikai értékeinek igazságértékeit megállapítjuk; szabályozómű, amelyben a bemenő mennyiségek lingvisztikai értékeinek kombinációihoz következtetésként a kimenő mennyiségek lingvisztikai értékeit meghatározzuk; és fuzzytlanító berendezés, amelyben a kimenő mennyiségek lingvisztikai értékei igazságértékeinek megfelelően a kimenő mennyiségek értékeit meghatározzuk.

A fuzzy-szabályozók alapjai például Hans-Peter Preußnak az "atp" (1992) 4, 176-183. oldalán és az "atp" (1992) 5, 239-246. oldalán közzétett, "Fuzzy-Control - heuristische Regelung mittels unscharfer Logik" [Fuzzy-Control - heurisztikus szabályozás életlen logikával] című cikkéből ismertek. Az ott leírt fuzzy-szabályozókat szabályozásra, vezérlésre, folyamatoptimalizálásra, valamint heurisztikus stratégiákhoz használják a fuzzy-logika eszközeivel. A fuzzy-szabályozásban a fuzzy-szabályozó bemenő és kimenő mennyiségeinek száma elvileg tetszőleges lehet. Fuzzy-szabályozó tervezéséhez először lingvisztikai értékekkel - mint "kicsi", "közepes" vagy "nagy"- kvalitatíve jellemzik a bemenő és kimenő mennyiségek értéktartományait. Minden lingvisztikai értéket egy hozzátartozási függvényvel írnak le. Ez kvantifikálja egy lingvisztikai érték kvalitatív kijelentését oly módon, hogy egy folyamatban szereplő mennyiség minden fellépő számszerű értékéhez megad egy igazságértéket. Ezzel a folyamattal - amit fuzzyvá tevésnek is neveznek - a vizsgált folyamat üzemi tartományát "életlen" résztartományokra osztják. A

résztartományok száma egy bemenő mennyiség lingvisztikai értékei számának, több bemenő mennyiség esetén pedig különböző bemenő mennyiségek lingvisztikai értékei kombinációs lehetőségei számának felel meg. A szabályozási stratégiát mindegyik ilyen résztartományra vagy összefoglalva több résztartományra HA-AKKOR-szabályok szerint határozzák meg. Ezeket a szabályokat egy szabálybázisban tárolják. Mindegyik szabályban a bemenő mennyiségek lingvisztikai értékeinek kombinációjához például az "ÉS" vagy "VAGY" operátorokkal való összekapcsolás útján a feltételrészben meghatároznak egy következtetést, mint lingvisztikai értéket mindig az egyik kimenő mennyiséghez. A feltételrészek igazságértékeinek számításához az egyes bemenő mennyiségek hozzátartozási függvényeiből megállapított igazságértékeket a szabályokban alkalmazott operátoroknak megfelelően összekapcsolják. Az egyes szabályok következtetéseinek számításakor - amit inferenciának neveznek - például a kimenő mennyiségnek egy szabályban a megfelelő lingvisztikai érték által megnevezett hozzátartozási függvényét arra az igazságértékre korlátozzák, amelyet a szabály feltételrésze szolgáltat. Az úgynevezett kompozíció előtt a szabályoknak egy kimenő mennyiségre gyakorolt hatásait egymásra superponálják, például úgy, hogy képezik a kimenő mennyiség valamennyi hozzátartozási függvényének maximumértékét. Végül a kimenő mennyiség értékének számítása következik, amit fuzzytlanításnak neveznek. Ez például úgy történik, hogy az összes korlátozott hozzátartozási függvény által bezárt felület súlypontját a kimenő mennyiség értéktartományában kiszámítják.

Az ott leírt tervezési eljárás, különösen a szabálybázis lingvisztikai érték alkalmazása útján való megfogalmazása a folyamat kellő ismeretét vagy manuális eljárásmóddal szerzett operátortapasztalatot igényel. Még ha ez meg is van, gyakran akkor is nehéz az operátortapasztalatot egyszerűen kezelhető fuzzy-szabályokká átalakítani.

Találmányunk célja olyan eljárás fuzzy-szabályozó tervezésére, amelyet a fent megnevezett korlátozások nélkül lehet alkalmazni, és elsősorban a szabálybázis olyan kiépítése, hogy a folyamat ismeretét vagy az operátortapasztalatot kezelendő fuzzy-szabályokká kellene átalakítani.

Ezt a feladatot a találmány értelmében úgy oldjuk meg, hogy

- mérjük a bemenő és kimenő mennyiségeknek egy tanulási szakaszban fellépő értékkombinációit,

- a lingvisztikai értékekhez klaszterezéssel hozzátartozási függvényeket helyezünk el a mért tanulási adatok halmazódási pontjain,

- egy értékelési szakaszban a résztartományokhoz, amelyekben az egyes lingvisztikai értékek dominánsak, vagyis amelyekben egy lingvisztikai érték igazságértéke nagyobb, mint ugyanazon bemenő vagy kimenő mennyiség többi lingvisztikai értékének igazságértéke, egy kimenő mennyiség minden lingvisztikai értékére egy tárolónak a különböző bemenő mennyiségek résztartományai minden kombinációs lehetőségéhez hozzárendelt regisztertartalmát egy összeggel növeljük, ha a bemenő és kimenő mennyiségek egy mért értékkombinációja ennek a kombinációs lehetőségnek a résztartományaiba esik, és

- egy szintézis során a szabályozómű elemi szabályait az egyes kombinációs lehetőségekkel a feltételrészben meghatározzuk úgy, hogy a kimenő mennyiség legnagyobb regisztertartalmú lingvisztikai értékét választjuk a szabály következtetésének.

A regisztertartalom növelésének összegét előnyös módon a mindenkori kimenő mennyiség domináns lingvisztikai értékének igazságértékével tesszük egyenlővé vagy maximális érték kiválasztásával kapjuk.

A klaszterezést előnyös módon egydimenziósan végezzük.

A találmány szerinti eljárás egy előnyös foganatosítási módja szerint

- két rögzített peremklaszter és előre adott számú szabad, kezdetben egyenlő távközű klaszterközpont klaszterezéséhez az értéktartományban egy bemenő mennyiségből vagy egy kimenő mennyiségből indulunk ki,

- a háromszögű hozzátartozási függvényeket úgy helyezzük el, hogy a háromszögek csúcsai a klaszterközpontok felett, a talppontok a szomszédos klaszterközpontokban vannak,

- egy iteratív eljárásban a tanulási adatokat sorban a legközelebbi klaszterközponthoz rendeljük hozzá, az ehhez a klaszterközponthoz tartozó, már feldolgozott adatpontok súlypontját megállapítjuk, és

- az így számított súlypontot a következő adatpont feldolgozásakor új klaszterközpontként alkalmazzuk.

A szintézis során kapott, azonos következtetésrészt tartalmazó elemi szabályokat előnyös módon feltételrészeiknek VAGY-összekapcsolás módjára végzett összekapcsolásával kompakt szabállyá foglaljuk össze.

Egy tesztszakaszban a fuzzy-szabályozó által számított kimenő mennyiségeket előnyös módon összehasonlítjuk mért kimenő mennyiségekkel, és utánoptimálást végzünk a lingvisztikai értékek variált számával vagy a hozzátartozási függvény variált alakjával, ha az eltérések egy előre adott határértéket meghaladnak.

Előnyös módon csak egyes kimenő mennyiségek hozzátartozási függvényeit utánoptimáljuk, és a numerikus optimálás célfüggvényeként az eltérések négyzeteinek összegét minimáljuk.

Az új tervezési eljárás révén olyan fuzzy-szabályozót kaphatunk, amely a szabályozási körben tapasztalt operátor viselkedéséhez hasonlóan viselkedik.

A találmány szerinti tervezési eljárás előnye, hogy szakértői tudás nélkül lehetővé teszi a fuzzy-szabályok önműködő megtanulását. Az eljárás kívánat esetén mindennemű előre adott kezelési utasítás nélkül alkalmazható. Az alkalmazónak csak a bemenő és kimenő mennyiségek tanulási adatait kell rendelkezésre bocsátania. Az eljárást mindenekelőtt akkor előnyös alkalmazni, ha fuzzy-szabályozót kell használni annak ellenére, hogy az operátortapasztalat elégtelen vagy explicit módon nem hozzáférhető. Ebben az esetben az eljárás előnyös egy fuzzy-szabályozó tervezéséhez a tanulási adatok alapján. Az eljárás foganatosítható szokványos adatfeldolgozó berendezésen. A klaszterezés révén minden bemenő vagy kimenő mennyiség hozzátartozási függvényeinek számát és helyzetét automatikusan megállapítjuk a tanulási adatokból. Ez az osztályozás "életlen", és ezért az elegendő tanulási adat nélküli részeken is kellően interpolálható. Előállítható azonban öntanuló fuzzy-szabályozó is

úgy, hogy egy fuzzy-szabályozót az eljárás fogatosítására szolgáló berendezéssel kibővítünk.

Találmányunkat annak példaképpen kiviteli alakjai kapcsán ismertetjük részletesebben ábráink segítségével, amelyek közül az

1. ábra egy rendszer két bemenettel és egy kimenettel, a

2. ábra regiszterértékek az y kimenő mennyiség K

lingvisztikai értékére, a

3. ábra regiszterértékek az y kimenő mennyiség G

lingvisztikai értékére, a

4. ábra egy fuzzy-szabályozó szabályozóműve mátrixos írásmódban, az

5. és 6. ábra tervezési eljárás MIN/MAX-módszerrel.

Az 1. ábrán egy 1 funkcióblokkot ábrázoltunk két bemenő mennyiséggel, mégpedig az e_1 szabályozási eltéréssel és ennek e_2 deriváltjával, valamint egy y kimenő mennyiséggel. A 2., 3. és 4. ábrán diagramban az e_1 , e_2 , illetőleg y mennyiség hozzátartozási függvényét ábrázoltuk. A lingvisztikai érték mindig K (kicsi) és G (nagy), amelyekhez a 2., 3. és 4. ábrán lévő diagramban a hozzátartozási függvények hozzá vannak rendelve. A 2., 3. és 4. ábrán lévő diagramban az abszcisszán felvett értéktartomány mindenkor az e_1 , e_2 , illetőleg y mennyiség értéktartományának felel meg. Az ordinátán az igazságértékek 0 és 1 közötti értéktartománya van felvéve. A fuzzy-rendszer tervezéséhez először egy nem ábrázolt mérőberendezéssel felvesszük az e_1 és e_2 bemenő mennyiség, valamint az y kimenő mennyiség jelmenetét, és ezt diszkrét mért értékeként tároljuk. Az értékelendő jelmenetek származhatnak egy szabályozási kör modelljéből, vagy lehetnek az operátorral végzett üzem közben mért értékek. Hagyományos

szabályozó imitálása fuzzy-szabályozóval is ilyen módon közelíthető meg.

A tanulási adatok klaszterezése útján valamennyi hozzátartozási függvényt a tanulási adatok halmozódási pontjaira helyezzük. A klaszterezés eredményeként a hozzátartozási függvények egy bemenő, illetőleg kimenő mennyiségre vonatkoztatott száma is megkapható. Maximális számukat szükség esetén előre meg lehet adni. A klaszterezést egydimenziósan, vagyis minden bemenő és kimenő mennyiségnél a többitől függetlenül végezzük. Többdimenziós klaszterezéskor előfordulhat, hogy elválasztott többdimenziós súlypontok egy első bemenő vagy kimenő mennyiségnél egymástól bizonyos távolságban lévő egydimenziós súlypontokhoz, egy második bemenő vagy kimenő mennyiségnél viszont egymáshoz túl közel lévő egydimenziós súlypontokhoz vezetnek. Ezáltal a szükséges hozzátartozási függvények száma feleslegesen növekedne. Ezt előnyös módon elkerüljük az egydimenziós klaszterezéssel. Emellett a hasonló klaszterközpontok összefoglalhatók.

A klaszterezéshez egy bemenő vagy kimenő mennyiség értéktartományában két rögzített peremklaszterből és egy előre adott számú szabad, kezdetben egyenlő távközű klaszter központból indulunk ki. Háromszögű hozzátartozási függvényeket úgy helyezünk el, hogy a háromszögek csúcsai a klaszterközpontok felett, a talppontok a szomszédos klaszterközpontokban vannak. Egy iteratív eljárásban a tanulási adatokat sorban a legközelebbi klaszterközponthoz rendeljük hozzá, az ehhez a klaszterközpontoz tartozó, már feldolgozott adatpontok súlypontját megállapítjuk. Az így számított súlypontot a következő adatpont feldolgozásakor

új klaszterközpontként alkalmazzuk. A hozzátartozási függvényeket, mint ezt fentebb leírtuk, a kapott klaszterközpontokkal rögzítjük.

Ezután minden mért értékhármashoz, amelyek az e_1 , e_2 bemenő mennyiség és az y kimenő mennyiség egy-egy értékéből áll, megállapítjuk a szóban forgó hozzátartozási függvények igazságértékeit a K és G lingvisztikai értékhez, és megállapítjuk, hogy melyik a domináns, vagyis melyik lingvisztikai értéknek van nagyobb igazságértéke, mint ugyanazon bemenő vagy kimenő mennyiség többi lingvisztikai értékének igazságértéke. Az 1. ábra szerinti kiviteli alakban az e_1 bemenő mennyiségnél a G lingvisztikai érték igazságértéke kb. 0,6, és a K lingvisztikai érték igazságértéke kb. 0,4. Eszerint a mért érték olyan résztartományban van, amelyben a G lingvisztikai érték dominál. Az e_2 bemenő mennyiségnél a G lingvisztikai érték igazságértéke 0,9, ami ugyancsak nagyobb, mint a K lingvisztikai érték 0,1 igazságértéke, úgyhogy ez szintén olyan résztartományban van, amelyben a G lingvisztikai érték a domináns. Ezzel szemben az y kimenő mennyiség K lingvisztikai értékének 0,7 igazságértéke nagyobb, mint a G lingvisztikai érték 0,3 igazságértéke, úgyhogy az y kimenő mennyiség mért értéke olyan résztartományban van, amelyben a K lingvisztikai érték dominál.

A mért értékek értékelésére a bemenő és kimenő mennyiségek résztartományainak minden kombinációs lehetőségére egy tároló regiszterei szolgálnak. Az 1. ábra szerinti kiviteli alakban nyolc regiszter van nyolc kombinációs lehetőséghez, a 2. és 3. ábrán látható mátrixmezőknek megfelelően. A 2. ábrán látható

mátrixmezők azokhoz a kombinációs lehetőségekhez vannak hozzárendelve, amelyekben az y kimenő mennyiség K lingvisztikai értéke dominál. A 3. ábrán a domináns G lingvisztikai értékre vonatkozó mátrixmezők láthatók. Egy értékelő szakaszban az 1. ábra szerint megállapított igazságértékeknek megfelelően a 2. ábra szerinti mátrixban az y kimenő mennyiség domináns K lingvisztikai értékét, amit egy domináló G lingvisztikai érték mátrixmezőjében az e1 és e2 bemenő mennyiségnél be kell vinni, egy összeggel 9,0-ra növeljük. Ezt az összeget előnyös módon az y kimenő mennyiség K lingvisztikai értékének 0,7 igazságértékével egyenlőre választjuk. Egy másik változat szerint képezhető az éppen fennálló igazságérték és a pillanatnyi bevitel maximuma. Ezzel elérhető a függetlenség az egyenlő vagy hasonló értékek számától.

A 2. és 3. ábra szerinti mátrixmezőbe bevitt értékek most az értékelés után egy sor mért értékhármassal eredményt képezik. Egy szintézis során a 4. ábra szerinti szabályozómű mátrixábrázolásához jutunk, amelyben az y kimenő mennyiségnek az a lingvisztikai értéke van a mátrixmezőkbe bevívve, amelyik az értékelési szakaszban a 2. és 3. ábra szerinti mátrixok összehasonlításakor a legnagyobb értéket nyújtotta. Például az 55,1 érték a 3. ábra szerinti mátrixmezőben az e1 és e2 bemenő mennyiség, valamint az y kimenő mennyiség G lingvisztikai értékére nagyobb, mint a 9,1 érték az ennek megfelelő mátrixmezőben az e1 és e2 bemenő mennyiség G lingvisztikai értékére, valamint az y kimenő mennyiség K lingvisztikai értékére, úgyhogy a megfelelő mátrixmezőben a 4. ábrán a két, e1 és e2 bemenő mennyiség G lingvisztikai értékére az y kimenő

mennyiség G lingvisztikai értékét kell bevinni. A 4. ábra szerinti szabályozómű két szabálya a következőképpen fogalmazható meg:

$$HA (e1 = K) \quad AKKOR (y = K)$$

és

$$HA (e1 = G) \quad AKKOR (y = G)$$

Az eddig leírt tervezési eljárás során a regisztertartalom meghatározásához csak a mindenkori mért értékhármasoknál domináló hozzátartozási függvényeket vettük figyelembe. Az 5. és 6. ábra kapcsán leírunk egy MIN/MAX-módszer szerinti tervezési eljárást, amellyel a szomszédos, kisebb igazságértékű lingvisztikai értékeket is figyelembe vesszük. Ez fokozza a fuzzy-leírás modellezési jóságát.

Az 5. ábra szerinti 5 fuzzy-szabályozónak két, x_1 és x_2 bemenő mennyisége, valamint egy, y_1 kimenő mennyisége van. Az x_1 , x_2 bemenő mennyiségnél és az y_1 kimenő mennyiségnél három-három hozzátartozási függvény van a K (kicsi), M (közepes) és a G (nagy) lingvisztikai értékre. Az 5. ábra alapján taglaljuk a regiszterekbe bevitt értékeket egy mért értékhármas esetén. A regisztercellákba a kimenő mennyiségnek csak azt a lingvisztikai értékét visszük be, amelynek a mért érték szerint az y_1 kimenő mennyiségnél a legnagyobb igazságértéke van. Ebben a példában ez az y_1 kimenő mennyiség 0,6 igazságértékű G lingvisztikai értéke (jobb oldali diagram az 5. ábrán). Egy ÉS-összekapcsolás szerint

az x_1 , x_2 bemenő mennyiség és az y_1 kimenő mennyiség igazságértékeinek minimumát visszük be a megfelelő regisztercellába. Az ábrázolt példában az x_1 bemenő mennyiség mért értéke alapján az M lingvisztikai érték igazságértéke $0,8$, az x_2 bemenő mennyiség K lingvisztikai értékének igazságértéke $0,9$ és az y_1 kimenő mennyiség G lingvisztikai értékének igazságértéke $0,6$. Az igazságértékek minimuma $0,6$, és a regisztercellába $x_1 = M$, $x_2 = K$ és $y_1 = G$ értéket viszünk be (jobb oldali alsó mátrix az 5. ábrán). Az x_1 és x_2 bemenő mennyiségnél figyelembe vesszük a szomszédos hozzátartozási függvényeket is, amelyek kisebb igazságértéket szolgáltatnak. Ezért a regiszterbe bevétel történik az $x_1 = G$, $x_2 = K$ és $y_1 = G$ kombinációs lehetőségekre is. Itt a hozzátartozási függvény az x_1 bemenő mennyiség G lingvisztikai értékére legkisebb igazságértékként $0,2$ értéket ad, amit beviszünk a megfelelő regiszterbe. Az $y_1 = G$ mátrixban a két $0,1$ értékű bevittelt az x_2 bemenő mennyiség M lingvisztikai értékének $0,1$ igazságértéke alapján kapjuk, ami a két másik kombinációs lehetőségénél a legkisebb igazságérték. Ily módon egy mért értékhármas értékelése útján már négy bevittelt kaptunk. Bevétel azonban csak akkor következik be, ha az egyes igazságértékek megállapított minimuma nagyobb az addig bevitt értéknél. Az 5. ábra szerinti példában ez minden regiszternél így volt, mert a mért értékhármas feldolgozása előtt minden regiszter üres volt. Ez a maximumképzés a minimumképzés útján kapott igazságértékek VAGY-összekapcsolásának felel meg.

A 6. ábrán az összes mért értékhármas értékelésének eredményeként az y_1 kimenő mennyiség K , M és G lingvisztikai

értékére három mátrix látható, a regiszterekben a kapott bevitelekkel. Azoknak a regisztereknek a mezőit, amelyek az x_1 és x_2 bemenő mennyiség adott kombinációs lehetőségeinél a legnagyobb igazságértékeket kapták, körök jelölik. A 6. ábrán ugyancsak ábrázolt szabálmátrix felállítása végett az x_1 és x_2 bemenő mennyiség kombinációs lehetőségeihez közvetlenül hozzárendeltük azokat a K , M vagy lingvisztikai értékeket, amelyeknek ezen értékelés alapján maximális relevanciája van. A szabálmátrix alapján felállíthatók az elemi szabályok. Az egyik elemi szabály például a következő:

$$HA ((x_1 = K) \quad \text{ÉS} \quad (x_2 = K)) \quad AKKOR (y_1 = G).$$

Az x_1 és x_2 bemenő mennyiség három kombinációs lehetőségére olyan elemi szabályokat kapunk, amelyeknek a következtetésrészben G lingvisztikai értéke van. Ezeket az elemi szabályokat feltételrészük VAGY-összekapcsolás módjára végzett összekapcsolása útján kompakt, zárójeles szabállyá lehet összefoglalni. Ez a szabály ekkor a következő:

$$HA (x_2 = K) \quad AKKOR (y_1 = G).$$

Az, hogy több elemi szabályból kompakt szabályokat képzünk, azzal az előnnyel jár, hogy a szabályok azonos száma esetén nagyobb mennyiségű bemenő mennyiséget lehet feldolgozni. Ezáltal a szabályozómű azonos terjedelme esetén nagyobb fuzzy-szabályozókat lehet megvalósítani. Ha a szabályozási folyamat szabályainak száma mégis meghalad egy előre adott maximális

értéket, akkor a tanulási folyamatnak a hozzátartozási függvények csökkentett maximális számával történő újraindításával biztosítható, hogy a létrehozott szabályok száma ne haladja meg a maximálisan megengedett terjedelmet.

Ebben a kiviteli alakban az y_1 kimenő mennyiségnek csak a domináns lingvisztikai értékeit vettük figyelembe valamennyi mennyiség egy kombinációs lehetőség minimális igazságértékének megállapításánál és bevitelénél. Ez az eljárás egyszerűsítését jelenti anélkül, hogy a minőség említésre méltó mértékben rosszabbodna. Az eljárásba azonban minden további nélkül be lehet vonni szomszédos lingvisztikai értékeket, amelyek egy támaszértéknél kisebb igazságértéket szolgáltatnak az y_1 kimenő mennyiségre.

Egy csatlakozó tesztszakaszban a fuzzy-szabályozó által ezzel a szabályozóművel és az 5. ábrán bemutatott hozzátartozási függvényekkel számított kimenő mennyiségeket össze lehet hasonlítani a mért kimenő mennyiségekkel. Ha ekkor az előre adott pontossági követelmények nem teljesülnek, akkor lehetőség van arra, hogy egy új tanulási szakaszban további mért értékeket állapítsunk meg, és ugyanazokkal az előre adott hozzátartozási függvényekkel az értékelési szakaszt és a szintézist ismételjük, vagy pedig az előre adottakat, például a bemenő és kimenő mennyiségekhez tartozó hozzátartozási függvények alakját vagy számát variálva megkíséreljük a fuzzy-szabályozó további javítását. Egy előnyös kiviteli alakban csak a kimenő mennyiségek hozzátartozási függvényeit utánoptimaljuk, és egy numerikus optimalás célfüggvényeként az eltérések négyzeteinek összegét minimaljuk.

SZABADALMI IGÉNYPONTOK

1. Eljárás fuzzy-szabályozó tervezésére, amelyben szerepel
 - legalább egy bemenő és kimenő mennyiség (e_1, e_2, y);
 - fuzzyvá tevő berendezés, amelyben a bemenő mennyiségek (e_1, e_2) lingvisztikai értékeinek (K, G) igazságértékeit megállapítjuk;
 - szabályozómű, amelyben a bemenő mennyiségek (e_1, e_2) lingvisztikai értékeinek (K, G) kombinációihoz következtetésként a kimenő mennyiségek (y) lingvisztikai értékeit (K, G) meghatározzuk; és
 - fuzzytlanító berendezés, amelyben a kimenő mennyiségek (y) lingvisztikai értékei (K, G) igazságértékeinek megfelelően a kimenő mennyiségek (y) értékeit meghatározzuk,
- a z z a l j e l l e m e z v e, hogy
 - mérjük a bemenő és kimenő mennyiségeknek (e_1, e_2, y) egy tanulási szakaszban fellépő értékkombinációit,
 - a lingvisztikai értékekhez (K, G) klaszterezéssel hozzátartozási függvényeket helyezünk el a mért tanulási adatok halmozódási pontjain,
 - egy értékelési szakaszban a résztartományokhoz, amelyekben az egyes lingvisztikai értékek (K, G) dominánsak, vagyis amelyekben egy lingvisztikai érték (K, G) igazságértéke nagyobb, mint ugyanazon bemenő vagy kimenő mennyiség (e_1, e_2, y) többi lingvisztikai értékének (G, K) igazságértéke, egy kimenő mennyiség (y) minden lingvisztikai értékére (K, G) egy tárolónak a különböző bemenő mennyiségek (e_1, e_2) résztartományai minden

kombinációs lehetőségéhez hozzárendelt regisztertartalmát egy összeggel növeljük, ha a bemenő és kimenő mennyiségek (e_1 , e_2 , y) egy mért értékkombinációja ennek a kombinációs lehetőségnek a résztartományaiba esik, és

- egy szintézis során a szabályozómű elemi szabályait az egyes kombinációs lehetőségekkel a feltételrészben meghatározzuk úgy, hogy a kimenő mennyiség (y) legnagyobb regisztertartalmú lingvisztikai értékét (K , G) választjuk a szabály következtetésének.

2. Az 1. igénypont szerinti eljárás, a z z a l j e l l e - m e z v e, hogy regisztertartalom növelésének összegét előnyös módon a mindenkori kimenő mennyiség domináns lingvisztikai értékének (K , G) igazságértékével tesszük egyenlővé vagy maximális érték kiválasztásával kapjuk.

3. Eljárás fuzzy-szabályozó tervezésére, amelyben szerepel

- legalább egy bemenő és kimenő mennyiség (x_1 , x_2 , y_1);
- fuzzyvá tevő berendezés, amelyben a bemenő mennyiségek (x_1 , x_2) lingvisztikai értékeinek (K , M , G) igazságértékeit megállapítjuk;

- szabályozómű, amelyben a bemenő mennyiségek (x_1 , x_2) lingvisztikai értékeinek (K , M , G) kombinációihoz következtetésként a kimenő mennyiségek (y_1) lingvisztikai értékeit (K , M , G) meghatározzuk; és

- fuzzytlanító berendezés, amelyben a kimenő mennyiségek (y_1) lingvisztikai értékei (K , M , G) igazságértékeinek megfelelően a kimenő mennyiségek (y_1) értékeit meghatározzuk,

a z z a l j e l l e m e z v e, hogy

- mérjük a bemenő és kimenő mennyiségeknek (x_1 , x_2 , y_1) egy

tanulási szakaszban fellépő értékkombinációit,

- a lingvisztikai értékekhez (K, M, G) klaszterezéssel hozzátartozási függvényeket helyezünk el a mért tanulási adatok halmozódási pontjain,

- egy értékelési szakaszban a résztartományokhoz, amelyekben az egyes lingvisztikai értékek (K, M, G) dominánsak, vagyis amelyekben egy lingvisztikai érték (K, M, G) igazságértéke nagyobb, mint ugyanazon bemenő vagy kimenő mennyiség (x_1 , x_2 , y_1) többi lingvisztikai értékének igazságértéke, egy kimenő mennyiség (y_1) minden domináns lingvisztikai értékére (K, M, G) egy tárolónak a különböző bemenő mennyiségek (x_1 , x_2) résztartományai minden kombinációs lehetőségéhez hozzárendelt regisztertartalmába ezen kombináció lingvisztikai értékei (K, M, G) igazságértékeinek minimumát visszük be, ha a minimum nagyobb az eddig bevitt értéknél, és

- egy szintézis során a szabályozómű elemi szabályait az egyes kombinációs lehetőségekkel a feltételrészben meghatározzuk úgy, hogy a kimenő mennyiség (y_1) legnagyobb regisztertartalmú lingvisztikai értékét (K, M, G) választjuk a szabály következtetésének.

4. Az 1-3. igénypontok bármelyike szerinti eljárás, a z z a l j e l l e m e z v e, hogy klaszterezést előnyös módon egydimenziósan végezzük.

5. A 4. igénypont szerinti eljárás, a z z a l j e l l e m e z v e, hogy

- két rögzített peremklaszter és előre adott számú szabad, kezdetben egyenlő távközű klaszterközpont klaszterezéséhez az értéktartományban egy bemenő mennyiségből (e_1 , e_2 , x_1 , x_2) vagy

egy kimenő mennyiségből (y , y_1) indulunk ki,

- a háromszögű hozzátartozási függvényeket úgy helyezzük el, hogy a háromszögek csúcsai a klaszterközpontok felett, a talppontok a szomszédos klaszterközpontokban vannak,

- egy iteratív eljárásban a tanulási adatokat sorban a legközelebbi klaszterközponthoz rendeljük hozzá, az ehhez a klaszterközponthoz tartozó, és a már feldolgozott adatpontok súlypontját megállapítjuk, és

- az így számított súlypontot a következő adatpont feldolgozásakor új klaszterközpontként alkalmazzuk.

6. Az 1-5. igénypontok bármelyike szerinti eljárás, a z - z a l j e l l e m e z v e, hogy a szintézis során kapott, azonos következtetésrészt tartalmazó elemi szabályokat feltételrészeiknek VAGY-összekapcsolás módjára végzett összekapcsolásával kompakt szabállyá foglaljuk össze.

7. Az 1-6. igénypontok bármelyike szerinti eljárás, a z - z a l j e l l e m e z v e, hogy

- egy tesztszakaszban a fuzzy-szabályozó által számított kimenő mennyiségeket összehasonlítjuk mért kimenő mennyiségekkel (y), és

- utánoptimálást végzünk a lingvisztikai értékek (K , G) variált számával vagy a hozzátartozási függvény variált alakjával, ha az eltérések egy előre adott határértéket meghaladnak.

8. A 7. igénypont szerinti eljárás, a z z a l j e l l e m e z v e, hogy

- csak a kimenő mennyiségek (y , y_1) hozzátartozási függvényeit utánoptimáljuk, és

- a numerikus optimálás célfüggvényeként az eltérések négyzeteinek összegét minimáljuk.

9. Fuzzy-szabályozó, amely az 1-8. igénypontok bármelyike szerint eljárás fogatosítására szolgáló berendezést tartalmaz.

A meghatalmazott



Mák András
szabadalmi ügyvivő
az S.B.G & K. Nemzetközi
Szabadalmi Iroda tagja
H-1062 Budapest, Andrássy út 113.
Telefon: 34-24-930. Fax: 34-24-323

3 pont, 6 db



P 990 1154

KÖZZÉTÉTELI
PÉLDÁNY 1/3

FIG 1

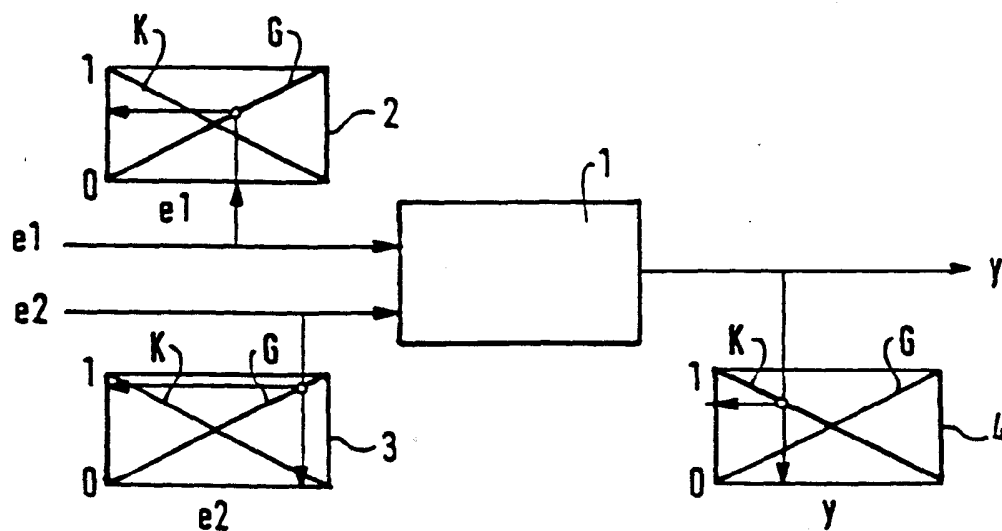


FIG 2

	K	G	
e2	24,9	13,0	K
	186	9,0	G
	e1		

y = K

FIG 3

	K	G	
e2	1,8	624	K
	3,0	55,1	G
	e1		

y = G

FIG 4

	K	G	
e2	K	G	K
	K	G	G
	e1		

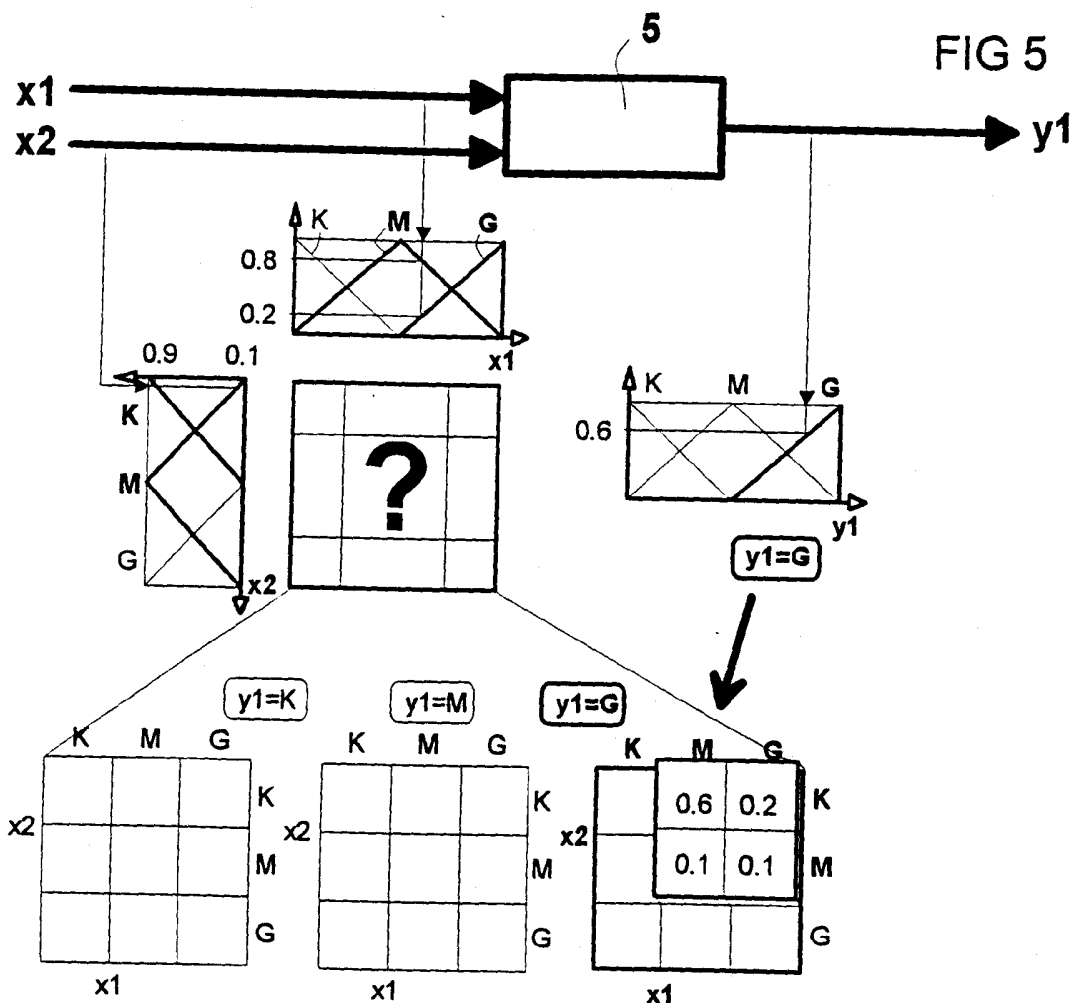


FIG 6

