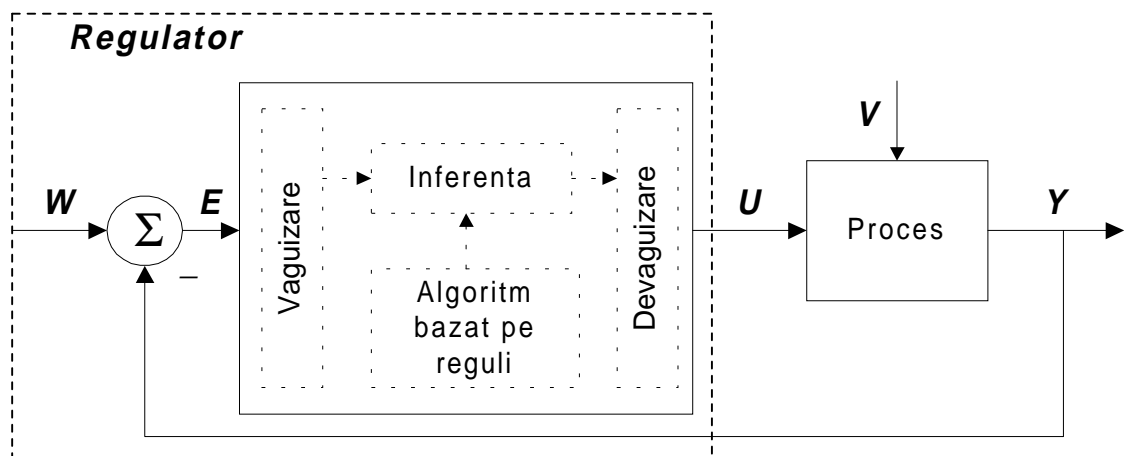


Controlerul fuzzy între imagine și realitate.

Prof. dr. ing. Sorin Larionescu

Denumirea de 'Controler fuzzy' reprezintă o preluare cu modificări minime a termenului englez 'Fuzzy Controller' și pare să sugereze în numeroase prospecte o proprietate care îmbunătățește performanțele sale. Realitatea este mai nuanțată și ar putea fi percepută mai clar dacă s-ar folosi traducerea românească: 'Sistem de conducere bazat pe logica vagă'. Mărimile vagi nu pot să fie mai folositoare decât cele nevagi, clare, dacă acestea există. De altfel, mărimea clară este un caz particular al unei mărimi vagi și se poate demonstra că toate operațiile în acest caz sunt mai simple și mai precise. Dar nu avem întotdeauna la dispoziție mărimi nevagi, în special atunci când omul este implicat puternic în sistemul de conducere și atunci, bineînțeles că soluția bazată pe logica vagă este singura disponibilă. Aceasta devine mai clar dacă precizăm ce înseamnă un sistem de conducere. Obiectele componente ale unui astfel de sistem sunt de diferite tipuri, cum ar fi: automat, compensator, expert, supraveghetor, identificator, etc. Implicarea omului în aceste componente este diferită, ea va fi mult mai mare într-un sistem expert, de exemplu. Astfel că este posibil ca un sistem de conducere modern să fie constituit dintr-un compensator și un identificator clasice și un expert bazat pe logica vagă care ajută la inițializarea și acordarea lor. Deci folosirea termenului de controler fuzzy sau a traducerii românești, sistem de conducere bazat pe logica vagă, nu permite o imagine mai

conturată a dispozitivului și compararea sa cu alte realizări. Pentru aceasta este necesară precizarea tipului de sistem de conducere la care se folosește logica vagă. În continuare mă voi referi la compensatoarele vagi care sunt propuse uneori ca soluții mai bune pentru conducerea proceselor. O schemă bloc simplificată de utilizare a unui astfel de compensator este prezentată în figura 1. Se observă că mărimile implicate în procesul de conducere, referința W , ieșirea Y , eroarea E , comanda U , nu sunt vagi. De obicei ele sunt prezente sub forma unor semnale unificate, 0..10V sau 4..20mA. Din această cauză la intrarea și ieșirea compensatorului erorii se folosesc un dispozitiv de vaguizare și unul de devaguizare. Algoritmul de conducere, dacă reproduce experiența unui operator uman, poate fi bazat pe logica vagă. Vaguizarea însă a unor algoritmi clasici, cum ar fi PID, este cel puțin îndoielnică. Iată argumentele.



Compensatorul vag este implementat întotdeauna numeric, cu ajutorul unui automat programabil sau microcalculator. Aceasta înseamnă că mărimea de intrare în compensator, eroarea E , este eșantionată cu perioada T . Valoarea lui T este un nou parametru al acordării regulatorului PID. O alegere necorespunzătoare a perioadei de eșantionare poate conduce la fenomene de instabilitate numerică. La fel de supărător este și faptul că dacă se modifică eșantionarea trebuie să se modifice și ceilalți parametri ai compensatorului. Și în cazul compensatorului PID vag aceștia sunt mult mai mulți.

În figura 2 se prezintă toate componentele compensatorului vag din figura 1. Eroarea E și mărimea de comandă U sunt descrise prin următorii 5 termeni lingvistici: NL - negativ mare, NS - negativ mic, ZE - zero, PS - pozitiv mic și PL - pozitiv mare. Funcțiile de apartenență a erorii E la termenii lingvistici au o formă triunghiulară și sunt prezentate în partea superioară a figurii 2. Pantele laturilor triunghiurilor pot fi modificate ca în figura 3. Funcțiile de apartenență ai mărimii de comandă U la termenii lingvistici sunt de tip

'singleton' și apar tot în partea superioară a figurilor 2 și 3. După cum se observă și aceste funcții pot fi modificate.

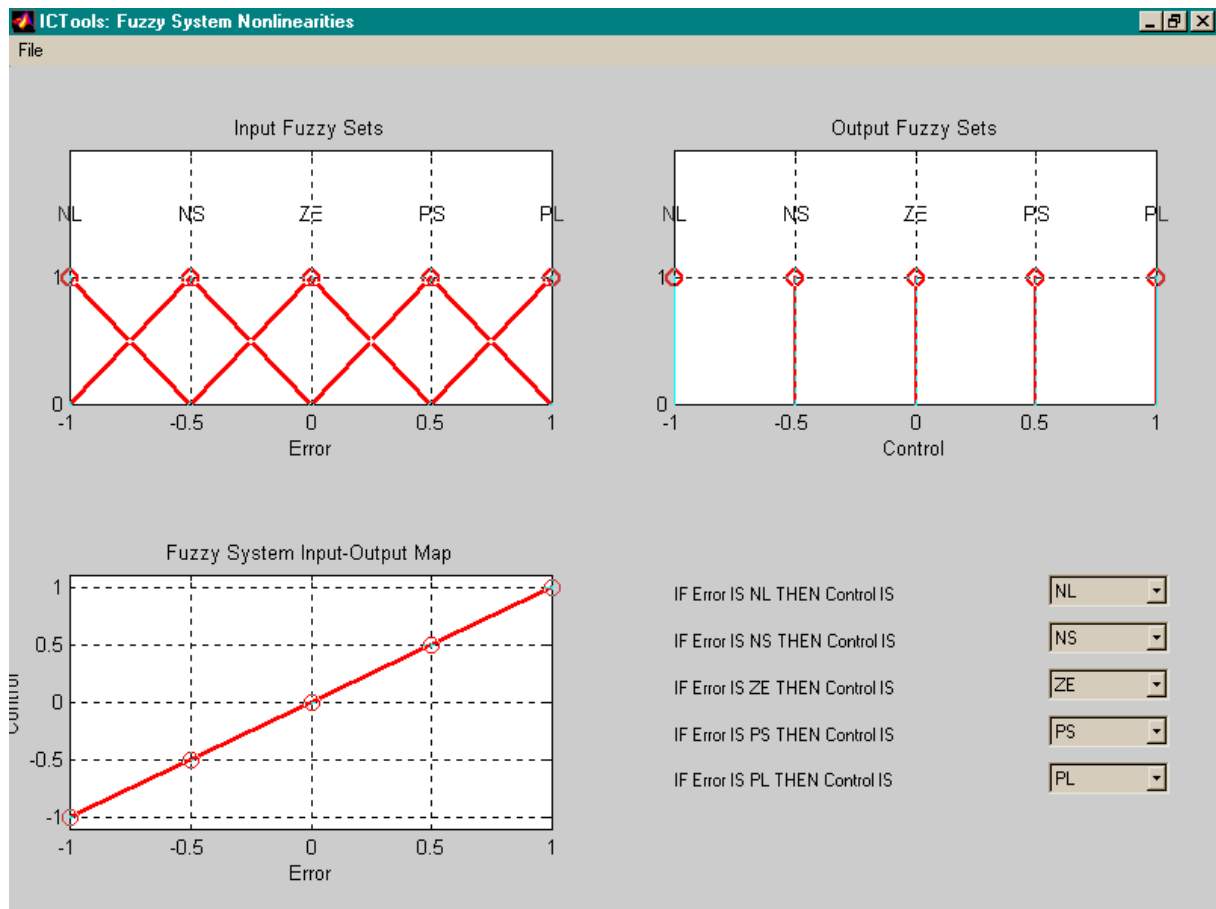


Fig. 2. Funcția de transfer liniară a compensatorului vag.

Baza de reguli cuprinde 5 reguli prezentate în partea dreapta jos a figurilor 2 și 3. În termeni lingvistici prima regulă spune că dacă eroarea este mică și negativă atunci și mărimea de comandă trebuie să fie mică și negativă.

Cu aceste reguli și funcții de apartenență se calculează funcția de transfer a compensatorului vag reprezentată grafic în figura 1. După cum se vede funcția de transfer este liniară, rezultând un compensator de tip P cu constanta de proporționalitate $K_P = 1$.

Dacă se modifică regula a patra și funcțiile de apartenență pentru intrarea și ieșirea din compensatorul vag ca în figura 3 rezultă o nouă funcție de transfer care de data aceasta este neliniară. Mai mult, în graficul reprezentat în partea de jos a figurii 3 se observă că pe o porțiune panta curbei este negativă. Aceasta poate provoca instabilitatea sistemului automat!

Se poate face acum o comparație între regulatorul vag din figurile 2 și 3 și un regulator proporțional clasic.

- Regulatorul tip P clasic necesită doi parametri de acordare: constanta de proporționalitate K_P și perioada de eșantionare T . Regulatorul vag studiat și care

este o variantă simplificată necesită 16 parametri de acordare: perioada de eșantionare, 5 funcții de apartenență pentru intrare, 5 funcții de apartenență pentru ieșire și 5 reguli.

- Regulatorul vag este în general neliniar. Stabilitatea și robustețea sistemului automat nu poate fi analizată și asigurată prin proiectare. Mai mult, s-a arătat că în unele cazuri neliniaritatea este de așa natură încât este foarte probabil ca sistemul automat să fie instabil.

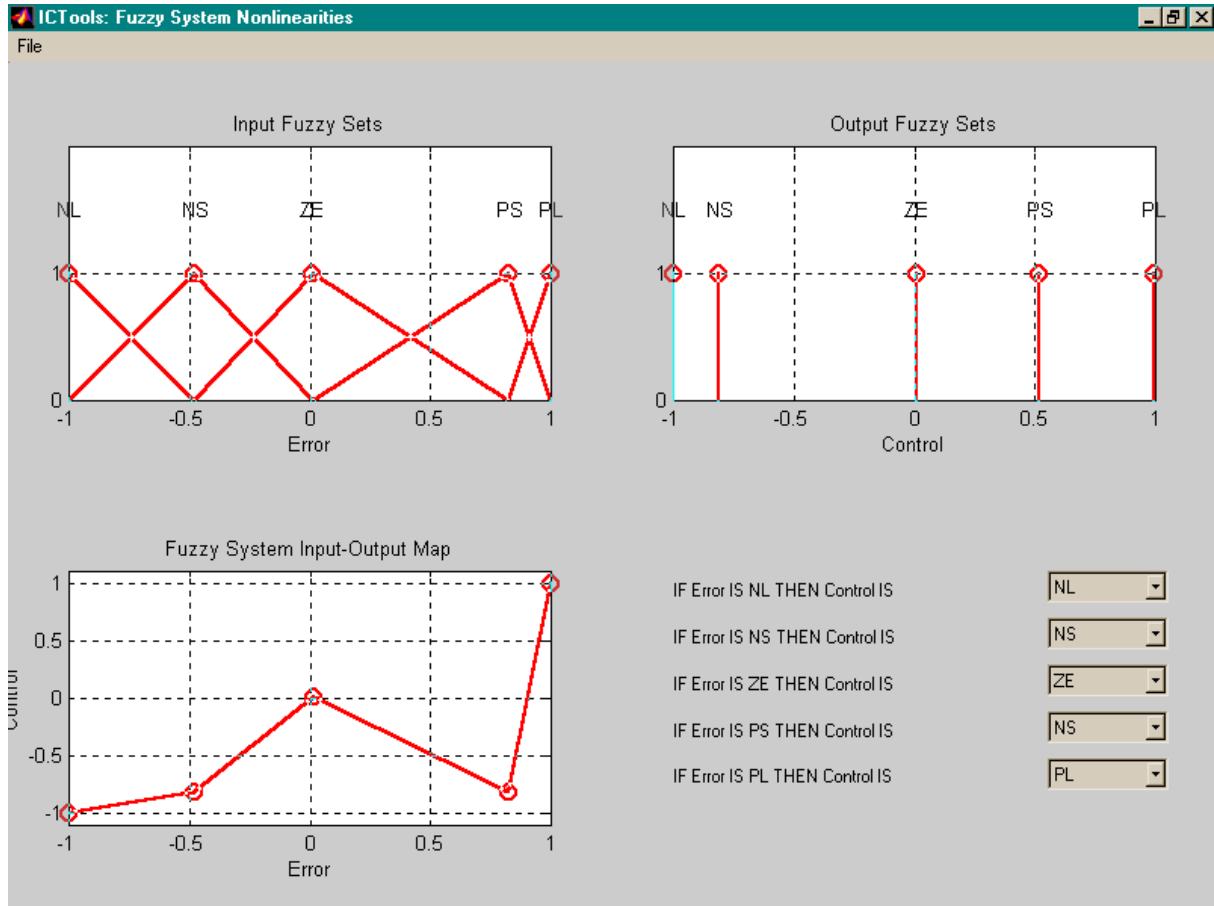


Fig. 3. Funcția de transfer neliniară a compensatorului vag.

- Termenii lingvistici utilizați în stabilirea algoritmului vag al compensatorului sunt în practică mult mai mulți decât în exemplul considerat. Semnificația lor nu este, contrar așteptărilor, înțeleasă ușor de către utilizator. Același lucru se poate spune și despre reguli.
- Regulatele clasice pot fi acordate experimental *in situ*. Regulatele cu compensatoare vagi necesită un program special pentru definirea funcțiilor de apartenență și acordarea impune simulări repetate.

- Spre deosebire de regulatoarele clasice, pentru sistemele automate cu regulatoare vagi nu există metode de analiză și proiectare analitice. Se utilizează proiectarea prin încercări și verificări cu ajutorul simulării.
- Mulți operatori cu pregătire medie ai instalațiilor tehnologice au dificultăți cu acordarea și întreținerea sistemelor automate cu regulatoare PID. Statisticile arată că din această cauză multe bucle de reglare automată sunt deschise prin punerea regulatorului pe poziția de comandă manuală. Cum credeți că vor reacționa acești operatori față de regulatoarele vagi care adesea au algoritmi mai complicați decât cel exemplificat?
- Datorită complexității calculelor, regulatoarele vagi necesită perioade de eșantionare de zece ori mai mari decât regulatoarele numerice convenționale. Practic aceasta înseamnă că dacă nu se folosesc procesoare specializate, mai scumpe, aplicarea lor se restrânge la conducerea proceselor lente.
- În trecut, unele regulatoare sau automate vagi erau mai ieftine decât echivalentul lor convențional. Din această cauză au fost folosite la unele bunuri de larg consum. În prezent se folosesc microcalculatoare în ambele situații și acest avantaj pentru controlerele vagi, sau fuzzy, conform denumirii comerciale, a dispărut.

Totuși regulatoarele vagi au un viitor. Nu prin înlocuirea regulatoarelor numerice convenționale. Ele pot conține nu compensatoare vagi, ci identificatoare sau experți bazați pe logica vagă. Există de asemenea situații în care nu se pot folosi algoritmi de tip convențional, de exemplu PID. Aceste cazuri se referă de obicei la procese multivariabile, neliniare, imprevizibile sau insuficient cunoscute. Chiar și în aceste situații însă, algoritmi bazați pe logica vagă sunt combinați cu alți algoritmi, convenționali sau nu. Transparența modului de funcționare a unor astfel de sisteme automate pentru operatorul cu pregătire medie va fi însă foarte redusă. Proiectarea și întreținerea lor vor necesita sisteme de programe speciale care să faciliteze interacțiunea cu utilizatorul.