

FUZZY Logika je zasnovana na ideji da se sve zasniva na određenim stupnjevima. Fuzzy logika nalikuje ljudskom zaključivanju u svojoj upotrebi ne sasvim tačnih informacija i nesigurnosti da donese odluke. Napravljena je da matematički reprezentuje nesigurnost i neodređenost i da obezbedi propisane alate za rad sa sustinskom nepreciznošću mnogih problema.

Fuzzy logika je deo skupa fuzzy teorija koja se bavi sa reprezentacijom znanja i zaključivanjem. To je skup matematičkih principa za reprezentaciju znanja zasnovanu na stepenu članstva. Bavi se stepenima istine i stepena članstva.

Skup A od X je definisan funkcijom $\mu_A(x)$ koja se naziva funkcijom članstva skupa A $\mu_A(x): X \rightarrow [0,1]$, gde

je $\mu_A(x) = 1$ ako x u potpunosti pripada A; $\mu_A(x) = 0$ ako x nije u A; $0 < \mu_A(x) < 1$ ako se x delimično nalazi u A.

Ovaj skup omogućava kontinuum mogućih izbora.

Jezicka promenljiva je fuzzy promenljiva koja sa sobom nosi koncept odredjivaca fuzzy setova koji se zovu **hedges**. Oni menjaju oblik fuzzy setova.

Kada element fuzzy skupa A pripada konacnom univerzumu diskursa $A = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$

fuzzy skup se obeležava sa $A = \mu_A(x_1)/x_1 + \dots + \mu_A(x_n)/x_n$ gde je $\mu_A(x_i)/x_i$ (pojedinačan objekat/jednolan skup) par: stepen članstva/element.

If A is the fuzzy set, its **complement** $\neg A$ can be found as follows: $\mu_{\neg A}(x) = 1$

$-\mu_A(x)$ (Koliko elemenata ne pripada setu?) **Sadržanje** (Koji setovi pripadaju nekim drugim?) Elementi fuzzy podskupa imaju manje članstvo u njemu nego u

skupu. **Presek** (koliko el. je u oba skupa?) U fuzzy skupovima el. može delimično da pripada i jednom i drugom skupu sa različitim stepenom članstva. Fuzzy presek je nizi stepen članstva u oba skupa svakog elementa.

$\mu_{A \cap B}(x) = \min [\mu_A(x), \mu_B(x)] = \mu_A(x) \cap \mu_B(x)$, gde $x \in X$. **Unija** (Koliko od elementa je u svakom skupu?)

U fuzzy skupu unija je suprotno od preseka. Unija je viši stepen članstva u oba skupa.

$\mu_{A \cup B}(x) = \max [\mu_A(x), \mu_B(x)] = \mu_A(x) \cup \mu_B(x)$, where $x \in X$

Svojstva: Jednakost dva fuzzy seta IF AND ONLY IF: $\mu_A(x) = \mu_B(x), \forall x \in X$

Inkluzija (obuhvatanje) Fuzzy set $A \subseteq X$ je podskup drugog fuzzy skupa, B $\subseteq X$: $\mu_A(x) \leq \mu_B(x), \forall x \in X$

Kardinalnost: Je tzv Sigma broj koji je zapravo suma vrednosti članstva funkcije A, $\mu_A(x)$:

$card_A = \mu_A(x_1) + \mu_A(x_2) + \dots + \mu_A(x_n) = \sum \mu_A(x_i), \quad \text{for } i=1..n$

Prazan fuzzy skup: ako i samo ako $\mu_A(x) = 0, \forall x \in X$

α -cut: ili alfa nivo skupa fuzzy skupa $A \subseteq X$ je prost skup $A_\alpha \subseteq X$, takav da $A_\alpha = \{x \in X \mid \mu_A(x) \geq \alpha\}$.

Podrska skupu A je podskup X koji se sastoji od svih elemenata sa stepenom članstva: **$supp(A) = \{x \mid \mu_A(x) > 0 \text{ and } x \in X\}$** . **Jezgro skupa A** je podskup X koji se sastoji od svih el. sa stepenom članstva **$core(A) = \{x \mid \mu_A(x) = 1 \text{ and } x \in X\}$**

Fuzzy pravilo je uslovni iskaz u obliku: Ako je x A, onda je y B. x, y su jezičke promenljive, A i B su jezičke vrednosti određene fuzzy skupovima X i Y. Vrednost izlaza ili stepena pripadnosti članstvu može biti procenjeno direktno iz odgovarajućeg stepena pripadnosti prethodnika. Ovaj način fuzzy izvođenja koristi metod **monotone selekcije**.

Najcesce koriscena tehnika fuzzy zakljucivanja je tzv **Mamdanijev metod**.4 koraka:

1.Fuzzyfikacija ulaznih promenljivih 2.Evaluacija pravila (zakljucivanje,izvodjenje)

3.Agregacija pravila za izlaze (kompozicija) 4.Defuzzyfikacija

Fuzzyfikacija- uzimamo ulaze i odredjujemo stepene pripadnosti ovih ulaza u odgovarajucim fuzzy skupovima. **Evaluacija**-(evaluacija fuzzy pravila da bi proizveli izlaz za svako pravilo)uzimaju se fuzzyfikovani ulazi i primenjuju na prethodnike.ukoliko pravilo ima vise prethodnika operatorii and ili or se koriste da bi dobili broj koji predstavlja rezultat evaluacije prethodnika. (za disjunkciju unija tj OR,a za konjuknciju AND tj presek).Sada rezultat evaluacije prethodnika moze da se primeni na f-ju pripadnosti sledbenika.Najcese se za to koristi tzv **metod clipping** tj alpha cut,tj odbaci se funkcija pripadnosti sledbenika na nivou stepena istinitosti prethodnika.(gube se neke informacije fuzzy skupa ali se ovaj metod cesce koristi jer koristi manje kompleksnu matematiku i generise izlaze koji se lakse defuzzyraju.)Drugi nacin je **scalling** i on nudi bolji pristup kako bi se sacuvao originalni izgled fuzzy skupa(f-ja pripadnosti sledbenika se prilagodjava mnozenjem svih njegovih stepena pripadnosti sa vrednoscu istinitosti prethodnika pravila.(ovaj metod gubi manje informacija)
Agregacija je proces ujedinjavanja izlaza svih pravila(uzimamo f-je pripadnosti svih sledbenika pravila prethodno klipovanih ili skaliranih i kombinujemo ih u jedan fuzzy skup.)

Defuzzyfikacija(ulaz za ovaj proces je izlaz agregacije,a izlaz je broj.Najcesci metod je centroidalna tehnika,koji pronalazi tacku gde bi vertikalna linija podelila agregirani skup na dva identicna dela tj nalazi **cenar gravitacije** na intervalu[a,b].Ovaj centar

$$\text{gravitacije se moze izraziti kao COG} = \frac{\int_a^b \mu A(x) x dx}{\int_a^b \mu A(x) dx} \quad)$$

Mamdanijev metod zahteva da nadjemo teziste dvodimenzionalnog oblika integrisuci neprekidno promenljivu f-ju.Ovaj metod nije racunski efikasan.**Sugeno** je predlozio da se uzme jednoclan skup kao f-ja pripadnosti pravila sledbenika.On je promenio pravilo sledbenika,umesto fuzzy skupa koristio je matematicku f-ju ulazne promenljive.

njegovo pravilo kaze IF **x is A AND y is B THEN z is f(x, y)** gde u x,y,z jezicke promenljive,Ai B su fuzzy skupovi, a f(x,) je mat f-ja.Najcesce se koristi njegovo 0-order pravilo koje ima formu IF **x is A AND y is B THEN z is k** gde je k konstanta.U ovom slucaju izlaz svakog fuzzy pravila je konstantan i sve f-je pripadnosti sledbenika se predstavljaju jednoclanim skupovima.COG kod Sugena postaje WA (weighted average)

$$WA = \frac{\mu(k1) \times k1 + \mu(k2) \times k2 + \mu(k3) \times k3}{\mu(k1) + \mu(k2) + \mu(k3)} = \frac{0.1 \times 20 + 0.2 \times 50 + 0.5 \times 80}{0.1 + 0.2 + 0.5} = 65$$

Sugenov metod je racunski efikasniji i reaguje dobro na optimizacije i adaptivne tehnike sto ga cini veoma dobrim narocito za probleme dinamickih nelinearnih sistema
Process izrade fuzzy ekspertskeg sistema .1.Specifirati problem i definisati jezicke promenljive 2.Odrediti fuzzy skupove(veliki broj oblika,definisuje se i za ulazne i izlazne promenljive) 3.Konstruisati fuzzy pravila 4.Sifrovati fuzzy skupove,pravila i procedure da izvode fuzzy zakljucivanje u eksp. sistem(cpp,c,ili koristii matlab) 5.Evaluirati i podesiti sisteem(evaluacija se izvrsava na test primerima nekoliko reprezentativnih vrednosti promenljivih;podesavanje se sastoji iz provere,dodavanja/menjanja f-ja pripadnosti i pravila u cilju da se povecaju performanse sistema)