INTELIGENTNI SISTEMI- pitanja I odgovori za drugi kolokvij

Husetić Kerim 1031

I grupa pitanja

1. Šta je proces učenja iz podataka?

Proces učenja iz podataka je algoritam (obično softwerski implementiran), koji estimira nepoznatu zavisnost izmedju sistemskih ulaza i izlaza iz raspoloživog skupa podataka.

2. Od kojih faza se sastoji proces učenja iz podataka?

Proces učenja se sastoji od:

- Prikupljanje podataka iz okruženja
- Indukcija - predstavlja učenje ili estimaciju (procjenu) nepoznatih zavisnosti u sistemu za dati skup uzoraka.
- Dedukcija - korištenje estimiranih zavisnosti u cilju predikcije novih izlaza za buduće vrijednosti sistema.
- Analize informacija.

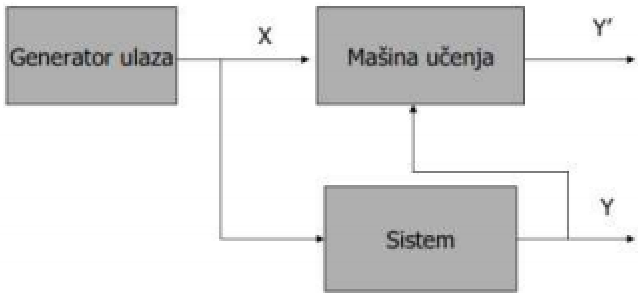
3. Koji su oblici izvođenja zaključaka iz procesa učenja?

Postoje dva oblika izvođenja zaključaka:

- Induktivno zaključivanje u naukama u kojima se na osnovu prikupljenih podataka razvijaju provizioni modeli za opis i predviđanje budućeg ponašanja sve dok se ne pojave anomalije u modelu, koji se tada rekonstruiše. Za istinitu premisu daje podršku zaključku bez davanja apsolutne sigurnosti njegovoj istinotisti.
- Deduktivno zaključivanje polazi od istinite pretpostavke (premise) i garantuje istinitost izvedenog zaključka. Uobičajeno je u matematici i logici gdje detaljno obrađene strukture nepobitnih

4. Šta je induktivno mašinsko učenje?

Mašinsko učenje - proces estimacije nepoznate ulazno-izlazne zavisnosti ili strukture sistema, upotrebom određenog broja observacija ili mjerenja ulaza i izlaza sistema.



5. Nadzirano učenje (Supervised learning)(tip metode učenja)?

Koristi se za estimaciju nepoznate zavisnosti iz poznatih ulazno-izlaznih uzoraka (primjera).

Klasifikacija, regresija - uobičajene forme

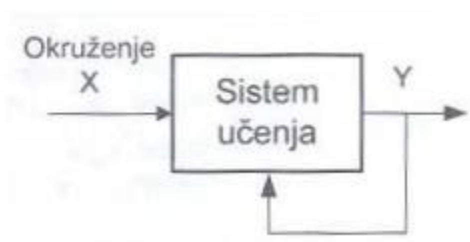
Podrazumjeva egzistenciju učitelj-fitnes funkcije ili neke druge eksterne metode za estimaciju

Termin "supervised" podrazumjeva da su izlazne vrijednosti za treniranje uzoraka poznate (tj. obezbjedjene "učiteljom")

6. Nenadzirano učenje(Unsupervised learning)?(tip metode učenja)

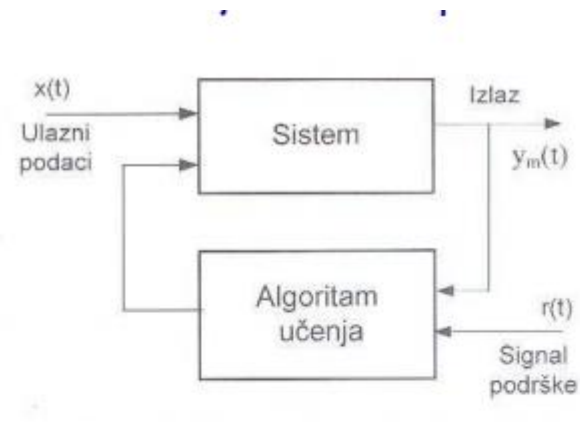
Samo uzorci sa ulaznim vrijednostima su dati sistemu učenja; nema notacije izlaza tokom procesa učenja.

Eliminisan je "učitelj". Cilj ove metode je otkriti "prirodnu strukturu" u ulaznim podacima



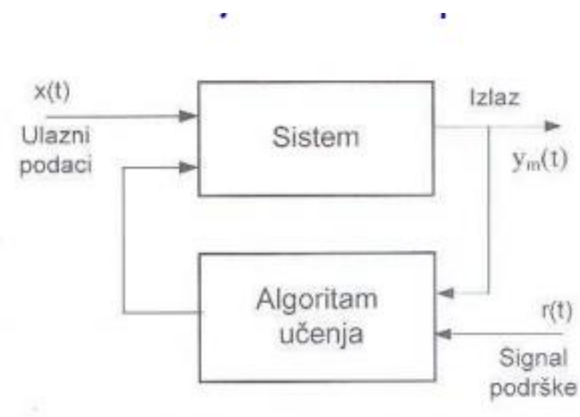
7. Učenje sa podrškom (Reinforcement learning)?(tip metode učenja)

Kod učenja sa podrškom učenik ne zna izričito ulazno-izlazni uzorak ali dobija neki oblik povratne informacije iz okoline.



8. **Klasifikacija(uobičajne forme učenja)?**

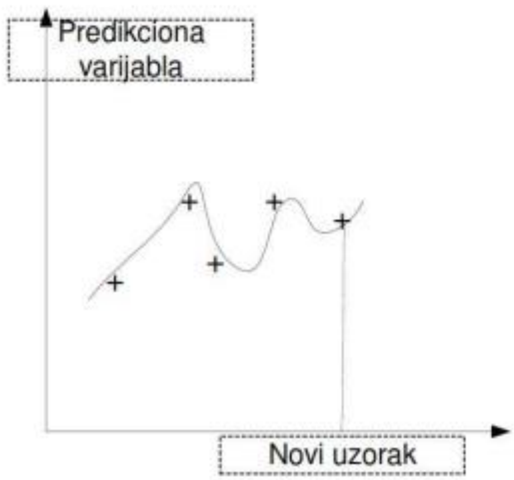
Klasifikacija – klasificira ulazne podatke u nekoliko predefinisanih klasa.



9. **Regresija(uobičajne forme učenja)?**

Regresija – rezultat procesa učenja je funkcija učenja, koja mapira podatke u realne predikcione varijable.

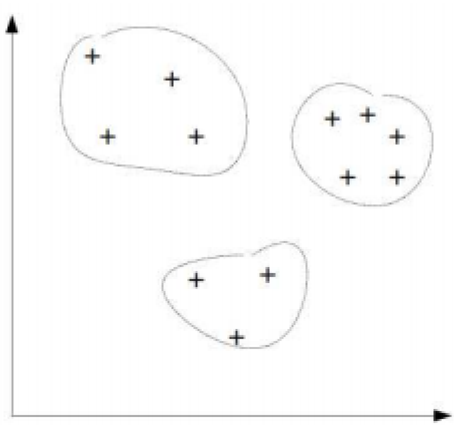
a



10. Klastering(uobičajne metode učenja)?

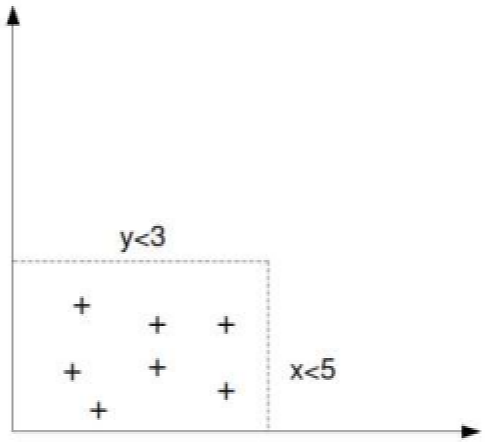
Klastering – najčešća forma procesa učenja. Identificira se konačan set kategorija ili klastera za opis podatka. Svaki novi uzorak može biti pridružen jednom od postojećih klastera, korištenjem sličnosti sa klasterskim karakteristikama kao kriterijumom.

i



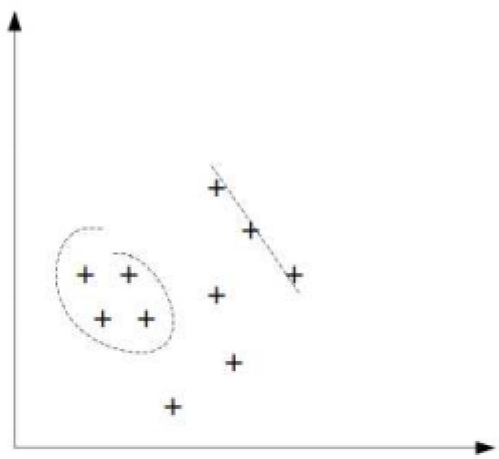
11. Sumarizacija(uobičajne metode učenja)?

Sumarizacija – uključuje metode za pronalaženje kompaktne deskripcije za set ili podset podataka.



12. Modeliranje zavisnosti(uobičajne metode učenja)?

Modeliranje zavisnosti – sastoji se od pronalaženja modela koji opisuje značajnu zavisnost izmedju karakteristika ili vrijednosti u setu podataka ne prekrivajući kompletan set, nego samo specifične setove (elipsa ili linearna relacija)



II grupa pitanja

1. Stabla odlučivanja kao klasifikator?

Spada u klasifikacionu metodu s ciljem klasificiranja atributa s obzirom na zadanu ciljnu varijablu.

- Često se kombinuje sa metodom grupisanja podataka.
- Osnovna verzija algoritma ID3 (eng. Induction of Decision Trees).

• Najpoznatiji algoritam konstrukcije stabala odlučivanja je C4.5.

2. **Na čemu su zasnovana stabla odlučivanja?**

Stabla odlučivanja su zasnovana na teoriji vjerovatnoće i pojave. kao i na strategiji zavisnih i nezavisnih varijabli.

3. **Koje tipove čvorova može sadržavati stablo odlučivanja?**

Stablo odlučivanja u svojoj strukturi može sadržavati dva tipa čvorova:

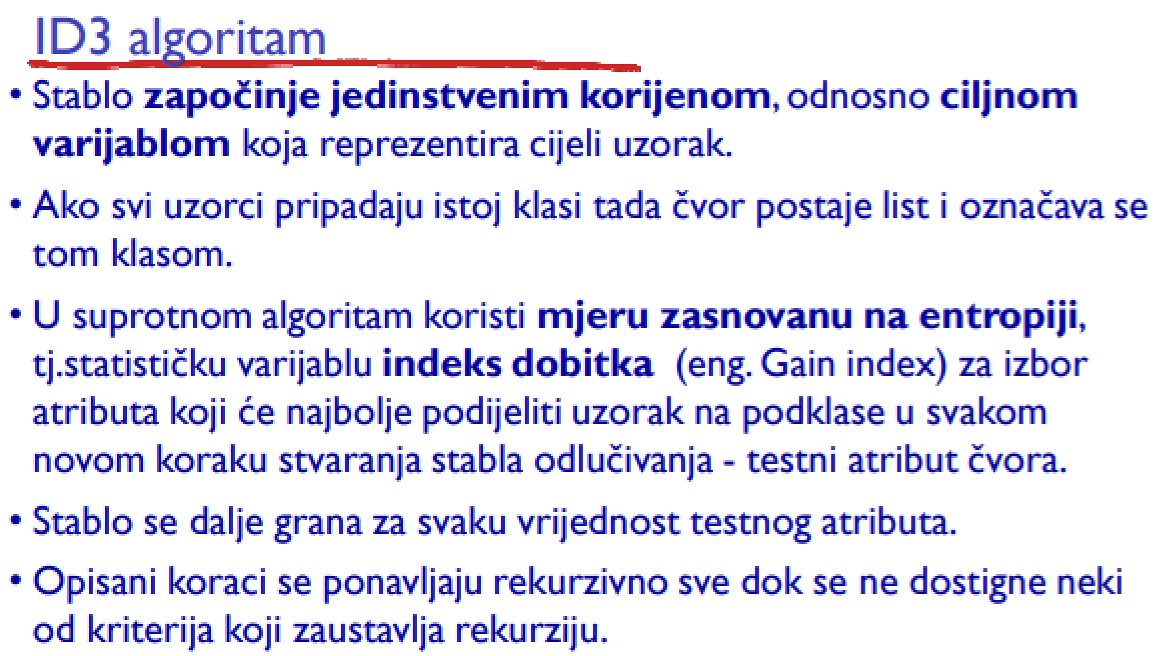
• *Čvorovi odluke* definišu određeni uslov u obliku vrijednosti određenog atributa (varijable), iz kojeg izlaze grane koje zadovoljavaju određene vrijednosti tog atributa.

• *Krajnji čvorovi ili čvorovi odgovora ili list* se nazivaju oni čvorovi kojima se završava određena grana stabla. Krajnji čvorovi definišu klasu kojoj pripadaju primjeri koji zadovoljavaju uslove na toj grani, tj. oni predstavljaju sva moguća rješenja zadatog problema.

4. **Navesti najpoznatije algoritme stabla odlučivanja?**

Najpoznatiji algoritmi stable odlučivanja su ID3 I C4.5.

5. **ID3 algoritam stabla odlučivanja?**



6. **C4.5 algoritam stable odlučivanja?**

C4.5 algoritam

- Entropija skupa S za m različitih vrijednosti računa se prema sljedećoj formuli:

$$E(S) = -\sum_{i=1}^{m} p_i log_2(p_i)$$

gdje je p_i proporcija klase i u skupu S. Ako ciljni atribut prima m različitih vrijednosti, maksimalna entropija iznosi $\log_2 m$.

III grupa pitanja

1. **Šta je fuzzy skup?**

Fuzzy skup – skup kojem elementi (objekti) mogu pripadati sa različitim stepenom pripadnosti.

Fuzzy skup predstavlja osnovni element za obradu nepreciznosti u fuzzy logici. Za razliku od klasičnog (diskretnog) skupa koji predstavlja kolekciju elemenata sa istim svojstvima, za fuzzy skup možemo reći da predstavlja kolekciju elemenata sa sličnim svojstvima.

2. **Visina fuzzy skupa i njegova normalizacija?**

Visina fuzzy skupa je maksimalni stepen pripadnosti fuzzy skupa: $V(A) = sup\mu_A(x) = max\mu_A(x)$

3. **Konveksnost fuzzy skupa?**

Konveksnost fuzzy skupa se ogleda u činjenici da funkcija pripadnosti takvog fuzzy skupa ne može ići "gore-dole" više od jednom (slika). Skupa A je konvekson ako i samo ako vrijedi:

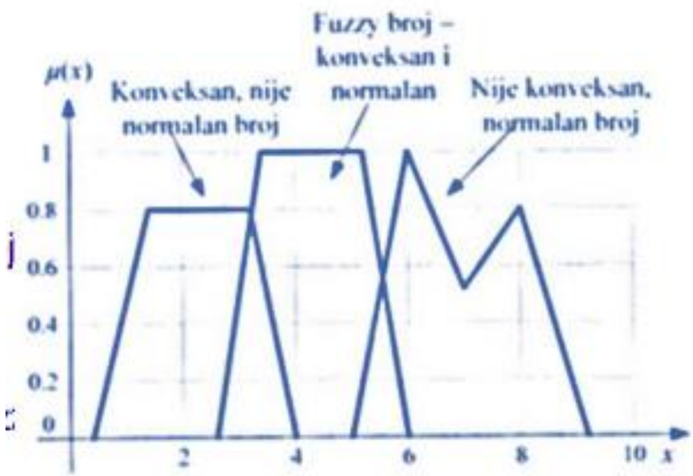
$$\mu_A(y) \geq \min[\mu_A(x), \mu_A(z)]$$

pri čemu su x,y i z elementi skupa A za koje vrijedi $x<y<z$

4. **Šta je fuzzy broj?**

Fuzzy broj – realan broj predstavljen fuzzy skupom koji se širi oko vrijednosti realnog broja.

Fuzzy broj je normalan i konveksan fuzzy skup čiji jezgro sadrži najmanje jednu tačku.



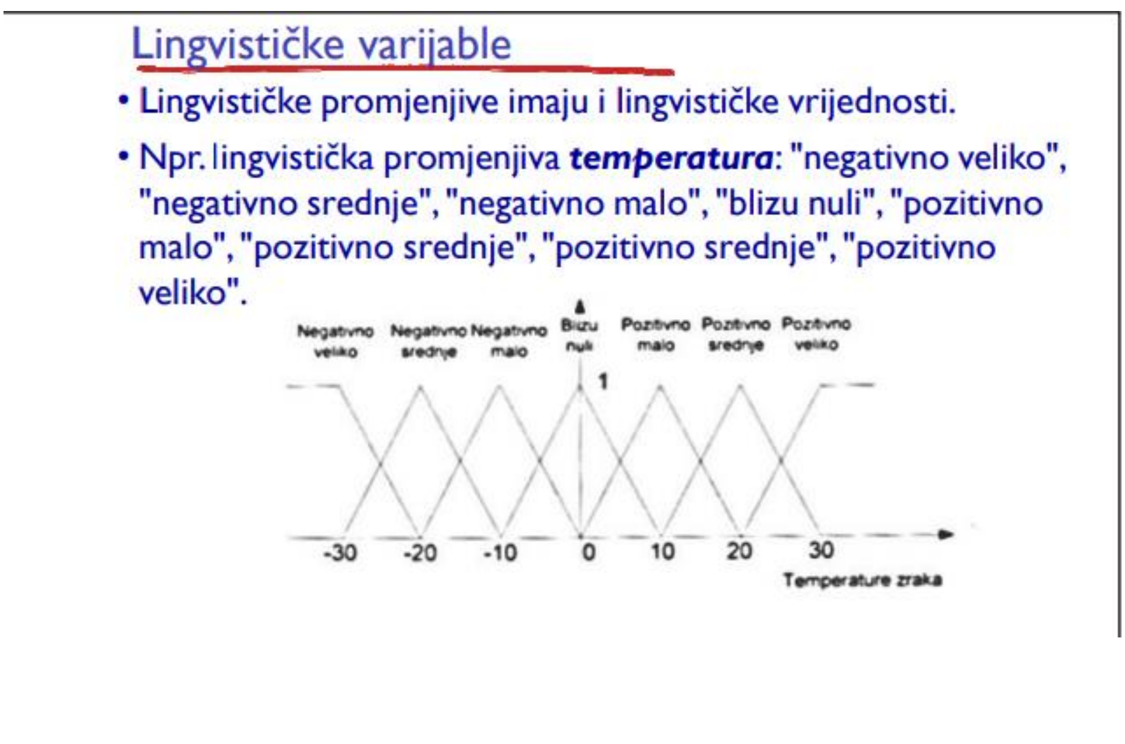
5. **Šta je lingvistička varijabla?**

Lingvistička varijabla je osnovni pojam u približnom zaključivanju.

Uvođenje lingvističkih varijabli omogućava približan (ali sistemski) opis i analizu sistema koju su nejasni ili prekosloženi da bi se na njih primijenile konvencionalne matematičke metode.

Lingvističke varijable su promjenjive koje su određene lingvističkim vrijednostima i kao takve prihvatljive ljudskoj logici zbog svoje neizrazitosti.

Lingvističke varijable se nazivaju opisnim imenima.



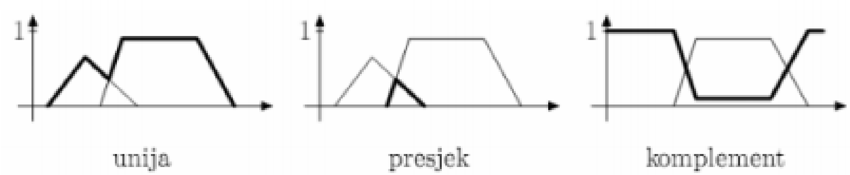
6. **Fuzzy skup tipa singleton?**

Za praktičnu primjenu fuzzy logike u cilju upravljanja sistemima od posebne je važnosti postojanje fuzzy skupa sa jednim elementom za koji funkcija pripadnosti ima vrijednost 1 (eng. sharp peak). Takav skup se naziva fuzzy skup tipa singleton (eng. fuzzy singleton)

7. **Operacije nad fuzzy skupovima?**

Fuzzy operatori

- Fuzzy operatori su specijalno definisani operatori za rad sa fuzzy skupovima.
- Fuzzy skup A sa funkcijom pripadnosti μ_A i fuzzy skup B sa funkcijom pripadnosti μ_B.
- Fuzzy operacije: presjek, unija, komplement.



Fuzzy operatori

Neka su A i B fuzzy skupovi definisani na skupu X.

- Jednakost fuzzy skupova.

A=B, ako $(\forall x \in X)\mu_A(x) = \mu_B(x)$

- Podskup fuzzy skupa.

$A \subset B$, ako $(\forall x \in X)\mu_A(x) \leq \mu_B(x)$

- Komplemet fuzzy skupa $\bar{A}$

$$\mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x)$$

- Unija fuzzy skupova

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

- Presjek fuzzy skupova

$$A \cap B = \{(x, \mu_{A \cap B}(x)) \mid (x \in X, \mu_{A \cap B}(x) = \min(\mu_A(x), \mu_B(x))\}$$

Fuzzy operatori

- Definicija operacija **presjeka i unije** nad fuzzy skupovima izvedena je preko fuzzy operatora tzv. **trokutna norma** (T-norma) i S-norma (T-konorma) respektivno.
- Trokutna ili triangularna norma (T-norma) je binarna operacija na intervalu [0,1].

$$T:[0,1] \otimes [0,1] \rightarrow [0,1]$$

koja ima sljedeće odsobine:

- komutativnost $T(x,y) = T(y,x)$
- asocijativnost $T(T(x,y), z) = T(x, T(y,z))$
- monolitnost $T(x,y) \leq T(z,w)$ ako je $x \leq z$ i $y \leq w$
- zadovoljava ograničenost $T(0,0) = 0; T(x,1) = T(1,x) = x$

Fuzzy operatori

- Ako je T trokutasta norma, S preslikavanje je trokutasta konorma:

$$S:[0,1] \oplus [0,1] \rightarrow [0,1]$$

koja ima sljedeće odsobine:

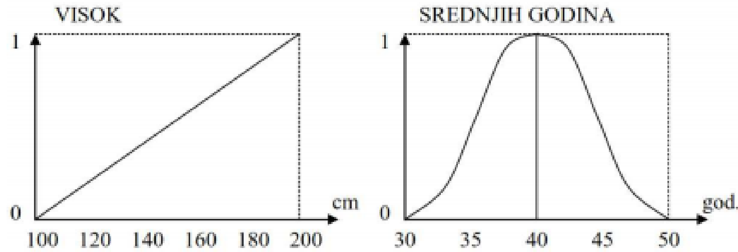
- komunikativnost $S(x,y) = S(y,x)$
- asocijativnost $S(S(x,y), z) = S(x, S(y,z))$
- monotlitnost $S(x,y) \leq S(z,w)$ ako je $x \leq z$ i $y \leq w$
- zadovoljava ograničenost $S(1,1) = 1;\ S(x,0) = x;\ S(0,x) = x$

- Postoji sljedeća generalna relacija između T-norme i S-norme:

$$x \otimes y = 1 - ((1 - x) \oplus (1 - y))$$

Fuzzy operatori - primjer

- Neka imamo definisana dva fuzzy skupa: VISOK i SREDNJIH GODINA (slika). Pretpostavimo da osoba X ima visinu x i pripada skupu VISOK sa stepenom pripadnosti 0.82, a ima y godina i piprada skupu SREDNJIH GODINA sa stepenom pripadnosti 0.77 . Odredimo stepen pripadnosti osobe X skupovima VISOK ∩ SREDNJIH GODINA i VISOK U SREDNJIH GODINA koristeći pravila za uniju i prekej fuzzy skupova:



Fuzzy teorija skupova ne poredi elemente skupova nego stepenje njihove pripadnosti skupovima:

$$\mu_{\text{VISOK} \cap \text{SREDNJIH GODINA}} = \min(0.82, 0.77) = 0.77$$
$$\mu_{\text{VISOK} \cup \text{SREDNJIH GODINA}} = \max(0.82, 0.77) = 0.82$$

---

8. Fuzzy relacija?

Fuzzy relacije

- Fuzzy relacija je prirodno proširenje pojma fuzzy skupova kao i relacije u klasičnoj teoriji skupova (funkcija je specijalan slučaj relacije).
- Dok kod klasičnih relacija imamo mogućnosti da dva ili više elemenata iz domena budu ili ne budu u relaciji, kod fuzzy relacije imamo slučaj da elementi mogu imati veći ili manji stepen međusobne povezanosti.
- Klasične relacije: više x-ova → jedan y
- Fuzzy relacije: više x-ova sa više y i obrnuto.

Fuzzy relacije

- Neka su X i Y neprazni skupovi. Fuzzy relacija R je fuzzy podskup od XxY,tj.:

$$R = \{((x,y),\mu_R(x,y)) \mid (x,y) \in X \times Y\}$$

- Ako je X=Y tada je to fuzzy binarna relacija u skupu X.
- Fuzzy relacija predstavlja višedimenzionalni fuzzy skup gdje funkcija pripadnosti predstavlja višedimenzionalnu funkciju.
- Fuzzy relaciju R u multidimenzionom prostoru se definiše kao:

$$R = \{\mu_R(x_1,...,x_n)/(x_1,...,x_n) \mid x_1 \in X_1,...,x_n \in X_n\}$$

- ili na kontinualnom domenu:

$$R = \int_{X_1} ... \int_{X_n} \mu_R(x_1,...,x_n)/(x_1,...,x_n)$$

9. Čime su određene lingvističke vrijednosti lingvističkih varijabli?

Lingvističke varijable

- Lingvistička varijabla je varijabla čiji su argumenti fuzzy brojevi (koji su normalni i konveksni) ili su općenito predstavljene fuzzy skupovima.
- Lingvistička varijabla je određene lingvističkim vrijednostiama, a lingvističke vrijednosti su određene funkcima pripadnosti, koje određuju način na koji se neki element univerzalnog skupa preslikava (mapira) u interval [0,1].
- Lingvistička varijabla je četvorka (**x, A(x), U, M**), gdje je:
  - x naziv lingvističke varijable
  - A(x) skup lingvističkih vrijednosti (termina, izraza) koje može poprimiti lingvistička varijabla x
  - U je stvarna fizička domena u kojoj elementi iz A poprimaju numeričke vrijednosti (kontinuirana, diskretna)
  - M je semantička funkcija koja daje (kvantitativno) značenje lingvističkim izrazima. M je funkcija koja svakom x iz A pridružuje fuzzy podskup od U.

Lingvističke varijable - primjer

- Definisanje lingvističke varijable x:

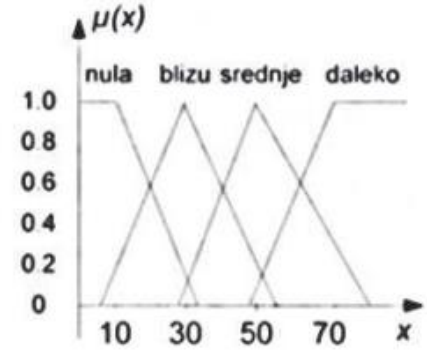
x = "Udaljenost od prepreke"

A(x) = {"nula, "blizu", "srednje", "daleko"}

U = [0, 100]

M: X → A(x)

- U graničnim domenima univerzalnog skupa koriste se ⌉ i ⌈ funkcije
- Serija trougaonih funkcija se koristi u sredini skupa
- Lingvistička vrijednost "daleko" preslikava vrijednost 55 na 0.2, vrijednost 60 u 0.5, a vrijednost 70 u 1.



10. Šta je fuzzy pravilo?

Fuzzy pravila i fuzzy relacije

- Za povezivanje propozicija koriste se riječi (veznici) I, ILI, NE, AKO - ONDA. (AND, OR, NOT, IF-THEN)
- Na ovaj način moguće je formirati različite složene fuzzy propozicije kao npr:

x je A1 I y je A2

x je NE A1 ILI y je A2

AKO x je A1 ONDA y je A2

- Kombinacijom propozicija i veznika nastaje **fuzzy pravilo** (eng. fuzzy rule) koje u opštem slučaju ima oblik:

AKO R skup zadovoljenih uslova ONDA P skup posljedica

gdje su R i P fuzzy relacije

Fuzzy pravila i fuzzy relacije

- Opšti oblik fuzzy pravila:

  AKO R skup zadovoljenih uslova ONDA P skup posljedica

  gdje su R i P fuzzy relacije
- AKO R - fuzzy propozicija ili polazni dio pravila (premisa, pretpostavka)
- ONDA P - posljedični dio pravila ili konsekvenca (zaključak)
- Fuzzy pravilo opisuje uzročno-posljedične veze između ulaznih i izlaznih varijabli tj. sa aspekta automatizacije predstavlja spregu senzorskih informacija i upravljačkih akcija.
- U fuzzy logici operacije presjeka, unije i komplementa imaju svoje korespodente u vezama "I", "ILI", "NE" tako da se pomoću njih mogu kombinovati pojedine tvrdnje.

- Dva tipa fuzzy pravila:
  - Mamdani
  - Sugeno.
- Opšti oblik Mamdani pravila:

  AKO x1 je A1k **I** ... **I** xNk je ANk,k **ONDA** y1k je B1k, ... , yNy je BNyk
- Opšti oblik Sugeno pravila:

  AKO x1 je A1k **I** ... **I** xNk je ANk,k **ONDA** y je const

IV grupa pitanja

1. **Fuzzy zaključivanje?**
2. **Šta je kompoziciono pravilo zaključivanja?**

Fuzzy zaključivanje

- Fuzzy zaključivanje je proces formulacije transformacije **fuzzy ulaz** u **fuzzy izlaz** pomoću **fuzzy logike**. Može se posmatrati kao opšti slučaj matematičke opercije u kojoj se određuje funkcijska slika na osnovu zadane relacije (funkcije) i poznatog originala.

$$\mu_B(x,y) = \mu_A(x) \cdot R(x,y)$$

- Kompoziciono pravilo zaključivanja predstavlja specijalni slučaj generaliziranog modus ponensa. Umjesto korištenja AKO - ONDA pravila koristi se **eksplicitna fuzzy relacija R** između fuzzy skupova X i Y. Upotreba kompozicije relacija kako bi se iz nepozntih premisa došlo do posljedica tj zaključaka naziva se **kompoziciono pravilo zaključivanja fuzzy pristupa**.

3. **Šta je kompozicija fuzzy relacija?**

Kompozicija fuzzy relacija

- Povezivanje više fazzy relacija tj više propozicija, npr:

AKO nivo **je** dobar **I AKO** promjena_nivoa **je** pozitivna **ONDA** ventil **je** zatvori_polako

- Povezivanje različitih multidimenzionalnih domena naziva se **kompozicija**. Glavni zadatak kompozcije je zaključivanje stepena pripadnosti parova (x,z) u novoj fuzzy relaciji.
- Analiza primjera:
  - funkcija pripadnosti nivoa tečnosti (LV: nivo)
  - funkcija pripadnosti promjena nivoa tečnosti (LV promjena_nivoa)
  - Koristeći veznik "I" formirati kompoziciju i donijeti zaključak o poduzetoj akciji u smislu zatvaranja ventila.
  - Ako je nivo tečnosti u dozvoljenom opsegu i ako raste nivo tečnosti, onda se ventil može zatvoriti polako.

4. **Fuzzy kompozicija?**
5. **Min-max fuzzy kompozicija?**

Kompozicija fuzzy relacija - Max-Min

- Neka je data relacija $R_1(x,y)$ definisana na Kartezijanovom proizvodu XxY i $R_2(y,z)$ definisana na Kartezijanovom proizvodu YxZ.
  Max-Min kompozicija fuzzy relacija R_1 i R_2 je nova relacija $R_1 \circ R_2$ definisana na XxZ (maksimizacija se izvodi u odnosu na y) sa:

$$R_1 \circ R_2 = \int_{XxZ} \vee \left[\mu_{R_1}(x,y) \wedge \mu_{R_2}(y,z) \right] / (x,z)$$

- Na osnovu prethodne relacije može se definisati stepen pripadnosti parova (x,z) u novoj fuzzy relaciji sa:

$$\mu_{R_1 \circ R_2}(x,z) = \vee_y \left[\mu_{R_1}(x,y) \wedge \mu_{R_2}(y,z) \right]$$

6. **Max-proizvod fuzzy kompozicija?**

Kompozicija fuzzy relacija - Max-Proizvod

- U **Max-Proizvod** kompoziciji koristi se operator product (·) umjesto operatora (*), tako da nova relacija $R_1 \cdot R_2$ definisana na XxZ je prikazana sa:

$$R_1 \cdot R_2 = \int_{XxZ} \vee \left[\mu_{R_1}(x,y) \cdot \mu_{R_2}(y,z) \right] / (x,z)$$

- Na osnovu prethodne relacije može se definisati stepen pripadnosti parova (x,z) u novoj fuzzy relaciji sa:

$$\mu_{R_1 \cdot R_2}(x,z) = \vee_y \left[\mu_{R_1}(x,y) \cdot \mu_{R_2}(y,z) \right]$$

7. **Max-srednje fuzzy kompozicija?**

Kompozicija fuzzy relacija - Max-Srednje

- U **Max-Srednje** kompoziciji koristi se operator za aritmetičku sumu (+) podijeljeno sa 2 umjesto operatora (*), tako da sada nova relacija $R_1 <+> R_2$ definisana na XxZ ima sljedeći izgled:

$$R_1 <+> R_2 = \int_{XxZ} \vee \left[1/2(\mu_{R_1}(x,y) + \mu_{R_2}(y,z)) \right] / (x,z)$$

- Na osnovu prethodne relacije može se definisati stepen pripadnosti parova (x,z) u novoj fuzzy relaciji sa:

$$\mu_{R_1<+>R_2}(x,z) = \vee_y \left[1/2(\mu_{R_1}(x,y) + \mu_{R_2}(y,z)) \right]$$

ZADACI!...

8. **Fuzzy implikacija (Implikacione fuzzy relacije)?**

Pojedinačno fuzzy odlučivanje - Implikacione fuzzy relacije

- Analitička forma pravila "AKO-ONDA" je fuzzy relacija koja se naziva implikaciona relacija.
- Implikacione relacije se dobijaju na osnovu specifičnih kriterija aplikacije, logike i iskustva, te interpretacije veznika "I", "ILI" i "INAČE".
- Da bi se dobila implikaciona relacija iz pravila:

AKO x je A ONDA y je B

unosi se informacija s lijeve strane pravila i s desne strane pravila u tzv implikacioni operator, tako da se dobija implikaciona relacija, gdje su A i B lingvističke vrijednosti.

- **Implikaciona relacija daje vezu između premise i posljedice pravila.**

Pojedinačno fuzzy odlučivanje - Implikacione fuzzy relacije

- Ako je matematska forma AKO-ONDA pravila za kontinualni, odnosno diskretni domen, respektivno:

$$R = \int_{(x,y)} \mu(x,y)/(x,y)$$

$$R = \sum_{(x_i,y_i)} \mu(x_i,y_i)/(x_i,y_i)$$

onda je funkcija pripadnosti implikacione relacije:

$$\mu(x,y) = \Phi\left[\mu_A(x), \mu_B(y)\right]$$

gdje je Φ **implikacioni operator** koji kao ulaz uzima funkciju pripadnosti uzročnih i posljedičnih dijelova pravila. Funkcijom Φ je pored implikacije pojedinih pravila obuhvaćeno i akumuliranje pravila.

Funkcija Φ je uobičajeno definisana kao kombinacija T-norme i S-konorme (za implikaciju odnosno akumulaciju pravila)

9. Agregacija fuzzy pravila?

Agregacija fuzzy pravila

- Upravljanje procesima zahtjeva upotrebu većeg broja pravila.
- Proces formiranja **konačnog zaključka** na osnovu pojeinačnih zaključaka dobijenih svakim pojedinačnim pravilom naziva se **proces agregacije**.
- Ukoliko pravila moraju biti istovremeno zadovoljena pravila se povezuju "I" vezama, što znači da se ukupni izlaz računa presjekom svih pojedinačnih zaključaka pravila, tj. **koristeći operaciju minimuma nad izlaznim fuzzy funkcijama pripadadnosti skupova**.

Agregacija fuzzy pravila

- Generalna forma lingvističkih pravila:

  AKO propozicija ONDA konsekvenca

- Forme konačnog zaključivanja:
  - Fuzyy zaključivanje - Mamdanijev princip zaključivanja
  - Fuzyy zaključivanje - Sugenov princip zaključivanja (Takagi-Sugeno-Kangov princip zaključivanja)

10. Mamdanijev princip zaključivanja?

Mamdanijev princip zaključivanja

- Mamdanijev sistem zaključivanja za fuzzy sistem koji sadrži dva ulaza i jedan izlaz:

$$\text{AKO } x_1 \text{ je } A_{x1} \text{ I } x_2 \text{ je } A_{x2} \text{ ONDA } y_k \text{ je } B_k$$
$$k=1,\ldots,r \text{ (broj pravila)}$$

- gdje su A_{x1} i A_{x2} fuzzy skupovi koji predstavljaju prvi i drugi dio uzročnog dijela pravila 1 odnosno 2, ovisno o indeksu broja pravila k; B_k fuzzy skupovi koji predstavljaju zaključak k-tog fuzzy pravila; r ukupan broj pravila. Ulazi x_1 i x_2 su realne klasične vrijednosti.

- Bazira se na Max-min kompoziciji u slučaju r aktiviranih pravila:

$$\mu_{B_k}(x_{1i}, x_{2j}) = \max\left\{\min_{k=1}^{r}\left[\mu_{A_{x1}}(x_{1i}), \mu_{A_{x2}}(x_{2j})\right]\right\}, k = 1,\ldots,r$$

gdje i i j predstavljaju indekse realnih vrijednosti koje poprima fuzzy varijabla.

11. Sugenov princip zaključivanja?

Sugenov princip zaključivanja

- Opšti oblik ovog pravila podrazumijeva da se u posljedičnom dijelu pravila nalaze linearne funkcije ulaza ili konstantne skalarne vrijednosti (eng. singeltons). Za fuzzy sistem sa dva pravila:

$$\text{AKO } x_1 \text{ je } A_{x1} \text{ I } x_2 \text{ je } A_{x2} \text{ ONDA } y_k \;\; y_k = p_k x_1 + q_k x_2 + r_k$$

- Ovaj princip zaključivanja je sličan Mamdanijevom principu: prva dva dijela fuzzy zaključivanja (pretvaranje klasičnih vrijednosti u fuzzy skup i primjena fuzzy operatora) su potpuno isti.
- Glavna razlika da su Sugenove izlazne funkcije pripadnosti ili linearne ili konstante (za Sugenov model 0-tog reda izlaz postaje konstanta).

- Primjer Sugenov model prvog reda s jednom ulaznom i jednom izlaznom varijablom dat je s tri pravila:

AKO je x mali	ONDA je $y = 3x + 2$
AKO je x srednji	ONDA je $y = -2{,}5x + 30$
AKO je x veliki	ONDA je $y = -0.01x + 5$

V grupa pitanja

1. **Šta je Fazifikacija?**

Fazifikacija

- Fazifikacija predstavlja vrstu predstave crisp veličina u takav oblik da bude primjenjiv u fuzzy logici. Često se ovaj postupak naziva i **kodiranje**. Ovo omogućavaju funkcije pripadnosti, koje ustvari mapiraju stepen istinitosti neke tvrdnje.
- Fazifikacija predstavlja preslikavanje numeričkih vrednosti ulaza x u fuzzy skup:

$$F : X \rightarrow XFUZ$$

gdje su sa XFUZ predstavljeni svi fuzzy skupovi koji se mogu definisati nad domenom X.

- Pridruživanje fuzzy skupa promjenjivoj x_i može se predstaviti relacijom: $F : X \rightarrow A$.

2. Šta je Defazifikacija?

- Defazifikacija predstavlja u proces suprotan procesu fazifikacije pa se naziva i dekodiranje. Ovo je proces koji treba da pretvori rezultat agregacije, koji u osnovi predstavlja presjek površi u signal koji je razumljiv procesu.
- Ulaz u proces defazifikacije je fuzzy skup koji predstavlja izlaz iz procesa agregacije. Izlaz iz procesa defazifikacije je (jedan) broj – crispness.
- Iako izlazni fuzzy skup sadrži izlazne vrijednosti u intervalu nekih vrijednosti, potrebno je kao izlaz imati jedan broj, tako da konačni izlaz za svaku ulaznu fuzzy varijablu je uobičajeno jedan crisp broj.

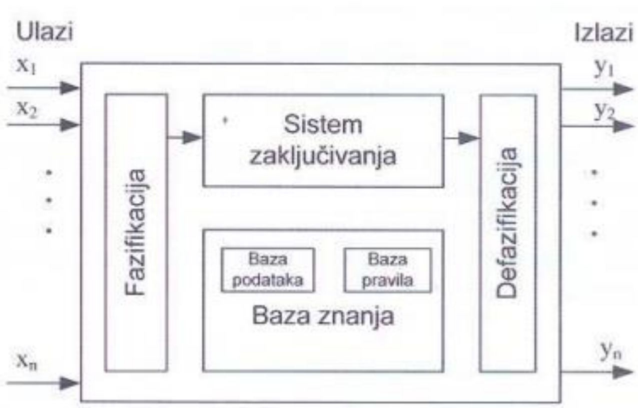
3. Metode defazifikacije?

- Metode defazifikacije prevode izlazni fuzzy skup u izrazitu (tzv. oštru vrijednost), tj. u numerički izlaz fuzzy regulatora.
- Najčešće korištene metode:
  - Metoda težišta ili centroid metoda (eng. centroid method, COA, COG)
  - Metoda maksimalne visine ili princip maksimalne pripadnosti (eng. max-membership principle, MOM)
  - Centar suma (eng. center of sums - COS).

4. Struktura fuzzy sistema baziranim na pravilima?

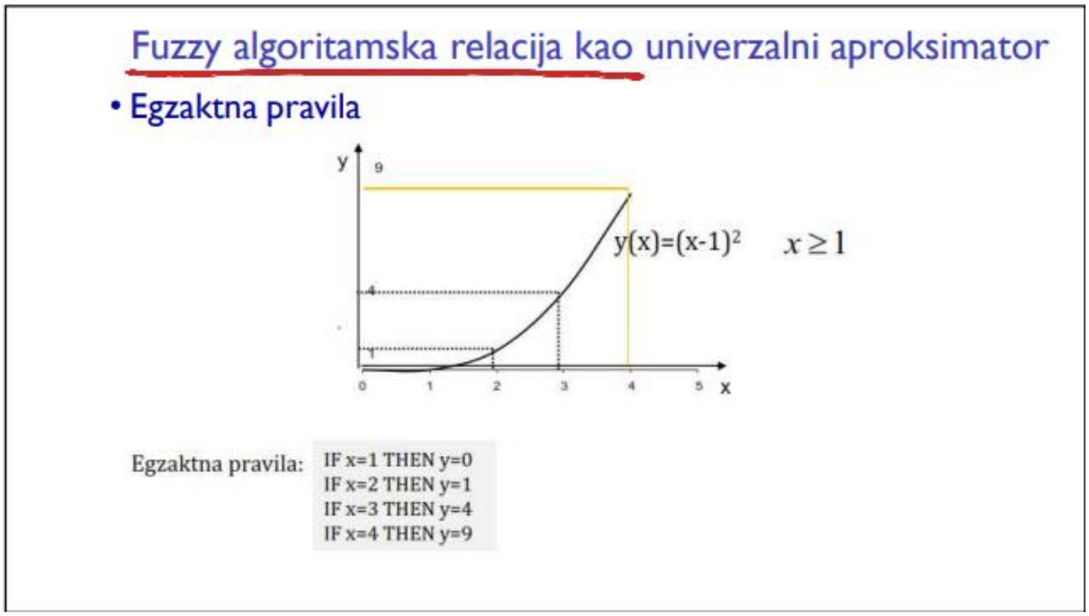
Fuzzy sistem baziranim na pravilima

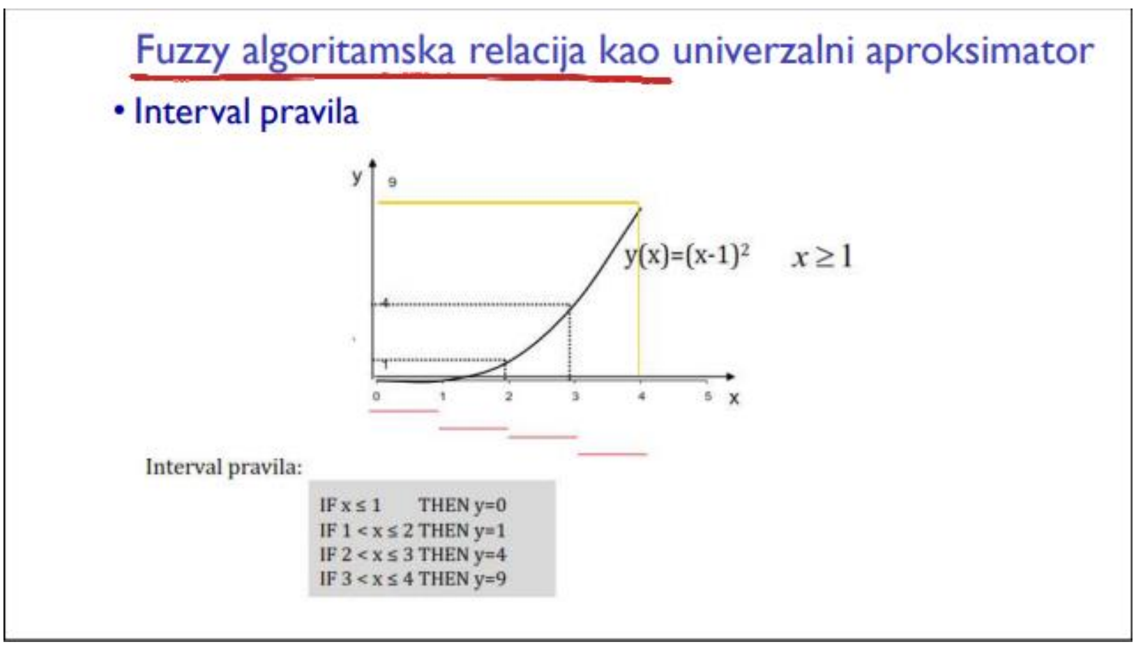
- Struktura fuzzy sistema baziranim na pravilima:

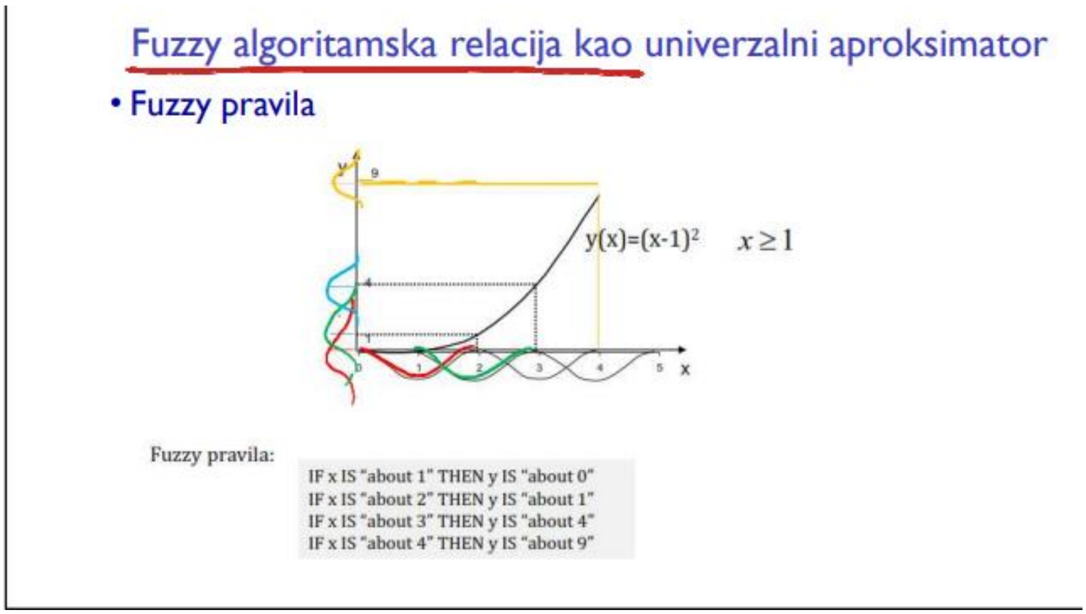


VI grupa pitanja

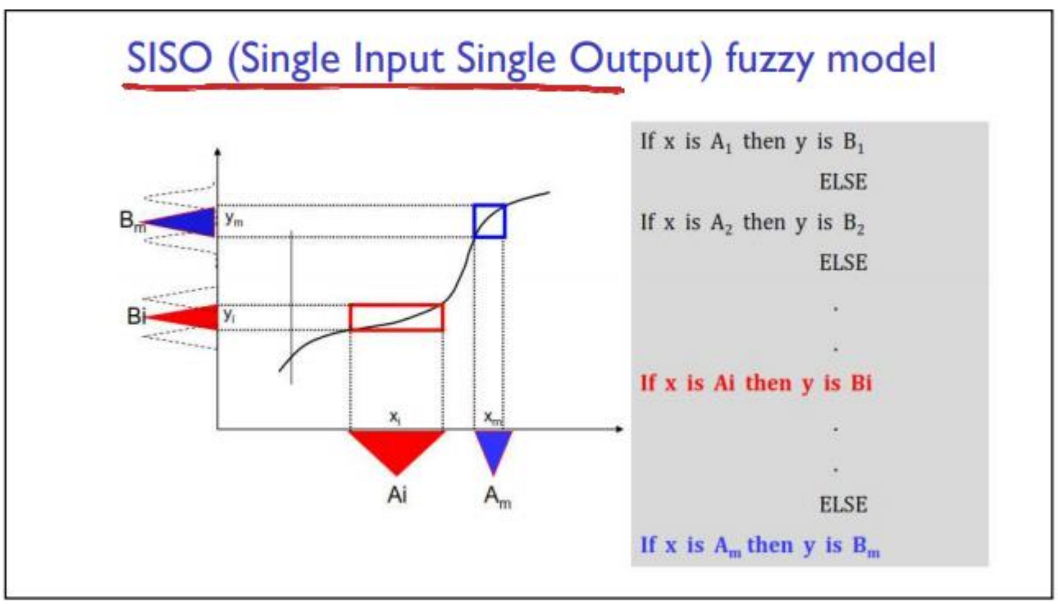
1. **Fuzzy algoritamska relacija kao univerzalni aproksimator?**







2. Single Input Single Output(SISO) fuzzy model?



3. Multiple Input Single Output(MISO) fuzzy model?

MISO (Multiple Input Single Output) fuzzy model

if x_1 is A_{11} and ... and x_m is A_{m1} then y is B_1

ELSE

if x_1 is A_{12} and ... and x_m is A_{m2} then y is B_2

ELSE

...

ELSE

If x_1 is A_{1n} and ... and x_m is A_{mn} then y is B_n

4. Multiple Input Multiple Output(MIMO) fuzzy model?

MIMO (Multiple Input Mimo Output) fuzzy model

if x_1 is A_{11} and ... and x_m is A_{m1} THEN

y_1 is $B_{11;}$ ... , y_s is B_{s1}

ELSE

if x_1 is A_{12} and ... and x_m is A_{m2} THEN

y_1 is $B_{12;}$ ... , y_s is B_{s2}

ELSE

...

ELSE

If x_1 is A_{1n} and ... and x_m is A_{mn} THEN

y_1 is $B_{12;}$ ... , y_s is B_{sn}