

# NEIZRAZITA LOGIKA

- Podešavanje neizrazitog sustava neuronskom mrežom (ANFIS)
- Podešavanje neizrazitog sustava genetskim algoritmom

# Podešavanje neizrazitog sustava neuronskom mrežom (ANFIS)

Nedostatak neizrazitog sustava je nemogućnost automatskog podešavanja na temelju raspoloživih podataka. Primjer: ekspertni sustav za medicinsku dijagnostiku.

ANFIS (*Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System*) kombinira transparentnost zaključivanja neizrazitog sustava s mogućnošću učenja neuronske mreže.

Prema ulaznim podacima ANFIS podešava parametre funkcija pripadnosti kako bi izlaz sustava za podatke za učenje imao što manju grešku.

Početni neizraziti sustav moguće je stvoriti automatski, ili je moguće podesiti postojeći sustav u kojem su ugrađene raspoložive informacije o problemu.

# Podešavanje neizrazitog sustava neuronskom mrežom (ANFIS)

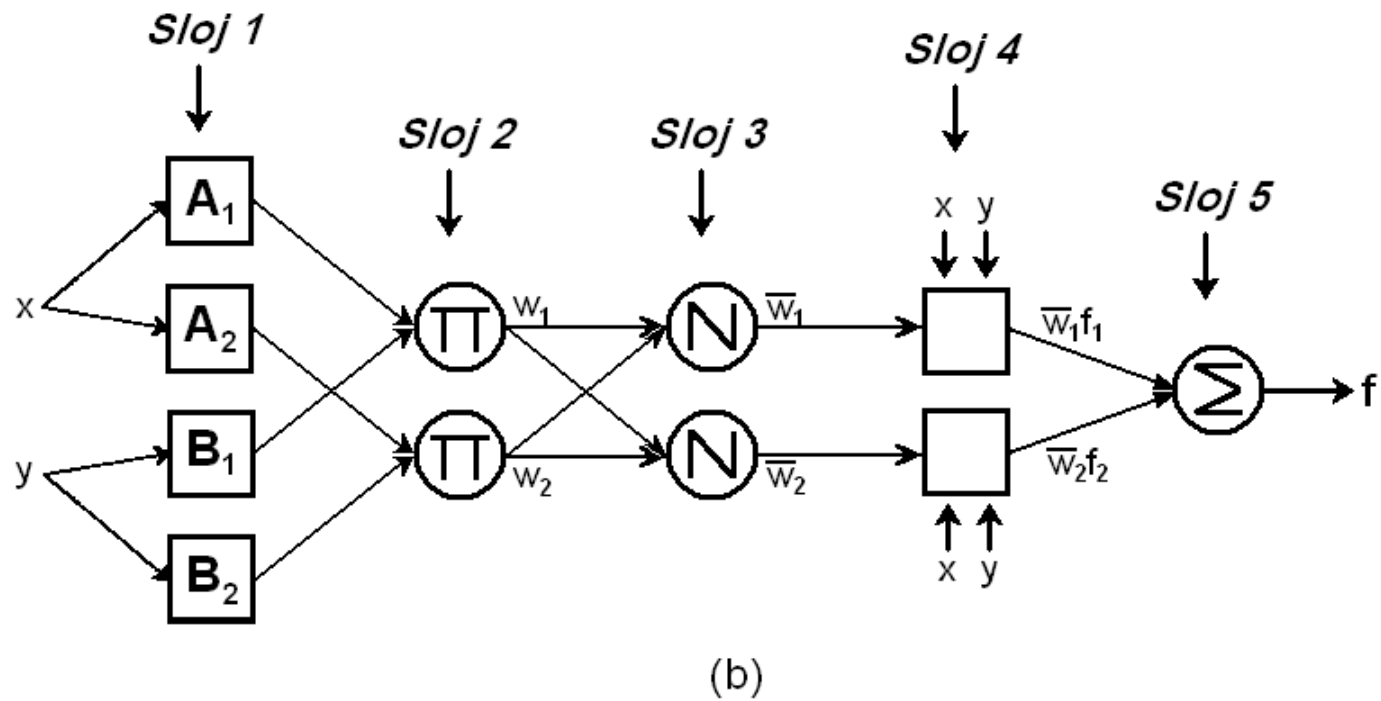
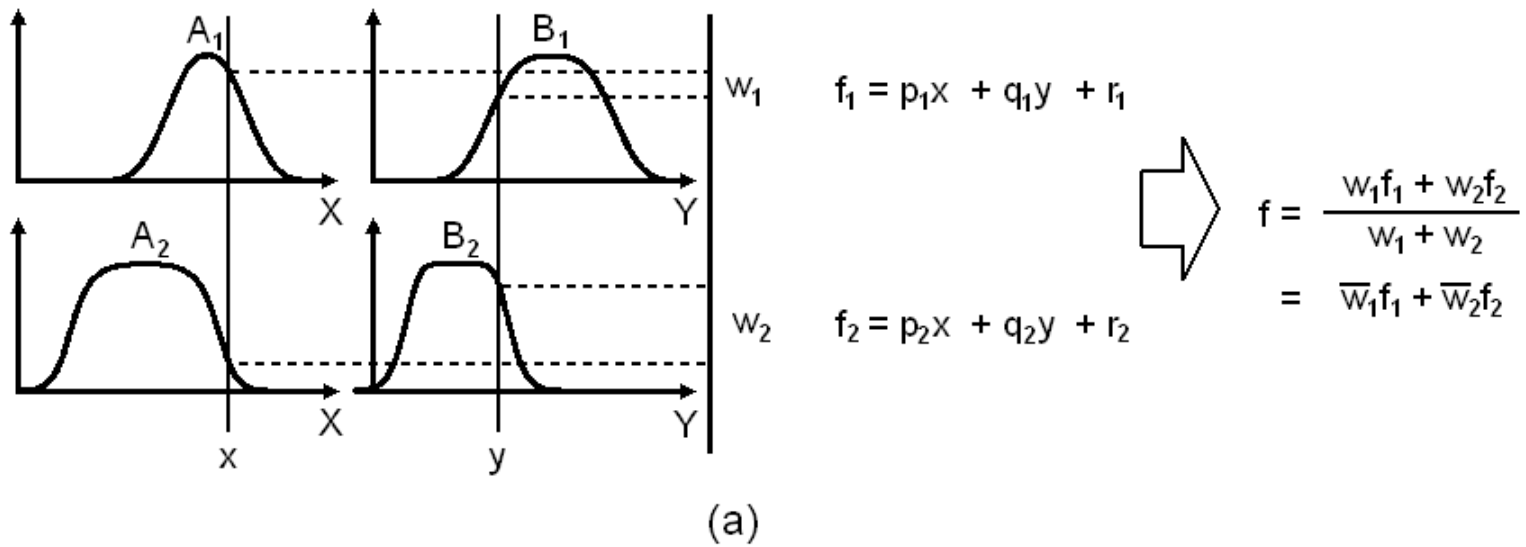
Neka Sugeno neizraziti sustav zaključivanja ima dva ulaza  $x$  i  $y$ , jedan izlaz  $z$  i sljedeća pravila:

Pravilo 1: Ako  $x$  je  $A_1$  i  $y$  je  $B_1$  tada  $f_1 = p_1 x + q_1 y + r_1$ ,

Pravilo 2: Ako  $x$  je  $A_2$  i  $y$  je  $B_2$  tada  $f_2 = p_2 x + q_2 y + r_1$ ,

gdje su  $x, y$  ulazne varijable sustava,  $A_i, B_i$  funkcije pripadnosti ulaznih varijabli, te  $p_i, q_i, r_i$  parametri izlaznih funkcija pripadnosti.

Sugeno neizraziti sustav zaključivanja i ekvivalentna ANFIS mreža prikazani su sljedećom slikom:



# Podešavanje neizrazitog sustava neuronskom mrežom (ANFIS)

Sloj 1: računa vrijednosti ulaznih funkcija pripadnosti

Sloj 2: evaluacija pravila

Sloj 3: računa normirane vrijednosti izlaza pravila

Sloj 4: računa vrijednosti izlaznih funkcija pripadnosti

Sloj 5: obavlja defuzifikaciju izlaza

# Podešavanje neizrazitog sustava neuronskom mrežom (ANFIS)

## Ograničenja:

- Sugeno neizraziti sustav mora biti nultog ili prvog reda.

- Sustav može imati samo jedan izlaz. Sve izlazne funkcije pripadnosti moraju biti istog tipa (linearne ili konstantne).

- Svaka izlazna funkcija pripadnosti treba biti određena točno jednim pravilom.

- Pravilo mora imati jediničnu težinu.

# Podešavanje neizrazitog sustava genetskim algoritmom

Preduvjet je mogućnost definiranja funkcije cilja. Kod neizrazitih ekspertnih sustava i klasifikatora, funkcija cilja može biti pogreška klasifikacije.

Kod neizrazitih regulatora funkcija cilja vrednuje kvalitetu dobivenog odziva. Najjednostavnije je računati srednju kvadratnu pogrešku dobivenog odziva prema referentnom.

Najčešće nije moguće koristiti realni proces za vrednovanja pojedinih regulatora, zbog sporosti odziva, te rizika od dovođenja procesa u opasno stanje. Korištenje modela procesa olakšava vrednovanje odziva i ubrzava rad genetskog algoritma, ali uspješnost ovisi o poklapanju modela s realnim procesom.

# Podešavanje neizrazitog sustava genetskim algoritmom

Osim definiranja funkcije cilja potrebno je kodirati neizraziti regulator, tj. definirati kromosom koji opisuje određeni neizraziti regulator.

Najčešće se koristi Sugeno tip neizrazitog regulatora.

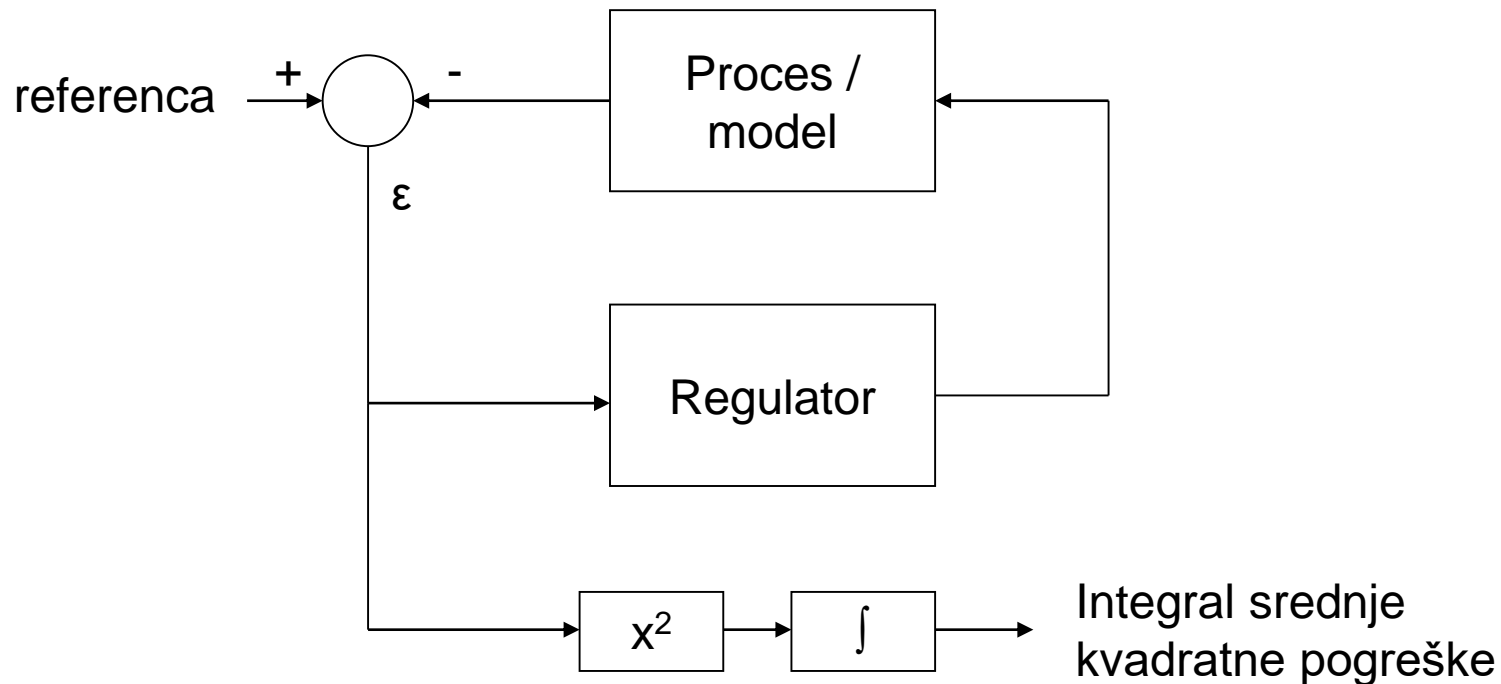
Parametre neizrazitog regulatora koji se mijenjaju potrebno je kodirati odgovarajućim genima, dok je preostale parametre moguće fiksirati. Pravila se najčešće definiraju za određeni proces i ne mijenjaju se. Također se ne mijenja broj i tip funkcija pripadnosti za pojedine varijable.

Genetskim algoritmom mijenjaju se parametri funkcija pripadnosti, te faktori težine pojedinih pravila.



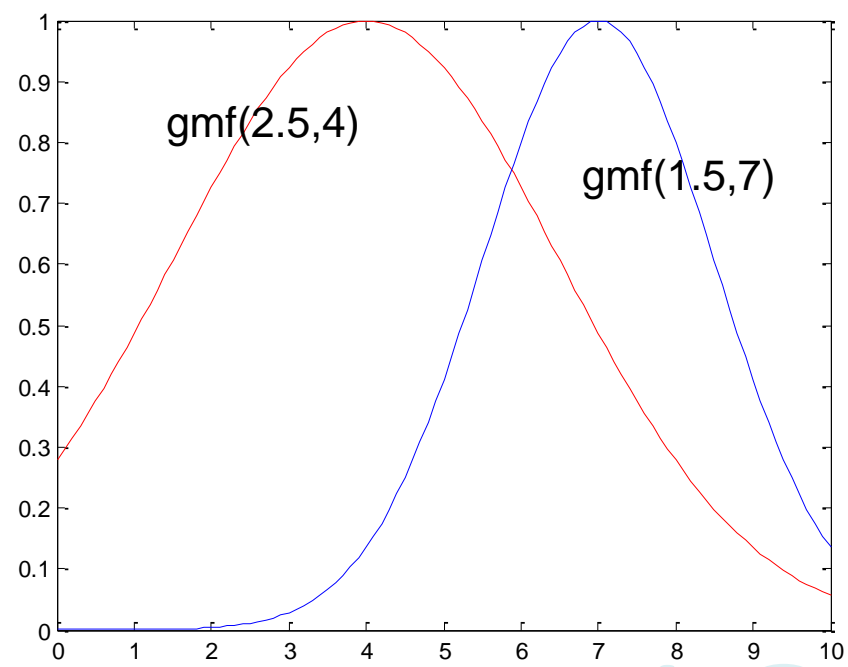
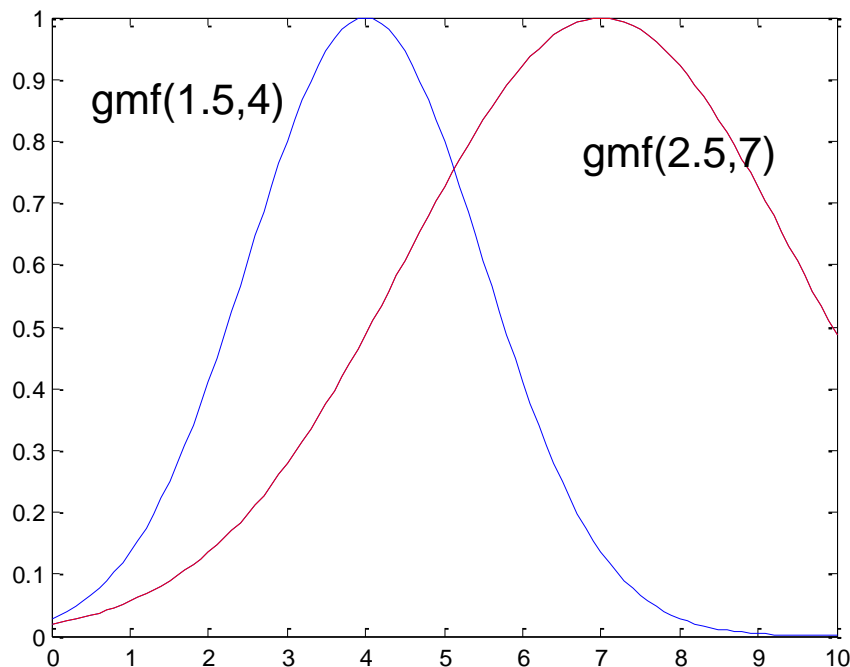
# Podešavanje neizrazitog sustava genetskim algoritmom

Princip vrednovanja odziva regulatora



# Podešavanje neizrazitog sustava genetskim algoritmom

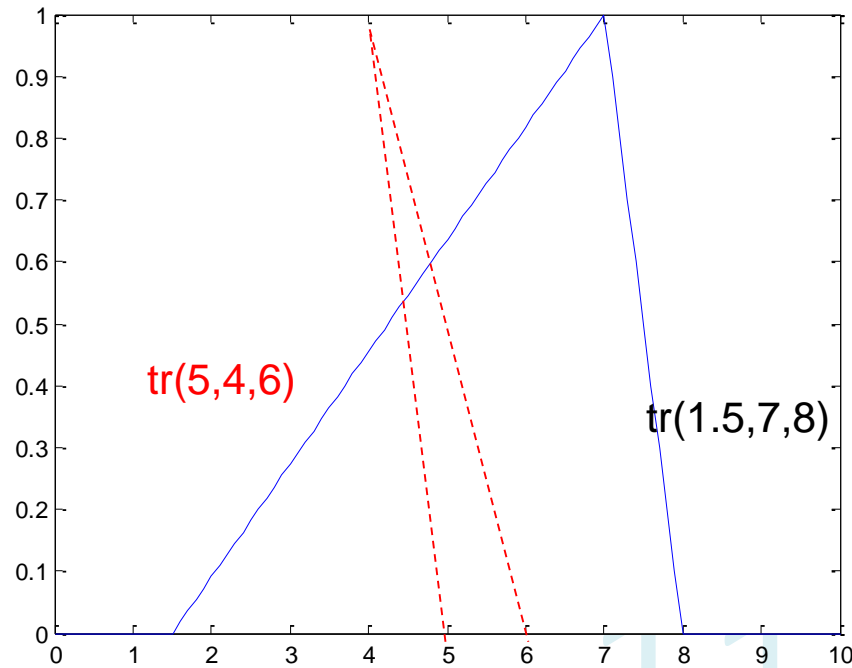
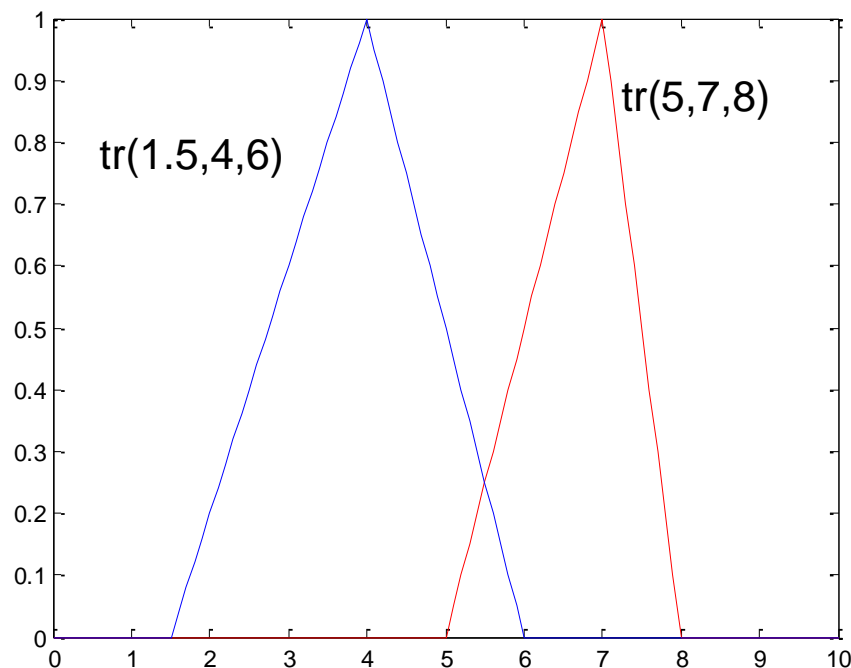
Način promjene funkcije pripadnosti ovisi o tipu funkcije. Kod funkcija s nezavisnim parametrima (npr. Gaussova), svaki parametar pojedine funkcije može biti zaseban gen. Rekombinacija uzrokuje zamjenu funkcija.



# Podešavanje neizrazitog sustava genetskim algoritmom

Ako isti princip primjenimo kod funkcija sa zavisnim parametrima (trokutna, trapezna, ...), može se desiti sljedeće:

rekombinacija funkcija pripadnosti na lijevoj slici s točkom prekida iza prvog parametra generirati će funkciju s nedozvoljenim parametrima



# Podešavanje neizrazitog sustava genetskim algoritmom

Kako bi se izbjegao navedeni problem potrebno je koristiti složene gene, tako da jedan složeni gen opisuje jednu funkciju pripadnosti. U tom slučaju rekombinacijom se zamjenjuju funkcije pripadnosti između pojedinih neizrazitih regulatora.

Neizraziti regulator kodira se na sljedeći način:



- Geni koji opisuju ulazne varijable sadrže parametre odgovarajućih funkcija pripadnosti. Funkcije pripadnosti izlaznih varijabli za Sugeno sustav nultog reda definirane su s po jednim parametrom, kao i faktori težine pravila.