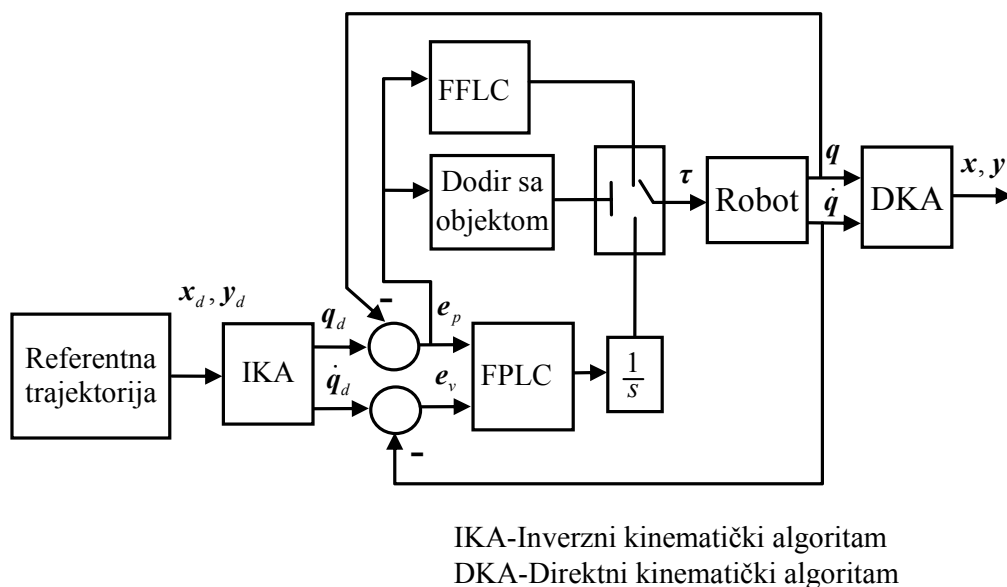


Vježba 14. Hibridno upravljanje položajem i silom dodira manipulatora.

Cilj vježbe: *Kombiniranje shema neizrazitog upravljanja položajem i silom dodira manipulatora pri slijeđenju kontinuirane putanje, odnosno trajektorije.*

Priprema za vježbu:

1. Proučiti strukture upravljanja položajem i silom dodira.
2. Blok shema neizrazitog hibridnog upravljanja robotom prikazana je na Sl. 14.1.



Slika 14.1. Hibridna shema neizrazitog upravljanja položajem robota i silom dodira sa okolinom.

Rad na vježbi:

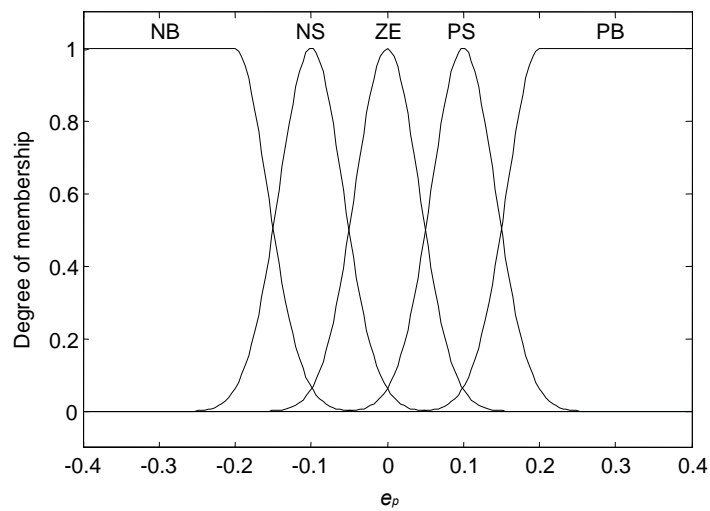
1. Modelirati sistem upravljanja sa Sl. 14.1. u Matlabu.
2. Neizraziti regulator pozicije FPLC (Mamdani).

Ulazi neizrazitog regulatora pozicije (FPLC) su pogreške pozicije e_p i e_v . Izaz regulatora predstavlja derivacija zglobovskog momenta $d\tau$. FPLC ima sedam neizrazitih pravila, dobivenih na temelju poznavanja modela i iskustva, u slijedećem obliku:

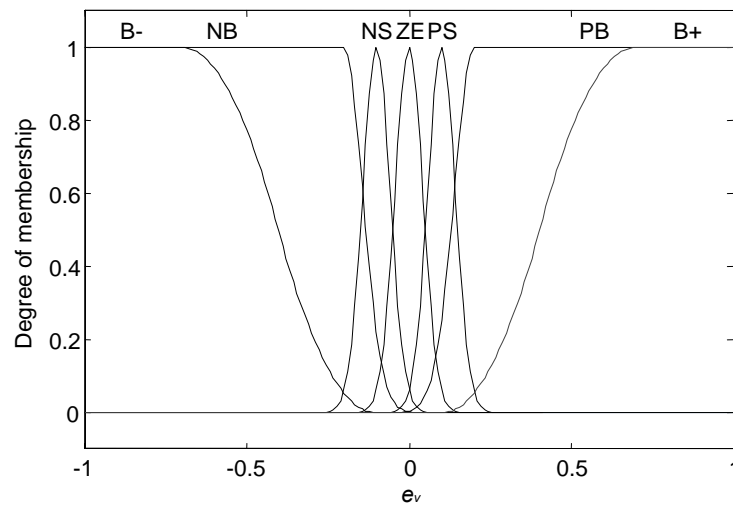
AKO (e_p je NS) or (e_v je NS) ONDA ($d\tau$ je PS)
 AKO (e_p je PS) or (e_v je PS) ONDA ($d\tau$ je NS)
 AKO (e_p je ZE) and (e_v je ZE) ONDA ($d\tau$ je ZE)
 AKO (e_p je NB) or (e_v je NB) ONDA ($d\tau$ je PB)
 AKO (e_p je PB) or (e_v je PB) ONDA ($d\tau$ je NB)
 AKO (e_v je B+) ONDA ($d\tau$ je B-)
 AKO (e_v je B-) ONDA ($d\tau$ je B+).

Oblici funkcija pripadnosti, odnosno neizraziti skupovi, ulaznih varijabli i izlazne varijable prikazani

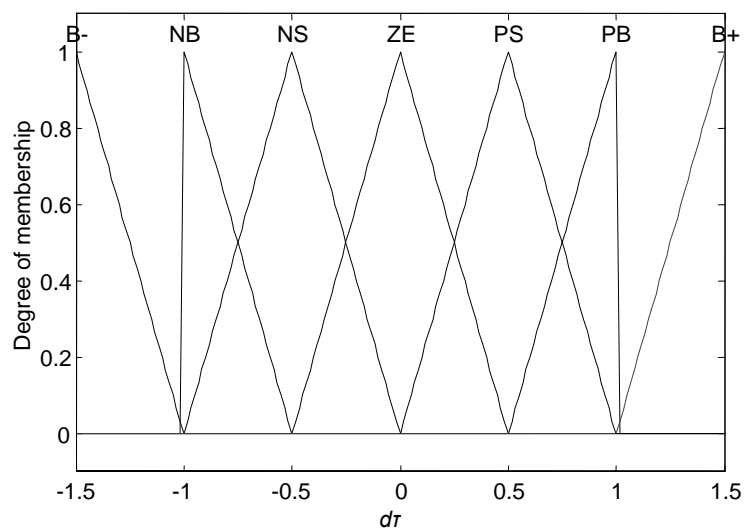
su na slikama 14.2, 14.3 i 14.4.



Slika 14.2. Funkcije pripadnosti ulaza e_p .



Slika 14.3. Funkcije pripadnosti ulaza e_v .



Slika 14.4.. Funkcije pripadnosti izlaza d_t .

Neizraziti skupovi B- i B+ uvedeni su da bi eliminirali prevelike promjene uglova i momenata zglobova.

Postupak centar gravitacije izoštavanja daje izlaze svih pravila kako slijedi:

$$y_j = \frac{\sum_{k=1}^r \mu_{B_j^k}(y_j^{*k}) y_j^{*k}}{\sum_{k=1}^r \mu_{B_j^k}(y_j^{*k})}, \quad j = 1, \dots, m,$$

gdje je $\mu_{B_j^k}(y_j^{*k}) = \min[(\mu_{A_1^k}(x_1^*), \dots, \mu_{A_n^k}(x_n^*))]$.

3. Neizraziti regulator sile dodira FFLC (Mamdani).

Ulazi neizrazitog regulatora sile (FFLC) su greške pozicije zglobova e_1 i e_2 . Izazi regulatora su zglobovski momenti τ_1 i τ_2 . Regulator posjeduje bazu pravila sa slijedeća četiri pravila:

AKO (e_1 je PE) ONDA (τ_1 je NE)
 AKO (e_1 je NE) ONDA (τ_1 je PE)
 AKO (e_2 je PE) ONDA (τ_2 je NE)
 AKO (e_2 je NE) ONDA (τ_2 je PE).

Oblici funkcija pripadnosti, odnosno neizraziti skupovi, ulaznih i izlaznih varijabli prikazani su na slikama 14.5, 14.6 i 14.7.

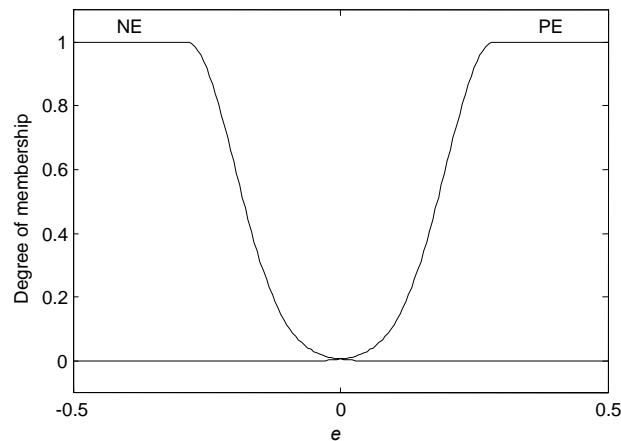


Figure 14.5. Funkcije pripadnosti ulaza e_1 i e_2 .

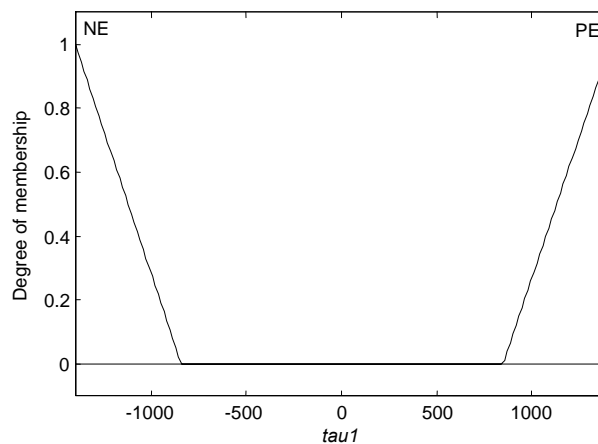


Figure 14.6. Funkcije pripadnosti izlaza τ_1 .

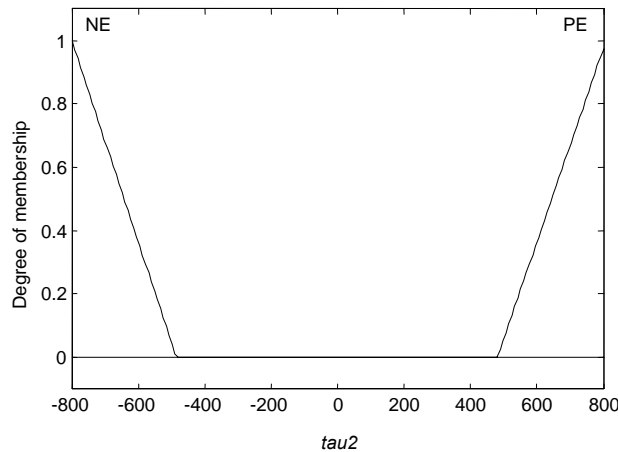


Figure 14.7. Funkcije pripadnosti izlaza τ_2 .

Neizrazita pravila FFLC su:

AKO (e_1 je PE) ONDA (τ_{11} je NE)
 AKO (e_1 je NE) ONDA (τ_{11} je PE)
 AKO (e_2 je PE) ONDA (τ_{22} je NE)
 AKO (e_2 je NE) ONDA (τ_{22} je PE).

4. Analizirati prvo upravljanje položajem, slijedeći složenu trajektoriju u operacijskom prostoru. Snimiti odziv slijeđenja referentne trajektorije u operacijskom prostoru, kao i korespondentne trajektorije u prostoru zglobova i odgovarajuće momente.
5. Nakon toga koristiti strukturu neizrazitog upravljanja silom dodira sa različitim koeficijentima elastičnosti $k_x=10^3$ N/m, $k_x=10^4$ N/m i $k_x=10^5$ N/m. Razmatrati ponašanje dvosegmentne planarne ruke u dodiru sa elastičnim objektom koji se nalazi u ravnini koja je paralelna sa ravninom robota. U toku simulacije robot dolazi u dodir sa elastičnim objektom. Na vrhu manipulatora je smještena igla kojom se pritišće objekat, pri čemu se pretpostavlja da objekat ima beskonačnu masu. U prvom trenutku vrh manipulatora nastoji razrezati elastični objekat, ukoliko je tu u mogućnosti, a što ovisi o konstanti elastičnosti objekta. Za manje vrijednosti konstante elastičnosti to je moguće, dok za velike nije i tada robot nastoji prilagoditi silu objektu da ne dođe do pucanja robota.
6. Koristiti hibridnu shemu upravljanja silom i položajem sa slike 14.1. U toku simulacije robot se kreće jedno vrijeme u slobodnom prostoru (aktivan regulator položaja), nakon čega dolazi u dodir sa elastičnim objektom i vrše se prebacivanje na upravljanje silom, pri čemu aktivan postaje regulator sile dodira. Ako vrh manipulatora uspije presjeći objekat, ili u slučaju da se obavlja prilagođavanje sili dodira i nakon nekog vremena se objekat ukloni sa putanje, vrh manipulatora nastoji slijediti željenu putanju korištenjem regulatora položaja. Snimiti dobivene odzive položaja i sile dodira, te komentirati dobivene rezultate za različite vrijednosti koeficijenta učenja.