

Snovanje in implementacija algoritma mehkega vodenja za sisteme v realnem času

Matej Rižnar, Nenad Muškinja (mentor)
Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko
Smetanova ulica 17, 2000 Maribor
matej.riznar@uni-mb.si

Fuzzy algorithm design and implementation for real time systems

Article deals with the design of fuzzy controller algorithm in C programming language, together with the connection of the designed algorithm with graphical user interface in the programme tool MATLAB. The verification of the designed algorithm on two computer platforms is presented, together with the implementation of the algorithm in the system of ball on beam balance control.

Kratek pregled prispevka

Članek opisuje zasnovano algoritma mehkega vodenja v programskem jeziku C in povezavo zasnovanega algoritma z vizualnim vmesnikom programskega orodja MATLAB. Predstavljena je verifikacija zasnovanega algoritma na dveh računalniških platformah, skupaj z implementacijo algoritma v sistem za regulacijo ravnovesja valjčka na letvi.

1 Uvod

Področje mehkega vodenja je postalo aktualno v primeru nelinearnih, zapletenih in nepredvidljivih procesov, za katere ne obstaja enostavni matematični model. Mehke regulatorje karakterizira vpeljava znanja in izkušenj, saj se njihovo delovanje določa preko jezikovnih pravil, ki omogočajo razvoj modificiranega odzivanja mehkega regulatorja na podlagi povratnih informacij o obnašanju vodenege procesa.

Cilj projekta je zajemal razvoj sistema univerzalnega in prenosljivega algoritma mehkega vodenja v navezavi z obstoječim vizualnim vmesnikom za oblikovanje mehkih regulatorjev. Tak sistem omogoča razvoj in implementacijo specifičnih in znotraj določenih omejitev poljubnih ciljnih mehkih regulatorjev v procese ali sisteme, za katere še ne obstajajo izdelane ustrezne podatkovne banke.

V članku je predstavljena zasnova in verifikacija univerzalnega algoritma mehkega vodenja v programskem jeziku C, njegova povezava z vizualnim vmesnikom za oblikovanje specifičnih mehkih regulatorjev programskega orodja MATLAB, ter implementacija zasnovanega algoritma v sistem za regulacijo ravnovesja valjčka na letvi.

2 Zasnova algoritma mehkega vodenja

Glavni element mehkih regulatorjev predstavlja inferenčni mehanizem (Slika 1), katerega tvori več zaporednih matematičnih operacij, ki merjene ali izračunane vrednosti vhodnih spremenljivk preslikajo v eno ali več izhodnih regulacijskih spremenljivk mehkega regulatorja.

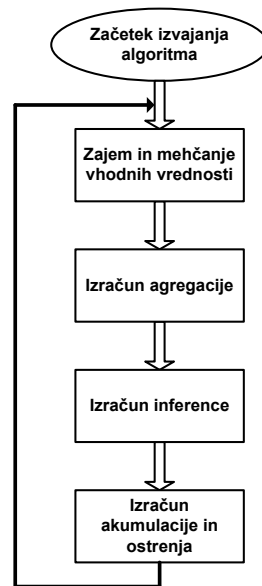


Slika 1: Mehki logični sistem

Inferenčni mehanizem računa vrednosti izhodnih spremenljivk v štirih zaporednih korakih [1]:

- zajem in mehčanje vhodnih vrednosti,
- agregacija,
- inferenca,
- akumulacija in ostrenje.

Struktura algoritma inferenčnega mehanizma je bila zastavljena tako, da vsak zaporedni korak inferenčnega mehanizma predstavlja ločeno zaporedno programsko funkcijo (Slika 2). Te izvajajo določene matematične operacije nad izhodnimi vrednostmi prejšnjega koraka, oziroma nad izbranimi izhodiščnimi parametri oblikovanega mehkega regulatorja.



Slika 2: Diagram izvajanja algoritma

Takšna zasnova omogoča naknadno nadgradnjo in nadaljnji razvoj algoritma, torej vpeljavo dodatnih, oziroma časovno optimizacijo obstoječih programskih funkcij, ki sestavljajo posamezni korak. To vzpostavlja nujnost podrobne analize in razumevanja delovanja posameznega koraka inferenčnega mehanizma, hkrati pa snovanje posameznih programskih funkcij v obliki, ki je prilagodljiva za predvidene variacije upoštevanih in vključenih parametrov mehkih regulatorjev.

Trenutne omejitve zasnovanega algoritma, ki določajo nabor možnosti pri oblikovanju ciljnih mehkih regulatorjev, so naslednje:

- simetričnost definicijskega območja posameznih spremenljivk,
- trapezna oblika pripadnostnih funkcij,
- največ 1 izhodna spremenljivka,
- 'AND' povezava med pogoji v pravilih,
- MIN / PROD metoda agregacije,
- MIN / PROD metoda inference,
- CENTROID (težiščna) metoda ostrenja.

Ostale omejitve določa izvedba povezave algoritma z vizualnim vmesnikom, zaradi česar so po potrebi enostavno spremenljive:

- največ 5 vhodnih spremenljivk,
- največ 10 pripadnostnih funkcij na posamezno spremenljivko,
- največ 60 jezikovnih pravil.

3 Vizualni vmesnik

Kot vizualni vmesnik za oblikovanje ciljnih mehkih regulatorjev smo izbrali programsko orodje MATLAB Fuzzy Logic Toolbox [2], ker MATLAB predstavlja razširjeno razvojno okolje v izobraževalnih in raziskovalnih ustanovah ter hkrati omogoča, v kolikor obstaja matematični model, simulacijo vodenega sistema in testiranja oblikovanega mehkega regulatorja v simulaciji. Navezava vizualnega vmesnika z zasnovanim algoritmom omogoča uporabniku, da razvije nek specifični mehki regulator znotraj programskega orodja MATLAB, pri čemer mu zasnovan algoritem mehkega vodenja zagotavlja identičnost odzivanja mehkega regulatorja pri prenosu na drugo računalniško platformo.

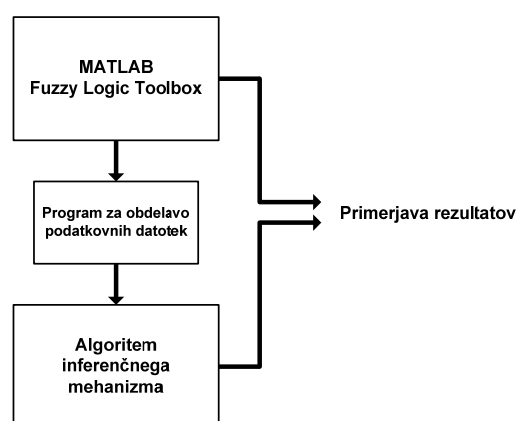
Vez med algoritmom inferenčnega mehanizma in programskim orodjem MATLAB predstavlja datoteka s končnico *.fis*, ki jo generira MATLAB ob shranjevanju oblikovanega ciljnega mehkega regulatorja. Datoteka *.fis* vsebuje podatke o vseh bistvenih parametrih ciljnega mehkega regulatorja:

definirane vhodne in izhodne spremenljivke, bazo pripadnostnih funkcij in jezikovnih pravil, metode agregacije ter inference. Za izvedbo povezave z algoritmom inferenčnega mehanizma je bil oblikovan posebni program za obdelavo podatkovnih datotek. Ta zapisane podatke predela, in v obliki, primerni za integracijo v zasnovan algoritem, zapiše v dve ločeni izhodni podatkovni datoteki s končnico *.h*, katerih vsaka vsebuje zapis parametrov ciljnega mehkega regulatorja za posamezno ciljno računalniško platformo.

4 Verifikacija zasnovanega algoritma

Kot ciljni računalniški platformi sta bili izbrani MATLAB S-Function in Code Composer Studio V3.3. Obe uporabljata svoj način deklaracije spremenljivk. Zasnovan algoritem inferenčnega mehanizma se pri prenosu na obe ciljni platformi razlikuje samo v ukazu za vključitev datoteke *.h* oziroma v imenu datoteke *.h*, ki jo pri prevajanju vključuje v svoje delovanje.

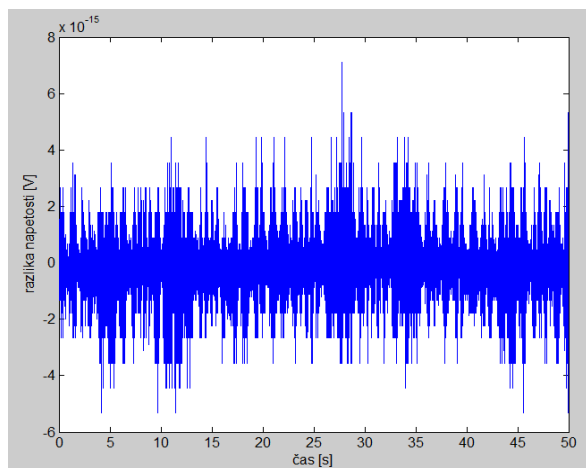
Verifikacija zasnovanega algoritma inferenčnega mehanizma je zajemala primerjavo rezultatov odzivanja mehkega regulatorja za regulacijo ravnovesja valjčka na letvi [3], oblikovanega v MATLAB Fuzzy Logic Toolbox, in istega regulatorja, prenesenega na drugo računalniško platformo (Slika 3).



Slika 3: Postopek verifikacije algoritma

Primerjava rezultatov je potekala v dveh stopnjah, pri čemer je prva stopnja predstavljala primerjavo odzivov dveh izvedb mehkih regulatorjev na konstantne vrednosti vhodnih

spremenljivk, druga stopnja pa kontinuirano primerjavo vrednosti izhodne spremenljivke obeh izvedb regulatorja. Cilj druge stopnje verifikacije je predstavljal doseganje čim večjega števila odzivov mehkega regulatorja na različne variacije vrednosti vhodnih spremenljivk. Rezultat te verifikacije tvori razlika izhodnih vrednosti obeh izvedb mehkega regulatorja, ki je za uspešnost verifikacije morala zasedati vrednost, čim bližje ničli. Slika 4 prikazuje dobljen rezultat verifikacije s 50 tisoč variacijami vrednosti vhodnih spremenljivk oblikovanega ciljnega mehkega regulatorja.



Slika 4: Rezultat verifikacije algoritma

Iz slike je razvidno, da je mehki regulator, izveden znotraj zasnovanega algoritma mehkega vodenja, po rezultatih skoraj popolnoma identičen mehkeemu regulatorju, oblikovanemu znotraj programskega orodja MATLAB, saj vrednost razlike izhodnih spremenljivk ne presega reda 10^{-15} .

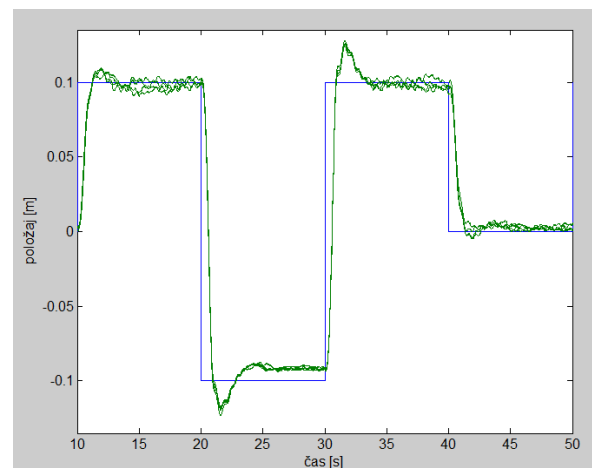
5 Implementacija algoritma

Za ciljni sistem aplikacije zasnovanega algoritma smo izbrali v laboratoriju konstruiran sistem valjčka na letvi (Slika 5), ki je bil predmet večih predhodnih raziskav [3]. Vodenje sistema v laboratoriju je bilo izvedeno v programu MATLAB verzije 6.5, preko sistema xPC Target z ADDA kartico PCL 711, ki je prav tako bila uporabljena v preteklih raziskavah v laboratoriju.

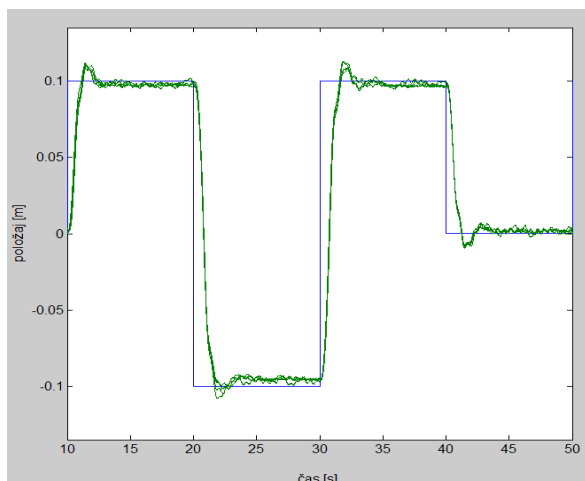


Slika 5: Sistem valjčka na letvi

Izvedba vodenja sistema valjčka na letvi z manjšo modifikacijo mehkega regulatorja iz [3] je pokazala, da samo mehki regulator ni zadosten za stabilno vodenje valjčka na celotnem območju letve. To vzpostavlja potrebo po vpeljavi dodatnega – nadzornega regulatorja, ki skupaj z mehkim regulatorjem tvorita hibridni regulator. Kot se je izkazalo, je prednost implementacije zasnovanega algoritma vodenja tudi v tem, da algoritemski zapis omogoča enostavno vpeljavo dodatnih ali nadzornih programskih funkcij, ki jih tvorijo matematične operacije nad izhodno vrednostjo mehkega regulatorja, v odvisnosti od vrednosti vhodnih spremenljivk. Tako se lahko hitro in enostavno izboljša vodenje mehkega regulatorja (Slika 6 in Slika 7).



Slika 6: Vodenje valjčka z mehkim regulatorjem



Slika 7: Vodenje valjčka s hibridnim regulatorjem

6 Zaključek

Zasnovan algoritem inferenčnega mehanizma je izpolnil izhodiščne zahteve in pričakovanja. Uspešno je bila izvedena univerzalnost zasnovanega algoritma, njegova nadgradljivost in kompatibilnost z zapisom parametrov oblikovanih mehkih regulatorjev v vizualnem vmesniku programa MATLAB.

Kot se je izkazalo pri verifikaciji algoritma na platformi Code Composer Studio, je

zasnovan algoritem lahko časovno prezahteven za aplikacije, ki zahtevajo čas vzorčenja, manjši od reda 20 milisekund. V okviru tega problema se lahko izvede tudi specializacija zasnovanega algoritma oziroma njegova prilagoditev za specifični mehki regulator in njegove parametre.

Zasnovan algoritem vzpostavlja tudi problem integracije algoritma v voden sistem ali proces. Pri tem je potrebna pozornost pri povezavi procesorskih veličin z vhodnimi in izhodnimi spremenljivkami algoritma, ki tako predstavlja ločeno računsko enoto znotraj tehnološke sheme vodenega procesa.

7 Literatura

- [1] M. Rižnar, *Snovanje algoritma mehkega vodenja za sisteme v realnem času: diplomsko delo*, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko v Mariboru, Maribor 2010.
- [2] J.S. Roger Jang, Ned Gulley, *MATLAB Fuzzy Logic Toolbox*, The Mathworks Inc., Natick MA, 1997.
- [3] N. Muškinja, *Uporaba nadzornega regulatorja za zagotavljanje stabilnosti mehkih (fuzzy) regulacijskih sistemov : doktorska disertacija*. V Mariboru: [N. Muškinja], 1997. [COBISS-ID 3423254].