

**Slavko Muždeka,**  
poručnik, dipl. inž.  
Vojnotehnička akademija VJ,  
Beograd

**Profesor**  
**dr Slobodan Milidrag,**  
dipl. inž.

Fakultet tehničkih nauka,  
Novi Sad

**Mr Zoran Popović,**  
pukovnik, dipl. inž.  
Vojnotehnička akademija VJ,  
Beograd

**Dragiša Vulović,**  
poručnik, dipl. inž.  
VP 4795-40  
Beograd

## PRIMENA FAZI LOGIKE U REGULATORIMA SISTEMA AUTOMATSKOG UPRAVLJANJA NA MOTORNIM VOZILIMA

UDC: 629.113-523.6:510.6

### Rezime:

*Sistemi automatskog upravljanja danas su veoma široko primenjeni u oblasti motornih vozila, bilo u projektovanju i proizvodnji ili na motornim vozilima. Složenost sistema vozilo-vozač-okolina ukazuje na to da je veoma teško matematički definisati neke parametre sistema, a ako se i definišu, praktična realizacija sistema automatskog upravljanja je teška i složena. U radu je prikazan koncept sistema automatskog upravljanja zasnovan na primeni fazi logike. Ovaj koncept omogućava da se sistem koji je neodređen i višeznačan na pogodan način opiše, kao i da se realizuje konkretan sistem automatskog upravljanja. Na kraju su opisane neke realizacije fazi sistema automatskog upravljanja koje se nalaze na motornim vozilima.*

*Ključne reči: motorno vozilo, sistem automatskog upravljanja, fazi regulator.*

---

## APPLICATION OF FUZZY LOGIC IN CONTROLLERS OF MOTOR VEHICLE AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS

### Summary:

*Automatic control systems are widely used today in motor vehicles design, production process and in motor vehicles themselves. The system vehicle-driver-environment is very complex. It is very difficult to define some its parameters, and if we define them it is very difficult and complicated to realize practically such an automatic-control system. This paper gives an automatic control system concept based on fuzzy logic. Using this concept we can describe and realize, in a suitable way, a particular indefinite and multimeaning automatic control system. Some realised fuzzy automatic control systems in motor vehicles are shown as well.*

*Key words: motor vehicle, automatic control system, fuzzy controller.*

---

### Uvod

Bilo kakav rad u oblasti motornih vozila bez primene sistema automatskog upravljanja danas je nezamisliv. Ovi sistemi su primenjeni u čitavom životnom ciklusu motornog vozila: od razvoja (projektovanja, proračuna, ispitivanja u razvoju i eksploataciji) preko eksploatacije

i održavanja do primene na motornom vozilu. Sistemi automatskog upravljanja na motornim vozilima primenjuju se da bi se zadovoljili sve veći zahtevi koji se odnose na ekonomičnost, ekologiju, kao i na komfor i lakoću eksploatacije motornog vozila. Ako se vozilo posmatra kao složen mašinski sistem koji se reguliše, što u stvari i jeste, uočava se da su

međusobni uticaji i odnosi pojedinih njegovih podsistema i sklopova složeni, a ulazi i izlazi u i iz podsistema, kao i sistema u celini višeznačni. Zbog toga je matematičko modelovanje vozila, u celini kao dinamičkog sistema, skoro nemoguće [1]. Ako se želi posmatrati sistem vozilo-vozač-okolina zadatak se još više usložava. Da bi se pristupilo modelovanju sistema koji je u suštini nelinearan i delimično neodređen, pristupa se, manje ili više, grubim aproksimacijama. Ovo zahteva dodatna ispitivanja i proces čini dugotrajnijim, složenijim i skupljim. Ako se ne žele koristiti aproksimacije, matematički modeli su često veoma složeni, njihovo modelovanje zahteva puno vremena, tako da se praktična realizacija dovodi u pitanje.

Da bi se prevazišli problemi ovog tipa, odnosno da bi se bolje opisali neizvesnost, višeznačnost, subjektivnost i neodređenost, razvijena je teorija fazi (fuzzy) skupova (rasplnutih skupova). Ona je našla široku primenu u projektovanju tzv. fazi regulatora koji se ugrađuju u mnoge sisteme u kojima je prisutna neodređenost, višeznačnost i subjektivnost. Teorija fazi skupova zasniva se na proširenju teorije klasičnih skupova, kod kojih element može da pripada ili ne pripada skupu, dok se kod fazi skupova definiše pojam funkcije pripadnosti skupu, koja može da zauzme bilo koju vrednost u intervalu (0, 1). Veličina funkcije pripadnosti za dati element govori o tome koliko ima istine u tvrđenju da on pripada skupu. To znači da element može „i da pripada i da ne pripada“ skupu, tako da ovaj skup nema tačno definisane granice, pa se naziva i rasplnuti (fazi). Fazi skup u određenim uslovima može da se nazove fazi brojem i tada je pogodan za opisivanje veličina koje se ne mogu precizno definisati.

## Osnovni koncept fazi regulatora

Za razliku od klasičnih regulatora sistema automatskog upravljanja, gde je potrebno poznavati matematički model sistema, a ulazne veličine su poznate, fazi regulatori se zasnivaju na neposrednoj primeni kvalitativno formulisanih iskustvenih znanja za regulaciju željenih veličina. Poznavanje funkcionisanja procesa koji se reguliše sadržano je u relaciji:

AKO (IF) preduslov ONDA (THEN) zaključak

Ovakva formulacija (AKO-ONDA) predstavlja najjednostavniju formu procesa ljudskog odlučivanja. Preduslov i zaključak su lingvistički iskazi koji su neodređeni i oni se predstavljaju fazi brojevima. Na primer:

AKO temperatura visoka I porast temperature nagao  
ONDA ventil potpuno otvoriti

Ovde je preduslov kompleksan i u sebi ima dva neodređena elementa (temperatura visoka i porast temperature nagao).

Fazi teorija je omogućila da se znanja formulisana na ovaj način (opisnom formom) operacionalizuju i iskoriste za projektovanje fazi regulatora. Opšta struktura jednog sistema automatskog upravljanja sa primenjenim fazi regulatorom prikazana je na slici 1.

Osnovni delovi fazi regulatora koji ga čine različitim od klasičnih regulatora su:

- deo za fazifikaciju,
- deo za zaključivanje na bazi fazi lingvističkih pravila,
- deo za defazifikaciju.

Deo za fazifikaciju određuje stepen pripadnosti ulazne veličine fazi skupo-



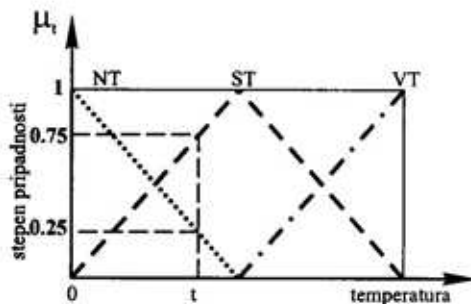
Sl. 1 – Opšta struktura fazi sistema automatskog upravljanja

vima koji je opisuju pošto se na ulazu pojavljuje diskretna vrednost ulazne veličine. Na primer, ako je temperatura ulazna veličina, ona može u regulatoru biti okarakterisana fazi brojevima „niska temperatura (NT)“, „srednja temperatura (ST)“ i „visoka temperatura (VT)“. Funkcije pripadnosti ovih fazi brojeva predstavljene su na slici 2.

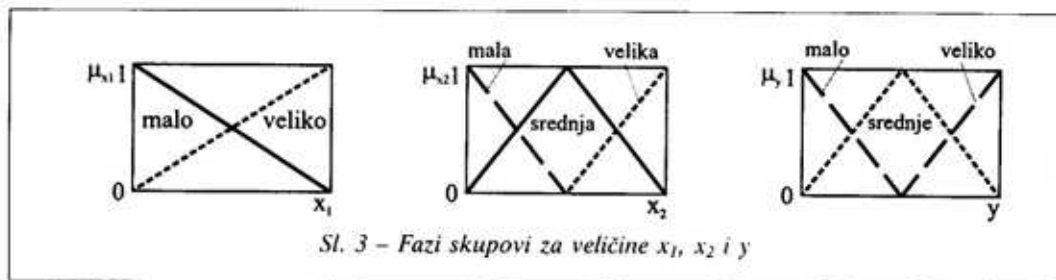
Funkcija pripadnosti kvantifikuje kvalitativni iskaz lingvističke promenljive preko veličine stepena pripadnosti. Slika 2 pokazuje da se određena diskretna vrednost ulazne veličine može naći u dva fazi skupa, ali sa različitim stepenom pripadnosti.

Deo za zaključivanje na bazi fazi lingvističkih pravila pokazuje suštinsku razliku između klasičnog i fazi regulatora. Dok se kod klasičnog regulatora mora znati tačan matematički model, odnosno prenosna funkcija, ovde se ponašanje sistema opisuje proizvoljnim brojem fazi lingvističkih pravila koja, u stvari, predstavljaju opis ponašanja sistema. Fazi lingvistička pravila se formulišu preko AKO-ONDA formulacija. Kako ponašanje sistema najčešće zavisi od više promenljivih, preduslov u formulaciji AKO-ONDA ima više kompleksno povezanih fazi brojeva logičkim operatorima I/ILI (AND/OR). Za poznatu vrednost ulaznih parametara mora se proći kroz sva fazi

lingvistička pravila da se utvrdi u kojoj meri su zadovoljeni kompleksni preduslovi i sa kojom veličinom funkcije pripadnosti parcijalni zaključak učestvuje u ukupnom zaključku. Ocenjivanje kompleksnih preduslova vrši se obrazovanjem maksimuma istinitih vrednosti ako se radi o ILI povezivanju ili minimuma istinitih vrednosti ako se radi o I povezivanju. Kad se izvrši ocenjivanje uticaja kompleksnih preduslova, obrazovana vrednost funkcije pripadnosti određuje u kojoj meri zaključak odgovara datom preduslovu. Ovakav način zaključivanja često se naziva MIN-MAX zaključivanje. Ima još modela zaključivanja koji daju slične rezultate, a biće primenjen onaj koji daje bolje rezultate. Na slici 9 prikazan je model tzv. MAX-PROD zaključivanja. Nakon prolaska kroz sva pravila zaključivanja i utvrđivanja veličine funkcija pri-



Sl. 2 – Primer predstavljanja fazi veličine „temperatura“ fazi brojevima



Sl. 3 - Fazi skupovi za veličine  $x_1$ ,  $x_2$  i  $y$

padnosti svakog parcijalnog zaključka, unijom svih parcijalnih zaključaka formira se ukupni zaključak.

Kako je na izlazu potrebno imati diskretnu vrednost izlazne veličine, na osnovu rezultujućeg fazi skupa potrebno je odrediti vrednost izlazne veličine. Ovaj postupak naziva se defazifikacija i može se obavljati na više načina. Jedan od najčešćih načina je tzv. princip težišta ili centra gravitacije [3] gde se za izlaznu vrednost uzima apscisa težišta površine rezultujućeg fazi skupa.

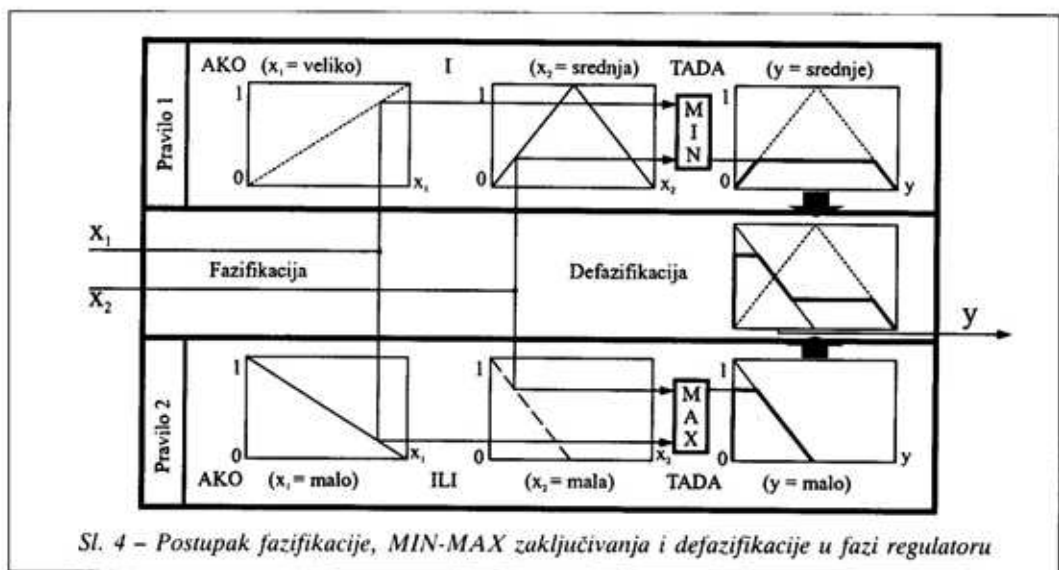
Ako, na primer, postoje dve ulazne veličine:  $x_1$  i  $x_2$  i izlazna veličina  $y$  predstavljene fazi skupovima, kako je prikazano na slici 3, i ako su definisana sledeća dva fazi lingvistička pravila:

1. AKO  $x_1 = \text{veliko}$  I  $x_2 = \text{srednja}$  ONDA  $y = \text{srednje}$
2. AKO  $x_1 = \text{malo}$  I  $x_2 = \text{mala}$  ONDA  $y = \text{malo}$ ,

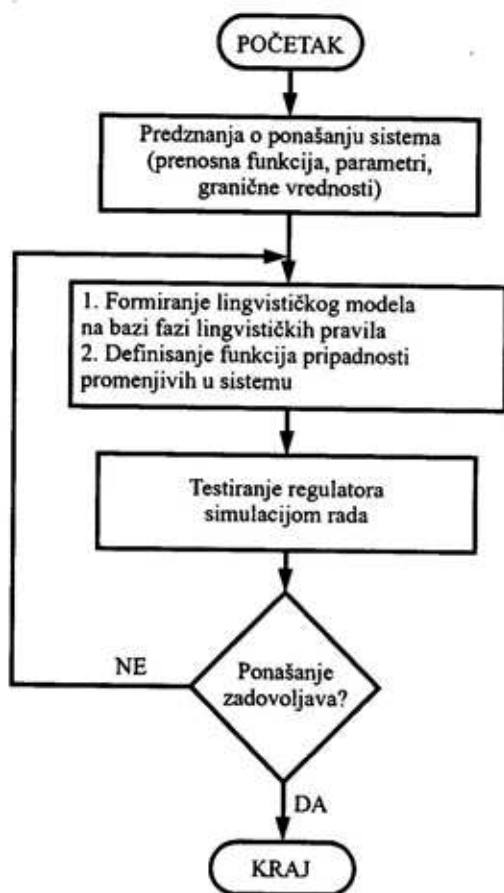
na slici 4 prikazan je postupak fazifikacije, MIN-MAX zaključivanja i defazifikacije u fazi regulatoru za predstavljena pravila i veličine procesa.

### Projektovanje fazi regulatora

Kvalitet fazi regulatora zavisi od načina opisivanja promenljivih veličina, formulacije i broja fazi lingvističkih pravila, što zavisi od toga u kom stepenu projektant regulatora poznaje sistem. Zbog toga projektovanje fazi regulatora predstavlja



Sl. 4 - Postupak fazifikacije, MIN-MAX zaključivanja i defazifikacije u fazi regulatoru



Sl. 5 – Faze projektovanja fazi regulatora

iterativni postupak, kako je to prikazano na slici 5.

Sada se radi na razvoju metoda za automatsku optimizaciju fazi regulatora. Jedan od takvih projekata je i povezivanje neuronskih mreža i fazi regulatora, čime se dobijaju neuro-fazi regulatori [4].

### Primena fazi regulatora u sistemima automatskog upravljanja

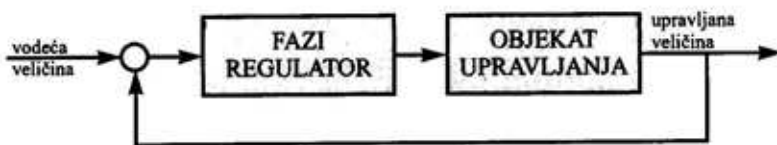
Kada su se pojavili fazi regulatori mislilo se da će oni zameniti klasične. Ipak, postalo je jasno da je to samo jedan od načina poboljšanja klasičnih sistema

automatskog upravljanja, ali sigurno nije jedini. U većini slučajeva unutrašnja petlja regulacije ostaje klasična, a fazi regulatori se primenjuju u slučaju kada podržavaju kritična radna stanja ili kada klasični regulatori ne mogu da budu adaptivni. Na slici 6 prikazane su mogućnosti primene fazi regulatora u sistemima automatskog upravljanja.

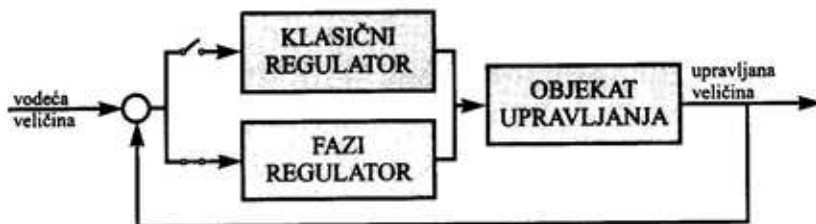
### Realizacije fazi regulatora u sistemima automatskog upravljanja na motornim vozilima

Motorno vozilo se posmatra u interakciji sa vozačem i okolinom unutar sistema vozilo-vozač-okolina. Stanje okoline i čoveka je stohastički promenljivo, a karakter promene zavisi od velikog broja faktora koji se često ne mogu precizno formulisati. Ova interakcija je složena i nedefinisana i njeno matematičko opisivanje je veoma teško i verovatno nemoguće potpuno izvesti. Zbog toga je primena fazi sistema automatskog upravljanja veoma pogodna za upravljanje svih sistema motornog vozila koji učestvuju u interakciji vozila sa vozačem i okolinom. Primena fazi sistema poboljšava sistem po mnogim pitanjima, kao što su: komfor vozača i putnika, jednostavnije i bezbednije rukovanje, veća produktivnost (kod radnih mašina), kao i manja štetnost vozila po okolinu. Zbog toga fazi sistemi automatskog upravljanja nalaze primenu kod mnogih sistema motornog vozila. Prema saznanjima fazi regulatori su primenjeni u regulaciji sledećih sistema motornog vozila:

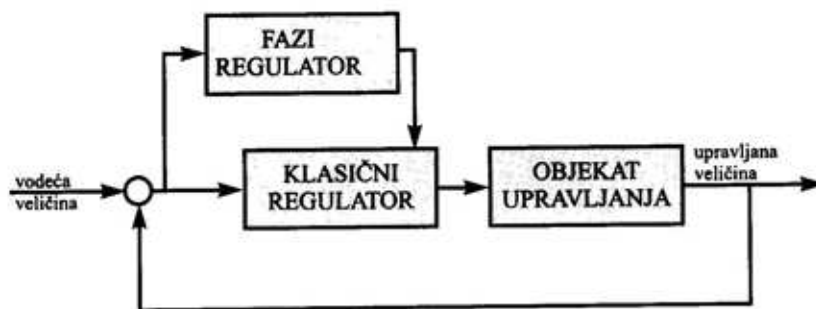
- motor: integrisani sistem kontrole rada motora, kontrola rada motora na praznom hodu (radi poboljšanja izduvne emisije);



Fazi regulator kao zamena klasičnom regulatoru



Paralelna veza fazi i klasičnog regulatora



Fazi regulator kao adaptacija klasičnog

Sl. 6 – Mogućnosti primene fazi regulatora u sistemima automatskog upravljanja

– sistem prenosa snage: automatska promena stepena prenosa, sprečavanje proklizavanja točkova (ARS);

– sistem upravljanja: automatsko vođenje vozila;

– sistem kočenja (ABS);

– sistem elastičnog oslanjanja;

– sistem za rukovanje radnim uređajima kod građevinskih mašina.

### Automatsko vođenje vozila

U zavisnosti od potreba, odnosno uslova kretanja, postoje dve vrste auto-

matskog vođenja vozila: automatsko vođenje pri kretanju vozila po stalnoj, unapred utvrđenoj trajektoriji, i po promenljivoj trajektoriji [1].

Prva vrsta vođenja vozila je jednostavnija i lakša za realizaciju, dok druga vrsta vođenja ima dosta poteškoća i svi problemi još nisu do kraja rešeni [1]. Osnovni problem ove vrste vođenja vozila je tzv. beskontaktno izbegavanje prepreka. U ovom delu biće razrađen model izbegavanja prepreka primenom fazi regulatora prema [2].

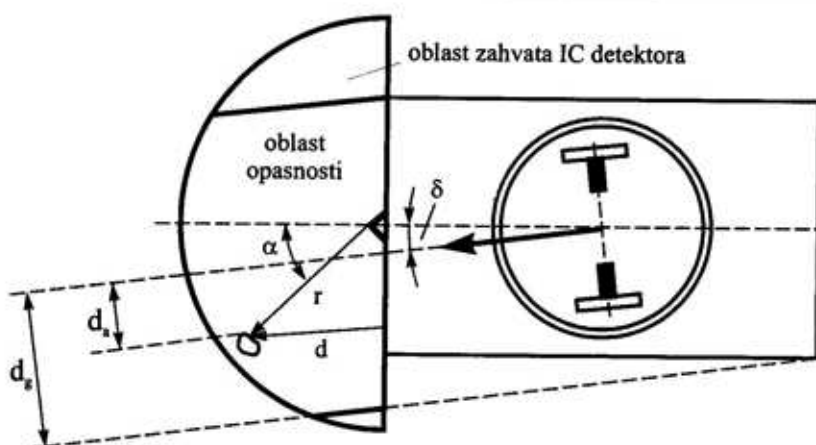
Pravilo	Sadržaj
1	AKO ( $d = PM$ ) I ( $v = PS$ ) I ( $ver = VAN$ ) ONDA ( $a_{Br} = NM$ )
2	AKO ( $d = PM$ ) I ( $v = PV$ ) I ( $ver = VAN$ ) ONDA ( $a_{Br} = NS$ )
3	AKO ( $d = PM$ ) I ( $v = PM$ ) I ( $ver = U$ ) ONDA ( $a_{Br} = NM$ )
4	AKO ( $d = PM$ ) I ( $v = PM$ ) I ( $ver = U$ ) ONDA ( $a_{Br} = NS$ )
5	AKO ( $d = PM$ ) I ( $v = PV$ ) I ( $ver = U$ ) ONDA ( $a_{Br} = NV$ )
6	AKO ( $d = PV$ ) I ( $v = PV$ ) I ( $ver = VAN$ ) ONDA ( $a_{Br} = NM$ )
7	AKO ( $d = PV$ ) I ( $v = PM$ ) I ( $ver = U$ ) ONDA ( $a_{Br} = NM$ )
8	AKO ( $d = PV$ ) I ( $v = PV$ ) I ( $ver = U$ ) ONDA ( $a_{Br} = NS$ )

Na slici 7 prikazan je model vozila sa ugrađenim IC detektorom prepreka u „zoni opasnosti“ ispred vozila. Pokazana je situacija gde je brzina kretanja vozila pod uglom  $\delta$  u odnosu na uzdužnu osu vozila. IC detektor pri zahvatu prepreke daje odgovarajuće polarne koordinate prepreke ( $r$  i  $\alpha$ ). Veličine  $d_a$  i  $d_g$  definišu trenutno rastojanje prepreke i krajnje ivice vozila od vektora brzine, a njihov odnos  $ver = d_g/d_a$  opisuje oblast opasnosti. Automatsko vođenje vozila, u ovom slučaju, obuhvata prilagođavanje brzine i smeru kretanja tako da se izbegne prepreka. Analitički opis ovog načina upravlja-

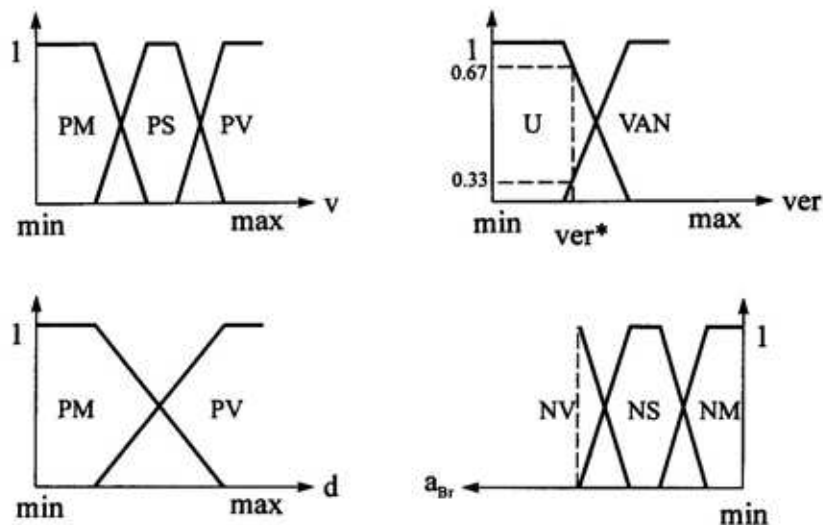
nja, ako se još uzme u obzir i greška senzorskog aparata, veoma je težak. Zbog toga je problem lakše opisati uz pomoć fazi lingvističkih pravila, a informacije obraditi pomoću fazi regulatora.

Za opisivanje strategije izbegavanja sudara upotrebljene su tri ulazne veličine:  $d$  – rastojanje prepreke od prednje ivice vozila,  $v$  – trenutna brzina vozila, i  $ver$  – oblast opasnosti, a izlazna veličina koja se reguliše biće  $a_{Br}$  – usporenje vozila.

Sve ove veličine predstavljene su odgovarajućim fazi brojevima (slika 8), a fazilingvistička pravila definisana su u tabeli. Fazi brojevi koji opisuju date



Sl. 7 – Model automatskog vođenja vozila



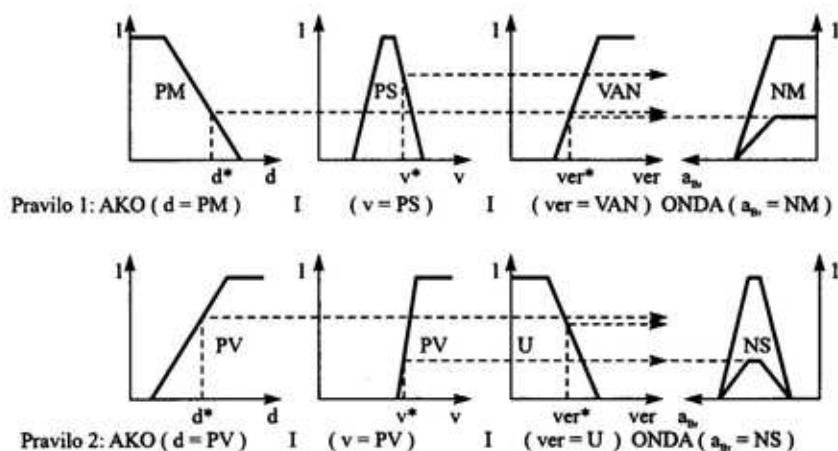
Sl. 8 – Funkcije pripadnosti fazi brojeva  $d$ ,  $v$ ,  $ver$  i  $a_{Br}$ .

veličine definisani su kao: NM – negativno malo; NS – negativno srednje; NV – negativno veliko; PM – pozitivno malo; PS – pozitivno srednje; PV – pozitivno veliko; U – u oblasti opasnosti; VAN – van oblasti opasnosti.

Na slici 9 prikazan je primer fazi zaključivanja za pravila 1 i 8. Na slici 10

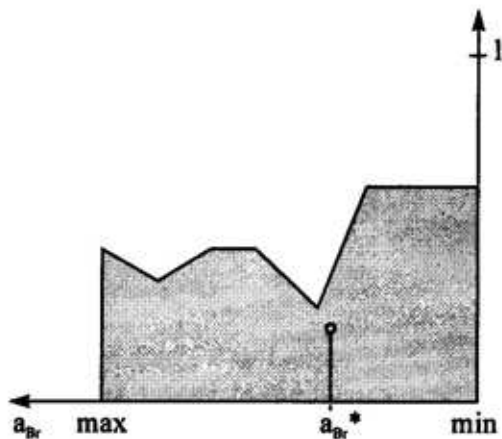
prikazan je način na koji se vrši defazifikacija za realan izlazni fazi skup, a na slici 11 vrednost usporenja ( $a_{Br}$ ) u zavisnosti od ulaznih parametara  $d$  i  $ver$ , pri različitim brzinama kretanja vozila.

Navedeni primer pokazuje mogućnost upravljanja jednom izlaznom veličinom (usporenjem vozila), što nije do-



Sl. 9 – Primer fazi zaključivanja MAX-PROD metodom



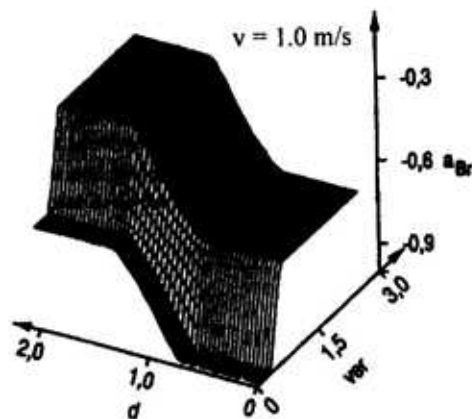
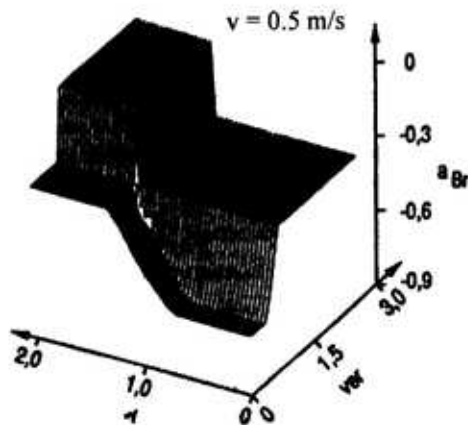
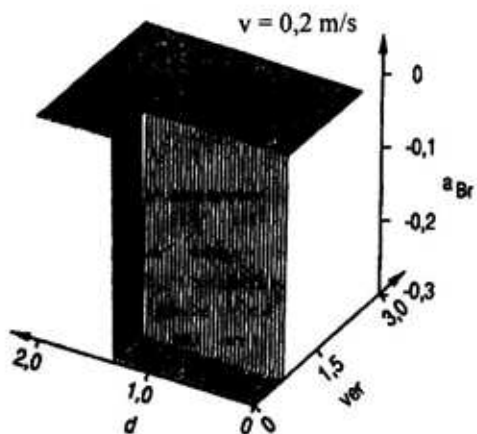


Sl. 10 – Defazifikacija usporenja za konkretan primer ulaznih parametara

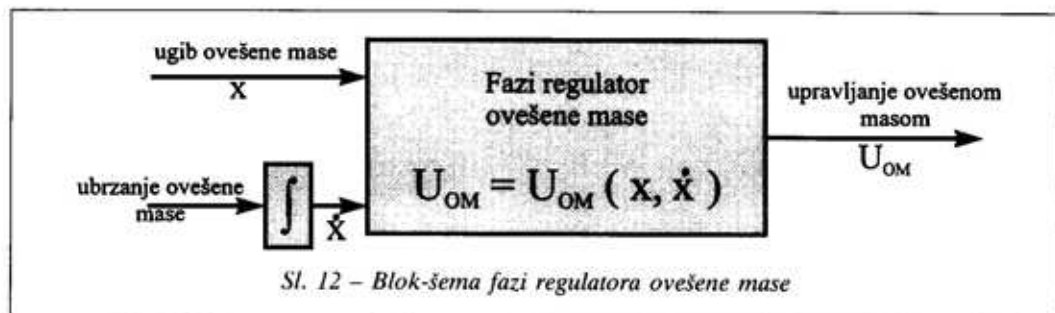
voljno za automatsko vođenje vozila, ali na sličan način može se upravljati i položajem upravljačkih točkova i ostalim potrebnim veličinama.

#### *Automatizacija sistema elastičnog oslanjanja motornog vozila*

Sistem elastičnog oslanjanja motornog vozila, s jedne strane, ima zadatak da obezbedi zahtevani nivo komfora putnika i vozača, a s druge strane treba da eliminiše ili, što je moguće više, smanji dinamičke udare koji se prenose na elemente vozila i podlogu po kojoj se vozilo kreće. Ovde se mora naći kompromis između komfora, potrebnog radnog prostora za sistem, promene sila u kontaktu pneumatik-podloga i kontrolisanog ponašanja vozila. Pošto vozilo obavlja svoju funkciju u veoma različitim uslovima u pogledu mikro i makroneravnina na putu, opterećenja i brzine kretanja, ovaj zadatak je veoma složen. Klasični sistemi elastičnog oslanjanja koji u osnovi imaju elastični element konstantne krutosti i prigušni element sa konstantnim prigušenjem svakako ne mogu na zadovoljavaju-



Sl. 11 – Dijagrami usporenja za različite brzine kretanja



jući način da ispune navedene zahteve u svim režimima vožnje vozila. Zbog toga se pristupilo automatizaciji ovog sistema, tako da sada postoji više varijanti sistema sa različitim stepenom automatizacije. Danas su najčešće u primeni poluaktivni i aktivni automatizovani sistemi elastičnog oslanjanja kod kojih je aktuator umesto klasičnih elastičnih i prigušnih elemenata ili je on paralelno vezan sa elastičnim elementom. Klasične konstrukcije automatizacije ovih sistema prikazane su u literaturi [1], dok će ovde biti prikazan fazi pristup automatizaciji sistema elastičnog oslanjanja prema [5]. Razmatraće se tzv. „četrvtinski“ model vozila koji se u određenim uslovima može poistovetiti sa oslanjanjem jednog točka vozila sa sistemom nezavisnog elastičnog oslanjanja.

Fazi sistem automatskog upravljanja sistemom elastičnog oslanjanja sastoji se od sledećih podsistema:

- fazi regulator ovešene mase (Fuzzy Slow Comfort Controller),
- fazi regulator stabilnosti točka (Fuzzy Handling Fast Controller),
- fazi supervizor (Fuzzy Supervisor).

Fazi regulator ovešene mase (Fuzzy Slow Comfort Controller) jeste „spori“ deo sistema i ima zadatak da poboljša putnu udobnost putnika koja je okarakterisana osetljivošću čoveka na ubrzanja u frekventnom opsegu od 0,1 do 10 Hz.

Blok-šema regulatora sa ulaznim i izlaznim veličinama prikazana je na slici 12, a funkcije pripadnosti ulaznih promenljivih prikazane su na slici 13.

Fazi regulator stabilnosti točka (Fuzzy Handling Fast Controller) jeste „brzi“ deo sistema i ima zadatak da obezbedi stalan kontakt točka i podloge u svim uslovima eksploatacije i time doprinese putnoj bezbednosti putnika. Ovaj zadatak je dosta težak zato što je kontakt podloge i točka komplikovan za opisivanje zbog stohastičke prirode procesa. Na slici 14 prikazana je blok-šema regulatora sa ulaznim i izlaznim veličinama, a na



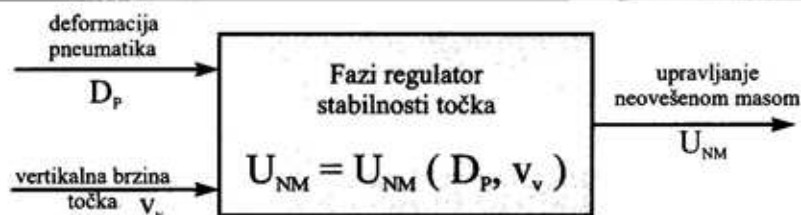
Sl. 13 – Funkcije pripadnosti brzine i ugiba ovešene mase:

- NB – negativno veliko (negative big);
- NM – negativno srednje (negative medium);
- NS – negativno malo (negative small);
- ZE – oko nule (zero);
- PS – pozitivno malo (positive small);
- PM – pozitivno srednje (positive medium);
- PB – pozitivno veliko (positive big)

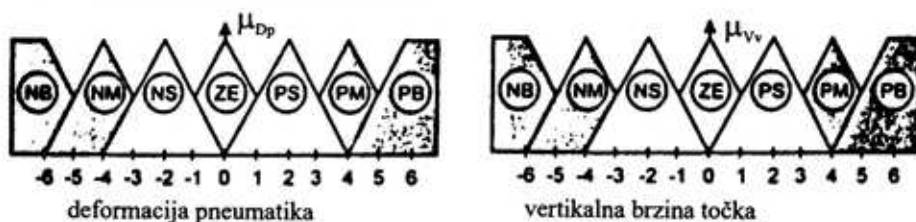
slici 15 prikazane su funkcije pripadnosti ulaznih promenljivih.

Konstrukcija dva nezavisna lokalna fazi regulatora sa jednim izvršnim organom-aktuatorom, kako je to uobičajeno kod vozila, nije pogodna za maksimalno iskorišćenje funkcije regulisanja sistema elastičnog oslanjanja. Zbog toga je potrebno izvršiti fazi vrednovanje svake upravljačke informacije i na bazi fazi

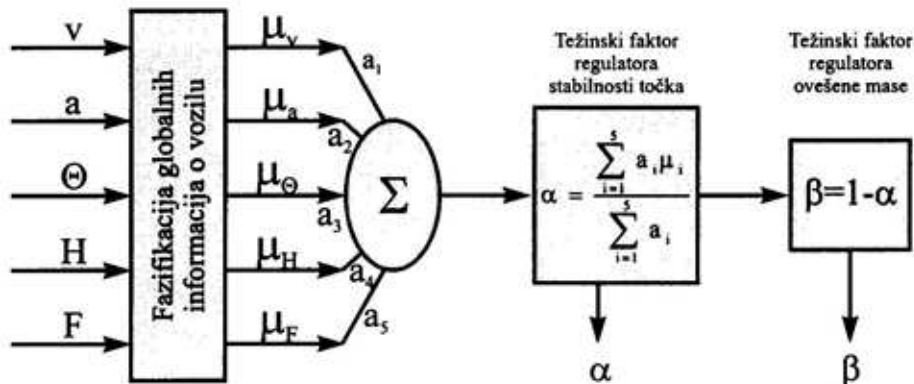
stepena značajnosti pojedinog regulatora odrediti udeo upravljačke informacije pojedinog regulatora. Određivanje fazi stepena značajnosti vrši fazi supervizor na osnovu tekućih globalnih informacija o vozilu: brzine vozila ( $v$ ), ubrzanja vozila ( $a$ ), sile kočenja ( $F$ ), ugla upravljačkog točka ( $\theta$ ) i visine vozila ( $H$ ). Blok-šema fazi supervizora prikazana je na slici 16. Slika 17 pokazuje blok-šemu kompletnog



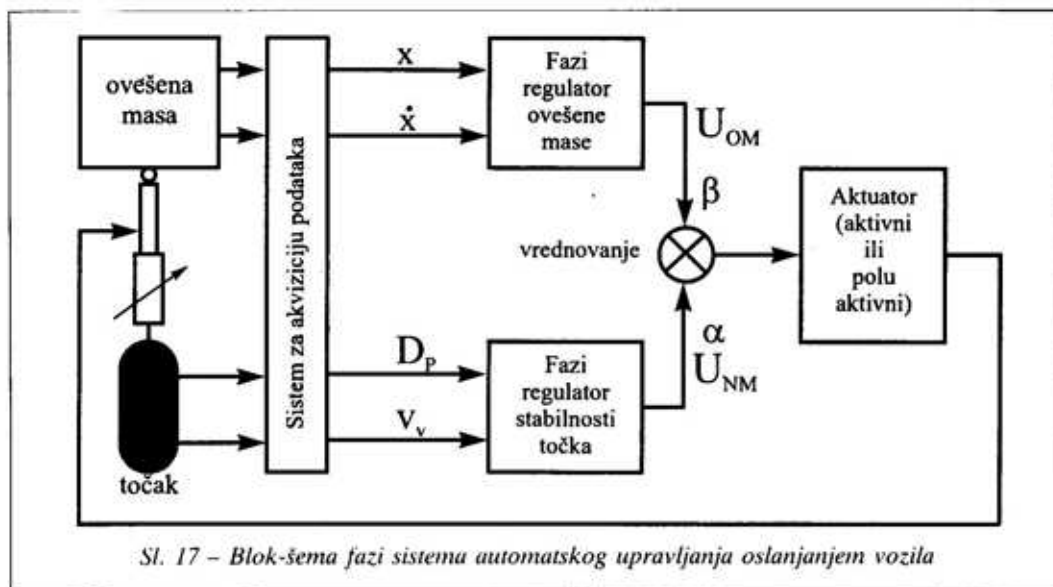
Sl. 14 – Blok-šema fazi regulatora stabilnosti točka



Sl. 15 – Funkcije pripadnosti deformacije pneumatika i vertikalne brzine točka



Sl. 16 – Blok-šema fazi supervizora



fazi sistema automatskog upravljanja „čtvrtnskim“ modelom elastičnog oslanjanja vozila.

### Automatizacija promene stepena prenosa

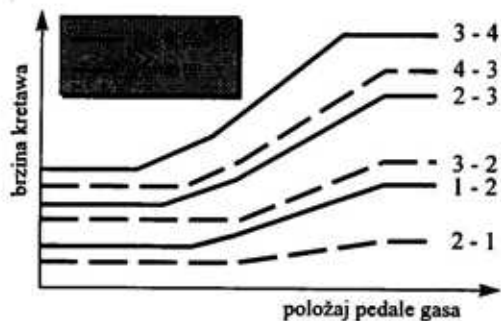
Automatizacija promene stepena prenosa najčešće se primenjuje kod sistema za prenos snage koji su izvedeni sa hidrodinamičko-mehaničkim menjačem stepena prenosa za automatizaciju promene stepena prenosa u mehaničkom delu menjača. Promena prenosnog odnosa u hidrodinamičkom pretvaraču obrtnog momenta je automatska po samoj konstrukciji menjača.

Automatskom promenom stepena prenosa poboljšavaju se dinamičke karakteristike vozila uz povećanje prohodnosti s obzirom na postepeno povećanje obrtnog momenta na pogonskim točkovima pri polasku vozila. Izbor stepena prenosa, odnosno prenosnog odnosa između motora i pogonskih točkova, zavisi od većeg

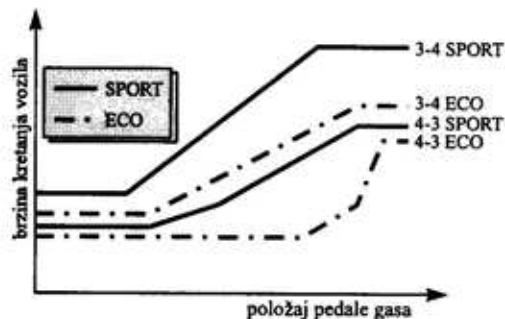
broja relevantnih parametara čiji su izvori različiti, a to su, pre svega: vozilo (brzina, ubrzanje), motor (režim rada), vozač (početni uslovi – zahtevi) i otpor na poteznici (kod radnog vozila i otpor priključnog uređaja).

Klasični sistem automatskog upravljanja koji bi za promenu stepena prenosa uzimao u obzir sve relevantne parametre bio bi veoma složen i skup. Zbog toga su razvijeni sistemi automatskog upravljanja koji se baziraju na jednom (brzina vozila), dva (brzina vozila, režim rada motora) ili tri uticajna parametra. Danas su najčešće u primeni dvoimpulsni sistemi koji koriste dva relevantna parametra. Primenom elektronike u sistemu automatskog upravljanja omogućava se da se trenutak promene stepena prenosa vrši prema dijagramu, kako je to prikazano na slici 18.

Elektronski sistemi automatskog upravljanja omogućavaju, takođe, da se u sistem ugrade dva ili tri programa za promenu stepena prenosa koje vozač može da bira po želji. Na primer, može se formirati program pri kojem se posti-



Sl. 18 – Dijagram promene stepena prenosa kod dvoimpulsnih sistema

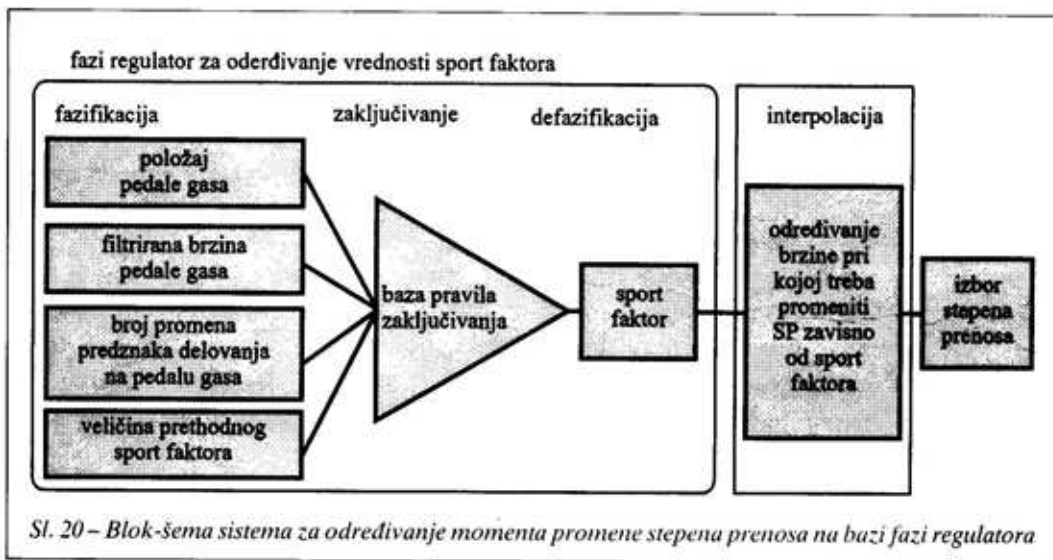


Sl. 19 – Promena stepena prenosa kod dvoimpulsnih sistema sa dva programa upravljanja

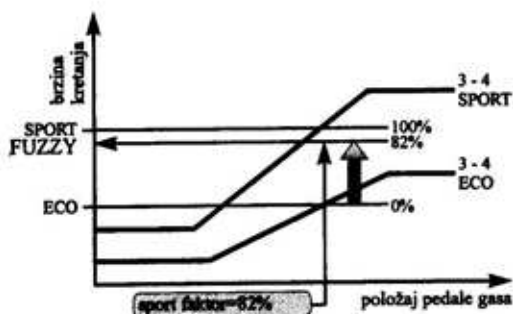
žu maksimalne vučne performanse („SPORT“) i program gde se postiže maksimalna ekonomičnost („ECO“). Na

slici 19 prikazan je dijagram promene stepena prenosa između trećeg i četvrtog, sa dva programa [6]. Ovakav model približava automatizaciju promene stepena prenosa stvarno potrebnim uslovima, ali još uvek ne daje zadovoljavajuće rezultate.

Kretanje vozila u realnim uslovima zahteva primenu režima koji se nalazi između ova dva režima. Ugradnjom fazi regulatora može se na osnovu određenih pokazatelja formirati faktor koji govori o tome u kojoj meri trenutni uslovi kretanja vozila odgovaraju određenom programu upravljanja. Ako se kao referentni program uzme „SPORT“ faktor se naziva „sport faktor“ i govori u kolikoj meri je vožnja bliska sportskoj. Na osnovu ovog faktora određuje se trenutak promene stepena prenosa koji je između dva programa regulacije. Na slici 20 prikazana je blok-šema sistema za određivanje momenta promene stepena prenosa na bazi fazi regulatora za određivanje „sport faktora“, a na slici 21 pokazan je dijagram promene stepena prenosa sa „sport faktorom“ 82% [6].



Sl. 20 – Blok-šema sistema za određivanje momenta promene stepena prenosa na bazi fazi regulatora



Sl. 21 - Dijagram promene stepena prenosa za fazi regulatorom

## Zaključak

Primena fazi logike u sistemima automatskog upravljanja na motornim vozilima svakako ima svoje mesto u ukupnom razvoju vozila. S obzirom na proverenu praktičnu primenljivost fazi regulatora i profit koji se ostvaruje od proizvoda sa ugrađenom fazi logikom poslednjih dvadesetak godina, može se reći da su fazi sistemi dali velik doprinos razvoju motornih vozila.

Prednosti fazi sistema automatskog upravljanja su sledeće: mogućnost lake izrade regulatora, pošto se radi o čisto softverskim rešenjima bez primene i razvoja specifičnog hardvera, veća robusnost u odnosu na klasične regulatore,

kraće vreme potrebno za razvoj sistema, praktična primenljivost i bolji plasman na tržištu.

Nedostaci fazi tehnologija su: loše teorijske osnove, teško podešavanje funkcije pripadnosti i loša predstava ljudi o fazi tehnologijama.

Imajući to u vidu, može se zaključiti da je područje primene fazi sistema u motornim vozilima veoma široko i neistraženo i da će uslediti istraživanja koja će dati konačan sud o primeni fazi tehnologija. Pretpostavlja se da će doći do šire primene fazi tehnologija, kao i do proširivanja novim naprednim tehnologijama (neuronske mreže i sl.).

## Literatura:

- [1] Janićijević, N.: Automatsko upravljanje u motornim vozilima, Mašinski fakultet, Beograd, 1993.
- [2] Heller, J.: FUZZY-LOGIK Zur steuerung und regelung elektromechanischer systeme, VDI Berichte 1804, VDI Verlag, Dusseldorf, 1993.
- [3] Teodorović, D., Kikuchi, S.: Fazi skupovi i primena u saobraćaju, Saobraćajni fakultet, Beograd, 1994.
- [4] Subašić, P.: Fazi logika i neuronske mreže, Tehnička knjiga, Beograd, 1997.
- [5] Titli, A., Boverie, S.: Fuzzy control approach for the design of active and semi-active suspension, Environmental and intelligent manufacturing systems, Volume 9 (Applications of fuzzy logic), Prentice Hall PTR, New Jersey, 1997.
- [6] Schroder, M., Petersen, R., Klanjonn, F., Kruse, R.: Two paradigms of automotive fuzzy logic applications, Environmental and intelligent manufacturing systems, Volume 9 (Applications of fuzzy logic), Prentice Hall PTR, New Jersey, 1997.