



UDK: 631.372

## STRATEGIJE ODRŽAVANJA MOTORNIH VOZILA

**Božidar V. Krstić**

*Mašinski fakultet u Kragujevcu*  
*bkrstic@kg.ac.yu*

**Sadržaj:** U radu je analizirana suština tradicionalnih i savremenih strategija održavanja motornih vozila. Posebna pažnja posvećena je savremenim strategijama održavanja motornih vozila.

Primena fuzzy logike omogućila je veliki napredak, u većem broju oblasti ljudskog delovanja. Velike mogućnosti njene primene treba koristiti i u sistemima održavanja tehničkih sistema.

Cilj rada je prikaz, u najkraćem obliku, osnova fuzzy logike, nekih izvora neizvesnosti u sistemima održavanja tehničkih sistema i mogućnostima njene primene pri njihovom održavanju.

Radi postizanja maksimalne efektivnosti korišćenja motornih vozila, u budućnosti, najverovatnije, biće više pažnje posvećeno njihovom održavanju, kako kroz unapređenje sistema održavanja, tako i kroz povećano angažovanje svih onih koji učestvuju u njihovom razvoju, proizvodnji i eksploataciji.

**Ključne reči:** motorna vozila, održavanje, strategije održavanja, fuzzy logika

### 1. UVOD

Sledeće etape predstavljaju razvojni put održavanja motornih vozila: Prva (od prve primene motornih vozila do 1950), čija je osnovna suština otkloniti otkaz kada se on pojavi; Druga (od 1950 do 1980), čije su osnovne karakteristike niži troškovi održavanja, veća trajnost i veća raspoloživost motornih vozila; Treća (od 1980 do danas), čije su osnovne karakteristike bolji odnos efekat-troškovi, duži vek trajanja, zaštita životne sredine, veća pouzdanost i raspoloživost. Danas još uvek kod nas dominiraju tzv. klasične strategije održavanja (korektivno, preventivno i njihove kombinacije). Pri tome preventivno održavanje, uglavnom se vrši po vremenu (vozilo se zaustavlja – ne vrši transportni rad, vrši se utvrđivanje njegovog tehničkog stanja i vrše se potrebne i planirane zamene). S obzirom na tehnike koje se prvenstveno koriste, pri upravljanju održavanjem, mogu se uočiti nekoliko etapa njihove primene, i to: Prva (otkloniti otkaz kada do njega dođe); Druga (planiranje, uvođenje sistema za planiranje i kontrolu rada i uvođenje informatičkih tehnologija);

Treće (vođenje računa o pouzdanosti i pogodnosti za održavanje tokom projektovanja motornih vozila, razvoj i praćenje stanja opreme za održavanje, izrada studija rizika, korišćenje ekspertskih sistema i mikrokompjuterske mreže, primena metoda za analizu vozila sa aspekta pojave neispravnosti - FTA, FMECA, planiranog eksperimenta i uvođenje fleksibilnih servisnih sistema).

U oblasti održavanja motornih vozila, posebno treba istaći značaj primene teorije pouzdanosti, od četrdesetih godina prošlog veka, posebno pri određivanju zakonitosti pojave otkaza, na osnovu podataka iz eksploatacije vozila. Uvođenje koncepta integralne logističke podrške i pogodnosti održavanja pedesetih godina prošlog veka, u oblasti održavanja motornih vozila je takođe veoma značajno za razvoj nauke i prakse u oblasti održavanja. Uvođenje predhodno navedenih naučnih saznanja omogućilo je uvođenje sedamdesetih godina prošlog veka, strategija održavanja prema pouzdanosti i totalno produktivno održavanje.

Određivanje ili izbor postupaka održavanja (preventivi, korektivni), koje treba sprovesti tokom održavanja motornih vozila, da bi se ostvarila njihova maksimalna pouzdanost i raspoloživost, često se u literaturi, naziva koncepcija održavanja. Umesto termina koncepcija održavanja, sreću se i sledeći termini: politika održavanja, strategija održavanja, sistem održavanja.

Danas je u primeni mnoštvo proizvoda čiji se rad temelji na primeni fuzzy logike.

Radi se u oblasti tehnologija formiranja fuzzy baza podataka, prepoznavanja uzoraka, sistema za odlučivanje, obrade prirodnog jezika, tehnologija izrade fuzzy računara, fuzzy čipova - fuzzy hardvera, upravljanju procesa i operacija u fabrikama, realizaciji inteligentnih robota sa mogućnošću razumevanja prirodnog jezika, razumevanja scena, sa mogućnošću planiranja i upravljanja kretanjem. Radi se u oblasti primene inteligentnih korisničkih interfejsa, kooperativnom radu ljudi i robota, na adaptivnim fuzzy neuro sistemima koji mogu da se prilagode promenljivim uslovima okruženja. Danas je sasvim jasna činjenica, da se fuzzy logika može primeniti u svim oblastima ljudskog delovanja.

Uvođenjem informacionog sistema, radi lakše akvizicije i obrade potrebnih upravljačkih informacija, pri održavanju motornih vozila, predstavlja veliki pomak u unapređenju njihovog sistema održavanja. Česta je pojava da objektivni uslovi ne dozvoljavaju prikupljanje verodostojnih informacija, u dovoljno potrebnoj kolicini za statističku obradu. Ako se ima u vidu da prikupljanje takvih podataka izaziva odgovarajuće troškove, tako da je i to često razlog za nemogućnost prikupljanja relevantnih informacija. U slučajevima nepostojanja kvalitetnih informacija, pribegava se korišćenju informacija koje su nepotpunene i neprecizne. To je poseban problem, koga je teško rešiti.

Primenom sistema zasnovanih na znanju (Knowledge based system) odnosno tzv. mekog računarstva (soft-computing) dolazi se do efikasnijih metoda kojima se tretiraju problemi održavanja, sa aspekta nepreciznosti. Jedan od takvih sistema je fuzzy logika. Fuzzy logika ređe se koristi samostalno. Uglavnom se njena primena kombinuje sa neuroračunarstvom, genetičkim računarstvom, i kao proširenje mogućnosti ekspertnih sistema. Primena fuzzy logike omogućila je brojna unapređenja, u većem broju oblasti ljudskog delovanja. Velike mogućnosti, njene primene, treba koristiti i u sistemima održavanja tehničkih sistema.

Cilj rada je prikaz suštine klasičnih i savremenih strategija održavanja motornih vozila, uz detaljniji prikaz primene fuzzy logike pri održavanju motornih vozila.

## 2. DANAŠNJE STRATEGIJE ODRŽAVANJA MOTORNIH VOZILA

Na današnjem stupnju razvoja nauke i tehnologije najveću pažnju zaslužuju dve strategije održavanja [1] i to: održavanje prema pouzdanosti i totalno produktivno održavanje. Metodologija održavanja prema pouzdanosti zasnovana je na savremenim naučnim znanjima, prvenstveno iz oblasti pouzdanosti i sistemskih nauka. Suština ove metodologije je u izučavanju ponašanja vozila prvenstveno sa aspekta pojave neispravnosti tokom njegovog korišćenja, uz terminski i sadržajno usklađivanje postupaka održavanja. To znači, da prema ovoj metodologiji, održavanje se sprovodi na osnovu poznavanja karakteristika pouzdanosti, na osnovu kojih se vrše prognoze budućeg stanja, tj. predviđa pojava otkaza. Na osnovu karakteristika pouzdanosti vozila donose se odluke o sprovođenju postupaka preventivnog održavanja (da bi se sprečila ili odložila pojava iznenadnog otkaza), ali i o postupcima korektivnog održavanja, koje je neophodno primeniti. Osnovni ciljevi primene metodologije održavanja prema pouzdanosti i bezbednosti vozila su:

- Obezbeđenje pouzdanosti i bezbednosti vozila koja se odražavaju na nivou definisanom u toku razvoja i proizvodnje. Pri pojavi otkaza vratiti vozilo na prvobitni nivo pouzdanosti i bezbednosti;

- Prikupljanje podataka o ponašanju vozila, tokom njegovog korišćenja, na osnovu kojih se mogu preduzeti odgovarajuće mere za poboljšanje njegovog kvaliteta.

Predhodno navedene ciljeve treba ostvariti uz što manje troškove (uzimajući u obzir i troškove održavanja i troškove posledica pojave otkaza). Pri primeni metodologije totalno produktivnog održavanja odluke o sprovođenju postupaka održavanja zasnivaju se pre svega na proceni trenutnog stanja vozila koje se održava. Primenom ove metodologije nastoji se da se postupci održavanja sprovede onda kada je to neophodno, a ne samo kada dođe do otkaza što podseća na koncepciju preventivnog održavanja prema stanju. Za razliku od koncepcije preventivnog održavanja prema stanju, koja se zasniva na bazi informacija o pouzdanosti, metodologija totalnog produktivnog održavanja zasniva se na informacijama svih onih koji su, na bilo koji način, u kontaktu sa vozilom. Za njenu primenu neophodan je domaćinski odnos iskusnih korisnika prema vozilu. Ne treba shvatiti da primena ove metodologije isključuje korišćenje informacije o pouzdanosti već njenom primenom se samo insistira na potpunoj odgovornosti svih subjekata koji su na bilo koji način u kontaktu sa vozilom. Ključno pitanje, pri održavanju motornih vozila, je prvenstveno izbeći posledice pojave otkaza, a ne sprečiti pojavu otkaza. U postojećoj literaturi, iz oblasti održavanja, navode se tzv. "ubrzanje" strategije održavanja. Ovim strategijama se pokušava da otklone nedostaci ostalih strategija. Od ovih strategija, uglavnom se navode: PMO (Preventive Maintenance Optimization). Primenom ove strategije potrebno je realizovati sledeće osnovne aktivnosti: Definisane zadatka preventivnog održavanja; Analiza svih otkaza; Analiza posledica nastalih otkaza; Određivanje strategije održavanja. Ciljevi primene ove strategije su: Racionalizacija preventivnih postupaka održavanja (sprovoditi samo one koje su svrsishodne i tehnoeкономski opravdane, uz optimizaciju periodičnosti njihovog izvođenja); Uključivanje opreme koja omogućava održavanje prema stanju; Podela rada na održavanju između održavaoca i korisnika.

Pored predhodno navedene strategije, u ovu grupu se navode i sledeće strategije: Statističke metode zasnovane na standardu MILSTD2173 i metoda Cost Minimisation Algorithm Program.

Predviđa se [2] da u budućnosti veliku primenu će imati tzv. strategija tačnog održavanja (Precision Approach), koja se zasniva na otklanjanju uzroka pojave otkaza (ako ne postoji uzrok pojave otkaza, onda se otkaz neće ni desiti), a tada i ne postoji potreba za održavanjem. Takva budućnost se predviđa i za strategiju totalno preventivnog održavanja (da motorna vozila sama nad sobom sprovede adekvatne postupke održavanja).

### 3. PRIMENA FUZZY LOGIKE PRI ODRŽAVANJU MOTORNIH VOZILA

#### 3.1. Istorijski razvoj fuzzy logike i principi na kojima se ona temelji

Reči: nejasan, neprecizan, nedefinisan, neodređen, dvosmislen, rasplnut, zamućen, maglovit mogle bi se zameniti jednom rečju. To je reč fuzzy, koja je engleskog porekla. Profesor kompjuterskih nauka na Kalifornijskom univerzitetu u Berkliju, Lotfi Zadeh, smatra se osnivačem fuzzy logike. Smatra se da je on te temelje postavio 1965. godine. Prema njemu, fuzzy logika može imati dva različita značenja: U širem smislu, fuzzy logika je sinonim za teoriju fuzzy skupova, a koja se odnosi na objekte sa nejasnim granicama čija se pripadnost meri određenim stepenom; U užem smislu, fuzzy logika je logički sistem koji je proširenje klasične logike. Suština fuzzy logike se u mnogome razlikuje od suštine tzv. tradicionalne logike.

Fuzzy logika koristi princip nekompatibilnosti, što znači nastojanje da se sa povećanjem nepreciznosti iskaza dolazi na njegovu relevantnost. Fazi logika je viševrednosna logika koja dozvoljava srednje vrednosti definisane između tradicionalnih stavova: *istinito - neistinito, da - ne, crno - belo*, itd. Fazi logika koristi iskustva stručnjaka u formi lingvističkih ako-onda pravila, a mehanizam aproksimativnog rezonovanja koristi kao kontrolu za konkretni slučaj. Ključni aspekt primene fuzzy logike jeste razvoj teorije koja formalizuje svakodnevno neformalno mišljenje da bi se moglo, kao takvo, koristiti za programiranje kompjutera.

Da bi pojasnili napred navedeno, objasnićemo ukratko razliku između fazi sistema i teorije verovatnoće. Oni koji u dovoljnoj meri ne poznaju suštinu i mogućnost primene fuzzy logike često postavljaju sledeće pitanje: "Može li se kontrolisati neki proces koristeći metod koji nije jasan?". Tamo, gde nije postojala nedoumica oko odgovora na ovo pitanje, fuzzy logika je doživela buran razvoj u skoro svim oblastima ljudskog života. Danas u primeni fuzzy logike prednjači Japan.

Fuzzy tehnologije predstavljaju nastojanje da se nedovoljno precizne informacije predstavljaju i obrađuju primenom računara. Time se omogućuje prisnija veza između čoveka i računara. To im je omogućilo da se svrstaju u tzv. humane tehnologije.

Iz Japana, od strane profesora sa Tokijskog Instituta za tehnologije Toširo Terana i profesora sa Univerziteta za telekomunikacije u Osaki, Kjođi Asaia, potekla je ideja za široko korišćenje fuzzy logike, kao inženjerskog alata. Danas fuzzy inženjerstvo u Japanu se razvilo u moćnu naučnu granu. U svim oblastima računarstva, primena fuzzy logike, je danas prisutna. Zahvaljujući njenoj primeni realizovani su sistemi koji upotrebljavaju fuzzy tehnologije u sklopu fuzzy baza podataka, fuzzy sistema za kvalitetno modeliranje, fuzzy analizu podataka, fuzzy identifikacije sistema i uopštavanje podataka, prepoznavanje oblika, fuzzy analize podataka, fuzzy sistema za obradu slike, izradu inteligentnih interfejsa i drugih oblasti računarstva.

Razvoj fuzzy ideje je dugotrajan, a koreni potiču iz dalekih antičkih dana, od Platona i Aristotela. Brojna su poznata imena ljudi, u dugom lancu razvoja fuzzy ideje, koji su dali doprinos razvoju te ideje, na čijim saznanjima se temeljilo i učenje tvorca

fuzzy logike i onih koji su principe fuzzy logike uspjeli da primene pri razvoju svih, do sada razvijenih sistema, koji za osnovu imaju primenu fuzzy logike. Interesantno je, u tom lancu, i ime Vernera Hajzenberga, koji je 1927. godine otkrio princip neizvesnosti, ali i Maks Bleka, koji je 1937. godine, definisao ono, što se danas u fuzzy logici naziva funkcijom pripadnosti. Teoriju fuzzy logike, na kojoj se danas temelje svi do sada razvijeni sistemi, konačno je formulisao profesor Zadeh. Osnova njegove teorije je shvatanje da umesto rigoroznosti i težnje ka što većom preciznošću opisa i razmišljanja o pojavama, treba krenuti u suprotnom smeru, znači da opisi budu neprecizni. Istorijski važne činjenice u razvoju i primeni fuzzy logike još su i: razvoj prvog industrijskog fuzzy kontrolera u Londonu 1974. godine, prva primena fuzzy kontrolera za upravljanje proizvodnjom cementa 1980. godine, 1987 godine pušten je u rad prvi metro sa fuzzy upravljanjem. Devedesetih godina prošlog veka, na tržištu se pojavljuje mnoštvo proizvoda čiji je rad zasnovan na primeni fuzzy logike. Nastavilo se sa intenzivnim radom, u ovoj oblasti, zbog zadivljujućih rezultata primene fuzzy logike. Radi se u oblasti tehnologija formiranja fuzzy baza podataka, prepoznavanja uzoraka, sistema za odlučivanje, obrade prirodnog jezika, tehnologija izrade fuzzy računara, fuzzy čipova - fuzzy hardvera, upravljanju procesa i operacija u fabrikama, realizacije inteligentnih robota sa mogućnošću razumevanja prirodnog jezika, razumevanja scena, sa mogućnošću planiranja i upravljanja kretanjem. Radi se u oblasti primene inteligentnih korisničkih interfejsa, kooperativnom radu ljudi i robota, na adaptivnim fuzzy neuro koji mogu da se prilagode promenljivim uslovima okoline. Danas je sasvim jasna činjenica, da se fuzzy logika može primeniti u svim oblastima ljudskog delovanja. Predhodno navedene činjenice deluju zadivljujuće.

Ako bi smo hteli da u najkraćem obliku kažemo što više o fuzzy logici, možda bismo to mogli, ako kažemo sledeće: Princip humanosti u inženjerstvu glasi: Neophodnost primene fazi inženjerstva zavisi od toga koliko razvojni inženjer vodi računa o čoveku pri razvoju svakog sistema; Princip nekompatibilnosti glasi: Što se više posmatra realan problem, njegovo rešenje postaje sve više fazi; odlike fuzzy pristupa, kao novog pogleda na svet su: postepenost, nepreciznost, upotreba kvalitativnih opisa i umeća stručnjaka; Fuzzy tehnologije su humane tehnologije i predstavljaju vezu između čoveka i mašine; Umešnost se stiče kroz praksu-učenjem i vežbanjem; Upotrebom neuro tehnologija može se vršiti obučavanje računarskih sistema; Upotrebom fuzzy tehnologija može se opisati znanje stručnjaka i predstaviti u računaru.

### 3.2. Mogućnost primene fuzzy logike u održavanju motornih vozila

Prednosti primene fuzzy logike pri održavanju složenih tehničkih sistema, su: a) Fuzzy logika je konceptualno jednostavna za razumijevanje, jer je njen matematički koncept fuzzy rezonovanja jednostavan; b) Fuzzy logika je fleksibilna - moguće je vršiti korekciju analiziranog sistema u bilo kom koraku bez potrebe za vraćanje na početak; c) Fuzzy logika toleriše neprecizne podatke, jer se temelji na postojanju nepreciznih podataka; d) Fuzzy logika može modelovati nelinearne funkcije, jer je moguće kreirati fuzzy sistem koji se može prilagoditi bilo kakvom setu ulazno-izlaznih podataka; e) Fuzzy logikom može se opisati iskustvo eksperata, jer se oslanja na iskustvo onih koji odlično poznaju analizirani sistem; f) Fuzzy logika se bazira na prirodnom jeziku, jer je njena osnova ljudska komunikacija.

Pri primeni fuzzy logike treba koristiti zdrav razum, primeniti je samo onda kada je moguće dobiti efektno rešenje - ukoliko ne postoji jednostavniji način rešavanja postavljene probleme.

### 3.2.1. Fuzzy logika

Klasična logika koristi izraze koji su ili kompletno netačni ili kompletno tačni. Fuzzy logika predstavlja proširenje klasične logike. Ona ustvari predstavlja viševrednosnu logiku. To znači da je izraz tačan sa određenim stepenom tačnosti. Primenom fuzzy logike ne koriste se kompleksne kalkulacije već pravila u obliku: ako < stanje > onda < zaključak >. To su tzv. ekspertska pravila. Stručnjak izražava svoje znanje u tom obliku. On ima mogućnost da rečima svakodnevnog govora izrazi svoje znanje o nekom procesu.

### 3.2.2. Fuzzy skupovi i funkcije pripadnosti

Skup elemenata sa *istim* svojstvima naziva se klasičan - diskretan skup. To znači da svaki element diskretnog skupa pripada tom skupu 100%. Svaki element diskretnog skupa pripada tom skupu sa stepenom od 1, na skali od 0 do 1.

U fuzzy tehnologijama fazi skup je osnovni element za predstavljanje i obradu nepreciznosti. On predstavlja proširenje i uopštenje klasičnog diskretnog skupa. To je ustvari skup elemenata sa sličnim svojstvima. Svaki element pripada fazi skupu u izvesnom stepenu. Preko fuzzy funkcije pripadnosti opisuje se stepen pripadnosti nekom fuzzy skupu. Sa različitim stepenom pripadnosti element se može nalaziti i u više skupova. U tom slučaju dolazi do preklapanja intervala poverenja tih skupova. Ulazna funkcija pripadnosti može imati diskretne ili kontinuirane vrednosti. Na kontinuiranom intervalu poverenja, pomoću parametara, definiše se funkcija pripadnosti. U obliku vektora, s konačnim brojem parametara, diskretna funkcija pripadnosti je definisana. U tom slučaju je neophodno specificirati opseg intervala poverenja i nivo svake tačke.

Element fazi skupa je svaki element u intervalu poverenja s određenim stepenom pripadnosti. Pri formiranju fuzzy skupova postavljaju se dva pitanja: Koliko je fazi skupova potrebno i dovoljno? Kako izabrati određenu funkciju pripadnosti? Odgovor, na ova pitanja je: na osnovu iskustva. Određen broj funkcija (krivih) pripadnosti može da koristi programski paket Matlab: trougaone, trapezoidne, pravolinijske, zvonaste itd. U mnogim slučajevima koriste se tzv. standardne funkcije pripadnosti. Postoje četiri tipa standardnih funkcija pripadnosti : Z - tip,  $\Lambda$  - tip (lambda),  $\Pi$  - tip (pi), i S - tip. Ove funkcije su uvek normalizovane, tako da je njihov maksimum uvek 1, a minimum 0.

Pošto su fuzzy skupovi proširenje klasičnih skupova, važe operacije unije, preseka ili komplementa i to kao modifikatori funkcije pripadnosti. Oni se definišu preko operatora. Unija se definiše preko operatora maksimuma, a presek preko operatora minimuma.

### 3.2.3. Lingvističke promjenljive

U fuzzy logici lingvistički objekti su reči, a ne brojevi. Lingvistički izrazi predstavljaju vezu između brojevnog predstavljanja informacija u računaru i čovekovog načina razmišljanja [3].

Na primer, ako promjenljiva kvalitet održavanja može da ima vrijednosti : dobar, loš, nije loš, veoma dobar, manje-više dobar, onda je kvalitet održavanja lingvistička promjenljiva. U tom slučaju : dobar, loš, nije loš, veoma dobar, manje-više dobar nazivaju se vrednostima lingvističke promjenljive ili lingvističkim vrednostima. Takođe, manje-više, veoma i slični izrazi nazivaju se lingvističkim modifikatorima.

### 3.2.4. Baza i format pravila

Skup pravila, u kojim se rečima opisuje rešenje nekog problema naziva baza pravila ili ekspertska pravila. Radi lakšeg razumijevanja pravila se pišu u pogodnom redosledu.

Skup pravila može biti predstavljen, ne samo u obliku ako-onda, već i u kompaktnijoj prezentaciji, u tzv. relacionoj formi ili još kompaktnije, u tabelarnoj lingvističkoj formi.

Ako su ulazne fuzzy promjenljive prvi ulaz i drugi ulaz, onda se ovaj format naziva lingvistički fuzzy plan. Koristi se i grafički format koji pokazuje krive funkcija pripadnosti (slika 1).

### 3.2.5. Mehanizam aproksimativnog rezonovanja

Mehanizam zaključivanja je mehanizam aproksimativnog rezonovanja. To je proces od tri faze : agregacija, aktivacija i akumulacija.

Prvi korak u rešavanju nekog problema u fuzzy sistemima je fazifikacija. T je proces koji konvertuje svaki brožčani ulazni podatak u stepen pripadnosti, pregledajući jednu ili nekoliko funkcija pripadnosti. Postoji stepen pripadnosti za svaku lingvističku promenljivu koja se primjenjuje na određenu ulaznu veličinu.

Pri agregaciji vrši se proces pridruživanja određene vrednosti funkcije pripadnosti izmjerenoj brožčanoj vrednosti, odn. utvrđuje se sa kojim stepenom poverenja (nivoom istinitosti) neka

ulazna brožčana vrednost pripada datom fuzzy skupu. Agregacija je ekvivalentna fazifikaciji u slučaju kada postoji samo jedan ulaz. Na svakom skupu se vidi sa koliko istinitosti važi svako pravilo.

Aktivacija je zaključak koji se izvodi u onda delu pravila. To je ustvari dedukcija konkluzije. Kao aktivacioni operator koristi se min ili algebarski produkt, i to kod najčešće korišćene metode direktnog zaključivanja- Mamdanijeve metode. Kod te vrste zaključivanja u obzir se uzimaju samo istinite premise. Primenom ove metode fuzzy skupovi su i u ulazu i u izlazu. Takagi-Sugeno-Kang metoda se ne razlikuje bitno od ostalih metoda direktnog zaključivanja, ali postoji velika razlika u strukturi fuzzy pravila. Razlika je u tome što se u zaključku umesto fazi skupa nalazi linearna funkcija između ulaza i izlaza. Često korišćeni slučaj je kada su linearni koeficijenti jednaki nuli i tada se radi o funkciji pripadnosti poznatoj kao singleton.

Akumulacija se sastoji u aktiviranju konkluzije, koje se akumuliraju sabiranjem. Kao akumulacioni operator se koristi maks ili algebarska suma. Pri aproksimativnom rezonovanju (npr. min-max), potrebno je uvek naglasiti koja je metoda korišćena.

Pri defazifikaciji rezultujući fuzzy skup se konvertuje u broj. Najčešće se koriste sledeće metode defazifikacije:

a) Centar gravitacije (COG - Centre of gravity ili COA - centriod of area)

Izlazna brožčana vrednost  $u$  je apseisa centra gravitacije fuzzy skupa:

b) Centar gravitacije za singleton (COGS - Centre of gravity method for singletons)

Ovaj metod ima relativno dobru računsku kompleksnost, a  $u$  je diferencijabilno u odnosu na singleton  $s_i$  što je jako korisno u neurofuzzy sistemima.

c) Polovljenje prostora (BOA - Bisector of area)

d) Srednja vrednost maksimuma (MOM - Mean of maxima)

Traženje tačke koja ima maksimalnu pripadnost je osnova tzv. intuitivnog pristupa. Ako se pojavi nekoliko maksimuma, onda se traži srednja vrednost maksimuma. Ovaj

metod zanemaruje oblik fuzzy skupa, ali mu je računska kompleksnost dobra. Često se koristi u problemima prepoznavanja oblika i klasifikacije.

e) Najveći maksimum na levoj strani (LM - Leftmost maximum) i najveći maksimum na desnoj strani (RM - Rightmost maximum)

Sledeća mogućnost je izbor najvećeg maksimuma na lijevoj strani ili na desnoj strani. U slučaju upravljanja pokretima robota, mora se izabrati između levog i desnog da bi se izbegle smetnje ispred njega. Defazifikator mora izabrati jedan ili drugi, ne nešto između. Ova metoda je indiferentna prema obliku fuzzy skupa, ali joj je računska kompleksnost mala.

Fazi rezonovanje ne zahteva sofisticirane tehnike defazifikacije. Ono zahteva veliku fleksibilnost prilikom oblikovanja pravila, što nije slučaj kod primene u automatskom upravljanju odnosno u fazi kontroli.

### ***3.2.6. Analiza ulazno-izlaznog preslikavanja***

Ova analiza se pravi da bi se video uticaj izbora funkcija pripadnosti i njihov raspored, na oblik izlaza, odnosno skupa mogućih rešenja.

Dvodimenzionalnu tabelu prouzrokuju dva ulaza i jedan izlaz. Ona se može nacrtati kao površ pogodna za vizuelno ispitivanje. Odnos između jednog ulaza i jednog izlaza se može nacrtati kao graf funkcije. Grafovi pomažu pri odabiru funkcija pripadnosti i formiranju pravila.

Oblik površine se može kontrolisati, do izvesnog stepena, funkcijama pripadnosti.

### **3.3. Primena fuzzy kontrolera na motornim vozilima**

Fazi kontroler je centralni deo sklopa za upravljanje motornim vozilom. Fazi kontroler se može realizovati pomoću programa koji se izvršava na personalnom računaru i povezan je sa procesom na uobičajeni način, kao u slučaju klasičnog upravljanja. U tom slučaju, fazi kontroler se koristi za inteligentno upravljanje, tako što se znanje stručnjaka-operatera koristi u upravljačkom procesu. Kada je potrebno, fazi kontroler se može ugraditi u vidu mikroprocesora u manje uređaje.

Mogućnosti primene fazi logike su velike. Navedimo neke od primera primene fazi kontrolera na motornim vozilima u Japanu i Koreji, zemljama koje prednjače u praktičnim primenama fazi tehnologija:

Fazi kočnice (Nissan) : upravlja kočnicama u opasnim situacijama na osnovu brzine i ubrzanja vozila, i na osnovu brzine i ubrzanja točkova.

Motor automobila (NOK, Nissan): upravlja ubrizgavanjem goriva i paljenjem u zavisnosti od stanja ventila za dovod goriva, protoka (količine) kiseonika, temperature vode za hlađenje, broja obrtaja u minuti, zapremine goriva, ugla radilice, vibracija motora i pritiska u usisnoj grani.

Prenosni sistem u automobilu (Honda, Nisan, Subaru): bira stepen prenosa zavisno od opterećenja motora, načina vožnje i uslova na putu.

Upravljanje kretanjem vozila (Isuzu, Nissan, Mitsubishi): podešava stanje ventila za dovod goriva na osnovu brzine i ubrzanja vozila.

Pored navedenih primera primene fazi upravljanja postoji još veliki broj fazi upravljanih sistema koji se koriste na motornom vozilu. Takođe, pored velike primene na motornim vozilima, fazi kontroleri su našli veliku primenu i u medicini (dijagnoza bolesti), saobraćaju (upravljanje raskrsnicama), kućnim uređajima i td.



#### 4. BUDUĆE STRATEGIJE ODRŽAVANJA MOTORNIH VOZILA

Radi postizanja maksimalne efektivnosti korišćenja motornih vozila, u budućnosti, najverovatnije, biće više pažnje posvećeno njihovom održavanju, kako kroz unapređenje sistema održavanja, tako i kroz povećano angažovanje svih onih koji učestvuju u njihovom razvoju, proizvodnji i eksploataciji.

Predhodno pomenute aktivnosti mogle bi da se izraze na sledeći način: Povezivanje između proizvođača i korisnika opreme za održavanje sa proizvođačima motornih vozila; Primena adekvatnih metodologija pri određivanju strategije održavanja motornih vozila, koja će dati najbolje rezultate u datim uslovima; Primena adekvatne opreme pri održavanju motornih vozila; Porast primene informacionih tehnologija u otkrivanju, dijagnostici i predviđanju otkaza (primenom sistema za podršku odlučivanju, ekspertskih sistema, veštačke inteligencije,...); Povećanje nivoa znanja svih učesnika u održavanju motornih vozila; Primena strategije održavanja motornih vozila bez otkaza, prvenstveno zahvaljujući otklanjanju uzročnika moguće pojave otkaza.

Danas se govori o uspešnom sistemu održavanja vozila ako su evidentni sledeći pokazatelji: Planski poslovi, u održavanju, su mnogo većeg obima (preko 90%), u odnosu na neplanirane poslove održavanja; Postojeći kapaciteti za održavanje (oprema i kadrovi) su pravilno angažovani (iskorišćenje kapaciteta preko 70%); Postoji optimalna količina i asortiman rezervnih delova i materijala u magacinima; Preventivno održavanje sprovodi se kada je jeftinije od korektivnog i bez izuzimanja vozila iz eksploatacije; Planirane aktivnosti održavanja motornih vozila izvršavaju se na vreme; Postoji ažurna i tačna baza podataka potrebna pri realizaciji odgovarajuće strategije održavanja; Korišćenje i održavanje opreme je adekvatno; Postoji adekvatan stručni kadar koji učestvuje u realizaciji održavanja motornih vozila, uz neprekidno unapređenje znanja; Postoji maksimalna bezbednost ljudstva koje radi u realizaciji zadataka održavanja.

Bez korišćenja integralne logističke podrške, a naročito informacionih sistema za upravljanje održavanjem - CMMS (Computrised Maintenance Mangement System), ne može se govoriti o mogućnosti primene savremenih strategija održavanja motornih vozila.

Korišćenje informacionih sistema za upravljanje održavanjem omogućuje do podataka neophodnih za primenu savremenih strategija održavanja. Ti podaci su od velike koristi pri realizaciji sledećih aktivnosti: Organizovanju poslova u održavanju (vrste poslova, planovi, zastoji, troškovi, radna snaga, oprema, materijal, rezervni delovi, dokumentacija); Raspoređivanju radne snage (prema zadacima, znanjima,...); Realizaciji obuke, učenje i davanje instrukcija postojećim kadrovima koji rade na održavanju motornih vozila; Generisanju radnih naloga za realizaciju zadataka preventivnog održavanja, prvenstveno na osnovu praćenja svih zahteva za održavanjem i raspoloživim resursima; Klasifikaciji zadataka održavanja prema prioritetima, lokaciji,...); Analizi troškova prihoda i rashoda; Odabiru najpovoljnije ponude rezervnih delova i materijala koji se koriste pri održavanju motornih vozila (zahvaljujući prvenstveno postojanju baze podataka o proizvođačima, kvalitetu i cenama rezervnih delova i materijala); Praćenju i analizi otkaza opreme koja se koristi pri održavanju; Realizaciji statističkih analiza i obradi podataka radi dobijanja onih informacija koje omogućuju adekvatno upravljanje održavanjem; Povećanju bezbednosti kadrova i opreme tokom održavanja motornih vozila; Praćenju realizacije preuzetih obaveza odgovarajućim ugovorima o održavanju i realizaciji transportnog rada.

Na osnovu podataka koji se dobijaju, prvenstveno primenom informacionih sistema za upravljanje održavanjem, može se vršiti analiza adekvatnosti primene odgovarajuće strategije održavanja motornih vozila (ocena i definisanje postojećih problema pri njenoj primeni).

Ocena strategije motornih vozila vrši se na osnovu odgovora koji se dobijaju postavljanjem sledećih pitanja: Da li se preventivno održavanje vrši pravovremeno i koji su rezultati te realizacije?; Da li su planovi i programi preventivnog održavanja adekvatni (kakav je odnos vremena rada na realizaciji postupaka preventivnog i korektivnog održavanja, Kakva je zakonitost pojave korektivnih održavanja tokom vremena,...)?; Za realizaciju kojih aktivnosti održavanja se troši najviše vremena?; Za realizaciju kojih aktivnosti održavanja su potrebna najveća ulaganja, i koliki su troškovi održavanja?; Koliki je obim nerealizovanih zadataka održavanja, naročito onih koji su preuzeti odgovarajućim ugovorima?; Koji su najčešći problemi u održavanju?; Informacioni sistem, za upravljanje održavanjem motornih vozila, vrši na zadovoljavajući način svoju funkciju ako: Generiše izlazna dokumenta na upotrebljiv način; Daje pregled raspoložive radne snage (prema znanjima i veštini); Daje pregled raspoložive opreme za održavanje motornih vozila (prema lokaciji, stanju, pripadnosti organizacionim celinama, mogućnostima,...); Daje pregled raspoloživih zaliha (minimalni i maksimalni nivo zaliha po delovima, trenutno stanje po delovima, lokacija); Izdaje radne naloge na zadovoljavajući način; Vršiti analizu preventivnih postupaka održavanja (potrebni resursi); Daje povratnu informaciju o efektivnosti izvršenih postupaka održavanja i tehničkom stanju motornih vozila.

## 5. ZAKLJUČAK

Najčešće su u primeni dve vrste preventivnog održavanja. Prvu čini preventivno održavanje čija osnova su informacije o pouzdanosti (na empirijski utvrđenim raspodelama verovatnoća vremena rada do pojave otkaza). Primenom ove vrste preventivnog održavanja postupci održavanja se planiraju tako da se obezbedi zahtevani nivo pouzdanosti, najčešće sprovođenjem preventivnih zamena posle određenog perioda rada. Druga vrsta preventivnog održavanja zasniva se na povezivanju informacija o pouzdanosti i informacija dobijenih na osnovu stalnog i sistematskog praćenja vozila (praćenju izabranih parametara i pokazatelja, koji sa dovoljno sigurnosti govore o njegovom stanju).

Strategija totalno produktivnog održavanja zasniva se na tvrdnji da samo održavanjem nije moguće održati projektovani nivo pouzdanosti tokom eksploatacije, već je za to potrebno i aktivno učešće korisnika i svih onih koji su u vezi sa vozilom koje se održava.

Osnova primena tzv. ubrzanih strategija održavanja je: ne sprovoditi ni jednu aktivnost preventivnog održavanja ukoliko ona nije ekonomski opravdana.

Danas se teži kombinovanoj primeni postojećih strategija održavanja. Razlog za to leži u raznovrsnosti vozila koja se održavaju. Drugi razlog je postojanje nedostataka postojećih strategija održavanja.

Primenom sistema zasnovanih na znanju (Knowledge based system) odnosno tzv. mekog računarstva (soft-computing) dolazi se do efikasnijih metoda kojima se tretiraju problemi održavanja tehničkih sistema, sa aspekta nepreciznosti. Jedan od takvih sistema je fuzzy logika. Fuzzy logika retko se koristi samostalno. Uglavnom se njena primena kombinuje sa neuroračunarstvom, genetičkim računarstvom, i kao proširenje mogućnosti ekspertnih sistema.

Primena fuzzy logike omogućila je brojna unapređenja, u većem broju oblasti ljudskog delovanja. Velike mogućnosti, njene primene, treba koristiti i u sistemima održavanja tehničkih sistema.

Geometrijski model upravljanja procesom preventivnog održavanja fuzzy logikom, čija je suština prikazana u ovom radu, treba da omogući: Utvrđivanje vrednosti parametara u uslovima neizvesnosti rada tehničkog sistema; Utvrđivanje uticaja pojedinih parametara na proces preventivnog održavanja tehničkog sistema; Utvrđivanje najuticajnijeg parametra, kao i redosled aktivnosti koje treba preduzeti, kao i utvrđivanje trenutaka kada treba pristupiti sprovođenju postupaka preventivnog održavanja po stanju. Proceduru formiranja geometrijskog modela treba da utvrdi rukovodilac održavanja, koji je i nadležan da donosi odluke o sprovođenju postupaka preventivnih održavanja tehničkih sistema.

Primena fuzzy logike, pri održavanju tehničkih sistema je opravdana činjenicom složenosti modela održavanja, pogotovo ako se uzme u obzir opisivanje samog problema održavanja koji pored stanja u radu i stanja u otkazu ima i međustanje. Njenom primenom, pri održavanju, bliži smo cilju postizanja maksimalne gotovosti, efektivnosti i minimalnih troškova.

Radi postizanja maksimalne efektivnosti korišćenja motornih vozila, u budućnosti, najverovatnije, biće više pažnje posvećeno njihovom održavanju, kako kroz unapređenje sistema održavanja, tako i kroz povećano angažovanje svih onih koji učestvuju u njihovom razvoju, proizvodnji i eksploataciji.

Bez korišćenja integralne logističke podrške, a naročito informacionih sistema za upravljanje održavanjem, ne može se govoriti o mogućnosti primene savremenih strategija održavanja vozila.

## LITERATURA

- [1] Krstić B.: Eksploatacija motornih vozila i motora, Mašinski fakultet, Kragujevac, 1997.
- [2] Krstić B.: Analysis of the vital parts of the engine vehicles on the base of the data from exploitation, VII International scientific conference Simulation research in automotive engineering, Lublin, Polska, 1999.
- [3] Babuška R.: Fuzzy and neural control, Delft University of Tehnology, Delft, the Netherlands, 2001.

## STRATEGYS BU MOTOR VEHICLE MAINTENANCE

**Božidar V. Krstić**

*Mechanical faculty - Kragujevac      bkrstic@kg.ac.yu*

**Abstract:** Essence of traditional and modern strategy of motor vehicle maintenance is analyzed. Special attention is given to modern strategy of motor vehicle maintenance. Fuzzy logic application enables large advantage in many human activities. Large possibility of its application is to use in the systems of motor vehicle maintenance.

Aim of the work is a review, in the briefest form, of fuzzy logic base, some causes of uncertainty in the systems of motor vehicle maintenance and possibility of its application by maintenance.

In order to achieve maximum effectiveness of usage of motor vehicles, in future more attention will be given to their maintenance, both through improvement of maintenance system and increased engagement of those who participate in its development, production and exploitation.

**Key words:** *motor vehicles, maintenance, strategys maintenance, fuzzy logic.*