Dr Svetomir Minić,
pukovnik, dipl. inž.
Odeljenje za naučno-
istraživačku delatnost GS VJ,
Beograd
Dr Živan Arsenić,
profesor, dipl. inž.
Mašinski fakultet, Beograd

PROGRAMSKI PAKET »PROFAZ« ZA UPRAVLJANJE PROCESOM PREVENTIVNOG ODRŽAVANJA

UDC: 62-7:001:681.32.06

Rezime:

Koristeći postavke predloženog fuzzy upravljačkog sistema za upravljanje procesom preventivnog održavanja tehničkih sistema prema stanju i razvijeni univerzalni programski paket »PROFAZ« kojim se rešava algoritam aproksimativnog rezonovanja, određuje se jačina preference donosioca odluke o sprovođenju postupka preventivnog održavanja.

Ključne reči: proces održavanja, fuzzy upravljački sistem, algoritam aproksimativnog rezonovanja, programski paket.

THE »PROFAZ« SOFTWARE FOR MANAGEMENT OF PREVENTIVE MAINTENANCE PROCESS

Summary:

The preference intensity (index) of the decision-maker's preventive maintenance actions is determined by using the proposed fuzzy system of process management and the developed universal software »PROFAZ« for solving an approximate reasoning algorithm.

Key words: maintenance process, fuzzy management system, approximate reasoning algorithm, software.

Uvod

Proces preventivnog održavanja tehničkih sistema u klasičnoj Teoriji održavanja određen je sa samo dva stanja sistema — »stanje u radu« i »stanje u otkazu«, tj. isključuje se mogućnost da postoji bilo kakvo treće ili drugačije stanje (između ova dva) [1]. Ovakav prilaz predstavlja pojednostavljenje realnosti u kojoj je moguće da tehnički sistem ima i čitav opseg »međustanja« u kojima sistem radi »delimično« [1,8]. To se posebno odnosi na elemente sistema sa kontinuu-

alnom promenom parametara stanja, čije se stanje može iskazati fuzzy skupovima »stanje u radu«, »međustanje« i »stanje u otkazu«. Za ovakve elemente odluke o sprovođenju postupaka održavanja treba zasnivati na algoritmičkim aproksimativnog rezonovanja, odnosno na bazi koncepta fuzzy skupova [2—9].

Kriterijumi za donošenje odluka o sprovođenju postupaka POPS-preventivnog održavanja prema stanju (On-Condition Based Maintenance), na osnovu rezultata »provere stanja« po-

smatranog elementa tehničkog sistema (odnos izmerene i dozvoljene vrednosti posmatranog parametra stanja, prognozirano vreme do sledeće provere stanja i »stanje« sistema) transformisani su u fuzzy promenljive veličine koje se razmatraju kao fuzzy skupovi za koje se definišu njihove funkcije pripadnosti [1]. Na ovoj osnovi i koristeći rezultate simulacije modela preventivnog održavanja EK-RAN [6], definisan je algoritam aproksimativnog rezonovanja u vidu skupa pravila za upravljanje procesom POPS [3,4] za čije je rešavanje razvijen univerzalni programski paket »PROFAZ« koji omogućava automatizovano određivanje vrednosti preference donosioca odluke o sprovođenju postupka POPS.

Model procesa preventivnog održavanja

Model preventivnog održavanja EK-RAN uspostavlja direktne odnose između zakona pouzdanosti posmatranog elementa sistema i zakona promene odgovarajućeg parametra stanja [1,6]. Ovim modelom određuje se dozvoljena vrednost parametra stanja (x_d) i definiše signalizaciona tolerancija parametra (Δx) kao područje u kojem, u definisanom intervalu vremena (Δt), treba sprovesti postupke preventivnog održavanja, kako bi se sistem ponovo vratio u stanje ispravnosti.

U procesu primene modela EK-RAN obavlja se merenje parametra stanja i izmerena vrednost parametra upoređuje se sa dozvoljenom vrednošću. Ukoliko je izmerena vrednost parametra stanja (x_i) u trenutku »prve« provere stanja (t_1), veća od dozvoljene vrednosti (x_d) pristupa se sprovođenju postupaka preventivnog održavanja, a ukoliko je manja — nastavlja se ko-

rišćenje sistema i određuje trenutak sledeće provere stanja.

Kriterijumi odlučivanja o trenutku sprovođenja postupaka POPS mogu se iskazati u funkciji sledećih fuzzy promenljivih:

- P — fuzzy promenljiva koja označava izmerenu vrednost parametra stanja u odnosu na dozvoljenu vrednost,
- T — fuzzy promenljiva koja označava vreme rada sistema do sledeće provere stanja,
- X — fuzzy promenljiva koja predstavlja »stanje« sistema,
- I — fuzzy promenljiva koja predstavlja jačinu (indeks) preferencije donosioca odluke o sprovođenju postupaka POPS.

Fuzzy promenljive P, T i X predstavljaju ulazne promenljive na osnovu čijih vrednosti treba doneti odluku o vrednosti izlazne promenljive I.

Opis programskog paketa

Programski paket »PROFAZ« razvijen je u CESIL-u Instituta za motorna vozila, Mašinskog fakulteta u Beogradu. Iz prikazanog algoritma se vidi da programski paket obezbeđuje automatizovano rešavanje algoritma aproksimativnog rezonovanja radi upravljanja procesom preventivnog održavanja, kao i mogućnost rešavanja drugih problema iz oblasti tehnike, u čemu se ogleda i njegova univerzalnost.

Glavna maska programskog paketa »PROFAZ« prikazana je na slici 1, a pojavljuje se odmah nakon startovanja programskog paketa.

Algoritam programskog paketa »PROFAZ«

PROFAZ

PROGRAMSKI PAKET
ZA UPRAVLJANJE PROCESOM PROJEKTA

Razvijen u **CENTRU ZA EFEKTIVNOST SISTEMA I LOGISTIKU** **CESiL**

Sl. 1 — Glavna maska programskog paketa »PROFAZ«

Sledeća maska prikazana na slici 2 obezbeđuje korisniku programskog paketa da izabere tri ponuđene opcije.

Ukoliko izabere prvu opciju »UNOŠENJE PODATAKA«, tada korisnik treba da definiše broj kriterijuma sa njihovim značenjem, kao i broj fun-

kcija pripadnosti (mišljenja) u okviru svakog kriterijuma. Pri definisanju svakog mišljenja neophodno je izabrati i odgovarajuću fuzzy relaciju, kako je to prikazano na slikama 3 i 4. Nakon unošenja željenih podataka programski paket obezbeđuje njihovu dalju obradu.

F1	U N O Š E N J E P O D A T A K A
F2	D A T O T E K U P O D A T A K A
F3	K R A J R A D A

Sl. 2 — Maska za izbor željenih opcija

Kriterijum br. 1 : Izmerena vrednost parametra stanja
Kriterijum br. 2 : Vreme rada sistema do sledece provere stanja
Kriterijum br. 3 : Stanje sistema

Sl. 3 — Maska za unošenje podataka

Kriterijum br. 1 : Izmerena vrednost parametra stanja

Isključenje br. 1 : ? Manje manje

IZABERI

IZABRAZI STE: $\lambda(z)$

Sl. 4 — Maska za unošenje podataka

Ukoliko korisnik programskog paketa želi da vrši obradu već unetih podataka, neophodno je da iz menija sa slike 2 izabere opciju »DATOTEKA PODATAKA«. Posle izbora ove opcije na ekranu monitora se pojavi maska prikazana na slici 5. Predmetna maska zahteva od korisnika da definiše datoteku u kojoj su podaci zapamće-

ni. U ovom slučaju datoteka je zapamćena pod imenom »PODACI« (slika 5).

Izborom opcije »DATOTEKA PODATAKA« i zadavanjem naziva datoteke na ekranu monitora se pojavljuje svaki od zadatih kriterijuma sa odgovarajućim fuzzy mišljenjima i funkcijama pripadnosti (slike 6 do 9).

F1 U N O S E N J E P O D A T A K A

F2 D A T O T E K U P O D A T A K A

Zadaj naziv datoteke PRIMER

Sl. 5 — Maska za pozivanje već unetih podataka

Kriterijun: Izmerena vrednost parametra stanja

Fuzzy skup: Mnogo manja
Fuzzy skup: —Manja
Fuzzy skup: —Ista
Fuzzy skup: —Veca

Kriterijun: Vreme rada sistema do sledece provere stanja

Fuzzy skup: —Malo
Fuzzy skup: —Srednje
Fuzzy skup: —Veliko

Kriterijun: Stanje sistema

Fuzzy skup: —Stanje u radu
Fuzzy skup: —Medjustanje
Fuzzy skup: —Stanje u otkazu

Sl. 6 — Maska sa definisanim podacima koji su uneti u programski paket

Sl. 7 — Maska sa definisanim podacima koji su uneti u programski paket

Sl. 8 — Maska sa definisanim podacima koji su uneti u programski paket

MASINSKI FAKULTET Institut za motorna vozila Beograd		CIMM TEHNOLOGIJE CESIL software PROFAS 1.0	
*Izmerena vrednost parametra stanja <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="width: 30%;">-Mnogo nacija</div> <div style="width: 40%;"> $\lambda(z)$ </div> <div style="width: 30%;"></div> </div>			
*Vreme rada sistema do sledece provere stanja <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="width: 30%;">-Srednje</div> <div style="width: 40%;"> $\lambda(z)$ </div> <div style="width: 30%;"></div> </div>			
*Stanje sistema <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="width: 30%;">-Stanje u radu</div> <div style="width: 40%;"> $\lambda(z)$ </div> <div style="width: 30%;"></div> </div>			
Indeks preference je: Slaba		I Z B O R FUNKCIJE PRIPADNOSTI
F1 Uro jaka	
Redni broj kombinacije = 4		F2 Jaka	
		F3 Srednja	
		F4 Slaba	
		F5 Uro slaba	

Sl. 9 — Maska sa definisanim podacima koji su uneti u programski paket

Raspolažući ulaznim podacima, u daljem radu sa programskim paketom neophodno je da se definiše, za svaki slučaj, kombinacija ulaznih veličina funkcija pripadnosti. Pošto je u prime-

ru bilo ukupno 36 mogućih kombinacija, neophodno je da se za svaku od njih definiše funkcija pripadnosti. Ilustracije radi na slikama 10 do 12 date su neke od njih.

MASINSKI FAKULTET Institut za motorna vozila Beograd		CIMM TEHNOLOGIJE CESIL software PROFAS 1.0	
*Izmerena vrednost parametra stanja <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="width: 30%;">-Mnogo nacija</div> <div style="width: 40%;"> $\lambda(z)$ </div> <div style="width: 30%;"></div> </div>			
*Vreme rada sistema do sledece provere stanja <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="width: 30%;">-Uro jako</div> <div style="width: 40%;"> $\lambda(z)$ </div> <div style="width: 30%;"></div> </div>			
*Stanje sistema <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="width: 30%;">-Stanje u radu</div> <div style="width: 40%;"> $\lambda(z)$ </div> <div style="width: 30%;"></div> </div>			
Indeks preference je: Uro slaba		I Z B O R FUNKCIJE PRIPADNOSTI
F1 Uro jaka	
Redni broj kombinacije = 7		F2 Jaka	
		F3 Srednja	
		F4 Slaba	
		F5 Uro slaba	

Sl. 10 — Maska sa definisanim podacima koji su uneti u programski paket

MASINSKI FAKULTET Institut za motorna vozila Beograd		CIMM TEHNOLOGIJE CESIL software PROFIZ 1.0	
*Izmerena vrednost parametra stanja			
-Manja	$\lambda(z)$
*Urene rada sistema do sledece provere stanja			
-Malo	$\lambda(z)$
*Stanje sistema		I Z B O R FUNKCIJE PRIPADNOSTI	
-Stanje u radu	$\lambda(z)$		
Indeks preference je: Jaka		F1 Urlo jaka	
		F2 Jaka	
		F3 Srednja	
		F4 Slaba	
		F5 Uro slaba

Redni broj kombinacije = 10			

Sl. 11 — Maska sa definisanim podacima koji su uneti u programski paket

MASINSKI FAKULTET Institut za motorna vozila Beograd		CIMM TEHNOLOGIJE CESIL software PROFIZ 1.0	
*Izmerena vrednost parametra stanja			
-Manja	$\lambda(z)$
*Urene rada sistema do sledece provere stanja			
-Malo	$\lambda(z)$
*Stanje sistema		I Z B O R FUNKCIJE PRIPADNOSTI	
-Medjustanje	$\lambda(z)$		
Indeks preference je: Urlo jaka		F1 Urlo jaka	
		F2 Jaka	
		F3 Srednja	
		F4 Slaba	
		F5 Uro slaba

Redni broj kombinacije = 11			

Sl. 12 — Maska sa definisanim podacima koji su uneti u programski paket

Praktična primena programskog paketa »PROFAZ«

Koristeći osnovne postavke za konstruisanje fuzzy upravljačkog sistema za upravljanje procesom POPS, prikazane u radu [3], i njihovim proširenjem zahvaljujući mogućnostima programskog paketa, prikazani su samo segmenti iz veoma obimnih faza pri re-

šavanju problema upravljanja procesom preventivnog održavanja na bazi fuzzy prilaza.

Grafičke interpretacije algoritma aproksimativnog rezonovanja za određivanje jačine (indeksa) preferencije donosioca odluke o sprovođenju postupaka POPS tehničkog sistema prikazane su na slikama 13 do 17.

Sl. 13 — Grafički prikaz algoritma aproksimativnog rezonovanja za utvrđivanje jačine preferencije

Sl. 14 — Grafički prikaz algoritma aproksimativnog rezonovanja za utvrđivanje jačine preferencije

Sl. 15 — Grafički prikaz algoritma aproksimativnog rezonovanja za utvrđivanje jačine preferencije

Sl. 16 — Grafički prikaz algoritma aproksimativnog rezonovanja za utvrđivanje jačine preferencije

Sl. 17 — Grafički prikaz algoritma aproksimativnog rezonovanja za utvrđivanje jačine preferencije

Zaključak

Odluke o sprovođenju postupaka POPS treba zasnivati na bazi koncepta fuzzy logike. Na taj način uzimaju se u obzir inženjerske nedoumice i subjektivizam u vezi sa prisutnim neizvesnim ili nepreciznim veličinama koje klasični model (EKTRAN) za upravljanje procesom POPS ne uzima u obzir.

Predloženi algoritam aproksimativnog rezonovanja omogućava utvrđivanje jačine (indeks) preferencije koju ima donosilac odluke u pogledu sp-

rovođenja postupaka POPS u datom trenutku »provere stanja« tehničkog sistema.

Očigledna je prednost korišćenja razvijenog programskog paketa koji omogućava automatizovano rešavanje algoritma aproksimativnog rezonovanja i time upravljanje procesom POPS. Da bi dobijeni rezultati predstavljali relevantnu informaciju za pravovremeno i efikasno preduzimanje postupaka POPS potrebno je da se programski paket proveriti i potvrdi u realnom sistemu održavanja na većem broju različitih tehničkih sistema.

Literatura:

- [1] Todorović, J.: Inženjerstvo održavanja tehničkih sistema - Maintainability Engineering, JU MV, Beograd, 1993.
- [2] Teodorović, D., Kikuchi, S.: Fuzzy skupovi i primene u saobraćaju, Saobraćajni fakultet, Beograd, 1993.
- [3] Minić, S., Arsenić, Ž.: Primena fuzzy logike u upravljanju procesom preventivnog održavanja tehničkih sistema prema stanju, XV naučno-stručni skup Nauka i motorna vozila, Beograd, 1995.
- [4] Minić, S., Arsenić, Ž.: The Fuzzy Logic Application to The Management of The Motor Vehicle Elements Preventive On-Condition Based Maintenance Process, Mobility and Vehicle Mechanics, Vol. 21, Kragujevac, 1995.
- [5] Vasić, B., Todorović, J.: Primena teorije fuzzy skupova u upravljanju održavanjem, SYMOPIS 94, Kotor, 1994.
- [6] Minić, S.: Dinamički model preventivnog održavanja prema stanju motornih vozila, doktorska disertacija, Mašinski fakultet, Beograd, 1993.
- [7] Todorović, J.: Održavanje tehničkih sistema - Nauka ili veština, SYMOPIS 94, Kotor, 1994.
- [8] Peković, T., Todorović, J.: Funkcija cilja kao fazi pojam, XIII simpozijum za operaciona istraživanja, Zlatibor, 1996.
- [9] Minić, S., Arsenić, Ž.: Proces preventivnog održavanja tehničkih sistema kao fuzzy pojam, XXIV simpozijum o operacionim istraživanjima, Bečići, 1997.