

Rezime:

U ovom radu opisan je pristup za izradu ekspertskeg sistema za procenu gubitaka TMS u borbenim dejstvima. Pri proceni gubitaka javlja se veliki stepen neizvesnosti i neodredenosti, zbog čega je korišćen matematički aparat fazi logike. Sistem je lako primenljiv i predviđa veličinu i strukturu gubitaka, što omogućava stručnim licima pravovremenu pripremu operativnog plana održavanja, odnosno predviđanje potrebnih resursa za organizaciju održavanja u određenom periodu.

Ključne reči: fazi logika, gubici, održavanje.

**FUZZY-EXPERT MODEL FOR EVALUATING EQUIPMENT LOSSES
IN COMBAT ACTIONS**

Summary:

An approach to creating an expert system for evaluating equipment losses in combat actions has been described in this paper. In loss evaluation there is a high degree of uncertainty and ambiguity. Therefore, the mathematical tool-fuzzy-logic has been applied. This easily applicable system anticipates the size and the structure of losses thus enabling the operating maintenance plan to be prepared in due time as well as the anticipation of necessary resources for maintenance organization in a particular period.

Key words: fuzzy logic, losses, maintenance.

Uvod

Pri izradi operativnog plana održavanja, pored ostalog, načelnik tehničke službe mora imati pregled prosečnih opštih i povratnih gubitaka po stepenima remonta. Međutim, određivanje borbenih gubitaka problem je koji sadrži veliki stepen neodredenosti, neizvesnosti i subjektivnosti. Svaki rat, svaka operacija ili boj vrlo su specifični, a za svaku konkretnu situaciju načelnik TSI mora imati fleksibilan ekspertski sistem za procenu gubitaka. Faziexpertske sistemi rešavaju

ovakvu vrstu problema, a pri izradi ovog sistema konsultovani su eksperti iz ove oblasti, kao i literatura, a važna osobina mu je jednostavnost primene.

Ukupni gubici nazivaju se opšti, a dele se na povratne i nepovratne. Za sredstva koja se po stepenu neispravnosti svrstavaju u povratne gubitke treba postaviti odgovarajuću organizaciju održavanja, prema očekivanom stepenu oštećenja, na laki, srednji ili generalni remont. Neophodno je što tačnije predvideti veličinu i strukturu gubitaka, kako bi se pravovremeno pripremili potrebni resursi

za uspešnu organizaciju održavanja TMS u zadatom vremenskom periodu.

U literaturi [1] dat je pregled prosečnih opštih i povratnih gubitaka po stepenima remonta, pri čemu su oni definisani procentualno. Očigledno je da su to veoma „kruti“ podaci i nema mogućnosti da se dobiju druge vrednosti za različite uslove. Na primer, u odbrambenoj operaciji moguće je da se u prvoj fazi izvodi zadržavajuća odbrana, a u drugoj fazi odsudna odbrana. Može se pretpostaviti da će gubici biti različiti, odnosno da će u odsudnoj odbrani biti veći. Iz toga proizilazi potreba za postojanjem ekspertskog sistema kojim će se omogućiti dobijanje rezultata u većem rasponu u odnosu na one koji se dobijaju primenom prosečnih gubitaka definisanih u [1], odnosno stvaranje mogućnosti za određivanje obima potrebnih resursa koji mora odgovarati najverovatnijoj veličini gubitaka, a po strukturi mora odgovarati rasponu u kojem se mogu pojaviti pojedine kategorije radova na održavanju. Za svaku konkretnu procenu situacije mogu se dobiti odgovarajući podaci. Rešavanje ovog problema izvodljivo je korišćenjem prosečne konfiguracije personalnog računara, koji koristi svaka jedinica u pripremi i izradi plana TOB-a. Za terenske uslove može se izraditi i tablični prikaz, pošto se radi o tzv. trodimenzionalnim problemima sa dva ulaza i jednim izlazom. Model predstavlja poboljšanje u odnosu na rešenje iz literature [3], što će biti objašnjeno u tekstu.

Opis modela i rezultata

Koristeći saznanja iz literature [3, 5 i 6] za rešavanje problema upotrebljen je matematički aparat fazi skupova i fazi logike. Za razliku od klasičnog skupa

koji sadrži iste elemente, fazi skup sadrži slične elemente sa određenim stepenom pripadnosti. Osnovni cilj je da se primene ekspertska znanja ili heuristička pravila u formi računarskog programa. Umesto matematičkih promenljivih koriste se lingvističke promenljive. Iskustvo tzv. domen-eksperta, odnosno lica koje izuzetno dobro poznaje zadati problem, predstavljeno je u formi produkcionih pravila AKO-ONDA (engl. IF-THEN). Inženjer koji poznaje fazi logiku i ekspertске sisteme, izrađuje i podešava mehanizam aproksimativnog rezonovanja u kojem je sakriven matematički aparat, a koji domen-ekspert uopšte ne mora da poznaje.

Sa stanovišta domen-eksperta predlaže se da se ovaj problem rešava u nekoliko koraka. Izlazni rezultati svakog od ovih koraka predstavljaju ulaz za sledeći korak u rešavanju problema. Ovakav pristup odgovara hijerarhiji pokazatelja gubitaka i načinu njihovog iskazivanja, jer veličina nepovratnih gubitaka zavisi od veličine opštih gubitaka, a broj sredstava za laki, srednji i generalni remont zavisi od veličine povratnih, odnosno nepovratnih gubitaka, kao i od broja sredstava koja spadaju u svaku od pojedinih kategorija.

Radi ilustracije pristupa problemu razmatran je najviši združeno-taktički sastav KoV-a, u odbrambenim borbenim dejstvima. Proračun se obavlja za veličinu dnevnih gubitaka i njihovu strukturu. Razmatrani su gubici jedne vrste najsloženijih tehničkih sredstava.

Za proračune se koristio programski paket Matlab 5.1, odn. njegov Fuzzy Logic Toolbox. U prvom koraku korišćen je metod Sugeno, a kod narednih koraka metod Mamdani [6]. U procesu aproksimativnog rezonovanja korišćen je metod MAKS-MIN, a defazifikacija je izvršena

metodom centra gravitacije. Funkcije pripadnosti principijelno su određene konsultacijom sa ekspertima i u skladu sa literaturom [3]. Dograđivanje ovog sistema može se izvoditi podešavanjem i menjanjem rasporeda i oblika funkcija pripadnosti, a da se ekspertska pravila u kojima je lingvistički opisan način donošenja odluke ne menjaju.

1. Korak

U ovom koraku veličina opštih gubitaka zavisi od dve ulazne promenljive, a to su odnos snaga i intenzitet borbenih dejstava. Prva ulazna lingvistička promenljiva nazvana je „odnos snaga“, a druga – „intenzitet borbenih dejstava“, što je predstavljeno skraćenicama. Izlazna promenljiva dobila je naziv „opšti gubici“.

Lingvistička promenljiva „intenzitet borbenih dejstava“ predstavljena je sa tri lingvističke vrednosti: „mali“, „srednji“ i „visoki“. Jasno je da je na taj način iskazan intenzitet borbenih dejstava. Znači, intenzitet može biti mali, srednji i visoki, što je odluka domen-eksperta. Ako se intenzitet borbenih dejstava predstavi brojačano od 0 do 3, što se naziva interval poverenja, onda ove tri lingvističke vrednosti, sa svojim funkcijama pripadnosti, vrše granulaciju tog intervala (slika 1). Oblik krajnjih funkcija pripadnosti izmenjen je u odnosu na literaturu [3], zbog potrebe da stepen pripadnosti na kraju intervala poverenja bude 0 ili 1 [8]. Funkcije se preklapaju u srednjem delu vrednosti, što znači da taj deo predstavlja „najneodređeniji“ deo raspona. Upravo ta mogućnost pripadanja jedne vrednosti različitim skupovima, a sa određenim stepenom pripadnosti, najveći je kapacitet fazi logičkog aparata.

Lingvistička promenljiva „odnos snaga“ predstavljena je sa tri lingvističke vrednosti: „povoljan“, „nepovoljan“ i „kritičan“. Time je rečima iskazan odnos snaga vlastitih i neprijateljevih jedinica. Pošto je pretpostavka da uvek napada jači neprijatelj, ovde interval poverenja¹ počinje sa vrednošću 0,5. To je moguća situacija u kojoj je branilac dva puta jači, što spada u povoljan odnos snaga. Vrednosti veće od 1 izražavaju odnos pri kojem je neprijatelj jači. Oblik krajnjih funkcija pripadnosti izmenjen je iz istog razloga kao i u prethodnom slučaju.

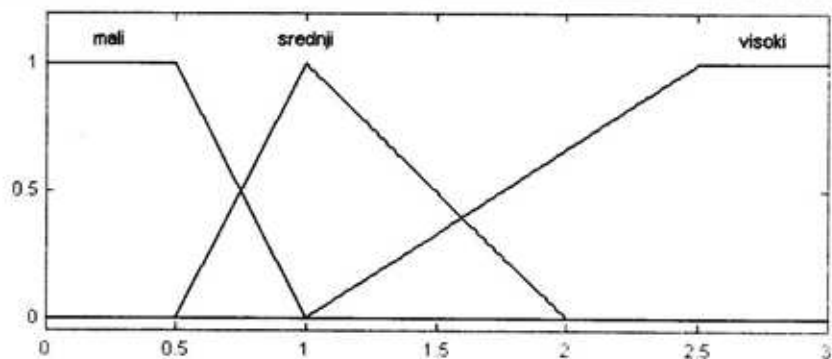
U određivanju oblika i rasporeda funkcija pripadnosti najveće izmene u odnosu na [3] napravljene su kod izlazne lingvističke promenljive. Poznato je da se ne može upravljati celim intervalom poverenja izlazne lingvističke promenljive, ako su joj funkcije pripadnosti fazi skupovi trouglastog oblika [8]. Po zahtevu domen-eksperta rešenja u ovom koraku moraju biti u rasponu od 0 do 50. To je zbog pretpostavke da se jedinica izbacuje iz stroja kada joj gubici dostignu vrednost od 50%. Zbog toga je u modelu primenjen tzv. metod Sugeno, kod kojeg su funkcije pripadnosti konstantne normirane vrednosti. Njihovim rasporedom podešava se potreban raspon, a postepeni prelaz će diktirati ulazne promenljive.

Izlazna promenljiva „opšti gubici“ u modelu je predstavljena sa četiri lingvističke vrednosti, tj. konstantne vrednosti (engl. singleton). One su nazvane: „mali“ za vrednost 0, „srednji“ za vrednost 10, „veliki“ za 35 i „ekstremni“ za 50.

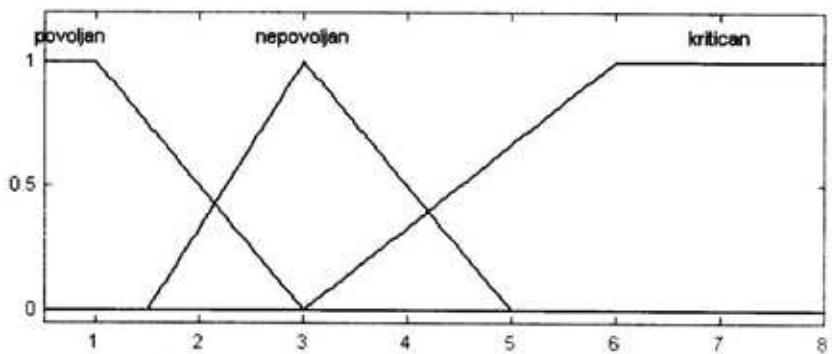
Nakon definisanja ulaznih i izlaznih promenljivih sačinjen je originalni algoritam aproksimativnog rezonovanja² u

¹ U literaturi [3] interval poverenja je od 0 do 8.

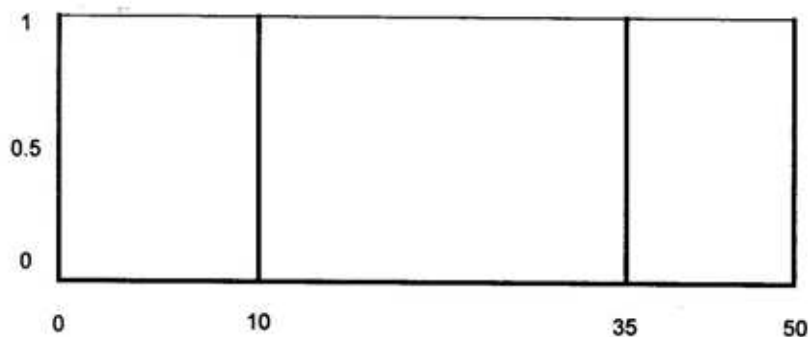
² Svi algoritmi koji slede su takođe originalni.



Sl. 1 – Funkcije pripadnosti promenljive „intenzitet borbenih dejstava“



Sl. 2 – Funkcije pripadnosti promenljive „odnos snaga“



Sl. 3 – Funkcije pripadnosti izlazne promenljive „opšti gubici“

obliku tzv. ekspertskih pravila AKO-ON-DA. Algoritam predstavlja rečima opisan uticaj ulaznih promenljivih na formiranje izlaznih parametara. Moguće kombinacije dva ulaza sa po tri fazi skupa daju ukupno devet sledećih ekspertskih pravila:

1. AKO JE (int. borb. dejst. mali) I (odn. snaga povoljan) ONDA SU (opšti gubici mali)

2. AKO JE (int. borb. dejst. srednji) I (odn. snaga povoljan) ONDA SU (opšti gubici mali)

3. AKO JE (int. borb. dejst. visoki) I (odn. snaga povoljan) ONDA SU (opšti gubici srednji)

4. AKO JE (int. borb. dejst. mali) I (odn. snaga nepovoljan) ONDA SU (opšti gubici mali)

5. AKO JE (int. borb. dejst. srednji) I (odn. snaga nepovoljan) ONDA SU (opšti gubici srednji)

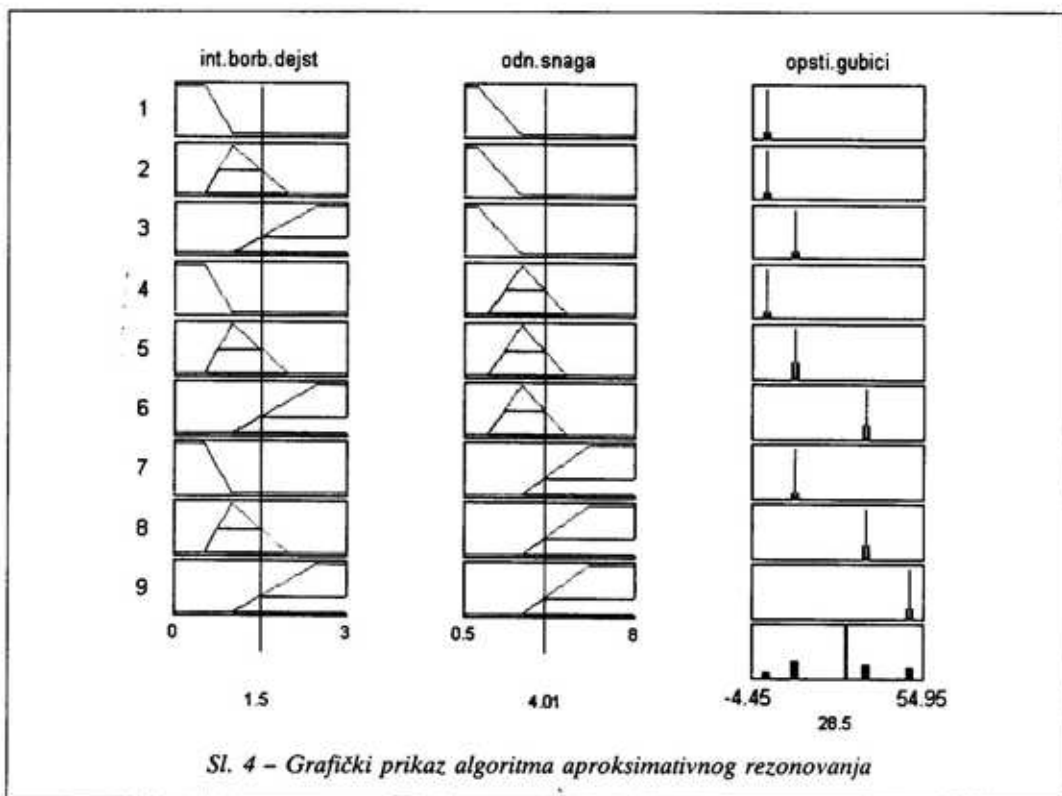
6. AKO JE (int. borb. dejst. visoki) I (odn. snaga nepovoljan) ONDA SU (opšti gubici veliki)

7. AKO JE (int. borb. dejst. mali) I (odn. snaga kritičan) ONDA SU (opšti gubici srednji)

8. AKO JE (int. borb. dejst. srednji) I (odn. snaga kritičan) ONDA SU (opšti gubici veliki)

9. AKO JE (int. borb. dejst. visoki) I (odn. snaga kritičan) ONDA SU (opšti gubici ekstremni)

Za svaku kombinaciju ulaza domen-ekspert je predložio izlaz, odn. zaključak (podvučene reči). Algoritam je dat upravo u obliku kako se piše u grafičkom editoru Matlab, a to su reči svakodnevnog



Sl. 4 – Grafički prikaz algoritma aproksimativnog rezonovanja

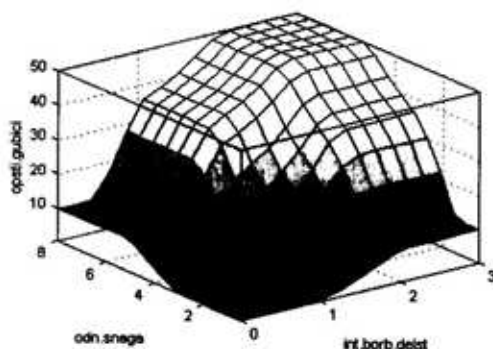
govora kojim bi se ekspert izrazio da usmeno objašnjava rešenje ovog problema. Suština fazi logike je u tome da ekspert koristi neprecizne izraze (povoljan, mali, veliki...) da bi iskazao svoje uopšteno znanje o složenim pojavama. Tako iznesena pravila potpuno su jasna i relevantna za korisnika.

Na slici 4 grafički je prikazan algoritam aproksimativnog rezonovanja na kojem se vidi način dobijanja izlaznog podatka. U konkretnoj situaciji procenjeno je da je intenzitet borbenih dejstava 1,5, a da je neprijatelj četiri puta jači. To su brojevi ulazni podaci. Dve vertikalne linije koje presecaju ulazne fazi skupove simbolizuju proces *fazifikacije*. Šrafirani delovi fazi skupova pokazuju sa kojim stepenom se vrši *agregacija* pojedinih pravila, po metodi MAKS. U trećem redu podebljani delovi vertikalnih linija pokazuju, po metodi MIN, proces *aktivacije* samo pravila br. 5, 6 i 9. U donjem desnom uglu vidi se da je *akumulacija* izvršena sabiranjem podebljanih linija [8].

U procesu *defazifikacije* računa se centar gravitacije, odnosno njegova vrednost na apscisi. Ova brojčana vrednost predstavlja traženi rezultat i predstavlja opšte gubitke od 28,5%. Očito je da su ulazni podaci upravljali programom, jer su aktivirana samo tri pravila, dok bi za neke druge vrednosti ulaza bila aktivirana druga pravila. Ovo je zbog toga što se u fazi logičkim programima radi o paralelnom procesiranju ekspertskih pravila, pa njihov redosled uopšte nije bitan. U ovom slučaju pravila su napisana redosledom samo zbog preglednosti i lakšeg razumevanja njihovog smisla i međusobnog odnosa.

Skup mogućih rešenja prikazan je takođe, grafički na slici 5. Može se videti da se mogući gubici kreću od 0 do 50%,

što je i bio cilj.³ Kritičkom analizom domen-ekspert na ovoj slici može videti eventualna mesta koja ne odgovaraju njegovim predviđanjima. Na njegov zahtev tada se vrši podešavanje funkcija pripadnosti sa stalnom kontrolom izmene skupa mogućih rešenja.⁴ Bitno je da se ne menja rečima iskazani algoritam aproksimativnog rezonovanja.



Sli. 5 – Grafički prikaz skupa mogućih rešenja

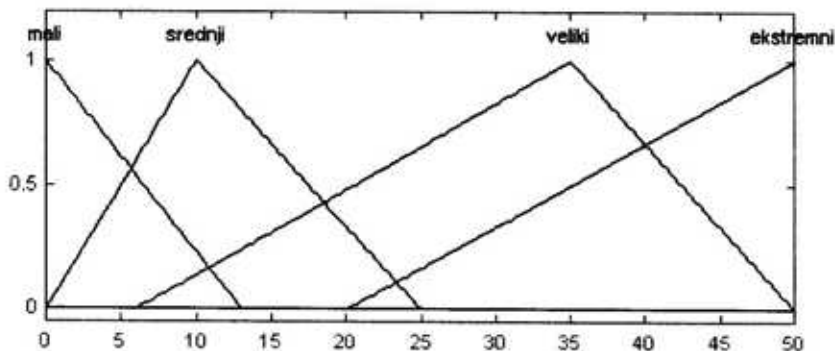
U ovom slučaju obavljeno je podešavanje u odnosu na rešenje prikazano u literaturi [3]. Podešeno je da su izlazne vrednosti monotono rastuće, bez većih skokova, u odnosu na porast vrednosti bilo kog ulaza pojedinačno ili oba zajedno. „Platoi“ su dobijeni samo kod ekstremnih vrednosti. Vidi se da pri npr. malom intenzitetu borbenih dejstava i kritičnom odnosu snaga opšti gubici ne prelaze vrednost od 10%. Slična je situacija i pri povoljnom odnosu snaga, i visokom intenzitetu borbenih dejstava.

2. Korak

Izlazna promenljiva iz prvog koraka u drugom koraku predstavlja prvu ulaznu promenljivu, a to je lingvistička promen-

³ U literaturi [3] donja granica nije mogla ići ispod 4%, zbog korišćenja Mamdanijevog metoda.

⁴ Ove analize se vrše tokom kreiranja ekspertskog sistema, kao i po novim saznanjima o izmenama u realnom sistemu.



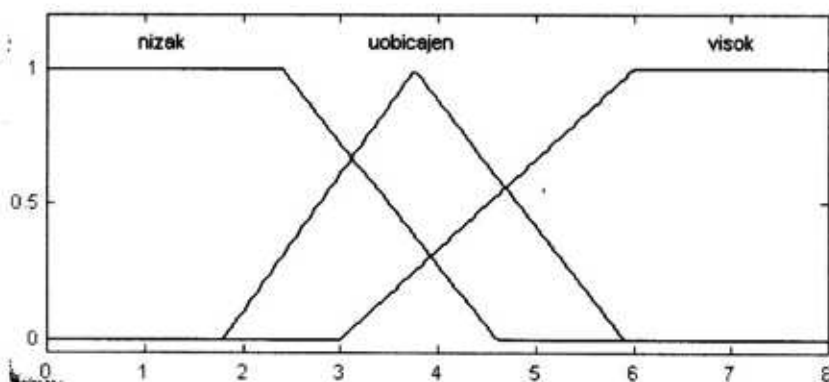
Sl. 6 – Funkcije pripadnosti ulazne promenljive „opšti gubici“

ljiva „opšti gubici“. U ovom i narednim koracima koristi se Mamdanijev metod, pa je oblik funkcija pripadnosti ove promenljive sada trouglast, za razliku od prethodnog koraka. Vidi se da su apscise ekstremnih vrednosti iste kao i kod odgovarajućih konstantnih vrednosti na slici 3. Krajnje funkcije, sa leve i desne strane, izmenjene su u odnosu na literaturu [3].

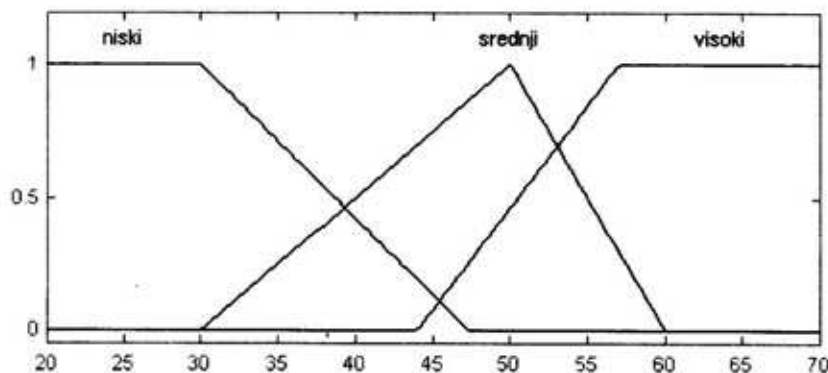
Druga ulazna promenljiva je odnos oružja velike i male moći (oružja velike moći su npr. kalibri preko 100 mm). Odnos oružja velike i male moći računa se prema stvarnim efektima i kvantitativ-

nom stanju u konkretnoj jedinici, a odgovarajuće funkcije pripadnosti prikazane su na slici 7.

Razvijen je specifičan algoritam aproksimativnog rezonovanja, a kao izlazna promenljiva određena je veličina „nepovratni gubici“ (slika 8), koji se, takođe, izražavaju u procentima. Interval poverenja dat je od 20 do 70% zbog zahteva za rasponom koji se mora postići. Algoritam aproksimativnog rezonovanja dat je u obliku kako se unosi u grafički editor. Upoređivanjem sa prethodnim algoritmom lako se može shvatiti značenje svakog pravila.



Sl. 7 – Funkcije pripadnosti promenljive „odnos oružja“



Sl. 8 – Funkcije pripadnosti promenljive „nepovratni gubici“

Algoritam aproksimativnog rezonovanja:

1. If (opsti. gubici is mali) and (odnos. oruzja is nizak) then (nepovratni. gub is niski) (1)

2. If (opsti. gubici is mali) and (odnos. oruzja is uobicajen) then (nepovratni. gub is niski) (1)

3. If (opsti. gubici is mali) and (odnos. oruzja is visok) then (nepovratni. gub is srednji) (1)

4. If (opsti. gubici is srednji) and (odnos. oruzja is nizak) then (nepovratni. gub is niski) (1)

5. If (opsti. gubici is srednji) and (odnos. oruzja is uobicajen) then (nepovratni. gub is srednji) (1)

6. If (opsti. gubici is srednji) and (odnos. oruzja is visok) then (nepovratni. gub is srednji) (1)

7. If (opsti. gubici is veliki) and (odnos. oruzja is nizak) then (nepovratni. gub is srednji) (1)

8. If (opsti. gubici is veliki) and (odnos. oruzja is uobicajen) then (nepovratni. gub is visoki) (1)

9. If (opsti. gubici is veliki) and (odnos. oruzja is visok) then (nepovratni. gub is visoki) (1)

10. If (opsti. gubici is ekstremni) and (odnos. oruzja is nizak) then (nepovratni. gub is srednji) (1)

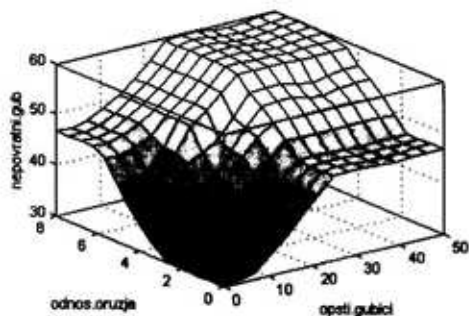
11. If (opsti. gubici is ekstremni) and (odnos. oruzja is uobicajen) then (nepovratni. gub is visoki) (1)

12. If (opsti. gubici is ekstremni) and (odnos. oruzja is visok) then (nepovratni. gub is visoki) (1)

Način na koji je sačinjen ovaj algoritam može se shvatiti ako se pogledaju npr. prvo i zadnje pravilo. Vidi se da prvo pravilo uspostavlja odnos između minimalnih vrednosti ulaza i izlaza, a zadnje pravilo između maksimalnih. Ostala pravila objašnjavaju postepeni prelaz sa minimalnih prema maksimalnim vrednostima.

Grafički prikaz predstavlja rešenje na kojem su izvršena sva podešavanja, što se postiže menjanjem parametara ulaznih i izlaznih promenljivih.

Prema zahtevu podešeno je da se veličina nepovratnih gubitaka može kretati u dijapazonu od 30 do 60%, što se vidi na slici 9. Podešavanje predstavlja najteži deo u procesu izrade ekspertskog sistema, zbog velikog broja parametara koji se mogu menjati.

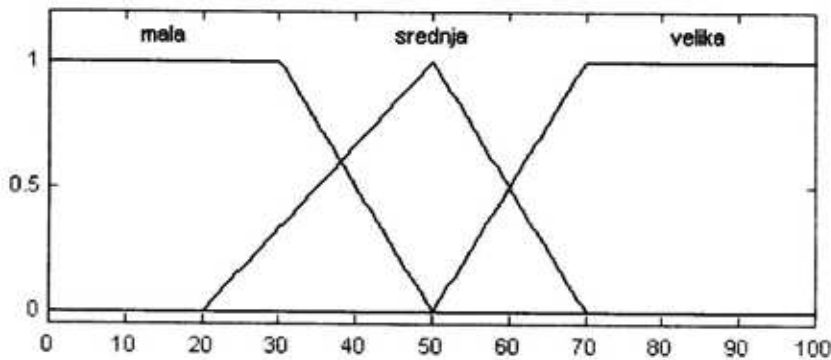


Sl. 9 – Grafički prikaz skupa mogućih rešenja

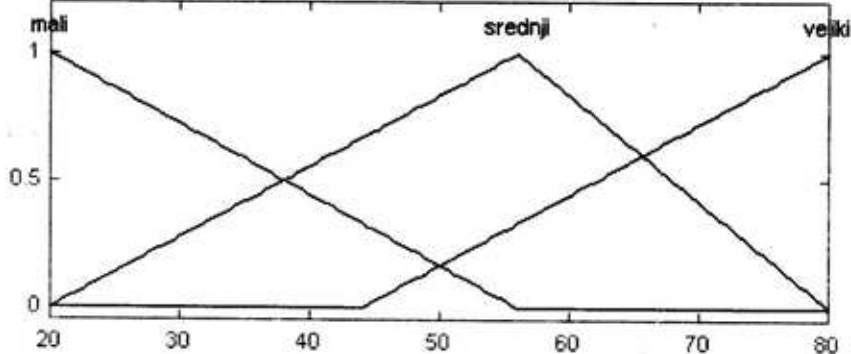
3. Korak

Fazilingvistička promenljiva „nepovratni gubici“ predstavlja ulaz u podmodel za proračun broja sredstava za laki

remont, zajedno sa mogućim brojem promenljivih „intervencija“ sistema održavanja, uključujući izvlačenje i evakuaciju težih sredstava. Veličina ove poslednje promenljive procenjuje se na osnovu konkretnog broja vozila za intervenciju i ocena broja tura koje ta vozila mogu da naprave u toku jednog dana. Odgovarajuće funkcije pripadnosti prikazane su na slici 10. Izlazna veličina ovog koraka je procena sredstava za laki remont (slika 11). Procena sredstava na kojima je potrebno izvršiti laki, srednji i generalni remont takođe je određena iz literature, odnosno na osnovu podataka iz dosadašnjih sukoba.



Sl. 10 – Funkcije pripadnosti promenljive „intervencija“



Sl. 11 – Funkcije pripadnosti izlazne varijable „laki remont“

Procenat sredstava za laki remont dobijen je, takođe, na osnovu karakterističnog algoritma aproksimativnog rezonovanja. Algoritam je pravljen tako da je uzeto u obzir da se u ukupnoj količini opštih gubitaka, povratni i nepovratni gubici odnose obrnuto proporcionalno. Radi toga se maksimalna vrednost izlaza dobija ako se primeni treće i drugo pravilo, a minimalna ako se primeni sedmo i osmo pravilo.

Algoritam aproksimativnog rezonovanja za treći korak:

1. If (nepov. gubici is niski) and (intervencija is mala) then (laki. remont is srednji) (1)

2. If (nepov. gubici is niski) and (intervencija is srednja) then (laki. remont is veliki) (1)

3. If (nepov. gubici is niski) and (intervencija is velika) then (laki. remont is veliki) (1)

4. If (nepov. gubici is srednji) and (intervencija is mala) then (laki. remont is srednji) (1)

5. If (nepov. gubici is srednji) and (intervencija is srednja) then (laki. remont is srednji) (1)

6. If (nepov. gubici is srednji) and (intervencija is velika) then (laki. remont is veliki) (1)

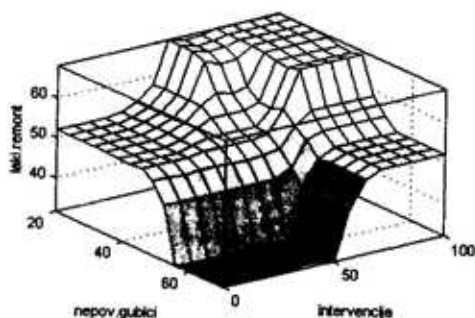
7. If (nepov. gubici is visoki) and (intervencija is mala) then (laki. remont is mali) (1)

8. If (nepov. gubici is visoki) and (intervencija is srednja) then (laki. remont is mali) (1)

9. If (nepov. gubici is visoki) and (intervencija is velika) then (laki. remont is srednji) (1)

Rezultati računanja na ovom podmodelu podešeni su tako da se procenat sredstava za laki remont kreće u granicama od 30 do 70%. To se veoma dobro

vidi na grafičkom prikazu skupa mogućih rešenja, koji je prikazan na slici 12. Zbog boljeg pregleda slika je zaokrenuta za 180° tako da je sada ishodište sa koordinatama (0, 70, 30), umesto sa koordinatama (0, 20, 30).



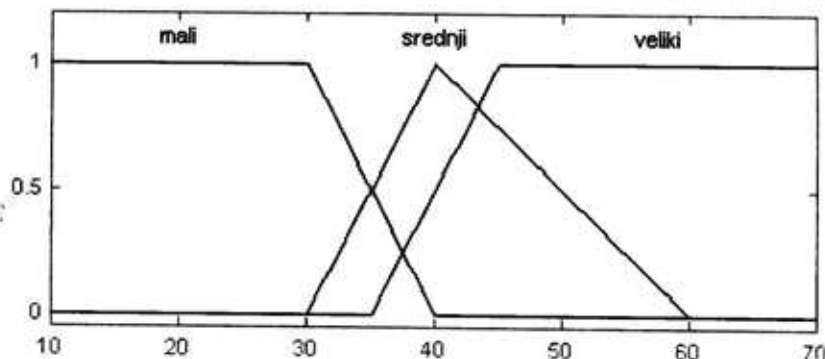
Sl. 12 – Grafički prikaz mogućih rešenja

4. Korak

„Nepovratni gubici“ i „laki remont“ predstavljaju ulazne promenljive u podmodel za određivanje procenta sredstava za srednji remont. I u ovom slučaju razvijen je specifičan algoritam aproksimativnog rezonovanja. Odgovarajuće funkcije pripadnosti izlazne varijable „srednji remont“ prikazane su na slici 13. Procenat sredstava na kojima postoji mogućnost izvršenja srednjeg remonta kreće se od 25 do 55%. Podešavanje funkcija pripadnosti izvršeno je na isti način kao i kod prethodnih slučajeva. Inače, ovo je korak sa najsloženijim algoritmom, koji se zbog ograničenog prostora neće navoditi i obrazlagati.

5. Korak

Broj sredstava za generalni remont dobija se kao razlika veličina povratnih gubitaka i broja sredstava za srednji i laki



Sl. 13 - Funkcije pripadnosti izlazne varijable „srednji remont“

remont. Kada se to izračuna dobija se raspon vrednosti od 4,5 do 17%.

Zaključak

U radu je prikazan ekspertski sistem za procenu gubitaka tehničko-materijalnih sredstava u borbenim dejstvima, kreiran upotrebom fazilogičkog pristupa, ekspertskih znanja i podataka iz literature. Glavna osobina modela je njegova modularnost, što omogućava neposrednu ugradnju u ekspertski sistem za rešavanje zadataka tehničkog obezbeđenja u borbenim dejstvima.

Korišćenjem novije programske podrške i novih metoda fazi logike omogućeno je poboljšanje do sada urađenih modela. Model se može dograđivati u smislu podešavanja funkcija pripadnosti i povećanja broja ulaznih varijabli. Ovakav način rešavanja problema pokazuje da se

može izraditi prilično dobar aparat za potrebe optimalnog održavanja, a koji treba verifikovati da bi se koristio.

Literatura:

- [1] Gubici i popuna, COSIS, Beograd, 1990.
- [2] Operativni zadatak PDS TOB - Plan TOB-a odbrambene operacije korpusa KoV, VTA VJ, Beograd, 2000.
- [3] Stanojević, P. i ostali: Fazi model određivanja broja neispravnih sredstava i minimalnih resursa za održavanje u posebnim uslovima eksploatacije, SYMOPIS 95, Donji Milanovac, 1995.
- [4] Ivanović, V.: Uticaj pojedinih oružja na procenu gubitaka u ratu, Novi glasnik 3-4, Beograd, 1994.
- [5] Siler, W.: Building fuzzy expert systems - a manual and flops (expert system shell) Southern Dynamic Systems, Inc. Birmingham, 1997. www.users.aol.com/wsiler/manual.exe i www.users.aol.com/fuzzify/flpsdemo.exe
- [6] Fazi logic toolbox for use with matlab, www.mathworks.com (januar 2000)
- [7] Fazi logic tutorial, www.seattlerobotics.org/microcontroller (januar 2000)
- [8] Fazi control course on Internet, Jan Jantzen www.iau.dtu.dk (januar 2000)
- [9] Subašić, P.: Fazi logika i neuronske mreže, Tehnička knjiga, Beograd, 1997.
- [10] Fazi logic, Thomas Hintze, www.gmx.de (januar 2000)
- [11] Fazi logic, www.cs.cmu.edu (januar 2000)