

**Dr Marko Andrejić,**  
major, dipl. inž.  
**Andreja Andrić,**  
dipl. inž.  
**Nikola Stojanović,**  
dipl. inž.  
Vojnotehnička akademija VJ,  
Beograd

## **EKSPERTSKI SISTEM ZA PODRŠKU OPERATIVNOG ODLUČIVANJA U OBLASTI DIJAGNOSTIKE NEISPRAVNOSTI TMS U ZDRUŽENIM TAKTIČKIM JEDINICAMA**

UDC: 007.52 : 519.816] : 623.004.64

### **Rezime:**

*U radu je prikazan ekspertski sistem za podršku odlučivanju u oblasti dijagnostike neispravnosti TMS koja su zastupljena u združenim taktičkim jedinicama. U sažetoj formi prikazane su teorijske osnove dijagnostike i ekspertskih sistema, struktura razvijenog ekspertskog sistema, način korišćenja i efekti primene. U razvijeni sistem ugrađeno je znanje eksperata za konstrukciju, dijagnostiku i održavanje tehničkih materijalnih sredstava u združenim taktičkim jedinicama i podaci iz literature iz ove oblasti. Predloženi su pravci daljeg rada na usavršavanju razvijenog ekspertskog sistema.*

*Ključne reči: dijagnostika, tehnička materijalna sredstva, odlučivanje, ekspertski sistem.*

---

## **EXPERT SYSTEM FOR OPERATING DECISION MAKING SUPPORT IN DIAGNOSING DEFECTS OF EQUIPMENT IN JOINT TACTICAL UNITS**

### **Summary:**

*The paper presents an expert system to support decision making in the field of diagnostics of equipment defects in joint tactical units. The theoretical bases of diagnostics and expert systems are briefly presented as well as the structure of a developed expert system, the method and the effects of its application. The developed system comprehends the Knowledge of experts in design, diagnostics and maintenance of equipment in joint tactical units as well as corresponding literature data. The guidelines for improving the developed expert systems have been proposed.*

*Key words: diagnostics, equipment, decision making, expert system.*

---

### **Uvod**

Iskustva iz prakse pokazuju da je u toku borbenih dejstava potrebno mnogo vremena za pravilno i brzo identifikovanje, zatim definisanje neispravnosti tehničkih materijalnih sredstava (TMS), a posebno za kvalitetno utvrđivanje uzroka trenutnog tehničkog stanja TMS-a.

Problem se još više usložava kada se učesnici u procesu komuniciranja (odaši-

ljač i primalac poruke), odnosno onaj ko izveštava o tehničkom stanju TMS-a i onaj ko treba da otkloni neispravnost, prostorno udaljeni pa se komunicira posredstvom sredstava veze.

Loša defektaža ima za posledicu da jedna ekipa odlazi iz stanice (baze) da identifikuje i definiše problem, a druga da ga reši.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Koliki značaj razvijene zemlje i moderne armije posvećuju ovom problemu pokazuje i to što se u pojedinim vojskama (SAD), u toku borbenih dejstava, na mesto zbivanja (tamo gde

Stečena saznanja iz ratne prakse takođe pokazuju da je defektaži neispravnosti TMS potrebno dati više prostora u nastavnim planovima i programima vojnih škola, a posebno onih škola koje školuju kadar koji će raditi u jedinicama za održavanje TMS.

Cilj ovog rada jeste da se prikaže razvijeni ekspertski sistem za podršku odlučivanju u oblasti dijagnostike neispravnosti TMS, inicira šira akcija u prikupljanju znanja iz oblasti dijagnostike neispravnosti TMS i podstakne dalji rad na razvoju i usavršavanju razvijenog ekspertskog sistema iz ove oblasti.

### Dijagnostika stanja tehničkih sistema

U suštini, pod dijagnozom<sup>2</sup> tehničkog stanja podrazumeva se merenje vrednosti nekih izabranih parametara da bi se utvrdilo stanje parametara<sup>3</sup> elemenata – strukturnih parametara.

Tehničko stanje objekta dijagnostike zavisi od stanja elemenata (strukture) od kojih se objekat sastoji [5]. Ocenjuje se na osnovu strukturnih (kinematski, geometrijski, statički, mehanička i molekularna svojstva materije, termički, akustički,...) i regulacionih parametara<sup>4</sup> koji karakterišu radnu sposobnost ili isprav-

se događaju neispravnosti, otkazi, oštećenja) upućuju podoficiri defektatori, koji uz konsultovanje sa profesionalnim posadama skupih borbanih sistema donose kvalitetnu dijagnozu i odlučuju gde će se otklanjati neispravnosti.

<sup>2</sup> Dijagnostikom stanja tehničkih sistema bavi se tehnička dijagnostika. To je naučna disciplina koja proučava oblike manifestacije stanja tehničkih sistema i njihovih elemenata, utvrđuje stanje tehničkih sistema i elemenata, klasifikuje otkaze sistema i elemenata i utvrđuje uzroke pojava otkaza. Takođe, tehnička dijagnostika se bavi izučavanjem metoda i tehničkih sredstava za praćenje promena stanja tehničkih sistema i prognoziranje resursa rada, bez rasklapanja sredstava [5].

<sup>3</sup> Pod parametrom se podrazumeva fizička veličina ili funkcija koja karakteriše radnu sposobnost ili ispravnost objekta dijagnostike.

<sup>4</sup> Sam naziv govori da regulišu kvalitet rada tehničkog sistema, odnosno njegovih pod sistema i elemenata. Odnose se na vreme, količinu, ugao i sl. u zavisnosti od vrste tehničkih sistema.

nost objekta dijagnostike, odnosno posmatranog sistema.

Navedene parametre karakterišu njihove nominalne, dopuštene i granične vrednosti. Kada vrednosti parametara dostignu graničnu vrednost dalja upotreba tehničkog sistema nije moguća ili nije preporučljiva zbog ekonomskih, bezbednosnih ili drugih razloga.

Da bi se izbeglo rasklapanje tehničkog sistema i merenje vrednosti strukturnih parametara, o njihovom tehničkom stanju zaključuje se posredno, nakon analize određenih *izlaznih*, radnih i prpratnih (parazitskih) procesa – dijagnostičkih procesa<sup>5</sup> (dijagnostičkih simptoma) vezanih za posmatrani tehnički sistem, i merenjem vrednosti određenih dijagnostičkih parametara koji karakterišu dijagnostički simptom. Suština dijagnostike tehničkih sistema svodi se na to da se pomoću dijagnostičkih parametara oceni stanje strukturnih i regulacionih parametara.

U odnosu na fizičke osobine dijagnostičkih parametara metode za dijagnosticiranje tehničkog stanja dele se na sledeće grupe:

– metode koje se zasnivaju na merenju vrednosti pokazatelja eksploatacionih svojstava TMS (funkcionalne, energetske dinamičnosti, potrošnje radnih fluida, bezbednosti rukovanja, zagađivanja okoline i sl.);

– metode kojima se mere parametri izlaznih radnih ili parazitskih procesa (vibracije, buka, temperatura i sl.);

– metode koje se zasnivaju na merenjima geometrijskih veličina koje neposredno karakterišu tehničko stanje određenih elemenata (zazori, slobodni hodo- vi, ekscentriteti i sl.).

<sup>5</sup> U zavisnosti od vrste TMS to mogu biti toplotno stanje, vibracioni procesi, hermetičnost, sastav ulja za podmazivanje i sl. Karakteriše ih jednoznačnost, stabilnost, informativnost i mogućnost jednostavnog i pouzdanog merenja.

Metode se, takođe, mogu podeliti na opšte (funkcionalne), koje razmatraju opšte tehničko stanje objekta i lokalne koje se bave dijagnostikom tehničkog stanja konkretnih radnih parova tribomehaničkih sistema i elemenata [5].

Dijagnostika opšteg tehničkog stanja obavlja se merenjem dijagnostičkih parametara koji karakterišu nivo efektivnosti funkcionisanja tehničkog sistema u celini ili njegovih podsistema.

Dijagnostika tehničkog stanja elemenata obavlja se analizom informacija koje sadrže statističke karakteristike vibracija i akustičkih procesa koji prate funkcionisanje sistema (vibroakustična metoda), analizom ulja za podmazivanje određenih podsistema i na druge načine, u zavisnosti od vrste TMS.

Takođe, dijagnostičke metode mogu se podeliti na univerzalne i specijalne.

Univerzalne metode<sup>6</sup> mogu se primeniti za dijagnozu tehničkog stanja velikog broja različitih tehničkih sistema, radnih parova i elemenata, a specijalne metode se primenjuju samo za konkretne parove i elemente.

Dijagnostika je proces koji se sastoji od tri faze:

- utvrđivanja trenutnog stanja tehničkog sistema;
- analize karaktera i uzroka uočenih odstupanja (retrospekcija);
- prognoze preostalog intervala u kojem sistem može da radi u granicama dozvoljenih odstupanja (preostalog resursa).

Za tehničke sisteme (TMS) kojima raspoložu jedinice Vojske od velikog je praktičnog značaja blagovremeno (još u miru), utvrditi dijagnostičke simptome,

<sup>6</sup> Zasnivaju se, uglavnom, na merenjima karakteristika buke, temperature, vibracija, udarnih impulsa, sastava ulja za podmazivanje i sl. u zavisnosti od vrste TMS.

dijagnostičke parametre i njihove veličine i uzroke koji uslovljavaju određeno konkretno tehničko stanje, kako bi se uvek znalo koliko je resursa preostalo do graničnog stanja i blagovremeno preduzeli adekvatni zahvati održavanja.

Automatizacijom korišćenja navedenih interdisciplinarnih ekspertskih znanja ostvaruju se brojni efekti: ubrzava se identifikacija (neželjenih) stanja tehničkih sistema, poboljšava kvalitet definisanja trenutnog tehničkog stanja i skraćuje vreme donošenja odluke o uzroku trenutnog tehničkog stanja kako bi se preduzele adekvatne akcije održavanja.<sup>7</sup> Takođe, time bi se znatno ubrzalo saniranje neispravnosti i oštećenja na TMS, ubrzalo vraćanje TMS u borbu i smanjilo odsustvo TMS sa bojnog polja, što je jedan od zahteva savremenog rata.

Sa dijagnostikom stanja tehničkih sistema, a posebno sa utvrđivanjem uzroka trenutnog tehničkog stanja, naročito kada su sistem, podsistemi ili elementi neispravni (u otkazu) sreću se u praksi i korisnici TMS-a i kadar koji se bavi održavanjem, a u izvesnoj meri i organi komandovanja.

### Osnovne napomene o ekspertskim sistemima

Istraživanja u oblasti veštačke inteligencije u poslednje dve decenije dala su vrlo značajne rezultate. Među najznačajnije se ubrajaju razvijanje i primena programa koji su poznati pod nazivom ekspertski sistemi (ES). To su programi u

<sup>7</sup> Pored navedenih konkretnih efekata, automatizacijom korišćenja navedenih interdisciplinarnih ekspertskih znanja omogućuje se brža cirkulacija znanja u sistemu i omogućava brži odziv sistema održavanja na razne pobude iz sistema i okruženja.

koje je na pogodan način ugrađena velika količina visokokvalitetnog znanja iz nekog domena ljudske aktivnosti, a koji mogu da procesiraju to znanje radi uspešnog rešavanja određenog problema na način koji bi se smatrao inteligentnim kada bi te iste probleme rešavao čovek.

U kojoj će meri jedan ekspertski sistem u svom radu ispoljavati sposobnost inteligentnog rešavanja problema koji mu je zadat zavisi, pre svega, od znanja koje je u njega ugrađeno.

Smatra se da najveće i najkvalitetnije znanje iz neke oblasti imaju ljudi koji su eksperti u toj oblasti. Radi toga se nastoji da znanje koje se ugrađuje u ekspertski sistem u toku njegovog razvoja, po svom kvalitetu i količini, bude u što većoj meri nalik znanju eksperata u toj oblasti.

Znanje koje se ugrađuje u ekspertski sistem potiče od eksperta u određenom domenu, a predstavlja najvažniji deo sistema. Po pravilu, ekspert nije stručnjak i za oblast računarstva, pa je potreban posrednik koji će pomoći da se od stručnjaka dobije i prenese u računar znanje koje on poseduje. Taj posrednik se naziva inženjer znanja (knowledge engineer). U konsultacijama sa ekspertom, ili na neki drugi način, on dolazi do činjeničnog i heurističkog znanja iz date oblasti, to znanje kodira na odgovarajući način i unosi ga u ekspertski sistem. Ovaj proces je od izuzetne važnosti za razvijanje, testiranje i dograđivanje ES i obično se označava kao proces prikupljanja (akvizicije) znanja (knowledge acquisition). Inženjer znanja često ima na raspolaganju poseban programski paket koji mu olakšava taj posao. Sa druge strane, korisnik najčešće komunicira sa ES posredstvom (preko) terminala, koristeći posebne programske pakete koji olakšavaju komunikaciju. To mogu da budu razne vrste

grafičkih interfejsa, sistemi za komunikaciju nekim formalnim ili prirodnim jezikom, kao i sistemi za prepoznavanje govora.

Iako se ES razvijaju za pojedine uske domene u određenoj oblasti ljudske delatnosti, sve se češće javlja tendencija da se sistemi vezuju za baze znanja šire namene, koje sadrže opštije znanje od onog koje se neposredno ugrađuje u ES.

### **Razlike između konvencionalnih programa i ekspertskih sistema**

Konvencionalni programi uglavnom se koriste za obradu velikih količina podataka koji su, najčešće, numeričkog tipa. Ova obrada vrši se prema jasnim i tačno definisanim algoritmima, koji korak po korak vode sistem ka rešenju problema. Ukoliko program po svojoj semantici odgovara postavljenom problemu i ukoliko su ulazni podaci tačni, konvencionalni program će rezultirati tačnim rešenjem postavljenog problema.

Ekspertski sistemi se ponašaju drugačije. Oni, uglavnom, manipulišu simboličkim podacima i ne rade po unapred zadatim algoritmima, ili ne po algoritmima u klasičnom značenju te reči. Nealgoritamski pristup jedno je od osnovnih obeležja ES. Oni su u velikoj meri interaktivni i u svakom trenutku se mogu zaustaviti. Tada korisnik može da pregleda zaključke do kojih se došlo do tada, da vrati proces zaključivanja od početka, da unese nove činjenice i sl.

Ekspertski sistemi daju zaključke koji ne moraju biti ni tačni ni pogrešni već u većoj ili manjoj meri verovatni i pouzdani.

Osnovne razlike između konvencionalnih programa i ekspertskih sistema prikazane su u tabeli 1.



Tabela 1

Osnovne razlike između konvencionalnih programa i ekspertskih sistema

Konvencionalni programi	Ekspertski sistemi
Algoritmi	Heuristike
Predstavljanje i korišćenje podataka	Predstavljanje i korišćenje znanja
Znanje i metode znanja su pomešani	Odvojena baza znanja od mehanizma zaključivanja
Novo znanje zahteva reprogramiranje	Novo znanje dodaje se bez reprogramiranja

### Formalizmi za predstavljanje znanja

Stvarajući inteligentni sistem, pre svega, treba jasno razgraničiti *oblast problema u kojoj će sistem raditi i zadatke koje će ona rešavati*.

Model problemske oblasti sadrži, po pravilu, dve komponente: opšta znanja o zakonima spoljašnjeg sveta primenjena u datoj problemskoj oblasti, i znanja karakteristična samo za tu oblast u kojoj će funkcionisati inteligentni sistem. Na znanja prvog tipa odnose se, na primer, znanja o zakonima vremena i prostora realnog fizičkog sveta i znanja čisto logičkog karaktera. Navedena znanja obrazuju „neku“ univerzalnu bazu znanja koja ne zavisi od problemske oblasti. Znanja drugog tipa su zakonitosti i odnosi koji pripadaju konkretnoj oblasti.

Univerzalna i specijalna znanja mogu se čuvati u memoriji u različitom obliku.

Radi opisivanja znanja koriste se različiti jezici predstavljanja znanja, koji odgovaraju različitim modelima znanja. Jedan od osnovnih problema kod ES je način predstavljanja znanja,<sup>8</sup> jer on bitno utiče na same karakteristike sistema. Mnoge strukture koje se koriste u veštač-

koj inteligenciji rade veoma dobro kada se postave u jednostavne domene, ali kada se postave u domene realnog sveta (okruženja) počinju da se „ruše“. Problem je u tome što navedene strukture nemaju dovoljno znanja o domenu, i ne mogu da odgovore na pitanja iz tog domena. Ako se pokuša jednostavno rešavanje problema tako što će se ubaciti još informacija u sistem, brzo će doći do velikog smanjenja brzine sistema. Jedna od najvažnijih osobina sistema veštačke inteligencije je mogućnost skladištenja znanja na efikasan način, tako da je moguće stvoriti programe kojima će se pristupiti podacima za kraće vreme.

Osnovni modeli za predstavljanje znanja su:

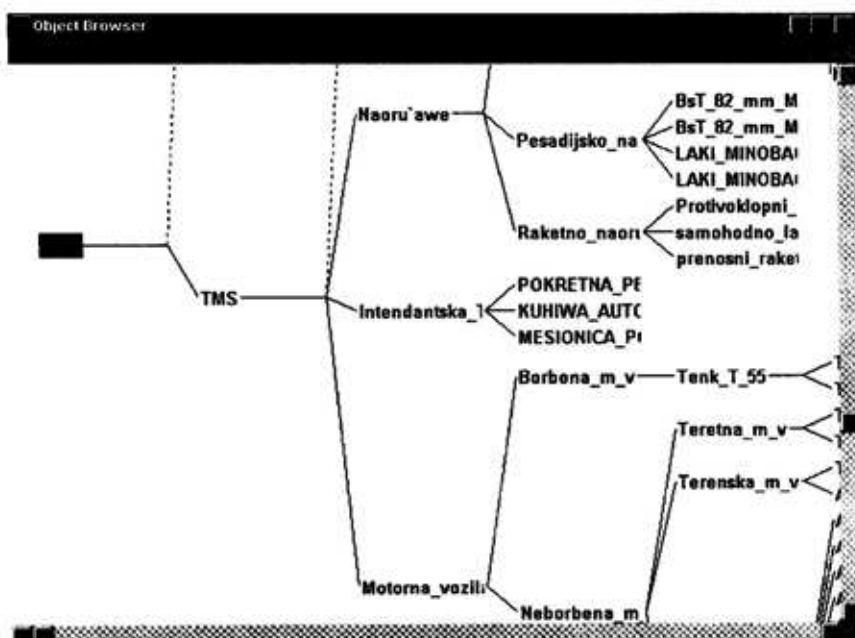
- predstavljanje znanja pomoću pravila;
- mrežni modeli;
- modeli zasnovani na korišćenju okvira.

### KAPPA – alat za razvoj ekspertskih sistema

KAPPA je alat koji se koristi za razvoj ekspertskih sistema u Microsoft Windows okruženju. Snabdeven je grafičkim korisničkim interfejsom, koji olakšava korišćenje brojnih funkcionalnosti.

KAPPA koristi metodu predstavljanja znanja pomoću okvira, za predstavljanje hijerarhijskih struktura u okviru problemskog domena. Za opis mehanizama zaključivanja koriste se pravila sa ulančavanjem zaključaka unapred, unazad ili kombinovano. KAPPA ima podršku za davanje objašnjenja donetih zaključaka. Proceduralno znanje može se predstaviti funkcijama kao u višim programskim jezicima.

<sup>8</sup> Detaljnije videti u literaturi [1, 3].



Sl. 1 - Object Browser

EditTools		
	<b>Class</b>	(79)
	<b>Instance</b>	(12)
	<b>Function</b>	(8)
	<b>Rule</b>	(272)
	<b>Goal</b>	(1)

Sl. 2 - Edit tools

Object Browser (predstavljanje hijerarhijske strukture znanja) prikazan je na slici 1.

Edit tools prikazan je na slici 2.

KAPPA obuhvata sledeće alate:

- object browser (predstavljanje hijerarhijske strukture znanja):

- edit tools za editovanje ciljeva, pravila, okvira, instanci i funkcija;
- interpreter jezika KAL;
- dibager i niz alata za praćenje procesa zaključivanja;
- KAL prevodilac;
- alat za dizajniranje Windows formi.

Za sistem KAPPA razvijen je poseban jezik KAL, za zapis baze znanja, tako da se rad sa bazom znanja može odvijati pomoću tekst editora. Baza znanja se, naime, pamti u tekstualnoj formi, kao sors-datoteka u jeziku KAL. Ova datoteka obuhvata opise svih korišćenih ciljeva, pravila, okvira, instanci i funkcija, kao i opise svih formi („sesija“ u KAPPA terminologiji), i njihovih elemenata (listbox-a, dugmadi, itd.) koji se pojavljuju u programu.

U KAPPA okruženje uključen je i tzv. KAL prevodilac koji prevodi bazu

znanja u formu C projekta. Rezultat ovog prevođenja, tj. dobijeni C projekat, može se prevesti u izvršnu verziju korišćenjem C kompajlera. Podržani su Microsoftov i Borlandov dijalekt C-a.

Primeru radi, objašnjen je proces dodavanja jednog okvira u bazu znanja. U prozoru Edit tools izabere se opcija Class. U pop-up meniju izabere se New. U novootvorenom dijalogu unese se ime novog okvira i ime roditeljskog okvira. Nakon ovog koraka na ekranu se pojavljuje standardna forma Class editora (slika 3). Ova forma omogućava da se menjaju, dodaju i brišu svojstva (slot) posmatranog okvira.

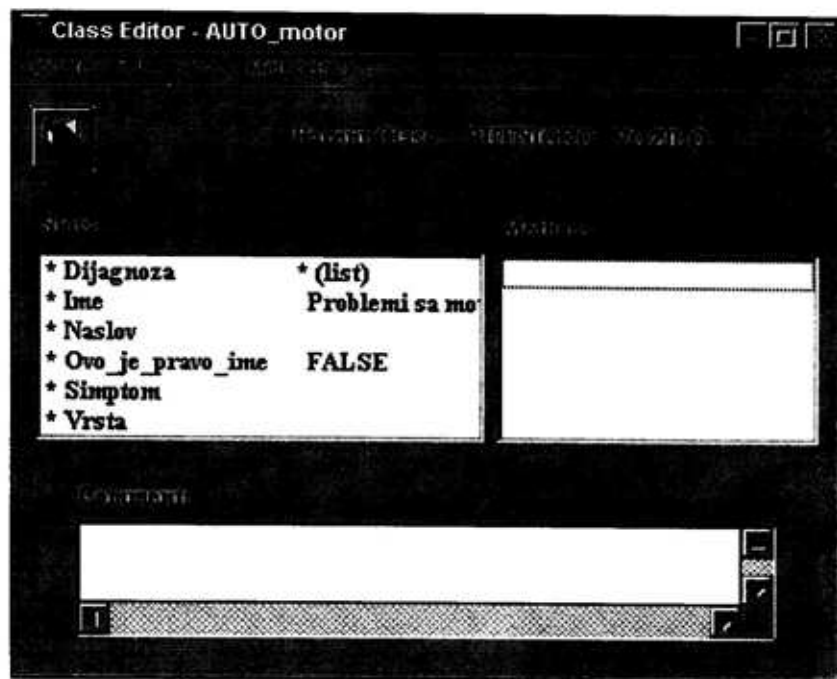
Za svako svojstvo može se otvoriti dijalog za editovanje – slot editor (slika 4), koji omogućava da se unesu, odnosno menjaju:

– dozvoljene vrednosti (skup validnih vrednosti ovog svojstva, ujedno skup vrednosti koji sistem nudi kada u procesu konsultacije od korisnika traži vrednost ovog svojstva);

– *prompt* – formulacija pitanja koje sistem postavlja korisniku kada u procesu konsultacije od korisnika traži vrednost ovog svojstva. Naime, KAPPA ima već gotove, standardne dijaloge za obavljanje ove konsultacije – korisnik ne mora da ih posebno dizajnira;

– if-needed, if-accessed i if-changed procedure.

Forma za unošenje pravila (Rule Editor, slika 5), slično kao i u drugim shell-ovima, sadrži polja za „if“ i „then“ deo. Pored toga, sadrži i polje comment, koje se koristi u procesu davanja objašnjenja za donete zaključke. Za davanje



Sl. 3 – Class Editor



Sl. 4 – Slot Editor

objašnjenja, takođe, postoji ugrađena standardna forma.

### Razvoj ekspertskog sistema DEFEKTATOR

Ekspertski sistem DEFEKTATOR namenjen je da pomogne korisnicima, defektatorima i drugim zainteresovanim subjektima pri brzom i kvalitetnom identifikovanju i definisanju neispravnosti na tehničkim materijalnim sredstvima zastupljenim u združenim taktičkim jedinicama, a zatim brzom donošenju kvalitetne odluke o uzroku neispravnosti TMS.

U razvijeni sistem ugrađena su znanja koja se odnose na defektažu neisprav-

nosti na odabranim vrstama sredstava pojedinih grupa, i na odabranim sklopovima izabranih vrsta sredstava.

Ugrađena su znanja koja se odnose na sledeće grupe sredstava:

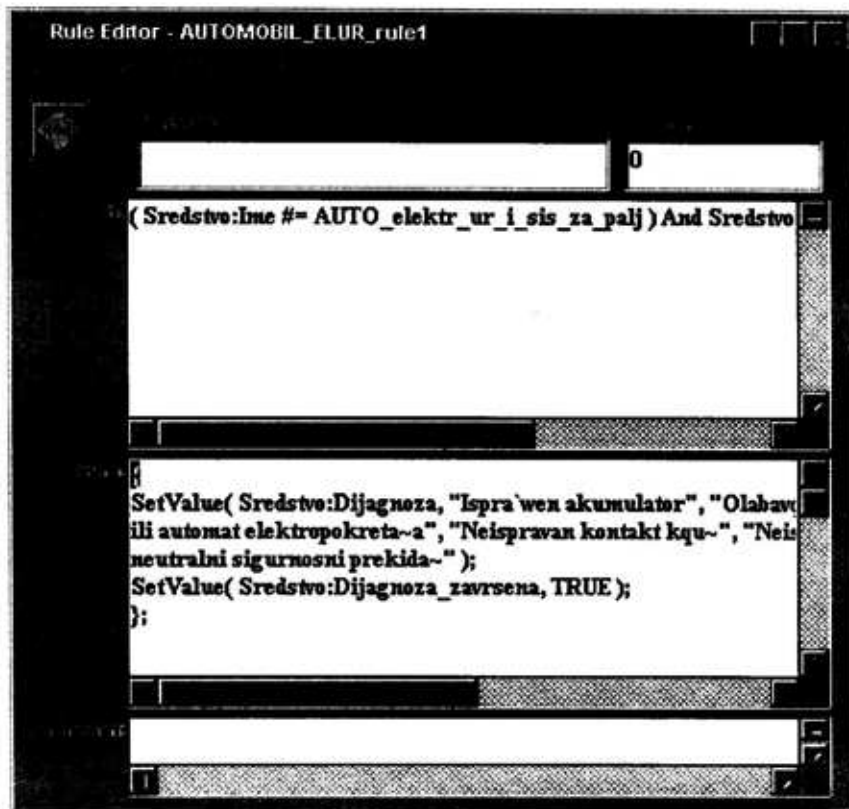
- naoružanje (pešadijsko, klasična artiljerija, raketno naoružanje);
- motorna vozila (neborbena – putnička, terenska i teretna i borbena m/v – tenk);
- sredstva veze (induktorska sredstva, radio-uređaji i radio-relejni uređaji);
- intendantska TMS.

Sistem pruža informacije pri identifikovanju, definisanju i dijagnostici neispravnosti za sledeća konkretna sredstva i njihove modularne celine (sklopove, agregate, uređaje):

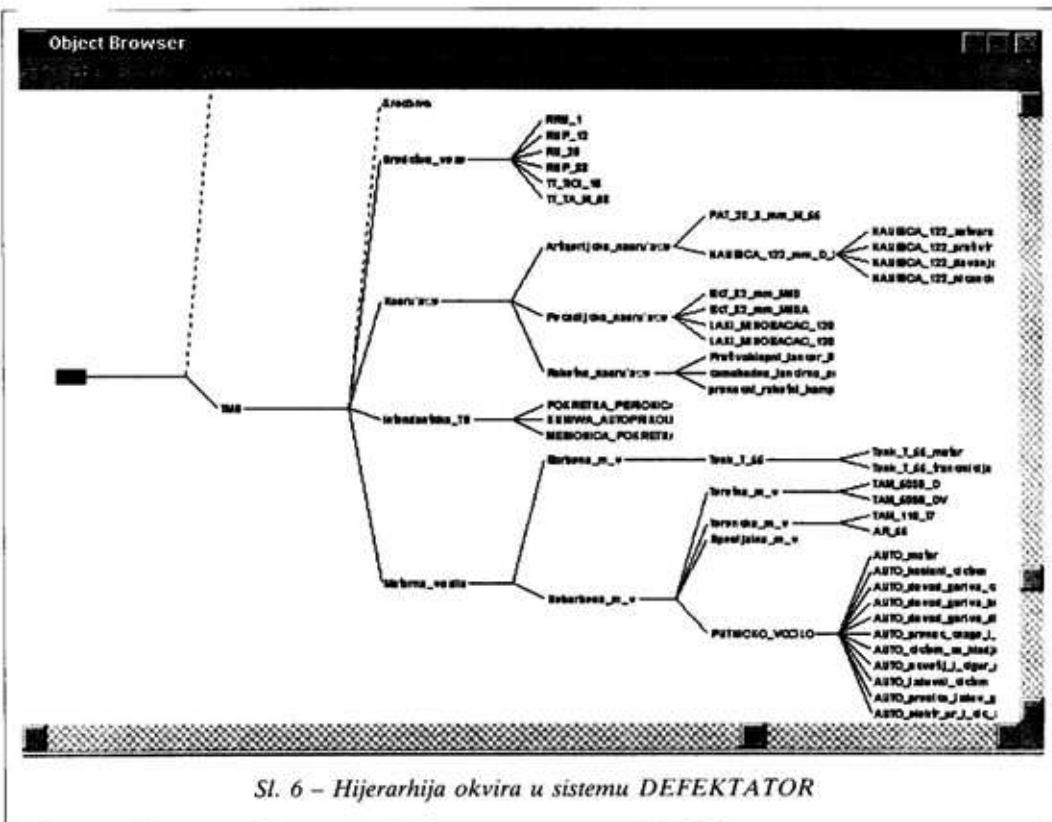


- bestrzajni top 82 mm M60 i M60A;
- laki minobacač 120 mm M74 i M75;
- haubica 122 mm D-30 J (zatvarač, protivtrzajući sistem, mehanizam za davanje pravca i nagiba cevi, nišanske sprave);
- pult za vođenje 9S415 i lansirna kutija 9P111 protivoklopnog lansera 9K11;
- samohodno lansirno oruđe 9P31M;
- laki prenosni raketni komplet 9K32M;
- m/v TAM 110 T7, TAM 5000 D, TAM 5000 DV (motor, transmisija, ure-

- đaj za upravljanje, uređaj za elastično oslanjanje, točkovi i pneumatici);
- m/v AR-55 (motor, transmisija, uređaj za upravljanje, kočenje i elastično oslanjanje);
- tenk T-55 (motor, transmisija i hodni deo);
- RRU-1;
- RUP-12;
- RUP-33;
- TICI-10;
- TA M-63;
- pokretna perionica M63;
- kuhinja auto-prikolica;
- pokretna mehanizovana mesionica M63.



Sl. 5 - Rule Editor



Sl. 6 – Hijerarhija okvira u sistemu DEFEKTATOR

Znanje koje je ugrađeno u ovaj sistem prikupljano je duže vremena,<sup>9</sup> kroz kontakte sa većim brojem stručnjaka za konstrukciju, dijagnostiku, održavanje i upotrebu tehničkih materijalnih sredstava u združenim taktičkim jedinicama, kroz izučavanje literature koja tretira ovu oblast i na druge načine.

Znanje iz navedenih izvora je u formi pravila preneto u bazu znanja ekspertskog sistema DEFEKTATOR. U razvoju ovog ekspertskog sistema korišćene su tabele tipa pojavnosti oblika neispravnosti (simptom) – dijagnoza (tabela 2).

<sup>9</sup> Pored izučavanja dostupne literature i sistematizovanih iskustava autora rada, pri akviziciji znanja angažovane su i stručne katedre smeru TSI VTA VJ i SVŠ – smer TSI, kroz rad na pripremi i realizaciji „Kombinovanog logorovanja po TSI 2000. i 2001.“

Hijerarhija okvira prikazana je na slici 6.

Grafički interfejs urađen je korišćenjem alata za dizajn grafičkog interfejsa koji je sastavni deo sistema KAPPA. Osnovni princip u dizajnu samog interfejsa bio je jednostavnost i jasnoća prikaza, kako bi ga potencijalni korisnici lakše koristili.

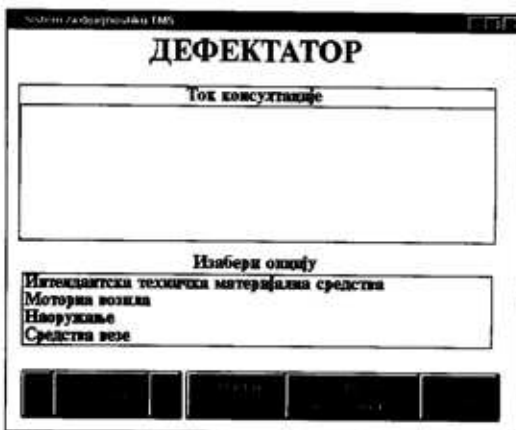
Grafički interfejs je oličan u Windows formi, kroz koju se odvija celokupan rad sa programom (slika 7).

Opcije sa strelicama omogućavaju korisniku kretanje napred-nazad kroz stablo podele tehničkih materijalnih sredstava.

Opcija „Početak“ vraća korisnika u koren ovog stabla. Korisnik, dakle, bira stavku iz ponudjenog spiska mogućnosti

Primer tabele tipa simptom-dijagnoza, korišćenih pri kreiranju baze znanja DEFEKTATOR

	Prikaz karakterističnih neispravnosti na RRU-1	P1	P2	P3
U1	Nakon uključenja čuje se neprekidan ton	D		
U2	Na predaji nema izlazne snage		D	
U3	Instrument nema nikakvog otklona ni pri predaji ni pri prijemu			D
A1	Ako je akumulator prazan, zameniti ga punim, ako antena nije dobro priključena priključiti je pravilno, ako je kabal u prekidu zameniti ga ispravnim iz delova kompleta	X		
A2	Neispravan sklop izlaznog pojačala snage (prodrmati instrument), ako nema otklona, uputiti na viši nivo održavanja		X	
A3	Ako je preklopnik za izbor merenja neispravan, očistiti kontakte, a po potrebi ga zameniti			X



Sl. 7 – Forma za komunikaciju sa sistemom DEFEKTATOR

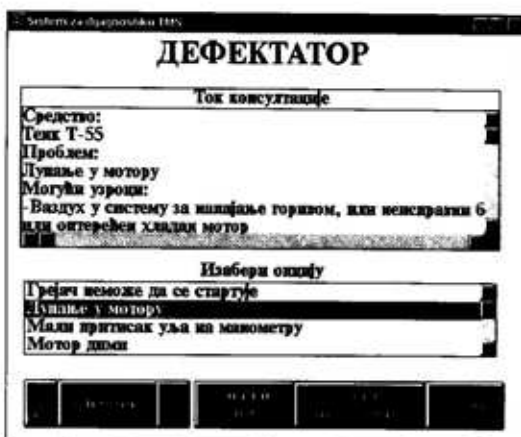
(Listbox sa naslovom „Izaberi opciju“) i pritiskom na dugme „>“ „otvara“ odabranu stavku. Kada je izabrao željeno sredstvo korisnik dobija spisak svih simptoma, koji se mogu javiti kod izabranog



Sl. 8 – Primer izbora neispravnosti i defekataže za putničko motorno vozilo

sredstva, koje DEFEKTATOR poznaje. Izborom jedne od stavki i pritiskom na dugme „>“ korisnik dobija odgovor, tj. jedan ili više mogućih uzroka neispravnosti. Postoji mogućnost snimanja celokupnog toka konsultacije (opcija „Snimi konsultaciju“) i njenog brisanja. Opcija „Izlaz“ služi za završetak rada sa programom.

Dva primera izbora neispravnosti i defekataže prikazana su Windows formama na slikama 8 i 9.



Sl. 9 – Izbora neispravnosti i defekataže za tenk T-55

## Zaključak

Razvijeni ekspertski sistem za podršku odlučivanju u oblasti dijagnostike neispravnosti pruža značajnu pomoć pri identifikovanju i definisanju neispravnosti, a posebno pri brznoj i kvalitetnoj defektaži neispravnosti TMS, odnosno, utvrđivanju uzroka neispravnosti.

Bez brze i kvalitetne defektaže neispravnosti nema ni brzog i kvalitetnog otklanjanja neispravnosti TMS, a time ni brzog vraćanja TMS u borbu (na bojno polje), što je strogi zahtev savremenog rata.

Razvijeni sistem rezultat je upornih nastojanja da se duže vremena prikupljano znanje o uzrocima i posledicama stanja TMS u združenim taktičkim jedinicama, uz angažovanje poznavaoaca sistema TOB-a, poznavaoaca konstrukcije, dijagnostike i održavanja TMS i programera, ugradi u jedan ovakav sistem i na taj način poboljša odlučivanje u oblasti dijagnostike.

U sistem je ugrađeno oko 400 pravila odlučivanja u oblasti dijagnostike neispravnosti TMS, čime su pokrivenne karakteristične vrste sredstava, karakteristični sklopovi i karakteristične neispravnosti.

Razvijeni ekspertski sistem za podršku odlučivanju u oblasti dijagnostike, zajedno sa već postojećim i dostupnim znanjima, predstavlja solidnu osnovu za dalji rad na izgradnji većeg i još kvalitetnijeg sistema, a i dobru osnovu za unapređenje rada operativnih organa, nastavnog procesa u školama i solidan prilog za izradu većih projekata usmerenih na usavršavanje obuke (Vežbaonica za taktiku tehničke službe) [6].

Razvijeni sistem može biti od koristi i teoretičarima i praktičarima. Posebno

se ističe da saznanja stečena istraživanjem i prezentovana na pristupačan način, prilagođen vizuelnoj komunikaciji, perceptivnom sistemu i logici rasuđivanja, mogu biti od velike koristi nastavnicima, planerima i donosiocima odluka sa manjim iskustvom i skromnijim znanjima, a onima koji raspolažu sa više znanja ili iskustva iz ove oblasti – za povećanje efikasnosti u radu.

Razvijeni sistem može pružiti i dragocenu pomoć u toku obuke studenata i slušalaca za vreme realizacije posebnih oblika nastave, i rešavanja zadataka na modelima bojeva i operacija, čijom realizacijom se vrši završno profilisanje budućih oficira tehničke službe.

Dalji rad na usavršavanju razvijenog sistema treba da bude usmeren na:

– povećanje obima baze znanja, u koju se ugrađuju ekspertska znanja koja se odnose na opremu koja se nalazi u upotrebi u VJ, a pre svega na inženjerske mašine, pogonsku opremu, elektroagregate i sisteme za upravljanje vatrom; zatim na ostala sredstva iz obuhvaćenih grupa kao i na ubojna i pogonska sredstva. Pored toga, dijagnostika treba da bude preciznija i edukativnija, uz uključivanje potpitanja, itd.

DEFEKTATOR treba „osposobiti“ za rad u višekorisničkom okruženju, baziranom na klijent-server metodologiji. Opis neispravnosti (dijagnoza) treba da sadrži ilustrovani opis postupka<sup>10</sup> otklanjanja neispravnosti i spisak rezervnih delova i potrebnog alata. Neophodno je, takođe, modernizovanje sistema, u informatičkom smislu, primenom „alata za razvoj ekspertskih sistema“ novije generacije.

<sup>10</sup> Prema dostupnim saznanjima ovakav sistem ima firma Audi.

- [1] Waterman, A. D.: A Guide to Expert Systems, Addison-Wesley Publishing Company, 1985.
- [2] Borović, S.: Ekspertni sistem za rukovođenje tehničkim obezbeđenjem, doktorska disertacija, CVTŠ KoV JNA, Zagreb, 1989.
- [3] Stojanović, N.: Karakteristike i predstavljanje znanja u veštačkoj inteligenciji, diplomski rad, Niš, 2000.
- [4] Pravilo tehničke službe, SSNO, Tehnička uprava, 1979.
- [5] Stanković, R.: Održavanje transportnih sredstava, skripta, Sektor za ŠONID GŠ VJ, 1999.
- [6] Andrejić, M.; Bukvić, V.: Koncept sistema na bazi znanja za podršku obučavanja organa TSI za rad na pripremi i organizaciji borbenih dejstava, Zbornik radova sa XXIII Jugoslovenskog simpozijuma iz operacionih istraživanja.
- [7] Andrejić, M. i dr.: Elaborat za zajedničko završno logorovanje po TSI i InSI 98.
- [8] Andrejić, M.: Tabele odlučivanja i njihova primena u vojnoj organizaciji, Vojnotehnički glasnik broj 3/1996., Beograd, 1996.
- [9] Andrejić, M.; Bukvić, V.: Koncept sistema na bazi znanja za podršku operativnog obučavanja organa TSI, Vojnotehnički glasnik broj 2/1997., Beograd, 1997.
- [10] Carley Larry, Popravi sam svoj auto, Mladinska knjiga, 1988.