

Joško Dvornik*

PRIMJENA EKSPERTNOG SUSTAVA U RJEŠAVANJU POGONSKIH SMETNJI BRODSKOG MOTORA

Application of expert system in solving the ship main engine disturbance

ISSN 0469-6255
(117-125)UDK 621.436:629.12
Stručni članak
Professional paper

Sažetak:

Ekspertni sustavi su oni koji sadrže znanje i metode za rješavanje problema koji zahtijevaju ljudsku inteligenciju. U ovom radu predstavljen je problem kvarova brodskog dizelskog motora u pogonu, te je izrađena "mala" baza znanja kao dio znatno većeg dijagnostičkog ekspertnog sustava dizelskog motora, kako bi u svakom trenutku u pogonu korisnik mogao dobiti rješenje, na isti način na koji bi to i učinio ekspert. Cilj izrade ovakve baze znanja bio je ukazati na sveobuhvatnost posla pri stvaranju ekspertnog sustava u kojem je potrebno da u stvaranju sudjeluje tim specijalista iz područja informatike, brodstrojarstva i sličnih tehničkih područja.

Abstract:

Expert systems contain knowledge and methods for solving the problems which would demand human intelligence. This paper deals with the failures problem of marine diesel engine in operation. «A little» knowledge base, as a part of a more complex expert diagnostic system for marine diesel engine, has been made in order that the solution to the problem may be found any time and in the same way as if it were found by an expert. The purpose of making this knowledge basis was to point out to the comprehensiveness of work in creating this expert system. The cooperation of experts in computing marine engineering and the fields alike will be necessary in achieving this task.

1. Uvod

Introduction

Ekspertni sustavi čine granu umjetne inteligencije koja koristi specijalizirano znanje iz neke problemske domene da bi riješila problem na razini eksperta. Specijalističko znanje je specifično znanje koje se odnosi na određeno usko područje, domenu, za razliku od općeg znanja

rješavanja problema. Pri radu brodskog motora nailazi se na razne probleme počevši od samog paljenja pa sve do zaustavljanja. Kako u brodskoj strojarnici pogon održavaju osobe koje nisu specijalisti, već posjeduju šire stručno znanje, ugradnjom ekspertnih sustava u brodska računala znatno pridonosimo sigurnijem, kvalitetnijem i pouzdanijem pogonu.

2. Ekspertni sustavi

Expert systems

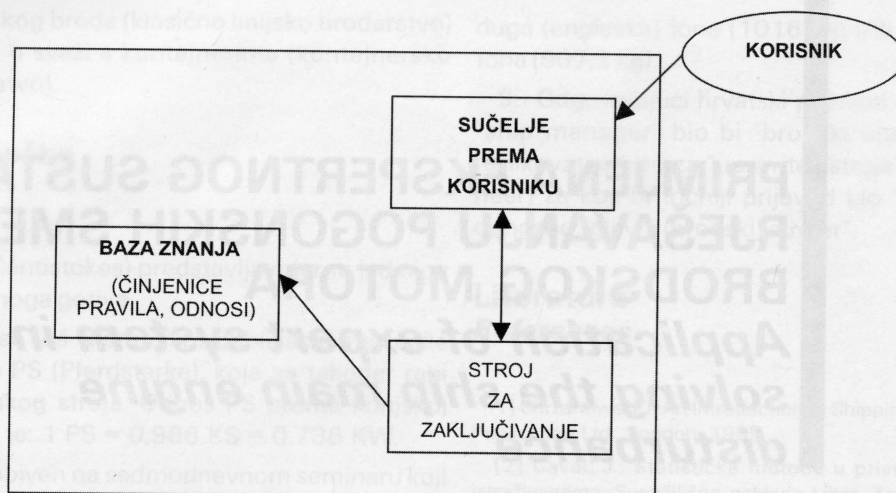
Ekspertni sustavi su oni koji sadrže znanje i mehanizme za rješavanje problema koji zahtijevaju ljudsku inteligenciju. Takav sustav ima sposobnost učenja iz iskustva i metode za rješavanje problema proisteklih interakcijom s okolinom.

Jedan od osnovnih razloga zbog kojih se implementiraju ekspertni sustavi je želja da specijalističko znanje u raznim oblastima postane dostupno kroz primjenu računala. Specijalisti nisu uvijek na raspolaganju kad treba riješiti neki problem, a kad su dostupni, njihove usluge su po pravilu skupe. Osim toga, ljudsko znanje je podložno "degradaciji" odnosno vremenom se gubi pod naletom novih informacija. Zato je potrebno stalno primjenjivati znanje da bi se zadržala njegova kvaliteta. Nasuprot tome, znanje koje je ugrađeno u stručni sustav je postojano i uvijek dostupno, bez obzira koliko se često sustav koristi.

U kojoj će mjeri jedan ekspertni sustav u svom radu očitovati sposobnost inteligentnog rješavanja problema koji mu je zadan, zavisi prije svega o znanju koje je u njega ugrađeno (Waterman, 1985). Smatra se da najveće i najkvalitetnije znanje iz neke oblasti imaju ljudi koji su u toj oblasti eksperti odnosno specijalisti. Zato se nastoji da znanje koje se ugrađuje u ekspertni sustav tokom njegovog razvoja, po svojoj kvaliteti i količini bude u što većoj mjeri nalik znanju specijalista u tom području.

Ekspertni sustavi razlikuju se od konvencionalnih

* Joško Dvornik, dipl.ing., znanstveni novak, Visoka pomorska škola Split



Slika 2. 1-1. Osnovni koncept ekspertnog sustava
Fig 2.1-1. The basic concept of expert system

programa u ovome: (Schindler, 1985): umjesto korisničkog programa i operacijskog sustava, oni se sastoje od baze znanja (eng. knowledge base), stroja za zaključivanje (engl. *inference engine*) i sučelja prema korisniku (engl. *user interface*) slika 2.1-1.

Razlika je i u tome što konvencionalni programi (čak i CAD sustavi) izvode algoritamske strukture u kojima su svi oblici rješenja unaprijed poznati. Ekspertni sustavi mogu obrađivati i neodređene situacije, tj. oni su po prirodi heuristički.

Struktura ekspertnih sustava je modularna. Činjenice (koje predstavljaju bazu podataka) i pravila iz domene specijalista (koja čine listu procedura) tvore bazu znanja koja se može odvojiti od pravila za obradu znanja, a (meta-pravila), odnosno kontrolnih struktura koje primjenjuju znanje iz baze. Baza znanja je, dakle, model „svijeta“ s kojim je problem povezan. Tako se sustav može mijenjati mijenjanjem samo baze znanja. To se najbolje vidi u sustavu temeljenom na IF-THEN pravilima, gdje se sustav može promijeniti jednostavnim dodavanjem novih pravila ili promjenom postojećih. Osim razdvajanja baze znanja i stroja za zaključivanje, osnovni principi arhitekture ekspertnih sustava su: upotreba jedinstvenog predstavljanja znanja (jer različite metode predstavljanja unose dodatne komponente za pamćenje), gradnja što jednostavnijeg stroja za zaključivanje i višestruko iskorištavanje podataka.

2.1. Dijagnostički ekspertni sustavi

Expert diagnostic systems

Ekspertni sustav sačinjavaju programi elektroničkog računala koji se koriste za uskladištenje znanja i iskustava eksperata određenog znanstvenog područja. To znanje i iskustvo upotrebljava se za rješavanje složenih problema na isti način kako bi to učinio ekspert. Ovaj oblik softvera omogućuje računalu da umjesto dosadašnje ograničene uloge „pomoćnika“

postane stvarni „sudionik“ koji može zaključivati na istoj konceptualnoj razini kao i njegov korisnik i pri tom dijagnosticirati, analizirati i savjetovati. Za sve ekspertne sustave se može reći da uspješno rješavaju sve rutinske i većinu težih problema. Ekspertni sustav oslobađa stručnjaka od „teških“ problema. Karakteristika ekspertnih sustava je brzo i točno djelovanje, objašnjavanje i davanje odgovora na temelju teorije ili prema heurističkim pravilima, odnosno, pozivajući se na već zapamćene slučajeve iz prošlosti. Ekspertni sustavi, također, imaju sposobnost izravnog informiranja korisnika koji postavlja pitanja. Ekspertni sustav za dijagnostiku stanja brodskog dizelskog motora temelji se na eksperimentalnim podacima dobivenim mjerenjem relevantnih značajki brodskog dizelskog motora i kontinuiranim praćenjem rada.

Baza znanja pri izradi dijagnostičkog ekspertnog sustava je datoteka kvarova gdje se uvode teoretska i praktična znanja eksperta.

Osnovni zahtjevi koji se postavljaju na rad stroja, pa tako i brodskog dizelskog motora, maksimalni su radni učinci s minimalnim troškovima održavanja. Danas se ovim zahtjevima može udovoljiti samo uvođenjem novog tehnološkog pristupa u praćenju i mjerenju radnih karakteristika stroja, kao i korištenjem računarske tehnike i znanosti u dijagnosticiranju i otklanjanju kvarova. U svijetu se posljednjih godina ulažu značajni napor u cilju ostvarenja navedenih zahtjeva. Loyd's Register kreirao je sveobuhvatnu bazu podataka temeljenu na podacima dobivenim mjerenjima i inspekcijskim pregledima dizelskog motora, koji su vrlo dobra osnova za utvrđivanje metoda i postupaka za ocjenu pouzdanosti čitavih strojnih sustava.

Pri realizaciji dijagnostičkog ekspertnog sustava postoje tri faze:

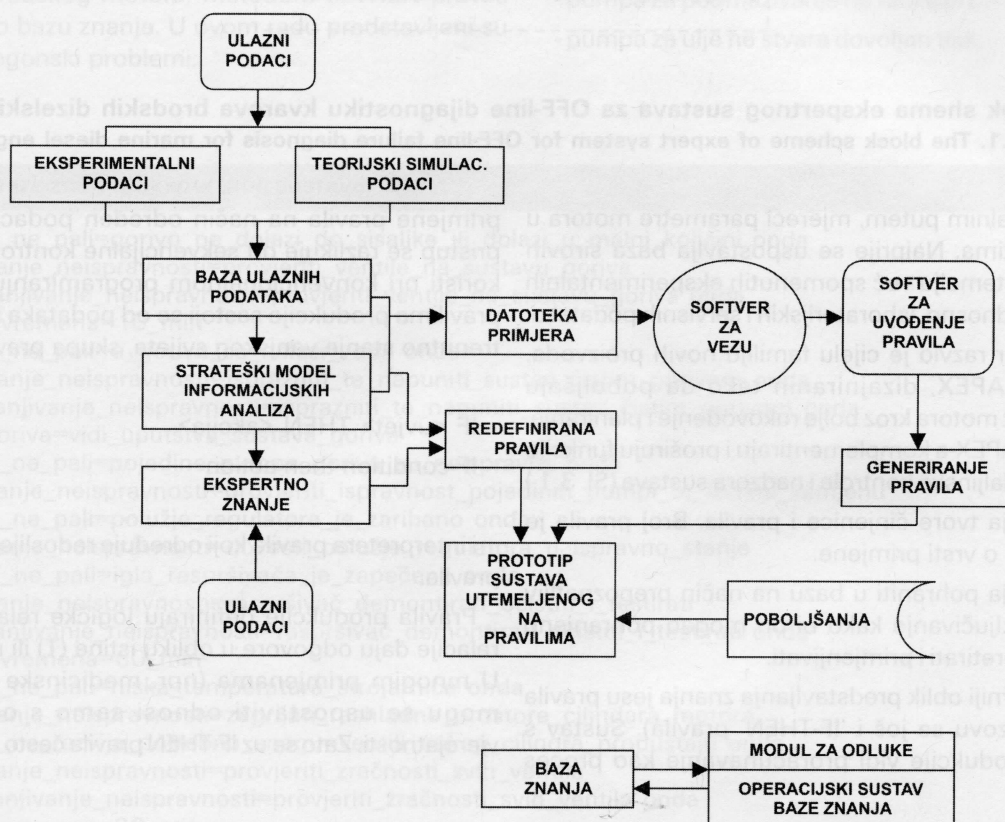
- u prvoj fazi definiraju se mogući kvarovi na temelju teorijskih i praktičnih znanja. Organiziraju se u posebnu

datoteku kvarova, a softverski se uvode pravila, koja predstavljaju znanje stručnjaka. Ovdje se utvrđuje i minimalan broj potrebnih senzorskih uređaja za registriranje radnih značajki motora;

- u drugoj fazi se prototip dijagnostičkog sustava "utemeljenog na pravilima" provjerava uvođenjem novih primjera, koji su dobiveni iz različitih izvora i od različito projektiranih motora. Uspoređuju se novi primjeri s već prihvaćenim pravilima te uvode novo pravilo koje je rezultat ove usporedbe. Završetkom ovog procesa postiže se zbirka zadovoljavajućih pravila što predstavlja inicijalnu bazu znanja;

utvrđuju se zahtjevi potrebni da se dođe do nužnih informacija. Potrebni podaci se dobiju iz odgovarajućih izvora i adekvatno se organiziraju u bazi ulaznih podataka. Slijedi izgradnja modela problema sa shemom procesa koji vodi rješenju. Model problema zajedno s bazom ulaznih podataka tvori "ekspertni sustav za analizu informacija". On služi za definiranje datoteke primjera iz koje se primjenom pogodnog softvera izvodi prototip "sustava utemeljenog na pravilima".

Za kompletiranje ekspertnog sustava potreban je modul za donošenje odluke, koji konzultira bazu znanja i konstruira operacijski sustav baze znanja.



SI 2.1.1. Ekspertni sustav

Fig.2.1.1 Expert system

- treća faza obuhvaća inicijalnu bazu znanja koja se proširuje pravilima, uz pomoć matematičke simulacije. Ova pravila predstavljaju komplicirane slučajeve višestrukih kvarova koji se eksperimentalno nisu dali utvrditi. Baza znanja broskog dizelskog motora povezuje se s posebnim modulom, koji posjeduje mehanizam donošenja zaključaka. S njim zajedno tvore ekspertni sustav za dijagnosticiranje kvarova.

Posebnim softverskim postupkom se od prikupljenih podataka formira baza kondenziranih podataka, koja sadrži statističke rezultate kritičnih značajki.

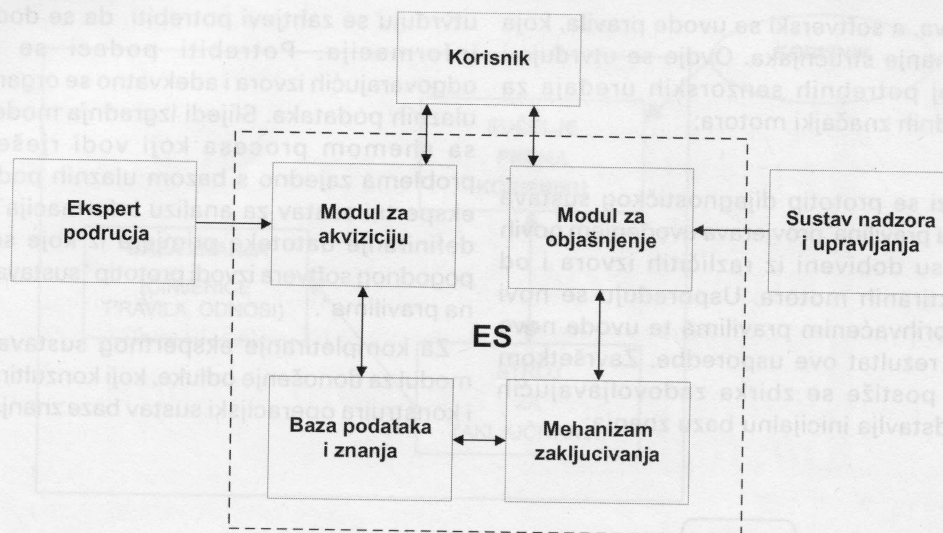
Koncept ekspertnog sustava za dijagnostiku kvarova prikazuje slika 2.1.1. Pošto se specificira problem,

3. Formiranje baze znanja ekspertnog sustava za dijagnosticiranje nedostataka u pogonu broskog motora

Formation of the knowledge basis of the expert system for faults diagnosis in the ship main engine drive

Uspješnost ekspertnog sustava izravno ovisi o kvantiteti i kvaliteti formiranih primjera i pravila. Stoga je potrebno uskladiti prikupljene podatke s radnim obilježjima motora u ovisnosti o okolnostima kvara.

Najveći dio podataka za bazu znanja dobiva se



Sl. 3.1. Blok shema ekspertnog sustava za OFF-line dijagnostiku kvarova brodskih dizelskih motora
Fig 3.1. The block scheme of expert system for OFF-line failure diagnosis for marine diesel engine

eksperimentalnim putem, mjereći parametre motora u radnim uvjetima. Najprije se uspostavlja baza sirovih podataka na temelju već spomenutih eksperimentalnih vrijednosti, odnosno, laboratorijskih i servisnih podataka.

New Sulzer razvio je cijelu familiju novih proizvoda, nazvanih MAPEX, dizajniranih tako da poboljšaju djelotvornost motora kroz bolje rukovođenje i planiranje. Proizvodi MAPEX-a komplementiraju i proširuju funkcije standardne daljinske kontrole i nadzora sustava (Sl. 3.1.)

Bazu znanja tvore činjenice i pravila. Broj pravila je različit i ovisi o vrsti primjene.

Znanje valja pohraniti u bazu na način prepoznatljiv stroju za zaključivanje kako bi on mogao pohranjeno znanje interpretirati i primjenjivati.

Najpopularniji oblik predstavljanja znanja jesu pravila produkcije (zovu se još i 'IF-THEN' pravila). Sustav s pravilima produkcije vidi proračunavanje kao proces

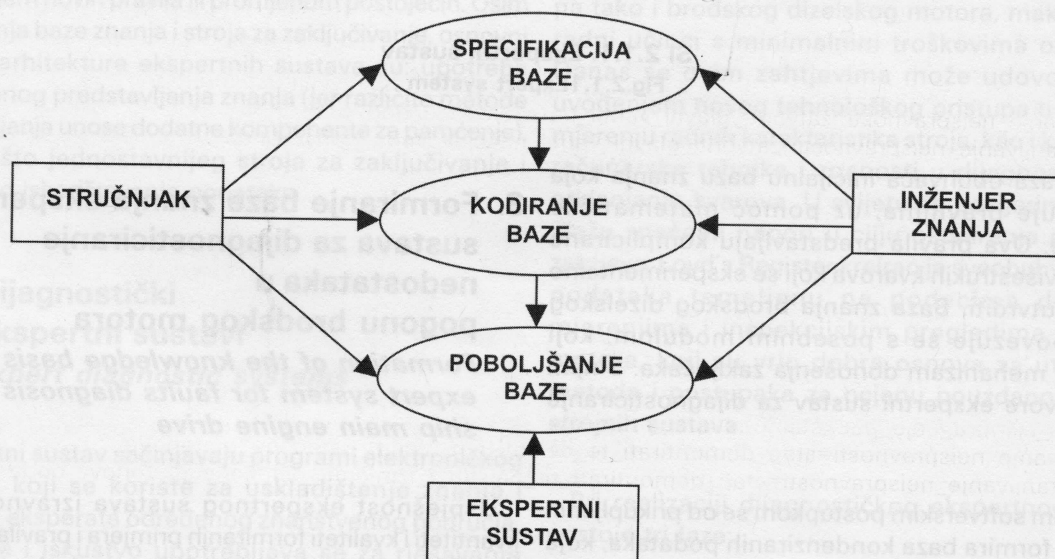
primjene pravila na način određen podacima. Takav pristup se razlikuje od sekvencijalne kontrole kakva se koristi pri konvencionalnom programiranju. Sustav s pravilima produkcije sastoji se od podataka koji opisuju trenutno stanje vanjskog svijeta, skupa pravila oblika.

IF <uvjet> THEN <akcija>

IF-condition-then-action

i interpretera pravila koji određuje redoslijed izvođenja pravila.

Pravila produkcije definiraju logičke relacije. Takve relacije daju odgovore u obliku istine (T) ili neistine (F). U mnogim primjenama (npr. medicinske dijagnoze) mogu se uspostaviti odnosi samo s određenom vjerojatnosti. Zato se uz IF-THEN pravila često unosi faktor



Sl. 3.2. Shematski prikaz razvoja ekspertnih sustava koji primjenjuju pravila produkcije
Fig. 3.2. Schematic layout of expert system applying the production principle

sigurnosti, tj. vjerojatnosti s kojom je zadovoljen uvjet. Pravila produkcije najčešće se upotrebljavaju ondje gdje je znanje stečeno na osnovi iskustva. Na slici 3.2. nalazi se shematski prikaz razvoja ekspertnih sustava koji primjenjuju pravila produkcije.

Osnovne prednosti pravila produkcije jesu modularnost (svako pravilo je malen, neovisan djelić znanja), jednostavnost dodavanja novih pravila ili izmjene postojećih i sposobnost objašnjenja učinjenih koraka. Nedostaci sustava s pravilima produkcije su nedovoljno usavršeni prevodioci i specijalizirana računala te odgovarajući alati za testiranje ispravnosti pravila. (Sl. 3.2.)

Nakon definiranja gotovo svakodnevnih problema u pogonu broskog motora, metodom IF-THEN pravila izrađujemo bazu znanja. U ovom radu predstavljeni su sljedeći pogonski problemi:

- motor ne pali,
- motor ne razvija potrebnu snagu,
- temperatura ispuha i tlak izgaranja jednog cilindra se smanjuje,
- dimljenje i temperatura kod svih cilindara se povećava,
- motor lupa,
- motor dimi,
- ispušni plinovi su plavkaste boje,
- motor se ne može zaustaviti,
- temperatura rashladnog sredstva previsoka,
- sigurnosni ventili se otvaraju,
- u cilindru se čuju pucketanja,
- pumpa za podmazivanje ne radi ispravno,
- pumpa za ulje ne stvara dovoljan tlak.

Izlistak baze znanja ekspertnog sustava:

ako Motor_ne_pali=gorivo_ne_dolazi_do_sisaljke_ili_dolazi_u_maloj_kolicini onda
 Odstranjivanje_neispravnosti=provjeriti_ventile_na_sustavu_goriva
 ako Odstranjivanje_neispravnosti=provjeriti_ventile_na_sustavu_goriva onda
 Potrošnja_vremena=10_min
 ako Motor_ne_pali=u_gorivu_se_nalazi_voda onda
 Odstranjivanje_neispravnosti=isprazniti_te_napuniti_sustav_čistim_gorivom onda
 ako Odstranjivanje_neispravnosti=isprazniti_te_napuniti_sustav_čistim_gorivom onda
 Količina_goriva=vidi_uputstva_sustava_goriva
 ako Motor_ne_pali=pojedine_pumpe_goriva_su_neispravne onda
 Odstranjivanje_neispravnosti=provjeriti_ispravnost_pojedinih_pumpi_te_izvršiti_zamjenu
 ako Motor_ne_pali=polužje_regulatora_je_zaribano onda
 Odstranjivanje_neispravnosti=dovesti_polužje_regulatora_u_ispravno_stanje
 ako Motor_ne_pali=igla_raspršivača_je_zapečena onda
 Odstranjivanje_neispravnosti=raspršivač_demontirati_očistiti_i_testirati
 ako Odstranjivanje_neispravnosti=raspršivač_demontirati_očistiti_i_testirati onda
 Potrošnja_vremena=60_min
 ako Motor_ne_pali=niska_temperatura_strojarnice onda
 Odstranjivanje_neispravnosti=zagrijati_rashladne_prostore_cilindara_motora
 ako Motor_ne_razvija_potrebnu_snagu=ventili_nekog_cilindra_propuštaju onda
 Odstranjivanje_neispravnosti=provjeriti_zračnosti_svih_ventila
 ako Odstranjivanje_neispravnosti=provjeriti_zračnosti_svih_ventila onda
 Potrošnja_vremena=20_min
 ako Motor_ne_razvija_potrebnu_snagu=stap_sisaljke_goriva_je_blokiran onda
 Odstranjivanje_neispravnosti=demontirati_sisaljku_te_pregledati_stap_i_preljevni_ventil
 ako Motor_se_ne_moze_zauzaviti=neka_ili_sve_pumpe_tlače_gorivo_u_cilindru onda
 Odstranjivanje_neispravnosti=zatvoriti_glavni_ventil_na_cjevovodu_goriva
 ako Odstranjivanje_neispravnosti=zatvoriti_glavni_ventil_na_cjevovodu_goriva onda
 Potrošnja_vremena=10_min
 ako temperatura_rashladnog_sredstva_previsoka=cilindar_radi_s_većim_opterećenjem onda
 Odstranjivanje_neispravnosti=provjeriti_raspodjelu_opterećenja
 ako pojedini_sigurnosni_ventili_se_za_vrijeme_rada_otvaraju=oslabljena_opruga_ventila onda
 Odstranjivanje_neispravnosti=zamjeniti_opruge
 ako pojedini_sigurnosni_ventili_se_za_vrijeme_rada_otvaraju=pevisok_tlak_izgaranja onda
 Odstranjivanje_neispravnosti=testirati_raspršivače_na_probnom_stolu_pod_tlakom
 ako Odstranjivanje_neispravnosti=testirati_raspršivače_na_probnom_stolu_pod_tlakom onda
 Provjeriti_uputstva_proizvođača
 ako se_u_cilindru_čuje_pucketanje=stapni_prstenovi_su_zaribani_ili_polomljeni onda
 Odstranjivanje_neispravnosti=stap_demontirati_te_očistiti_i_izmjeniti_oštećene_prstenove
 ako Odstranjivanje_neispravnosti=stap_demontirati_te_očistiti_i_izmjeniti_oštećene_prstenove onda
 potrošnja_vremena=900_min
 ako pumpa_ulja_ne_radi_ispravno=ventil_bypass_propušta onda
 Odstranjivanje_neispravnosti=pregledati_i_ubrusiti_ventil
 ako pumpa_ulja_ne_radi_ispravno=u_tanku_nema_dovoljne_količine_ulja onda
 Odstranjivanje_neispravnosti=napuniti_pogonski_tank_uljem
 ako Odstranjivanje_neispravnosti=napuniti_pogonski_tank_uljem onda

Količina_ulja=vidi_uputstva_sustava_ulja
 ako pumpa_ulja_ne_radi_ispravno=pumpa_preko_usisne_cijevi_siše_zrak_onda
 Odstranjivanje_neispravnosti=odstraniti_propuštanje
 ako motor_dimi=cilindar_motora_je_preopterećen_onda
 Odstranjivanje_neispravnosti=kod_preopterećenog_cilindra_smanjiti_dobavu_pumpe_goriva
 ako motor_dimi=neispravan_rad_raspršivača_onda
 Odstranjivanje_neispravnosti=motor_zaustaviti_i_provjeriti_rad_raspršivača
 ako motor_dimi=tlačni_ventil_pumpe_za_gorivo_propušta_onda
 Odstranjivanje_neispravnosti=ubrusiti_ventil_te_zamjeniti_opruge_ventila
 ako motor_dimi=regulacija_pumpe_goriva_nije_pravilna_onda
 Odstranjivanje_neispravnosti=komparatorima_kontrolirati_regulaciju_pumpe
 ako motor_dimi=tlak_zraka_za_ispiranje_prenizak_onda
 Odstranjivanje_neispravnosti=provjeriti_sustav_ispirnog_zraka_tog_cilindra
 ako Ispusni_plinovi_plavkaste_boje=ulje_za_podmazivanje_dolazi_u_prostor_za_izgaranje_onda
 Odstranjivanje_neispravnosti=zamjeniti_uljne_prstenove
 ako Ispusni_plinovi_plavkaste_boje=visoka_razina_ulja_u_karteru_onda
 Odstranjivanje_neispravnosti=ispustiti_višak_ulja_iz_kartera
 ako Odstranjivanje_neispravnosti=ispustiti_višak_ulja_iz_kartera_onda
 Količina_ulja=provjeriti_uputstva
 ako Ispusni_plinovi_plavkaste_boje=visok_tlak_ulja_u_sustavu_onda
 Odstranjivanje_neispravnosti=smanjiti_tlak_ulja_u_cirkulaciji
 ako Odstranjivanje_neispravnosti=smanjiti_tlak_ulja_u_cirkulaciji_onda
 Postupak=smanjiti_količinu_ulja_u_pumpama_za_dobavu_ispirnog_zraka
 ako pumpa_ulja_ne_stvara_dovoljan_tlak=zaprjana_usisna_košara_usisne_cijevi_onda
 Odstranjivanje_neispravnosti=pregledati_te_očistiti_usisnu_košaru
 ako pumpa_ulja_ne_stvara_dovoljan_tlak=propuštanje_ulja_u_sustavu_ili_nema_dovoljno_ulja_onda
 Odstranjivanje_neispravnosti=ustanoviti_propuštanje_te_dopuniti_tank_uljem
 ako temperatura_ispuha_i_tlak_izgaranja_jednog_cilindra_se_smanjuje=smanjena_dobava_goriva_onda
 Odstranjivanje_neispravnosti=provjeriti_da_li_je_zariban_stap_pumpe_goriva_i_da_li_su_ispravni_tlačni_ventili
 ako temperatura_ispuha_i_tlak_izgaranja_jednog_cilindra_se_smanjuje=sapnice_raspršivača_su_začepljene_onda
 Odstranjivanje_neispravnosti=raspršivač_demontirati_očistiti_i_testirati_po_potrebi_zamjeniti
 ako Odstranjivanje_neispravnosti=raspršivač_demontirati_očistiti_i_testirati_po_potrebi_zamjeniti_onda
 Potrošnja_vremena=70_min
 ako dimljenje_i_temperatura_ispuha_kod_svih_cilindara_se_povećava=motor_je_preopterećen_onda
 Odstranjivanje_neispravnosti=smanjiti_broj_okretaja_te_provjeriti_opterećenje_svih_cilindara
 ako dimljenje_i_temperatura_ispuha_kod_svih_cilindara_se_povećava=neispravna_sredstva_za_dobavu_zraka_onda
 Odstranjivanje_neispravnosti=provjeriti_da_li_tlak_prednabijanja_i_broj_okretaja_turbopuhala_odgovara_opterećenju_motora
 ako dimljenje_i_temperatura_ispuha_kod_svih_cilindara_se_povećava=nepravilno_ispiranje_onda
 Odstranjivanje_nepravilnosti=pregledati_te_očistiti_ventile_za_ispiranje_te_očistiti_filter_turbopuhala
 ako Odstranjivanje_nepravilnosti=pregledati_te_očistiti_ventile_za_ispiranje_te_očistiti_filter_turbopuhala_onda
 Potrošnja_vremena=60_min
 ako motor_lupa=velik_kut_preduštrcavanja_onda
 Odstranjivanje_neispravnosti=snimanjem_dijagrama_provjeriti_tlak_izgaranja_temperaturu_ispušnih_plinova
 ako motor_lupa=prevelike_zračnosti_u_ležajevima_stapnog_mehanizma_onda
 Odstranjivanje_neispravnosti=motor_odmah_zaustaviti_te_zračnost_odstraniti
 ako motor_lupa=slabo_hlađenje_ulja_za_hlađenje_stapa_onda
 Odstranjivanje_neispravnosti=pregledati_sustav_rashlađivanja_i_količinu_ulja_koja_se_dovodi_stapu

Za izradu ekspertne ljske koristili smo se programom ES. Program je razvijen kao edukativni primjer rada ekspertnog sustava s ulančavanjem unaprijed i unatrag.

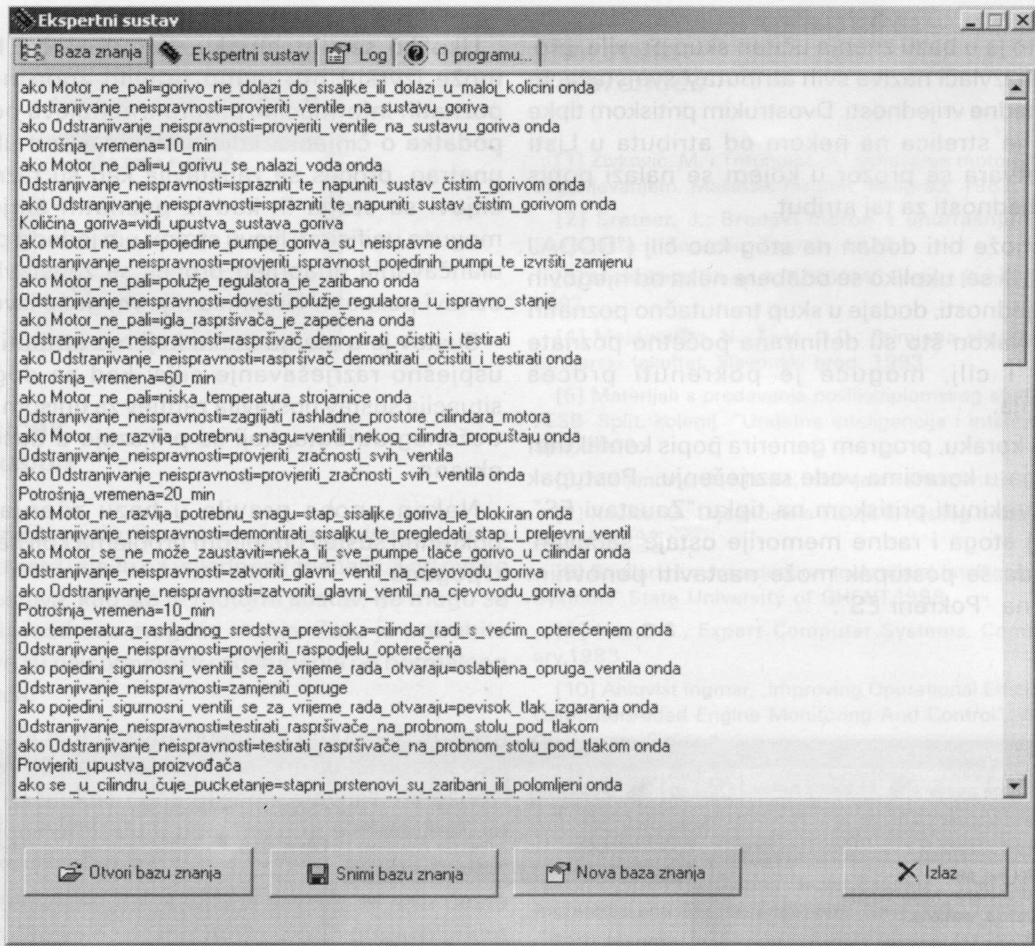
Prije no što je ljska ES-a spremna za uporabu, potrebno je u bazu znanja učitati skup pravila. Pritiskom desne tipke miša kad je strelica miša na prozoru ljske ESa, prikazuje se iskočni izbornik putem kojeg se odabire učitavanje datoteke ("Otvori datoteku"). Pored učitavanja skupa pravila za određeni ES, ovaj dio programa omogućuje i njihovu izmjenu,

te spremanje izmijenjenog skupa u datoteku.

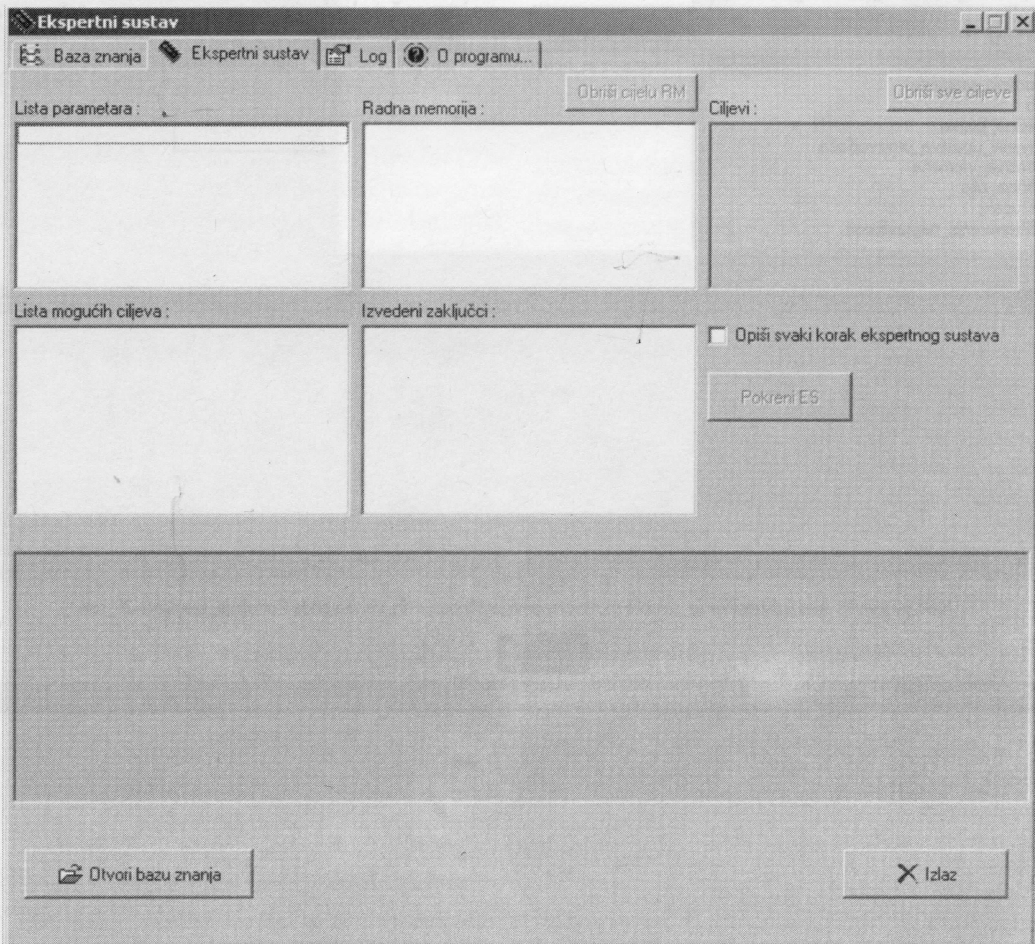
Pravila se mogu pisati i potpuno iz početka, pritiskom na tipku



Nova baza znanja



Nakon unosa pokrećemo ekspertni sustav:



Nakon što je u bazu znanja učitana skup pravila, program iz njih izvlači nazive svih atributa / svojstava, te tipične pripadne vrijednosti. Dvostrukim pritiskom tipke miša, kad je strelica na nekom od atributa u Listi atributa, otvara se prozor u kojem se nalazi popis tipičnih vrijednosti za taj atribut.

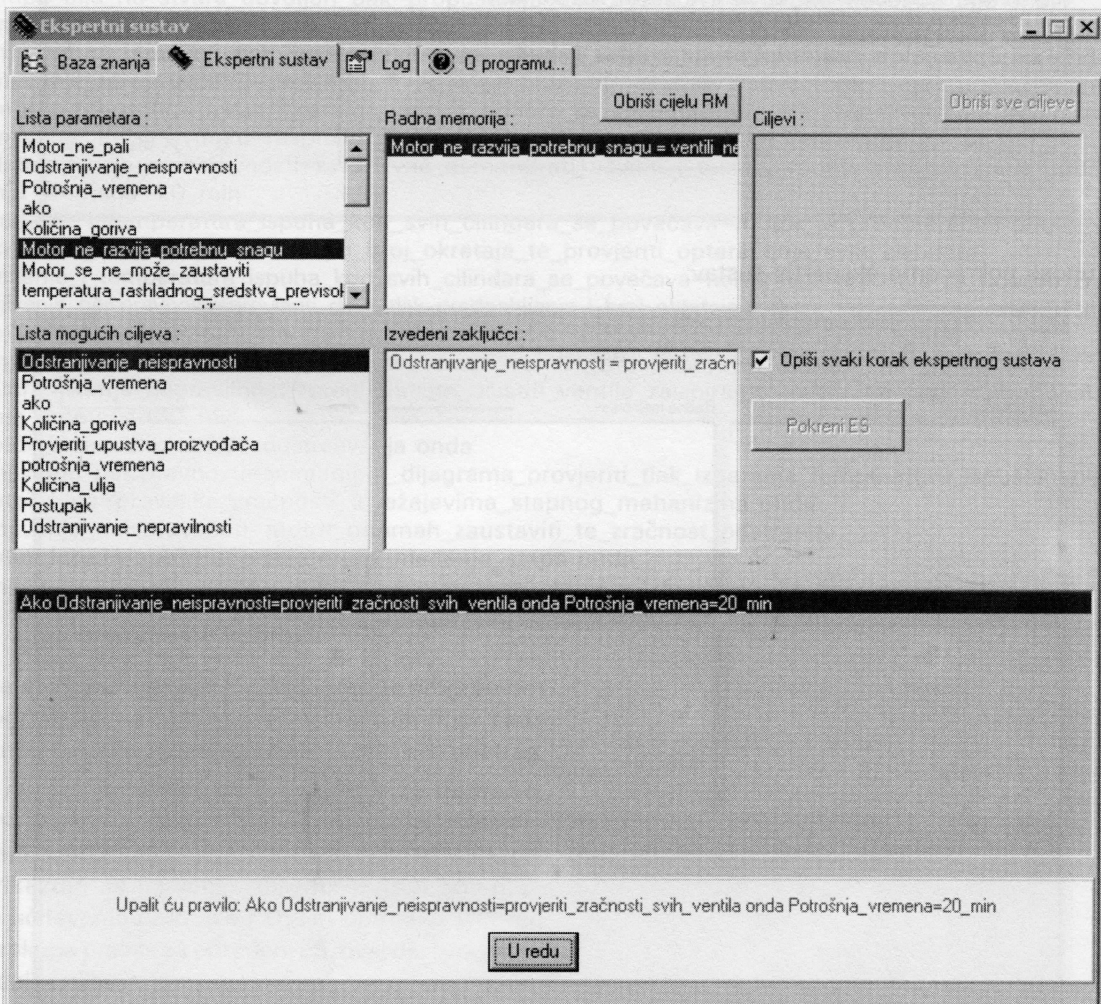
Atribut može biti dodan na stog kao cilj ("DODAJ KAO CILJ") ili se, ukoliko se odabere neka od njegovih tipičnih vrijednosti, dodaje u skup trenutačno poznatih činjenica. Nakon što su definirane početno poznate činjenice i cilj, moguće je pokrenuti proces zaključivanja.

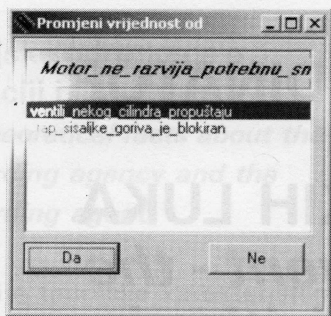
U prvom koraku, program generira popis konfliktnih pravila, koja u koracima vode razrješenju. Postupak se može prekinuti pritiskom na tipku "Zaustavi ES", no sadržaj stoga i radne memorije ostaje sačuvan, što znači da se postupak može nastaviti ponovnim pritiskom na "Pokreni ES".

Ukoliko se u postupku dogodi slučaj kad ES ne može izvršiti niti jedno pravilo zbog nedostatka poznatih informacija, program zahtijeva od korisnika podatke o činjenici koja nedostaje. Kod ulančavanja unatrag, proces se zaustavlja kad su razriješeni svi ciljevi sa stoga ili kad iz poznatih činjenica nije moguće unificirati lijevu stranu niti jednog pravila. Kod ulančavanja unaprijed proces se zaustavlja, kad na osnovi poznatih činjenica nije moguće izvesti nove.

Sustav je u stanju uočiti koji mu atributi trebaju za uspješno razrješavanje cilja; kad se dogodi takva situacija sustav postavlja zahtjev za upisom vrijednosti traženog atributa, koji se prikazuje u desnom dijelu ekrana.

Nakon unosa pravila u bazu znanja možemo pokrenuti sustav odabirom problema koji nam se javlja u pogonu:





4. Zaključak Conclusion

Rad u različitim režimima opterećenja i stalna promjena izvanjskih uvjeta utječu na vrijednosti značajki. Kod ovako složenih sustava, kao što je motorni sustav, ne mogu se teoretski navesti sva moguća stanja. Zato je potrebno otkriti kakve su neispravnosti i odstupanja od normalnog rada moguća.

Naravno da je u nekom složenom brodskom sustavu baza znanja mnogo složenija, no ona se također izvodi na jednak način kao i one najjednostavnije; na osnovi iskustava koja proizilaze u pogonu, ona se nadopunjuju za sljedeće iskustvo.

Sustavi temeljeni na pravilima koriste se vrlo često jer se većina ljudskog znanja može izraziti produkcijskim pravilima.

U radu je korišten ES, koji je razvijen kao edukativni primjer rada ekspertnog sustava s ulančavanjem unaprijed i unatrag, te su obrađeni najčešći nedostaci u pogonu brodskog motora.

Literatura References

- [1] Živković, M. i Trifunović, R.: Ispitivanje motora s unutrašnjim sagorijevanjem, Mašinski fakultet, Beograd, 1987.
- [2] Šretner, J.: Brodski motori s unutrašnjim izgaranjem, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 1970.
- [3] MAN B&W Diesel A/S, "S50MC Project Guide", Copenhagen, 1992.
- [4] Majdandžić, N., Živić, D.D.: Primjena ekspertnih sustava, Strojarski fakultet, Slavonski brod, 1993.
- [5] Materijali s predavanja poslijediplomskog studija strojarstva FESB- Split, kolegij "Umjetna inteligencija i inteligentni agenti", Split, 2002.
- [6] Mišljenović, D., Maršić, I.: Umjetna inteligencija, Zagreb, 1991.
- [7] Radica, G.: Dijagnostika stanja brodskog diesellovog motora, Zagreb, 1993.
- [8] Boullart, L.: „Introduction to Artificial Intelligence and Expert Systems”, State University of GHENT, 1998.
- [9] Nau, D.S., Expert Computer Systems, Computer, February, 1983.
- [10] Ahlqvist Ingmar, „Improving Operational Efficiency Through Computer-Aided Engine Monitoring And Control”, Wartsila diesel Oy, Vassa, Finland.
- [11] Abbot Jack W., Slemon Charles S., „Distributed Expert Sensor Systems for Ship Damage Control”, Advanced Optical Controls Inc. Arlington.
- [12] Dabbar John M., Ward Doug A., „Expert Performance Diagnostic System for Marine Diesel Engines”, The Society of Naval Architects and Marine Engineers, New York, 1989.
- [13] Magnet Jean-Louis, „Expert system for predictive diagnosis application on a navy ship propulsion engine”, S.E.M.T. Pielstick, Saint-Denis, France, 1993.

Rukopis primljen: 02.09.2002.