

Ekspertni sistemi (Expert Systems – ES)

Pojavom ekspertnih sistema, znatno je olakšan rad na onim mestima odlučivanja gde se donose veoma složene ili veoma značajne odluke, tj. svuda gde se ne sme dozvoliti donošenje pogrešne odluke iz razloga nemogućnosti saniranja posledica. Upravo na taj način može se objasniti eksplozivan razvoj i široka primena ekspertnih sistema. Ekspertni sistemi deluju poput tima eksperata iz određene oblasti sa tom razlikom što trajno čuvaju podatke uz svakodnevno proširivanje svoje baze znanja. Radi pojašnjenja pojma “ekspertni sistem”, navešćemo neke od definicija ekspertnih sistema:

„Ekspertni sistem je računarski program koji deluje kao ljudski ekspert u dobro definisanom specifičnom zadatku, na bazi znanja” (Liebowitz Jay, 1992).

„Pod ekspertnim sistemom se podrazumeva uspostavljanje unutar računara dela veštine nekog eksperta koja se bazira na znanju i u takvom je obliku da sistem (računar) može da ponudi **inteligentan savet** ili da preduzme **inteligentnu odluku** o funkciji koja je u postupku. Poželjna dopunska karakteristika, koju mnogi smatraju osnovnom, jeste sposobnost sistema da na zahtev **verifikuje svoju liniju rezonovanja**, tako da direktno obaveštava onoga (korisnika) koji postavlja pitanje. Usvojeni način da se ostvare ove karakteristike je **programiranje na bazi pravila**” (Milačić 1990).

„Ekspertni sistemi su programski sistemi koji sadrže ljudsko znanje i koriste ga u rešavanju problema iz oblasti veštačke inteligencije. Ekspertni sistemi koriste mehanizam koji omogućava lako programiranje problema, kao npr. simuliranje ljudskog znanja, za koje je smatrano da ga nije moguće implementirati. Upravo u lakoći simulacije ljudskog znanja treba tražiti odgovor uspeha ekspertnog sistema” (Stoiljković, Milosavljević 1995).

Goodwin i Wright (1992) ističu da su ekspertni sistemi jedan deo istraživanja na putu ka veštačkoj inteligenciji, a da veštačka inteligencija ima za cilj da predstavlja u potpunosti ljudsku inteligenciju kroz računarski sistem. Isti autori definišu ekspertni sistem na sledeći način:

„Ekspertni sistem je modeliranje, unutar računara, ekspertskog znanja, tako da rezultujući sistem može ponuditi inteligentan savet ili doneti inteligentne odluke”.

„Izraz **ekspertni sistem** se danas upotrebljava sa više različitih značenja, a potiče od činjenice da su takvi sistemi i nastali tako što su od priznatih eksperata u nekoj oblasti, intervjuisanjem i drugim postupcima doznavana i 'zahvatana', a potom organizovana njihova znanja” (Ristić, i dr., 1993).

„Ekspertni sistemi su specijalizovani automati sa obradom znanja, za interaktivno i kooperativno rešavanje problema koji se mogu formalizovati, na nivou prirodnih (stručnih) jezika, sa mogućnostima obuhvata i prezentacije znanja u formi algoritamskih problema, s jedne strane, i nealgoritamskih činjenica i pravila, kao i logičkog zaključivanja po utvrđenoj strategiji, sa druge strane” (Roth, 1992).

Istorija razvoja ekspertnih sistema

Prvi počeci razvoja sistema zasnovanih na znanju koji su prethodili ekspertnim sistemima javljaju se polovinom 60-tih godina. Razvoj ekspertnih sistema zavisi od razvoja informacionih tehnologija, tj. od performansi kompjutera. Vrlo brzo (krajem 60-tih godina) kompjuteri su postali ograničavajući faktor, pa su usledile neminovne promene na polju

usavršavanja kompjutera, što je izazvalo novi uspon u razvoju oblasti veštačke inteligencije. Ipak, tek tokom 80-tih godina ekspertni sistemi su doživeli široku upotrebu na komercijalnom tržištu.

Prema stanju iz 1988. godine, ekspertni sistemi su se tada primenjivali u oko 150 oblasti, a oni koji su bili najviše korišćeni navedeni su u tabeli 3.4.

Međutim, samo četiri godine kasnije (prema stanju iz 1992. godine, Liebowitz, 1992) u Americi je bilo korišćeno najmanje 3000 ekspertnih sistema od čega je nekoliko stotina ekspertnih sistema bilo razvijeno (nisu korišćene školjke) i testirano na svom polju primene. U Japanu je tada postojalo preko 400 razvijenih ekspertnih sistema pri čemu je oko 190 kompanija implementiralo ekspertne sisteme u svoj rad. U Francuskoj je postojalo takođe preko 400 razvijenih ekspertnih sistema itd.

Tabela 3.4. Pregled ekspertnih sistema (Roth, 1992)

Dijagnostički sistemi	MYCIN	Antibiotska terapija bakterijske infekcije krvi
	DART	Otkrivanje i lokalizovnje grešaka kod kompjutera
	INTERNIST	Bolesti unutrašnjih organa
Razvojni sistemi	XCON	Konfigurisanje VAX kompjutera
	SYN	Razvoj visokointegriranih kola (VLSI)
	SYNCHEM	Sinteza hemijskih jedinjenja
Sistemi za planiranje	ISIS	Projektovanje procesa finalizacije
	MOLGEN	Eksperimenti u molekularnoj genetici
Sistemi za raspoznavanje objekata Savetnički sistemi	DENDRAL	Spektrogramska identifikacija hemijskih jedinjenja
	PROSPECTOR	Rekodijagnosticanje geoloških rudnih ležišta
	TEC	Vojno osmatranje prostranih terena
	WERRA	Predviđanje i regulisanje poplavnog talasa
	RADEX	Bolnička briga o pacijentima
Okvirni ekspertni sistemi (ljuske ES)	PROCON	Operativno vođenje hemijskog postrojenja
	EMYCIN	Prazni inferentni sistem i sistem sa bazom znanja za dijagnostiku
	LOOKS	Objektivno orijentisani sistem za programiranje i regulaciju
	ART	Sistem za programiranje ekspertnih sistema

U daljem razvoju ekspertnih sistema prognozira se razvoj povezivanja ekspertnih sistema sa sistemima za podršku odlučivanju, multimedijom, neuralnim mrežama itd. Očekuju se poboljšani interfejs i to uz pomoć tehnologija kao što su hipermedija i virtualna realnost, tj. smatra se da će se tako postići bolji način za automatsku akviziciju znanja.

Podela ekspertnih sistema

Jedna od uopštenih podela ekspertnih sistema sugerise na postojanje dve grupe ekspertnih sistema (Stojiljković, 1995):

- Ekspertni sistemi koji analiziraju neki problem i
- Ekspertni sistemi koji vrše sintezu u procesu rešavanja problema.

Podelu ekspertnih sistema možemo izvršiti i prema drugim kriterijumima. Jedna od uobičajenih podela odnosi se na vrstu informacija koje ekspertni sistemi pružaju (Stoiljković, Milosavljević, 1995):

- Samostalne – u stanju su da samostalno izvedu proces donošenja odluke i planiranja budućih pravaca akcije, a korisnika izveštavaju o primenjenim postupcima i razlozima za usvajanje određene procedure.
- Konsultantske – pružaju razne konsultantske usluge u smislu da pomažu korisniku na taj način kako bi i pravi ekspert pružio svoje mišljenje. Ova grupa ekspertnih sistema

koncipirana je tako da se njima koriste eksperti kojima su potrebna dodatna mišljenja za rešavanje kompleksnih problema (stvara se atmosfera poput formiranja tima eksperata).

- Savetničke – mogu koristiti i eksperti ali i oni ostali korisnici kojima je potreban savet u odgovarajućim situacijama.
- Sistemi za ispitivanje **šta bi bilo ako...** – ova grupa ekspertnih sistema omogućava razmatranje određenih situacija u kojima je potrebno predvideti efekte primene alternativnih akcija. Može se uspostaviti analogija ove grupe ekspertnih sistema sa simulacionim modelima ali razvijenim do ekspertnog nivoa.

Turban i Aronson (1998) iznose da postoje sledeće vrste ekspertnih sistema:

- Ekspertni sistemi zasnovani na znanju (Expert Systems Versus Knowledge-based Systems, Knowledge-based Expert Systems),
- Ekspertni sistemi zasnovani na pravilima,
- Ekspertni sistemi zasnovani na okvirima (Frame-based Expert Systems),
- Hibridni sistemi,
- Ekspertni sistemi zasnovani na modelima (Model-based Systems),
- Ekspertni sistemi spremni za rad (Ready-made, Off-the-shelf Systems),
- Ekspertni sistemi koji rade u realnom vremenu (Real-time Expert Systems).

Goodwin i Wright (1992) ističu da postoje dve grupe ekspertnih sistema i to:

1. Prvi se javljaju kod komplikovanih istraživačkih projekata ili potencijalno nerešivih problema gde je potrebno razviti novi način prezentovanja ili izlaganja znanja.

2. Drugi niz sistema su oni koje su izgradili konsultanti i to putem korišćenja komercijalno razvijenih **školjki** (shell) ekspertnih sistema. Školjke ekspertnih sistema sadrže sve komponente kao i posebno razvijeni ekspertni sistem sa tom razlikom što im je baza znanja prazna (otuda se nazivaju prazni ili okvirni ekspertni sistemi). Korisnik (npr. tim eksperata u nekom preduzeću) školjke ekspertnog sistema sam popunjava bazu znanja unoseći u nju pravila koja se odnose na probleme koje je potrebno da njegov ekspertni sistem rešava. Školjke ekspertnih sistema su jednostavne za programiranje, fokusirane su na probleme u kojima nije prisutna neizvesnost. Kod korišćenja školjki ekspertnih sistema ekspertske rasuđivanje predstavlja se u obliku drva odlučivanja što se ubraja u olančavanje unapred (olančavanje unapred objašnjeno je u tekstu koji sledi). U svetu su poznate školjke: XiPlus (by Expertech Ltd.), EXSYS Professional, i sl., a kod nas je razvijena i takođe je našla veliku primenu školjka BEST (Blackboard-based Expert System Toolkit) što je detaljnije opisano u literaturi (Vraneš, 1995).

Osobine ekspertnih sistema

Ekspertni sistemi poseduju sedam dimenzija (Buchman, 1983), a to su:

- Ekspertiza,
- Rezonovanje manipulacijom simbola,
- Opšta sposobnost rešavanja problema u datom domenu,
- Složenost i težina – jer problemi moraju biti složeni da bi se zahtevalo rešenje eksperta,
- Reformulacija – formulisanje problema u oblik podesan za rešavanje putem ekspertnih pravila,
- Rezonovanje o sebi – mogućnost sistema da rezonuje o sopstvenim procesima,
- Vrsta zadataka za čije se obavljanje sistem izgrađuje.

Primena ekspertnih sistema je višestruka, a zadaci u koje ekspertni sistemi uspešno rešavaju su:

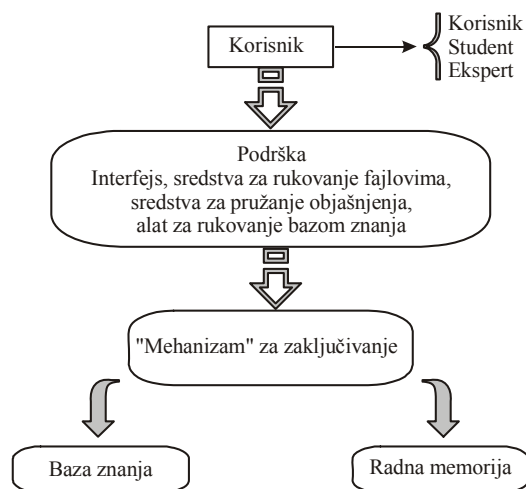
- Evidentiranje i interpretacija podataka kojim se opisuju različite situacije ili stanja sistema,
- Dijagnostika i servisiranje.
- Planiranje, predviđanje i prognoziranje (posledica odluka i sl.),
- Dizajn (razvoj konfiguracije objekata uz poštovanje zadatih ograničenja),
- Merenje (interpretacija rezultata merenja),
- Otkrivanje kvarova u složenim tehničkim sistemima,
- Analiza i konsultacije (u oblastima: osiguranja, kreditiranja, finansiranja, investicione i poreske politike, marketinga i analize tržišta, uvođenje novih tehnologija itd.),
- Kontrola (upravljanje ponašanjem sistema) i sl.

Struktura ekspertnih sistema

Model jednostavnog ekspertnog sistema sastoji se samo od četiri dela (Doukidis, 1991). Oni su:

- baza znanja,
- „mehanizam” za zaključivanje,
- korisnički interfejs i
- radna memorija (slika 3.10).

Znanje eksperta se čuva u nizu fajlova nazvanih baza znanja. Najčešće je znanje predstavljeno pomoću „if ... then” pravila. „Mehanizam” za zaključivanje koristi bazu znanja kako bi se obezbedila nova informacija. „Mehanizam” za zaključivanje koristi neke forme logičke dedukcije da bi se obezbedili odgovori. Preko korisničkog interfejsa omogućava se komunikacija između ekspertnog sistema i korisnika. Radna memorija sadrži detalje o stanju znanja sistema u određenom trenutku.

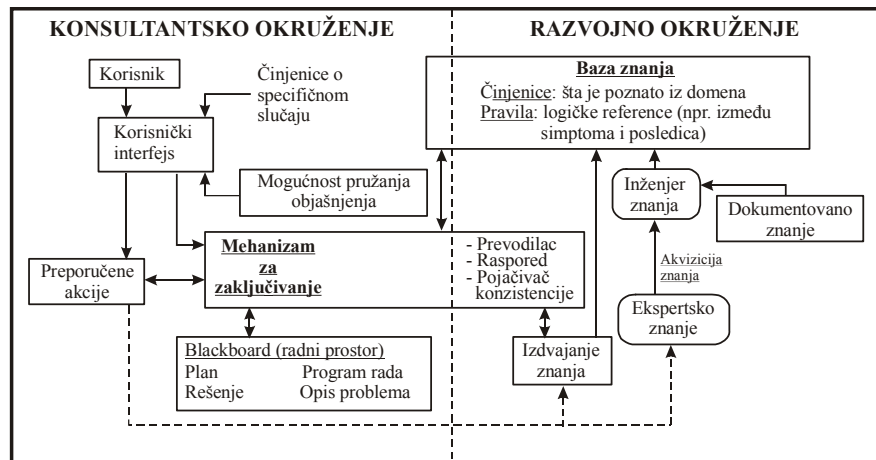


Slika 3.10. Model ekspertnog sistema (Doukidis, 1991)

Primer rada je sledeći: korisnik zove ekspertni sistem preko korisničkog interfejsa. Ekspertni sistem uz pomoć „mehanizma” za zaključivanje upravlja pravilima u bazi znanja. Ukoliko su sistemu potrebne dodatne informacije, on će pitati korisnika (preko interfejsa), a zatim sačuvati te informacije u radnoj memoriji. Svaki nov podatak koji se pojavi kao izlaz „mehanizma” za zaključivanje takođe se čuva u radnoj memoriji. Ovaj proces se nastavlja sve

dok sistem ne obezbedi korisniku sve odgovore na njegova pitanja ili dok se ne iskoriste sva pravila.

Nešto kompleksnija struktura ekspertnog sistema predstavljena je na slici 3.11.



Slika 3.11. Struktura ekspertnih sistema (Turban, Aronson, 1998)

Na ovom prikazu mogu se uočiti relacije između komponenata ekspertnog sistema. Drugim rečima, ulazeći dublje u strukturu ekspertnog sistema konstatuje se postojanje niza dodatnih komponenata koje čine sistem funkcionalnim.

Proces funkcionisanja ekspertnih sistema može se raščlaniti na sledećih pet komponenata (Roth, 1992):

- **Akvizicija** (sticanje) znanja – predstavlja jedan od najznačajnijih zadataka za ekspertni sistem jer putem dijaloga sa korisnikom sistem mora primiti i sintaktički – formalno ispravne ali i semantički adekvatne raznovrsne informacije. Od akvizicije znanja zavisiće memorisanje znanja i samim tim i kvalitet rada ekspertnog sistema.
- **Reprezentacija** (memorisanje) znanja – vrši se dugotrajnim procesom memorisanja programskih modula sastavljenih od činjenica i pravila i načina za rešavanje problema (mehanizmi zaključivanja), za određenu oblast.
- **Obrada** znanja (rešavanje problema) – u stvari predstavlja izvršavanje programa radi dobijanja rešenja sa odgovarajućim pratećim objašnjenjima putem logičkog procesa za rešavanje problema. Ovaj zadatak podrazumeva automatsko vrednovanje činjenica i pravila prema prethodno datoj logici zaključivanja pomoću traženja i upoređivanja, a zatim dobijanje rezultata u obliku novih podataka ili pravila do krajnjeg algoritma za rešavanje problema.
- **Komponente za objašnjenje** (predstavljanje znanja) – omogućavaju pregled unutrašnjih međuzavisnosti, aktivnih i neaktivnih pravila za rešavanje problema i pružaju razumevanje zaključka koji je dao ekspertni sistem. Tako predstavljene činjenice koje je koristio ekspertni sistem u procesu donošenja odluke služe korisniku da uvidi koje su bile polazne osnove ekspertnog sistema da se opredeli za neku odluku, ali neki podatak može da se pokaže kao netačan ili besmislen pa se proces zaključivanja ekspertnog sistema sa novim ispravnim informacijama može uputiti na ponovno razmatranje. Takođe, posedovanje komponente za objašnjavanje kod ekspertnih sistema omogućuje korisniku sticanje novih znanja.

- **Interfejs** (jedinica za dijalog) – omogućuje komunikaciju korisnika sa ekspertnim sistemom putem tastature i ekrana, ali moguće su i ostale varijante direktne komunikacije ekspertnog sistema sa okolinom npr. putem slike, tona, mernih sinala itd.

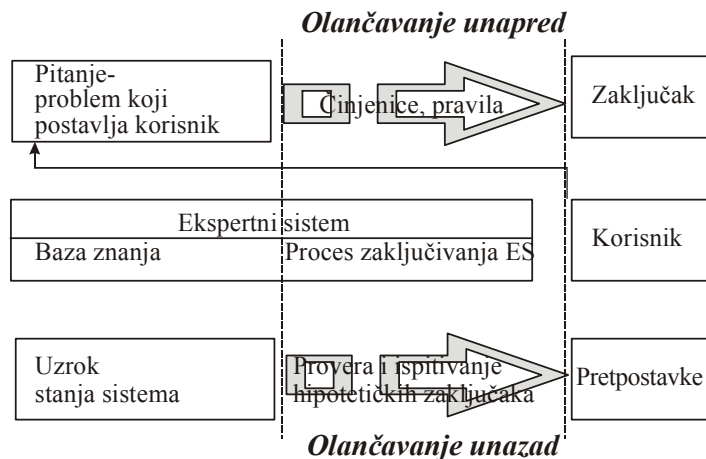
Predstavljanje znanja i mehanizmi zaključivanja

Nakon komplikovanog procesa prenošenja znanja eksperata „na papir” i logičkog puta povezivanja pojedinih činjenica postavlja se pitanje kako to znanje uobličiti u formu koja će biti funkcionalna za rad ekspertnog sistema. Jedan od načina za prevazilaženje ovog problema moguć je korišćenjem **produkcioni**h pravila. Na primer:

***IF** prevozno sredstvo ima dva točka **THEN** prevozno sredstvo nije automobil ili u formalnom obliku: **IF** (stanje u bazi znanja) **THEN** (akcija za ponovo pretraživanje baze znanja).*

Produkciona pravila mogu imati više stanja i više akcija. Npr. produkciona pravila mogu od korisnika zahtevati akciju u smislu da korisnik odgovori na dodatna pitanja sistema radi ponovnog pretraživanja baze znanja. Ekspertni sistem može imati više stotina produkcionih pravila, što usložnjava proces projektovanja logičkog povezivanja ovih pravila u bazi znanja.

Kontrolna struktura određuje koje će pravilo biti sledeće upotrebljeno. Kontrolna struktura često poziva „mašinu za zaključivanje”. Na bazi informacija koje dobije od korisnika (na pitanja koje je postavio ekspertni sistem), „mašina za zaključivanje” vrši selekciju i testiranje pojedinih pravila i u bazi znanja traži odgovarajući savet ili odluku. To se obično postiže pomoću **olančavanja unapred**, što znači da se sledi put od poznatih činjenica do krajnjeg zaključka (slika 3.12).



Slika 3.12. Proces zaključivanja ekspertnog sistema

Olančavanje unazad uključuje biranje hipotetičkih zaključaka i testiranje da se uporedi da li će se potrebno pravilo u skladu sa zaključkom ispostaviti kao tačno. U ovom slučaju pravila izložena od strane eksperata često u sebi sadrže određen stepen neizvesnosti. Na primer:

***IF** kola neće da upale **THEN** razlog može biti nedostatak goriva ili može biti...*

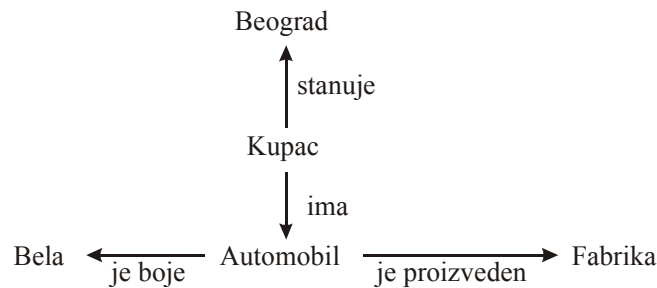
Većina eksperata toleriše neizvesnost koja uključuje neku vrstu verovatnoće kao što je merenje vrednosti ili vaganje protivurečnih činjenica. Moguća su dva načina organizovanja ovih sistema i to pomoću mreže pravila ili pomoću stabla odluke, gde se kod stabla odluke polazi od jednog pravila pa se putem grananja dolazi do krajnjeg zaključka, slika 3.13.



Slika 3.13. Stabla odluke i mreža pravila (Stoiljković, Milisavljević 1995)

Postoje i drugi načini predstavljanja znanja a to su: **semantičke mreže, trojke objekat – atribut – vrednost i predikatska logika.**

Semantičke mreže formiraju čvorovi koji su međusobno povezani na određeni način, slika 3.14. Pomoću semantičkih mreža mogu se lako predstaviti kompleksni hijerarhijski modeli, a jedna od važnijih karakteristika semantičkih mreža jeste da poseduju svojstvo nasleđivanja. Dakle, svojstva se pamte tokom logičkog puta sve do krajnjeg zaključka. Npr.



Slika 3.14. Primer semantičke mreže

Predstavljanje znanja pomoću **trojki atribut – vrednost – objekat** predstavlja posebnu vrstu semantičkih mreža. Za razliku od semantičkih mreža gde čvorovi mogu biti ili objekat ili atribut ili vrednost, kod trojki AVO veza između objekta i atributa je tipa „ima”, a između atributa i vrednosti „je” (Ristić, i dr., 1993). Npr.

Bankovni zajam „ima” kamatnu stopu,
 kamatna stopa „je” 10%. (Primer iz literature – Ristić, i dr., 1993)

Predstavljanjem znanja pomoću **predikatske logike** moguće je izraziti i najkomplikovanije izraze. Predikatska logika prvog reda pogodna je da se jednostavno prevede znanje sa prirodnog jezika na jezik koji je razumljiv kompjuteru. Npr.

„bez muke nema nauke”
 not $\exists x, \exists y$: muka (x) and nauka (y)
 not nema (x) and nema (y)

Predstavljanje znanja pomoću predikatske logike zahteva simboličko iskazivanje problema, međutim ovaj način predstavljanja znanja još uvek nije u široj upotrebi.

Uvođenje ekspertnog sistema u rad

Uvođenje ekspertnog sistema u rad predstavlja poslednju fazu u procesu razvoja ekspertnog sistema, a ova faza podrazumeva testiranje i implementaciju ekspertnog sistema. Tokom testiranja ekspertnog sistema ispituje se i proverava logičko zaključivanje, proveravaju rezultati testiranja, otklanjaju uočene nepravilnosti, a zatim se vrši ponovno testiranje sve dok se ne postigne zadovoljavajući kvalitet rada ekspertnog sistema. U okviru implementacije ekspertnog sistema uključuju se svi faktori bitni za radno okruženje počev od usklađivanja hardverskih zahteva ekspertnog sistema za njegovo optimalno funkcionisanje pa sve do obuke kadrova za rad sa ekspertnim sistemom, pri čemu se ne misli samo na korišćenje ekspertnog sistema već i na njegovo održavanje u smislu stalnog ažuriranja baze znanja.

5. PRIMENA EKSPERTNIH SISTEMA

5.1. Ekspertni sistem u održavanju

Opis problema

Povećanje obima složenosti proizvodne opreme kao i rastuća međusobna zavisnost, uslovljavaju donošenje složenih menadžerskih odluka u održavanju. Prisustvo velikog broja heterogenih faktora koji su stohastičkog karaktera dodatno usložnjava rešavanje problema.

U tom smislu u proizvodnoj praksi dobre rezultate za podršku aktivnostima na održavanju proizvodne opreme pruža grupa softverskih alata pod nazivom ekspertni sistemi.

Posmatrani primer odnosi se na problem dijagnoze kvara kod automobila. Dakle, na osnovu određenih pokazatelja o radu automobila neophodno je utvrditi uzrok takvog rada, odnosno dijagnostifikovati kvar na automobilu.

Rešavanje problema

U posmatranom primeru neophodna je podrška ekspertnih sistema, koji bi svojom savetodavnom funkcijom (na osnovu baze znanja) pomogli u otkrivanju kvara na automobilu.

Ekspertni sistemi se koriste radi određivanja mogućih preventivnih zadataka, podrške u otklanjanju kvarova, određivanju aktivnosti koja bi bila najpogodnija u datim uslovima.

Smatra se da primena ekspertnog sistema u održavanju može smanjiti troškove održavanja za 40%, povećati eksploatacioni kapacitet za 15% i povećati pouzdanost za 100%.

Koristi od primene ekspertnih sistema u održavanju su:

- smanjenje troškova održavanja,
- smanjenje pojave katastrofalnih kvarova,
- povećanje produktivnosti,
- povećanje bezbednosti,
- praćenje performansi proizvodne opreme,
- smanjenje nepotrebnih opravki,
- održavanje baze podataka o operativnom stanju opreme,
- produženje korišćenja sredstava za podmazivanje,
- povećanje profitabilnosti,
- povećana tačnost utvrđivanja kvara,
- produženje životnog ciklusa opreme.

Postoji više načina na koje se ostvaruje pružanje podrške ekspertnog sistema u održavanju. Za potrebe održavanja može se uvesti:

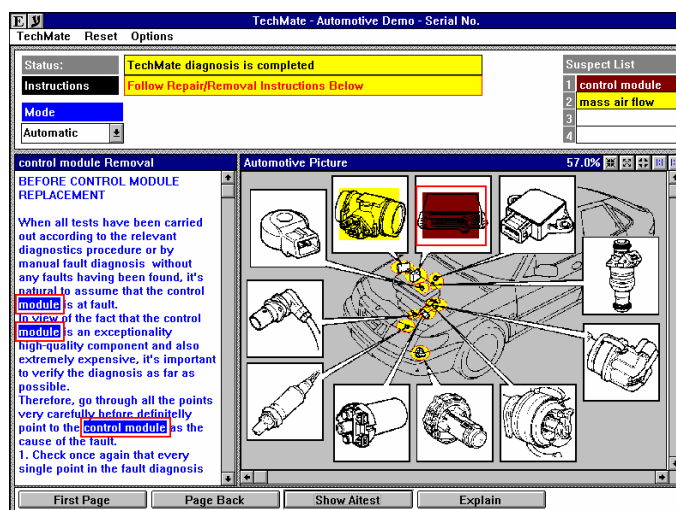
- ekspertni sistem, gde korisnik za već nastali problem (kvar) konsultuje ekspertni sistem radi usklađivanja aktivnosti na sanaciji kvara i preduzimanja korektivnih aktivnosti;

- ekspertni sistem koji pomaže u identifikaciji kvara na određenoj mašini ili u proizvodnom procesu. Ovde možemo da napravimo razliku između ekspertnih sistema kod kojih korisnik pruža podatke ekspertnom sistemu o trenutnom stanju sistema i na osnovu kojih ekspertni sistem gradi ekspertizu i ekspertnih sistema koji pomoću posebnih kontrolnih uređaja kontinualno prate rad sistema i određuju trenutak u kojem obavestavaju korisnika o potrebi za preduzimanjem određenih preventivnih aktivnosti;
- posebno treba izdvojiti grupu ekspertnih sistema za upravljanje aktivnostima na održavanju opreme koji generišu izveštaj na osnovu balansiranja potreba, zahteva i raspoloživih resursa.

U zavisnosti od potreba preduzeća treba izvršiti izbor ekspertnog sistema za održavanje. Novije generacije ekspertnih sistema za održavanje sastavljene su iz više modula, a zajedno čine celinu koja u potpunosti može podržati upravljanje održavanjem proizvodne opreme.

Na primeru jednog dijagnostičkog ekspertnog sistema biće prikazana mogućnost primene u rešavanju proizvodnih problema. TechMate je ekspertni sistem zasnovan na kombinaciji "model based" i "case based" rezonovanja. Rezonovanje zasnovano na modelima omogućava čuvanje u kompaktnom modelu projektantskog, inženjerskog i serviserskog znanja, spremnog za dijagnozu problema koji prethodno nisu zabeleženi. Rezonovanje zasnovano na slučaju omogućava korišćenje informacija iz jednog slučaja za dijagnozu drugih slučajeva čak i kad oni izgledaju dosta različiti.

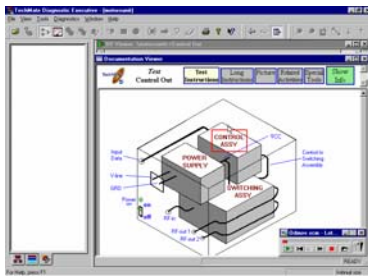
TechMate, prikazan na slici 5.1, jeste softverski alat koji služi tehničarima da brzo otklone kvar na podsklopu ili čitavom sistemu. TechMate pomaže u rešavanju tehničkih problema i na taj način čini da proces bude efikasniji, tačniji i produktivniji. TechMate smanjuje vreme pronalazjenja mesta kvara za 25% do 60%. On automatski generiše dijagnostičke procene sa blok dijagramske šeme (koja je uneta ručno ili elektronski). Za dati niz simptoma i test rezultata, TechMate-ov dijagnostički algoritam identifikuje moguće probleme i rangira ih. Ovaj ekspertni sistem identifikuje i procenjuje test koji se može koristiti da bi se izolovao kvar, a zatim predlaže najisplativiji test.



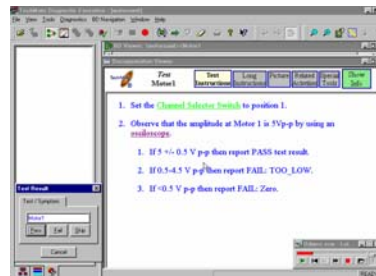
Slika 5.1. Prikaz rada ekspertnog sistema TechMate

Izvor: Softver – TechMate – IET – Intelligent Electronics, Inc, 1997.

Na sledećim slikama dat je prikaz rada TechMate-a na primeru izolacije komponente kod koje je došlo da kvara (slika 5.2). Ekspertni sistem predlaže test za otkrivanje tražene komponente (slika 5.3).



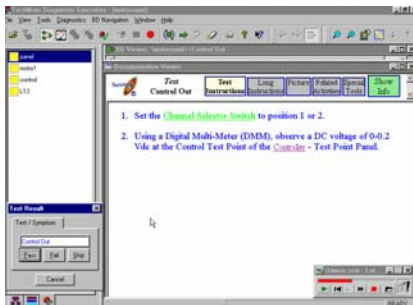
Slika 5.2. Šematski prikaz jedinice



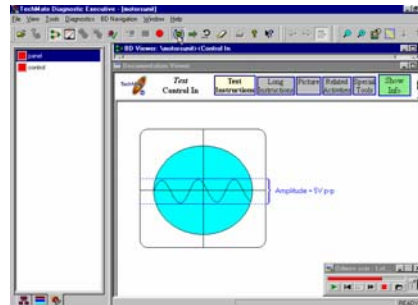
Slika 5.3. Predlog testa

Instrukcije za tumačenje rezultata date su na slici 5.4. Ukoliko test "nije prošao" (FAIL), TechMate predlaže sledeći test, ali u međuvremenu ažurira se baza podataka i formira se nova lista mogućih kvarova (sužava se područje ispitivanja). Takođe menjaju se i uputstva za izvođenje sledećeg testa.

Procedura se ponavlja sve dok se ne utvrdi mesto kvara. Korisnik može da koristi hiperlink za dodatne informacije (u ovom slučaju sa osciloskopa) slika 5.5.



Slika 5.4. Predlog testa

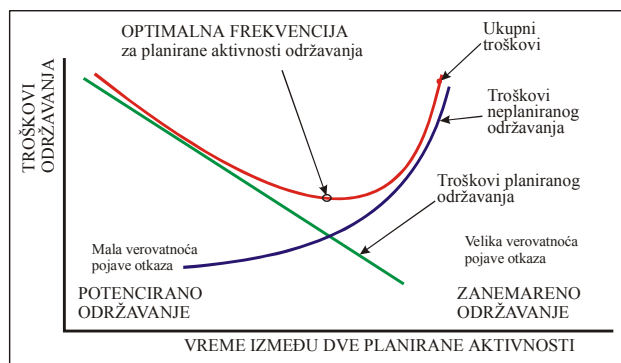


Slika 5.5. Rezultati sa osciloskopa

U prethodnom tekstu prikazan je modul ekspertnog sistema koji se odnosi samo na dijagnozu kvara. Posebnu celinu čini modul u kojem korisnik formira nov model za koji želi dijagnozu. Korisnik ima mogućnost da definiše delove sistema, zada testove za identifikaciju kvara kao i da unese vrednosti test-rezultata koje određuju da li je test pozitivan ili negativan.

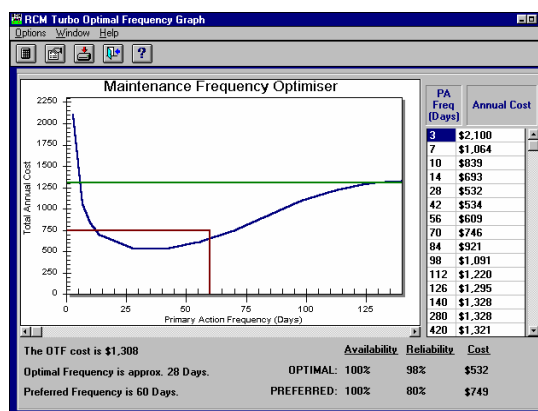
Kao primer nešto složenijeg programa za održavanje može da posluži RCM – Turbo. Ovaj ekspertni sistem ima tri osnovne funkcije:

- određivanje prioriteta opreme koja treba da bude analizirana,
- određivanje funkcija, kvarova, zadataka na identifikaciji kvarova,
- optimizaciju frekvencije aktivnosti na održavanju (slika 5.6).



Slika 5.6. Optimizacija troškova održavanja

Na slici 5.7 prikazan je izlaz TCM Turbo, gde se pružaju informacije o raspoloživosti, pouzdanosti i ukupnim troškovima. Ukupni troškovi sadrže troškove realizovane u izvođenju zadataka i gubitke koji nastaju usled neplaniranih otkaza date pomoću verovatnoće otkaza za dodeljenu frekvenciju.



Slika 5.7. Jedan od izlaznih ekrana RCM Turbo

Za potrebe odlučivanja o kupovini/zameni određenog dela, sklopa, poluproizvoda ili proizvoda, izboru dobavljača, izboru strategije nabavke ili programa održavanja pogodno je koristiti sisteme za podršku odlučivanju. Dakle, za sve odluke kod kojih vršimo izbor između više alternativa, pri čemu u obzir možemo uzeti više uticajnih kriterijuma, softversku podršku možemo očekivati od sistema za podršku odlučivanju. U dosadašnjem radu za pomenute probleme korišćena je višekriterijumska optimizacija ali njena složenost i vreme potrebno za analizu često predstavljaju prepreku za primenu ove metode za svakodnevne probleme odlučivanja.

Primenu ekspertnih sistema u održavanju karakteriše značajno smanjenje troškova održavanja, povećanje produktivnosti i dobijanje visokog stepena pouzdanosti proizvodne opreme. Navedeni su faktori koji direktno proizlaze iz primene ekspertnih sistema u održavanju. Posledično se javljaju i ušteda u sredstvima za podmazivanje, povećanje bezbednosti, smanjenje nepotrebnih opravki itd. Dakle, primena ekspertnih sistema značajno podiže kvalitet rada u oblasti održavanja, a u tome poseban udeo nose oni ekspertni sistemi koji u sebi imaju ugrađen modul za optimizaciju frekvencije izvođenja preventivnih aktivnosti održavanja kao i optimizaciju troškova održavanja.

Posebno treba izdvojiti brzinu dijagnoze kvara, što je i osnovna zamisao primene ekspertnih sistema u održavanju.

Ekspertni sistemi mogu pružiti dijagnozu, identifikaciju komponente kod koje je došlo do otkaza, kao i savet za otklanjanje kvara. Za donošenje neke odluke kod koje postoji uticaj više kriterijuma pogodno je koristiti sisteme za podršku odlučivanju.

Sa razvojem informacionih tehnologija mogućnosti ekspertnih sistema u održavanju svakako su sve veće pa je realno očekivati sve veću prisutnost kompjuterski zasnovanih sistema u oblasti održavanja. Ekspertni sistemi u našoj proizvodnoj praksi su slabo zastupljeni, pa jedno od rešenja u poboljšanju poslovanja treba tražiti upravo u njihovoj primeni kao što su to uradile poznate svetske firme.

5.2. Primena ekspertnih sistema u medicini

Opis problema

Sledeći primer odnosi se na primenu ekspertnih sistema u medicini, preciznije - pri selekciji antibiotske terapije kod bakterijske infekcije krvi. Po utvrđivanju prisustva određene bakterije u krvi neophodno je izvršiti selekciju antibiotika putem kojeg će se sprovesti efikasna terapija.

Rešavanje problema

Za rešavanje posmatranog problema koristi se ekspertni sistem Mycin, a s obzirom da je ovaj ekspertni sistem jedan od prvih ekspertnih sistema koji su razvijeni, dat je kratak pregled ekspertnih sistema koji su kasnije iz njega razvijeni.

Osamdesetih godina prošlog veka, ekspertni sistemi su se primenjivali u oko 150 oblasti, a najzastupljeniji od njih u oblasti medicine bili su:

Tabela 5.1. Ekspertni sistemi u medicini

Ekspertni sistemi u medicini	
Oblast	Naziv
Dijagnostički sistemi	MYCIN – Antibiotska terapija bakterijske infekcije krvi INTERNIST – Bolesti unutrašnjih organa
Razvojni sistemi	SYNCHEM – Sinteza hemijskih jedinjenja
Sistemi za planiranje	MOLGEN – Eksperimenti u molekularnoj genetici
Savetnički sistemi	DENDRAL – Spektrogramska identifikacija hemijskih jedinjenja RADEX – Bolnička briga o pacijentima

Oblast primene ekspertnog sistema Mycin je selekcija antibiotika kod pacijenata sa ozbiljnim infekcijama. Mycin je ekspertni sistem razvijen na Stanford-u 1970. godine. Njegova uloga je da izvrši dijagnostiku i predloži određenu terapiju za postojeću infekciju krvi.

Da bi se klasična dijagnostika pacijenta izvela pravilno, posmatra se sazrevanje bakterija inficiranog organizma. Međutim, taj proces zahteva oko 48 sati što može biti kobno za zaraženi organizam. Zbog toga doktori moraju brzo da reaguju na osnovu postojećih informacija o stanju pacijenta i predlože odgovarajuću terapiju.

Mycin je razvijen na osnovu ispitivanja kako vrhunski stručnjaci vrše dijagnostiku infekcije na osnovu malog broja informacija koje su im dostupne. Kao takav, Mycin u mnogome pomaže mladim stručnjacima da na osnovu iskustva starijih kolega, smeštenih u jedan računarski ekspertni sistem, donesu veoma bitnu odluku i prepišu potrebnu terapiju.

Prema istraživanjima sprovedenim na Univerzitetu Sarvej (The University of Surrey, Guildford UK), a pozivajući se na radove Edwarda Shortiffe-a (1972) sa Stanford Univerziteta (California, USA), na slici 5.8 je dat način funkcionisanja Mycina.

U ovom radnom okruženju korisnik ima povratnu vezu sa korisničkim interfejsom preko koga ostvaruje kontakt sa bazom znanja, razmatra strategiju i donosi odluke. On ima pristup detaljima o pojavi novih slučajeva, a takođe koristi savete i objašnjenja dostupne ovom ekspertnom sistemu. Baza znanja i zaključna strategija su povezani sa ugrađenim alatima ekspertnog sistema, na čiji rad ima dejstvo inženjerstvo znanja i ekspertski domen.

Mycin nije, zbog određenog broja nedostataka, u potpunosti korišćen u medicini, ali je u mnogome zacrtao put savremenim ekspertnim sistemima. On je korišćen kao pomoć pri dijagnostici, a u početku je njegova stopostotna upotreba veoma često izbegavana zbog etičkog pitanja: «Čija je krivica ako ES donese pogrešnu dijagnozu?». Među ekspertima postojali su suprotni stavovi, dok su jedni bili za primenu Mycin-a, drugi su smatrali da kompjuterska dijagnoza nije adekvatna za primenu u realnim uslovima.

Error!

Slika 5.8. Grafički prikaz funkcionisanja ekspertnog sistema Mycin

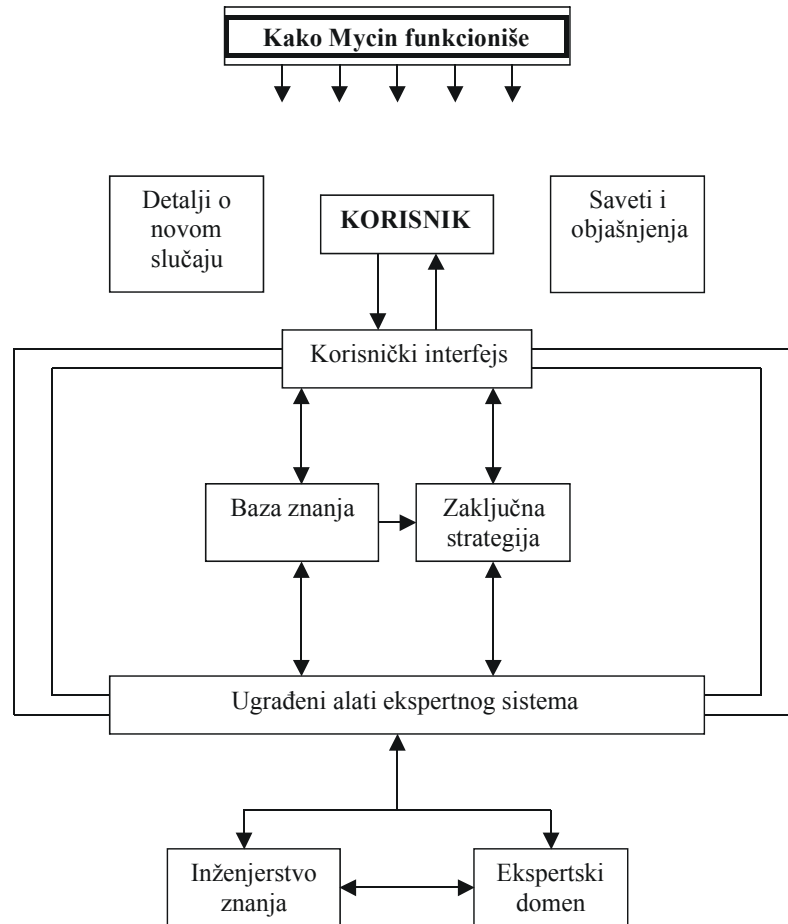
Ekspertni sistem Mycin je baziran na znanju IF-THEN (ako-onda) pravila sa činjeničnim faktorima:

- (IF) AKO je infekcija bakterološkog tipa
- (AND) I inficirano mesto jedno od sterilisanih mesta
- (AND) I sumnja se da je ulaz zaraze putem hrane
- (THEN) ONDA je najverovatnije (npr.0.7) da je infekcija prouzrokovana bakterijom

U navedenom primeru 0.7 predstavlja grubo određenu verovatnoću da je dijagnoza tačno određena. Pri analizi Mycina koristi se tzv. uslovna verovatnoća.

Mycin je bio napisan u LISP-u (programski jezik) i njegova pravila su bila prezentovana kao Lisp objašnjenja. Analiza radnog dela pravila može biti samo zaključak da je problem rešen ili može služiti kao arbitraža za Lisp objašnjenja. Ovo omogućava veliku fleksibilnost, ali promeniti neke od modula i činjenica osnovnih pravila sistema, odnosno pojednostaviti sistem, moralo je biti veoma pažljivo urađeno.

Analizirajući ekspertni sistem Mycin, može se zaključiti da je to sistem koji koristi strategiju međusobno vezanih analiza. On koristi promenljive heurističke metode (ili dokaze određenih hipoteza) u cilju istraživanja i dolaska do krajnjeg cilja- rešenja problema.



Dijalog sa Mycin-om se sastoji iz tri glavne faze:

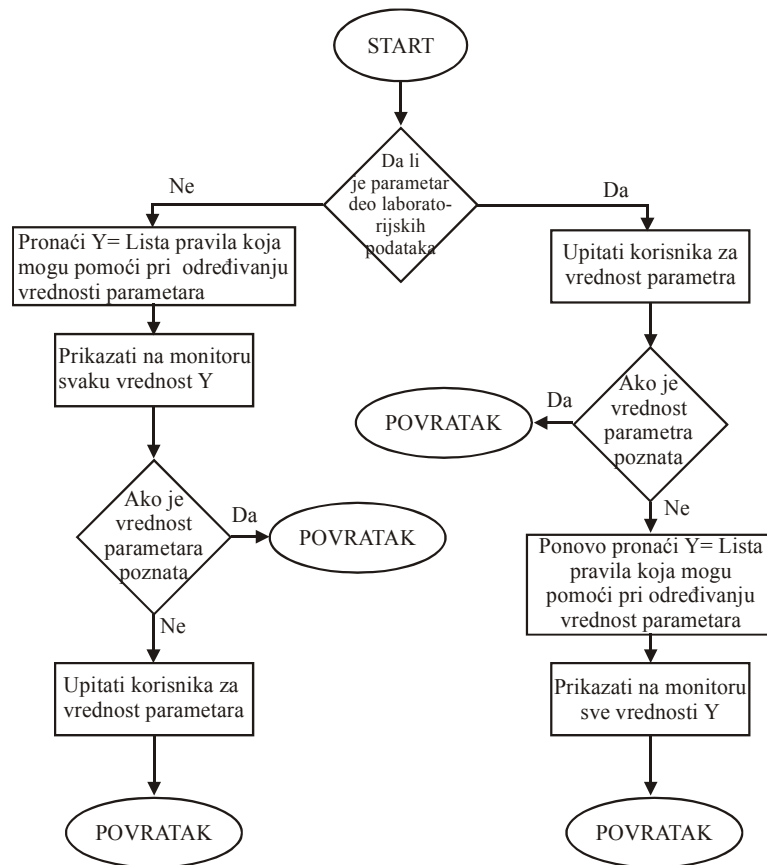
U **prvoj fazi** date su sve prikupljene ulazne informacije o problemu i sistem može dati određenu, ali za sada veoma široku, dijagnozu.

Druga faza podrazumeva postavljanje direktnijih pitanja da bi se došlo do određenih specifičnih hipoteza. Na kraju ove faze analiza je konkretnija i tačna dijagnoza je predočena.

U **trećoj fazi** se postavljaju pitanja usko vezana za bolest na koju se sumnja i na kraju detaljne analize se daje definitivna dijagnostika o pacijentovoj bolesti.

Sistem odgovara na pitanja vezana za svoju analizu, način na koji je razmišljao i dokaze na osnovu koje je došao do dijagnoze.

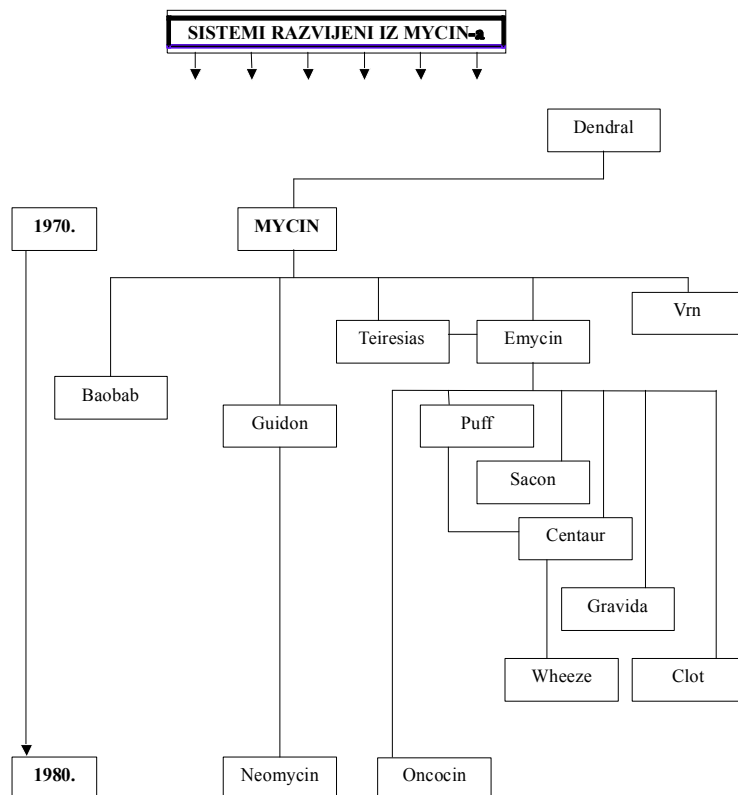
Svakako da je Mycin, kao jedan od prvih ekspertnih sistema u oblasti medicine, imao dosta nedostataka, koji su ograničavali njegovu potpunu upotrebu. Kasnijom verzijom NEOMYCIN-a pokušalo se doći do eksplicitnih objašnjenja, tj. pokušale su se reprezentovati činjenice o različitim vrstama odluka. Glavni problem je bio rešen na taj način što se koristilo tzv. «drvo odlučivanja», u kome se kretalo od najopštijih činjenica i išlo ka sve složenijim pitanjima sužavajući na taj način obim informacija i vodeći dalju analizu u pravom smeru – do konačne tačne dijagnoze.



Slika 5.9. Struktura kretanja kroz baze podataka

Prema Univerzitetu Sarvej (The University of Surrey, Guildford, UK), zahvaljujući Mycinu, razvijeno je mnogo drugih, savremenijih ekspertnih sistema koji su našli veoma veliku primenu u savremenoj medicini, slika 5.10.

Na primer, EMYCIN je bio prva sledeća ekspertna školjka razvijena zahvaljujući Mycin-u (čija upotreba počinje 1981. godine). Njegov naslednik bio je ekspertni sistem PUFF koji se koristi u domenu srčanih problema. Kao sistem za obuku lekara koristi se ekspertni sistem NEOMYCIN, koji pruža savete i objašnjenja gde je došlo do greške pri lekarskoj dijagnostici.



Slika 5.10. Grafički prikaz sistema razvijenih iz Mycina u periodu od 1970.-1980. godine

Današnja upotreba Mycin-a olakšana je mnogobrojnim interfejsima povezanim sa računarima, pa je kretanje kroz jedan ovakav ekspertni sistem omogućeno i prilagođeno kako studentima koji će na osnovu iskustava starijih kolega dobiti adekvatnu pomoć u obuci i rešavanju postojećeg problema, a zahvaljujući najmodernijim kompjuterskim tehnologijama i veoma lako rukovanje sistemom, tako i iskusnijim lekarima koji na vrlo efikasan i brz način mogu doći do odgovora na postavljena pitanja.

Ekspertni sistem Mycin, iako nesavršen, bio je jedan od prvih ES koji su se pojavili i imao veoma veliku, ako ne i ključnu ulogu u daljem razvoju ekspertnih sistema i kao takvog ga treba i posmatrati. Ne treba zalaziti u njegove nedostatke, kojih je nesumljivo bilo dosta, već ga posmatrati kao bazu na osnovu koje se vršilo dalje usavršavanje.

5.3. Ekspertni sistem za izbor automobila

Opis problema

Posmatrani ekspertni sistem odnosi se na izbor automobila. Ovaj ekspertni sistem može se primeniti na različitim primerima izbora ili paralelno sa sistemom za podršku odlučivanju. Neophodno je izvršiti izbor tako da budu zadovoljeni kriterijumi cena, kvalitet, troškovi održavanja, vek trajanja, itd. Definisano je nekoliko ulaznih modela (marki automobila) među kojima je neophodno izvršiti izbor.

Rešavanje problema

Za rešavanje posmatranog problema korišćena je školjka ekspertnog sistema "Doctus".

Školjka ekspertnog sistema je tzv. prazan ekspertni sistem ili alat za izgradnju baze znanja ekspertnog sistema. Školjke ekspertnih sistema su pogodne za upotrebu, jer se isti softverski alat primenjuje za rešavanje više problema.

Dakle, prvi korak pri radu sa školjkom ekspertnog sistema jeste akvizicija baze znanja tj. prikupljanje podataka odnosno znanja eksperta u bazu znanja. Zatim je neophodna sistematizacija baze znanja tzv. inženjering znanja. Tako formirana baza znanja je spremna za upotrebu.

U Doktusu postoje tri tipa zaključivanja, odnosno traženja odluke i to:

-Ako ekspert može jasno da izrazi važne aspekte odluke, ali isto tako i pravila, sistem će koristiti ta pravila da dođe do krajnje procene. Ovo se u doktusu zove deduction (oduzimanje), što ustvari znači zaključivanje na osnovu pravila. Koristi se kada nema prethodnog iskustva pa se takva situacija zove ORIGINALNA ODLUKA.

-Ako ekspert može da definiše aspekte, ne i da odluči koji su važni ili važniji, a što isto važi i za pravila, ali dok god ima određeno iskustvo može ga upotrebiti u pronalaženju pravila koja će opisati alternative (u doktusu CASES). To bi onda simbolički značilo zaključivanje na osnovu alternativa. Ekspertu je lakše što je njegovo iskustvo veće u tom području a situaciju opisujemo kao RUTINSKA ODLUKA.

-Najzad treća situacija bi se najjednostavnije mogla opisati kao kombinacija prethodne dve.

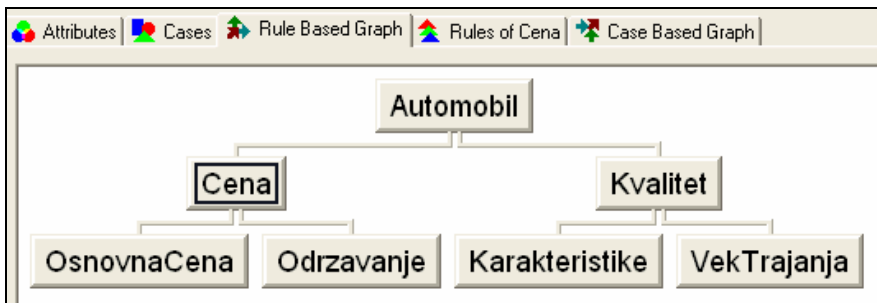
U slučaju kada ne postoje prethodna iskustva u datoj oblasti, ekspert na osnovu prikupljenih informacija pristupa definisanju pravila, a zaključivanje u takvoj situaciji zove se zaključivanje na osnovu pravila (Rule Based Reasoning). Zaključivanje polazi od opštih, generalnih pravila ka posebnim, što je prikazano u datom primeru.

Akvizicija znanja uvek započinje formulisanjem aspekata odluke. Aspekte unosi ekspert i to kao atribute i njihove vrednosti, slika 5.11. Vrednosti atributa su dakle kriterijumi odluke. Akvizicija atributa i njihovih vrednosti se odigrava na prvom tabu Doctusa koji se zove „Attributes”.

Name	Value 1	Value 2	Value 3	Value 4	Value 5
Automobil	Neprihvatljivo	Zadovoljava	Dobar	VeomaDobar	Odlican
Cena	Neprihvatljiva	VeomaVisoka	Skupo	Optimalno	Povoljno
Kvalitet	Los	Zadovoljavajuće	Optimalno	VeomaDobar	Extra
OsnovnaCena	Povoljno	VeomaDobar	Dobar	Zadovoljava	Neprihvatljivo
Odrzavanje	Preskupo	Skupo	Optimalno	Povoljno	
Karakteristike	Lose	Zadovoljavajuće	Optimalno	VeomaDobre	Extra
VekTrajanja	Kratak	Srednje	Dug		

Slika 5.11. Akvizicija atributa i njihovih vrednosti (Doctus help)

Sledeći korak u izgradnji baze znanja zasnovane na pravilima je određivanje međusobne zavisnosti atributa.



Slika 5.12. Grafikon baziran na pravilima

Kao što se vidi na slici 5.12 po formiranju grafikona postoji više vrsta atributa. Ulazni atributi koji su faktori i ne zavise od drugih faktora, zatim međuzavisni koji zavise od ulaznih ali su i sami faktori atributima odluke. Jedan koristan savet bi bio da jedan atribut ne bi trebalo da zavisi ne više od 3-4 atributa faktora, a iz razloga da bi unošenje pravila bilo olakšano.

U sledećem koraku se ne ide odmah na definisanje pravila već se prvo definišu alternative. Razlog ovome je, što se pri definisanju alternativa može doći do određenih uvida o poželjnim promenama kako atributa tako i njihovih vrednosti. Dakle ovo se odigrava na drugom tabu doctusa (vidi sliku 5.13).

	Automobil	Cena	Kvalitet	OsnovnaCena	Odrzavanje	Karakteristike	VekTrajanja
Yugo	Neprihvatljivo	VeomaVisoka	Los	Povoljno	Preskupo	Lose	Kratak
Corsa	VeomaDobar	Optimalno	VeomaDobar	Dobar	Optimalno	VeomaDobre	Srednje
Polo	Veor Odlican	Povoljno	VeomaDobar	Dobar	Povoljno	VeomaDobre	Srednje
Clio	Dobar	Skupo	VeomaDobar	Dobar	Skupo	VeomaDobre	Srednje
Yaris	Zadovoljava	VeomaVisoka	Extra	Zadovoljava	Skupo	Extra	Dug
Punto	Zad Dobar	Skupo	Optimalno	Dobar	Skupo	Optimalno	Srednje
Alfa	Neprihvatljivo	Neprihvatljiva	Extra	Neprihvatljivo	Skupo	Extra	Dug
Lada	Neprihvatljivo	VeomaVi: Sku	Los	VeomaDobar	Skupo	Lose	Kratak
Peguet	Neprihvatljivo	Neprihvatljiva	Optimalno	Neprihvatljivo	Skupo	Optimalno	Srednje
Seat	Zadovoljava	VeomaVisoka	Optimalno	Zadovoljava	Skupo	Optimalno	Srednje

Slika 5.13. Akvizicija alternativa- cases

Alternative se opisuju atributima. Jedna vrednost svakog atributa se pripisuje svakoj od alternativa. Tačnije jedna vrednost je osnovna ali Doctus prihvata i tzv. “nepoznato”, “zanemarljivo“ i distributivne vrednosti (one koje se nalaze negde između dve osnovne vrednosti).

Samo zaključivanje se vrši na osnovu grafikona zasnovanog na pravilima (Rule Based Graph) a nova alternativa se može dodati u svako doba.

Sledeći korak bi bio definisanje samih pravila:

- Ako pravilo sadrži jednu vrednost svakog faktora radi se o elementarnom pravilu
- Ako pravilo pak pokriva više od jedne vrednosti za najmanje jedan atribut radi se o kompleksnom pravilu. Kompleksno pravilo može biti viđeno i kao agregacija elementarnih pravila.

Svaka ćelija je jedno pravilo. Postoje dva ekrana normalan i dvodimenzionalni (2D) koji olakšava definisanje kompleksnih pravila. Takođe postoji dodatni alat koje možemo videti kao smajlije a koji upućuju na loša ili pak suviše dobra pravila i od velike su koristi, slika 5.14.

OsnovnaCena	Povoljno	VeomaDobar	Dobar	Zadovoljava	Neprihvatljivo
Odrzavanje					
Preskupo	VeomaVisoka	Neprihvatljivo	VeomaDobar	Neprihvatljivo	VeomaDobar
Skupo	VeomaVisoka	VeomaVisoka	Skupo	VeomaVisoka	Neprihvatljivo
Optimalno	Povoljno	Optimalno	Optimalno	Skupo	Optimalno
Povoljno	Povoljno	Povoljno	Povoljno	Skupo	Neprihvatljivo

Slika 5.14. Provera koegzistentnosti pravila

Proces zaključivanja podrazumeva uključivanje pravila za alternative radi dobijanja vrednosti atributa odluke za svaku od alternativa, što se još zove evolucija alternativa, slika 5.15.

Attribute	Informativity	Density
OsnovnaCena	0.6001	6.66
Karakteristike	0.4210	4.67
Odrzavanje	0.3925	4.36
VekTrajanja	0.2342	2.60

Case	Weight	OsnovnaCena	Automobil
Yugo	1.000	Povoljno	Neprihvatljivo
Corsa	1.000	Dobar	VeomaDobar
Polo	1.000	Dobar	VeomaDobar
Clio	1.000	Dobar	Dobar
Yaris	1.000	Zadovoljava	Zadovoljava
Punto	1.000	Dobar	Zadovoljava
Alfa	1.000	Neprihvatljivo	Neprihvatljivo
Lada	1.000	VeomaDobar	Neprihvatljivo
Peguet	1.000	Neprihvatljivo	Neprihvatljivo
Seat	1.000	Zadovoljava	Zadovoljava

Slika 5.15. Analiza rezultata

Na osnovu analize rezultata moguće je doneti odluku o izboru najpovoljnijeg alternativnog rešenja.

5.5. Ekspertni sistem za izbor odgovarajućeg softverskog alata za rešavanje složenih problema u preduzeću

Za rešavanje složenih menadžerskih problema u upravljanju i odlučivanju na tržištu, danas postoje brojni softverski alati. U datom primeru prikazan je ekspertni sistem za izbor odgovarajućeg softverskog alata za podršku u rešavanju složenih problema u preduzeću. Predstavljeni ekspertni sistem ima za cilj da olakša proces donošenja kompleksnih odluka u preduzeću ukazujući donosiocima odluke koji softverski alat može u potpunosti da podrži rešavanje konkretnog problema.

Prilikom rešavanja postavljenog problema odlučivanja, donosilac odluke prvo se susreće sa problemom izbora odgovarajućeg softverskog alata za podršku odlučivanju. Neophodno je navesti da postoje problemi koje donosilac odluke rešava samostalno bez podrške računara, mada u rešavanju kompleksnih problema najčešće je neophodna primena računara zbog velikog broja podataka, uticajnih varijabli, kriterijuma, alternativa i slično.

Rešavanje problema izbora odgovarajućeg softverskog alata za podršku odlučivanju od donosioca odluke zahteva poznavanje karakteristika postojećih informacionih sistema i dodatno produžava vreme rešavanja problema. U tom smislu projektovan je ekspertni sistema sa namenom da olakša donosiocima odluke proces rešavanja problema i da skрати vreme potrebno za izbor odgovarajućeg softverskog alata.

Projektovanje ekspertnog sistema za izbor odgovarajućeg softverskog alata

Prilikom izbora odgovarajućeg softverskog alata za podršku u procesu rešavanja kompleksnog problema, potrebno je razmotriti niz pitanja koja će nam ukazati na odgovor koji softverski alat može pružiti podršku donosiocu odluke. U tom smislu, prvo je neophodno razmotriti mogućnosti dekomponovanja postavljenog problema.

Ukoliko postoji mogućnost dekomponovanja, neophodno je analizirati svaki potproblem posebno, ili, drugim rečima, pronaći odgovarajući softverski alat za rešavanje svakog potproblema, a zatim ispitati mogućnost integracije rezultata koji potiču iz različitih softverskih alata.

Veliki broj autora ističe strukturiranost problema kao jedan od najvažnijih pokazatelja za pravilan izbor softverskog alata za podršku odlučivanju. Strukturiran problem podrazumeva da je problem dobro definisan, dok nestrukturiran problem ukazuje da pri rešavanju problema ne postoje u potpunosti definisani ulazni parametri, problem nije u potpunosti određen. Kod kompleksnih problema, pojedini autori smatraju da repetitivnost i strukturiranost problema stoje u određenoj vezi.

Ispitivanje repetitivnosti problema predstavlja sledeći korak. Kod problema koji se javljaju samo jednom postavlja se pitanje opravdanosti projektovanja i/ili nabavke odgovarajućeg softverskog alata za njegovo rešavanje. Ukoliko posmatrani kompleksni problem ima dalekosežne posledice, može imati posledice po bezbednost ljudi, okolinu ili finansijske gubitke tj. spada u kategoriju visoko rizičnih projekata, u tom smislu svakako da postoji opravdanost za nabavkom ili projektovanjem odgovarajućeg softverskog alata za podršku u njegovom rešavanju. U slučaju repetitivnih problema, primena softverskih alata za podršku u rešavanju postavljenog problema, ekonomski je opravdana, povećava kvalitet donesenih odluka, smanjuju se administrativni troškovi, realizuje se ušteda u vremenu neophodnom za

rešavanje postavljenog problema. To sve utiče da donosioci odluka imaju više vremena za ostale radne zadatke, čime se postiže povećanje produktivnosti i ukupnog prihoda.

Analiza da li se problem rešava pomoću kvantitativnih ili kvalitativnih metoda ukazuje nam na neophodnost primene determinističkih modela zasnovanih na kvantitativnim pokazateljima ili probabilističkih modela uz korišćenje kvalitativnih procena donosioca odluke. U tabelama 5.2 i 5.3 iznete su podele koje donosiocu odluke, u zavisnosti od vrste postavljenog problema, sugerišu koji softverski alat treba da koristi.

Tabela 5.2. Okvir za primenu IS (Turban, Aronson, 1998)

Tip odluke	Operativni nivo	Taktički nivo	Strateško planiranje	Neophodna je podrška:
Strukturirane	Računovodstvo	Analiza budžeta, kratkoročno planiranje, izbor: napraviti ili kupiti	Upravljanje finansijama, lokacija skladišta, distributivni sistemi	Menadžment informacijski sistemi, operaciona istraživanja
Delimično strukturirane	Proizvodno planiranje	Procena kredita, izgradnja fabrike, upravljanje projektima	Izgradnja nove fabrike, planiranje novog proizvoda, planiranje obezbeđenja kvaliteta	SPO
Nestrukturirane	Sve vrste izbora, kupovina softvera, odobravanje kredita	Pregovori, kupovina hardvera	Razvoj istraživačkih aktivnosti, razvoj novih tehnologija	SPO, ES, NN
Neophodna je podrška:	Menadžment informacijski sistemi, operaciona istraživanja	SPO	SPO, ES, NN	

Tabela 5.3. Atributi kompjuterskih informacionih sistema za podršku odlučivanju (Turban, Aronson, 1998)

	Obradni sistemi	MIS (MIS)	SPO (DSS)	ES (ES)	UIS (EIS)	NN (NN)
Primena	Proizvodne i prodajne informacije	Proizvodno praćenje, predviđanje prodaje, kontrola	Dugoročno strateško planiranje, kompleksni problemi	Dijagnoza, strateško planiranje, definisanje strategija	Podrška top menadžmentu, odlučivanje, praćenje okruženja	Kompleksne repetitivne odluke, dijagnoza, praćenje investicija
Fokus	Obrada podataka	Informacije	Odlučivanje, fleksibilnost, prilagodjenost korisniku	Zaključivanje, ekspertiza	Praćenje, kontrola	Prepoznavanje prema modelu (šablonu)
Baza podataka	Jedinstvena za svaku aplikaciju	Interaktivan pristup programerima	Sistem za upravljanje bazom podataka, interaktivan pristup, činjenično znanje	Proceduralno i činjenično znanje, baza znanja (činjenice i pravila)	Spoljašnja baza znanja (online) i organizaciona, pristup imaju svi korisnici u organizaciji	Istorijski slučajevi, obezbeđivanje učenja
Sposobnosti odlučivanja	Nema	Strukturirani rutinski problemi korišćenjem konvencionalnih alata nauke o menadžmentu	Polustrukturirani problemi, integracija sa modelima nauke o menadžmentu, procenjivanje i modeliranje	Sistem donosi kompleksne odluke, nestrukturirane, korišćenjem pravila	Samo u kombinaciji sa SPO	Svodi se na predviđanja zasnovana na istorijskim slučajevima

Manipulacija	Numerička	Numerička	Numerička	Simbolička	Numerička (uglavnom), ponekad simbolička	Numerička predobrada
Vrsta informacija	Zbirni izveštaji	Obrada zahteva, raspored	Informacije za podršku specifičnih odluka	Savet ili objašnjenje	Posebni raporti, ključni indikatori	Predviđanje
Najviši nivo u organizaciji koji opslužuje	Najniži nivo menadžera	Srednji nivo menadžmenta	Analitičari i menadžeri	Menadžeri	Menadžeri na višim nivoim u hijerar. strukturi	Specijalisti, menadžeri
Podstrek	Korisnost	Efikasnost	Efektivnost	Efektivnost i korisnost	Skraćenje vremena	Korisnost

Na osnovu iznetih razmatranja i podela koje su predstavljene u tabelama 5.2 i 5.3 definisan je sledeći niz pitanja za formiranje baze znanja u ekspertnom sistemu za izbor odgovarajućeg softverskog alata za rešavanje složenih problema u preduzeću:

1. Da li je moguće problem dekomponovati?

- Moguće je
- Nije moguće

2. Da li je problem strukturiran?

- Problem je strukturiran
- Problem je delimično strukturiran
- Problem je nestrukturiran

3. Da li je problem repetitivan?

- problem je repetitivne prirode
- problem nije repetitivne prirode

4. Definirati hijerarhijski nivo na kojem se problem javlja.

- problem se javlja na operativnom nivou
- problem se javlja na taktičkom nivou
- problem se javlja na strateškom nivou

5. Da li je u procesu rešavanja problema neophodno učešće više lica?

- neophodno je grupno odlučivanje
- dovoljan je jedan donosilac odluke

6. Da li je u procesu rešavanja problema neophodno ekspertsko znanje?

- neophodno je ekspertsko znanje
- nije neophodno ekspertsko znanje

7. Analizirati mogućnost pribavljanja podataka?

- potpuna nemogućnost pribavljanja podatka
- nije moguće pribavljanje svih potrebnih podataka
- moguće je pribaviti potrebne podatke

8. Da li je u procesu odlučivanja neophodno uključiti procene donosioca odluke?

- neophodno je
- nije neophodno

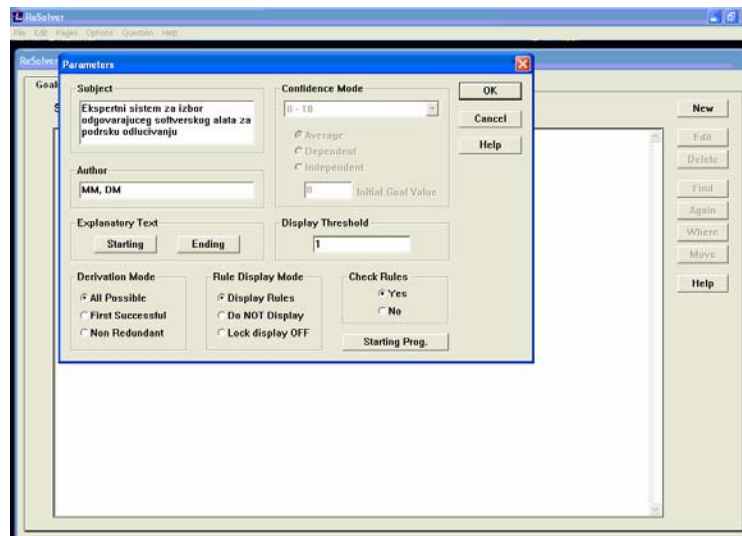
Projektovanje baze znanja

Za projektovanje baze znanja korišćena je školjka ekspertnog sistema Resolver (školjka je naziv za prazan ekspertni sistem u kojem je moguće projektovati bazu znanja). Projektovanje baze znanja u školjci ekspertnog sistema svodi se na definisanje produkcionih pravila u IF - THEN formi, koja čine prethodno izneta pitanja, ponuđeni odgovori i krajnji odgovor (goal) sa objašnjenjem postupka izbora odluke.

U iznetom slučaju, formiranje baze znanja je krajnje jednostavno jer nije neophodno zadavati varijable za pojedina pravila niti je potrebno uključivati dodatne mehanizme za njihovo određivanje. Olančavanjem unapred, "okidaju" se pravila, s tim što treba zadati da se proces zaustavi čim se nađe na kontradiktorne odgovore i u tom slučaju je potrebno preispitati prirodu problema.

Zbog velike kompleksnosti u projektovanju baze znanja za predloženi model u razmatranje je uzeta skraćena verzija u kojoj egzistiraju samo najneophodnija pitanja. Takva baza sadrži 58 pravila i predstavlja osnovu donosiocu odluke za izbor odgovarajućeg softverskog alata u rešavanju određenog kompleksnog problema. Stoga je projektovani model zapravo redukovani ekspertni sistem, izgrađen u školjci Ekspertnog sistema ReSolver. Definisanje osnovnih parametara pri projektovanju ekspertnog sistema dato je na slici 5.21.

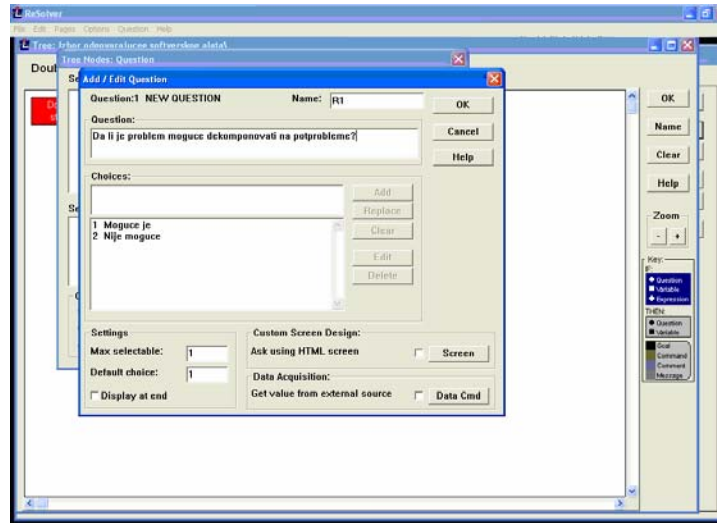
Neke od poznatijih školjki ekspertnih sistema su: FOCIL, OPS5, RT-Expert, CLIPS, BABYLON, CRISTAL, EXSYS Professional, FLEX, HUGIN Systems, GBB, ILOG, RULES, Intelligence compiler, KWG, ReSolver, Level5, K-Vision, TechMate, VBXPert, Visual Expert, itd. Resolver je izabran u datom primeru zbog lakoće u konstruisanju drveta odlučivanja – baze znanja, nije neophodno poznavanje programskih jezika (LISP, PROLOG,..), jednostavnosti u korišćenju od strane korisnika.



Slika 5.21. Definisanje osnovnih parametara pri projektovanju ekspertnog sistema korišćenjem školjke ekspertnog sistema

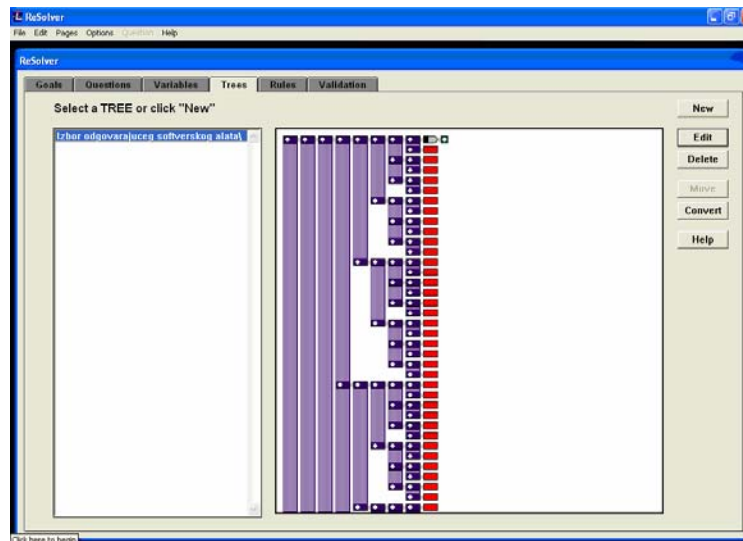
Na slici 5.22 prikazano je dodavanje pitanja Q1 (Question No.1) u bazi znanja: 'Da li je problem moguće dekomponovati na potprobleme' sa potencijalnim odgovorima 'Moguće je' i 'Nije moguće' i definisanjem maksimalnog broja odgovora (u nekim slučajevima od više

ponuđenih odgovora korisnik može da izabere jedan ili više odgovora), vezivanjem pitanja uz odgovarajuć ekran, definisanje spoljašnjeg izvora podataka i sl.



Slika 5.22. Definisane pitanja

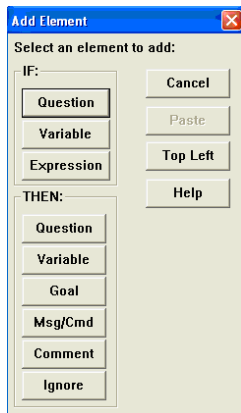
Na sledećoj slici 5.23 prikazano je drvo odlučivanja u fazi izgradnje.



Slika 5.23. Drvo odlučivanja

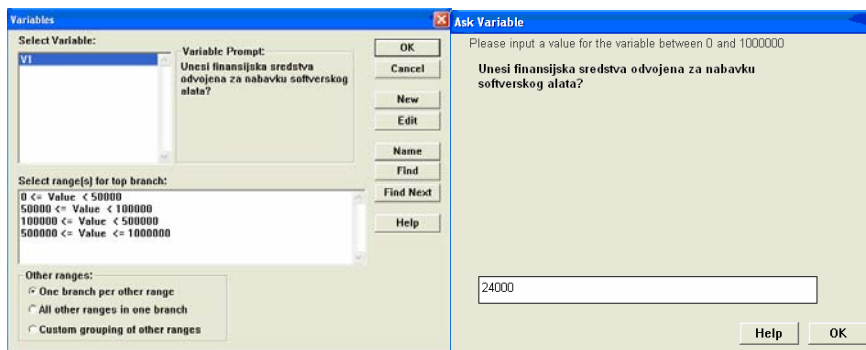
Dodavanje novih elemenata vrši se preko pomoćnog ekrana, slika i 5.24.

U IF delu produkcionog pravila moguće je definisati pitanje, varijablu ili matematički izraz. U THEN delu produkcionog pravila moguće je definisati pitanje, varijablu, krajnji cilj (zaključak), poruku/komandu, komentar ili ignorisati tu granu drveta odlučivanja.



Slika 5.24. Dodavanje novih elemenata

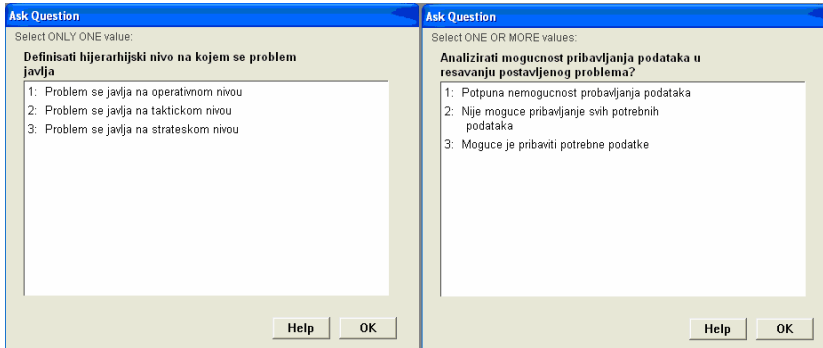
Za razliku od pitanja u IF delu kada korisnik može da izabere neku od ponuđenih vrednosti, kod varijabli korisnik može da unese konkretnu vrednost kao odgovor na postavljeno pitanje (u numeričkom obliku ili kvalitativnom). Kod definisanja varijabli u bazi znanja se zadaju granice za numeričke vrednosti i na taj način određuje pripadnost odgovora određenoj grupi. Na slici 5.25 prikazano je definisanje varijable i izgled radnog ekrana za istu.



Slika 5.25. Definisanje varijabli

Rad ekspertnog sistema

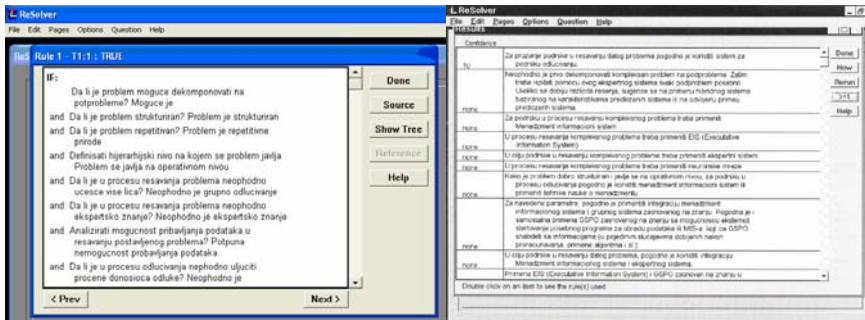
Za posmatrani primer optimizacije proizvodnog programa testiran je predloženi ekspertni sistem za izbor odgovarajućeg softverskog alata. Opcijom 'run' pokreće se ekspertni sistem i korisnik daje odgovore na postavljena pitanja. Postavljeni problem nije moguće dekomponovati kako se problem izbora proizvodnog programa posmatra kao integralna celina. Posmatrani problem je delimično strukturiran jer za pojedine kriterijume nisu definisani ulazni podaci (npr. pretpostavlja se tražnja za određenim proizvodima). Nije neophodno istovremeno učestvovanje više donosilaca odluke, tj. grupno odlučivanje. Procene donosioca odluke su neophodne kod ocene važnosti uticajnih kriterijuma. Na slici 5.26 dat je prikaz radnog ekrana.



Slika 5.26. Radni ekrani

Po unošenju odgovora na sva postavljena pitanja, ekspertni sistem korisniku daje konkretan odgovor, savet za rešavanje postavljanog problema, a na zahtev korisnika ekspertni sistem može da pruži i objašnjenje/postupak rezonovanja za izvođenje zaključka. Na slici 5.27 prikazan je postupak verifikacije odluke pri čemu ekspertni sistem navodi da kako:

IF Problem nije moguće dekomponovati
 AND Problem je delimično strukturiran
 AND Problem je repetitivne prirode
 AND Problem se javlja na taktičkom nivou
 AND Dovoljan je jedan donosilac odluke
 AND Nije neophodno ekspertsko znanje
 AND Potrebno je uključiti procene donosioca odluke
 THEN U rešavanju problem neohodno je primeniti sistem za podršku odlučivanju.



Slika 5.27. Finalni zaključak i njegovo obrazloženje

Ekspertni sistemi mogu da donosiocima odluke olakšaju proces odlučivanja pružanjem odgovarajućeg saveta, odluke, dijagnoze i sl. U zavisnosti od mogućnosti prenošenja ekspertskog znanja u oblik baze znanja, zavisi oblast primene i iskorišćenja potencijala ekspertnih sistema. U datom primeru, primenom ekspertnog sistema za izbor odgovarajućeg softverskog alata za rešavanje konkretnog problema optimizacije proizvodnog programa predloženo je rešenje - sistem za podršku odlučivanju (što je i pokazano u primerima koji se odnose na primenu sistema za podršku odlučivanju u poglavlju 4).

