

## EKSPERTNI SISTEMI THE EXPERT SYSTEMS

Doc. dr Ilija Šušić

**Rezime:** *Ekspertni sistem je inteligentni računarski program koji koristi znanje i postupke zaključivanja u procesu rješavanja problema i to takvih problema za čije je rješavanje potreban visok stepen stručnosti i iskustva iz područja kojima je ekspertni sistem namijenjen. Naziv ekspertni potiče upravo od toga što se ovi sistemi ponašaju kao vrhunski stručnjaci (engl. expert) na svom području. Njegovu osnovu čini poseban software koji modelira one elemente čovjekovog rješavanja problema za koje se smatra da čine čovjekovu inteligenciju: zaključivanje, prosuđivanje, odlučivanje na osnovu nepouzdatih i nepotpunih informacija i tumačenje svog ponašanja. Ekspert je često neophodna osoba u mnogim organizacijama, i postavlja se onda pitanje zašto ga uopšte pokušavati zamijeniti mašinom (računarom)? Prije svega, donekle slično zamjeni nekih ljudi i njihovih poslova mašinama tokom industrijske revolucije, ekspertni sistem može biti koristan kao pomoć kada čovjek nije raspoloživ ili jednostavno kao alat koji olakšava posao i omogućava automatizaciju nekih postupaka, radi sa većim stepenom formalizma koji isključuje mogućnost greške ili slabosti zbog ljudskog faktora i sl. Postoji i jedna dodatna prednost - znanjem kao opštim dobrom ili kapitalom neke organizacije se lakše upravlja, lakše se prenosi i primjenjuje jer ne ovisi u toj mjeri od pojedinca - eksperta ako se koristi ekspertni sistem.*

**Ključne riječi:** *ekspert, sistem, koncept, alat, stručnjak, kvalitet*

**Abstract:** *The expert system is an intelligent computer program that uses knowledge and reasoning processes in the process of solving the special type of problems whose resolution requires a high degree of expertness and experience in those areas for which the expert system is designed. The name expert comes precisely from the fact that these systems behave as the top experts in this area. Its base is a special software that models those elements of human problem solving that are considered to constitute human intelligence: concluding, judgment, decision-making based on unreliable or incomplete information and interpretation of their behavior. An expert is a person who is often required in many organizations, and then the question is - why do we need to replace him with the computer? First of all, in a way similar to the process of replacement of some people and their works with machines during the Industrial Revolution, the expert system can be helpful in those situations when one is not available or simply as a tool that makes job easier and allows the automation of some procedures, works with a greater degree of formalism which excludes the possibility of making errors or weaknesses due to human factor etc. There is an additional advantage - that includes knowledge as a common good or the capital of an organization that is easy to manage with, it is easy to transmit and apply because it does not depend on an individual - an expert, if the expert system is used.*

### UVOD

Sistemi bazirani na znanju (knowledge-based systems) ili ekspertni sistemi stavljaju naglasak više na znanje (bazu znanja) nego na način pretraživanja i zaključivanja. Uopštene metode zaključivanja i sistemi čija oblast nije dovoljno specifikovana se pokazuju nedovoljno sposobnim za mnoge realne probleme i njihovo rješavanje u realnom vremenu. Ekspert je osoba koja izuzetno dobro poznaje neku oblast ljudskog znanja kao i načine rješavanja problema vezanih za tu oblast.

Dvije stvari se prije svega modeliraju u ekspertnom sistemu: znanje eksperta i njegovo zaključivanje. Zbog toga se ekspertni sistem sastoji iz baze znanja i mehanizma zaključivanja. Znanje koje nam ekspert pruža može se predstavljati činjenicama, pravilima, konceptima ili relacijama. Način i problem njegovog predstavljanja jeste reprezentovanje znanja, dok način i problem zaključivanja na osnovu baze znanja i zadatih upita je pitanje tehnika zaključivanja.

Ekspert je često veoma neophodna osoba u mnogim organizacijama, i postavlja se onda pitanje zašto ga zamjenjivati mašinom? Prije svega, donekle slično zamjeni nekih ljudi i njihovih poslova mašinom tokom industrijske revolucije, ekspertni sistem može biti koristan kao pomoć kada čovjek nije raspoloživ, ili prosto kao alat koji olakšava posao i omogućava automatizaciju nekih postupaka, radi sa većim stepenom formalizma koji isključuje mogućnost greške ili slabosti zbog ljudskog faktora i sl. Postoji i jedna dodatna prednost - znanjem kao opštim dobrom ili kapitalom neke organizacije se lakše upravlja, lakše se prenosi i primjenjuje jer ne zavisi u toj mjeri od pojedinca-eksperta ako se koristi ekspertni sistem.

Gotovo da nema oblasti ljudskih djelatnosti gdje nije napravljen neki ES i uspješno primjenjivan i njihov broj geometrijski raste.

## 1. EKSPERTNI SISTEMI – POJAM

Cilj istraživanja u oblasti ekspertnih sistema (ES) sastoji se u razradi programa (sistema) koji pri rješavanju teško rješivih zadataka, koji tipično zahtjevaju stručnjake, daju rezultate po kvalitetu i efikasnosti bliske rezultatima eksperata<sup>9</sup>.

Osnovna svojstva eksperta su da:

- primjeni, na optimalni način, svoja znanja u rješavanju problema. Pri tome se podrazumjeva uzimanje u obzir činjenica i predviđanje relevantnih posljedica;
- objasni i obrazloži svoje odluke i prijedloge;
- komunicira sa drugim ekspertima i proširuje svoja znanja, prestrukturira i reorganizuje shvatanja i znanja;
- formira i napušta određene zaključke, što dokazuje da je pronikao u suštinu određenih pojava i našao nove zakonitosti koje među njima vladaju;
- određuje najbrži način dolaska do rješenja i njegove praktične primjene;
- u specifičnim situacijama intuitivno (heuristički), na osnovu svih dosadašnjih iskustava i događaja ocjeni gdje se nalazi rješenje problema.

Pod ekspertnim sistemima podrazumjeva se uspostavljanje dijela vještine nekog eksperta unutar samog računara i to u takvom obliku da sistem može ponuditi inteligentan savjet ili donijeti inteligentnu odluku o operaciji koja je u toku. Ekspertni sistem posjeduje i karakteristiku da na zahtjev izloži svoju način razmišljanja tako da direktno obavještava korisnika koji postavlja pitanje.

Drugim riječima, ekspertni sistem je inteligentni računarski program koji koristi znanje i postupke zaključivanja u procesu rješavanja problema i to takvih problema za čije je rješavanje potreban visok stepen stručnosti i iskustva iz područja kojima je ekspertni sistem namijenjen. Naziv ekspertni potiče upravo od toga što se ovi sistemi ponašaju kao vrhunski stručnjaci (engl. expert) na svom području. Njegovu osnovu čini poseban software koji modelira one elemente čovjekovog rješavanja problema za koje se smatra da čine čovjekovu inteligenciju: zaključivanje, prosuđivanje, odlučivanje na osnovu nepouzdatih i nepotpunih informacija i tumačenje svog ponašanja.

Ekspertni sistem mora omogućiti tri osnovna zadatka inženjerstva znanja:

- prezentacija i memorisanje velike količine znanja problemskog područja u računar
- aktiviranje korištenja znanja problemskog područja za rješavanje problema
- odgovor na korisnikovo pitanje

Dvije stvari se prije svega modeliraju u ekspertnom sistemu: znanje eksperta i njegovo zaključivanje. Zato se ekspertni sistem među ostalim sastoji i od baze znanja i sistema zaključivanja (inference engine). Znanje koje nam ekspert pruža može se predstavljati činjenicama, pravilima, konceptima ili relacijama. Način i problem njegovog predstavljanja je reprezentacija znanja, dok način i problem zaključivanja na osnovu baze znanja i zadatih upita je pitanje tehnike zaključivanja. Ekspert je često neophodna osoba u mnogim organizacijama, i postavlja se onda pitanje zašto ga uopšte pokušavati zamijeniti mašinom (računarom)? Prije svega, donekle slično zamjeni nekih ljudi i njihovih poslova mašinama tokom industrijske revolucije, ekspertni sistem može biti koristan kao pomoć kada čovjek nije raspoloživ ili jednostavno kao alat koji olakšava posao i omogućava automatizaciju nekih postupaka, radi sa većim stepenom formalizma koji isključuje mogućnost greške ili slabosti zbog ljudskog faktora i sl. Postoji i jedna dodatna prednost - znanjem kao opštim dobrom ili kapitalom neke organizacije se lakše upravlja, lakše se prenosi i primjenjuje jer ne ovisi u toj mjeri od pojedinca - eksperta ako se koristi ekspertni sistem. Gotovo da i nema područja ljudskih djelatnosti gdje nije napravljen neki ekspertni sistem i uspješno primijenjen, a njihov broj i dalje geometrijski raste.

## 2. INŽENJERSTVO ZNANJA

Sveukupnost procesa izgradnje ekspertnog sistema naziva se inženjerstvo znanja, time se obuhvata skup metoda i postupaka koje se odnose na prikupljanje, računarsko predstavljanje i memorisanje, kao i upotrebu ljudskog znanja u rješavanju složenih problemskih situacija. Taj proces uključuje posebnu vrstu interakcije

---

<sup>9</sup> Dr. Mladen Radivojević, *e-Poslovanje, Menadžment informacioni sistemi, UPS, Banja Luka, 2007., str. 150*

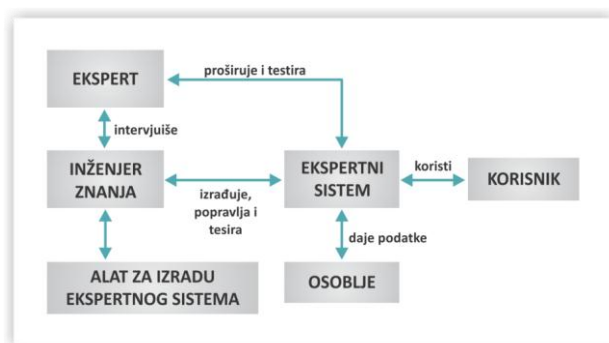
između graditelja ekspertnog sistema, koga zovemo inženjer znanja i jedne ili više osoba koje su eksperti u određenom problemskom području za koje se ekspertni sistem izgrađuje.

Inženjer znanja od eksperata "vrši ekstrakciju" njihovih procedura, strategija i postupaka za rješavanje problema i ugrađuje to znanje u ekspertni sistem. Rezultat procesa je skup programa koji rješavaju probleme u datom području na način na koji to radi čovjek - ekspert.

Kao što je prikazano na sljedećoj slici 1., u proces izgradnje ekspertnog sistema uključeni su:

- ekspert
- inženjer znanja i
- korisnik

U cijelom poslu važno mjesto zauzima i alat za izgradnju ekspertnog sistema, a ne smije se zaboraviti ni sam ekspertni sistem.



Slika 1. Izgradnja ekspertnog sistema

**Ekspert** je osoba koja je stekla reputaciju u svom području zbog stručnih sposobnosti kvalitetnog rješavanja problema. On koristi svoje znanje, sposobnosti i vještine stečene kroz bogato iskustvo kako bi skratio proces pronalazjenja rješenja. Znanje eksperta je nadgradnja znanja koje se može dobiti čitanjem knjiga. On ne može uvijek objasniti razloge svoje odluke, ne zato što ih ne želi objasniti, već zato što se kroz svoje odluke vodi intuicijom. On isto tako vjerojatno zna mnogo više nego što je svjestan. Ekspertni sistem treba obuhvatiti i objediniti te sposobnosti, vještine i iskustvo jednog ili više eksperata. Znanje se, naravno, može prikupljati i iz stručnih knjiga i časopisa.

**Inženjer znanja** je osoba koja poznaje područje računarskih nauka i vještačke inteligencije, te zna kako se izrađuju ekspertni sistemi. On kroz pitanja i razgovore sa ekspertom od njega prikuplja znanje, organizuje ga, odlučuje kako će ono biti prikazano u sistemu i piše programe, sam ili uz pomoć drugih programera.

**Korisnik** je osoba koja koristi ekspertni sistem kad je njegova izrada i učenje gotovo i spreman je za upotrebu.

**Osooblje** uključuje sve one koji unose podatke u sistem (operateri, pomoćnici i sl.).

**Alat za izgradnju ekspertnih sistema** je programski jezik koji koristi inženjer znanja i/ili programer kako bi taj sistem izradio. Pod pojmom alat podrazumjevaju se i svi uslužni programi koji su na raspolaganju (editori, debuggeri, sredstva za izdvajanje znanja, grafika i dr.). Razvijeni su specijalizirani alati za izradu ekspertnih sistema, koji su nazvani "školjke" (shells). Ovi alati se razlikuju od konvencionalnih programskih jezika po tome što osiguravaju odgovarajuće načine predstavljanja složenih koncepata i elemenata znanja<sup>10</sup>.

## 2.1. PRIKUPLJANJE ZNANJA

Upravo prikupljanje znanja je usko grlo razvoja ekspertnih sistema jer je često veoma teško izvesti ovu fazu. Postoje različite tehnike otkrivanja znanja prilagođene različitim tipovima sistema, ali osnova je razgovor (strukturirani i nestrukturirani intervju) sa ekspertom za što opet postoje standardni praktični postupci. Nakon prikupljanja informacija od eksperta slijedi analiza sakupljenog znanja na osnovu čega se izdvajaju važne činjenice i strukture koje pomažu i utiču na daljnji tok razvoja sistema.

<sup>10</sup> Prof. dr Alempije Veljović, *Menadžment informacioni sistemi*, Tehnički fakultet Čačak, 2005.

### 3. STRUKTURA EKSPERTNIH SISTEMA

Ekspertni sistemi rade na sličan način kao i sami eksperti i koriste činjenice, znanje i zaključivanje kod rješavanja problema.

Osnovne komponente ekspertnih sistema su:

- baza znanja (eng. Knowledge Base - KB)
- mehanizam zaključivanja (eng. Inference Mechanism ili Inference Engine - IE)
- korisničko okruženje (eng. User Interface - UI)
- globalna baza podataka

**Baza znanja** je baza činjenica i heuristika pridruženih problemu u području za koje je namjenjen ekspertni sistem. Baza znanja uključuje činjenice, relacije između činjenica i moguće metode za rješavanje problema u području date aplikacije. U predstavljanju znanja koriste se tzv. proizvodna pravila (IF - THEN), okviri i semantičke mreže. Prikupljanje znanja vrši se intervjuiranjem stručnjaka i tzv. mašinskim učenjem.

**Mehanizam zaključivanja** je software sposoban na osnovu pravila iz baze znanja shvatiti informacije iz baze znanja i na osnovu toga izvoditi zaključke. On funkcioniše na taj način da činjenice iz baze znanja kombinuje sa informacijama dobivenim od korisnika u cilju izvođenja specifičnih zaključaka. Pri radu se koriste kontrolne strategije koje odlučuju u kojem trenutku treba primjeniti neko od pravila iz baze znanja na nove činjenice dobivene tokom konsultiranja sa korisnikom. Na taj način se simulira ljudsko razmišljanje.

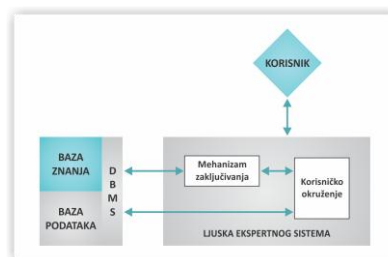
**Postoje dvije osnovne procedure zaključivanja, odnosno rezonovanja:**

- zaključivanje koje počinje s tzv. potvrđenim pronalascima i djeluje unaprijed da pronade zaključak, tzv. zaključivanje vođeno podacima (engl. Forward chaining)
- zaključivanje koje počinje s hipotezom i djeluje unazad prema lako potvrđenim pronalascima, tzv. zaključivanje vođeno ciljem (engl. Backward chaining)

**Korisničko okruženje (interface)** je dio koji omogućava dijalog između donosioca odluke (korisnika) i sistema, služi za unos i prikaz podataka, prezentuje moguće odluke, prikazuje informacije, pitanja, odgovore te odvrća korisnika da unosi greške. Sa jedne strane omogućava korisniku da tokom rada sistema dostavi informacije koje sistem iz baze znanja nije uspio dobiti, a sa druge strane omogućava korisniku da za svaku odluku ekspertnog sistema zatraži dodatno objašnjenje o tome koji su ga zaključci vodili da donese takvu odluku odgovaranjem na pitanja “zašto” i “kako”.

**Globalna baza podataka** radna memorija za bilježenje trenutnih statusa sistema, ulaznih podataka za određeni problem i relevantnih elemenata iz dotadašnjeg rada. Ona čuva činjenice i zaključke dobivene tokom tekuće ekspertize. Razlikuje se od baze znanja po tome što sadrži informacije koje se odnose isključivo na tekući problem odlučivanja.

Ovakav sistem u teoriji vještačke inteligencije naziva se “zaključivanje na temelju pravila” (engl. Rule-based Reasoning). Ekspertni ili na znanju temeljeni sistemi jedan su od uspješnih područja iz područja vještačke inteligencije. Više od 25 godina je prošlo od realizacije prvih ekspertnih sistema (DENDRAL, MYCIN i PROSPECTOR). Arhitektura ekspertnih ili na znanju temeljenih sistema nije značajnije mijenjana i više je poznatih problema u njihovu razvoju: prikupljanje znanja vrlo je težak i dugotrajan proces, implementacija i uspješno korištenje ovakvih sistema zahtijeva visoku stručnost i iskustvo, implementirani ekspertni sistemi često su spori i teški za održavanje<sup>11</sup>.



Slika 2. Struktura ekspertnog sistema

<sup>11</sup> Prof. dr ing Jaroslav E. Polišćuk, *Ekspertni sistemi, ETF Podgorica, 2004., 23 str.*

Savremeni ekspertni sistemi imaju mogućnost prikupljanja znanja i učenja. Razvojni dio ekspertnih sistema zadužen je za prikupljanje znanja koje je moguće tzv. mašinskim učenjem ili preuzimanjem znanja od stručnjaka. Prikupljanje znanja kod ovakvih sistema u svakom je slučaju vrlo teško i zahtijeva tzv. eksperte za prikupljanje znanja. Modul za učenje u savremenim ekspertnim sistemima važan je dio koji omogućuje tzv. samoučenje sistema. Glavni problemi ekspertnih sistema jesu nedostatak tzv. dubokog znanja, zatim tačnost rezultata i skupo učenje. Nedostatak "dubokog znanja" ustvari znači čest nedostatak uskih specijalističkih znanja za uspješno rješavanje problema. Proces objašnjenja postupka zaključivanja također je često nerazumljiv. Tačnost rezultata često može biti upitan. Ovo je ozbiljan problem, posebno u rizičnim područjima kao što je upravljanje zračnim saobraćajem, upravljanje nuklearnim pogonima, vojnim sistemima itd. Učenje temeljeno na iskustvu je oskudno. Proces zaključivanja nije predmet unapređenja tokom korištenja ekspertnih sistema.

#### 4. SVOJSTVA EKPERTNOG SISTEMA

Srce svakog ekspertnog sistema je **znanje** akumulirano u procesu izgradnje tog sistema. "Znanje" ekspertnog sistema čine činjenice i heuristika (iskustvo i osjećaj za izbor rješenja)<sup>12</sup>.

Činjenice čine glavni dio podataka o prirodi sistema, njegovim aktivnostima i ciljevima koje sistem ostvaruje kroz te aktivnosti. Određene pojave i manifestacije regularnog i neregularnog stanja u sistemu imaju svoje uzroke i posljedice i takođe se opisuju skupovima podataka. Svi ovi podaci uglavnom mogu biti raspoloživi, dokumentovani i verifikovani u domenu ekspertnog sistema.

Heuristiku čine lična pravila rasuđivanja i vještina u izboru i donošenju odluka kojima se utiče na promjenu stanja sistema. Ona je uglavnom slabo dokumentovana i svojina je vrhunskih specijalista za oblast koju pokriva dati ekspertni sistem. Nivo performansi ekspertnog sistema je prije svega funkcija veličine i kvaliteta baze znanja tog sistema u kojoj su objedinjene činjenice i heuristika, a ne određenog formalizma zaključivanja i postupka koji se koriste u pretraživanju činjenica.

U principu razlikujemo dva tipa znanja:

- *eksplicitno znanje* - znanje dato u pisanoj ili drugoj prenosnoj formi i nalazimo ga u knjigama, časopisima i sl. Ovo znanje je obično prihvaćeno kao univerzalno tačno.
- *implicitno znanje* - heurističko znanje, ono znanje koje čovjek ekspert gradi na osnovu iskustva i koje, kombinovano sa prvim tipom znanja, čini čovjeka ekspertom. Znanje je dostupno i može se prenositi putem knjiga i lekcija.



Slika 3. Opšta svojstva ekspertnog sistema

Važno svojstvo ekspertnog sistema je ekspertiza visokog nivoa, koju obezbeđuje kao pomoć u rješavanju problema. Ta ekspertiza predstavlja najbolja razmišljanja vrhunskih eksperata u datoj oblasti, sakupljena i ugrađena u program tako da u postupku rješavanja problema mogu dovesti do preciznih i efikasnih rješenja.

Mogućnost predviđanja je svojstvo koje proističe iz mogućnosti da se ekspertni sistem koristi kao model za rješavanje problema u datoj oblasti koji će, kao takav, davati odgovore na zadate probleme i pokazivati kako će se ti odgovori mijenjati zavisno od novih situacija.

Cjelokupno znanje ugrađeno u ekspertni sistem prikupljeno je kroz interakciju sa ključnim osobljem u nekoj službi, odjeljenju ili oblasti, tako da ono odslikava i tekuću politiku i način rada te grupe. Na taj način, ova kolekcija znanja postaje trajni zapis usklađenih najboljih metoda i postupaka koje ti ljudi koriste pri rješavanju problema. I kad ti ljudi odu iz određene firme ovo znanje će ostati sačuvano. Ovo je veoma važno u poslovnim sistemima, a kritično u vojsci i državnim ustanovama zbog čestih premještaja i izmjene kadrova.

<sup>12</sup> Prof. dr Alempije Veljović, *Menadžment informacioni sistemi*, Tehnički fakultet Čačak, 2005.

Prikupljeno znanje je na taj način postalo institucionalna memorija, koja ublažava (iako nikad ne može potpuno ukloniti) nedostatke proistekle iz čestih fluktuacija ljudi.

Još jedno važno svojstvo svakog ekspertnog sistema jeste i mogućnost obučavanja. Ekspertni sistem može biti oblikovan tako da omogući obuku za novodošle kadrove. Oni već imaju određena znanja i sposobnosti i potrebno je na njih prenijeti znanje i iskustvo prikupljeno i sačuvano u bazi znanja u vidu institucionalne memorije. Neophodno je da program poseduje mogućnost tečnog, prijateljskog dijaloga sa čovekom, kao i ugrađene metode učenja. Ekspertni sistem može biti podešen kako za obuku stručnih ljudi, tako i za uvođenje u posao pridošlih početnika.

Glavne osobine ekspertnih sistema su:

- *Integracija znanja* - ES integriše znanje potencijalno velikog broja ljudi stručnjaka na jednom mjestu,
- *Povećava dostupnost* - ES može se koristiti na svim lokacijama, 24 sata dnevno. Raspoloživi su uvijek i bez ograničenja, što je posebno aktuelno u nedostatku eksperata za određena područja ljudske aktivnosti,
- *Nivo subjektivnosti* - ES zadržava nivo subjektivnosti koji je u njih inicijalno ugrađen, dok su eksperti skloni varijacijama subjektivnosti u rasuđivanju, što može dovesti do izvjesne zabune,
- *Smanjena cijena* - ES je jeftiniji od eksperta. Ljudi stručnjaci srazmjerno su rijetki, pa prema tome i skupi, dok se ES lako reprodukuje u većem broju jednakih ili sličnih kopija,
- *Povećava pouzdanost* - ES ne čini greške, ne umara se i ne zaboravlja,
- *Uslovi djelovanja* - ES može djelovati u uslovima koji su za čovjeka opasni,
- *Brzina reakcije* - brzina reakcija na nastali problem i
- *Tumačenje* - opis do detalja kako se došlo do rješenja.

## 5. PREDNOSTI I NEDOSTACI PRIMJENE EKSPERTNIH SISTEMA

Moguće je postaviti pitanje: zašto razvijati ekspertne sisteme kad postoje ljudi eksperti? Na to pitanje pokušat ćemo da damo odgovor definišući koje su to prednosti u primjeni ekspertnih sistema.

*Postojanost* - Može se reći da sposobnosti eksperta vremenom opadaju jer čovjek stari, i nije uvijek i permanentno u situaciji da drži korak sa tehnološkim promjenama dok su mogućnosti ekspertnog sistema nezavisne od vremena, zdravlja ili emocija.

*Prenosivost* - Ekspertni sistem se projektuje tako da može da prenosi znanja, dok to za jednog eksperta može da bude težak, ponekad nerješiv problem. Ekspert je stručnjak za rješavanje problema, a ne za objašnjavanje svojih odluka i prenošenje iskustva. On za to najčešće nema vremena, sve i da hoće. Ekspertni sistem se projektuje tako da ima ugrađenu mogućnost da objasni kako je došao do neke odluke.

*Pouzdanost* - Pri donošenju odluke, ekspert može da bude pod uticajem okoline i da bude subjektivan. Menadžer, naprimjer, mora kvalitetno i efikasno da donese odluku, uprkos kratkoće vremena ili stresnih situacija kojima je izložen. Ekspertni sistem za iste ulazne parametre uvijek donosi iste odluke. Na njega okolina ne utiče, pa zato kažemo da je on konzistentan.

*Cijena* - Ekonomski gledano cijena ekspertnog sistema je niska u poređenju sa izdacima za rad eksperta. Tamo gdje je potrebno mnogo stručnjaka jeftinije je primijeniti ekspertni sistem. Ujedno je lakše obezbijediti više računara nego obučiti stručnjaka za neku oblast.

*Prednosti čovjeka eksperta*

*Za nove probleme ekspert nalazi kreativna rješenja* i u stanju je da se adaptira na promjene i novonastale situacije, dok ekspertni sistem može da rješava samo probleme iz uskog područja za koje posjeduje ugrađeno znanje. Čovjek raspolaže tehnikama pamćenja koje mu omogućavaju da pojedine informacije svrstava u grupe, pa čitavu grupu pamti kao jedan elemenat. Sposobnost asocijacije omogućava mu povezivanje odvojenih predstava tako da jedna izaziva drugu. Čovjekov nervni sistem je adaptivan i samoučeći, što mu omogućava uspješno snalaženje u novim i nepoznatim situacijama. Istovremeno, za novu vrstu problema ekspertni sistem je neefikasan, a često i neupotrebljiv. Da bi mogao da rješava nove situacije prvo mora da mu se proširi baza znanja odgovarajućim pravilima.

*Senzorske sposobnosti čovjeka* - Velika prednost čoveka je što informacije prima svim svojim čulima: vidom, sluhom, dodirrom i mirisom, a ekspertni sistem manipuliše isključivo simbolima u vidu slova i brojeva. Percepcija je cjelovit čulni doživljaj objektivne stvarnosti. Na osnovu iskustva, čovjek je u stanju da iz ukupno percipiranih informacija izdvaja bitne od nebitnih i iz haotične mase utisaka organizuje cjelinu opažaja. Čovjek na čulni doživljaj stvarnosti odmah reaguje, pošto su centri opažanja povezani sa centrima za motoriku. Percepciju je nemoguće prenijeti na računar (računari imaju samo ograničenu mogućnost unosa slike i zvuka). Sve one informacije koje čovjek percipira čulima moraju biti transformisane u simbole. Ovom transformacijom gubi se znatna količina informacija.

*Ekspertni sistem ne posjeduje širinu sagledavanja problema.* Fokusira se samo na glavni problem. Uzimanje u obzir dijelova koji se odnose na glavni problem, ali su odvojeni od njega, zahtjeva obradu velikog broja drugih, sporednih informacija.

*Zdrav razum* - Racionalan čovjek se koristi zdravim razumom pri odlučivanju i u tome je racionalno ekspeditivan. Naprimjer, ako se pojavi nekakav nelogičan podatak, on će ga odmah uočiti i bez oklijevanja eliminisati iz daljeg razmatranja, dok ekspertni sistem mora da pretraži sve svoje podatke, da izgubi dosta vremena, da bi na kraju utvrdio nekonzistentnost podataka. Ako nekog čovjeka pitate za adresu ili telefon Nikole Tesle, on će vam se odmah nasmijati u lice. Ako isto pitanje postavite računaru, on prvo mora da pretraži svoju cjelokupnu bazu podataka o licima i adresama da bi odgovorio da tako nešto ne postoji.

Postojeći ekspertni sistemi imaju još uvijek značajna ograničenja i zahtjevaju intenzivan istraživački rad kako bi se od laboratorijskog sistema došlo do radno upotrebljivog.

## **6. IZGRADNJA EKSPERTNIH SISTEMA**

Kod ekspertnih sistema znanje je odvojeno od algoritama koji ga koriste. Baza znanja je zavisna od problemskog domena dok su mehanizam zaključivanja i interfejs nezavisni. Međutim ta dva nezavisna modula zajedno se nazivaju ljuska ekspertnog sistema. Samim dodavanjem nove baze dobivamo ekspretni sistem. Ljuske spadaju u dobrodošle alate za izradu ekspretnih sistema.

### **6.1. LJUSKE EKSPRETNIH SISTEMA**

*Za kvalitetan razvoj ljuske treba:*

- Izabrati formalizam u kojem će biti predstavljeno znanje;
- Razviti formalizam za predstavljanje znanja adekvatan mehanizmu zaključivanja;
- Razviti interfejs pomoću kojeg će sistem objašnjavati svoje odluke i davati odgovor na pitanja;
- Razviti metod za rad sa nepouzdanim i nepotpunim informacijama.

### **6.2. AUTOMATSKO UČENJE**

Automatsko učenje predstavlja automatski proces dobivanja znanja na osnovu informacija dobivenih od učitelja ili od nekog spoljnog procesa ili samostalnim posmatranjem odnosno eksperimentisanjem. Rezultat tog učenja je formula, teorija, pravilo ili opis koncepta u kvalitetnom formalizmu. Načini učenja se klasifikuju prema više kriterijuma.

Prema stepenu učešća induktivnog zaključivanja kod učenika tokom procesa učenja: direktno ili rutinsko učenje, učenje na osnovu kazanog, učenje na bazi objašnjenja, učenje po analgiji, učenje na osnovu primjera, učenje samostalim otkrivanjem. Najefikasniji oblik automatskog učenja je učenje na osnovu primjera.

### **6.3. KVALITATIVNO MODELIRANJE**

Kvalitativni model opisuju sistem na jednostavan simbolički način. Međutim kod ovih modela promjenljive su vezane relacijama koje mogu imati oblik jednačina, nejednačina ili logičkih izjava. Kvalitativni modeli su bazirani na skupu relacija među elementima sistemima. Sistem se može opisati i sa apstraktnim pojmovima.

*S obzirom na to razlikuju se:*

- Komponentno orijentisan pristup gdje se ponašanje sistema izvodi iz ponašanja njegovih komponenti i
- Procesno orijentisan pristup koji opisuje procese kao izvor svih promjena u sistemu.

#### **6.4. ALATI ZA IZGRADNJU EKSPERTNIH SISTEMA**

*Razlikuju se tri kategorije alata za izgradnju ekspertnih sistema:*

- Alati koji se koriste na personalnim kompjuterima;
- Specijalizovani alati za izradu kompleksnih ekspertnih sistema;
- Alati za izradu kompleksnih ekspertnih sistema.

#### **6.5. OPRAVDANOST IZRADE EKSPERTNIH SISTEMA**

Opravdanost izrade ES je u prvom redu vezana za mogućnost povećanja prihoda. Tipičan primjer je izgradnja ES za ispitivanje rudnih bogatstava, kojima se mogu otkriti bogata nalazišta. Izgradnja ES je opravdana i u onim slučajevima ako nema na tržištu dovoljno eksperata a njihove usluge su skupe.

ES veliku opravdanost imaju i u onim zadacima gdje je potrebno na više mjesta imati eksperte, kao naprimjer na platformama za istraživanje nafte, gdje na svakoj platformi mora biti makar jedan specijalista. Na kraju, razrada ES je opravdana i u slučajevima nepogodnim za čovjeka, kao što su atomski reaktori, kosmičke stanice ili posjeta drugim planetama. Ključni faktori u opredjeljenju smisla izgradnje ES su karakter, složenost i širina postavke zadatka koji je potrebno riješiti. Karakter ES mora biti takav da se rješavanje zadatka izvodi manipulacijom simbolima i simboličkim strukturama, što je i osnovna razlika od klasičnog programiranja.

Takođe je većina zadataka heuristička po svojoj prirodi. Zadaci koji se mogu riješiti korištenjem algoritama, tj. formalnih procedura, garantujući dobijanje tačnog rješenja svaki put kada se primenjuju, nisu pogodni za izgradnju ES. Izgradnja ES ima smisla samo onda ako su se sva ostala sredstva pokazala neprimjenjivim. S druge strane, ES ne treba ni da budu suviše lagan. To mora biti ozbiljan zadatak, gdje je potrebno da čovjek potroši godine učenja i praktičnog rada da bi postao ekspert u konkretnoj predmetnoj oblasti.

Na kraju, za izgradnju ES mora se postaviti zadatak dovoljne širine. Dakle, on mora biti toliko uzak da bi se napravio, a i dovoljno širok da bi predstavljao praktični interes. Nažalost, širina je ograničena odgovarajućom predmetnom oblašću.

Najveće kočnice u razvoju ES su prvenstveno ljudske prirode, jer ljudski eksperti imaju utisak da im se želi oduzeti njihovo znanje. Jedan svjetski priznati stručnjak za oboljenja visokog arterijskog pritiska jedino može povećati znanje ES, jer raspolaže brojnim dosjeima rijetkih slučajeva.

S druge strane, vrše se pokušaji da u jednostavnim slučajevima, kao npr. obrada oboljenja soje, kompjuter sam izrađuje pravila. Regstruje se spoljašnji izgled biljke u određenom trenutku, stanje terena, klimatske prilike u nekoliko posljednjih nedjelja itd., kao i obrada koju je potvrdio stručnjak, a program sam gradi pravila potrebna za izradu dijagnoze i njoj pridružene obrade, do nivoa od 30 pravila.

U posljednje vrijeme čine se pokušaji da se ES međusobno nadgrađuju ako imaju isti jezik definisanja baze znanja. Poznat je jedan ES sposoban da istovremeno obrađuje probleme iz područja geologije, kombinatorne analize i bridža.

Perspektiva razvoja ES je da bude veći "ekspert" u nekom određenom trenutku od bilo kog ljudskog eksperta. Ovo se pokušava postići tako što baza znanja treba da posjeduje znanja većeg broja stručnjaka, čija se iskustva i znanja sistematizuju u zajedničku osnovu. No, sa druge strane prijeti opasnost i od nekih kontradikcija i nekoherentnosti u bazi znanja.

Još uvijek ne postoji sistem za sticanje znanja razvijen za kompjuter ni približno sličan ljudskom načinu. Još uvek su ES loši u npr. čitanju knjiga, prisustvovanju sastancima, diskusiji sa svojim "kolegama" itd. No, sa druge strane, ES često može pružiti bolju informaciju od čovjeka eksperta jer se ne zamara, ne stari, i nepogrešiv je na svom maksimalnom nivou kompetencije.

U medicini i geologiji ES već sad imaju u većini slučajeva performanse koje se mogu ravnopravno upoređivati sa najboljim svjetskim stručnjacima. Međutim, u nekim slučajevima radi se o tome da se stručnjaci ne slažu u pojedinim rješenjima. Tako je pet stručnjaka koji ne pripadaju ekipi koja je izradila ES



na području medicinske dijagnostike Mycin izvršilo na bazi petnaest slučajeva ocjenu sistema. U 72% slučajeva ocijenjeno je da je ES odličan. Inače, u bolnici u Stanfordu ljekari direktno potpisuju ljekarske nalaze koje izrađuje ES.

Prilikom izrade ES potrebo je čuvati se "kombinacionih eksplozija", jer se može dogoditi da za bazu znanja na nivou od 500 pravila i 500 činjenica vrijeme izračunavanja bude neprihvatljivo. S druge strane, ponekad je složeno upravljati i mehanizmom za zaključivanje, jer on mora da omogući ekspertu da svoja znanja definiše u obliku pravila na "vlastitom" jeziku i na taj način učini ga nezavisnim od informatičara<sup>13</sup>.

## 7. BAZE PRAVILA

Kao što smo već spomenuli, ekspertni sistemi koriste pravila kako bi ispitivali uslove, „razmišljali“ i tako donosili odluke o zadanim problemima. Ta pravila se pohranjuju unutar sistema u bazu pravila, uključene u bazu znanja, koja se pri radu pretražuje i očitava ili modifikuje te tako omogućuje rad sistema i daljnji razvoj. Sistem proučava sve uslove pravila (IF) i određuje podset pravila u koji su smješteni uslovi za izvršavanje pravila iz seta pravila. Taj podset se zatim koristi za uspoređivanje za vrijeme rada i aktivira jedan od uslova u njemu. Koji od uslova je aktiviran ovisi o strategiji rješavanja problema. Kada je uslov aktiviran izvršavaju se operacije određene THEN klauzom dotičnog uslova. Ove operacije mogu promijeniti stanje memorije sistema, modifikovati bazu pravila ili učiniti bilo šta drugo što programer odluči uključiti u njih. Taj se lanac uslova i zadovoljavanja njihovih pravila nastavlja sve dok jedan od dva uslova nije postignut: nema više pravila čije uslove treba zadovoljiti ili je aktivirano pravilo čijom je operacijom definisano prekidanje programa.

Koje pravilo je aktivirano pri rješavanju zadatka ovisi o strategiji rješavanja problema. Odabir strategije može biti određen samim problemom ili može biti stvar preferencije osobe koja izvodi i uređuje sistem. U svakom slučaju odabir strategije je izrazito važan budući da ona kontroliše koje od primjenjivih pravila će biti aktivirano te time i kako će se cijeli sistem ponašati. Postoji nekoliko različitih strategija od kojih su ovdje navedne neke od najčešćih:

- Prvo primjenjivo - Ako su pravila pohranjena prema nekom principu, aktiviranje prvog primjenjivog omogućava kontrolu rasporeda po kojem su pravila aktivirana. Ovo je najjednostavnija strategija iz koje potencijalno može nastati veliki problem: beskonačna petlja na jednom istom pravilu. Ukoliko se stanje memorije sistema i/ili baze pravila ne promijeni tada se ni uslovi prvog pravila neće promijeniti i ono će stalno iznova biti aktivirano. Kako bi se riješio ovaj problem uobičajena je praksa omogućivanje prekida tog pravila i spriječavanje njegovog ponovnog aktiviranja sve dok nisu promijenjeni podaci u memoriji sistema tako da zadovoljavaju uslov ili dok sam uslov pravila nije modificiran.
- Nasumičan odabir - Iako ne pruža predvidljivost i kontrolu strategije prvog primjenjivog pravila, strategija nasumičnog odabira ima svoje prednosti. Kao prvo njena nepredvidivost dolazi kao prednost u određenim okolnostima (npr. u igrama). Nasumična strategija jednostavno odabire jedno pravilo iz podseta koje će biti aktivirano. Druga mogućnost je primjena sistema neizrazite logike u kojem bi svaki od sistema imao vjerojatnost takvu da će neka od pravila imat veću šansu da budu aktivirana od drugih.
- Najkonkretniji - Ova strategija je bazirana na broju uslova pravila, pravilo sa najvećim brojem uslova je odabrano iz podseta. Ovo je bazirano na pretpostavci da je ukoliko pravilo ima najviše uslova izgledno kako je to pravilo od najveće važnosti i relevantnosti za postojeće podatke.
- Najduže nekorišteno - Svako od pravila posjeduje vremensku oznaku koja označava vrijeme kada je posljednji put korišteno. Ovo povećava broj pojedinačnih pravila koja su aktivirana barem jedanput. Ako su sva pravila potrebna za postizanje rješenja tada je ovo savršena strategija za taj primjer.
- „Najbolje“ pravilo - Kako bi ovako strategija funkcionirala, svakom pravilu dodijeljena je težinska vrijednost koja određuje koliko bi neko pravilo trebalo biti više uzeto u obzir s obzirom na alternative. Pravilo sa željenim ishodom je odabrano ovisno o svojoj težinskoj vrijednosti.

---

<sup>13</sup> Prof. dr Alempije Veljović, *Menadžment informacioni sistemi, Tehnički fakultet Čačak, 2005.*

## 8. PRAKTIČAN PRIMJER PRIMJENE EKSPERTNIH SISTEMA

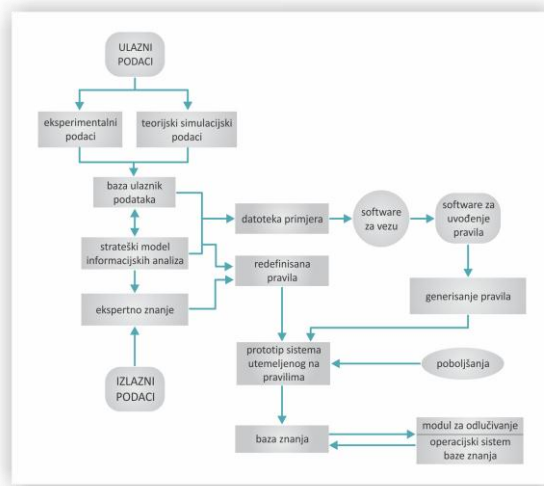
### *Ekspertni sistem inteligentnoga dizelskog motora*

Ekspertni sistem za dijagnostiku stanja brodskoga dizelskog motora temelji se na eksperimentalnim podacima dobivenima mjerenjem relevantnih karakteristika brodskog motora i kontinuisanim praćenjem njegovog rada. Baza znanja pri izradi dijagnostičkog ekspertnog sistema je datoteka kvarova gdje se unose teorijska i praktična znanja stručnjaka. Osnovni zahtjevi koji se očekuju u radu mašina, pa tako i brodskoga dizelskog motora, jesu maksimalni radni učinci s minimalnim troškovima održavanja.

Uspješnost ekspertnog sistema izravno ovisi o kvantiteti i kvaliteti formiranih primjera i pravila. Poradi toga je potrebno uskladiti prikupljene podatke s radnim karakteristikama motora ovisno o okolnostima kvara. Najveći dio podataka za bazu znanja dobiva se eksperimentalnim putem, mjereći parametre motora u radnim uslovima. Najprije se uspostavlja baza sirovih podataka na temelju već spomenutih eksperimentalnih vrijednosti, tj. laboratorijskih i servisnih podataka, a zatim se dopunjuje podacima tokom "eksperimentisanja" (testiranjima) u radu. Posebnim softverskim postupkom, od prikupljenih podataka formira se baza kondenzovanih podataka, koja sadržava statističke rezultate za kritične faktore.

Koncept ekspertnog sistema za dijagnostiku kvarova prikazan je na slici 4. Nakon što se specificira problem, utvrđuju se zahtjevi potrebni da se dođe do informacija. Podaci se dobivaju iz odgovarajućih izvora i adekvatno se organizuju u bazi ulaznih podataka. Slijedi izrada modela problema sa šemom procesa koji vodi do rješenja. Model problema zajedno s bazom ulaznih podataka tvori „ekspertni sistem za analizu informacija“. On služi za definisanje datoteke primjera, iz koje se primjenom pogodnog softwarea izvodi prototip "sistema utemeljenog na pravilima". Da bi se kompletirao ekspertni sistem, potreban je modul za donošenje odluke, koji konsultira bazu znanja i konstruiše operacijski sistem baze znanja. Dijagnostika u sebi sadržava određivanje i analizu statičkih i dinamičkih faktora i procjenu sistema.

Na slici 4. je prikazan ekspertni sistem inteligentnog dizelskog motora u kojemu je prikazano polje POBOLJŠANJA. Poboljšanja se ostvaruju s pomoću jedinice za kontrolu cilindra ili jedinice za kontrolu motora postupnim otklanjanjem pojedinih vrijednosti od trenutnih. Otvaranje i zatvaranje ispušnih ventila te ubrizgavanje goriva više se ne obavljaju uz pomoć bregaste osovine već se oni upravljaju elektronski, pa tako vremena nisu strogo definisana, već je moguće ugađati vremena otvaranja i zatvaranja ispušnih ventila te vremena i način ubrizgavanja goriva u cilindar. Izravnim istraživanjem tokom rada brodskog motora, promjenom određenih parametara u njihovim dopuštenim granicama (dobivenih eksperimentalnim podacima na radnom stolu, teorijskim simulacijskim podacima i ljudskim znanjem) može se doći do optimalne potrošnje goriva i maziva bez posljedica za rad motora.



Slika 4. Ekspertni sistem inteligentnog dizelskog motora

Koristeći se računarom on-line se povezuju sve radnje u vezi s održavanjem broda (preventivno održavanje, održavanje nakon kvara, rezervni dijelovi...) pa se time postiže bolja organizovanost, što je preduslov za sigurniju plovidbu. Satelitskom vezom brodar u svakom trenutku (u području pokrivenosti telekomunikacijskom vezom) može dobiti podatke o stanju pogonskog motora. Tako se omogućuje ekspertu na kopnu uvid u kvar, ako kvar zahtijeva njegovu intervenciju.

Primjenom elektronskog uređaja koji preuzima funkciju bregaste osovine motora, otvaraju se nove mogućnosti za daljnji razvoj i ispitivanje brodskoga pogonskog sistema. Centralizacijom informacija

pojedinih sistema i podsistema može se ostvariti i veza onih elemenata koji nisu prije bile vezane sistemom automatizacije (npr. veza sistema rashladne morske vode s visokotemperaturnim i niskotemperaturnim sistemom slatke vode, pa zatim tih sistema sa sistemima zraka, ulja za podmazivanje,...). Ovim bi se omogućilo tačnije zaključivanje ekspertnog računarskog sistema o kakvom se kvaru radi, te eventualna redukcija alarma.

## **ZAKLJUČAK**

Pojam umjetne inteligencije koji smo do prije par desetina godina mogli susretati samo u naučno-fantastičkim filmovima sada je postao dio svakodnevnice i sasvim normalna pojava. Od svojih početaka na slabim računarima pred kraj dvadesetog vijeka, ekspertni sistemi su razvojem informatičke industrije dobili znatan porast mogućnosti i sve veći broj primjena u rješavanju problema u mnogim svakodnevnim situacijama. U nekim područjima ta primjena je ostvarena na veoma visokom nivou, olakšavajući rad ljudima, omogućavajući pohranjivanje znanja preduzeća, prenos tog znanja na nove zaposlenike, te veliku pomoć kroz savjete i predviđanja o datim problemima.

Ipak u nekim drugim područjima su se pokazali neuspješnim i nisu ispunili očekivanja koja su na njih postavljena. Ali razvoj ide dalje, uz kombinaciju ekspertnih sistema i ostalih oblika umjetne inteligencije u obliku hibridnih sistema povećavaju se i njihove mogućnosti, a ekspertni sistemi sve više postaju korisni alati koji u svojim konkretnim područjima primjene na jedan ili drugi način izvršavaju svoju primarnu ulogu - pomaganje ljudima.

## **LITERATURA**

1. Prof. dr. Mladen Radivojević: e-Poslovanje, Menadžment informacioni sistemi, UPS, Banja Luka, 2007.
2. Prof. dr Alempije Veljović, Menadžment informacioni sistemi, Tehnički fakultet Čačak, 2005.
3. Prof.dr Jaroslav E. Polišćuk, „Ekspertni sistemi“ ETF Podgorica, 2004. (<http://www.etf.ac.me/materijal/1190371410ES.pdf>)
4. [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)
5. [www.cet.co.yu](http://www.cet.co.yu)
6. [www.znanje.org](http://www.znanje.org)
7. [http://en.wikipedia.org/wiki/Expert\\_system](http://en.wikipedia.org/wiki/Expert_system)
8. <http://hrcak.srce.hr/file/12790>