

# VJEŠTAČKA INTELIGENCIJA

## 1. UVOD

Kada su američki naučnici prije četrdesetak godina stvorili pojam *Vještačka inteligencija* (a radi se o bukvalnom prevodu američkog pojma *artificial intelligence*), imali su cilj da istraže mišljenje čovjeka i da ga pomoću računara simuliraju. Opće rašireno mišljenje je da je to što se do danas uspjelo, samo početak.

Istaraživanja u veoma heterogenom podučju vještačke inteligencije (VI) se bave uglavnom slijedećim oblastima:

- prirodno-jezički problemi korisnika (izdavanje naredbi računaru i izdavanje rezultata preko računara na prirodnom jeziku),
- programiranje inteligentnih igara i rješavanje problema,
- računarom podržana nastava,
- prepoznavanje slike (prepoznavanje predmeta i uzoraka na slikama),
- prepoznavanje rukopisa,
- tehnika robota (istraživanje i razvoj računarom upravljanih manipulatora),
- prepoznavanje jezika (razumijevanje prirodnih jezika i pretvaranje u tekst; ovdje spada i primanje i štampanje diktata),
- deduktivni sistemi (automatsko dokazivanje kod kompleksnih matematičkih i logičkih problema);
- automatski sistemi prevođenja iz jednog jezika u drugi;
- ekspertni sistemi i
- neuronske mreže.

## 2. EKSPERTNI SISTEMI

### 2.1 Pojam i funkcija ekspertnih sistema

Ekspertni sistemi predstavljaju jednu od najznačajnijih oblasti istraživanja vještačke inteligencije. **Osnovni zadatak ekspertnih sistema je da omoguće korištenje znanja i iskustva vrhunskih eksperata, ugrađenih u ekspertni sistem.** Kao odgovor na pitanje "Šta su ekspertni sistemi?", poslužiće nam izvod iz pisanja jednog od poznatih istraživača ove oblasti, E. Feigenbauma:

"... Ekspertni sistem je inteligentni računarski program koji se koristi znanjima i procedurama zaključivanja u rješavanju problema koji zahtijevaju značajan intelektualni napor. Znanje potrebno za rad na tom nivou, plus primijenjene procedure zaključivanja, mogu se smatrati modelom razmišljanja najboljih stručnjaka te oblasti.

Znanje ekspertnog sistema sastoji se od činjenica (*facts*) i iskustvenih pravila (*rules*). Činjenice čine skup informacija koje su široko rasprostranjene, javno dostupne i prihvaćene među stručnjacima te oblasti. Iskustvena pravila su pretežno lična, rijetko obrazlagana pravilima dobrog prosuđivanja (pravila zdravog razuma, pravila dobrog pogađanja), koja opisuju donošenje odluka na stručnom nivou u toj oblasti.

Nivo ekspertnog sistema je u najvećoj mjeri funkcija veličine i kvaliteta baze znanja koju posjeduje..."

Od ekspertnog sistema se očekuje da može da postavlja pitanja, objašnjava rezonovanje i opravdava zaključke.

Pomoću ekspertnog sistema može se rezonovati na osnovu znanja ograničenog domena i čak se približiti ljudskim performansama, a u nekim slučajevima ih i prevazići.

S druge strane, ekspertni sistemi ne mogu obezbijediti rješenja problema koja ni ljudska bića ne znaju da riješe. Umjesto toga, ekspertni sistemi sadrže postojeća znanja eksperata u kodiranoj formi i koriste se ovim znanjima kako bi pokušali rezonovati kao ljudska bića. Otuda snaga ekspertnih sistema leži u znanju.

Da bi rezonovao kao ljudsko biće, ekspertni sistem se ne služi samo faktičkim znanjem, kao kod konvencionalnih programa, već se služi i

nepotpunim znanjem i rezultatima posmatranja, zasnovanim na eksperimentu i intuiciji (zajednički nazvanim heuristika). Pri tome se primjenjuju odgovarajuće metode analize, manipulacije i primjene kodiranog znanja, tako da ekspertni sistem može zaključivati i objašnjavati akcije.

Ekspertni sistemi rade sa simboličkim opisima znanja koja posjeduju. Pri tome se često koriste velikim brojem suprotstavljenih pretpostavki, daju sugestije, ili različite važnosti pojedinim mogućnostima. Često mogu da daju odgovore, odnosno da rješavaju teške probleme, nekada čak i bolje od stručnjaka iz određene oblasti.

Ekspertni sistem se razlikuje od drugih računarskih programa, zato što rezonovanje nije direktno. Njegovi zadaci nemaju praktična algoritamska rješenja i ovi sistemi često moraju davati zaključke zasnovane na nekompletnosti, neizvjesnosti, spekulativnosti, ili neodređenosti.

Primjenom ekspertnih sistema se rješavaju neki od glavnih nedostataka eksperata, u koje se ubrajaju fakti da su isti rijetki, skupi, zauzeti, smrtni, nekonzistentni, podložni greškama. Takođe se javlja i problem zbog prelaska eksperata kod konkurencije, kada se događa gubitak znanja, možda i poslovnih tajni, prekid rada na trenutnim projektima i slično. Ekspertni sistemi, s druge strane, iako potencijalno manje stručni, s manjom fleksibilnošću i većim početnim ulaganjima, nemaju ovih problema.

Ekspertni sistemi se koriste u velikom broju oblasti, pri čemu će se ovdje izdvojiti slijedeće klase:

- **Interpretacija:** interpretacija situacija u zavisnosti od poznatih ulaznih vrijednosti;

- **Prognoze:** prognoziranje najvjerojatnijeg slijedećeg događaja u zadanoj situaciji;
- **Dijagnostika:** zaključivanje šta je dovelo do narušavanja sistema;
- **Projektovanje:** projektovanje konfiguracije objekata pri datim ograničenjima;
- **Planiranje:** projektovanje plana aktivnosti;
- **Praćenje:** izvršavanje naredbi s naglaskom na kritičnim tačkama plana, s ciljem ispitivanja mogućnosti sigurnog izvođenja plana;
- **Remont:** ispunjavanje plana na osnovu datih preporuka, s ciljem otklanjanja nekih kvarova, npr. pri opravci vozila, aviona, blokiranih računarskih sistema;
- **Edukacija:** edukacija studenata u nekoj oblasti, u smislu vođenja studenata;
- **Upravljanje sistemima,** koje sadrži više gore navedenih klasa ekspertnih sistema, jer mora da je u stanju da interpretira postojeće stanje, predvidi buduće, kontroliše izvođenje plana, dijagnosticira greške i planira buduće ciljeve i aktivnosti.

Aplikacije zasnovane na znanju, ugrađene u CAD sisteme, pomažu da se poboljšaju sposobnosti i performanse ovih sistema.

Globalno, ekspertne sisteme možemo podijeliti u dvije grupe:

- na one koji **analiziraju** neki problem i
- na one koji **vrše sintezu** s ciljem rješavanja nekog problema.

**U odnosu prema čovjeku, ekspertni sistemi se mogu podijeliti na:**

- **samostalne,** koji donose odluke i planiraju buduće akcije, ali izvještavaju korisnika o njima;
- **konsultantske:** ekspertni sistem se posmatra kao ekspert, čije se mišljenje konsultuje kao mišljenje drugog eksperta;

- **savjetničke**, koji savjetuju korisnika šta da čini u određenoj situaciji;
- **sistemi za ispitivanje situacija** "šta bi bilo ako...": omogućavaju korisniku da predvidi kakve posljedice mogu da imaju određene akcije.

Ekspertni sistemi su našli primjenu u brojnim oblastima: medicinska dijagnostika, vojska, praćenje i upravljanje proizvodnjom, projektovanje proizvodnje, geološka, posebno naftna istraživanja, konfigurisanje sistema, praćenje berzi itd. Danas se tržište ekspertnih sistema sve više širi i može se očekivati da u budućnosti postane jedna od glavnih računarskih grana.

## 2.2 Karakteristike ekspertnih sistema

Postoji više karakteristika ekspertnih sistema, na osnovu kojih se zaključuje o njihovoj efikasnosti:

- ekspertni sistemi moraju imati mogućnost lakog ažuriranja znanja, s ciljem povećanja znanja i poboljšanja modela. Ova mogućnost je

neophodna, ne samo pri ispravljanju grešaka, već i zbog držanja koraka s učenjem novih činjenica. Konačno, ekspertni sistem može biti u stanju da sam uči nove činjenice i da i na taj način uvećava svoje znanje;

- da bi bio u stanju da se nosi s problemima iz realnog svijeta, ekspertni sistem mora imati fleksibilne strategije za rješavanje problema, baš kao i ljudi–eksperti. Ovo je neophodno zato što rješenje svakog problema, kao i arspoložive informacije za njegovo rješavanje, moraju biti neznatno različite svaki put;
- ekspertni sistemi treba da pokažu visoke performanse kroz mogućnost korektnog rješavanja problema. Ekspertni sistemi koji griješe kada se susreću s osnovnim problemima, za čije su rješavanje projektovani, ne smatraju se ekspertnim sistemima;
- ekspertni sistemi moraju da posjeduju mogućnost da objasne šta su i zašto uradili, na isti način na koji ljudi-eksperti objašnjavaju svoje akcije.

### **2.3 Pregled razvoja ekspertnih sistema**

Od 1955. do 1960. godine vrše se prva istraživanja vještačke inteligencije. U narednoj dekadi se pojavljuje jezik LISP, kao prvi jezik koji omogućava razvoj programa za rješavanje simboličkih problema. Realizovan je prvi ekspertni sistem DENDRAL na Stanford univerzitetu.

DENDRAL je ekspertni sistem projektovan za proučavanje podataka dobivenih spektroskopskom analizom nepoznatih molekula i predviđanje molekularne strukture na osnovu izvršene analize. Programiran je u LISPu. Značaj ovog ekspertnog sistema je što je pokazano da računarski program može, podjednako efikasno kao i stručnjak, da radi u okviru uske naučne oblasti. Njegov uspjeh ubijedio je mnoge da su ekspertni sistemi mogući, što je dovelo do započinjanja razvoja novih ekspertnih sistema.

Period od 1971. do 1980. su godine specijalizacije i postizanja uspjeha. Razvijeno je više ekspertnih sistema:

- MYCIN (Stanford), projektovan kao pomoć ljekarima opće prakse u dijagnostici i liječenju meningitisa i bakterijskih infekcija. Prije razvoja ovog sistema, vještačka inteligencija je često bila kritikovana da rješava samo "dječije probleme". Pametna rješenja kućnih igara ukazivala su na put mogućoj generalnijoj primjeni znanja, ali niko se nije prihvatio nekog zaista teškog problema i uspio. Prisutno je mišljenje da bi vještačka inteligencija znatno duže bila samo u istraživačkim laboratorijama, da projekat MYCIN nije uspio;
- HEARSAY II (Carnegie-Mellon),
- MACSYMA (MIT) je veliki, interaktivni programski sistem, projektovan da pomaže matematičarima, naučnicima i inženjerima u rješavanju složenih matematičkih problema. Ovaj sistem je u kontinuiranom razvoju od 1969. godine. Pisan je u LISPu. Kao i DENDRAL, odigrao je značajnu ulogu u ubjeđivanju istraživača vještačke inteligencije da su mogući ekspertni sistemi vrlo visokog nivoa stručnosti;
- GUIDON (Stanford);
- PROSPECTOR, koji je jednom nogom u svijetu istraživanja, a drugom u svijetu komercijalne primjene. Projektovan je da omogući konsultacije s geolozima u raznim fazama istraživanja potencijalnih rudnih nalazišta. Ulazne podatke predstavljaju rezultati površinskih geoloških posmatranja, koja su najčešće nesigurna i nepotpuna. Program pronalazi moguća tumačenja i ukazuje na dodatna posmatranja koja mogu dovesti do sigurnijeg zaključka. U 1980. godini ovaj sistem je testiran tako što su mu pružene geološke,

geofizičke i geohemijske informacije, dobivene od grupe koja je završila istraživanja lokacije na planini Tolman. PROSPECTOR je analizirao podatke i sugerisao da se u neistraženoj oblasti lokacije vjerovatno nalazi isplativo nalazište rude porfiri molibdena. Kasnija istraživanja su potvrdila nalazište i tako je PROSPECTOR postao prvi ekspertni sistem koji je postigao značajan komercijalni uspjeh.

Pojavljuje se PROLOG, kao drugi jezik koji nalazi veliku primjenu u pisanju programa vještačke inteligencije.

Period od 1981. godine do danas obilježen je komercijalizacijom ekspertnih sistema, koji su našli primjenu u kompanijama i naučno-istraživačkim centrima.

Drugi komercijalni ekspertni sistemi izgrađeni su za oblasti koje uključuju:

- testiranje opreme,
- planiranje,
- upravljanje procesima,
- interpretaciju signala,
- finansijsku analizu,
- knjigovodstvo,
- konfigurisanje računara i
- nadgledanje upotrebe računarskog softvera.

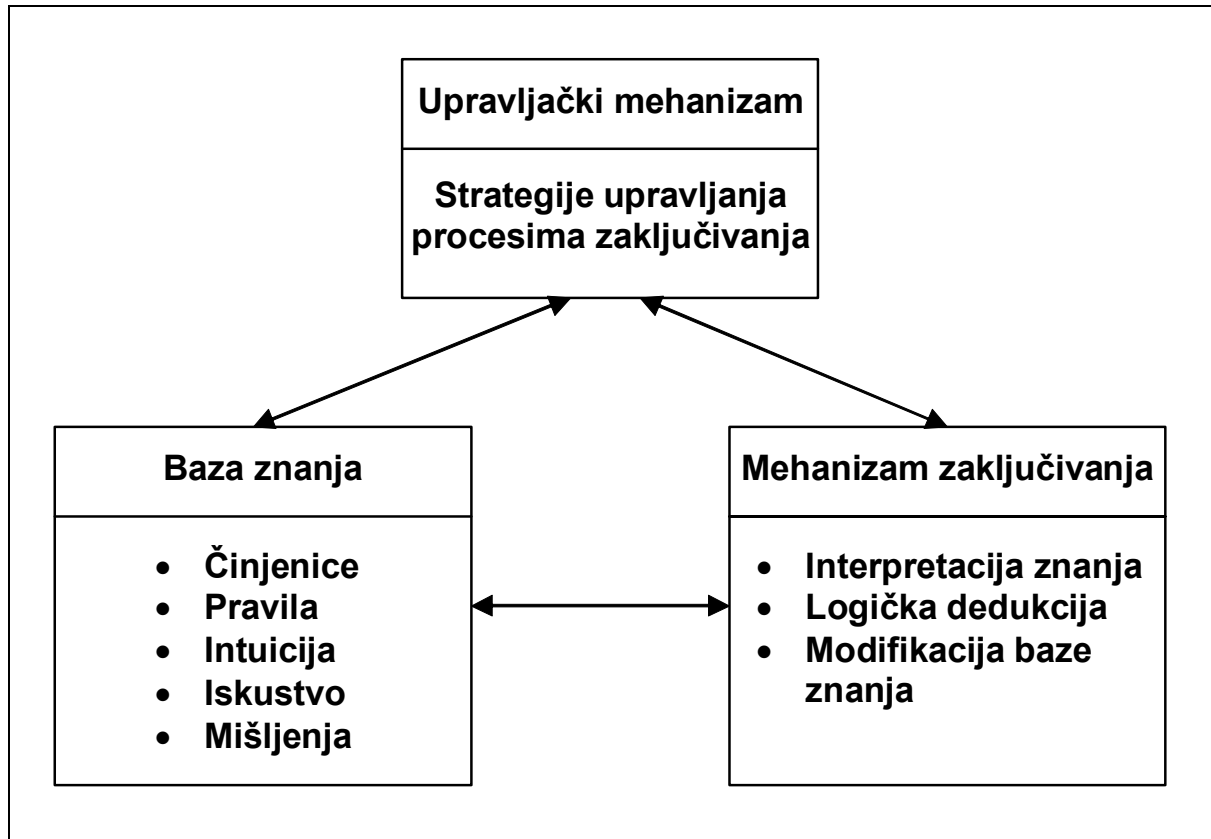
## 2.4 Struktura ekspertnog sistema

Ekspertni sistemi sadrže tri osnovne komponente:

- **baza znanja** (*Knowledge base*), koja u simboličkom smislu predstavlja znanje sastavljeno od činjenica i općih informacija, kao i heuristike iz oblasti rješavanja problema;
- **mehanizam zaključivanja** (*Inference engine*), koji interpretira znanje u bazi znanja i izvršava logičke dedukcije i izvjesne modifikacije baze znanja;



- **upravljački mehanizam**, koji organizuje i upravlja strategijama koje se koriste u procesu zaključivanja.



Sl. 1. Tri glavne komponente ekspertnog sistema

Detaljniji pregled dijelova ekspertnog sistema obuhvatio bi, pored tri osnovne, i slijedeće cjeline:

- radna memorija (*Working memory*),
- podsistem za prikupljanje znanja (*Knowledge acquisition subsystem*),
- podsistem za objašnjavanje (*Explanation subsystem*),
- podsistem za komunikaciju s korisnikom (*User interface*).

## **2.5 Baze znanja i baze podataka**

I baze znanja i baze podataka su projektovane za čuvanje podataka, odnosno informacija. Razlikuju se po tipovima podataka/informacija koje memorišu, tipovima veza između podataka kojim upravljaju i po vrsti obuke koja je potrebna osobi koja njima rukuje.

Baze podataka memorišu samo činjenice, koje su jasne i konačne. Međutim, baze podataka ne sadrže kompleksne opise realnih situacija, pravila koja odražavaju kauzalnu vezu, ili neizvjesno znanje o memorisanim činjenicama.