

# Ekspertni sustavi

---

**Molnar, Karlo**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2020**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Rijeka / Sveučilište u Rijeci**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:195:821881>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-22**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Informatics and Digital Technologies - INFORI Repository](#)



Sveučilište u Rijeci – Odjel za informatiku

Preddiplomski jednopredmetni studij informatike

Karlo Molnar

# Ekspertni sustavi

Završni rad

Mentor: doc. dr. sc. Martina Ašenbrener Katić

Rijeka, Rujan 2020.

Rijeka, 01.06.2020.

## Zadatak za završni rad

Pristupnik: Karlo Molnar

Naziv završnog rada: Ekspertni sustavi

Naziv završnog rada na eng. jeziku: Expert systems

Sadržaj zadatka:

U završnom radu potrebno je opisati ekspertne sustave, objasniti njihove karakteristike, navesti prednosti i nedostatke. Napraviti povijesni pregled s naglaskom na posljednjih 10ak godina te opisati odabrane ekspertne sustave.

Mentor

Doc. dr. sc. Martina Ašenbrener Katis

*Martina Ašenbrener Katis*

---

Voditelj za završne radove

Doc. dr. sc. Miran Pobar

*Miran Pobar*

---

Zadatak preuzet: 10.06.2020.

*Karlo Molnar*

---

(Karlo Molnar)

## SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. POVIJEST EKSPERTNIH SUSTAVA .....	2
3. ŠTO SU EKSPERTNI SUSTAVI .....	5
3.1. Umjetna inteligencija .....	5
3.2. Ekspertni sustavi .....	6
4. KARAKTERISTIKE EKSPERTNIH SUSTAVA .....	10
4.1. Koncept ekspertnih sustava .....	10
4.2. Struktura ekspertnih sustava .....	12
4.3. Karakteristike ekspertnih sustava .....	15
4.4. Pregled ekspertnih sustava u zadnjih deset godina .....	16
4.5. Jezik i alati ekspertnih sustava .....	18
5. PREDNOSTI I NEDOSTACI EKSPERTNIH SUSTAVA .....	20
5.1. Prednosti .....	20
5.2. Nedostaci .....	22
6. PRIMJENA EKSPERTNIH SUSTAVA .....	24
7. PRIMJERI EKSPERTNIH SUSTAVA .....	26
7.1. Virtualni asistent Siri .....	26
7.2. Primjeri ekspertnih sustava .....	28
8. ZAKLJUČAK .....	31
9. LITERATURA .....	32

## POPIS SLIKA

Slika 1. Turingov test.....	2
Slika 2. Neka područja umjetne inteligencije [4].....	7
Slika 3. Osnovne funkcije ekspertnog sustava [4] .....	8
Slika 4. Odnos problema i domene znanja [4] .....	9
Slika 5. Razvoj ekspertnih sustava [4].....	11
Slika 6. Struktura ekspertnih sustava [6] .....	12
Slika 7. Kompletna struktura ekspertnog sustava [6] .....	13
Slika 8. Dijelovi Siri-a .....	26

## POPIS TABLICA

Tablica 1. Primjena inženjerskog ekspertnog sustava .....	24
Tablica 2. Primjena računalnog ekspertnog sustava na računalu .....	25
Tablica 3. Primjena ekspertnog sustava u elektronici .....	25

## **SAŽETAK**

U ovom završnom radu cilj je bio detaljno objasniti ekspertne sustave zasnovane na umjetnoj inteligenciji od njihovog nastanka pa sve do danas. Prikazana je osnovna ideja i potreba njihovog nastanka te primjena u informatici, odnosno kako je njihov razvoj utjecao na poboljšanje u informatičkim sustavima raznih namjena. Raspravljat će se o prednostima i nedostacima ekspertnih sustava kao i problematikom istih, o odnosu ekspertnih sustava prema drugim metodama programiranja te kako se ekspertni sustav ponaša i radi, od čega se sastoji i kako funkcionira u cjelini.

Ključne riječi: ekspertni sustavi, umjetna inteligencija, informatika, informatički sustavi

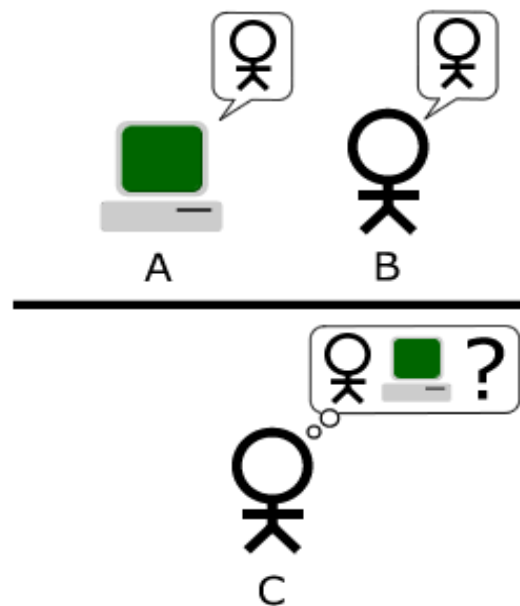
## **1. UVOD**

Zamisao i tendencija ljudi da postoji software koji se pokreće na računalu, pruža savjete i rješava neke probleme umjesto njih kao što bi pojedini stručnjak nekog interesnog područja pomagao oko odlučivanja, pretočila se u stvarnost razvojem ekspertnih sustava. Ekspertni sustav je dio većeg područja umjetne inteligencije gdje računalni program simulira prosudbu i ponašanje čovjeka ili organizacije koje ima stručno znanje i iskustvo u određenom polju interesa. Može se shvatiti kao simulacija ljudskog stručnjaka. Vrlo su specifični za pojedinu domenu, na primjer, dijagnostički ekspertni sustav za rješavanje računalnih problema mora izvoditi sve potrebne manipulacije podacima kao što bi to napravio i ljudski stručnjak, a za takvu operaciju potrebna je ogromna količina podataka i znanja iz određenog područja. Programer takvog sustava mora ograničiti opseg sustava samo na ono što je potrebno za rješavanje ciljanog problema pri čemu se služi radnim alatima i programskim jezicima.



## 2. POVIJEST EKSPERTNIH SUSTAVA

Kroz povijest (20. stoljeće) predloženo je niz definicija umjetne inteligencije. Jedna od najranijih definicija umjetne inteligencije bila je i još uvijek jest: „Stvaranje računala da misli kao čovjek“. Ona proizlazi od britanskog matematičara i računalnog pionira Alana Turinga odnosno njegovog poznatog Turingova testa koji je pokušao utvrditi je li osoba s kojom su razgovarali putem udaljene tipkovnice program ljudskog ili računalnog karaktera.



Slika 1. Turingov test

Pronalazak Turingovog testa smatra se jakom umjetnom inteligencijom. Jaku umjetnu inteligenciju promoviraju ljudi koji vjeruju da se umjetna inteligencija temelji na jakim logičkim metodama. Postoji i slaba umjetna inteligencija koja se temelji na umjetnim neuronskim mrežama, genetskim algoritmima i evolucijskim metodama. Danas je vidljivo da ni jedna metoda ne rješava uspješno sve probleme u umjetnoj inteligenciji, zato je najbolje kombinirati obje metode.

Alberico i Micco rezimirali su razvoj sustava na sljedeći način:

- Prva generacija, prije 1956.

Warren McCulloch smatra se jednim od očeva utemeljitelja umjetne inteligencije. Na Sveučilištu Illinois, razvio je model neuronske mreže mozga. Utjecaj ovog modela je bio izuzetno značajan, iako se kasnije pokazao fundamentalno manjkavim u različitim aspektima. U ovo razdoblje pripada i već spomenuti Turing koji je vizualizirao „misleće strojeve“.

- Druga generacija, 1956.-1970.

John McCarthy s fakulteta Dartmouth i njegov prijatelj Marvin Minsky s MIT-a prvi put su organizirali studiju o umjetnoj inteligenciji za deset ljudi 1956. u Dartmouthu. Tako se pojam "umjetna inteligencija" prvi put pojavio u tisku. Ova je konferencija prekretnica je u povijesti umjetne inteligencije.

U tom su razdoblju bile i neke ranije izvedbe ekspertnih sustava s ograničenim mogućnostima. Neki primjeri takvih sustava su: BAGGER - sustav zasnovan na pravilima dizajniran za pakiranje namirnice u vrećama i ANALOGY - stručni sustav za obavljanje I.Q. testova. Jedan od glavnih sustava koji se gradio u ovom razdoblju bio je MACSYMA dvojice istraživača s MIT-a. MACSYMA je bio moćan sustav za rješavanje problema sa sposobnošću izvođenja preko 600 različitih matematičkih operacija.

DENDRAL, jedan od napuhanijih ekspertnih sustava i danas, sagradio ga je Edward Feigenbaun 1968. godine. Primarni cilj bio je proučavati stvaranje i otkrivanje hipoteza u znanosti. Zbog toga je odabran specifičan zadatak u znanosti: pomoći organskim kemičarima u identificiranju nepoznatih organskih molekula, analizom njihovih masenih spektara i korištenjem znanja iz kemije.

- 1970. -1982.

U tom su razdoblju razvijeni mnogi veliki sustavi. Pristup se polagano mijenjao, prebacio se s rješavanja problema na modeliranje ljudske stručnosti. Neki od poznatijih sustava tog razdoblja su: PROSPECTOR, MYCIN i XCON.

- 1982. – nadalje

Ovo razdoblje se smatra zlatnim razdobljem za istraživanje i razvoj ekspertnih sustava. Zemlje poput SAD-a i Japana pokreću i vode razne nove programe s velikim financiranjima. Danas, ekspertni sustavi koriste se u znanosti, inženjerstvu, proizvodnji i mnogim drugim poljima u kojima postoji dobro definirana problematična domena. Osnovna ideja ekspertnih sustava je da ljudski stručnjak može odrediti korake obrazloženja pomoću kojeg se može riješiti problem, isto tako to mogu učiniti ekspertni sustavi.

Ekspertni sustavi su razvijeni kao istraživački alati 1960-ih godina kao posebna vrsta umjetne inteligencije za uspješno rješavanje složenih problema u uskoj domeni kao što je bila dijagnostika medicinskih bolesti. Klasični problem izgradnje programa opće namjene koji može riješiti svaki problem bilo je preteško bez posebnog znanja o problematičnoj domeni. Ekspertni sustavi znatno su porasli u popularnosti od svog komercijalnog uvođenja početkom 1980-ih.

Danas, ekspertni sustavi koriste se u znanosti, inženjerstvu, proizvodnji i mnogim drugim poljima u kojima postoji dobro definirana problematična domena. Osnovna ideja ekspertnih sustava je da ljudski stručnjak može odrediti korake obrazloženja pomoću kojeg se može riješiti problem, isto tako to mogu učiniti ekspertni sustavi. Ekspertni sustavi su uspješna primjena umjetne inteligencije.

### 3. ŠTO SU EKSPERTNI SUSTAVI

#### 3.1. Umjetna inteligencija

Umjetna inteligencija je znanstvena disciplina kojom se računalni sustavi programiraju da rade složene zadatke i rješavaju probleme, ali ne nužno i onako kako bi to čovjek napravio. Umjetna inteligencija odnosi se na razvoj računalnih sustava koji oponašaju ljudsko ponašanje, odnosno, računalni sustav koji ima neke mogućnosti da analizira i ponaša se prema toj analizi, ponaša se ljudski. „Područje umjetne inteligencije uključuje ekspertne sustave, obradu prirodnog jezika, robotiku, strojno gledanje i strojno slušanje.“[5].

Prednost umjetne inteligencije odnosno računala je da može obavljati velik broj jednostavnih aritmetičkih i logičkih operacija u jako kratkom vremenu. Umjetna inteligencija odnosi se na razvoj računalnih sustava koji simuliraju ljudsko ponašanje [5]. Računalni sustav može egzaktno i precizno zapamtiti velik broj podataka uz brzu distribuciju i mogućnost njihovog pronalaženja. Čovjek takve zadatke obavlja vrlo sporo i neefikasno u usporedbi sa strojem koji rješava zadatke pomoću umjetne inteligencije. Još uvijek nije nadmašena prednost čovjeka nad strojem zbog njegove kreativnosti načina promišljanja, stvaranje novih ideja te njihova originalnost i modifikacija. To je vidljivo kod aktualne teme izrade autonomnih vozila gdje se spominje nemogućnost izrade istih i dovodi u pitanje moć i ispravnost rasuđivanja u ekstremnim situacijama kada, na primjer, treba odlučiti između udaranja čovjeka na cesti ili skretanja s puta i pad s litice. U takvim situacijama kod čovjeka je stvar individualna, a kod programiranja automobilskeg sustava nije moralno ni pravno ispravno izraditi takvu vrstu if-naredbe gdje bi ishod bio „po default-u“. Na taj način postat ćemo sposobniji programirati stroj koji će oponašati složenije ljudske intelektualne radnje nego što to možemo danas. Konceptija umjetne inteligencije ne može se testirati i razvijati bez računala [5].

Iako je umjetna inteligencija izvorno definirana kao grana računalnih znanosti u 20. stoljeću, sada je to samostalna disciplina koja se oslanja na mnoga područja poput informatike, psihologije, biologije, kemije i mnogih drugih.

### **3.2. Ekspertni sustavi**

Ekspertni sustav (engl. Expert system) vrsta je računalnih informacijskih sustava zasnovanih na upravljanju znanjem, sastoji se od programa napisanih pomoću metoda umjetne inteligencije, te može oponašati ulogu stručnjaka na nekom specifičnom polju, i to tako da ima sposobnost zaključivanja i korištenja znanjem iz baze znanja [8]. Ekspertni sustavi su najznačajnije odnosno najzastupljenije područje umjetne inteligencije koji se mogu definirati na različite načine. Jedna od najjednostavnijih definicija je: „Ekspertni sustavi su sustavi koji oponašaju znanje eksperta“[6].

Ekspertni sustavi su sustavi koji se služe znanjem stručnjaka u specijaliziranim stručnim zadacima. Ekspert ima široku i duboku kompetenciju u smislu znanja, vještine i iskustva kroz praksu u obrazovanju u određenom području. Ekspert ima sposobnost za ispravno odlučivanje, zaključivanje i rješavanju odabranog problema u nekom specifičnom području. „Ekspertni sustavi poučeni su 'pravilima naučenim u praksi' ili heuristici koju stručnjaci koriste u rješavanju problema. Ta se pravila neprestano mogu mijenjati kako se mijenja situacija. Ujedinjuju heuristično znanje stručnjaka s njihovim neformalnim stilom razmišljanja“[5].

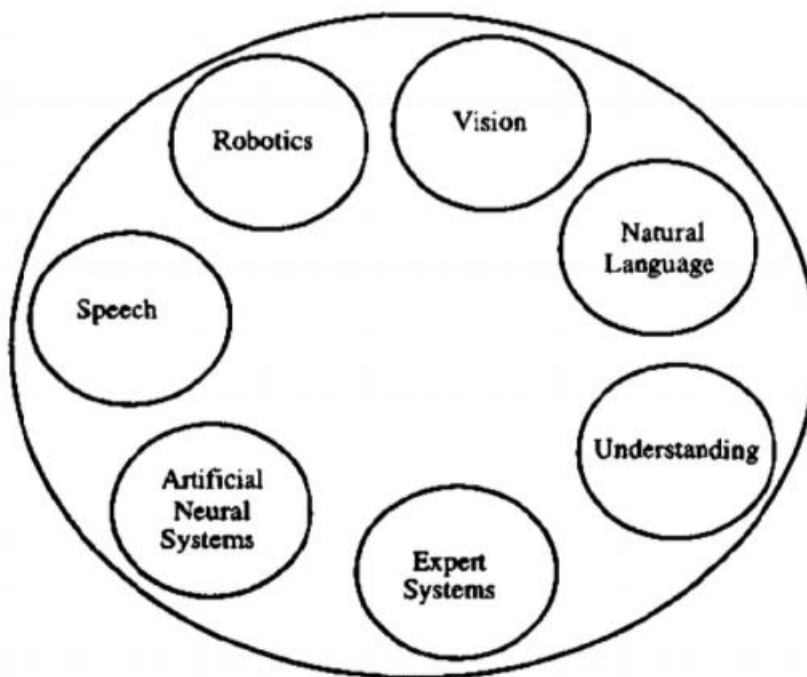
Ekspertni sustavi su uspješna primjena tehnologije umjetne inteligencije. Postoje mnogi pristupi za kombiniranje ekspertnih sustava s drugim tehnikama, poput genetskih algoritama i umjetnih neuronskih mreža. Uobičajeni pojam za sustav koji koristi umjetna inteligencija je inteligentni sustav ili automatizirani sustav. Općenito, prvi korak u rješavanju bilo kojeg problema je definiranje problemskog područja ili domene koju treba riješiti. Ovo razmatranje vrijedi jednako za umjetnu inteligenciju kao i za konvencionalno programiranje.

Pojam ekspertnog sustava se podrazumijeva kao inteligentni računalni sustav čije se znanje odnosno inteligencija bazirana na ogromnim bazama znanja za posebno područje. Prema tome ekspertni sustavi se sastoje od dva jednostavna djela, a to su: baza znanja i mehanizam za zaključivanje. Ekspertni sustavi kombinirani su s bazama podataka za prepoznavanje uzoraka poput čovjeka i automatiziranim sustavima odlučivanja kako bi se otkrilo znanje putem rudarenja podataka i tako proizvela inteligentna baza podataka. Još jedno uzbudljivo područje umjetne inteligencije ima veze s ekspertnim sustavima umjetnog otkrivanja. Riječ je o računalnim programima koji zapravo mogu otkriti znanje iz određenih problematičnih domena.

Iako je umjetna inteligencija izvorno definirana kao grana računalnih znanosti u 20. stoljeću, sada je to samostalna disciplina koja se oslanja na mnoga područja poput informatike, psihologije, biologije, kemije i mnogih drugih. Slika 1. pokazuje pojedina polja koja zanimaju umjetnu inteligenciju. Polje ekspertnih sustava je vrlo uspješno približno rješenje za klasični problem umjetne inteligencije u vidu programiranja inteligencije.

Profesor Edward Feigenbaum sa sveučilišta Stanford, pionir tehnologije ekspertnih sustava, definirao je ekspertne sustave kao „inteligentni računalni program koji koristi znanje i zaključne procedure za rješavanje problema koja su dovoljno teška da zahtijevaju značajnu ljudsku ekspertizu za rješavanje istih problema“. To znači, ekspertni sustav je računalni sustav koji emulira sposobnost donošenja odluka na isti način kao što bi to učinili ljudski eksperti. Emulacija je mnogo snažnija od simulacije kojoj je namjena oponašanje stvarnosti samo u pojedinim aspektima.

Iako rješavanje problema opće namjene još uvijek odskače, ekspertni sustavi funkcioniraju jako dobro u njihovim ograničenim domenama. Kao dokaz njihovih uspjeha, potrebno je samo uočiti primjenu ekspertnih sustava u današnjem poslovanju, informatici, robotici, medicini, znanosti i inženjeringu.

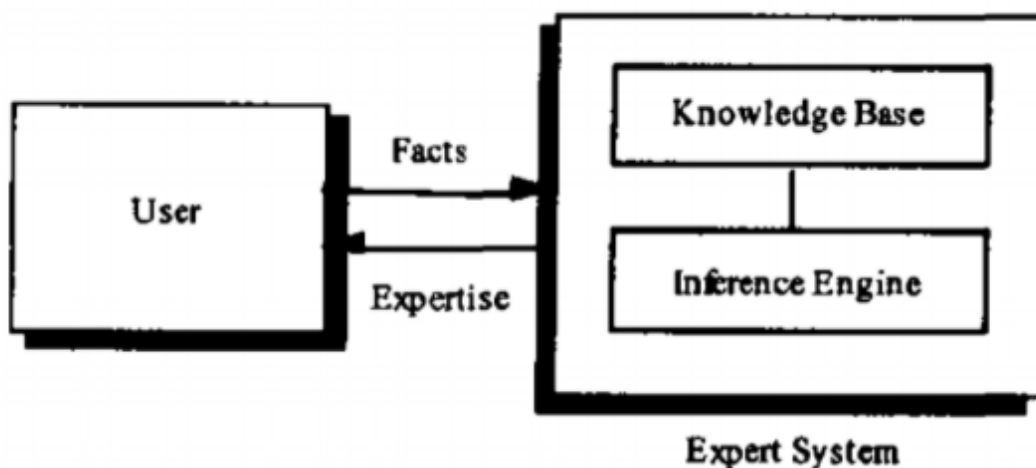


Slika 2. Neka područja umjetne inteligencije [4]

Kada su ekspertni sustavi prvotno razvijani, sadržavali su isključivo stručno znanje. No, pojam ekspertni sustav je često korišten danas za bilo koji sustav koji koristi tehnologiju ekspertnog sustava. Tehnologija ekspertnog sustava može se sadržavati od specijalnih jezika, programa i hardvera izrađenih da pomognu u razvijanju i izvršavanju ekspertnih sustava.

Znanje u ekspertnim sustavima može biti znanje koje je generalno dostupno u knjigama, časopisima i od strane obrazovanih osoba. U ovom smislu, znanje se smatra nižom razinom od rjeđe dostupne ekspertize. Termini ekspertni sustav, sustav baziran na znanju, te ekspertni sustav baziran na znanju su često korišteni sinonimno. Većina ljudi koristi termin ekspertni sustav iz razloga što je najkraći, iako možda ni nema ekspertize u njihovom ekspertnom sustavu, samo znanje.

Slika 2. ilustrira osnovni koncept ekspertnog sustava baziranog na znanju. Korisnik opskrbljuje ekspertni sustav činjenicama ili ostalim informacijama i dobiva stručni savjet ili ekspertizu zauzvrat. Interno, ekspertni sustav se sastoji od dvije glavne komponente. Baza znanja sastoji se od znanja kojim zaključni motor izvodi zaključke. Ovi zaključci su odgovor ekspertnih sustava na upit korisnika.



Slika 3. Osnovne funkcije ekspertnog sustava [4]

Ekspertni sustavi bazirani na znanju su također dizajnirani kako bi djelovali kao inteligentni asistent ljudskom ekspertu. Ovi inteligentni asistenti su dizajnirani s tehnologijom ekspertnih sustava radi prednosti razvijanja. Kako se dodaje više znanja inteligentnom asistentu, tako se on sve više ponaša kao ekspert. Razvijanje inteligentnog asistenta može biti prekretnica u proizvodnji kompletnog ekspertnog sustava. Zatim, može osloboditi više vremena ekspertu ubrzavanjem nalaženja rješenja problemima.

Ekspertovo znanje je specifično za problem iz jedne domene, a ne za tehnike otklanjanja generalnog problema. Problemska domena je posebno područje problema kao što su informatika, medicina, financije, znanost ili inženjering u kojemu će ekspert jako dobro riješiti problem. Ekspertni sustavi, kao i ljudski eksperti, su u globalu dizajnirani kako bi bili eksperti u jednoj problemskoj domeni.

Slika 3. ilustrira vezu između problema i domene znanja. Može se primijetiti kako je ova domena znanja potpuno uključena unutar domene problema. Zona van domene znanja predstavlja područje gdje nema znanja o problemu unutar domene problema.



**Slika 4. Odnos problema i domene znanja [4]**



## 4. KARAKTERISTIKE EKSPERTNIH SUSTAVA

### 4.1. Koncept ekspertnih sustava

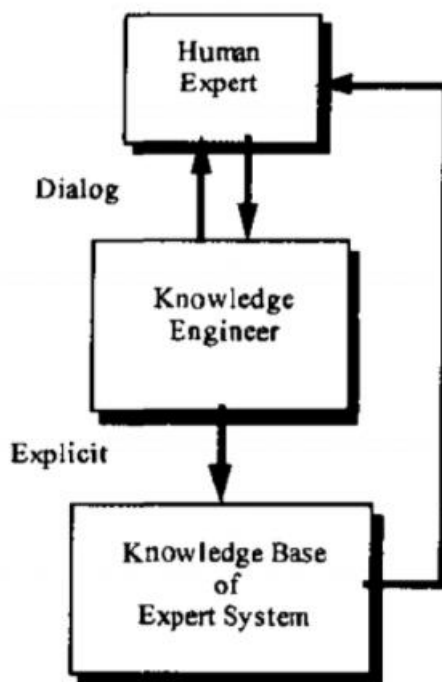
Znanje ekspertnog sustava može se predstaviti na više načina. Jedna uobičajena metoda predstavljanja znanja je u obliku IF THEN pravila tipa, kao što su:

„AKO je svjetlo crveno, ONDA se zaustavite“.

Ako postoji činjenica da je svjetlo crveno, to odgovara obrascu "svjetlo je crveno". Pravilo je zadovoljeno i izvodi svoju radnju "stop".

Mnogi značajni ekspertni sustavi izgrađeni su izražavanjem znanja stručnjaka po pravilima. Zapravo, pristup zasnovan na znanju u razvoju ekspertnih sustava u potpunosti je izbacio rani pristup umjetne inteligencije iz 1950-ih i 1960-ih koji su pokušavali koristiti profinjene tehnike zaključivanja bez oslanjanja na znanje. Znanje se može uvrstiti u pravila i predmete. Pravila se mogu podudarati na objektima kao i na činjenicama. Alternativno, objekti mogu djelovati neovisno o pravilima. Ekspertni sustavi uvijek iznova pokazuju svoju vrijednost i korisnost. Mnogo malih sustava za specijalizirane zadatke izgrađeno je s nekoliko stotina pravila. Ovi mali sustavi možda neće raditi na razini stručnjaka, ali su dizajnirani da iskoriste tehnologiju ekspertnih sustava za obavljanje zadataka intenzivnih znanja. Suprotno tome, klasični ekspertni sustav utjelovljuje nepisano znanje koje se od stručnjaka mora izvući razgovorom s inženjerom znanja tijekom dugog vremenskog razdoblja. Proces izgradnje ekspertnog sustava naziva se inženjering znanja, a obavlja ga inženjer znanja (engl. Knowledge engineer). Inženjering znanja odnosi se na stjecanje znanja od ljudskog stručnjaka ili drugog izvora i njegovo kodiranje u ekspertnom sustavu.

Opće faze u razvoju ekspertnog sustava prikazane su na slici 4. Inženjer znanja prvo uspostavlja dijalog s ljudskim stručnjakom kako bi dohvatio njegovo znanje. Ova je faza analogna dizajneru sustava u uobičajenom programiranju koji raspravlja o sustavnim zahtjevima s klijentom za kojeg će se graditi program. Inženjer znanja zatim to znanje kodira izričito u bazi znanja. Zatim stručnjak ocjenjuje ekspertni sustav i upućuje kritiku inženjeru znanja. Taj se postupak ponavlja sve dok stručnjak ne ocijeni da je izvedba sustava zadovoljavajuća.



Slika 5. Razvoj ekspertnih sustava [4]

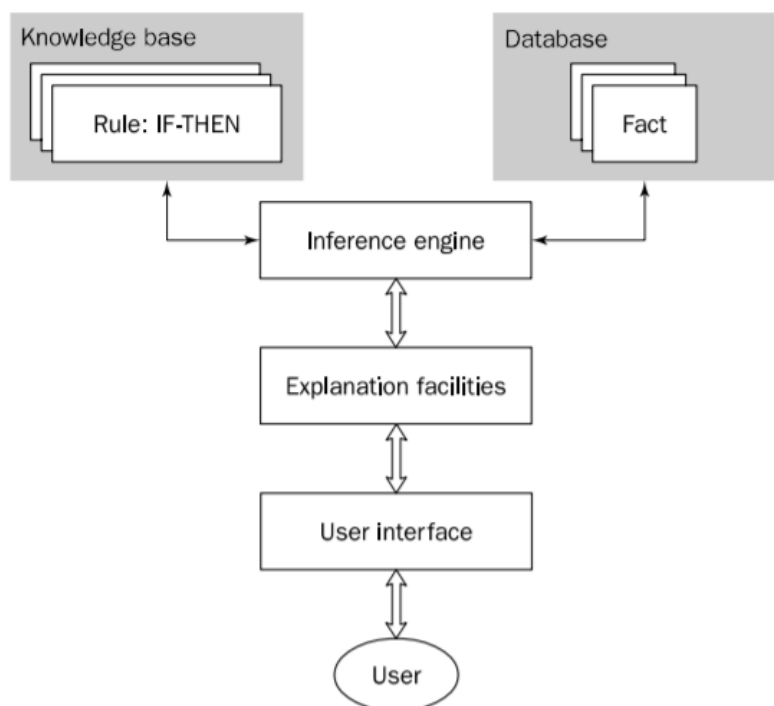
Izraz sustav temeljen na znanju bolji je termin za primjenu tehnologije temeljene na znanju, jer se može koristiti za stvaranje ekspertnih sustava ili sustava temeljenih na znanju. Međutim, poput pojma umjetne inteligencije, danas je uobičajena praksa upotrebljavati pojam ekspertni sustav kada se govori i o ekspertnim sustavima i o sustavima temeljenim na znanju, čak i kad znanje nije na razini ljudskog stručnjaka.

Ekspertni sustav se oslanja na zaključak, mora biti u mogućnosti objasniti svoje obrazloženje kako bi se njegovo obrazloženje moglo provjeriti. Pojašnjenje je sastavni dio sofisticiranih ekspertnih sustava.

Ekspertni sustavi zapravo ne razumiju temeljne uzroke i posljedice u sustavu. Mnogo je lakše programirati ekspertne sustave s plitkim znanjem temeljenim na empirijskim i heurističkim znanjima nego dubokim znanjima koja se temelje na osnovnoj strukturi, funkciji i ponašanju objekata. Na primjer, mnogo je lakše programirati ekspertni sustav koji će propisati aspirin nekoj glavobolji nego programirati sva temeljna biokemijska, fiziološka, anatomska i neurološka saznanja o ljudskom tijelu.

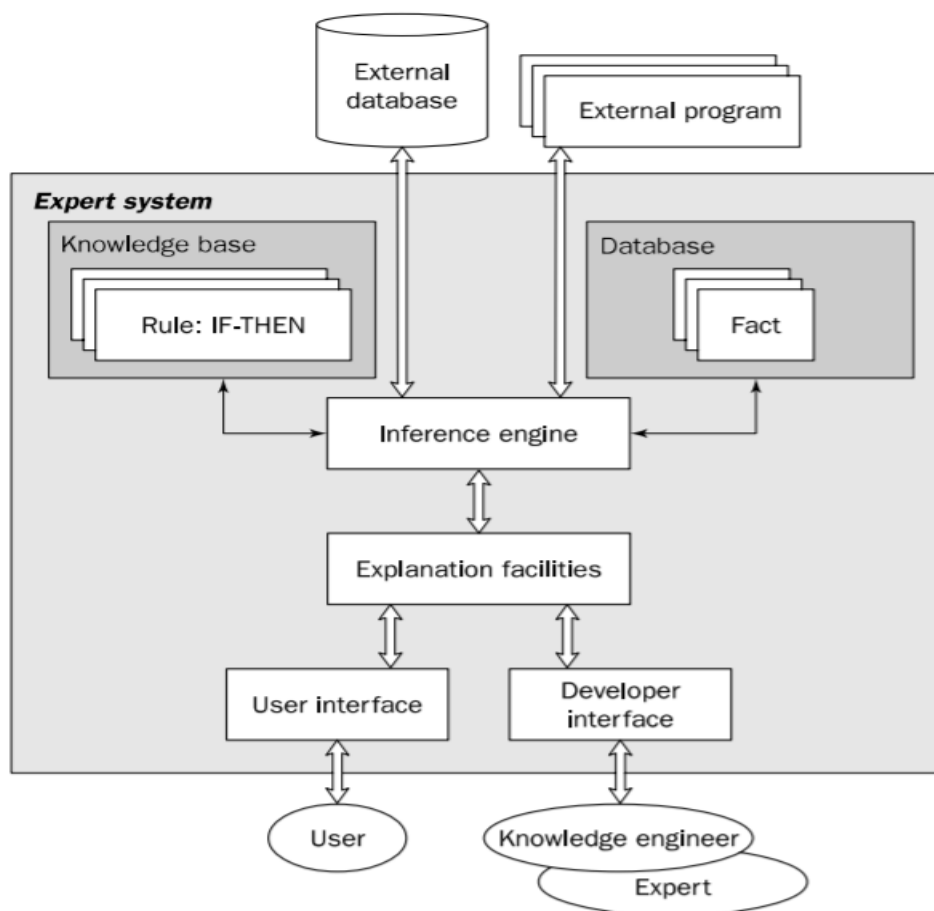
## 4.2. Struktura ekspertnih sustava

Početak 1970-ih Newell i Simon sa Sveučilišta Carnegie-Mellon predložili su model proizvodnog sustava, temelj suvremenog stručnjaka koji se temelji na pravilima sustava (Newell i Simon, 1972). Model proizvodnje temelji se na ideji da ljudi rješavaju probleme primjenjujući svoje znanje (izraženo kao pravila proizvodnje) na određeni problem predstavljen informacijama specifičnim za problem. Pravila proizvodnje pohranjuju se u dugotrajnu memoriju i specifična su za problem informacije ili činjenice u kratkotrajnom sjećanju. Model proizvodnog sustava osnovna je struktura ekspertnog sustava bazirana na pravilima, prikazana je na slici 5. Ekspertni sustav temeljen je na pravilima i ima pet komponenti: bazu znanja (knowledge base), bazu podataka (database), mehanizam za zaključivanje (inference engine), objašnjenja (explanation facilities) i korisničko sučelje (user interface).



Slika 6. Struktura ekspertnih sustava [6]

Baza znanja sadrži znanje o domeni korisno za rješavanje problema. U ekspertnom sustavu koji se temelji na pravilima, znanje je predstavljeno kao skup pravila. Svako pravilo navodi vezu, preporuku, direktivu, strategiju i ima strukturu IF (uvjet) i THEN (akciju). Kad je uvjet zadovoljen, kaže se da se pravilo aktivira i izvršava se akcijski dio. Baza podataka uključuje skup činjenica koje se koriste za podudaranje s IF-om (uvjet), dijelovi pravila su pohranjeni u bazi znanja. Mehanizam za zaključivanja provodi obrazloženje ekspertnog sustava koje postiže rješenje. Povezuje pravila navedena u bazi znanja s činjenicama danim u bazi podataka. Oprema za objašnjenje omogućuje korisniku da pita ekspertni sustav kako dolazi do posebnog zaključka i zašto je potrebna određena činjenica. Ekspertni sustav mora biti u stanju objasniti svoje obrazloženje i obrazložiti svoje savjete, analize ili zaključak. Korisničko sučelje sredstvo je komunikacije između korisnika koji traži rješenje problema i ekspertnog sustava. Komunikacija bi trebala biti što više smislenija i prijateljska. Ovih je pet komponenti neophodno je za bilo koji ekspertni sustav. Oni čine njegovu jezgru, ali može biti još nekoliko dodatnih komponenti.



Slika 7. Kompletna struktura ekspertnog sustava [6]

Sučelje za programere obično uključuje uređivače baze znanja, uklanjanje pogrešaka, pomagala i ulazno-izlazne uređaje. Sve faze ekspertnih sustava pružaju jednostavan uređivač teksta za unos i izmjenu pravila. Provjerava se njihov ispravan format i pravopis. Mnogi ekspertni sustavi uključuju knjigovodstvene usluge za praćenje promjena koje je stvorio inženjer ili stručnjak. Ako se pravilo promijeni, uređivač će automatski spremiti datum promjene i ime osobe koja je promijenila za kasnije reference. To je vrlo važno kada brojni inženjeri znanja i stručnjaci imaju pristup bazi znanja i mogu je mijenjati. Pomoćna sredstva za otklanjanje pogrešaka obično se sastoje od uređaja za traženje i paketa za razbijanje. Praćenje pruža popis svih pravila aktiviranih tijekom izvođenja programa. Break paket upozorava ekspertni sustav kada se zaustaviti i kad je došlo do greške da bi inženjer znanja ili stručnjak mogao ispitati struju vrijednosti u bazi podataka. Većina ekspertnih sustava također uključuje ulazna i izlazna postrojenja, poput stjecanja znanja za vrijeme izvođenja. To omogućuje pokretanje ekspertnog sustava da zatraži potrebne podatke kad god te informacije nisu dostupne u bazi podataka. Kada tražene podatke unese inženjer znanja ili stručnjaka, program se nastavlja. Općenito, sučelje za razvojne programere i sredstva za stjecanje znanja u ekspertnim sustavima dizajnirani su tako da omoguće stručnjaku za domenu da unese svoje znanje izravno u ekspertni sustav i na taj način poboljša strukturu i rad ekspertnog sustava.

### **4.3. Karakteristike ekspertnih sustava**

Ekspertni sustav obično je oblikovan tako da ima sljedeće opće karakteristike [4]:

1. Visok učinak

Sustav mora biti sposoban reagirati na razini kompetencija jednakoj ili boljoj od stručnjaka s tog područja. Odnosno, kvaliteta savjeta koje sustav daje mora biti visoko integrirana.

2. Adekvatno vrijeme odgovora

Sustav mora raditi u razumnom vremenu, usporedivom ili boljem od vremena koje je potreban stručnjaku za donošenje odluke. Ekspertni sustav kojem je potrebna godina za donošenje odluke u usporedbi s vremenom ljudskog stručnjaka od jednog sata ne bi bio koristan. Vremenska ograničenja postavljena na izvedbu ekspertnog sustava mogu biti osobito ozbiljna u slučaju sustava u stvarnom vremenu, kada se mora reagirati u određenom vremenskom intervalu, kao što je slijetanje zrakoplova u magli.

3. Dobra pouzdanost.

Sustav mora biti pouzdan, ne smije se dogoditi pad sustava jer se neće moći koristiti neko vrijeme. Zbog toga će doći do gubitka povjerenja u sustav i sustav će se trebati promijeniti.

4. Razumljivo

Sustav bi trebao biti u stanju objasniti korake svog rezoniranja tijekom izvršavanja tako da bude razumljiv. Umjesto da bude samo "crna kutija" koja daje čudesan odgovor, sustav bi trebao imati sposobnost objašnjenja na isti način na koji ljudski stručnjaci mogu objasniti svoje obrazloženje.

5. Fleksibilnost

Zbog velike količine znanja koju može imati stručni sustav, važno je imati učinkovit mehanizam za dodavanje, promjenu i brisanje znanja. Jedan od razloga popularnosti sustava temeljenih na pravilima je učinkovita i modularna sposobnost pohrane pravila.

Ovisno o sustavu, objašnjenje može biti jednostavno ili razrađeno. Jednostavno objašnjenje u sustavu koji se temelji na pravilima može jednostavno navesti sve činjenice koje su dovele do izvršenja najnovijeg pravila.

#### **4.4. Pregled ekspertnih sustava u zadnjih deset godina**

Ekspertni sustavi u posljednjih deset godina su napredovali brzinom svjetlosti kao i ostala tehnologija koja koristi umjetnu inteligenciju. Kako strojevi postaju sve moćniji i inteligentniji, bit će u mogućnosti preuzeti i izvršavati sve više visokokvalificiranih zadataka. Izvještaj koji je 2013. objavio McKinsey Global Institute govori da će do 2025. godine razvoj ekspertnih sustava i umjetne inteligencije uništiti oko 100 milijuna radnih mjesta za osobe koje su zaposlene u sektorima koji se temelje na znanju odnosno umjesto njih će raditi strojevi i računala [7].

Na početku i tijekom desetljeća ekspertni sustavi i umjetna inteligencija su sveprisutni i koriste se u svakom području znanosti. U ovom desetljeću ekspertni sustavi se pojavljuju sve više u industriji. Brza pojava ekspertnih sustava zamijenila je brojna radna mjesta na način da su sustavi zamijenili čovjeka odnosno ekspertni sustav radi posao umjesto čovjeka. Ekspertni sustavi imaju obećavajuće izgleda u svakom području u kojem postupak donošenja odluka mora uzeti u obzir veliku količinu podataka. U prvom desetljeću ovog stoljeća pristup velikim količinama podataka, jeftinijim i bržim računalima i naprednim tehnikama strojnog učenja uspješno su primijenjeni na ekspertne sustave. Oni prikupljaju, objedinjuju, modeliraju i prezentiraju dobivene podatke. Računalna znanost je orijentirana na odluke i povećava točnost provedenih podataka i funkcioniranje sustava. Razvili su učinkovitiji, fleksibilniji i moćniji pristup kako bi simulirali ljudski proces donošenja odluka. Neki od pristupa koje su istraživači razvili temelje se na novim metodama umjetne inteligencije (AI), a posebno u pristupima strojnog učenja i rudarenja podataka. Suvremeni sustavi mogu lakše ugraditi novo znanje i tako se lakše ažurirati. Takvi se sustavi mogu bolje generalizirati iz postojećeg znanja i nositi se s ogromnim količinama složenih podataka. Kako su se ekspertni sustavi razvijali, mnoge nove tehnike su ugrađene u razne tipove mehanizma za zaključivanje. Neki od najvažnijih su održavanje istine, sustavi nesigurnosti i hipotetičko zaključivanje.

U 2013. godini raspravljalo se o sve većoj uporabi ekspertnih sustava u područjima kao što je ekonomija. Krajem 2014. godine dolazi do veće upotrebe umjetne inteligencije i postaje vrlo bitna u funkcioniranju sustava. Do 2016. godine tržište proizvoda, hardvera i softvera povezanih s umjetnom inteligencijom odnosno ekspertnih sustava doseglo je vrhunac. Primjena ekspertnih sustava je počela dopirati i u druga područja, poput sve više primjene u vojsci. Tijekom 2017. godine industrija je postala „pametna“ u vezi s ekspertnim sustavima i umjetnom

---

inteligencijom, uvelike je poraslo korištenje, što dokazuje razvoj ekspertnih sustava te godine. Zadnjih godina tehnologija ekspertnih sustava i umjetne inteligencije prolazi najdominantnije razdoblje, pogotovo u tehnološkim tvrtkama. Ulažu se velike svote novca u tvrtke gdje se koristi umjetna inteligencija odnosno ekspertni sustavi.

Mnogi kažu da je umjetna inteligencija još uvijek tehnologija koja tek započinje. Tijekom proteklog desetljeća povećalo se korištenje ekspertnih sustava u svijetu. Primjena novih tehnologija će se sa vremenom povećavati i razvijati. Istina je da smo još uvijek u ranim danima ostvarenja punog potencijala umjetne inteligencije i ekspertnih sustava na svim područjima, ali istina je i da će se nastaviti razvijati i širiti narednih godina, a posebno u daljnjoj budućnosti.



#### **4.5. Jezik i alati ekspertnih sustava**

Ekspertni sustavi imaju puno programskih jezika. Kako vrijeme ide sve se više razvijaju, neki od njih su zastarjeli. Poput standardnog jezika relacijske baze podataka SQL, jezik ekspertnog sustava je višeg reda od jezika treće generacije poput LISP-a ili C-a, jer je lakše raditi određene stvari. Postoji manji raspon problema koji se mogu riješiti. Odnosno, specijalizirana priroda jezika ekspertnih sustava čini ih vrlo pogodnima za pisanje ekspertnih sustava, ali ne i za programiranje opće namjene. U mnogim je situacijama čak potrebno privremeno izaći iz jezika ekspertnog sustava da bi se funkcija izvršila na proceduralnom jeziku. CLIPS je dizajniran da to učini lako.

CLIPS je softverski alat u javnoj domeni koji služi za izgradnju i razvijanje ekspertnog sustava. Razvijen je 1985. godine u NASA-i. Primarna funkcionalna razlika između jezika ekspertnih sustava i proceduralnih jezika je fokus predstavljanja. Postupci jezika usmjereni su na pružanje fleksibilnih i robusnih tehnika prikazivanja podataka. Na primjer, strukture podataka kao što su nizovi, zapisi, povezani popisi, snopovi, redovi i stabla lako se stvaraju i manipuliraju. Modemski jezici kao što su Java i C#, dizajnirani su da pomažu u apstrakciji podataka pružajući strukture za enkapsulaciju kao što su objekti, metode i paketi. Jezici ekspertnih sustava usredotočeni su na pružanje fleksibilnih i robusnih načina predstavljanja znanja.

Paradigma ekspertnog sustava omogućuje dvije razine apstrakcije: apstrakciju podataka i apstrakciju znanja. Jezici ekspertnih sustava posebno odvajaju podatke od metoda manipulacije tim podacima. Uz to, CLIPS pruža objekte i sve značajke pravog objektno orijentiranog jezika. Ova razlika u fokusu dovodi i do razlike u metodologiji dizajniranja programa. Zbog uskog preplitanja podataka i znanja na proceduralnim jezicima, programeri moraju pažljivo opisati redoslijed izvršavanja.

Uobičajeni način definiranja potrebe za programom ekspertnog sustava je odlučivanje želite li programirati stručnost ljudskog stručnjaka. Ako takav stručnjak postoji i surađivat će, tada bi pristup sustavu stručnjaka mogao biti uspješan. Isto tako, vrlo nesvjesne zadatke koji se odnose na nesigurnost najbolje je riješiti alatom ekspertnog sustava.

Pored zbunjujućeg izbora mnogih danas dostupnih jezika, terminologija koja se koristi za opisivanje jezika je zbunjujuća. Neki dobavljači svoje proizvode nazivaju "alatima", dok drugi "ljuskama", a treći govore o "integriranim okruženjima". Radi jasnoće ove pojmove definiramo na sljedeći način [4]:

1. Jezik - prevoditelj naredbi napisanih u određenoj sintaksi. Jezik ekspertnog sustava također će pružiti mehanizam zaključivanja za izvršavanje izjava jezika. Ovisno o izvedbi, mehanizam zaključivanja može pružati lanac unaprijed, lanac unatrag ili oboje. Prema ovoj jezičnoj definiciji LISP nije ekspertni jezik sustava dok PROLOG jest. Međutim, moguće je napisati jezik ekspertnog sustava pomoću LISP-a, a umjetnu inteligenciju upisati u PROLOG. Pitanja o vremenu izrade, praktičnosti, održivosti, učinkovitosti i brzini određuju na kojem je jeziku napisan softver.
2. Alat - jezik i pridruženi uslužni programi koji olakšavaju razvoj, ispravljanje pogrešaka i isporuku aplikacijskih programa. Programi uslužnog programa mogu obuhvaćati uređivače teksta i grafike, programe za uklanjanje pogrešaka, upravljanje datotekama, pa čak i generatore koda. Neki alati mogu čak dopustiti upotrebu različite paradigme kao što su povezivanje naprijed i nazad u jednoj aplikaciji.
3. Ljuska - alat posebne namjene namijenjen određenim vrstama aplikacija u koje korisnik mora unijeti samo bazu znanja.

Ako osoba nije izgradila niz ekspertnih sustava, teško je cijiniti sve ove značajke, posebno one koje se nalaze u skupljim alatima. Najbolji način za učenje tehnologije ekspertnih sustava je razviti brojne sustave s jezikom koji se lako nauči, a zatim uložiti u inovativan alat ako vam trebaju njegove značajke.

## 5. PREDNOSTI I NEDOSTACI EKSPERTNIH SUSTAVA

### 5.1. Prednosti

Ekspertni sustav ima nekoliko atraktivnih značajki [4]:

1. Mogućnost velike obrade podataka

Ekspertni sustavi imaju mogućnost obraditi enormne količine podataka koje čovjek ne može brzo ili nikako procesuirati i na temelju njih donositi odluke.

2. Smanjeni trošak

Troškovi pružanja stručnosti po korisniku znatno su niži. To se može vidjeti kod velikih uređenih industrijskih pogona gdje ruke zamjenjuju strojevi, pa je samim time proizvodnja i održavanje pogona jeftinije.

3. Smanjena opasnost

Ekspertni sustavi mogu se koristiti u okolišu koji mogu biti opasni za čovjeka. Primjeri takvog okruženja su nuklearne elektrane, tvornice koje sadrže opasne supstance i mnoge druge industrije u kojima se koriste ekspertni sustavi.

4. Stalnost

Stručnost je trajna. Za razliku od ljudskih stručnjaka čija stručnost može varirati tijekom vremena dok će znanje ekspertnog sustava trajati neograničeno.

5. Višestruka stručnost

Može se istodobno kombinirati znanje iz više područja i kontinuirano raditi na problemu u bilo koje doba dana ili noći. Razina takvog kombiniranog znanja iz više područja prelazi nivo znanja jednog čovjeka, a nekad i više njih.

6. Dobra pouzdanost

Ekspertni sustavi pružaju i povećavaju povjerenje da je donesena ispravna odluka ponudom drugog mišljenja ili rješenja ljudskom stručnjaku/nadzorniku. Sustav stručnjaka uvijek bi se trebao složiti sa stručnjakom, osim ako stručnjak nije pogriješio, što se može dogoditi ako je ljudski stručnjak umoran ili pod stresom.

## 7. Obrazloženje

Sustav može detaljno obrazložiti svoje postupke koji dovode do nekog zaključka jer u suprotnom do tog zaključka ne bi došao, odnosno radi po nekom postupku za koje ima objašnjenje zašto. Izrazi se prikazuju razumljivo odnosni pravilima AKO-ONDA (eng. IF-THEN). Čovjek je možda previše umoran, neshvaćen ili ne može jasno objasniti zašto je došao do određenog rješenja. To povećava sigurnost da je donesena ispravna odluka.

## 8. Brzi odgovor

Ovisno o korištenom softveru i hardveru, ekspertni sustav može brže reagirati i biti više dostupan od ljudskog stručnjaka. Neke izvanredne situacije mogu zahtijevati brže odgovore no što ih mogu dati ljudi. U ovom je slučaju ekspertni sustav u stvarnom vremenu dobar izbor. Na primjer, kod nuklearnih elektrana u izvanrednim situacijama kada sa senzora dolazi velika količina podataka, ekspertni sustav ih može obraditi i donijeti odluku u vrlo kratkom vremenu što je za takav pogon vrlo presudno. Za obradu tolike količine podataka i situaciju gdje je ispravna odluka vrlo bitna i nema mjesta za pogreške čovjek stručnjak ili više njih naspram ekspertnog sustava nisu kompetentni.

## 9. Inteligentni učitelj

Ekspertni sustav može djelovati kao inteligentan nastavnik puštajući učenika da vodi uzorke programa i objašnjavajući obrazloženje sustava.

## 10. Inteligentna baza podataka

Stručni se sustavi mogu inteligentno koristiti u bazi podataka. Primjer je rudarenje podataka.

## 11. Sposobnost predviđanja

Napredni ekspertni sustav sposobni su predvidjeti buduće probleme i ukazati na njih stručnjacima.

Tehnologija ekspertnih sustava je napredovala brzinom svjetlosti, stoga su se prednosti poboljšale i razvijaju se jako brzo. U današnjem vremenu, gdje se susrećemo ekspertnim sustavima svaki dan, važno je da funkcioniraju pravilno i bez grešaka i da nam daju što brži odgovor za rješavanje problema ili da riješe samostalno problem. Proces razvijanja ekspertnog sustava ima veliku korist, jer se znanje ljudskih stručnjaka mora ubaciti u računalo. Prednosti ekspertnih sustava će ovisiti o umjetnoj inteligenciji u budućnosti i razvitku novih tehnologija.

## 5.2. Nedostaci

Čak i sjajan sustav kao što je ekspertni sustav može pogriješiti, odnosno može se desiti nenadana greška. Ekspertni sustav izgrađen je da djeluje i na ljudskoj stručnoj razini tako da je moguće da se pogriješi, ali i dalje vjerujemo stručnjacima, iako sumnjamo da su njihove prosudbe ponekad pogrešne. Isto tako, barem u većini slučajeve, možemo se osloniti na rješenja koja pružaju ekspertni sustavi, ali pogreške su moguće i trebali bismo biti svjesni toga.

Neki od nedostataka su [4]:

1. Nejasni odnosi između pravila

Iako pojedinačna pravila imaju tendenciju da budu relativno jednostavna i sama sebe dokumentiraju, njihove logične interakcije unutar velikog broja pravila mogu biti neprecizna. Ekspertne sustave je teško promatrati, pojedina pravila služe cjelokupnoj strategiji. Ovaj problem je povezan s nedostatkom hijerarhijske zastupljenosti znanja u ekspertnim sustavima.

2. Neučinkovita taktika pretraživanja

Ekspertni sustav primjenjuje sva pretraživanja svih pravila tijekom svakog ciklusa. Ako ekspertni sustav ima puno pravila odnosno ciklusa, njegova provedba može biti spora i treba mu neko vrijeme da pretraži i riješi problem.

3. Ograničenje učenja

Iskustvo je nekad presudno u rješavanju problema, ekspertnim sustavima upravlja ekspert koji ima iskustvo. Glavni nedostatak samog ekspertnog sustava je da nema sposobnost učenja iz iskustva. Za razliku od ljudskog stručnjaka, koji zna kada treba 'prekršiti pravila', ekspertni sustav ne može ih automatski mijenjati bazu znanja ili prilagodite postojeća pravila ili dodajte nova.

4. Velik broj informacija

Prilikom opisivanja sustava pojavljuju se problemi smještaja velikog broja informacija u projektnu dokumentaciju. Iako je zapise moguće pohraniti u tekstualnom obliku, to podrazumijeva određene nedostatke kao što su nemogućnost održavanja.

Ekspertni sustavi imaju nedostatke, posebno imaju neprovidne odnose između pravila, neučinkovitu taktiku pretraživanja i ograničenje učenja. Cilj ekspertnih sustava je otkloniti nedostatke i srediti da se više ne ponavljaju jer nedostaci odnosno greške mogu dovesti do katastrofalnih posljedica.

## 6. PRIMJENA EKSPERTNIH SUSTAVA

Primjena ekspertnih sustava javlja se na gotovo svakom području znanja. Neki su zamišljeni kao istraživački alati, dok drugi ispunjavaju važne poslovne i industrijske funkcije. Ekspertni sustavi se primjenjuju svakodnevno u obavljanju različitih poslova.

Prvi veći komercijalni uspjeh ekspertnog sustava u poslovnoj primjeni odnosno uporabi 1970-ih bio je XCON sustav DEC-a. Sustav XCON razvijen je zajedno s Johnom McDer-mottom sa Sveučilišta Carnegie-Mellon. XCON je bio ekspertni sustav za konfiguriranje računalnih sustava DEC. Konfiguracija sustava znači da kada kupac izvrši narudžbu isporučuju se svi ispravni dijelovi - softver, hardver i dokumentacija. Ovo je i dalje tema od velike važnosti, posebno kada ljudi naručuju računala, automobile i druge proizvode putem Interneta.

Tisuće ekspertnih sustava izgrađene su i izvještavane u računalnim časopisima, Internetu, knjigama i konferencijama. Na temelju ekspertnih sustava primjena ima široke razmjere. U tablicama 1, 2 i 3 prikazana je primjena u inženjerstvu, informatici i elektronicima. U njima se navode dobro poznati ekspertni sustavi koji su dobro dokumentirani, a moderni sustavi imaju slične primjene. U mnogim područjima primjene, poput industrije, inženjerstva i informatike, numerički izračuni su od primarne važnosti. Ekspertni sustavi prvenstveno su dizajnirani za simboličko zaključivanje. Danas, ekspertni sustavi se pojavljuju u skoro svakom području i sve više napreduju i razvijaju se do vrhunca. U budućnosti se možemo osloniti na ekspertne sustave da nam rješavaju skoro svaki problem, na koji ćemo naići.

**Tablica 1. Primjena inženjerskog ekspertnog sustava**

<b>Ime:</b>	<b>Inženjering:</b>
REACTOR	Dijagnosticirati nesreće reaktora
DELTA	Dijagnosticirati generalne električne strojeve
STEAMER	Uputiti rad generalne elektrane

**Tablica 2. Primjena računalnog ekspertnog sustava na računalu**

<b>Ime:</b>	<b>Računalni sistem:</b>
PTRANS	Dati prognozu za upravljanje računalom
BDS	Dijagnosticirati loše dijelove u mreži
XCON	Konfigurirati računalni sistem
XSEL	Konfigurirati računalne performanse
XSITE	Konfigurirati web mjesto računala
YES/MVS	Kontrola operacijskog sustava
TIMM	Dijagnosticirati računalo

**Tablica 3. Primjena ekspertnog sustava u elektronici**

<b>Ime:</b>	<b>Elektronika:</b>
ACE	Dijagnosticirati kvarove na telefonskoj mreži
IN-ATE	Dijagnosticirati ostale kvarove
NDS	Dijagnosticirati komunikaciju interneta
EURISKO	3D dizajn
PALLADIO	Dizajn i test sklopa
REDESIGN	Redizajnirati digitalnog sklopa
SOPHIE	Uputiti dijagnozu kvara

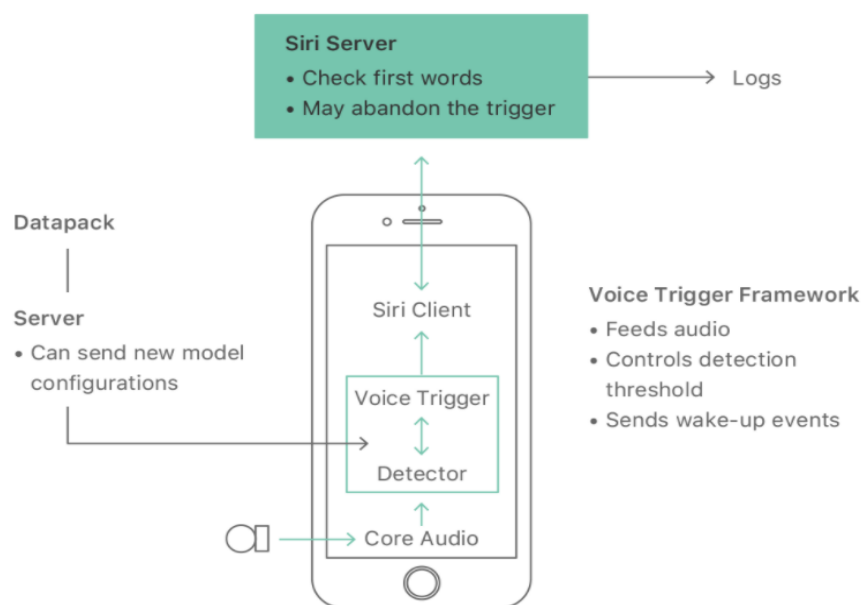


## 7. PRIMJERI EKSPERTNIH SUSTAVA

U svakodnevnom životu susrećemo se s mnoštvo ekspertnih sustava. Ekspertni sustavi omogućuju čovjeku da si olakša život u različitim životnim situacijama. U skoroj budućnosti ekspertni sustavi će se sve više razvijati i čovjeku će biti lakše i jednostavnije koristiti ekspertne sustave. U ovom poglavlju su navedeni neki ekspertni sustavi i njihove uloge.

### 7.1. Virtualni asistent Siri

Siri je primjer ekspertnog sustava koji je dio operacijskog sustava IOS tvrtke Apple Inc. Glavna značajka Siri-a je to što omogućava povezivanje s korisnicima pomoću govora odnosno potrebno je izgovoriti „Hej Siri“ da se uključi vaš virtualni asistent. Služi ljudima za brzo izvršavanje svakodnevnih zadataka, ako trebate pomoć kao što je: obavljanje poziva, povezivanje s internetom, brzo slanje poruka, reprodukcije pjesama, započinjanje vježbanja, otvaranje različitih aplikacija te brojne druge prednosti ili karakteristike samo uz pomoć glasa. U uređaju se nalazi mali mikrofون koji cijelo vrijeme osluškuje korisnika da kaže „Hej Siri“, Kad korisnik kaže „Hej Siri“ detektor koristi DNN (duboku neuronsku mrežu) za pretvaranje zvučnog uzorka vašeg glasa u raspodjelu vjerojatnosti kroz zvukove govora. Zatim koristi postupak privremene integracije za izračunavanje pouzdanosti da je korisnik izgovorio „Hej Siri“. Ako je detektor procjeni da je izgovor točan, pokreće se ekspertni sustav Siri i moguće je započeti razgovor sa Siri odnosno zatražiti potrebnu pomoć.



Slika 8. Dijelovi Siri-a

Virtualni asistent Siri je moguće koristiti bez pritiskanja tipki, na primjer tijekom kuhanja ili vožnje. Slika 8. prikazuje dijelove sustava Siri-a. Siri koristi implementaciju „u Cloud-u (oblaku)“, uključujući glavno automatsko prepoznavanje govora, objašnjenje prirodnog jezika i razne informacijske usluge. U uređaju se nalaze poslužitelji koji pružaju ažuriranje zvučnih modela koje koristi detektor. Detektor je specijalizirani prepoznavač govora koji uvijek sluša samo frazu za pokretanje Siri-a. Mikrofon u uređajima pretvara glas u tok uzoraka valnog oblika koji se kreće brzinom od 16000 u sekundi. Faza analize spektra pretvara tok uzorka valnog oblika u slijed okvira, pri čemu svaki opisuje zvučni spektar od približno 0,01 sekunde.

Funkcioniranje ekspertnog sustava Siri [10]:

1. Prikupljanje podataka
2. Pretvaranje govora u audio datoteku
3. Slanje zvuka u logički računalni centar
4. Obrada zvuka od logičkog centra
5. Transformacija audio datoteke u naredbe razumljive računalu
6. Usporedba naredbi za željama korisnika
7. Pronalazak rješenja
8. Pretvaranje rješenja u razumljive riječi
9. Slanje riječi na računalo
10. Prikaz rješenja korisniku sustava

Siri je ekspertni sustav koji se koristi za rješavanje svakodnevnih problema i lakih aktivnosti pomoću umjetne inteligencije. Siri funkcionira na način da korisnik traži od Siri-a pomoć, na primjer za povezivanje na Internet, i Siri odradi tako da se poveže na internet. U budućnost ovaj ekspertni sustav će se više razvijati i bit će sve bolji odnosno moći će raditi svakakve funkcije, kao što je kuhanje kave. Siri ima svijetlu budućnost, a s vremenom će sve više dobiti na korisnosti i bit će još više uvažena u svijetu.

## 7.2. Primjeri ekspertnih sustava

### 1. Undewriting Advisor

Ekspertni sustav koji procjenjuje rizik u osiguranju. Ekspertni sustav koji omogućuje korisniku lakši odabir i pomoć kod odabira za policu osiguranja. Pruža korisniku sigurno upravljanje financijama i računa rizik kod upravljanja policama osiguranja [9].

### 2. Financial Advisor

Daje financijske savjete o projektima, proizvodima te spajanjima i akvizicijama tvrtki. Pomoću sustava se može procijeniti što treba poduzeti u određenoj financijskoj situaciji i utvrditi financijski plan. Ekspertni sustav sugerira i daje prijedloge korisniku kako upravljati svojim dugovima, kako smanjiti iznos poreza i organizirati investicije [8].

### 3. Folio

Pomaže menadžerima portfelja da odrede ciljeve investiranja svojih klijenata i izabiru portfelje koji najbolje realiziraju ciljeve. Radi na način da intervjuira klijente i na temelju stručnog znanja određuje korisničke investicijske ciljeve [8].

### 4. Expertax

Ekspertni sustav koji daje savjete pri izračunavanju poreza. Ekspertni sustav koji pomaže računovođama u pregledu načina na koji njihovi klijenti obračunavaju porez i pružaju savjete o poreznom planiranju. Sustav uvelike poboljšava kvalitetu porezne usluge i daje financijsku stabilnost klijenata [8].

### 5. MYCIN

Ekspertni sustav koji na osnovi simptoma može prepoznati bolest. Uz pomoć umjetne inteligencije identificira bakteriju koja uzrokuje ozbiljne infekcije, poput meningitisa. Daje preporuku kojeg antibiotika pacijent mora uzeti s prilagođenom tjelesnom težinom pacijenta. Također, sustav MYCIN koristi dijagnozu za bolest zgrušavanja krvi [8].

## 6. Prospector

Ekspertni sustav koji se rabi za mineralna istraživanja. Pomaže geolozima u procjeni povoljnog mjesta istraživanja ili regija gdje se pojavljuju rudna ležišta pojedinih vrsta minerala [8].

## 7. Dendral

Služi za analizu molekularne strukture. Primarni mu je cilj proučiti stvaranje i otkrivanje hipoteza u znanosti. Zbog toga je dobio specifičan zadatak, a to je pomoći kemičarima u identificiranju nepoznatih organskih molekula [8].

## 8. Siri

Virtualni asistent za uređaje marke Apple. Sustav koristi glasovne upite i korisničko sučelje na prirodnom jeziku za odgovaranje na pitanja, davanje preporuka i izvršavanjem jednostavnih radnji koje zahtjeva korisnik.

## 9. Bixby

Virtualni asistent za uređaje marke Samsung. Koristi se za slanje teksta, daje korisniku informacije o vremenu, podsjetnicima, vijestima. Ekspertni sustav koji uči, razvija se i prilagođava u različitim situacijama.

## 10. Ekspertni sustav za pronalaženje grešaka pri paljenju automobila

Ekspertni sustav oblikovan je da postigne neki cilj, koji je u ovom slučaju izbjegavanje problema s paljenjem automobila. Ekspertni sustav dijagnosticira grešku u sustavu za paljenje. Provjerava temperaturu sustava, tlak zraka, rad motora te identificira problem ili se pobrine da riješi problem [5].

## 11. PXDES

Ekspertni sustav koji se koristi za predviđanje stupnja i vrste raka pluća. Koristi se u medicini koji djeluje kao pametne ruke koje pomažu liječnicima i kirurzima. Ekspertni sustav koji se koristi za rendgensku dijagnozu.

## 12. CaDet

Ekspertni sustav koji bi mogao identificirati rak u ranim fazama. Na temelju analize epidemioloških i kliničkih podataka pacijenta, ekspertni sustav predstavlja liječnicima obrasce podataka koji mogu otkriti rak u ranim fazama.

### 13. XCON

Služi za naručivanje računalnih sustava automatskim odabirom komponenata računalnog sustava na temelju zahtjeva kupca. Služi za smanjenje potrebe da se kupcu daju besplatni dijelovi kad tehničari pogriješe. Ekspertni sustav koji ubrzava postupak montaže i povećava zadovoljstvo kupaca.

### 14. Web Flex Demos

Ekspertni sustav koji služi za otkrivanje prijevara u osiguranju u rangiranju auta. U bazi ekspertnih sustava nalazi se svi korisnici koji su imali veze s ilegalnom preprodajom i lažnim rangiranjem automobila.

### 15. EXSYS

To je mrežni ekspertni sustav za preporuku restorana. Ekspertni sustav koristi na spisak restorana na pojedinom području, kada korisnik odabere željeni restoran, sustav mu izbacuje cjenik i ponudu jela i pića restorana.

## 8. ZAKLJUČAK

U ovom završnom radu prikazan je ekspertni sustav kao cjelina od njegovog početnog razvoja sve do danas. Ekspertni sustav je pouzdan u donošenju racionalnih i vrlo važnih odluka. Važan segment su znanje i iskustvo ljudskog stručnjaka pri odlučivanju i donošenju pravilnih odluka koje teže da ekspertni sustav radi besprijekorno, odnosno radi bez greške. Kod eksperta je moguće da dođe do umora koji se javlja zbog prevelikog rada na određenom području, ekspertnom sustavu se to ne može dogoditi jer se ne može umoriti, ne može prestati raditi, ne ide na godišnji odmor. U budućnosti tehnologija će se razvijati brzo i učinkovito, zbog toga će se razviti i umjetna inteligencija koja je bitna za razvitak i poboljšanje ekspertnih sustava. Već sada su ekspertni sustavi vrlo korišteni u svijetu i imaju veliku ulogu na naš život, na primjer, pomaže nam kod kvara na autu, u medicini spašava mnoge život svojom brzom i točnom reakcijom i daje nam savjete za lakše funkcioniranje tijekom svakog dana. Puno je karakteristika i prednosti koji su opisane i navedene u ovom završnom radu. Opisana je struktura i koncept ekspertnog sustava da približi djelovanje ekspertnog sustava kao cjelina, pomaže za bolje razumijevanje i približavanje završnog rada. Kao i svaki sustav uvijek se može dogoditi greška, tako i ovaj sustav ima svoje nedostatke koji se već danas ispravljaju i sustav obavlja visokokvalificirane zadatke koje mu zadaje ekspert. Ekspertni sustav može koristiti više programskih jezika i alata za njegovo pisanje. Mnogi imaju prednosti, ali i mane, neki su zastarjeli, a danas imamo mnoštvo načina da stvorimo ekspertni sustav. Ekspertni sustavi ne djeluju kao strojevi, nego djeluju kao pametni ljudi koji su puni određenog znanja i daju nam savjete u mnogim područjima, gdje je nemoguće da ljudi rade isti posao kao sustav. Brze promjene i poboljšanje tehnologije će smanjivati troškove ekspertnih sustava, to će smanjiti financije i sve će se više koristiti u svijetu. Sve više ljudi se suočava s teškim donošenjem odluka, stoga zahtijevaju računalne sustave da donesu odluke umjesto njih. Njihove performanse su se povećale u poslovanju, znanosti, informatici i drugim granama koje trebaju pružiti pomoć u zadanim situacijama. Zbog tog razloga, u budućnosti primjena ekspertnog sustava će biti ogromna. Danas, ekspertni sustavi se koriste u cijelom svijetu, daju savjete, rješavaju probleme kada je to potrebno i pomažu u donošenju važnih odluka.

## 9. LITERATURA

- [1] Alberico, Ralph, and Mary Micco. Expert systems: for reference and information retrieval. Meckler, 1990.
- [2] Ambrogi Bob. "The Decade in Legal Tech: The 10 Most Significant Developments" [Na internetu]. Dostupno na: <https://www.lawsitesblog.com/2020/01/the-decade-in-legal-tech-the-10-most-significant-developments.html>. [Pristupljeno: 12-ruj-2020].
- [3] Galičić, Vlado, i Slobodan Ivanović. Primjena ekspertnog sustava u poslovanju-the application of expert system in hotel business. Informatologia 39.3 (2006): 185-188.
- [4] Giarratano, Joseph C., and G. Riley. Expert systems-Principles And Programming. Fourth Indian Edition Thomson, 2005.
- [5] Grbavac, Vitomir. Analiza i implementacija informatičkih sustava. Školska knjiga, Zagreb, 1991.
- [6] Negnevitsky, Michael. Artificial intelligence: a guide to intelligent systems. Pearson education, 2005.
- [7] Paris Innovation Review. "Expert systems: how far can intelligence be automated" [Na internetu]. Dostupno na: <http://parisinnovationreview.com/articles-n/expert-systems-how-far-can-intelligence-be-automated>. [Pristupljeno: 17-ruj-2020].
- [8] Pavlić, M., Informacijski sustavi. Školska knjiga, Zagreb, 2011.
- [9] Sumathi, C. P., T. Santhanam, and M. Mahadevi. Automatic facial expression analysis a survey. International Journal of Computer Science and Engineering Survey, 2012.
- [10] Vidić Josip. "Ekspertni sustavi u upravljanju znanjem". Završni rad. Varaždin, 2013.