

### 3. EKSPERTNI SUSTAVI

M. Zekić- Sušac, J. Mesarić

1

#### Ekspertni sustavi – Sustavi temeljeni na znanju

(eng. Expert Systems, Knowledge Based Systems, Knowledge Automation Systems)

**ES su računalni programi koji koriste znanje za rješavanje praktičnih problema za koje je inače potrebna ljudska ekspertiza.**

(A. Cawsey)

M. Zekić- Sušac, J. Mesarić

2

#### Kako prikupiti i ugraditi znanje eksperta u program?

- znanje eksperta je najčešće heurističko (temeljeno na iskustvu), a može se izraziti s pomoću pravila zaključivanja
- Ekstrahiranje znanja od nekog eksperta i ugrađivanje u sustav zovemo prikupljanjem znanja (eng. Knowledge Acquisition)
- cilj: izgradnja baze znanja ES-a koja će se koristiti kada ljudski ekspert nije raspoloživ

M. Zekić- Sušac, J. Mesarić

3

#### Koraci u prikupljanju znanja za ES

- 1) intervju s ekspertom – rezultat: grubi prototip baze znanja
- 2) interakcija s korisnicima ES-a i ekspertom – dorađivanje baze znanja
- ponavljanje koraka 2) iterativno dok se ne dobije zadovoljavajući sustav

M. Zekić- Sušac, J. Mesarić

4

#### Karakteristike ES-a

ES su programi koji:

- sadrže ljudsko znanje o nekoj domeni
- su sposobni donositi odluke zaključivanjem iz tog znanja
- dozvoljavaju da se znanje održava neovisno od ostatka programa
- mogu opravdati donesenu odluku (eng. White box)

M. Zekić- Sušac, J. Mesarić

5

#### Područja primjene ES-a

ES se koristi za rješavanje različitih problema u:

- medicini (prvi ES: Dendral, zatim Mycine)
- inženjerstvu, geologiji, računalstvu, ekonomiji, poslovanju, pravu, vojsci, obrazovanju, i dr.

Tipovi problema koji se rješavaju ES-om:

- **dijagnoza**, odnosno **klasifikacija** (npr. pogreške stroja (škarta), bolesti, itd)
- **dizajn** (npr. računalnih sustava, hotela, proizvoda, itd.)
- **interpretacija** (npr. geoloških podataka, ultrazvučnih slika, satelitskih slika, itd).

M. Zekić- Sušac, J. Mesarić

6

## Primjeri tipa dijagnoze (klasifikacije)

- **statičko pronalaženje grešaka** (dijagnostika tehničke opreme, procesa, jednostavna medicinska dijagnostika)
- **dinamičko pronalaženje grešaka** (složena dijagnostika tehničke opreme, procesa, složena medicinska dijagnostika, terapije i interpretacije laboratorijskih rezultata)
- **jednostavne (pr)ocjene** (odobrenje kredita, kontrola kvalitete, monitoring) **složene (pr)ocjene** (pravna regulacija slučajeva, izbor biljnih kultura za zemljišta, monitoring procesa s više od dva alarma)
- **selekcija** (investicijsko odlučivanje, kupovina, kreiranje kataloga)

## Primjeri tipa dizajna

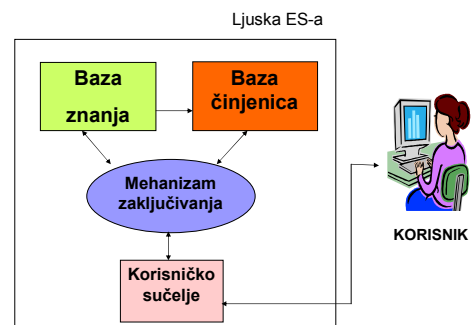
- generiranje rasporeda
- konfiguriranje računala
- planiranje eksperimenta u molekularnoj genetici
- planiranje radnih mjesta u složenim pogonima
- iskorištenje kapaciteta strojeva
- planiranje terapije kod liječenja tumora

## Primjeri tipa interpretacije (prepoznavanja uzoraka)

- **identifikacija objekata** (identifikacija gljiva, kartografiranje, prepoznavanje slika, prepoznavanje škarta proizvoda, meteoroloških uzoraka i sl.)



## Arhitektura ES-a



## Prikupljanje znanja (knowledge acquisition)

- On-site (uživo) promatranje eksperta
- Problemska diskusija
- Problemska deskripcija
- Problemska analiza
- Sistemska rafinacija
- Sistemska pretraživanje
- Sistemska vrednovanje

## Kako se predstavlja znanje u bazi znanja ES-a?

- **Reprezentacija znanja bazirana na logici**
  - **Produkcijnska pravila (if-then)** - najčešće u upotrebi
  - Modus ponens
  - Hipotetički silogizam
  - Propozicijska logika
  - Predikatna logika
- **Objektno orjentirana reprezentacija**
  - Okviri
  - Semantičke mreže

## Reprezentacija znanja

- **Problem: Odobrenje hipotekarnog kredita**
- **Atributi (kriteriji) za odlučivanje:**

Stalni posao	Starost	Imovina	Plaća	Rata kredita	Ostala zaduženja	Odluka o kreditu
Da	broj godina	manja od vrij. kredita	<= rate kredita	< 1/3 plaće	postoje	Da
Ne		>= vrijednosti kredita	> rate kredita	između 1/3 i 1/2 plaće	ne postoje	Ne
				veća od 1/2 plaće		

M. Zekić- Sušac, J. Mesarić

13

## Reprezentacija znanja bazirana na logici

Temelji se na **produkcijским pravilima**.

Pravila su forme koje imaju slijedeću interpretaciju:

AKO <uvjet> TADA <zaključak>  
 AKO <pretpostavka> TADA <posljedica>  
 AKO <činjenica> TADA <hipoteza>

**Primjer: pravila za odobrenje hipotekarnog zajma:**

**AKO** tražilac ima stalni posao

**I** tražilac ima adekvatne prihode

**I** tražilac ima dobar kreditni rejting

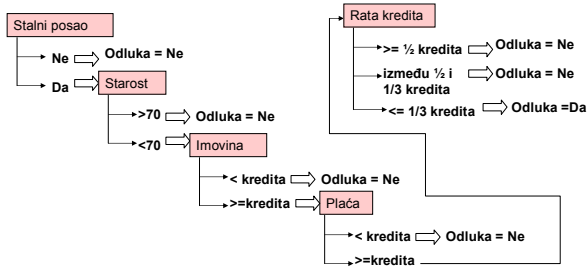
**I** imovina je dostatna

**TADA** odobri kredit

M. Zekić- Sušac, J. Mesarić

14

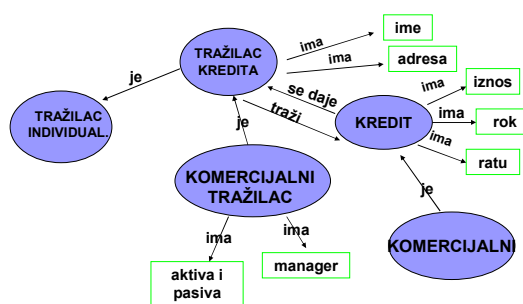
## Stablo odlučivanja – grafički prikaz produkcijskih pravila za odobrenje kredita



M. Zekić- Sušac, J. Mesarić

15

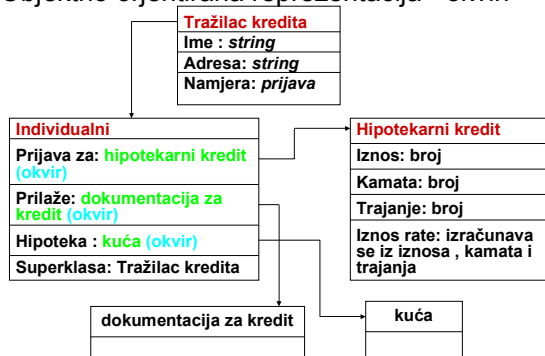
## Objektno orijentirana reprezentacija – semantičke mreže



M. Zekić- Sušac, J. Mesarić

16

## Objektno orijentirana reprezentacija - okviri



M. Zekić- Sušac, J. Mesarić

17

## Zaključivanje i procesiranje znanja u ES-u

- Smisao procesiranja znanja je da se mogu kreirati nova znanja i izvesti valjani zaključci (conclusions).

Zaključivanje (inference) se izvodi:

- **Deduktivnim** rezoniranjem
- **Induktivnim** rezoniranjem

M. Zekić- Sušac, J. Mesarić

18

## Deduktivno rezoniranje u ekspertnim sustavima

Deduktivno rezoniranje započinje aksiomima i uobičajeno prihvaćenim premisama odnosno dobro definiranim formulama koje se ne izvode iz samog sustava.

Proces zaključivanja sastoji se od dva dijela:

- **Jednostavnog** (single) zaključivanja
- **Višestrukog** (multiple) zaključivanja

M. Zekić- Sušac, J. Mesarić

19

## Kontrola (testiranje) pravila u bazi

### Ulančavanje unazad (backward chaining)

Kod ulančavanja unazad zaključivanje započinje s pitanjem ili ciljem. Cilj ili odgovor na pitanje je konzekvencija ili **TADA** dio kondicionala.

Ulančavanje unazad je **ciljem vođeno**

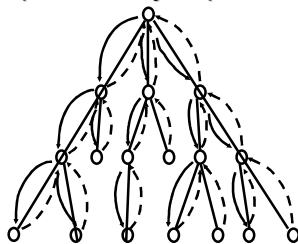
### Ulančavanje unaprijed (forward chaining)

Kod ulančavanja unaprijed zaključivanje ide tako da se pronalazi svaka činjenica s antecedentom odnosno **AKO** dijelom pravila (**podacima vođeno**)

M. Zekić- Sušac, J. Mesarić

20

## Kontrola pretraživanjem prvo u dubinu

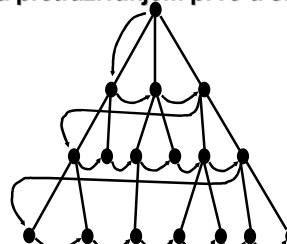


U stablu odlučivanja pretražuju se redom pravila od početnog po krajnje lijevoj grani, dok se ne postigne cilj. Ako cilj nije postignut u toj grani, program se vraća unatrag i pretražuje ostala pravila opet po krajnje lijevoj grani.

M. Zekić- Sušac, J. Mesarić

21

## Kontrola pretraživanjem prvo u širinu



U stablu odlučivanja pretražuju se redom pravila iste razine (horizontalno), dok se ne postigne cilj. Ako cilj nije postignut u toj razini, prelazi se na sljedeću razinu i nastavlja na isti način dalje.

M. Zekić- Sušac, J. Mesarić

22

## Induktivno rezoniranje u ekspertnim sustavima

U stvarnosti znanja se dobrim dijelom stiču indukcijom. Induktivno rezoniranje u ES potrebno je zbog toga što:

- ponekad u bazama znanja tek treba razviti pravila koja će se koristiti dedukcijom
- domena znanja je takva da ne pristaje u reprezentaciju na osnovu pravila ili predikata

**U induktivnom rezoniranju mora postojati skup reprezentativnih slučajeva za koje znamo cilj ili vrijednost odluke.**

M. Zekić- Sušac, J. Mesarić

23

## Tretiranje nejasnih i nepouzdatih znanja

- Probabilističke metode - Bayesova statistika
- **Fuzzy (neizravni) skupovi** i fuzzy logika

- Pripadnost nekog elementa skupu ne određuje se izrazito (pripada ili ne pripada), nego s pomoću vjerojatnosti (ili stupnja) pripadanja skupu.

- Primjer: odrediti fuzzy vrijednosti za varijablu "Da li je čovjek visok?"

Ako su moguće vrijednosti: DA ili NE (0 ili 1), to je klasičan skup vrijednosti.

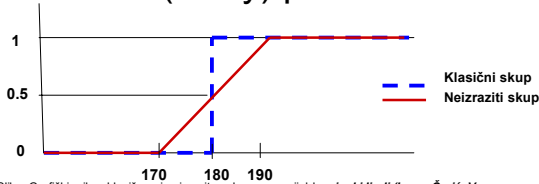
Ako su moguće vrijednosti: (0, 0.1, ..., 0.9, 1), to je neizravni (fuzzy) skup vrijednosti

- Upotreba fuzzy podataka se preporuča kada je znanje o procesu ili sustavu uglavnom iskustveno, oblikovano riječima i dano u obliku pravila

M. Zekić- Sušac, J. Mesarić

24

## Neizraziti (fuzzy) podaci



Slika. Grafički prikaz klasičnog i neizrazitog skupa za varijablu: visoki ljudi (Izvor: Čerić, Varga, 2004, str. 177)

Prema klasičnom skupu, varijabla visoki ljudi je definirana sa vrijednostima:

0 = ako je čovjek niži od 180 cm, 1= ako je čovjek viši od 180 cm

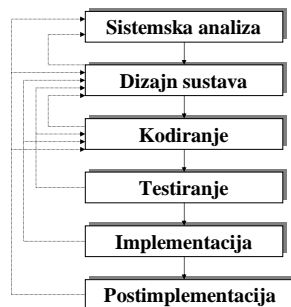
Prema neizrazitom skupu, varijabla visoki ljudi je definirana:

0 = ako je čovjek niži od 170 cm, 1= ako je čovjek viši od 190 cm, između 0 i 1 = ako je čovjek između 170 i 190 cm

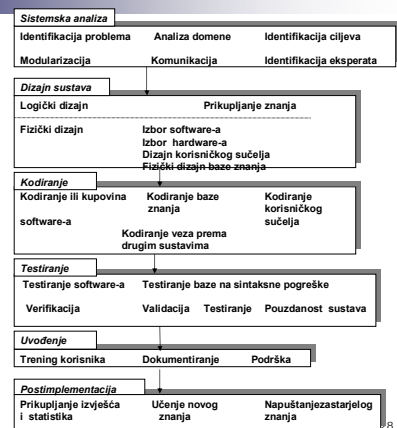
## Primjeri fuzzy podataka u poslovanju

- visina troškova proizvodnje (npr. odrediti granice za kategorije: niski, srednji, visoki)
- visina plaće ili honorara djelatnika (npr. odrediti granice za kategorije: niska, srednja, visoka)
- financijsko stanje tvrtke (npr. odrediti granice za kategorije: loše, osrednje, dobro)
- kvaliteta proizvoda (npr. odrediti granice za kategorije: niska, osrednja, visoka), itd.

## Faze razvoja ES-a



## Razvoj ES-a kroz faze



## Načini izgradnje ES-a

- Izraditi vlastiti sustav otpočetka ("from scratch") – dugotrajnije
- Koristiti gotove ljuske ES-a – alate koji nude gotovo korisničko sučelje, editore za upisivanje baze znanja, te izbor mehanizma zaključivanja i načina prikaza rezultata – brže i efikasnije rješenje

## Alati (ljuske) za razvoj ekspertnih sustava

Ljuska ES (ES Shell) je vrsta programskog alata koja pruža metodološki okvir za izgradnju ekspertnih sustava

- ljuske omogućuju korisniku da često i bez poznavanja prog. jezika izgradi ekspertni sustav koji rješava konkretan problem
- neke od njih generiraju aplikacije (exe, com) ili html dokumente koji omogućuju izvršavanje ES neovisno o platformi i na web-u

## Primjeri alata - ljuški ES

Jess, <http://herzberg.ca.sandia.gov/jess/index.shtml>

CLIPS, <http://www.ghg.net/clips/CLIPS.html>

XpertRule, <http://www.attar.com>

- ljuška za ekspertne sustave koji se koristi u elektroničkom poslovanju, elektroničkoj državnoj upravi i e-obrazovanju

ExSys Corvid, <http://www.exsys.com>

- ljuška ES za automatizaciju znanja koja u evaluacijskoj verziji omogućuje izgradnju ES te pokretanje na webu kao java runtime programa, dok u komercijalnoj verziji omogućuje i ugradnju u poslovnu aplikaciju

TexSys, <http://www.pmfst.hr/~stankov/texsys/index.html>

- inteligentna ljuška za ekspertne sustave kreirana na Fakultetu prirodoslovno-matematičkih znanosti i odgojnih područja u Splitu. Sadrži interaktivne upute za korištenje programa na Webu uz primjere.

## Kada ima smisla koristiti ES?

- Da li ići ili ne u nabavku ili izgradnju ES-a za rješavanje nekog problema?

Smjernice su sljedeće:

- 1) *potreba za rješenjem mora opravdati troškove ES-a*
- 2) nema raspoloživog eksperta za rješavanje tog problema u svim situacijama
- 3) problem se može riješiti koristeći tehnike simboličke logike (nije "računski" odnosno "numerički" problem)
- 4) problem je slabo strukturiran, a znanje o njemu je nesigurno i temelji se na iskustvu,
- 5) problem se ne može riješiti standardnim tehnikama
- 6) postoji ekspert koji želi surađivati u prenošenju svog znanja
- 7) problem koji treba riješiti je odgovarajuće veličine i raspona (traži specifično znanje, a ne općenito)

## Primjeri implementacije ekspertnih sustava

### Poslovno odlučivanje

- finansijski management
- računovodstvo
- upravljanje IS- om firme
- marketing istraživanje

### Industrija

- naftna industrija
- vođenje procesa

Kemijsko inženjerstvo  
Medicina (dijagnostika)  
Avioindustrija  
Vojne tehnologije  
Pravo  
Transport

### Primjeri poslovne upotrebe:

- odobravanje kredita u bankama
- detektiranje poslovnih teškoća tvrtke
- izbor lokacije poslovnog prostora
- izbor tehnologije, i dr.

### Trend razvoja ES-a:

prema sustavima za upravljanje  
znanjem (Knowledge Management)

## Literatura

Čerić, V., Varga, M. (ur.) Informacijska tehnologija u poslovanju, Element, Zagreb, 2004.

web izvori:

- A. Cawsey, Expert Systems, *Heriot Watt University*, [http://www.cee.hw.ac.uk/~alison/ai3notes/chapter2\\_5.html](http://www.cee.hw.ac.uk/~alison/ai3notes/chapter2_5.html), 09.05.2007.

Ljuske ES:

- ExSys, <http://www.exsys.com/demomain.html> - manji popis primjera za koje je moguće aktivirati demo verzije na Webu
  - ExSys, [http://www.exsys.com/app\\_indu.htm](http://www.exsys.com/app_indu.htm) - veći popis primjera s opisima, nije moguće aktivirati demo verzije
- XpertRule
- <http://www.attar.com/deploy/demos.htm>, primjeri upotrebe ove ljuške koji se mogu pokrenuti na Webu