

# Inteligentni sistemi

RAD U NEIZVESNOM OKRUŽENJU

# NEIZVESNO OKRUŽENJE

Tipovi neizvesnosti mogu biti:

- nepotpuno, neizvesno znanje (heurističko znanje nekog aspekta domena) – na primer, ekspert može da zna samo da izvestan skup pojava, činjenica, podrazumeva neki zaključak;
- neizvesni podaci – ako je i siguran u znanje, može da bude neizvesnosti u podatke koji opisuju spoljno okruženje (uzrok iz opažanja pojave);
- nepotpuna informacija – donošenje odluke na osnovu nepotpunih informacija;
- slučajnost – neke oblasti su po prirodi slučajne – iako je znanje i informacije potpune, a znanje sigurno, domen poseduje stohastička svojstva

# NEIZVESNO OKRUŽENJE

- Rezonovanje zasnovano na predikatskoj logici je poželjno zbog svoje preciznosti i strogosti izvođenja. Izvedena istina ne dovodi do kontradikcije, ako ona ne postoji unutar aksioma.
- Stoga je karakteristika predikatske logike monotono rezonovanje, jer se broj informacija koje su poznate u bilo kom trenutku vremena stalno povećava, nikad ne smanjuje.
- Međutim, postoje problemi u kojima se ova logika ne može primeniti:
  - raspoložive informacije često nepotpune ili nesigurne
  - uslovi se menjaju tokom vremena
  - postoji često potreba da se učine efikasne, ali moguće neispravne odluke kada se se dođe u ćorsokak

# Nemonotono rezonovanje

- Uvodi se probno poverenje koje se zasniva na implicitnim pretpostavkama koje se usvajaju u odsustvu suprotnih činjenica
- Let avionom - putnik ima poverenje u pilota, ako nema suprotnih činjenica - nemonotono rezonovanje se zasniva na ovom konceptu.
- Nemonotono rezonovanje je praćeno skupom probnih poverenja i revidira neka poverenja kada se dođe do novih saznanja.
- Ovo rezonovanje uključuje:
  - premise - koje su uvek tačne, kao ranije posmatrane aksiome,
  - probna poverenja - koja mogu potencijalno da budu netačne, jer proizilaze iz pretpostavki,
  - zapis zavisnosti - poverenje i njegovo opravdanje: činjenica, druga poverenja i zaključci, koji su korišćeni da se proizvede dato probno poverenje

# TMS

- **Truth Maintenance System - TMS - sistem za održavanje istinitosti**
- TMS radi kao sistem za upravljanje bazom znanja i poziva se svaki put kada sistem rezonovanja generiše novi zaključak.
- Primenjujući reviziju poverenja, preuzima akcije za modifikaciju zavisnih poverenja da bi održao konzistentnost baze znanja.
- Ovaj sistem ima pasivnu ulogu. On nikad ne inicira generisanje novih zaključaka, već stoji na raspolaganju programu ili programima koji vrše stvarno zaključivanje, pa je uloga TMS-a održavanje interne konzistentnosti stavova korišćenih od strane drugih programa.
- Nikad ne inicira generisanje novih zaključaka.

# REZONOVANJE NA OSNOVU FAKTORA IZVESNOST

- Model faktora izvesnosti bio je najpre razvijen u ekspertskom sistemu Mycin, MIT.
- Pomoću njega se kvantifikuje stepen poverenja u neki zaključak (hipotezu) na osnovu datog skupa događaja, pojava, činjenica, opažanja.
- Definišu se dva pojma **MB(h,e)** i **MD(h,e)**, koja predstavljaju subjektivne verovatnoće.
- Umesto tradicionalnih metoda verovatnoće, teško da se tačno procene - Bayes'ovo pravilo

# REZONOVANJE NA OSNOVU FAKTORA IZVESNOST

- Svakom pravilu u sistemu se dodeljuje faktor izvesnosti koji se zasniva na ekspertskoj proceni i intuiciji - CF i komponenta faktora izvesnosti.
- Pravila moraju da budu tako strukturirana da bilo koje pravilo doprinosi poverenju ili nepoverenju u dati zaključak. Komponenta faktora izvesnosti se dobija na sledeći način:

$$CF_{comp}(h,e) = MB_{comp}(h,e) - MD_{comp}(h,e)$$

- Izračunavanje kumulativnog faktora izvesnosti je potrebno kada ima više pravila koja doprinose za ili protiv zaključka. Moraju se računati kumulativne vrednosti i za MB i MD.

# REZONOVANJE NA OSNOVU FAKTORA IZVESNOST

- Najpre se MB i MD inicijalizuju na nulu, a zatim se inkrementalno uključuju efekti svakog primenjivanog pravila. Svaki put kada se razmatra dodatno pravilo, izračunavaju se nove vrednosti za MB i MD na osnovu efekta novog pravila uz postojeće vrednosti.
- Kombinovanje se može izvesti na osnovu ograničenja da je skup opažanja koji se postoji međusobno nezavisan. Ako su međusobno zavisni, tada se moraju desiti u istom pravilu. Elementi posmatranja su  $s_1$ , koji može da predstavlja skup pravila čije je kumulativno dejstvo ranije razmatrano, i  $s_2$ , koji predstavlja novo pravilo čije efekte treba dodati na postojeće kumulativno poverenje



# REZONOVANJE NA OSNOVU FAKTORA IZVESNOST

- Ako postoji neizvesnost u pogledu uslova, tada CF koje je pridruženo pravilu nije u potpunosti primenjivo, pa se CF mora revidirati.
- Izračunavanje se zasniva na CF koje opisuje stepen poverenja u zahtevane uslove, t.j. opažanja za pravilo:
  - Postoji manje ukupno poverenje u opažanje kada se ono dostavlja sistemu. Na primer, opažanje je zaključak testa sa pomešanim rezultatima.
  - Opažanje je zaključak koji je proizašao iz izvršavanja drugog pravila sa nekim CF.

# REZONOVANJE NA OSNOVU FAKTORA IZVESNOST

1. Opseg vrednosti parametara su:

$$0 \leq MB(h,e) \leq 1$$

$$0 \leq MD(h,e) \leq 1$$

$$-1 \leq CF(h,e) \leq 1$$

2. Ako se radi o uzajamno isključivim hipotezama, tada je:

$$P(h/e)=1: MB(h,e)=1, MD(h,e)=0, CF(h,e)=1,$$

$$P(\sim h/e)=1: MB(h,e)=0, MD(h,e)=1, CF(h,e)=-1$$

# REZONOVANJE NA OSNOVU FAKTORA IZVESNOST

3. Ako postoji odsustvo opažanja:

$MB(h,e)=0$  – ako  $e$  ne potvrđuje  $h$ ,

$MD(h,e)=0$  – ako  $e$  ne osporava  $h$ ,

$CF(h,e)=0$  – ako  $e$  niti ne potvrđuje niti  
osporava  $h$

# REZONOVANJE NA OSNOVU FAKTORA IZVESNOST

Za kumulativni faktor izvesnosti:

$$CF(h,eh) = MB(h,ez) - MD(h,ep)$$

važi:

- $h$  – hipoteza koja se posmatra,
- $eh$  – sva opažanja vezana za hipotezu  $h$  koja su uzeta u obzir do posmatranog trenutka,
- $CF(h,eh)$  – kumulativni faktor izvesnosti za zaključak (hipotezu)  $h$  uz data opažanja  $eh$ ,
- $ez$  – opažanja koja podržavaju  $h$ ,
- $ep$  – opažanja koja osporavaju  $h$ ,
- $MB(h,ez)$  – kumulativna mera poverenja u  $h$  na bazi  $ez$ ,
- $MD(h,ep)$  – kumulativna mera nepoverenja u  $h$  na bazi  $ep$ .

# REZONOVANJE NA OSNOVU FAKTORA IZVESNOST

- Za kumulativni faktor izvesnosti mogu se izvesti sledeći zaključci:

1. Ako postoje dva izvora opažanja definiše se inkrementalno poverenje:

$$MB(h, e_1 \wedge e_2) = 0 \text{ ako je } MD(h, e_1 \wedge e_2) = 1,$$

$$MB(h, e_1 \wedge e_2) = MB(h, e_1) + MB(h, e_2)(1 - MB(h, e_1))$$

2. U slučaju konjunkcije zaključaka, odnosno hipoteza:

$$MB(h_1 \wedge h_2, e) = \min(MB(h_1, e), MB(h_2, e))$$

$$MD(h_1 \wedge h_2, e) = \max(MD(h_1, e), MD(h_2, e))$$

# REZONOVANJE NA OSNOVU FAKTORA IZVESNOST

3. U slučaju disjunkcije zaključaka, odnosno hipoteza:

$$MB(h_1 \vee h_2, e) = \max(MB(h_1, e), MB(h_2, e))$$

$$MD(h_1 \vee h_2, e) = \min(MD(h_1, e), MD(h_2, e))$$

4. Jačina opažanja:

$$MB(h, e) = MB'(h, e) * \max(0, CF(e, ea))$$

$$MD(h, e) = MD'(h, e) * \max(0, CF(e, ea))$$

gde važi

$MB'(h, e)$  -  $MB$ (zaključka), pri potpunom poverenju u  $e$ ,

$CF(e, ea)$  – stvarno poverenje u  $e$  ustanovljeno prethodnim opažanjem  $ea$

# REZONOVANJE NA OSNOVU FAKTORA IZVESNOST - primer

- Pregledom automobila ustanovljeno je sledeće:
  - 1.problem zahteva hitnu popravku (izvesnost 0.8)
  - 2.kvar je na električnoj instalaciji (0.6)
  - 3.postoji kratak spoj na instalaciji (0.4)
  - 4.kvar je u računaru za kontrolu ubrizgavanja (0.2)
- Odrediti faktor izvesnosti zaključka: kvar je u električnoj instalaciji i potrebno ga je hitno popraviti i problem je kratak spoj ili kvar računara ako postoji opažanje e.

# REZONOVANJE NA OSNOVU FAKTORA IZVESNOST - primer

- $MB(h2 \wedge h1 \wedge (h3 \vee h4)) = \min( MB(h2), MB(h1), \max[ MB(h3), MB(h4)] ) =$   
 $= \min( 0.6, 0.8, \max[ 0.4, 0.2] )$   
 $= 0.4$
- $MD(h2 \wedge h1 \wedge (h3 \vee h4)) = 0$  jer su mere nepoverenja u pretpostavke jednake 0.
- Faktor izvesnosti zaključka je:  
 $CF(z) = MB(z) - MD(z) = MB(z) = 0.4.$



# REZONOVANJE NA OSNOVU FAKTORA IZVESNOST - primer

- Data su sledeća pravila iz ekspertskog sistema za dijagnozu električnih problema:
- Pravilo 1: IF  
postoji izveštaj o sistemskoj grešci i matična ploča je prikazala nedozvoljeni napon  
THEN  
(0,7) postoji problem u napajanju matične ploče
- Pravilo 2: IF  
postoji problem u napajanju matične ploče, CPU port je zatvoren, i napon na ulazu u CPU je manji od 4,5V  
THEN  
(0,9) napajanje CPU je otkazao
- Pravilo 3: IF  
CPU ne odgovara na komande i postoji izveštaj o sistemskoj grešci  
THEN  
(0,4) CPU port je zatvoren
- Pravilo 4: IF  
postoji izveštaj o sistemskoj grešci i matična ploča je izvor greške  
THEN  
(0,6) postoji problem u napajanju matične ploče

# REZONOVANJE NA OSNOVU FAKTORA IZVESNOST - primer

Takođe, data su sledeća opažanja, od kojih je svako poznato sa potpunom izvesnošću:

- e1 – postoji izveštaj o sistemskoj grešci,
- e2 – CPU ne odgovara na komande,
- e3 – napon na ulazu u CPU je 3,8V,
- e4 – matična ploča je izvor greške.

Naći faktor izvesnosti sa kojim se može zaključiti da je otkazalo CPU napajanje

# REZONOVANJE NA OSNOVU FAKTORA IZVESNOST - primer

- Na osnovu ranije donetih zaključaka sledi

$$MB(Cf, c1 \wedge c2 \wedge c3) = MB'(Cf, c1 \wedge c2 \wedge c3) * \max(0, CF(c1 \wedge c2 \wedge c3, ep))$$

gde je

- Cf – faktor izvesnosti da je otkazalo CPU napajanje,
- c1 – postoji problem u napajanju matične ploče,
- c2 – CPU port je zatvoren,
- c3 – napon na ulazu u CPU je manji od 4,5V

# REZONOVANJE NA OSNOVU FAKTORA IZVESNOST - primer

- za  $c_1$ :
- (1)  $CF_{c_1} = 0,7$        $MB_{c_1} = 0,7$
- (4)  $CF_{c_1} = 0,88$        $MB_{c_1} = 0,7 + 0,6(1-0,7)$   
 $= 0,88$
- Za  $c_2$ :
- (3)  $CF_{c_2} = 0,4$        $MB_{c_2} = 0,4$
- Za  $c_3$ :
- $CF_{c_3} = 1,0$        $MB_{c_3} = 1$

# REZONOVANJE NA OSNOVU FAKTORA IZVESNOST - primer

- $MB'(Cf, c1 \wedge c2 \wedge c3) = 0,9$
- $CF(c1 \wedge c2 \wedge c3, ep) = \min(CF(c1, ep), CF(c2, ep), CF(c3, ep)) = \min(0,88, 0,4, 1,0) = 0,4$
- $MB(Cf, c1 \wedge c2 \wedge c3) = 0,9 * \max(0, 0,4) = 0,36$
- $CF(Cf, c1 \wedge c2 \wedge c3) = MB(Cf, c1 \wedge c2 \wedge c3) - MD(Cf, c1 \wedge c2 \wedge c3) = 0,36 - 0 = 0,36$