Zadatak 4: Članovi planinarskog društva

Razmotrimo sledeću situaciju: Toša, Mika i Jova članovi su planinarskog društva. Svaki član planinarskog društva koji nije skijaš je planinar. Planinari ne vole kišu, a svako ko ne voli sneg ne voli ni skijanje. Mika ne voli ništa što Toša voli i voli sve što Toša ne voli. Toša voli kišu i sneg.

a) Predstaviti ovu situaciju produkcionim sistemom pogodnim za zaključivanje ulančavanjem unazad.

b) Kakav je odgovor na pitanje: *Da li postoji neki član planinarskog kluba koji je planinar a nije skijaš?*

Rešenje

a) Koristićemo sledeće predikate:

- Član(x) važi ako je osoba x član planinarskog društva
- Skijaš(x) označava da osoba x skija
- Planinar(x) označava da je osoba x planinar
- Voli(x,y) označava da osoba x voli y, gde y može biti Kiša ili Sneg.

U postavci su navedene sledeće činjenice:

Član(Toša)

Član(Mika)

Član(Jova)

Voli(Toša,Kiša)

Voli(Toša,Sneg)

Postavkom su definisana sledeća pravila:

- Svaki član društva koji nije skijaš je planinar (podsetimo se da su promenljive u pravilima univerzalno kvantifikovane):

  P1. if Član(x) and not Skijaš(x) then Planinar(x)

- Planinari ne vole kišu. U ovom slučaju u zaključku pravila nalaziće se negacija predikata. Negacija se, prema tome, utvrđuje eksplicitno ne oslanjajući se na pretpostavku o zatvorenom svetu.

  P2. if Planinar(y) then not Voli(y,Kiša)

- Svako ko ne voli sneg, ne voli ni skijanje. U prevodu ćemo formulaciju 'voleti skijanje' prevesti predikatom Skijaš jer to odgovara smislu iskaza.

  P3. if not Voli(z,Sneg) then not Skijaš(z)

- Mika ne voli ništa što Toša voli.

  P4. if Voli(Toša,v) then not Voli(Mika,v)

- Mika voli sve što Toša ne voli.

  P5. if not Voli(Toša,w) then Voli(Mika,w)

b) Upit glasi (promenljiva t je egzistencijalno kvantifikovana):

Član(t) and Planinar(t) and not Skijaš(t).

Polazimo od datog cilja pokušavajući da ga zadovoljimo činjenicama:

1. Predikat Član(t) se prvi razmatra i zadovoljava prvom činjenicom pri čemu je t = Toša.

2. Razmatra se predikat Planinar(Toša). Nijedna činjenica ga ne zadovoljava pa se bira pravilo P1 koje u zaključku ima ovaj predikat pri čemu je x= Toša.

3. Prvi predikat iz preduslova pravila P1 je Član(Toša) i zadovoljen je istoimenom činjenicom.

4. Drugi stav preduslova pravila P1 koji glasi not Skijaš(Toša) ne nalazi se među činjenicama pa se razmatra pravilo P3 za z=Toša.

5. Preduslov pravila P3, koji glasi not Voli(Toša,Sneg) nije ispunjen jer se među činjenicama nalazi Voli(Toša,Sneg). Prema tome, pravilo P3 nije zadovoljeno, kao ni pravilo P1 pa ne važi Planinar(Toša). Moramo se dakle vratiti na prvi stav upita da bismo razmotrili alternativni način zadovoljavanja cilja.

6. Ciljni predikat Član(t) zadovoljava se za t = Mika postojanjem istoimene činjenice.

7. Razmatra se sledeći ciljni predikat Planinar(Mika) i preduslov pravila P1.

8. Važi da je Član(Mika) pa ostaje da se razmotri predikat not Skijaš(Mika) i pravilo P3.

9. Razmatra se not Voli (Mika, Sneg). Odgovarajuće činjenice nema, pa se razmatra pravilo P4 za v= Sneg.

10. Razmatra se preduslov pravila P4, predikat Voli(Toša,Sneg). Baza znanja poseduje odgovarajuću činjenicu, pa zaključujemo da je ovaj predikat zadovoljen a time i pravila P4, P3 i P1 respektivno, kao i ciljni predikat Planinar(Mika).

11. Razmatra se poslednji ciljni predikat not Skijaš(Mika). Ukoliko se pri zaključivanju primenjuje pamćenje zaključaka, odmah bi se pronašao odgovarajući predikat među činjenicama jer je to bio zaključak zadovoljenog pravila P3. Ukoliko nema pamćenja zaključaka, ponovilo bi se razmatranje pravila P3 i ponovo zaključilo da je ono zadovoljeno. Prema tome, polazni upit zadovoljen je za t = Mika.

Zadatak 5: Latisa odlučivanja i I-ILI-NE latisa

Dati produkcioni sistem predstaviti u obliku:

a) I-ILI-NE (engl. *AND-OR-NOT*) latise
b) latise odlučivanja

R1: if a and d and not e then r

R2: if not a and not c and q then s

R3: if not a and p then t

R4: if a and d and e then u

R5: if a and q then u

R6: if not a and not b and c then v

R7: if b and c then p

R8: if not c and d then p

R9: if not d then q

Rešenje

a) Da bismo za dati produkcioni sistem odredili AND-OR-NOT latisu, interpretiraćemo pravila kao logičke funkcije. Predikati koji se pojavljuju u pretpostavkama pravila predstavljaju nezavisno promenljive ovih funkcija, a predikati iz zaključaka zavisno promenljive. Upotrebljavajući notaciju za logičke funkcije, zadati predikcioni sistem opisan je sledećim skupom funkcija:

$r = a \wedge d \wedge \neg e$

$s = \neg a \wedge \neg c \wedge q$

$t = \neg a \wedge p$

$u = (a \wedge d \wedge e) \vee (a \wedge q)$

$v = \neg a \wedge \neg b \wedge c$

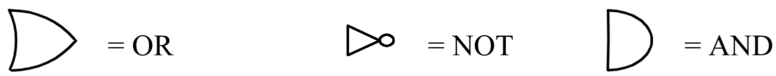
$p = (b \wedge c) \vee (\neg c \wedge d)$

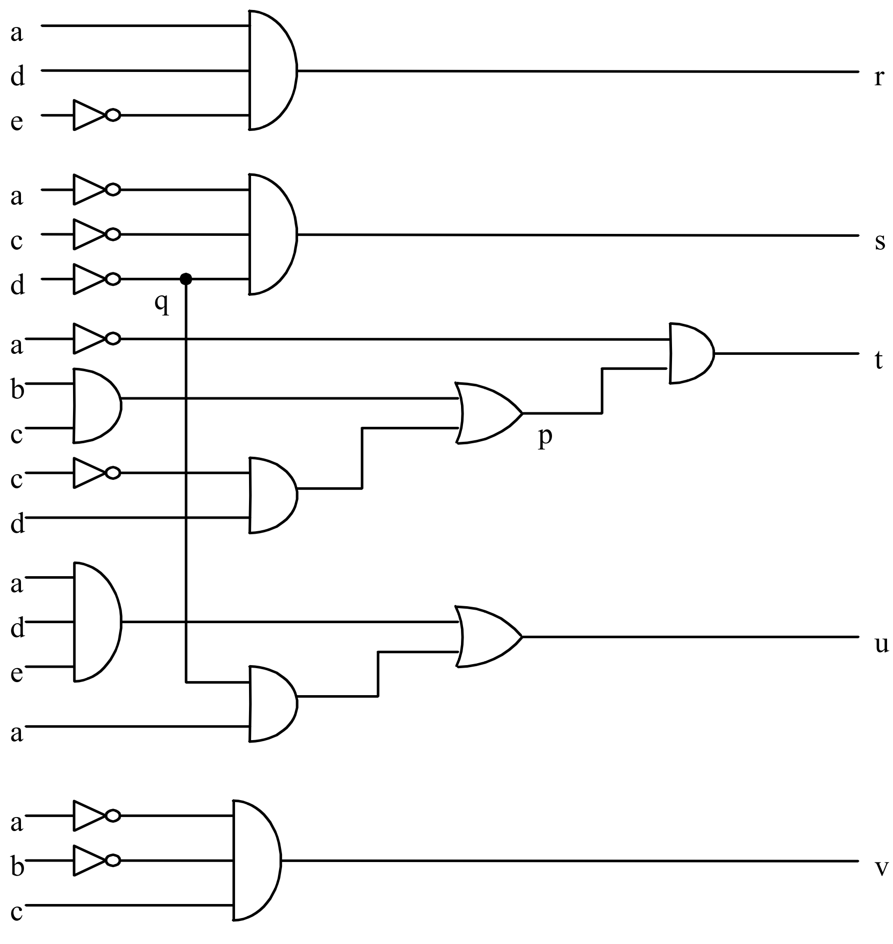
$q = \neg d$

Treba primetiti da se predikat u pojavljuje kao zaključak u dva pravila, R4 i R5. Isto to važi i za predikat p. Jedinstvena funkcija za svaki od ovih predikata dobijena je objedinjavanjem funkcija za svako od pravila korišćenjem logičke operacije ILI, s obzirom na to da se istinitost predikata može utvrditi ili jednim ili drugim pravilom.

AND-OR-NOT latisa za dati produkcioni sistem predstavlja se u vidu kombinacione mreže (prikazane na slici 1) koja realizuje napred navedeni skup logičkih funkcija. Ulazi mreže su predikati-pretpostavke, a izlazi mreže označeni su ciljnim predikatima. Upotrebljene su standardne oznake za logičke elemente koji realizuju pojedine logičke funkcije. Međupredikati p i q su označeni na unutrašnjim linijama mreže, na onim mestima gde je realizovana njihova funkcija. Bez dodatnog elementa koji se odnosi na logičku funkciju not, AND-OR-NOT (i uz različitu grafičko predstavljanje čvorova) latise se pokalpaju sa AND-OR acikličkim grafovima iz poglavlja o pretraživanju. Svaki konektor AND-OR grafa ovde se predstavlja logičkim I elementom, a logičkim ILI elementom predstavljeni su čvorovi AND-OR grafa u kojima se stiče više konektora. Postoji i razlika u orijentaciji grafičke predstave: kod AND-OR grafa cilj je na vrhu slike, a listovi su dole, dok se kombinaciona mreža po konvenciji predstavlja tako da levo budu ulazi (dakle pretpostavke), a desno izlazi (ciljevi).

Predstava produkcionog sistema putem AND-OR-NOT latise omogućava maksimalnu paralelizaciju postupka zaključivanja; mogu se zamisliti i realizacije ovako predstavljenog produkcionog sistema u integrisanim kolima za primenu u sistemi za odlučivanje u realnom vremenu.





Slika 1

b) Latisa odlučivanja može se konstruisati za dati produkcioni sistem primenom sledećeg algoritma:

1. Za svako pravilo koje u zaključku ima ciljni predikat (takozvano dijagnostičko pravilo), zameniti u preduslovu toga pravila sve pojave međupredikata preduslovima pravila koja u zaključcima imaju te međupredikate. Ako za neki međupredikat postoji više pravila koja ga imaju u zaključku, za svako od takvih pravila napraviti po jednu

verziju dijagnostičkog pravila. Ovaj postupak se zove *sažimanje pravila* (engl. *rule collapsing*) i sam za sebe predstavlja jedan od postupaka kompilacije produkcionog sistema.

2. Izabrati predikat P koji najbolje zadovoljava sledeće uslove:

- predikat P ili njegova negacija not P pojavljuju se u preduslovima što većeg broja pravila
- negacija predikata pojavljuje se u pravilima približno isti broj puta koliko i sam predikat

3. Podeliti pravila u dve grupe. U prvu grupu idu sva pravila u kojima se pojavljuje predikat P, a u drugu sva pravila u kojima se pojavljuje not P. Pravila u kojima se ne pojavljuje ni P ni not P moraju se iskopirati u obe grupe. Posle ove podele, iz svih pravila u obe grupe ukloniti iz preduslova P i not P.

4. Polazni produkcioni sistem pridružen je korenu latise odlučivanja. Ovom čvoru pridružuje se i pitanje (koje se postavlja korisniku prilikom zaključivanja uz koriščenje latise) o istinitosnoj vrednosti predikata P. Čvoru nasledniku korenog čvora za istinito P pridružena je prva grupa pravila iz tačke 3., a nasledniku za neistinito P druga grupa pravila.

5. Za svaku od dobijenih grupa ponaosob primeniti korake 2. do 4., zatim isto uraditi sa novodobijenim grupama itd. Postupak se okončava kada se iz pravila potpuno eliminišu preduslovi i ostanu samo zaključci. Ovi zaključci odgovaraju listovima (čvorovima bez naslednika) latise odlučivanja. Ako se u toku postupka deljenja dobije grupa pravila G identična sa grupom G' u nekom od već postojećih čvorova latise odlučivanja, za grupu G se ne pravi poseban čvor već se uzima čvor grupe G' (na osnovu ovoga pravila konačna struktura predstavlja aciklički graf, a ne stablo).

U datom produkcionom sistemu predikati a, b, c, d i e su pretpostavke (prema tome, u toku zaključivanja biće postavljana pitanja o njihovoj istinitosnoj vrednosti), predikati p i q su međupredikati, a predikati r, s, t, u i v predstavljaju ciljne predikate.

Produkcioni sistem koji se dobija sažimanjem datog sistema eliminacijom predikata p i q (1. koraka algoritma) odgovara korenu n_1 latise odlučivanja (slika 2).

Produkcioni sistem n_1:

if a and d and not e then r

if not a and not c and not d then s

if not a and b and c then t

if not a and not c and d then t

if a and d and e then u

if a and not d then u

if not a and not b and c then v

Dobijena su dva nova pravila koja odgovaraju originalnom pravilu R3. U prvom od njih zamenjen je predikat p preduslovom originalnog pravila R7, a u drugom predikat p zamenjen je preduslovom originalnog pravila R8. Pošto je pretpostavljeno da međupredikati p i q nisu od značaja korisniku, uklonjena su posle sažimanja pravila R7, R8 i R9.

Za prvu deobu pravila (korak 2. algoritma) izabran je predikat a koji se posle deobe uklanja iz svih pravila (korak 3. algoritma). Dobijaju se sledeće grupe koje odgovaraju istoimenim čvorovima latise sa slike 2:

Grupa n_2 odgovara pravilima u kojima se pojavljivalo a:

> if d and not e then r
>
> if d and e then u
>
> if not d then u

Grupa n_3 odgovara pravilima u kojima se pojavljivalo not a:

> if not c and not d then s
>
> if b and c then t
>
> if not c and d then t
>
> if not b and c then v

Grupu n_2 najzgodnije je podeliti na osnovu predikata d čime se (posle uklanjanja d i not d) dobijaju grupe n_4 i u (koja sadrži samo zaključak u kao činjenicu pa je po njemu i nazvana), a grupu n_3 na osnovu predikata c čime se dobijaju n_5 i n_6:

Grupa n_4 (pravila sa d):

> if not e then r
>
> if e then u

Grupa u (pravila sa not d):

> u

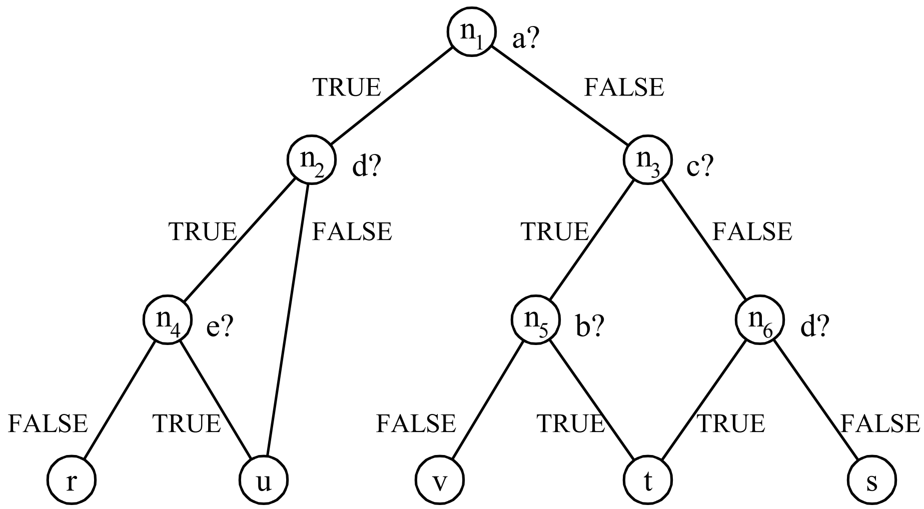
Grupa n_5 (pravila sa c):

> if b then t
>
> if not b then v

Grupa n_6 (pravila sa not c):

> if not d then s
>
> if d then t

U grupi u nema više pravila sa preduslovima, ostao je samo zaključak u tako da tu grupu više nije potrebno deliti. Grupe n_4, n_5 i n_6 dele se na osnovu predikata e, b i d respektivno pri čemu se dobijaju konačne grupe koje sadrže samo zaključke - listovi grafa sa slike 2.


n1 a?
TRUE
FALSE
n2 d?
n3 c?
TRUE
FALSE
TRUE
FALSE
n4 e?
n5 b?
n6 d?
FALSE
TRUE
FALSE
TRUE
TRUE
FALSE
r
u
v
t
s

Slika 2