

UMJETNA INTELIGENCIJA — popravni kolokvij

9. 2. 2015.

1. (25) Zadana je $n \times n$ mreža koja se sastoji od n^2 kvadratnih polja. U početnom trenutku n vozila nalazi se u najdonjem redu mreže na poljima od $(1, 1)$ do $(n, 1)$. Sva vozila treba pomaknuti na najgornji red mreže, ali tako da budu poredana u **obratnom** poretku, tj. vozilo i , koje kreće s polja $(i, 1)$, mora završiti na polju $(n - i + 1, n)$. U bilo kojem vremenskom koraku, svako od n vozila može ostati na **istom** mjestu, ili se može pomaknuti za **jedno** polje gore, dolje, lijevo ili desno (unutar zadane mreže). U istom trenutku, na bilo kojem polju (x, y) može biti najviše **jedno** vozilo. Cijena svakog pravog pomaka jednog vozila jednaka je 1. U protivnom, ako vozilo ostaje na istom mjestu, cijena je 0. U nekom vremenskom koraku, ukupna cijena za svih n vozila je zbroj cijena po svim vozilima. Funkcija “sljedbenik” (succ) opisuje sva moguća stanja nakon jednog vremenskog koraka.

- (a) Formulirajte ovaj problem kao problem pretraživanja i navedite neko označavanje stanja s . Koliki je (približno) ukupan broj mogućih stanja u ovom problemu? Koliko (približno) sljedbenika ima neko “opće” stanje s , tj. koliki je faktor grananja b za ovaj problem? “Približno” znači da je dovoljno navesti samo **dominantni** ili vodeći član u pripadnom izrazu.
- (b) Nacrtajte prostor svih mogućih stanja za $n = 2$, označite početno i ciljno stanje, te cijene “grana” između susjednih stanja (grane za ostanak u istom stanju ne treba označiti).

U nastavku zadatka promatramo usmjereno ili informirano pretraživanje strategijom “najbolji prvi” u ovom problemu. Teorijska pitanja:

- (c) Što su značenja funkcija f , g i h u algoritmima tog tipa i na što se svode ovi algoritmi ako uzmemo $g = 0$, odnosno, $h = 0$, u svakom mogućem argumentu ovih funkcija?
- (d) Što znači da je heuristika h **dopustiva**, a što znači da je heuristika h **konzistentna** i koje to veze ima s A^* algoritmom?

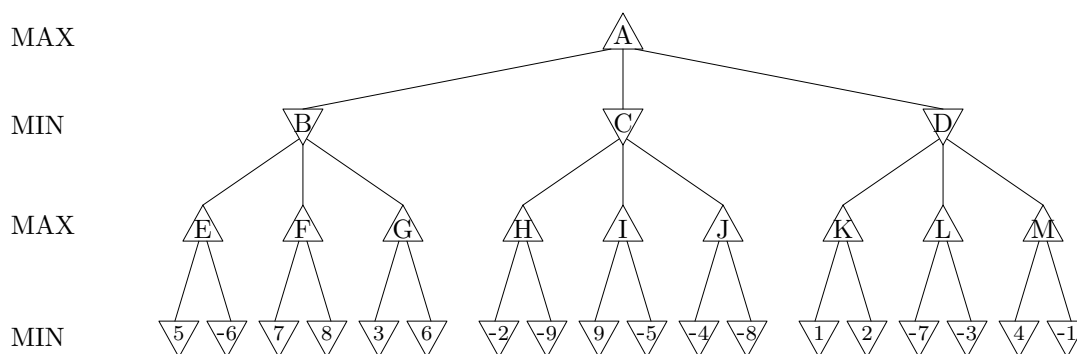
Pretpostavimo da se u nekom trenutku vozilo i nalazi na polju (x_i, y_i) .

- (e) Napišite netrivialnu **dopustivu** heuristiku h_i za cijenu puta tog vozila do njegovog ciljnog polja $(n - i + 1, n)$, uz pretpostavku da **nema** drugih vozila na zadanoj mreži.
- (f) Koje od sljedećih heuristika su **dopustive** za problem pomaka **svih** n vozila na njihove ciljeve (precizno obrazložite odgovor):

$$\sum_{i=1}^n h_i, \quad \max\{h_1, \dots, h_n\}, \quad \min\{h_1, \dots, h_n\} ?$$

OKRENITE OVAJ LIST!

2. Na sljedećoj slici zadano je stablo igre za dva igrača MAX i MIN.
(15)



Ukratko objasnite optimalnu strategiju igre za svakog igrača i napišite rekurzivnu definiciju za minimax vrijednost bilo kojeg čvora.

- (a) Nađite minimaks vrijednosti svih nezavršnih čvorova, garantirani dobitak za MAX i označite optimalne poteze za oba igrača.

U nastavku koristimo minimaks algoritam s α - β podrezivanjem, uz pretpostavku da algoritam na danoj dubini pretražuje čvorove slijeva udesno, prema slici.

- (b) Za svako “podrezano” (preskočeno) stablo navedite oznake oba čvora grane koja vodi do tog stabla — njegovog korijena (ili vrijednost u korijenu, ako je korijen završni čvor) i roditelja tog čvora, pripadni tip podrezivanja (α ili β) i ukratko objasnite zašto je podrezano.

3. Uvedite tri predikata *Govori*, *Razumije* i *Prijatelj*, koji opisuju sljedeće relacije:
(20) neka osoba govori neki jezik, neka osoba razumije drugu, neka osoba je prijatelj drugoj. U terminima logike prvog reda (logike predikata) zapišite sljedeće rečenice (izjave):

- (a) Dvije osobe koje govore isti jezik, razumiju jedna drugu.
(b) Ako jedna osoba razumije drugu, onda je prva prijatelj drugoj.
(c) Prijateljstvo je tranzitivna relacija.

Ukratko opišite što je unifikacija dviju rečenica p i q , što je definitna klauzula i kako se zapisuje u obliku implikacije, koje pravilo zaključivanja se koristi za baze znanja s takvim klauzulama, i opišite to pravilo.

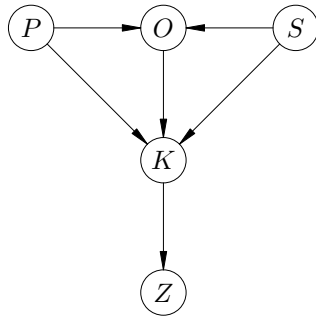
Pretvorite navedena tri aksioma u ekvivalentnu bazu znanja koja sadrži samo definitne klauzule (može u obliku implikacije). Poznato je još da Ana i Boris govore francuski, te da Boris i Nina govore njemački.

- (d) Zapišite ove činjenice zadanim predikatima i metodom ulančavanja unaprijed (FC) dokažite da je Ana prijateljica Nini. Za svaki korak zaključivanja navedite aksiome i činjenice koje koristite, navedite pripadne unifikacije i zaključak.

NASTAVAK NA SLJEDEĆEM LISTU!

4. Ukratko definirajte sintaksu **Bayesove mreže** za skup od n slučajnih varijabli
 (25) X_1, \dots, X_n , te navedite globalnu (numeričku) i lokalnu (topološku) semantiku mreže. Što je Markovljevo pokrivač nekog čvora X_i i koja je njegova veza s uvjetnom nezavisnošću čvorova u mreži?

Na sljedećoj slici prikazana je Bayesova mreža koja opisuje neki pravni proces s 5 Booleovih varijabli: P = prekršio zakon, O = optužen, S = zlonakloni sudac, K = proglašen krivim, Z = zatvoren. Oznake za vrijednosti su d = da, n = ne, a malo slovo imena neke varijable označava da je njezina vrijednost jednaka d .



P	O	S	$\mathbf{P}(k P, O, S)$
d	d	d	0.9
d	d	n	0.8
d	n	d	0.0
d	n	n	0.0
n	d	d	0.2
n	d	n	0.1
n	n	d	0.0
n	n	n	0.0

P	$\mathbf{P}(P)$	S	$\mathbf{P}(S)$	P	S	$\mathbf{P}(o P, S)$	K	$\mathbf{P}(z K)$
d	0.9	d	0.1	d	d	0.9	d	0.9
n	0.1	n	0.9	d	n	0.5	n	0.0
				n	d	0.5		
				n	n	0.1		

Odgovarajuće uvjetne distribucije vjerojatnosti za negirane vrijednosti ($\neg o$, $\neg k$, $\neg z$) su komplementarne, tako da je suma jednaka 1.

- (a) Možemo li izravno iz **strukturu** mreže (ignorirajući tablice) zaključiti da vrijedi odgovarajuća jednakost (obrazložite svaki odgovor):
- (1) $\mathbf{P}(P, O, S) = \mathbf{P}(P) \mathbf{P}(O) \mathbf{P}(S)$,
 - (2) $\mathbf{P}(Z | K) = \mathbf{P}(Z | K, O)$,
 - (3) $\mathbf{P}(S | K, P, O) = \mathbf{P}(S | K, P, O, Z)$?
- (b) Izračunajte vjerojatnost $P(p, o, \neg s, k, z)$.
- (c) Izračunajte vjerojatnost da osoba završi u zatvoru, s tim da znamo da je prekršila zakon, optužena i ima zlonaklonog suca.
- (d) Kako biste efikasno izračunali a priori distribuciju vjerojatnosti da osoba završi u zatvoru? Ne treba izračunati tu distribuciju, već samo opisati postupak.
- (e) Ukratko opišite kako radi metoda **težinske izglednosti** (vjerodostojnosti) za statističko zaključivanje i objasnite računanje težina. Poznato je da sve varijable, osim Z , imaju vrijednost d . Što se uzorkuje i koja je težina tog uzorka?

OKRENITE OVAJ LIST!

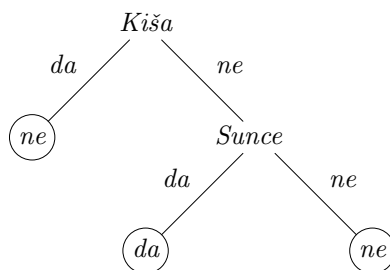
5. Promatramo problem odlučivanja treba li određenog dana ići na piknik ili ne, ovisno o vrijednostima 5 Booleovih atributa koji opisuju taj dan. Obje vrijednosti (*da*, *ne*) svakog pojedinog atributa su jednako vjerojatne. Zadan je sljedeći skup od 6 podataka P_i za učenje:

	<i>Kiša</i>	<i>Sunce</i>	<i>Toplo</i>	<i>Ljeto</i>	<i>Nedjelja</i>	<i>Piknik</i>
P_1	<i>da</i>	<i>ne</i>	<i>ne</i>	<i>ne</i>	<i>ne</i>	<i>ne</i>
P_2	<i>ne</i>	<i>da</i>	<i>ne</i>	<i>ne</i>	<i>da</i>	<i>da</i>
P_3	<i>ne</i>	<i>da</i>	<i>da</i>	<i>da</i>	<i>da</i>	<i>ne</i>
P_4	<i>ne</i>	<i>da</i>	<i>da</i>	<i>ne</i>	<i>da</i>	<i>ne</i>
P_5	<i>da</i>	<i>ne</i>	<i>ne</i>	<i>ne</i>	<i>da</i>	<i>ne</i>
P_6	<i>ne</i>	<i>ne</i>	<i>ne</i>	<i>ne</i>	<i>da</i>	<i>ne</i>

Na temelju podataka za učenje treba donijeti odluku o pikniku za novi primjer koji ima sve atribute jednake *ne*. Za odluku koristimo naivnu Bayesovu klasifikaciju i stablo odlučivanja.

- Opišite osnovni princip **naivne Bayesove** klasifikacije i razlog zašto se koristi u praksi. Za novi primjer nađite sve potrebne vrijednosti i pripadnu odluku za piknik.
- Definirajte što je **entropija** $H(X)$ diskretne slučajne varijable X i opišite heuristiku maksimalnog **dobitka informacije** kod konstrukcije stabla odlučivanja. Tom heuristikom nađite koji atribut treba uzeti za korijen **stabla odlučivanja** za zadani skup podataka. Ostatak stabla **ne** treba izračunati!

Sljedeća slika prikazuje jedno od mogućih stabala odlučivanja za zadani problem.



- Navedite koji primjeri za učenje su **pogrešno** klasificirani prema ovom stablu kao *da*, a koji kao *ne*. Koja je odluka prema ovom stablu za novi primjer?
- Koje **listove** ovog stabla možemo pretvoriti u nove čvorove “grananja” testiranjem nekih preostalih atributa?
- Koji atribut daje najveći dobitak informacije u takvom testu?

U nastavku zadatka promatramo Rosenblattov model perceptrona.

- Koja je aktivacijska funkcija u tom modelu i što reprezentira izlaz u smislu logičke klasifikacije (odluke)?
- Može li se funkcija zadana prethodnim stablom odlučivanja prikazati jedno-slojnom, odnosno, višeslojnom mrežom perceptrona? Obrazložite odgovore.