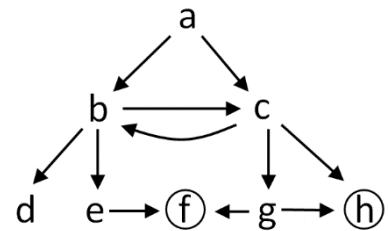


*Literatura (prosojnice, knjige, zapiski, elektronski pripomoček) ni dovoljena. Vsaka naloga je vredna 25 točk. Vsako nalogo rešujte na svoji strani pole z nalogami.*  
*List z nalogami lahko odnesete s seboj. Podpišite se na vse liste, ki jih oddate.*  
*Čas pisanja je 80 minut.*

**1. NALOGA:**

Naj bo a začetno vozlišče preiskovanja, f in h pa sta ciljni vozlišči. Algoritmi preiskovanja naj generirajo naslednike vozlišč po abecednem vrstnem redu. Npr. vrstni red naslednikov vozlišča c je: b, f, g. Vsi preiskovalni algoritmi preverjajo pogoj, ali je dano vozlišče ciljno šele ob času, ko se lotijo razvijanja tega vozlišča. Vsi preiskovalni algoritmi naj tudi razpoznavajo cikle in generirano vozlišče, ki sklene cikel, takoj zavržejo. Vendar pa obravnavajo graf kot drevo. Torej, če pridejo do kakega vozlišča N po različnih poteh, naredijo kopijo N' vozlišča N in obravnavajo N', kot da bi bilo novo vozlišče. Če imata dve vozlišči enako f-oceno, se najprej razvije tisto vozlišče, ki je bilo prej generirano.



- a) Katero rešitveno pot vrne **iskanje v globino**? Kakšen je vrstni red generiranih vozlišč?

Iskanje v globino:

Generirana vozlišča: a,b,c,c',d,e,(b),g,h,f,h

Upošteva se tudi alternativna rešitev, če povejo, da delajo z njo: z rekurzivno implementacijo je vrstni red drugačen: a, b, c, g, f)

Rešitvena pot: a,b,c,g,f

- b) Katero rešitveno pot vrne **iskanje v širino**? Kakšen je vrstni red generiranih vozlišč?

Iskanje v širino: h je na globini 2, f na globini 3, kar pomeni, da je rešitev gotovo h.

Generirana vozlišča: a,b,c,c',d,e,(b),g,h,(b), g', h', f, f', h''

Rešitvena pot: a, c, h

- c) Katero rešitveno pot najde **algoritem IDA\***? Podaj vrstni red generiranih vozlišč in vrednost funkcije f za njih za vsako vrednost funkcije f, ki določa iteracijo algoritma. Predpostavi, da so vse cene povezav enake 1, hevristične ocene vozlišč pa:

X	a	b	c	d	e	f	g	h
h(X)	1	4	2	2	1	0	3	0

IDA\*

limit=1: a/1, b/5, c/3

limit=3: a/1, b/5, c/3,(b'/6), g/5, h/2

Rešitev: a, c, h

- d) Če bi uporabljali algoritem A\*, ali bi bila heuristika h iz prejšnje točke dopustna? Če ni, ocene katerih vozlišč je potrebno popraviti?

NE.

b, c, g

- e) Kakšna je časovna zahtevnost algoritma A\*?

zahtevnost je eksponentna glede na globino rešitve d in največjo relativno napako hevristične ocene:  $O(b^{ed})$

## 2. NALOGA:

- a) Zakaj se planiranja običajno ne lotevamo s preiskovanjem prostora stanj, ki so rezultat izvedbe razpoložljivih akcij?

kombinatorična eksplozija glede na vse možne akcije, ki ponavadi niso niti smiselne

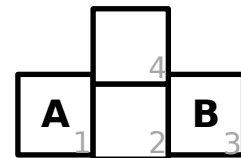
- b) Katera naprednejša pristopa za iskanje rešitev planiranja poznaš? Kakšen prostor preiskujeta?

planiranje s sredstvi in cilji, regresiranje ciljev  
preiskujeta prostor ciljev

- c) Na mreži, sestavljeni iz 4 polj, se nahajata dva robota (A in B). Robota lahko izvajata premik med sosednjima poljema z akcijo

move(Robot, From, To), ki je definirana na naslednji način:

```
predpogoj: [at(Robot, From), clear(To)]
omejitev:  [robot(Robot), adjacent(From, To)]
add:       [at(Robot, To), clear(From)]
del:       [at(Robot, From), clear(To)]
```



Začetno stanje, ki je prikazano tudi na sliki, je: [at(A,1), at(B,3), clear(2), clear(4)].

S postopkom regresiranja ciljev poišči plan, ki vodi do uresničitve cilja: at(A,3). Pri iskanju plana se lahko osredotočite samo na regresiranje skozi tiste akcije, ki vodijo do uspešnega plana. Regresiranja skozi ostale (nesmiselne) akcije ni potrebno zapisovati, lahko pa jih nakažete.

spodaj nisem nakazoval možnih akcij

potrebna akcija: move(A,2,3) [add:at(A,3),clear(2); cond:at(A,2),clear(3);  
del:at(A,2),clear(3)]

regresirani cilji 1: at(A,2), clear(3)

potrebna akcija 2: move(A,1,2) [add:at(A,2),clear(1); cond:at(A,1),clear(2);  
del:at(A,1),clear(2)]

regresirani cilji 2: at(A,1),clear(2),clear(3)

potrebna akcija 3: move(B,2,4) [add:at(B,4),clear(2); cond:at(B,2),clear(4);  
del:at(B,2),clear(4)]

regresirani cilji 3: at(A,1),clear(3),at(B,2),clear(4)

potrebna akcija 4: move(B,3,2) [add:at(B,2),clear(3); cond:at(B,3),clear(2);  
del:at(B,3),clear(2)]

regresirani cilji 4: at(A,1),clear(4),at(B,3),clear(2) ZAČETNO STANJE

- d) Denimo, da je trajanje vsake akcije move enako 15 sekund. Kakšna je dolžina kritične poti pri planu iz prejšnje točke? Kakšni sta vrednosti ES (najbolj zgodnji možen začetek) in LS (najbolj pozen možen začetek) prve akcije v planu?

- e) 60 sekund

imamo samo eno verigo akcij, te so na kritični poti  
 $ES(1)=0$ ,  $LS(1)=0$

### 3. NALOGA:

Podan je primer učenja iz primerov z atributoma A in B ter razredom C. Atribut A in razred sta binarna, atribut B pa lahko zavzame tri vrednosti. Učna množico primerov, ki smo jih zajeli in v katerih ni šuma, prikazuje tabela na desni. Denimo, da vemo, da je pravo odvisnost med atributi in razredom izraža funkcija

Istočasno pa se z dvema različnima algoritmoma za učenje iz primerov naučimo naslednjih dveh hipotez:

A	B	C
0	0	0
0	1	1
0	2	1
1	0	1
1	2	0

H1:

H2:

Odgovori na naslednja vprašanja:

- a) Katera od podanih hipotez je bolj splošna? Kaj to pomeni?

Tista, ki bolje napoveduje nevidene primere. Pravo funkcijo za C poznamo (zgoraj), hipotezi napovesta (zadnji primer ni del učne množice, je pa del iste porazdelitve, kot so generirani podatki):

A	B	C	H1	H2
0	0	0	0	0
0	1	1	1	1
0	2	1	1	1
1	0	1	1	1
1	2	0	0	0
1	1	1	1	0

- b) Katera od podanih hipotez ima višjo klasifikacijsko množico na učni množici?

Obe imata enako - 100%.

- c) Kakšna je razlika med nadzorovanim in nenadzorovanim učenjem? S katerim imamo opravka pri zgornji nalogi? Podaj primer problema nadzorovanega in nenadzorovanega učenja iz prakse.

- d) Kaj je to binarizacija atributa in zakaj je koristna? Podaj primer binarizacije atributa B.

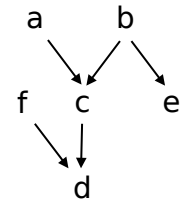
Na predavanjih smo omenili korist za potrebe večje primerljivosti z informacijskim prispevkom, da se izognemo temu, da prispevek precenjuje večvrednostne attribute. Kot odgovor za primer binarizacije lahko naredijo 2

ali 3 izpeljane attribute po različnih principih (ena vrednost proti ostalim, 1 atribut za vsako vrednost ipd.)

#### 4. NALOGA:

Podana je Bayesovska mreža, ki je prikazana na sliki.

Predpostavimo, da vse povezave v mreži predstavljajo pozitivno vzročnost med dogodki.



Odgovori na naslednja vprašanja:

- a) Kolikšno število verjetnosti je potrebno podati, da je prikazana mreža dobro definirana? Kakšen je prihranek v številu verjetnosti glede na število podatkov v popolni verjetnostni porazdelitvi?

$P(a), P(b), P(f), P(c|ab), P(c|\sim ab), P(c|a\sim b), P(c|\sim a\sim b), P(e|b), P(e|\sim b), P(d|fc), P(d|\sim fc), P(d|f\sim c), P(d|\sim f\sim c),$   
13,  $64-13=51$  (namesto 64 upoštevamo tudi 63;  $63-13=50$ )

- b) Katera vozlišča so v ovojnici Markova vozlišča c? Zapiši, katera neodvisnost izhaja iz pravila o ovojnici Markova za vozlišče c in kateri pogoji morajo biti za to izpolnjeni?

a,b,d,f

$P(c|abdef)=P(c|abdf)$

- c) Če je možno, čim bolj poenostavi pogojni del v izrazu:  $P(f|abe)$ . Odgovor utemelji.

$P(f|abe)=P(f)$

neodvisni

d ni podan, torej sta f in desna starševska veja

- d) Če je možno, čim bolj poenostavi pogojni del v izrazu:  $P(f|abde)$ . Odgovor utemelji.

$P(f|adbe)=P(f|adb)$  d je podan, starša sta odvisna; ker c ni podan, a in b neodvisno vplivata nanj;

b je podan, torej sta otroka neodvisna (e ne potrebujemo)

- e) Izrazi verjetnost  $P(d|c)$  z verjetnostmi, ki so podane v mreži.

zelo okvirno:

$P(d|b) = P(d)P(b|d)/P(b)$

$P(d)=P(c)P(d|c)+P(\sim c)P(d|\sim c)$

$P(b)$  je podan

$P(c)$  se izrazi s  $P(a)$  in  $P(b)$  ...

$P(d|c)=P(d|fc)P(fc|c)+P(d|f\sim c)P(f\sim c|c)+P(d|\sim fc)P(\sim fc|c)+P(d|\sim f\sim c)P(\sim f\sim c|c)$

$P(fc|c)$  potrebno izraziti...

- f) Zapiši vse množice vozlišč, ki d-ločujejo vozlišči a in e.

c konvergentno -> vse množice, ki NE vsebujejo c in d, blokirajo pot

b divergentno -> vse množice, ki vsebujejo b, blokirajo pot

odg.:  $\{b\}, \{b,f\}$