



# 1007 Osnove umjetne inteligencije

**Tema: Problemi zadovoljavanja ograničenja - vježbe**

7. 4. 2021.



## Zadatak 1.

Razmatramo problem kreiranja rasporeda predavanja. Imamo:

- tri predavača:  $A$ ,  $B$  i  $C$
- tri moguća vremena održavanja predavanja: 10, 11 i 12.

Sva predavanja traju manje od punog sata. Pri pravljenju rasporeda treba zadovoljiti sljedeća ograničenja:

- i) predavanja se moraju odvijati u različitim vremenima
- ii) predavač  $A$  predavanje treba održati prije predavača  $C$  ( $A < C$ ).

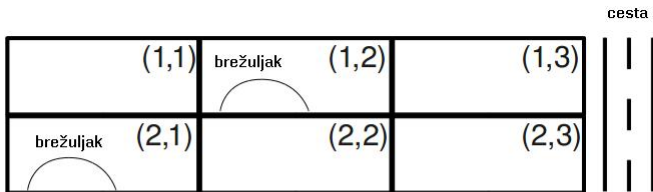
Odredite moguće rasporede predavanja.





## Zadatak 2.

Trebamo odrediti izgled malog kampusa koji ima sljedeće elemente: administrativnu zgradu ( $A$ ), autobusnu stanicu ( $B$ ), zgradu s predavaonicama ( $C$ ) i studentski dom ( $D$ ). Te elemente treba smjestiti na pozicije u sljedećoj mreži:





Pri tome trebamo zadovoljiti sljedeća ograničenja:

- (i) Autobusna stanica ( $B$ ) mora biti spojena s cestom.
  - (ii) Administrativna zgrada ( $A$ ) i predavaonice ( $C$ ) moraju biti spojene s autobusnom stanicom ( $B$ ).
  - (iii) Predavaonice ( $C$ ) moraju biti spojene sa studentskim domom ( $D$ ).
  - (iv) Administrativna zgrada ( $A$ ) ne smije biti spojena sa studentskim domom ( $D$ ).
  - (v) Administrativna zgrada ( $A$ ) ne smije biti na brežuljku.
  - (vi) Studentski dom ( $D$ ) mora biti ili na brežuljku ili povezan s cestom.
  - (vii) Svi elementi moraju biti smješteni na različitim pozicijama u mreži.
- Elemente smatramo povezanim ukoliko dijele brid u mreži.





- (a) Koja su od ograničenja (i)-(vii) unarna? Odredite domene za sve varijable nakon zadovoljavanja unarnih ograničenja.
- (b) Želimo sve grane učiniti konzistentnim. Na početku u redu za provjeru su sve grane u abecednom poretku. Odredite domenu za  $A$  nakon što se grana  $A \rightarrow B$  učini konzistentnom.
- (c) Provjerite da su grane  $A \rightarrow C$ ,  $A \rightarrow D$ ,  $B \rightarrow A$ ,  $B \rightarrow C$ ,  $B \rightarrow D$  i  $C \rightarrow A$  konzistentne. Odredite domenu za  $C$  nakon što se grana  $C \rightarrow B$  učini konzistentnom. Koje se grane nakon ovog koraka nalazi u redu za provjeru konzistentnosti?
- (d) Odredite domene svih varijabli nakon što sve grane postanu konzistentne.
- (e) Koristeći heuristiku minimalne preostale vrijednosti odredite kojoj ćemo varijabli prvoj dodjeliti vrijednost.
- (f) Koristeći heuristiku vrijednosti najmanjeg ograničenja, koju ćemo vrijednost dodjeliti toj varijabli?





- (g) Nakon ove dodjele, ponovno sve grane učinite konzistentnim, te odredite rješenje.





### Zadatak 3.

Pacman je u klopki. Okružen je misterioznim hodnicima, svaki od njih vodi ili do **provalije** ( $P$ ), ili do **duha** ( $G$ ) ili do **izlaza** ( $E$ ). Kako bi pobjegao, mora pronaći hodnike koji vode do izlaza, odnosno izbjeći one koji vode do provalije ili duha. Jedan od znakova što se nalazi na kraju hodnika je vjetar: provalija proizvodi jak povjetarac ( $S$ ), na izlazu puše slab povjetarac ( $W$ ) dok duh uopće ne proizvodi povjetarac. Nažalost, Pacman ne može mjeriti jačinu povjetarca u određenom hodniku. Umjesto toga, on može stati između dva susjedna hodnika i osjetiti jači povjetarac (od dva koja pušu). Primjerice, ukoliko stane između hodnika na čijim krajevima su provalija i izlaz osjetit će jaki povjetarac ( $S$ ), a ukoliko su tamo izlaz i duh, osjetit će slabi povjetarac ( $W$ ). Mjerenja su pokazana na slici:



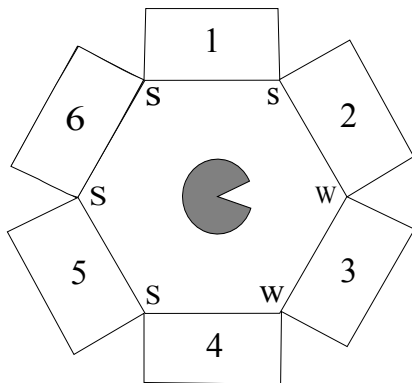


Figure: Mjerenja na susjednim hodnicima

Također, dok ukupan broj izlaza može biti 0, 1 ili više, Pacman zna da izlazi neće biti na krajevima susjednih hodnika.







- (a) Formulirajte ovaj problem kao problem zadovoljavanja ograničenja.
- (b) Navedite binarne i unarne uvjete.
- (c) Odredite domene za varijable nakon postizanja konzistentnosti grana.
- (d) U skladu s heuristikom minimalne preostale vrijednosti, kojoj varijabli/varijablama će prvo biti dodijeljena vrijednost?
- (e) Pretpostavite da Pacman zna da je  $X_6 = G$ . Navedite sva rješenja ovog PZO-a.





## Zadatak 4.

### Zadatak za vježbu

Studenti Tihomir, Filip, Jasna, Borna i Andrea odlučili su organizirati zabavu. Sastavili su popis stvari koje bi svatko od njih mogao donijeti:

1. Kokice
2. Pizza
3. Sok
4. Salvete
5. Pivo
6. Perece

Svatko od njih će donijeti točno jednu stvar. Pri tome treba zadovoljiti i sljedeća ograničenja:

- (i) Ako Filip ( $F$ ) donese istu stvar s popisa kao i netko drugi, to ne smije biti ono što je donio Borna ( $B$ ).





- (ii) Andrea ( $A$ ) ne voli kokice, pa ih neće donijeti, ali neće se ljutiti ako ih donese netko drugi.
- (iii) Borna ( $B$ ) može donijeti samo pizzu, sok ili perece.
- (iv) Filip ( $F$ ) neće donijeti ništa što je pod parnim brojem na popisu.
- (v) Jasna ( $J$ ) nije vidjela posljednju trećinu popisa te može donijeti samo neku od prve četiri stavke s popisa.
- (vi) Tihomir ( $T$ ) će donijeti samo nešto što je na popisu prije stvari koju donese Jasna ( $J$ ).
- (vii) Tihomir ( $T$ ) je alergičan na perece, pa ih neće donijeti.
- (viii) Filip ( $F$ ) i Jasna ( $J$ ) će donijeti stvari s popisa koje započinju s istim slovom.
- (ix) Borna ( $B$ ) će donijeti samo nešto što je na popisu poslije stvari koju donese Andrea ( $A$ ).
- (x) Jasna ( $J$ ) i Tihomir ( $T$ ) ne žele donijeti stvar koju donese bilo tko drugi.





- (a) Koja su od ograničenja (i)-(x) unarna? Odredite domene za sve varijable nakon zadovoljavanja unarnih ograničenja.
- (b) Zapišite ograničenje (viii) u eksplicitnom obliku.
- (c) Nacrtajte graf ograničenja za ovaj PZO.
- (d) Za sve moguće dodjele vrijednosti varijabli  $F$  odredite sva rješenja ovog PZO-a.





## Zadatak 5.

### Zadatak za vježbu

Igramo pojednostavljeni Sudoku. Tablica je oblika  $4 \times 4$  i podijeljena na četiri manja kvadrata. U svakom polje potrebno je upisati jedan broj između 1 i 4 na način da se svaki broj jednom pojavljuje u svakom retku, svakom stupcu i svakom manjem kvadratu. Tablica je djelomično popunjena kao na slici:

a	b 4	c 2	d
e	f	g 3	h
i	j	k	l 2
m	n	o 1	p





- (a) Odredite domene svih varijabli kojima nisu dodjeljene vrijednosti.
- (b) Odredite domene svih varijabli iz prvog i drugog retka nakon što sve grane koje sadrže te varijable postanu konzistentne.
- (c) Odredite rješenje ovog problema.

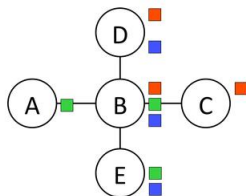




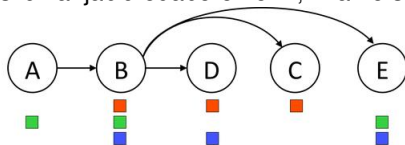
## Zadatak 6.

PZO sa strukturom stabla

Razmotrimo sljedeći PZO sa strukturom stabla, koji predstavlja problem bojanja karte. Istaknute su domene za svaku varijablu.



Ukoliko za korjensku varijablu odaberemo  $A$ , imamo sljedeću situaciju:





- (a) Koristeći strategiju uklanjanja od natrag (remove backward), odredite domene za sve varijable.
- (b) Koristeći strategiju dodjeljivanja od naprijed (assign forward), odredite rješenje ovog PZO-a.



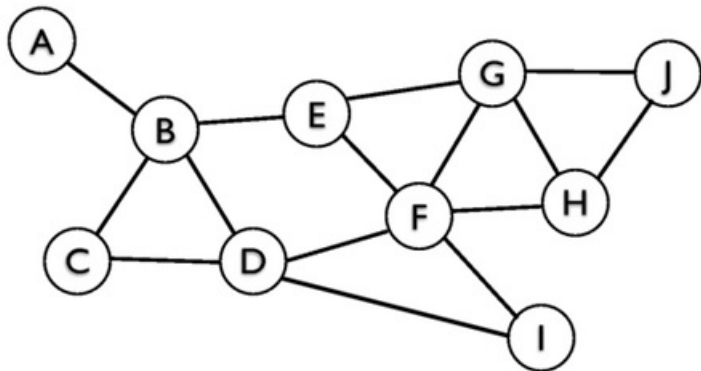




### Zadatak 7.

Poboljšanje strukture

Za zadani graf ograničenja odredite minimalni skup varijabli uklanjanjem kojega će graf ograničenja postati stablo.





## Zadatak 8.

Koristeći strategiju minimalnog konflikta riješite problem 4 kraljice, ako je zadan početni položaj kao na slici. Kraljicu koju pomičemo biramo na način da je to kraljica s najmanjim indeksom koja je u konfliktu, a da pri tome ona nije promijenila polazaj u prethodnom koraku algoritma.

