Katedra za računarstvo

Elektronski fakultet, Univerzitet u Nišu

Veštačka inteligencija

Algoritmi traženja u Python-u (II deo)

Optimalni algoritmi traženja

- Algoritam grananja i ograničavanja (Branch and Bound)
- A* algoritam

Algoritam grananja i ograničavanja

- Kreiraj listu puteva (P)
- Dodaj polazni čvor (S) u listu puteva (P)
- Sve dok se prvi put iz P ne završava ciljnim čvorom (G), ili je lista puteva (P) prazna:
  - Uzmi prvi element (put) iz liste puteva (P).
  - Proširi prvi put za jedan korak prema svim susedima kreiranjem X novih puteva.
  - Odbaci sve puteve koji formiraju petlje.
  - Dodaj sve preostale nove puteve u listu puteva (P).
  - Sortiraj sve puteve u listi puteva (P) po tekućoj vrednosti heuristike u rastućem redosledu.
- Ako je pronađen ciljni čvor (G) traženje je uspešno, u suprotnom ne.

A* algoritam traženja

- Jedan od najefikasnijih algoritama pretrage.
- A* izbegava puteve koji su skupi.
- Kombinuje stvarnu cenu putanje g(n) sa predviđenom cenom h(n).
- Ukupna cena se računa kao: f(n) = g(n) + h(n).
- Svi čvorovi u redu se sortiraju po vrednosti f(n).

A* – Algoritam

- Kreirati listu čvorova za obradu (OS) i listu obrađenih čvorova (CS).
- Dodati polazni čvor (S) u listu čvorova za obradu (OS).
- Dok se lista čvorova ne isprazni ili se ne dođe do ciljnog čvora:
  - Pronaći čvor S_i sa najmanjom ukupnom cenom puta (f) u listi čvorova za obradu.
  - Ako je S_i ciljni čvor put je pronađen.
  - Ako nije, pronaći sve njegove sledbenike. Za svakog sledbenika (P_i):
  - Ukoliko se P_i ne nalazi u listi čvorova za obradu (OS) i ne nalazi se u listi obrađenih čvorova (CS), dodati sledbenika u listu za obradu, izračunati g i f za taj čvor i postaviti S_i kao njihovog prethodnika.
  - Ukoliko se P_i nalazi u listi za obradu, proveriti da li je cena puta do tog čvora sada manja od već upisane cene puta za taj čvor. Ukoliko jeste, ažurirati cenu puta do čvora i promeniti njegovog prethodnika na tekući čvor koji se obrađuje (S_i).
  - Izbaciti S_i iz liste za obradu i upisati u listu obrađenih čvorova.
- Ako je pronađen ciljni čvor (G) traženje je uspešno, u suprotnom nije.

A* – Funkcija

- Funkcija `a_star` izdvaja listu čvorova koji čine put od polaznog do ciljnog čvora.
  - `a_star(graf, start, end)`
- Ulazni parametri:
  - Graf
  - Polazni čvor
  - Ciljni čvor

A* – Funkcija

- Pomoćne strukture i promenljive koje koristi funkcija `a_star`:
  - Set čvorova (oznaka) koje treba posetiti
    - `open_set`
  - Set posećenih čvorova (oznaka)
    - `closed_set`
  - Parovi čvorova (oznaka) oblika (čvor prethodnik)
    - `prev_nodes`
  - Dictionary koji pamti stvarnu cenu puta od polaznog čvora do nekog čvora (čvor vrednost)
    - `g`
  - Niz čvorova (oznaka) na putu od polaznog do ciljnog čvora
    - `path`
  - Logička promenljiva koja ukazuje da je pronađen ciljni čvor
    - `found_end`

A* – Funkcija

- Početak funkcije `a_star` priprema pomoćne parametre i strukture za pretragu grafa:

```
def a_star(graf, start, end):
    found_end = False
    open_set = set(start)
    closed_set = set()
    g = {}
    prev_nodes = {}
    g[start] = 0
    prev_nodes[start] = None
```

A* – Funkcija

- Glavna petlja funkcije `a_star` koja obrađuje čvorove:

```
while len(open_set) > 0 and (not found_end):
  node = None
  for next_node in open_set:
     if node is None or g[next_node] + graf[next_node][0] < g[node] + graf[node][0]:
        node = next_node

  if node == end:
     found_end = True
     break
```

A* – Funkcija

- Nastavak glavne petlje, obrada potomaka tekućeg čvora:

```
for (m, cost) in graf[node][1]:
    if m not in open_set and m not in closed_set:
        open_set.add(m)
        prev_nodes[m] = node
        g[m] = g[node] + cost
    else:
        if g[m] > g[node] + cost:
            g[m] = g[node] + cost
            prev_nodes[m] = node
            if m in closed_set:
                closed_set.remove(m)
                open_set.add(m)
open_set.remove(node)
closed_set.add(node)
```

!!!

A* – Funkcija

- Kraj funkcije `a_star` formira put od početnog do ciljnog čvora:

```
path = []
if found_end:
    prev = end
    while prev_nodes[prev] is not None:
        path.append(prev)
        prev = prev_nodes[prev]
    path.append(start)
    path.reverse()

return path
```

A* – Primer grafa i poziva funkcije

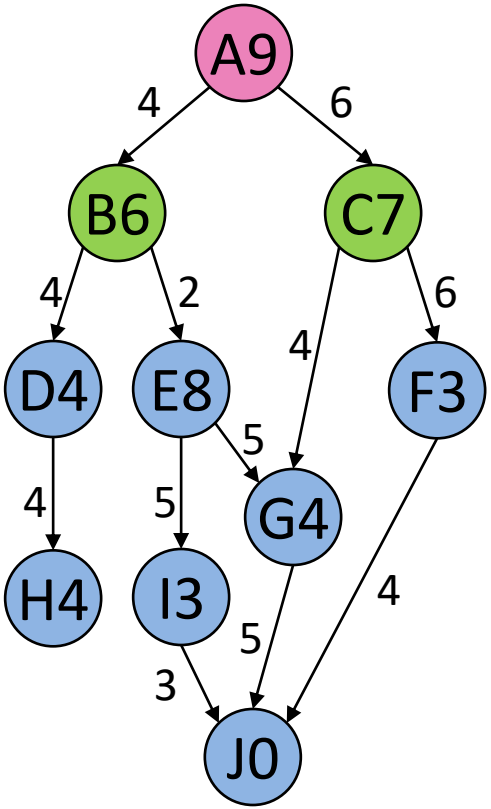
- Primer grafa:

```
graf = {
    "A": (9, [("B", 4), ("C", 6)]),
    "B": (6, [("D", 4), ("A", 2)]),
    "C": (2, [("D", 4), ("E", 1)]),
    "D": (2, [("E", 2), ("F", 3)]),
    "E": (3, [("F", 4)]),
    "F": (0, [("A", 1)])
}
```

- Primer poziva funkcije:

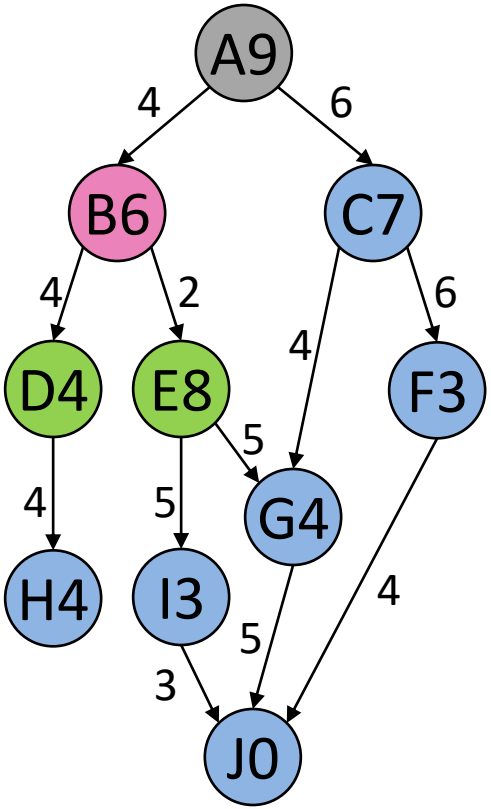
```
path = a_star(graf, "A", "F")
-> ['A', 'B', 'D', 'F']
```

A* algoritam (ilustracija)



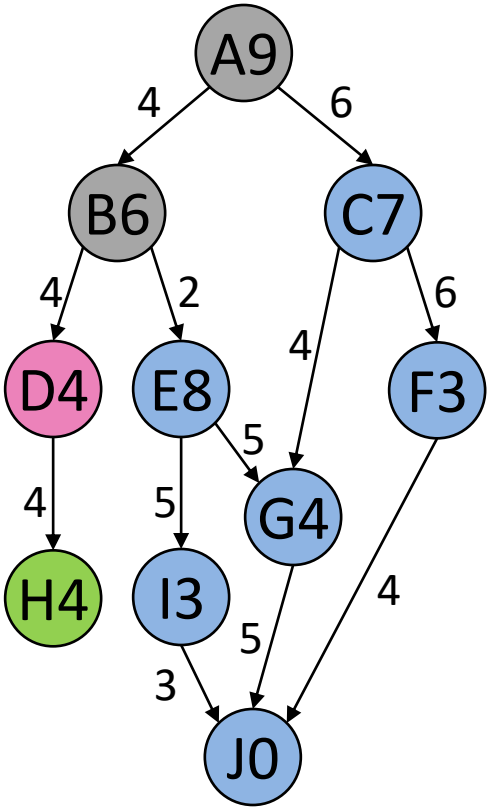
i	Za obradu	Potomci	Obrađeni	Prethodnici	g	f
0	A	-	-	A : None	A:0	A:9
1	B C	B C	A	B:A, C:A	B:4, C:6	B:10, C:13

A* algoritam (ilustracija)



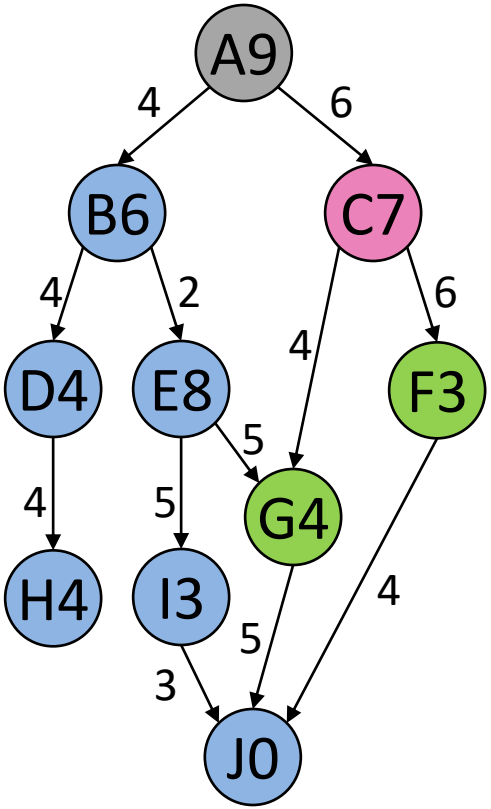
i	Za obradu	Potomci	Obrađeni	Prethodnici	g	f
0	A	-	-	A : None	A:0	A:9
1	B C	B C	A	B:A, C:A	B:4, C:6	B:10, C:13
2	D, C, E	D, E	A, B	D:B, E:B	D:8, E:6	D:12, E:14

A* algoritam (ilustracija)



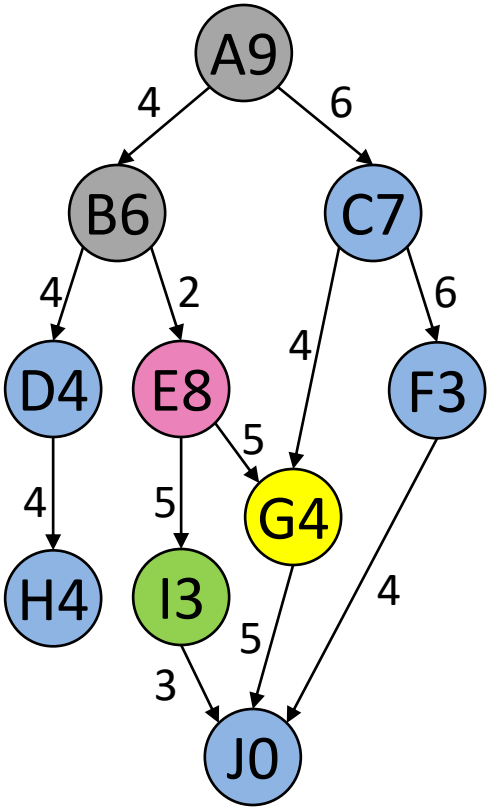
i	Za obradu	Potomci	Obrađeni	Prethodnici	g	f
0	A	-	-	A : None	A:0	A:9
1	B C	B C	A	B:A, C:A	B:4, C:6	B:10, C:13
2	D, C, E	D, E	A, B	D:B, E:B	D:8, E:6	D:12, E:14
3	C, E, H	H	A, B, D	H:D	H:12	H:16

A* algoritam (ilustracija)



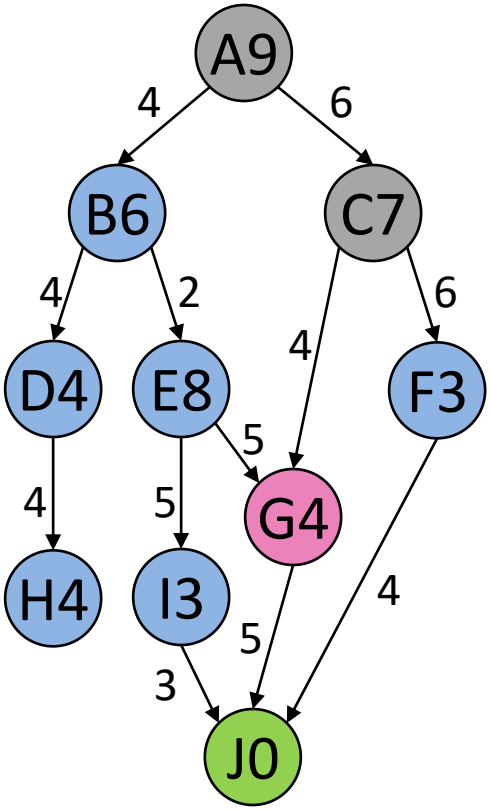
i	Za obradu	Potomci	Obrađeni	Prethodnici	g	f
0	A	-	-	A : None	A:0	A:9
1	B C	B C	A	B:A, C:A	B:4, C:6	B:10, C:13
2	D, C, E	D, E	A, B	D:B, E:B	D:8, E:6	D:12, E:14
3	C, E, H	H	A, B, D	H:D	H:12	H:16
4	E, G, F, H	G, F	A, B, D, C	G:C, F:C	G:10, F:12	G:14, F:15

A* algoritam (ilustracija)



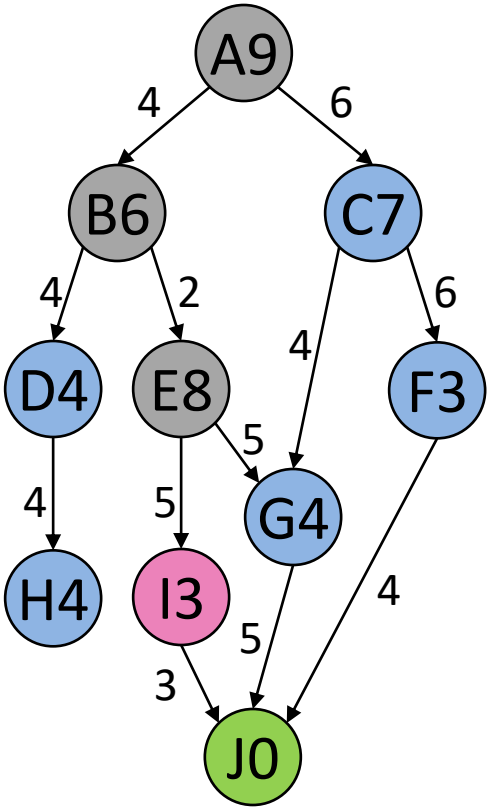
i	Za obradu	Potomci	Obrađeni	Prethodnici	g	f
0	A	-	-	A : None	A:0	A:9
1	B C	B C	A	B:A, C:A	B:4, C:6	B:10, C:13
2	D, C, E	D, E	A, B	D:B, E:B	D:8, E:6	D:12, E:14
3	C, E, H	H	A, B, D	H:D	H:12	H:16
4	E, G, F, H	G, F	A, B, D, C	G:C, F:C	G:10, F:12	G:14, F:15
5	G, I, F, H	I	A, B, D, C, E	I:E	I:11	I:14

A* algoritam (ilustracija)



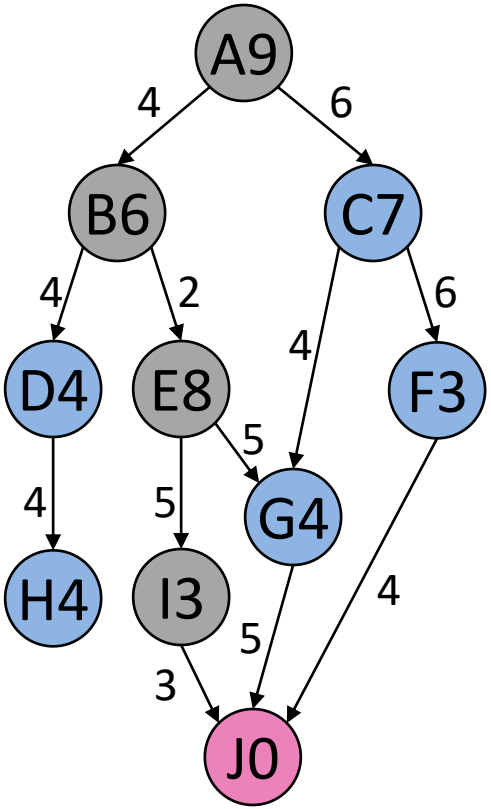
i	Za obradu	Potomci	Obrađeni	Prethodnici	g	f
0	A	-	-	A : None	A:0	A:9
1	B C	B C	A	B:A, C:A	B:4, C:6	B:10, C:13
2	D, C, E	D, E	A, B	D:B, E:B	D:8, E:6	D:12, E:14
3	C, E, H	H	A, B, D	H:D	H:12	H:16
4	E, G, F, H	G, F	A, B, D, C	G:C, F:C	G:10, F:12	G:14, F:15
5	G, I, F, H	I	A, B, D, C, E	I:E	I:11	I:14
6	I, J, F, H	J	A, B, D, C, E, G	J:G	J:15	J:15

A* algoritam (ilustracija)



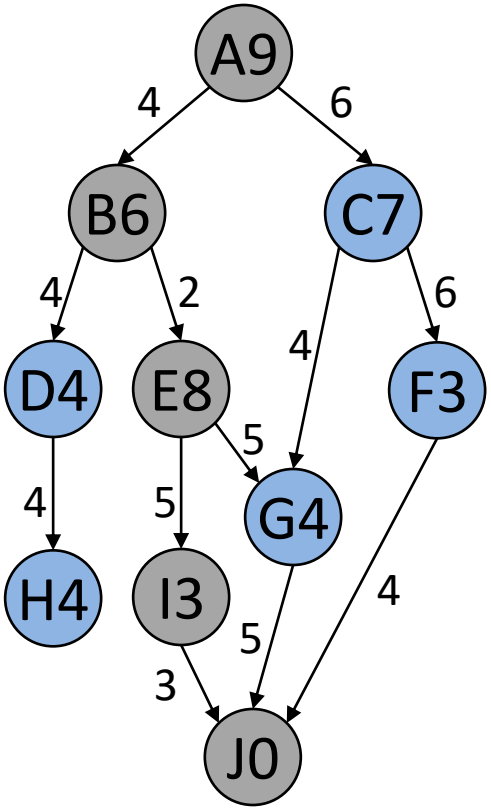
i	Za obradu	Potomci	Obrađeni	Prethodnici	g	f
0	A	-	-	A : None	A:0	A:9
1	B C	B C	A	B:A, C:A	B:4, C:6	B:10, C:13
2	D, C, E	D, E	A, B	D:B, E:B	D:8, E:6	D:12, E:14
3	C, E, H	H	A, B, D	H:D	H:12	H:16
4	E, G, F, H	G, F	A, B, D, C	G:C, F:C	G:10, F:12	G:14, F:15
5	G, I, F, H	I	A, B, D, C, E	I:E	I:11	I:14
6	I, J, F, H	J	A, B, D, C, E, G	J:G	J:15	J:15
7	J, F, H	J	A, B, D, C, E, G, I	J:I	J:14	J:14

A* algoritam (ilustracija)



i	Za obradu	Potomci	Obrađeni	Prethodnici	g	f
0	A	-	-	A : None	A:0	A:9
1	B C	B C	A	B:A, C:A	B:4, C:6	B:10, C:13
2	D, C, E	D, E	A, B	D:B, E:B	D:8, E:6	D:12, E:14
3	C, E, H	H	A, B, D	H:D	H:12	H:16
4	E, G, F, H	G, F	A, B, D, C	G:C, F:C	G:10, F:12	G:14, F:15
5	G, I, F, H	I	A, B, D, C, E	I:E	I:11	I:14
6	I, J, F, H	J	A, B, D, C, E, G	J:G	J:15	J:15
7	J, F, H	J	A, B, D, C, E, G, I	J:I	J:14	J:14
8	Obrađuje se J - došli smo do cilja					

A* algoritam (ilustracija)



- Prethodnici:

{'A': None, 'B': 'A', 'C': 'A', 'D': 'B', 'E': 'B', 'H': 'D', 'G': 'C', 'F': 'C', 'I': 'E', 'J': 'I'}

- Put:

['A', 'B', 'E', 'I', 'J']

Primer rešavanja problema – A* algoritam

Problem osvajanja figure konjem

Problem osvajanja figure konjem

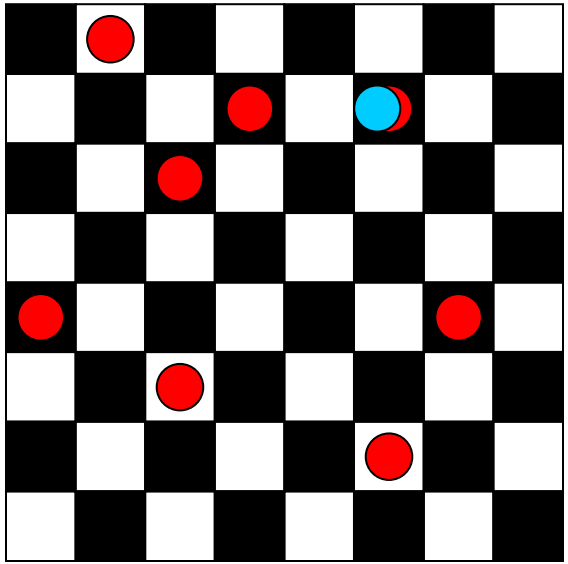
- Na šahovskoj tabli se nalazi proizvoljno raspoređenih 8 figura, koje ne menjaju svoja mesta.
- Rešiti problem prelaska konja sa pozicije (0, 3) na drugi kraj table.
- Rešenje treba da bude optimalno u odnosu na rastojanje koje će preći na tabli.
- Konj ne sme da stane na polje koje je već zauzeto nekom drugom figurom.

Koraci rešavanje problema

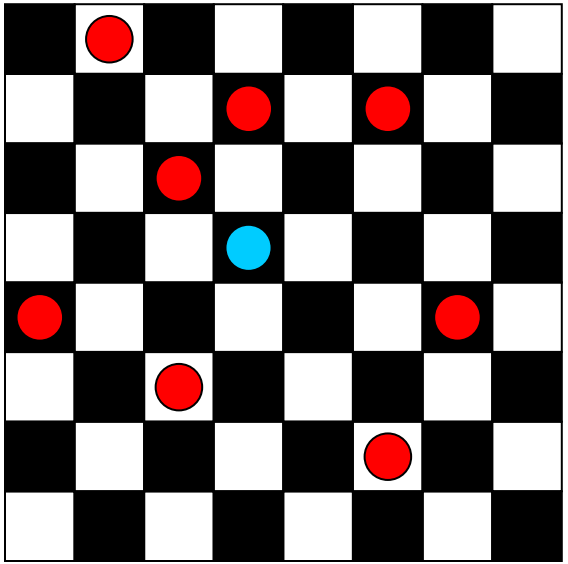
- Definisati stanja problema
- Definisati početno stanje
- Definisati ciljno stanje
- Definisati prelaze iz jednog stanja u drugo
- Definisati ograničenja pri prelazu iz jednog stanja u drugo

Predstavljanje stanja problema

- Neregularno stanje:

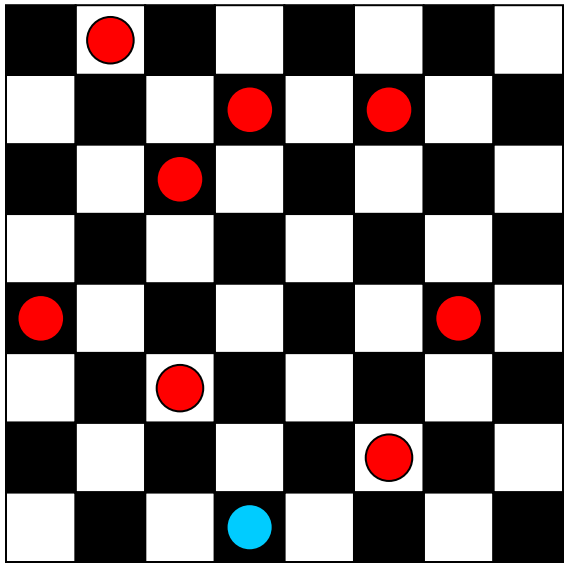


- Regularno stanje:

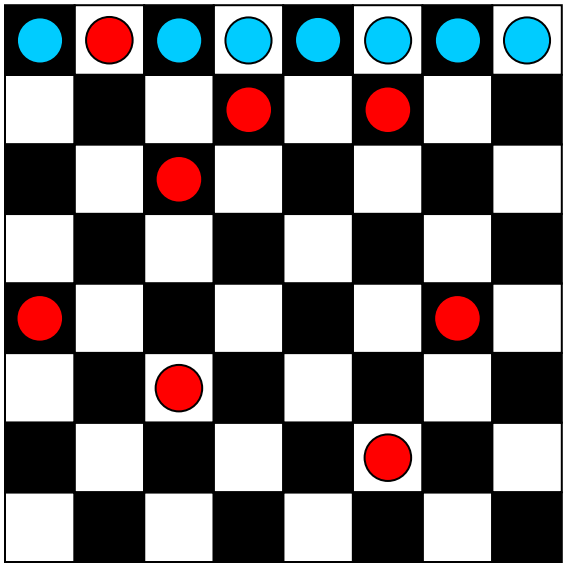


Početno i ciljno stanje

- Početno stanje:

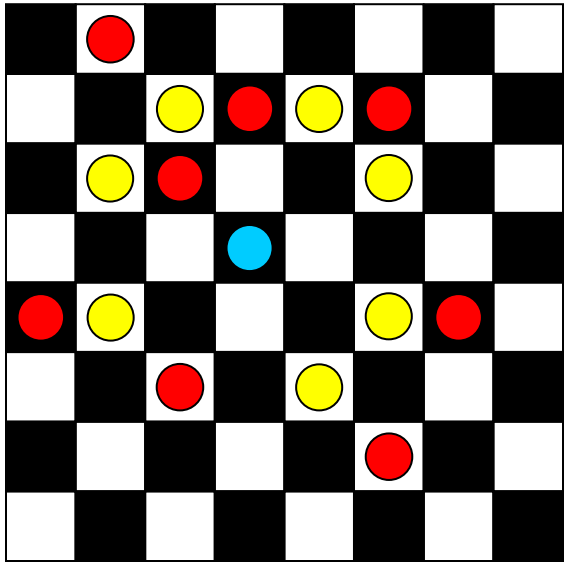


- Ciljna stanja:



Prelaz iz stanja u stanje

- Mogući prelazi:



Implementacija predstavljanje stanja

- Tabla je statička struktura 8x8, sa osam figura na fiksnim pozicijama
  - Lista od 8 listi sa po 8 elementa sa 0 tamo gde nema figura i 1 tamo gde je ima.
- Trenutno stanje definiše pozicija konja.
  - Tuple od 2 elementa (vrsta kolona)

Izmene A* algoritma

- Početak funkcije `a_star` priprema pomoćne parametre i strukture za pretragu grafa:

```
def a_star(start, tabla):
    found_end = False
    open_set = set()
    closed_set = set()
    g = {}
    prev_nodes = {}
    g[start] = 0
    prev_nodes[start] = None
    open_set.add(tuple(start, ))
```

Izmene A* algoritma

- Glavna petlja funkcije `a_star` koja obrađuje čvorove:

```
while len(open_set) > 0 and (not found_end):
        node = None
        for next_node in open_set:
            if node is None or g[next_node] + h_function(next_node) < g[node] +
h_function(node):
                node = next_node

        if node[0] == 7:
            found_end = True
            break
```

Izmene A* algoritma

- Nastavak glavne petlje, obrada potomaka tekućeg čvora:

```
for destination in get_destination(node, tabla):
    if destination not in open_set and destination not in closed_set:
        open_set.add(destination)
        prev_nodes[destination] = node
        g[destination] = g[node] + 3
    else:
        if g[destination] > g[node] + 3:
            g[destination] = g[node] + 3
            prev_nodes[destination] = node
            if destination in closed_set:
                closed_set.remove(destination)
                open_set.add(destination)
open_set.remove(node)
closed_set.add(node)
```

Izmene A* algoritma

- Kraj funkcije `a_star` formira put od početnog do ciljnog čvora:

```
path = []
if found_end:
    while prev_nodes[node] is not None:
        path.append(node)
        node = prev_nodes[node]
    path.append(start)
    path.reverse()
return path
```

Funkcije specifične za problem

- Funkcija koja vraća listu potomaka jednoj stanja:

```
def get_destination(node, tabla):
    all_destinations= [(node[0] - 2, node[1] - 1), (node[0] - 2, node[1] + 1),
                       (node[0] - 1, node[1] - 2), (node[0] - 1, node[1] + 2),
                       (node[0] + 1, node[1] - 2), (node[0] + 1, node[1] + 2),
                       (node[0] + 2, node[1] - 1), (node[0] + 2, node[1] + 1)]
    return list(x for x in all_destinations if valid_move(x, tabla))
```

- Funkcija koja proverava da li je stanje validno – da li izlazi iz granica table i da li je polje slobodno:

```
def valid_move(node, tabla):
    if node[0] < 0 or node[0] > 7 or node[1] < 0 or node[1] > 7 or tabla[node[0]][node[1]] == 1:
        return False
    return True
```

Funkcije specifične za problem

```
def h_function(node):
    return 7 - node[0]

tabla = [[0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0],
         [0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0],
         [0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0],
         [1, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0],
         [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0],
         [0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0],
         [0, 0, 0, 1, 0, 1, 0, 0],
         [0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0]]
```

Rešenje problema