SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I

INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK

Diplomski studij

Rješavanje problema trgovačkog putnika koristeći genetski algoritam

Meko računarstvo  
Laboratorijska vježba 2

Andrej Bošnjak  
DRB

Osijek, 2023.

##### SADRŽAJ

[1. UVOD 1](#_Toc132569572)

[2. PROBLEM TRGOVAČKOG PUTNIKA 2](#_Toc132569573)

[2.1. Genetski algoritam 2](#_Toc132569574)

[2.2. Opis problema i njegovo rješenje 3](#_Toc132569575)

[3. GENETSKI ALGORITAM REZULTATI 4](#_Toc132569576)

[3.1. Border patrol = True 4](#_Toc132569577)

[3.2. Border patrol = False 7](#_Toc132569578)

[4. Fitness funkcija 11](#_Toc132569579)

[4.1. Najbolje rješenje 13](#_Toc132569580)

[5. Zaključak 14](#_Toc132569581)

# UVOD

Na drugoj laboratorijskoj vježbi se koristeći postupak genetski algoritam rješava problem trgovačkog putnika. Cilj ove vježbe je usporediti dobivene rezultate kada se mijenjaju različiti parametri genetskog algoritma.

Budući da se za svaku konfiguraciju pronalazi pet rješenja, od njih se odabire generacija koja je najbliža srednjoj vrijednosti svih pet generacija (median), za koje se postiglo rješenje problema. Iteracije eksperimenta sa dobivenom median generacijom se potom prikazuju grafički i tablično.

# PROBLEM TRGOVAČKOG PUTNIKA

Problem trgovačkog putnika opisuje problem obilaska određeni broj točaka točno jednom na način da je ukupni put najkraći.

## Genetski algoritam

Genetski algoritam je heuristička metoda optimiranja koja imitira prirodni evolucijski proces. Evolucija je robustan proces pretraživanja prostora rješenja. Po načinu djelovanja ubrajaju se u metode usmjerenog slučajnog pretraživanja prostora rješenja (*guided random search techniques*) u potrazi za globalnim optimumom.

Populacija je skup jedinki odnosno rješenja u i-tom koraku algoritma. Kromosom je jedna jedinka rješenja odnosno jedno moguće rješenje zadanog problema. Dok gen predstavlja jediničnu informaciju odnosno nositelj je jedne informacije iz rješenja. Geni se mogu kodirati na razne načine koje odgovaraju pojedinim tipovima problema. Najčešći tipovi kodiranja su: binarni, vrijednosni, permutacijski i stablasti:

* Binarni način kodiranja: gen može poprimiti samo dvije vrijednosti: 0 ili 1
* Vrijednosno kodiranje: gen može poprimiti cjelobrojne/realne vrijednosti iz zadanog intervala
* Permutacijsko kodiranje: gen može poprimiti cjelobrojne vrijednosti tako da kromosom uvijek sadrži sve brojeve od 1 do N u različitom redoslijedu
* Stablasto kodiranje: gen je čvor stabla

Genetski algoritmi tijekom svog rada koriste genetske operator za stvaranje novih populacija. Koriste se slijedeći genetski operatori:

**Rekombinacija**: Kombiniranje gena dva roditelja u svrhu stvaranja novih i boljih potomaka. Najčešće rekombinacije koje se koriste su:

* Rekombinacija u jednoj točki
* Rekombinacija u dvije ili više točaka
* Uniformna rekombinacija

**Mutacija:** Mutacija mijenja vrijednost nasumično odabranog gena ili više gena i na taj način unosi nove informacije u populaciju i omogućuje izlazak iz lokalnog minimuma. Najčešće se baziraju na vjerojatnosti mutacije jednog gena. Postoji više tipova:

* Jednostavna mutacija
* Potpuna mutacija

Uloga mutacije je i također i u obnavljanju izgubljenog genetskog materijala. Dogodi li se, npr. da sve jedinke populacije imaju isti gen na određenom mjestu u kromosomu, samo križanjem se taj gen nikad ne bi mogao promijeniti.

Genetski algoritam prvo treba odabrati određene dobre roditelje za stvaranje nove populacije. To se vrši metodom selekcije. Svrha selekcije je održavanje i prenošenje dobrih svojstava na slijedeću generaciju. Metodu selekcije dijelimo na:

* Generacijske: Generacijski genetski algoritam u jednoj iteraciji raspolaže s dvije populacije
* Eliminacijske: Za razliku od generacijske selekcije, eliminacijska selekcija ne bira dobre kromosome za slijedeću populaciju, već loše koje treba eliminirati i reprodukcijom ih zamijeniti novima.

U svrhu očuvanja dobrih rješenja (jedinke) nakon puno iteracija algoritma se uvodi i pojam elitizma. Elitizam je mehanizam koji čuva najbolju jedinku od promjena kroz neki od genetskih operatora.

Najvažniji dio genetskog algoritma jest određivanje funkcije dobrote (fitness funkcije) koja će nam govoriti koliko je neko rješenje dobro. Kroz generacije se uz svaki kromosom dodjeljuje i njegova pripadajuća fitness vrijednost, koja se algoritmom pokušava minimizirati ili maksimizirati, ovisno o zadanom problemu i definiciji same fitness funkcije.

## Opis problema i njegovo rješenje

Za rješenje se koristi permutacijsko kodiranje jer problem zahtjeva obilazak svih gradova točno jednom. Kao prvi zadatak nismo uzimali u obzir granice država, a drugi zadatak kažnjava prelaženje granica na način da, ako se put između dva grada sječe sa već definiranim linijama koje predstavljaju granicu, fitness funkciji se dodaje veliki iznos. Kako je zadatak minimizirati fitness funkciju, na ovaj načni kažnjavamo algoritam za prelaženje granice. Fitness funkcija je definirana kao ukupna udaljenost koju je putnik prešao. Za svaku od kombinacija je potrebno ispitati ponašanje genetskog algoritma promjernom parametara:

* Populacija: 50, 100, 200, 400
* Mutacija: 5%, 10%, 15%, 20%
* Broj elitnih članova: 5, 10, 15, 20

# GENETSKI ALGORITAM REZULTATI

Svi rezultati su prikazani u idućim podnaslovima.

## Border patrol = True

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Border patrol | True | | | |
| Populacija | 50 | | | |
| Broj elitnih članova | 5 | | | |
| Mutacija | 5% | 10% | 15% | 20% |
| Dobivena rješenja | 2097,2227,2145,  2193,2368 | 2162,1973,2102,  1973,2328 | 1961,2038,1917,  2125,2203 | 2007,2166,2020,  2056,2117 |
| Prosječna vrijednost rješenja | 2206.5 | 2108.2 | 2049.2 | 2073.7 |
| Najbolje rješenje | [5, 16, 3, 2, 9, 8, 15, 6, 19, 20, 13, 10, 11, 14, 18, 7, 12, 17, 1, 0, 4] | [13, 10, 8, 15, 1, 0, 9, 6, 12, 17, 3, 2, 5, 4, 11, 16, 19, 20, 14, 18, 7] | [14, 9, 2, 5, 10, 8, 18, 7, 12, 19, 20, 13, 11, 16, 3, 4, 17, 1, 0, 15, 6] | [5, 4, 17, 8, 15, 9, 6, 12, 16, 3, 2, 18, 7, 13, 10, 19, 20, 14, 1, 0, 11] |

. Ovisnost o postotku mutacije za border patrol = True

Slika na kojoj se prikazuje grafikon

Opis je automatski generiran

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Border patrol | True | | | |
| Populacija | 50 | | | |
| Mutacija | 5% | | | |
| Broj elitnih članova | 5 | 10 | 15 | 20 |
| Dobivena rješenja | 2097,2227,2145,  2193,2368 | 1965,2260,2207,  2304,2301 | 2257,2070,2258,  2258,2026 | 2083,2158,2315,  2236,2327 |
| Prosječna vrijednost rješenja | 2206.5 | 2208.0 | 2174.2 | 2224.1 |
| Najbolje rješenje | [5, 16, 3, 2, 9, 8, 15, 6, 19, 20, 13, 10, 11, 14, 18, 7, 12, 17, 1, 0, 4] | [15, 7, 12, 14, 9, 6, 1, 0, 11, 16, 3, 4, 8, 5, 19, 20, 13, 10, 2, 18, 17] | [13, 20, 14, 18, 4, 17, 15, 6, 7, 12, 19, 16, 3, 9, 2, 1, 0, 10, 8, 5, 11] | [15, 6, 14, 9, 8, 1, 0, 10, 19, 20, 13, 4, 7, 12, 17, 5, 11, 16, 3, 2, 18] |

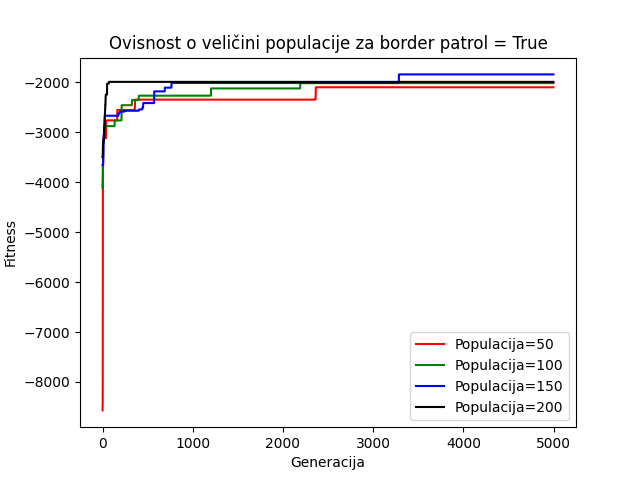
. Ovisnost o broju elitnih članova za border patrol = True

Slika na kojoj se prikazuje grafikon

Opis je automatski generiran

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Border patrol | True | | | |
| Mutacija | 5% | | | |
| Broj elitnih članova | 5 | | | |
| Populacija | 50 | 100 | 200 | 400 |
| Dobivena rješenja | 2097,2227,2145,  2193,2368 | 2180,1988,2047,  2037,1961 | 2014,2134,2211,  2055,1860 | 1965,1887,1839,  2055,1885 |
| Prosječna vrijednost rješenja | 2206.5 | 2043.1 | 2055.3 | 1926.5 |
| Najbolje rješenje | [5, 16, 3, 2, 9, 8, 15, 6, 19, 20, 13, 10, 11, 14, 18, 7, 12, 17, 1, 0, 4] | [18, 7, 12, 14, 4, 17, 2, 1, 0, 5, 11, 16, 3, 19, 20, 13, 10, 8, 15, 6, 9] | [1, 0, 5, 10, 8, 15, 6, 20, 13, 4, 17, 7, 12, 19, 14, 9, 11, 16, 3, 2, 18] | [15, 6, 9, 2, 18, 16, 3, 7, 12, 17, 8, 5, 4, 13, 10, 11, 20, 19, 14, 1, 0] |

. Ovisnost o veličini populacija za border patrol = True



## Border patrol = False

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Border patrol | False | | | |
| Populacija | 50 | | | |
| Broj elitnih članova | 5 | | | |
| Mutacija | 5% | 10% | 15% | 20% |
| Dobivena rješenja | 1372,1666,1658,  1496,1484 | 1438,1581,1680,  1548,1347 | 1461,1583,1333,  1581,1524 | 1741,1690,1604,  1399,1465 |
| Prosječna vrijednost rješenja | 1535.7 | 1519.1 | 1496.7 | 1580.2 |
| Najbolje rješenje | [0, 10, 11, 4, 2, 6, 12, 7, 17, 13, 19, 14, 5, 15, 18, 1, 9, 20, 16, 3, 8] | [12, 6, 7, 8, 3, 16, 17, 13, 19, 14, 5, 15, 18, 1, 9, 20, 2, 4, 11, 10, 0] | [12, 6, 7, 16, 20, 9, 1, 5, 15, 18, 14, 19, 13, 17, 3, 8, 2, 4, 11, 10, 0] | [12, 6, 7, 2, 8, 3, 17, 13, 14, 5, 15, 18, 1, 9, 20, 19, 16, 4, 11, 10, 0] |

. Ovisnost o postotku mutacije za border patrol = False

Slika na kojoj se prikazuje grafikon

Opis je automatski generiran

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Border patrol | False | | | |
| Populacija | 50 | | | |
| Mutacija | 5 | | | |
| Broj elitnih članova | 5 | 10 | 15 | 20 |
| Dobivena rješenja | 1372,1666,1658,  1496,1484 | 1714,1557,1372,  1767,1744 | 1788,1597,1710,  1726,1471 | 1582,1569,1849,  1740,1721 |
| Prosječna vrijednost rješenja | 1535.7 | 1631.3 | 1659.0 | 1692.6 |
| Najbolje rješenje | [0, 10, 11, 4, 2, 6, 12, 7, 17, 13, 19, 14, 5, 15, 18, 1, 9, 20, 16, 3, 8] | [15, 18, 5, 1, 9, 20, 14, 19, 13, 17, 3, 7, 12, 6, 2, 8, 16, 4, 11, 10, 0] | [0, 10, 11, 4, 2, 16, 19, 14, 13, 17, 3, 7, 12, 6, 8, 20, 9, 1, 18, 15, 5] | [12, 6, 7, 17, 13, 19, 20, 14, 5, 15, 18, 1, 9, 4, 2, 8, 3, 16, 11, 10, 0] |

. Ovisnost o broju elitnih članova za border patrol = False

Slika na kojoj se prikazuje grafikon

Opis je automatski generiran

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Border patrol | False | | | |
| Broj elitnih članova | 5 | | | |
| Mutacija | 5% | | | |
| Populacija | 50 | 100 | 200 | 400 |
| Dobivena rješenja | 1372,1666,1658,  1496,1484 | 1698,1612,1812,  1429,1445 | 1608,1645,1648,  1613,1571 | 1472,1570,1295,  1485,1526 |
| Prosječna vrijednost rješenja | 1535.7 | 1599.8 | 1617.6 | 1470.0 |
| Najbolje rješenje | [0, 10, 11, 4, 2, 6, 12, 7, 17, 13, 19, 14, 5, 15, 18, 1, 9, 20, 16, 3, 8] | [12, 6, 7, 3, 8, 2, 4, 11, 10, 0, 18, 15, 5, 1, 9, 20, 14, 19, 13, 17, 16] | [15, 18, 5, 19, 13, 17, 7, 12, 6, 2, 8, 3, 16, 20, 14, 1, 9, 4, 11, 10, 0] | [0, 10, 11, 4, 2, 8, 6, 12, 7, 3, 16, 17, 13, 19, 14, 20, 9, 1, 5, 18, 15] |

. Ovisnost o veličini populacije za border patrol = False

Slika na kojoj se prikazuje grafikon

Opis je automatski generiran

# Fitness funkcija

Kod s kojim je definirana fitness funkcija dan je u nastavku:

Slika na kojoj se prikazuje tekst

Opis je automatski generiran

Prvo se definira matrica udaljenosti između pojedinih gradova. Udaljenost se računa prema Pitagorinom poučku , gdje je udaljenost između dva meridijana 78.85 km i između dvije paralele 110.64 km. Na taj način se ispuni tablica udaljenosti gdje i-ti redak i j-ti stupac predstavlja udaljenost između i-tog i j-tog grada.

Slika na kojoj se prikazuje tekst

Opis je automatski generiran

Border patrol je definiran na način da se uzmu 3 točke u blizini granica sa Slovenijom i 3 točke u blizini granice sa Bosnom i Hercegovinom te povuku zamišljene linije između tih točaka. Ako bi rješenje sjeklo neku od tih linija, fitness funkciji se dodaje vrijednost od 5000 kako bi se kaznilo to rješenje.

## Najbolje rješenje

Najbolje rješenje je postignuto za kombinaciju:

* Border patrol = False
* Populacija = 400
* Mutacija = 5%
* Broj elitnih članova = 5

Iznos fitness funkcije je 1295

Slika na kojoj se prikazuje karta

Opis je automatski generiran

# Zaključak

Nakon izvršenih kombinacija parametara za navedeni algoritam računanja problema trgovačkog putnika možemo zaključiti da promjenom bilo kojeg parametra direktno utječemo na rezultate rješenja. Ta ovisnost se najbolje može vidjeti na prikazanim grafovima.

Najbolja rješenja su dobivena povećanjem veličine populacije, gdje u oba slučaja (sa i bez granice) što je veća populacija to, u prosjeku, ukupni put bude manji.

U oba slučaja (sa i bez granice) uočavamo da povećanjem postotka mutacije se dobivaju bolji rezultati, no preveliki postotak (20%) daje lošije rezultate.

Povećanjem broja elitnih članova u slučaju sa granicom rezultati se ne mijenjaju previše, no povećanjem istog parametra za slučaj bez granice se dobivaju lošiji rezultati.