



Univerzitet u Novom Sadu
Fakultet tehničkih nauka



Dokumentacija za projektni zadatak

Studenti: Damjan Vinčić, SV58/2022
Mijat Krivokapić, SV41/2022

Predmet: Nelinearno programiranje i evolutivni algoritmi

Broj projektnog zadatka: 15

Tema projektnog zadatka: Ant colony optimization algoritam, problem najkraćeg puta

1 Opis problema

Dat je težinski graf sa dvodimenzionim tačkama kao čvorovima. Težine grana predstavljaju euklidsko rastojanje tačaka koje ta grana spaja:

$$a_{ij} = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$$

a_{ij} - težina grane (i,j) koja spaja čvorove koji predstavljaju tačke (x_1, y_1) i (x_2, y_2)

Potrebno je naći najkraći put od zadate početne tačke do zadate krajnje tačke.

Problem najkraćeg puta se može rešiti različitim algoritmima, kao što su Dijkstrin algoritam, Bellman-Ford, A* algoritam...

Mi ćemo koristiti Ant Colony Optimization (algoritam mravlje kolonije).

1.1 Kriterijum optimalnosti

Potrebno je naći put (n_1, n_2, \dots, n_k) gde su n_i čvorovi grafa (tačke), pa je kriterijum optimalnosti dužina puta traženog puta:

$$z = \sum_{i=1}^{k-1} a_{n_i n_{i+1}}$$

$a_{n_i n_j}$ - težina grane (n_i, n_j) tj. euklidsko rastojanje između dve date tačke

2 Uvod

2.1 Ant Colony optimization

ACO je optimizacioni algoritam inspirisan ponašanjem kolonije mrava u prirodi. Osnovna ideja je modelovanje ponašanja mrava tokom potrage za hranom. Mravi međusobno komuniciraju tako što ostavljaju feromone na zemlji. Feromoni privlače mrave da se kreću putem gde je njihova koncentracija najveća. Mrav pronađenu hranu vraća u гнездо. Mrav koji ide kraćim putem će više puta otići do hrane i nazad ostavljajući veću količinu feromona. Vremenom sve više mrava prati trag feromona i većina njih ide skoro najkraćim putem.

3 Implementacija

3.1 Parametri algoritma

- m – broj mrava
- broj iteracija
- α – faktor uticaja feromona na odabir sledeće tačke
- β – faktor uticaja razdaljine na odabir sledeće tačke
- ρ – faktor isparavanja feromona
- početna tačka
- krajnja tačka
- q – maksimalna količina feromona koja se ostavlja u jednoj iteraciji

3.2 Jedna iteracija algoritma

Algoritam se izvršava zadati broj iteracija, a svaka iteracija se sastoji iz sledećih koraka:

- slanje mrava iz početne tačke u potragu za krajnjom tačkom (hranom);
- nasumično biranje sledeće tačke sa verovatnoćom na koju utiče rastojanje i količina feromona od strane svakog mrava. Mravi koji su se našli u krajnjoj tački ili u tački koja nema susednih tačaka koje nisu prethodno posetili zaustavljaju svoje kretanje;
- isparavanje dela feromona;
- ostavljanje feromona da putevima kojima su prošli mravi koji su se zaustavili u krajnjoj tački.
- kada se svi mravi zaustave, iteracija se završava.

3.3 Odabir sledeće grane

Za svaku od dostupnih grana se računaju koeficijenti:

- $q_{ij} = \tau_{ij}^\alpha \eta_{ij}^\beta$
- q_{ij} - koeficijent grane (i,j)
- τ_{ij} - količina feromona na grani (i,j)
- η_{ij} - dužina grane (i,j)

Sa verovatnoćom dobijemon iz koeficijenata vrši se ruletska selekcija sledeće grane.

3.4 Ostavljanje traga feromona

Na kraju svake iteracije mravi koji su došli do krajnje tačke ostavljaju trag feromona.

Količina feromona koju svaki mrav ostavlja:

- $\Delta\tau = q \frac{a_{p_{best}}}{a_p}$
- $a_{p_{best}}$ - dužina najkraćeg puta u iteraciji
- a_p - dužina puta koju je prešao dati mrav
- q – količina feromona koja se ostavlja na najdužem putuPosledica ovoga je da se više feromona ostavlja na kraćim putevima nego na dužim.

Posledica ovoga je da se više feromona ostavlja na kraćim putevima nego na dužim.

3.5 Isparavanje feromona

Nakon svake iteracije feromoni isparavaju u skladu sa parametrom ρ .

- $\tau_{i+1} = \tau_i(1 - \rho)$

3.6 Klase korišćene za implementaciju algoritma

3.6.1 Klasa za reprezentaciju grafa (Nodes)

Pomoćna klasa koja reprezentuje graf u kome se traži najkraći put. Sadrži funkcije za učitavanje grafa iz datoteke, dodavanje zadatog puta feromona na zadatu granu i funkciju za isparavanje feromona.

3.6.2 Klasa za reprezentaciju mrava (Ant)

Klasa sadrži informacije o: tački na kojoj se mrav trenutno nalazi, krajnjoj tački, parametrima α, β, ρ i q , dužini puta koji mrav je prešao, da li je mrav došao do krajnje tačke i da li mrav može da se pomeri u sledeću tačku.

3.6.2.1 Funkcija za pomeranje mrava u sledeću tačku (move())

Računa koeficijente grana do susednih čvorova koje mrav nije već posetio. U skladu sa dobijenim koeficijentima vrši ruletsku selekciju grane. Mrav se pomera se na odabranu granu i ažurira atribut o trenutnoj grani, posećenim granama i dužini puta

3.6.2.2 Funkcija za dodavanje feromona (add_pheromones(shortest_path))

Ostavlja feromone na granama koje je mrav prešao u skladu sa najkraćim pronađenim putem u trenutnoj iteraciji.

3.6.3 Klasa za reprezentaciju ACO algoritma (AntColonyOptimization)

Klasa sadrži informacije o svim parametrima algoritma i funkcije za implementaciju samog algoritma.

3.6.3.1 Funkcija za slanje mrava iz početne tačke (_send_ants(source, destination))

Funkcija koja je odgovorna za tok jedne iteracije algoritma. Inicijalizuje odgovarajući broj virtuelnih mrava, postavljajući ih na početnu tačku. Vrš pomeranje mrava sve dok se svi mravi ne zaustave. Ostavlja feromone na odgovarajućim granama i inicira isparavanje feromona. Povratna vrednost je najkraći put pronađen u trenutnoj iteraciji i njegova dužina.

3.6.3.2 Funkcija za pronalaženje najkraćeg puta (find_shortest_path (source, destination))

Poziva funkciju _send_ants kroz odgovarajući broj iteracija. Povratna vrednost je najkraći put pronađen u poslednjoj iteraciji kao i njegova dužina.

3.7 Odabir parametara

Isprobavanjem različitih parametara, zaključili smo da na to da li će put do krajnje tačke biti pronađen najviše utiče broj mrava i iteracija, pa smo u testiranju koristili 1750 mrava u 175 iteracija. Najbolje rezultate smo dobili za sledeće vrednosti parametara:

- $m = 1750$
- broj iteracija = 125
- $\alpha = 1$
- $\beta = 2$
- $\rho = 0,3$
- $q = 0,02$

4 Zaključak

4.1 Rezultati algoritma

Testiranjem algoritma sa tačkama 3653296222 i 3653134376 dužina najkraćeg put varira, najčešće iznosi 2800.

Nakon implementacije algoritma isprobavali smo razne parametre da bi rezultati bili što bolji. Jedan od problema na koje smo naišli je kombinovanje određenih vrednosti parametara, da imamo dovoljan broj mrava kako bi u početnim iteracijama našli put do destinacije, da feromoni ne utiču previše na odabir putanje kako ne bi svi mravi išli po prvom nađenom putanjom...

Ključno je pravilno podešavanje parametara algoritma, i praćenje iteracija kako bismo postigli bolje rezultate.