SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET

Diplomski studij računarstva

*Laboratorijska vježba 1*

*Genetski algoritmi  
Rješavanje problema n-dama*

Damian Svirac, DRB

Osijek, 2020.

SADRŽAJ

[**1.** **UVOD** 1](#_Toc34932045)

[**2.** **PROBLEM N-DAMA** 2](#_Toc34932046)

[**2.1.** **Opis rješenja klasičnim algoritmom** 2](#_Toc34932047)

[**2.2.** **Genetski algoritam** 2](#_Toc34932048)

[**2.3.** **Opis rješenja genetskim algoritmom** 3](#_Toc34932049)

[**2.3.1.** **Programski kod za automatsku promjenu parametara i iteracije** 3](#_Toc34932050)

[**3.** **REZULTATI** 7](#_Toc34932051)

[**3.1.** **Cjelobrojno kodiranje** 8](#_Toc34932052)

[**3.1.1.** **Ovisnost o veličini populacije** 8](#_Toc34932053)

[**3.1.2.** **Ovisnost o postotku mutacije** 10](#_Toc34932054)

[**3.1.3.** **Ovisnost o broju elitnih članova** 12](#_Toc34932055)

[**3.2.** **Permutacijsko kodiranje** 14](#_Toc34932056)

[**3.2.1.** **Ovisnost o veličini populacije** 14](#_Toc34932057)

[**3.2.2.** **Ovisnost o postotku mutacije** 16](#_Toc34932058)

[**3.2.3.** **Ovisnost o broju elitnih članova** 18](#_Toc34932059)

[**4.** **ZAKLJUČAK** 20](#_Toc34932060)

# **UVOD**

Na prvoj laboratorijskoj vježbi se koristeći postupak genetskog algoritma rješava problem n-dama tako da se za određenu dimenziju šahovske ploče odrede takve pozicije dama da se međusobno ne napadaju.

Mjerenje se vrši na pločama dimenzije 12x12 te 24x24. Pri tome, mijenjaju se parametri populacije, mutacije i elitizma te se gleda ovisnost konvergiranja rješenja za promjenu svakog od parametra. Svaki set parametara se mjeri pet puta i odabire se ono rješenje koje je najbliže srednjoj vrijednosti generacija. Također, izmjerena su rješenja za cjelobrojno i permutacijsko kodiranje.

# **PROBLEM N-DAMA**

Problem n-dama predstavlja problem postavljanja dama na šahovsku ploču pod uvjetom da se dame međusobno ne napadaju. Uz primjenu genetskog algoritma se dalje analizira postupak rješenja problema tako da se na kraju odrede pozicije dama koje se međusobno neće napadati.

## **Opis rješenja klasičnim algoritmom**

Problem je moguće riješiti generiranjem svih mogućih kombinacija dama na ploči i izdvojiti točno rješenje. Ovaj algoritam bi bio vremenski i memorijski zahtjevan za veće dimenzije ploče.

Moguće je problem riješiti i rekurzivnim načinom tako da krenemo dame postavljati od početnog (lijevog) stupca. Kada postavimo damu u stupac, tražimo redak u koji možemo staviti damu tako da se ne jede ni s jednom drugom već postavljenom damom. Ako ne nađemo takav redak, vraćamo se rekurzivno u prošli korak i probavamo s novim pozicijama.

## **Genetski algoritam**

Genetski algoritam heuristička je metoda optimiranja koja imitira prirodni evolucijski proces. Evolucija je robustan proces pretraživanja prostora rješenja. Po načinu djelovanja ubraja se u metode usmjerenog slučajnog pretraživanja prostora rješenja u potrazi za globalnim optimumom.

Genetski algoritam najlakše je opisati njegovim elementima koji su objašnjeni u nastavku.

**Populacija** predstavlja skup jedinki, odnosno rješenja u i-tom koraku algoritma. Svaka jedinka predstavlja kromosom, odnosno jedno moguće rješenje zadanog problema. Svaka jedinka sastoji se od gena koji je nositelj jedne informacije. Geni se mogu kodirati na više načina, a najčešće se koristi binarno (gen može poprimiti samo dvije vrijednosti 0/1), cjelobrojno (gen poprima vrijednosti iz zadanog intervala) te permutacijsko kodiranje (gen poprima cjelobrojne vrijednosti iz zadanog intervala takve da kromosom sadrži sve vrijednosti iz intervala)

**Rekombinacija** predstavlja kombiniranje dva kromosoma (roditelja) u svrhu stvaranja novih i boljih kromosoma (potomka) . Rekombinacija može biti u jednoj točki, u više točaka ili uniformna. Za stvaranje nove populacije se najprije vrši selekcije stare populacije koja može biti generacijska (u rekombinaciji sudjeluju dobre jedinke) ili eliminacijska (u rekombinaciji sudjeluju lošiji kromosomi koje želimo eliminirati). Kako se najbolje jedinke populacije ne bi izgubile, moguće je uvesti mehanizam zaštite najboljih jedinki od bilo kakve izmjene ili eliminacije. Takav mehanizam se naziva **elitizam.**

**Mutacija** predstavlja promjenu nasumično odabranog jednog ili više gena kromosoma s ciljem unošenja nove informacije u populaciju koja će možda omogućiti izlazak iz lokalnog minimuma. U slučaju permutacijskog kodiranja, slučajno se odabire kromosom i zatim se ispremještaju njegovi geni.

Najvažniji element genetskog algoritma jest definiranje sustava vrijednosti koji će za svaku jedinku pokazati koliko je njegovo rješenje dobro. Takav element zove se funkcija dobrote ili **fitness funkcija**. Što je vrijednost fitness funkcije jedinke veća, jedinka će imati veću vjerojatnost preživljavanja i križanja. Dobro definirana fitness funkcija ključna je za proces selekcije.

## **Opis rješenja genetskim algoritmom**

Problem n-dama moguće je riješiti genetskim algoritmom definiranim na sljedeći način.

Populaciju čine jedinke koje nose informacije o položaju dama na ploči. Veličina jedinke će biti jednaka dimenziji ploče, primjerice za NxN ploču, jedinka će se sastojati od N elemenata (gena). Gen jedinke može poprimiti vrijednosti u intervalu [1, N]. Svaki element na i-tom mjestu predstavlja poziciju dame u i-tom retku, a vrijednost elementa predstavlja stupac u kojem se nalazi dama. Osim jednostavnijeg prikaza, ovakvim načinom pristupa problemu automatski se uklanja mogućnost pojave više dama u istom retku. Permutacijskim kodiranjem dodatno se može osigurati da se dame ne mogu pojaviti ni u istom stupcu.

Fitness funkcija je definirana tako da broji koliko se dama međusobno jedu.

### **Programski kod za automatsku promjenu parametara i iteracije**

U sklopu dobivenog programskog koda, dodan je novi gumb na sučelje koji će proći kroz sve kombinacije parametara i dama 5 puta, spremiti brojeve generacija potrebnih za pronalazak rješenja te spremanje *.csv* datoteka koje sadrži vrijednosti fitness funkcije najbolje jedinke po generaciji.



Slika Definiranje gumba btnMY\_Click()

Slika 1 prikazuje definiranje gumba *btnMY\_Click()*. Svrha funkcije je proći kroz kombinacije parametara koje se mogu vidjeti na slici.



Slika For petlja za broj dama i generacija

Slika 2 predstavlja petlju koja će se izvršiti dva puta. Prvi puta s 12 dama i 10 000 generacija, a drugi puta s duplom vrijednošću prethodnih parametara.



Slika Petlja za kombinacije veličine populacije

Slika 3 predstavlja for petlju koja će prolaziti kroz kombinacije populacije, uz fiksni postotak mutacije i broj elitnih članova. *While* petlja predstavlja petlju koja će pronaći 5 rješenja za dani set parametara, pri tome neće spremati rješenje ako je algoritam došao do kraja generacija i nije pronašao rješenje. Funkcija *findSoulution()* traži rješenje za predane parametre i vraća *True* ili *False* ako je našla, odnosno nije našla rješenje.

Na isti način napisane su petlje za kombinaciju postotka mutacije i broja elitnih članova.

Te tri petlje se nalaze unutar petlje na slici 2 jer će prolaziti kroz kombinaciju broja dama na ploči.

Funkcija *findSolution()* radi na principu *btnStart\_Click()* funkcije. Razlika je što prima parametre populacije, mutacije i elitizma te na temelju njih postavlja parametre genetskog algoritma evolucije. Uz to još vraća vrijednost ako je pronašla rješenje u definiranoj granici generacija.

Definirana je nova funkcija *Evolve2()* koja radi na principu funkcije *Evolve()*; izvršava genetski algoritam evolucije za primljene parametre evolucije.



Slika Provjera pronađenog rješenja

Slika 4 prikazuje dio koda koji provjerava je li algoritam na kraju evolucije pronašao jedinku koja je rješenje, odnosno čija je vrijednost fitness funkcije jednaka nuli. Ako nije, funkcija vraća *False*.



Slika Spremanje .csv datoteke

Slika 5 prikazuje spremanje *.csv* datoteke u ovisnosti o načinu kodiranja i parametrima evolucije. Datoteka će se spremiti samo ako je pronađeno rješenje u zadanoj granici generacija. U datoteku se sprema broj generacija i vrijednost fitness funkcije najbolje jedinke u i-toj generaciji.



Slika Brisanje .csv datoteka

Dio koda koji poziva funkciju *remove\_non\_avg\_csvs()*. Funkcija se poziva ako je izvršena 5. iteracija za set parametara. Prima parametre evolucije i briše one *.csv* datoteke koje nisu medijan po broju generacija za set parametara. Nakon toga resetira listu generacija u koju će se dodavat nove generacije za idući set parametara.



Slika Funkcija remove\_non\_avg\_csvs()

Funkcija na slici 7 prima parametre evolucije i listu generacija na temelju koje pronalazi medijan. Zatim se traže sve *.csv* datoteke za primljeni set parametara i ako te datoteke nisu medijan, onda se brišu tako da ostane samo datoteka koja je medijan po broju generacija.

# **REZULTATI**

Mjerenje je izvršeno za dimenzije ploče 12x12 i 24x24, uz cjelobrojno i permutacijsko kodiranje. Za svaku dimenziju ploče izmjeren je utjecaj parametara populacije, mutacije i elitizma. Za svaki set parametara pronađeno je pet rješenja, a zatim izdvojeno ono rješenje koje je najbliže srednjoj vrijednosti po broju generacija potrebnih za pronalazak rješenja.

Parametri genetskog algoritma su poprimali sljedeće vrijednosti:

* veličina populacije: 50, 100, 200
* postotak mutacije: 4%, 8%, 16%
* broj elitnih članova: 4, 8, 16

Uz promjenu jednog parametra, za fiksirane parametre se odabire prva vrijednost, npr. za promjenu populacije, postotak mutacije iznosi 4%, a broj elitnih članova 4.

## **Cjelobrojno kodiranje**

### **Ovisnost o veličini populacije**

Tablica Ovisnost o veličini populacije za 12 dama uz cjelobrojno kodiranje

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Kodiranje** | cjelobrojno | | |
| **Broj dama** | 12 | | |
| **Broj generacija** | 10 000 | | |
| **Broj elitnih članova** | 4 | | |
| **% Postotak mutacije** | 4 | | |
| **Veličina populacije** | 50 | 100 | 200 |
| **Broj generacija da bi se dobilo rješenje** | [251, 3165, 248, 633, 766] | [470, 334, 2986, 146, 27] | [341, 15, 23, 805, 681] |
| **Medijan broja generacija da bi se dobilo rješenje** | 766 | 470 | 341 |

A screenshot of a cell phone

Description automatically generated

Slika Prikaz ovisnosti o veličini populacije za 12 dama uz cjelobrojno kodiranje

Tablica Ovisnost o veličini populacije za 24 dame uz cjelobrojno kodiranje

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Kodiranje** | cjelobrojno | | |
| **Broj dama** | 24 | | |
| **Broj generacija** | 20 000 | | |
| **Broj elitnih članova** | 4 | | |
| **% Postotak mutacije** | 4 | | |
| **Veličina populacije** | 50 | 100 | 200 |
| **Broj generacija da bi se dobilo rješenje** | [5984, 9474, 3226, 7658, 7580] | [9535, 645, 5663, 5849, 4556] | [2603, 6788, 8617, 5898] |
| **Medijan broja generacija da bi se dobilo rješenje** | 7580 | 5663 | 5898 |

A screenshot of a cell phone

Description automatically generated

Slika Prikaz ovisnosti o veličini populacije za 24 dame uz cjelobrojno kodiranje

### **Ovisnost o postotku mutacije**

Tablica Ovisnost u postotku mutacije za 12 dama uz cjelobrojno kodiranje

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Kodiranje** | cjelobrojno | | |
| **Broj dama** | 12 | | |
| **Broj generacija** | 10 000 | | |
| **Veličina populacije** | 50 | | |
| **Broj elitnih članova** | 4 | | |
| **% Postotak mutacije** | 4 | 8 | 16 |
| **Broj generacija da bi se dobilo rješenje** | [251, 3165, 248, 633, 766] | [1295, 8779, 5115, 9370, 373] | [1138, 7034, 387, 1648, 2902] |
| **Medijan broja generacija da bi se dobilo rješenje** | 766 | 5115 | 2902 |

A screenshot of a cell phone

Description automatically generated

Slika Prikaz ovisnosti o postotku mutacije za 12 dama uz cjelobrojno kodiranje

Tablica Ovisnost o postotku mutacije za 24 dame uz cjelobrojno kodiranje

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Kodiranje** | cjelobrojno | | |
| **Broj dama** | 24 | | |
| **Broj generacija** | 20 000 | | |
| **Veličina populacije** | 50 | | |
| **Broj elitnih članova** | 4 | | |
| **% Postotak mutacije** | 4 | 8 | 16 |
| **Broj generacija da bi se dobilo rješenje** | [5984, 9474, 3226, 7658, 7580] | [8051, 5321, 5014, 4719, 8498] | [8090, 3346, 1660, 7315, 2243] |
| **Medijan broja generacija da bi se dobilo rješenje** | 7580 | 5321 | 3346 |

A screenshot of a cell phone

Description automatically generated

Slika Prikaz ovisnosti o postotku mutacije za 24 dame uz cjelobrojno kodiranje

### **Ovisnost o broju elitnih članova**

Tablica Ovisnost o broju elitnih članova za 12 dama uz cjelobrojno kodiranje

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Kodiranje** | cjelobrojno | | |
| **Broj dama** | 12 | | |
| **Broj generacija** | 10 000 | | |
| **Veličina populacije** | 50 | | |
| **% Postotak mutacije** | 4 | | |
| **Broj elitnih članova** | 4 | 8 | 16 |
| **Broj generacija da bi se dobilo rješenje** | [251, 3165, 248, 633, 766] | [3165, 2328, 3153, 575, 8422] | [4991, 305, 4046, 200, 2289] |
| **Medijan broja generacija da bi se dobilo rješenje** | 766 | 3165 | 2289 |

A screenshot of a cell phone

Description automatically generated

Slika Prikaz ovisnosti o broju elitnih članova za 12 dama uz cjelobrojno kodiranje

Tablica Ovisnost o broju elitnih članova za 24 dame uz cjelobrojno kodiranje

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Kodiranje** | cjelobrojno | | |
| **Broj dama** | 24 | | |
| **Broj generacija** | 20 000 | | |
| **Veličina populacije** | 50 | | |
| **% Postotak mutacije** | 4 | | |
| **Broj elitnih članova** | 4 | 8 | 16 |
| **Broj generacija da bi se dobilo rješenje** | [5984, 9474, 3226, 7658, 7580] | [8367, 4001, 5565, 3355, 5598] | [2329, 7568, 9269, 7718, 3094] |
| **Medijan broja generacija da bi se dobilo rješenje** | 7580 | 5565 | 7568 |

A screenshot of a cell phone

Description automatically generated

Slika Prikaz ovisnosti o broju elitnih članova za 24 dame uz cjelobrojno kodiranje

## **Permutacijsko kodiranje**

### **Ovisnost o veličini populacije**

Tablica Ovisnost o veličini populacije za 12 dama uz permutacijsko kodiranje

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Kodiranje** | permutacijsko | | |
| **Broj dama** | 12 | | |
| **Broj generacija** | 10 000 | | |
| **Broj elitnih članova** | 4 | | |
| **% Postotak mutacije** | 4 | | |
| **Veličina populacije** | 50 | 100 | 200 |
| **Broj generacija da bi se dobilo rješenje** | [114, 169, 4, 4203, 9] | [10, 5, 385, 17, 3] | [7, 192, 6, 12, 12] |
| **Medijan broja generacija da bi se dobilo rješenje** | 169 | 17 | 12 |

A screenshot of a cell phone

Description automatically generated

Slika Prikaz ovisnosti o veličini populacije za 12 dama uz permutacijsko kodiranje

Tablica Ovisnost o veličini populacije za 24 dame uz permutacijsko kodiranje

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Kodiranje** | permutacijsko | | |
| **Broj dama** | 24 | | |
| **Broj generacija** | 20 000 | | |
| **Broj elitnih članova** | 4 | | |
| **% Postotak mutacije** | 4 | | |
| **Veličina populacije** | 50 | 100 | 200 |
| **Broj generacija da bi se dobilo rješenje** | [1186, 5189, 4237, 1187, 4192] | [3505, 611, 954, 2394, 2410] | [110, 8219, 1540, 1448, 272] |
| **Medijan broja generacija da bi se dobilo rješenje** | 4192 | 2394 | 1540 |

A screenshot of a cell phone

Description automatically generated

Slika Prikaz ovisnosti o veličini populacije za 24 dame uz permutacijsko kodiranje

### **Ovisnost o postotku mutacije**

Tablica Ovisnost u postotku mutacije za 12 dama uz permutacijsko kodiranje

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Kodiranje** | permutacijsko | | |
| **Broj dama** | 12 | | |
| **Broj generacija** | 10 000 | | |
| **Veličina populacije** | 50 | | |
| **Broj elitnih članova** | 4 | | |
| **% Postotak mutacije** | 4 | 8 | 16 |
| **Broj generacija da bi se dobilo rješenje** | [114, 169, 4, 4203, 9] | [302, 1, 19, 492, 21] | [143, 9, 134, 10, 57] |
| **Medijan broja generacija da bi se dobilo rješenje** | 169 | 302 | 57 |

A screenshot of a cell phone

Description automatically generated

Slika Prikaz ovisnosti o postotku mutacije za 12 dama uz permutacijsko kodiranje

Tablica Ovisnost o postotku mutacije za 24 dame uz permutacijsko kodiranje

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Kodiranje** | permutacijsko | | |
| **Broj dama** | 24 | | |
| **Broj generacija** | 20 000 | | |
| **Veličina populacije** | 50 | | |
| **Broj elitnih članova** | 4 | | |
| **% Postotak mutacije** | 4 | 8 | 16 |
| **Broj generacija da bi se dobilo rješenje** | [1186, 5189, 4237, 1187, 4192] | [9258, 244, 785, 5942, 3651] | [1282, 273, 350, 4824, 170] |
| **Medijan broja generacija da bi se dobilo rješenje** | 4192 | 3651 | 1282 |

A screenshot of a cell phone

Description automatically generated

Slika Prikaz ovisnosti o postotku mutacije za 24 dame uz permutacijsko kodiranje

### **Ovisnost o broju elitnih članova**

Tablica Ovisnost o broju elitnih članova za 12 dama uz permutacijsko kodiranje

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Kodiranje** | permutacijsko | | |
| **Broj dama** | 12 | | |
| **Broj generacija** | 10 000 | | |
| **Veličina populacije** | 50 | | |
| **% Postotak mutacije** | 4 | | |
| **Broj elitnih članova** | 4 | 8 | 16 |
| **Broj generacija da bi se dobilo rješenje** | [114, 169, 4, 4203, 9] | [3, 208, 5, 5209, 4] | [4, 61, 9, 3049, 16] |
| **Medijan broja generacija da bi se dobilo rješenje** | 169 | 208 | 61 |

A screenshot of a cell phone

Description automatically generated

Slika Prikaz ovisnosti o broju elitnih članova za 12 dama uz permutacijsko kodiranje

Tablica Ovisnost o broju elitnih članova za 24 dame uz permutacijsko kodiranje

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Kodiranje** | permutacijsko | | |
| **Broj dama** | 24 | | |
| **Broj generacija** | 20 000 | | |
| **Veličina populacije** | 50 | | |
| **% Postotak mutacije** | 4 | | |
| **Broj elitnih članova** | 4 | 8 | 16 |
| **Broj generacija da bi se dobilo rješenje** | [1186, 5189, 4237, 1187, 4192] | [768, 3642, 7106, 7470, 1401] | [6223, 3678, 1404, 3700, 8692] |
| **Medijan broja generacija da bi se dobilo rješenje** | 4192 | 3642 | 3700 |

A screenshot of a cell phone

Description automatically generated

Slika Prikaz ovisnosti o broju elitnih članova za 24 dame uz permutacijsko kodiranje

# **ZAKLJUČAK**

Na temelju provedenih mjerenja može se izvesti zaključak o ovisnosti pojedinog parametra na konvergenciju rješenja genetskog algoritma.

Kao prvo, uočljivo je da permutacijski algoritam zbog samog kodiranja brže konvergira rješenju, jer način kodiranja ne dopušta da se dame ne mogu nalaziti u istome retku, dok kod cjelobrojnog kodiranja to nije slučaj, pa će biti potrebno puno više generacija da bi se pronašlo rješenje.

Za veličinu populacije može se vidjeti da će algoritam brže pronaći rješenje što je broj jedinki populacije veći. Što je veća populacija, to je veća i vjerojatnost da će neka od jedinki sadržavati rješenje.

Za postotak mutacije može se uočiti da konvergencija rješenja varira, ali bi algoritam trebao brže konvergirati za manje postotke mutacije. Ako se koristi veliki postotak mutacije, može se dogoditi da je populacija blizu rješenja, ali zbog mutacije se to može narušiti tako da se izmjene dobre jedinke.

Za broj elitnih članova konvergencija rješenja također varira, ali se može uočiti da je optimalan broj elitnih članova 8. Ovaj parametar ne bi trebao biti ni prevelik ni premali. Ako je prevelik, previše starih jedinki se prenosi u novu populaciju, pa će trebati više vremena da algoritam izađe iz lokalnog minimuma. Ako je parametar premali, može se dogoditi da se dobre jedinke izgube pa će opet trebati više vremena da se pronađe rješenje.

Važno je napomenuti da zbog stohasitčke naravi genetskog algoritma, 5 rješenja za zadani set parametara ne predstavlja reprezentativni uzorak utjecaja određenog parametra. Za preciznije rezultate potrebno je izvršiti više mjerenja za određeni set parametara.