



Veštačka inteligencija

Genetski algoritmi

Milena Frtunić Gligorijević

Nataša Veljković

Vladan Mihajlović

Koraci u genetskom algoritmu

- 1. Generiše se slučajna populacija od **n** hromozoma.
- 2. Računa se dobrota **f(x)** za svaki hromozom iz populacije.
- 3. Kreira se nova populacija:
 - 1. [**Izbor roditelja**] Biraju se dva hromozoma iz tekuće populacije prema dobroti (veća dobrota, veća šansa za izbor).
 - 2. [**Rekombinacija**] Novi hromozom se formira kombinovanjem dva izabrana hromozoma.
 - 3. [**Mutacija**] Novi hromozom mutira sa određenom verovatnoćom.
 - 4. [**Dodavanje potomka**] Novi hromozom se dodaje u novu populaciju.
- 4. [**Zamena populacija**] Novo generisana populacija postaje tekuća populacija.
- 5. [**Uslov za kraj**] Proverava se uslov za završetak algoritma - ukoliko je zadovoljen vraća se najbolje rešenje iz tekuće populacije.
- 6. Ako uslov nije ispunjen ponavlja se algoritam od 2. koraka.



Problem punjenja ranca

- Problem:

- Postoji lista stvari za koje se zna vrednost i veličina i ranac određenog kapaciteta koji treba napuniti stvarima
- Cilj je napuniti ranac što vrednijim stvarima a da se pritom ne premaši ukupni kapacitet ranca.



Problem punjenja ranca

- Kodiranje – binarno kodiranje
 - Svakoј stvari iz liste se dodeljuje po jedan bit.
 - Vrednost 1 znači da je predmet u rancu, a vrednost 0 da nije.
 - Primer: 0110100110



Primer 1

- Rešiti problem popune ranca korišćenjem:
 - Rulet selekije za izbor roditelja
 - Verovatnoće mutacije $1/n$
 - Fitness f -je jednake ukupnoj vrednosti svih stvari u rancu
 - Verovatnoće rekombinacije 100%
 - Zamenom svih roditelja novom generacijom
 - Rekombinacije sa jednom tačkom



Primer 1

Stvar	1	2	3	4	5	6	7
Vrednost	5	8	3	2	7	9	4
Težina	7	8	4	10	4	6	4

Težina ranca treba da bude manja od 23kg

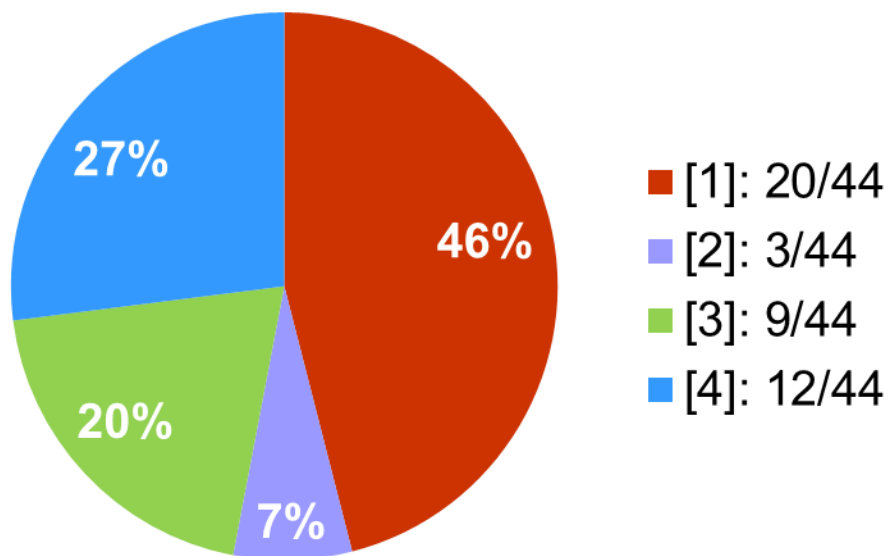
- Inicijalna populacija

1	1 1 0 0 1 0 0	$F = 20$	$W = 19$	{1, 2, 5}
2	0 0 1 0 0 0 0	$F = 3$	$W = 4$	{3}
3	0 0 0 1 1 0 0	$F = 9$	$W = 14$	{4, 5}
4	0 1 0 0 0 0 1	$F = 12$	$W = 12$	{2, 7}



Selekcija roditelja

● Rulet selekcija



Selekcija individua:

Prvi par: [1] i [2]

Drugi par: [3] i [4]



Rekombinacija

- Rekombinacija sa jednom tačkom prelaska (SGA)
- Maska rekombinacije: 1111000

Za [1] i [2] :

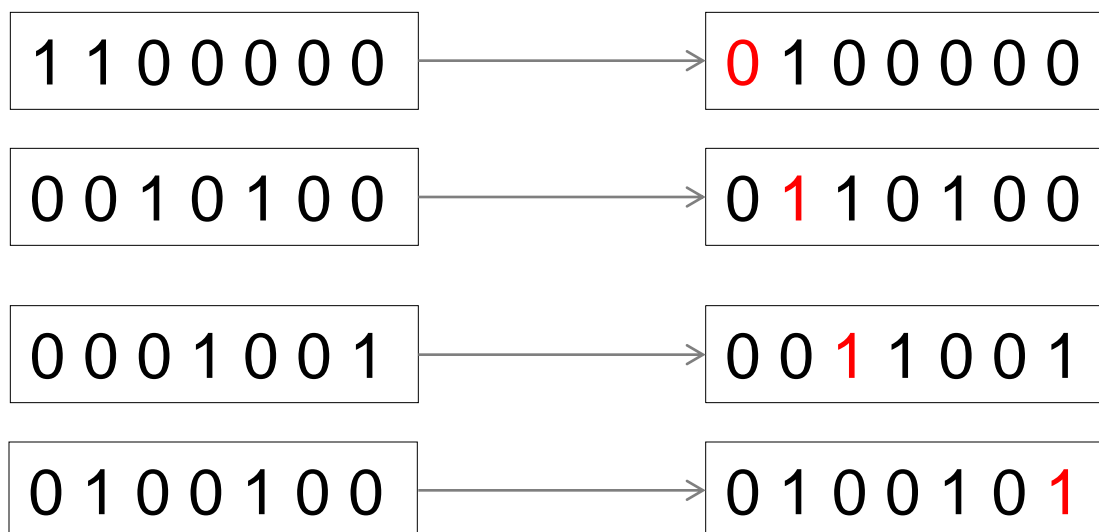


Za [3] i [4] :



Mutacija

- Verovatnoća mutacije:
 $m=1/n$ (u primeru $1/7$)



Nova populacija

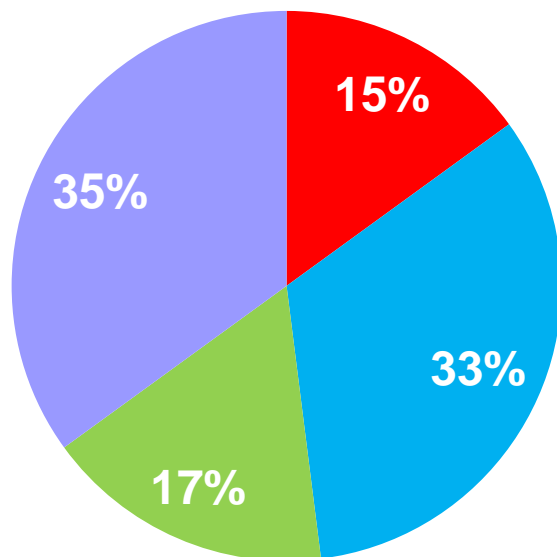
Stvar	1	2	3	4	5	6	7
Vrednost	5	8	3	2	7	9	4
Težina	7	8	4	10	4	6	4

5	0 1 0 0 0 0 0	F = 8	W = 8
6	0 1 1 0 1 0 0	F = 18	W = 16
7	0 0 1 1 0 0 1	F = 9	W = 18
8	0 1 0 0 1 0 1	F = 19	W = 16



Iteracija 2: selekcija roditelja

● Rulet selekcija



- [5]: 8/54
- [6]: 18/54
- [7]: 9/54
- [8]: 19/54

Selekcija individua:

Prvi par: [5] i [6]

Drugi par: [6] i [8]



Iteracija 2: rekombinacija

- Rekombinacija sa jednom tačkom prelaska (SGA)
- Maska rekombinacije: 1111000

Za [5] i [6] :

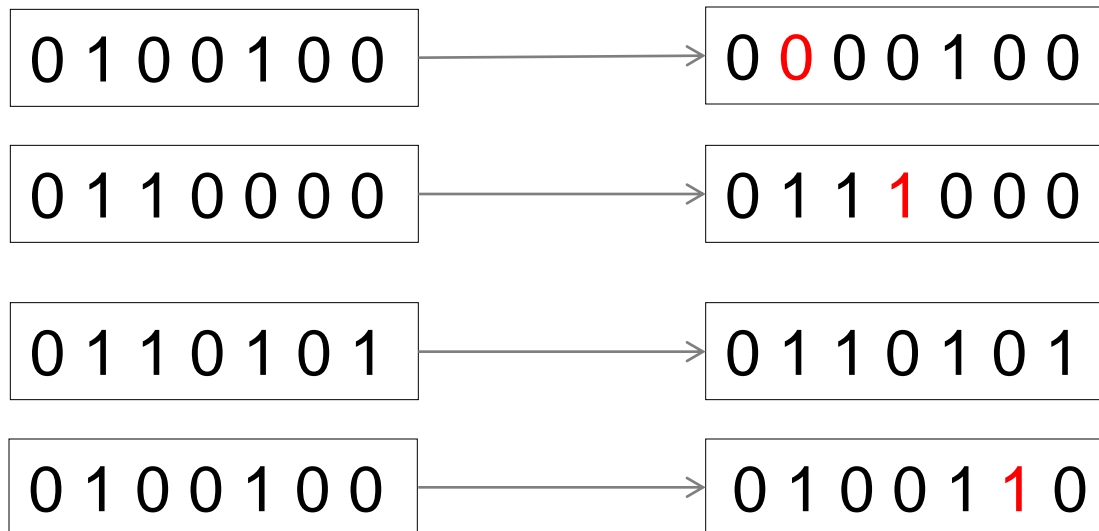


Za [6] i [8] :



Iteracija 2: mutacija

- Verovatnoća mutacije:
 $m=1/n$ (u primeru $1/7$)



Iteracija 2: nova populacija

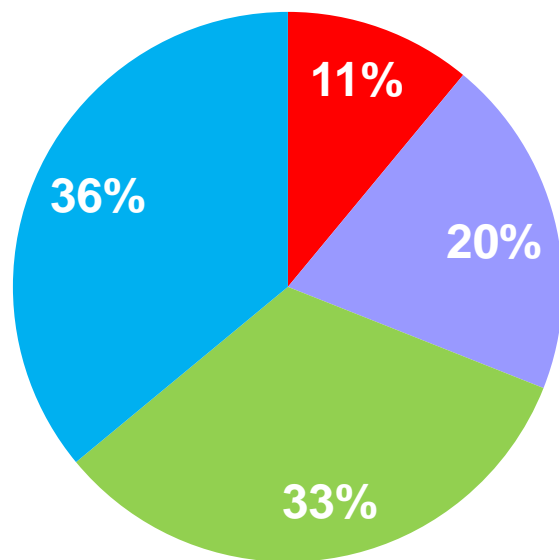
Stvar	1	2	3	4	5	6	7
Vrednost	5	8	3	2	7	9	4
Težina	7	8	4	10	4	6	4

9	0 0 0 0 1 0 0	F = 7 W = 4
10	0 1 1 1 0 0 0	F = 13 W = 22
11	0 1 1 0 1 0 1	F = 22 W = 20
12	0 1 0 0 1 1 0	F = 24 W = 18



Iteracija 3: selekcija roditelja

● Rulet selekcija



- [9]: 7/66
- [10]: 13/66
- [11]: 22/66
- [12]: 24/66

Selekcija individua:

Prvi par: [9] i [12]

Drugi par: [10] i [11]



Iteracija 3: rekombinacija

- Rekombinacija sa jednom tačkom prelaska (SGA)
- Maska rekombinacije: 1111000

Za [9] i [12] :



Za [10] i [11] :



Iteracija 3: mutacija

- Verovatnoća mutacije:
 $m=1/n$ (u primeru $1/7$)

0 0 0 0 1 1 0 → 1 0 0 0 1 1 0

0 1 0 0 1 0 0 → 0 1 0 0 1 1 0

0 1 1 1 1 0 1 → 0 1 1 0 1 0 1

0 1 1 0 0 0 0 → 1 1 1 0 0 0 0



Iteracija 3: nova populacija

Stvar	1	2	3	4	5	6	7
Vrednost	5	8	3	2	7	9	4
Težina	7	8	4	10	4	6	4

13 **1 0 0 0 1 1 0** $F = 21$ $W = 17$

14 **0 1 0 0 1 1 0** $F = 24$ $W = 18$

15 **0 1 1 0 1 0 1** $F = 22$ $W = 20$

16 **1 1 1 0 0 0 0** $F = 16$ $W = 19$

- Ponavljati dok se ne dođe do kraja.



Primer 2

- Rešiti problem popune ranca korišćenjem:
 - Rangiranja za izbor roditelja
 - Verovatnoće mutacije $1/n$
 - Fitness f -je jednake ukupnoj vrednosti svih stvari u rancu
 - Verovatnoće rekombinacije 100%
 - Zamenom svih roditelja novom generacijom
 - Rekombinacije sa jednom tačkom



Primer 2

Stvar	1	2	3	4	5	6	7
Vrednost	5	8	3	2	7	9	4
Težina	7	8	4	10	4	6	4

Težina ranca treba da bude manja od 23kg

- Inicijalna populacija

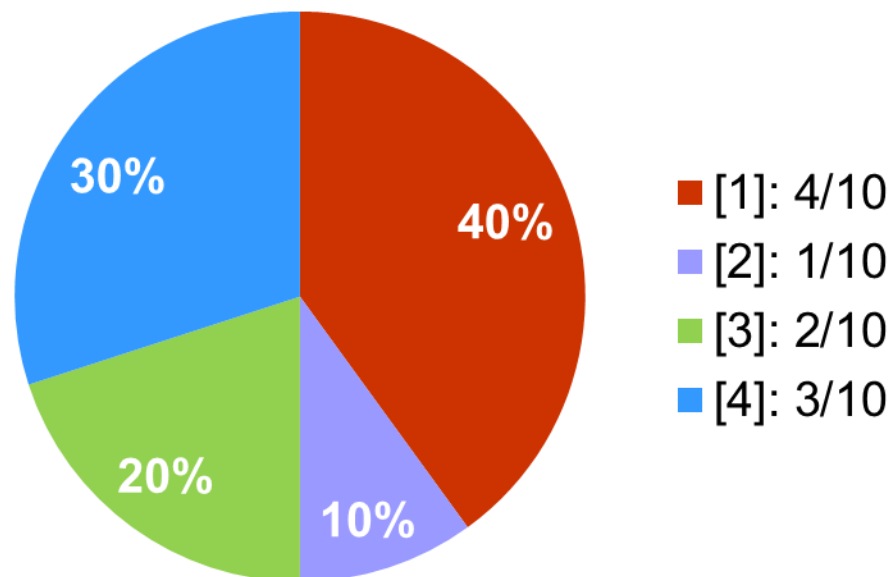
1	1 1 0 0 1 0 0	$F = 20$	$W = 19$	{1, 2, 5}
2	0 0 1 0 0 0 0	$F = 3$	$W = 4$	{3}
3	0 0 0 1 1 0 0	$F = 9$	$W = 14$	{4, 5}
4	0 1 0 0 0 0 1	$F = 12$	$W = 12$	{2, 7}



Selekcija roditelja

● Rangiranje:

Oznaka	Fitness	Rang
2	3	1
3	9	2
4	12	3
1	20	4



Selekcija individua:

Prvi par: [1] i [4]

Drugi par: [4] i [3]



Rekombinacija

- Rekombinacija sa jednom tačkom prelaska (SGA)
- Maska rekombinacije: 1111000

Za [1] i [4] :

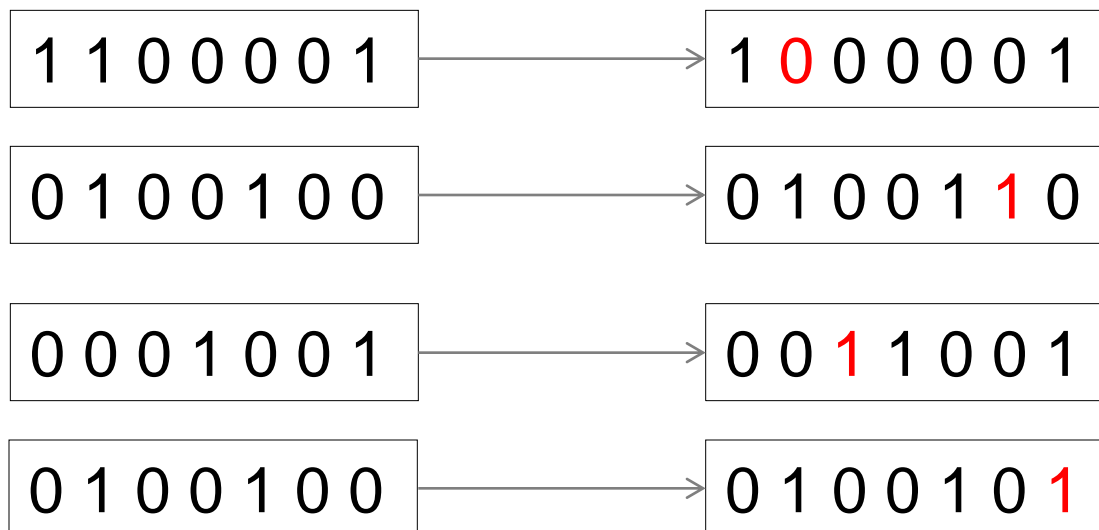


Za [4] i [3] :



Mutacija

- Verovatnoća mutacije:
 $m=1/n$ (u primeru $1/7$)



Nova populacija

Stvar	1	2	3	4	5	6	7
Vrednost	5	8	3	2	7	9	4
Težina	7	8	4	10	4	6	4

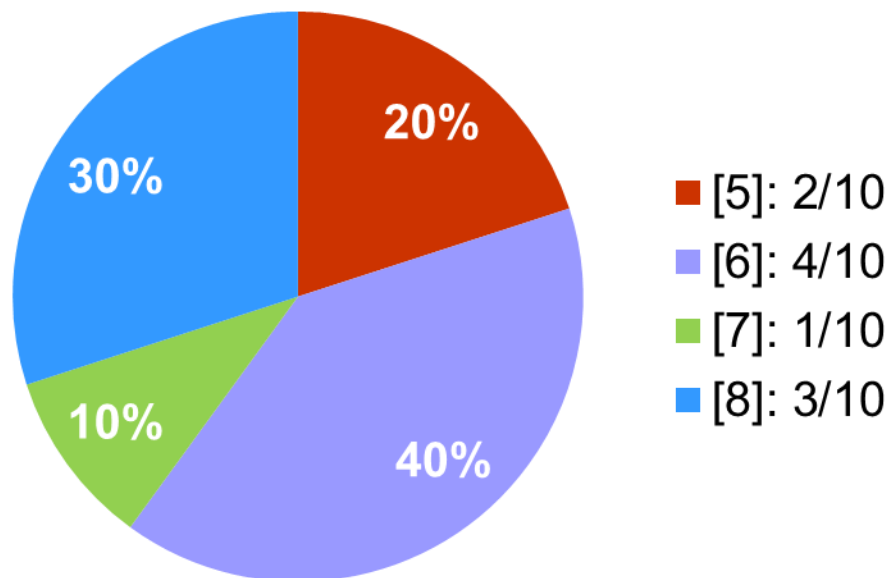
5	1 0 0 0 0 0 1	F = 9	W = 11
6	0 1 0 0 1 1 0	F = 24	W = 18
7	0 0 1 1 0 0 1	F = 9	W = 18
8	0 1 0 0 1 0 1	F = 19	W = 16



Iteracija 2: selekcija roditelja

● Rangiranje:

Oznaka	Fitness	Rang
7	9	1
5	9	2
8	19	3
6	24	4



Selekcija individua:

Prvi par: [6] i [8]

Drugi par: [5] i [6]



Iteracija 2: rekombinacija

- Rekombinacija sa jednom tačkom prelaska (SGA)
- Maska rekombinacije: 1111000

Za [6] i [8] :

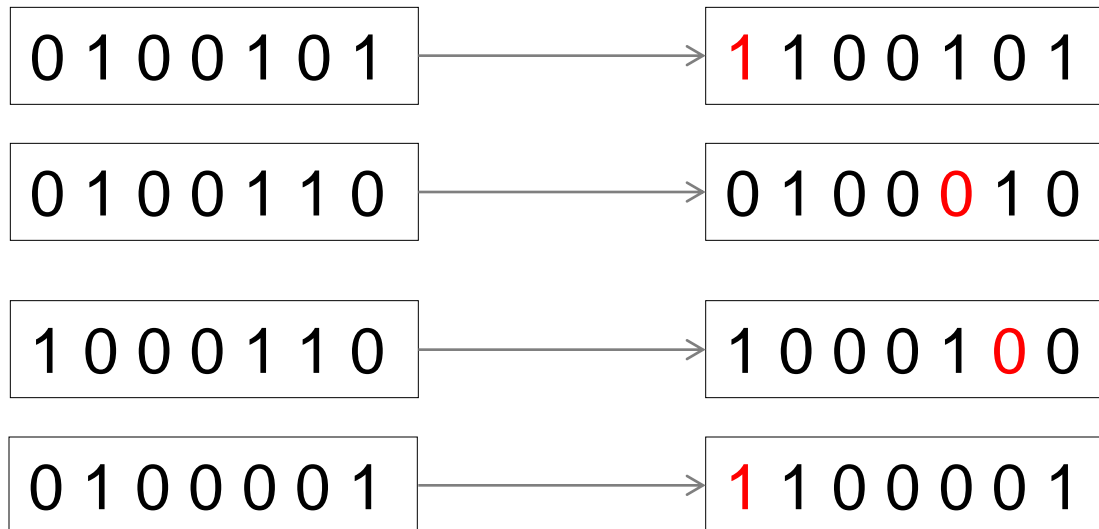


Za [5] i [6] :



Iteracija 2: mutacija

- Verovatnoća mutacije:
 $m=1/n$ (u primeru $1/7$)



Iteracija 2: nova populacija

Stvar	1	2	3	4	5	6	7
Vrednost	5	8	3	2	7	9	4
Težina	7	8	4	10	4	6	4

9 **1 1 0 0 1 0 1** F = 24 W = 23

10 **0 1 0 0 0 1 0** F = 17 W = 14

11 **1 0 0 0 1 0 0** F = 12 W = 11

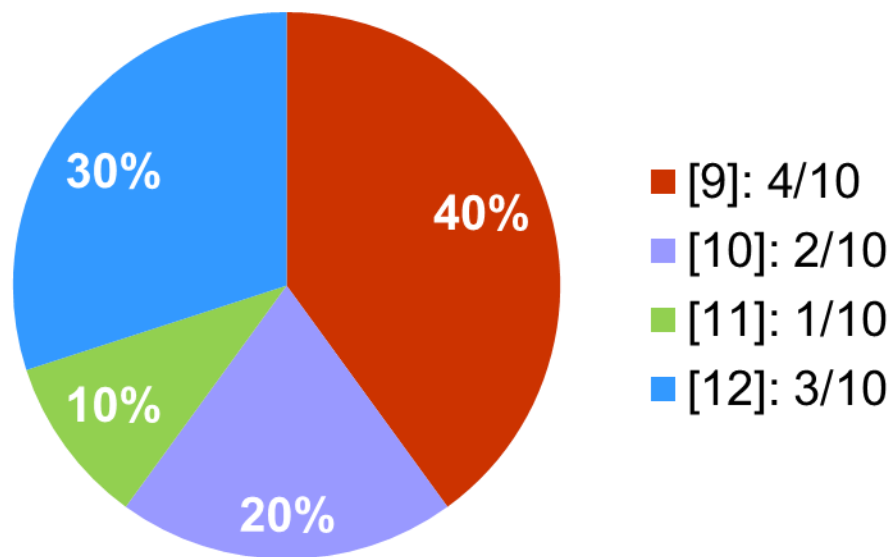
12 **1 1 0 0 0 0 1** F = 17 W = 19



Iteracija 3: selekcija roditelja

● Rangiranje:

Oznaka	Fitness	Rang
11	12	1
10	17	2
12	17	3
9	24	4



Selekcija individua:

Prvi par: [9] i [12] Drugi par: [10] i [11]



Iteracija 3: rekombinacija

- Rekombinacija sa jednom tačkom prelaska (SGA)
- Maska rekombinacije: 1111000

Za [9] i [12] :

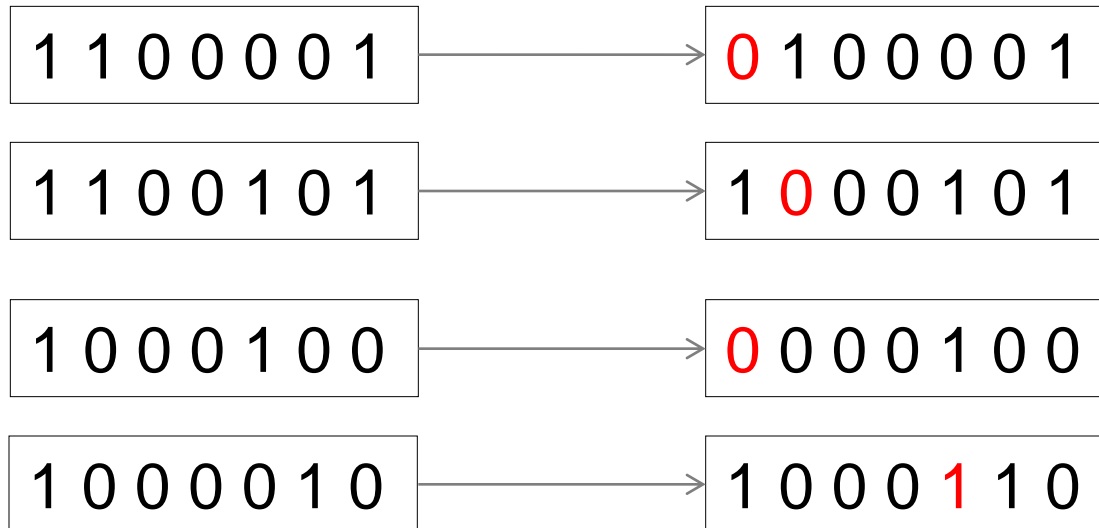


Za [10] i [11] :



Iteracija 3: mutacija

- Verovatnoća mutacije:
 $m=1/n$ (u primeru $1/7$)



Iteracija 3: nova populacija

Stvar	1	2	3	4	5	6	7
Vrednost	5	8	3	2	7	9	4
Težina	7	8	4	10	4	6	4

13 **0 1 0 0 0 0 1** $F = 12 \quad W = 12$

14 **1 0 0 0 1 0 1** $F = 16 \quad W = 15$

15 **0 0 0 0 1 0 0** $F = 7 \quad W = 4$

16 **1 0 0 0 1 1 0** $F = 21 \quad W = 17$

- Ponavljati dok se ne dođe do kraja.



Primer 3

- Rešiti problem popune ranca korišćenjem:
 - Metode stabilnog stanja
 - Verovatnoće mutacije $1/n$
 - Fitness f -je jednake ukupnoj vrednosti svih stvari u rancu
 - Rekombinacije sa jednom tačkom prelaska

Primer 3

Stvar	1	2	3	4	5	6	7
Vrednost	5	8	3	2	7	9	4
Težina	7	8	4	10	4	6	4

Težina ranca treba da bude manja od 23kg

● Inicijalna populacija

1	1 0 0 0 0 1 0	F = 14	W = 13	{1, 6}
2	0 0 1 0 0 0 0	F = 3	W = 4	{3}
3	0 0 0 1 1 0 0	F = 9	W = 14	{4, 5}
4	0 1 0 0 0 0 1	F = 12	W = 12	{2, 7}
5	1 1 0 0 0 0 0	F = 13	W = 17	{1, 2}
6	0 0 0 0 1 0 0	F = 7	W = 4	{5}



Metod stabilnog stanja

- Izbacujemo 2 najlošije jedinke iz generacije
- Uzimamo 2 najbolje jedinke iz generacije za kreiranje novih potomaka

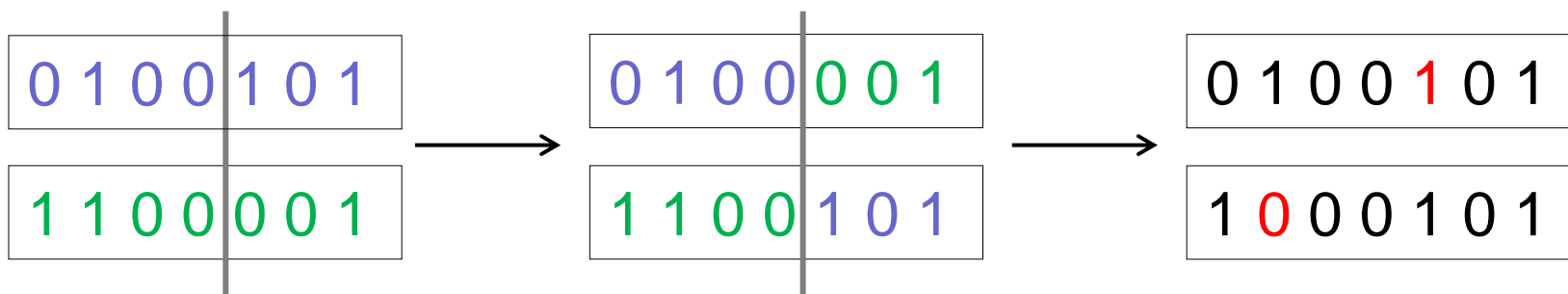
1	1 0 0 0 0 1 0	F = 14	Roditelj
2	0 0 1 0 0 0 0	F = 3	Briše se
3	0 0 0 1 1 0 0	F = 9	Prelazi u sledeću generaciju
4	0 1 0 0 0 0 1	F = 12	Prelazi u sledeću generaciju
5	1 1 0 0 0 0 0	F = 13	Roditelj
6	0 0 0 0 1 0 0	F = 7	Briše se



Kreiranje sledeće generacije

- Rekombinacija sa jednom tačkom prelaska.
 - Maska 1 1 1 1 0 0 0
- Mutacija: 1/n (1/7)

Za [1] i [5] :



Sledeća generacija

Stvar	1	2	3	4	5	6	7
Vrednost	5	8	3	2	7	9	4
Težina	7	8	4	10	4	6	4

1	1 0 0 0 0 1 0	F = 14	W = 13
3	0 0 0 1 1 0 0	F = 9	W = 14
4	0 1 0 0 0 0 1	F = 12	W = 12
5	1 1 0 0 0 0 0	F = 13	W = 15
7	0 1 0 0 1 0 1	F = 19	W = 16
8	1 0 0 0 1 0 1	F = 16	W = 15



Iteracija 2

- Metod stabilnog stanja

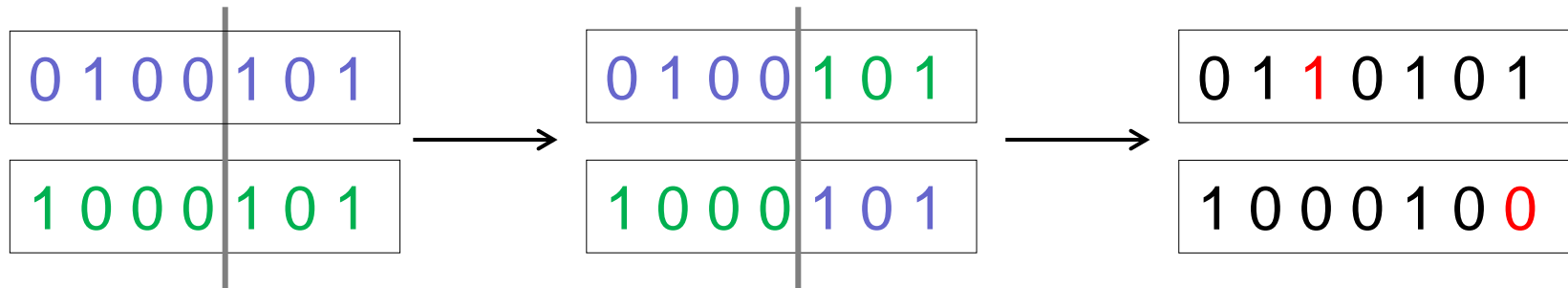
1	1 0 0 0 0 1 0	F = 14	Prelazi u sledeću generaciju
3	0 0 0 1 1 0 0	F = 9	Briše se
4	0 1 0 0 0 0 1	F = 12	Briše se
5	1 1 0 0 0 0 0	F = 13	Prelazi u sledeću generaciju
7	0 1 0 0 1 0 1	F = 19	Roditelj
8	1 0 0 0 1 0 1	F = 16	Roditelj



Iteracija 2

- Kreiranje sledeće generacije
- Rekombinacija sa jednom tačkom prelaska.
 - Maska 1 1 1 1 0 0 0
- Mutacija: 1/n (1/7)

Za [7] i [8] :



Sledeća generacija

Stvar	1	2	3	4	5	6	7
Vrednost	5	8	3	2	7	9	4
Težina	7	8	4	10	4	6	4

1	1 0 0 0 0 1 0	F = 14	W = 13
5	1 1 0 0 0 0 0	F = 13	W = 15
7	0 1 0 0 1 0 1	F = 19	W = 16
8	1 0 0 0 1 0 1	F = 16	W = 15
9	0 1 1 0 1 0 1	F = 22	W = 20
10	1 0 0 0 1 0 0	F = 12	W = 11

- Ponavljati dok se ne dođe do kraja.



Primer 4

- Rešiti problem popune ranca korišćenjem:
 - Elitizma
 - Verovatnoće mutacije $1/n$
 - Fitness f -je jednake ukupnoj vrednosti svih stvari u rancu
 - Rekombinacije sa dve tačke prelaska

Primer 4

Stvar	1	2	3	4	5	6	7
Vrednost	5	8	3	2	7	9	4
Težina	7	8	4	10	4	6	4

Težina ranca treba da bude manja od 23kg

● Inicijalna populacija

1	1 0 0 0 0 1 0	F = 14	W = 13	{1, 6}
2	0 0 1 0 0 0 0	F = 3	W = 4	{3}
3	0 0 0 1 1 0 0	F = 9	W = 14	{4, 5}
4	0 1 0 0 0 0 1	F = 12	W = 12	{2, 7}
5	1 1 0 0 0 0 0	F = 13	W = 17	{1, 2}
6	0 0 0 0 1 0 0	F = 7	W = 4	{5}



Elitizam

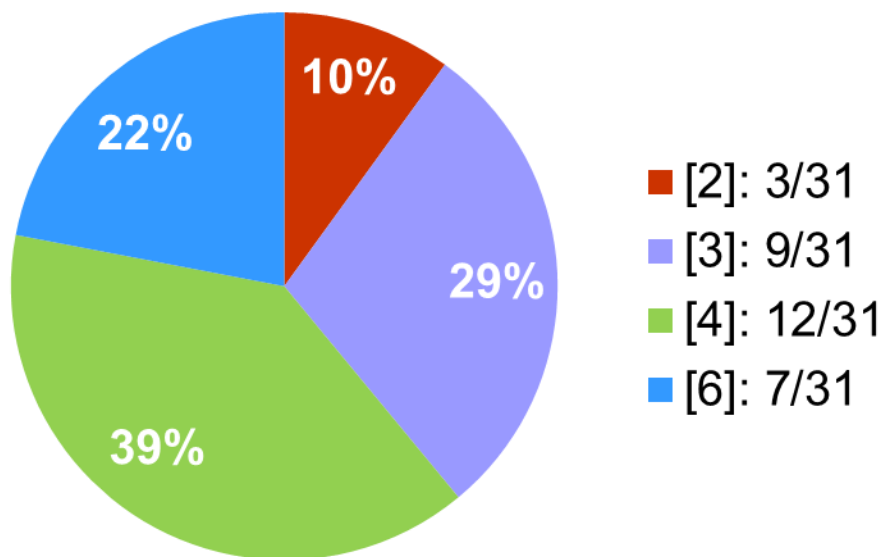
- Najbolje jedinke iz generacije prebacujemo u novu generaciju.

1	1 0 0 0 0 1 0	F = 14
2	0 0 1 0 0 0 0	F = 3
3	0 0 0 1 1 0 0	F = 9
4	0 1 0 0 0 0 1	F = 12
5	1 1 0 0 0 0 0	F = 13
6	0 0 0 0 1 0 0	F = 7



Selekcija roditelja

● Rulet selekcija



Selekcija individua:

Prvi par: [4] i [3]

Drugi par: [6] i [4]



Rekombinacija

- Rekombinacija sa dve tačke prelaska
- Maska rekombinacije: 0011100

Za [4] i [3] :

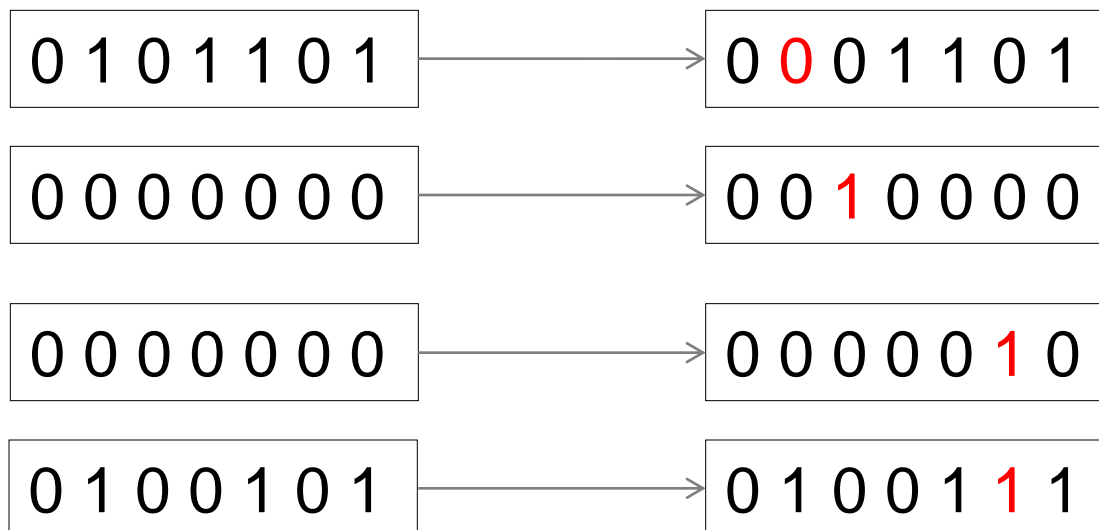


Za [6] i [4] :



Mutacija

- Verovatnoća mutacije:
 $m=1/n$ (u primeru $1/7$)



Nova populacija

Stvar	1	2	3	4	5	6	7
Vrednost	5	8	3	2	7	9	4
Težina	7	8	4	10	4	6	4

1	1 0 0 0 0 1 0	F = 14	W = 13
5	1 1 0 0 0 0 0	F = 13	W = 15
7	0 0 0 1 1 0 1	F = 13	W = 18
8	0 0 1 0 0 0 0	F = 3	W = 4
9	0 0 0 0 0 1 0	F = 9	W = 6
10	0 1 0 0 1 1 1	F = 28	W = 22



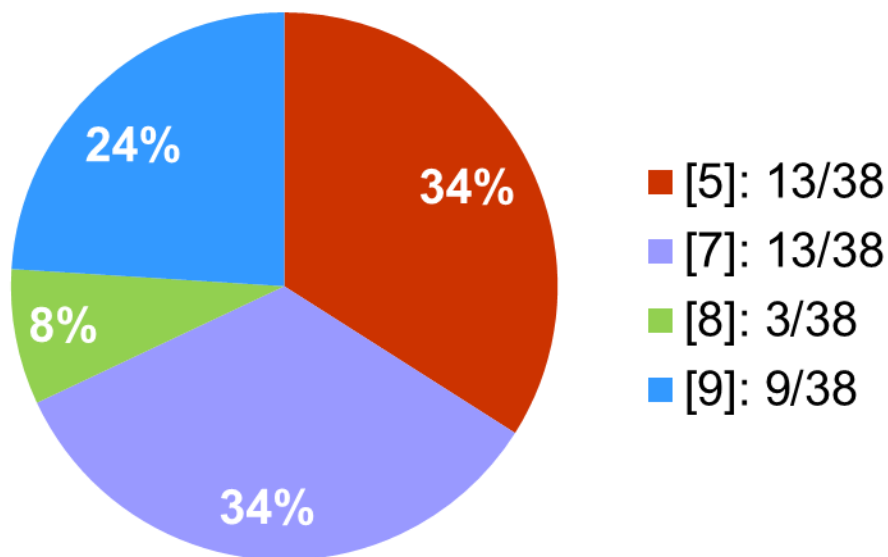
Iteracija 2 : elitizam

- Najbolje jedinke iz generacije prebacujemo u novu generaciju.

1	1 0 0 0 0 1 0	F = 14	W = 13
5	1 1 0 0 0 0 0	F = 13	W = 15
7	0 0 0 1 1 0 1	F = 13	W = 18
8	0 0 1 0 0 0 0	F = 3	W = 4
9	0 0 0 0 0 1 0	F = 9	W = 6
10	0 1 0 0 1 1 1	F = 28	W = 22

Iteracija 2: selekcija roditelja

● Rulet selekcija



Selekcija individua:

Prvi par: [7] i [5]

Drugi par: [7] i [9]



Iteracija 2: rekombinacija

- Rekombinacija sa dve tačke prelaska
- Maska rekombinacije: 0011100

Za [7] i [5] :

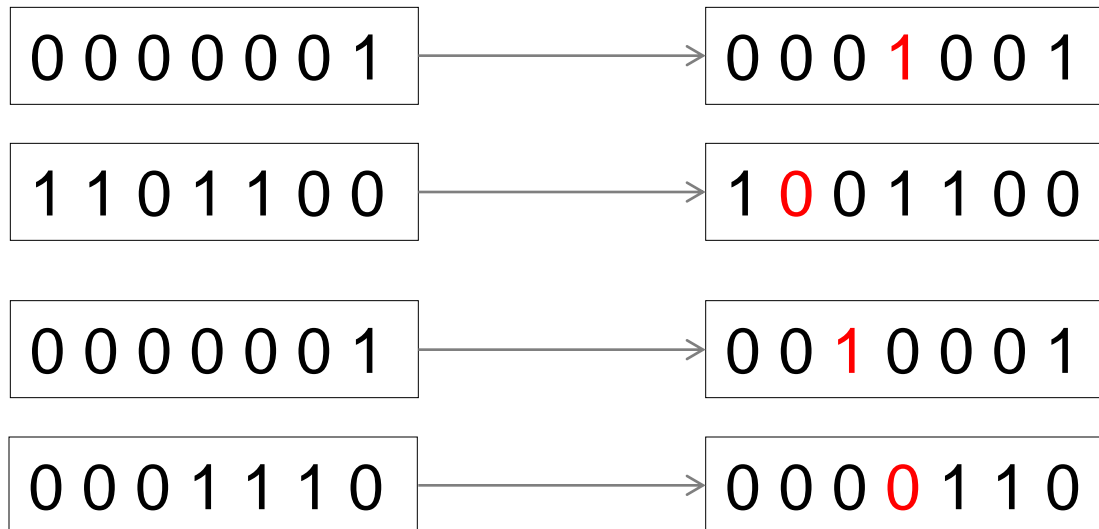


Za [7] i [9] :



Iteracija 2: mutacija

- Verovatnoća mutacije:
 $m=1/n$ (u primeru $1/7$)



Iteracija 2: nova populacija

Stvar	1	2	3	4	5	6	7
Vrednost	5	8	3	2	7	9	4
Težina	7	8	4	10	4	6	4

1	1 0 0 0 0 1 0	F = 14	W = 13
10	0 1 0 0 1 1 1	F = 28	W = 22
11	0 0 0 1 0 0 1	F = 6	W = 14
12	1 0 0 1 1 0 0	F = 14	W = 21
13	0 0 1 0 0 0 1	F = 7	W = 8
14	0 0 0 0 1 1 0	F = 16	W = 10

- Ponavljati dok se ne dođe do kraja.



Problem putujućeg trgovca -TSP

- Problem:
 - Postoji lista gradova koje putujući trgovac treba da obiđe. Za svaka dva grada poznata je njihova međusobna udaljenost.
 - Cilj je pronaći najkraći put za obilazak svih gradova.



Kodiranje

- Permutaciono kodiranje
- Hromozom opisuje redosled obilaska gradova.
- Primer: 2 3 1 4



Primer

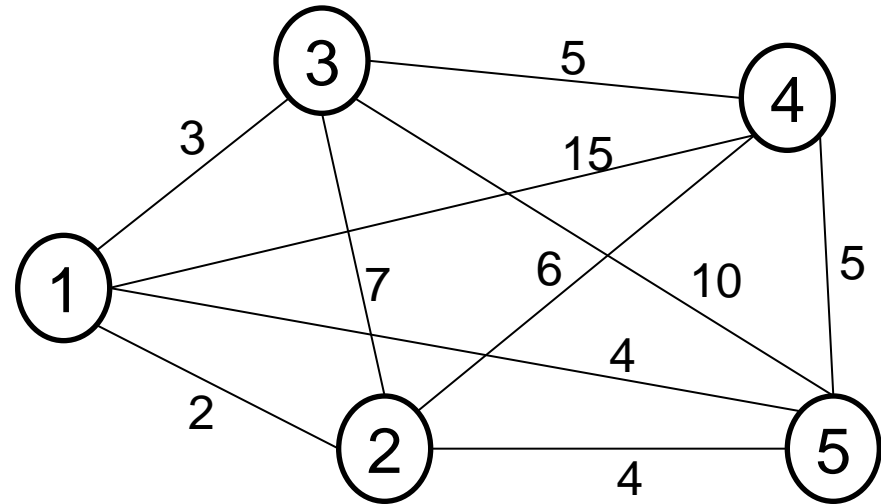
- Inicijalna populacija:

- 1 4 3 2 5

- 4 3 1 2 5

- 5 3 2 4 1

- 2 1 4 5 3



Izbor roditelja

1	1 4 3 2 5	D = 31	F = 4
2	4 3 1 2 5	D = 14	F = 7
3	5 3 2 4 1	D = 38	F = 2
4	2 1 4 5 3	D = 32	F = 5

- Rulet selekcija
- Selekcija individua:
Prvi par: [1] i [3]
Drugi par: [2] i [4]

Rekombinacija

- Sa jednom tačkom prelaska

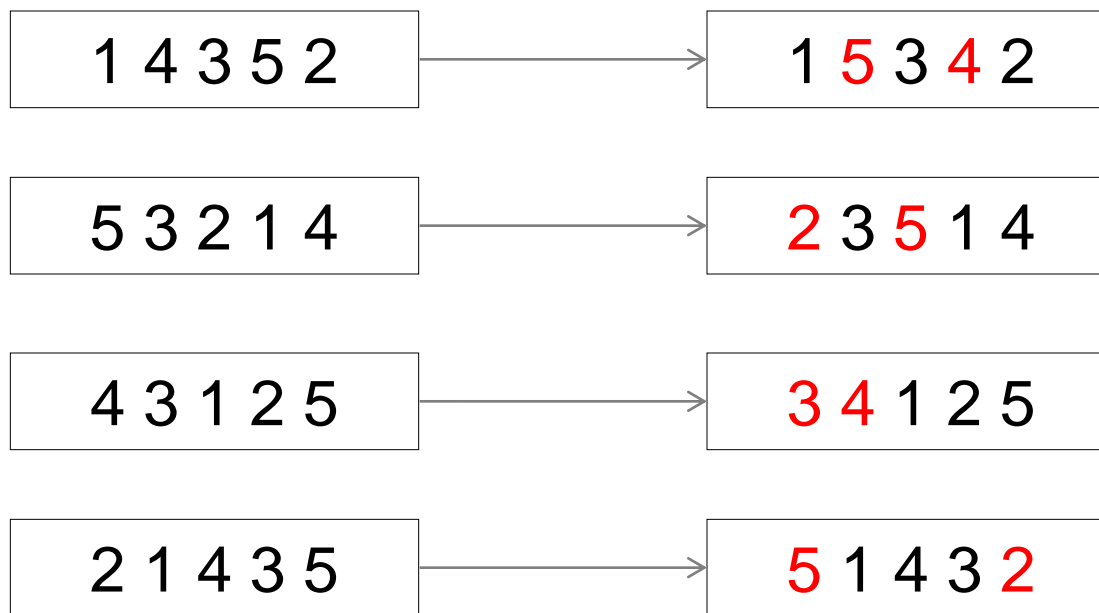
Za [1] i [3] :



Za [2] i [4] :



Mutacija



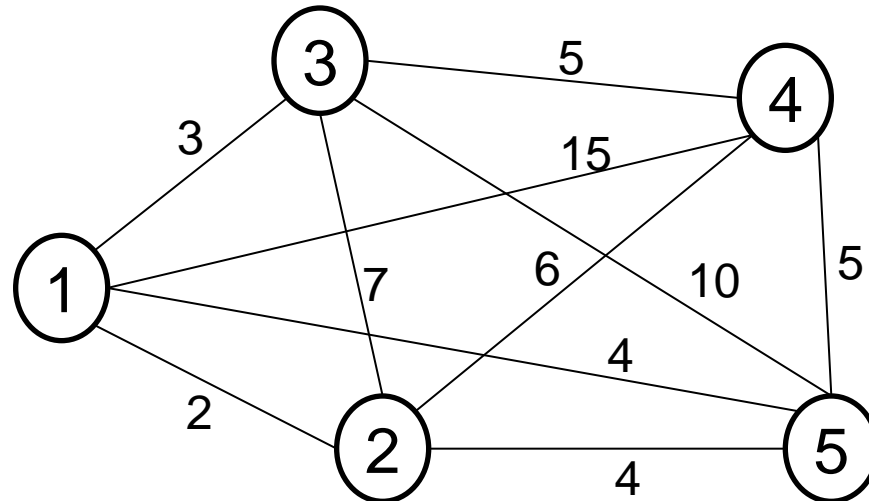
Nova populacija

5	1 5 3 4 2	$D = 25$	$F = 3$
6	2 3 5 1 4	$D = 36$	$F = 2$
7	3 4 1 2 5	$D = 26$	$F = 2.9$
8	5 1 4 3 2	$D = 31$	$F = 2.5$

Izbor roditelja:

[7] i [8]

[7] i [5]



Iteracija 2: rekombinacija

- Sa jednom tačkom prelaska

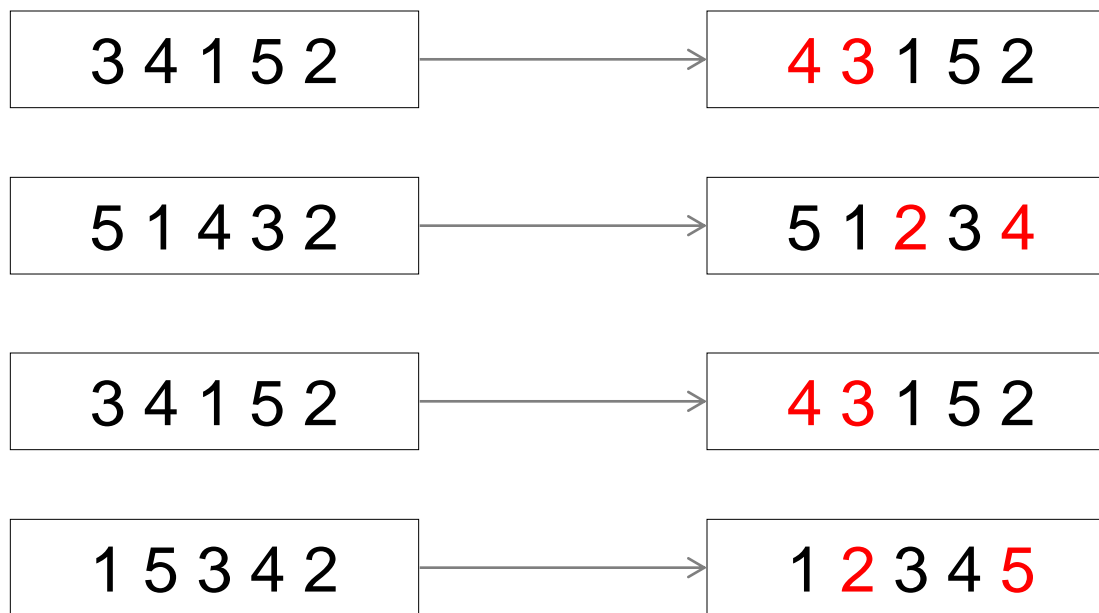
Za [7] i [8] :



Za [7] i [5] :

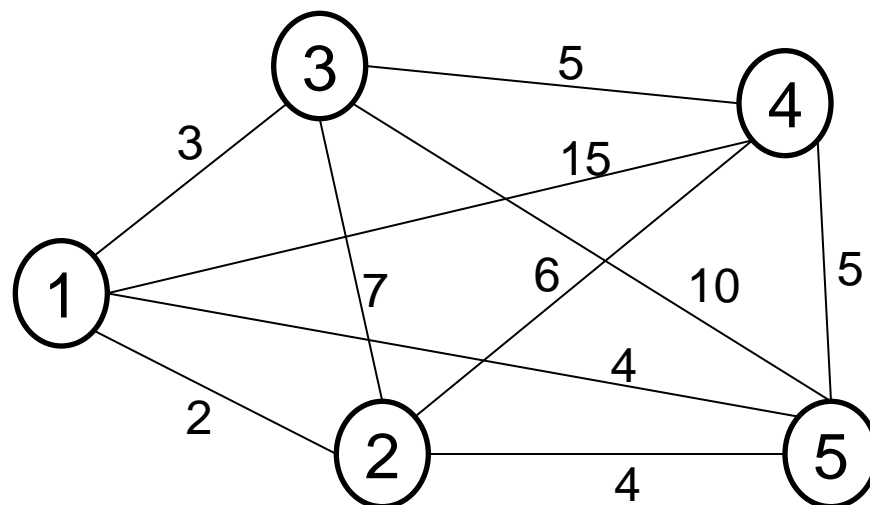


Iteracija 2: mutacija



Iteracija 2: nova populacija

9	4 3 1 5 2	$D = 16$	$F = 6$
10	5 1 2 3 4	$D = 18$	$F = 5$
11	4 3 1 5 2	$D = 16$	$F = 6$
12	1 2 3 4 5	$D = 19$	$F = 4.5$



- Ponavljati dok se ne dođe do kraja.

