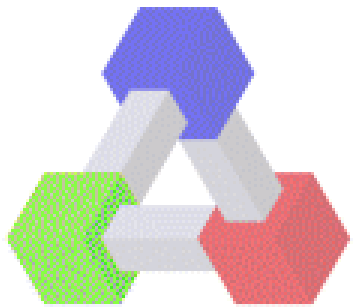
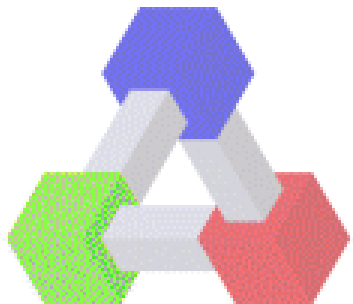


Evolutivni algoritmi implementacija



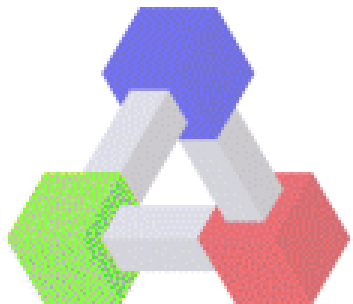
Sadržaj

- Problem određivanja maksimuma funkcije jedne promenljive
- Problem određivanja minimuma funkcije više promenljivih
- Problem “Trgovačkog putnika”



Sadržaj

- Problem određivanja maksimuma funkcije jedne promenljive
- Problem određivanja minimuma funkcije više promenljivih
- Problem “Trgovačkog putnika”



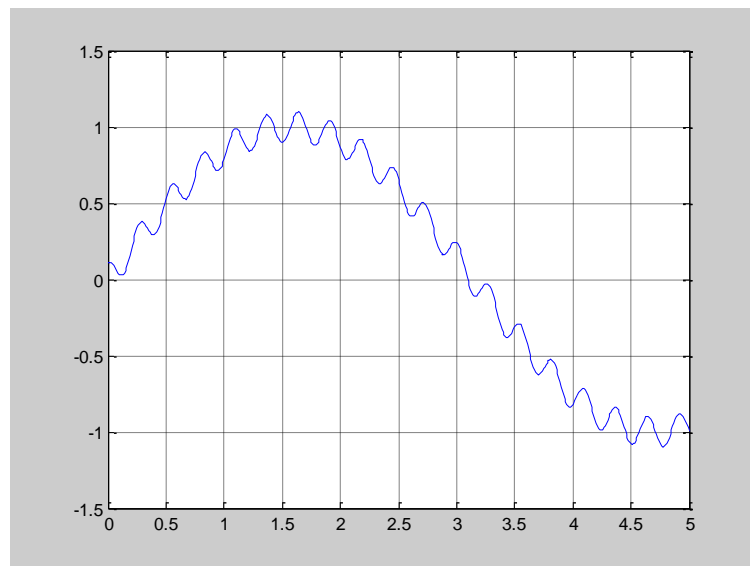
Maksimum funkcije

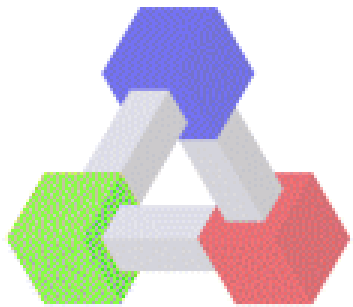
Zadatak: **pronaći** x
za koji funkcija $f(x)$
ima najveću vrednost u intervalu $[a, b]$

$$f(x) = \sin(x) + 0.1 \cdot \cos(23 \cdot x) \quad \text{nad intervalom} \quad x \in [0, 5]$$

Kako:

```
xmax = a;  
for x=a:0.01:b  
begin  
    if f(x)>f(xmax)  
        xmax = x;  
    end
```





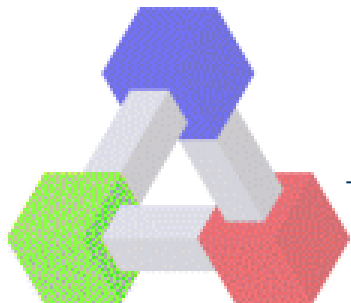
Maksimum funkcije

Zadatak: **pronaći** x
za koji funkcija $f(x)$
ima najveću vrednost u intervalu $[a, b]$

$$f(x) = \sin(x) + 0.1 \cdot \cos(23 \cdot x) \quad \text{nad intervalom} \quad x \in [0, 5]$$

Kako:

Jednostavan genetski algoritam



Osnovna šema evolutivnih algoritama

INICIJALIZACIJA (kreiranje početne populacije)

BEGIN

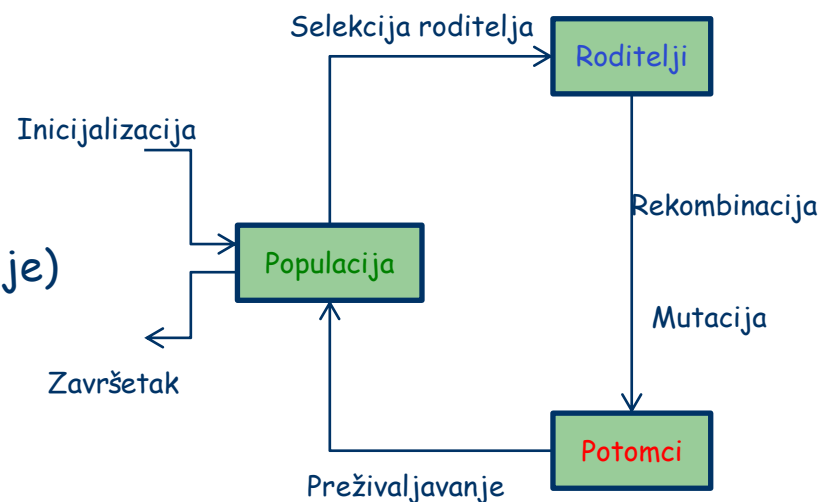
EVALUACIJA jedinki iz populacije

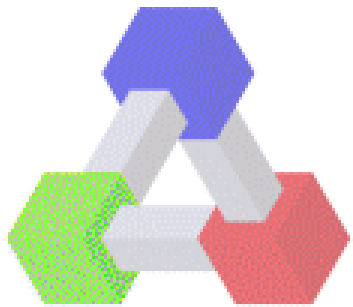
REPEAT

1. SELEKCIJA roditelja
2. REKOMBINACIJA parova roditelja
3. MUTACIJA potomaka
4. EVALUACIJA potomaka
5. SELEKCIJA jedinki za novu generaciju (PREŽIVLJAVANJE)

UNTIL (USLOV ZAVRŠETKA)

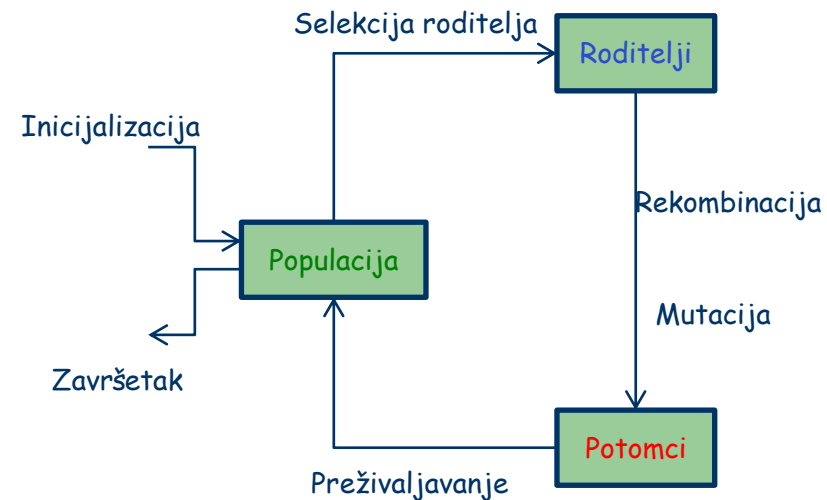
END

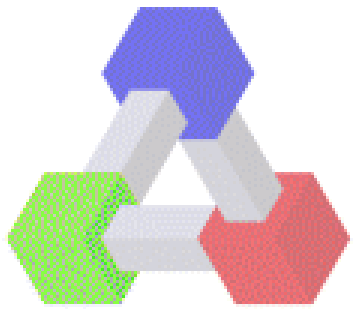




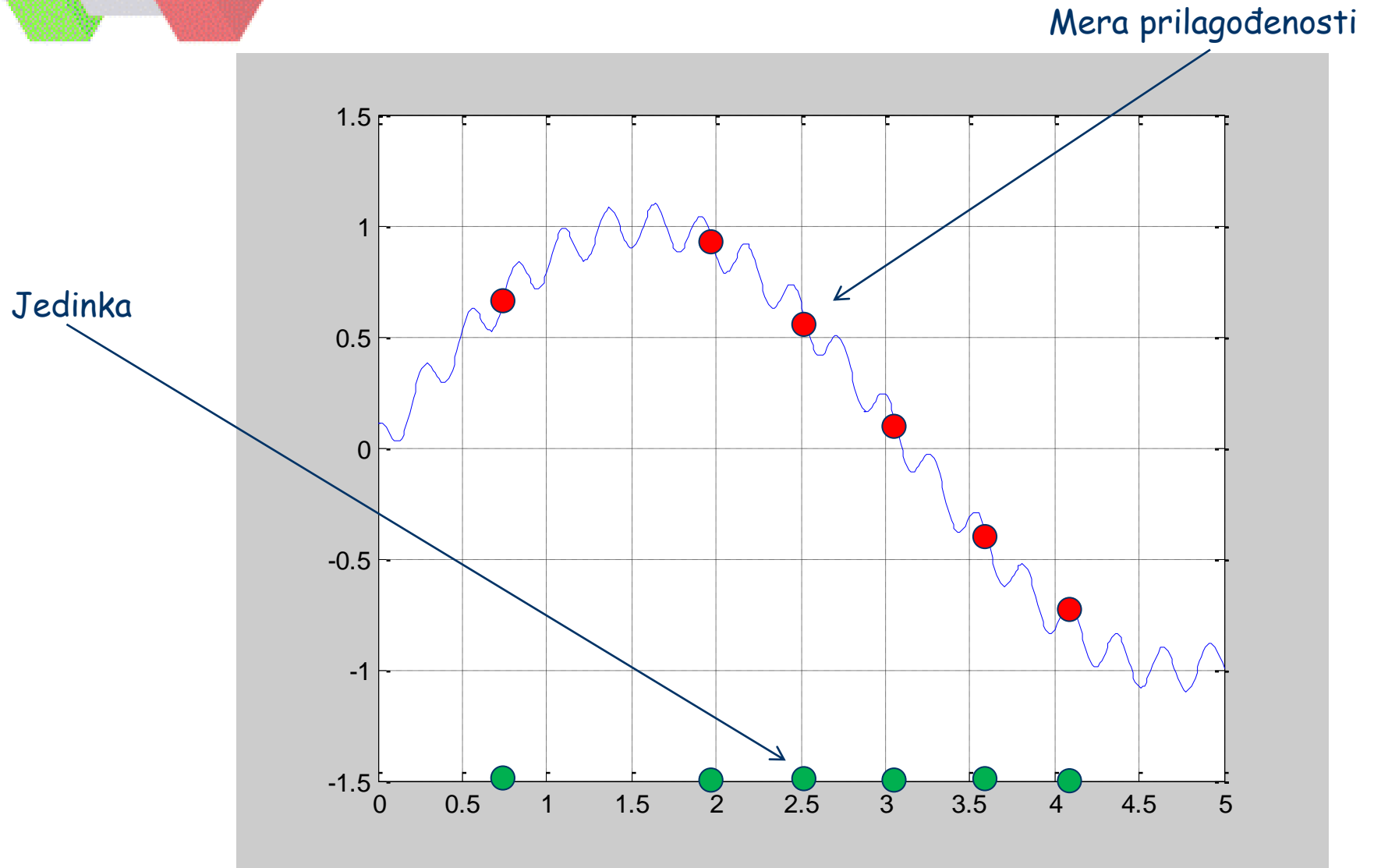
Jednostavni genetski algoritam

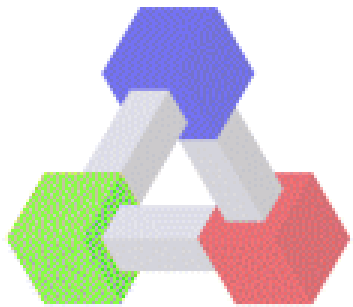
- **Populacija**
 - jedinka – kodiranje
- **Evaluacija**
- **Selekcija**
- **Rekombinacija**
- **Mutacija**





Populacija - jedinka

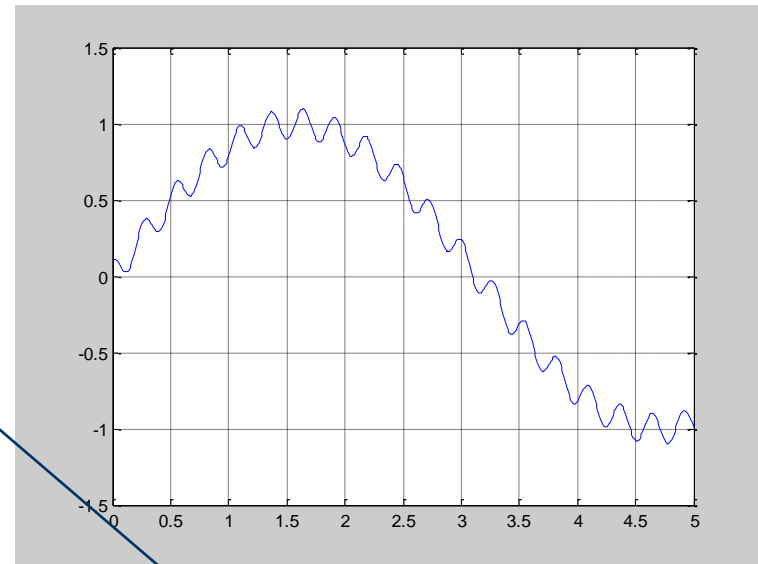




Jedinka - kodiranje

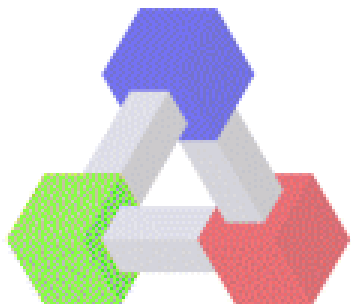
```
public class Jedinka
{
    public double x;
    public int[] chromosome;
    public double ocena;
}
```

Spoljna reprezentacija



Mera prilagođenosti

Interna reprezentacija

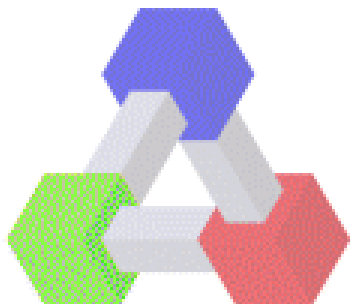


Jedinka - kodiranje

$$f(x) = \sin(0.2x) + 0.1\cos(10x)$$

Spoljna reprezentacija \longleftrightarrow Interna reprezentacija

	128	64	32	16	8	4	2	1
<div>5</div>	0	0	0	0	0	1	0	1
<div></div>								
<div></div>								
<div></div>								
<div></div>								

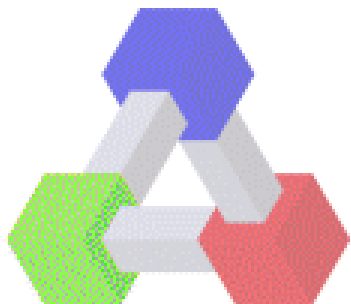


Jedinka - kodiranje

$$f(x) = \sin(0.2x) + 0.1\cos(10x)$$

Spoljna reprezentacija \longleftrightarrow Interna reprezentacija

	128	64	32	16	8	4	2	1
<input type="text" value="5"/>	0	0	0	0	0	1	0	1
<input type="text"/>	0	0	0	0	0	1	1	1
<input type="text"/>								
<input type="text"/>								
<input type="text"/>								

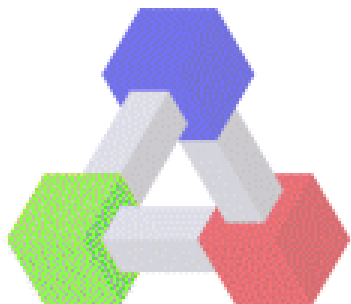


Jedinka - kodiranje

$$f(x) = \sin(0.2x) + 0.1\cos(10x)$$

Spoljna reprezentacija \longleftrightarrow Interna reprezentacija

	128	64	32	16	8	4	2	1
5	0	0	0	0	0	1	0	1
7	0	0	0	0	0	1	1	1



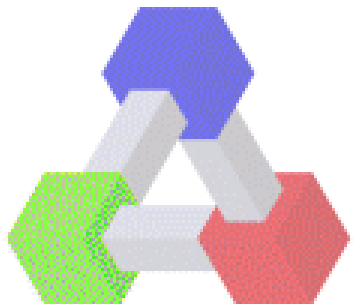
Jedinka - kodiranje

$$f(x) = \sin(0.2x) + 0.1\cos(10x)$$

Spoljna reprezentacija \longleftrightarrow Interna reprezentacija

	128	64	32	16	8	4	2	1
5	0	0	0	0	0	1	0	1
7	0	0	0	0	0	1	1	1
68	0	1	0	0	0	1	0	0
325								

$$f(x) = \sin(0.2x) + 0.1\cos(10x)$$



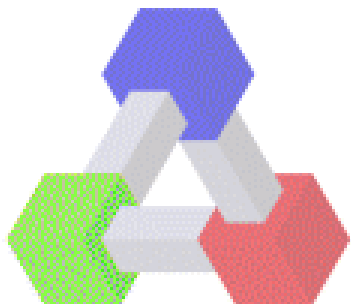
Jedinka - kodiranje

$$f(x) = \sin(0.2x) + 0.1\cos(10x)$$

Spoljna reprezentacija \longleftrightarrow Interna reprezentacija

Funkcija koja preslikava interval realnih brojeva na konačan broj pozitivnih celih brojeva.

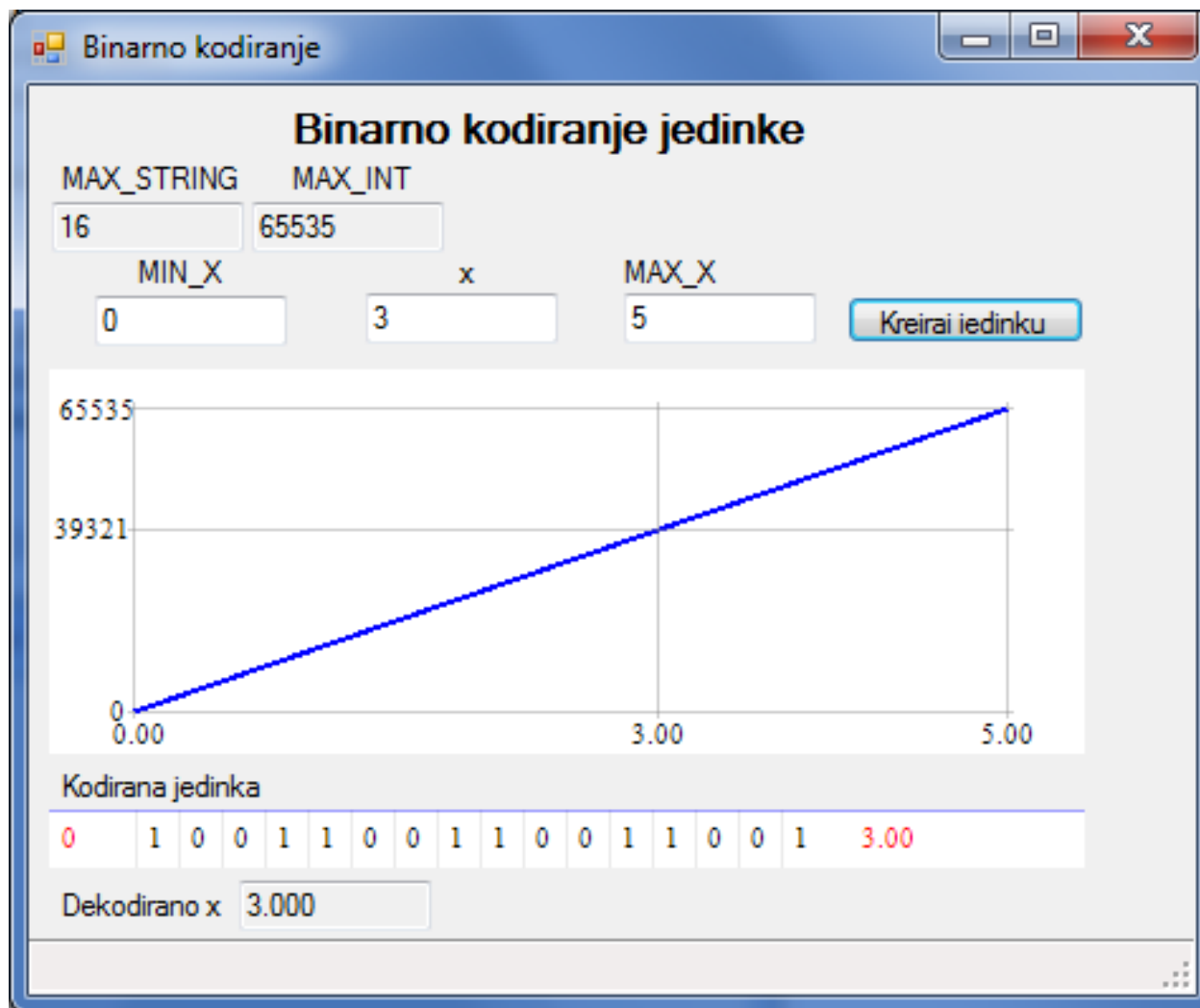
Linearno preslikavanje

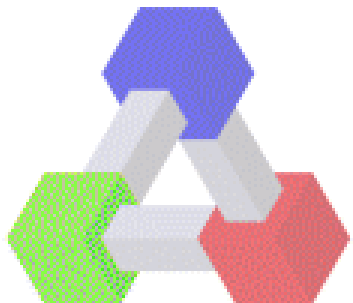


Jedinka - kodiranje

$$f(x) = \sin(0.2x) + 0.1\cos(10x)$$

$$x \in [0,5]$$





Jedinka - kodiranje

$$f(x) = \sin(0.2x) + 0.1\cos(10x)$$

Spoljna reprezentacija \longleftrightarrow Interna reprezentacija

Parametri:

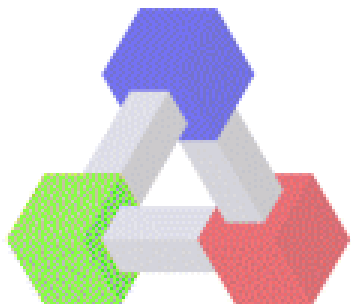
MAXSTRING dužina binarnog niza za internu reprezentaciju

MIN_X početak intervala

MAX_X kraj intervala

MAX_INT maksimalan broj jedinstvenih jedinki koje se mogu reprezentovati sa **MAXSTRING** dužinom

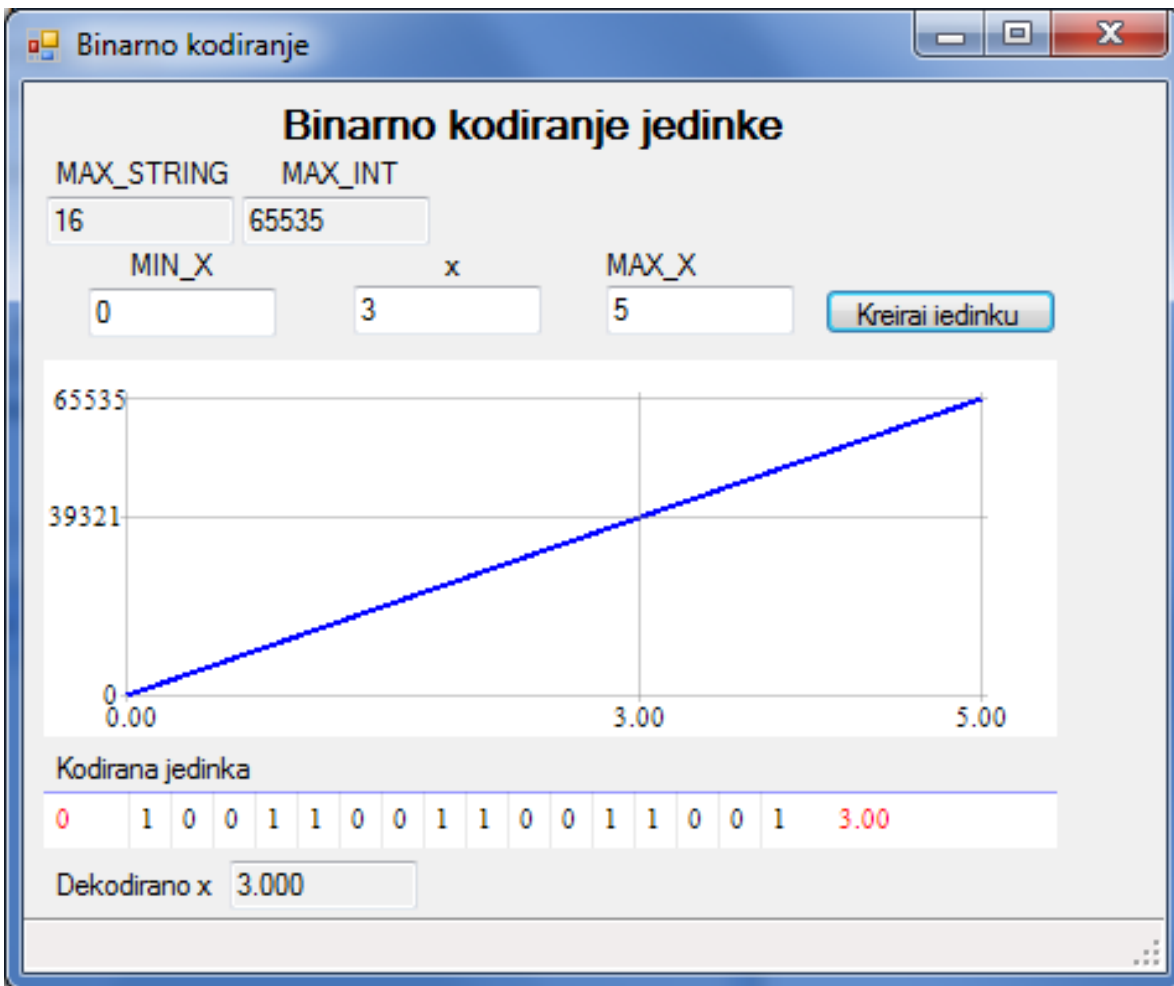
$$MAX_INT = 2^{MAXSTRING} - 1$$



Jedinka - kodiranje

$$f(x) = \sin(0.2x) + 0.1\cos(10x)$$

$$x \in [0,5]$$

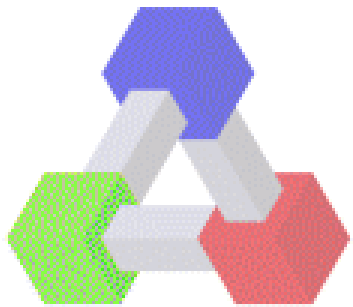


Jednačina prave kroz dve tačke
Sistem linearnih algebarskih
jednačina

$$g(x) = ax + b$$

$$0 = a \cdot MIN_X + b$$

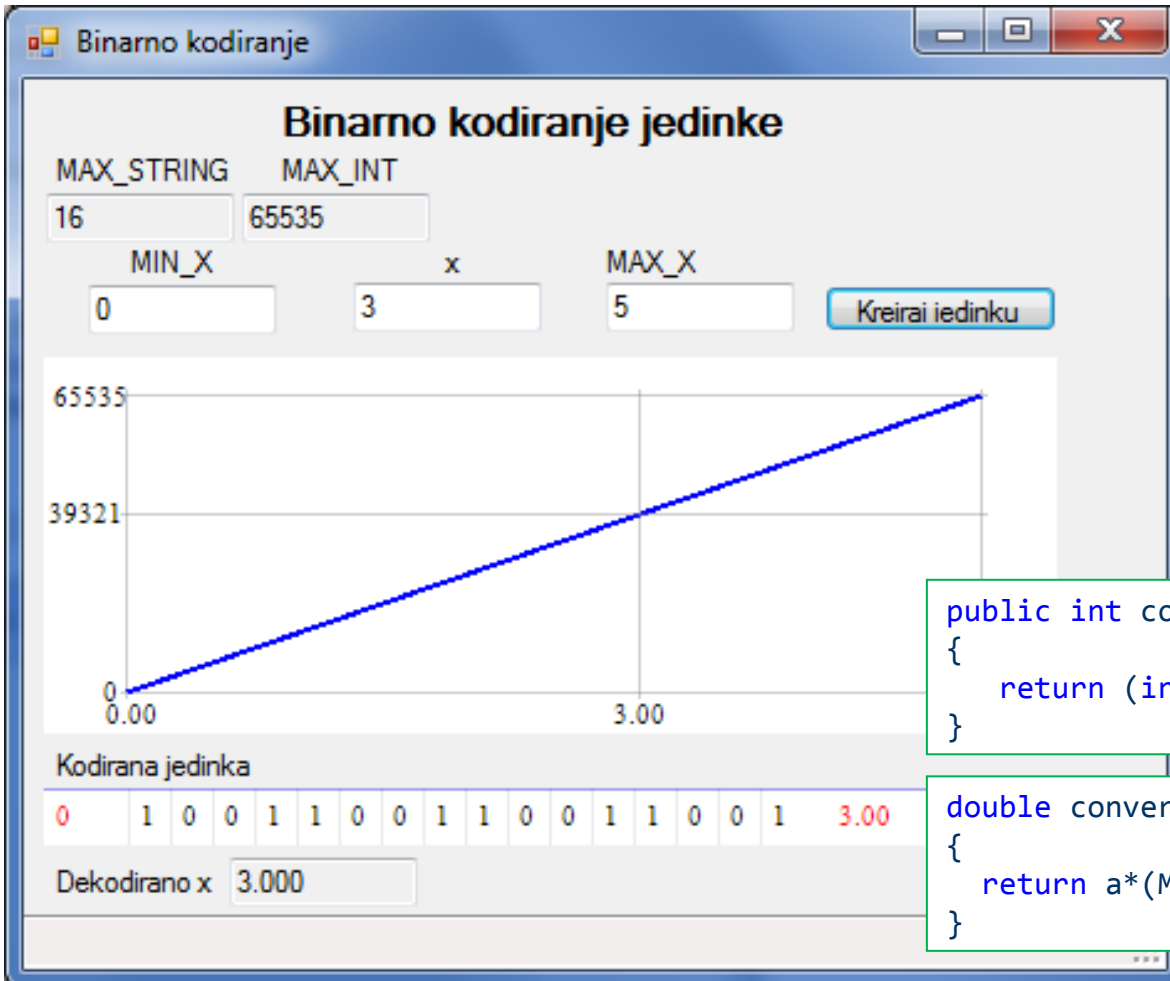
$$MAX_INT = a \cdot MAX_X + b$$



Jedinka - kodiranje

$$f(x) = \sin(0.2x) + 0.1\cos(10x)$$

$$x \in [0,5]$$



Jednačina prave kroz dve tačke
Sistem linearnih algebarskih
jednačina

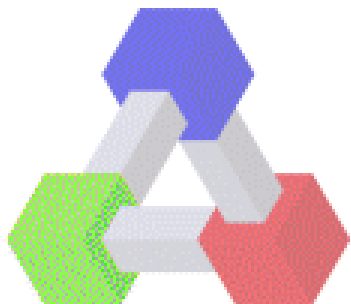
$$g(x) = ax + b$$

$$0 = a \cdot MIN_X + b$$

$$MAX_INT = a \cdot MAX_X + b$$

```
public int convert_double2int(double aX)
{
    return (int)((aX-MIN_X)*MAX_INT/(MAX_X-MIN_X));
}
```

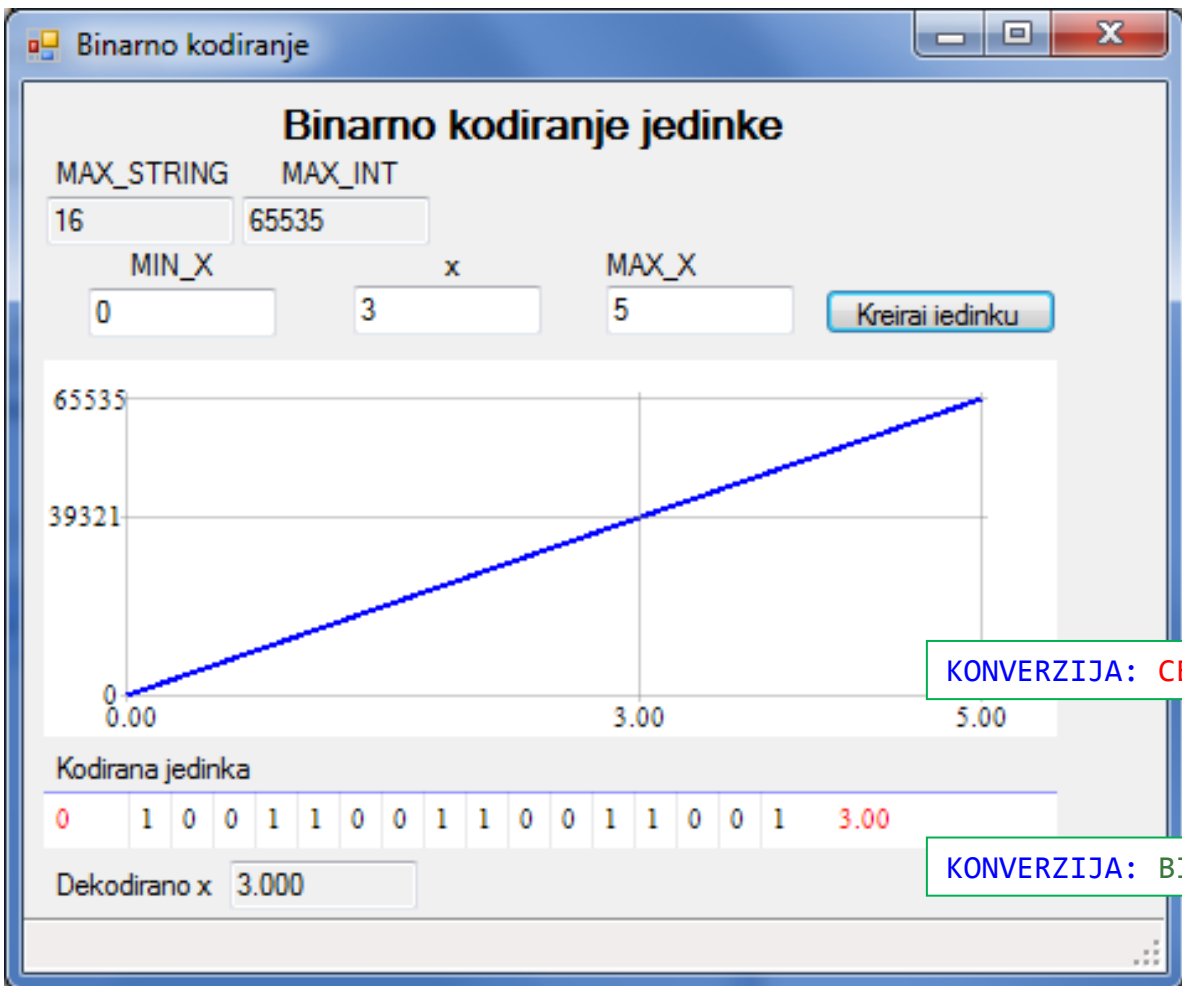
```
double convert_int2double(int a)
{
    return a*(MAX_X-MIN_X)/MAX_INT+MIN_X;
}
```



Jedinka - kodiranje

$$f(x) = \sin(0.2x) + 0.1\cos(10x)$$

$$x \in [0,5]$$



Jednačina prave kroz dve tačke
Sistem linearnih algebarskih
jednačina

$$g(x) = ax + b$$

$$0 = a \cdot MIN_X + b$$

$$MAX_INT = a \cdot MAX_X + b$$

KONVERZIJA: CEO BROJ u BINARNU REPREZENTACIJU



KONVERZIJA: BINARNA REPREZENTACIJA U CEO BROJ

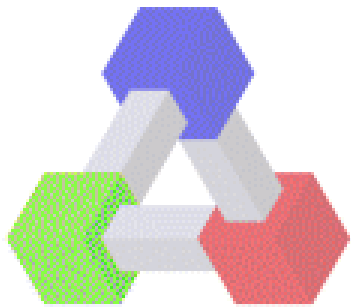
Populacija – skup jedinki

$$f(x) = \sin(0.2x) + 0.1\cos(10x)$$

$$x \in [0,5]$$

Redni broj	Hromozomi																x	y	
0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	4.86	0.81	
1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	3.17	0.69	
2	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	2.04	0.40	
3	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2.51	0.58	
4	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	2.84	0.44	
5	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0.85	0.11	
6	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1.15	0.28	
7	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0.34	-0.03	
8	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1.22	0.34	
9	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	4.25	0.76	

MIN_X: 0 MAX_X: 5 Kreiraj



Populacija – skup jedinki

$$f(x) = \sin(0.2x) + 0.1\cos(10x)$$

$$x \in [0,5]$$

Populacija

Redni broj		Hromozomi															x	y	
0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	4.86	0.81	
1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	3.17	0.69	
2	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	2.04	0.40	
3	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.58		
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.44		
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.11		
6	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1.15	0.28	
7	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0.34	-0.03	
8	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1.22	0.34	
9	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	4.25	0.76	

linka[] generacija;

linka[] nova_generacija;

MIN_X

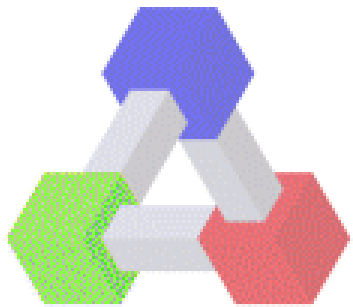
MAX_X

0

5

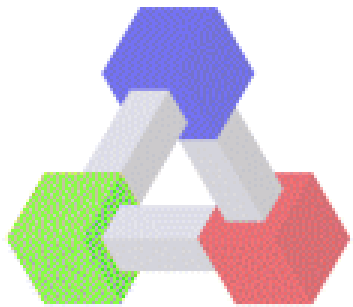
Kreiraj

Jedinka[] generacija;
Jedinka[] nova_generacija;



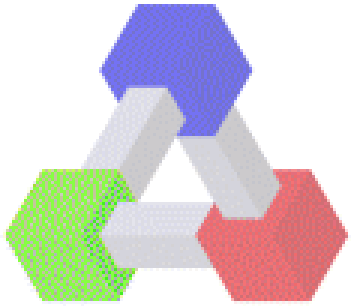
Jednostavni genetski algoritam

- Populacija
 - jedinka – kodiranje
- Evaluacija
- Selekcija
- Rekombinacija
- Mutacija
- Preživljavanje
- Završetak



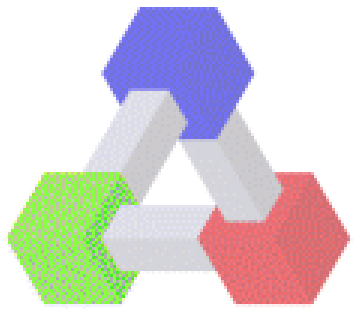
Jednostavni genetski algoritam

- Populacija
 - jedinka – kodiranje
- Evaluacija
- **Selekcija**
- Rekombinacija
- Mutacija
- Preživljavanje
- Završetak



Selekcija

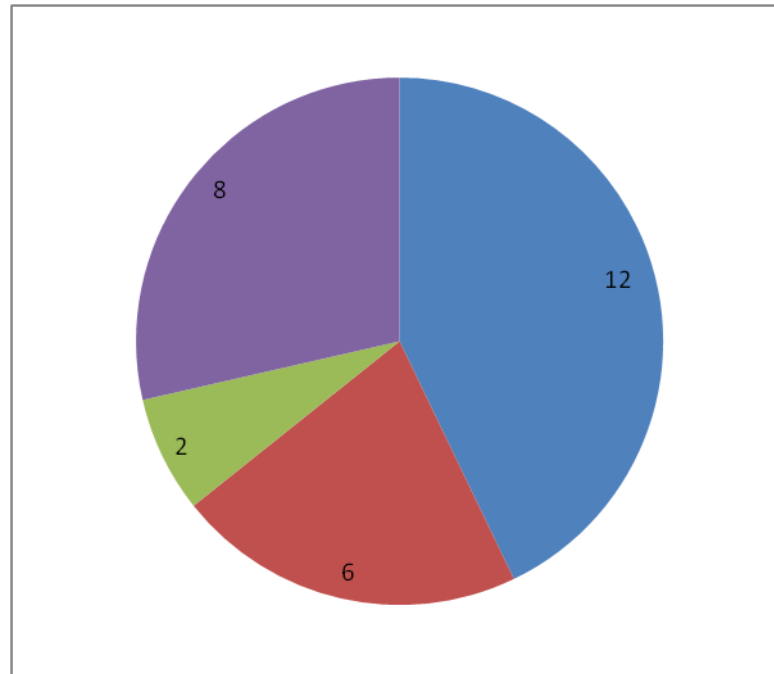
Slučajan izbor jedinke tako da veću šansu ima jedinka koja je bolje prilagođena.

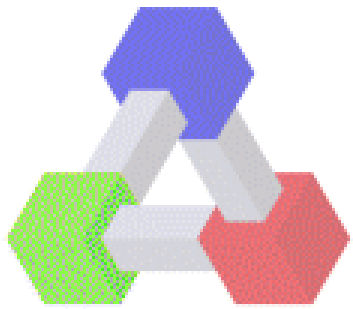


Selekcija

Ruletska selekcija

	y
1	12
2	6
3	2
4	8





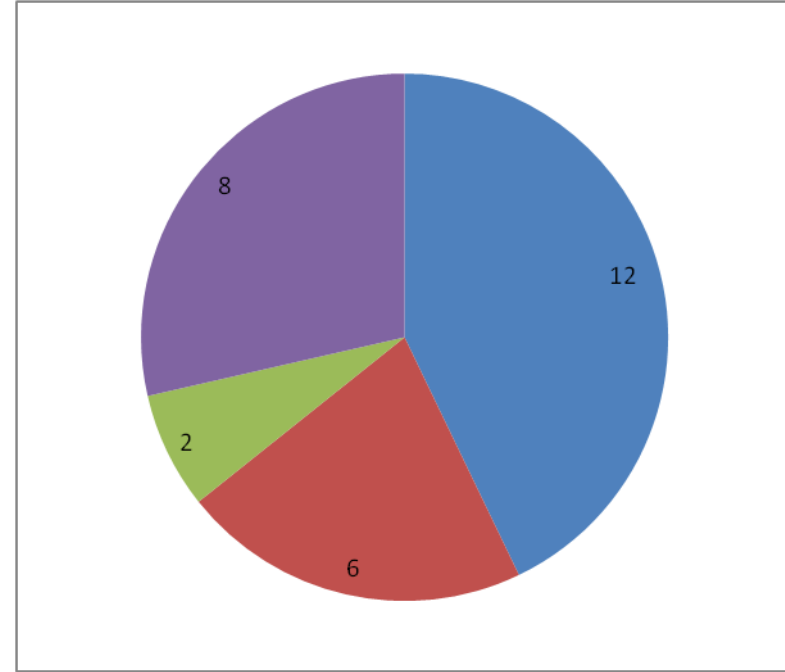
Selekcija

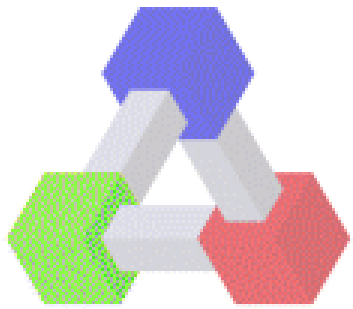
Ruletska selekcija

	y	od	do
1	12		
2	6		
3	2		
4	8		

Ukupan zbir: 28

Izabrati slučajan broj od 0 do 28





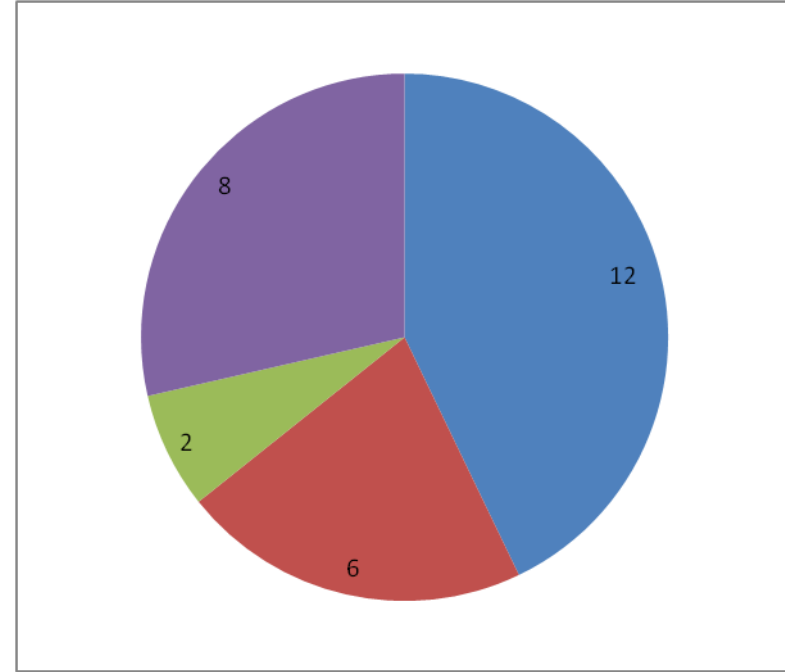
Selekcija

Ruletska selekcija

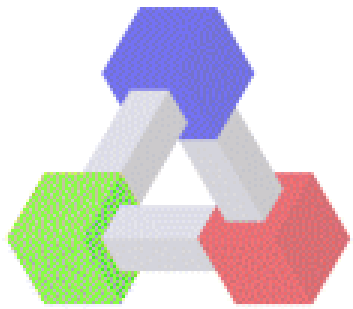
	y	od	do
1	12	0	12
2	6		
3	2		
4	8		

Ukupan zbir: 28

Izabrati slučajan broj od 0 do 28



21



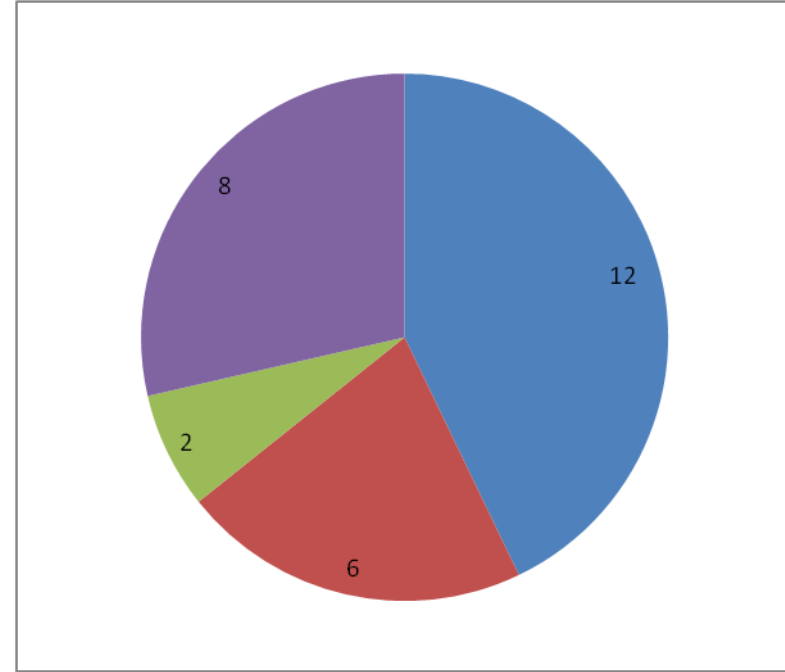
Selekcija

Ruletska selekcija

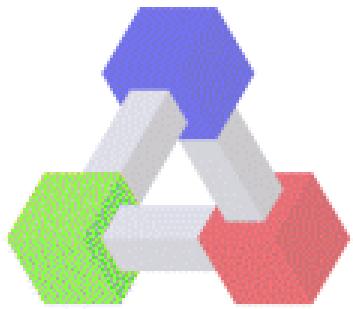
	y	od	do
1	12	0	12
2	6	12	18
3	2		
4	8		

Ukupan zbir: 28

Izabrati slučajan broj od 0 do 28



21



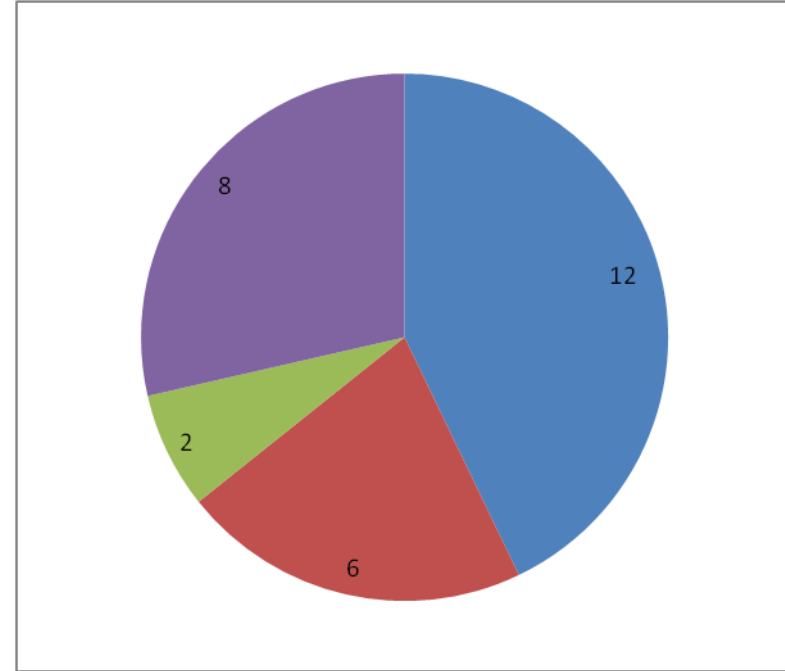
Selekcija

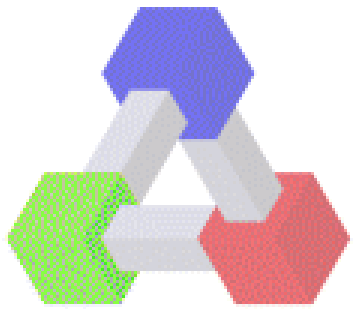
Ruletska selekcija

	y	od	do
1	12	0	12
2	6	12	18
3	2	18	20
4	8		

Ukupan zbir: 28

Izabrati slučajan broj od 0 do 28





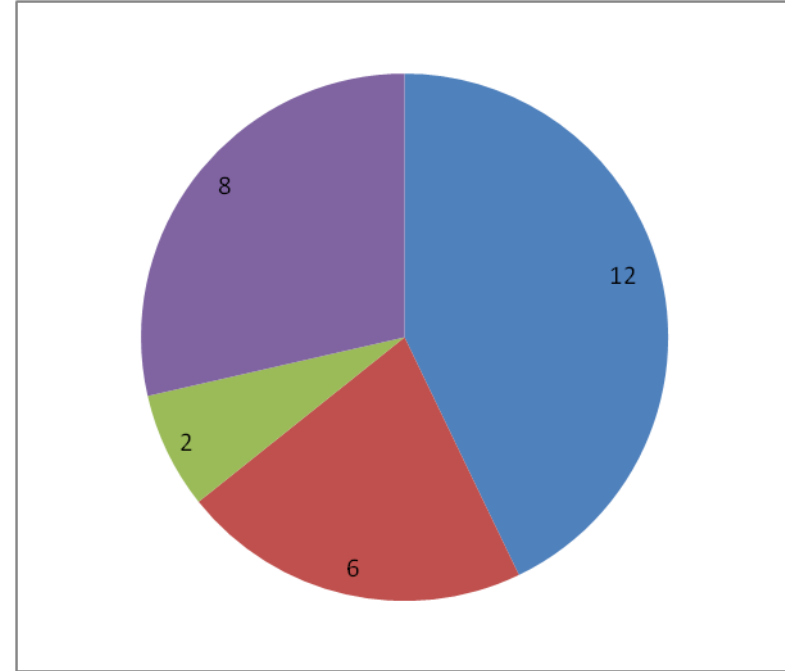
Selekcija

Ruletska selekcija

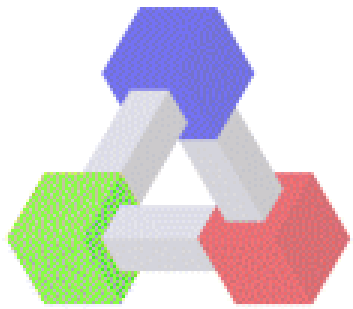
	y	od	do
1	12	0	12
2	6	12	18
3	2	18	20
4	8	20	28

Ukupan zbir: 28

Izabrati slučajan broj od 0 do 28



21

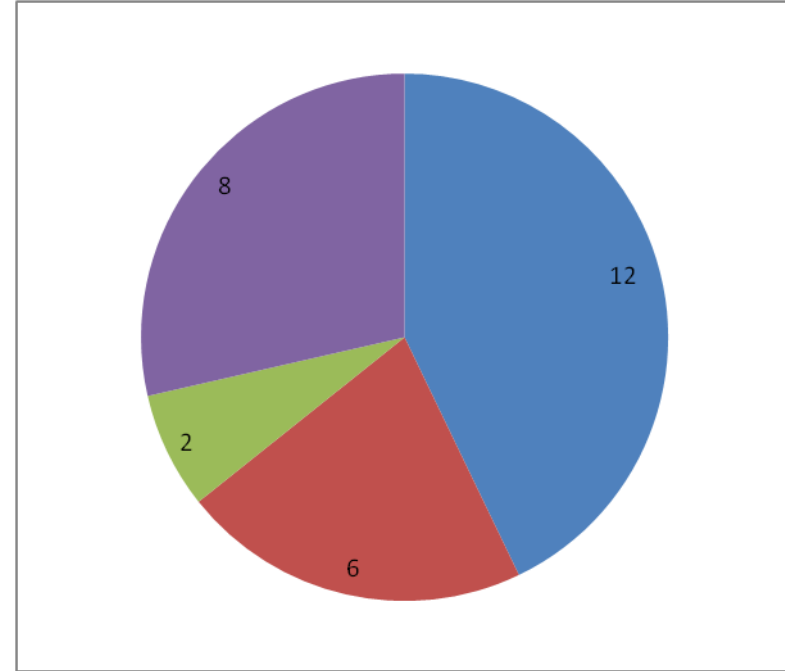


Selekcija

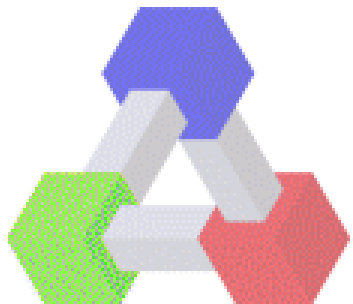
Ruletska selekcija

	y	od	do
1	12	0	12
2	6	12	18
3	2	18	20
4	8	20	28

Selekcija jedinke 4

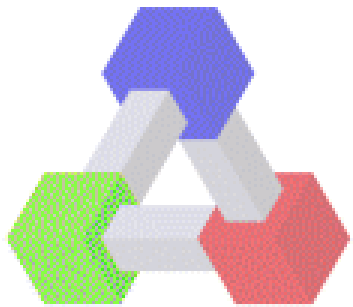


21



Jednostavni genetski algoritam

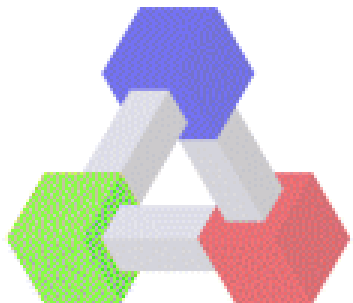
- Populacija
 - jedinka – kodiranje
- Evaluacija
- Selekcija
- **Rekombinacija**
- Mutacija
- Preživljavanje
- Završetak



Rekombinacija

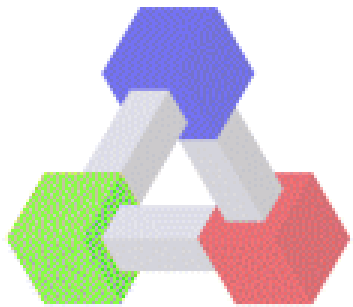
	128	64	32	16	8	4	2	1
A	1	0	1	1	0	1	0	1
B	1	0	0	1	1	1	1	1
a								
b								

Parameter: verovatnoća rekombinacije



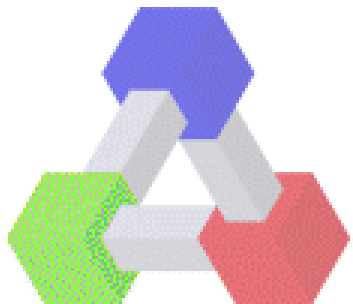
Rekombinacija

	128	64	32	16	8	4	2	1
A	1	0	1	1	0	1	0	1
B	1	0	0	1	1	1	1	1
a	1	0	1					
b								



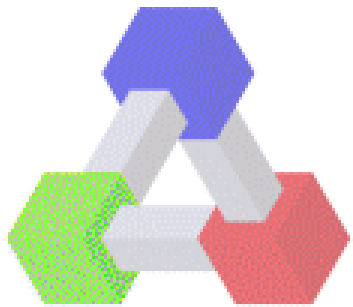
Rekombinacija

	128	64	32	16	8	4	2	1
A	1	0	1	1	0	1	0	1
B	1	0	0	1	1	1	1	1
a	1	0	1	1	1	1	1	1
b								



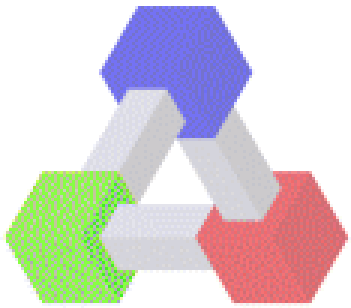
Rekombinacija

	128	64	32	16	8	4	2	1
A	1	0	1	1	0	1	0	1
B	1	0	0	1	1	1	1	1
a	1	0	1	1	1	1	1	1
b	1	0	0					



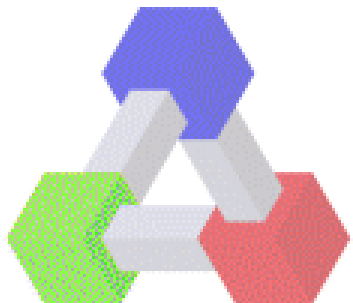
Rekombinacija

	128	64	32	16	8	4	2	1
A	1	0	1	1	0	1	0	1
B	1	0	0	1	1	1	1	1
a	1	0	1	1	1	1	1	1
b	1	0	0	1	0	1	0	1



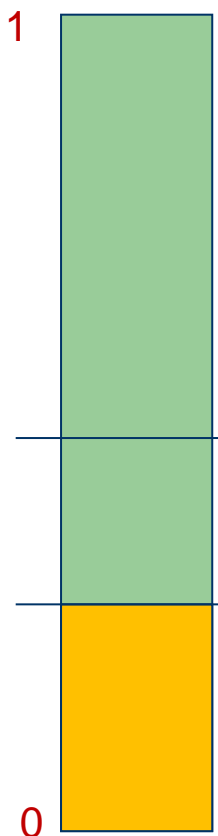
Jednostavni genetski algoritam

- Populacija
 - jedinka – kodiranje
- Evaluacija
- Selekcija
- Rekombinacija
- **Mutacija**
- Preživljavanje
- Završetak



Mutacija

Parametar: verovatnoća mutacije



a

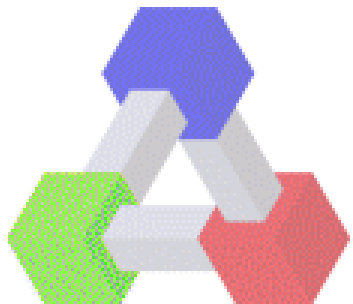
1	0	1	1	1	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---

a'

--	--	--	--	--	--	--	--

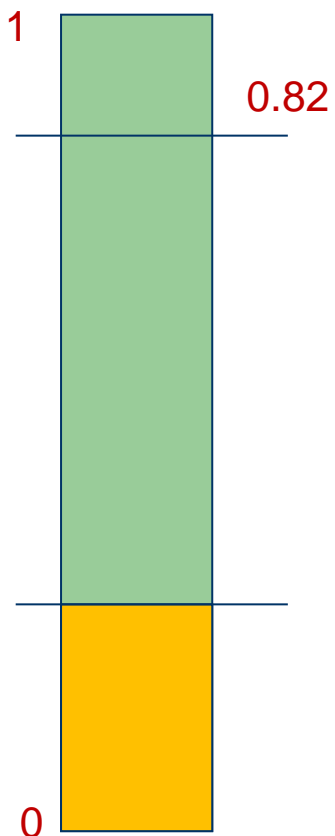
0.48

0.28 verovatnoća mutacije



Mutacija

Parametar: verovatnoća mutacije

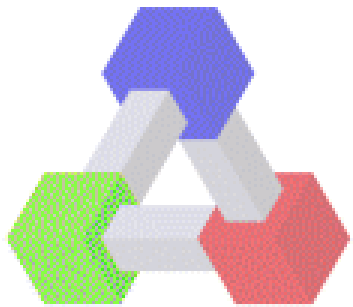


a

1	0	1	1	1	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---

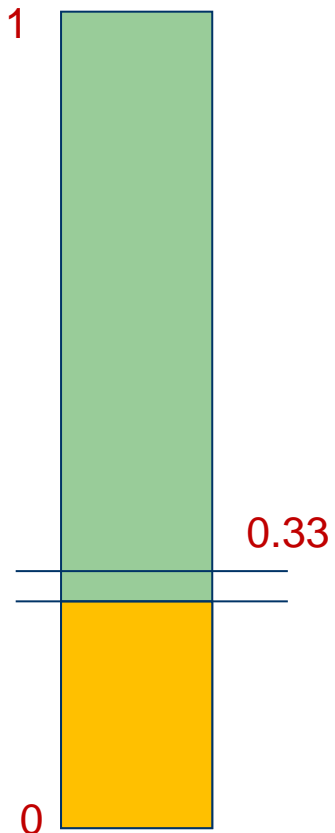
a'

1							
---	--	--	--	--	--	--	--



Mutacija

Parametar: verovatnoća mutacije

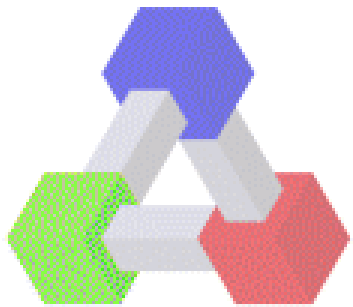


a

1	0	1	1	1	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---

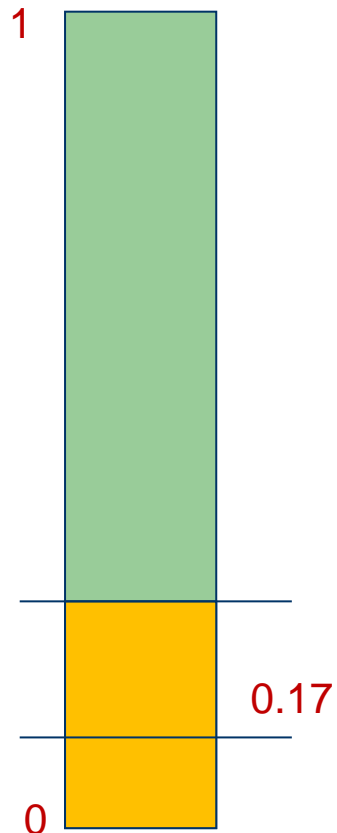
a'

1	0						
---	---	--	--	--	--	--	--



Mutacija

Parametar: verovatnoća mutacije



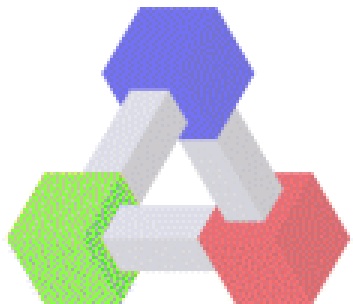
a

1	0	1	1	1	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---

a'

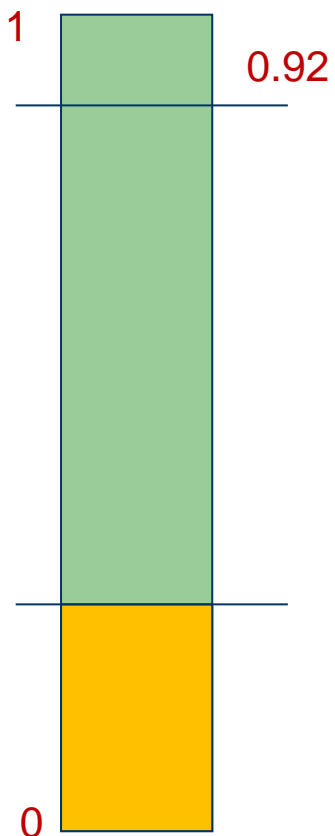
1	0						
---	---	--	--	--	--	--	--

mutacija



Mutacija

Parametar: verovatnoća mutacije

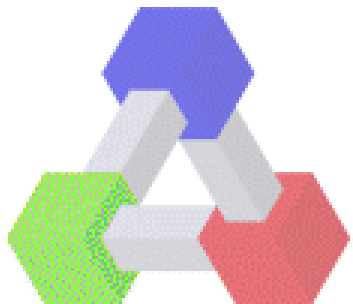


a

1	0	1	1	1	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---

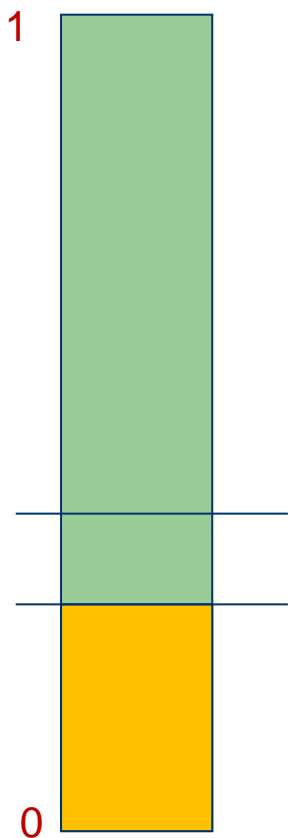
a'

1	0	0					
---	---	---	--	--	--	--	--



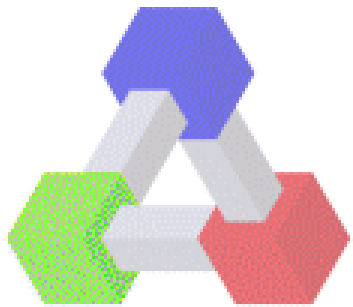
Mutacija

Parametar: verovatnoća mutacije



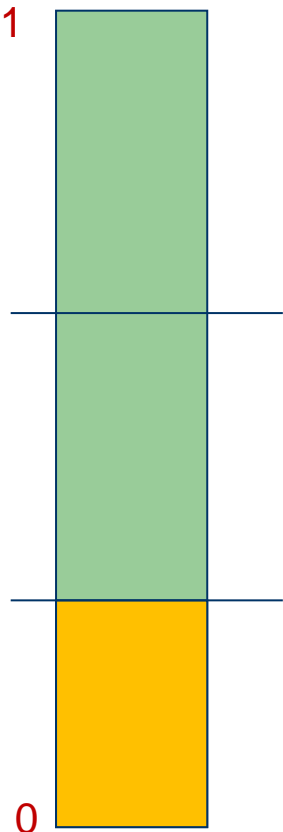
a	1	0	1	1	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---

a'	1	0	0	1			
----	---	---	---	---	--	--	--



Mutacija

Parametar: verovatnoća mutacije

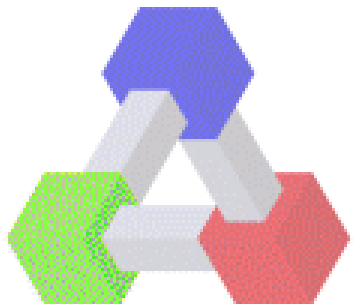


a

1	0	1	1	1	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---

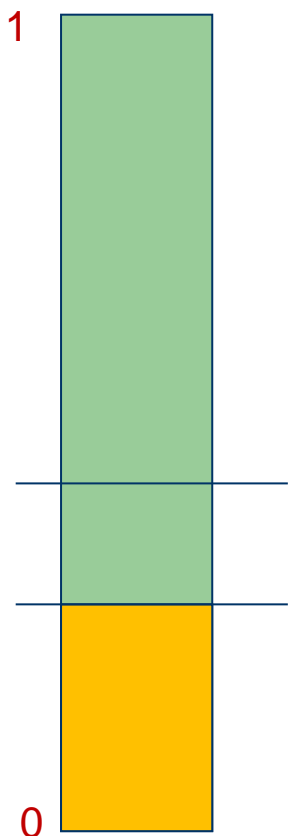
a'

1	0	0	1	1			
---	---	---	---	---	--	--	--



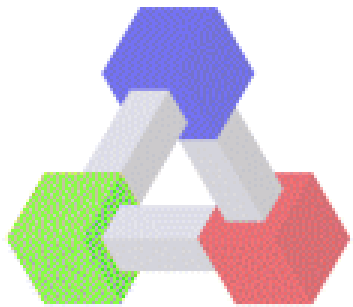
Mutacija

Parametar: verovatnoća mutacije



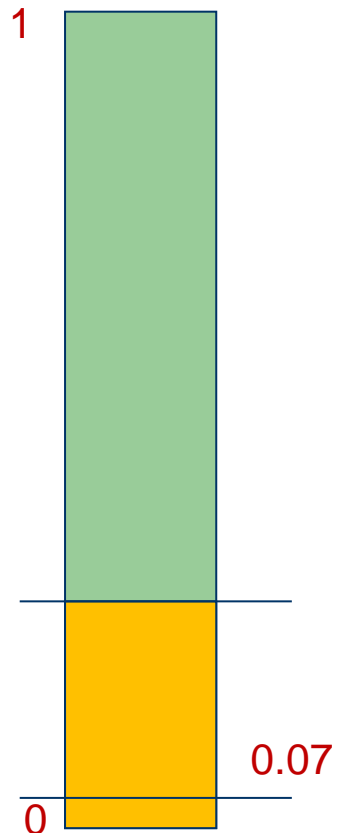
a	1	0	1	1	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---

a'	1	0	0	1	1	1	
----	---	---	---	---	---	---	--



Mutacija

Parametar: verovatnoća mutacije



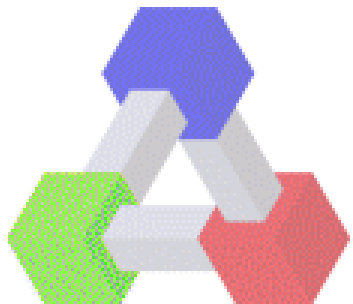
a

1	0	1	1	1	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---

a'

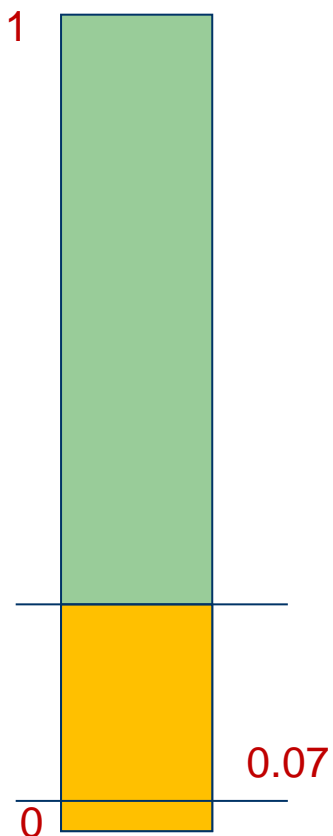
1	0	0	1	1	1		
---	---	---	---	---	---	--	--

mutacija



Mutacija

Parametar: verovatnoća mutacije



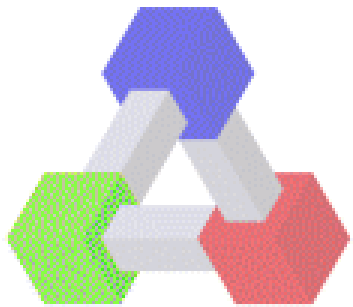
a

1	0	1	1	1	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---

a'

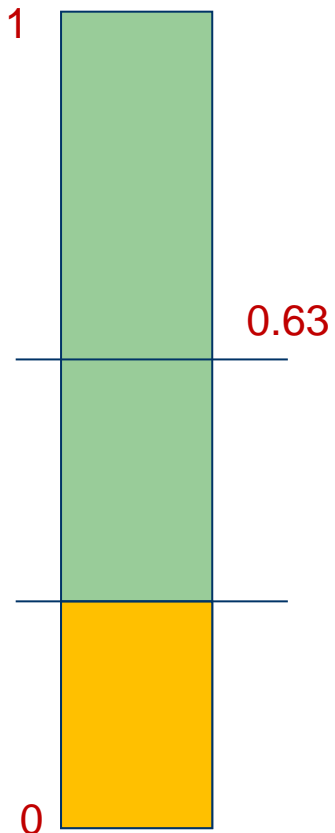
1	0	0	1	1	1	0	
---	---	---	---	---	---	---	--

mutacija



Mutacija

Parametar: verovatnoća mutacije

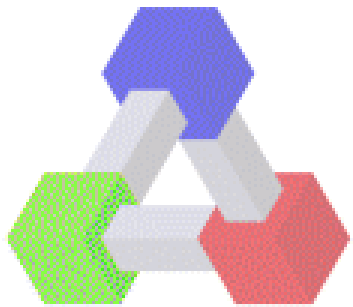


a

1	0	1	1	1	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---

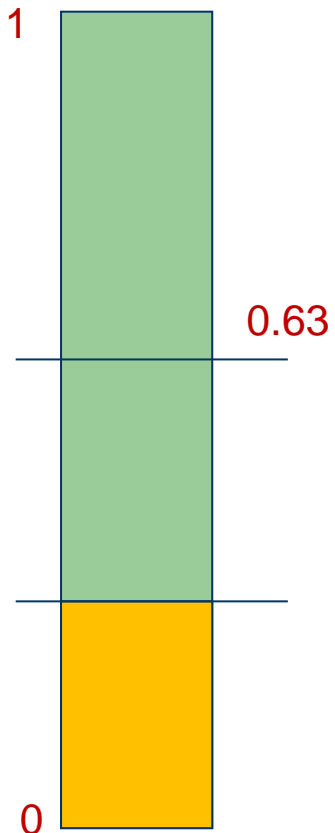
a'

1	0	0	1	1	1	0	
---	---	---	---	---	---	---	--



Mutacija

Parametar: verovatnoća mutacije

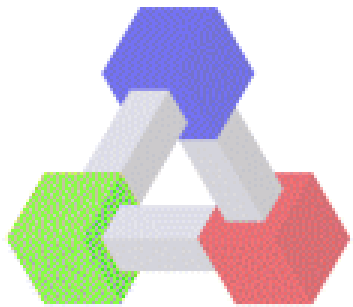


a

1	0	1	1	1	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---

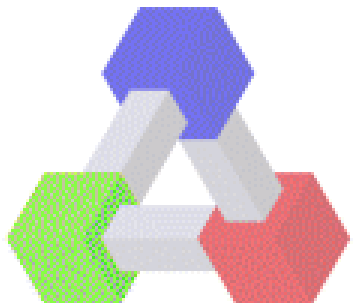
a'

1	0	0	1	1	1	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---



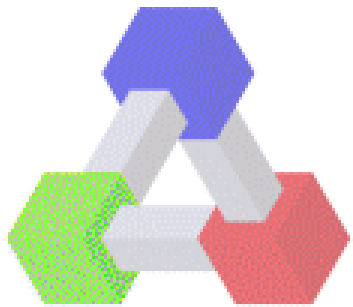
Jednostavni genetski algoritam

- Populacija
 - jedinka – kodiranje
- Evaluacija
- Selekcija
- Rekombinacija
- Mutacija
- **Preživljavanje**
- Završetak



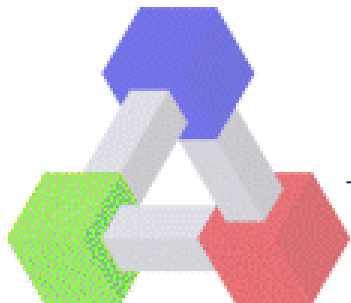
Preživljanje

	128	64	32	16	8	4	2	1
A	1	0	1	1	0	1	0	1
B	1	0	0	1	1	1	1	1
a	1	0	1	1	1	1	1	1
b	1	0	0	1	0	1	0	1



Jednostavni genetski algoritam

- Populacija
 - jedinka – kodiranje
- Evaluacija
- Selekcija
- Rekombinacija
- Mutacija
- Preživljavanje
- Završetak



Osnovna šema evolutivnih algoritama

INICIJALIZACIJA (kreiranje početne populacije)

BEGIN

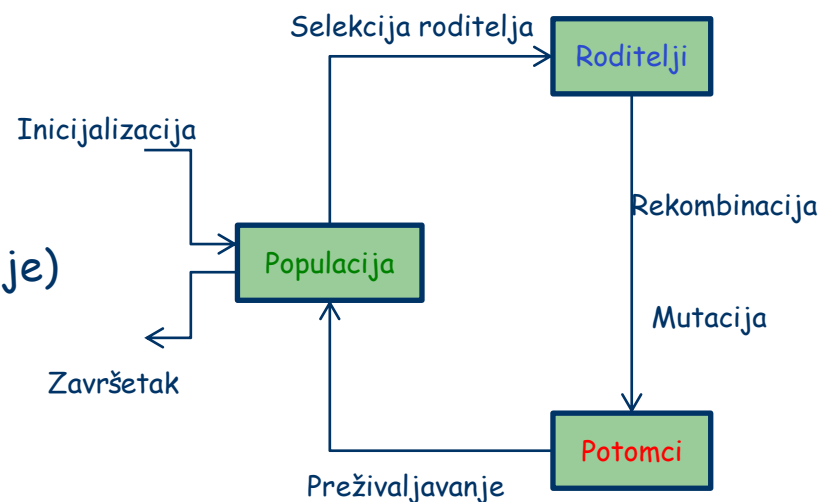
EVALUACIJA jedinki iz populacije

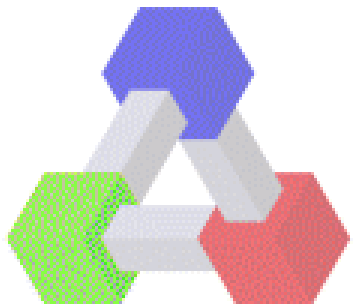
REPEAT

1. SELEKCIJA roditelja
2. REKOMBINACIJA parova roditelja
3. MUTACIJA potomaka
4. EVALUACIJA potomaka
5. SELEKCIJA jedinki za novu generaciju (PREŽIVLJAVANJE)

UNTIL (USLOV ZAVRŠETKA)

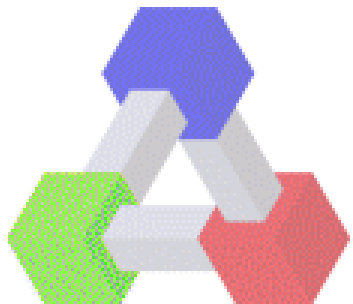
END





Sadržaj

- Problem određivanja maksimuma funkcije jedne promenljive
- Problem određivanja minimuma funkcije više promenljivih
- Problem “Trgovačkog putnika”



Problem određivanja minimuma funkcije više promenljivih

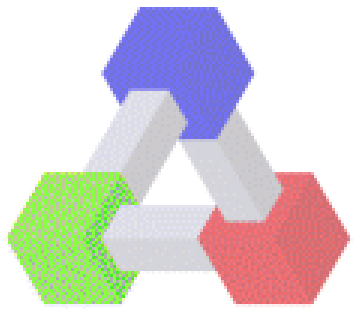
Zadatak:

pronaći x_1, x_2, x_3, x_4

za koji funkcija $f(x_1, x_2, x_3, x_4)$

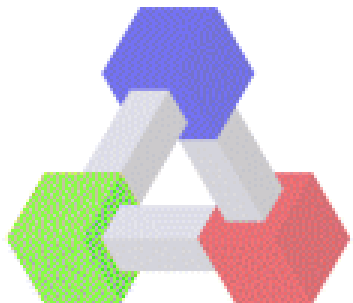
ima najveću vrednost za poznate intervale x_1, \dots, x_4

$$f(x_1, x_2, x_3, x_4) = \sin(x_1) + 2 * x_2^3 - x_4 + 0.1 * x_3$$



Jednostavni genetski algoritam

- Populacija
 - jedinka – kodiranje
- Evaluacija
- Selekcija
- Rekombinacija
- Mutacija
- Preživljavanje
- Završetak



Kodiranje

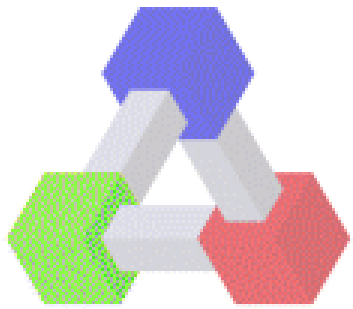
- Niz realnih brojeva
- Vektor stanja

x_1, x_2, x_3, x_4

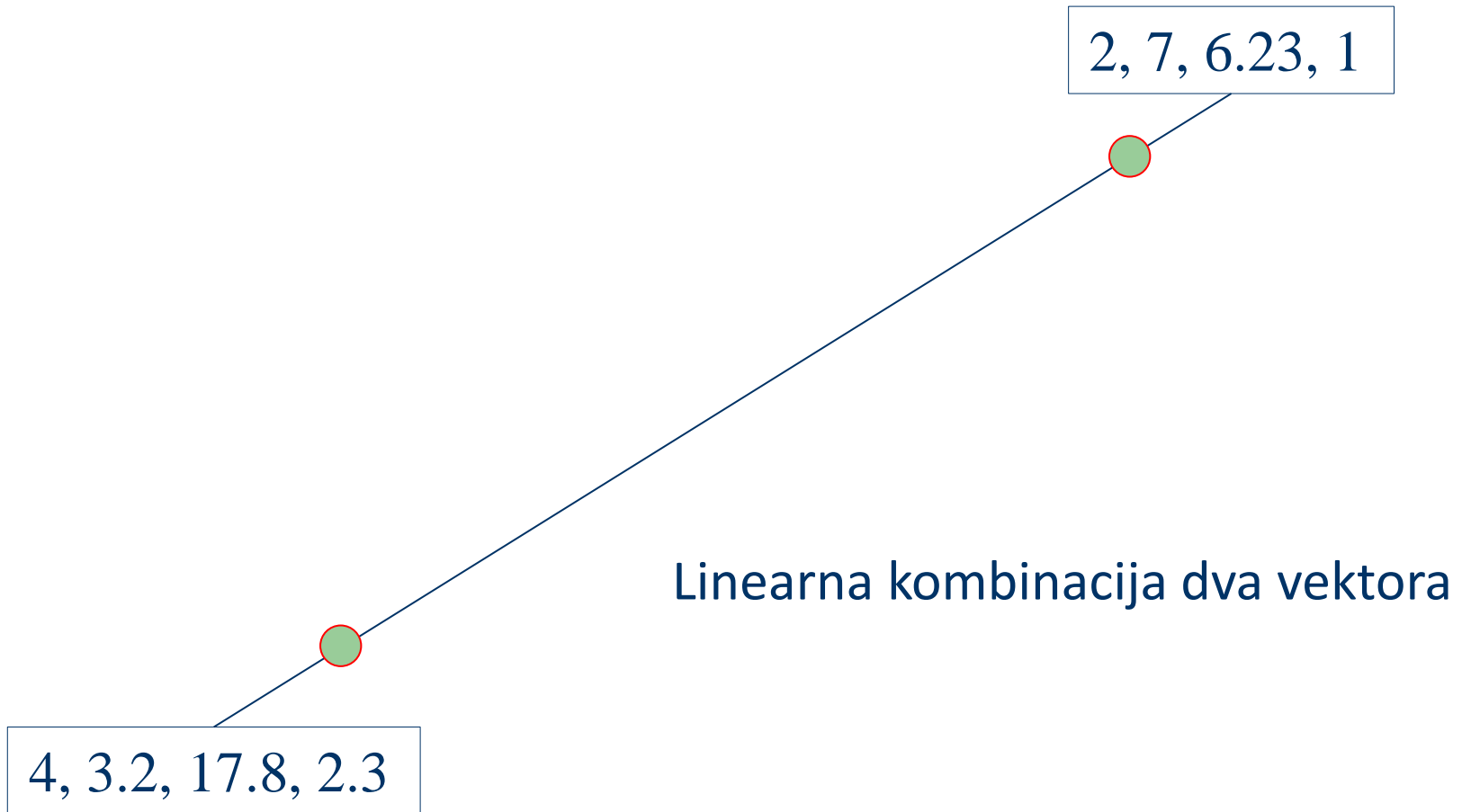
2, 7, 6.23, 1

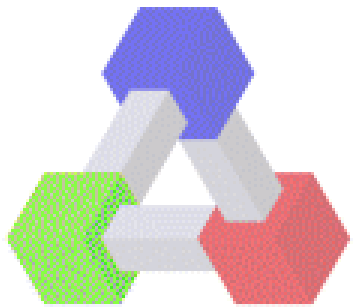
4, 3.2, 17.8, 2.3

8, 1, 5, 8



Rekombinacija



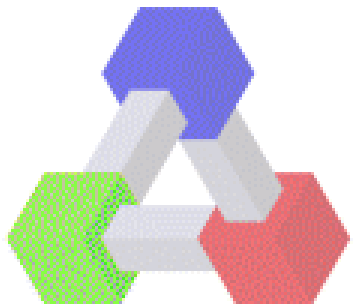


Mutacija

2, 7, 6.23, 1

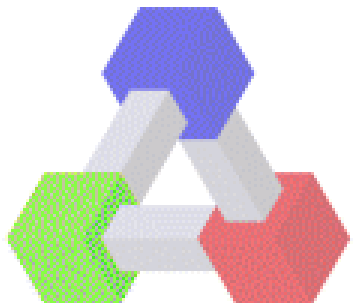
4, 3.2, 17.8, 2.3

Pomeranje vektora za slučajnu
malu vrednost



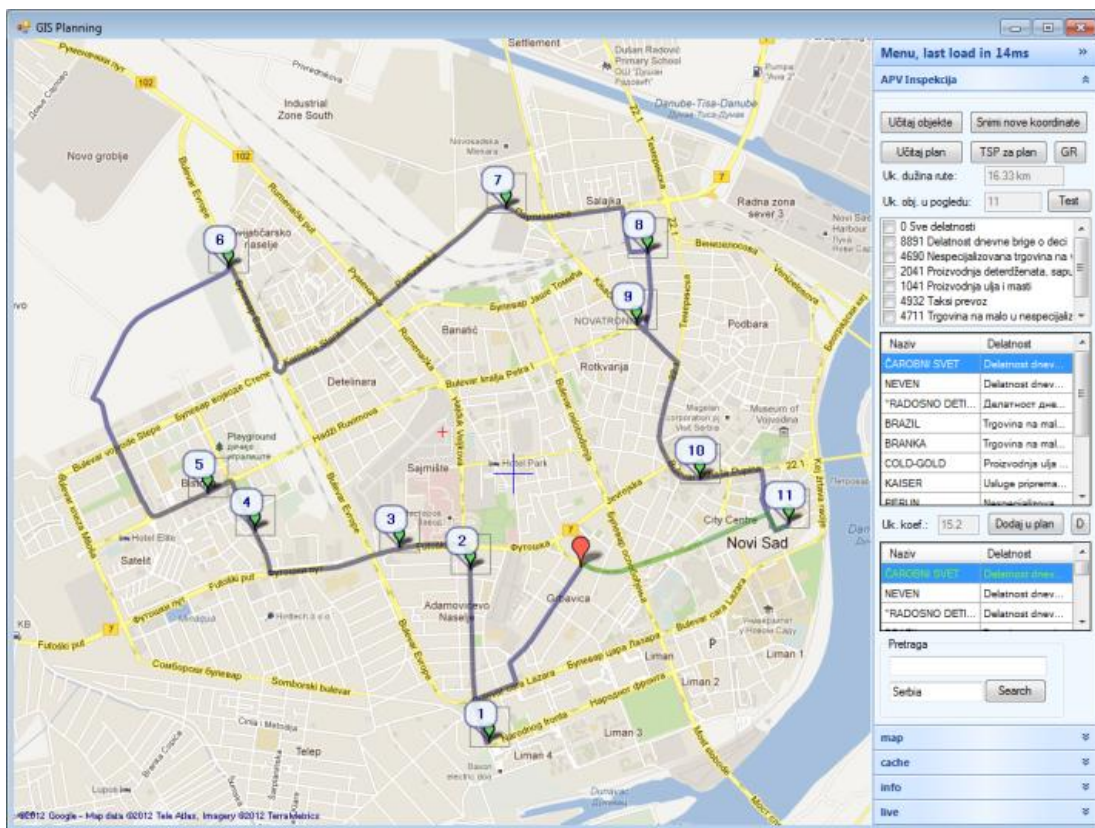
Sadržaj

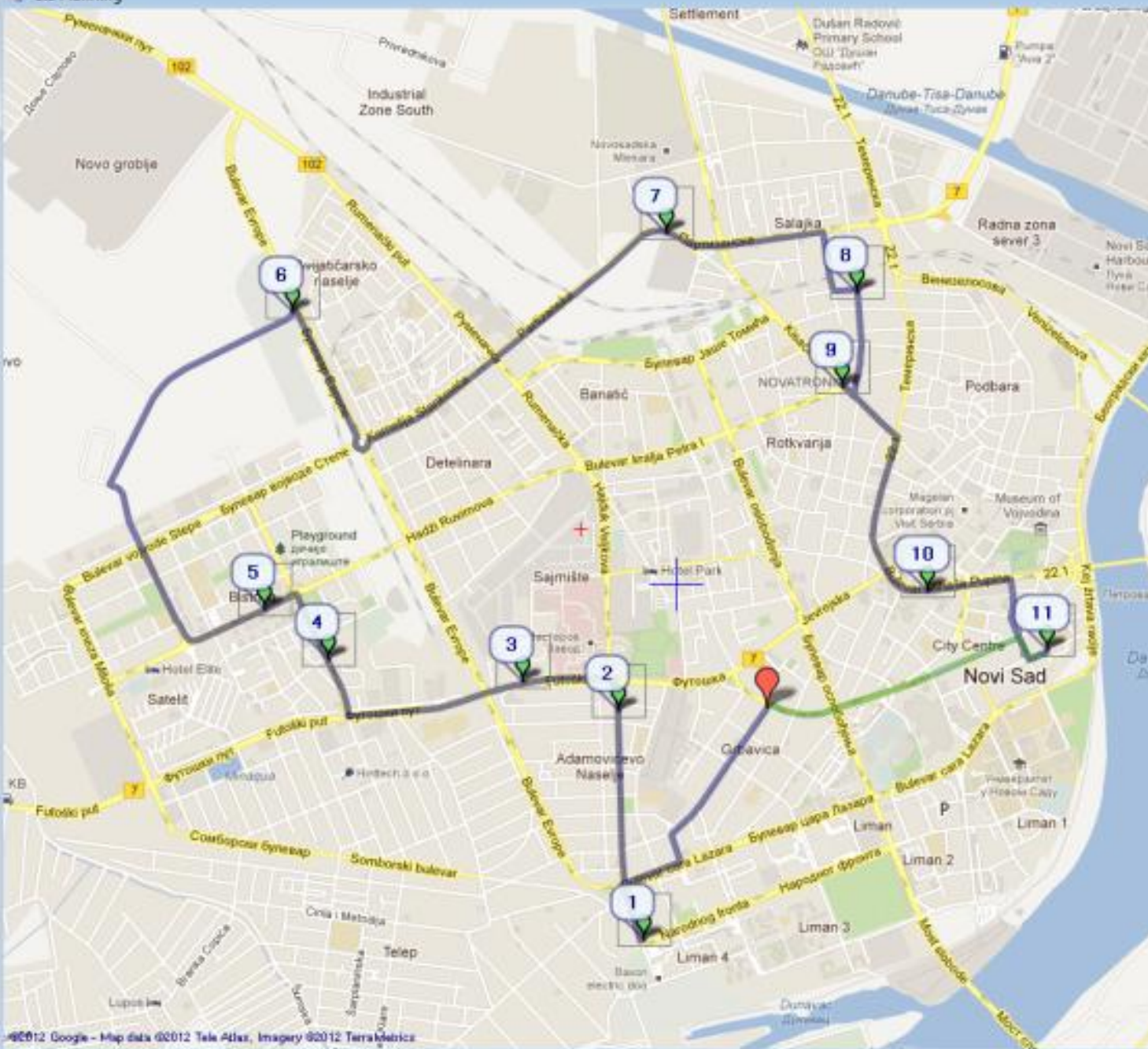
- Problem određivanja maksimuma funkcije jedne promenljive
- Problem određivanja minimuma funkcije više promenljivih
- Problem “Trgovačkog putnika”



Problem “Trgovačkog putnika”

Zadatak: Odrediti putanju trgovačkog putnika tako da obiđe sve lokacije samo jednom i pređe najkraći put.





Menu, last load in 14ms

APV Inspekcija

Učitaj objekte

Snemi nove koordinate

Učitaj plan

TSP za plan

GR

Uk. dužina rute:

16.33 km

Uk. obj. u pogledu:

11

Test

- ☐ 0 Sve delatnosti
- ☐ 8891 Delatnost dnevne brige o deci
- ☐ 4690 Nespecijalizovana trgovina na
- ☐ 2041 Proizvodnja deterdženata, sap.
- ☐ 1041 Proizvodnja ulja i masti
- ☐ 4932 Taksi prevoz
- ☐ 4711 Trgovina na malo u nespecijaliz

Naziv	Delatnost
ČAROSNI SVET	Delatnost dnev...
NEVEN	Delatnost dnev...
*RADOSNO DETI...	Delatnost dnev...
BRAZIL	Trgovina na mal...
BRANKA	Trgovina na mal...
COLD-GOLD	Proizvodnja ulja...
KAISER	Usluge priprema...
BERLIN	Mesarnarstva

Uk. koef.:

15.2

Dodaj u plan

Naziv	Delatnost
ČAROSNI SVET	Delatnost dnev...
NEVEN	Delatnost dnev...
*RADOSNO DETI...	Delatnost dnev...

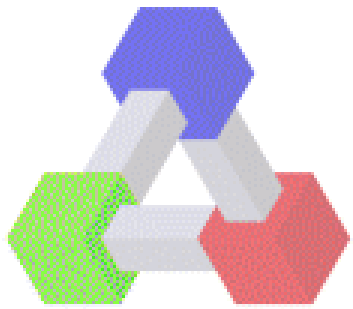
Pretraga

map

cache

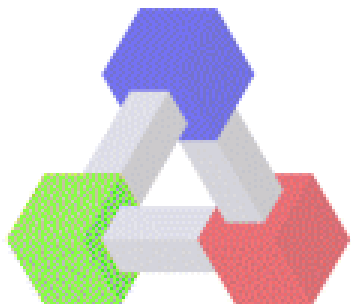
info

live



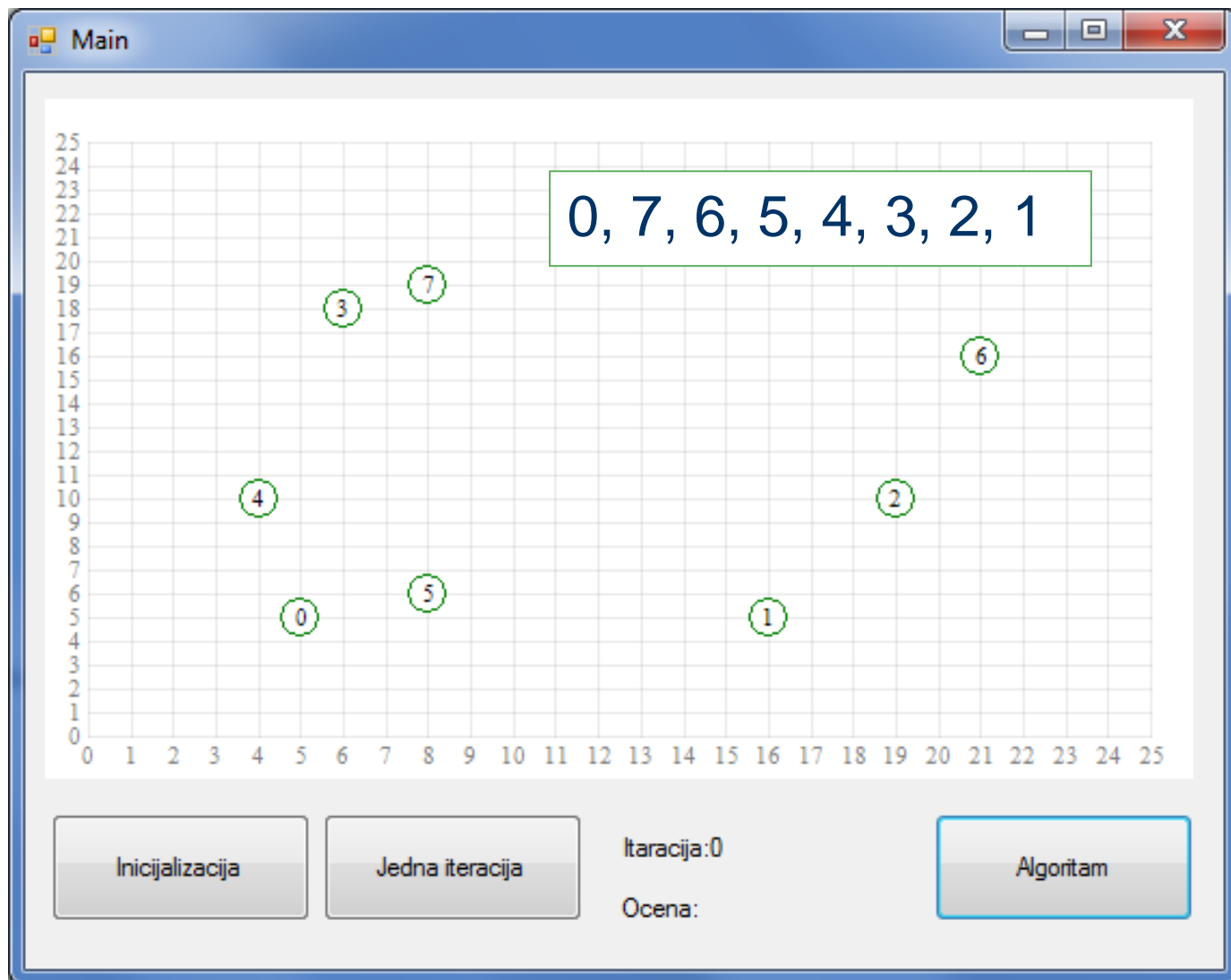
Jednostavni genetski algoritam

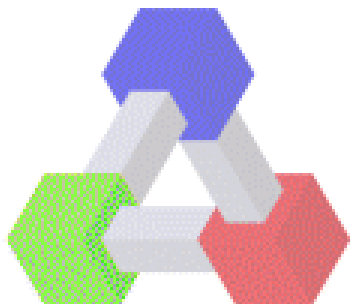
- Populacija
 - jedinka – kodiranje
- Evaluacija
- Selekcija
- Rekombinacija
- Mutacija
- Preživljavanje
- Završetak



Trgovački putnik

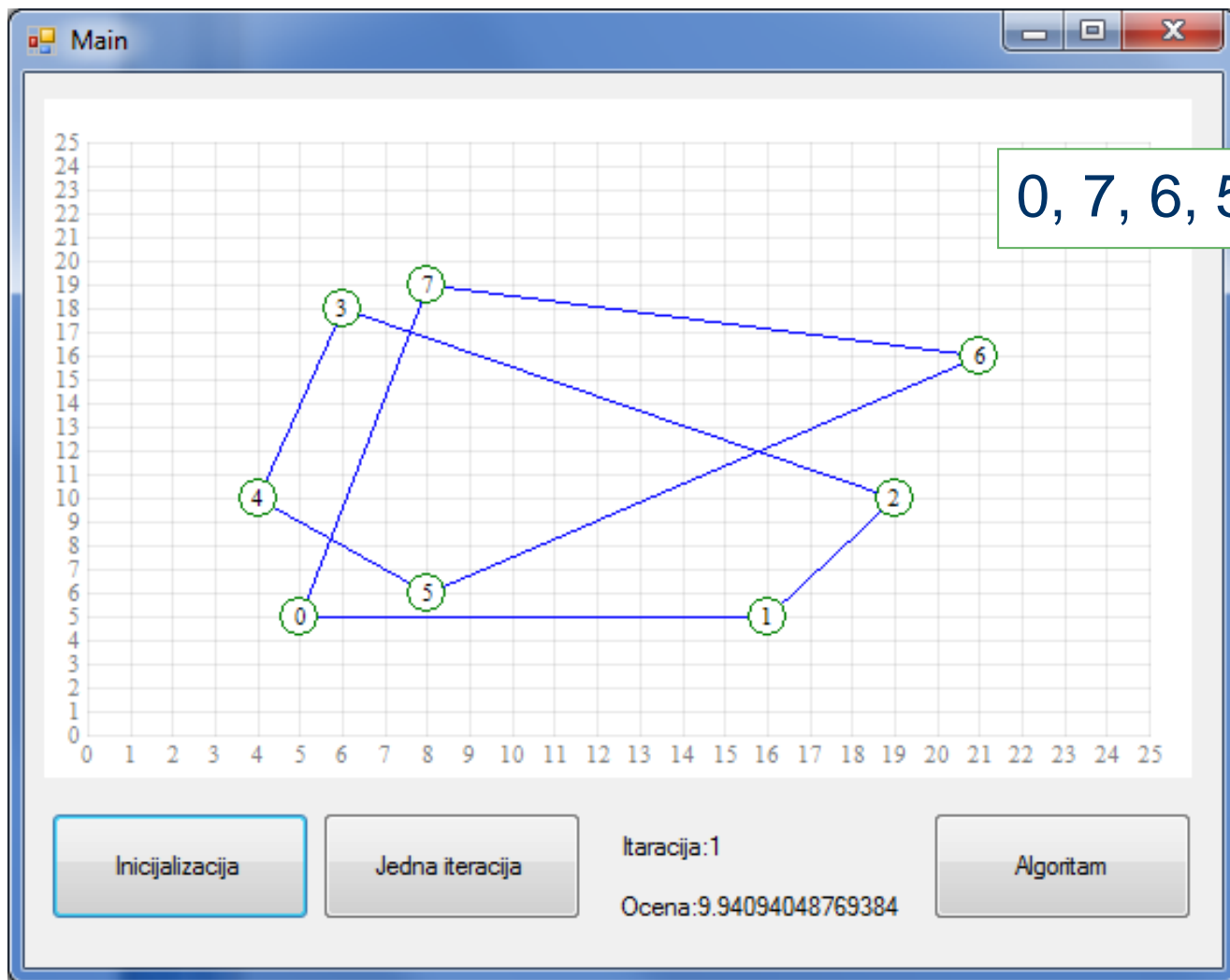
Kodiranje

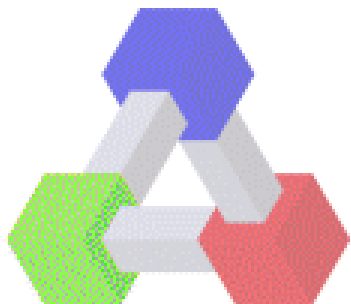




Kodiranje

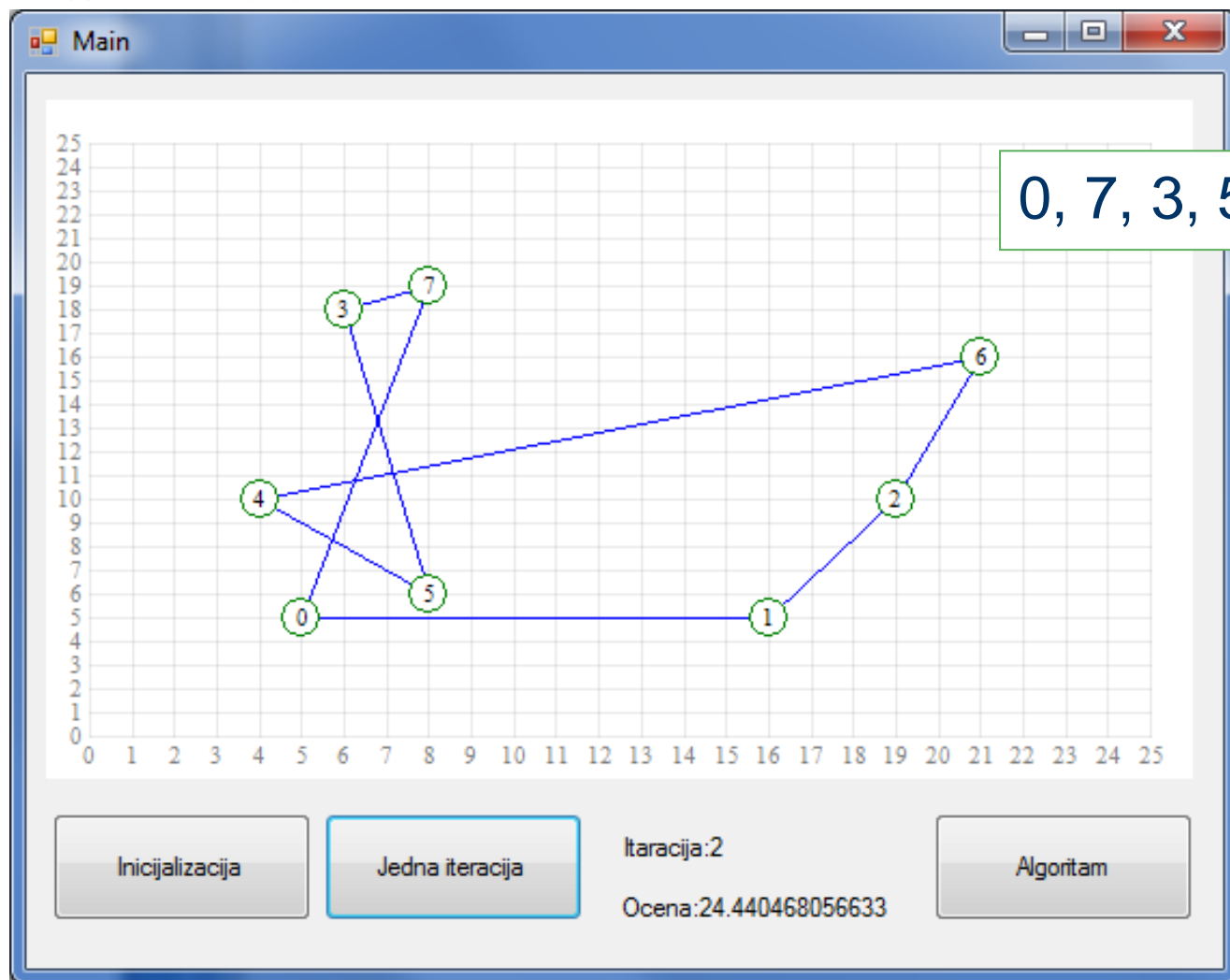
Trgovački putnik

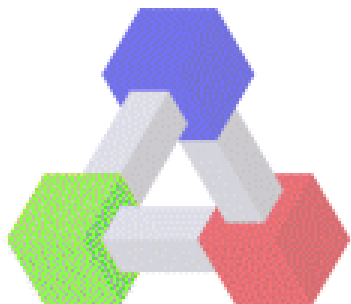




Kodiranje

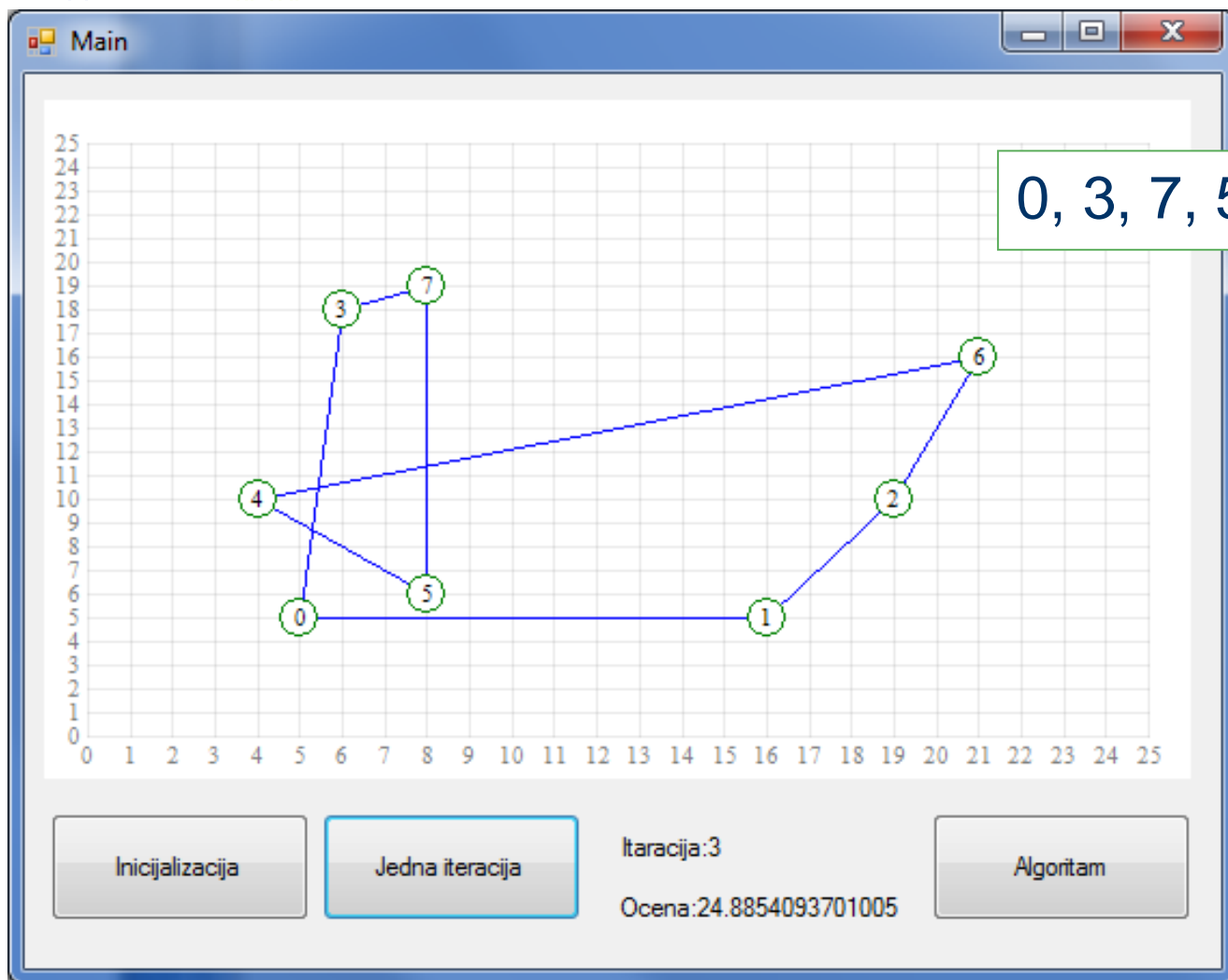
Trgovački putnik

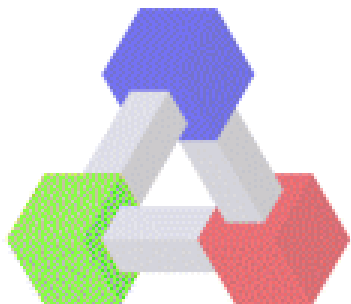




Kodiranje

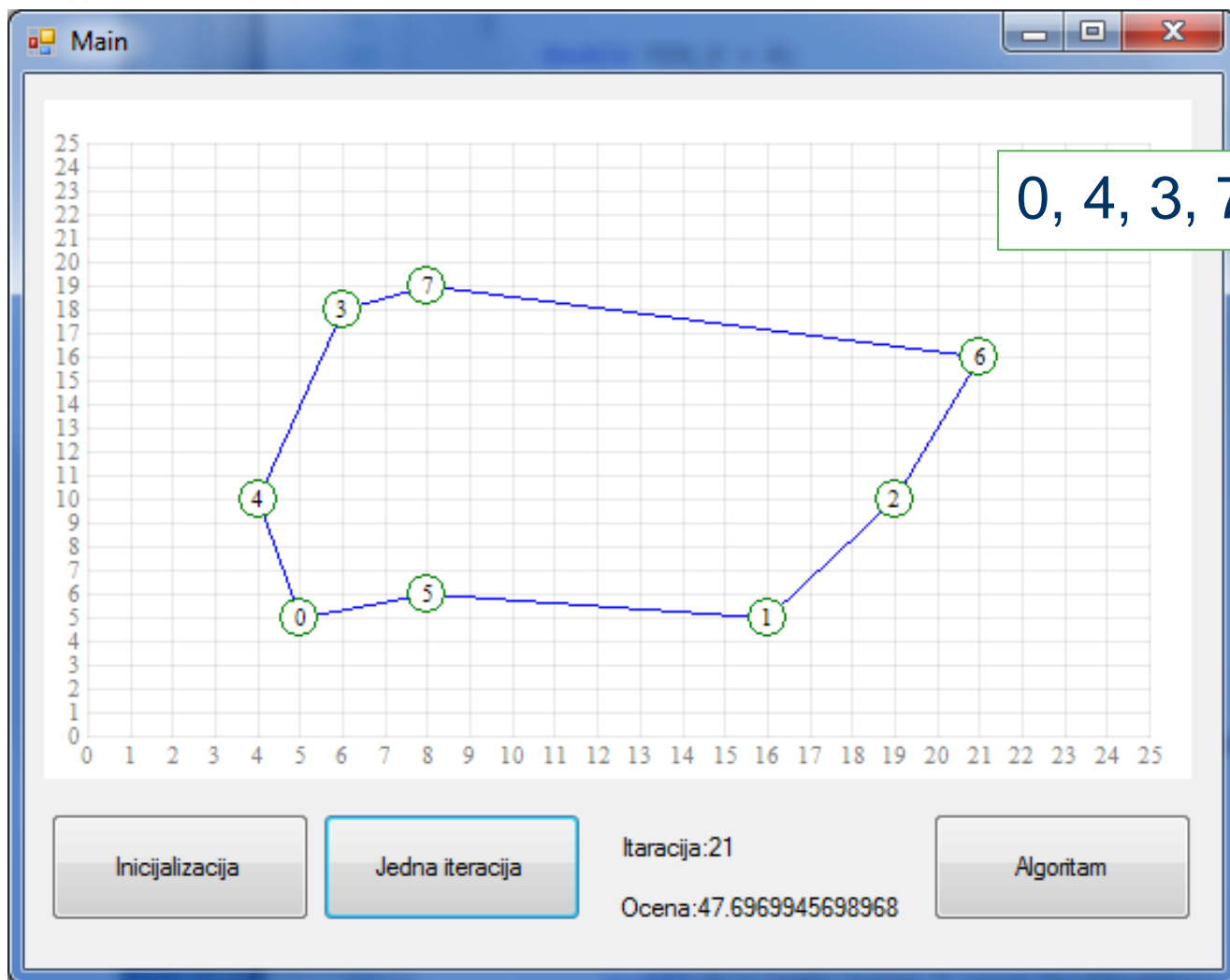
Trgovački putnik

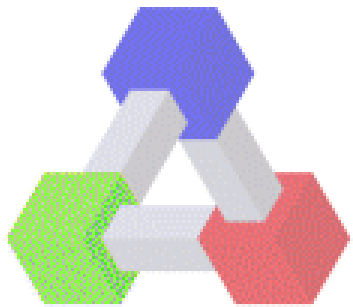




Kodiranje

Trgovački putnik



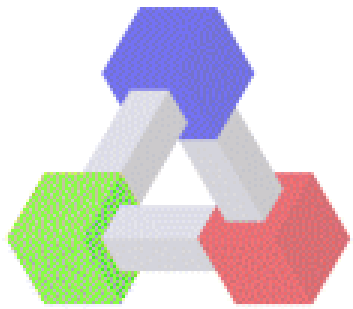


Jednostavni genetski algoritam

- Populacija
 - jedinka – kodiranje
- Evaluacija
- Selekcija
- Rekombinacija
- Mutacija
- Preživljavanje
- Završetak

0, 7, 3, 5, 4, 6, 2, 1

0, 3, 7, 5, 4, 6, 2, 1



Rekombinacija

R1 0, 7, 3, 5, 4, 6, 2, 1

R2 0, 3, 7, 5, 4, 6, 2, 1

P1 0, 7, 7, 5, 4, 6, 2, 1

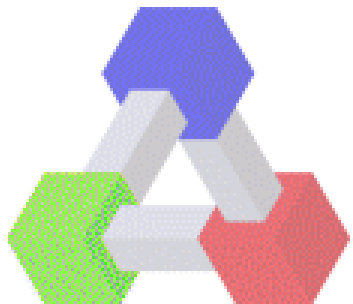
P2 0, 3, 3, 5, 4, 6, 2, 1

P1 0, 7, 5, 4, 6, 2, 1, 3

P2 0, 3, 5, 4, 6, 2, 1, 7

Loše

Dobro



Mutacija

0, 7, 3, 5, 4, 6, 2, 1

Umesto 3 ubacujemo jednu od mogućih vrednosti

0, 7, 5, 4, 6, 2, 1

0, 7, 6, 5, 4, 6, 2, 1

0, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1