



Genetski algoritam

Zagreb

3. lipnja 2008.

© Bojana Dalbelo Bašić

bojana.dalbelo@fer.hr

© Marko Čupić

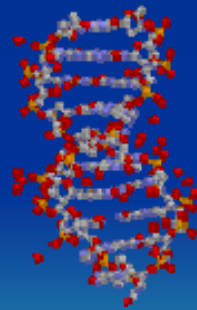
marko.cupic@fer.hr

© Jan Šnajder

jan.snajder@fer.hr



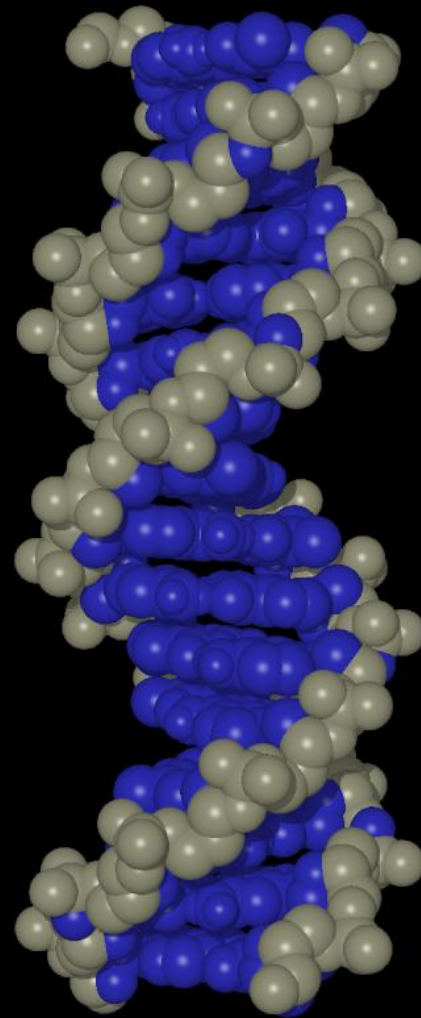
Genetski Algoritam



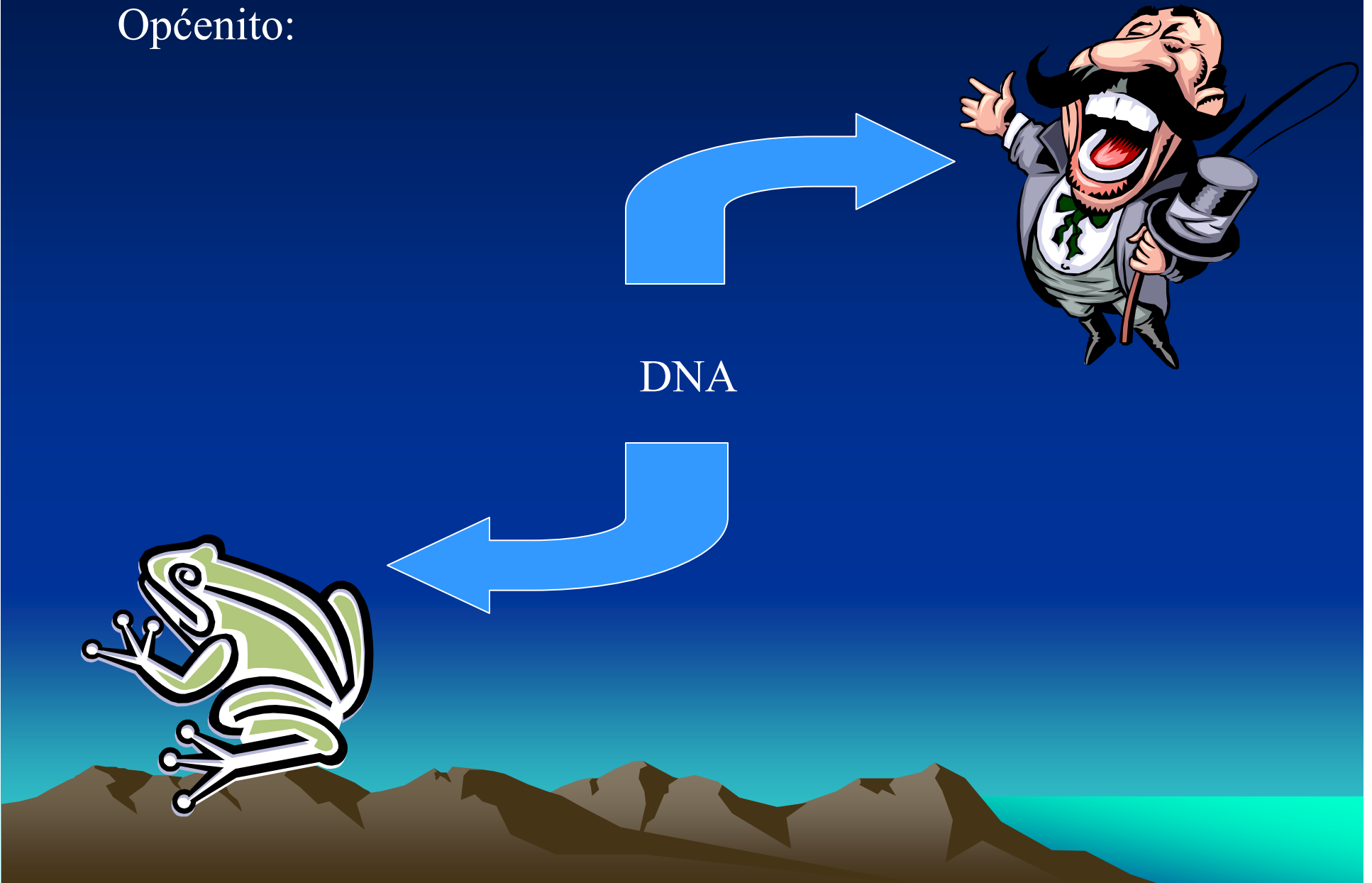
DNA

Biološki pristup:

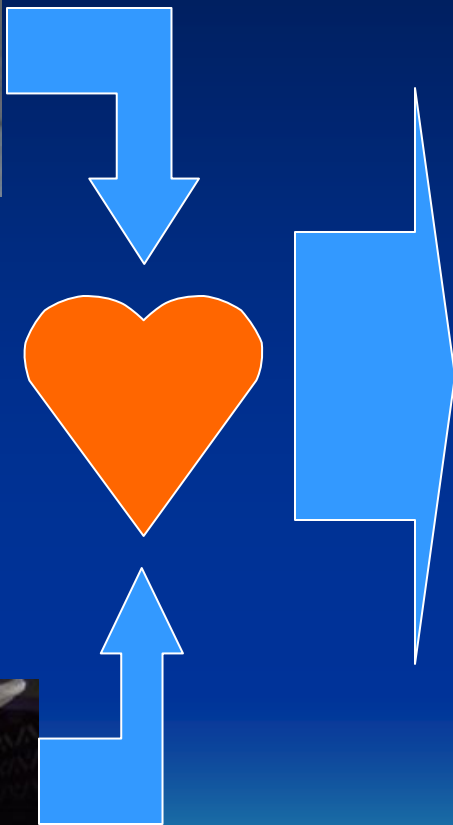
- Nositelj informacija
- Izgrađena od gena
- Mijenja se tijekom evolucije



Općenito:



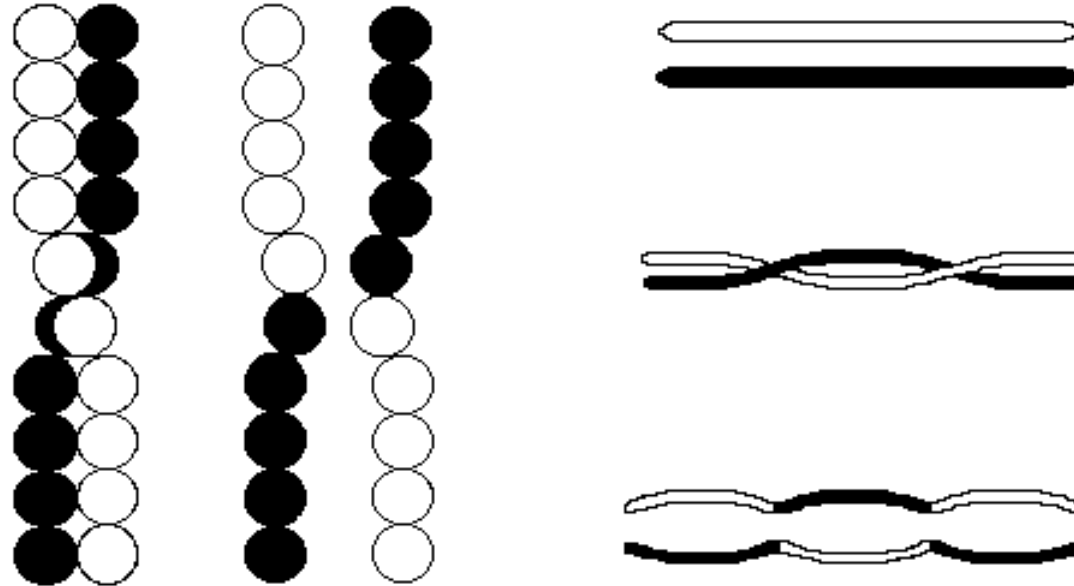
Romeo



Julija



Kromosomi - Križanje



Evolucija

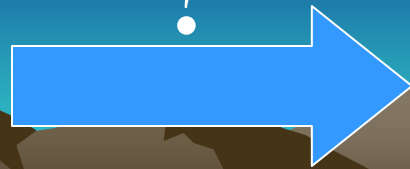
Evolucija – što se zapravo tu događa?

1. Imamo početnu populaciju
2. Populacija je pod utjecajem okoliša – bolji opstaju
3. Neke jedinke iz početne populacije se razmnožavaju i imaju potomke
4. Ponavlja se korak 1.

Mehanizmi evolucije

Križanje
Mutacija

?



Bolja svojstva potomaka u odnosu
na svojstva roditelja...

Tehnički pogled:

Zadatak: Preživjeti

Okoliš: Priroda (Planet Zemlja)

Rješenja: Jedinke (DNA)

Problem OPTIMIZACIJE



Osnovni pojmovi

- Funkcija cilja
- Okoliš
- Rješenja



Funkcija cilja

(engl. Fitness function, Cost function)

- Funkcija proizvoljnog broja varijabli
- npr. funkcija dvije varijable:

$$f(x, y) = \sqrt{(x - 5)^2 + (y + 6)^2}$$

- GA općenito ne postavlja stroge uvjete na funkciju cilja



Okoliš

Simuliramo uvjetima koje postavljamo na funkciju...

Npr.

Rješenje je to lošije, što je veće!

→ Tražimo najbolje rješenje

→ Rješenje za koje je funkcija najmanja!



Rješenja

Rješenje funkcije iz primjera → brojevi

Ne mogu biti doslovno molekule DNA

Ali, koristimo analogiju i pojednostavljenja:

- Kromosom je niz gena
- Jedinke su organizmi s jednim kromosomom proizvoljne duljine

Potrebno je prijeći u domenu brojeva...



Koraci:

1. Potrebno je **pretpostaviti granice** u kojima će se rješenje nalaziti
2. **Kodirati** rješenja

1. Pretpostavka o granicama

Zašto???

$$f(x, y) = \sqrt{(x-5)^2 + (y+6)^2}$$

2. Kodiranje rješenja

Koristiti ćemo se nizom nula i jedinica, bitova – gena – kako bismo izgradili rješenje - DNA

Interpretacija nula i jedinica:

- Zapis u IEEE formatu za prikaz brojeva sa pomičnim zarezom
- Binarni kod, 2k kod
- Grayev kod

•...

Kodiranje rješenja

Npr. odabrati ćemo:

- Binarni prikaz
- Svaku varijablu kodirati s 10 bitova

'p' bitova $\rightarrow 2^p$ različitih kombinacija

$p = 2$: 4 kombinacije

0 0
0 1
1 0
1 1

$p = 10$: 1024 kombinacije

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
...
...
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1



Što znači da je rješenje varijable x predstavljeno nizom $b_{(2)} = 0101011111$?

1. Promotrimo “vrijednost” binarnog broja
2. Promotrimo očekivani opseg rješenja $[-100, 100]$

Radi se preslikavanje:

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 = 0	→ -100
0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 = 1	→ -99.8045
0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 = 2	→ -99,6090
0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 = 3	→ -99.4135
....	
1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 = 1022	→ +99,8045
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 = 1023	→ +100

Formula:

$$x = x_{dg} + \frac{b_{(10)}}{2^p - 1} (x_{gg} - x_{dg})$$

Rješenje za x: $b_{(2)} = 0101011111 = b_9b_8b_7b_6b_5b_4b_3b_2b_1b_0$

$$b_{(2)} = 0101011111 \rightarrow b_{(10)} = 351$$

$$b_{(10)} = \sum_{i=0}^p b_i \cdot 2^i$$

$$x = -100 + \frac{351}{1023} (100 - (-100)) = -31.3783$$

Funkcija 'f' je funkcija dvije varijable: x i y!

Rješenje se kodira kao niz od 20 bitova:

0101011111|0011010011 \rightarrow Analogija DNA

x

y

X=-31.3783

Y=-58.7488

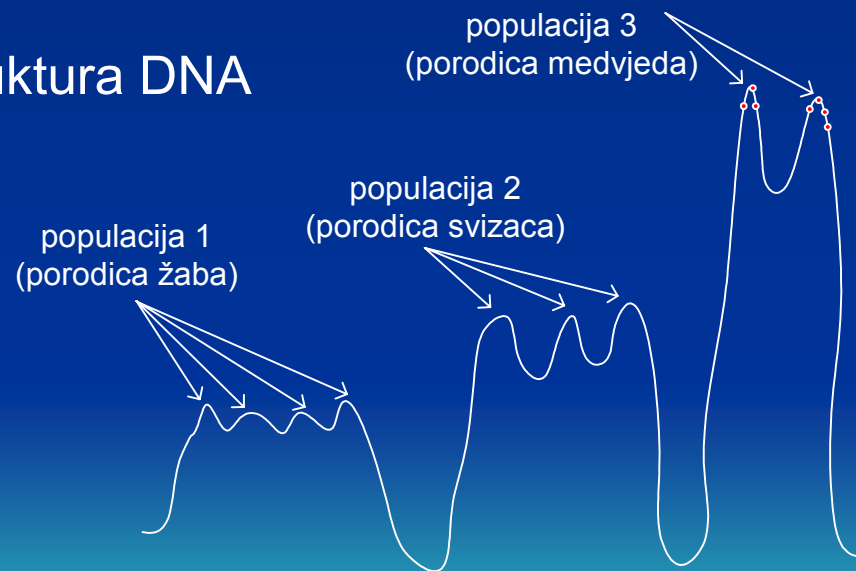
Konačno, evolucija i GA

Priroda – nema jednog rješenja → populacije rješenja (smrznute žabe)

Lokalni optimum...

Globalni optimum...

Svaka jedinka → jedinstvena struktura DNA



Konačno, evolucija i GA

Stvori po etnu populaciju (N jedinki)

Evaluiraj populaciju (tko je koliko dobar)

Ponavljaj dok nije kraj

Odaberi $0 < K \leq N$ roditelja

Generiraj djecu (križanje, mutacija)

Evaluiraj populaciju

Vrati rješenje

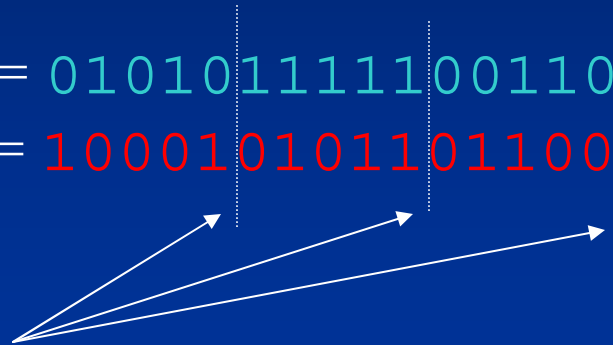


Križanje

“Roditelji” rješenja – dva niza nula i jedinica

A = 01010111110011010011

B = 10001010110110011001



Točke prijeloma

Dijete:

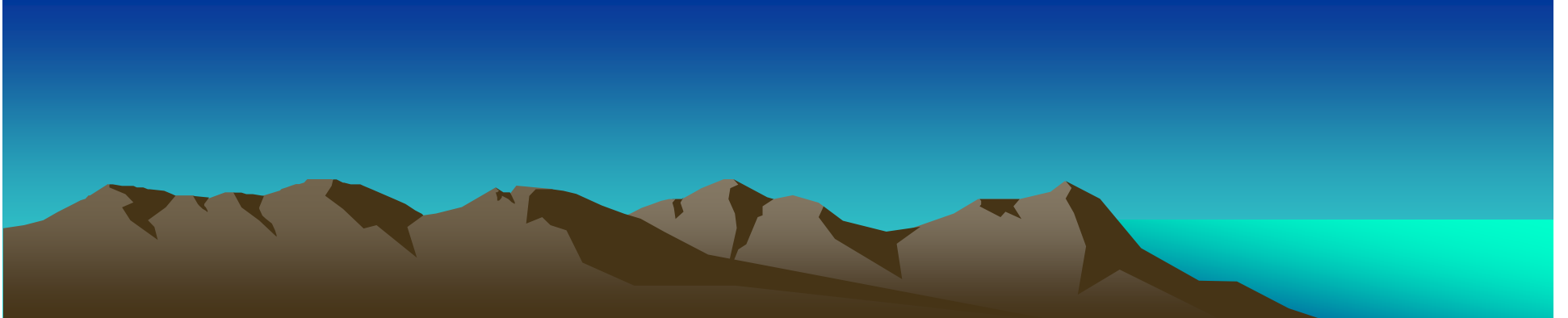
C = 01010 0101100110 11001

D = 10001 1111101100 10011

Genetski operatori

Križanje

Mutacija



Uniformno križanje

Uniformno križanje je križanje s n-1 točkom prekida.

Iznimno jednostavna implementacija.

Jedinke roditelji A i B, slučajni niz nula i jedinica C

Dijete D = (A **and** B) **or** (C **and** (A **xor** B))

And ima 1 na onom mjestu gdje roditelji imaju 1.

Xor ima 1 na onom mjestu gdje roditelji imaju različite znamenke.

Formulu pročitati:

“Na mjestima gdje oba roditelja imaju iste ‘gene’, i dijete ima isti ‘gen’. Na mjestima gdje roditelji imaju različite ‘gene’, dijete ima slučajno odabran ‘gen’”.

Mutacija

Dijete nakon križanja:

C = 01010010110011011001

Mutacija!

- 1 prelazi u 0
- 0 prelazi u 1

C = 01000010110001011001

Konačan oblik djeteta



Križanje + mutacija

Križanje – kombiniranje svojstava roditelja!

Mutacija

- stohastički proces
- osiguranje od lokalnih optimuma

Koji ćemo bit invertirati?

→ Vjerojatnost mutacije bita!

→ Premala? Nije dobro!

→ Prevelika? Stohastičko pretraživanje! Loše!!!



Odabir roditelja

Koje jedinice su dobri roditelji?

~~Sortiramo jedinice po kvaliteti, bismo najbolje?~~

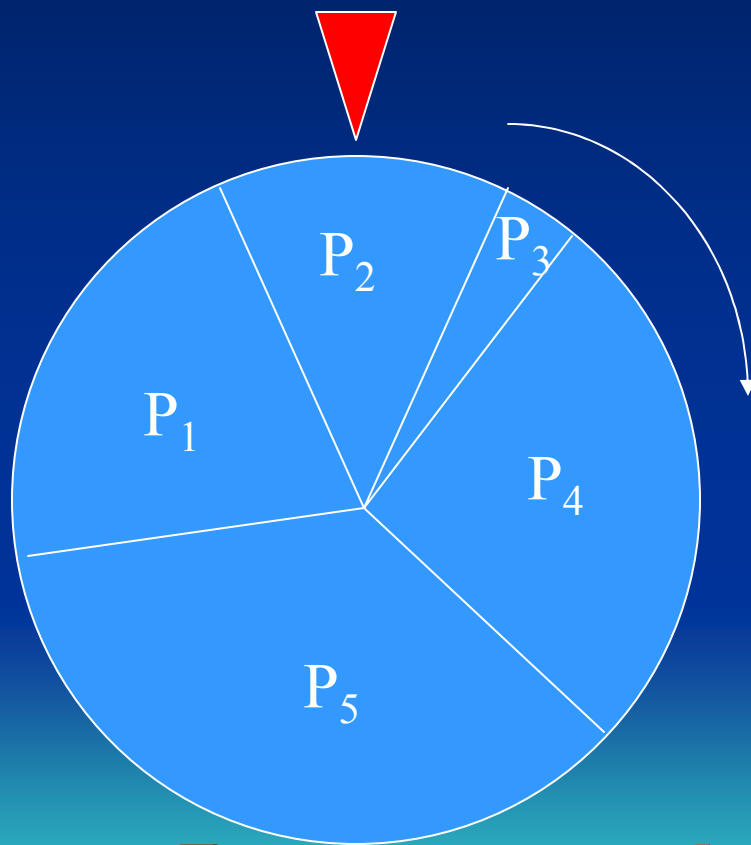
→ Lokalni optimumi!

- Izbor preko funkcije dobrote, ali slučajno.
- Tko je bolji, ima veće šanse da bude izabran.

→ Jednostavna selekcija (Roulette wheel selection)



Roulette wheel selection



$$P_1 \approx Fd(X_1)$$

$$P_2 \approx Fd(X_2)$$

$$P_3 \approx Fd(X_3)$$

$$P_4 \approx Fd(X_4)$$

$$P_5 \approx Fd(X_5)$$



$$P_{a,b} = \sum_{i=a}^b P_i$$

$$P_{1-5} = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5$$

- Generator slučajnih brojeva s uniformnom distribucijom
- Generiramo slučajan broj iz intervala $[0, P_{1-5}]$
- Izaberemo jedinku iz područja u koje taj broj upadne

Možemo sve podijeliti sa P_{1-5} pa generirati broj iz $[0,1]$

Što je točno funkcija dobrote?

Alternative:

- Vrijednost same funkcije cilja
- Funkcija koja ovisi o funkciji cilja

$$f(x, y) = \sqrt{(x-5)^2 + (y+6)^2}$$

Rješenje 1: $x=10, y=18$

Rješenje 2: $x=3, y=1$

1) Funkcija dobrote \equiv funkcija cilja $Fd(rješenje_1) = \sqrt{601}$
 $Fd(rješenje_2) = \sqrt{53}$

Tražimo minimum: funkcija bolja što je dobrota bolja (veća)!
Uzimamo za funkciju dobrote MINUS funkciju cilja.

2) Funkcija dobrote ovisi o funkciji cilja

Ako su sve jedinke približno dobre, vjerojatnosti odabira slične!

$f(\text{riješenje}_1)=1000001 \rightarrow \text{vjerojatnost odabira} \approx 20\%$

$f(\text{riješenje}_2)=1000002 \rightarrow \text{vjerojatnost odabira} \approx 20\%$

$f(\text{riješenje}_3)=1000003 \rightarrow \text{vjerojatnost odabira} \approx 20\%$

$f(\text{riješenje}_4)=1000004 \rightarrow \text{vjerojatnost odabira} \approx 20\%$

$f(\text{riješenje}_5)=1000005 \rightarrow \text{vjerojatnost odabira} \approx 20\%$



Tražimo minimum funkcije cilja:

$$f_{\max}(\text{rješenja})=1000005$$

$$Fd(\text{rješenje}_i)=f_{\max}(\text{rješenja})-f(\text{rješenje}_i)$$

$$Fd(\text{rješenje}_1)=4 \rightarrow \text{vjerojatnost odabira} \approx 40\%$$

$$Fd(\text{rješenje}_2)=3 \rightarrow \text{vjerojatnost odabira} \approx 30\%$$

$$Fd(\text{rješenje}_3)=2 \rightarrow \text{vjerojatnost odabira} \approx 20\%$$

$$Fd(\text{rješenje}_4)=1 \rightarrow \text{vjerojatnost odabira} \approx 10\%$$

$$Fd(\text{rješenje}_5)=0 \rightarrow \text{vjerojatnost odabira} \approx 00\%$$



3-turnirska selekcija

Alternativa jednostavnoj selekciji

Nema generacija

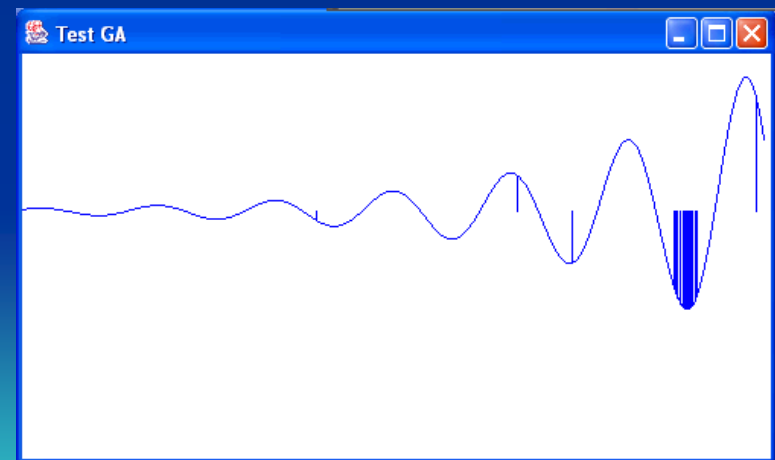
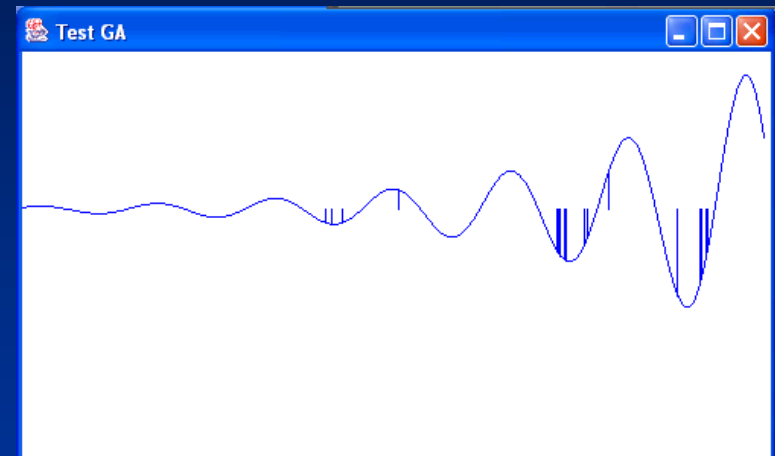
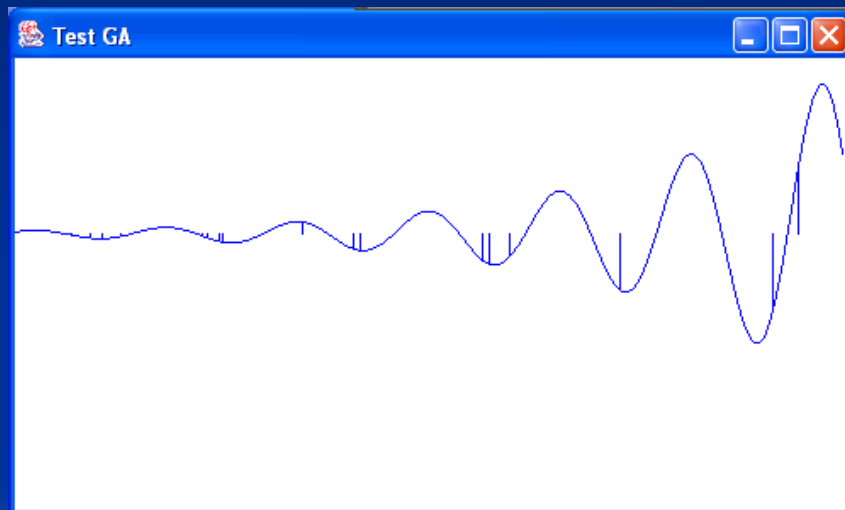
1. Izaberi tri jedinke (potpuno slučajno!)
2. Izbaci najgoru od te tri iz populacije
3. Generiraj dijete iz preostale dvije i ubaci ga u populaciju

Vrlo jednostavna implementacija!



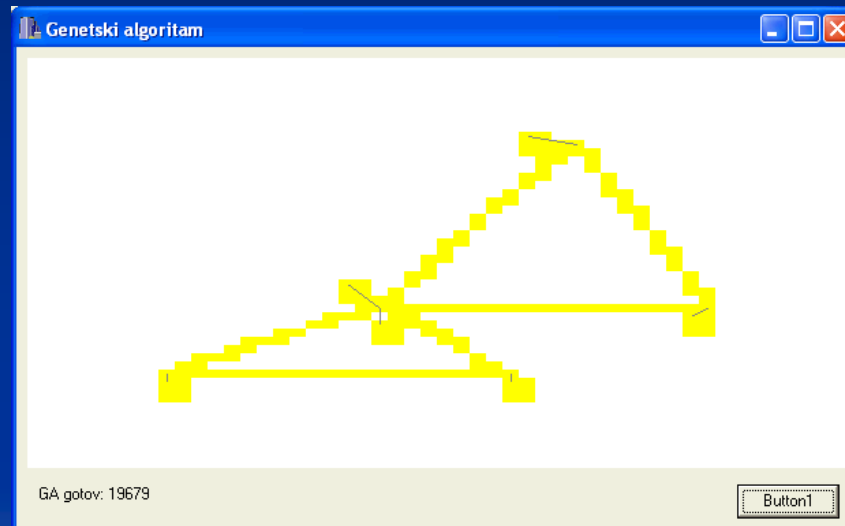
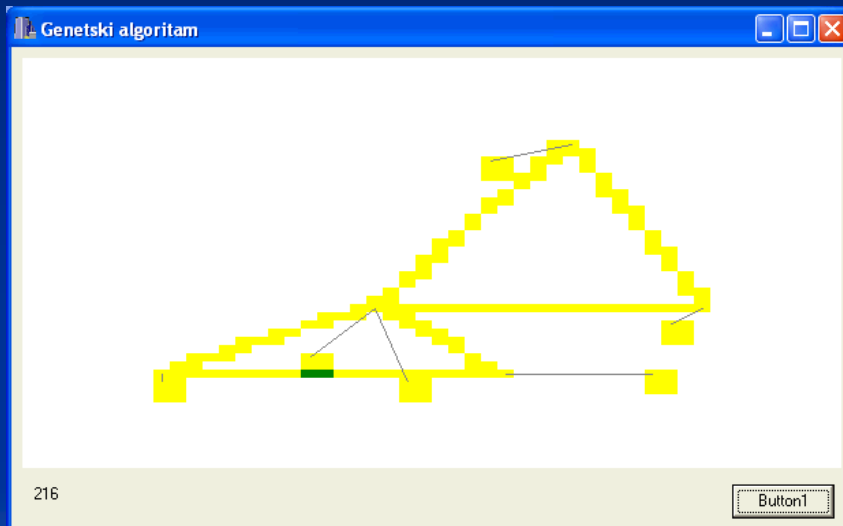
Primjer (1)

Pronalaženje minimuma funkcije



Primjer (2)

Pronalaženje optimalnog položaja naziva vrha trokuta



Literatura

Z.Michalewicz, Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs,
Springer Verlag, Berlin, 1992.

R.L.Haupt, S.E.Haupt, Practical Genetic Algorithms,
John Wiley & Sons, 1998.

M. Golub: Skripta 1. dio: Genetski algoritmi
http://www.zemris.fer.hr/~golub/ga/skripta1/ga_skripta1.doc

M. Golub: Skripta 2. dio: Paralelni genetski algoritmi
http://www.zemris.fer.hr/~golub/ga/skripta2/ga_skripta2.doc





Web

Opširniji materijali (predavanja, studentski projekti, simulatori, animacije, bibliografija itd.) dostupni su na stranicama predmeta:

- **Neizrazito, evolucijsko i neuro-računarstvo**

<http://www.zemris.fer.hr/education/efnc>

- **Strojno učenje**

<http://www.zemris.fer.hr/education/ml>

- **Inteligentni sustavi**

<http://www.zemris.fer.hr/education/is>