ПЛ-5: Оптимизација флексибилних технолошких процеса применом генетичких алгоритама

Садржај

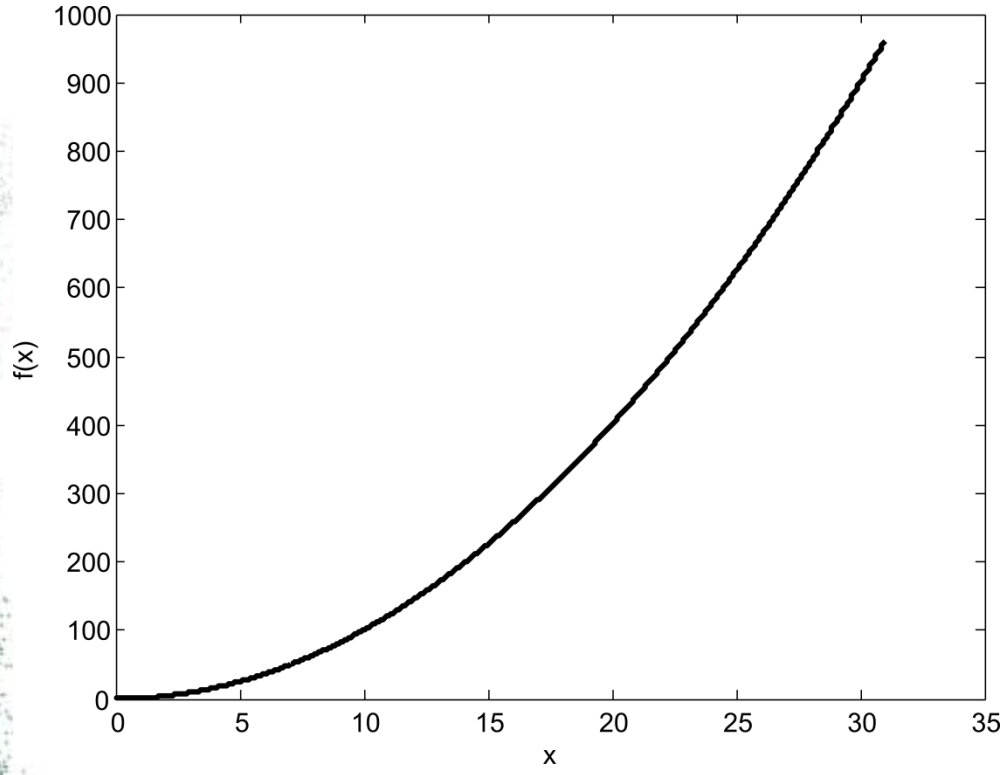
- **Пример #1:**
  - ✓ Оптимизација функције $f(x)=x^2$ – “ручна” симулација;

- **Пример #2:**
  - ✓ Оптимизација “*drop wave*” функције применом *Genetic Algorithm Toolbox*-а;

- **Пример #3:**
  - ✓ Оптимизација технолошких процеса – програмирање у *Matlab* софтверском пакету;

Пример#1
поставка проблема

- потребно је одредити максимум функције $f(x)=x^2$ на интервалу [0,31];



Код у Matlab-у:

```
clc; clear all; close all;

% x - argument
x = 0:31;

% y – vrednost funkcije
y = x.^2;

%crtanje grafika
plot(x,y,'-k','LineWidth',2)
%oznacavanje osa
xlabel('x')
ylabel('f(x)')
```

Пример#1

- представљање бројева у бинарном и децималном нумеричком систему;

$$X = \sum_{i=-m}^{n-1} k_i N^i = k_{n-1}N^{n-1} + k_{n-2}N^{n-2} + \ldots + k_0 N^0 + k_{-1}N^{-1} + \ldots + k_{-m}N^{-m}$$

  - ✓ m – број цифара у разломљеном делу;
  - ✓ n – број цифара у целобројном делу;
  - ✓ k – цифре бројног система
  - ✓ на пример: к=(0,1,2,3,4,5,6,7,8,9) за децимални бројни систем, к=(0,1) за бинарни бројни систем, к=(1,0,-1) за тернарни бројни систем, итд.

- број 32,45 представљен у децималном бројном систему:

$$3 \cdot 10^1 + 2 \cdot 10^0 + 4 \cdot 10^{-1} + 5 \cdot 10^{-2} = 32.45$$

- број 25 представљен у бинарном бројном систему (11001):

$$1 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 25$$

- користећи петобитне цифре, могуће је добити бројеве између 0 (00000) и 31 (11111);

Пример#1

- кодирање хромозома: четири случајно генерисана стринга са бинарним вредностима
- декодирање хромозома: за стринг под редним бројем 3 (01000)
$0 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0 = 8$
- функција циља (*fitness*)
$f(x)=8^2=64$

бр. стринга	иницијална популација	x у дец. систему	$f(x) = x^2$	$\frac{f_i}{\sum f}$	$\frac{f_i}{\bar{f}}$	рулет селекција
1	01101	13	169	0,14	0,58	1
2	11000	24	576	0,49	1,97	2
3	01000	8	64	0,06	0,22	0
4	10011	19	361	0,31	1,23	1
сума $\sum f$			1170	1,00	4,00	4,0
средња вредност $\bar{f}$			293	0,25	1,00	1,0
максимална вредност			576	0,49	1,97	2,0

Пример#1

- рулет селекција (*roulette wheel selection*) је рангирајућа селекција код које је вероватноћа одабира јединке пропорционална функцији циља (*fitness*);
- за пример из табеле, највећи ранг и вероватноћу да "преживи" има јединка под редним бројем 2, а затим јединке под редним бројем 3 и 4;

- вероватноћа селекције сваке од четири јединке;

бр. стринга	иницијална популација	x у дец. систему	$f(x)=x^2$	$\frac{f_i}{\sum f}$	$\frac{f_i}{\bar{f}}$	рулет селекција
1	01101	13	169	0,14	0,58	1
2	11000	24	576	0,49	1,97	2
3	01000	8	64	0,06	0,22	0
4	10011	19	361	0,31	1,23	1
сума $\sum f$			1170	1,00	4,00	4,0
средња вредност $\bar{f}$			293	0,25	1,00	1,0
максимална вредност			576	0,49	1,97	2,0

Пример#1

- резултати примене оператора укрштања након само једне генерације;
- и средњи и максимални резултат су побољшани у новој популацији;
  - ✓ средња вредност функције циља се са 293 повећала на 439;
  - ✓ максимална вредност се повећала са 576 на 729;

хромозоми након укрштања	парови	позиција укрштања	нова популација	x	$f(x) = x^2$
0 1 1 0 | 1	2	4	0 1 1 0 0	12	144
1 1 0 0 | 0	1	4	1 1 0 0 1	25	625
1 1 | 0 0 0	4	2	1 1 0 1 1	27	729
1 0 | 0 1 1	3	2	1 0 0 0 0	16	256
сума $\sum f$					1754
средња вредност $\bar{f}$					439
максимална вредност					729

Пример#1

- резултати након примене оператора мутације;
- средњи резултат је побољшани у новој популацији;
  - ✓ средња вредност функције циља се са 439 повећала на 588,5;
  - ✓ најбољи стринг у 1. генерацији (11000) добија две копије у 2. генерацији; укрштањем са стрингом (10011) у случајно изабраној тачки укрштања 2, један од насталих потомака (11011) показује већу вредност функције циља *f(x)* у односу на оба родитеља;

бр. стринга	потомци након укрштања	потомци након мутације	x	$f(x) = x^2$
1	0 1 1 0 0	1 1 1 0 0	26	676
2	1 1 0 0 1	1 1 0 0 1	25	625
3	1 1 0 1 1	1 1 0 1 1	27	729
4	1 0 0 0 0	1 0 1 0 0	18	324
сума $\sum f$				2354
средња вредност $\bar{f}$				588,5
максимална вредност				729

Пример#2 поставка проблема

- потребно је одредити максимум “*drop wave*” функције

$$f(x) = -\frac{1+\cos(12-\sqrt{(x_1^2+x_2^2)})}{\frac{1}{2}(x_1^2+x_2^2)}$$

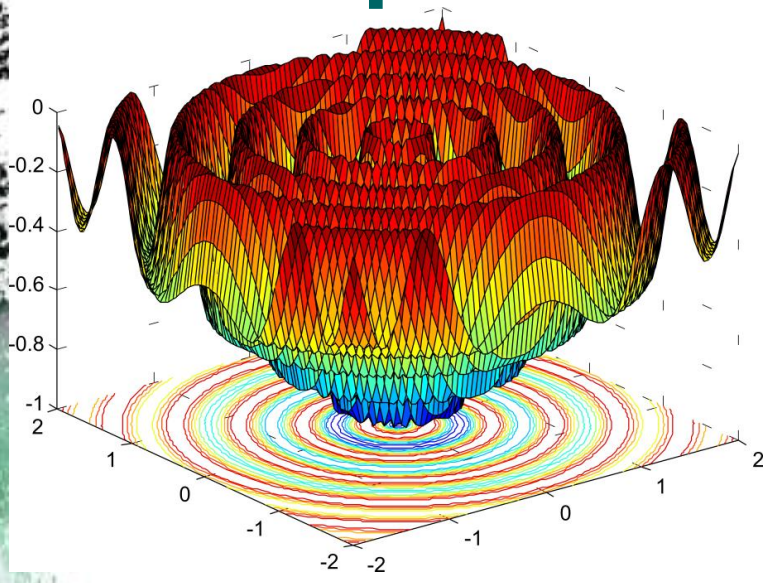
- изразито мултимодална тест функција;
- границе решења су у домену:

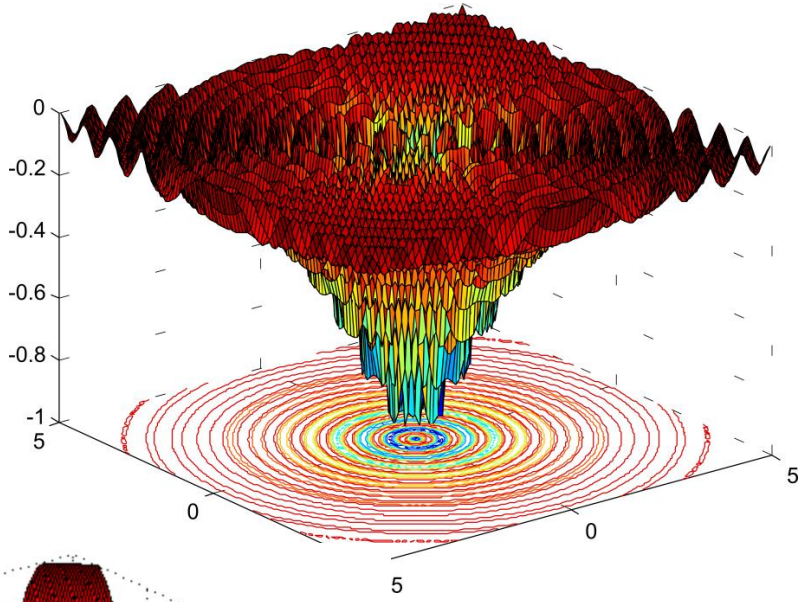
$$-5.12 \le x_1 \le 5.12, \quad -5.12 \le x_2 \le 5.12$$

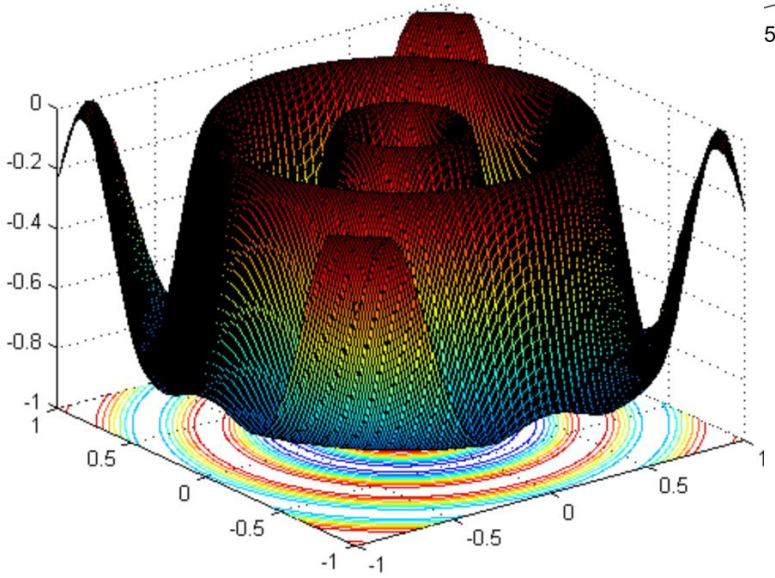
- глобални минимум функције је:

$$f(x^*) = -1$$
$$x^* = (0,0)$$

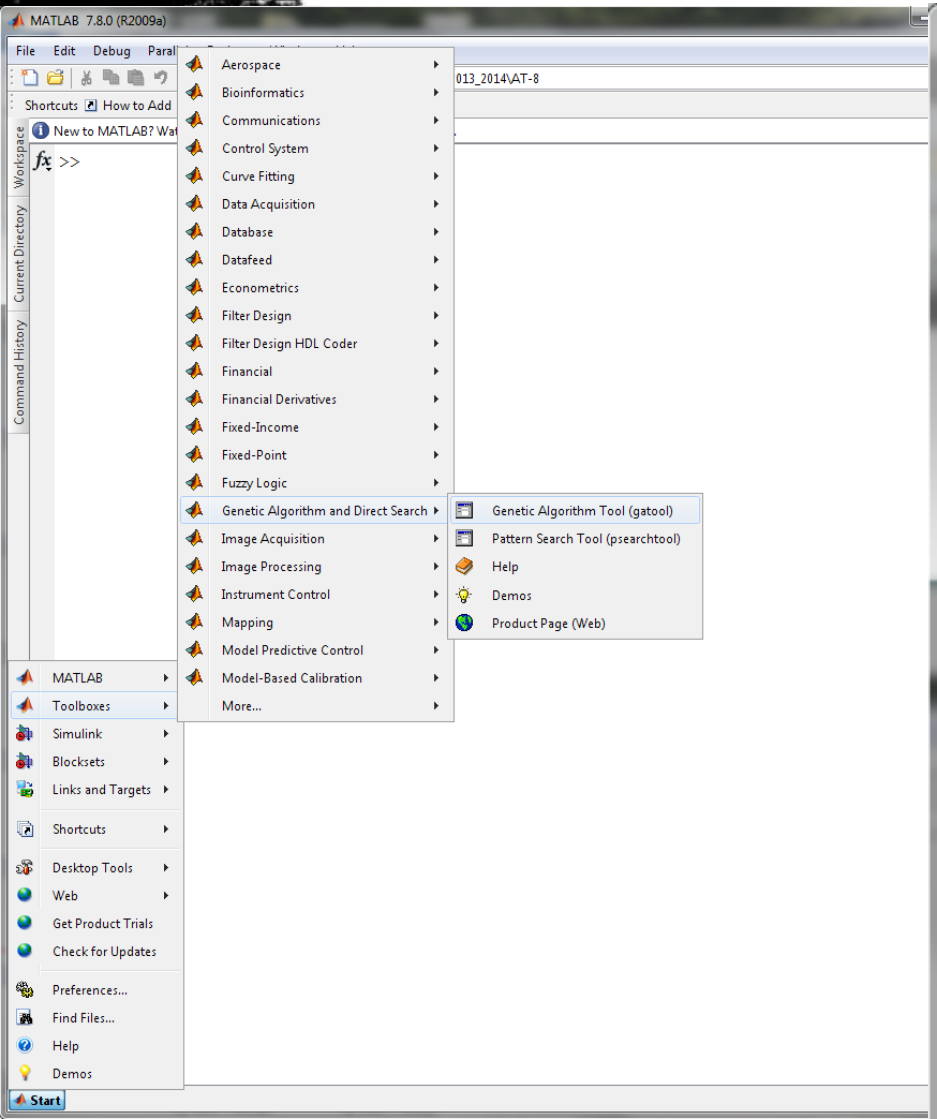
Пример#2
3D приказ “Drop wave” функције

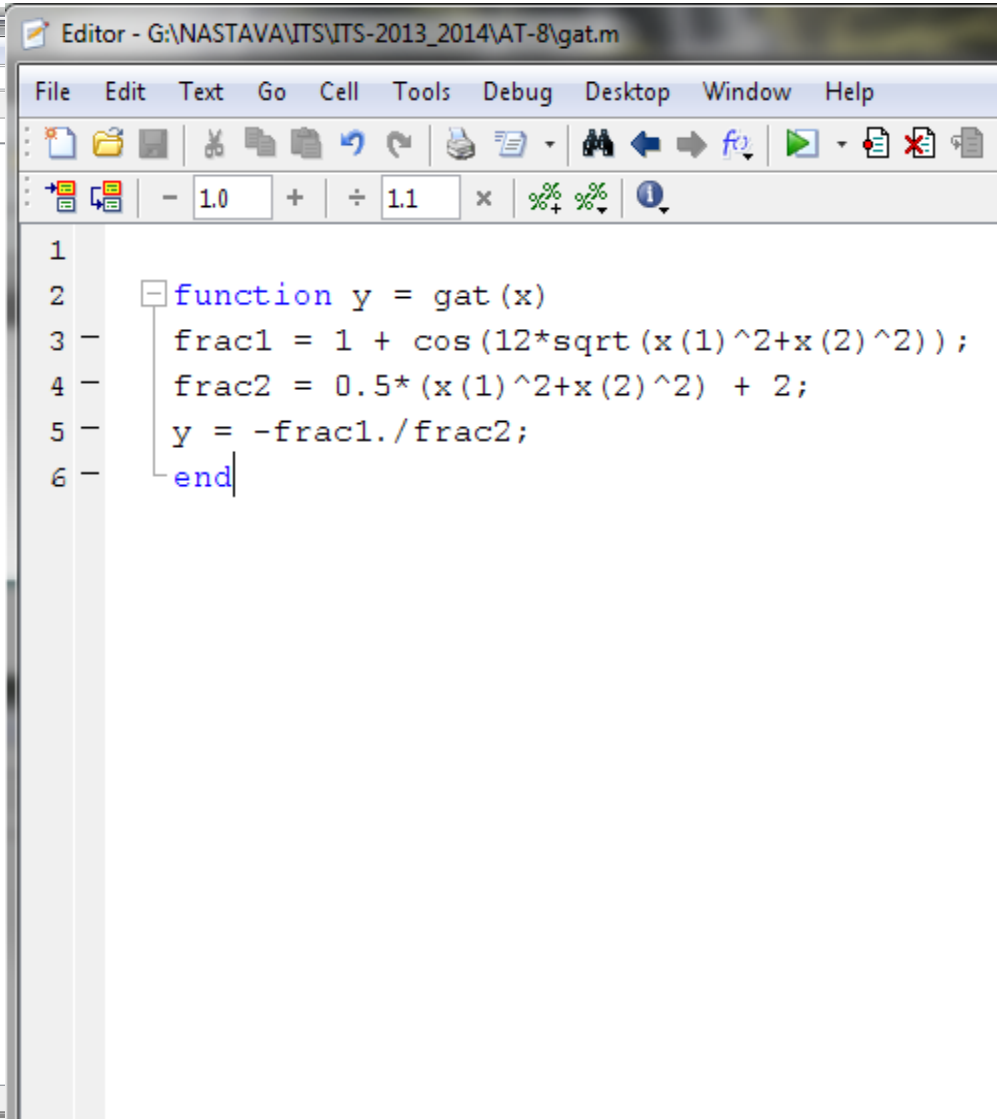






Пример#2
Genetic Algorithm toolbox





Пример#2
Genetic Algorithm toolbox

Optimization Tool

File Help

Problem Setup and Results

Solver: ga - Genetic Algorithm

Problem

Fitness function: @gat

Number of variables: 2

Constraints:

Linear inequalities: A: b:

Linear equalities: Aeq: beq:

Bounds: Lower: Upper:

Nonlinear constraint function:

Run solver and view results

Use random states from previous run

Start Pause Stop

Current iteration: 51 Clear Results

Optimization running.
Optimization terminated.
Objective function value: -0.9842291827883035
Optimization terminated: average change in the fitness value less than options.TolFun.

Final point:

1	2
0.021	-0

Options >>

Population

Population type: Double Vector

Population size: Use default: 20

Specify:

Creation function: Use constraint dependent default

Initial population: Use default: []

Specify:

Initial scores: Use default: []

Specify:

Initial range: Use default: [0;1]

Specify:

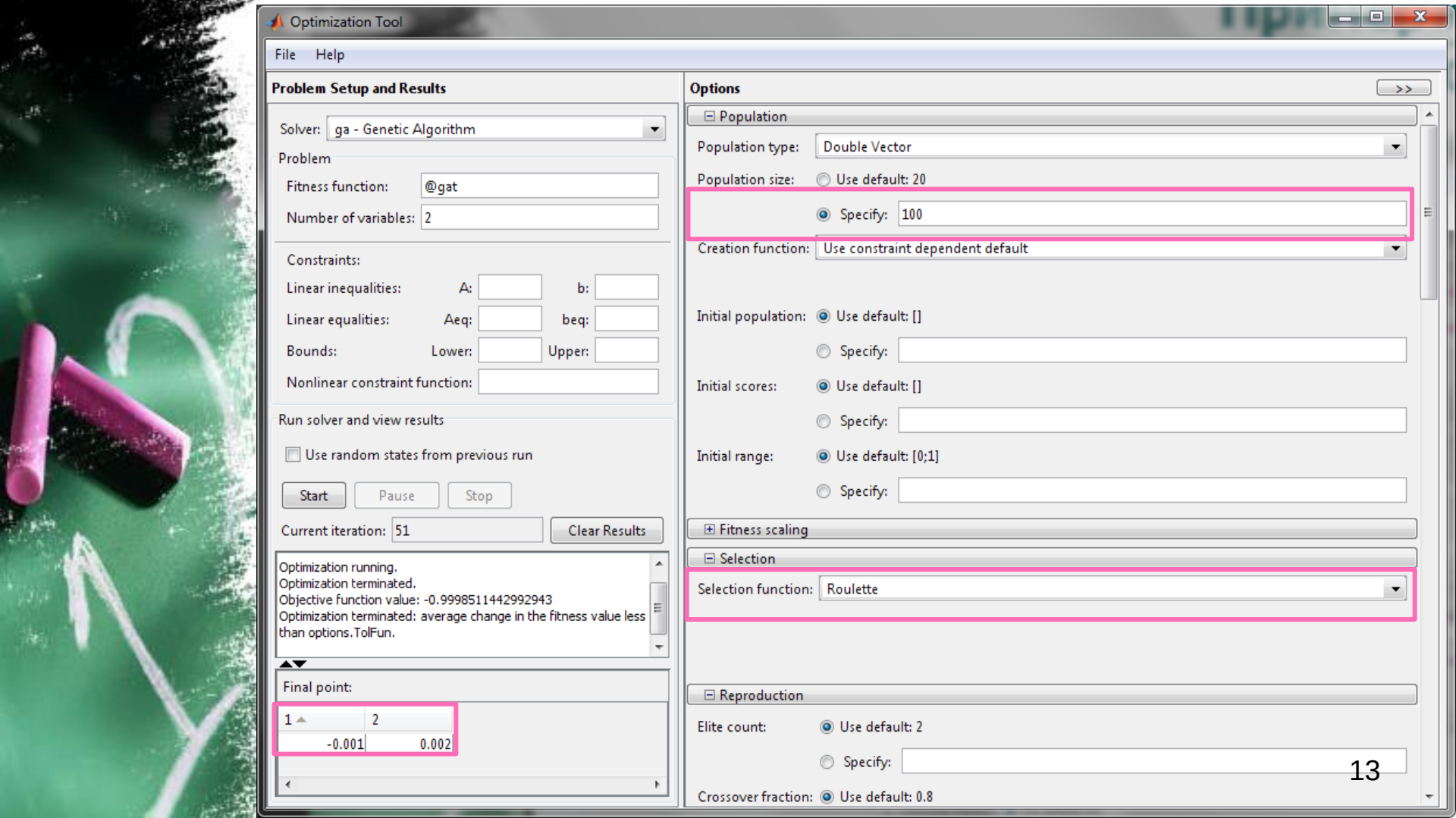
Fitness scaling

Scaling function: Rank

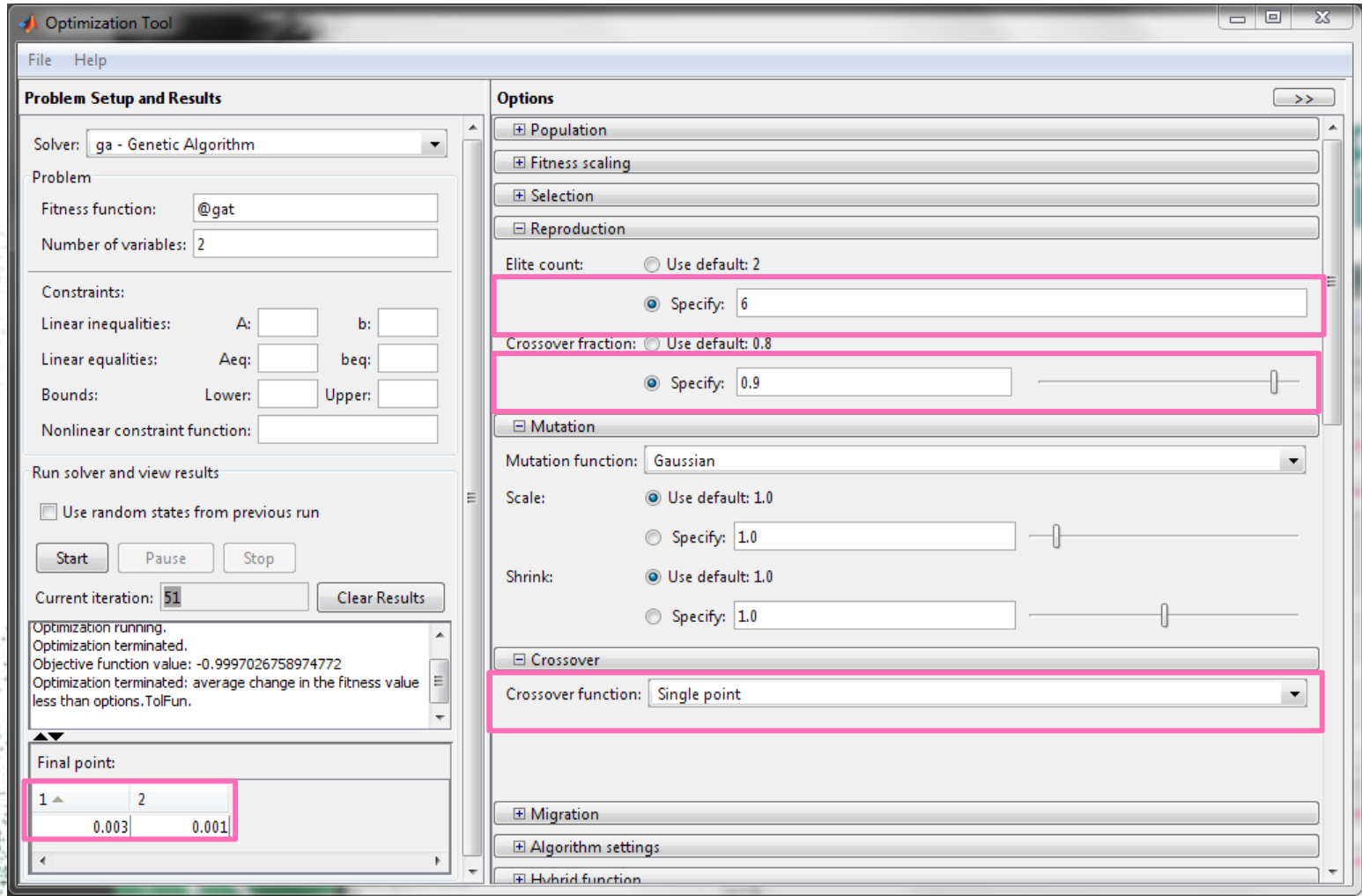
Selection

Selection function: Stochastic uniform

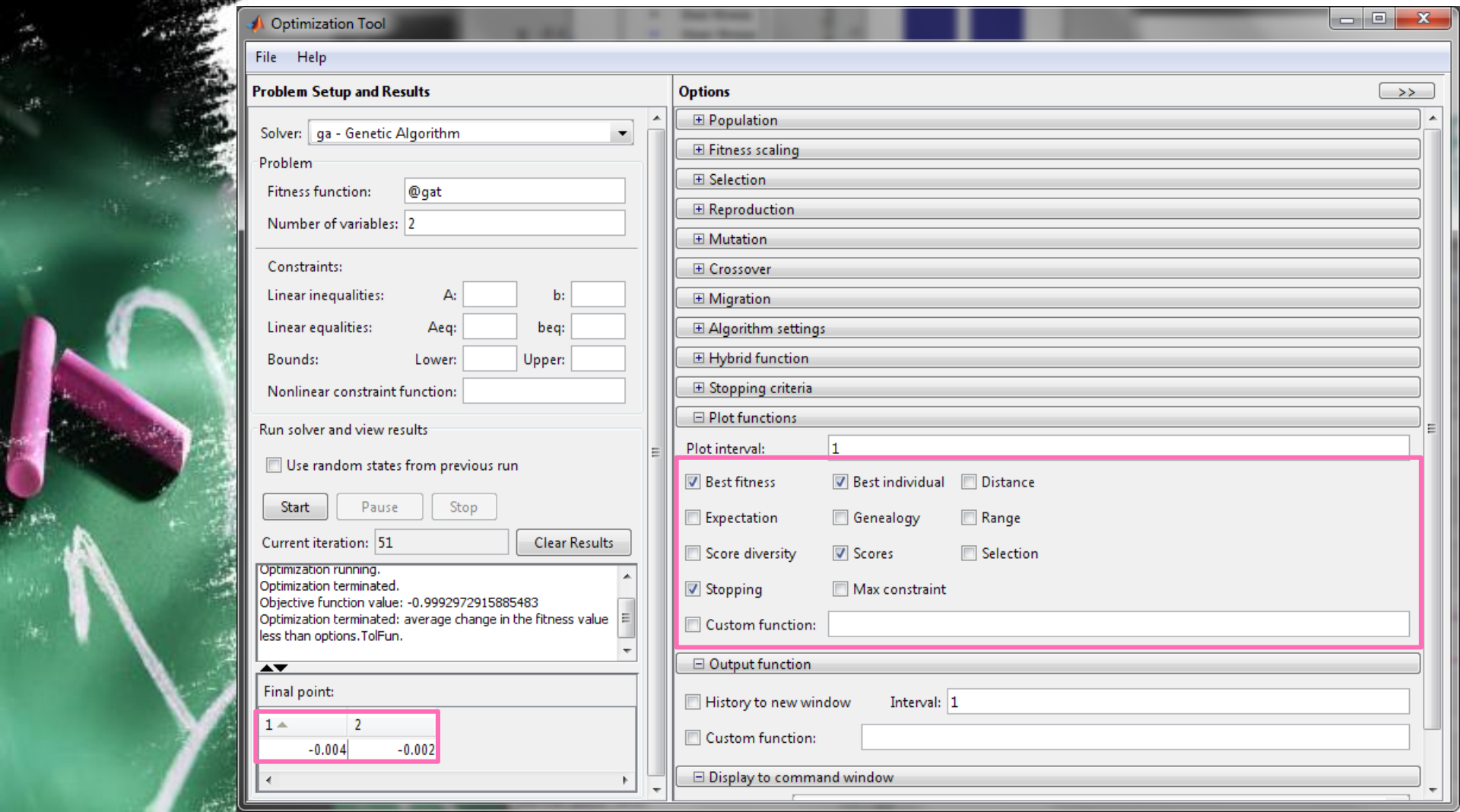
Пример#2
Genetic Algorithm toolbox



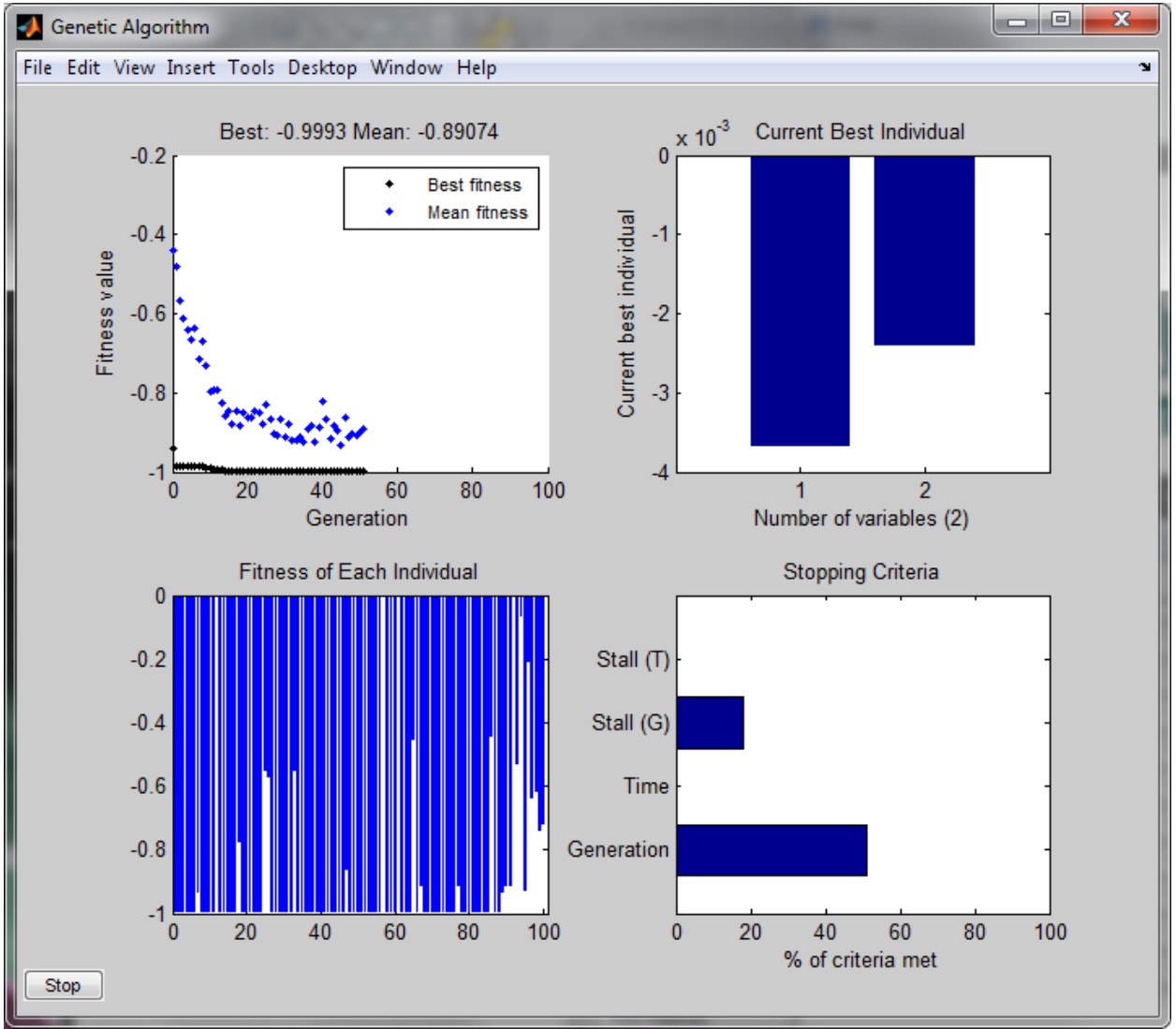
Пример#2
Genetic Algorithm toolbox



Пример#2
Genetic Algorithm toolbox



Пример#2
Genetic Algorithm toolbox



Пример#3
иницијална популација

- генерисање иницијалне популације

```
clc; clear all; close all;
n = 4; %job number
p1 = [1 3 2 3 3 3 8 8; 1 2 2 3 3 3 8 8; 1 5 2 3 3 3 8 8];%deo1
p2 = [1 5 5 3 6 3 8 9; 1 6 5 3 6 3 8 9; 1 5 5 3 6 3 8 8];%deo2
p3 = [1 3 2 6 3 5 8 5; 1 3 2 6 3 6 8 5; 1 4 2 4 3 6 8 5];%deo3
p4 = [1 9 2 5 8 6 0 0; 1 9 2 6 8 6 0 0; 5 4 6 2 7 3 8 2];%deo4
p = [p1; p2; p3; p4];
q = 4;% q maksimalan broj operacija za sve tehnoloske procese
sp = [4 4 4; 4 4 4; 4 4 4; 3 3 4];%broj operacija za sve tehn. procese
job = []; ini = [];
N = 10; %N - broj hromozoma tj. velicin populacije;
for h = 1 : N
    r = [randnumber(1,3) randnumber(1,3) randnumber(1,3) randnumber(1,3)];
    initalPPstring(h,:) = r;
    for i = 1 : n
        j = sp(i,(r(1,i)));
        ini = [ini ones(1,j)*i];
        if i == 4
            diff = q*n-size(ini,2);
            ini = [ini zeros(1,diff)];
        end
    end
    INI = ini(:,randperm(size(ini,2)));
    initalPopulation(h,:) = INI;
    ini = [];
end
```

Пример#3 мутација

- први оператор мутације - двопозициона „*swapping*“ мутација

```
function [population] = mutation1Scheduling(population)

population = ...
    [4 1 3 2 6 0 5 1 2 6 0 4 5 3 2 5 0 4 6 0 1 5 2 3 5 1 3 0 6 0];
%     1 0 4 3 5 6 0 4 3 5 2 1 4 0 2 1 6 5 3 0 1 0 2 6 0 3 6 5 0 0]

r1 = randnumber(1,size(population,2));
r2 = randnumber(1,size(population,2));

while population(1,r1) == population(1,r2);
    r1 = randnumber(1,size(population,2));
    r2 = randnumber(1,size(population,2));
end

t1 = population(1,r1);
t2 = population(1,r2);
population(1,r2) = t1;
population(1,r1) = t2;
```

Пример#3 мутација

- други оператор мутације – промена алт. техн. процеса

```
function [population,ppstring_mutation2] = ...
mutation2Scheduling(population,ppstring,sp)
population = ...
    [4 1 3 2 6 0 5 1 2 6 0 4 5 3 2 5 0 4 6 0 1 5 2 3 5 1 3 0 6 0;
    1 0 4 3 5 6 0 4 3 5 2 1 4 0 2 1 6 5 3 0 1 0 2 6 0 3 6 5 0 0]
ppstring = [1 2 2 3]; sp = [4 4 4; 4 4 4; 4 4 4; 3 3 4];
r = randnumber(1,size(ppstring,2));
if ppstring(1,r) == 1;
    index = 1; g = [2 3]; rr = randnumber(1,2); gg = g(1,rr);
elseif ppstring(1,r) == 2;
    index = 2; g = [1 3]; rr = randnumber(1,2); gg = g(1,rr);
else
    index = 3; g = [1 2]; rr = randnumber(1,2); gg = g(1,rr);
end
ppstring(1,r) = gg; ppstring_mutation2 = ppstring;
if sp(r,gg) > sp(r,index);
    f = find(population(1,:) == 0);
    rrr = randnumber(1,size(f,2));
    population(1,f(1,rrr)) = r;
else sp(r,gg) < sp(r,index);
    f = find(population(1,:) == r);
    rrr = randnumber(1,size(f,2));
    population(1,f(1,rrr)) = 0;
end
```

Питања?

Хвала на пажњи!