

Εισαγωγή στην Τεχνητή Νοημοσύνη (ΜΠΔ 306)

Εργαστήριο

Εργαστηριακός βοηθός: Κατερίνα Γιαννακάκη

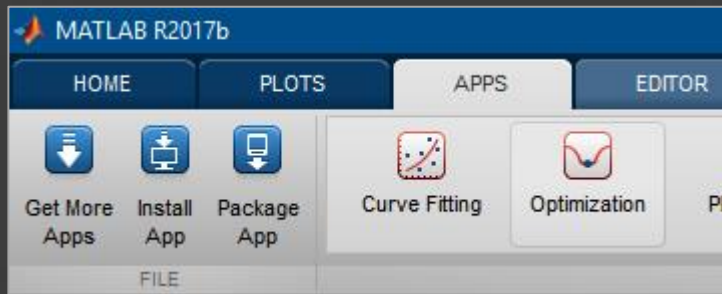
e-mail: agiannakaki1@isc.tuc.gr

Γενετικοί Αλγόριθμοι στο MATLAB Global Optimization Toolbox

Εργαστήριο 4ο

Global Optimization Toolbox

Έναρξη του Toolbox:



Menu ► Apps ► Optimization

ή

στο Workspace:

`>> optimtool` ή `>> optimtool ga`

Global Optimization Toolbox

Optimization Tool

File Help

Problem Setup and Results

Solver: ga - Genetic Algorithm

Problem

Fitness function:

Number of variables:

Constraints:

Linear inequalities: A: b:

Linear equalities: Aeq: beq:

Bounds: Lower: Upper:

Nonlinear constraint function:

Integer variable indices:

Run solver and view results

☐ Use random states from previous run

Start Pause Stop

Current iteration: Clear Results

Final point:

Options

Population

Population type: Double vector

Population size: ☒ Use default: 50 for five or fewer variables, otherwise 200
☐ Specify:

Creation function: Constraint dependent

Initial population: ☒ Use default: []
☐ Specify:

Initial scores: ☒ Use default: []
☐ Specify:

Initial range: ☒ Use default: [-10;10]
☐ Specify:

Fitness scaling

Scaling function: Rank

Selection

Selection function: Stochastic uniform

Reproduction

Elite count: ☒ Use default: 0.05*PopulationSize
☐ Specify:

Crossover fraction: ☒ Use default: 0.8
☐ Specify:

Mutation

Mutation function: Constraint dependent

Quick Reference

Genetic Algorithm Solver
This tool corresponds to the ga function.
Click to expand the section below corresponding to your task.
Problem Setup and Results
[Problem](#)
[Constraints](#)
[Run solver and view results](#)
Options
Specify options for the Genetic Algorithm solver.
[Population](#)
[Fitness scaling](#)
[Selection](#)
[Reproduction](#)
[Mutation](#)
[Crossover](#)
[Migration](#)
[Constraint parameters](#)
[Hybrid function](#)
[Stopping criteria](#)
[Plot Functions](#)
[Output function](#)
[Display to command window](#)
[User function evaluation](#)
More Information
[User Guide](#)
[Function equivalent](#)

Πολυτεχνείο Κρήτης | Σχολή Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης | Εισαγωγή στην Τεχνητή Νοημοσύνη (ΜΠΔ306) | Εργαστήριο 4ο

Global Optimization Toolbox

PROBLEM

- **Fitness Function**

Η συνάρτηση καταλληλότητας του προβλήματος, η συνάρτηση που πρέπει να ελαχιστοποιηθεί. Μπορεί να δηλωθεί ως:

- **είτε** ως function handle:

π.χ. για τη συνάρτηση $f(x) = x^2 + 8\frac{x}{4} \rightarrow @(x) (x^2+8*x/4)$

Global Optimization Toolbox

PROBLEM

- **Fitness Function**

Η συνάρτηση καταλληλότητας του προβλήματος, η συνάρτηση που πρέπει να ελαχιστοποιηθεί. Μπορεί να δηλωθεί ως:

- **είτε** ως function handle:

π.χ. για τη συνάρτηση $f(x) = x^2 + 8\frac{x}{4} \rightarrow @(x) (x^2+8*x/4)$

ΠΡΟΣΟΧΗ:

για πάνω από 1 μεταβλητές, χρησιμοποιώ διάνυσμα με τόσα στοιχεία όσες μεταβλητές έχω

π.χ. για τη συνάρτηση $f(x, y, z) = x^2 + 2y - z/5$

Global Optimization Toolbox

PROBLEM

- Fitness Function**

Η συνάρτηση καταλληλότητας του προβλήματος, η συνάρτηση που πρέπει να ελαχιστοποιηθεί. Μπορεί να δηλωθεί ως:

- **είτε** ως function handle:

π.χ. για τη συνάρτηση $f(x) = x^2 + 8\frac{x}{4} \rightarrow @(x) (x^2+8*x/4)$

ΠΡΟΣΟΧΗ:

για πάνω από 1 μεταβλητές, χρησιμοποιώ διάνυσμα με τόσα στοιχεία όσες μεταβλητές έχω

π.χ. για τη συνάρτηση $f(x, y, z) = x^2 + 2y - z/5$

↓
 $x(1)$

Global Optimization Toolbox

PROBLEM

- Fitness Function**

Η συνάρτηση καταλληλότητας του προβλήματος, η συνάρτηση που πρέπει να ελαχιστοποιηθεί. Μπορεί να δηλωθεί ως:

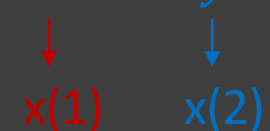
- **είτε** ως function handle:

π.χ. για τη συνάρτηση $f(x) = x^2 + 8\frac{x}{4} \rightarrow @(x) (x^2+8*x/4)$

ΠΡΟΣΟΧΗ:

για πάνω από 1 μεταβλητές, χρησιμοποιώ διάνυσμα με τόσα στοιχεία όσες μεταβλητές έχω

π.χ. για τη συνάρτηση $f(x, y, z) = x^2 + 2y - z/5$


A red arrow points from the red x in the equation to the red $x(1)$ below it. A blue arrow points from the blue y in the equation to the blue $x(2)$ below it.

Global Optimization Toolbox

PROBLEM

- Fitness Function**

Η συνάρτηση καταλληλότητας του προβλήματος, η συνάρτηση που πρέπει να ελαχιστοποιηθεί. Μπορεί να δηλωθεί ως:

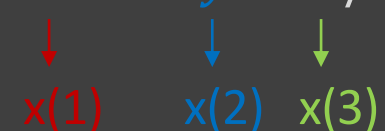
- **είτε** ως function handle:

π.χ. για τη συνάρτηση $f(x) = x^2 + 8\frac{x}{4} \rightarrow @(x) (x^2+8*x/4)$

ΠΡΟΣΟΧΗ:

για πάνω από 1 μεταβλητές, χρησιμοποιώ διάνυσμα με τόσα στοιχεία όσες μεταβλητές έχω

π.χ. για τη συνάρτηση $f(x, y, z) = x^2 + 2y - z/5$



Global Optimization Toolbox

PROBLEM

- Fitness Function**

Η συνάρτηση καταλληλότητας του προβλήματος, η συνάρτηση που πρέπει να ελαχιστοποιηθεί. Μπορεί να δηλωθεί ως:

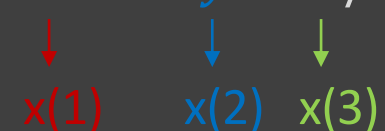
- **είτε** ως function handle:

π.χ. για τη συνάρτηση $f(x) = x^2 + 8\frac{x}{4} \rightarrow @(x) (x^2+8*x/4)$

ΠΡΟΣΟΧΗ:

για πάνω από 1 μεταβλητές, χρησιμοποιώ διάνυσμα με τόσα στοιχεία όσες μεταβλητές έχω

π.χ. για τη συνάρτηση $f(x, y, z) = x^2 + 2y - z/5$



$\rightarrow @(x) (x(1)^2 + 2*x(2) + x(3)/5)$

Global Optimization Toolbox

PROBLEM

- **Fitness Function**

Η συνάρτηση καταλληλότητας του προβλήματος, η συνάρτηση που πρέπει να ελαχιστοποιηθεί. Μπορεί να δηλωθεί ως:

- **είτε** ως function handle:

π.χ. για τη συνάρτηση $f(x) = x^2 + 8\frac{x}{4} \rightarrow @(x) (x^2+8*x/4)$

- **είτε** ως όνομα αρχείου συνάρτησης:

π.χ. για τη συνάρτηση $f(x) = x^2 + 8\frac{x}{4} \rightarrow @myFitFunc$

όπου:

```
function f = myFitFunc(x)
```

```
f = x^2+8*x/4;
```

```
end
```

→ saved as: myFitFunc.m

Global Optimization Toolbox

PROBLEM

- **Fitness Function**

Η συνάρτηση καταλληλότητας του προβλήματος, η συνάρτηση που πρέπει να ελαχιστοποιηθεί. Μπορεί να δηλωθεί ως:

- **είτε** ως function handle:

π.χ. για τη συνάρτηση $f(x) = x^2 + 8\frac{x}{4} \rightarrow @(x) (x^2+8*x/4)$

- **είτε** ως όνομα αρχείου συνάρτησης:

π.χ. για τη συνάρτηση $f(x) = x^2 + 8\frac{x}{4} \rightarrow @myFitFunc$

όπου:

```
function f = myFitFunc(x)
```

```
f = x^2+8*x/4;
```

```
end
```

→ saved as: myFitFunc.m

- **Number of variables**

Ο αριθμός ανεξάρτητων μεταβλητών που χρησιμοποιεί η fitness function

Global Optimization Toolbox

CONSTRAINTS

- Γραμμικές ανισότητες (Linear inequalities)

στη μορφή πινάκων/διανυσμάτων: $\mathbf{A} \cdot \mathbf{x} \leq \mathbf{b}$

π.χ. έστω ότι η $f(x) = x_1^2 + 8\frac{x_2}{4}$ ορίζεται μόνο για $x_1 + x_2 \geq 1, x_2 \leq 10$
τότε:

$$\begin{aligned} x_1 + x_2 \geq 1 &\rightarrow -x_1 - x_2 \leq -1 \\ x_2 &\leq 10 \end{aligned}$$

$$\begin{bmatrix} -1 & -1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} \leq \begin{bmatrix} -1 \\ 10 \end{bmatrix}$$

άρα: $\mathbf{A} = \begin{bmatrix} -1 & -1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \mathbf{b} = \begin{bmatrix} -1 \\ 10 \end{bmatrix}$

Global Optimization Toolbox

CONSTRAINTS

- Γραμμικές ανισότητες (Linear inequalities)

στη μορφή πινάκων/διανυσμάτων: $\mathbf{A} \cdot \mathbf{x} \leq \mathbf{b}$

π.χ. έστω ότι η $f(x) = x_1^2 + 8\frac{x_2}{4}$ ορίζεται μόνο για $x_1 + x_2 \geq 1, x_2 \leq 10$
τότε: $\mathbf{A} = [-1 \ -1; 0 \ 1], \mathbf{b} = [-1; 10]$

- Γραμμικές ισότητες (Linear equalities)

στη μορφή πινάκων/διανυσμάτων: $\mathbf{A}_{eq} \cdot \mathbf{x} = \mathbf{b}_{eq}$

π.χ. έστω ότι η $f(x)$ ορίζεται μόνο για $x_1 = 78 - x_2, x_2 = 2x_1 + 5$
τότε: $\mathbf{A}_{eq} = [1 \ 1; -2 \ 1], \mathbf{b}_{eq} = [78; 5]$

- Κάτω και άνω όρια (Bounds)

σε μορφή διανυσμάτων:

π.χ. έστω ότι η $f(x)$ ορίζεται μόνο για $1 \leq x_1 \leq 6, -3 \leq x_2 \leq 8$
τότε: $\mathbf{lb} = [1 \ -3], \mathbf{ub} = [6 \ 8]$

Global Optimization Toolbox

CONSTRAINTS

- Μη-γραμμικοί περιορισμοί (Nonlinear constraint function)
στη μορφή *function handle* της συνάρτησης που περιέχει τους περιορισμούς ως πίνακες/διανύσματα: $\mathbf{c} \leq \mathbf{0}$, $\mathbf{ceq} = \mathbf{0}$

π.χ. έστω ότι η $f(x)$ έχει τους περιορισμούς: $\frac{x_1^2}{9} + \frac{x_2^2}{4} \leq 1$, $x_2 \geq x_1^2 - 1$

τότε η συνάρτηση που περιέχει τους περιορισμούς θα είναι:

```
function [c,ceq]=nonLinConstraints(x)
c(1) = (x(1)^2)/9 + (x(2)^2)/4 - 1;
c(2) = x(1)^2 - x(2) - 1;
ceq = [];
end
```

και στο “Nonlinear constraint function” γράφουμε: @nonLinConstraints

Global Optimization Toolbox

CONSTRAINTS

- **Integer variable indices**

Αν κάποιες μεταβλητές του προβλήματος παίρνουν μόνο ακέραιες τιμές, τότε δηλώνουμε ποιες είναι αυτές οι μεταβλητές, γράφοντας σε ένα διάνυσμα τον δείκτη τους.

π.χ. έστω ότι η $f(x)$ έχει 5 μεταβλητές: x_1 , x_2 , x_3 , x_4 , x_5
και οι x_1 , x_3 , x_4 παίρνουν μόνο ακέραιες τιμές.
τότε θα γράψουμε: $[1 \ 3 \ 4]$

Global Optimization Toolbox

POPULATION

- **Population type**

Double vector (default) ή Bit string (για τιμές 0,1)

- **Population size**

Το μέγεθος του πληθυσμού, π.χ. 100 χρωμοσώματα

- **Creation function**

η συνάρτηση που δημιουργεί τον αρχικό πληθυσμό

- όταν υπάρχουν Integer Constraints στο πρόβλημα:
επιλέγουμε *Constraint dependent*

- όταν δεν υπάρχουν Integer Constraints:
Uniform: δημιουργεί έναν τυχαίο αρχικό πληθυσμό
Feasible population: δημιουργεί έναν τυχαίο αρχικό πληθυσμό που ικανοποιεί μόνο τα κριτήρια “Bounds” και “Linear constraints”

Global Optimization Toolbox

FITNESS SCALING

Μετατρέπει τις τιμές της **συνάρτησης καταλληλότητας** (scores) που παίρνουν τα χρωμοσώματα σε ένα εύρος τιμών κατάλληλων να χρησιμοποιηθούν από τη **συνάρτηση επιλογής**.

συνήθως: *Rank* (μετατρέπει τα score σε κατάταξη (1,2,3,...))

Global Optimization Toolbox

SELECTION - Η τεχνική επιλογής γονέων

Uniform: τυχαία επιλογή με βάση την κανονική κατανομή

Roulette

Tournament

Tournament size: πλήθος χρωμοσωμάτων που θα επιλεγούν τυχαία από τον αρχικό πληθυσμό

Global Optimization Toolbox

SELECTION - Η τεχνική επιλογής γονέων

Stochastic uniform (default): Σε μια ευθεία γραμμή στην οποία τα χρωμοσώματα καταλαμβάνουν συγκεκριμένα μήκη αντίστοιχα του score τους, ο αλγόριθμος κινείται με σταθερό βήμα πάνω στη γραμμή και επιλέγει κάθε φορά το χρωμόσωμα που αντιστοιχεί στο σημείο που έχει σταματήσει.

Remainder: Κάθε χρωμόσωμα επιλέγεται για να αντιγραφεί τόσες φορές όσο είναι το ακέραιο μέρος του score του. Έπειτα, χρησιμοποιείται η τεχνική Roulette Selection που κάνει χρήση του δεκαδικού μέρους του score.

π.χ. για χρωμόσωμα με score 2.3: αντιγράφεται 2 φορές στη δεξαμενή ζευγαρώματος και έπειτα εφαρμόζεται η Roulette Selection, όπου τώρα το συγκεκριμένο χρωμόσωμα έχει score 0.3

Global Optimization Toolbox

REPRODUCTION

- **Elite count**

Προσδιορίζει τον αριθμό των χρωμοσωμάτων που μεταφέρονται ανέπαφα στην επόμενη γενιά

- **Crossover fraction**

Αριθμός που αντιστοιχεί στο ποσοστό των απογόνων (children) που θα προέλθουν από διασταύρωση. Τα υπόλοιπα προέρχονται από μετάλλαξη (mutation). Εάν θέσω $\text{crossover fraction}=1$ δεν έχω καθόλου μετάλλαξη. Εάν θέσω $\text{crossover fraction}=0$ γίνεται μετάλλαξη σε όλα τα χρωμοσώματα.

Global Optimization Toolbox

MUTATION

Mutation function:

- **Uniform:** Αρχικά επιλέγονται τα γονίδια που θα υποστούν μετάλλαξη. Κάθε γονίδιο έχει πιθανότητα επιλογής ίση με το *mutation Rate*. Στη συνέχεια αντικαθίστανται τα επιλεγμένα γονίδια από έναν τυχαίο αριθμό που εξάγεται ομοιόμορφα από το εύρος τιμών της μεταβλητής (γονίδιο).

Global Optimization Toolbox

MUTATION

Mutation function:

- **Gaussian:** Προσθέτει μια τυχαία τιμή σε κάθε γονίδιο του χρωμοσώματος. Η τυχαία τιμή εξάγεται από την κανονική κατανομή κεντραρισμένη στο μηδέν $N(0,\sigma)$.

Parameters:

Scale: η τυπική απόκλιση της κατανομής (σ) στην 1^η γενιά

Shrink: ορίζει τη μεταβολή (συρρίκνωση) της τυπικής απόκλισης καθώς προχωράνε οι γενιές.

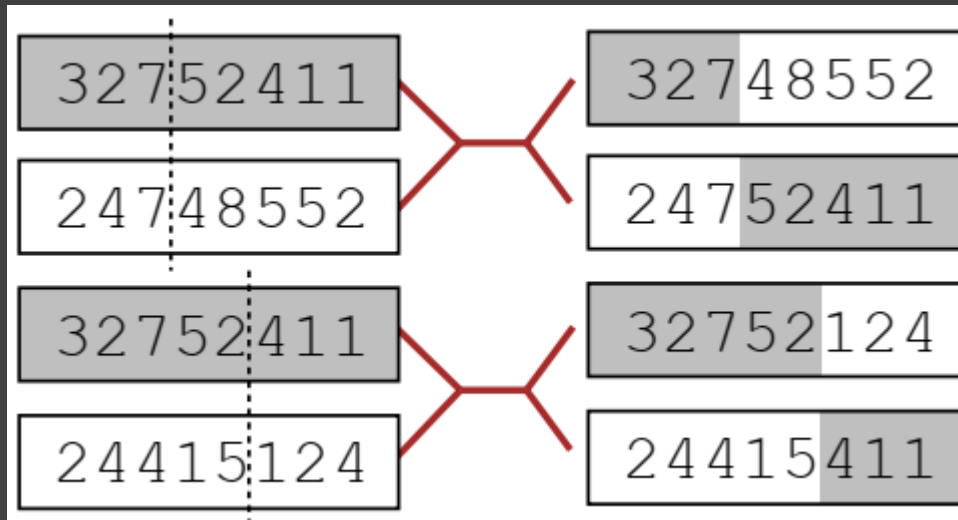
Αν $shrink=0$ η τυπική απόκλιση παραμένει σταθερή μέχρι τον τερματισμό του αλγορίθμου.

Αν $shrink=1$ η τυπική απόκλιση μειώνεται γραμμικά μέχρι το μηδέν καθώς ο αλγόριθμος φτάνει στην τελευταία γενιά.

Global Optimization Toolbox

CROSSOVER

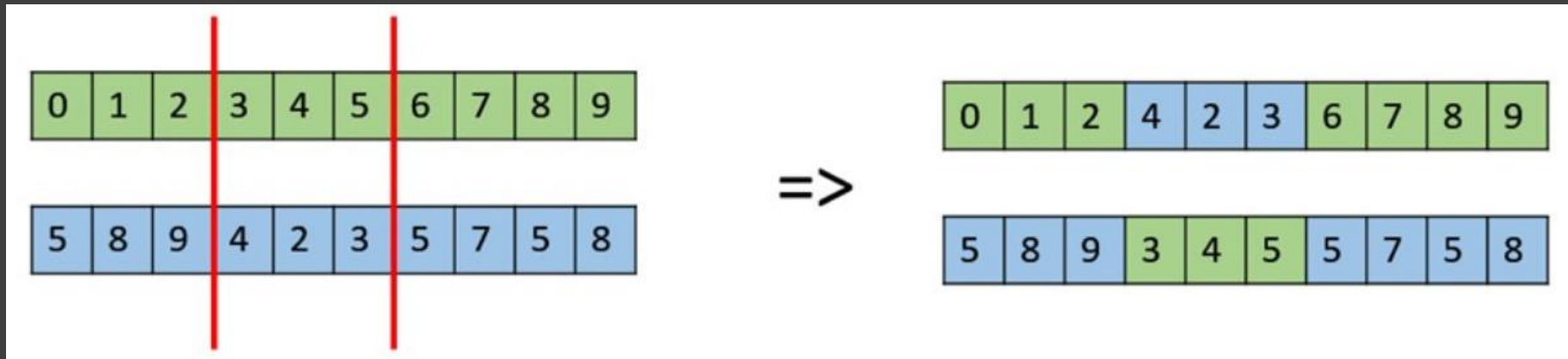
Single point



Global Optimization Toolbox

CROSSOVER

Two point



Scattered: δημιουργεί ένα τυχαίο binary διάνυσμα. Κάθε στοιχείο του διανύσματος αντιστοιχεί σε ένα γονίδιο. Εάν η τιμή του διανύσματος σε κάποια θέση είναι 1, επιλέγεται το αντίστοιχο γονίδιο από τον πρώτο γονέα ενώ εάν είναι 0 από τον δεύτερο.

Global Optimization Toolbox

STOPPING CRITERIA

- **Generations**

Ο μέγιστος αριθμός γενεών που θα δημιουργήσει ο αλγόριθμος

- **Time limit**

Ο μέγιστος χρόνος σε δευτερόλεπτα που τρέχει ο αλγόριθμος πριν σταματήσει.

- **Fitness limit**

Ο αλγόριθμος σταματάει όταν το καλύτερο score (τιμή της συνάρτησης καταλληλότητας) γίνει μικρότερο ή ίσο με τον αριθμό που ορίζουμε στο *Fitness limit*. Υπενθύμιση: σκοπός μας είναι η **ελαχιστοποίηση** της Fitness Function

Global Optimization Toolbox

STOPPING CRITERIA

- **Stall generations & Function tolerance**

Εάν η **μεταβολή** στην τιμή της συνάρτησης καταλληλότητας για *Stall generations* γενιές είναι μικρότερη από ένα “κατώφλι” (Function tolerance), ο αλγόριθμος σταματάει.

π.χ. **Stall generations=50** και **Function tolerance= 10^{-6}** → Εάν η **μεταβολή** στην τιμή της συνάρτησης καταλληλότητας για **50** γενιές είναι μικρότερη από **10^{-6}** , ο αλγόριθμος σταματάει.

- **Stall time limit**

Χρονικό διάστημα (σε δευτερόλεπτα) στο οποίο εάν δεν υπάρχει βελτίωση στην τιμή της συνάρτησης καταλληλότητας, ο αλγόριθμος σταματάει.

Global Optimization Toolbox

PLOTS

- **Best fitness**

Γράφημα με την καλύτερη και τη μέση τιμή της συνάρτησης καταλληλότητας σε κάθε γενιά

- **Best Individual**

Γράφημα με τις τιμές κάθε μεταβλητής του χρωμοσώματος που δίνει το καλύτερο score σε κάθε γενιά

- **Scores**

Γράφημα με τις τιμές των χρωμοσωμάτων σε κάθε γενιά

- **Distance**

Γράφημα με τη μέση απόσταση των χρωμοσωμάτων σε κάθε γενιά

- **Range**

Γράφημα με την καλύτερη, τη χειρότερη και τη μέση τιμή της συνάρτησης καταλληλότητας σε κάθε γενιά

Global Optimization Toolbox

DISPLAY TO COMMAND WINDOW

Πληροφορία που εμφανίζεται στο Command Window όρο τρέχει ο αλγόριθμος

- **off**
Δεν εμφανίζεται τίποτα
- **Iterative**
Εμφανίζονται στοιχεία (όπως αριθμός γενιάς, καλύτερη/μέση τιμή συνάρτησης καταλληλότητας) για κάθε επανάληψη του αλγορίθμου
- **Diagnose**
Εμφανίζονται στοιχεία για κάθε επανάληψη του αλγορίθμου και, επιπλέον, για τις παραμέτρους που έχουμε επιλέξει να είναι διαφορετικές από τις default
- **Final**
Εμφανίζεται μόνο το κριτήριο τερματισμού που ικανοποιήθηκε

Global Optimization Toolbox

The screenshot displays the 'Optimization Tool' window, which is used for configuring and running optimization solvers. The window is divided into several sections:

- Problem Setup and Results:** This section on the left contains fields for defining the problem. The 'Solver' is set to 'ga - Genetic Algorithm'. Below this are input fields for the 'Fitness function', 'Number of variables', and 'Constraints' (including linear inequalities, linear equalities, and bounds). At the bottom of this section are buttons for 'Start', 'Pause', and 'Stop', with the 'Start' button highlighted by a red rectangle. There is also a 'Clear Results' button and a 'Current iteration' field.
- Options:** This central section allows for configuring the solver's parameters. It is organized into collapsible categories: 'Population' (with options for type, size, creation function, initial population, and initial scores), 'Fitness scaling' (with a scaling function), 'Selection' (with a selection function), 'Reproduction' (with elite count and crossover fraction), and 'Mutation' (with a mutation function). The 'Start' button in the 'Problem Setup and Results' section is highlighted with a red rectangle.
- Quick Reference:** This section on the right provides a summary of the tool and links to various sections: 'Genetic Algorithm Solver', 'Problem Setup and Results', 'Options', 'Population', 'Fitness scaling', 'Selection', 'Reproduction', 'Mutation', 'Crossover', 'Migration', 'Constraint parameters', 'Hybrid function', 'Stopping criteria', 'Plot Functions', 'Output function', 'Display to command window', 'User function evaluation', 'More Information', 'User Guide', and 'Function equivalent'.

The 'Start' button is highlighted with a red rectangle, indicating the action to begin the optimization process.

Global Optimization Toolbox

Run solver and view results

☐ Use random states from previous run

Start Pause Stop

Current iteration: 65 Clear Results

Optimization running.
Objective function value: -6.551133331977056
Optimization terminated: average change in the fitness value less than options.FunctionTolerance.

Final point:

1 ▲	2
0.228	-1.626

Η τιμή της συνάρτησης
καταλληλότητας για το
χρωμόσωμα-λύση

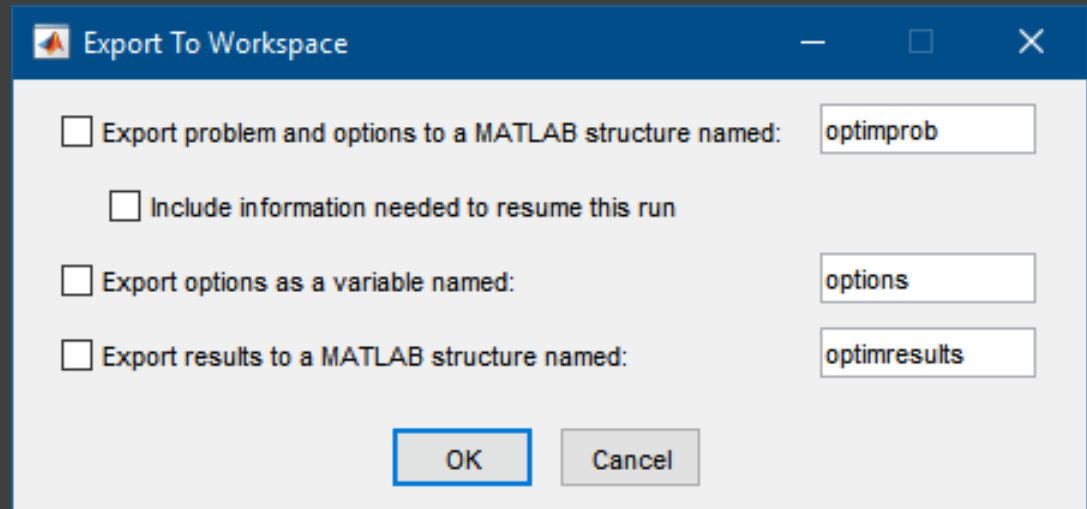
Το κριτήριο τερματισμού
που ικανοποιήθηκε

Το χρωμόσωμα-λύση

Global Optimization Toolbox

Export to Workspace

File ► Export to Workspace...



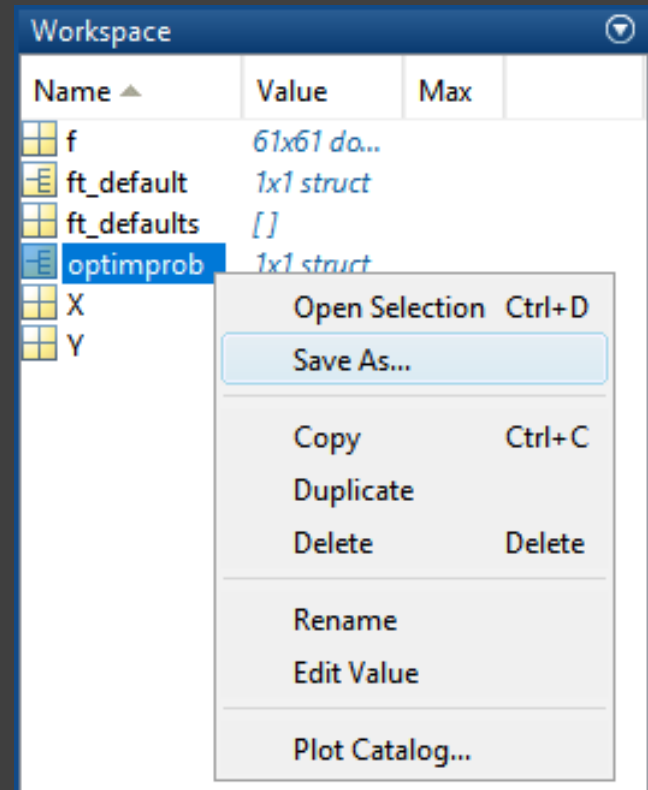
Μας επιτρέπει να εξάγουμε στο Workspace:

- ☐ Ολόκληρο το πρόβλημα και τις παραμέτρους που έχουμε χρησιμοποιήσει (τα αποθηκεύει σε μεταβλητή με όνομα “optimprob”, εκτός αν ορίσουμε άλλο όνομα)
Επιλέγοντας το “Include information to resume this run”, συμπεριλαμβάνει και όποια πληροφορία χρειάζεται για να ξανατρέξει ο αλγόριθμος
- ☐ Μόνο τις παραμέτρους, που τις αποθηκεύει σε μεταβλητή με όνομα “options”, εκτός αν ορίσουμε άλλο όνομα
- ☐ Τα αποτελέσματα του “τρέξιματος” του αλγορίθμου, π.χ. χρωμόσωμα-λύση (τα αποθηκεύει σε μεταβλητή με όνομα “optimresults”, εκτός αν ορίσουμε άλλο όνομα)

Global Optimization Toolbox

Save workspace variable

Δεξί κλικ → Save as...



Global Optimization Toolbox

DOCUMENTATION

Optimization App Guide:

www.mathworks.com/help/optim/ug/graphical-optimization-tool.html

Genetic Algorithm Options:

www.mathworks.com/help/gads/genetic-algorithm-options.html

Options and Outputs:

www.mathworks.com/help/gads/options-and-outputs.html

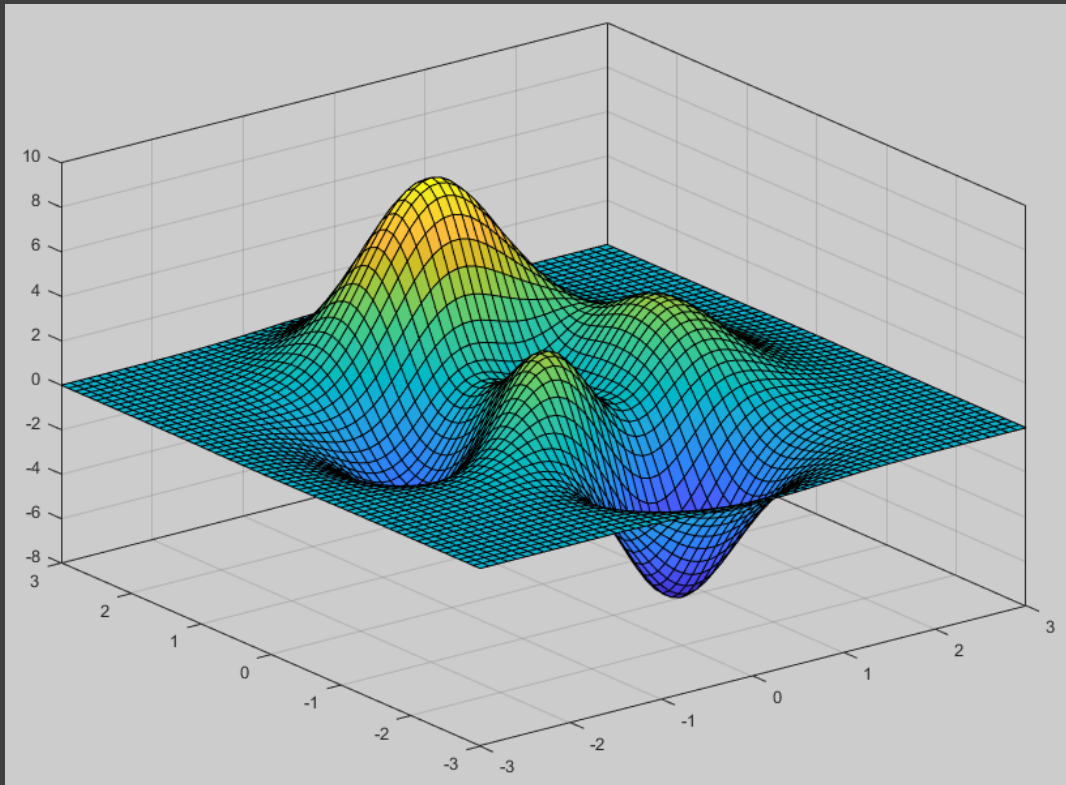
ga () function:

www.mathworks.com/help/gads/ga.html

Global Optimization Toolbox

Παράδειγμα 1

$$f(x, y) = 3(1 - x)^2 e^{(-x^2 - (y+1)^2)} - 10 \left(\frac{x}{5} - x^3 - y^5 \right) e^{(-x^2 - y^2)} - \frac{1}{3} e^{-(x+1)^2 - y^2}$$
$$-3 \leq x \leq 3, \quad -3 \leq y \leq 3$$



Παράμετροι:

Μέγεθος πληθυσμού: 100

Δημιουργία αρχικού πληθυσμού:
τυχαία (κανονική κατανομή)

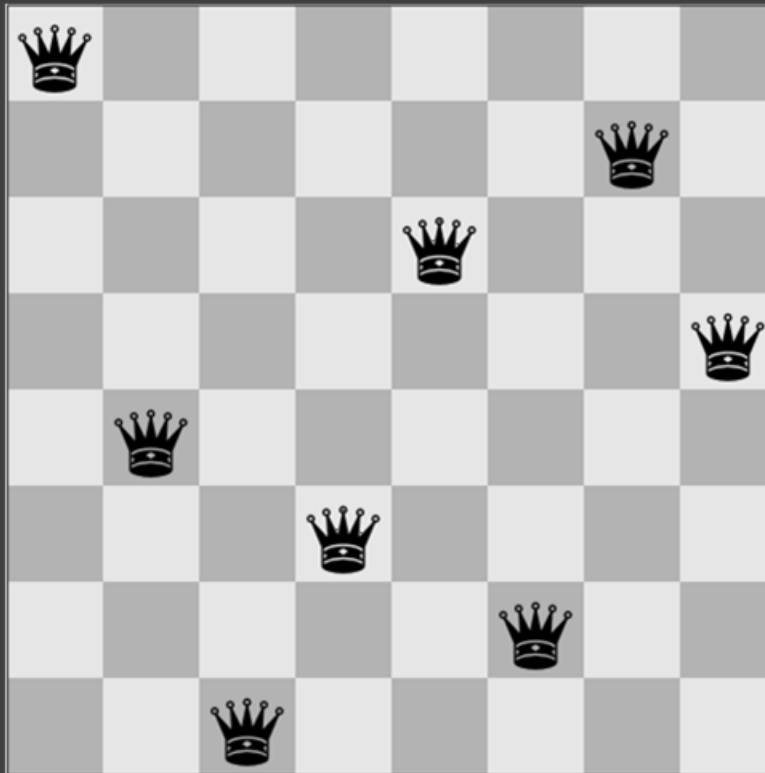
Τεχνική επιλογής: Roulette

Ποσοστό Αναπαραγωγής: 85%

Γράφημα: καλύτερη/μέση τιμή
συνάρτησης καταλληλότητας

Global Optimization Toolbox

Παράδειγμα 2: 8-Queens Problem



γονίδια: ακέραιοι στο $[1,8]$

Παράμετροι:

Μέγεθος πληθυσμού: 100

Δημιουργία αρχικού πληθυσμού:
τυχαία (κανονική κατανομή)

Ποσοστό Αναπαραγωγής: 80%

Stall generations: default, 100

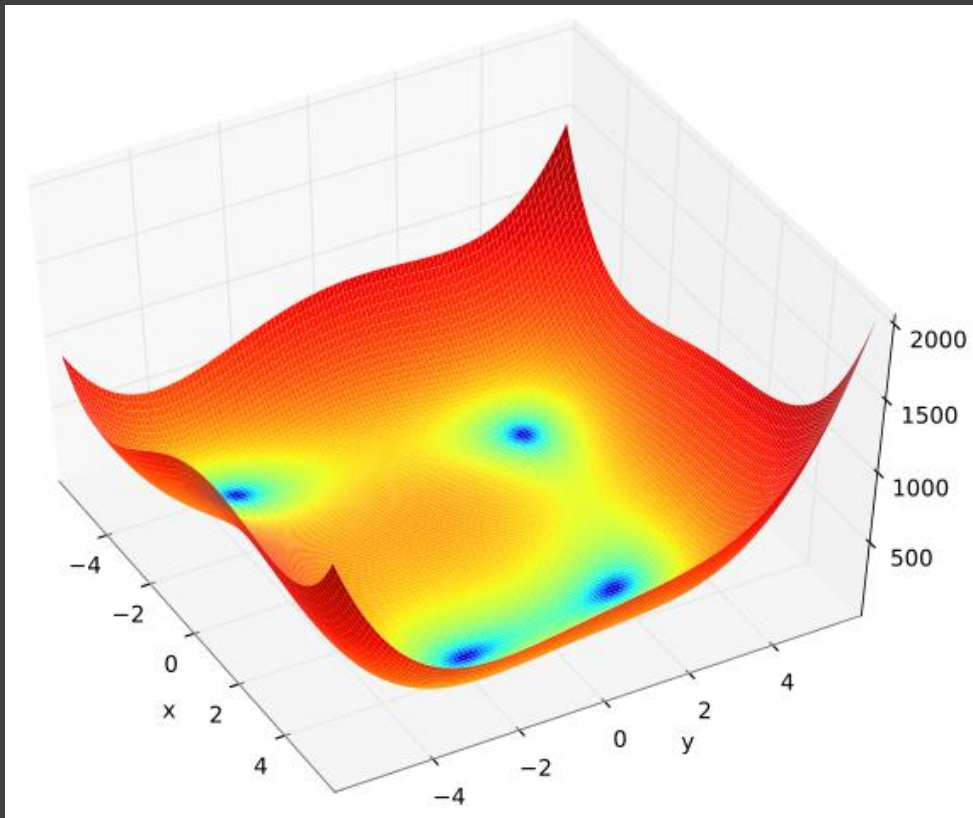
Γράφημα: καλύτερη/μέση τιμή
συνάρτησης καταλληλότητας

χρωμόσωμα: [8 4 1 3 6 2 7 5]

Global Optimization Toolbox

Παράδειγμα 3

$$f(x, y) = (x^2 + y - 11)^2 + (x + y^2 - 7)^2$$
$$-5 \leq x \leq 5 \quad , \quad -5 \leq y \leq 5$$



Παράμετροι:

Μέγεθος πληθυσμού: 200

Δημιουργία αρχικού πληθυσμού:
τυχαία (κανονική κατανομή)

Τεχνική επιλογής: Tournament

Ποσοστό Αναπαραγωγής: 90%

Stall generations: 200

Γράφημα: καλύτερη/μέση τιμή
συνάρτησης καταλληλότητας

Τοπικά Ελάχιστα:

(+3.000000, +2.000000)

(-2.805118, +3.283186)

(-3.779310, +3.283186)

(+3.584458, -1.848126)