

UTILIZAREA ALGORITMILOR GENETICI PENTRU DETERMINAREA RIGIDITĂȚII GLOBALE MAXIME A UNEI STRUCTURI

GENETIC ALGORITHM APPROACH CONCERNING STRUCTURAL GLOBAL STIFFNESS OPTIMIZATION

Radu PANAITESCU-LIESS¹, Ștefan MOCANU¹,
Alexandru-Polifron CHIRIȚĂ^{1,2}, Marina DOGARU¹

¹Facultatea de Utilaj Tehnologic, București, Romania
pan.radu@gmail.com, mocanustef@gmail.com, polifroniade@gmail.com
marina.dogaru78@gmail.com

² Institutul de Cercetări pentru Hidraulică și Pneumatică, București, Romania

Rezumat: O gamă de probleme de Rezistența materialelor se referă la determinarea valorii unui anumit parametru geometric al unei scheme de rezemare propuse, în vederea determinării rigidității maxime a sistemului propus. O astfel de aplicație este rezolvată fie prin metode clasice de calcul, fie prin intermediul metodei elementului finit. [1]

Lucrarea de față propune o altă modalitate de rezolvare a problemei și anume, prin intermediul pachetului Global Optimization Toolbox din Matlab, demers necesar – credem noi – cu atât mai mult cu cât studenții anului III de la secția de Mecatronică a facultății noastre tratează în acest mod, în cadrul cursului de Inteligență Artificială, diferite aplicații.

Cuvinte cheie: rigiditate, deplasare, minim, optimizare

Abstract: A significant array from Mechanics of Materials generic issues are geometrically parameter related from support schematics point of view, hence the numerous stiffness optimization calculus methods, classical approach either finite element method. [1]

The present paper proposes an alternate evaluation method based on Matlab Global Optimization Toolbox package; genetic algorithm-based approach is currently implemented in Artificial Intelligence course during the third year of study of Mechatronics Engineering branch of development.

Keywords: rigidity, displacement, minimum, optimization

1. INTRODUCERE

Mediul de dezvoltare Matlab include instrumente puternice pentru determinarea minimelor sau maximelor unor game largi de funcții (continue, discontinue, stochastice, etc.).

Global Optimization Toolbox oferă funcții care caută soluții globale la probleme care conțin maxime sau minime multiple. Practic, prin intermediul acestuia putem aborda probleme de tip minmax, de minimizare semi infinită, sisteme de ecuații neliniare, etc. [2]

De multe ori, cum este cazul și în acest articol, scopul optimizării îl reprezintă găsirea minimului sau maximumului global al unei funcții, adică punctul în care valoarea funcției este mai mică sau mai mare în orice alt punct al spațiului de căutare.

Algoritmii de optimizare clasici returnează uneori un minim local, unde valoarea funcției este mai mică decât la punctele din apropiere, dar posibil mai mare decât la un punct îndepărtat din spațiul de căutare. Realizând setările corecte, algoritmul genetic poate depăși acest neajuns. [2]

2. PROBLEMATICA

Aplicația prezentată în [1] are drept cerință stabilirea valorii unui parametru geometric “a” al unei anumite scheme de rezemare, în scopul determinării rigidității maxime a sistemului (figura 1).

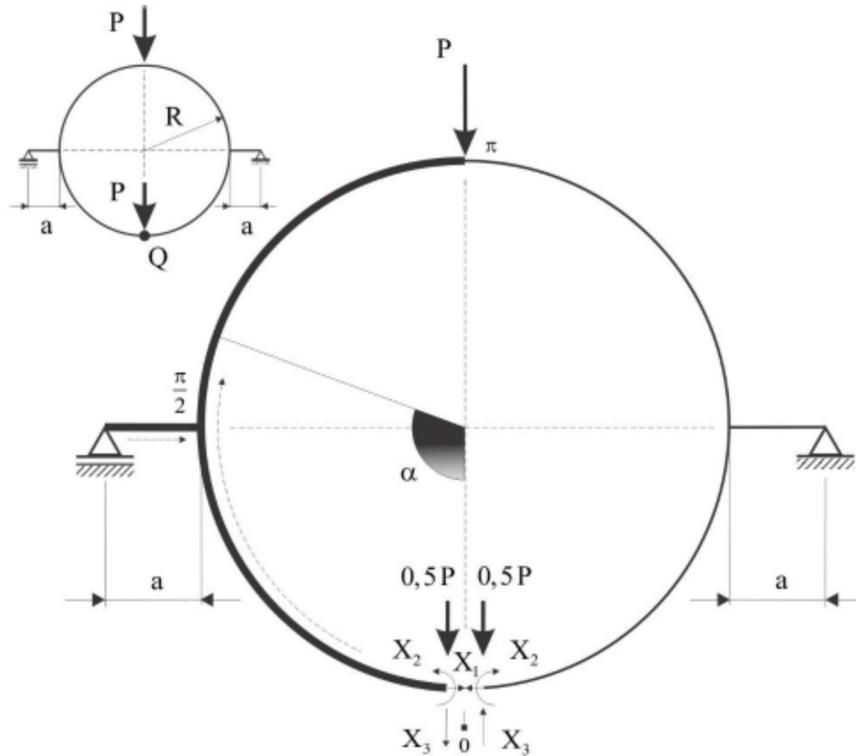


Figura 1 – Sistemul static nedeterminat studiat [1]

Criteriul de performanță ales pentru cuantificarea rigidității globale a sistemului de mai sus, îl reprezintă proiecția pe verticală a deplasării punctului Q: [1]

$$v_Q = \frac{1}{EI} \int m_Q^0 \cdot M \cdot ds$$

Utilizarea algoritmilor genetici pentru determinarea rigidității globale maxime a unei structuri

unde, m_Q^0, M, ds sunt expresiile de formă polinomială a variațiilor momentelor încovoietoare corespunzătoare.

Realizând substituția $q = \frac{a}{R}$, expresia rigidității structurii studiate se exprimă astfel:

$$v_Q = \frac{2PR^3}{EI} \left(\frac{1}{105,58} - \frac{1}{30,384}q + \frac{1}{13,443}q^2 + \frac{1}{6}q^3 \right) \quad (1)$$

$$\text{unde, } P = 150 \text{ daN, } R = 5 \text{ m, } E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ MPa, } I = 4,93 \cdot 10^6 \text{ mm}^4.$$

Prin egalarea derivatei expresiei de mai sus în raport cu q :

$$\frac{dv_Q}{dq} = 0 \Rightarrow -\frac{1}{30,384} + \frac{1}{13,443}q + \frac{1}{6}q^2 = 0 \quad (2)$$

Se vor obține astfel rădăcinile ecuației (2):

$$q_1 = 0,147801 \text{ și } q_2 = -0,443357 \quad (3)$$

unde, q_1 reprezintă abscisa punctului de minim local, iar q_2 abscisa punctului de maxim local. [1]

Prin abordarea – în articolul martor – cu metoda elementului finit, se remarcă o împrăștiere satisfăcătoare a valorilor mărimii de ieșire (valoarea criteriului geometric q corespunzător rigidității maxime a structurii v_Q). [1]

O reprezentare a funcției (1) prin intermediul WolframAlpha, ne relevă reprezentarea grafică, precum și punctele de minim și maxim local. Valoarea funcției în punctul de minim local este de 0,0067702 (figurile 2 și 3).

Input interpretation:

$$y = 0.00947149 + x \times (-0.03291205) + 0.07438815 x^2 + 0.166666666 x^3$$

Plots:

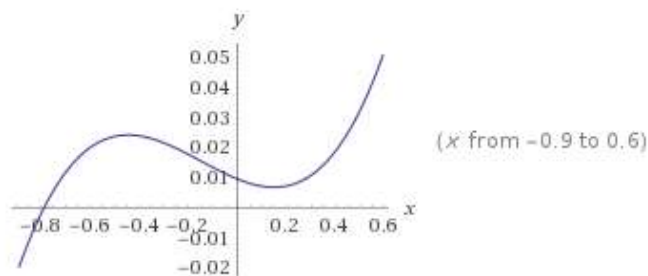


Figura 2 – Graficul funcției date [3]

Local maximum:

$$\max\{0.166667x^3 + 0.0743882x^2 - 0.0329121x + 0.00947149\} \approx 0.0241612$$

at $x \approx -0.445354$

Local minimum:

$$\min\{0.166667x^3 + 0.0743882x^2 - 0.0329121x + 0.00947149\} \approx 0.0067702$$

at $x \approx 0.147802$

Figura 3 – Minimul și maximul local al funcției date [3]

Variabila q fiind pozitivă, punctul de minim local determinat, este punct de **minim global** pe intervalul $[0; \infty)$.

3. ABORDAREA PROBLEMEI PRIN INTERMEDIUL ALGORITMILOR GENETICI

Scopul optimizării, pentru această aplicație, îl reprezintă obținerea punctului de minim global al funcției (1). Așa cum am arătat mai sus, punctul determinat în articolul martor este punct de minim global pentru restricția funcției la intervalul $[0; \infty)$. Realizând setări corecte, algoritmi de optimizare returnează minimul global, deci acel punct în care valoarea funcției este mai mică decât a oricăror altor puncte din intervalul $[0; \infty)$. Pentru a rula algoritmul genetic pe acest exemplu, vom introduce într-un fișier Matlab, următoarele linii de cod:

```
1 function y=qration(x)
2     y=0.00947149-0.03291205*x+0.07438815*x^2+0.16666666*x^3
3     x>=0
4 end
```

Figura 4

Salvăm fișierul creat sub forma sag.m. În Optimization App, setăm numărul de variabile la valoarea 1 și alegem un interval inițial corespunzător, în acest caz $[0,2; 0,3]$ (figura 5).

The image shows the 'Options' dialog box in the Optimization App. The 'Initial range' is set to [0,2; 0,3]. Other options include Population type: Double vector, Population size: Specify: 20, Creation function: Constraint dependent, Initial population: Use default: [], Initial scores: Use default: [], and Initial range: Specify: [0,2; 0,3].

Figura 5 – Setarea intervalului inițial [2]

Rulăm algoritmul și generăm minimul local ($x=0,147$):

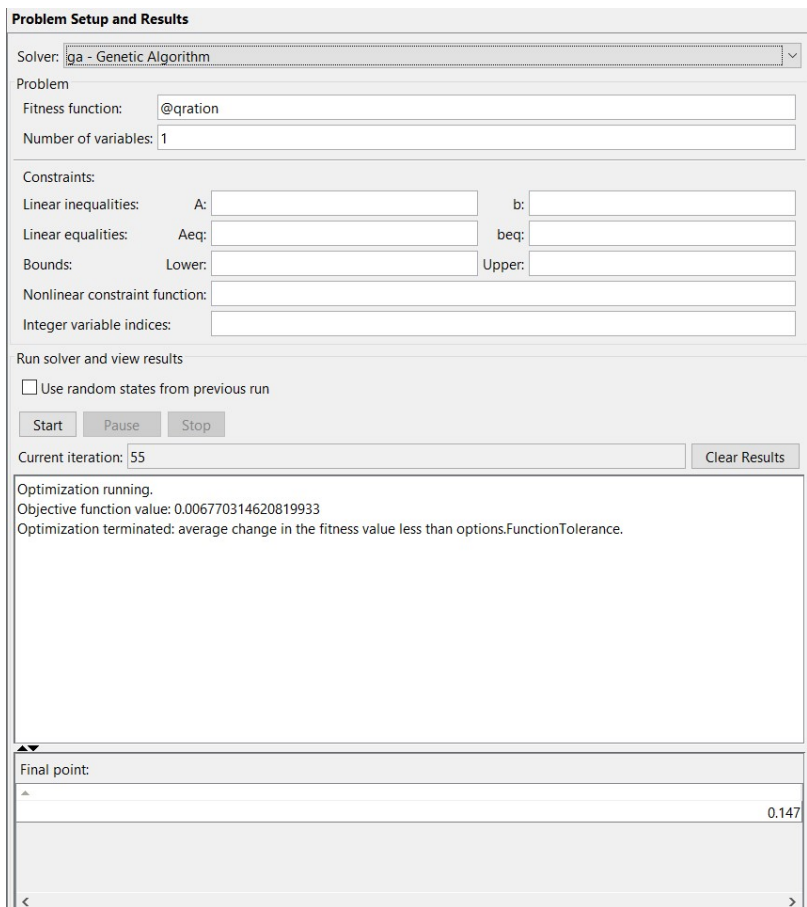


Figura 6 – Determinarea punctului de minim global [2]

Din analiza graficelor obținute (figurile 7, 8 și 9), se observă că punctul de minim global are coordonatele $(0,147; 0,00677062)$. De asemenea, obținem și reprezentarea grafică a distanței medii între indivizi și scorurile cel mai bun, cel mai slab și mediu.

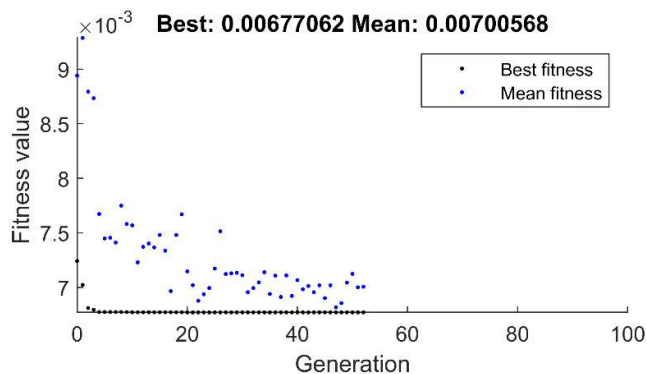


Figura 7 – Speranța de viață [2]

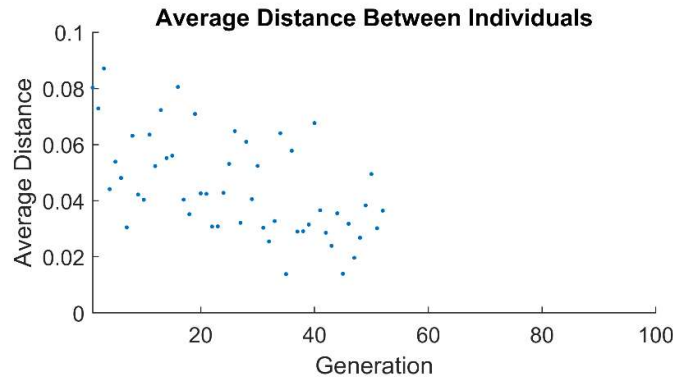


Figura 8 – Distanța medie dintre indivizi [2]

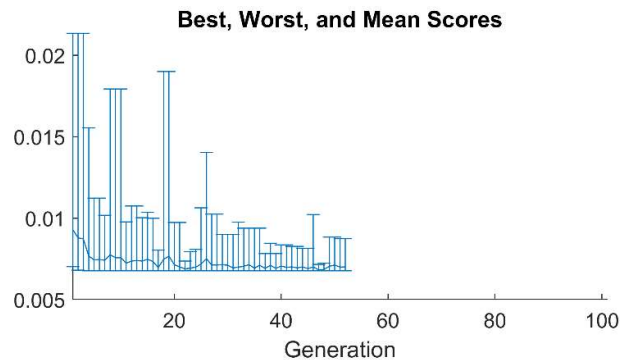


Figura 9 – Cel mai bun scor, cel mai slab scor și media [2]

6. CONCLUZII

Se observă obținerea unor rezultate extrem de apropiate de valorile aflate în articolul martor. Acuratețea acestor rezultate depinde de alegerea (particularizarea) intervalului inițial corespunzător (initial range) astfel încât, soluția să nu aparțină intervalului, dar să se regăsească în apropierea lui, iar intervalul să permită generarea unei game mari de indivizi în apropierea soluției.

Acknowledgement

Realizarea simulărilor utilizând algoritmi genetici prezentate în acest articol nu ar fi fost posibilă fără suportul Institutului de Cercetări pentru Hidraulică și Pneumatică din București care, prin intermediul domnului asistent inginer Alexandru-Chiriță POLIFRON, a permis accesul la pachetul software Matlab®.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Mocanu, Șt. - *Rigiditatea ca parametru de optimizare al unei structuri*, Revista SMTA, volumul 7(2016), nr.4, pag.335-342;
- [2] <https://www.mathworks.com/help/gads/example-global-vs-local-minima-with-ga.html>
- [3] <https://www.wolframalpha.com>