

## 4. DOMAĆA ZADAĆA – AK. GOD. 2024/25

### Domaća zadaća

U okviru ove domaće zadaće potrebno je implementirati sljedeće metode optimiranja:

#### Postupak po Boxu za probleme s ograničenjima

Algoritam je dan na web stranici predmeta: ([http://www.fer.hr/\\_download/repository/box.html](http://www.fer.hr/_download/repository/box.html)) i na predavanjima. Ograničenja koja su dana u zadacima ugradite u program (npr. kao posebni razred). Potrebno je omogućiti da se bez prevođenja programa mogu definirati: preciznost  $e$ , koeficijent refleksije  $\alpha$  te početna točka pretraživanja (npr. učitavanjem iz datoteke). Pretpostavljene vrijednosti su  $e = 10^{-6}$ ,  $\alpha = 1.3$ .  
**(napomena:** *Boxov postupak je sličan postupku simpleksa po Nelderu i Meadu, pa probajte iskoristiti određene dijelove toga postupka pri implementaciji)*

#### Postupak transformacije u problem bez ograničenja na mješoviti način

Algoritam je objašnjen na predavanjima i u skripti na stranici 4-83. Algoritam se mora moći primijeniti na proizvoljnu funkciju cilja i treba podržavati ograničenja jednakosti i nejednakosti. Postupak treba raditi na način da iterativno primjenjuje jedan od postupaka optimiranja bez ograničenja (npr. postupak Hooke-Jeeves ili postupak simpleksa po Nelderu i Meadu). Nakon svake iteracije, parametar transformacije  $t$  (tj.  $1/r$ ) je potrebno povećavati 10 puta (ili za neki manji faktor) te ponovno pokrenuti postupak korištenjem točke minimuma iz prethodne iteracije kao početne točke nove iteracije. Postupak se ponavlja dok udaljenost točaka dviju uzastopnih iteracija u svakoj od dimenzija nije manja od  $\epsilon$ . Uz parametre konkretnog postupka koji se koristi za rješavanje optimizacijskog problema, potrebno je dodatno specificirati početnu vrijednost parametra transformacije  $t$ . Definiranje parametara postupaka potrebno je omogućiti bez ponovnog prevođenja programa. Pretpostavljena početna vrijednost parametra  $t$  je 1, a  $\epsilon$  je  $10^{-6}$ .  
**(napomena:** *prilikom računanja logaritma, ako ograničenje nije zadovoljeno vratite vrijednost beskonačno ili neku veliku vrijednost*)

Također, potrebno je implementirati postupak *pronalaženja početne unutarnje točke* (prikazano u skripti na stranici 4-80); ako zadana početna točka ne zadovoljava ograničenja nejednakosti, program treba pozvati navedenu metodu kako biste odredili unutarnju točku koju ćete potom iskoristiti kao početnu točku pri traženju optimuma.

**Napomena:** potrebno je osigurati da postupci ne zapnu u beskonačnoj petlji uslijed divergencije, već je u tom slučaju potrebno dojaviti prikladnu poruku o pogrešci. Primjerice, to možete napraviti na način da divergencijom smatraste slučaj kada u 100 uzastopnih iteracija nema poboljšanja u najboljoj dosegnutoj vrijednosti funkcije cilja.

Prije dolaska na laboratorijsku vježbu pripremite svaki od zadataka u nastavku u obliku programa ili funkcije koju možete pokrenuti, tako da se svaki od zadataka može demonstrirati bez prevelikih promjena u programu. Alternativno, možete koristiti konfiguracijske datoteke kojima specificirate sve bitne parametre, tako da se program može izvršavati za različite postupke bez potrebe za ponovnih prevodenjem.

## Funkcije cilja

- $f_1(\mathbf{x}) = 100 \cdot (x_2 - x_1^2)^2 + (1 - x_1)^2$  (Rosenbrockova 'banana' funkcija)

Početna točka:  $\mathbf{x}_0 = (-1.9, 2)$ , minimum:  $\mathbf{x}_{\min} = (1, 1)$ ,  $f_{\min} = 0$

- $f_2(\mathbf{x}) = (x_1 - 4)^2 + 4 \cdot (x_2 - 2)^2$

Početna točka:  $\mathbf{x}_0 = (0.1, 0.3)$ , minimum:  $\mathbf{x}_{\min} = (4, 2)$ ,  $f_{\min} = 0$

- $f_3(\mathbf{x}) = (x_1 - 2)^2 + (x_2 + 3)^2$

Početna točka:  $\mathbf{x}_0 = \mathbf{0}$  (nul vektor), minimum:  $\mathbf{x}_{\min} = (2, -3)$ ,  $f_{\min} = 0$

- $f_4(\mathbf{x}) = (x_1 - 3)^2 + (x_2)^2$

Početna točka:  $\mathbf{x}_0 = (0, 0)$ , minimum:  $\mathbf{x}_{\min} = (3, 0)$ ,  $f_{\min} = 0$

## Laboratorijska vježba

1. Primijenite postupak po Boxu na funkcije 1 i 2 uz implicitna ograničenja:  $(x_2 - x_1 \geq 0)$ ,  $(2 - x_1 \geq 0)$  i eksplisitna ograničenja prema kojima su sve varijable u intervalu  $[-100, 100]$ . Mijenja li se položaj optimuma uz nametnutu ograničenja?
2. Primijenite postupak transformacije u problem bez ograničenja na funkcije 1 i 2 s ograničenjima iz prethodnog zadatka (zanemarite eksplisitna ograničenja). Novodobiveni problem optimizacije bez ograničenja minimizirajte koristeći postupak Hooke-Jeeves ili postupak simpleksa po Nelderu i Meadu. Može li se uz zadanu početnu točku pronaći optimalno rješenje problema s ograničenjima? Ako ne, predložite početnu točku iz koje je moguće pronaći rješenje!
3. Za funkciju 4 s ograničenjima  $(3 - x_1 - x_2 \geq 0)$ ,  $(3 + 1.5 * x_1 - x_2 \geq 0)$  i  $(x_2 - 1 = 0)$  probajte pronaći minimum koristeći postupak transformacije u problem bez ograničenja (također koristite Hooke-Jeeves ili postupak simpleksa po Nelderu i Meadu za minimizaciju). Probajte kao početnu točku postaviti neku točku koja ne zadovoljava ograničenja nejednakosti (primjerice točku  $(5, 5)$ ) te pomoću postupka pronalaženja unutarnje točke odredite drugu točku koja zadovoljava ograničenja nejednakosti te ju iskoristite kao početnu točku za postupak minimizacije.

## Demonstracija funkcionalnosti u MATLAB-u

Ovaj dio vježbe izvodi se na predavanjima.

Potrebno je odabrati dvije optimizacijske funkcije, definirati ih kao funkcije u MATLABU i pronaći njihov minimum (bez ograničenja) uporabom ugrađenih MATLABovih funkcija. Neke od funkcija za optimiranje su sljedeće:

- `fminbnd`: minimum funkcije jedne varijable; koristi algoritam zlatnog reza i kvadratne interpolacije
- `fminsearch`: minimum funkcije više varijabli; koristi simplex postupak po Nelderu i Meadu
- `fminunc`: minimum funkcije više varijabli; ova funkcija može, ovisno o proslijeđenim parametrima, uporabiti nekoliko optimizacijskih algoritama, između ostaloga i postupak po Fletcheru i Powellu, poopćeni Newtonov postupak, metodu najbržeg spusta itd.
- `fmincon`: minimum funkcije više varijabli uz ograničenja

Odabrana poglavlja iz MATLAB Helpa:

- <https://www.mathworks.com/help/optim/ug/fmincon.html>
- <https://www.mathworks.com/help/optim/ug/constrained-nonlinear-optimization-algorithms.html#brnpd5f>