Balogh János

GLOBÁLIS OPTIMALIZÁLÁSI ALKALMAZÁSOK ÉS SZEMI-ON-LINE LÁDAPAKOLÁS

Doktori értekezés, részletes adatok

1. táblázat. (Részletek az 1. táblázathoz.) Az 1. Probléma *minimalizálásákor* a GlobSollal kapott megoldások, amikor a megállási feltételként előírt megkövetelt pontosság 10^{-10} volt. A táblázatban az X^i-k a minimupontokra kapott befoglaló intervallumok. $F(X^i)$ célfüggvény befoglaló intervalluma ezen az intervallumon.

1. megoldás intervallum (X^1)	([-0.000060554544527457, 0.000060554544520409], [0.999939445455475420, 1.000000000000000000], [-1.000000000000000000, -0.999939445455475420], [-0.000060554544527458, 0.000060554544520408])
$F(X^1)$	[1.499818341866704600, 1.500000009167133700]
Tartalmazott közelítő megoldás:	(-0.000000000000003524, 0.999969722727737760, -0.999969722727737760, -0.000000000000003524)
Közel. mego. fgv. é.:	[1.49990916955828140, 1.49990916955828490]
2. megoldás intervallum (X^2)	([-0.000060554544527457, 0.000060554544520409], [-1.000000000000000000, -0.999939445455475420], [0.999939445455475420, 1.000000000000000000], [-0.000060554544527458, 0.000060554544520408])
$F(X^2)$	[1.499818341866704600, 1.500000009167133700]
Tartalmazott közelítő megoldás:	(-0.000000000000003524, -0.999969722727737760, (0.999969722727737760, -0.000000000000003524)
Közel. mego. fgv. é.:	[1.49990916955828140 , 1.49990916955828490]
3. megoldás intervallum (X^3)	([-0.000060554544527457, 0.000060554544520409], [0.999939445455475420, 1.000000000000000000], [0.999939445455475420, 1.000000000000000000], [-0.000060554544520408, 0.000060554544527458])
$F(X^3)$	[1.499818341866704600, 1.500000009167133700]
Tartalmazott közelítő megoldás:	(-0.000000000000003524, 0.999969722727737760 0.999969722727737760, 0.000000000000003524)
Közel. mego. fgv. é.:	[1.49990916955828140 , 1.49990916955828490]
4. megoldás intervallum (X^4)	([-0.000060554544527457, 0.000060554544520409], [-1.000000000000000000, -0.999939445455475860], [-1.000000000000000000, -0.999939445455475860], [-0.000060554544520372, 0.000060554544527494])
$F(X^4)$	[1.499818341866705900, 1.500000009167133700]
Tartalmazott közelítő megoldás:	(-0.000000000000003524, -0.999969722727737990, -0.999969722727737990, 0.000000000000003561)
Közel. mego. fgv. é.:	[1.49990916955828200 , 1.49990916955828560]
Függvénykiértékelések:	1548
Gradiens kiértékelések:	718
Korl. felt. kiértékelések:	2927955
Opt. ért. legjobb becsl.:	1.50000029396437820
CPU idő (s):	429.63

2. táblázat. (Részletek a 2. táblázathoz.) Az 1. probléma *maximalizálásakor* a GlobSollal kapott megoldások, amikor a megállási feltételként előírt megkövetelt pontosság 10^{-10} volt. A táblázatban az X^i-k a minimumpontokra kapott befoglaló intervallumok. $F(X^i)$ célfüggvény befoglaló intervalluma ezen az intervallumon.

1. megoldás intervallum (X^1)	([-1.000000000000000000, -0.999939445455475860], [-0.000060580303682899, -0.000060554594285720], [-0.000060528785364966, 0.000060580303682899], [-1.000000000000000000, -1.000000000000000000])
$F(X^1)$	[-2.50000000550496230 , -2.49987889641123220]
Tartalmazottnext közelítő megoldás:	[-0.999969722727737990, -0.000060567448984310, 0.000000025759158966, -1.000000000000000000]
Közel. mego. fgv. é.:	[-2.49993944820640120 , -2.49993944820639460]
2. megoldás intervallum (X^2)	[-1.000000000000000000, -0.99993944545547586] [-0.000060580303682899, -0.000060554594285720] [-0.000060580303682899, 0.000060528785364966] [1.000000000000000000, 1.000000000000000000]
$F(X^2)$	[-2.50000000550496230 , -2.49987889641123220]
Tartalmazott közelítő megoldás:	[-0.999969722727737990, -0.000060567448984310, -0.000000025759158966, 1.000000000000000000]
Közel. mego. fgv. é.:	[-2.49993944820640120 , -2.49993944820639460]
3. megoldás intervallum (X^3)	([-1.000000000000000000, -1.000000000000000000], [-0.000060554594285720, 0.000060528785364966] [-0.000060580303682899, -0.000060554594285720] [0.999939445455475640, 1.000000000000000000]
$F(X^3)$	[-2.50000000550340530, -2.49981834553356300]
Tartalmazott közelítő megoldás:	[-1.000000000000000000, -0.000000012904460376, -0.000060567448984310, 0.999969722727737760]
Obj. encl. at appr. r.:	[-2.49990917322670250, -2.49990917322669630]
4. megoldás intervallum (X^4)	([-1.000000000000000000, -1.000000000000000000], [-0.000060528785364966, 0.000060554494762146], [-0.000060580303682899, -0.000060554494762146], [-1.000000000000000000, -0.999939445455475640])
$F(X^4)$	[-2.50000000550339910, -2.49981834553355100]
Tartalmazott közelítő megoldás:	[-1.000000000000000000, 0.000000012854698589, -0.000060567399222523, -0.999969722727737760]
Közel. mego. fgv. é.:	[-2.49990917322669630 , -2.49990917322669000]
Függvénykiértékelések:	4300
Gradiens kiértékelések:	3104
Korl. felt. kiértékelések:	5513034
Opt. ért. legjobb becsl.:	2.49999970603216810
CPU idő (s):	861.37

3. táblázat. (Részletek az 3. táblázathoz.) A 2. probléma (az 1. probléma polár alakjának) *minimalizálásakor* a GlobSollal kapott megoldások, amikor a megállási feltételként előírt megkövetelt pontosság 10^{-10} volt. A táblázatban az (α^i, β^i)-k, a minimumpontokra kapott befoglaló intervallumok. $F(\alpha^i, \beta^i)$ a célfüggvény befoglaló intervalluma ezen az intervallumon.

1. megoldás intervallum (α^1, β^1)	[4.71238898018790040, 4.71238898058148070] [3.14159265339304520, 3.14159265378654240]
$F(\alpha^1, \beta^1)$	[1.49999999999999640, 1.50000000000000220]
Tartalmazott közel. megoldás: :	(4.71238898038469060, 3.14159265358979400)
Közel. mego. fgv. é.:	[1.49999999999999640, 1.50000000000000220]
2. megoldás intervallum (α^2, β^2)	[4.71238898017934730, 4.71238898066917060] [6.28318530697546950, 6.28318530746284050]
$F(\alpha^2, \beta^2)$	[1.49999999999999640, 1.50000000000000220]
Tartalmazott közel. megoldás:	(4.71238898042425890, 6.28318530721915460)
Közel. mego. fgv. é.:	[1.49999999999999690, 1.50000000000000290]
3. megoldás intervallum (α^3, β^3)	[1.57079632677457680, 1.57079632681521740] [3.14159265357076390, 3.14159265360882370]
$F(\alpha^3, \beta^3)$	[1.49999999999999640, 1.50000000000000220]
Tartalmazott közel. megoldás:	(1.57079632679489700, 3.14159265358979400)
Közel. mego. fgv. é.:	[1.49999999999999640, 1.50000000000000220]
4. megoldás intervallum (α^4, β^4)	[1.57079632678417960, 1.57079632680910670] [6.28318530716901070, 6.28318530719365410]
$F(\alpha^4, \beta^4)$	[1.49999999999999640, 1.50000000000000220]
Tartalmazott megoldás:	(1.57079632679664320, 6.28318530718133240)
Közel. mego. fgv. é.:	[1.49999999999999690, 1.50000000000000290]
5. megoldás intervallum (α^5, β^5)	[1.57079632679468540, 1.57079632679676220] [0.00000000000000000, 0.00000000000186530]
$F(\alpha^5, \beta^5)$	[1.49999999999999690, 1.50000000000000270]
Tartalmazott közel. megoldás:	(1.57079632679572390, 0.00000000000093265)
Közel. mego. fgv. é.:	[1.49999999999999690, 1.50000000000000290]
6. megoldás intervallum (α^6, β^6)	[4.71238898038412480, 4.71238898038656200] [0.00000000000000000, 0.00000000000187124]
$F(\alpha^6, \beta^6)$	[1.49999999999999690, 1.50000000000000270]
Tartalmazott közel. megoldás:	(4.71238898038534340, 0.00000000000093562)
Közel. mego. fgv. é.:	[1.49999999999999690, 1.50000000000000290]
Függvénykiértékelések:	2003
Gradiens kiértékelések:	747
Korl. felt. kiértékelések:	163188
Opt. ért. legjobb becsl.:	1.50000000000000220
CPU idő (s):	118.85

4. táblázat. (Részletek a 4. táblázathoz.) A 2. probléma (az 1. probléma polár alakjának) *maximalizálásakor* a GlobSollal kapott megoldások, amikor a megállási feltételként előírt megkövetelt pontosság 10^{-10} volt. A táblázatban az (α^i, β^i)-k, a minimumpontokra kapott befoglaló intervallumok. $F(\alpha^i, \beta^i)$ a célfüggvény befoglaló intervalluma ezen az intervallumon.

1. megoldás intervallum (α^1, β^1)	([0.000000000000000000, 0.00000000001545215], [4.71238898038412390 , 4.71238898038623600])
$F(\alpha^1, \beta^1)$	[-2.50000000000000400 , -2.49999999999999420]
Tartalmazott közel. megoldás:	(0.00000000000772607, 4.71238898038517990]
Közel. mego. fgv. é.:	[-2.50000000000000490 , -2.49999999999999470]
2. megoldás intervallum (α^2, β^2)	([0.000000000000000000, 0.000000000001535997], [1.57079632679468360 , 1.57079632679643360])
$F(\alpha^2, \beta^2)$	[-0.25000000000000400, -2.49999999999999420]
Tartalmazott közel. megoldás:	0.00000000000767998, 1.57079632679555870]
Közel. mego. fgv. é.:	[-2.50000000000000490 , -2.49999999999999470]
3. megoldás intervallum (α^3, β^3)	([3.14159265355849060 , 3.14159265362109300], [1.57079632676362490 , 1.57079632682616600])
$F(\alpha^3, \beta^3)$	[-2.50000000000000360 , -2.49999999999999380]
Tartalmazott közel. megoldás:	(3.14159265358979180 , 1.57079632679489540)
Közel. mego. fgv. é.:	[-2.50000000000000400 , -2.49999999999999420]
4. megoldás intervallum (α^4, β^4)	[3.14159265343820100 , 3.14159265374138160] [4.71238898023313800 , 4.71238898053623960]
$F(\alpha^4, \beta^4)$	[-2.50000000000000360 , -2.49999999999999380]
Tartalmazott közel. megoldás:	(3.14159265358979130 , 4.71238898038468880)
Közel. mego. fgv. é.:	[-2.50000000000000360 , -2.49999999999999380]
5. megoldás intervallum (α^5, β^5)	([6.28318530716149230 , 6.28318530720445080], [1.57079632677694820 , 1.57079632681961790])
$F(\alpha^5, \beta^5)$	[-2.50000000000000360 , -2.49999999999999380]
Tartalmazott közel. megoldás:	(6.28318530721745990 , 4.71238898042256430)
Közel. mego. fgv. é.:	[-2.50000000000000490 , -2.49999999999999470]
6. megoldás intervallum (α^6, β^6)	([6.28318530697946900 , 6.28318530745545090] [4.71238898018580170 , 4.71238898065932690])
$F(\alpha^6, \beta^6)$	[-2.50000000000000360 , -2.49999999999999380]
Tartalmazott közel. megoldás:	(6.28318530721745990 , 4.71238898042256430)
Közel. mego. fgv. é.:	[-2.50000000000000490 , -2.49999999999999470]
Függvénykiértékelések:	2269
Gradiens kiértékelések:	1591
Korl. felt. kiértékelések:	165279
Opt. ért. legjobb becsl.:	-2.49999999999999420
CPU idő (s):	116.82

A 3. fejezetben használt tesztfüggvények leírása

Itt adjuk meg a 3. fejezetben használt tesztfüggvények pontos definícióit.
A leírásnál használt jelölések a következőek:

D : az általunk használt keresési tartomány az adott függvénynél.
$f(x^*)$: a függvény globális minimumának értéke D-n.
M : a függvény globális és lokális minimumhelyeinek együttes száma D-n.

F1: Three-hump camel-back függvény (THCB):

$$f(x) = 12x_1^2 - 6.3x_1^4 + x_1^6 + 6x_2(x_2 - x_1),$$

a $D = [-5, 5]^2$ keresési tartományt használtuk, $f(x^*) = 0.0$, $M = 3$ itt.

F2:

$$f(x) = \begin{cases} (x_1 - 5)^2 - (x_2 - 10)^2, & \text{ha } x_1 \leq 10, \\ (x_1 - 15)^2 - (x_2 - 10)^2 & \text{egyébként}, \end{cases}$$

$D = [0, 20]^2$, $f(x^*) = 0.0$, $M = 2$.

F3: Six-hump camel-back függvény (SHCB):

$$f(x) = 4x_1^2 - 2.1x_1^4 + \frac{1}{3}x_1^6 + x_1x_2 - 4x_2^2 + 4x_2^4,$$

$D = [-2.5, 2.5]^2$, $f(x^*) = -1.0316$, $M = 6$.

F4: Booth:

$$f(x) = (x_1 + 2x_1 - 7)^2 + (2x_1 + x_2 - 5)^2,$$

$D = [-5, 5]^2$, $f(x^*) = 0.0$, $M = 1$.

F5: Levy 13:

$$f(x) = (x_1 - 1)^2(1 + \sin^2(3\pi x_2)) + (x_n - 1)^2(1 + \sin^2(2\pi x_n)) + \sin^2(3\pi x_1),$$

$D = [-10, 10]^2$, $f(x^*) = 0.0$, $M \geq 1$.

F6: Goldstein–Price:

$$\begin{aligned} f(x) &= (1+(x_1+x_2+1)^2(19-14x_1+3x_1^2-14x_2+6x_1x_2+3x_2^2)) \cdot \\ &\quad (30+(2x_1-3x_2)^2(18-32x_1+12x_1^2+48x_2-36x_1x_2+27x_2^2)), \end{aligned}$$

$D = [-2, 2]^2$, $f(x^*) = 3.0$, $M = 3$.

F7,F16,F18,F19,F20,F21,F22: Spherical 7, Sperical 12, Spherical 16, Spherical 18, Spherical 19, Spherical 20, Spherical 21, Spherical 22:

$$f(x) = \sqrt{\sum_{i}^{n} x_i^2},$$

ahol az egyes függvényeknél $n = 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9$, ebben a sorrendben, rendre, $D = [-1, 1]^n$, $f(x^*) = 0.0$, $M = 1$ ($n = 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9$).

F8, F17: Hartman 3, Hartman 6:

$$f_n(x) = -\sum_{i=1}^{4} c_i \exp\left(-\sum_{j=1}^{n} A_{ij}(x_j - P_{ij})^2\right),$$

ahol $n = 3$, illetve $n = 6$, és $A, P \in \mathbb{R}^{4\times n}$, valamint $c \in \mathbb{R}^n$, $D = [0, 1]^n$, $M \geq n$ ($n = 3, 6$), $f(x^*) = -3.862782$, a Hartman 3 függvénynél, $f(x^*) = -3.322828$, a Hartman 6 függvénynél.

F9: Beale:

$$f(x) = (1.5 - x_1 + x_1x_2)^2 + (2.25 - x_1 + x_1x_2^2)^2 + (2.625 - x_1 + x_1x_2^3)^2,$$

$D = [-5, 5]^2$, $f(x^*) = 0.0$, $M \geq 4$.

F10: Levy 3:

$$f(x) = \sum_{i=1}^{5} i\cos((i-1)x_1 + i) \sum_{j=1}^{5} j\cos((j+1)x_2 + j),$$

$D = [-10, 10]^2$, $f(x^*) = -176, 54$, $M \geq 9$.

F11: Griewank:

$$f(x) = \sum_{i=1}^{2} \frac{x_i^2}{4000} - \prod_{i=1}^{2} \cos(\frac{x_i}{\sqrt{i}}) + 1.$$

$D = [-600, 600]^2$, $f(x^*) = 0, 0$, $M \geq 10$.

F13,F14,F15: Shekel 5, Shekel 7, Shekel 10:

$$f_n(x) = -\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{(x - A_i)(x - A_i)^T + c_i},$$

ahol $A \in \mathbb{R}^{n \times 4}$, $c \in \mathbb{R}^n$, és $n = 5$, $n = 7$, és $n = 10$, rendre. $D = [-10, 10]^4$, $M \geq 4$ ($n = 5, 7, 10$), $f(x^*) = -10,15320$ a Shekel 5 függvénynél, $f(x^*) = -10,40294$ a Shekel 7 függvénynél, $f(x^*) = -10,53641$ a Shekel 10 függvénynél.