

Black-Box Optimization Benchmarking Template for the Comparison of Two Algorithms on the Noiseless Testbed

Borja Arroyo

ACM Reference format:

Borja Arroyo. 2019. Black-Box Optimization Benchmarking Template for the Comparison of Two Algorithms on the Noiseless Testbed. In *Proceedings of the Genetic and Evolutionary Computation Conference 2019, Prague, Czech Republic, July 13–17, 2019 (GECCO '19)*, 5 pages.

DOI: 10.1145/123_4

1 RESULTS

Results from experiments according to [6] and [2] on the benchmark functions given in [1, 5] are presented in Figures 1, 2 and 3 and in Table 1. The experiments were performed with COCO [4], version 2.0, the plots were produced with version 2.0.

The **average runtime (aRT)**, used in the figures and table, depends on a given target function value, $f_t = f_{\text{opt}} + \Delta f$, and is computed over all relevant trials as the number of function evaluations executed during each trial while the best function value did not reach f_t , summed over all trials and divided by the number of trials that actually reached f_t [3, 7]. **Statistical significance** is tested with the rank-sum test for a given target Δf_t (10^{-8} as in Figure 1) using, for each trial, either the number of needed function evaluations to reach Δf_t (inverted and multiplied by -1), or, if the target was not reached, the best Δf -value achieved, measured only up to the smallest number of overall function evaluations for any unsuccessful trial under consideration.

REFERENCES

- [1] S. Finck, N. Hansen, R. Ros, and A. Auger. 2009. *Real-Parameter Black-Box Optimization Benchmarking 2009: Presentation of the Noiseless Functions*. Technical Report 2009/20. Research Center PPE. <http://coco.lri.fr/downloads/download15.03/bbobdocfunctions.pdf> Updated February 2010.
- [2] N. Hansen, A. Auger, D. Brockhoff, D. Tušar, and T. Tušar. 2016. COCO: Performance Assessment. *ArXiv e-prints* arXiv:1605.03560 (2016).
- [3] N. Hansen, A. Auger, S. Finck, and R. Ros. 2010. *Real-Parameter Black-Box Optimization Benchmarking 2010: Experimental Setup*. Technical Report RR-7215. INRIA. <http://coco.gforge.inria.fr/bbob2010-downloads>
- [4] N. Hansen, A. Auger, O. Mersmann, T. Tušar, and D. Brockhoff. 2016. COCO: A Platform for Comparing Continuous Optimizers in a Black-Box Setting. *ArXiv e-prints* arXiv:1603.08785 (2016).
- [5] N. Hansen, S. Finck, R. Ros, and A. Auger. 2009. *Real-Parameter Black-Box Optimization Benchmarking 2009: Noiseless Functions Definitions*. Technical Report RR-6829. INRIA. <http://coco.lri.fr/downloads/download15.03/bbobdocfunctions.pdf> Updated February 2010.
- [6] N. Hansen, T. Tušar, O. Mersmann, A. Auger, and D. Brockhoff. 2016. COCO: The Experimental Procedure. *ArXiv e-prints* arXiv:1603.08776 (2016).
- [7] Kenneth Price. 1997. Differential evolution vs. the functions of the second ICEO. In *Proceedings of the IEEE International Congress on Evolutionary Computation*. IEEE, Piscataway, NJ, USA, 153–157. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/ICEC.1997.592287>

Permission to make digital or hard copies of part or all of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Copyrights for third-party components of this work must be honored. For all other uses, contact the owner/author(s).

GECCO '19, Prague, Czech Republic

© 2019 Copyright held by the owner/author(s). 123-4567-24-567/18/07...\$15.00
DOI: 10.1145/123_4

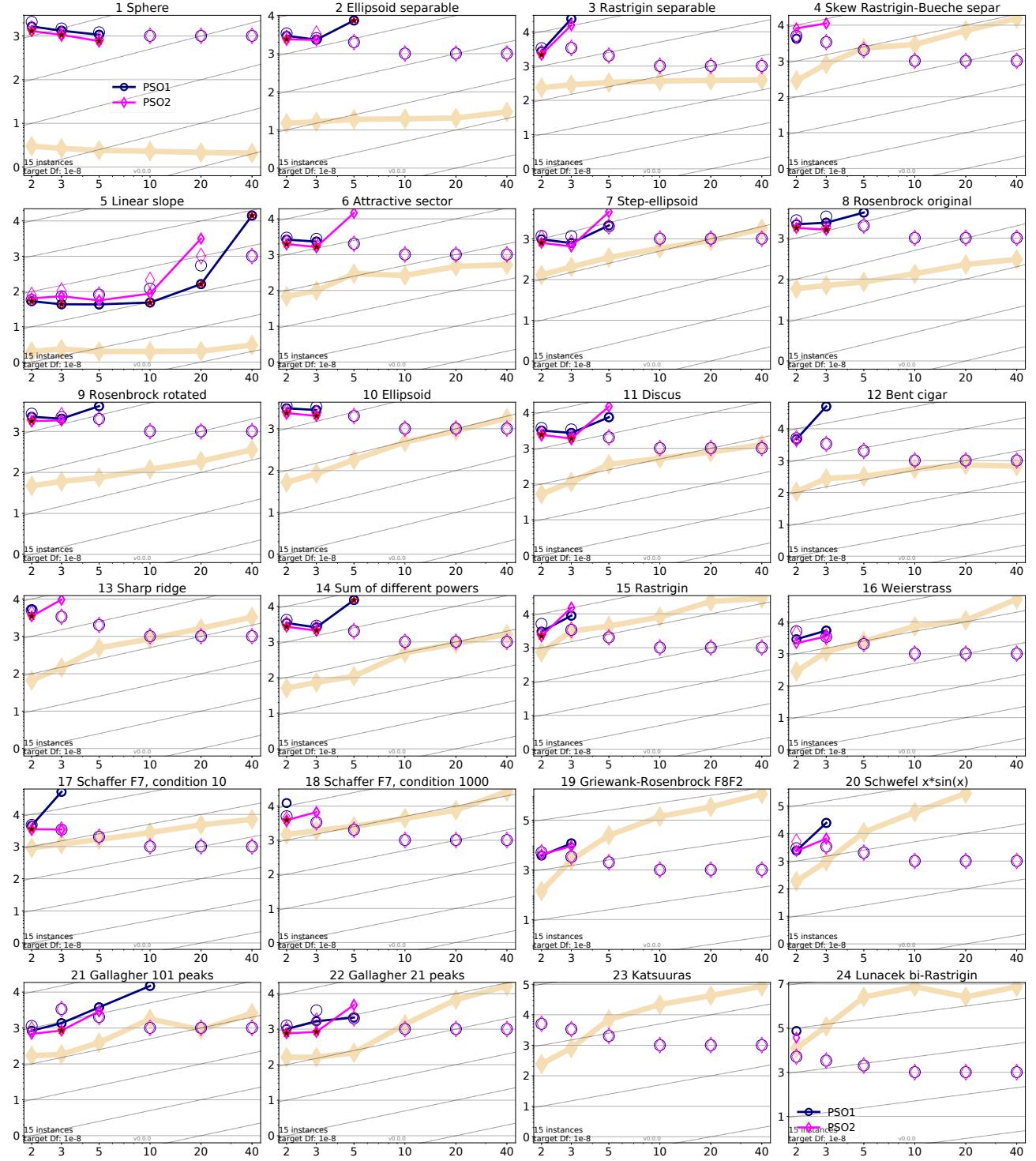


Figure 1: Average running time (aRT in number of f -evaluations as \log_{10} value), divided by dimension for target function value 10^{-8} versus dimension. Slanted grid lines indicate quadratic scaling with the dimension. Different symbols correspond to different algorithms given in the legend of f_1 and f_{24} . Light symbols give the maximum number of function evaluations from the longest trial divided by dimension. Black stars indicate a statistically better result compared to all other algorithms with $p < 0.01$ and Bonferroni correction number of dimensions (six). Legend: \circ : PSO1, \diamond : PSO2.

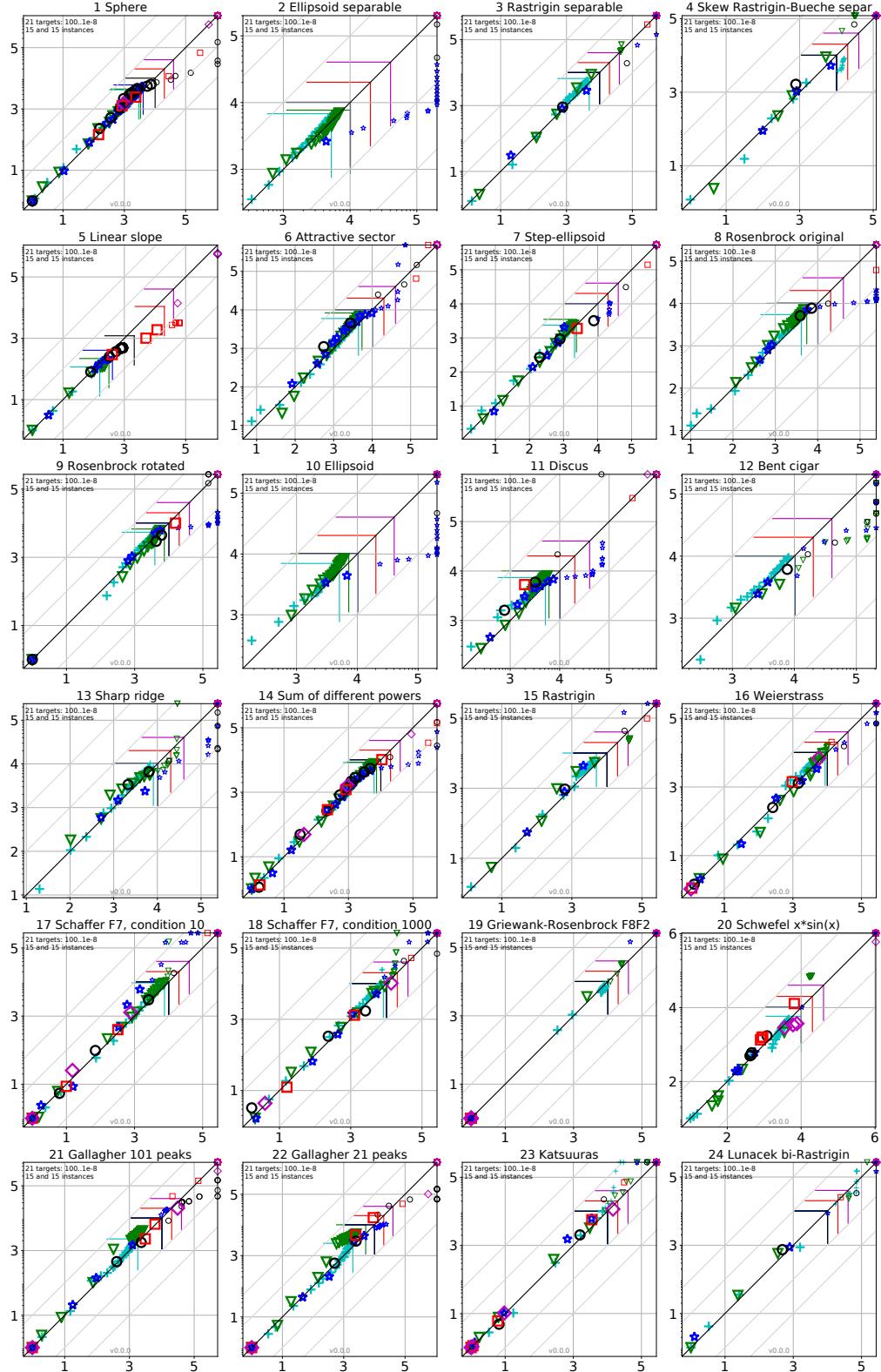


Figure 2: Average running time (aRT in \log_{10} of number of function evaluations) of PSO1 (y-axis) versus PSO2 (x-axis) for 21 target values $\Delta f \in [100, 10^{-8}]$ in each dimension on functions f_1-f_{24} . Markers on the upper or right edge indicate that the respective target value was never reached. Markers represent dimension: 2:+, 3: ∇ , 5: \star , 10: \circ , 20: \square , 40: \diamond .

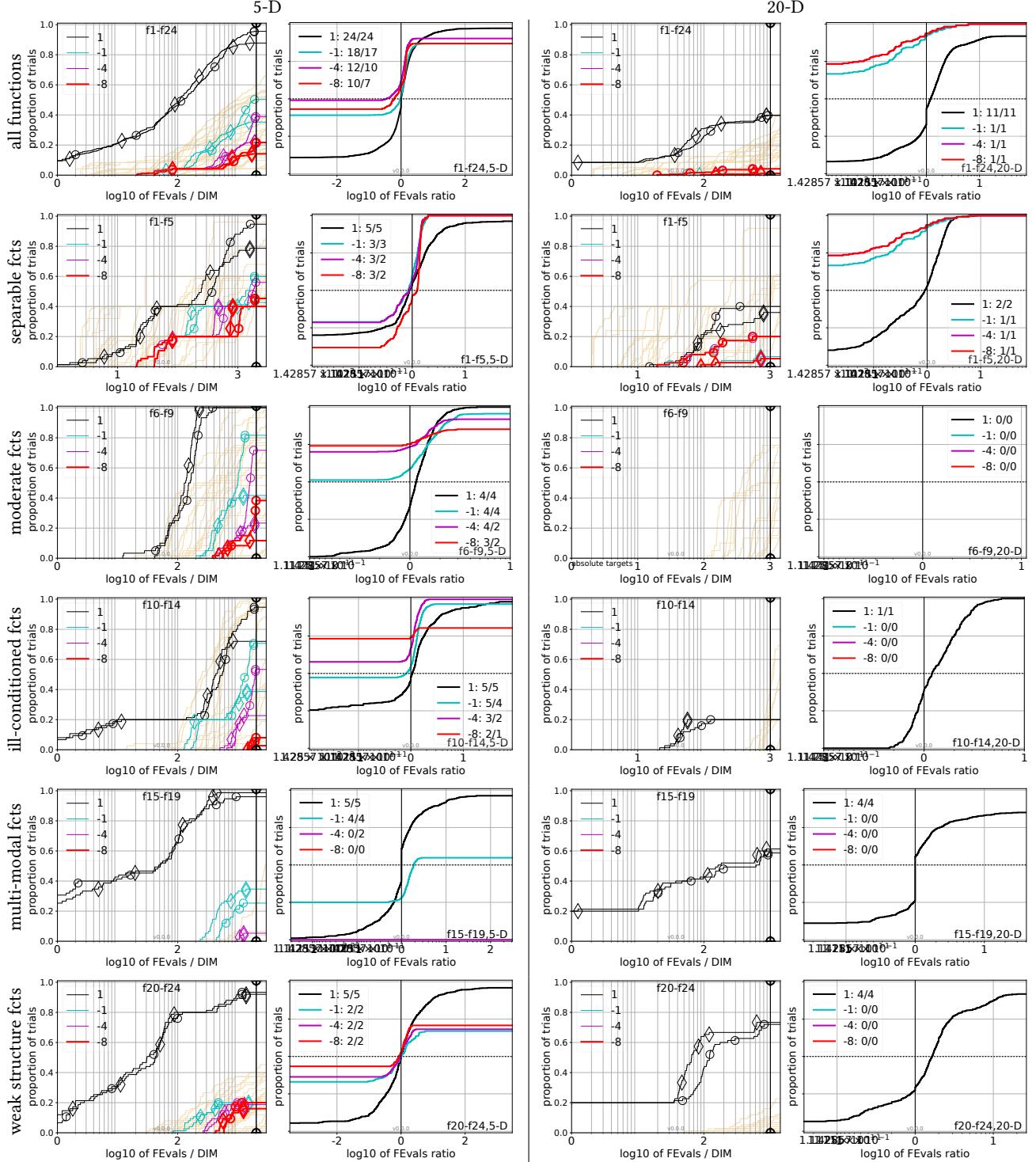


Figure 3: Empirical cumulative distributions (ECDF) of run lengths and speed-up ratios in 5-D (left) and 20-D (right). Left sub-columns: ECDF of the number of function evaluations divided by dimension D (FEvals/ D) to reach a target value $f_{\text{opt}} + \Delta f$ with $\Delta f = 10^k$, where k is given by the first value in the legend, for PSO1 (\circ) and PSO2 (\diamond). Light beige lines show the ECDF of FEvals for target value $\Delta f = 10^{-8}$ of all algorithms benchmarked during BBOB-2009. Right sub-columns: ECDF of FEval ratios of PSO1 divided by PSO2 for target function values 10^k with k given in the legend; all trial pairs for each function. Pairs where both trials failed are disregarded, pairs where one trial failed are visible in the limits being > 0 or < 1 . The legend also indicates, after the colon, the number of functions that were solved in at least one trial (PSO1 first).

5-D											20-D															
Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ	Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ									
f1	11	12	12	12	12	12	12	15/15	f1	43	43	43	43	43	43	43	15/15	f1	43	43	43	43	43	43	43	15/15
PSO1	7.3(8)	38(13)	84(11)	125(24)	181(15)	280(51)	399(21)	15/15	PSO1	56(27)	1576(1046)	∞	∞	∞	∞	∞	0/15	PSO1	56(27)	1576(1046)	∞	∞	∞	∞	∞	0/15
PSO2	6.6(6)	35(7)	66(7)*	98(11)* ²	139(12)* ³	209(14)* ²	285(5)* ⁴	15/15	PSO2	55(68)	6891(6812)	∞	∞	∞	∞	∞	0/15	PSO2	55(68)	6891(6812)	∞	∞	∞	∞	∞	0/15
f2	83	87	88	89	90	92	94	15/15	f2	385	386	387	388	390	391	393	15/15	f2	385	386	387	388	390	391	393	15/15
PSO1	50(16)	68(30)* ²	79(32)* ²	86(30)	114(63)* ⁴	148(65)* ⁴	257(243)* ⁴	4/15	PSO1	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0/15	PSO1	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0/15
PSO2	190(165)	812(1515)	817(1198)	1655(2213)	∞	∞	∞	0/15	PSO2	5066	7626	7635	7637	7643	7646	7651	15/15	PSO2	5066	7626	7635	7637	7643	7646	7651	15/15
f3	716	1622	1637	1642	1646	1650	1654	15/15	f3	41	41	41	41	41	41	41	15/15	f3	41	41	41	41	41	41	41	15/15
PSO1	4.0(1)	89(106)	∞	∞	∞	∞	∞	0/15	PSO1	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0/15	PSO1	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0/15
PSO2	5.6(11)	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0/15	PSO2	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0/15	PSO2	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0/15
f4	809	1633	1688	1758	1817	1886	1903	15/15	f4	4722	7628	7666	7686	7700	7758	1.4e5	9/15	f4	4722	7628	7666	7686	7700	7758	1.4e5	9/15
PSO1	6.6(11)	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0/15	PSO1	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0/15	PSO1	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0/15
PSO2	8.7(11)	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0/15	PSO2	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0/15	PSO2	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0/15
f5	10	10	10	10	10	10	10	15/15	f5	41	41	41	41	41	41	41	15/15	f5	41	41	41	41	41	41	41	15/15
PSO1	14(3)	21(7)	22(9)	22(12)	22(12)	22(12)	22(15)	15/15	PSO1	46(50)	78(124)*²	79(81)* ²	79(128)* ²	79(84)* ²	79(34)* ²	79(34)* ²	15/15	PSO1	46(50)	78(124)*²	79(81)* ²	79(128)* ²	79(84)* ²	79(34)* ²	79(34)* ²	15/15
PSO2	15(5)	25(6)	28(7)	28(8)	28(10)	28(9)	28(5)	15/15	PSO2	285(442)	1140(1284)	1152(1104)	1542(1848)	1542(2049)	1542(4058)	1542(1458)	4/15	PSO2	285(442)	1140(1284)	1152(1104)	1542(1848)	1542(2049)	1542(4058)	1542(1458)	4/15
f6	114	214	281	404	580	1038	1332	15/15	f6	1296	2343	3413	4255	5220	6728	8409	15/15	f6	1296	2343	3413	4255	5220	6728	8409	15/15
PSO1	6.2(3)	8.8(5)	13(6)	12(5)	13(19)	12(10)	∞	0/15	PSO1	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0/15	PSO1	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0/15
PSO2	5.4(3)	5.7(2)	7.9(1)*	10(8)	11(15)	25(39)	54(57)	15/15	PSO2	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0/15	PSO2	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0/15
f7	24	324	1171	1451	1572	1572	1597	15/15	f7	1351	4274	9503	16523	16524	16524	16969	15/15	f7	1351	4274	9503	16523	16524	16524	16969	15/15
PSO1	13(8)	6.3(3)	4.2(4)	4.7(3)	6.5(7)	6.5(12)	6.5(4)	9/15	PSO1	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0/15	PSO1	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0/15
PSO2	13(3)	3.3(0.8)	18(19)	15(16)	14(15)	14(18)	14(21)	5/15	PSO2	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0/15	PSO2	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0/15
f8	73	273	336	372	391	410	422	15/15	f8	2039	3871	4040	4148	4219	4371	4484	15/15	f8	2039	3871	4040	4148	4219	4371	4484	15/15
PSO1	15(4)	31(21)	31(32)	30(9)	30(21)	32(14)	42(18)	7/15	PSO1	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0/15	PSO1	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0/15
PSO2	11(3)	42(19)	210(182)	400(251)	∞	∞	∞	0/15	PSO2	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0/15	PSO2	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0/15
f9	35	127	214	263	300	335	369	15/15	f9	1716	3102	3277	3379	3455	3594	3727	15/15	f9	1716	3102	3277	3379	3455	3594	3727	15/15
PSO1	30(11)	49(29)	36(25)	33(31)	31(35)	32(9)*	42(15)*	7/15	PSO1	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0/15	PSO1	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0/15
PSO2	24(5)	44(51)	207(271)	556(470)	492(522)	∞	∞	0/15	PSO2	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0/15	PSO2	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0/15
f10	349	500	574	607	626	829	880	15/15	f10	7413	8661	10735	13641	14920	17073	17476	15/15	f10	7413	8661	10735	13641	14920	17073	17476	15/15
PSO1	20(18)	16(9)	17(9)*	17(1)*	19(13)*	19(13)*	22(15)*	0/15	PSO1	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0/15	PSO1	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0/15
PSO2	68(10)	140(308)	∞	∞	∞	∞	∞	0/15	PSO2	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0/15	PSO2	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0/15
f11	143	202	763	977	1177	1467	1673	15/15	f11	1002	2228	6278	8586	9762	12285	14831	15/15	f11	1002	2228	6278	8586	9762	12285	14831	15/15
PSO1	21(9)	25(9)	8.9(5)	8.0(2)	7.1(1)	9.0(7)	11(8)	4/15	PSO1	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0/15	PSO1	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0/15
PSO2	14(6)	20(26)	10(7)	21(17)	39(34)	49(31)	44(51)	2/15	PSO2	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0/15	PSO2	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0/15
f12	108	268	371	413	461	1303	21359	15/15	f12	1042	1938	2740	3156	4140	12407	13827	15/15	f12	1042	1938	2740	3156	4140	12407	13827	15/15
PSO1	45(39)	64(46)	70(65)	176(235)	159(175)	∞	∞	0/15	PSO1	16(5)	143(151)	∞	∞	∞	∞	∞	0/15	PSO1	16(5)	143(151)	∞	∞	∞	∞	∞	0/15
PSO2	103(188)	113(151)	389(551)	∞	∞	∞	∞	0/15	PSO2	11(2)	1243(1057)	∞	∞	∞	∞	∞	0/15	PSO2	11(2)	1243(1057)	∞	∞	∞	∞	∞	0/15
f13	132	195	250	319	310	1752	2255	15/15	f13	30378	1.5e5	3.1e5	3.2e5	3.2e5	4.5e5	4.6e5	15/15	f13	30378	1.5e5	3.1e5	3.2e5	3.2e5	4.5e5	4.6e5	15/15
PSO1	3.9(4)	5.6(7)	7.3(9)	6.9(3)	14(24)	∞	∞	0/15	PSO1	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0/15	PSO1	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0/15
PSO2	2.7(2)	8.1(9)	12(9)	∞	∞	∞	∞	0/15	PSO2																	