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

May 20, 2015

1 Results

Results from experiments according to [**?**] on the benchmark functions given in [**?, ?**] are presented in Figures **??**, **??** and **??**. The **expected running time** (ERT), used in the figures and table, depends on a given target function value, $f_\mathrm{t} = f_\mathrm{opt} + \Delta f$, 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 [**?, ?**]. **Statistical significance** is tested with the rank-sum test for a given target Δf_t 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 if available. Tables **??** to **??** and **??** to **??** give the Expected Running Time (ERT) for targets $10^{1,\,-1,\,-3,\,-5,\,-7}$ divided by the best ERT obtained during BBOB-2009 (given in the $\mathrm{ERT}_\mathrm{best}$ row), respectively in 5-D and 20-D. Bold entries correspond to the best (or 3-best if there are more than 3 algorithms) values. The median number of conducted function evaluations is additionally given in *italics*, if $\mathrm{ERT}(10^{-7}) = \infty$. #succ is the number of trials that reached the final target $f_\mathrm{opt} + 10^{-8}$. Entries with the $\downarrow$ symbol are statistically significantly better (according to the rank-sum test) compared to the best algorithm in BBOB-2009, with $p = 0.05$ or $p = 10^{-k}$ where $k > 1$ is the number following the $\downarrow$ symbol, with Bonferroni correction of 24.
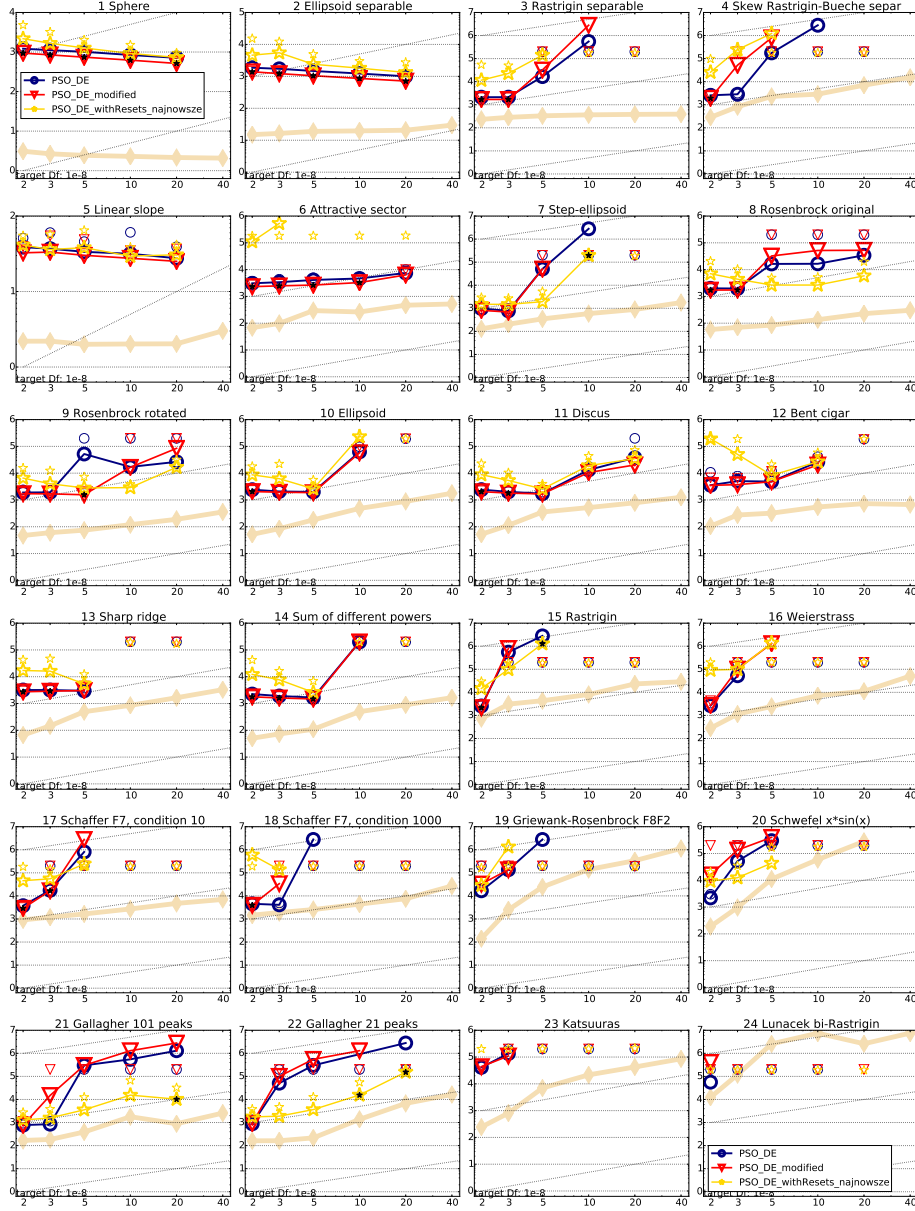
Figure 1: Expected running time (ERT in number of f-evaluations as $\log_{10}$ value), divided by dimension for target function value 10^{-8} versus dimension. Slanted grid lines indicate quadratic scaling with the dimension. Different symbols correspond to different algorithms given in the legend of 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: ○:PSO DE, ▽:PSO DE modified, ⋆:PSO DE withResets najnowsze.

Figure 2: Bootstrapped empirical cumulative distribution of the number of objective function evaluations divided by dimension for 50 targets in $10^{[-8..2]}$ for all functions and subgroups in 5-D. The "best 2009" line corresponds to the best ERT observed during BBOB 2009 for each single target.
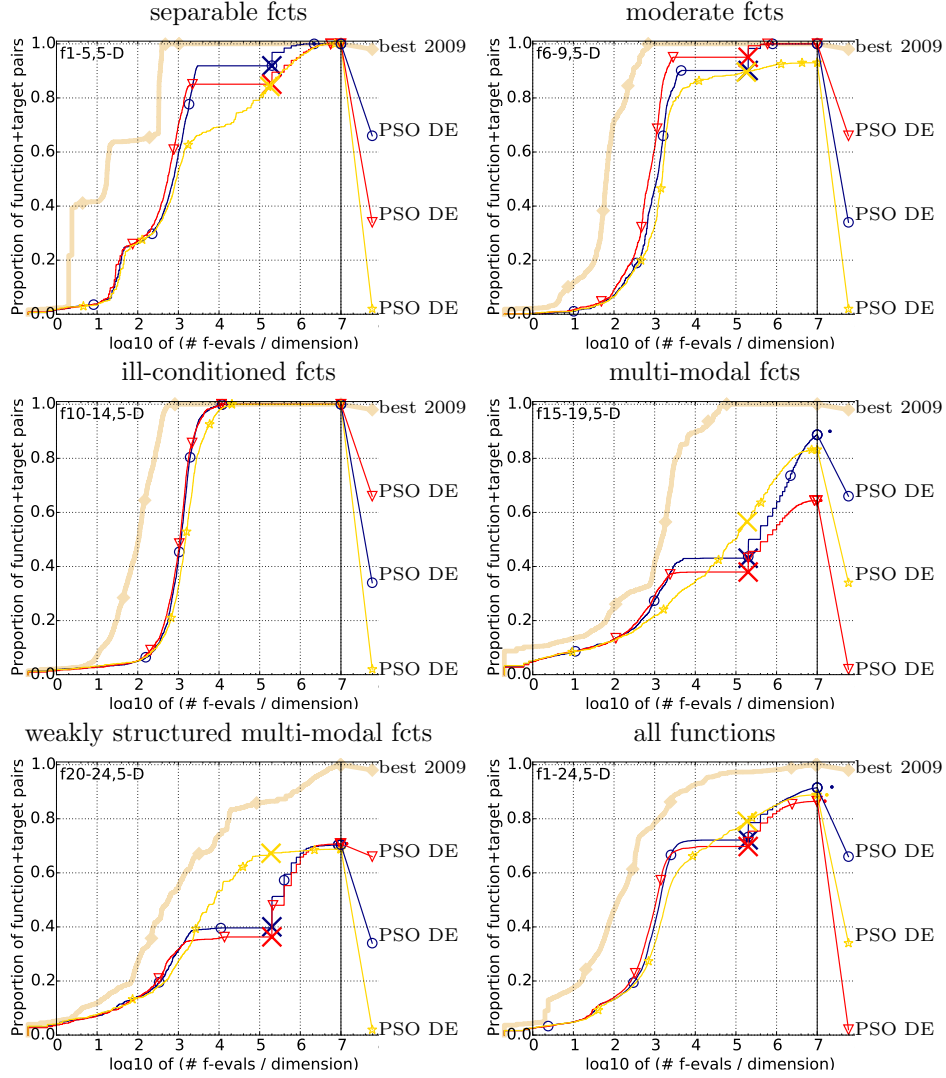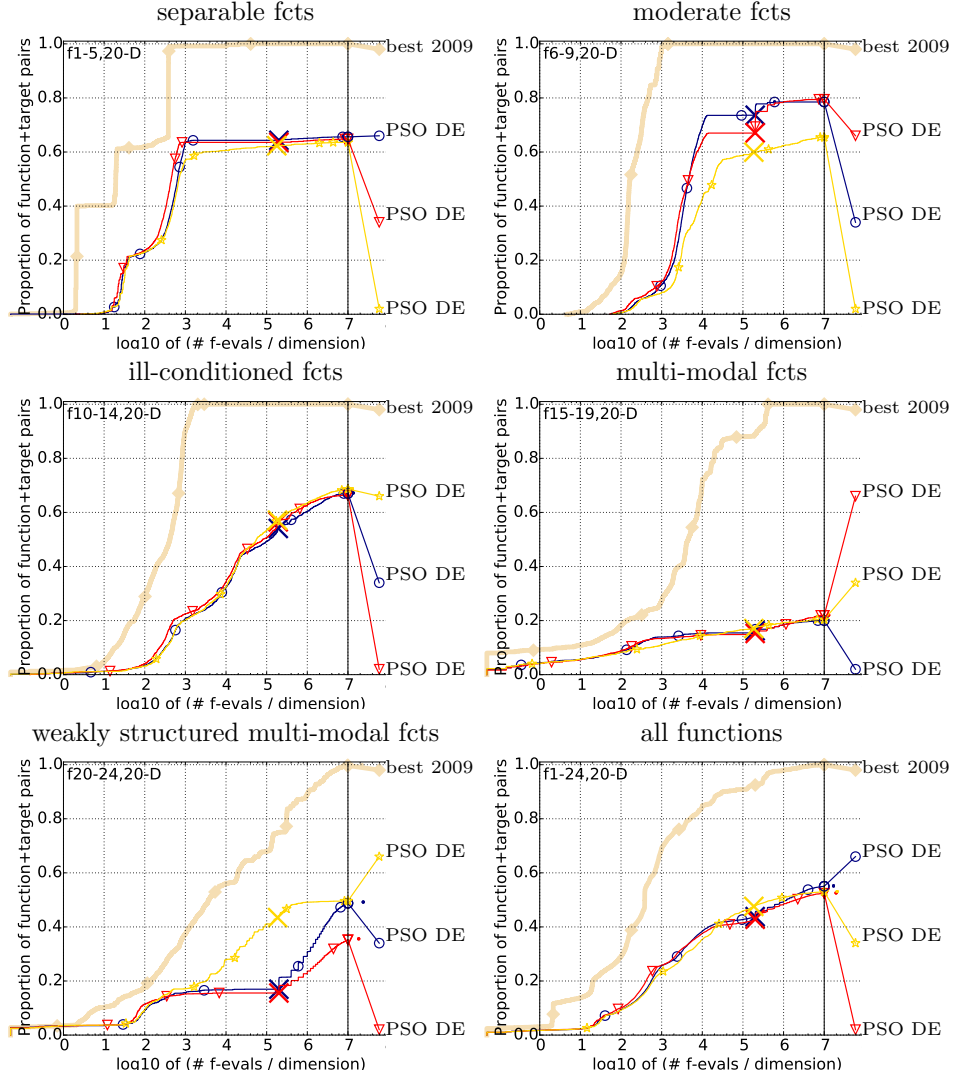
Figure 3: Bootstrapped empirical cumulative distribution of the number of objective function evaluations divided by dimension for 50 targets in $10^{[-8..2]}$ for all functions and subgroups in 20-D. The "best 2009" line corresponds to the best ERT observed during BBOB 2009 for each single target.

Table 1: ERT on f_1 in 5-D over ERT$_{\text{best}}$ obtained in BBOB 2009

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
PSO DE	6.2$_{(4)}$	40$_{(9)}$	81$_{(10)}$	129$_{(11)}$	171$_{(16)}$	263$_{(17)}$	361$_{(21)}$	15/15
PSO DE	**5.1**$_{(2)}$	**39**$_{(11)}$	**68**$_{(15)}$	**103**$_{(8)}{}^{\star 3}$	**134**$_{(7)}{}^{\star 4}$	**199**$_{(17)}{}^{\star 4}$	**271**$_{(19)}{}^{\star 4}$	15/15
PSO DE	6.0$_{(4)}$	43$_{(5)}$	85$_{(12)}$	126$_{(11)}$	196$_{(86)}$	303$_{(107)}$	416$_{(92)}$	15/15

Table 2: ERT on f_2 in 5-D over ERT$_{\text{best}}$ obtained in BBOB 2009

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f2	83	87	88	89	90	92	94	15/15
PSO DE	24$_{(3)}$	31$_{(3)}$	36$_{(6)}$	43$_{(3)}$	50$_{(3)}$	61$_{(2)}$	73$_{(2)}$	15/15
PSO DE	**18**$_{(2)}{}^{\star 3}$	**22**$_{(1)}{}^{\star 4}$	**26**$_{(2)}{}^{\star 3}$	**31**$_{(2)}{}^{\star 4}$	**35**$_{(2)}{}^{\star 4}$	**43**$_{(1)}{}^{\star 4}$	**51**$_{(2)}{}^{\star 4}$	15/15
PSO DE	31$_{(6)}$	38$_{(18)}$	47$_{(13)}$	53$_{(34)}$	69$_{(21)}$	88$_{(71)}$	102$_{(51)}$	15/15

Table 3: ERT on f_3 in 5-D over ERT$_{\text{best}}$ obtained in BBOB 2009

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f3	716	1622	1637	1642	1646	1650	1654	15/15
PSO DE	2.5$_{(1)}$	3.9$_{(1)}$	**48**$_{(1)}$	**48**$_{(1)}$	**49**$_{(153)}$	**49**$_{(302)}$	**50**$_{(152)}$	14/15
PSO DE	**2.1**$_{(1.0)}$	**2.7**$_{(0.5)}{}^{\star 2}$	97$_{(610)}$	97$_{(304)}$	97$_{(152)}$	97$_{(152)}$	97$_{(152)}$	13/15
PSO DE	4.5$_{(6)}$	107$_{(57)}$	192$_{(202)}$	219$_{(368)}$	306$_{(511)}$	428$_{(378)}$	428$_{(500)}$	10/15

Table 4: ERT on f_4 in 5-D over ERT$_{\text{best}}$ obtained in BBOB 2009

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f4	809	1633	1688	1758	1817	1886	1903	15/15
PSO DE	2.5$_{(1)}$	**4.6**$_{(0.9)}$	**522**$_{(443)}$	**502**$_{(426)}$	**486**$_{(549)}$	**469**$_{(925)}$	**465**$_{(524)}$	8/15
PSO DE	**1.9**$_{(0.7)}$	309$_{(306)}$	2368$_{(3103)}$	2274$_{(2412)}$	2200$_{(2059)}$	2121$_{(1588)}$	2102$_{(3670)}$	3/15
PSO DE	10$_{(7)}$	558$_{(569)}$	1338$_{(1157)}$	1289$_{(1277)}$	2218$_{(1734)}$	3247$_{(3662)}$	3219$_{(2460)}$	2/15

Table 5: ERT on f_5 in 5-D over ERT$_{\text{best}}$ obtained in BBOB 2009

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f5	10	10	10	10	10	10	10	15/15
PSO DE	12$_{(4)}$	16$_{(4)}$	17$_{(4)}$	17$_{(4)}$	17$_{(4)}$	17$_{(3)}$	17$_{(4)}$	15/15
PSO DE	**11**$_{(4)}$	**15**$_{(4)}$	**15**$_{(3)}$	**15**$_{(5)}$	**15**$_{(3)}$	**15**$_{(4)}$	**15**$_{(5)}$	15/15
PSO DE	13$_{(5)}$	19$_{(7)}$	19$_{(8)}$	19$_{(6)}$	19$_{(8)}$	19$_{(6)}$	19$_{(8)}$	15/15

Table 6: ERT on f_6 in 5-D over ERT$_{\text{best}}$ obtained in BBOB 2009

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f6	114	214	281	404	580	1038	1332	15/15
PSO DE	6.6$_{(5)}$	10$_{(4)}$	16$_{(2)}$	16$_{(4)}$	15$_{(3)}$	13$_{(0.9)}$	14$_{(2)}$	15/15
PSO DE	**5.6**$_{(3)}$	**7.8**$_{(1)}$	**10**$_{(3)}{}^{\star 3}$	**11**$_{(1)}{}^{\star 2}$	**10**$_{(2)}{}^{\star 3}$	**8.4**$_{(1)}{}^{\star 4}$	**8.9**$_{(1)}{}^{\star 4}$	15/15
PSO DE	7.3$_{(9)}$	21$_{(12)}$	75$_{(55)}$	181$_{(147)}$	610$_{(896)}$	5950$_{(3778)}$	∞ 9e5	0/15

Table 7: ERT on f_7 in 5-D over ERT$_{\text{best}}$ obtained in BBOB 2009

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f7	24	324	1171	1451	1572	1572	1597	15/15
PSO DE	17$_{(9)}$	3.6$_{(1)}$	215$_{(640)}$	174$_{(0.5)}$	161$_{(159)}$	161$_{(636)}$	159$_{(470)}$	12/15
PSO DE	**10**$_{(6)}$	**2.5**$_{(0.3)}{}^{\star}$	133$_{(0.4)}$	108$_{(173)}$	160$_{(318)}$	160$_{(159)}$	158$_{(157)}$	12/15
PSO DE	12$_{(7)}$	4.1$_{(3)}$	**2.6**$_{(2)}$	**4.0**$_{(2)}$	**4.5**$_{(2)}$	**4.5**$_{(3)}$	**4.7**$_{(2)}$	15/15

Table 8: ERT on f_8 in 5-D over $\mathrm{ERT}_{\mathrm{best}}$ obtained in BBOB 2009

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f8	73	273	336	372	391	410	422	15/15
PSO DE	$16_{(5)}$	$274_{(1830)}$	$227_{(2)}$	$208_{(3)}$	$199_{(641)}$	$194_{(1220)}$	$192_{(593)}$	14/15
PSO DE	$\mathbf{12}_{(5)}$	$572_{(916)}$	$467_{(2)}$	$424_{(1343)}$	$405_{(641)}$	$389_{(2)}$	$381_{(1185)}$	13/15
PSO DE	$20_{(15)}$	$\mathbf{21}_{(10)}$	$\mathbf{22}_{(21)}$	$\mathbf{22}_{(7)}$	$\mathbf{23}_{(11)}$	$\mathbf{27}_{(11)}$	$\mathbf{30}_{(12)}$	15/15

Table 9: ERT on f_9 in 5-D over $\mathrm{ERT}_{\mathrm{best}}$ obtained in BBOB 2009

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f9	35	127	214	263	300	335	369	15/15
PSO DE	$35_{(10)}$	$1993_{(3937)}$	$1190_{(3507)}$	$970_{(952)}$	$853_{(7)}$	$768_{(1490)}$	$702_{(1355)}$	12/15
PSO DE	$\mathbf{23}_{(6)}{}^{\star 2}$	$\mathbf{18}_{(6)}{}^{\star 3}$	$\mathbf{15}_{(2)}{}^{\star 3}$	$\mathbf{14}_{(3)}{}^{\star 3}$	$\mathbf{15}_{(3)}{}^{\star 3}$	$\mathbf{17}_{(3)}{}^{\star 3}$	$\mathbf{19}_{(2)}{}^{\star 3}$	15/15
PSO DE	$36_{(22)}$	$32_{(15)}$	$26_{(11)}$	$24_{(5)}$	$24_{(6)}$	$32_{(3)}$	$35_{(22)}$	15/15

Table 10: ERT on f_{10} in 5-D over $\mathrm{ERT}_{\mathrm{best}}$ obtained in BBOB 2009

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f10	349	500	574	607	626	829	880	15/15
PSO DE	$9.2_{(3)}$	$7.9_{(1)}$	$8.2_{(0.9)}$	$8.8_{(2)}$	$10_{(1)}$	$9.3_{(0.9)}$	$10_{(0.9)}$	15/15
PSO DE	$\mathbf{8.5}_{(3)}$	$\mathbf{7.4}_{(2)}$	$\mathbf{7.6}_{(2)}$	$\mathbf{8.2}_{(1)}$	$\mathbf{9.3}_{(1)}$	$\mathbf{8.8}_{(1)}$	$\mathbf{10}_{(1)}$	15/15
PSO DE	$11_{(4)}$	$9.1_{(6)}$	$9.4_{(2)}$	$10_{(2)}$	$12_{(4)}$	$11_{(5)}$	$13_{(5)}$	15/15

Table 11: ERT on f_{11} in 5-D over $\mathrm{ERT}_{\mathrm{best}}$ obtained in BBOB 2009

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f11	143	202	763	977	1177	1467	1673	15/15
PSO DE	$\mathbf{11}_{(2)}$	$\mathbf{12}_{(2)}$	$4.3_{(0.4)}$	$4.1_{(0.6)}$	$4.0_{(0.4)}$	$4.3_{(0.4)}$	$4.7_{(0.4)}$	15/15
PSO DE	$11_{(4)}$	$12_{(2)}$	$\mathbf{4.2}_{(1.0)}$	$\mathbf{4.0}_{(0.5)}$	$\mathbf{4.0}_{(0.5)}$	$\mathbf{4.2}_{(0.3)}$	$\mathbf{4.5}_{(0.8)}$	15/15
PSO DE	$25_{(13)}$	$28_{(16)}$	$8.4_{(5)}$	$8.1_{(5)}$	$7.3_{(3)}$	$6.9_{(4)}$	$7.4_{(2)}$	15/15

Table 12: ERT on f_{12} in 5-D over $\mathrm{ERT}_{\mathrm{best}}$ obtained in BBOB 2009

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f12	108	268	371	413	461	1303	1494	15/15
PSO DE	$41_{(31)}$	$\mathbf{30}_{(27)}$	$\mathbf{29}_{(13)}$	$\mathbf{30}_{(23)}$	$\mathbf{32}_{(14)}$	$\mathbf{15}_{(15)}$	$\mathbf{15}_{(6)}$	15/15
PSO DE	$55_{(56)}$	$35_{(40)}$	$31_{(22)}$	$32_{(40)}$	$32_{(19)}$	$15_{(16)}$	$15_{(4)}$	15/15
PSO DE	$65_{(45)}$	$50_{(44)}$	$51_{(33)}$	$55_{(28)}$	$53_{(26)}$	$27_{(33)}$	$26_{(30)}$	15/15

Table 13: ERT on f_{13} in 5-D over $\mathrm{ERT}_{\mathrm{best}}$ obtained in BBOB 2009

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f13	132	195	250	319	1310	1752	2255	15/15
PSO DE	15(2)	17(2)	19(2)	19(3)	5.8(0.8)	6.0(0.5)	**5.9**(0.8)	15/15
PSO DE	**12**(2)⋆	**13**(1)⋆2	**16**(2)⋆	**17**(2)⋆	**5.1**(0.3)⋆2	**5.5**(0.8)	6.0(2)	15/15
PSO DE	16(3)	18(5)	19(2)	21(2)	6.8(3)	7.8(2)	10(1.0)	15/15

Table 14: ERT on f_{14} in 5-D over $\mathrm{ERT}_{\mathrm{best}}$ obtained in BBOB 2009

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f14	10	41	58	90	139	251	476	15/15
PSO DE	1.9(2)	11(5)	19(3)	21(2)	21(1)	20(1)	15(1)	15/15
PSO DE	2.2(2)	**10**(4)	**16**(3)	**16**(2)⋆3	**16**(3)⋆3	**16**(1)⋆3	**13**(0.9)⋆3	15/15
PSO DE	**1.6**(1)	10(6)	19(4)	24(7)	28(25)	29(12)	24(8)	15/15

Table 15: ERT on f_{15} in 5-D over $\mathrm{ERT}_{\mathrm{best}}$ obtained in BBOB 2009

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f15	511	9310	19369	19743	20073	20769	21359	14/15
PSO DE	**4.3**(4)	1502(1850)	722(786)	709(1176)	697(796)	674(781)	655(1356)	1/15
PSO DE	144(491)	∞	∞	∞	∞	∞	∞ *1e6*	0/15
PSO DE	18(11)	**59**(85)⋆2	**213**(147)⋆2	**209**(283)⋆2	**318**(644)⋆2	**307**(159)⋆2	**299**(429)⋆2	2/15

Table 16: ERT on f_{16} in 5-D over $\mathrm{ERT}_{\mathrm{best}}$ obtained in BBOB 2009

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f16	120	612	2662	10163	10449	11644	12095	15/15
PSO DE	**4.6**(5)	601(411)	1503(1125)	1377(1327)	∞	∞	∞ *1e6*	0/15
PSO DE	5.6(6)	602(3266)	1034(1876)	271(344)	383(311)	558(515)	**538**(454)	2/15
PSO DE	5.3(5)	**128**(152)	**117**(94)	**51**(126)	**76**(99)	**248**(150)	571(338)	2/15

Table 17: ERT on f_{17} in 5-D over $\mathrm{ERT}_{\mathrm{best}}$ obtained in BBOB 2009

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f17	5.2	215	899	2861	3669	6351	7934	15/15
PSO DE	3.3(3)	4.4(2)	**2.8**(0.7)	**1.6**(0.3)	**1.8**(0.3)	59(79)	254(126)	5/15
PSO DE	**3.3**(4)	**3.5**(0.9)	82(0.4)	26(87)	100(136)	181(236)	820(912)	2/15
PSO DE	4.0(1)	4.9(5)	4.4(2)	4.5(1)	7.7(13)	**31**(21)	**109**(52)	10/15

Table 18: ERT on f_{18} in 5-D over $\mathrm{ERT}_{\mathrm{best}}$ obtained in BBOB 2009

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f18	103	378	3968	8451	9280	10905	12469	15/15
PSO DE	3.3(2)	5.6(2)	40(63)	104(59)	216(350)	**368**(458)	**1123**(541)	1/15
PSO DE	4.3(2)	**4.6**(1)	64(63)	104(119)	216(269)	∞	∞ *1e6*	0/15
PSO DE	**2.5**(0.9)	8.0(7)	**3.7**(1)	**7.0**(5)	**21**(21)	612(683)	∞ *9e5*	0/15

Table 19: ERT on f_{19} in 5-D over $\mathrm{ERT}_{\mathrm{best}}$ obtained in BBOB 2009

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f19	1	1	242	1.0e5	1.2e5	1.2e5	1.2e5	15/15
PSO DE	37(21)	**3786**(5596)	1.1e4(2e4)	**133**(116)	**116**(126)	**115**(207)	**114**(143)	1/15
PSO DE	**35**(36)	3883(4027)	**8329**(9268)	∞	∞	∞	∞ *1e6*	0/15
PSO DE	46(31)	8915(9464)	∞	∞	∞	∞	∞ *9e5*	0/15

Table 20: ERT on f_{20} in 5-D over ERT_{best} obtained in BBOB 2009

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f20	16	851	38111	51362	54470	54861	55313	14/15
PSO DE	**8.6**$_{(5)}$	3.0$_{(0.9)}$	39$_{(39)}$	29$_{(58)}$	28$_{(28)}$	27$_{(32)}$	27$_{(18)}$	6/15
PSO DE	8.9$_{(8)}$	**2.9**$_{(1)}$	52$_{(72)}$	39$_{(24)}$	37$_{(73)}$	36$_{(27)}$	36$_{(59)}$	5/15
PSO DE	13$_{(9)}$	10$_{(6)}$	**3.8**$_{(2)}$	**3.0**$_{(3)}$	**3.3**$_{(3)}$	**3.5**$_{(3)}$	**3.9**$_{(3)}$	15/15

Table 21: ERT on f_{21} in 5-D over ERT_{best} obtained in BBOB 2009

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f21	41	1157	1674	1692	1705	1729	1757	14/15
PSO DE	4.4$_{(5)}$	756$_{(648)}$	895$_{(1044)}$	886$_{(1180)}$	880$_{(1317)}$	868$_{(1154)}$	855$_{(1137)}$	6/15
PSO DE	**2.8**$_{(3)}$	756$_{(1295)}$	895$_{(745)}$	886$_{(443)}$	879$_{(1025)}$	868$_{(1444)}$	854$_{(1137)}$	6/15
PSO DE	3.0$_{(2)}$	**4.8**$_{(5)}$	**6.2**$_{(7)}$	**8.4**$_{(10)}$	**8.5**$_{(14)}$	**10**$_{(7)}$	**10**$_{(10)}$	15/15

Table 22: ERT on f_{22} in 5-D over ERT_{best} obtained in BBOB 2009

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f22	71	386	938	980	1008	1040	1068	14/15
PSO DE	**3.2**$_{(3)}$	1724$_{(2586)}$	1598$_{(1330)}$	1529$_{(2800)}$	1487$_{(3465)}$	1442$_{(2159)}$	1406$_{(2337)}$	6/15
PSO DE	3.9$_{(3)}$	2957$_{(3878)}$	2931$_{(3196)}$	2804$_{(2039)}$	2726$_{(3963)}$	2643$_{(3600)}$	2576$_{(4444)}$	4/15
PSO DE	3.8$_{(4)}$	**15**$_{(16)}$	**16**$_{(7)}$	**16**$_{(21)}$	**16**$_{(16)}$	**16**$_{(20)}$	**17**$_{(27)}$	15/15

Table 23: ERT on f_{23} in 5-D over ERT_{best} obtained in BBOB 2009

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f23	3.0	518	14249	27890	31654	33030	34256	15/15
PSO DE	**2.3**$_{(2)}$	24$_{(16)}$	∞	∞	∞	∞	∞ *1e6*	0/15
PSO DE	2.8$_{(2)}$	**17**$_{(10)}$	985$_{(1542)}$	∞	∞	∞	∞ *1e6*	0/15
PSO DE	2.5$_{(2)}$	96$_{(92)}$	∞	∞	∞	∞	∞ *1e6*	0/15

Table 24: ERT on f_{24} in 5-D over ERT_{best} obtained in BBOB 2009

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f24	1622	2.2e5	6.4e6	9.6e6	9.6e6	1.3e7	1.3e7	3/15
PSO DE	100$_{(312)}$	**65**$_{(67)}$	∞	∞	∞	∞	∞ *1e6*	0/15
PSO DE	**48**$_{(3)}$	∞	∞	∞	∞	∞	∞ *1e6*	0/15
PSO DE	96$_{(111)}$	∞	∞	∞	∞	∞	∞ *1e6*	0/15

Table 25: ERT on f_1 in 20-D over $\mathrm{ERT}_{\mathrm{best}}$ obtained in BBOB 2009

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f1	43	43	43	43	43	43	43	15/15
PSO DE	36(4)	68(4)	102(8)	135(8)	168(5)	233(9)	298(19)	15/15
PSO DE	**28**(2)*	**52**(9)$^{\star 3}$	**76**(5)$^{\star 4}$	**98**(13)$^{\star 4}$	**122**(5)$^{\star 4}$	**168**(10)$^{\star 4}$	**217**(9)$^{\star 4}$	15/15
PSO DE	34(9)	68(6)	100(5)	140(8)	172(9)	240(11)	306(41)	15/15

Table 26: ERT on f_2 in 20-D over $\mathrm{ERT}_{\mathrm{best}}$ obtained in BBOB 2009

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f2	385	386	387	388	390	391	393	15/15
PSO DE	18(2)	22(0.6)	26(1.0)	29(1)	33(2)	41(0.9)	48(2)	15/15
PSO DE	**13**(0.8)$^{\star 4}$	**16**(0.9)$^{\star 4}$	**18**(1)$^{\star 4}$	**21**(1)$^{\star 4}$	**23**(1)$^{\star 4}$	**29**(1)$^{\star 4}$	**34**(2)$^{\star 4}$	15/15
PSO DE	20(3)	24(4)	27(2)	33(18)	39(19)	48(3)	64(34)	15/15

Table 27: ERT on f_3 in 20-D over $\mathrm{ERT}_{\mathrm{best}}$ obtained in BBOB 2009

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f3	5066	7626	7635	7637	7643	7646	7651	15/15
PSO DE	**694**(789)	∞	∞	∞	∞	∞	∞ *4e6*	0/15
PSO DE	5128(5914)	∞	∞	∞	∞	∞	∞ *4e6*	0/15
PSO DE	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ *4e6*	0/15

Table 28: ERT on f_4 in 20-D over $\mathrm{ERT}_{\mathrm{best}}$ obtained in BBOB 2009

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f4	4722	7628	7666	7686	7700	7758	1.4e5	9/15
PSO DE	**3388**(6132)	∞	∞	∞	∞	∞	∞ *4e6*	0/15
PSO DE	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ *4e6*	0/15
PSO DE	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ *4e6*	0/15

Table 29: ERT on f_5 in 20-D over $\mathrm{ERT}_{\mathrm{best}}$ obtained in BBOB 2009

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f5	41	41	41	41	41	41	41	15/15
PSO DE	13(3)	14(3)	14(2)	14(4)	14(5)	14(4)	14(3)	15/15
PSO DE	**11**(3)	**12**(4)	**12**(4)	**12**(5)	**12**(2)	**12**(2)	**12**(3)	15/15
PSO DE	13(3)	15(5)	15(6)	15(3)	15(5)	15(5)	15(3)	15/15

Table 30: ERT on f_6 in 20-D over $\mathrm{ERT}_{\mathrm{best}}$ obtained in BBOB 2009

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f6	1296	2343	3413	4255	5220	6728	8409	15/15
PSO DE	17(5)	14(3)	14(3)	14(2)	14(5)	16(3)	16(3)	15/15
PSO DE	**12**(2)*	**12**(2)	**11**(4)	**12**(3)	**13**(1)	**13**(8)	**14**(3)	15/15
PSO DE	612(679)	2761(2875)	1.6e4(1e4)	1.3e4(2e4)	∞	∞	∞ *4e6*	0/15

Table 31: ERT on f_7 in 20-D over $\mathrm{ERT}_{\mathrm{best}}$ obtained in BBOB 2009

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f7	1351	4274	9503	16523	16524	16524	16969	15/15
PSO DE	4446(9622)	∞	∞	∞	∞	∞	∞ *4e6*	0/15
PSO DE	1.2e4(2e4)	∞	∞	∞	∞	∞	∞ *4e6*	0/15
PSO DE	**19**(23)	∞	∞	∞	∞	∞	∞ *4e6*	0/15

Table 32: ERT on f_8 in 20-D over ERT_{best} obtained in BBOB 2009

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f8	2039	3871	4040	4148	4219	4371	4484	15/15
PSO DE	11(3)	168(259)	162(496)	159(243)	157(4)	154(458)	152(447)	13/15
PSO DE	**7.5**(2)	265(1032)	255(248)	249(482)	246(710)	239(459)	234(223)	12/15
PSO DE	10(4)	**21**(37)	**22**(4)	**22**(35)	**23**(2)	**24**(33)	**25**(4)	15/15

Table 33: ERT on f_9 in 20-D over ERT_{best} obtained in BBOB 2009

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f9	1716	3102	3277	3379	3455	3594	3727	15/15
PSO DE	19(5)	114(641)	113(2)	115(3)	118(3)	127(8)	135(8)	14/15
PSO DE	**17**(7)	483(958)	462(1514)	454(879)	450(574)	447(8)	446(533)	11/15
PSO DE	24(7)	**57**(55)	**59**(56)	**63**(55)	**67**(46)	**76**(51)	**84**(34)	15/15

Table 34: ERT on f_{10} in 20-D over ERT_{best} obtained in BBOB 2009

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f10	7413	8661	10735	13641	14920	17073	17476	15/15
PSO DE	151(63)	365(216)	728(643)	∞	∞	∞	∞ *4e6*	0/15
PSO DE	**131**(94)	**241**(63)	**518**(468)	**810**(1106)	∞	∞	∞ *4e6*	0/15
PSO DE	211(158)	486(338)	5252(5482)	4202(2193)	∞	∞	∞ *4e6*	0/15

Table 35: ERT on f_{11} in 20-D over ERT_{best} obtained in BBOB 2009

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f11	1002	2228	6278	8586	9762	12285	14831	15/15
PSO DE	31(17)	33(11)	18(6)	20(5)	23(8)	26(5)	47(75)	14/15
PSO DE	28(14)	**32**(12)	**18**(8)	**18**(7)	**20**(9)	**23**(8)	**24**(8)	15/15
PSO DE	**27**(6)	37(23)	24(8)	22(8)	25(13)	32(31)	41(24)	15/15

Table 36: ERT on f_{12} in 20-D over ERT_{best} obtained in BBOB 2009

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f12	1042	1938	2740	3156	4140	12407	13827	15/15
PSO DE	**197**(916)	**790**(1271)	2052(1286)	5023(8800)	**1.3e4**(94 **4414**(4026)		∞ *4e6*	0/15
PSO DE	612(4548)	1664(2013)	**1679**(2290)	**3316**(2934)	∞	∞	∞ *4e6*	0/15
PSO DE	225(0.7)	899(1557)	2216(4545)	8442(4905)	∞	∞	∞ *4e6*	0/15

Table 37: ERT on f_{13} in 20-D over ERT$_{\text{best}}$ obtained in BBOB 2009

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f13	652	2021	2751	3507	18749	24455	30201	15/15
PSO DE	3074(4594)	1.3e4(2e4)	9437(1e4)	∞	∞	∞	∞ *4e6*	0/15
PSO DE	1540(1532)	3955(2963)	9439(1e4)	1.6e4(2e4)	∞	∞	∞ *4e6*	0/15
PSO DE	**42**(50)	**70**(81)	**190**(237)*	**553**(365)$^{\star 2}$	**275**(334)$^{\star 3}$	∞	∞ *3e6*	0/15

Table 38: ERT on f_{14} in 20-D over ERT$_{\text{best}}$ obtained in BBOB 2009

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f14	75	239	304	451	932	1648	15661	15/15
PSO DE	14(5)	12(2)	16(2)	17(2)	16(2)	**108**(23)	3783(2733)	1/15
PSO DE	**11**(3)	**9.2**(0.7)$^{\star 3}$**11**(0.7)$^{\star 4}$	**12**(1)$^{\star 4}$	**12**(2)*	113(73)	**1236**(1075)	3/15
PSO DE	14(6)	12(1)	16(2)	18(5)	17(2)	136(32)	∞ *4e6*	0/15

Table 39: ERT on f_{15} in 20-D over ERT$_{\text{best}}$ obtained in BBOB 2009

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f15	30378	1.5e5	3.1e5	3.2e5	3.2e5	4.5e5	4.6e5	15/15
PSO DE	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ *4e6*	0/15
PSO DE	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ *4e6*	0/15
PSO DE	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ *4e6*	0/15

Table 40: ERT on f_{16} in 20-D over ERT$_{\text{best}}$ obtained in BBOB 2009

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f16	1384	27265	77015	1.4e5	1.9e5	2.0e5	2.2e5	15/15
PSO DE	7942(2e4)	∞	∞	∞	∞	∞	∞ *4e6*	0/15
PSO DE	5778(1e4)	∞	∞	∞	∞	∞	∞ *4e6*	0/15
PSO DE	**290**(414)	∞	∞	∞	∞	∞	∞ *4e6*	0/15

Table 41: ERT on f_{17} in 20-D over ERT$_{\text{best}}$ obtained in BBOB 2009

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f17	63	1030	4005	12242	30677	56288	80472	15/15
PSO DE	**7.6**(4)	970(974)	1.4e4(5431)	∞	∞	∞	∞ *4e6*	0/15
PSO DE	8.6(6)	2570(3882)	1.4e4(1e4)	∞	∞	∞	∞ *4e6*	0/15
PSO DE	10(12)	**364**(945)	**6291**(5682)	∞	∞	∞	∞ *4e6*	0/15

Table 42: ERT on f_{18} in 20-D over ERT$_{\text{best}}$ obtained in BBOB 2009

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f18	621	3972	19561	28555	67569	1.3e5	1.5e5	15/15
PSO DE	5.7(3)	2759(2769)	∞	∞	∞	∞	∞ *4e6*	0/15
PSO DE	**4.8**(2)	1.4e4(2e4)	∞	∞	∞	∞	∞ *4e6*	0/15
PSO DE	17(18)	**1728**(2099)	∞	∞	∞	∞	∞ *4e6*	0/15

Table 43: ERT on f_{19} in 20-D over ERT$_{\text{best}}$ obtained in BBOB 2009

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f19	1	1	3.4e5	4.7e6	6.2e6	6.7e6	6.7e6	15/15
PSO DE	736(355)	**2.1e6**(6e6)	∞	∞	∞	∞	∞ *4e6*	0/15
PSO DE	**628**(222)	4.5e6(1e7)	∞	∞	∞	∞	∞ *4e6*	0/15
PSO DE	961(244)	∞	∞	∞	∞	∞	∞ *4e6*	0/15

Table 44: ERT on f_{20} in 20-D over $\mathrm{ERT}_{\mathrm{best}}$ obtained in BBOB 2009

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f20	82	46150	3.1e6	5.5e6	5.5e6	5.6e6	5.6e6	14/15
PSO DE	22(6)	238(411)	∞	∞	∞	∞	∞ *4e6*	0/15
PSO DE	**16**(3)*	563(368)	∞	∞	∞	∞	∞ *4e6*	0/15
PSO DE	21(6)	**11**(20)	∞	∞	∞	∞	∞ *4e6*	0/15

Table 45: ERT on f_{21} in 20-D over $\mathrm{ERT}_{\mathrm{best}}$ obtained in BBOB 2009

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f21	561	6541	14103	14318	14643	15567	17589	15/15
PSO DE	1783(3558)	2444(3971)	1842(2196)	1814(3418)	1774(1091)	1669(898)	1477(2215)	2/15
PSO DE	1782(3560)	3972(3819)	3967(5384)	3908(3210)	3821(6413)	3594(2952)	3181(1874)	1/15
PSO DE	**10**(21)	**25**(49)	**14**(22)$^{\star 2}$	**14**(12)$^{\star 2}$	**14**(11)$^{\star 2}$	**13**(21)$^{\star 2}$	**12**(11)$^{\star 2}$	15/15

Table 46: ERT on f_{22} in 20-D over $\mathrm{ERT}_{\mathrm{best}}$ obtained in BBOB 2009

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f22	467	5580	23491	24163	24948	26847	1.3e5	12/15
PSO DE	4284(6421)	2865(4475)	2381(1913)	2315(3431)	2243(2562)	2084(2828)	415(185)	1/15
PSO DE	2144(1)	1970(2507)	∞	∞	∞	∞	∞ *4e6*	0/15
PSO DE	**16**(28)	**103**(34)	**130**(105)$^{\star 2}$	**126**(212)$^{\star 2}$	**122**(152)$^{\star 2}$	**114**(108)$^{\star 2}$	**23**(27)$^{\star 2}$	10/15

Table 47: ERT on f_{23} in 20-D over $\mathrm{ERT}_{\mathrm{best}}$ obtained in BBOB 2009

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f23	3.2	1614	67457	3.7e5	4.9e5	8.1e5	8.4e5	15/15
PSO DE	**1.6**(1)	**1664**(3485)	∞	∞	∞	∞	∞ *4e6*	0/7
PSO DE	1.7(1)	4993(6167)	∞	∞	∞	∞	∞ *4e6*	0/15
PSO DE	2.1(2)	∞	∞	∞	∞	∞	∞ *4e6*	0/15

Table 48: ERT on f_{24} in 20-D over $\mathrm{ERT}_{\mathrm{best}}$ obtained in BBOB 2009

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f24	1.3e6	7.5e6	5.2e7	5.2e7	5.2e7	5.2e7	5.2e7	3/15
PSO DE	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ *4e6*	0/15
PSO DE	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ *4e6*	0/15