

Comparison Tables: BBOB 2013 Testbed in 40-D

The BBOBies

May 15, 2014

Abstract

This document provides tabular results of the workshop for Black-Box Optimization Benchmarking at GECCO 2013, see <http://coco.gforge.inria.fr/doku.php?id=bbob-2013>. About 30 algorithms have been tested on 24 benchmark functions in dimensions between 2 and 40. A description of the used objective functions can be found in [6, 4]. The experimental set-up is described in [5].

The performance measure provided in the following tables is the expected number of objective function evaluations to reach a given target function value (ERT, expected running time), divided by the respective value for the best algorithm in BBOB-2009 (see [2]) if an algorithm from BBOB-2009 reached the given target function value. The ERT value is given otherwise (ERT_{best} is noted as infinite). See [5] for details on how ERT is obtained. Bold entries in the table correspond to values below 3 or the top-three best values. Table 1 gives an overview on all algorithms submitted to the noise-free testbed in 2013.

Table 1: Names and references of all algorithms submitted for the noise-free testbed

algorithm name	short	paper	reference
BIPOP-aCMA-STEP los		BI-Population CMA-ES Algorithms with Surrogate Models and Line Searches (Page 1177)	[11]
BIPOP-saACM-k los		BI-Population CMA-ES Algorithms with Surrogate Models and Line Searches (Page 1177)	[11]
CMAES hut		An Evaluation of Sequential Model-Based Optimization for Expensive Blackbox Functions (Page 1209)	[8]
DE pal		Benchmarking a Hybrid Multi Level Single Linkage Algorithm on the BBOB Noiseless Testbed	[12]
HCMA los		BI-Population CMA-ES Algorithms with Surrogate Models and Line Searches (Page 1177)	[11]
HMSL pal		Benchmarking a Hybrid Multi Level Single Linkage Algorithm on the BBOB Noiseless Testbed	[12]
IPOP-10DDr lia		Bounding the Population Size of IPOP-CMA-ES on the Noiseless BBOB Testbed (Page 1161)	[9]
IPOP-500 lia		Bounding the Population Size of IPOP-CMA-ES on the Noiseless BBOB Testbed (Page 1161)	[9]
IPOP-tany lia		Testing the Impact of Parameter Tuning on a Variant of IPOP-CMA-ES with a Bounded Maximum Population Size on the Noiseless BBOB Testbed (Page 1169)	[10]
IPOP-texp lia		Testing the Impact of Parameter Tuning on a Variant of IPOP-CMA-ES with a Bounded Maximum Population Size on the Noiseless BBOB Testbed (Page 1169)	[10]
IPOP lia		Bounding the Population Size of IPOP-CMA-ES on the Noiseless BBOB Testbed (Page 1161)	[9]
		Testing the Impact of Parameter Tuning on a Variant of IPOP-CMA-ES with a Bounded Maximum Population Size on the Noiseless BBOB Testbed (Page 1169)	[10]
MLSL pal		Benchmarking a Hybrid Multi Level Single Linkage Algorithm on the BBOB Noiseless Testbed	[12]
OQNLP pal		Comparison of Multistart Global Optimization Algorithms on the BBOB Noiseless Testbed (Page 1153)	[13]
P-DCN tra		Multiobjectivization with NSGA-II on the Noiseless BBOB Testbed (Page 1217)	[15]
P-zero tra		Multiobjectivization with NSGA-II on the Noiseless BBOB Testbed (Page 1217)	[15]
SMAC hut		An Evaluation of Sequential Model-Based Optimization for Expensive Blackbox Functions (Page 1209)	[8]
U-DCN tra		Multiobjectivization with NSGA-II on the Noiseless BBOB Testbed (Page 1217)	[15]
U-zero tra		Multiobjectivization with NSGA-II on the Noiseless BBOB Testbed (Page 1217)	[15]
fmincon pal		Comparison of Multistart Global Optimization Algorithms on the BBOB Noiseless Testbed (Page 1153)	[13]
fminunc pal		Comparison of Multistart Global Optimization Algorithms on the BBOB Noiseless Testbed (Page 1153)	[13]
ga100 hol		Benchmarking Cellular Genetic Algorithms on the BBOB Noiseless Testbed (Page 1201)	[7]
grid100 hol		Benchmarking Cellular Genetic Algorithms on the BBOB Noiseless Testbed (Page 1201)	[7]
grid16 hol		Benchmarking Cellular Genetic Algorithms on the BBOB Noiseless Testbed (Page 1201)	[7]
hill hol		Benchmarking Cellular Genetic Algorithms on the BBOB Noiseless Testbed (Page 1201)	[7]
ImmCMA aug		Benchmarking the Local Metamodel CMA-ES on the Noiseless BBOB'2013 Test Bed (Page 1225)	[1]
memPSODE vog		Adapt-MEMPSODE: A Memetic Algorithm with Adaptive Selection of Local Searches (Page 1137)	[16]
prcga saw		Benchmarking Projection-Based Real Coded Genetic Algorithm on BBOB-2013 Noiseless Function Testbed (Page 1193)	[14]
ring100 hol		Benchmarking Cellular Genetic Algorithms on the BBOB Noiseless Testbed (Page 1201)	[7]
ring16 hol		Benchmarking Cellular Genetic Algorithms on the BBOB Noiseless Testbed (Page 1201)	[7]
simplex pal		Comparison of Multistart Global Optimization Algorithms on the BBOB Noiseless Testbed (Page 1153)	[13]

Table 2: 40-D, running time excess $ERT/ERT_{\text{best}} 2009$ on f_1 , in italics is given the median final function value and the median number of function evaluations to reach this value divided by dimension.

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f1	83	83	83	83	83	83	83	30/30
BIPOP-aCMA	4.5 (0)	6.3 (0)	7.4 (0)	9.3 (0)	11 (0)	14 (0)	17 (0)	15/15
BIPOP-saAC	3.1 (0.4)	4.5 (0.4)	5.4 (0.3)	6.5 (0.4)	7.8 (0.6)	10 (0.6)	12 (0.8)	15/15
CMAES hut	10(1)	16(1)	22(1)	28(1)	34(1)	46(0.8)	∞ <i>4007</i>	0/15
IPOP-10DDr	9.1(0.5)	15(0.7)	21(1)	27(1)	33(1)	45(1)	57(1)	15/15
IPOP-500 l	9.1(0.5)	15(0.7)	21(1)	27(1)	33(1)	45(1)	57(1)	15/15
IPOP-tany	9.0(0.5)	15(1)	22(1.0)	28(1)	34(0.8)	47(2)	60(2)	15/15
IPOP-texp	7.2(0.8)	12(1)	18(1.0)	24(1)	30(1)	43(1)	54(2)	15/15
IPOP lia	9.1(0.5)	15(0.7)	21(1)	27(1)	33(1)	45(1)	57(1)	15/15
ga100 hol	78(8)	206(24)	462(47)	990(82)	2192(285)	1.4e4(3722)	∞ <i>2e6</i>	0/15
grid100 ho	374(55)	923(96)	2326(317)	6547(1157)	1.9e4(3250)	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
grid16 hol	60(8)	152(17)	412(45)	1146(255)	3334(473)	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
hill hol	11(3)	29(8)	95(14)	290(77)	892(221)	9553(3143)	∞ <i>2e6</i>	0/15
memPSODE v	1.7 (0) ^{*4}	1.7 (0) ^{*4}	1.7 (0) ^{*4}	1.7 (0) ^{*4}	1.7 (0) ^{*4}	1.7 (0) ^{*4}	1.7 (0) ^{*4}	15/15
prcga saw	46(7)	94(9)	160(19)	265(84)	469(188)	1529(827)	3922(2468)	15/15
ring100 ho	195(13)	456(35)	893(69)	1582(116)	2625(203)	1.1e4(1295)	∞ <i>2e6</i>	0/15
ring16 hol	36(2)	84(7)	188(21)	414(44)	1071(226)	9329(1542)	∞ <i>2e6</i>	0/15

Table 3: 40-D, running time excess $ERT/ERT_{\text{best}} 2009$ on f_2 , in italics is given the median final function value and the median number of function evaluations to reach this value divided by dimension.

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f_2	796	797	799	799	800	802	804	15/15
BIPOP-aCMA	1.3 (0.0) ^{*4}	1.5 (0.1) ^{*4}	1.7 (0.1) ^{*4}	1.9 (0.2) ^{*4}	2.1 (0.2) ^{*4}	2.4 (0.2) ^{*4}	2.8 (0.2) ^{*4}	15/15
BIPOP-saAC	7.4 (0.9)	8.5 (1)	9.2 (1)	10 (1)	10 (1)	11 (1)	11 (1)	15/15
CMAES hut	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>4007</i>	0/15
IPOP-10DDr	58(6)	72(7)	82(9)	89(7)	93(5)	98(4)	100(2)	15/15
IPOP-500 l	58(6)	72(7)	82(9)	89(7)	93(5)	98(4)	100(2)	15/15
IPOP-tany	57(6)	71(6)	79(5)	85(5)	89(5)	94(3)	96(2)	15/15
IPOP-texp	55(6)	66(7)	75(5)	80(3)	84(4)	89(2)	91(2)	15/15
IPOP lia	58(6)	72(7)	82(9)	89(7)	93(5)	98(4)	100(2)	15/15
ga100 hol	353(206)	980(396)	6921(7505)	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
grid100 ho	8963(7582)	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
grid16 hol	617(167)	2819(1711)	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
hill hol	246(112)	574(157)	5743(5223)	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
memPSODE v	8.7 (9)	10 (9)	10 (9)	10 (9)	10 (9)	23 (0.9)	24 (0.7)	15/15
prcga saw	67(67)	137(92)	306(129)	486(211)	1093(569)	2052(1062)	5254(3475)	11/15
ring100 ho	287(74)	840(286)	3966(2966)	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
ring16 hol	230(121)	772(361)	3176(1655)	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15

Table 4: 40-D, running time excess $ERT/ERT_{\text{best}} 2009$ on f_3 , in italics is given the median final function value and the median number of function evaluations to reach this value divided by dimension.

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f_3	15526	15602	15612	15641	15646	15651	15656	15/15
BIPOP-aCMA	0.23 (0.0) _{↓4} ^{*4}	0.36 (0.1) _{↓4}	0.43 (0.1) _{↓4}	0.44 (0.1) _{↓4}	0.46 (0.1) _{↓4}	0.48 (0.1) _{↓4}	0.50 (0.1) _{↓4}	15/15
BIPOP-saAC	1748(1579)	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>4e7</i>	0/15
CMAES hut	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>4007</i>	0/15
IPOP-10DDr	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>4e7</i>	0/15
IPOP-500 l	2753(3024)	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>4e7</i>	0/15
IPOP-tany	7705(7774)	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>4e7</i>	0/15
IPOP-texp	6590(7459)	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>4e7</i>	0/15
IPOP lia	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>4e7</i>	0/15
ga100 hol	3.3(0.5)	8.5(1)	22(4)	63(20)	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
grid100 ho	26(4)	82(16)	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
grid16 hol	4.0(0.6)	13(3)	44(9)	261(197)	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
hill hol	1.1 (0.4)	3.8 (1)	13 (2)	41(12)	253 (207)	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
memPSODE v	35(19)	160(87)	282(180)	282(180)	282(180)	290 (180)	290 (180)	15/15
prcga saw	3.8(1)	13(11)	18(15)	20 (14)	43 (28)	111 (132)	197 (147)	11/15
ring100 ho	5.9(0.3)	11(0.7)	22(3)	50(7)	1909(1981)	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
ring16 hol	1.6 (0.1)	4.7 (0.6)	14 (3)	40 (14)	308(260)	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15

Table 5: 40-D, running time excess $ERT/ERT_{\text{best}} 2009$ on f_4 , in italics is given the median final function value and the median number of function evaluations to reach this value divided by dimension.

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f_4	15536	15601	15659	15678	15703	15733	2.8e5	9/15
BIPOP-aCMA	0.40 (0.0) _{↓4}	0.71 (0.0) _{↓4}	1.0 (0.1)	1.3 (0.1)	1.6 (0.1)	1.9 (0.1)	0.11 (8e-3)	15/15
BIPOP-saAC	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>4e7</i>	0/15
CMAES hut	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>4007</i>	0/15
IPOP-10DDr	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>4e7</i>	0/15
IPOP-500 l	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>4e7</i>	0/15
IPOP-tany	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>4e7</i>	0/15
IPOP-texp	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>4e7</i>	0/15
IPOP lia	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>4e7</i>	0/15
ga100 hol	4.4(0.8)	12(2)	35(7)	91(19)	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
grid100 ho	34(5)	143(67)	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
grid16 hol	5.6(0.9)	19(4)	63(21)	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
hill hol	1.5 (0.3)	5.7 (0.8)	20 (8)	56 (14)	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
memPSODE v	104(71)	823(307)	2301(2008)	2298(2086)	2703(2547)	2700 (2553)	240 (253)	4/15
prcga saw	6.6(1)	15(5)	16 (5)	16 (5)	25 (14)	59 (38)	10 (6)	12/15
ring100 ho	6.8(0.5)	13(1)	26(3)	70(16)	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
ring16 hol	2.2 (0.4)	7.1 (1)	20(4)	62(17)	1905 (2038)	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15

Table 6: 40-D, running time excess $ERT/ERT_{\text{best}} 2009$ on f_5 , in italics is given the median final function value and the median number of function evaluations to reach this value divided by dimension.

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f_5	98	116	120	121	121	121	121	15/15
BIPOP-aCMA	0.84 (0) ^{*4} _{↓4}	0.71 (0) ^{*4} _{↓4}	0.68 (0) ^{*4} _{↓4}	0.68 (0) ^{*4} _{↓4}	0.68 (0) ^{*4} _{↓4}	0.68 (0) ^{*4} _{↓4}	0.68 (0) ^{*4} _{↓4}	15/15
BIPOP-saAC	3.1 (0.3)	3.0 (0.3)	2.9 (0.2)	2.9 (0.2)	2.9 (0.2)	2.9 (0.2)	2.9 (0.2)	15/15
CMAES hut	4.9 (0.7)	4.8 (0.6)	4.7 (0.6)	4.7 (0.6)	4.7 (0.6)	4.7 (0.6)	4.7 (0.6)	15/15
IPOP-10DDr	249(490)	266(431)	298(415)	369(497)	506(517)	611(516)	642(524)	15/15
IPOP-500 l	249(490)	266(431)	298(415)	369(497)	506(517)	611(516)	642(524)	15/15
IPOP-tany	206(299)	239(255)	261(270)	274(274)	307(325)	346(320)	416(321)	15/15
IPOP-texp	4970(7116)	1.1e4(4e4)	1.5e4(5e4)	2.0e4(7e4)	2.4e4(9e4)	3.2e4(1e5)	3.3e4(1e5)	15/15
IPOP lia	249(490)	266(431)	298(415)	369(497)	506(517)	611(516)	642(524)	15/15
ga100 hol	78(8)	84(8)	88(8)	91(8)	91(8)	91(8)	91(8)	15/15
grid100 ho	361(57)	364(64)	371(62)	376(66)	376(66)	376(66)	376(66)	15/15
grid16 hol	65(9)	65(10)	67(8)	67(8)	67(8)	67(8)	67(8)	15/15
hill hol	11(3)	12(2)	12(2)	11(2)	11(2)	11(2)	11(2)	15/15
memPSODE v	6.3(0.8)	6.1(0.9)	6.0(0.9)	6.1(0.8)	6.1(0.8)	6.1(0.8)	6.1(0.8)	15/15
prcga saw	8.7e4(1e5)	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0/15
ring100 ho	176(9)	181(11)	190(13)	190(13)	190(13)	190(13)	190(13)	15/15
ring16 hol	32(3)	33(3)	35(3)	35(5)	35(5)	35(5)	35(5)	15/15

Table 7: 40-D, running time excess $ERT/ERT_{\text{best}} 2009$ on f_6 , in italics is given the median final function value and the median number of function evaluations to reach this value divided by dimension.

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f6	3507	5523	7168	9470	11538	15007	19222	15/15
BIPOP-aCMA	1.6 (0.3)	1.4 (0.2)	1.4 (0.2)	1.3 (0.2)	1.3 (0.1)	1.3 (0.1)	1.3 (0.1)	15/15
BIPOP-saAC	1.4 (0.2)	1.3 (0.2)	1.4 (0.2)	1.4 (0.1)	1.5 (0.1)	1.7 (0.3)	1.8 (0.4)	15/15
CMAES hut	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>4007</i>	0/15
IPOP-10DDr	1.3 (0.1)	1.3 (0.1)	1.3 (0.1)	1.2 (0.1)	1.2 (0.1)	1.3 (0.1)	1.3 (0.1)	15/15
IPOP-500 l	1.3 (0.1)	1.3 (0.1)	1.3 (0.1)	1.2 (0.1)	1.2 (0.1)	1.3 (0.1)	1.3 (0.1)	15/15
IPOP-tany	1.3 (0.1)	1.3 (0.1)	1.4 (0.1)	1.3 (0.1)	1.2 (0.1)	1.3 (0.1)	1.3 (0.1)	15/15
IPOP-texp	1.3 (0.2)	1.4 (0.1)	1.4 (0.1)	1.4 (0.1)	1.4 (0.1)	1.5 (0.1)	1.6 (0.1)	15/15
IPOP lia	1.3 (0.1)	1.3 (0.1)	1.3 (0.1)	1.2 (0.1)	1.2 (0.1)	1.3 (0.1)	1.3 (0.1)	15/15
ga100 hol	80(96)	739(791)	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
grid100 ho	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
grid16 hol	1042(1264)	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
hill hol	597(855)	5195(5613)	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
memPSODE v	20(9)	19(4)	17(3)	15(9)	13(7)	13(6)	31(32)	15/15
prcga saw	3182(3993)	1.1e4(1e4)	∞	∞	∞	∞	∞ <i>4e6</i>	0/15
ring100 ho	127(38)	253(191)	2076(2216)	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
ring16 hol	279(357)	2537(2897)	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15

∞

Table 8: 40-D, running time excess $ERT/ERT_{\text{best}} 2009$ on f_7 , in italics is given the median final function value and the median number of function evaluations to reach this value divided by dimension.

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f_7	10698	17839	41037	66294	66294	66294	68145	15/15
BIPOP-aCMA	1.1 (0.8)	4.1 (2)	2.3 (0.9)	1.5 (0.6)	1.5 (0.6)	1.5 (0.6)	1.4 (0.6)	15/15
BIPOP-saAC	1.2 (0.5)	1.6 (0.9)	0.93 (0.4)	0.65 (0.3)	0.65 (0.3)	0.65 (0.3)	0.64 (0.3)	15/15
CMAES hut	5.6(6)	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>4007</i>	0/15
IPOP-10DDr	6.2(9)	10(7)	4.8(3)	3.1(2)	3.1(2)	3.1(2)	3.0(2)	15/15
IPOP-500 l	6.2(9)	10(7)	4.8(3)	3.1(2)	3.1(2)	3.1(2)	3.0(2)	15/15
IPOP-tany	2.1 (2)	6.8 (2)	3.4 (1)	2.2 (0.7)	2.2 (0.7)	2.2 (0.7)	2.2 (0.7)	15/15
IPOP-texp	11(10)	87(126)	38(55)	24(34)	24(34)	24(34)	23(33)	15/15
IPOP lia	6.2(9)	10(7)	4.8(3)	3.1(2)	3.1(2)	3.1(2)	3.0(2)	15/15
ga100 hol	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
grid100 ho	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
grid16 hol	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
hill hol	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
memPSODE v	69(43)	3672(3833)	6861(7804)	4345(4529)	4345(4680)	4345(4982)	∞ <i>2e7</i>	0/15
prcga saw	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
ring100 ho	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
ring16 hol	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15

Table 9: 40-D, running time excess $ERT/ERT_{\text{best}} 2009$ on f_8 , in italics is given the median final function value and the median number of function evaluations to reach this value divided by dimension.

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f_8	7080	10655	11012	11265	11430	11701	11969	15/15
BIPOP-aCMA	5.6 (0.5)	6.0 (0.4)	6.1 (0.4)	6.1 (0.4)	6.1 (0.4)	6.1 (0.4)	6.1 (0.4)	15/15
BIPOP-saAC	1.6 (0.2)	1.5 (0.1)	1.5 (0.1)	1.5 (0.1)	1.5 (0.1)	1.5 (0.1)	1.5 (0.1)	15/15
CMAES hut	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>4007</i>	0/15
IPOP-10DDr	7.1 (0.8)	7.0(0.7)	7.1(0.6)	7.2(0.6)	7.2(0.6)	7.2(0.6)	7.2(0.6)	15/15
IPOP-500 l	7.1 (0.8)	7.0(0.7)	7.1(0.6)	7.2(0.6)	7.2(0.6)	7.2(0.6)	7.2(0.6)	15/15
IPOP-tany	7.2(0.9)	6.3 (1)	6.5 (2)	6.6 (1)	6.6 (1)	6.6 (1)	6.6 (1)	15/15
IPOP-texp	7.2(0.7)	7.1(0.8)	7.3(0.8)	7.3(0.8)	7.3(0.7)	7.3(0.7)	7.3(0.7)	15/15
IPOP lia	7.1 (0.8)	7.0(0.7)	7.1(0.6)	7.2(0.6)	7.2(0.6)	7.2(0.6)	7.2(0.6)	15/15
ga100 hol	1986(2136)	2658(3097)	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
grid100 ho	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
grid16 hol	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
hill hol	612(715)	799(936)	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
memPSODE v	19(8)	21(8)	23(10)	23(10)	24(10)	24(9)	28(20)	15/15
prcga saw	1189(1442)	1557(1876)	∞	∞	∞	∞	∞ <i>4e6</i>	0/15
ring100 ho	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
ring16 hol	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15

Table 10: 40-D, running time excess $\text{ERT}/\text{ERT}_{\text{best } 2009}$ on f_9 , in italics is given the median final function value and the median number of function evaluations to reach this value divided by dimension.

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f_9	6122	12982	13300	13496	13651	13909	14142	15/15
BIPOP-aCMA	6.1 (0.3)	3.9 (0.2)	4.0 (0.2)	4.1 (0.2)	4.1 (0.2)	4.1 (0.2)	4.1 (0.2)	15/15
BIPOP-saAC	1.8 (0.2)	1.3 (0.7)	1.3 (0.7)	1.3 (0.7)	1.3 (0.7)	1.3 (0.7)	1.3 (0.7)	15/15
CMAES hut	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>4007</i>	0/15
IPOP-10DDr	8.6(1)	6.9(4)	7.0(4)	7.1(4)	7.1(4)	7.1(4)	7.1(4)	15/15
IPOP-500 l	8.6(1)	6.9(4)	7.0(4)	7.1(4)	7.1(4)	7.1(4)	7.1(4)	15/15
IPOP-tany	8.6(1)	6.8(3)	6.9(3)	7.0(3)	7.0(3)	7.1(3)	7.1(3)	15/15
IPOP-texp	8.3 (0.8)	5.9 (0.4)	6.1 (0.4)	6.2 (0.4)	6.2 (0.4)	6.2 (0.3)	6.2 (0.3)	15/15
IPOP lia	8.6(1)	6.9(4)	7.0(4)	7.1(4)	7.1(4)	7.1(4)	7.1(4)	15/15
ga100 hol	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
grid100 ho	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
grid16 hol	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
hill hol	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
memPSODE v	35(10)	30(16)	31(15)	32(18)	32(20)	32(20)	35(26)	15/15
prcga saw	1579(1633)	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>4e6</i>	0/15
ring100 ho	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
ring16 hol	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15

Table 11: 40-D, running time excess $\text{ERT}/\text{ERT}_{\text{best}} 2009$ on f_{10} , in italics is given the median final function value and the median number of function evaluations to reach this value divided by dimension.

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f10	25890	30368	36796	51579	56007	65128	70824	15/15
BIPOP-aCMA	1.1 ^(0.1)	1.1 ^(0.1)	1.0 ^(0.1)	0.79 ^(0.0)	0.77 ^(0.0)	0.71 ^(0.0)	0.67 ^(0.0)	15/15
BIPOP-saAC	0.24 ^(0.0) _{↓5}	0.23 ^(0.0) _{↓5}	0.20 ^(0.0) _{↓5}	0.15 ^(0.0) _{↓4}	0.15 ^(0.0) _{↓4}	0.13 ^(0.0) _{↓4}	0.13 ^(1e-2) _{↓4}	15/15
CMAES hut	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>4007</i>	0/15
IPOP-10DDr	1.7 ^(0.1)	1.9 ^(0.2)	1.7 ^(0.1)	1.3 ^(0.1)	1.3 ^(0.1)	1.2 ^(0.0)	1.1 ^(0.0)	15/15
IPOP-500 l	1.7 ^(0.1)	1.9 ^(0.2)	1.7 ^(0.1)	1.3 ^(0.1)	1.3 ^(0.1)	1.2 ^(0.0)	1.1 ^(0.0)	15/15
IPOP-tany	1.7 ^(0.1)	1.8 ^(0.2)	1.7 ^(0.1)	1.3 ^(0.1)	1.3 ^(0.0)	1.2 ^(0.0)	1.1 ^(0.0)	15/15
IPOP-texp	1.6 ^(0.2)	1.7 ^(0.2)	1.6 ^(0.2)	1.2 ^(0.1)	1.2 ^(0.1)	1.1 ^(0.0)	1.0 ^(0.0)	15/15
IPOP lia	1.7 ^(0.1)	1.9 ^(0.2)	1.7 ^(0.1)	1.3 ^(0.1)	1.3 ^(0.1)	1.2 ^(0.0)	1.1 ^(0.0)	15/15
ga100 hol	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
grid100 ho	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
grid16 hol	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
hill hol	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
memPSODE v	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e7</i>	0/15
prcga saw	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>4e6</i>	0/15
ring100 ho	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
ring16 hol	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15

Table 12: 40-D, running time excess $ERT/ERT_{\text{best}} 2009$ on f_{11} , in italics is given the median final function value and the median number of function evaluations to reach this value divided by dimension.

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f11	2368	4855	11681	25315	29749	38949	48211	15/15
BIPOP-aCMA	5.1 (0.3)	2.7 (0.1)	1.2 (0.0)	0.58 (0.0)	0.51 (0.0)	0.43 (0.0)	0.37 (0.0)	15/15
BIPOP-saAC	2.8 (1)	1.4 (0.7)	0.61 (0.3)	0.29 (0.1)	0.25 (0.1)	0.20 (0.1)	0.17 (0.1)	15/15
CMAES hut	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>4007</i>	0/15
IPOP-10DDr	13(0.3)	6.9(0.2)	3.1(0.1)	1.5 (0.0)	1.3 (0.0)	1.1 (0.0)	0.94 (0.0)	15/15
IPOP-500 l	13(0.3)	6.9(0.2)	3.1(0.1)	1.5 (0.0)	1.3 (0.0)	1.1 (0.0)	0.94 (0.0)	15/15
IPOP-tany	12(0.5)	6.5(0.1)	2.9 (0.0)	1.4 (0.0)	1.3 (0.0)	1.0 (0.0)	0.87 (0.0)	15/15
IPOP-texp	10(0.5)	5.7(0.1)	2.5 (0.1)	1.2 (0.0)	1.1 (0.0)	0.89 (0.0)	0.76 (0.0)	15/15
IPOP lia	13(0.3)	6.9(0.2)	3.1(0.1)	1.5 (0.0)	1.3 (0.0)	1.1 (0.0)	0.94 (0.0)	15/15
ga100 hol	531(197)	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
grid100 ho	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
grid16 hol	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
hill hol	932(509)	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
memPSODE v	0.72 (0.1) ^{*4}	1.2 (2)	0.57 (0.9)	0.35 (0.4)	0.64 (0.6)	17(15)	∞ <i>2e7</i>	0/15
prcga saw	2469(1879)	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>4e6</i>	0/15
ring100 ho	1498(1259)	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
ring16 hol	606(228)	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15

Table 13: 40-D, running time excess ERT/ERT_{best} 2009 on f_{12} , in italics is given the median final function value and the median number of function evaluations to reach this value divided by dimension.

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f12	4169	7452	9174	10751	13146	22758	25192	15/15
BIPOP-aCMA	1.9 (2)	2.2 (1)	2.4 (1)	2.3 (0.9)	2.2 (0.8)	1.5 (0.5)	1.5 (0.4)	15/15
BIPOP-saAC	0.34 (0.0) _{↓3}	0.54 (0.4)	0.72 (0.3)	0.74 (0.3)	0.73 (0.2)	0.55 (0.1)	0.57 (0.1)	15/15
CMAES hut	1.4 (1.0)	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>4007</i>	0/15
IPOP-10DDr	1.1 (0.1)	2.4 (0.7)	2.8 (0.8)	2.9 (0.8)	2.8 (0.7)	2.1 (0.5)	2.2 (0.5)	15/15
IPOP-500 l	1.1 (0.1)	2.4 (0.7)	2.8 (0.8)	2.9 (0.8)	2.8 (0.7)	2.1 (0.5)	2.2 (0.5)	15/15
IPOP-tany	1.6 (2)	2.2 (2)	2.8 (1)	2.9 (1)	2.8 (1)	2.1 (0.6)	2.2 (0.6)	15/15
IPOP-texp	1.4 (1)	2.0 (1)	2.5 (2)	2.7 (1)	2.6 (1.0)	2.0 (0.5)	2.1 (0.4)	15/15
IPOP lia	1.1 (0.1)	2.4 (0.7)	2.8 (0.8)	2.9 (0.8)	2.8 (0.7)	2.1 (0.5)	2.2 (0.5)	15/15
ga100 hol	709(523)	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
grid100 ho	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
grid16 hol	7173(6956)	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
hill hol	539(489)	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
memPSODE v	1.2 (2)	1.6 (3)	5.0(7)	5.7(8)	7.5(8)	20(14)	253(334)	14/15
prcga saw	386(501)	598(753)	2624(3223)	4846(5086)	∞	∞	∞ <i>4e6</i>	0/15
ring100 ho	434(257)	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
ring16 hol	629(716)	1988(2013)	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15

Table 14: 40-D, running time excess $\text{ERT}/\text{ERT}_{\text{best}}$ 2009 on f_{13} , in italics is given the median final function value and the median number of function evaluations to reach this value divided by dimension.

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f13	2029	6916	8734	11861	71936	98467	1.2e5	15/15
BIPOP-aCMA	1.6 (0.1)	2.2 (2)	3.9 (4)	6.3 (6)	1.4 (1.0)	1.8 (1)	2.6 (1)	15/15
BIPOP-saAC	0.76 (0.8)	0.55 (0.3)	0.94 (1.0)	2.0 (2)	0.59 (0.4)	0.72 (0.6)	0.68 (0.6)	15/15
CMAES hut	2.1 (1)	8.7(10)	∞	∞	∞	∞	∞ <i>4007</i>	0/15
IPOP-10DDr	3.1(4)	2.9 (3)	7.6(8)	9.3(9)	2.4 (1)	2.5 (0.8)	2.4 (0.8)	15/15
IPOP-500 l	3.1(4)	2.9 (3)	7.6(8)	9.3(9)	2.4 (1)	2.5 (0.8)	2.4 (0.8)	15/15
IPOP-tany	2.6 (4)	3.6(5)	8.1(9)	7.9(7)	1.9 (1)	2.4 (0.6)	2.5 (1.0)	15/15
IPOP-texp	1.5 (0.1)	3.7(3)	8.0(8)	11(6)	2.2 (0.9)	2.1 (0.9)	2.6 (0.3)	15/15
IPOP lia	3.1(4)	2.9 (3)	7.6(8)	9.3(9)	2.4 (1)	2.5 (0.8)	2.4 (0.8)	15/15
ga100 hol	505(553)	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
grid100 ho	1.5e4(2e4)	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
grid16 hol	463(546)	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
hill hol	585(987)	939(1004)	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
memPSODE v	1.4 (2)	1.1 (1)	1.5 (0.5)	2.7 (2)	1.8 (1)	44(65)	408(438)	5/15
prcga saw	769(994)	1227(1484)	3064(3429)	4846(5396)	∞	∞	∞ <i>4e6</i>	0/15
ring100 ho	212(76)	798(759)	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
ring16 hol	1195(1486)	1325(1439)	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15

Table 15: 40-D, running time excess $\text{ERT}/\text{ERT}_{\text{best 2009}}$ on f_{14} , in italics is given the median final function value and the median number of function evaluations to reach this value divided by dimension.

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f14	304	616	777	1105	2207	4825	57711	15/15
BIPOP-aCMA	3.6(0.8)	2.9 (0.4)	3.4(0.3)	4.0(0.3)	3.6 (0.3)	4.0 (0.3)	0.60 (0.0)	15/15
BIPOP-saAC	2.1 (0.6)	1.5 (0.3)	1.5 (0.2)	1.9 (0.2)	1.4 (0.1) ⁺⁴	1.2 (0.1)	0.15 (9e-3)	15/15
CMAES hut	2.5 (0.5)	2.4 (0.3)	3.0 (0.3)	5.9(4)	∞	∞	∞ <i>4007</i>	0/15
IPOP-10DDr	2.2 (0.5)	2.2 (0.2)	2.8 (0.2)	3.8(0.3)	4.5(0.3)	7.0(0.3)	1.2 (0.0)	15/15
IPOP-500 l	2.2 (0.5)	2.2 (0.2)	2.8 (0.2)	3.8(0.3)	4.5(0.3)	7.0(0.3)	1.2 (0.0)	15/15
IPOP-tany	2.1 (0.4)	2.2 (0.3)	2.9 (0.3)	3.9(0.4)	4.7(0.2)	6.7(0.5)	1.1 (0.0)	15/15
IPOP-texp	1.4 (0.3)	1.9 (0.2)	2.6 (0.3)	3.6 (0.3)	4.2 (0.4)	6.1 (0.4)	1.00 (0.1)	15/15
IPOP lia	2.2 (0.5)	2.2 (0.2)	2.8 (0.2)	3.8(0.3)	4.5(0.3)	7.0(0.3)	1.2 (0.0)	15/15
ga100 hol	17(4)	24(4)	56(8)	655(239)	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
grid100 ho	86(20)	118(20)	315(61)	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
grid16 hol	15(4)	20(3)	51(14)	1460(445)	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
hill hol	2.9 (0.9)	3.5(0.6)	12(1)	346(118)	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
memPSODE v	1.3 (0.3)	1.1 (0.2) ^{*3}	1.2 (0.3) [*]	1.9 (0.8)	8.2(4)	13(9)	∞ <i>2e7</i>	0/15
prcga saw	8.2(0.9)	13(2)	26(6)	156(88)	2279(2072)	∞	∞ <i>4e6</i>	0/15
ring100 ho	44(8)	62(7)	121(14)	740(166)	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
ring16 hol	9.1(2)	11(2)	25(3)	434(161)	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15

Table 16: 40-D, running time excess $ERT/ERT_{\text{best}} 2009$ on f_{15} , in italics is given the median final function value and the median number of function evaluations to reach this value divided by dimension.

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f15	1.9e5	7.9e5	1.0e6	1.1e6	1.1e6	1.1e6	1.1e6	15/15
BIPOP-aCMA	1.0 _(0.5)	1.0 _(0.4)	1.1 _(0.3)	1.1 _(0.3)	1.1 _(0.3)	1.1 _(0.3)	1.1 _(0.3)	15/15
BIPOP-saAC	0.81 _(0.5)	0.94 _(0.5)	1.1 _(0.4)	1.1 _(0.4)	1.1 _(0.4)	1.1 _(0.4)	1.1 _(0.4)	15/15
CMAES hut	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>4007</i>	0/15
IPOP-10DDr	0.82 _(0.3)	0.74 _(0.3)	0.66 _(0.2)	0.67 _(0.2)	0.68 _(0.2)	0.69 _(0.2)	0.70 _(0.2)	15/15
IPOP-500 l	0.82 _(0.3)	0.81 _(0.6)	1.2 _(0.8)	1.2 _(0.8)	1.2 _(0.8)	1.2 _(0.8)	1.2 _(0.8)	15/15
IPOP-tany	0.84 _(0.3)	0.71 _(0.2)	0.66 _(0.2)	0.66 _(0.2)	0.67 _(0.2)	0.68 _(0.2)	0.69 _(0.2)	15/15
IPOP-texp	0.67 _(0.4)	0.55 _(0.2)	0.56 _(0.3)	0.57 _(0.3)	0.58 _(0.3)	0.60 _(0.3)	0.62 _(0.3)	15/15
IPOP lia	0.82 _(0.3)	0.74 _(0.3)	0.66 _(0.2)	0.67 _(0.2)	0.68 _(0.2)	0.69 _(0.2)	0.70 _(0.2)	15/15
ga100 hol	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
grid100 ho	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
grid16 hol	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
hill hol	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
memPSODE v	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e7</i>	0/15
prcga saw	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>4e6</i>	0/15
ring100 ho	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
ring16 hol	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15

Table 17: 40-D, running time excess $\text{ERT}/\text{ERT}_{\text{best}}$ 2009 on f_{16} , in italics is given the median final function value and the median number of function evaluations to reach this value divided by dimension.

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f16	5244	72122	3.2e5	7.1e5	1.4e6	2.0e6	2.0e6	15/15
BIPOP-aCMA	1.0 (0.3)	1.2 (0.7)	0.76 (0.5)	0.56 (0.3)	0.56 (0.4)	0.53 (0.3)	0.53 (0.3)	15/15
BIPOP-saAC	0.94 (0.4)	0.61 (0.2)	0.57 (0.4)	0.68 (0.6)	0.42 (0.4)	0.53 (0.4)	0.58 (0.4)	15/15
CMAES hut	3.7(4)	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>4007</i>	0/15
IPOP-10DDr	0.55 (0.1) \downarrow_3	0.20 (0.2)	0.34 (0.2)	0.37 (0.2)	0.30 (0.2)	0.32 (0.2)	0.35 (0.2)	15/15
IPOP-500 l	0.55 (0.1) \downarrow_3	0.20 (0.2)	0.34 (0.2)	0.37 (0.2)	0.30 (0.2)	0.30 (0.2)	0.34 (0.2)	15/15
IPOP-tany	0.58 (0.1) \downarrow_3	0.11 (0.0)	0.24 (0.2)	0.36 (0.2)	0.29 (0.1)	0.27 (0.2)	0.28 (0.1)	15/15
IPOP-texp	0.45 (0.1) \downarrow_4	0.22 (0.2)	0.27 (0.1)	0.25 (0.1)	0.22 (0.2)	0.20 (0.1)	0.20 (0.1)	15/15
IPOP lia	0.55 (0.1) \downarrow_3	0.20 (0.2)	0.34 (0.2)	0.37 (0.2)	0.30 (0.2)	0.32 (0.2)	0.35 (0.2)	15/15
ga100 hol	339(389)	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
grid100 ho	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
grid16 hol	5566(6007)	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
hill hol	5611(5721)	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
memPSODE v	7.5(6)	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e7</i>	0/15
prcga saw	120(382)	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>4e6</i>	0/15
ring100 ho	37(30)	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
ring16 hol	1058(1349)	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15

Table 18: 40-D, running time excess $ERT/ERT_{\text{best}} 2009$ on f_{17} , in italics is given the median final function value and the median number of function evaluations to reach this value divided by dimension.

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f17	399	4220	14158	34948	51958	1.3e5	2.7e5	14/15
BIPOP-aCMA	1.7 (0.6)	0.54 (0.1)	1.0 (1)	1.1 (0.5)	1.1 (0.4)	0.97 (0.6)	0.99 (0.5)	15/15
BIPOP-saAC	0.99 (0.4)	2.4 (0.4)	8.4(4)	3.6(2)	2.8 (1)	1.6 (0.8)	1.1 (0.3)	15/15
CMAES hut	1.0 (0.4)	0.59 (0.2)	1.0 (0.9)	∞	∞	∞	∞ <i>4007</i>	0/15
IPOP-10DDr	0.81 (0.2)	0.49 (0.1)	0.95 (1)	1.1 (0.5)	1.1 (0.3)	1.1 (0.7)	0.92 (0.3)	15/15
IPOP-500 l	0.81 (0.2)	0.49 (0.1)	0.95 (1)	1.1 (0.5)	1.1 (0.3)	1.1 (0.7)	0.92 (0.3)	15/15
IPOP-tany	0.59 (0.2) \downarrow_3	0.43 (0.1)	0.47 (0.8)	0.58 (0.4)	0.75 (0.3)	0.90 (0.5)	0.76 (0.2)	15/15
IPOP-texp	0.31 (0.1) $\uparrow_2\downarrow_4$	0.46 (0.1)	0.92 (0.9)	0.84 (0.4)	0.86 (0.4)	1.1 (0.6)	0.78 (0.4)	15/15
IPOP lia	0.81 (0.2)	0.49 (0.1)	0.95 (1)	1.1 (0.5)	1.1 (0.3)	1.1 (0.7)	0.92 (0.3)	15/15
ga100 hol	3.3(0.8)	717(949)	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
grid100 ho	1549(2583)	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
grid16 hol	975(2505)	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
hill hol	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
memPSODE v	27(18)	279(156)	9316(1e4)	8136(9590)	∞	∞	∞ <i>2e7</i>	0/15
prcga saw	1.5 (0.9)	1400(1897)	∞	∞	∞	∞	∞ <i>4e6</i>	0/15
ring100 ho	11(6)	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
ring16 hol	3.8(3)	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15

Table 19: 40-D, running time excess $\text{ERT}/\text{ERT}_{\text{best}}$ 2009 on f_{18} , in italics is given the median final function value and the median number of function evaluations to reach this value divided by dimension.

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f18	1442	16998	47068	1.3e5	1.9e5	6.7e5	9.5e5	6/15
BIPOP-aCMA	1.0 (0.2)	0.50 (0.9)	0.94 (0.4)	0.74 (0.4)	0.89 (0.3)	0.69 (0.6)	0.68 (0.5)	15/15
BIPOP-saAC	0.84 (0.2)	3.3(5)	3.1(1)	1.6 (1)	1.4 (0.6)	0.90 (0.8)	0.83 (0.9)	15/15
CMAES hut	1.0 (0.3)	0.48 (0.4)	∞	∞	∞	∞	∞ <i>4007</i>	0/15
IPOP-10DDr	0.81 (0.1)	0.38 (0.1)	1.1 (0.6)	0.72 (0.3)	0.93 (0.3)	0.90 (1.0)	0.84 (0.7)	15/15
IPOP-500 l	0.81 (0.1)	0.38 (0.1)	1.1 (0.6)	0.72 (0.3)	0.93 (0.3)	0.97 (1)	0.82 (0.8)	15/15
IPOP-tany	0.79 (0.1)	0.31 (0.0)	0.86 (0.6)	0.66 (0.2)	0.69 (0.3)	0.61 (0.4)	0.57 (0.3)	15/15
IPOP-texp	0.70 (0.2) \downarrow 2	0.62 (0.8)	0.75 (0.1)	0.57 (0.2)	0.67 (0.4)	0.55 (0.4)	0.45 (0.3)	15/15
IPOP lia	0.81 (0.1)	0.38 (0.1)	1.1 (0.6)	0.72 (0.3)	0.93 (0.3)	0.90 (1.0)	0.84 (0.7)	15/15
ga100 hol	108(7)	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
grid100 ho	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
grid16 hol	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
hill hol	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
memPSODE v	207(137)	1866(2362)	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e7</i>	0/15
prcga saw	3.9(0.8)	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>4e6</i>	0/15
ring100 ho	9057(1e4)	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
ring16 hol	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15

Table 20: 40-D, running time excess $\text{ERT}/\text{ERT}_{\text{best}}^{2009}$ on f_{19} , in italics is given the median final function value and the median number of function evaluations to reach this value divided by dimension.

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f19	1	1	1.4e6	1.7e7	2.6e7	4.5e7	4.5e7	8/15
BIPOP-aCMA	667(113)	6.6e4 (4e4)	1.0 (1)	0.97 (0.6)	1.3 (1)	1.2 (1)	1.2 (1.0)	8/15
BIPOP-saAC	322(106)	6.7e4 (5e4)	0.75 (0.9)	1.1 (0.3)	1.2 (0.9)	1.5 (1)	1.5 (1)	7/15
CMAES hut	419(80)	∞	∞	∞	∞	∞	∞ 4007	0/15
IPOP-10DDr	398(306)	1.4e5(6e4)	2.8 (3)	0.74 (0.3)	0.60 (0.2)	0.35 (0.1)	0.35 (0.1)	15/15
IPOP-500 l	398(306)	1.4e5(6e4)	2.8 (3)	16(18)	∞	∞	∞ 4e7	0/15
IPOP-tany	306 (255)	5.7e5(7e4)	3.4(5)	0.72 (0.5)	0.55 (0.4)	0.35 (0.2)	0.35 (0.2)	15/15
IPOP-texp	7.1 (7)	6.7e5(3e5)	1.6 (3)	0.53 (0.2)	0.42 (0.2)	0.24 (0.1)	0.25 (0.1)	15/15
IPOP lia	398(306)	1.4e5(6e4)	2.8 (3)	0.74 (0.3)	0.60 (0.2)	0.35 (0.1)	0.35 (0.1)	15/15
ga100 hol	2508(546)	∞	∞	∞	∞	∞	∞ 2e6	0/15
grid100 ho	1.2e5(1e5)	∞	∞	∞	∞	∞	∞ 2e6	0/15
grid16 hol	3.0e5(4e5)	∞	∞	∞	∞	∞	∞ 2e6	0/15
hill hol	2.3e5(4e5)	∞	∞	∞	∞	∞	∞ 2e6	0/15
memPSODE v	1.1e4(7860)	5.9e7(7e7)	∞	∞	∞	∞	∞ 2e7	0/15
prcga saw	207 (6)	715 (514) ^{*4}	0.77 (0.7)	∞	∞	∞	∞ 4e6	0/15
ring100 ho	8853(3550)	∞	∞	∞	∞	∞	∞ 2e6	0/15
ring16 hol	3831(4042)	∞	∞	∞	∞	∞	∞ 2e6	0/15

Table 21: 40-D, running time excess $\text{ERT}/\text{ERT}_{\text{best}} 2009$ on f_{20} , in italics is given the median final function value and the median number of function evaluations to reach this value divided by dimension.

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
<i>f20</i>	222	1.3e5	1.6e8	∞	∞	∞	∞	0
BIPOP-aCMA	5.1(0.7)	8.0(4)	0.41 (0.4)	.	.	.	.	0/15
BIPOP-saAC	2.3 (0.4)	9.1(4)	0.81 (0.8)	.	.	.	.	0/15
CMAES hut	3.9(0.7)	∞	∞	0/15
IPOP-10DDr	4.2(0.4)	16(5)	0.14 (0.1)	3.5e7 (2e7)	3.5e7 (2e7)	3.5e7 (2e7)	3.5e7 (2e7)	12/15
IPOP-500 l	4.2(0.4)	1377(1424)	∞	0/15
IPOP-tany	4.1(0.7)	20(11)	0.16 (6e-3)	1.4e8 (1e8)	1.4e8 (1e8)	1.4e8 (1e8)	1.4e8 (1e8)	4/15
IPOP-texp	2.1 (0.5)	52(23)	∞	0/15
IPOP lia	4.2(0.4)	16(5)	0.14 (0.1)	3.5e7 (2e7)	3.5e7 (2e7)	3.5e7 (2e7)	3.5e7 (2e7)	12/15
ga100 hol	31(8)	0.27 (0.1)	∞	0/15
grid100 ho	141(25)	2.0 (1)	∞	0/15
grid16 hol	23(5)	0.35 (0.2)	∞	0/15
hill hol	6.2(2)	0.08 (0.0)	∞	0/15
memPSODE v	1.6 (0.3)*	1.3 (0.6)	∞	0/15
prcga saw	10(2)	7.3(7)	∞	0/15
ring100 ho	68(7)	0.48 (0.1)	∞	0/15
ring16 hol	13(2)	0.12 (0.0)	∞	0/15

Table 22: 40-D, running time excess $\text{ERT}/\text{ERT}_{\text{best 2009}}$ on f_{21} , in italics is given the median final function value and the median number of function evaluations to reach this value divided by dimension.

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f_{21}	1044	21144	1.0e5	1.0e5	1.0e5	1.0e5	1.0e5	26/30
BIPOP-aCMA	3.5(5)	151(286)	86(160)	86(159)	86(159)	85(158)	85(157)	14/15
BIPOP-saAC	1.7 (2)	40 (18)	30 (53)	30 (53)	30 (53)	30 (53)	30 (53)	15/15
CMAES hut	2.7 (4)	2.7 (3)	0.57 (0.6)	0.57 (0.6)	0.58 (0.6)	0.58 (0.6)	0.58 (0.6)	1/15
IPOP-10DDr	2.2 (0.2)	1238(1892)	1723(1986)	1718(1980)	1713(1974)	1703(1912)	1695(1779)	3/15
IPOP-500 l	2.2 (0.2)	3785(4731)	∞	∞	∞	∞	∞ <i>4e7</i>	0/15
IPOP-tany	0.71 (0.1)	390(372)	667(815)	665(813)	663(894)	659(806)	657(802)	6/15
IPOP-texp	1.1 (0.4)	109(280)	60(67)	60(67)	60(67)	60(66)	59(66)	15/15
IPOP lia	2.2 (0.2)	2931(3785)	∞	∞	∞	∞	∞ <i>4e7</i>	0/15
ga100 hol	303(959)	379(450)	129(159)	129(148)	129(148)	131(157)	135(155)	2/15
grid100 ho	741(1020)	621(780)	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
grid16 hol	483(959)	1326(1655)	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
hill hol	1279(1917)	379(473)	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
memPSODE v	2.3 (2)	40 (40)	22 (20)	22 (19)	22 (19)	22 (19)	43 (86)	14/15
prcga saw	272(458)	424(601)	204(247)	203(238)	203(225)	203(241)	203(245)	2/15
ring100 ho	15(3)	145(190)	56(65)	56(79)	57(70)	59(69)	64(67)	4/15
ring16 hol	3.6(1)	261(331)	55(70)	55(69)	55(69)	55(69)	58(68)	4/15

Table 23: 40-D, running time excess $\text{ERT}/\text{ERT}_{\text{best}}$ 2009 on f_{22} , in italics is given the median final function value and the median number of function evaluations to reach this value divided by dimension.

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f_{22}	3090	35442	6.5e5	6.5e5	6.5e5	6.5e5	6.5e5	8/30
BIPOP-aCMA	7.8 ⁽¹⁶⁾	391 ⁽⁵⁶⁶⁾	218 ⁽²⁰³⁾	218 ⁽²²⁰⁾	218 ⁽²²⁴⁾	217 ⁽²⁰²⁾	216 ⁽¹⁹²⁾	4/15
BIPOP-saAC	7.2 ⁽⁴⁾	430 ⁽⁵⁶⁸⁾	250 ⁽³¹³⁾	249 ⁽³³⁹⁾	249 ⁽²⁷⁷⁾	248 ⁽²⁸⁰⁾	248 ⁽³⁰⁶⁾	3/15
CMAES hut	0.62 ^(0.7)	0.49 ^(0.5)	∞	∞	∞	∞	∞ <i>4007</i>	0/15
IPOP-10DDr	388 ⁽⁸⁴⁸⁾	1290 ⁽¹⁶⁹³⁾	∞	∞	∞	∞	∞ <i>4e7</i>	0/15
IPOP-500 l	3262 ⁽⁶⁴⁷⁴⁾	1290 ⁽¹⁶⁹³⁾	∞	∞	∞	∞	∞ <i>4e7</i>	0/15
IPOP-tany	87 ⁽¹⁸⁶⁾	1017 ⁽¹⁶⁹³⁾	∞	∞	∞	∞	∞ <i>4e7</i>	0/15
IPOP-texp	158 ⁽²⁹⁴⁾	477 ⁽⁵⁷¹⁾	∞	∞	∞	∞	∞ <i>4e7</i>	0/15
IPOP lia	1110 ⁽⁹²⁴⁾	1290 ⁽¹⁶⁹⁴⁾	∞	∞	∞	∞	∞ <i>4e7</i>	0/15
ga100 hol	49 ⁽²⁾	113 ⁽¹⁴¹⁾	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
grid100 ho	574 ⁽⁹⁷⁰⁾	115 ⁽¹⁴¹⁾	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
grid16 hol	742 ⁽⁹⁷¹⁾	790 ⁽⁹⁰³⁾	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
hill hol	740 ⁽⁹⁷¹⁾	226 ⁽²⁸²⁾	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
memPSODE v	0.77 ^(0.9)	50 ⁽⁴⁶⁾	98 ⁽¹⁰⁶⁾	98 ⁽¹⁰⁸⁾	98 ⁽¹¹¹⁾	97 ⁽¹¹¹⁾	445 ⁽⁴⁵⁹⁾	1/15
prcga saw	274 ⁽⁵³⁸⁾	382 ⁽⁴⁴⁷⁾	∞	∞	∞	∞	∞ <i>3e6</i>	0/15
ring100 ho	5.4 ⁽²⁾	39 ⁽⁵⁷⁾	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
ring16 hol	163 ⁽³²⁴⁾	226 ⁽²⁵⁴⁾	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15

Table 24: 40-D, running time excess $\text{ERT}/\text{ERT}_{\text{best } 2009}$ on f_{23} , in italics is given the median final function value and the median number of function evaluations to reach this value divided by dimension.

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
<i>f23</i>	7.1	11925	75453	6.6e5	1.3e6	3.2e6	3.4e6	15/15
BIPOP-aCMA	1.3 (2)	9.4 (7)	1.9 (1)	1.1 (0.6)	1.7 (1)	0.81 (0.5)	1.00 (0.8)	15/15
BIPOP-saAC	4.6(4)	8.9 (9)	1.5 (1)	1.3 (1)	1.5 (1)	1.1 (0.8)	1.1 (0.8)	15/15
CMAES hut	5.3(7)	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>4007</i>	0/15
IPOP-10DDr	1.1 (2)	20(19)	3.4(3)	24(26)	442(469)	∞	∞ <i>4e7</i>	0/15
IPOP-500 l	1.1 (2)	20(19)	3.4(3)	19 (19)	86 (80)	∞	∞ <i>4e7</i>	0/15
IPOP-tany	0.77 (0.6)	11 (9)	1.9 (1)	27(32)	141(156)	179 (197)	173 (179)	1/15
IPOP-texp	1.4 (2)	21(31)	8.0(15)	70(91)	∞	∞	∞ <i>4e7</i>	0/15
IPOP lia	1.1 (2)	20(19)	3.4(3)	24(26)	442(477)	∞	∞ <i>4e7</i>	0/15
ga100 hol	1.4 (2)	2386(2516)	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
grid100 ho	0.94 (0.8)	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
grid16 hol	1.1 (0.6)	1150(1279)	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
hill hol	1.3 (1)	727(873)	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
memPSODE v	76(122)	12(8)	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e7</i>	0/15
prcga saw	0.87 (0.6)	3001(3555)	∞	∞	∞	∞	∞ <i>3e6</i>	0/15
ring100 ho	1.2 (2)	163(184)	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
ring16 hol	1.2 (0.7)	1109(1330)	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15

Table 25: 40-D, running time excess $\text{ERT}/\text{ERT}_{\text{best}} 2009$ on f_{24} , in italics is given the median final function value and the median number of function evaluations to reach this value divided by dimension.

Δf_{opt}	1e1	1e0	1e-1	1e-2	1e-3	1e-5	1e-7	#succ
f24	5.8e6	9.8e7	3.0e8	3.0e8	3.0e8	3.0e8	3.0e8	1/15
BIPOP-aCMA	2.6 ⁽³⁾	0.87 ^(0.9)	1.9 ⁽²⁾	1.9 ⁽²⁾	1.9 ⁽²⁾	1.9 ⁽²⁾	1.9 ⁽²⁾	1/15
BIPOP-saAC	2.4 ⁽³⁾	0.44 ^(0.4)	∞	∞	∞	∞	∞ <i>4e7</i>	0/15
CMAES hut	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>4007</i>	0/15
IPOP-10DDr	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>4e7</i>	0/15
IPOP-500 l	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>4e7</i>	0/15
IPOP-tany	47 ⁽⁵⁵⁾	2.8 ⁽³⁾	1.9 ⁽²⁾	1.9 ⁽²⁾	1.9 ⁽²⁾	1.9 ⁽²⁾	1.9 ⁽²⁾	1/15
IPOP-texp	2.4 ⁽²⁾	0.31 ^(0.3)	∞	∞	∞	∞	∞ <i>4e7</i>	0/15
IPOP lia	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>4e7</i>	0/15
ga100 hol	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
grid100 ho	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
grid16 hol	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
hill hol	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
memPSODE v	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e7</i>	0/15
prcga saw	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>4e6</i>	0/15
ring100 ho	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15
ring16 hol	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞ <i>2e6</i>	0/15

References

- [1] Anne Auger, Dimo Brockhoff, and Nikolaus Hansen. Benchmarking the local metamodel CMA-ES on the noiseless BBOB'2013 test bed. In Blum and Alba [3], pages 1225–1232.
- [2] Anne Auger, Steffen Finck, Nikolaus Hansen, and Raymond Ros. BBOB 2009: Comparison tables of all algorithms on all noiseless functions. Technical Report RT-0383, INRIA, April 2010.
- [3] Christian Blum and Enrique Alba, editors. *Genetic and Evolutionary Computation Conference, GECCO '13, Amsterdam, The Netherlands, July 6-10, 2013, Companion Material Proceedings*. ACM, 2013.
- [4] S. Finck, N. Hansen, R. Ros, and A. Auger. Real-parameter black-box optimization benchmarking 2009: Presentation of the noiseless functions. Technical Report 2009/20, Research Center PPE, 2009. Updated February 2010.
- [5] N. Hansen, A. Auger, S. Finck, and R. Ros. Real-parameter black-box optimization benchmarking 2012: Experimental setup. Technical report, INRIA, 2012.
- [6] N. Hansen, S. Finck, R. Ros, and A. Auger. Real-parameter black-box optimization benchmarking 2009: Noiseless functions definitions. Technical Report RR-6829, INRIA, 2009. Updated February 2010.
- [7] Neal J. Holtschulte and Melanie Moses. Benchmarking cellular genetic algorithms on the BBOB noiseless testbed. In Blum and Alba [3], pages 1201–1208.
- [8] Frank Hutter, Holger Hoos, and Kevin Leyton-Brown. An evaluation of sequential model-based optimization for expensive blackbox functions. In Blum and Alba [3], pages 1209–1216.
- [9] Tianjun Liao and Thomas Stützle. Bounding the population size of IPOP-CMA-ES on the noiseless BBOB testbed. In Blum and Alba [3], pages 1161–1168.
- [10] Tianjun Liao and Thomas Stützle. Testing the impact of parameter tuning on a variant of IPOP-CMA-ES with a bounded maximum population size on the noiseless BBOB testbed. In Blum and Alba [3], pages 1169–1176.
- [11] Ilya Loshchilov, Marc Schoenauer, and Michèle Sebag. Bi-population CMA-ES algorithms with surrogate models and line searches. In Blum and Alba [3], pages 1177–1184.
- [12] László Pál. Benchmarking a hybrid multi level single linkage algorithm on the BBOB noiseless testbed. In Blum and Alba [3], pages 1145–1152.
- [13] László Pál. Comparison of multistart global optimization algorithms on the BBOB noiseless testbed. In Blum and Alba [3], pages 1153–1160.

- [14] Babatunde A. Sawyerr, Aderemi Oluyinka Adewumi, and Montaz M. Ali. Benchmarking projection-based real coded genetic algorithm on BBOB-2013 noiseless function testbed. In Blum and Alba [3], pages 1193–1200.
- [15] Thanh-Do Tran, Dimo Brockhoff, and Bilel Derbel. Multiobjectivization with NSGA-II on the noiseless BBOB testbed. In Blum and Alba [3], pages 1217–1224.
- [16] Costas Voglis. Adapt-MEMPSODE: a memetic algorithm with adaptive selection of local searches. In Blum and Alba [3], pages 1137–1144.