

# Kamil Marszałek 331401

## WSI Ćwiczenie 2

### Funkcja f2

Nasz budżet ewaluacji funkcji celu wynosi 10000. Na początku algorytm ewolucyjny zostaje wykonany dla  $\sigma = 2$ . Odpowiednio wybieramy liczbę osobników w populacji spośród kolejnych potęg liczby 2.

rozmiar populacji - $\mu$	max	min	średnia	std
1	9585501621998143488,00	46290997160,86	753658223769304448,00	2242941843577397504,00
2	2610991,64	734,38	274975,50	429771,20
4	151774,71	484,95	28701,29	35864,77
8	100365,38	342,91	14072,68	18880,39
16	350192,28	332,02	36107,16	64945,70
32	37607104,49	250,55	568751,36	3751719,40
64	5845420906,69	3299,65	248478117,15	906126103,08
128	608529389486,58	936,28	19471048820,82	80765810699,55
256	2081041647531,96	161747,56	86771543051,25	298173918996,72
512	2683167380829,44	78830788,21	75205259018,45	295057802001,50

Powyższa tabelka przedstawia rozwiązania znalezione przez algorytm ewolucyjny dla  $\sigma = 2$  oraz dla rozmiaru populacji należącego do zbioru  $\{1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 256, 512\}$ . Dla każdego elementu ze zbioru wykonano algorytm ewolucyjny 100 razy. Najlepiej wypadła próba, kiedy rozmiar populacji wynosił 8. Wtedy średnia wartość znalezionych optimów wynosiła lekko ponad 14 000. Można zauważyć, że średni wynik znacząco się pogarszał wraz ze wzrostem liczby osobników populacji powyżej 32, co wynika najprawdopodobniej ze zmniejszającej się liczby pokoleń w czasie ewolucji. Gorsze wyniki obserwujemy również dla mniejszych wartości populacji, co może wynikać z małej szansy wygenerowania na początku obiecującego osobnika. Zatem do dalszych badań wykorzystamy rozmiar populacji wynoszący 8.

Najpierw zbadamy jakie wyniki otrzymujemy dla algorytmu ewolucyjnego dla populacji 8-osobnikowej i dla siły mutacji należącej do zbioru {0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1}. Dla każdej wartości wykonujemy algorytm ewolucyjny 100 razy.

siła mutacji - $\sigma$	max	min	średnia	std
0,1	45174906934443608,00	917900,30	632666111720101,62	4536492061894281,00
0,2	780452147748415,50	320808,86	12416220768128,40	78389802017373,30
0,3	6610967913039,45	1137,88	209962018508,01	1014933113924,65
0,4	36207733781,08	255,99	779795626,36	3842814325,18
0,5	1507884893,56	202,01	17768021,58	150597046,40
0,6	104983839,88	306,70	2736750,96	15411294,16
0,7	15820674,55	212,50	171341,29	1573125,82
0,8	92589,86	202,17	8193,02	12378,95
0,9	32167,35	209,62	5313,73	6904,79
1,0	20744,07	201,61	3345,02	4604,08

Najmniejszą wartość średnią, jak również minimalną otrzymujemy dla sigmy wynoszącej 1. Jest to odpowiednio: 3345,02 oraz 201,61. Dla małych wartości siły mutacji otrzymujemy dużo gorsze średnie wyniki co wynika prawdopodobnie z tego, że algorytm nie zdąży w czasie 1250 pokoleń wyprodukować odpowiedniego osobnika (za mała eksploracja w dla funkcji f2).

Następnie wykonałem badania dla siły mutacji ze zbioru {1,1; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,7; 1,8; 1,9; 2}. Dla każdej wartości siły mutacji wykonujemy 100 razy algorytm ewolucyjny.

siła mutacji - $\sigma$	max	min	średnia	std
1,1	21326,75	233,54	6346,03	6039,31
1,2	28128,80	209,76	5349,74	6961,01
1,3	25475,61	219,99	6758,20	6883,12
1,4	29750,96	238,78	5439,38	6774,51
1,5	24352,15	249,29	7606,61	7370,61
1,6	79402,09	354,57	9443,29	10911,92
1,7	49471,06	322,76	8598,42	8860,38
1,8	45338,16	290,06	10769,96	10710,83
1,9	70693,96	305,10	10749,29	11463,56
2,0	80879,20	286,67	13394,98	15394,89

W tym przedziale najlepszy rezultat uzyskujemy dla sigmy wynoszącej 1,2. Minimalna wartość wynosi 209,76, średnia natomiast wynosi 5349,74. Widzimy, że wartości średnie wraz ze wzrostem siły mutacji powyżej 1,2 zaczynają stopniowo wzrastać. Algorytm poprzez zbyt dużą wartość sigma jest mocno nastawiony na eksplorację, przez co słabiej bada okolice optimum.

Wykonałem badania jeszcze dla sigma ze zbioru {2,1; 2,2; 2,3; 2,4; 2,5; 2,6; 2,7; 2,8; 2,9; 3}. Dla każdej wartości wykonujemy 100 pomiarów.

siła mutacji - $\sigma$	max	min	średnia	std
2,1	173767,91	326,88	22957,64	26753,54
2,2	509416,03	375,54	27748,02	59256,63
2,3	301390,89	252,35	36780,20	55659,43
2,4	293759,07	624,00	34004,13	50237,17
2,5	418848,08	988,57	55280,36	80899,68
2,6	633842,39	607,93	89861,92	133987,99
2,7	630528,94	635,28	63954,83	103066,55
2,8	877276,92	1471,40	106110,97	169263,69
2,9	1127235,15	812,18	143603,65	228077,51
3,0	1104621,71	451,66	87745,39	174296,45

Dla siły mutacji z tego przedziału najlepszy minimalny rezultat uzyskujemy dla 2,3 gdzie wartość wynosi 252,35. Najlepszą średnią wartość uzyskujemy dla siły mutacji 2,1 – średnia 22957,64.

Można zauważyć, że wartości średnie dla sigma większego od 2 są gorsze niż dla mniejszych sił mutacji. Widać trend wzrostowy, dlatego nie badamy już dla sigmy większej od 3. Algorytm znajduje coraz gorsze średnie rozwiązania – sigma jest za duża. Ze wszystkich przeprowadzonych badań najlepszy rezultat uzyskaliśmy dla siły mutacji wynoszącej 1 – było to odpowiednio: wartość minimalna 201,61, wartość średnia 3345,02.

Sprawdźmy teraz jak będą wyglądały wartości znalezione przez algorytm ewolucyjny dla sigmy = 1 oraz dla zmieniającej się populacji. Dla każdej wartości populacji wykonujemy 100 pomiarów.

rozmiar populacji - $\mu$	max	min	średnia	std
1	1545571490459595833344,00	5227419984614,12	86769286553923158016,00	304724736541022486528,00
2	741978,37	441,23	37860,02	106520,48
4	22791,23	211,42	3924,99	5370,88
8	38438,08	204,58	4632,77	6274,64
16	6207691,96	335,99	211899,42	800517,87
32	45417501275,58	222,83	1341988510,22	6025951754,40
64	4013587374253,74	1028,85	144775244593,89	495160074819,04
128	9142091613220,28	2970988,83	408511864522,70	1135951837142,46
256	10148999798816,53	230483568,23	485934391743,31	1385138541390,85
512	4180661187611,61	187647525,17	218080471486,56	536920215001,23

Tym razem najmniejszą wartość minimalną uzyskujemy dla liczby osobników wynoszącej 8 (204,58), natomiast wartość średnia najlepsza jest dla 4 osobników w populacji (3924,99). Dla mniejszej siły mutacji mniejsza populacja może zadziałać lepiej, prawdopodobnie dlatego, że dla mniejszej liczby osobników będzie więcej pokoleń.

Można zatem stwierdzić, że algorytm ewolucyjny całkiem dobrze wyznacza optimum funkcji f2 dla parametrów: siła mutacji  $\sigma = 1$  oraz liczba osobników w populacji  $\mu = 8$ , nie są to raczej wartości najlepsze. Dla wartości zbliżonych do tych wyznaczonych radzi sobie podobnie. Dokładność spada, jeśli mamy zbyt mało osobników w populacji (1, 2) lub zbyt dużo (od 16 w górę) lub kiedy wartość siły mutacji jest zbyt duża (powyżej 2) lub zbyt mała (poniżej 0,7).

## Funkcja f13

Nasz budżet ewaluacji funkcji celu wynosi 10000. Dla funkcji f13 postępujemy analogicznie jak dla f2. Zaczniemy od sprawdzenia dla jak licznej populacji otrzymujemy najlepsze rezultaty. Siła mutacji wynosi 1. Dla każdej wartości wykonujemy 100 pomiarów.

rozmiar populacji - $\mu$	max	min	średnia	std
1	116144892567,86	154352,40	32388416473,95	33557438608,13
2	53802,33	3100,94	23620,38	12991,94
4	53094,52	1944,68	16696,52	12773,85
8	76553,74	2727,78	18800,68	15034,59
16	67332,83	2466,97	16043,21	12896,01
32	55255,78	2172,73	18571,66	12031,19
64	58609,37	2477,93	18239,87	10894,63
128	65085,86	2426,67	21506,87	13559,03
256	511625,34	1935,56	23486,99	50757,43
512	55208727,31	2750,62	1128740,62	6328099,84

Najmniejszą wartość minimalną udało się uzyskać dla populacji liczącej 512 osobników (1935,56), jednak wartość średnia w tym przypadku jest duża na tle pozostałych pomiarów. Dla tak licznej populacji jest zbyt mało pokoleń. Wynikiem najbardziej różnym od pozostałych jest natomiast ten uzyskany dla 1 osobnika w populacji, co jest prawdopodobnie spowodowane zbyt małą różnorodnością. Najmniejszą średnią wartość uzyskano dla 16 elementów. Dla takiej liczby osobników przeprowadzimy następne pomiary.

Wykonamy pomiary dla liczby osobników w populacji wynoszącej 16 oraz siły mutacji ze zbioru {0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1}. Dla każdej wartości wykonujemy 100 pomiarów.

siła mutacji - $\sigma$	max	min	średnia	std
0,1	14505631055,84	5783,83	1011136497,23	2045725992,67
0,2	94461,55	1589,36	16343,89	14849,62
0,3	48341,84	2251,89	16432,91	12011,75
0,4	48616,09	2173,59	16567,66	12240,57
0,5	59848,64	1810,92	17584,99	12386,63
0,6	95454,52	1692,83	20954,86	18270,91
0,7	76132,05	1997,39	19177,28	13130,53
0,8	55523,86	1950,03	16490,90	9952,43
0,9	83781,78	2085,50	22680,05	17090,29
1,0	80145,86	2130,77	23189,88	19256,99

Najlepszy rezultat uzyskaliśmy dla sigma wynoszącego 0,2. Minimum w tym przypadku wynosi 1589,36, natomiast wartość średnia 16343,89. Natomiast najgorszy rezultat uzyskujemy dla siły mutacji wynoszącej 0,1, co wynika prawdopodobnie ze zbyt małych zmian jakie dokonują się na populacji.

Następnie przeprowadziłem badania dla siły mutacji ze zbioru {1,1; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,7; 1,8; 1,9; 2}. Dla każdej wartości wykonujemy 100 pomiarów.

siła mutacji - $\sigma$	max	min	średnia	std
1,1	45521,12	2769,38	14991,79	10590,63
1,2	58102,96	2422,59	20799,20	11226,76
1,3	62005,19	2346,40	21289,58	13279,79
1,4	60797,91	1806,28	18543,15	12181,06
1,5	54363,58	2967,32	21845,63	12069,40
1,6	62704,95	2003,30	22968,99	13156,95
1,7	51798,62	3892,75	20458,26	11611,33
1,8	75928,65	2445,58	26261,95	15802,57
1,9	118117,92	3585,04	23334,03	16774,96
2,0	79683,11	3161,78	25015,73	14866,57

Najlepszy rezultat pod względem wartości średniej uzyskałem dla siły mutacji wynoszącej 1,1 (14991,79), natomiast jeśli chodzi o najlepszy rezultat pod względem minimalnej wartości znalezione optimum – dla siły mutacji 1,4 (1806,28).

Następnie wykonałem badania dla sigma należącego do zbioru {2,1; 2,2; 2,3; 2,4; 2,5; 2,6; 2,7; 2,8; 2,9; 3}. Dla każdej wartości wykonujemy 100 pomiarów.

siła mutacji - $\sigma$	max	min	średnia	std
2,1	76380,30	1758,72	22701,62	14777,89
2,2	77895,81	4015,13	24435,55	14982,32
2,3	77127,30	4587,92	27977,49	16042,41
2,4	82791,77	3703,67	27126,57	16818,77
2,5	102335,94	2276,02	30128,07	17832,61
2,6	91825,85	4649,13	29439,59	17812,45
2,7	83151,85	2411,05	28109,68	17076,27
2,8	86231,55	2156,12	27731,32	16320,13
2,9	147720,76	4816,13	33298,68	24222,27
3,0	88034,02	2633,11	31819,37	19000,48

Najlepszy rezultat pod kątem średniej, jak i minimalnej wartości otrzymujemy dla sigma wynoszącego 2,1 (odpowiednio 1758, 72 i 22701,62). Widzimy, jednak, że uzyskane wyniki dla pozostałych pomiarów zaczynają stopniowo rosnąć, dlatego tutaj zakończymy badania.

Ogólnie najlepszy średni rezultat udało uzyskać się dla sigma wynoszącego 1,1.

Powtórzymy jeszcze pomiar dla stałego sigma = 1,1 oraz dla licznosci populacji należącej do zbioru {1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 256, 512}. Dla każdej wartości wykonujemy 100 pomiarów.

rozmiar populacji - $\mu$	max	min	średnia	std
1	219090425314,00	401324,78	27072135909,69	49201791789,43
2	71568,05	4040,17	24221,45	13080,78
4	45133,46	2619,96	17454,44	10550,73
8	75670,51	2382,29	19925,34	14372,72
16	39647,98	2216,47	15009,09	10336,42
32	61959,43	2057,93	19204,17	13672,45
64	73865,83	2674,85	17822,00	12997,67
128	73863,98	2520,88	21161,09	14102,80
256	63187,07	3205,24	18423,77	12025,61
512	22540669,15	3185,23	372638,22	2357570,89

Tym razem najlepszy rezultat uzyskujemy dla rozmiaru populacji wynoszącego 16.

Widzimy, że wartości średnie utrzymują się na podobnym poziomie dla wszystkich rozmiarów - poza 1 i 512, gdzie wartość średnia jest znacząco większa. Można zatem stwierdzić, że uzyskamy w miarę podobne rezultaty dla rozmiaru populacji odpowiednio: 2, 4, 8, 16, 32, 64, 256.

Można zatem stwierdzić, że algorytm ewolucyjny całkiem dobrze wyznacza optimum funkcji f13 dla parametrów: siła mutacji  $\sigma = 1,1$  oraz liczba osobników w populacji  $\mu = 16$ . Dla wartości zbliżonych do tych wyznaczonych radzi sobie podobnie. Dokładność spada, jeśli mamy zbyt mało osobników w populacji (1) lub zbyt dużo (512), lub kiedy wartość siły mutacji jest zbyt duża (powyżej 1,8) lub zbyt mała (0,1).

Dokonajmy teraz zmiany limitu ewaluacji funkcji celu z 10000 na 50000.

## Funkcja f2

Przeprowadziłem badania dla FES = 50000 dla funkcji f2. Siła mutacji została ustalona na 1, ilość osobników w populacji należała do zbioru {1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512}. Dla każdej wartości wykonujemy 100 pomiarów.

rozmiar populacji - $\mu$	max	min	średnia	std
1	5683012499714405376,00	10711226952,85	262200040070411008,00	1108670004230146816,00
2	19754,63	212,68	3329,97	4379,48
4	1048,13	202,82	317,98	109,93
8	368,95	202,21	252,72	46,34
16	363,10	200,70	266,14	48,97
32	620,75	200,61	287,75	77,64
64	33800,53	204,72	2678,14	4804,47
128	1984195485,93	265,72	62003572,61	315100417,98
256	327975376317,40	4762,04	3791077216,04	32653081102,98
512	48812427964,90	216,29	4301266404,24	8902231432,97

Można zauważyć, że najlepsze rezultaty uzyskaliśmy dla populacji o liczności 8, średnia w tym przypadku wynosiła 252,72. Tą wartość populacji wykorzystamy do dalszych badań.

Wykonałem badania dla ilości osobników w populacji wynoszącej 8 oraz dla siły mutacji należącej do zbioru {0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1}.

siła mutacji - $\sigma$	max	min	średnia	std
0,1	805936776,80	207,69	23116751,42	99735093,18
0,2	1257,63	200,00	226,38	120,55
0,3	278,37	200,01	205,14	15,82
0,4	306,75	200,01	217,86	26,03
0,5	319,90	200,05	221,27	33,60
0,6	354,39	200,14	244,99	46,37
0,7	356,32	200,36	243,32	49,59
0,8	350,15	200,68	245,28	42,70
0,9	367,16	201,15	267,35	48,83
1,0	428,33	201,98	262,77	50,65

Najlepszy rezultat udało uzyskać się dla siły mutacji wynoszącej 0,3 – średnia wyniosła 205,14. Widzimy, że wynik znacząco odbiega tylko dla siły mutacji wynoszącej 0,1. Widzimy również stopniowy trend wzrostowy począwszy od 0,4. Wykonajmy jeszcze badania dla siły mutacji ze zbioru {1,1; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,7; 1,8; 1,9; 2}. Dla każdej wartości wykonujemy 100 pomiarów.

siła mutacji - $\sigma$	max	min	średnia	std
1,1	410,63	204,90	268,48	52,83
1,2	2243,03	205,63	374,51	275,45
1,3	3828,30	210,08	549,83	638,40
1,4	8516,43	209,59	1248,13	1672,81
1,5	8560,21	226,07	1510,98	2113,79
1,6	19591,06	218,38	2211,44	3276,82
1,7	14473,11	234,87	1893,85	2707,08
1,8	16267,51	220,09	2937,76	3873,08
1,9	20729,00	265,49	3579,60	4360,37
2,0	22200,56	272,83	4006,83	5231,31

Widzimy, że najlepsze wyniki uzyskaliśmy dla siły mutacji 1,1 – średnia w tym przypadku wynosi 268,48. Widzimy, że trend wzrostowy mocno postępuje, dlatego zaprzestajemy badań dla większych wartości siły mutacji.

Najlepszy rezultat dla funkcji f2 przy budżecie 50000 ewaluacji udało się uzyskać dla siły mutacji wynoszącej 0,3 i ilości osobników w populacji wynoszącej 8. Dla parametrów zbliżonych uzyskujemy podobne rezultaty. Wyniki przestają być sensowne dla zbyt małej populacji (1) lub zbyt dużej (powyżej 64), lub jeśli siła mutacji jest zbyt duża (powyżej 1,4), lub zbyt mała (0,1). Można zauważyć, że dzięki zwiększeniu limitu iteracji udaje się uzyskać dużo lepsze wyniki, również dla mniejszych sił mutacji. Wynika to prawdopodobnie z tego, że zwiększenie limitu iteracji pozwala nawet przy małej wartości siły mutacji dotrzeć do odległych terenów od punktu startowego (lepsz eksploracja), a jednocześnie dzięki mniejszemu współczynnikowi sigma otrzymujemy dokładniejsze wyniki (lepsza eksploatacja). Ewolucja ma więcej pokoleń do wyprodukowania lepszego osobnika.

## Funkcja f13

Przeprowadziłem analogiczne badania dla funkcji f13 dla limitu ewaluacji funkcji oceny wynoszącego 50000. Na początku dla stałego sigma ustalonego na 1 wyznaczam dosyć dobrą licznosc populacji do dalszych badań. Dla każdej wartości wykonujemy 100 pomiarów.



rozmiar populacji - $\mu$	max	min	średnia	std
1	53544388846,86	705634,70	11479652173,96	17098891516,38
2	40535,04	2466,34	16155,38	9446,93
4	29825,33	2105,06	11883,03	7847,71
8	48144,95	1926,98	17633,42	11473,76
16	45278,05	2143,99	15736,62	11727,02
32	50186,67	1971,98	15204,07	11070,43
64	48238,51	2063,66	19154,90	12173,51
128	61001,07	2084,99	20356,45	15993,87
256	51169,25	1915,48	16808,03	13076,83
512	45322,96	1996,70	14962,48	11445,61

Zdecydowanie najlepszy średni rezultat uzyskaliśmy dla rozmiaru populacji wynoszącego 4. Dla populacji o takim rozmiarze przeprowadzimy teraz następne badania.

Wykonałem pomiary dla ilości osobników w populacji wynoszącej 4 oraz siły mutacji należącej do zbioru {0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1}. Dla każdej wartości wykonujemy 100 pomiarów.

siła mutacji - $\sigma$	max	min	średnia	std
0,1	43819,23	2084,99	15582,55	10507,80
0,2	57423,21	2640,96	16422,27	11789,29
0,3	49951,74	1748,24	17014,56	11759,23
0,4	51616,07	1811,72	14586,28	9742,21
0,5	55020,95	1657,15	17422,07	13260,68
0,6	51902,78	1737,79	11864,02	10122,85
0,7	51392,18	2059,33	14258,92	10541,42
0,8	37772,00	1690,61	11583,31	8720,82
0,9	53303,91	1592,24	13305,22	10148,97
1,0	42017,15	1838,57	12470,46	9490,02

Najlepszy rezultat został uzyskany dla siły mutacji 0,8, gdzie średnia wartość znalezionej optimum wynosiła 11583,31. Widzimy jednak, że wyniki dla każdej siły mutacji z badanego zakresu są zbliżone.

Następnie przeprowadziłem badania dla siły mutacji należącej do zbioru {1,1; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,7; 1,8; 1,9; 2}. Dla każdej wartości wykonujemy 100 pomiarów.

siła mutacji - $\sigma$	max	min	średnia	std
1,1	43984,19	2562,33	13449,48	9221,81
1,2	42392,18	1862,46	12842,50	8561,70
1,3	41156,79	1909,04	13495,37	9300,64
1,4	36584,63	1722,98	12256,24	8428,94
1,5	59558,83	2484,50	11749,63	9577,85
1,6	31072,04	2571,34	12685,25	7296,37
1,7	37807,57	2528,80	13795,78	9184,17
1,8	31971,21	2388,66	12064,93	7723,33
1,9	35267,13	2662,77	12389,35	7837,08
2,0	32394,79	2361,60	10975,45	7779,14

Najlepszą wartość średnią uzyskujemy dla siły mutacji wynoszącej 2,0 (10975,45). Widzimy, że wyniki utrzymują się na podobnym poziomie dla wszystkich wartości siły mutacji z badanego przedziału. Wykonamy teraz badania dla siły mutacji należącej do zbioru {2,1; 2,2; 2,3; 2,4; 2,5; 2,6; 2,7; 2,8; 2,9; 3}. Dla każdej wartości wykonujemy 100 pomiarów.

siła mutacji - $\sigma$	max	min	średnia	std
2,1	31673,55	2289,21	11573,18	7212,81
2,2	37831,15	2576,97	12112,98	7775,30
2,3	33272,42	2554,70	13233,68	8014,29
2,4	39607,89	3224,97	12699,79	7367,56
2,5	41539,62	2460,10	13995,74	8882,38
2,6	37100,96	2626,85	13326,49	7030,61
2,7	43013,03	2247,50	13565,68	8059,11
2,8	46638,13	3323,51	14021,76	7320,58
2,9	38104,85	2538,98	13484,65	7211,33
3,0	38180,11	2827,00	14871,12	7918,76

Najlepszy rezultat uzyskaliśmy dla siły mutacji wynoszącej 2,1 – średnia 11573,18. Widzimy znaczące pogorszenie, jeśli chodzi o uzyskiwane minimalne wartości, nie uzyskaliśmy ani razu wyniku poniżej 2000, dlatego na tym zakończymy badania.

Ogólnie najlepszą średnią uzyskaliśmy dla siły mutacji wynoszącej 2 – 10975,45, jeśli chodzi o najmniejszą wartość – ta została uzyskana dla siły mutacji wynoszącej 0,9 – 1592,24. Można zauważyć, że jeśli chodzi o funkcję f13 uzyskane wartości średnie nie różnią się zbytnio dla poszczególnych wartości siły mutacji przy ustalonej populacji. Po zwiększeniu budżetu w przypadku funkcji f13 można zauważyć zmniejszenie uzyskanych średnich rezultatów. Może to wynikać, z tego, że ewolucja ma większą ilość pokoleń, aby rozwijać się w dobrym kierunku.

## Wnioski

Z przeprowadzonych eksperymentów widać, że algorytm ewolucyjny radzi sobie dobrze ze znajdowaniem optimum. Widać to szczególnie na przykładzie funkcji  $f_2$ , gdzie dla budżetu wynoszącego 10000 udaje się znaleźć sensowne przybliżenia. Ustalono sensowne wartości parametrów: rozmiar populacji – 8, siła mutacji 1. Prawdopodobnie nie są to wartości idealne, ale są one wystarczające do znalezienia rozwiązania z satysfakcjonującym przybliżeniem. Zwiększenie limitu iteracji znacząco zwiększyło jakość znajdowanych rozwiązań – średni wynik zmniejszył się nawet kilkukrotnie. Minimalne znalezione rozwiązanie dla pewnych konfiguracji odpowiada nawet rzeczywistemu minimum wynoszącemu 200. Ustalono dość poprawne wartości parametrów: sigma wynosiła 0,3, natomiast populacja liczyła 8 osobników. Jeśli chodzi o funkcję  $f_{13}$ , jesteśmy w stanie uzyskać rozwiązanie, jest ono jednak bardziej odległe od rzeczywistego optimum niż dla funkcji  $f_2$ . Wyznaczone zostały sensowne parametry: liczność populacji 16, siła mutacji 1,1. Po zwiększeniu FES wartości średnie uzyskane dla poszczególnych populacji zmniejszyły się, jednak nie w tak znaczący sposób jak dla funkcji  $f_2$ .

Można powiedzieć, że aby algorytm ewolucyjny działał poprawnie trzeba znaleźć odpowiedni balans pomiędzy wartościami siły mutacji oraz rozmiaru populacji. Zbyt mała liczba osobników w populacji wpływa negatywnie na uzyskiwane rezultaty, ponieważ wytworzone w ten sposób osobniki, jeśli ich cechy zostały słabo dobrane, mogą mieć trudno, aby dotrzeć do minimum. Zbyt duży rozmiar populacji powoduje natomiast spadek liczby pokoleń w czasie ewolucji, co ogranicza możliwość dotarcia do optimum. Siła mutacji ma wpływ na to jak bardzo potomek będzie różnił się od ojca. Jeśli siła mutacji jest zbyt duża jest mała szansa, że przebadamy w wystarczająco dogłębny sposób obszar, gdzie znajduje się rzeczywiste optimum. Jeśli natomiast siła mutacji jest zbyt mała istnieje szansa, że jeśli wylosowany osobnik jest odległy od optymalnych wartości, to bardzo długo zajmie następnym pokoleniom zbliżenie się do optimum. Znaczenie ma również ilość ewaluacji funkcji celu. Czym więcej ewaluacji, tym więcej pokoleń. Wiąże się to jednak z wydłużeniem czasu trwania wykonania algorytmu.