

POLITECHNIKA WROCŁAWSKA

LABORATORIUM

INTELIGENCJA OBliczeniowa i JEJ ZASTOSOWANIA

Algorytmy ewolucyjne i hybrydowe

Authors:

Rafał PIENIĄŻEK
Jakub POMYKAŁA

Supervisor:

prof. dr inż. Olgierd UNOLD

8 maja 2018

Spis treści

1 Wstęp	4
2 Zastosowany algorytm optymalizacji	4
3 Funkcja Aluffi - Pentini	5
3.1 Wzór analityczny	5
3.2 Wykres w ustalonym przedziale zmiennych	5
3.3 Optymalizacja poszukiwania ekstremum globalnego	6
3.3.1 Modyfikacja parametru elitarności	6
3.3.2 Modyfikacja parametru mutacji	8
3.3.3 Modyfikacja parametru krzyżowania	11
3.3.4 Modyfikacja parametru liczby iteracji	14
3.3.5 Modyfikacja parametru rozmiaru populacji	17
4 Funkcja Bohachevsky'ego	20
4.1 Wzór analityczny	20
4.2 Wykres funkcji	20
4.3 Optymalizacja	20
4.3.1 Modyfikacja parametru elitarności	20
4.3.2 Modyfikacja parametru mutacji	24
4.3.3 Modyfikacja parametru krzyżowania	27
4.3.4 Modyfikacja parametru liczby iteracji	30
4.3.5 Modyfikacja parametru rozmiaru populacji	33
5 Funkcja Branina	36
5.1 Wzór analityczny	36
5.2 Wykres w ustalonym przedziale zmiennych	36
5.3 Optymalizacja	36
5.3.1 Modyfikacja parametru elitarności	36
5.3.2 Modyfikacja parametru mutacji	40
5.3.3 Modyfikacja parametru krzyżowania	43
5.3.4 Modyfikacja parametru liczby iteracji	46
5.3.5 Modyfikacja parametru rozmiaru populacji	49
6 Wnioski	49

Spis rysunków

1	Wzór analityczny funkcji Aluffi - Pentini	5
2	Minimum globalne dla funkcji Aluffi - Pentini	5
3	Wykres funkcji Aluffi - Pentini	5
4	Test optymalizacji GA AluffiPentini p50 i100 c0.8 m0.1 e0	6
5	Test optymalizacji GA AluffiPentini p50 i100 c0.8 m0.1 e0.25	6
6	Test optymalizacji GA AluffiPentini p50 i100 c0.8 m0.1 e0.5	7
7	Test optymalizacji GA AluffiPentini p50 i100 c0.8 m0.1 e0.75	7
8	Test optymalizacji GA AluffiPentini p50 i100 c0.8 m0.1 e1	8
9	Test optymalizacji GA AluffiPentini p50 i100 c0.8 m0 e0.05	8
10	Test optymalizacji GA AluffiPentini p50 i100 c0.8 m0.25 e0.05	9
11	Test optymalizacji GA AluffiPentini p50 i100 c0.8 m0.5 e0.05	9
12	Test optymalizacji GA AluffiPentini p50 i100 c0.8 m0.75 e0.05	10
13	Test optymalizacji GA AluffiPentini p50 i100 c0.8 m1 e0.05	10
14	Test optymalizacji GA AluffiPentini p50 i100 c0 m0.1 e0.05	11
15	Test optymalizacji GA AluffiPentini p50 i100 c0.25 m0.1 e0.05	11
16	Test optymalizacji GA AluffiPentini p50 i100 c0.5 m0.1 e0.05	12
17	Test optymalizacji GA AluffiPentini p50 i100 c0.75 m0.1 e0.05	12
18	Test optymalizacji GA AluffiPentini p50 i100 c1 m0.1 e0.05	13
19	Test optymalizacji GA AluffiPentini p50 i50 c0.8 m0.1 e0.05	14
20	Test optymalizacji GA AluffiPentini p50 i100 c0.8 m0.1 e0.05	14
21	Test optymalizacji GA AluffiPentini p50 i150 c0.8 m0.1 e0.05	15
22	Test optymalizacji GA AluffiPentini p50 i200 c0.8 m0.1 e0.05	15
23	Test optymalizacji GA AluffiPentini p50 i250 c0.8 m0.1 e0.05	16
24	Test optymalizacji GA AluffiPentini p50 i100 c0.8 m0.1 e0.05	17
25	Test optymalizacji GA AluffiPentini p100 i100 c0.8 m0.1 e0.05	17
26	Test optymalizacji GA AluffiPentini p150 i100 c0.8 m0.1 e0.05	18
27	Test optymalizacji GA AluffiPentini p200 i100 c0.8 m0.1 e0.05	18
28	Test optymalizacji GA AluffiPentini p250 i100 c0.8 m0.1 e0.05	19
29	Wzór analityczny funkcji Bochachevsky'ego	20
30	Minimum globalne funkcji Bochachevsky'ego	20
31	Wzór analityczny funkcji Bochachevsky'ego	20
32	Test optymalizacji GA Bohachevsky1 p50 i100 c0.8 m0.1 e0	21
33	Test optymalizacji GA Bohachevsky1 p50 i100 c0.8 m0.1 e0.25	21
34	Test optymalizacji GA Bohachevsky1 p50 i100 c0.8 m0.1 e0.5	22
35	Test optymalizacji GA Bohachevsky1 p50 i100 c0.8 m0.1 e0.75	22
36	Test optymalizacji GA Bohachevsky1 p50 i100 c0.8 m0.1 e1	23
37	Test optymalizacji GA Bohachevsky1 p50 i100 c0.8 m0 e0.05	24
38	Test optymalizacji GA Bohachevsky1 p50 i100 c0.8 m0.25 e0.05	24
39	Test optymalizacji GA Bohachevsky1 p50 i100 c0.8 m0.5 e0.05	25
40	Test optymalizacji GA Bohachevsky1 p50 i100 c0.8 m0.75 e0.05	25
41	Test optymalizacji GA Bohachevsky1 p50 i100 c0.8 m1 e0.05	26
42	Test optymalizacji GA Bohachevsky1 p50 i100 c0 m0.1 e0.05	27
43	Test optymalizacji GA Bohachevsky1 p50 i100 c0.25 m0.1 e0.05	27
44	Test optymalizacji GA Bohachevsky1 p50 i100 c0.5 m0.1 e0.05	28
45	Test optymalizacji GA Bohachevsky1 p50 i100 c0.75 m0.1 e0.05	28
46	Test optymalizacji GA Bohachevsky1 p50 i100 c1 m0.1 e0.05	29
47	Test optymalizacji GA Bohachevsky1 p50 i50 c0.8 m0.1 e0.05	30
48	Test optymalizacji GA Bohachevsky1 p50 i100 c0.8 m0.1 e0.05	30
49	Test optymalizacji GA Bohachevsky1 p50 i150 c0.8 m0.1 e0.05	31

50	Test optymalizacji GA Bohachevsky1 p50 i200 c0.8 m0.1 e0.05	31
51	Test optymalizacji GA Bohachevsky1 p50 i250 c0.8 m0.1 e0.05	32
52	Test optymalizacji GA Bohachevsky1 p50 i100 c0.8 m0.1 e0.05	33
53	Test optymalizacji GA Bohachevsky1 p100 i100 c0.8 m0.1 e0.05	33
54	Test optymalizacji GA Bohachevsky1 p150 i100 c0.8 m0.1 e0.05	34
55	Test optymalizacji GA Bohachevsky1 p200 i100 c0.8 m0.1 e0.05	34
56	Test optymalizacji GA Bohachevsky1 p250 i100 c0.8 m0.1 e0.05	35
57	Wzór analityczny funkcji Branina	36
58	Minimum globalne funkcji Branina	36
59	Wzór analityczny funkcji Branina	36
60	Test optymalizacji GA Branin p50 i100 c0.8 m0.1 e0	37
61	Test optymalizacji GA Branin p50 i100 c0.8 m0.1 e0.25	37
62	Test optymalizacji GA Branin p50 i100 c0.8 m0.1 e0.5	38
63	Test optymalizacji GA Branin p50 i100 c0.8 m0.1 e0.75	38
64	Test optymalizacji GA Branin p50 i100 c0.8 m0.1 e1	39
65	Test optymalizacji GA Branin p50 i100 c0.8 m0 e0.05	40
66	Test optymalizacji GA Branin p50 i100 c0.8 m0.25 e0.05	40
67	Test optymalizacji GA Branin p50 i100 c0.8 m0.5 e0.05	41
68	Test optymalizacji GA Branin p50 i100 c0.8 m0.75 e0.05	41
69	Test optymalizacji GA Branin p50 i100 c0.8 m1 e0.05	42
70	Test optymalizacji GA Branin p50 i100 c0 m0.1 e0.05	43
71	Test optymalizacji GA Branin p50 i100 c0.25 m0.1 e0.05	43
72	Test optymalizacji GA Branin p50 i100 c0.5 m0.1 e0.05	44
73	Test optymalizacji GA Branin p50 i100 c0.75 m0.1 e0.05	44
74	Test optymalizacji GA Branin p50 i100 c1 m0.1 e0.05	45
75	Test optymalizacji GA Branin p50 i50 c0.8 m0.1 e0.05	46
76	Test optymalizacji GA Branin p50 i100 c0.8 m0.1 e0.05	46
77	Test optymalizacji GA Branin p50 i150 c0.8 m0.1 e0.05	47
78	Test optymalizacji GA Branin p50 i200 c0.8 m0.1 e0.05	47
79	Test optymalizacji GA Branin p50 i250 c0.8 m0.1 e0.05	48
80	Test optymalizacji GA Branin p50 i100 c0.8 m0.1 e0.05	49
81	Test optymalizacji GA Branin p100 i100 c0.8 m0.1 e0.05	49
82	Test optymalizacji GA Branin p150 i100 c0.8 m0.1 e0.05	50
83	Test optymalizacji GA Branin p200 i100 c0.8 m0.1 e0.05	50
84	Test optymalizacji GA Branin p250 i100 c0.8 m0.1 e0.05	51

1 Wstęp

Celem laboratorium było przeprowadzenie optymalizacji globalnej dla wybranych funkcji z pakietu globalOptTests.

2 Zastosowany algorytm optymalizacji

W laboratorium zastosowano algorytmy genetyczne będące klasą algorytmów ewolucyjnych. Algorytmy ewolucyjne stanowią kierunek sztucznej inteligencji, która wykorzystuje i symuluje ewolucję biologiczną. Wszystkie algorytmy tej klasy symulują podstawowe zachowania w teorii ewolucji biologicznej - procesy selekcji, mutacji i reprodukcji. Zachowanie jednostek zależy od środowiska. Zbiór jednostek nazywa się populacją. Taka populacja ewoluje zgodnie z regułami selekcji zgodnie z funkcją celu przypisaną do środowiska. Propagowane do kolejnych pokoleń są tylko najbardziej dopasowane osobniki.

3 Funkcja Aluffi - Pentini

3.1 Wzór analityczny

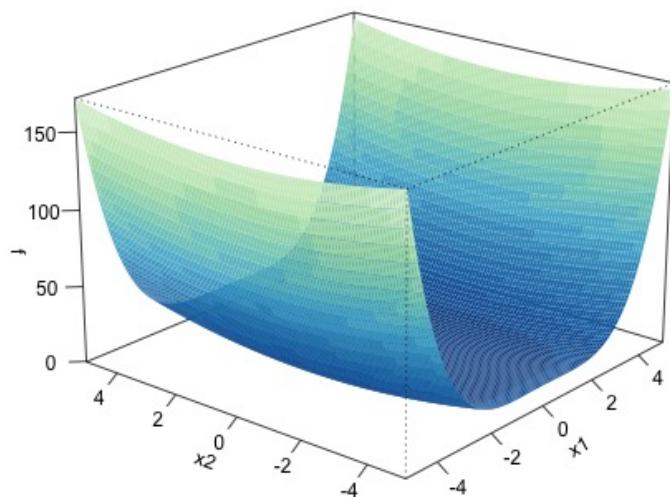
$$f(X) = 0.25x_1^4 - 0.5x_1^2 + 0.1x_1 + 0.5x_2^2$$

Rysunek 1: Wzór analityczny funkcji Aluffi - Pentini

$$f_{min}(X^*) = -0.352386073800034$$

Rysunek 2: Minimum globalne dla funkcji Aluffi - Pentini

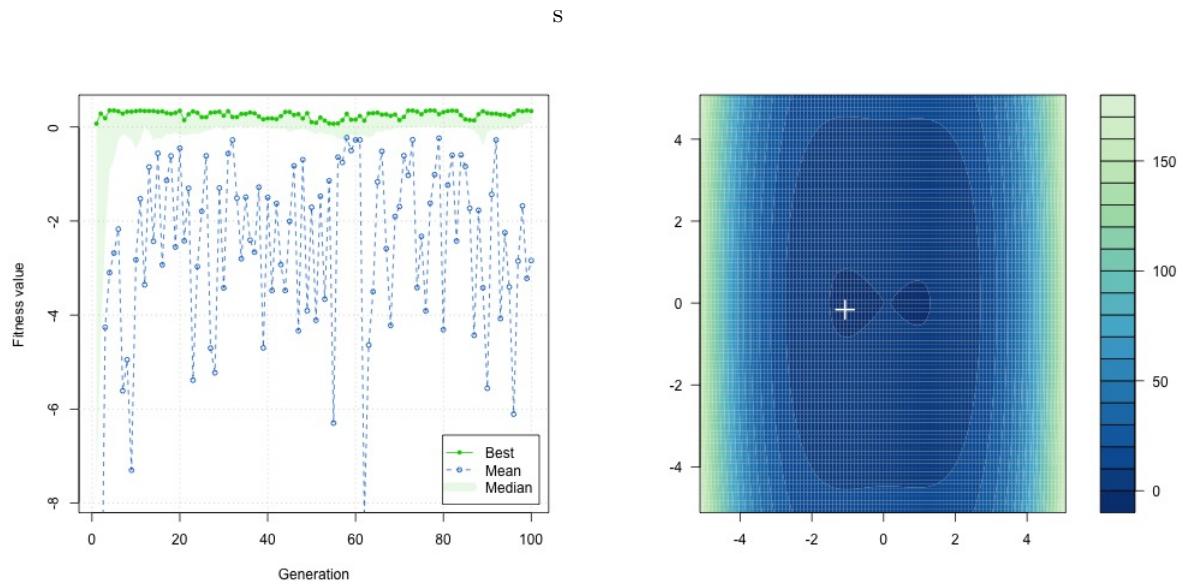
3.2 Wykres w ustalonym przedziale zmiennych



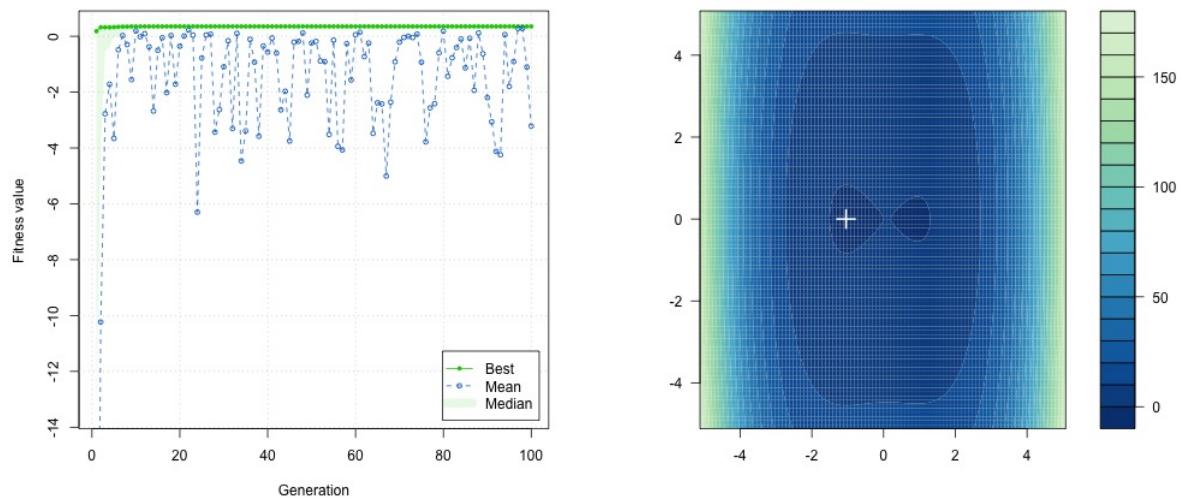
Rysunek 3: Wykres funkcji Aluffi - Pentini

3.3 Optymalizacja poszukiwania ekstremum globalnego

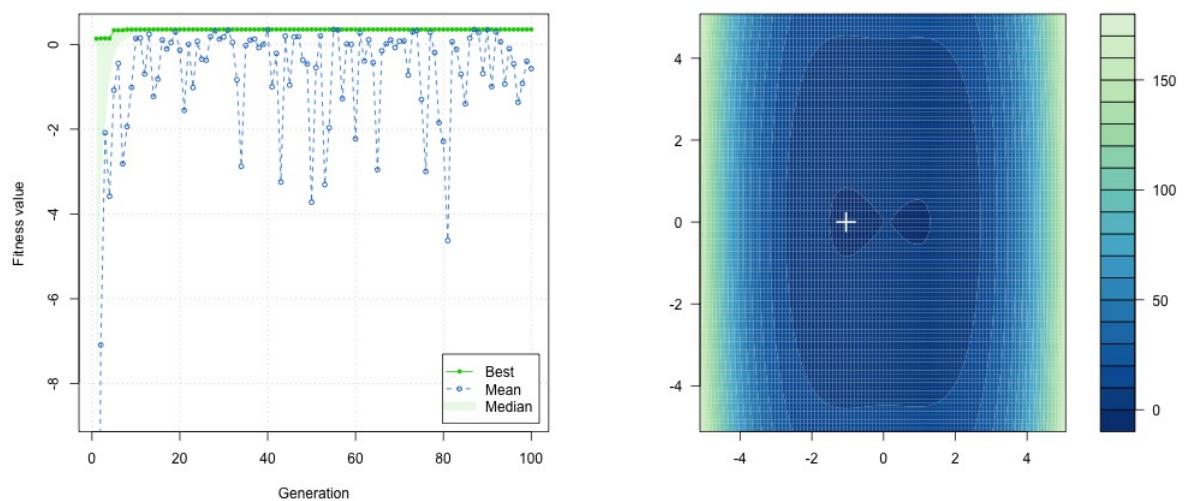
3.3.1 Modyfikacja parametru elitarności



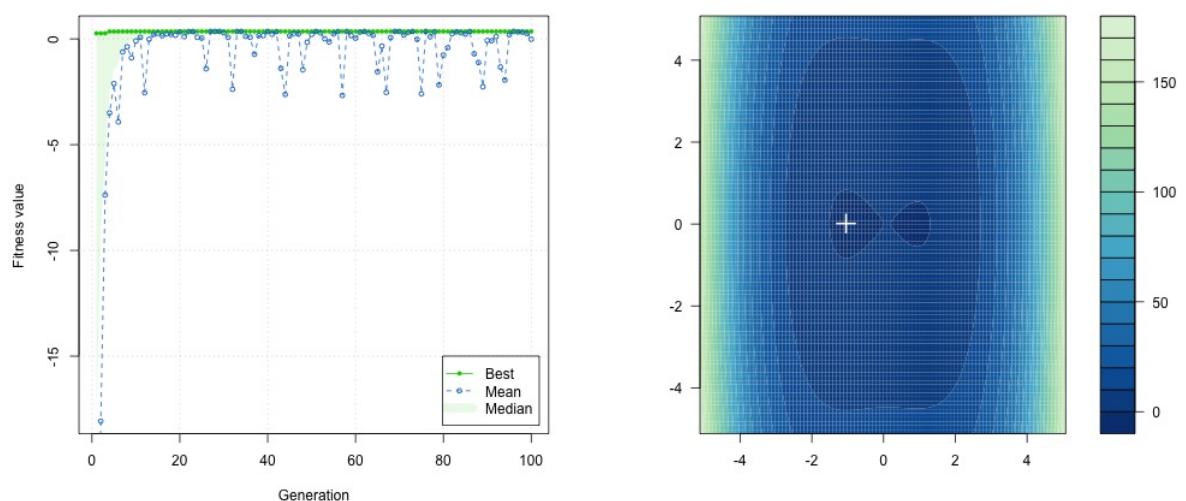
Rysunek 4: Test optymalizacji GA AluffiPentini p50 i100 c0.8 m0.1 e0



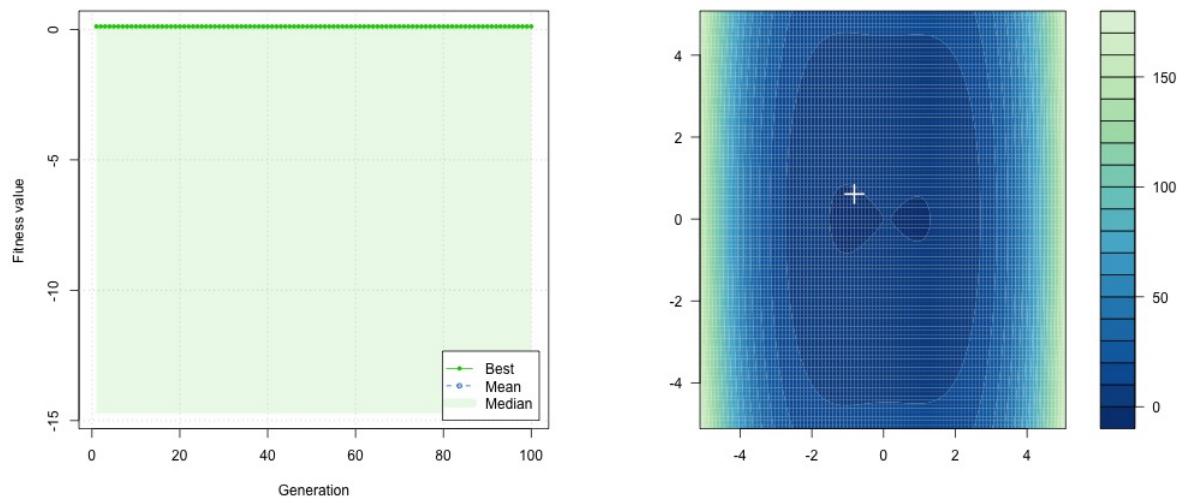
Rysunek 5: Test optymalizacji GA AluffiPentini p50 i100 c0.8 m0.1 e0.25



Rysunek 6: Test optymalizacji GA AluffiPentini p50 i100 c0.8 m0.1 e0.5

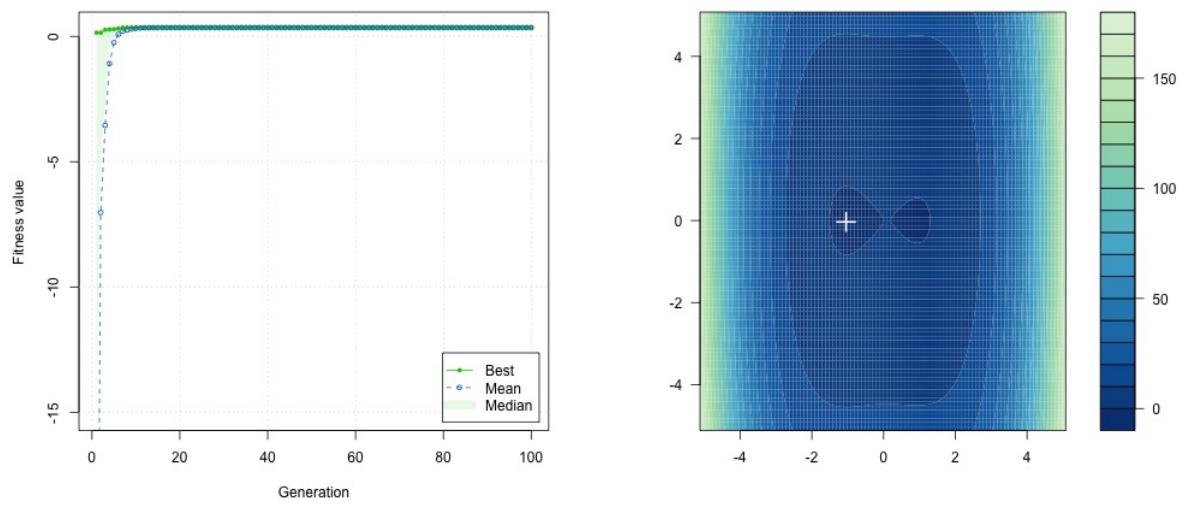


Rysunek 7: Test optymalizacji GA AluffiPentini p50 i100 c0.8 m0.1 e0.75

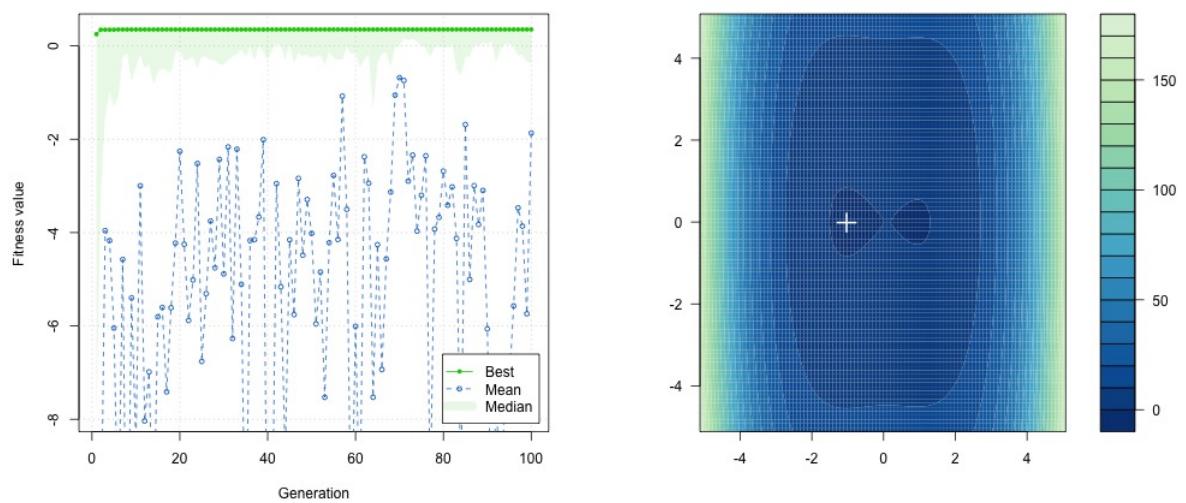


Rysunek 8: Test optymalizacji GA AluffiPentini p50 i100 c0.8 m0.1 e1

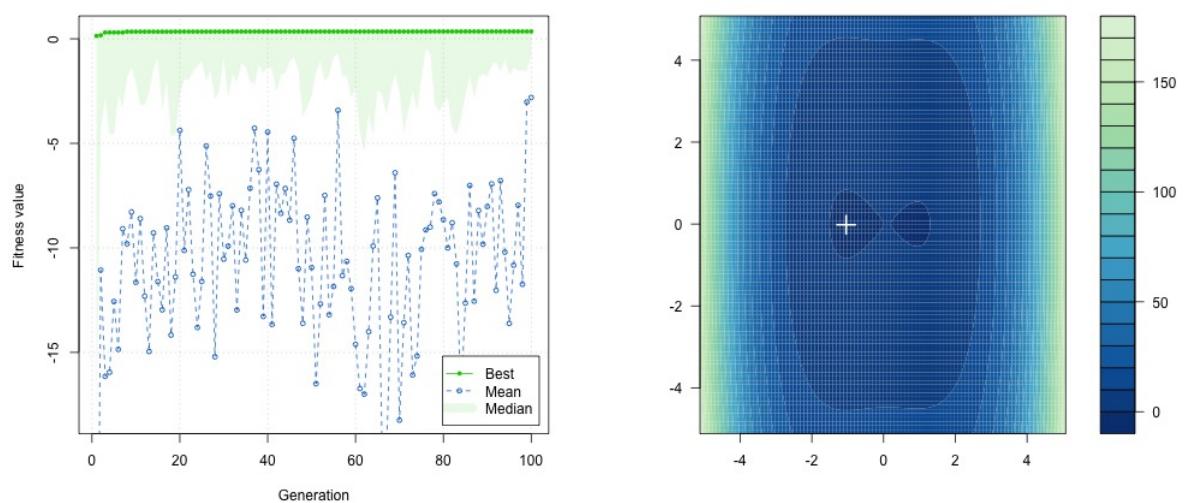
3.3.2 Modyfikacja parametru mutacji



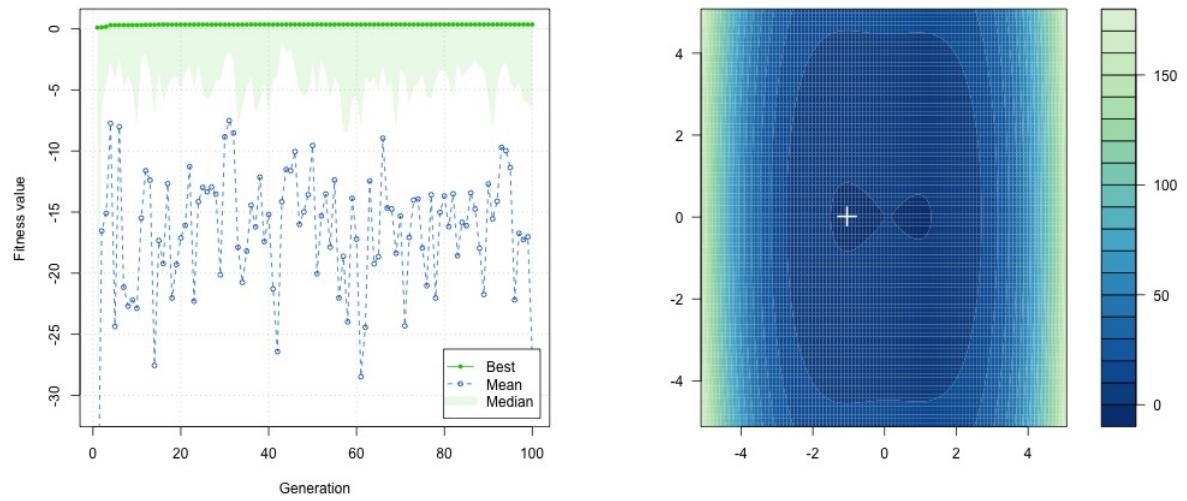
Rysunek 9: Test optymalizacji GA AluffiPentini p50 i100 c0.8 m0 e0.05



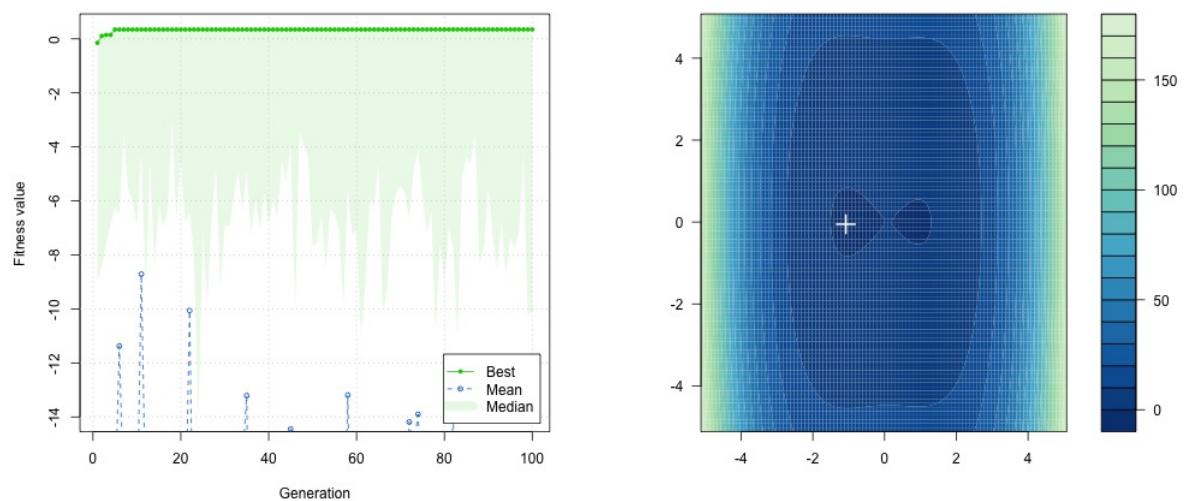
Rysunek 10: Test optymalizacji GA AluffiPentini p50 i100 c0.8 m0.25 e0.05



Rysunek 11: Test optymalizacji GA AluffiPentini p50 i100 c0.8 m0.5 e0.05

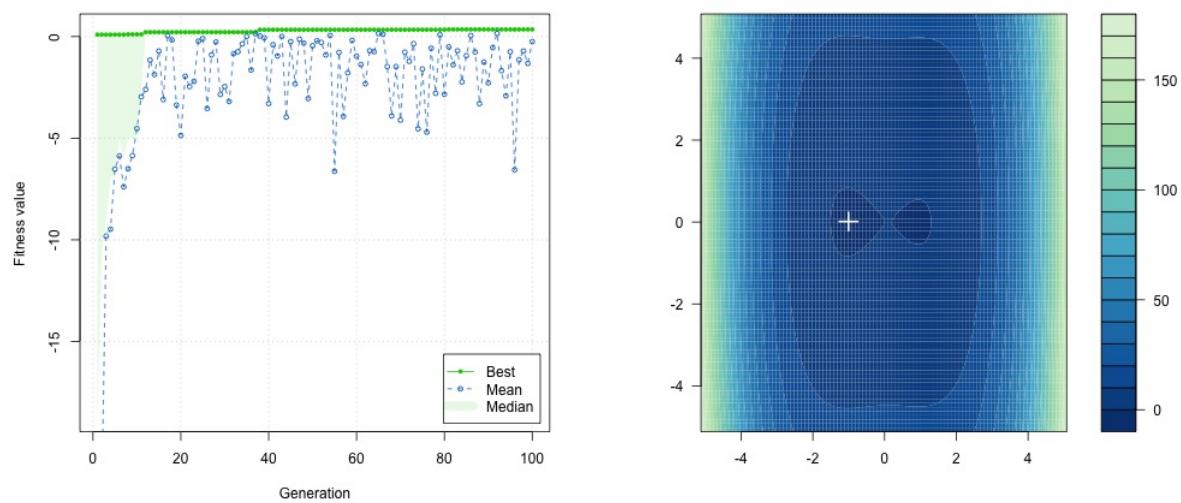


Rysunek 12: Test optymalizacji GA AluffiPentini p50 i100 c0.8 m0.75 e0.05

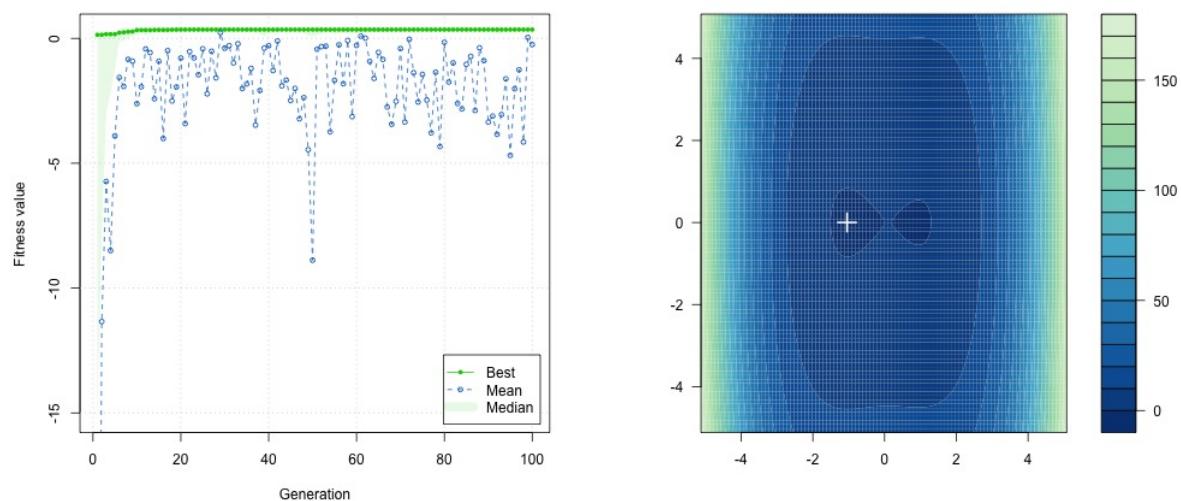


Rysunek 13: Test optymalizacji GA AluffiPentini p50 i100 c0.8 m1 e0.05

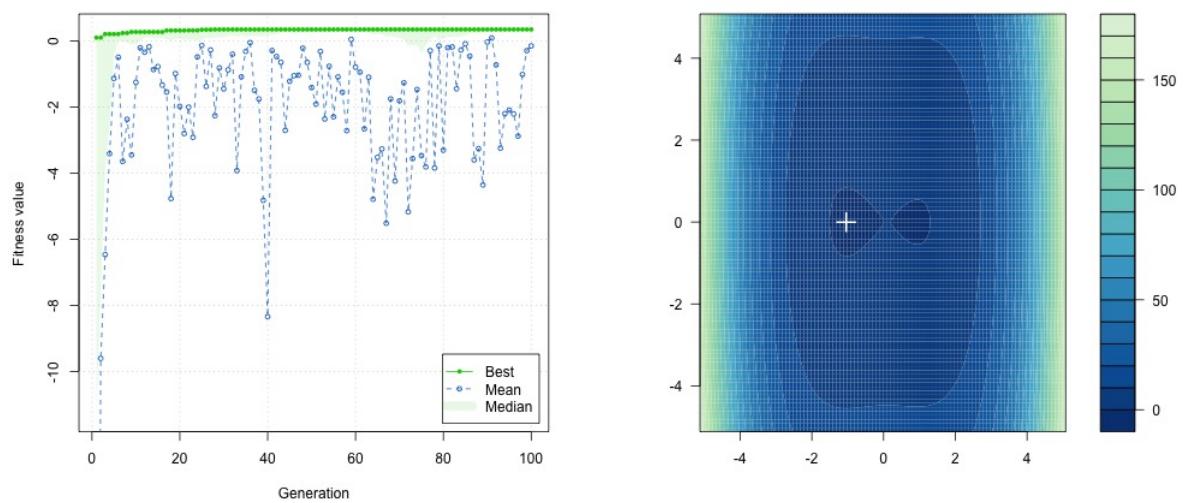
3.3.3 Modyfikacja parametru krzyżowania



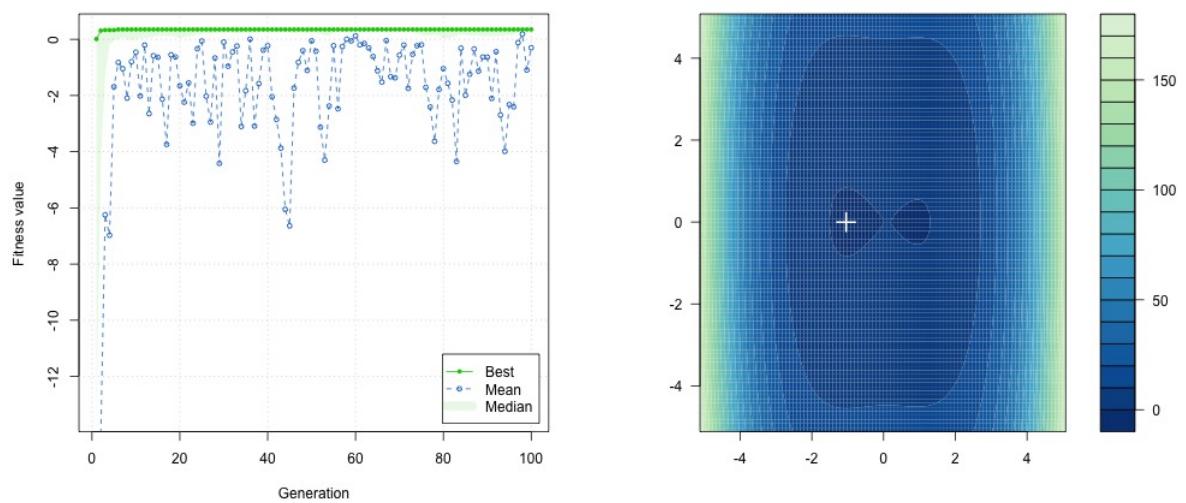
Rysunek 14: Test optymalizacji GA AluffiPentini p50 i100 c0 m0.1 e0.05



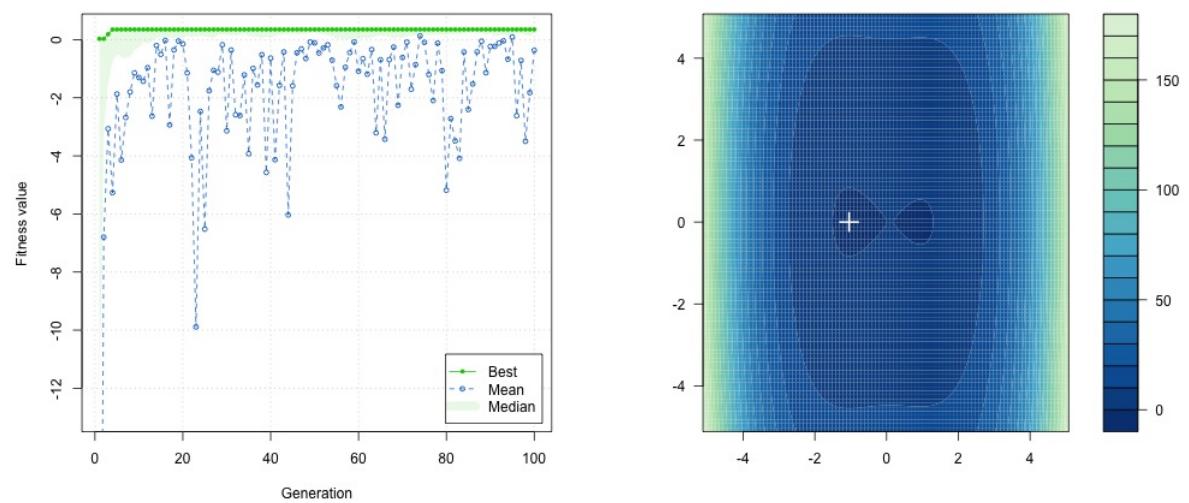
Rysunek 15: Test optymalizacji GA AluffiPentini p50 i100 c0.25 m0.1 e0.05



Rysunek 16: Test optymalizacji GA AluffiPentini p50 i100 c0.5 m0.1 e0.05

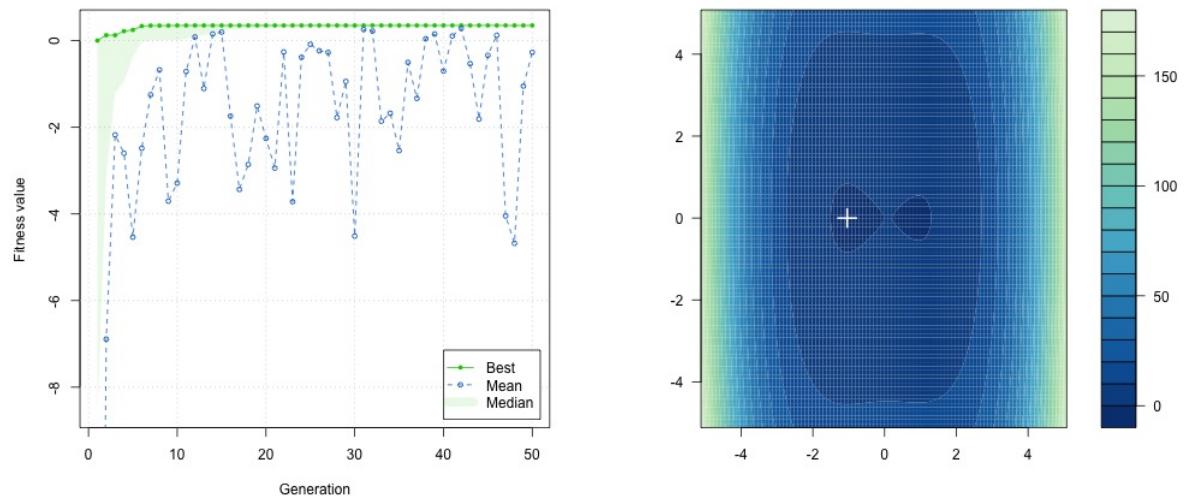


Rysunek 17: Test optymalizacji GA AluffiPentini p50 i100 c0.75 m0.1 e0.05

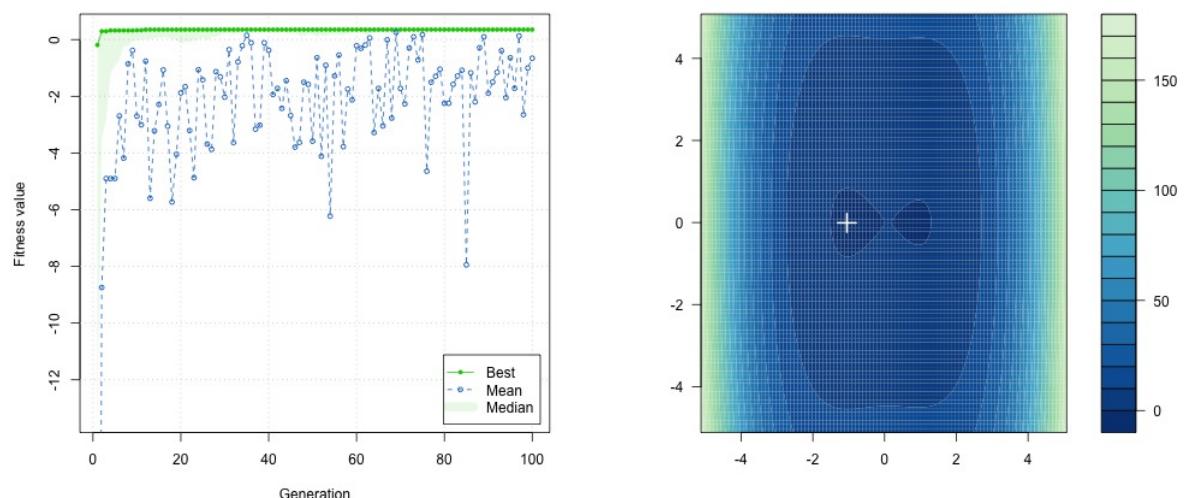


Rysunek 18: Test optymalizacji GA AluffiPentini p50 i100 c1 m0.1 e0.05

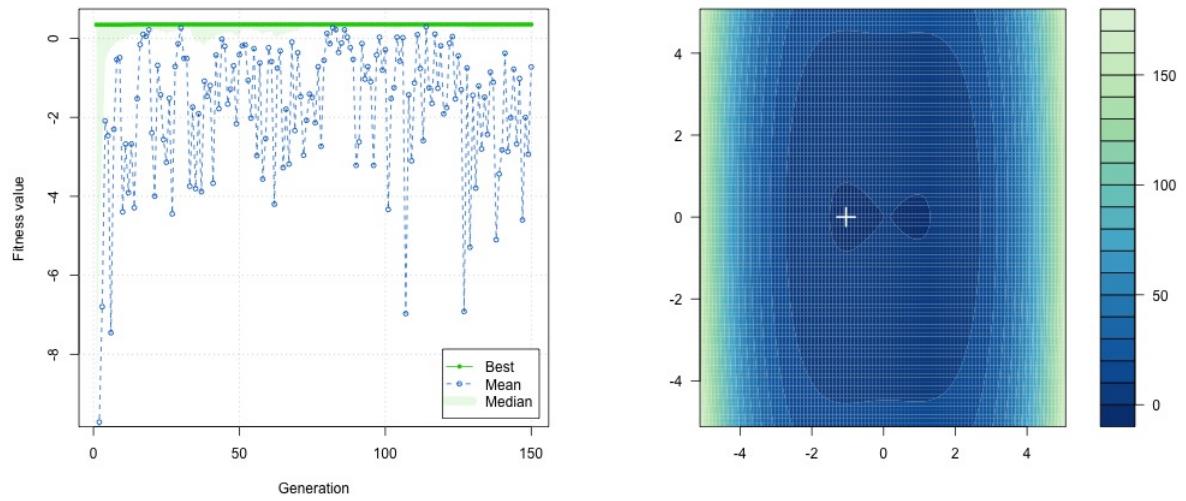
3.3.4 Modyfikacja parametru liczby iteracji



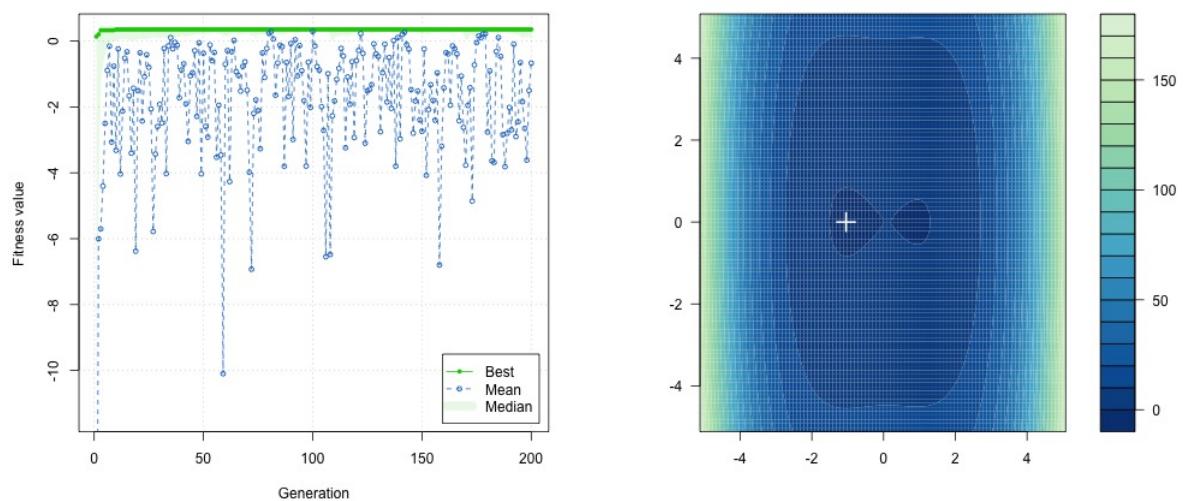
Rysunek 19: Test optymalizacji GA AluffiPentini p50 i50 c0.8 m0.1 e0.05



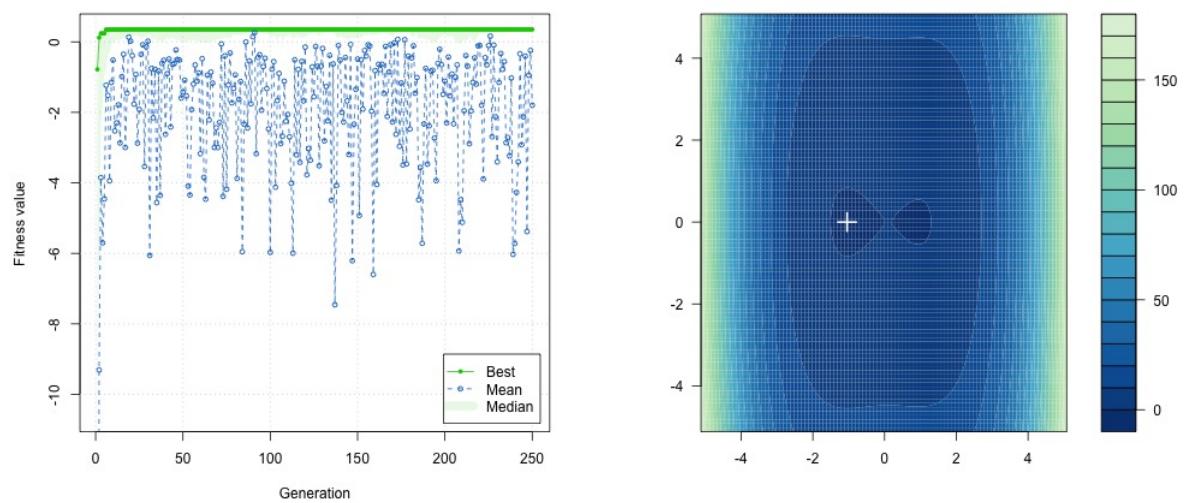
Rysunek 20: Test optymalizacji GA AluffiPentini p50 i100 c0.8 m0.1 e0.05



Rysunek 21: Test optymalizacji GA AluffiPentini p50 i150 c0.8 m0.1 e0.05

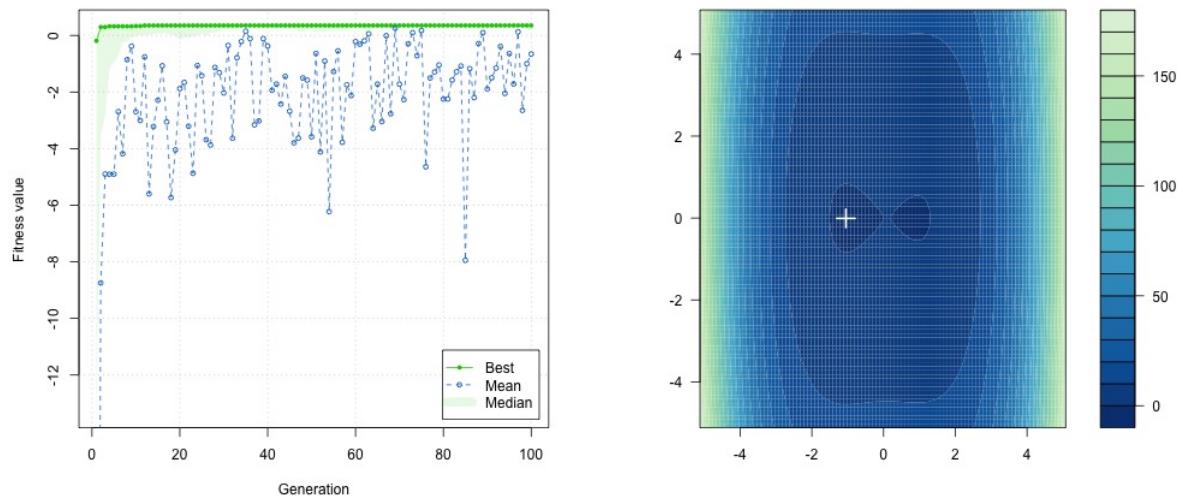


Rysunek 22: Test optymalizacji GA AluffiPentini p50 i200 c0.8 m0.1 e0.05

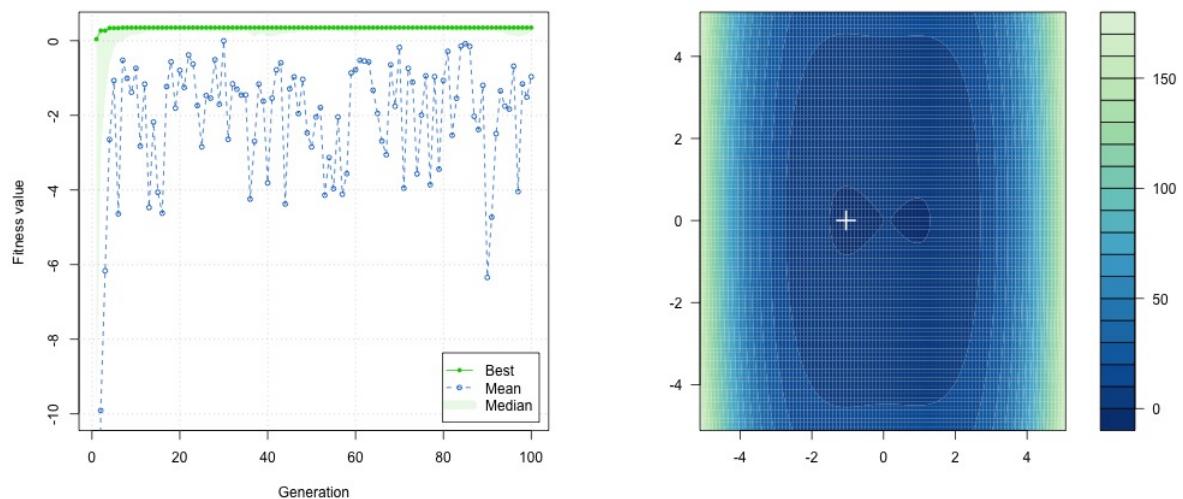


Rysunek 23: Test optymalizacji GA AluffiPentini p50 i250 c0.8 m0.1 e0.05

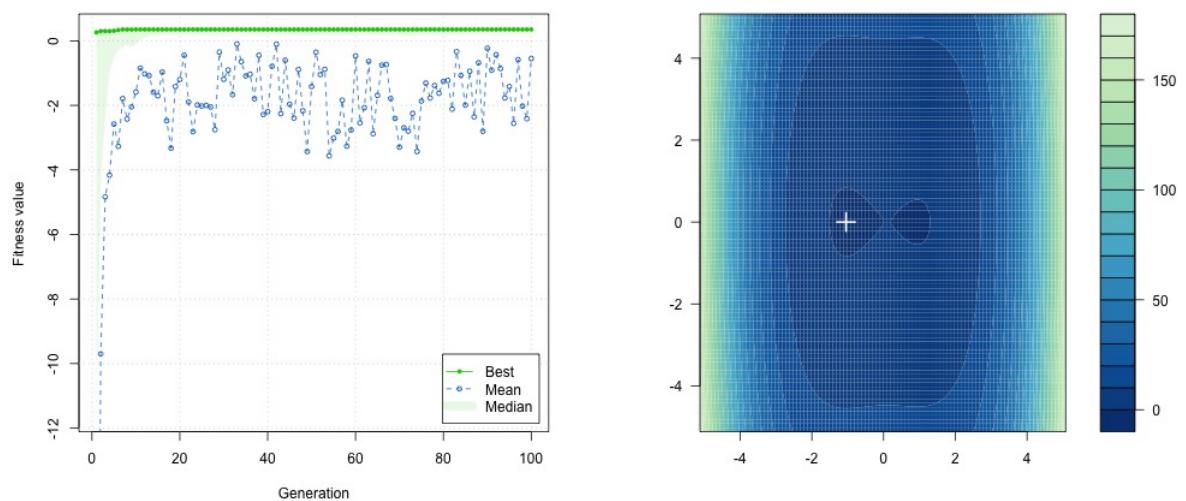
3.3.5 Modyfikacja parametru rozmiaru populacji



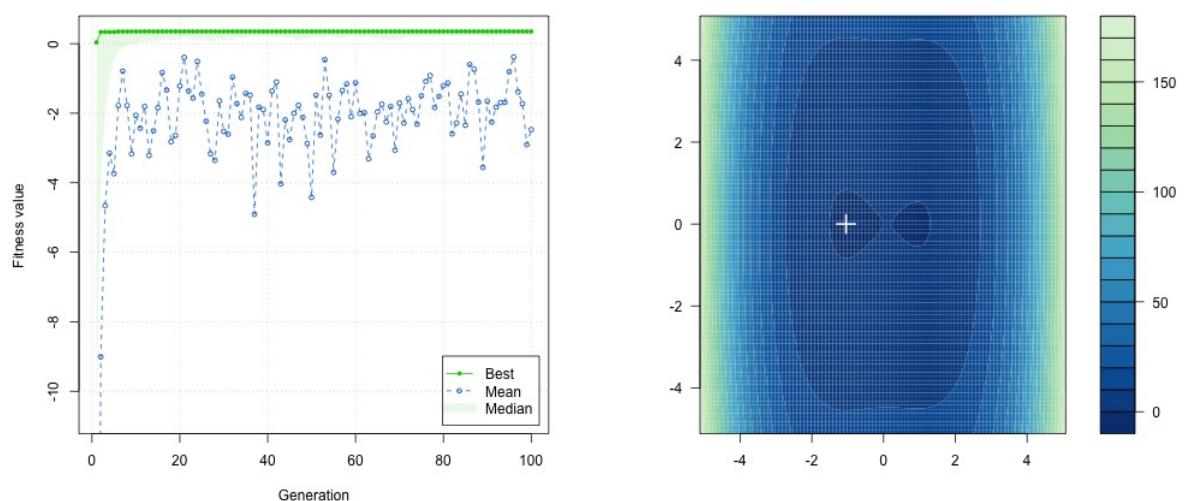
Rysunek 24: Test optymalizacji GA AluffiPentini p50 i100 c0.8 m0.1 e0.05



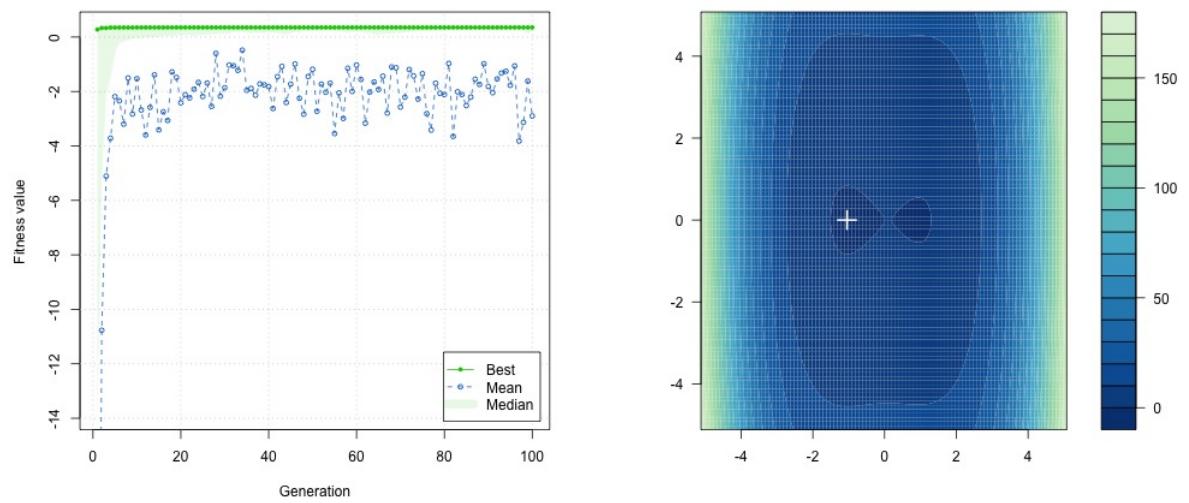
Rysunek 25: Test optymalizacji GA AluffiPentini p100 i100 c0.8 m0.1 e0.05



Rysunek 26: Test optymalizacji GA AluffiPentini p150 i100 c0.8 m0.1 e0.05



Rysunek 27: Test optymalizacji GA AluffiPentini p200 i100 c0.8 m0.1 e0.05



Rysunek 28: Test optymalizacji GA AluffiPentini p250 i100 c0.8 m0.1 e0.05

4 Funkcja Bohachevsky'ego

4.1 Wzór analityczny

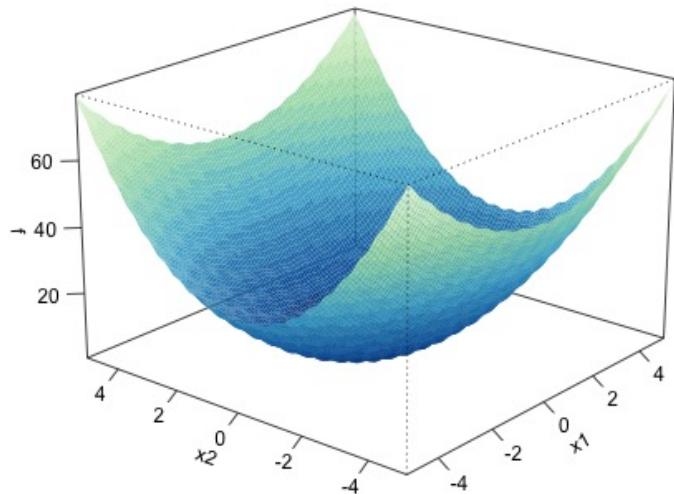
$$f(x, y) = x^2 + 2y^2 - 0.3\cos(3\pi x) - 0.4\cos(4\pi y) + 0.7$$

Rysunek 29: Wzór analityczny funkcji Bochachevsky'ego

$$f_j(\mathbf{x}^*) = 0, \text{ at } \mathbf{x}^* = (0, 0), \text{ for all } j = 1, 2, 3$$

Rysunek 30: Minimum globalne funkcji Bochachevsky'ego

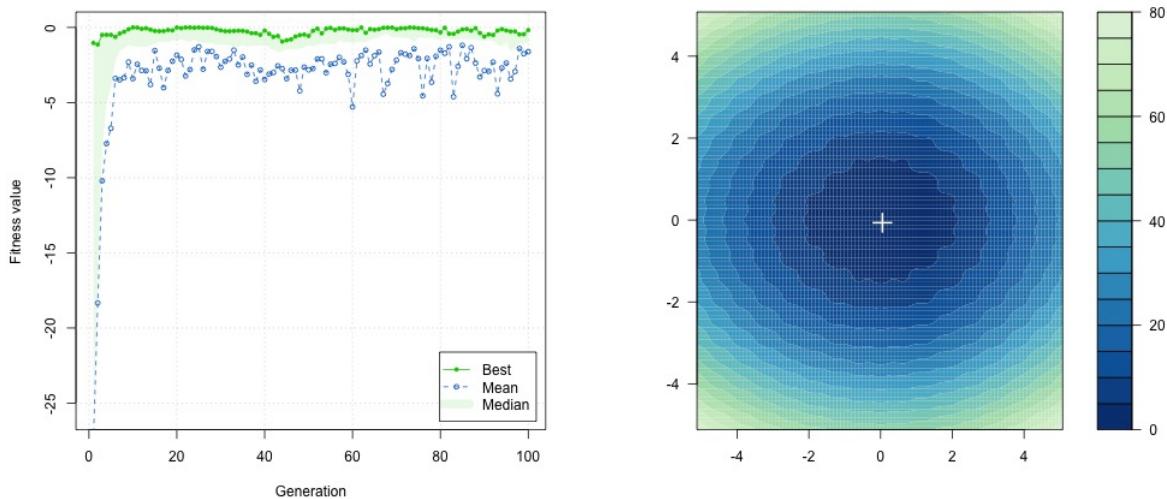
4.2 Wykres funkcji



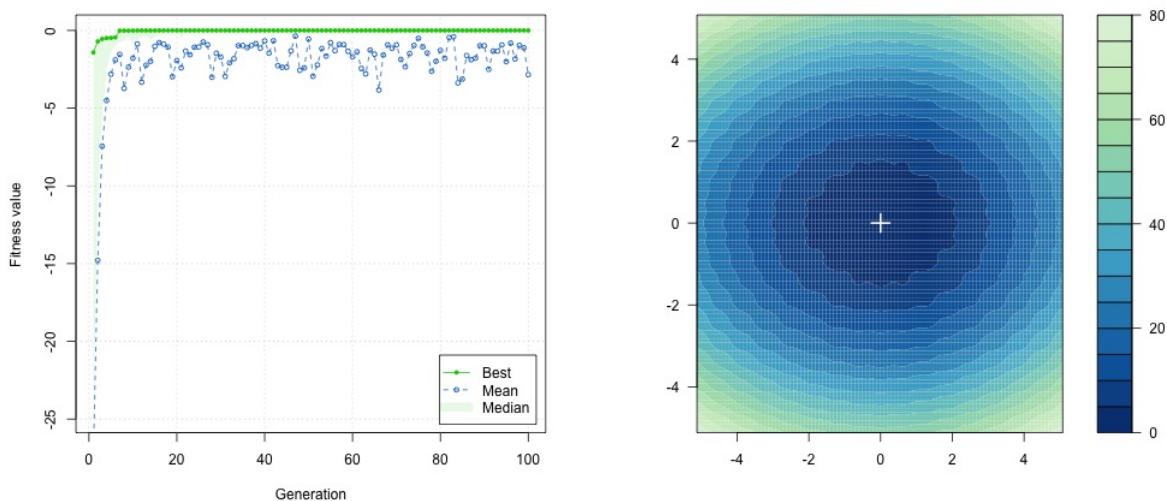
Rysunek 31: Wzór analityczny funkcji Bochachevsky'ego

4.3 Optymalizacja

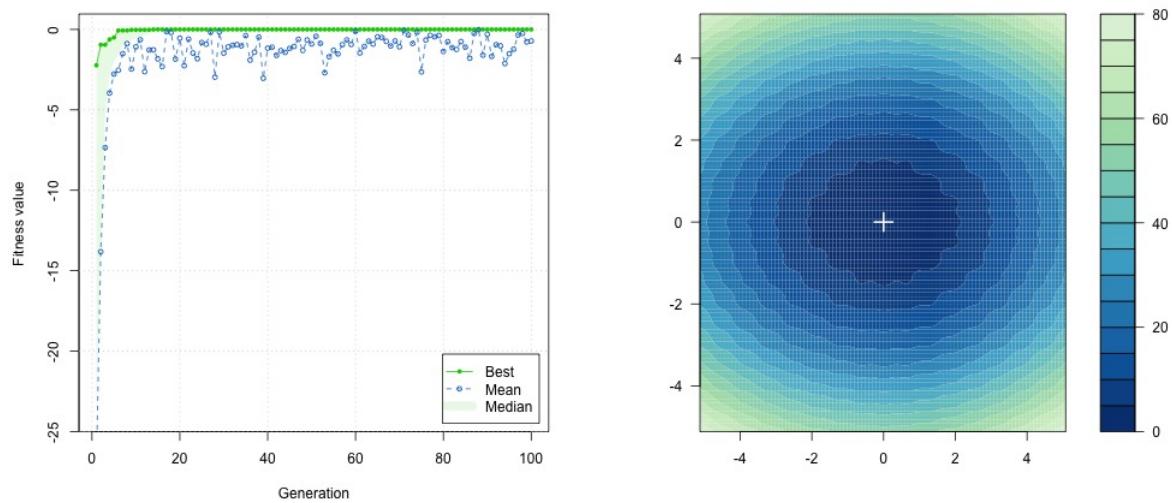
4.3.1 Modyfikacja parametru elitarności



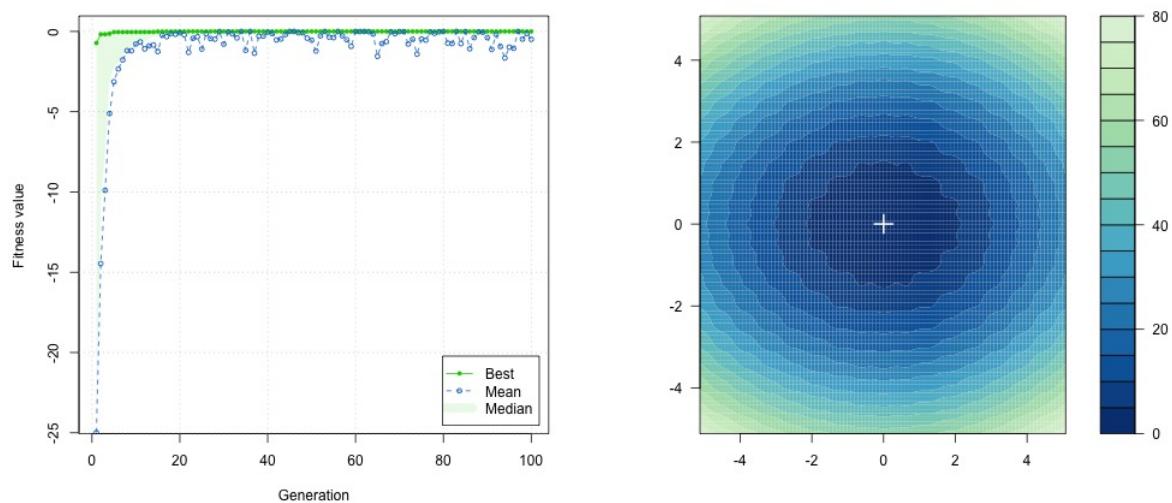
Rysunek 32: Test optymalizacji GA Bohachevsky1 p50 i100 c0.8 m0.1 e0



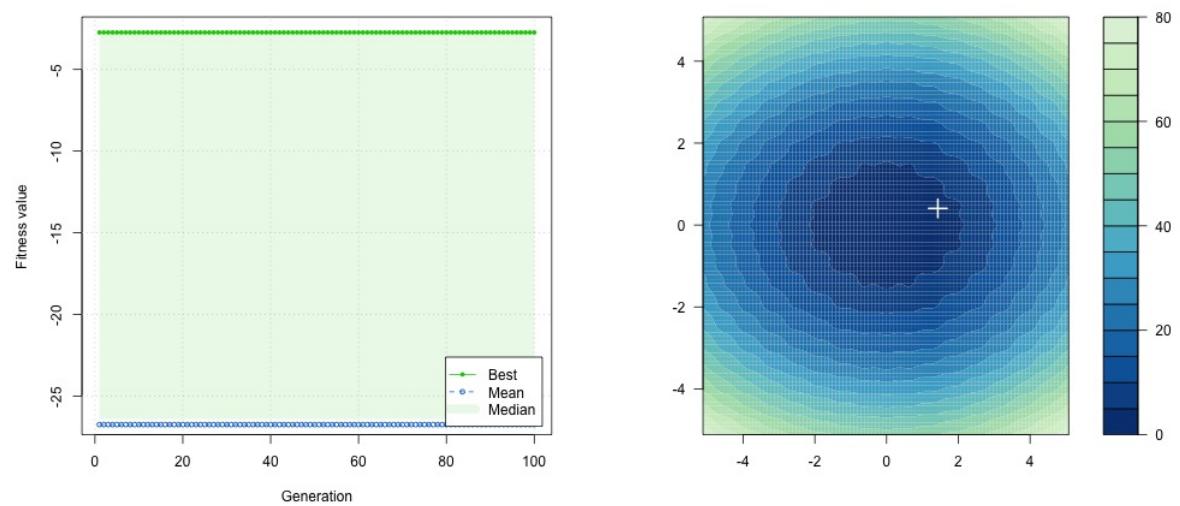
Rysunek 33: Test optymalizacji GA Bohachevsky1 p50 i100 c0.8 m0.1 e0.25



Rysunek 34: Test optymalizacji GA Bohachevsky1 p50 i100 c0.8 m0.1 e0.5

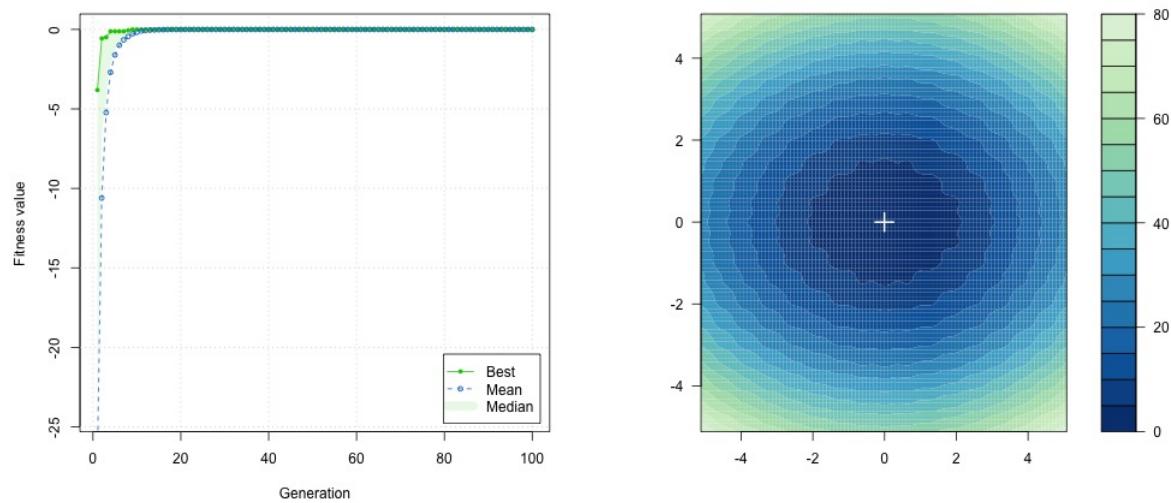


Rysunek 35: Test optymalizacji GA Bohachevsky1 p50 i100 c0.8 m0.1 e0.75

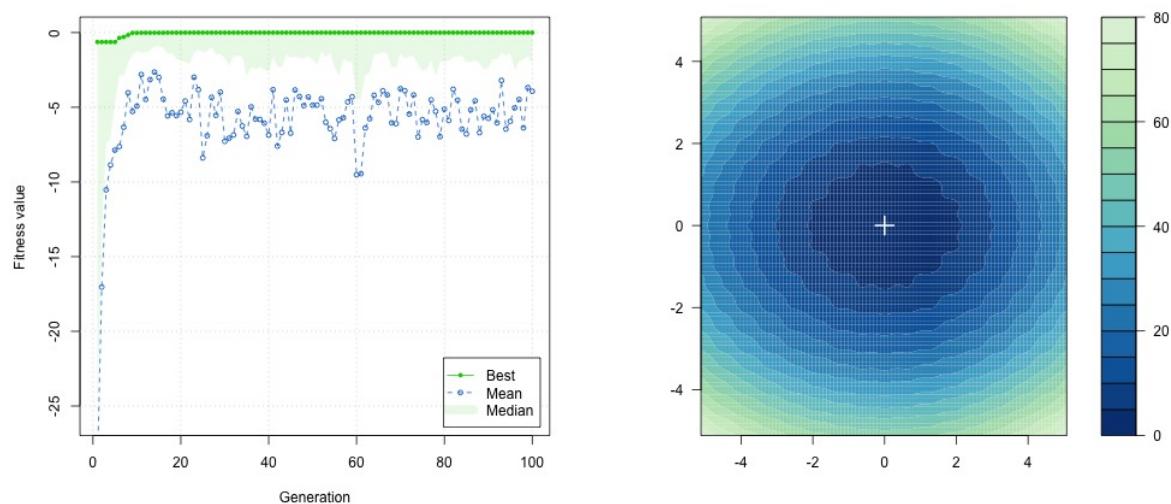


Rysunek 36: Test optymalizacji GA Bohachevsky1 p50 i100 c0.8 m0.1 e1

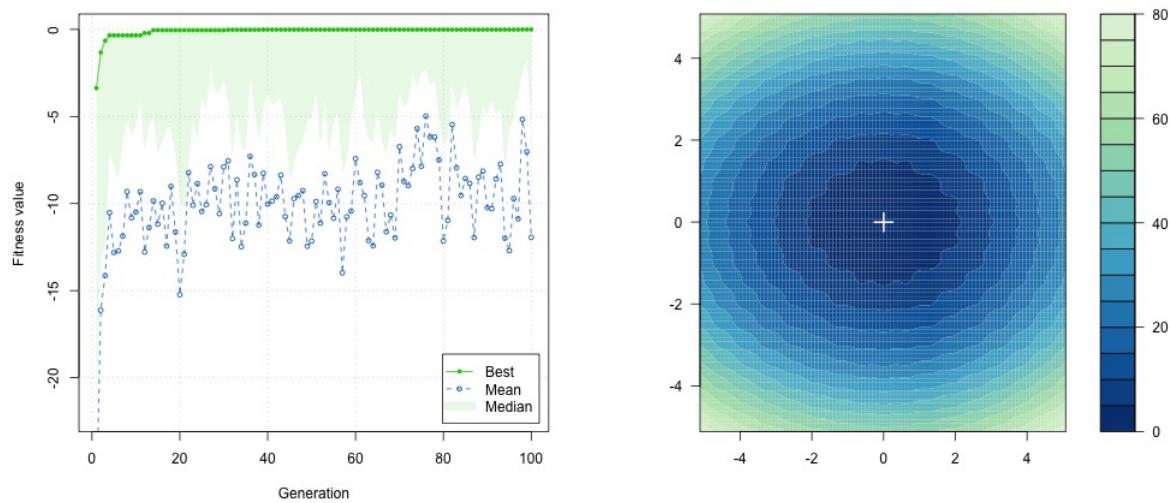
4.3.2 Modyfikacja parametru mutacji



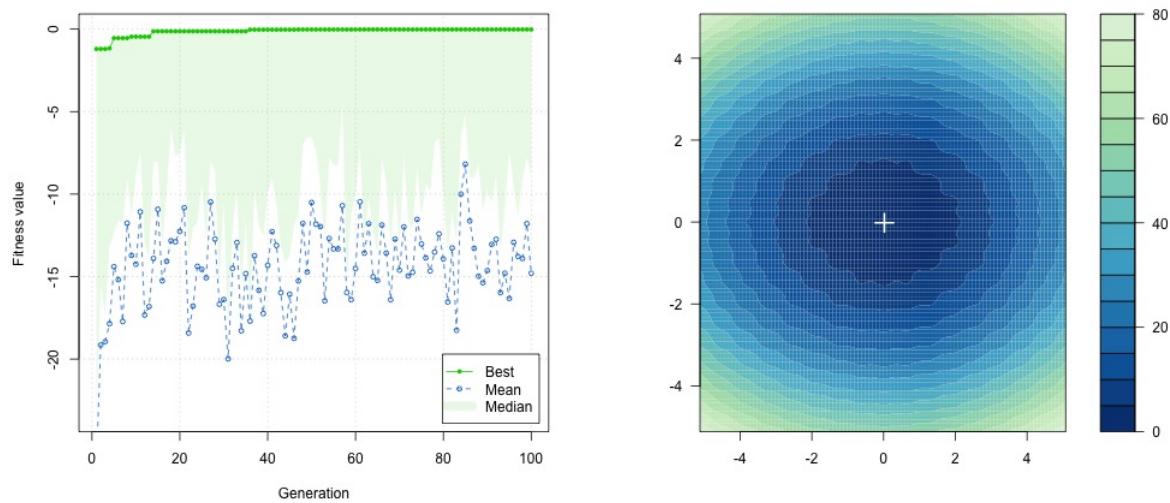
Rysunek 37: Test optymalizacji GA Bohachevsky1 p50 i100 c0.8 m0 e0.05



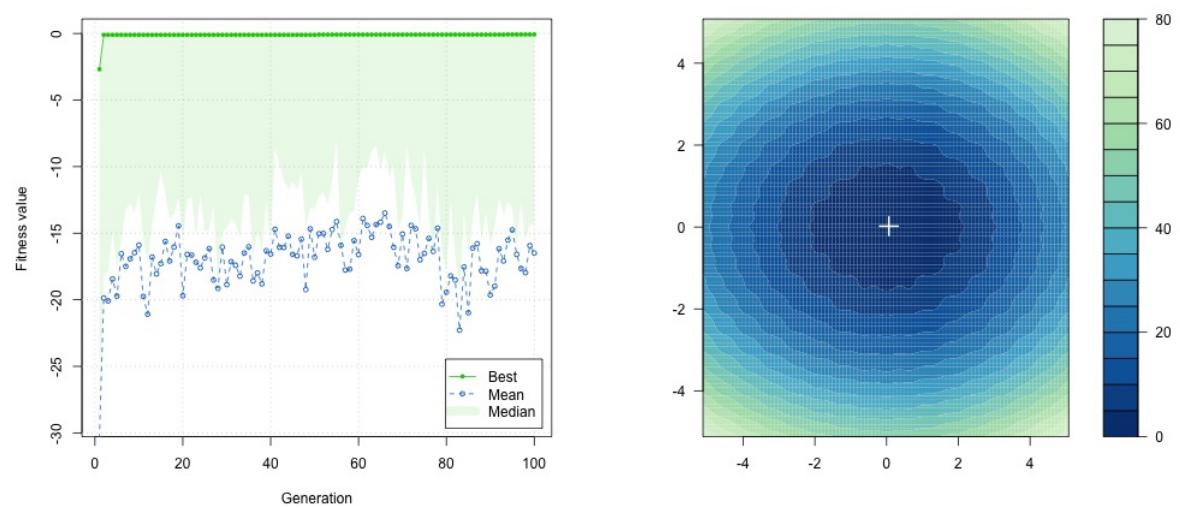
Rysunek 38: Test optymalizacji GA Bohachevsky1 p50 i100 c0.8 m0.25 e0.05



Rysunek 39: Test optymalizacji GA Bohachevsky1 p50 i100 c0.8 m0.5 e0.05

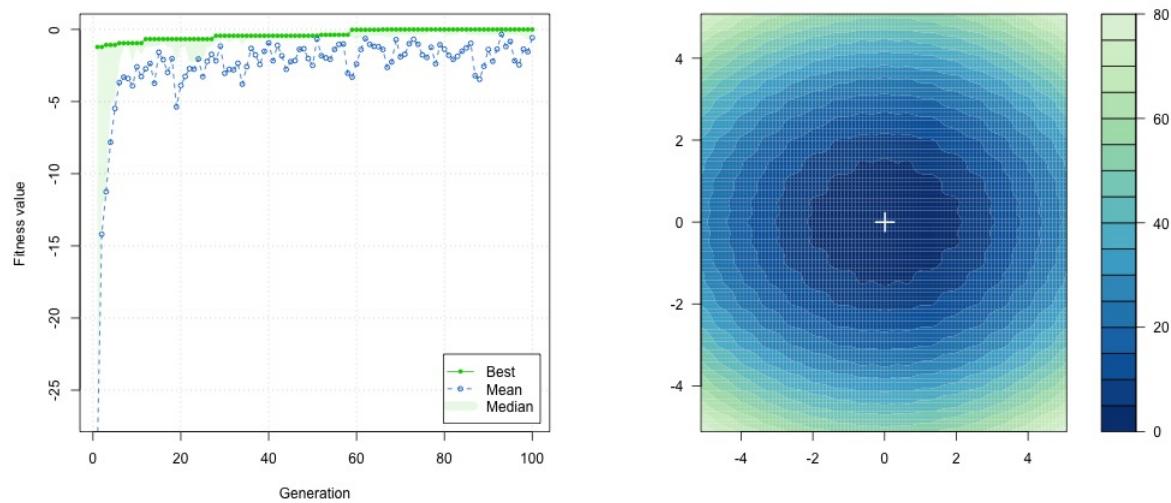


Rysunek 40: Test optymalizacji GA Bohachevsky1 p50 i100 c0.8 m0.75 e0.05

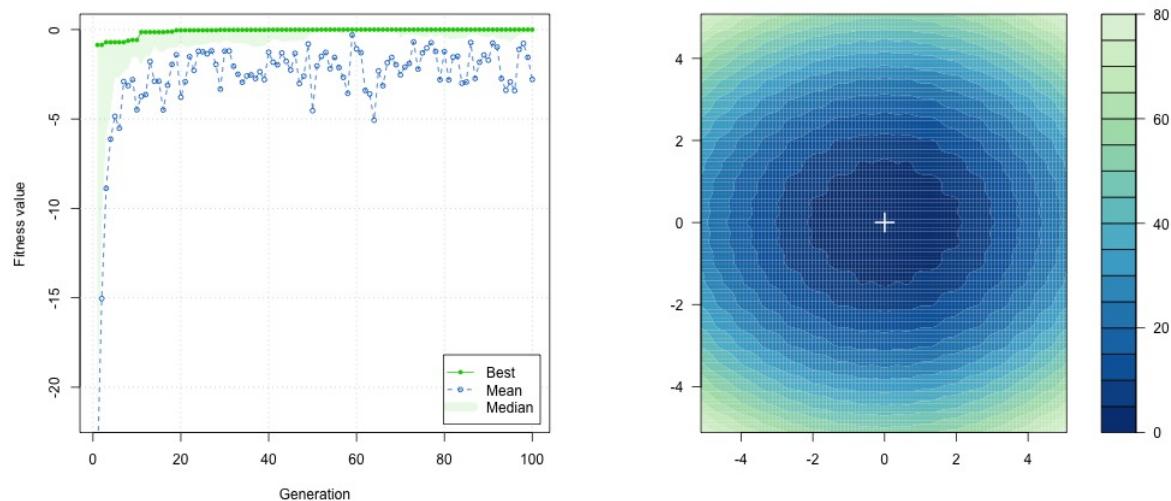


Rysunek 41: Test optymalizacji GA Bohachevsky1 p50 i100 c0.8 m1 e0.05

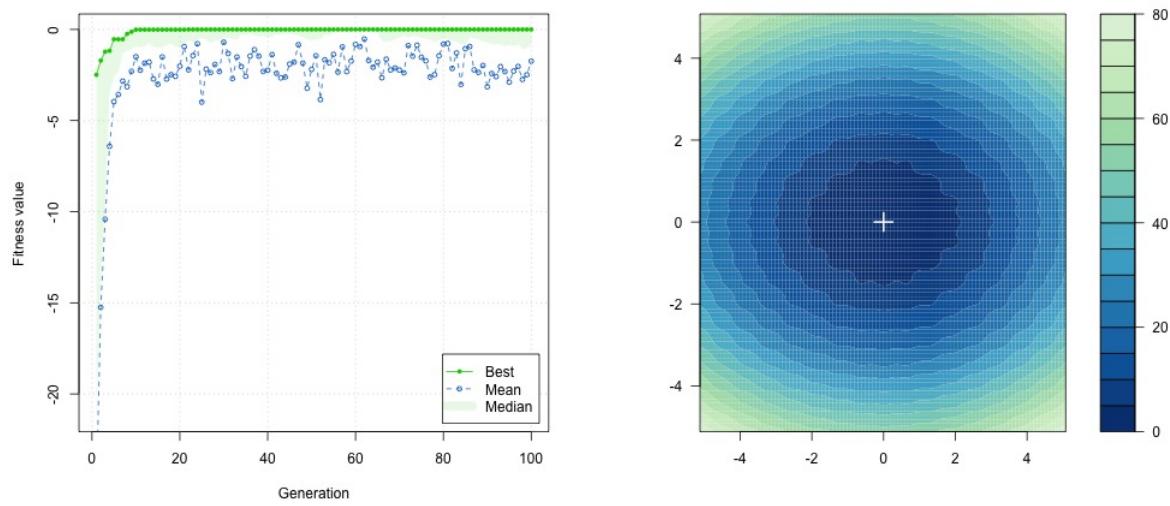
4.3.3 Modyfikacja parametru krzyżowania



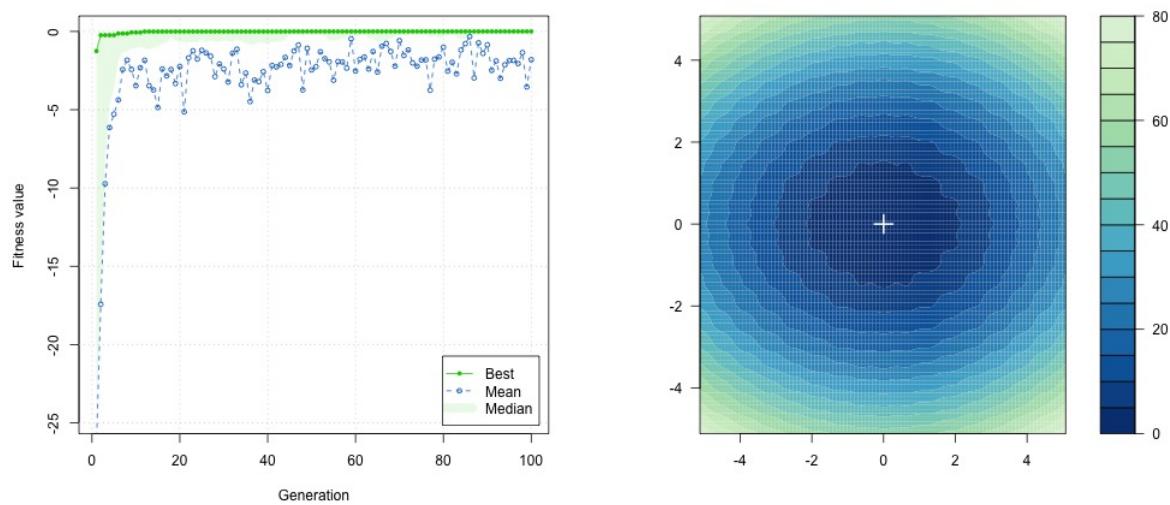
Rysunek 42: Test optymalizacji GA Bohachevsky1 p50 i100 c0 m0.1 e0.05



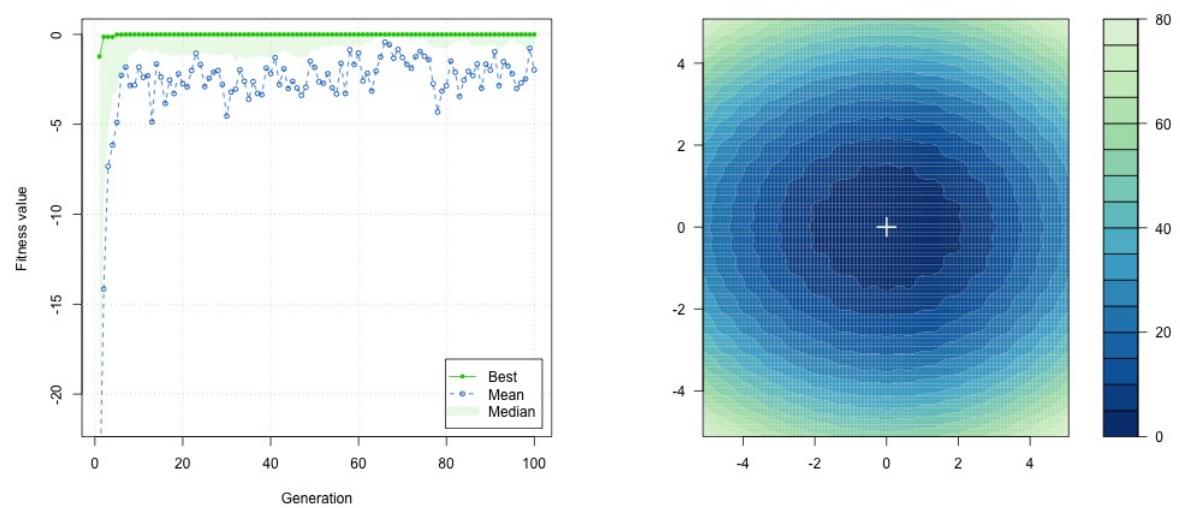
Rysunek 43: Test optymalizacji GA Bohachevsky1 p50 i100 c0.25 m0.1 e0.05



Rysunek 44: Test optymalizacji GA Bohachevsky1 p50 i100 c0.5 m0.1 e0.05

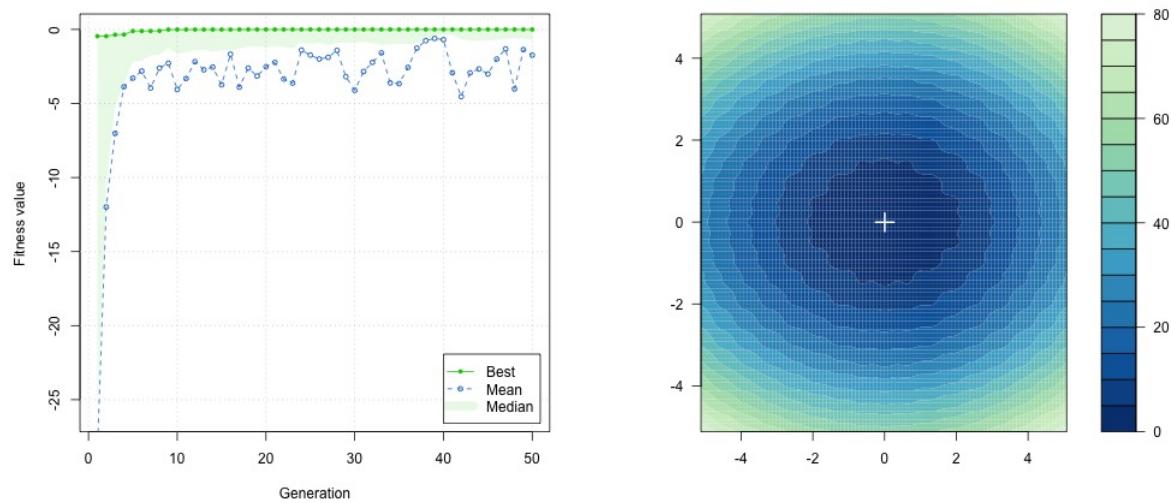


Rysunek 45: Test optymalizacji GA Bohachevsky1 p50 i100 c0.75 m0.1 e0.05

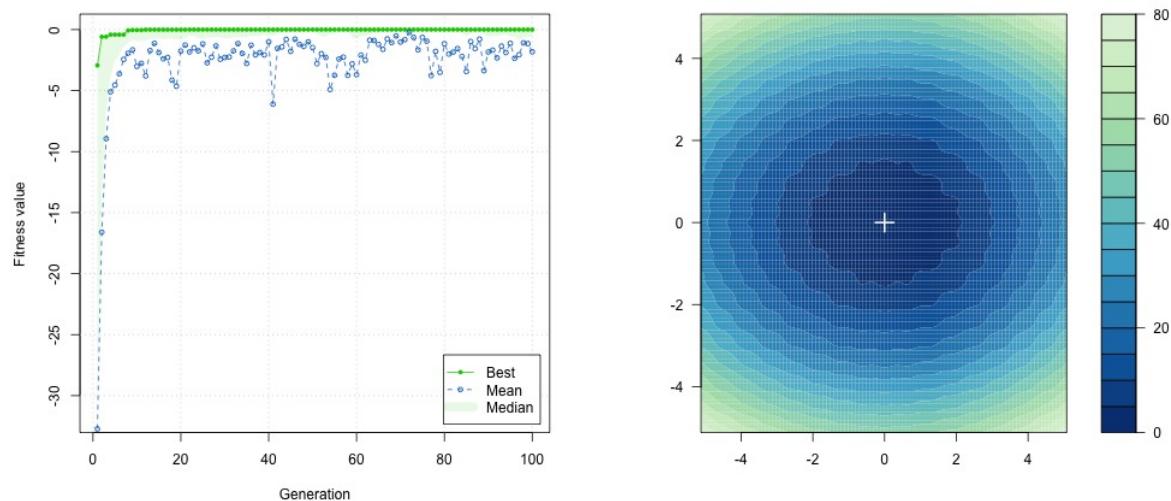


Rysunek 46: Test optymalizacji GA Bohachevsky1 p50 i100 c1 m0.1 e0.05

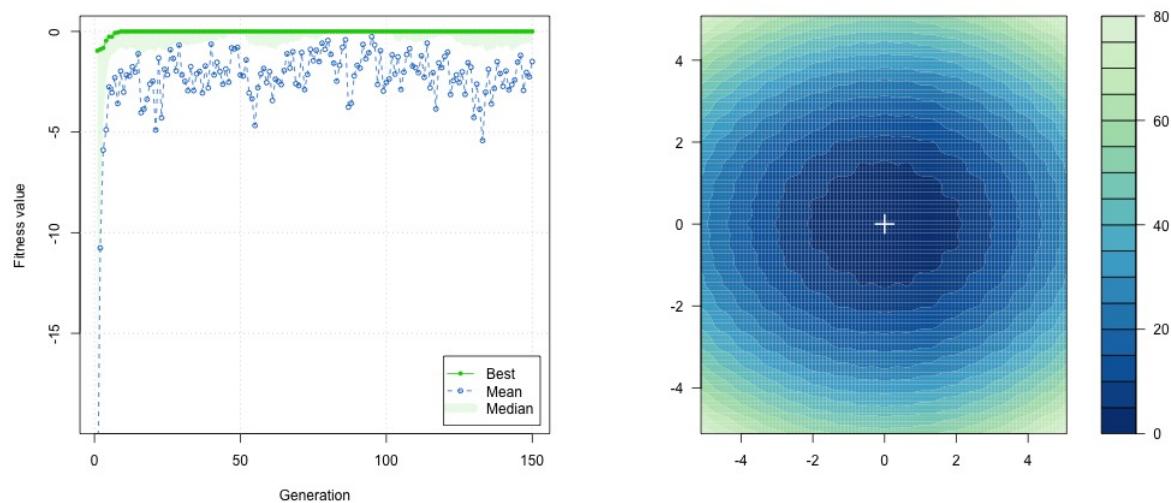
4.3.4 Modyfikacja parametru liczby iteracji



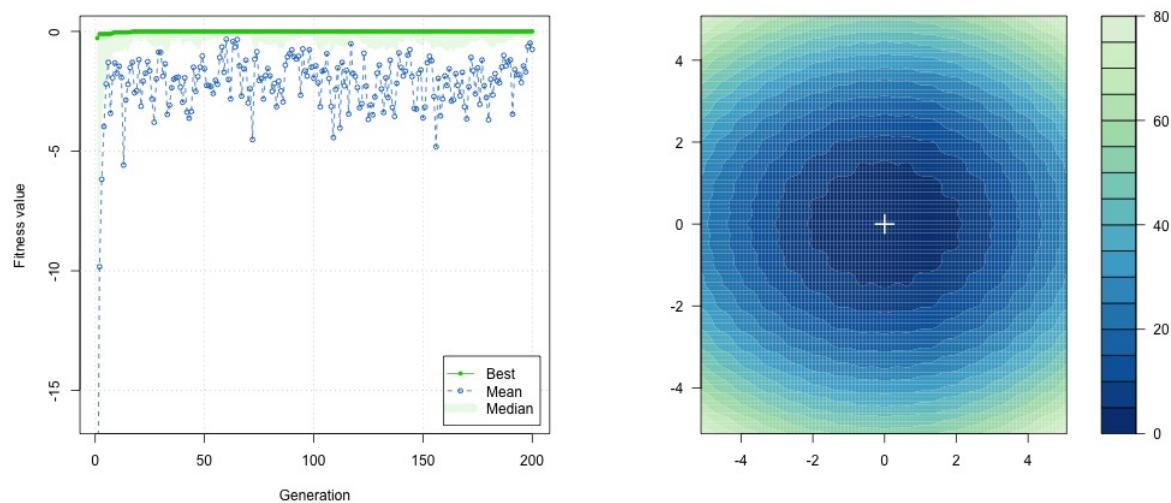
Rysunek 47: Test optymalizacji GA Bohachevsky1 p50 i50 c0.8 m0.1 e0.05



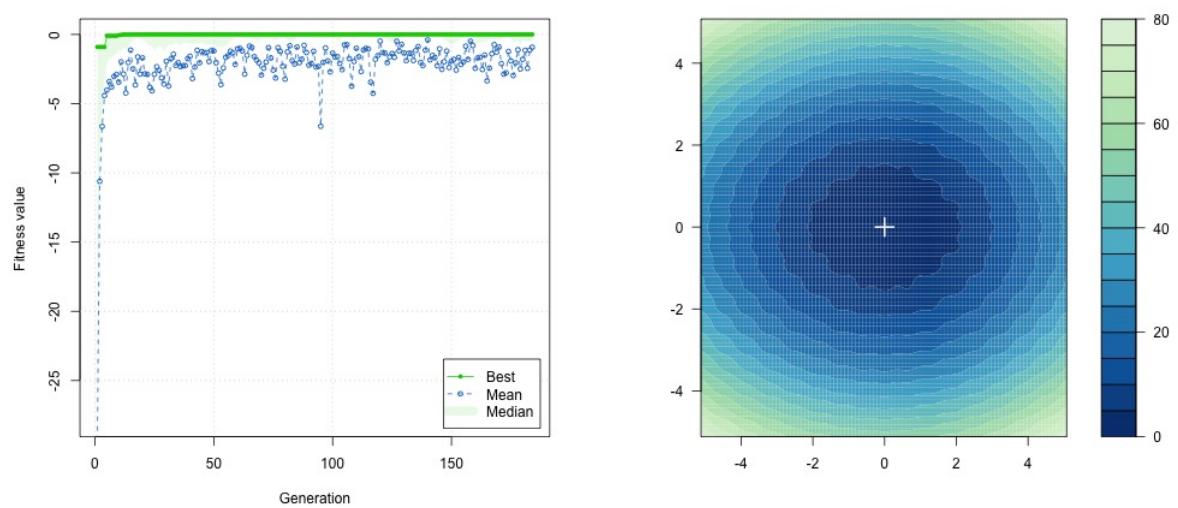
Rysunek 48: Test optymalizacji GA Bohachevsky1 p50 i100 c0.8 m0.1 e0.05



Rysunek 49: Test optymalizacji GA Bohachevsky1 p50 i150 c0.8 m0.1 e0.05

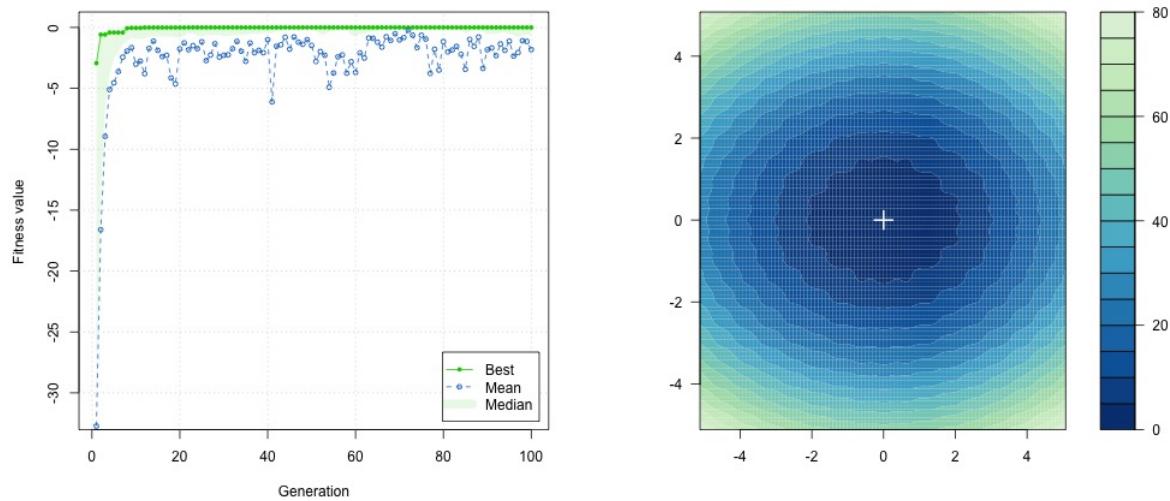


Rysunek 50: Test optymalizacji GA Bohachevsky1 p50 i200 c0.8 m0.1 e0.05

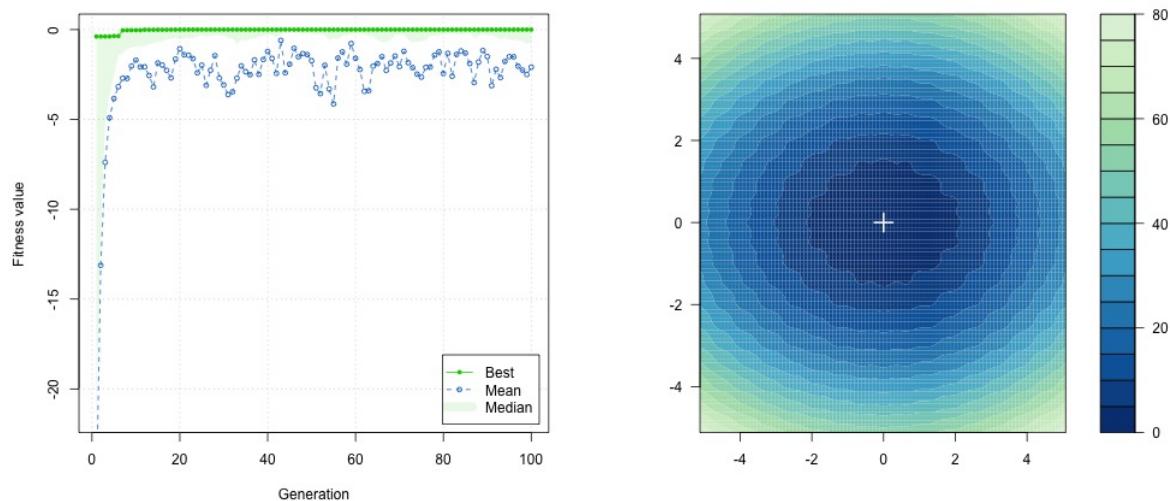


Rysunek 51: Test optymalizacji GA Bohachevsky1 p50 i250 c0.8 m0.1 e0.05

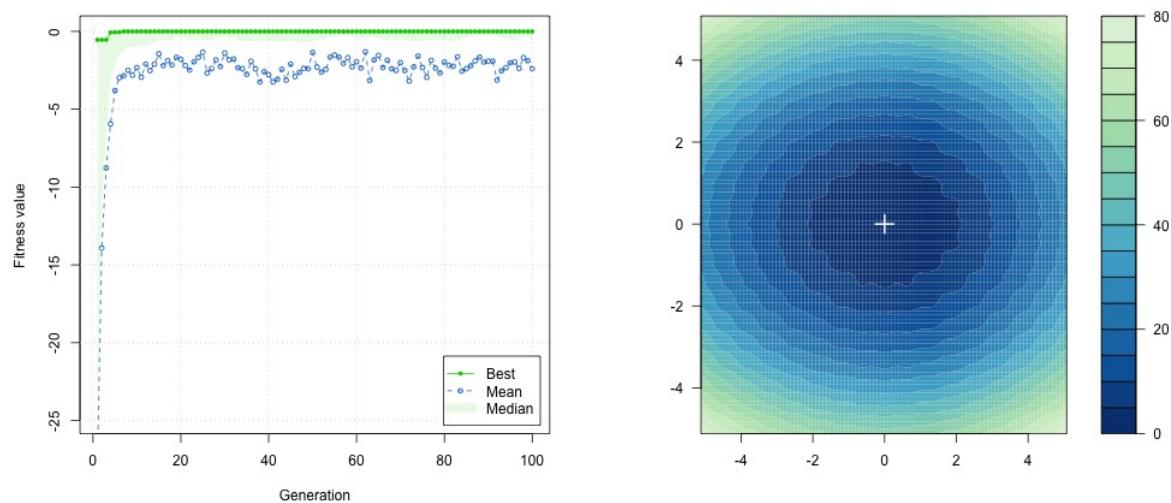
4.3.5 Modyfikacja parametru rozmiaru populacji



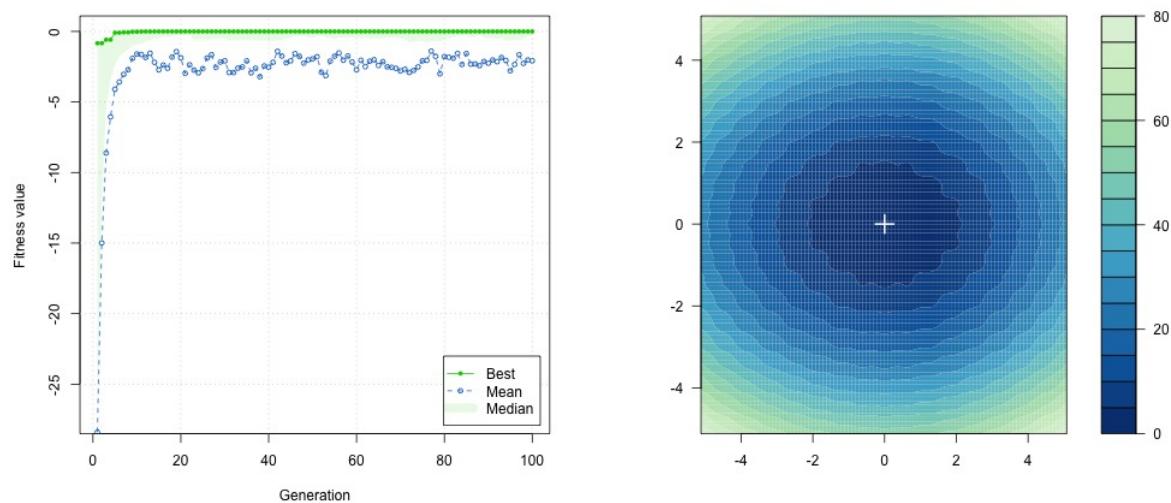
Rysunek 52: Test optymalizacji GA Bohachevsky1 p50 i100 c0.8 m0.1 e0.05



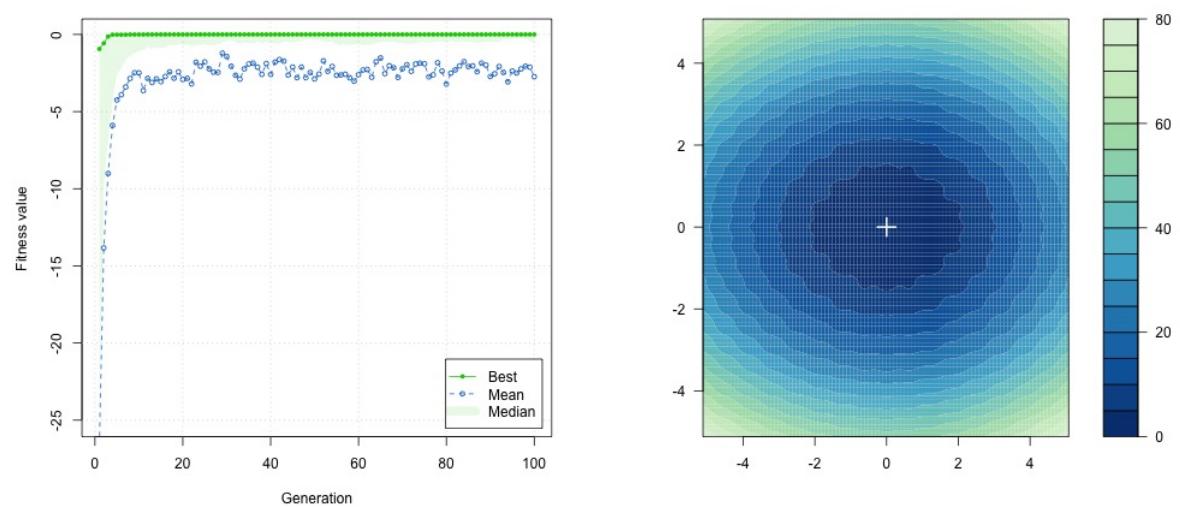
Rysunek 53: Test optymalizacji GA Bohachevsky1 p100 i100 c0.8 m0.1 e0.05



Rysunek 54: Test optymalizacji GA Bohachevsky1 p150 i100 c0.8 m0.1 e0.05



Rysunek 55: Test optymalizacji GA Bohachevsky1 p200 i100 c0.8 m0.1 e0.05



Rysunek 56: Test optymalizacji GA Bohachevsky1 p250 i100 c0.8 m0.1 e0.05

5 Funkcja Branina

5.1 Wzór analityczny

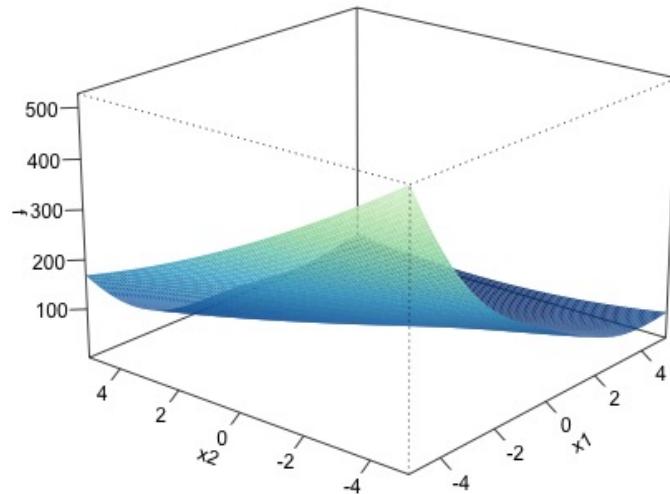
$$f(\mathbf{x}) = a(x_2 - bx_1^2 + cx_1 - r)^2 + s(1 - t)\cos(x_1) + s$$

Rysunek 57: Wzór analityczny funkcji Branina

$$f(\mathbf{x}^*) = 0.397887, \text{ at } \mathbf{x}^* = (-\pi, 12.275), (\pi, 2.275) \text{ and } (9.42478, 2.475)$$

Rysunek 58: Minimum globalne funkcji Branina

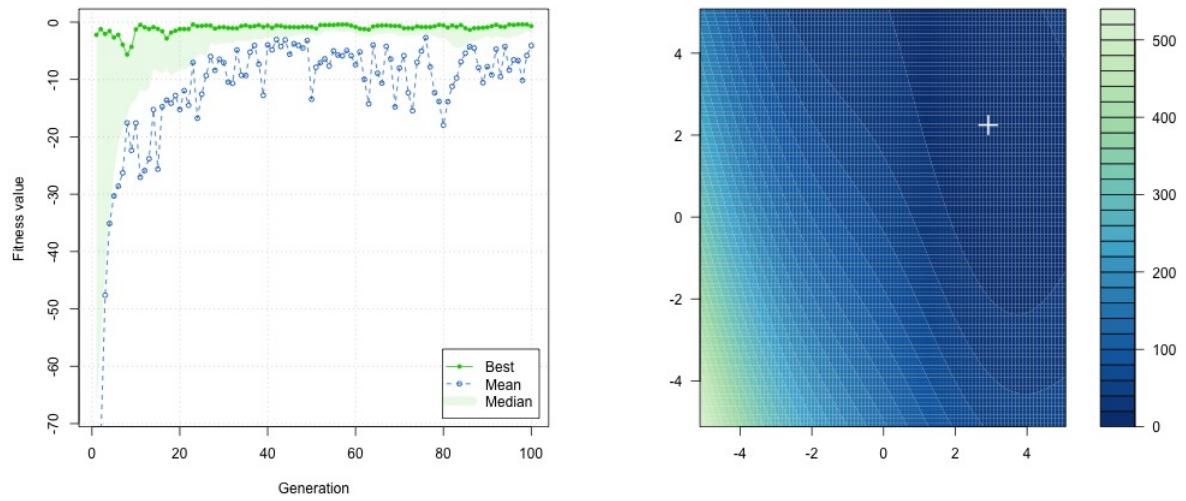
5.2 Wykres w ustalonym przedziale zmiennych



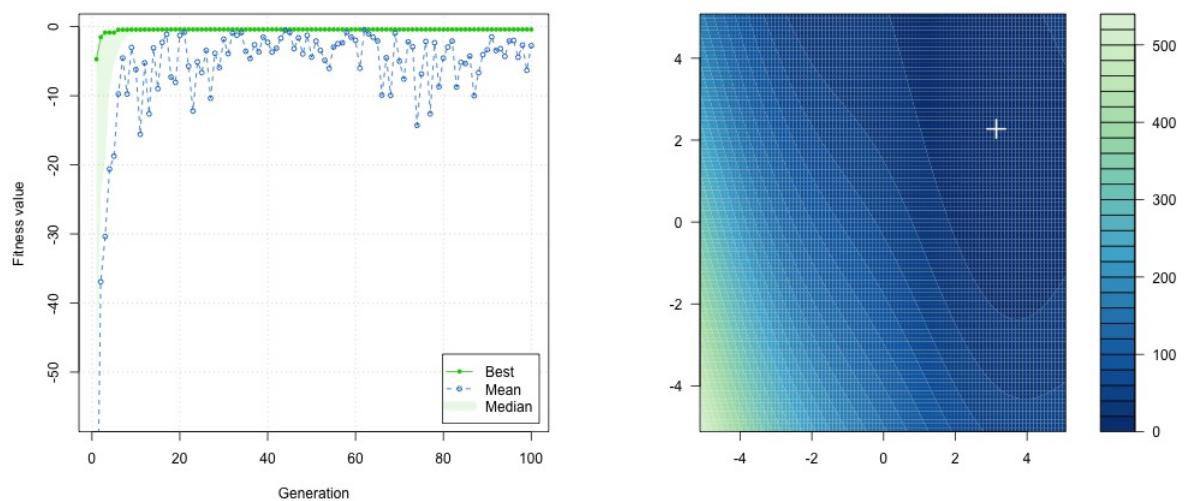
Rysunek 59: Wzór analityczny funkcji Branina

5.3 Optymalizacja

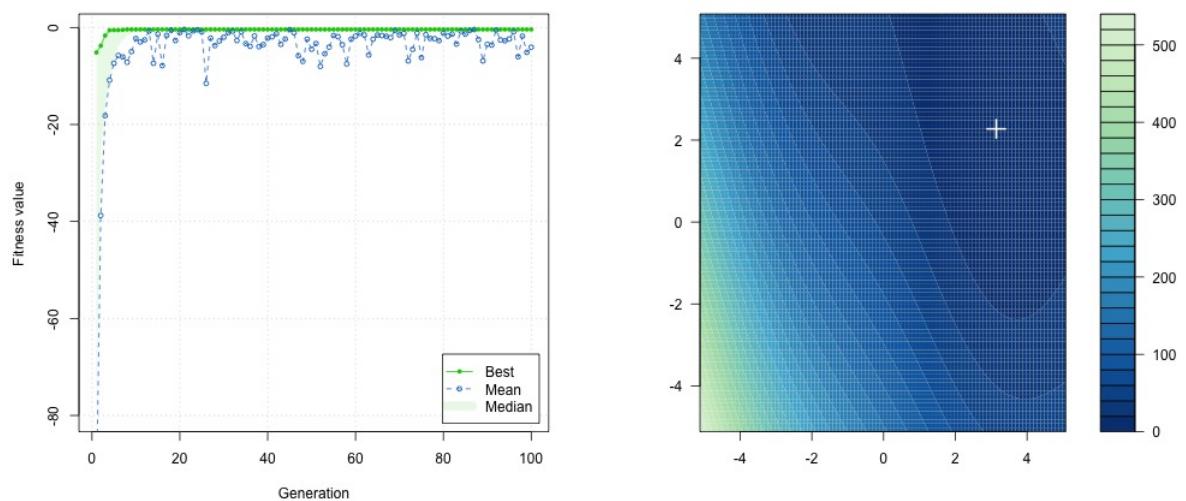
5.3.1 Modyfikacja parametru elitarności



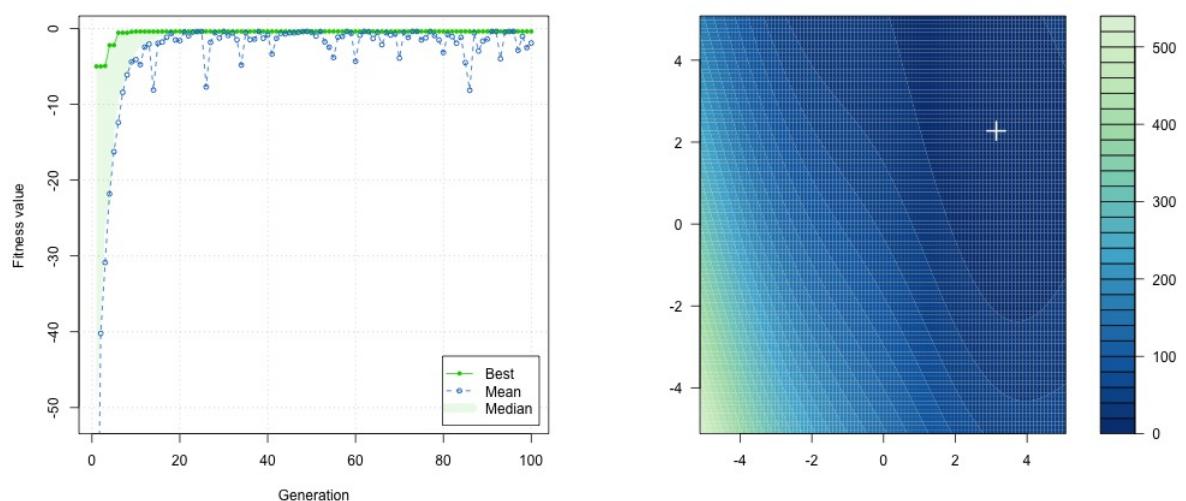
Rysunek 60: Test optymalizacji GA Branin p50 i100 c0.8 m0.1 e0



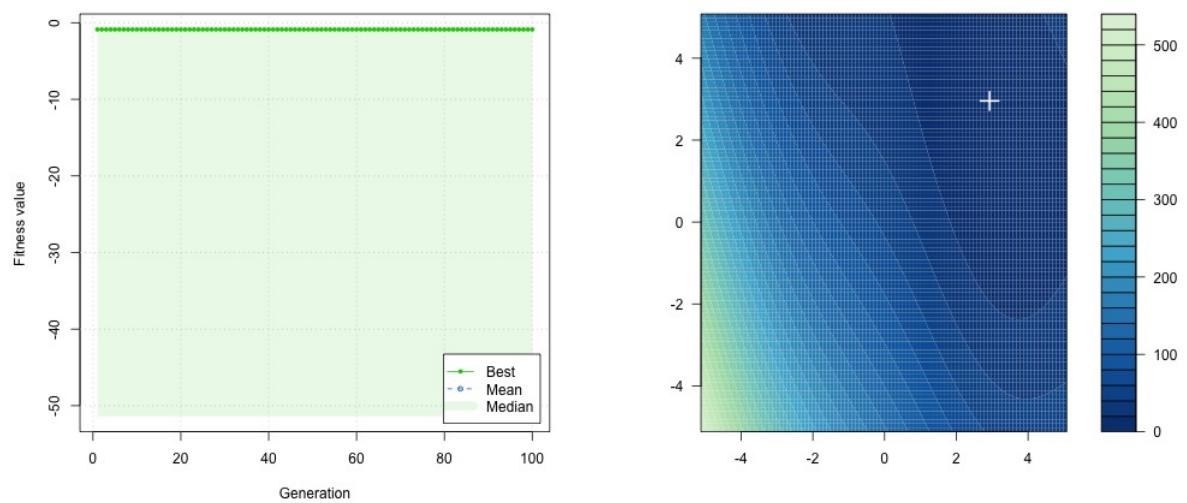
Rysunek 61: Test optymalizacji GA Branin p50 i100 c0.8 m0.1 e0.25



Rysunek 62: Test optymalizacji GA Branin p50 i100 c0.8 m0.1 e0.5

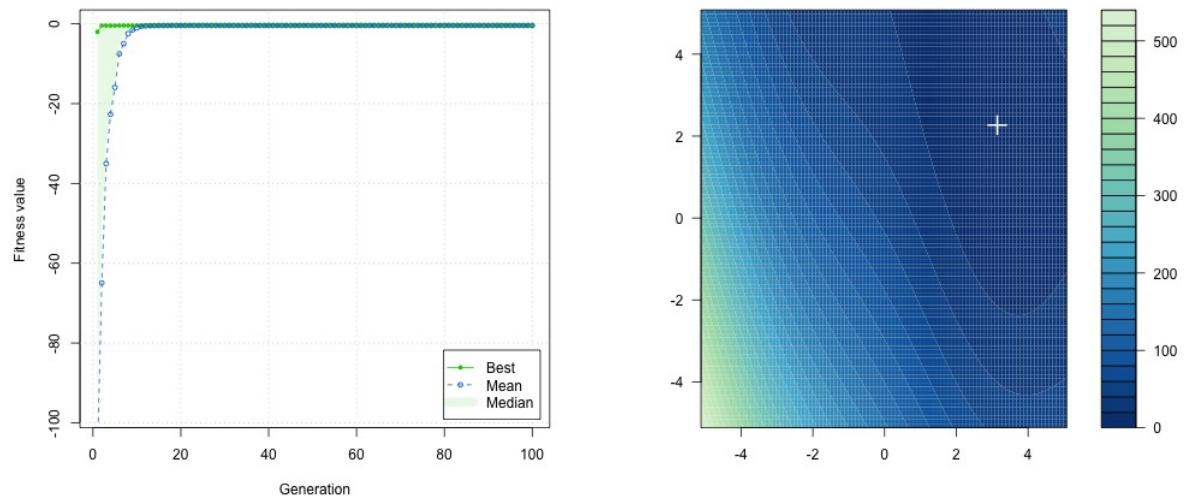


Rysunek 63: Test optymalizacji GA Branin p50 i100 c0.8 m0.1 e0.75

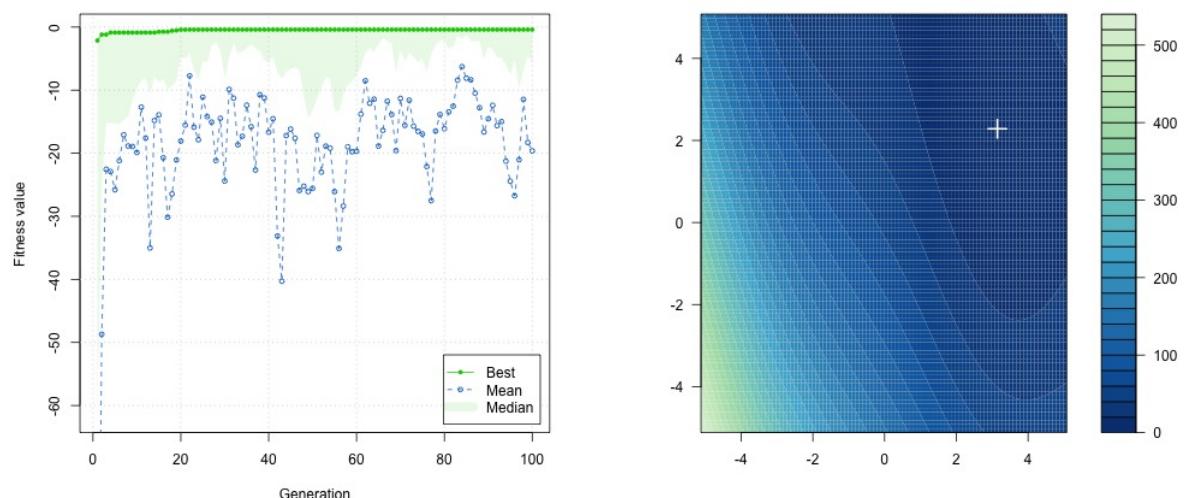


Rysunek 64: Test optymalizacji GA Branin p50 i100 c0.8 m0.1 e1

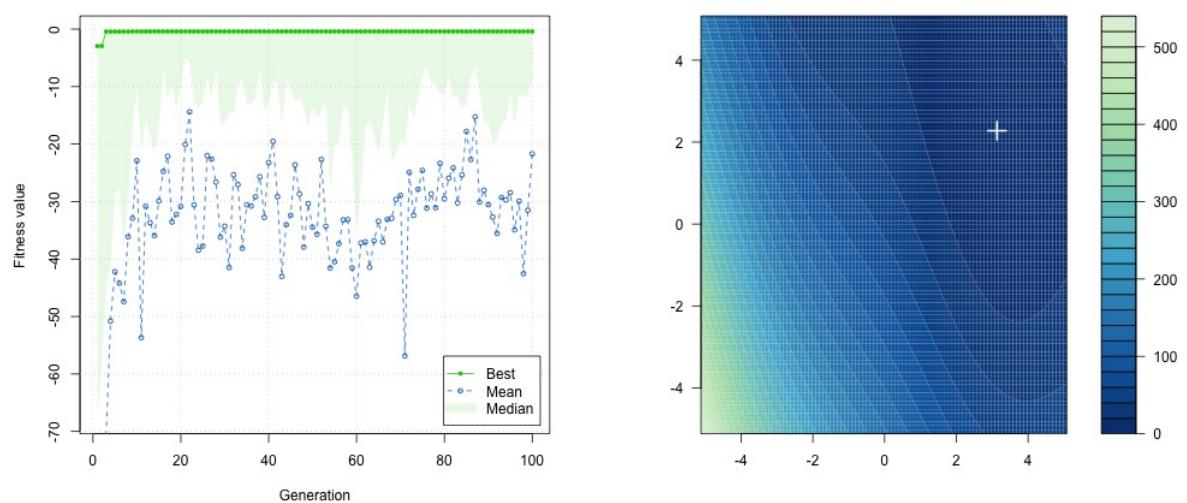
5.3.2 Modyfikacja parametru mutacji



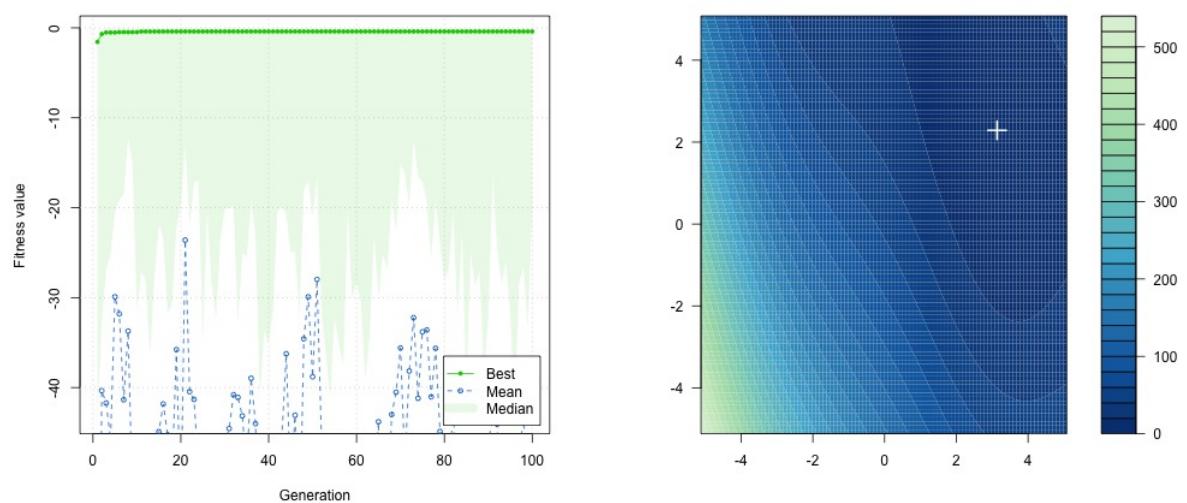
Rysunek 65: Test optymalizacji GA Branin p50 i100 c0.8 m0 e0.05



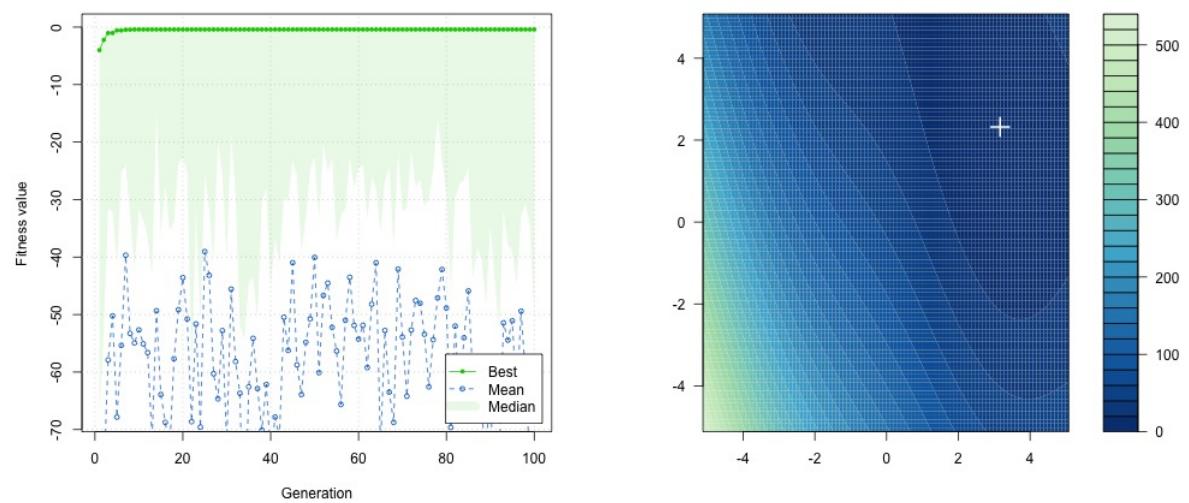
Rysunek 66: Test optymalizacji GA Branin p50 i100 c0.8 m0.25 e0.05



Rysunek 67: Test optymalizacji GA Branin p50 i100 c0.8 m0.5 e0.05

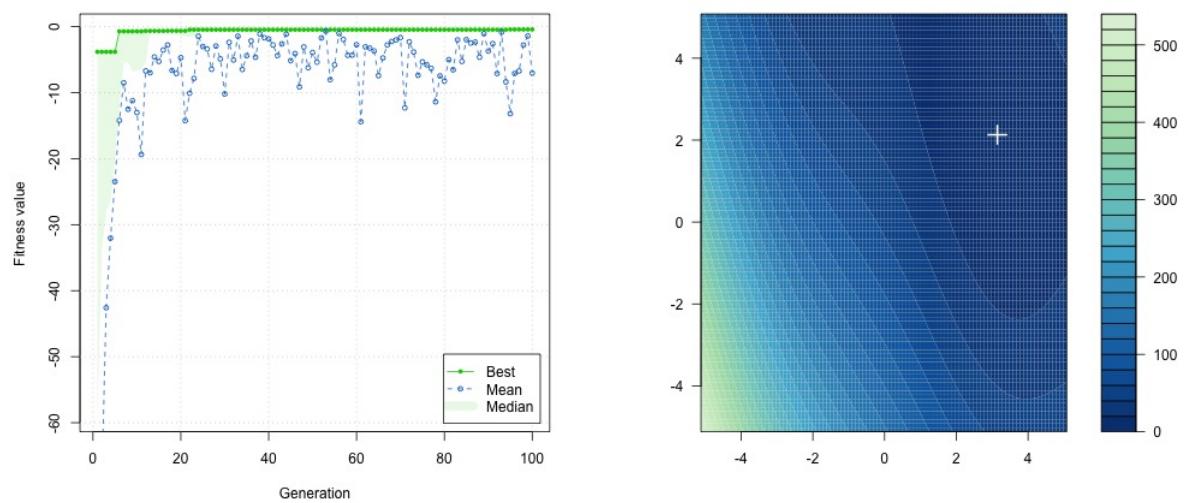


Rysunek 68: Test optymalizacji GA Branin p50 i100 c0.8 m0.75 e0.05

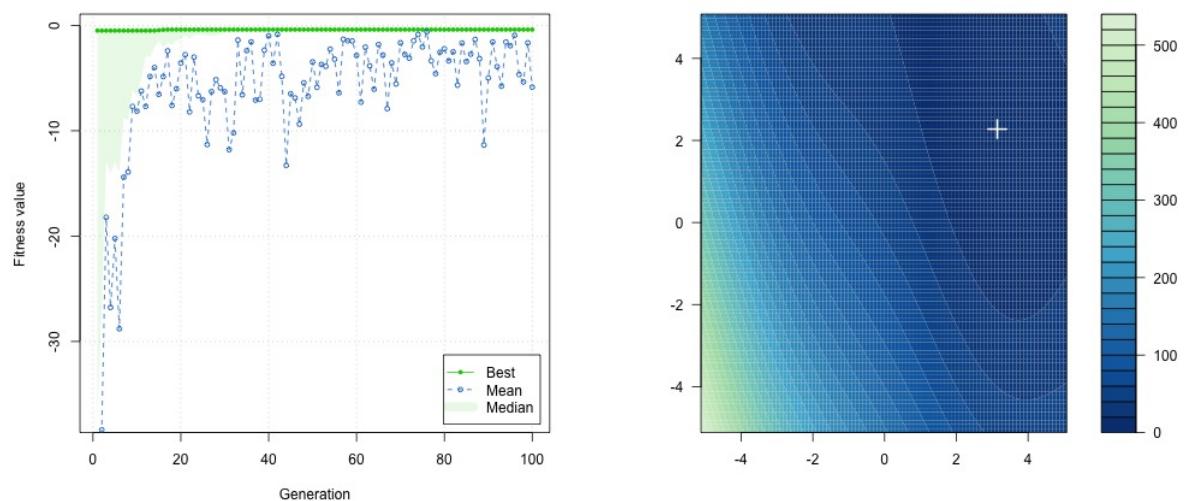


Rysunek 69: Test optymalizacji GA Branin p50 i100 c0.8 m1 e0.05

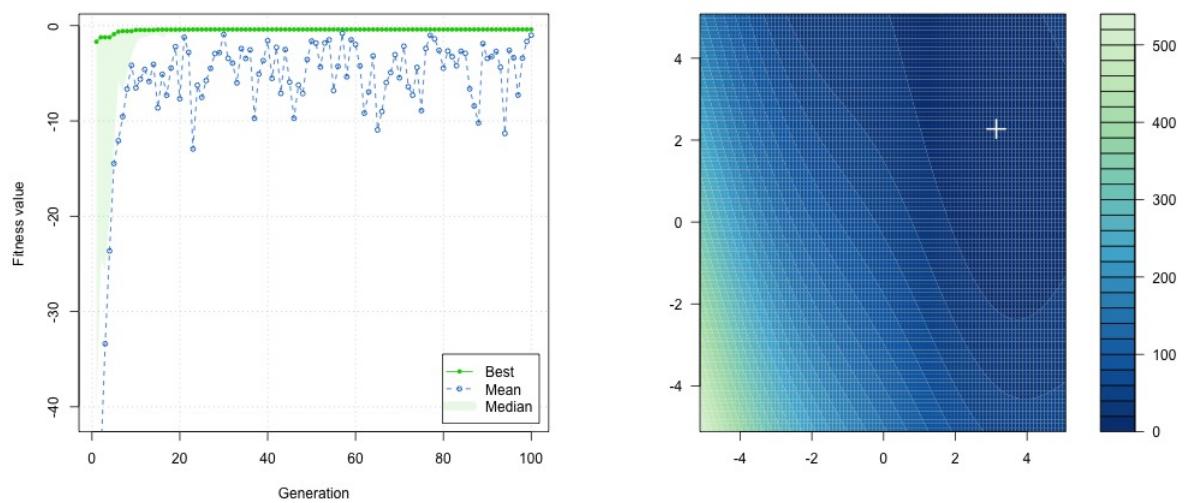
5.3.3 Modyfikacja parametru krzyżowania



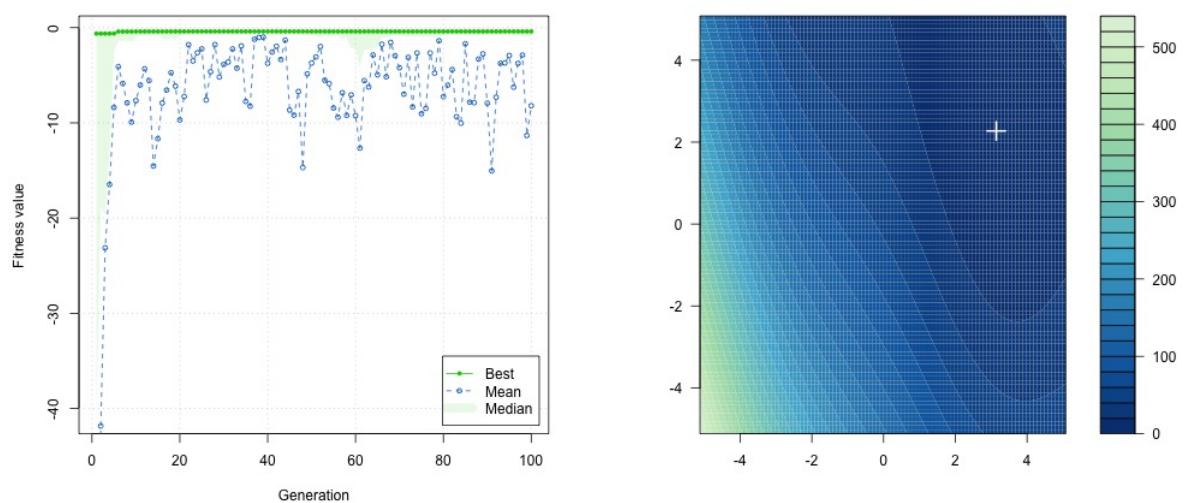
Rysunek 70: Test optymalizacji GA Branin p50 i100 c0 m0.1 e0.05



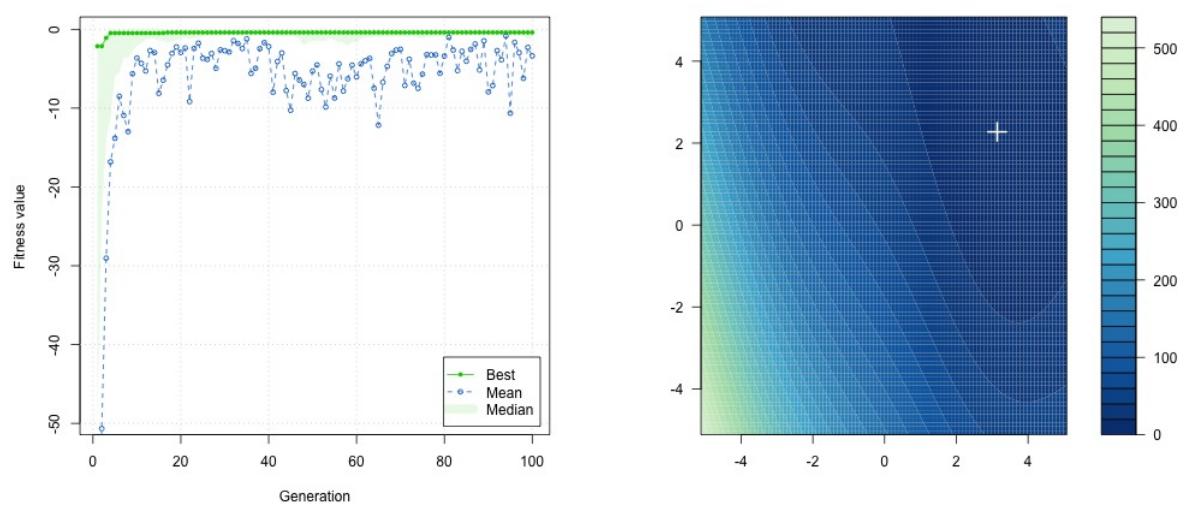
Rysunek 71: Test optymalizacji GA Branin p50 i100 c0.25 m0.1 e0.05



Rysunek 72: Test optymalizacji GA Branin p50 i100 c0.5 m0.1 e0.05

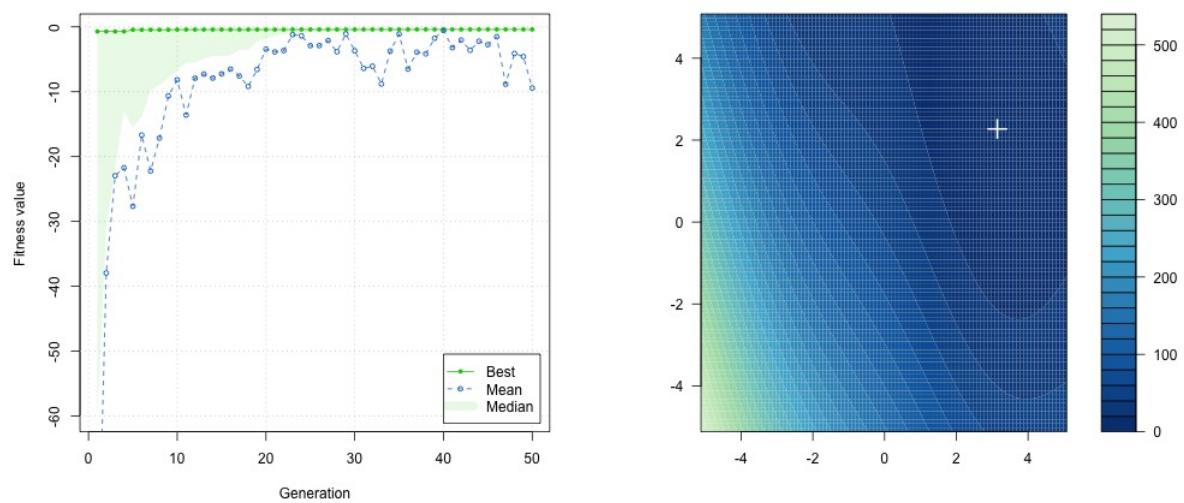


Rysunek 73: Test optymalizacji GA Branin p50 i100 c0.75 m0.1 e0.05

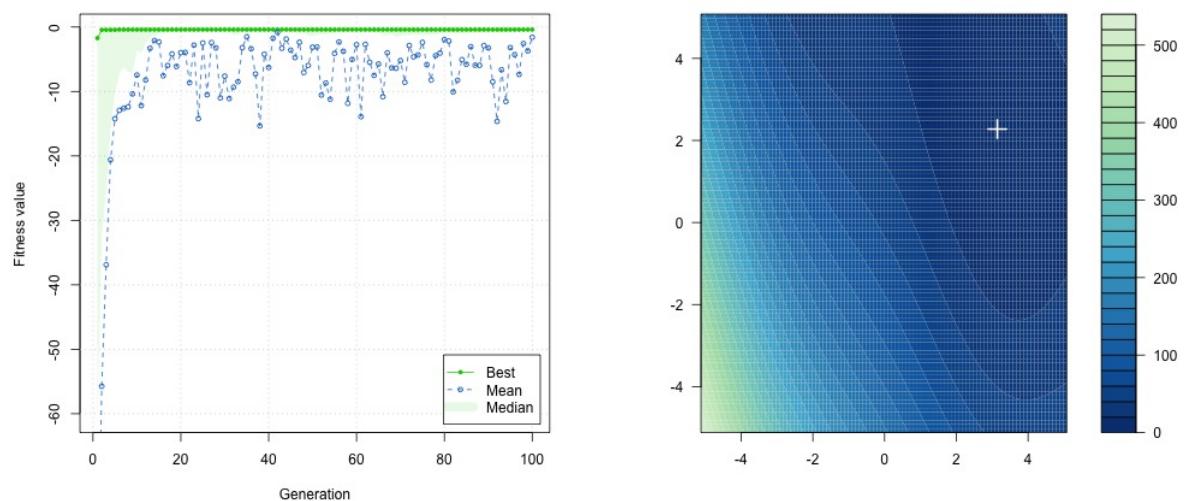


Rysunek 74: Test optymalizacji GA Branin p50 i100 c1 m0.1 e0.05

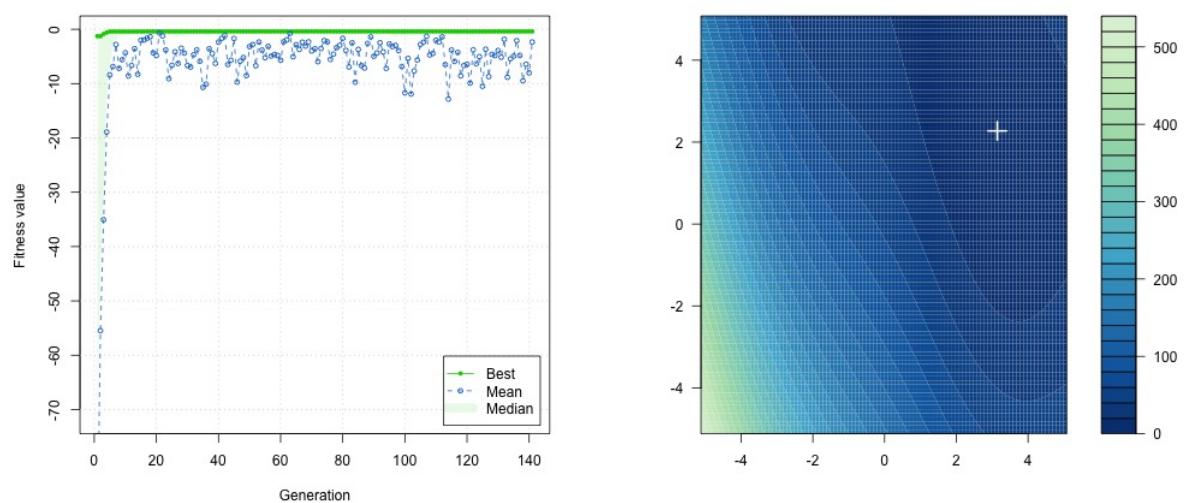
5.3.4 Modyfikacja parametru liczby iteracji



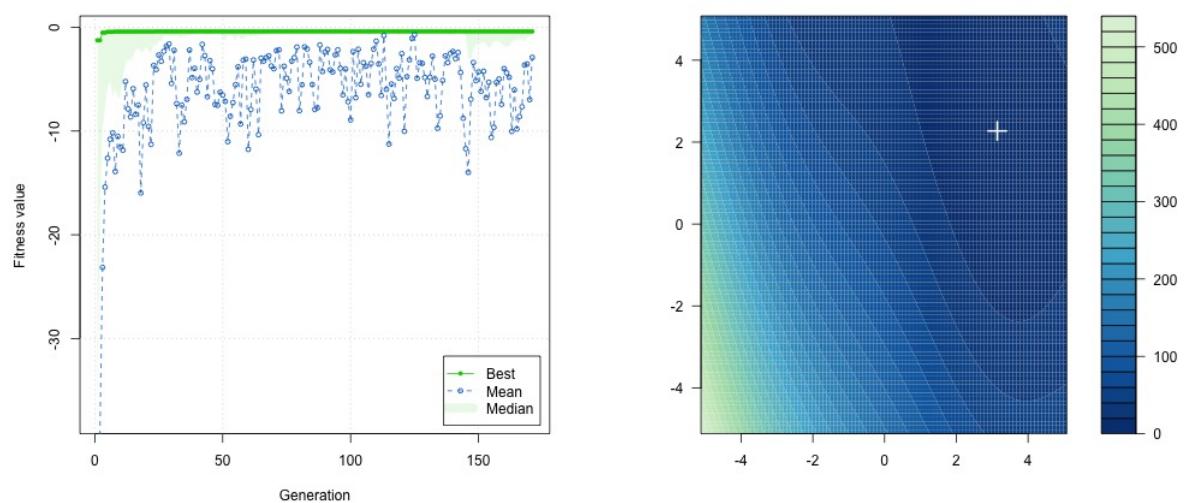
Rysunek 75: Test optymalizacji GA Branin p50 i50 c0.8 m0.1 e0.05



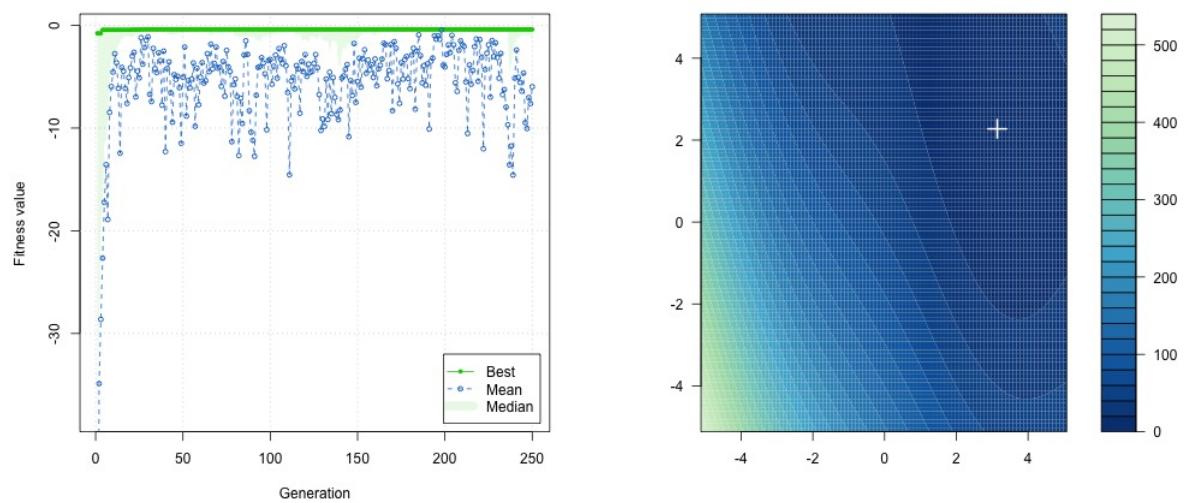
Rysunek 76: Test optymalizacji GA Branin p50 i100 c0.8 m0.1 e0.05



Rysunek 77: Test optymalizacji GA Branin p50 i150 c0.8 m0.1 e0.05

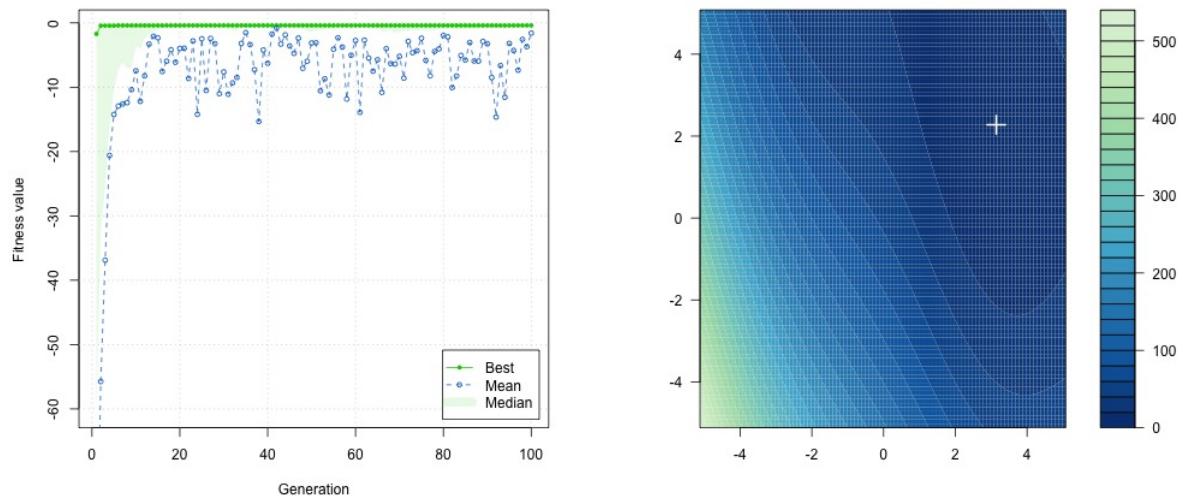


Rysunek 78: Test optymalizacji GA Branin p50 i200 c0.8 m0.1 e0.05

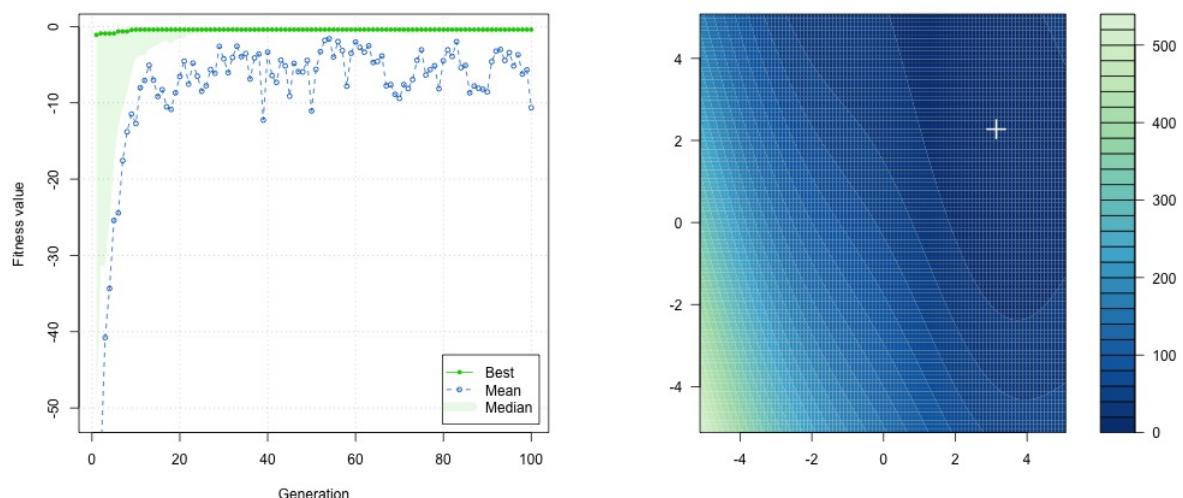


Rysunek 79: Test optymalizacji GA Branin p50 i250 c0.8 m0.1 e0.05

5.3.5 Modyfikacja parametru rozmiaru populacji

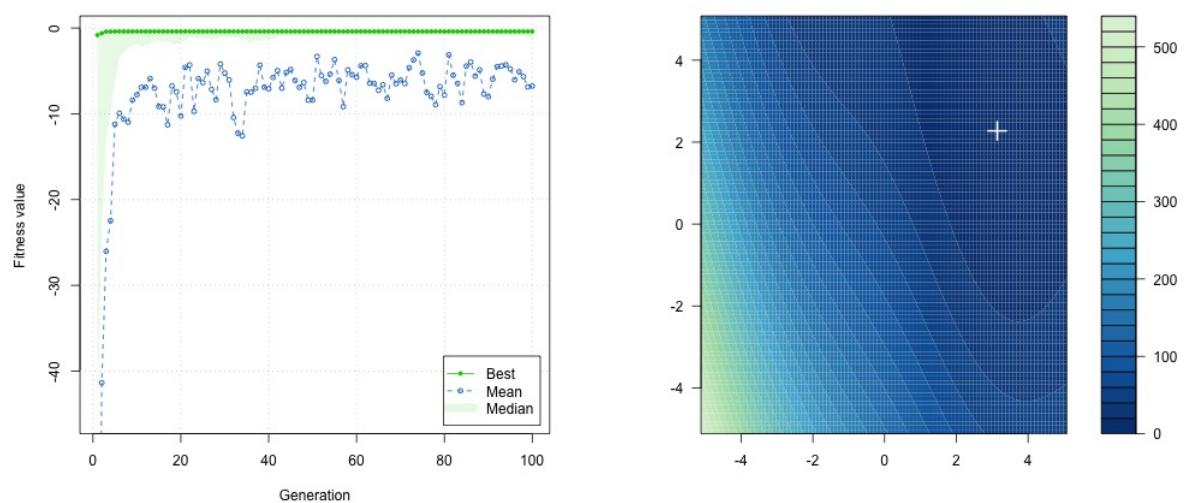


Rysunek 80: Test optymalizacji GA Branin p50 i100 c0.8 m0.1 e0.05

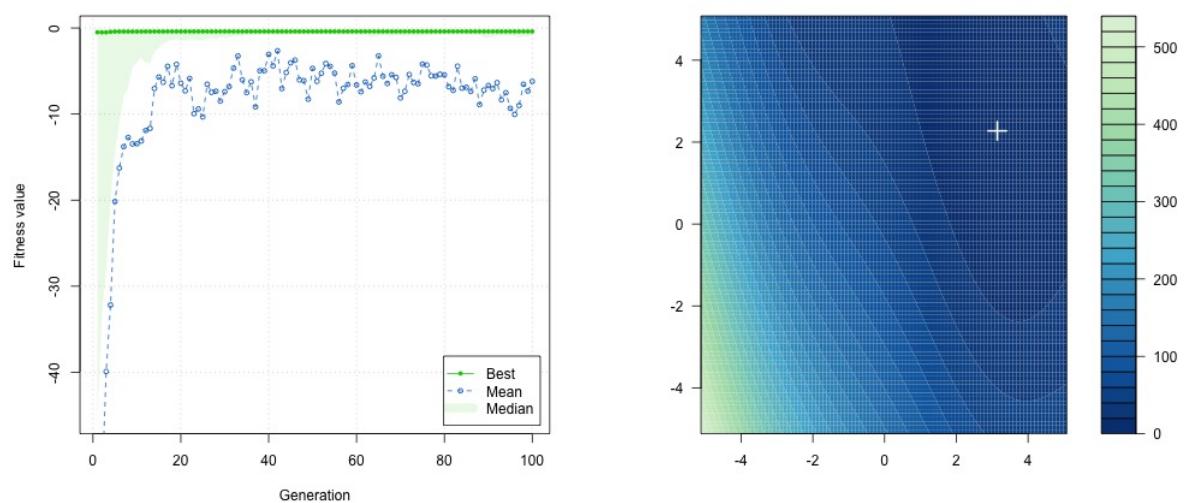


Rysunek 81: Test optymalizacji GA Branin p100 i100 c0.8 m0.1 e0.05

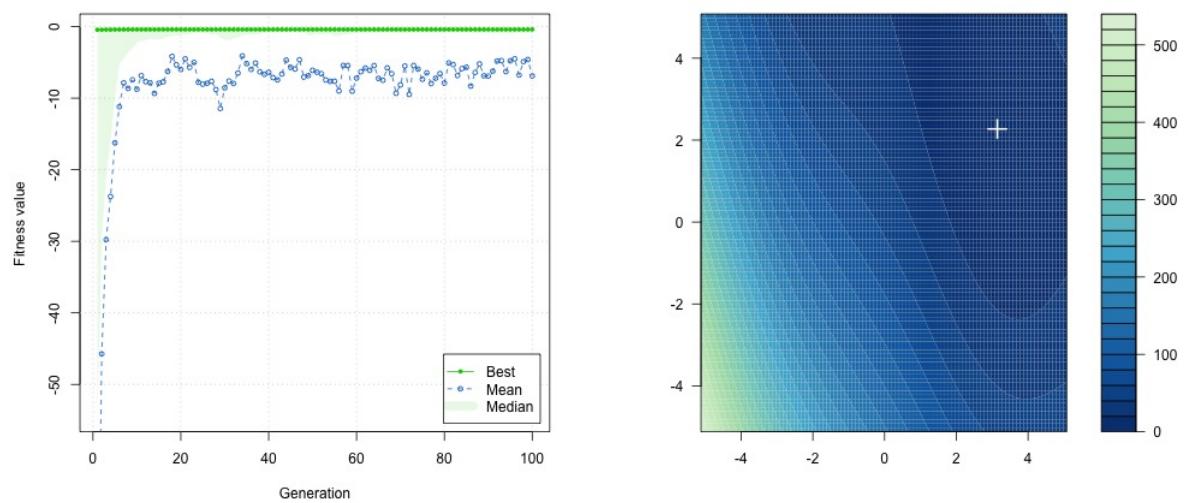
6 Wnioski



Rysunek 82: Test optymalizacji GA Branin p150 i100 c0.8 m0.1 e0.05



Rysunek 83: Test optymalizacji GA Branin p200 i100 c0.8 m0.1 e0.05



Rysunek 84: Test optymalizacji GA Branin p250 i100 c0.8 m0.1 e0.05