POLITECHNIKA WROCŁAWSKA

WYDZIAŁ ELEKTRONIKI

KIERUNEK: Informatyka

SPECJANOŚĆ: Inżynieria Systemów Informatycznych (INS)

Inteligencja Obliczeniowa i jej Zastosowania

Sprawozdanie z laboratorium 3 - 5

AUTORZY:

Piotr Chorościn

Dawid Mikowski

PROWADZĄCY:

Dr hab. inż. Olgierd Unold,

prof. uczelni

OCENA PRACY:

WROCŁAW 2020

Spis treści

[Spis ilustracji 2](#_Toc41776963)

[Spis listingów 3](#_Toc41776964)

[1 Cel ćwiczenia 4](#_Toc41776965)

[2 Badanie efektywności własnych funkcji 5](#_Toc41776966)

[2.1 badana funkcja 5](#_Toc41776967)

[2.2 Sposób przeprowadzenia badań 6](#_Toc41776968)

[2.3 Funkcja krzyżowania 7](#_Toc41776969)

[2.4 Funkcja mutacji 9](#_Toc41776970)

[2.5 Wnioski 11](#_Toc41776971)

[3 Problem komiwojażera 11](#_Toc41776972)

[3.1 Instancje 11](#_Toc41776973)

[3.2 Wpływ poziomu elityzmu 12](#_Toc41776974)

[3.3 Wpływ rozmiaru populacji 13](#_Toc41776975)

[3.4 Wpływ prawdopodobieństwa krzyżowania 14](#_Toc41776976)

[3.5 Pozostałe parametry 15](#_Toc41776977)

[3.6 Wnioski 18](#_Toc41776978)

[4 Program genetyczny hybrydowy 18](#_Toc41776979)

[4.1 Wyniki metod optymizacji 18](#_Toc41776980)

[4.2 Wnioski 21](#_Toc41776981)

[5 Kod z komentarzem 22](#_Toc41776982)

[5.1 Przegląd najważniejszych fragmentów kodu 22](#_Toc41776983)

[6 Literatura 22](#_Toc41776984)

# Spis ilustracji

[Rysunek 1 Wykres funkcji Schuberta 6](#_Toc41776940)

[Rysunek 2 Temperaturowy wykres funkcji Schuberta 7](#_Toc41776941)

[Rysunek 3Różnice między najlepszą wartością funkcji celu a wartością globalnego optimum dla operatorów mutacji 9](#_Toc41776942)

[Rysunek 4 Różnice między średnią wartością funkcji celu a wartością globalnego optimum dla operatorów mutacji 10](#_Toc41776943)

[Rysunek 5 Kod własnej funkcji mutacji 11](#_Toc41776944)

[Rysunek 6 Różnice między najlepszą wartością funkcji celu a wartością globalnego optimum dla operatorów krzyżowania 11](#_Toc41776945)

[Rysunek 7 Różnice między średnią wartością funkcji celu a wartością globalnego optimum dla operatorów krzyżowania 12](#_Toc41776946)

[Rysunek 8 Parametr poziomu elityzmu dla problemu Dantzig42.tsp 13](#_Toc41776947)

[Rysunek 9 Parametr poziomu elityzmu dla problemu Brazil58.tsp 13](#_Toc41776948)

[Rysunek 10 Parametr rozmiaru populacji dla problemu Dantzig42.tsp 14](#_Toc41776949)

[Rysunek 11 Parametr rozmiaru populacji dla problemu Brazil58.tsp 15](#_Toc41776950)

[Rysunek 12 Parametr prawdopodobieństwa krzyżowania dla problemu Dantzig42.tsp 15](#_Toc41776951)

[Rysunek 13 Parametr prawdopodobieństwa krzyżowania dla problemu Brazil58.tsp 16](#_Toc41776952)

[Rysunek 14 Parametr liczby pokoleń dla problemu Dantzig42.tsp 17](#_Toc41776953)

[Rysunek 15 Parametr prawdopodobieństwa mutacji dla problemu Dantzig42.tsp 17](#_Toc41776954)

[Rysunek 16 Parametr liczby pokoleń dla problemu Brazil58.tsp 18](#_Toc41776955)

[Rysunek 17 Parametr prawdopodobieństwa mutacji dla problemu Brazil58.tsp 18](#_Toc41776956)

[Rysunek 18 Algorytm genetyczny niehybrydowy 19](#_Toc41776957)

[Rysunek 19Metoda BFGS 20](#_Toc41776958)

[Rysunek 20Metoda CG 20](#_Toc41776959)

[Rysunek 21Metoda L-BFGS-B 21](#_Toc41776960)

[Rysunek 22Metoda Nelder-Mead 21](#_Toc41776961)

[Rysunek 23Metoda SANN 22](#_Toc41776962)

# Spis listingów

[Listing 8.1 Kod funkcji objective.fun.of 30](#_Toc41004929)

[Listing 8.2 Kod funkcji objective.fun.get 30](#_Toc41004930)

[Listing 8.3 Kod funkcji objective.fun.plot 31](#_Toc41004931)

[Listing 8.4 Kod funkcji GA.run.iterations 31](#_Toc41004932)

[Listing 8.5 Kod funkcji GA.run.experiment 31](#_Toc41004933)

[Listing 8.6 Kod funkcji GA.run.experiment.list 32](#_Toc41004934)

[Listing 8.7 Wywołanie funkcji GA.run.experiment 32](#_Toc41004935)

[Listing 8.8 Funkcja GA.run.once 33](#_Toc41004936)

[Listing 8.9 Skrypt global\_opt.R 33](#_Toc41004937)

[Listing 8.10 Skrypt global\_opt.R 35](#_Toc41004938)

[Listing 8.11 Skrypt main.R 36](#_Toc41004939)

# Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest:

* sprawdzenie efektywności funkcji wielomodalnych z zaimplementowanymi własnymi funkcjami krzyżowania oraz mutacji a następnie porównanie jakości działania algorytmu z funkcjami domyślnymi,
* wykonanie wcześniejszych zadań dla 3 wybranych parametrów dla problemu komiwojażera,
* wykonanie z wykorzystaniem programu genetycznego hybrydowego zadania rozwiązania problemu komiwojażera,
* analiza i ocena wyników badań

# Badanie efektywności własnych funkcji

## badana funkcja

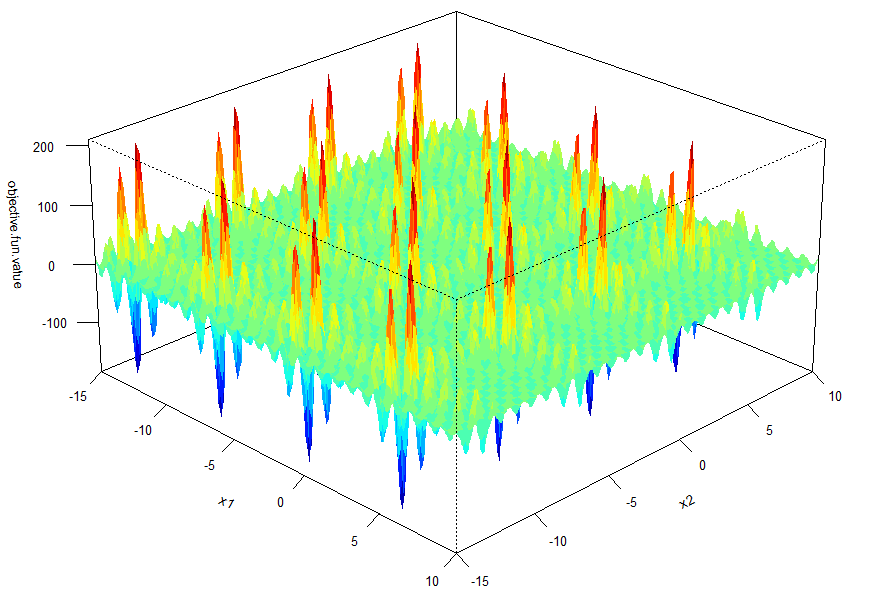
Do testowania efektywności własnych funkcji krzyżowania i mutacji potrzebne było wybranie jednej funkcji wielomodalnej na której sprawdzane będą wyniki. Została do tego wyznaczona funkcja, która była testowana także w poprzednim laboratorium a mianowicie funkcja Schuberta.

Funkcja Schuberta określona jest poniższym wzorem [1]:

Wykres funkcji Schuberta, wygenerowany dla następujących wartości zmiennych:

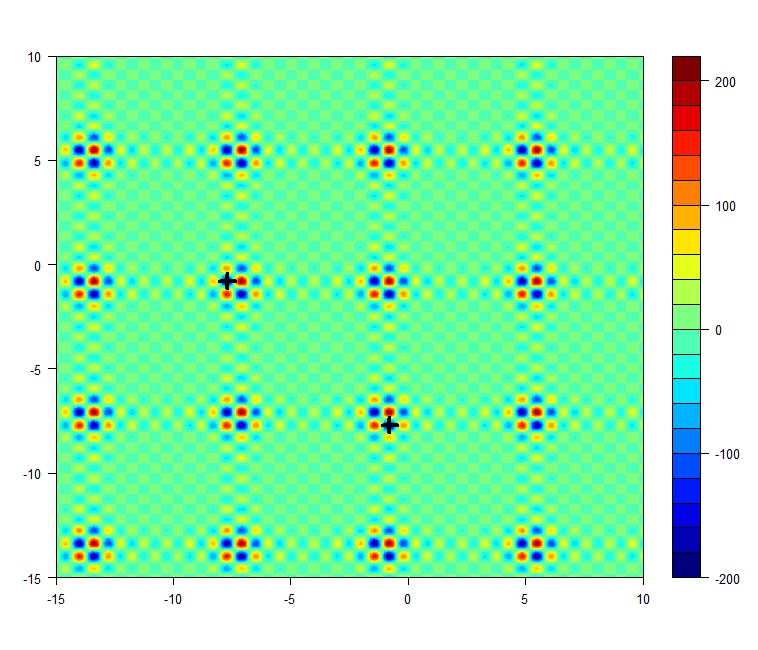
* z krokiem próbkowania 0,1,
* z krokiem próbkowania 0,1,

Są to domyślne zakresy zmiennych z pakietu globalOptTest dla funkcji Schuberta.



Rysunek Wykres funkcji Schuberta

Powyższy trójwymiarowy wykres przedstawiony na płaszczyźnie poprzez rzut z góry przedstawiono na poniższym rysunku.



Rysunek Temperaturowy wykres funkcji Schuberta

Zgodnie z informacjami z pakietu GlobalOptTest, funkcja Schuberta w minimum globalnym przyjmuje wartość **.**

## Sposób przeprowadzenia badań

Dla funkcji Schuberta przyjęto zakres wartości zmiennych odczytany za pomocą funkcji *getDefaultBounds* z pakietu globalOptTests oraz wartość ekstremum globalnego odczytaną za pomocą funkcji getGlobalOpt. Funkcję poddano optymalizacji globalnej stosując gotowy algorytm genetyczny zaimplementowany w pakiecie do języka R o nazwie „GA”, który umożliwia również hybrydyzację. Podczas badania algorytmu hybrydowego zostały ustawione domyślne wartości wszystkich parametrów. Aby zbadać wpływ danego operatora, wszystkie operatory poza badanym miały ustawioną stałą wartość domyślną. W poniższej tabeli zawarte są wszystkie badane parametry oraz wartości domyślne.

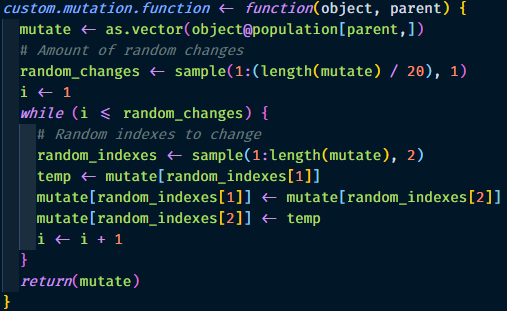
|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Operator | Badane parametry | Wartość domyślna |
| Mutacji | ra, nra, rs, pow | ra |
| Krzyżowania | sp, wa, la, blx, laplace | la |

Domyślne wartości dla parametrów algorytmu genetycznego prezentują się następująco:

|  |  |
| --- | --- |
| Type | Real-valued |
| Population size | 50 |
| Number of generations | 100 |
| Elitism | 5 |
| Crossover possibility | 0.8 |
| Mutation propability | 0.1 |

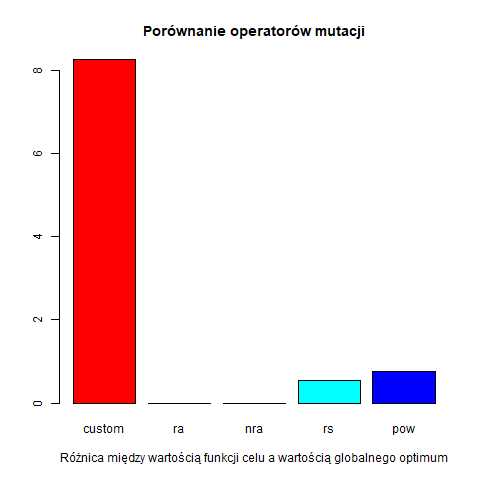
## Funkcja mutacji

Własna implementacja funkcji krzyżowania:

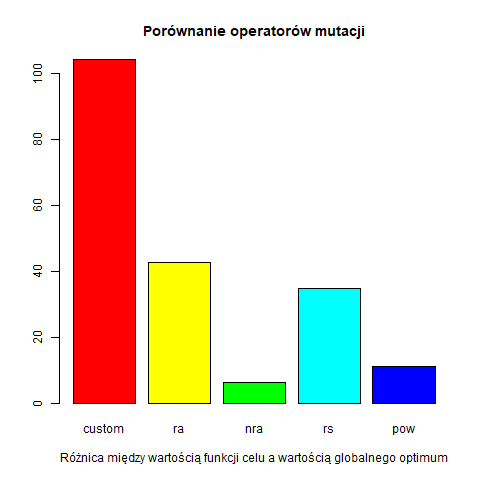


Rysunek Kod własnej implementacji funkcji mutacji

Aby poprawnie wykonać badania należało także zastąpić funkcję w algorytmie genetycznym w następujący sposób:



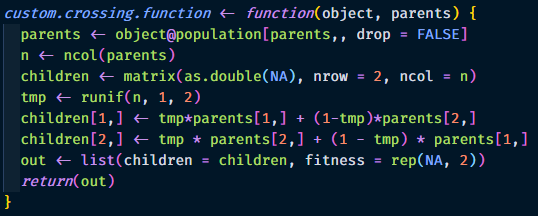
Rysunek Różnice między najlepszą wartością funkcji celu a wartością globalnego optimum dla operatorów mutacji



Rysunek Różnice między średnią wartością funkcji celu a wartością globalnego optimum dla operatorów mutacji

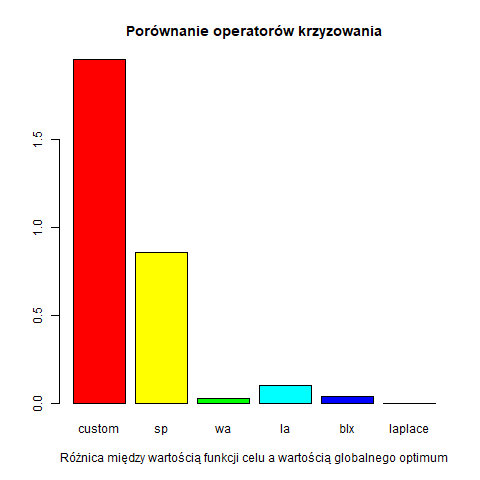
## Funkcja krzyżowania

Własna implementacja funkcji mutacji:

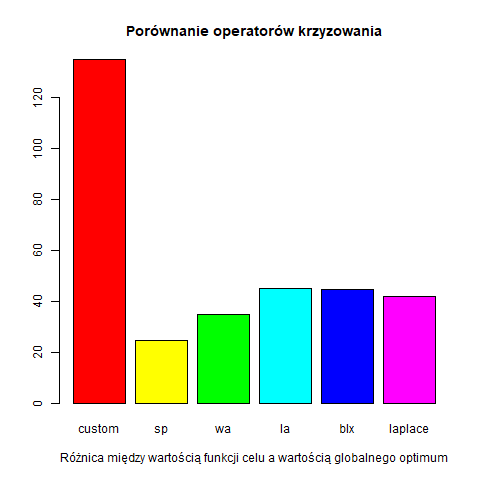


Rysunek Kod własnej funkcji krzyżowania

Wykonane zostało porównanie jakości wyników dla poszczególnych parametrów mutacji przy zachowaniu domyślnych parametrów algorytmu genetycznego:



Rysunek Różnice między najlepszą wartością funkcji celu a wartością globalnego optimum dla operatorów krzyżowania



Rysunek Różnice między średnią wartością funkcji celu a wartością globalnego optimum dla operatorów krzyżowania

## Wnioski

# Problem komiwojażera

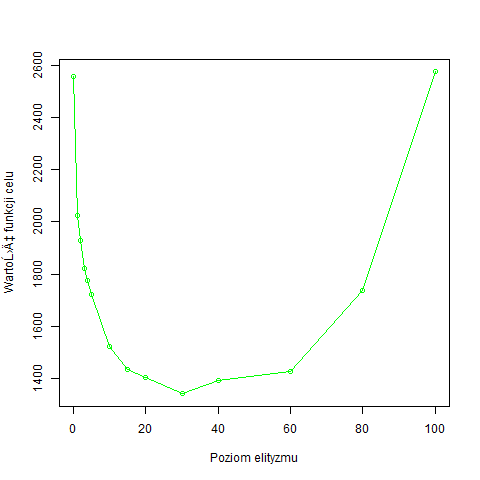
## Instancje

Do badania algorytmu genetycznego dla problemu komiwojażera zdecydowano się wykorzystać dwie instancje ze zbioru TSPlib.

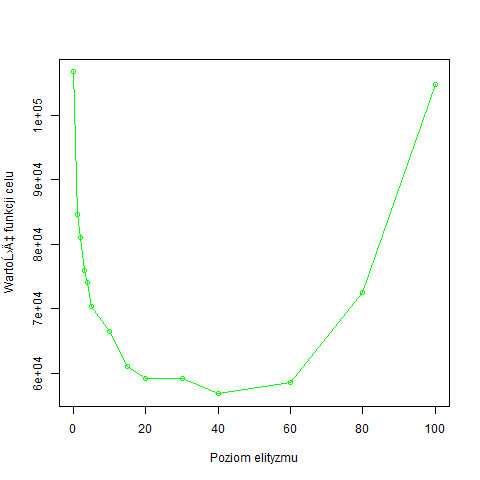
|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Nazwa instancji | Liczba miast | Długość najkrótszej trasy |
| Brazil58.tsp | 58 | 25395 |
| Dantzig42.tsp | 42 | 699 |

Wyniki algorytmu genetycznego zostały przeprowadzone na dwóch instancjach z których każda ma inną liczbę wierzchołków i przedstawia wersję symetryczną badanego problemu. Instancje zostały wybrane biorąc pod uwagę czasochłonność wykonywanych obliczeń. Na wykresy naniesiono najkrótsze trasy dla każdej instancji, aby można było w prosty graficzny sposób uzyskać odniesienie co do jakości uzyskanych rozwiązań. Jak widać na wykresach jakość rozwiązań dla domyślnych wartości parametrów oraz domyślnych operatorów, znacznie odbiega od rozwiązania optymalnego.

## Wpływ poziomu elityzmu



Rysunek Parametr poziomu elityzmu dla problemu Dantzig42.tsp



Rysunek Parametr poziomu elityzmu dla problemu Brazil58.tsp

## Wpływ rozmiaru populacji

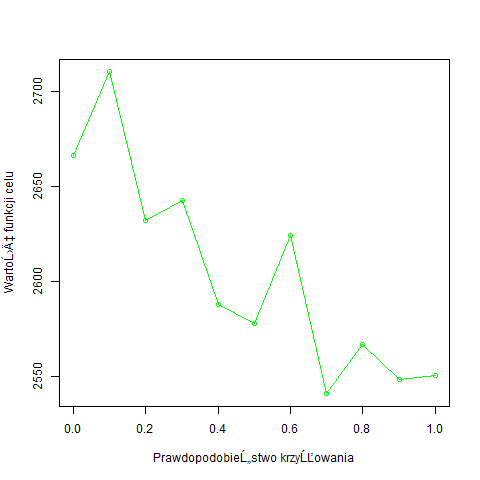


Rysunek Parametr rozmiaru populacji dla problemu Dantzig42.tsp



Rysunek Parametr rozmiaru populacji dla problemu Brazil58.tsp

## Wpływ prawdopodobieństwa krzyżowania

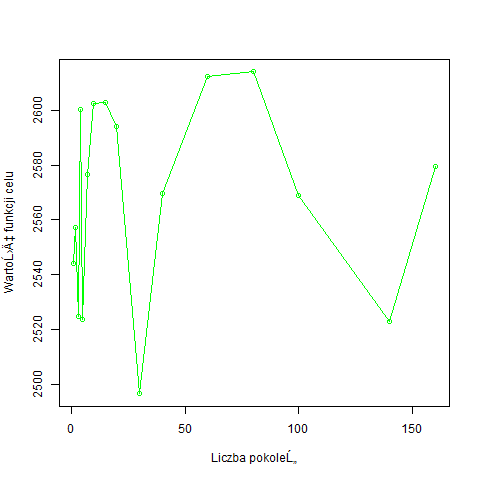


Rysunek Parametr prawdopodobieństwa krzyżowania dla problemu Dantzig42.tsp

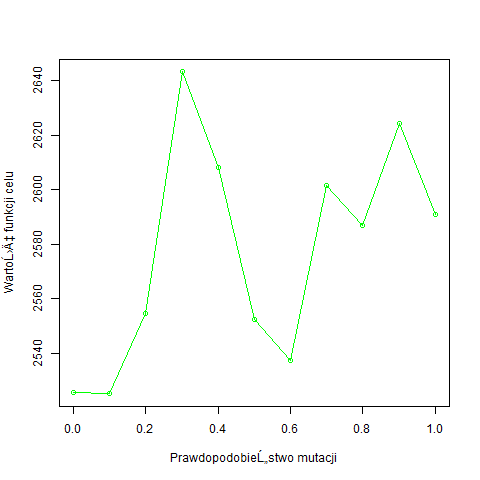


Rysunek Parametr prawdopodobieństwa krzyżowania dla problemu Brazil58.tsp

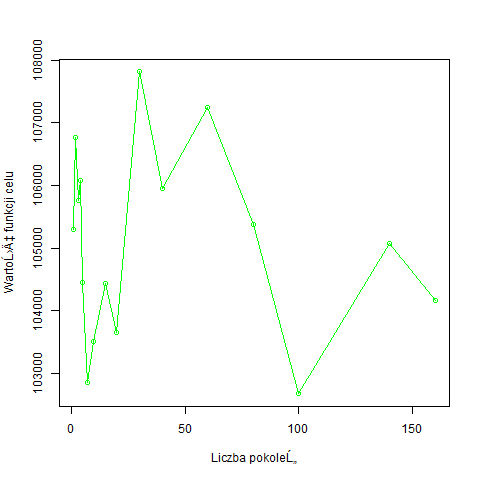
## Pozostałe parametry



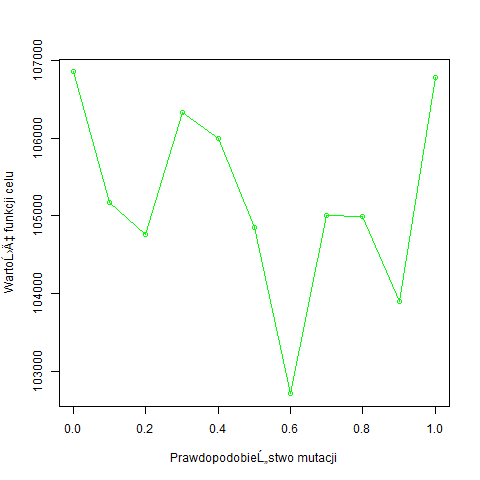
Rysunek Parametr liczby pokoleń dla problemu Dantzig42.tsp



Rysunek Parametr prawdopodobieństwa mutacji dla problemu Dantzig42.tsp



Rysunek Parametr liczby pokoleń dla problemu Brazil58.tsp

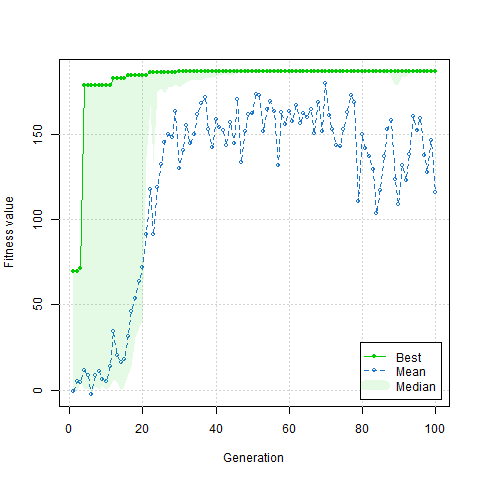


Rysunek Parametr prawdopodobieństwa mutacji dla problemu Brazil58.tsp

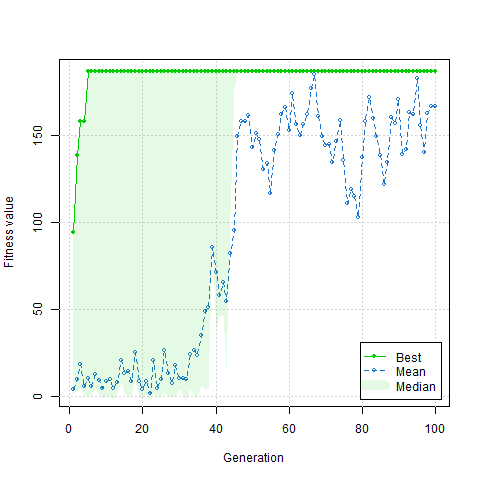
## Wnioski

# Program genetyczny hybrydowy

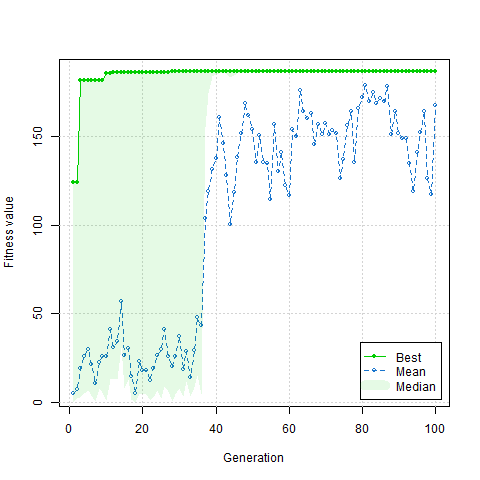
## Wyniki metod optymizacji



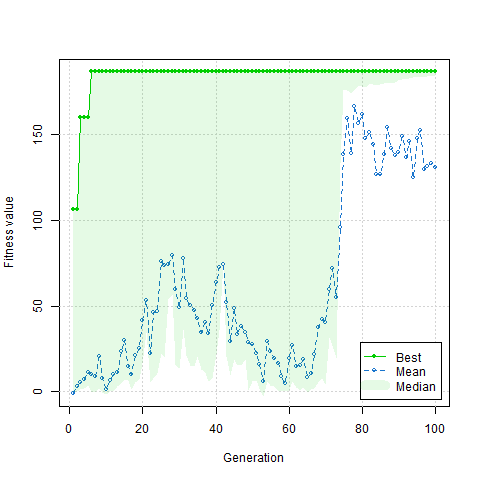
Rysunek Algorytm genetyczny niehybrydowy



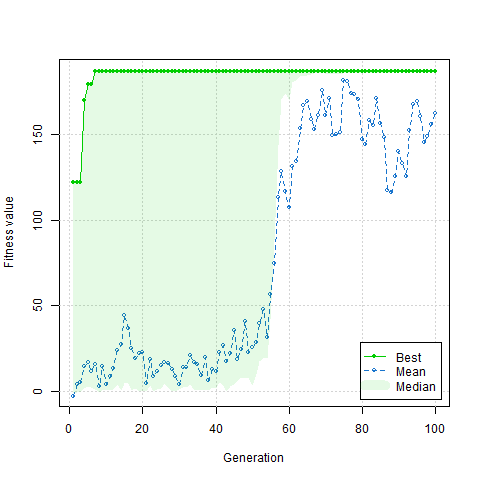
Rysunek Metoda BFGS



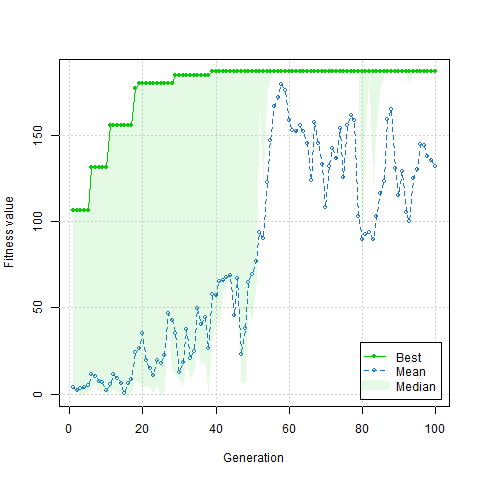
Rysunek Metoda CG



Rysunek Metoda L-BFGS-B



Rysunek Metoda Nelder-Mead



Rysunek Metoda SANN

## Wnioski

# Kod z komentarzem

Komentarze umieszczono w kodzie w języku angielskim, dla zachowania spójności z nazewnictwem metod.

## Przegląd najważniejszych fragmentów kodu

# Literatura

[1] <http://infinity77.net/global_optimization/test_functions_nd_H.html>

[2] <https://www.sfu.ca/~ssurjano/shubert.html>

[3] <https://pl.wikipedia.org/wiki/Algorytm_genetyczny>

[4] <https://cran.r-project.org/web/packages/GA/vignettes/GA.html>

[5] <http://comopt.ifi.uni-heidelberg.de/software/TSPLIB95/STSP.html>

[6] <https://en.wikipedia.org/wiki/Mutation_(genetic_algorithm)>

[7] <https://sites.google.com/site/gotestfunctions/multimodal-function-list>

[8] <https://arxiv.org/pdf/1605.01931.pdf>