

Sprawozdanie z laboratorium:  
Metaheurystyki i Obliczenia Inspirowane Biologicznie

Część I: Algorytmy optymalizacji lokalnej, problem ATSP

4 listopada 2013

Prowadzący: dr hab. inż. Maciej Komosiński

|          |                         |          |      |                            |
|----------|-------------------------|----------|------|----------------------------|
| Autorzy: | <b>Dawid Wiśniewski</b> | inf94387 | ISWD | wisniewski.dawid@gmail.com |
|          | <b>Paweł Rychły</b>     | inf94362 | ISWD | pawelrychly@gmail.com      |

Zajęcia poniedziałkowe, 15:10.

## 1 Wstęp

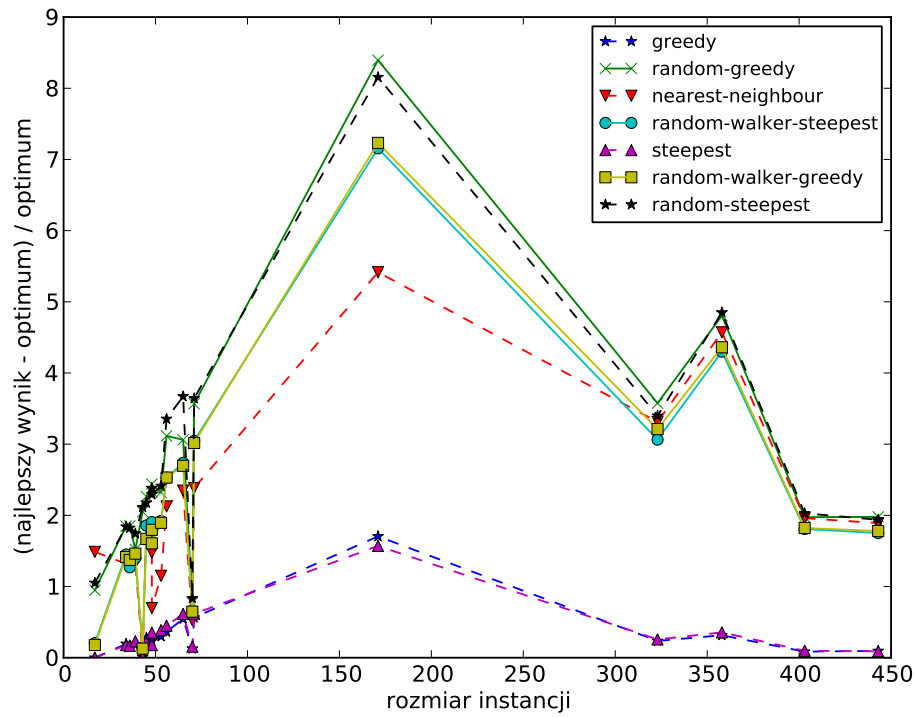
Problem komiwojażera opisywany jest często jako problem wędrownego sprzedawcy zamierzającego odwiedzić pewien zbiór miast. Planując swoją podróż, usiłuje on znaleźć możliwie najkrótszą trasę, która kończyłaby się w punkcie startowym. Zakłada się, że każde miasto z wyjątkiem początkowego, powinno zostać odwiedzone tylko jeden raz. Przyjmuje się również, że każda para miast, połączona jest drogą o określonej długości. Opis ten stanowi jedynie ilustrację ogólniejszego zagadnienia. Zapisując problem Komiwojażera w języku teorii grafów, można zdefiniować go, jako problem znajdowania takiego cyklu Hamiltona w pełnym grafie ważonym, dla którego suma wag odwiedzonych krawędzi jest minimalna. W tak zdefiniowanym problemie można wyróżnić Asymetryczny problem Komiwojażera (ATSP). Zakłada się w nim, że odległość pomiędzy dwoma miastami A i B może być różna w zależności od tego, czy sprzedawca przemieszcza się z punktu A do B, czy też w kierunku przeciwnym. Zarówno symetryczna jak i asymetryczna wersja problemu komiwojażera znalazła bardzo szerokie zastosowanie w praktyce. Wykorzystywana jest nie tylko w dziedzinach związanych z transportem. Problem komiwojażera stosowany jest między innymi w produkcji elektroniki, gdzie optymalizuje się drogę lasera wypalającego obwody elektroniczne. W sieciach komputerowych zastosowany jest do optymalizacji tras routingu. Niestety opisywany problem, jest problemem o wykładniczej złożoności obliczeniowej i należy do klasy problemów NP-trudnych.

## 2 Operator sąsiedztwa

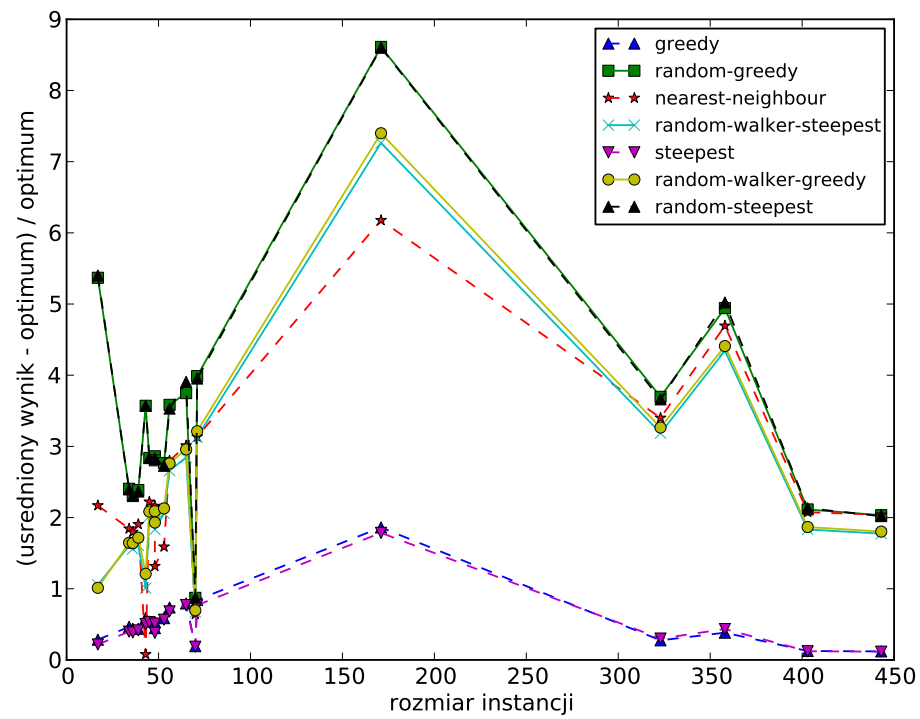
W zaimplementowanych przez nas algorytmach wykorzystaliśmy operator sąsiedztwa 2-opt. W podejściu tym, każda permutacja oznaczająca kolejność odwiedzanych wierzchołków w grafie sąsiaduje z permutacjami utworzonymi poprzez zamianę miejscami dwóch liczb w sekwencji.

### 3 Porównanie działania 4 algorytmów i rodzajów sąsiedztw na wszystkich instancjach problemów

#### 3.1 Odległość od optimum.

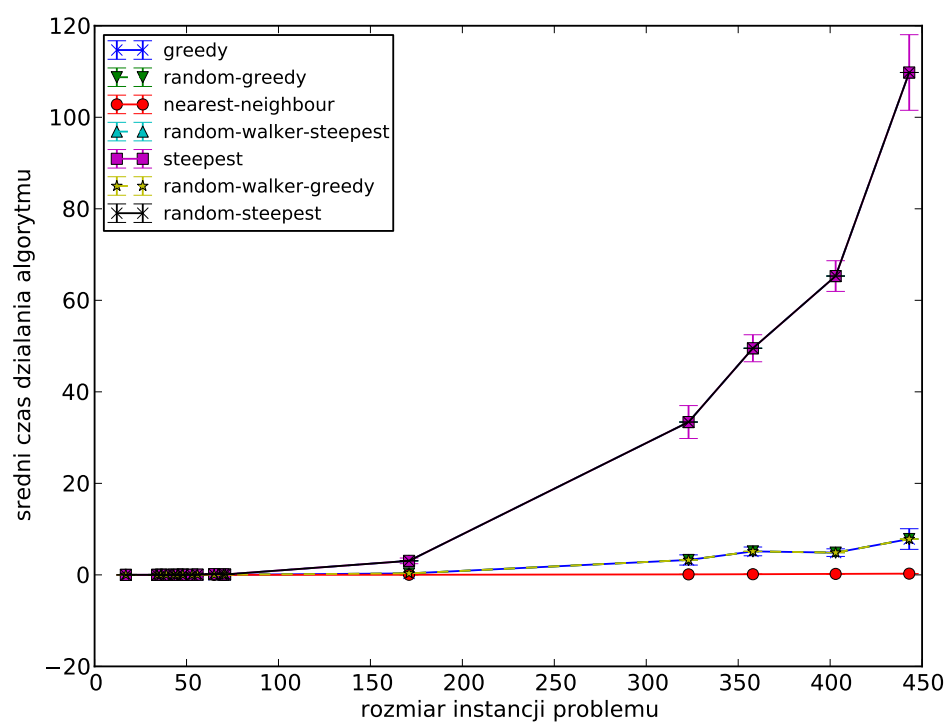


Rysunek 1: Odległości od optimum najlepszych znalezionych rozwiązań dla kilku przykładowych algorytmów.



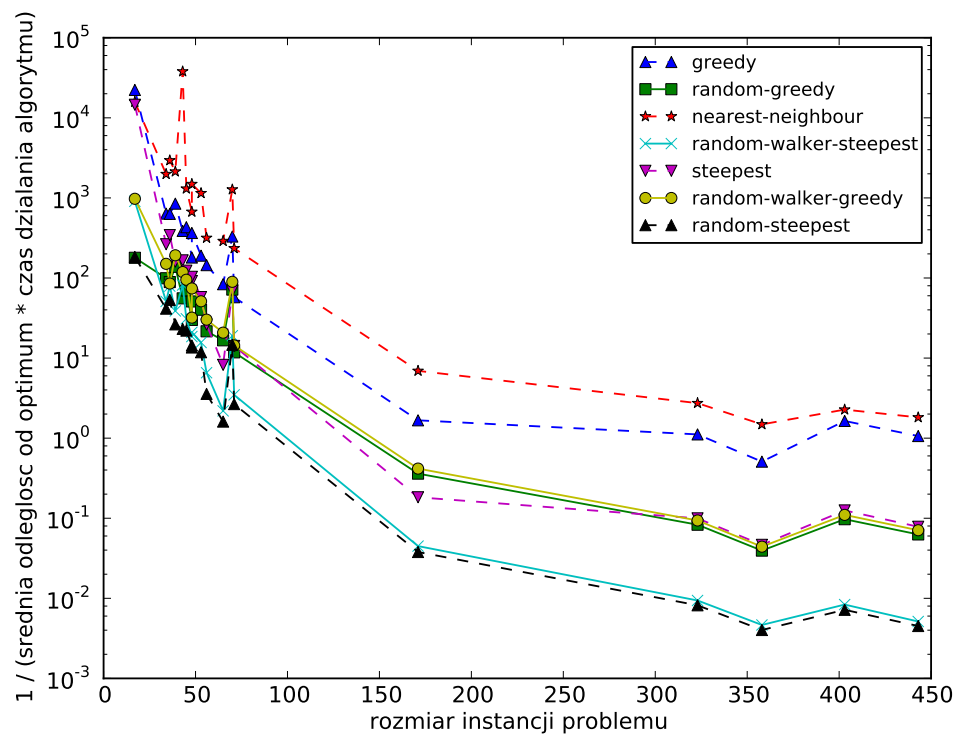
Rysunek 2: Odległości od optimum wartości średnich ze znalezionych rozwiązań dla kilku przykładowych algorytmów.

### 3.2 Porównanie czasu działania algorytmów.



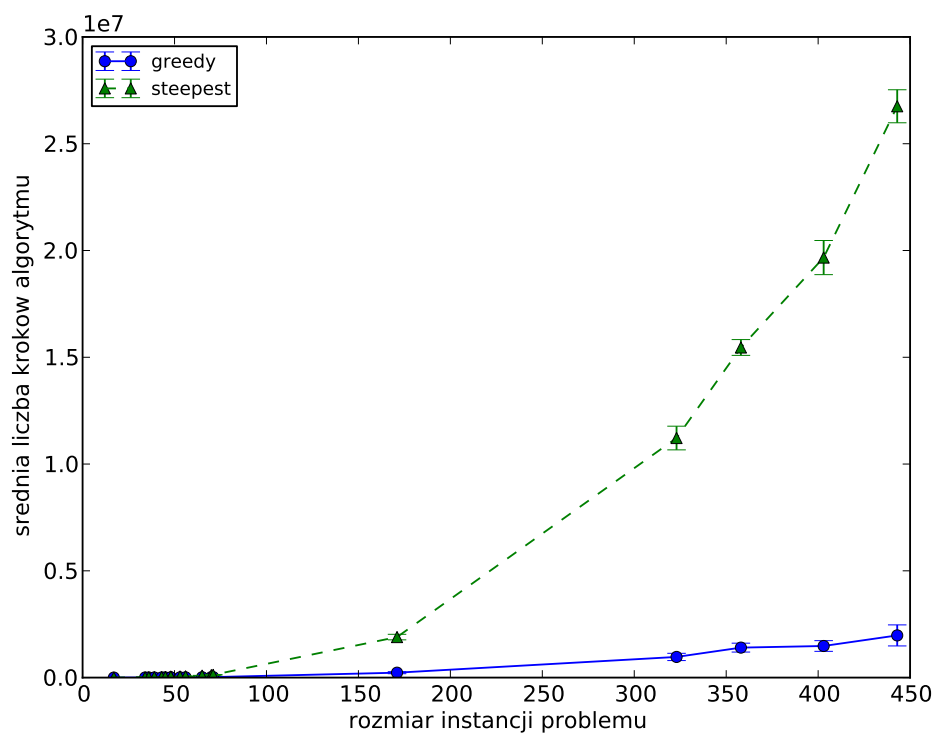
Rysunek 3: Porównanie średnich czasów działania algorytmów.

### 3.3 Porównanie efektywności algorytmów.



Rysunek 4: Porównanie efektywności algorytmów.

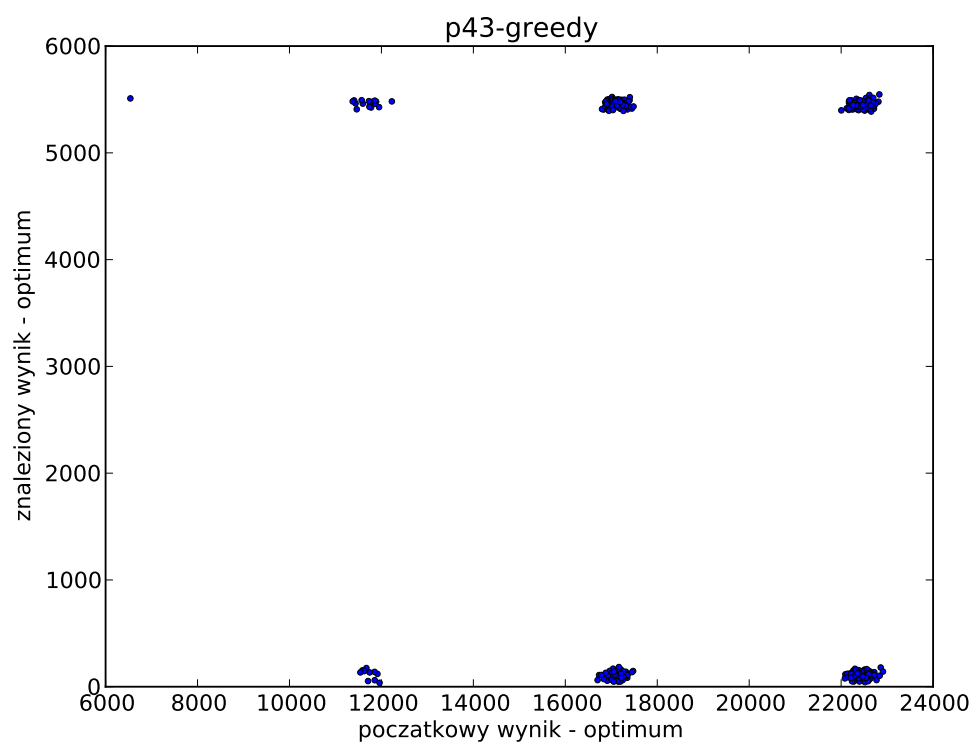
### 3.4 Porównanie średniej liczby kroków dla algorytmów steepest i greedy.



Rysunek 5: Porównanie średniej liczby kroków algorytmów greedy i steepest w zależności od rozmiaru instancji problemu.

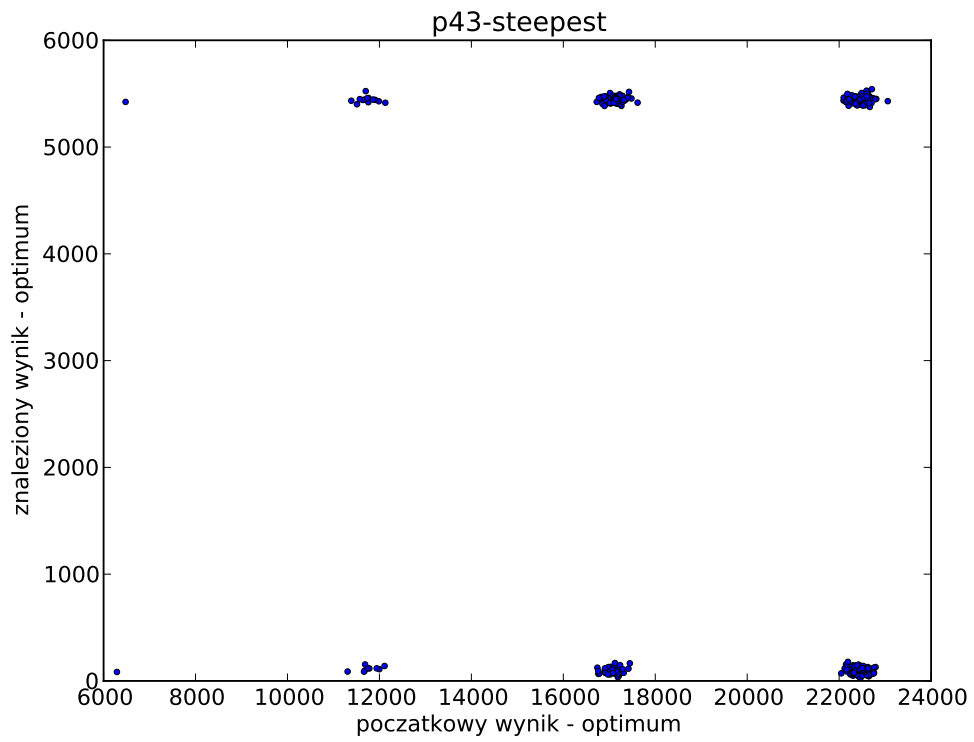
## 4 Jakość rozwiązania końcowego w zależności od jakości rozwiązania początkowego.

### 4.1 Instancja p43.



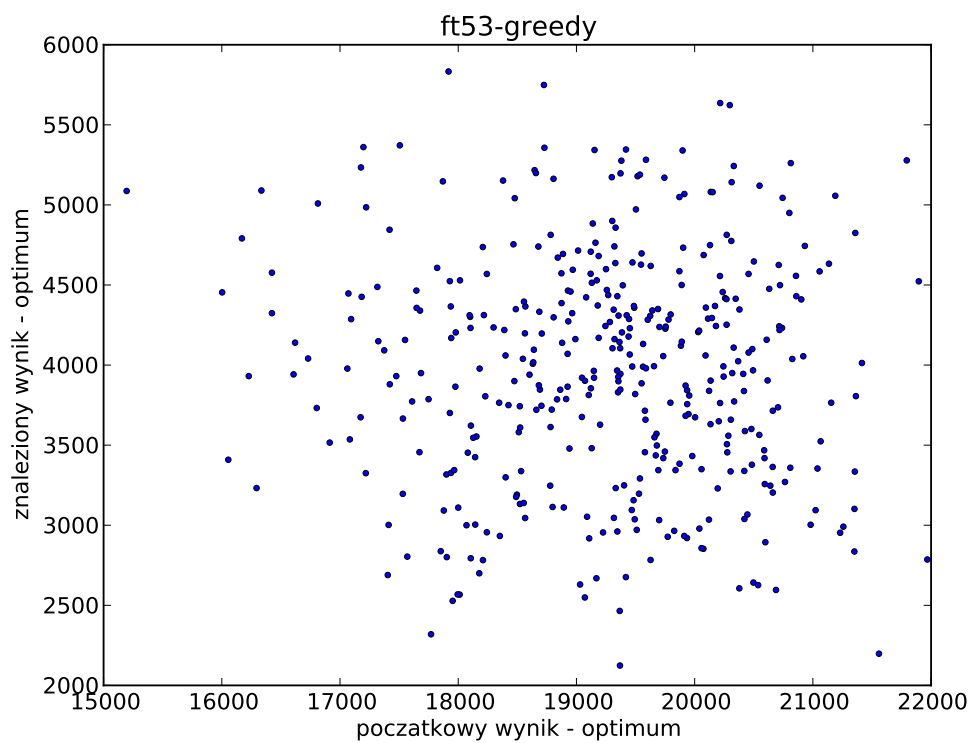
Rysunek 6: Odległości od optimum rozwiązań końcowych w zależności od odległości od optimum rozwiązań początkowych. Instancja p43 - algorytm Greedy



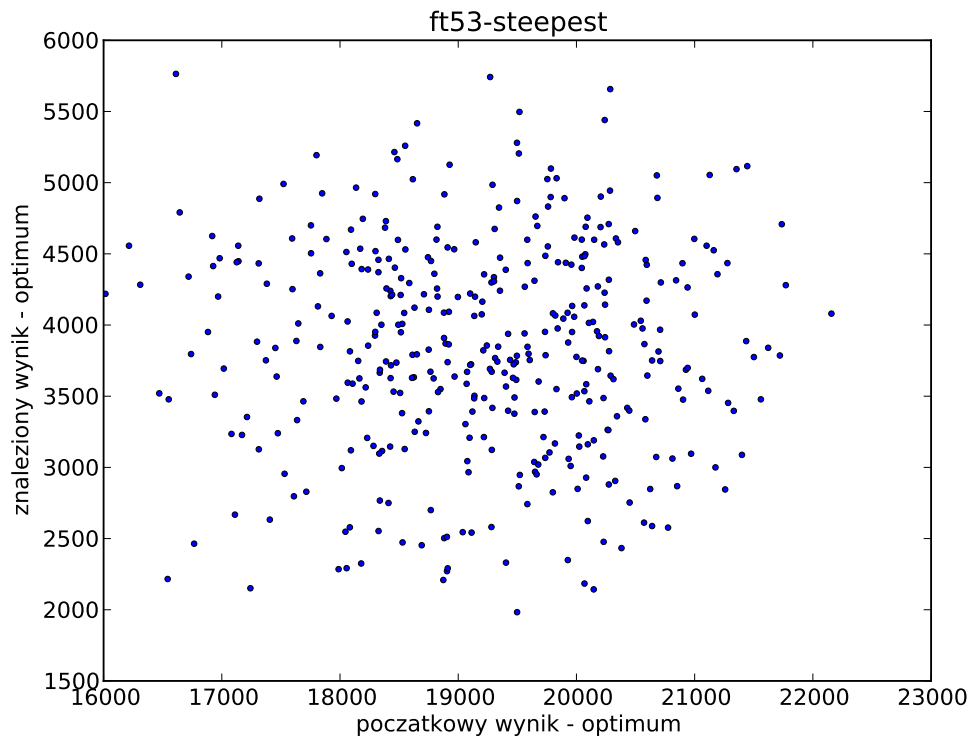


Rysunek 7: Odległości od optimum rozwiązań końcowych w zależności od odległości od optimum rozwiązań początkowych. Instancja p43 - algorytm Steepest

## 4.2 Instancja ft53.

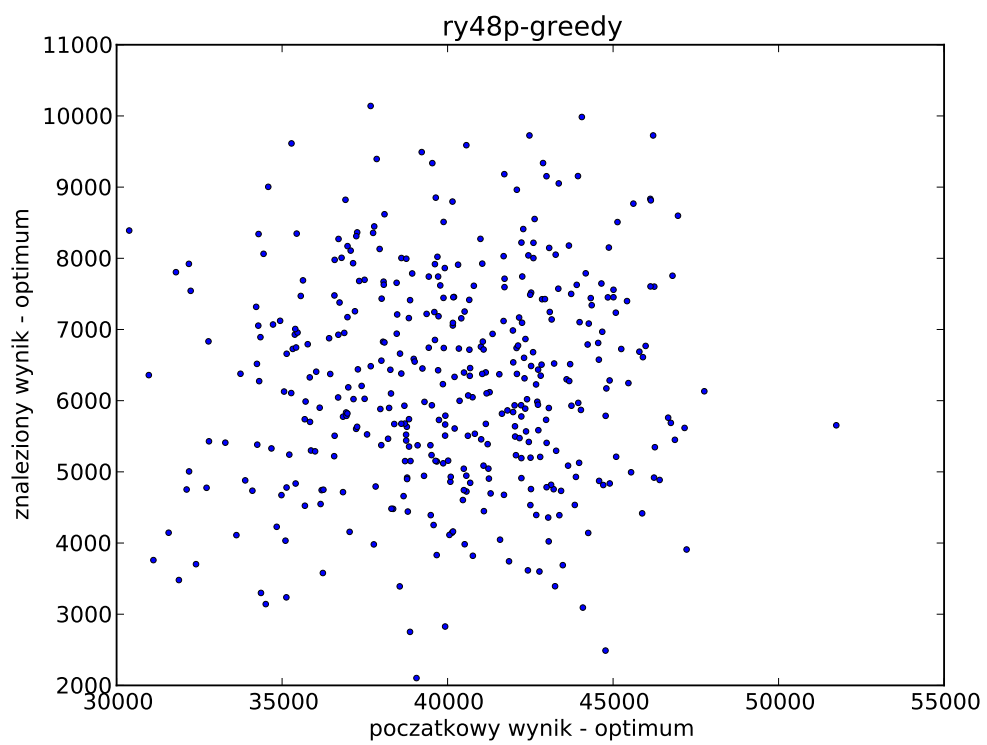


Rysunek 8: Odległości od optimum rozwiązań końcowych w zależności od odległości od optimum rozwiązań początkowych. Instancja ft53 - algorytm Greedy

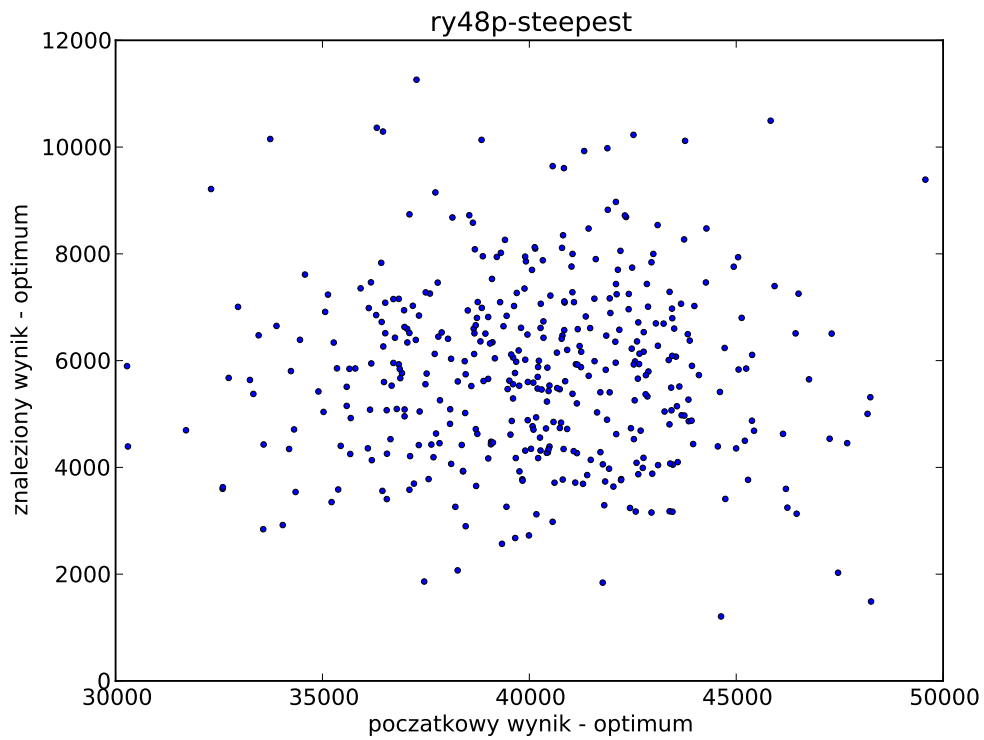


Rysunek 9: Odległości od optimum rozwiązań końcowych w zależności od odległości od optimum rozwiązań początkowych. Instancja ft53 - algorytm Steepest

### 4.3 Instancja ry48p.



Rysunek 10: Odległości od optimum rozwiązań końcowych w zależności od odległości od optimum rozwiązań początkowych. Instancja ry48p - algorytm Greedy



Rysunek 11: Odległości od optimum rozwiązań końcowych w zależności od odległości od optimum rozwiązań początkowych. Instancja ry48p - algorytm Steepest

## 5 Zależność średnich i najlepszych rozwiązań od liczby restartów algorytmu.

Rysunek 12: Zależność średnich i najlepszych rozwiązań od liczby restartów algorytmu

## 6 Obiektywna ocena podobieństwa znajdowanych rozwiązań lokalnie optymalnych dla dwóch wybranych instancji oraz ocena ich podobieństwa do optimum globalnego

|    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1  | 1    | 0.15 | 0.16 | 0.14 | 0.17 | 0.16 | 0.16 | 0.16 | 0.15 | 0.13 |
| 2  | 0.15 | 1    | 0.16 | 0.18 | 0.15 | 0.17 | 0.16 | 0.15 | 0.16 | 0.17 |
| 3  | 0.16 | 0.16 | 1    | 0.17 | 0.16 | 0.17 | 0.19 | 0.16 | 0.17 | 0.17 |
| 4  | 0.14 | 0.18 | 0.17 | 1    | 0.19 | 0.19 | 0.17 | 0.16 | 0.15 | 0.17 |
| 5  | 0.17 | 0.15 | 0.16 | 0.19 | 1    | 0.16 | 0.16 | 0.16 | 0.15 | 0.15 |
| 6  | 0.16 | 0.17 | 0.17 | 0.19 | 0.16 | 1    | 0.2  | 0.18 | 0.15 | 0.17 |
| 7  | 0.16 | 0.16 | 0.19 | 0.17 | 0.16 | 0.2  | 1    | 0.18 | 0.19 | 0.14 |
| 8  | 0.16 | 0.15 | 0.16 | 0.16 | 0.16 | 0.18 | 0.18 | 1    | 0.18 | 0.18 |
| 9  | 0.15 | 0.16 | 0.17 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.19 | 0.18 | 1    | 0.16 |
| 10 | 0.13 | 0.17 | 0.17 | 0.17 | 0.15 | 0.17 | 0.14 | 0.18 | 0.16 | 1    |

Tabela 1: Macierz podobieństwa dziesięciu rozwiązań stanowiących optima lokalne - zbiór rbg443

|    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1  | 1    | 0.17 | 0.17 | 0.15 | 0.16 | 0.18 | 0.15 | 0.16 | 0.16 | 0.17 |
| 2  | 0.17 | 1    | 0.16 | 0.13 | 0.16 | 0.17 | 0.17 | 0.15 | 0.16 | 0.15 |
| 3  | 0.17 | 0.16 | 1    | 0.16 | 0.2  | 0.18 | 0.17 | 0.15 | 0.17 | 0.17 |
| 4  | 0.15 | 0.13 | 0.16 | 1    | 0.17 | 0.15 | 0.19 | 0.18 | 0.16 | 0.17 |
| 5  | 0.16 | 0.16 | 0.2  | 0.17 | 1    | 0.17 | 0.17 | 0.15 | 0.17 | 0.14 |
| 6  | 0.18 | 0.17 | 0.18 | 0.15 | 0.17 | 1    | 0.15 | 0.15 | 0.17 | 0.15 |
| 7  | 0.15 | 0.17 | 0.17 | 0.19 | 0.17 | 0.15 | 1    | 0.14 | 0.16 | 0.16 |
| 8  | 0.16 | 0.15 | 0.15 | 0.18 | 0.15 | 0.15 | 0.14 | 1    | 0.16 | 0.17 |
| 9  | 0.16 | 0.16 | 0.17 | 0.16 | 0.17 | 0.17 | 0.16 | 0.16 | 1    | 0.17 |
| 10 | 0.17 | 0.15 | 0.17 | 0.17 | 0.14 | 0.15 | 0.16 | 0.17 | 0.17 | 1    |

Tabela 2: Macierz podobieństwa dziesięciu rozwiązań stanowiących optima lokalne - zbiór rbg403

## 7 Wnioski

## 8 Napotkane trudności

## 9 Uzasadnienie wprowadzanych ulepszeń, propozycje udoskonaleń i ich spodziewane efekty