

# Problem komiwojażera

Adrian Stępień i Wojciech Młyńczak

26 kwietnia 2020

## 1 Zadanie 3

### 1.1 Opis zadania

Zadanie polega na poprawie efektywności czasowej lokalnego przeszukiwania w wersji stromej z ruchem wymiany krawędzi.

### 1.2 Opis zaimplementowanych algorytmów

#### 1.2.1 Algorytm wykorzystania ocen ruchów z poprzednich iteracji z uporządkowaną listą ruchów

```
1 Wygeneruj losowe rozwiązanie.
2 Wygeneruj listę ruchów.
3 Powtarzaj:
4     Sprawdź listę ruchów:
5         Dla każdego ruchu z listy ruchów:
6             Jeżeli typ ruchu to zamiana punktów:
7                 Weź trzy punkty z rozwiązania.
8                 Jeżeli wszystkie trzy punkty istnieją oraz
                    punkt spoza rozwiązania rzeczywiście
                    jest poza rozwiązaniem:
9                     Jeżeli pierwszy i drugi punkt z object1
                        są sąsiadami oraz drugi i trzeci
                        punkt z object1 są sąsiadami:
10                      Oblicz dystans aktualnego
                        rozwiązania.
11                      Dodaj punkty z aktualnego
                        rozwiązania do listy.
12                      Zamień środkowy punkt z trójki
                        punktów z punktem spoza
                        rozwiązania.
13                      Oblicz dystans rozwiązania po
                        zamianie punktów.
14                      Jeżeli różnica dystansów nie jest
                        równa delcie to wyrzucić błąd.
15                      Zapisz ruch jako wykonany ruch.
16                      Dodaj ruch co listy ruchów do
                        usunięcia.
17 W przeciwnym wypadku:
```

```

18         Dodaj ruch co listy ruchów do
        usunięcia.
19     W przeciwnym wypadku:
20         Dodaj ruch co listy ruchów do usunięcia.
21     W przeciwnym wypadku dla zamiany krawędzi:
22         Weź punkty pierwszej krawędzi i punkty
        drugiej krawędzi.
23     Jeżeli indeks pierwszego punktu z pierwszej
        krawędzi jest większy od indeksu
        drugiego punktu i pierwszy punkt nie
        jest ostatnim punktem, to zamień te
        punkty ze sobą.
24     Jeżeli indeks pierwszego punktu z drugiej
        krawędzi jest większy od indeksu
        drugiego punktu i pierwszy punkt nie
        jest ostatnim punktem, to zamień te
        punkty ze sobą.
25     Jeżeli pierwszy ruch z pierwszej pary oraz
        pierwszy ruch z drugiej pary istnieją:
26         Jeżeli następny punkt względem
        pierwszego punktu z pierwszej
        krawędzi to drugi punkt z pierwszej
        krawędzi oraz następny punkt
        względem pierwszego punktu z drugiej
        krawędzi to drugi punkt z drugiej
        krawędzi:
27         Oblicz dystans aktualnego
        rozwiązania.
28         Dodaj punkty z aktualnego
        rozwiązania do listy.
29         Zamień krawędzie ze sobą.
30         Oblicz dystans rozwiązania po
        zamianie krawędzi.
31         Jeżeli różnica dystansów nie jest
        równa delcie to wyrzuć błąd.
32         Zapisz ruch jako wykonany ruch.
33         Dodaj ruch co listy ruchów do
        usunięcia.
34     W przeciwnym wypadku:
35         Dodaj ruch co listy ruchów do
        usunięcia.
36     W przeciwnym wypadku:
37         Dodaj ruch co listy ruchów do usunięcia.
38     Usuń z listy ruchów te ruchy, które zostały dodane
        do listy ruchów do usunięcia.
39     Jeżeli wykonano ruch, to dodaj wykonany ruch do
        listy
40     Zaktualizuj rozwiązanie.
41     Zaktualizuj listę ruchów.
42     Dodaj ruch do listy poprzednio wykonanych ruchów.
43     Przerwij zewnętrzną pętlę jeżeli lista ruchów jest
        pusta.

```

### 1.2.2 Algorytm ruchów kandydackich

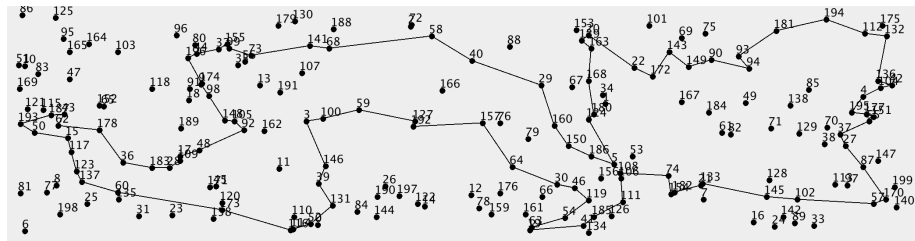
```
1 Wygeneruj losowe rozwiązanie.
2 Powtarzaj:
3     Wygeneruj ruchy kandydackie:
4         Znajdź punkty znajdujące się poza rozwiązaniem.
5         Dla każdego typu ruchu:
6             Jeżeli typ ruchu to zamiana punktów:
7                 Dla każdego punktu w rozwiązaniu:
8                     Dla każdego punktu poza rozwiązaniem:
9                         Oblicz deltę dla zamian tych
10                        dwóch punktów (punktu w
                        rozwiązaniu i punktu poza
                        rozwiązaniem).
11                        Jeżeli delta jest mniejsza od zera,
12                        to dodaj ten ruch do listy
13                        ruchów kandydackich.
14                        W przeciwnym wypadku dla zamiany krawędzi:
15                            Dla każdego punktu w rozwiązaniu:
16                                Dla najbliższych punktów tego punktu:
17                                    Przerwij pętlę, jeżeli nie jest to
18                                    jeden z pięciu najbliższych
19                                    punktów.
20                                    Przejdź do następnego najbliższego
21                                    punktu, jeżeli punkt nie leży w
22                                    aktualnym rozwiązaniu.
23                                    Oblicz deltę dla zamiany krawędzi
24                                    pomiędzy tymi dwoma punktami.
25                                    Jeżeli delta jest mniejsza od zera,
26                                    to dodaj ten ruch do listy
27                                    ruchów kandydackich.
28         Posortuj wygenerowane ruchy kandydackie od
29         najlepszego do najgorszego.
30         Jeżeli nie wygenerowano ruchów kandydackich, to
31         przerwij zewnętrzną pętlę, w przeciwnym wypadku:
32         Jeżeli delta najlepszego punktu nie jest mniejsza
33         od zera, to przerwij zewnętrzną pętlę, w
34         przeciwnym wypadku:
35             Jeżeli typ najlepszego ruchu to
36             pointOuterInnerChange:
37                 W rozwiązaniu zamień punkty wskazane przez
38                 najlepszy kandydacki ruch.
39             W przeciwnym wypadku:
40                 W rozwiązaniu zamień krawędzie wskazane
41                 przez najlepszy kandydacki ruch.
```

### 1.3 Wyniki pomiarów

Pomiar	Wartość średnia	Wartość minimalna	Wartość maksymalna	Średni czas [ms]	Minimalny czas [ms]	Maksymalny czas [ms]
Lokalne przeszukiwanie w wersji stromej dla kroA200	17054.24	14433.00	19243.00	19400	16502	23334
Wykorzystanie ocen ruchów z poprzednich iteracji dla kroA200	16958.04	14813.00	19128.00	385	276	862
Ruchy kandydackie dla kroA200	17149.35	15565.00	18977.00	489	396	746
Lokalne przeszukiwanie w wersji stromej dla kroB200	17114.17	14682.00	20310.00	18859	15488	22255
Wykorzystanie ocen ruchów z poprzednich iteracji dla kroB200	17077.72	15493.00	19104.00	374	302	467
Ruchy kandydackie dla kroB200	17211.44	15896.00	18945.00	477	373	645

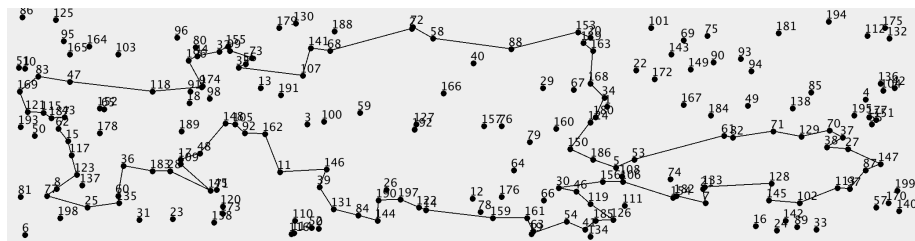
### 1.4 Wizualizacje najlepszych rozwiązań

#### 1.4.1 Lokalne przeszukiwanie w wersji stromej dla kroA200



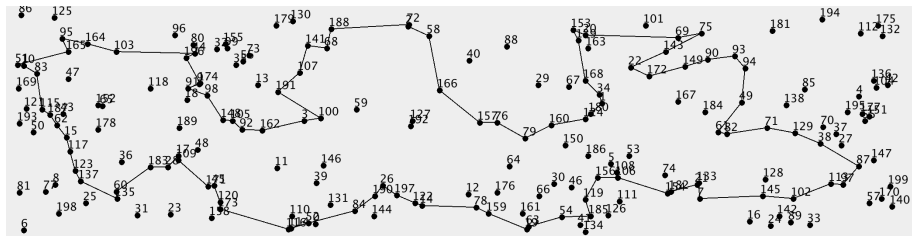
Rysunek 1: Lokalne przeszukiwanie w wersji stromej dla kroA200

#### 1.4.2 Wykorzystanie ocen ruchów z poprzednich iteracji dla kroA200



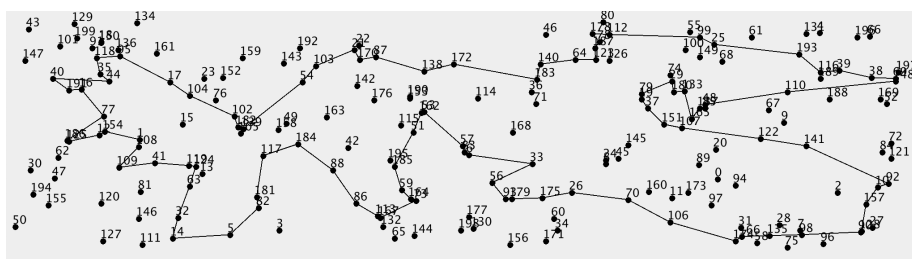
Rysunek 2: Wykorzystanie ocen ruchów z poprzednich iteracji dla kroA200

### 1.4.3 Ruchy kandydackie dla kroA200



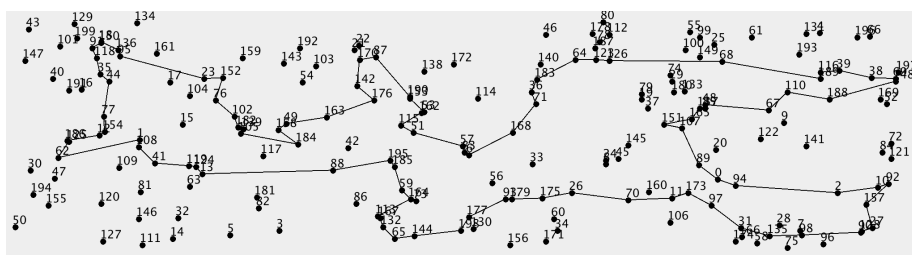
Rysunek 3: Ruchy kandydackie dla kroA200

### 1.4.4 Lokalne przeszukiwanie w wersji stromej dla kroB200



Rysunek 4: Lokalne przeszukiwanie w wersji stromej dla kroB200

### 1.4.5 Wykorzystanie ocen ruchów z poprzednich iteracji dla kroB200



Rysunek 5: Wykorzystanie ocen ruchów z poprzednich iteracji dla kroB200

## 1.5 Wnioski

## 2 Zadanie 2

Zadanie polega na implementacji lokalnego przeszukiwania dla zmodyfikowanego problemu komiwojażera. Lokalne przeszukiwanie może być zaimplementowane w wersjach stronnej i zachłannej z dwoma różnymi rodzajami sąsiedztwa.

### 2.2.1 Algorytm lokalnego przeszukiwania w wersji zachłannej dla zamiany wierzchołków

6

12	Oznacz, że nowe rozwiązanie jest lepsze i przejdź do pętli zewnętrznej.
----	--

### 2.2.2 Algorytm lokalnego przeszukiwania w wersji stromej dla zamiany wierzchołków

1	Wygeneruj losowe rozwiązanie.
2	Dopóki nowe rozwiązanie jest lepsze:
3	Oznacz, że nowe rozwiązanie jest gorsze.
4	Wyzeruj najlepszą deltę i najlepsze punkty do zamiany.
5	Wygeneruj losową serię.
6	Dla każdego punktu w serii:
7	Wygeneruj drugą losową serię.
8	Dla każdego punktu w drugiej losowej serii:
9	Jeżeli wybrany punkt jest taki sam jak punkt z pierwszej serii, to przejdź do następnego punktu z drugiej serii.
10	Oblicz deltę.
11	Jeżeli delta jest lepsza od najlepszej delty:
12	Zamień najlepszą deltę na obliczoną deltę.
13	Zamień znalezione punkty z obecnymi punktami do zamiany.
14	Oznacz, że nowe rozwiązanie jest lepsze.
15	Jeżeli najlepsza delta jest mniejsza od 0, to zamień znalezione dwa punkty ze sobą.

### 2.2.3 Algorytm lokalnego przeszukiwania w wersji zachłannej dla zamiany krawędzi

1	Wygeneruj losowe rozwiązanie.
2	Dopóki nowe rozwiązanie jest lepsze:
3	Oznacz, że nowe rozwiązanie jest gorsze.
4	Wyzeruj najlepszą deltę i najlepsze punkty do zamiany.
5	Wylosuj czy następuje wymiana wierzchołków pozatrasowych czy krawędzi wewnątrz trasowych
6	Jeżeli wylosowano wymianę wierzchołków pozatrasowych
7	Wygeneruj losową serię.
8	Dla każdego punktu w serii:
9	Oblicz dystans aktualnego rozwiązania.
10	Wygeneruj drugą losową serię bez punktów z aktualnego rozwiązania.
11	Dla każdego punktu w drugiej losowej serii:
12	Jeżeli wybrany punkt jest taki sam jak punkt z pierwszej serii, to przejdź do następnego punktu z drugiej serii.
13	Oblicz deltę.
14	Jeżeli delta jest mniejsza od zera
15	Zamień znalezione dwa punkty ze sobą.
16	Oznacz, że nowe rozwiązanie jest lepsze i przejdź do pętli zewnętrznej.
17	Jeżeli wylosowano wymianę krawędzi

```

18 Wygeneruj losową serię.
19 Dla każdej krawędzi w serii:
20     Wygeneruj drugą losową serię.
21     Dla każdej krawędzi w drugiej losowej serii:
22         Jeżeli wybrana krawędź jest taka sama jak
            krawędź z pierwszej serii lub sąsiadują za
            sobą, to przejdź do następnej krawędzi z
            drugiej serii.
23         Oblicz deltę.
24         Jeżeli delta jest mniejsza od zera
25             Zamień znalezione dwie krawędzie.
26             Oznacz, że nowe rozwiązanie jest lepsze i
                przejdź do pętli zewnętrznej.

```

#### 2.2.4 Algorytm lokalnego przeszukiwania w wersji stromej dla zamiany krawędzi

```

1 Wygeneruj losowe rozwiązanie.
2 Dopóki nowe rozwiązanie jest lepsze:
3     Oznacz, że nowe rozwiązanie jest gorsze.
4     Wyzeruj najlepszą deltę i najlepsze punkty do zamiany.
5     Wygeneruj losową serię.
6     Dla każdego punktu w serii:
7         Oblicz dystans aktualnego rozwiązania.
8         Wygeneruj drugą losową serię bez punktów z
            aktualnego rozwiązania.
9         Dla każdego punktu w drugiej losowej serii:
10            Jeżeli wybrany punkt jest taki sam jak punkt z
                pierwszej serii, to przejdź do następnego
                punktu z drugiej serii.
11            Oblicz deltę.
12            Jeżeli delta jest lepsza od najlepszej delty:
13                Zamień najlepszą deltę na obliczoną deltę.
14                Zamień znalezione punkty z obecnymi
                    punktami do zamiany.
15                Oznacz, że nowe rozwiązanie jest lepsze.
16     Wygeneruj losową serię.
17     Dla każdego punktu w serii:
18         Wygeneruj drugą losową serię.
19         Dla każdej krawędzi w drugiej losowej serii:
20             Jeżeli wybrana krawędź jest taka sama jak
                krawędź z pierwszej serii lub sąsiadują za
                sobą, to przejdź do następnej krawędzi z
                drugiej serii.
21             Oblicz deltę.
22             Jeżeli delta jest lepsza od najlepszej delty:
23                 Zamień najlepszą deltę na obliczoną deltę.
24                 Zamień znalezione punkty z obecnymi
                    punktami do zamiany.
25             Oznacz, że nowe rozwiązanie jest lepsze.
26     Jeżeli najlepsza delta jest mniejsza od 0, to zamień
        znalezione dwa punkty ze sobą.

```



### 2.2.5 Sposób randomizacji kolejności przeglądania

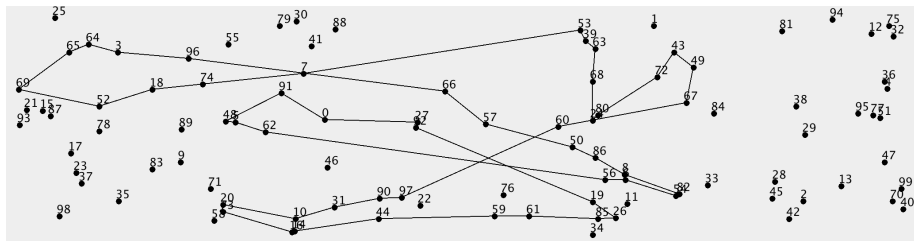
W algorytmie wykorzystano randomizację kolejności przeszukiwania. Są to wszystkie operacje opisane jako generowanie serii. Polegają one na wygenerowaniu indeksów krawędzi lub punktów (w zależności od tego co będzie wymieniane) w losowej kolejności. Następnie, gdy przeglądane są kolejne punkty lub krawędzie są one pobierane z wygenerowanej serii, dzięki czemu kolejność przeglądania za każdą iteracją pętli głównej jest inna.

## 2.3 Wyniki pomiarów

Pomiar	Wartość średnia	Wartość minimalna	Wartość maksymalna	Średni czas [ms]	Minimalny czas [ms]	Maksymalny czas [ms]
Zamiana wierzchołków w wersji stromej dla kroA100	18116.54	14316.00	16646.00	701	436	925
Zamiana wierzchołków w wersji zachłannej dla kroA100	16747.61	13694.00	16207.00	116	71	224
Zamiana krawędzi w wersji stromej dla kroA100	12545.69	10769.00	11889.00	685	517	858
Zamiana krawędzi w wersji zachłannej dla kroA100	13469.44	11091.00	14262.00	56	26	92
Zamiana wierzchołków w wersji stromej dla kroB100	17721.50	14033.00	15635.00	717	504	1108
Zamiana wierzchołków w wersji zachłannej dla kroB100	16873.84	12300.00	15330.00	106	72	158
Zamiana krawędzi w wersji stromej dla kroB100	12541.73	11199.00	13471.00	665	502	835
Zamiana krawędzi w wersji zachłannej dla kroB100	13261.47	11477.00	13227.00	60	25	115

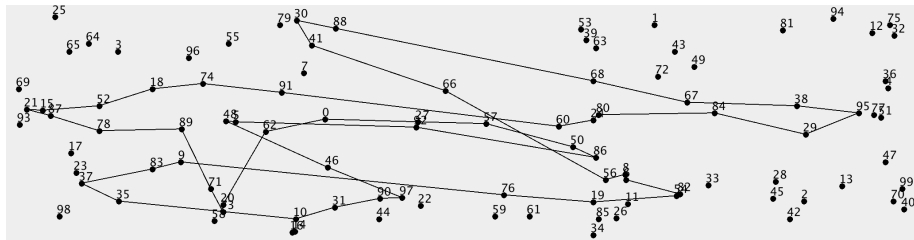
## 2.4 Wizualizacje najlepszych rozwiązań

### 2.4.1 Zamiana wierzchołków w wersji stromej dla kroA100



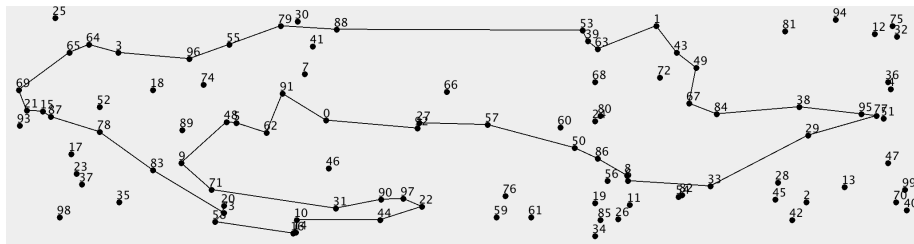
Rysunek 7: Zamiana wierzchołków w wersji stromej dla kroA100

### 2.4.2 Zamiana wierzchołków w wersji zachłannej dla kroA100



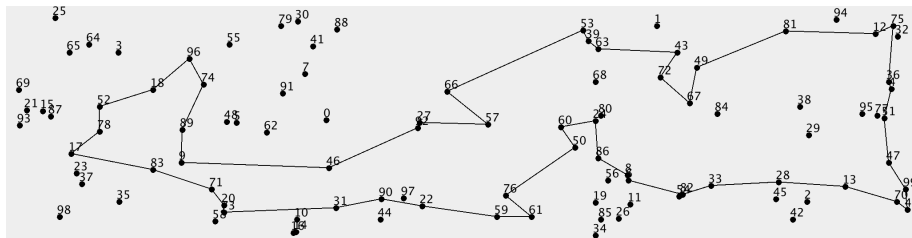
Rysunek 8: Zamiana wierzchołków w wersji zachłannej dla kroA100

### 2.4.3 Zamiana krawędzi w wersji stromej dla kroA100



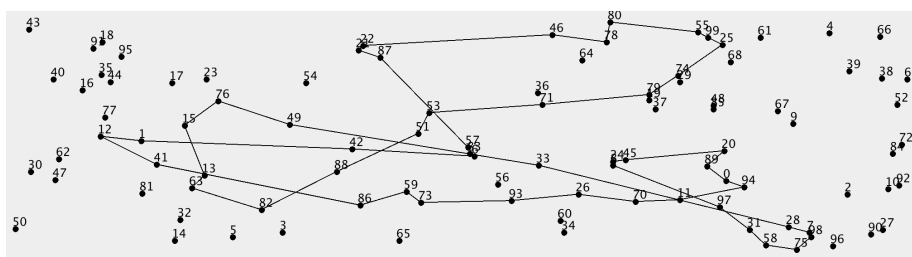
Rysunek 9: Zamiana krawędzi w wersji stromej dla kroA100

#### 2.4.4 Zamiana krawędzi w wersji zachłannej dla kroA100



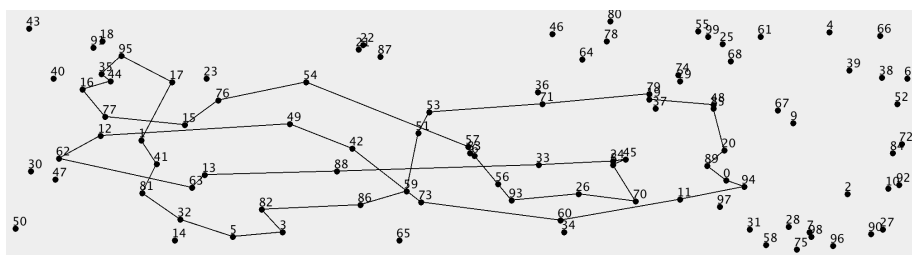
Rysunek 10: Zamiana krawędzi w wersji zachłannej dla kroA100

#### 2.4.5 Zamiana wierzchołków w wersji stromej dla kroB100



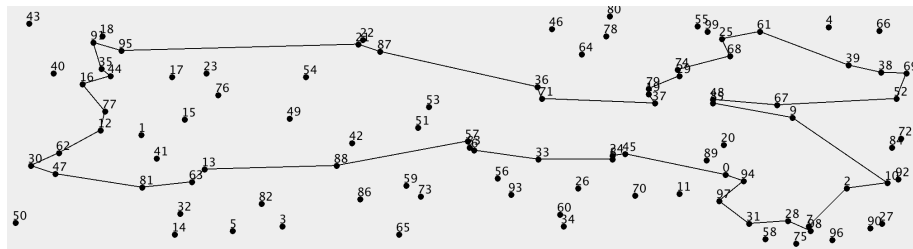
Rysunek 11: Zamiana wierzchołków w wersji stromej dla kroB100

#### 2.4.6 Zamiana wierzchołków w wersji zachłannej dla kroB100



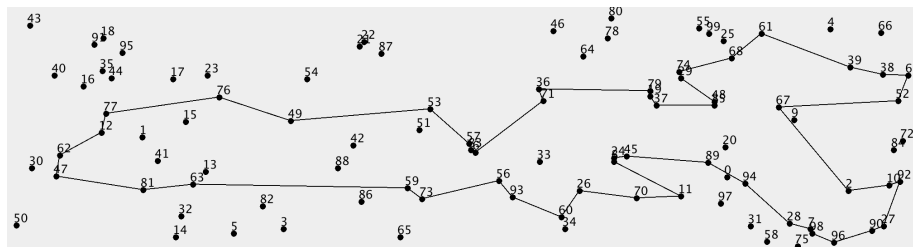
Rysunek 12: Zamiana wierzchołków w wersji zachłannej dla kroB100

#### 2.4.7 Zamiana krawędzi w wersji stromej dla kroB100



Rysunek 13: Zamiana krawędzi w wersji stromej dla kroB100

#### 2.4.8 Zamiana krawędzi w wersji zachłannej dla kroB100



Rysunek 14: Zamiana krawędzi w wersji zachłannej dla kroB100

### 2.5 Wnioski

Z wymienionych wyżej pomiarów można wywnioskować, że dla podanych warunków problemu zamiana kolejności krawędzi dla obu typów algorytmu daje dużo lepsze wyniki niż wymiana wierzchołków. Można również zaobserwować, że wersja zachłanna dla zamiany wierzchołków daje średnio lepsze wyniki od wersji stromej. Dla zamiany kolejności krawędzi rozwiązania wyniki są odwrotne - wersja stroma daje średnio lepsze rezultaty od wersji zachłannej. Wersja stroma ma o wiele większe czasy wykonywania z powodu, że musi zawsze przeszukiwać całe rozwiązanie w poszukiwaniu najlepszego ruchu, a wersja zachłanna wybiera pierwszy poprawiający rozwiązanie ruch.

## 3 Zadanie 1

### 3.1 Opis zadania

Rozważany problem to zmodyfikowany problem komiwojażera. Dany jest zbiór wierzchołków i macierz odległości pomiędzy każdą parą wierzchołków. Celem zadania jest znalezienie najkrótszej ścieżki zamkniętej przechodzącej przez 50% wszystkich wierzchołków (w przypadku nieparzystej liczby wierzchołków liczba jest zaokrąglana w górę).

## 3.2 Opis zaimplementowanych algorytmów

### 3.2.1 Algorytm zachłanny greedy cycle

```
1 Wybierz pierwszy punkt.
2 Wybierz drugi punkt leżący najbliżej pierwszego.
3 Jeżeli nie dodałeś wszystkich punktów:
4   Dla pozostałych wolnych punktów:
5     Dla każdej krawędzi w aktualnym rozwiązaniu:
6       Oblicz koszt dodania punktu do rozwiązania w danej
        krawędzi.
7       Sprawdź czy to jest najlepsze rozwiązanie w danym
        momencie.
8   Dodaj znaleziony najlepszy punkt w wybranej krawędzi do
    cyklu.
```

### 3.2.2 Algorytm z żalem oparty o 1-żal

```
1 Wybierz pierwszy punkt.
2 Wybierz drugi punkt leżący najbliżej pierwszego.
3 Jeżeli nie dodałeś wszystkich punktów:
4   Dla pozostałych wolnych punktów:
5     Dla każdej krawędzi w aktualnym rozwiązaniu:
6       Oblicz koszt dodania punktu do rozwiązania w danej
        krawędzi.
7       Dodaj punkt do listy potencjalnych rozwiązań wraz z
        kosztem dodania.
8   Oblicz żal dla danego punktu
9   W liście potencjalnych rozwiązań znajdź rozwiązanie z
        największym żalem.
10  Dodaj znalezione rozwiązanie z największym żalem do cyklu.
```

## 3.3 Wyniki pomiarów

### 3.3.1 Algorytm zachłanny dla problemu kroA100

Pomiar	Wynik
Wartość średnia	12898.45
Wartość minimalna	11325.00
Wartość maksymalna	14067.00

### 3.3.2 Algorytm oparty o żal dla problemu kroA100

Pomiar	Wynik
Wartość średnia	16879.11
Wartość minimalna	14456.00
Wartość maksymalna	17899.00

### 3.3.3 Algorytm zachłanny dla problemu kroB100

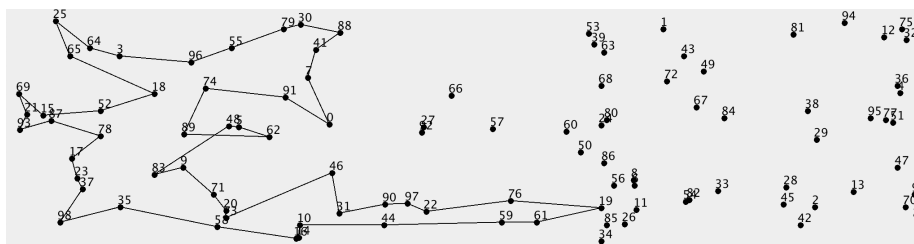
Pomiar	Wynik
Wartość średnia	12710.59
Wartość minimalna	10240.00
Wartość maksymalna	11320.00

### 3.3.4 Algorytm oparty o żal dla problemu kroB100

Pomiar	Wynik
Wartość średnia	17245.51
Wartość minimalna	15547.00
Wartość maksymalna	16965.00

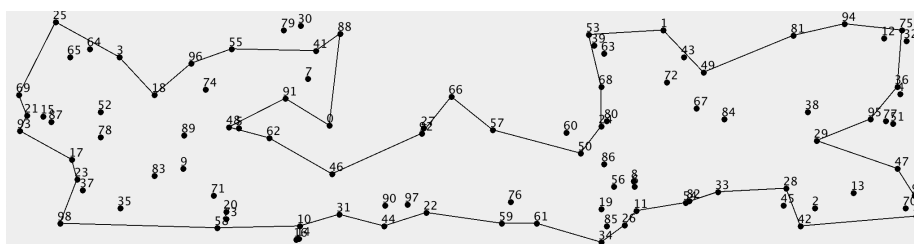
## 3.4 Wizualizacje najlepszych rozwiązań

### 3.4.1 Algorytm zachłanny dla problemu kroA100



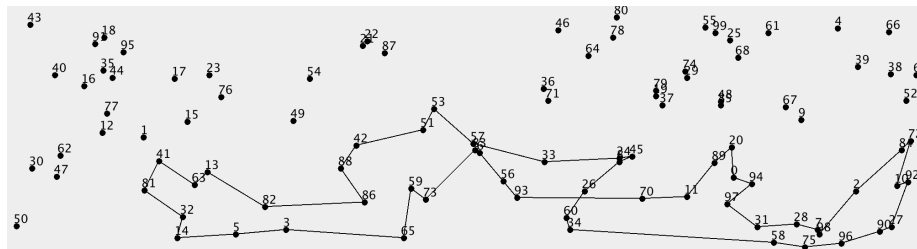
Rysunek 15: Algorytm zachłanny dla problemu kroA100

### 3.4.2 Algorytm oparty o żal dla problemu kroA100



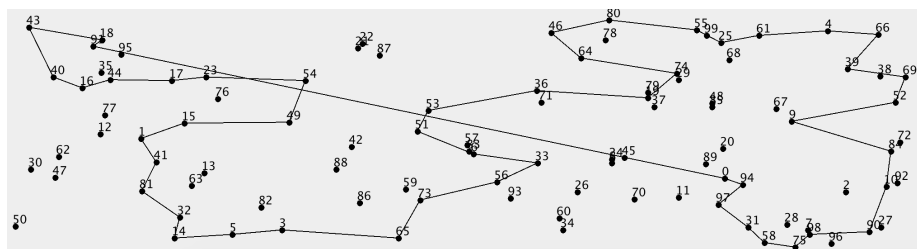
Rysunek 16: Algorytm oparty o żal dla problemu kroA100

### 3.4.3 Algorytm zachłanny dla problemu kroB100



Rysunek 17: Algorytm zachłanny dla problemu kroB100

### 3.4.4 Algorytm oparty o żal dla problemu kroB100



Rysunek 18: Algorytm oparty o żal dla problemu kroB100

## 3.5 Wnioski

Z wymienionych wyżej pomiarów można wywnioskować, że dla podanych warunków problemu (odwiedzanie połowy punktów), algorytm zachłanny radzi sobie lepiej od algorytmu opartego o żal (cykl, który generuje ma mniejszą długość). Przeprowadzono również testy dla przypadku, gdy oba te algorytmy uruchomione zostaną dla wszystkich punktów. Wtedy wyniki są odmienne, algorytm z żalem okazuje się lepszy od algorytmu zachłannego. Jest to spowodowane tym, że dla warunków zadania z odwiedzeniem połowy punktów algorytm z żalem czasami dodaje punkty, które mają duży żal, a w ogóle nie powinny zostać dodane do cyklu z powodu dużego kosztu ich dodania. Gdy odwiedzone mają być wszystkie punkty, koszt dodania punktu nie ma takiego znaczenia, ponieważ prędzej lub później i tak każdy punkt będzie musiał zostać dodany.

## 4 Kod programu

Repozytorium z kodem programu dostępne jest pod adresem: <https://github.com/adrianstepienfsw/AEM1>