

Algorytmy Metaheurystyczne - lab 2

Jakub Musiał 268442

Listopad 2023

1 Opis problemu

Wyznaczyć cykl komiwojażera dla grafu pełnego używając algorytmów *Simulated Annealing* oraz *Taboo Search*.

W implementacji algorytmów stosowałem otoczenie *invert*:

$$N(\pi) = \{\pi' \in S(P) : (\exists i \neq j)(\pi' = \text{invert}(\pi, i, j))\}$$

gdzie P - wejściowy zbiór punktów.

2 Symulowane wyżarzanie

2.1 Dobór parametrów

By określić najlepsze parametry przeprowadziłem eksperyment polegający na sprawdzeniu wyników kombinacji z losowej próbki wszystkich możliwych kombinacji poniżej określonych parametrów, a następnie znajdując taką, która generuje najmniejszy błąd względny.

Badane parametry:

- T_0 - temperatura początkowa: $\{10, 50, 100\}$
- T_k - temperatura minimalna: $\{0.9, 0.95, 0.99\}$
- α - współczynnik zmiany temperatury: $\{0.01, 0.1, 1.0\}$
- it_{max} - maksymalna liczba iteracji (jako procent liczby wierzchołków grafu): $\{0.1, 0.2, 0.3\}$

Najlepszą znaną kombinacją parametrów jest: $T_0 = 100$, $T_k = 0.1$, $\alpha = 0.99$, $it_{max} = 0.3$, dla której otrzymałem następujące wyniki:

| Dane wejściowe | $min_c(\delta w)$ | $avg_c(\delta w)$ |
|----------------|-------------------|-------------------|
| xqf131 | 0.000000 | 0.015957 |
| xqg237 | 0.003925 | 0.019627 |
| pma343 | 0.002924 | 0.006579 |
| pka379 | 0.004505 | 0.008258 |
| bcl380 | 0.016656 | 0.025293 |
| pbl395 | 0.014052 | 0.018735 |
| pbk411 | 0.009680 | 0.022338 |
| pbn423 | 0.004396 | 0.024908 |
| pbm436 | 0.018018 | 0.024255 |
| xql662 | 0.015519 | 0.02865 |

Table 1: Wyniki eksperymentów dla algorytmu symulowanego wyżarzania

2.2 Pseudokod algorytmu

Algorithm 1 Symulowane wyżarzanie

```

1: procedure simulated_annealing( $\pi_0$ )
2:    $\pi_b \leftarrow \pi_0$  ▷ Best permutation
3:    $T \leftarrow T_0$ 
4:
5:   while  $T > T_k$  do
6:      $\pi \leftarrow \pi_b$ 
7:      $(i, j) \leftarrow (0, 0)$ 
8:
9:     while  $it < it_{max}$  do
10:       $(i, j) \leftarrow random\_element(N(\pi))$ 
11:       $\Delta w \leftarrow invert\_wdiff(\pi, i, j)$ 
12:      if  $\Delta w < 0 \vee random\_prob() < e^{\frac{-\Delta w}{T}}$  then
13:         $invert(\pi, i, j)$ 
14:         $it \leftarrow it + 1$ 
15:        if  $w(\pi) < w(\pi_b)$  then
16:           $\pi_b \leftarrow \pi$ 
17:       $T \leftarrow \alpha T$ 
18:   return  $\pi_b$ 

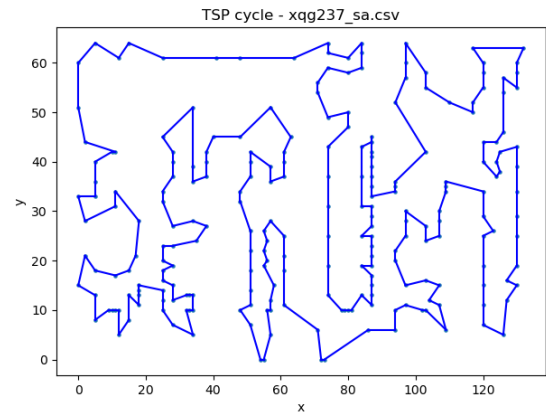
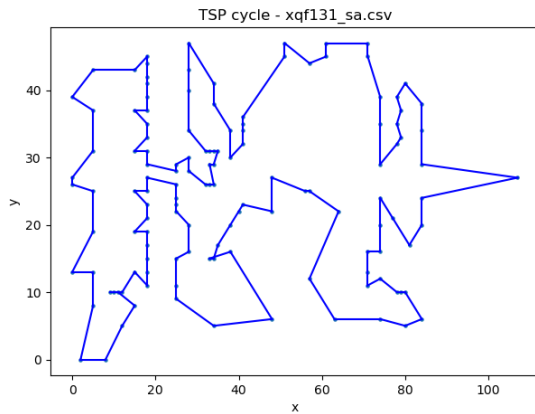
```

2.3 Wyniki

Poniższa tabela oraz wykresy przedstawiają wyniki uzyskane dla wszystkich grafów testowych dla znalezionej kombinacji parametrów.

| Dane wejściowe | $ V $ | $avg(w(TSC))$ | $min(w(TSC))$ | $w(TSC_{opt})$ | $avg_{ls}(w(TSC))$ |
|----------------|-------|---------------|---------------|----------------|--------------------|
| xqf131.tsp | 131 | 576 | 569 | 564 | 621 |
| xqg237.tsp | 237 | 1049 | 1031 | 1019 | 1118 |
| pma343.tsp | 343 | 1380 | 1372 | 1368 | 1497 |
| pka379.tsp | 379 | 1341 | 1333 | 1332 | 1450 |
| bcl380.tsp | 380 | 1663 | 1635 | 1621 | 1817 |
| pbl395.tsp | 395 | 1312 | 1296 | 1281 | 1456 |
| pbk411.tsp | 411 | 1380 | 1362 | 1343 | 1489 |
| pbn423.tsp | 423 | 1403 | 1385 | 1365 | 1533 |
| pbm436.tsp | 436 | 1481 | 1470 | 1443 | 1629 |
| xql662.tsp | 662 | 2583 | 2567 | 2513 | 2822 |
| xit1083.tsp | 1083 | 3655 | 3621 | 3558 | 4021 |
| icw1483.tsp | 1483 | 4532 | 4506 | 4416 | 4986 |
| djc1785.tsp | 1785 | 6273 | 6244 | 6115 | 6878 |
| dcb2086.tsp | 2086 | 6810 | 6776 | 6600 | 7463 |
| pds2566.tsp | 2566 | 7898 | 7861 | - | 8695 |

Table 2: Wyniki dla wszystkich danych wejściowych dla algorytmu symulowanego wyżarzania wraz z wagą optymalnych ścieżek oraz wynikami algorytmu local search z listy 1



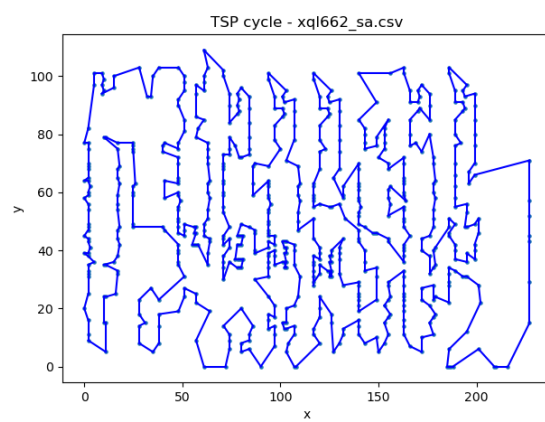
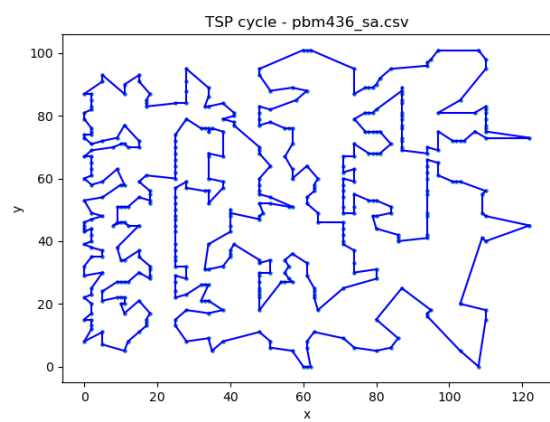
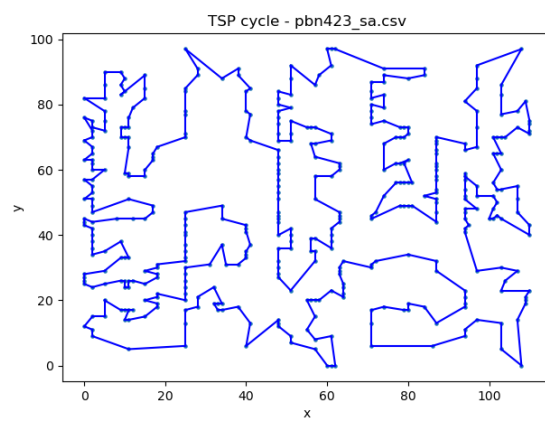
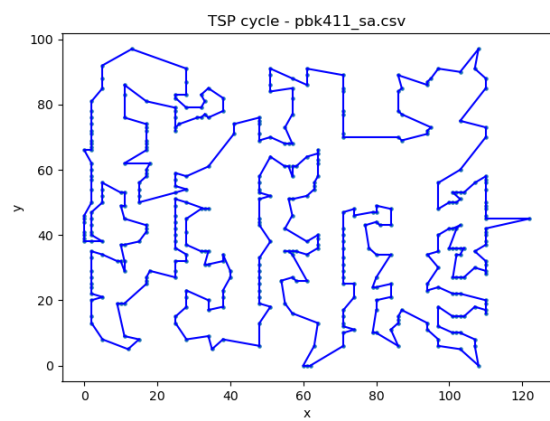
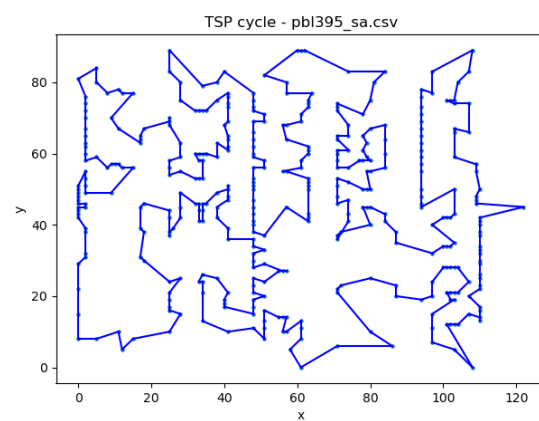
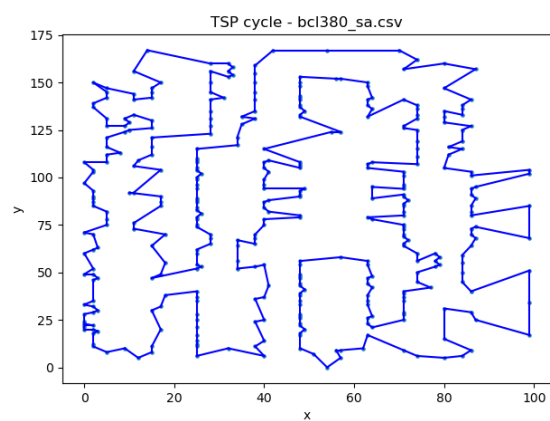
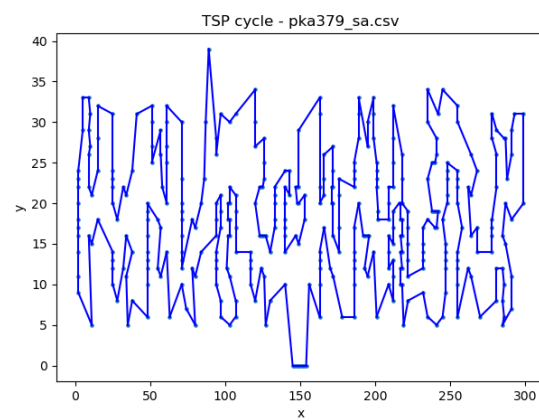
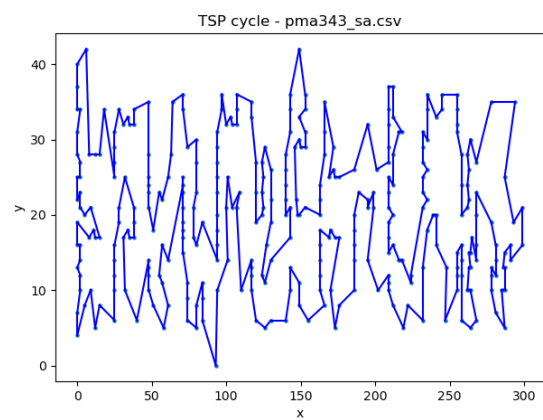




Figure 3: Symulowanego wyżarzanie: wizualizacja wyznaczonych cykli komiwojażera

3 Taboo search

3.1 Dobór parametrów

By określić najlepsze parametry przeprowadziłem eksperyment polegający na sprawdzeniu wyników wszystkich możliwych kombinacji poniżej określonych parametrów, a następnie znajdując taką, która generuje najmniejszy błąd względny.

Badane parametry:

- S_{max} - maksymalny rozmiar listy wykluczeń: $\{10, 20, 50, 100\}$
- it_{max} - maksymalna liczba iteracji bez poprawy rozwiązania: $\{5, 10, 20, 50\}$

Najlepszą znaną kombinacją parametrów jest: $S_{max} = 100$, $it_{max} = 5$

| Dane wejściowe | $min_c(\delta w)$ | $avg_c(\delta w)$ |
|----------------|-------------------|-------------------|
| xqf131 | 0.023050 | 0.079787 |
| xqg237 | 0.067713 | 0.098135 |
| pma343 | 0.070906 | 0.070906 |
| pka379 | 0.054054 | 0.084835 |
| bcl380 | 0.080814 | 0.104874 |
| pbl395 | 0.096019 | 0.117096 |
| pbk411 | 0.097543 | 0.107223 |
| pbn423 | 0.090842 | 0.112821 |
| pbm436 | 0.082467 | 0.119889 |
| xql662 | 0.095901 | 0.126940 |

Table 3: Wyniki eksperymentów dla algorytmu taboo search

3.2 Pseudokod algorytmu

Algorithm 2 Taboo search

```

1: procedure simulated_annealing( $\pi_0$ )
2:    $\pi_b \leftarrow \pi_0$  ▷ Best permutation
3:    $T \leftarrow \{\}$  ▷ Taboo list
4:    $it \leftarrow 0$  ▷ Number of iterations without updating the result
5:
6:   while  $it < it_{max}$  do
7:      $\pi \leftarrow \pi_b$ 
8:      $w_{bc} \leftarrow \infty$  ▷ Best candidate weight
9:      $(i_b, j_b) \leftarrow null$ 
10:
11:     for  $(i, j) \in N(\pi)$  do
12:        $\Delta w \leftarrow invert\_wdiff(\pi, i, j)$ 
13:       if  $\Delta w \geq 0 \wedge (i, j) \in T$  then
14:         continue
15:       if  $w(\pi) + \Delta w < w_{bc}$  then
16:          $(i_b, j_b) \leftarrow (i, j)$ 
17:          $w_{bc} \leftarrow w(\pi) + \Delta w$ 
18:
19:      $push(T, (i_b, j_b))$ 
20:     if  $|T| > T_{mp}$  then
21:        $remove\_first(T)$ 
22:
23:     if  $w_{bc} < w(\pi_b)$  then
24:        $invert(\pi_b, i_b, j_b)$ 
25:        $it \leftarrow 0$ 
26:   return  $\pi_b$ 

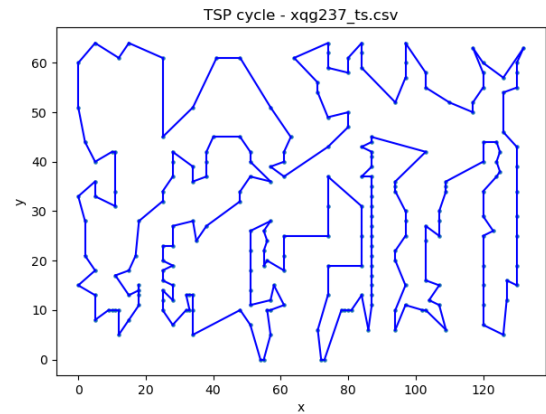
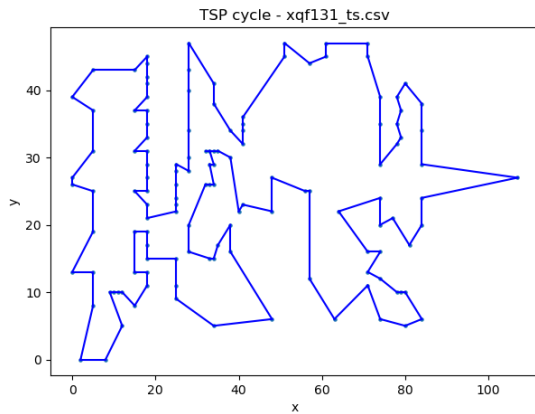
```

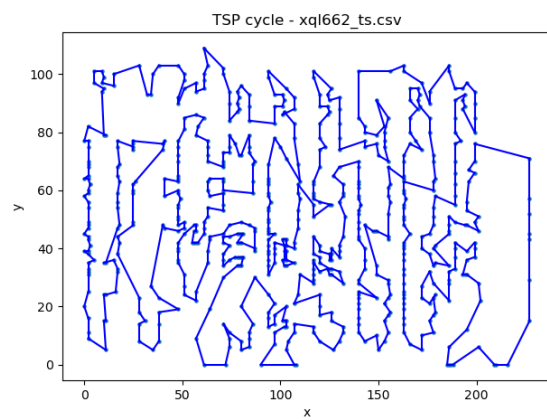
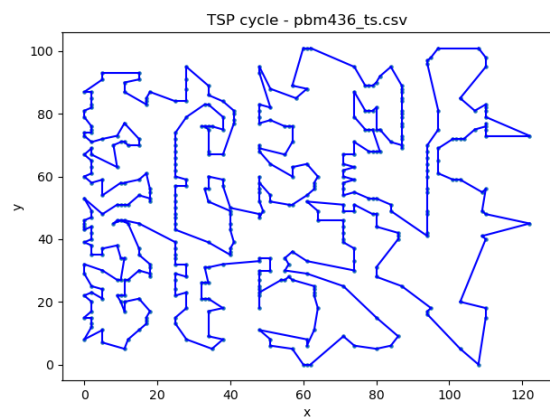
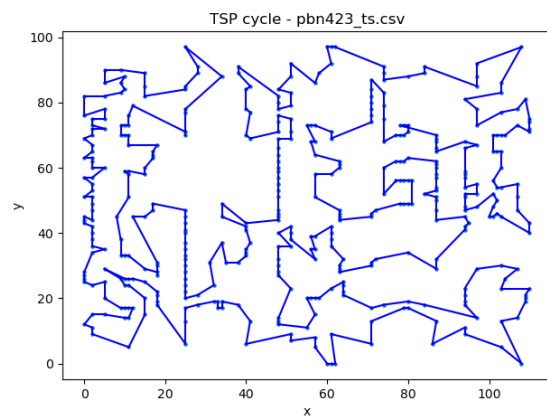
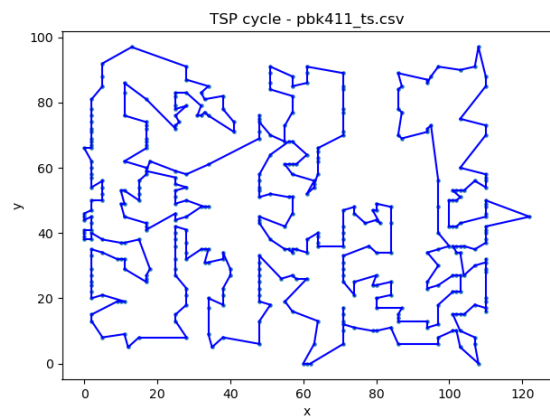
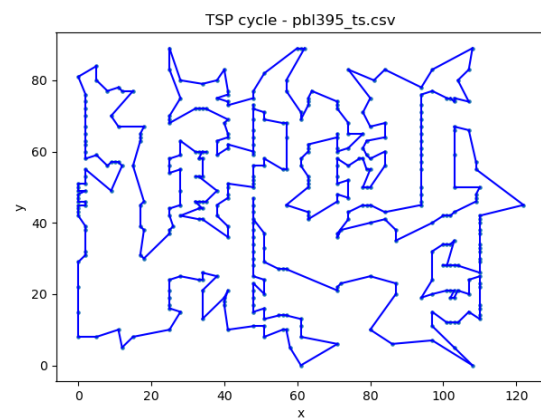
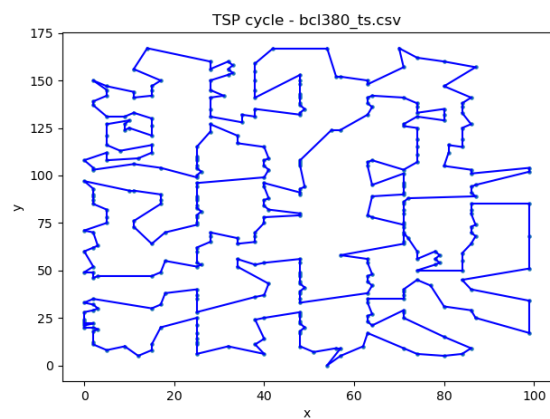
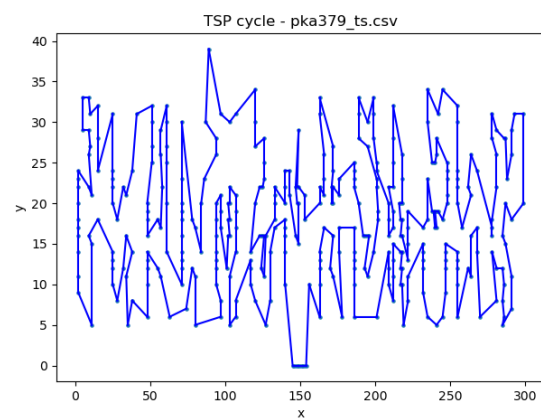
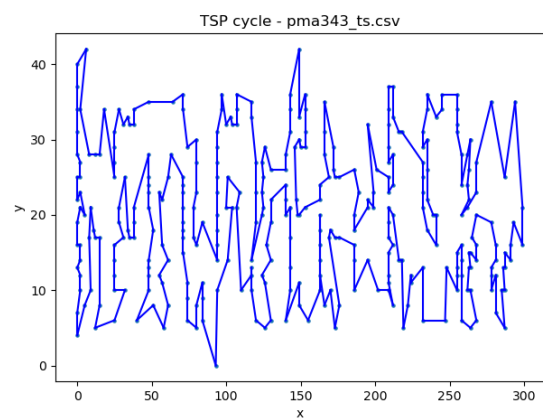
3.3 Wyniki

Poniższa tabela oraz wykresy przedstawiają wyniki uzyskane dla wszystkich grafów testowych dla znalezionej kombinacji parametrów.

| Dane wejściowe | $ V $ | $avg(w(TSC))$ | $min(w(TSC))$ | $w(TSC_{opt})$ | $avg_{ls}(w(TSC))$ |
|----------------|-------|---------------|---------------|----------------|--------------------|
| xqf131.tsp | 131 | 614 | 586 | 564 | 621 |
| xqg237.tsp | 237 | 1108 | 1076 | 1019 | 1118 |
| pma343.tsp | 343 | 1485 | 1452 | 1368 | 1497 |
| pka379.tsp | 379 | 1447 | 1423 | 1332 | 1450 |
| bcl380.tsp | 380 | 1802 | 1770 | 1621 | 1817 |
| pbl395.tsp | 395 | 1431 | 1395 | 1281 | 1456 |
| pbk411.tsp | 411 | 1485 | 1444 | 1343 | 1489 |
| pbn423.tsp | 423 | 1528 | 1510 | 1365 | 1533 |
| pbm436.tsp | 436 | 1611 | 1571 | 1443 | 1629 |
| xql662.tsp | 662 | 2816 | 2779 | 2513 | 2822 |
| xit1083.tsp | 1083 | 3936 | 3976 | 3558 | 4021 |
| icw1483.tsp | 1483 | 4886 | 4885 | 4416 | 4986 |
| djc1785.tsp | 1785 | 6837 | 6820 | 6115 | 6878 |
| dcb2086.tsp | 2086 | 7342 | 7329 | 6600 | 7463 |
| pds2566.tsp | 2566 | 8685 | 8622 | - | 8695 |

Table 4: Wyniki dla wszystkich danych wejściowych dla algorytmu symulowanego wyżarzania wraz z wagą optymalnych ścieżek oraz wynikami algorytmu local search z listy 1





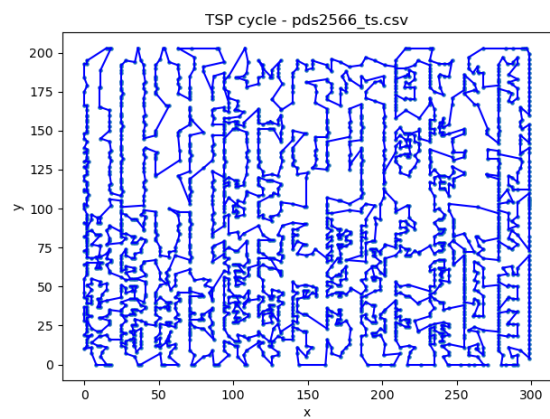
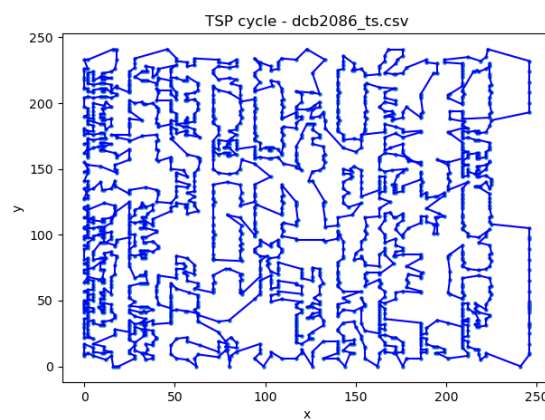
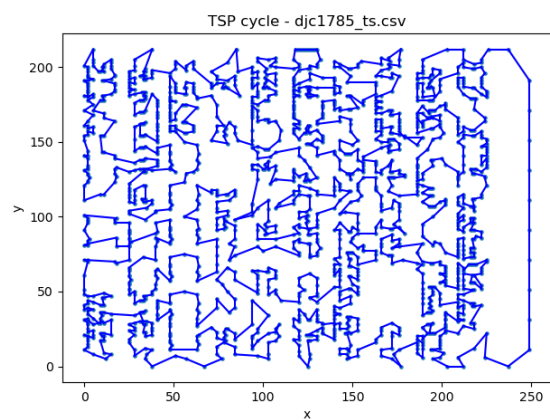
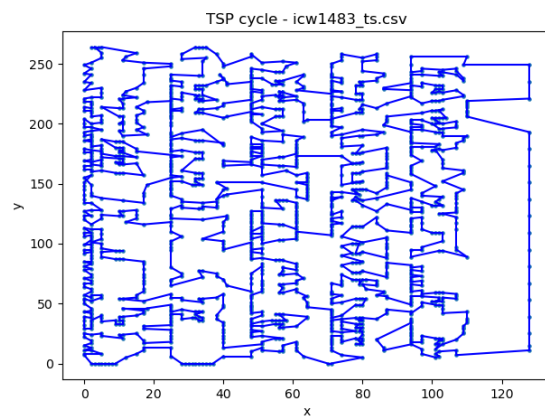
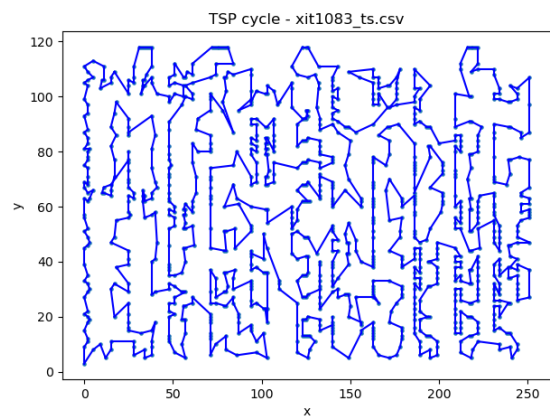


Figure 6: Taboo search: wizualizacja wyznaczonych cykli komiwojażera