

# Seminarium IO



## Zastosowanie wielorojowej metody PSO w Dynamic Vehicle Routing Problem

Michał Okulewicz 26.02.2013



# Plan prezentacji



- Przypomnienie
  - Problem DVRP
  - Algorytm PSO
- Podejścia
  - DAPSO, MAPSO
  - 2PSO, 2MPSO
- Wyniki
- Dane testowe



# DVRP



- Pojazd
  - Ładowność
- Magazyn
  - Położenie
  - Godziny otwarcia
- Zamówienie
  - Położenie
  - Wielkość
  - Godzina zamówienia
  - Czas wyładunku



# DVRP



- Znalezienie sumarycznie najkrótszej trasy dla pojazdów
- Zrealizowanie każdego zamówienia w ciągu dnia roboczego
- Powrót pojazdów do magazynu przed jego zamknięciem
- Znalezienie  $f(n)$  oraz  $\pi_i(j)$ 
  - $f : POJAZDY \rightarrow 2^{ZAMÓWIENIA}$
  - $(\pi_{|POJAZDY|})$

# PSO



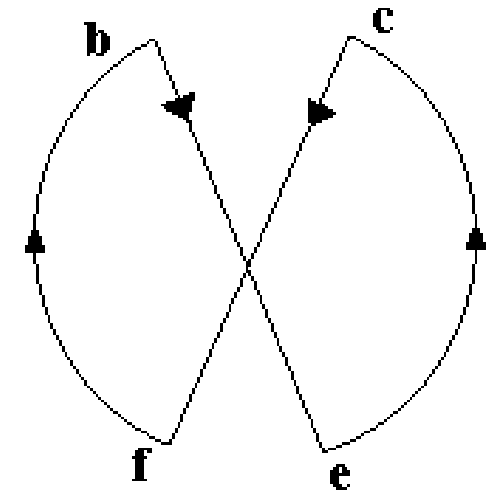
1.  $P_0 := n$  losowych punktów z dziedziny funkcji
2. Oceń każdy z punktów z  $P_k$
3. Dla  $i := 1$  do  $n$ 
  - $P_{k+1}[i] += a * (\text{NajlepszySasiad}(P[i]) - P_k[i]) + b * (\text{Najlepszy}(P[i]) - P_k[i]) + c * (P_k[i] - P_{k-1}[i])$
4. Jeżeli nie KONIEC wróć do 2.



# MAPSO + 2-Opt



- Optymalizacja wieloma rojami
- Wektory prędkości i położenia cząstek składają się z liczb całkowitych  $x_t, v_t \in [0; n]^{m(t)}$
- PSO odpowiada tylko za przynależności zamówienia do pojazdu
- Trasa dla każdego z pojazdów jest następnie optymalizowana przy użyciu algorytmu 2-opt



Wymiana par krawędzi



# 2-phase PSO - kodowanie



- Pojazdom przydzielamy centrum  $(x,y)$  obszaru operacyjnego
- Ocena rozwiązania przydziału to suma odległości centrum obszaru operacyjnego od zajezdni (koszt utworzenia trasy) oraz suma odległości centrum obszaru operacyjnego od przydzielonych zamówień (szacunkowy koszt trasy)
- Klientom przydzielamy rangę decydującą o kolejności ich obsługi



# 2-phase PSO - kodowanie c.d.



- Zamówienia przydzielamy do najbliższego dostępnego pojazdu
  - Niedostępny pojazd to taki, który ma bliską zeru rezerwę czasową i aktualnym kroku czasowym miał przydzielone więcej zamówień niż mógł zrealizować w ciągu dnia roboczego
- Optymalizację przydziału zamówień do pojazdów (położenia obszarów operacyjnych) dokonujemy niezależnie od optymalizacji tras poszczególnych pojazdów (również dokonywanych niezależnie)





# 2-phase PSO - algorytm



1. Wykorzystaj wstępne (być może puste) rozwiązanie w inicjalizacji cząstek dla PSO (w wersji wielorojowej następuje wymiana wstępnego rozwiązania pomiędzy instancjami problemu)
2. Dla zamówień znanych w chwili czasu  $t_i$  uruchom optymalizację centrum obszarów operacyjnych (**analiza skupień**)
3. Przypisz zamówienia do dostępnych pojazdów
4. Dla przypisanych zamówień optymalizuj trasy dostępnych pojazdów (**komiwojażer**)
5. Odrzuć zamówienia, których realizacja jest niemożliwa ze względu na ograniczenie czasowe i **wrót do 3.** (lub **przejdź do 6.** jeżeli nie ma takich zamówień)
6. Ustal trasę do czasu nie mniejszego niż  $t_{i+2}$  dla pojazdów o rezerwie czasowej do zamknięcia magazynu nie mniejszej niż  $t_{i+3} - t_i$  i **wrót do 1.**



# Porównanie wyników

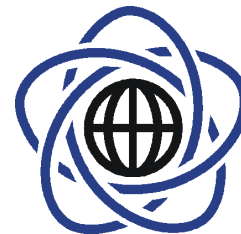


Nazwa	2MPSO Śr.	2MPSO Min.	2PSO Śr.	2PSO Min.	MAPSO Śr.	MAPSO Min.
c50D	633,44	597,18	668,41	588,08	<b>610,67</b>	<b>571,34</b>
c75D	984,77	<b>929,35</b>	1016,30	<b>923,30</b>	<b>965,53</b>	931,59
c100D	1056,45	976,73	1142,05	996,40	<b>973,01</b>	<b>953,79</b>
c100bD	<b>860,93</b>	<b>828,94</b>	<b>848,82</b>	<b>828,94</b>	882,39	866,42
c120D	<b>1138,39</b>	<b>1084,92</b>	<b>1209,48</b>	<b>1104,29</b>	1295,79	1223,49
c150D	<b>1257,2</b>	<b>1164,83</b>	<b>1335,82</b>	<b>1242,41</b>	1357,71	1300,43
c199D	<b>1506,74</b>	<b>1444,01</b>	<b>1581,26</b>	<b>1451,47</b>	1646,37	1595,97
f71D	341,97	305,54	356,77	315,79	<b>296,76</b>	<b>287,51</b>
f134D	<b>13179,18</b>	<b>12813,53</b>	<b>13462,55</b>	<b>12972,08</b>	16193,00	15150,50
tai75aD	1951,23	<b>1791,95</b>	2140,53	1871,06	<b>1849,37</b>	1794,38
tai75bD	1518,25	1442,22	1567,95	1460,95	<b>1426,67</b>	<b>1396,42</b>
tai75cD	1676,99	1567,33	1812,23	1500,23	<b>1518,65</b>	<b>1483,10</b>
tai75dD	1483,24	1436,99	1577,94	1462,82	<b>1413,83</b>	<b>1391,99</b>
tai100aD	2442,46	2297,99	2713,03	2320,95	<b>2214,61</b>	<b>2178,86</b>
tai100bD	2291,85	2166,98	2503,53	2212,90	<b>2218,58</b>	<b>2140,57</b>
tai100cD	1599,69	1504,08	1673,05	1577,72	<b>1550,63</b>	<b>1490,40</b>
tai100dD	1958,91	<b>1820,39</b>	2189,13	1859,70	<b>1928,69</b>	1838,75
tai150aD	3824,43	3614,99	4158,55	3652,98	<b>3389,97</b>	<b>3273,24</b>
tai150bD	3209,66	3043,12	3302,02	3146,61	<b>2956,84</b>	<b>2861,91</b>
tai150cD	2874,09	2758,66	2947,63	2781,02	<b>2671,35</b>	<b>2512,01</b>
tai150dD	3226,06	3064,58	3492,42	3126,92	<b>2989,24</b>	<b>2861,46</b>

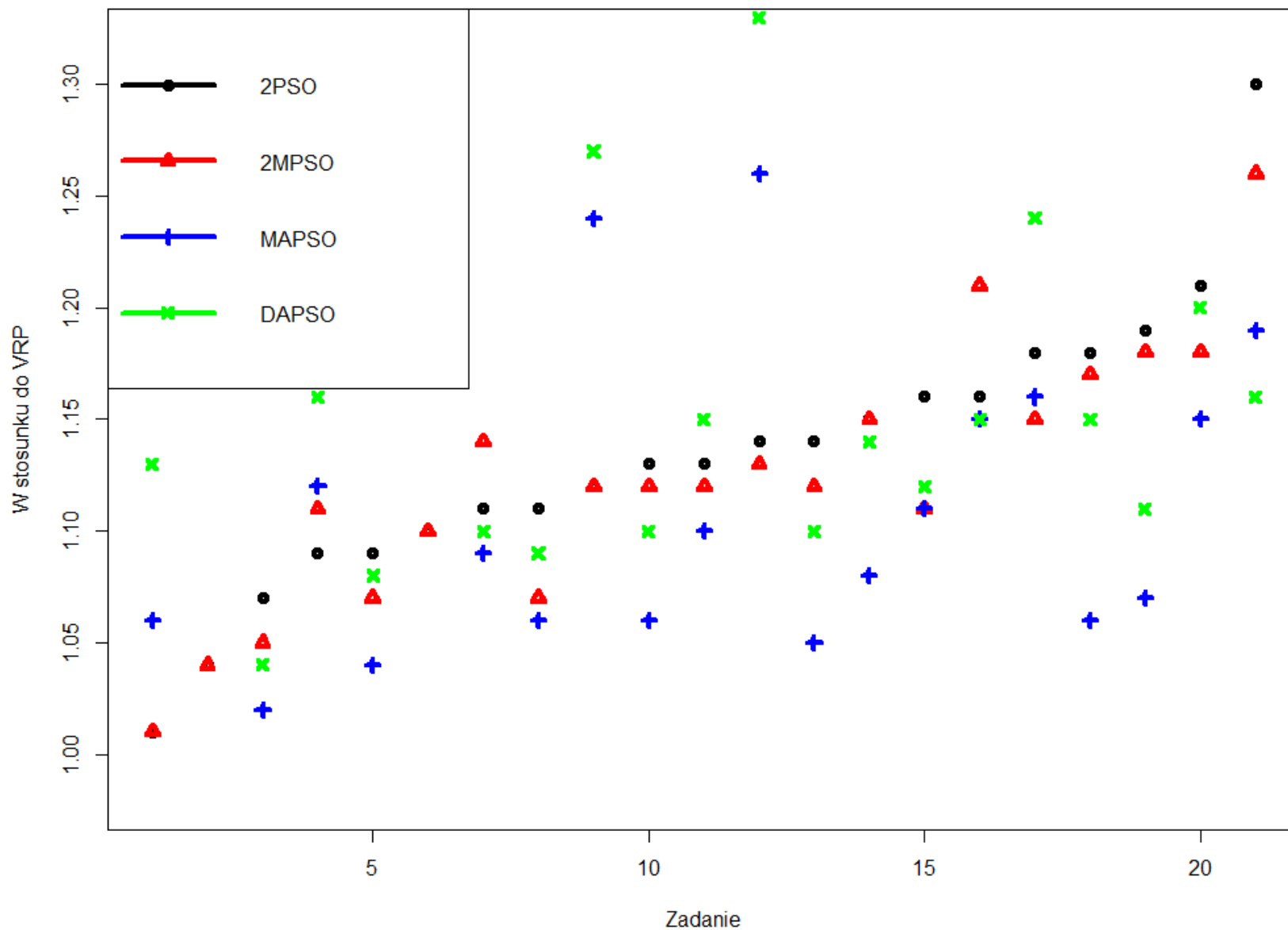
# Porównanie wyników



Nazwa	Historia Śr.	Historia Min.	Bez historii Śr.	Bez historii Min.	Historia / Bez	Historia / Bez
c50	675,14	582,88	740,84	664,81	0,91	0,88
c75	1015,16	<b>912,23</b>	1127,68	1048,4	0,9	0,87
c100	1149,48	996,4	1245,17	1073,32	0,92	0,93
c100b	<b>850,68</b>	<b>828,94</b>	843,66	830,42	1,01	1
c120	<b>1212,38</b>	<b>1087,04</b>	1225,5	1132,72	0,99	0,96
c150	<b>1336,84</b>	<b>1173,94</b>	1617,51	1440,77	0,83	0,81
c199	<b>1578,99</b>	<b>1446,93</b>	2264,11	2057,46	0,7	0,7
f71	356,75	315	430,82	361,89	0,83	0,87
f134	<b>13491,6</b>	<b>12813,14</b>	16014,09	14199,4	0,84	0,9
tai75a	2142,07	1871,06	2662,2	2293,31	0,8	0,82
tai75b	1568,21	1460,95	1853,05	1606,57	0,85	0,91
tai75c	1811,08	1500,23	2135,28	1759,97	0,85	0,85
tai75d	1586,28	1462,82	1801,09	1505,83	0,88	0,97
tai100a	2707,61	2317,76	3447,18	3034,34	0,79	0,76
tai100b	2510,6	2187,86	3136,52	2412,56	0,8	0,91
tai100c	1672,33	1564,25	2028,9	1680,62	0,82	0,93
tai100d	2220,01	1859,7	2382,48	2060,26	0,93	0,9
tai150a	4151,31	3638,75	5016,12	4456,29	0,83	0,82
tai150b	3302,94	3107,95	4966,28	3751,56	0,67	0,83
tai150c	2952,88	2781,02	3204,07	2985,95	0,92	0,93
tai150d	3478,49	3048,24	4554,7	3722,83	0,76	0,82

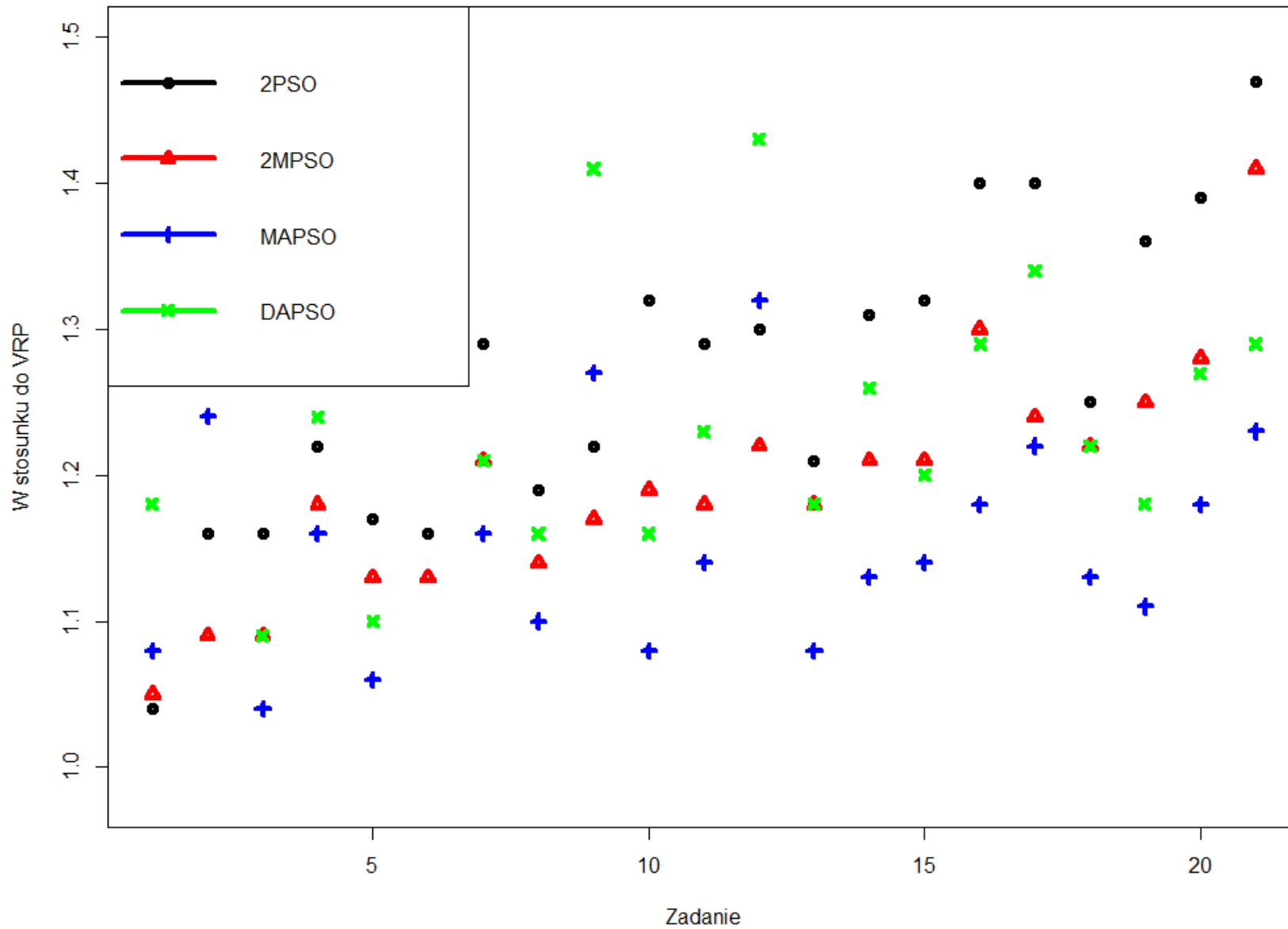


## Porównanie najlepszych





## Porównanie średnich



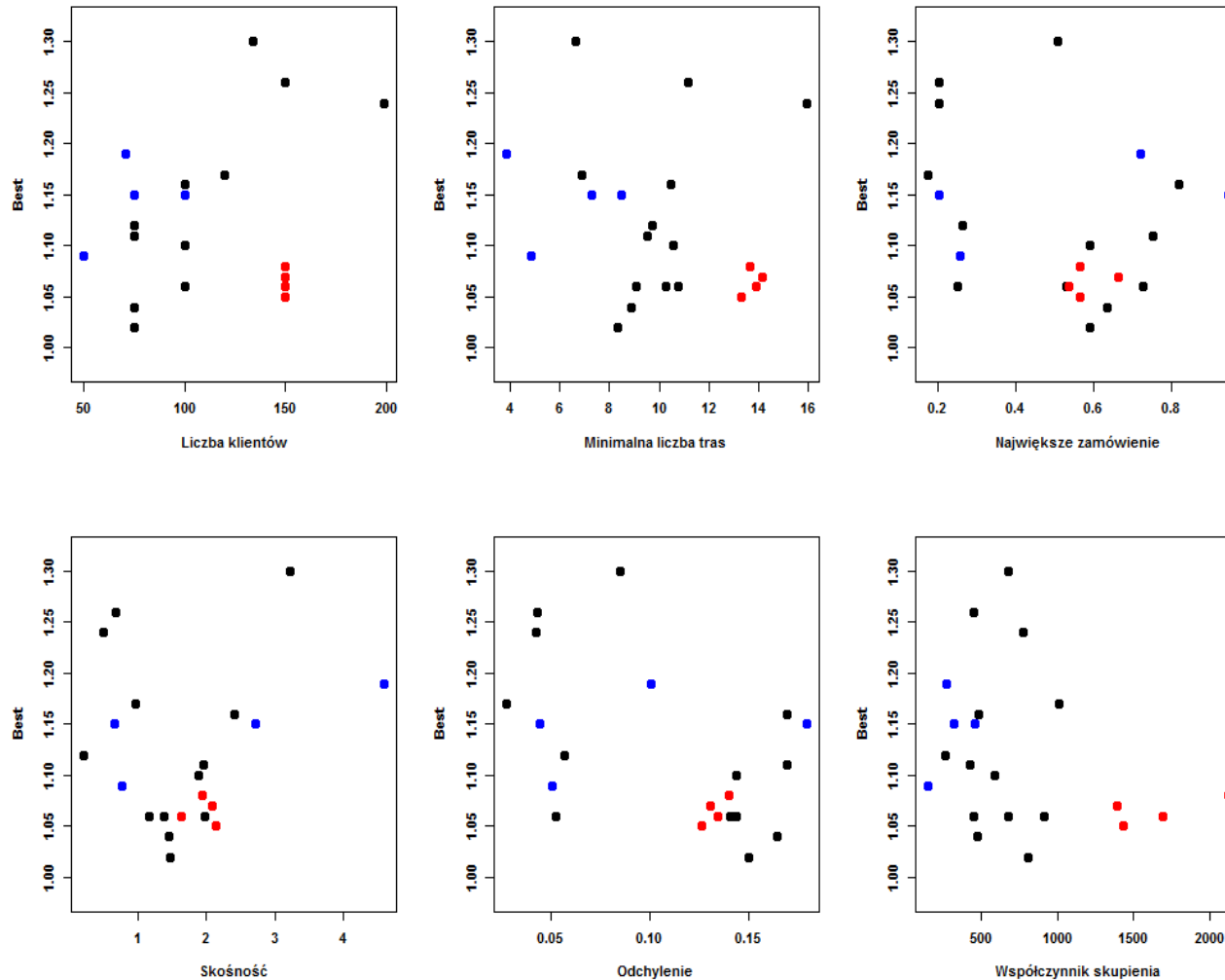
# Analiza zależności efektów działania algorytmu od zadania



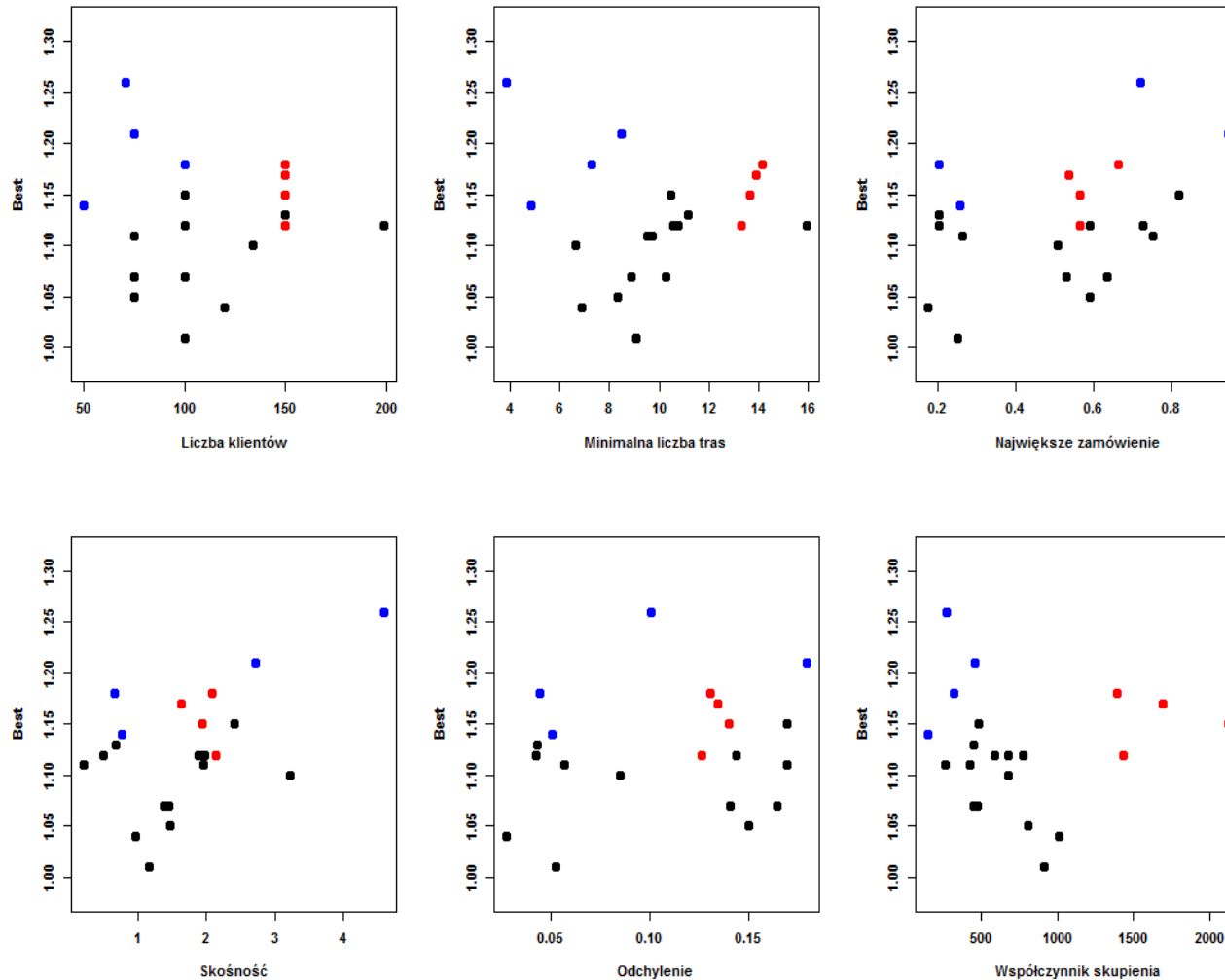
- Rozmiar zadania
  - Liczba zamówień
  - Ograniczenie dolne liczby tras (pojazdów)
- Rozkład zadań w przestrzeni
  - Wyszukiwanie skupień za pomocą SOM
- Zróżnicowanie zadań
  - Skośność rozkładu wielkości zamówień
  - Odchylenie standardowe wielkości zamówień



# Analiza efektów działania algorytmu - MAPSO

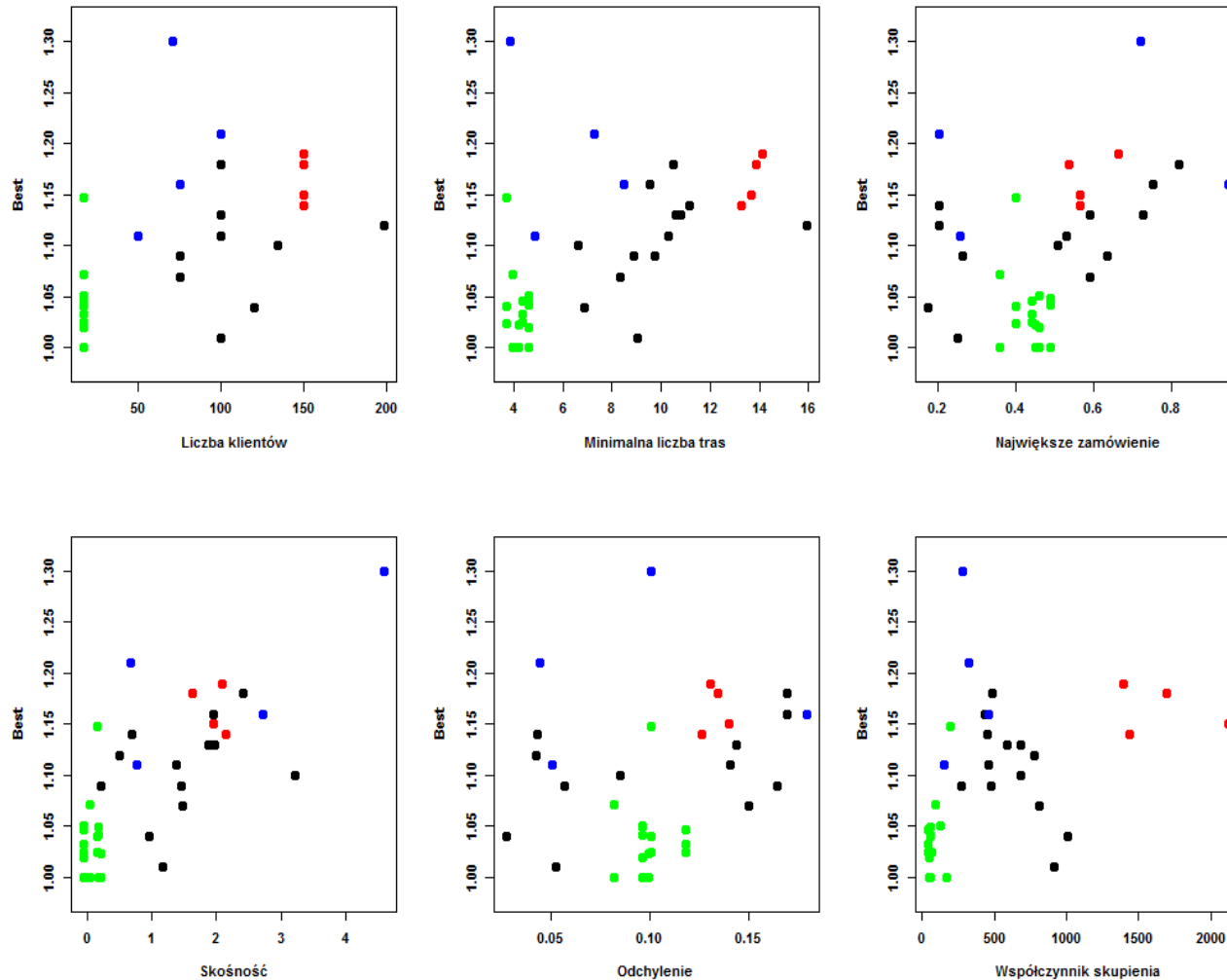


# Analiza efektów działania algorytmu - 2MPSO





# Analiza efektów działania algorytmu - zPSO





2MPSO

- 1,01
- 1,05

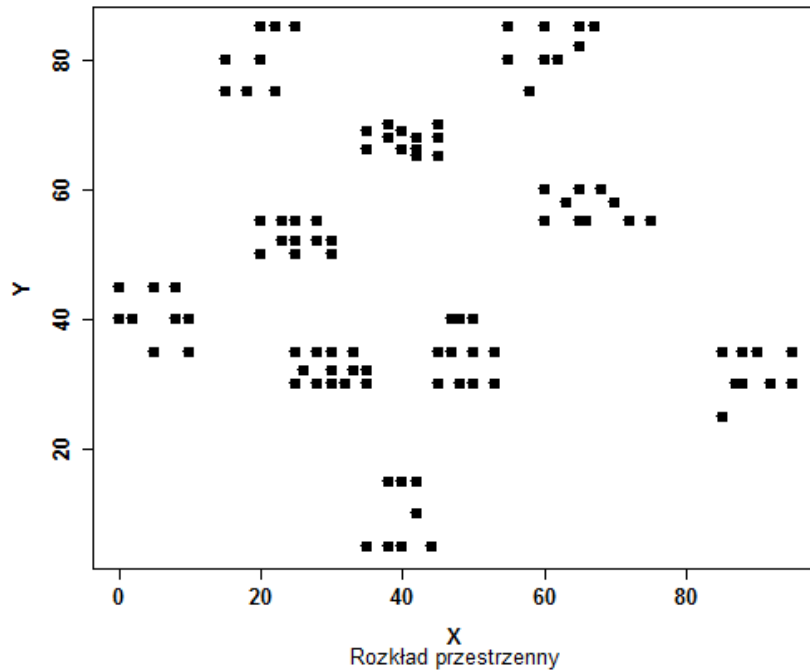
MAPSO

- 1,06
- 1,08

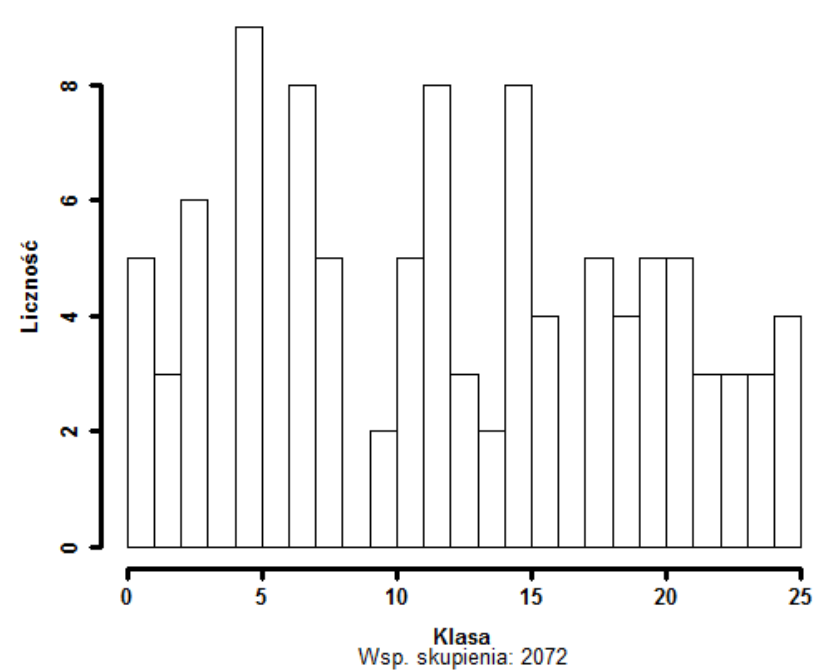


18/26

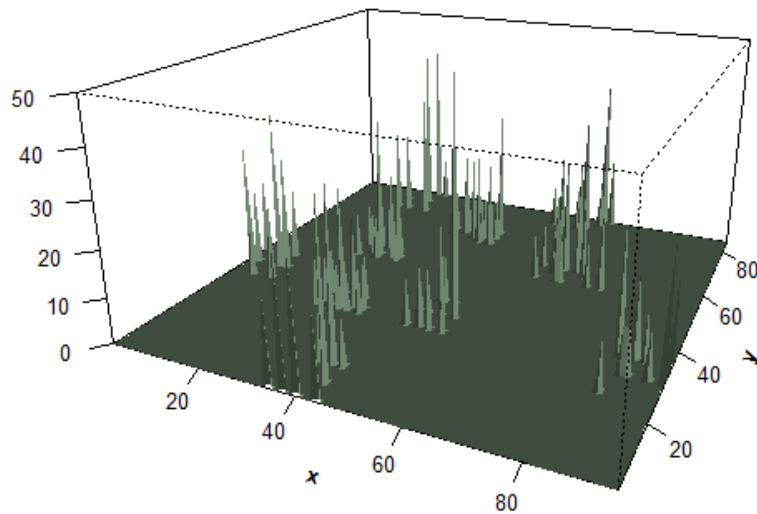
c100b



c100b

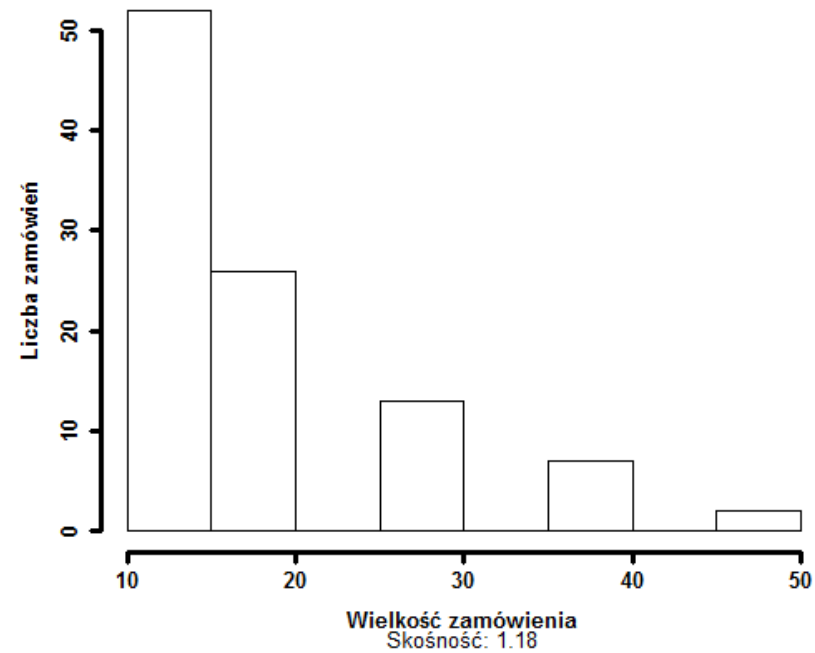


c100b



Wielkość zamówień

c100b





2MPSO

- 1,04
- 1,09

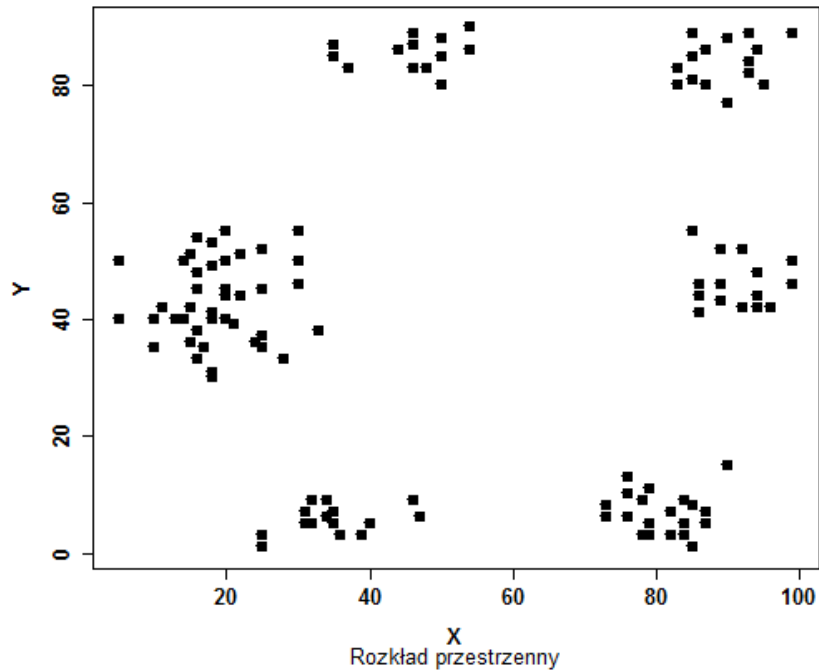
~~MAPSO~~

- 1,17
- 1,24



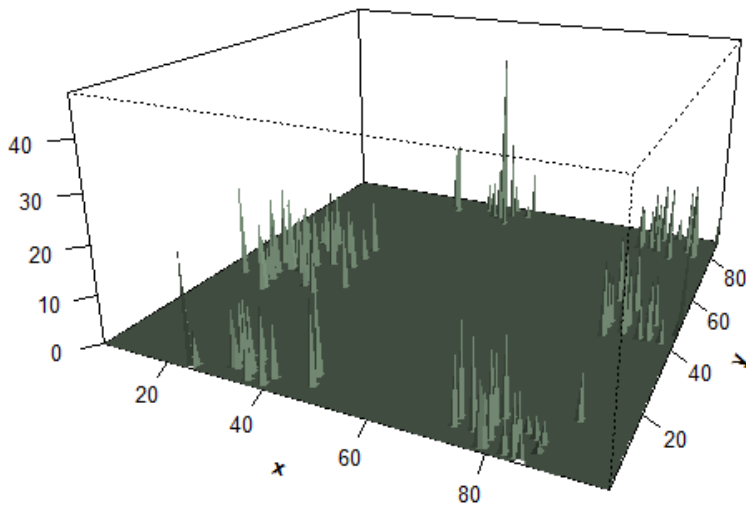
19/26

c120



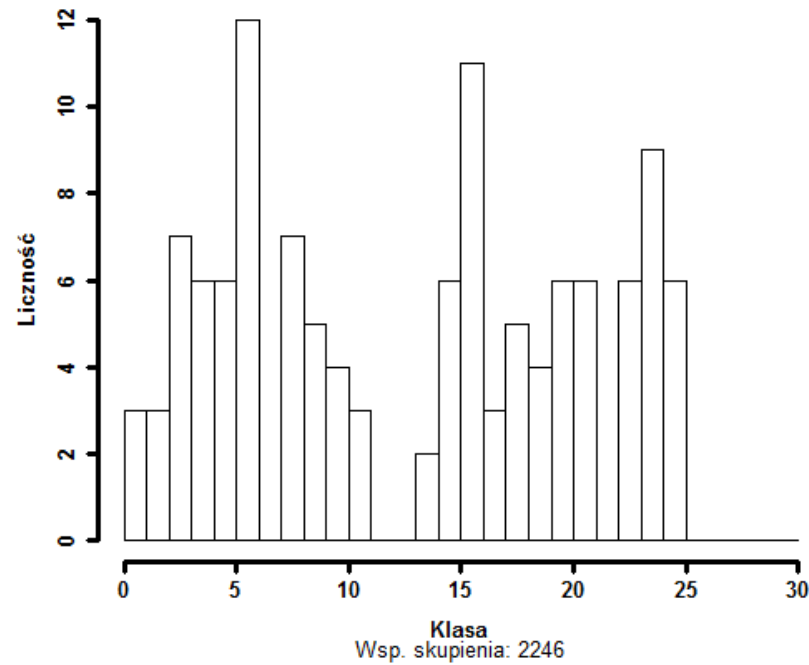
Rozkład przestrzenny

c120

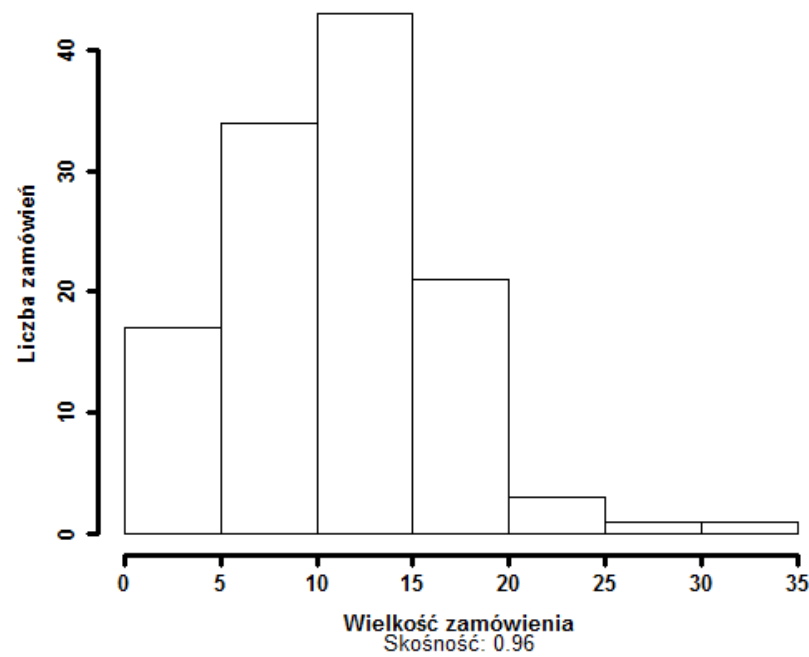


Wielkość zamówień

c120



c120





**2MPSO**

- 1,11
- 1,18

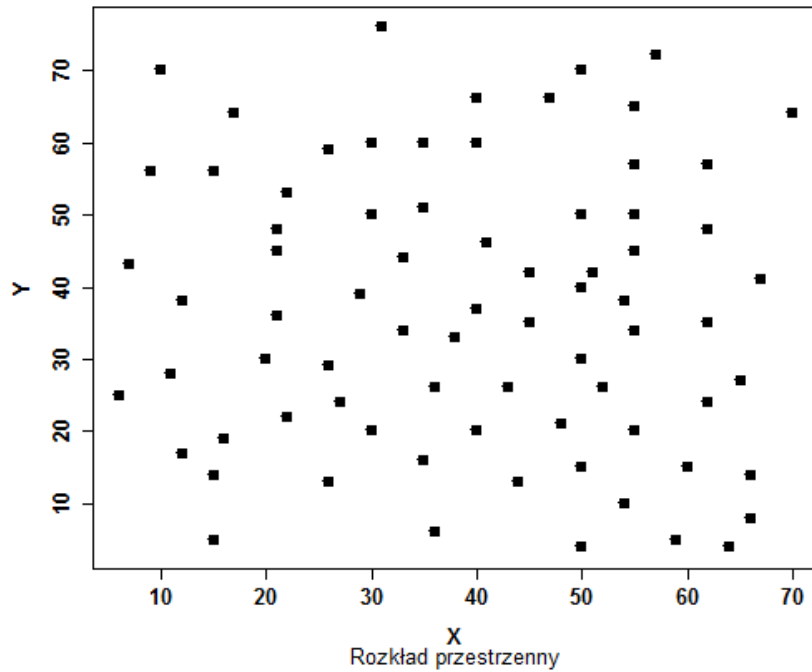
**MAPSO**

- 1,12
- 1,16

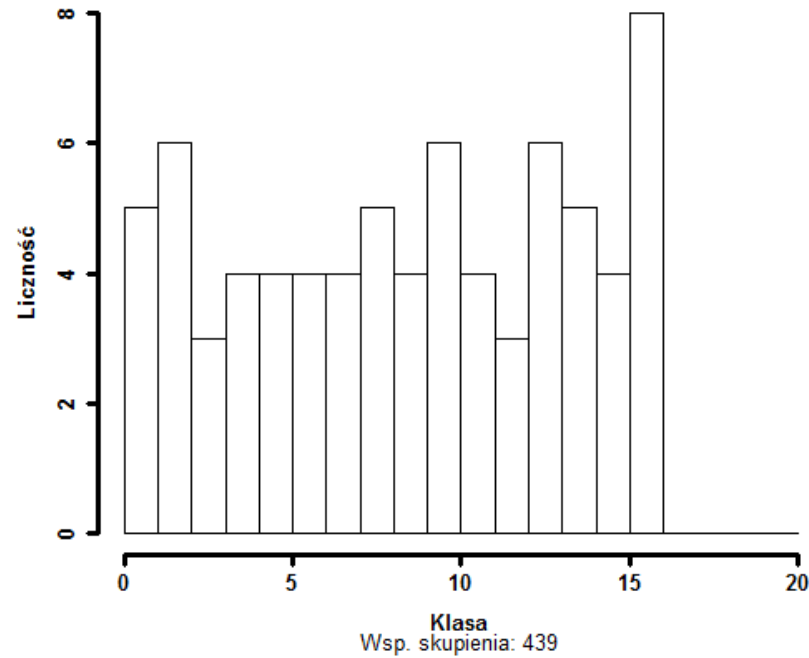


20/26

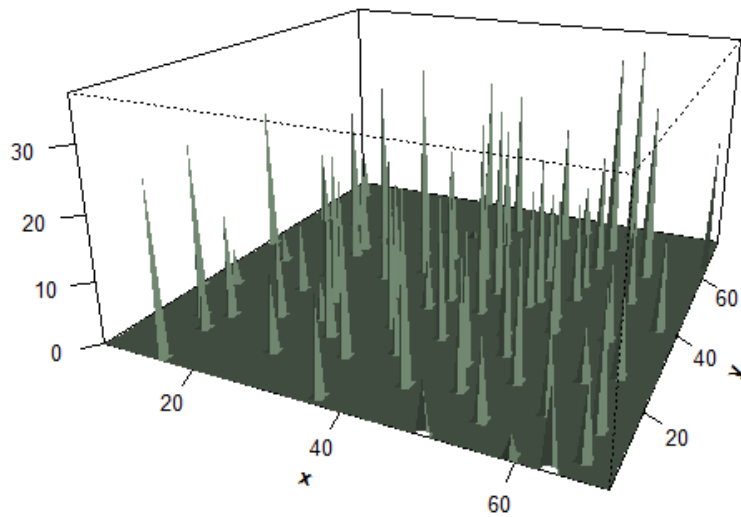
c75



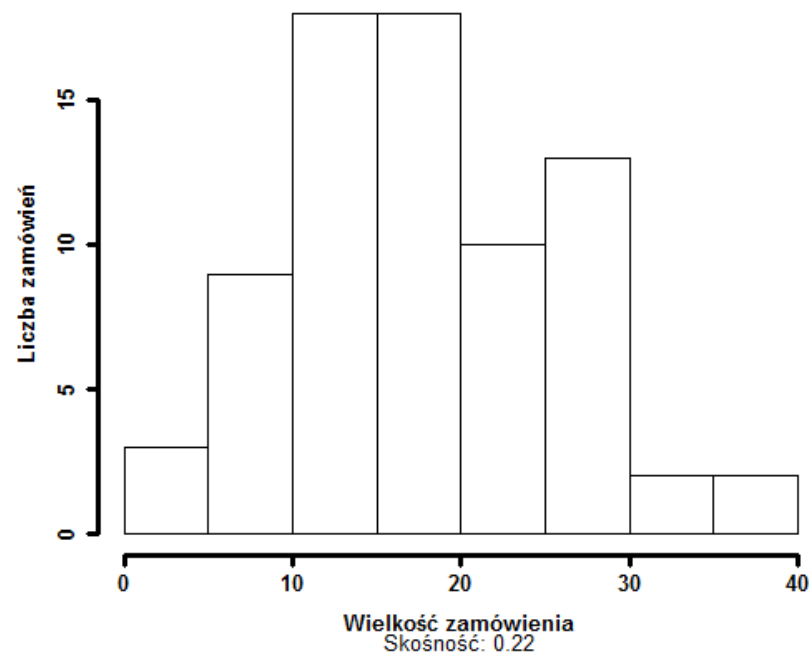
c75



c75



c75





~~21/26~~ MPSO

- 1,26
- 1,41

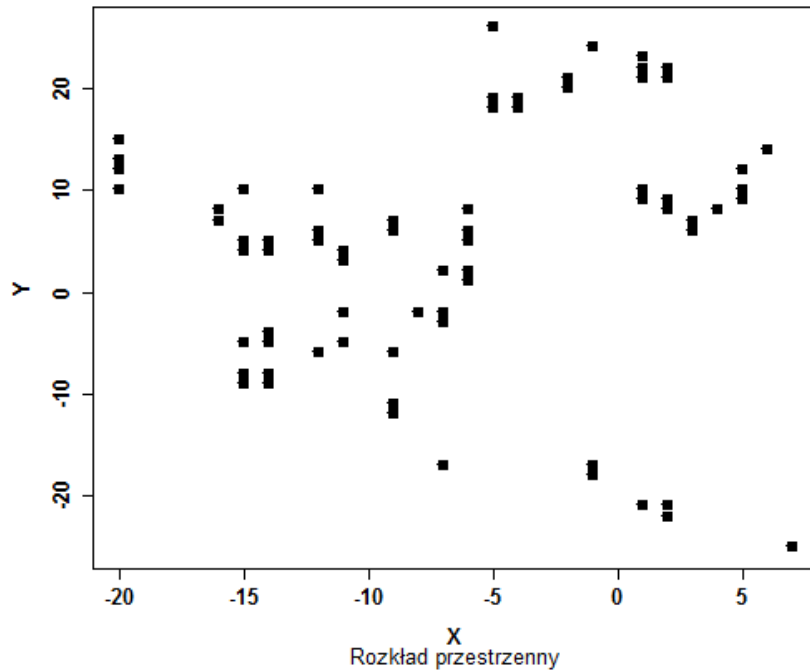
~~MAPSO~~

- 1,19
- 1,23

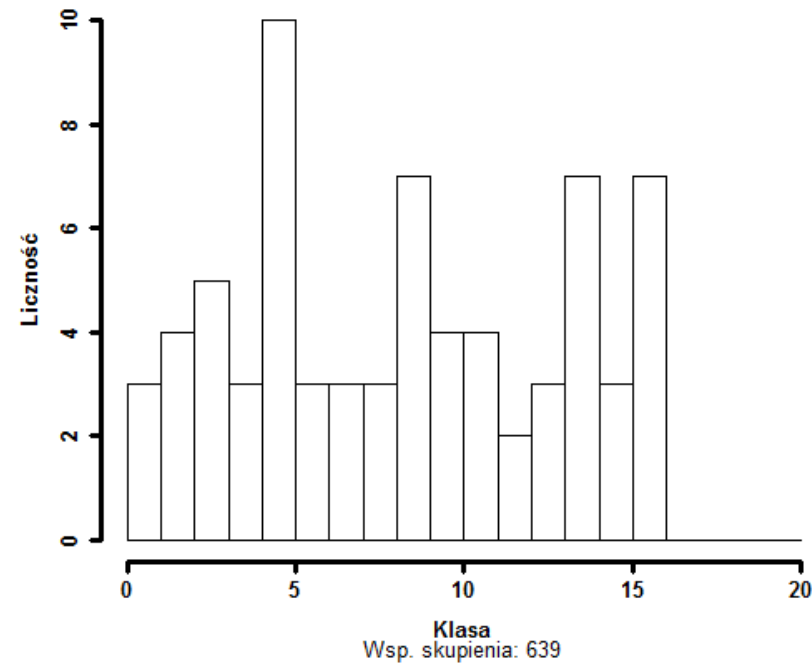


21/26

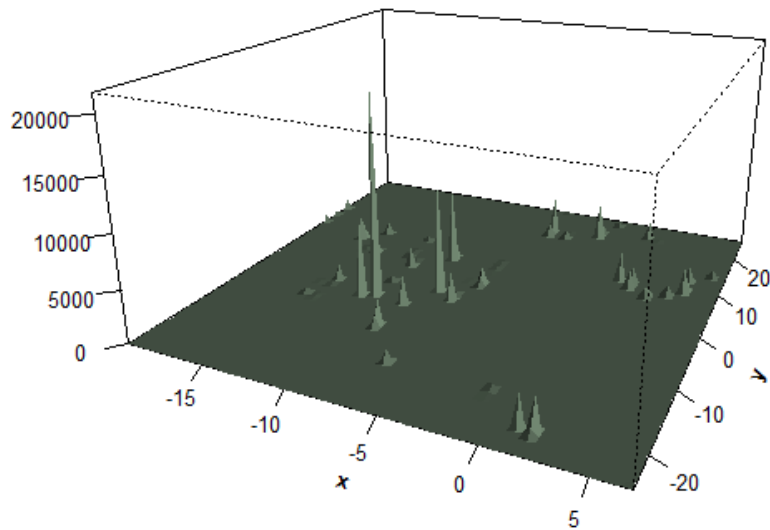
f71



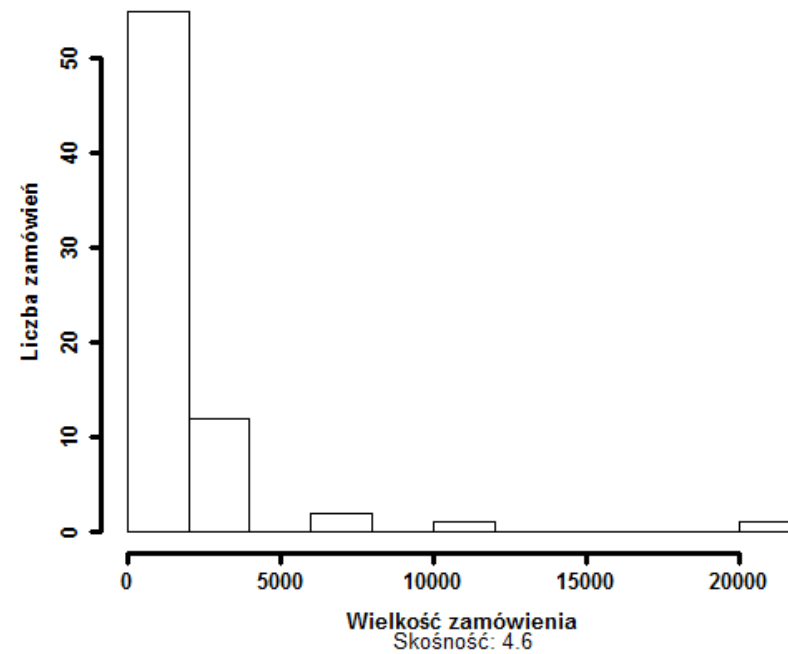
f71



f71



f71





**2MPSO**

- 1,05
- 1,09

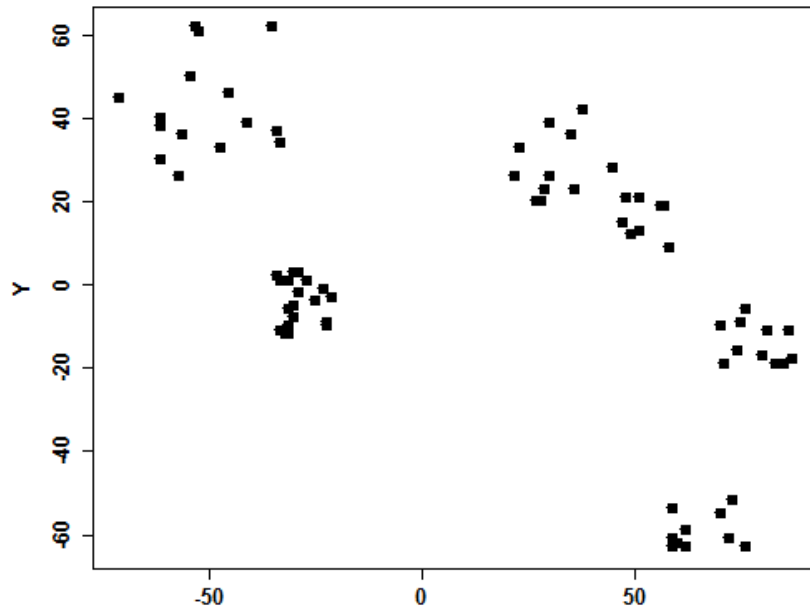
**MAPSO**

- 1,02
- 1,04



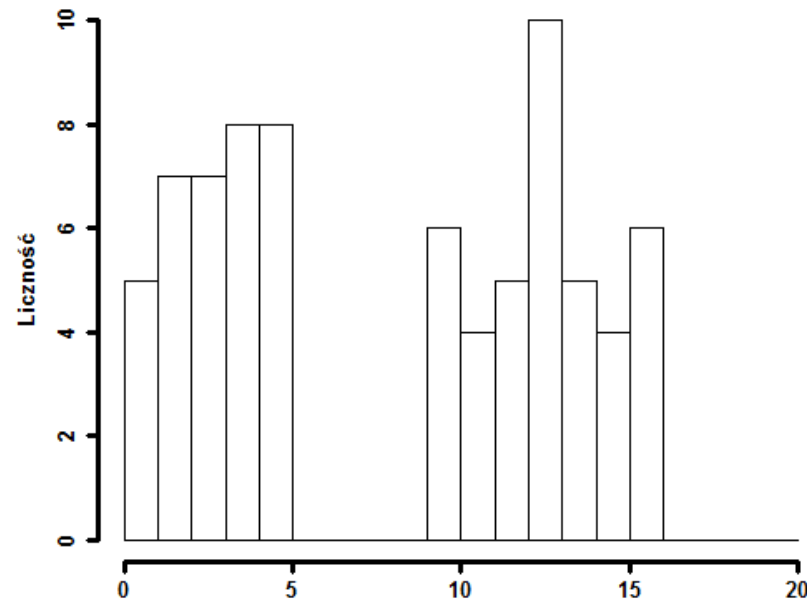
22/26

tai75d



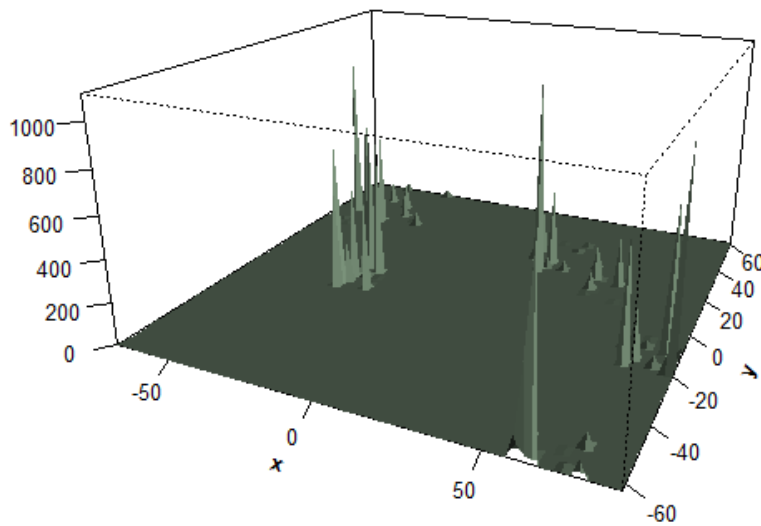
Rozkład przestrzenny

tai75d



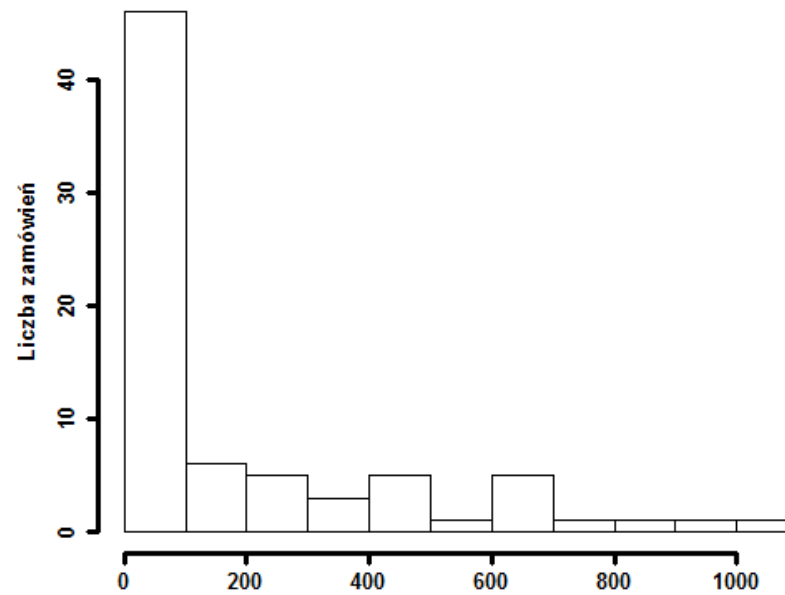
Klasa  
Wsp. skupienia: 1791

tai75d



Wielkość zamówień

tai75d



Wielkość zamówienia  
Skośność: 1.48



2-MPSO

- 1,17
- 1,22

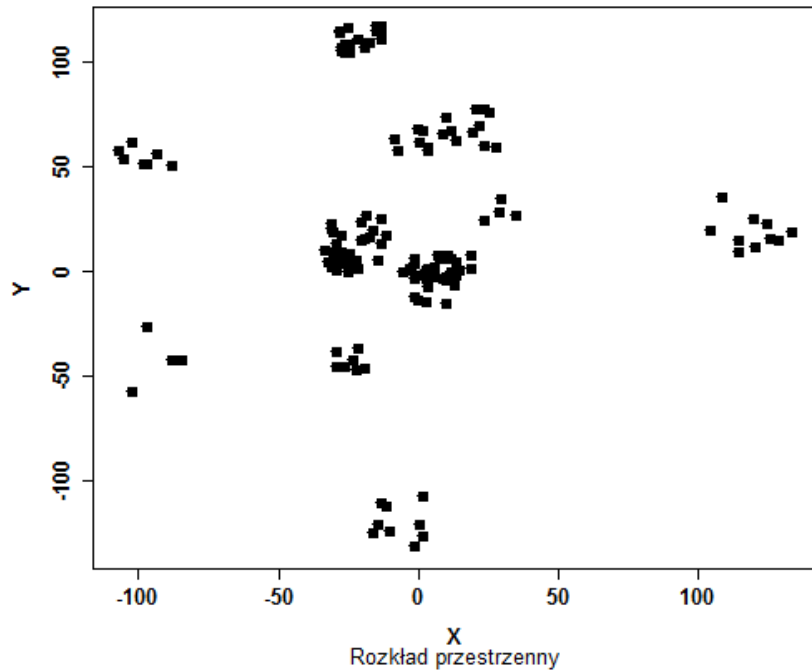
MAPSO

- 1,06
- 1,13



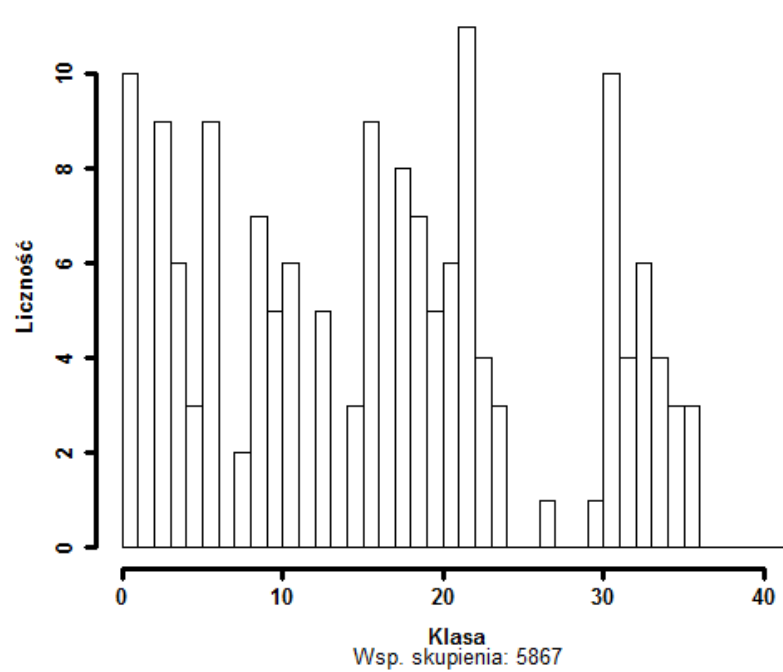
23/26

tai150c

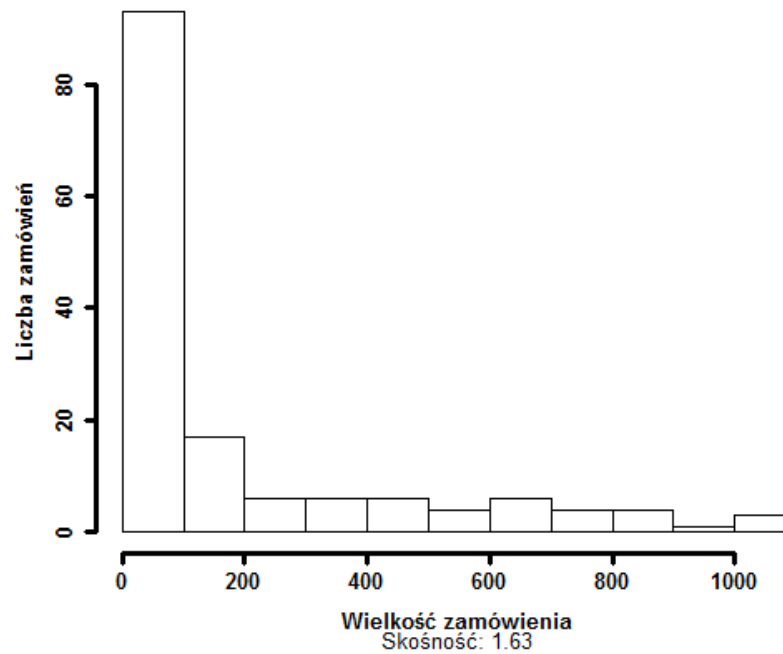


Rozkład przestrzenny

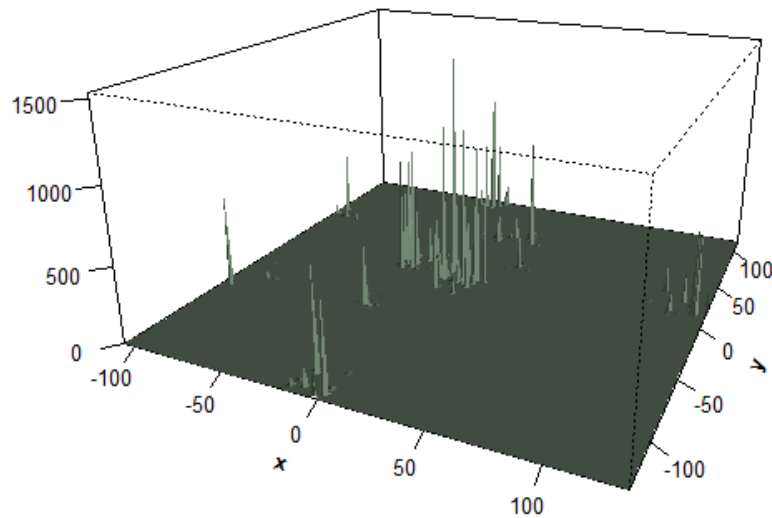
tai150c



tai150c



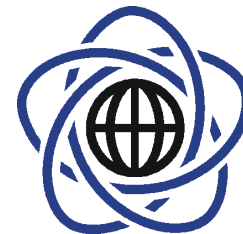
tai150c



Wielkość zamówień

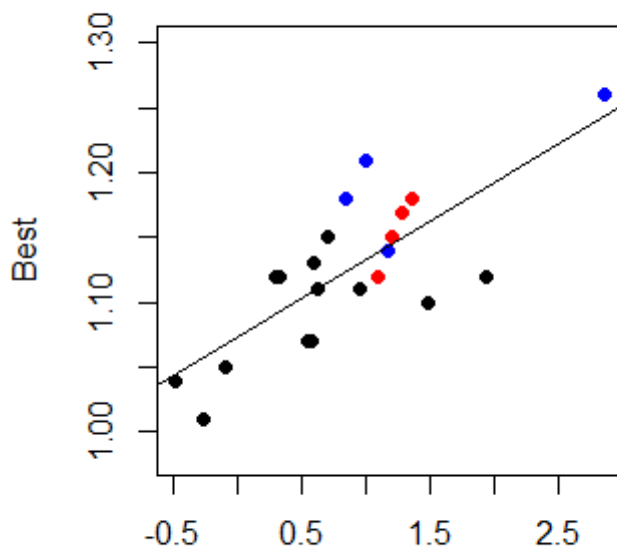
Wielkość zamówień  
Skośność: 1.63

# Hipoteza zależności dla 2(M)PSO



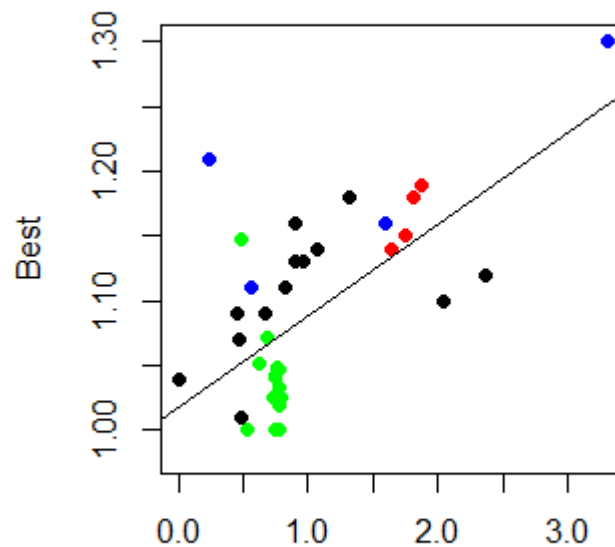
$$\max \left( - \left( \frac{\text{clust.fact} - \overline{\text{clust.fact}}}{S_{\text{clust.fact}}} \right), \frac{\text{skewness} - \overline{\text{skewness}}}{S_{\text{skewness}}}, \frac{\text{need.vehicles} - \overline{\text{need.vehicles}}}{S_{\text{need.vehicles}}} \right)$$

2MPSO



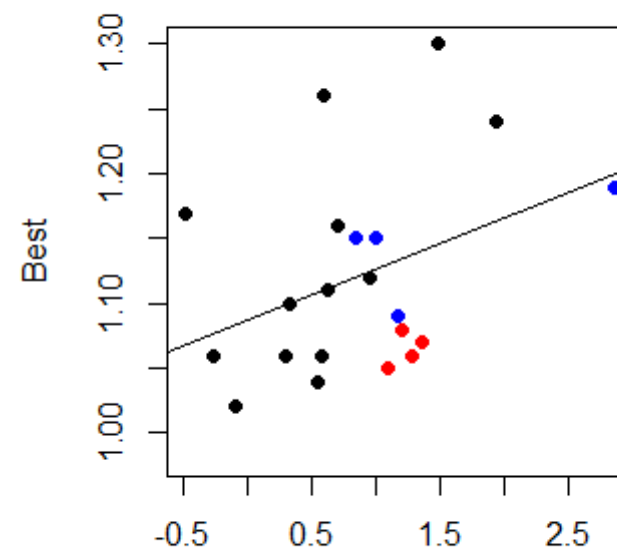
Współczynnik trudności  
 $R^2 = 0.58$

2PSO



Współczynnik trudności  
 $R^2 = 0.38$

MAPSO



Współczynnik trudności  
 $R^2 = 0.14$





# Co dalej...?



- Wygenerowanie zbiorów testowych i dalsza analiza działania
- Modyfikacja algorytmu do pracy w sposób ciągły (możliwość dokładania nowych zamówień jak tylko się pojawią)
- Zaproponowanie kodowania przydziału zamówień do pojazdu, które będzie dopuszczało więcej przypadków przydziałów
- Zaimplementowanie obliczania funkcji kosztu w wydajny sposób

# Literatura



- Multi-Swarm Optimization for Dynamic Combinatorial Problems: A Case Study on Dynamic Vehicle Routing Problem, Khouadjia et al., 2010, Lecture Notes in Computer Science vol. 6234, pp. 227-238
- A comparative study between dynamic adapted PSO and VNS for the vehicle routing problem with dynamic requests, Khouadjia et al., Applied Soft Computing 12 (2012) 1426–1439
- Benchmarki DVRP, [http://www.fernuni-hagen.de/WINF/inhalte/benchmark\\_data.htm](http://www.fernuni-hagen.de/WINF/inhalte/benchmark_data.htm)
- PSO 2011, <http://www.particleswarm.info/>