

Podejście memetyczne do  
problemu DCVRP -  
- wstępne wyniki

Adam Żychowski

Na podstawie prac

X. S. Chen, L. Feng, Y. S. Ong

*A Self-Adaptive Memeplexes Robust Search Scheme for solving Stochastic Demands Vehicle Routing Problem*

International Journal of Systems Science, 43:1347-1366, 2012

oraz

F. T. Hanshar, B. M. Ombuki-Berman

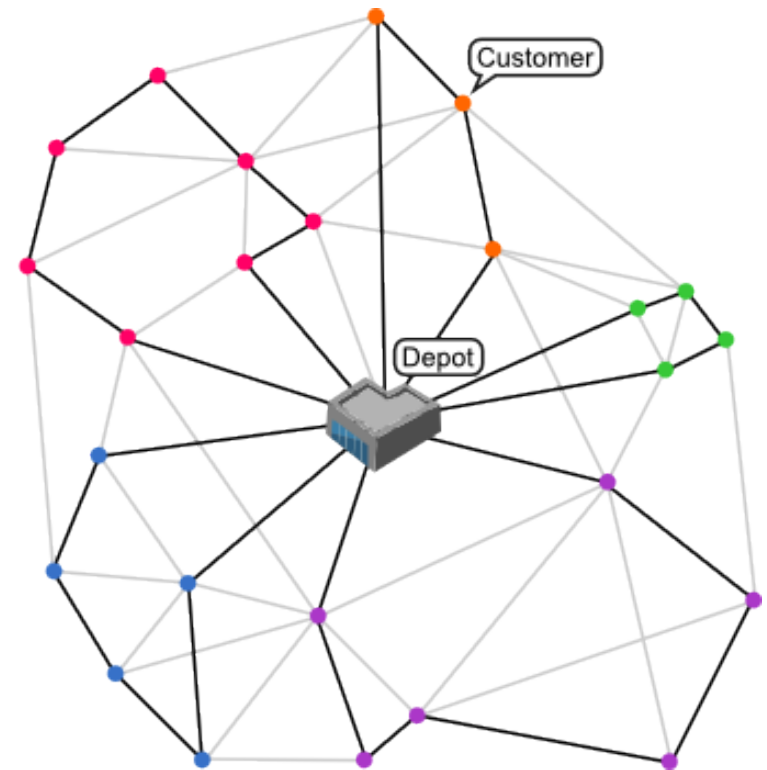
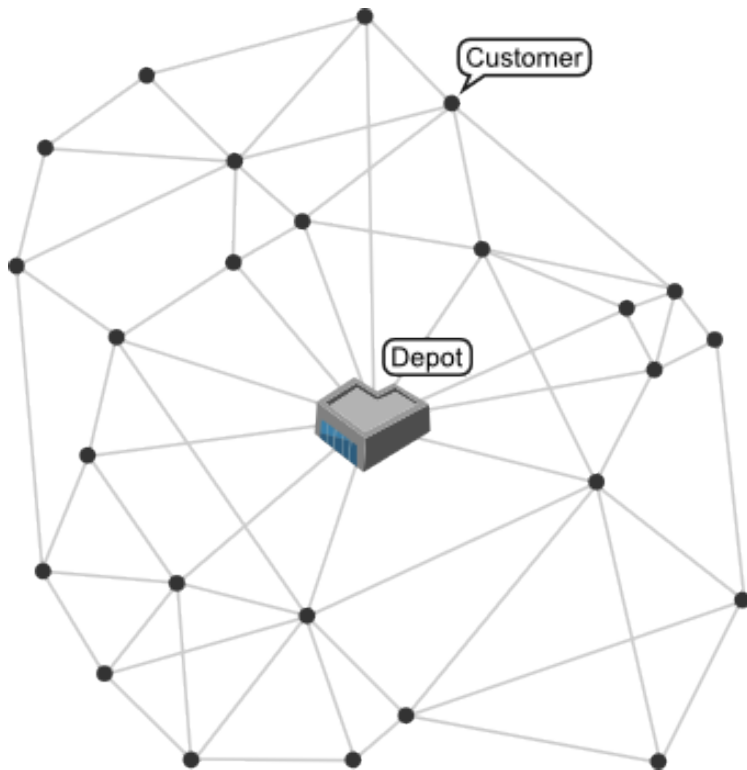
*Dynamic vehicle routing using genetic algorithms*

Applied Intelligence 27(1), 89-99 (Aug 2007)

# Definicja problemu

- Dynamic Vehicle Routing Problem (DVRP)
- klienci z zapotrzebowaniem + zajezdnia
- jednakowe ciężarówki o skończonej ładowności
- droga ciężarówki zaczyna i kończy się w zajezdni
- suma zapotrzebowań klientów, których obsługuje jedna ciężarówka nie może przekroczyć jej ładowności
- część klientów znana na wstępie, pozostali pojawiają się w trakcie dnia
- cut-off time = 0.5

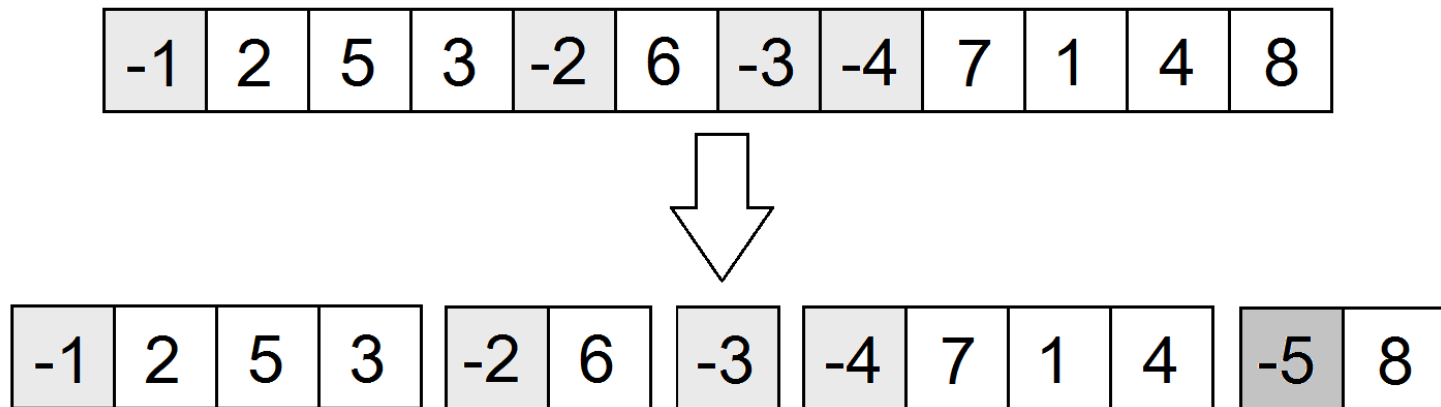
Cel: rozplanowanie tras ciężarówek, aby sumaryczna przebyta odległość była minimalna



- podział dnia na 25 interwałów czasowych
- po każdym interwale optymalizacja z nowymi klientami tak, jakby był to problem statyczny

# Reprezentacja rozwiązania

- klienci - liczby dodatnie
- ciężarówki - liczby ujemne
- klienci występujący po identyfikatorze ciężarówki powinni być obsłużeni przez tę ciężarówkę
- każdy chromosom odpowiada poprawnemu rozwiązaniu



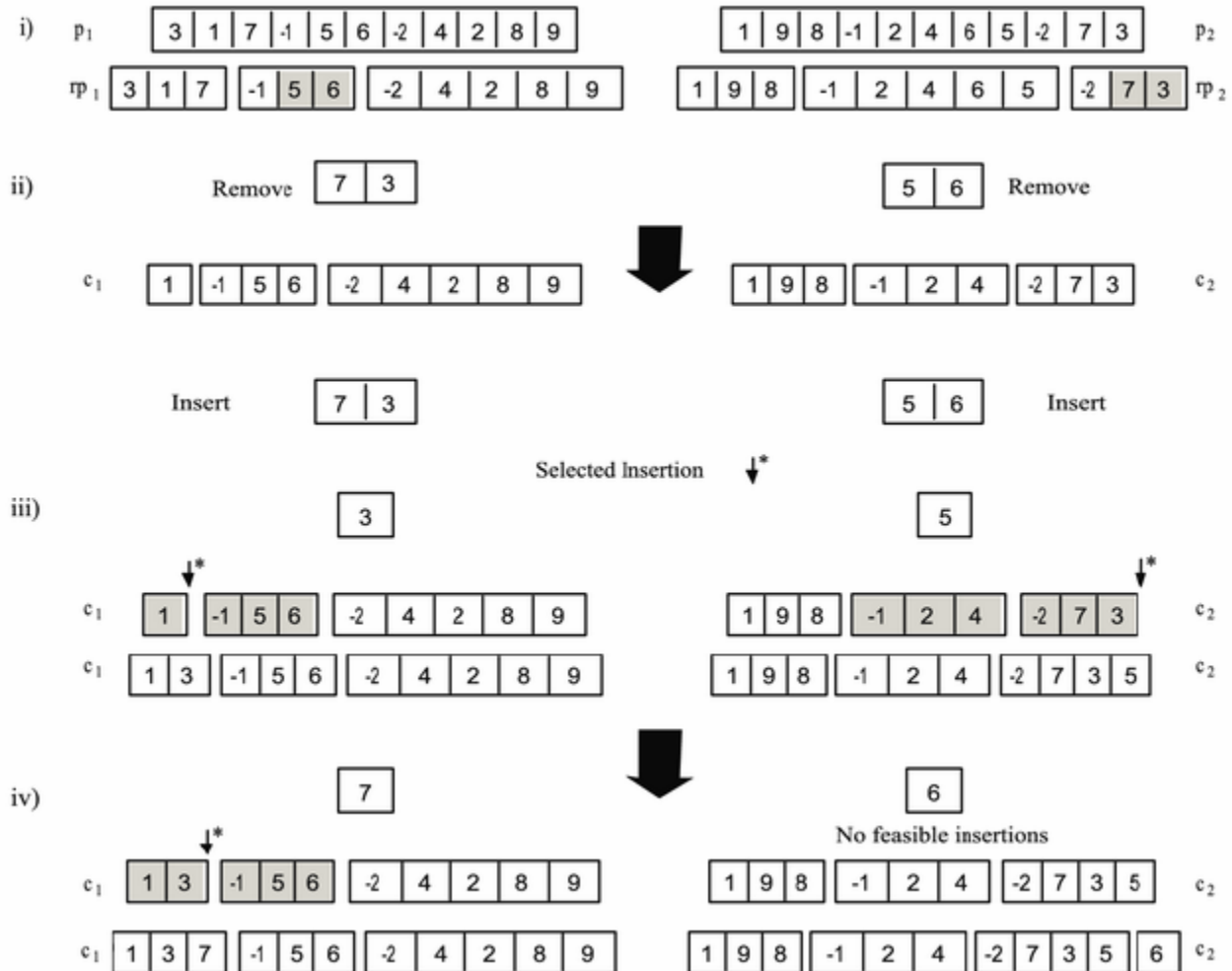
- populacja początkowa - 30 chromosomów z losowymi wektorami klientów
- w każdym interwale czasowym generowanych jest 400 nowych pokoleń (w sumie  $25 \cdot 400 = 10000$  pokoleń)
- nowe pokolenie - krzyżowanie, mutacja, lokalna optymalizacja (memy!) i selekcja
- elita - 2 najlepsze osobniki

# Krzyżowanie

- wybierani są klienci z losowej ciężarówki z obu rodziców
- klienci ci są usuwani z drugiego rodzica
- następnie klienci wstawiani są na optymalnej pozycji (wymaga sprawdzenia wszystkich możliwych pozycji)
- prawdopodobieństwo krzyżowania: 0.7

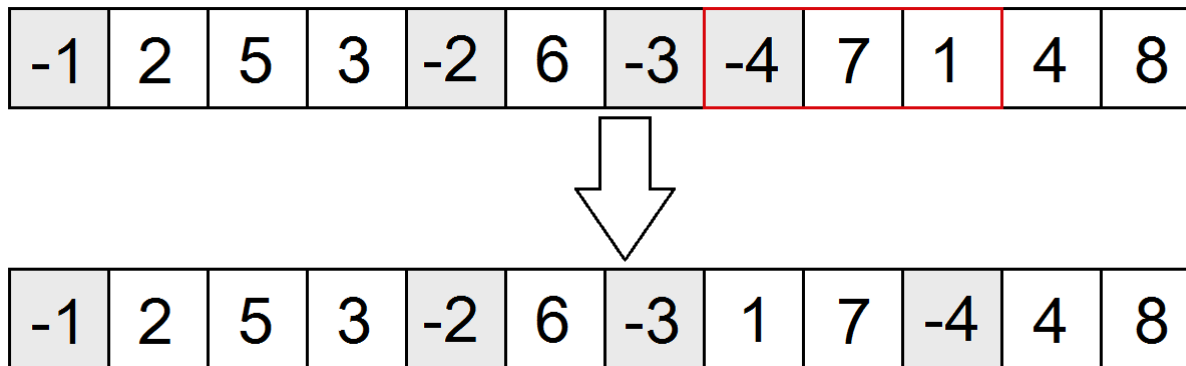


# Krzyżowanie



# Mutacja

- losowo: inwersja, wstawianie, zamiana sąsiednich
- prawdopodobieństwo mutacji: 0.4



# Selekcja

- standardowy turniej binarny
- presja selekcji: 0.8
- elitarność - 2 najlepsze osobniki przechodzą do kolejnego pokolenia (zastępują 2 najgorsze)

# Lokalna optymalizacja

- poprawa rozwiązań
- sterowana memami
- memy przechowują fragment algorytmu lokalnej optymalizacji

# Memy

Rodzaje memów:

$T_1$  - losowy klient zostaje wydzielony do osobnej trasy

$T_2$  - zamiana dwóch losowych klientów z różnych tras

$T_3$  - zamiana dwóch losowych fragmentów tras

$T_4$  - połączenie dwóch tras

$T_5$  - przeniesienie losowego klienta w losowe miejsce innej trasy

$T_6$  - odwrócenie kolejności odwiedzania klientów na fragmencie trasy

# Memy

3 składowe każdego memu:

- $T_i$  - rodzaj operacji
- strategia akceptacji (pierwsza poprawa lub najlepsza poprawa)
- głębokość przeszukiwań (liczba iteracji)

## Macierz synerгии

$$W_s = \begin{pmatrix} w_{11} & w_{12} & \cdots & w_{1L} \\ w_{21} & w_{22} & \cdots & w_{2L} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{L1} & w_{L2} & \cdots & w_{LL} \end{pmatrix}$$

$w_{ij}$  reprezentuje pewną relację między memem  $m_i$  oraz  $m_j$

# Algorytm optymalizacji lokalnej

**BEGIN**

$\Delta C(\mathcal{M}_i) \leftarrow 0$

$\Delta T(\mathcal{M}_i) \leftarrow 0$

$m_{prev} \leftarrow \emptyset$

**While TRUE**

**Select** meme  $m_j \in \mathcal{M}_i$  with activation probability  $P_{activate}(m_j, m_{prev})$

$(\Delta C_j, \Delta T_j) \leftarrow$  **Improve**  $s_i$  by  $m_i$  in the context of  $P_i$

**Assign Credit** to meme pair  $(m_i, m_{prev})$  based on feedback  $(\Delta C_j, \Delta T_j)$

$\Delta C(\mathcal{M}_i)+ = \Delta C_j$

$\Delta T(\mathcal{M}_i)+ = \Delta T_j$

**If**  $\Delta C_j == 0$  **then**

**If**  $\text{rand}(0, 1) > \exp(-\frac{\Delta T(\mathcal{M}_i)}{\Delta C(\mathcal{M}_i)})$  **then**

**Break**

**End If**

**End If**

$m_{prev} \leftarrow m_j$

**End While**

**END**

$$P_{activate}(m_j, m_i) = \begin{cases} \frac{w_{ij}}{\sum_{\mu=1}^L w_{i\mu}} & m_i \neq \emptyset \\ \frac{w_{jj}}{\sum_{\mu=1}^L w_{\mu\mu}} & \text{otherwise} \end{cases}$$



Aktualizacja macierzy po realizacji memu  $m_j$  według wzoru:

$$\begin{aligned}w_{ij} &= \gamma w_{ij} + r_j \\ &= \gamma w_{ij} + \frac{\Delta C_j}{\Delta T_j}\end{aligned}$$

$0 < \gamma < 1$  - współczynnik znaczenia wydajności memu w czasie

# Krzyżowanie i mutacja memów

- memy również podlegają mutacji i krzyżowaniu
- w macierzy synenergii  $W$  memów dziecka w każdym miejscu miejscu losowo wartość z macierzy jednego lub drugiego rodzica
- do każdej liczby w macierzy synenergii  $W$  memów dodawana jest losowa niewielka wartość wylosowana z rozkładem normalnym

# Kolejny interwał czasowy

- nowi klienci wstawiani na koniec losowej ciężarówki
- opóźnienie wyjazdu ciężarówek
- ciężarówka wyjeżdżają dopiero jeśli czas zaplanowanej dla niej trasy przekroczy ustaloną część dnia, np. 0.9 oznacza, że ciężarówki wracają do zajezdni po 90% trwania dnia

# Wyniki

	0.0		0.75		0.9		0.95	
	najlepszy	średnia	najlepszy	średnia	najlepszy	średnia	najlepszy	średnia
c50D	621.38	641.44	576.93	583.27	527.98	554.23	531.03	562.27
c75D	993.02	1017.19	935.13	953.35	877.66	889.98	868.07	896.44
c100D	1103.25	1109.46	954.59	975.16	870.39	905.48	889.40	922.28
c100bD	966.51	1005.25	909.72	924.24	842.54	886.73	846.45	866.85
c120D	1387.36	1433.63	1421.45	1442.42	1181.29	1300.17	1240.13	1306.21
c150D	1398.17	1467.17	1217.47	1239.75	1125.32	1174.66	1093.96	1188.49
c199D	1902.29	1920.18	1564.49	1600.68	1454.17	1504.91	1423.73	1492.62
f71D	321.84	325.64	295.97	306.00	267.09	307.28	280.94	302.42
f134D	16329.04	16690.86	12177.38	12485.43	11692.34	12225.75	12122.79	12522.25
tai75aD	1870.46	1897.23	1692.86	1733.88	1653.05	1691.98	1666.99	1729.63
tai75bD	1486.57	1539.45	1369.83	1387.39	1356.46	1379.40	1349.62	1383.98
tai75cD	1617.89	1647.63	1463.47	1499.21	1392.71	1455.45	1402.55	1436.55
tai75dD	1630.51	1667.78	1432.77	1444.90	1403.89	1412.44	1396.48	1411.08
tai100aD	2375.63	2395.64	2209.05	2246.73	2101.57	2160.61	2115.68	2185.92
tai100bD	2299.52	2358.49	2082.47	2142.92	2043.80	2108.23	2036.14	2107.74
tai100cD	1554.54	1576.65	1439.37	1467.81	1429.58	1463.60	1435.44	1462.48
tai100dD	2003.64	2033.02	1709.91	1757.96	1649.33	1737.17	1686.09	1713.41
tai150aD	3563.17	3656.33	3335.79	3478.86	3331.24	3404.63	3253.69	3440.25
tai150bD	3165.33	3207.35	3036.90	3058.93	2839.99	2970.43	2854.97	3033.02
tai150cD	2810.77	2888.10	2506.04	2593.19	2477.82	2569.79	2455.79	2630.90
tai150dD	3236.09	3310.57	2929.47	3002.63	2864.00	2887.56	2826.03	2941.33

	0.9 średnia	2MPSO (10 <sup>7</sup> ) średnia	względna różnica
c50D	<b>554.23</b>	593	-6.54%
c75D	<b>889.98</b>	906	-1.77%
c100D	<b>905.48</b>	932	-2.85%
c100bD	886.73	<b>847</b>	4.69%
c120D	1300.17	<b>1144</b>	13.65%
c150D	1174.66	<b>1137</b>	3.31%
c199D	1504.91	<b>1403</b>	7.26%
f71D	307.28	<b>297</b>	3.46%
f134D	<b>12225.75</b>	12312	-0.70%
tai75aD	<b>1691.98</b>	1786	-5.26%
tai75bD	<b>1379.40</b>	1463	-5.71%
tai75cD	<b>1455.45</b>	1520	-4.25%
tai75dD	<b>1412.44</b>	1442	-2.05%
tai100aD	<b>2160.61</b>	2233	-3.24%
tai100bD	2108.23	<b>2080</b>	1.36%
tai100cD	<b>1463.60</b>	1516	-3.46%
tai100dD	<b>1737.17</b>	1747	-0.56%
tai150aD	<b>3404.63</b>	3472	-1.940%
tai150bD	<b>2970.43</b>	3013	-1.41%
tai150cD	<b>2569.79</b>	2615	-1.73%
tai150dD	<b>2887.56</b>	3004	-3.88%
			-0.55%

	mój najlepszy	najlepszy znany	względna różnica
c50D	<b>527.98</b>	552.47	-4.43%
c75D	<b>868.07</b>	877.3	-1.05%
c100D	<b>870.39</b>	874.2	-0.44%
c100bD	842.54	<b>819.56</b>	2.80%
c120D	1181.29	<b>1056.28</b>	11.84%
c150D	<b>1093.96</b>	1096.53	-0.23%
c199D	1423.73	<b>1362.84</b>	4.47%
f71D	<b>267.09</b>	276.11	-3.27%
f134D	<b>11692.34</b>	11755.58	-0.54%
tai75aD	<b>1653.05</b>	1682.9	-1.77%
tai75bD	<b>1349.62</b>	1391.74	-3.03%
tai75cD	<b>1392.71</b>	1406.27	-0.96%
tai75dD	1396.48	<b>1342.26</b>	4.04%
tai100aD	<b>2101.57</b>	2146.53	-2.09%
tai100bD	2036.14	<b>2022.13</b>	0.69%
tai100cD	<b>1429.58</b>	1446.1	-1.14%
tai100dD	<b>1649.33</b>	1685.53	-2.15%
tai150aD	<b>3253.69</b>	3253.77	-0.002%
tai150bD	<b>2839.99</b>	2861.91	-0.77%
tai150cD	<b>2455.79</b>	2462.96	-0.29%
tai150dD	<b>2826.03</b>	2844.7	-0.66%

# Kolejne kroki

- zbadanie wpływu liczby interwałów czasowych
- przetestowanie różnych wartości prawdopodobieństwa krzyżowania
- zwiększenie/zmniejszenie liczby osobników przy jednoczesnym zmniejszeniu/zwiększeniu liczby iteracji
- doładowywanie klientów?