

# Optymalizacja problemów transportowych: planowanie operacyjne i strategiczne a wizualna atrakcyjność rozwiązań

Michał Okulewicz

Wydział Matematyki i Nauk Informatycznych  
Politechnika Warszawska

# Plan prezentacji

- 1 Problemy transportowe
  - Planowanie strategiczne
  - Planowanie taktyczne
  - Planowanie operacyjne
- 2 Wizualna atrakcyjność rozwiązań
  - Wybrane cechy
  - Przykłady
  - Przykłady wdrożeń

## Lista przykładowych zagadnień

- Na ile etapów powinien zostać podzielony transport?
- **Gdzie powinny znajdować się magazyny?**
- Ile pojazdów powinniśmy mieć?
- **Jaki rejon powinny obsługiwać pojazdy z magazynu?**
- Czy pojazdy powinny być przypisane do magazynu?
- **Który pojazd powinien obsłużyć dane zamówienie?**
- Czy towary zmieszczą się w pojeździe?
- **W jakiej kolejności powinniśmy realizować usługi?**
- Ile czasu zajmie trasa?

# Motywacja

- ✓ Prace badawcze
- ✓ Sprzedaż
- ✗ Skuteczne wdrożenie

# Motywacja

- ✓ Prace badawcze
- ✓ Sprzedaż
- ✗ Skuteczne wdrożenie

# Motywacja

- ✓ Prace badawcze
- ✓ Sprzedaż
- ✗ Skuteczne wdrożenie

# Motywacja

- ✓ Prace badawcze
- ✓ Sprzedaż
- ✗ Skuteczne wdrożenie

## Czy w ogóle warto się tym zajmować?



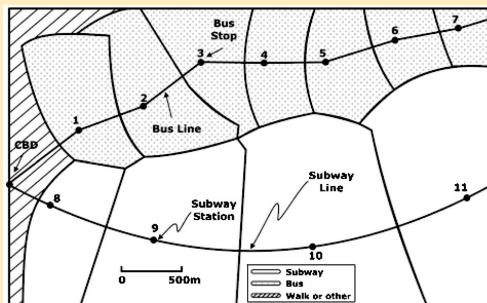
Źródło: <https://www.smbc-comics.com/comic/2014-10-09>



# Problem lokalizacji

## Definicja

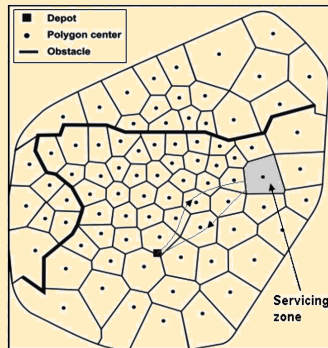
W jakim miejscu powinny zostać zlokalizowane magazyny/bazy, aby zapewnić optymalną kosztowo realizację usług? (Guha and Khuller (1999); Novaes et al. (2009))



# Problem regionalizacji

## Definicja

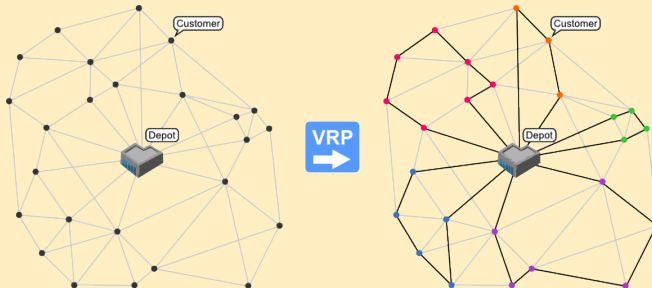
W jakim sposób podzielić obszar pomiędzy poszczególne magazyny/bazy, aby zapewnić optymalną kosztowo realizację usług? (Cattrysse et al. (1997); Novaes et al. (2009))



# Problem marszrutyzacji

## Definicja

Jak podzielić usługi pomiędzy pojazdy i w jakiej kolejności je zrealizować, aby zapewnić optymalną kosztowo realizację usług?  
(Dantzig and Ramser (1959))



Źródło: <http://neo.lcc.uma.es/vrp/vehicle-routing-problem/>

## Wizualna atrakcyjność rozwiązań Rossit et al. (2019)

### Definicja

Zestaw (**potencjalnie**) subiektywnych miar opisujących rozwiązanie problemu marszrutyzacji pod kątem postrzegania ich przez człowieka. Rossit et al. (2016) wyróżnia cechy takie jak:

- Zwartość
- Zgrupowanie
- Wypukłość
- Rozłączność

### Motywacja (Poot et al., 2002)

*[Our clients] prefer visually attractive plans, because to them such plans are logical and therefore they trust these plans (even if such plans perform worse than other plans with respect to the traditional measures).*

## Przykłady cech

### Zwartość (COMP)

Średnia odległość punktów od centroidu punktów w pojeździe.

### Zgrupowanie (DGRP)

Średnia liczba punktów, która jest bliżej centroidu punktów innego pojazdu niż własnego.

### Wypukłość (CH)

Liczba punktów, które należą do więcej niż jednej otoczki wypukłej indukowanej punktami pojazdu.

### Rozłączność (NC)

Liczba przecięć pomiędzy trasami różnych pojazdów.

# Benchmarki Uchoa (Rossit et al. (2016))

Table 1: Heuristic results and deviation from BKS for selected Uchoa instances [18].

Instance	Length(m) <sup>(1)</sup>		COMP <sup>(1)</sup>		DGRB <sup>(1)</sup>		CH <sup>(1)</sup>		NC <sup>(1)</sup>		Time(s)
X-n106-k14	27342	3.72%	763.571	-21.77%	0.2345	15.34%	3	-78.57%	4	33.33%	69.1561
X-n120-k6	15227	14.21%	4942.17	-24.98%	0.131	-22.3%	3	-76.92%	0	-100%	49.5705
X-n139-k10	14907	9.69%	2446.1	-23.96%	0.0935	-45.3%	2	-75%	0	-100%	42.0918
X-n143-k7	17484	11.36%	7799.57	-1.52%	0.1637	-27.63%	26	-46.94%	4	-42.86%	46.0452
X-n209-k16	33099	7.97%	2316.44	-7.9%	0.1681	-7.18%	4	-87.1%	1	-88.89%	146.9020
X-n237-k14	29374	8.62%	3141.79	-33.39%	0.1190	-56.54%	6	-75%	1	-66.67%	123.1180
X-n284-k15	23401	15.7%	2927.73	-29.55%	0.2663	-18.34%	27	-84.83%	10	-33.33%	259.468
X-n331-k15	34649	11.4%	3440.93	-45.8%	0.1217	-52.83%	6	-89.47%	0	-100%	183.213
X-n411-k19	24749	25.51%	2498.05	-46.54%	0.2678	-42.01%	78	-71.53%	33	83.33%	239.144
X-n641-k35	69624	9.06%	1857.09	-43.57%	0.1598	-52.2%	39	-81.94%	7	-69.57%	1155.08
X-n801-k40	77832	5.77%	2172.77	-39.17%	0.13	-58.06%	26	-83.23%	1	-95.45%	848.841
X-n1001-k43	79597	9.42%	2559.21	-48.62%	0.1706	-53.85%	83	-85.02%	31	-61.73%	7541.47
Average	-	11.04%	-	-30.56%	-	-35.07%	-	-77.96%	-	-53.48%	-

<sup>(1)</sup>The deviation from the BKS is in percentage measures.

# X-n801-k40 (Rossit et al. (2016))

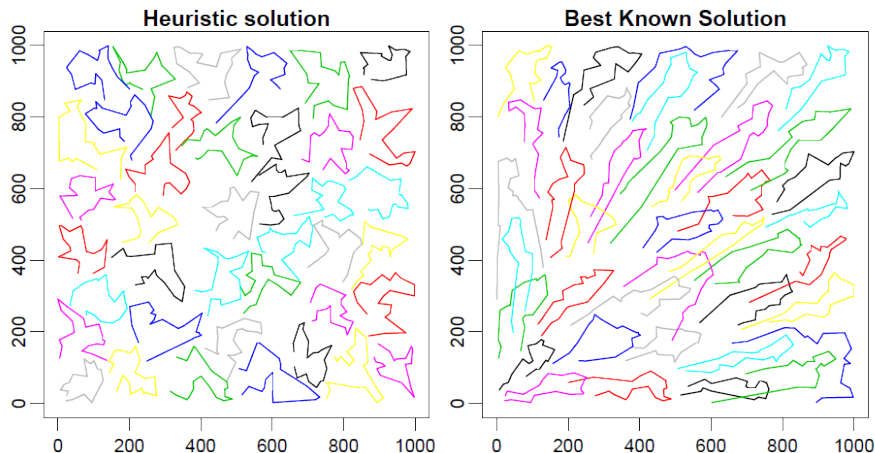
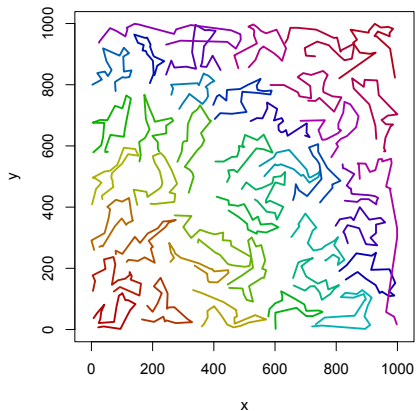


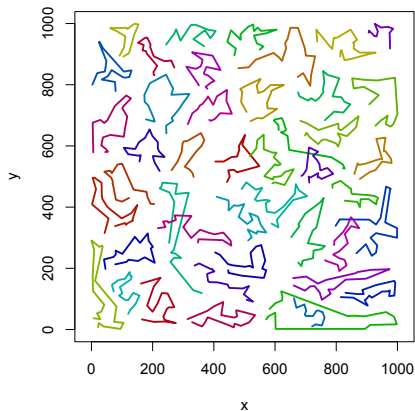
Figure 1: routing plans for instance X-n801-k40.

# X-n801-k40 (Okulewicz and Mańdziuk (2017))

X-n801-k40 ContVRP



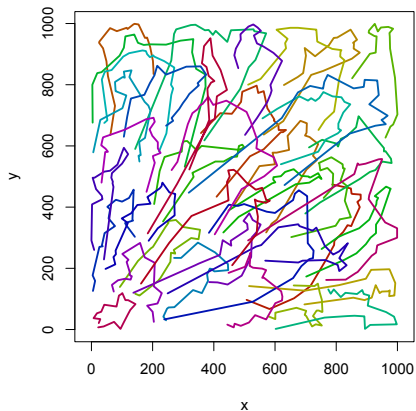
X-n801-k40 Tree



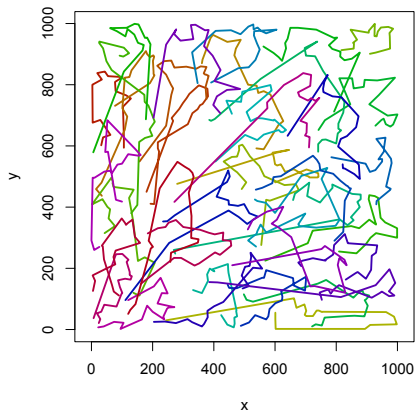


# X-n801-k40 (Bąkała (2018))

X-n801-k40 jsprit-full



X-n801-k40 jsprit-compressed

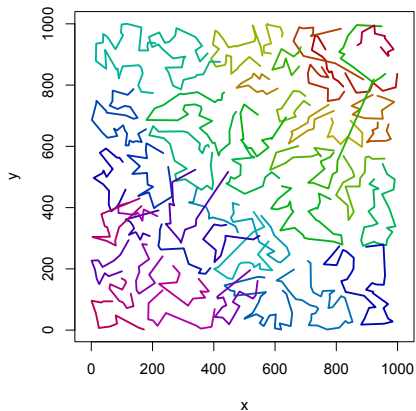


# X-n801-k40

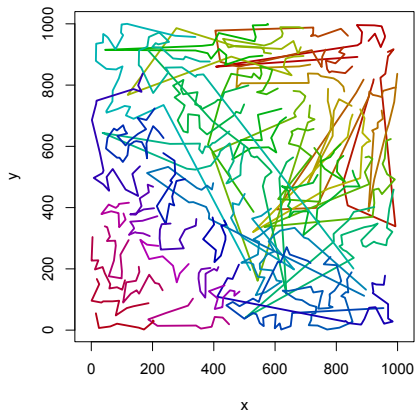
Algorytm	Długość	CH	COMP	DGRP
jsprit-full	<b>77324</b>	603	107	0.53
jsprit-compressed	80380	508	105	0.51
ContVRP	77658	57	65	<b>0.17</b>
Greedy	77658	57	65	<b>0.17</b>
Tree	84435	<b>52</b>	<b>60</b>	0.18

# X-n783-k48 (Okulewicz and Mańdziuk (2017))

X-n783-k48 ContVRP

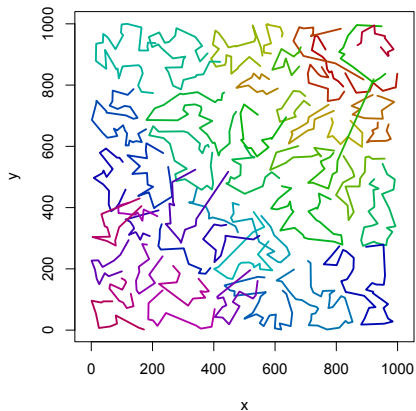


X-n783-k48 Greedy

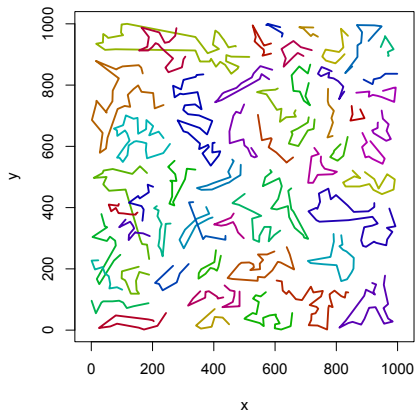


# X-n783-k48 (Okulewicz and Mańdziuk (2017))

X-n783-k48 ContVRP

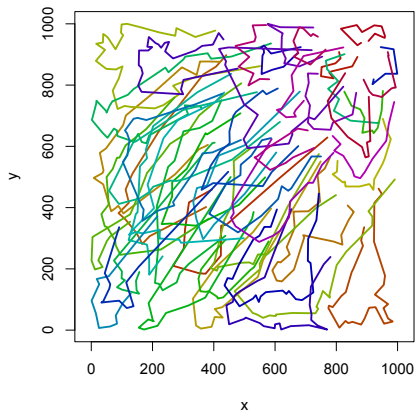


X-n783-k48 Tree

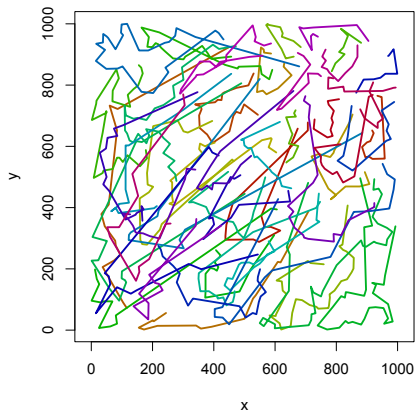


# X-n783-k48 (Bąkała (2018))

**X-n783-k48 jsprit-full**



**X-n783-k48 jsprit-compressed**



# X-n783-k48

Algorytm	Długość	CH	COMP	DGRP
jsprit-full	79646	608	135	0.66
jsprit-compressed	82585	575	126	0.60
ContVRP	<b>78502</b>	194	66	0.25
Greedy	94455	464	88	0.35
Tree	86188	<b>55</b>	<b>60</b>	<b>0.15</b>

# Przykłady wdrożeń

- FedEx (Tang and Miller-Hooks, 2006)
- Odbiory odpadów (Kim et al., 2006)
- Coca-cola (Kant et al., 2008)
- Schweppes Australia (Hollis and Green, 2012)

# Literatura I

- Mateusz Bąkała. *Konwersja problemu marszrutyzacji do krawędziowego problemu marszrutyzacji z wykorzystaniem danych Open Street Map*. Master thesis, Warsaw University of Technology, 2018. URL <https://apd.usos.pw.edu.pl/diplomas/26698/>.
- Dirk Cattrysse, Dirk Van Oudheusden, and Tsippy Lotan. The problem of efficient districting. *OR Insight*, 10(4): 9–13, oct 1997. ISSN 1759-0477. doi: 10.1057/ori.1997.17. URL <http://link.springer.com/10.1057/ori.1997.17>.
- G. B. Dantzig and J. H. Ramser. The Truck Dispatching Problem. *Management Science*, 6(1):80–91, oct 1959. ISSN 0025-1909. doi: 10.1287/mnsc.6.1.80. URL <http://www.jstor.org/stable/2627477http://pubsonline.informs.org/doi/abs/10.1287/mnsc.6.1.80>.
- Sudipto Guha and Samir Khuller. Greedy Strikes Back: Improved Facility Location Algorithms. *Journal of Algorithms*, 31(1):228–248, apr 1999. ISSN 0196-6774. doi: 10.1006/JAGM.1998.0993. URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196677498909932?via%3Dihub>.
- B. L. Hollis and P. J. Green. REAL-LIFE VEHICLE ROUTING WITH TIME WINDOWS FOR VISUAL ATTRACTIVENESS AND OPERATIONAL ROBUSTNESS. *Asia-Pacific Journal of Operational Research*, 29(04):1250017, aug 2012. ISSN 0217-5959. doi: 10.1142/s0217595912500170. URL <http://www.worldscientific.com/doi/abs/10.1142/S0217595912500170>.
- Goos Kant, Michael Jacks, and Corné Aantjes. Coca-Cola Enterprises Optimizes Vehicle Routes for Efficient Product Delivery. *Interfaces*, 38(1):40–50, feb 2008. ISSN 0092-2102. doi: 10.1287/inte.1070.0331. URL <http://pubsonline.informs.org/doi/abs/10.1287/inte.1070.0331>.
- Byung-In Kim, Seongbae Kim, and Surya Sahoo. Waste collection vehicle routing problem with time windows. *Computers & Operations Research*, 33(12):3624–3642, dec 2006. ISSN 0305-0548. doi: 10.1016/J.COR.2005.02.045. URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305054805001322?via%3Dihub>.



## Literatura II

- Antonio G.N. Novaes, J.E. Souza de Cursi, Arinei C.L. da Silva, and João C. Souza. Solving continuous location-districting problems with Voronoi diagrams. *Computers & Operations Research*, 36(1):40–59, jan 2009. ISSN 0305-0548. doi: 10.1016/J.COR.2007.07.004. URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305054807001323>.
- Michał Okulewicz and Jacek Mańdziuk. The impact of particular components of the PSO-based algorithm solving the Dynamic Vehicle Routing Problem. *Applied Soft Computing*, 58:586–604, sep 2017. ISSN 15684946. doi: 10.1016/j.asoc.2017.04.070. URL <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1568494617302570>  
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1568494617302570>.
- A Poot, G Kant, and A P M Wagelmans. A savings based method for real-life vehicle routing problems. *Journal of the Operational Research Society*, 53(1):57–68, jan 2002. ISSN 0160-5682. doi: 10.1057/palgrave.jors.2601252. URL <http://link.springer.com/10.1057/palgrave.jors.2601252>.
- Diego Gabriel Rossit, Universidad Nacional, Daniele Vigo, and Fernando Tohm. Improving Visual Attractiveness in Capacitated Vehicle Routing Problems: a Heuristic Algorithm. In *XVIII Latin-Iberoamerican Conference on Operations Research*, pages 748–755, Santiago de Chile, 2016.
- Diego Gabriel Rossit, Daniele Vigo, Fernando Tohmé, and Mariano Frutos. Visual attractiveness in routing problems: A review. *Computers & Operations Research*, 103:13–34, mar 2019. ISSN 0305-0548. doi: 10.1016/J.COR.2018.10.012. URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305054818302715>.
- Hao Tang and Elise Miller-Hooks. Interactive Heuristic for Practical Vehicle Routing Problem with Solution Shape Constraints. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1964(1):9–18, jan 2006. ISSN 0361-1981. doi: 10.1177/0361198106196400102. URL <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0361198106196400102>.