

Metoda poszukiwania
TABU w zastosowaniu do optymalizacji
harmonogramu dostaw sieci dystrybucji towarów.
Przykład przemysłu meblarskiego

POLLOCO

Olgierd Dziamski

Olgierd.Dziamski@gs1pl.org

Plan prezentacji

1

Bibliografia

2

Koncepcja metody przeszukiwania Tabu

3

Pamięć krótkoterminowa

4

Pamięć długoterminowa

5

Zastosowanie metody przeszukiwania Tabu do planowania tras przejazdów

6

Zastosowanie metody przeszukiwania Tabu do planowani dystrybucji mebli

Bibliografia

Glover w 1986 wprowadził termin *tabu search (TS)* jako “metaheurystykę” nadzorującą działanie innych heurystyk

- Glover, F. (1986) “Future Paths for Integer Programming and Links to Artificial Intelligence,” *Computer and Operations Research*, vol. 13, no. 5, ss. 533-549.

Bibliografia

- P. Hansen w 1986 zaprezentował podobną koncepcję do metody *Tabu Search*
- „The steepest ascent mildest descent heuristic for combinatorial programming”,
Congress on Numerical Methods in Combinatorial Optimization, Capri, Italy, 1986

Bibliografia

- Glover w 1989 zaprezentował pełen opis metody *tabu search*
- Glover, F., 1989, “Tabu Search – Part I,” *INFORMS Journal on Computing*, vol. 1, no. 3, ss. 190-206.
- Glover, F., 1989, “Tabu Search – Part II,” *INFORMS Journal on Computing*, vol. 2, no. 1, ss. 4-32.

Rozwój algorytmu poszukiwania TABU

- 1986 • **Stworzenie algorytmu Tabu Search (TS)** razem z ideą metaheurystyki została podana przez F. Glover, „Future paths for integer programming and links to artificial intelligence, Computer & Operations Research
- 1989 • **Pierwsza implementacja algorytmu przeszukiwania tabu** prze: Willard, M.Sc. praca magisterska, Imperial College;
- 1994 • **Pierwsze zastosowanie metody tabu do układania tras** w procedurze „Taburoute” opartej na metaheurystyce przeszukiwania tabu przez: Gendreau, Hertz, Laporte, Management Science;
- 1999 • **Zastosowanie TS do sekwencjonowania DNA**, Błażewicz, J. P. Formanowicz, F. Glover, M. Kasprzyk, Conf. Rio de Janeiro
- 1991 • **Zastosowanie TS do harmonogramowania produkcji** według koncepcji Just-in-Time, M. Lgus i J.L. Gonzalez Velarde
- 1991 • **Zastosowanie TS do planowania zadań produkcyjnych** z ograniczonym dostępem do narzędzi, M. Widmer, Operations Research
- 2001 • **Unifikacja algorytmu TS**, Cordeau, Laporte, Mercier, Journal of the Operational Research Society
- 2003 • **Ziarnista metoda TS**, Toth, Vigo, INFORMS Journal on Computing
- 2004 • **Łączenie metaheurystyki TS z innymi metaheurystykami** w celu układania tras pojazdów, Vincent Tam i K.T.Ma

Koncepcja metody przeszukiwania Tabu

- *Tabu Search (TS)* jest metaheurystyką, która szuka rozwiązania problemu poprzez nadzorowanie innych procedur heurystycznych, w celu eksploracji przestrzeni rozwiązań poza lokalne minimum
- Proces ekonomicznego i efektywnego przeszukiwania przestrzeni rozwiązań jest koordynowany za pomocą strategii opartych na mechanizmach pamięci

Koncepcja metody przeszukiwania Tabu

Procedura lokalnego poszukiwania rozwiązania

Definicja problemu dystrybucji (S, g)

Funkcja celu $\min g(s), s \in S$

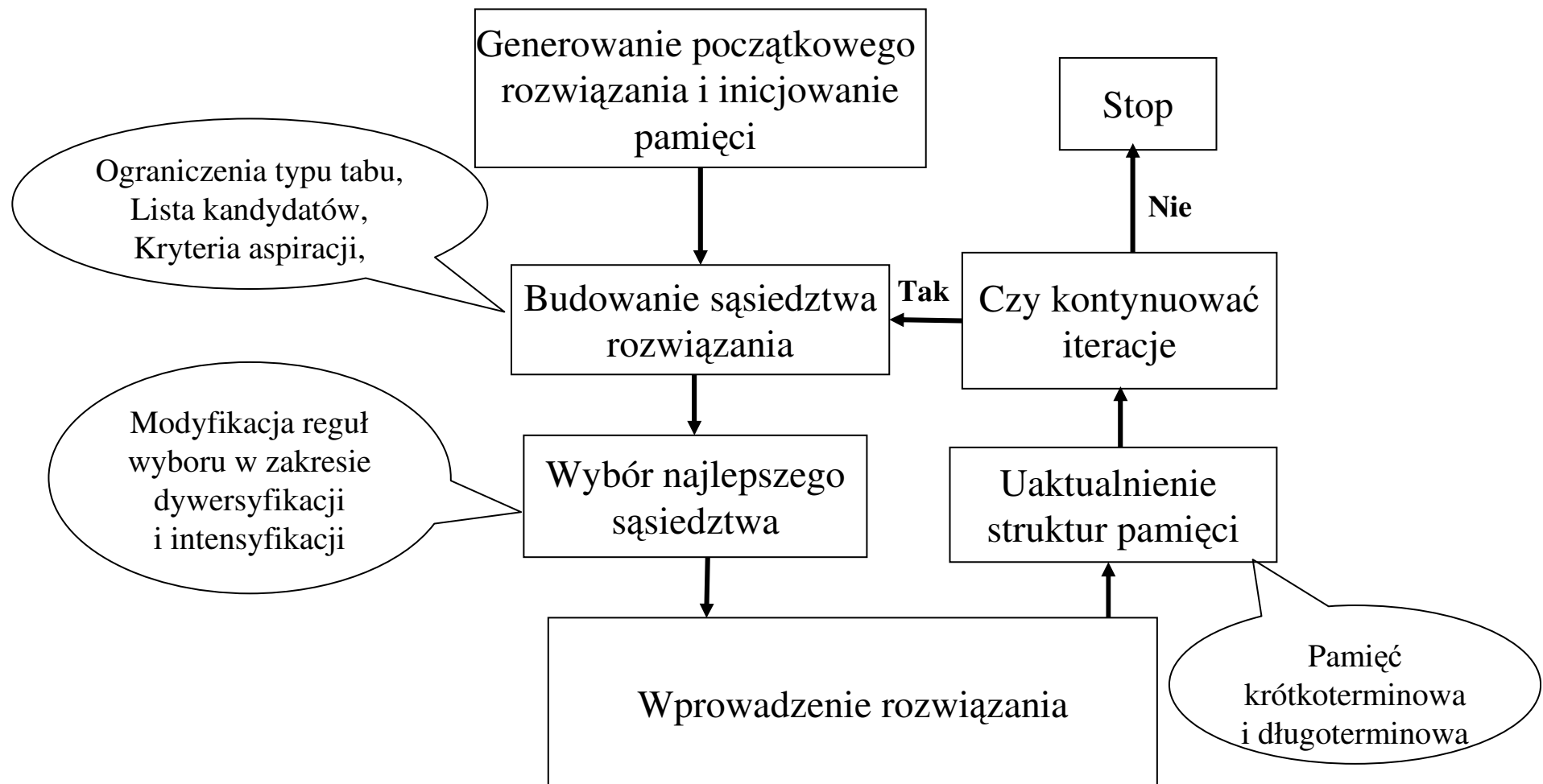
Budowa sąsiedztwa $N : S \rightarrow 2^S$

Zastosowanie operatora ruchu $g(y) < g(x), y \in N(x)$

Problem lokalnego minimum $g(x) \leq g(y), \forall y \in N(x)$

Operatora ruchu modyfikuje w pewnym zakresie bieżące rozwiązanie tak, aby zmienić wartość funkcji celu

Koncepcja metody przeszukiwania Tabu



Pamięć krótkoterminowa

- Głównym celem pamięci krótkoterminowej jest uniknięcie wyboru operatora ruchu, który może prowadzić do oscylacji wokół określonego rozwiązania
- Najbardziej popularna implementacja pamięci krótkoterminowej oparta jest na przechowywaniu ostatnio zmienianych atrybutów operatora ruchu

Pamięć krótkoterminowa – przykład 1

- ✓ Po zmianie wartości atrybuty x_i z 0 na 1 za pomocą operatora ruchu, należy zabronić w określonej liczbie iteracji tabu x_i przyjęcie wartości 0.
 - Atrybuty zachowane w pamięci: i
 - Zabroniony operator ruchu: $ruch(x_i \leftarrow 0)$ jest zabroniony tak długo jak argument i jest uznawany jako tabu

Pamięć krótkoterminowa – przykład 2

- ✓ Po zastosowaniu operatora ruchu, który zamienia w szeregu pozycje elementów i z j należy zabronić w określonej liczbie iteracji tabu ponowną zamianę elementów i z j
 - Atrybuty zachowane w pamięci : i oraz j
 - Zabroniony operator ruchu : $ruch (i \leftrightarrow j)$ jest zabroniony tak długo jak para argumentów i oraz j jest uznawana jako tabu

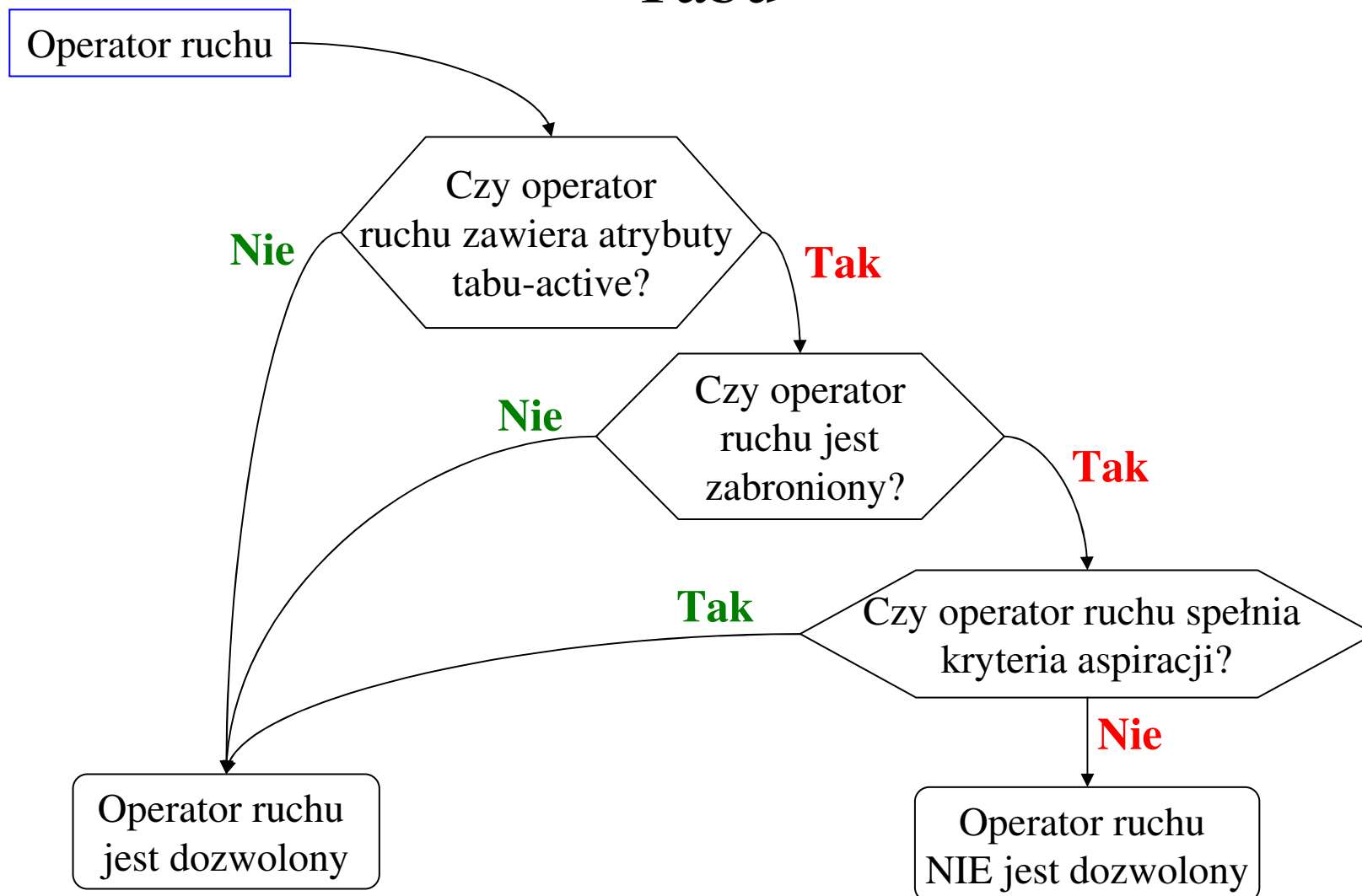
Pamięć krótkoterminowa – przykład 3

- Po zastosowaniu operatora ruchu, który usuwa element i oraz dodaje element j do aktualnego rozwiązania należy zabronić przez określoną liczbę iteracji tabu ponowne dodanie elementu i oraz usunięcie elementu j z rozwiązania
 - Atrybuty zachowane w pamięci : i oraz j
 - Zabronione operatory ruchu:
 - *ruch* (dodaj i) jest zabroniony tak długo jak argument i jest uznawany jako tabu
 - *ruch* (usuń j) jest zabroniony tak długo jak argument j jest uznawany jako tabu

Co jest zabronione w metodzie przeszukiwania Tabu

- Wyłącznie operator ruchu może być zabroniony. Atrybuty nigdy nie są zabronione, mogą one być oznaczone statusem zabronione do zmian (*tabu-active*)
- Operator ruchu może być zabroniony jeżeli zawiera jeden lub więcej atrybutów oznaczonych statusem zabronione do zmian
- Dany operator ruchu jest zabroniony jeżeli reguły interpretacji atrybutów oznaczonych statusem zabronione do zmian na to wskazują
- Rejestrowany jest czas utrzymania atrybutu w statusie zabroniony do zmian

Drzewo decyzyjne metody przeszukiwania Tabu



Kryterium aspiracji

- W oparciu o funkcję celu
 - Operator ruchu staje się dopuszczalny jeżeli generuje rozwiązanie lepsze od aktualnie znalezionego
- Za pomocą kierunku poszukiwania
 - Operator ruchu staje się dopuszczalny jeżeli kierunek poszukiwania rozwiązania (poprawy lub pogorszenia rozwiązania) nie zmienił się

Strategia doboru operatorów ruchu

Efektywne przeszukiwanie sąsiedztwa

- Lista kandydatów – metoda oparta na izolowaniu regionów sąsiedztwa zawierających operatory ruchu o pożądanym właściwościach
- Wybranie pierwszego operatora ruchu poprawiającego aktualne rozwiązanie

Pamięć długoterminowa

Pamięć częstotliwości zmian

- Miara zmian
 - Liczba iteracji, w których atrybut zmienił wartość (np. został dodany lub usunięty z rozwiązania)
- Miara stałości
 - Liczba iteracji, w których atrybut pozostał w określonym stanie (np. należał do obecnego rozwiązania)

Pamięć długoterminowa – przykład 4

- Miara zmian
 - Liczba iteracji, w których element i został przesunięty na wcześniejsze miejsce w ciągu
- Miara stałości
 - Liczba iteracji, w których element i zajmował pozycję k

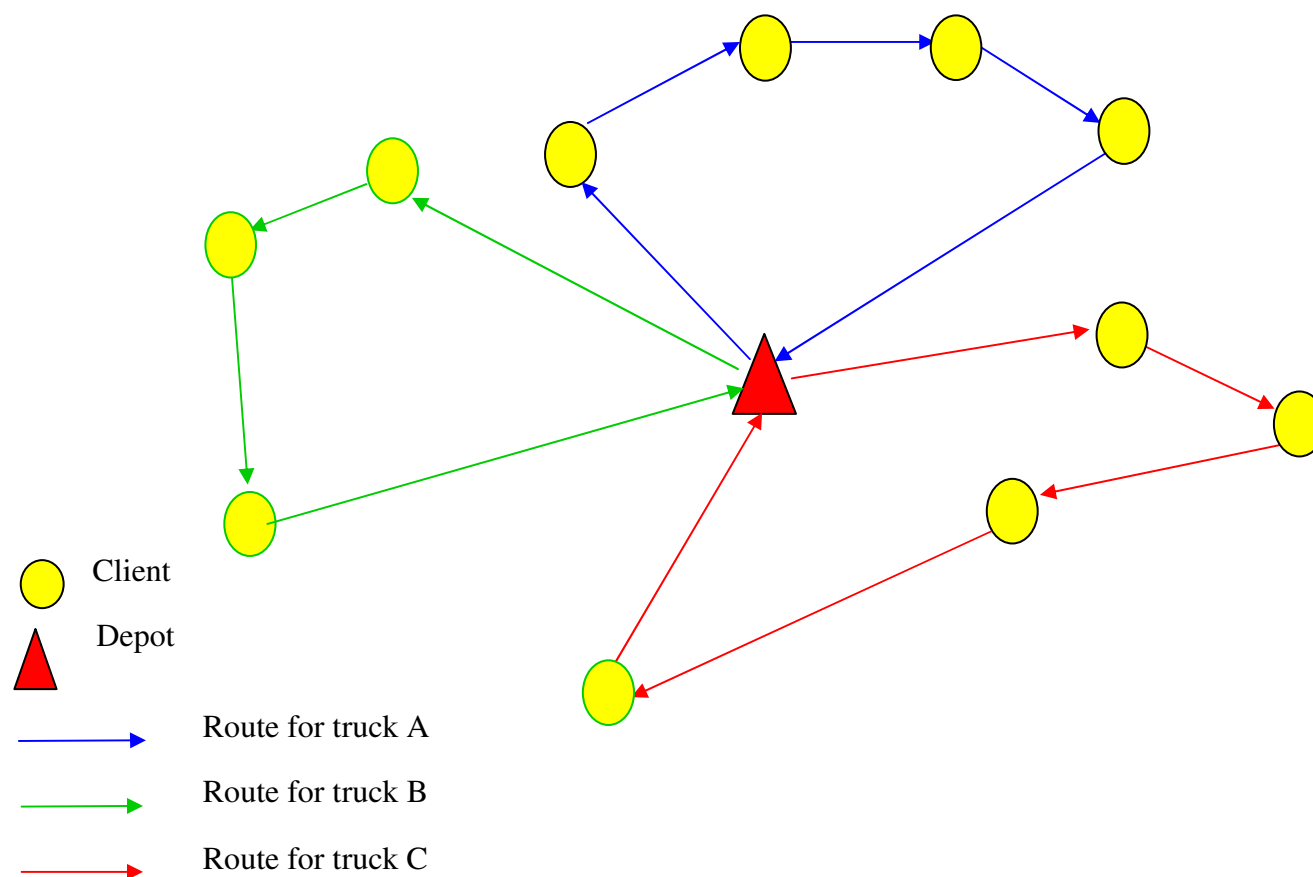
Pamięć długoterminowa

Metoda dywersyfikacji strategii poszukiwania rozwiązania

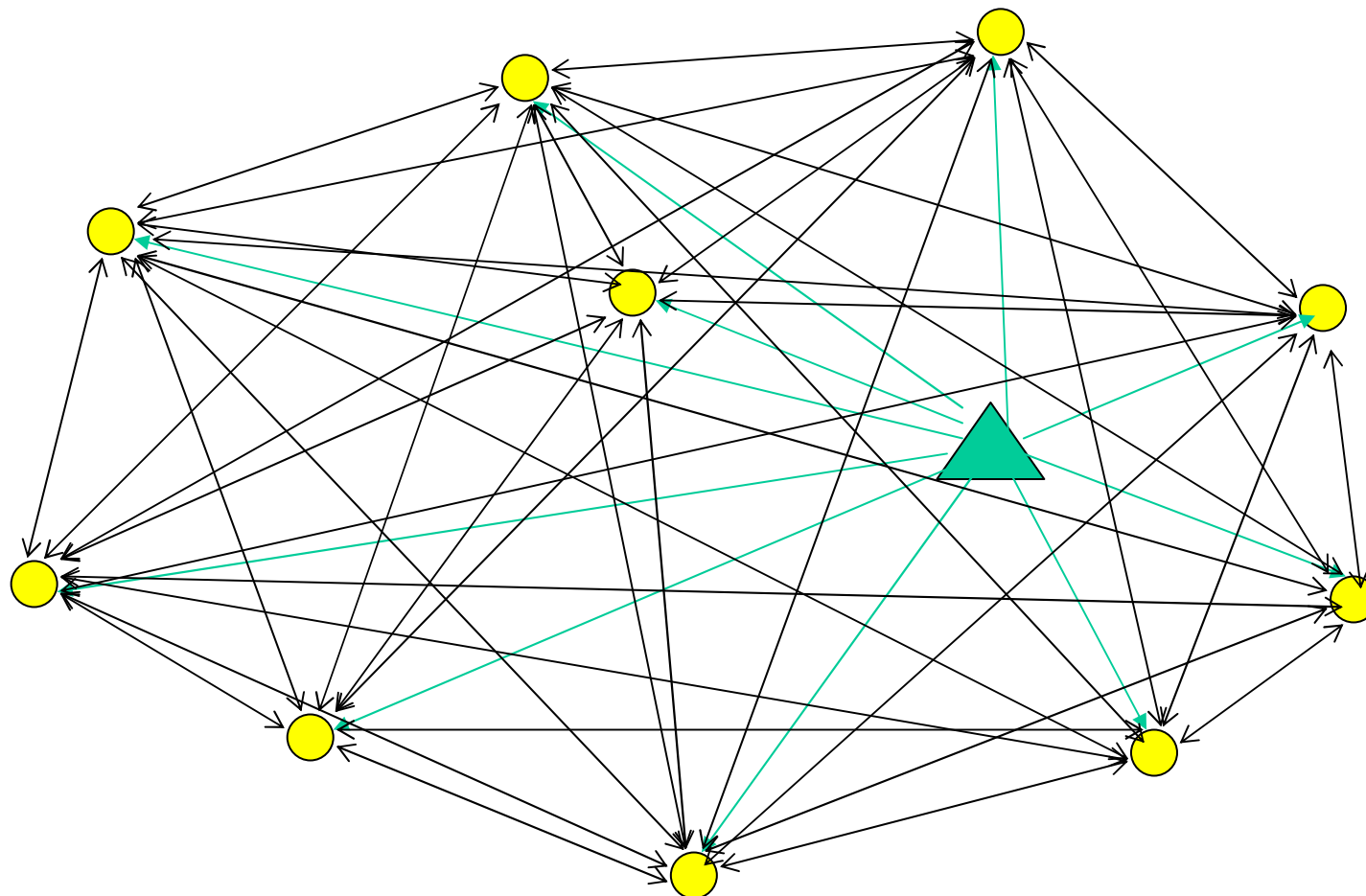
$$\text{Zmodyfikowana wartość operatora ruchu} = \text{wartość operatora ruchu} - \text{Parametr} * \text{wskaźnik częstotliwości}$$

- Pamięć długoterminowa jest wykorzystywana w celu modyfikacji reguł doboru operatora ruchu
- Reguła:
 - Wybierz najlepszą **wartość operator ruchu** jeśli istnieje choć jeden dopuszczalny operator ruchu poprawiający rozwiązanie
 - W przeciwnym razie wybierz dopuszczalny operator ruchu o najlepszej **zmodyfikowanej wartości operatora ruchu**

Zastosowanie metody przeszukiwania Tabu do planowania tras przejazdów



Kalkulacja macierzy odległości



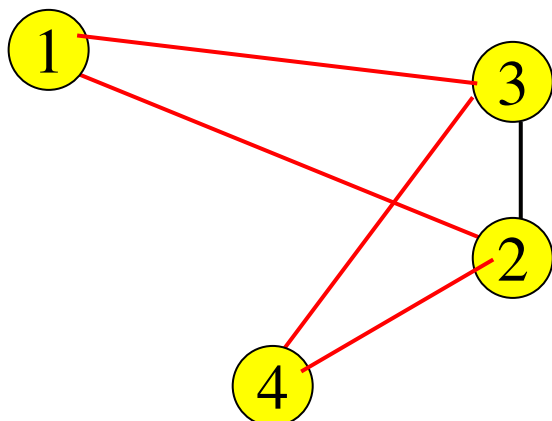
1 fabryka i 10 klientów. Całkowita unikalna liczba odległości
 $10 + 10 \cdot 10 / 2 - 10 = 10 + 40 = 50$

Budowa sąsiedztwa

możliwe operatory ruchu

Operator ruchu modyfikuje jedną lub więcej tras przejazdów w stopniu zmieniającym wartość funkcji celu

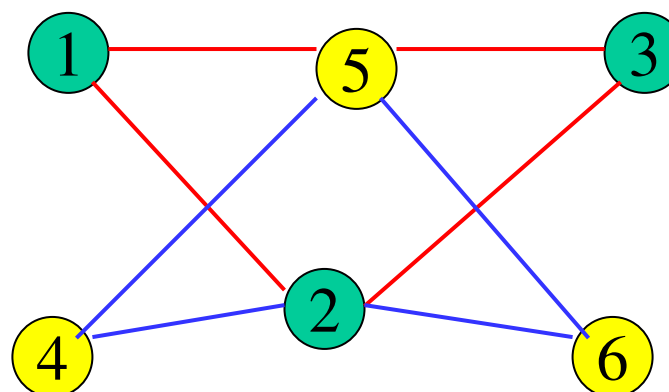
Operator 2-or



1->2->3->4

1->**3**->**2**->4

Operator Wymiany



R1 1->2->3

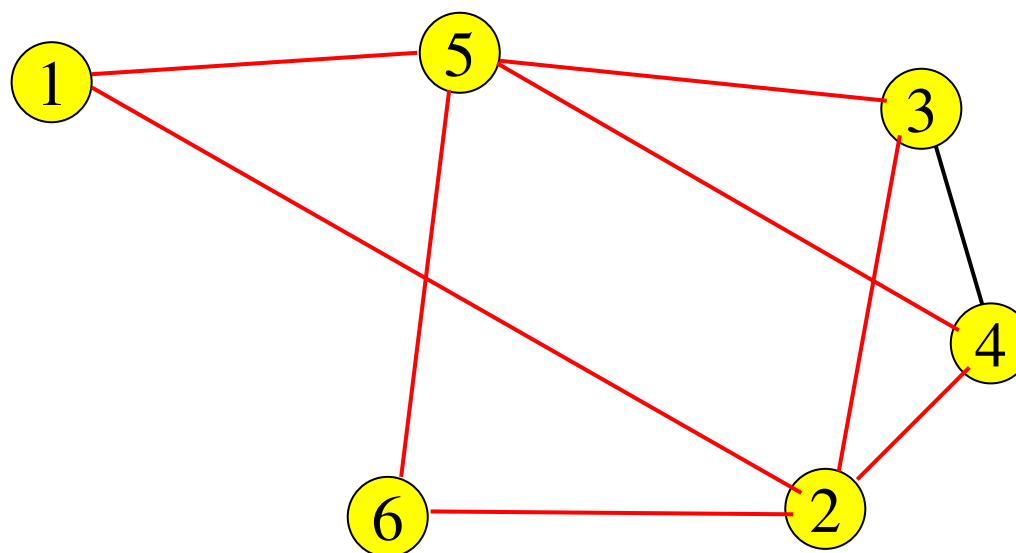
R2 4->5->6

R1 1->**5**->3

R2 4->**2**->6

Budowa sąsiedztwa możliwe operatory ruchu

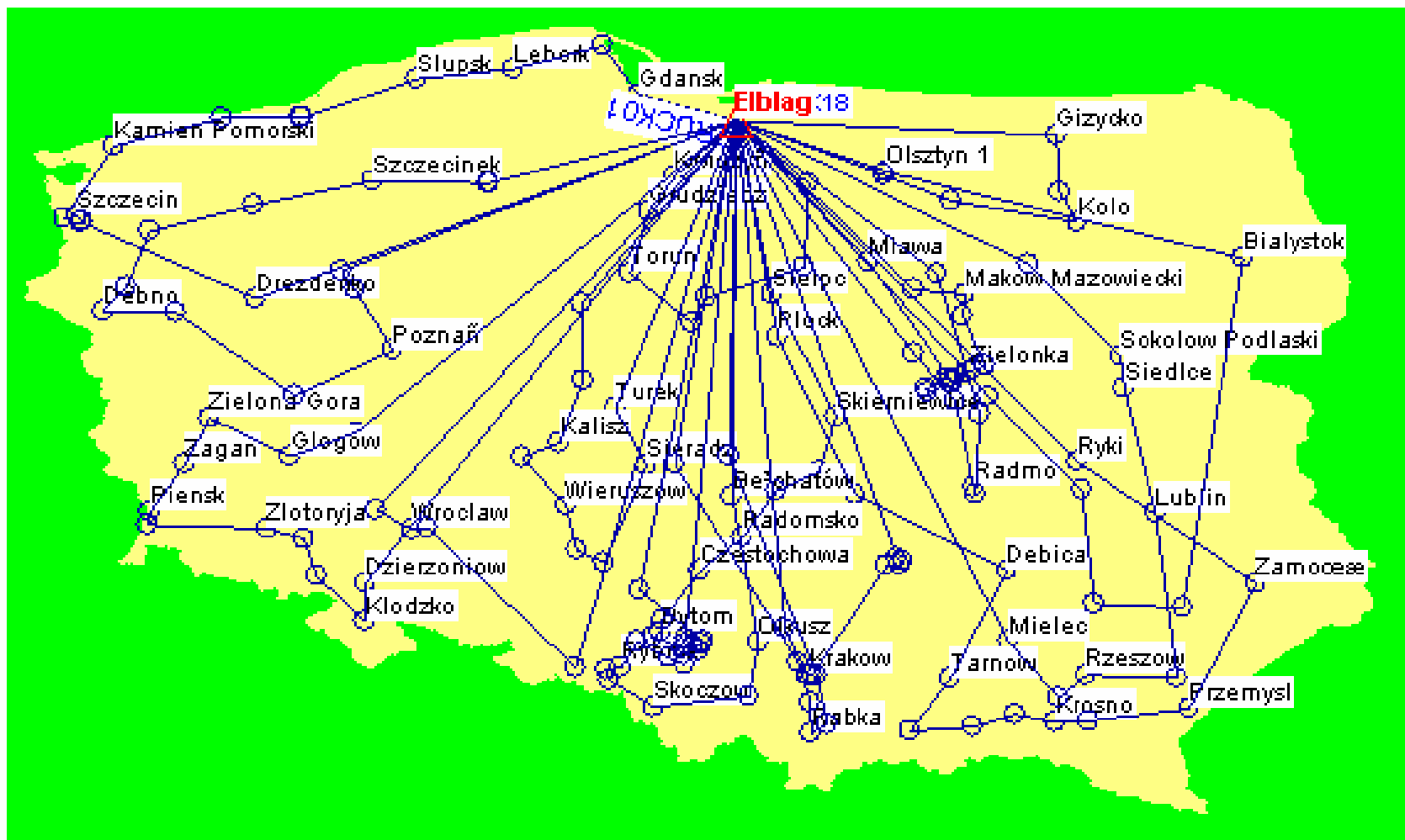
Operator 4-or



1->2->3->4->5->6

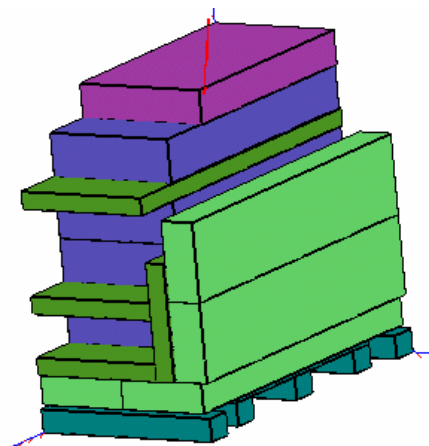
1->**5**->3->4->**2**->6
 { } { } { } { }

Plan tras przejazdów dla 130 miast

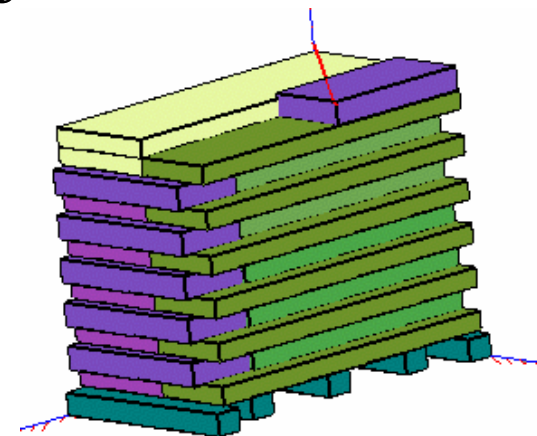


Zastosowanie przeszukiwania Tabu do planowani dystrybucji mebli

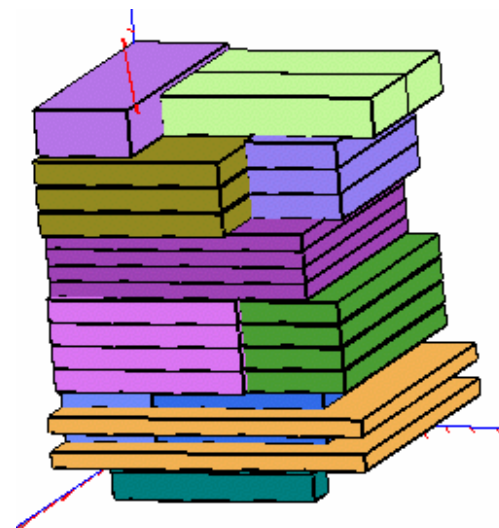
Powstają dużego rozmiaru palety



Nietypowe rozmiary

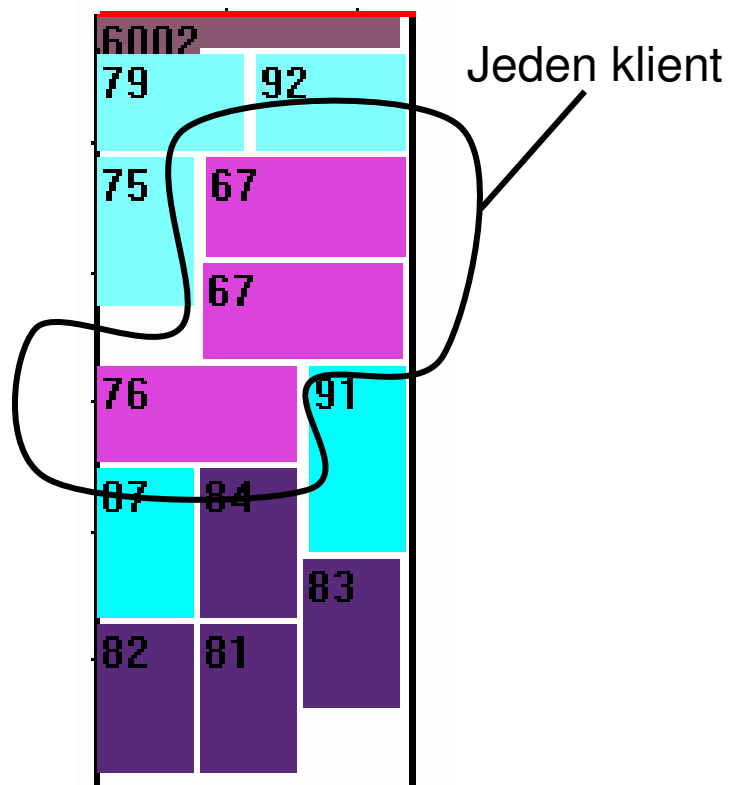


Różne sposoby załadunku

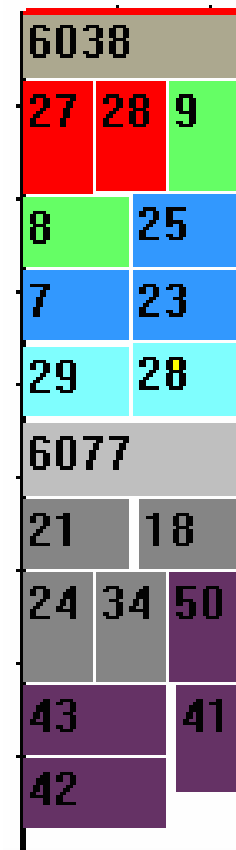


Możliwe sposoby załadunku wyrobów na samochodach

Algorytm heurystyczny wyliczający załadunek wyrobów nadzorowany
przez metaheurystykę Tabu Search



Samochód 1: 245cm * 600cm



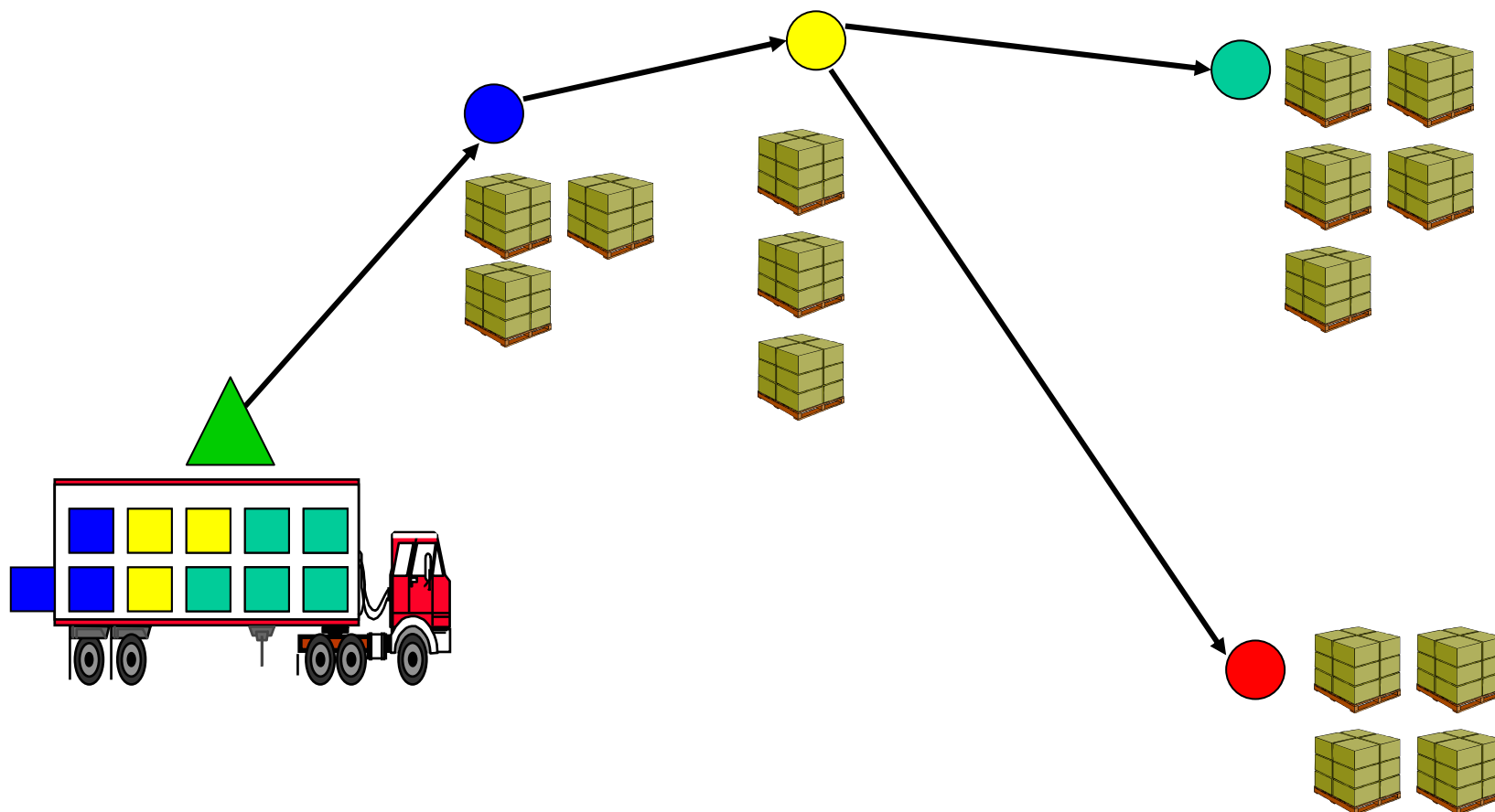
Samochód 2: 245cm * 900cm

Ograniczenia:

- powierzchnia
- pojemność
- waga
- kolejność wizyt
- rozładunek

Zasada współpracy metaheurystyki z heurystyką

Załadunek palet



Zastosowanie metody przeszukiwania Tabu do planowania dystrybucji mebli - eksperymenty obliczeniowe

Do 80 miast należy dowieźć skumulowane zamówienia:

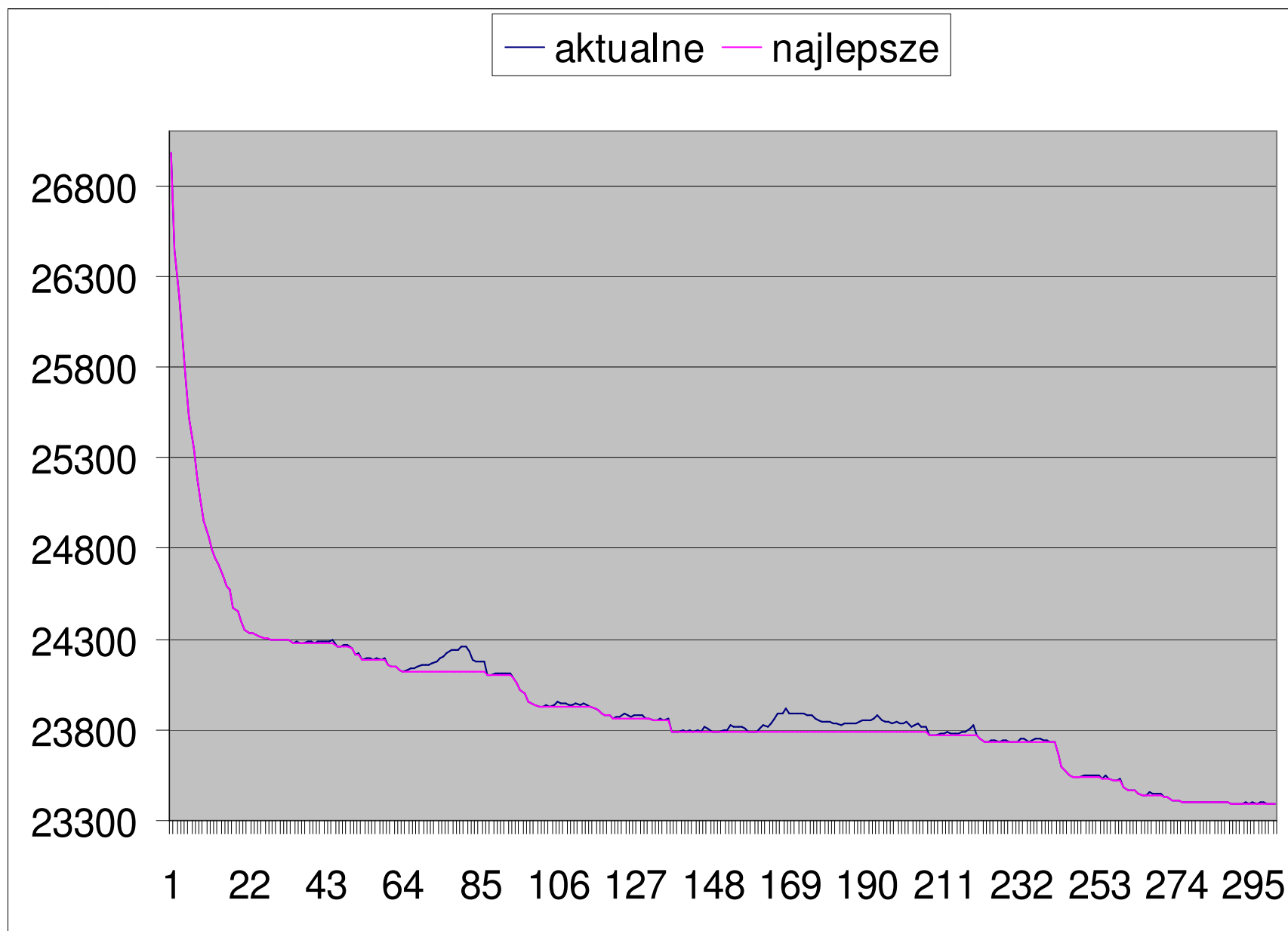
- 40 klientów zamawia meble o skumulowanej wadze 1.000 i skumulowanej objętości 600.000
- 40 klientów zamawia meble o skumulowanej wadze 400 i skumulowanej objętości 200.000

Do 39 miast należy dowieźć 130 palet:

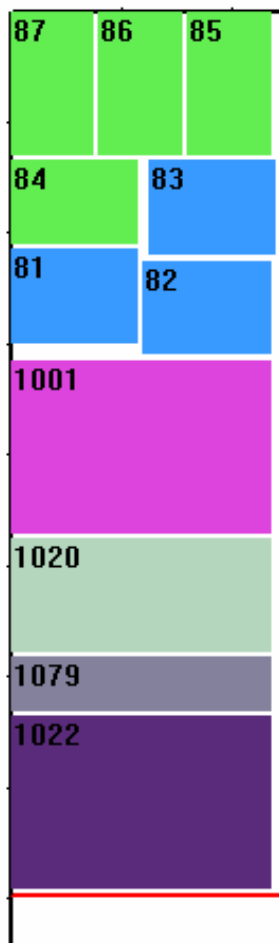
- 13 klientów zamawia 3 palety o rozmiarach 120x90x155 i wadze 350
- 13 klientów zamawia 3 palety o rozmiarach 135x80x155 i wadze 300
- 13 klientów zamawia 1 paletę o rozmiarze 120x80x155 i wadze 450 i 2 palety o rozmiarze 140x90x155 i wadze 450

Do planowania wykorzystywane będą samochody o parametrach:

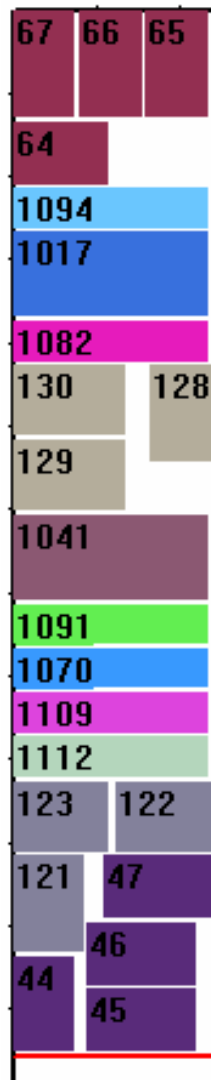
- 245x850x200 i ładowności 12000 oraz koszt za 1 km wynosi 1,5
- 245x1300x200 i ładowności 24000 oraz koszt za 1 km wynosi 2
- 245x600x200 i ładowności 8000 oraz koszt za 1 km wynosi 1



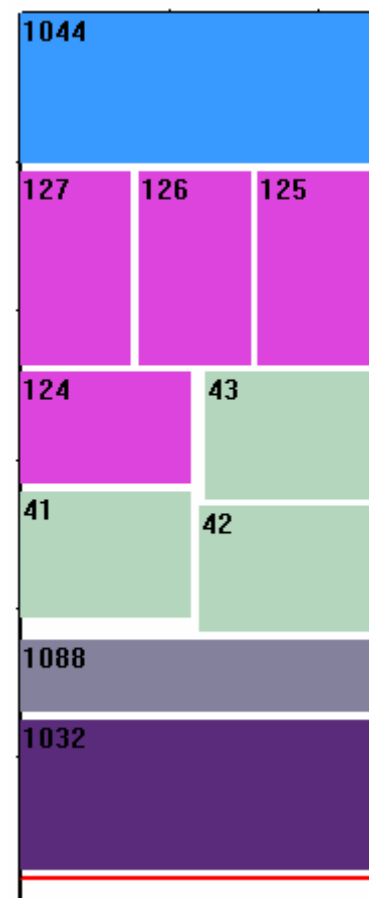
Sposób załadunku



245x850x200

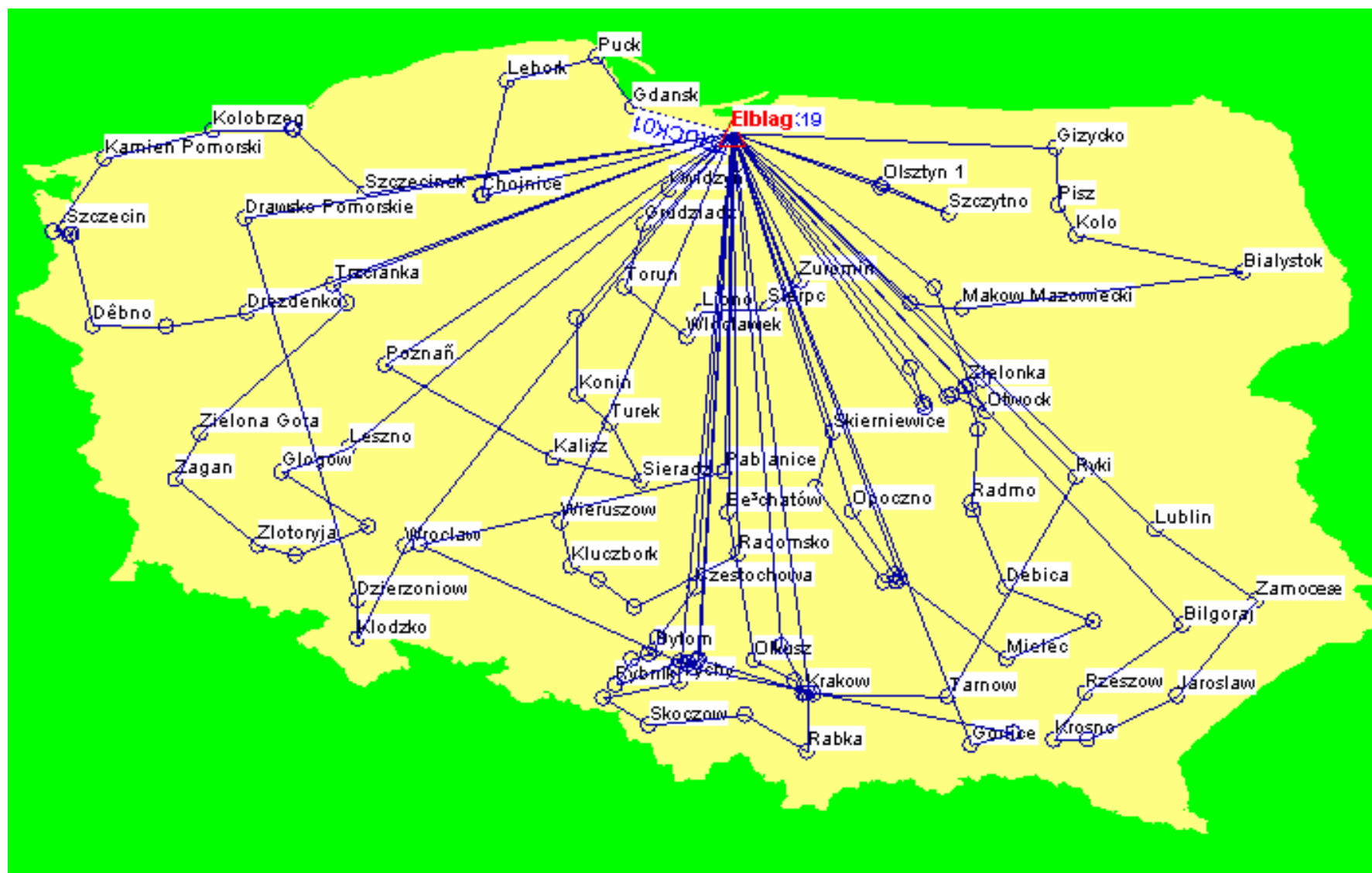


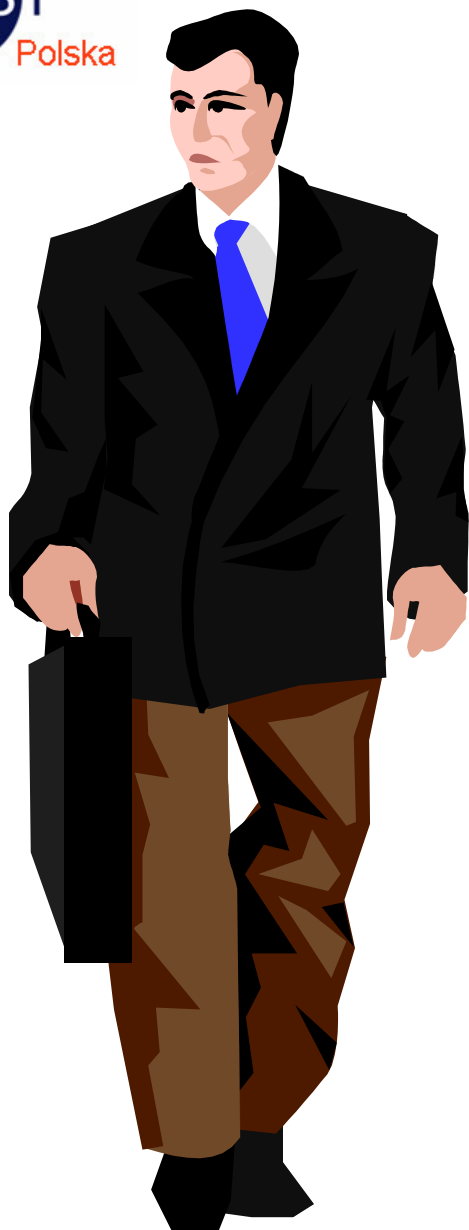
245x1300x200



245x600x200

Plan tras przejazdów





Olgierd.Dziamski@gs1pl.org