Optymalizacja struktury sieci drogowej

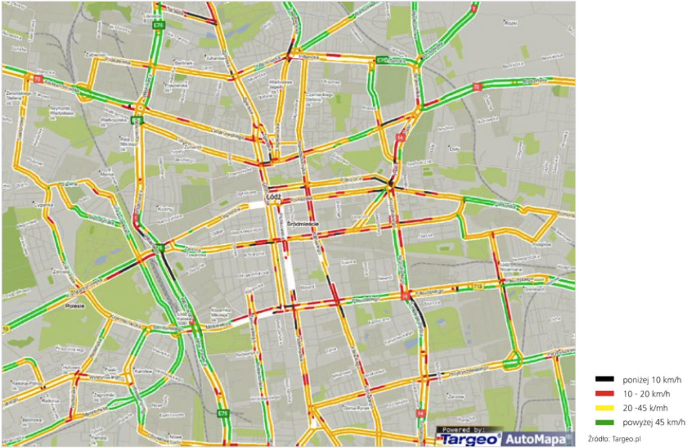
Michał Siatkowski

Promotor: dr hab. inż. Aneta Poniszewska - Marańda
Kopromotor: mgr inż. Łukasz Chomątek

Politechnika Łódzka

Łódź, FTIMS, Informatyka 2014/2015

Problematyka optymalizacji ruchu drogowego



Rysunek 1 : Łódź - szczyt poranny, średnie prędkości.

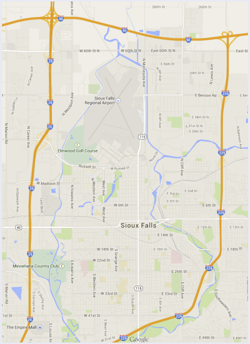
Cele pracy

Celami pracy są:

1. Zdefiniowanie problematyki optymalizacji struktury sieci drogowej.
2. Stworzenie aplikacji optymalizującej tę strukturę.
3. Analiza i ocena efektywności zastosowanych rozwiązań.

Podstawowe definicje

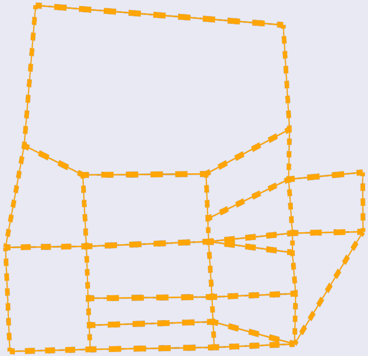
Sieć drogowa



Rysunek 2 : Fragment sieci drogowej w Sioux Falls, Południowa Dakota.

Podstawowe definicje

Sieć drogowa w postaci grafu

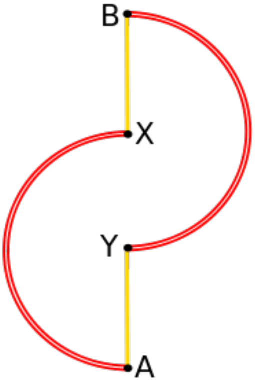


Rysunek 3 : Siec drogowa miasta Sioux Falls w postaci grafu.

Podstawowe definicje

Rysunek 4 : Graf z dopasowaną geometrią.

Paradoks Braessa



Rysunek 5 : Wyjściowy układ drogowy

Autostrady:
AX, $t_{AX}(p) = 50 + p$ min
YB, $t_{YB}(p) = 50 + p$ min

Drogi lokalne:
AY, $t_{AY}(p) = 10p$ min
XB, $t_{XB}(p) = 10p$ min

Aut jest 6000 i wszystkie mają za zadanie przejechać trasę z A do B.

Równowaga Nasha

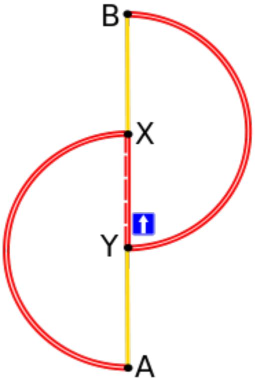
Równowaga Nasha to taka sytuacja, w której każdy z samochodów spowoduje wydłużenie swojego czasu jazdy, zmieniając decyzję co do wyboru trasy przy niezmienionych decyzjach pozostałych aut.

Jeśli p i q to liczby aut w tysiącach pokonujących odpowiednio trasy AXB i AYB, otrzymujmy równania:

$$p + q = 6$$
$$t_{AX}(p) + t_{XB}(p) = t_{AY}(q) + t_{YB}(q)$$
$$50 + p + 10p = 10q + 50 + q$$

rozwiązaniem jest $p = q = 3$.
Przy tej gęstości ruchu pokonanie obu dostępnych tras zabiera $50 + 3 + 30 = 83$ minuty.

Uzupełniony układ drogowy



Rysunek 6 : Uzupełniony układ drogowy

Do wyjściowego układu drogowego dodana zostaje autostrada:

YX, $t_{YX}(p) = 10 + p$ min

Aut jest nadal 6000 i wszystkie mają za zadanie przejechać trasę z A do B.

Równowaga Nasha dla uzupełnionego układu

Jeśli p, q i r to liczby aut w tysiącach pokonujących odpowiednio trasy AXB, AYB i AYXB, otrzymujmy równania:

$$p + q + r = 6$$
$$t_{AX}(p) + t_{XB}(p + r) = t_{AY}(q + r) + t_{YB}(q) =$$
$$t_{AY}(q + r) + t_{YX}(r) + t_{XB}(p + r)$$

$$50+p+10(p+r) = 10(q+r)+50+q = 10(q+r)+10+r+10(p+r)$$

rozwiązaniem jest $p = q = r = 2$.
Czas przejazdu każdej z tych dróg wynosi wówczas
$50 + 2 + 10(2 + 2) = 92$ minuty.

Słabe punkty istniejacych rozwiazań

Paradoks Braessa został sformułowany w roku 1970, a od roku 1996 zaczęły pojawiać się prace negujące lub podważające paradoks. Wiele miast jednak brało i bierze pod uwagę paradoks Braessa podczas projektowania swojej przestrzeni, przykładami są:

- Korea, Seul, likwidacja m.in. estakad Cheonggyecheon,
- Niemcy, Stuttgart, likwidacja dróg zbudowanych w latach 60,
- USA, Nowy Jork, czasowe zamknięcie ulicy 42,
- USA, Winnipeg.

Symulator transportu

Rysunek 7 : Logo symulatora transportu MATSim

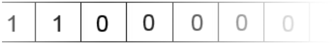
- Dostarcza symulację zachowań mobilnych opartych na agentach.
- Zapewnia szybkość i stabilność działania.
- Przedstawia analizę dostarczanych wyników.
- Pozwala na podejście modułowe.
- Został stworzony w ramach licencji otwartego oprogramowania.

Przestrzeń poszukiwań

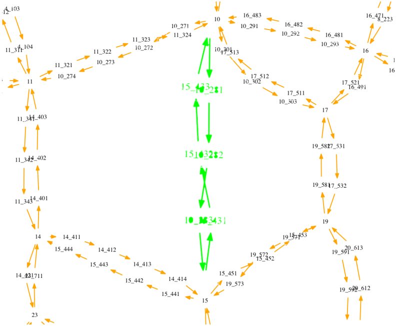
Najlepszego rozwiązania będę poszukiwał wykorzystując klasyczny algorytm genetyczny.

Rysunek 8 : Logo biblioteki Apache Commons Math

Klasyczny algorytm genetyczny

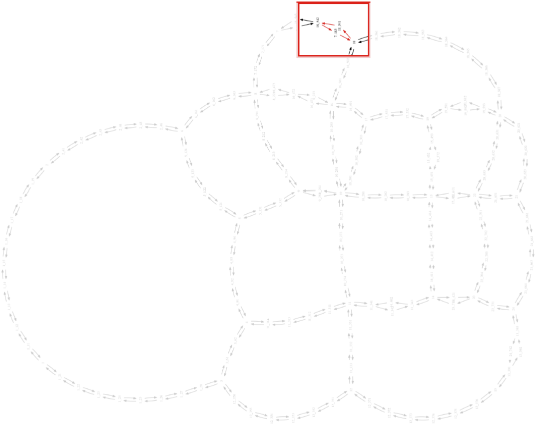


Rysunek 9 : Fragment sieci w postaci tablicy binarnej



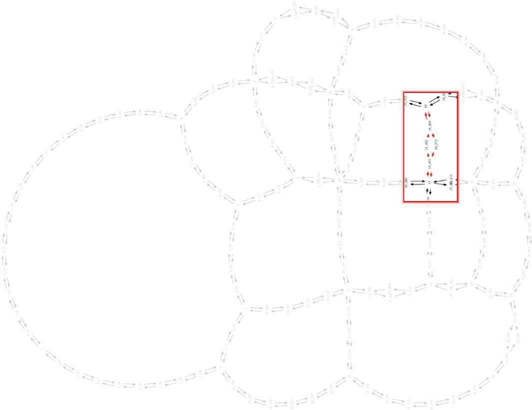
Rysunek 10 : Fragment sieci w postaci grafu

Zamykane obszary



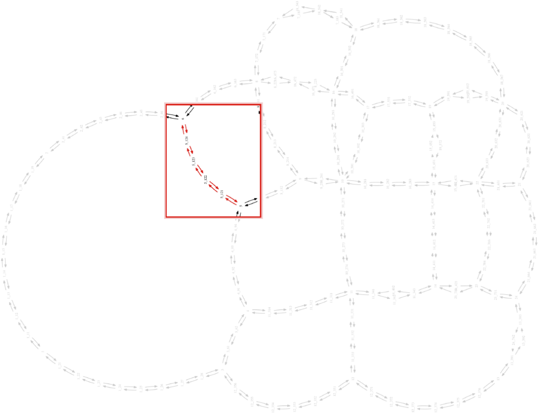
Rysunek 11 : Graf z zaznaczonym zamkniętym obszarem wspólnie dla wszystkich wyników.

Zamykane obszary



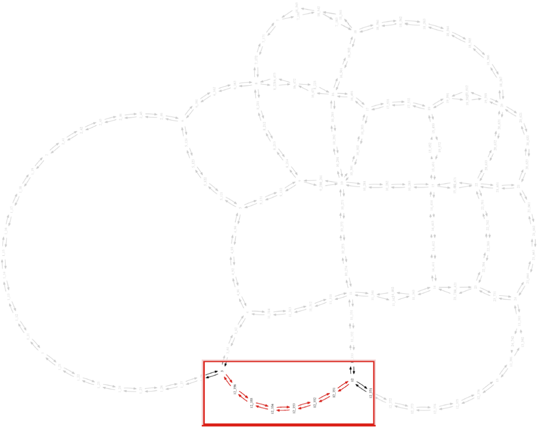
Rysunek 12 : Graf z zaznaczonym zamkniętym obszarem wspólnie dla wyników o ID: 5, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16.

Zamykane obszary



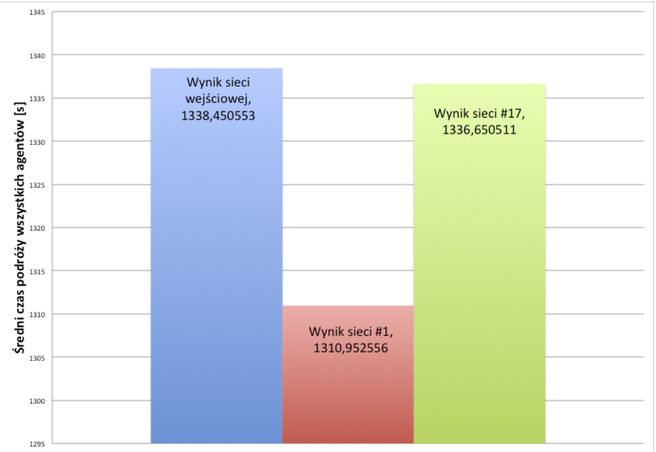
Rysunek 13 : Graf z zaznaczonym zamkniętym obszarem wspólnie dla wyników o ID: 2, 4, 6, 8, 12.

Zamykane obszary



Rysunek 14 : Graf z zaznaczonym zamkniętym obszarem wspólnie dla wyników o ID: 3, 8, 15.

Wyniki optymalizacji sieci



Rysunek 15 : Wykres porównujący wyniki optymalizacji.