

Prognozowanie Ruchu - wykłady

Metody ilościowe w planowaniu - znaczenie i zastosowanie.

dr inż. Rafał Kucharski¹

¹Katedra Systemów Transportowych
Politechnika Krakowska

Kraków, 2018



Wstęp



Metody ilościowe a metody opisowe

- A System komunikacyjny miasta funkcjonuje źle,
- autobusy się spóźniają,
 - kierowcy stoją w korkach,
 - powietrze jest zanieczyszczone,
 - a przestrzeń wspólna zastawiona samochodami.
- B System komunikacyjny miasta funkcjonuje następująco:
- średnia prędkość komunikacyjna to 15,7km/h,
 - straty czasu pasażerów to 360 pasażerogodzin dziennie,
 - średnia strata czasu to 15 minut na kierowcę,
 - poziom zanieczyszczenia to 120ton CO₂ rocznie,
 - w śródmieściu parkuje 15tyś samochodów.



Metody ilościowe a opisowe



Metody ilościowe a metody opisowe

A Zróbmy X, to będzie lepiej.

B Realizacja inwestycji $x \in X$ w wariancie $s \in S$ spowoduje:

- wzrost średniej prędkości komunikacyjnej do 16,3km/h (o 0,6km/h, 3,8%),
- spadek całkowitych strat czasu pasażerów o 4%,
- spadek średniej straty czasu o 1 minutę na kierowcę,
- spadek poziomu zanieczyszczenia o 6ton CO₂ rocznie,
- zmniejszenie liczby pojazdów w śródmieściu o 2 000.



Metody ilościowe

są mierzalne:	$a[km/h]$
są porównywalne:	$a > b > c$
są wrażliwe:	$(a - b)/b$
są obiektywne:	źle vs. 16,3
mają znaczenie:	13km/h



Metody ilościowe

- Pozwalają przenieść dyskusję planistyczną na inną płaszczyznę.
- Umożliwiają dialog pomiędzy uczestnikami procesu planistycznego.
- Umożliwiają stosowanie matematyki (ekonomii, inżynierii, fizyki, teorii podejmowania decyzji, optymalizacji).
- Pozwalają stosować modele, metody, algorytmy - przejrzyste, powtarzalne, weryfikowalne, elastyczne.
- Pozwalają monitorować system i weryfikować realizację założeń.



Miary ilościowe



Podstawowe:

- długość sieci (km dróg);
- liczba linii komunikacji zbiorowej;
- liczba tramwajów;
- ilość wozokilometrów;

niewiele mówią, zazwyczaj arbitralne, niewrażliwe na zmiany i wariantowanie.

X



Zmienne objaśniające popytu:

- liczba mieszkańców;
- liczba miejsc pracy;
- liczba miejsc w hotelach;
- liczba studentów i miejsc na uczelniach;

zazwyczaj niezależne; arbitralne, obliczane na podstawie zewnętrznych modeli (nie transportowych).

$$X$$


Wyniki obliczeń modelu popytu:

- liczba podróży;
 - w danej motywacji (D-P; I-D; S-D);
 - w danym obszarze (do Centrum);
 - danym środkiem transportu (komunikacją zbiorową);
 - w danym okresie czasu (w godzinie szczytu porannego);
- długość podróży;
- czas podróży;
- podział modalny;

na podstawie założeń ściśle zależnych od przesądzeń planisty; możliwość sprzężenia zwrotnego z modelem funkcjonowania sieci;

$$q = f(X)$$



Wyniki modelu funkcjonowania sieci:

- liczba pojazdów (na odcinku, relacji skrajnej, węzle);
- liczba pasażerów (na linii, w pojeździe, przesiadających się, w korytarzu);
- czas podróży, prędkość, strata czasu (na odcinku, relacji);

obliczane na podstawie modelu sieci (graf) zależne od jego szczegółowości (ujęcie skrzyżowań, węzłów przesiadkowych); zależne od popytu

$$t = f(q) \quad t = f(q = f(t))$$



Miary pośrednie:

- emisja zanieczyszczeń;
- hałas;
- przychody z biletów, opłat drogowych;
- wartość nieruchomości (mieszkań, biur);
- przychody z reklamy;
- liczba mieszkańców;
- jakość przestrzeni publicznej;
- liczba wypadków, zabitych;
- wartość czasu;

obliczane przy użyciu zewnętrznych modeli:

$$z = f(\mathbf{q}, t)$$



Praca ze zmiennymi



Interpretacja:

- skalar $x = 5$
- wektor $\mathbf{x} = \{4, 5, 6\}$
- macierz $\mathbf{x} = \{1, 2, 3; 4, 5, 6; 7, 8, 9\}$

- stała $x = 5$
- zmienna $y = 3x + 5$
funkcja jednej zmiennej $y = f(x)$, lub wektora $y = f(\mathbf{x})$

- deterministyczna $x = 5$
- losowa $x = N(5, \sigma)$



Odniesienie:

Miary określone są zazwyczaj dla pojedynczego elementu, np. czas przejazdu odcinka:

$$t_a$$

liczba podróży pomiędzy źródłem o a celem d :

$$q_{od}$$

liczba pojazdów na odcinku a w przedziale czasu τ :

$$q_a(\tau)$$



Wielkości zbiorów:

W całej sieci elementów jest wiele, wobec tego mamy do czynienia z wektorami:

$$\mathbf{t} = \{t_a : a \in A\}$$

macierzami:

$$\mathbf{q} = \{q_{od} : o \in Z, d \in Z\}$$

funkcjami czasu:

$$q_a(\tau \in T)$$

Typowe kardynalności w modelach:

- liczba węzłów n i odcinków a w grafie $G(N, A)$, wektory: $|a| \times 1$
- liczba rejonów i par rejonów, macierze $|Z| \times |Z|$
- zmienność w czasie, ciągłe funkcje czasu, lub ich aproksymacja przedziałowa (np. co 5 minut)



Agregacja:

Dla wektorów i macierzy najczęściej określamy, sumę:

$$\sum q = \sum_{o,d \in Z} q_{od}$$

średnią:

$$\bar{t} = \frac{\sum_{a \in A} t_a}{\|a\|}$$



Wyprowadzenie podstawowych charakterystyk

Dane wejściowe:

N liczba podróży [-]

T całkowity czas podróży [h]

L całkowity dystans podróży [km]

Wyniki:

- średni czas podróży:



Wyprowadzenie podstawowych charakterystyk

Dane wejściowe:

- N liczba podróży [-]
- T całkowity czas podróży [h]
- L całkowity dystans podróży [km]

Wyniki:

- średni czas podróży: T/N [h]
- średnia długość podróży:



Wyprowadzenie podstawowych charakterystyk

Dane wejściowe:

N liczba podróży [-]

T całkowity czas podróży [h]

L całkowity dystans podróży [km]

Wyniki:

- średni czas podróży: T/N [h]
- średnia długość podróży: L/N [km]
- średnia prędkość:



Wyprowadzenie podstawowych charakterystyk

Dane wejściowe:

N liczba podróży [-]

T całkowity czas podróży [h]

L całkowity dystans podróży [km]

Wyniki:

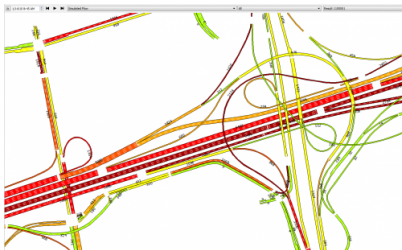
- średni czas podróży: T/N [h]
- średnia długość podróży: L/N [km]
- średnia prędkość: L/T [km/h]



Wizualizacja danych ilościowych

Bardzo atrakcyjny sposób **dodatkowego** przekazania informacji. Może być przedstawieniem zmiennej ilościowej w formie graficznej.

Przykład: grubość odcinka sieci drogowej o szerokości proporcjonalnej do danej miary, np. liczby pojazdów.

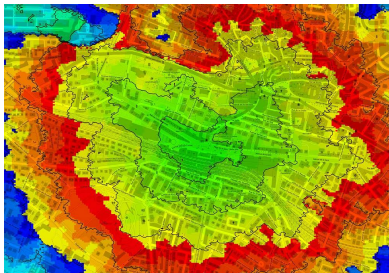


Problem: brak sumy, średniej, arbitralność skali i palety kolorów.



Wizualizacja danych ilościowych

Ryzyko - atrakcyjna wizualizacja oraz brak wartości liczbowej, np. izochrona:



jak określić poprawę dostępności na podstawie izochrony?



Źródła danych ilościowych



Źródła danych ilościowych

- A empiryczne (pomiary, obserwacje, badania);
- B teoretyczne (modele, algorytmy, zależności);



Źródła danych ilościowych

Praktycznie wszystkie podane wyżej miary możemy mierzyć, badać.

- pomiar liczby pojazdów;
- pomiar hałasu;
- spis ludności;
- badanie podróży (liczba podróży, długość, czas);

jest to stosunkowo kosztowne, ale wykonalne **teraz**.

A problem jaki omawiamy, to problem **prognozowania**.



Problem prognozowania



Planowanie

Określ optymalny kształt sieci transportowej w przyszłości.

Tj. spośród rozważanych (możliwych) planów (wariantów) rozwoju systemu określ ten którego efekty będą największe, a koszty najmniejsze.

Planujemy w przyszłość i decydujemy który z wariantów planu 'wygeneruje najwięcej korzyści najmniejszym kosztem'.



Prognoza korzyści inwestycji

A Zróbmy **X**, to będzie lepiej.

B Realizacja inwestycji $x \in X$ w wariantcie $s \in S$ spowoduje:

- wzrost średniej prędkości komunikacyjnej do 16,3km/h (o 0,6km/h, 3,8%),
- spadek całkowitych strat czasu pasażerów o 4%,
- spadek średniej straty czasu o 1 minutę na kierowcę,
- spadek poziomu zanieczyszczenia o 6ton CO₂ rocznie,
- zmniejszenie liczby pojazdów w śródmieściu o 2 000.



Prognoza korzyści inwestycji

Korzyść to funkcja zmiany w charakterystykach ilościowych, np. spadek czasu przejazdu, liczby wypadków, kosztów traconego czasu:

$$B = f(\Delta X)$$

Efektywność to zazwyczaj stosunek kosztów do korzyści (cost-benefit ratio):

$$E = B/C$$

im większe korzyści i niższe koszty, tym lepiej.



Prognoza korzyści inwestycji

Kluczowe dla określenia efektywności jest:

- 1 wybranie odpowiedniej postaci funkcji określającej korzyści zależnej od poszczególnych charakterystyk $x \in \mathbf{X}$. Konieczne jest określenie które zmienne są istotne i w jakim stopniu (dobór wag w_i). Najczęściej kombinacja liniowa:

$$K = \sum_{x_i \in X} w_i \cdot x_i$$

- 2 opracowanie **modelu** który pozwoli oszacować $\Delta \mathbf{X}$



Problem planowania

Wrażliwość

Mierzyć, badać i obserwować możemy teraźniejszość.

Nasz plan możemy zmierzyć tylko gdy stanie się on teraźniejszością.

Pytanie: skąd wiemy jaka będzie przyszłość, zanim stanie się teraźniejszością?



Problem planowania

Wrażliwość

Pytanie: skąd wiemy jaka będzie przyszłość, zanim stanie się teraźniejszością?

Odpowiedź: Model.



Problem planowania

Wrażliwość

Pytanie: skąd wiemy jaka będzie przyszłość, zanim stanie się teraźniejszością?

Odpowiedź: Model.

Co to jest model samolotu?

To jest samolot, ale nieprawdziwy. Mniejszy i wyglądający jak prawdziwy samolot. Nie robi tego co prawdziwy samolot, ale **pewne cechy na których nam zależy ma takie jak prawdziwy samolot.**



Problem planowania

Wrażliwość

Co to jest model samolotu?

To jest samolot, ale nieprawdziwy. Mniejszy i wyglądający jak prawdziwy samolot. Nie robi tego co prawdziwy samolot, ale **pewne cechy na których nam zależy ma takie jak prawdziwy samolot.**

Co to jest model systemu transportowego?

To jest system transportowy, ale nieprawdziwy. Wirtualny. Nie robi tego co prawdziwy system, ale **pewne cechy na których nam zależy ma takie jak prawdziwy system.**



Problem planowania

Wrażliwość

Co to jest model samolotu?

To jest samolot, ale nieprawdziwy. Mniejszy i wyglądający jak prawdziwy samolot. Nie robi tego co prawdziwy samolot, ale **pewne cechy na których nam zależy ma takie jak prawdziwy samolot.**

Co to jest model systemu transportowego?

To jest system transportowy, ale nieprawdziwy. Wirtualny. Nie robi tego co prawdziwy system, ale **pewne cechy na których nam zależy ma takie jak prawdziwy system.**

Zależy nam głównie na odpowiedniej **wrażliwości modelu na wprowadzenie planu, tj. odpowiedniego szacowania istotnych zmiany charakterystyk ilościowych po realizacji planu.**



Problem planowania

Wrażliwość

Plany:

- inwestycja drogowa (tunel pod Kopcem);
- priorytet dla tramwaju;
- nowe przejście dla pieszych;
- nowa taryfa;
- ograniczenie prędkości;
- metro w Krakowie;
- Centralny Port Lotniczy;
- Kolej Dużych Prędkości.

Pytanie:

jak zmieni się charakterystyka x_i po wprowadzeniu planu. Np. o ile zwiększy się średnia prędkość, o ile spadnie emisja zanieczyszczeń.

Problem planowania

Wrażliwość

$$x_i \rightarrow x_i^p$$

Pytanie: o ile zmieni się charakterystyka x_i w wyniku realizacji planu p i czy mamy wiarygodny model szacujący tę zmianę?



Dziękuję za uwagę

zapraszam do dyskusji

rkucharski (at) pk.edu.pl

