

Efektywność Inwestycji i Systemów Transportowych - wykłady

Metody ilościowe w planowaniu - znaczenie i zastosowanie.

dr inż. Rafał Kucharski¹

¹Katedra Systemów Transportowych
Politechnika Krakowska

Kraków, 2017



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 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 vs. 300kg CO ₂



Metody ilościowe

- Pozwalają przenieść dyskusje 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



Miary ilościowe

Podstawowe:

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

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

X



Miary ilościowe

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



Miary ilościowe

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;

$$q = f(X)$$



Miary ilościowe

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 ilościowe

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:

$$z = f(q, t)$$



Praca ze zmiennymi



Praca ze zmiennymi

Wstęp

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



Praca ze zmiennymi

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 :

$$q_a(\tau)$$



Praca ze zmiennymi

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)



Praca ze zmiennymi

Dla wektorów i macierzy najczęściej określamy, sumę:

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

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: 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 **planowania**.



Problem planowania



Problem planowania

Theorem (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'.



Problem planowania

Korzyści

- 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.



Problem planowania

Korzyści

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.



Problem planowania

Korzyści

Kluczowe dla określenia efektywności jest:

- 1 wybranie odpowiedniej postaci funkcji określającej korzyści zależnej od poszczególnych charakterystyk $x \in X$. 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 ΔX



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 i 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

w przyszłym tygodniu: Model Funkcjonowania sieci.

