

# Automatické řízení dopravy -

- současný stav a výhled do budoucna

Jitka Homolová, Pavla Pecherková, Lenka Pavelková,

Jan Přikryl, Pavel Dohnal, Ivan Nagy

Nápady: Miroslav Kárný

Placeno: grant MD ČR

# Současný stav

## Cíl dopravního řízení

- Snížení dopravní a ekologické zátěže velkých měst
- Zvýšení bezpečnosti provozu jak pro automobily, tak i pro chodce

## Podstata řízení

- Systém - dopravní mikroblast (řízené křižovatky, měření dat)
- Data - intenzity (auta/hod) a obsazenosti (auta/km) dopravního proudu
- Řízení - poměr zelené na semaforech (délka cyklu)
- Řízená veličina - délky kolon v ramenech řízených křižovatek

# Fyzikální model mikrooblasti (1)

Pro každé rameno řízené křížovatky, kde kolona je:

- **Hydrodynamická analogie** pro délky kolon

$$\xi_t = \xi_{t-1} + I_t - Sz_t$$

kde  $\xi$  je délka kolony,  $I$  je vstupní intenzita,  $S$  je saturovaný tok a  $z$  je poměr zelené.

- **Vztah kolona - obsazenost**

$$O_t = \kappa \xi_t + \lambda$$

kde  $O$  je obsazenost a  $\kappa, \lambda$  jsou koeficienty úměrnosti.

## Fyzikální model mikrooblasti (2)

Pro každé rameno řízené křížovatky, kde kolona není:

- Hydrodynamická analogie pro délky kolon

$$\xi_t = l_t - l_t z_t = (1 - z_t) l_t$$

- Vztah kolona - obsazenost

$$O_t = \kappa \xi_t + \lambda$$

Kdy kolona je a kdy není?

Kolona není, jestliže kolona na konci zelené je nulová. Je když je větší než nula.

Hranice je:

$$l_t (1 - z_t) = S z_t$$

# Stavový model

## Pro celou mikroblast:

Stavový model

$$\begin{aligned}x_t &= Ax_{t-1} + Bu_t + F + w_t \\y_t &= Cx_t + G + e_t\end{aligned}$$

kde

- $x$  je vektor stavu, obsahující délky kolon a vstupní obsazenosti
- $u$  je řízení, sestavené z poměrů zelených na semaforech
- $y$  je výstup, složený z výstupních intenzit a vstupních obsazeností
- $A, B, C, F, G$  jsou matice (vektory), v nichž se vyskytují **parametry** mikroblasti - saturované toky, směrové vztahy,  $\kappa$ ,  $\lambda$  a **vstupní intenzity**

# Odhad modelu

Základní odhad: **Kalmanův filtr.**

Ale

- parametry mohou být nepřesně známé - saturované toky,
- nebo dokonce proměnné - směrové vztahy
- a vstupní intenzity neměřené - z vedlejších ulic.

Proto je třeba parametry a vstupy odhadovat → nelineární odhad - **DD1, Monte Carlo**

Uvažuje se o hierarchické spolupráci lokálních a globálních filtrů.

# Řízení

## Kriterium pro řízení

- vážený součet délek kolon

$$J = \sum_{i=1}^N w_i \xi_i$$

- $w$  - váhy - případně dopravně závislé
- řízení na horizontu - stabilizace.

## Řízení

Lineární model, lineární kriterium, → **Lineární programování**

# Nadřazená úroveň řízení

- Uvedené řízení platí pro každou mikroblast.
- Sousední mikroblasti se negativně ovlivňují

→ koordinace → nadřazení řízení

## Nadřazené řízení - analogie lokálnímu:

- rameno křižovatky - mikroblast,
- kolona - množství aut v mikroblasti.

Pro odhady množství aut z lokálního řízení se provádí **lineární programování**, zajišťující rovnoměrnost zátěže v mikroblastech.

# Experimenty

- Ověření na digitální simulaci s reálnými vstupy
  - základní testy s jedním ramenem
  - testy s mikroblastí o 10ti křižovatkách
  - testy nadřazeného řízení - 2 oblasti 6 a 4 křižovatky
- Ověření se simulátorem GETRAM / AIMSUM
  - dvě křižovatky - základní testy
  - oblast Smíchova: Zborovská, Svornosti - 10 křižovatek, 4 řízené
- Ověření v reálné oblasti
  - Smíchov, Zličín ?
  - Brno
  - Drážďany
  - Tesalonika
  - ???

# Co dál?

Co zbývá dodělat v současném přístupu

- Odhadování - nejobtížnější část
  - automatický start odhadovacích metod (počáteční kovariance pro KF)
  - spolupráce lokálního (DD1) a globálního (particle filters) odhadovače
  - hledání nových metod měření délky kolon (videodetectce, GPS, atd.)
- Testování - v simulátoru AIMSUN
  - propojení simulátoru a řídícího počítače
  - systematické testy chování řídícího systému
- Příprava reálné aplikace
  - virtuální detektor mezi simulátorem a řídícím počítačem
  - hledání vhodné oblasti
  - příprava SW i HW pro vlastní spuštění řízení v reálné oblasti
  - byrokracie ?

# Co ještě dál??

S čím počítáme výhledově

- Zavedení dopravního zpoždění v modelu podle pohybu aut.
- Využití všech detektorů pro získávání informace z dopravních dat.
- Popis dopravního systému pomocí black-box modelu a identifikace z dat.
- Kombinace black-box modelu s fyzikálním modelem jako vedlejší podmínkou pro identifikaci.
- Kvadratická syntéza s black-box modelem optimální na horizontu.
- Přechod normálních šumů k rovnoměrným nebo log-normálním.
- Popis dopravní mikrooblasti pomocí diskrétního modelu (bayesovské sítě).
- Vytvoření modelu popisem spojitého pohybu aut a jejich vzájemné interakce.

Pořád je co dělat !

... a to je dobré :-)