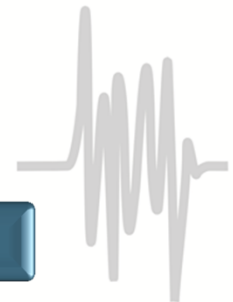


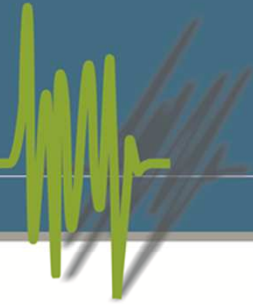
# 01MDS





Group of Applied Mathematics  
and Stochastics

Department of Mathematics, FNSPE, CTU in Prague



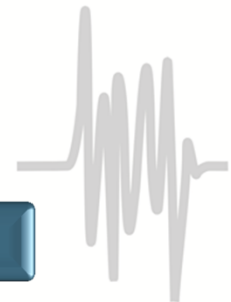
# 01MDS

## Modely dopravních systémů (úvodní přednáška)

Milan Krbálek

Katedra matematiky Fakulty jaderné a fyzikálně inženýrské, ČVUT v Praze

[http://www.krbalek.cz/For\\_students/mds/mds.html](http://www.krbalek.cz/For_students/mds/mds.html)



# 01MDS - Modely dopravních systémů

Milan Krbálek, katedra matematiky, FJFI ČVUT v Praze

Úvodní přednáška

**TÄRÄFFÄGÄ = TRAFFIC** (zvolna se spolu procházet)

Harold Greenberg, 1959:

*„The volume of vehicular traffic in the past several years has rapidly outstripped the capacities of the nation’s highways. It has become increasingly necessary to understand the dynamics of traffic flow and obtain a mathematical description of the process.”*



# 01MDS - Modely dopravních systémů

Milan Krbálek, katedra matematiky, FJFI ČVUT v Praze

Úvodní přednáška

## TÄRÄFFÄGÄ = TRAFFIC

*Dopravní systém* = systém vozidel pohybujících se (v jednom nebo dvou směrech) na vymezeném úseku jednoproudé či víceproudé komunikace

- jde o speciální případ tzv. samoorganizovaného agentního systému
- vybraný agent je ovlivňován pohybem ostatních agentů
- lokální povaha interakcí
- proces adaptace na chování skupiny
- rozhodovací proces je individuální a je ovlivněn celou řadou vnitřních a vnějších faktorů
- efekty saturace a hystereze

*Příbuzné systémy* = pohybující se chodci, autobusová doprava, dav v panice, písmena v textu, parkovací procedura vozidel,...



# 01MDS - Modely dopravních systémů

Milan Krbálek, katedra matematiky, FJFI ČVUT v Praze

Úvodní přednáška

## Automobilová doprava (typologie)

*Dopravní systém* = systém vozidel pohybujících se (v jednom nebo dvou směrech) na vymezeném úseku jednoproudé či víceproudé komunikace

- dělení dle směru (jednosměrná vs. dvousměrná)
- dělení dle počti pruhů (jednoproudé nebo víceproudé)
- s předjížděním/bez předjíždění
- s křižovatkami/bez křižovatek
- s on-rampami (dálničními přivaděči)
- s off-rampami (dálničními výjezdy)
- se světelnou signalizací/bez světelné signalizace

*Náš hlavní cíl* = studium jednosměrné jednoproudé komunikace bez přivaděčů



# 01MDS - Modely dopravních systémů

Milan Krbálek, katedra matematiky, FJFI ČVUT v Praze

Úvodní přednáška

## Znaky dopravního systému

- sociální interakce = nefyzikální síly
- střední dosah interakcí
- psychologické aspekty
- individuální faktory ovlivňující celý systém (individuální optima)
- synchronizace reakcí sousedních vozidel
- efekty samoorganizace (saturace, kongesce, stop-and-go)
- vlivy okolních podmínek (počasí, stav a tvar vozovky,...)
- externí řídicí mechanismy (dopravní signalizace)



# 01MDS - Modely dopravních systémů

Milan Krbálek, katedra matematiky, FJFI ČVUT v Praze

Úvodní přednáška

## Metody studia dopravních systémů

- pasivní dopravní monitoring (+ vyhodnocování statistik)
- empirické studie = analýzy experimentálních dat (+ kvantitativní a kvalitativní vyhodnocení dat)
- fenomenologické závislosti
- kvantifikace dopravních faktorů (včetně sociofyzikálních)
- formulace modelů
- konfrontace modelů s dopravní realitou (makro a mikro)
- predikce dopravních proudů na základě výstupů modelu
- optimalizace dopravního řízení na základě výstupů dopravních modelů
- efektivní řízení dopravy v reálném čase (spojité vyhodnocování aktuálních dat)



# 01MDS - Modely dopravních systémů

Milan Krbálek, katedra matematiky, FJFI ČVUT v Praze

Úvodní přednáška

## Teorie na pozadí

- dopravní intuice
- makroskopická analýza dopravních dat
- statistická analýza dopravních dat (zejména mikroskopických)
- teorie stochastických procesů
- metody matematické fyziky
- teorie celulárních (buněčných) automatů
- teorie chaosu
- teorie náhodných matic
- teorie front
- teorie katastrof





# 01MDS - Modely dopravních systémů

Milan Krbálek, katedra matematiky, FJFI ČVUT v Praze

Úvodní přednáška

## Matematický a fyzikální aparát

### Matematika

- lineární algebra
- matematická analýza
- matematická statistika
- metody matematické fyziky
- numerická matematika
- metody Monte Carlo
- metody RMT

### Fyzika

- mechanika
- elektřina a magnetismus
- statistická fyzika
- termodynamická fyzika
- teoretická fyzika
- kvantová fyzika
- teorie chaosu



# 01MDS - Modely dopravních systémů

Milan Krbálek, katedra matematiky, FJFI ČVUT v Praze

Úvodní přednáška

## Historie dopravního modelování

- **1935 – Greenshields „Study of highway capacity“**
  - Special Report on Traffic Flow Theory
- **50-tá léta – pionýři dopravní vědy**
  - 1955 – Lighthill & Whitham
  - 1956 – Richards
  - 1959 – Greenbergův citát
  - 1959 – Godunov (integrační metoda)
  - 1969 – Montroll „3 examples of one-dimensional systems“
- **90-tá léta – faktický začátek systematické dopravní vědy (první publikace v impaktovaných časopisech)**
  - 1992 – Biham
  - 1992 – Nagel & Schreckenberg
  - 1992 – Bernard Derrida
  - 1993 – Biham
  - 1994 – Kerner & Konhäuser



## Metody modelování dopravního proudu

- **1. Kontinuální modely**
  - 1a) modely odvozené od dynamiky tekutin
    - t.j. dopravní tok je kapalina s jistými zákony zachování
  - 1b) modely odvozené od dynamiky plynů
    - t.j. dopravní tok je stlačitelný plyn s termodynamickými zákony
- **2. Mikroskopické modely**
  - 2a) celulární (buněčné) modely
    - částice v řetězci buněk
  - 2b) force-modely
    - pohybová rovnice a její psychosociální modifikace
  - 2c) molekulární termodynamické modely
    - vozidla jsou molekuly, interakce jsou termodynamické, šum je sociálně-psychologický



# 01MDS - Modely dopravních systémů

Milan Krbálek, katedra matematiky, FJFI ČVUT v Praze

Úvodní přednáška

## Dopravní experimenty

- **1. Historická fotodetekce**
  - 1a) pozemní fotografie (Greenshields 1935)
  - 1b) letecké snímkování (fototrajektorie)
- **2. Intruzivní detekce**
  - 2a) detektory založené na indukčních smyčkách (kumulativní detektory)
  - 2b) detektory založené na dvojitých indukčních smyčkách (měření mikroskopických veličin)
- **3. Neintruzivní detekce**
  - 3a) videodetekce (kamerové systémy)
  - 3b) detekce spojená s infrastrukturou mýtného systému (mýtné brány)
  - 3c) ultrazvukové detektory (dopplerovské radary)
  - 3d) mikrovlnné radary
  - 3e) laserové skenovací měřiče

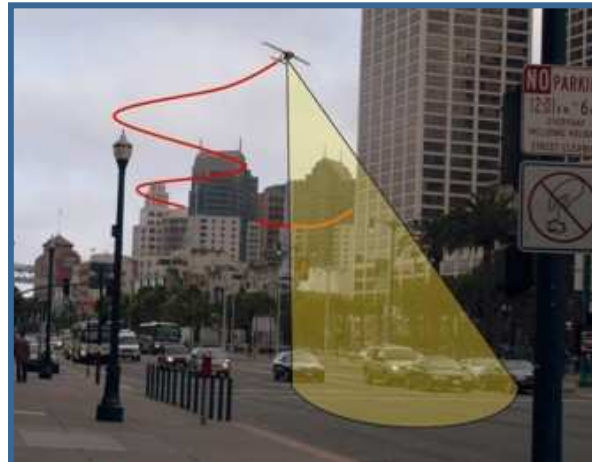


# 01MDS - Modely dopravních systémů

Milan Krbálek, katedra matematiky, FJFI ČVUT v Praze

Úvodní přednáška

## Dopravní monitoring

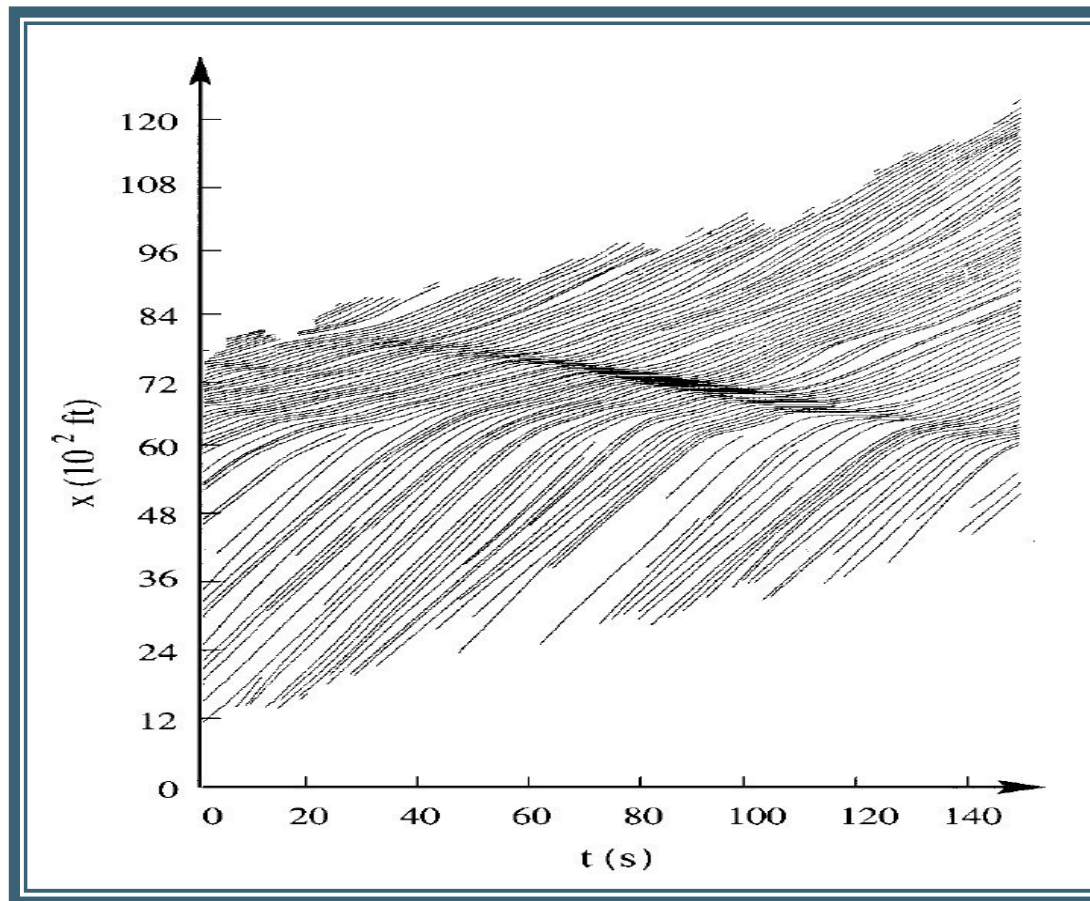


# 01MDS - Modely dopravních systémů

Milan Krbálek, katedra matematiky, FJFI ČVUT v Praze

Úvodní přednáška

## Výstupy dopravních měření

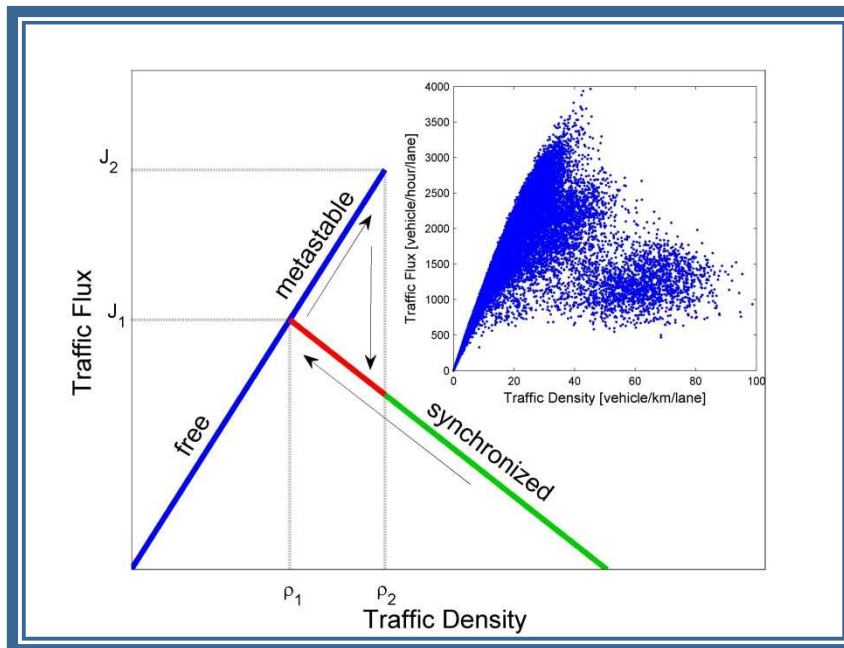


# 01MDS - Modely dopravních systémů

Milan Krbálek, katedra matematiky, FJFI ČVUT v Praze

Úvodní přednáška

## Makroskopické charakteristiky dopravy



### Makroskopické dopravní veličiny

- dopravní tok  $J$
- *dopravní hustota*  $\rho$

### Efekty saturace a hystereze

- *volná*, resp. *synchronizovaná* fáze dopravy
- dopravní *kongesce*
- stav *stop-and-go*

