

Sistemas Inteligentes de Transportes (ITS)

RESUMO CAP. 6 – ASPECTOS
GERAIS

Isake Adel Vieira Kuchta de Almeida – 9838498

Jean Rafael Bueno Silva - 9838904

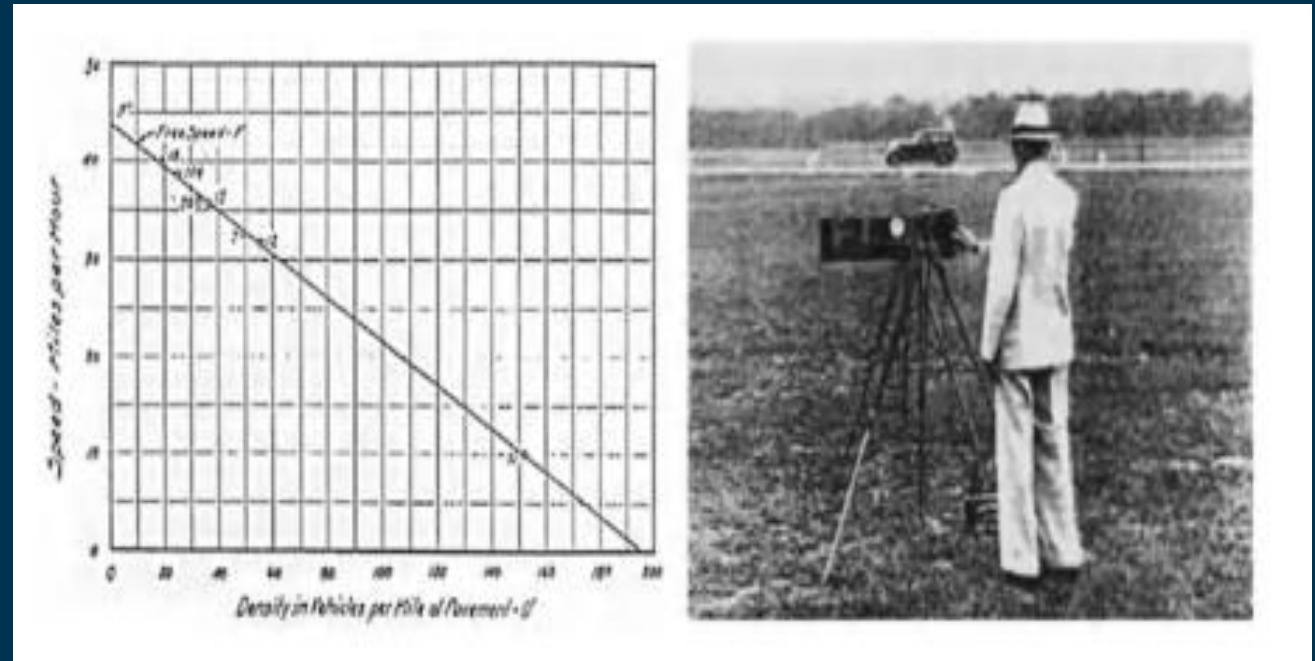
João Pedro Alves Sanchez – 9839029

Agenda

- 6.1 → História e escopo do modelo de fluxo de tráfego;
- 6.2 → Classificação do modelo;
 - 6.2.1 → Nível de agregação;
 - 6.2.2 → Estrutura matemática;
 - 6.2.3 → Outros critérios;
- 6.3 → Tráfego não motorizado.

História e Escopo da *Traffic Flow Theory*

- Bruce D. Greenshields em 1930 foi o pioneiro da teoria e modelagem do fluxo de tráfego;
- Em 1990 ganha força com o aumento da demanda geral do tráfego e com a facilidade de acesso a dados computacionais



História e Escopo da *Traffic Flow Theory*

Diferenças entre modelagem de fluxo de tráfego e planejamento de transportes

Aspecto	Modelagem de fluxo de tráfego	Planejamento de transportes
Temporal	Escala de tempo: de minutos a horas	Escala de tempo: dias ou até anos
Objetivo	Assume demanda de tráfego fornecida externamente e infraestrutura fixa	Modela a dinâmica da demanda de tráfego e os efeitos das mudanças de infraestrutura
Subjetivo	Análise do comportamento de direção operacional humano	Análise de escolha de destino, atividade, modo e rota

História e Escopo da *Traffic Flow Theory*

Diferenças entre modelagem de fluxo de tráfego e planejamento de transportes

Aspecto	Abordagem para lidar com um problema (Exemplo: probabilidade de engarrafamentos)
Modelagem de fluxo de tráfego	Simulação com regulamentos de trânsito, limites de velocidade, medição na rampa, proibições na passagem de caminhões ou sinais de mensagem para avisos de rota alternativa
Planejamento de transportes	Simulação com alterações na infraestrutura viária, incentivos para usar diferentes meios de transporte, dispersão os horários de pico ou redução da demanda geral do tráfego.

Classificações dos modelos

Níveis de agregação

- Os modelos podem ser categorizados de diversas formas:
 - Nível de agregação;
 - Estrutura matemática;
 - Aspectos conceituais

Macroscopic Model



$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} (\rho V_e(\rho)) = 0$$

Microscopic Model



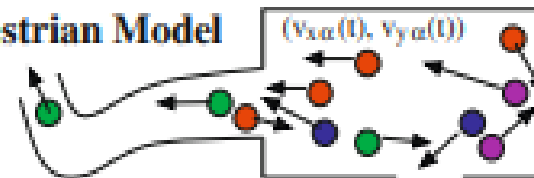
$$\frac{dv_\alpha}{dt} = a_\alpha(s_\alpha, v_\alpha, \Delta v_\alpha)$$

Cellular Automaton (CA)



$$n_j(t+1) = F(\{n_k(t)\})$$

Pedestrian Model



$$\frac{d\vec{v}_\alpha}{dt} = \vec{a}_\alpha(\vec{v}_\alpha, \vec{v}_{0\alpha}, \{\vec{x}_\beta\}, \text{Walls} \dots)$$

Classificações dos modelos

Níveis de agregação

Modelo macroscópico

- Descrição do fluxo de maneira análoga a fluidos em movimento;
- Variáveis dinâmicas, variam no espaço e no tempo:
 - Densidade de tráfego;
 - Fluxo;
 - Velocidade média;
- Capazes de descrever fenômenos coletivos
- Os resultados são úteis quando:
 - Efeitos difíceis de descrever macroscopicamente podem ser desprezados;
 - Se o tempo de cálculo da simulação for crítico
 - Quantidades macroscópicas, apenas.

Classificações dos modelos

Níveis de agregação

Modelo microscópico

- Descrição “partículas motorista-veículo” individuais, que por sua vez compõem o fluxo de tráfego;
- Variáveis dinâmicas, variam no espaço e no tempo:
 - Posição do veículo;
 - Velocidade do veículo;
 - Aceleração do veículo;
- Descrevem as reações particulares de cada motorista;
- Os resultados são úteis quando:
 - Modelagem de como veículos individuais afetam o tráfego;
 - Situações em que a heterogeneidade desempenha papel importante;
 - Descrição do comportamento humano ao dirigir;
 - Visualização de interações entre os participantes
- Cada vez mais importante.

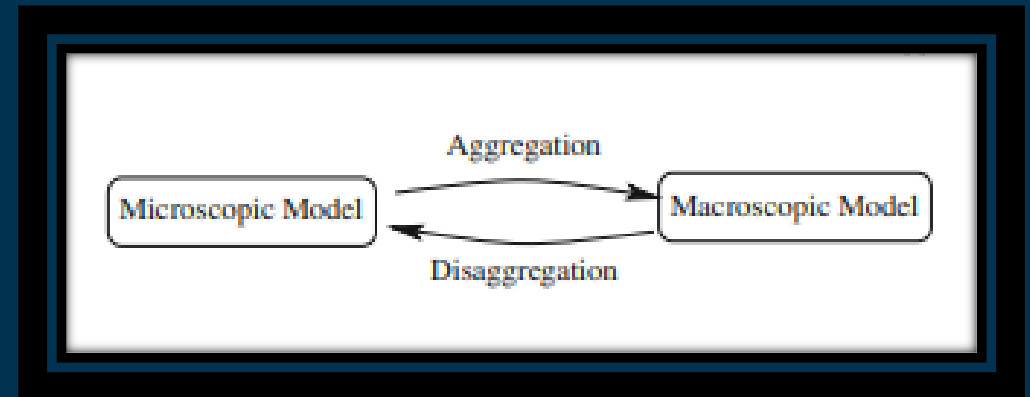
Classificações dos modelos

Níveis de agregação

Modelo mesoscópico

- Combinação dos modelos macro e microscópicos;
- Quantidades macroscópicas podem ser obtidas a partir de quantidades microscópicas, por agregação local;
- Regiões espaço-temporais que são microscopicamente grandes, de modo que tenham um número significativo de veículos para calcular a média;
- Simultaneamente, essas regiões devem ser macroscopicamente pequenas.

- A operação reversa, ou seja, obter informações de um veículo a partir de quantidades macroscópicas – por desagregação – é mais difícil;



- Aplicação: modelagem de seções críticas de uma estrada por modelo microscópico e o restante por modelo macroscópico.

Classificações dos modelos

Estrutura matemática

➤ Outra forma de se categorizar os modelos de fluxo de tráfego;

➤ Equações diferenciais Parciais (PDE):

- posição (x) e tempo (t) contínuos;
- Servem como variáveis independentes de campos contínuos [Velocidade local $V(x, t)$; Densidade $\rho(x, t)$];
- As equações do modelo contemplam suas derivadas em relação a qualquer uma das variáveis → Característica principal dos PDEs;
- Adequada para expressar modelos macroscópicos ou em certos tipos de modelos mesoscópicos;
- Permitem soluções analíticas em estado estacionário (diagrama fundamental) e expressões analíticas para os parâmetros buscados, além de permitirem uma solução numérica rápida;

➤ Equações diferenciais ordinárias acopladas:

- As variáveis de estado contínuo [Velocidade $v(t)$ e posição $x(t)$] dependem apenas de uma variável, o tempo;
- As equações do modelo contém as variáveis de estado e seu respectivo tempo deriváveis e são acopladas às equações do veículo inicial (característica que distingue esse modelo);
- Esta é a forma mais natural de descrever modelos microscópicos contínuos no tempo (modelos de seguimento de carros);

➤ Mapas iterados acoplados:

- Etapas de tempo discretas e variáveis de estado contínuas;
- O conjunto de variáveis de estado em determinado tempo fornece uma função (um mapa) dessas variáveis no intervalo ΔT ;
- Usados para modelos microscópicos e macroscópicos;
- Os mapas são acoplados porque o novo estado dos veículos ou das células dependem além do próprio antigo estado, do antigo estado dos veículos ou células vizinhas;

➤ Autômatos celulares (CA):

- Todas as variáveis são discretas;
- O espaço é dividido em células fixas e o tempo é atualizado em intervalos fixos. O estado de cada célula é binário (0 = nenhum veículo e 1 = veículo ou parte do veículo) e a ocupação das células é determinada em cada etapa de tempo e depende da ocupação no tempo anterior;
- Usados para modelos microscópicos majoritariamente, porém modelos macroscópicos de fluxo de tráfego na forma de um CA também são concebíveis;

Classificações dos modelos

Estrutura matemática

➤ Outra forma de se categorizar os modelos de fluxo de tráfego;

➤ Variáveis de estado discretas e tempo contínuo:

- Usada na maioria dos modelos para mudança de faixa;
- O índice de faixa é um número inteiro, então a mudança de faixa é irrealisticamente modelada como um processo instantâneo;

➤ Modelos estáticos:

- Também conhecidos como modelos de fluxo de tráfego;
- Descrevem correlações entre as variáveis de estado macroscópicas (densidade, fluxo, velocidade ou ocupação);
- A relação entre velocidade e densidade e o diagrama fundamental Q são exemplos desses modelos;
- As soluções de estado estacionário de modelos microscópicos dinâmicos ou macroscópicos também podem ser consideradas como modelos de fluxo de tráfego;

Classificações dos modelos

Outros critérios:

- Dependendo da aplicação, os modelos de fluxo de tráfego podem ser categorizados em relação a vários outros critérios;
- **Fundação conceitual:**
 - Pode-se distinguir entre modelos heurísticos e modelos de primeiros princípios;
 - Os modelos heurísticos são ajustados aos dados por técnicas de regressão, por exemplo, e não costumam ter resultados intuitivos.
 - Já os modelos de primeiros princípios são derivados de certas hipóteses assumidas (postulados), ou parâmetros previamente determinados como velocidade, aceleração, intervalos. Em modelos desse tipo que são representativos, os valores dos parâmetros calibrados assumirão valores bem razoáveis e significados intuitivos. (Por ex., os intervalos de tempo desejados entre 1 e 2seg e acelerações entre $0,8 - 2,5 \text{ m/s}^2$);
- **Aleatoriedade:**
 - Elementos aleatórios podem ser usados para descrever aspectos do fluxo de tráfego que são desconhecidos, imensuráveis, impossíveis de modelar ou "genuinamente" aleatórios (não-determinísticos ou estocásticos);
 - Numa simulação, esses termos são implementados usando geradores de números pseudo-aleatórios.
 - A aleatoriedade pode ocorrer em diferentes pontos:
 - 1. Comportamento imprevisível do motorista;
 - 2. Erros humanos;
 - 3. Mudanças no humor do motorista levando a mudanças no seu comportamento;
 - 4. Heterogeneidade nos veículos e nos motoristas;
 - Esses fatores são descritos atribuindo a cada veículo-motorista um pacote de parâmetros diferentes entre si dada uma distribuição probabilística, o que adiciona elementos estocásticos às condições de contorno e leva a estocásticas mudanças de percurso no modelo;
- **Um modelo também pode apresentar:**
 - Motoristas e veículos idênticos ou heterogêneos entre si;**
 - Comportamento de motoristas – constante ou variável**
 - Faixa única ou faixas múltiplas;**

Tráfego não motorizado

➤ O tráfego não motorizado inclui:

- Tráfego de pedestres;
- Tráfego de bicicletas
- Tráfego misto.

➤ Modelo microscópico é geralmente mais adequado;

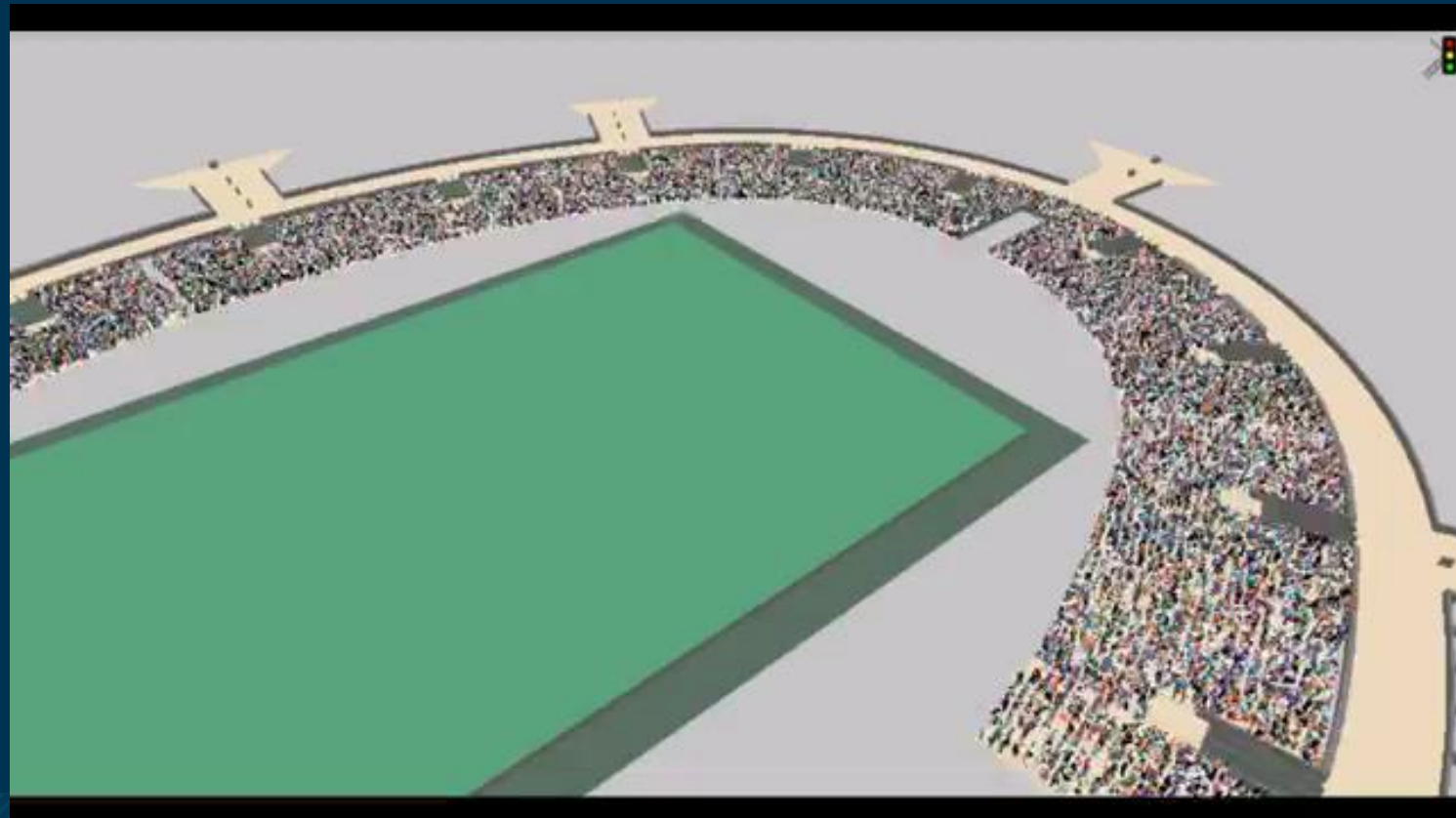
➤ Os pedestres geralmente podem se mover livremente em duas dimensões espaciais (x e y);

➤ Além disso, a velocidade desejada (caminhada) é uma quantidade vetorial, pois possui uma direção desejada.

Modelos de pedestres

➤ São usados em projetos de aeroportos, espaços públicos abertos, shoppings e para o planejamento de eventos em grande escala;

➤ Exemplo: Estudo de Fluxo de Multidões para o Estádio Beira Rio em Porto Alegre – RS para a Copa do Mundo de 2014.



Outros modelos de tráfego não motorizado

- Modelos para ciclistas, corredores e até patinadores;
- São quase inexistentes na literatura, embora existam muitas possíveis aplicações;
- Um exemplo de demanda é a de tráfego misto entre pedestres, motocicletas, carros, caminhões, bicicletas;
- Ademais, modelos de fluxo de corredores e patinadores podem otimizar a operação em eventos de grande escala.
 - Um exemplo é uma corrida de esqui que ocorre anualmente na Suécia (Vasaloppet), na qual ocorrem significativos “engarrafamentos” durante os primeiros quilômetros já que participam cerca de 15.000 esquiadores;
 - A modelagem poderia auxiliar no processo de planejamento e sugerir alternativas como um início escalonado ou então um limite superior para o número de participantes.

Outros modelos de tráfego não motorizado



Fig. 6.4 Mixed traffic in Hyderabad (India) (Courtesy of www.cepolina.com)



Fig. 6.5 Traffic jam of cross-country skiers at the Vasaloppet (Sweden) near the start



Obrigado