



# Bài giảng 04

## Tín hiệu đèn thông minh và mô phỏng giao thông

[Chương 4]

124007 - Chuyên đề: Hệ Thống Giao Thông Thông Minh  
[Intelligent Transportation Systems]

Tín hiệu đèn thông  
minh

- 1.1. Các khái niệm
- 1.2. Các chiến lược điều  
kiển tín hiệu đèn đơn lẻ
- 1.3. Điều khiển tín hiệu đèn  
liên hoàn

Mô phỏng giao thông

- 2.1. Các khái niệm
- 2.2. Thuận lợi và hạn chế  
của mô phỏng giao thông
- 2.3. Một số mô hình trong  
mô phỏng

TS. LÊ VĂN QUỐC ANH  
anh@ut.edu.vn  
ĐH GTVT TP.HCM

# Nội dung

Tín hiệu đèn thông minh và mô phỏng giao thông



## 1 Tín hiệu đèn thông minh

- 1.1. Các khái niệm
- 1.2. Các chiến lược điều khiển tín hiệu đèn đơn lẻ
- 1.3. Điều khiển tín hiệu đèn liên hoàn

## 2 Mô phỏng giao thông

- 2.1. Các khái niệm
- 2.2. Thuận lợi và hạn chế của mô phỏng giao thông
- 2.3. Một số mô hình trong mô phỏng

Tín hiệu đèn thông minh

- 1.1. Các khái niệm
- 1.2. Các chiến lược điều khiển tín hiệu đèn đơn lẻ
- 1.3. Điều khiển tín hiệu đèn liên hoàn

Mô phỏng giao thông

- 2.1. Các khái niệm
- 2.2. Thuận lợi và hạn chế của mô phỏng giao thông
- 2.3. Một số mô hình trong mô phỏng



Tín hiệu đèn thông  
minh

- 1.1. Các khái niệm
- 1.2. Các chiến lược điều  
kiển tín hiệu đèn đơn lẻ
- 1.3. Điều khiển tín hiệu đèn  
liên hoàn

Mô phỏng giao thông

- 2.1. Các khái niệm
- 2.2. Thuận lợi và hạn chế  
của mô phỏng giao thông
- 2.3. Một số mô hình trong  
mô phỏng

# 1. Tín hiệu đèn thông minh



Tín hiệu đèn thông  
minh

1.1. Các khái niệm

1.2. Các chiến lược điều  
kiển tín hiệu đèn đơn lẻ

1.3. Điều khiển tín hiệu đèn  
liên hoàn

Mô phỏng giao thông

2.1. Các khái niệm

2.2. Thuận lợi và hạn chế  
của mô phỏng giao thông

2.3. Một số mô hình trong  
mô phỏng

# 1. Tín hiệu đèn thông minh

## 1.1. Các khái niệm

# Điều khiển tín hiệu đèn tại các giao lộ

Tín hiệu đèn thông minh và mô phỏng giao thông



Tín hiệu đèn thông minh

- Advanced Arterial Traffic Control (AATC) Systems
- Gồm các **chiến lược** điều khiển hiệu quả tín hiệu đèn, có thể chia làm 2 nhóm:
  - Các chiến lược cho các giao lộ đơn lẻ: tín hiệu đèn của các giao lộ được điều khiển độc lập
  - Các chiến lược cho các cụm giao lộ: tín hiệu đèn của các giao lộ gần nhau được điều khiển phối hợp

1.1. Các khái niệm

- 1.2. Các chiến lược điều khiển tín hiệu đèn đơn lẻ
- 1.3. Điều khiển tín hiệu đèn liên hoàn

Mô phỏng giao thông

- 2.1. Các khái niệm
- 2.2. Thuận lợi và hạn chế của mô phỏng giao thông
- 2.3. Một số mô hình trong mô phỏng



Tín hiệu đèn thông  
minh

- 1.1. Các khái niệm
- 1.2. Các chiến lược điều  
kiển tín hiệu đèn đơn lẻ
- 1.3. Điều khiển tín hiệu đèn  
liên hoàn

Mô phỏng giao thông

- 2.1. Các khái niệm
- 2.2. Thuận lợi và hạn chế  
của mô phỏng giao thông
- 2.3. Một số mô hình trong  
mô phỏng

## 1.2. Các chiến lược điều khiển tín hiệu đèn đơn lẻ



## ● Định sẵn chu kỳ và pha (pretimed)

- Không cần thiết sử dụng sensors
- Khoảng thời gian của các đèn được xác định trước (căn cứ vào dữ liệu lịch sử)
- Không hiệu quả với các giao lộ có dòng giao thông biến đổi theo thời gian

## ● Điều khiển đèn kích hoạt (actuated control)

- Có thể xem như ứng dụng đầu tiên của IT cho các bài toán của giao thông
- Khoảng thời gian các đèn sẽ được thu ngắn, kéo dài tùy theo sự hiện diện kích hoạt của xe đi vào nút giao thông
- Tính toán dựa trên dữ liệu thực tế thu thập từ cảm biến (ví dụ vòng tucson)

### Tín hiệu đèn thông minh

1.1. Các khái niệm

1.2. Các chiến lược điều  
kiển tín hiệu đèn đơn lẻ

1.3. Điều khiển tín hiệu đèn  
liên hoàn

### Mô phỏng giao thông

2.1. Các khái niệm

2.2. Thuận lợi và hạn chế  
của mô phỏng giao thông

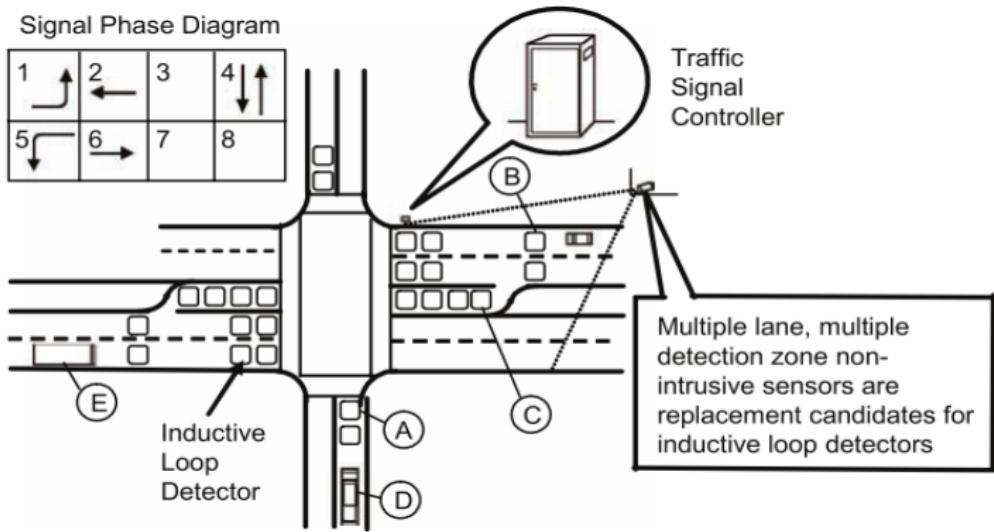
2.3. Một số mô hình trong  
mô phỏng

# Điều khiển đèn kích hoạt - Vị trí cảm biến

Tín hiệu đèn thông minh và mô phỏng giao thông



Signal Phase Diagram



[Source: Traffic Detector Handbook, 2006]

Các vị trí đặt cảm biến:

- (A) ngay vị trí vạch dừng; (B) phía trước vạch dừng;
- (C) làn đường rẽ trái; (D) vị trí để phát hiện xe ưu tiên; và
- (E) vị trí phát hiện xe Bus

Tín hiệu đèn thông minh

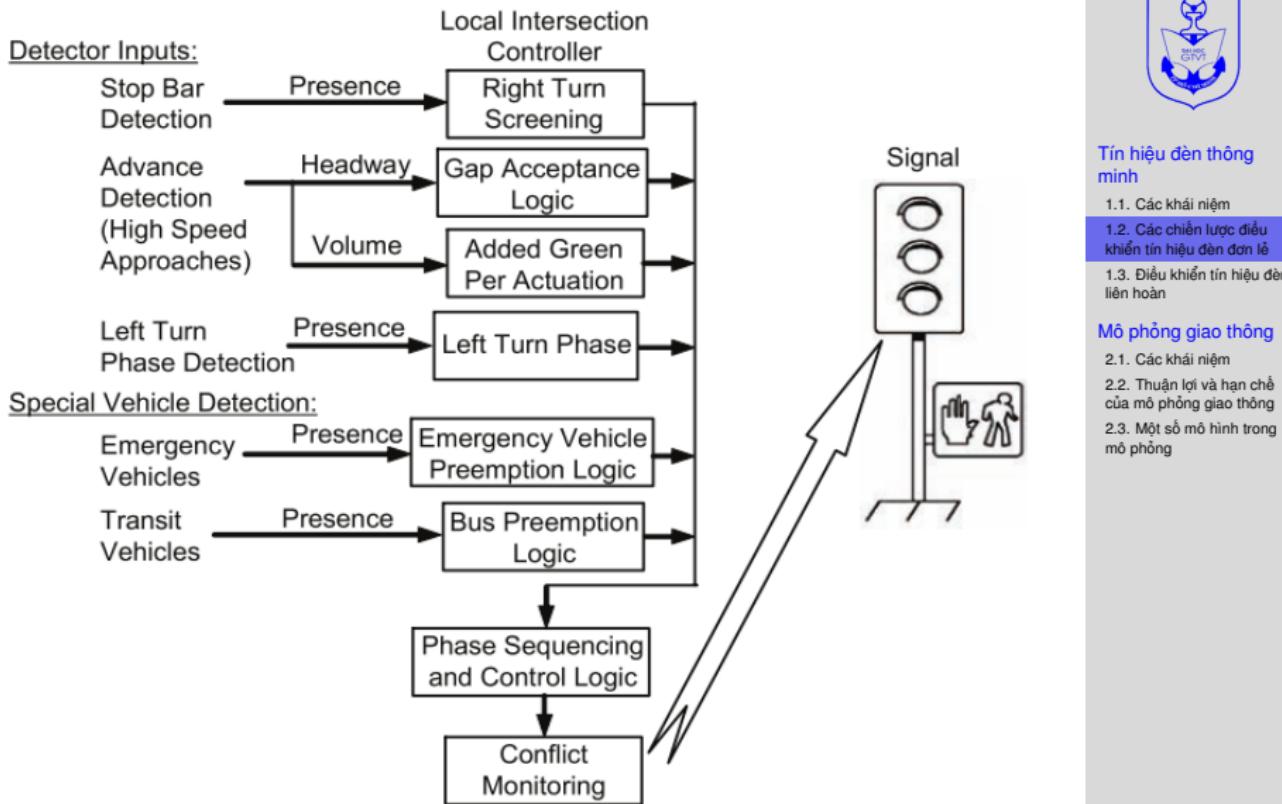
- 1.1. Các khái niệm
- 1.2. Các chiến lược điều khiển tín hiệu đèn đơn lẻ
- 1.3. Điều khiển tín hiệu đèn liên hoàn

Mô phỏng giao thông

- 2.1. Các khái niệm
- 2.2. Thuận lợi và hạn chế của mô phỏng giao thông
- 2.3. Một số mô hình trong mô phỏng

# Xử lý dữ liệu từ cảm biến

Tín hiệu đèn thông minh và mô phỏng giao thông



[Source: Traffic Detector Handbook, 2006]

Tín hiệu đèn thông minh

1. Các khái niệm
2. Các chiến lược điều khiển tín hiệu đèn đơn lẻ
3. Điều khiển tín hiệu đèn liên hoàn

Mô phỏng giao thông

1. Các khái niệm
2. Thuận lợi và hạn chế của mô phỏng giao thông
3. Một số mô hình trong mô phỏng

## Mức độ điều khiển: Bán phần và Toàn phần (1/2)

Tín hiệu đèn thông minh và mô phỏng giao thông



- **Kích hoạt bán phần (semiactuated):** đèn trên **đường chính** sẽ hoạt động theo chế độ không kích hoạt, nghĩa là nó luôn xanh nếu không nhận được tín hiệu nào từ các xe trên **đường phụ** kích hoạt xin xanh

- Chỉ cần cảm biến lắp đặt trên đường phụ
- Thích hợp khi xe trên đường phụ đến giao lộ một cách ngẫu nhiên hơn là khi xe trên đường phụ đến giao lộ thành từng nhóm (platoon - các xe di chuyển với khoảng cách gần và cùng tốc độ)
- Điều kiện trên thỏa khi các giao lộ của đường chính với đường phụ nằm cách xa nhau tương đối, và lưu lượng trên đường phụ không đều và chỉ bằng khoảng 20% so với đường chính

- **Kích hoạt toàn phần (fully actuated):**

Tín hiệu đèn thông minh

- 1.1. Các khái niệm
- 1.2. Các chiến lược điều khiển tín hiệu đèn đơn lẻ
- 1.3. Điều khiển tín hiệu đèn liên hoàn

Mô phỏng giao thông

- 2.1. Các khái niệm
- 2.2. Thuận lợi và hạn chế của mô phỏng giao thông
- 2.3. Một số mô hình trong mô phỏng

## Mức độ điều khiển: Bán phần và Toàn phần (2/2)

Tín hiệu đèn thông minh và mô phỏng giao thông



- Kích hoạt bán phần (semiactuated):
- Kích hoạt toàn phần (fully actuated):

- Dạng kích hoạt toàn phần sử dụng cảm biến cho tất cả các hướng vào nút và cho tất cả các pha
- Đây là phương pháp được sử dụng khá phổ biến cho các giao lộ độc lập
- Vì chu kỳ thay đổi liên tục nên dạng này có thể áp dụng cho cả giao lộ có xe thưa và cả giao lộ có phân bố xe biến động theo thời gian.

Tín hiệu đèn thông minh

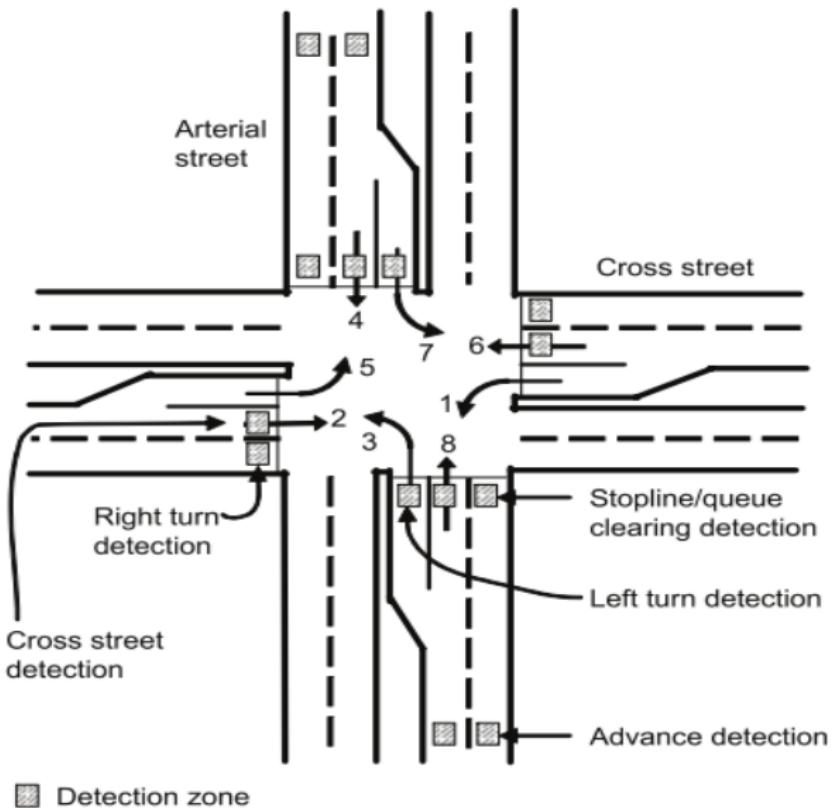
- 1. Các khái niệm
- 2. Các chiến lược điều khiển tín hiệu đèn đơn lẻ
- 3. Điều khiển tín hiệu đèn liên hoàn

Mô phỏng giao thông

- 2.1. Các khái niệm
- 2.2. Thuận lợi và hạn chế của mô phỏng giao thông
- 2.3. Một số mô hình trong mô phỏng

# Cảm biến lắp đặt cho chế độ điều khiển kích hoạt toàn phần

Tín hiệu đèn thông minh và mô phỏng giao thông



[Source: Traffic Detector Handbook, 2006]

## Tín hiệu đèn thông minh

- 1.1. Các khái niệm
- 1.2. Các chiến lược điều khiển tín hiệu đèn đơn lẻ
- 1.3. Điều khiển tín hiệu đèn liên hoàn

## Mô phỏng giao thông

- 2.1. Các khái niệm
- 2.2. Thuận lợi và hạn chế của mô phỏng giao thông
- 2.3. Một số mô hình trong mô phỏng

# Các chiến lược điều khiển đèn cho cụm giao lộ

Tín hiệu đèn thông minh và mô phỏng giao thông



## Mục tiêu:

- Cung cấp các tín hiệu điều khiển tổng hợp để các đoàn xe (platoons of vehicles) có thể di chuyển dọc các đường chính mà không phải dừng lại.
- Giúp dàn xếp điều khiển một vùng rộng để giảm thiểu hóa thời gian trễ tổng cộng và số lần dừng trong toàn bộ mạng lưới.
- Dạng điều khiển này chỉ có tác dụng khi dòng xe di chuyển theo từng đoàn và có thể dự đoán được thời gian đến của các đoàn xe ở các giao lộ.

## Tín hiệu đèn thông minh

1. Các khái niệm
2. Các chiến lược điều khiển tín hiệu đèn đơn lẻ
3. Điều khiển tín hiệu đèn liên hoàn

## Mô phỏng giao thông

1. Các khái niệm
2. Thuận lợi và hạn chế của mô phỏng giao thông
3. Một số mô hình trong mô phỏng



## Các dạng chiến lược điều khiển đèn cho cụm giao lộ (1/2)

❶ **Uncoordinated control** (Điều khiển không khôi hợp): điều khiển không cần xem xét hoạt động của các tín hiệu đèn liền kề

❷ **Time-based coordinated control - TBC** (điều khiển có sự phối hợp dựa vào thời gian):

- Không cần sensors
- Điều khiển tín hiệu đèn cho phép đoàn xe di chuyển mà không phải dừng
- Tối thiểu hóa thời gian trễ và số lần dừng trên toàn mạng lưới
- Dựa trên TOD/DOW timing plans và thời gian hiện tại

❸ **Interconnected control** (điều khiển liên kết nối):

- sự phối hợp dựa trên kết nối có dây hoặc không dây
- xác định độ lệch thời gian và chu kỳ đèn và định thời thực tế dựa trên TOD/DOW
- nhân viên điều hành có thể lựa chọn và tải về các timing plans, sửa đổi, cũng như giám sát và ghi lại trạng thái hệ thống.
- đáp ứng của hệ thống với sự thay đổi được đo lường trong vài tuần hoặc vài tháng

### Tín hiệu đèn thông minh

- 1.1. Các khái niệm
- 1.2. Các chiến lược điều  
kiển tín hiệu đèn đơn lẻ
- 1.3. Điều khiển tín hiệu đèn  
liên hoàn

### Mô phỏng giao thông

- 2.1. Các khái niệm
- 2.2. Thuận lợi và hạn chế  
của mô phỏng giao thông
- 2.3. Một số mô hình trong  
mô phỏng



## Các dạng chiến lược điều khiển đèn cho cụm giao lộ (2/2)

### ④ Traffic adjusted control (dạng điều chỉnh):

- dựa trên một số ít sensors
- định trước một số phương án điều khiển đèn cố định
- lựa chọn phương án điều khiển đèn nào dựa trên xử lý tín hiệu từ các sensors
- đáp ứng hệ thống khá chậm

### ⑤ Traffic responsive control (dạng đáp ứng):

- tối thiểu một sensor mỗi làn
- các phương án điều khiển đèn là linh động, với độ lệch thời gian và các chu kỳ có thể thay đổi để đáp ứng lại sự thay đổi của dòng giao thông.
- đáp ứng thay đổi theo từng chu kỳ

### ⑥ Traffic adaptive control (dạng thích nghi)

- sử dụng 2 sensors mỗi làn để tối ưu hóa sự hiệu quả
- không có khái niệm chu kỳ đèn, thời gian xanh, và độ lệch thời gian như ở các phương pháp cổ điển, mà các giá trị này được tối ưu dựa trên việc dự báo tình trạng giao thông trong tương lai gần
- tự tối ưu hóa việc điều khiển theo định kỳ vài giây
- đáp ứng cho hệ thống trước khi có sự thay đổi

### Tín hiệu đèn thông minh

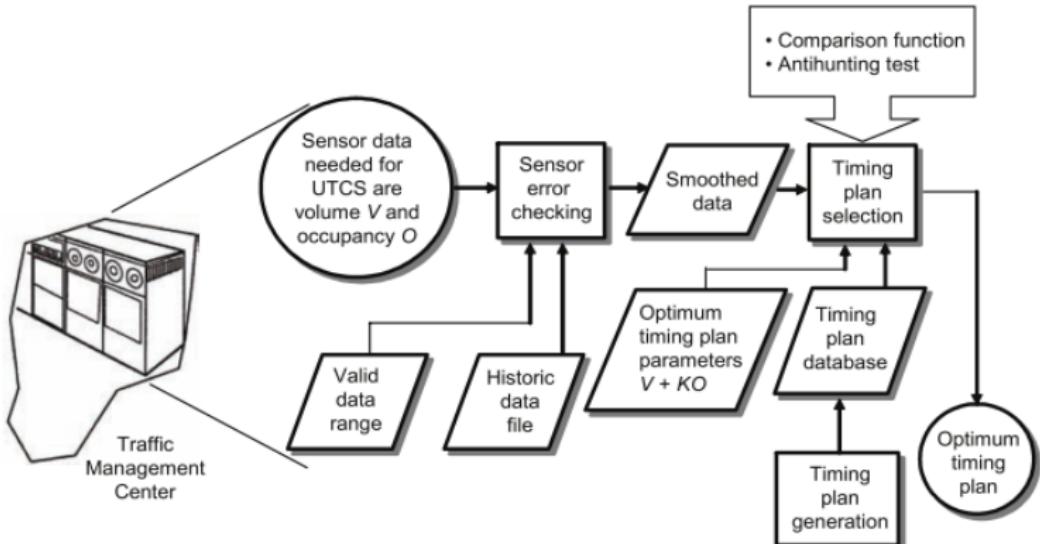
- 1.1. Các khái niệm
- 1.2. Các chiến lược điều  
kiển tín hiệu đèn đơn lẻ
- 1.3. Điều khiển tín hiệu đèn  
liên hoàn

### Mô phỏng giao thông

- 2.1. Các khái niệm
- 2.2. Thuận lợi và hạn chế  
của mô phỏng giao thông
- 2.3. Một số mô hình trong  
mô phỏng

# Quá trình lựa chọn phương án điều khiển đèn

Tín hiệu đèn thông minh và mô phỏng giao thông



[Source: Traffic Detector Handbook - 2006]

Tín hiệu đèn thông minh

1. Các khái niệm
2. Các chiến lược điều khiển tín hiệu đèn đơn lẻ
3. Điều khiển tín hiệu đèn liên hoàn

Mô phỏng giao thông

- 2.1. Các khái niệm
- 2.2. Thuận lợi và hạn chế của mô phỏng giao thông
- 2.3. Một số mô hình trong mô phỏng

# So sánh giữa các dạng điều khiển

Tín hiệu đèn thông minh và mô phỏng giao thông



Tín hiệu đèn thông minh

1.1. Các khái niệm

1.2. Các chiến lược điều khiển tín hiệu đèn đơn lẻ

1.3. Điều khiển tín hiệu đèn liên hoàn

Mô phỏng giao thông

2.1. Các khái niệm

2.2. Thuận lợi và hạn chế của mô phỏng giao thông

2.3. Một số mô hình trong mô phỏng

- Tham khảo tài liệu Traffic Detector Handbook, Bảng 3-1, Trang 3-14, 3-15



Tín hiệu đèn thông  
minh

- 1.1. Các khái niệm
- 1.2. Các chiến lược điều  
khiển tín hiệu đèn đơn lẻ
- 1.3. Điều khiển tín hiệu đèn  
liên hoàn

Mô phỏng giao thông

- 2.1. Các khái niệm
- 2.2. Thuận lợi và hạn chế  
của mô phỏng giao thông
- 2.3. Một số mô hình trong  
mô phỏng

### 1.3. Điều khiển tín hiệu đèn liên hoàn

# Giới thiệu

- Kiểm soát thời điểm bật xanh của các đèn tín hiệu kề liền nhau
- Cho phép các đoàn xe (platoons) có thể qua các giao lộ liên tiếp trong một khu vực mà không bị dừng
  - Ví dụ điều chỉnh thời điểm bắt đầu đèn xanh ở các giao lộ liên tiếp để tạo ra **làn xóng xanh** (green wave)
- Điều khiển đèn được điều chỉnh sau mỗi chu kỳ căn cứ vào dòng xe quan trắc được từ các hướng (dạng phản ứng)



[Source: telegraph.co.uk]

Tín hiệu đèn thông minh và mô phỏng giao thông



Tín hiệu đèn thông minh

1. Các khái niệm
2. Các chiến lược điều khiển tín hiệu đèn đơn lẻ
3. Điều khiển tín hiệu đèn liên hoàn

Mô phỏng giao thông

1. Các khái niệm
2. Thuận lợi và hạn chế của mô phỏng giao thông
3. Một số mô hình trong mô phỏng

## Mục đích

Tín hiệu đèn thông minh và mô phỏng giao thông



Tín hiệu đèn thông minh

- Kiểm soát đèn tín hiệu liên hoàn trong một mạng lưới các đường chính/nhánh.
- Hỗ trợ dòng xe di chuyển trên một hành lang trực chính có lưu lượng giao thông lớn
- Tối đa hóa năng lực thông hành cũng như giảm thiểu chệch trễ của các hành lang trực chính.

1. Các khái niệm  
1.2. Các chiến lược điều khiển tín hiệu đèn đơn lẻ  
1.3. Điều khiển tín hiệu đèn liên hoàn

Mô phỏng giao thông  
2.1. Các khái niệm  
2.2. Thuận lợi và hạn chế của mô phỏng giao thông  
2.3. Một số mô hình trong mô phỏng

## Yêu cầu

Tín hiệu đèn thông minh và mô phỏng giao thông



- Hữu hiệu khi dòng xe di chuyển theo nhóm và thời gian đến nút của chúng có thể dự đoán được
- Các nút giao phải gần nhau, tạo ra hiện tượng xe đến nút theo nhóm (đoàn xe - platoon)
  - Các nút giao thông cách nhau xa không thích hợp vì các xe khi di chuyển xa sẽ có xu hướng phân tán
- Tất cả các đèn trong cùng hệ thống này phải có cùng chu kỳ để có thể thực hiện phối hợp
  - Nếu 1 nút có lưu lượng lớn hẳn so với các nút khác thì có thể lấy chu kỳ nó bằng 2 lần chu kỳ các nút khác
- Các bộ điều khiển đèn phải được kết nối để thực hiện đồng bộ
  - Qua một bộ điều khiển chính (master controller)
  - Giao tiếp: dây cáp, đường điện thoại, cáp quang, không dây,...

Tín hiệu đèn thông minh

- 1.1. Các khái niệm
- 1.2. Các chiến lược điều khiển tín hiệu đèn đơn lẻ
- 1.3. Điều khiển tín hiệu đèn liên hoàn

Mô phỏng giao thông

- 2.1. Các khái niệm
- 2.2. Thuận lợi và hạn chế của mô phỏng giao thông
- 2.3. Một số mô hình trong mô phỏng

# Biểu đồ không gian - thời gian trong kiểm soát đèn liên hoàn

Tín hiệu đèn thông minh và mô phỏng giao thông



## Tín hiệu đèn thông minh

- Time–Space Diagram
- Sử dụng để minh họa các khái niệm, yếu tố ảnh hưởng, và thách thức trong việc phối hợp tín hiệu đèn.
- Có thể dùng để thiết kế tín hiệu đèn phối hợp
  - Tính toán thời điểm bắt đầu xanh và chu kỳ đèn cho các giao lộ liên tục
  - Hiện nay chủ yếu sử dụng mô phỏng và các giải thuật tối ưu hóa để làm công việc này

## Mô phỏng giao thông

- 2.1. Các khái niệm
- 2.2. Thuận lợi và hạn chế của mô phỏng giao thông
- 2.3. Một số mô hình trong mô phỏng

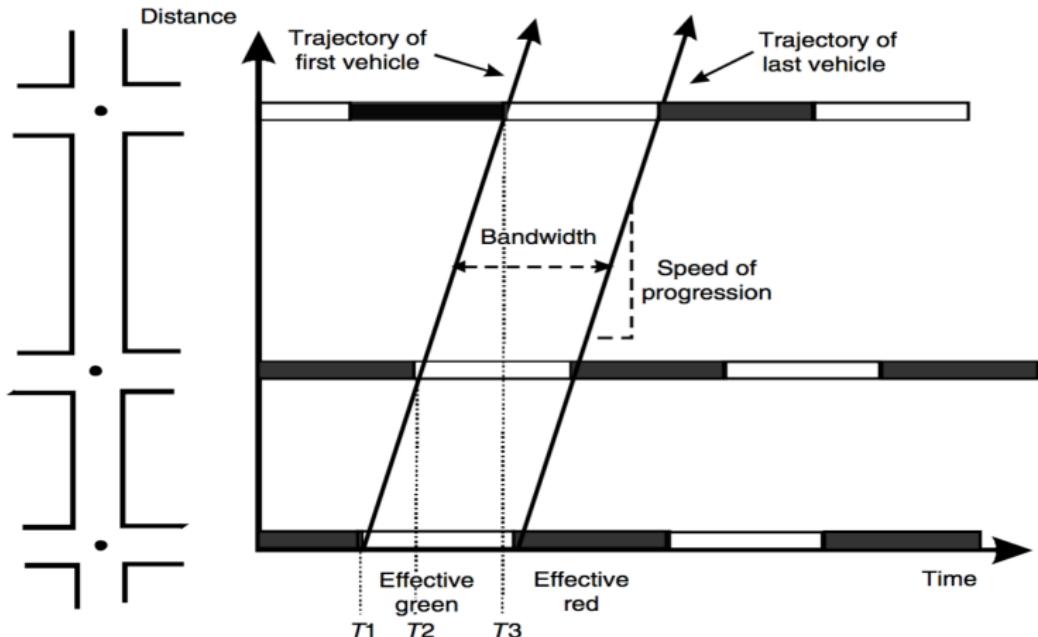


Tín hiệu đèn thông  
minh

1. Các khái niệm
2. Các chiến lược điều  
kiển tín hiệu đèn đơn lẻ
3. Điều khiển tín hiệu đèn  
liên hoàn

Mô phỏng giao thông

- 2.1. Các khái niệm
- 2.2. Thuận lợi và hạn chế  
của mô phỏng giao thông
- 2.3. Một số mô hình trong  
mô phỏng



[Source: Lester et al., *Transportation infrastructure engineering - A Multimodal Integration*, 2011]



## Tín hiệu đèn thông minh

- **Effective green:** thời gian xanh có hiệu (đèn xanh và vàng)
- **Effective red:** thời gian đỏ có hiệu
- **Offset:** là thời gian chênh lệch giữa thời điểm chuyển sang xanh của tín hiệu đèn ở một giao lộ và của giao lộ kế tiếp dọc theo hướng di chuyển
  - Ví dụ trong slide trước, các offsets là  $(T_2 - T_1)$  và  $(T_3 - T_2)$

## Mô phỏng giao thông

- 2.1. Các khái niệm
- 2.2. Thuận lợi và hạn chế của mô phỏng giao thông
- 2.3. Một số mô hình trong mô phỏng

# Xác định thời gian Offset lý tưởng

Tín hiệu đèn thông minh và mô phỏng giao thông



- Thời gian offset lý tưởng cho một chiều:

$$O_{ideal} = \frac{L}{V} \quad (1)$$

- Với:

L: Khoảng cách giữa 2 đèn

V: Vận tốc trung bình của dòng xe

Tín hiệu đèn thông minh

- Các khái niệm
- Các chiến lược điều khiển tín hiệu đèn đơn lẻ
- Điều khiển tín hiệu đèn liên hoàn

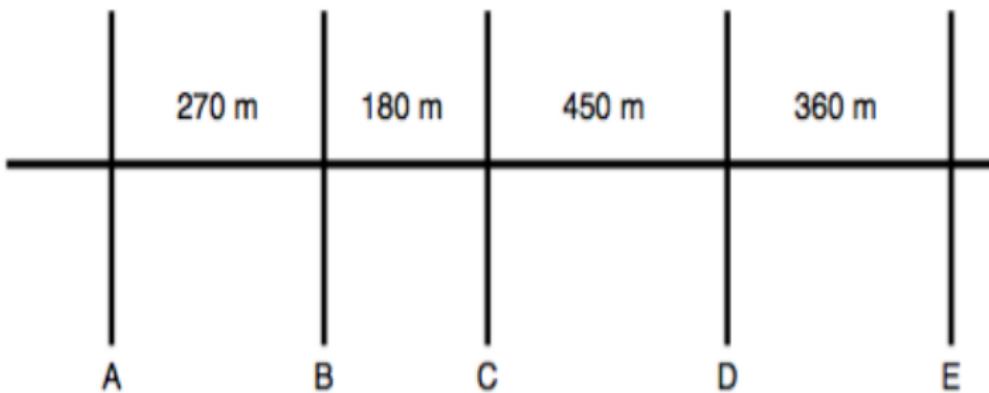
Mô phỏng giao thông

- Các khái niệm
- Thuận lợi và hạn chế của mô phỏng giao thông
- Một số mô hình trong mô phỏng



## Xác định thời gian Offset lý tưởng - Ví dụ

- Cần phối hợp tín hiệu đèn dọc theo đường một chiều từ A đến E như hình.
- Tất cả các tín hiệu đèn đều có chu kỳ là 80 giây, *effective green* cho các đèn là 60% độ dài chu kỳ đèn
- Cho biết tốc độ trung bình dòng xe là 55km/h
- Khoảng cách giữa các giao lộ được cho như hình.
- Tính các thời gian offsets



[Source: Lester et al., 2011]

### Tín hiệu đèn thông minh

1. Các khái niệm
2. Các chiến lược điều  
kiển tín hiệu đèn đơn lẻ
3. Điều khiển tín hiệu đèn  
liên hoàn

### Mô phỏng giao thông

- 2.1. Các khái niệm
- 2.2. Thuận lợi và hạn chế  
của mô phỏng giao thông
- 2.3. Một số mô hình trong  
mô phỏng



- Offset tại B (tính theo A): 17.6s ( $270/15.3$ )
- Offset tại C (tính theo B): 11.8s
- Offset tại D (tính theo C): 29.4s
- Offset tại E (tính theo D): 23.5s
- Chú ý: đổi tốc độ từ km/h sang m/s

### Tín hiệu đèn thông minh

1. Các khái niệm
2. Các chiến lược điều  
kiển tín hiệu đèn đơn lẻ
3. Điều khiển tín hiệu đèn  
liên hoàn

### Mô phỏng giao thông

- 2.1. Các khái niệm
- 2.2. Thuận lợi và hạn chế  
của mô phỏng giao thông
- 2.3. Một số mô hình trong  
mô phỏng

## Khái niệm Bandwidth

- **Bandwidth** (băng thông): khoảng thời gian xanh có hiệu để một nhóm xe (platoon) có thể đi xuyên qua dãy các đèn tín hiệu được điều khiển liên hoàn
- **Bandwidth efficiency**: đo tính hiệu quả của điều khiển đèn liên hoàn. Với BW là bandwidth (giây) và C là chu kỳ đèn (giây), thì:

$$\text{Bandwidth efficiency} = \frac{BW}{C} \cdot 100\% \quad (2)$$

Giá trị này xấp xỉ 50% được gọi là hữu hiệu để điều khiển đèn liên hoàn

- **Bandwidth capacity**: số lượng xe/h có thể đi qua hệ thống đèn điều khiển liên hoàn mà không bị dừng.

$$\text{Bandwidth capacity} = \frac{3600 \cdot BW \cdot N}{C \cdot h} \quad (3)$$

Với:

N: số lượng làn xe, h: khoảng cách thời gian giữa hai xe trong nhóm xe (giây)

Tín hiệu đèn thông minh và mô phỏng giao thông



Tín hiệu đèn thông minh

1. Các khái niệm
2. Các chiến lược điều khiển tín hiệu đèn đơn lẻ
3. Điều khiển tín hiệu đèn liên hoàn

Mô phỏng giao thông

- 2.1. Các khái niệm
- 2.2. Thuận lợi và hạn chế của mô phỏng giao thông
- 2.3. Một số mô hình trong mô phỏng

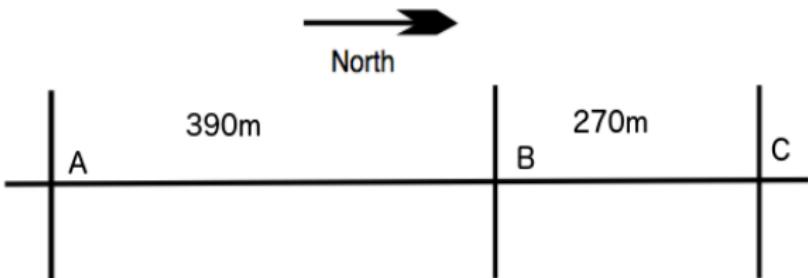


Tín hiệu đèn thông  
minh

- 1.1. Các khái niệm
- 1.2. Các chiến lược điều  
kiển tín hiệu đèn đơn lẻ
- 1.3. Điều khiển tín hiệu đèn  
liên hoàn

Mô phỏng giao thông

- 2.1. Các khái niệm
- 2.2. Thuận lợi và hạn chế  
của mô phỏng giao thông
- 2.3. Một số mô hình trong  
mô phỏng



[Source: Lester et al., 2011]

Cho 3 giao lộ A, B, C như hình. Chu kỳ đèn của các giao lộ là 80s, thời gian xanh của các giao lộ lần lượt là 35 s, 45 s, và 40 s. Thời gian offset (so với giao lộ liền trước) hướng từ A đến C là 0 s, 20 s, và 15 s. Tốc độ trung bình của dòng xe là 66 km/h (mỗi chiều). Mỗi chiều có 2 làn xe, headway là 2s/xe.

- ➊ Vẽ biểu đồ không gian - thời gian cho hệ thống phối hợp tín hiệu đèn này.
- ➋ Xác định *bandwidth efficiency* và *bandwidth capacity* cho hướng từ A đến C?
- ➌ Xác định *bandwidth efficiency* và *bandwidth capacity* cho hướng từ C đến A?

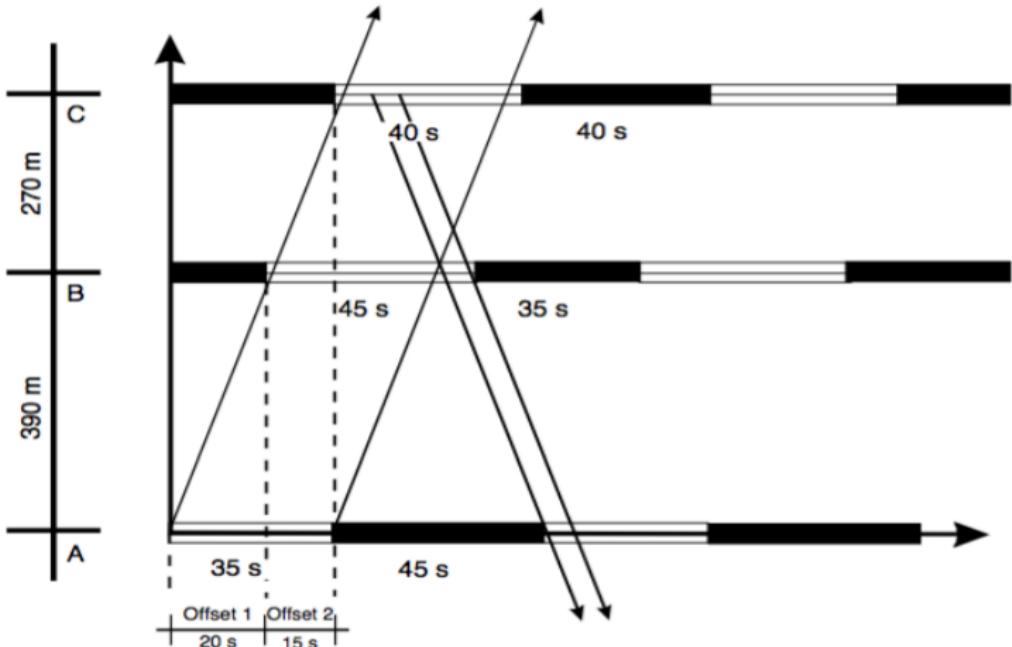


### Tín hiệu đèn thông minh

- 1.1. Các khái niệm
- 1.2. Các chiến lược điều  
kiển tín hiệu đèn đơn lẻ
- 1.3. Điều khiển tín hiệu đèn  
liên hoàn

### Mô phỏng giao thông

- 2.1. Các khái niệm
- 2.2. Thuận lợi và hạn chế  
của mô phỏng giao thông
- 2.3. Một số mô hình trong  
mô phỏng



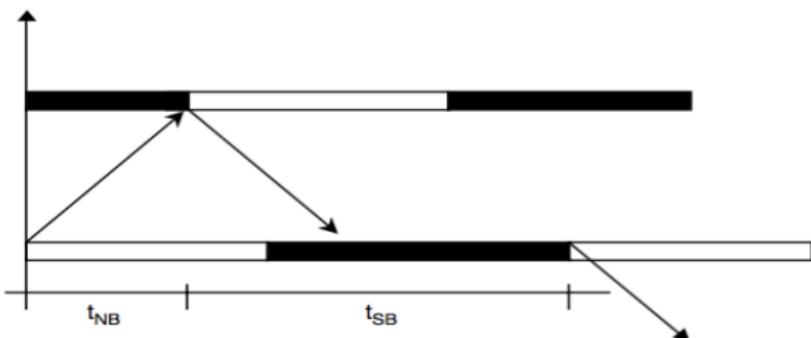
[Source: Lester et al., 2011]

Từ A đến C: BW: 35 s, BE: 43.75%, BC: 1575 xe/h  
 Từ C đến A: BW: 6 s, BE: 7.5%, BC: 270 xe/h



Nhận xét:

- Điều khiển tín hiệu cho đường 2 chiều đôi khi không những không phát huy được hiệu quả mà còn gây giảm số lượng xe đi theo làn sóng xanh. Xem ví dụ sau:



[Source: Lester et al., 2011]

- Thực tế một số công cụ tính toán được sử dụng để tìm giá trị tối ưu cho các tham số thời gian (offsets, chu kỳ, và phase), dựa vào một tiêu chí cho trước (ví dụ giảm tổng thời gian trễ, hay tổng số dừng của các xe).

### Tín hiệu đèn thông minh

1. Các khái niệm
2. Các chiến lược điều  
kiển tín hiệu đèn đơn lẻ
3. Điều khiển tín hiệu đèn  
liên hoàn

### Mô phỏng giao thông

- 2.1. Các khái niệm
- 2.2. Thuận lợi và hạn chế  
của mô phỏng giao thông
- 2.3. Một số mô hình trong  
mô phỏng



Tín hiệu đèn thông  
minh

- 1.1. Các khái niệm
- 1.2. Các chiến lược điều  
khiển tín hiệu đèn đơn lẻ
- 1.3. Điều khiển tín hiệu đèn  
liên hoàn

Mô phỏng giao thông

- 2.1. Các khái niệm
- 2.2. Thuận lợi và hạn chế  
của mô phỏng giao thông
- 2.3. Một số mô hình trong  
mô phỏng

## 2. Mô phỏng giao thông



Tín hiệu đèn thông  
minh

- 1.1. Các khái niệm
- 1.2. Các chiến lược điều  
kiển tín hiệu đèn đơn lẻ
- 1.3. Điều khiển tín hiệu đèn  
liên hoàn

Mô phỏng giao thông

- 2.1. Các khái niệm
- 2.2. Thuận lợi và hạn chế  
của mô phỏng giao thông
- 2.3. Một số mô hình trong  
mô phỏng

## 2. Mô phỏng giao thông

### 2.1. Các khái niệm

# Khái niệm mô phỏng giao thông

Tín hiệu đèn thông  
minh và mô phỏng  
giao thông



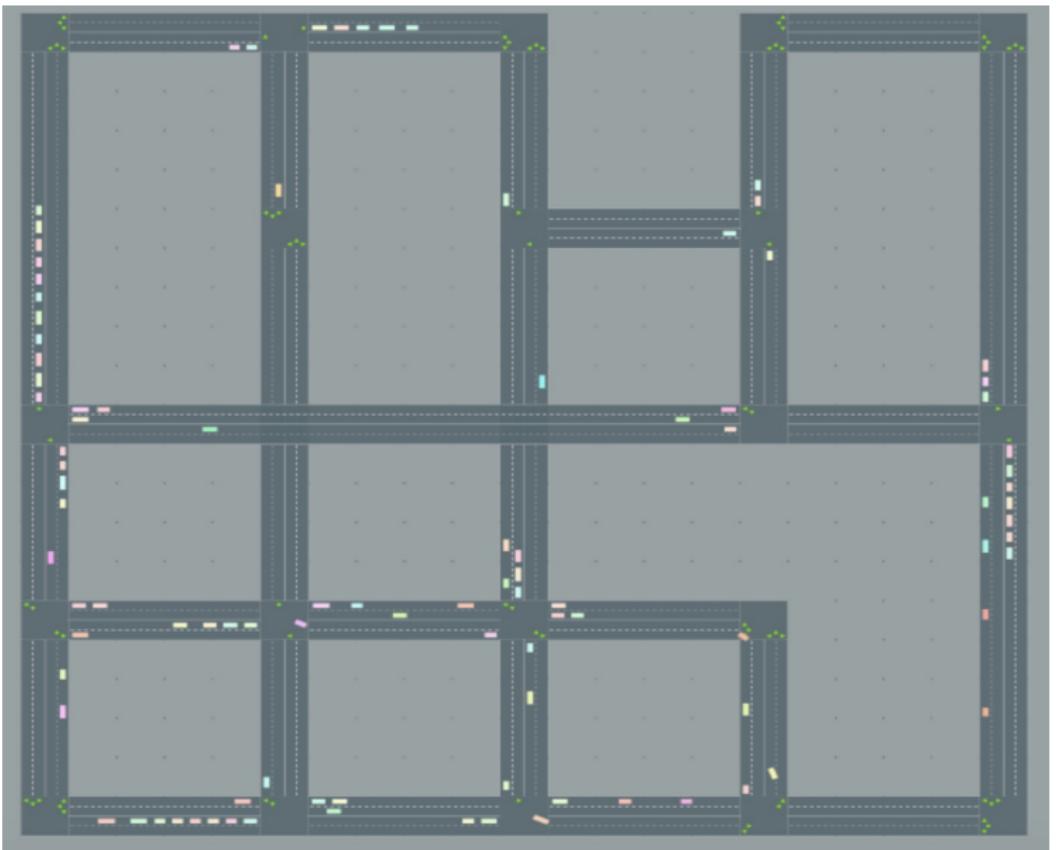
Tín hiệu đèn thông  
minh

- 1. Các khái niệm
- 2. Các chiến lược điều khiển tín hiệu đèn đơn lẻ
- 3. Điều khiển tín hiệu đèn liên hoàn

Mô phỏng giao thông

- 2.1. Các khái niệm
- 2.2. Thuận lợi và hạn chế của mô phỏng giao thông
- 2.3. Một số mô hình trong mô phỏng

- Mô phỏng giao thông: bắt chước lại hành vi của một hệ thống giao thông,
- Thể hiện bằng thực nghiệm logic toán các hệ thống thực trên phần mềm máy tính
  - Input: mạng lưới đường, nhu cầu đi lại của các phương tiện
  - Output: kết quả phân tích/thể hiện đồ họa



[Source: <http://volkhin.com/RoadTrafficSimulator>]

## Tín hiệu đèn thông minh

1. Các khái niệm
2. Các chiến lược điều  
kiển tín hiệu đèn đơn lẻ
3. Điều khiển tín hiệu đèn  
liên hoàn

## Mô phỏng giao thông

1. Các khái niệm
2. Thuận lợi và hạn chế  
của mô phỏng giao thông
3. Một số mô hình trong  
mô phỏng



# Một số ứng dụng của mô phỏng giao thông<sup>1</sup>

- ❶ **Đánh giá các giải pháp xử lý khác nhau:** kiểm soát các trạng thái khác nhau của môi trường thực nghiệm
- ❷ **Thử nghiệm thiết kế mới:**
  - kiểm tra khả năng thông hành của một tuyến đường, nút giao thông với các thiết kế khác nhau
  - giúp hiệu chỉnh các chi tiết của thiết kế để có được thiết kế tối ưu nhất
- ❸ **Phân tích an toàn:** tái tạo lại trường hợp tai nạn, giúp người thiết kế hoàn thiện đường và xe
- ❹ **Kiểm chứng công thức, giả định:** Những công thức về giao thông có thể chưa chính xác, ta có thể dùng mô phỏng giao thông để hiệu chỉnh các công thức này trong các điều kiện thực tế.

## Tín hiệu đèn thông minh

1. Các khái niệm
2. Các chiến lược điều khiển tín hiệu đèn đơn lẻ
3. Điều khiển tín hiệu đèn liên hoàn

## Mô phỏng giao thông

- 2.1. Các khái niệm
- 2.2. Thuận lợi và hạn chế của mô phỏng giao thông
- 2.3. Một số mô hình trong mô phỏng

# Phân loại mô hình hóa dòng giao thông

Tín hiệu đèn thông minh và mô phỏng giao thông

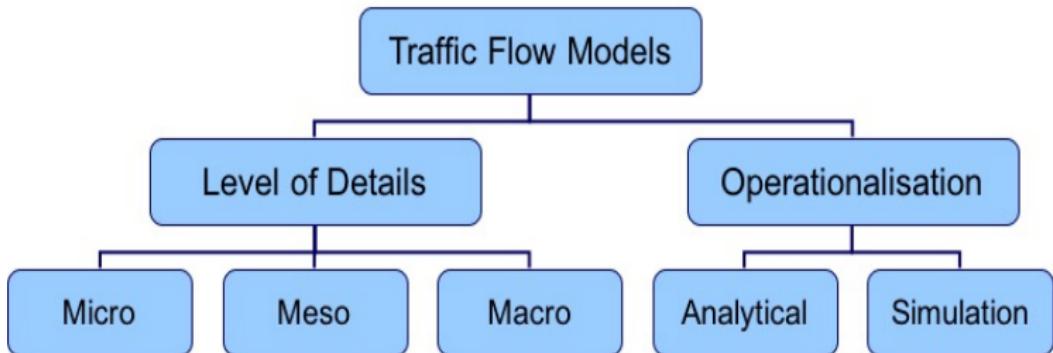


Tín hiệu đèn thông minh

- 1.1. Các khái niệm
- 1.2. Các chiến lược điều khiển tín hiệu đèn đơn lẻ
- 1.3. Điều khiển tín hiệu đèn liên hoàn

Mô phỏng giao thông

- 2.1. Các khái niệm
- 2.2. Thuận lợi và hạn chế của mô phỏng giao thông
- 2.3. Một số mô hình trong mô phỏng





- Hệ thống giao thông được mô hình hóa bằng một tập các phương trình vi phân
  - có thể động hoặc tĩnh
  - giải bằng phương pháp số
- Yêu cầu một lượng lớn dữ liệu đầu vào
  - độ rộng đường/làn
  - thông tin đầy đủ về hệ thống đường xá
  - phân bố vị trí các phương tiện
  - lưu lượng, mật độ dòng giao thông,
  - ...
- Chi phí cao

## Tín hiệu đèn thông minh

- 1.1. Các khái niệm
- 1.2. Các chiến lược điều khiển tín hiệu đèn đơn lẻ
- 1.3. Điều khiển tín hiệu đèn liên hoàn

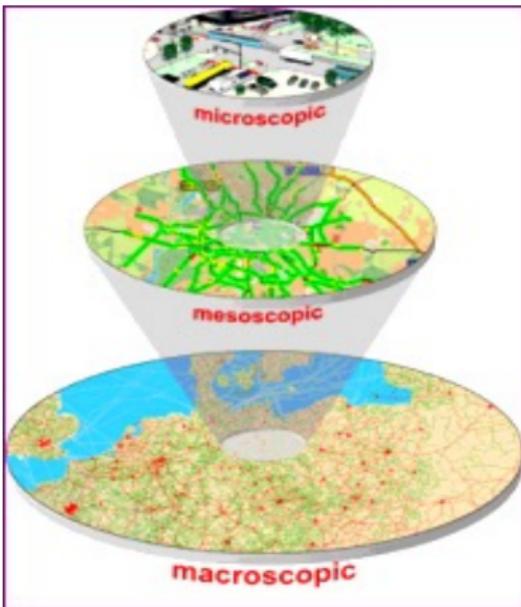
## Mô phỏng giao thông

- 2.1. Các khái niệm
- 2.2. Thuận lợi và hạn chế của mô phỏng giao thông
- 2.3. Một số mô hình trong mô phỏng



## Simulation Models

- Trạng thái thay đổi theo thời gian của HTGT được tái tạo lại/ xấp xỉ hóa trong mô hình.
  - Mô hình động
  - Macrosopic, mesoscopic, và microscopic*



### Tín hiệu đèn thông minh

- Các khái niệm
- Các chiến lược điều  
kiển tín hiệu đèn đơn lẻ
- Điều khiển tín hiệu đèn  
liên hoàn

### Mô phỏng giao thông

- Các khái niệm
- Thuận lợi và hạn chế  
của mô phỏng giao thông
- Một số mô hình trong  
mô phỏng



Tín hiệu đèn thông  
minh

- 1.1. Các khái niệm
- 1.2. Các chiến lược điều  
khiển tín hiệu đèn đơn lẻ
- 1.3. Điều khiển tín hiệu đèn  
liên hoàn

Mô phỏng giao thông

- 2.1. Các khái niệm
- 2.2. Thuận lợi và hạn chế  
của mô phỏng giao thông
- 2.3. Một số mô hình trong  
mô phỏng

## 2.2. Thuận lợi và hạn chế của mô phỏng giao thông



- ➊ Ít tốn kém hơn nhiều so với các dạng thực nghiệm và mô hình phân tích khác, về thời gian, tài nguyên, và tiền bạc.
- ➋ Là công cụ mạnh mẽ cho việc so sánh các kết quả dẫn xuất từ một số các chiến lược và điều chỉnh kế hoạch.
- ➌ Sinh ra dữ liệu thích hợp để thực hiện các phân tích đặc tính của dòng giao thông
- ➍ Tạo ra các tính huống mà thực tế rất hiếm khi xảy ra để hoàn thiện mô hình phân tích

## Tín hiệu đèn thông minh

- 1.1. Các khái niệm
- 1.2. Các chiến lược điều khiển tín hiệu đèn đơn lẻ
- 1.3. Điều khiển tín hiệu đèn liên hoàn

## Mô phỏng giao thông

- 2.1. Các khái niệm
- 2.2. Thuận lợi và hạn chế của mô phỏng giao thông
- 2.3. Một số mô hình trong mô phỏng



## Tín hiệu đèn thông minh

- 5 Đánh giá và phát hiện tính không ổn định của một mô hình
- 6 Thực hiện các thí nghiệm có sự kiểm soát, ví dụ thay đổi giá trị của các tham số để nhận được đáp ứng tức thời
- 7 Các mô hình phân tích thường dựa trên các giả định, và có thể các giả định không phù hợp với tự nhiên, mô hình mô phỏng giúp vượt qua hạn chế này.
- 8 Các mô hình mô phỏng rõ ràng trong cách hoạt động.

## Mô phỏng giao thông

- 2.1. Các khái niệm
- 2.2. Thuận lợi và hạn chế  
của mô phỏng giao thông
- 2.3. Một số mô hình trong  
mô phỏng

# Hạn chế của mô phỏng

Tín hiệu đèn thông  
minh và mô phỏng  
giao thông



Tín hiệu đèn thông  
minh

- 1.1. Các khái niệm
- 1.2. Các chiến lược điều  
kiển tín hiệu đèn đơn lẻ
- 1.3. Điều khiển tín hiệu đèn  
liên hoàn

Mô phỏng giao thông

- 2.1. Các khái niệm
- 2.2. Thuận lợi và hạn chế  
của mô phỏng giao thông
- 2.3. Một số mô hình trong  
mô phỏng

Giới hạn về các tài nguyên sau:

- **Resolution:** mức độ chi tiết của mô phỏng
- **Fidelity:** mức độ thực tế
- **System size:** độ lớn mạng lưới giao thông
- **Resources:** tài nguyên tính toán, thời gian lập trình

# Các bước trong việc mô phỏng

Tín hiệu đèn thông minh và mô phỏng giao thông



Tín hiệu đèn thông minh

- ❶ Định nghĩa bài toán
- ❷ Nghiên cứu thực địa để xác định các đầu vào cho mô hình
- ❸ Phát triển logic
- ❹ Xây dựng chương trình máy tính cho mô phỏng
- ❺ Canh chỉnh mô hình
- ❻ Kiểm tra đánh giá

Mô phỏng giao thông

- 2.1. Các khái niệm
- 2.2. Thuận lợi và hạn chế của mô phỏng giao thông
- 2.3. Một số mô hình trong mô phỏng

## 2.3. Một số mô hình trong mô phỏng

Tín hiệu đèn thông  
minh và mô phỏng  
giao thông



Tín hiệu đèn thông  
minh

- 1.1. Các khái niệm
- 1.2. Các chiến lược điều  
kiển tín hiệu đèn đơn lẻ
- 1.3. Điều khiển tín hiệu đèn  
liên hoàn

Mô phỏng giao thông

- 2.1. Các khái niệm
- 2.2. Thuận lợi và hạn chế  
của mô phỏng giao thông
- 2.3. Một số mô hình trong  
mô phỏng

- Car following model: Mô hình Xe Theo Xe
- Lane-changing model: Mô hình thay đổi làn

# Car Following Model

Tín hiệu đèn thông  
minh và mô phỏng  
giao thông



Tín hiệu đèn thông  
minh

- Xác định vị trí theo phương dọc đường giữa một cặp xe nối đuôi di chuyển trên cùng một làn xe.
- Phản ứng ở thời điểm  $t$  quan sát có nguồn gốc từ tác nhân  $stimulus$  gây ra trước đó 1 khoảng  $\tau_n$  (thời gian phản ứng của lái xe n):

$$response_n(t) = sensitivity_n(t).stimulus_n(t - \tau_n)$$

Mô phỏng giao thông

1. Các khái niệm
2. Các chiến lược điều khiển tín hiệu đèn đơn lẻ
3. Điều khiển tín hiệu đèn liên hoàn

1. Các khái niệm
2. Thuận lợi và hạn chế của mô phỏng giao thông
3. Một số mô hình trong mô phỏng



## Một số ví dụ

- Mô hình xe theo xe tuyến tính (Chandler et al 1958, Herman et al 1959)
  - sử dụng đại lượng độ nhạy là hằng số.
  - giả định gia tốc (phản ứng)  $a$  của xe  $n$  tại thời điểm  $t$  tỷ lệ thuận với vận tốc tương đối  $\Delta V$  giữa xe trước nó và nó trong dòng xe ở thời điểm  $t - \tau_n$ :

$$a_n(t) = \alpha \cdot \Delta V_n^{front}(t - \tau_n)$$

- Mô hình của Herman và Rothery (1965)
  - giả định khả năng giảm tốc của lái xe là không giống khả năng tăng tốc

$$\text{acceleration}_n(t) = \alpha_1 \cdot \Delta V_n^{front}(t - \tau_n)$$

$$\text{acceleration}_n(t) = \alpha_2 \cdot \Delta V_n^{front}(t - \tau_n)$$

### Tín hiệu đèn thông minh

1. Các khái niệm
2. Các chiến lược điều khiển tín hiệu đèn đơn lẻ
3. Điều khiển tín hiệu đèn liên hoàn

### Mô phỏng giao thông

- 2.1. Các khái niệm
- 2.2. Thuận lợi và hạn chế của mô phỏng giao thông
- 2.3. Một số mô hình trong mô phỏng

## Mô hình thay đổi làn

Tín hiệu đèn thông minh và mô phỏng giao thông



- Mô phỏng hành vi chuyển làn của các xe đang di chuyển
- Gồm 2 bước: Quá trình lựa chọn làn và quá trình chuyển làn
- Xác định xem gián cách thời gian xe chạy trước và xe chạy sau xe mình ở làn bên có đảm bảo hay không để quyết định chuyển hay chờ
- Các loại mô hình:
  - Mô hình lựa chọn làn
  - Mô hình lựa chọn gián cách thời gian

Tín hiệu đèn thông minh

- 1.1. Các khái niệm
- 1.2. Các chiến lược điều khiển tín hiệu đèn đơn lẻ
- 1.3. Điều khiển tín hiệu đèn liên hoàn

Mô phỏng giao thông

- 2.1. Các khái niệm
- 2.2. Thuận lợi và hạn chế của mô phỏng giao thông
- 2.3. Một số mô hình trong mô phỏng

## Mô hình lựa chọn làn

Tín hiệu đèn thông minh và mô phỏng giao thông



Hai dạng chuyển làn:

- Chuyển làn bắt buộc (Mandatory Lane Change - MLC): việc chuyển làn phải diễn ra trước khi đến giao lộ phải chuyển hướng theo lộ trình định sẵn.
- Chuyển làn tự do (Discretionary Lane Change - DLC): việc chuyển làn để vượt qua xe chạy chậm hơn phía trước

Tín hiệu đèn thông minh

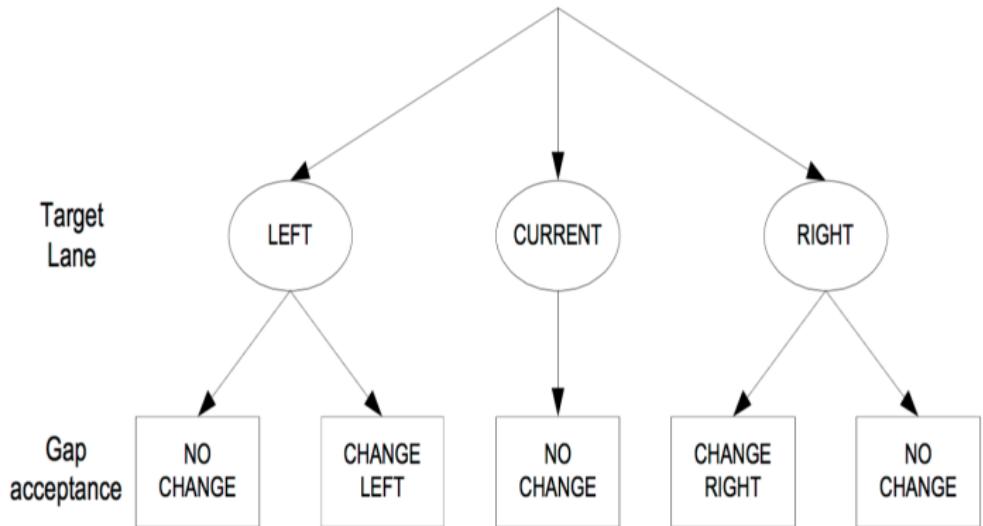
1. Các khái niệm
2. Các chiến lược điều khiển tín hiệu đèn đơn lẻ
3. Điều khiển tín hiệu đèn liên hoàn

Mô phỏng giao thông

- 2.1. Các khái niệm
- 2.2. Thuận lợi và hạn chế của mô phỏng giao thông
- 2.3. Một số mô hình trong mô phỏng

# Mô hình thay đổi làn cơ bản

Tín hiệu đèn thông minh và mô phỏng giao thông



[Source: Tomer Toledo et al., 2013]

Tín hiệu đèn thông minh

1. Các khái niệm
2. Các chiến lược điều khiển tín hiệu đèn đơn lẻ
3. Điều khiển tín hiệu đèn liên hoàn

Mô phỏng giao thông

- 2.1. Các khái niệm
- 2.2. Thuận lợi và hạn chế của mô phỏng giao thông
- 2.3. Một số mô hình trong mô phỏng