



Tổng quan về quản lý
sự cố giao thông

Đánh giá hệ thống
phát hiện sự cố tự
động

Các giải thuật phát
hiện sự cố giao thông
tự động

Ước lượng mức độ
hiệu quả của HT QLSC

Bài giảng 03

Quản lý sự cố giao thông

Traffic incident mangement

[Chương 3]

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

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



Tổng quan về quản lý
sự cố giao thông

Đánh giá hệ thống
phát hiện sự cố tự
động

Các giải thuật phát
hiện sự cố giao thông
tự động

Ước lượng mức độ
hiệu quả của HT QLSC

- 1 Tổng quan về quản lý sự cố giao thông
- 2 Đánh giá hệ thống phát hiện sự cố tự động
- 3 Các giải thuật phát hiện sự cố giao thông tự động
- 4 Ước lượng mức độ hiệu quả của HT QLSC



1. Tổng quan về quản lý sự cố giao thông



- **Sự cố giao thông:** những bất thường làm gián đoạn dòng xe đang 'trôi' đều
 - va quệt xe, ngập lụt, rò rỉ nhiên liệu,
 - công trường đang thi công,
 - các sự kiện festival,...
- **Quản lý sự cố giao thông:**
 - Xây dựng phát triển hệ thống nhận biết tai nạn thông minh
 - Quản lý sự vận hành của việc phát hiện sự cố giao thông
 - Tổ chức phản ứng, ứng cứu để giảm tối thiểu thiệt hại cho sự đi lại

Tự động nhận biết sự cố giao thông (Automatic Incident Detection, AID)



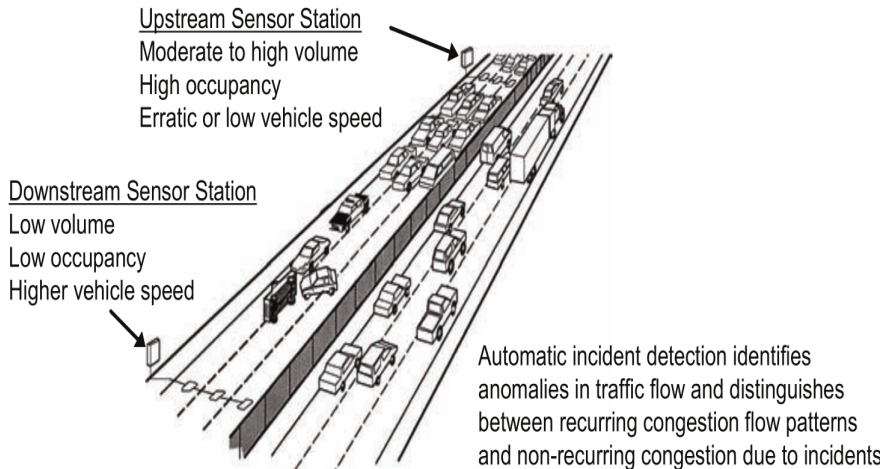
- **Dùng Video Image Processing (VIP):** theo dõi dòng xe để phát hiện sự xáo trộn
- **Dùng vòng từ:** phân tích và nhận biết sự cố giao thông dựa trên sự bất bình thường đột ngột của các thông số dòng xe (vận tốc không gian trung bình, occupancy, ...)



Khi có sự cố giao thông:

- Khi năng lực thông hành qua một vị trí nút chai bị giảm đột ngột (do sự cố, giảm số làn xe...) dòng xe ở phía thượng lưu phải hãm phanh giảm tốc.
- Vị trí dòng xe bắt đầu bị ứ lại (vị trí mà lưu **lượng và mật độ thay đổi đột ngột**) ngày càng xa điểm nút chai về phía thượng lưu của dòng xe.

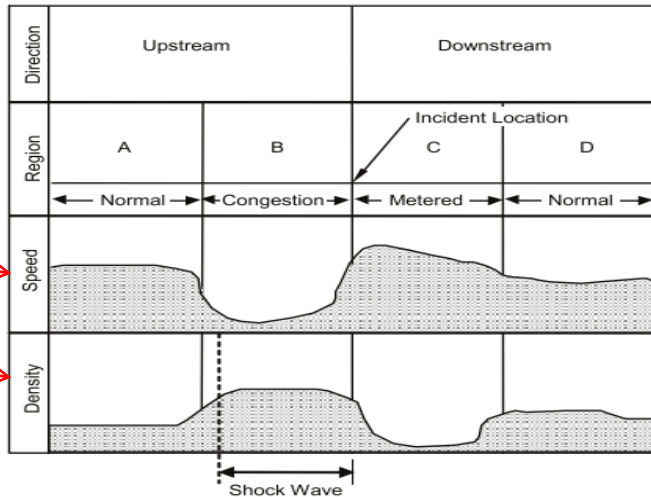
Đặc điểm của dòng xe khi có sự cố giao thông



[Source: Traffic Data Collection Handbook]

Đặc điểm của dòng xe khi có sự cố giao thông

Biểu diễn thành 4 vùng A, B, C, và D



[Source: Traffic Data Collection Handbook]



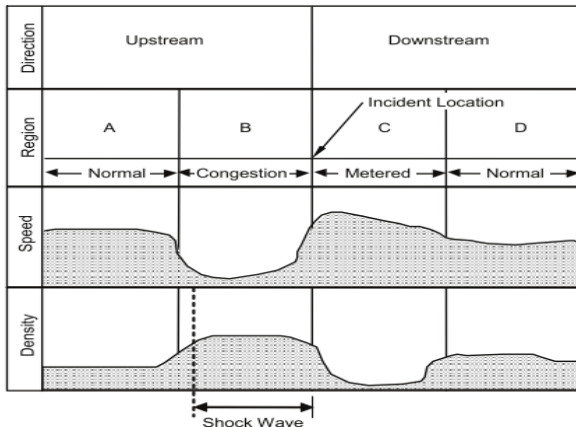
Tổng quan về quản lý sự cố giao thông

Đánh giá hệ thống phát hiện sự cố tự động

Các giải thuật phát hiện sự cố giao thông tự động

Ước lượng mức độ hiệu quả của HT QLSC

Đặc điểm của dòng xe khi có sự cố giao thông

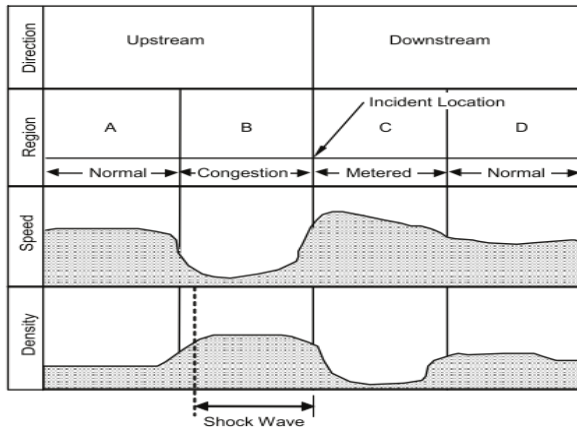


[Source: Traffic Data Collection Handbook]

Vùng A:

- có khoảng cách xa về phía thượng lưu so với vị trí sự cố
- duy trì dòng xe với tốc độ và mật độ bình thường.

Đặc điểm của dòng xe khi có sự cố giao thông



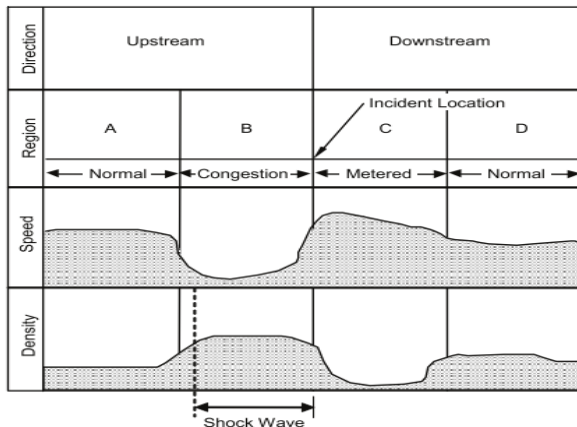
[Source: Traffic Data Collection Handbook]

Vùng B:

- nằm trực tiếp phía **sau** chỗ tai nạn
- có sự tiến triển shockwave về phía thượng lưu dòng xe
- xe di chuyển với vận tốc chậm hơn và mật độ lớn hơn.
- nếu lưu lượng lớn thì dòng chờ xe sẽ xảy ra



Đặc điểm của dòng xe khi có sự cố giao thông



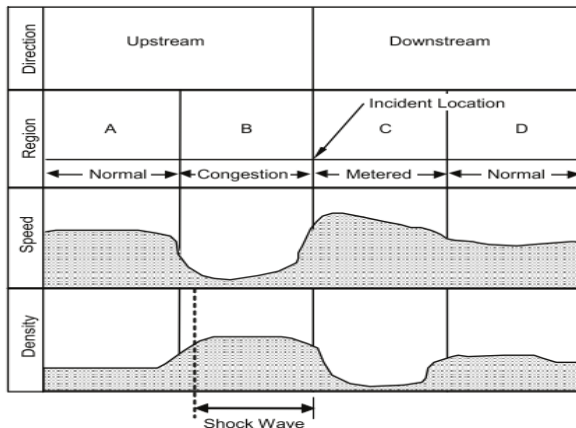
[Source: Traffic Data Collection Handbook]

Vùng C:

- nằm trực tiếp phía sau tai nạn
- các xe di chuyển nối đuôi chậm
- mật độ giao thông có thể thấp hơn bình thường, vận tốc thì lại có thể cao hơn bình thường



Đặc điểm của dòng xe khi có sự cố giao thông



[Source: Traffic Data Collection Handbook]

Vùng D:

- khá xa so với vị trí sự cố
- trạng thái dòng xe là gần như bình thường (như vùng A)



Qua tuần tự **bốn giai đoạn**:

- 1 Phát hiện và xác nhận sự cố (detection and verification)
- 2 Phản ứng (response)
- 3 Dọn dẹp (clearance)
- 4 Khôi phục nguyên trạng (recovery)

Mục tiêu của quy trình quản lý sự cố là để giảm thời gian hoàn thành các bước trên và phục hồi tình trạng giao thông ban đầu.

Tổng quan về quản lý
sự cố giao thông

Đánh giá hệ thống
phát hiện sự cố tự
động

Các giải thuật phát
hiện sự cố giao thông
tự động

Ước lượng mức độ
hiệu quả của HT QLSC

1. Phát hiện và xác nhận

- Phát hiện sự cố (incident detection): nhận diện có sự cố xảy ra
- Xác nhận (verification): thu thập thông tin về sự cố, bao gồm vị trí, mức độ nghiêm trọng, và phạm vi ảnh hưởng.
- Việc phát hiện và xác nhận: có thể thực hiện thủ công hoặc tự động



2. Phản ứng sự cố

- Bao gồm sự kích hoạt, phối hợp, và quản lý nhân lực và thiết bị để xử lý sự cố
- Gồm 2 giai đoạn:
 - Giai đoạn 1: tập trung vào việc **xác định** các cơ quan phản ứng sự cố gần nhất, liên lạc với các cơ quan này, phối hợp hoạt động, và đề xuất sử dụng tài nguyên hiệu quả để xử lý sự cố
 - Giai đoạn 2: **quản lý giao thông và điều phối các hoạt động nhằm mục đích giảm thiểu ảnh hưởng bất lợi từ sự cố**, bao gồm thông báo sự cố trên VMS (variable message signs), thực hiện các chiến lược điều phối giao thông hành lang



2. Phản ứng sự cố (t.t.)

Mục tiêu chính là để tối ưu hóa sử dụng các tài nguyên và giảm thiểu thời gian phản ứng. Thời gian phản ứng bao gồm:

- Thời gian xác thực có sự cố và định vị
- Thời gian điều phối đội phản ứng
- Thời gian di chuyển của đội phản ứng



3. Dọn dẹp sự cố

- Là việc di dời, thu dọn sự cố một cách an toàn và đúng lúc
- Có một số công nghệ cho phép cải thiện tính hiệu quả của việc thu dọn, ví dụ túi khí bơm phồng để lật lại xe đang bị lật úp.



4. Khôi phục nguyên trạng

- Thời gian bị mất để giao thông trở lại với trạng thái bình thường, sau khi sự cố được xử lý.
- Mục tiêu: sử dụng các kỹ thuật quản lý giao thông để phục hồi tình trạng giao thông và tránh ảnh hưởng của ùn tắc lan rộng ra các nơi khác.





- Automatic Incident Detection (AID)
- Sử dụng các giải thuật để phát hiện sự cố trong thời gian thực
- Dựa vào việc thu thập dữ liệu từ các hệ thống quan trắc
- Độ chính xác/hiệu quả của một hệ thống AID được đánh giá như thế nào?



Tổng quan về quản lý
sự cố giao thông

Đánh giá hệ thống
phát hiện sự cố tự
động

Các giải thuật phát
hiện sự cố giao thông
tự động

Ước lượng mức độ
hiệu quả của HT QLSC

2. Đánh giá hệ thống AID

Các thông số để đánh giá

- **Detection rate (DR):** tỷ lệ phát hiện
 - độ đo tính hiệu quả của hệ thống AID
 - tỷ lệ giữa số sự cố phát hiện được và tổng số sự cố xuất hiện
 - giá trị nằm trong khoảng 0-100%
- **False alarm rate (FAR):** tỷ lệ phát hiện sai
 - tỷ lệ giữa số sự cố phát hiện sai (báo động giả) và số lượt quan sát
 - thường căn cứ trên một khoảng thời gian cố định (ví dụ mỗi 30s hay 1phút)
- **Time to detect (TTD):** thời gian để phát hiện
 - độ trễ từ lúc có sự cố đến lúc sự cố được phát hiện bởi hệ thống AID
 - MMTD (mean time to detect): thời gian trung bình qua các lần phát hiện sự cố



- Một giải thuật AID được sử dụng ở trung tâm quản lý giao thông.
- Giải thuật được áp dụng mỗi **30s**.
- Để đánh giá hiệu năng của giải thuật, tình trạng giao thông được quan sát trong vòng **30 ngày** và có **57 sự cố** xảy ra.
- Giải thuật phát hiện chính xác **49 sự cố**.
- Giải thuật tạo ra **1000 báo động giả** (false alarms) trong quá trình quan sát.
- Tính DR và FAR cho giải thuật này.



- DR:

$$DR = \frac{\text{Số sự cố phát hiện được}}{\text{Tổng số sự cố}} * 100\%$$



Tổng quan về quản lý
sự cố giao thông

Đánh giá hệ thống
phát hiện sự cố tự
động

Các giải thuật phát
hiện sự cố giao thông
tự động

Ước lượng mức độ
hiệu quả của HT QLSC

● **DR:**

$$DR = \frac{\text{Số sự cố phát hiện được}}{\text{Tổng số sự cố}} * 100\%$$

$$DR = \frac{49}{57} * 100\% = 86\%$$





- **DR:**

$$DR = \frac{\text{Số sự cố phát hiện được}}{\text{Tổng số sự cố}} * 100\%$$

$$DR = \frac{49}{57} * 100\% = 86\%$$

- **FAR:**

$$FAR = \frac{\text{Số báo động giả}}{\text{Số lượt quan sát}}$$

Số báo động giả: 1000



- **DR:**

$$DR = \frac{\text{Số sự cố phát hiện được}}{\text{Tổng số sự cố}} * 100\%$$

$$DR = \frac{49}{57} * 100\% = 86\%$$

- **FAR:**

$$FAR = \frac{\text{Số báo động giả}}{\text{Số lượt quan sát}}$$

Số báo động giả: 1000

Số lượt quan sát: 30 ngày x 24 giờ x 60 phút x 2



- **DR:**

$$DR = \frac{\text{Số sự cố phát hiện được}}{\text{Tổng số sự cố}} * 100\%$$

$$DR = \frac{49}{57} * 100\% = 86\%$$

- **FAR:**

$$FAR = \frac{\text{Số báo động giả}}{\text{Số lượt quan sát}}$$

Số báo động giả: 1000

Số lượt quan sát: 30 ngày x 24 giờ x 60 phút x 2

$$FAR = \frac{1000}{86,400} * 100\% = 1.16\%$$



- **DR:**

$$DR = \frac{\text{Số sự cố phát hiện được}}{\text{Tổng số sự cố}} * 100\%$$

$$DR = \frac{49}{57} * 100\% = 86\%$$

- **FAR:**

$$FAR = \frac{\text{Số báo động giả}}{\text{Số lượt quan sát}}$$

Số báo động giả: 1000

Số lượt quan sát: 30 ngày x 24 giờ x 60 phút x 2

$$FAR = \frac{1000}{86,400} * 100\% = 1.16\%$$

- Nhận xét gì về giá trị FAR và số báo động giả?

- Nhận xét 1: Tăng DR thường dẫn đến FAR càng tăng
- Nhận xét 2: Giảm TTD thường dẫn đến DR giảm, FAR tăng
- Nhận xét 3: Có hai giải thuật AID 1 và 2, nếu $DR_1 = 90\% > DR_2 = 80\%$ và $FAR_1 = 10\% > FAR_2 = 5\%$ thì giải thuật 1 hay giải thuật 2 tốt hơn?





Tổng quan về quản lý
sự cố giao thông

Đánh giá hệ thống
phát hiện sự cố tự
động

Các giải thuật phát
hiện sự cố giao thông
tự động

Ước lượng mức độ
hiệu quả của HT QLSC

So sánh hiệu năng của các giải thuật AID

Chỉ số hiệu năng (Performance index - PI)

$$PI = \left[\frac{(100 - DR)}{100} \right]^m \times FAR^n \times MTTP^p$$

DR và FAR: tỉ lệ phát hiện và tỉ lệ báo động giả

MTTD: Mean time to detect (tính theo phút)

m, n, p: hệ số dùng để làm trọng số cho 3 giá trị DR, FAR và MTTD



Ví dụ 1

- Hiệu năng của 7 giải thuật AID đo được như bảng.
- Hệ số m, n, p bằng 1
- Tìm chỉ số hiệu năng PI của các giải thuật trên.
- Giải thuật nào tốt nhất?

	DR (%)	FAR (%)	MTTD (min)
AID1	82	1.730	0.85
AID2	67	0.134	2.91
AID3	68	0.177	3.04
AID4	86	0.050	2.50
AID5	80	0.300	4.00
AID6	92	1.500	0.40
AID7	92	1.870	0.70





Tổng quan về quản lý
sự cố giao thông

Đánh giá hệ thống
phát hiện sự cố tự
động

Các giải thuật phát
hiện sự cố giao thông
tự động

Ước lượng mức độ
hiệu quả của HT QLSC

$$PI = \left[\frac{(100 - DR)}{100} \right] \times FAR \times MTTD$$

	DR (%)	FAR (%)	MTTD (min)	PI
AID1	82	1.730	0.85	0.265
AID2	67	0.134	2.91	0.129
AID3	68	0.177	3.04	0.172
AID4	86	0.050	2.50	0.018
AID5	80	0.300	4.00	0.240
AID6	92	1.500	0.40	0.048
AID7	92	1.870	0.70	0.105



Tổng quan về quản lý
sự cố giao thông

Đánh giá hệ thống
phát hiện sự cố tự
động

Các giải thuật phát
hiện sự cố giao thông
tự động

Ước lượng mức độ
hiệu quả của HT QLSC

$$PI = \left[\frac{(100 - DR)}{100} \right] \times FAR \times MTTD$$

	DR (%)	FAR (%)	MTTD (min)	PI
AID1	82	1.730	0.85	0.265
AID2	67	0.134	2.91	0.129
AID3	68	0.177	3.04	0.172
AID4	86	0.050	2.50	0.018
AID5	80	0.300	4.00	0.240
AID6	92	1.500	0.40	0.048
AID7	92	1.870	0.70	0.105

Ví dụ 2

- Hiệu năng của 7 giải thuật AID đo được như bảng (tương tự Ví dụ 1).
- Lần này việc **phát hiện nhanh** sự cố được chú trọng hơn các tiêu chí khác. Nên hệ số MTTD được tăng gấp đôi: $p=2$ ($m=1$, $n=1$).
- Với cách đánh giá mới thì giải thuật nào tốt nhất?

	DR (%)	FAR (%)	MTTD (min)
AID1	82	1.730	0.85
AID2	67	0.134	2.91
AID3	68	0.177	3.04
AID4	86	0.050	2.50
AID5	80	0.300	4.00
AID6	92	1.500	0.40
AID7	92	1.870	0.70





Tổng quan về quản lý
sự cố giao thông

Đánh giá hệ thống
phát hiện sự cố tự
động

Các giải thuật phát
hiện sự cố giao thông
tự động

Ước lượng mức độ
hiệu quả của HT QLSC

$$PI = \left[\frac{(100 - DR)}{100} \right] \times FAR \times MTTD^2$$

	DR (%)	FAR (%)	MTTD (min)	PI
AID1	82	1.730	0.85	0.225
AID2	67	0.134	2.91	0.374
AID3	68	0.177	3.04	0.523
AID4	86	0.050	2.50	0.044
AID5	80	0.300	4.00	0.960
AID6	92	1.500	0.40	0.019
AID7	92	1.870	0.70	0.073



Tổng quan về quản lý
sự cố giao thông

Đánh giá hệ thống
phát hiện sự cố tự
động

Các giải thuật phát
hiện sự cố giao thông
tự động

Ước lượng mức độ
hiệu quả của HT QLSC

$$PI = \left[\frac{(100 - DR)}{100} \right] \times FAR \times MTTD^2$$

	DR (%)	FAR (%)	MTTD (min)	PI
AID1	82	1.730	0.85	0.225
AID2	67	0.134	2.91	0.374
AID3	68	0.177	3.04	0.523
AID4	86	0.050	2.50	0.044
AID5	80	0.300	4.00	0.960
AID6	92	1.500	0.40	0.019
AID7	92	1.870	0.70	0.073



Tổng quan về quản lý
sự cố giao thông

Đánh giá hệ thống
phát hiện sự cố tự
động

Các giải thuật phát
hiện sự cố giao thông
tự động

Ước lượng mức độ
hiệu quả của HT QLSC

3. Các loại giải thuật AID

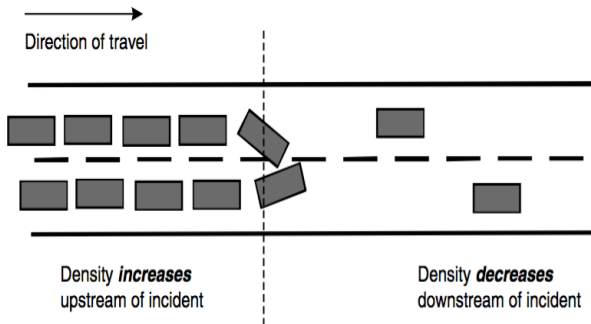


Có thể chia làm 4 nhóm dựa trên nguyên lý đằng sau giải thuật:

- ➊ **Comparative-type/pattern recognition:** So sánh/ nhận dạng mẫu
- ➋ **Catastrophe theory:** Dựa vào lý thuyết tai nạn
- ➌ **Statistical-based:** Dựa trên thống kê
- ➍ **Artificial intelligence-based:** Dựa vào hướng tiếp cận trí tuệ nhân tạo

3.1. Comparative-type/ pattern recognition

- Nhận xét: sự cố giao thông xuất hiện sẽ dẫn đến một sự gia tăng mật độ phương tiện ở thượng nguồn và sự sụt giảm mật độ hạ lưu.
- **Giải thuật kiểu so sánh** sẽ tìm cách phân biệt trạng thái “bình thường” và “bất thường” của các thông số dòng giao thông.
 - dựa trên một giá trị ngưỡng (threshold) được định trước, ví dụ: **giải thuật California**



[Source: Lester et al., Transportation Infrastructure Engineering]



- Đây là một trong những giải thuật AID kiểu so sánh ra đời sớm nhất
- Thường dùng làm tiêu chuẩn để so sánh và đánh giá các giải thuật mới
- Dựa trên việc so sánh giá trị occupancy (hoặc density) từ hai trạm quan trắc liền kề.



Tổng quan về quản lý
sự cố giao thông

Đánh giá hệ thống
phát hiện sự cố tự
động

Các giải thuật phát
hiện sự cố giao thông
tự động

Ước lượng mức độ
hiệu quả của HT QLSC



Tổng quan về quản lý
sự cố giao thông

Đánh giá hệ thống
phát hiện sự cố tự
động

Các giải thuật phát
hiện sự cố giao thông
tự động

Ước lượng mức độ
hiệu quả của HT QLSC

Bước 1. Chênh lệch giữa occupancy thượng nguồn (OCC_{up}) và hạ lưu (OCC_{down}) được so sánh với ngưỡng T_1 . Nếu ngưỡng bị vượt qua thì chuyển sang bước 2.

Bước 2. Giá trị $\frac{OCC_{up} - OCC_{down}}{OCC_{up}}$ sẽ được so sánh với giá trị ngưỡng thức hai T_2 . Nếu giá trị ngưỡng này bị vượt qua thì sẽ chuyển sang bước 3

Bước 3. $\frac{OCC_{up} - OCC_{down}}{OCC_{down}}$ sẽ được so sánh với giá trị ngưỡng thức ba T_3 . Nếu ngưỡng này bị vượt qua thì sẽ đánh dấu một khả năng cao của một sự cố. Lúc này chưa thực sự ghi nhận sự cố này mà phải chờ ở chu kỳ tiếp theo nếu T_2 và T_3 ở bước 2 và 3 bị vượt lần nữa thì giải thuật sẽ ghi nhận một sự cố.

Chú ý:

1. Sự cố sẽ được xác định là kết thúc nếu ngưỡng T_2 không bị vượt qua nữa.

2. Vấn đề thách thức nằm ở việc định ra các giá trị ngưỡng (T_1, T_2, T_3)

Giải thuật California - Ví dụ

Cho bảng sau với các giá trị occupancy cho một đoạn cao tốc. Giải thuật California được áp dụng định kỳ mỗi 30 giây. Các giá trị ngưỡng được cho như sau: $T_1 = 20$, $T_2 = 0.25$, $T_3 = 0.50$. Xác định thời điểm (time step) mà một cảnh báo sự cố được kích hoạt và thời điểm (time step) mà sự cố này được xác định là kết thúc.

Time Step	$OCC_{up}(\%)$	$OCC_{down}(\%)$
1	60	10
2	62	15
3	59	17
4	65	14
5	67	22
6	64	19
7	59	22
8	48	27
9	37	29
10	32	29
11	30	28
12	32	31



Giải thuật California - Ví dụ (t.t.)

Time Step	$OCC_{up}(\%)$	$OCC_{down}(\%)$
1	60	10
2	62	15
3	59	17
4	65	14
5	67	22
6	64	19
7	59	22
8	48	27
9	37	29
10	32	29
11	30	28
12	32	31

- Bước 1: tính $OCC_{up} - OCC_{down}$
- Bước 2: tính $\frac{OCC_{up} - OCC_{down}}{OCC_{up}}$
- Bước 3: tính $\frac{OCC_{up} - OCC_{down}}{OCC_{down}}$



Tổng quan về quản lý
sự cố giao thông

Đánh giá hệ thống
phát hiện sự cố tự
động

Các giải thuật phát
hiện sự cố giao thông
tự động

Ước lượng mức độ
hiệu quả của HT QLSC

Giải thuật California - Ví dụ (t.t.)

Time Step	$OCC_{up}(\%)$	$OCC_{down}(\%)$
1	60	10
2	62	15
3	59	17
4	65	14
5	67	22
6	64	19
7	59	22
8	48	27
9	37	29
10	32	29
11	30	28
12	32	31

- So sánh ngưỡng $T_1 = 20$, $T_2 = 0.25$, $T_3 = 0.50$
- Bắt đầu có cảnh báo: time step 2; kết thúc ghi nhận sự cố: time step 9



Giải thuật California - Một số biến thể

- Có trên 10 giải thuật cải tiến xuất phát từ giải thuật California, trong đó TSC 7 và TSC 8 thành công hơn cả.
- TSC 7: thiết kế nhằm giảm tỷ lệ cảnh báo giả, dựa trên một giả định sự gián đoạn giao thông sẽ tiếp diễn trong một khoảng thời gian định xác định trước khi sự cố được phát hiện.
- TSC 8: đây là giải thuật phức tạp nhất, và cũng hiệu quả nhất.



3.2. Các giải thuật dựa trên lý thuyết tai nạn

- Ý tưởng: sự cố làm thay đổi đột ngột một tham số đang theo dõi, trong khi các tham số khác thay đổi đều đặn.
- Các tham số: tốc độ, lưu lượng, và occupancy
- Có thể phân biệt được tắc nghẽn xảy ra lặp lại và tắc nghẽn do sự cố
- Ví dụ: Giải thuật McMaster



Tổng quan về quản lý
sự cố giao thông

Đánh giá hệ thống
phát hiện sự cố tự
động

Các giải thuật phát
hiện sự cố giao thông
tự động

Ước lượng mức độ
hiệu quả của HT QLSC

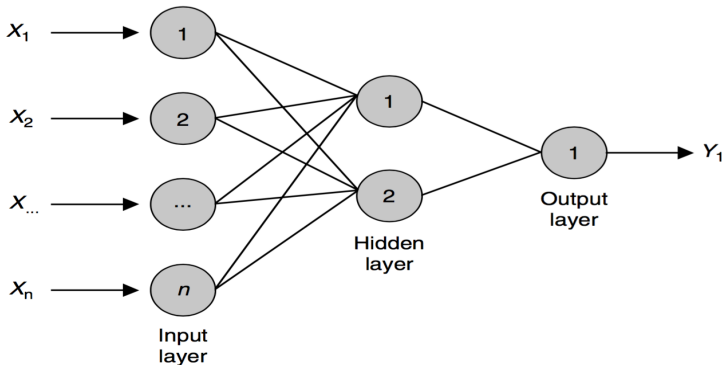
3.3. Các giải thuật dựa trên thống kê

- Sử dụng dữ liệu chuỗi thời gian (time series) để dự đoán tình trạng giao thông trong tương lai
- Dựa trên dữ liệu thực quan sát được và thông tin dự báo, các thay đổi không mong đợi được phân loại là một sự cố
- Ví dụ: ARIMA (auto-regressive integrated moving-average)



3.4. Các giải thuật dựa vào trí tuệ nhân tạo

- Sử dụng AI (Artificial Intelligence) để giải quyết bài toán phân loại, trong đó mạng neuron (neural networks - NNs) được sử dụng hiệu quả nhất.
- Để phát hiện sự cố giao thông, multilayer perceptron (MLP) NNs được sử dụng



[Source: Lester et al., Transportation Infrastructure Engineering]





Tổng quan về quản lý
sự cố giao thông

Đánh giá hệ thống
phát hiện sự cố tự
động

Các giải thuật phát
hiện sự cố giao thông
tự động

Ước lượng mức độ
hiệu quả của HT QLSC

- Nhằm giảm thời gian ảnh hưởng của sự cố: thời gian để phát hiện và xác nhận sự cố; thời gian phản ứng và dọn dẹp sự cố.
- HTQLSC giúp giảm thời gian ảnh hưởng của sự cố đến 55%

- Một đường cao tốc 6 làn xe (3 làn mỗi chiều) vận chuyển khoảng 4200 xe/h trong giờ cao điểm.
- Năng lực thông hành 1 làn là 2000 xe/h.
- Một tai nạn xảy ra trong 60 phút sẽ làm cản trở 50% năng lực thông hành của tuyến đường này.
- Xác định thời gian tiết kiệm được cho người sử dụng đường nếu một hệ thống quản lý sự cố giao thông được lắp đặt có thể phản ứng để giảm thời gian cản trở còn chỉ 30 phút



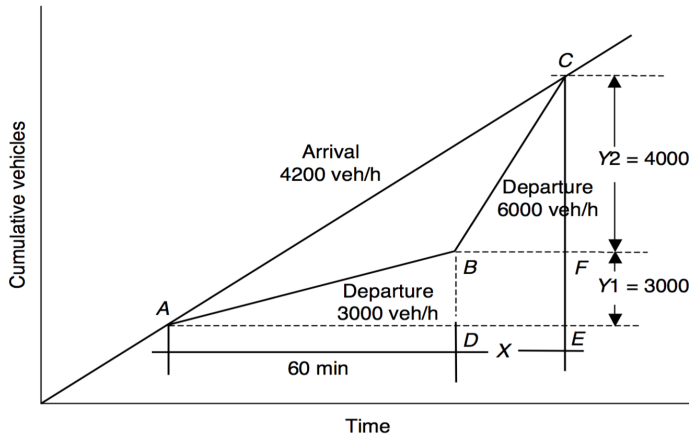
Tổng quan về quản lý
sự cố giao thông

Đánh giá hệ thống
phát hiện sự cố tự
động

Các giải thuật phát
hiện sự cố giao thông
tự động

Ước lượng mức độ
hiệu quả của HT QLSC

Biểu đồ tích lũy xe theo thời gian - tai nạn 60 phút



[Source: Lester et al., Transportation Infrastructure Engineering]



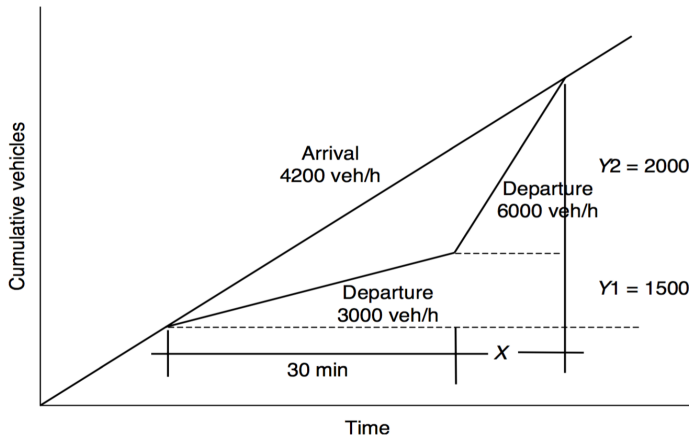
Tổng quan về quản lý sự cố giao thông

Đánh giá hệ thống phát hiện sự cố tự động

Các giải thuật phát hiện sự cố giao thông tự động

Ước lượng mức độ hiệu quả của HT QLSC

Biểu đồ tích lũy xe theo thời gian - tai nạn 30 phút



[Source: Lester et al., Transportation Infrastructure Engineering]



Tổng quan về quản lý sự cố giao thông

Đánh giá hệ thống phát hiện sự cố tự động

Các giải thuật phát hiện sự cố giao thông tự động

Ước lượng mức độ hiệu quả của HT QLSC