

**TCCS**

**TIÊU CHUẨN CƠ SỞ**

**TCCS 24 : 2018/TCĐBVN**

Xuất bản lần 1

**TIÊU CHUẨN THIẾT KẾ ĐIỀU KHIỂN GIAO THÔNG ĐƯỜNG BỘ BẰNG ĐÈN TÍN HIỆU**

***Basic Standards for Design of Road Traffic Signal Control***

**HÀ NỘI - 2018**

## **Lời nói đầu**

**TCCS 24 : 2018/TCĐBVN** được biên soạn bởi Ban kỹ thuật xây dựng tiêu chuẩn Quốc gia “Tiêu chuẩn đèn tín hiệu giao thông đường bộ” trên cơ sở Tiêu chuẩn đèn tín hiệu giao thông đường bộ - Hướng dẫn về đèn tín hiệu điều khiển giao thông đường bộ của CHLB Đức, Tổng cục Đường bộ Việt Nam công bố sau khi được Bộ Giao thông vận tải thẩm định.

## **TIÊU CHUẨN THIẾT KẾ ĐIỀU KHIỂN GIAO THÔNG ĐƯỜNG BỘ BẰNG ĐÈN TÍN HIỆU**

### **Basic Standards for Design of Road Traffic Signal Control**

#### **1 Phạm vi áp dụng**

Tiêu chuẩn này quy định các yêu cầu về thiết kế điều khiển giao thông đường bộ bằng đèn tín hiệu cho nút giao thông đường bộ và các nút giao thông giữa đường bộ với đường sắt.

Khi thiết kế điều khiển giao thông đường bộ bằng đèn tín hiệu có liên quan tới các công trình khác, ngoài việc áp dụng theo tiêu chuẩn này, cần phải tuân theo các quy định hiện hành về các công trình đó.

#### **2 Tài liệu viện dẫn**

Các tài liệu viện dẫn sau được dùng làm tài liệu tham khảo trong quá trình xây dựng tiêu chuẩn đèn tín hiệu giao thông đường bộ. Đối với các tài liệu viện dẫn ghi năm ban hành thì áp dụng bản được nêu; đối với các tài liệu viện dẫn không ghi năm ban hành thì áp dụng phiên bản mới nhất, bao gồm cả các sửa đổi:

HBS 2001	Sổ tay năng lực thông hành đường bộ, Hiệp hội nghiên cứu giao thông đường bộ Cộng Hòa Liên Bang Đức năm 2001 ( <i>Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (German Highway Capacity Manual)</i> ), FGSV–Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen, 2001)
HBS 2015	Sổ tay năng lực thông hành đường bộ, Hiệp hội nghiên cứu giao thông đường bộ Cộng Hòa Liên Bang Đức năm 2015 ( <i>Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (German Highway Capacity Manual)</i> ), FGSV–Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen, 2015)
MUTCD-FHA 2009	Hướng dẫn sử dụng các thiết bị điều khiển giao thông đường bộ, Hiệp hội đường cao tốc – Bộ giao thông vận tải Hoa Kỳ (Manual on Uniform Traffic Control Devices – Federal Highway Administration – U.S Department of Transport, 2009.
MUTCD-FHA 2013	Hướng dẫn sử dụng các thiết bị điều khiển giao thông đường bộ, Hiệp hội đường cao tốc – Bộ giao thông vận tải Hoa Kỳ (Manual on Uniform Traffic

Control Devices – Federal Highway Administration – U.S Department of Transport, 2013).

RILSA 1992	Hướng dẫn về Đèn tín hiệu điều khiển giao thông, hiệp hội nghiên cứu giao thông và đường bộ Cộng Hòa Liên Bang Đức năm 1992 (RichtlinienfürLichtsignalanlagen, FGSV–Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen, 2001)
RILSA 2015	Hướng dẫn về Đèn tín hiệu điều khiển giao thông, hiệp hội nghiên cứu giao thông và đường bộ Cộng Hòa Liên Bang Đức năm 2015 (RichtlinienfürLichtsignalanlagen, FGSV–Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen, 2015)
TCXDVN 104:2007	Đường đô thị - Yêu cầu thiết kế
TCVN 5729-2012	Tiêu chuẩn thiết kế Đường cao tốc
TCVN 4054-2005	Đường ô tô – Yêu cầu thiết kế

### 3 Thuật ngữ – Định nghĩa

Băng xanh (Green band): Thời gian phản ánh sự di chuyển liên tục của các phương tiện trong làn sóng xanh.

Bề rộng băng xanh (Green bandwidth): Khoảng chênh lệch về thời gian giữa phương tiện đầu tiên và phương tiện cuối cùng của dòng xe có thể di chuyển một cách liên tục theo một vận tốc tính toán qua tất cả các nút giao được điều khiển tín hiệu phối hợp theo làn sóng xanh.

Biểu đồ quãng đường thời gian (Time-distance diagram): Biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa vị trí và thời gian tương ứng của phương tiện so với một điểm tham chiếu trên trục đường.

Bộ nhận dạng (Detector): Thiết bị dùng để thu nhận các thuộc tính của dòng giao thông.

Chiều dài phương tiện quy ước (Fictitious vehicle length): Chiều dài một phương tiện điển hình dùng trong tính toán, xe con tiêu chuẩn 6m, xe khách, buýt, tải: 12 m.

Chu kỳ đèn tín hiệu (Signal cycle): Một chuỗi các tín hiệu điều khiển có tính tuần hoàn lặp đi lặp lại trong chương trình đèn tín hiệu.

Chuỗi pha (Phase sequence): Trình tự xuất hiện của các pha tín hiệu trong một chu kỳ đèn.

Chương trình tín hiệu giao thông (Traffic signal program): Tập hợp các chuyển động nhất định và thời gian tín hiệu đèn tương ứng.

Các dòng giao thông không xung đột (Non-conflicting traffic flows): Các dòng giao thông khi chuyển động đồng thời qua nút mà không có bất kỳ điểm/vùng xung đột nào.

Các dòng giao thông có xung đột (Conflicting traffic flows): Tập hợp dòng giao thông có đồng thời ít nhất một điểm/vùng xung đột với các dòng giao thông khác trong tập hợp đó khi đi qua nút.

Các dòng giao thông xung đột một phần (Partially conflicting traffic flows): Tập hợp các dòng giao thông có xung đột nhưng xung đột đó có thể được kiểm soát qua các nguyên tắc tham gia giao thông.

Dòng giao thông ưu tiên (Priority traffic flow): Dòng giao thông được nhận các quyền ưu tiên so với các dòng giao thông khác.

Dòng rẽ phải được bảo hộ (Protected right-turning movements): Dòng rẽ phải được dẫn hướng bằng đảo dẫn hướng và có tín hiệu riêng.

Dòng rẽ phải được bảo hộ tạm thời (Temporarily protected right-turning movements): Là dòng rẽ phải không được bảo hộ hoàn toàn bằng tín hiệu, mà chỉ được bảo hộ trong một khoảng thời gian nhất định, thường được thực hiện qua kỹ thuật đèn xanh rẽ mở sớm hoặc đóng muộn.

Dòng rẽ phải cho phép (Permitted right-turning movements): Dòng phương tiện rẽ phải không được bảo hộ bằng đèn tín hiệu khi thời gian đèn xanh cho dòng xe rẽ phải và dòng người đi bộ có xung đột được bố trí đồng thời.

Dòng rẽ trái được bảo hộ (Protected left-turning movements): Dòng rẽ trái được bảo hộ bằng tín hiệu hóa khi nhận tín hiệu xanh trong khi tất cả các dòng có xung đột với dòng rẽ trái nhận tín hiệu đỏ.

Dòng rẽ trái bảo hộ tạm thời (Temporarily protected left-turning movements): Dòng rẽ trái không được bảo hộ hoàn toàn bằng tín hiệu trong chu kỳ đèn, mà chỉ được bảo hộ trong một khoảng thời gian nhất định, thường được thực hiện qua kỹ thuật đèn xanh rẽ mở sớm hoặc đóng muộn.

Dòng rẽ trái cho phép (Permitted left-turning movements): Dòng phương tiện rẽ trái không được bảo hộ bằng đèn tín hiệu khi thời gian đèn xanh cho dòng xe rẽ trái và dòng xe có xung đột (ví dụ dòng đối diện) được bố trí đồng thời.

Điều kiện logic (Logic condition): Các trạng thái logic (có/không) có được khi so sánh các tham số dòng giao thông với các giá trị ngưỡng, được sử dụng trong lưu đồ thuật toán điều khiển đèn tín hiệu linh hoạt.

Điều kiện thời gian (Time condition): Các điều kiện về thời gian của chương trình tín hiệu được mô tả trong lưu đồ thuật toán trong điều khiển đèn tín hiệu linh hoạt.

Điều khiển đèn tín hiệu cố định (Fixed timesignal control): Phương pháp điều khiển đèn tín hiệu giao thông, trong đó tất cả các tham số thời gian (thời gian chu kỳ, thời gian đèn xanh, thời gian đèn đỏ, vàng) đều được thiết kế cố định không thay đổi trong một thời gian (giờ cao điểm/giờ thấp điểm) hoặc không thay đổi theo tình trạng giao thông.

Điều khiển đèn tín hiệu linh hoạt (Adaptive signal control): Phương pháp điều khiển đèn tín hiệu giao thông, trong đó một hoặc một vài tham số thời gian sẽ được thiết kế cố định, và các tham số thời gian còn lại sẽ được điều chỉnh linh hoạt tùy theo biện pháp điều khiển.

Điều khiển đèn tín hiệu linh hoạt toàn phần (Signal formation control): Phương pháp điều khiển đèn tín hiệu giao thông, trong đó tất cả các tham số thời gian (thời gian chu kỳ, thời gian đèn xanh, thời gian đèn đỏ, đèn vàng) được điều chỉnh linh hoạt dựa trên tình trạng của dòng giao thông nhằm đáp ứng những mục tiêu nhất định của chủ thể quản lý.

Đèn xanh mở sớm (Leading green time): Tín hiệu xanh cho dòng giao thông rẽ (trái/phải) được bật lên sớm hơn một khoảng thời gian nhất định trước khi tín hiệu xanh cho dòng giao thông có xung đột với dòng rẽ (đi thẳng ở hướng đối diện hoặc dòng người đi bộ) bắt đầu được bật.

Đèn xanh đóng muộn (Lagging green time): Tín hiệu xanh cho dòng giao thông rẽ (trái/phải) kết thúc muộn hơn một khoảng thời gian sau khi tín hiệu xanh cho dòng giao thông có xung đột với dòng rẽ (đi thẳng ở hướng đối diện hoặc dòng người đi bộ) kết thúc.

Điểm băng xanh (Green band point): Điểm giao cắt giữa hai băng xanh ngược chiều.

Điều khiển đèn tín hiệu giao thông (Traffic signal control): Quá trình thu nhận thông tin, xử lý, và tác động lên chương trình tín hiệu, nhằm cho phép các dòng giao thông và người đi bộ chuyển động theo một trật tự nhất định, giúp hạn chế tối đa xung đột, bảo đảm an toàn và tăng tốc độ dòng giao thông.

Giãn cách thời gian (Headway): Khoảng thời gian giữa các phương tiện kế tiếp nhau trong dòng giao thông.

Khả năng thông hành (Capacity): Số lượng tối đa các đối tượng tham gia giao thông (phương tiện, người đi bộ) có thể thông qua một mặt cắt ngang của đoạn đường, trên một hướng, trong một khoảng thời gian nhất định trong các điều kiện về đường, giao thông, tín hiệu và tổ chức giao thông cụ thể khác.

Khả năng thông hành dự trữ (Reserved capacity): Khoảng chênh lệch giữa khả năng thông hành và lưu lượng giao thông hiện tại.

Khoảng cách giữa 2 điểm băng xanh liền kề (Greenband point distance): Khoảng cách giữa các điểm băng xanh giữa các nút liền kề.

Làn sóng xanh (Green wave): Làn sóng xanh là cách thức điều khiển dòng giao thông bằng cách phối hợp hệ thống đèn tín hiệu giao thông ở các nút giao thông liền kề nhau để đảm bảo phần lớn các phương tiện đi với vận tốc nhất định trên trục chính sẽ liên tục gặp đèn xanh.

Lưu đồ thuật toán (Flow chart): Sơ đồ (hoặc lưu đồ) bao gồm các bước, điều kiện logic và các điều kiện thời gian mô tả trạng thái của các pha và quá trình chuyển pha trong điều khiển giao thông linh hoạt.

Lưu lượng giao thông (Traffic volume): Số lượng phương tiện (thường dưới dạng xe con quy đổi (PCU) thông qua một mặt cắt của đường trong một khoảng thời gian nhất định (giờ, ngày, tuần, năm).

Lưu lượng dòng bão hòa (Saturation flow rate): là số lượng phương tiện lớn nhất trên một nhóm làn có thể thông qua nút giao trong một giờ dưới các điều kiện thực tế về đường, giao thông, và các điều kiện tổ chức giao thông cụ thể với giả thiết nhóm làn đó liên tục nhận được đèn xanh trong một giờ.

Giao thông phi cơ giới (Non-motorized transport): Các loại hình chuyển động của người và phương tiện không dùng động cơ (đi bộ, xe đạp, xe do người và động vật kéo).

Mật độ giao thông (Traffic density): Số lượng phương tiện trên một diện tích nhất định của đường tại một thời điểm nhất định (thường được thể hiện qua số phương tiện trên một làn xe trên một km).

Mức độ chiếm dụng (Degree of occupancy): Tỷ lệ phần trăm về thời gian mà một vị trí trên đường bị chiếm đóng (chiếm chỗ) bởi các phương tiện.

Mức độ phục vụ (Level of service): Chỉ tiêu định lượng dùng để đánh giá chất lượng khai thác của kết cấu hạ tầng giao thông thông qua việc phân tích quan hệ giữa lưu lượng giao thông, công suất và vận tốc dòng giao thông, thời gian trễ, mức độ ùn tắc.

Nút giao thông có đèn tín hiệu (Signalized intersection): Nút giao thông có điều khiển giao thông bằng đèn tín hiệu.

Nhóm đèn tín hiệu (Signal groups): Một số thiết bị đèn tín hiệu giao thông có cùng chương trình tín hiệu hoặc có mối liên hệ nhất định nhằm mục tiêu điều khiển dòng giao thông.

Pha (phase): Một tập hợp trạng thái tín hiệu không đổi áp dụng đối với một hoặc một số chuyển động nhất định.

Quãng đường thoát nút (Clearing distance): Khoảng cách bao gồm quãng đường thoát nút cơ bản và chiều dài phương tiện quy ước. Quãng đường thoát nút cơ bản của phương tiện được tính từ vạch dừng xe đến điểm giao cắt giữa dòng thoát nút và dòng nhập nút (điểm xung đột). Đối với trường hợp người đi bộ, thì quãng đường thoát nút cơ bản là khoảng cách giữa điểm bắt đầu qua đường và điểm kết thúc của vùng xung đột giữa người đi bộ và dòng giao thông.

Quãng đường nhập nút (Entering distance): Quãng đường từ vạch dừng xe vào nút đến điểm xung đột. Đối với người đi bộ đó quãng đường nhập nút lấy bằng 0.

Sơ đồ chuỗi pha (Phase sequence diagram): Hình vẽ gồm pha và các chuỗi pha trong điều khiển đèn tín hiệu cố định và điều khiển đèn tín hiệu linh hoạt.

Tín hiệu giao thông (Traffic signal): Tín hiệu ánh sáng màu (xanh, đỏ, vàng, nháy vàng) hoặc tín hiệu âm thanh hoặc dạng ký tự được sử dụng để chỉ dẫn và cảnh báo những chuyển động được phép cho người và phương tiện tại nút giao thông có điều khiển bằng đèn tín hiệu.

Thời gian chu kỳ đèn (Cycle time): Khoảng thời gian tính bằng giây để chương trình tín hiệu giao thông hoàn thành một chu kỳ đầy đủ.

Thời gian chuyển pha (Phase transition time): khoảng thời gian tính từ lúc kết thúc đèn xanh sớm nhất của một nhóm tín hiệu trong pha này đến lúc bắt đầu thời gian xanh muộn nhất của một nhóm tín hiệu trong pha tiếp theo.

Thời gian xen kẽ (Intergreen time): khoảng thời gian tính từ lúc kết thúc đèn xanh của một dòng giao thông đến lúc bắt đầu đèn xanh của dòng giao thông khác.

Thời gian đèn đỏ (Red time): Khoảng thời gian được biểu thị bằng tín hiệu đỏ. Dòng xe nhận tín hiệu đỏ bắt buộc phải dừng lại.

Thời gian đèn vàng (Amber time): Khoảng thời gian được hiển thị bằng tín hiệu vàng thể hiện sự chuyển tiếp từ tín hiệu xanh sang tín hiệu đỏ.

Thời gian đèn xanh (Green time): Khoảng thời gian được hiển thị bằng tín hiệu xanh. Dòng xe gặp tín hiệu xanh được phép chuyển động.

Thời gian đèn xanh có hiệu (Effective green time): Khoảng thời gian thực tế cho phép các phương tiện di chuyển qua nút giao.

Thời gian vượt (Crossing time): Khoảng thời gian tính từ khi kết thúc đèn xanh tới điểm bắt đầu thời gian thoát nút.

Thời gian nhập nút (Entering time): Thời gian nhập nút là khoảng thời gian cần thiết để phương tiện đi hết quãng đường nhập nút với vận tốc nhập nút.

Thời gian thoát nút (Clearance time): Thời gian thoát nút là khoảng thời gian cần thiết để phương tiện đi hết quãng đường thoát nút với vận tốc thoát nút.

Thời gian trễ trung bình của một phương tiện (Average delayed time): Khoảng thời gian trung bình mà một phương tiện phải dừng tại nút.

Vùng xung đột (Conflict area): phần diện tích của nút giao thông trên đó hai hoặc nhiều dòng giao thông có giao cắt nếu chuyển động đồng thời.

Vận tốc tối đa cho phép (Desired speed): Vận tốc tối đa của một phương tiện được phép chạy trên tuyến đường.



Vận tốc dòng xe trong làn sóng xanh (Progression speed): Tốc độ được tính toán nhằm cho phép phương tiện chạy không ngừng qua các nút trong làn sóng xanh, thể hiện qua độ dốc giữa đường trung tâm của băng xanh với trục thời gian của biểu đồ quãng đường - thời gian, trong điều kiện giao thông bình thường, Vận tốc dòng xe trong làn sóng xanh thể hiện vận tốc của các phương tiện dẫn đầu nhóm phương tiện xuất phát sau đèn xanh.

Vận tốc thoát nút (Clearance speed): Vận tốc trung bình của một phương tiện chạy qua quãng đường thoát nút.

#### 4 Ký hiệu và thuật ngữ viết tắt

Ký hiệu	Mô tả	Đơn vị
<b>Ký hiệu chung</b>		
B	Tín hiệu cho xe buýt	[-]
C	Tín hiệu cho xe đạp	[-]
CP	Chuyển pha	[-]
D	Bộ nhận dạng	[-]
HV	Tỉ lệ phần trăm phương tiện nặng trong dòng xe	[%]
L	Điều kiện lô- gic	[-]
LOS	Mức độ phục vụ	[-]
M	Tham số trong lưu đồ thuật toán	[-]
MV	Tín hiệu cho xe cơ giới	[-]
NĐ	Nhóm đèn tín hiệu	[-]
O	Trạng thái xuất hiện	[-]
P	Tín hiệu cho người đi bộ	[-]
R	Yêu cầu	[-]
SP	Chương trình tín hiệu	[-]
t	Tham số thời gian	[-]
T	Điều kiện thời gian	[-]
TG	Giãn cách thời gian	[-]
<b>Ký hiệu các tham số tính toán</b>		
a	Gia tốc	[m/s <sup>2</sup> ]
$a_i$	Tỉ lệ lưu lượng của dòng giao thông i trong làn hỗn hợp	[-]
b	Bề rộng làn	[m/s <sup>2</sup> ]
d	Độ dốc dọc của đường	[-]
f	Tỉ lệ thời gian xanh	[-]
$f_b$	Hệ số điều chỉnh dòng bảo hòa theo bề rộng làn	[-]
$f_d$	Hệ số điều chỉnh dòng bảo hòa theo độ dốc dọc	[-]
$f_{HV}$	Hệ số điều chỉnh dòng bảo hòa theo thành phần xe nặng	[-]

$f_r$	Hệ số điều chỉnh dòng bảo hòa theo bán kính rẽ	[-]
$g$	Mức độ bảo hòa	[-]
$l_{DBX}$	khoảng cách giữa 2 điểm băng xanh liền kề	[m]
$l_{pt}$	Chiều dài phương tiện	[m]
$l_{th}$	Quãng đường thoát nút	[m]
$l_0$	Quãng đường thoát nút cơ bản	[m]
$l_{nn}$	Quãng đường nhập nút	[m]
$m$	Số lượng phương tiện trung bình đến nút trong 1 chu kỳ	[PCU]
$m_{max}$	Số lượng phương tiện lớn nhất có thể thoát nút trong khoảng thời gian đèn xanh	[PCU]
$N_A$	Số lượng xe có thể dừng trong phạm vi nút	[PCU]
$n_C$	số lượng chu kỳ đèn trong 1 giờ	[-]
$n_{C,i}$	Khả năng thông hành của làn i trong một chu kỳ	[PCU]
$n_{C,K}$	Khả năng thông hành của làn xe có đoạn mở rộng ngắn trong một chu kỳ	[PCU]
$N_{GE}$	Chiều dài hàng chờ trung bình tại thời điểm kết thúc đèn xanh trong thời gian quan sát (thường là 1 giờ)	[PCU]
$N_d$	Số xe dừng trong một chu kỳ	[PCU]
$n_R$	Số lượng khoảng dừng giữa vạch dừng và đường ngang đi bộ	[PCU]
$p$	Tổng số pha trong một chu kỳ	[-]
$p'$	Số pha có thời gian đèn xanh dài hơn thời gian đèn xanh tối thiểu	[-]
$P_{0,rp}$	Khả năng thông hành của dòng rẽ phải trong trường hợp được bảo hộ	[PCU/h]
$P_{0,rt}$	Khả năng thông hành trong trường hợp bảo hộ cho dòng rẽ trái	[PCU/h]
$P_K$	Khả năng thông hành trên làn xe có đoạn mở rộng ngắn	[PCU/h]
$P_n$	Khả năng thông hành của nút	[PCU/h]
$P_{pc}$	Khả năng thông hành của dòng rẽ trái trong thời gian chuyển pha	[PCU/h]
$P_{pm}$	Khả năng thông hành của dòng rẽ trái trong thời gian không bảo hộ	[PCU/h]
$P_{pt}$	Khả năng thông hành trong thời gian được bảo hộ	[PCU/h]
$P_{rp}$	Tổng khả năng thông hành của dòng rẽ phải được bảo hộ tạm thời hoặc không được bảo hộ	[PCU/h]
$P_{rt}$	Tổng khả năng thông hành của dòng rẽ trái được bảo hộ tạm thời hoặc không được bảo hộ	[PCU/h]

$q$	Lưu lượng dòng xe	[PCU/h]
$r$	Bán kính rẽ	[m]
$S$	Lưu lượng dòng bão hòa	[PCU/h]
$S_0$	Lưu lượng dòng bão hòa tiêu chuẩn	[PCU/h]
$S_{hh}$	Lưu lượng dòng bão hòa trên làn hỗn hợp	[PCU/h]
$S_t$	Lưu lượng bão hòa của dòng đi thẳng	[PCU/h]
$S_{rp}$	Lưu lượng bão hòa của dòng rẽ phải	[PCU/h]
$S_{rt}$	Lưu lượng bão hòa của dòng rẽ trái	[PCU/h]
$t_{0,ped}$	Thời gian xanh cho dòng rẽ phải không có sự cản trở của người đi bộ	[s]
$t_C$	Thời gian chu kỳ thực tế	[s]
$t_{C,min}$	Thời gian chu kỳ tối thiểu	[s]
$t_{C,0}$	Thời gian chu kỳ tối ưu	[s]
$t_d$	Thời gian đèn đỏ	[s]
$t_{dv}$	Thời gian đèn đỏ-vàng	[s]
$t_H$	Giãn cách thời gian giữa hai xe trong dòng bão hòa	[s]
$t_{H,0}$	Giãn cách thời gian bão hòa cơ bản	[s]
$t_{H,rp}$	Giãn cách thời gian của dòng xe rẽ phải	[s]
$t_{nn}$	Thời gian nhập nút	[s]
$t_{occ}$	Thời gian xanh có người đi bộ qua đường	[s]
$t_{th}$	Thời gian thoát nút	[s]
$t_x$	Thời gian đèn xanh thực tế	[s]
$t_{x,t}$	Thời gian xanh cho dòng đi thẳng	[s]
$t_{x,rp}$	Thời gian xanh cho dòng rẽ phải	[s]
$t_{x,rt}$	Thời gian xanh cho dòng rẽ trái	[s]
$t_{xh}$	Thời gian đèn xanh có hiệu	[s]
$t_{xk}$	Thời gian xen kẽ	[s]
$t_{x,min}$	Thời gian đèn xanh tối thiểu	[s]
$t_v$	Thời gian đèn vàng	[s]
$t_{vu}$	Thời gian vượt	[s]
$t_w$	Thời gian trễ trung bình của một phương tiện	[s]
$t_{w1}$	Thời gian trễ cơ bản	[s]
$t_{w2}$	Thời gian trễ do tắc nghẽn	[s]
$t_{w,max}$	Thời gian trễ lớn nhất của một phương tiện	[s]
$V_{cp}$	Vận tốc cho phép	[km/h]
$V_{lt}$	Vận tốc dòng xe trong làn sóng xanh	[km/h]

$V_{tn}$	Vận tốc thoát nút	[m/s]
PCU	Xe con quy đổi	PCU

## 5 Quy định chung

### 5.1 Trường hợp cần điều khiển giao thông bằng đèn tín hiệu

Việc quyết định điều khiển giao thông bằng đèn tín hiệu cần dựa vào các điều kiện cụ thể sau, trừ khi có yêu cầu của cơ quan có thẩm quyền, nhưng không làm thay đổi ý nghĩa của các điều kiện này.

**Điều kiện 1: Lưu lượng giao thông trong khoảng thời gian 8 giờ trong một ngày bình thường**

Bảng 1: Kết quả khảo sát lưu lượng phương tiện trong một giờ trong 8 giờ khảo sát

<b>Điều kiện A: Lưu lượng giao thông tối thiểu</b>									
Số lượng làn xe trên mỗi hướng tiếp cận		Lưu lượng giao thông trong mỗi giờ (PCU/giờ/hướng)							
		Trên đường chính (Tổng cả hai hướng)				Trên đường phụ (chỉ lấy 1 hướng có lưu lượng giao thông lớn nhất)			
<u>Đường chính</u>	<u>Đường phụ</u>	<u>100%<sup>a</sup></u>	<u>80%<sup>b</sup></u>	<u>70%<sup>c</sup></u>	<u>56%<sup>d</sup></u>	<u>100%<sup>a</sup></u>	<u>80%<sup>b</sup></u>	<u>70%<sup>c</sup></u>	<u>56%<sup>d</sup></u>
1	1	500	400	350	280	150	120	105	84
≥ 2	1	600	480	420	336	150	120	105	84
≥ 2	≥ 2	600	480	420	336	200	160	140	112
1	≥ 2	500	400	350	280	200	160	140	112
<b>Điều kiện B: Sự gián đoạn của dòng giao thông liên tục</b>									
Số lượng làn xe trên mỗi hướng tiếp cận		Lưu lượng giao thông trong mỗi giờ (PCU/giờ/hướng)							
		Trên đường chính (Tổng cả hai hướng)				Trên đường phụ (chỉ lấy 1 hướng có lưu lượng giao thông lớn nhất)			
<u>Đường chính</u>	<u>Đường phụ</u>	<u>100%<sup>a</sup></u>	<u>80%<sup>b</sup></u>	<u>70%<sup>c</sup></u>	<u>56%<sup>d</sup></u>	<u>100%<sup>a</sup></u>	<u>80%<sup>b</sup></u>	<u>70%<sup>c</sup></u>	<u>56%<sup>d</sup></u>
1	1	750	600	525	420	75	60	53	42
≥ 2	1	900	720	630	504	75	60	53	42
≥ 2	≥ 2	900	720	630	504	100	80	70	56
1	≥ 2	750	600	525	420	100	80	70	56

Trong đó:

- Cột a: Lưu lượng giao thông tối thiểu trong mỗi giờ.
- Cột b: Sử dụng kết hợp giữa điều kiện A và B, sau khi thực hiện đầy đủ các giải pháp khác nhưng không mang lại kết quả.
- Cột c: Có thể sử dụng khi tốc độ lưu thông trên đường chính vượt quá 60 km/h hoặc trong khu dân cư có số dân nhỏ hơn 10,000 người.
- Cột d: Có thể được sử dụng trong trường hợp kết hợp giữa điều kiện A và B, khi tốc độ lưu thông trên đường chính vượt quá 60 km/h hoặc trong khu dân cư có số dân nhỏ hơn 10.000 người.

Xem xét lắp đặt đèn tín hiệu trong trường hợp lưu lượng giao thông một giờ trong bất kỳ 8 giờ khảo sát của một ngày bình thường thỏa mãn một trong hai trường hợp sau (Bảng 1):

- Lưu lượng xe/giờ trên cả đường chính và hướng có lưu lượng giao thông lớn nhất trên đường phụ thỏa mãn các giá trị trong cả hai cột 100% của Điều kiện A, hoặc:
- Lưu lượng xe/giờ trên cả đường chính và hướng có lưu lượng giao thông lớn nhất đường phụ thỏa mãn các giá trị trong cả hai cột 100% của Điều kiện B.

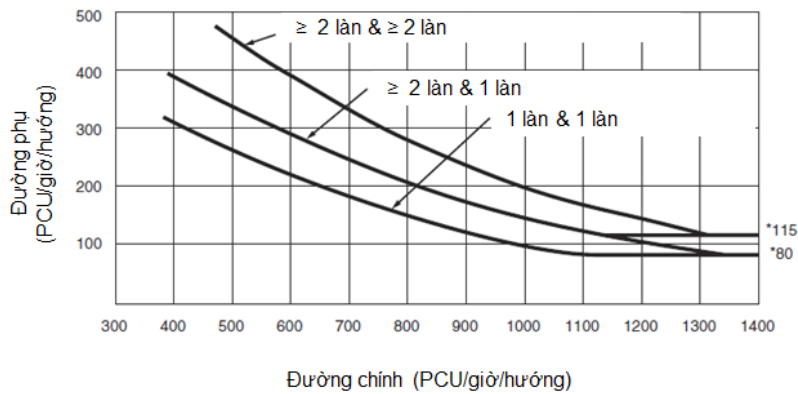
Ghi chú: Lưu lượng giao thông trên đường chính và đường phụ cần thu thập trong cùng khoảng thời gian 8 giờ. Trên đường phụ, lưu lượng giao thông lớn nhất có thể ở bất kỳ hướng nào trong 8 giờ này.

- Xem xét lắp đặt đèn tín hiệu trong trường hợp lưu lượng giao thông một giờ trong bất kỳ 8 giờ khảo sát của một ngày bình thường thỏa mãn cả hai trường hợp sau (Bảng 1):
- Lưu lượng xe/giờ trên cả đường chính và hướng có lưu lượng giao thông lớn nhất trên đường phụ thỏa mãn các giá trị trong cả hai cột 80% của Điều kiện A, và
- Lưu lượng xe/giờ trên cả đường chính và hướng có lưu lượng giao thông lớn nhất đường phụ thỏa mãn các giá trị trong cả hai cột 80% của Điều kiện B.

Ghi chú: Lưu lượng giao thông trên đường chính và đường phụ cần thu thập trong cùng khoảng thời gian 8 giờ cho mỗi điều kiện A và B. Tuy nhiên 8 giờ thỏa mãn điều kiện A không cần thiết phải trùng với 8 giờ thỏa mãn điều kiện B. Trên đường phụ, lưu lượng giao thông lớn nhất có thể ở bất kỳ hướng nào trong 8 giờ này.

**Điều kiện 2: Lưu lượng giao thông trong một giờ bất kỳ trong khoảng thời gian khảo sát 4 giờ trong một ngày bình thường.**

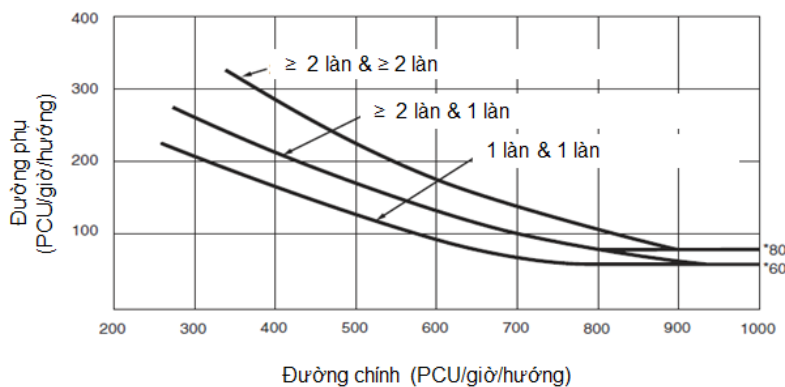
Lưu lượng giao thông của một giờ trong 4 giờ trong một ngày bình thường thỏa mãn điều kiện sau: điểm giao cắt giữa lưu lượng giao thông trên đường chính (cả hai chiều) và lưu lượng giao thông trên đường phụ (chỉ lấy 1 chiều có lưu lượng lớn nhất) nằm trên đường cong trong Hình 1 .



CHÚ THÍCH: \*115 là lưu lượng nhỏ nhất trên đường phụ hai hoặc nhiều hơn hai lần và \* 80 là lưu lượng nhỏ nhất trên 1 đường phụ có 1 lần.

Hình 1: Lưu lượng phương tiện giao thông của 1 giờ bất kỳ trong 4 giờ liên tục trong trường hợp thông thường

Trong trường hợp vận tốc đường chính > 60 km/h, nút giao nằm trong khu dân cư có số dân nhỏ hơn 10,000 người: điểm giao cắt giữa lưu lượng giao thông của 1 giờ bất kỳ trong 4 giờ trên đường chính (cả hai chiều) và lưu lượng giao thông trên đường phụ (chỉ lấy 1 chiều có lưu lượng lớn nhất) nằm trên đường cong trong Hình 2.



CHÚ THÍCH: \*80 là lưu lượng nhỏ nhất trên đường phụ hai hoặc nhiều hơn hai lần và \* 60 là lưu lượng nhỏ nhất trên 1 đường phụ có 1 lần.

Hình 2: Lưu lượng phương tiện giao thông của 1 giờ bất kỳ trong 4 giờ liên tục tại khu dân cư có ít hơn 10,000 người và tốc độ cho phép >60km/h

### Điều kiện 3: Lưu lượng giao thông giờ cao điểm

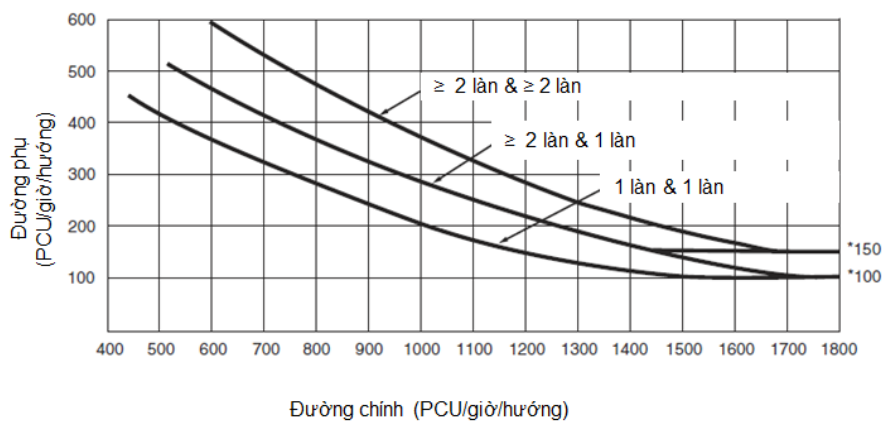
Chỉ áp dụng trong những trường hợp đặc biệt: khu vực văn phòng, nhà máy sản xuất hoặc các khu công nghiệp hoặc các khu vực có nhiều xe tải trọng sức chứa lớn có phát sinh số lượng xe lớn trong một khoảng thời gian rất ngắn. Trong trường hợp này, xem xét đèn tín hiệu nếu một trong hai điều kiện sau đây thỏa mãn:

- (i) Điều kiện thứ nhất: Lưu lượng trong 1 giờ (gồm 4 khoảng 15 phút liên tục bất kỳ) thỏa mãn cả ba điều kiện sau:

- Tổng thời gian trễ của phương tiện trên đường phụ (một hướng) có biển dừng (STOP) bằng hoặc vượt quá 4 xe-giờ cho một làn, hoặc 5 xe-giờ cho hai làn
- Lưu lượng trên đường phụ đó (một hướng) bằng hoặc vượt quá 100 xe/giờ cho một làn hoặc 150 xe/giờ cho hai làn
- Tổng lưu lượng thông qua trong giờ bằng hoặc vượt quá 650 xe/giờ với ngã ba, bằng hoặc vượt quá 800 xe/giờ với nút có từ 4 nhánh trở lên.

(ii) Điều kiện thứ hai:

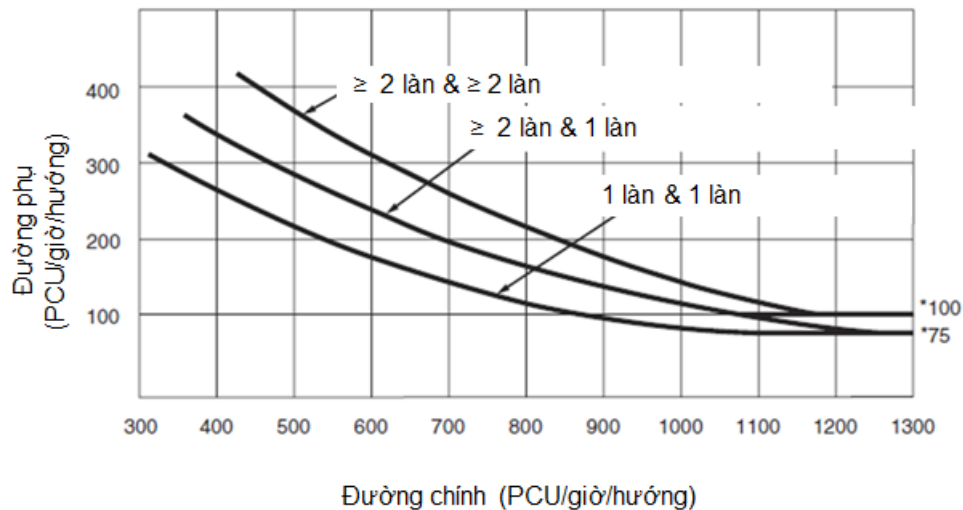
Điểm giao cắt giữa lưu lượng giao thông trong một giờ trên đường chính (cả hai chiều) và lưu lượng giao thông trên đường phụ (chỉ lấy 1 chiều có lưu lượng lớn nhất) nằm trên đường cong trong Hình 3.



CHÚ THÍCH: \*115 là lưu lượng nhỏ nhất trên đường phụ hai hoặc nhiều hơn hai làn và \* 80 là lưu lượng nhỏ nhất trên 1 đường phụ có 1 làn.

Hình 3: Lưu lượng phương tiện giao thông trong giờ cao điểm trong trường hợp thông thường

Trong trường hợp vận tốc đường chính > 60 km/h, nút giao nằm trong khu dân cư có số dân nhỏ hơn 10,000 người, điểm giao cắt giữa lưu lượng giao thông trong một giờ trên đường chính (cả hai chiều) và lưu lượng giao thông trên đường phụ (chỉ lấy 1 chiều có lưu lượng lớn nhất) nằm trên đường cong trong Hình 4.



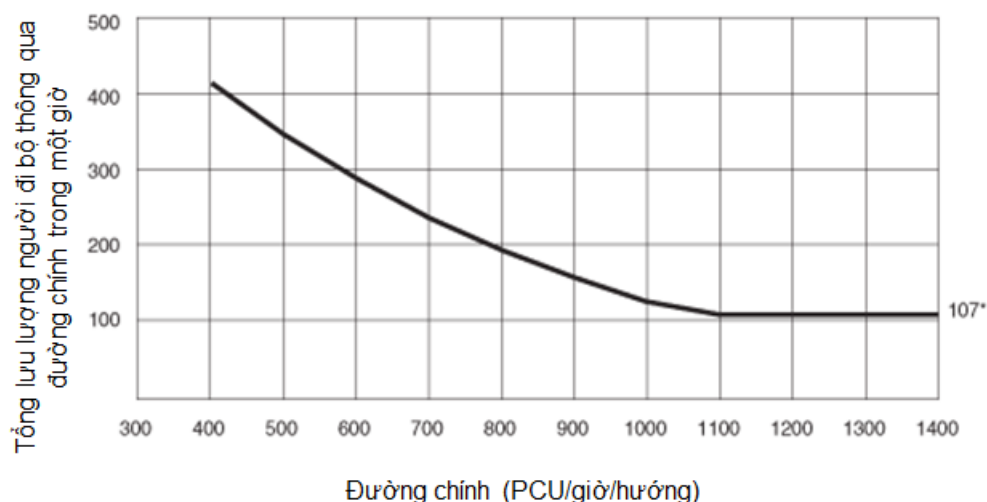
CHÚ THÍCH: \*100 là lưu lượng nhỏ nhất trên đường phụ hai hoặc nhiều hơn hai hướng và \* 75 là lưu lượng nhỏ nhất trên 1 đường phụ có 1 lần.

Hình 4: Lưu lượng phương tiện giao thông trong giờ cao điểm tại khu dân cư ít hơn 10,000 người và tốc độ cho phép >60km/h.

#### Điều kiện 4: Lưu lượng người bộ qua nút trên trục đường chính.

Bố trí điều khiển giao thông bằng đèn tín hiệu khi lưu lượng người đi bộ thỏa mãn một trong hai điều kiện sau:

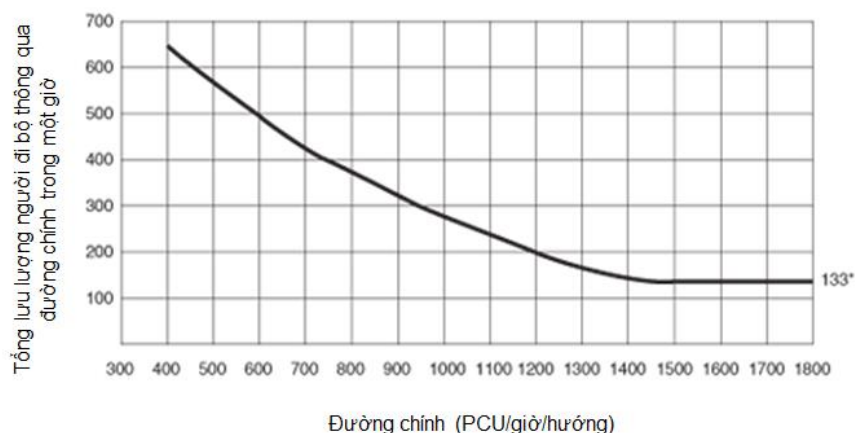
- (i) Trong một giờ trong 4 giờ bất kỳ trong một ngày, điểm giao cắt giữa lưu lượng giao thông trong một giờ trên đường chính (cả hai chiều) và lưu lượng người đi bộ trong một giờ trên đường chính (cả hai chiều) nằm trên đường cong trong Hình 5.



Hình 5: Lưu lượng người đi bộ trong một giờ bất kỳ trong 4 giờ khảo sát liên tục trong ngày bình thường



(ii) Trong một giờ bất kỳ, điểm giao cắt giữa lưu lượng giao thông trong một giờ trên đường chính (cả hai chiều) và lưu lượng người đi bộ trên đường chính (cả hai chiều) nằm trên đường cong trong Hình 6.



Hình 6: Lưu lượng người đi bộ trong một giờ cao điểm

#### **Điều kiện 5: Điều kiện giao thông qua trường học**

Việc bố trí đèn tín hiệu giao thông tại đoạn đường đi qua trường học được xem xét trong trường hợp số lượng khoảng trống tồn tại trong dòng giao thông vào thời điểm có học sinh qua đường ít hơn thời gian cần thiết cho học sinh qua đường và có tối thiểu 20 học sinh qua đường trong giờ cao điểm (đầu, cuối giờ học).

Trước khi quyết định sử dụng đèn tín hiệu giao thông tại các vị trí cổng trường học, cần xem xét áp dụng các biện pháp khắc phục hậu quả khác như cấm biển cảnh báo, gờ giảm tốc, bố trí đèn nháy, giới hạn tốc độ trong khu vực qua trường học, người hướng dẫn học sinh qua đường hoặc hầm/cầu vượt cho người đi bộ.

Trong trường hợp vị trí đèn dự kiến gần với vị trí đèn hiện tại trên trục chính (nhỏ hơn 90 m), thì không nên bố trí đèn tín hiệu trước cổng trường, trừ khi việc bố trí này không ảnh hưởng đến việc chuyển động của dòng giao thông chính.

#### **Điều kiện 6: Điều kiện phối hợp tín hiệu giao thông mạng lưới (làn sóng xanh)**

Việc bố trí phối hợp điều khiển đèn tín hiệu giao thông sẽ được xem xét nếu một trong những yếu tố sau đây được thỏa mãn:

- Đường một chiều hoặc đường hai chiều nhưng dòng phương tiện chủ yếu lưu thông ở một hướng, tín hiệu điều khiển giao thông nút liền kề không đảm bảo được sự liên tục của dòng phương tiện.
- Đường hai chiều trong đó báo hiệu điều khiển giao thông liền kề không đáp ứng được mức độ liên tục cần thiết của dòng phương tiện và sự chuyển động của dòng xe;

#### **Điều kiện 7: Tai nạn giao thông:**

Có thể lắp đặt đèn tín hiệu giao thông tại nút giao trong trường hợp các yếu tố sau xảy ra đồng thời:

- Việc áp dụng các phương án thay thế nhằm giảm thiểu tai nạn giao thông không đem lại kết quả mong muốn;
- Có 5 hoặc nhiều hơn vụ tai nạn xảy ra trong một năm gây thiệt hại về người và tài sản, mà có thể được cải thiện bằng việc điều khiển giao thông bằng đèn tín hiệu;
- Trung bình mỗi 8 giờ trong ngày, các đường trục chính và đường phụ có lưu lượng giao thông thỏa mãn điều kiện trong 2 cột 80%(b) ở trường hợp A hoặc 2 cột 80%(b) của trường hợp B (được trình bày ở điều kiện 1); hoặc lưu lượng người đi bộ không nhỏ hơn 80% lưu lượng người đi bộ được trình bày trong điều kiện 4.

#### **Điều kiện 8: Mạng lưới đường bộ**

Việc lắp đặt hệ thống điều khiển giao thông bằng đèn tín hiệu sẽ được xem xét nếu các nghiên cứu kỹ thuật chỉ ra rằng tại các nút giao thông của hai hay nhiều đường chính thỏa mãn một hoặc cả hai điều kiện sau:

- Tổng số lượng phương tiện tại nút, hoặc nhập nút trong một giờ cao điểm của một ngày bình thường lớn hơn 1000 phương tiện và mức lưu lượng giao thông dự báo trong 5 năm tới đạt yêu cầu trong điều kiện 1,2 và 3 đã được trình bày ở trên;
- Tổng số lượng phương tiện tại nút, hoặc nhập nút trong một giờ cao điểm lớn hơn 1000 phương tiện trong mỗi giờ trong khoảng thời gian khảo sát 5 bất kỳ trong 2 ngày cuối tuần (thứ 7 hoặc chủ nhật).

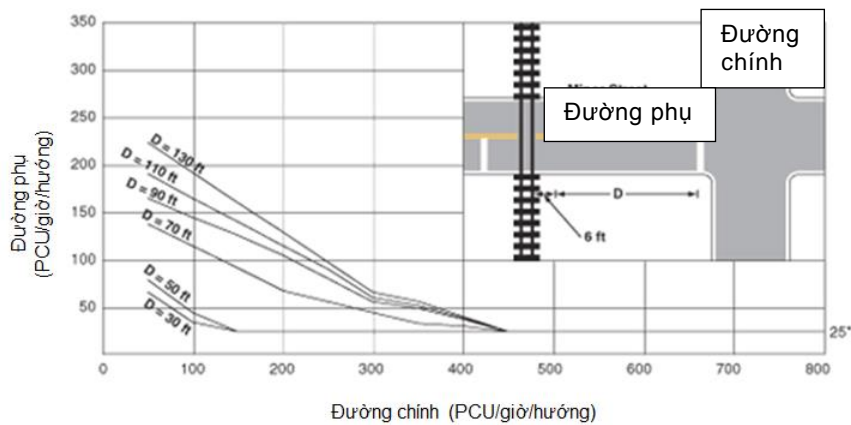
Đường chính trong điều kiện này cần thỏa mãn một trong số điều kiện sau:

- Là đường trục chính kết nối mạng lưới đường.
- Kết nối khu vực vành đai và ngoại ô, các cửa ngõ thành phố
- Là đường trục lớn trong các bản quy hoạch chính thức được phê duyệt

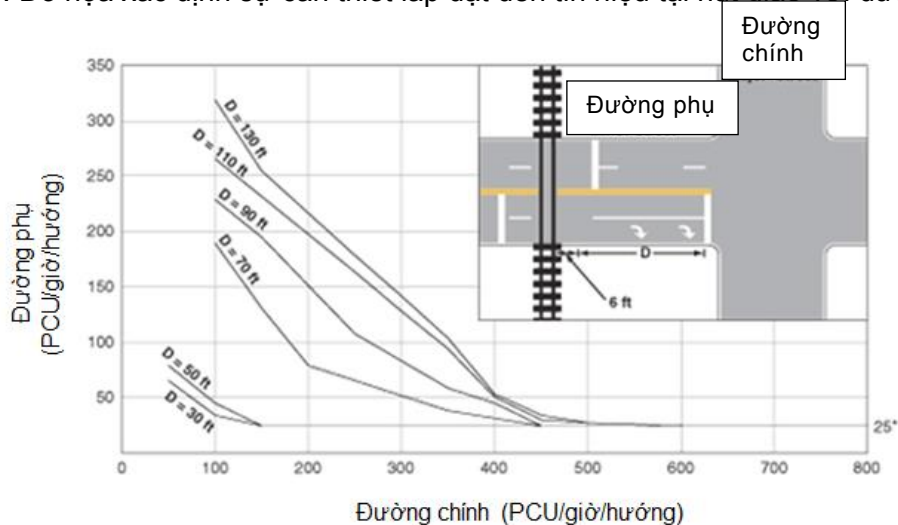
#### **Điều kiện 9: Nút giao gần giao cắt với đường sắt**

Việc lắp đặt tín hiệu điều khiển giao thông sẽ được xem xét khi cả hai điều kiện sau được thỏa mãn:

- Một nhánh đường bộ giao cắt với đường sắt được kiểm soát bởi tín hiệu DỪNG hoặc ĐI CHẬM và khoảng cách tối thiểu tính từ tâm giao cắt của đường ngang tới vạch dừng đỗ của nút giao gần nhất trong phạm vi 42m.
- Trong khoảng thời gian đường sắt đi qua, điểm giao cắt giữa lưu lượng giao thông trong một giờ trên đường chính (cả hai chiều) và lưu lượng phương tiện trên đường phụ (chỉ lấy một chiều, từ nút đi tới đường ngang) nằm trên đồ thị minh họa trong Hình 7, 8.



Hình 7: Đồ họa xác định sự cần thiết lắp đặt đèn tín hiệu tại nút giao với đường sắt



Hình 8: Nút giao gần với đường sắt, một làn tiếp cận trên đường phụ

CHÚ THÍCH:

\*25 là lưu lượng nhỏ nhất trên đường phụ

\*D là khoảng cách được tính từ giới hạn an toàn tính từ đường ray (1,8m) tới vạch dừng đỗ của nút giao gần nhất.

## 5.2 Nguyên tắc thiết kế điều khiển giao thông bằng đèn tín hiệu

### 5.2.1 Nguyên tắc chung

Cần có sự phối hợp giữa phương án thiết kế đèn tín hiệu và phương án tổ chức giao thông.

Loại bỏ hoặc hạn chế tới mức thấp nhất các xung đột giao thông tại nút giao. Các xung đột nghiêm trọng giữa các chuyển động phải được đặt ở các pha khác nhau.

Hệ thống đèn tín hiệu giao thông phải được vận hành liên tục, theo các giờ trong ngày, các khung giờ trong ngày hoặc theo lưu lượng giao thông thực tế. Trong những thời điểm có lưu lượng giao thông thấp (00:00 – 04:00 AM), có thể áp dụng chế độ đèn nháy vàng.

Trong trường hợp không có các tín hiệu đèn dành riêng cho từng phương thức giao thông, tín hiệu đèn dành cho xe cơ giới sẽ áp dụng cho tất cả các đối tượng tham gia giao thông.

Trường hợp không thiết kế làn dành riêng cho xe đạp, xe đạp sử dụng chung tín hiệu với phương tiện cơ giới. Trường hợp thiết kế làn dành riêng cho xe đạp tại nút, có thể bố trí xe đạp ở một pha riêng biệt hoặc phối hợp với tín hiệu của người đi bộ.

Phương tiện công cộng có thể sử dụng chung tín hiệu với phương tiện cơ giới khác hoặc ưu tiên tín hiệu cho giao thông công cộng. Trường hợp ưu tiên tín hiệu cho giao thông công cộng cần đảm bảo thời gian xanh tối thiểu.

Thời gian tín hiệu và chu kỳ đèn phải phù hợp với lưu lượng giao thông và ổn định trong khoảng thời gian nhất định tối thiểu 3 năm. Khi thiết kế hoặc lập quy hoạch nút giao, lưu lượng giao thông phải được dự báo ở năm tương lai (5 năm).

Biện pháp điều khiển giao thông cần phải đảm bảo cấu trúc của một chương trình tín hiệu, tối đa khả năng phục vụ của nút giao thông, an toàn giao thông và giảm thiểu thời gian trễ, chiều dài hàng chờ cũng như tiêu hao nhiên liệu, khí thải, tiếng ồn và đảm bảo khả năng phối hợp và thích ứng với biện pháp điều khiển của các nút giao lân cận.

#### **5.2.2 Nguyên tắc đảm bảo an toàn**

Giảm thiểu tần suất và mức độ nghiêm trọng của các va chạm giao thông. Loại bỏ những xung đột nghiêm trọng giữa các phương tiện cơ giới, giữa phương tiện cơ giới và phi cơ giới. Các chuyển động có xung đột trực tiếp phải được đặt ở các pha khác nhau.

Cần đảm bảo an toàn cho tất cả các nhóm đối tượng yếu thế (trẻ em, phụ nữ, người già, người tàn tật) và nhóm đối tượng dễ bị tổn thương trong tham gia giao thông (đi bộ, xe đạp và xe máy).

Kết hợp chặt chẽ giữa thiết kế đèn và mặt bằng tổ chức giao thông đảm bảo tầm nhìn, biển báo hướng dẫn, kiểm soát tốc độ dòng giao thông khi vào nút, làn rẽ trái/phải.

Định kỳ đánh giá hoạt động của nút giao, thống kê các vụ tai nạn giao thông có liên quan tới nút giao thông có đèn tín hiệu, thực hiện các biện pháp điều chỉnh để phòng ngừa các vụ va chạm tương tự trong tương lai.

#### **5.2.3 Tăng cường khả năng tiếp cận cho người đi bộ và giao thông hai bên đường**

Có tín hiệu đèn và ưu tiên cho vận tải phi cơ giới (xe đạp, đi bộ) và các nhóm đối tượng yếu thế, nhóm đối tượng dễ bị tổn thương trong tham gia giao thông. Tổ chức lộ trình chuyển động cho giao thông phi cơ giới theo đường đi ngắn nhất có thể.

Đảm bảo người đi bộ có đủ thời gian qua đường một cách an toàn, thoải mái và thuận tiện.

Tín hiệu xanh cho người đi bộ có thể được bố trí ở một pha riêng biệt hoặc phối hợp trong cùng một pha của phương tiện cơ giới. Trường hợp phối hợp với tín hiệu phương tiện cơ giới trong cùng một pha, tín hiệu xanh cho người đi bộ phải được bắt đầu sớm và kết thúc muộn

so với tín hiệu xanh của dòng chuyển động xe cơ giới (rẽ trái/rẽ phải) hoặc cùng tín hiệu với dòng phương tiện đi thẳng.

Áp dụng tối đa các giải pháp tổ chức giao thông để hỗ trợ người đi bộ an toàn (dải phân cách, lan can) khi điều kiện thực tế cho phép.

#### **5.2.4 Đảm bảo sự di chuyển trật tự và hiệu quả**

Loại bỏ hoặc hạn chế tới mức thấp nhất các chuyển động xung đột trong quá trình phân pha.

Tín hiệu đèn giao thông sử dụng cho dòng giao thông cơ giới được bố trí theo trình tự sau: XANH => VÀNG => ĐỎ => ĐỎ/VÀNG => XANH. Tín hiệu đèn dành cho người đi bộ theo trình tự sau: XANH-ĐỎ. Tín hiệu đèn nháy vàng có thể được sử dụng để cảnh báo nguy hiểm, chú ý quan sát.

Đối với tín hiệu đèn xanh sớm hoặc ưu tiên cho dòng rẽ trái, rẽ phải phải được thực hiện bằng mũi tên màu XANH thể hiện hướng chuyển động cho phép.

Phương án lựa chọn cần đảm bảo hiệu quả tổng thể, giảm thiểu thời gian chờ, cự ly di chuyển, lượng khí phát thải tại nút.

#### **5.2.5 Đảm bảo tối đa hóa lưu lượng giao thông qua nút**

Thời gian đèn xanh từng pha phải đạt công suất thông qua tối đa đối với nút.

Chương trình tín hiệu cần được thiết kế cho các khoảng thời gian có nhu cầu giao thông khác nhau (các giờ trong ngày, khoảng thời gian trong ngày, ngày trong tuần hoặc theo mùa, theo sự kiện) hoặc linh hoạt theo trạng thái dòng giao thông.

Xem xét tới các giải pháp tổ chức giao thông khác như: đường một chiều, giảm số lượng các tuyến đường tiếp cận, hạn chế các phương tiện rẽ hoặc xem xét điều chỉnh mặt bằng nút, bố trí đảo trung tâm, đảo dẫn hướng, phối hợp với biện pháp điều khiển giao thông ở những nút lân cận.

### **5.3 Phạm vi áp dụng về mặt không gian**

Các nguyên tắc thiết kế trong tiêu chuẩn thiết kế tổ chức điều khiển giao thông bằng đèn tín hiệu có thể áp dụng cho tất cả các nút giao thông tại các đô thị có quy mô khác nhau nhỏ, trung bình, lớn.

Trong trường hợp cần thiết kế đèn tín hiệu giao thông tại các khu vực ngoài đô thị, đường có tốc độ giới hạn lớn hơn tốc độ giới hạn trong đô thị, cần có giải pháp tổ chức giao thông nhằm kiểm soát tốc độ của dòng phương tiện trước khi vào nút về mức tốc độ giới hạn trong khu vực đô thị, bao gồm:

- Mức giảm tốc độ tối đa cho một lần là 20 km/h (từ 100 km/h muốn giảm xuống 60 km/h cần hai lần hạn chế tốc độ, lần một từ 100 km/h xuống 80 km/h, lần hai từ 80 km/h xuống 60 km/h)

- Với một lần giảm tốc: Áp dụng ít nhất 2 biển báo hạn chế tốc độ lặp đi lặp lại, kèm theo 1 gờ giảm tốc theo quy định của pháp luật hiện hành.
- Gia tốc giảm tốc tối đa cho phép đối với người lái: 3,4-3,5 m/s<sup>2</sup>.

Các hướng dẫn thiết kế điều khiển đèn tín hiệu trong tiêu chuẩn này không áp dụng cho đường cao tốc.

#### **5.4 Thiết kế tổ chức điều khiển giao thông bằng đèn tín hiệu tại các nút giao cắt giữa đường sắt – đường bộ**

Cần thực hiện theo quy định pháp luật hiện hành về bảo đảm an toàn giao thông đường sắt tại các đường ngang do cơ quan có thẩm quyền ban hành.

Việc thiết kế đèn tín hiệu tại đường ngang cần tuân thủ theo nguyên tắc ưu tiên cho đường sắt.

Yêu cầu tín hiệu ưu tiên của đường sắt cần được gửi ở thời gian phù hợp để đèn tín hiệu tại nút giao đủ thời gian tính toán, thiết kế ưu tiên cho đường sắt.

#### **5.5 Thiết kế liên quan tới các công trình khác**

Thiết kế mới hoặc cải tạo nút giao thông điều khiển bằng đèn tín hiệu liên quan đến các công trình như: đường giao thông, mặt bằng nút giao thông, vạch sơn, biển chỉ dẫn, đảo giao thông, nút giao tín hiệu đường bộ với đường sắt, chiếu sáng, thiết bị truyền dẫn và các công trình khác (nếu có) cần tuân thủ các quy định, tiêu chuẩn hiện hành có liên quan của Nhà nước.

## 6 Thiết kế chương trình điều khiển tín hiệu

Bảng 2: Quy trình thiết kế điều khiển giao thông bằng đèn tín hiệu

TT	Bước thực hiện	Nội dung thực hiện
<b>Bước 1</b>	Khảo sát hiện trạng và thu thập số liệu.	Thu thập số liệu đầu vào nhằm đánh giá sơ bộ tình trạng giao thông tại nút theo các nội dung cụ thể: mặt bằng, lưu lượng giao thông, tình hình tai nạn giao thông.
Bước 1.1	Khảo sát mặt bằng nút giao thông.	Khảo sát mặt bằng nút giao thông nhằm phục vụ công tác thiết kế tổ chức giao thông và đèn tín hiệu ở giai đoạn tiếp theo.
Bước 1.2	Lưu lượng giao thông (hiện tại và tương lai).	Thu thập/dự báo lưu lượng giao thông cơ giới (hiện tại và tương lai) trên tất cả các hướng vào nút theo từng chuyển động (đi thẳng, rẽ trái, rẽ phải, quay đầu) và người đi bộ qua đường.
Bước 1.3	Khảo sát phương án tổ chức giao thông	<p>Trường hợp đã có phương án tổ chức giao thông, cần thu thập thông tin về các báo hiệu đường bộ: phân làn, các biển báo hiệu, vạch sơn, tín hiệu điều khiển, các chuyển động được phép trong một pha tín hiệu.</p> <p>Trong trường hợp nút mới cần thu thập thông tin về phương án thiết kế tổ chức giao thông.</p>
Bước 1.4	Tai nạn giao thông.	Thu thập thông tin về tai nạn giao thông trong phạm vi mặt bằng nút giao.
<b>Bước 2</b>	Xác định sự cần thiết của đèn tín hiệu	Xác định sự cần thiết của đèn tín hiệu dựa vào các chỉ tiêu cụ thể
<b>Bước 3</b>	Thiết kế mặt bằng nút giao thông điều khiển bằng đèn tín hiệu	<p>Thiết kế mặt bằng tổ chức giao thông phối hợp và hỗ trợ cho đèn tín hiệu.</p> <p>Xem xét khả năng thiết kế và sự cần thiết của làn rẽ trái và làn rẽ phải riêng biệt.</p>

TT	Bước thực hiện	Nội dung thực hiện
<b>Bước 4</b>	Phân pha	Xem xét những dòng giao thông không xung đột, dòng giao thông xung đột, và dòng giao thông xung đột một phần trong một pha tín hiệu.  Xác định số pha đèn cần thiết, phân pha, chuỗi pha và trình tự pha cho các dòng giao thông trong một chu kỳ đèn.
<b>Bước 5</b>	Xác định cách thức điều khiển đèn tín hiệu giao thông	Xác định cách thức điều khiển giao thông phù hợp với mục tiêu, phương án tổ chức giao thông và vị trí của nút giao trên mạng lưới đường.
<b>Bước 6</b>	Lập kế hoạch thời gian tín hiệu	Tính toán phân bổ thời gian cho từng pha tín hiệu trong một chu kỳ đèn.
Bước 6.1	Thời gian chuyển pha	Xác định thời gian chuyển pha lớn nhất của từng pha đèn trong một chu kỳ đèn.
Bước 6.2	Tính toán dòng bão hòa	Xác định thời gian của một chu kỳ đèn
Bước 6.3	Tính toán thời gian chu kỳ đèn tối ưu.	Lựa chọn giá trị chu kỳ đèn thích hợp để lập pha trên cơ sở thời gian cho một chu kỳ đèn tối ưu.
Bước 6.4	Tính toán thời gian chu kỳ tối thiểu	Kiểm tra điều kiện thời gian chu kỳ tối thiểu
Bước 6.5	Tính toán thời gian đèn xanh	Xác định thời gian đèn xanh của các dòng chuyển động trong chu kỳ đèn đã lựa chọn ở Bước 6.3 và 6.4.
Bước 6.6	Tính toán thời gian đèn xanh có hiệu	Tính toán thời gian đèn xanh thực tế cho từng dòng chuyển động trong một chu kỳ đèn.
Bước 6.7	Vẽ sơ đồ kế hoạch tín hiệu cho từng dòng chuyển động hoặc lưu đồ thuật toán	Thiết lập trình tự bố trí pha đèn và chuyển pha tín hiệu cho dòng giao thông cơ giới, phương tiện vận tải hành khách công cộng và người đi bộ.
Bước 6.8	Vẽ biểu đồ kế hoạch tín hiệu cho từng dòng chuyển động hoặc biểu đồ logic điều khiển	Thiết lập trình tự bố trí pha đèn và chuyển pha tín hiệu cho dòng giao thông cơ giới, phương tiện vận tải hành khách công cộng và người đi bộ.



TT	Bước thực hiện	Nội dung thực hiện
Bước 7	Đánh giá mức độ phục vụ của từng dòng giao thông tại nút.	Đánh giá chất lượng dòng giao thông tại nút theo các chỉ tiêu tính toán: Khả năng thông xe, dự trữ năng lực thông hành, thời gian chậm xe trung bình của một xe và chiều dài dòng xe chờ của làn giao thông theo phương án và kết quả tính toán chương trình đèn tín hiệu.

Quy trình thiết kế điều khiển giao thông bằng đèn tín hiệu bao gồm bảy bước (Bảng 2) được áp dụng khi thiết kế mới, nâng cấp cải tạo hoặc quy hoạch nút giao thông. Trong đó:

- Bước 1: Công việc khảo sát hiện trạng mặt bằng và tổ chức giao thông cần phải cập nhật khi có sự thay đổi về yếu tố hình học, biện pháp tổ chức giao thông, nâng cấp cải tạo nút giao. Công việc thu thập lưu lượng giao thông cần phải lập lại, cập nhật liên tục khi áp dụng chương trình tín hiệu linh hoạt.
- Bước 3 cần phải cập nhật khi có sự thay đổi về yếu tố hình học, biện pháp tổ chức giao thông, nâng cấp cải tạo nút giao.
- Bước 4, bước 5 và bước 6 cần phải lập lại và cập nhật khi có sự điều chỉnh về biện pháp tổ chức giao thông, yếu tố hình học của nút giao hoặc lưu lượng giao thông.
- Bước 7 cần phải thực hiện hàng năm nhằm tối ưu hóa chương trình đèn tín hiệu.

Quy trình thiết kế điều khiển giao thông bằng đèn tín hiệu được áp dụng cho cả chương trình tín hiệu cố định theo thời gian và tín hiệu linh hoạt.

## 6.1 Khảo sát hiện trạng và thu thập số liệu

### 6.1.1 Khảo sát mặt bằng nút giao thông

#### 6.1.1.1 Phạm vi khảo sát

Khi xác định phạm vi khảo sát mặt bằng nút giao thông phải đảm bảo các yêu cầu sau:

- Bao quát toàn bộ hiện trạng/phương án tổ chức giao thông tại nút (nút giao bằng hoặc nút giao khác mức), các báo hiệu giao thông liên quan đến nút, các điểm quay đầu xe, làn chuyển hướng, điểm dừng đỗ xe buýt trước hoặc sau nút giao và vị trí các thiết bị công nghệ phục vụ công tác thu thập dữ liệu, giám sát giao thông.
- Phạm vi khảo sát phải lớn hơn khoảng cách tối thiểu nhìn thấy đèn tín hiệu tính từ vị trí vạch dừng xe ra các hướng cộng thêm quãng đường dừng xe tối thiểu (được quy định trong TCXDVN 104-2007).

#### 6.1.1.2 Nội dung khảo sát mặt bằng nút giao thông

Yêu cầu khi khảo sát mặt bằng nút giao thông:

- Bình đồ khu vực nút giao tỉ lệ 1:500

- Thể hiện rõ phần xe chạy (bề rộng làn xe chạy, số làn xe, các làn phụ), lề đường, dải phân cách, hè đường, đường cong nằm, độ dốc dọc, biển báo hiệu, vạch sơn, đảo giao thông, cột đèn tín hiệu, cột đèn chiếu sáng rãnh thoát nước, đường cống ngầm phù hợp với hiện trạng thực địa.

Các yêu cầu về đo vẽ bản đồ địa hình tỷ lệ 1/500 được nêu trong TCVN9398:2012.

Kết quả đo vẽ cần thể hiện trên bản vẽ bình đồ định dạng bản vẽ kỹ thuật. Cao độ điểm đo phải thể hiện đến centimet trên bản vẽ, các đường đồng mức phải vẽ với khoảng cao đều 0,5 -1m.

#### **6.1.2 Khảo sát lưu lượng giao thông**

Số liệu khảo sát giao thông bao gồm:

- Lưu lượng giao thông để tính toán các chương trình tín hiệu giao thông bao gồm: Lưu lượng giao thông cơ giới, phi cơ giới và thành phần phương tiện theo mỗi hướng vào nút (đi thẳng, rẽ trái, rẽ phải, quay đầu) hoặc theo làn và theo giờ trong ngày.

- Tham số của dòng giao thông để đánh giá tính hiệu quả của một chương trình tín hiệu bao gồm: Số lần dừng xe, thời gian trễ, chiều dài hàng chờ, vận tốc dòng giao thông, giãn cách phương tiện theo thời gian, khoảng thời gian dừng đỗ, mật độ giao thông, ùn tắc giao thông trên các hướng theo các giờ trong ngày, theo ngày trong tuần.

- Thống kê các trường hợp xảy ra tai nạn giao thông tại nút như: tai nạn giao thông giữa phương tiện rẽ trái và dòng giao thông hướng đối diện hoặc tai nạn giữa phương tiện cơ giới và người đi bộ hoặc xe đạp băng qua đường.

- Số liệu chương trình đèn tín hiệu: Chu kỳ đèn, thời gian đèn xanh, thời gian đèn xanh cho người đi bộ, xe đạp, vận tải công cộng (nếu có), số lượng pha và trình tự pha.

#### **6.1.3 Khảo sát hiện trạng/phương án tổ chức giao thông tại nút**

Mặt bằng nút giao thông phải thể hiện rõ:

- Biện pháp tổ chức và điều khiển giao thông tại nút đối với phương tiện cơ giới, vận tải công cộng, xe đạp, người đi bộ, và các hướng chuyển động của dòng giao thông trong các pha tín hiệu.

- Các loại biển báo hiệu (hướng dẫn, hiệu lệnh, cấm, cảnh báo) đối với phương tiện cơ giới và phi cơ giới.

- Các loại sơn kẻ phân làn, dải đi bộ qua đường, khu vực đỗ xe, vạch sơn trên hè đường.

- Các giải pháp tổ chức giao thông khác nếu có (gờ giảm tốc, đảo dẫn hướng, làn chuyển hướng, dải phân cách)

- Thu thập phương án thiết kế tổ chức giao thông (nút giao thông thiết kế mới)

Kết quả khảo sát phải được thể hiện trong mặt bằng tổ chức giao thông.

#### **6.1.4 Khảo sát an toàn giao thông**

Thu thập các số liệu về:

- Tần suất xảy ra tai nạn giao thông và tổng số vụ tai nạn giao thông xảy ra trong một năm từ các nguồn thống kê chính thức.

- Hệ số tai nạn tương đối: Số vụ/  $10^6$  xe, được tính toán theo công thức sau:

$$K_n = \frac{G \cdot 10^7 \cdot K_a}{M \cdot 25} \quad (1)$$

Trong đó:

$K_n$	:	Hệ số tai nạn tương đối	(vụ/ $10^6$ xe)
$K_a$	:	Hệ số không đồng đều trong năm	
G	:	Số tai nạn giao thông trong năm	(vụ/năm)
M	:	Tổng lưu lượng giao thông vào nút	(xe/ngàyđêm)

Hệ số tai nạn được đánh giá như sau:

- Khi  $K_n < 3$ : Nút không nguy hiểm.
- Khi  $K_n = 3-8$ : Nút ít nguy hiểm.
- Khi  $K_n = 8-12$ : Nguy hiểm, cần cải tạo nút giao.
- Khi  $K_n > 12$ : Rất nguy hiểm, cần cải tạo nút giao

## 6.2 Xác định sự cần thiết của đèn tín hiệu

Từ kết quả khảo sát và phân tích hiện trạng giao thông tại nút giao như lưu lượng giao thông, vận tải HKCC, xe tải lớn, đặc điểm nút giao trên mạng lưới, tỷ lệ người đi bộ, tai nạn, chất lượng dòng giao thông, tình trạng ùn tắc giao thông. Xem xét:

- Các trường hợp cần điều khiển giao thông bằng đèn tín hiệu theo các điều kiện trong mục 5.1.
- Đề xuất các giải pháp cải thiện tổ chức giao thông hoặc điều chỉnh mặt bằng nút giao (nếu cần).

## 6.3 Thiết kế mặt bằng nút giao thông điều khiển bằng đèn tín hiệu

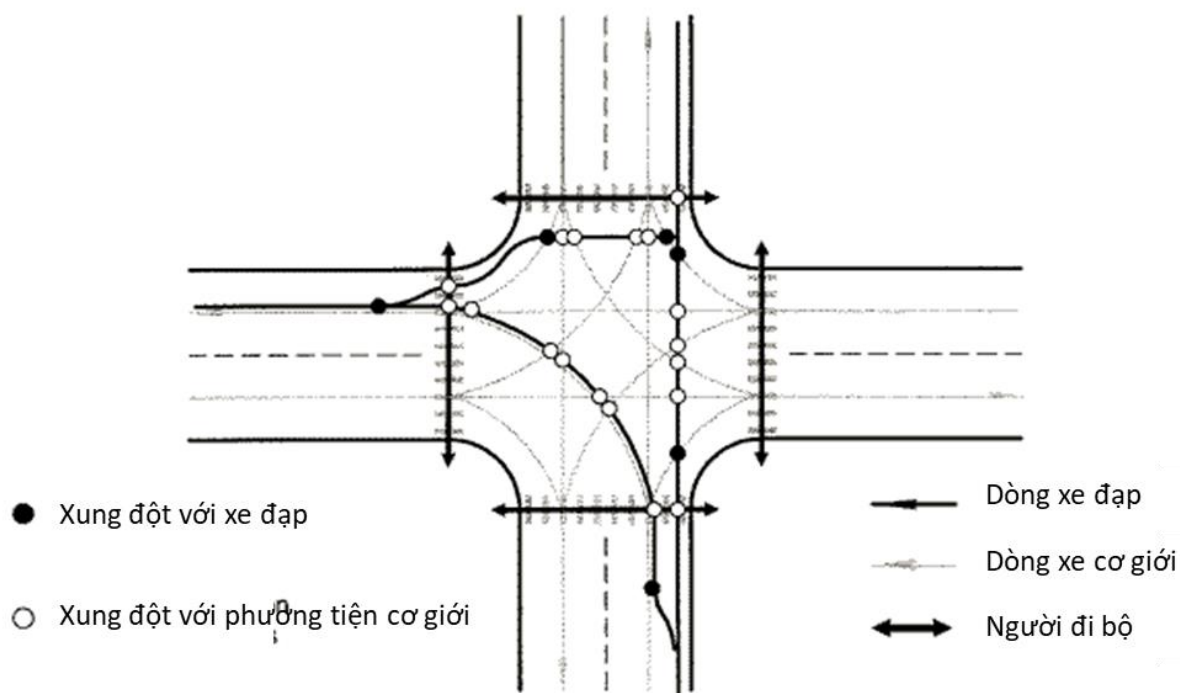
Quy hoạch và thiết kế nút giao thông cần tuân theo các tiêu chuẩn hiện hành có liên quan. Tiêu chuẩn này đề cập đến các nội dung có liên quan tới bố trí mặt bằng phục vụ thiết kế đèn tín hiệu giao thông.

Thiết kế mặt bằng và phương án tổ chức tại nút giao là một phần không thể tách rời trong thiết kế điều khiển giao thông bằng đèn tín hiệu.

Đèn tín hiệu chỉ có thể hoạt động hiệu quả trên nền tảng một mặt bằng có phương án tổ chức giao thông hợp lý.

### 6.3.1 Xác định các dòng chuyển động tại nút

Xem xét các đối tượng chuyển động tại nút nhằm xác định các chuyển động có thể có và các xung đột của tất cả các đối tượng tham gia giao thông trong khu vực nút giao bao gồm phương tiện cơ giới, phi cơ giới, người đi bộ (Hình 9).



Hình 9: Các chuyển động và các loại xung đột tại nút giao ngã tư

### 6.3.2 Phân làn xe

Phân làn xe trong nút giao phải đảm bảo tối đa năng lực thông qua nút, dòng bảo hòa và không gây cản trở dòng giao thông khi nhập nút, thoát nút.

Trường hợp chiều rộng mặt cắt đường trong đô thị (một chiều) đạt được mức  $> 5,5$  m, cần tổ chức phân làn riêng cho làn rẽ trái với chiều rộng một làn ở mức tối thiểu với đường đô thị 2,75 m. Khi thiết kế mới, bề rộng mỗi làn không nhỏ hơn 3,0m. Chiều dài làn rẽ trái được quy định theo TCXDVN 104-2007. Đồng thời cần có những báo hiệu cảnh báo hướng dẫn hợp lý, đủ sớm và nhắc lại để người tham gia giao thông có thể lựa chọn đúng làn.

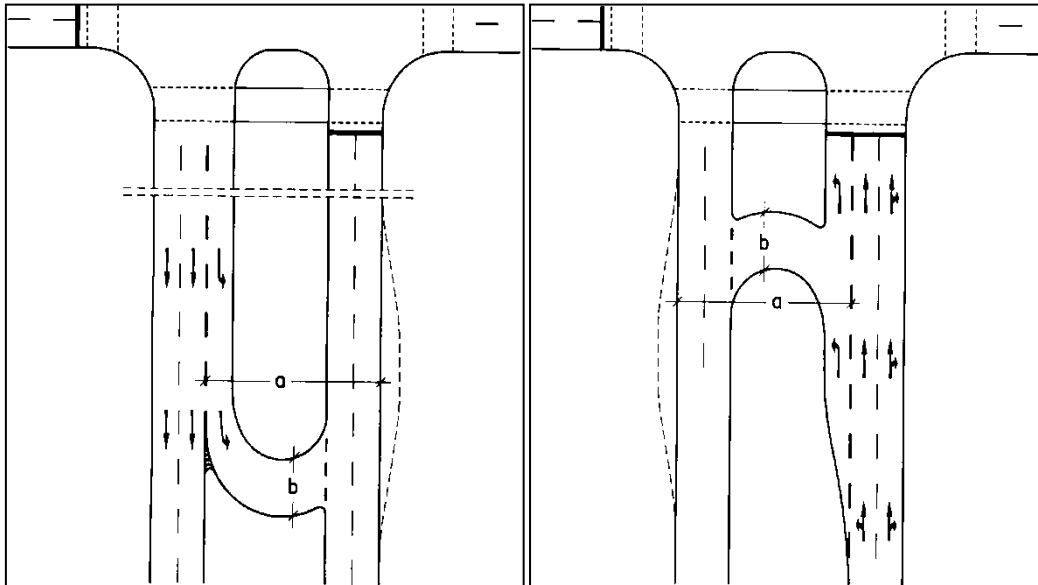
Trường hợp thiết kế làn 1 chiều cho xe đạp, bề rộng làn đường dành cho xe đạp giới tối thiểu 1,2 m, có sơn kẻ hình xe đạp lặp lại ít nhất 2 lần. Trường hợp thiết kế làn xe đạp hai chiều, tối thiểu 2,4 m, khuyến cáo mức tốt: 3 m.

Trong trường hợp có đỗ xe dọc vỉa hè, chiều rộng làn xe đạp tối thiểu là 1,5 m.

Khi mở rộng không gian tiếp cận nút để tăng số làn xe cho giao thông tại nút cần bảo đảm chiều rộng tối thiểu vỉa hè cho người đi bộ 1,5 m.

### 6.3.3 Làn quay đầu

Để hạn chế các chuyển động quay đầu tại nút giao thông trên các trục đường chính, cần áp dụng dải phân cách cứng để tạo các điểm quay đầu và có thể thực hiện phía trước hoặc sau nút giao.



Hình 10: Giao thông cho xe quay đầu tại khu vực nút (RAS-K-1, FGSV 1988)

#### 6.3.4 Làn rẽ trái, phải

Trường hợp bố trí làn rẽ trái và tín hiệu dành riêng cho phương tiện rẽ trái cần có vùng dừng đỗ cho phương tiện rẽ trái, được sơn kẻ một cách rõ ràng.

Trong trường hợp bố trí làn rẽ phải và tín hiệu dành riêng cho phương tiện rẽ phải cần dùng một trong các giải pháp: đảo dẫn hướng cho làn rẽ phải, hoặc áp dụng vạch mắt võng để cảnh báo các phương tiện không dừng đỗ trên không gian dành cho làn rẽ phải.

#### 6.3.5 Sơn kẻ mặt đường

Đối với các nút thường xuyên xảy ra ùn tắc giao thông (hàng ngày):

- Áp dụng vạch mắt võng màu vàng bảo đảm che phủ toàn bộ vùng xung đột tại nút.
- Áp dụng sơn kẻ dọc vỉa hè để xác định rõ phạm vi cấm đỗ xe trong khu vực nút giao thông.

#### 6.3.6 Thềm dốc (Hạ hè)

Trong thiết kế đèn giao thông cần sử dụng các kết cấu hạ hè, thềm dốc, bảo đảm sự chuyển tiếp trơn tru thuận lợi cho người đi bộ và người khuyết tật khi di chuyển giữa vỉa hè – lòng đường.

Chiều rộng của hạ hè bảo đảm ít nhất 1,5 m cho phép hai người đi bộ di chuyển ngược chiều.

Độ dốc của thềm dốc bảo đảm an toàn cho xe lăn, không vượt quá 8,33 %.

Không gian bố trí thềm dốc phải thông thoáng, không có bất cứ chướng ngại vật gì có thể gây nguy hiểm cho người đi bộ.

Khu vực thêm dốc trước khi xuống mặt đường: Có khu vực cảnh báo với thiết kế bề mặt có độ gồ ghề/nhám và màu sắc khác biệt nhằm giúp người tàn tật và người đi bộ có thể phân biệt và phản ứng kịp thời trước khi tiếp cận mặt đường hoặc sau khi lên vỉa hè.

### 6.3.7 Tổ chức giao thông xe đạp và đi bộ

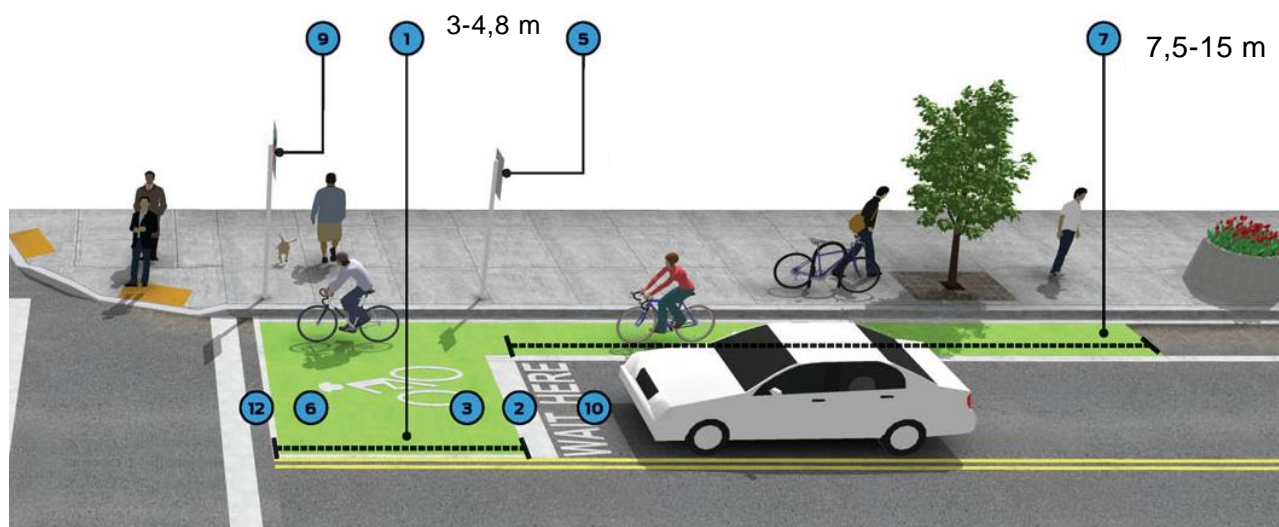
Ưu tiên cho xe đạp bằng cách thiết kế các khu vực chờ (đặc biệt chờ rẽ) phía trên cùng, sát vạch dừng xe nhằm giúp cho người đi xe đạp có cơ hội chờ và khởi hành trước các phương tiện cơ giới.

Khu vực chờ được xác định rõ ràng bằng vạch sơn và báo hiệu xe đạp trên mặt đường.

Chiều rộng của khu vực chờ xe đạp: tối đa có thể chiếm toàn bộ chiều rộng mặt đường của chiều xe chạy.

Chiều dài (theo chiều dọc đường) của khu vực chờ: từ 3 m – 4,8 m (Hình 11).

Chiều dài làn xe đạp dẫn vào khu vực chờ: trong khoảng 7,5 – 15 m (Hình 11).



Hình 11: Tổ chức giao thông xe đạp và đi bộ

Trong trường hợp có dải phân cách cứng ở giữa đường: Chiều rộng dải phân cách cứng cần ít nhất 1.8 m để người xe đạp có thể dừng tạm thời giữa đường khi sang đường (khi tín hiệu cho người đi bộ và xe đạp không đủ để người đi bộ và xe đạp qua đường).

### 6.3.8 Tổ chức giao thông cho xe buýt

Làn dành riêng cho xe buýt tại các nút giao, giúp xe buýt tiếp cận vạch dừng xe một cách thuận tiện nhất, qua đó giảm thời gian xe buýt chờ tại nút giao thông.

Việc thiết kế chi tiết các nội dung trên cần phù hợp với các quy định hiện hành vào thời điểm áp dụng. Tại thời điểm soạn thảo tiêu chuẩn, có thể tham khảo một số tiêu chuẩn sau:

- Quy hoạch và thiết kế nút giao thông: TCVN 104:2007 và TCVN 4054: 2005

- Làn quay đầu : TCVN 4054: 2005.
- Làn rẽ trái và rẽ phải : TCVN 104:2007.
- Dải phân cách : TCVN 104:2007 và TCVN 4054: 2005.
- Đảo giao thông : TCVN 104:2007 và TCVN 4054: 2005.
- Vạch dừng xe : QCVN41:2016/BGTVT.
- Bán kính bo vỉa : TCVN 104:2007.
- Biển báo hiệu : QCVN 41:2016/BGTVT.
- Tầm nhìn : TCVN 4054: 2005.
- Hè đường : TCVN 104:2007.

## 6.4 Phân pha

### 6.4.1 Nguyên tắc phân pha

Khi phân pha các dòng giao thông không xung đột và các dòng giao thông xung đột một phần có thể được nhóm hoặc kết hợp trong một pha. Các dòng giao thông xung đột phải được bố trí ở các pha khác nhau.

Khi nhóm các dòng giao thông được phép di chuyển đồng thời trong cùng một pha tín hiệu phải xem xét tới: Mặt bằng/bình đồ nút giao, lưu lượng giao thông hướng rẽ, lưu lượng người đi bộ qua đường, phương tiện ưu tiên (phương tiện công cộng), biện pháp tổ chức giao thông trên tuyến (một chiều hay hai chiều), các mục tiêu tổ chức điều khiển giao thông bằng đèn tín hiệu và phải tuân thủ luật ưu tiên.

Trường hợp các dòng giao thông đi chung làn có thể cho phép các dòng di chuyển đồng thời trong cùng một pha. Nếu chúng được tổ chức trên các làn riêng (ví dụ rẽ trái) cần phải bố trí các dòng giao thông ở các pha khác nhau.

Nếu nhánh nút có làn rẽ riêng được tín hiệu hóa riêng bởi mũi tên chỉ hướng thì tất cả các hướng khác của nhánh nút đó có thể được tín hiệu hoá mà không cần dùng mũi tên chỉ hướng.

#### 6.4.1.1 Phân pha tín hiệu cho dòng giao thông rẽ trái

##### a. Dòng giao thông rẽ trái được bảo hộ:

Dòng giao thông rẽ trái được bảo hộ khi dòng rẽ trái được bố trí một pha rẽ trái riêng và tách biệt với tất cả dòng giao thông khác có xung đột với dòng rẽ trái (dòng đi thẳng đối diện).

Dòng rẽ trái được bảo hộ cần được bố trí khi một trong những chỉ tiêu sau thỏa mãn:

- Chuyển động rẽ trái xung đột với hướng đi thẳng đối diện có tối thiểu 3 làn xe
- Tỷ lệ xe rẽ trái khá lớn ( $\geq 10\%$  tổng lưu lượng xe của nhánh dẫn vào nút),
- Nút giao thông có làn rẽ trái riêng
- Tầm nhìn của dòng rẽ trái (xung đột một phần) bị hạn chế,
- Số vụ tai nạn bởi chuyển động rẽ trái là  $\geq 4$  vụ/năm, hoặc  $\geq 6$  vụ/ 2 năm hoặc  $\geq 8$  vụ/ 3 năm.

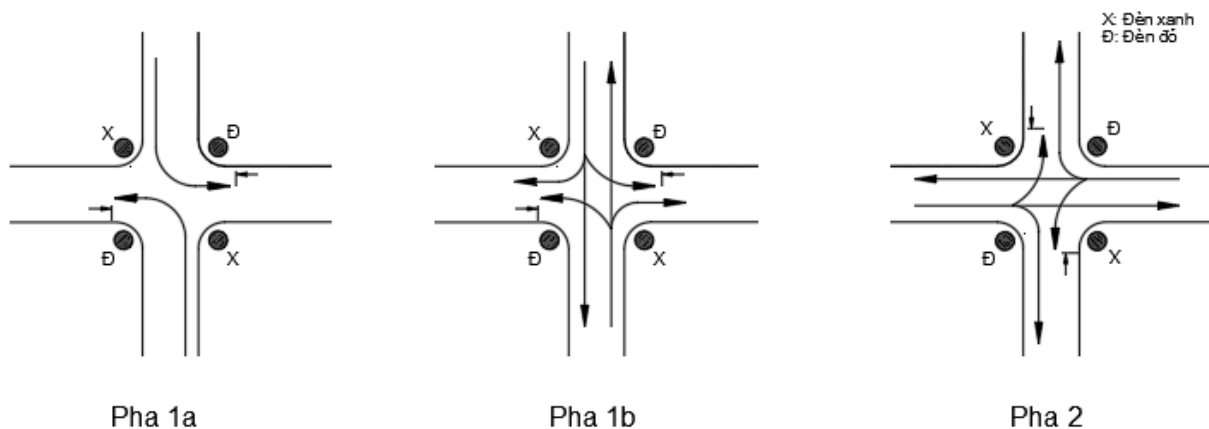
- Áp dụng dòng giao thông rẽ trái được bảo hộ có thể ngăn chặn được tối thiểu 5 vụ va chạm trong một năm giữa chuyển động rẽ trái và dòng đi thẳng đối diện.
- Điều kiện giao thông phức tạp do số lượng xung đột lớn.
- Vận tốc cho phép trên hướng đi thẳng đối diện  $\geq 70\text{km/h}$

#### **b. Dòng giao thông rẽ trái được bảo hộ tạm thời:**

Dòng giao thông rẽ trái được bảo hộ tạm thời khi dòng rẽ trái được bố trí một pha rẽ trái ưu tiên tạm thời, cho phép chuyển động rẽ trái được bắt đầu sớm hoặc kết thúc muộn hơn so với dòng đi thẳng ngược chiều (Xem Hình 12).

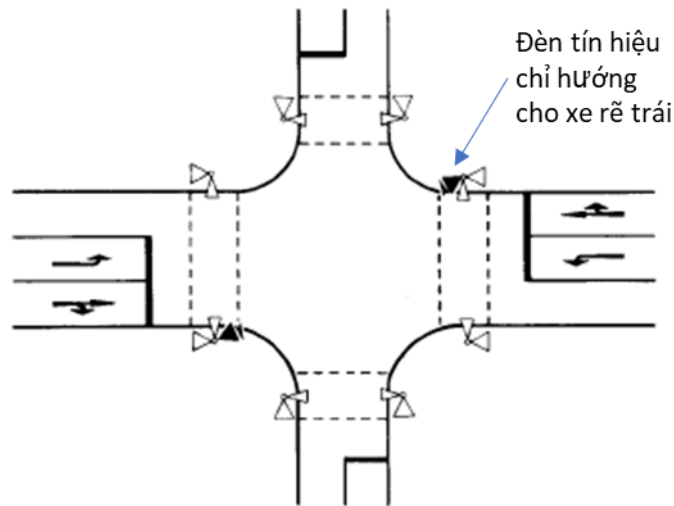
Đèn xanh mở sớm ưu tiên phương tiện xe rẽ trái thoát nút trước khi thời gian xanh của dòng đi thẳng ngược chiều bắt đầu. Sau khi thời gian xanh pha rẽ trái ưu tiên tạm thời kết thúc, dòng rẽ trái chuyển động đồng thời với dòng đi thẳng, rẽ phải trong cùng một pha đèn tuy nhiên phải được cảnh báo bằng đèn tín hiệu chỉ hướng (MŨI TÊN XANH) đặt trong tầm nhìn của người lái như ở góc đường (Xem Hình 13).

Đèn xanh đóng muộn cho phép phương tiện rẽ trái tiếp tục thoát nút sau khi thời gian xanh của dòng đi thẳng ngược chiều đã kết thúc.



Hình 12: Dòng giao thông rẽ trái được bảo hộ tạm thời với đèn xanh mở sớm





Hình 13: Đèn tín hiệu chỉ hướng cho dòng xe rẽ trái

### c. Dòng giao thông rẽ trái không được bảo hộ:

Dòng giao thông rẽ trái không được bảo hộ khi dòng rẽ trái chuyển động đồng thời với dòng đi thẳng, rẽ phải trong cùng một pha đèn.

#### 6.4.1.2 Phân pha tín hiệu cho dòng giao thông rẽ phải

##### a. Dòng giao thông rẽ phải được bảo hộ

Dòng giao thông rẽ phải được bảo hộ là dòng rẽ phải được điều khiển bằng tín hiệu riêng khi:

- Các phương tiện đặc biệt như bus, tram khi rẽ phải có xung đột với người đi bộ hoặc trên đường cao tốc.
- Trên nhánh nút có đảo giao thông, cần bố trí đèn tín hiệu riêng dẫn hướng cho xe rẽ phải được bảo hộ trong các trường hợp sau: 1) Có hai làn rẽ phải, 2) Lưu lượng người đi bộ lớn (lớn hơn 10% tổng lưu lượng xe của nhánh dẫn vào nút), và 3) Tốc độ thiết kế cho xe rẽ phải  $\geq 40\text{km/h}$ .
- Chỗ có góc giao đường nhánh  $< 60^\circ$
- Hướng xe rẽ phải được ưu tiên trong nút, tốc độ thiết kế cho xe rẽ phải  $\geq 40\text{km/h}$

Trong trường hợp này cần thiết kế mặt bằng nút bảo đảm dòng giao thông rẽ trái ngược chiều không xung đột với dòng giao thông rẽ phải.

##### b. Dòng giao thông rẽ phải được bảo hộ tạm thời

Dòng giao thông rẽ phải được bảo hộ tạm thời khi dòng rẽ phải được bố trí làn và một tín hiệu rẽ phải ưu tiên tạm thời, cho phép đèn xanh rẽ phải được kéo dài thêm sau khi thời gian xanh cho dòng xe rẽ phải được bảo hộ kết thúc.

Có thể áp dụng đèn xanh mở sớm hoặc ngắt muộn cho dòng giao thông rẽ phải bảo đảm tạm thời.

##### c. Dòng giao thông rẽ phải không được bảo hộ

Dòng giao thông rẽ phải không được bảo hộ trường hợp trên đường nhánh vào nút không có đảo giao thông, không có tín hiệu dẫn hướng riêng cho xe rẽ phải. Dòng rẽ phải chuyển động đồng thời với các dòng được phép khác trong cùng một pha đèn.

#### d. Dòng giao thông rẽ phải không được tín hiệu hoá

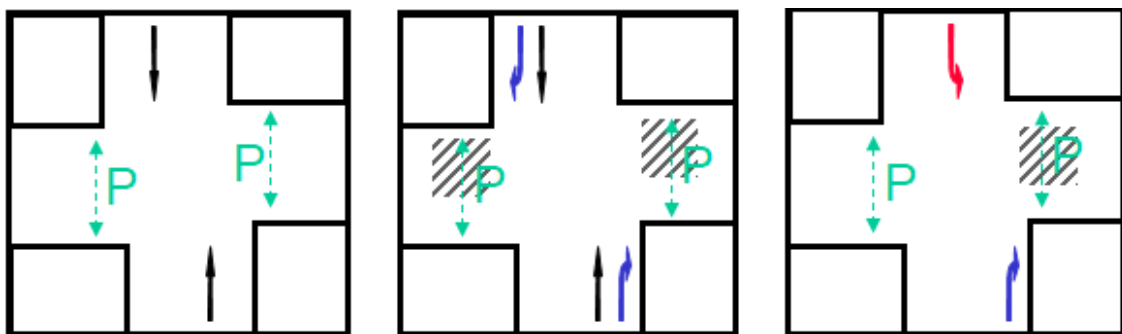
Trong trường hợp lưu lượng người đi bộ và xe đạp thấp và các vấn đề về an toàn đã được kiểm tra kỹ lưỡng, dòng giao thông rẽ phải có thể không cần phải được tín hiệu hoá (kể cả đèn nháy vàng).

#### 6.4.2 Số lượng pha

Số lượng pha tín hiệu được xác định từ quá trình phân pha tín hiệu, và số lượng các dòng xe cần phải được bảo đảm bằng đèn tín hiệu.

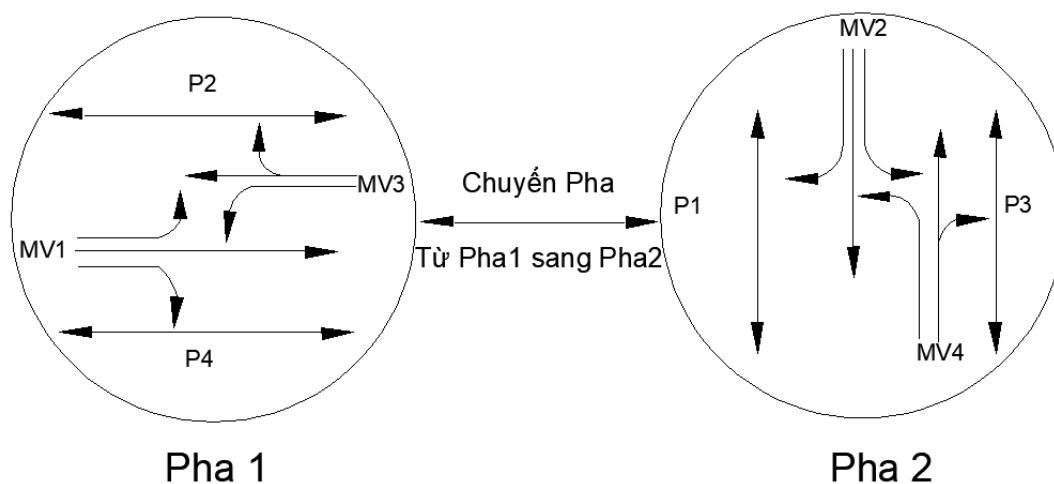
Chương trình tín hiệu giao thông tại một nút giao thông điển hình trong khu vực đô thị có 3 hoặc 4 nhánh cần tối thiểu 2 pha.

Trong một pha đèn, tín hiệu cho người đi bộ có thể được tích hợp với tín hiệu phương tiện cơ giới theo nguyên tắc dòng đi bộ không xung đột với dòng phương tiện đi thẳng (xem Hình 14).



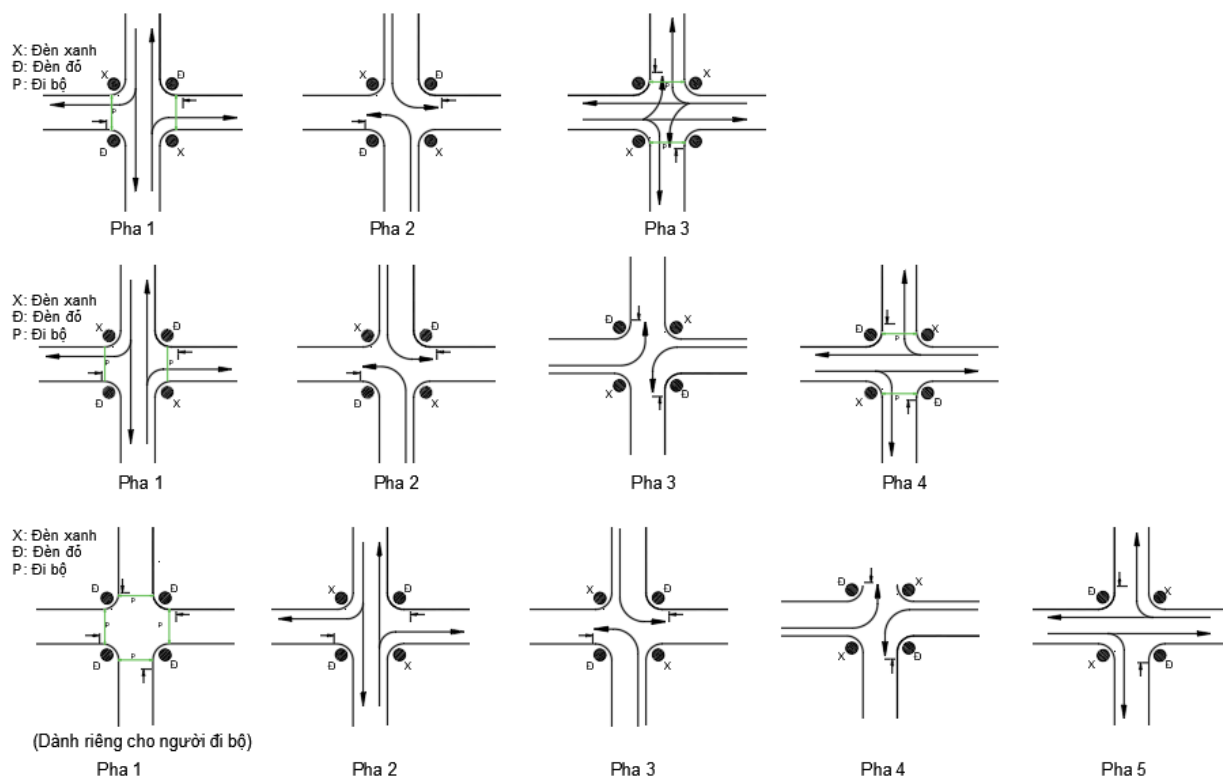
Hình 14: Kết hợp dòng đi bộ với dòng phương tiện

Trong trường hợp giao thông ngoài đô thị, chương trình tín hiệu giao thông tại một nút giao thông cần tối thiểu 2 pha. Khi tổ chức điều khiển linh hoạt, cần xem xét thiết kế một pha chờ cho người đi bộ, pha này sẽ được kích hoạt khi có yêu cầu của người đi bộ qua đường.



Hình 15: Ví dụ về điều khiển 2 pha

Tùy thuộc vào điều kiện giao thông và số lượng dòng giao thông cần được bảo hộ, có thể xem xét bố trí nhiều pha (3, 4, 5 hoặc nhiều hơn) (Hình 16).



Hình 16: Ví dụ về điều khiển 3, 4, 5 pha

#### 6.4.3 Chuỗi pha và sơ đồ chuỗi pha

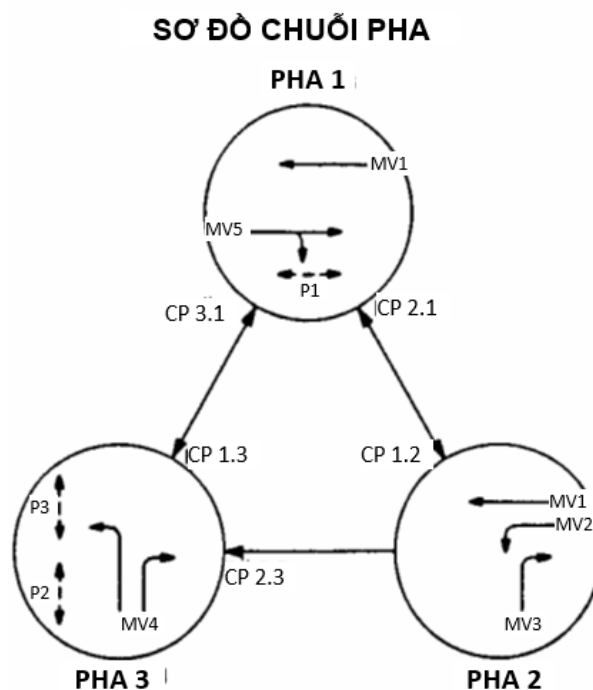
Các pha được sắp xếp theo trình tự nhất định tạo thành chuỗi pha.

Đối với tín hiệu cố định theo thời gian thì chuỗi pha được xác định trên chương trình đèn tín hiệu giao thông.

Đối với chương trình điều khiển linh hoạt thì các pha đèn phù hợp và các chuỗi pha được mô tả trong sơ đồ chuỗi pha. Các pha được lựa chọn theo sơ đồ trên bởi điều kiện logic và điều kiện thời gian trong thuật toán điều khiển.

Trong sơ đồ chuỗi pha, các thông số sau cần được hiển thị (xem Hình 17):

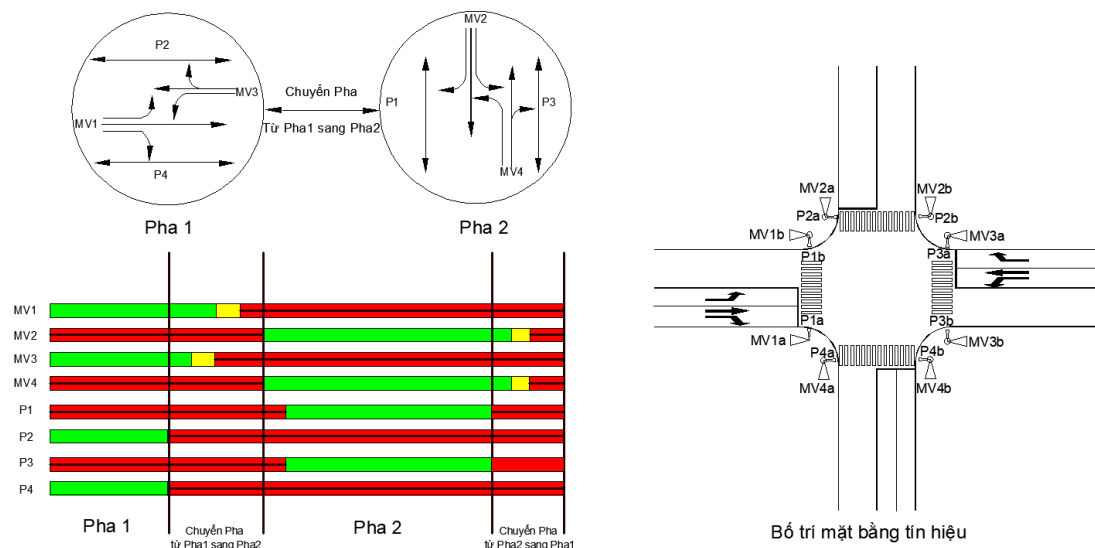
- Tên các pha trong sơ đồ chuỗi pha
- Mũi tên chỉ hướng chuyển động của dòng giao thông trong mỗi pha.
- Ký hiệu của các dòng giao thông trong mỗi pha.
- Mũi tên thể hiện sự chuyển pha (có diễn giải thể hiện sự chuyển pha)



Hình 17: Ví dụ về sơ đồ chuỗi pha

#### 6.4.4 Chuyển pha

Quá trình thay đổi từ pha này sang pha khác được gọi là sự chuyển pha. Thời gian cần thiết cho quá trình chuyển pha được gọi là thời gian chuyển pha, là khoảng thời gian tính từ lúc kết thúc đèn xanh sớm nhất của một nhóm tín hiệu trong pha này đến lúc bắt đầu thời gian xanh muộn nhất của một nhóm tín hiệu trong pha tiếp theo (Hình 18).



Hình 18: Ví dụ về chuyển pha

Trong trường hợp áp dụng biện pháp điều khiển linh hoạt, khi có yêu cầu thời gian xanh (giao thông công cộng, người đi bộ hoặc ưu tiên tín hiệu trên hướng có lưu lượng lớn hơn) việc chuyển pha chỉ được thực hiện khi pha đang hoạt động được bảo đảm giá trị thời gian xanh tối thiểu trong một chu kỳ đèn.

Khi có nhiều yêu cầu thời gian xanh liên tiếp xuất hiện. Thuật toán điều khiển phải kết thúc thời gian xanh của yêu cầu đầu tiên, sau đó thuật toán điều khiển sẽ căn cứ vào chương trình lập trình để quyết định phương án tối ưu để đáp ứng yêu cầu tiếp theo.

## 6.5 Các cách thức điều khiển đèn tín hiệu giao thông

### 6.5.1 Tổng quan về chương trình tín hiệu giao thông

Điều khiển giao thông cố định được xem xét khi:

- Dòng giao thông ổn định, không có biến động lớn giữa các giờ trong ngày, ngày trong tuần và tháng trong năm.
- Thành phần của một chương trình tín hiệu như số pha, trình tự pha, thời gian xanh, thời gian chu kỳ là cố định theo thời gian.
- Hạn chế về thu thập và cập nhật dữ liệu giao thông liên tục.
- Điều khiển giao thông linh hoạt được xem xét khi:
  - Dòng giao thông biến đổi theo thời gian (giờ trong ngày, ngày trong tuần, tháng trong năm)
  - Thành phần của một chương trình tín hiệu như số pha, trình tự pha, thời gian xanh, thời gian chu kỳ là thay đổi linh hoạt theo lưu lượng giao thông hoặc yêu cầu tín hiệu ưu tiên từ người đi bộ, giao thông công cộng, phương tiện ưu tiên.
  - Phối hợp tổ chức giao thông trên tuyến hoặc mạng lưới.
  - Dữ liệu giao thông được thu thập và cập nhật liên tục theo thời gian thực.

### 6.5.2 Các tham số đánh giá cách thức điều khiển giao thông

Để lựa chọn được cách thức điều khiển phù hợp dựa trên các mục tiêu đã định, cần sử dụng các tham số đánh giá cụ thể. Các tham số đánh giá bao gồm: số lần dừng xe; thời gian trễ; thời gian đi lại; chiều dài hàng chờ; lưu lượng giao thông; vận tốc giao thông trên từng nhánh, hướng. Các ví dụ về tham số đánh giá được mô tả trong phần Phụ lục E.

Nếu cách thức điều khiển linh hoạt được lựa chọn, các tham số đánh giá phải được tính toán theo chế độ trực tuyến (online) hoặc thời gian thực (real-time).

Trong trường hợp sử dụng các tham số nhằm đánh giá cách thức điều khiển, các tham số có thể được xác định ở chế độ ngoại tuyến (off-line).

Các tham số đánh giá có thể được xác định trực tiếp hoặc thông qua quá trình xử lý sơ bộ các dữ liệu thu thập được hoặc qua mô phỏng.

### 6.5.3 Tổng quan về cấp độ và các biện pháp điều khiển tín hiệu giao thông

Phương pháp điều khiển giao thông được chia thành hai cấp độ vĩ mô và vi mô (Bảng 3).

Cấp độ điều khiển cấp vĩ mô chủ yếu tập xét sự biến đổi về lưu lượng giao thông trên mạng lưới hoặc trong một khu vực theo một khoảng thời gian nhất định. Cấp độ điều khiển vi mô được kích hoạt từ cấp độ điều khiển vĩ mô. Ở cấp độ điều khiển vi mô, các cách thức điều khiển được kích hoạt theo các tình huống giao thông tương ứng.

Bảng 3: Tổng quan về các cấp độ và biện pháp điều khiển

Cấp độ điều khiển	Cách thức	Linh hoạt		Các thành phần biến đổi của chương trình tín hiệu								Mô tả cách thức điều khiển	
		Theo thời gian	Theo giao thông	Chu kỳ cố định		Trình tự pha cố định		Số pha cố định		Thời gian xanh cố định		Điều chỉnh các thành phần chính của chương trình	Chương trình tín hiệu
				Có	Không	Có	Không	Có	Không	Có	Không		
A: Cấp độ điều khiển vĩ mô	A1	X		Các thành phần biến đổi của chương trình tín hiệu theo cách thức điều khiển loại B								Chọn chương trình tín hiệu phụ thuộc thời gian	Lựa chọn chương trình tín hiệu
	A2		X									Chọn chương trình tín hiệu phụ thuộc giao thông	
B: Cấp độ điều khiển vi mô	B1			X		X		X		X		Không thể điều chỉnh	Chương trình tín hiệu thời gian cố định
	B2			X		X		X			X	Điều chỉnh thời gian xanh	Chương trình tín hiệu thích nghi
	B3			X			X	X		X		Thay đổi chuỗi pha	
	B4			X		X			X		X	Yêu cầu pha	
	B5				X		X		X		X	Điều chỉnh toàn bộ	Chương trình tín hiệu linh hoạt hoàn toàn

#### 6.5.3.1 Biện pháp điều khiển đèn tín hiệu ở cấp độ vĩ mô

Các biện pháp điều khiển ở cấp độ vĩ mô có thể được thực hiện theo hai cách : theo thời gian (Cách thức**A1** ) hoặc theo điều kiện giao thông (Cách thức**A2** ).

##### a. Biện pháp điều khiển đèn tín hiệu theo thời gian (A1)

Cách thức A1 được xem xét lựa chọn khi lưu lượng giao thông có tính ổn định và lặp lại theo thời gian (tháng trong năm, ngày trong tuần, giờ trong ngày).

##### b. Biện pháp điều khiển đèn tín hiệu theo linh hoạt theo điều kiện giao thông (A2)

Cách thức A2 được xem xét lựa chọn khi tập hợp một nhóm các giải pháp điều khiển giao thông linh hoạt đã được thiết lập trước để phù hợp với điều kiện giao thông thực tế ở chế độ trực tuyến (online).

#### **6.5.3.2 Biện pháp điều khiển đèn tín hiệu ở cấp độ vi mô**

##### **a. Biện pháp điều khiển đèn tín hiệu cố định về thời gian (B1)**

Biện pháp B1: các thành phần của chương trình tín hiệu (số pha, trình tự pha, thời gian xanh, thời gian chu kỳ) được cố định theo thời gian (theo giờ hoặc các khoảng thời gian trong ngày).

##### **b. Biện pháp điều chỉnh thời gian xanh (B2)**

Biện pháp B2: điều khiển đèn tín hiệu thích nghi trong đó các thành phần của chương trình tín hiệu như thời gian chu kỳ, chuỗi pha, số lượng pha được cố định theo thời gian, và thời gian xanh được thay đổi theo trạng thái giao thông hiện hành tại nút.

Biện pháp điều chỉnh thời gian xanh có thể thực hiện theo thời gian giãn cách chạy xe hoặc tốc độ của dòng giao thông vào nút.

##### **c. Biện pháp thay đổi chuỗi pha (B3)**

Biện pháp B3: các thành phần của chương trình tín hiệu như thời gian chu kỳ, số lượng pha, thời gian đèn xanh được cố định, tuy nhiên chuỗi pha có thể thay đổi. Cách thức này được áp dụng hiệu quả khi ưu tiên tín hiệu cho giao thông công cộng.

##### **d. Biện pháp yêu cầu pha (B4)**

Biện pháp B4: các thành phần của chương trình tín hiệu như thời gian chu kỳ, chuỗi pha, thời gian đèn xanh được cố định, tuy nhiên số lượng pha có thể thay đổi bằng cách thêm hoặc bớt một hay nhiều pha yêu cầu. Biện pháp B4 thường được lựa chọn khi phát sinh nhu cầu đột xuất tại nút giao (ví dụ giao thông công cộng, người đi bộ). Trong cách thức này, pha bổ sung có thể được thiết kế linh hoạt tại nhiều điểm tùy thuộc vào tình huống giao thông và thời điểm yêu cầu.

Sự xuất hiện của các phương tiện ưu tiên, giao thông công cộng được nhận diện thông qua các bộ nhận dạng đặt ở khoảng cách từ 250 m đến 500 m từ vạch dừng. Tín hiệu yêu cầu được gửi đi trước khi phương tiện tiến đến vạch và thời gian xanh cho pha yêu cầu này có thể kích hoạt linh hoạt theo điều kiện giao thông.

Người đi bộ có thể yêu cầu một pha thông qua nút bấm hoặc cảm biến chạm.

##### **e. Biện pháp điều khiển tín hiệu linh hoạt hoàn toàn (B5)**

Biện pháp B5: tất cả các thành phần của chương trình tín hiệu như thời gian chu kỳ, chuỗi pha, số lượng pha, thời gian đèn xanh đều có thể được thay đổi.

#### 6.5.4 Phát triển thuật toán điều khiển

Thuật toán điều khiển dùng để mô tả và trình bày cách thức điều khiển linh hoạt theo điều kiện giao thông và những điều kiện xác định trong quá trình lập trình phần mềm của thiết bị công nghệ. Thuật toán điều khiển được xác định chi tiết theo từng giây.

##### 6.5.4.1 Sơ đồ chuỗi pha, và thời gian chuyển pha

Sơ đồ chuỗi pha minh họa các pha và chuỗi pha, được sử dụng để điều khiển giao thông linh hoạt hoặc cố định theo thời gian (Mục 6.4.3).

Thời gian chuyển pha tối thiểu phải bao gồm thời gian xen kẽ cần thiết để thay đổi các pha và thời gian xanh tối thiểu để đảm bảo một pha tín hiệu được hoàn thành.

##### 6.5.4.2 Lưu đồ thuật toán

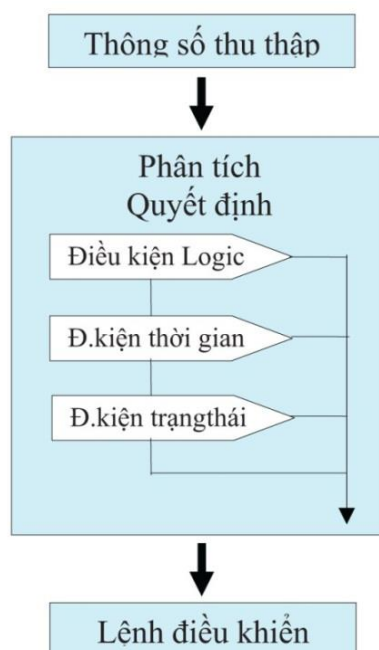
Lưu đồ thuật toán minh họa cho quá trình điều khiển giao thông linh hoạt. Lưu đồ thuật toán phải thể hiện:

- Các điều kiện logic
- Các điều kiện thời gian: Xác định cấu trúc của một chương trình tín hiệu (pha, trình tự pha, thời gian xanh, thời gian xanh tối thiểu, chu kỳ đèn, giãn cách chạy xe theo thời gian, vận tốc dòng giao thông).
- Các điều kiện trạng thái (điều kiện được đưa ra nhằm kiểm tra trạng thái hoạt động của một yếu tố trong chương trình đèn tín hiệu) và chương trình đèn tín hiệu tương ứng với các điều kiện đó.
- Chương trình đèn tín hiệu hiện tại
- Trình tự ưu tiên với các yêu cầu, các chuyển động, pha
- Thời gian bù của một nhóm tín hiệu hoặc thời gian chờ tối đa

Bất kỳ một chương trình đèn tín hiệu nào đều phải minh họa bằng một sơ đồ cấu trúc đơn giản thể hiện các lệnh để vận hành hệ thống đèn tín hiệu (Hình 19). Khi thiết kế sơ đồ cấu trúc cần đảm bảo:

- Vận hành thông suốt và đáp ứng yêu cầu của người thiết kế (ví dụ mức độ phục vụ hoặc ưu tiên giao thông công cộng).
- Minh họa rõ ràng thuật toán điều khiển bằng những hàm đơn giản và dễ hiểu, sử dụng những mẫu chuẩn của sơ đồ cấu trúc thể hiện rõ các điều kiện, quy tắc và diễn biến chương trình tín hiệu, hoặc bảng lệnh quyết định,
  - Hướng dẫn dưới dạng chú giải đầy đủ với từng thuật toán,
  - Các thông số được thể hiện dưới dạng giá trị đại số, dải giá trị để khi điều chỉnh các thông số này không cần thay đổi thuật toán cũng như chương trình phần mềm.





Hình 19: Sơ đồ cấu trúc

Biểu đồ quá trình	Biểu đồ cấu trúc	Bảng quyết định																																																																
<div><pre>graph TD; L1[L1] -- y --&gt; CP12[CP 1.2];</pre></div> <p>Hoặc:</p> <div><pre>graph TD; L1{L1} -- y --&gt; CP12[CP 1.2]; L1 -- n --&gt; CP13[CP 1.3];</pre></div>	<div><table border="1"><tr><td colspan="2">L1</td></tr><tr><td>y</td><td>n</td></tr><tr><td>CP 1.2</td><td>CP 1.3</td></tr></table></div> <p>Hoặc:</p> <div><table border="1"><tr><td colspan="2">L1</td></tr><tr><td>n</td><td>y</td></tr><tr><td>CP 1.2</td><td>CP 1.3</td></tr></table></div>	L1		y	n	CP 1.2	CP 1.3	L1		n	y	CP 1.2	CP 1.3	<table border="1"><tr><th rowspan="2"></th><th rowspan="2">Điều kiện</th><th colspan="4">Quy tắc</th></tr><tr><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th></tr><tr><td>O1</td><td>L1</td><td>Y</td><td>N</td><td>N</td><td>N</td></tr><tr><td>O2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>O3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>Diễn biến</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>R1</td><td>CP 1.2</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>R2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>R3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>		Điều kiện	Quy tắc				1	2	3	4	O1	L1	Y	N	N	N	O2						O3							Diễn biến					R1	CP 1.2	X				R2						R3					
L1																																																																		
y	n																																																																	
CP 1.2	CP 1.3																																																																	
L1																																																																		
n	y																																																																	
CP 1.2	CP 1.3																																																																	
	Điều kiện	Quy tắc																																																																
		1	2	3	4																																																													
O1	L1	Y	N	N	N																																																													
O2																																																																		
O3																																																																		
	Diễn biến																																																																	
R1	CP 1.2	X																																																																
R2																																																																		
R3																																																																		

Hình 20: Mẫu mô tả thuật toán

Ghi chú:

- Biểu đồ quá trình: Thể hiện các bước chính trong sơ đồ khối
- Biểu đồ cấu trúc thể hiện các điều kiện logic và các kịch bản tương ứng
- Bảng quyết định thể hiện các điều kiện – các quy tắc ứng với các điều kiện – và các diễn biến của chương trình theo từng quy tắc cụ thể.

#### 6.5.4.3 Kiểm tra chương trình đèn tín hiệu

Quá trình kiểm tra cần được thực hiện trong suốt quá trình vận hành của chương trình. Cần có quy trình kiểm tra trong đó xác định các nội dung, phương pháp cách thức kiểm tra. Cần kiểm tra với tất cả các bước trong chương trình đèn tín hiệu và kiểm tra đối với tất cả các đối tượng tham gia giao thông có liên quan.

## 6.6 Làn sóng xanh

### 6.6.1 Mục tiêu và đối tượng

Làn sóng xanh là cách thức điều khiển dòng giao thông bằng cách phối hợp hệ thống đèn tín hiệu giao thông ở các nút giao thông liên kết nhau để đảm bảo phần lớn các phương tiện đi với vận tốc nhất định trên trục chính sẽ liên tục gặp đèn xanh. Các nút giao được phối hợp bằng cách thiết kế thời gian xanh cho dòng giao thông trên trục chính lệch nhau.

Trong thiết kế làn sóng xanh, cần tính toán đến nhu cầu của giao thông cá nhân, vận tải công cộng, người đi bộ và người điều khiển xe đạp, và các phương tiện đặc biệt như xe cứu hỏa, cảnh sát, cứu thương hoặc những sự kiện đặc biệt nhằm hướng tới mục tiêu giảm ùn tắc, ô nhiễm và nâng cao an toàn giao thông trên quan điểm toàn bộ trục đường, và cả hệ thống.

Xây dựng chương trình điều khiển đèn tín hiệu làn sóng xanh đòi hỏi thông tin về hướng và lưu lượng của các dòng giao thông. Trong trường hợp các thông tin trên thay đổi thường xuyên (kể cả các sự kiện thể thao), cần phải xây dựng chương trình làn sóng xanh có thể điều khiển linh hoạt.

Làn sóng xanh cho giao thông cơ giới thường có hiệu quả khi khoảng cách giữa các nút giao thông trong khoảng 750-1000m. Ở cự ly lớn hơn, quy luật di chuyển theo khối của phương tiện sẽ bị phá vỡ và thiết kế làn sóng xanh không đạt hiệu quả như mong muốn.

Làn sóng xanh được minh họa trên một biểu đồ quãng đường - thời gian thông qua băng xanh và bề rộng băng xanh. Bề rộng của băng xanh phản ánh lưu lượng giao thông và có thể khác nhau dọc theo băng xanh.

Thời gian xanh mở sớm và thời gian xanh đóng muộn trong băng xanh liên tục phải được chỉ rõ trên biểu đồ quãng đường - thời gian. Hành trình xe buýt và xe điện cần được minh họa trên biểu đồ (với định mức gia tốc xe điện từ 0,7 đến 1,2 m/s<sup>2</sup>, xe bus từ 1,0 đến 1,5 m/s<sup>2</sup>).

### 6.6.2 Các nguyên tắc thiết kế

#### 6.6.2.1 Vận tốc dòng xe trong làn sóng xanh

Vận tốc dòng xe trong làn sóng xanh  $V_{lt}$  là một tham số cơ bản trong thiết kế chênh lệch thời gian xanh đối với các nút giao thông trên một trục chính. Vận tốc dòng xe trong làn sóng xanh được thể hiện qua độ dốc giữa đường trung tâm của băng xanh với trục thời gian của biểu đồ quãng đường - thời gian. Vận tốc dòng xe trong làn sóng xanh tương đương vận tốc di chuyển của nhóm xe đầu tiên của hàng xe chờ.  $V_{lt}$  được xác định ở mức:

$$0,85 \cdot V_{cp} \leq V_{lt} \leq V_{cp}(2)$$

Trong đó:

$V_{cp}$  : Vận tốc cho phép [km/h]

$V_{lt}$  : Vận tốc dòng xe trong làn sóng xanh [km/h]

Vận tốc dòng xe trong làn sóng xanh trên các đoạn đường kế tiếp nhau có thể sai khác 5 km/h. Trong quá trình thiết kế cần tính đến những yếu tố làm giảm vận tốc (mức độ ùn tắc, độ dốc đường lớn, đường hẹp, điều kiện mặt đường xấu).

#### 6.6.2.2 Chu kỳ và điểm băng xanh

Yêu cầu cơ bản trong thiết kế làn sóng xanh trên mạng lưới hoặc trên tuyến đường là chu kỳ đèn bằng nhau ở tất cả các nút.

Các chu kỳ ngắn hơn có thể được sử dụng để điều khiển dòng giao thông trong trường hợp:

- Tuyến đường có lưu lượng thấp có giao cắt với các tuyến đường trục chính,
- Kích thước chiều dài hàng chờ vừa đủ để bật đèn xanh,
- Có yêu cầu từ hệ thống đèn tín hiệu dành cho người đi bộ trong làn sóng xanh,
- Nút giao có đèn tín hiệu cắt ngang qua làn sóng xanh.

Tổng thời gian của các chu kỳ ngắn này phải tương đương với thời gian chu kỳ của làn sóng xanh.

Khi thiết kế làn sóng xanh trên các đường hai chiều, điểm băng xanh (ĐBX) của nút được tạo ra là điểm giao cắt giữa hai băng xanh ngược chiều. Khoảng cách giữa các điểm băng xanh giữa các nút lân cận được gọi là khoảng cách điểm băng xanh, ký hiệu là  $l_{DBX}$ .

Thời gian chu kỳ, vận tốc dòng xe trong làn sóng xanh trên 2 hướng và khoảng cách giữa các điểm băng xanh có mối liên quan như sau:

$$t_c = \frac{3.6 \cdot l_{DBX}}{V_{lt,1}} + \frac{3.6 \cdot l_{DBX}}{V_{lt,2}} \quad [s] \quad (3)$$

Trong đó:

$t_c$  : Thời gian chu kỳ [s]

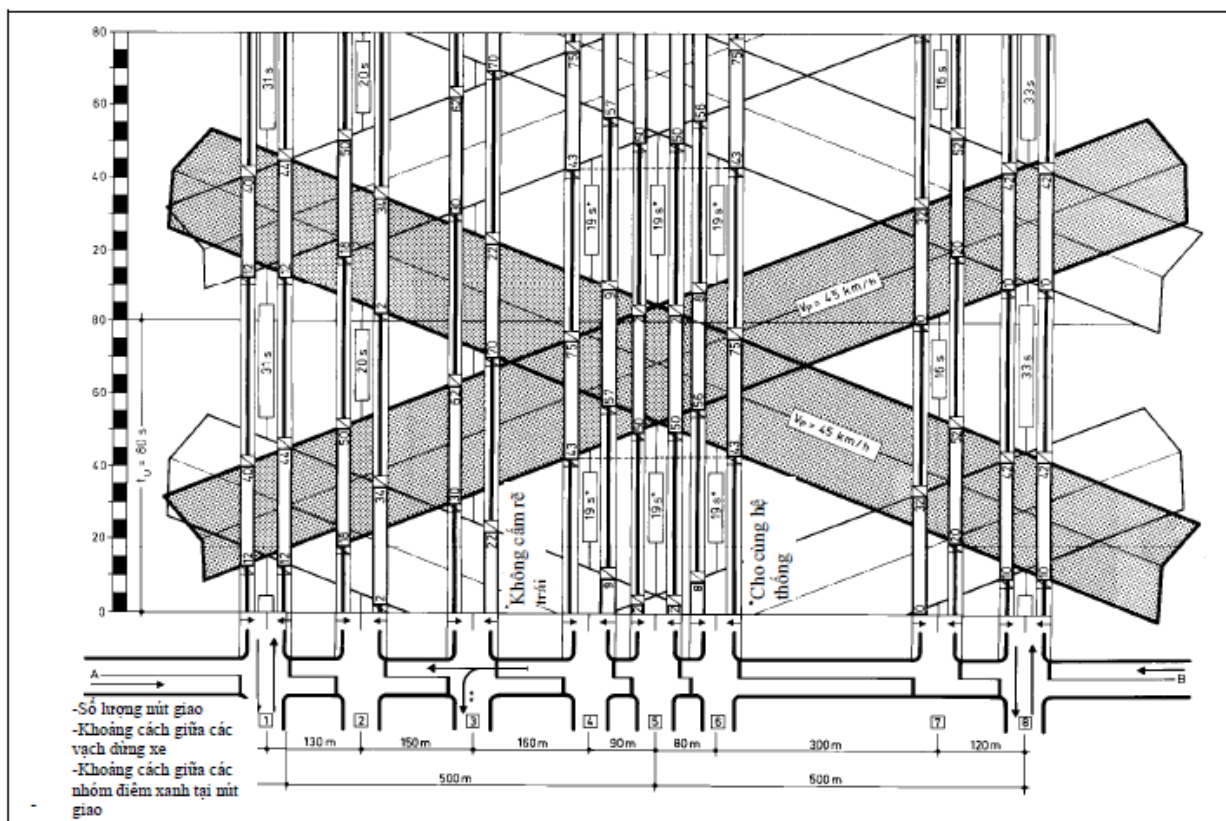
$l_{DBX}$  : Khoảng cách giữa các điểm băng xanh [m]

$V_{lt,1}, V_{lt,2}$  : Vận tốc dòng xe trong làn sóng xanh [km/h]

#### 6.6.2.3 Các điều kiện giao thông

Khi thiết kế làn sóng xanh, những điều kiện giao thông sau đây phải được xem xét vì chúng có ảnh hưởng tới kết quả của sự phối hợp tín hiệu:

- Tất cả các nút trên làn sóng xanh phải có chung một chu kỳ đèn. Chu kỳ đèn này được xem như là chu kỳ hệ thống.
- Các đoạn đường được áp dụng làn sóng xanh cần có nhiều hơn 1 làn trên mỗi hướng. Việc có ít nhất 2 làn đường sẽ làm tăng khả năng vượt xe, và làm giảm tác động của các phương tiện đi chậm lên hoạt động của dòng phương tiện trong làn sóng xanh. Bên cạnh đó chất lượng dòng giao thông còn bị ảnh hưởng bởi các phương tiện dừng đỗ. Vì vậy, khi thiết kế làn sóng xanh nên kết hợp việc cấm dừng đỗ trên trục chính, các nhà chờ xe buýt cần áp dụng thiết kế xén vĩa hè.
- Tổ chức các làn rẽ riêng tại nút sao cho dòng đi thẳng không bị cản trở hoặc ảnh hưởng bởi làn xe rẽ.
- Thiết kế không gian đi bộ qua đường ở điểm đầu và cuối của tuyến đường có làn sóng xanh nhằm hạn chế ảnh hưởng tới dòng giao thông.
- Mức độ bão hòa phải nhỏ hơn 0,85 để đảm bảo đủ năng lực thông hành của giao thông cơ giới tại tất cả các nút giao thông có làn sóng xanh.
- Vận tốc dòng xe trong làn sóng xanh thiết kế của từng hướng  $V_{lt,1}$  và  $V_{lt,2}$  (đơn vị km/h), thời gian xanh tính toán cho các dòng giao thông phối hợp, và bằng thời gian xanh của dòng giao thông đi thẳng được minh họa trong biểu đồ quãng đường–thời gian (Hình 21).



Hình 21: Thiết kế làn sóng xanh với các nút giao thông liên kề

## 6.7 Tính toán chương trình tín hiệu

### 6.7.1 Thời gian xen kẽ

#### 6.7.1.1 Tổng quan

Thời gian xen kẽ  $t_{xk}$  là khoảng thời gian tính từ lúc kết thúc đèn xanh của một dòng giao thông đến lúc bắt đầu đèn xanh của dòng giao thông khác.

Thời gian xen kẽ ( $t_{xk}$ ) được xác định từ thời gian vượt ( $t_{vu}$ ), thời gian thoát nút ( $t_{th}$ ), và thời gian nhập nút ( $t_{nn}$ ):

$$t_{xk} = t_{vu} + t_{th} - t_{nn}(4)$$

Trong đó

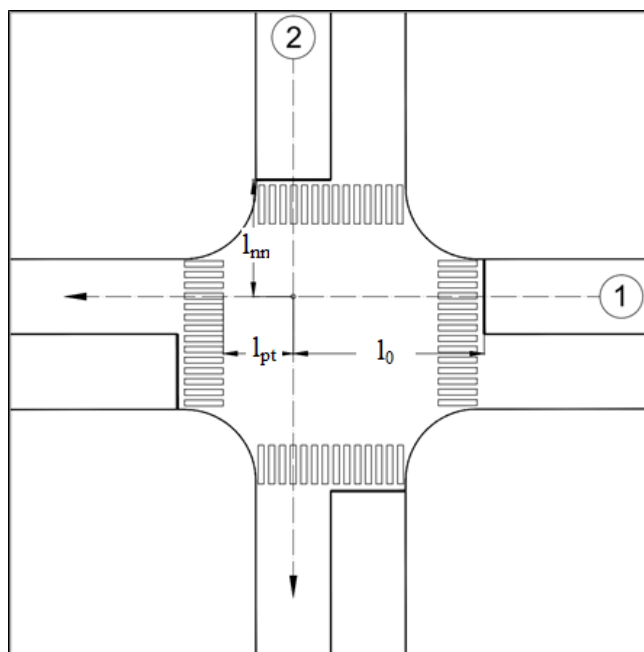
$t_{xk}$	:	Thời gian xen kẽ	[s]
$t_{vu}$	:	Thời gian vượt	[s]
$t_{th}$	:	Thời gian thoát nút	[s]
$t_{nn}$	:	Thời gian nhập nút	[s]

Thời gian xen kẽ cho các nhóm đối tượng được tính toán và trình bày trong ma trận thời gian xen kẽ (Phụ lục G5).

Thời gian xen kẽ đại diện trong một pha được lấy bằng thời gian thời gian xen kẽ lớn nhất giữa các nhóm tín hiệu giao thông cơ giới trong cùng pha đó.

#### 6.7.1.2 Quãng đường thoát nút và quãng đường nhập nút

Quãng đường thoát nút  $l_{tn}$  bao gồm quãng đường thoát nút cơ bản  $l_0$  và chiều dài phương tiện  $l_{pt}$ . Quãng đường thoát nút cơ bản của phương tiện được tính từ vạch dừng xe đến giao điểm giữa quỹ đạo của dòng thoát nút và quỹ đạo của dòng nhập nút (điểm xung đột) như. Đối với người đi bộ, quãng đường thoát nút bao gồm toàn bộ chiều dài người đi bộ có xung đột với dòng xe cơ giới.



Hình 22: Quãng đường thoát nút  $l_0 + l_{pt}$  và quãng đường nhập nút  $l_{nn}$

Ghi chú: Dòng xe 1 là dòng xe đang có đèn xanh; dòng xe 2 là dòng đang đợi đèn xanh để nhập nút.

Quãng đường nhập nút  $l_{nn}$  là khoảng cách từ vạch dừng xe tới điểm xung đột. Đối với người đi bộ quy ước quãng đường nhập nút lấy bằng 0.

#### 6.7.1.3 Thời gian vượt và thời gian thoát nút

Thời gian vượt  $t_{vu}$  được xác định bằng quãng thời gian tính từ thời điểm kết thúc đèn xanh đến điểm bắt đầu thời gian thoát nút.

Thời gian thoát nút  $t_{th}$  là khoảng thời gian cần thiết để phương tiện đi hết quãng đường thoát nút  $l_{tn}$  với vận tốc thoát nút  $v_{th}$ :

$$t_{th} = \frac{l_{th}}{v_{th}} \quad (5)$$

Các trường hợp tính toán thời gian xen kẽ theo thời gian vượt và thời gian thoát nút được trình bày trong phụ lục D.

#### 6.7.1.4 Thời gian nhập nút

Thời gian nhập nút  $t_{nn}$  là khoảng thời gian cần thiết để phương tiện đi hết quãng đường nhập nút  $l_{nn}$  với vận tốc  $v_{nn}$ .

Trong tính toán thời gian nhập nút, cần tính toán cho trường hợp xe nhập nút với vận tốc lớn nhất cho phép (lấy bằng vận tốc cho phép của phương tiện trên từng nhánh).

Thời gian nhập nút được xác định bằng công thức:

$$t_{nn} = \frac{3,6 \times l_{nn}}{v_{nn}} \quad (6)$$

Trong trường hợp phương tiện đầu tiên nhập nút là xe buýt xuất hiện thường xuyên, lưu ý xe buýt cần một khoảng thời gian để tăng tốc từ trạng thái dừng (vận tốc bằng 0) đến trạng thái vận hành bình thường (vận tốc nhập nút  $v_{nn}$ ). Tùy theo đặc thù của địa hình nút, khoảng thời gian cần thiết này có thể lớn hơn thời gian nhập nút. Khi đó thời gian nhập nút có thể tính như sau:

$$t_{nn} = \sqrt{\frac{2 \times l_{nn}}{a}} \quad \text{nếu } t_{nn} \leq \frac{\max v_{nn}}{3,6 \times a} \quad (7)$$

Trong đó:  $a$  là gia tốc tăng tốc của phương tiện nhập nút

Trong trường hợp có nhiều phương tiện cùng nhận đèn xanh, loại phương tiện có tốc độ lớn nhất sẽ được dùng để tính toán quãng đường nhập nút. (ví dụ nếu xe đạp được tín hiệu hoá đồng thời với phương tiện cơ giới, xe đạp sẽ không được xét tới như là phương tiện nhập nút do vận tốc và gia tốc thấp. Nếu xe đạp được thiết kế đi trên đường riêng, và có chương trình tín hiệu riêng, vận tốc nhập nút của xe đạp được giả thiết là 16-20 km/h).

Đối với người đi bộ thời gian nhập nút lấy bằng 0.

### 6.7.2 Tính toán trong dòng xe hỗn hợp

Trong quá trình tính toán ở tiêu chuẩn này, Dòng xe hỗn hợp bao gồm xe đạp, xe máy, xe ô tô con, taxi, xe buýt nhỏ, xe buýt lớn, xe tải nhỏ và xe tải lớn. Trong quá trình áp dụng tiêu chuẩn, dòng hỗn hợp được quy đổi về dòng xe con tiêu chuẩn thông qua hệ số quy đổi.

Hệ số quy đổi các loại xe về xe con tiêu chuẩn áp dụng theo “Tiêu chuẩn thiết kế đường đô thị, TCVN 104-2007”.

### 6.7.3 Tính toán lưu lượng dòng bão hòa

Lưu lượng dòng bão hoà ( $S$ ) của một làn được tính dựa trên giãn cách thời gian bão hoà trên làn đó:

$$S = \frac{3600}{t_H} \quad (6-14)$$

Trong đó:

$S$  : Lưu lượng dòng bão hoà [PCU/h/l]

$t_H$  : Giãn cách thời gian giữa hai xe bão hoà [s]

Giãn cách thời gian bão hòa  $t_H$  được tính toán dựa trên giãn cách thời gian bão hòa cơ bản  $t_{H,0}$  và các hệ số ảnh hưởng, tính toán chi tiết được thể hiện trong phụ lục F.2.1

#### 6.7.4 Hệ số lưu lượng và dòng xe đại diện

Dòng xe có hệ số lưu lượng lớn nhất trong mỗi pha được dùng làm cơ sở để tính toán thời gian một chu kỳ đèn, thời gian đèn xanh cho mỗi pha, (xem phần phụ lục G.9).

Hệ số lưu lượng  $b_i$  là tỷ số giữa lưu lượng xe trung bình đến nút ( $q_i$ ) và lưu lượng bão hoà ( $S_i$ ) của dòng xe:

$$b_i = \frac{q_i}{S_i} \quad (8)$$

Hệ số lưu lượng được dùng để thể hiện mức độ đại diện của dòng xe khi tính toán chương trình đèn tín hiệu giao thông. Trị số  $b_i$  càng lớn thì dòng xe  $i$  đến nút càng nhiều. Dòng xe được gọi là dòng xe đại diện khi có hệ số lưu lượng cao nhất. Hệ số lưu lượng của dòng đại diện của pha được lấy bằng giá trị lớn nhất trong tập hợp các hệ số lưu lượng của các dòng xe trong pha đó.

$$b_p = \max(b_i) \quad (9)$$

#### 6.7.5 Thời gian chu kỳ

Quá trình tính toán thời gian chu kỳ cần cân nhắc tới tất cả các đặc điểm của người sử dụng. Thời gian chu kỳ thông thường từ 60 s đến 90 s, một số trường hợp đặc biệt có thể lên đến giá trị 120 s.

Thời gian chu kỳ tối thiểu được xác định theo phương trình sau:

$$t_{C,\min} = \frac{\sum_{i=1}^p t_{xk,i}}{1 - \sum_{i=1}^p \frac{q_{p,i}}{S_{p,i}}} = \frac{\sum_{i=1}^p t_{xk,i}}{1 - \sum_{i=1}^p b_{p,i}} \quad (10)$$

Trong đó

$t_{C,\min}$	: Thời gian chu kỳ tối thiểu	[s]
$t_{xk,i}$	: Thời gian xen kẽ đại diện trong pha $i$	[s]
$q_{p,i}$	: Lưu lượng dòng xe đại diện của pha $i$	[PCU/h]
$S_{p,i}$	: Lưu lượng bão hoà của dòng xe đại diện của pha $i$	[PCU/h]
$p$	: Tổng số pha trong một chu kỳ	[-]
$b_i$	: Hệ số lưu lượng của dòng đại diện của pha $i$	[-]



Thời gian xen kẽ đại diện trong pha được lấy bằng thời gian thời gian xen kẽ lớn nhất giữa các nhóm tín hiệu giao thông cơ giới trong cùng pha đó.

$$t_{xk,i} = \max(t_{xk})_j \quad (6-10)$$

Trường hợp tính toán để tối thiểu hoá thời gian trễ trung bình của nút, thời gian chu kỳ tối ưu được xác định theo phương trình sau:

$$t_{C,0} = \frac{1,5 \cdot \sum_{i=1}^p t_{xk,i} + 5}{1 - \sum_{i=1}^p \frac{q_i}{S_i}} = \frac{1,5 \cdot \sum_{i=1}^p t_{xk,i} + 5}{1 - \sum_{i=1}^p b_i} \quad (6-11)$$

Trong đó

$t_{C,0}$	: Thời gian chu kỳ tối ưu	[s]
$t_{xk,i}$	: Thời gian xen kẽ đại diện trong pha i	[s]
$q_i$	: Lưu lượng dòng xe đại diện của pha i	[PCU/h]
$q_i$	: Lưu lượng bảo hoà của dòng xe đại diện của pha i	[PCU/h]
$p$	: Tổng số pha trong một chu kỳ	[-]
$b_i$	: Hệ số lưu lượng của dòng đại diện của pha i	[-]

#### 6.7.6 Thời gian đèn vàng

Thời gian vàng có thể khác nhau trên từng nhánh nút và phụ thuộc vào vận tốc cho phép  $V_{CP}$  của phương tiện trên nhánh nút. Cụ thể:

- $t_v = 3$  s với  $V_{cp} \leq 50$  km/h
- $t_v = 4$  s với  $V_{cp} \leq 60$  km/h
- $t_v = 5$  s với  $V_{cp} \leq 70$  km/h

Trong trường hợp giao thông xe đạp được bố trí tín hiệu riêng, thì thời gian đèn vàng được sử dụng đồng bộ là 2 s.

Không cần bố trí thời gian đèn vàng cho giao thông đi bộ.

#### 6.7.7 Thời gian đỏ-vàng

Thời gian đỏ-vàng dùng để thông báo cho người điều khiển phương tiện về sự thay đổi trạng thái tín hiệu từ tín hiệu đèn đỏ sang tín hiệu đèn xanh. Tín hiệu đỏ-vàng được sử dụng để khắc phục thời gian trễ của phương tiện đầu tiên trong hàng chờ khi tín hiệu chuyển xanh bắt đầu.

Thời gian đỏ-vàng được khuyến nghị với giá trị là  $t_{dv} = 1$  s.

Tín hiệu đỏ-vàng được xem xét áp dụng trong trường hợp không bố trí hệ thống đèn đếm ngược.

#### 6.7.8 Thời gian đèn xanh

Thời gian đèn xanh của một pha đèn được tính toán như sau:

$$t_{x,i} = \frac{t_C - t_{xk,i}}{B} \cdot b_i \quad (6-12)$$

Trong đó

$t_{x,i}$	: Thời gian đèn xanh của pha i	[s]
$t_C$	: Thời gian chu kỳ	[s]
$b_i$	: Hệ số lưu lượng của dòng đại diện cho pha i	[-]
$B$	: Tổng hệ số lưu lượng của các dòng đại diện cho các pha trong một chu kỳ	[-]
$t_{xk,i}$	: Thời gian xen kẽ đại diện giữa các dòng trong pha i	[s]

Tổng hệ số lưu lượng của các dòng đại diện B được tính như sau:

$$B = \sum b_i \quad (6-13)$$

#### 6.7.9 Thời gian xanh tối thiểu

Thời gian xanh tối thiểu không được ngắn hơn 10 s. Đối với dòng xe có lưu lượng nhỏ thì cần kiểm tra thời gian đèn xanh tính toán có nhỏ hơn thời gian đèn xanh tối thiểu  $t_{x,min}$  hay không. Trường hợp,  $t_x < t_{x,min}$  thì lấy  $t_{x,min}$  là giá trị đèn xanh lựa chọn cho chương trình đèn tín hiệu.

Trong trường hợp tính toán thời gian xanh tại các vạch qua đường cho người đi bộ, thời gian xanh tối thiểu phải bảo đảm cho người đi bộ sang được vỉa hè đối diện khi các phương tiện bắt đầu nhận đèn xanh. Với các tuyến đường có bề rộng mặt đường lớn, thời gian xanh tối thiểu phải được bảo hộ người đi bộ đi hết ít nhất một nửa quãng đường kết hợp với bố trí đảo giao thông ở giữa đường để người đi bộ tạm dừng một cách an toàn.

Đối với các dòng giao thông khác nhau khuyến cáo các giá trị thời gian đèn xanh tối thiểu như sau:

Xe cơ giới

- giá trị tối thiểu  $t_{x,min} = 5 \text{ s}$

Đối với phương tiện công cộng và xe đạp

- giá trị tối thiểu  $t_{x,min} = 5 \text{ s}$

Đối với người đi bộ

- giá trị tối thiểu  $t_{x,min} = 5 \text{ s}$
- hoặc có thể tính thời gian đèn xanh tối thiểu đủ để người đi bộ vượt qua  $\frac{1}{2}$  chiều rộng của lòng đường (không nhỏ hơn 5 s)

## 6.8 Đánh giá nút giao điều khiển bằng đèn tín hiệu giao thông

### 6.8.1 Mức độ phục vụ

Mức độ phục vụ là chỉ tiêu định tính để đánh giá hoạt động của nút giao thông qua việc so sánh các tham số đánh giá với các định mức chuẩn. Một tham số được sử dụng phổ biến đối với nút giao thông có đèn tín hiệu là thời gian trễ của mỗi xe. Các giá trị tiêu chuẩn của thời gian trễ để xác định mức độ phục vụ của một nút giao thông có đèn tín hiệu được mô tả trong bảng sau:

Bảng 4: Mức độ phục vụ và các tiêu chuẩn xác định

Mức độ phục vụ	Thời gian trễ trung bình $t_w$ (s/xe)		Thời gian trễ lớn nhất $t_{w,max}$ (s/xe)
	Xe cơ giới	GTCC	Xe đạp và người đi bộ
A	$\leq 20$	$\leq 5$	$\leq 30$
B	$\leq 35$	$\leq 15$	$\leq 40$
C	$\leq 50$	$\leq 25$	$\leq 55$
D	$\leq 70$	$\leq 40$	$\leq 70$
E	$\leq 100$	$\leq 60$	$\leq 85$
F	$>100$	$> 60$	$> 85$

- Mức độ phục vụ của nút giao được lấy giá trị thấp nhất trong số mức độ phục vụ của các làn tại nút
- Mức A là mức tốt nhất, mức B là mức tốt. Mức C và mức D là mức chấp nhận được. Mức E và F là mức không đạt yêu cầu trong đó mức F là mức ứn tắc nghiêm trọng.

### 6.8.2 Phương pháp tính toán

Phương pháp tính toán, đánh giá nút giao thông qua mức độ phục vụ được trình bày trong phần phụ lục F.

## **7 Thiết kế các thiết bị điều khiển giao thông bằng đèn tín hiệu**

### **7.1 Tủ điều khiển giao thông**

#### **7.1.1 Vị trí tủ điều khiển giao thông**

Vị trí của tủ điều khiển phải được xác định và lập hồ sơ như là một phần của thiết kế nút giao thông theo các nguyên tắc sau:

- Tủ điều khiển nên được bố trí trên lề vĩa hè, dải phân cách đủ lớn hoặc đảo giao thông;
- Không gây cản trở người đi bộ, đặc biệt là người khiếm thị/người khuyết tật.
- Hạn chế tối thiểu cản trở tầm nhìn của người điều khiển phương tiện.
- Đảm bảo an toàn và dễ dàng tiếp cận cho quá trình bảo dưỡng, sửa chữa. (Nhân viên bảo

dưỡng sửa chữa có thể quan sát toàn bộ nút giao hoặc ít nhất quan sát được toàn bộ chương trình điều khiển trong quá trình thiết lập tín hiệu hoặc thực hiện các nhiệm vụ khác tại tủ điều khiển mà không gặp nguy hiểm từ dòng giao thông).

#### **7.1.2 Cấu tạo tủ điều khiển**

Tủ phải có kết cấu phù hợp lắp đặt ngoài trời.

Kết cấu tủ phải bảo đảm độ bền cơ học và độ an toàn (bao gồm tính năng chống givà chống ăn mòn hoặc tương đương) trong quá trình khai thác vận hành.

Tủ điều khiển phải được thiết kế để hạn chế được các ảnh hưởng từ môi trường bên ngoài tới các thiết bị điều khiển bên trong tủ, bao gồm có khả năng chống sét, chống dò nước vào tủ và chống côn trùng xâm nhập.

Bảng đấu nối cố định các thiết bị và dây cáp phải được bảo hộ tính an toàn và thuận tiện trong quá trình bảo trì bảo dưỡng thiết bị.

Bảo đảm nguồn điện ổn định cho các thiết bị và đèn tín hiệu trong quá trình hoạt động.

Phải có thiết bị cung cấp nguồn điện dự phòng duy trì tối thiểu trong 30 phút cho tủ điều khiển tín hiệu giao thông khi có sự cố mất điện lưới xảy ra.

Tủ điều khiển phải có khóa và chìa khóa luôn được tiếp cận bởi đơn vị quản lý có thẩm quyền. Thiết kế khóa tủ phải đảm bảo an toàn và thuận lợi khi đóng mở cửa tủ trong quá trình điều khiển, duy tu và bảo dưỡng.

Trên tủ điều khiển cần có thông tin liên lạc, hỗ trợ trực tuyến ít nhất bao gồm địa chỉ gửi thư tín và điện thoại. Thông tin liên lạc cần được dán ở phía ngoài, ở vị trí dễ tìm kiếm và có độ bền cơ học.

#### **7.1.3 Yêu cầu về chức năng tủ điều khiển**

Một tủ điều khiển có thể dùng để điều khiển một hoặc một số nút giao thông lân cận.

Tủ điều khiển cần có khả năng vận hành độc lập, có thể được điều khiển thủ công, có thể điều khiển đèn theo mô hình cố định hoặc linh hoạt.

Trường hợp sử dụng chung một tủ điều khiển cho một số nút giao thông lân cận, cần đảm bảo tủ có khả năng điều khiển độc lập với từng nút và có khả năng phối hợp hoạt động đèn tín hiệu các nút giao thông trong phạm vi điều khiển của tủ.

Cần có khả năng thực hiện tín hiệu ưu tiên cho các đối tượng (xe cứu hỏa, cứu thương, xe buýt nhanh) thông qua điều khiển tại trung tâm điều hành hoặc điều khiển thủ công tại hiện trường.

Tủ điều khiển cần có khả năng kết nối để tiếp nhận xử lý các thông tin từ các bộ nhận dạng và các thiết bị đo lường, kết nối trung tâm điều khiển tín hiệu giao thông và đảm bảo khả năng mở rộng kết nối với các nút giao thông lân cận phục vụ cho việc điều khiển đèn tín hiệu linh hoạt.

Tủ điều khiển tại một nút giao thông cần có khả năng kết nối, phối hợp với hệ thống điều khiển tín hiệu đường sắt tại các đường ngang giao cắt giữa đường bộ và đường sắt nằm trong phạm vi có liên quan tới nút giao thông.

Tủ có chức năng điều khiển đỏ tắt cả các hướng trong trường hợp cần thiết.

Tủ có chức năng nháy vàng cảnh báo khi tủ gặp sự cố.

## **7.2 Thiết kế cột đèn tín hiệu**

Ngoài việc tuân thủ các quy định hiện hành, việc thiết kế đèn và cột đèn cần tuân thủ một số quy định sau:

### **7.2.1 Nguyên tắc chung**

Mỗi cột đèn tín hiệu có thể được lắp đặt 3-5 hoặc nhiều hơn bóng đèn tín hiệu tùy thuộc vào chuyển động cho phép hoặc chương trình điều khiển.

Trên các cột đèn thẳng đứng, các bóng đèn tín hiệu được lắp theo chiều dọc. Trên các cột có cần vươn hay giá long môn các bóng đèn có thể lắp dọc hoặc ngang.

Cột cần vươn được áp dụng cho đường có phần đường dành cho xe cơ giới theo một hướng từ 2 làn xe trở lên, nơi có làn rẽ trái/rẽ phải hoặc pha rẽ trái/rẽ phải riêng và nơi bị khuất tầm nhìn.

Trong khu đông dân cư, khu đô thị có đường phố chật hẹp. Đèn có thể bố trí trên thân cột thẳng đứng đặt bên đường về phía tay phải của chiều đường và trước vạch dừng xe.

Đèn phụ được bố trí tùy thuộc vào quy mô nút giao và tổ chức giao thông. Các hình trên đèn phụ có thể là mũi tên chỉ dẫn phương tiện đi thẳng, rẽ trái, rẽ phải, hoặc hình có ký hiệu như loại phương tiện giao thông nhất định (xe đạp) hoặc hình người đi bộ.

Có thể sử dụng thiết bị cảm biến thụ động hoặc nút bấm để trợ giúp người đi bộ sang đường nhất là người khuyết tật. Thiết bị nút ấn dành cho người đi bộ sang đường bao gồm nút ấn hoặc đèn báo hoạt động hoặc thiết bị âm thanh hoặc rung đặt chung trên một cột đèn tín hiệu.

#### **7.2.2 Bố trí cột đèn tín hiệu trong không gian ba chiều**

Tùy vào điều kiện thực tế tại hiện trường để xác định vị trí đặt cột đèn tín hiệu cho phù hợp, theo các nguyên tắc sau:

##### **7.2.2.1 Theo phương ngang của đường**

Cột đèn đặt trên lề đường, đảo giao thông hoặc giải phân cách và cách mép phần đường xe chạy từ 0,5 m đến 2 m.

Trên các tuyến đường đô thị có vỉa hè và tốc độ cho phép là 50 km/h hoặc có dải phân cách giữa, vị trí cột đèn cách mép phần đường xe chạy có thể giảm xuống 0,2 m.

##### **7.2.2.2 Theo phương dọc của đường**

Theo hướng đi vào nút, cột đèn tín hiệu cần được đặt phía sau vạch dừng xe, và cách vạch dừng xe ít nhất 1,5 m.

Cột đèn không được gây cản trở hoặc gây nguy hiểm cho phương tiện và người qua đường.

Vị trí cột đèn cần tính đến khả năng quan sát của người lái khi phía trước có các xe lớn hoặc khi hướng nhìn ngược ánh nắng mặt trời.

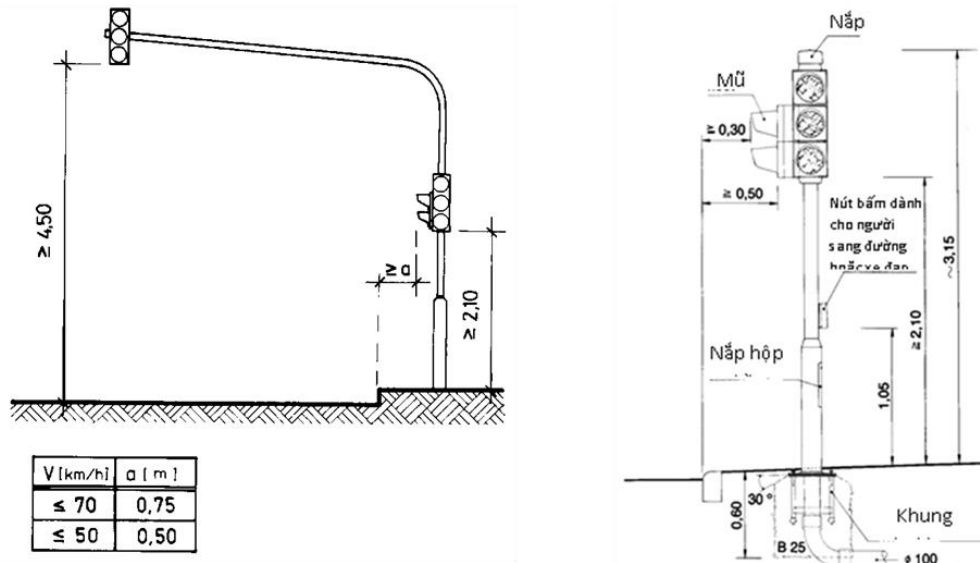
Theo hướng đi của người và phương tiện, cột đèn tín hiệu được đặt về phía bên tay phải người tham gia giao thông.

Mặt đèn phải vuông góc với hướng đi của người và phương tiện.

##### **7.2.2.3 Theo phương thẳng đứng**

Khi hộp đèn được bố trí theo chiều thẳng đứng trên cột đèn thẳng: chiều cao tính từ điểm thấp nhất của đèn đến mặt đường hoặc vỉa hè trong phạm vi từ 2 m đến 3 m đối với hộp đèn ba màu và từ 2 m đến 2,5 m đối với hộp đèn hai màu áp dụng cho người đi bộ; khoảng cách này là 2,20 m đối với đường dành cho người đi xe đạp.

Nút bấm cho người đi bộ: Nút bấm yêu cầu dành cho người đi bộ và người điều khiển xe đạp được đặt trên cột đèn ở độ cao 1,05m so với mặt vỉa hè.



Hình 23: Vị trí cột đèn tín hiệu (RiLSA)

### 7.3 Bóng đèn tín hiệu

Đèn tín hiệu chính điều khiển giao thông được áp dụng ba loại màu tín hiệu: xanh, vàng và đỏ; có dạng hình tròn. Kích thước, hình dạng và các quy định khác liên quan đến bóng đèn tín hiệu được thực hiện theo quy định hiện hành.

Đèn phụ có hình mũi tên cho phép xe được đi thẳng, rẽ trái, rẽ phải hoặc các hình có ký hiệu phù hợp với quy định hiện hành và được lắp đặt trên mặt phẳng ngang với đèn tín hiệu xanh. Các hình trên đèn phụ có thể là hình một loại phương tiện giao thông hoặc hình người đi bộ.

Đèn tín hiệu kèm đồng hồ đếm ngược báo hiệu thời gian có hiệu lực của đèn chính; màu của số trên đồng hồ đếm ngược phải sử dụng cùng màu với tín hiệu của đèn chính đang có tác dụng hiệu lệnh.

Có thể bố trí các tín hiệu khác nhau (xanh, đỏ, vàng) trên cùng một bóng đèn nhưng phải đảm bảo chỉ có một tín hiệu màu duy nhất trên mặt đèn ở một thời điểm trong chu kỳ của đèn.

## **PHỤ LỤC A - KHẢO SÁT MẶT BẰNG VÀ TỔ CHỨC GIAO THÔNG**

### **A.1 Khảo sát mặt bằng nút giao thông**

#### **A.1.1 Căn cứ khảo sát mặt bằng nút giao thông**

Việc khảo sát mặt bằng nút giao thông tuân theo các tiêu chuẩn, quy chuẩn như sau:

- Tiêu chuẩn ngành 96 TCN 43:90 “Quy phạm đo vẽ bản đồ tỷ lệ 1/500, 1/1.000, 1/2.000, 1/5.000 (phần ngoài trời)”;
- TCVN 9398:2012 “Công tác trắc địa trong xây dựng công trình – Yêu cầu chung”;
- Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 9401: 2012 về Kỹ thuật đo và xử lý GPS trong trắc địa công trình;
- Quyết định 1125/ĐĐBĐ của Tổng cục địa chính ban hành “Ký hiệu bản đồ địa hình tỉ lệ 1:500, 1:1000, 1:2000 và 1:5000”;
- QCVN 11:2008/BTNMT về Xây dựng lưới độ cao theo quyết định số: 11/2008/QĐ-BTNMT ngày 18/12/2008 của Bộ Tài nguyên và Môi trường;
- QCVN 04:2009/BTNMT về Xây dựng lưới tọa độ theo thông tư số: 06/2009/TT-BTNMT ngày 18 tháng 2009 của Bộ Tài nguyên và Môi trường.

#### **A.1.2 Nội dung khảo sát mặt bằng nút giao thông**

Kết quả khảo sát mặt bằng cần được thể hiện qua bình đồ nút giao thông với tỷ lệ 1:500. Bản vẽ bình đồ 1:500 cần đảm bảo có các nội dung như sau:

- Điểm khống chế trắc địa;
- Điểm dân cư;
- Địa hình, địa vật;
- Đường giao thông và thiết bị phụ thuộc;
- Thủy hệ và các công trình phụ thuộc;
- Thực vật;
- Phải thể hiện chính xác vị trí các biển báo, cột điện, hướng dây điện, điểm cáp ngầm, cáp điện lực, tủ điện và các trạm biến áp trong khu đo;
- Thể hiện chính xác hệ thống ga cống và cống ngầm thoát nước;
- Ranh giới và tường rào;
- Địa danh và các ghi chú cần thiết khác.

Các ký hiệu trên bản vẽ tuân thủ theo quyết định 1125/ĐĐBĐ “Ký hiệu bản đồ địa hình tỉ lệ 1:500, 1:1000, 1:2000 và 1:5000”.

### **A.2 Khảo sát phương án tổ chức giao thông tại nút**

Nội dung khảo sát mặt bằng tổ chức giao thông tại nút bao gồm các nội dung sau:



- Khảo sát biển báo giao thông: xác định các loại báo hiệu đường bộ tại từng hướng tiếp cận vào nút; xác định vị trí đặt biển báo và so sánh với kết quả khảo sát mặt bằng/bình đồ nút giao thông;
- Khảo sát các hướng chuyển động tại nút: xác định các chuyển động được phép rẽ phải, rẽ trái, quay đầu, đi thẳng tại mỗi hướng tiếp cận vào nút. Việc khảo sát hướng chuyển động được thực hiện với tất cả các loại phương tiện cơ giới, phi cơ giới và người đi bộ;
- Khảo sát chương trình điều khiển tín hiệu đang áp dụng tại nút giao thông (nếu có): xác định biện pháp điều khiển giao thông tại nút; chu kỳ đèn tín hiệu giao thông; số lượng pha trong chu kỳ đèn; thời gian đèn xanh; thời gian đèn đỏ; thời gian đèn vàng cho từng hướng chuyển động và thời gian vàng đỏ;
- Khảo sát vạch sơn tổ chức giao thông tại nút: xác định vạch phân làn; mũi tên dẫn hướng; vạch sang đường cho người đi bộ;
- Các yếu tố khác có thể ảnh hưởng đến giao thông tại nút: gờ giảm tốc, hình vẽ, báo hiệu và màu sắc trên mặt đường.

## **PHỤ LỤC B - KHẢO SÁT LƯU LƯỢNG GIAO THÔNG**

### **B.1 Các loại phương tiện cần khảo sát**

Khảo sát lưu lượng giao thông nhằm thu thập thông tin về số lượng phương tiện đi qua mặt cắt hoặc đi qua nút giao trong một đơn vị thời gian. Theo Tiêu chuẩn thiết kế đường đô thị TCVN 104:2007, các loại phương tiện tham gia giao thông được phân loại như sau:

- Xe đạp
- Xe máy
- Ô-tô con (dưới 07 chỗ)
- Xe tải 2 trục và xe khách dưới 25 chỗ
- Xe tải có từ 3 trục trở lên và xe khách lớn
- Xe kéo rơ móc (container)
- Xe buýt
- Xe buýt có khớp nối

Ngoài ra cần khảo sát lưu lượng người đi bộ ở tất cả các hướng.

Tùy theo đặc điểm và yêu cầu thiết kế tổ chức giao thông tại từng nút, có thể ghép nhóm các phương tiện trên theo những tiêu chí nhất định (ví dụ xe buýt và xe buýt khớp nối có thể ghép làm 1 loại là xe buýt).

### **B.2 Các hướng chuyển động của người và phương tiện**

Việc khảo sát lưu lượng giao thông được tiến hành trên tất cả các hướng vào nút và tất cả các hướng thoát khỏi nút.

### **B.3 Thời gian khảo sát**

Lựa chọn thời gian khảo sát lưu lượng giao thông cần đảm bảo được những yêu cầu sau:

- Trong một ngày, cần khảo sát cả giờ cao điểm và giờ thấp điểm ở ba khung giờ sáng, trưa và chiều.
- Cần khảo sát 2 tiếng cao điểm và 2 tiếng thấp điểm cho mỗi khung giờ sáng, trưa và chiều. Tổng thời gian khảo sát trong trường hợp này là 12 tiếng/ ngày. Trước khi khảo sát tại một nút giao cụ thể, cần khảo sát sơ bộ để nắm được khoảng thời gian cao điểm/ thấp điểm.
- Trong một tuần, ít nhất cần khảo sát một ngày bình thường trong tuần và một ngày cuối tuần (thứ 7 hoặc chủ nhật).
- Tránh tiến hành khảo sát trong các trường hợp sau: các dịp nghỉ lễ; ngày có sự kiện bất thường ảnh hưởng đến lưu lượng giao thông tại khu vực khảo sát (các cuộc họp cấp cao, diễu hành, lễ hội, các sự kiện thể thao lớn, các buổi biểu diễn, và các sự kiện khác).

- Khi đã tiến hành khảo sát, cần loại bỏ kết quả khảo sát tại những khoảng thời gian xảy ra các vụ việc đặc biệt như tai nạn giao thông, tắc đường, trời mưa, triều cường do kết quả thu được tại những thời điểm này không phản ánh đúng lưu lượng giao thông điển hình trong thực tế.

#### **B.4 Quy đổi thành xe con tiêu chuẩn**

Sau khi thu được kết quả khảo sát, lưu lượng phương tiện thực tế của dòng xe hỗn hợp cần được quy đổi thành xe con tiêu chuẩn (PCU – Passenger Car Unit) để phục vụ cho các bước tính toán chương trình điều khiển giao thông bằng đèn tín hiệu tiếp theo. Hệ số quy đổi được lấy theo Bảng 2, mục 5.2.2, TCVN 104:2007.

#### **B.5 Biểu mẫu khảo sát**

Một biểu mẫu khảo sát lưu lượng giao thông phải đảm bảo thể hiện được 4 nội dung cơ bản là: (1)Thời gian ghi nhận lưu lượng; (2)Hướng chuyển động; (3)Loại phương tiện; (4)Số lượng từng loại phương tiện/khoảng thời gian khảo sát.

#### **B.6 Khoảng thời gian khảo sát**

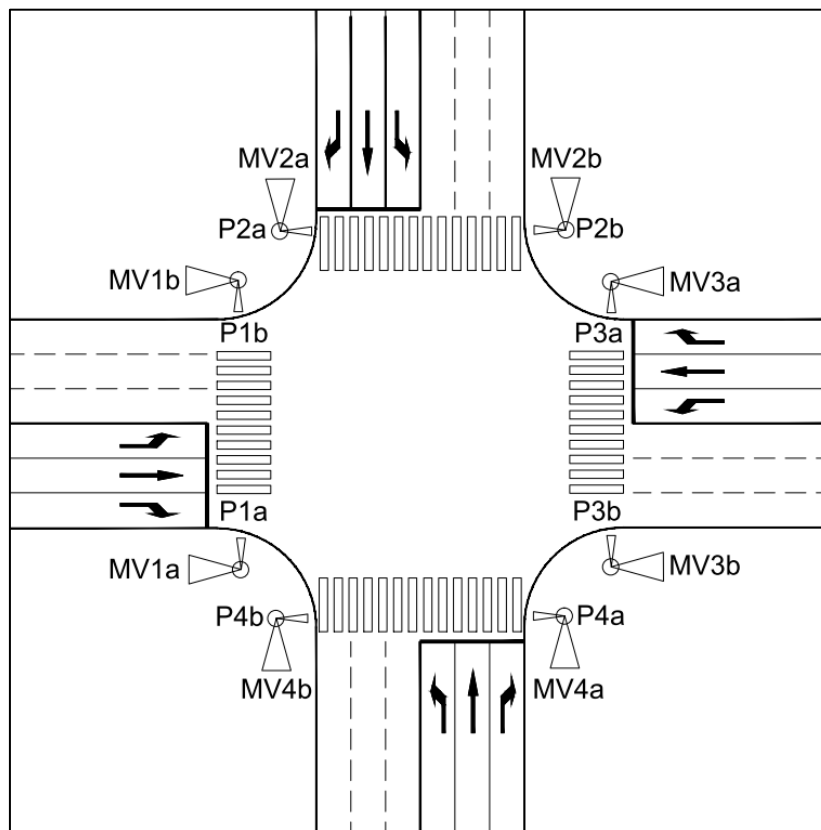
Số liệu khảo sát lưu lượng được tổng hợp cho từng khoảng thời gian 15 phút.

## PHỤ LỤC C - KÝ HIỆU CÁC ĐÈN TÍN HIỆU

Trong tiêu chuẩn này, các đèn tín hiệu được ký hiệu như sau:

- MV: đèn dành cho phương tiện cơ giới (ô tô, xe máy, xe tải bus trong trường hợp không có ưu tiên)
- P: đèn dành cho người đi bộ
- B: đèn dành cho xe buýt
- A: đèn phụ trợ
- C: đèn dành cho xe đạp
- T: đèn dành cho đường sắt nội đô (hoặc đường sắt nói chung)

Các cụm đèn tín hiệu của một nút giao thông được đánh số liên tiếp bắt đầu từ “1”. Trong sơ đồ mặt bằng bố trí đèn tín hiệu, đèn tín hiệu đầu tiên của một cụm đèn được ký hiệu là “a”. Các đèn tín hiệu tiếp theo của cùng một cụm đèn được ký hiệu liên tiếp là “b”, “c”, “d”,....



Hình 24: Bố trí các cụm đèn tín hiệu

Trong bản vẽ bố trí các cụm đèn tín hiệu ở trên, có thể thấy nút giao thông này được điều khiển bằng 4 cụm đèn. Mỗi cụm đèn có 4 đèn giao thông bao gồm: 2 đèn điều khiển dòng xe cơ giới (ví dụ: MV1a, MV1b) và 2 đèn điều khiển dòng đi bộ (ví dụ: P1a, P1b).

## PHỤ LỤC D - TÍNH TOÁN THỜI GIAN XEN KẼ

Thời gian xen kẽ ( $t_{xk}$ ) ngắn nhất được xác định bằng thời gian vượt nút ( $t_{vu}$ ), thời gian thoát nút ( $t_{th}$ ) và thời gian nhập nút ( $t_{nn}$ ).

$$t_{xk} = t_{vu} + t_{th} - t_{nn} \quad (D-1)$$

Trong đó:

- Thời gian vượt nút ( $t_{vu}$ ) : khoảng thời gian tính từ lúc kết thúc đèn xanh của một dòng giao thông đến lúc bắt đầu đèn xanh của dòng giao thông khác.
- Thời gian thoát nút ( $t_{th}$ ) là khoảng thời gian cần thiết để phương tiện đi hết quãng đường thoát nút  $l_{th} = l_0 + l_{pt}$  với vận tốc thoát nút ( $v_{th}$ )
- Thời gian nhập nút ( $t_{nn}$ ) là khoảng thời gian cần thiết để đi hết quãng đường nhập nút ( $l_{nn}$ )

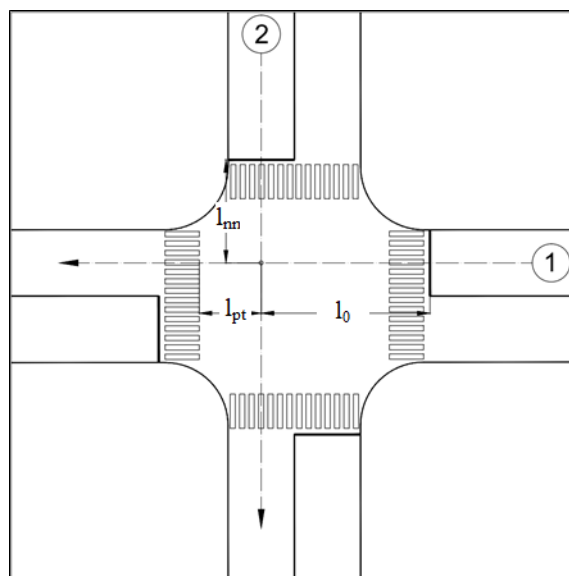
### D.1 Trường hợp 1: Các phương tiện thoát nút đi thẳng

Trong trường hợp này, thời gian xen kẽ được tính toán như sau:

- Thời gian vượt đối với các phương tiện đi thẳng là  $t_{vu}$  (giây)
- Vận tốc thoát nút là  $v_{th}$  (m/s)
- Quãng đường thoát nút cơ bản ( $l_0$ ): Khoảng cách từ vạch dừng xe đến điểm xung đột đo lường tại điểm giữa của làn (m)
- Chiều dài phương tiện:  $l_{pt} = 6$  m

Thời gian vượt và thời gian thoát nút được tính bằng công thức sau:

$$t_{vu} + t_{th} = t_{vu} + \frac{l_0 + l_{pt}}{v_{th}} \quad (D-2)$$



Hình 25: Ví dụ về trường hợp xe thoát nút đi thẳng/ xe nhập nút đi thẳng

**Chú thích:** 1: Dòng thoát nút vào thời điểm đèn xanh kết thúc

2: Dòng nhập nút vào thời điểm đèn xanh bắt đầu

$l_0$ : Quãng đường thoát nút cơ bản

$l_{pt}$ : Chiều dài phương tiện

$l_{nn}$ : Quãng đường nhập nút

## D.2 Trường hợp 2: Các phương tiện thoát nút chuyển hướng

Các giả thiết tính toán thời gian xen kẽ:

- Thời gian vượt của các phương tiện rẽ là  $t_{vu}$  (giây)
- Vận tốc thoát nút là  $v_{th}$  (m/s). (Với bán kính trong của làn đường rẽ là  $R < 10m$  thì vận tốc thoát nút giảm xuống còn  $v_{th} = 5m/s$ ; Với bán kính trong của làn đường rẽ là  $R > 10m$  thì vận tốc thoát nút giảm xuống còn  $v_{th} = 7m/s$ ).
- Quãng đường thoát nút cơ bản:  $l_0$  (m)
- Chiều dài phương tiện:  $l_{pt} = 6m$

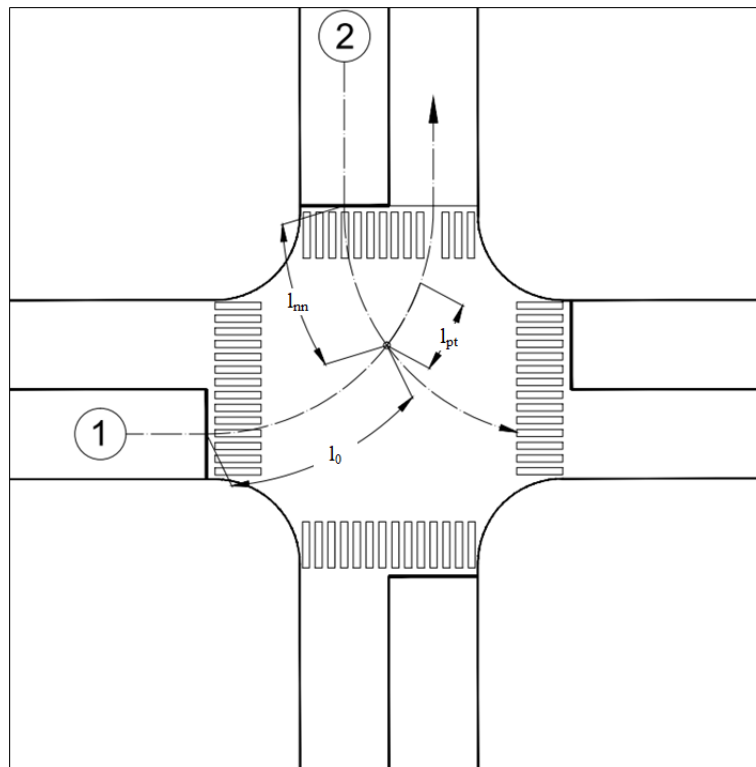
Thời gian vượt và thời gian thoát nút được tính bằng công thức sau:

$$t_{vu} + t_{th} = t_{vu} + \frac{l_0 + l_{pt}}{v_{th}} \quad (D-3)$$

$$(t_{vu} + t_{th} = t_{vu} + \frac{l_0 + l_{pt}}{5} \text{ với } R < 10m) \quad (D-4)$$

Trong trường hợp bố trí thời gian xanh mở sớm cho phương tiện rẽ trái, thời gian thoát nút phải được tính thêm 1 giây để đề phòng hiện tượng qua nút theo cặp hoặc các phương tiện rẽ trái nối đuôi nhau. Điều kiện này đảm bảo những phương tiện không thể dừng an toàn trước vạch dừng trong thời gian đèn vàng sẽ không gây xung đột nguy hiểm cho dòng giao thông bắt đầu nhập nút.

$$t_{vu} + t_{th} \geq t_v + 1(t_v : \text{thời gian đèn vàng}) \quad (D-5)$$



Hình 26: Ví dụ về trường hợp xe thoát nút/ xe nhập nút theo hướng rẽ

**Chú thích:** 1: Dòng thoát nút vào thời điểm đèn xanh kết thúc

2: Dòng nhập nút vào thời điểm đèn xanh bắt đầu

$l_0$ : Quãng đường thoát nút cơ bản

$l_{pt}$ : Chiều dài phương tiện

$l_{nn}$ : Quãng đường nhập nút

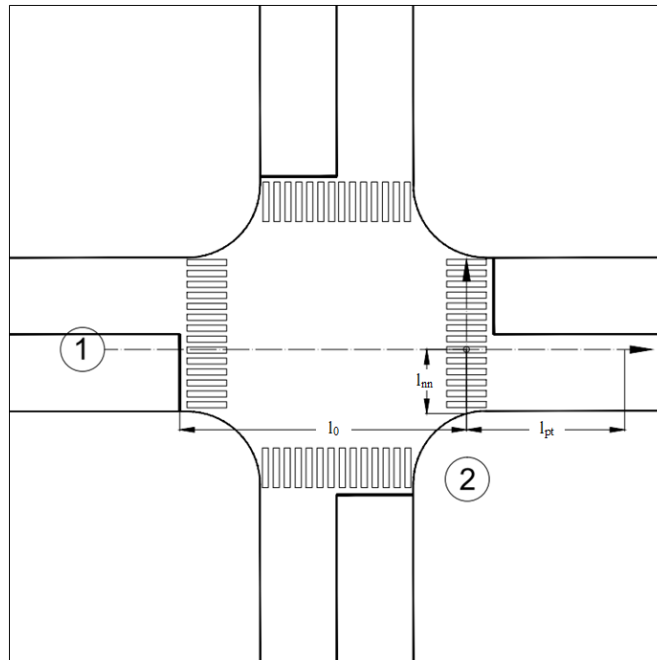
### D.3 Trường hợp 3: Phương tiện giao thông công cộng thoát nút – không có vạch dừng xe trước nút

Trong trường hợp giao thông công cộng được điều khiển bằng tín hiệu riêng, khi đó phương tiện giao thông công cộng có thể thoát nút và không cần dừng. Khi đó, thời gian vượt ( $t_{vu}$ ) cần được bố trí phù hợp với vận tốc tối đa cho phép trên đoạn tuyến.

Thời gian vượt và thời gian thoát nút được xác định dựa trên các định mức sau:

- Thời gian vượt ( $t_{vu}$ ): phụ thuộc vào vận tốc tối đa  $V_{max}$ 
  - $t_{vu} = 3$  giây (nếu vận tốc  $V_{max} \leq 30$  km/h)
  - $t_{vu} = 5$  giây (nếu vận tốc  $30 \text{ km/h} < V_{max} \leq 50$  km/h)
  - $t_{vu} = 7$  giây (nếu vận tốc  $50 \text{ km/h} < V_{max} \leq 70$  km/h)
- Vận tốc thoát nút:  $v_{th} = \frac{V_{max}}{3,6}$  ( $V_{max}$  tính bằng km/h)
- Quãng đường thoát nút cơ bản:  $l_0$  (m)
- Chiều dài phương tiện:  $l_{pt}$

- Xe trung bình:  $l_{pt} = 6\text{m}$
- Xe lớn:  $l_{pt} = 12\text{m}$



Hình 27: Ví dụ về trường hợp GTCC thoát nút và người đi bộ nhập nút

**Chú thích:** 1: Dòng xe giao thông công cộng thoát nút vào thời điểm đèn xanh kết thúc

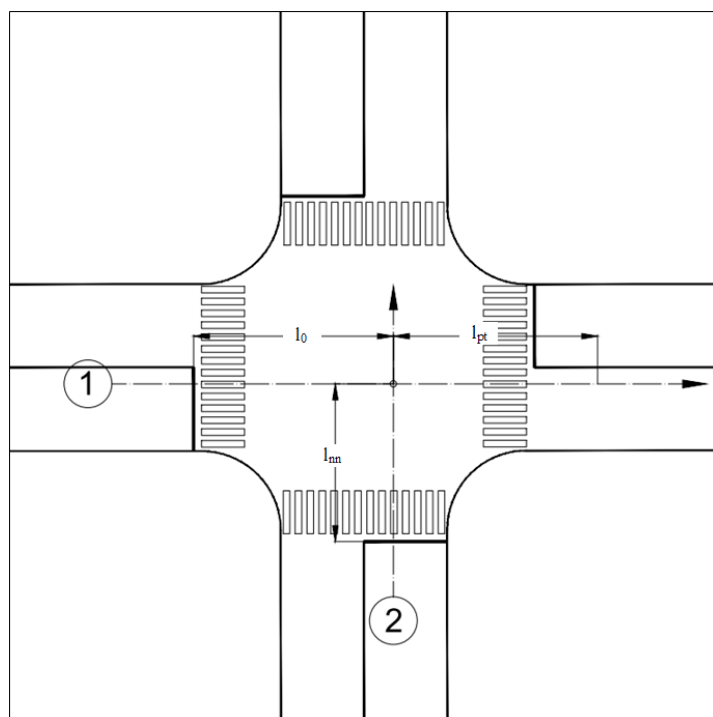
2: Dòng đi bộ nhập nút vào thời điểm đèn xanh bắt đầu

$l_0$ : Quãng đường thoát nút cơ bản

$l_{pt}$ : Chiều dài phương tiện

$l_{nn}$ : Quãng đường nhập nút





Hình 28: Ví dụ về trường hợp VTKHCC thoát nút và ô tô nhập nút

**Chú thích:** 1: Dòng xe giao thông công cộng thoát nút vào thời điểm đèn xanh kết thúc

2: Dòng ô tô nhập nút vào thời điểm đèn xanh bắt đầu

$l_0$ : Quãng đường thoát nút cơ bản

$l_{pt}$ : Chiều dài phương tiện

$l_{nn}$ : Quãng đường nhập nút

Thời gian vượt và thời gian thoát nút được tính bằng công thức sau:

$$t_{vu} + t_{th} = t_{vu}(V_{max}) + 3,6 \frac{l_0 + l_{pt}}{V_{max}} \quad (D-6)$$

**Lưu ý:** nếu giao thông công cộng được điều khiển đồng thời với vận tải cá nhân, có hai cách để tính toán  $t_{vu}$  và  $t_{th}$ :

- Nếu  $t_{vu} + t_{th}$  được tính toán theo các thông số của giao thông công cộng: khi đó, phương tiện giao thông công cộng di chuyển với vận tốc điển hình của loại hình giao thông công cộng khi vào nút.
- Nếu  $t_{vu} + t_{th}$  được tính toán theo các thông số của vận tải cá nhân.

#### D.4 Trường hợp 4: Phương tiện VTKHCC thoát nút – Có vạch dừng trước nút

Nếu phương tiện VTCC luôn phải dừng trước nút giao thì khi tính toán thời gian thoát nút phải giả thiết rằng phương tiện mất một khoảng thời gian để tăng tốc từ điểm dừng đến điểm đạt vận tốc tối đa cho phép.

Với xe buýt, lấy gia tốc là  $a = 1,0$  đến  $1,5 \text{ m/s}^2$ .

Thời gian vượt ( $t_{vu}$ ) và thời gian thoát nút ( $t_{th}$ ) được xác định dựa trên những giả thiết như sau:

- Thời gian vượt:  $t_{vu} = 0$ ;
- Gia tốc khởi động:  $a$  (m/s<sup>2</sup>) tăng từ  $V = 0$  tại điểm dừng xe đến  $V = V_{max}$  (km/h)
- Quãng đường thoát nút cơ bản:  $l_0$
- Chiều dài phương tiện:  $l_{pt}$ 
  - Xe trung bình:  $l_{pt} = 6\text{m}$
  - Xe lớn:  $l_{pt} = 12\text{m}$

Thời gian vượt và thời gian thoát nút được tính bằng công thức sau:

$$t_{vu} + t_{th} = \sqrt{\frac{2(l_0 + l_{pt})}{a}} \quad \text{với } (l_0 + l_{pt}) \leq \frac{V_{max}^2}{2 \cdot 3,6^2 \cdot a} \quad (\text{D-7})$$

$$t_{vu} + t_{th} = \frac{V_{max}}{3,6 \cdot a} + \frac{l_0 + l_{pt} - \frac{V_{max}^2}{2 \cdot 3,6^2 \cdot a}}{V_{max}/3,6} \quad \text{với } (l_0 + l_{pt}) \geq \frac{V_{max}^2}{2 \cdot 3,6^2 \cdot a} \quad (\text{D-8})$$

## D.5 Trường hợp 5: Dòng xe đạp thoát nút

Việc tính toán được dựa trên những giả thiết như sau:

- Thời gian vượt:  $t_{vu} = 1\text{s}$  (kể cả trong trường hợp dùng chung tín hiệu với người đi bộ)
- Vận tốc thoát nút của xe đạp:  $v_{th} = 4 \text{ m/s}$ . Nếu xe đạp phải chạy qua một đoạn đường cong trước khi vào nút hoặc sau khi thoát nút thì nên lấy vận tốc thấp hơn.
- Quãng đường thoát nút cơ bản:  $l_0$
- Chiều dài phương tiện:  $l_{pt} = 0 \text{ m}$

Thời gian vượt và thời gian thoát nút được tính bằng công thức sau:

$$t_{vu} + t_{th} = 1 + \frac{l_0}{v_{th}} \quad (\text{D-9})$$

### Lưu ý:

- Nếu có đường hoặc làn dành riêng cho xe đạp, nên bố trí tín hiệu riêng cho xe đạp
- Nếu dòng xe đạp không được điều khiển riêng thì các dạng xung đột như “xe đạp được thoát nút/ xe đạp nhập nút” và “xe đạp thoát nút /người đi bộ nhập nút” có thể được xem như là xung đột cho phép, tức là chúng không được đề cập đến trong tính toán thời gian xen kẽ. Nguyên tắc này cũng được dùng khi tính toán các xung đột tiếp tuyến giữa xe đạp và phương tiện đến từ bên trái (rẽ phải)

## D.6 Trường hợp 6: Dòng đi bộ thoát nút

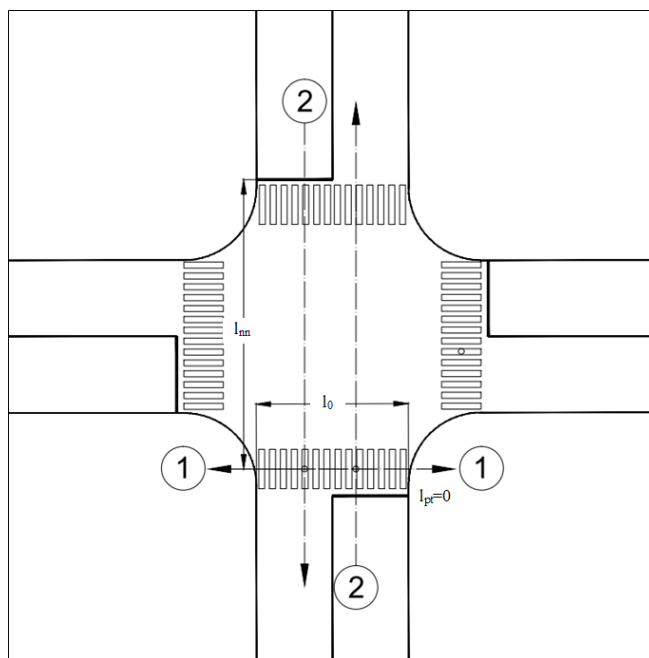
Việc tính toán được dựa trên những giả thiết như sau:

- Thời gian vượt:  $t_{vu} = 0\text{s}$ .

- Vận tốc thoát nút:  $v_{th} = 1,2 \text{ m/s}$ . Tại các khu vực buôn bán, giải trí, khu vực gần trường học,... có thể lấy giá trị vận tốc thấp hơn nhưng không thấp hơn  $1 \text{ m/s}$ . Giá trị tối đa:  $v_{th} = 1,5 \text{ m/s}$ .
- Quãng đường thoát nút cơ bản:  $l_0$
- Chiều dài phương tiện:  $l_{pt} = 0 \text{ m}$

Thời gian thoát nút và thời gian vượt được tính bằng công thức sau:

$$t_{vu} + t_{th} = \frac{l_0}{v_{th}} \quad (\text{D-10})$$



Hình 29: Ví dụ về trường hợp người đi bộ thoát nút và ô tô nhập nút

**Chú thích:** 1: Dòng đi bộ thoát nút vào thời điểm đèn xanh kết thúc

2: Dòng ô tô nhập nút vào thời điểm đèn xanh bắt đầu

$l_0$ : Quãng đường thoát nút cơ bản

$l_{pt}$ : Chiều dài phương tiện

$l_{nn}$ : Quãng đường nhập nút

## PHỤ LỤC E - CÁC VÍ DỤ VỀ ĐIỀU KHIỂN LINH HOẠT (tham khảo)

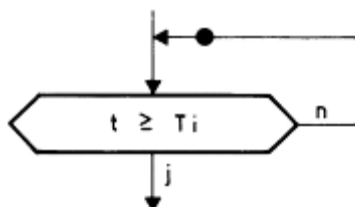
### E.1 Mô tả các ký hiệu

Ký hiệu	Mô tả
R	: Yêu cầu (request) một trạng thái hoặc một nhóm tín hiệu
O	: Giai đoạn chiếm đóng
CP	: Chuyển pha
D	: Bộ nhận dạng
L	: Điều kiện logic
M	: Tham số
P	: Tín hiệu cho người đi bộ
MV	: Tín hiệu cho phương tiện cơ giới
SP	: Chương trình tín hiệu
t	: Tham số thời gian
T	: Điều kiện thời gian
TG	: Giãn cách thời gian

### E.2 Các hình thức khác nhau của lưu đồ thuật toán

Hai kiểu minh họa khác nhau của lưu đồ thuật toán được sử dụng. Ở cả hai kiểu, lưu đồ thuật toán hoạt động xuyên suốt qua từng giây.

Kiểu A bắt đầu với một pha và bao gồm một truy vấn về thời gian. Trong kiểu này một vòng lặp thời gian được thực hiện. Nếu một quyết định đồng ý được chọn, các điều kiện logic là bắt buộc và có thể dẫn đến các giai đoạn chuyển pha thông qua các truy vấn về thời gian bổ sung.



Nghĩa là vòng lặp thời gian

Trong trường hợp này yếu tố quyết định bao gồm “vòng lặp thời gian” chỉ ra rằng điểm thời gian  $T_i$  cần phải đạt được trước khi quyết định “đồng ý (yes)” được tiến hành. Sau khi một truy vấn thời gian được thực hiện, trong khoảng thời gian giữa  $t$  và  $T_i$  (khi điều kiện thời gian chưa thỏa mãn (no)), lưu đồ thuật toán có thể được ngắt tại một điểm ở điều kiện thời gian đó,

và ở các giây tiếp theo thuật toán lặp lại ở chính điểm đó. Kiểu lưu đồ thuật toán này sẽ tránh được trường hợp một số khoảng thời gian phải tiến hành lặp đi lặp lại xuyên suốt toàn bộ lưu đồ qua mỗi giây như trường hợp ở kiểu B.

Kiểu B được cấu trúc rõ ràng như sau

Chặng - điều kiện thời gian - điều kiện logic - hành động

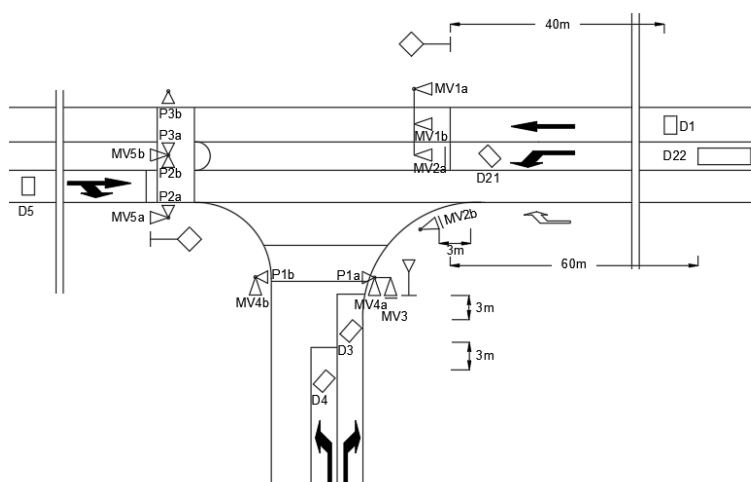
Ở ví dụ minh họa kiểu B, bắt đầu ở điểm xuất phát (A), tiếp đến là pha hiện tại, có thể là ở một pha hoặc ở giai đoạn chuyển pha. Nếu một pha hiện đang chạy, điều kiện thời gian cho pha đó cần được gọi. Nếu điều kiện thời gian được đáp ứng, các điều kiện logic liên quan sẽ được xem xét. Nếu các điều kiện logic nào đó được thỏa mãn, hành động sẽ diễn ra, ví dụ như sự chuyển pha. Nếu sự chuyển pha đang chạy hoặc nếu cả điều kiện thời gian và logic đều không thỏa mãn, thuật toán sẽ bị kết thúc ở điểm cuối (điểm E) trên lưu đồ. Ở giây tiếp theo, câu hỏi lại được lặp lại và lưu đồ thuật toán phải được chạy xuyên suốt từ (A) đến (E).

Thông thường ví dụ minh họa kiểu B cho lưu đồ thuật toán có những điều kiện thời gian và các điều kiện logic kết hợp phức tạp hơn ví dụ minh họa kiểu A. Trong trường hợp điều khiển phức tạp, thì viết lưu đồ thuật toán theo kiểu B sẽ trở nên rất khó khăn và phức tạp. Với những trường hợp điều khiển đơn giản thì ví dụ minh họa kiểu B rõ ràng hơn và toàn diện hơn.

### E.3 Ví dụ về điều khiển linh hoạt

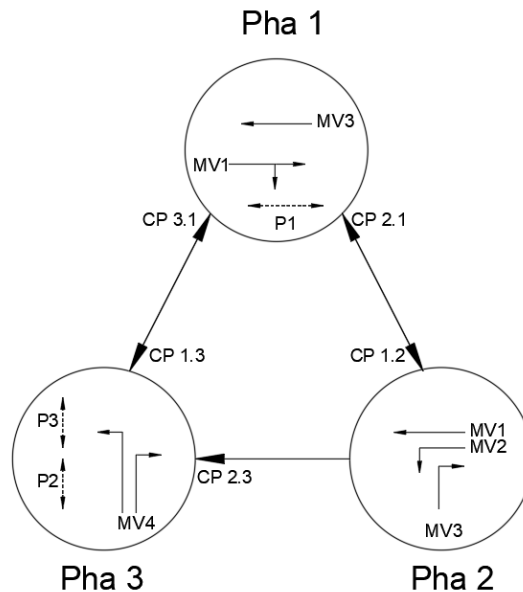
#### Xác định vấn đề

Chương trình điều khiển đèn tín hiệu giao thông tại nút giao (Hình 30) được vận hành bởi chương trình tín hiệu SP1 điều khiển linh hoạt phụ thuộc vào trạng thái giao thông. Thời gian chu kỳ của SP1 là 60 giây.



Hình 30: Mặt bằng nút giao điều khiển đèn tín hiệu linh hoạt

Chương trình đèn tín hiệu 3 pha được thiết lập tại nút. Sơ đồ chuỗi pha được mô tả trong Hình 31. Pha 1 bao gồm các nhóm tín hiệu MV1, MV5 và P1; Pha 2 bao gồm các nhóm tín hiệu MV1, MV2, MV3; Pha 3 bao gồm các nhóm tín hiệu MV4, P2, P3.



Hình 31: Sơ đồ chuỗi pha tại nút

**Hiện trạng giao thông:** Tại nút giao hướng lưu thông chính là của nhóm tín hiệu MV1, MV5 với lưu lượng giao thông lớn, lưu lượng trên các nhóm tín hiệu MV3 và MV4 thấp. Giao thông đi bộ của các nhóm tín hiệu P1, P2, P3 được hưởng quyền ưu tiên khi có yêu cầu. Dòng giao thông rẽ trái ở **nhóm tín hiệu MV2 có hiện tượng gia tăng chiều dài hàng chờ** khi tần suất yêu cầu quyền ưu tiên của dòng giao thông đi bộ P2, P3 diễn ra thường xuyên. Do đó cần phải thiết lập chương trình đèn tín hiệu linh hoạt tùy thuộc vào điều kiện giao thông để giải quyết vấn đề trên.

Các nguyên tắc điều khiển được áp dụng như sau

- Các cách thức điều khiển sau được áp dụng: Điều chỉnh thời gian xanh (Cách thức B2) và yêu cầu pha (cách thức B4).
- Trong chương trình đèn tín hiệu 3 pha, pha 2 và pha 3 chỉ nhận đèn xanh khi có yêu cầu, nếu không thì pha 1 tiếp tục nhận đèn xanh.
- Nếu phát hiện thấy tắc nghẽn ở nhóm tín hiệu MV2 thì MV2 sẽ nhận được thời gian đèn xanh lớn nhất. Trong trường hợp này, thời gian đèn xanh của nhóm tín hiệu MV5 sẽ bị ngắt bớt tại điểm ngắt khả dĩ sớm nhất.
- Nếu bộ nhận dạng D2 có thời gian chiếm đóng lớn hơn 8 giây (tức là tắc nghẽn tại dòng rẽ trái của nhóm tín hiệu MV2 xảy ra), nhóm tín hiệu MV2 sẽ được nhận đèn xanh để giảm sự tắc nghẽn (Pha 2 được bật).
- Nếu có yêu cầu từ nhóm tín hiệu MV4, P2, P3 thì các nhóm tín hiệu này sẽ được nhận đèn xanh (Pha 3 được bật)

- Nếu giãn cách thời gian ở bộ nhận dạng D3 và D4 lớn hơn 3 giây (tức là có ít xe đi trên nhóm tín hiệu MV3, MV4), thời gian đèn xanh của nhóm tín hiệu MV3, MV4 sẽ bị ngắt bằng hành động chuyển pha từ pha 3 sang pha 1 (CP 3.1)

Trong lưu đồ thuật toán, tham số thời gian t sẽ bắt đầu từ giây 0 cho đến giây thứ 60 để kết thúc một chu kỳ đèn tín hiệu, tham số thời gian t sẽ được chạy với bước thời gian là 01 giây. Tùy thuộc vào trạng thái giao thông tại nút ở thời điểm t thông qua các điều kiện logic và điều kiện thời gian trong lưu đồ thuật toán, chương trình đèn tín hiệu giao thông sẽ được thiết lập tương ứng. Các điều kiện logic và điều kiện thời gian được mô tả chi tiết như sau:

BCác 1: Các đig \\* ARALogic

Điều kiện logic	Điều kiện chi tiết	Trạng thái	Diễn giải điều kiện
L1	TG (D5) $\geq 3,0$ s	Tín hiệu MV5 bị ngắt	Nếu giãn cách thời gian ở bộ nhận dạng D5 lớn hơn 3 giây
L2	TG (D1) $\geq 3,0$ s	Tín hiệu MV1 bị ngắt	Nếu giãn cách thời gian ở bộ nhận dạng D1 lớn hơn 3 giây
L3	A (D21)	Yêu cầu nhóm tín hiệu MV2	Nếu có yêu cầu từ bộ nhận dạng D21
L4	B (D22) $\geq 8,0$ s	Tắc nghẽn ở nhóm tín hiệu MV2	Nếu thời gian chiếm đóng của bộ nhận dạng D22 lớn hơn 8 giây
L5	TG (D21) $\geq 3,0$ s	Tín hiệu MV2 bị ngắt	Nếu giãn cách thời gian ở bộ nhận dạng D21 lớn hơn 3 giây
L6	A (D3)	Yêu cầu nhóm tín hiệu MV3	Nếu có yêu cầu từ bộ nhận dạng D3
L7	TG (D3 $\wedge$ D4) $\geq 3,0$ s	Nhóm tín hiệu MV3 và MV4 bị ngắt	Nếu giãn cách thời gian của bộ nhận dạng D3 và D4 lớn hơn 3 giây
L8	A (D4 $\vee$ P2 $\vee$ P3)	Yêu cầu nhóm tín hiệu MV4, P2, P3	Nếu có yêu cầu từ nhóm tín hiệu hoặc MV4 hoặc P2 hoặc P3

BCác 2: Các đig \\* ARABIC iannn

Điều kiện thời gian	Điểm thời gian trong chương trình tín hiệu	Diễn giải điều kiện thời gian
T1	24	Điểm kết thúc sớm nhất của pha 1 là ở giây thứ 24 khi có yêu cầu từ nhóm tín hiệu MV2
T2	29	Điểm kết thúc muộn nhất của pha 1 là ở giây thứ 29 khi có yêu cầu từ nhóm tín hiệu MV2
T3	39	Điểm kết thúc sớm nhất của pha 2 là ở giây thứ 39 khi có yêu cầu từ nhóm tín hiệu MV4, P2, P3
T4	45	Điểm kết thúc muộn nhất của pha 2 là ở giây thứ 45 khi có yêu cầu từ nhóm tín hiệu MV4, P2, P3
T5	57	Điểm kết thúc sớm nhất của pha 3 là ở giây thứ 57
T6	05	Điểm kết thúc muộn nhất của pha 3 là ở giây thứ 05

*Diễn giải chi tiết lưu đồ thuật toán: Lưu đồ thuật toán kiểu A và kiểu B cho nút giao được mô tả trong Hình 9 và Hình 10. Chi tiết lưu đồ thuật toán được diễn giải như sau:*

### **Bắt đầu Pha 1**

Nếu điều kiện  $t \geq T1$  đúng (y) thì chuyển qua điều kiện L4, nếu điều kiện  $t \geq T1$  sai (n) thì chuyển sang vòng lặp thời gian cho đến khi điều kiện  $t \geq T1$  là đúng.

Nếu điều kiện L4 đúng (y) thì chuyển sang hành động chuyển pha CP 1.2 (thời gian chuyển pha là 12s), nếu điều kiện L4 sai (n) thì chuyển sang điều kiện L1.

Nếu điều kiện L1 đúng (y) thì chuyển sang điều kiện L3, nếu điều kiện L1 sai (n) thì chuyển sang điều kiện  $t = T2$

Nếu điều kiện L3 đúng (y) thì chuyển sang hành động chuyển pha CP 1.2 (thời gian chuyển pha là 12s), nếu điều kiện L3 sai (n) thì chuyển sang điều kiện  $t > T2$ .

Nếu điều kiện  $t = T2$  đúng (y) thì chuyển sang điều kiện L3, nếu điều kiện  $t = T2$  sai (n) thì chuyển sang điều kiện  $t > T2$ .

Nếu điều kiện  $t > T2$  đúng (y) thì chuyển sang điều kiện  $t \geq T3$ , nếu điều kiện  $t > T2$  sai (n) thì chuyển sang điều kiện L4.

Nếu điều kiện  $t \geq T3$  đúng (y) thì chuyển sang điều kiện  $L1 \wedge L2$ , nếu điều kiện  $t \geq T3$  sai (n) thì chuyển sang vòng lặp thời gian cho đến khi điều kiện  $t \geq T3$  là đúng.

Nếu điều kiện  $L1 \wedge L2$  đúng (y) thì chuyển sang điều kiện  $L6 \vee L8$ , nếu điều kiện  $L1 \wedge L2$  sai (n) thì chuyển sang điều kiện  $t \geq (T4 - 2s)$



Nếu điều kiện  $t \geq (T4 - 2s)$  đúng (y) thì chuyển sang điều kiện  $L6 \vee L8$ , nếu điều kiện  $t \geq (T4 - 2s)$  sai (n) thì chuyển sang điều kiện  $L1 \wedge L2$ .

Nếu điều kiện  $L6 \wedge L8$  đúng (y) thì chuyển sang hành động chuyển pha CP 1.3 (thời gian chuyển pha là 16s), nếu điều kiện  $L6 \wedge L8$  sai (n) thì chuyển sang điều kiện  $t \geq (T6 - 16s)$

Nếu điều kiện  $t \geq (T6 - 16s)$  đúng (y) thì chuyển về pha 1, nếu điều kiện  $t \geq (T6 - 16s)$  sai (n) thì chuyển sang điều kiện  $L6 \wedge L8$ .

### **Bắt đầu Pha 2**

Nếu điều kiện  $t \geq T3$  đúng (y) thì chuyển qua điều kiện  $L2 \wedge L5 \wedge L4$ , nếu điều kiện  $t \geq T3$  sai (n) thì chuyển sang vòng lặp thời gian cho đến khi điều kiện  $t \geq T3$  là đúng.

Nếu điều kiện  $L2 \wedge L5 \wedge L4$  đúng (y) thì chuyển qua điều kiện  $t \geq (T6 - 14s)$ , nếu điều kiện  $L2 \wedge L5 \wedge L4$  sai (n) thì chuyển sang điều kiện  $t \geq T4$ .

Nếu điều kiện  $t \geq T4$  đúng (y) thì chuyển sang điều kiện  $t \geq (T6 - 14s)$ , nếu điều kiện  $t \geq T4$  sai (n) thì chuyển sang điều kiện  $L2 \wedge L5 \wedge L4$ .

Nếu điều kiện  $t \geq (T6 - 14s)$  đúng (y) thì chuyển qua điều kiện  $t \geq T5$ , nếu điều kiện  $t \geq (T6 - 14s)$  sai (n) thì chuyển sang điều kiện  $L8$ .

Nếu điều kiện  $L8$  đúng (y) thì chuyển sang hành động chuyển pha CP 2.3 (thời gian chuyển pha là 14s), nếu điều kiện  $L8$  sai (n) thì chuyển sang điều kiện  $t \geq (T6 - 14s)$ .

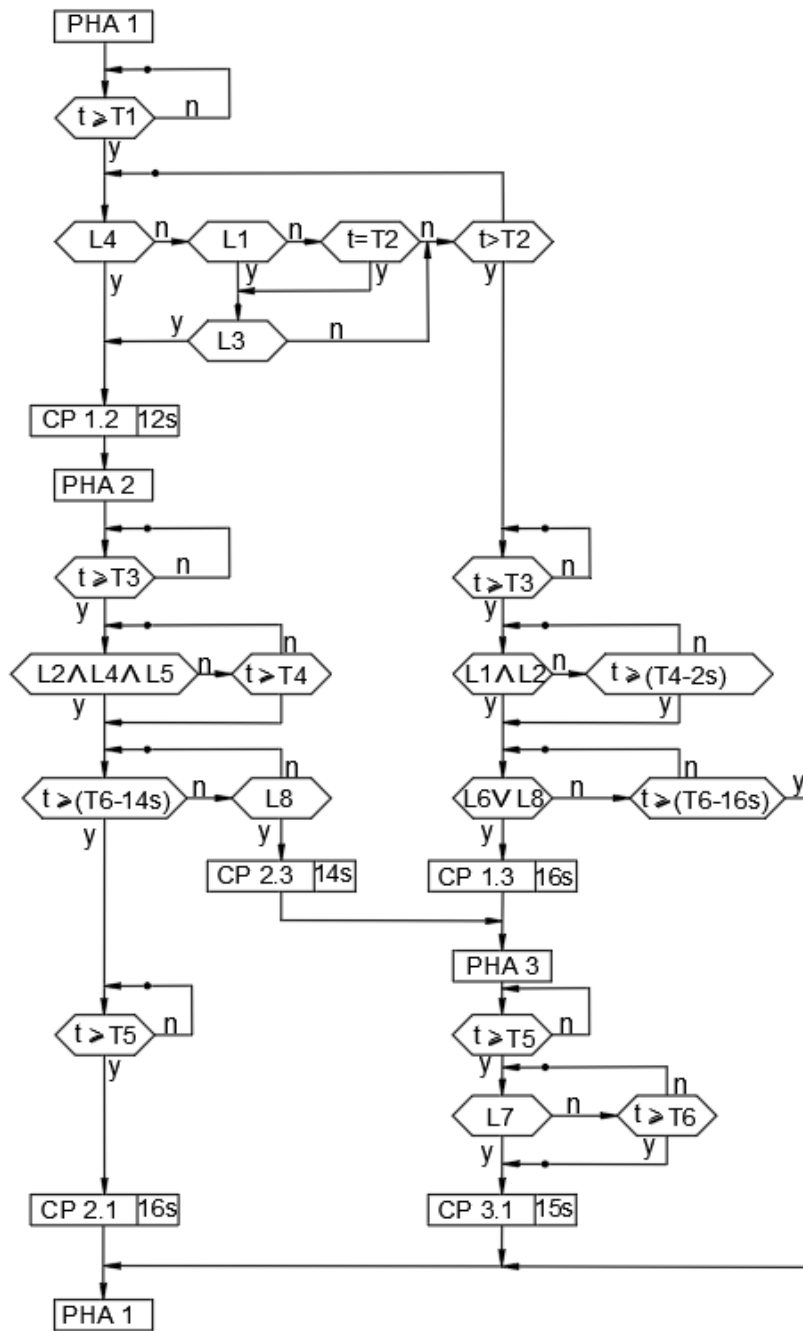
Nếu điều kiện  $t \geq T5$  đúng (y) thì chuyển sang hành động chuyển pha CP 2.1 (thời gian chuyển pha là 16s), nếu điều kiện  $t \geq T5$  sai (n) thì chuyển sang vòng lặp thời gian cho đến khi điều kiện  $t \geq T5$  là đúng.

### **Bắt đầu Pha 3**

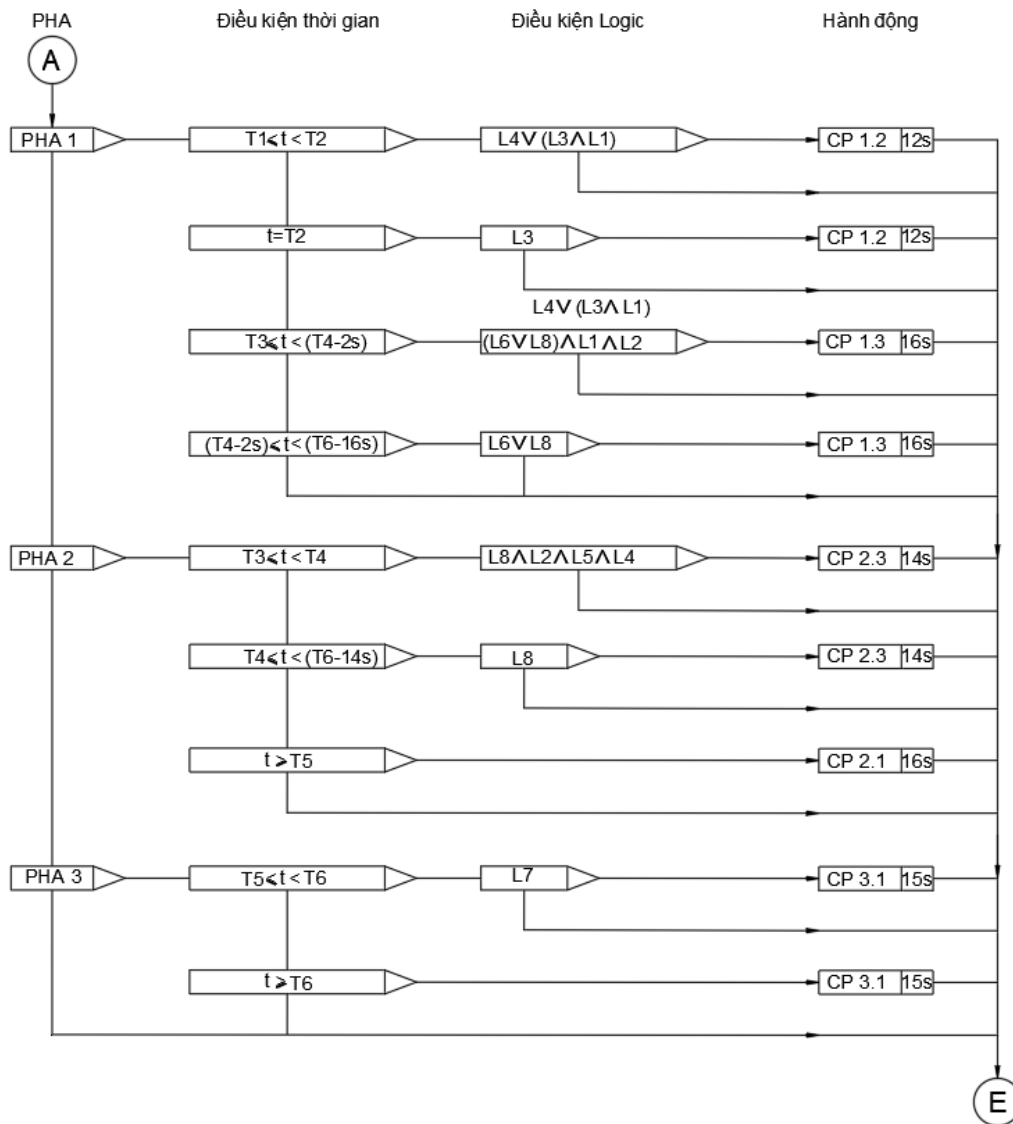
Nếu điều kiện  $t \geq T5$  đúng (y) thì chuyển qua điều kiện  $L7$ , nếu điều kiện  $t \geq T5$  sai (n) thì chuyển sang vòng lặp thời gian cho đến khi điều kiện  $t \geq T5$  là đúng.

Nếu điều kiện  $L7$  đúng (y) thì chuyển sang hành động chuyển pha CP 3.1 (thời gian chuyển pha là 15s), nếu điều kiện  $L7$  sai (n) thì chuyển sang điều kiện  $t \geq T6$ .

Nếu điều kiện  $t \geq T6$  đúng (y) thì chuyển sang hành động chuyển pha CP 3.1 (thời gian chuyển pha là 15s), nếu điều kiện  $t \geq T6$  sai (n) thì chuyển sang điều kiện  $L7$ .



Hình 32: Lưu đồ thuật toán kiểu A



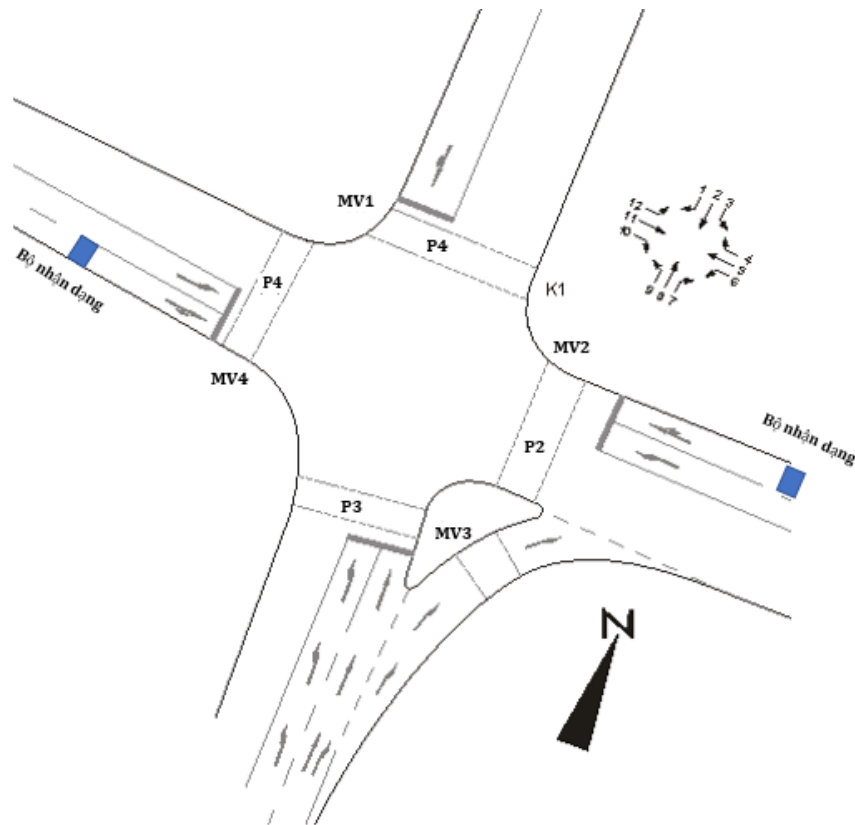
Hình 33: Lưu đồ thuật toán kiểu B

#### E.4 Ví dụ về điều khiển ưu tiên cho phương tiện vận tải hành khách công cộng.

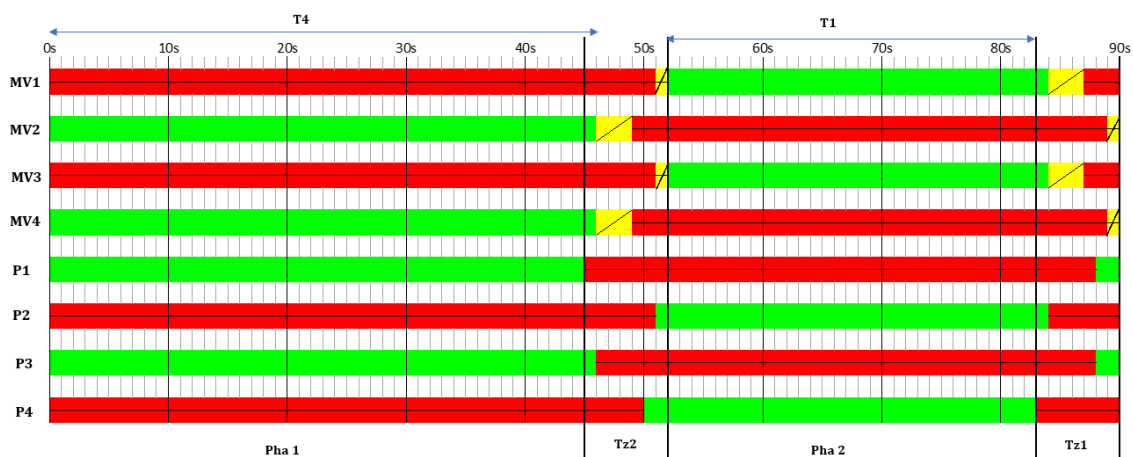
**Đặt vấn đề:** Thiết kế lưu đồ thuật toán ưu tiên cho xe buýt khi đến nút giao dựa trên chương trình đèn tín hiệu 2 pha sẵn có như Hình 11 . Các điều kiện được đặt ra như sau:

1. Xe buýt được ưu tiên tín hiệu theo hướng Đông Nam-Tây Bắc và ngược lại. Sơ đồ mặt bằng tổ chức giao thông tại nút được mô tả trong Hình 34
2. Trường hợp xe buýt chưa đến nút. Chương trình đèn tín hiệu thông thường được thiết kế 2 pha với kế hoạch thời gian tín hiệu được mô tả trong Hình 12 .
3. Giả thiết chỉ lắp đặt 1 bộ nhận dạng trên làn đi thẳng trên nhánh vào ở mỗi nút để nhận biết sự xuất hiện của xe buýt.
4. Khi xe buýt đến nút ở pha 1, kéo dài thời gian xanh ở pha 1 thêm một khoảng bằng  $\Delta t$ , sau đó chuyển sang pha 2
5. Khi xe buýt đến nút ở pha 2, ngắt pha 2 (kiểm tra điều kiện thời gian xanh tối thiểu của pha 2) và chuyển sang pha 1

6. Khi xe buýt đến nút trong thời gian chuyển pha, xe buýt được xem như là phương tiện thông thường và không được nhận quyền ưu tiên.
7. Thời điểm xe buýt được coi là đến nút là thời điểm xe buýt đi qua bộ nhận dạng



Hình 34: mặt bằng nút giao có ưu tiên tín hiệu cho xe buýt

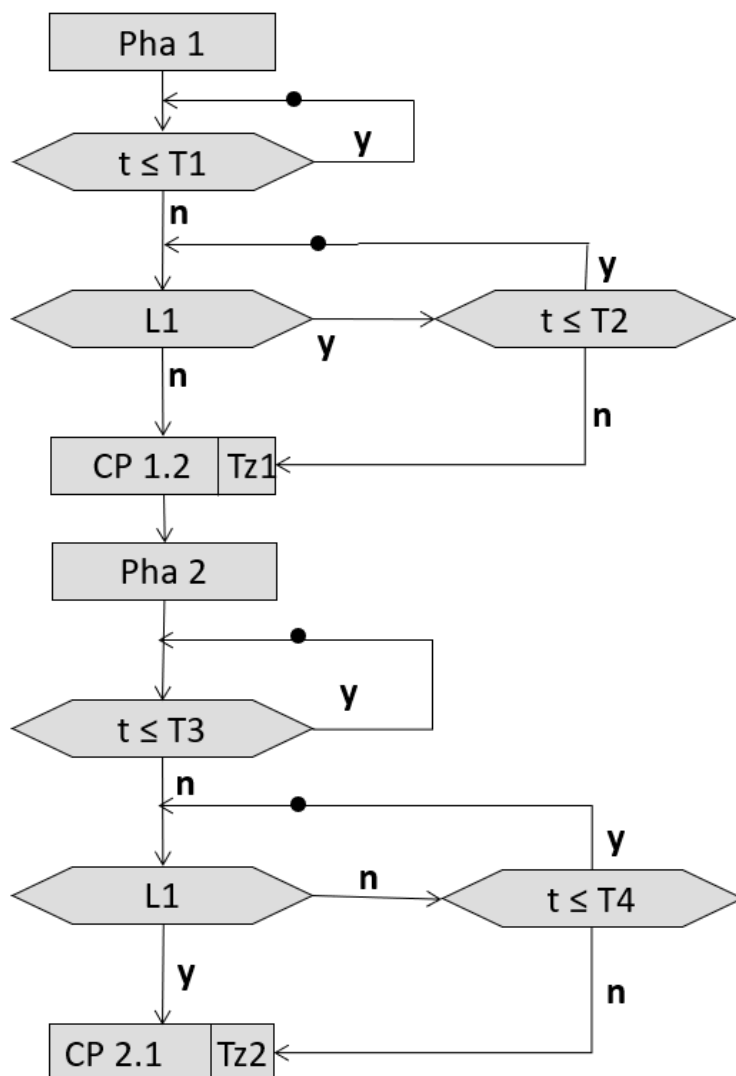


Hình 35: Chương trình đèn tín hiệu thông thường tại nút (trường hợp xe buýt chưa đến nút)

**Giải quyết vấn đề: Các điều kiện và hành động của thuật toán điều khiển được mô tả như và Hình 36**

Bảng 5: Mô tả các điều kiện và hành động

Điều kiện		Diễn giải
L1	R (B)	Có yêu cầu từ buýt (buýt đi qua bộ nhận dạng)
T1		Thời gian kết thúc thông thường của đèn xanh ở pha 1
T2	$T1 + \Delta t$	Thời gian kết thúc muộn nhất của đèn xanh ở pha 1
T3	15 s	Thời gian kết thúc sớm nhất của pha 2 (thời gian xanh tối thiểu của pha 2) (Theo quy định trong phần thời gian xanh tối thiểu)
T4		Thời gian kết thúc thông thường của pha 2
Hành động		Diễn giải
CP 1.2	Tz1	Chuyển từ pha 1 sang pha 2 với thời gian chuyển pha là Tz1
CP 2.1	Tz2	Chuyển từ pha 2 sang pha 1 với thời gian chuyển pha là Tz2



Hình 36: Lưu đồ thuật toán điều khiển đèn tín hiệu ưu tiên cho xe buýt



## PHỤ LỤC F - PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ NÚT GIAO CÓ ĐÈN TÍN HIỆU

### F.1 Quy đổi dòng xe hỗn hợp nhiều thành phần

Dòng xe hỗn hợp bao gồm nhiều loại phương tiện sẽ được quy đổi sang dòng xe ô tô thuần nhất bằng các hệ số quy đổi đã được quy định trong TCXDVN 104-2007.

Bảng 6: Hệ số quy đổi sang PCU

Loại xe	Tốc độ thiết kế, km/h		
	$\geq 60$	30, 40, 50	$\leq 20$
Xe đạp	0,5	0,3	0,2
Xe máy	0,5	0,25	0,15
Xe ô tô con	1,0	1,0	1,0
Xe tải 2 trục và xe buýt dưới 25 chỗ	2,0	2,5	2,5
Xe tải có từ 3 trục trở lên và xe buýt lớn	2,5	3,0	3,5
Xe kéo móc và xe buýt có khớp nối	3,0	4,0	4,5

Nguồn : TCXDVN 104-2007

### F.2 Tính toán lưu lượng dòng bão hoà trên các làn

#### F.2.1 Lưu lượng dòng bão hoà cơ bản

Lưu lượng dòng bão hoà ( $S$ ) của một làn được tính dựa trên giãn cách thời gian bão hoà trên làn đó:

$$S = \frac{3600}{t_H} \quad (F-1)$$

Trong đó:

$S$  : Lưu lượng dòng bão hoà [PCU/h/l]

$t_H$  : Giãn cách thời gian bão hoà [s]

Giãn cách thời gian bão hoà  $t_H$  được tính toán dựa trên giãn cách thời gian bão hoà cơ bản

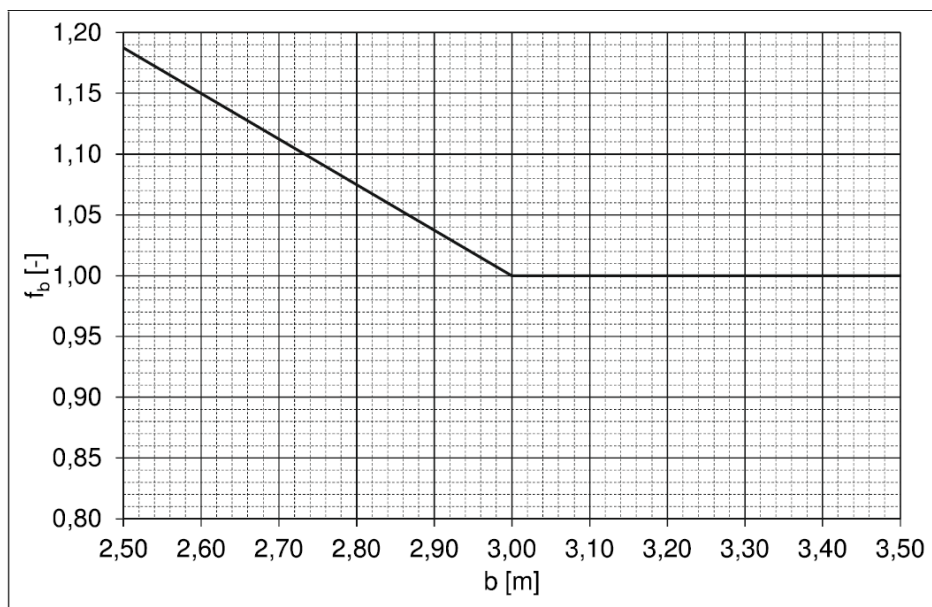
$t_{H,0}$  và các hệ số ảnh hưởng:

$$\begin{aligned} t_H &= f_1 \cdot f_2 \cdot t_{H,0} \\ f_1 &= \max(f_b; f_r; f_d) \\ f_2 &= \min(1; f_d) \end{aligned} \quad (F-2)$$

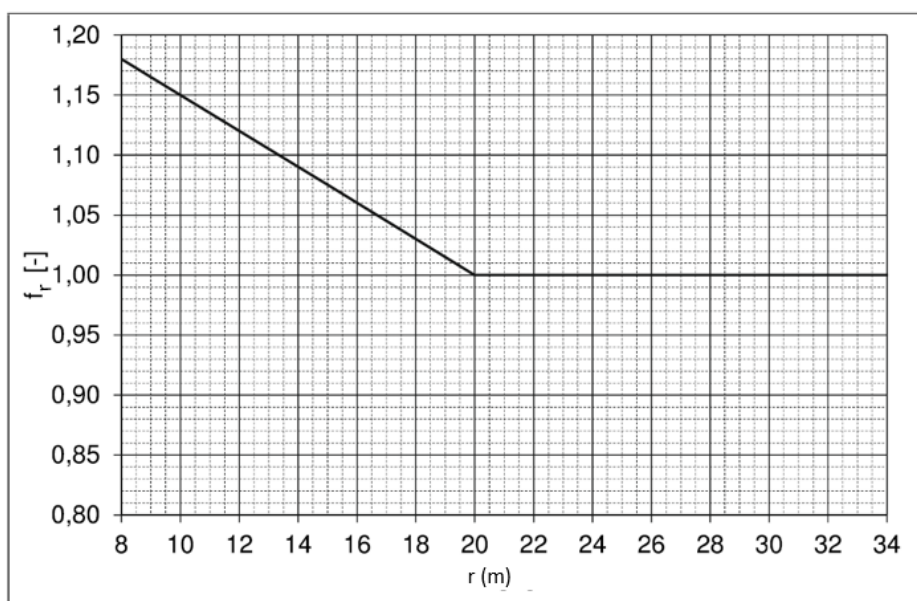
Trong đó:

$f_{HV}$  : Hệ số điều chỉnh của xe nặng trong dòng xe [-]

$f_b$	:	Hệ số điều chỉnh của bề rộng làn	[-]
$f_r$	:	Hệ số điều chỉnh của bán kính rẽ	[-]
$f_d$	:	Hệ số điều chỉnh của độ dốc dọc	[-]
$t_{H,0}$	:	Giãn cách thời gian bão hòa cơ bản, $t_{H,0} = 1,8s$	[s]

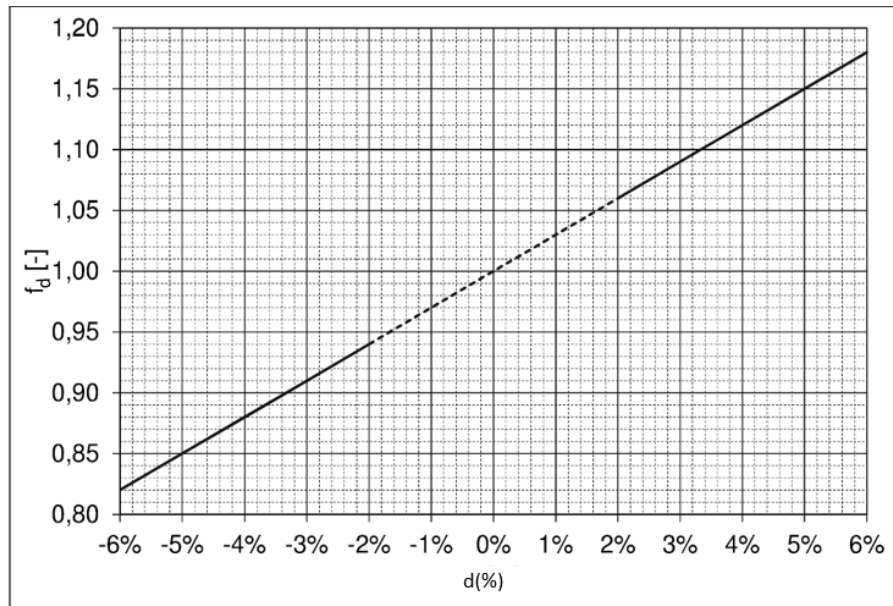


Hình 37: Toán đồ xác định hệ số điều chỉnh của bề rộng làn b



Hình 38: Toán đồ xác định hệ số điều chỉnh của bán kính rẽ r





Hình 39: Toán đồ xác định hệ số điều chỉnh của độ dốc dọc d

## F.2.2 Lưu lượng dòng bảo hoà trong các trường hợp đặc biệt

### a) Làn giao thông hỗn hợp

Nếu có nhiều hơn 1 dòng giao thông chung làn, lưu lượng dòng bảo hoà của làn hỗn hợp  $S_{hh}$  được xác định như sau:

$$S_{hh} = \frac{1}{\sum_{i=1}^k a_i / S_i} \quad (F-3)$$

$$a_i = \frac{q_i}{\sum_{i=1}^k q_i}$$

Trong đó:

$S_{hh}$	: Lưu lượng dòng bảo hoà trên làn hỗn hợp	[PCU/h]
$a_i$	: tỉ lệ lưu lượng của dòng giao thông i trong làn hỗn hợp	[-]
$S_i$	: Lưu lượng bảo hoà của dòng giao thông i trong làn hỗn hợp	[PCU/h]
$q_i$	: Lưu lượng của dòng giao thông i trong làn hỗn hợp	[PCU/h]
k	: Số dòng giao thông trong làn hỗn hợp	[PCU/h]

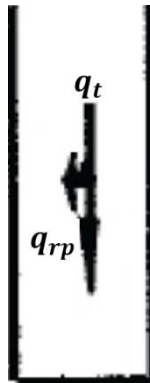
Trường hợp làn giao thông được tổ chức cho dòng đi thẳng và rẽ phải, khi đó tỉ lệ lưu lượng của các dòng giao thông trong làn hỗn hợp và lưu lượng dòng bảo hoà trên làn được tính như sau:

$$a_1 = \frac{q_t}{q_t + q_{rp}}; a_2 = \frac{q_{rp}}{q_t + q_{rp}}$$

$$S_{hh} = \frac{1}{a_1 / S_t + a_2 / S_{rp}}$$
(F- 4)

Trong đó:

- $a_1; a_2$  : tỉ lệ lưu lượng của dòng giao thông đi thẳng và rẽ phải trong làn hỗn hợp [-]  
 $q_t; q_{rp}$  : Lưu lượng dòng giao thông đi thẳng và rẽ phải trong làn hỗn hợp [PCU/h]



Hình 40: Làn giao thông hỗn hợp đi thẳng và rẽ phải

#### b) Phân chia giao thông cho các làn trên nhánh nút

Tính toán chương trình tín hiệu cần phải có số liệu lưu lượng giao thông của từng làn để xác định lưu lượng của phát tín hiệu. Dữ liệu giao thông cần phải được thu thập trên từng làn của từng hướng. Trường hợp những số liệu này được đếm chung cho tất cả các làn, thì sự phân chia lưu lượng giao thông cho các làn được thực hiện một cách gần đúng.

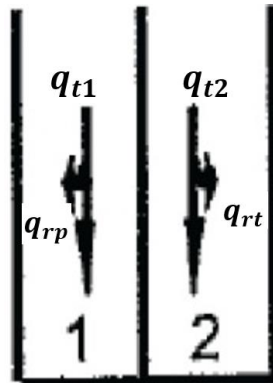
Những phương tiện trên nhánh nút được giải

phóng trong pha sẽ được phân chia cho các làn sao cho tỉ lệ dòng trên từng làn xấp xỉ bằng nhau:

$$\frac{q_1}{S_1} : \frac{q_2}{S_2} : \dots = const$$
(F-5)

Trong đó:

- $const$  : Hằng số [-]  
 $q_i$  : Lưu lượng dòng giao thông của làn i [PCU/h]  
 $S_i$  : Lưu lượng bão hòa của làn i [PCU/h]



Hình 41: Phân chia lưu lượng giao thông trên các làn

Từ số liệu và hình vẽ ở trên ta có:

$$q_1 = q_{t1} + q_{rt}; q_2 = q_{t2} + q_{rp}; q_t = q_{t1} + q_{t2} \quad (F-6)$$

Trong đó:

$q_1, q_2$	: Lưu lượng xe trên làn 1 và làn 2	[-]
$q_t$	: Lưu lượng dòng đi thẳng trên nhánh (trên cả 2 làn)	[PCU/h]
$q_{t1}, q_{t2}$	: Lưu lượng dòng đi thẳng trên làn 1 và làn 2	[PCU/h]
$q_{rp}$	: Lưu lượng dòng rẽ phải	[PCU/h]
$q_{rt}$	: Lưu lượng dòng rẽ trái	[PCU/h]

Từ công thức (F-6) ta có:

$$\frac{q_1}{S_1} = \frac{q_2}{S_2} \rightarrow \frac{q_{rp} + q_{t1}}{S_1} = \frac{q_{rt} + q_{t2}}{S_2} \quad (F-7)$$

Từ công thức (F-7), ta có:

$$q_{t1} = \frac{(q_t + q_{rt}) \cdot S_1 - q_{rp} \cdot S_2}{S_1 + S_2} \text{ và } q_{t2} = q_t - q_{t1} \quad (F-8)$$

Ở bước này cần phải có giá trị của  $S_1; S_2$  để tính toán các bước tiếp theo. Có thể dùng phương pháp lặp để tính toán. Các bước tính toán cụ thể như sau :

**Bước 1 :** Giả thiết Lưu lượng bão hòa trên các làn hỗn hợp là trung bình của các lưu lượng bão hòa của các dòng trên làn đó.

$$S_1 = \frac{S_t + S_{rp}}{2}; S_2 = \frac{S_t + S_{rt}}{2} \quad (F-9)$$

**Bước 2 :** Tính  $q_{t1}, q_{t2}$  theo công thức (F-8)

**Bước 3 :** Tính tỉ lệ lưu lượng dòng giao thông trong mỗi làn hỗn hợp theo công thức (F-4)

$$a_{11} = \frac{q_{t1}}{q_{t1} + q_{rp}}; a_{12} = \frac{q_{rp}}{q_{t1} + q_{rp}}$$

$$a_{21} = \frac{q_{t2}}{q_{t2} + q_{rt}}; a_{22} = \frac{q_{rt}}{q_{t2} + q_{rt}}$$
(F-10)

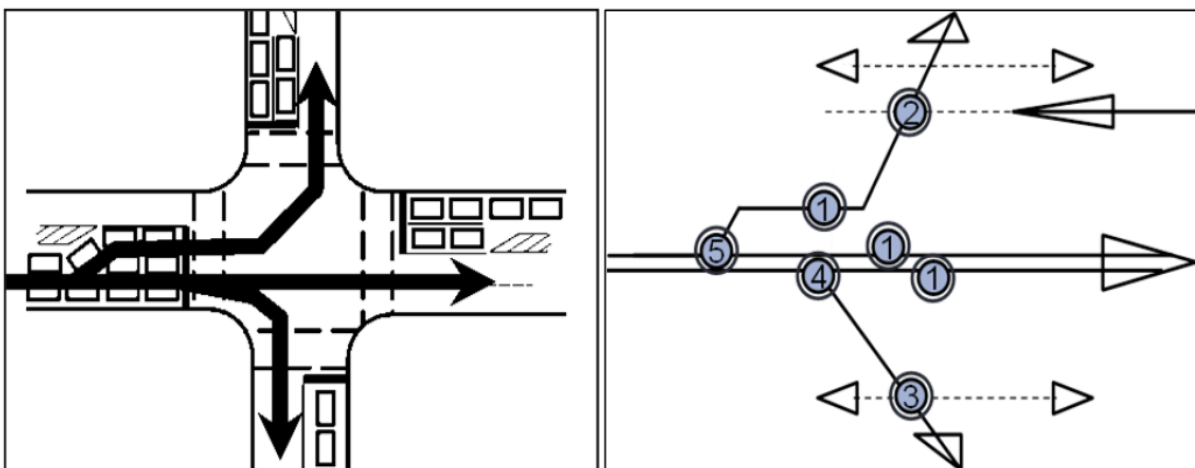
**Bước 4 :** Tính lại lưu lượng dòng bảo hòa  $S_1, S_2$  ở làn 1 và làn 2 theo công thức (F-4)

Sau đó, kết quả  $S_1, S_2$  sẽ được áp dụng cho công thức (F-8) để tính giá trị  $q_{t1}, q_{t2}$  như ở bước 2. Nếu giá trị mới của  $q_{t1}, q_{t2}$  không sát với giá trị cũ của chúng thì dùng giá trị mới này để được lặp lại lần tính tiếp theo. Thực hiện nhiều lần tính lặp cho đến khi kết quả  $q_{t1}, q_{t2}$  đạt được sát với giá trị của bước tính trước đó.

### F.3 Tính toán khả năng thông hành trên các làn

Khả năng thông hành của dòng xe khác nhau và của các làn khác nhau được tính tại các điểm tham chiếu () được phân loại như sau:

1. Khả năng thông hành cho dòng đảm bảo
2. Khả năng thông hành cho dòng rẽ trái đảm bảo tạm thời hoặc dòng rẽ trái không đảm bảo
3. Khả năng thông hành cho dòng rẽ phải đảm bảo tạm thời hoặc dòng rẽ phải không đảm bảo
4. Khả năng thông hành trên làn hỗn hợp
5. Khả năng thông hành trên các làn hỗn hợp ngắn



Hình 42: Tính toán khả năng thông hành tại các điểm tham chiếu trong nút giao có đèn tín hiệu

#### F.3.1 Khả năng thông hành cho dòng đảm bảo

$$P = \frac{t_{xh}}{t_c} \cdot S \quad (F-11)$$

Trong đó

$P$	: Khả năng thông hành	[PCU/h]
$t_{xh}$	: Thời gian đèn xanh có hiệu, $t_{xh} = t_x + 1$	[s]
$t_c$	: Thời gian chu kỳ	[s]
$S$	: Lưu lượng dòng bão hoà	[PCU/h]

### F.3.2 Khả năng thông hành cho dòng rẽ trái đảm bảo tạm thời hoặc dòng rẽ trái không đảm bảo

Khả năng thông hành cho dòng rẽ trái đảm bảo tạm thời hoặc dòng rẽ trái không đảm bảo được tính như sau:

$$P_{rt} = \min \begin{cases} P_{pm} + P_{pc} + P_{pt} \\ P_{0,rt} \end{cases} \quad (F-12)$$

Trong đó:

$P_{rt}$	: Tổng khả năng thông hành của dòng rẽ trái đảm bảo tạm thời hoặc không đảm bảo	[PCU/h]
$P_{pm}$	: Khả năng thông hành của dòng rẽ trái trong thời gian không đảm bảo $P_{pm} = f(q_0)$	[PCU/h]
$P_{pc}$	: Khả năng thông hành của dòng rẽ trái trong thời gian chuyển pha	[PCU/h]
$P_{pt}$	: Khả năng thông hành của dòng rẽ trái trong thời gian đảm bảo	[PCU/h]
$P_{0,rt}$	: Khả năng thông hành của dòng rẽ trái trong trường hợp đảm bảo hoàn toàn	[PCU/h]
$q_0$	: Lưu lượng dòng đối diện	[PCU/h]

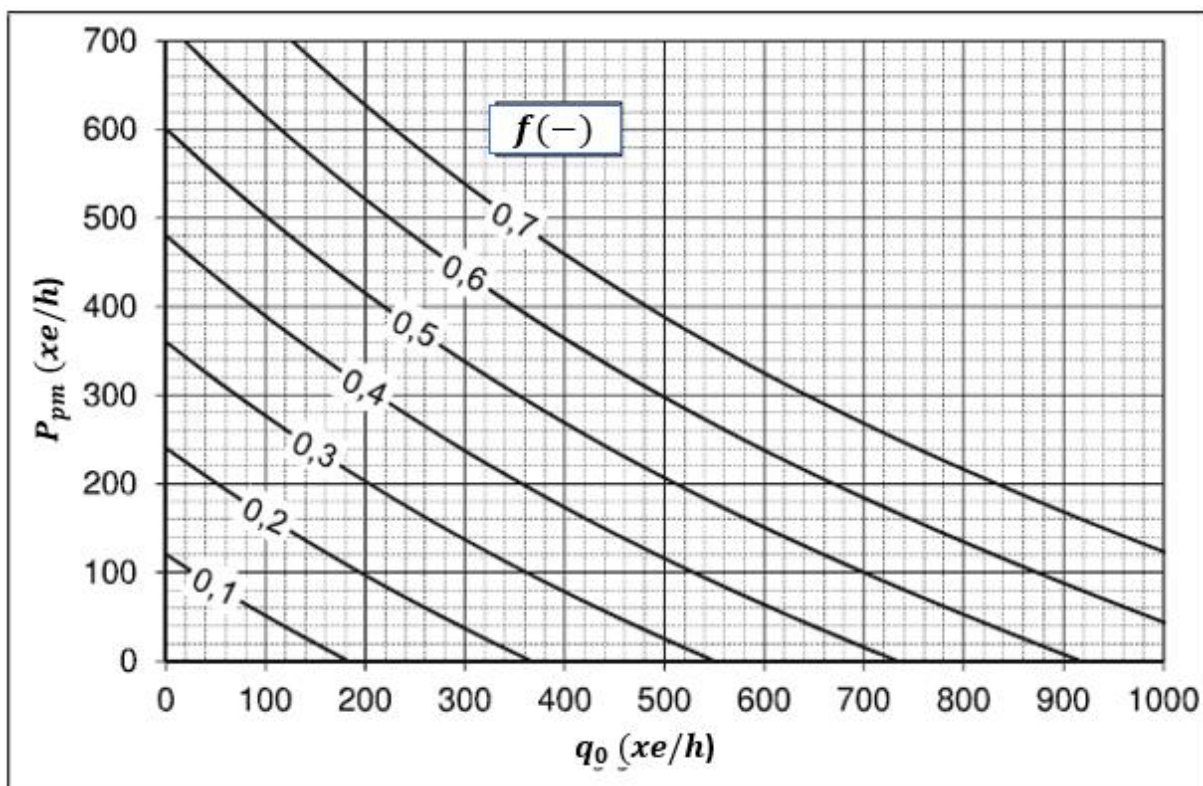
Khả năng thông hành trong thời gian không đảm bảo  $P_{pm}$  được tính toán theo toán đồ như và . Khả năng thông  $P_{pm}$  phụ thuộc vào lưu lượng dòng đối diện  $q_0$  và tỉ lệ thời gian xanh  $f$

$$f = \frac{t_{xh}}{t_c} \quad (F-13)$$

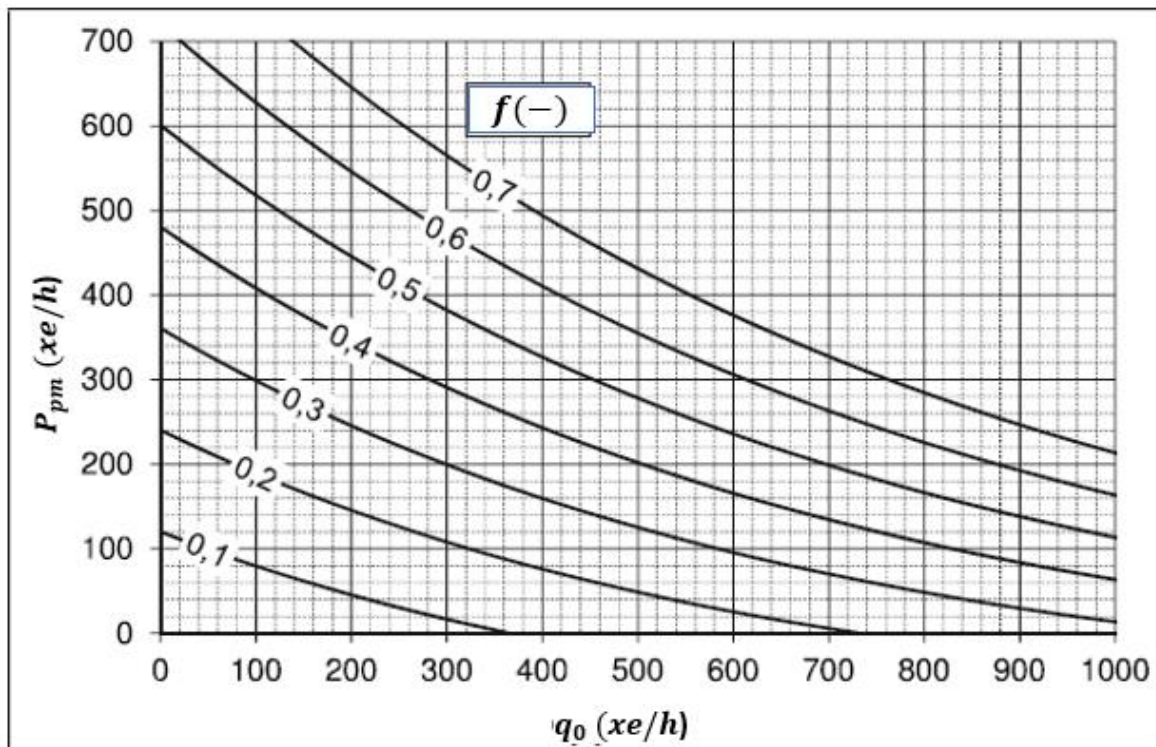
Trong đó:

$f$	: Tỉ lệ thời gian xanh	[-]
$t_{xh}$	: Thời gian đèn xanh có hiệu $t_{xh} = t_x + 1$	[s]

$t_x$  : Thời gia đèn xanh [s]  
 $t_C$  : Thời gian chu kỳ [s]



Hình 43: Khả năng thông hành trong giai đoạn không đảm bảo của dòng rẽ trái- Trường hợp dòng đối diện chạy trên 1 làn



Hình 44: Khả năng thông hành trong giai đoạn không đảm bảo của dòng rẽ trái- Trường hợp dòng đối diện chạy trên nhiều làn

Khả năng thông hành trong thời gian chuyển pha

$$P_{pc} = N_A \cdot n_C \quad (F-14)$$

Trong đó:

$P_{pc}$	: khả năng thông hành trong quá trình chuyển pha	[PCU/h]
$N_A$	: Số lượng xe có thể dừng trong phạm vi nút $N_A = l_{crit} / l_{pt}$	[PCU]
$n_C$	: Số lượng chu kỳ đèn trong 1 giờ ( $n_C = 3600 / t_C$ )	[-]
$l_{crit}$	: Chiều dài xe rẽ trái có thể dừng trong phạm vi nút (tính từ vạch dừng xe đến điểm xung đột với dòng giao thông đối diện)	[m]
$l_{pt}$	: Chiều dài phương tiện	[m]

Khả năng thông hành trong trường hợp đảm bảo hoàn toàn  $P_{0,rt}$  cũng được tính tương tự từ công thức (F-11)

### F.3.3 Khả năng thông hành cho dòng rẽ phải đảm bảo tạm thời hoặc dòng rẽ phải không đảm bảo

Khả năng thông hành cho dòng rẽ phải đảm bảo tạm thời hoặc dòng rẽ phải không đảm bảo được tính như sau:

$$P_{rp} = \min \begin{cases} \frac{t_{0,ped}}{t_C} \cdot S_{rp} + n_R \cdot n_C \\ P_{0,rp} \end{cases} \quad (F-15)$$

Trong đó:

$P_{rp}$	: Tổng khả năng thông hành của dòng rẽ phải đảm bảo tạm thời hoặc không đảm bảo	[PCU/h]
$S_{rp}$	: Lưu lượng bão hòa của làn rẽ phải	[PCU/h]
$t_{0,ped}$	: Thời gian xanh cho dòng rẽ phải không có sự cản trở của người đi bộ	[s]
$t_C$	: Thời gian chu kỳ	[s]
$n_R$	: Số lượng khoảng dừng giữa vạch dừng và đường ngang đi bộ $N_R = l_{crp} / l_{pt}$	[PCU]
$n_C$	: Số lượng chu kỳ đèn trong 1 giờ ( $n_C = 3600 / t_C$ )	[-]
$P_{0,rp}$	: Khả năng thông hành trong trường hợp được bảo đảm hoàn toàn	[PCU/h]
$l_{crt}$	: Chiều dài xe rẽ phải có thể dừng trong phạm vi nút (tính từ vạch dừng xe đến điểm xung đột với dòng giao thông đi bộ)	[m]
$l_{pt}$	: Chiều dài xe con quy đổi	[m]

Khoảng thời gian xanh cho dòng xe rẽ phải mà không có sự cản trở của người đi bộ được tính như sau:

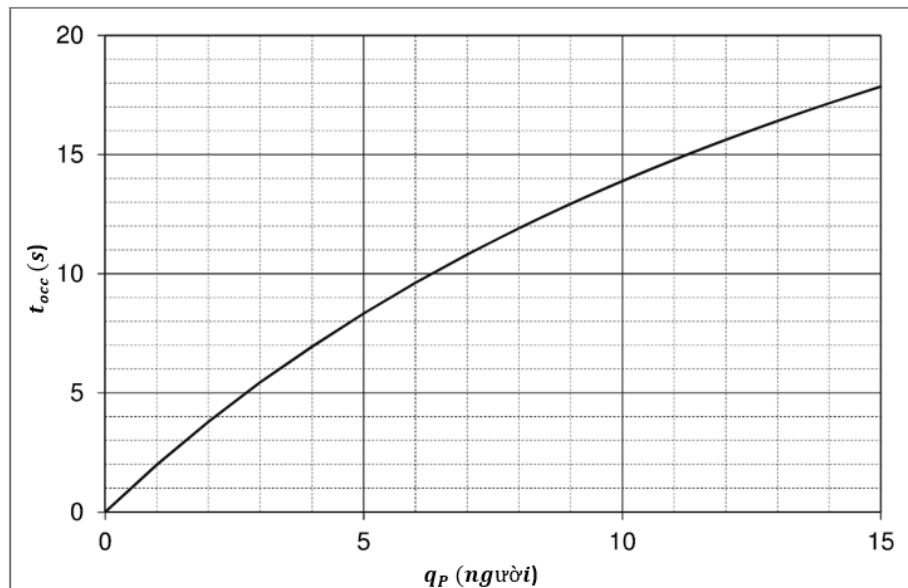
$$t_{0,ped} = \max \begin{cases} t_{x,rp} - t_{occ} - n_R \cdot t_{H,rp} \\ 0 \end{cases} \quad (F-16)$$

Trong đó:

$t_{0,ped}$	: Thời gian xanh cho dòng rẽ phải không có sự cản trở của người đi bộ	[s]
$t_{x,rp}$	: Thời gian xanh cho dòng rẽ phải	[s]
$t_{occ}$	: Thời gian xanh có người đi bộ qua đường, phương tiện rẽ phải không được phép đi trong thời gian này. $t_{occ} = f(q_p)$	[s]
$n_R$	: Số lượng khoảng dừng giữa vạch dừng và đường ngang đi bộ	[xe]
$t_{H,rp}$	: Giãn cách thời gian của dòng xe rẽ phải	[s]
$q_p$	: Lưu lượng người đi bộ qua đường trên mỗi chu kỳ ở hướng xung đột với dòng rẽ phải	[người]

Thời gian xanh có người đi bộ qua đường  $t_{occ}$  được tính thông qua toán đồ:





Hình 45: Toán đồ xác định thời gian xanh có người đi bộ qua đường

### F.3.4 Khả năng thông hành trên làn hỗn hợp và làn xe có đoạn mở rộng ngắn

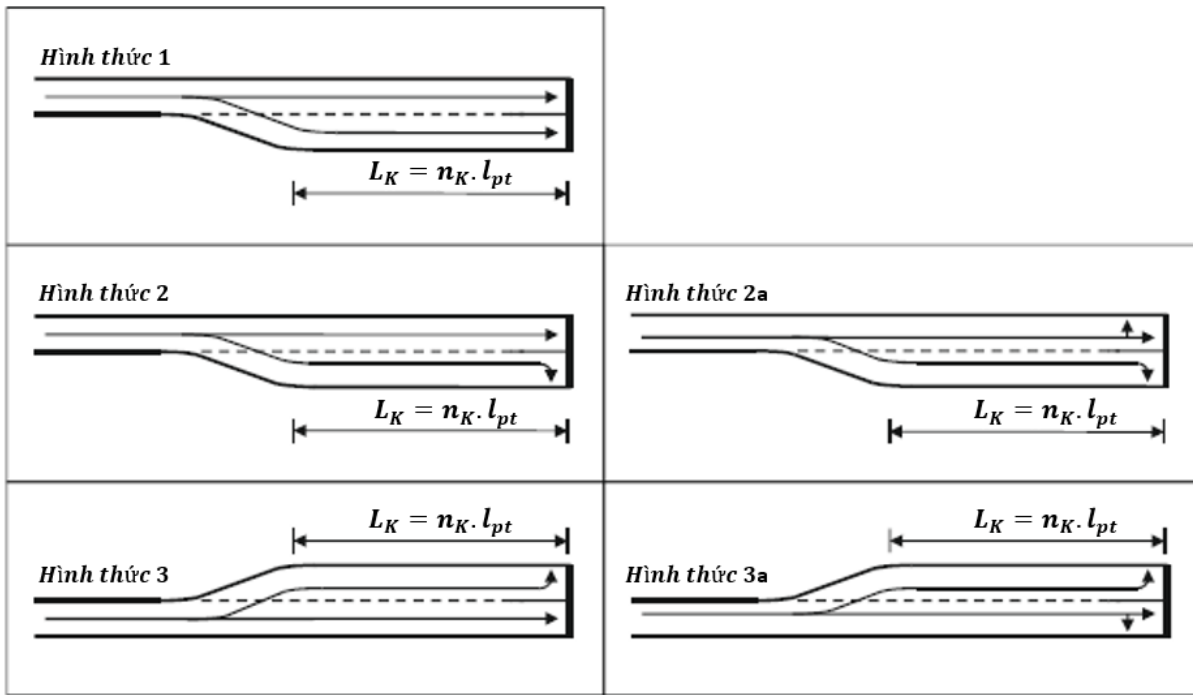
Khả năng thông hành trên làn hỗn hợp được tính như sau:

$$P_{hh} = \frac{1}{\sum_{i=1}^k \frac{a_i}{P_i}} \quad (F-17)$$

Trong đó:

- $P_{hh}$  : Khả năng thông hành trên làn hỗn hợp [PCU/h]
- $a_i$  : Tỷ lệ lưu lượng của dòng giao thông i trong làn hỗn hợp (công thức F-4) [-]
- $P_i$  : Khả năng thông hành của dòng giao thông i trên làn hỗn hợp [PCU/h]

Trong trường hợp làn xe có đoạn mở rộng ngắn được thiết kế cho các dòng giao thông, cần xem xét những hình thức sử dụng như trong hình 23 .



Hình 46: Các hình thức tổ chức của làn xe có đoạn mở rộng ngắn

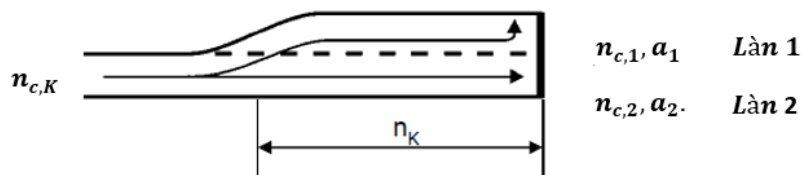
Khả năng thông hành trên làn xe có đoạn mở rộng ngắn được tính như sau:

$$P_K = n_{C,K} \cdot 3600 / t_C \quad (F-18)$$

Trong đó:

- $P_K$  : Khả năng thông hành trên làn xe có đoạn mở rộng ngắn [PCU/h]  
 $n_{C,K}$  : Khả năng thông hành của làn xe có đoạn mở rộng ngắn trong một chu kỳ [PCU]  
 $t_C$  : Tỷ lệ lưu lượng của dòng giao thông trong làn 1 và làn 2 (công thức F-4) [s]

Khả năng thông hành của làn xe có đoạn mở rộng ngắn trong một chu kỳ phụ thuộc vào các yếu tố được mô tả trong hình sau:



Hình 47: Các yếu tố ảnh hưởng đến khả năng thông hành trong làn xe có đoạn mở rộng ngắn

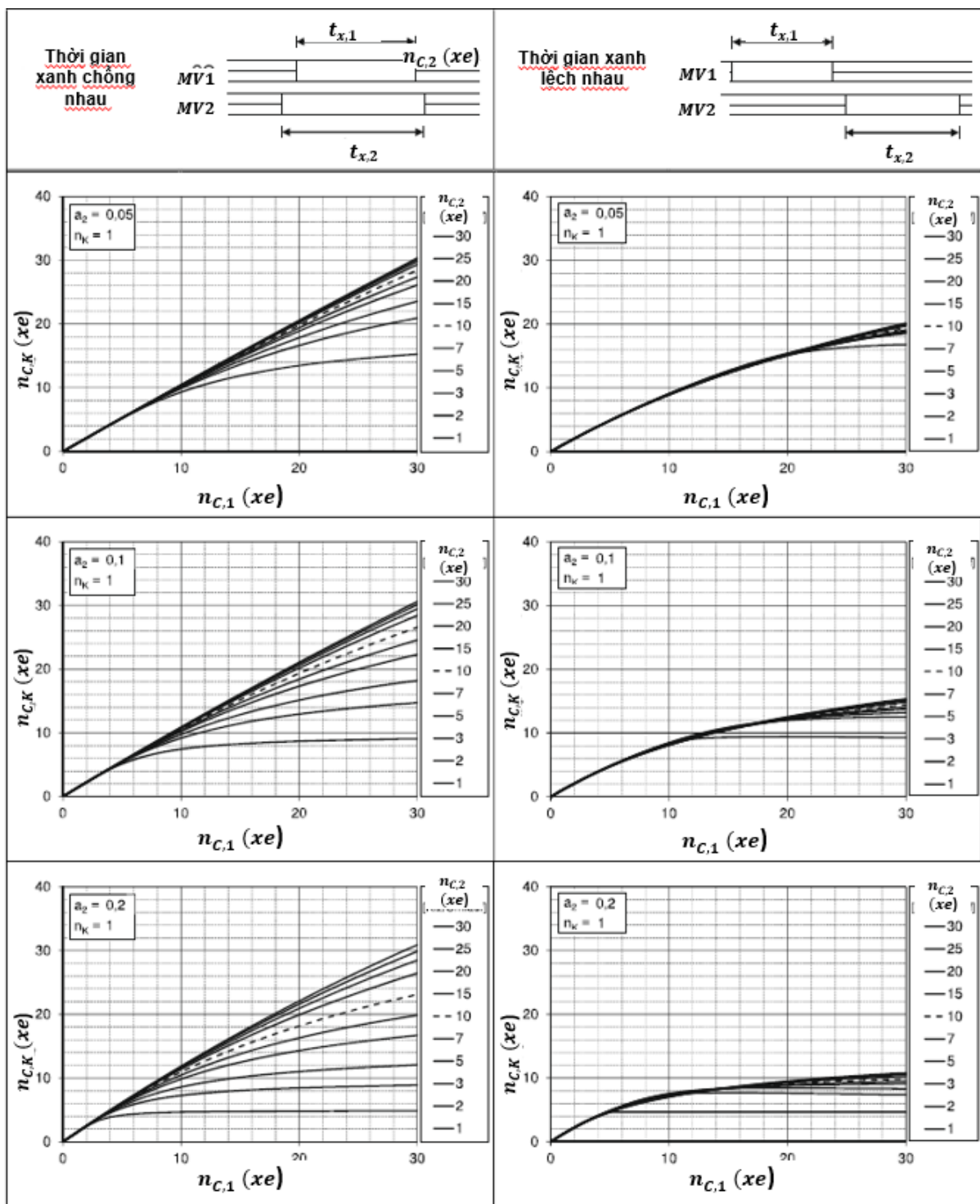
$$n_{C,K} = f(n_{C,1}; n_{C,2}; a_1; a_2)$$

$$n_{C,1} = \frac{P_1}{n_C}; n_{C,2} = \frac{P_2}{n_C} \quad (F-19)$$

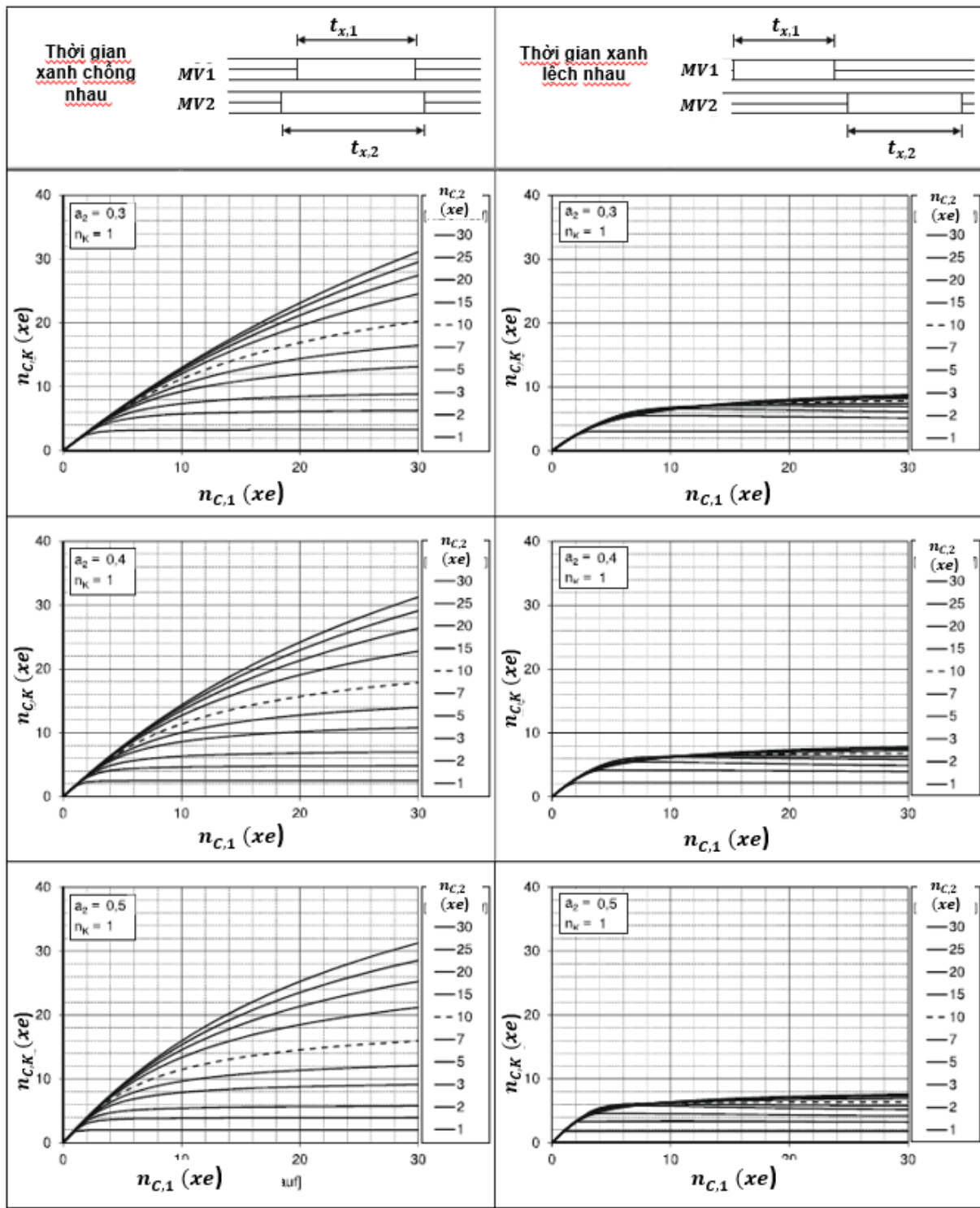
Trong đó:

$n_{C,K}$	:	Khả năng thông hành của làn xe có đoạn mở rộng ngắn trong một chu kỳ	[PCU]
$n_{C,1}, n_{C,2}$	:	Khả năng thông hành của làn 1 và làn 2 trong một chu kỳ	[PCU]
$P_1, P_2$	:	Khả năng thông hành của làn 1 và làn 2 trong điều kiện thường	[PCU/h]
$a_1, a_2$	:	Tỉ lệ lưu lượng của các dòng giao thông trong làn 1 và làn 2 (công thức F-4)	[-]

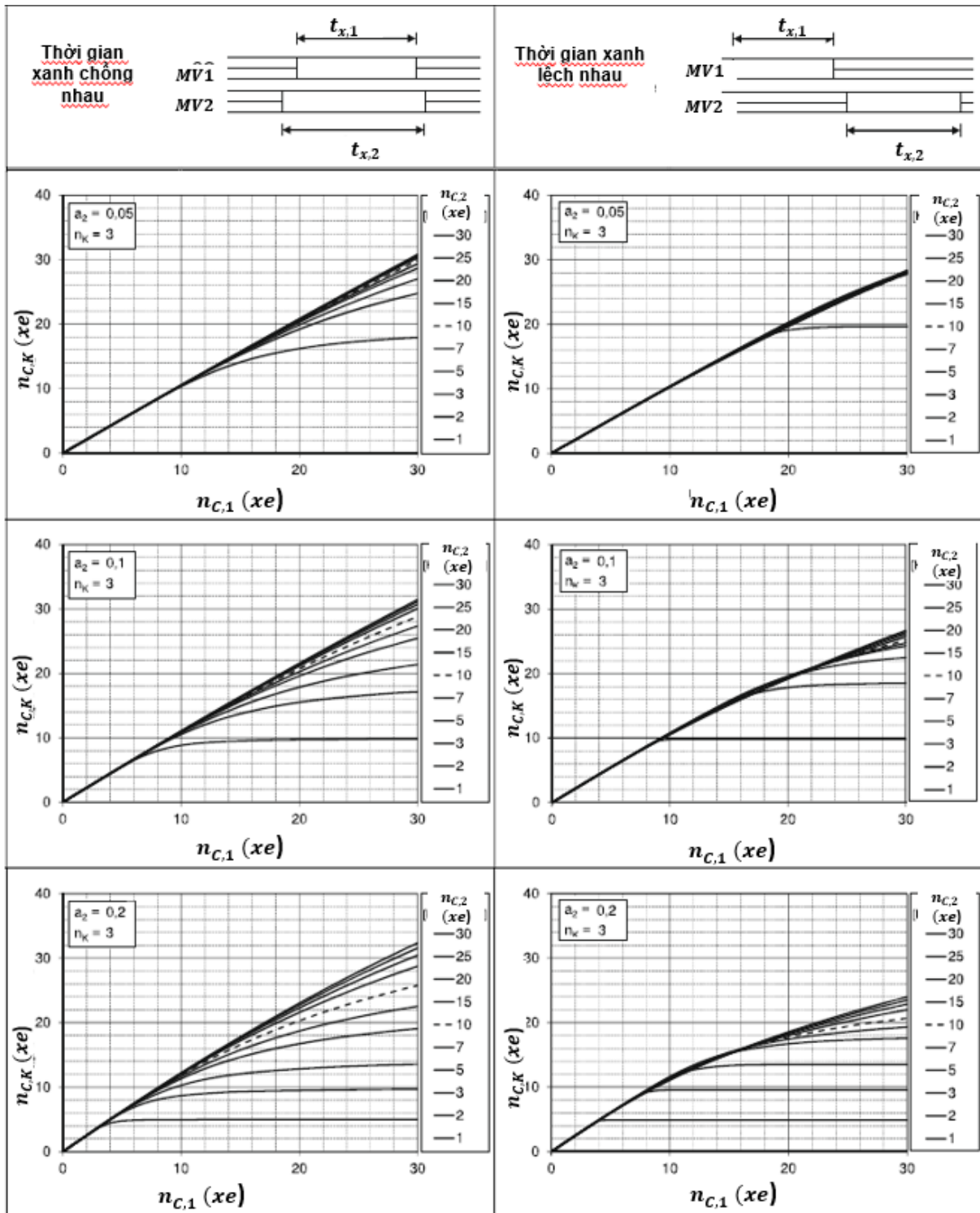
$n_{C,K}$  được tính dựa trên các toán đồ từ hình 53 đến hình 58.



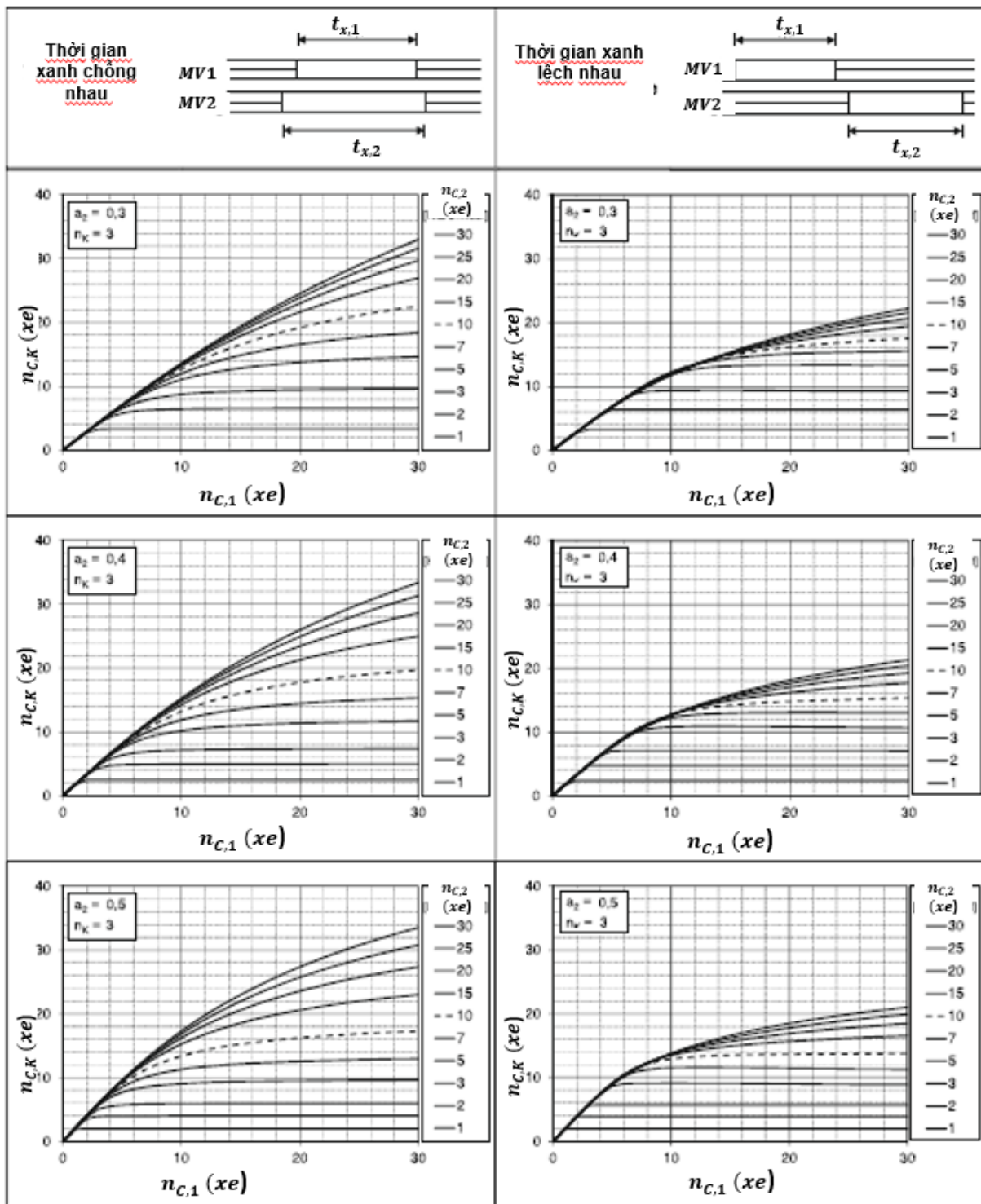
Hình 48: Toán đồ xác định  $n_{C,K}$ , Trường hợp  $n_K = 1$  và  $a_2 = 0.05 - 0.2$



Hình 49: Toán đồ xác định  $n_{C,K}$ , Trường hợp  $n_K = 1$  và  $a_2 = 0.3-0.5$

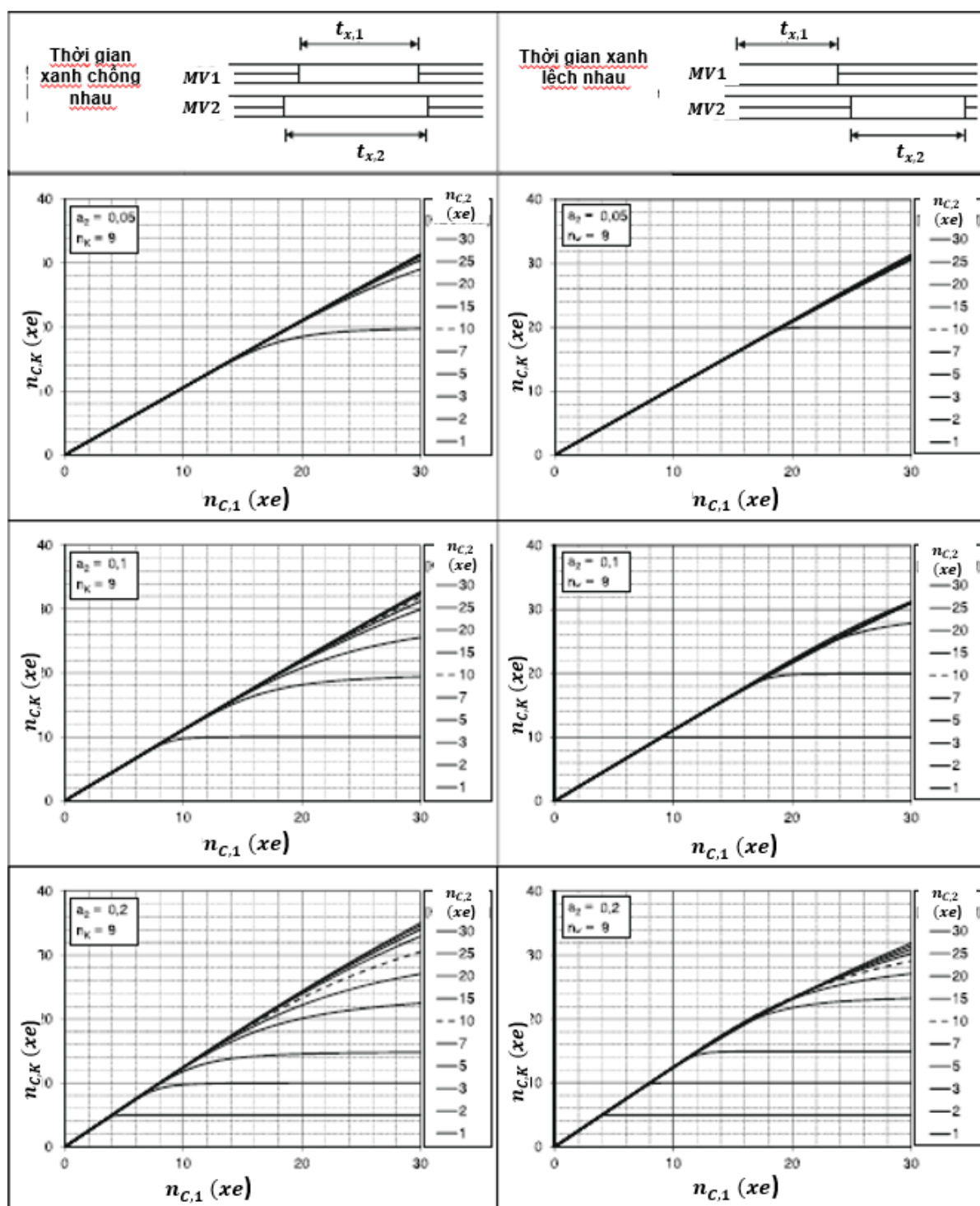


Hình 50: Toán đồ xác định  $n_{C,K}$ , Trường hợp  $n_K = 3$  và  $a_2 = 0.05 - 0.2$



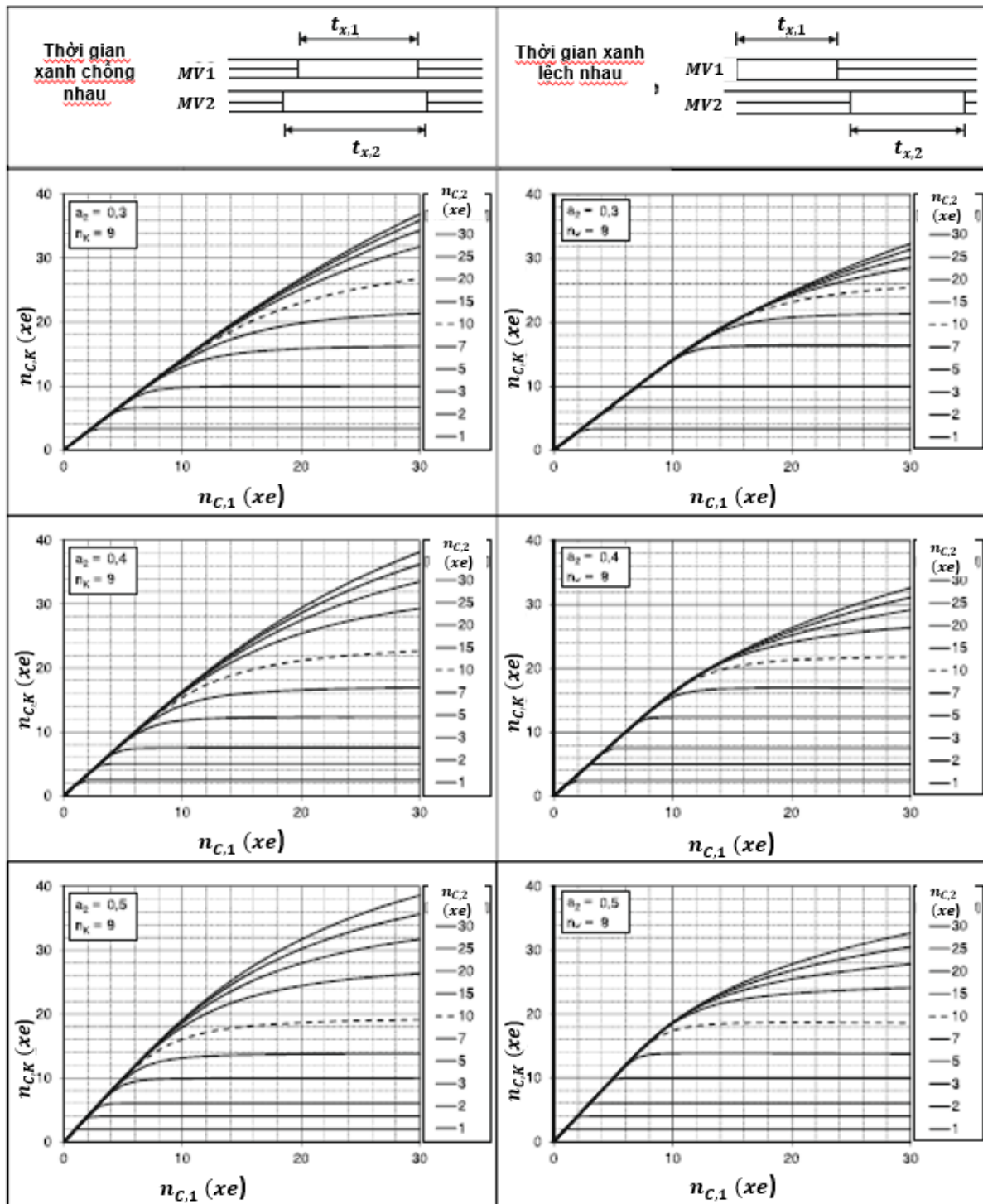
Hình 51: Toán đồ xác định  $n_{C,K}$ , Trường hợp  $n_K = 3$  và  $a_2 = 0.03-0.5$





Hình 52: Toán đồ xác định  $n_{C,K}$ , Trường hợp  $n_K = 9$  và  $a_2 = 0.05 - 0.2$





Hình 53: Toán đồ xác định  $n_{C,K}$ , Trường hợp  $n_K = 9$  và  $a_2 = 0.3-0.5$

#### F.4 Khả năng thông hành của nút

Khả năng thông hành của 1 nút tín hiệu  $P_n$  bằng tổng khả năng thông hành của các làn  $P_i$ :

$$P_n = \sum_{i=1}^n P_i \quad (F-20)$$

Trong đó:

$P_n$	: Khả năng thông hành của nút	[PCU/h]
$P_i$	: Khả năng thông hành của làn i trong nút	[PCU/h]
$n$	: Số làn xe	[-]

## F.5 Thời gian trễ

Thời gian trễ của dòng xe tại nút giao có đèn tín hiệu được tính toán theo tiêu chuẩn HBS 2001 như sau:

$$t_w = t_{w1} + t_{w2} \quad (F-21)$$

Trong đó:

$t_w$	: Thời gian trễ	[s]
$t_{w1}$	: Thời gian trễ cơ bản	[s]
$t_{w2}$	: Thời gian trễ do tắc nghẽn	[s]

Thời gian trễ cơ bản  $t_{w1}$  được tính như sau:

$$t_{w1} = \frac{t_c \cdot (1-f)^2}{2 \cdot (1-q/S)} \quad (F-22)$$

Trong đó:

$t_{w1}$	: Thời gian trễ cơ bản	[s]
$t_c$	: Thời gian chu kỳ	[s]
$f$	: Hệ số thời gian đèn xanh, $f = t_{xh} / t_c$	[-]
$q$	: Lưu lượng dòng xe	[PCU/h]
$S$	: Lưu lượng dòng bão hòa	[PCU/h]

Thời gian trễ do tắc nghẽn được tính như sau:

$$t_{w2} = \frac{3600 \cdot N_{GE}}{f \cdot S} \quad (F-23)$$

Trong đó:

$t_{w2}$	: Thời gian trễ do tắc nghẽn	[s]
$N_{GE}$	: Chiều dài hàng chờ trung bình tại cuối thời gian đèn xanh	[s]
$f$	: Hệ số thời gian đèn xanh, $f = t_{xh} / t_c$	[-]

$S$  : Lưu lượng dòng bão hòa

[PCU/h]

## F.6 Chiều dài hàng chờ trung bình

Chiều dài hàng chờ trung bình được tính theo tiêu chuẩn HBS 2001 như sau:

Mức độ bão hòa	Chiều dài hàng chờ trung bình trong khoảng thời gian quan sát T bao gồm $n_C$ chu kỳ	Chi tiết
$g_1 \leq 0,65$	$N_{GE} = 0$	
$g_2 = 0,9$	$N_{GE} = \frac{1,0}{0,26 + m_{tb} / 150}$	
$g_3 = 1,0$	$N_{GE} = 0,3476 \sqrt{m_{\max}} n_C^{0,565}$	
$g_4 = 1,2$	$N_{GE} = [m_{\max} \cdot (g - 1) \cdot n_C + 25 - 20 \cdot g] / 2$ $N_{GE} = 0,1 \cdot m_{\max} \cdot n_C + 0,5$	
$g_5 > 1,2$	$N_{GE} = m_{\max} \cdot (g - 1) \cdot n_C / 2$	
	Chiều dài hàng chờ trung bình khi một chu kỳ i xuất hiện	
$g_1 \leq 0,65$	$N_{GE} = 0$	
$g_2 = 0,9$	$N_{GE} = \frac{1,0}{0,26 + m_{tb} / 150}$	
$g_3 = 1,0$	$N_{GE} = 0,545 \sqrt{m_{\max}} n_C^{0,565}$	
$g_4 = 1,2$	$N_{GE} = [m_{\max} \cdot (g - 1) \cdot n_C + 25 - 20 \cdot g]$ $N_{GE} = 0,2 \cdot m_{\max} \cdot n_C + 1$	
$g_5 > 1,2$	$N_{GE} = m_{\max} \cdot (g - 1) \cdot n_C$	
Giá trị giữa	$N_{GE,g} = N_{GE,g_i} + \frac{N_{GE,g_{i+1}} - N_{GE,g_i}}{g_{i+1} - g_i} (g - g_i)$	Nội suy giá trị g trong khoảng $g_i < g < g_{i+1}$
<p>Trong đó:</p> <p>g: Mức độ bão hòa</p>		

$N_{GE}$  : Chiều dài hàng chờ trung bình tại cuối thời gian đèn xanh (xe)

$m_{\max}$  : Số lượng phương tiện lớn nhất có thể thoát nút trong khoảng thời gian đèn xanh

$$m_{\max} = t_x \cdot S / 3600 \text{ (xe)}$$

$m_{tb}$  : Số lượng phương tiện trung bình đến nút trong thời gian một chu kỳ  $m_{tb} = q \cdot t_C / T$  (xe)

$n_C$  : Số lượng chu kỳ đèn trong khoảng thời gian khảo sát T

$T$  : Thời gian khảo sát  $T = n_C \cdot t_C$  (s)

$t_C$  : Thời gian chu kỳ (s)

Mức độ bão hòa của dòng xe được tính như sau:

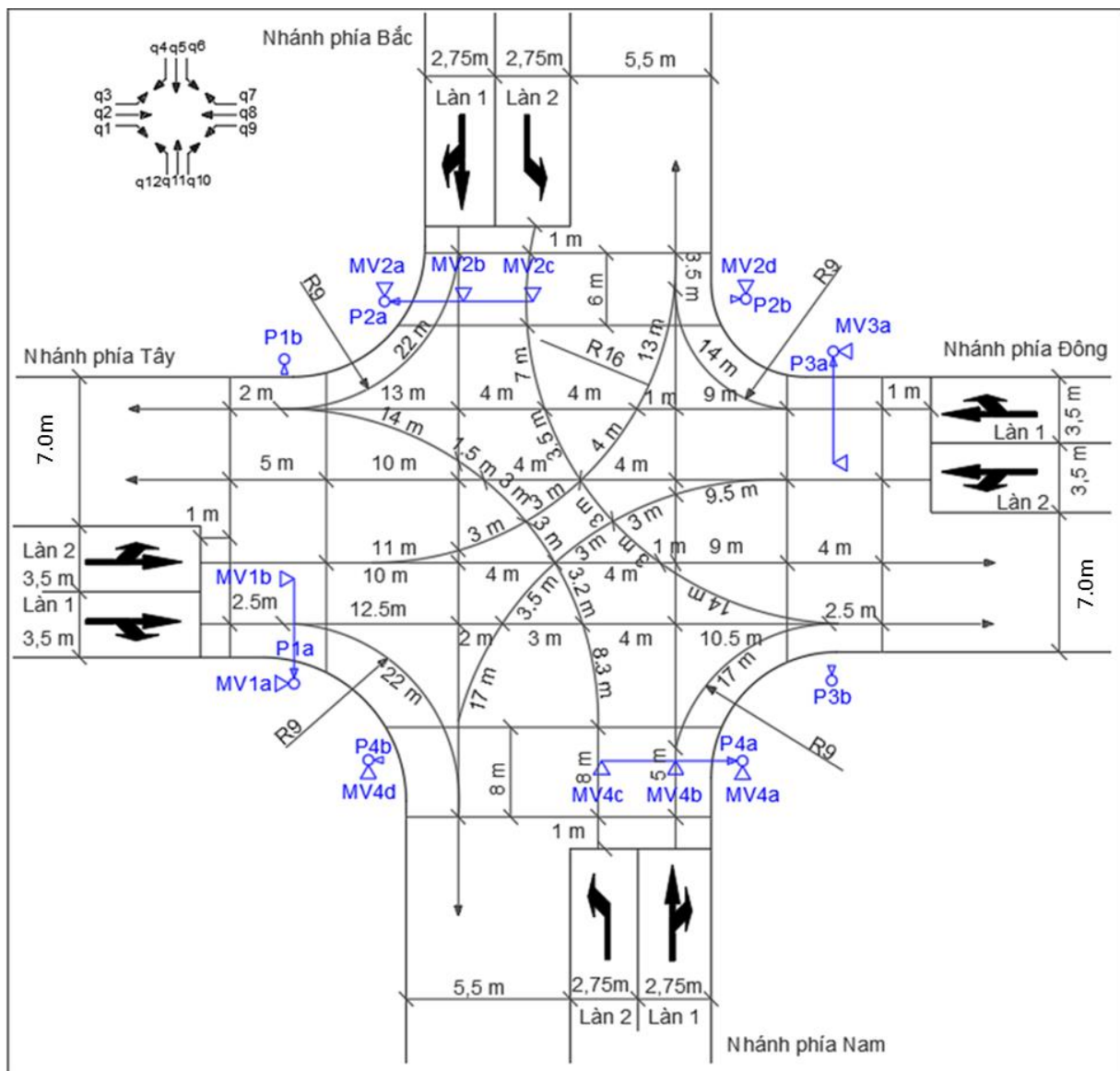
$$g = \frac{q}{S \cdot f} \quad (F-36)$$

Trong đó:

$g$	:	Mức độ bão hòa	[-]
$f$	:	Tỉ lệ thời gian xanh có hiệu	[-]
$q$	:	Lưu lượng thực tế	[PCU/h]
$S$	:	Lưu lượng dòng bão hòa	[PCU/h]

## PHỤ LỤC G - VÍ DỤ THIẾT KẾ MỘT NÚT GIAO THÔNG (tham khảo)

**Số liệu ban đầu:** một nút ngã tư với 12 hướng chuyển động (rẽ trái, rẽ phải và đi thẳng) được đánh số từ 1 đến 12, với các kích thước như được thể hiện trong hình vẽ dưới đây:



Hình 54: Mặt bằng nút giao thông

- Chú thích:**
- MV1a, MV1b....: đèn tín hiệu dành cho xe cơ giới thuộc cụm tín hiệu số 1
  - P1a, P1b...: đèn tín hiệu dành cho người đi bộ thuộc cụm tín hiệu số 1
  - R9: bán kính rẽ của một hướng chuyển động là 9 mét
  - 1,0m hoặc 6,0m,...: khoảng cách giữa hai điểm cụ thể trên bản vẽ

**Yêu cầu:** Tính toán, thiết kế chương trình đèn tín hiệu phù hợp tại nút. Tính toán mức độ phục vụ tại nút.

## G.1 Khảo sát lưu lượng giao thông

Số liệu khảo sát lưu lượng giao thông theo các loại phương tiện trong một giờ được tổng hợp trong bảng sau:

Bảng 7: Giá trị tổng hợp lưu lượng theo các hướng chuyển động

Thời gian: 8h:00 – 9h:00

Địa điểm: Nút giao A

Thời tiết: Nắng

Nhân viên điều tra: Nguyễn Văn A

Giám sát viên: Nguyễn Văn B

Hướng	Xe đạp	Xe máy	Ô tô con	Xe tải 2 trục & Xe khách dưới 25 chỗ	Xe tải 3 trục trở lên	Xe buýt	Tổng (xe/h)	Tổng (PCU/h)
q1	4	203	18	0	0	0	225	<b>70</b>
q2	6	3950	153	22	5	5	4141	<b>1200</b>
q3	3	157	10	0	0	0	170	<b>50</b>
q4	3	213	6	0	0	0	222	<b>60</b>
q5	4	1295	150	6	2	4	1461	<b>500</b>
q6	3	229	2	0	0	0	234	<b>60</b>
q7	4	215	20	0	0	0	239	<b>75</b>
q8	3	1517	193	15	10	5	1743	<b>630</b>
q9	4	295	12	0	0	0	311	<b>87</b>
q10	2	126	8	0	0	0	136	<b>40</b>
q11	6	941	92	4	2	4	1049	<b>350</b>
q12	2	138	0	0	0	0	140	<b>35</b>

Mỗi hướng chuyển động được ký hiệu từ q1 đến q12 có một lưu lượng tương ứng tính bằng phương tiện và quy đổi về PCU/h.

Phân tích sơ bộ kết quả đếm lưu lượng giao thông:

- Lưu lượng giao thông trên hướng chính vào nút (q1, q2 và q3): 1320 PCU/giờ
- Lưu lượng giao thông trên hướng phụ vào nút (q4, q5 và q6): 620 PCU/giờ
- Tổng lưu lượng giao thông trên 02 hướng vào nút: 1940 PCU/giờ

Giả thiết lưu lượng người đi bộ qua nút là 5 người cho mỗi hướng trong mỗi chu kỳ.

Bán kính cong rẽ phải là 9m, bán kính cong rẽ trái là 16m.

Độ dốc dọc của các nhánh vào nút là 2%.

Các ký hiệu về dòng xe tại nút từ q1 đến q12 được mô tả trong bản vẽ mặt bằng.

## G.2 Khảo sát an toàn giao thông

Thu thập số liệu thống kê trước đó từ cảnh sát giao thông và Tính toán hệ số tai nạn tương đối ( $K_n$ ) trên  $10^6$  xe.

Ví dụ tính toán hệ số tai nạn tương đối ( $K_n$ )

$$K_n = \frac{G \cdot 10^7 \cdot K_a}{M \cdot 25}$$

- Số vụ tai nạn trong 1 năm tại nút giao: Giả thiết  $G = 5$  vụ/năm.
- Hệ số không đồng đều trong năm ( $K_a$ ): Lấy bằng  $1/12 = 0,083$
- Tổng lưu lượng giao thông vào nút ( $M$ : xe/ngày đêm): Giả thiết lưu lượng giao thông vào thời điểm khảo sát (8h:00-9h:00) tương đương 8% lưu lượng xe/ngày đêm.

$$M = \sum(q_1, q_2, q_3, q_4, q_5, q_6) \cdot 100/8 = 6453 \cdot 100/8 = 80.663 \text{ xe/ngày đêm.}$$

- Hệ số tai nạn tương đối

$$K_n = (5 \cdot 10^7 \cdot 0,083) / (25 \cdot 80663) = 2,06 \text{ (Vụ/ } 10^6 \text{ xe)}$$

Nhận xét: Nút giao có lưu lượng giao thông không lớn với hệ số tai nạn tương đối  $K_n = 2,06$  ( $< 3$ )  $\rightarrow$  Nút giao không nguy hiểm.

### G.3 Lựa chọn số lượng pha đèn tín hiệu

Việc lựa chọn số lượng pha cho chương trình điều khiển đèn tín hiệu được đề cập trong phần 6,4 của tiêu chuẩn này. Tại ví dụ này một số chỉ tiêu quyết định lựa chọn số lượng pha đèn cần thiết như sau:

- Lưu lượng các dòng giao thông rẽ trái ( $q_3, q_6, q_9$  và  $q_{12}$ ) là nhỏ so với tổng lưu lượng xe trên mỗi nhánh vào nút, Tỷ lệ dòng rẽ trái đều nhỏ hơn 10%. Nên không nhất thiết phải bố trí làn rẽ trái và phe rẽ trái riêng.
- Nút giao thông có hệ số tai nạn tương đối nhỏ và không nguy hiểm.

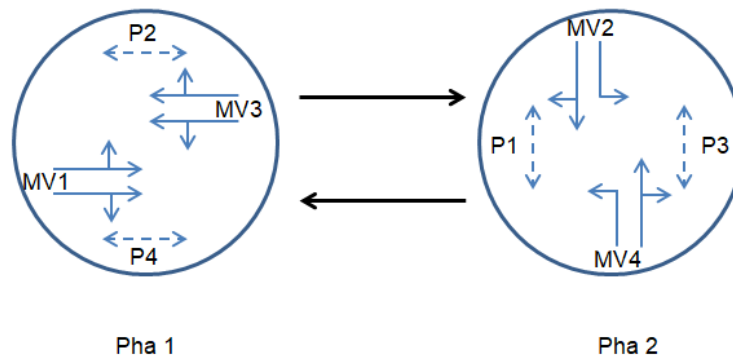
**Nhận xét:** Đối với ví dụ này, lựa chọn chương trình điều khiển có 2 pha để thực hiện các bước tính toán thời gian chu kỳ đèn.

Có thể gán các cụm tín hiệu giao thông như sau:

- MV1 là tín hiệu điều khiển dòng giao thông  $q_1, q_2$  và  $q_3$
- MV2 là tín hiệu điều khiển dòng giao thông  $q_4, q_5$  và  $q_6$
- MV3 là tín hiệu điều khiển dòng giao thông  $q_7, q_8$  và  $q_9$
- MV4 là tín hiệu điều khiển dòng giao thông  $q_{10}, q_{11}$  và  $q_{12}$
- P1, P2, P3, P4, là tín hiệu điều khiển dòng đi bộ thuộc cùng một cụm tín hiệu với MV1, MV2, MV3, MV4

Đối với chương trình điều khiển đèn tín hiệu 2 pha, các dòng giao thông được phép di chuyển đồng thời trong một pha tín hiệu có thể thiết lập như sau:

- Pha 1: MV1 ( $q_1, q_2, q_3$ ), MV3 ( $q_7, q_8, q_9$ ), P2 và P4
- Pha 2: MV2 ( $q_4, q_5, q_6$ ), MV4 ( $q_{10}, q_{11}, q_{12}$ ), P1 và P3

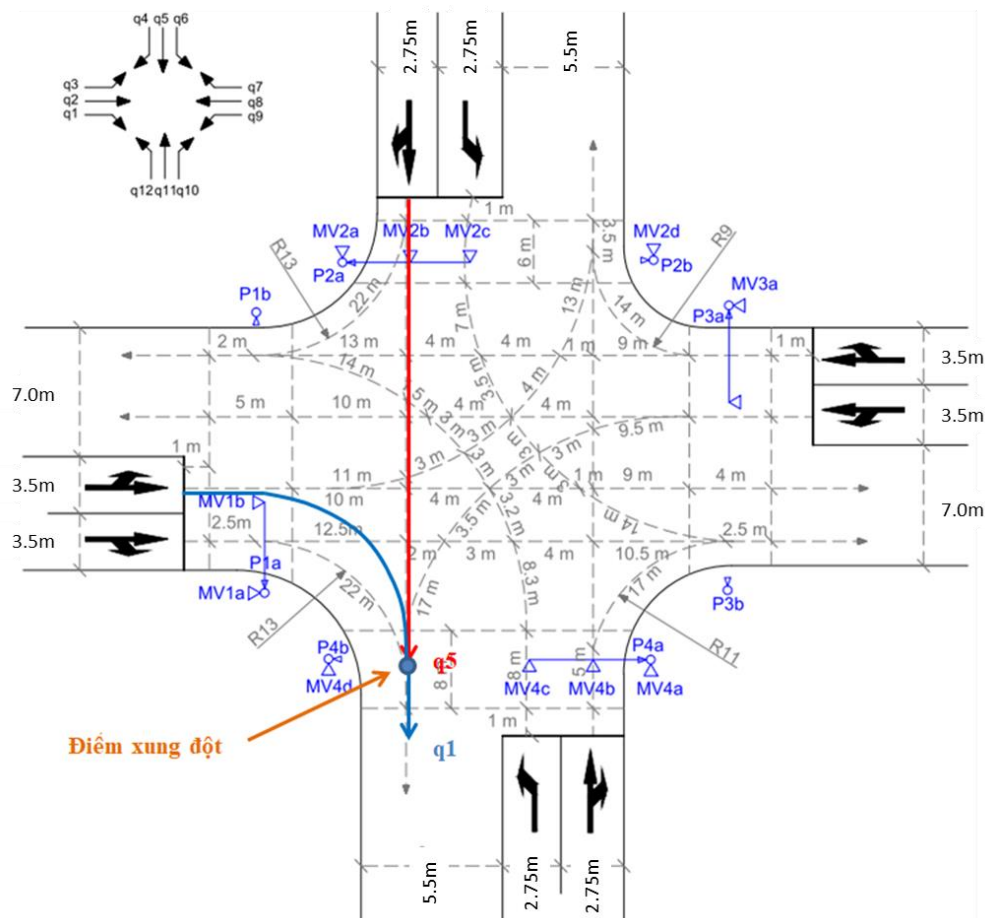


Hình 55: Kết hợp các dịch chuyển được phép trong một pha tín hiệu của chương trình tín hiệu 2 pha

#### G.4 Phân tích các xung đột tại nút

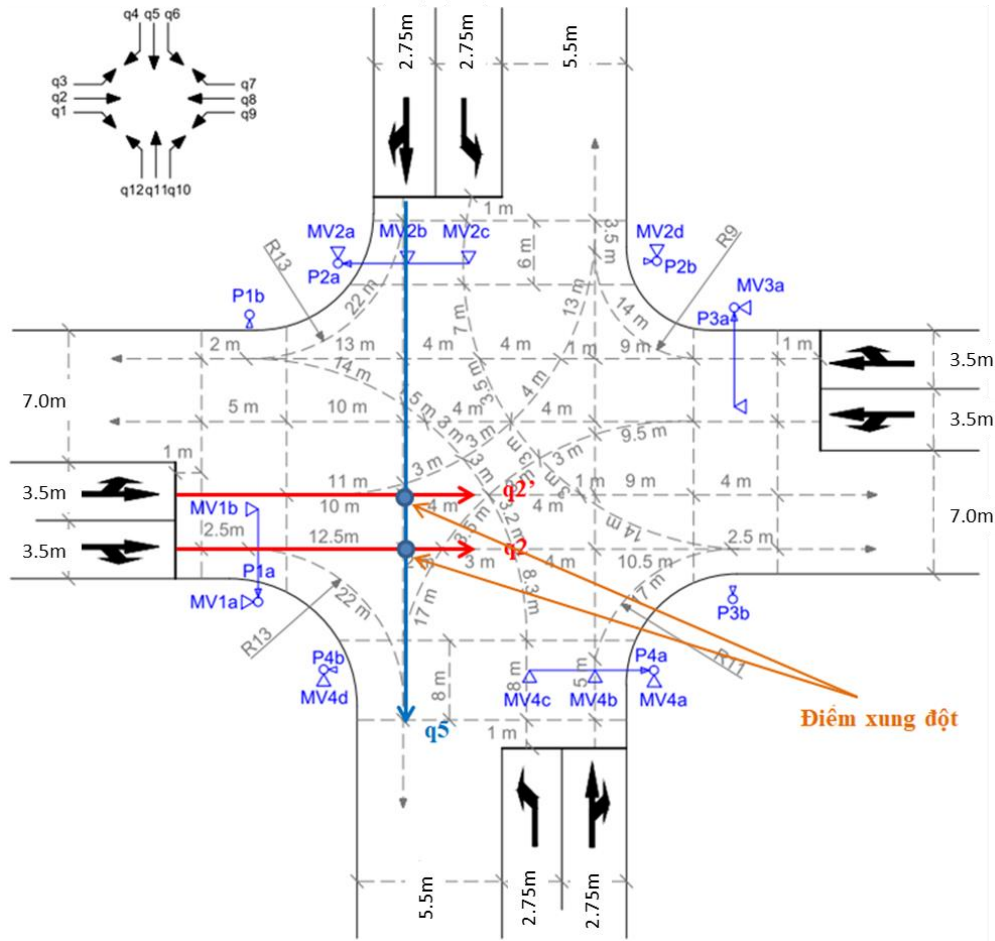
Khi áp dụng một chương trình điều khiển đèn tín hiệu nào đó vào một nút giao, sẽ xuất hiện các điểm xung đột trong lòng nút giữa dòng giao thông thoát nút và dòng giao thông nhập nút.

Khi xem xét các xung đột tại nút, chủ yếu xem xét xung đột giữa ô tô – ô tô do các loại phương tiện khác đã được quy đổi về xe con tiêu chuẩn (PCU).





Lấy ví dụ q2 là dòng thoát nút, q5 là dòng nhập nút, ta có hai điểm xung đột như sau:



Trong ví dụ này, có 56 xung đột có thể xảy ra trong nút giao thông và chúng được tổng hợp trong Bảng 8.

## G.5 Tính thời gian xen kẽ

Các trường hợp tính toán thời gian xen kẽ đã được trình bày trong Phụ lục D. Ở đây, chủ yếu xem xét 3 trường hợp là:

- Trường hợp 1: Các phương tiện thoát nút chạy thẳng
- Trường hợp 2: Các phương tiện thoát nút chuyển hướng

a. Ví dụ tính toán trong trường hợp dòng q1 thoát nút, q5 nhập nút:

- q1, ô tô - q5, ô tô:

Dòng q1 là dòng ô tô rẽ phải ( $R = 9\text{m}$ ) và dòng q5 là dòng ô tô đi thẳng nên ở đây tính toán theo trường hợp 2.

- Thời gian vượt:  $t_{vu} = 2$  [giây]
- Vận tốc thoát nút:  $v_{th} = 5$  [m/s] (do  $R < 10\text{m}$ )
- Quãng đường thoát nút cơ bản:  $l_0 = 1 + 2,5 + 22 = 25,5$  [m]
- Chiều dài phương tiện:  $l_{pt} = 6$  [m] (xe ô tô)

Như vậy, thời gian vượt và thời gian thoát nút là:

$$t_{vu} + t_{th} = 2 + \frac{l_0 + l_{pt}}{5} = 2 + \frac{25,5 + 6}{5} = 8,3 \text{ [s]}$$

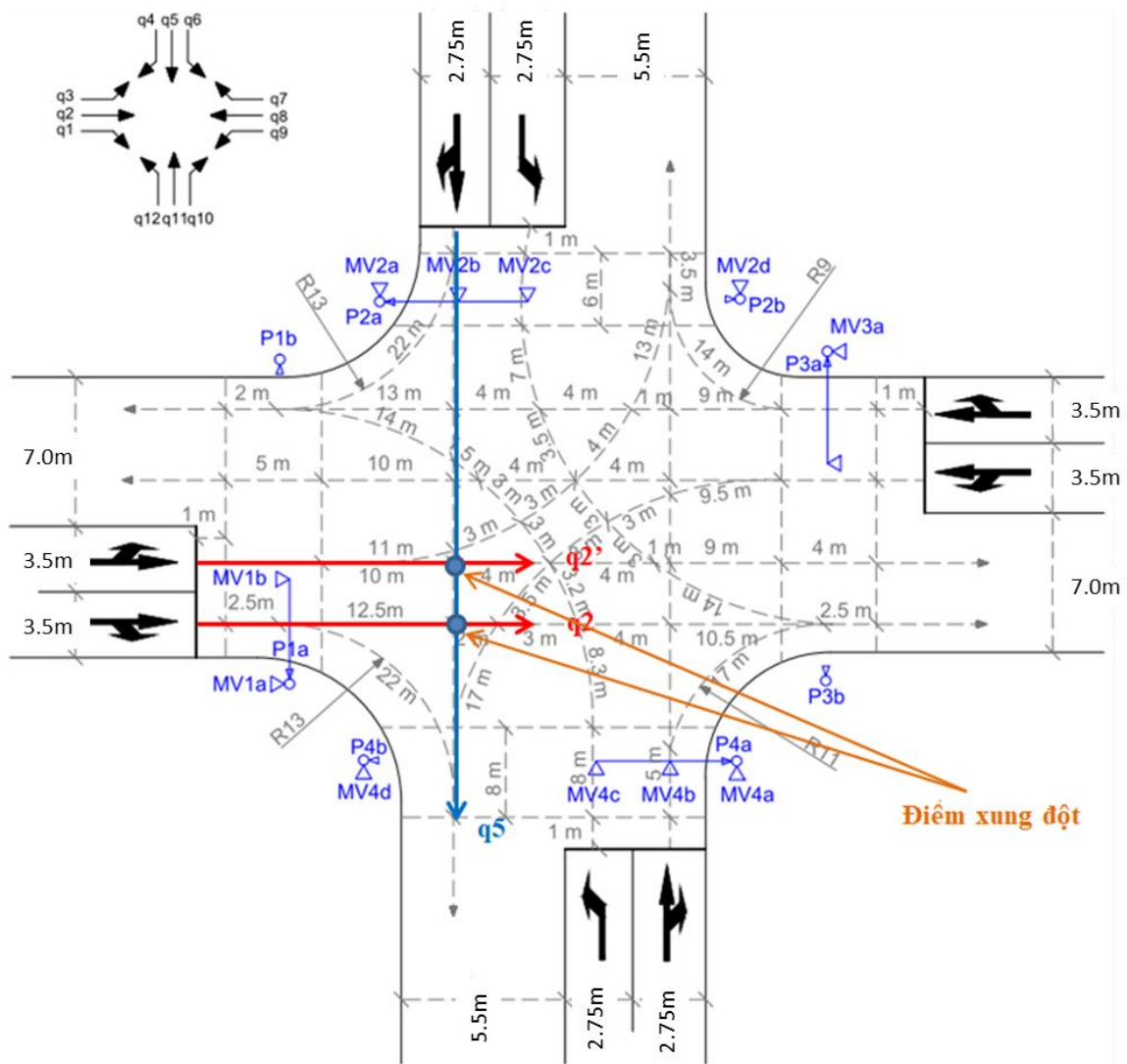
- Quãng đường nhập nút:  $l_{nn} = 1 + 6 + 6,5 + 2 + 1 + 4 + 1 + 3 + 16 = 40,5 \text{ [m]}$
- Vận tốc nhập nút:  $v_{nn} = 40 \text{ [km/h]} = 11,1 \text{ [m/s]}$
- Thời gian nhập nút:  $t_{nn} = \frac{l_{nn}}{v_{nn}} = \frac{40,5}{11,1} = 3,6 \text{ [s]}$

Thời gian xen kẽ là:

$$t_{xk} = t_{vu} + t_{th} - t_{nn} = 8,3 - 3,6 = 4,7 \text{ [s]}$$

b. Ví dụ tính toán trong trường hợp dòng q2 thoát nút, q5 nhập nút

- **q2, ô tô - q5, ô tô:** Dòng q2 có thể xung đột với dòng q5 tại 2 điểm.



Áp dụng trường hợp 1 để tính toán, ta có:

- Thời gian vượt:  $t_{vu} = 3 \text{ [giây]}$
- Vận tốc thoát nút:  $v_{th} = 10 \text{ [m/s]}$

- Quãng đường thoát nút cơ bản:

$$\text{Điểm xung đột 1: } l_0 = 1 + 2,5 + 12,5 = 16 \text{ [m]}$$

$$\text{Hoặc điểm xung đột 2: } l_0 = 1 + 5 + 10 = 16 \text{ [m]}$$

- Chiều dài phương tiện:  $l_{pt} = 6 \text{ [m]}$  (xe ô tô)

Như vậy, thời gian vượt và thời gian thoát nút là:

$$t_{vu} + t_{th} = 3 + \frac{l_0 + l_{pt}}{10} = 3 + \frac{16 + 6}{10} = 5,2 \text{ [s]}$$

- Quãng đường nhập nút:

$$\text{Điểm xung đột 1: } l_{nn} = 1 + 6 + 6,5 + 2 + 1 + 4 + 1 + 3 = 24,5 \text{ [m]}$$

$$\text{Hoặc điểm xung đột 2: } l_{nn} = 1 + 6 + 6,5 + 2 + 1 + 4 + 1 = 21,5 \text{ [m]}$$

- Vận tốc nhập nút:  $v_{nn} = 40 \text{ [km/h]} = 11,1 \text{ [m/s]}$
- Thời gian nhập nút:  $t_{nn} = \frac{l_{nn}}{v_{nn}} = \frac{24,5}{11,1} = 2,2 \text{ [s]}$  hoặc  $\frac{l_{nn}}{v_{nn}} = \frac{21,5}{11,1} = 1,9 \text{ [s]}$

Thời gian xen kẽ là:

$$t_{xk} = t_{vu} + t_{th} - t_{nn} = 5,2 - 2,2 = 3,0 \text{ [s]}$$

Hoặc:

$$t_{xk} = t_{vu} + t_{th} - t_{nn} = 5,2 - 1,9 = 3,3 \approx 3,0 \text{ [s]}$$

Tính toán tương tự cho các trường hợp khác, thu được tất cả các giá trị thời gian xen kẽ như trong bảng sau:

Bảng 8: Thời gian xen kẽ của tất cả các trường hợp xung đột

STT	Dòng xe thoát nút			Dòng xe nhập nút			Thời gian xen kẽ [s]
	Cụm tín hiệu	Hướng chuyển động & Loại phương tiện	Hướng	Cụm tín hiệu	Hướng chuyển động & Loại phương tiện	Hướng	
1	MV1	q1, ô tô	Rẽ phải	MV2	q5, ô tô	Đi thẳng	4,7 làm tròn thành 5 giây
2	MV1	q2, ô tô	Đi thẳng	MV2	q5, ô tô	Đi thẳng	3
3	MV1	q2, ô tô	Đi thẳng	MV2	q5, ô tô	Đi thẳng	3
4	MV1	q2, ô tô	Đi thẳng	MV2	q6, ô tô	Rẽ trái	4

STT	Dòng xe thoát nút			Dòng xe nhập nút			Thời gian xen kẽ [s]
	Cụm tín hiệu	Hướng chuyển động & Loại phương tiện	Hướng	Cụm tín hiệu	Hướng chuyển động & Loại phương tiện	Hướng	
5	MV1	q2, ô tô	Đi thẳng	MV2	q6, ô tô	Rẽ trái	4
6	MV1	q3, ô tô	Rẽ trái	MV2	q5, ô tô	Đi thẳng	3
7	MV1	q3, ô tô	Rẽ trái	MV2	q6, ô tô	Rẽ trái	5
8	MV1	q3, ô tô	Rẽ trái	MV4	q12, ô tô	Rẽ trái	4
9	MV2	q5, ô tô	Đi thẳng	MV1	q1, ô tô	Rẽ phải	5
10	MV2	q5, ô tô	Đi thẳng	MV1	q2, ô tô	Đi thẳng	5
11	MV2	q5, ô tô	Đi thẳng	MV1	q2, ô tô	Đi thẳng	4
12	MV2	q5, ô tô	Đi thẳng	MV1	q3, ô tô	Rẽ trái	4
13	MV2	q6, ô tô	Rẽ trái	MV1	q2, ô tô	Đi thẳng	5
14	MV2	q6, ô tô	Rẽ trái	MV1	q2, ô tô	Đi thẳng	4
15	MV2	q6, ô tô	Rẽ trái	MV1	q3, ô tô	Rẽ trái	3
16	MV2	q4, ô tô	Rẽ phải	MV3	q8, ô tô	Đi thẳng	5
17	MV3	q8, ô tô	Đi thẳng	MV2	q6, ô tô	Rẽ trái	4
18	MV3	q8, ô tô	Đi thẳng	MV2	q6, ô tô	Rẽ trái	4
19	MV3	q9, ô tô	Rẽ trái	MV2	q5, ô tô	Đi thẳng	5
20	MV3	q9, ô tô	Rẽ trái	MV2	q6, ô tô	Rẽ trái	4
21	MV3	q7, ô tô	Rẽ phải	MV4	q11, ô tô	Đi thẳng	4
22	MV3	q8, ô tô	Đi thẳng	MV4	q11, ô tô	Đi thẳng	2
23	MV3	q8, ô tô	Đi thẳng	MV4	q11, ô tô	Đi thẳng	3
24	MV3	q8, ô tô	Đi thẳng	MV4	q12, ô tô	Rẽ trái	3
25	MV3	q8, ô tô	Đi thẳng	MV4	q12, ô tô	Rẽ trái	3
26	MV4	q12, ô tô	Rẽ trái	MV1	q3, ô tô	Rẽ trái	4

STT	Dòng xe thoát nút			Dòng xe nhập nút			Thời gian xen kẽ [s]
	Cụm tín hiệu	Hướng chuyển động & Loại phương tiện	Hướng	Cụm tín hiệu	Hướng chuyển động & Loại phương tiện	Hướng	
27	MV4	q11, ô tô	Đi thẳng	MV3	q7, ô tô	Rẽ phải	6
28	MV4	q11, ô tô	Đi thẳng	MV3	q8, ô tô	Đi thẳng	5
29	MV4	q11, ô tô	Đi thẳng	MV3	q8, ô tô	Đi thẳng	5
30	MV1	q2, ô tô	Đi thẳng	MV4	q10, ô tô	Rẽ phải	5
31	MV1	q2, ô tô	Đi thẳng	MV4	q11, ô tô	Đi thẳng	5
32	MV1	q2, ô tô	Đi thẳng	MV4	q11, ô tô	Đi thẳng	4
33	MV1	q2, ô tô	Đi thẳng	MV4	q12, ô tô	Rẽ trái	4
34	MV1	q2, ô tô	Đi thẳng	MV4	q12, ô tô	Rẽ trái	4
35	MV1	q3, ô tô	Rẽ trái	MV4	q11, ô tô	Đi thẳng	5
36	MV2	q4, ô tô	Rẽ phải	MV3	q8, ô tô	Đi thẳng	5
37	MV2	q5, ô tô	Đi thẳng	MV3	q8, ô tô	Đi thẳng	3
38	MV2	q5, ô tô	Đi thẳng	MV3	q8, ô tô	Đi thẳng	3
39	MV2	q5, ô tô	Đi thẳng	MV3	q9, ô tô	Rẽ trái	4
40	MV2	q6, ô tô	Rẽ trái	MV3	q8, ô tô	Đi thẳng	4
41	MV2	q6, ô tô	Rẽ trái	MV3	q8, ô tô	Đi thẳng	3
42	MV2	q6, ô tô	Rẽ trái	MV3	q9, ô tô	Rẽ trái	4
43	MV3	q8, ô tô	Đi thẳng	MV2	q4, ô tô	Rẽ phải	5
44	MV3	q8, ô tô	Đi thẳng	MV2	q5, ô tô	Đi thẳng	4
45	MV3	q9, ô tô	Rẽ trái	MV4	q11, ô tô	Đi thẳng	3
46	MV3	q9, ô tô	Rẽ trái	MV4	q12, ô tô	Rẽ trái	4
47	MV4	q10, ô tô	Rẽ phải	MV1	q2, ô tô	Đi thẳng	5
48	MV4	q11, ô tô	Đi thẳng	MV1	q2, ô tô	Đi thẳng	3

STT	Dòng xe thoát nút			Dòng xe nhập nút			Thời gian xen kẽ [s]
	Cụm tín hiệu	Hướng chuyển động & Loại phương tiện	Hướng	Cụm tín hiệu	Hướng chuyển động & Loại phương tiện	Hướng	
49	MV4	q11, ô tô	Đi thẳng	MV1	q2, ô tô	Đi thẳng	3
50	MV4	q11, ô tô	Đi thẳng	MV1	q3, ô tô	Rẽ trái	4
51	MV4	q12, ô tô	Rẽ trái	MV1	q2, ô tô	Đi thẳng	4
52	MV4	q12, ô tô	Rẽ trái	MV1	q2, ô tô	Đi thẳng	3
53	MV4	q11, ô tô	Đi thẳng	MV3	q9, ô tô	Rẽ trái	5
54	MV4	q12, ô tô	Rẽ trái	MV3	q8, ô tô	Đi thẳng	6
55	MV4	q12, ô tô	Rẽ trái	MV3	q8, ô tô	Đi thẳng	5
56	MV4	q12, ô tô	Rẽ trái	MV3	q9, ô tô	Rẽ trái	4

Đối với mỗi cặp tín hiệu thoát nút – nhập nút, ta thu được nhiều kết quả tính toán thời gian xen kẽ khác nhau. Tuy nhiên, để đảm bảo an toàn khi thiết kế đèn tín hiệu, chỉ chọn giá trị thời gian xen kẽ ( $t_{xk}$ ) lớn nhất. Ví dụ như với cặp tín hiệu MV1 kết thúc (dòng thoát nút) – tín hiệu MV2 bắt đầu (dòng nhập nút) thì  $t_{xk(\max)} = 5 (s)$ .

Lập được ma trận thời gian xen kẽ như sau:

Tín hiệu bắt đầu									
Tín hiệu kết thúc		MV1	MV2	MV3	MV4	P1	P2	P3	P4
	MV1		5		5				
	MV2	5		4					
	MV3		5		4				
	MV4	4		6					
	P1								
	P2								
	P3								
	P4								

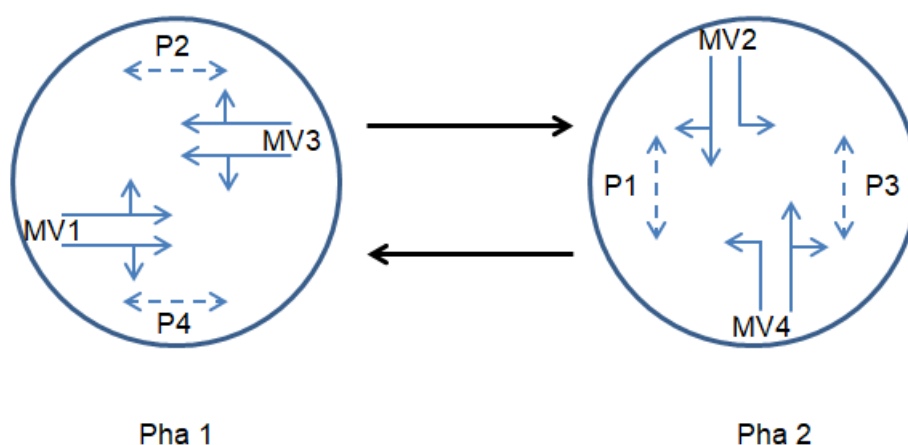
Tổng thời gian xen kẽ của chương trình điều khiển đèn tín hiệu giao thông 2 pha được xác định như trong bảng sau:

Bảng 9: Tổng thời gian xen kẽ

Pha		Cụm tín hiệu		$t_{xk}$ [s]	$t_{xk}$ phù hợp [s]
Kết thúc	Bắt đầu	Kết thúc	Bắt đầu		
I	II	MV1	MV2	5	5
		MV1	MV4	5	
		MV3	MV2	5	
		MV3	MV4	4	
II	I	MV2	MV1	5	6
		MV2	MV3	4	
		MV4	MV1	4	
		MV4	MV3	6	
Tổng thời gian xen kẽ					11

## G.6 Thiết kế chuỗi pha

Như đã đề cập ngay từ phần lựa chọn số lượng pha đèn tín hiệu, đây sẽ là chương trình điều khiển 2 pha hoạt động theo trình tự sau:



Hình 56 Trình tự điều khiển 2 pha

## G.7 Tính toán dòng bão hòa

Áp dụng phương pháp tính được trình bày trong phụ lục F. Lưu lượng dòng bão hòa cho các dòng xe sau khi tính toán được trình bày trong bảng sau:

Bảng 10: Lưu lượng dòng bão hòa điều chỉnh

Lưu lượng		Hệ số điều chỉnh										
Dòng	q	b	$f_b$	r	$f_r$	d	$f_d$	$f_1$	$f_2$	$t_{H,0}$	$t_H$	S
	[PCU/h]	m	[-]	[m]	[-]	[%]	[-]	[-]	[-]	[s]	[s]	[PCU/h]
			Hình 42		Hình 43		Hình 44	(F-2)	(F-2)		(F-2)	(F-1)
q1	70	3,5	1	9	1,16	2	1,06	1,16	1	1,8	2,09	1.724
q2	1200	3,5	1	-	1	2	1,06	1,06	1	1,8	1,91	1.887
q3	50	3,5	1	16	1,06	2	1,06	1,06	1	1,8	1,91	1.887
q4	60	2,75	1,09	9	1,16	2	1,06	1,16	1	1,8	2,09	1.724
q5	500	2,75	1,09	-	1	2	1,06	1,09	1	1,8	1,96	1.835
q6	60	2,75	1,09	16	1,06	2	1,06	1,09	1	1,8	1,96	1.835
q7	75	3,5	1	9	1,16	2	1,06	1,16	1	1,8	2,09	1.724
q8	630	3,5	1	-	1	2	1,06	1,06	1	1,8	1,91	1.887
q9	87	3,5	1	16	1,06	2	1,06	1,06	1	1,8	1,91	1.887
q10	40	2,75	1,09	9	1,16	2	1,06	1,16	1	1,8	2,09	1.724
q11	350	2,75	1,09	-	1	2	1,06	1,09	1	1,8	1,96	1.835
q12	35	2,75	1,09	16	1,06	2	1,06	1,09	1	1,8	1,96	1.835

## G.8 Tính lưu lượng bão hòa đối với làn giao thông hỗn hợp

Nhánh	Làn	Dòng xe trên làn	Mô tả	Lưu lượng, q (PCU/h)		Lưu lượng bão hòa, S (PCU/h)	
Phía Tây	1	1,2	Đi thẳng và rẽ phải	$q_{21} + q_1$	?	$S_{12}$	?
	2	2,3	Đi thẳng và rẽ trái	$q_{22} + q_1$	?	$S_{23}$	?
Phía Bắc	1	4,5	Đi thẳng và rẽ phải	$q_4 + q_5$	560	$S_{45}$	?
	2	6	Rẽ trái	$q_6$	60	$S_6$	1.835
Phía Đông	1	7,8	Đi thẳng và rẽ phải	$q_{81} + q_7$	?	$S_{78}$	?
	2	8,9	Đi thẳng và rẽ trái	$q_{82} + q_9$	?	$S_{89}$	?
Phía Nam	1	10,11	Đi thẳng và rẽ phải	$q_{10} + q_{11}$	390	$S_{10,11}$	?
	2	12	Rẽ trái	$q_{12}$	35	$S_{12}$	1.835

$q_{21}; q_{22}$  là lưu lượng dòng đi thẳng ở làn 1 và làn 2 tại nhánh phía Tây

$q_{81}; q_{82}$  là lưu lượng dòng đi thẳng ở làn 1 và làn 2 tại nhánh phía Đông

**Nhánh phía Tây:** Có 2 làn hỗn hợp trên nhánh, áp dụng cách tính 4 bước trong phần F.2.2

	Tham số		Công thức tính	Lưu lượng bão hòa	
	(PCU/h)			(PCU/h)	



Bước 1	$S_{12}$	Giả sử	$S_{12} = \frac{1724 + 1887}{2}$	1805,5	
	$S_{23}$	Giả sử	$S_{23} = \frac{1887 + 1887}{2}$	1887	
Bước 2	$q_{21}$	(F-8)	$q_{21} = \frac{(1200 + 50) \times 1805,5 - 70 \times 1887}{1805,5 + 1887}$	575	
	$q_{22}$	(F-8)	$q_{22} = 1200 - 575$	625	
Bước 3	$a_{11}$	(F-10)	$a_{11} = \frac{575}{575 + 70}$	0,89	
	$a_{12}$	(F-10)	$a_{12} = \frac{70}{575 + 70}$	0,11	
	$a_{21}$	(F-10)	$a_{21} = \frac{625}{625 + 50}$	0,93	
	$a_{22}$	(F-10)	$a_{22} = \frac{50}{625 + 50}$	0,07	
Bước 4	$S_{12}$	(F-4)	$S_{12} = \frac{1}{0,89/1887 + 0,11 / 1724}$	1868	
	$S_{23}$	(F-4)	$S_{12} = \frac{1}{0,93/1887 + 0,07 / 1887}$	1887	
Bước 2	$q_{21}$	(F-8)	$q_{21} = \frac{(1200 + 50) \times 1868 - 70 \times 1887}{1868 + 1887}$	587	Lệch 2,1%
	$q_{12}$	(F-8)	$q_{21} = 1200 - 587$	613	Lệch 1,9%

Như vậy có thể lấy lưu lượng bão hòa ở làn 1, làn 2 nhánh phía Tây là 1868 PCU/h và 1887 CPU/h

**Nhánh phía Bắc:** Có 1 làn hỗn hợp trên nhánh, áp dụng công thức (F-4)

$$a_{11} = \frac{q_4}{q_4 + q_5} = \frac{60}{60 + 500} = 0,11$$

$$a_{12} = \frac{q_5}{q_4 + q_5} = \frac{500}{60 + 500} = 0,89$$

$$S_{4,5} = \frac{1}{a_{11}/s_4 + a_{12}/s_5} = \frac{1}{0,11/1724 + 0,89/1835} = 1822 (PCU/h)$$

**Nhánh phía Đông:** Có 2 làn hỗn hợp trên nhánh, áp dụng cách tính 4 bước trong phần F.2.2

	Tham số		Công thức tính	Lưu lượng bão hòa	
	(PCU/h)			(PCU/h)	
Bước 1	$S_{78}$	Giả sử	$S_{12} = \frac{1724 + 1887}{2}$	1805,5	
	$S_{89}$	Giả sử	$S_{23} = \frac{1887 + 1887}{2}$	1887	

Bước 2	$q_{81}$	(F-8)	$q_{91} = \frac{(630 + 87) \times 1805,5 - 75 \times 1887}{1805,5 + 1887}$	312	
	$q_{82}$	(F-8)	$q_{92} = 630 - 312$	318	
Bước 3	$a_{11}$	(F-10)	$a_{11} = \frac{312}{312 + 75}$	0,81	
	$a_{12}$	(F-10)	$a_{12} = \frac{75}{312 + 75}$	0,19	
	$a_{21}$	(F-10)	$a_{21} = \frac{318}{318 + 87}$	0,79	
	$a_{22}$	(F-10)	$a_{22} = \frac{87}{318 + 87}$	0,21	
Bước 4	$S_{78}$	(F-4)	$S_{12} = \frac{1}{0,81/1887 + 0,19 / 1724}$	1854	
	$S_{89}$	(F-4)	$S_{12} = \frac{1}{0,79/1887 + 0,21 / 1887}$	1887	
Bước 2	$q_{81}$	(F-8)	$q_{21} = \frac{(630 + 87) \times 1854 - 75 \times 1887}{1854 + 1887}$	318	Lệch 1,9%
	$q_{82}$	(F-8)	$q_{21} = 630 - 318$	312	Lệch 1,9%

Như vậy có thể lấy lưu lượng bão hòa ở làn 1, làn 2 nhánh phía Đông là 1854 PCU/h và 1887 CPU/h

**Nhánh phía Nam:** Có 1 làn hỗn hợp trên nhánh, áp dụng công thức (F-4)

$$a_{11} = \frac{q_{10}}{q_{10} + q_{11}} = \frac{40}{40 + 350} = 0,1$$

$$a_{12} = \frac{q_{10}}{q_{10} + q_{11}} = \frac{350}{40 + 350} = 0,9$$

$$S_{10,11} = \frac{1}{a_{11}/s_{10} + a_{12}/s_{11}} = \frac{1}{0,1/1724 + 0,9/1835} = 1823 \text{ (PCU/h)}$$

## G.9 Tính toán hệ số lưu lượng và dòng đại diện của pha

Áp dụng công thức (6-7) và (6-8) để tính hệ số lưu lượng và hệ số lưu lượng của dòng đại diện trong pha.

Nhánh	Làn	Dòng xe trên làn	Lưu lượng (PCU/h)		Lưu lượng bão hòa, S (PCU/h)		Hệ số lưu lượng bi	Pha	Hệ số lưu lượng của dòng đại diện bp
Phía Tây	1	1,2	$q_{21} + q_1 = 676 + 70$	746	$S_{12}$	1868	0,399	1	<b>0,399</b>
	2	2,3	$q_{22} + q_1 = 524 + 50$	574	$S_{23}$	1887	0,304	1	
Phía	1	4,5	$q_4 + q_5 = 60 + 500$	560	$S_{45}$	1822	0,307	2	<b>0,307</b>

Bắc	2	6	$q_6$	60	$S_6$	1835	0,033	2	
Phía Đông	1	7,8	$q_{81} + q_7 = 318 + 75$	393	$S_{78}$	1854	0,212	1	
	2	8,9	$q_{82} + q_9 = 312 + 80$	392	$S_{89}$	1887	0,208	1	
Phía Nam	1	10,11	$q_{10} + q_{11} = 40 + 350$	390	$S_{10,11}$	1823	0,214	2	
	2	12	$q_{12}$	35	$S_{12}$	1835	0,019	2	

B là tổng giá trị lớn nhất của tỷ lệ giao thông các làn hỗn hợp ( $b_i$ ) trong mỗi pha đèn tín hiệu.

$b_1$ max (pha 1)	0,399
$b_2$ max (pha 2)	0,307
<b>B</b>	<b>0,706</b>

### G.10 Tính thời gian chu kỳ đèn

Thời gian chu kỳ đèn có thể được tính toán theo 2 cách:

- Chu kỳ đèn tối ưu hóa thời gian trễ:

$$t_c = \frac{1,5 \times t_{xk} + 5}{1 - B} = \frac{1,5 \times 11 + 5}{1 - 0,706} = 73 (s) \quad \text{làm tròn là 37 s}$$

- Chu kỳ đèn nhỏ nhất:

$$t_c = \frac{t_{xk}}{1 - B} = \frac{11}{1 - 0,706} = 75 (s)$$

Như vậy có thể chọn thời gian chu kỳ đèn là 75 giây.

### G.11 Tính thời gian đèn xanh cho mỗi pha

Thời gian xanh của pha 1 là:

$$t_{x,1} = \frac{b_1}{B} \times (t_c - t_{xk}) = \frac{0,399}{0,706} \times (75 - 11) = 36 (s)$$

Thời gian xanh của pha 2 là:

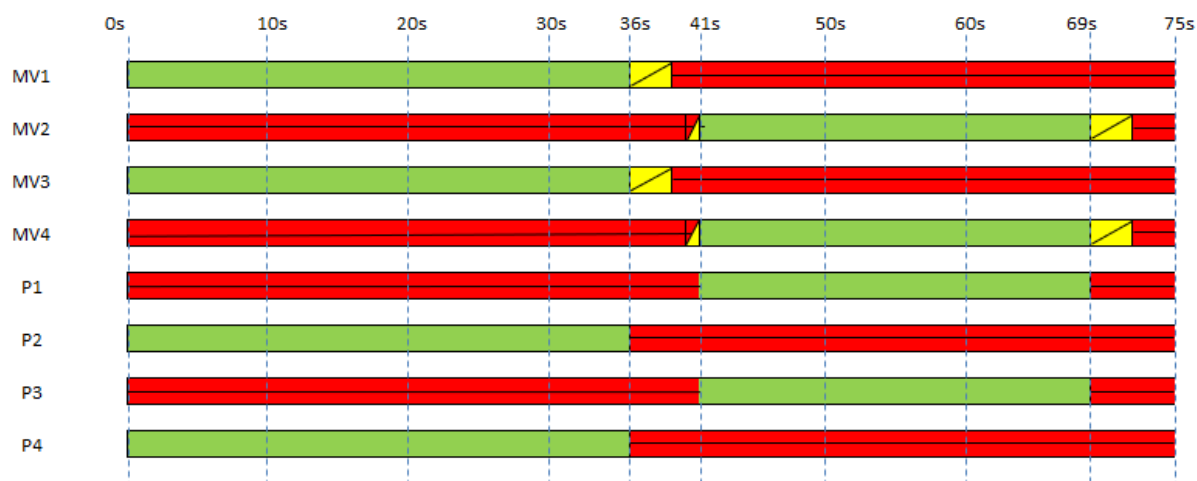
$$t_{x,2} = \frac{b_2}{B} \times (t_c - t_{xk}) = \frac{0,307}{0,706} \times (75 - 11) = 28 (s)$$

### G.12 Vẽ biểu đồ thời gian cho các cụm tín hiệu giao thông

Như vậy, kết quả tính toán cuối cùng của ví dụ này là một chương trình điều khiển đèn tín hiệu 2 pha với:

- Chu kỳ đèn: 75 giây
- Pha 1: thời gian xanh: 36 s; thời gian vàng: 3 s; thời gian đỏ: 35 s; Thời gian đỏ vàng: 1s

- Pha 2: thời gian xanh: 28 giây; thời gian vàng: 3 s; thời gian đỏ: 43s; Thời gian đỏ vàng: 1s



Hình 57: Biểu đồ thời gian cho các cụm tín hiệu giao thông

### G.13 Tính toán khả năng thông hành

Khả năng thông hành được tính toán cho mỗi lần của trên mỗi nhánh của nút giao.

Chương trình đèn tín hiệu 2 pha nên các dòng rẽ trái và rẽ phải đều được tín hiệu hóa không đảm bảo

**Tính toán khả năng thông hành cho các dòng đảm bảo hoàn toàn:** Dùng công thức (F-11) để tính toán

$$P_2 = \frac{t_{xh}}{t_c} \cdot S$$

	Thời gian xanh	Thời gian đèn xanh có hiệu	Thời gian chu kỳ	Lưu lượng bão hòa	Khả năng thông hành
Dòng xe	$t_x$	$t_{xh}$	$t_c$	S	P
	(s)	(s)	(s)	(PCU/h)	(PCU/h)
1	36	37	75	1.724	851
2	36	37	75	1.887	931
3	36	37	75	1.887	931
4	28	29	75	1.724	667
5	28	29	75	1.835	710
6	28	29	75	1.835	710
7	36	37	75	1.724	851
8	36	37	75	1.887	931
9	36	37	75	1.887	931

10	28	29	75	1.724	667
11	28	29	75	1.835	710
12	28	29	75	1.835	710

**Tính toán khả năng thông hành cho các dòng rẽ trái không đảm bảo:** Áp dụng phần F.3.2 để tính toán:

$$P_{rt} = \min \begin{cases} P_{pm} + P_{pc} + P_{pt} \\ P_{0,rt} \end{cases}$$

Dòng xe	$t_{xh}$	$t_c$	$f$	$q_0$	$P_{pm}$	$l_{crt}$	$l_{pt}$	$N_A$	$n_c$	$P_{pc}$	$P_{pt}$	$P_{0,rt}$	$P_{rt}$
	(s)	(s)	(-)	(PCU/h)	(PCU/h)	(m)	(m)	(PCU)	(-)	(PCU/h)	(PCU/h)	(PCU/h)	(PCU/h)
Công thức			(F-13)		Toán đồ Hình 48 và 49			(F-14)	(F14)	(F-14)	(F-11)		(F-11)
3	37	75	0,49	630	250	23	6	4	48	192	0	931	442
6	29	75	0,39	350	250	24,5	6	4	48	192	0	710	442
9	37	75	0,49	1200	0	20,5	6	3	48	144	0	931	144
12	29	75	0,39	500	120	28	6	5	48	240	0	710	360

**Tính toán khả năng thông hành cho các dòng rẽ phải không đảm bảo:** Áp dụng phần F.3.3 để tính toán:

$$P_{rp} = \min \begin{cases} \frac{t_{0,ped}}{t_c} \cdot S_{rp} + n_R \cdot n_C \\ P_{0,rp} \end{cases}$$

Dòng xe	$t_{xrp}$	$q_p$	$t_{occ}$	$l_{crp}$	$l_{pt}$	$n_R$	$t_{H,rp}$	$t_{0,ped}$	$t_c$	$S_{rp}$	$n_c$	$P_{0,rp}$	$P_{rp}$
	(s)	(người)	(s)	(m)	(m)	(PCU)	(s)	(s)	(s)	(PCU/h)	(-)	(PCU/h)	(PCU/h)
Công thức													
1	36	5	8	17,5	6	3	2,09	22	75	1724	48	851	644
4	28	5	8	17,5	6	3	2,09	14	75	1724	48	667	460
7	36	5	8	17,5	6	3	2,09	22	75	1724	48	851	644
10	28	5	8	17,5	6	4	2,09	12	75	1724	48	667	460

**Tính toán khả năng thông hành cho dòng hỗn hợp:** Áp dụng công thức (F-17) để tính toán:

$$P_{hh} = \frac{1}{\sum_{i=1}^k \frac{a_i}{P_i}}$$

Nhánh	Làn	Dòng xe trên làn	$a_t$	$a_{rt}$	$a_{rp}$	$P_t$	$P_{rt}$	$P_{rp}$	$P$
			(-)	(-)	(-)	(PCU/h)	(PCU/h)	(PCU/h)	(PCU/h)
Phía Tây	1	1,2	0,89	0	0,11	851	0	644	822
	2	2,3	0,93	0,07	0	851	442	0	799
Phía Bắc	1	4,5	0,89	0	0,11	710	0	460	670
	2	6	0	1	0	0	442	0	442
Phía Đông	1	7,8	0,81	0	0,19	931	0	644	858
	2	8,9	0,79	0,21	0	931	144	0	433
Phía Nam	1	10,11	0,9	0	0,1	710	0	460	673
	2	12	0	1	0	0	360	0	360
								<b>Tổng</b>	<b>5058</b>

Như vậy tổng khả năng thông hành của nút giao là 5058 PCU/h.

#### G.14 Tính thời gian trễ trung bình và LOS tại mỗi làn

Thời gian trễ cơ bản trên mỗi làn được tính theo công thức (F-22)

$$t_{w1} = \frac{t_c \cdot (1-f)^2}{2 \cdot (1-q/S)}$$

Nhánh	Làn	Dòng xe trên làn	$t_c$	$f$	$q$	$S$	$t_{w1}$
			(s)	(-)	(PCU/h)	(PCU/h)	(s)
Phía Tây	1	1,2	75	0,49	746	1868	16
	2	2,3	75	0,49	574	1887	14
Phía Bắc	1	4,5	75	0,39	560	1822	20
	2	6	75	0,39	60	1835	14
Phía Đông	1	7,8	75	0,49	393	1854	12
	2	8,9	75	0,49	392	1887	12
Phía Nam	1	10,11	75	0,39	390	1823	18
	2	12	75	0,39	35	1835	14

Thời gian trễ do tắc nghẽn được tính theo công thức (F-23)

$$t_{w2} = \frac{3600 \cdot N_{GE}}{f \cdot S}$$

Nhánh	Làn	Dòng xe trên làn	$f$	$q$	$S$	$g$	$g_i$	$N_{GE,i}$	$m_{tb}$	$g_j$	$N_{GE,j}$	$N_{GE}$	$t_{w2}$
			(-)	(PCU/h)	(PCU/h)	(-)	(-)	(PCU)	(PCU)	(-)	(PCU)	(PCU)	(s)

Phía Tây	1	1,2	0,49	746	1868	0,82	0,65	0	16	0,9	3	2	8
	2	2,3	0,49	574	1887	0,62						0	0
Phía Bắc	1	4,5	0,39	560	1822	0,79	0,65	0	12	0,9	3	2	10
	2	6	0,39	60	1835	0,08						0	0
Phía Đông	1	7,8	0,49	393	1854	0,43						0	0
	2	8,9	0,49	392	1887	0,42						0	0
Phía Nam	1	10,11	0,39	390	1823	0,55						0	0
	2	12	0,39	35	1835	0,05						0	0

Tính tổng thời gian trễ và mức độ phục vụ LOS trên mỗi làn của nút:

Nhánh	Làn	Dòng xe trên làn	$t_{w1}$	$t_{w2}$	$t_w$	LOS
			(s)	(s)	(s)	
Phía Tây	1	1,2	16	8	24	B
	2	2,3	14	0	14	A
Phía Bắc	1	4,5	20	10	30	B
	2	6	14	0	14	A
Phía Đông	1	7,8	12	0	12	A
	2	8,9	12	0	12	A
Phía Nam	1	10,11	18	0	18	B
	2	12	14	0	14	A

Như vậy mức độ phục vụ của nút giao là mức độ B (lấy mức thấp nhất trong tất cả các làn)

**PHỤ LỤC H - TỔNG HỢP CÁC SỐ LIỆU CẦN THIẾT ĐỂ THIẾT KẾ CHƯƠNG TRÌNH ĐIỀU KHIỂN ĐÈN TÍN HIỆU (THAM KHẢO)**

STT	Tên số liệu	Ký hiệu	Đơn vị	Mục đích thu thập số liệu	Nguồn
<b>I. Xác định trường hợp cần điều khiển giao thông bằng đèn tín hiệu</b>					
1	Bình đồ nút giao thông	-	-	Thiết kế tổ chức giao thông và đèn tín hiệu	Khảo sát địa hình
2	Các phương án tổ chức giao thông (biển báo, các chuyển động được phép, sơn kẻ mặt đường, gờ giảm tốc)	-	-	Thiết kế tổ chức giao thông và đèn tín hiệu	Khảo sát tổ chức giao thông
3	Số làn xe mỗi hướng	-	làn	Đánh giá sự cần thiết phải điều khiển giao thông bằng đèn tín hiệu	Khảo sát tổ chức giao thông
4	Bề rộng làn xe & Bề rộng mặt đường	-	m	Đánh giá sự cần thiết phải điều khiển giao thông bằng đèn tín hiệu; thiết kế và tổ chức nút giao (phân làn)	Thu thập từ bình đồ nút giao thông
5	Bán kính rẽ của phương tiện	r	m	Đánh giá sự cần thiết phải điều khiển giao thông bằng đèn tín hiệu; tính toán lưu lượng dòng bão hòa	Thu thập từ bình đồ nút giao thông
6	Chiều dài các làn rẽ ngắn ( làn rẽ trái, làn rẽ phải)	=	m	Tính toán chương trình tín hiệu phù hợp cho các dòng rẽ, tính toán khả năng thông hành	Thu thập từ bình đồ nút giao thông
7	Lưu lượng giao thông trên các hướng vào nút (đi thẳng, rẽ trái, rẽ phải)	q	PCU/ giờ/ hướng	Đánh giá sự cần thiết phải điều khiển giao thông bằng đèn tín hiệu; tính toán lưu lượng dòng bão hòa	Khảo sát lưu lượng giao thông
8	Lưu lượng người đi bộ tại các vị trí sang đường	-	người/ h	Đánh giá sự cần thiết phải điều khiển giao thông bằng đèn tín hiệu	Khảo sát lưu lượng giao thông
9	Số vụ TNGT gây thiệt hại về người và tài sản tại nút giao	-	vụ/ năm	Đánh giá sự cần thiết phải điều khiển giao thông bằng đèn tín hiệu	Hồ sơ của cơ quan chức năng
<b>II. Lập kế hoạch thời gian tín hiệu</b>					
10	Quãng đường thoát nút cơ bản	$l_0$	m	Tính toán thời gian xen kẽ	Thu thập từ bình đồ nút giao thông
11	Vận tốc thoát nút	$v_m$	m/s	Tính toán thời gian xen kẽ	Khảo sát thực địa/theo tiêu chuẩn thiết kế



STT	Tên số liệu	Ký hiệu	Đơn vị	Mục đích thu thập số liệu	Nguồn
12	Quãng đường nhập nút	$l_{nn}$	mét	Tính toán thời gian xen kẽ	Thu thập từ bình đồ nút giao thông
13	Vận tốc nhập nút	$V_{nn}$	m/s	Tính toán thời gian xen kẽ	Khảo sát thực địa/theo tiêu chuẩn thiết kế
<b>III. Làn sóng xanh</b>					
14	Vận tốc lũy tiến	$V_{lt}$	km/h	Tính toán thời gian chu kỳ của làn sóng xanh	Khảo sát thực địa
15	Khoảng cách giữa hai nút giao liên tiếp	$l_{DBX}$	m	Tính toán thời gian chu kỳ của làn sóng xanh	Khảo sát thực địa
<b>IV. Đánh giá phương án thiết kế chương trình điều khiển tín hiệu</b>					
16	Chiều dài hàng chờ trung bình tại thời điểm kết thúc đèn xanh	$N_{GE}$	m	Tính toán thời gian trễ do tắc nghẽn	Khảo sát thực địa
17	Chiều dài xe rẽ trái (rẽ phải) có thể dừng trong phạm vi nút	$l_{crt}$	m	Tính khả năng thông hành cho làn xe rẽ trái (rẽ phải)	Khảo sát thực địa