

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ GIAO THÔNG VẬN TẢI

TRƯỜNG ĐẠI HỌC GIAO THÔNG VẬN TẢI TP.HCM

----- oOo -----

TỪ NAM THÀNH

**NGHIÊN CỨU CẢI THIỆN GIAO THÔNG VÀ
NÂNG CAO AN TOÀN NÚT GIAO NGÃ TƯ VỮNG
TÀU, THÀNH PHỐ BIÊN HÒA, TỈNH ĐỒNG NAI.**

**CHUYÊN NGÀNH: QUY HOẠCH VÀ KỸ THUẬT XÂY DỰNG CÔNG
TRÌNH GIAO THÔNG**

MÃ SỐ: 60580205

LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC: TS. NGUYỄN HỮU HUY



LV 19022324

TP. HCM 11- 2018

LUẬN VĂN ĐƯỢC HOÀN THÀNH TẠI
TRƯỜNG ĐẠI HỌC GIAO THÔNG VẬN TẢI THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

Cán bộ hướng dẫn khoa học: TS. Nguyễn Hữu Huy



Luận văn thạc sĩ được bảo vệ tại Trường Đại học Giao thông vận tải Tp. HCM ngày 03 tháng 11 năm 2018.

Thành phần Hội đồng đánh giá luận văn thạc sĩ gồm:

(Ghi rõ họ, tên, học hàm, học vị của Hội đồng chấm bảo vệ luận văn thạc sĩ)

- | | |
|-----------------------------|-----------------------|
| 1. PGS.TS. Nguyễn Quốc Hiến | Chủ tịch Hội đồng; |
| 2. TS. Trịnh Văn Chính | Ủy viên, phản biện 1; |
| 3. TS. Đoàn Trung Kiên | Ủy viên, phản biện 2; |
| 4. TS. Vương Tấn Đức | Ủy viên, thư ký; |
| 5. PGS.TS. Lê Văn Bách | Ủy viên. |

Xác nhận của Chủ tịch Hội đồng đánh giá luận văn và Trưởng Khoa quản lý chuyên ngành sau khi luận văn đã được sửa chữa.

CHỦ TỊCH HỘI ĐỒNG

**TRƯỞNG KHOA CÔNG TRÌNH
GIAO THÔNG**



PGS.TS. Nguyễn Quốc Hiến

PGS.TS. Nguyễn Quốc Hiến

CHƯƠNG 3	33
TRƯỜNG HỢP NGHIÊN CỨU - NÚT GIAO NGÃ TƯ VŨNG TÀU, TP. BIÊN HÒA, ĐỒNG NAI	33
3.1 Hiện trạng nút giao Ngã tư Vũng Tàu	33
3.1.1 Cấu trúc đô thị xung quanh nút	33
3.1.2 Chức năng đường trong mạng lưới	33
3.1.3 Loại nút giao	35
3.1.4 Mặt cắt ngang đường	35
3.1.5 Dải phân cách	38
3.1.6 Cơ sở hạ tầng dành cho bộ hành	39
3.1.7 Quy định giao thông	41
3.2 Khảo sát, thu thập và phân tích số liệu	42
3.2.1 Dữ liệu giao thông	43
3.2.2 Dữ liệu tai nạn	45
3.3 Mô phỏng giao thông hiện trạng	52
3.4 Xác định các vấn đề	57
3.4.1 Vấn đề giao thông	57
3.4.2 Vấn đề an toàn	59
3.5 Giải pháp cải thiện Nút giao Ngã Tư Vũng Tàu	61
3.5.1 Phương án cải thiện	61
3.5.2 Mô phỏng giao thông phương án tại nút giao sau cải thiện	64
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ	67

DANH MỤC HÌNH ẢNH

Hình 1. 1 Sơ đồ trình tự tính toán tổng thời gian chờ và LOS của nút giao đèn tín hiệu..... 1

Hình 1. 2 Mô hình xếp hàng D/D/1 tại nút giao đèn tín hiệu với năng lực thông hành của đường tiếp cận ($s \times g$) lớn hơn lưu lượng xe đến ($v \times C$) trong tất cả các chu kỳ..2

Hình 1. 3 Tỷ lệ xe đến trên đèn xanh (PVG) với các chu kỳ và khoảng cách nút giao khác nhau 8

Hình 1. 4 Mô tả tổng thời gian trì hoãn giao thông (control delay) của một phương tiện đi qua nút giao đèn tín hiệu..... 10

Hình 2. 1 Giảm thiểu tốc độ ứng với 85% lượng xe quan trắc23

Hình 3. 1 Vị trí nút giao Ngã tư Vũng Tàu và các công trình lân cận.....33

Hình 3. 2 Hành trình và chức năng tương ứng các tuyến đường.....34

Hình 3. 3 Vị trí nút giao Ngã tư Vũng Tàu trong khu vực nghiên cứu35

Hình 3. 4 Hình chụp đường Lê Văn Duyệt.....36

Hình 3. 5 Mặt cắt ngang đường Lê Văn Duyệt36

Hình 3. 6 Hình chụp QL51 tại vị trí tiếp cận nút giao37

Hình 3. 7 Mặt cắt ngang QL5137

Hình 3. 8 Hình chụp hầm chui (hướng QL51 – TP.HCM).....**Error! Bookmark not defined.**

Hình 3. 9 Mặt cắt ngang QL1A tại vị trí tiếp cận nút giao (hướng đi Long Khánh)38

Hình 3. 10 Hình chụp QL1A (phía siêu thị Big C, hướng đi Long Khánh)..... 38

Hình 3. 11 Dải phân cách đường Lê Văn Duyệt39

Hình 3. 12 Dải phân cách trên QL5139

Hình 3. 13 Vạch đi bộ trên Đường 2A và QL1A 40

Hình 3. 14 Vạch đi bộ trên Đường 2A và QL51 40

Hình 3. 15 Vĩa hè dành cho bộ hành 41

Hình 3. 16 Vĩa hè dành cho bộ hành bị lấn chiếm cho mục đích thương mại..... 41

Hình 3. 17 Biển báo hướng dẫn lưu thông..... 42

Hình 3. 18 Biển báo đường giao nhau, biển cấm xe máy và vị trí cho bộ hành..... 42

Hình 3. 19 Một số loại phương tiện lưu thông qua nút giao..... 43

Hình 3. 20 Biểu đồ lưu lượng giao thông tại nút giao 44

Hình 3. 21 Phân loại tai nạn.....	46
Hình 3. 22 Các loại tai nạn xảy ra trong phạm vi nút giao	47
Hình 3. 23 Sơ đồ tai nạn các vụ tai nạn xảy ra trong phạm vi nút giao.....	48
Hình 3. 24 Sơ đồ tai nạn các vụ tai nạn xảy ra trong phạm vi nút.....	49
Hình 3. 25 Hình ảnh mô phỏng giao thông hiện trạng bằng VISSIM.....	53
Hình 3. 26 Hình ảnh mô phỏng giao thông hiện trạng bằng VISSIM.....	54
Hình 3. 27 Mức phục vụ (LOS) tại các nhánh vào nút.....	57
Hình 3. 28 Xung đột trong phạm vi nút giao	58
Hình 3. 29 Mặt bằng Phương án cải thiện	62
Hình 3. 30 Kích thước các làn xe Phương án cải thiện	63
Hình 3. 31 Kích thước các làn xe Phương án cải thiện	63
Hình 3. 32 Kích thước các làn xe Phương án cải thiện	64
Hình 3. 33 Mô phỏng giao thông phương án cải thiện.....	65
Hình 3. 34 Mô phỏng giao thông phương án cải thiện.....	65
Hình 3. 35 Kết quả mô phỏng và LOS các nhánh vào nút	66

DANH MỤC BẢNG BIỂU

Bảng 1. 1 Các tiêu chuẩn LOS (Level-of-service) của nút giao đèn tín hiệu.....	15
Bảng 2. 1 Nút giao đường chính / đường thứ cấp đơn giản: Tầm nhìn (m).....	26
Bảng 2. 2 Nút giao đường chính / đường thứ cấp đơn giản: Bán kính cong tối thiểu (m).....	26
Bảng 2. 3 Chiều dài làn tăng / giảm tốc (m).....	27
Bảng 2. 4 Làn rẽ trung tâm	28
Bảng 2. 5 Vòng xoay	29
Bảng 3. 1 Tổng hợp các vụ tai nạn giai đoạn 2015 - 2017	45
Bảng 3. 2 Tổng hợp tai nạn (2015 - 2017).....	49
Bảng 3. 3 Tổng hợp các loại tai nạn và tình huống xảy ra tai nạn tại Nút giao Ngã tư Vũng Tàu	50
Bảng 3. 4 Xác định các yếu tố gây tai nạn và biện pháp khắc phục.....	51
Bảng 3. 5 Kết quả mô phỏng hiện trạng nút giao Ngã tư Vũng Tàu	54
Bảng 3. 6 Tiêu chuẩn tra Mức phục vụ (LOS)	56
Bảng 3. 7 Tổn thất trung bình/tai nạn đối với các loại tai nạn ở Việt Nam.....	61

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan đây là công trình nghiên cứu của riêng tôi và được sự hướng dẫn khoa học của TS. Nguyễn Hữu Huy. Nội dung nghiên cứu, kết quả của đề tài này là trung thực không sao chép và chưa công bố dưới bất kỳ hình thức nào trước đây. Những số liệu trong các bảng biểu phục vụ cho việc phân tích, nhận xét, đánh giá được chính tác giả thu thập từ các nguồn khác nhau có ghi rõ trong phần tài liệu tham khảo.

Nếu phát hiện có bất kỳ sự gian lận nào tôi xin hoàn toàn chịu trách nhiệm về nội dung luận văn của mình. Trường Đại học Giao Thông Vận Tải TP.HCM không liên quan đến những vi phạm tác quyền, bản quyền do tôi gây ra trong quá trình thực hiện (nếu có).

TP.Hồ Chí Minh, ngày 30 tháng 11 năm 2018

Học viên _____



Từ Nam Thành

DANH MỤC CÁC TỪ VIẾT TẮT

TP.HCM – Thành phố Hồ Chí Minh

QL51 – Quốc lộ 51

QL1A – Quốc lộ 1A

TRB – Transportation Research Board

PHF – Peak Hour Factor

TRL – Transportation Research Laboratory

AR – Accident Rate

LOS – Level of Service

AASHTO – The American Association of State Highway and Transportation
Officials

TCVN – Tiêu chuẩn Việt Nam

QCVN – Quy chuẩn Việt Nam

BGTVT – Bộ Giao Thông Vận Tải

RVs – Recreation Vehicles

LỜI MỞ ĐẦU

Trước hết, xin bày tỏ lòng biết ơn tới thầy giáo hướng dẫn chính TS. Nguyễn Hữu Huy đã hướng dẫn, động viên và giúp đỡ cho nghiên cứu này được hoàn tất.

Xin chân thành cảm ơn các thầy, cô bộ môn Quy hoạch giao thông, khoa Công trình giao thông, trường Đại học Giao Thông Vận Tải TP.HCM đã giảng dạy, định hướng và hỗ trợ nhiệt tình trong quá trình tiếp cận và triển khai các nhiệm vụ nghiên cứu trong luận văn này.

Xin cảm ơn Viện sau đại học, Ban giám hiệu nhà trường đã tạo điều kiện tốt nhất cũng như hỗ trợ mọi thủ tục cần thiết trong suốt thời gian học tập và nghiên cứu tại trường.

Xin cảm ơn Sở GTVT, Ban ATGT và Công an tỉnh Đồng Nai, Cục Quản lý đường bộ VI, Tổng công ty Xây dựng số 1 (CC1) đã tạo điều kiện thuận lợi nhất cho tôi trong suốt quá trình thực hiện luận văn này.

Xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc tới gia đình đã cho tôi nguồn động lực để vượt qua tất cả những khó khăn trong suốt quá trình học tập, nghiên cứu và hoàn thành luận văn tốt nghiệp của mình./.

TP.Hồ Chí Minh, ngày 30 tháng 11 năm 2018

Học viên



Từ Nam Thành

PHẦN MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài

Đồng Nai là tỉnh thuộc vùng Đông Nam Bộ Việt Nam. Tỉnh được xem là một tỉnh cửa ngõ đi vào vùng kinh tế Đông Nam Bộ - vùng kinh tế phát triển và năng động nhất cả nước. Tỉnh Đồng Nai nằm trong vùng kinh tế trọng điểm phía Nam. Phía Đông giáp tỉnh Bình Thuận, phía Nam giáp tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu và Thành phố Hồ Chí Minh, phía Bắc giáp tỉnh Lâm Đồng và Bình Dương. Đồng Nai có vị trí hết sức quan trọng, là cửa ngõ phía đông Thành phố Hồ Chí Minh và là một trung tâm kinh tế lớn của cả phía Nam, nối Nam Trung Bộ, Nam Tây Nguyên với toàn bộ vùng Đông Nam Bộ.

Nút giao Ngã tư Vũng Tàu (giao giữa Quốc lộ 1A với Quốc lộ 51 và DT. 11) có vị trí đặc biệt trên địa bàn tỉnh Đồng Nai và là đầu mối giao thông quan trọng kết nối Thành phố Hồ Chí Minh (là trung tâm kinh tế, văn hóa, khoa học kỹ thuật lớn nhất ở khu vực phía Nam và cũng là thành phố đông dân nhất cả nước) với tỉnh Đồng Nai và các tỉnh lân cận như Bình Dương, Bà Rịa - Vũng Tàu, Bình Thuận. Hằng ngày, lượng phương tiện lưu thông qua nút rất lớn do nút là ngã giao của Quốc lộ 51 và tuyến Quốc lộ 1A là tuyến đường chính huyết mạch xuyên suốt cả nước.

Cùng với sự phát triển của các tỉnh khu vực phía Nam, nhu cầu kết nối các khu vực phía Bắc cũng tăng cao kéo theo sự gia tăng đáng kể lưu lượng xe trên các đường trục chính vào nút giao Ngã tư Vũng Tàu, làm gia tăng áp lực giao thông trong phạm vi khu vực chức năng nút giao. Mặc dù hướng lưu thông đi thẳng trên Quốc lộ 1A khác mức (đi trên cầu vượt Ngã tư Vũng Tàu), tuy nhiên tất cả các hướng lưu thông còn lại đều tập trung vào nút, vượt quá khả năng thông qua của nút, tình trạng ùn tắc giao thông, kẹt xe nghiêm trọng thường xuyên xảy ra vào giờ cao điểm, gây tổn thất lớn cho kinh tế - xã hội.

Mặt khác các phương tiện giao thông vào nút giao có thành phần hỗn hợp, trong đó có lượng lớn xe tải, xe container, xe máy đi chung trong vòng xoay dễ gây mất an toàn giao thông, nhiều vụ tai nạn giao thông thương tâm đã xảy ra trong khu vực nút giao, gây tâm lý bất an, hoang mang cho người dân khi lưu thông qua nút.

Hiện nay, tại nút giao thông Ngã tư Vũng Tàu đã có một cầu vượt và một hầm chui theo hướng Quốc lộ 1A nhưng do lưu lượng giao thông tăng cao, thêm vào đó nút có nhiều giao cắt, xung đột mạnh giữa các hướng ra vào nút làm gia tăng tình trạng ùn tắc và kém an toàn giao thông. Do đó việc sớm nghiên cứu cải thiện giao thông và nâng cao an toàn nút giao ngã tư Vũng Tàu là rất cần thiết và cấp bách, để góp phần đáp ứng nhu cầu giao thông và nhu cầu phát triển của khu vực.

2. Mục tiêu nghiên cứu

- Xác định điều kiện vận hành hiện hữu (LOS, Capacity, Delay time, Queue length) và đánh giá mức độ an toàn;
- Đề xuất giải pháp cải thiện, giảm thiểu xung đột nhằm đảm bảo lưu thông thông suốt, thuận tiện và an toàn;
- Kiểm tra điều kiện vận hành (LOS, Capacity, Delay time, Queue length) và đánh giá an toàn cho phương án đề xuất bằng phần mềm mô phỏng giao thông VISSIM.

3. Phạm vi nghiên cứu

Nghiên cứu này tập trung lượng hóa điều kiện vận hành giao thông và mức độ an toàn tại nút giao có đèn tín hiệu, từ đó làm cơ sở cho việc cải thiện giao thông và an toàn tại nút giao.

4. Nội dung, trình tự và phương pháp nghiên cứu

TT	Nội dung	Phương pháp
1	Thu thập dữ liệu và phân tích nhằm xác định những vấn đề của giao thông tại các nút giao có đèn tín hiệu → Xác định vấn đề cần được ưu tiên giải quyết	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Phân tích thống kê ▪ Phân tích meta (meta analysis)
2	Vị trí thích hợp của nút giao có đèn tín hiệu trên mạng lưới đường, phân tích, đánh giá an toàn, năng lực thông hành của nút, và điều kiện vận hành của các dòng giao thông tại nút giao có	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Thu thập, tìm hiểu, và tổng hợp thông tin từ các tài liệu nghiên cứu và sách có liên quan

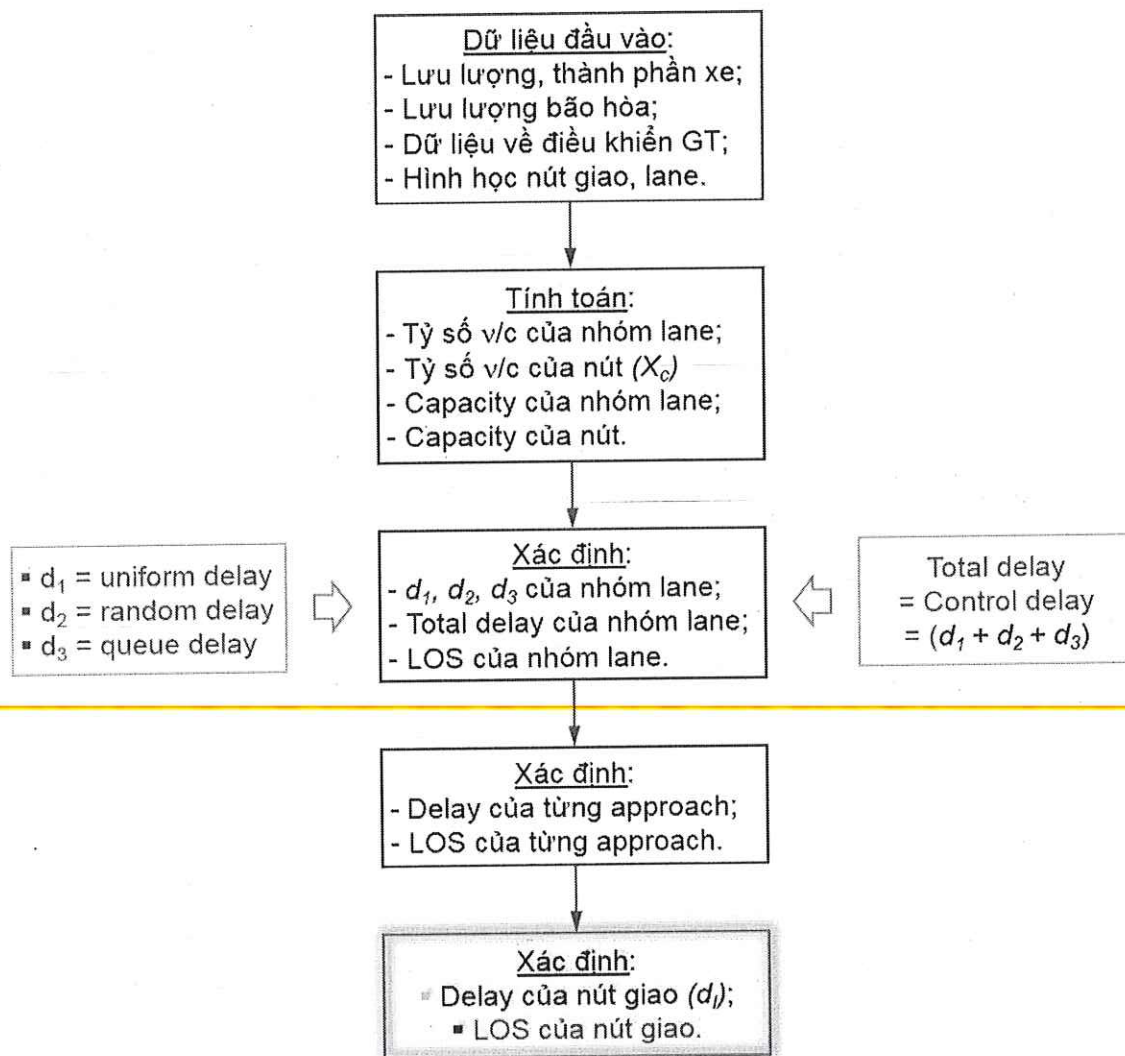
TT	Nội dung	Phương pháp
	đèn tín hiệu dựa trên các nghiên cứu trước đây	
3	Đề xuất qui trình phân tích, thiết kế, mô phỏng, và đánh giá nút giao có đèn tín hiệu	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tổng hợp các nghiên cứu trước đây kết hợp với các qui trình, qui phạm hiện hành;
4	Vận dụng thực tiễn trường hợp nghiên cứu nút giao Ngã tư Vũng Tàu, TP. Biên Hòa, Đồng Nai.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Điều tra, khảo sát hiện trường, phân tích thống kê; ▪ Đánh giá nút giao dựa trên Highway Capacity Manual 2010 (HCM 2010) và mô phỏng giao thông bằng phần mềm VISSIM.
Kết luận và kiến nghị		

CHƯƠNG 1

PHÂN TÍCH GIAO THÔNG TẠI NÚT GIAO ĐÈN TÍN HIỆU

1.1 Trình tự tính toán

Trình tự tính toán tổng thời gian chờ (Control Delay) và mức phục vụ (LOS) của nút giao đèn tín hiệu được trình bày như trong Hình 1.1.

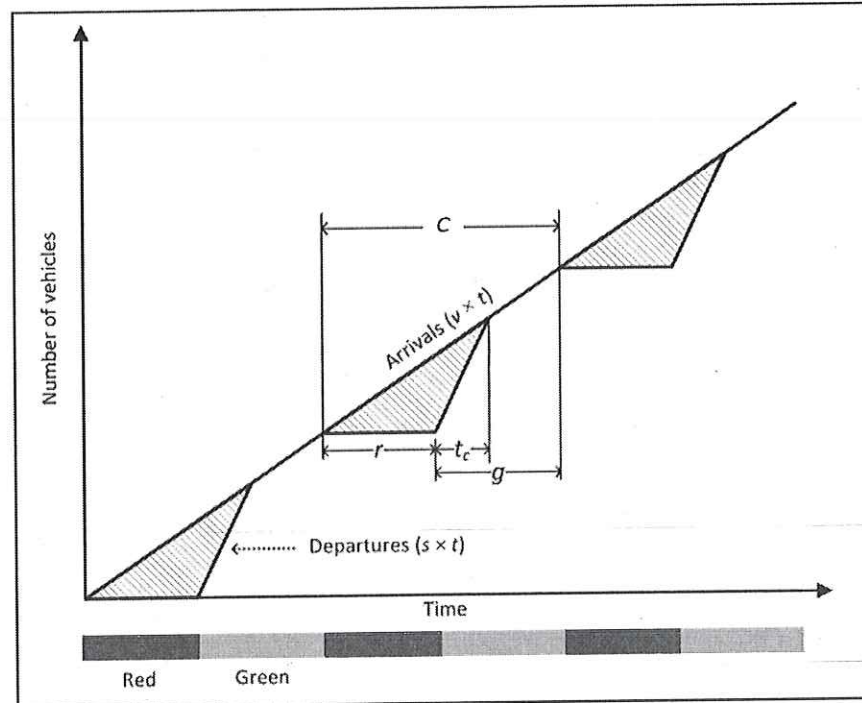


Hình 1.1 Sơ đồ trình tự tính toán tổng thời gian chờ và LOS của nút giao đèn tín hiệu

1.2 Phân tích nút giao đèn tín hiệu với mô hình xếp hàng D/D/1

Giả thiết rất trực quan của mô hình xếp hàng D/D/1 cho phép hình dung dễ dàng những nguyên tắc cơ bản trong phân tích giao thông tại các nút giao đèn tín hiệu. Để bắt đầu vận dụng mô hình xếp hàng D/D/1 vào nút giao đèn tín hiệu, chúng ta xem xét trường hợp mà ở đó năng lực thông hành của đường tiếp cận lớn hơn lưu lượng xe đến. Với điều kiện này, và giả thiết các xe đến với giãn cách không thay

đồng (uniform arrivals) trong suốt chu kỳ tín hiệu, và các xe đi cũng với giãn cách không thay đổi (uniform departures) trong suốt khoảng thời gian xanh, một hệ thống xếp hàng theo mô hình D/D/1 được hình thành như trên Hình 1.2.



Hình 1. 2 Mô hình xếp hàng D/D/1 tại nút giao đèn tín hiệu với năng lực thông hành của đường tiếp cận ($s \times g$) lớn hơn lưu lượng xe đến ($v \times C$) trong tất cả các chu kỳ

v = lưu lượng xe đến, xe/s,

s = lưu lượng xe đi, xe/s,

t = khoảng thời gian trôi qua tính từ một thời điểm tham chiếu, cụ thể là thời điểm bắt đầu của thời gian xanh hoặc đỏ (s),

t_c = khoảng thời gian từ lúc bắt đầu thời gian xanh hiệu quả cho đến lúc tan hàng (s),

r = thời gian đỏ hiệu quả (s),

g = thời gian xanh hiệu quả, và

C = độ dài chu kỳ (s).

Chú ý rằng chương này sẽ sử dụng các biến số v (cho lưu lượng xe đến) và s (cho lưu lượng bảo hòa/đi). Các đường (line) “xe đến $v \times t$ ” cho biết tổng lượng xe đến tại thời điểm t , và đường (line) “xe đi $s \times t$ ” cho biết lượng xe đi (qua nút giao) trong khoảng thời gian xanh hiệu quả. Mỗi chu kỳ lượng xe đến trên đường tiếp cận sẽ là $v \times C$, và năng lực thông hành (lượng xe đi lớn nhất) của đường tiếp cận tương ứng trên mỗi chu kỳ sẽ là $s \times g$. Hình 1.2 dựa trên giả thiết rằng $s \times g$ vượt quá

$v \times C$ đối với tất cả các chu kỳ (không có hàng chờ tồn tại lúc bắt đầu và kết thúc một chu kỳ).

Các đặc trưng của hàng chờ trong mô hình D/D/1 đã được trình bày trong phần trước, một số phương trình tổng quát được rút ra bằng cách kiểm toán Hình 1.2:

1. Thời gian tan hàng sau khi bắt đầu thời gian xanh hiệu quả, t_c (lưu ý: $v \times (r + t_c) = s \times t_c$ tại thời điểm tan hàng),

$$t_c = \frac{v \times r}{s - v} \quad (1.1)$$

2. Tỷ lệ của chu kỳ C mà trong đó có hàng chờ tồn tại, P_q ,

$$P_q = \frac{r + t_c}{C} \quad (1.2)$$

3. Tỷ lệ xe dừng (chờ), P_s ,

$$P_s = \frac{v \times (r + t_c)}{v \times (r + g)} = \frac{r + t_c}{C} = P_q$$

$$\text{Cách khác, } P_s = \frac{v \times (r + t_c)}{v \times (r + g)} = \frac{s \times t_c}{v \times C} = \frac{t_c}{\frac{v}{s} C} \quad (1.3)$$

4. Lượng xe lớn nhất trong hàng chờ, Q_{max} ,

$$Q_{max} = v \times r \quad (1.4)$$

5. “Total vehicle delay” trong mỗi chu kỳ, D_t ,

$$D_t = \frac{v \times r^2}{2(1 - \frac{v}{s})} \quad (1.5)$$

6. Thời gian chờ trung bình trên mỗi xe, d_{avg} ,

$$d_{avg} = \frac{v \times r^2}{2(1 - \frac{v}{s})} \times \frac{1}{v \times C} = \frac{r^2}{2C(1 - \frac{v}{s})}$$

$$\text{Cách khác, } d_{avg} = \frac{0.5 \times C \times (1 - \frac{g}{C})^2}{1 - (\frac{v}{c} \times \frac{g}{C})} \quad (1.6)$$

7. Thời gian chờ lớn nhất của mỗi xe, với giả thiết FIFO trong hàng chờ, d_{max} ,

$$d_{max} = r \quad (1.7)$$

1.3 Sự liên hợp tín hiệu giao thông

Hạn chế chủ yếu của các phương trình từ (1.1) – (1.7) là do chúng được xây dựng dựa trên các giả thuyết rằng cấu trúc xe đến là phân bố đều trong suốt chu kỳ tín hiệu, và lưu lượng bão hòa không thay đổi suốt thời gian xanh hiệu quả, cũng như không tồn tại hàng chờ lúc bắt đầu thời gian đỏ hiệu quả hoặc là lúc kết thúc thời gian xanh hiệu quả. Như đã thảo luận trong các phần trước, cấu trúc xe đến không đều là rất dễ xảy ra trong hầu hết các tình huống giao thông, và thường xuyên đối với trường hợp các đèn tín hiệu trên các đường chính (arterials). Do đó, giả thuyết cấu trúc xe đến phân bố đều (uniform arrival pattern) suốt chu kỳ tín hiệu là hoàn toàn không thực tế và có khuynh hướng cho sai số khá lớn so với giá trị đo được tại hiện trường thực tế.

Một trong số những ảnh hưởng lớn nhất lên cấu trúc xe đến tại mỗi đường tiếp cận vào nút giao chính là mức độ liên hiệp tín hiệu dọc theo tuyến đường. Thuật ngữ “signal coordination” về tổng thể là ám chỉ đến mức độ liên hiệp trong quá trình phân phối thời gian tín hiệu (level of timing coordination), hay sự đồng bộ (synchronization), giữa các đèn tín hiệu lân cận trên tuyến đường.

Lý tưởng, tín hiệu giao thông nên được phân phối thời gian sao cho nhiều xe nhất có thể đến tại nút giao trong lúc tín hiệu hiển thị xanh, điều này biểu thị sự liên hiệp tín hiệu tốt (good signal coordination). Nếu một tỷ lệ lớn xe đến tại nút giao trong suốt khoảng thời gian đỏ, sự liên hiệp tín hiệu được xem là kém. Từ quan điểm delay, lưu lượng xe đến trong thời gian xanh càng cao thì delay càng thấp, và lượng xe đến trong thời gian đỏ càng nhiều thì delay càng cao.

Ảnh hưởng của mức độ liên hiệp tín hiệu lên cấu trúc xe đến được xem như chất lượng tiến trình lưu thông (progression quality). Định lượng, chất lượng tiến

trình giao thông được biểu diễn bởi số lượng xe đến tại một đường tiếp cận nút giao trong lúc tín hiệu đèn xanh trên đường tiếp cận đó, liên quan đến tất cả xe đến đường tiếp cận trong suốt một chu kỳ tín hiệu. Giá trị này được biểu thị là PVG (Proportion of Vehicles arriving on Green). Tổng quan về sự liên hiệp tín hiệu giao thông sẽ được trình bày trong phần còn lại của mục này, cũng như một ví dụ về tính toán delay cho các lưu lượng đến khác nhau trong suốt các chu kỳ thời gian xanh và đỏ.

1.3.1 Những quan hệ cơ bản (Fundamental Relationships)

Ba yếu tố quan trọng nhất tác động lên chất lượng tiến trình lưu thông là khoảng cách đèn tín hiệu, tốc độ phương tiện, và độ dài chu kỳ. Quan hệ giữa khoảng cách đèn tín hiệu và tốc độ được mô tả đơn giản bằng cách xem xét đường chính một chiều (one-way arterial). Xét hai nút giao liên kề trên đường một chiều chạy theo hướng từ Đông sang Tây (dòng giao thông đi về hướng Tây), khoảng cách giữa hai nút là d_0 . Với dòng giao thông đi về hướng Tây (Westbound), thời gian từ lúc pha đèn tín hiệu phía cực Đông (đèn tín hiệu ở hướng ngược chiều giao thông) chuyển sang xanh cho đến lúc pha đèn của nút giao phía cực tây (đèn tín hiệu ở hướng xuôi chiều giao thông) chuyển sang xanh nên bằng thời gian di chuyển từ nút phía Đông sang nút phía Tây. Chênh lệch thời gian giữa lúc bắt đầu thời gian xanh giữa các pha tương ứng tại các nút giao đèn tín hiệu lân cận được xem là độ lệch (offset), được tính toán như sau:

$$offset = \frac{d_0}{v} \quad (1.8)$$

Trong đó

$offset$ = thời gian từ lúc bắt đầu xanh tại nút giao phía ngược dòng cho đến lúc bắt đầu xanh phía xuôi dòng (s);

d_0 = khoảng cách giữa nút giao phía ngược dòng và nút giao phía xuôi dòng đối với tính toán offset (m hoặc ft); và

v = tốc độ di chuyển giữa nút giao ngược và xuôi dòng (m/s hoặc ft/s).

Trong thực tế, để đưa thời gian phản ứng của tài xế (driver perception-reaction time) vào trong tính toán, tín hiệu tại nút giao phía xuôi dòng (downstream signal) nên chuyển sang xanh trước khi các xe dẫn đầu cán vạch dừng vài giây.

1.3.2 Tỷ số thời gian xanh hiệu quả trên chu kỳ (g/C)

Để mô tả ảnh hưởng của tỷ số g/C, trước tiên xem xét một đường tiếp cận nút giao có tỷ số g/C bằng 1 (luôn luôn xanh). Trong tình huống này, PVG sẽ là 100% bởi vì sẽ không bao giờ có đèn đỏ hiển thị. Kế tiếp, xem xét trường hợp ngược lại, ở đó một đường tiếp cận có tỷ số g/C bằng 0 (luôn luôn đỏ). Trong trường hợp này PVG sẽ là 0%, bởi vì sẽ không bao giờ có đèn xanh hiển thị cho các phương tiện đến. Do vậy, đối với trường hợp không giống như trường hợp các xe đến đồng nhất, PVG sẽ bằng tỷ số g/C. Trong những phân bố phương tiện thực tế hơn, PVG sẽ không bằng tỷ số g/C, nhưng tỷ số này vẫn phục vụ như một điều kiện giới hạn, sẽ được trình bày sau, trên Hình 1.3.

1.3.3 Sự phân tán của nhóm di chuyển

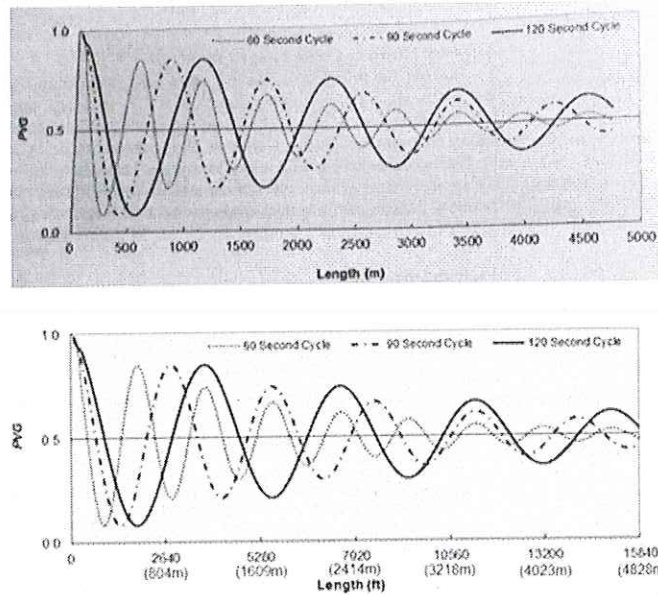
Khi những xe trong hàng chờ khởi hành tại một nút giao sau khi pha xanh bắt đầu, chúng thường có khoảng cách gần nhau. Những nhóm xe có khoảng cách gần nhau này được gọi là những nhóm di chuyển (platoons). Một trong những mục tiêu của sự liên hiệp tín hiệu là để duy trì những nhóm di chuyển này và chấp nhận họ đến các nút giao kế tiếp theo hướng lưu thông đúng vào thời điểm bắt đầu của pha xanh. Tuy nhiên, tiến trình di chuyển nhóm dọc theo chiều dài đường giữa các đèn tín hiệu, các tài xế riêng lẻ trong nhóm di chuyển bắt đầu điều chỉnh tốc độ di chuyển của họ, và nhóm di chuyển bắt đầu phân tán. Khoảng cách giữa các đèn tín hiệu càng lớn, thì sự phân tán càng rõ rệt hơn, cuối cùng đạt đến một điểm mà dòng lưu thông dọc theo đường chính (arterial) sẽ trở nên ngẫu nhiên hơn, hay thậm chí là đồng nhất (uniform). Mặc dù sự phân tán nhóm di chuyển chính là hàm của chiều dài đường giữa các nút giao, đặc trưng sử dụng đất xung quanh lòng đường cũng có ảnh hưởng lên sự phân tán nhóm di chuyển, giao cắt với các đường hẻm và sự hiện diện của các hoạt động bên lề đường (đậu xe, trạm dừng xe buýt, ...) cũng góp phần vào hiệu ứng phân tán nhóm di chuyển.

Với độ dài chu kỳ 90s là cần thiết để đạt được tiến trình lưu thông hai chiều lý tưởng giữa hai nút giao cách nhau 800m (2640 ft) và tốc độ di chuyển trên đường chính là 64 km/h (40 mi/h). Đối với những khoảng cách giữa các nút giao 570m (1760 ft) và 1140m (3520 ft), với tốc độ di chuyển 64 km/h, độ dài chu kỳ cần thiết cho tiến trình lưu thông hai chiều lý tưởng là 60s và 120s, tương ứng (một lần nữa, giả sử trị số g/C là 0.5).

Hình 1.3 trình bày những đường cong *PVG* lý thuyết cho ba độ dài chu kỳ này trong phạm vi của khoảng cách giữa các nút giao từ 0m đến 4.8km (3miles). Các giá trị *PVG* được vẽ đồ thị thể hiện trị số trung bình của các giá trị *PVG* đỉnh và ngoài đỉnh. Bản chất hình sin của các đường cong là một hàm của các giá trị *PVG* trung bình cao do khoảng cách lý tưởng của các nút giao và các giá trị *PVG* trung bình thấp do khoảng cách giữa các nút giao trong trường hợp xấu nhất.

Các đỉnh và bụng của đường cong xuất hiện ở các khoảng cách khác nhau ứng với mỗi độ dài chu kỳ; tuy nhiên, biên độ của các đỉnh và bụng là đồng nhất trên các độ dài chu kỳ. Ví dụ, đỉnh thứ hai của chu kỳ 120s (xảy ra tại khoảng cách $\approx 2280m$) có giá trị *PVG* khoảng 70%, và đỉnh thứ hai của các chu kỳ 90s (tại $\approx 1710m$) và 60s (tại $\approx 1140m$) cũng có giá trị *PVG* khoảng 70%. Ngoại trừ trường hợp độ dài chu kỳ bằng không, 60s chu kỳ có *PVG* tốt nhất khi khoảng cách nút giao là 570m, chu kỳ 90s có *PVG* tốt nhất khi khoảng cách là 840, và 120s chu kỳ có *PVG* tốt nhất là 1140m.

Lưu ý rằng các giá trị của *PVG* cuối cùng “giảm dần” khi độ khoảng cách giữa các đèn tín hiệu tăng lên, phản ánh ảnh hưởng của sự phân tán nhóm di chuyển (platoon dispersion). Cũng cần lưu ý các giá trị của *PVG* hội tụ trên tỷ số g/C bằng 0.5.



Hình 1. 3 Tỷ lệ xe đến trên đèn xanh (PVG) với các chu kỳ và khoảng cách nút giao khác nhau

1.3.4 Tình trạng thực tế

Những ví dụ đã trình bày ở mục trước đã được đơn giản hóa và lý tưởng hóa. Đèn tín hiệu giao thông trên các đường chính (arterials) hiếm khi chỉ bao gồm hai nút giao, và khoảng cách giữa các nút giao cũng hiếm khi là đồng nhất. Quá trình xác định các giá trị offset, thời gian xanh, và chu kỳ chung để tối thiểu hóa thời gian chờ cho đường chính hai chiều với vài nút giao là một bài toán phức tạp. Lời giải cận giải tích thông thường là không thể; do đó kỹ thuật giải lập phải được sử dụng.

Vài tổ hợp của các giá trị biến số nêu trên cho trường hợp hai chiều giao thông đi qua vài nút giao nhanh chóng đạt tới một số lượng rất lớn các biến số. Khi xem xét một mạng lưới đường, trong đó có vài đường chính giao nhau tại một số điểm, quá trình tìm kiếm các giải pháp phân phối thời gian tối ưu (để hỗ trợ liên hiệp tín hiệu và tối thiểu hóa thời gian chờ) cho mạng lưới đường hiện hữu là không thể thực hiện từ quan điểm thực tiễn. Đối với những nỗ lực tối ưu toàn mạng lưới này, số lần lặp cần thiết để tìm ra một lời giải tối ưu trở nên cực lớn, và giải thuật đó phải được chạy trên một siêu máy tính trong vài ngày. Những kỹ sư tích cực đang thực hiện các loại nghiên cứu này hiếm khi tiếp cận những nguồn tài nguyên này, hoặc do không đủ thời gian.

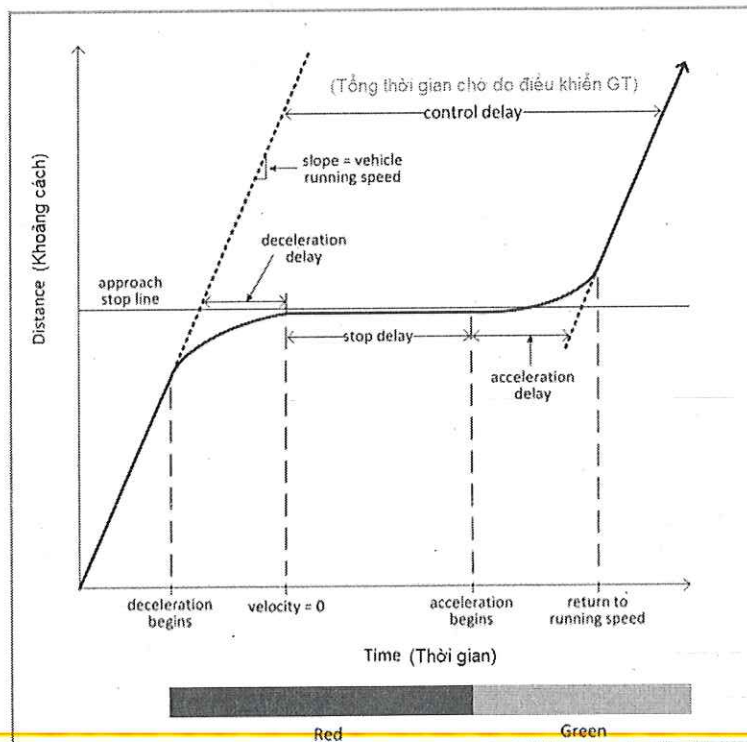
Do đó, những module phần mềm hiện đại thực hiện tối ưu hóa phân phối thời gian cho sự liên hiệp tín hiệu các đường chính hoặc mạng lưới sử dụng một giải thuật tìm kiếm nhằm cố gắng tìm ra giải pháp tốt nhất giúp giảm thiểu số lượng các tổ hợp biến số. Điều này cho phép tìm ra lời giải trong một khoảng thời gian hợp lý, trên các phần cứng máy tính thông dụng. Tuy nhiên, các giải thuật này không thực hiện tìm kiếm trên mọi khía cạnh của tất cả các tổ hợp biến số (như những yêu cầu chung nhằm tìm ra những giải pháp tối ưu thực sự cho loại bài toán này), các giải pháp xác định được chỉ được xem là tối ưu “cục bộ” hơn là tối ưu “tổng thể”. Các giải pháp tối ưu cục bộ chỉ có thể cung cấp những kết quả hợp lý, không thể chắc chắn rằng bộ các biến số cụ thể được thiết lập sẽ cung cấp những kết quả tốt nhất. Tuy vậy, với sự gia tăng mạnh mẽ về sức mạnh máy tính để bàn trong những thập kỷ gần đây, sự khác biệt giữa giải pháp tối ưu toàn cục và tối ưu cục bộ đã giảm, vì phạm vi tìm kiếm (bộ biến số được xem xét bởi giải thuật) đã được mở rộng.

Trong khi phần mềm máy tính có thể xác định các giải pháp phân phối thời gian tín hiệu tối ưu hoặc là cận tối ưu, có những tình huống thực tế có thể cản trở một hệ thống tín hiệu vận hành với hiệu quả cao nhất có thể của nó, chẳng hạn như ưu tiên cho các phương tiện khẩn cấp và phương tiện công cộng. Hơn nữa, các đèn tín hiệu vận hành dưới điều khiển trạng thái kích hoạt (actuated) là không có độ dài chu kỳ cố định, nó thay đổi theo lưu lượng xe đến trên từng đường tiếp cận nút giao. Để tích hợp các đèn tín hiệu loại này vào hệ thống liên hiệp, chúng cần phải được thiết lập lại chương trình chạy trên một chu kỳ cố định chung, điều này có thể dẫn đến vấn đề mất hiệu quả thực sự của các đèn tín hiệu đó. Một giải pháp thay thế được sử dụng phổ biến trong tình huống này là chuyển đổi cơ cấu vận hành tín hiệu từ trạng thái kích hoạt hoàn toàn (fully actuated) sang trạng thái bán kích hoạt (semi-actuated), trong đó bất kỳ thời gian xanh nào không được sử dụng cho các pha trên đường thứ cấp được phân bổ cho các pha trên đường chính nhằm đảm bảo cho độ dài chu kỳ không thay đổi.

Cũng cần phải chỉ ra rằng đôi khi việc phân phối thời gian tín hiệu có thể được tối ưu cho các giải pháp khác hơn là thời gian chờ (delay), ví dụ như số lượng xe dừng, lượng khí thải,... Bởi vì các tiêu chí tối ưu hóa khác nhau hầu như luôn cho ra các kết quả khác nhau, nhiều chiến lược phân bổ thời gian tín hiệu tìm kiếm giải

pháp cân bằng giá trị của nhiều hơn một yếu tố (chẳng hạn như dừng xe và thời gian chờ). Không cần phải nói, vấn đề giải pháp tối ưu làm cho khía cạnh này của phân tích giao thông trở thành một lĩnh vực sôi động đối với các nghiên cứu trong tương lai.

1.4 Tính toán tổng thời gian chờ tại nút giao để phân tích LOS



Source: Extracted from Highway Capacity Manual, TRB (2010)

Hình 1. 4 Mô tả tổng thời gian trì hoãn giao thông (control delay) của một phương tiện đi qua nút giao đèn tín hiệu

Khái niệm về LOS đã được giới thiệu trong các phần trước cho trường hợp các dòng giao thông không bị gián đoạn. Khái niệm tương tự cũng được vận dụng cho các dòng giao thông bị gián đoạn. Mặc dù một loạt các giải pháp định lượng khả năng vận hành của nút giao đèn tín hiệu, như đã trình bày ở các mục trước, chỉ có một giải pháp được lựa chọn như một giải pháp kỹ thuật hiệu quả trong *Highway Capacity Manual*, TRB (2010). Giải pháp này là tính toán tổng thời gian chờ (control delay), và nó được vận dụng cho cả nút giao có và không có đèn tín hiệu. “Control delay” (có nghĩa là *trì hoãn do tín hiệu điều khiển* đối với trường hợp nút giao đèn tín hiệu) phản ánh *tổng thời gian chờ* (trì hoãn) mà các tài xế phải trải qua (trải nghiệm) do hậu quả của điều khiển giao thông, nó bao gồm trì hoãn do thời

gian giảm tốc, thời gian di chuyển hàng chờ, thời gian dừng, và thời gian tăng tốc, như mô tả trên Hình 1.4.

Những phương pháp giải tích dùng trong đánh giá trì hoãn giao thông (delay) ví dụ như phương pháp xếp hàng D/D/1 là hoàn toàn không xem xét được các thành phần delay do tăng và giảm tốc, do vậy các kết quả đánh giá thường không đúng như thực tiễn. Hơn nữa, giả thiết về cấu trúc xe đến với giãn cách (headway) phân bố đều (uniform arrivals) giúp cho phương pháp phân tích theo mô hình xếp hàng D/D/1 trực quan và dễ thực hiện, nhưng phương pháp này đã được chứng minh là cho kết quả không phù hợp thực tiễn khi tỷ số v/c của đường tiếp cận vượt quá 0.5. Điều này xảy ra là do khi cường độ giao thông (traffic intensity) gia tăng từ mức trung bình lên đến mức gần với năng lực thông hành của nút giao, sẽ tồn tại xác suất xuất hiện các chu kỳ không phù hợp với lưu lượng xe đến (chu kỳ hỏng), trong điều kiện này, tất cả các phương tiện trong hàng chờ không thể thoát hết qua nút giao trong một chu kỳ đã thiết kế, dẫn đến những ảnh hưởng đáng kể lên các chu kỳ tiếp theo. Các chu kỳ hỏng hầu hết là xảy ra ngẫu nhiên, nhưng chúng phải được xem xét trong quá trình ước lượng tổng thời gian chờ (total delay) nhằm đạt được những kết quả chính xác hơn trong các điều kiện giao thông có cường độ cao hơn. Trong khi đó phương trình 2.6 (trong phương pháp D/D/1 queuing) chỉ dựa trên nguồn gốc lý thuyết (tiền định) thuần túy, đưa vào xem xét yếu tố xe đến ngẫu nhiên (stochastic vehicle arrivals) dẫn đến một số khoảng thời gian trên bảo hòa tạo thêm phức tạp đáng kể trong phân tích control delay tại nút nút giao đèn tín hiệu. Nhiều nhà nghiên cứu trong suốt vài thập kỷ qua đã đề xuất những công thức delay và những cải tiến để đạt được các yêu cầu đã đề cập, dựa trên những tổ hợp của các phương pháp giải tích, thực nghiệm, và mô phỏng. Công thức (2.10) sau đây, được ký hiệu là d_2 , đã được chấp thuận bởi TRB (2010).

$$d_2 = 900 \times T \left[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{8 \times k \times l \times X}{c \times T}} \right] \quad (1.9)$$

Trong đó

d_2 = thời gian chờ gia tăng trung bình trên mỗi phương tiện do xe đến ngẫu nhiên và thỉnh thoảng trên bão hòa (s)

T = khoảng thời gian phân tích (h),

X = tỷ số v/c ratio của nhóm làn,

k = hệ số điều chỉnh thời gian chờ phụ thuộc vào loại thiết bị điều khiển giao thông (signal controller mode),

I = hệ số điều chỉnh ảnh hưởng của nút giao phía có chiều giao thông ngược lại, và

c = năng lực thông hành của nhóm làn (xe/h).

Giả sử lưu lượng phân tích được dựa trên lưu lượng 15 phút đỉnh (peak 15-minute traffic flow) trong giờ phân tích, T bằng 0.25.

Hệ số điều chỉnh loại thiết bị điều khiển giao thông, k , được đưa vào cho trường hợp nút giao vận hành theo dạng điều khiển *actuated* hay *pretimed*. Giá trị $k = 0.5$ được dùng cho các nút giao điều khiển dạng *pretimed*. Nút giao được điều khiển dạng *actuated* thường hiệu quả hơn trong việc giải quyết lưu lượng giao thông, k , có thể dùng giá trị nhỏ hơn 0.5 và dẫn đến giảm thiểu delay. Đối với điều khiển dạng *actuated*, k phụ thuộc vào tỷ số v/c và thời gian qua nút. Báo cáo này chỉ đề cập đến dạng điều khiển *pretimed*.

Hệ số dòng ngược chiều dùng để điều chỉnh tác động của nút giao phía dòng ngược chiều tác động lên sự ngẫu nhiên của cấu trúc xe đến tại nút giao phía cùng chiều. I được xác định như sau:

$$I = \frac{\text{variance of the number of arrivals per cycle}}{\text{mean number of arrivals per cycle}} \quad (1.10)$$

$$\left\{ \text{Sample Variance} \left(S^2 = \frac{\sum(x_i - \bar{X})^2}{n-1} \right); \text{Population Variance} \left(S^2 = \frac{\sum(x_i - \bar{X})^2}{n} \right) \right\}$$

Phân bố Poisson thường được dùng để phản ánh tình hình xe đến ngẫu nhiên, đặc trưng của phân bố này là variance bằng với giá trị bình quân. Do vậy nếu cấu trúc dòng xe đến cùng chiều phù hợp với phân bố Poisson, thì hệ số điều chỉnh $I = 1.0$. Trường hợp này được xem là nút giao đèn tín hiệu vận hành trong một dạng

riêng biệt (isolated mode). Đối với trường hợp nút giao đèn tín hiệu vận hành không riêng biệt (nonisolated), thì giá trị I sẽ nhỏ hơn 1.0 do trị số variance của liệt số liệu xe đến giảm. Giá trị I phụ thuộc vào tỷ số v/c của các di chuyển ngược chiều tác động lên lưu lượng tại nút giao phía cùng chiều. Báo cáo này chỉ đề cập đến nút giao đèn tín hiệu vận hành dạng isolated mode.

Highway Capacity Manual [TRB (2010)] cũng trình bày một công thức dùng để ước lượng trì hoãn (delay) gây ra bởi hàng chờ ban đầu của các phương tiện tại thời điểm bắt đầu của chu kỳ thời gian phân tích, được ký hiệu là d_3 . Phương trình này và các trị số đầu vào của nó là vượt quá phạm vi của báo cáo này. Nếu không có hàng chờ ban đầu hiện diện tại thời điểm bắt đầu của chu kỳ phân tích, thì số hạng d_3 được cho bằng 0.

Do vậy, ước lượng tổng delay (control delay or signal delay) như vừa trình bày trong *Highway Capacity Manual* [TRB (2010)] bao gồm hai số hạng (d_2 và d_3) và thêm một số hạng nữa (d_1) dùng cho tính toán delay ứng với cấu trúc xe đến phân bố đều (uniform arrivals), như sau:

$$d = d_1 + d_2 + d_3 \quad (1.11)$$

Trong đó

d = thời gian chờ (delay) trung bình trên mỗi xe (s),

d_1 = delay trung bình trên mỗi xe trường hợp cấu trúc xe đến phân bố đều (s),

d_2 = delay trung bình trên mỗi xe trường hợp cấu trúc xe đến ngẫu nhiên (s), và

d_3 = delay trung bình trên mỗi xe do hàng chờ tồn tại lúc bắt đầu chu kỳ phân tích (s),

Đối với trường hợp các nút giao đèn tín hiệu mà ở đó các xe đến không bị ảnh hưởng bởi sự liên hiệp giữa các đèn tín hiệu (coordination), một nút giao đèn tín hiệu riêng lẻ, thì PGV được xem như là bằng với tỷ số g/C. Trong trường hợp này,

phương trình (1.6) có thể được vận dụng để tính d_1 (delay trung bình trên mỗi xe trường hợp cấu trúc xe đến phân bố đều).

Chú ý rằng phương trình (1.11) được vận dụng cho các nhóm làn phân tích đã đã được xác định trong nút giao. Delay của mỗi nhóm làn riêng lẻ phải được tập hợp lại để xác định thời gian chờ (delay) cho toàn nút giao, điều này sẽ được thảo luận trong mục tiếp theo.

1.5 Xác định mức phục vụ (LOS)

Trước khi thực hiện kế hoạch chia pha và phân phối thời gian cho đèn tín hiệu, LOS phải được xác định để đánh giá liệu nút giao có hoạt động ở mức chấp nhận được theo kế hoạch này hay không. Như đã đề cập trước đây, khả năng vận hành của nút giao đèn tín hiệu được đánh giá thông qua LOS, và LOS được định lượng bằng giá trị của tổng thời gian chờ (total delay). Trong các ví dụ trước thời gian chờ cho một nhóm làn cụ thể đã được tính toán, và bây giờ cần phải tính toán thời gian chờ cho tất cả các nhóm làn, sau đó tổ hợp các giá trị thời gian chờ để có được trị số delay cho toàn nút giao và LOS tương ứng.

Bước đầu tiên là tổ hợp các giá trị thời gian chờ của tất cả các nhóm làn trên một đường tiếp cận. Điều này sẽ dẫn đến kết quả là thời gian chờ (delay) của một đường tiếp cận xác định cụ thể và LOS tương ứng. Thời gian chờ của các nhóm làn đã được tổ hợp trên mỗi đường tiếp cận được cho bởi,

$$d_A = \frac{\sum_i d_i \times v_i}{\sum_i v_i} \quad (1.12)$$

Trong đó

d_A = thời gian chờ trung bình trên mỗi phương tiện của đường tiếp cận A (s),

d_i = thời gian chờ trung bình của nhóm làn thứ i [trên đường tiếp cận A] (s), và

v_i = lưu lượng phân tích của nhóm làn thứ i (xe/h).

Khi tất giá trị của thời gian chờ (delay) trên tất cả các đường tiếp cận được tính toán, chúng có thể được tổ hợp để có được delay cho tổng thể nút giao. Thời gian chờ trên các đường tiếp cận nút giao sau khi tổ hợp được cho bởi,

$$d_1 = \frac{\sum_A d_A \times v_A}{\sum_A v_A} \tag{1.13}$$

Trong đó

d_1 = thời gian chờ trung bình trên mỗi phương tiện của nút giao (s),

d_A = thời gian chờ trung bình trên mỗi phương tiện của đường tiếp cận A (s),

v_A = lưu lượng phân tích của đường tiếp cận A (xe/h).

Các tiêu chuẩn về LOS theo thời gian chờ của nút giao đèn tín hiệu được chỉ rõ trong *Highway Capacity Manual*, TRB (2010) và được cho trong Bảng 1.1. Các tiêu chuẩn về thời gian chờ này có thể được dùng để xác định LOS của một nhóm làn, một đường tiếp cận nút, cho cả nút giao.

Bảng 1. 1 Các tiêu chuẩn LOS (Level-of-service) của nút giao đèn tín hiệu

LOS	Tổng thời gian chờ/phương tiện (s/xe) [Control delay per vehicle (s/veh)]
A	≤ 10
B	> 10-20
C	> 20-35
D	> 35-55
E	> 55-80
F	> 80

Nguồn: *Highway Capacity Manual*, TRB (2010)

CHƯƠNG 2

**AN TOÀN TẠI NÚT GIAO VÀ CÁC YẾU TỐ TRONG THIẾT
KẾ NÂNG CAO AN TOÀN NÚT GIAO****2.1 An toàn tại nút giao**

Mục tiêu chính của thiết kế nút giao là tối thiểu hóa số lượng và mức độ tổn thương của các tai nạn tiềm ẩn, đồng thời tạo ra những thuận lợi cho các phương tiện di chuyển qua nút giao. Tiêu chuẩn thiết kế nút giao dựa trên sự cân đối giữa các yếu tố an toàn, năng lực thông hành, và chi phí. Trong báo cáo này, những kết quả về nghiên cứu an toàn của các loại nút giao đồng mức và các thành phần thiết kế chính sẽ được trình bày trước tiên. Các phương pháp lựa chọn loại nút giao sẽ được thảo luận vắn tắt sau đó, và cuối cùng là sự so sánh về các tham số thiết kế nút giao đồng mức.

Nhiều nghiên cứu đã được triển khai nhằm xác nhận mối liên hệ giữa thiết kế nút giao và mức độ an toàn của nó trong bối cảnh một tỷ lệ khá cao trong tổng số vụ tai nạn đã xảy ra tại các nút giao. Grime cho biết rằng có đến 31% tai nạn chết người và tai nạn bị thương đã xảy ra tại các nút giao thuộc khu vực ngoại ô ở Anh, trong khi đó theo báo cáo đặc biệt của TRB Mỹ cho thấy rằng 56% số vụ tai nạn trong khu vực đô thị và 32% số vụ tai nạn ở khu vực nông thôn xảy ra tại các nút giao.

Về tổng thể, các nghiên cứu đã chứng minh rằng số vụ tai nạn phụ thuộc vào lưu lượng và phân bố giao thông trên đường chính và đường thứ cấp. Ví dụ, Hedman sử dụng mô hình dự báo tai nạn theo đó tỷ lệ tai nạn (Accident Rate) của những ngã ba ngã tư khu vực nông thôn ở Thụy Điển có thể được ước lượng như là hàm của tổng lưu lượng đến và tỷ lệ lưu lượng trên đường thứ cấp. Ở Anh, TRL đã dùng mô hình nhân vectors cho thấy sự khác biệt về số lượng tai nạn giữa các loại nút giao. Tuy nhiên mô hình này không tương thích với một số môi trường giao thông nhất định.

2.2 Các yếu tố trong thiết kế nút giao

Những khó khăn chính liên quan đến việc mô hình hóa mức độ an toàn của các tham số thiết kế cụ thể là do một số lượng lớn các yếu tố vật lý và tính năng vận hành tác động lên mức độ an toàn tại các nút giao cũng như sự hồi qui về giá trị trung bình không chính xác. Từ các mô hình của TRL đã được đề cập ở phần trước cho thấy rằng không thể xác lập đầy đủ các quan hệ định lượng mặc cho một số giới hạn đã được thiết lập.

2.2.1 Tầm nhìn

David và Norman nghiên cứu quan hệ giữa tỷ lệ tai nạn (Accident Rate) với đặc trưng hình học và giao thông của nút giao ở Mỹ. Kết quả nghiên cứu cho thấy sự khác biệt khá lớn của tỷ lệ tai nạn trong trường hợp tầm nhìn bị hạn chế và tầm nhìn rõ ràng. Tuy nhiên, cần lưu ý rằng tỷ lệ tai nạn chịu tác động của nhiều yếu tố khác nữa (ví dụ số lượng làn, tốc độ giới hạn) do đó các kết luận chỉ dựa trên tầm nhìn là chưa đủ tin cậy. Trong một nghiên cứu khác ở Mỹ, Wu đã tiến hành điều tra mối quan hệ giữa tỷ lệ tai nạn và “hành lang tầm nhìn rõ ràng” tại 192 nút giao đèn tín hiệu. Nghiên cứu này đã đi đến kết luận rằng các nút giao mà tại đó tầm nhìn bị giới hạn thường có tổng tỷ lệ tai nạn, cũng như tỷ lệ tai nạn bị thương và va chạm (PDO) khá cao.

Ở Anh, Maycock và Hall đã phát hiện số lượng tai nạn gia tăng đáng kể cùng với tầm nhìn tại các lối vào trên vòng xoay và họ đã cho rằng kết quả thực sự khó hiểu. Trường hợp các ngã ba hình chữ T, Pickering và cộng sự cho biết khoảng cách dừng dài hơn sẽ dẫn đến tỷ lệ tai nạn thấp hơn, cho thấy sự tương đồng về quan điểm với các nghiên cứu ở Mỹ đã được đề cập ở trên.

2.2.2 Góc của nút giao

Góc của nút giao được chấp thuận rộng rãi là 90° . Tuy nhiên, ngược lại với vấn đề này, báo cáo NCHRP 197 cho rằng ngã tư xiên lệch có tỷ lệ tai nạn thấp hơn các nút giao có ngã vào thẳng góc. Còn đối với các vòng xoay, góc hợp bởi hai nhánh liền kề gia tăng, số lượng tai nạn giảm; điều này xảy ra là vì sự tương tác giữa tiếp cận vòng xoay và làn xoay đã giảm thiểu bớt xung đột giao cắt đồng thời gia tăng tiếp cận nhập dòng. Tuy vậy, góc giữa các nhánh (lối vào - ra) của vòng xoay chỉ là một biến số phụ.

2.2.3 Số lượng làn tiếp cận vào nút / làn phụ

Báo cáo đặc biệt của TRB 214 chỉ ra rằng tỷ lệ tai nạn nút giao, được biểu diễn bởi số vụ tai nạn trên 10^6 xe vào nút là đặc biệt lớn khi các lối vào có số lượng làn lớn. Sự hình thành các làn rẽ trung tâm đóng vai trò quan trọng trong việc giảm thiểu đáng kể tỷ lệ tai nạn, đặc biệt tại các nút giao không có đèn tín hiệu. Không có thông tin được xác định trên mối quan hệ giữa chiều dài, bề rộng các làn phụ (tăng tốc, giảm tốc và làn rẽ trung tâm) và mức độ an toàn.

2.2.4 Dải phân cách / Chiều dài đoạn mở dải phân cách

Nghiên cứu gần đây ở Mỹ đã kết luận rằng tại các nút giao không có đèn tín hiệu ở khu vực nông thôn tần suất tai nạn và những hành vi lái xe nguy hiểm sẽ giảm khi bề rộng dải phân cách gia tăng. Tuy nhiên, kết quả ngược lại đã được tìm thấy đối với các nút giao có đèn tín hiệu trong khu vực ngoại ô. Tần suất xảy ra các ứng xử nguy hiểm khi lái xe sẽ gia tăng khi gia tăng chiều dài đoạn mở dải phân cách tại các nút giao trong khu vực nông thôn và tình huống ngược lại đối với các nút giao trong khu vực ngoại ô.

2.2.5 Bề rộng làn / Bề rộng đoạn tiếp cận

Theo các nghiên cứu ở Anh, bề rộng đường chính lớn hơn tại ngã ba chữ T có ảnh hưởng tốt đáng kể đến an toàn nút giao.

Báo cáo đặc biệt TRB 2014 kết luận rằng những thay đổi gia tăng bề rộng làn có ảnh hưởng nhỏ đến cấu trúc tai nạn tại nút giao. Maycock và Hall chỉ ra rằng đối với trường hợp vòng xoay đường vào một nửa bề rộng và bề rộng đường vào có ảnh hưởng lớn đối với tai nạn: Khi bề rộng đường vào tăng 5 – 10m, tổng số vụ tai nạn gia tăng khoảng 30%.

2.2.6 Độ dốc đoạn tiếp cận

Về tổng thể có thể cho rằng các ngã vào tại nút giao trong điều kiện bằng phẳng là an toàn hơn. Ví dụ, các ngã vào dốc xuống tại các ngã ba chữ T trong khu vực nông thôn ở Anh thường có tỷ lệ tai nạn cao hơn. Tuy vậy, độ dốc trên các nhánh vào vòng xoay có xu hướng không gia tăng tổng số vụ tai nạn.

2.2.7 Kênh hóa các dòng phương tiện

Hầu như đã được chấp nhận rộng rãi rằng việc phân dòng thông qua kênh hóa các dòng xe tại nút là mang lại nhiều thuận lợi về góc độ điều khiển và quản lý giao thông tại nút giao. Tuy nhiên, Hedman, trong báo cáo nghiên cứu các tai nạn trên đường nông thôn hai làn ở Thụy Điển đã phát biểu rằng các đảo phân luồng trên đường thứ cấp có tác dụng giảm thiểu tai nạn tại các ngã tư khoảng 10%, nhưng có vẻ không có tác dụng cần thiết nào tại các ngã ba. Những ảnh hưởng về an toàn của các làn rẽ trung tâm trên đường chính có vẻ như phụ thuộc vào việc có hay không sự kênh hóa bằng các đảo nổi hay bằng vạch sơn; trong nhiều trường hợp đảo nổi đã dẫn đến nhiều tai nạn nghiêm trọng hơn, đặc biệt tại các nút giao 4 ngã rẽ. Pickering và cộng sự đã chỉ ra rằng các đảo phân luồng bằng sơn trên đường chính tại các ngã ba chữ T trong khu vực nông thôn ở Anh đã dẫn đến kết quả giảm 70% số vụ tai nạn trong khu vực lân cận nút giao.

2.2.8 Tốc độ tiếp cận / Tốc độ giới hạn tại nút giao

Về tổng thể có thể chấp nhận rằng mức độ nguy hiểm tại các nút giao đồng mức sẽ gia tăng khi tốc độ tiếp cận nút giao gia tăng. Dựa trên nghiên cứu các tai nạn tại vòng xoay ở Úc, Arndt và Troutbeck đã gợi ý rằng việc giảm thiểu tốc độ ứng với 85% tổng lượng xe quan trắc (xem Hình 2.1 bên dưới) giữa các phần tử hình học liên tiếp là một tham số quan trọng trong khi thiết kế các đường tiếp cận nút giao trong các môi trường giao thông tốc độ cao; họ gợi ý rằng điều này sẽ đạt được tốt nhất bằng cách dùng một chuỗi các bán kính cong nhằm giảm tốc. Đối với các trường hợp tai nạn chỉ xảy ra với một phương tiện (single vehicle accidents) không liên quan đến phương tiện khác tại các vòng xoay, họ cho biết rằng, lượng giảm tối đa chấp nhận được của tốc độ 85% khoảng 20 km/h giữa các phần tử hình học liên tiếp sẽ đạt được sự cân bằng giữa an toàn và chi phí xây dựng. Một nghiên cứu ở Anh cho thấy rằng vạch sơn màu vàng được tạo ra trên các đường tiếp cận vào vòng xoay có thể giảm thiểu đến 57% loại tai nạn có liên quan đến tốc độ. Không có thông tin nào về ảnh hưởng của việc áp đặt một tốc độ giới hạn trong phạm vi nút giao.

2.3 Loại nút giao

Ở Thụy Điển, ngã tư có tỷ lệ tai nạn trung bình (AR) cao hơn ngã ba khoảng 1.5 đến 2 lần với cùng lưu lượng và phân bố giao thông. Mức độ an toàn hơn của các ngã ba đã được chấp nhận rộng rãi. Báo cáo đặc biệt 214 của TRB Mỹ kết luận rằng mức độ nguy hiểm tại các nút giao đồng mức gia tăng cùng với số ngã vào (approaches). TRL của Anh cho biết nút giao dạng so le (khoảng so le chừng 36.0m) có tỷ lệ tai nạn nhỏ hơn giao cắt thông thường và ngã tư được tách thành 02 ngã ba riêng biệt; tuy nhiên, nếu khoảng so le nhỏ thì nút giao dạng so le kém an toàn hơn giao cắt thông thường.

TRL của Anh đã phát triển mô hình dự báo tai nạn cho các vòng xoay, ngã ba vùng nông thôn và nút giao đèn tín hiệu trong khu vực đô thị. Các mô hình này sử dụng độ lớn của nhiều tham số hình học khác nhau và lưu lượng của các dòng giao thông để ước lượng số lượng của từng loại tai nạn có khả năng xảy ra tại các nút giao (ví dụ, bề rộng đường tiếp cận, bề rộng đường thoát, và độ võng là các tham số chính trong mô hình vòng xoay). Tất cả các mô hình này đã được chứng minh là rất hiệu quả trong việc dự báo tai nạn tại các nút giao ở Anh. Tuy nhiên, các mô hình của Anh khó có thể dùng ở các quốc gia khác do có sự khác biệt về loại tai nạn và tỷ lệ tai nạn. Ví dụ, đánh giá gần đây về mô hình tai nạn vòng xoay của Anh đã được triển khai ở Ireland, kết quả cho thấy có sự khác biệt khá lớn giữa số tai nạn dự báo và số tai nạn thực tế ghi nhận được. Tuy nhiên, mô hình của Anh đã cho thấy tính hiệu quả của nó trong việc dự báo số lượng tai nạn ứng với các thiết kế vòng xoay khác nhau; theo đó nó được vận dụng để xác định thiết kế an toàn nhất.

Các nghiên cứu ở Anh đã chứng minh rằng vòng xoay an toàn hơn các loại nút giao đồng mức khác. Ví dụ, Hughes đã tiến hành điều tra các tai nạn ở khu vực nông thôn và báo cáo đã cho thấy chỉ số tổn thương nhỏ nhất xuất hiện ở các tai nạn trong vòng xoay. Tuy vậy, tai nạn xe đạp và xe máy xuất hiện không tương xứng khi so sánh với các loại nút giao khác. Walker and Pittam đã so sánh mức độ tổn thương tai nạn (% số người chết và bị thương nặng gây ra bởi tai nạn) của các loại đường nút giao đường một chiều khác nhau. Mức độ tổn thương của các tai nạn trong khu vực đô thị tại vòng xoay 4 ngã (nhánh) và ngã ba đèn tín hiệu là giống nhau (18 – 20%) ngoại trừ vòng xoay thông thường (27%). Ở khu vực nông thôn

ngã ba chữ T có mức độ tổn thương cao nhất (35%), hơn hai lần mức độ tổn thương của vòng xoay nông thôn (14 – 16%). Một mô hình nhân vector đã được sử dụng để so sánh nhiều loại nút giao khác nhau dưới cùng một điều kiện giao thông, số tai nạn dự báo tại nút giao đèn tín hiệu trong khu vực đô thị là hơn hai lần so với vòng xoay đô thị thông thường. Ở khu vực nông thôn các vòng xoay khá an toàn hơn các ngã ba chữ T.

Đối với tổng tỷ lệ tai nạn, ở Úc đã ghi nhận giảm 43% sau khi chuyển đổi các nút giao đồng mức thông thường thành vòng xoay, các trường hợp tai nạn bị thương giảm đến 45%.

Hedman đã công bố rằng chuyển đổi nút giao 4 ngã rẽ trong khu vực ngoại ô với tỷ lệ lưu lượng cao trên đường thứ cấp thành vòng xoay sẽ giảm tổn thương (số người chết và bị thương trên mỗi tai nạn) khoảng 50%; tuy nhiên, việc xây dựng vòng xoay có thể không mang lại thay đổi nào về tổng số vụ tai nạn. Một nghiên cứu “trước” và “sau” khi chuyển đổi 181 nút giao đồng mức thông thường ở Hà Lan thành vòng xoay đã báo cáo rằng số vụ tai nạn giảm 47%, và số người chết giảm 71%. Tình huống giao thông tại các nút giao trước khi chuyển đổi thành vòng xoay là ưu tiên trên đường chính và không ưu tiên trên đường thứ cấp, sau khi chuyển đổi thành vòng xoay, sự ưu tiên được phân đều trên tất cả các ngã vào. Các vòng xoay được đặc trưng bởi các tính chất sau: một làn xoay với các lối vào và bán kính nhỏ (đường kính ngoài thông dụng nhất khoảng 30m). Số lượng thương vong do tai nạn ở khu vực ngoại giảm nhiều hơn so với khu vực nội đô (89% và 69%). Tuy vậy, mức độ giảm thiểu thương vong đối với người đi xe máy phân khối nhỏ (63%) và xe đạp (30%) là nhỏ hơn đối với người đi ô tô (95%) và người đi bộ (89%). Xây dựng các tuyến đường dành riêng cho xe đạp làm giảm 90% số lượng thương vong, trong khi nếu dùng làn xe đạp trong vòng xoay chỉ giảm thiểu 25%. Các nút giao trước đó điều khiển bằng đèn tín hiệu giảm 33% thương vong trong khi đó mức thương vong đối với người đi xe máy phân khối nhỏ và người đi xe đạp gia tăng 4%.

2.4 Mối tương quan giữa nút giao – tai nạn và sự lựa chọn nút giao

(i) Số vụ tai nạn tại một nút giao tỷ lệ với lưu lượng và phân bố giao thông trên đường chính và đường thứ cấp nhưng điều này không hẳn đúng với hầu hết các môi trường giao thông; (ii) Vòng xoay có nhiều lợi thế an toàn hơn hẳn các loại nút giao đồng mức khác. Ở những khu vực nông thôn, theo thứ tự giảm dần về mức độ an toàn thì vòng xoay xếp sau ngã ba chữ T, tiếp theo là nút giao dạng so le và cuối cùng là những giao cắt thông thường; (iii) Do tồn tại một số lượng lớn về các yếu tố vật lý và tính năng vận hành giao thông liên quan, thật sự khó khăn trong vấn đề mô hình hóa nhằm định lượng mức độ ảnh hưởng đến an toàn của các tham số thiết kế cụ thể riêng biệt nhưng cũng đã có những kết luận tương đồng trên những mô hình đã được thiết lập; (iv) Các nút giao mà tại đó tầm nhìn bị hạn chế thường có tổng tỷ lệ tai nạn và tỷ lệ tai nạn bị thương khá cao hơn. Tuy nhiên, tai nạn có thể gia tăng theo tầm nhìn trên các đường tiếp cận vào vòng xoay; (v) Chưa có những kết luận chung về góc giao tối ưu giữa các đường tiếp cận vào các nút giao; (vi) Bề rộng dải phân cách càng rộng càng tốt tại các nút giao không có đèn tín hiệu ở khu vực nông thôn nhưng không rộng hơn mức cần thiết tại các nút giao có đèn tín hiệu; (vii) Kênh hóa tại nút giao bằng các đảo phân luồng thường là tốt nhưng việc xây dựng các đảo phân luồng trên các đường chính ở khu vực nông thôn có thể tạo ra nguy hiểm; (viii) Mức độ nguy hiểm của một nút giao đồng mức sẽ gia tăng khi tốc độ tiếp cận nút giao tăng.

Thông thường loại nút giao có giá thành xây dựng và bảo dưỡng rẻ nhất, đồng thời đảm bảo mức phục vụ (LOS) theo yêu cầu sẽ được lựa chọn. Tiêu chuẩn của một số quốc gia là thường sử dụng các đồ thị trên đó biểu diễn một dải rộng của lưu lượng tương ứng với những loại nút giao khác nhau có thể phù hợp. Về tổng thể có thể chấp nhận rằng ứng xử của những người tham gia giao thông tại tất cả các loại nút giao không có đèn tín hiệu là một “khoảng hở bỏ ngõ” và các tiêu chuẩn thiết kế bao gồm các đồ thị / chương trình máy tính dùng để ước lượng năng lực thông hành của cả hai loại nút giao có và không có đèn tín hiệu. Vì sự nhận thức về an toàn và những thuận lợi về chi phí cho nên nhiều vòng xoay đã và đang được xây dựng trong vài năm gần đây. Trong khu vực đô thị, các vòng xoay thường được thay thế cho các nút giao có đèn tín hiệu độc lập riêng biệt mà ở đó thường có lưu lượng rẽ trái cao, hoặc là vòng xoay được dùng như một giải pháp “giao thông yên tĩnh” làm

giảm tốc độ lưu thông; ở các khu vực ngoài đô thị vòng xoay thường được cho là thích hợp tại các nút giao chính trên cả hai loại đường không có dải phân cách và loại đường 4 làn có dải phân cách. Tuy vậy, vòng xoay có thể vận hành không tốt tại các nơi có dòng giao thông với nhiều loại phương tiện có kích thước và khối lượng lớn (heavy vehicles); trong trường hợp này vòng xoay thường được điều khiển bằng đèn tín hiệu. Đối với người đi bộ và các phương tiện hai bánh có thể cần đến một số giải pháp đặc biệt tại vòng xoay. Và bây giờ về tổng quan có thể nói rằng những người lái xe thoát khỏi vòng xoay tại một nhánh của vòng xoay thông thường có ít ảnh hưởng lên ứng xử của những người lái xe tiếp cận vào vòng xoay trên cùng một nhánh. Một nghiên cứu ở Úc đã kết luận rằng năng lực thông hành và thời gian chờ (delay) trên mỗi làn tiếp cận nên được dự báo riêng biệt; và ứng xử của các tài xế đang ở trong vòng xoay – dòng giao thông có lưu lượng lớn là một sự đảo ngược ưu tiên hay chia sẻ ưu tiên, dẫn đến giảm đáng kể về thời gian chờ trung bình.

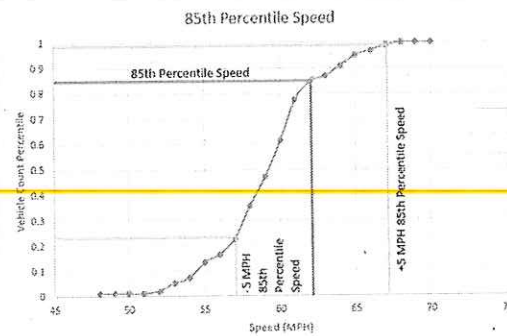


Figure 1: 85th Percentile Speed Graph

Nguồn: extracted from <http://www.mikeontraffic.com/85th-percentile-speed-explained/>

Hình 2. 1 Giảm thiểu tốc độ ứng với 85% lượng xe quan trắc

2.5 So sánh các yếu tố trong thiết kế nút giao

Bốn dạng bố trí mặt bằng nút giao sẽ được so sánh trong nghiên cứu này:

- (i) Các nút giao giữa đường chính và đường thứ cấp dạng đơn giản;
- (ii) Các làn tăng / giảm tốc;
- (iii) Các làn rẽ trung tâm;
- (iv) Các vòng xoay

Đối với mỗi loại nêu trên, giá trị của các tham số hình học quan trọng nhất dùng trong thiết kế nút giao ở một số quốc gia sẽ được so sánh. Lý do về sự khác biệt giữa các tham số hình học này cũng sẽ được nêu ra. So sánh này bao gồm tám nước

thuộc Châu Âu, Úc và Mỹ. Một số khác biệt lớn trong tiêu chuẩn thiết kế ở các quốc gia sẽ được chỉ rõ.

2.5.1 Các nút giao giữa đường chính / đường thứ cấp đơn giản

Những nút giao giữa đường chính / đường thứ cấp có góc giao 90° và được điều khiển bằng biển báo ở khu vực nông thôn được lựa chọn để xem xét sự khác biệt giữa các quốc gia. Các tham số được lựa chọn để so sánh bao gồm:

(i) Tầm nhìn nhỏ nhất dọc theo đường chính và đường thứ cấp (đường hai chiều hai làn xe không có dải phân cách, tiếp cận bằng phẳng); (ii) Bán kính rẽ thoát nhỏ nhất (từ đường thứ cấp vào đường chính); (iii) Bán kính rẽ tiếp cận nhỏ nhất (từ đường chính vào đường thứ cấp).

Bảng 2.1, 2.2 trình bày sự so sánh giữa các quốc gia đối với các tham số nêu trên.

Sự khác biệt lớn giữa các quốc gia được tìm thấy đối với trường hợp xác định tầm nhìn (sight distance), đặc biệt là tầm nhìn dọc theo đường thứ cấp, giá trị này có phạm vi từ 3.0m (Đan Mạch) đến 25.0m (Phần Lan). Tầm nhìn dọc theo đường chính trong trường hợp tốc độ thiết 100 km/h thay đổi từ 167m (Pháp) đến 370m (Mỹ, trị số ước lượng từ AASHTO). Sự khác biệt này chủ yếu là do khác biệt trong việc lựa chọn giá trị tham số thiết kế hơn là khác biệt trong phương pháp thiết kế. Tất cả các quốc gia xác định một giá trị đơn thuần hoặc một phạm vi độc lập với tốc độ thiết kế cho cả hai bán kính thoát và bán kính tiếp cận; các giá trị này biến động từ 6 – 10m (Úc) đến 10 – 30m (Ireland).

2.5.2 Các làn tăng / giảm tốc

Những tham số được chọn để so sánh bao gồm: (i) Chiều dài của làn tăng và giảm tốc; (ii) Bán kính nhỏ nhất (tối thiểu) ở cuối làn giảm tốc và đầu làn tăng tốc.

Bảng 2.3 trình bày chiều dài làn (bao gồm đoạn chuyển tiếp) được chọn ở các quốc gia và chiều dài tương đương ước lượng từ AASHTO (23). Sự khác biệt lớn được tìm thấy ở trường hợp chiều dài làn tăng tốc được xác định giữa các quốc gia. Ví dụ, với tốc độ thiết kế 100 km/giờ, giá trị lớn nhất 460m (Úc) – trị số này là

tương đương với trị số được ước lượng từ AASHTO và nó lớn hơn 5 lần so với giá trị nhỏ nhất 86m (Anh). Phạm vi giá trị của chiều dài làn giảm tốc khá rộng, với tốc độ thiết kế 100 km/giờ giá trị này từ 40m (Anh) đến khoảng 200m (Phần Lan, AASHTO). Tất cả các quốc gia ngoại trừ Thụy Điển xác định chiều dài làn giảm tốc nhỏ hơn chiều dài làn tăng tốc với cùng một tốc độ thiết kế.

Đối với các bán kính tối thiểu, tiêu chuẩn của hầu hết các quốc gia xác định 25m bất kể tốc độ thiết kế cho cả hai trường hợp làn tăng tốc và giảm tốc. Một số ngoại lệ, tiêu chuẩn Anh xác định bán 20m được cho là đủ tốt để rẽ tại cuối làn giảm tốc, và tiêu chuẩn Ireland không xác định bán kính tối thiểu tại vị trí bắt đầu làn tăng tốc.

Bảng 2. 1 Nút giao đường chính / đường thứ cấp đơn giản: Tầm nhìn (m)

Tốc độ thiết kế (km/h)	Tầm nhìn dọc theo đường chính (m)									Tầm nhìn dọc theo đường thứ cấp (m)								
	120	110	100	90	85	80	70	60	50	120	110	100	90	85	80	70	60	50
Úc	330	290	250	210	175	140	115	90	70	đến 7m; nên chọn 7m								
Đan Mạch			270			240		210				3			3		3	
Phần Lan	370		270			200		130	105	25		25			25		25	25
Pháp			167			134		100										
ICELAND			270	230		190		125	100			20	20		20		20	20
IRELAND	340		280			230		170		12		12			12		6	
Na Uy				201		164	131	96	74				10		10	10	10	10
Thụy Điển		320	240		170			110			5	5		5			5	
Anh	295		215		160		120	90	70			9		9		9	9	9
AASHTO*		460	370			250		160										

* Ước lượng từ AASHTO, 1990

* 1m = 3.28 ft

Bảng 2. 2 Nút giao đường chính / đường thứ cấp đơn giản: Bán kính cong tối thiểu (m)

Tốc độ thiết kế (km/h)	Bán kính thoát tối thiểu (m)*									Bán kính tiếp cận tối thiểu (m)*								
	120	110	100	90	85	80	70	60	50	120	110	100	90	85	80	70	60	50
Úc	6-10																	
Đan Mạch			12			12		12				12			12		12	
Phần Lan	10		10			10		10	10	10		10			10		10	10
ICELAND			12	12		12		12	12			12	12		12		12	12
IRELAND	10-30 (thay đổi theo loại đường)																	
Thụy Điển		10	10		10			10			10	10		10			10	
Anh			15		15		15	15	15			15		15		15	15	15
AASHTO*	9.2 (xe khách); 15.2 (xe tải); không sử dụng đường cong đơn cho tổ hợp các xe đầu kéo trong thực tế																	

- * Bán kính từ đường thứ cấp vào đường chính
- * Bán kính từ đường chính vào đường thứ cấp
- * Ước lượng từ AASHTO, 1990
- * 1m = 3.28ft

Bảng 2. 3 Chiều dài làn tăng / giảm tốc (m)

Tốc độ thiết kế (km/h)	Chiều dài làn tăng tốc (m)								Chiều dài làn giảm tốc (m)									
	120	110	100	90	85	80	70	60	50	120	110	100	90	85	80	70	60	50
Úc			460	330		260	180	130	105			170	140		120	100	80	60
Đan Mạch			270			220		170				69			41		26	
Phần Lan	Không sử dụng										200			130		70	50	
ICELAND			175	120		100		60			135	110		90		70	60	
IRELAND	500		350			200				220		150			100			
Na Uy			250	225		190	160					160	140		100			
Thụy Điển			120		70							120		70				
Anh	114		86		86					55		40		35		35	35	35
AASHTO*		560	480	400		320		190			225	210	190		170		125	

* Ước lượng từ AASHTO, 1990 (tăng tốc từ vạch dừng + 91m chuyển tiếp, tốc độ trung bình trên đường cong thoát 30 km/h, 55m chuyển tiếp)

* 1m = 3.28ft

Bảng 2. 4 Làn rẽ trung tâm

Tốc độ thiết kế (km/h)	Chiều dài làn rẽ trung tâm (m)*									Bề rộng làn rẽ trung tâm (m)									
	120	110	100	90	85	80	70	60	50	120	110	100	90	85	80	70	60	50	
Úc																			
Đan Mạch			69			41		26		3.5									
Phần Lan			130			90		50	30			5.5			5.5		5	5	
ICELAND			135	110		90		70	60	3.5									
IRELAND	250		190			125		75		3.0									
Na Uy			135	110		90		70	60	2.75 tối thiểu									
Thụy Điển	Dựa trên thành phần giao thông – 70m tối thiểu									3.5									
Anh	120		90		65		50	35	35	3.5									
AASHTO*		240	225	205		185		140		3.0 – 3.7									

* Ước lượng từ AASHTO, 1990 (Chiều dài giảm tốc trong Bảng 2 + 15m cho các phương tiện chờ rẽ)

*1m = 3.28ft

Bảng 2. 5 Vòng xoay

	Tầm nhìn về phía trái (m)*	Khoảng cách từ vạch dừng (m)	B. Kính tiếp cận min (m)	B. Kính thoát min (m)	Bề rộng tiếp cận min (m)	Bề rộng lối thoát min (m)	Đ. Kính đảo T. Tâm min (m)
Úc	70	5	30	-	3.4 - 4	3.4 - 4	5 - 10
Đan Mạch	55	2.5	12-20	12-20	3.25 - 3.75	3.5 - 4	5 - 10
Phân Lan	60	5	10	40	6	4.5	30
Pháp	21	SSD ^b	15	25	4	5	15
ICELAND	60	5	15	100	6	5.5	20 - 30
IRELAND	60	15	20	40	10 ^c	9.2 ^c	20
Na Uy	50	10	20	40	7 - 8	-	10 - 25
Tây Ban Nha			20-25	20 (40 recommended)	2.5m per lane	-	5
Thụy Điển	60	5	15-25	100-200	7 - 9.5	7	10
Anh	50	15	6-10	20	6	7 (S/C) ^d 10 (D/C) ^e	4

^aS.D. Tầm nhìn về phía phải đối với các quốc gia lái xe bên trái

^bGiá trị trong tiêu chuẩn Pháp dựa trên khoảng cách dừng ứng với tốc độ tiếp cận

^cGiá trị đặc trưng, không xác định giá trị nhỏ nhất

^dS/C = Single carriageways (một chiều)

^eD/C = Dual carriageways (hai chiều không có dải phân cách)

* 1m = 3.28ft

2.5.3 Các làn rẽ trung tâm

Làn rẽ trung tâm là những làn được thêm vào vùng làn cận tim đường, chúng thường được hiển thị bằng vạch sơn, đảo ảo bằng sơn, hoặc được bố trí trên các dải phân cách. Các tham số so sánh gồm chiều dài và bề rộng làn. Bảng 2.4 cho thấy các giá trị được xác định theo từng quốc gia đối với các tham số này. Các trị số quy đổi được ước lượng từ AASHTO cũng được trình bày.

Sự khác biệt lớn đối với các trị số chiều dài làn tối thiểu được tìm thấy. Ví dụ, trường hợp tốc độ thiết kế 100 km/h chiều dài tối thiểu có phạm vi từ 69m (Đan Mạch) đến 190m (Ireland). Về tổng thể làn được chia thành 02 phần: (a) chiều dài giảm tốc (deceleration length), chiều dài này sẽ thay đổi theo tốc độ thiết kế; và (b) chiều dài rẽ (turning length) cho phép các loại phương tiện có chiều dài lớn chuyển làn định vị chính xác trước khi dừng chờ rẽ. Một chiều dài cần thêm vào dùng cho các phương tiện dừng chờ rẽ khi lưu lượng rẽ cao. Các giá trị đối với bề rộng làn thay đổi trong phạm vi từ 2.75m (Na Uy) đến 5.5m (Phần Lan). Chỉ có Phần Lan – quốc gia có tiêu chuẩn thay đổi bề rộng làn rẽ trung tâm theo tốc độ. Ở tốc độ thiết 50 – 60 km/h bề rộng làn rẽ trung tâm là 5.0m.

2.5.4 Các vòng xoay

Các tham số thiết kế sau đây được so sánh: (i) Tâm nhìn; (ii) Bán kính cong tối thiểu tại vị trí tiếp cận vào / thoát ra; (iii) Bề rộng tối thiểu tại vị trí tiếp cận vào / thoát ra; (iv) Đường kính tối thiểu của đảo trung tâm.

Bảng 2.5 trình bày các giá trị xác định theo từng quốc gia đối với các tham số nêu trên; AASHTO không có tiêu chuẩn về thiết kế vòng xoay.

Đã tìm thấy rằng các quốc gia khác nhau lựa chọn việc phân loại vòng xoay theo những cách khác nhau. Ví dụ, Na Uy phân loại vòng xoay dựa trên đường kính vòng xoay (inscribed diameter) theo đó có các loại vòng xoay mini / nhỏ / trung bình / lớn; Phần Lan phân loại theo góc độ liên đô thị hay đô thị; Đan Mạch theo tốc độ thiết kế.

Liên quan đến các yêu cầu về tầm nhìn, tầm nhìn xác định ở các quốc gia cho thấy khá nhất quán, ngoại trừ ở Pháp là khoảng 50 – 70m. Tuy nhiên, khoảng cách tính ngược từ đường giới hạn vòng xoay theo chiều ngược chiều tiếp cận, yêu cầu trong phạm vi này tầm nhìn phải tốt, trị số khoảng cách này thay đổi từ 2.5m ở Đan Mạch đến 15m ở Ireland và Anh. Có sự không đồng thuận về vấn đề nên có hay không các tài xế đang tiếp cận vào vòng xoay phải nhìn thấy rõ các xe ở phía trước họ đang vào vòng xoay trước khi xe của họ cán vạch giới hạn vòng xoay – vạch nhường đường. Ví dụ, tiêu chuẩn của Úc yêu cầu các tài xế đang tiếp cận vòng xoay (tại vị trí 45m tính từ vạch nhường đường) cần thấy rõ đường tiếp cận ở phía trước trong khi tiêu chuẩn Anh cho rằng tầm nhìn rõ quá mức ở các đường tiếp cận hay tầm nhìn rõ giữa các đường tiếp cận liên kề có thể dẫn đến tình trạng tốc độ trên lối vào vòng xoay và tốc độ tiếp cận vòng xoay cao hơn tốc độ thiết kế.

Bán kính cong tối thiểu tại các vị trí tiếp cận được xác định từ tiêu chuẩn của các quốc gia cho thấy khá tương đồng. Tiêu chuẩn Anh cho rằng các giá trị từ 6 – 10m có thể chọn, 20m là gợi ý cho trị số thiết kế thực tiễn. Nghiên cứu từ các quốc gia khác, Phần Lan có trị số bán kính cong tiếp cận nhỏ nhất 10m, Đan Mạch xác định trong phạm vi 10 – 20m và Úc có giá trị lớn nhất 30m. Có khác biệt trong việc xác định trị số bán kính cong tối thiểu tại các vị trí thoát nút giữa các quốc gia. Phần Lan, Ireland, Na

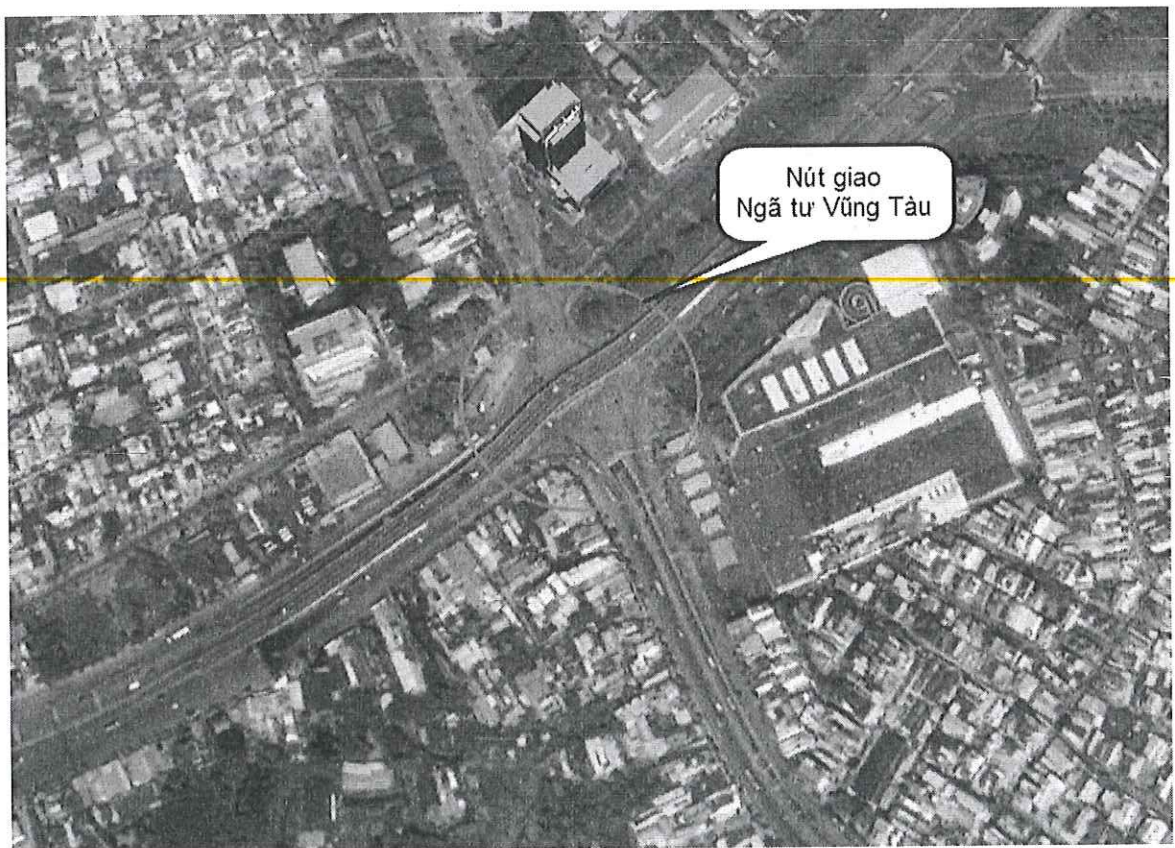
Uy có giá trị tối thiểu giống nhau bằng 40m. Trong khi đó ở Anh giá trị tối thiểu của bán kính thoát là 20m, tiêu chuẩn Anh cũng gợi ý rằng 40 nên được chọn cho các thiết kế thực tế. Đan Mạch là quốc gia không qui định bán kính cong thoát lớn hơn bán kính cong tiếp cận, tiêu chuẩn cho phép hai loại bán kính cong có cùng trị số. Iceland và Thụy Điển xác định bán rẽ thoát tối thiểu là lớn hơn hai lần bán kính tối thiểu ở các quốc gia khác. Giá trị bán kính cong tối thiểu lớn nhất được xác định từ tiêu chuẩn của Thụy Điển (100-200m) cho phép phân tán giao thông tốt.

Bề rộng tối thiểu của các đoạn tiếp cận có phạm vi từ 3.25m ở Đan Mạch đến 7.0m ở Na Uy và Thụy Điển. Bề rộng tối thiểu của các đoạn thoát nút có giá trị trong phạm vi từ 3.5m (Đan Mạch) đến 7.0m ở Anh (trường hợp ở các đoạn tách hai chiều giao thông – single carriageway road). Có sự tương đồng về kích thước tối thiểu của các đoạn thoát / tiếp cận nút giữa các quốc gia.

Có phạm vi rộng của các giá trị đối với đường kính đảo trung tâm nhỏ nhất. Úc, Đan Mạch, Anh và Thụy Điển xác định các giá trị nhỏ nhất của đường kính đảo trung tâm từ 4 – 10m, trong khi đó Phần Lan xác định giá trị nhỏ nhất là 30m.

CHƯƠNG 3**TRƯỜNG HỢP NGHIÊN CỨU - NÚT GIAO NGÃ TƯ VŨNG TÀU, TP. BIÊN HÒA, ĐỒNG NAI****3.1 Hiện trạng nút giao Ngã tư Vũng Tàu****3.1.1 Cấu trúc đô thị xung quanh nút**

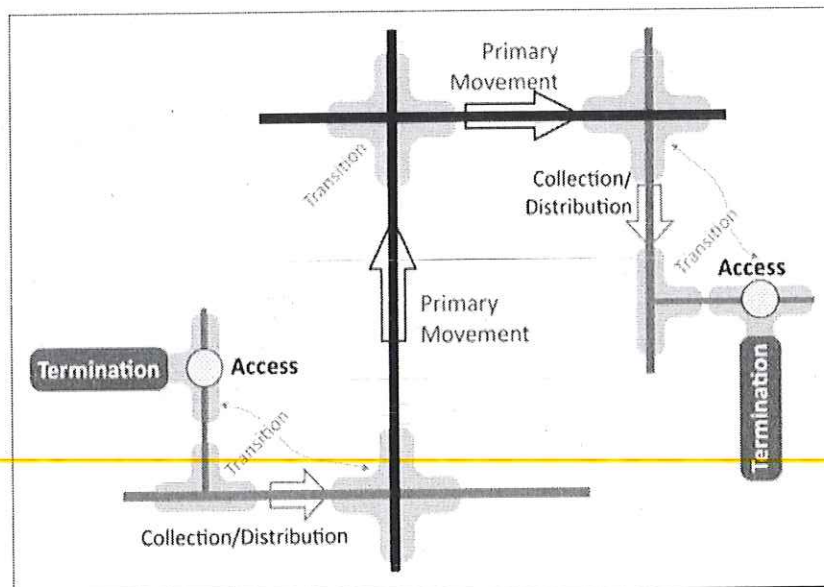
Khu vực đô thị xung quanh nút chủ trọng phát triển thương mại, dịch vụ gồm có siêu thị Big C, ngân hàng Đông Á, trạm xăng dầu, bến xe buýt và tòa nhà văn phòng. Những vị trí các địa điểm này tập trung lượng lớn các phương tiện và hành khách lưu thông trong các khung giờ cao điểm và các ngày cuối tuần, ngày lễ. Vì vậy sẽ tác động tới vận hành giao thông của các dòng giao thông liên vùng lưu thông qua nút giao.



Hình 3. 1 Vị trí nút giao Ngã tư Vũng Tàu và các công trình lân cận

3.1.2 Chức năng đường trong mạng lưới

Hầu hết các chuyến đi, dù di chuyển bằng xe cơ giới, đi bộ, đi xe đạp hoặc phương tiện giao thông công cộng đều liên quan đến các giai đoạn sau: (i) Đầu mỗi giao thông (điểm đi và điểm đến); (ii) Tiếp cận (kết nối với hệ thống đường công cộng); (iii) Thu thập/phân phối (tập hợp các hành trình chuyển đi từ các vị trí xuất phát khác nhau/phân phối chuyển đi khi các cá nhân đến điểm đến); (iv) Hướng lưu thông chính – Quá trình di chuyển thực hiện khi hành khách di chuyển từ hành trình này đến hành trình khác. Quá trình chuyển đổi đặc trưng cho cấp bậc mỗi loại đường của các giai đoạn chuyển đi (nút giao).



Hình 3. 2 Hành trình và chức năng tương ứng các tuyến đường

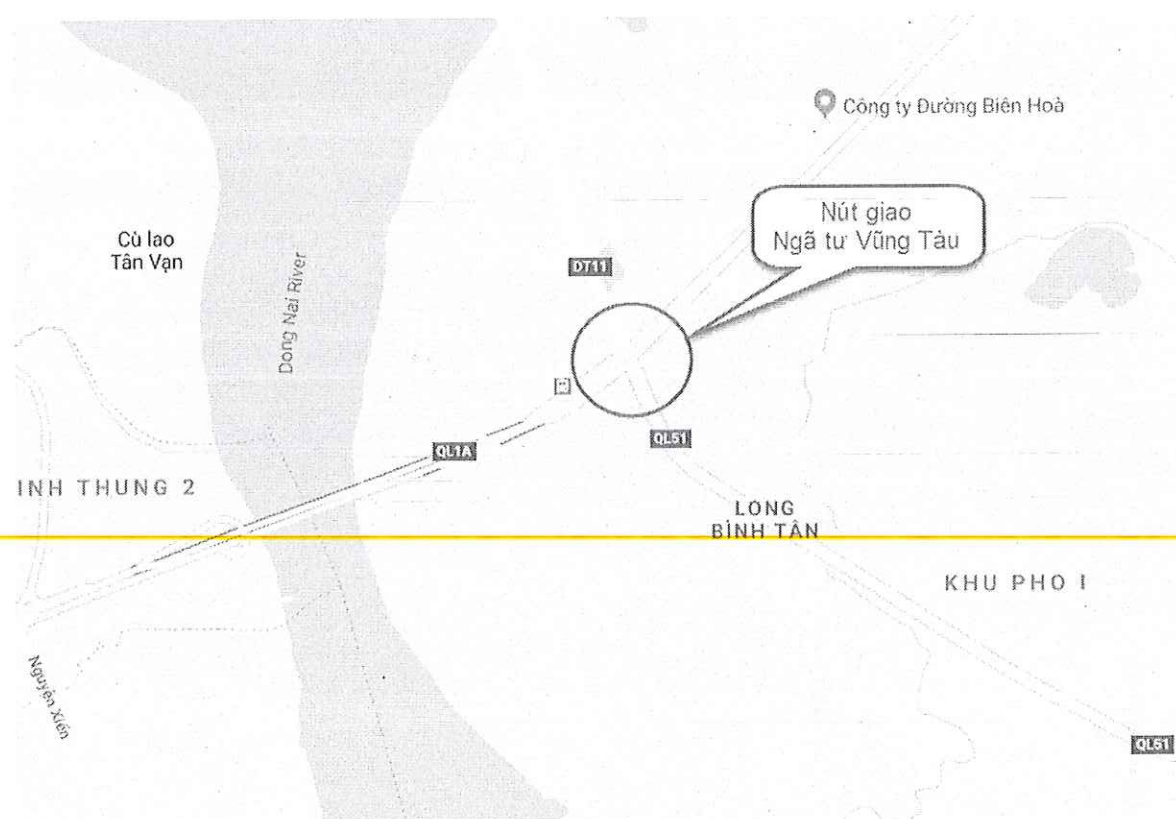
QL1A là đường trục chính huyết mạch của quốc gia kết nối từ Bắc vào Nam bắt đầu tại xã Bảo Lâm, huyện Cao Lộc, tỉnh Lạng Sơn và điểm cuối thuộc Đất Mũi, huyện Ngọc Hiển, tỉnh Cà Mau. Trong khu vực nghiên cứu, QL1A kết nối theo hướng Tây Bắc – Đông Nam tốc độ quy định là 80 km/giờ.

QL51 là đường trục chính kết nối liên vùng hai tỉnh Đồng Nai và tỉnh Bà Rịa – Vũng Tàu theo hướng Tây Bắc – Đông Nam, điểm đầu tại nút giao Ngã tư Vũng Tàu và điểm cuối tại TP. Vũng Tàu, tốc độ quy định tối đa là 70 km/h.

Chức năng đường Lê Văn Duyệt trong mạng lưới đường khu vực nghiên cứu là đường gom, kết nối với QL1K trong địa phận TP. Biên Hòa.

3.1.3 Loại nút giao

Nút giao Ngã tư Vũng Tàu là loại nút giao khác mức, vận hành với ba tầng lưu thông gồm: Cầu vượt, mặt bằng và hầm chui. Phạm vi đề tài nghiên cứu là mặt bằng, vận hành tương ứng với vận hành của vòng xoay.



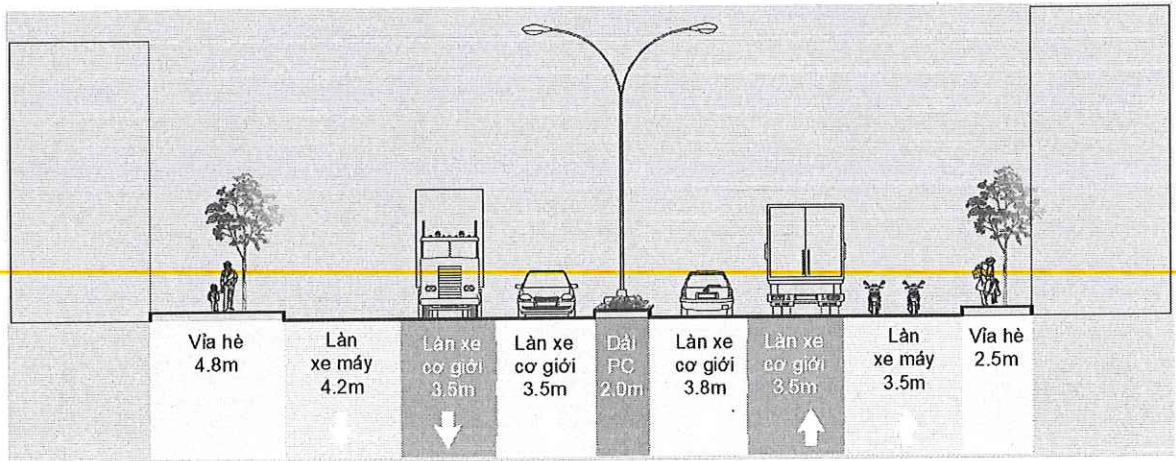
Hình 3. 3 Vị trí nút giao Ngã tư Vũng Tàu trong khu vực nghiên cứu

3.1.4 Mặt cắt ngang đường

Chiều rộng đường Lê Văn Duyệt là 31.8m, mỗi bên ba làn xe bao gồm: 02 làn xe cơ giới và 01 làn xe máy và xe thô sơ mỗi hướng. Ở giữa bố trí dải phân cách bê tông bề rộng 2.0m, bố trí đèn chiếu sáng và trồng cây xanh.



Hình 3. 4 Hình chụp đường Lê Văn Duyệt

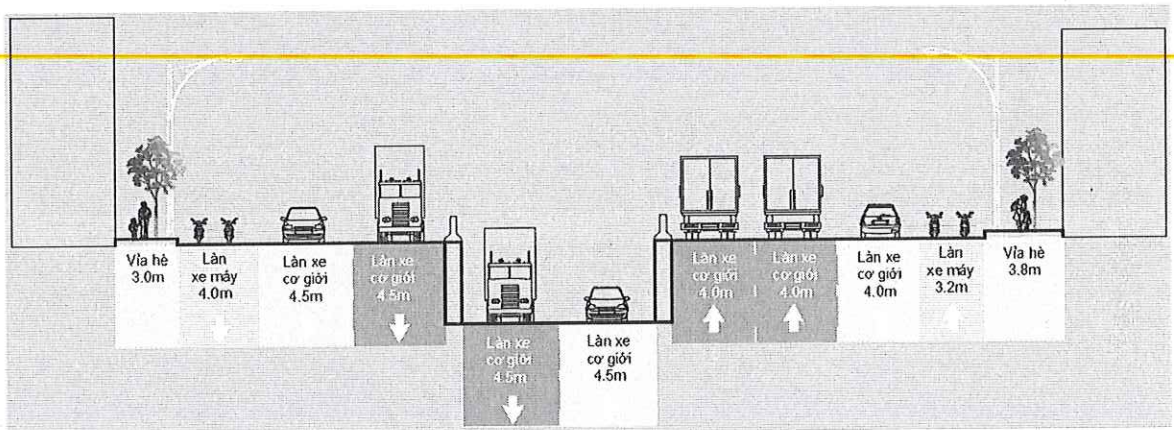


Hình 3. 5 Mặt cắt ngang đường Lê Văn Duyệt

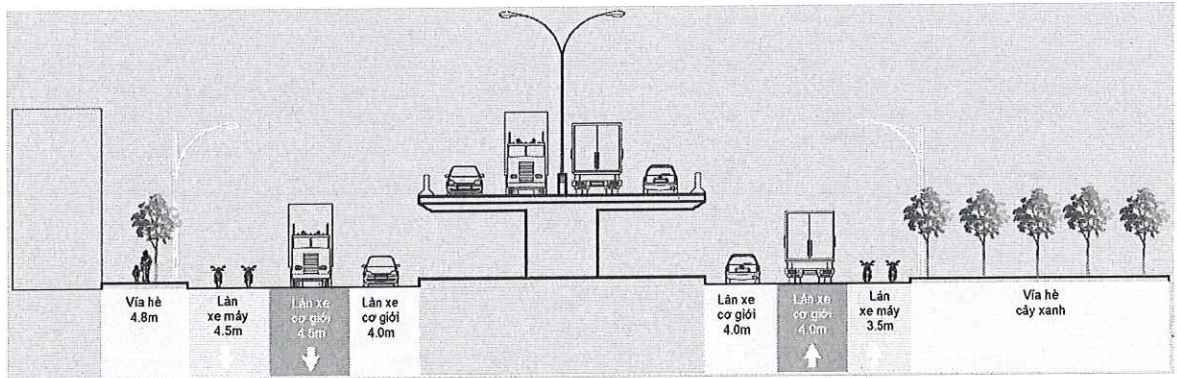
Mặt cắt ngang QL51 tại vị trí tiếp cận nút giao với chiều rộng là 46.0m, bao gồm ba làn xe: 02 làn xe cơ giới, 01 làn xe máy và xe thô sơ mỗi hướng, ở giữa có hai làn xe xuống hầm chui (hướng đi TP.HCM) với chiều rộng 9.0m, gồm 4.5m mỗi làn xe và chỉ cho phép phương tiện cơ giới lưu thông.



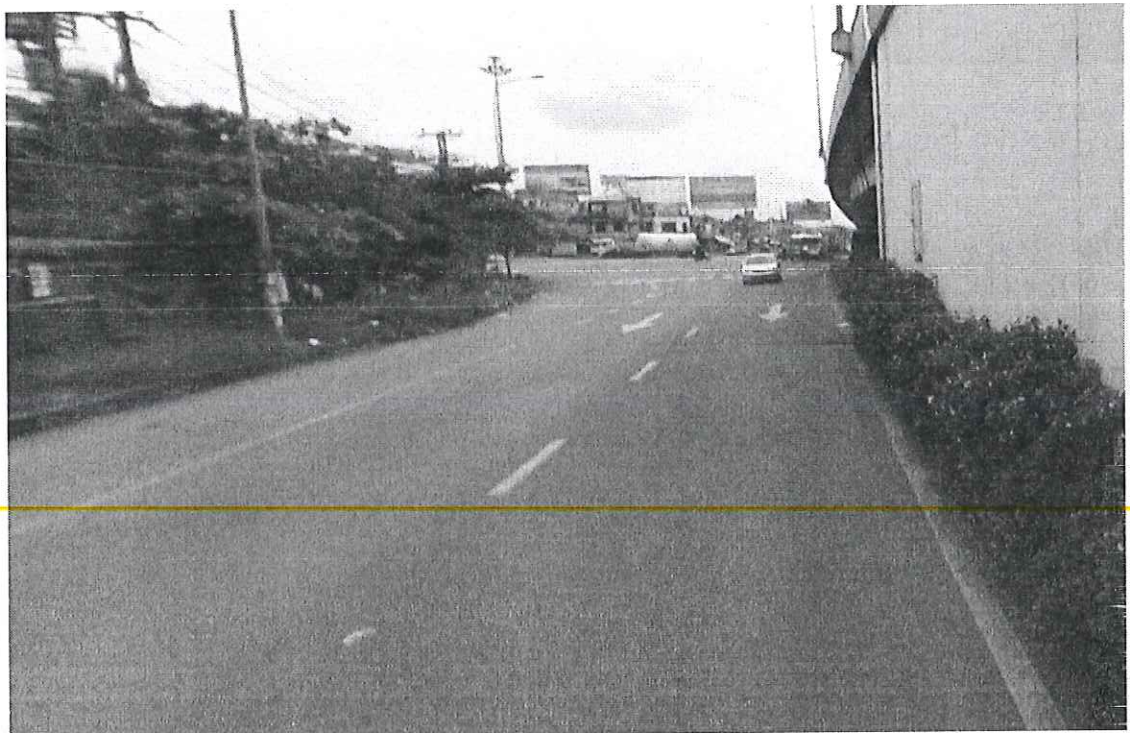
Hình 3. 6 Hình chụp QL51 tại vị trí tiếp cận nút giao



Hình 3. 7 Mặt cắt ngang QL51



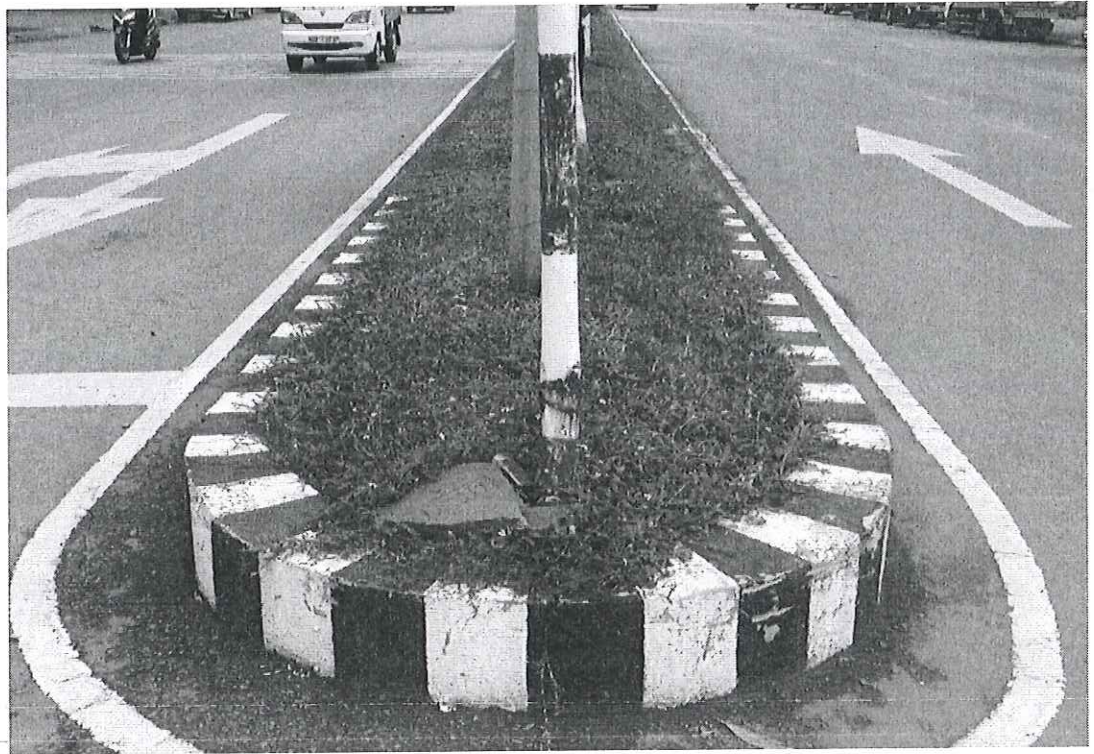
Hình 3. 8 Mặt cắt ngang QL1A tại vị trí tiếp cận nút giao (hướng đi Long Khánh)



Hình 3. 9 Hình chụp QL1A (phía siêu thị Big C, hướng đi Long Khánh)

3.1.5 Dải phân cách

Trên đường Lê Văn Duyệt sử dụng dải phân cách bê tông, bề rộng 2.0m có trồng cây và bố trí đèn chiếu sáng, dùng để phân tách hai chiều phương tiện lưu thông. Loại dải phân cách này dùng cho tuyến đường có bề rộng lớn và tốc độ lưu thông cao.



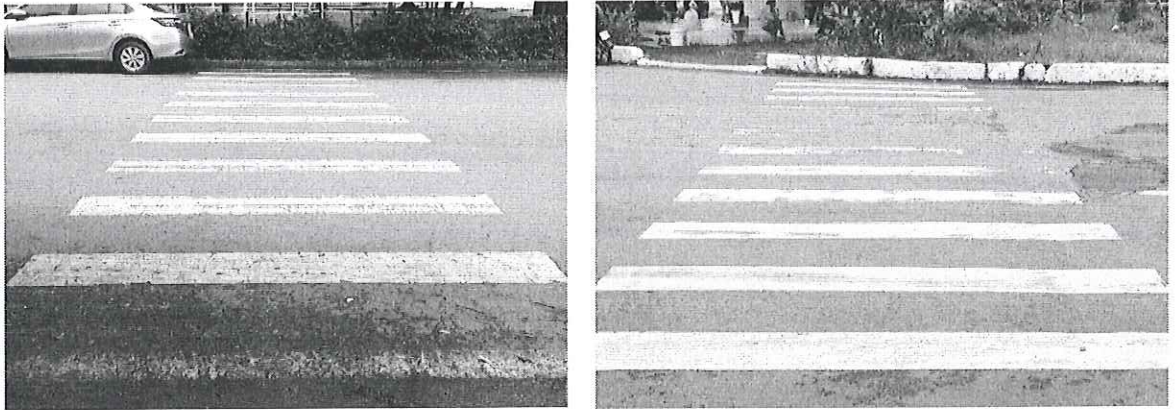
Hình 3. 10 Dải phân cách đường Lê Văn Duyệt



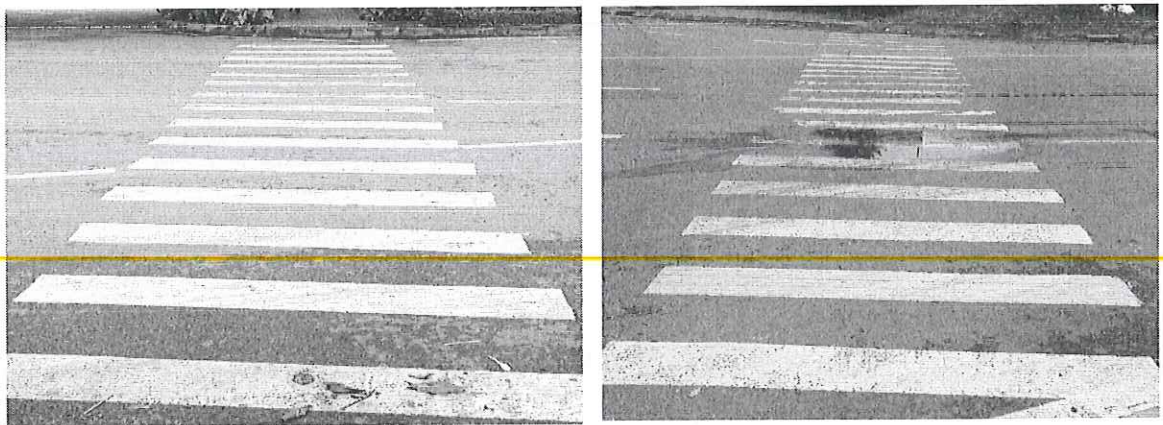
Hình 3. 11 Dải phân cách trên QL51

3.1.6 Cơ sở hạ tầng dành cho bộ hành

Vạch sơn dành cho người đi bộ được thiết kế theo tiêu chuẩn TCVN 8788:2011 Sơn tín hiệu giao thông – Sơn vạch đường hệ dung môi và hệ nước. Kích thước chiều dài 4.0m, chiều rộng 0.4m.



Hình 3. 12 Vạch đi bộ trên Đường 2A và QL1A

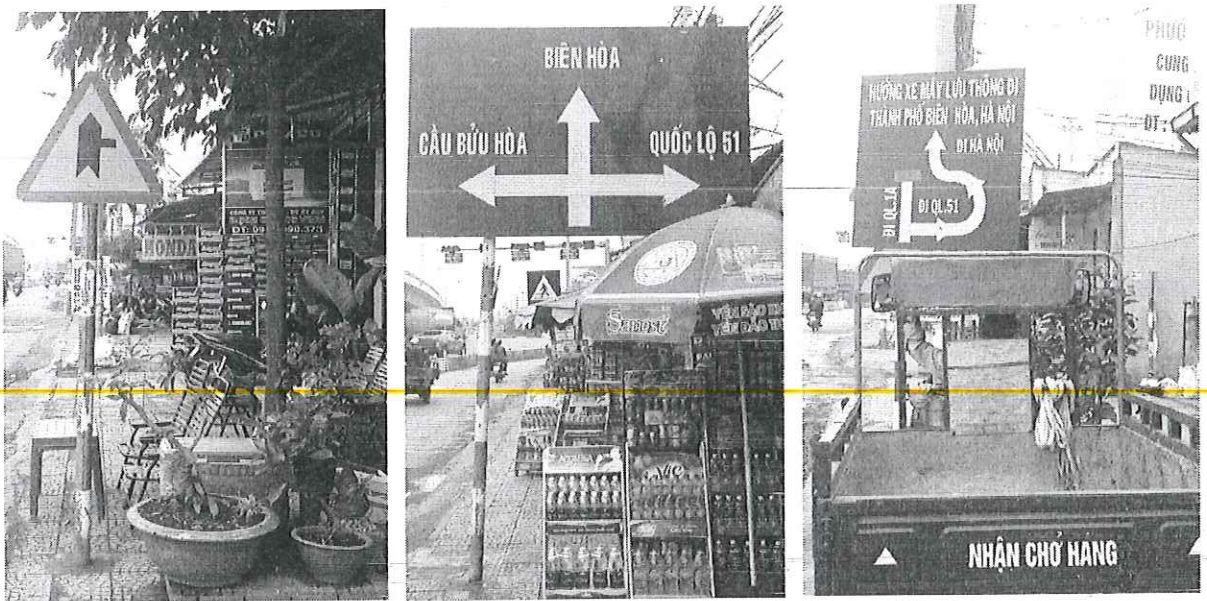


Hình 3. 13 Vạch đi bộ trên Đường 2A và QL51

Via hè dành cho bộ hành trong phạm vi nút giao, một số vị trí bị thu hẹp hoặc ít người sử dụng bị lấn chiếm để buôn bán và nơi đỗ xe.



Hình 3. 14 Vĩa hè dành cho bộ hành



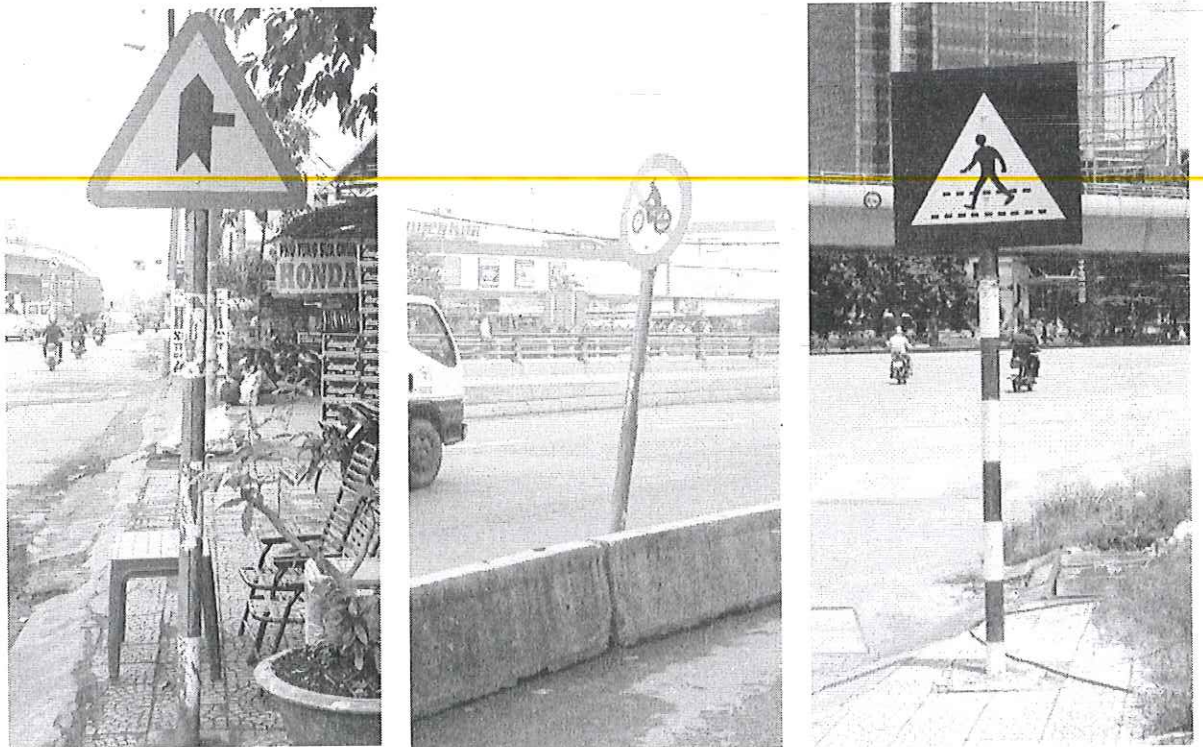
Hình 3. 15 Vĩa hè dành cho bộ hành bị lấn chiếm cho mục đích thương mại

3.1.7 Quy định giao thông

Biển báo thiết kế theo quy chuẩn QCVN 41:2012/BGTVT về báo hiệu đường bộ được bố trí tại các nhánh đường ra/vào nút giao.



Hình 3. 16 Biển báo hướng dẫn lưu thông



Hình 3. 17 Biển báo đường giao nhau, biển cấm xe máy và vị trí cho bộ hành

3.2 Khảo sát, thu thập và phân tích số liệu

3.2.1 Dữ liệu giao thông

❖ Thành phần phương tiện

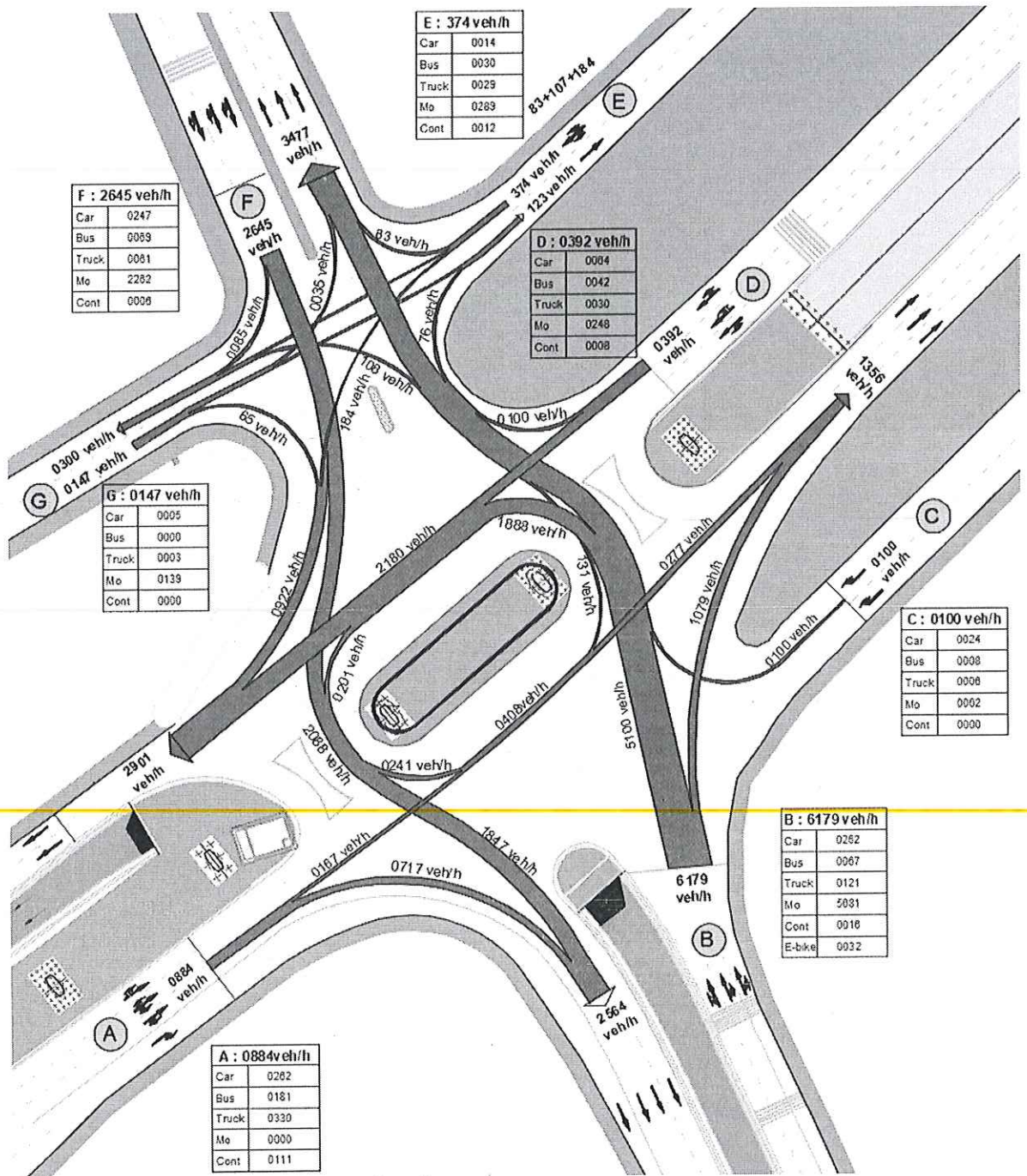
Qua khảo sát và quan trắc giao thông tại nút giao Ngã tư Vũng Tàu, các loại phương tiện lưu thông qua nút giao bao gồm: xe buýt, xe khách, xe tải thùng, xe tải ben, xe container, xe hơi, xe ba gác, xe máy, xe đạp.



Hình 3. 18 Một số loại phương tiện lưu thông qua nút giao

❖ Lưu lượng giao thông

Công tác khảo sát lưu lượng giao thông tại nút giao Ngã tư Vũng Tàu được thực hiện vào ba khung giờ cao điểm trong ngày (6h00 – 8h00, 11h00 – 13h00, và 17h00 – 19h00). Quá trình khảo sát lưu lượng giao thông được thực hiện bằng cách đặt camera để quay tại các nhánh đường ra/vào nút, sau đó tiến hành đếm xe trên máy tính. Số liệu lưu lượng giao thông lớn nhất trong ba khung giờ trong ngày được thể hiện trong hình như sau:



Hình 3. 19 Biểu đồ lưu lượng giao thông tại nút giao

Thành phần phương tiện trong dòng giao thông trên QL1A chủ yếu là phương tiện cơ giới (xe tải lớn, container, xe khách), trên QL51 và đường Lê Văn Duyệt thành phần lưu thông chủ yếu là xe máy. Hình 3.20 thể hiện lưu lượng tất cả các loại xe lưu thông qua nút giao.

3.2.2 Dữ liệu tai nạn

Dữ liệu tai nạn giao thông được cung cấp bởi Công an TP. Biên Hòa, tỉnh Đồng Nai ghi nhận lại các vụ tai nạn điển hình trong các năm từ 2015 - 2017. Phạm vi các vụ tai nạn xảy ra trong bán kính 100m xung quanh nút giao.

Bảng 3. 1 Tổng hợp các vụ tai nạn giai đoạn 2015 - 2017

Loại/Năm	2015	2016	2017	Tổng
Tử vong	2	2	2	6
Bị thương	4	3	5	12
Thiệt hại tài sản	0	0	0	0
Tổng	6	5	7	18

Nguồn: Công an TP. Biên Hòa, tỉnh Đồng Nai

Bảng 3.1 tổng hợp các vụ tai nạn trong các năm từ 2015 – 2017, trong đó gồm: 06 vụ tai nạn chết người, 05 vụ tai nạn bị thương nặng và 07 vụ tai nạn bị thương nhẹ.

Với mục đích phân tích đánh giá mức độ an toàn của mạng lưới đường và tìm kiếm giải pháp cải thiện hiệu quả, cần nắm rõ một số vấn đề:

- (1) Mạng lưới đường có thể phân chia thành điểm (Spots/Nodes) và đoạn (segments/links). Điểm bao gồm các đoạn cong đứng, nằm, các nút giao, vòng xoay, hoặc các đoạn ngắn (0.1 km, 0.2 km); Đoạn bao gồm các đoạn đường nằm giữa các nút có chiều dài xác định (0.5 km, 1.0 km, ...).
- (2) Thời gian phân tích: dữ liệu tai nạn trong 03 năm liên tục sẽ đảm bảo về mặt thống kê và hiệu quả cho phân tích đề xuất giải pháp cải thiện an toàn.
- (3) Một số tiêu chí dùng trong đánh giá mức độ an toàn của đoạn/tuyến hoặc mạng lưới: (i) Tổng số vụ tai nạn; (ii) Tổng số người chết; (iii) Tổng số người bị thương; (iv) Số vụ tai nạn (ô tô hoặc xe máy)/10⁶ xe.km; (v) Số người chết/10⁶ xe.km; (vi)

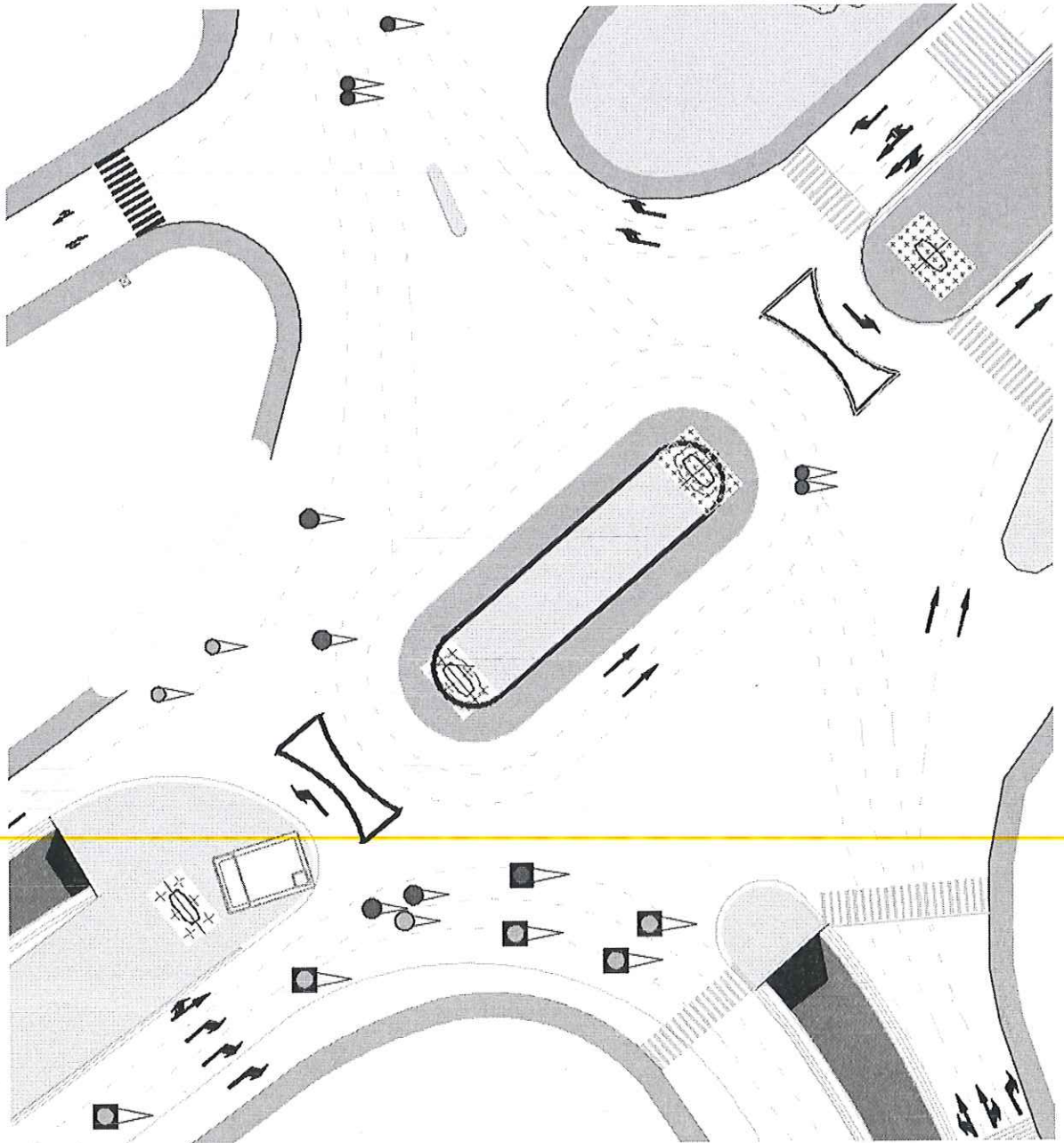
Số vụ tai nạn theo loại đường; (vii) Số người chết/bị thương theo loại đường; (viii) Mật độ tai nạn; (ix) Tồn thất (kinh tế - xã hội) của tai nạn (accident costs).

Phân loại tai nạn dựa vào hồ sơ tai nạn bao gồm thời gian, vị trí, nguyên nhân tai nạn, số vụ tai nạn trong các năm liên tục mới cho ra kết quả phân tích đúng và mang ý nghĩa thực tiễn. Các cơ sở phân tích phụ thuộc vào các nghiên cứu trước đây được phân loại và biểu thị trong Hình 3.21.

Một số đặc thù của TN & các ký hiệu		Loại TN theo xung đột và màu của ghim (pin)		Loại TN theo mức độ tổn thương và kích thước ghim	
Ký hiệu	Mô tả	Màu ghim	Loại tai nạn (TN) theo xung đột	Kích thước	Loại TN theo mức độ tổn thương
	Người đi bộ có liên quan	●	Mất điều khiển nhưng không va chạm với xe/người khác		Tai nạn chết người
	Người đi xe đạp có liên quan	○	Va chạm với xe/người khác trong khi có thoát ra khỏi nút giao		Tai nạn bị thương nặng
	Người đi xe máy có liên quan	●	Va chạm với xe/người khác trong khi rẽ vào hoặc băng qua nút giao		Tai nạn bị thương nhẹ
	Va chạm vào cây xanh ven đường	○	Tai nạn giữa xe và bộ hành qua đường		Tai nạn chỉ có phương tiện hư hỏng nặng
	Dùng chất kích thích	●	Va chạm với xe đậu hoặc dừng ven đường		Tai nạn chỉ có phương tiện hư hỏng nhưng có dùng chất kích thích
	Vượt, phóng nhanh...	●	Va chạm với xe chạy cùng hoặc ngược chiều		Tai nạn chỉ có phương tiện hư hỏng và không dùng chất kích thích
		●	Các loại khác không thuộc các loại vừa nêu trên		

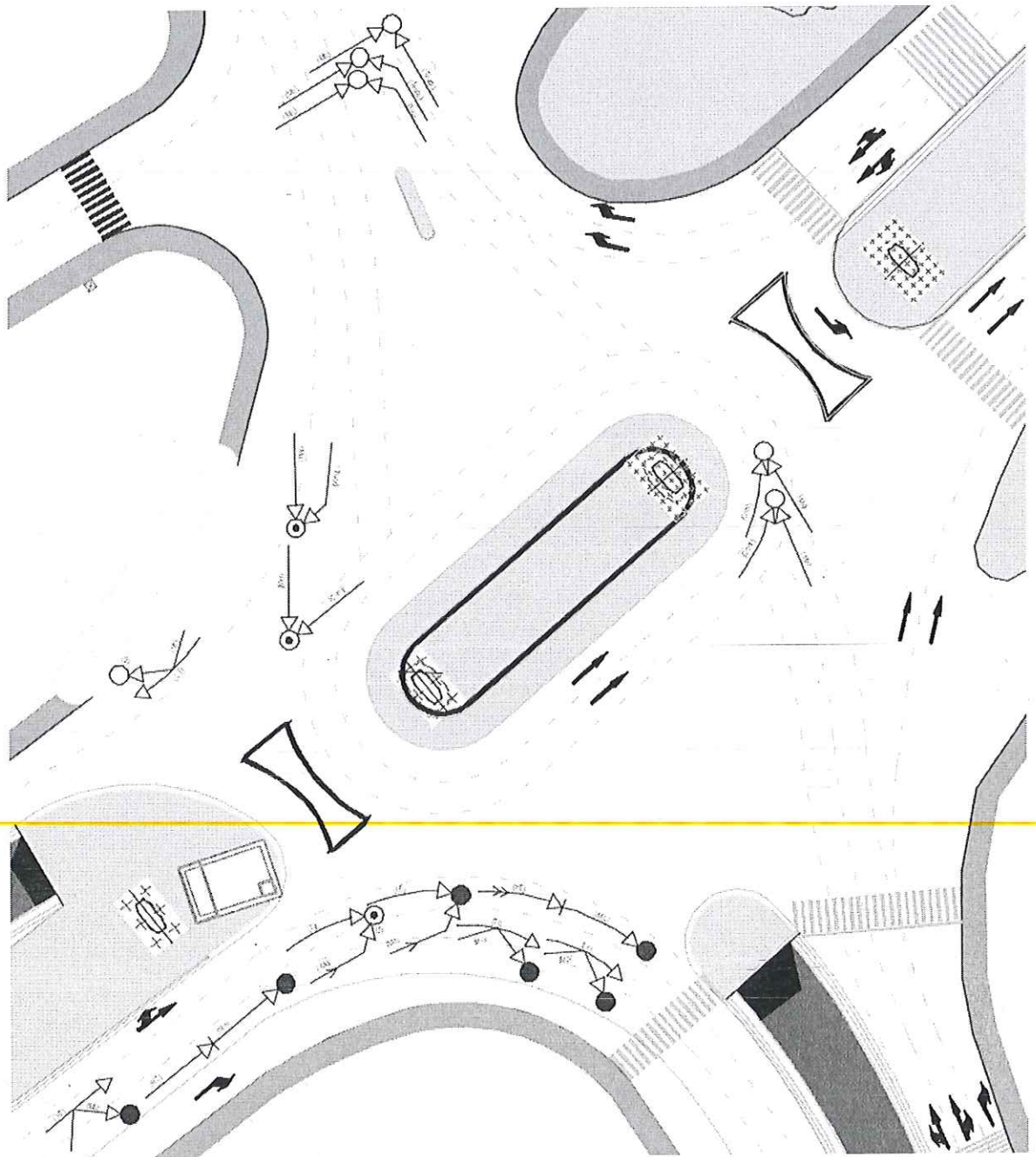
Hình 3. 20 Phân loại tai nạn

Các loại tai nạn xảy ra trong phạm vi nút giao được thể hiện trong Hình 3.22.

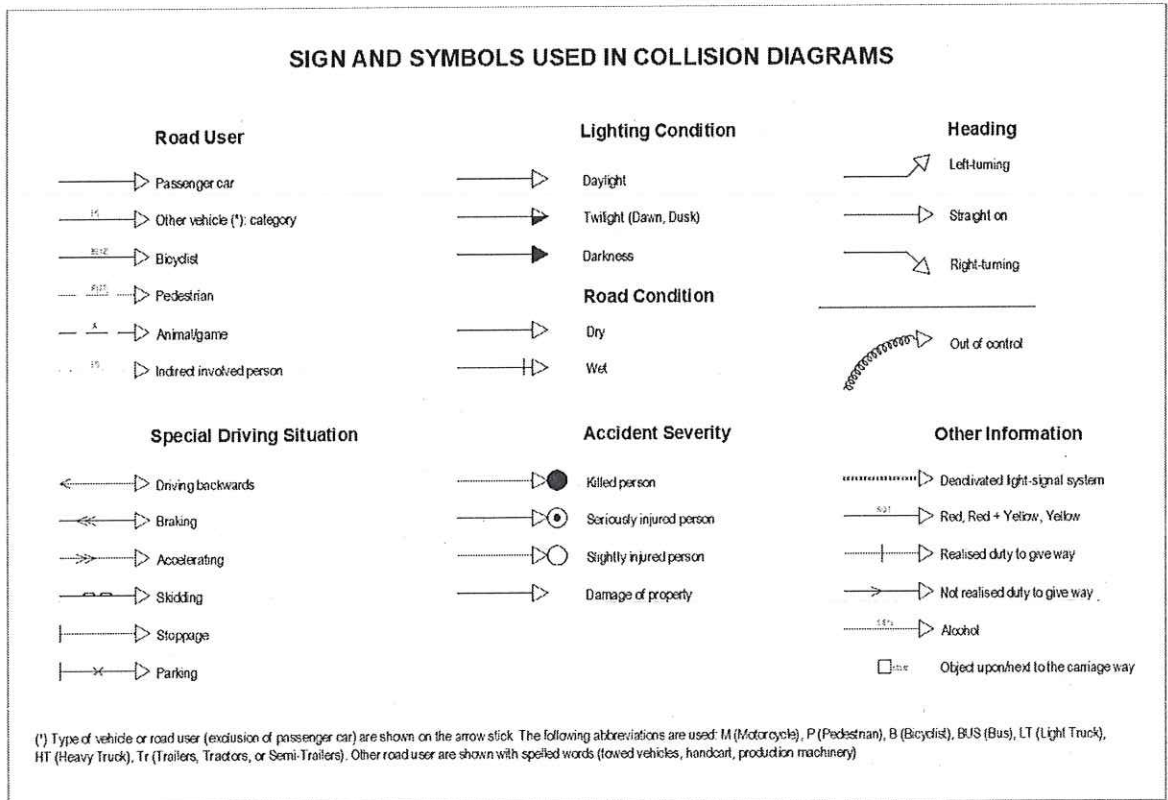


Hình 3. 21 Các loại tai nạn xảy ra trong phạm vi nút giao

Phần lớn các vụ tai nạn chết người xảy ra tại bán kính rẽ phải đi QL51, do xung đột giữa xe máy và các phương tiện cơ giới.



Hình 3. 22 Sơ đồ tai nạn các vụ tai nạn xảy ra trong phạm vi nút giao



Hình 3. 23 Sơ đồ tai nạn các vụ tai nạn xảy ra trong phạm vi nút

Bảng 3. 2 Tổng hợp tai nạn (2015 - 2017)

Loại tai nạn	Ban ngày	Ban đêm	Tổng
Tai nạn chết người	5	1	6
TN bị thương nặng	5	0	5
TN bị thương nhẹ	7	0	7
PDO	0	0	0
Tổng	17	1	18

PDO = Tai nạn chỉ hư hỏng phương tiện

Bảng 3. 3 Tổng hợp các loại tai nạn và tình huống xảy ra tai nạn tại Nút giao Ngã tư Vũng Tàu

Ngày		1/15	2/15	3/15	4/15	5/15	1/16	2/16	3/16	6/16	1/17	2/17	3/17	4/17	5/17	6/17	
Mức độ nghiêm trọng		F	SI	LI	LI	F	LI	F	SI	LI	SI	LI	SI	LI	F	LI	
Loại tai nạn	Mất kiểm soát (Văng ra khỏi đường)																0
	Tai nạn do rẽ trái	X	X	X				X	X	X			X	X		X	9
	Tai nạn do rẽ phải				X	X	X				X		X		X		6
	Va chạm vuông góc											X					1
	Va chạm đối đầu																0
	Va chạm từ phía sau	X						X									2
	Va chạm giữa phương tiện – bộ hành																0
	Va chạm do dừng và đỗ xe																0
Tình huống	Trời tối																0
	Bề mặt đường ướt																0
	Vượt quá tốc độ	X	X			X		X	X		X		X		X		8
Tổng hợp các đặc trưng tai nạn																	

→ Bảng 3.3 tổng hợp tai nạn và tình huống xảy ra trong phạm vi Nút giao Ngã tư Vũng Tàu bao gồm: 09 vụ tai nạn do rẽ trái, 06 vụ tai nạn do rẽ phải, 01 vụ tai nạn do bán kính rẽ phải và 02 vụ do va chạm từ phía sau và phần lớn các tình huống xảy do đều do chạy quá tốc độ quy định.

Bảng 3. 4 Xác định các yếu tố gây tai nạn và biện pháp khắc phục

STT	Loại tai nạn	Các yếu tố có khả năng gây tai nạn	Biện pháp khắc phục
1	Tai nạn vào ban đêm	➤ Thiếu ánh sáng trên đường	<input type="checkbox"/> Cải thiện hệ thống đèn chiếu sáng
2	Va chạm từ phía sau	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Lượng phương tiện rẽ lớn ➤ Tín hiệu giao thông không rõ ràng ➤ Thời gian đèn tín hiệu không phù hợp ➤ Đèn báo tùy tiện ➤ Mặt đường trơn 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Bố trí pha đèn rẽ phải <input type="checkbox"/> Bố trí làn rẽ <input type="checkbox"/> Điều chỉnh khoảng thời gian chuyển pha <input type="checkbox"/> Bố trí đèn tín hiệu đáp ứng với vùng khó xử <input type="checkbox"/> Tạo các đường rãnh trên mặt đường
3	Va chạm do rẽ trái	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Hạn chế tầm nhìn ➤ Quá tốc độ ➤ Thời gian đèn tín hiệu không phù hợp ➤ Lưu lượng giao thông lớn 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Loại bỏ chướng ngại vật cản trở tầm nhìn <input type="checkbox"/> Bố trí vạch, gờ giảm tốc <input type="checkbox"/> Bố trí pha đèn phù hợp <input type="checkbox"/> Thêm làn xe

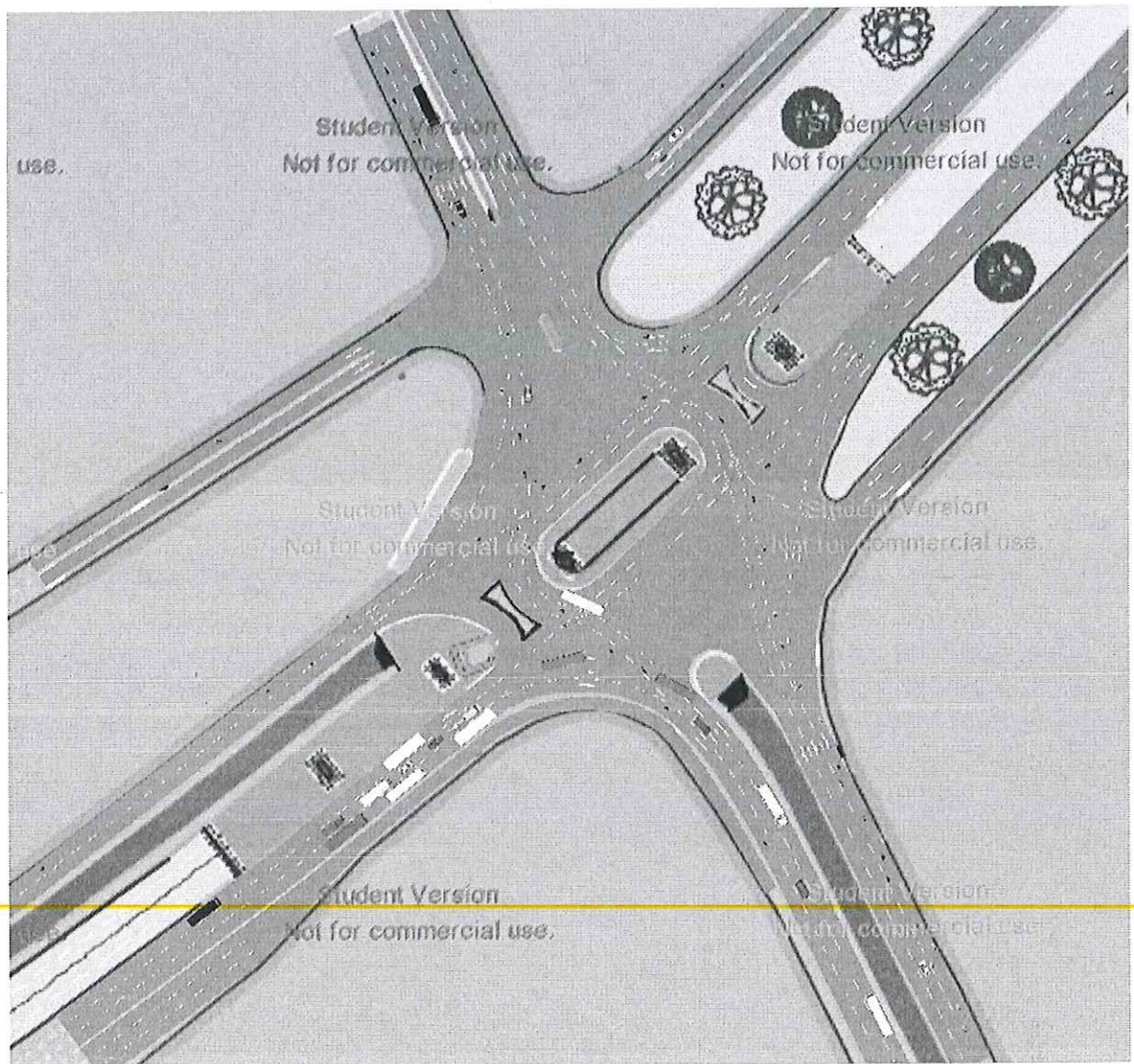
3.3 Mô phỏng giao thông hiện trạng

VISSIM là phần mềm mô phỏng cho phép: (i) Mô phỏng vi mô dòng giao thông cá nhân, hệ thống giao thông công cộng và sự di chuyển của khách bộ hành; (ii) Mô phỏng dòng giao thông hỗn hợp bao gồm xe hơi, xe tải, xe đạp, xe buýt, tàu hỏa, tàu điện đô thị và người đi bộ; (iii) Làm việc hiệu quả và giao tiếp với nhiều phần mềm khác nhau thông qua việc nhập xuất dữ liệu dưới nhiều định dạng khác nhau.

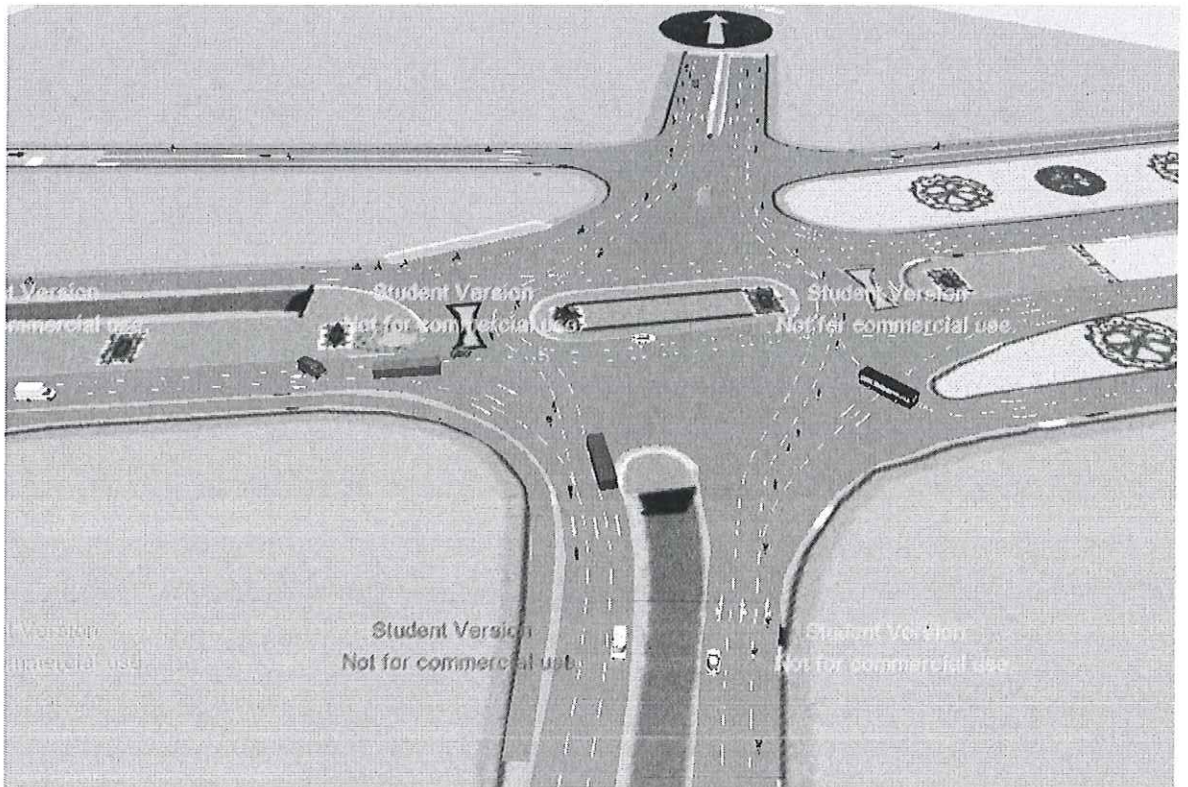
Các thông số chung đầu vào của chương trình cần phải nhập gồm: (i) Kích thước các loại xe trong dòng xe, như xe ô tô con, xe máy, xe đạp, xe buýt, xe tải, xe container, xe khách; (ii) Đặc tính chuyển động của các loại xe này gồm: vận tốc mong muốn và gia tốc.

Các thông số hiện trạng tại nút giao thông bao gồm: (i) Kích thước hình học của nút và các nhánh nút; (ii) Cách thức phân làn, các vị trí vạch dừng xe, vạch sang đường cho người đi bộ, cột đèn tín hiệu, điểm dừng xe buýt; (iii) Lưu lượng và thành phần dòng xe đến và thoát từ các nhánh nút; (iv) Chương trình điều khiển đèn tín hiệu như: số pha điều khiển, thời gian chu kỳ đèn, thời gian đèn xanh, đèn đỏ, đèn vàng; và các số liệu liên quan khác.

Từ các số liệu thu thập và phân tích trên, dùng phần mềm VISSIM để mô phỏng điều kiện vận hành nút giao từ đó xác định khả năng thông hành của nút. Một số hình ảnh mô phỏng hiện trạng nút giao Ngã tư Vũng Tàu được thể hiện trong hình sau:



Hình 3. 24 Hình ảnh mô phỏng giao thông hiện trạng bằng VISSIM



Hình 3. 25 Hình ảnh mô phỏng giao thông hiện trạng bằng VISSIM

Thông qua hình ảnh mô phỏng hiện trạng thấy được nút giao có nhiều xe tải, xe container lưu thông tồn tại nhiều xung đột giữa dòng giao thông cơ giới và dòng giao thông thô sơ. Kết quả mô phỏng hiện trạng bằng phần mềm VISSIM được thể hiện trong Bảng 3.5

Bảng 3. 5 Kết quả mô phỏng hiện trạng nút giao Ngã tư Vũng Tàu

Count	TimeInt (Time Interval)	Delay Measurement	StopDelay (All)	Stops (All)	VehDelays (All)
1	0-3600	1: HCM-VT	1.65	0.28	36.52
2	0-3600	2: HCM-LONGKHANH	0.00	0.00	32.29
3	0-3600	3: HCM-ANHAO	2.84	0.38	38.22
4	0-3600	4: HCM-SO1			18.00
5	0-3600	5: HCM-SO2			18.00
6	0-3600	6: VT-LONGKHANH	0.02	0.05	17.16
7	0-3600	7: VT-ANHAO	0.14	0.13	37.06

8	0-3600	8: VT-HCM	0.20	0.19	41.66
9	0-3600	9: VT-SO1	0.07	0.08	24.68
10	0-3600	10: VT-SO2	0.21	0.17	26.51
11	0-3600	11: SH-HCM	0.00	0.00	19.89
12	0-3600	12: SH-ANHAO	0.00	0.00	19.19
13	0-3600	13: SH-VT			18.00
14	0-3600	14: LONGKHANH-HCM	0.12	0.20	22.86
15	0-3600	15: LONGKHANH-VT	0.33	0.36	26.37
16	0-3600	16: LONGKHANH-ANHAO	0.00	0.00	18.70
17	0-3600	17: LONGKHANH-SO1	0.00	0.00	18.14
18	0-3600	18: LONGKHANH-SO2	0.00	0.00	25.47
19	0-3600	19: ANHAO-VT	0.35	0.32	39.47
20	0-3600	20: ANHAO-HCM	0.01	0.01	20.38
21	0-3600	21: ANHAO-LONGKHANH	0.09	0.13	22.20
22	0-3600	22: ANHAO-SO2	0.00	0.00	19.42
23	0-3600	23: ANHAO-SO1			18.00
24	0-3600	24: SO1-ANHAO	0.00	0.00	18.48
25	0-3600	25: SO1-SO2	4.80	0.83	30.15
26	0-3600	26: SO1-VT	0.29	0.19	23.42
27	0-3600	27: SO1-TPHCM	0.01	0.05	29.34
28	0-3600	28: SO2-ANHAO	0.00	0.00	18.72
29	0-3600	29: SO2-SO1	5.64	1.50	31.85
30	0-3600	30: SO2-VT			23.00

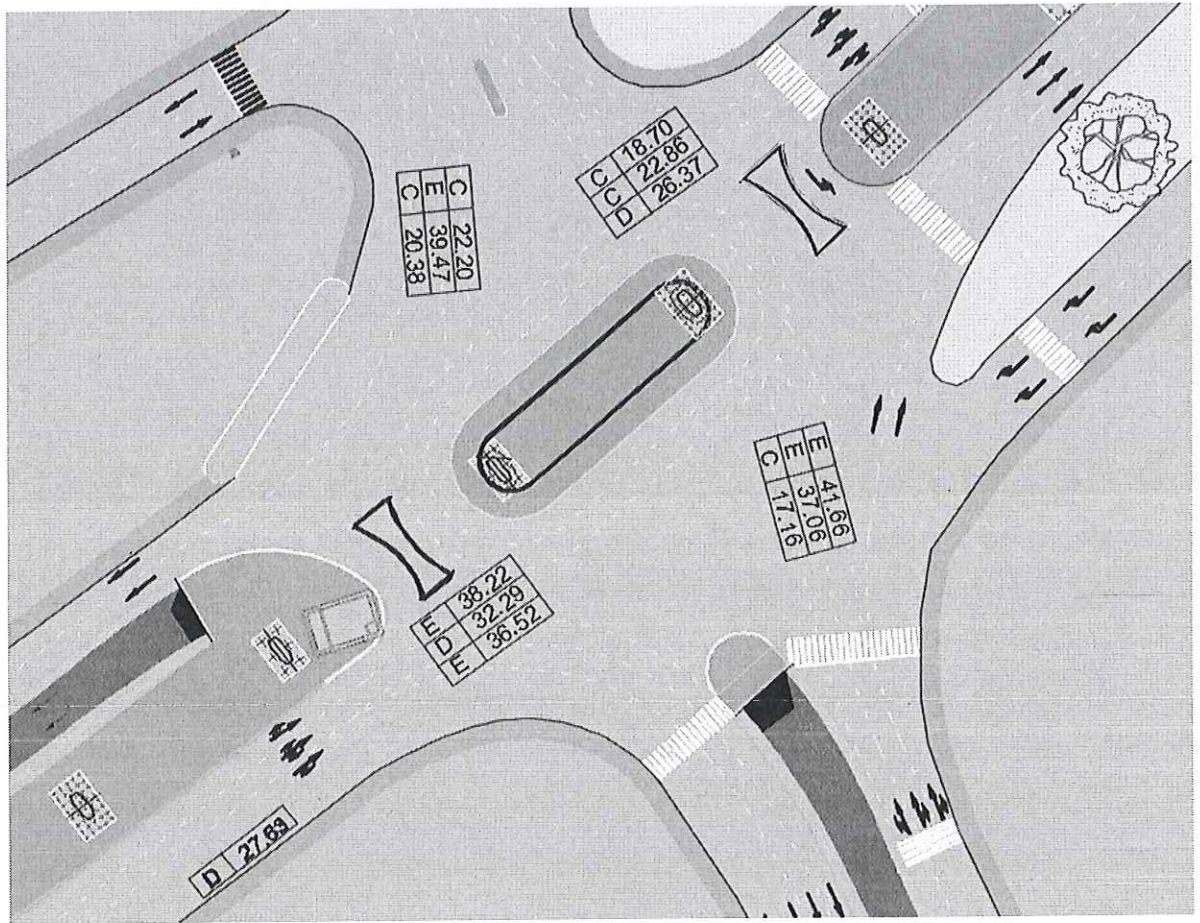
Bảng 3.5 thể hiện kết quả mô phỏng hiện trạng nút giao Ngã tư Vũng Tàu, sử dụng kết quả cột VehDelays (thời gian chờ trung bình mỗi phương tiện) kết hợp với Bảng 3.6 để tra Mức phục vụ (LOS).

Bảng 3. 6 Tiêu chuẩn tra Mức phục vụ (LOS)

Mức phục vụ (LOS)	Thời gian chờ trung bình mỗi phương tiện (s)		
	Nút giao không có đèn tín hiệu	Nút giao có đèn tín hiệu	Vòng xoay
LOS A	<10.0	<10.0	<10.0
LOS B	10.1 – 15.0	10.1 – 20.0	10.1 – 15.0
LOS C	15.1 – 25.0	20.1 – 35.0	15.1 – 25.0
LOS D	25.1 – 35.0	35.1 – 55.0	25.1 – 35.0
LOS E	35.1 – 50.0	55.1 – 80.0	35.1 – 50.0
LOS F	> 50.0	>80.0	>50.0

Nguồn: TRB, HCM 2010

Từ kết quả mô phỏng kết hợp Bảng 3.6 Tiêu chuẩn tra mức phục vụ (LOS) tại nút giao → Mức phục vụ LOS tại các nhánh vào nút giao Ngã tư Vũng Tàu được trình bày trong Hình 3.28

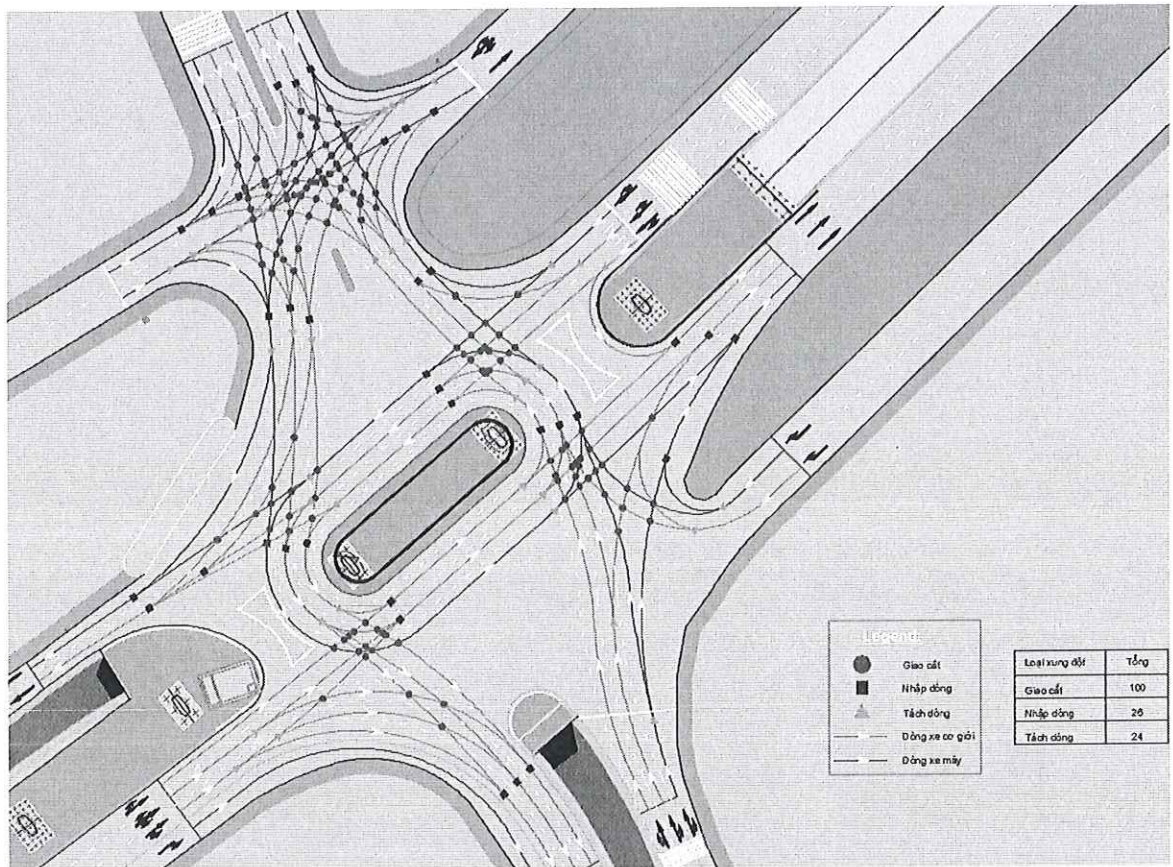


Hình 3. 26 Mức phục vụ (LOS) tại các nhánh vào nút

3.4 Xác định các vấn đề

3.4.1 Vấn đề giao thông

- (1) Quy hoạch giao thông và quy hoạch sử dụng đất không được tích hợp hài hòa;
- (2) Xung đột giữa giao thông nội bộ (Đường số 1, đường 2A) và giao thông liên vùng (QL1A);



Hình 3. 27 Xung đột trong phạm vi nút giao

- (3) Thiết kế hình học phức tạp, không theo tiêu chuẩn;
- (4) Bố trí giao thông phức tạp bao gồm 07 nhánh đường vào và 07 nhánh đường thoát khỏi nút;
- (5) Do nút giao có nhiều nhánh đường và mỗi nhánh có nhiều làn xe nên có nhiều xung đột (100 điểm xung đột giao cắt, 26 điểm nhập dòng và 24 điểm tách dòng);
- (6) Sự không đồng nhất về thành phần giao thông (Hướng TP.HCM – Long Khánh: 37.3% xe tải, 12.5% container) tạo ra xung đột giữa các loại hình phương tiện;
- (7) Bán kính rẽ hiện hữu không phù hợp với phương tiện lưu thông (bán kính rẽ phải hướng từ TP.HCM đi QL51, và rẽ phải đi hướng cầu An Hảo);

(8) Phạm vi nút giao quá lớn, ngược lại có hạn chế về tầm nhìn do tồn tại cầu vượt qua nút giao nên phương tiện lưu thông qua nút giao khó khăn;

(9) Theo quan sát, phương tiện lưu thông qua nút giao với tốc độ lớn xấp xỉ tốc độ lưu thông trên đường (dòng GT hướng lưu thông rẽ phải đi QL51 và Long Khánh);

(10) Các quy định hướng dẫn lưu thông xe máy khó hiểu và khó nhìn thấy;

3.4.2 Vấn đề an toàn

(1) Tỷ lệ xung đột nguy hiểm chiếm tỷ lệ cao trong phạm vi nút giao; (66.7% xung đột giao cắt, 17.3% xung đột nhập dòng, và 16.0% xung đột tách dòng);

(2) Trong giờ thấp điểm, phương tiện lưu thông có xu hướng tăng tốc khi qua nút giao khi rẽ trái hướng Cầu An Hảo và rẽ phải đi QL51 (phương tiện cơ giới xung đột với xe máy);

(3) Xe máy là đối tượng bị tổn thất lớn trong các vụ tai nạn (từ bị thương nặng đến tử vong và 100% xe máy có liên quan đến các vụ tai nạn);

(4) Phương tiện trọng tải nặng, kích thước lớn rẽ phải tốc độ cao gây tai nạn với xe máy gây ra hậu quả nghiêm trọng (từ bị thương nặng đến chết người).

❖ Đánh giá mức độ an toàn giao thông

Tại nút giao:

$$\text{Rate - per-MEV} = \frac{\text{Number - of - crashes} \times 10^6}{\text{Number - of - years} \times \text{ADT} \times 365} \quad (3.1)$$

Trên đoạn tuyến:

$$\text{Rate - per-NVM} = \frac{\text{Number - of - crashes} \times 10^6}{(\text{Segment - length}) \times (\text{Number - of - years}) \times \text{ADT} \times 365} \quad (3.2)$$

Trong đó:

- MEV = Million Entering Vehicles;
- MVM = Million Vehicle Miles;
- ADT = Average Daily Traffic on each leg entering an intersection or the daily two-way volume on a segment of roadway

Áp dụng tính toán đối với nút giao Ngã tư Vũng Tàu tại TP. Biên Hòa, tỉnh Đồng Nai, tỷ lệ tai nạn/triệu xe vào nút giao

Công thức 4.3 tính toán Lưu lượng trung bình ngày (ADT= Annual Daily Traffic) tại nút giao như sau:

$$ADT = 2 \times \sqrt{\frac{V_A + V_{C+D}}{2} \times \frac{V_B + V_F}{2}} \quad (3.3)$$

$$V_A = 884 \text{ (xe/giờ)}; V_{C+D} = 492 \text{ (xe/giờ)}; V_B = 6,179 \text{ (xe/giờ)}; V_D = 2,645 \text{ (xe/giờ)}$$

$$ADT = 3,485 \text{ (xe/giờ)}$$

$$Rate \text{ per } MEV = \frac{18 \times 10^6}{3 \times ADT \times 365} = \frac{18 \times 10^6}{3 \times 3,485 \times 365} = 4.7 \text{ (vụ TN/10}^6 \text{ xe)}$$

Cứ mỗi triệu xe lưu thông qua nút giao, trung bình sẽ có 4.7 vụ tai nạn xảy ra trong phạm vi nút giao.

Tổn thất (KT-XH) tai nạn trung bình năm : Annual Accident Cost

Bảng 3. 7 Tổng thất trung bình/tai nạn đối với các loại tai nạn ở Việt Nam

Loại TN	Tổng thất/tai nạn [USD/acci]
TN bị chết người (F)	48,707.86
TN bị thương nặng (SI)	14,543.206
TN bị thương nhẹ (LI)	1,641.629
PDO	542.611

Nguồn: JICA (2011) updated to 2017

PDO = Chỉ thiệt hại tài sản

$$AC_a(F+SI+LI+PDO) = \frac{A(F) \times MCA(F) + A(SI) \times MCA(SI) + A(LI) \times MCA(LI) + A(PDO) \times MCA(PDO)}{t}$$

Trong đó

AC_a – Tổng thất tai nạn trung bình năm [USD/năm] (annual average accident cost)

A – Số lượng tai nạn

MCA – Tổng thất trung bình/tai nạn [USD/acci]

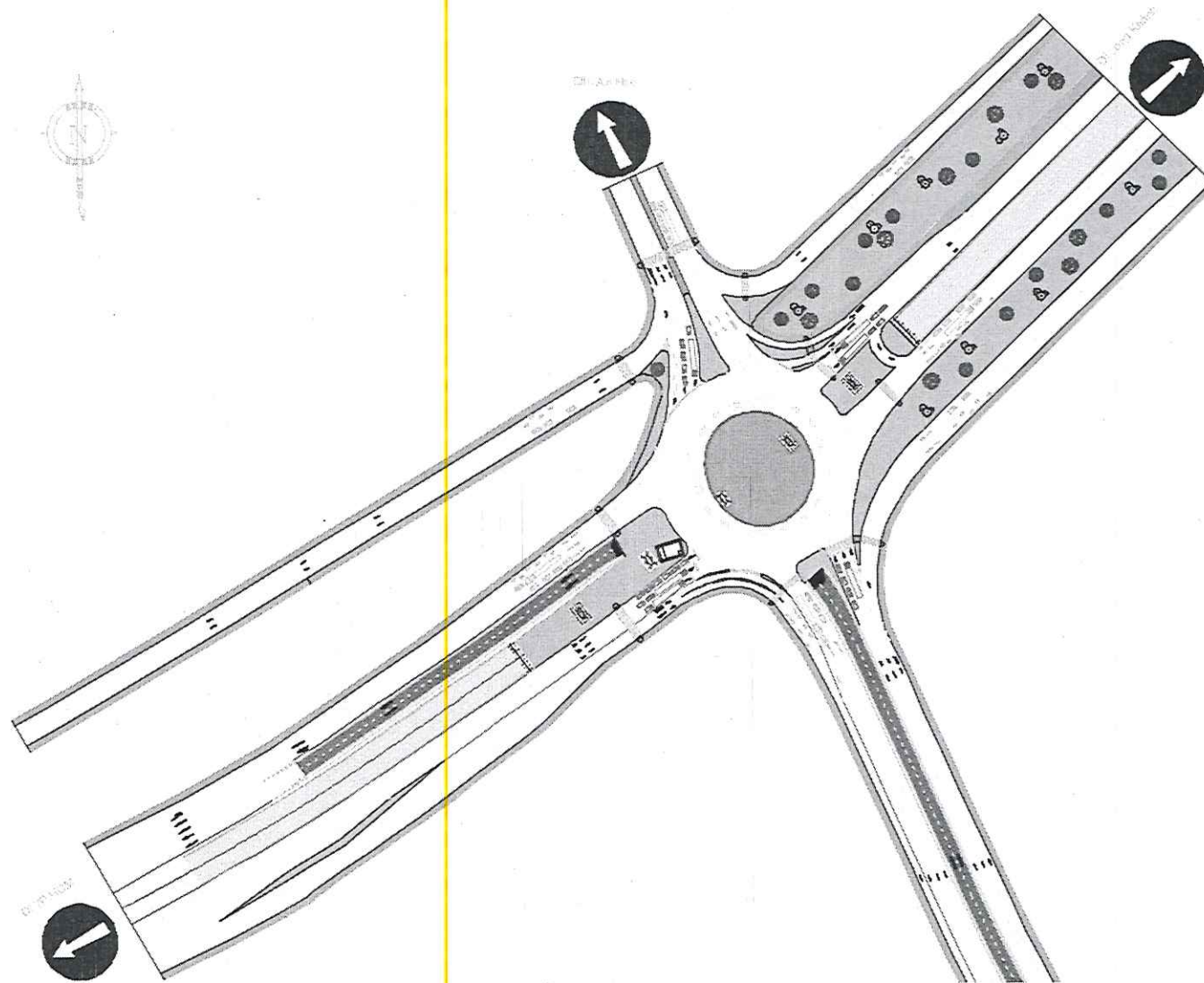
t – Chu kỳ thời gian tính toán

$$AC_a = \frac{(6 \times 48,707.86) + (5 \times 14,543.206) + (7 \times 1,641.629)}{3} = 368,794 \text{ (USD/năm)}$$

Như vậy mỗi năm tổn thất gần 8.5 tỷ VND do tai nạn giao thông trong phạm vi nút giao. Vì vậy đề xuất phương án cải thiện nút giao để giảm tai nạn, giảm thiệt hại do tai nạn và đảm bảo an toàn cho người tham gia giao thông khi lưu thông qua nút giao.

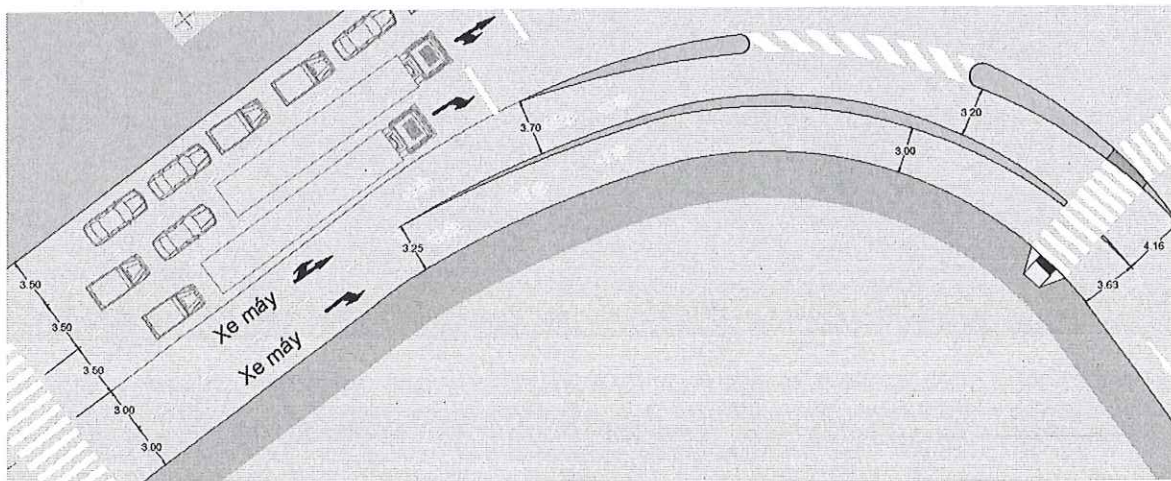
3.5 Giải pháp cải thiện Nút giao Ngã Tư Vũng Tàu

3.5.1 Phương án cải thiện



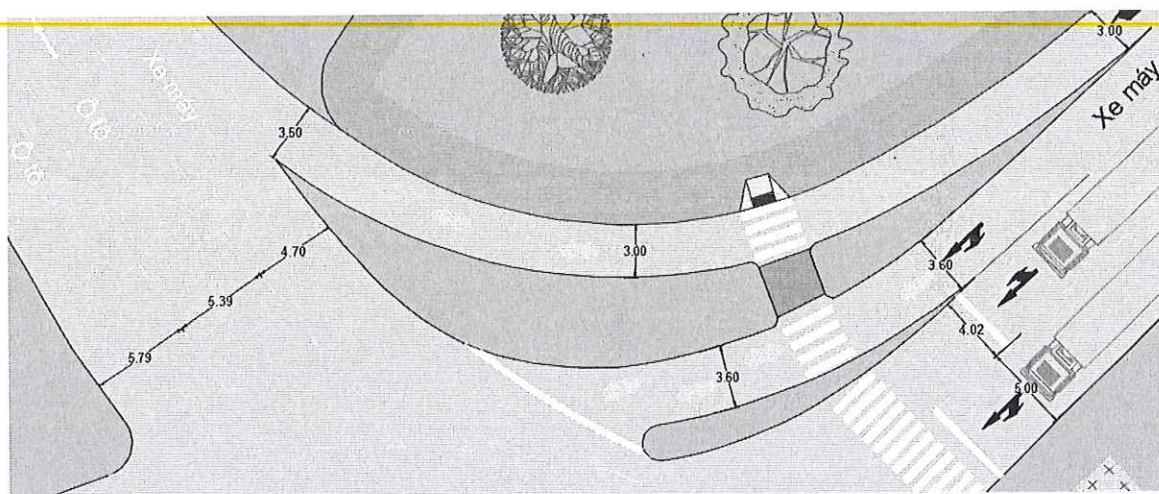
Hình 3. 28 Mặt bằng Phương án cải thiện

Phương án cải thiện bố trí, thiết kế lại đảo trung tâm, đảo phân luồng cho các dòng phương tiện lưu thông vào nút giao, bố trí vị trí dừng chờ cho xe máy rẽ trái, làn rẽ trái cho các phương tiện quay đầu về hướng Long Khánh và làn phụ cho các phương tiện rẽ phải.



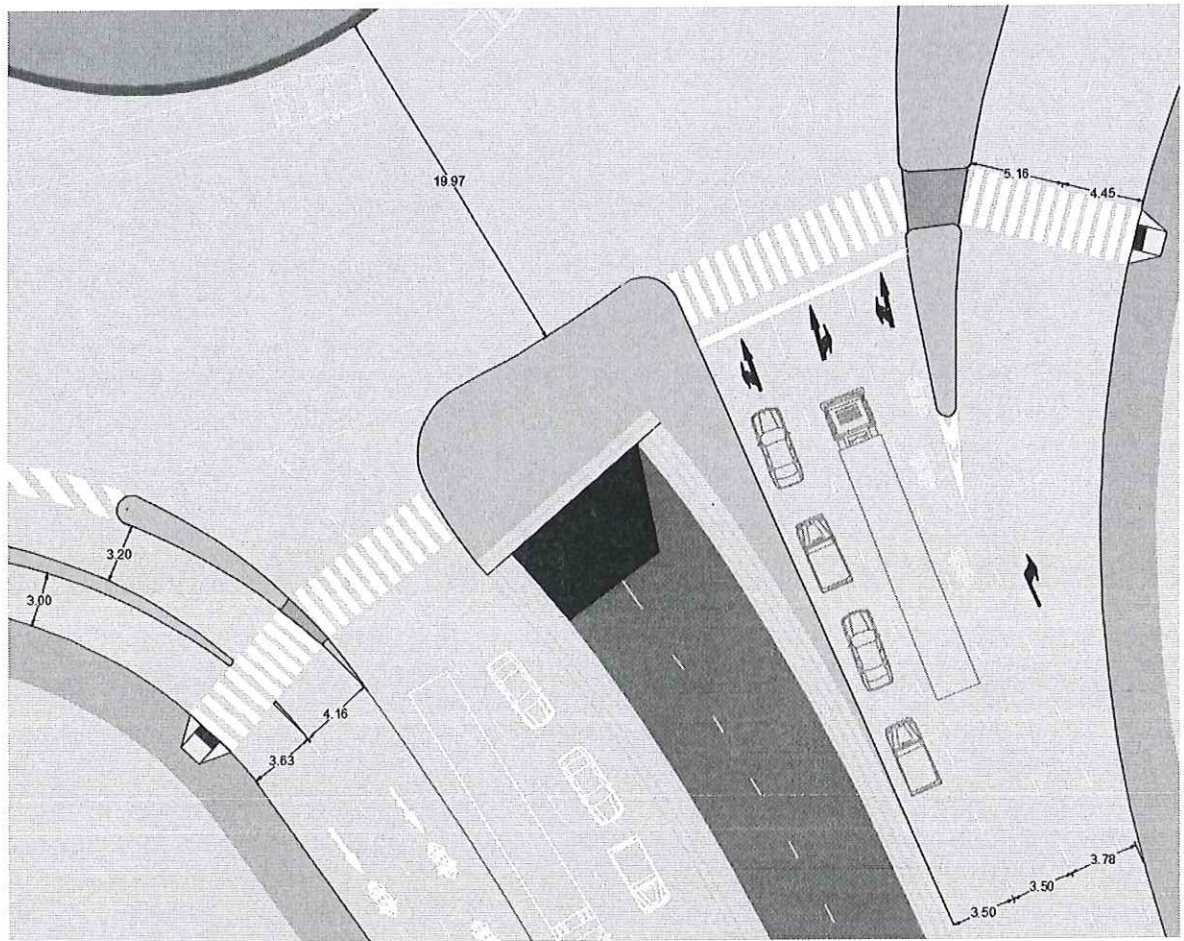
Hình 3. 29 Kích thước các làn xe Phương án cải thiện

Kích thước bề rộng làn xe cơ giới là 3.5m, làn xe máy là 3.0m và phân cách dòng xe cơ giới và xe máy bằng dải phân cách bê tông đối với dòng phương tiện rẽ phải đi theo hướng Bà Rịa – Vũng Tàu.



Hình 3. 30 Kích thước các làn xe Phương án cải thiện

Kích thước bề rộng làn rẽ phải đi theo hướng cầu An Hảo như trong Hình 3.31 và vị trí dành cho bộ hành qua đường.

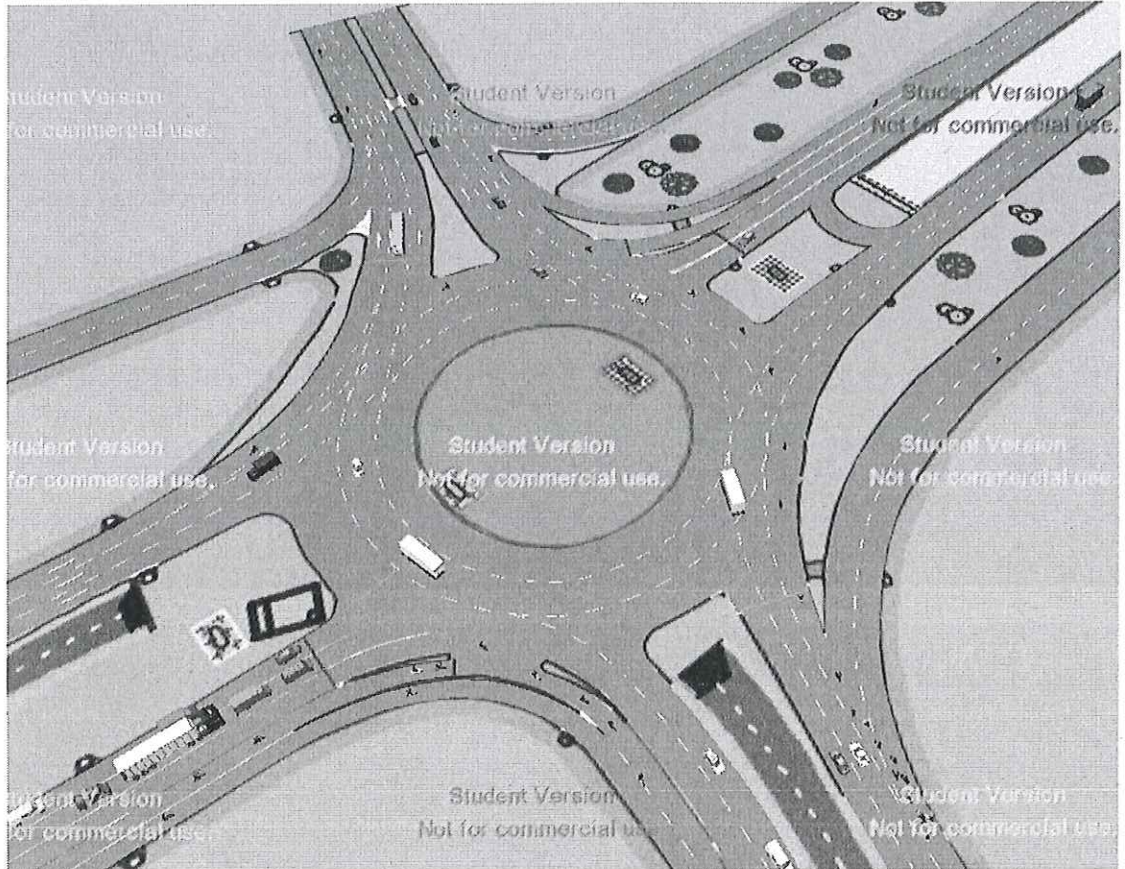


Hình 3. 31 Kích thước các làn xe Phương án cải thiện

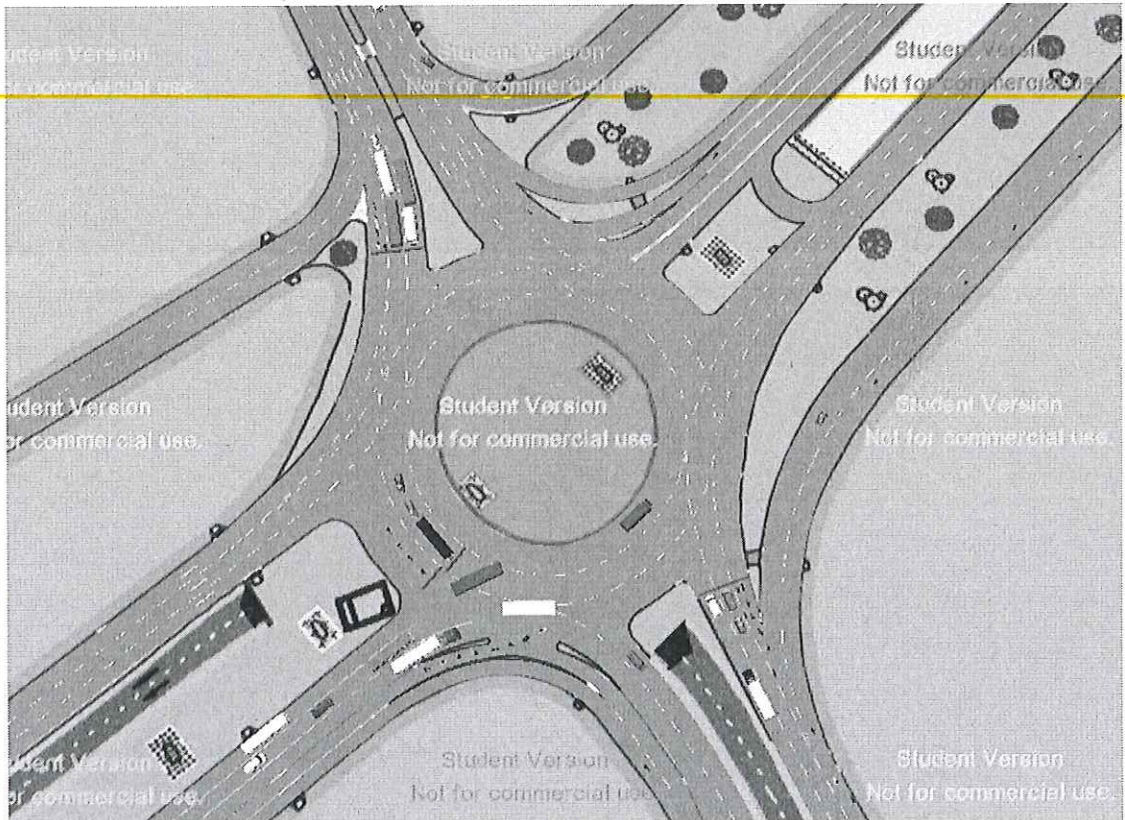
Bề rộng làn xe cơ giới là 3.5m, làn xe máy là 3.0m đối với dòng phương tiện lưu thông hướng từ Bà Rịa – Vũng Tàu vào nút giao.

3.5.2 Mô phỏng giao thông phương án tại nút giao sau cải thiện

Mục đích của việc mô phỏng giao thông là kiểm tra vận hành giao thông của nút giao sau khi đề xuất giải pháp cải thiện. Hình ảnh và kết quả mô phỏng thể hiện như trong hình bên dưới.

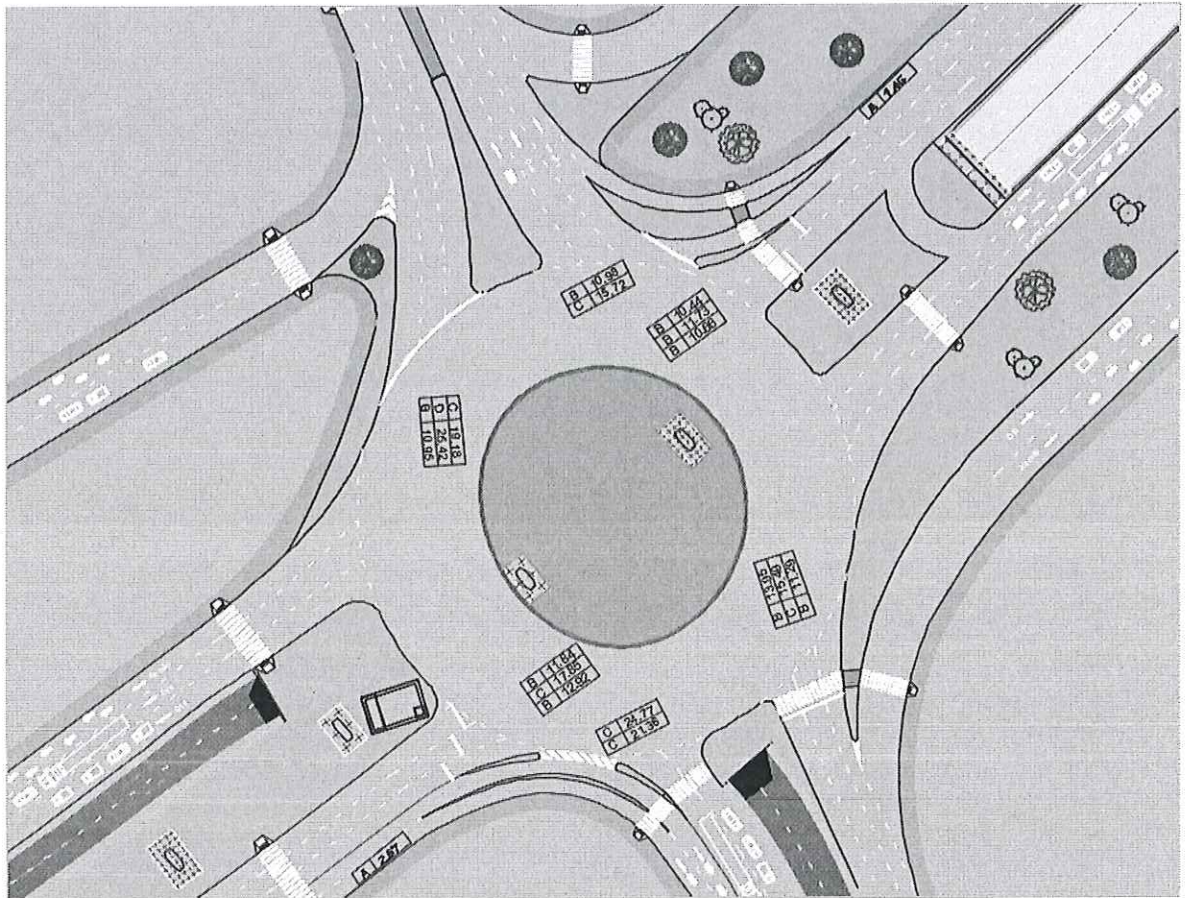


Hình 3. 32 Mô phỏng giao thông phương án cải thiện



Hình 3. 33 Mô phỏng giao thông phương án cải thiện

Kết quả mô phỏng và LOS mỗi nhánh vào nút được trình bày trong Hình 3.35.



Hình 3. 34 Kết quả mô phỏng và LOS các nhánh vào nút

Hình 3.35 thể hiện kết quả mô phỏng giải pháp cải thiện tương ứng với mức phục vụ (LOS) và thời gian chờ trung bình mỗi phương tiện. Giải pháp cải thiện đã loại bỏ được các vấn đề giao thông và an toàn đảm bảo giao thông được thông suốt, an toàn và nhanh chóng.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Qua quá trình khảo sát, phân tích và đánh giá hiện trạng giao thông tại nút giao Luận văn đã tiến hành nghiên cứu, phân tích và đã đạt được những kết quả quan trọng như sau:

- Phân tích giao thông tại nút giao đèn tín hiệu, thiết kế an toàn tại nút giao và các yếu tố trong thiết kế nâng cao an toàn nút giao;
- Tiến hành phân tích hiện trạng giao thông tại nút giao Ngã tư Vũng Tàu, kết quả cho thấy rõ tình hình giao thông tại nút giao: Mức độ xung đột, nguyên nhân dẫn đến tai nạn, thời gian di chuyển, thời gian chờ tại nút giao và đã xác nhận được các yếu tố góp phần tạo ra tai nạn tại nút giao này;
- Mô phỏng giải pháp cải thiện để có được cái nhìn trực quan về vận hành giao thông sau khi cải thiện.

Thông qua cơ sở lý thuyết và phân tích hiện trạng cho thấy: (1) Đô thị phát triển dọc theo các tuyến đường trục chính gây ra hậu quả nghiêm trọng (tình hình giao thông càng thêm phức tạp). Vì vậy, đề xuất cần có sự quản lý, tích hợp hài hòa giữa Quy hoạch sử dụng đất và quy hoạch giao thông phù hợp với chức năng đường trong mạng lưới để duy trì được chức năng đường, đảm bảo năng lực thông hành và điều kiện vận hành giao thông.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Grime, G. Handbook of Road Safety Research. Butterworths, London. 1987
2. Transportation Research Board (TRB). Special Report 214. Designing Safer Roads, Practices for Resurfacing, Restoration and Rehabilitation. National Research Council Washington. 1984
3. Hedman, K.O. Road Design and Safety. Proceedings of Strategic Highway Research Program and Traffic Safety on Two Continents. Gothenburg, 1989, VTI Report 315A, 1990.
4. Walker, J.S and Pittam, S.R. Accidents at Mini-Roundabouts; Frequencies and Rates. CR 161. Transport Research Laboratory, Crowthome, 1989.
5. Glennon et al. Relationship between Safety and Key Highway Features. A Synthesis of Prior Research. State of the Art Report 6. *Transport Research Board*, National Research Council, Washington D.C. 1987
6. Jadaan, K.S. and A.J. Nicholson. Relationship between Road Accidents and Traffic Flows in an Urban Network. *Traffic Engineering and Control*, 33(9), 1992.
7. Stark, D Relating Speed to Accident Risk at Priority Junctions. Pro Seminar J, 22nd PTRC European Transport Forum. PTRC Education and Research Services Ltd. London, 1994
8. Maycock, G. and R.D. Hall. Accidents at 4-way Roundabout. TRRL Report LR1120, *Transport and Road Research Laboratory*, Crowthome. 1994
9. Traffic Engineering Handbook 7th Edition 2016, *Institute of Transportation Engineers*, Anurag Pande, Ph.D, Brian Wholshon, Ph.D., P.E., PTOE.
10. Highway Capacity Manual 2010, Paul Ryus, Mark Vandehey, Lily Elefteriadou, Richard G. Dowling, and Barbara K.Ostrom.
11. 85th Percentile Speed Explained, *A Deeper Look at Calculating the 85th Percentile Speed*.