

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC XÂY DỰNG

PHAN CAO THỌ

NGHIÊN CỨU VỀ KHẢ NĂNG THÔNG HÀNH
VÀ VẤN ĐỀ SỬ DỤNG NÚT GIAO THÔNG
ĐIỀU KHIỂN BẰNG TÍN HIỆU ĐÈN TRONG
CÁC ĐÔ THỊ VIỆT NAM

LUẬN ÁN TIẾN SỸ KỸ THUẬT

HÀ NỘI - 2004

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC XÂY DỰNG**

PHAN CAO THỌ

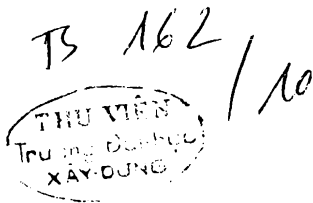


**NGHIÊN CỨU VỀ KHẢ NĂNG THÔNG HÀNH
VÀ VẤN ĐỀ SỬ DỤNG NÚT GIAO THÔNG
ĐIỀU KHIỂN BẰNG TÍN HIỆU ĐÈN TRONG
CÁC ĐÔ THỊ VIỆT NAM**

CHUYÊN NGÀNH: XÂY DỰNG ĐƯỜNG Ô TÔ VÀ ĐƯỜNG THÀNH PHỐ

MÃ SỐ : 2.15.08

LUẬN ÁN TIẾN SỸ KỸ THUẬT



Người hướng dẫn khoa học:


- 1. GS.TS Đỗ Bá Chương**
- 2. TS Nguyễn Quang Đạo**

HÀ NỘI 2004

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan đây là công trình nghiên cứu của riêng tôi.
Các số liệu, kết quả nêu trong luận án là trung thực và chưa từng được ai công bố
trong bất kỳ công trình nào khác.

Tác giả



Phan Cao Thọ

LỜI CẢM ƠN

Giao thông vận tải nói chung, giao thông đô thị nói riêng ở nước ta hiện nay đóng vai trò cực kỳ quan trọng trong sự phát triển kinh tế xã hội của đất nước. Nó được sự quan tâm của tất cả mọi người trong xã hội, đặc biệt đối với các cấp quản lý và các nhà khoa học về giao thông với mong muốn tạo ra một hệ thống mạng lưới đường, hệ thống tổ chức và điều khiển giao thông một cách hoàn chỉnh và đồng bộ cả về không gian lẫn thời gian. Xây dựng một hệ thống “ Đường - Xe - Môi trường - Người lái xe” hoàn chỉnh, hợp lý và làm việc có hiệu quả.

May mắn là một cán bộ giảng dạy trong lĩnh vực giao thông, ở trong môi trường đào tạo, đề tài nghiên cứu của tác giả đã hình thành. Những kết quả nghiên cứu của tác giả được trình bày trong bản luận án này hy vọng sẽ đóng góp một phần nhỏ bé vào hướng nghiên cứu và phát triển giao thông trong đô thị của đất nước.

Có được những kết quả trong luận án này, tác giả đã nhận được rất nhiều sự giúp đỡ tận tình của các thầy giáo hướng dẫn, các nhà khoa học, các bạn đồng nghiệp, các cơ quan hữu quan và gia đình.

Tác giả xin bày tỏ lòng biết ơn đến Bộ giáo dục và Đào tạo, ban Giám hiệu, Khoa Đào tạo sau đại học trường Đại học Xây dựng, đã khuyến khích, tạo điều kiện thuận lợi, giúp đỡ chúng tôi trong quá trình học tập nghiên cứu.

Tác giả xin bày tỏ lòng biết ơn đến Ban Giám hiệu trường Đại học Bách Khoa Đà Nẵng, Ban Giám đốc, Ban Khoa học và Đào tạo sau đại học Đại học Đà Nẵng, Khoa Xây dựng Cầu Đường trường Đại học Bách Khoa Đà Nẵng, Trung tâm điều khiển giao thông Công an thành phố Hà Nội đã giúp đỡ và tạo điều kiện thuận lợi trong quá trình nghiên cứu.

Tác giả xin bày tỏ lòng biết ơn đến các Thầy giáo, các nhà Khoa học ở Bộ Môn đường ô tô - đường đô thị trường ĐHXD, Bộ môn Đường bộ trường ĐHGTVT, Hội Cầu Đường Việt Nam, Viện Khoa học Công nghệ GTVT, Viện QH đô thị nông thôn BXD đã có những ý kiến đóng góp quý báu và thiết thực. Tác giả có lời cảm ơn sâu sắc đến TS Trần Nhất Dũng, Học viện Kỹ thuật Quân sự đã giúp đỡ có hiệu quả trong việc xây dựng chương trình mô phỏng dòng xe.

Đặc biệt Tác giả xin bày tỏ lòng biết ơn chân thành và sâu sắc GS.TS Đỗ Bá Chương, TS Nguyễn Quang Đạo và GS.TS Dương Học Hải những người thầy đã tận tình giúp đỡ, hướng dẫn từ những ngày đầu khi bắt tay vào nghiên cứu, đã có những ý kiến chỉ đạo sâu sắc về mặt khoa học trong việc hoàn thành luận án.

Trong khuôn khổ nội dung của một luận án, chắc chắn chưa đáp ứng một cách đầy đủ nhất những vấn đề đặt ra, thêm vào đó trình độ bản thân còn hạn chế, Tác giả xin chân thành cảm ơn và hết sức tiếp thu những ý kiến đóng góp của các nhà khoa học và các bạn đồng nghiệp.

Hà Nội, ngày tháng năm 2004

Tác giả

MỤC LỤC

Trang

Trang phụ bìa

Lời cam đoan

Mục lục

Danh mục các bảng.

Danh mục các hình vẽ và đồ thị

Danh mục các ký hiệu, các chữ viết tắt

**Mở đầu: HIỆN TRẠNG VẤN ĐỀ, MỤC ĐÍCH VÀ NỘI DUNG
NGHIÊN CỨU CỦA LUẬN ÁN**

1. Đặt vấn đề 1

2. Mục đích, nội dung, phương pháp và phạm vi nghiên cứu của luận án 3

3. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài 5

**Chương 1. TỔNG QUAN VỀ NÚT GIAO THÔNG CÓ ĐIỀU KHIỂN
VÀ CÁC PHƯƠNG PHÁP TÍNH KHẢ NĂNG THÔNG HÀNH**

1.1 PHÂN LOẠI NÚT GIAO THÔNG 6

1.1.1 Theo loại hình cấu tạo 7

1.1.2 Theo hình thức tổ chức và điều khiển giao thông 7

1.1.2.1 Nút giao thông không điều khiển 7

1.1.2.2 Nút giao thông có điều khiển 8

1.1.3 Một số nhận xét 12

**1.2 TỔNG QUAN VỀ CÁC PHƯƠNG PHÁP TÍNH KHẢ NĂNG THÔNG HÀNH CỦA
NÚT GIAO THÔNG ĐIỀU KHIỂN BẰNG TÍN HIỆU**

1.2.1 Khái niệm về khả năng thông hành của nút giao thông 14

**1.2.2 Các yếu tố ảnh hưởng đến KNTH của NGT và các khuynh hướng
tính toán** 15

1.2.3 Một số kết quả nghiên cứu trên thế giới và trong nước	18
1.2.3.1 Các nghiên cứu theo hướng lý thuyết kết hợp thực nghiệm	18
1.2.3.2 Các nghiên cứu theo hướng thực nghiệm hoàn toàn	23
1.2.3.3 Các nghiên cứu liên quan đến KNTH ở trong nước	28
1.2.3.4 Nhận xét	29
1.2.4. Một số nhận xét và kết luận về các PP tính KNTH của NGT điều khiển bằng tín hiệu	29

Chương 2.

NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM CÁC ĐẶC TRUNG CỦA DÒNG XE TRÊN NÚT GIAO THÔNG ĐIỀU KHIỂN BẰNG TÍN HIỆU ĐÈN

2.1 ĐẶT VẤN ĐỀ	32
2.2 KHÁI QUÁT CÁC ĐẶC TRUNG CỦA DÒNG XE	33
2.2.1 Các phương pháp nghiên cứu đặc trưng dòng xe	35
2.2.2 Nhận xét	35
2.3 CÁC KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM	36
2.3.1 Thành phần dòng xe	36
2.3.2 Quãng cách giữa các xe	37
2.3.3 Lưu lượng dòng xe	39
2.3.4 Mật độ dòng xe	43
2.3.5 Tốc độ dòng xe	46
2.4 NHẬN XÉT VÀ KẾT LUẬN	57

Chương 3.

PHƯƠNG PHÁP LUẬN VÀ CÁC KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VỀ KHẢ NĂNG THÔNG HÀNH CỦA NGT ĐIỀU KHIỂN BẰNG TÍN HIỆU ĐÈN

3.1 CƠ SỞ PHƯƠNG PHÁP LUẬN	60
3.2 KHÁI NIỆM CHUNG VỀ DÒNG BẢO HÒA	61
3.2.1 Định nghĩa dòng bảo hòa	61
3.2.2 Dòng bảo hòa lý tưởng	64

3.2.3 Các yếu tố ảnh hưởng đến dòng bão hòa	66
3.2.4 Các phương pháp khảo sát dòng bão hòa	66
3.2.5 Một số nhận xét và kết luận	69
3.3 CÁC KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM	70
3.3.1 Phương pháp chung về thực nghiệm đo đếm	70
3.3.2 Nghiên cứu qui đổi dòng xe	76
3.3.2.1 Cơ sở lý thuyết	76
3.3.2.2 Kết quả nghiên cứu	78
3.3.2.3 Nhận xét và kết luận	82
3.3.3 Nghiên cứu về dòng bão hòa	84
3.3.3.1 Công thức xác định	84
3.3.3.2 Kết luận	93
3.4 XÂY DỰNG PHẦN MỀM MÔ PHỎNG SỰ HOẠT ĐỘNG CỦA DÒNG XE	
Ở NÚT GIAO THÔNG ĐIỀU KHIỂN BẰNG TÍN HIỆU ĐÈN	94
3.4.1 Đặt vấn đề	94
3.4.2 Thiết kế chương trình	94
3.4.2.1 Sơ đồ khối tổng quát	94
3.4.2.2 Tổ chức cơ sở dữ liệu	97
3.4.2.3 Các ví dụ kiểm chứng	103
3.4.3 Kết luận chung về phần mềm mô phỏng	109
3.5 NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA MỘT SỐ YẾU TỐ ĐẾN KHẢ NĂNG	
THÔNG HÀNH CỦA NÚT GIAO THÔNG¹	110
3.5.1 Quan hệ KNTH của nhánh dẫn với bề rộng	111
3.5.1.1 Cơ sở lý thuyết xây dựng công thức quan hệ	111
3.5.1.2 Kết quả tính toán	113
3.5.2 Ảnh hưởng xe rẽ trái	117
3.5.2.1 Ảnh hưởng của xe rẽ trái đến KNTH của nhánh dẫn 1 làn thuận xe con.	119
3.5.2.2 Ảnh hưởng của xe rẽ trái đến KNTH của nhánh	

dẫn 2 làn xe với dòng hỗn hợp	120
3.5.3 Ảnh hưởng của khoảng cách giữa các nút điều khiển đèn	122
3.5.4 Nhận xét và một số kết luận	127
3.6 KẾT LUẬN	128
Chương 4. MỘT SỐ KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG	
4.1 MỨC PHỤC VỤ HIỆU QUẢ CỦA NÚT GIAO THÔNG ĐKBTHĐ	131
4.1.1 Khái quát chung	131
4.1.2 Lựa chọn chỉ tiêu đánh giá mức phục vụ	133
4.1.3 Thời gian chờ xe trung bình do dừng	134
4.1.4 Hệ số mức độ phục vụ	138
4.1.5 Các kết quả tính toán thực nghiệm	142
4.1.6 Nhận xét và kết luận	144
4.2 TÍNH TOÁN CHU KỲ VÀ PHÂN PHA TÍN HIỆU	147
KẾT LUẬN	
NHỮNG KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU CỦA LUẬN ÁN	152
NHỮNG ĐÓNG GÓP MỚI CỦA LUẬN ÁN	158
HƯỚNG NGHIÊN CỨU TIẾP TỤC CỦA LUẬN ÁN	159
DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ CỦA TÁC GIẢ	160
TÀI LIỆU THAM KHẢO	161
PHỤ LỤC	
Phụ lục 1: Đặc trưng tốc độ dòng xe trên nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn	
Phụ lục 2: Đặc trưng lưu lượng và thành phần dòng xe	
Phụ lục 3: Chương trình nguồn Traffic Brain và một số kết quả khai thác	
Phụ lục 4: Hình ảnh dòng xe trên một số nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn ở Hà Nội, Đà Nẵng và Montréal - Canada.	

DANH MỤC CÁC BẢNG

Bảng 2.1 Các đặc trưng của dòng xe.....	33
Bảng 2.2 Tỷ lệ thành phần dòng xe trong nút giao thông các nhóm I,II, III, IV...	37
Bảng 2.3 Tốc độ trung bình dòng xe trên NGTĐK bằng tín hiệu đèn nhóm I	52
Bảng 2.4 Tốc độ trung bình dòng xe trên NGTĐK bằng tín hiệu đèn nhóm II...	52
Bảng 2.5 Tốc độ trung bình dòng xe trên NGTĐK bằng tín hiệu đèn nhóm III...	53
Bảng 2.6 Tốc độ trung bình dòng xe trên NGTĐK bằng tín hiệu đèn nhóm IV....	53
Bảng 2.7 Tốc độ trung bình dòng xe con và xe máy với tỷ lệ xe rẽ trái.....	55
Bảng 2.8 Tốc độ trung bình dòng xe con và xe đạp với tỷ lệ xe rẽ trái	55
Bảng 3.1 Kết quả nghiên cứu về dòng bão hoà trên thế giới	65
Bảng 3.2 Hệ số qui đổi theo tiêu chuẩn của một số nước trên thế giới và nước ta	77
Bảng 3.3 Tốc độ trung bình các loại xe qua nút giao thông	80
Bảng 3.4 So sánh không gian động D theo lý thuyết và thực tế quan trắc	82
Bảng 3.5 Kiến nghị các hệ số qui đổi dòng xe thực tế	83
Bảng 3.6 Lượng xe trung bình và bão hoà trên các nhánh dẫn trong một chu kỳ đèn qui đổi về dòng xe con	89
Bảng 3.7 Lượng xe trung bình và bão hoà trên các nhánh dẫn trong một chu kỳ đèn qui đổi về dòng xe máy.....	90
Bảng 3.8 Dòng bão hoà và KNTH thực nghiệm trên các nhánh dẫn(B=7-15m)	91
Bảng 3.9 Dòng bão hoà và KNTH thực nghiệm trên các nhánh dẫn(B=4-10m)	92
Bảng 3.10 Bảng kết quả tính toán xác định hệ số a của đường hồi qui khi dòng hỗn hợp đổi ra xcqđ	115
Bảng 3.11 Bảng kết quả tính toán xác định hệ số a của đường hồi qui khi dòng hỗn hợp đổi ra xmqđ	116
Bảng 3.12 Hệ số ảnh hưởng của xe rẽ trái với tỷ lệ xe rẽ trên đường dẫn 2 lần và 3 lần ở NGTĐK.....	117
Bảng 3.13 Quan hệ KNTH của nhánh dẫn 1 lần xe với tỷ lệ xe rẽ trái dòng thuần xe con.....	119
Bảng 3.14 Quan hệ KNTH của nhánh dẫn 2 lần với tỷ lệ xe rẽ trái trong dòng	120
Bảng 3.15 Khoảng cách tối thiểu giữa các NGTĐK ở nước ta.....	123

Bảng 3.16 Khoảng cách nên dùng giữa các NGT điều khiển bằng tín hiệu đèn độc lập ở Mỹ và Canada.....	124
Bảng 3.17 Khoảng cách tối thiểu l(m) nên dùng giữa các NGT điều khiển bằng tín hiệu đèn ở nước ta	125
Bảng 4.1 Thước đo tính hiệu quả để xác định mức phục vụ.....	132
Bảng 4.2 Tiêu chuẩn phân loại mức phục vụ của NGTĐKBTHĐ của HCM 2000	140
Bảng 4.3 Quan hệ giữa hệ số mức độ phục vụ tới hạn Z_c và KNTH của nút.	140
Bảng 4.4 Tiêu chuẩn mức phục vụ của nút giao thông.....	141
Bảng 4.5 Kết quả tính hệ số MĐPV và thời gian chậm xe đối với các nút có bề rộng nhánh dẫn 7m- 15m.....	142
Bảng 4.6 Kết quả tính hệ số MĐPV và thời gian chậm xe đối với các nút có bề rộng nhánh dẫn 3m- 10m.....	143
Bảng 4.7 Hệ số MĐPV của các nhánh dẫn có B= 7m-15m (dòng hỗn hợp đổi về dòng xcmđ).....	145
Bảng 4.8 Hệ số MĐPV của các nhánh dẫn có B= 3m-10m (dòng hỗn hợp đổi về dòng xmqđ).....	146
Bảng 4.9 Lưu lượng xe chạy trên các nhánh dẫn Lê Duẩn- Lê Lợi.....	148
Bảng 4.10 KNTH của nhánh dẫn vào nút Lê Duẩn- Lê Lợi.....	149
Bảng 4.11 Hệ số mức độ phục vụ Z và d nút Lê Duẩn- Lê Lợi	149
Bảng 4.12 Tính toán chu kì và phân pha tín hiệu.....	151

DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ VÀ ĐỒ THỊ

Hình 1.1 Sơ đồ vận động của xe và bộ hành tại nút giao thông hai vạch dừng có biển STOP.	8
Hình 1.2 Sơ đồ tên gọi các nhánh dẫn của nút 4 vạch dừng	9
Hình 1.3 Sơ đồ giao thông trên nút 4 vạch dừng	9
Hình 1.4 Sơ đồ 2 pha điều khiển giao thông tại ngã tư độc lập	11
Hình 1.5 Sơ đồ tính toán KNTH của nút 4 vạch dừng	19
Hình 1.6 Các trường hợp tính KNTH từ một nhánh dẫn ở nút 4 vạch dừng	20
Hình 2.1 Thống kê lượng xe ô tô và xe máy trên toàn quốc.....	40
Hình 2.2 Hàng chờ trên nhánh dẫn Tôn Đức Thắng (nút T. Đ Thắng — Quốc Tử Giám)...	42
Hình 2.3 Hàng chờ trên nhánh dẫn Kim Liên (nút Kim Liên — G Phóng)...	45
Hình 2.4 Biểu đồ tốc độ trung bình của các dòng xe trên nút nhóm I.....	48
Hình 2.5 Biểu đồ tốc độ trung bình của các dòng xe trên nút nhóm II.....	49
Hình 2.6 Biểu đồ tốc độ trung bình của các dòng xe trên nút nhóm III.....	50
Hình 2.7 Biểu đồ tốc độ trung bình của các dòng xe trên nút nhóm IV.....	51
Hình 3.1 Quan niệm về dòng bão hoà.....	62
Hình 3.2 Mô tả quá trình tiêu tán hàng chờ của dòng thuận ô tô	68
Hình 3.3 Các giá trị thực nghiệm trung bình và tích lũy của dòng thuận ô tô	68
Hình 3.4 Biểu đồ phân bố số xe qua vạch stop trong từng khoảng thời gian 2 giây xanh.....	73
Hình 3.5 Mô phỏng tổng quát dòng bão hoà thuận ô tô của Simon Cohen....	74
Hình 3.6 Biểu đồ quan hệ giữa lưu lượng xe chạy qua vạch stop và thời gian xanh trong một chu kì đèn.....	76
Hình 3.7 Tính toán tổn thất thời gian ở đầu pha cho dòng thuận ô tô ở NGT điều khiển bằng tín hiệu đèn.....	86
Hình 3.8 Kết quả thực nghiệm xác định lượng xe trung bình vượt qua vạch dừng trong khoảng thời gian 2s xanh.....	87
Hình 3.9 Biểu đồ thực nghiệm xác định lượng xe vượt qua vạch dừng trong thời gian xanh.....	88
Hình 3.10 Minh họa cách tổ chức dòng xe trên nhánh dẫn để thiết kế chương trình.....	95
Hình 3.11 Sơ đồ khối tổng quát chương trình mô hình hoá hoạt động	

của NGT điều khiển bằng tín hiệu đèn.....	95
Hình 3.12 Sơ đồ khối mô phỏng dòng xe phát sinh, tích lũy và tiêu tán.....	96
Hình 3.13 Dialog nhập các tham số điều kiện đường.....	98
Hình 3.14 Màn hình thể hiện mặt bằng nút đang hoạt động.....	99
Hình 3.15 Dialog nhập các tham số điều kiện giao thông.....	100
Hình 3.16 Dialog nhập các tham số điều kiện tín hiệu.....	101
Hình 3.17 Dialog chọn đối tượng xuất ra màn hình.....	102
Hình 3.18 Biểu đồ quan hệ số lượng xe thoát qua nút của nhánh dẫn với các lượt thử ứng với các chu kỳ khác nhau.....	102
Hình 3.19 Quan hệ KNTH thực tế và bề rộng của nhánh dẫn.....	114
Hình 3.20 Quan hệ dòng bão hoà với dòng rẽ trái hướng đối diện.....	118
Hình 3.21 Quan hệ giữa hệ số rẽ trái với tỉ lệ rẽ trong dòng chung thuận xe con.....	120
Hình 3.22 Quan hệ giữa hệ số rẽ trái với tỉ lệ rẽ trong dòng hỗn hợp nhánh dẫn 2 làn.....	121
Hình 3.23 Quan hệ giữa khoảng cách nút với chiều dài chu kỳ và tốc độ dòng xe trên các NĐK bằng tín hiệu đèn.....	123
Hình 3.24 Tốc độ trung bình của dòng xe giữa 2 nút Ông Ích Khiêm - Lê Duẩn và Ông Ích Khiêm - Hải Phòng.	126
Hình 3.25 Tốc độ trung bình của dòng xe giữa 2 nút Hoàng Diệu - Lê Đình Dương và Lê Đình Dương - Phan Chu Trinh.	126
Hình 3.26 Đồ thị khoảng cách tối thiểu nên dừng giữa các NGT điều khiển bằng tín hiệu đèn ở đô thị nước ta.....	127
Hình 4.1 Mô phỏng dòng Đến và Đi ở NGT điều khiển bằng tín hiệu đèn...	135
Hình 4.2 mô phỏng quá trình phát triển hàng chờ trên nhánh dẫn ở NGT điều khiển bằng tín hiệu đèn.....	135
Hình 4.3 Sơ đồ tính toán kiểm tra NGT điều khiển bằng tín hiệu đèn.....	147
Hình 4.4 Sơ đồ dòng xe tại ngã tư Lê Duẩn - Lê Lợi	148

CÁC KÝ HIỆU VÀ CHỈ SỐ

Ký hiệu	Đơn vị	Giải thích ý nghĩa
P_{nd}	xcqđ/h, xm qđ/h	Khả năng thông hành của nhánh dẫn
S_0	xctc/hx/làn	Dòng bão hòa lý tưởng
S_{nd}	xcqđ/hx, xm qđ/hx	Dòng bão hoà của nhánh dẫn
S_i	xcqđ/hx, xm qđ/hx	Lưu lượng bão hòa của nhánh dẫn thứ i
Z		Hệ số mức độ phục vụ
λ		Tỷ lệ thời gian xanh có hiệu trong chu kỳ đèn
D	s	Tổng thời gian chậm xe của tất cả các xe trong hàng chờ
d	s	Thời gian chậm xe trung bình
N_1	xcqđ/t _x , xm qđ/t _x	Lưu lượng xe trung bình trong thời gian xanh
N_2	xcqđ/t _x , xm qđ/t _x	Lưu lượng xe bão hoà trong thời gian xanh
T_{CK}	s	Chu kỳ đèn tín hiệu
t_x^{ch}	s	Thời gian xanh có hiệu
t_x^{sd}	s	Thời gian xanh sử dụng
t_x	s	Thời gian xanh thiết kế
t_v	s	Thời gian vàng
t_L	s	Tổn thất thời gian trong 1 pha
t_{L1}	s	Tổn thất thời gian ở đầu pha
t_{L2}	s	Tổn thất thời gian ở cuối pha
V_t	Km/h	Tốc độ trung bình theo thời gian
V_s	Km/h	Tốc độ trung bình không gian
N	xe/h	Lưu lượng dòng xe
ρ	xe/sec	Suất dòng (lưu lượng trong 1 s)
q	xe/km; xe/m ²	Số xe trên đơn vị chiều dài Số xe trên đơn vị diện tích
Δt	s	Quãng thời gian giữa các xe
ΔS	m	Quãng không gian giữa các xe
D_{xc}	m ²	Không gian động của xe con vào nút

D_{LT}	m^2	Không gian động lý thuyết
$D_{TT\acute{e}}$	m^2	Không gian động thực tế
D_{xm}	m^2	Không gian động của xe máy vào nút
D_{xd}	m^2	Không gian động của xe đạp vào nút
α		Hệ số qui đổi dòng xe
$\alpha_{xe\ con}$		Hệ số qui đổi xe con
$\alpha_{xemáy}$		Hệ số qui đổi xe máy
$\alpha_{xedạp}$		Hệ số qui đổi xe đạp
B_{nd}	m	Bề rộng có hiệu của nhánh dẫn
$L_{chờ}$	m	Chiều dài hàng chờ trên nhánh dẫn
L_{min}	m	Khoảng cách tối thiểu giữa các nút điều khiển
K_{tr}		Hệ số ảnh hưởng của xe rẽ trái
X		Hệ số bão hoà
t_0	s	Thời gian tiêu tán dòng xe trong hàng chờ
f_i		Hệ số thành phần ảnh hưởng đến KNTH thứ i

CÁC CHỮ VIẾT TẮT

Chữ viết tắt	Ý nghĩa
NGT	Nút giao thông
KNTH	Khả năng thông hành
MPV	Mức phục vụ
HS MĐPV	Hệ số mức độ phục vụ
NGTĐKBTHĐ	Nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn
HCM	Highway Capacity Manual
TWSC	Two way stop control
AWSC	All way stop control
A.I.T.E	American Institute Transportation of Engineering

Mở đầu

HIỆN TRẠNG VẤN ĐỀ, MỤC ĐÍCH VÀ NỘI DUNG NGHIÊN CỨU CỦA LUẬN ÁN

1. ĐẶT VẤN ĐỀ:

Giao thông đô thị ở nước ta hiện nay góp một phần đáng kể vào sự nghiệp phát triển kinh tế xã hội của đất nước, đặc biệt đối với các thành phố lớn như Hà Nội, Hải phòng, Đà Nẵng và Thành phố Hồ Chí Minh. Cùng với sự phát triển kinh tế xã hội của các thành phố là sự gia tăng rất nhanh về số lượng các phương tiện giao thông, dẫn đến tình trạng ùn tắc đã xảy ra thường xuyên vào giờ cao điểm trên một số tuyến, đặc biệt ở một số nút giao thông trong các thành phố lớn. Sự ùn tắc giao thông cùng với sự yếu kém trong công tác thiết kế, tổ chức trật tự an toàn giao thông vừa là nguyên nhân gây ô nhiễm môi trường, tiếng ồn, tai nạn, vừa là nguyên nhân làm chậm đáng kể sự phát triển kinh tế xã hội của các thành phố.

Trong bối cảnh đó, việc sử dụng hệ thống đèn tín hiệu điều khiển giao thông đã trở thành phổ biến trong các đô thị nước ta, phần nào cải thiện được điều kiện giao thông, nâng cao an toàn trong điều kiện dòng xe hỗn hợp, cơ giới lẫn thô sơ. Song ở một số nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn, câu hỏi đặt ra là *năng lực làm việc đạt đến mức chịu tải tối đa là bao nhiêu? Nút đang làm việc ở trạng thái nào? và làm việc ở chế độ nào thì có hiệu quả... vẫn còn đang bỏ ngỏ.*

Một nghiên cứu cơ bản về nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn, đặc biệt xác định được khả năng thông hành và mức phục vụ của nút (vấn đề được nhiều nhà khoa học về giao thông quan tâm) thì sẽ giải quyết được nhiều vấn đề mà chúng ta quan tâm.

Điều nhận thấy ngay là dòng xe ở các đô thị nước ta là một dòng hỗn hợp nhiều thành phần, dòng xe không ổn định theo thời gian và không gian, ngay trong

cùng một đô thị, trên cùng một trục đường. Chính vì thế mỗi công trình nghiên cứu được đưa ra chỉ thích hợp với điều kiện dòng xe nhất định, rõ ràng lại càng không thể áp dụng tiêu chuẩn ở một nước có dòng xe hoàn toàn khác điều kiện giao thông đô thị nước ta được. Để có cơ sở cho phương pháp tính toán với điều kiện giao thông đô thị nước ta, các kết quả nghiên cứu của các tác giả trong và ngoài nước sẽ được chúng tôi xem xét một cách cụ thể nhằm làm sáng tỏ vấn đề nghiên cứu của mình.

Hiện nay dòng xe trong tất cả các đô thị nước ta đều có tính đặc thù chẳng giống một nơi nào trên thế giới, đó là lượng xe hai bánh gồm xe máy và xe đạp chiếm tỷ lệ rất lớn trong dòng xe. Mặc dù các cấp quản lý nhà nước đã có một số biện pháp hạn chế sự gia tăng của xe máy ở hai thành phố lớn Hà Nội và Thành phố Hồ Chí Minh, nhưng trong phạm vi cả nước tỷ lệ xe máy vẫn tăng khá lớn. Theo kết quả dự báo tổng hợp của Bộ Công nghiệp về sự tăng trưởng xe máy trong các giai đoạn như sau:

Từ 1990-1999 tăng trưởng 12,4% ứng với lượng xe máy lưu hành là 5.585.000 xe.

Từ 2000-2005 tăng trưởng 10% ứng với lượng xe máy lưu hành là 10.00.000 xe.

Từ 2005-2010 tăng trưởng 10% ứng với lượng xe máy lưu hành là 13.200.000 xe.

(Nguồn: Bộ Công Nghiệp - sự tăng trưởng xe máy Việt Nam)

Rõ ràng giao thông đô thị hiện nay đang phát triển với chiều hướng rất phức tạp, rất căng thẳng, đặt ra cho thực tế nhiều vấn đề cần phải giải quyết. Khi triển khai qui hoạch tổng thể các thành phố tới 2010, 2020 đã thấy mạng lưới giao thông hiện tại không đủ đáp ứng nhu cầu vận tải, đặc biệt với đà tăng trưởng phương tiện giao thông nhất là xe máy sẽ ảnh hưởng rất xấu đến vấn đề chung đã nêu. Ở Hà Nội cho đến giờ phút này các biện pháp tổ chức và điều khiển giao thông ở chừng mực nào đó cũng mới chỉ là những giải pháp tình thế, chưa thể giải quyết dứt điểm những vấn đề còn tồn tại. Những thành phố khác ở Miền Trung như Đà Nẵng, Huế, Qui Nhơn, Nha Trang..., việc đặt đèn điều khiển giao thông còn mang nặng tính hình thức và tính chủ quan với mục đích chính nhằm giảm bớt tai nạn giao thông chứ chưa thật sự dựa trên cơ sở khoa học tính toán tối ưu các vấn đề tổ chức và điều khiển. Chúng ta đều biết rằng khả năng thông hành (KNTH) nói chung từ lâu nay được coi là một trong những khái niệm cơ bản nhất trong lý thuyết dòng xe và rất

quan trọng trong thực tế, luôn được các nhà khoa học về giao thông quan tâm. Nó là *mục tiêu của thiết kế hình học, của thiết kế tổ chức - điều khiển giao thông và khai thác đường phố*. Ở nước ta, gần đây đã có một số nghiên cứu về KNTH của đoạn đường hai chiều hai làn trên hệ thống Quốc lộ [22], KNTH của các đoạn đường phố giữa hai nút giao thông trong đô thị [13], nhưng KNTH của nút giao thông (NGT) trong điều kiện giao thông đô thị nước ta thì đến nay thực sự vẫn chưa có một nghiên cứu nào, đặc biệt đối với loại hình nút giao thông sử dụng đèn tín hiệu mà sự có mặt của nó đang trở nên phổ biến ở các đô thị ở nước ta.

Thực tế giao thông ở Hà Nội và một số thành phố khác gần đây, do có đèn tín hiệu điều khiển giao thông số điểm ùn tắc đã giảm bớt và hầu như không xảy ra vào giờ bình thường, tai nạn trong nút cũng đã giảm 45% [14], góp phần tích cực xây dựng trật tự kỷ cương trong giao thông trên đường. Hệ thống đèn tín hiệu góp phần làm cho bộ mặt các đô thị văn minh hơn, người dân hiểu biết hơn về luật lệ giao thông và cũng góp phần bảo đảm công tác trật tự an ninh xã hội... Rõ ràng hiệu quả kinh tế và xã hội mang lại là rất cao. Song trong thực tế còn tồn tại một số vấn đề chưa hợp lý trong tổ chức phân làn, trong tính toán chu kỳ đèn, tính toán phân pha, tính toán điều khiển phối hợp, và đặc biệt trọng việc đánh giá trạng thái giao thông, mức độ phục vụ của nút... phục vụ cho thiết kế mới, thiết kế nâng cấp cải tạo nút.

Như vậy nếu xây dựng một phương pháp luận hay một phương pháp cụ thể tính toán KNTH của nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn ở nước ta thì sẽ giải quyết được nhiều nội dung mà chúng ta vừa nêu. Đó chính là lý do hình thành đề tài:

Nghiên cứu về khả năng thông hành và vấn đề sử dụng nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn trong các đô thị Việt Nam.

2. MỤC ĐÍCH, NỘI DUNG, PHƯƠNG PHÁP VÀ PHẠM VI NGHIÊN CỨU CỦA LUẬN ÁN

2.1 Mục đích và nội dung nghiên cứu:

Đề xuất phương pháp xác định khả năng thông hành của nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn và làm rõ một số vấn đề về sử dụng đèn tín hiệu điều khiển giao thông ở các đô thị lớn nước ta.

Để đạt được mục đích này nội dung của luận án cần giải quyết những vấn đề sau:

1. Nghiên cứu đặc điểm của dòng xe hỗn hợp trên nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn thông qua một số đặc trưng chính của dòng xe như: Lưu lượng, tốc độ, mật độ, quãng cách và thành phần dòng xe...
2. Nghiên cứu dòng bão hòa trên nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn
3. Đề xuất phương pháp, điều kiện qui đổi và kiến nghị các hệ số qui đổi dòng xe hỗn hợp về dòng thuần trong phạm vi nút giao thông.
4. Xây dựng phương pháp tính KNTH thực tế của nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn ở điều kiện phổ biến.

Trên cơ sở phân tích các phương pháp tính KNTH của các tác giả trên thế giới cho dòng xe thuần cơ giới đối chiếu với dòng xe thực tế ở đô thị nước ta thông qua các kết quả nghiên cứu phần 1,2,3 để xây dựng phương pháp luận tính KNTH thực tế của nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn.

5. Xây dựng phần mềm mô phỏng sự hoạt động của NGT điều khiển bằng tín hiệu đèn phục vụ việc tính toán KNTH thực tế, tính toán điều khiển giao thông,
6. Đề nghị công thức xác định KNTH thực tế có xét đến ảnh hưởng của các điều kiện đường, điều kiện giao thông và điều kiện tín hiệu. Nghiên cứu ảnh hưởng của một số yếu tố đến KNTH của nút.
7. Xác định mức phục vụ có hiệu quả của nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn.

2.2 Phương pháp nghiên cứu:

Xử lý bằng thống kê toán học các số liệu điều tra, khảo sát hiện trường của dòng xe trên các nhóm nút đặc trưng ở địa bàn hai thành phố Hà Nội và Đà Nẵng về lưu lượng, tốc độ, mật độ, thành phần, tỷ lệ các luồng xe trong nút Trên cơ sở các số liệu thực nghiệm xây dựng phần mềm, mô phỏng toàn bộ sự hoạt động của nút giao thông phục vụ việc tính toán KNTH thực tế và điều khiển giao thông.

Các kết quả tính toán được đối chiếu với lý thuyết, kết hợp thực nghiệm và thực tế tồn tại để rút ra những kết luận cần thiết.

Chương 1

TỔNG QUAN VỀ NÚT GIAO THÔNG CÓ ĐIỀU KHIỂN VÀ CÁC PHƯƠNG PHÁP TÍNH KHẢ NĂNG THÔNG HÀNH

Nút giao thông là nơi giao nhau giữa hai hoặc nhiều hơn hai đường, tại đó các xe có thể đổi hướng hành trình.

Với nút giao thông cùng mức độ chính là nơi tập trung một lượng xe lớn. Tại nút, lái xe phải thực hiện cùng một lúc nhiều thao tác phức tạp như quan sát và định hướng chuyển động, giảm tốc, hãm xe, dừng xe, tăng tốc, tách dòng, nhập dòng, cắt và trộn dòng với các luồng xe khác. Trong một không gian nhiều dòng xe cùng sử dụng một diện tích mặt đường và tồn tại các vận động phức tạp, nhiều loại xung đột nên thường xảy ra tai nạn giao thông, ùn tắc giao thông và tổn thất thời gian qua nút, ảnh hưởng xấu khác đến môi trường cũng tăng lên.

Ngày nay lượng giao thông ngày càng tăng, đòi hỏi các nhà khoa học, các nhà quản lý về giao thông càng phải quan tâm nghiên cứu về nút giao thông nhiều hơn, sâu hơn nhằm đến mục tiêu an toàn, tiện lợi và kinh tế. Có nhiều giải pháp thiết kế tổ chức, điều khiển giao thông. Tuy nhiên loại hình nút giao thông điều khiển bằng các dấu hiệu khác nhau đang được dùng ở khắp các nước trên thế giới, cả trong và ngoài đô thị: tín hiệu đèn, tín hiệu âm thanh, biển hiệu và vạch kẻ trên nhánh dẫn. Trong đó, việc sử dụng các dấu hiệu điều khiển giao thông là điều khiển dòng xe bằng cách phân chia theo thời gian để giải quyết các xung đột trong nút.

1.1 PHÂN LOẠI NÚT

Có nhiều cách phân loại khác nhau. Có thể tóm tắt sơ lược một số cách phân loại như sau:

1.1.1 Theo loại hình cấu tạo: Theo cách này nút có nhiều tên gọi khác nhau, thứ tự sau đây cũng chỉ ra cấu tạo nút từ đơn giản đến phức tạp, từ qui mô thấp đến qui mô cao.

1.1.1.1 Nút đơn giản: là loại nút giữ nguyên bề rộng đường dẫn đến nút, không có các cấu tạo đặc biệt mà chỉ vượt mép phần xe chạy bằng đường cong tròn rẽ phải, góc giao tốt nhất là 90^0 hoặc lệch không quá 30^0 . Loại nút này phù hợp với đường phố khu vực và đường phố nội bộ khu dân cư có lưu lượng xe vào nút thấp. Xe chạy qua nút theo luật ưu tiên chính phụ hay luật ưu tiên xe bên tay phải. Hành trình dòng xe trong nút ngắn, thuận lợi cho các phương tiện giao thông nhất là các loại xe hai bánh, thô sơ.

1.1.1.2 Nút đơn giản có mở rộng: Là nút có làm làn phụ mở rộng cho xe rẽ phải hoặc rẽ trái hay để tạo ra một không gian thuận lợi cho các xe tăng giảm tốc chuyển sang nhánh khác. Mở rộng có thể đối xứng hoặc không đối xứng.

1.1.1.3 Nút kênh hoá: Là nút mà một số luồng xe trong nút được tách riêng, và được bảo hộ bằng các đảo (có thể đảo nổi hoặc đảo không nổi dùng sơn trên mặt đường).

1.1.1.4 Nút hình xuyên: Có đảo trung tâm lớn, các xung đột giao cắt được hoá giải bằng các đoạn trộn dòng.

1.1.1.5 Nút giao khác mức: Nút giao thông khác mức dùng công trình cầu vượt hoặc hầm chui để giải quyết các xung đột. Nút giao thông khác mức không có đường nối gọi là nút giao khác mức không liên thông và khi có đường nối gọi là nút khác mức liên thông.

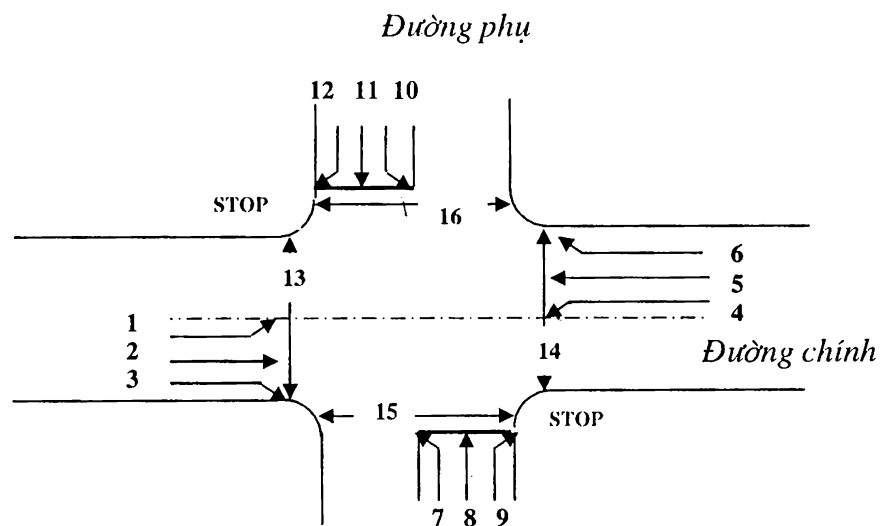
1.1.2 Phân loại theo hình thức tổ chức và điều khiển giao thông.

1.1.2.1 Nút giao thông không điều khiển: Ở các nước phát triển khi mà mạng lưới đường được kết nối có trật tự và luật giao thông được chấp hành nghiêm ngặt, hệ thống giao thông hiện đại thì không tồn tại loại hình nút giao thông không điều khiển, tức là chỉ có khái niệm về nút giao thông điều khiển. Tuy nhiên ở nước ta và một số nước đang phát triển, còn tồn tại các nút giao đơn giản không được bố trí bất kỳ một dấu hiệu, một tín hiệu nào thuộc luật. Loại nút này an toàn giao thông thấp khả năng thông hành cũng thấp.

1.1.2.2 Nút giao thông có điều khiển (điều khiển cưỡng bức):

Điều khiển bằng luật ưu tiên nhường đường cho xe bên phải và điều khiển bằng các dấu hiệu. Các dấu hiệu điều khiển như vạch kẻ, biển hiệu, đèn tín hiệu hoặc người chỉ huy được bố trí ở trong nút. Loại nút điều khiển bằng tín hiệu đèn, điều khiển bằng vạch dừng xe (hai vạch dừng có hoặc không có biển “**STOP**” hoặc có tất cả vạch dừng trên các nhánh dẫn) được dùng phổ biến hiện nay.

Nút giao thông điều khiển bằng hai vạch dừng [9], [49]. Còn gọi là nút giao thông đường chính, đường phụ. Trên hướng không được ưu tiên có bố trí vạch dừng xe và có thể bố trí thêm biển dừng “**STOP**” hoặc không có. Trong loại hình này quyền ưu tiên giao thông liên tục là của dòng xe trên đường chính. Các xe trên đường phụ lợi dụng các khe hở thời gian giữa các xe trên đường chính để cắt qua hay nhập dòng. (hình 1.1)



Hình 1.1 : Sơ đồ vận động của xe và bộ hành tại nút giao thông hai vạch dừng có biển STOP

Các hướng giao thông được ưu tiên theo thứ tự sau:

Mức ưu tiên 1: Các hướng 2,3,5,6,15,16.

Mức ưu tiên 2: Các hướng 1,4,9,12,13,14.

Mức ưu tiên 3: Các hướng 8,11.

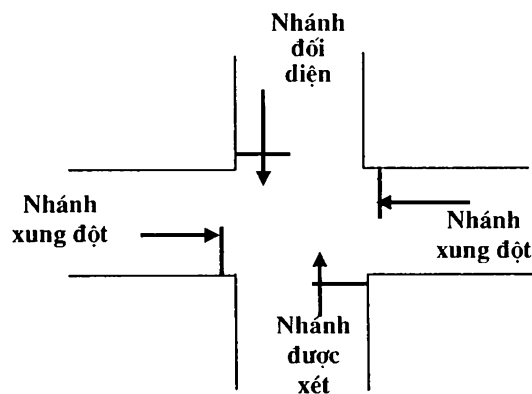
Mức ưu tiên 4: Các hướng 7,10.

Loại hình này có hai mức khống chế dòng xe vào nút từ đường phụ. Khi chỉ có vạch dừng xe thì xe trên đường phụ tới nút, phải đi chậm để quan sát rồi cho xe nhập nút

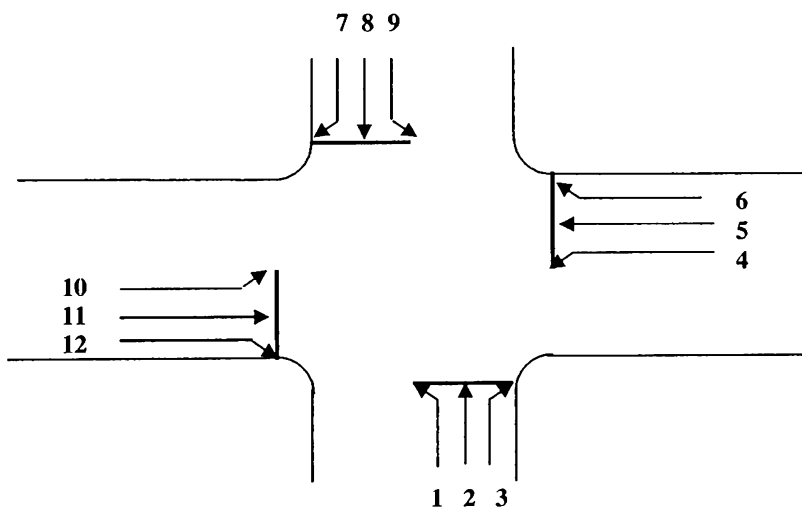
mà không bắt buộc phải dừng xe trước vạch. Ngược lại với nút đèn cả hai vạch dừng và biển “STOP” thì xe trên đường phụ buộc phải dừng trước vạch trước khi nhập nút.

Nút giao thông điều khiển bằng tất cả các vạch dừng [9],[49](hình 1.2; hình 1.3).

Loại hình này còn được gọi là nút giao có quyền ưu tiên bình đẳng, tuân theo luật ưu tiên xe bên phải. Khoảng thời gian của xe trên nhánh được xét là khoảng thời gian tối thiểu tính từ đầu xe trước ra khỏi vạch STOP đến đầu xe sau ra khỏi vạch STOP. Tại nhánh đang xét, khoảng thời gian được gọi là hòa nếu xe trước rời khỏi vạch STOP thì đã có luôn một xe sau đến vạch STOP, tức là dòng xe ở trạng thái nối dòng liên tục.



Hình 1.2 Sơ đồ tên gọi các nhánh dẫn của nút bốn vạch dừng



Hình 1.3 Sơ đồ giao thông trên nút bốn vạch dừng

Nguyên tắc hoạt động của nút là tại bất kỳ một nhánh dẫn nào vào nút bắt buộc người lái xe phải dừng xe trước vạch STOP để nhận biết điều kiện giao thông trong nút, rồi mới quyết định cho xe vào nút.

Nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn [8],[24],[33]

Dòng xe vào nút được phân chia theo thời gian thông qua các tín hiệu của đèn nhằm làm giảm bớt các xung đột, tăng khả năng thông hành và an toàn giao thông. Việc tách các dòng xung đột theo thời gian như vậy gọi là phân pha.

Đèn tín hiệu có thể điều khiển giao thông theo các hướng hoặc theo làn riêng trên hướng đã cho. Tổ chức pha điều khiển được thực hiện bằng các lệnh qua các màu đèn. Các loại đèn hiện nay đang sử dụng ở hầu hết các nước trên thế giới thường là 2 pha hoặc 3 pha với 3 màu xanh, vàng và đỏ.

Lệnh chính: Tín hiệu xanh cho phép xe và người đi qua. Tín hiệu đỏ cấm mọi phương tiện giao thông và người qua lại.

Lệnh phụ: Tín hiệu vàng báo hiệu sự thay đổi chuyển tín hiệu, cấm xe và người qua lại. Tín hiệu vàng nháy cho phép xe và người đi qua nút song cảnh báo phải cẩn thận.

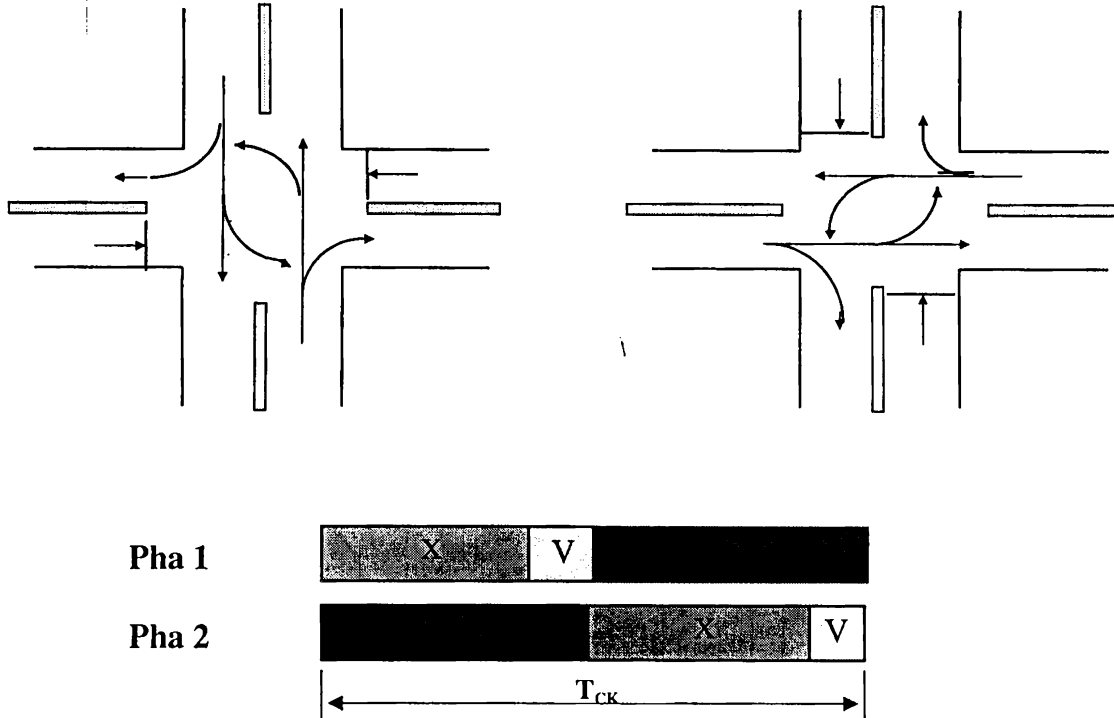
Ngoài ra có thể có một số tín hiệu khác kết hợp như tín hiệu xanh và tín hiệu vàng là cho phép xe vòng trái, đôi khi kèm theo tín hiệu vàng còn có tiếng chuông để người đi bộ chú ý hơn.

Pha điều khiển:

Pha điều khiển là một phần thời gian của chu kỳ trong đó kết hợp một số lệnh đèn để cho phép một số luồng xe có thể thông qua nút. Số lượng pha phụ thuộc vào đặc tính của các dòng xung đột và lưu lượng giao thông trên các nhánh dẫn. Số pha càng nhiều các xung đột càng giảm nhưng tổn thất thời gian càng lớn và thời gian một chu kỳ càng dài, thời gian chờ đợi lâu tác dụng đến tâm lý người điều khiển dẫn đến dễ phá vỡ quá trình điều khiển. Tối thiểu một chu kỳ đèn có 2 pha, sử dụng nhiều pha nếu thấy cần thiết. Thời gian của chu kỳ đèn có ý nghĩa vô cùng quan trọng, thời gian này phải là tối ưu để đảm bảo lượng xe và người qua nút là cao nhất, thời gian chờ xe là nhỏ nhất. Thời gian xanh, vàng và đỏ phụ thuộc vào thời gian chu kỳ, lưu lượng xe trên đường dẫn, thời gian cần thiết dành cho bộ hành qua đường. Kinh

nghiệm các nước chu kỳ tối thiểu và chu kỳ tối đa là: $T_{CK\ MIN} = 35s$, $T_{CK\ MAX} = 120s$ [8]. Đối với các ngã tư hẹp chu kỳ hợp lý thường là $T_{CK} = (35 - 42)s$, các ngã tư rộng hơn chu kỳ hợp lý thường là

$T_{CK} = (60 - 75)s$ [36].



Hình 1.4 Sơ đồ 2 pha điều khiển giao thông tại ngã tư độc lập

Tuỳ theo từng điều kiện cụ thể có thể sử dụng phương pháp điều khiển như sau: Điều khiển bằng tay, điều khiển tự động tại nút độc lập với chu kỳ cứng hoặc mềm (điều khiển thích nghi), điều khiển tự động phối hợp trên một tuyến phố, điều khiển tự động phối hợp trên mạng lưới của vùng.

Chu kỳ điều khiển: Là tổng thời gian của tất cả các pha điều khiển trong nút để hoàn tất một chu kỳ. Nói cách khác chu kỳ là sự lặp lại một cách trình tự của tất cả các pha (hình 1.4). Ký hiệu T_{CK} (s), nếu gọi t_{ci} , t_{gi} là thời gian của nhịp cơ bản và nhịp trung gian thứ i thì thời gian của một chu kỳ đèn tín hiệu có n pha là:

$$T_{CK} = \sum_{i=1}^n t_{ci} + \sum_{i=1}^n t_{gi} \text{ (s)} \quad (1.1)$$

Về cấu tạo:

Đèn tín hiệu điều khiển giao thông được phân loại theo chức năng nhiệm vụ dùng cho xe cộ hay dùng cho bộ hành, theo cấu hình một khoang, hai khoang, ba khoang hay ba khoang có thêm khoang phụ, khoang phụ dùng để đếm lùi thời gian hoặc chỉ dẫn hướng rẽ.[15]

Vị trí đặt đèn:

Đặt tại vị trí nào là phụ thuộc vào cấu tạo mặt bằng của nút, không thể thiết kế một sơ đồ vị trí điển hình chung cho tất cả các loại nút. Vị trí thích hợp thường đặt trên vỉa hè, cách vạch bộ hành qua đường 1.0 - 1.5m với chiều cao $\geq (2.4 - 3.0)$ m so với mặt đường, hoặc là được treo trên nhánh dẫn.

1.1.3 Một số nhận xét

- Có thể nhận thấy rằng ở trên chỉ giới thiệu vài cách phân loại, nhưng có một điểm chung ở hầu hết các nước là dù ở cách phân loại nào, thì loại hình **nút giao thông điều khiển** nói chung đều tồn tại trong tiêu chuẩn phân loại, trong luật giao thông và trong ý thức chấp hành luật rất cao của người lái xe.

- **Nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn** là loại hình phổ biến hơn cả, nó được sử dụng rộng rãi trên thế giới, ở bất kỳ một quốc gia nào, chiếc đèn tín hiệu điều khiển giao thông ở nút là trang thiết bị kỹ thuật tiên tiến và có nhiều ưu việt hơn [52], đặc biệt đối với dòng xe hỗn hợp nhiều thành phần mà xe hai bánh chiếm tỷ lệ cao như ở nước ta. Đèn tín hiệu là phương tiện điều khiển giao thông tiên tiến chẳng những cải thiện được điều kiện giao thông, nâng cao an toàn trong điều kiện dòng thuần cơ giới mà còn phát huy tích cực trong điều kiện dòng xe hỗn hợp cơ giới lẫn thô sơ. Theo tổng kết kinh nghiệm ở Trung Quốc, đèn tín hiệu không chỉ là một biện pháp tổ chức giao thông mang lại trật tự và an toàn giao thông cho các phương tiện qua nút, mà còn là biện pháp tốt nhất để nâng cao KNTH trong điều kiện dòng xe có xe đạp (tốt hơn cả so với biện pháp tổ chức giao thông vòng xuyên) nếu đặt đèn điều khiển kết hợp với việc kênh hoá các dòng xe [14].

- Từ năm 1995 đến 1998 ở Hà Nội đã xây dựng và đưa vào hoạt động một trung tâm điều khiển loại quan sát bằng truyền hình do Cộng hoà Pháp tài trợ. Trung tâm này được đặt tại 40 Hàng Bài, do Công an Thành phố quản lý và khai thác với hơn 100

nút được đặt đèn tín hiệu điều khiển giao thông. Việc truyền dẫn tín hiệu từ các nút giao thông có đèn tín hiệu về Trung tâm điều khiển bằng cáp điện thoại hoặc cáp quang thông qua các bộ giao diện để nhận và truyền lệnh, các bộ phận điện tử chuyển đổi tín hiệu làm việc tương thích giữa camera và trung tâm điều khiển. Phần lớn các nút đều sử dụng hệ thống 2 pha, tín hiệu 3 màu, năm 2004 đã có một số nút tổ chức hệ thống 3 pha bước đầu có hiệu quả.

- Tại Đà Nẵng hiện có 18 nút giao thông chính lắp đèn tín hiệu điều khiển giao thông theo phương thức độc lập, cục bộ. Các bộ đèn cũng đều được lắp đặt bằng thiết bị nhập ngoại của hãng Philips hoặc của Công ty điện chiếu sáng Hà Nội (HAPULICO) có các thông số kỹ thuật đảm bảo tiêu chuẩn kỹ thuật hiện hành. Ngành giao thông thành phố đang hoàn chỉnh dự án “ Xây dựng và nâng cấp hệ thống đèn tín hiệu giao thông tự động điều khiển trung tâm” với một trung tâm điều khiển và 35- 40 cụm nút đặt đèn tín hiệu [29].

- Tại Thành phố Hồ Chí Minh có hơn 1350 nút giao thông với 339 nút được điều khiển bằng tín hiệu đèn, hiện đã tiến hành xây dựng xong 2 trung tâm điều khiển giao thông tại quận 1 và quận 5 để điều khiển 116 nút đặt đèn tín hiệu, dự kiến trong năm 2004- 2005 sẽ tiếp tục xây dựng 3 trung tâm điều khiển ở các quận còn lại [29]. Ngoài ra các đô thị khác trong cả nước ít nhiều cũng sử dụng bộ đèn tín hiệu điều khiển giao thông tại các nút giao thông quan trọng.

1.2 TỔNG QUAN VỀ CÁC PHƯƠNG PHÁP TÍNH KHẢ NĂNG THÔNG HÀNH CỦA NÚT GIAO THÔNG ĐIỀU KHIỂN BẰNG TÍN HIỆU

1.2.1 Khái niệm về khả năng thông hành của nút giao thông.

Định nghĩa tổng quát: *Khả năng thông hành của nút giao thông là suất dòng lớn nhất mà xe và người có thể thông qua trên một làn hay một nhóm làn đi qua nút trong một đơn vị thời gian với điều kiện đường, điều kiện giao thông và tổ chức giao thông nhất định.*[8], [9], [49].

Định nghĩa này được hiểu cặn kẽ như sau:

- Đối tượng xét KNTH là một làn hoặc một nhóm làn thuộc nhánh dẫn mà người và xe thông qua một vị trí (điểm) hay một đoạn đường có điều kiện đồng nhất. KNTH được tính cho một loại xe thuần nhất là xe con qui đổi, thứ nguyên là xe con qui đổi trong một giờ (xcqd/giờ).

- KNTH là suất dòng lớn nhất qui ra giờ mà không phải là lưu lượng xe lớn nhất trong một giờ, suất dòng lớn nhất được xét trong khoảng thời gian nào đó nhỏ hơn một giờ, thông thường khoảng thời gian để xác định suất dòng là 15 phút, riêng ở Úc chọn 30 phút. Đây là thời gian vừa đơn giản trong tính toán nhưng lại đủ đảm bảo độ chính xác vì dòng xe đạt trạng thái ổn định.[16]

- Suất dòng phục vụ: Là suất dòng lớn nhất theo giờ mà tại đó người hoặc xe cộ có thể thông qua nút của một làn xe hay một nhóm làn xe trong một đơn vị thời gian dưới điều kiện phổ biến về đường, giao thông và tổ chức giao thông được xét tại mức phục vụ ấn định. Như vậy suất dòng phục vụ được xét với khoảng thời gian 15 phút, mỗi loại đối tượng xét có 5 suất dòng phục vụ tương ứng trong 5 mức phục vụ từ A đến E. Ở mức phục vụ E suất dòng phục vụ đồng nghĩa với KNTH và cùng chung một giá trị, ở các mức phục vụ khác là suất dòng phục vụ, còn ở mức phục vụ F không tồn tại khái niệm suất dòng phục vụ. Rõ ràng khái niệm **KNTH cũng chỉ tồn tại ở mức phục vụ E và KNTH với mức phục vụ là hai khái niệm luôn đi cùng nhau trong việc nghiên cứu phân tích và đánh giá trạng thái dòng xe.**

- KNTH được xác định dưới một điều kiện nhất định ứng với một chất lượng dòng nhất định, đó là các điều kiện về đường xá, về giao thông và về tổ chức điều khiển giao thông. Mỹ và các nước phương Tây xem xét 2 loại điều kiện: Điều kiện lý tưởng để phân tích KNTH lớn nhất (có thể đạt được) và điều kiện phổ biến để phân tích KNTH bị thay đổi dưới tác động của các yếu tố ảnh hưởng. Ở Nga và một số nước Đông Âu lại sử dụng nhiều khái niệm hơn ứng với các điều kiện khác nhau: Với điều kiện thuận tuý là mô hình lý thuyết có KNTH lý thuyết, với điều kiện lý tưởng có KNTH lớn nhất, với điều kiện thực tế có KNTH thực tế...

Thường ở cuối các đoạn nhánh dẫn tới nút (gắn vào nút) của nhiều nút giao thông, tổng lưu lượng xe không đồng đều, các đặc trưng thay đổi, tỷ lệ phân bố lưu lượng xe giữa các hướng thường bị khống chế bởi sự tăng, giảm, phân bố lưu lượng xe của các tuyến chính và của giao thông các khu vực lân cận. Vì lẽ đó tại giờ cao điểm trên các nhánh dẫn vào nút rất hiếm khi cùng một lúc đều đạt trạng thái bão hòa, việc xảy ra bão hòa và ùn tắc giao thông trước hết phát sinh ở trên các nhánh dẫn của tuyến chính có lượng giao thông lớn hơn. *Như vậy việc lấy lưu lượng xe thực tế có thể vào nút từ nhánh dẫn chính ở thời điểm đạt trạng thái bão hòa nhưng không ùn tắc làm trị số KNTH của nút (là trị số lưu lượng giới hạn) là phù hợp với thực tế.*

1.2.2 Các yếu tố ảnh hưởng đến KNTH của nút giao thông và các khuynh hướng tính toán.

Có thể nhận thấy ngay rằng KNTH của đường cũng như của nút giao thông chịu ảnh hưởng của rất nhiều các yếu tố đồng thời cùng diễn ra tuy nhiên có thể phân thành ba nhóm yếu tố sau đây.

1.2.2.1. Điều kiện đường.

Điều kiện đường bao gồm các yếu tố hình học của nút như: Bề rộng nhánh dẫn hay số làn xe của các nhánh dẫn tới nút, bề rộng làn xe, độ dốc dọc, bán kính rẽ, loại mặt đường, hệ số bám φ , vị trí làn dừng xe, khoảng cách giữa các nút, cấu tạo kiểu nút, loại vùng lãnh thổ... Trong số này, yếu tố bề rộng nhánh dẫn ảnh hưởng đáng kể đến khả năng thông qua của nút. Thông thường khi bề rộng nhánh dẫn lớn thì với một lượng xe trong hàng chờ nhất định, chiều dài hàng chờ không lớn do vậy khi có tín hiệu xanh, xe trong hàng chờ thường thoát hết, thời gian xanh được tận dụng làm

tăng KNTH của nút. Ngược lại khi bề rộng nhánh dẫn nhỏ cũng với một lượng xe như trên, nhưng chiều dài hàng chờ lớn hơn, phải cần thời gian xanh dài hơn để có thể tiêu tán số lượng xe trong hàng chờ dẫn đến thời gian chu kỳ đèn tăng lên, kéo theo tổn thất thời gian và KNTH cũng giảm xuống. Như vậy có thể nói rằng *bề rộng nhánh dẫn tỷ lệ với số lượng xe có thể thoát qua nút* ứng với từng điều kiện cụ thể của từng nút, đây là một trong các yếu tố rất quan trọng được xem xét khi đưa ra tiêu chuẩn thiết kế hình học cho nút. Ngoài ra yếu tố qui hoạch của khu vực nút như việc bố trí các công trình công cộng, quảng trường cũng ảnh hưởng đến hoạt động chung của cả nút.

1.2.2.2 Các điều kiện về giao thông bao gồm:

- Yếu tố giờ cao điểm;
- Yếu tố bão hoà trên nhánh dẫn;
- Lưu lượng xe chạy trên mỗi nhánh dẫn, chiều dài hàng chờ;
- Tốc độ trung bình của các phương tiện;
- Phân bố tỷ lệ xe theo hướng chuyển động: xe rẽ trái, rẽ phải, đi thẳng;
- Thành phần dòng xe theo mỗi hướng cũng như loại xe: xe tải và xe buýt được xem xét ở mức độ ảnh hưởng.
- Vị trí và hình thức sử dụng của chỗ đỗ xe buýt trong khu vực nút giao thông, lượng bộ hành qua nút.

Yếu tố giờ cao điểm được xem xét khi chọn chiều dài chu kỳ đèn hợp lý bởi nếu bỏ qua tức là coi lưu lượng dòng xe trên hàng chờ ổn định trong suốt một giờ và như vậy có thể dẫn đến hiện tượng quá bão hòa, chậm xe, hơn nữa vì tất cả các nhánh dẫn tới nút cũng không thể cùng một thời điểm đạt tới giá trị lớn nhất.

Yếu tố bão hoà của nhánh dẫn cũng như lưu lượng của dòng xe và chiều dài hàng chờ được xem xét là những yếu tố rất quan trọng bởi khi lượng xe trong hàng chờ của nhánh dẫn đạt tới trạng thái gần bão hòa và bão hòa tức là số xe thoát qua nút là lớn nhất, tổn thất thời gian là ít nhất. Yếu tố bão hòa có giá trị từ 0.0 đến 1.0.

Ảnh hưởng của hướng chuyển động: Dòng rẽ phải ít chịu ảnh hưởng của các dòng khác nên khả năng thoát qua nút của nó thường cao hơn. Dòng đi thẳng bị cản trở bởi dòng rẽ trái, rẽ phải trong hàng chờ và của dòng rẽ trái hướng đối diện, còn dòng

rẽ trái là bất lợi nhất do vừa phải tách ra khỏi dòng đi thẳng cùng chiều rồi cắt qua dòng đi thẳng, dòng rẽ trái đối diện (trừ trường hợp rẽ trái cắt mặt), hành trình xe chạy dài, quỹ đạo không ổn định, tốc độ thấp nên khả năng thoát qua nút thường rất thấp.

Ảnh hưởng của thành phần dòng xe cũng rất đáng kể đặc biệt đối với xe tải nặng và xe buýt, ở nước ta xe đạp cũng là một trong phương tiện gây ảnh hưởng đến KNTH của dòng xe như đã được các tác giả [12],[13],[21],[25] đề cập.

1.2.2.3. Điều kiện tổ chức - điều khiển giao thông.

Bao gồm toàn bộ những thông số về tín hiệu, báo hiệu như : Sơ đồ pha, thời gian chu kỳ, phân phối các thời gian xanh, đỏ, vàng; kiểu điều khiển (chu kỳ cứng, mềm, nửa mềm, hoặc điều khiển thích nghi hay bán thích nghi); thời gian xanh cho bộ hành qua nút; hệ thống biển, vạch kẻ trên mặt bằng nút cũng như hệ thống qui tắc giao thông.

Số pha trong một chu kỳ điều khiển, thường dùng sơ đồ 2 pha, trường hợp dòng rẽ trái chiếm tỷ lệ cao trong tổng dòng hoặc có ưu tiên đặc biệt mới sử dụng chu kỳ 3 hoặc 4 pha. Thời gian của một chu kỳ và sự phân chia thời gian xanh, thời gian vàng và thời gian đỏ được xác định trên cơ sở của 2 yếu tố về điều kiện đường và điều kiện giao thông như đã nêu ở trên. Thời gian xanh tối thiểu được xem xét trên cơ sở có xét đến thời gian xanh cho bộ hành.

Tuỳ thuộc đối tượng nghiên cứu, tuỳ thuộc dòng xe từng địa phương có thể xét được toàn bộ các yếu tố ảnh hưởng đến KNTH hoặc một số các yếu tố chính mang tính đại diện.

1.2.2.4 Các khuynh hướng tính toán khả năng thông hành.

Theo phương pháp luận tổng quát, đối với tất cả các nút giao thông kể cả nút hình xuyên, nút khác mức, nút có hoặc không điều khiển, có thể chia thành 3 hướng tính toán KNTH như sau:

Hướng 1: Dựa trên cơ sở lý thuyết thuần túy bao gồm 2 hướng nghiên cứu.

- Nhóm các mô hình ngẫu nhiên quan niệm dòng xe có mật độ thấp là một phân phối Poisson, KNTH là tổng số xe có thể lọt qua các khe hở chấp nhận được (quãng) giữa các xe trên đường chính.



162 / 10

- Nhóm các mô hình động học. Mấu chốt của phương pháp lý thuyết là dựa vào một số giả thiết để xây dựng một mô hình lý thuyết tương đương với mô hình xe chạy thực tế. Từ đó lập mối quan hệ giữa các đặc trưng của dòng xe.

Hướng 2 : Phương pháp lý thuyết kết hợp thực nghiệm và phân tích.

Trên cơ sở nghiên cứu qui luật phân bố và hình thành dòng xe từ các số liệu quan trắc chế độ xe chạy trong nút, sau đó dùng các mô hình lý thuyết để kiểm chứng.

Hướng 3: Phương pháp thực nghiệm hoàn toàn.

Phân tích thực nghiệm nhằm xây dựng mô hình thực tế về dòng xe qua nút. Mấu chốt của phương pháp này là quan trắc hay tính toán KNTH của đường, của nút trong điều kiện chuẩn (hay điều kiện lý tưởng), sau đó kể tới hàng loạt các yếu tố ảnh hưởng (theo kinh nghiệm khai thác), làm giảm KNTH. Phương pháp này được sử dụng rộng rãi ở hầu hết các nước Mỹ, Nga, Anh, Pháp, Canada...

1.2.3. Một số kết quả nghiên cứu trên thế giới và trong nước.

1.2.3.1 Các nghiên cứu theo hướng lý thuyết kết hợp thực nghiệm

Các kết quả nghiên cứu ở Mỹ (Highway Capacity Manual: HCM- 2000) [9] [49].

- **Nút giao thông có đường chính, đường phụ (ưu tiên đường chính)**

Các tác giả HCM tính toán cho nút có 2 vạch dừng xe (ngã tư) và nút có 1 vạch dừng xe (ngã ba).

Phương pháp và mô hình tính toán KNTH của nút được các tác giả trong HCM phát triển trên cơ sở các nghiên cứu xuất phát từ Cộng hoà Liên bang Đức, là tận dụng triệt để gián cách thời gian (cửa sổ thời gian) xuất hiện ở trên đường chính được các xe trên đường phụ chấp nhận. Các gián cách thời gian trong dòng có phân bố hàm mũ âm và chỉ có các gián cách (Δt) có trị số lớn hơn quãng chấp nhận (Δt_{cn}) thì xe trên đường phụ nhập nút. Trị số Δt_{cn} là một biến phụ thuộc nhiều vào hoạt động chạy xe, rẽ trái, rẽ phải, chiều rộng nút cũng như tâm lý và trình độ của lái xe, dòng xe càng đông thì Δt_{cn} càng nhỏ.

Số lượng xe lớn nhất có thể thông qua nút khi các xe trên đường phụ lợi dụng được tất cả các gián cách thời gian $\Delta t \geq \Delta t_{cn}$ (xe ở đường phụ luôn chờ và sẵn sàng) là:

$$C_{p,x} = v_{c,x} \frac{e^{-v_{c,x} t_{c,x}/3600}}{1 - e^{-v_{c,x} t_{f,x}/3600}} \quad (\text{xe/h}) \quad (1.2)$$

Trong đó : $C_{p,x}$ là KNTH của đường phụ x (xe/h)

$V_{c,x}$: Lưu lượng xe trên hướng xung đột với hướng xét x (xe/h),

$t_{c,x}$: Quãng giới hạn trong dòng xe còn được gọi là quãng chấp nhận Δt_{cn} (s), là khoảng thời gian nhỏ nhất mà xe trên đường phụ có thể nhập nút an toàn.

$t_{f,x}$: Thời gian nhập dòng của các xe trên đường phụ (s).

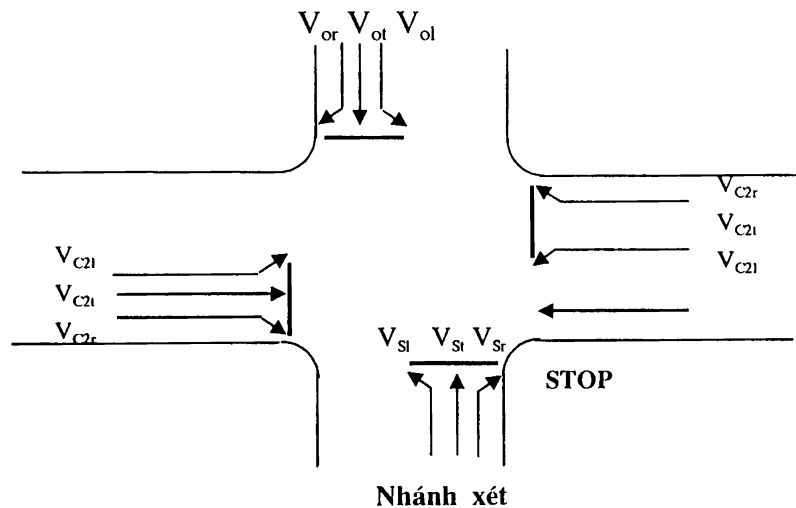
Giá trị của $t_{c,x}$, $t_{f,x}$ được lấy sau khi xử lý số liệu quan trắc thực nghiệm ở 79 nút như sau:

$t_{c,x} = 4,1s - 7,1s$ đối với đường chính có 2 làn xe;

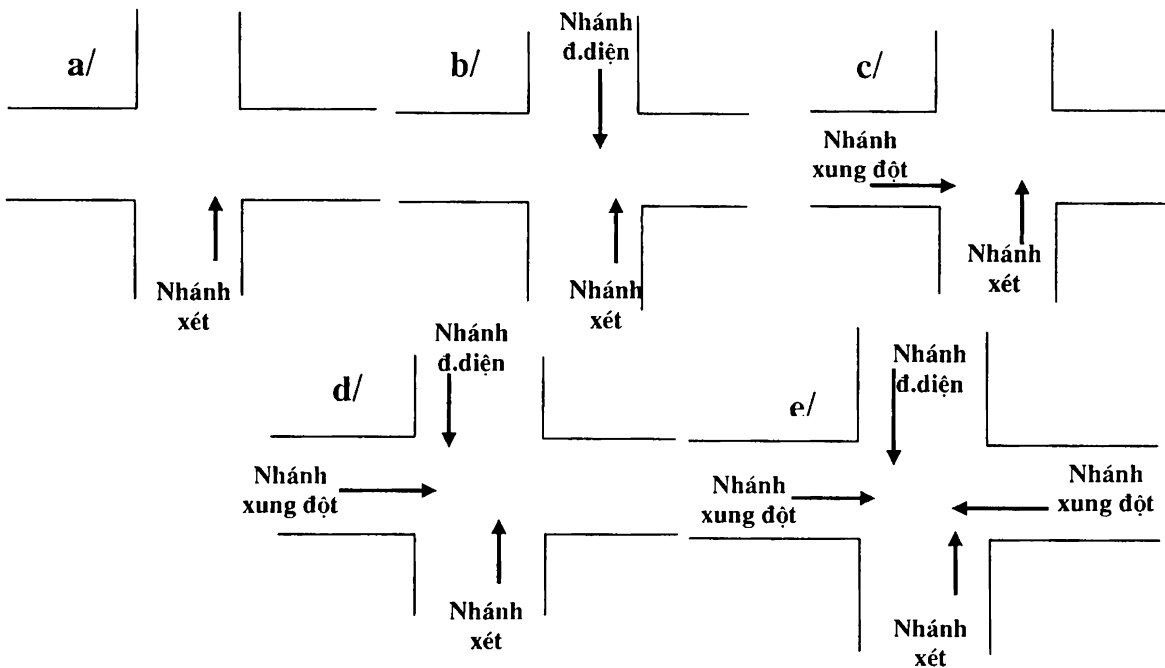
$t_{c,x} = 4,1s - 7,1s$ đối với đường chính có 4 làn xe;

$t_{f,x} = 2,2s - 3,5s$ cho cả 2 trường hợp trên.

• **Nút giao thông không phân biệt đường chính, đường phụ (quyền ưu tiên bình đẳng).** Còn gọi là nút giao thông có tất cả các vạch dừng.



Hình 1.5 Sơ đồ giao thông trên nút bốn vạch dừng



Hình 1.6. Các trường hợp tính KNTH từ một nhánh dẫn ở nút 4 vạch dừng

Cơ sở để tính toán KNTH của nút là tại bất kỳ một nhánh dẫn vào nút buộc người lái xe phải dừng trước vạch STOP để nhận biết điều kiện giao thông trong nút rồi mới quyết định cho xe vào nút. Trị số quãng thời gian bảo hoà trên đường dẫn đang xét phụ thuộc nhiều vào điều kiện giao thông trong nút. Điều kiện này được mô tả theo 5 sơ đồ trên hình 1.6 a, b, c, d, e.

Như vậy KNTH của mỗi đường dẫn là một hàm phụ thuộc vào lượng giao thông các đường dẫn khác và được tính như sau [9], [49].

$$C = 1000V_{PS} + 700V_{PO} + 200L_S - 100L_O - 300LT_{PO} + 200RT_{PO} - 300LT_{PC} + 300RT_{PC} \quad (1.3)$$

Trong đó: V_{PS} là tỷ lệ lưu lượng xe trên đường dẫn đang xét so với lưu lượng xe trong nút: $V_{PS} = V_S : (V_S + V_O + V_C)$; $V_S = V_{SL} + V_{ST} + V_{SR}$;

V_{PO} là tỷ lệ lưu lượng xe trên đường dẫn đối diện: $V_{PO} = V_O : (V_S + V_O + V_C)$;

$V_O = V_{OL} + V_{OT} + V_{OR}$;

L_S, L_O là số làn xe trên đường dẫn đang xét và đường dẫn đối diện.

LT_{PO}, RT_{PO} là tỷ lệ xe rẽ trái, rẽ phải trên đường dẫn đối diện so với V_O

LT_{PC}, RT_{PC} là tỷ lệ xe rẽ trái, rẽ phải trên đường dẫn xung đột so với V_C

Nghiên cứu của Nga

• Nghiên cứu của GS Lobanov.E.M cho nút đường chính, đường phụ (ưu tiên đường chính) [9], [23],[61],[62]

+ Trên nguyên tắc là tất cả các hướng xe chạy trên đường chính là một dòng ngẫu nhiên và liên tục, còn các hướng phụ đều phải nhường đường và lợi dụng quãng trống giữa các xe trên hướng chính để thực hiện các thao tác tách, nhập và cắt. Như vậy KNTH của nút giao thông phụ thuộc rất nhiều vào quãng cách giữa các xe, kích thước hình học của nút, lưu lượng xe chạy, thành phần dòng xe, ngoài ra còn phụ thuộc vào các bãi đỗ gần nút và số lượng bộ hành qua đường.

Tại nút giao của các đường khác cấp hạng, xe trên đường phụ nhường đường cho xe trên đường chính, còn khi giao nhau cùng cấp hạng thì tuân theo luật nhường đường cho xe bên phải. Tức là tới nút xe dừng lại chờ trong dòng xe trên đường chính xuất hiện "cửa sổ thời gian". Giá cách thời gian có trên đường chính mà được lái xe trên đường phụ chấp nhận thì cắt qua hay nhập vào nút.

Nghiên cứu cho rằng dòng xe liên tục tồn tại 3 nhóm xe: Nhóm xe chạy tự do với hệ số đặc trưng A, nhóm bị ràng buộc một phần với hệ số đặc trưng đặc trưng B và nhóm bị ràng buộc hoàn toàn với hệ số đặc trưng C. Xác suất xuất hiện các giá cách thời gian Δt được tính thông qua mô hình hoá ngẫu nhiên của dòng xe theo qui luật.

$$P(\Delta t) = A.e^{-m.\Delta t.\beta_1} + B.e^{-m.\Delta t.\beta_2} + C.e^{-m.\Delta t.\beta_3} \quad (1.4)$$

Trong đó : $P(\Delta t)$: là xác suất xuất hiện giá cách thời gian lớn hơn Δt .

A,B,C : là các hệ số thực nghiệm đặc trưng cho các nhóm xe hình thành trong dòng xe (A- xe chạy tự do, B - xe chạy có bị ràng buộc một phần, C - xe chạy hoàn toàn bị ràng buộc) và $A+B+C=1$

$\beta_1, \beta_2, \beta_3$: hệ số đặc trưng cho mật độ dòng xe của các nhóm A, B, C.

$m = M/3600$ là suất dòng xe với M là lưu lượng xe chạy trên đường chính (xe/s).

KNTH của một hướng phụ khi biết lưu lượng xe chạy trên hướng chính M được xác định như sau :

$$N = M \left(\frac{A \cdot e^{-\beta_1 m \Delta t_{gh}}}{1 - e^{-\beta_1 m \cdot \delta t}} + \frac{B \cdot e^{-\beta_2 m \Delta t_{gh}}}{1 - e^{-\beta_2 m \cdot \delta t}} + \frac{C \cdot e^{-\beta_3 m \Delta t_{gh}}}{1 - e^{-\beta_3 m \cdot \delta t}} \right) \quad (1.5)$$

Δt_{gh} : là khoảng thời gian giới hạn giữa các xe trên đường chính mà các lái xe trên đường phụ có thể chấp nhận để cắt hoặc nhập vào (sec)

δt : Quãng thời gian giữa các xe trên đường phụ vào nút (sec), phụ thuộc thành phần dòng xe và có giá trị từ 2,4s - 4,2s.

Ví dụ: Nút giao cùng mức không phân luồng, lưu lượng xe trên đường chính 240 xe/h, bán kính rẽ 10m, dốc dọc trên đường chính 2,5%, L dốc = 200m, xe chạy chậm chiếm 15%, tỷ lệ xe rẽ trái 15%, rẽ phải 35%. KNTH của nút theo hướng phụ nhập vào là 938 xe/h

• **Kết quả nghiên cứu của V.A. Gocman [32], [35], [59]:** Cho phép tính KNTH của nút trong trường hợp hai đường giao nhau cùng cấp hạng, không ưu tiên hướng nào các xe vào nút luân phiên nhau từ hai hướng đường giao nhau. Trên cơ sở phân tích sơ đồ đơn giản của dòng xe KNTH của nhánh dẫn 2 lần xe tính theo công thức sau:

$$N = \frac{2x3600}{\sum t + \Delta t} = \frac{7200}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + \Delta t} \quad (\text{xcqđ/h}) \quad (1.6)$$

Trong đó t_1 là thời gian phản ứng tâm lý của lái xe; ses

t_2 thời gian bắt đầu vào số I; ses

t_3 thời gian sau t_2 để tăng tốc đến tốc độ ban đầu; ses

t_4 thời gian xe đi qua nút; ses

Δt : Quãng thời gian an toàn mà lái xe trên một hướng chấp nhận vào nút; (s).

Các trị số trên cần phải được thực nghiệm xác định. Kết quả tính toán chưa xét tới tỷ lệ xe rẽ trái, xe rẽ phải, nói chung khi lượng xe rẽ trái tăng thì KNTH của nút giảm xuống, và khi lượng xe rẽ trái bằng lượng xe rẽ phải thì KNTH của nút xấp xỉ 1200 xcqđ/h.

• **Kết quả nghiên cứu của M.S. Fiselson cho nút điều khiển bằng tín hiệu đèn.**[24], [35], [62].

Cũng trên cơ sở phân tích mô hình động học đơn giản tính toán KNTH của một làn xe trong nút dựa trên hai giả thiết:

1. Các xe tới ngã tư có thể dừng lại hoàn toàn tại vạch STOP khi gặp tín hiệu đỏ.
2. Có thể có xe không dừng mà chỉ đi chậm để bắt kịp tín hiệu xanh và sau khi có tín hiệu xanh các xe vào nút với cùng một tốc độ V , cùng cách nhau một khoảng cách Δt .

- Khả năng thông hành của một làn trong nút :

$$P_1 = \frac{3600 \cdot (t_x - t_\Delta)}{t_q \cdot T_{ck}} \quad (\text{xe/h làn}) \quad (1.7)$$

Trong đó :

t_x : là thời gian xanh (s)

t_Δ : thời gian mất mát kể từ khi bắt đầu tín hiệu xanh tới khi xe đầu tiên vượt qua vạch dừng (s)

t_q : quãng trung bình giữa các xe sau khi vượt qua vạch dừng (s)

T_{ck} : Thời gian một chu kỳ đèn (s)

Như vậy có thể thấy KNTH của một làn xe qua vạch STOP sẽ phụ thuộc rất nhiều vào thời gian xanh, cũng như lưu lượng xe trên các nhánh dẫn của các pha đối diện $P = f(t_x/T_{CK}) = \varphi (N_1/N_2)$. Giá trị KNTH của một làn xe theo công thức trên chưa xét tới ảnh hưởng của các xe rẽ trái, rẽ phải .

Khi tỷ lệ lưu lượng xe trên các nhánh dẫn là $N_1 : N_2 = 1 : 1$ với $T_{CK} = 60s$ và tỷ lệ rẽ trái chiếm 10%, KNTH của nhánh dẫn là 910xe/h. Khi tỷ lệ rẽ trái chiếm 20%, KNTH của nhánh dẫn là 880xe/h

1.2.3.2 Các nghiên cứu theo hướng thực nghiệm hoàn toàn

Kết quả nghiên cứu của Mỹ (HCM -2000) [36], [39],[49],[53]

HCM xác định khả năng thông hành cho mỗi nhóm làn (nhánh dẫn) vào nút điều khiển trên các điều kiện về tín hiệu, điều kiện đường và điều kiện giao thông phổ biến trong một thời đoạn.

- KNTH của nút giao điều khiển bằng tín hiệu đèn được xác định theo quan niệm dòng bão hoà.

- Đảm bảo rằng trên nhánh dẫn có 100% thời gian xanh là thời gian có hiệu.

- Lưu lượng dòng bão hoà S được tính là số xe trong một giờ xanh có hiệu trên nhánh dẫn đã cho (xe con quy đổi/ h xanh có hiệu)

$$- \text{KNTH của nhánh dẫn là : } C_i = S_i \cdot \frac{g_i}{C} \quad (\text{xcqđ / h}) \quad (1.8)$$

C_i : KNTH của nhánh dẫn thứ i (xcqđ / h)

S_i : Dòng bão hoà trên nhánh dẫn thứ i (xcqđ/ hxanh)

g_i : thời gian xanh có hiệu (sec)

C : Thời gian chu kỳ (sec)

Dòng bão hoà của nhánh dẫn được xác định trực tiếp bằng quan trắc hoặc được tính trực tiếp thông qua dòng bão hoà lý tưởng S_0 .

$$S_i = S_0 \cdot N \cdot K ; \quad (\text{xcqđ/hxanh}) \quad (1.9)$$

N : Số làn xe thuộc nhánh dẫn

S_0 : Dòng bão hoà lý tưởng của một làn thường lấy 1900 xcqđ/hxanh/làn.

K : Hệ số tổng hợp phụ thuộc điều kiện đường, điều kiện giao thông ở nơi giao nhau. Bao gồm 8 hệ số ảnh hưởng $K=f_w \cdot f_{HV} \cdot f_g \cdot f_p \cdot f_{bb} \cdot f_a \cdot f_{RT} \cdot f_{LT}$

f_w - là hệ số xét ảnh hưởng của bề rộng một làn xe;

f_{HV} - là hệ số xét ảnh hưởng của tỷ lệ xe nặng có trong thành phần dòng xe;

f_g - là hệ số xét ảnh hưởng của độ dốc dọc của nhánh dẫn;

f_p - là hệ số xét ảnh hưởng của làn đỗ xe ở gần nhóm làn đang xét;

f_{bb} - là hệ số xét ảnh hưởng của điểm dừng xe buýt;

f_a - là hệ số xét ảnh hưởng theo vùng nghiên cứu;

f_{RT} - là hệ số xét ảnh hưởng của xe rẽ phải trong nút;

f_{LT} - là hệ số xét ảnh hưởng của xe rẽ trái trong nút;

Trong phân tích sơ bộ có thể sử dụng hệ số tổng hợp $K = 0.84$ tương ứng $S = 1600$ xcqđ/hxanh/làn

Nghiên cứu ở Anh của R.M. Kimber 1986 [8]

R.M. Kimber cùng một số tác giả khác công bố công trình của mình về KNTH của nhánh dẫn tới nút có đèn điều khiển.

$$S_1 = \frac{(S_0 - 140dn)}{1 + 1,5f/r} \quad (\text{xe con / h}) \quad (1.10)$$

$$S_0 = 2080 - 42 dg \times G + 100 (\omega - 3,25) \quad (1.11)$$

Trong đó:

S_1 : Dòng bão hoà, khi không có dòng trái chiều; S_0 : Dòng bão hoà lý tưởng.

dn : Hệ số phụ thuộc vị trí làn, làn trong $dn=0$, làn bên $dn=1$.

dg : Hệ số phụ thuộc hướng dốc dọc, dốc lên $dg = 1$, dốc xuống $dg = 0$.

G : Độ dốc dọc cửa vào %.

ω : Chiều rộng của làn xe ở cửa vào nút (m)

f : Tỷ lệ xe rẽ trong làn %, r : bán kính cong của quỹ đạo xe rẽ (m)

Nghiên cứu của Simon COHEN ở Cộng hoà Pháp [55]

Tác giả cũng dựa trên quan niệm về dòng bão hoà của nhánh dẫn trong suốt pha xanh và KNTH của nhánh dẫn vào nút điều khiển đèn tín hiệu được xem là số lượng xe lớn nhất có thể thông qua nút trong một giờ xanh trong điều kiện nhất định về giao thông, về tín hiệu và điều kiện đường tại nút.

$$Ca = \frac{g}{c} S \quad (\text{xcqđ/h}) \quad (1.12)$$

Trong đó: Ca là KNTH của nhánh dẫn, S là lưu lượng bão hoà (xcqđ/hxanh), g là thời gian xanh(s), c là thời gian chu kỳ đèn(s).

Một số kết quả nghiên cứu khác trên thế giới [54]

Các kết quả nghiên cứu trên cơ sở thực nghiệm về dòng bão hoà dựa vào bề rộng của nhánh dẫn vào nút có điều khiển đèn.

+ **Cộng hoà Ailen** : Việc tính toán lưu lượng bão hoà của nhánh dẫn bắt đầu từ $S_{\min} = 400 \text{ xe/h xanh/ 1m bề rộng}$.

+ **Anh Quốc** : $S = 160W_f = 525 W_m$ (xcqđ/ h xanh) (1.13)

+ **Cộng hoà Pháp** xác định KNTH của nhánh dẫn thông qua dòng bão hoà một cách thô (nguyên gốc) sau đó hiệu chỉnh lại thông qua các hệ số tùy theo bề rộng mặt đường sử dụng.

$$S' = 525L' \quad (\text{xcqđ/ h xanh}) \quad (1.14)$$

$$L' = L - 1,65 + 0,03 (D - 7,5) - \frac{n}{60} \quad (1.15)$$

Trong đó :

+ **Tây Ban Nha:**

KNTH của nhánh dẫn tới nút có điều khiển cũng được tính thông qua dòng bão hoà như sau :

$$S = 509 W_m - 738 \quad \text{nếu trạm đỗ xe buýt bị cấm trên nhánh dẫn} \quad (1.16)$$

$$S = 494 W_m - 1907 \quad \text{nếu trạm đỗ xe buýt cho phép.}$$

+ **Nga [62]:**

Các tác giả Nga cũng đưa ra công thức thực nghiệm tính KNTH của nhánh dẫn vào nút điều khiển đèn tín hiệu dựa vào dòng bão hoà về cơ bản giống như nghiên cứu thực nghiệm ở Anh (theo công thức II.12) nhưng ở đây có xét thêm một số yếu tố ảnh hưởng của độ dốc dọc, bán kính rẽ và tỷ lệ xe rẽ trong dòng xe.

$$M = 525 B \cdot K_i \cdot K_R \cdot K_n ; (xcqd/hxanh) \quad (1.17)$$

Kết quả KNTH của nhánh dẫn tính cho bề rộng nhánh dẫn $B = 3.0m - 5.0m$ với trị số $M < (1800 \div 2600) K_i \cdot K_R \cdot K_n ; (xcqd/hxanh)$

+ **Canada [56]**

KNTH của nút điều khiển bằng tín hiệu đèn được tính thông qua KNTH của nhánh dẫn vào nút. Trên hệ thống toán đồ được thiết lập dựa trên điều kiện trung bình phổ biến với các thông số cơ bản sau: Bề rộng của nhánh dẫn (nhóm làn) từ 3,0 m ÷ 18,0 m, tỷ số v/c: thời gian xanh với thời gian chu kỳ, qui mô dân số trong vùng, khu vực tính toán: nội thành, ngoại thành, cho phép hoặc không cho phép dừng xe buýt, bãi đỗ xe trong phạm vi nút.

Ví dụ: KNTH của nhánh dẫn 2 chiều trong nút điều khiển đèn với điều kiện phổ biến như sau: 5% xe tải + buýt, tỷ lệ xe rẽ phải <10%, tỷ lệ xe rẽ trái <(10-15)%, không dừng xe buýt trong phạm vi nút, bề rộng nhánh dẫn 5.5m, dân số đô thị (đô thị vừa): 400.000 người, nội thành, và tỷ số v/c = $t_x/T_{ck} = 0.50$ (v và c là lưu lượng và KNTH của nhánh dẫn). Kết quả KNTH tính toán của nhánh dẫn $P = 1500-1600$ (xcqd/h/2làn).

+ **Trung Quốc [18], [27]:**

Việc tính toán KNTH của nút giao thông không điều khiển hoặc có điều khiển nói chung gọi là năng lực thông hành bão hòa của nút có thể xếp thành 2 nhóm chính sau:

Nhóm 1 : Trên cơ sở phân tích dòng xe có thể chạy qua mặt cắt tại vạch STOP trước nút gọi là “**phương pháp vạch dừng**”, phương pháp này được tính cho làn đi thẳng và làn rẽ phải trực tiếp.

$$N = \frac{3600}{t_q} \text{ (xe con/h/làn)} \quad (1.18)$$

Trong đó: N gọi là năng lực thông hành bão hòa của nhánh dẫn

t_q là quãng giữa các xe trong nút, thường dùng $t_q = (3,0-3,5)s$

Nhóm 2 : Trên cơ sở phân tích số xe vượt qua điểm xung đột gọi là “**phương pháp điểm xung đột**” dùng để tính cho làn rẽ trái riêng biệt (kể cả trường hợp rẽ trái cắt mặt) hoặc làn đi thẳng và rẽ trái hỗn hợp.

KNTH của cả nút được tính như sau :

$$N = \frac{3600}{T_{CK}} \times \sum n_i \text{ (xe/h)} \quad (1.19)$$

T_{CK} : thời gian một chu kỳ đèn (s).

$$\sum n = n_N + n_S + n_E + n_W + \sum n_{ph} \text{ (xe/h)} \quad (1.20)$$

* $\sum n_{ph}$: số lượng xe rẽ phải thực tế đạt được ở các đường có bố trí rẽ phải riêng vào nút.

n_N, n_S, n_E, n_W : số lượng xe trên các hướng đi qua điểm xung đột có bố trí làn rẽ trái riêng.

Kết quả: Nếu ở chỗ giao nhau không cho phép bộ hành qua đường thì KNTH đạt được (1000 - 1200) xe/h/làn. Nếu cho phép bộ hành qua đường thì KNTH giảm xuống rất nhiều chỉ vào khoảng 320 xe/h/làn.

1.2.3.3. Các nghiên cứu liên quan đến KNTH ở trong nước.

Ở nước ta kể từ những năm 1980 G.S Đỗ Bá Chương đã đi sâu vào nghiên cứu qui luật chuyển động của dòng xe nhiều nhóm tốc độ trên đường hai làn xe nói chung. Nghiên cứu của G.S về KNTH thực tế của đường ô tô hai làn xe theo quan hệ

"Cường độ - Tốc độ" của Iacoplev- Dadenco và Greenshields còn quan hệ "Tốc độ - Cường độ" của tác giả là quan hệ phi tuyến. Kết quả là trị số KNTH của đường 2 làn xe ở những năm 1980 là 900 - 1000 xe/ giờ [30].

Năm 1986 Bộ môn Đường ô tô và Đường thành phố trường Đại học Xây dựng lần đầu tiên đã đánh giá KNTH của đường phố một cách sơ bộ có xét ảnh hưởng của xe đạp qua mức giảm tốc độ, song vẫn dựa hoàn toàn vào cách xác định KNTH của Liên Xô (cũ) trong điều kiện dòng ô tô.

Năm 1990 có nghiên cứu của GS Lâm Quang Cường, năm 1993 có nghiên cứu của PGS Lưu Đức Hải về vấn đề giao thông xe đạp trong các đô thị Việt nam, khả năng thông hành và bề rộng một làn xe đạp.[12], [21].

Năm 1991 G.S Dương Học Hải và TS Nguyễn Quang Đạo đã công bố một số kết quả nghiên cứu về việc đánh giá KNTH của nút giao thông và các đường đô thị có nhiều xe 2 bánh (chủ yếu là xe đạp). Phương pháp cũng xuất phát từ những quan trắc thực nghiệm ngoài hiện trường để đề nghị trị số dùng cần thiết [19].

Năm 1993, những nghiên cứu của TS Vũ Gia Hiền về KNTH của đường ngoài thành phố (ngoại ô - Quốc lộ) với 2 làn xe trong điều kiện có xe đạp đi chung là 1600 - 1860 xe/giờ [22]

Năm 1994, TS Trần Danh Lợi nghiên cứu về tiêu chuẩn đặt đèn tín hiệu ở nút và ảnh hưởng của xe đạp đến phương pháp tính toán chu kỳ đèn tín hiệu điều khiển giao thông ở nút độc lập trong điều kiện giao thông Hà nội [25].

Năm 1995, TS Nguyễn Quang Đạo đã có một số kết quả nghiên cứu về tốc độ dòng xe hỗn hợp và phương pháp xác định KNTH thực tế, KNTH lớn nhất của đường đô thị Hà nội. Tác giả đề nghị xác định KNTH thực tế của đường phố bằng cách hiệu chỉnh trị số KNTH lớn nhất trên cơ sở phân phối chiều rộng phần đường xe chạy cho dòng xe đạp và cho xe cơ giới có hệ số làm việc Z tương đương nhau trong trường hợp dòng xe hỗn hợp trên đường không có giải phân cách (gọi là phương pháp tách dòng) [13].

1.2.3.4. Nhận xét:

- Có thể thấy hầu như tất cả các nghiên cứu về dòng giao thông hỗn hợp của nước ta tập trung ở những năm gần đây và cũng chủ yếu ở địa bàn thủ đô Hà nội. Tuy nhiên

không kể kết quả đề nghị của các tác giả [19] thì những nghiên cứu còn lại như đã nêu ở trên chưa xét đến KNTH của nút giao thông có hoặc không có đèn điều khiển. Có thể nói rằng các nghiên cứu đó đều *có chung quan điểm xuất phát ban đầu là phương pháp thực nghiệm quan sát thực tế dòng xe hỗn hợp và có giá trị nhất định góp phần vào việc hình thành một hướng đi cho việc nghiên cứu dòng xe hỗn hợp trong giao thông đường ô tô ở nước ta.*

- Các trị số KNTH của đường phố được các tác giả đề nghị cũng có thể được xem như giá trị chặn trên của KNTH của các nhánh dẫn vào nút giao thông.
- Với tốc độ phát triển của phương tiện giao thông ngày một cao đặc biệt là sự chiếm ưu thế của dòng xe hai bánh nhất là xe máy thì cần thiết và cấp bách phải có một nghiên cứu sâu hơn về dòng xe nói chung.

1.2.4. Một số nhận xét và kết luận về các phương pháp tính KNTH của nút giao thông cùng mức điều khiển bằng tín hiệu.

1. Về các phương pháp lý thuyết thuần túy, lý thuyết kết hợp thực nghiệm, xuất phát từ qui luật chuyển động của dòng xe ô tô có mật độ thấp là lợi dụng các quãng của một dòng xe theo phân phối Poisson. Về mặt lý thuyết là đúng, tuy nhiên khó áp dụng vì trên các nhánh dẫn tới nút, dòng xe thường bị nhiễu và ít khi tuân Poisson (lưu lượng < 700 xe/h), thậm chí có trường hợp xe trên đường chính phải nhường xe trên đường phụ (khi xe trên đường phụ đã chiếm vị trí trên nút), nên không hoàn toàn theo phân phối Poisson. Các phương pháp này chỉ hoàn toàn áp dụng cho những nút có sự ưu tiên chính phụ, hoặc giao nhau cùng cấp hạng nhưng xe vào nút phải tuân theo luật nhường đường cho xe bên phải. Do vậy, ở nước ta nếu để áp dụng được phải hội đủ hai điều kiện trên, tuy nhiên với tỷ lệ xe 2 bánh (xe máy và xe đạp) quá nhiều thì lẽ đương nhiên không thể áp dụng. Nếu có thể áp dụng được cho những nút giao thông ngoài đô thị khi lượng xe ô tô là chủ yếu thì yêu cầu lái xe phải chấp hành luật lệ ưu tiên chính phụ một cách nghiêm ngặt.

2. Về các phương pháp thực nghiệm có thể nhận thấy ngay rằng các kết quả nghiên cứu thực nghiệm ở các nước châu Âu : Nga, Anh, Pháp, Ailen, Tây Ban Nha, Đức, Úc,... và ở các nước Bắc Mỹ : Mỹ, Canada đều xuất phát từ thực tế dòng xe trên

cơ sở đi sâu nghiên cứu dòng bão hoà trong thời gian xanh của chu kỳ đèn tín hiệu, rồi xem xét ảnh hưởng của bề rộng nhánh dẫn tới nút ứng với điều kiện phổ biến (xét KNTH thực tế). Rõ ràng kết quả tính toán có khác nhau và các thông số cơ bản sử dụng trong công thức phụ thuộc vào từng địa phương khác nhau và khó phổ biến rộng.

3. Dòng xe ở các đô thị nước ta là một dòng hỗn hợp nhiều thành phần, mật độ đông, ý thức chấp hành luật của người sử dụng phương tiện chưa cao. Qui định sử dụng tín hiệu đèn điều khiển ở nút chưa thống nhất trong cả nước, dòng xe không ổn định theo thời gian và không gian, ngay trong cùng một đô thị, cùng một trục đường. Chính vì thế mỗi công trình nghiên cứu được đưa ra chỉ thích hợp với điều kiện dòng xe nhất định, rõ ràng lại càng không thể áp dụng tiêu chuẩn ở một nước khác với dòng xe hoàn toàn khác vào trong đô thị nước ta được. Vì thế tham khảo những kết quả đã được nghiên cứu, *dựa vào những tiến bộ nghiên cứu mới ở nước ngoài để phát triển cho việc nghiên cứu ở điều kiện nước ta là cách tiếp cận nghiên cứu của chúng tôi.*

4. Các phương pháp tính KNTH của nút giao thông ở trên thế giới hiện nay đều chỉ tính cho dòng xe thuần ô tô và qui đổi dòng xe hỗn hợp (gồm xe tải nặng, tải trung, tải nhẹ, xe buýt và mô tô) về xe con tiêu chuẩn với các hệ số qui đổi có sai khác nhau. Chúng tôi cho rằng điều này là tất yếu và luôn tồn tại. Do vậy, *việc sử dụng nguyên giá trị nghiên cứu ở nước ngoài vào điều kiện giao thông đô thị nước ta đều không thích hợp.*

5. Chúng ta đều biết rằng KNTH được coi là một trong những khái niệm cơ bản nhất trong lý thuyết dòng xe và là một yếu tố rất quan trọng trong lĩnh vực giao thông đường bộ. Nó thường xuyên được dùng trong thiết kế hình học, trong thiết kế tổ chức - điều khiển giao thông và trong khai thác đường phố. Có thể nói nếu ấn định KNTH cho đường phải đáp ứng thì chúng ta sẽ tìm ra được một con đường tương ứng với trạng thái giao thông thích hợp. Ngược lại nếu thiết kế một con đường với đầy đủ yếu tố cấu thành và giao thông trên nó thì chúng ta sẽ tìm ra được mức chịu tải (KNTH) của đường là bao nhiêu? Vì lẽ đó, một lần nữa *khẳng định hướng*

đi cho một lĩnh vực nghiên cứu KNTH của các tác giả đi trước và sau này luôn là sự cần thiết.

6. Nghiên cứu KNTH của nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn trong điều kiện giao thông đô thị nước ta theo hướng thực nghiệm kết hợp phân tích các quan hệ giữa các đặc trưng của dòng xe tới nút đồng thời xét ảnh hưởng của điều kiện đường, điều kiện giao thông và tín hiệu đến KNTH của nút là *hoàn toàn có tính khả thi hiện nay*. Trên cơ sở các quan hệ thực nghiệm này có thể xây dựng một *phần mềm mô phỏng dòng xe hoạt động trong phạm vi nút* giúp chúng ta giảm bớt khối lượng thực nghiệm, phục vụ các yêu cầu tính toán KNTH, tính toán chu kỳ đèn, tính toán phân pha, tính toán điều khiển phối hợp, và đặc biệt trong việc đánh giá trạng thái giao thông, mức độ phục vụ của nút...phục vụ cho thiết kế mới, thiết kế nâng cấp cải tạo nút.

Chương 2

NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM CÁC ĐẶC TRƯNG CỦA DÒNG XE TRÊN NÚT GIAO THÔNG ĐIỀU KHIỂN BẰNG TÍN HIỆU ĐÈN

2.1 ĐẶT VẤN ĐỀ:

Trong công tác thiết kế và quản lý khai thác giao thông đô thị nói chung, như việc thiết kế hình học, thiết kế tổ chức và điều khiển giao thông trong các nút thiết kế mới hay thiết kế cải tạo thì việc nghiên cứu các đặc trưng giao thông có ý nghĩa rất quan trọng và cũng là việc phải làm đầu tiên khi đặt vấn đề nghiên cứu dòng xe trên nút giao thông.

Như chúng ta đã biết, hầu hết trên các đô thị nước ta hiện nay đều đang tồn tại *dòng xe đông (dòng xe có mật độ cao)*, là dòng xe trong đó các xe hoàn toàn *bị ràng buộc lẫn nhau*, tác động qua lại với nhau chặchẽ và ở đây người lái xe đóng vai trò quyết định trong mỗi tác động qua lại đó. Hình ảnh về một dòng xe đông đó là sự vận động có tổ chức của cả một *cột xe*, một *hàng xe* dài, của các *cụm xe* và các *nhóm xe*.

Hiện tồn tại hai đường lối xây dựng các mô hình lý thuyết sự chuyển động của dòng xe đông:

Mô hình thứ nhất dựa trên quan điểm vi mô về dòng xe, trước hết xét các yếu tố ngẫu nhiên của xe trong dòng để có được tác động qua lại giữa các xe riêng biệt rồi suy ra quy luật chung của dòng xe thông qua các giá trị trung bình.

Mô hình thứ hai dựa trên quan điểm vĩ mô về dòng xe đó là việc mô tả sự chuyển động chung của dòng xe đông như một môi trường vật lý liên tục (thí dụ dòng dịch thể). Kết quả thu được là quan hệ giữa các đặc trưng chính của dòng xe.

Việc nghiên cứu chuyển động của dòng xe trên đường cũng như trong nút giao thông ở nước ta rõ ràng sử dụng mô hình thứ nhất (trên quan điểm vi mô) là hoàn toàn hợp lý vì thực tế ở nước ta không có dòng xe thuần nhất mà là dòng xe hỗn hợp có nhiều xe hai bánh không đi theo làn riêng biệt như ô tô, quỹ đạo vận động phức tạp, không thường xuyên tồn tại những quãng nối tiếp đều nhau... Chúng ta có thể thu được những đặc trưng của dòng xe như : Lưu lượng, mật độ, tốc độ, quãng cách, ... là các giá trị trung bình. Sử dụng mô hình này đặc biệt có hiệu quả khi giải các bài toán có liên quan tới các đoạn đường tương đối ngắn [37].

Trên các đoạn nhánh dẫn vào nút giao thông nói chung, vào nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn nói riêng, thường là tốc độ trung bình của dòng xe giảm dần. Tại các thời điểm khi lưu lượng dòng xe đến nút lớn hơn khả năng thông hành của chính đoạn đó thì gây nên tắc xe.

Dòng xe đi tới nút giao thông và rời khỏi nút giao thông là một quá trình liên kết và ảnh hưởng của nhiều yếu tố về không gian (điều kiện hình học của nút, kể cả các nhánh dẫn), về thời gian (điều kiện tín hiệu điều khiển) và về bản thân dòng xe (điều kiện giao thông). Quá trình này được gọi là *quá trình tích lũy và tiêu tán của dòng xe*. Rõ ràng phải nghiên cứu quá trình này để tìm ra các đặc trưng của dòng xe nhằm phục vụ cho các nghiên cứu.

2.2 KHÁI QUÁT CÁC ĐẶC TRƯNG CỦA DÒNG XE .

Từ trước đến nay mọi nghiên cứu về dòng xe đều bắt đầu nghiên cứu những đặc trưng của dòng xe. Thông qua các đặc trưng này với nhiều mục đích khác nhau chúng ta có thể đánh giá trạng thái chất lượng của nó như trên bảng 2.1

Bảng 2.1 Các đặc trưng của dòng xe [37]

Stt	Các đặc trưng	Ký hiệu	Thứ nguyên	Ghi chú
1	Lưu lượng dòng xe	N	xe/ngàyđêm xe/giờ; xe/sec	Dùng thứ nguyên xe/sec khi tính toán và cấu tạo hệ thống điều khiển.
2	Thành phần dòng xe	p	%	Phần trăm từng loại xe trong dòng

3	Tốc độ dòng xe <ul style="list-style-type: none"> • Tốc độ trung bình theo thời gian • Tốc độ trung bình theo không gian 	v v_t v_s	km/h; km/h; m/sec km/h; m/sec	<ul style="list-style-type: none"> • Tốc độ trung bình của các xe qua một quãng đường ngắn trong một thời đoạn đang xét. • Tốc độ trung bình của các xe trên một quãng đường xác định bằng thời gian trung bình xe chạy qua đoạn đó
4	Mật độ dòng xe	q	xe/km;	Số lượng xe trên một đơn vị chiều dài
5	Quãng giữa các xe <ul style="list-style-type: none"> • Quãng thời gian • Quãng không gian 	Δt Δs	Sec m	<p>Quãng thời gian giữa 2 lần đầu xe liên tiếp qua một điểm quan sát trên đường.</p> <p>Quãng không gian xác định giữa các bộ phận chống va trước của các xe liên tiếp.</p>
6	Khoảng cách giữa các xe trong dòng xe	d_m	m	Khoảng cách giữa các bộ phận chống va sau của xe trước và chống va trước của xe sau.
7	Khả năng thông hành của đoạn đường	N ; P	xe/h	Suất dòng tối đa.
8	Thời gian chậm xe	d	sec, sec/xe	Toàn bộ thời gian bị chậm xe trong hành trình (thời gian chờ do điều khiển, tổn thất thời gian ...)
9	Gia tốc	a	m/sec^2	
10	Thời gian trung bình hành trình (Thời gian chạy xe)	T	h; phút	Thời gian xe chạy có hoặc không kể sự chậm xe trên đường cũng như trên các yếu tố của đường.

2.2.1 Các phương pháp nghiên cứu đặc trưng dòng xe.

Tổng quan trên thế giới hiện có 4 phương pháp nghiên cứu về dòng xe như sau:

- Phương pháp phòng thí nghiệm lưu động (người quan sát động) cho phép đánh giá tất cả các đặc tính về hành vi của người lái và các tác động qua lại giữa các xe trong dòng xe. Thường dùng khi phân tích điều kiện xe chạy trên đoạn có chiều dài lớn.
- Phương pháp trạm cố định được dùng khá phổ biến bằng cách quay phim, chụp ảnh, quang từ và quan sát tại chỗ. Phương pháp này đơn giản dễ làm có thể thu thập được tập hợp nhiều số liệu.
- Phương pháp quay phim và chụp ảnh hàng không. Phương pháp này cho được các số liệu đầy đủ nhất về sự chuyển động của dòng xe.
- Phương pháp người quan trắc (tạm gọi là phương pháp chuyên gia). Phương pháp này thường kết hợp với phương pháp trạm cố định. Nhược điểm của nó là không khách quan, tuy nhiên không phương pháp nào có thể thay thế được.

Tùy theo mục đích và nhiệm vụ nghiên cứu có thể dùng một trong các phương pháp nghiên cứu ở trên. Với mục đích nghiên cứu của đề tài đối với dòng xe trên một đoạn đường ngắn của nút giao thông và trong điều kiện giao thông đô thị hiện nay ở nước ta chúng tôi sử dụng phương pháp trạm cố định (quay camera, chụp ảnh) và phương pháp chuyên gia, trực tiếp quan trắc trên nút.

2.2.2 Nhận xét

Đối với dòng xe trên đường ô tô thông thường cũng như dòng xe trên đường phố ở các đô thị nước ta, đã có tác giả nghiên cứu về các đặc trưng này. Tuy nhiên đối với dòng xe trên nút giao thông nói chung và nút điều khiển bằng tín hiệu đèn nói riêng thì hầu như chưa có một nghiên cứu sâu nào về vấn đề này. Hiện nay nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn được sử dụng rất phổ biến trong các đô thị nước ta nên việc nghiên cứu dòng xe hỗn hợp nhiều thành phần trong nút là yêu cầu cấp bách hơn bao giờ hết. Khi nghiên cứu dòng xe phục vụ cho đề tài nghiên cứu của mình chúng tôi đã tiến hành nghiên cứu các đặc trưng sau:

1. *Tốc độ dòng xe*
2. *Lưu lượng dòng xe*

3. Thành phần dòng xe
4. Mật độ xe chạy
5. Quãng cách giữa các xe.

Phạm vi và địa bàn nghiên cứu:

Đề tài được thực hiện trên các nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn 2 pha, độc lập ở thành phố Hà Nội và thành phố Đà Nẵng trên 4 nhóm nút đặc trưng như sau:

Nhóm I: Đường phố chính cấp khu vực giao với đường phố chính toàn thành

Nhóm II: Đường phố chính cấp khu vực giao với đường phố chính cấp khu vực

Nhóm III: Đường phố chính cấp khu vực giao với đường khu vực

Nhóm IV: Đường khu vực giao với đường khu vực.

Mọi người tham gia giao thông đều chấp hành nghiêm chỉnh luật giao thông đường bộ Việt Nam (không xét các trường hợp vi phạm luật).

2.3 CÁC KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM

2.3.1 THÀNH PHẦN DÒNG XE.

Thành phần dòng xe là tỷ lệ % các loại xe khác nhau trong dòng xe. Khi dòng xe có nhiều thành phần tham gia với khổ động học khác nhau sẽ ảnh hưởng đến năng lực thông hành và cách thức thiết kế nút vì kích thước hình học của xe có liên quan đến vị trí làn xe, bề rộng, độ dốc, bán kính rẽ xe.... Khi càng nhiều loại phương tiện tham gia sẽ phát sinh càng nhiều sự tác động lẫn nhau trong dòng xe nên chất lượng của dòng xe kém đi. Trong dòng có xe cơ giới thì xe tải với tính năng động lực khác xe con sẽ cản trở vận động của xe con hay trong dòng có xe hai bánh thì xe đạp sẽ cản trở xe con và xe máy.

Hiện nay trong các đô thị ở nước ta thành phần dòng xe tham gia giao thông rất phức tạp, nhiều loại phương tiện như xe cơ giới, xe hai bánh, xe thô sơ cùng tham gia giao thông trên bề rộng mặt đường do đó rất khó cho việc thiết kế một không gian nút cũng như hệ thống các nhánh dẫn cho phù hợp với dòng xe nhiều thành phần như vậy. Thông qua các kết quả đo đếm và xử lý số liệu cho 16 nút với 30 nhánh dẫn điều khiển bằng tín hiệu đèn ở Hà Nội và Đà Nẵng, vào các giờ cao điểm

tháng 4,5/2001, tháng 3/2003 và tháng 12/2003 (phụ lục 2). Kết quả được trình bày ở các bảng 2.2.

Bảng 2.2. Tỷ lệ thành phần dòng xe trong NGT các nhóm I, II, III và IV.

Loại xe	Tỷ lệ thành phần xe tính theo tổng lưu lượng dòng; %			
	Nhóm nút I	Nhóm nút II	Nhóm nút III	Nhóm nút IV
Xe máy	70 ÷ 80	75 ÷ 85	65 ÷ 75	70 ÷ 80
Xe đạp	15 ÷ 20	15 ÷ 25	25 ÷ 30	30 ÷ 35
Xe con	7,0 ÷ 12	3,0 ÷ 7,0	1,5 ÷ 4,0	0,8 ÷ 2,4
Xe buýt	4,0 ÷ 16	2,5 ÷ 5,0	1,0 ÷ 2,0	< 1,0
Tải nhẹ	5,0 ÷ 8,0	2,0 ÷ 5,0	1,0 ÷ 3,0	< 1,0

• **Nhận xét về thành phần dòng xe qua nút:**

Kết quả phân tích trên cho thấy lượng xe ô tô chủ yếu là xe con, xe buýt và xe tải nhẹ chiếm một tỷ lệ thấp, trong khi đó lượng xe máy và xe đạp chiếm tỷ lệ rất cao trong dòng xe qua nút và chưa có dấu hiệu giảm trong thời gian tới.

Các nút thuộc nhóm I tỷ lệ xe ô tô lớn hơn cả (16-36)% tổng dòng, tỷ lệ này giảm dần theo từ nhóm I -> II -> III -> IV, nhóm III và IV là (1-9)%. Xe máy chiếm tỷ lệ cao nhất ở tất cả 4 nhóm nút và có giá trị từ (65 — 85)% tổng dòng, xe đạp ở nhóm nút III và IV chiếm tỷ lệ (25 — 35)% cao hơn nhóm I và II (15 -25)%.

Điều này càng làm cho tình trạng ùn tắc và tai nạn giao thông tại các vị trí nút tăng cao. Do vậy thành phần dòng xe qua nút có ảnh hưởng rất lớn đến hiệu quả các biện pháp thiết kế tổ chức giao thông, không thể đơn giản áp dụng các thành tựu nghiên cứu của các nước khác.

2.3.2. QUÃNG CÁCH GIỮA CÁC XE

- Quãng cách giữa các xe gồm có quãng thời gian trung bình và quãng không gian trung bình.

+ Quãng thời gian Δt là quãng cách giữa hai lần đầu xe tới một điểm quan sát trên đường. Khi Δt càng lớn thì xe dễ hoạt động, dễ vượt xe; khi Δt nhỏ thì xe không thể thực hiện được một số thao tác như vượt xe, nhập dòng, cắt dòng qua nút. Có thể

đo Δt bằng hai cách: Đếm số xe tới trong từng quãng thời gian nhất định, sẽ được phân phối đếm và đo quãng cách giữa các xe.

+ Quãng không gian Δs là khoảng cách giữa hai xe trên đường. Đây là một chỉ tiêu quan trọng ảnh hưởng đến chất lượng dòng xe. Có thể đo Δs bằng hai phương pháp: Đếm số xe trên một quãng cách nhất định, được một phân phối đếm. Đo trực tiếp Δs trên ảnh qua cách tính toán hình học.

◆ Trong nghiên cứu này, việc xác định Δs thông qua việc quan trắc thực tế dòng xe tại các nút điều khiển bằng tín hiệu đèn đặc trưng ở Hà Nội và Đà Nẵng thông qua việc quay camera, chụp ảnh các nút giao thông, các xe được xem xét là xe con, xe máy và xe đạp. Việc xác định quãng Δs dựa trên cơ sở bề rộng của nhánh dẫn, số xe xếp hàng trên mặt cắt ngang của nhánh dẫn và chiều dài hàng chờ. Kết quả xác định quãng Δs là giá trị trung bình cho từng loại phương tiện.

+ **Tại vị trí hàng chờ** khoảng cách giữa các xe (cả xe máy, xe đạp và xe con) theo phương ngang từ 0,4 đến 0,6m, theo phương dọc từ 0,2 đến 0,3m các xe xếp rất sát nhau trên hàng chờ, điều này cũng dễ hiểu vì vận tốc dòng xe trên hàng chờ lúc này bằng không nên với khoảng cách như vậy cũng đảm bảo an toàn.

+ **Khi vào nút** tốc độ dòng xe nói chung bắt đầu tăng dần lên, do đó để tránh xảy ra va chạm giữa các xe thường tách dần ra với nhau, lúc này khoảng cách giữa các xe theo phương ngang từ 0,8m đến 2,0m; theo phương dọc từ 1,5m đến 2,5m.

+ **Khi ra khỏi phạm vi nút**, tốc độ dòng xe đã nâng cao hơn và dần đạt tới mức độ ổn định nên khoảng cách giữa các xe càng được nới rộng ra, theo phương ngang từ 1,5m đến 2,0m; theo phương dọc hơn 3,0m.

• **Nhận xét về quãng cách giữa các xe.**

Quãng cách giữa các xe được nghiên cứu thông qua quan trắc thực tế bằng mắt, bằng camera, chụp ảnh và được chia làm ba giai đoạn khác nhau: các xe đứng trong hàng chờ, các xe vào nút và thoát ra khỏi nút. Các giá trị của quãng cách Δt hoặc Δs được tính toán thông qua tốc độ của từng loại xe theo từng hướng vào nút (xe máy đi thẳng, xe máy rẽ trái, xe con rẽ phải...) và kiểm chứng thực tế ngoài nút. (Phụ lục 4 trang 302). Nghiên cứu quãng cách giữa các xe trong dòng xe hỗn hợp

nhều thành phần là một trong những cơ sở để đưa ra phương pháp qui đổi dòng xe hỗn hợp về dòng thuần nhất.

2.3.3 LƯU LƯỢNG DÒNG XE:

Lưu lượng dòng xe là số xe chạy qua một mặt cắt hay một đoạn đường trong một đơn vị thời gian. Lưu lượng xe chạy luôn biến đổi liên tục theo thời gian và không gian. Đây là một chỉ tiêu rất phức tạp phụ thuộc vào nhiều yếu tố như tốc độ, thành phần dòng xe, quăng phân bố, trạng thái mặt đường, kích thước hình học, tâm sinh lý của người lái xe, biện pháp tổ chức giao thông... [17], việc xác định được lưu lượng xe chạy sẽ là một cơ sở cho việc chọn lựa cấp hạng kỹ thuật của đường và các biện pháp tổ chức - điều khiển giao thông.

2.3.3.1 Mức tăng trưởng lưu lượng xe theo thời gian:

Trên cùng một nhánh dẫn có bề rộng xác định, khi lưu lượng xe chạy tăng nhanh, đồng nghĩa với lưu lượng xe vào nút lớn, điều này kéo theo hàng loạt các vấn đề cần giải quyết về việc thiết kế hình học và tổ chức giao thông trong nút. Do đó cần phải có sự dự báo tương đối chính xác lưu lượng xe chạy tăng lên hàng năm trong tương lai, tuy nhiên thời gian dự báo không nên quá 20 năm, vì quá thời gian này sẽ có nhiều yếu tố mới xuất hiện và sự dự báo này sẽ không còn chính xác nữa.

Mức tăng trưởng xe trung bình hàng năm, một cách tổng quát có thể sử dụng nhiều phương pháp nhưng trong thực tế thường dùng hai phương pháp dự báo sau: [17]

+ Phương pháp ngoại suy đơn giản: Nguyên lý của phương pháp này là dựa vào một chuỗi số liệu thống kê về lượng giao thông trong các năm trước để ngoại suy mức tăng trưởng trong tương lai. Phương pháp này được dùng phổ biến trong thiết kế tổ chức giao thông vì thời gian dự báo yêu cầu ngắn hạn.

+ Phương pháp dự báo dựa trên tương quan giữa lượng giao thông với chỉ tiêu kinh tế vĩ mô (theo mô hình co giãn).

Theo phương pháp thứ nhất có thể sử dụng các hàm số toán học khác nhau để ngoại suy: Theo quy luật hàm số mũ, theo quy luật hàm số tăng tuyến tính và theo qui luật cấp số tỷ lệ có nhịp độ tăng trưởng giảm dần.

Trong việc nghiên cứu đặc trưng lưu lượng dòng xe tại các nút giao thông ở đô thị sử dụng công thức dự báo theo quy luật hàm số mũ là hợp lý và đơn giản.

$$N_t = N_1(1 + p)^{t-1} \quad (2.1)$$

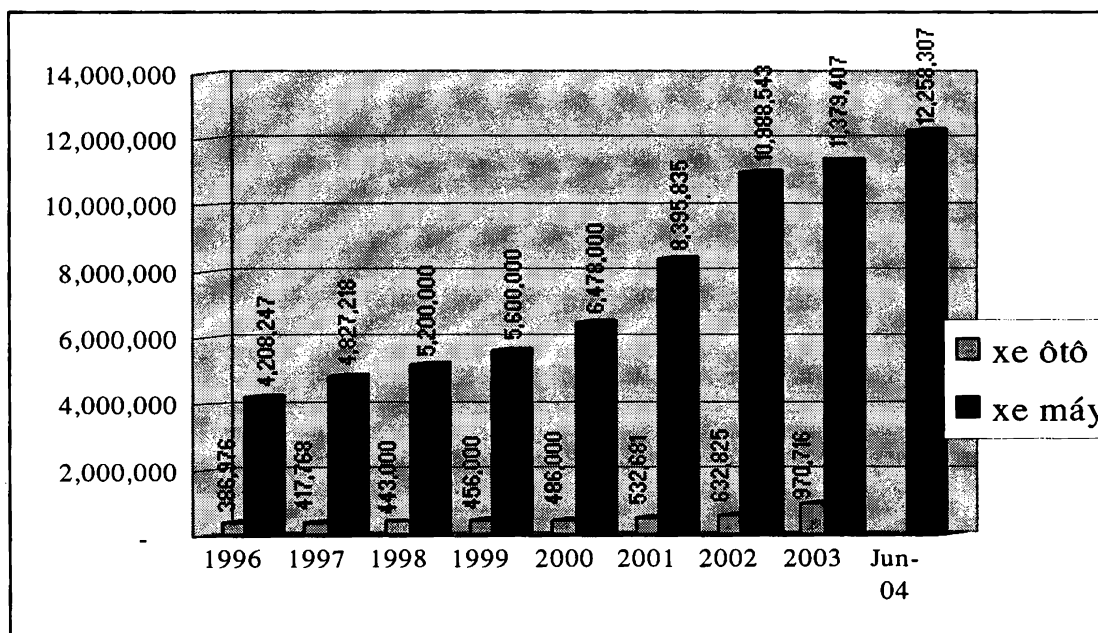
Trong đó: N_t là lưu lượng xe chạy ngày đêm trung bình năm tính toán thứ t (xe/ngày đêm).

N_1 : Lưu lượng xe ở năm đầu tiên.

t : Số năm tính toán kể từ năm đầu tiên.

p : Hệ số tăng trưởng xe trung bình hàng năm của từng loại phương tiện.

Theo số liệu thống kê mới nhất của Cục Đường bộ tính đến ngày 31/03/2004 thì lượng xe ô tô trong toàn quốc 697.071 xe, xe máy hơn 11.379.407 xe và hệ số tăng trưởng trung bình hàng năm của xe ô tô là (9 - 11)%, của xe máy là (18-20)% [26], [46] (hình 2.1). Điều này cho thấy một sự bùng nổ dữ dội lượng xe máy của nước ta trong thời gian vừa qua và phần nào là loại xe con, dẫn đến tình trạng ùn tắc và tai nạn giao thông tại các vị trí nút giao nhau ngày càng có nguy cơ tăng cao nếu như không có các biện pháp hữu hiệu về thiết kế, qui hoạch và tổ chức - điều khiển giao thông.



Hình 2.1 Thống kê lượng xe ô tô và xe máy trên toàn quốc

2.3.3.2 Khái quát sự hoạt động của dòng xe trên các nhánh dẫn tới nút:

Thông qua các số liệu đo đếm và quan trắc vào các giờ cao điểm tại các nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn cũng như điều khiển bằng vạch và bằng cảnh sát giao thông ở Hà Nội và Đà Nẵng có các điểm sau:

- Đối với các nút nhóm I, giao bởi đường phố chính cấp khu vực và đường phố chính toàn thành như Đại Cồ Việt, Thái Hà, Ngã Tư Vọng (thời điểm chưa làm cầu vượt), Nam Thăng Long,... có lượng xe thông qua nút rất lớn trong đó lượng xe cơ giới chiếm tỷ lệ đáng kể trong tổng dòng xe. Riêng đối với Ngã tư Vọng thì mặc dù bề rộng nhánh dẫn lớn (đường dẫn Giải phóng), có làn dành riêng cho xe thô sơ, thời gian xanh dài nhưng tình trạng ùn tắc và đạt dòng quá bão hòa diễn ra thường xuyên vào các giờ cao điểm, điều này cho thấy lưu lượng xe qua nút tại đây vượt quá ngưỡng ùn tắc của nút điều khiển bằng tín hiệu đèn nên cần có cách tổ chức giao thông khác như nút khác mức thì mới giải quyết được tình trạng trên. Còn các nút khác thì vẫn đảm bảo lưu lượng xe thông qua và dòng bão hòa xuất hiện không thường xuyên do các điều kiện xe chạy được đảm bảo tốt nhưng dòng xe luôn trong tình trạng căng thẳng .

- Đối với các nút nhóm II, giao bởi đường phố chính cấp khu vực với đường phố chính cấp khu vực như Khâm Thiên - Lê Duẩn, Liễu Giai, Giảng Võ ở Hà Nội, Nguyễn Văn Linh - Hàm Nghi, Lê Duẩn - Ông Ích Khiêm ở Đà Nẵng ... cho thấy lưu lượng thông qua nút vào giờ cao điểm rất lớn và chủ yếu là xe máy và xe đạp, tuy nhiên dòng bão hòa cũng không thường xuyên xuất hiện. Đó là do bề rộng của *một số nhánh dẫn* khá lớn, không gian nút được mở rộng và dòng xe được bảo hộ bằng đảo... tạo ra sự tiện lợi cho dòng xe qua nút, phần nào nâng cao được năng lực thông hành.

- Đối với các nút thuộc nhóm III và IV, giao bởi đường phố chính cấp khu vực với đường khu vực và giữa đường khu vực với đường khu vực như nút Tôn Đức Thắng - Quốc Tử Giám, Nguyễn Thái Học - Trịnh Hoài Đức, Điện Biên Phủ - Cửa Nam, Chùa Bộc - Trung tự, Nguyễn Khuyến - Lê Duẩn... ở Hà Nội, nút Lê Duẩn - Lê Lợi, Hùng Vương - Phan Chu Trinh, Quang Trung - Lê Lợi, Hoàng Diệu - Lê

Đình Dương... ở Đà Nẵng. Hầu hết bề rộng nhánh dẫn hẹp, không gian nút chật hẹp trong khi đó lượng xe tới nút rất lớn và chủ yếu xe hai bánh vì vậy chiều dài hàng chờ vào giờ cao điểm rất lớn, như nút Tôn Đức Thắng - Quốc Tử Giám có khi lên tới hơn 100m, nút Nguyễn Thái Học - Trịnh Hoài Đức hàng chờ lên tới hơn 150m (hình 2.), hay nút Hùng Vương - Phan Châu Trinh trên 30m... Điều này đã ảnh hưởng đến tốc độ chung của dòng xe tới và thông qua nút nhỏ, thời gian chậm xe lớn và khả năng thông hành của nút rất thấp. Các giá trị lưu lượng dòng xe ứng với mỗi chu kỳ và một giờ xanh của các nút được tổng kết trong các bảng tính thuộc *phụ lục 2*.



**Hình 2.2 Hàng chờ đèn xanh trên nhánh dẫn Chùa Bộc
(Nút Trung Tự – Chùa Bộc)**

2.3.3.3 Nhận xét về đặc trưng lưu lượng dòng xe trên nút.

Khi xem xét đặc trưng lưu lượng của dòng xe tới nút trong khoảng giờ cao điểm phục vụ cho nghiên cứu của đề tài chúng tôi nhận thấy rằng: Chiều dài hàng chờ trên nhánh dẫn tới nút có ý nghĩa rất quan trọng đối với một nút được điều khiển bằng tín hiệu đèn. Với mỗi một nút, có điều kiện đường khác nhau, chiều dài này phụ thuộc vào bề rộng nhánh dẫn chứa hàng chờ, vào thành phần dòng xe. Với cùng một lượng giao thông nhất định mà bề rộng nhánh dẫn lớn thì chiều dài hàng chờ

ngắn hơn, ngược lại khi bề rộng nhánh dẫn nhỏ (các nút thuộc nhóm III và IV) cũng với lượng xe như trên thậm chí ít hơn thì chiều dài hàng chờ dài hơn, thời gian dừng chờ và thời gian tổn thất lớn hơn và nguy cơ ùn tắc xảy ra nhiều hơn dẫn đến khả năng thông hành thấp hơn. Như vậy việc xem xét quan hệ giữa KNTH và bề rộng nhánh dẫn cũng như chiều dài hàng chờ là việc làm thực sự cần thiết. Đây chính là cơ sở để chọn hình thức điều khiển phù hợp như dùng đèn tín hiệu, cảnh sát giao thông hay các biện pháp khác và nếu dùng tín hiệu đèn thì chu kỳ đèn là bao nhiêu là hợp lý và nên dùng đèn vào những giờ cao điểm nào.

2.3.4. MẬT ĐỘ DÒNG XE

Mật độ dòng xe là số xe trên một đơn vị chiều dài của đường, mỗi xe đều có một kích thước hình học nhất định, do đó khi tham gia giao thông, muốn chạy an toàn phải có một cự ly tối thiểu giữa các xe. Mật độ ứng với lúc xảy ra bị tắc xe gọi là mật độ tắc xe.

Ngoài ra còn có một quan điểm khác về mật độ dòng xe đó là xét đoạn đường ngắn có chiều dài L, trên đó có N xe chạy qua một điểm trong thời gian T, chú ý là dòng xe một chiều (trên đường dẫn vào nút) [7].

$$\text{Suất dòng xe: } \rho = \frac{N}{T}$$

Mật độ q = (số xe trung bình chạy trên chiều dài L)/L

Số xe trung bình chạy trên L là: $\sum \frac{t_i}{T}$

- t_i : là thời gian chiếc xe thứ i chạy trên đoạn L;

$$q = \frac{\sum_i \frac{t_i}{T}}{L} = \frac{\frac{N}{T}}{L / \frac{1}{N} \sum_i T_i} = \frac{\rho}{V_s} \quad (2.2)$$

Mật độ dòng xe = dòng / tốc độ theo không gian

Hoặc đơn giản hơn:

$Mật\ độ = xe/km = (xe/\text{thời gian}) / (km/\text{thời gian}) = lưu\ lượng / tốc\ độ\ thời\ gian$

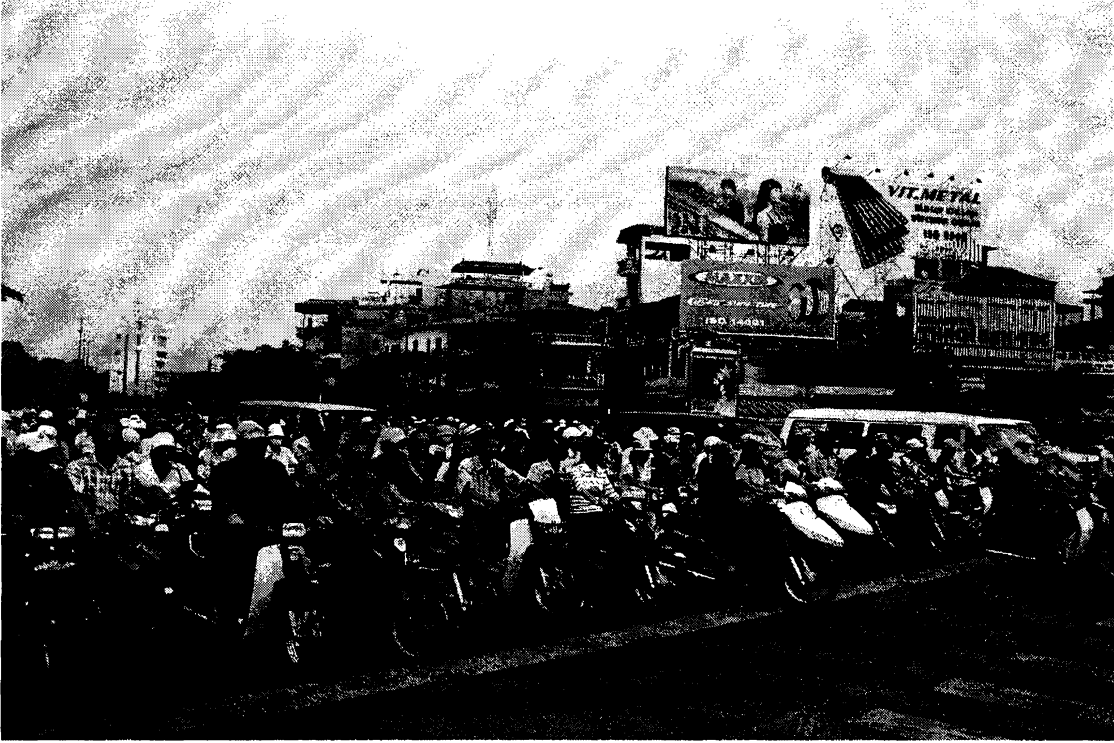
* Rõ ràng cách xác định mật độ dòng xe trên một đơn vị chiều dài chỉ phù hợp với dòng thuận nhất hoặc nhiều xe con, đi theo từng làn riêng biệt ở các nước

phát triển. Còn đối với *dòng xe đông* trong các đô thị nước ta nói chung chủ yếu là xe hai bánh thì việc xác định mật độ dòng xe theo đơn vị chiều dài gặp rất nhiều khó khăn và không thể xác định được, nhất là lúc xe dừng chờ tín hiệu xanh trên nhánh dẫn và chuẩn bị nhập nút. Ngoài ra trên một số nhánh dẫn tới nút thuộc nhóm III, IV không có sự phân chia làn dành riêng cho từng loại phương tiện, một số nhánh dẫn lớn 3, 4 làn xe thuộc nhóm I, II mặc dù có phân làn cho các loại phương tiện nhưng điều này chỉ là tương đối. Do kích thước nhỏ gọn và có tính cơ động cao của xe 2 bánh, nên chỉ cần một khoảng trống nhỏ thì lập tức sẽ có các xe máy hoặc xe đạp chen vào chiếm chỗ thậm chí đứng trước cả đầu xe ô tô trước vạch dừng. Chính vì lẽ đó chúng tôi đề nghị xác định mật độ dòng xe trên nhánh dẫn theo đơn vị diện tích, còn khi ra ngoài phạm vi nút dòng xe chạy có trật tự hơn mới có thể xem xét xác định được mật độ trên một đơn vị chiều dài (hình 2.3).

Các kết quả đo đạc và quan trắc tại các nút giao thông ở Hà Nội và Đà Nẵng cho thấy đặc trưng mật độ có các đặc điểm như sau:

- Trên nhánh dẫn vào nút mật độ xe rất lớn, đối với các nhánh dẫn tới nút giao bởi đường khu vực với đường khu vực (nhóm IV) hay đường phố cấp khu vực với đường khu vực (nhóm III) như Tôn Đức Thắng - Quốc Tử Giám, ngã tư Chùa Bộc - Trung Tự, Nguyễn Khuyến - Lê Duẩn... ở Hà Nội; nút Hùng Vương - Phan Châu Trinh, Lê Lợi - Quang Trung... ở Đà Nẵng. Bề rộng nhánh dẫn từ 4,2m đến 5,5m thì mật độ dòng xe của loại xe 2 bánh dao động từ (15 - 20) xe/(20-22)m². Đối với nhánh dẫn của một số nút lớn thuộc nhóm I, II như Thái Hà, Ngã Tư Vọng, Giảng Võ... thì mật độ dòng xe cũng tương tự, tuy nhiên nếu kể xe ô tô (đầu xe vật lý) thì tỷ lệ trên đầu xe sẽ nhỏ lại, ngoài ra nó còn phụ thuộc vào loại xe ô tô (chủ yếu xe buýt)... Với mật độ dòng xe lớn mà trong đó chủ yếu là xe máy và xe đạp sẽ có ảnh hưởng rất lớn đến khả năng thông hành của nút. Đặc trưng này cùng với đặc trưng thành phần dòng xe như đã trình bày ở mục 2.3.1 của 4 nhóm nút là một trong những cơ sở quan trọng trong việc xem xét khi nào nên đổi dòng xe ra xe con quy đổi và khi nào qui đổi về loại xe máy (ứng với các nhóm nút khác nhau) để tính khả

năng thông hành cũng như các ứng dụng trong tính toán thiết kế và tổ chức điều khiển giao thông trên nút. [20]



**Hình 2.3 Hàng chờ đèn xanh trên nhánh dẫn Kim Liên
(Nút Giải phóng - Đại Cồ Việt)**

- Khi vượt qua vạch dừng vào nút thì tốc độ của dòng xe nói chung tăng dần lên, để đảm bảo an toàn, các xe thường có xu hướng tách xa nhau. Theo số liệu quan trắc được thì với các nút nhóm III, IV (giao bởi đường phố chính cấp khu vực với đường khu vực, bởi đường khu vực với đường khu vực) thì mật độ xe trong nút dao động từ $(16 - 20) \text{ xe} / (30-35) \text{ m}^2$. Đối với các nút thuộc nhóm I,II có không gian lớn hơn như, Giảng Võ, Đại Cồ Việt, Thái Hà... thì mật độ xe trong nút dao động từ $(30 - 40)\text{xe}/(70-100) \text{ m}^2$

- Khi ra khỏi nút các xe bắt đầu tăng tốc, do đó khoảng cách giữa các xe được nới rộng ra. Đối với các nút giao bởi các tuyến phố nhỏ thì mật độ dao động từ $8 - 12 \text{ xe} / 30\text{m}^2$, đối với các nút lớn từ $(15 - 20) \text{ xe}/(60 - 70)\text{m}^2$.

2.3.5. TỐC ĐỘ DÒNG XE

2.3.5.1 Khái niệm

Tốc độ xe chạy là một chỉ tiêu rất quan trọng, thể hiện mức độ tiện nghi của điều kiện xe chạy, từ đặc trưng này chúng ta có thể hiểu rõ hơn về dòng xe. Đối với nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn, việc nghiên cứu đặc trưng tốc độ của dòng xe tới và thông qua nút có ý nghĩa to lớn phục vụ cho các nghiên cứu về KNTH, tính toán tổ chức và điều khiển giao thông (vị trí đèn, vạch dừng xe, thời gian xen kẽ giữa các pha...)[7]

Tốc độ dòng xe được phân ra làm hai loại:

- Tốc độ trung bình theo thời gian V_t (km/h, m/s): Là tốc độ trung bình của các xe qua một tiết diện hoặc quãng đường ngắn.

- Tốc độ trung bình theo không gian (theo chiều dài) V_s (km/h) : Là tỷ lệ giữa quãng đường đang xét L chia cho trung bình thời gian xe chạy.

Chúng ta luôn chứng minh được rằng $V_t \geq V_s$ [8], [37]

- Với mục đích nghiên cứu về dòng xe trên nút giao thông chỉ quan tâm tới tốc độ theo thời gian V_t . Đây là *tốc độ tức thời (speed point)*, được xác định bằng phương pháp thực nghiệm ngoài hiện trường theo các bước sau:

2.3.5.2 Phương pháp nghiên cứu thực nghiệm:

Nguyên tắc chung: Dùng phương pháp đo trực tiếp tốc độ bằng đồng hồ bấm giây ngoài hiện trường trên nút thông qua thời gian và quãng cách ở trước, ở trong và ở sau nút, sau đó dùng phương pháp toán thống kê để xử lý số liệu.

Kỹ thuật đo:

- Tiến hành quan trắc tại các nút giao thông cần đo ở Hà Nội và Đà Nẵng vào các giờ cao điểm, đồng thời ghi lại các thông tin như: Ngày giờ, tên nút, tên đường dẫn, bề rộng đường dẫn, thời tiết, nhiệt độ ... Khi quan trắc phải chọn vị trí sao cho thuận lợi nhất để có thể vừa đo được tốc độ vừa ghi nhận quỹ đạo chạy xe.

- Dụng cụ đo: Đồng hồ bấm giây của Nga với độ chính xác 0,2 giây, thước dây đo chiều dài.

- Tiến hành đo:

+ Dùng vạch sơn chia đường dẫn trước nút thành ba đoạn, mỗi đoạn dài 10m, đánh dấu và xác định chiều dài hành trình trong nút của dòng đi thẳng cũng như dòng rẽ phải, rẽ trái. Phía sau nút cũng đo khoảng cách 30m. Trước nút và sau nút tối thiểu 30m được coi là phạm vi hoạt động của nút, trong khoảng này ảnh hưởng của hàng chờ trước nút là rõ hơn cả, ngoài ra đây cũng là chiều dài hàng chờ của dòng xe đối với đa số các nút hoạt động ở trạng thái bình thường.

+ Khi bánh xe trước chạm vạch sơn đầu thì bấm đồng hồ lúc bánh xe vượt qua vạch sơn tiếp theo bấm đồng hồ tiếp và ghi lại các khoảng thời gian đọc được trên đồng hồ.

Số lượng mẫu đo:

Tiến hành với 40 mẫu ứng với dòng xe máy, xe đạp và dòng xe ô tô trên một chiều dài đo.

Khi nghiên cứu nói chung về dòng xe ở đây là đặc trưng về tốc độ và cường độ chúng ta có thể lấy độ tin cậy $\alpha = 95\%$ và suất đảm bảo cho phân phối $a = 50\%$ trở lên [10], [40]. Do đó

Đối với xe đạp: $n_{xd} = 36$ mẫu

Đối với xe máy, xe con: $n_{xm, xc} = 36$ mẫu

Như vậy để đơn giản chọn $n = 40$ mẫu chung cho các loại xe là hoàn toàn đảm bảo độ tin cậy để định dạng được phân bố đó là chuẩn hay không.

2.3.5.3 Kết quả tính toán.

Kết quả đo đạc và xử lý số liệu cho 16 nút điều khiển bằng tín hiệu đèn đặc trưng cho 4 nhóm nút ở 2 đô thị Hà Nội và Đà Nẵng (tương ứng với 30 nhánh dẫn).

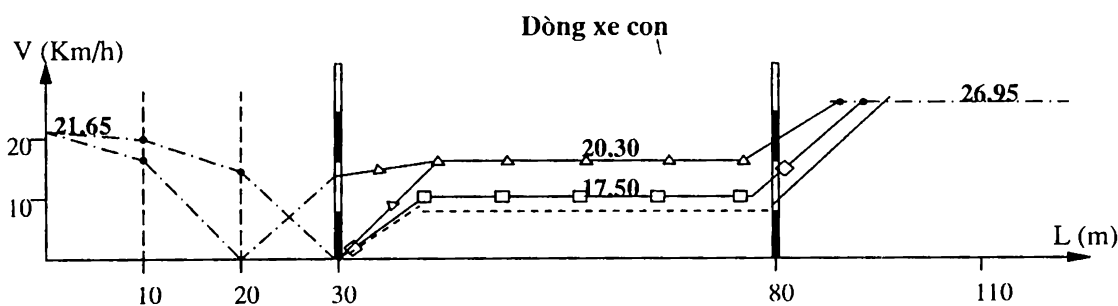
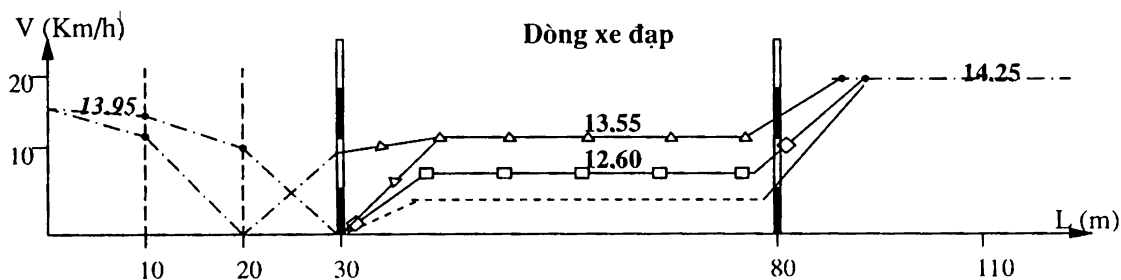
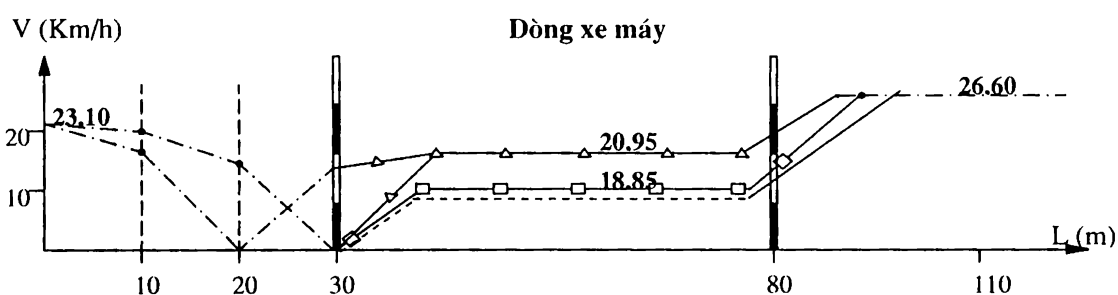
Thời gian: Các giờ cao điểm tháng 08/2000, 05/2001, 03/2003, 12/2003 và tháng 01/2004 (phụ lục 1)

Dưới đây là các kết quả tính toán và thể hiện bằng đồ thị biểu diễn tốc độ dòng xe qua nút tương ứng của 3 loại phương tiện chủ yếu là xe máy, xe đạp và xe con tại các nút giao thông trên các hình 2.4, hình 2.5, hình 2.6 và hình 2.7

Hà Nội:

Nút Đại Cổ Việt - Kim Liên (Nhóm I) Hướng : Cửa Nam - Vọng

P.vị Loại P.tiện	Trước nút			Trong nút			Ngoài nút
	10 m	10 m	10 m	Đi thẳng 50 m	Rẽ phải	Rẽ trái	
Dòng xe máy (Km/h)	23,10	19,24		20,95	18,85	16,45	26,60
Dòng xe đạp (Km/h)	13,95	11,72		13,55	12,60	9,21	14,25
Dòng xe con (Km/h)	21,65	18,55		20,30	17,50	15,42	26,95



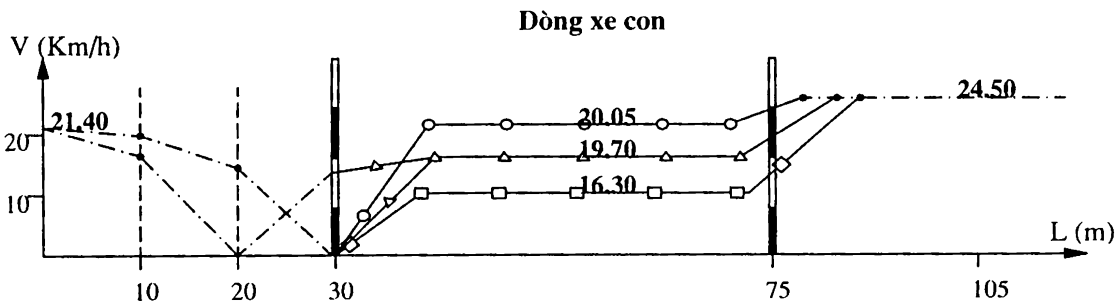
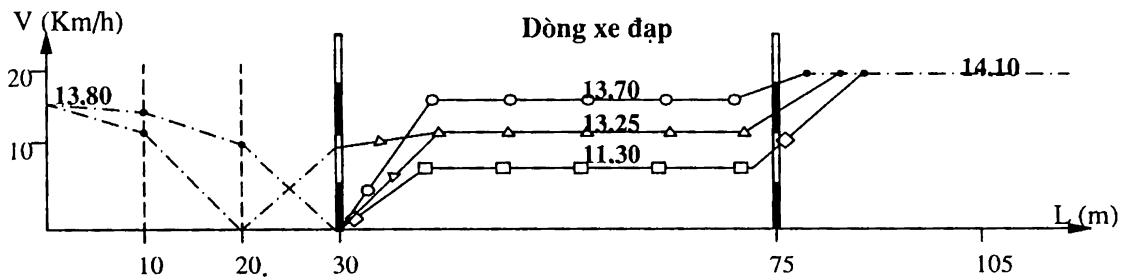
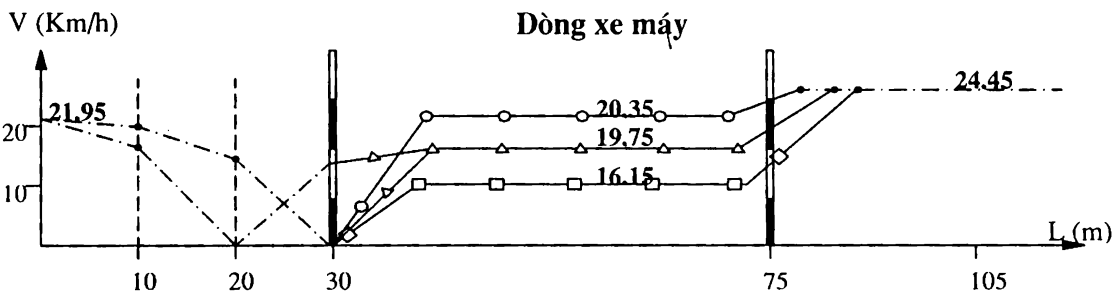
- : Dòng phương tiện trước hoặc sau nút
- △-----△ : Dòng phương tiện đi thẳng trong nút
- : Dòng phương tiện rẽ phải trong nút
- : Dòng phương tiện rẽ trái trong nút

Hình 2.4: Biểu đồ tốc độ trung bình của các dòng xe trên nút nhóm I

Đà Nẵng:

Ngã tư Nguyễn Văn Linh - Hàm Nghi (Nhóm II) Hướng Ng. V Linh - Phi trường.

Loại P.tiện	Trước nút			Trong nút			Ngoài nút
	10 m	10 m	10 m	Đi thẳng	Rẽ phải	Rẽ trái	
Dòng xe máy (Km/h)	21,95	19,85		45 m 19,75	19 m 20,35	28 m 16,15	30 m 24,45
Dòng xe đạp (Km/h)	13,8	13,0		13,25	13,70	11,30	14,10
Dòng xe con (Km/h)	21,4	20,05		19,70	20,05	16,30	24,50



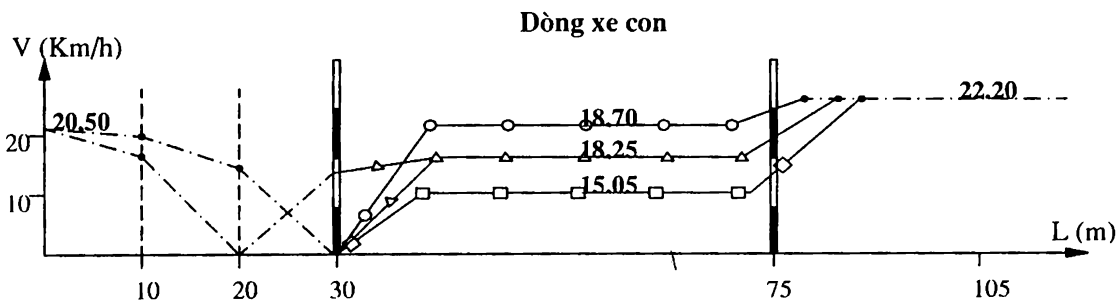
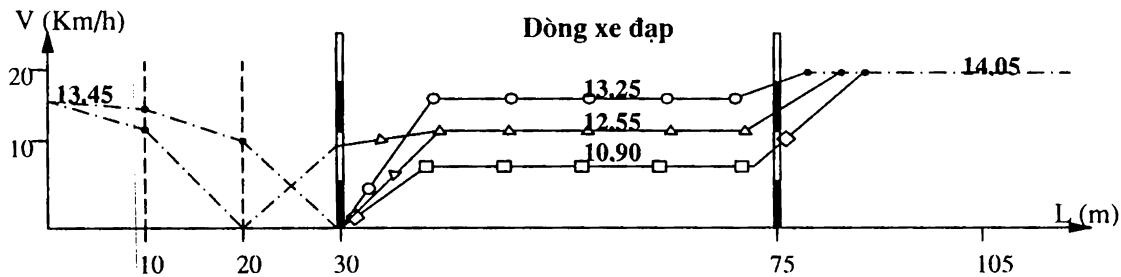
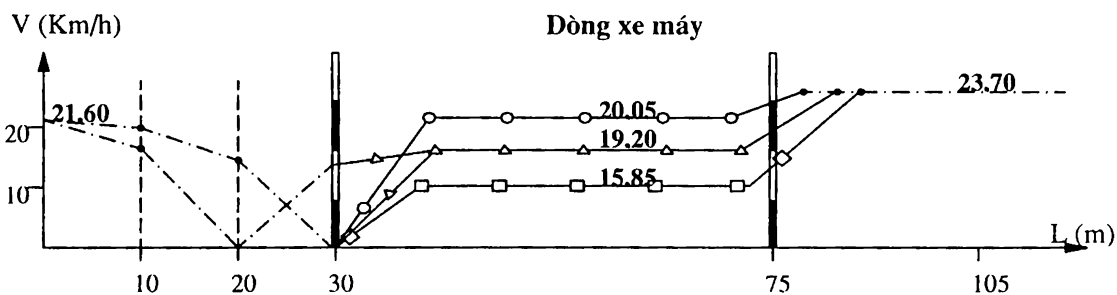
- : Dòng phương tiện trước hoặc sau nút
- : Dòng phương tiện rẽ phải trong nút
- △-----△ : Dòng phương tiện đi thẳng trong nút
- : Dòng phương tiện rẽ trái trong nút

Hình 2.5: Biểu đồ tốc độ trung bình của các dòng xe trên nút nhóm II

Đà Nẵng:

Ngã tư Lê Duẩn - Ông ích Khiêm (Nhóm III) Hướng Lê Duẩn - Cầu Sông Hàn.

Loại P.tiện	Trước nút			Trong nút			Ngoài nút
	10 m	10 m	10 m	Đi thẳng 45 m	Rẽ phải 19 m	Rẽ trái 26 m	
Dòng xe máy (Km/h)	21,60	17,60		19,2	20,05	15,85	23,70
Dòng xe đạp (Km/h)	13,45	12,85		12,55	13,25	10,90	14,05
Dòng xe con (Km/h)	20,50	16,15		18,25	18,70	15,05	22,20

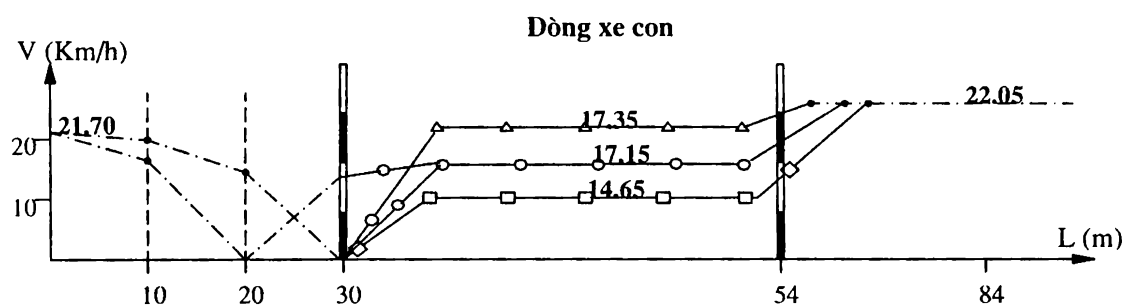
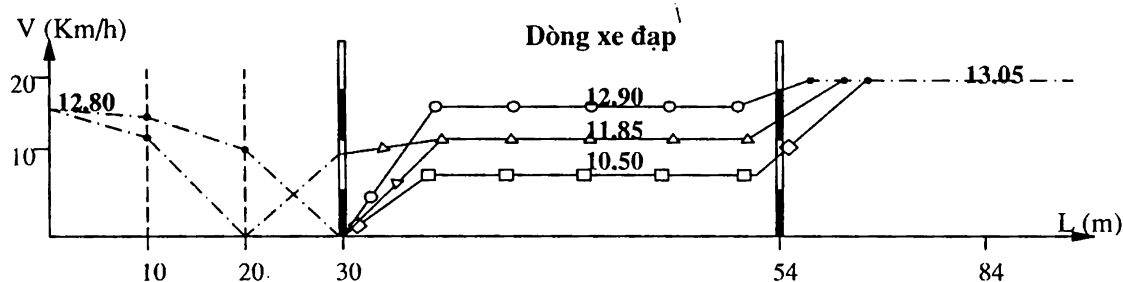
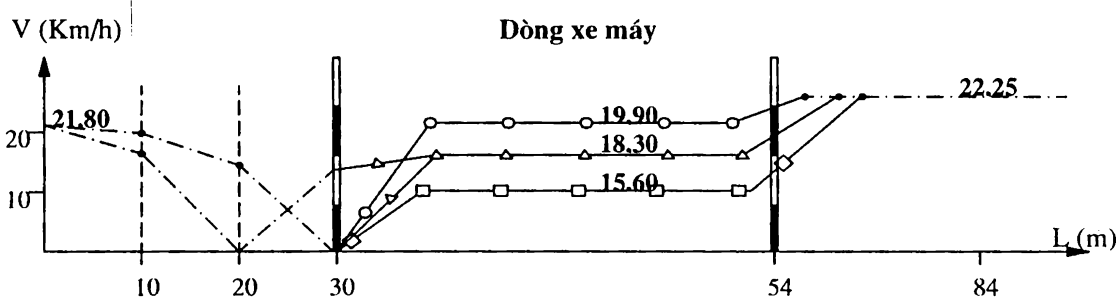


- : Dòng phương tiện trước hoặc sau nút
- : Dòng phương tiện rẽ phải trong nút
- △-----△ : Dòng phương tiện đi thẳng trong nút
- : Dòng phương tiện rẽ trái trong nút

Hình 2.6: Biểu đồ tốc độ trung bình của các dòng xe trên nút nhóm III

Đà Nẵng:***Ngã tư Quang Trung - Lê Lợi (Nhóm IV), Hướng Quang Trung - Trần Phú***

P.vi Loại P.tiền	Trước nút			Trong nút			Ngoài nút
	10 m	10 m	10 m	Đi thẳng	Rẽ phải	Rẽ trái	
Dòng xe máy (Km/h)	21,80	16,30		24 m	16 m	20 m	30 m
Dòng xe đạp (Km/h)	12,80	10,12		11,85	12,90	10,50	13,05
Dòng xe con (Km/h)	21,70	15,52		17,35	17,15	14,65	22,05



- - - - - : Dòng phương tiện trước hoặc sau nút
 ○ - ○ - ○ : Dòng phương tiện rẽ phải trong nút
 △ - △ - △ : Dòng phương tiện đi thẳng trong nút
 □ - □ - □ : Dòng phương tiện rẽ trái trong nút

Hình 2.7: Biểu đồ tốc độ trung bình của các dòng xe trên nút nhóm IV

• Các đô thị trên biểu diễn tốc độ **trung bình** cho cả dòng xe con, xe máy và xe đạp vận động theo các hướng đi thẳng, rẽ phải, rẽ trái chỉ có tính chất đại diện. Hình dạng của các đường biểu diễn được vẽ minh họa cho quá trình vận động của các xe: giảm tốc trước khi vào nút, hoặc dừng hẳn lại xếp hàng trong hàng chờ khi gặp tín hiệu đỏ, khi có tín hiệu xanh thì khởi động tăng tốc đi với tốc độ trong nút rồi lại tăng tốc đi ra khỏi nút. Thực chất của quá trình thay đổi tốc độ của các xe trong dòng là đường cong, tuy nhiên quá trình thực nghiệm ở đây được chúng tôi thực hiện cho một dòng xe đông nên kết quả tính toán có được là giá trị trung bình. Kết quả tính toán thể hiện ở các bảng 2.3; 2.4; 2.5; 2.6.

Bảng 2.3 Tốc độ trung bình của dòng xe trên nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn nhóm I.

Phương tiện	Hướng đi thẳng V(km/h)			Rẽ phải V(km/h)	Rẽ trái V(km/h)
	Trước nút	Trong nút	Ngoài nút		
Xe máy	22-24	23-27	26-28	22-26	18-20
Xe đạp	13-15	12-14	14-16	12-15	11-13
Xe con	21-23	20-22	26-28	20-23	16-18

Bảng 2.4 Tốc độ trung bình của dòng xe trên nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn nhóm II.

Phương tiện	Hướng đi thẳng V(km/h)			Rẽ phải V(km/h)	Rẽ trái V(km/h)
	trước nút	trong nút	ngoài nút		
Xe máy	20-22	19-21	24-26	20-22	15-17
Xe đạp	13-15	12-14	14-16	13-15	11-13
Xe con	20-22	18-20	24-26	19-21	14-18

Bảng 2.5 Tốc độ trung bình của dòng xe trên nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn nhóm III.

Phương tiện	Hướng đi thẳng V(km/h)			Rẽ phải V(km/h)	Rẽ trái V(km/h)
	trước nút	trong nút	ngoài nút		
Xe máy	21-23	17-20	23-25	20-22	15-17
Xe đạp	12-14	11-13	12-14	12-14	10-12
Xe con	20-22	17-19	22-24	18-20	14-18

Bảng 2.6 Tốc độ trung bình của dòng xe trên nút điều khiển bằng tín hiệu đèn nhóm IV

Phương tiện	Hướng đi thẳng V(km/h)			Rẽ phải V(km/h)	Rẽ trái V(km/h)
	trước nút	trong nút	ngoài nút		
Xe máy	20-22	17-19	22-24	18-20	14-16
Xe đạp	12-14	11-13	12-14	11-14	10-12
Xe con	20-22	16-18	20-22	16-18	14-16

2.3.5.4 Ảnh hưởng của xe rẽ trái đến tốc độ trung bình của dòng xe.

• Quá trình nghiên cứu đặc trưng tốc độ chúng tôi nhận thấy: Tốc độ trung bình của dòng xe tới nút nói chung chịu ảnh hưởng nhiều của các luồng xe rẽ, đặc biệt là luồng xe rẽ trái. Khi tỷ lệ xe rẽ trái càng lớn tốc độ trung bình của dòng xe nói chung và của từng dòng phương tiện nói riêng càng giảm. Điều này thể hiện rõ rệt đối với các nút có không gian chật hẹp và thường xuyên ở trạng thái bão hòa, gần bão hòa như các nút thuộc nhóm III, IV và một số nút thuộc nhóm II.

- Kết quả thực nghiệm đối với các nút thuộc nhóm I và một số nút thuộc nhóm II có tỷ lệ xe rẽ trái không lớn: (8-12)%, mặt bằng nút khá lớn nên dòng rẽ trái thường tăng tốc rất nhanh khi tín hiệu xanh bắt đầu để tách ra khỏi dòng đi thẳng cùng chiều và ra khỏi nút trước khi dòng xe hướng ngược chiều (hướng đối diện) tới gọi là rẽ trái cắt mặt hay rẽ trái cướp đường (rẽ trái kiểu Indonesia), số còn lại đi chậm khi vào nút để đợi có khoảng trống (cửa sổ thời gian) mới tiến hành rẽ xe. Số xe rẽ trái cắt mặt không nhiều, khoảng dưới 30% tổng lượng xe rẽ trái. Tuy nhiên tâm lý của lái xe khi rẽ trái thường rất căng thẳng, vừa phải quan sát dòng xe của nhiều hướng vừa xử lý điều chỉnh chỉnh tốc độ cho phù hợp. Do vậy mà dòng rẽ trái có độ nguy hiểm lớn nhất và tốc độ trung bình nhỏ hơn so với dòng đi thẳng và rẽ phải khi qua nút. Dòng rẽ trái cũng phần nào làm giảm *tốc độ trung bình của dòng xe trong hàng chờ trước nút và trong nút.*

- Đối với các nút thuộc nhóm III, IV và một số nút thuộc nhóm II, tỷ lệ xe rẽ trái biến thiên trong khoảng rộng hơn (5 – 20)%, nhưng do mặt bằng nút không lớn, khả năng rẽ trái cắt mặt rất ít và khó thực hiện nên tốc độ trung bình của dòng xe nói chung bị ảnh hưởng rất lớn.

- Xây dựng quan hệ thực nghiệm giữa *tốc độ trung bình* của dòng xe với *tỷ lệ xe rẽ trái*:

Các nghiên cứu về quan hệ giữa “tốc độ và cường độ” trong lý thuyết dòng xe đã được nhiều tác giả trên thế giới cũng như các nghiên cứu gần đây của các tác giả nước ta đều chấp nhận là quan hệ tuyến tính có dạng như sau:[10], [13], [22], [31], [38].

$$V_{TB} = V_o - \alpha N \quad (2.3)$$

Trong đó V_{TB} là tốc độ trung bình của dòng xe, V_o là tốc độ trung bình lớn nhất của dòng có thể đạt được, N là lưu lượng của dòng xe (xe/giờ) và α là hệ số xét ảnh hưởng của tỷ lệ thành phần dòng xe hoặc tỷ lệ xe rẽ đến tốc độ trung bình của dòng xe.

Tổng hợp các kết quả thực nghiệm của cả 4 nhóm nút theo tỷ lệ xe rẽ trái ở các bảng 2.7 và bảng 2.8

Bảng 2.7 Tốc độ trung bình của dòng xe con và xe máy với tỷ lệ xe rẽ trái

Tỷ lệ xe rẽ trái, $p_{tr}^{xcqd}(\%)$	0	5	10	14	18	23
Tốc độ TB V_{TB}^{cg} (km/h)	30	27-28	23-25	21-23	17-18	14-16

Bảng 2.8 Tốc độ trung bình của dòng xe đạp với tỷ lệ xe rẽ trái

Tỷ lệ xe rẽ trái, $p_{tr}^{xcqd}(\%)$	0	5	10	14	18	23
Tốc độ TB V_{TB}^{xd} (km/h)	16	13-15	11,5-13	9,3 -11,5	8,4-10	7-9

Bằng phương pháp hồi quy toán học tổng bình phương nhỏ nhất chúng tôi thu được quan hệ giữa tốc độ trung bình của dòng xe trước nút và trong nút với tỷ lệ xe rẽ trái như sau:

1. Đối với dòng xe cơ giới (xe con và xe máy)

$$V_{TB}^{cg} = 30 - 0,76 p_{tr}^{xcqd} \quad (2.4)$$

2. Đối với dòng xe đạp

$$V_{TB}^{xd} = 16 - 0.37 p_{tr}^{xcqd} \quad (2.5)$$

Trong đó:

V_{TB}^{cg} ; p_{tr}^{xcqd} lần lượt là tốc độ trung bình của dòng cơ giới (xe con và xe máy); tỷ lệ xe rẽ trái của cả dòng xe đã được qui đổi về dòng thuần xe con ở trước nút cũng như trong nút.

V_{TB}^{xd} ; p_{tr}^{xcqd} lần lượt là tốc độ trung bình của dòng xe đạp; tỷ lệ xe rẽ trái của cả dòng xe đã được qui đổi về dòng thuần xe con ở trước nút cũng như trong nút .

2.3.5.5 Nhận xét về tốc độ dòng xe trên nút:

Vào các giờ cao điểm trong ngày, lượng xe qua nút rất đông và chủ yếu là xe máy và xe đạp; trong khi đó bề rộng nhánh dẫn và không gian của nhiều đoạn tuyến không đảm bảo nên thường xuất hiện dòng xe bão hoà và quá bão hoà, do đó mà tốc độ chung của dòng xe thường rất thấp khi qua nút.

Quá trình vận động của dòng xe vào nút diễn ra các trường hợp sau:

Trước nút: Khi các xe sắp tới vạch STOP nhưng thấy còn tín hiệu xanh thì lái xe thường tăng tốc để vào nút trước khi xuất hiện tín hiệu đỏ. Lúc có tín hiệu đỏ những xe chưa qua được vạch STOP thường có xu hướng đến trước vạch dừng xe sớm nhất. Xe máy có tốc độ lớn nên đến vạch dừng trước, xe đạp tới sau thì cố gắng chen lên đứng chung với dòng xe máy và trước đầu các xe con nên đã hạn chế đáng kể đến tốc độ chung của dòng xe khi bắt đầu vào nút, đối với những xe cách xa vạch dừng thì đi với tốc độ chậm để tránh việc dừng xe.

Trong nút: Dòng đi thẳng cũng khởi động tăng tốc nhanh khi có tín hiệu xanh, tuy nhiên nó bị cản trở bởi dòng rẽ trái cùng chiều và dòng rẽ trái hướng đối diện nên tốc độ của dòng xe vẫn còn ở mức thấp đặc biệt ở những nút không gian chật hẹp dòng xe đạt trạng thái bão hoà, hoặc gần bão hoà.

Dòng rẽ phải hầu như không bị ảnh hưởng bởi các dòng xe khác nhau khi qua nút đối với những nút có bề rộng nhánh dẫn hơn 2 làn, đối với các nút có bề rộng nhánh dẫn hẹp (không có làn rẽ riêng), dòng rẽ phải bị ảnh hưởng nhiều hơn. Tuy nhiên tâm lý của người lái xe thường thỏa mái và ít bị căng thẳng hơn nên tốc độ chung của dòng xe này thường cao hơn và mức độ nguy hiểm thấp hơn so với dòng đi thẳng và rẽ trái.

Theo kết quả quan trắc và tính toán ở Hà Nội và Đà Nẵng tại các nút giao nhau điều khiển bằng tín hiệu đèn như ngã tư Nguyễn Văn Linh - Hàm Nghi, Lê Duẩn - Ông Ích Khiêm, Đại Cồ Việt, Cửa Nam ... có bề rộng nhánh dẫn và không gian nút lớn nên tốc độ chung của dòng xe qua nút là khá lớn, đây là một trong những vấn đề cần xem xét khi thiết kế nút. Còn ở những nút giao nhau bởi những tuyến phố nhỏ có không gian nút và bề rộng nhánh dẫn chật hẹp như Lê Lợi - Quang Trung, Hùng Vương - Phan Châu Trinh, Tôn Đức Thắng - Quốc Tử Giám, Chùa Bộc - Trung tự,

Lê Duẩn - Nguyễn Khuyến... tốc độ dòng xe thường thấp hơn và thường xuyên xảy ra ùn tắc. Từ đó cho thấy muốn tăng tốc độ của dòng xe qua nút, tăng khả năng thông hành, tránh tình trạng ùn tắc quá mức thì cần thiết phải xem xét tới bề rộng nhánh dẫn và không gian nút một cách hợp lý.

2.4 NHẬN XÉT VÀ KẾT LUẬN

Thông qua việc nghiên cứu các đặc trưng của dòng xe trên nút điều khiển bằng tín hiệu đèn cho thấy cái nhìn bao quát về các đặc trưng của dòng xe như sau:

1. Thành phần của các phương tiện trong dòng xe. (bảng 2.2)

- Tỷ lệ xe ô tô gồm xe con, buýt, tải chiếm một tỷ lệ thấp từ (16 — 36)% đối với nhóm I, từ (7 -16)% đối với nhóm II, và từ (1- 9)% cho nhóm III, IV.
- Tỷ lệ xe hai bánh gồm xe máy và xe đạp chiếm tỷ lệ rất cao trong tổng dòng xe qua nút và chưa có dấu hiệu giảm trong thời gian tới. Trong đó tỷ lệ xe máy chiếm từ (65 - 85)%, tỷ lệ xe đạp chiếm từ (15-35)% đối với tất cả các nhóm nút I,II,III,IV.
- Xe rẽ trái trong các nút chiếm tỷ lệ không lớn (trừ các nút giao thông có tổ chức làn rẽ trái riêng), (8-12)% đối với các nút thuộc nhóm I và nhóm II và (5 – 23)% đối với các nút thuộc nhóm III và nhóm IV.

2. Lưu lượng của dòng xe trên các nhánh dẫn vào các giờ cao điểm và chiều dài hàng chờ trước nút:

Vào giờ cao điểm buổi sáng cũng như buổi chiều một số nút thường xuyên xuất hiện dòng bão hòa trong quá trình điều khiển, đặc biệt các nút thuộc nhóm III và nhóm IV ở Hà Nội còn xuất hiện nhiều lần dòng quá bão hòa dẫn đến ùn tắc giao thông. Chiều dài hàng chờ tới hơn 100m ở nhánh dẫn Tôn Đức Thắng (nút Tôn Đức Thắng - Quốc Tử Giám), hơn 150m ở nhánh dẫn Nguyễn Thái Học (nút Nguyễn Thái Học - Trịnh Hoài Đức).

3. Mật độ dòng xe, quãng thời gian và không gian giữa các xe trên nút.

- Trước nút: Các nút nhóm III, IV mật độ xe trong hàng chờ rất lớn và phụ thuộc vào bề rộng nhánh dẫn cũng như thành phần dòng xe: $q = (15-20) \text{ xe}/(20-25) \text{ m}^2$ tương ứng $1 \text{ xe}/(1.3 - 1.5) \text{ m}^2$.

Khoảng cách giữa các xe theo phương ngang từ (0.4 - 0.6)m, phương dọc từ (0.2-0.3)m các xe đứng sát nhau trên hàng chờ.

- Trong nút: Tốc độ trung bình của dòng xe được tăng lên, do đó quãng cách giữa các xe được nối dài ra, mật độ trung bình $q = (16-20) \text{ xe}/(30-35) \text{ m}^2$ tương ứng $1 \text{ xe}/(1.5-1.75) \text{ m}^2$ với nhóm III, IV và $q = (30-40) \text{ xe}/(70-100) \text{ m}^2$ đối với nhóm I, II.

Khoảng cách giữa các xe theo phương ngang từ (0.8 - 2.0)m; phương dọc từ (1.5-2.5)m đủ đảm bảo an toàn.

- Ngoài nút: $(8-12) \text{ xe}/30 \text{ m}^2$ với nhóm III, IV và $(15-20) \text{ xe}/(60-70) \text{ m}^2$ với nhóm I, II.

Khoảng cách giữa các xe tiếp tục được nối rộng ra, theo phương ngang từ (1.5 - 2.0)m; phương dọc lớn hơn 3.0m.

4. Sự thay đổi tốc độ trước khi vào nút, trong phạm vi nút và khi ra khỏi nút.

(Bảng 2.3, bảng 2.4, bảng 2.5, bảng 2.6)

Tốc độ trung bình của dòng các phương tiện có xu hướng chung là giảm dần theo thứ tự các nhóm nút từ nhóm I đến nhóm IV.

Trước nút:

Tốc độ trung bình của dòng xe ô tô và xe máy gần như nhau và đạt trị số $V_{XM} \approx V_{XC} = 20 - 23 \text{ km/h}$, dòng xe đạp $V_{XD} = 12-15 \text{ km/h}$ với tất cả các nút từ nhóm I, II, III và IV. Tốc độ trung bình của từng dòng các phương tiện cũng giảm dần theo tỷ lệ xe rẽ trái và theo tỷ lệ thành phần dòng xe.

Trong nút:

Tốc độ trung bình của dòng xe máy cao hơn tất cả các phương tiện khác ở cả ba hướng đi thẳng, rẽ phải, rẽ trái đối với tất cả các nhóm nút .

Ví dụ nhóm I: Hướng đi thẳng $V_{XM} = (23-27) \text{ km/h} > V_{XC} = (20-22) \text{ km/h}$

Hướng rẽ phải $V_{XM} = (22-26) \text{ km/h} > V_{XC} = (20-23) \text{ km/h}$

Hướng rẽ trái $V_{XM} = (18-20) \text{ km/h} > V_{XC} = (16-18) \text{ km/h}$

Tốc độ trung bình của dòng xe đạp xấp xỉ nhau ở cả ba hướng thẳng, phải, trái và đạt trị số $V_{XD} = 11-14 \text{ km/h}$ đối với tất cả các nút nhóm I, II, III, IV.

Tốc độ trung bình của các xe theo hướng rẽ trái thấp nhất tiếp đến hướng đi thẳng và hướng rẽ phải luôn ở mức cao hơn đối với các nút nhóm II, III và IV.

Ngoài nút:

Tốc độ trung bình của dòng xe máy và dòng ô tô xấp xỉ nhau trên từng nhóm nút, cao hơn tốc độ xe chạy trong nút nhưng giảm dần theo thứ tự từ nhóm

I-->II-->III-->IV.

Dòng rẽ trái có ảnh hưởng lớn đến tốc độ trung bình của dòng xe ở trước nút cũng như trong nút. Quan hệ này là tuyến tính.

Đối với dòng xe cơ giới (xe con và xe máy)

$$V_{TB}^{cg} = 30 - 0,76 p_{tr}^{xcqd} \quad (2.4)$$

Đối với dòng xe đạp

$$V_{TB}^{xd} = 16 - 0.37 p_{tr}^{xcqd} \quad (2.5)$$

Đây là cơ sở rất quan trọng để có các thông số nhằm phục vụ cho việc thiết lập một chương trình mô phỏng dòng xe trên nút giao thông từ đó đề xuất các phương pháp tính toán quy đổi các dòng xe, tính toán khả năng thông hành, tính toán điều khiển giao thông cũng như đánh giá trạng thái dòng xe...

Cụ thể là dòng xe nước ta chủ yếu là xe máy nên không thể áp dụng một cách thuần túy hệ số quy đổi về xe con tiêu chuẩn như dòng nhiều xe con ở các nước khác mà cần có sự cân nhắc, xem xét nhiều yếu tố trong các đặc trưng cơ bản của dòng xe trên nút ứng với điều kiện thực tế dòng xe hỗn hợp trong các đô thị lớn ở nước ta, mà đại diện là Hà Nội, Thành phố Hồ Chí Minh, Hải phòng và Đà Nẵng. Khi có được phương pháp quy đổi dòng xe và tính được khả năng thông hành thì sẽ đưa ra được ngưỡng ùn tắc và tính toán được thời gian chu kỳ đèn tối ưu, làm cơ sở cho việc thiết kế và tổ chức giao thông trên nút. Vấn đề này sẽ được trình bày kỹ ở chương 3.

Chương 3.

PHƯƠNG PHÁP LUẬN VÀ CÁC KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VỀ KHẢ NĂNG THÔNG HÀNH CỦA NÚT GIAO THÔNG ĐIỀU KHIỂN BẰNG TÍN HIỆU ĐÈN

3.1 CƠ SỞ PHƯƠNG PHÁP LUẬN

1. Khi nghiên cứu về KNTH và mức độ phục vụ của nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn, hầu như tất cả các tác giả trên thế giới đều tập trung nghiên cứu về **dòng bão hoà**. Các nghiên cứu này là cơ sở cho việc nghiên cứu xác định và đánh giá các hoạt động của nút được điều khiển bằng tín hiệu đèn. Các nghiên cứu gần đây nhất đều dựa trên sự phân tích chất lượng dòng xe trên các nhánh dẫn (hay nhóm làn) được xác định từ quan hệ giữa lưu lượng xe chạy trên nhánh dẫn V với dòng bão hoà S của nó được gọi là **hệ số bão hoà** : $X=V/S$, hay là **hệ số chịu tải của nhánh dẫn** [38],[55].

2. Trong quá trình nghiên cứu dù trên phương diện lý thuyết hay thực nghiệm mọi tính toán phân tích cuối cùng cũng lấy dòng xe thuần là xe con qui ước làm thước đo chuẩn. Đặc biệt khi nghiên cứu thực nghiệm về dòng xe tới nút giao thông, nhận thấy rằng với một dòng xe hỗn hợp thì việc tính toán dòng bão hoà cũng như các tính toán khác sau này cho nút nhất thiết phải đưa về thuần một loại phương tiện nào đó nhưng phải đảm bảo được các tính chất đặc trưng của dòng xe hỗn hợp, nghĩa là phải tìm ra hệ số quy đổi tương thích với các loại xe có khổ động học, kích thước, tính năng và tốc độ khác nhau về phương tiện đại diện này.

Đối với các nước phát triển thì dòng xe chủ yếu là dòng ô tô, các loại xe hai bánh và thô sơ khác chiếm tỷ lệ rất thấp, do vậy việc qui đổi dòng hỗn hợp về xe con qui ước để tiện cho các công việc tính toán thiết kế là lẽ đương nhiên.

Còn ở nước ta hiện nay nhất là trong các đô thị với xe hai bánh chiếm tỷ lệ lớn, việc đổi tất cả các loại xe về xe con qui ước thì phần nào sẽ tiện lợi cho việc thiết kế hình học và tổ chức giao thông trong nút. Tuy nhiên sự quy đổi này nhiều khi không đảm bảo tính trung thực của thực tế dòng xe vì không phản ánh được sự tương quan giữa các yếu tố như tốc độ, khổ động học, tính năng động ... Vì lẽ đó việc nghiên cứu tìm ra hệ số đổi xe phản ánh được tương quan giữa các xe trong dòng xe là thực sự cần thiết khi nghiên cứu về dòng xe hỗn hợp. *Như vậy cùng với việc nghiên cứu về dòng bão hoà cũng như khả năng thông hành của nút, đề tài cũng phải tiến hành song song những nghiên cứu về các hệ số qui đổi dòng xe phù hợp với các điều kiện làm việc của nút.*

3.2 KHÁI NIỆM VỀ DÒNG BÃO HOÀ,

3.2.1 Định nghĩa dòng bão hoà

Dòng bão hoà của một làn hay của nhánh dẫn là suất dòng xe lớn nhất có thể chạy qua vạch dừng xe trong suốt thời gian tín hiệu xanh.

Những kiến thức cơ bản về dòng bão hoà đã có từ những năm 1950 - 1960 đặc biệt trước đó đã được B.D. Greenshields nghiên cứu rất sớm từ năm 1947. Khái niệm về dòng bão hoà được diễn giải ở một số nước như sau:

+ Ở Mỹ [48],[49]: Dòng bão hoà là dòng mà các xe có thể chạy *liên tục không đổi* trên làn xe khi luôn luôn có xe chờ đèn xanh, tính bằng xe con đi thẳng /giờ xanh/ làn.

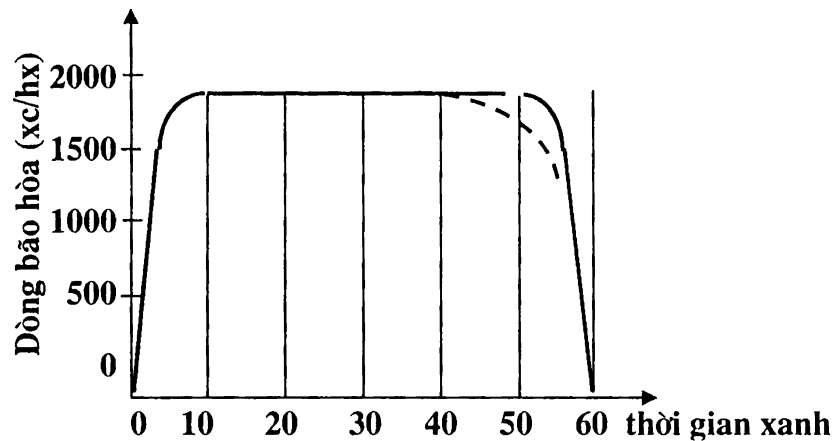
+ Ở Canada [48]: Dòng bão hoà là trị số *lưu lượng lớn nhất của hàng chờ tự tiêu tán trong thời gian xanh* từ vạch STOP của nhánh dẫn khi bắt đầu tín hiệu xanh, tính bằng xe con qui ước/ giờ xanh/làn.

+ Ở Úc [48]: Dòng bão hoà là dòng xe lớn nhất bắt đầu khởi hành *không đổi* từ vạch STOP trong suốt thời gian xanh, tính bằng xe con đi thẳng/ giờ xanh.

+ Ở Pháp [55]: Dòng bão hoà của nhánh dẫn của một nút điều khiển bằng tín hiệu đèn là số lượng xe lớn nhất có thể *sử dụng hết thời gian xanh* mà không bị ùn tắc, tính bằng xe con đi thẳng / giờ xanh.

+ Ở Trung quốc [18]: Quan niệm truyền thống về dòng bão hòa của một làn xe là số xe lớn nhất ở giờ cao điểm có thể thông qua *liên tục không gián đoạn* trong quãng thời gian đèn xanh có hiệu với giả định dòng xe chạy với cự ly trung bình gia quyền thích hợp.

Có thể nhận thấy rằng quan niệm về dòng bão hoà của các nước đều có chung một điểm là *số lượng xe lớn nhất có thể chạy liên tục, không đổi* vào nút trên các nhánh dẫn trong suốt thời gian xanh tuy rằng cách thể hiện có khác nhau thực chất là các xe thoát qua vạch dừng với một quãng cách thời gian không đổi tối thiểu. Có thể thấy rằng các quan niệm trên đều xuất phát trên cơ sở của đô thị qui ước ở hình 3.1.



Hình 3.1 : Quan niệm về dòng bão hoà

- Đường liền nét trên đồ thị chỉ ra quan niệm truyền thống cho rằng trị số lưu lượng dòng bão hoà từ vạch STOP không đổi trong hầu hết thời gian xanh, kinh nghiệm ở Canada đã chỉ ra rằng sự suy giảm dòng bão hoà chỉ bắt đầu xuất hiện ở giây thứ 30 - 50 sau khi bật đèn xanh [55].

Phân tích từ đồ thị chúng ta thấy rằng sau thời điểm bắt đầu xuất hiện tín hiệu xanh và sau thời gian tổn thất ban đầu (do phản ứng tâm lý, do khởi động...), dòng xe thoát qua vạch STOP với một *giá trị không đổi* gọi là lưu lượng bão hoà S, cho tới lúc dòng xe suy giảm hoặc lúc bắt đầu tín hiệu vàng, lượng suy giảm này cũng có thể là đột ngột ở tại thời điểm khi kết thúc tín hiệu xanh. Thời gian tổn thất do ngập ngừng ban đầu (một vài giây đầu tiên), lưu lượng dòng xe thấp hơn do các xe phải thực hiện các thao tác vào số, quan sát, tăng tốc để đạt tới tốc độ đi ở trong nút. Tổn

thất thời gian ở đầu và ở cuối pha xanh nhiều thì dòng xe chưa đạt trạng thái bão hoà.

Dòng bão hoà cũng có đầy đủ các khái niệm: Dòng bão hoà thực tế, dòng bão hoà tính toán và dòng bão hoà lý tưởng. Khi thiết kế nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn nói chung, chúng ta sử dụng trị số dòng bão hoà tính toán.

Việc xác định trị số dòng bão hoà thực tế trên các nhánh dẫn ở mỗi nơi có khác nhau về cách thức khảo sát, đo đạc.

Dòng bão hoà ở các nước có khác nhau về trị số và ngày nay vẫn luôn được nhiều tác giả quan tâm nghiên cứu, bởi chỉ cần một sự thay đổi nhỏ về giá trị của dòng bão hoà có thể dẫn tới một sự thay đổi khá lớn trong việc tính toán điều khiển. Cụ thể là dẫn tới thời gian chu kỳ đèn không hợp lý và kéo dài thời gian xanh không cần thiết gây ra sự lãng phí lớn trong quá trình điều khiển. Một yêu cầu đặt ra khi nghiên cứu về dòng bão hoà là phải luôn luôn tiếp cận đến những giá trị gần sát với dòng bão hoà thực tế trong những điều kiện thực.

Dòng xe trong nút giao thông có thể gặp hai trường hợp sau:

1. Khi lưu lượng dòng xe trên các nhánh dẫn (nhóm làn) vượt quá giá trị lưu lượng của dòng bão hoà (lưu lượng bão hoà) của chính các nhánh dẫn, lúc đó chúng ta sẽ có dòng quá bão hoà.
2. Khi lưu lượng dòng xe trên các nhánh dẫn nhỏ hơn giá trị lưu lượng của dòng bão hoà thì các nhóm làn hay nút giao thông làm việc ở một mức phục vụ nào đấy lúc này chúng ta có dòng chưa bão hoà.

Như vậy nghiên cứu về dòng bão hoà có một ý nghĩa quan trọng đối với việc nghiên cứu khả năng thông hành của nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn. Vì lẽ đó các nghiên cứu trong các tài liệu [48],[49],[55] đều khuyên rằng nên sử dụng trị số *lưu lượng bão hoà* đo được trực tiếp ngoài hiện trường hơn là sử dụng các giá trị mặc định cho trước trong một số tài liệu hoặc trong một vài chương trình tính toán.

Nói chung tất cả các nghiên cứu về dòng bão hoà ở các nước đều thừa nhận rằng có sự ảnh hưởng lớn của các *điều kiện đường, điều kiện giao thông và điều kiện tín hiệu*

tới trị số dòng bão hoà. Chính vì lẽ đó, tồn tại khái niệm dòng bão hoà lý tưởng và dòng bão hoà thực tế.

3.2.2. Dòng bão hoà lý tưởng.

Dòng bão hoà lý tưởng là dòng mà các xe có thể chạy liên tục trên làn xe trong suốt thời gian diễn ra tín hiệu xanh trong điều kiện lý tưởng về hình học, về dòng xe và về tín hiệu, ký hiệu là S_0 , đơn vị tính là xe con tiêu chuẩn đi thẳng/ giờ xanh/ làn.

Điều kiện lý tưởng ở nút giao thông được chấp nhận là:

Bề rộng một làn xe $B = 3,65$ m (12ft), lề đủ rộng; độ dốc dọc không đáng kể ($\leq 2\%$); không có siêu cao hoặc đường cong nằm; dòng là dòng xe con tiêu chuẩn (xctc) đi thẳng qua nút; không có chỗ và làn đỗ xe, không có trạm dừng xe buýt, không có bộ hành hoặc các yếu tố hạn chế khả năng thông hành khác; điều kiện thời tiết lý tưởng.

Trị số của dòng bão hoà lý tưởng ở một số nước như sau:

- Mỹ, Úc [48] $S_0 = 1900$ xctc/ h xanh / làn
- Canada, Áo [48],[56] : $S_0 = 1800$ xctc/ h xanh / làn
- Pháp [55] $S_0 = 1820$ xctc/h xanh /làn trong đô thị lớn
 $S_0 = 1650$ xctc/h xanh /làn trong đô thị nhỏ
 $S_0 = 3210$ xctc/ h xanh cho 2 làn 3.0m
 $S_0 = 4810$ xctc/ h xanh cho 3 làn 3.0m

Những năm gần đây ở Phần Lan có nghiên cứu của tác giả Niittymaki và Math Pursula về trị số dòng bão hoà lý tưởng và cho giá trị cao hơn một chút $S_0 = 1940$ xctc/ h xanh/ làn [44].

Để có cái nhìn tổng quát hơn về dòng bão hoà lý tưởng, có thể tham khảo giá trị dòng bão hoà của các tác giả trên thế giới ở bảng 3.1

Bảng 3.1 Kết quả nghiên cứu về dòng bão hòa trên thế giới

Nguồn: [44]

Stt	Tên nước	Giá trị dòng bão hoà (xecon / giờ xanh/ làn)		
		Điều kiện	Giá trị	Tác giả
1	Anh quốc	Lý tưởng	2080	Kimber 1986
2	Ba Lan	Lý tưởng	1890	Tracz,Tarko 1991
3	Canada	Max	1900	Teply 1991
4	Đức	Lý tưởng	2000	Brilon 1994
5	Hồng Kông	Lý tưởng	1895	Lam 1994
6	HCM 2000	Lý tưởng	1900	TRB 2000
7	Indonesia	Lý tưởng	600 xc/m rộng	Bang 1994
8	Israel	Lý tưởng	2176	Hakkert 1994
9	Lithuania	Max	2045	Noreika 1994
10	Nam tư	Lý tưởng	2290	Stanic 1994
11	Nam phi	Lý tưởng	1928	Stander 1994
12	Nhật	Lý tưởng	2000	Fujiwara 1994
13	Pháp	Lý tưởng	1820	Simon Cohen 1986
14	Phần lan	Lý tưởng	1940	Niittymaki,Pursula95
15	Úc	Max	2475	Troutbeck 1994
16	Úc	Lý tưởng	2000	Troutbeck 1994

Nhận xét: Sở dĩ có những kết quả khác nhau (tuy không lớn) là do quan niệm về điều kiện xây dựng mô hình tính toán có khác nhau ít nhiều: bề rộng làn xe 3,0m - 3,65m; xe thứ 2 thứ 3, thứ 4 hoặc xe thứ 5 trong hàng chờ vượt qua vạch dừng thì quá trình tiêu tán được coi là bắt đầu; quan niệm khác nhau khi một điểm qui định của xe: chống va trước hoặc trục trước hoặc trục sau hoặc chống va sau của xe thứ 2,3,4 hoặc thứ 5 vượt qua vạch dừng mới coi là bắt đầu quá trình tiêu tán. Như vậy có thể nói rằng việc xác định lưu lượng bão hoà của các tác giả ở các nước hầu như đều có chung một nguyên tắc xuất phát từ điều kiện lý tưởng (điều kiện

chuẩn tốt nhất). Về trị số của dòng bão hoà lý tưởng có thể coi như khác nhau không đáng kể và có thể xem đó là những giá trị chặn trên của khả năng thông hành của một làn xe trên nhánh dẫn.

3.2.3 Các yếu tố ảnh hưởng đến dòng bão hoà

Cũng như KNTH, hầu như tất cả các nghiên cứu về dòng bão hoà đều đặt vấn đề phải xét ảnh hưởng của nhiều yếu tố đến trị số dòng bão hoà về *điều kiện đường, điều kiện giao thông và điều kiện tín hiệu*. Trong đó phương pháp của các tác giả trong [49] là xét đầy đủ và chi tiết nhất các yếu tố ảnh hưởng, tuy nhiên cũng có thể thấy rằng tùy thuộc điều kiện cụ thể của từng giai đoạn nghiên cứu, của từng nút từng vùng mà có thể đơn giản bớt một số hệ số ảnh hưởng để tiện lợi cho việc tính toán cũng là hợp lý (các tác giả Nga, Anh, Tây Ban Nha và Ailen). Nhưng rõ ràng nghiên cứu của tất cả các tác giả đều xét ảnh hưởng của bề rộng làn xe cũng như số làn xe, tỷ lệ xe rẽ trong dòng và thành phần dòng xe.

3.2.4 Các phương pháp khảo sát dòng bão hoà

Hiện đang tồn tại 2 phương pháp khảo sát đo đặc cường độ dòng bão hoà.

Phương pháp thứ nhất dựa trên cơ sở xác định thời gian gián cách liên tục giữa các xe trong quá trình tiêu tán của các xe trong hàng chờ khi vượt qua một vạch được coi là chuẩn: vạch STOP, vạch bộ hành, vạch giới hạn nút... Các xe trong hàng chờ được xem là “dỡ tải” khi một điểm qui định của xe: chổng va trước, trục trước, trục sau hoặc chổng va sau vượt qua vạch chuẩn.

Phương pháp thứ hai là xác định số xe vượt qua vạch STOP trong một khoảng thời gian ngắn của thời gian xanh.

Thực chất việc xác định trị số dòng bão hoà của các nước đều đã phối hợp sử dụng cả hai cách khảo sát trên vì cuối cùng đều sử dụng quãng thời gian trung bình Δt giữa hai xe trong suốt thời gian xanh và kết quả không sai khác nhau nhiều nếu các thao tác đo đạc số liệu là hợp lý.

Việc khảo sát dòng bão hoà được thực hiện cho một làn đơn, các xe được xem là vượt qua vạch STOP khi các bộ phận chổng va trước vượt qua vạch (phương pháp vạch dừng xe).

1. Bấm thời gian tại thời điểm khi xe thứ nhất (sau khi đã xác định tồn thất thời gian ở đầu pha), thứ tư, thứ mười và xe cuối cùng của hàng chờ vượt qua vạch STOP (thường thì từ xe thứ 4 trở đi dòng bắt đầu ổn định)
2. Đo liên tục như thế cho nhiều chu kỳ khác nhau nhưng tối thiểu phải là 15 chu kỳ và nhiều hơn 8 xe trong hàng chờ mới đủ độ tin cậy cho chuỗi các số liệu.
3. Xác định tổng khoảng thời gian từ xe cuối cùng của hàng chờ đến xe thứ tư (4) và đến xe thứ mười (10).
4. Xác định *quãng* thời gian trung bình giữa các xe trong hai khoảng trên.
5. Xác định *quãng* thời gian trung bình nhỏ nhất trong hai *quãng* trung bình trên để tính trị số dòng bão hoà.

Ví dụ: Dòng xe tới trên một làn của đường dẫn tới nút (ngã tư) điều khiển bằng tín hiệu có các thông số như sau:

Khoảng thời gian xe thứ 4 vượt qua vạch kể từ lúc bắt đầu tín hiệu xanh: 10,2s

Khoảng thời gian xe thứ 10 vượt qua vạch kể từ lúc bắt đầu tín hiệu xanh: 28,6s

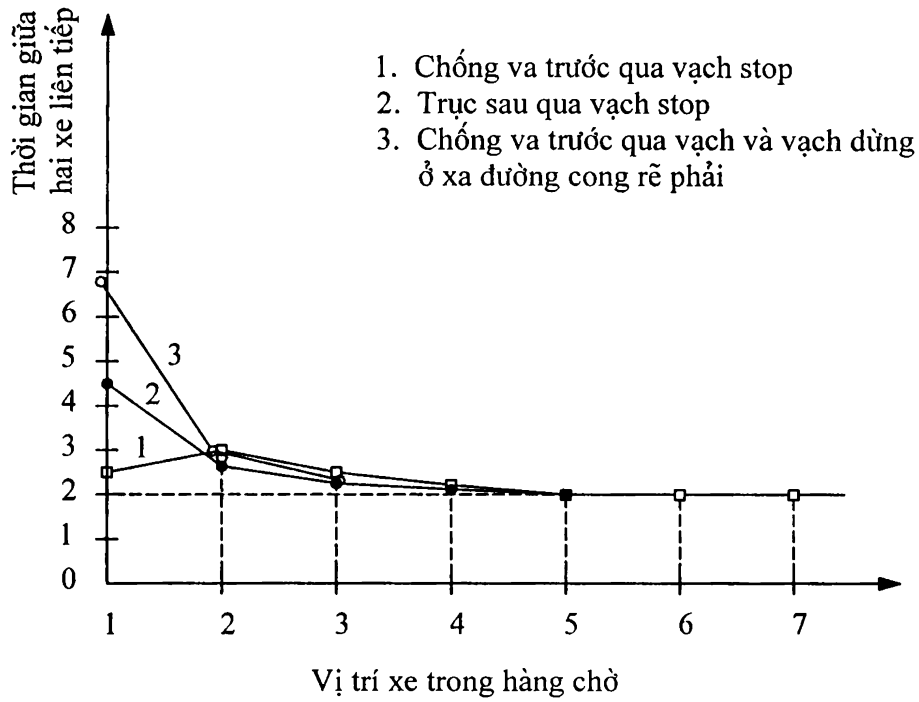
Khoảng thời gian xe cuối cùng thứ 14 vượt qua vạch kể từ lúc bắt đầu tín hiệu xanh: 36,5s. *Quãng* thời gian trung bình giữa các xe trong hàng chờ là:

$$\Delta t_1 = (36,5 - 10,2) / (14 - 4) = 2,6 \text{ s/xe}, \Delta t_2 = (36,5 - 28,6) / (14 - 10) = 1,975 \approx 2,0$$

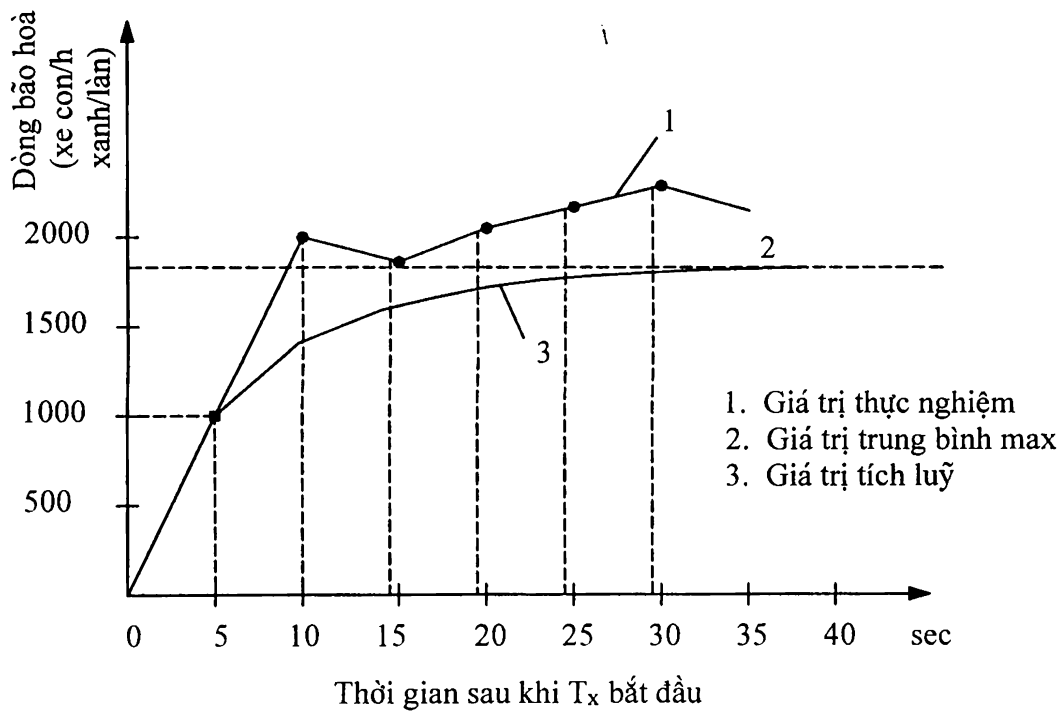
s/xe. Trị số dòng bão hoà là: $S = 3600 / \min(\Delta_1, \Delta_2) = 1800 \text{ xe/hxanh/làn}$

Cũng bằng kỹ thuật khảo sát như trên, B.D. Greenshields cho kết quả tính toán trị số dòng bão hoà $S = 1715 \text{ xe/hxanh/làn}$ ứng với $\Delta t = 2,1 \text{ s}$.

Phương pháp và kết quả khảo sát đo đạc dòng bão hoà được biểu diễn chi tiết trên hình 3.2 và 3.3 [44],[48].



Hình 3.2. Mô tả quá trình tiêu tán hàng chờ của dòng thuận ô tô



Hình 3.3. Các giá trị thực nghiệm, trung bình và tích lũy của dòng bảo hoà thuận ô tô

3.2.5 Một số nhận xét và kết luận:

1. Dòng bão hoà được nghiên cứu phục vụ việc tính toán khả năng thông hành của nút giao thông. Dòng bão hoà lý tưởng của dòng thuận xe con ở nhiều nước, theo nhiều phương pháp có trị số gần như nhau và đạt giá trị $S = (1800 - 2000)xecon/hxanh/làn$. Việc xác định dòng bão hoà của các tác giả ở các nước hầu như đều có chung một nguyên tắc xuất phát từ điều kiện lý tưởng (điều kiện chuẩn tốt nhất). Về trị số dòng bão hoà lý tưởng có thể coi như khác nhau không đáng kể và có thể xem đó là những giá trị chặn trên của khả năng thông hành của một làn xe trên nhánh dẫn.

2. Dòng bão hoà thực tế dùng với mục đích khác nhau được xác định thông qua dòng bão hoà lý tưởng cùng với việc xác định một loạt các yếu tố ảnh hưởng về điều kiện đường, điều kiện giao thông và điều kiện tín hiệu. Thông qua các nghiên cứu thực nghiệm ngoài hiện trường để xác định các hệ số ảnh hưởng f_i (xem 1.2.3.2). Cùng với việc nghiên cứu về dòng bão hoà cũng như khả năng thông hành của nút đề tài phải tiến hành song song những nghiên cứu về các hệ số qui đổi dòng xe phù hợp với các điều kiện của nút đặc biệt đối với dòng xe trong đô thị nước ta.

3. Phương pháp khảo sát dòng bão hoà ngoài thực tế cơ bản giống nhau ở các nước. Nhưng kết quả có khác nhau chút ít là do quan niệm về điều kiện xây dựng mô hình tính toán có khác nhau ít nhiều (xem 3.2.4 và bảng 3.1).

Xuất phát từ những hiểu biết về dòng bão hoà cho dòng xe thuận ô tô ở các nước, với điều kiện dòng xe hỗn hợp ở nước ta chúng tôi nhận thấy việc xác định khả năng thông hành (KNTH) của nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn thông qua dòng bão hoà theo phương hướng thực nghiệm là hoàn toàn có tính khả thi trong điều kiện hiện nay của ta.

3.3 CÁC KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM

3.3.1 Phương pháp chung về thực nghiệm đo đếm

Nguyên tắc chung: Về cách thức đo đạc cũng như khi thực nghiệm về các đặc trưng của dòng xe tới nút đã trình bày ở chương 2. Tuy nhiên khi nghiên cứu về dòng bão hoà chúng tôi đã tiến hành cụ thể như sau:

- Đánh dấu (phát hiện) xe cuối cùng trong hàng chờ khi tín hiệu xanh bắt đầu.
- Xác định chiều dài hàng chờ bằng cách đánh dấu vạch sơn, phấn trên mặt đường và vỉa hè, cứ 5m/ vạch.
- Dụng cụ đo : dùng đồng hồ bấm giây của Nga với độ chính xác 0,2s.
- + Khi bắt đầu tín hiệu xanh của chu kỳ thì bấm đồng hồ.
- + Cứ sau 2 giây xác định số lượng xe qua vạch STOP.
- + Cùng lúc xác định thời gian phản ứng tâm lý của người lái xe, tức là thời gian kể từ lúc tín hiệu xanh bắt đầu cho tới khi có xe đầu tiên vượt qua vạch STOP (trục sau xe qua vạch STOP).
- + Tiếp tục xác định số lượng xe cho tới khi hết tín hiệu xanh. Nếu đã hết tín hiệu xanh mà xe cuối cùng đã được đánh dấu của hàng chờ chưa qua vạch STOP thì phải thông báo cho người ghi biết rằng: "*Bão hoà ở cuối thời gian xanh, xe cuối cùng là xe thứ X*", lúc đó chúng ta sẽ có dòng bão hoà ứng với thời điểm cuối cùng của thời gian tín hiệu xanh còn nếu xe cuối cùng của hàng chờ đã qua vạch STOP mà vẫn còn tín hiệu xanh, tức là dòng bão hoà không tồn tại suốt thời gian xanh. Theo qui định chung của tất cả các nước kể cả ở nước ta, thời gian quan trắc để đo đạc ở đây được kể thêm thời gian tín hiệu vàng và gọi chung đó là thời gian xanh sử dụng $t_x^{sd} = t_x + t_v$ (sec) [8], [49], [53].

t_x : là thời gian tín hiệu xanh thực tế khi thiết kế (sec)

t_v : là thời gian tín hiệu vàng (sec)

- + Tất cả các số liệu đếm lượng xe qua vạch STOP theo từng khoảng thời gian từ 0s ÷ 2s; 2s ÷ 4s; 4s ÷ 6s ..., được ghi vào mẫu bảng và lưu lượng xe chạy trên nhánh dẫn có thể là lưu lượng bão hoà trong thời gian xanh có hiệu sẽ là số lượng xe tích lũy của các xe vượt qua vạch STOP.

Khi tổ chức quan trắc thực nghiệm ngoài hiện trường ở một số nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn thuộc 4 nhóm nút ở Hà Nội và Đà Nẵng chúng tôi nhận thấy có 2 trường hợp xảy ra:

1. Một số nút thường xuyên xuất hiện dòng bão hoà trong giờ cao điểm như: Nguyễn Khuyến - Lê Duẩn, Tôn Đức Thắng - Cát Linh, Đại cồ Việt - Kim liên, Giảng Võ, Cửa Nam, Vọng (khi chưa làm cầu vượt), Khâm thiên - Lê Duẩn, Thái Hà, Tôn Đức Thắng - Trịnh Hoài Đức ...

Dòng bão hoà trong trường hợp này, chúng tôi quan sát được *gần giống* như dòng bão hoà qui ước được biểu diễn trên *hình 3.1*

Đối với trường hợp này chỉ cần ghi nhận các giá trị thống kê cho tới hết thời gian xanh mà không cần xác định số lượng mẫu đo vì thời gian tín hiệu xanh luôn luôn không đổi trong các chu kỳ ở giờ cao điểm. Dòng bão hoà được chúng tôi phát hiện và đo đạc thông qua chiều dài hàng chờ trước nút giao thông và xe cuối cùng đã được đánh dấu chưa qua vạch STOP.

2. Các nút còn lại ít xuất hiện dòng bão hoà, những nút này tập trung khá nhiều ở các đô thị nhỏ hơn Hà Nội và Thành phố Hồ Chí Minh như Đà Nẵng là điển hình, mà mục đích ở đây là xác định số lượng xe qua vạch STOP theo từng khoảng thời gian 2s, 4s, 6s... kể từ lúc bắt đầu tín hiệu xanh trong mỗi chu kỳ đèn. Như vậy lượng xe đếm được là một trị ngẫu nhiên và lượng xe này cũng thay đổi ngẫu nhiên theo từng khoảng thời gian đo của từng chu kỳ khác nhau.

Dùng thống kê toán để qui hoạch thực nghiệm với số mẫu đo, với giả thiết phân bố số lượng xe trong từng thời điểm đo là tuân theo luật chuẩn và độ tin cậy $\alpha = 95\%$, suất đảm bảo cho phân phối $a = 50\%$ trở lên [8], [17].

Số lượng mẫu tối thiểu cho một tập mẫu là từ 30 - 40 mẫu (xem 2.3.3 và 2.3.5). Đại lượng cần đo ở đây là số lượng xe (số đầu xe vật lý qua vạch STOP) trong các khoảng thời gian rất ngắn là 2 giây, vì thế sai số Δ cho phép của phép đo phải là $\Delta < 1$ xe và sai số thông thường ở 5% ứng với giá trị trung bình của lượng xe qua vạch STOP trong thời gian 2 giây là $\Delta = 0,3$ xe, giá trị này hoàn toàn phù hợp với thực tế và có ý nghĩa đối với cả một tập hợp gồm nhiều mẫu đo.

- Từ đây với sự ghi nhận này chúng tôi đã tiến hành xử lý sơ bộ các số liệu đo và tính thử cho một số trường hợp được quan trắc và xác định được số lượng mẫu cần thiết cho một tập mẫu là :

Khi : $\Delta = 0,3$ xe $\sigma = 0,8$ xe $N = 30$

Khi : $\Delta = 0,3$ xe $\sigma = 0,9$ xe $N = 36$

Một phân bố ngẫu nhiên khi số lượng mẫu thử hơn 30 mẫu là đủ độ tin cậy để định dạng được phân bố đó là chuẩn hay không [28]. Như vậy trong điều kiện thực tế quan trắc thì số lần quan trắc số lượng xe qua vạch STOP theo từng khoảng thời gian cũng trùng với số lần xuất hiện pha xanh trên một hướng trong một giờ điều khiển từ 30 - 38 lần xuất hiện tín hiệu xanh. Vậy số lượng mẫu đo lượng xe qua vạch STOP là từ 30 - 36 mẫu trong một tập là hoàn toàn hợp lý.

Phương pháp xử lý số liệu.

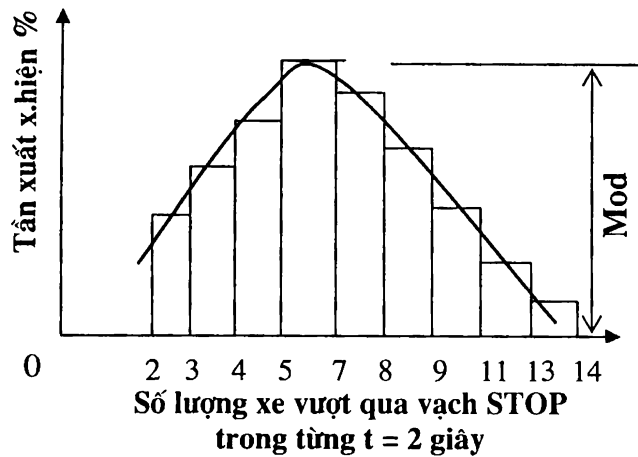
Trường hợp 1: Các nhánh dẫn xuất hiện dòng bão hoà trong thời gian xanh.

- Từ kết quả quan trắc chúng tôi nhận thấy : số lượng xe máy và xe đạp lớn nhất xếp hàng ngang trên mặt cắt ngang trước vạch dừng xe với mật độ khá cao là hơn 1 xe máy (hoặc 1 xe đạp) / 1m bề rộng.

- Trị số dòng bão hoà trên một số nhánh dẫn trong bảng 3.6 là giá trị trung bình số học của các lần quan trắc.

- Thực tế không phải lúc nào dòng bão hoà trên nhánh dẫn cũng xảy ra thường xuyên và liên tục. Vì vậy đối với những nút này chúng tôi vẫn tiến hành quan trắc số lượng xe trên các nhánh dẫn qua vạch STOP trong các khoảng thời gian ngắn (0-2)s, (2 - 4)s... cho các chu kỳ không bão hoà để làm cơ sở so sánh.

Trường hợp 2: Các nhánh dẫn không tồn tại dòng bão hoà trong suốt thời gian xanh. Trên cơ sở các số liệu mẫu quan trắc, cứ 2 giây một lần xuất hiện số xe lớn nhất của tập mẫu (mod) và được biểu diễn theo biểu đồ hình 3.4



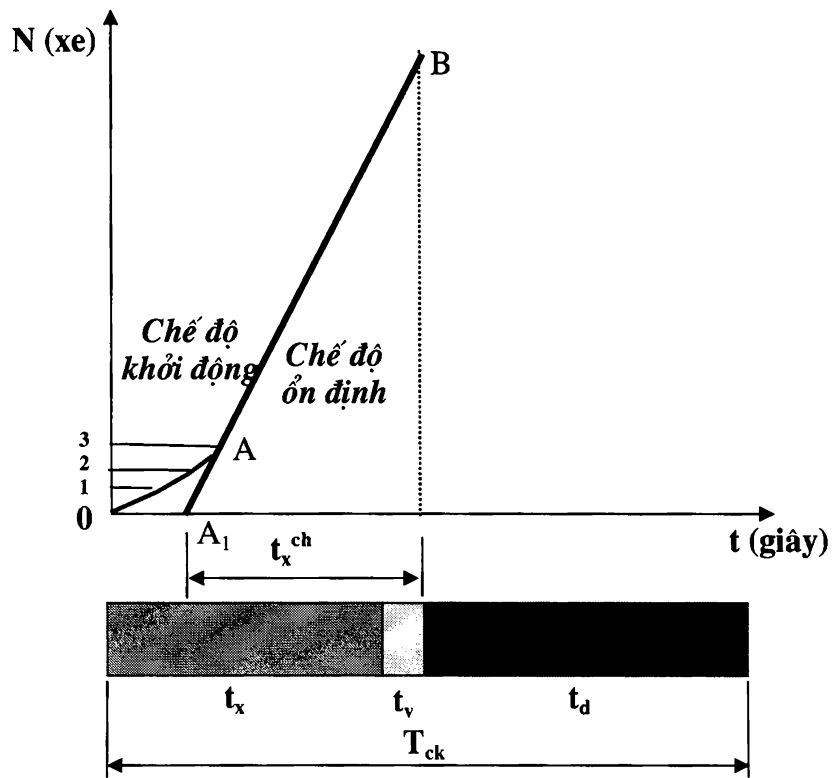
Hình 3.4 : Biểu đồ phân bố số xe qua vạch STOP trong từng khoảng thời gian 2 giây xanh.

Mục đích của việc thiết lập biểu đồ trên là nhằm tìm được lượng xe trung bình thoát qua vạch STOP trong từng khoảng thời gian 2 giây xanh kể từ khi bắt đầu bật đèn xanh cho tới cuối pha xanh để phục vụ cho việc tính toán dòng bão hòa trên nhánh dẫn.

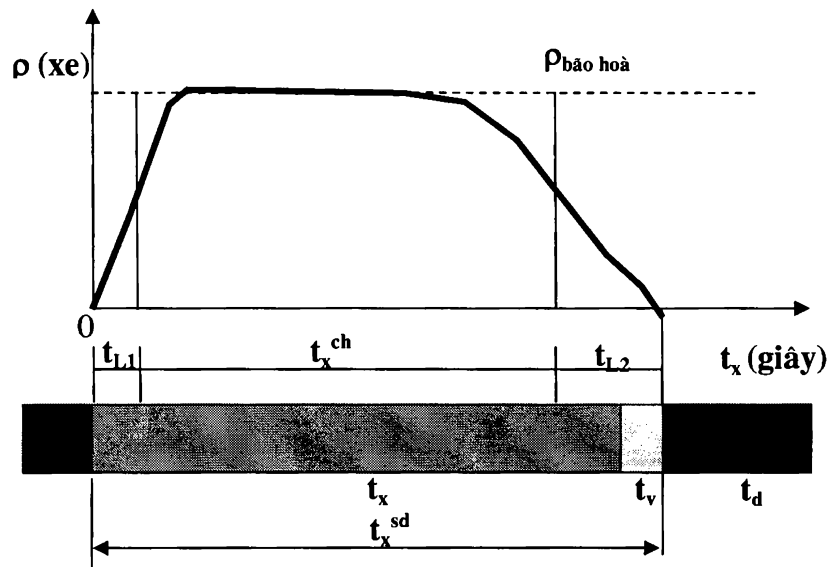
- Tiến hành nhóm lưu lượng xe (sau khi đã loại các sai số thô và sắp xếp các mẫu đo): khoảng chia là 01 xe.

- Giá trị Mod trên biểu đồ có thể lẻ nhưng được lấy chẵn (nguyên dương) về phía lớn hơn vì số đầu xe không thể là số lẻ .

Từ các giá trị Mod nhận được trong từng khoảng thời gian quan trắc trong pha xanh và đối chứng với mô hình mô phỏng về dòng bão hoà ở Cộng hòa Pháp của Simon COHEN [55] như hình 3.5, chúng tôi xây dựng được *biểu đồ quan hệ lưu lượng xe chạy qua vạch STOP thay đổi trong thời gian xanh của một chu kỳ đèn* trên hình 3.6.



Hình 3.5: Mô phỏng tổng quát dòng bão hoà thuần ô tô của Simon Cohen.



Hình 3.6 : Biểu đồ quan hệ giữa lưu lượng xe chạy qua vạch STOP và thời gian xanh trong 1 chu kỳ đèn.

Trong đó :

ρ_{bh} là trị số cường độ bão hoà xuất hiện trong thời gian xanh (xe)

t_x^{sd} là thời gian xanh sử dụng trong chu kỳ ; $t_x^{sd} = t_x + t_v$ (s)

t_x^{ch} là thời gian xanh thực sự có hiệu; $t_x^{ch} = t_x^{sd} - \Sigma t_L$ (s)

t_L là thời gian mất mát trong 1 pha xanh (s) (lost time; temps perdu)

t_x là thời gian xanh thực được thiết kế (s)

Đoạn OAB trên hình 3.5 là đường biểu diễn số lượng xe chạy tích lũy qua vạch STOP trong toàn bộ thời gian xanh. Đoạn OA tương ứng với số lượng xe qua vạch trong những giây đầu tiên - được gọi là chế độ khởi động. Sau chế độ này dòng xe ở chế độ ổn định và số lượng xe qua vạch nói chung có thể coi là tuyến tính với thời gian xanh. Như vậy đoạn OA_1 (AA_1 là phần kéo dài của BA) được coi là tổn thất thời gian ban đầu của pha xanh.

Kiểm tra giả thiết thống kê

Đại lượng ngẫu nhiên ở đây là lượng xe qua vạch STOP trong từng khoảng thời gian xanh phụ thuộc nhiều yếu tố như chúng ta đã biết, lượng xe này tập hợp xung quanh một giá trị trung bình và nhận hàm chuẩn là hàm mật độ phân phối nếu thoả mãn điều kiện: kiểm tra giả thiết thống kê.

Sự phù hợp giữa phân phối mẫu và phân phối giả thiết được kiểm tra bằng cách xác định tiêu chuẩn χ^2 (độ đo phân kỳ). Tra bảng tìm giá trị xác suất phù hợp. Nếu xác suất này đủ lớn ($>0,05$) thì xem như giả thiết ban đầu phân phối chuẩn là phù hợp.

Các kết quả tính toán thực nghiệm được trình bày trên hình 3.8; hình 3.9 (trang 87, 88) và phụ lục 2.

3.3.2 Nghiên cứu qui đổi dòng xe

3.3.2.1 Cơ sở lý thuyết

Có thể sử dụng 1 trong 5 phương pháp sau để qui đổi dòng xe hỗn hợp nhiều thành phần về dòng thuần như sau [8], [37]:

1. Phân tích năng lực thông hành của hai dòng xe, dòng xe thuần xe con tiêu chuẩn và dòng xe đang xét.
2. Phân tích quan hệ : Tốc độ - Cường độ của các dòng xe khác nhau với dòng xe con tiêu chuẩn trên cơ sở so sánh trị số tốc độ trung bình của hai dòng xe, từ đó xác định cường độ của mỗi dòng tương ứng.
3. Phân tích quãng cách giữa các xe tức là phân tích quãng thời gian và không gian giữa các xe chạy chậm và xe con tiêu chuẩn chạy liên tục trên cùng một làn xe, hay nói cách khác là so sánh khổ động học của các loại xe với xe con
4. So sánh mật độ của dòng xe hỗn hợp và mật độ của dòng xe con tiêu chuẩn trong điều kiện thuận lợi q_0

q_0 - xác định theo giả thiết B.D Greenshields bằng

$$q_0 = 0,5 q^i$$

Với q^i - mật độ dòng xe quan sát trên thực tế.

5. Phân tích cường độ của hai dòng xe lúc chất lượng có hiệu quả nhất, trạng thái này xác định bằng lúc có lượng xe vượt nhiều nhất.

Việc sử dụng phương pháp nào để qui đổi là phụ thuộc vào điều kiện đường, điều kiện giao thông và đối tượng nghiên cứu cụ thể. Sự hoạt động của dòng xe ở nút giao thông nước ta nói chung và ở nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn nói riêng quả thật là vô cùng phức tạp do vậy để có được các hệ số đổi xe đủ độ tin cậy chúng tôi sử dụng cả ba phương pháp đầu tiên (1,2 và 3) để có thể đối chiếu và so sánh với kết quả của các nước. Tuy nhiên việc so sánh quãng không gian giữa các xe ở đây là rất khó chính xác do vậy chúng tôi sử dụng việc so sánh **không gian động** giữa các xe là phù hợp với quan điểm tính toán dòng bão hòa cũng như KNTH thông qua bề rộng nhánh dẫn như đã trình bày. Để tiện lợi cho việc so sánh kết quả qui đổi dòng xe có thể tham khảo hệ số qui đổi của rất nhiều nước trên thế giới ở bảng 3.2.

Bảng 3.2. Hệ số quy đổi theo tiêu chuẩn của một số nước trên thế giới và nước ta

Nguồn: [3],[34], [41],[54],[56]

Stt	Tên nước	Xe con t.chuẩn	Tải nhẹ	Tải trung	Tải nặng	Xe buýt	Xe máy, Môtô	Xe đạp
1	Anh,	1.0	1.0	3.0 \	3.0	2.5	0.33-0.5	0.2-0.5
2	Ấn Độ	1.0	1.0	3.0	3.0	2.5	0.33-0.5	
3	CHLB Đức	1.0	1.0	2.0	2.0	2.0	0.3-0.5	0.25
4	Indonesia	1.0	2.0	2.5	3.0	3.0	1.0	
5	Malaysia	1.0	1.75	2.0	2.25	2.25	0.33	
6	Mỹ	1.0	2.0	2.0			0.5	0.3
7	Pháp	1.0	1.0	2.0	3.5	2.0	0.3 - 0.5	0.2- 0.3
8	Châu phi	1.0	1.0	2.0	3.5	2.0	0.3 - 0.5	0.2- 0.3
9	Nhật	1.0	1.0	1.75	1.75	1.75	0.33	0.2
10	Úc	1.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.0	
11	Canada	1.0	1.5	2.0	2.5	1.75	0.5 - 0.75	
12	Áo	1.0	1.0	2.0	3.5	2.0	0.5	
13	Bungari	1.0	1.0	2.5	3.0			0.5
14	Hà Lan	1.0	1.0	2.0	3.0		0.5	0.3-1.0
15	Na Uy	0.8-1.4	0.8-1.4	1.2	6.0	1.2- 6	0.3-0.7	
16	Tây Ban Nha	1.0	1.0	2.0	2.0	2.0		
17	Thụy Sĩ	1.0	1.0	2.0	10.0	2.0-10	0.5-10	0.1-1.0
18	CHLB Nga	1.0	1.5	2.0	3.5		0.5	0.3
19	TCVN 4054-98	1.0	1.5-2.0	2.5	3.0	2.5	0.3	0.2;0,3
20	20TCN104-83	1.0	2.0	2.5	3.5	2.0	0.5	0.3

Giá trị của các hệ số quy đổi ở bảng 3.2 cho thấy rằng hệ số đổi xe ở các nước không phải là một trị số cố định mà phụ thuộc vào tốc độ xe chạy, thành phần dòng xe, chất lượng đường sá và lưu lượng xe chạy.

3.3.2.2 Kết quả nghiên cứu

Đối với dòng xe ô tô : Quy phạm 20TCN - 104 - 83[3] là hợp lý, do đã xét tới từng loại tải trọng xe (chia ra từng cấp tải trọng) và gần với hệ số qui đổi ô tô ở các nước trên thế giới.

Đối với dòng xe đạp: Hiện nay lượng xe đạp vẫn còn chiếm đáng kể trong dòng xe (dù đã giảm nhiều) nên đã có nhiều tác giả nghiên cứu và đề nghị hệ số đổi ra xe con trên *đoạn đường phố*. [13]

$$\alpha = 0,12 - 0,2$$

Đối với dòng xe máy: Quá trình nghiên cứu chúng tôi nhận thấy nảy sinh một số vấn đề như sau.

Khi tính toán dòng bão hoà trên các nút giao thông cũng như tuyến phố chính của Hà Nội và Đà Nẵng với lượng xe máy từ 65 - 85%, xe đạp từ 15% - 35% tất cả được quy về xe con tiêu chuẩn thông qua việc sử dụng các hệ số đổi xe theo 20TCN 104-83, thông qua mức độ phục vụ Z đánh giá được hầu hết các tuyến đều ở trạng thái tắc xe tức là trị số $Z > 1$. Nhưng thực tế vẫn thông xe bình thường tuy nhiên tốc độ rất thấp. Điều này cho thấy sự quy đổi này chưa phản ánh đúng thực trạng dòng xe với lượng xe máy chiếm tỷ lệ cao hiện nay trong các đô thị nước ta. Đương nhiên xét về lâu dài thì dòng xe nước ta sẽ giống với dòng nhiều xe con ở các nước phát triển, thiết nghĩ thời gian cũng không dưới 15 năm nữa. Do vậy trong nghiên cứu này chúng tôi thống nhất đưa ra hai hình thức quy đổi, việc đổi về dòng xe con hay xe máy là tùy thuộc vào hai điều kiện sau: (xem điểm 4 tiểu mục 3.3.2.3, Nhận xét và kết luận)

Thứ nhất là thành phần dòng xe, mà chủ yếu là xét tỷ lệ ô tô trong tổng dòng qua nút.

Thứ hai là cấp đường giao nhau.

Tuy nhiên những trường hợp cụ thể quy đổi về dòng xe con hay dòng xe máy sẽ được xét sau khi có hệ số quy đổi của mỗi phương tiện, nhưng ở đây có thể thấy được những mặt tích cực và hạn chế của nó.

* Khi quy đổi tất cả dòng hỗn hợp về dòng xe máy qui đổi trên một số nhánh dẫn, điều này phản ánh đúng thực trạng dòng xe hiện nay trong đô thị nước ta, để từ đó

đưa ra các tiêu chuẩn khi thiết kế nút như: Bán kính rẽ xe, tầm nhìn, không gian trong phạm vi nút, bề rộng nhánh dẫn...được chăm chú chứ không cần các yêu cầu cao như đối với dòng xe con. Do vậy sẽ hạn chế việc giải phóng mặt bằng và đền bù giải tỏa, điều này là rất cần thiết trong đô thị do đất đai ở đây được sử dụng với hiệu suất rất cao.

Tuy nhiên cũng có những mặt hạn chế như phải có một quy trình quy định các tiêu chuẩn khi thiết kế nút đối với dòng xe máy và xét về lâu dài thì những quy định này có lẽ không còn giá trị cao do xe máy sẽ không còn chiếm ưu thế như hiện nay mà sẽ nhường chỗ cho dòng xe ô tô. Nhưng thiết nghĩ lý thuyết dòng xe là vấn đề rất cập nhật, do vậy việc ứng dụng nó vào điều kiện thực tế cho phù hợp cũng là điều nên làm .

* Khi quy đổi tất cả dòng hỗn hợp về dòng xe con, điều này hoàn toàn phù hợp với lý thuyết dòng xe hiện nay trên thế giới, từ đó chúng ta có thể tham khảo, áp dụng những kết quả nghiên cứu của các nước nhằm đảm bảo an toàn và nâng cao năng lực thông hành cho dòng xe qua nút. Nhưng như vậy sẽ có hạn chế như lãng phí trong việc đưa ra các tiêu chuẩn về kích thước hình học ở một số nút nội thành khi thiết kế như đã phân tích ở trên.

1. Đánh giá theo khả năng thông hành

Khi dòng xe tới nút cùng mức nói chung cũng như tới nút điều khiển bằng tín hiệu đèn đã được chúng tôi xem xét từ năm 1998, thông qua việc phân tích và so sánh khả năng thông hành của nhánh dẫn với các hệ số quy đổi xe máy về xe con khác nhau [30]:

$\alpha = 0,17 - 0,25$ khi vận tốc trung bình của dòng xe đạt (17 — 21) Km/h

$\alpha = 0,25 - 0,31$ khi vận tốc trung bình của dòng xe đạt (21 — 30) Km/h

Tương ứng tỷ lệ xe máy chiếm (65-75)%.

2. Đánh giá theo tốc độ trung bình của dòng xe

Chúng tôi đã tiến hành khảo sát, đo đạc trực tiếp và thông qua quay camera tại các nút giao thông điều khiển bằng đèn tín hiệu đèn gồm 10 nút ở Hà Nội và 4 nút ở Đà Nẵng (vào các giờ cao điểm tháng 08/2000, 05/2001, 03/2003, 12/2003 và tháng 01/2004 (phụ lục 1), sau đó xử lý bằng thống kê toán kết quả trình bày ở bảng 3.3.

Bảng 3.3. Tốc độ trung bình của các loại xe qua nút giao thông

Tên nút	$V_{xemáy}$	V_{xecon}	$V_{xedạp}$	$K_{xemáy} = 1.0$	$K_{xedạp} = \frac{V_{xd}}{V_{xm}}$	$K_{xecon} = \frac{V_{xc}}{V_{xm}}$
Hà Nội						
1. Đại Cồ Việt	21.25	20.95	13.05	1.0	0.61	0.98
2. Liễu Giai	20.10	19.65	12.70	1.0	0.63	0.98
3. Cửa Nam	19.65	18.70	12.50	1.0	0.64	0.95
4. Kim Liên - Chùa Bộc	17.85	16.20	11.50	1.0	0.65	0.91
5. Lê Duẩn - Ng. Khuyến	18.05	17.30	12.35	1.0	0.69	0.96
6. T.Đ.Thắng- Q Tử Giám	19.55	17.90	12.05	1.0	0.62	0.92
7. N.Thái Học - T.H.Đức	18.95	17.90	11.95	1.0	0.63	0.95
8. Khâm Thiên - Lê Duẩn	20.55	21.20	12.80	1.0	0.62	1.05
9. Tây Sơn - Thái Hà	21.20	19.70	13.30	1.0	0.63	0.93
10. Giảng Võ	20.05	19.15	12.68	1.0	0.63	0.96
Đà Nẵng						
11. Lê Duẩn - Ô. Ich Khiêm	19.20	18.55	12.55	1.0	0.65	0.97
12. Ng. V Linh - H. nghi	20.35	19.70	13.25	1.0	0.65	0.97
13. Quang Trung -L. Lợi	18.30	17.35	11.85	1.0	0.65	0.95
14. Hùng Vương- PC Trinh	18.15	16.50	11.45	1.0	0.63	0.91

Chú thích:

$V_{xemáy}$ là tốc độ trung bình của dòng xe máy chạy trong nút, km/h

V_{xecon} là tốc độ trung bình của dòng xe con chạy trong nút, km/h

$V_{xedạp}$ là tốc độ trung bình của dòng xe đạp chạy trong nút, km/h

$K_{xedạp}$ là hệ số tỷ lệ giữa tốc độ xe đạp với tốc độ xe máy

K_{xecon} là hệ số tỷ lệ giữa tốc độ xe con với tốc độ xe máy.

Kết quả:

$$V_{xecon} = (0.91 - 1.05) V_{xemáy} \approx 17- 21 \text{ Km/h}$$

$$V_{xedạp} = (0.61 \div 0.70) V_{xemáy} \approx 11 - 14 \text{ km/h}$$

3. Đánh giá thông qua không gian động.

Khái niệm về không gian động

- Không gian động của xe là khoảng không gian cần thiết để xe chuyển động một cách bình thường với tốc độ của mình mà không bị va chạm với các phương tiện khác, m^2 .

- Không gian động này phụ thuộc vào hai yếu tố là kích thước và tốc độ của xe, rõ ràng xe có kích thước càng lớn thì khoảng không gian để đảm bảo an toàn khi chuyển động của nó cũng lớn theo. Ngoài ra tốc độ xe chạy tỷ lệ thuận với không gian động này.

- Đối với các nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn với dòng xe hỗn hợp mật độ đông như ở các đô thị lớn nước ta, tốc độ trung bình của dòng xe tương đối thấp và *sự chênh lệch về tốc độ của xe ô tô với xe máy là không đáng kể*. Do vậy mà không gian động của các loại xe khi vào phạm vi nút cũng không yêu cầu lớn như khi đi ở ngoài đường phố.

Để có thể xác định hệ số quy đổi thông qua không gian động tác giả dựa trên hai cơ sở là lý thuyết xếp xe và thực nghiệm quan trắc thực tế ngoài hiện trường.

+ Phương pháp lý thuyết: Dùng phương pháp xếp xe của Zamakhaép, xác định bề rộng của dòng xe để xác định không gian động của xe vào nút.

+ Quan trắc thực nghiệm: Trên cơ sở kích thước, tốc độ trung bình, ảnh hưởng của các xe xung quanh của từng loại xe khi vận động trong nút thông qua một diện tích mặt đường .

Kết quả tính toán không gian động lý thuyết và thực tế được ghi trong *bảng 3.4* dưới đây.

Bảng 3.4. So sánh không gian động D theo lý thuyết và thực tế quan trắc:

Loại xe	D_{LT} (m ²)	Hệ số K_{lt}	D_{TTt} (m ²)	Hệ số $K_{th.tt}$
Xe máy	$D_{xm} = 19,16$	$K_{xm} = D_{xm}/D_{xm} = 1$	$D_{xm} = 7,31$	$K_{xm} = D_{xm}/D_{xm} = 1$
Xe con	$D_{xc} = 32,79$	$K_{xc} = D_{xc}/D_{xm} = 1,67$	$D_{xc} = 28,5$	$K_{xc} = D_{xc}/D_{xm} = 3,90$
Xe đạp	$D_{xd} = 12,85$	$K_{xd} = D_{xd}/D_{xm} = 0,67$	$D_{xd} = 5,28$	$K_{xd} = D_{xd}/D_{xm} = 0,72$

Chú thích:

D_{LT} , D_{TTt} : Không gian động của xe theo lý thuyết và thực tế trên nút.

D_{xm} là không gian động của xe máy, m²

D_{xc} là không gian động của xe con, m²

D_{xd} là không gian động của xe đạp, m²

Kết quả : Quan hệ giữa không gian động của các xe so với xe máy như sau:

Theo lý thuyết $D_{xm} : D_{xd} : D_{xc} = 1 : 0,67 : 1,67$

Theo thực tế quan trắc $D_{xm} : D_{xd} : D_{xc} = 1 : 0,72 : 3,90$

3.3.2.3 Nhận xét và kết luận

1. Khi qua nút dòng xe máy và xe con có tốc độ xấp xỉ nhau, sự chênh lệch tốc độ giữa xe máy và xe đạp cũng không lớn. Điều này cũng dễ hiểu bởi vì với một không gian nút hạn chế mà lượng xe thông qua rất nhiều nên các xe không thể đi với một tốc độ lớn như ở ngoài nút hay trên đường phố được, do đó sự ảnh hưởng tốc độ của xe máy đến xe con và ngược lại là không đáng kể, đây là cơ sở quan trọng thứ nhất để đưa ra hệ số quy đổi dòng xe.

2. Phân tích không gian động của các loại xe cho thấy sự chênh lệch kích thước giữa các phương tiện lúc này mới thực sự đáng kể, các xe cơ giới chiếm không gian lớn hơn khi qua nút nên tương đương với nhiều xe con. Đây là cơ sở quan trọng thứ hai

3. Tham khảo các hệ số quy đổi trong tiêu chuẩn của các nước trên thế giới và trong khu vực, tiêu chuẩn, quy phạm của nước ta như 20TCN 104 - 83, TCVN 4054 - 98, tổng hợp nhiều yếu tố trên kết hợp với đánh giá trực tiếp ảnh hưởng của các xe lẫn nhau khi qua nút, chúng tôi đề nghị hệ số quy đổi các phương tiện về xe con, hoặc về xe máy ở nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn như sau:

Bảng 3. 5. Kiến nghị các hệ số quy đổi dòng xe thực tế

Phương tiện	Hệ số quy đổi về dòng xe con quy đổi (xcqd)	Hệ số quy đổi về dòng xe máy quy đổi (xmqd)
Xe con	1.0	4.0 - 5.0
Xe đạp	0.20	0.8
Xe máy	0.2 - 0.25	1.0
Xe tải, buýt	theo 20TCN 104-83	theo 20TCN 104-83

4. Sử dụng hệ số này để quy đổi dòng xe về một phương tiện thuần là xe máy hay xe con và đánh giá tỷ lệ phần trăm của các phương tiện, sau khi quy đổi chúng tôi có các nhận xét:

Tất cả các nút được quan trắc ở Hà Nội và Đà Nẵng thì tỷ lệ xe ô tô sau khi quy đổi rất thấp, hầu như nhỏ hơn 15% tổng lượng xe qua nút và chủ yếu là ở các nhóm nút III và IV, ở Hà Nội quan trắc được 3 nút giao thuộc nhóm IV đều có lượng xe ô tô quy đổi chỉ chiếm từ 10 - 15%. Rõ ràng với một tỷ lệ xe ô tô như vậy thì sự ảnh hưởng của nó đối với dòng xe đạp và xe máy là không đáng kể. Ngoài ra các nút giao thông này nằm trong khu vực nội thị, dân cư sống hai bên đường phố rất đông đúc. Những nút này khi thiết kế dùng các tiêu chuẩn về kích thước hình học của dòng xe con thì sẽ rất tốn kém cho chi phí đền bù và tái định cư cho nhân dân xung quanh, nhưng yêu cầu về đảm bảo an toàn xe chạy và nâng cao năng lực thông hành không cần phải lớn như vậy vì dòng xe qua nút chủ yếu là xe máy và xe đạp.

Các nút thuộc nhóm I và II ở Hà Nội có lượng xe ô tô sau khi quy đổi chiếm tỷ lệ khá cao, phổ biến từ (16 - 36)% tổng lượng xe qua nút. Dùng các tiêu chuẩn về kích thước hình học của dòng xe con quy đổi để thiết kế nút là hợp lý, các tiêu chuẩn này đảm bảo an toàn và nâng cao năng lực thông hành cho dòng nhiều xe trên những tuyến này. Từ các nhận xét trên, chúng tôi kiến nghị sử dụng các hệ số đổi xe của *bảng 3.5* như sau:

• **Khi nút giao nhau giữa đường khu vực với đường khu vực (nhóm IV), hay giữa đường khu vực với đường phố chính cấp khu vực (nhóm III), có tỷ lệ xe ô tô nhỏ hơn 15% tổng lượng xe qua nút thì nên quy đổi dòng hỗn hợp về dòng xe máy.**

• Khi nút giao giữa các đường phố chính toàn thành với đường phố chính cấp khu vực (nhóm I), đường phố chính cấp khu vực với đường phố chính cấp khu vực (nhóm II) hay đường phố chính cấp khu vực với đường khu vực (nhóm III), có tỷ lệ ô tô chiếm trên 15% thì quy đổi dòng hỗn hợp về dòng xe con.

3.3.3 Nghiên cứu về dòng bão hòa

3.3.3.1 Công thức xác định

Dòng bão hòa thực nghiệm cũng như KNTH của nhánh dẫn nói chung trong cả 2 trường hợp bão hòa và chưa bão hòa được tính như sau:

$$\begin{aligned} S_{nd} &= N_2 \cdot \frac{3600}{t_x^{ch}} \\ P_{nd} &= S_{nd} \cdot \frac{t_x^{ch}}{T_{CK}} = N_2 \cdot \frac{3600}{T_{CK}} \end{aligned} \quad (3.1)$$

Trong đó: N_2 là trị số dòng bão hòa trong thời gian t_x^{ch} có hiệu đã được qui đổi ra xe thuần nhất hoặc là $(xcqđ/t_x^{ch})$ hoặc là $(xm qđ/t_x^{ch})$.

T_{CK} Chu kỳ đèn tín hiệu; giây

S_{nd} là dòng bão hòa thực nghiệm $(xcqđ/hxanh)$ hoặc $(xm qđ/hxanh)$

P_{nd} là KNTH của nhánh dẫn tính theo dòng bão hòa thực nghiệm $(xcqđ/h)$ hoặc $(xm qđ/h)$.

* Phương pháp xác định $t_x^{ch}(s)$ trong cả 2 trường hợp nhánh dẫn bão hòa và chưa bão hòa như sau.

Trên biểu đồ hình 3.6, diện tích giới hạn giữa trục hoành và đường cong biểu diễn chính là lượng xe thoát qua vạch STOP trong thời gian xanh trong một chu kỳ $N_2 = \rho_{bh} \cdot t_x^{ch}/2$ (ρ_{bh} là trị số lưu lượng bão hòa trong khoảng $t_x = 2s$), để xác định thời gian xanh có hiệu phải xác định được tổn thất thời gian trong một pha, tổn thất t_L có thể xác định thông qua việc qui đổi diện tích tương đương trên biểu đồ và tổng tổn thất là $t_L = t_{L1} + t_{L2}$ (giây).

t_{L1} là tổn thất thời gian lúc ban đầu khi bắt đầu tín hiệu xanh là sự tiếp tục của thời gian phản ứng tâm lý của lái xe và thời gian vào số tăng tốc của các xe trước vạch dừng, t_{L2} là tổn thất thời gian ở cuối pha xanh, tổn thất này phụ thuộc vào các

điều kiện cụ thể của từng nút và lưu lượng dòng xe tới cũng như thời điểm quan trắc (giờ cao điểm - mà dòng ổn định).

Để xác định tổn thất thời gian t_{L1} đối với dòng thuần ô tô ở Mỹ và Canada [49], [55] đã dùng phương pháp đo trực tiếp ngoài hiện trường bằng đồng hồ bấm giây và chỉ bắt đầu thống kê từ xe thứ 4 trở đi. *Theo hướng dẫn này tác giả đã xác định trị trung bình của $t_{L1} = (3.5 - 4.0)s$ thông qua phương trình đường hồi qui được xây dựng từ các số liệu trực tiếp quan trắc tại 5 nút giao thông ở thành phố Montréal Canada vào tháng 5/1998 (hình 3.7)[29] (các ảnh minh họa phụ lục 4). Tác giả Simon Cohen [55] ở Pháp thận trọng hơn, cho rằng dòng bão hoà chỉ được xem xét từ giây thứ 6 trở đi (hình 3.5) và chỉ tồn tại một vùng đủ rộng (hay một khoảng thời gian đủ lớn) để có một dòng bão hoà ổn định.*

Thông qua các số liệu quan trắc thực tế với dòng xe tới nút giao thông ở đô thị nước ta chúng tôi nhận thấy: *Khoảng thời gian ổn định của dòng bão hoà bắt đầu từ giây thứ 2 hoặc thứ 3 trở đi. Trong khoảng thời gian này hạn chế được những ảnh hưởng gây nhiễu (parasites) của dòng rẽ trái hoặc sự suy giảm lưu lượng xe ở cuối thời gian xanh (đường cong ở cuối thời gian xanh trên biểu đồ 3.6 sẽ bị thoải). Như vậy đối với dòng xe hỗn hợp trong các đô thị của nước ta mà chủ yếu là xe máy và xe đạp vận động trên cùng một bề rộng của nhánh dẫn vào nút sử dụng đèn điều khiển thì tổn thất thời gian ban đầu t_{L1} chắc chắn nhỏ hơn tổn thất thời gian t_{L1} đối với dòng thuần ô tô ở Mỹ, Canada và Pháp. Điều này xảy ra là do tính năng động hơn của động cơ xe máy và do thói quen lâu nay luôn phải đối đầu với một tình trạng giao thông có mật độ cao, phức tạp của chính người sử dụng phương tiện. Từ những nghiên cứu trên chúng tôi đề nghị tổn thất thời gian ở đầu pha $t_{L1} = 1 \div 2 (s)$.*

Hình 3.7. TÍNH TOÁN TỔN THẤT THỜI GIAN Ở ĐẦU PHA XANH CHO DÒNG THUẦN ÔTÔ Ở NGT ĐIỀU KHIỂN BẰNG TÍN HIỆU ĐÈN
Nhánh dẫn Rene Lévesque Nút Ren Lévesque - De la montagne (Montréal Canada)

Bề rộng làn xe trên nhánh dẫn : 3.5m

Tỷ lệ xe rẽ trái: <10%, Tháng 5 năm 1998

Thời gian chu kỳ : 64sec, thời gian xanh : 30sec, thời gian vàng 3sec.

Thời gian xanh (sec)	Số lượng xe tích lũy (xe)
0	0
2	0
4	1
5	1
7	2
9	3
12	4
14	5
16	6
18	8
20	8
22	9
24	10
26	11
28	11
30	13



Phương trình đường hồi qui: $Y=0.42t - 1,50$

Tổn thất thời gian đầu pha: $t_{L1}= 3,57s$

Giá trị t_{L2} được xác định trực tiếp trên các đồ thị xây dựng thực nghiệm khi tiến hành xác định thời gian xanh có hiệu. Kết quả xử lý số liệu về lưu lượng xe trên 30 nhánh dẫn của 16 nút giao thông thuộc 4 nhóm trên địa bàn hai thành phố Hà nội và Đà Nẵng được biểu diễn trên hình 3.8 ; 3.9 và các *bảng tính* 3.6; 3.7; 3.8; 3.9; và *phụ lục* 2.

Khoảng thời gian	Giá trị quan trắc	Số lần xuất hiện	Tần suất (%)	Tần suất tích lũy (%)	BIỂU ĐỒ XE QUA VẠCH STOP	
					NHÁNH DẪN : GIẢNG VỖ --> LÁNG HẠ	
					NÚT : GIẢNG VỖ	
(0-2) sec	2	2	3.92	3.92		
	3	5	9.80	13.73		
	4	10	19.61	33.33		
	5	13	25.49	58.82		
	6	11	21.57	80.39		
	7	7	13.73	94.12		
	8	2	3.92	98.04		
	9	1	1.96	100.00		
(20-22) sec	2	4	7.14	7.14		
	3	6	10.71	17.86		
	4	10	17.86	35.71		
	5	13	23.21	58.93		
	6	11	19.64	78.57		
	7	7	12.50	91.07		
	8	3	5.36	96.43		
	9	2	3.57	100.00		

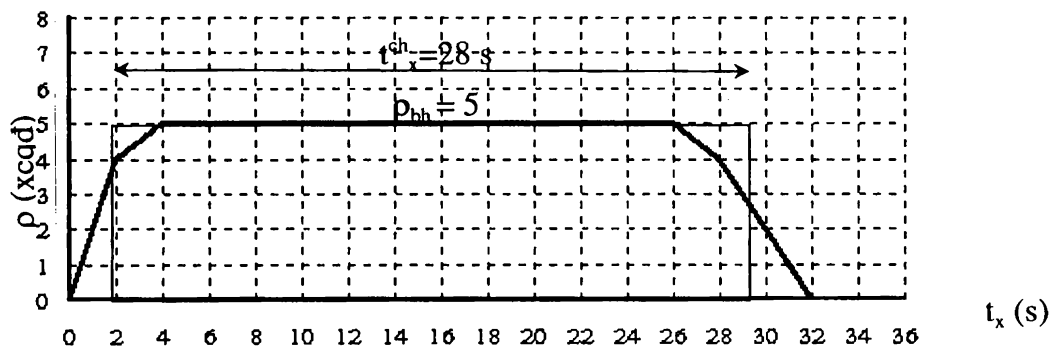
Hình 3.8 Kết quả thực nghiệm xác định lượng xe trung bình vượt qua vạch dừng trong khoảng 2s xanh.

NHÁNH DẪN : GIẢNG VÕ --> LÁNG HẠ

NÚT : GIẢNG VÕ

Lượng xe trung bình chạy qua vạch STOP trong từng khoảng thời gian 2s xanh

Δt_x	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
Xe	0	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	2	0	0



Hình 3.9. Biểu đồ thực nghiệm xác định lưu lượng bão hòa trong thời gian xanh

Lượng xe bão hòa N_2

$$N_2 = \rho_{bh} \times t_x^{ch} / 2 \quad (\text{xcqd}/t_x^{ch})$$

$$N_2 = 72 \quad (\text{xcqd}/t_x^{ch})$$

Bảng 3.6 Lượng xe trung bình và bão hòa trên các nhánh dẫn trong một chu kỳ đèn qui đổi về dòng xe con.

Stt	Tên nút - tên nhánh dẫn, bề rộng nhánh dẫn; m	t_x^{ch}/T_{CK}	N_1	N_2
1	<u>Đại Cồ Việt</u> N. dẫn Cửa Nam ---> Vọng 9,0m	28/60	53	58
	N. dẫn Đại Cồ Việt ---> Kim Liên 15,0m	28/60	79	112
2	<u>Ngã Tư Vọng</u> Hướng Vọng ---> Kim Liên 12,5m	27/58	72	76
3	<u>Khâm Thiên - Lê Duẩn</u> N. dẫn Lê Duẩn --> Kim Liên; 14,0m	26/54	75	80
	N. dẫn Khâm Thiên --> Ng. Th Hiệp; 7,8m	26/54	42	41
4	<u>Cửa Nam</u> N. dẫn Tràng Thi --> Đ. Biên; 10,0m	27/56	48	67
	Đ. dẫn Hàng Bông --> Cửa nam; 8,0m	27/56	37	45
5	<u>Giảng Võ</u> N. dẫn Giảng võ --> Láng hạ; 11,0m	28/60	64	72
	N. dẫn Cầu giấy --> Ô Chợ dừa; 8,0m	28/60	55	55
6	<u>Tây Sơn - Thái Hà</u> N. dẫn Tây Sơn --> Ng. Tư Sở; 11,0m	28/58	49	63
	N. dẫn Thái Hà --> Chùa Bộc; 10,5m	28/58	50	62
7	<u>Liễu Giai</u> Hướng đi Cầu Giấy; 9,9m	24/52	41	56
	Hướng đi Kim Mã; 10,0m	24/52	48	58
8	<u>Trinh Hoài Đức - Ng. Thái Học</u> N. dẫn Ng. Thái Học ---> Cửa Nam; 8,0m	30/62	61	60

Bảng 3.7 Lượng xe trung bình và bão hòa trên các nhánh dẫn trong một chu kỳ đèn qui đổi về dòng xe máy.

Stt	Tên nút - tên nhánh dẫn	t_x^{ch}/T_{CK}	N_1	N_2
1	<u>Tôn Đức Thắng - Quốc tử Giám</u>			
	N. dẫn Quốc tử Giám; 4,5m	27/63	92	98
	N. dẫn Tôn Đ Thắng --> N. Tư Sở; 8,0m	29/63	169	170
	N. dẫn Tôn Đ Thắng --> Cửa Nam; 8,0m	29/63	146	172
2	<u>Chùa Bộc - Trung tự</u>			
	N. dẫn Chùa Bộc ; 8,0m	29/62	145	167
	N. dẫn Trung Tự; 5,5m	29/62	130	128
3	<u>Hai Bà Trưng - Ng Khuyến</u>			
	N. dẫn Nguyễn Khuyến; 4,6m	27/58	121	91
	N. dẫn Hai Bà Trưng; 10,0m	27/58	179	212
4	<u>Quang Trung - Lê Lợi</u>			
	N. dẫn Quang Trung; 5,2m	22/48	32	101
5	<u>Lê Duẩn - Lê Lợi</u>			
	N. dẫn Lê Duẩn --> Trần Phú; 7,2m	24/52	57	138
	N. dẫn Lê Lợi ---> Nhà Hát T. Vương, 5,4m	24/52	46	125
6	<u>Lê Duẩn - Ô ích Khiêm</u>			
	N. dẫn Lê Duẩn --> Trần Phú; 7,2m	24/52	51	138
	N. dẫn Ông ích Khiêm - Chợ Cồn; 5,0m	24/52	44	112
7	<u>Hùng Vương - Phan C. Trinh</u>			
	N. dẫn Hùng Vương --> T. Phú; 5,0m	24/52	35	92
	N. dẫn Phan C Trinh; 5,4m	24/52	37	92
8	<u>Nguyễn Văn Linh- Hàm Nghi</u>			
	N. dẫn Ng Văn Linh --Phi Trường; 10,0m	24/50	65	186
	N. dẫn Lê Đình Lý; 7,2m		52	138

Chú thích:

N_1 là lượng xe trung bình qua vạch STOP trong thời gian xanh có hiệu; ($xcqđ/t_x^{ch}$)

N_2 là xe bão hòa qua vạch STOP trong thời gian xanh có hiệu; ($xcqđ/t_x^{ch}$)

Bảng 3.8 Dòng bão hòa và KNTH thực nghiệm trên các nhánh dẫn (B=7-15m) khi đổi tất cả các phương tiện về dòng xe con qui đổi

TT	Tên nút, tên nhánh dẫn, bề rộng nhánh dẫn; m	$N_2(\text{xcqđ}/t_x^{\text{ch}})$	$t_x^{\text{ch}}/T_{\text{CK}}$ (sec)	$S_{\text{nd}}(\text{xcqđ/hx})/P_{\text{nd}}(\text{xcqđ/h})$
1	<u>Dai Cô Việt</u> N. dẫn Cửa Nam --> Vọng; 9,0m	58	28/60	7457/3480
	N. dẫn Đ. Cô Việt --> K.Liên; 15,0m	112	28/60	14400/6720
2	<u>Ngã Tư Vong</u> N.dẫn Giải Phóng --> K.Liên; 12.5m	76	27/58	10134/4718
3	<u>Khâm Thiên - Lê Duẩn</u> N. dẫn Lê Duẩn --> K.Liên; 14.0m	80	26/54	11076/5334
	N. dẫn K.thiên --> Ng. T Hiền; 7.8m	41	26/54	5677/2734
4	<u>Cửa Nam</u> N. dẫn Tràng Thi -->Đ.Biên;10.0m	67	27/56	8934/4308
	N. dẫn Hàng Bông--> C.Nam;8.0m	45	27/56	6000/2893
5	<u>Giảng Võ</u> N dẫn G. Võ --> Láng hạ; 11.0m	72	28/60	9258/4320
	N.dẫn Cầu giấy --> Ô Chợ dừa; 8.0m	55	28/60	7072/3300
6	<u>Tây Sơn - Thái Hà</u> N. dẫn Tây Sơn --> Ng. Tư Sở;11.0m	63	28/58	8100/3910
	N. dẫn Thái Hà --> Chùa Bộc;10.5m	62	28/58	7972/3849
7	<u>Liễu Giai</u> Hướng đi Cầu Giấy; 9.9m	56	25/52	8064/3877
	Hướng đi Kim Mã; 10.0m	58	24/52	8700/4015
8	<u>Trình Hoài Đức - Ng. Thái Học</u> N. Dẫn Nguyễn T Học --> Cửa Nam 8.0m	60	30/62	7200/3484

Bảng 3.9 Dòng bão hòa và KNTH thực nghiệm trên các nhánh dẫn (B= 4-10m) khi đổi tất cả các phương tiện về dòng xe máy qui đổi

TT	Tên nút, tên nhánh dẫn, bề rộng nhánh dẫn; m	N_2 (xmqđ/ t_x^{ch})	t_x^{ch}/T_{CK} (sec)	$S_{nd}(xmqđ/hx)/$ $P_{nd}(xmqđ/h)$
1	<u>Tôn Đức Thắng - Quốc tử Giám</u>			
	Quốc tử Giám--> Cát linh; 4.5m	98	27/63	13066/5600
	Tôn Đ Thắng --> N. Tư Sở; 8.0m	170	29/63	20979/9715
	Tôn Đ Thắng --> Cửa Nam; 8.0m	172	29/63	21352/9829
2	<u>Chùa Bộc - Trung Tự</u>			
	N. dẫn Chùa Bộc ; 8.0m	167	29/62	20731/9697
	N. dẫn Trung tự; 5.5m	128	29/62	15890/7432
3	<u>Hai Bà Trưng - Ng Khuyến</u>			
	N. dẫn Nguyễn Khuyến; 4.6m	91	27/58	12134/5649
	N. dẫn Hai Bà Trưng; 10.0m	212		28415/13718
4	<u>Quang Trung - Lê Lợi</u>			
	N. dẫn Quang Trung; 5.2m	101	22/48	16528/7575
5	<u>Lê Duẩn - Lê Lợi</u>			
	N. dẫn Lê Duẩn --> Trần Phú; 7.2m	138	24/52	20700/9554
	N. dẫn Lê Lợi --> N.H. Vương; 5.4m	125	24/52	18750/8654
6	<u>Lê Duẩn - Ô ích Khiêm</u>			
	N. dẫn Lê Duẩn --> Trần Phú; 7.2m	138	24/52	20700/9554
	Ông ích Khiêm --> Chợ Cồn; 5.0m	112	24/52	16800/7754
7	<u>Hùng Vương - Phan C. Trinh</u>			
	N. dẫn Hùng Vương --> T. Phú; 5.0m	92	24/52	13800/6370
	N. dẫn Phan C Trinh; 5.4m	92	24/52	13800/6370
8	<u>Nguyễn Văn Linh- Hàm Nghi</u>			
	N. dẫn Nguyễn Văn Linh; 10.0m	186	24/50	27900/13392
	N. dẫn Lê Đình Lý; 7.2m	138		20700/9936

3.3.3.2 Nhận xét và Kết luận:

1. Dòng bão hoà thực nghiệm được tính cho cả hai trường hợp: Nhánh dẫn bão hoà và chưa bão hoà theo công thức (3.1). Thời gian xanh có hiệu được xác định thông qua tổng tổn thất thời gian trong pha, tổn thất thời gian ở đầu pha được xác định thông qua phân tích, quan trắc thực nghiệm các xe đầu hàng chờ tới nút thoát qua vạch dừng và sự ổn định của dòng bão hoà thuận xe con ở các nước, giá trị $t_{L1} = (1-2)s$, tổn thất thời gian ở cuối pha được tính cụ thể theo số liệu của từng nút.

2. Các nút thuộc nhóm I, II có tỷ lệ xe ô tô chiếm trên 15% thì dòng bão hoà được qui đổi về ô tô có đơn vị $xcqđ/h$ xanh. Các nút thuộc nhóm III, IV có tỷ lệ xe ô tô chiếm nhỏ hơn 15% thì dòng bão hoà được qui đổi về xe máy và theo đơn vị $xmqđ/h$ xanh. Hệ số qui đổi theo bảng 3.5

3. Đối với dòng xe hỗn hợp, dòng bão hoà bị ảnh hưởng khá lớn của bề rộng nhánh dẫn và tỷ lệ với bề rộng này. Như vậy kết quả tính toán dòng bão hoà cũng như KNTH là có điều kiện:

Những nút có bề rộng nhánh dẫn $B = 7(8) - 10m$ $P_{nd} = (2734 - 3867)xcqđ/h$

Những nút có bề rộng nhánh dẫn $B = 10 - 15,0m$ $P_{nd} = (3867 - 6720)xcqđ/h$

Tương ứng với $P = (1290 - 1350) xmqđ/h/làn$

Những nút có bề rộng nhánh dẫn $B = 4 - 7m$ $P_{nd} = (5600 - 9554) xmqđ/h$

Những nút có bề rộng nhánh dẫn $B = 7 - 10m$ $P_{nd} = (9554 - 13718)xmqđ/h$

Như vậy: Khả năng thông hành của nhánh dẫn đến nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn của dòng hỗn hợp trong điều kiện giao thông đô thị nước ta lớn hơn KNTH của nhánh dẫn tới nút của dòng hỗn hợp ở các nước cụ thể là:

$P=(1290 - 1350)xcqđ/h/làn$ so với $P=(900 -1200)xcqđ/h/làn$ ở Nga, Trung quốc, Mỹ, Pháp...

3.4 XÂY DỰNG PHẦN MỀM MÔ PHỎNG SỰ HOẠT ĐỘNG CỦA DÒNG XE Ở NÚT GIAO THÔNG ĐIỀU KHIỂN BẰNG TÍN HIỆU ĐÈN

3.4.1 Đặt vấn đề

Trong quá trình thực hiện các nghiên cứu về một số vấn đề của nút giao thông đô thị nhất là khi nghiên cứu về *khả năng thông hành và đánh giá trạng thái dòng xe* của nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn, chúng tôi nhận thấy việc tổ chức nghiên cứu theo hướng thực nghiệm kết hợp phân tích các quan hệ giữa các đặc trưng của dòng xe tới nút đồng thời xét ảnh hưởng của điều kiện đường, điều kiện giao thông và điều kiện tín hiệu đến KNTH là hoàn toàn có tính khả thi hiện nay. Tuy nhiên quá trình nghiên cứu phải thực hiện một khối lượng rất lớn các thực nghiệm quan trắc, đo đếm ngoài hiện trường về tất cả các đặc trưng của dòng xe ứng với các điều kiện đường, điều kiện giao thông và điều kiện tín hiệu khác nhau rất phức tạp. Phải tốn rất nhiều công sức và thời gian mà nhiều khi kết quả thu được có độ tin cậy không cao, không tổng quát. Vì vậy để khắc phục được những nhược điểm trên, một phần mềm *mô phỏng và tính toán* quá trình hoạt động của dòng xe trên nút ứng với các điều kiện khác nhau đã được chúng tôi xây dựng. Phần mềm này được chúng tôi đặt tên là **TRAFFIC BRAIN**, được viết trên ngôn ngữ MS Visual C++ chạy trong môi trường Windows .

3.4.2 Thiết kế chương trình

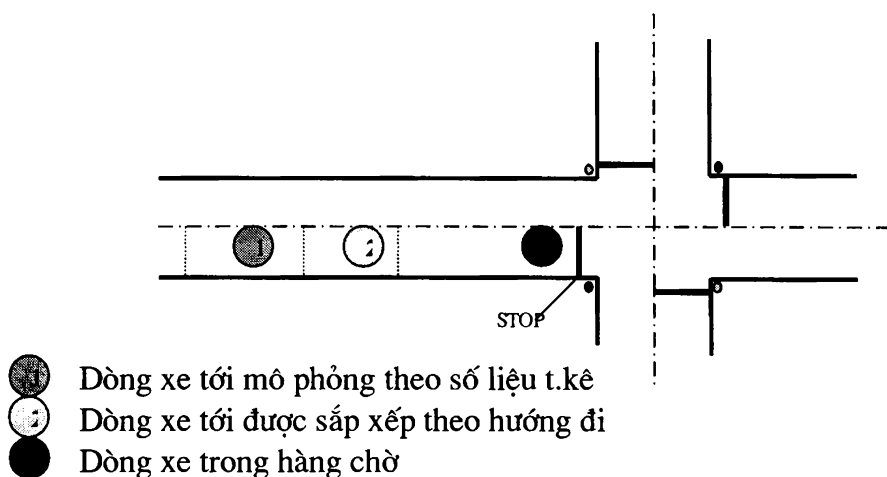
3.4.2.1 Sơ đồ khối tổng quát.

Hình 3.10 Minh hoạ cách tổ chức dòng xe trên nhánh dẫn để t. kế chương trình

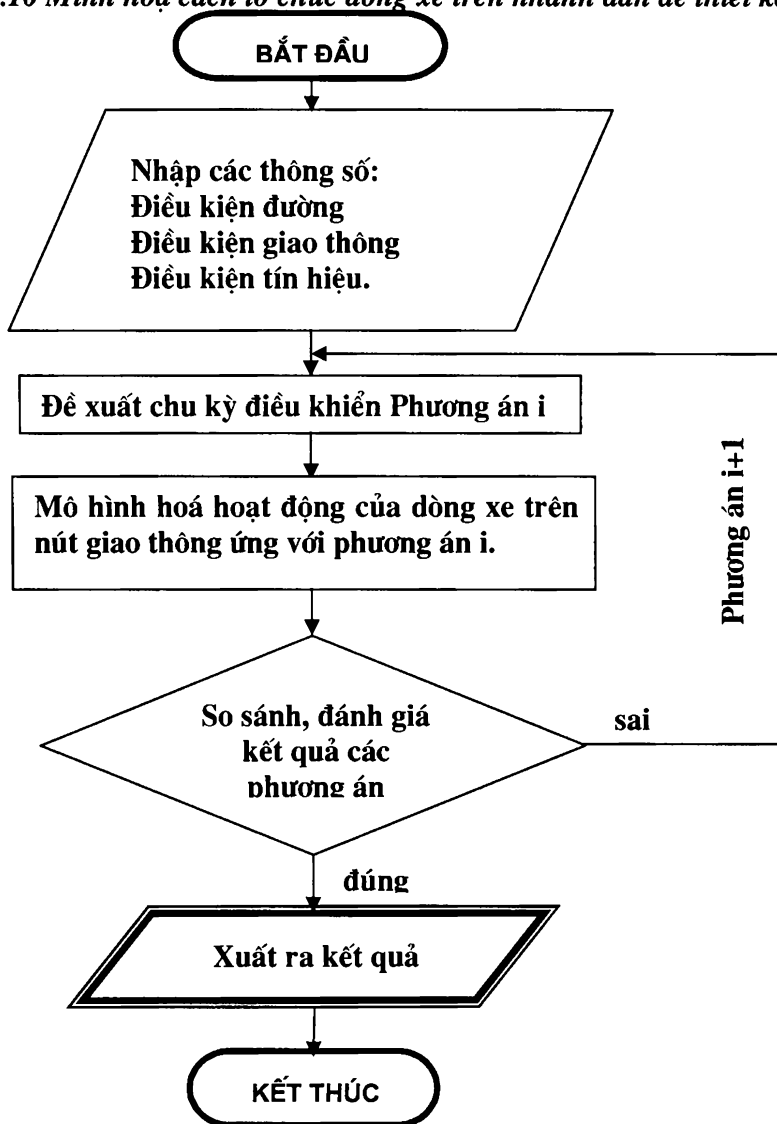
Hình 3.11 Giới thiệu sơ đồ khối tổng quát chương trình mô hình hoá sự hoạt động của nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn.

Hình 3.12 Sơ đồ khối mô phỏng dòng xe phát sinh, tích lũy và tiêu tán qua nút

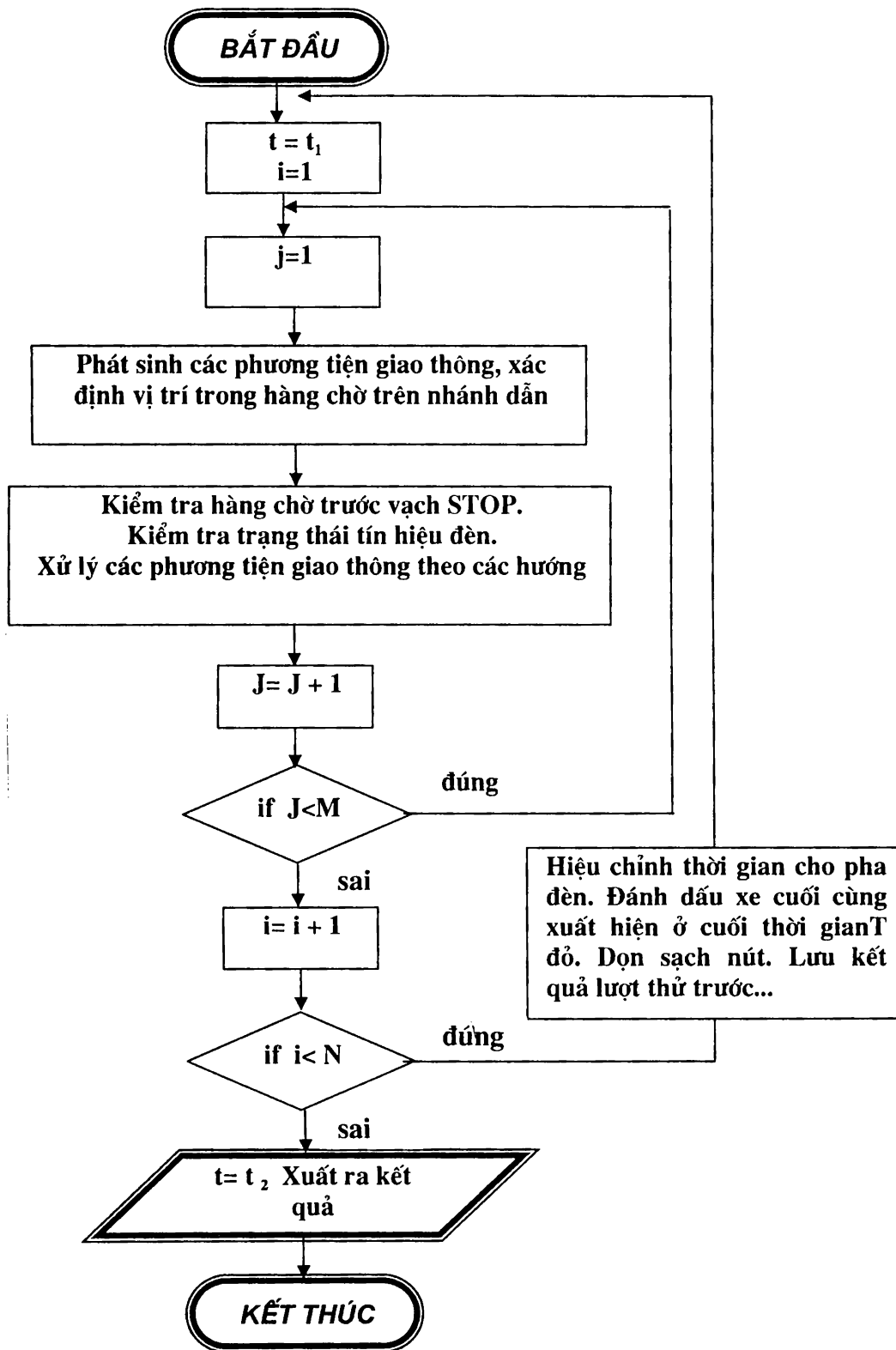
(Toàn bộ các files nguồn của chương trình ở phụ lục 3)



Hình 3.10 Minh hoạ cách tổ chức dòng xe trên nhánh dẫn để thiết kế chương trình



Hình 3.11: Sơ đồ khối tổng quát chương trình mô hình hoá hoạt động của nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn.



Chú thích: M là số chu kỳ cho mỗi lượt thử thứ j
N là số lượt thử

Hình 3.12 Sơ đồ khối mô phỏng dòng xe phát sinh, tích lũy và tiêu tán qua nút

3.4.2.2 Tổ chức cơ sở dữ liệu

@ Một số giả thiết và điều kiện ràng buộc về các tham số của thuật toán chương trình.

- Các đoạn nhánh dẫn là các đoạn thẳng (không xét trường hợp có dạng bị cong).
- Bề rộng mỗi đoạn đường dẫn là không đổi trong suốt sau khi đã khai báo, bề rộng các nhánh dẫn có thể khác nhau.
- Đảo trung tâm (nếu có) là dạng tròn.
- Đường một hoặc hai chiều với bề rộng cửa ra và cửa vào có thể khác nhau.
- Các tham số khác (độ dốc dọc, loại mặt đường ...) chỉ được sử dụng để tính toán không thể hiện trên sơ đồ nút (mặt bằng đồ họa).
- Các bán kính bó vỉa là dạng đường cong tròn
- Xét các bài toán ngã ba, ngã tư với các góc giao khác nhau.
- Chu kỳ đèn 2 pha, tín hiệu 3 màu xanh, vàng và đỏ.
- Mọi phương tiện tham gia giao thông đều chấp hành nghiêm chỉnh luật giao thông đường bộ Việt Nam.

@ Mô tả số liệu các tham số tính của chương trình - Điều kiện đường

(hình 3.13 và 3.14).

1. Hệ toạ độ tổng quát được chọn là hệ Đêcac, lấy gốc toạ độ là điểm chính giữa của nút (tâm của đảo trung tâm [nếu có]). Trục Ox nằm ngang theo hướng từ Tây sang Đông, trục OY thẳng đứng hướng từ dưới lên theo hướng Nam — Bắc.

2. Mỗi tuyến dẫn của nút được mô tả thông qua các tham số sau:

- ◆ 02 toạ độ điểm (tính bằng m): toạ độ điểm 1 ($X_1; Y_1$) là vị trí cuối của hàng chờ trên nhánh dẫn tại vạch phân chia hướng chuyển động. Toạ độ điểm 2 ($X_2; Y_2$) là vị trí đầu của hàng chờ trên nhánh dẫn tại vạch phân chia hướng chuyển động (mặt cắt bắt đầu nối với bán kính rẽ phải). Các toạ độ này có thể mang dấu âm, dương.
- ◆ Bề rộng mặt đường, bề rộng nhánh dẫn; (m), độ dốc dọc (tham số để tính toán) %
- ◆ Loại mặt đường (tham số để tính toán); theo mã hiệu 1,2,3 ...

- ◆ Vị trí đèn tín hiệu [cách điểm 2 ($X_2; Y_2$) bao nhiêu m theo hướng vận động của xe].
 - ◆ Vị trí vạch STOP [tính bằng m so với toạ độ điểm 2 ($X_2; Y_2$) theo hướng vận động của xe]. Vạch bộ hành (chiều dài vạch, chiều rộng vạch, bước vạch).
 - ◆ Chia khoảng cách dọc theo chiều dài nhánh dẫn theo các giá trị cách nhau 5m; 10m để xác định chiều dài hàng chờ
3. Khai báo trị số bán kính rẽ phải
 4. Khai báo bề rộng, chiều dài dải phân cách (nếu có)
 5. Khai báo kích thước đảo trung tâm (khi bán kính đảo = 0 không có đảo).

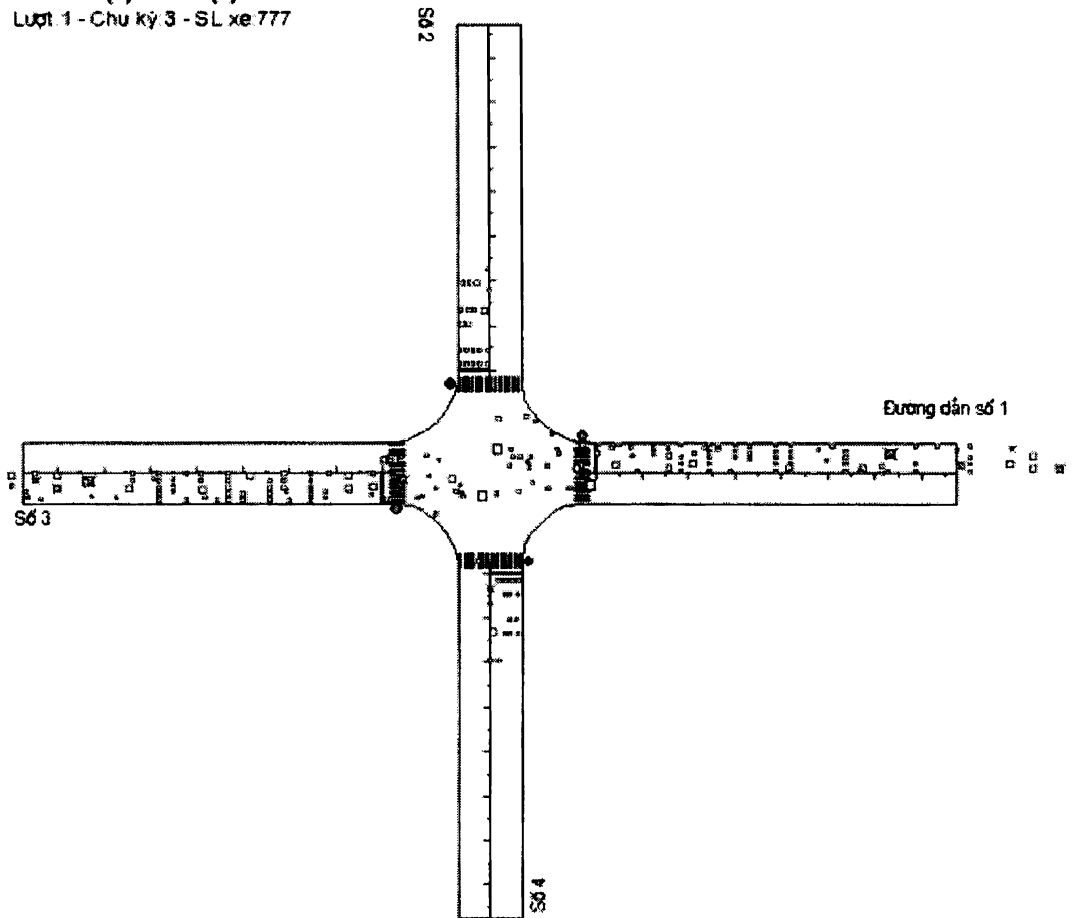
Với cách tổ chức cơ sở dữ liệu như trên, tìm của các tuyến dẫn không nhất thiết phải đồng quy tại một điểm; bề rộng mỗi nhánh dẫn có thể khác nhau, các tuyến tương ứng cũng không nhất thiết phải vuông góc với nhau; cũng không nhất thiết tìm tuyến phải theo hướng Đông - Tây - Nam - Bắc v.v...

Các tham số về điều kiện đường		ĐỐI TƯỢNG	
Tên đường Đường số1		HƯỚNG:1	
Khai báo toạ độ điểm định hướng		HƯỚNG:2	
X1 (m) 150	Y1 (m) 0	HƯỚNG:3	
X2 (m) 20	Y2 (m) 0	HƯỚNG:4	
Vị trí đèn tính từ điểm 2 (m) 0		Khai báo phương tiện giao thông	
Bán kính cong khi rẽ phải (m) 15		Tổng bề rộng mặt đường (m) 13	
Hướng rẽ phải nối với làn đường số... 2		Bề rộng phần đường dẫn (m) 7	
Có cùng pha tín hiệu đèn giao thông với làn đường số... 3		Bề rộng dải phân cách (m) 0	
		Vị trí vạch STOP tính từ điểm 2 (m) 3	
		Vị trí vạch đi bộ tính từ điểm 2 (m) 2	
		Độ dốc dọc (%) 0	
		Loại mặt đường 0	
		Nhập	
		Đóng	

Hình 3.13 Dialog nhập các tham số điều kiện đường

tPC=43.3[s] → 129[s]

Lượt 1 - Chu kỳ 3 - SL xe 777



Hình 3.14 Màn hình thể hiện mặt bằng nút đang hoạt động

@ Mô tả số liệu các tham số động của chương trình - Điều kiện giao thông (hình 3.15).

1. Tốc độ của mỗi phương tiện trên nhánh dẫn (vận động trong hàng chờ); đi qua nút theo các hướng rẽ khác nhau là tốc độ trung bình và không thay đổi. Xét tổn thất thời gian ở đầu pha xanh của mỗi loại phương tiện.
2. Bài toán xét với các loại phương tiện tham gia: xe ô tô các loại, xe máy, xe đạp, ... Khai báo kích thước của xe: tĩnh, động. Các loại xe được mô tả bằng các chất điểm hình vuông với các kích thước, các loại màu khác nhau.
3. Đánh dấu xe cuối cùng "X" xuất hiện ở cuối thời gian đỏ của mỗi loại phương tiện.
4. Khai báo các hệ số qui đổi dòng xe về dòng thuần nhất: xe con hoặc xe máy .

5. Loại phương tiện và hướng vận động (rẽ trái, rẽ phải, đi thẳng) là tham số ngẫu nhiên đối với từng phương tiện trong dòng xe nhưng tỷ lệ phần trăm (%) là tham số tiền định phải được khai báo trước khi phát lệnh mô phỏng.

Tùy thuộc từng bài toán cụ thể và thời điểm cụ thể người sử dụng có thể xây dựng các bài toán mô phỏng với nhiều phương án số liệu về điều kiện giao thông khác nhau.

Các tham số về điều kiện giao thông

Khai báo cho hướng: 1

Nhận

Kết thúc

Loại phương tiện

1: Xe con
2: Xe Máy
3: Xe đạp
4: Xe Buýt
5: Xe minibus

Lưu lượng N (xe/h) | 560

Khai báo theo hướng đi chuyển

	Tỷ lệ %	V(km/h)
Xe rẽ phải	10	22
Xe rẽ trái	10	16
Xe đi thẳng	80	22

Tốc độ TB trong hàng chờ | 20

Tồn thất thời gian đầu pha tL (s) | 1

Các khai báo loại phương tiện giao thông

Loại phương tiện

xe loại: 1
xe loại: 2
xe loại: 3
xe loại: 4
xe loại: 5

Tên phương tiện

Xe con

mã màu

Kích thước thể hiện ra màn hình | 3

Mô tả kích thước xe

Chiều dài tnh (m)	3.5
Chiều rộng tnh (m)	2.1
Hệ số động theo chiều dài xe (Ka)	2
Hệ số động theo chiều rộng xe (Kb)	0.3

Hệ số quy đổi xe tương đương | 1

Đóng

Nhận

Hình 3.15 Các dialog nhập các tham số điều kiện giao thông

@ Mô tả số liệu các tham số điều khiển của chương trình - Điều kiện tín hiệu (hình 3.16)

Đây là các tham số quan trọng nhất của chương trình TRAFFIC BRAIN. Nó quyết định tính chất của các số liệu kết xuất, quyết định thời gian thực hiện của quá trình mô phỏng (quá trình thử). Nhập các thông tin về chu kỳ điều khiển, thời gian xanh, vàng, đỏ cho mỗi pha cũng như tổn thất ở đầu pha. Đồng thời thông qua qui hoạch thực nghiệm xác định số lần thử (số lần mô phỏng), hiệu chỉnh thời gian Δt sau mỗi một chu kỳ. Để rút ngắn thời gian thử nghiệm khi phép thử lớn chương trình cho phép *nén thời gian* theo tỷ lệ giữa thời gian thực của máy tính với thời gian thực tế mà kết quả không thay đổi.

Các tham số điều kiện tín hiệu

Số hướng giao thông thuộc nút (ngã ba=3; ngã tư=4...) | 4 | Tổng số loại phương tiện tham gia giao thông | 5

Bán kính đảo giao thông trung tâm (m) | 0

Thời gian tín hiệu xanh trong 1 chu kỳ đèn (s) | 18

Thời gian tín hiệu vàng trong 1 chu kỳ đèn (s) | 3

Thời gian tín hiệu đỏ trong 1 chu kỳ đèn (s) | 36

Chọn tham số thử nghiệm:

Tổng số lượt thử nghiệm | 20 | CK(s) | 57

Số chu kỳ đèn cho mỗi lượt thử nghiệm | 4

Lượng hiệu chỉnh thời gian cho tín hiệu xanh sau mỗi lượt thử nghiệm (s) | 1.5

Lượng hiệu chỉnh thời gian cho tín hiệu đỏ sau mỗi lượt thử nghiệm (s) | -1

Mỗi giây trên máy tương đương mấy giây ngoài thực địa (tỷ lệ nén thời gian) | 3

Nhận

Hình 3.16 Dialog nhập các tham số điều kiện tín hiệu

@ Kết quả xuất ra

Tuỳ theo các tham số khai báo về điều kiện đường, điều kiện giao thông và điều kiện tín hiệu mà sau mỗi chu kỳ đèn các kết quả, các tham số đánh giá v.v... sẽ được tính toán và lưu trữ. Khi quá trình mô phỏng kết thúc, các tham số này sẽ được tổng hợp lại một lần cuối và kết xuất thành bảng (theo mẫu), theo dạng biểu đồ (hình

3.17 và 3.18). Nếu các kết quả này chưa đạt so với yêu cầu tính toán có thể chọn lại các tham số đầu vào và thực hiện lại quá trình mô phỏng.

Chọn đối tượng hiển thị

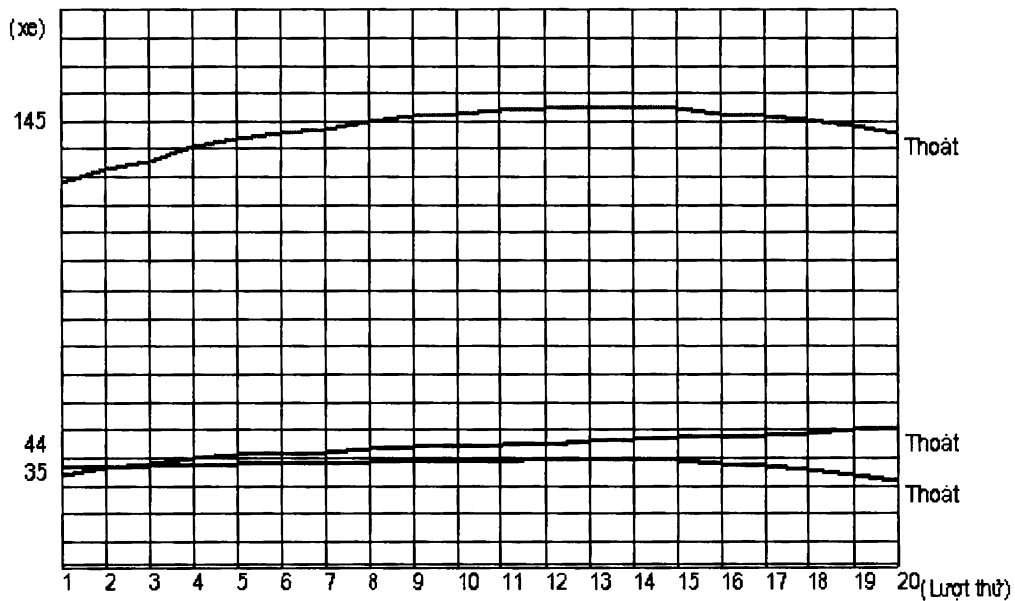
Hiện SL xe đã đi thoát	Hiện SL xe còn ở hàng chờ
SL xe của mọi hướng <input checked="" type="checkbox"/> [▼]	SL xe của mọi hướng <input type="checkbox"/> [▼]
SL theo hướng 1 <input checked="" type="checkbox"/> [▼]	SL theo hướng 1 <input type="checkbox"/> [▼]
SL theo hướng 2 <input checked="" type="checkbox"/> [▼]	SL theo hướng 2 <input type="checkbox"/> [▼]
SL theo hướng 3 <input type="checkbox"/> [▼]	SL theo hướng 3 <input type="checkbox"/> [▼]
SL theo hướng 4 <input type="checkbox"/> [▼]	SL theo hướng 4 <input type="checkbox"/> [▼]

Thống kê theo số lượng xe quy đổi
 Thống kê theo SL xe của 1 lượt thứ
 Có vẽ biểu đồ chi tiết cho từng hướng (thẳng, phải, trái)

Tên biểu đồ:

Cỡ chữ: Nét vẽ:
 Chiều dài vùng vẽ: Bề cao vùng vẽ:

Hình 3.17: Dialog chọn đối tượng xuất ra màn hình



Hình 3.18: Biểu đồ quan hệ số lượng xe thoát qua nút của nhánh dẫn với các lượt thứ ứng với các chu kỳ khác nhau

3.4.2.3 CÁC VÍ DU KIỂM CHỨNG

Các trường hợp được chúng tôi kiểm chứng bao gồm:

Dòng thuận xe con chạy thẳng.

Dòng thuận xe máy chạy thẳng.

Dòng hỗn hợp với 5 loại xe phổ biến trên các nút thuộc nhóm III. Kết quả chạy chương trình được trình bày dưới đây.

*** Đối với dòng thuận xe con**

1. Các số liệu nhập của bài toán

Tổng số đường dẫn tới nút: 4

Tổng số loại phương tiện tham gia giao thông tại nút: 1

Bước hiệu chỉnh Δt xanh sau mỗi lượt thử nghiệm: 1.00 (s)

Bước hiệu chỉnh Δt đỏ sau mỗi lượt thử nghiệm: 1.00 (s)

Tổng số lượt thử nghiệm : 20

Tổng số chu kỳ đèn cho mỗi lượt thử nghiệm : 5

Hệ số nén thời gian (mỗi giây trên PC = mấy giây thực tế): 2.00

2. Các tham số điều kiện đường

Tên đường: SO 1

Bề rộng mặt đường: 7.0 (m)

Bề rộng phần đường dẫn: 3.5 (m)

Bề rộng dải phân cách: 0.0 (m)

Vị trí vạch STOP tính từ điểm 2: 3.0 (m)

Vị trí vạch đi bộ tính từ điểm 2: 2.0 (m)

Vị trí đặt đèn tín hiệu tính từ điểm 2: -1.0 (m)

Bán kính cong khi rẽ phải: 18.0 (m)

Cùng pha đèn tín hiệu với đường : SO 3

Độ dốc dọc : 0.0 (%)

Loại mặt đường : 1 (BTN)

Tên đường: SO 2

Bề rộng mặt đường: 7.0 (m)

Bề rộng phần đường dẫn: 3.5 (m)

Bề rộng dải phân cách: 0.0 (m)

Vị trí vạch STOP tính từ điểm 2: 3.0 (m)

Vị trí vạch đi bộ tính từ điểm 2: 2.0 (m)

Vị trí đặt đèn tín hiệu tính từ điểm 2: -1.0 (m)

Bán kính cong khi rẽ phải: 15.0 (m)

Độ dốc dọc : 0.0 (%)

Loại mặt đường : 1 (BTN)

Tên đường: SO 3

Bề rộng mặt đường: 7.0 (m)

Bề rộng phần đường dẫn: 3.5 (m)

Bề rộng dải phân cách: 0.0 (m)

Vị trí vạch STOP tính từ điểm 2: 3.0 (m)

Vị trí vạch đi bộ tính từ điểm 2: 2.0 (m)

Vị trí đặt đèn tín hiệu tính từ điểm 2: -1.0 (m)

Bán kính cong khi rẽ phải: 15.0 (m)

Độ dốc dọc : 0.0 (%)

Loại mặt đường : 1 (BTN)

Tên đường:SO 4

Bề rộng mặt đường:7.0(m)

Bề rộng phần đường dẫn:3.5(m)

Bề rộng dải phân cách:0.0(m)

Vị trí vạch STOP tính từ điểm 2:3.0(m)

Vị trí vạch đi bộ tính từ điểm 2:2.0(m)

Vị trí đặt đèn tín hiệu tính từ điểm 2:-1.0(m)

Bán kính cong khi rẽ phải:18.0(m)

Độ dốc dọc :0.0(%)

Loại mặt đường :1(BTN)

3.Các số liệu phương tiện giao thông

tên mô tả	dài tính	rộng tính	Ka	Kb	Hsố
QĐ					
1	xe con	3.50	2.10	11.0	0.2 1.0
2	Xe khách 12 chỗ	0.00	0.00	0.0	0.0 1.5
3	Xe car	0.00	0.00	0.0	0.0 2.5

4.Các khai báo tham số động của phương tiện giao thông

Phương tiện N thẳng r.phải r.trái Vt Vp Vtr Vchờ
(xe/h) (%) (%) (%) (km/h) (km/h) (km/h) (km/h)

Hướng :SO 1

xe con 1800.0 100.0 0.0 0.0 30.0 0.0 0.0 30.0

Hướng :SO 2

Hướng :SO 3

Hướng :SO 4

5.Các kết quả thử nghiệm số

Tổng số phương tiện đã phát sinh : 2950. Quy đổi=2950 xe QĐ

Tổng thời gian của 20 lượt thử nghiệm:5900(s)

Tổng số lượt thử nghiệm : 20

Tổng số chu kỳ đèn cho mỗi lượt thử nghiệm : 5

Bước hiệu chỉnh Δt xanh sau mỗi lượt thử nghiệm : 1.00(s)

Bước hiệu chỉnh Δt đỏ sau mỗi lượt thử nghiệm : 1.00(s)

Hệ số nén thời gian (mỗi giây trên PC=mấy giây thực tế):2.00

Thống kê theo lượt thử nghiệm cho toàn bộ nút giao thông

Lần thử CK	đèn Xanh:	Vàng:	Đỏ	P.sinh	thoát	XĐ	chờ	PSinh	Thoát	XĐ	chờ
	(s)	(s)	(s)	(xe)	(xe)	(xe)	(xe)	(QĐ)	(QĐ)	(QĐ)	(QĐ)
1	40.00	20.0:03.0:17.0		100	59	0	41	100	59	0	41
2	42.00	21.0:03.0:18.0		105	61	0	44	105	61	0	44
3	44.00	22.0:03.0:19.0		110	65	0	45	110	65	0	45
4	46.00	23.0:03.0:20.0		115	64	0	51	115	64	0	51
5	48.00	24.0:03.0:21.0		120	69	0	51	120	69	0	51
6	50.00	25.0:03.0:22.0		125	71	0	54	125	71	0	54
7	52.00	26.0:03.0:23.0		130	73	0	57	130	73	0	57
8	54.00	27.0:03.0:24.0		135	77	0	58	135	77	0	58
9	56.00	28.0:03.0:25.0		140	80	0	60	140	80	0	60
10	58.00	29.0:03.0:26.0		145	82	0	63	145	82	0	63
11	60.00	30.0:03.0:27.0		150	83	0	67	150	83	0	67
12	62.00	31.0:03.0:28.0		155	86	0	69	155	86	0	69
13	64.00	32.0:03.0:29.0		160	90	0	70	160	90	0	70
14	66.00	33.0:03.0:30.0		165	91	0	74	165	91	0	74
15	68.00	34.0:03.0:31.0		170	93	0	77	170	93	0	77
16	70.00	35.0:03.0:32.0		175	96	0	79	175	96	0	79
17	72.00	36.0:03.0:33.0		180	100	0	80	180	100	0	80
18	74.00	37.0:03.0:34.0		185	101	0	84	185	101	0	84
19	76.00	38.0:03.0:35.0		190	104	0	86	190	104	0	86
20	78.00	39.0:03.0:36.0		195	107	0	88	195	107	0	88

* Đối với dòng thuận xe máy

1.Các số liệu nhập của bài toán (giống ví dụ đối với dòng thuận xe con ở trên)

2.Các tham số điều kiện đường (giống ví dụ đối với dòng thuận xe con ở trên)

3.Các số liệu phương tiện giao thông

STT	tên mô tả	dài tính	rộng tính	Ka	Kb	Hệ số QĐ
1	xe con	3.20	2.20	3.0	0.2	1.00000
2	xe máy	1.90	0.70	1.0	0.2	1.00000
3	xe bus	0.00	0.00	0.0	0.0	1.00000

4.Các khai báo tham số động của phương tiện giao thông

Phương tiện N thẳng r.phải r.trái Vthẳng Vphải Vtrái Vchờ
(xe/h) (%) (%) (%) (km/h) (km/h) km/h)(km/h)

Hướng :SO 1

1.xe máy 5800.0 100.0 0.0 0.0 27.0 0.0 0.0 27.0

Hướng :SO 2

Hướng :SO 3

Hướng :SO 4

5.Các kết quả thử nghiệm số

Tổng số phương tiện đã phát sinh : 7991. Quy đổi=7991 xe QĐ

Tổng thời gian của 20 lượt thử nghiệm:4960(s)

Tổng số lượt thử nghiệm : 20

Tổng số chu kỳ đèn cho mỗi lượt thử nghiệm : 4

Bước hiệu chỉnh Δt xanh sau mỗi lượt thử nghiệm : 1.00(s)

Bước hiệu chỉnh Δt đỏ sau mỗi lượt thử nghiệm : 1.00(s)

Hệ số nén thời gian (mỗi giây trên PC=mấy giây thực tế):2.00

Thống kê theo lượt thử nghiệm cho toàn bộ nút giao thông

Lần thử	CK đèn (s)	Xanh:Vàng:Đỏ (s)	P.sinh (xe)	thoát (xe)	XĐ (xe)	chờ (xe)	PSinh (QĐ)	Thoát (QĐ)	XĐ (QĐ)	chờ (QĐ)
1	43.00	20.0:03.0:20.0	277	245	0	32	277	245	0	32
2	45.00	21.0:03.0:21.0	290	256	0	34	290	256	0	34
3	47.00	22.0:03.0:22.0	303	267	0	36	303	267	0	36
4	49.00	23.0:03.0:23.0	316	279	0	37	316	279	0	37
5	51.00	24.0:03.0:24.0	329	290	0	39	329	290	0	39
6	53.00	25.0:03.0:25.0	342	302	0	40	342	302	0	40
7	55.00	26.0:03.0:26.0	354	313	0	41	354	313	0	41
8	57.00	27.0:03.0:27.0	367	324	0	43	367	324	0	43
9	59.00	28.0:03.0:28.0	380	335	0	45	380	335	0	45
10	61.00	29.0:03.0:29.0	393	347	0	46	393	347	0	46
11	63.00	30.0:03.0:30.0	406	358	0	48	406	358	0	48
12	65.00	31.0:03.0:31.0	419	369	0	50	419	369	0	50
13	67.00	32.0:03.0:32.0	432	381	0	51	432	381	0	51
14	69.00	33.0:03.0:33.0	445	391	0	54	445	391	0	54
15	71.00	34.0:03.0:34.0	458	403	0	55	458	403	0	55
16	73.00	35.0:03.0:35.0	470	414	0	56	470	414	0	56
17	75.00	36.0:03.0:36.0	483	426	0	57	483	426	0	57
18	77.00	37.0:03.0:37.0	496	437	0	59	496	437	0	59
19	79.00	38.0:03.0:38.0	509	448	0	61	509	448	0	61
20	81.00	39.0:03.0:39.0	522	460	0	62	522	460	0	62

*** Đối với dòng xe hỗn hợp nhiều thành phần**

1. Các số liệu nhập của bài toán

Tổng số đường dẫn tới nút: 4
 Tổng số loại phương tiện tham gia giao thông tại nút : 5
 Tổng số lượt thử nghiệm : 25
 Tổng số chu kỳ đèn cho mỗi lượt thử nghiệm : 4
 Bước hiệu chỉnh Δt xanh sau mỗi lượt thử nghiệm: 1.50(s)
 Bước hiệu chỉnh Δt đỏ sau mỗi lượt thử nghiệm : -1.00(s)
 Hệ số nén thời gian (mỗi giây trên PC=mấy giây thực tế): 3.00

2. Các tham số điều kiện đường

Tên đường: Đường dẫn số 1

Bề rộng mặt đường: 14.0(m)
 Bề rộng phần đường dẫn: 7.0(m)
 Bề rộng dải phân cách: 0.0(m)
 Vị trí vạch STOP tính từ điểm 2: 3.0(m)
 Vị trí vạch đi bộ tính từ điểm 2: 2.0(m)
 Vị trí đặt đèn tín hiệu tính từ điểm 2: 0.0(m)
 Bán kính cong khi rẽ phải: 15.0(m)
 Độ dốc dọc : 0.0(%)
 Loại mặt đường : 0(BTN)

Tên đường: Số 2

Bề rộng mặt đường: 14.0(m)
 Bề rộng phần đường dẫn: 7.0(m)
 Bề rộng dải phân cách: 0.0(m)
 Vị trí vạch STOP tính từ điểm 2: 3.0(m)
 Vị trí vạch đi bộ tính từ điểm 2: 2.0(m)
 Vị trí đặt đèn tín hiệu tính từ điểm 2: 0.0(m)
 Bán kính cong khi rẽ phải: 15.0(m)
 Độ dốc dọc : 0.0(%)
 Loại mặt đường : 0(BTN)

Tên đường: Số 3

Bề rộng mặt đường: 14.0(m)
 Bề rộng phần đường dẫn: 7.0(m)
 Bề rộng dải phân cách: 0.0(m)
 Vị trí vạch STOP tính từ điểm 2: 3.0(m)
 Vị trí vạch đi bộ tính từ điểm 2: 2.0(m)
 Vị trí đặt đèn tín hiệu tính từ điểm 2: 0.0(m)
 Bán kính cong khi rẽ phải: 15.0(m)
 Độ dốc dọc : 0.0(%)
 Loại mặt đường : 0(BTN)

Tên đường: Số 4

Bề rộng mặt đường: 14.0(m)
 Bề rộng phần đường dẫn: 7.0(m)
 Bề rộng dải phân cách: 0.0(m)
 Vị trí vạch STOP tính từ điểm 2: 3.0(m)
 Vị trí vạch đi bộ tính từ điểm 2: 2.0(m)
 Vị trí đặt đèn tín hiệu tính từ điểm 2: 0.0(m)
 Bán kính cong khi rẽ phải: 15.0(m)
 Độ dốc dọc : 0.0(%)
 Loại mặt đường : 0(BTN)

3. Các số liệu phương tiện giao thông

STT	tên mô tả	dài tính	rộng tính	Ka	Kb	Hệ số
QĐ						
1	Xe con	3.50	2.10	2.0	0.3	1.00
2	Xe Máy	1.95	0.75	1.0	0.4	0.25
3	Xe đạp	1.70	0.70	1.0	0.3	0.20
4	Xe Buýt	8.00	3.00	3.0	2.0	2.50
5	Xe ca	5.00	2.50	2.0	1.0	1.50

4. Các khai báo tham số động của phương tiện giao thông

Phương tiện	N thẳng xe/h	r.phải (%)	r.trái (%)	Vth (km/h)	Vp (km/h)	Vtr (km/h)	Vchờ (km/h)
Hướng :Đường dẫn số 1							
1 Xe con	500.0	80.0	10.0	10.0	24.0	24.0	18.0
2 Xe Máy	5000.0	80.0	10.0	10.0	24.0	24.0	18.0
3 Xe đạp	500.0	80.0	10.0	10.0	14.0	14.0	11.0
4 Xe Buýt	140.0	80.0	10.0	10.0	22.0	22.0	16.0
5 Xe ca	140.0	80.0	10.0	10.0	22.0	22.0	18.0
Hướng :Số 2							
1 Xe con	420.0	80.0	10.0	10.0	24.0	24.0	18.0
2 Xe Máy	4150.0	80.0	10.0	10.0	24.0	24.0	18.0
3 Xe đạp	420.0	80.0	10.0	10.0	14.0	14.0	11.0
4 Xe Buýt	100.0	80.0	10.0	10.0	22.0	22.0	16.0
5 Xe ca	110.0	80.0	10.0	10.0	22.0	22.0	18.0
Hướng :Số 3							
1 Xe con	500.0	80.0	10.0	10.0	24.0	24.0	18.0
2 Xe Máy	5000.0	80.0	10.0	10.0	24.0	24.0	18.0
3 Xe đạp	500.0	80.0	10.0	10.0	14.0	14.0	11.0
4 Xe Buýt	140.0	80.0	10.0	10.0	22.0	22.0	16.0
5 Xe ca	140.0	80.0	10.0	10.0	22.0	22.0	18.0
Hướng :Số 4							
1 Xe con	420.0	80.0	10.0	10.0	24.0	24.0	18.0
2 Xe Máy	4150.0	80.0	10.0	10.0	24.0	24.0	18.0
3 Xe đạp	420.0	80.0	10.0	10.0	14.0	14.0	11.0
4 Xe Buýt	100.0	80.0	10.0	10.0	22.0	22.0	16.0
5 Xe ca	110.0	80.0	10.0	10.0	22.0	22.0	18.0

5. Các kết quả thử nghiệm số

Tổng số phương tiện đã phát sinh : 39622. Quy đổi=15170 xe QĐ

Tổng thời gian của 20 lượt thử nghiệm:6200(s)

Tổng số lượt thử nghiệm : 25

Tổng số chu kỳ đèn cho mỗi lượt thử nghiệm : 4

Bước hiệu chỉnh Δt xanh sau mỗi lượt thử nghiệm : 1.50(s)

Bước hiệu chỉnh Δt đỏ sau mỗi lượt thử nghiệm : -1.00(s)

Thống kê theo lượt thử nghiệm cho toàn bộ nút giao thông

Lần thử	CK	đèn	Xanh	Vàng	Đỏ	P.sinh	thoát	XĐ	chờ	PSinh	Thoát	XĐ	chờ
	(s)		(xe)	(xe)	(xe)	(xe)	(xe)	(QĐ)	(QĐ)	(QĐ)	(QĐ)	(QĐ)	(QĐ)
1	56.00	17.0:03.0:36.0	1436	1278	22	136	552	494	6	50			
2	56.50	18.5:03.0:35.0	1444	1306	24	114	556	505	9	41			
3	57.00	20.0:03.0:34.0	1456	1328	18	110	559	514	6	38			
4	57.50	21.5:03.0:33.0	1474	1338	18	118	565	516	6	42			
5	58.00	23.0:03.0:32.0	1486	1354	24	108	570	520	9	39			
6	58.50	24.5:03.0:31.0	1498	1372	22	104	573	528	6	37			
7	59.00	26.0:03.0:30.0	1506	1388	20	98	575	532	6	35			

8	59.50	27.5:03.0:29.0	1512	1402	14	96	576	537	3	35
9	60.00	29.0:03.0:28.0	1530	1418	18	94	582	550	4	27
10	60.50	30.5:03.0:27.0	1550	1432	26	92	595	553	7	34
11	61.00	32.0:03.0:26.0	1558	1448	20	90	597	557	6	33
12	61.50	33.5:03.0:25.0	1566	1466	22	78	599	563	6	29
13	62.00	35.0:03.0:24.0	1586	1474	26	86	610	565	7	37
14	62.50	36.5:03.0:23.0	1598	1490	26	82	613	571	10	31
15	63.00	38.0:03.0:22.0	1616	1508	28	80	622	577	12	32
16	63.50	39.5:03.0:21.0	1624	1524	22	78	624	575	17	32
17	64.00	41.0:03.0:20.0	1640	1514	52	74	628	576	21	31
18	64.50	42.5:03.0:19.0	1654	1512	66	76	633	575	25	31
19	65.00	44.0:03.0:18.0	1662	1510	76	76	635	570	34	30
20	65.50	45.5:03.0:17.0	1670	1500	94	76	637	575	33	28
21	66.00	47.0:03.0:16.0	1684	1492	94	98	642	574	31	35
22	66.50	48.5:03.0:15.0	1704	1488	78	138	651	562	33	55
23	67.00	50.0:03.0:14.0	1712	1470	66	176	653	550	34	68
24	67.50	51.5:03.0:13.0	1724	1454	86	184	656	545	31	79
25	68.00	53.0:03.0:12.0	1732	1426	100	206	658	528	41	88

Kết quả và nhận xét:

1. Đối với dòng xe thuần xe con đi thẳng, không gặp các dòng đối diện hoặc xung đột, dòng tới với suất dòng $\rho = 0.5 \text{ xe/s}$, trên nhánh dẫn 1 làn xe bề rộng $B = 3,5 \text{ m}$, tốc độ trung bình $V = 30 \text{ km/h}$ tương ứng với quãng không gian $d = 10 \text{ m} - 11 \text{ m}$, kết quả dòng bão hoà đạt trị số trung bình $S = 1827 \text{ (xecon/hxanh)}$ và KNTH của nhánh dẫn đạt $P_{dd} = 1010 \text{ (xecon/h)}$.

Như vậy so với giá trị dòng bão hoà lý tưởng của dòng thuần xe con của các tác giả trên thế giới $S_0 = 1800 - 2000 \text{ (xecon/hxanh)}$ (theo giải tích) và so với dòng bão hoà thực nghiệm của Anh và Nga, Pháp là: $(M = 525B = 525 \times 3,5 = 1837 \text{ xcqd/hxanh})$ thì kết quả đã cho từ chương trình là hoàn toàn hợp lý.

2. Đối với dòng xe thuần xe máy đi thẳng: Suất dòng tới $\rho = 1.62 \text{ xe/s}$, $B_{dd} = 3.5 \text{ m}$, $V_{TB} = 27 \text{ km/h}$ -> Dòng bão hoà đạt trị số trung bình $S = 9721 \text{ (xm/hxanh)}$ và KNTH của nhánh dẫn đạt $P_{dd} = 4942 \text{ (xm/h)}$. Kết quả này cao hơn so với kết quả thực nghiệm kiến nghị của chúng tôi năm 1998 [30] là: $(P_{dd} = 1265B = 1265 \times 3,5 = 4428 \text{ xmqd/h})$ cũng là hợp lý bởi đơn vị xét là *dòng xe máy qui đổi* (xmqd/h) từ dòng hỗn hợp.

3. Đối với dòng xe hỗn hợp nhiều thành phần phổ biến trong đô thị nước ta:

Với suất dòng tới pha 1: $\rho_1 = 1,74 \text{ xe/s}$, suất dòng tới pha 2: $\rho_2 = 1,45 \text{ xe/s}$. Tỷ lệ thành phần tham gia: xe con :8%, xe máy (78-80)%, xe đạp (8-10)%, xe buýt + xe minibus (4-5)%. Tỷ lệ các hướng đi: đi thẳng 80%, rẽ phải 10%, rẽ trái 10%.

Tốc độ trung bình của từng loại phương tiện và của từng hướng đi trong hàng chờ và trong nút từ (21-24)km/h đối với các loại xe cơ giới đi thẳng và rẽ phải; từ (16 - 18)km/h đối với xe cơ giới rẽ trái và từ (11-14)km/h đối với xe đạp. Các nhánh dẫn 2 làn xe bề rộng có hiệu $B = 7.0m$

Kết quả tính toán như sau: Tại lượt thứ thứ 9 có $T_{CK} = 60s$ (29 + 3 +28) nút cho số lượng xe thông qua là lớn nhất tương ứng với số xe trên hướng phụ (nhánh dẫn 2 và 4) thoát qua nút nhiều nhất, lượng xe phải dừng chờ nhỏ nhất, số xe còn nằm trong vùng xung đột cũng là nhỏ nhất. Thời gian xanh của pha cho nhánh dẫn tới hạn 1-3 (lượng xe chiếm ưu thế) $t_x = 29s$, cũng tại chu kỳ này xe cuối cùng “X” là xe máy (xe chiếm tỷ lệ lớn nhất) của hàng chờ hướng xung đột xuất hiện ở thời điểm cuối cùng của thời gian đỏ phải dừng lại trước vạch STOP. Chiều dài hàng chờ tương ứng là $L_{chờ} = 55m$.

KNTH nhánh dẫn số1: $P_1 = 2145(xcqđ/h) = 8580(xmqđ/h)$; KNTH nhánh dẫn số 3: $P_3 = 2145(xcqđ/h) = 8580(xmqđ/h)$

KNTH nhánh dẫn số 2: $P_2 = 1965(xcqđ/h) = 7860(xmqđ/h)$; KNTH nhánh dẫn số 4: $P_4 = 1965(xcqđ/h) = 7860(xmqđ/h)$

3.4.3 Kết luận chung về phần mềm mô phỏng Traffic Brain

1. Chương trình mô phỏng theo các điều kiện ngẫu nhiên là bài toán mang đầy tính chất ngẫu nhiên đúng như tên gọi của nó do vậy các kết quả tính toán của các lần thử có sai khác nhau là lẽ đương nhiên. Các kết quả chỉ hội tụ khi số lượng phép thử là đủ lớn.

2. Chương trình cho phép xác định được số lượng xe lớn nhất đã được qui đổi về xe con qui đổi hoặc về bất cứ thành phần xe nào của đường dẫn thoát qua nút ứng với chu kỳ đèn tối ưu cho từng nút cụ thể ứng với các điều kiện đường, giao thông nhất định (hình 3.17 và 3.18).

3. Chương trình cho phép xác định dòng bão hòa và khả năng thông hành nhánh dẫn tới nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn của *một làn thuận xe con. thuận xe máy dưới điều kiện chuẩn ở nước ta:*

$S_0 = 1827$ xecon/hxanh/làn, $P_{nd} = 1010$ xecon/h/làn.

$S_0 = 9721$ xemáy/hxanh/làn, $P_{nd} = 4942$ xemáy/h/làn.

Từ đó xác định trị số **giới hạn dưới** của hệ số đổi xe con và xe máy trong điều kiện chuẩn về phương diện KNTH (so sánh trị số KNTH của dòng thuần xe con đi thẳng với KNTH dòng thuần xe máy đi thẳng): $K = (4942x_m/h : 1010x_c/h) = 4,89$ --> nghĩa là 1 xe con gần bằng 5 xe máy (xem bảng 3.5).

4. Chương trình cũng cho phép xác định các quan hệ giữa KNTH của nhánh dẫn với các thông số về tỷ lệ thành phần dòng xe, tỷ lệ xe rẽ trái, phải và đi thẳng, quan hệ với bề rộng nhánh dẫn cũng như của ra bằng các kết quả xuất ra các files dạng TEXT...

3.5 NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA MỘT SỐ YẾU TỐ ĐẾN KHẢ NĂNG THÔNG HÀNH CỦA NÚT

Chương 1, phân tổng quan về KNTH chúng tôi đã trình bày ảnh hưởng của các yếu tố về điều kiện đường, điều kiện giao thông và điều kiện tín hiệu đến KNTH, cũng như các kết quả nghiên cứu thực nghiệm của các tác giả Anh, Mỹ, Nga, Pháp, Ailen, Tây Ban Nha...cho dòng thuần cơ giới. Đối với dòng xe hỗn hợp nhiều xe hai bánh ở đô thị nước ta nhất là trên các đường dẫn khi vào nút thì KNTH cũng phụ thuộc nhiều vào các yếu tố đó. Để có thể xét được ảnh hưởng của tất cả các yếu tố đến KNTH là điều không dễ nhất là với một dòng xe như ở trong đô thị nước ta. Tuy nhiên chúng tôi chọn lựa để xét một số yếu tố ảnh hưởng có tính tổng quát, mang tính đặc thù với dòng xe nước ta là: *i. Ảnh hưởng của bề rộng nhánh dẫn tới nút, ii. Ảnh hưởng của tỷ lệ xe rẽ trong dòng xe và iii. Ảnh hưởng của khoảng cách giữa các nút điều khiển bằng tín hiệu đèn với nhau.* Một số yếu tố ảnh hưởng khác như trị số bán kính rẽ, độ dốc dọc của đường dẫn, trạm dừng xe buýt trong phạm vi nút, tỷ lệ thành phần dòng xe, bộ hành ... có ảnh hưởng đến KNTH của nút, phần nào đã được xem xét nghiên cứu ở chương 2 thể hiện qua các đặc trưng chính của dòng xe hoạt động trong phạm vi nút như *tốc độ trung bình* của từng loại phương tiện, từng hướng đi cũng như quãng giữa các xe và trong nghiên cứu xác

định các hệ số qui đổi dòng xe ... Hơn nữa đây có thể là các hướng phát triển sau này của đề tài.

3.5.1 Quan hệ KNTH của nhánh dẫn với bề rộng .

3.5.1.1 Cơ sở xây dựng công thức quan hệ.

Rõ ràng với dòng xe hỗn hợp nhiều thành phần trong đó xe hai bánh chiếm tỷ lệ lớn thì KNTH phụ thuộc rất nhiều vào chính bề rộng của nó hơn là phụ thuộc vào các yếu tố khác và có thể nói rằng bề rộng nhánh dẫn là yếu tố quan trọng nhất quyết định đến số lượng xe có thể thoát qua nút giao thông nói chung đặc biệt với nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn nói riêng, vì với một dòng xe hỗn hợp như vậy thì không gian chiếm chỗ của cả dòng hay còn gọi là độ che phủ của nhánh dẫn là cần thiết và hợp lý hơn khi xem xét nghiên cứu về KNTH so với dòng thuần ô tô. Thực tế giao thông ở Hà Nội và Đà Nẵng cho thấy khi bề rộng nhánh dẫn lớn thì lượng xe thoát qua vạch dừng lớn và ngược lại khi bề rộng nhánh dẫn nhỏ trong cùng một đơn vị thời gian thì lượng xe thoát qua vạch cũng ít hơn (các ảnh chụp minh họa phụ lục 4).

Về mặt toán học quan hệ này được xem như là tuyến tính, để xác định dạng hàm tuyến tính này có thể dùng phương pháp tổng bình phương nhỏ nhất xây dựng được quan hệ KNTH thực tế (P) và bề rộng nhánh dẫn (B).

Phương trình đường hồi qui tổng quát có dạng:

$$Y_i = a_1 X_{i1} + a_2 X_{i2} + \dots + a_m X_{im} + b_i \quad (3.2)$$

$$P = a.B + b \quad (3.3)$$

a và b là các thông số cần tìm của phương trình trên

Hệ phương trình chính tắc với a, b là biến số như sau:

$$\begin{cases} nb + a \sum_{j=1}^n B_j = \sum_{j=1}^n P_j \\ b \sum_{j=1}^n B + a \sum_{i=1}^n B_j^2 = \sum_{j=1}^n (B_j \cdot P_j) \end{cases} \quad (3.4)$$

Giải hệ trên tính được các thông số a và b

$$\begin{cases} a = \frac{n \sum_{j=1}^n (B_j \cdot P_j) - \sum_{j=1}^n B_j \cdot \sum_{j=1}^n P_j}{n \sum_{j=1}^n B_j^2 - \sum_{j=1}^n B_j \cdot \sum_{j=1}^n P_j} \\ b = \bar{P} - a\bar{B} \end{cases} \quad (3.5)$$

Trong đó B_j và P_j là bề rộng và KNTH của nhánh dẫn thứ j

\bar{B} , \bar{P} là trị số trung bình của bề rộng nhánh dẫn và KNTH

$$\bar{B} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n B_j, \quad \bar{P} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n P_j$$

Sử dụng hệ số tương quan r để đánh giá mức độ chặt chẽ của bài toán và độ tin cậy T để kiểm tra giả thiết về tính độc lập của các đại lượng và độ tin cậy của hệ số tương quan r . [11],[28]

$$r = \frac{\sum_{j=1}^n (B_j - \bar{B}) \cdot (P_j - \bar{P})}{\sqrt{\sum_{j=1}^n (B_j - \bar{B})^2 \cdot \sum_{j=1}^n (P_j - \bar{P})^2}} \quad (3.6)$$

$$T = r \sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}} \quad (3.7)$$

Nhận xét:

Quan hệ giữa KNTH và bề rộng nhánh dẫn là quan hệ tuyến tính, tức là khi bề rộng nhánh dẫn càng nhỏ thì KNTH cũng nhỏ và khi $B(m) \rightarrow 0$ thì $P(xe/h) \rightarrow 0$ hay nói khác đi là đường hồi qui đi qua gốc tọa độ và hệ số $b \approx 0$, phương trình (3.3) trở thành:

$$P = a B \quad (3.8)$$

Tất nhiên quan hệ này chỉ có ý nghĩa khi bề rộng đường dẫn được xét ở đây tối thiểu từ 3.0m trở lên tới 15,0m, vì đây cũng là bề rộng phổ biến của các đường dẫn của nút giao thông được điều khiển bằng tín hiệu đèn ở nước ta cũng như trên thế giới. Hệ số a được xác định như sau:

$$a = \frac{\sum_{j=1}^n (B_j \cdot P_j)}{\sum_{j=1}^n B_j^2} \quad (3.9)$$

3.5.1.2 Kết quả tính toán

1. Các nút giao thông có các nhánh dẫn với bề rộng từ 7m -15m dòng xe hỗn hợp được đổi ra dòng xe con qui đổi: Với số liệu trên 14 nhánh dẫn, (bảng 3.10).

P = 395 B (xcqđ/h) Hệ số tương quan r = 0.95	(3.10)
---	--------

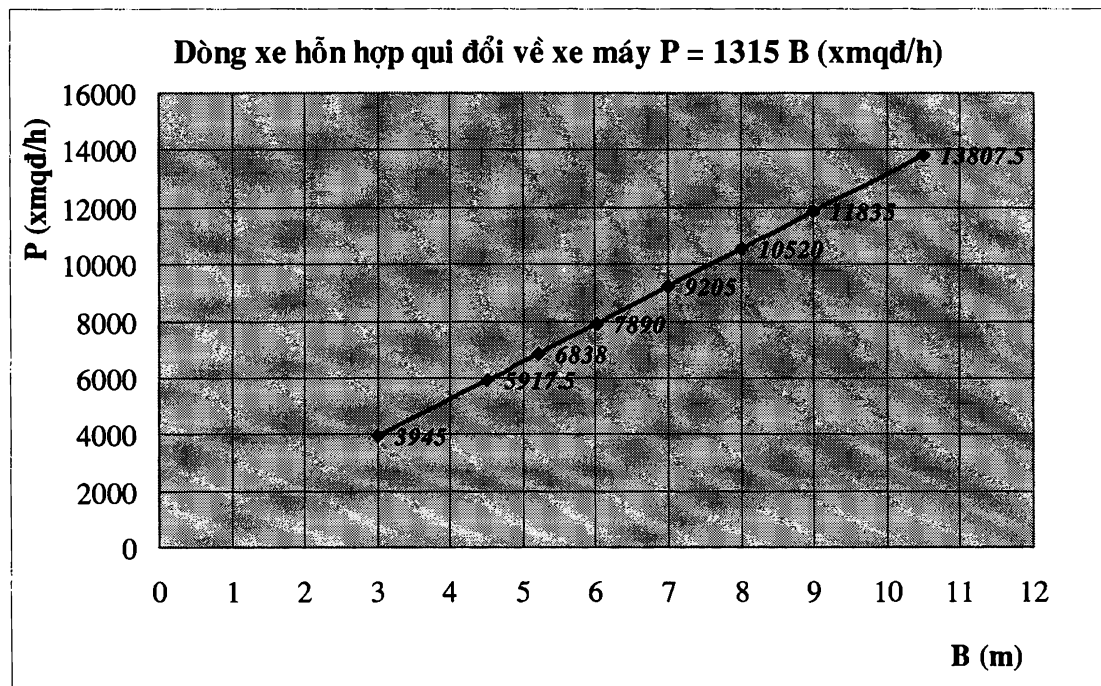
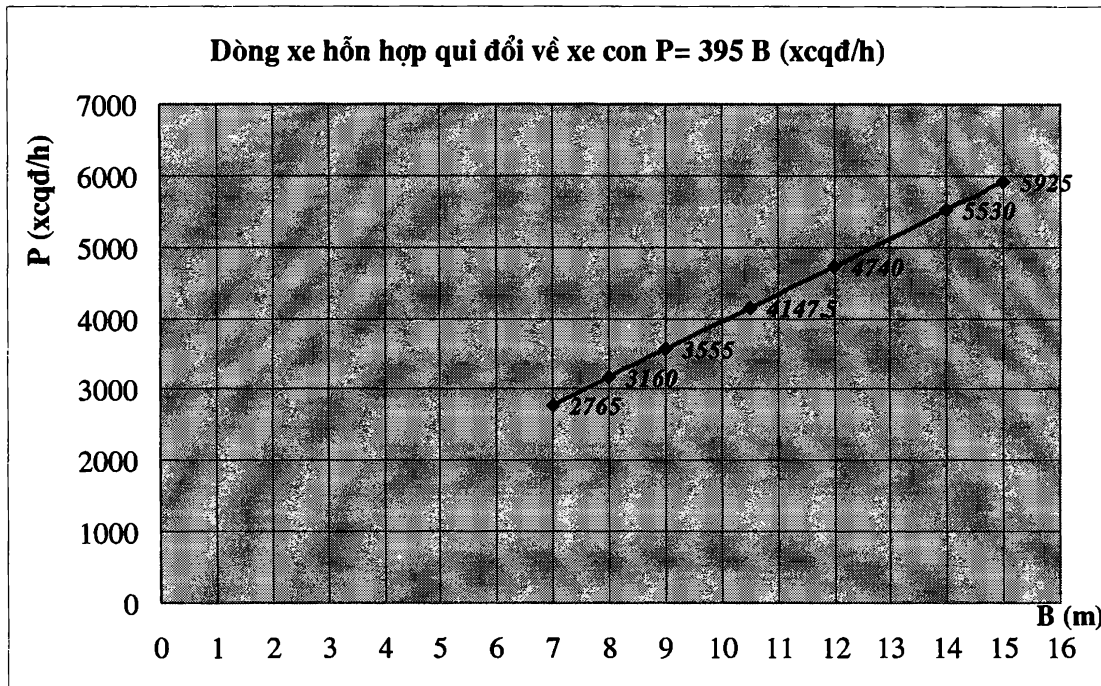
2. Các nút giao thông có các nhánh dẫn với bề rộng từ 3m -10m dòng xe hỗn hợp được đổi ra dòng xe máy qui đổi: Với số liệu trên 16 nhánh dẫn, (bảng 3.11).

P = 1315 B (xm qđ/h) Hệ số tương quan r = 0.92	(3.11)
---	--------

Đồ thị quan hệ giữa KNTH của nhánh dẫn với bề rộng của nó được biểu diễn trên hình 3.19

Nhân xét:

Các công thức tính KNTH thực tế ở điều kiện phổ biến của nhánh dẫn (3.10) và (3.11) được xây dựng trên cơ sở xử lý các số liệu thực nghiệm, quan trắc thực tế dòng xe ở 4 nhóm nút có các điều kiện đường, điều kiện giao thông và tổ chức giao thông phổ biến hiện nay trong đô thị nước ta. Vì vậy trị số KNTH thực tế (ở điều kiện phổ biến) được tính theo công thức (3.10) và (3.11) là các trị số trung bình.



Hình 3.19 Quan hệ KNTH thực tế và bề rộng của nhánh dẫn

3.5.2 Ảnh hưởng của xe rẽ trái

Một trong các yếu tố có ảnh hưởng rất lớn đến KNTH của nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn là các xe rẽ trái. Sự vận động của các phương tiện khi tới nút theo các hướng đi khác nhau như đã được mô tả ở mục 2.3.4 và 2.3.5 chương 2 cụ thể là:

- Với nhánh dẫn 1 làn xe, các xe rẽ trái, rẽ phải và đi thẳng đều đi chung trên làn do vậy các thao tác của lái xe rất phức tạp, thời gian chậm xe tăng lên đặc biệt khi có hướng đối diện cùng vào nút.

- Với nhánh dẫn 2 làn xe, làn xe giáp tim đường thường dành cho cả xe đi thẳng và xe rẽ trái, còn làn xe giáp lề dành cho xe rẽ phải.

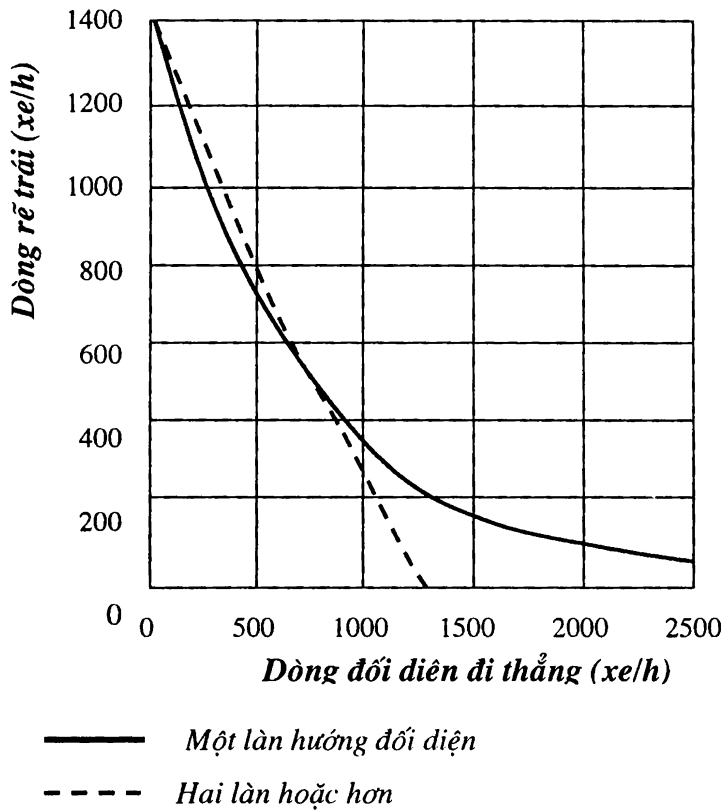
- Với nhánh dẫn có 3 làn xe, làn trong cùng sát tim đường dành cho xe rẽ trái, làn giữa dành cho xe đi thẳng, làn ngoài cùng sát lề dành cho xe rẽ phải.

Đối với dòng thuận cơ giới kết quả nghiên cứu của M.S Fiselxon ở Nga trên bảng 3.12 và của Viện nghiên cứu đường bộ Anh có thể xác định được số xe rẽ trái mà có thể cắt qua khe hở giữa các xe trên dòng đối diện theo biểu đồ hình 3.20 [54]:

Bảng 3.12 Hệ số ảnh hưởng của xe rẽ trái với tỷ lệ xe rẽ trên đường dẫn 2 làn và 3 làn ở nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn

Nguồn: [35], [62]

Tỷ lệ xe rẽ trái trong dòng %	Trị số K_{tr}	
	2 làn	≥ 3 làn
10	1,45	1,10
20	1,55	1,20
30	1,60	1,30
40	1,65	1,40



Hình 3.20 Quan hệ dòng bão hoà với dòng rẽ trái hướng đối diện

Một nghiên cứu khác ở Anh cho kết quả: Khi tỷ lệ xe rẽ trái lớn hơn 10% và chạy chung làn xe với hướng đi thẳng thì $K_r = 1,75$, xe rẽ phải hầu như ít ảnh hưởng đến dòng bão hoà nếu đường dẫn hơn 1 làn xe [50]. Trị số này ở Pháp là 1,70 [8]. Tiêu chuẩn 22TCN 271- 03 [1] lấy trung bình $K_r=1,60$. Như vậy rõ ràng hệ số xét ảnh hưởng của xe rẽ trái đến KNTH còn phụ thuộc vào số làn xe cũng như bề rộng đường dẫn và các kiểu rẽ trái khác nhau trong trường hợp dòng xe hỗn hợp có nhiều xe hai bánh như ở đô thị nước ta.

Tỷ lệ xe rẽ trái càng tăng, càng làm giảm KNTH của nhánh dẫn do xe rẽ trái phải chờ trên hàng chờ hoặc đi chậm trong nút để chờ có đủ khoảng hở trên dòng đi thẳng của hướng đối diện.

Từ các phân tích trên cùng với các kết quả nghiên cứu về đặc trưng của dòng xe, quan hệ tốc độ trung bình của dòng xe với tỷ lệ xe rẽ trái (công thức 2.4 và 2.5

chương 2), thông qua phần mềm **Traffic Brain** chúng tôi nhận được một số kết quả sau:

3.5.2.1 Ảnh hưởng của xe rẽ trái đến KNTH của nhánh dẫn làn xe thuận xe con

Bảng 3.13 Quan hệ KNTH của nhánh dẫn với tỷ lệ xe rẽ trái trong dòng

STT	Tỷ lệ rẽ trái $p_{tr}(\%)$	Dòng bão hoà $S(xc/hx)$	KNTH P_{nd} (xc/h)	Hệ số K_{tr}	Hệ số $1/K_{tr}$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	0	1827	1010	1.00	1.00
2	5	1668	922	0.92	1.09
3	10	1520	840	0.83	1.20
4	15	1415	782	0.77	1.30
5	20	1233	682	0.68	1.47
6	≤ 25	1125	623	0.62	1.62

Từ kết quả bảng trên chúng tôi nhận thấy tỷ lệ xe rẽ trái $p_{tr}(\%)$ càng lớn thì trị số dòng bão hoà cũng như KNTH càng giảm và giảm nhanh khi $p_{tr}(\%)$ lớn hơn (15 — 20)%. Rõ ràng quan hệ giữa hệ số K_{tr} và tỷ lệ p_{tr} là quan hệ phi tuyến. Để tổng quát hoá bằng toán học chúng tôi tìm được quan hệ này là quan hệ hàm mũ âm có dạng:

$$K_{tr} = e^{-\lambda \cdot p_{tr}} \quad (3.12)$$

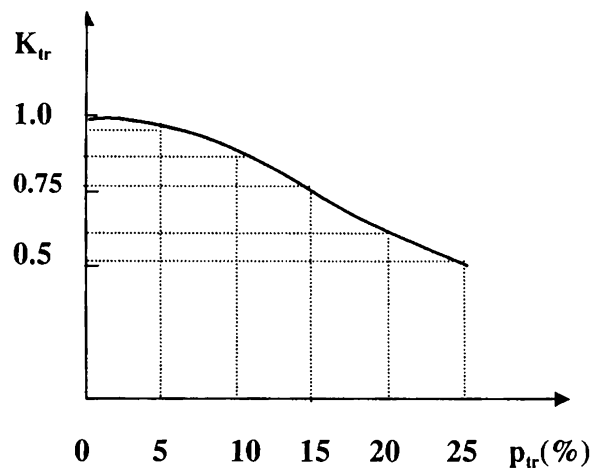
Kết quả thiết lập quan hệ này thông qua tham số trung bình:

$$\lambda_{tb} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \lambda_i = 0.182$$

Dạng cuối cùng của quan hệ :

$$K_{tr} = e^{-\frac{1.82}{100} p_{tr}} \quad (3.13)$$

Với tỷ lệ xe rẽ trái $p_{tr} = (0 - 25)\%$



Hình 3.21 Quan hệ giữa hệ số rẽ trái với tỷ lệ rẽ trái trong dòng chung thuận xe con.

Thử lại:	$p_{tr} = 0\%$	$K_{tr} = 1.0$
	$p_{tr} = 5\%$	$K_{tr} = 0.921$
	$p_{tr} = 10\%$	$K_{tr} = 0.835$
	$p_{tr} = 15\%$	$K_{tr} = 0.763$
	$p_{tr} = 20\%$	$K_{tr} = 0.690$
	$p_{tr} = 25\%$	$K_{tr} = 0.630$

Các giá trị trên gần trùng với các giá trị của cột (5) ở bảng 3.13 do đó quan hệ (3.13) là hợp lý.

3.5.2.2 Ảnh hưởng của xe rẽ trái đến KNTH của nhánh dẫn 2 làn xe với dòng hỗn hợp (lưu lượng xe 2 chiều bằng nhau).

Bảng 3.14 Quan hệ KNTH của nhánh dẫn 2 làn với tỷ lệ xe rẽ trái trong dòng.

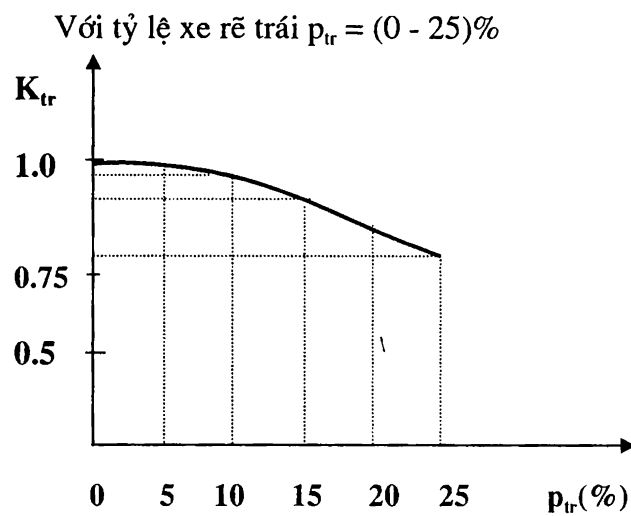
$p_{tr}(\%)$	0	10	15	20	25
P_{nd} (xcqd/h)					
N.dẫn số 1	2310	2145	1992	1882	1754
N.dẫn số 2	2126	1965	1849	1745	1618
N.dẫn số 3	2310	2145	1992	1902	1754
N.dẫn số 4	2126	1965	1849	1745	1618
Tổng	8872	8820	7682	7254	6744
Hệ số K_{tr}	1.0	0.918	0.866	0.817	0.760
H.số $1/K_{TR}$	1.00	1.09	1.15	1.22	1.32

Kết quả thiết lập quan hệ này thông qua tham số trung bình sau:

$$\lambda_{tb} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \lambda_i = 0.011$$

Dạng cuối cùng của quan hệ :

$$K_{tr} = e^{-\frac{1.10}{100} p_{tr}} \quad [3.14]$$



Hình 3.22 Quan hệ giữa hệ số rẽ trái với tỷ lệ rẽ trái trong dòng hỗn hợp nhánh dẫn có 2 làn.

Thử lại:	$p_{tr}=0\%$	$K_{tr}=1.0$
	$p_{tr}=10\%$	$K_{tr}=0.900$
	$p_{tr}=15\%$	$K_{tr}=0.850$
	$p_{tr}=20\%$	$K_{tr}=0.804$
	$p_{tr}=25\%$	$K_{tr}=0.761$

Các giá trị thử lại trên gần trùng với các giá trị K_{tr} ở bảng 3.14 do đó quan hệ (3.14) là hợp lý.

Một vài nhận xét:

- Khi tỷ lệ xe rẽ trái lớn hơn 10% so với tổng dòng, kết quả nghiên cứu ở một số nước dùng hệ số ảnh hưởng của xe rẽ trái như một trị số mặc định. Luận án đã sử

dụng phần mềm **Traffic Brain** để xác định một cách chi tiết hệ số ảnh hưởng của xe rẽ trái K_r đến KNTH của nhánh dẫn theo các tỷ lệ rẽ khác nhau.

- Ảnh hưởng của xe rẽ trái đến KNTH của dòng xe hỗn hợp ở điều kiện giao thông đô thị nước ta ít hơn so với dòng thuần ô tô ở các nước (đường cong hình 3.22 thoải hơn hình 3.21). Điều này cũng dễ hiểu bởi với dòng hỗn hợp nhiều thành phần xe 2 bánh chiếm tỷ lệ lớn đã rất linh động khi vận động trong nút để thoát nhanh ra khỏi nút.

- Trong điều kiện giao thông phổ biến ở các đô thị nước ta, khi tỷ lệ xe rẽ trái trên 25% trong tổng dòng, nên tổ chức làn riêng và pha riêng (3 pha) cho xe rẽ trái hoặc các biện pháp tổ chức phân luồng khác để nâng cao KNTH và an toàn giao thông.

3.5.3 Ảnh hưởng của khoảng cách (L) giữa các nút điều khiển bằng tín hiệu đèn.

Khoảng cách giữa các nút điều khiển bằng tín hiệu đèn có ảnh hưởng đáng kể đến KNTH của nút. Do vậy, việc điều khiển giao thông của nút có thực sự hiệu quả hay không còn phụ thuộc vào không gian hợp lý của mạng lưới các nút và sự đồng bộ của hệ thống đèn tín hiệu. Sự hợp lý này lại phụ thuộc trực tiếp vào tốc độ của dòng xe trên các nhánh dẫn và khoảng cách giữa các nút. Ở các nước phát triển, khi qui hoạch xây dựng họ chú ý đến việc bố trí khoảng cách giữa các nút tương đối đồng đều và đủ lớn nên rất dễ áp dụng các biện pháp điều khiển phối hợp theo kiểu làn sóng xanh nhằm nâng cao KNTH và an toàn xe chạy.

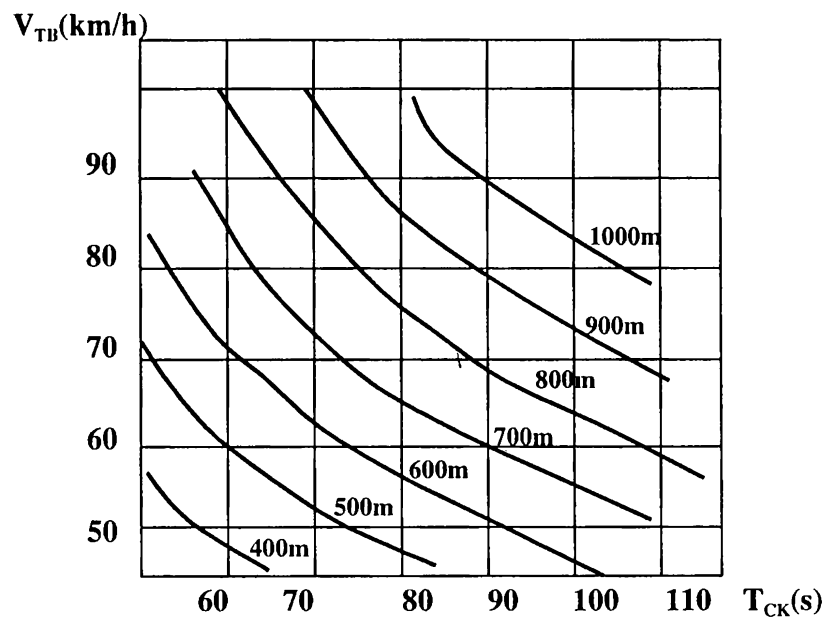
Đối với các nút điều khiển bằng tín hiệu đèn trong các đô thị nước ta hiện nay, việc bố trí hệ thống điều khiển phối hợp rất khó, vì khoảng cách giữa các nút không đồng đều hoặc là quá dài hoặc lại quá ngắn, vả lại dòng xe ở nước ta là dòng hỗn hợp nhiều thành phần tham gia có tốc độ khác nhau. Việc bố trí điều khiển phối hợp mới chỉ là thử nghiệm trên một số trục ở Hà Nội tuy nhiên sự căng thẳng về tốc độ và tâm lý người điều khiển trong dòng xe luôn xuất hiện. Trong các đô thị nước ta hiện nay phần lớn các nút đều được bố trí hệ thống điều khiển độc lập, do vậy việc xác định được một khoảng cách hợp lý giữa các nút để hạn chế ảnh hưởng (nhiều) đến KNTH của nút thật là cần thiết và có ý nghĩa thực tế đối với thực trạng giao thông hiện nay .

Trong tiêu chuẩn thiết kế đường ô tô ở nước ta 22 TCN 273-01[1] cũng đề nghị khoảng cách *tối thiểu* giữa các nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn trên cơ sở lái xe phải nhìn thấy rõ các thiết bị điều khiển, có đủ thời gian để xử lý theo các tín hiệu chỉ dẫn. Yêu cầu này được thể hiện ở bảng 3.15.

Bảng 3.15. Khoảng cách tối thiểu giữa các nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn ở nước ta [1]

Tốc độ th.kế $V(\text{km/h})$	50	60	80	100	110
Khoảng cách $L_{\min}(\text{m})$	100	120	165	215	275

Có thể tham khảo tiêu chuẩn điều khiển phối hợp ở Mỹ và Canada khi xét quan hệ giữa tốc độ trung bình của dòng xe con với chu kỳ điều khiển và khoảng cách hợp lý giữa các nút theo đồ thị hình 3.23 [51]



Hình 3.23 Quan hệ giữa khoảng cách nút với chiều dài chu kỳ và tốc độ trung bình của dòng xe trên các nút điều khiển bằng tín hiệu đèn

Rõ ràng khi tốc độ dòng xe càng lớn, chu kỳ điều khiển dài hơn thì khoảng cách giữa các nút càng phải lớn.

Đối với các nút điều khiển bằng tín hiệu đèn độc lập tiêu chuẩn Canada cũng đề nghị khoảng cách L nên dùng theo các trị số ở bảng 3.16

Bảng 3.16. Khoảng cách nên dùng giữa các nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn độc lập ở Mỹ và Canada [51]

$V_{TB}(km/h)$	Chu kỳ đèn T_{CK} (s)				
	60	70	80	90	100
40	335	390	445	500	555
50	415	485	555	625	695
60	500	585	665	750	835
70	585	680	780	875	970
80	665	780	890	1000	1100
90	750	875	1000	1125	1250

Phân tích các trị số ở bảng trên thấy rằng khi mà khoảng cách giữa các nút lớn hơn giá trị trong bảng tương ứng với tốc độ trung bình của dòng xe và chu kỳ đèn điều khiển thì hầu như yếu tố khoảng cách $L(m)$ không còn ảnh hưởng đến KNTH của nút và dòng xe qua nút là ổn định. Cụ thể như sau:

1. Theo hàng: Khi chu kỳ đèn tăng lên 10(s), với cùng một trị số tốc độ trung bình thì khoảng cách giữa các nút cũng tăng lên nhưng mức độ tăng lại giảm dần theo tỷ lệ: 1,17; 1,14; 1,12; 1,10.
2. Theo cột: Khi tốc độ trung bình của dòng xe tăng dần lên 10km/h, với cùng một thời gian chu kỳ đèn thì khoảng cách $L(m)$ giữa các nút cũng tăng lên nhưng mức độ tăng lại giảm dần theo tỷ lệ: 1,24; 1,20; 1,17; 1,14; 1,12

Xuất phát từ qui luật trên đối với dòng thuần cơ giới, chúng tôi nhận thấy có thể áp dụng cho các nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn độc lập ở đô thị nước ta cho dòng hỗn hợp nhiều xe máy với thời gian chu kỳ đèn thường sử dụng từ 50s - 70s (80s) tương ứng với tốc độ trung bình của dòng xe phổ biến từ 15km/h - 40km/h. Kết quả tính toán trình bày trên *bảng 3.17* là khoảng cách tối thiểu nên dùng giữa các nút:

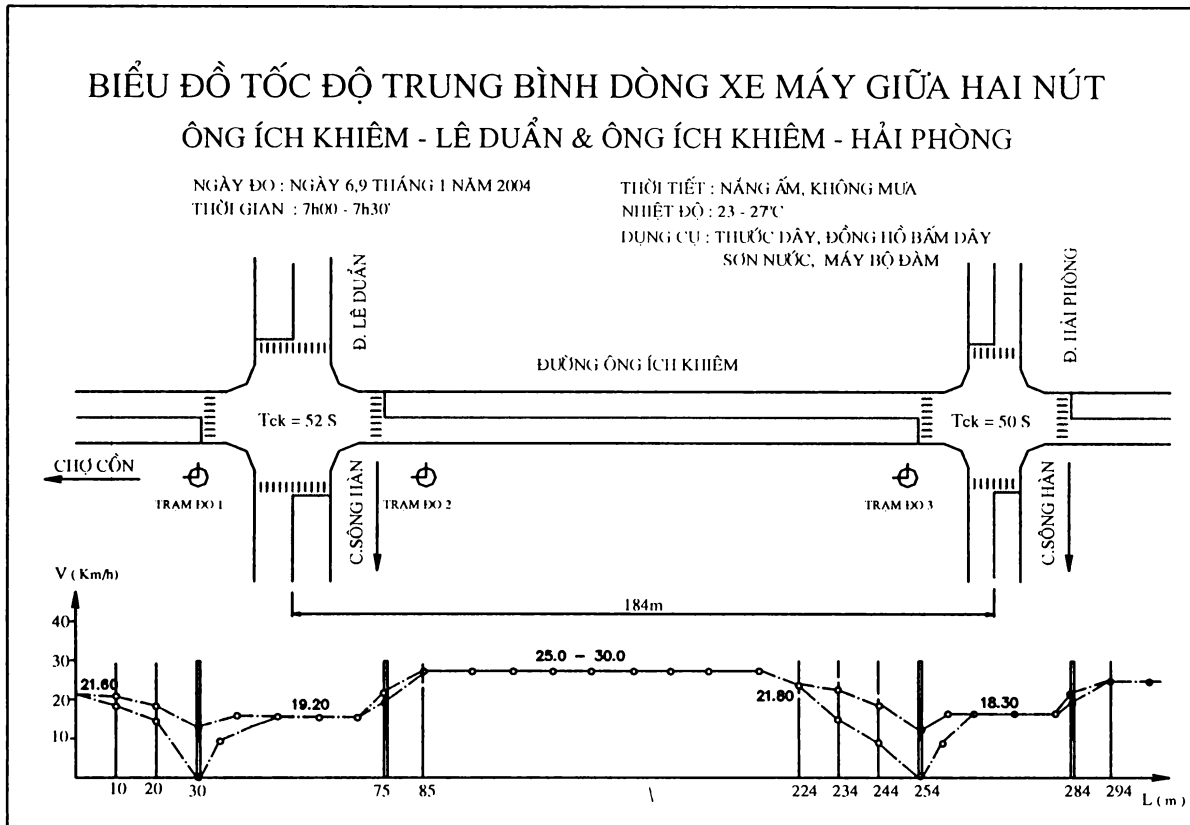
Bảng 3.17. Khoảng cách tối thiểu $L(m)$ nên dùng giữa các nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn trong đô thị nước ta.

$V_{TB}(km/h)$	Chu kỳ đèn T_{CK} (s)						
	50	55	60	65	70	75	80
15	150	163	177	190	206	220	234
20	172	187	203	219	235	252	268
25	196	214	232	251	270	289	306
30	224	244	266	287	308	330	350
35	250	273	295	318	342	366	390
40	284	310	335	363	390	418	445

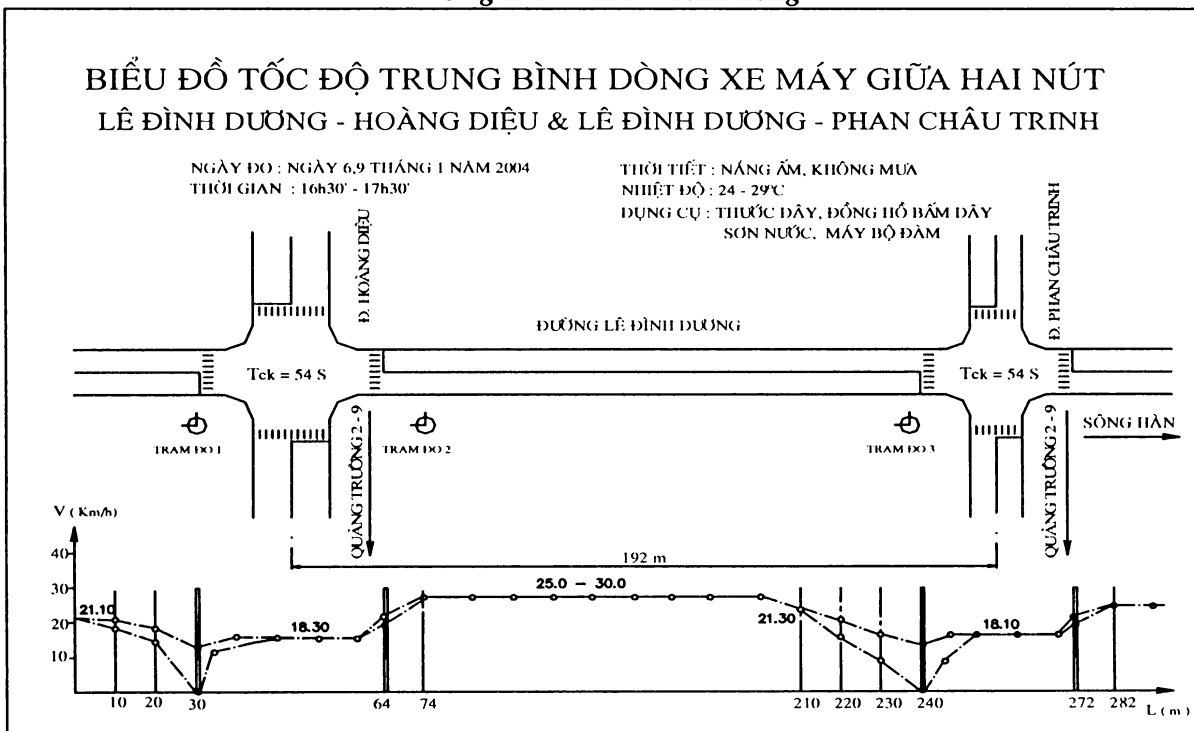
Nhận xét:

Với những giá trị trong bảng này chúng tôi đã kiểm nghiệm thông qua một số nút giao thông ở Đà Nẵng với tốc độ trung bình (25-30)km/h, các thao tác xử lý tăng giảm tốc, hãm phanh và tâm lý hoàn toàn thoải mái để chủ động lựa chọn cho xe vận động một cách tốt nhất vào nút: Ví dụ: Nút Lê Đình Dương - Hoàng Diệu với Lê Đình Dương - Phan Chu Trinh cách nhau 192m có cùng chu kỳ điều khiển $T_{CK}=54$ s, nút Ông Ich Khiêm - Lê Duẩn có $T_{CK}= 52$ s với nút Ông Ich Khiêm – Hải Phòng có $T_{CK}= 50$ s cách nhau 184m, hình 3.24 và 3.25 và phụ lục 1 trang 55.

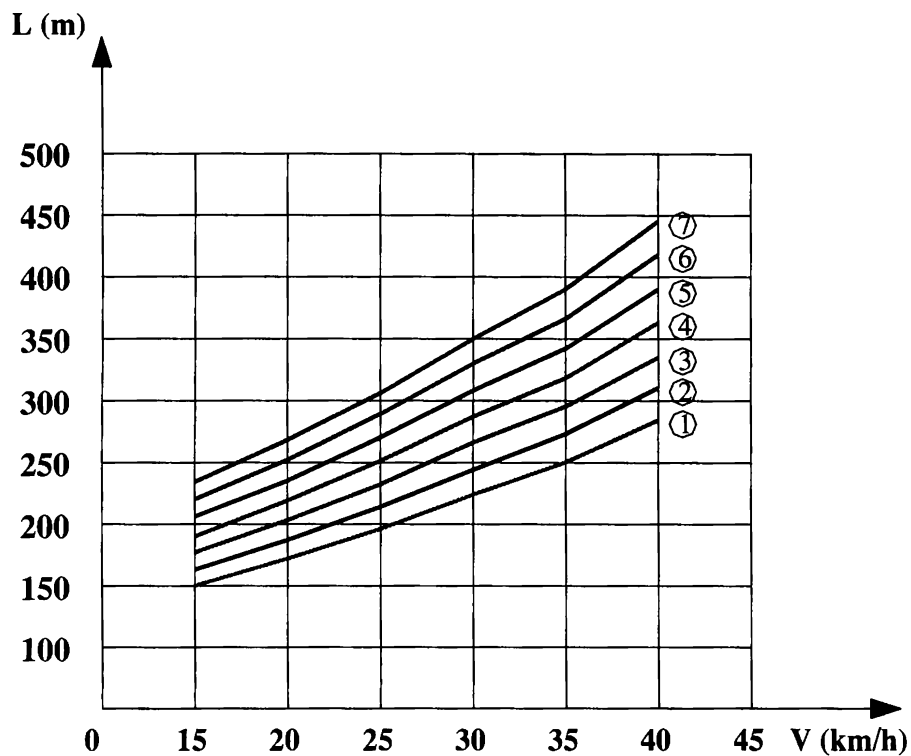
Để tiện lợi cho việc tham khảo sử dụng, các giá trị trong bảng 3.17 được biểu diễn một cách chính xác trên đồ thị hình 3.26



Hình 3.24. Tốc độ trung bình của dòng xe giữa hai nút Ông Ích Khiêm - Lê Duẩn và Ông Ích Khiêm - Hải Phòng



Hình 3.25. Tốc độ trung bình của dòng xe giữa hai nút Lê Đình Dương - Hoàng Diệu và Lê Đình Dương - Phan Châu Trinh



Hình 3.26 Đồ thị khoảng cách tối thiểu nên dùng giữa các nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn ở đô thị nước ta

1. $T_{CK}=50s$ 3. $T_{CK}=60s$ 5. $T_{CK}=70s$ 7. $T_{CK}=80s$
 2. $T_{CK}=55s$ 4. $T_{CK}=65s$ 6. $T_{CK}=75s$

3.5.4 Một số nhận xét và kết luận

1. Dòng bão hòa cũng như KNTH của nhánh dẫn tới nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn trong điều kiện giao thông đô thị nước ta hiện nay chịu ảnh hưởng rất lớn của các yếu tố về điều kiện đường nhất là bề rộng của nhánh dẫn, của điều kiện giao thông cũng như điều kiện tổ chức và điều khiển giao thông.

2. Quan hệ KNTH thực tế và bề rộng nhánh dẫn tới nút là quan hệ **tuyến tính** như sau:

Các nút giao thông có các nhánh dẫn với bề rộng từ 7m -15m dòng xe hỗn hợp được đổi ra dòng xe con qui đổi:

$$P = 395 B \text{ (xcqđ/h)}$$

Các nút giao thông có các nhánh dẫn với bề rộng từ 3m -10 m dòng xe hỗn hợp được đổi ra dòng xe máy qui đổi:

$$P = 1315 B \text{ (xm qđ/h)}$$

3. Quan hệ giữa tỷ lệ xe rẽ trái trong dòng xe với hệ số làm giảm KNTH K_{tr} là quan hệ hàm mũ âm, khi tỷ lệ xe rẽ trái vượt quá (15-20)% KNTH giảm xuống rất nhanh.

- Ảnh hưởng của xe rẽ trái đến KNTH của dòng xe hỗn hợp ở điều kiện giao thông đô thị nước ta ít hơn so với dòng thuần ô tô ở các nước.

$$K_{tr} = e^{-\frac{1.82}{100} p_{tr}} \quad \text{Với } p_{tr} = (0 - 25)\%; \text{ dòng thuần xe con trên đường dẫn 1 làn xe}$$

$$K_{tr} = e^{-\frac{1.10}{100} p_{tr}} \quad \text{Với } p_{tr} = (0 - 25)\%; \text{ dòng hỗn hợp trên đường dẫn 2 làn xe}$$

- Khi tỷ lệ xe rẽ trái > 25% tổng dòng thì nên tổ chức làn riêng và pha riêng cho dòng rẽ trái hay các biện pháp tổ chức phân luồng khác để nâng cao KNTH và an toàn giao thông.

4. Khoảng cách tối thiểu nên dùng giữa các nút điều khiển độc lập bằng tín hiệu đèn tương ứng với chu kỳ điều khiển và tốc độ trung bình của dòng xe trên bảng 3.17 và đồ thị hình 3.26. Ngoài ra cũng có thể tham khảo các trị số của bảng này trong công tác thiết kế quy hoạch mạng lưới đường mới trong đô thị.

3.6 KẾT LUẬN CHUNG

1. Về phương pháp luận: Việc nghiên cứu về dòng bão hoà có ý nghĩa quan trọng, là cơ sở phục vụ cho việc tính toán khả năng thông hành của nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn.

Dòng bão hoà lý tưởng của dòng thuần xe con ở nhiều nước, theo nhiều phương pháp có trị số gần như nhau và đạt giá trị $S = (1800 - 2000) \times \text{xecon/hxanh/làn}$, có thể xem đó là những giá trị chặn trên của KNTH của một làn xe trên đường dẫn.

Dòng bão hoà thực tế dùng với mục đích khác nhau được xác định thông qua dòng bão hoà lý tưởng cùng với việc xác định một loạt các yếu tố ảnh hưởng về điều kiện đường, điều kiện giao thông và điều kiện tín hiệu. Thông qua các nghiên cứu thực

thực nghiệm ngoài hiện trường để xác định các hệ số ảnh hưởng f_i . Ở các nước phương pháp nghiên cứu dòng bão hòa bằng cách khảo sát ngoài thực tế cơ bản giống nhau.

2. Phương pháp nghiên cứu dòng bão hòa trong điều kiện giao thông đô thị nước

ta: Dùng phương pháp đo đếm khảo sát trực tiếp ngoài nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn bằng Camera, sau đó áp dụng thống kê toán để xử lý số liệu cho các trường hợp nhánh dẫn bão hòa và chưa bão hòa

3. Quy đổi dòng xe: Khi nghiên cứu dòng bão hòa trong nút phải tiến hành quy đổi dòng xe hỗn hợp nhiều thành phần về dòng xe thuần nhất hoặc xe con quy đổi hoặc xe máy quy đổi với kết quả như sau:

- Khi nút giao nhau giữa đường khu vực với đường khu vực (nhóm IV) hay giữa đường khu vực với đường phố chính cấp khu vực (nhóm III), có tỷ lệ xe ô tô đã quy đổi về (xcqđ) **nhỏ hơn 15%** tổng lượng xe qua nút thì nên quy đổi dòng hỗn hợp về dòng xe máy.
- Khi nút giao giữa các đường phố chính toàn thành với đường phố chính cấp khu vực (nhóm I), đường phố chính cấp khu vực với đường phố chính cấp khu vực (nhóm II) hay đường phố chính cấp khu vực với đường khu vực (nhóm III), có tỷ lệ ô tô chiếm **lớn hơn 15%** thì quy đổi dòng hỗn hợp về dòng xe con.

(Các trị số của hệ số quy đổi ở bảng 3.5)

4. Dòng bão hòa thực nghiệm phụ thuộc vào điều kiện đường: bề rộng nhánh dẫn tới nút, không gian nút, độ dốc dọc của nhánh dẫn, tầm nhìn..., phụ thuộc vào thành phần dòng xe trên nhánh dẫn, tỷ lệ xe rẽ, phụ thuộc vào thời gian xanh và thời gian chu kỳ đèn vào biện pháp tổ chức giao thông kẻ vạch, phân luồng. (kết luận số 3 mục 3.3.3.2). Thời gian xanh có hiệu được xác định thông qua tổng tổn thất thời gian trong pha, tổn thất thời gian ở đầu pha được tính toán dựa trên cơ sở quan trắc thực nghiệm dòng xe hỗn hợp trên hàng chờ trước vạch dừng và sự ổn định của dòng bão hòa thuần xe con ở các nước, $t_{L1} = 1-2s$.

5. Xây dựng phần mềm dòng Traffic Brain mô phỏng sự hoạt động của dòng xe trên nút. Cho phép xác định được lưu lượng xe lớn nhất trên nhánh dẫn thoát qua nút (KNTH) ứng với chu kỳ đèn tối ưu của một nút có điều kiện đường và điều kiện giao thông nhất định. Cho phép xác định dòng bão hòa cũng như khả năng thông

hành của nhánh dẫn tới nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn của *một làn thuận xe con, thuận xe máy dưới điều kiện chuẩn ở nước ta* đạt trị số trung bình:

$S_0 = 1827$ xecon/hxanh/làn và $P_{nd} = 1010$ xecon/h/làn

$S_0 = 9721$ xemáy/hxanh/làn và $P_{nd} = 4942$ xemáy/h/làn.

Cho phép xác định các quan hệ giữa KNTH của nhánh dẫn với các yếu tố ảnh hưởng khác.

6. KNTH thực tế quan hệ tuyến tính với bề rộng nhánh dẫn theo công thức thực nghiệm (3.10); (3.11) và đồ thị hình 3.19

Khả năng thông hành của nhánh dẫn đến nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn của dòng hỗn hợp trong điều kiện giao thông đô thị nước ta **lớn hơn** KNTH của nhánh dẫn tới nút của dòng hỗn hợp ở các nước $P = (1290 - 1350)$ xcqd/h/làn so với $P = (900 - 1200)$ xcqd/h/làn ở Nga, Trung quốc, Mỹ, Pháp...

7. Hệ số ảnh hưởng của xe rẽ trái đến KNTH của nhánh dẫn đối với dòng thuận xe con trên nhánh dẫn 1làn, với dòng hỗn hợp trên nhánh dẫn 2 làn phổ biến ở đô thị nước ta tuân theo luật hàm mũ âm, công thức (3.13); (3.14) và đồ thị hình 3.21; hình 3.22. Ảnh hưởng của xe rẽ trái đến KNTH của dòng xe hỗn hợp ở điều kiện giao thông đô thị nước ta ít hơn so với dòng thuận ô tô ở các nước. Khi tỷ lệ xe rẽ trái > 25% tổng dòng thì nên tổ chức làn riêng và pha riêng cho dòng rẽ trái hay các biện pháp tổ chức phân luồng khác.

8. Khoảng cách tối thiểu nên dùng giữa các nút điều khiển độc lập bằng tín hiệu đèn tương ứng với chu kỳ điều khiển và tốc độ trung bình của dòng xe trong điều kiện giao thông đô thị nước ta (bảng 3.17 và đồ thị hình 3.26).

Chương 4

MỘT SỐ KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG

4.1 MỨC PHỤC VỤ HIỆU QUẢ CỦA NÚT GIAO THÔNG ĐIỀU KHIỂN BẰNG TÍN HIỆU ĐÈN

4.1.1 Khái quát chung.

Khả năng thông hành (KNTH) và mức phục vụ (MPV) nói chung là hai khái niệm luôn luôn tồn tại và song hành nhau khi nghiên cứu đánh giá trạng thái dòng xe đối với tất cả các đối tượng được xem xét như: đường cao tốc, đường trục chính, quá cảnh, bộ hành, đường nhiều làn, đường 2 làn, nút giao có tín hiệu đèn và nút giao không có tín hiệu đèn.

Trên thế giới điển hình ở Mỹ, ở Nga, ở Pháp và Đức đã sử dụng tiêu chuẩn “Mức phục vụ” làm cơ sở đánh giá chất lượng phục vụ của đường, của nút giao thông cả trong và ngoài đô thị. Tùy thuộc vào các đối tượng nghiên cứu khác nhau mà số lượng và trị tuyệt đối của các chỉ tiêu dùng để xác định mức phục vụ khác nhau. Chỉ tiêu được chọn để xác định các MPV cho mỗi loại công trình được gọi là “Thước đo hiệu quả” giới thiệu ở bảng 4.1

Bảng 4.1 *Thuốc đo tính hiệu quả để xác định MPV**Nguồn:[1] [8],[15],[49],[50]*

<i>Loại công trình</i>	<i>Thuốc đo hiệu quả</i>	<i>Đơn vị</i>
Đường cao tốc		
Các đoạn cơ bản	Mật độ	xe/km/làn
Các đoạn trộn	Tốc độ hành trình trung bình	km/h
Nhánh nối	Suất dòng	xctc/h
Đường nhiều làn xe	Mật độ	xe/km/làn
Đường 2 làn xe	Phần trăm thời gian chậm xe	%
Nút giao thông có tín hiệu đèn	Chờ xe trung bình do dừng	giây/xe
Nút giao không có tín hiệu đèn	Tổng thời gian chờ xe t.bình	giây/xe
Đường trục chính	Tốc độ hành trình trung bình	km/h
Đường quá cảnh	Yếu tố chịu tải	người/chỗ
Bộ hành	Không gian	m ² /người

Các tác giả Mỹ chia MPV thành 6 mức A, B, C, D, E và F trên cơ sở các chỉ tiêu tỷ lệ thời gian cản trở hành trình, tốc độ hành trình, hệ số mức độ phục vụ, hiệu quả kinh tế [10], [39]... Các tác giả Nga thống nhất chỉ dựa trên 3 chỉ tiêu để đánh giá mức thuận lợi là hệ số tốc độ, hệ số làm việc và hệ số mật độ nhưng có khác nhau về số lượng mức thuận lợi ví dụ như V.V Xilianov, V.F Babkov đề nghị 4 mức: A,B,C,D [37], [57], và gần đây cũng đề nghị 6 mức: A,B,C,D,E và F [61]. Ở nước ta một số tác giả trong công trình nghiên cứu của mình cũng đề nghị phân mức phục vụ thành 6 mức đối với đường phố và đường quốc lộ 2 làn xe [13], [22]. Rõ ràng các tác giả trên thế giới cũng như trong nước đều thống nhất chia mức phục vụ thành 6 mức. Xem xét toàn bộ khung phân loại thấy rằng trị số các chỉ tiêu ở từng mức có khác nhau điều này là đúng vì chỉ tiêu khai thác ở mỗi nước có khác nhau. Nhưng sự mô tả trạng thái giao thông thì hoàn toàn giống nhau. Đối với nút giao thông nói chung, nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn nói riêng và đặc biệt trong điều kiện giao thông đô thị nước ta việc sử dụng khung phân loại MPV như thế nào cho hợp lý là vấn đề không thật dễ.

4.1.2 Lựa chọn chỉ tiêu đánh giá MPV

Để có thể đánh giá và xác định được MPV cũng như đánh giá trạng thái dòng xe của nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn trong điều kiện giao thông đô thị nước ta, đề tài tập trung nghiên cứu làm rõ 2 chỉ tiêu: *Thời gian chờ xe trung bình do dừng d và hệ số mức độ phục vụ Z (yếu tố bảo hoà của đường dẫn)* và lấy đó làm thước đo hiệu quả. Việc lựa chọn 2 chỉ tiêu trên xuất phát từ những lý do sau:

1. Như đã nói ở trên KNTH và MPV là hai khái niệm luôn tồn tại song hành bên nhau và chỉ ở mức phục vụ E mới tồn tại tại KNTH, còn trên mức E thì chỉ tồn tại suất dòng phục vụ (mức F không tồn tại khái niệm suất dòng phục vụ). Như vậy câu hỏi đặt ra là *ở mức phục vụ nào* thì nên sử dụng đèn tín hiệu điều khiển giao thông và việc điều khiển mới có hiệu quả.
2. Với dòng xe hỗn hợp nhiều thành phần như ở đô thị nước ta thì việc chỉ đơn thuần xét chỉ tiêu thời gian chờ xe trung bình như dòng xe thuần cơ giới ở các nước theo chúng tôi là chưa thật sự thuyết phục.
3. Các kết quả nghiên cứu gần đây của các tác giả trong và ngoài nước khi đánh giá trạng thái dòng xe cũng đều xem xét chỉ tiêu hệ số mức độ phục vụ.[13], [19], [22], [40],[49],[53], [54],[55],[61].
4. Xuất phát từ các điều kiện đặt đèn tín hiệu ở nước ta [6],[15],[25], ở các nước Tây Âu, Bắc Mỹ, Nga và các nước trong khu vực như Malaysia [33],[35], đều xem xét điều kiện lưu lượng dòng xe trên các đường dẫn tới nút là một trong những chỉ tiêu quan trọng.

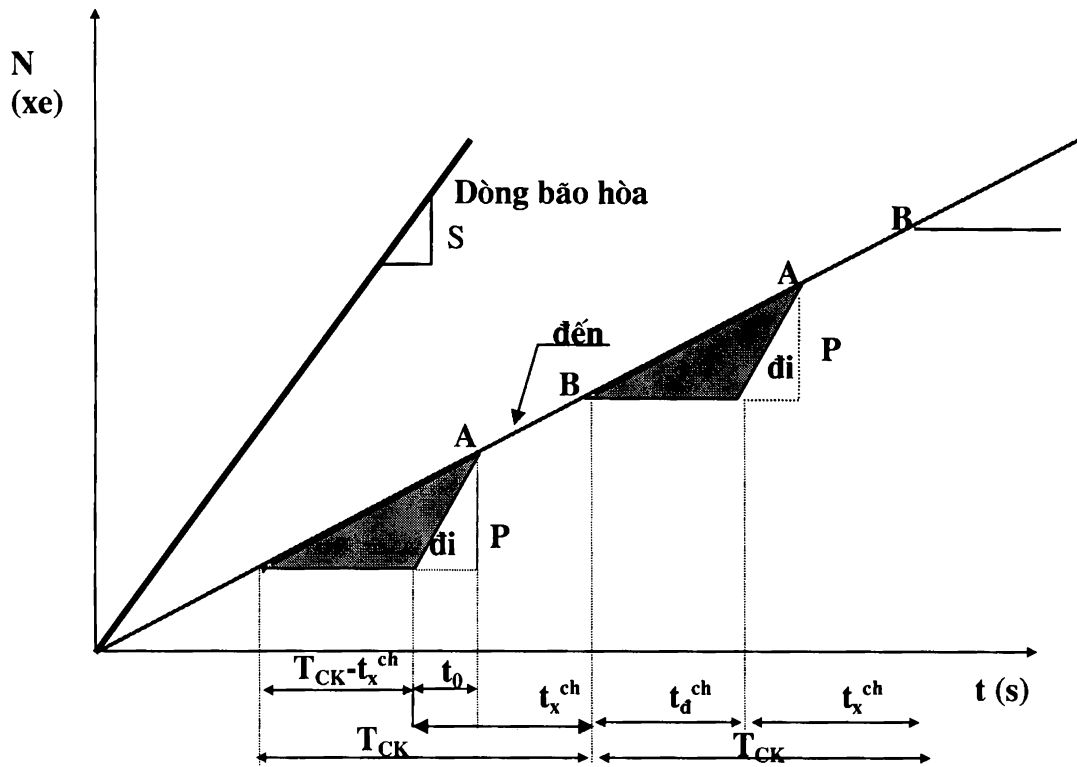
Trong một nghiên cứu gần đây của James H. Kell và Iris J. Fullerton [42] thuộc Viện nghiên cứu kỹ thuật giao thông Hoa Kỳ (A.I.T.E) đã đưa ra một tập hợp gồm 11 các điều kiện lắp đặt đèn điều khiển ở nút giao thông như sau: 1.Lưu lượng xe chạy tối thiểu, 2. Góc đoạn dòng xe liên tục, 3. Lưu lượng bộ hành tối thiểu, 4. Nơi có trường học, 5. Quá trình vận động của dòng, 6. Lịch sử tai nạn giao thông, 7. Tính điều khiển phối hợp mạng, 8. Tổ hợp các điều kiện, 9. Lượng xe trong 4 giờ, 10. Chậm xe giờ cao điểm, 11. Lưu lượng xe giờ cao điểm. Trong đó có tới 5 điều kiện (1, 2, 8, 9, 11) liên quan đến lưu lượng giao thông trên nhánh dẫn.

5. Hai chỉ tiêu này vừa mang tính đại diện vừa có tính cụ thể, định lượng mà lại liên quan chặt chẽ với nhau (trong công thức xác định thời gian chậm xe trung bình d có mặt của hệ số mức độ phục vụ Z), thông qua các chỉ tiêu này chúng ta có thể thấy được mức chịu tải của nút, tính hợp lý và tiện lợi trong quá trình điều khiển. Rõ ràng với một nút giao thông lượng xe tới rất nhiều nhưng khả năng chịu tải nhỏ thì thời gian chậm xe chắc chắn sẽ bị kéo dài và sinh ùn tắc. Điều này cho thấy hệ số mức phục vụ ảnh hưởng trực tiếp đến trạng thái dòng xe trên nút. Khi các chỉ tiêu này có trị số không hợp lý, chẳng hạn thời gian chậm xe và hệ số mức độ phục vụ quá nhỏ hoặc quá lớn thì việc sử dụng tín hiệu điều khiển giao thông đều không mang lại hiệu quả, gây ra phản tác dụng.

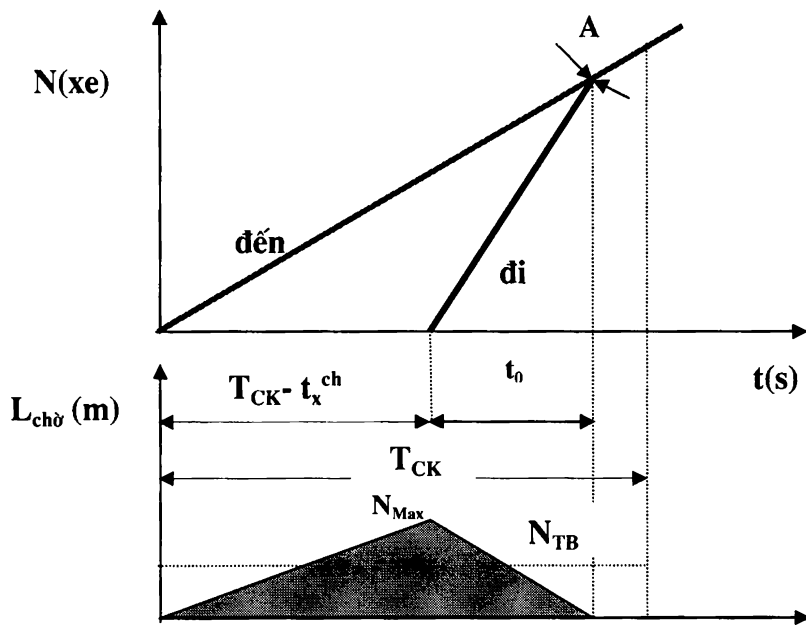
Dưới đây xin trình bày các kết quả nghiên cứu về 2 chỉ tiêu trên.

4.1.3 Thời gian chờ xe trung bình do dừng

Để xác định thời gian chậm xe cho dòng thuận cơ giới đối với nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn hiện trên thế giới có thể sử dụng nhiều mô hình khác nhau mô hình của Beckman 1956, Mc Neil 1968, Darroch, Webster, Miller, Newll - Allsop [44], [45], [53], [54], [55]... Với dòng xe hỗn hợp, mật độ đông, gần như dòng đều ở các đô thị nước ta sau nhiều lần quan trắc thực nghiệm dòng xe trên hàng chờ chúng tôi đề nghị xác định thời gian chờ xe trung bình bằng mô hình mô phỏng một cách đơn giản dòng “Đến” và dòng “Đi” kết hợp với mô hình của Webster là một trong những mô hình được sử dụng rộng rãi nhất (*hình 4.1*) cũng như việc mô phỏng quá trình phát triển của hàng chờ trên nhánh dẫn (*hình 4.2*).



Hình 4.1 Mô phỏng dòng Đến và Đi ở nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn



Hình 4.2 Mô phỏng quá trình phát triển hàng chờ trên dẫn ở nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn.

Phân tích từ mô hình trên chúng ta thấy rằng:

1. Trường hợp nút không ở trạng thái bão hoà bao giờ cũng cho lượng xe có thể thoát qua lớn hơn lượng xe tích lũy ở trong hàng chờ (thời gian xanh còn dư).
2. Trong suốt thời gian tín hiệu đỏ số lượng xe tích lũy ở một chế độ tương ứng với số lượng xe đến.
3. Bắt đầu tín hiệu xanh có sự tiêu tán của các xe ở đầu hàng chờ và cũng ở cùng thời điểm đó các xe vẫn tiếp tục đến nút trên nhánh dẫn, và khi lượng xe đến tương ứng với lượng xe đi thì nhu cầu là thoả mãn – chính là điểm A trên mô hình. Nếu điểm A trùng với điểm B tức là nút ở trạng thái bão hoà, trạng thái ứng với KNTH (thời gian xanh được sử dụng hết). Điều này có thể diễn giải như sau:

$$t_0 \cdot P = N (T_{CK} - t_x^{ch} + t_0) \quad (4.1)$$

và

$$t_0 = \frac{N(T_{CK} - t_x^{ch})}{P - N} \quad (4.2)$$

Trong đó: T_{CK} : thời gian chu kỳ đèn (s)

t_x^{ch} : thời gian xanh có hiệu trong chu kỳ (s)

t_0 : thời gian tiêu tán dòng xe trong hàng chờ (s)

N : Lưu lượng dòng đến (xe/s)

P : KNTH bão hoà của nhánh dẫn (xe/s)

4. Phân diện tích màu xanh của các mô hình trên chính là tổng thời gian chờ xe của tất cả các xe trên hàng chờ sẽ thoát qua trong thời gian t_0 .

$$D = (T_{CK} - t_x^{ch}) \cdot P \cdot \frac{t_0}{2} = \frac{N \cdot P (T_{CK} - t_x^{ch})^2}{2(P - N)} \quad (4.3)$$

Thời gian chờ xe trung bình do dừng của một xe trong một chu kỳ sẽ là

$$d = \frac{D}{N \cdot T_{CK}} = \frac{N \cdot P (T_{CK} - t_x^{ch})^2}{2(P - N)} \cdot \frac{1}{N \cdot T_{CK}} = \frac{1}{2} T_{CK} \frac{\left(1 - \frac{t_x^{ch}}{T_{CK}}\right)^2}{\left(1 - \frac{N}{P}\right)} \quad (4.4)$$

Trong đó: D là tổng thời gian chờ xe do dừng của tất cả các xe trong hàng chờ; (s)

d là thời gian chờ xe trung bình do dừng của một xe trong hàng chờ; (s).

Nhân xét:

Công thức tính thời gian chậm xe theo (4.3) và (4.4) trên cơ sở của biểu đồ mô phỏng dòng đến và đi cũng như quá trình phát triển của hàng chờ là phù hợp với dòng xe hỗn hợp nhiều thành phần ở đô thị nước ta, một dòng đến mật độ rất cao và gần như là dòng đều. Tuy nhiên cũng phải thấy rằng trong thực tế dòng xe đến trong hàng chờ không phải khi nào cũng là dòng đều một cách đồng bộ, mà có một số ít đến tự do chẳng hạn như một số xe con và xe đạp ở những nút mà có tỷ lệ thành phần của loại phương tiện này nhỏ dưới 5% và đường dẫn chưa ở trạng thái bão hòa. Ngoài ra còn có trường hợp quá bão hòa, các xe tích lũy cuối hàng chờ bị dừng lại khi thời gian tín hiệu xanh kết thúc, tức là tính đồng bộ cũng đã bị khác đi, thời gian chờ dài hơn. Như vậy để không lãng phí cũng như không bị thiếu thời gian xanh thì việc phân pha tín hiệu phải dựa trên cơ sở của ngưỡng bão hòa mà tại đó tồn tại KNTH.

Để xét thêm 2 trường hợp nhánh dẫn chưa bão hòa và quá bão hòa có thể sử dụng công thức tổng quát của Webster [47], [53], [54], [55].

$$d = \frac{T_{CK} \cdot \left(1 - \frac{t_x^{ch}}{T_{CK}}\right)^2}{2 \cdot \left(1 - \frac{N}{P}\right)} + \frac{\left(\frac{N}{P}\right)^2}{2 \cdot N \left(1 - \frac{N}{P}\right)} - 0.65 \left(\frac{T_{CK}}{N^2}\right)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{N}{P}\right)^{2+5 \frac{t_x}{T_{CK}}} \quad (4.5)$$

Công thức (4.5) gồm 3 số hạng: số hạng thứ nhất xét đến yếu tố dòng xe đến một cách đồng bộ (dòng đều) ở trạng thái bão hòa, số hạng thứ hai xét cho dòng đến không đồng bộ ở trạng thái chưa và quá bão hòa và số hạng thứ ba là bộ phận hiệu chỉnh giữa thực tế và lý thuyết.

Trong thực tế bộ phận thứ ba có thể làm chiết giảm (5 - 10)% thời gian chờ xe trung bình của một xe, để đơn giản trong tính toán có thể thay thế số hạng thứ ba bằng cách giảm 10% thời gian chờ xe trung bình của một xe. Điều này cũng là hợp lý với dòng xe hỗn hợp nhiều xe hai bánh và rất linh động ở đô thị nước ta.

Cuối cùng công thức xác định thời gian chờ xe trung bình của một xe như sau:

$$d = 0.9 \left[\frac{T_{CK} \left(1 - \frac{t_x^{ch}}{T_{CK}} \right)^2}{2 \left(1 - \frac{N}{P} \right)} + \frac{\left(\frac{N}{P} \right)^2}{2N \left(1 - \frac{N}{P} \right)} \right] \quad (4.6)$$

Hay

$$d = 0.9 \left[\frac{T_{CK} (1 - \lambda)^2}{2(1 - Z)} + \frac{Z^2}{2N(1 - Z)} \right] \quad (4.7)$$

Trong đó: $\lambda = (t_x^{ch} / T_{CK})$ là tỷ số thời gian xanh có hiệu trong chu kỳ

$Z = (N/P)$ hệ số mức độ phục vụ (đơn vị N và P là xe/s).

4.1.4 Hệ số mức độ phục vụ

Hệ số mức độ phục vụ là tỷ số giữa lưu lượng xe chạy (N) với KNTH (P) ký hiệu là Z

$$Z = \frac{N}{P} \quad (4.8)$$

Cùng thể hiện bản chất như nhau nhưng có nhiều tên gọi khác nhau. Ở trong nước các tác giả gọi là “*hệ số chịu đựng xe chạy*”[5], “*hệ số làm việc*”[13], [17], [35] hoặc là hệ số sử dụng năng lực thông hành khi dừng trong thiết kế mới [6]. Các nước Tây Âu, Bắc Mỹ đều gọi là tỷ số lưu lượng trong tiêu chuẩn mức phục vụ (v/c) [38], [39], [49]. Các tác giả Nga gọi là hệ số chịu tải trong tiêu chuẩn mức thuận lợi [37], [58], [61]. Trong nghiên cứu này chúng tôi thống nhất gọi là **hệ số mức độ phục vụ** (Coefficient level of service) theo đúng thuật ngữ tiếng Anh và mục đích của nghiên cứu này chính là để xác định mức phục vụ của nút. Sử dụng hệ số mức độ phục vụ để làm cơ sở giúp cho việc đánh giá trạng thái giao thông của các nhánh dẫn tới nút đang khai thác từ đó tìm ra các giải pháp nâng cao KNTH, tổ chức và điều khiển giao thông cũng như các giải pháp hình học khác... Trị số của hệ số Z biểu thị mức độ chịu tải hay mức độ làm việc của các nhánh dẫn tới nút, trị số Z càng nhỏ tức là dòng vắng, xe chạy tự do ít bị ràng buộc lẫn nhau, mức độ thuận lợi giao thông

càng cao. Ngược lại khi trị số Z lớn, dòng đông, các xe trong dòng bị ràng buộc cản trở lẫn nhau và mức độ thuận lợi rất thấp. Về lý thuyết khi $Z < 1.0$ --> thông xe, khi $Z > 1.0$ --> tắc xe và khi $Z \approx 1.0$ thì các đường dẫn đạt trạng thái bão hoà cũng như tồn tại KNTH. Tuy nhiên trong thực tế đối với dòng thuần cơ giới trên đường (không phải gần nút giao thông) do ảnh hưởng của rất nhiều yếu tố khi $Z > 0.85$ thì dòng xe đã ở trạng thái mất ổn định và rất dễ sinh ùn tắc [13].

Rõ ràng trạng thái bão hoà ứng với chu kỳ đèn tối ưu là trạng thái đạt KNTH lớn nhất, vì thế mà ở Trung Quốc còn gọi là *năng lực thông hành bão hoà*, tuy nhiên cũng không thể sử dụng giá trị KNTH lớn nhất này (ứng với hệ số Z gần bằng 1.0) để xác định mức phục vụ mong muốn cho từng loại đối tượng (loại nút khác nhau) mà thường lấy trị số thấp hơn. Điều này là phù hợp với kết luận ở một số nước cũng khuyên rằng, nên sử dụng các giá trị KNTH thấp hơn KNTH lớn nhất để xác định MPV [54]. Ở Anh các tác giả sử dụng giá trị KNTH thực tế để xác định MPV chỉ bằng 90% KNTH lớn nhất, ở Mỹ là 80% KNTH lớn nhất và ở Tây Ban Nha giá trị này là 90% trong nội thành và 70% ở ngoại thành và các vùng khác. Hệ số mức độ phục vụ hay yếu tố hệ số bão hoà được xét đến trên cơ sở của dòng bão hoà. Một pha đèn tín hiệu được gọi là bão hoà (khi xét MPV) chỉ khi nó hội đủ ba điều kiện sau (quan niệm này được mở rộng hơn đối với quan niệm truyền thống về dòng bão hoà).

Tất cả các xe trên hàng chờ của nhánh dẫn sẵn sàng vào nút khi bắt đầu tín hiệu xanh. Các xe liên tục vào nút trên tất cả bề rộng của nhánh dẫn trong suốt thời gian xanh mà không bị tắc. Cuối pha xanh có một số ít (1 vài xe) bị dừng lại trước vạch STOP.[54]

* Trên cơ sở của 2 chỉ tiêu thời gian chậm xe trung bình d và hệ số mức độ phục vụ Z , chúng ta có thể xác định được mức phục vụ của nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn trong điều kiện giao thông đô thị nước ta. Để thấy rõ hơn có thể tham khảo bảng phân loại mức phục vụ cho nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn của Mỹ và của Đức ở bảng 4.2, bảng 4.3, bảng 4.4.

Bảng 4.2 Tiêu chuẩn phân loại mức phục vụ của NGTĐK BTHĐ của HCM 2000*Nguồn:[49]*

Mức phục vụ	Thời gian chậm xe d(s)	Mô tả trạng thái dòng xe
A	≤ 10 (<10)	Dòng gần như liên tục không bị dừng, thời gian chu kỳ đèn ngắn
B	$>10.0 - 20.0$ ($10 - 20$)	Các nhánh dẫn vẫn phục vụ tốt, chu kỳ đèn còn ngắn, có ít xe phải dừng.
C	$>20.0 - 35.0$ ($20-30$)	Sự chậm xe này do chu kỳ kéo dài hơn, mức thuận lợi kém hơn mức B, số xe dừng chờ nhiều hơn, các xe đi thẳng vẫn qua được nút mà không bị dừng.
D	$> 35.0 - 55.0$ ($30-40$)	Ảnh hưởng của việc tắc xe đã xuất hiện đáng kể, chậm xe dài hơn do chu kỳ dài và do tỷ số lưu lượng với KNTH lớn, nhiều xe phải dừng.
E	$> 55.0 - 80.0$ ($40-60$)	Mức độ này được xem là giới hạn chấp nhận phải dừng đã chỉ ra việc điều khiển yếu kém.
F	>80.0 (>60)	Hầu hết các lái xe không thể chấp nhận, thường xuất hiện trạng thái quá bão hoà. Cũng có thể xuất hiện khi tỷ số lưu lượng với KNTH V/C <1.0 với một vài chu kỳ riêng.

Bảng 4.3 Quan hệ giữa hệ số mức độ phục vụ tới hạn Z_C và KNTH của nút*Nguồn:[38],[49],[50]*

Hệ số mức độ phục vụ tới hạn Z_C	Quan hệ với khả năng xảy ra KNTH
$Z_C \leq 0.85$	Dưới KNTH
$0.85 < Z_C \leq 0.95$	Gần KNTH
$0.95 < Z_C \leq 1.0$	Đạt tới KNTH
$Z_C > 1.0$	Quá KNTH

Bảng 4.4 Tiêu chuẩn mức phục vụ của nút giao thông*Nguồn: [54]*

Mức phục vụ	Chậm xe trung bình d (s)	Hệ số bão hoà X*	Hệ số Z ứng với X	Pdự trữ của n.dẫn tới hạn(xe/h)**	Mô tả trạng thái dòng xe
A	≤ 30	0	< 0.70	> 600	Chuyển động tự do, không có chậm xe, không sử dụng hết KNTH
B		0 - 0.1	0.7 - 0.8	251 - 600	Dòng ổn định, rất ít có chậm xe, thỉnh thoảng có 1 pha trên nhánh dẫn sử dụng hết KNTH
C		0.1 - 0.3	0.8 - 0.9	176-250 126-175	Dòng vẫn ổn định, ít có chậm xe, thông thoáng, có đôi lúc xe trên hàng chờ phải dừng vì hết xanh
D	30-360	0.3 - 0.7	0.9- 0.95	76-125	Dòng xe không ổn định ở cửa vào, chậm xe vừa phải
E		0.7 - 1.0	0.95- 1.0	0 - 75	Dòng xe không ổn định, chậm xe đáng kể, nút đạt trạng thái bão hoà (KNTH)
F	> 360***	>1.0	-	< 0	Dòng xe quá tải, chậm xe hoàn toàn, nút bị ùn tắc

Chú thích:

Các trị số trong ngoặc ở bảng 4.1 là tiêu chuẩn mức phục vụ cho dòng xe đáp với tất cả các nút điều khiển trừ nút 4 nhánh dừng AWSC

(*) Dừng thêm đối với nút điều khiển bằng tín hiệu đèn

(**) Dừng đối với nút không dừng tín hiệu đèn. (***) 360s là giới hạn dự báo trên cơ sở tính toán theo lý thuyết, ở một số nước cho rằng giá trị này quá cao ví dụ ở Anh quốc chỉ khoảng dưới 180s là phù hợp với thực tế.

4.1.5 Các kết quả tính toán thực nghiệm

Kết quả tính thời gian chờ xe trung bình cho một xe trong hàng chờ ở 16 nút với 30 nhánh dẫn Hà Nội và Đà Nẵng trình bày trên bảng 4.5 và 4.6

Bảng 4.5 Kết quả tính hệ số MĐPV và thời gian chờ xe đối với các nút có bề rộng nhánh dẫn 7m-15m

STT	Tên nút - tên nhánh dẫn	Tỷ lệ t_x^{ch}/T_{CK}	Hệ số Z	T.gian chờ xe t. bình d(s)
1	<u><i>Đại Cồ Việt</i></u> N. dẫn Cửa Nam ---> Vọng	28/60	0.92	89,55
	N. dẫn Đại Cồ Việt ---> Kim Liên	28/60	0.71	26,73
2	<u><i>Ngã Tư Vọng</i></u> Hướng Vọng ---> Kim Liên	27/58	0.95	152,2
3	<u><i>Khâm Thiên - Lê Duẩn</i></u> Đ. dẫn Lê Duẩn --> Kim Liên	26/54	0.93	95,22
	Đ. dẫn Khâm Thiên --> Ng. Th Hiền	26/54	1.01	-
4	<u><i>Cửa Nam</i></u> N. dẫn Tràng Thi --> Đ. Biên	27/56	0.72	24,61
	N. dẫn Hàng Bông--> Cửa Nam	27/56	0.82	38,77
5	<u><i>Giảng Võ</i></u> N. dẫn Giảng võ --> Láng hạ	28/60	0.89	71,24
	N. dẫn Cầu giấy --> Ô Chợ dừa	28/60	1.00	-
6	<u><i>Tây Sơn - Thái Hà</i></u> N. dẫn Tây Sơn --> Ng. Tư Sở	28/58	0.78	32,45
	N. dẫn Thái Hà --> Chùa Bộc	28/58	0.80	35,73
7	<u><i>Liễu Giai</i></u> Hướng đi Cầu Giấy	25/52	0.73	23,90
	Hướng đi Kim mã	24/52	0.83	38,06
8	<u><i>Trinh Hoài Đức - Ng. Thái Học</i></u> N. dẫn Ng. Thái Học ---> Cửa Nam	30/62	0.93	109,15

**Bảng 4.6 Kết quả tính hệ số MĐPV và thời gian chờ xe đối với các nút có
bề rộng nhánh dẫn 3m-10m**

STT	Tên nút - tên nhánh dẫn	Tỷ lệ t_x^{ch}/T_{CK}	Hệ số Z	T.gian chờ xe t.bình d(s)
1	Hà Nội			
	<u>Tôn Đức Thắng - Quốc Tử Giám</u>			
	Tôn Đ Thắng --> N. Tư Sở; 8.0m	29/63	0.99	-
	Tôn Đ Thắng --> Cửa Nam; 8.0m	29/63	0.85	55.48
	Quốc tử Giám--> Cát linh; 4.5m	27/63	0.94	156.23
2	<u>Chùa Bộc - Trung Tư</u>			
	N. dẫn Chùa Bộc ; 8.0m	29/62	0.86	56.93
	N. dẫn Trung tự; 5.5m	29/62	1.01	-
3	<u>Hai Bà Trưng - Ng Khuyến</u>			
	N. dẫn Nguyễn Khuyến; 4.6m	27/58	1.32	-
	N. dẫn Hai Bà Trưng; 10.0m	27/58	0.84	46.90
4	Đà Nẵng			
	<u>Quang Trung - Lê Lợi</u>			
	N. dẫn Quang Trung; 5.2m	22/48	0.32	9.37
5	<u>Lê Duẩn - Lê Lợi</u>			
	N. dẫn Lê Duẩn --> Trần Phú; 7.2m	24/52	0.42	11.56
	N. dẫn Lê Lợi -->N.H.Vương; 5.4m	24/52	0.37	10.83
6	<u>Lê Duẩn - Ông Ích Khiêm</u>			
	N. dẫn Lê Duẩn --> Trần Phú; 7.2m	24/52	0.37	10.82
	Ông ích Khiêm --> Chợ Cồn; 5.0m	24/52	0.40	11.37
7	<u>Hùng Vương - Phan C. Trinh</u>			
	N. dẫn Hùng Vương --> T. Phú; 5.2m	24/52	0.38	11.02
	N. dẫn Phan C Trinh; 5.4m	24/52	0.40	11.39
8	<u>Nguyễn Văn Linh- Hàm Nghi</u>			
	N. dẫn Nguyễn Văn Linh; 10.2m	24/52	0.35	9.39
	N.dẫn Lê Đ.Lý; 7.2m	24/52	0.38	9.86

4.1.6 Nhân xét và kết luận

1. Từ kết quả tính toán thời gian chờ và hệ số mức độ phục vụ ở *bảng 4.5* và *bảng 4.6* cho thấy rằng với điều kiện dòng xe hiện nay trong các đô thị nước ta thời gian chậm xe từ 10s - 15s phổ biến đối với các nút ở Đà Nẵng tương ứng hệ số $Z = 0,32 - 0,42$. Các nút ở Hà Nội thuộc cả 4 nhóm đều có thời gian chậm xe rất lớn 24s - 57s, có một số nút ở trạng thái bão hòa và quá bão hòa, trên một vài nhánh dẫn thời gian chờ đã vượt quá ngưỡng 60s (quá 1 phút). Như vậy có thể kết luận rằng đối với dòng xe hỗn hợp nhiều thành phần, lượng xe 2 bánh chiếm tỷ lệ rất lớn, tốc độ trung bình rất thấp do vậy ở mức phục vụ giữa C và D tương ứng với $d = (25- 55)s$ được xem là giới hạn trên của sự chậm xe mà các lái xe có thể chấp nhận được, vượt quá ngưỡng 55s này thì hiệu quả của việc tổ chức điều khiển bằng tín hiệu đèn sẽ giảm đi rõ rệt, vì thời gian chu kỳ sẽ tăng lên, lái xe sốt ruột phải dừng chờ mãi vẫn chưa thấy có tín hiệu xanh. Đồng thời tình trạng này còn đồng nghĩa với việc tiêu hao nhiên liệu và ô nhiễm môi trường do lượng khói thải của động cơ vì phải dừng lâu ở hàng chờ.

2. Cũng từ kết quả tính toán d và Z ở hai bảng trên cho các nút ở Hà Nội và Đà Nẵng cùng với việc đánh giá trực tiếp trạng thái dòng xe qua nút, có thể đưa ra trị số **thời gian chờ xe trung bình d và hệ số mức độ phục vụ Z lớn nhất** (giới hạn trên) mà bằng hoặc nhỏ hơn với các trị số này thì việc dùng tín hiệu đèn điều khiển còn có hiệu quả, khi vượt quá ngưỡng này - “*ngưỡng ùn tắc*” thì nên dùng loại hình tổ chức giao thông khác thay cho đèn tín hiệu hoặc cải thiện điều kiện hình học của nút...

3. Mức phục vụ hiệu quả của nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn ở trong các đô thị nước ta sẽ là cặp các giá trị chờ xe trung bình $d(s)$ và hệ số mức độ phục vụ Z từ kết quả giải phương trình chậm xe (4.9) tương ứng với $d = 25s - 55s$ theo các *bảng 4.7* và *4.8*.

$$0,9Z^2 + 2dNZ + \left[0,9T_{cx}N(1-\lambda)^2 - 2dN \right] = 0 \quad (4.9)$$

Kết quả tính toán đối với các nút có bề rộng nhánh dẫn từ 7m-15m, dòng xe hỗn hợp qui đổi về dòng xe con qui đổi trình bày ở *bảng 4.7* là:

$$d = 25 - 55 (s), Z = 0.69 - 0.89$$

Kết quả tính toán đối với các nút có bề rộng nhánh dẫn từ 3m-10m, dòng xe hỗn hợp qui đổi về dòng xe máy qui đổi trình bày ở bảng 4.8 là:

$$d = 25 - 55 (s), Z = 0.67 - 0.90$$

Bảng 4.7 Hệ số mức độ phục vụ của các nhánh dẫn có

B = 7m - 15m (dòng hỗn hợp đổi về dòng xcqđ)

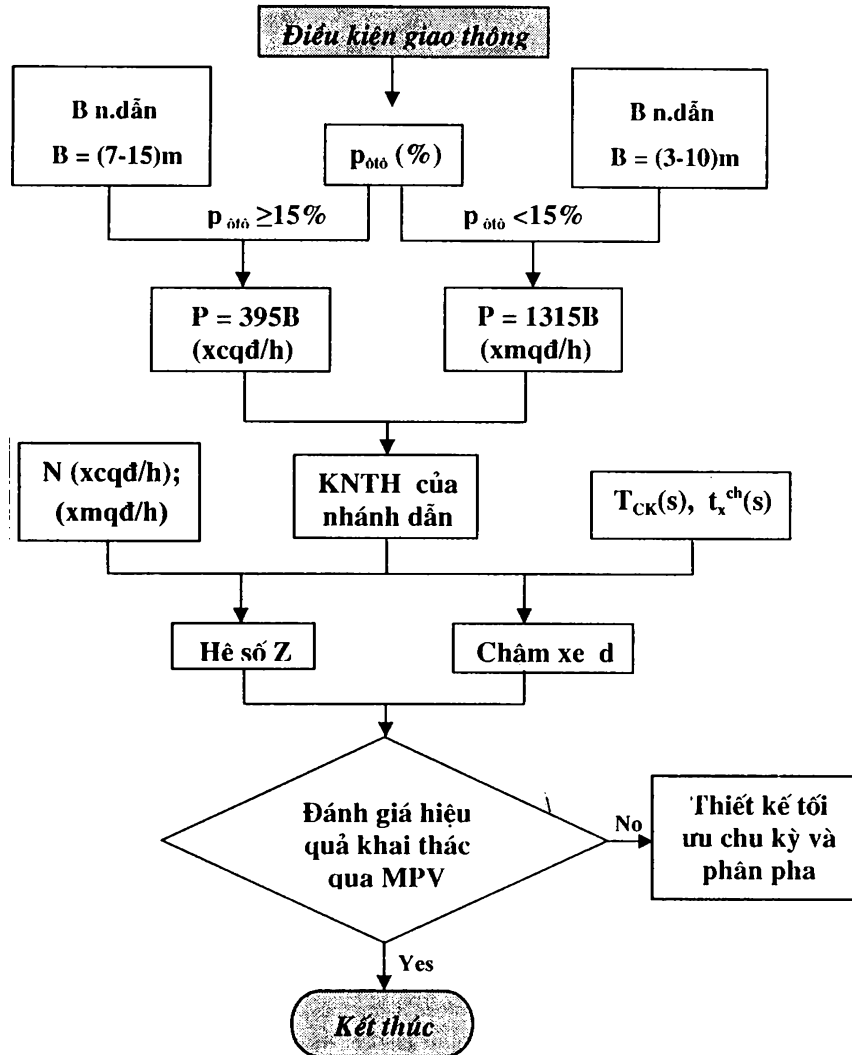
STT	Tên nút	Tên nhánh dẫn	Hệ số Z
1	Kim Liên - Đại Cồ Việt	Lê Duẩn ---> Vọng	0.688 - 0.857
		Đại Cồ Việt	0.690 - 0.858
2	Ngã Tư Vọng	Hành lang Lê Duẩn	0.700 - 0.862
3	Khâm thiên - Lê Duẩn	N. dẫn Lê Duẩn --> Kim Liên	0.735 - 0.879
		N. dẫn Khâm Thiên --> Ng. Thượng Hiền	0.733 - 0.877
4	Cửa Nam	N. dẫn Tràng Thi --> Đ. Biên	0.725 - 0.875
		N. dẫn Hàng Bông--> Cửa nam	0.723 - 0.873
5	Giảng Võ - Láng Hạ	N. dẫn Giảng võ --> Láng hạ	0.689 - 0.858
		N. dẫn Cầu giấy --> Ô Chợ dừa	0.688 - 0.857
6	Thái Hà - Chùa Bộc	N. dẫn Tây Sơn --> Ng. Tư Sở	0.715 - 0.870
		N. dẫn Thái Hà --> Chùa Bộc	0.717 - 0.873
7	Liễu Giai	Hướng đi Cầu Giấy	0.685 - 0.882
		Hướng đi Kim mã	0.742 - 0.886
8	Nguyễn Thái Học - Trịnh Hoài Đức	N. dẫn Ng. Thái Học ---> Cửa Nam	0.698 - 0.862

**Bảng 4.8 Hệ số mức độ phục vụ của các nhánh dẫn có
B = 3m - 10m (dòng hỗn hợp đổi về dòng xmqđ)**

STT	Tên nút	Tên nhánh dẫn	Hệ số Z
1	Hà Nội Tôn Đức Thắng - Quốc Tử Giám	Tôn Đ Thắng --> N. Tư Sở; 8.0m	0.668 - 0.849
		Tôn Đ Thắng --> Cửa Nam; 8.0m	0.668 - 0.848
		Quốc tử Giám--> Cát linh; 4.5m	0.727 - 0.830
2	Chùa Bộc — Trung Tự	N. dẫn Chùa Bộc; 8.0m	0.682 - 0.855
		N. dẫn Trung tự; 5.5m	0.682 - 0.867
3	Hai Bà Trưng - Ng Khuyến	N. dẫn Nguyễn Khuyến; 4.6m	0.699 - 0.863
		N. dẫn Hai Bà Trưng; 10.0m	0.700 - 0.864
4	Đà Nẵng Quang Trung – Lê Lợi	N. dẫn Quang Trung; 5.2m	0.710 - 0.880
5	Lê Duẩn - Lê Lợi	N. dẫn Lê Duẩn --> Trần Phú; 7.2m	0.725 - 0.875
		N. dẫn Lê Lợi -->N.H.Vương; 5.4m	0.723 - 0.873
6	Lê Duẩn - Ông Ich Khiêm	N. dẫn Lê Duẩn --> Trần Phú; 7.2m	0.724 - 0.874
		Ông Ich Khiêm --> Chợ Cồn; 5.0m	0.723 - 0.872
7	Hùng Vương - Phan C. Trinh	N. dẫn Hùng Vương --> T. Phú; 5.2m	0.722 - 0.872
		N. dẫn Phan C Trinh; 5.4m	0.722 - 0.873
8	Nguyễn Văn Linh- Hàm Nghi	N. dẫn Nguyễn Văn Linh; 10.2m	0.753 - 0.897
		N. dẫn Lê Đ.Lý; 7.2m	0.742 - 0.886

4.2 TÍNH TOÁN CHU KỲ VÀ PHÂN PHA TÍN HIỆU

Trên cơ sở các kết quả nghiên cứu, trình tự tính toán kiểm tra cho nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn theo sơ đồ sau:



Hình 4.3 Sơ đồ khối tính toán kiểm tra NGT điều khiển bằng tín hiệu đèn

Ví dụ: Ngã tư Lê Duẩn - Lê Lợi Thành phố Đà Nẵng (nhóm III)

Theo sơ đồ khối hình 4.3, các bước tính toán được thực hiện như sau

Bước 1 : Sơ đồ mặt bằng nút.

- Cấp đường giao nhau : đường phố chính cấp khu vực (Lê Duẩn) giao với đường phố khu vực (Lê Lợi).

- Loại hình tổ chức - điều khiển giao thông: Nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn 2 pha với thời gian chu kỳ đèn hiện tại là 58s.

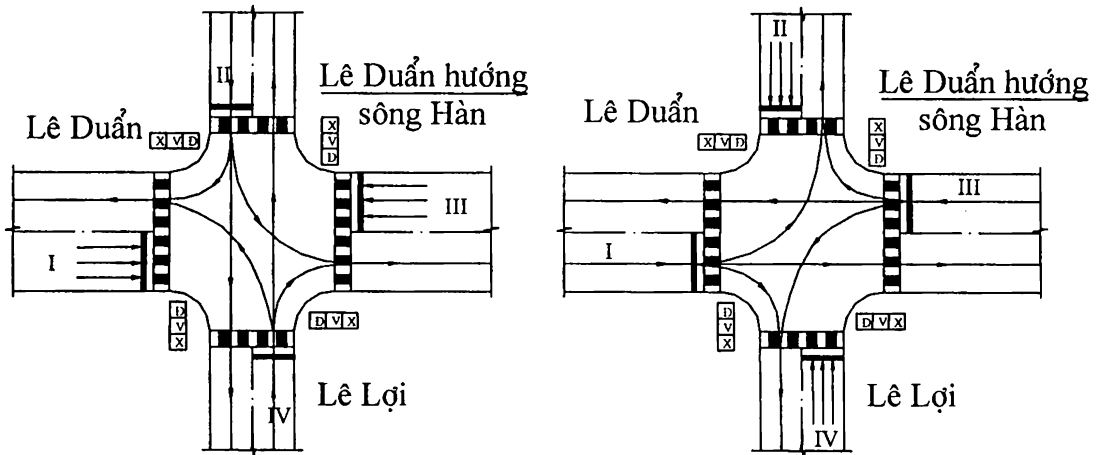
+ Pha 1 (hướng nhánh dẫn Lê Lợi) : Đ/X/V = 29 / 26 / 3 (s).

+ Pha 2 (hướng nhánh dẫn Lê Duẩn) : X/V/Đ = 26 / 3 / 29 (s).

- Bề rộng tuyến dẫn tới nút :

Đường Lê Duẩn : 15,0 m, bề rộng có hiệu B = 7.2m

Đường Lê Lợi : 11,6 m, bề rộng có hiệu B = 5.4m



a) Pha 1 : Xanh trên hướng Lê Lợi b) Pha 2 : Xanh trên hướng Lê Duẩn

Hình 4.4 : Sơ đồ dòng xe tại nút giao thông ngã tư Lê Duẩn - Lê Lợi

Bước 2 : Xác định lưu lượng xe chạy trên các hướng.

Bảng 4.9 Lưu lượng xe chạy trên các nhánh dẫn

Hướng nhánh dẫn vào nút	Lưu lượng xe trong 1 chu kỳ		Lưu lượng xe trong 1 giờ	
	N^0 (xmqd/ck)	N^3_{db} (xmqd/ck)	N^0 (xmqd/h)	N^3_{db} (xmqd/h)
I	59	83	3658	5120
II	40	56	2479	3470
III	55	76	3400	4760
IV	38	52	2309	3233

Ghi chú : Hướng I : Lê Duẩn - Cầu Sông Hàn.

Hướng II : Lê Lợi - Nhà hát Trưng Vương.

Số liệu thống kê về lưu lượng xe trong giờ cao điểm từ 7h kém 15' đến 8h kém 15' ngày 05, 06/04/2004.

Thời gian chu kỳ : $T_{CK} = 58$ (s).

Bước 3 : Xác định KNTH của nhánh dẫn vào nút.

Bảng 4.10 KNTH của nhánh dẫn vào nút

Hướng nhánh dẫn vào nút	Bề rộng có hiệu của nhánh dẫn B (m)	KNTH của nhánh dẫn P (xmqđ/h)
I	7.2	9468
II	5.4	7101
III	7.2	9468
IV	5.4	7101

Ghi chú : Kết quả được tính toán theo công thức thực nghiệm (3.11) .

Bước 4 : Xác định hệ số mức độ phục vụ và thời gian chậm xe trung bình qua nút.

Bảng 4.11 : Hệ số mức độ phục vụ Z và thời gian chậm xe trung bình d

N. dẫn	Lưu lượng xe - N		KNTH P (xmqđ/h)	Z		T_{ck} (s)	t_x^{ch} (s)	d (s)	
	N^0 (xmqđ/h)	N_{db}^3 (xmqđ/h)		Z^0	Z_{db}^3			d^0 (s)	d_{db}^3 (s)
I	3658	5120	9468	0.38	0.54	58	25	15	21
II	2479	3470	7101	0.34	0.49	58	26	13	18.5
III	3400	4760	9468	0.35	0.50	58	25	14	18
IV	2309	3233	7101	0.32	0.46	58	26	12.5	17

Ghi chú : Thời gian chậm xe trung bình d được xác định theo công thức (4.7).

Bước 5 : Nhận xét và kiến nghị.

Hệ số mức độ phục vụ Z và thời gian chậm xe trung bình qua nút d ở thời điểm hiện tại và trong tương lai dự báo 3 năm sau vẫn là thấp. Điều này chứng tỏ rằng nút chịu tải rất thấp, điều kiện xe chạy rất thuận lợi, tương ứng với mức phục vụ B và C. Để khai thác hiệu quả kiến nghị tính toán thiết kế lại chu kỳ và thời gian các pha đèn.

Bước 6: Tính toán thiết kế điều khiển tối ưu chu kỳ và phân pha tín hiệu.

Với ngã tư có xung đột chủ yếu giữa hai luồng xe đi thẳng, phân thành 2 pha:

+ Pha 1 : trên hướng I - III (hướng từ đường Lê Duẩn).

+ Pha 2 : trên hướng II - IV (hướng từ đường Lê Lợi).

Sơ đồ nút và sơ đồ phân pha đèn điều khiển giao thông tại nút xem *Hình 4.6*

Tổng tổn thất thời gian trong một chu kỳ hai pha sẽ là : $L = 2.3 = 6$ (s).

Xác định thời gian tối ưu trong một chu kỳ theo Webster (công thức nổi tiếng được nhiều nước sử dụng của Webster, nhà Bác học người Anh) [8], [47], [53], [54]

$$(s) \quad C_0 = \frac{1,5.L + 5}{1 - \sum Z_c^i} \quad (4.10)$$

Với Z_c^i là hệ số mức độ phục vụ tới hạn của pha thứ i

Kết quả tính toán được trình bày thông qua bảng tính 4.12

Nhận xét:

Kết quả tính toán bảng 4.12 chu kỳ tối ưu được tính theo kết quả nghiên cứu của tác giả (công thức và 3.11) là: $T_{CK}^{tối\ ưu} = 50s$ với $t_x = 24s$, $t_v = 3.0s$, $t_d = 23s$

Kết quả chạy chương trình **Traffic Brain** của tác giả cho chu kỳ tối ưu là: $T_{CK}^{tối\ ưu} = 50,5s$ với $t_x = 25s$, $t_v = 3.0s$, $t_d = 22.5s$

Như vậy chu kỳ thực tế hiện nay đang khai thác là 58 s dài hơn chu kỳ tính toán của tác giả 8s và không đạt MPV hiệu quả về KNTH.

Bảng 4.12 TÍNH TOÁN CHU KỲ VÀ PHÂN PHA TÍN HIỆU

NÚT GT : Lê Duẩn - Lê Lợi TP Đà Nẵng

TT	Các thông số tính toán	Hướng I-	Hướng III-	Hướng II-	Hướng IV-II
		III	I	IV	
1	Lưu lượng xe đạp (xe/h)	312	434	401	321
2	Lưu lượng xe máy (xe/h)	3256	2885	2090	1996
3	Lưu lượng xe con, tải nhẹ (xe/h)	38	42	17	14
4	Lưu lượng xe qui đổi Nqd	3657.60	3400.20	2478.80	2308.80
5	Bề rộng nhánh dẫn B (m)	7.20	7.20	5.40	5.40
6	Khả năng thông hành P (xmqd/h)	9468.00	9468.00	7101.00	7101.00
7	Hệ số làm việc $Z=Nqd/P$	0.38	0.35	0.34	0.32
8	Chọn số pha	2 pha			
9	Đường dẫn tới hạn	Tới hạn		Tới hạn	
10	Tổng các hệ số làm việc tới hạn	0.72			
11	Thời gian vàng (sec)	3		3	
12	Tổn thất th.gian trong 1 pha (sec)	3		3	
13	Tổn thất th.gian trong 1 chu kỳ L (sec)	6			
14	Thời gian chu kỳ tối ưu Tck (sec)	50.00			
15	Chu kỳ tối thiểu Tmin (sec)	21.43			
16	Thời gian xanh có hiệu (sec)	23.22		20.78	
17	Thời gian xanh thiết kế (sec)	23.22		20.78	
18	Thời gian bộ hành qua nút (sec)	16.08	16.08	13.31	13.31
19	Kiểm tra		50.00	OK	
20	Chọn :				
	Thời gian chu kỳ tối ưu Tck (sec)	50			
	Thời gian xanh có hiệu (sec)	24		20	
	Thời gian xanh thiết kế (sec)	27		23	

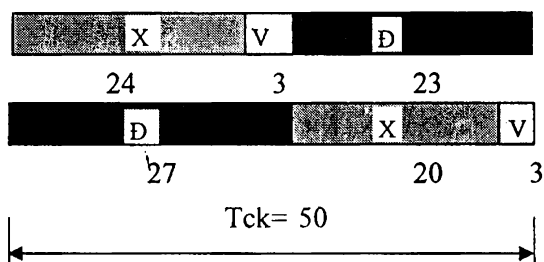
Chú thích :

I-III Nh. dẫn Lê Duẩn --> Sông Hàn

III-I Nh. dẫn Lê Duẩn --> Siêu Thị

II-IV Nh. dẫn Lê Lợi --> Nh. hát T. Vười

IV-I Nh. dẫn Lê Lợi --> Thuận Phước

Biểu diễn các pha

KẾT LUẬN

NHỮNG KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU CỦA LUẬN ÁN

Từ những kết quả nghiên cứu của luận án trên 4 nhóm nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn phổ biến ở Hà Nội và Đà Nẵng cũng là phổ biến trong đô thị nước ta chúng tôi rút ra những kết luận sau.

1. Về phương pháp luận: Theo hướng thực nghiệm hoàn toàn dựa trên cơ sở thống kê phân tích các số liệu đo đạc ngoài hiện trường về dòng xe thông qua các thiết bị quay Camera, chụp ảnh và quan sát động, sau đó dùng các phương pháp toán thống kê để xử lý. Khẳng định việc nghiên cứu qui đổi dòng xe là công việc phải được tiến hành đồng thời với việc nghiên cứu KNTH và đánh giá trạng thái dòng xe. Xây dựng phần mềm mô phỏng sự hoạt động của dòng xe trên nút từ đó rút ra những kết luận cần thiết.

2. Các kết quả nghiên cứu về dòng xe trên nút đối với từng loại phương tiện thông qua các đặc trưng cơ bản:

2.1 Thành phần dòng xe của từng loại chiếm trong tổng dòng: p_i (%)

- Tỷ lệ xe ô tô (xe con, buýt, tải) chiếm một tỷ lệ thấp $p_{ô\tau} = (16 - 36)\%$ đối với nhóm I, $p_{ô\tau} = (7 - 16)\%$ với nhóm II, $p_{ô\tau} = (1 - 9)\%$ nhóm III, IV.

- Tỷ lệ xe hai bánh (xe máy, xe đạp) chiếm tỷ lệ rất cao trong tổng dòng, tỷ lệ xe máy $p_{xe\text{ máy}} = (65 - 85)\%$, $p_{đ\grave{a}p} = (5 - 35)\%$ với tất cả các nhóm I, II, III, IV.

- Xe rẽ trái trong các nút chiếm tỷ lệ không lớn (trừ các nút giao thông có tổ chức làn rẽ trái riêng), tỷ lệ xe rẽ trái $p_{\tau} = (8 - 12)\%$ với các nút nhóm I, II và $p_{\tau} = (5 - 23)\%$ với các nút nhóm III, IV.

2.2 Mật độ dòng xe, quãng giữa các xe trên hàng chờ được xác định theo đơn vị diện tích: q (xe/m²) và không gian động D (m²) của các loại xe khi vận động.

- Trước nút: Các nút nhóm III, IV mật độ xe trong hàng chờ rất lớn, phụ thuộc vào bề rộng nhánh dẫn, thành phần dòng xe: $q = (15 - 20)$ xe/(20-25)m² tương ứng 1 xe/(1.3 - 1.5)m². Quãng giữa các xe theo phương ngang (0.4 - 0.6)m, phương dọc (0.2 - 0.3)m, các xe đứng sát nhau trên hàng chờ.

- Trong nút: $q = (16-20) \text{ xe}/(30-35) \text{ m}^2$ tương ứng $1 \text{ xe}/(1.5-1.75) \text{ m}^2$ với nhóm III, IV và $q = (30-40) \text{ xe}/(70-100) \text{ m}^2$ với nhóm I, II. Quãng giữa các xe theo phương ngang (0.8 - 2.0)m; phương dọc (1.5-2.5)m.

- Ngoài nút: $(8-12) \text{ xe}/ 30 \text{ m}^2$ với nhóm III, IV và $(15-20) \text{ xe}/ (60-70) \text{ m}^2$ với nhóm I, II. Quãng giữa các xe được nới rộng ra, theo phương ngang (1.5 - 2.0)m; phương dọc lớn hơn 3.0m.

2.3 *Tốc độ trung bình* của dòng và của từng phương tiện theo từng hướng đi thẳng, rẽ phải và rẽ trái ở trước, trong và sau nút: V_{xc} , V_{xm} , V_{xd} .

Tốc độ trung bình của dòng các phương tiện có xu hướng chung là giảm dần theo thứ tự các nhóm nút từ nhóm I đến nhóm IV.

Trước nút: $V_{XM} \approx V_{XC} = 20 - 23 \text{ km/h}$, $V_{XD} = 12-15 \text{ km/h}$ với tất cả các nút nhóm I, II, III và IV. Tốc độ trung bình của từng dòng các phương tiện cũng giảm dần theo tỷ lệ xe rẽ trái và theo tỷ lệ thành phần dòng xe.

Trong nút: *Tốc độ* trung bình của dòng xe máy (V_{XM}) cao hơn tất cả các phương tiện khác ở cả ba hướng đi thẳng, rẽ phải, rẽ trái đối với tất cả các nhóm nút.

Hướng đi thẳng $V_{XM} = (23-27) \text{ km/h} > V_{XC} = (20-22) \text{ km/h}$

Hướng rẽ phải $V_{XM} = (22-26) \text{ km/h} > V_{XC} = (20-23) \text{ km/h}$

Hướng rẽ trái $V_{XM} = (18-20) \text{ km/h} > V_{XC} = (16-18) \text{ km/h}$

$V_{XD} = 11-14 \text{ km/h}$ với tất cả các nút nhóm I, II, III, IV theo cả ba hướng vận động.

Tốc độ trung bình của các xe theo hướng rẽ trái thấp nhất tiếp đến hướng đi thẳng và hướng rẽ phải luôn ở mức cao hơn đối với các nút nhóm II, III và IV.

Ngoài nút: *Tốc độ* trung bình của dòng xe máy và dòng ô tô xấp xỉ nhau trên từng nhóm nút, cao hơn tốc độ xe chạy trong nút nhưng giảm dần theo thứ tự từ nhóm I --> IV.

Dòng xe rẽ trái ảnh hưởng đến tốc độ trung bình của cả dòng xe ở trước nút cũng như trong nút. Quan hệ này là tuyến tính.

Đối với dòng xe cơ giới (xe con và xe máy):

$$V_{TB}^{cg} = 30 - 0,76 p_{tr}^{xcqd} \quad (2.4)$$

Đối với dòng xe đạp $V_{TB}^{xd} = 16 - 0.37 p_{tr}^{xcqd} \quad (2.5)$

3. Các kết quả nghiên cứu qui đổi dòng xe: (Phương pháp, điều kiện và trị số kiến nghị).

3.1 Các nút giao giữa đường khu vực với đường khu vực (nhóm IV), giữa đường khu vực với đường phố chính cấp khu vực (nhóm III), tỷ lệ xe ô tô $p_{\text{oto}} \leq 15\%$ tổng lượng xe qua nút thì nên quy đổi dòng hỗn hợp về dòng xe máy.

3.2 Các nút giao giữa đường phố chính toàn thành với đường phố chính cấp khu vực (nhóm I), đường phố chính cấp khu vực với đường phố chính cấp khu vực (nhóm II) hay đường phố chính cấp khu vực với đường khu vực (nhóm III), tỷ lệ ô tô $p_{\text{oto}} > 15\%$ tổng lượng xe qua nút thì quy đổi dòng hỗn hợp về dòng xe con.

Bảng 3. 5. Kiến nghị các hệ số qui đổi dòng xe thực tế

Phương tiện	Hệ số qui đổi về dòng xe con qui đổi (xcqđ)	Hệ số qui đổi về dòng xe máy qui đổi (xmqđ)
Xe con	1.0	4.0 - 5.0
Xe đạp	0.20	0.8
Xe máy	0.20 - 0.25	1.0
Xe tải, buýt	theo 20TCN 104-83	theo 20TCN 104-83

4. Các kết quả nghiên cứu về dòng bão hoà trên các nhánh dẫn tới nút: Phương pháp luận xác định dòng bão hòa thực nghiệm trong các trường hợp *bão hoà* và *chưa bão hoà* đối với dòng xe hỗn hợp nhiều thành phần mà xe 2 bánh chiếm tỷ lệ lớn trong dòng, dòng bão hòa thực nghiệm cũng như KNTH thực tế của nhánh dẫn tới nút được tính theo công thức.

$$S_{nd} = N_2 \cdot \frac{3600}{t_x^{ch}}$$

$$P_{nd} = S_{nd} \cdot \frac{t_x^{ch}}{T_{CK}} = N_2 \cdot \frac{3600}{T_{CK}} \quad (3.1)$$

N_2 Dòng bão hòa trong thời gian xanh có hiệu t_x^{ch} (xcqđ/ t_x^{ch}) hoặc (xmqđ/ t_x^{ch}).

T_{CK} Chu kỳ đèn tín hiệu; giây

Các nút có d và Z nằm trong khoảng các giá trị trên là đạt MPV hiệu quả nhất về KNTH và thời gian chờ xe.

Các nút có d và Z nhỏ hơn các giá trị trên có thể dùng đèn điều khiển (theo các phương diện khác: an toàn, kinh tế...) nhưng hiệu quả về KNTH không cao do vậy nên căn cứ vào trị số d_{\min} của thời gian chờ xe trên các nhánh dẫn để xác định chu kỳ hợp lý.

NHỮNG ĐÓNG GÓP MỚI CỦA LUẬN ÁN

1. Xây dựng phương pháp luận nghiên cứu KNTH của nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn trong điều kiện giao thông đô thị nước ta.
2. Đã xác định được các đặc trưng và quan hệ giữa các đặc trưng của dòng xe trong điều kiện cụ thể trên các nút giao thông đô thị lớn ở Việt Nam. Đề xuất được giới hạn và kiến nghị các hệ số để qui đổi dòng xe về dòng xe con hay dòng xe máy phù hợp điều kiện thực tế.
3. KNTH của nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn được nghiên cứu trên 4 nhóm nút đặc trưng ở các đô thị nước ta.
4. Đã xây dựng được phần mềm động *Traffic Brain* mô phỏng dòng xe qua các nút trong các đô thị lớn. Với phần mềm này có thể xác định được chu kỳ đèn hợp lý tương ứng KNTH và phục vụ có hiệu quả các nghiên cứu về nút giao thông, về dòng xe.
5. Đã xây dựng được công thức tính KNTH thực tế ở điều kiện phổ biến của nhánh dẫn tới nút kết hợp chặt chẽ với điều kiện qui đổi dòng xe.
6. Đã làm rõ được các yếu tố chính ảnh hưởng đến KNTH của nút: Bề rộng nhánh dẫn, tỷ lệ xe rẽ trái trong dòng, khoảng cách giữa các nút điều khiển và đưa ra được ngưỡng mức phục vụ có hiệu quả của nút.

HƯỚNG NGHIÊN CỨU TIẾP TỤC CỦA LUẬN ÁN

1. Luận án tập trung chủ yếu nghiên cứu phương pháp luận xác định KNTH của nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn trên cơ sở thực nghiệm được tiến hành ở điều kiện giao thông đô thị Hà Nội (đô thị đặc biệt) và Đà Nẵng (đô thị loại I). Do đó việc mở rộng tham khảo áp dụng cho các đô thị trong cả nước cần thiết phải nghiên cứu thực nghiệm thêm.

2. Tiếp tục nghiên cứu ảnh hưởng của các điều kiện đường: Bán kính rẽ phải, rẽ trái, không gian xung đột, độ dốc dọc của đường dẫn, tầm nhìn... Của điều kiện giao thông: Bộ hành qua nút, tỷ lệ xe buýt trong dòng đến KNTH và trạng thái dòng. Tỷ lệ thành phần dòng xe hợp lý trong dòng.

Nghiên cứu ứng dụng phần mềm trong tính toán điều khiển nhiều pha, trượt pha, điều khiển phối hợp làn sóng xanh trên một trục và trên toàn mạng.

DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH CỦA TÁC GIẢ

(Đã được công bố liên quan đến đề tài Luận án)

01. Phan cao Thọ, *Một số vấn đề về KNTH của nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn trong điều kiện giao thông đô thị có nhiều xe hai bánh ở nước ta*. Luận văn thạc sỹ kỹ thuật, Hà Nội 1998.
02. Phan cao Thọ, *Khả năng thông hành của nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn trong các đô thị nước ta*, Tạp chí Khoa học và công nghệ các trường Đại học Kỹ Thuật, (19+20), tr. 35 - 41, 1999
03. Phan cao Thọ, *Tính toán chu kỳ tối ưu và phân pha tín hiệu trong các nút giao thông đô thị Việt Nam*, Tập san Khoa học Đại Học Đà Nẵng, (6) tr. 58-62. 1999
04. Phan cao Thọ, *Đặc trưng tốc độ của dòng xe hỗn hợp nhiều thành phần trên các đường phố của đô thị nước ta*, Báo cáo đề tài khoa học Đại học Đà Nẵng, 2000
05. Phan cao Thọ, Nguyễn Quang Đạo, Đỗ Bá Chương, *Các đặc trưng cơ bản của dòng xe trên nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn trong đô thị nước ta*, Tạp chí Cầu Đường Việt Nam, (10) tr. 15 -18; 2002
06. Phan cao Thọ, Nguyễn Quang Đạo, Đỗ Bá Chương, *Nghiên cứu qui đổi dòng xe hỗn hợp về dòng xe thuần nhất trên nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn ở đô thị nước ta*, Tạp chí Cầu Đường Việt Nam, (11) tr. 33-36; 2002
07. Phan cao Thọ, *Dòng bão hoà trên nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn trong đô thị Việt Nam*, Tạp chí KH và Công Nghệ ĐHQĐN (3), tr. 21 - 26. Đà Nẵng 2003.
08. Phan cao Thọ, Trần Nhất Dũng, *Xây dựng phần mềm mô phỏng sự hoạt động của dòng xe ở NGT điều khiển bằng tín hiệu đèn*, Tạp chí Cầu Đường Việt Nam (3) tr. 17-21, Hà Nội 2004.
09. Phan cao Thọ, *Nghiên cứu khả năng thông hành và phạm vi sử dụng nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn trong các đô thị Việt Nam*, Đề tài nghiên cứu KHCN cấp Bộ, mã số B 2002 - 15 -17. Đà Nẵng 2004.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt

01. Bộ Giao thông vận tải (2001), *Tiêu chuẩn thiết kế đường ô tô 22TCN 273 - 01*, NXB GTVT, Hà Nội.
02. Bộ Giao thông vận tải (2002), *Luật giao thông đường bộ 22TCN 271-02*, NXB GTVT, Hà Nội.
03. Bộ Xây dựng (1984), *Qui phạm thiết kế đường phố và đường quảng trường đô thị 20TCN 104-83*, NXB xây dựng, Hà Nội.
04. Bộ Xây dựng (1995), *Tiêu chuẩn các loại đèn chiếu sáng TCN CIE 115-1995*, NXB Xây dựng, Hà Nội.
05. Trần Đình Bửu, Nguyễn Quang Chiêu, Nguyễn Quang Toàn (1984), *Khai thác đánh giá và sửa chữa đường ô tô tập 1*, Nhà xuất bản ĐH và THCN, Hà Nội.
06. CHXHCNVN (1998), *Đường ô tô - tiêu chuẩn thiết kế, TCVN 4054-98*, Hà Nội.
07. Bùi Xuân Cậy, Trần Văn Thuận (2004), “Ảnh hưởng của tốc độ xe tới khả năng thông qua của NGT điều khiển bằng đèn tín hiệu”. *Tạp chí Cầu đường Việt Nam* (8), tr. 30-31
08. Đỗ Bá Chương (1996), *Kỹ thuật giao thông, Tủ sách sau đại học - Đại học Xây Dựng*, Hà Nội.
09. Đỗ Bá Chương, Nguyễn Quang Đạo (2000), *Nút giao thông trên đường ô tô*, Nhà xuất bản Giáo dục, Hà Nội.
10. Đỗ Bá Chương (2000), *Thiết kế đường ô tô tập 1*, Nhà xuất bản Giáo dục, Hà Nội.
11. Vũ Ngọc Cừ, Lý Bách Chấn (1986), *Các phương pháp toán ứng dụng trong GTVT tập II*, Nhà xuất bản GTVT, Hà Nội.
12. Lâm Quang Cường (1993), *Giáo trình Giao thông đô thị và qui hoạch đường phố*, Đại học Xây dựng, Hà Nội.
13. Nguyễn Quang Đạo (1995), *Nghiên cứu về tốc độ của dòng xe và Phương pháp đánh giá KNTH của đường đô thị Hà Nội*, Luận án PTS KH-KT, Hà Nội.
14. Nguyễn Quang Đạo, Đỗ Bá Chương (1996), *Nghiên cứu khả thi Dự án xây dựng hệ thống điều khiển giao thông Hà Nội giai đoạn II*, Hà Nội.

15. Nguyễn Quang Đạo (2003), *Giao thông và đường phố trong đô thị*, Tập bài giảng dùng cho học viên cao học và NCS, Hà Nội.
16. Nguyễn Quang Đạo (2003), "Một số vấn đề cần được xem xét khi thiết kế bề rộng phần xe chạy trong công tác thiết kế đường và tổ chức giao thông đường bộ", *Báo cáo hội nghị khoa học công nghệ xây dựng bền vững công trình đường bộ*,
17. Dương Học Hải (2002), *Thiết kế đường ô tô tập 4*, Nhà xuất bản Giáo dục, Hà Nội.
18. Dương Học Hải (2001), *Hướng dẫn thiết kế nút giao thông*, Bản dịch từ tiếng Trung Quốc.
19. Dương Học Hải, Nguyễn Quang Đạo (1991), "Đánh giá KNTH của nút giao thông và các đường đô thị có nhiều xe đạp", *Tạp chí GTVT và Bưu Điện*, (3).
20. Dương Học Hải, Nguyễn Quang Đạo (1996), "Một số vấn đề về tổ chức giao thông trong đô thị Hà Nội có xét ảnh hưởng của xe máy trong dòng xe". *Báo cáo đề tài NCKH - ĐHXD*, Hà Nội.
21. Lưu Đức Hải (1994), "Tổ chức giao thông xe đạp trong đô thị", *Tạp chí xây dựng*, (6).
22. Vũ Gia Hiền (1994), *Nghiên cứu ảnh hưởng của các đặc trưng dòng xe trên Quốc lộ 2 làn xe đến việc thiết kế và tổ chức GT đường ô tô ở Việt Nam*, Luận án PTS KHKT, Hà Nội.
23. Đặng Hữu, Đỗ Bá Chương, Nguyễn Xuân Trục (1976), *Sổ tay thiết kế đường ô tô*, Nhà xuất bản KH và KT, Hà Nội .
24. Nguyễn Khải (1999), *Đường và giao thông đô thị*, Nhà xuất bản GTVT, Hà Nội
25. Trần Danh Lợi (1994), *Phương pháp tính toán chu kỳ và bố trí đèn tín hiệu điều khiển giao thông ở nút độc lập trong điều kiện giao thông hỗn hợp ở thủ đô Hà Nội*, Luận án PTS KHKT, Hà Nội.
26. Hồng Lựu (2004), "Tiếng ồn và khí thải độc hại", *Tạp chí ô tô xe máy* (23).
27. Vũ Đình Phụng (1997), *Khả năng thông hành của nút giao thông*. Dịch từ tiếng Trung quốc.
28. Tống Đình Quỳ (2003), *Giáo trình xác suất thống kê*, Nhà x.bản Đại học QG HN
29. Sở Giao thông Công chính thành phố Đà Nẵng (2003), *Báo cáo nghiên cứu khả thi xây dựng và nâng cấp hệ thống đèn tín hiệu điều khiển trung tâm TP Đà Nẵng*.

30. Phan Cao Thọ (1998), *Một số vấn đề về KNTH của nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn trong điều kiện giao thông đô thị có nhiều xe hai bánh ở nước ta*. Luận văn thạc sỹ KHKT, Hà Nội 1998.
31. Phan Cao Thọ (1999) "Đặc trưng tốc độ của dòng xe hỗn hợp nhiều thành phần trên các đường phố của đô thị nước ta", *Báo cáo đề tài khoa học Đại học Đà Nẵng*
32. Nguyễn Xuân Trục, Dương Học Hải, Vũ Đình Phụng (2001). *Sổ tay thiết kế đường tập 1*, Nhà xuất bản Giáo dục, Hà Nội.
33. Nguyễn Xuân Trục, Nguyễn Quang Đạo (2003), *Sổ tay thiết kế đường tập 3*, Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội.
34. Nguyễn Xuân Trục (1997), *Qui hoạch giao thông vận tải và thiết kế đường đô thị*, Nhà xuất bản Giáo dục, Hà Nội.
35. Nguyễn Xuân Vinh (1999), *Nút giao thông*, Nhà xuất bản GTVT, Hà Nội.
36. Vũ Thị Vinh (2001), *Qui hoạch mạng lưới giao thông đô thị*, Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội.
37. Xinlianov. V.V (1985), *Lý thuyết dòng xe trong thiết kế đường và tổ chức giao thông*, Đỗ Bá Chương, Nguyễn Hào Hoa dịch từ nguyên bản tiếng Nga, Nhà xuất bản Khoa học kỹ thuật, Hà Nội.

Tiếng Anh

38. AASHTO (1994), *A policy on Geometric Design of Highways and Streets*, Washington D.C.
39. Departement of Transportation Florida (2002). *Florida Intersection Design Guide*, University of Florida Transportation Reseach Center, pp. 5-8.
(Download from website <http://www.nas.edu/trb/index.html>)
40. István Fi and István Styevola (1998). "Analysis of signalised intersections according to the highway capacity manual from the point of view of the processes applied in Hungary". Budapest University of Technology,
(<http://www.nas.edu/trb/index.html>).
41. Jabatan Kerja Raya, Jalan Mahameru (1993). *A guide on geometric design of*

Roads, Kuala Lumpur, Malaysia.

42. James H. Kell; Iris J. Fullerton (1998). *Manual of Traffic Signal Design*, Institute of Transportation Engineers, Washington D.C.
43. Jarko Nittymaki and M. Pursula (1997), "Saturation flows at signal - group controlled traffic signals", *Transportation Research Record* (1572).
44. Nagui Roupail, A.Tarko, Jing Ly (1998). *Traffic Flow at signalized intersection*. Civil Engineering Departement, North Carolina State University. (From website:<http://www.nas.edu/trb/index.html>)
45. N.M. Roupail, R. Akcelik (1996). "Oversaturation delay estimates". *Transportation Research Record*, (1365), pp
46. Nguyen Xuan Dao, Pham Truong Thang, Nguyen Huu Duc (2004), "Motorcycle Traffic in Vietnam – Impacts and Solution", International Conference of Traffic.
47. Takashi Hamada and Hiroshi Inose (1983), *Road Traffic Control*, University of Tokyo Press, pp. 46-51
48. S.Teply, A.M. Jones (1995), "Saturation Flow: Do we speak the same language?" *Transportation Research Record*, (1320), pp 144-153.
49. Transportation Research Board - National Research Council (2000), *Highway capacity manual 2000 (HCM 2000)*, Washington D.C
50. Wolfgang S, Terome W. Hall, Roy C. Loutzenheiser (1996), *Fundamentals of traffic Engineering*. University of California, Berkeley.

Tiếng Pháp

51. Association Québécoise du Transport et des Routes (1997). *Supplement urbain au Guide Canadien de conception géométrique des routes*. Montréal Canada.
52. Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques (CERTU) (1985). *Carrefours à feux régulation*, Paris.
53. Jacques Thibeault (1997), *Aménagement Routiers vol 1, vol 2*, Université du Québec - Canada.
54. OCDE: Organization Cooperation Development Economic (1984), *La Capacité des Carrefours*, Paris.

55. Simon Cohen (1990), *Ingenierie du trafic Routier: Elements de theorie du Trafic et application*, Paris.
56. TAC: Association des transports du Canada (1997), *Normes canadiennes de conception géométrique des routes*, Ottawa.

Tiếng Nga

57. В.Ф Бабков (1976), *Итоги науки и техники автомобильные дороги "Пути повышения пропускной способности автомобильных дорог"*. МАДИ - Москва.
58. В.Ф Бабков; Андреев (1987), *Проектирование автомобильных дорог. Т2.* Москва "Транспорт", Москва.
59. В.А Гохман, В.М Визгалов, М.П Поляков (1977), *Пересечение и примыкания автомобильных дорог.* Москва "Высшая школа".
60. Хомяк. Я.В (1986), *Организация дорожного движения.* Изд. "Высшая школа". Москва.
61. Е.М. Лобанов (1990), *Транспортная планировка городов,* Изд - во "Транспорт", Москва.
62. М.С. Фишельсон(1980), *Городские пути сообщения,* Издательство "Высшая школа". Москва.
63. Д.С Самойлов; В.А Юдин (1986), *Организация и безопасность городского движения,* "Высшая школа", Москва.

