

PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH KÍCH THƯỚC NHÁNH DẪN CỦA NÚT GIAO THÔNG ĐIỀU KHIỂN BẰNG TÍN HIỆU ĐÈN Ở ĐÔ THỊ VIỆT NAM

A METHOD FOR DETERMINING THE DIMENSION OF APPROACHES AT SIGNALIZED INTERSECTIONS IN URBAN AREAS OF VIETNAM

Phạm Quỳnh Anh¹, Phan Cao Thọ², Phạm Bá Quốc Thùy¹

¹Trường Cao đẳng Giao thông Vận tải II; anhpq@caodanggtvt2.edu.vn

²Trường Cao đẳng Công nghệ, Đại học Đà Nẵng; pctho@dut.udn.vn

Tóm tắt - Sử dụng bài toán tối ưu để xác định kích thước hợp lý của nhánh dẫn và các kết quả nghiên cứu của các tác giả trong và ngoài nước, bài báo đề xuất phương pháp xác định kích thước nhánh dẫn ở nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn hai pha trong các đô thị ở nước ta, đồng thời cũng đề xuất giải pháp thiết kế mặt bằng hình học của loại nút này một cách hợp lý. Từ đó tiến hành xây dựng chương trình: "tối ưu hóa kích thước nhánh dẫn ở nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn hai pha", được viết bằng ngôn ngữ visual C# chạy trên nền Windows nhằm giúp người thiết kế lựa chọn kích thước nhánh dẫn hợp lý, khi tiến hành thiết kế cải tạo, mở rộng hoặc xây dựng mới nhằm góp phần nâng cao khả năng thông hành, chống ùn tắc.

Từ khóa - nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn (NGTĐKBTHĐ); kích thước nhánh dẫn; khả năng thông hành (KNTH); điều kiện đường; điều kiện giao thông; chu kỳ đèn.

1. Đặt vấn đề

Vấn đề ùn tắc, tai nạn giao thông trên các tuyến đường và đặc biệt tại các nút giao nhau do nhiều nguyên nhân gây ra, trong đó nguyên nhân cơ bản được chỉ ra là biện pháp tổ chức - điều khiển giao thông và mặt bằng hình học nút chưa hợp lý.

Có rất nhiều giải pháp thiết kế nút giao thông, trong đó giải pháp sử dụng đèn tín hiệu điều khiển giao thông đang dần trở nên rất phổ biến ở các đô thị trên thế giới cũng như ở nước ta. Giải pháp đã góp phần làm tăng khả năng thông hành (KNTH) [3], giảm tai nạn giao thông tại nút và rất phù hợp với hiện trạng dòng xe hỗn hợp như ở nước ta hiện nay. Tuy nhiên với giải pháp này, khi thiết kế mới hay thiết kế cải tạo thì hầu như các kỹ sư tư vấn chỉ lựa chọn mang tính chất định tính theo các văn bản, tiêu chuẩn thiết kế đường đô thị TCXDVN 104-2007... mà chưa có cơ sở để tính toán cụ thể về các yếu tố hình học của nhánh dẫn ở nút giao thông phù hợp với lưu lượng dòng tới. Hệ quả là mặc dù đã sử dụng đèn tín hiệu, nhưng khả năng thông hành của nút còn thấp, vẫn xảy ra ùn tắc giao thông. Như vậy, để nâng cao hiệu quả khai thác của nút, nhất thiết cần phải giải được bài toán kích thước tối ưu của nhánh dẫn.

2. Một số khái niệm về nhánh dẫn

2.1. Kích thước nhánh dẫn

Nhánh dẫn: phần đường có hướng dành cho các phương tiện đi vào nút.

Bề rộng nhánh dẫn: bề rộng của phần mặt đường tại mặt cắt ngang chứa vạch dừng ở cửa vào. Bề rộng nhánh dẫn gồm tổ hợp của một hay nhiều làn xe, trong đó các làn xe chỉ chứa các xe đi cùng chiều vào nút, tại đây các

Abstract - Based on optimization problems for determining the reasonable dimension of an approach, and the results of researches by domestic and foreign authors, this paper suggests a method for calculating the dimension of the approach in two-phase signalized intersections in Vietnam's urban areas, and at the same time proposes design solutions using the geometric surfaces of these intersections in a logical manner. This lays the foundation for the development of the program "optimization of the approach dimension in two-phase signalized intersections" written in Visual C# language on the Windows background to help the designer choose the reasonable approach dimension in the process of carrying out improvements, expansions and building new constructions, thereby contributing to the facilitation of traffic flow capacity and the reduction of congestion.

Key words - signalized intersection; approach dimension; traffic flow capacity; road condition; traffic condition; signal cycle..

xe có thể chuyển hướng đi theo hướng mong muốn như đi thẳng, rẽ trái, hay rẽ phải.

Chiều dài nhánh dẫn: là chiều dài phần đường kể từ vạch STOP đến vị trí hết ảnh hưởng của nút giao thông tới dòng xe, chiều dài nhánh dẫn thường không nhỏ hơn 60m [6, 8, 9, 11].

Chiều dài hàng chờ $L_{chờ}$: được xác định từ vạch STOP đến vị trí chiếc xe sau cùng dừng lại cuối tín hiệu đỏ [4].

$$L_{chờ} = \frac{N \times D_{chờ}}{B} \quad (1)$$

Trong đó: N - suất dòng tối đa đến nhánh dẫn trong thời gian chờ (xcqđ/h);

$D_{chờ}$ - là phần diện tích chiếm chỗ của một xe trong dòng xe (m^2) [7];

B là bề rộng nhánh dẫn (m).

Theo TCXDVN104-2007 [10], bề rộng một làn xe biến đổi trong phạm vi từ 2,75m÷3,75m, và là bội số của 0,25m.

Một nguyên tắc thiết kế là bề rộng nhánh dẫn ở nút không được thu hẹp so với tuyến đường ngoài nút và chiều dài nhánh dẫn phải lớn hoặc bằng chiều dài hàng chờ tới hạn.

Khi lưu lượng xe vào nút lớn, lúc này để tăng KNTH thì kích thước hình học của nhánh dẫn và chu kỳ đèn điều khiển cần tăng lên. Tuy nhiên trên thực tế, không phải hai giá trị này càng lớn thì hiệu quả khai thác càng cao. Vì nếu kích thước nhánh dẫn và chu kỳ đèn điều khiển quá lớn sẽ làm cho thời gian chuyển pha sẽ tăng và tổn thất thời gian sẽ lớn khi đó KNTH của nút sẽ giảm. Do đó cần xác định được kích thước hợp lý của nhánh dẫn tương ứng với chu kỳ đèn điều khiển tối ưu.

Kích thước nhánh dẫn (bề rộng nhánh dẫn, chiều dài

nhánh dẫn, chiều dài hàng chờ) phải đặt trong phạm vi vùng chức năng của nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn (NGTĐKBTHĐ). Bởi ta không chỉ quan tâm đến chất lượng giao thông vào nút, mà ta còn quan tâm đến chất lượng giao thông sau nút. Việc xác định được phạm vi của vùng chức năng [4] sẽ giúp lựa chọn được giải pháp thiết kế phù hợp.

2.2. Khả năng thông hành

Hiện nay có rất nhiều công thức xác định KNTH tương ứng với điều kiện giao thông khác nhau về thành phần dòng xe.

Theo HCM 2000, xác định KNTH của nhánh dẫn thông qua dòng bão hòa [12]:

$$P_i = S_i \cdot \frac{g_i}{C} \quad (\text{xcqd/h}) \quad (2)$$

- Với:
- P_i là KNTH của nhánh dẫn thứ i (xe con/h);
 - S_i là dòng bão hòa của nhánh dẫn thứ i (xe con/hxanh);
 - g_i là thời gian xanh có hiệu (s);
 - C là thời gian chu kỳ đèn (s).

Với điều kiện dòng xe hỗn hợp nhiều thành phần, trong đó xe hai bánh chiếm đa số như nước ta hiện nay, nghiên cứu của Phan Cao Thọ [3] đã xây dựng công thức liên hệ giữa KNTH và bề rộng nhánh dẫn đối với nút giao thông điều khiển bằng đèn tín hiệu như sau [3]:

$$P = 395 \times B \quad (\text{xcqd/h}) \quad (3)$$

Trong đó: P – Khả năng thông hành của nhánh dẫn;

B – Bề rộng nhánh dẫn.

2.3. Tối ưu hóa kích thước nhánh dẫn

Trên cơ sở lý thuyết tối ưu hóa với mục tiêu của bài toán là tìm tổng bề rộng và chiều dài nhánh dẫn là nhỏ nhất tương ứng ta có kết quả sau [1, 5]:

$$\frac{B_1}{B_2} = \sqrt{\frac{q_1}{q_2}} \quad \text{và} \quad \frac{L_1}{L_2} = \sqrt{\frac{q_1}{q_2}} \quad (4)$$

Trong đó: q_1 và q_2 là các dòng thiết kế của các nhánh dẫn có bề rộng và chiều dài tương ứng B_1, L_1 và B_2, L_2 .

3. Kết quả nghiên cứu

3.1. Xây dựng trình tự tính toán kích thước nhánh dẫn

Tác giả đề xuất trình tự các bước tính toán kích thước nhánh dẫn ở NGTĐKBTHĐ 2 pha (cho nút ngã ba và ngã tư) như sau:

Bước 1: Thu thập các số liệu về điều kiện đường, điều kiện giao thông.

Bước 2: Xác định cường độ xe tới nút q_1, q_2 là các dòng thiết kế của các nhánh dẫn có bề rộng và chiều dài tương ứng B_1, B_2 và L_1, L_2 , của pha 1 và pha 2 trong giờ cao điểm. Quy đổi q_1, q_2 về năm tương lai, tính toán được các giá trị N_1, N_2 .

Việc xác định q_1, q_2 có thể thực hiện được bằng cách đếm xe trực tiếp hoặc quay camera cho mỗi khoảng 15 phút trong giờ cao điểm.

Bước 3: Tính các tỷ số: $\frac{B_1}{B_2} = \sqrt{\frac{N_1}{N_2}} = K$,
và $\frac{L_1}{L_2} = \sqrt{\frac{N_1}{N_2}} = K$

Bước 4:

+ Tính bề rộng nhánh dẫn B_i

Đây là bài toán vòng lặp. Cho B_2 các giá trị từ 2,75m đến 15m để tính ra giá trị của B_1 . Kết quả B_i thu được phải đảm bảo đồng thời các điều kiện sau đây:

- B_i phải là bội số của 0,25m;
 - B_i đạt giá trị nhỏ nhất;
 - $B_i \geq \frac{N_i}{Z_i \cdot 395}$ (dùng công thức tính KNTH của [2]);
 - $2,75\text{m} \leq B_i \leq 15\text{m}$;
 - $B_i \geq$ bề rộng nhánh dẫn ngoài nút.
- + Tính chiều dài nhánh dẫn L_i

Đây cũng là bài toán lặp. Cho L_2 chạy từ giá trị tối thiểu $L = \frac{N \times D_{\text{chê}}}{B}$, để tính ra giá trị L_1 . Kết quả L_i thu được phải đảm bảo đồng thời các điều kiện sau đây:

- L_i phải là bội số của 5m;
- L_i đạt giá trị nhỏ nhất;
- $L_i \geq \frac{N \times D_{\text{chê}}}{B}$;
- $L_i \geq 60\text{m}$;
- Nếu B_i tính ra bằng bề rộng nhánh dẫn ngoài nút thì lấy $L_i = 0$.

3.2. Đề xuất giải pháp thiết kế bố trí nhánh dẫn trên mặt bằng nút.

Trường hợp 1: $B_i = W$ (với W : bề rộng nhánh dẫn ngoài nút) vẫn giữ nguyên hình dạng của nút.

Trường hợp 2: $B_i > W$

+ Nếu $B_i - W \leq 3,75\text{m}$: mở rộng thêm 1 làn xe.

- Mở rộng trong dải phân cách khi bề rộng dải phân cách đủ lớn;

- Khi không có dải phân cách, mở rộng về bên trái khi bề rộng ở cửa ra đảm bảo cho lưu lượng xe thoát qua. Nếu không đảm bảo thì mở rộng về bên phải.

+ Nếu $3,75\text{m} < B_i - W \leq 7,5\text{m}$: mở rộng thêm 2 làn xe.

- Mở rộng 2 làn xe trong dải phân cách khi bề rộng dải phân cách đủ lớn;

- Mở rộng 1 làn xe trong dải phân cách, 1 làn về bên phải khi bề rộng dải phân cách chỉ đủ cho 1 làn.

- Trường hợp không có dải phân cách, mở rộng 2 làn xe về bên trái khi bề rộng ở cửa ra đảm bảo cho lưu lượng xe thoát qua. Nếu bề rộng cửa ra chỉ đủ để mở rộng 1 làn thì 1 làn sẽ mở rộng về bên trái, 1 làn mở rộng về bên phải. Trong trường hợp bề rộng cửa ra không đảm bảo để mở rộng thì mở rộng 2 làn về bên phải.

+ Nếu $B_i - W > 7,5\text{m}$ và bề rộng nhánh dẫn tính ra

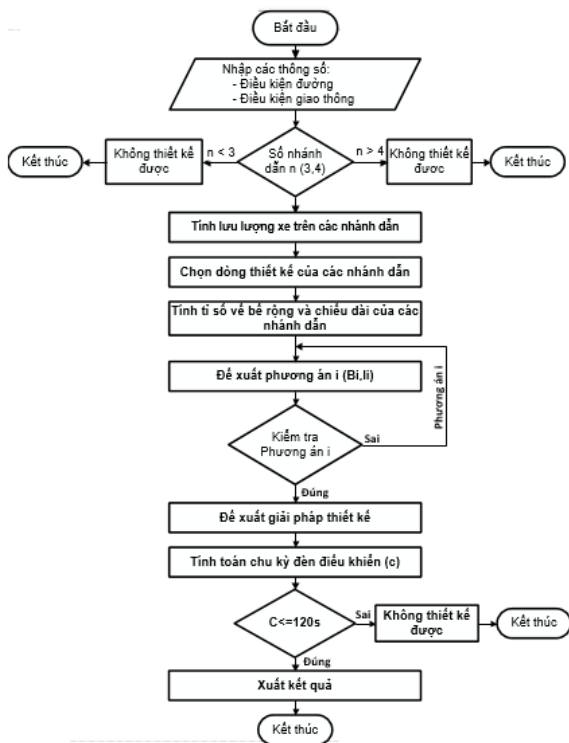
>15m mới đảm bảo KNTH cho nhánh dẫn, cần xem xét giải pháp mở rộng thêm tuyến đường khác nhằm giảm lưu lượng tại nút này, nâng cao hiệu quả sử dụng nút.

3.3. Xây dựng chương trình tính toán

Để lựa chọn được giá trị kích thước nhánh dẫn B và L ở NGTĐKBTHĐ 2 pha cần giải quyết bài toán lập, nên sẽ mất rất nhiều thời gian tính toán. Đồng thời khi đã lựa chọn được hai giá trị này, cần xét đến điều kiện đường, điều kiện giao thông để đưa ra giải pháp thiết kế phù hợp. Vì vậy, để giảm bớt khối lượng tính toán, các tác giả đã xây dựng chương trình "tối ưu hóa kích thước nhánh dẫn ở nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn hai pha".

3.3.1. Thiết kế chương trình

a. Sơ đồ khối tổng quát (Hình 1)



Hình 1. Sơ đồ khối tổng quát

b. Phạm vi sử dụng của chương trình

Chương trình được lập trình để tính toán kích thước nhánh dẫn ở NGTĐKBTHĐ 2 pha trong điều kiện giao thông ở nước ta nhưng số lượng các nhánh dẫn vào nút không quá 4 nhánh.

c. Các chức năng chính của chương trình

Chương trình có thể được dùng để tính toán thiết kế mới hay thiết kế cải tạo nút giao đang sử dụng.

Nhập các số liệu đầu vào về điều kiện đường (số nhánh dẫn, tốc độ thiết kế, hệ số sử dụng KNTH, bề rộng dải phân cách, bề rộng nhánh dẫn...).

Nhập các số liệu đầu vào về điều kiện giao thông (lưu lượng xe chạy theo từng nhánh dẫn).

d. Các kết quả của chương trình

Đối với nút thiết kế mới

Với các số liệu đầu vào, chương trình sẽ tính ra được kích thước nhánh dẫn tối ưu. Trên cơ sở đó, kết hợp với

quy trình quy phạm, lựa chọn kích thước nhánh dẫn phù hợp. Cuối cùng, chương trình sẽ xuất ra giải pháp thiết kế và chu kỳ đèn điều khiển của nút giao.

Đối với nút giao thông thiết kế cải tạo

Sau khi nhập các số liệu đầu vào thu thập từ thực tế hiện trạng nút giao cần cải tạo, chương trình sẽ kiểm tra kích thước nhánh dẫn đang sử dụng có đảm bảo KNTH hay không. Nếu không đảm bảo, chương trình sẽ tính toán để đưa ra kích thước nhánh dẫn hợp lý.

e. Một số hình ảnh về chương trình

Hình 2. Nhập các thông số về điều kiện đường

Hình 3. Nhập các thông số về điều kiện giao thông

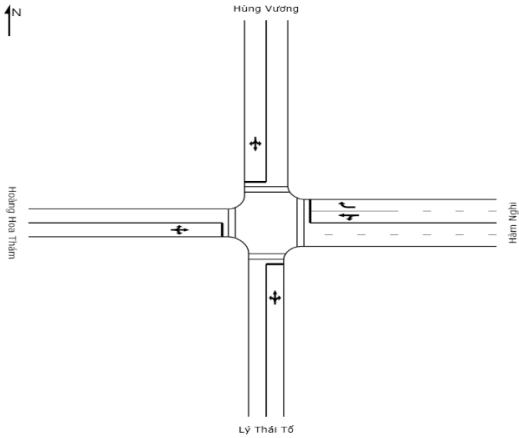
Hình 4. Kết quả tính toán

3.3.2. Ví dụ tính toán ứng dụng

Tính toán kiểm tra kích thước hình học của nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn Hoàng Hoa Thám - Lý Thái Tổ - Hàm Nghi - Hùng Vương Thành phố Đà Nẵng.

Bảng 1. Kích thước nút giao ban đầu

Đối tượng	Kích thước đường		Kích thước nhánh dẫn vào nút			Bề rộng cửa ra	Z
	B (m)	N (làn)	B (m)	L (m)	N (làn)		
Hoàng Hoa Thám	9	2	4,5	0	1	4,5	0,62
Lý Thái Tổ	9	2	4,5	0	1	4,5	0,38
Hàm Nghi	15	4	7,5	0	2	7,5	0,37
Hùng Vương	11	2	5,5	0	1	5,5	0,35

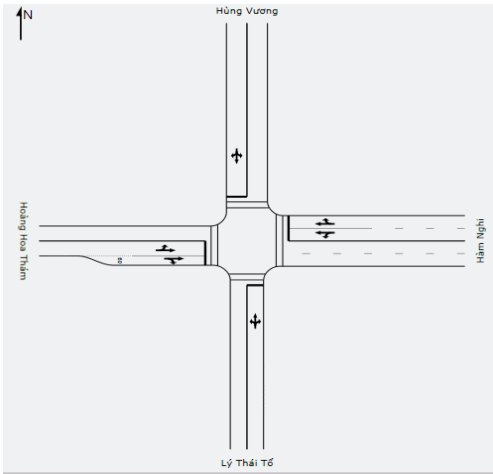


Hình 5. Mặt bằng nút giao hiện nay

Sau khi sử dụng chương trình tính toán kiểm tra, ta thấy rằng, kích thước nhánh dẫn Hoàng Hoa Thám chưa đảm bảo, do đó ùn tắc thường xuyên xảy ra vào giờ cao điểm. Vì vậy nút cần được cải tạo, mở rộng nhằm tăng KNTH tương thích với mức độ phục vụ hiệu quả.

Bảng 2. Kích thước nút giao sau cải tạo

Đối tượng	Kích thước đường		Kích thước nhánh dẫn vào nút								Bề rộng cửa ra (m)	Giải pháp cải tạo
	B (m)	n (làn)	B (m)	L (m)	n (làn)	Bề rộng các làn xe(m)						
Hoàng Hoa Thám	9	2	7,25	60	2	4,5	2,75	0	0	0	4,5	Mở rộng nhánh dẫn về bên phải
Lý Thái Tổ	9	2	4,5	0	1	4,5	0	0	0	0	4,5	Thiết kế bề rộng nhánh dẫn vào nút bằng bề rộng nhánh dẫn ngoài nút
Hàm Nghi	15	4	7,5	0	2	3,75	3,75	0	0	0	7,5	Thiết kế bề rộng nhánh dẫn vào nút bằng bề rộng nhánh dẫn ngoài nút
Hùng Vương	11	2	5,5	0	1	5,5	0	0	0	0	5,5	Thiết kế bề rộng nhánh dẫn vào nút bằng bề rộng nhánh dẫn ngoài nút



Hình 6. Mặt bằng nút giao sau cải tạo

Bảng 3. Hệ số mức độ phục vụ và chu kỳ đèn điều khiển của nút giao sau cải tạo

Đối tượng	Lưu lượng xe con quy đổi			Z	C	T _x	T _v	T _d
	N _(xccc/h)	%N _{trái}	%N _{phải}					
Hoàng Hoa Thám	1098	24	6,6	0,38	46	20	3	23
Lý Thái Tổ	675	14,1	18,4	0,38	46	20	3	23
Hàm Nghi	1103	24,9	10,1	0,37	46	20	3	23
Hùng Vương	756	47,4	18,9	0,35	46	20	3	23

4. Kết luận

Việc thiết kế mới hay thiết kế cải tạo nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn, muốn đạt hiệu quả lâu dài phải tiến hành đồng thời cùng một lúc với việc thiết kế tổ chức và điều khiển giao thông và việc thiết kế hình học của nút, trong đó nhất thiết phải xác định kích thước hình học hợp lý của nhánh dẫn tới nút.

Kết hợp giữa lý thuyết tối ưu hóa, quy trình quy phạm và các kết quả nghiên cứu của các tác giả trong và ngoài nước, các tác giả đã xây dựng trình tự tính toán kích thước nhánh dẫn ở NGTĐKBTHĐ 2 pha. Tuy nhiên, việc tính toán rất phức tạp và mất nhiều thời gian. Do đó chương trình thiết kế tối ưu hóa kích thước nhánh dẫn ở NGTĐKBTHĐ 2 pha góp phần làm giảm bớt khối lượng tính toán, tiện lợi khi sử dụng. Từ đó giúp các kỹ sư nhanh chóng tìm được giải pháp hợp lý về hình học cũng như tổ chức và điều khiển giao thông.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Đỗ Bá Chương (1996), *Kỹ thuật giao thông*, Tủ sách Sau đại học, ĐHXD Hà Nội.

[2] Phan cao Thọ (2004), *Xây dựng công thức tính khả năng thông hành thực tế của nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn ở đô thị Việt Nam*.

[3] Phan cao Thọ (2004), *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 sĩ kỹ thuật.

[4] Phan Cao Thọ, Dương Minh Châu (2011), “Vùng chức năng của nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn ở đô thị Việt Nam”, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ - Đại học Đà Nẵng*, Số 42, p. 65-75.

[5] Phan Cao Thọ (2009), *Xác định kích thước hợp lý của nhánh dẫn tới nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn ở đô thị Việt Nam*, *Tạp chí Giao thông Vận tải*, Số 10, p. 45-47.

[6] Nguyễn Xuân Trúc, Nguyễn Quang Đạo (2003), *Sổ tay thiết kế đường ô tô*, NXB xây dựng, Hà Nội.

[7] Bùi Hồng Trung, *Nghiên cứu về diện tích che phủ mặt đường của dòng xe trong điều kiện đèn tín hiệu tự động thích nghi tại nút giao thông trên địa bàn thành phố Đà Nẵng*, Luận văn thạc sỹ kỹ thuật.

[8] Nguyễn Xuân Vinh (2006), *Thiết kế nút giao thông và điều khiển giao thông bằng đèn tín hiệu*, NXB Xây dựng, Hà Nội.

[9] Bộ giao thông vận tải (2001), *Tiêu chuẩn thiết kế đường ô tô 22TCN 273-01*, NXB GTVT, Hà Nội.

[10] Bộ xây dựng (2007), *Quy phạm thiết kế đường phố và quảng trường đô thị TCXD/VN 104-07*, NXB Xây dựng, Hà Nội.

[11] Nguyễn Khải (2007), *Đường và giao thông đô thị*, NXB GTVT, Hà Nội

[12] Transportation Research Board – National Research Council, *Highway Capacity Manual 2000 (HCM 2000)*, W.D.C.