

PHẠM VI SỬ DỤNG TÍN HIỆU ĐÈN TẠI NÚT GIAO THÔNG VÒNG ĐẢO Ở THÀNH PHỐ ĐÀ NẴNG

APPLICABILITY OF TRAFFIC SIGNALS AT ROUNDABOUTS IN DANANG CITY

Vũ Quý Lộc¹, Phan Cao Thọ², Trần Thị Phương Anh³

¹Công ty Cổ phần Đầu tư Xây dựng C.W.S; vuquylocdn@gmail.com

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

³Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng; phuonganhxcdcd@gmail.com

Tóm tắt - Thông qua các kết quả nghiên cứu lý thuyết và nghiên cứu thực nghiệm về đặc trưng giao thông của dòng xe tại nút giao thông vòng đảo trong đô thị, bài báo giới thiệu và chọn lựa các phương pháp tính toán khả năng thông hành, thời gian chậm xe cho nút giao thông vòng đảo trong trường hợp có sử dụng tín hiệu đèn điều khiển phù hợp với điều kiện giao thông đô thị nước ta. Các tác giả đã xây dựng biểu đồ quan hệ giữa thời gian chậm xe với lưu lượng nhánh dẫn và hệ số mức độ phục vụ tương ứng với tỷ số thời gian xanh có hiệu trong chu kỳ. Trên cơ sở các biểu đồ này, nghiên cứu đã đề xuất phạm vi sử dụng tín hiệu đèn hiệu quả tại nút giao thông vòng đảo ở đô thị nước ta.

Từ khóa - nút giao thông; nút vòng đảo; tín hiệu đèn; khả năng thông hành; thời gian chậm xe; hệ số mức độ phục vụ.

Abstract - Based on the results of both theoretical and practical studies on the characteristics of traffic flows at roundabouts in Vietnam's urban areas, this paper introduces and chooses the methods for capacity and delay calculation when these roundabouts are controlled with traffic signals in urban traffic conditions of Vietnam. The authors also presents the way to build diagrams showing the relationship between vehicle delay, approach flows and level of service (LOS) factor corresponding to the ratio of effective green time of traffic cycles. From these diagrams, the study also proposes an efficient application range of traffic signals at roundabouts in Vietnam's urban areas.

Key words - Intersection; roundabout; traffic signals; capacity; vehicle delay; level of service factor.

1. Đặt vấn đề

Cũng như những thành phố lớn của nước ta, Đà Nẵng đã sử dụng hơn 20 nút giao dạng vòng đảo để tổ chức giao thông tại những nút có 4 nhánh dẫn trở lên. Tuy nhiên, những năm gần đây, lưu lượng xe tăng lên rất nhiều, thành phần dòng xe lại phức tạp, trong đó xe máy chiếm tỷ lệ rất lớn. Cấu tạo của các nút giao vòng đảo này không còn phù hợp với điều kiện hiện nay và rất khó cải tạo do mặt bằng nút bị hạn chế. Do đó, Đà Nẵng và nhiều thành phố lớn ở nước ta hiện đang phải đối mặt với vấn nạn ùn tắc giao thông tại các nút vòng đảo vào giờ cao điểm. Việc xem xét sự phù hợp của loại hình nút giao vòng đảo, hoặc tổ chức giao thông vòng đảo kết hợp với vạch kẻ, biển báo chỉ dẫn hoặc đèn tín hiệu,... là vấn đề hết sức cần thiết và cấp bách trong giai đoạn hiện nay.

Giải pháp tổ chức giao thông vòng đảo có kết hợp với đèn tín hiệu điều khiển là một trong những giải pháp được cho là mang tính khả thi và lâu dài. Tuy nhiên, đặc thù hoạt động của nút giao vòng đảo không hoàn toàn giống như loại hình nút giao khác nên việc sử dụng tín hiệu đèn cần phải có tính toán hợp lý như vị trí đặt đèn, chu kỳ đèn tối ưu, bố trí phân pha,... Và để đánh giá được chất lượng khai thác của nút giao vòng đảo thì cần nghiên cứu các chỉ tiêu thước đo hiệu quả. Thước đo này đối với nút vòng đảo là khả năng thông hành, thời gian chậm xe và hệ số tai nạn, nhưng khả năng thông hành luôn tồn tại cùng với mức phục vụ. Giới hạn nội dung nghiên cứu, bài báo chỉ đề cập vấn đề xác định hiệu quả khai thác của nút vòng đảo dựa trên 2 chỉ tiêu chính là mức độ phục vụ, thời gian chậm xe.

2. Kết quả nghiên cứu

2.1. Khả năng thông hành của nút giao thông vòng đảo

Để tính toán khả năng thông hành người ta dùng 2 phương pháp sau:

- *Phương pháp lý thuyết*: Dựa trên cơ sở các quy luật

phân bố và hình thành dòng xe từ các số liệu quan trắc thực tế dòng xe tại các nút giao vòng đảo để đưa ra các thông số tính toán, trong đó chủ yếu là xác định khoảng hở thời gian xe khi vào nút, gồm có khoảng hở thời gian tới hạn và khoảng hở thời gian bám sát. Phương pháp này được áp dụng tại một số nước như Mỹ (HCM 2000), Úc (Troutbeck), Đức (Ning Wu)...

- *Phương pháp thực nghiệm*: Dựa trên các số liệu điều tra giao thông và đánh giá thực tế dòng xe qua nút để tìm ra mối quan hệ giữa các yếu tố hình học, đặc trưng dòng xe và khả năng thông hành của nút. Vì thế, phương pháp này được nhiều nước trên thế giới áp dụng như Anh, Pháp, Canada, Nga, Ireland, Jordan,... [6].

Trong khuôn khổ bài báo, chúng tôi chỉ giới thiệu 2 phương pháp theo lý thuyết và thực nghiệm đang được sử dụng phổ biến trên thế giới.

2.1.1. Theo Highway Capacity Manual 2000 [4]

Khả năng thông hành trên một nhánh dẫn của nút vòng quanh đảo được tính theo công thức sau:

$$C_a = \frac{v_c \cdot e^{-v_c t_c / 3600}}{1 - e^{-v_c t_f / 3600}} \quad (1)$$

Trong đó:

- C_a : Khả năng thông hành trên nhánh dẫn, (xe/h);
- v_c : Lưu lượng xe lưu thông trong nút xung đột với dòng vào của nhánh dẫn đang xét, (xe/h);
- t_c : Khoảng hở tới hạn, đây là thời gian tối thiểu mà xe có thể vào nút một cách an toàn, (s);
- t_f : Khoảng hở bám sát, đây là thời gian tối thiểu để xe nhập vào khoảng hở của những phương tiện đang lưu thông trong nút.

Gần đây nhất, HCM 2010 đã đề xuất công thức tính KNTH của nút vòng đảo theo phương pháp thực nghiệm như sau [5]:

- Khả năng thông hành của 1 làn xe hoặc làn khác của nhánh dẫn 2 làn xung đột với dòng lưu thông 1 làn

$$C_{e, pce} = 1.130.e^{(-1,0 \times 10^{-3})v_{c, pce}} \quad (2)$$

- Khả năng thông hành của làn bên trái của nhánh dẫn 2 làn xung đột với dòng lưu thông 2 làn

$$C_{e, pce} = 1.130.e^{(-0,75 \times 10^{-3})v_{c, pce}} \quad (3)$$

- Khả năng thông hành của làn bên trái của nhánh dẫn 2 làn xung đột với dòng lưu thông 2 làn:

$$C_{e, pce} = 1.130.e^{(-0,70 \times 10^{-3})v_{c, pce}} \quad (4)$$

2.1.2. Theo công thức thực nghiệm của R.M Kimber [1, 7]

Theo kết quả nghiên cứu của R. M. Kimber (1980) ở Viện Nghiên cứu Đường bộ và Giao thông Anh (TRRL) thì khả năng thông hành tại mỗi cửa vào của từng nhánh dẫn vào nút vòng đảo được xác định theo công thức sau:

$$Q_e = k(F - f_c \cdot Q_c) \quad (5)$$

2.1.3 Theo kết quả nghiên cứu trong nước [2]

Theo kết quả nghiên cứu trong nước, KNTH của nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn trong đô thị Việt Nam được đề nghị tính theo công thức sau:

- Các NGT có các nhánh dẫn với bề rộng từ 7m-15m dòng xe hỗn hợp được quy đổi ra dòng xe con quy đổi có tỉ lệ xe con > 15% dùng công thức (6).

$$P = 395.B \text{ (xcqđ/h)} \quad (6)$$

- Các NGT có các nhánh dẫn với bề rộng từ 3m-10m dòng xe hỗn hợp được quy đổi ra dòng xe máy quy đổi có tỉ lệ xe con < 15% dùng công thức (7)

$$P = 1315.B \text{ (xmqđ/h)} \quad (7)$$

Trong đó:

P: Khả năng thông hành của nhánh dẫn tới nút giao thông điều khiển bằng tín hiệu đèn.

B: Bề rộng nhánh dẫn.

Nhận xét

Trường hợp tính khả năng thông hành của nút vòng quanh đảo theo phương pháp lý thuyết thì dựa vào yếu tố cơ bản là khoảng hở giữa các xe, thời gian chờ vào nút, thời gian nhập dòng, tốc độ dòng xe ở cửa vào và lưu lượng xe đang lưu thông ở trong nút. Trong đó việc xác định các khoảng hở về thời gian là tương đối phức tạp bởi vì cần phải tiến hành đo đạc thực nghiệm nhiều lần ở hiện trường, đồng thời phương pháp này thường chỉ áp dụng cho dòng xe thuần ô tô hoặc là thành phần ô tô chiếm tỉ lệ cao.

Khi tính theo phương pháp thực nghiệm thì KNTH của nút vừa phụ thuộc vào các yếu tố hình học của nút, cấu tạo của nút và đường dẫn vừa phụ thuộc vào dòng xe lưu thông. Do đó, phương pháp này có thể áp dụng với hầu hết các dòng xe, mà cụ thể là áp dụng cho nước ta. Như vậy, sử dụng công thức của R. M. Kimber để xác định khả năng thông hành của nút giao thông vòng đảo rồi sau đó áp dụng các công thức lý thuyết để tính toán các chỉ tiêu khác như là hệ số mức phục vụ, mức phục vụ, thời gian chậm xe, chiều dài hàng chờ rồi từ đó nhận xét hiệu quả khai thác của nút.

Công thức tính KNTH của nút có điều khiển bằng tín hiệu đèn theo kết quả nghiên cứu thực nghiệm trong nước được sử dụng để so sánh với kết quả tính KNTH của nút vòng đảo sau khi đặt tín hiệu đèn tại cửa vào của nhánh dẫn

theo công thức của R. M. Kimber.

2.2. Thời gian chậm xe trung bình theo nghiên cứu trong nước [2]

Đối với nút giao thông vòng quanh đảo có điều khiển bằng tín hiệu đèn, và với đặc trưng dòng xe cơ bản của nước ta là dòng hỗn hợp, mật độ đồng, gần như đồng đều, từ khảo sát thực nghiệm dòng xe trên hàng chờ, đề nghị xác định thời gian chờ xe trung bình bằng mô phỏng một cách đơn giản dòng "Đến" và dòng "Đi" theo công thức (8) như sau:

$$d = 0.9 \left[\frac{T_{CK} (1-\lambda)^2}{2(1-Z)} + \frac{Z^2}{2N(1-Z)} \right] \quad (8)$$

Trong đó:

$\lambda = \frac{t_{xch}}{T_{CK}}$ là tỉ số thời gian xanh có hiệu trong chu kỳ.

$Z = \frac{N}{P}$ là hệ số mức phục vụ (đơn vị N và P là xe/h).

2.3. Xây dựng biểu đồ mối quan hệ giữa thời gian chậm xe d, lưu lượng xe N và hệ số mức phục vụ Z

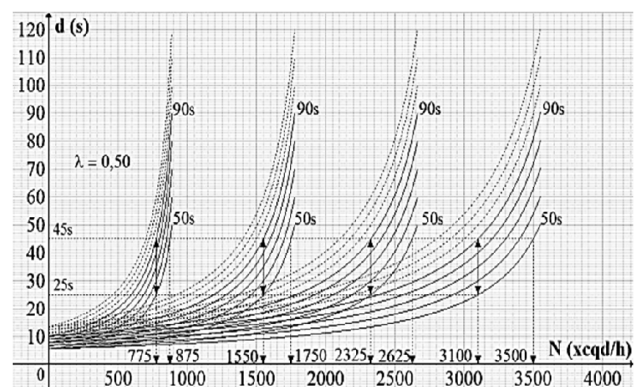
Dễ dàng nhận thấy, công thức (8) là một hàm số phụ thuộc vào 3 biến T_{CK} , λ , N . Nếu cố định chu kỳ T_{CK} thì tỷ số thời gian xanh có hiệu trong chu kỳ λ thì từ công thức (8), thời gian chậm xe trung bình của một xe trên đường dẫn bất kỳ $d(s)$ được xem như hàm số với biến số là lưu lượng tại mỗi đường dẫn hoặc biến số chính là hệ số mức độ phục vụ Z (khi cố định cả khả năng thông hành).

Theo công thức (8), chúng ta thấy rằng cùng một chu kỳ đèn, việc thay đổi tỷ số thời gian xanh có hiệu trong chu kỳ λ dù là rất nhỏ ($< 0,05$) làm thay đổi rất lớn đến giá trị thời gian chậm xe trung bình của một xe $d(s)$. Ứng với cùng một giá trị thời gian chậm xe, thì cứ mỗi lần tăng giá trị của λ lên 0,05 thì hệ số mức độ phục vụ Z tăng thêm (2÷3)%. Thông qua việc tính toán, kiến nghị lấy giá trị của $\lambda \leq 0,55$ là phù hợp. Những giá trị $\lambda > 0,55$ sẽ làm cho hệ số mức độ phục vụ quá lớn ($> 0,9$), gần đạt đến khả năng thông hành.

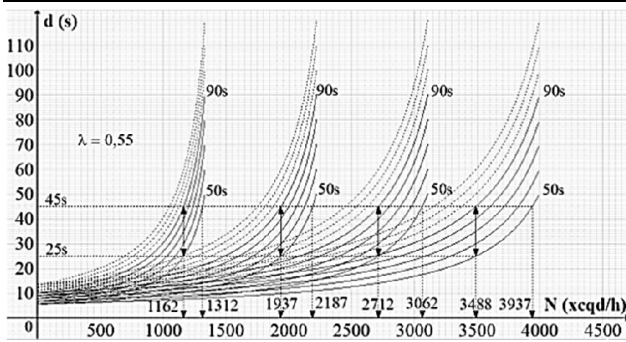
Từ đó, có thể xây dựng các biểu đồ quan hệ giữa thời gian chậm xe trung bình với lưu lượng tại các đường dẫn và quan hệ giữa hệ số mức phục vụ Z với thời gian chậm xe trung bình $d(s)$ ứng với từng mức KNTH và T_{CK} khác nhau.

2.3.1. Biểu đồ quan hệ giữa thời gian chậm xe trung bình $d(s)$ với lưu lượng tại các đường dẫn $N(xcqđ/h)$

Trường hợp $\lambda = 0,50$

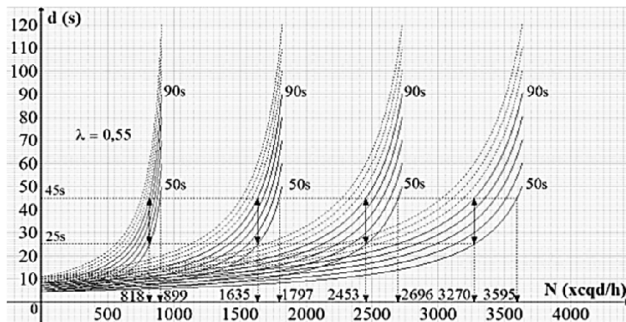


Hình 1. Quan hệ giữa $d(s)$ và $N(xcqđ/h)$ ứng với $KNTH = 1000, 2000, 3000, 4000(xe/h)$

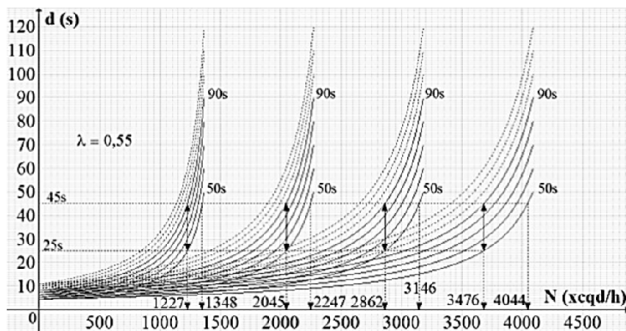


Hình 2. Quan hệ giữa $d(s)$ và $N(xcqd/h)$ ứng với $KNTHP=1500, 2500, 3500, 4500(xe/h)$

Trường hợp $\lambda = 0,55$



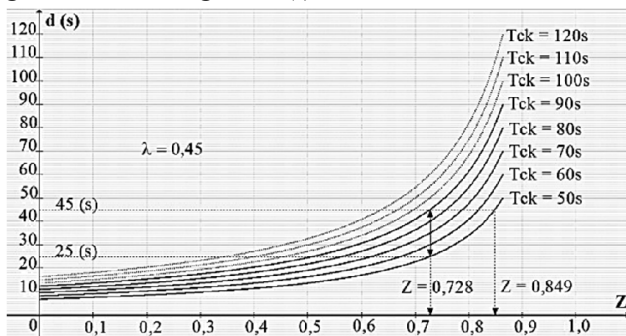
Hình 3. Quan hệ giữa $d(s)$ và $N(xcqd/h)$ ứng với $KNTH P=1000, 2000, 3000, 4000(xe/h)$



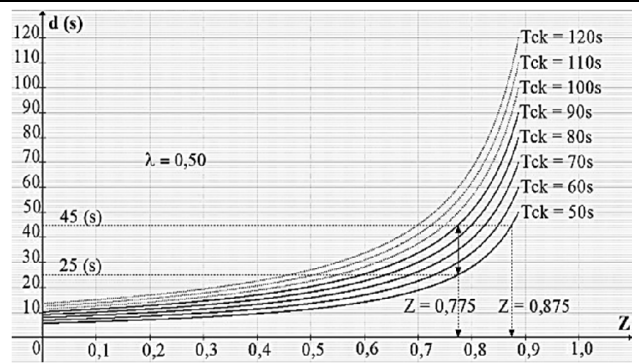
Hình 4. Quan hệ giữa $d(s)$ và $N(xcqd/h)$ ứng với $KNTH P=1500, 2500, 3500, 4500(xe/h)$

Nhận xét: Thông qua các Hình 1÷4 và các kết quả tính toán, có thể nhận thấy rằng với cùng một thời gian chu kỳ T_{ck} , tỷ số thời gian xanh có hiệu trong chu kỳ λ và hệ số mức phục vụ Z ứng với khả năng thông hành P dù khác nhau nhưng vẫn cho cùng một giá trị thời gian chậm xe trung bình $d(s)$ (sai số phân nghìn).

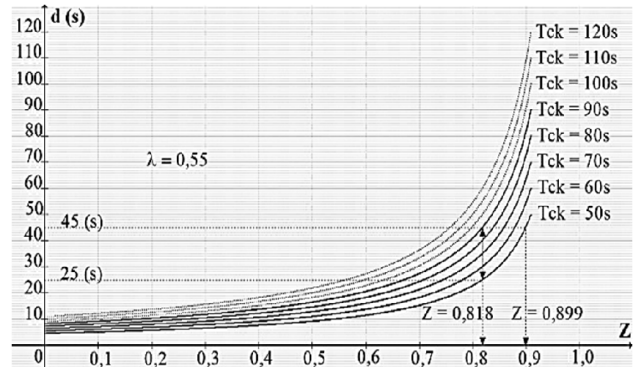
2.3.2. Biểu đồ quan hệ giữa hệ số mức phục vụ Z với thời gian chậm xe trung bình $d(s)$



Hình 5. Quan hệ giữa Z và $d(s)$ ứng với $\lambda=0,45$



Hình 6. Quan hệ giữa Z và $d(s)$ ứng với $\lambda=0,5$

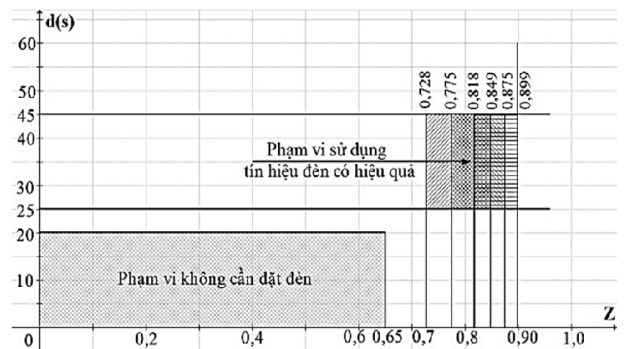


Hình 7. Quan hệ giữa Z và $d(s)$ ứng với $\lambda=0,55$

2.4. Phạm vi sử dụng tín hiệu đèn hiệu quả tại nút giao thông vòng đảo

Theo các kết quả nghiên cứu tính toán thời gian chậm xe và hệ số mức độ phục vụ của các nút giao thông vòng đảo trong nội thành Đà Nẵng, cho thấy rằng với điều kiện dòng xe hiện nay là dòng xe hỗn hợp nhiều thành phần, trong đó 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 $d=(25\div 45)s$ được xem là giới hạn trên của sự chậm xe mà các lái xe có thể chấp nhận được, vượt quá ngưỡng 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 do phải dừng lâu ở hàng chờ [1].

Thông qua các biểu đồ thể hiện trên Hình 5÷7, chúng tôi đề xuất phạm vi sử dụng tín hiệu đèn hiệu quả tại nút giao thông vòng đảo ở đô thị Đà Nẵng và được thể hiện trên Hình 8.



Hình 8. Phạm vi sử dụng tín hiệu đèn hiệu quả tại nút giao thông vòng đảo

3. Nhận xét và kết luận

3.1. Nhận xét

- Với chu kỳ đèn $T_{CK} = (50 \div 120)s$ và thời gian chậm xe $d = (25 \div 45)s$, hệ số mức độ phục vụ Z_{max} có giá trị tương ứng với λ như sau:

+ Khi $\lambda = 0,45$ thì $Z_{max} = 0,728 \div 0,849$;

+ Khi $\lambda = 0,50$ thì $Z_{max} = 0,775 \div 0,875$;

+ Khi $\lambda = 0,55$ thì $Z_{max} = 0,818 \div 0,899$.

Trong đó, Z_{max} là hệ số mức độ phục vụ tương ứng với lưu lượng xe lớn nhất của nhánh dẫn.

- Trong trường hợp thời gian chu kỳ đèn nhỏ nhất và hệ số $\lambda = 0,45 \div 0,55$ thì vẫn đảm bảo thời gian chậm xe trung bình của một xe là $d < 45(s)$.

- Thời gian chu kỳ đèn T_{CK} nên sử dụng để nút giao thông vòng đảo khai thác hiệu quả nhất từ $50 \div 90(s)$.

- Nếu biết KNTH và lưu lượng xe của nhánh dẫn vào nút, chúng ta có thể dễ dàng lựa chọn sơ bộ thời gian chu kỳ đèn T_{CK} một cách hợp lý nhất nhằm đảm bảo thời gian chậm xe nằm trong vùng giới hạn đã đề xuất ở trên. Đồng thời cũng có thể dùng biểu đồ trên Hình 8 để đánh giá sơ bộ hiệu quả của một nút có sử dụng tín hiệu đèn khi tính toán được cặp giá trị (Z, d) .

3.2. Kết luận

Từ kết quả tính toán d và Z ở trên cho các nút trên địa bàn thành phố Đà Nẵng, cùng với việc đánh giá trực tiếp trạng thái dòng xe qua nút và phân tích mối quan hệ giữa d và Z để đề xuất trị số thời gian chậm xe $d(s)$ và hệ số mức độ phục vụ Z lớn nhất (giới hạn trên) như đã trình bày thì

việc sử dụng tín hiệu đèn điều khiển trong nút giao thông vòng đảo 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...

Việc xây dựng biểu đồ quan hệ giữa thời gian chậm xe $d(s)$ và hệ số mức độ phục vụ Z có ý nghĩa quan trọng. Thông qua biểu đồ $d-Z$, chúng ta có thể tìm được cặp giá trị (d, Z) để đánh giá hiệu quả của việc sử dụng đèn tại nút giao thông vòng đảo hoặc có thể dùng để tính toán thời gian chậm xe và mức độ phục vụ của nút một cách nhanh chóng mà không cần sử dụng đến bảng tra hoặc giải phương trình (8).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Đỗ Bá Chương, *Kỹ thuật giao thông*, Tủ sách sau đại học - Đại học Xây dựng, Hà Nội, 1996.
- [2] 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 sĩ KHKH, 2004.
- [3] Phan Cao Thọ, Nguyễn Quang Đạo, Đỗ Bá Chương, *Nghiên cứu quy đổi dòng xe hỗn hợp về dòng xe thuần nhất trên nút giao thông điều khiển bằng đèn tín hiệu ở đô thị nước ta*, *Tạp chí Cầu Đường Việt Nam* 11/2002.
- [4] Transportation Research Board - National Research Council, *Highway capacity manual 2000 (HCM 2000)*, Washington D.C., 2000.
- [5] Transportation Research Board - National Research Council, *Highway capacity manual 2010 (HCM 2010)*, Washington D.C., 2010.
- [6] Abishai Polus; Sitvanit Shmueli, *Analysis and Evaluation of the Capacity of Roundabouts*, Transportation Research Record 1572.
- [7] Transportation Research Board Executive Committee Subcommittee for NCHRP, *Modern Roundabout Practice in the United States*, Washington, D.C., 1998.

(BBT nhận bài: 18/12/2014, phản biện xong: 16/01/2015)