

ẢNH HƯỞNG KINH TẾ LỰA CHỌN CHU KỲ ĐÈN Ở NÚT GIAO THÔNG CÙNG MỨC

Ths Vương Xuân Cần
Bộ môn kỹ thuật ATGT, Trường Đại học GTVT
Ths Vũ Trọng Thuật
Bộ môn THGT, Trường Đại học GTVT

Tóm tắt: Nút giao thông cùng mức điều khiển bằng đèn tín hiệu chiếm tỷ lệ chủ yếu tại các nút giao thông trong khu đô thị, đây cũng là địa điểm ùn tắc giao thông nhất trong mạng lưới đường. Bài báo trên cơ sở phân tích năng lực thông hành và thời gian chậm xe của nút, xem xét ảnh hưởng kinh tế của lựa chọn chu kỳ đèn tín hiệu.

Từ khóa: nút giao thông cùng mức, chu kỳ đèn, ảnh hưởng kinh tế

Economic influence of selecting signal cycle for the intersections

Abstract: The signalized intersection accounted for a major proportion in urban areas, this is also the location of traffic congestion in the road network. This paper on the basis of the analysis intersection capacity and delay, consider influence economic of selecting signal cycle.

Key words: intersection; cycle; economic influence

1. Đặt vấn đề

Nút giao thông ảnh hưởng đến năng lực thông hành của tuyến đường và cũng là nơi tồn tại nhiều nguồn gây tai nạn giao thông. Ở các đô thị lớn, vấn đề ách tắc giao thông chủ yếu tập trung tại nút giao thông, không những gây gián đoạn giao thông, gia tăng tai nạn giao thông và mức độ nghiêm trọng của nó, mà còn gia tăng thời gian giao thông do phải chờ tại nút và tăng phí tiêu hao nhiên liệu[1]. Từ đó, gia tăng tổn thất kinh tế và ô nhiễm môi trường. Vì vậy, các vấn đề về nút giao thông được nhiều học giả nghiên cứu, nhưng vấn đề về ảnh hưởng kinh tế từ lựa chọn chu kỳ đèn điều khiển thì rất ít được chú trọng nghiên cứu. Trên cơ sở nghiên cứu năng lực thông hành, thời gian chậm xe tại nút giao điều khiển bằng đèn tín hiệu, bài báo xem xét ảnh hưởng kinh tế lựa chọn chu kỳ đèn.

2. Năng lực thông hành và thời gian chậm xe của nút giao điều khiển bằng đèn tín hiệu

Tùy thuộc vào sơ đồ hình học nút, đặc trưng dòng xe, chu kỳ đèn,... mà quyết định năng lực thông hành, thời gian chậm xe của nút. Chu kỳ đèn tín hiệu, năng lực thông hành và thời gian chậm xe của nút được tính như sau[2]:

2.1 Thời gian chu kỳ đèn

Thời gian chu kỳ đèn tối ưu theo Webster như sau:

$$T_{op} = \frac{1.5 * T_v + 5}{1 - Y} \text{ (s)} \quad (1); \quad Y = \sum_1^n y_i = \sum_1^n \frac{M_i}{S_i} \quad (2)$$

Trong đó: $T_v = \sum_1^n T_{Zi}$ - tổng thời gian chuyển pha; n là số pha đèn; T_{Zi} - thời gian chuyển pha của pha thứ i ; M_i - lưu lượng xe thiết kế của pha thứ i ; S_i - mức dòng bão của làn xe có lưu lượng thiết kế M_i ; Y - tổng hệ số lưu lượng; y_i - hệ số lưu lượng của pha thứ i .

Trên thực tế, người thiết kế thường lựa chọn chu kỳ đèn $T_p = (1 \div 1.5) T_{op}$ để thời gian chờ trung bình tăng lên không nhiều. Tuy nhiên, trên góc độ kinh tế lựa chọn giá trị chu kỳ đèn quyết định đến thời gian chờ trung bình của xe và mức độ ô nhiễm môi trường.

Đối với phương án điều khiển 3 pha, tổng thời gian đèn xanh và phân bổ đèn xanh theo lưu lượng xe như sau:

$$T_x = T_{x1} + T_{x2} + T_{x3} = T_{op} - T_v \quad (3)$$

$$T_{x1} : T_{x2} : T_{x3} = M_1 : M_2 : M_3 \quad (4)$$

Trong đó: T_x - Tổng thời gian đèn xanh; T_{x1}, T_{x2}, T_{x3} - lần lượt là thời gian đèn xanh của các pha; M_1, M_2, M_3 - lưu lượng xe thiết kế của các pha.

2.2 Năng lực thông hành của nút giao cùng mức điều khiển bằng đèn tín hiệu

$$\text{Khả năng thông hành của nút như sau: } C_m = \sum_{j=1}^k C_j \quad (5)$$

Đối với làn xe đi thẳng hoặc làn xe đi thẳng và rẽ phải hoặc rẽ trái pha riêng, năng lực thông hành xác định như sau: $C_j = (T_{xi} / T_p) \times S_i$ (6)

Trong đó: T_{xi} - thời gian đèn xanh của pha thứ i ; k - tổng số làn xe các đầu vào nút; C_j - khả năng thông qua của làn thứ j ;

Đối với làn xe rẽ trái không có pha riêng, năng lực thông hành xác định như sau:

$$C_{tr} = C_{tr1} + C_{tr2} \quad (7)$$

Trong đó: C_{tr1} - số xe có thể rẽ trái trong thời gian đèn xanh, nó phụ thuộc vào lưu

lượng của dòng xe đi thẳng ngược chiều và khoảng thời gian đèn xanh. Được tính toán theo bảng 4.4a tài liệu tham khảo[2] hay bảng 9.1 tài liệu tham khảo [3]; C_{tr2} - lượng xe có thể đi qua trong thời gian chuyển pha, mỗi lần chuyển pha có tối đa 2 xe có thể rẽ trái, vì vậy số lượng xe có thể rẽ trái ở thời gian chuyển pha trong 1 giờ sẽ là:

$$C_{tr2} = 2 \times 3600 / T_p \quad (8)$$

2.3 Thời gian chậm xe tại nút

Thời gian chậm xe trung bình cho các xe trong một pha tính như sau:

$$t_{wi} = 0,9 \times \left[\frac{T_p \cdot (1 - \lambda_i)^2}{2(1 - y_i)} + \frac{x_i^2}{2q_i(1 - x_i)} \right] \quad (9)$$

Trong đó: t_{wi} - thời gian chờ trung bình của một xe của pha i , s; λ_i - tỉ số giữa thời gian xanh và thời gian chu kỳ; q_i - Lưu lượng đến nút trong thời gian 1s của pha i , $q_i = M_i / 3600$; x_i - Mức độ đầy của dòng xe vào nút, $x_i = M_i / (\lambda_i \cdot S_i)$;

Thời gian chờ trung bình t_w của xe tại nút theo công thức sau:

$$t_w = \left(\sum_{i=1}^n M_i \times t_{wi} \right) / \left(\sum_{i=1}^n M_i \right) \quad (10)$$

3. Ảnh hưởng kinh tế tại nút điều khiển bằng đèn tín hiệu

Xem xét ảnh hưởng kinh tế từ lựa chọn thời gian chu kỳ đèn, trước tiên tính đổi thời gian chậm xe của toàn bộ lưu lượng xe qua nút theo giá trị lương của lái xe taxi. Giả sử lương tháng của một người lái xe là 6 triệu VNĐ/tháng, mỗi ngày làm việc 8 tiếng, mỗi tháng làm việc 30 ngày, thu nhập của lái xe taxi theo phút như sau:

$$C_x = 6000000 / (30 \times 8 \times 60) = 416,67 \text{ VNĐ} / \text{min}$$

Thời gian chậm xe tại nút, mức tiêu hao nhiên liệu của xe con được lấy theo thực nghiệm 1,5L/h[4]. Giả thiết rằng giá xăng hiện tại 23 150 VNĐ/L, vậy mức phí tiêu hao nhiên liệu trong một phút tính như sau: $Q_x = 1,5 \times 23150 / 60 = 578,75 \text{ VNĐ} / \text{min}$

Nút giao thông điều khiển với chu kỳ đèn khác nhau, thời gian chậm xe khác nhau nên tổn thất kinh tế khác nhau. Giả sử T_{p1} và T_{p2} là hai chu kỳ đèn khác nhau, lợi ích

thu được của phương án hiệu quả hơn được tính như sau:

$$B = [(C_x + Q_x) \times (D_{Tp2} - D_{Tp1})] \times 365 \quad (11)$$

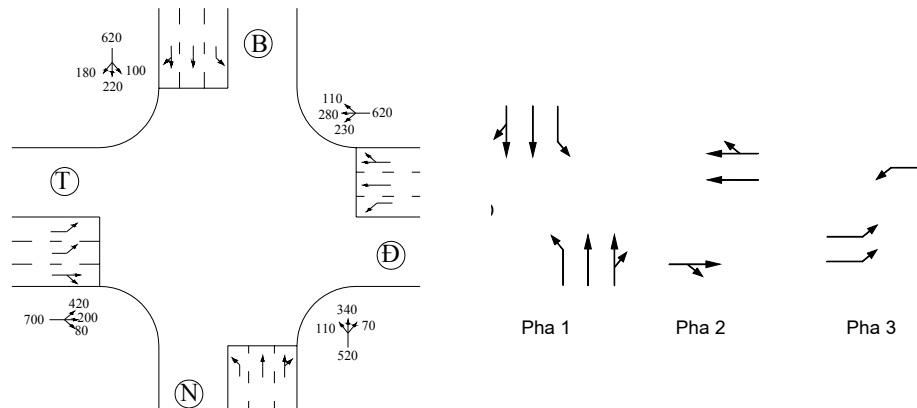
Trong đó: B- Lợi ích kinh tế, VNĐ/năm; D_{Tp1} - Tổng thời gian chậm xe của toàn bộ xe qua nút trong ngày với thời gian chu kỳ đèn T_{p1} , min/d; D_{Tp2} - Tổng thời gian chậm xe của toàn bộ xe qua nút trong ngày với thời gian chu kỳ đèn T_{p2} , min/d.

Thời gian chậm xe trung bình của mỗi xe đến nút t_w (s) và lưu lượng xe thực tế đến nút trong ngày C_u (xe/d), thì tổng thời gian chậm xe trong ngày D (min/d) được tính như sau:

$$D = t_w \times C_u / 60 \quad (12)$$

Ngoài lợi ích kinh tế cũng cần kể đến lợi ích xã hội. Phương tiện giao thông trong các trường hợp khác nhau thì thải ra môi trường mức độ khác nhau. Chúng ta biết rằng, khi xe ô tô ở chế độ dừng nổ máy và giảm tốc, thì lượng khí thải độc hại phát thải nhiều nhất. Như vậy, chọn lựa chu kỳ đèn hợp lý ngoài tiết kiệm chi phí hơn, còn có thể giảm thiểu tác hại môi trường và xã hội.

4. Phân tích ví dụ



Hình 1 Sơ đồ nút và bố trí pha điều khiển

Do bài báo chủ yếu tập trung vào việc phân tích tính kinh tế, nên sử dụng sơ đồ hình 1 làm đối tượng nghiên cứu. Đây là nút giao ngã tư, hướng đông – tây có 3 làn xe mỗi chiều, hướng bắc – nam cũng có 3 làn xe mỗi chiều. Theo hình 1, lưu lượng xe quy đổi thực tế đến nút vào giờ cao điểm 2460 xe/h và với hệ số quy đổi lưu lượng xe từ

xe/h sang xe/d $\beta = 0,1$ [3], thì lưu lượng xe qua nút trong ngày $C_{tt} = 24600$ xe/d. Nút giao thông được điều khiển chiến lược 3 pha với lưu lượng xe thiết kế như bảng 1[2]:

Bảng 1 Lưu lượng xe thiết kế

Pha	Hướng đi	Lưu lượng thiết kế M_i (xe/h)	Dòng bão hoà S_i	y_i	Y
1	Nam đi thẳng và rẽ phải	220	1700	0.129	0.429
2	Tây đi thẳng và rẽ phải	280	1700	0.165	
3	Tây rẽ trái	230	1700	0.135	

$$\text{Từ (1) đạt được chu kỳ đèn tối ưu: } T_{op} = \frac{1.5 * \sum T_{Zi} + 5}{1 - Y} = \frac{1.5 * 18 + 5}{1 - 0.429} \approx 56s$$

Xem xét ảnh hưởng kinh tế lựa chọn chu kỳ đèn, thay đổi thời gian chu kỳ đèn trong khoảng (1-1,5) T_{op} và áp dụng công thức (3) đến (12) xác định được năng lực thông hành lý thuyết. Ngoài ra, dựa vào lưu lượng xe đến nút thực tế xác định được thời gian chậm xe và tổn thất kinh tế trong ngày. Kết quả tính toán được ghi trong bảng 2 và bảng 3 dưới đây.

Bảng 2 Năng lực thông hành của nút giao điều khiển bằng đèn

Chu kỳ/s	Thời gian đèn xanh/s			Năng lực thông hành/xe.h ⁻¹			
	Pha 1	Pha 2	Pha 3	Pha 1	Pha 2	Pha 3	Toàn nút
56	12	14	12	1799	1275	1093	4167
60	13	16	13	1798	1360	1105	4263
65	14	18	15	1772	1412	1177	4361
70	16	19	17	1845	1384	1239	4468
75	17	21	18	1818	1428	1224	4470
80	19	23	20	1880	1466	1275	4621

Bảng 3 Thời gian chậm xe của nút giao điều khiển bằng đèn

Chu kỳ /s	Thời gian chậm xe /s				Tổng thời gian chậm xe ở nút /min.d ⁻¹	Thu nhập lái xe trong thời gian chậm xe /VNĐ.d ⁻¹	Phí tiêu hao nhiên liệu trong thời gian chậm xe /VNĐ.d ⁻¹
	Pha 1	Pha 2	Pha 3	Trung bình			
56	24,6	24,3	25,6	24,8	10 179	4 241 284	5 891 096
60	25,5	23,2	26,5	24,9	10 218	4 257 534	5 913 668
65	27,3	23,4	25,9	25,3	10 393	4 330 451	6 014 949
70	27,0	25,4	25,8	26,0	10 667	4 444 619	6 173 526
75	28,8	25,8	27,7	27,3	11 188	4 661 704	6 475 055
80	28,8	26,3	27,9	27,6	11 309	4 712 121	6 545 084

Căn cứ vào các bảng số liệu tính toán trên, phương án chu kỳ đèn 56s có năng lực thông hành nhỏ nhất, tức 4167 xe/h >> 2460 xe/h, nên các phương án trên đều có thể lựa chọn để điều khiển. Tuy nhiên, xét dưới góc độ kinh tế, tác giả lựa chọn chu kỳ đèn 56s và 80s để xem xét hiệu quả của hai phương án này. Các chỉ tiêu so sánh như sau:

- Năng lực thông hành: $C_{56} - C_{80} = 4167 - 4621 = -454xe/h$
- Thời gian chậm xe: $D_{80} - D_{56} = 11309 - 10179 = 1130min/d$
- Lợi ích kinh tế trong một năm:

$$B = [(416,67 + 578,75) \times (11309 - 10179)] \times 365 \times 10^{-6} = 410,56tr.VND$$

Như vậy, phương án chu kỳ 80s có năng lực thông hành lớn hơn nhưng thời gian chậm xe lại lớn hơn chu kỳ 56s. Nếu sử dụng phương án chu kỳ 56s thì mỗi năm có thể tiết kiệm được 410,56 tr.VND so với phương án chu kỳ 80s.

5. Kết luận

Cùng với sự phát triển nhanh của nền kinh tế quốc dân, nhu cầu giao thông cũng gia tăng rất nhanh, các vấn đề giao thông ngày một nghiêm trọng. Hiệu suất hoạt động của nút giao điều khiển bằng đèn được phản ánh qua năng lực thông hành, thời gian chậm xe, số lần dừng xe và độ bão hòa. Mục tiêu của thiết kế tối ưu thời gian điều khiển tại nút giao thông chính là tìm được năng lực thông hành lớn nhất có thể, mà từ đó làm giảm độ bão hòa, đồng thời rút ngắn tổng thời gian chậm xe và giảm thiểu số lần dừng xe[5]. Vì vậy, nâng cao được tốc độ khai thác, giảm cước vận tải, sẽ tiết kiệm hơn nguồn năng lượng và tính kinh tế hơn.

Tài liệu tham khảo

- [1] WU-bing, LY-Hua. Quản lý và điều khiển giao thông, NXB Giao thông Trung Quốc, 2005 (nguyên bản tiếng Trung).
- [2] Bùi Xuân Cây. Đường thành phố và quy hoạch đô thị, NXB GTVT, 2006.
- [3] Nguyễn Xuân Vinh. Thiết kế giao thông và điều khiển giao thông bằng đèn tín hiệu, NXB GTVT, 2006.
- [4] HU-Yongbing, GAO-Tingting, ZHAO-Huan. Phân tích tính kinh tế của phương án bố trí đèn tín hiệu ở ngã tư cùng mức. Khoa học kỹ thuật giao thông, 2005, số 3, tr81-83 (nguyên bản tiếng Trung).
- [5] ZHAI-Ruiping, ZHOU-Tongmei. Nguyên lý và ứng dụng điều khiển giao thông đường bộ, NXB Đại học công an Trung Quốc (nguyên bản tiếng Trung).