

Đề xuất phương pháp ước tính hệ quy đổi xe con (PCU) cho dòng giao thông hỗn hợp tại Việt Nam

■ **ThS. NGUYỄN QUỐC BẢO^(*); ThS. LÊ VĂN HIẾU**

Viện Khoa học và Công nghệ Giao thông vận tải (Bộ Giao thông vận tải)

Email: ^(*)baonguyen0109@gmail.com

TÓM TẮT: Bài báo sẽ cung cấp chi tiết về các phương pháp ước tính hệ số quy đổi xe con đơn vị (PCU) ở các nước trên thế giới. Dựa trên các nghiên cứu trước đây, dưới góc độ phân tích đánh giá ưu, nhược điểm và thực tiễn áp dụng các phương pháp tính toán khác nhau ở mỗi nước, nghiên cứu này sẽ đem đến cho người đọc định hướng tốt hơn trong việc lựa chọn phương pháp phù hợp với đặc tính dòng giao thông thực tại ở nước ta. Phương pháp dựa vào tốc độ và phương pháp hồi quy tuyến tính đa biến là hai phương pháp được đánh giá là vượt trội hơn đối với dòng giao thông hỗn hợp ở các nước đang phát triển, được đề xuất áp dụng cho dòng giao thông hỗn hợp tại Việt Nam, đặc biệt là dòng giao thông đô thị. Mục tiêu của việc áp dụng các phương pháp này là đảm bảo đo lường chính xác lưu lượng giao thông đồng nhất trong các tình huống giao thông hỗn hợp và đáp ứng được mức độ phục vụ cho trước trong bài toán phân tích và đánh giá chất lượng vận hành của đường ô tô nói chung và đường đô thị nói riêng.

TỪ KHÓA: PCU, PCE, hệ số quy đổi xe con, phương pháp ước tính PCU, xe chở khách.

ABSTRACT: The article will provide detailed information about the methods for estimating Passenger Car Unit (PCU) conversion factors in different countries around the world. From the perspective of the advantages and disadvantages of each method based on previous studies, it will guide readers in choosing the most appropriate method for mixed traffic characteristics in each country. The Speed Based method and the Multiple Linear Regression Method are two methods that have been evaluated as suitable for mixed traffic, especially in diverse traffic conditions in developing countries. These methods are proposed for application in mixed traffic streams in Vietnam, particularly in urban areas. The aim of applying these methods is to ensure accurate measurement of consistent traffic flow in mixed traffic situations and to meet the Level of Service (LOS) requirements in analyzing and evaluating the overall performance of roadways, including urban roads.

KEYWORDS: PCU, PCE, passenger car units, passenger car equivalents, PCU estimation method, passenger car.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cho đến nay, tiêu chuẩn thiết kế đường ô tô của Việt Nam (TCVN 4054:2005) đã trải qua 3 phiên bản và hiện đang được sửa đổi, cập nhật. Tuy nhiên, chỉ số PCU gần như không thay đổi. Mặc dù đã tham khảo từ một số quốc gia nhưng vẫn còn nhiều vấn đề cần được thảo luận, đặc biệt trong bối cảnh hiện nay với sự đa dạng của các loại xe, khả năng động học và động lực học ngày càng tốt hơn nhờ tiến bộ trong công nghệ chế tạo xe vận tải. Giá trị PCU trong TCVN 4054 - 2005 thực tế khó áp dụng cho các điều kiện đường và luồng giao thông cụ thể. Nó chỉ có ý nghĩa phổ quát, chủ yếu để xác định ban đầu số lượng làn xe cần thiết để đảm bảo mức phục vụ (LOS) nhất định. Tương tự, tiêu chuẩn đường đô thị TCXDVN 104:2007 đến nay đã được cập nhật sửa đổi thành TCVN 13592:2022, hệ số xe con quy đổi cũng gần như không thay đổi, tuy đã xem xét sự ảnh hưởng của tốc độ đối với mỗi loại phương tiện nhưng vẫn chưa xét đến ảnh hưởng của đặc điểm giao thông, hình học đường và các yếu tố khác trong dòng hỗn hợp. Thực tế, nhiều quốc gia đã áp dụng nhiều phương pháp tính toán khác nhau tùy thuộc vào điều kiện đường và đặc điểm của luồng giao thông hiện có. Do đó, vấn đề đặt ra là phương pháp ước tính hệ số quy đổi xe con (PCU) nào nên được xem xét là phù hợp trong điều kiện giao thông hỗn hợp tại Việt Nam.

PCU được xác định dựa trên cấu thành thành phần luồng giao thông, yếu tố hình học và các yếu tố khác trong điều kiện cụ thể với các phương pháp ước tính khác nhau. Giá trị PCU trong (HCM, 2016) chỉ áp dụng khi tỷ lệ xe tải trong luồng giao thông không vượt quá 25%. Ngoài ra, đặc tính của luồng giao thông ở các nước phát triển như Hoa Kỳ hoàn toàn khác biệt so với luồng giao thông đa dạng ở Việt Nam. Vì vậy, việc sử dụng giá trị PCU trong (HCM, 2016) cho đường giao thông tại Việt Nam là không phù hợp, đặc biệt là khu vực đô thị. Do đó, việc lựa chọn phương pháp ước tính PCU phù hợp cho giao thông ở Việt Nam nói chung, đặc biệt là dòng giao thông đô thị tại các

thành phố lớn nói riêng, nơi mà xe máy chiếm tỷ lệ khoảng 84% nên được quan tâm hơn nữa.

2. CÁC PHƯƠNG PHÁP ƯỚC TÍNH HỆ SỐ QUY ĐỔI

2.1. Phương pháp khoảng cách

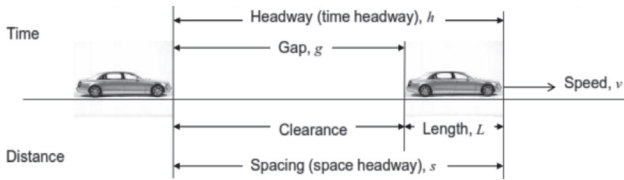
Một trong những phương pháp có sự đại diện lớn nhất là hướng tiếp cận về không gian (khoảng cách thời gian theo không gian - temporal time headway). Kỹ thuật này được tạo ra bởi Greenshields vào năm 1947 và được gọi trong tài liệu với tên gọi là phương pháp cơ bản để đánh giá khoảng thời gian giữa xe. Khái niệm đơn giản của phương pháp này dựa trên công thức (1).

$$PCE_i = \frac{h_i}{h_c} \quad (1)$$

PCE_i - Giá trị tương đương đơn vị của loại phương tiện (i);

h_i - Giá trị trung bình của khoảng cách thời gian (time headway) cho loại phương tiện (i);

h_c - Giá trị trung bình của khoảng cách thời gian cho một xe chở khách (xe đơn vị).



Hình 2.1: Mô hình hóa khoảng cách thời gian

PCU được tính toán dưới dạng tỷ lệ giữa khả năng của một chuyển động được ưu tiên theo xe chở khách tiêu chuẩn (C_p, cs) so với khả năng của loại phương tiện cụ thể (C_p, i), được biểu thị như sau:

$$PCU_i = \frac{C_{p,cs}}{C_{p,i}} \quad (2)$$

2.2. Phương pháp Walker

Phương pháp này dựa vào tần suất các lần vượt xe xảy ra trong một đoạn đường cụ thể, giả định rằng mỗi phương tiện giữ vận tốc bình thường của mình. Đơn vị phương tiện tương đương xe chở khách (PCU) cho một phương tiện di chuyển chậm được xác định bằng cách so sánh số lần vượt xe (N_2) xảy ra khi có xe tải trong luồng giao thông với số lần vượt xe (N_1) xảy ra khi luồng giao thông chỉ có xe chở khách và có cùng lưu lượng. Trong tình huống chỉ có xe chở khách, lưu lượng của xe chở khách được ký hiệu là P_1 , trong khi lưu lượng của xe tải trong tình huống giao thông hỗn hợp được ký hiệu là P_2 .

$$PCU_{Truck} = \frac{N_2 \times P_1}{N_1 \times P_2} \quad (3)$$

2.3. Phương pháp dựa trên tốc độ

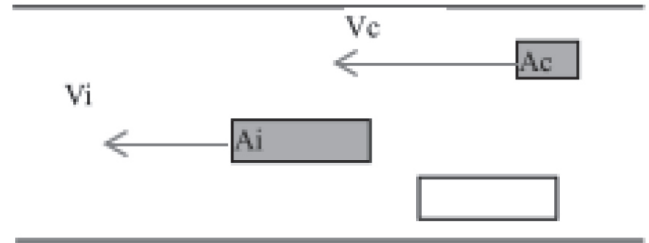
Phương pháp này sử dụng các mô hình riêng lẻ cho các loại phương tiện khác nhau và các tốc độ trong luồng giao thông đa dạng. PCE được xác định như tỷ lệ của tốc độ của phương tiện cần đánh giá so với tốc độ của phương tiện chủ thể, chia cho tỷ lệ của không gian được chiếm bởi xe chở khách so với không gian được chiếm dụng bởi phương tiện chủ thể.

$$PCU_i = \frac{V_c/V_i}{A_c/A_i} \quad (4)$$

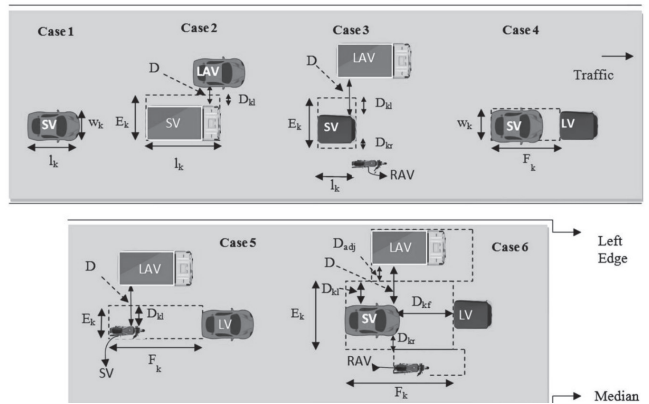
Trong đó:

- V_c, V_i - Tốc độ trung bình cho xe chở khách và các loại phương tiện i, tương ứng;

- A_c, A_i - Các khu vực hình chữ nhật được chiếm dụng trên đường (chiều dài x chiều rộng) cho xe chở khách và các loại phương tiện i trên đường tương ứng.



Hình 2.2: Mô hình của các đơn vị ước tính PCU



Hình 2.3: Các tình huống khác nhau được xem xét để ước tính PCU

2.4. Phương pháp trung đội

Phương pháp này hữu ích vì phân tích cấp đoàn của luồng giao thông làm cho việc quan sát cách các phương tiện tương tác với nhau trở nên đơn giản. Các đoàn xe được lựa chọn dựa trên nhiều giả định và tác động của việc thêm từng loại phương tiện vào đoàn xe được đánh giá để tính toán PCU. Việc điều tra các xe dẫn đầu của các đoàn xe xác định khả năng của mỗi loại phương tiện trở thành xe đầu đoàn và số lượng xe theo đoàn cung cấp một sự chỉ dẫn về số lượng phương tiện bị giảm tốc trong các đoàn xe do sự hiện diện của phương tiện đó trong luồng giao thông. Công thức được đề xuất để xác định PCU như sau:

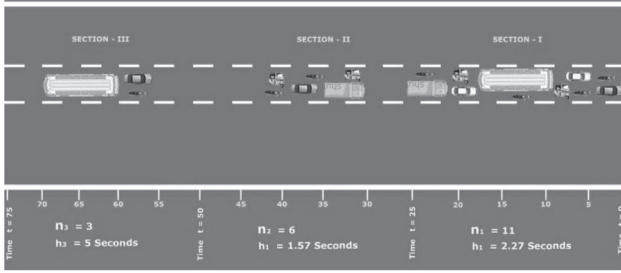
$$PCE_i = \frac{P(A_i)/P(B_i)}{P(A_c)/P(B_c)} \quad (5)$$

$P(A_i)$ - Tỷ lệ phần trăm của phương tiện loại i dẫn đầu đoàn xe;

$P(B_i)$ - Tỷ lệ phần trăm của tổng số phương tiện loại i trong luồng giao thông;

$P(A_c)$ - Tỷ lệ phần trăm của xe chở khách dẫn đầu đoàn xe;

$P(B_c)$ - Tỷ lệ phần trăm của tổng số xe chở khách trong luồng giao thông.



Hình 2.4: Minh họa về luồng giao thông trong các đoàn xe trên đường đô thị

2.5. Phương pháp độ trễ

Để nghiên cứu sự khác biệt về thời gian chậm trễ giữa xe nặng và xe chở khách thông thường, cũng như giữa xe chở khách chạy chậm và xe chở khách tiêu chuẩn, (Craus et al., 1980) đã sử dụng kỹ thuật độ trễ tương đương. Điều này bao gồm xác định thời gian chậm trễ trung bình do một xe tải gây ra và chia cho thời gian chậm trễ trung bình do một xe chở khách gây ra. PCU được ước tính như sau:

$$PCE = \frac{P_{kt}}{P_{kp}} \quad (6)$$

P_{kp} - Số lượt vượt trung bình lý thuyết của một xe chở khách;
 P_{kt} - Số lần theo lý thuyết mà một xe tải đi qua trong một đoạn đường một kilômét trong một khoảng thời gian cụ thể.

2.6. Phương pháp Huber

Phương pháp Huber là một kỹ thuật được sử dụng để tính toán số lượng đơn vị xe khách (PCU) bằng cách phân tích tỷ lệ lưu lượng giao thông có và không có một loại phương tiện cụ thể khác với xe khách thông thường. (Huber, 1982) đã giới thiệu phương pháp này, ban đầu tập trung vào xe tải và xe chở khách tiêu chuẩn trong giao thông. Theo đề xuất của Huber, phương pháp này sử dụng mật độ bằng nhau để kết nối tỷ lệ lưu lượng cơ bản và tỷ lệ lưu lượng hỗn hợp để xác định PCU. Giá trị PCU được liên kết với tỷ lệ giữa hai luồng lưu lượng tại một mức độ rào cản cụ thể.

$$PCE = \left(\frac{1}{P_T} \right) \left[\frac{Q_B}{Q_M} - 1 \right] + 1 \quad (7)$$

Các biến số P_T , Q_B và Q_M đại diện cho tỷ lệ xe tải trong luồng giao thông hỗn hợp và lưu lượng dòng giao thông cơ bản và hỗn hợp ở mức độ phục vụ thông thường, tương ứng với các chỉ số hiệu suất bằng nhau, P_T là phần trăm của xe tải trong dòng giao thông hỗn hợp.

2.7. Phương pháp hệ số đồng nhất

Hiệp hội Quốc tế về Hội nghị Đường bộ đã đề xuất một phương pháp để tính toán Hệ số Đồng nhất (HC_i) cho một loại phương tiện cụ thể trong dòng giao thông hỗn hợp. Phương pháp hệ số đồng nhất liên quan đến việc xác định Đơn vị xe chở khách PCU của một phương tiện bằng cách đánh giá sức chứa tối đa của nó trong một tình huống mà các loại phương tiện khác sử dụng đường một cách riêng biệt. Phương pháp này xem xét cả tốc độ và chiều dài của phương tiện và được mô tả bởi:

$$HC_i = \frac{L_i/V_i}{L_c/V_c} \quad (8)$$

Trong đó: L_i đại diện cho chiều dài của phương tiện 'i' tính bằng mét và V_i đại diện cho tốc độ trung bình của phương tiện 'i' tính bằng kilômét mỗi giờ.

L_c biểu thị chiều dài của một xe chở khách tính bằng mét và V_c đại diện cho tốc độ trung bình của một xe chở khách tính bằng kilômét mỗi giờ.

2.8. Kỹ thuật mô phỏng

Trong những thập kỷ gần đây, phương pháp mô phỏng đã trở nên ngày càng phổ biến và được sử dụng rộng rãi (Arasan & Arkatkar, 2010; Mehar et al., 2014). Gần đây, (HCM, 2016) cũng đã sử dụng phần mềm mô phỏng VISSIM mô phỏng dòng giao thông trong khoảng thời gian 1 phút trên một đoạn đường ba làn, dài 13 dặm để ước tính hệ số quy đổi PCE. Phương pháp hỗ trợ máy tính này bao gồm việc tạo mô hình máy tính mô phỏng hành vi của các phương tiện được quan sát trong các tình huống thực tế. Các mô hình mô phỏng có thể được phân loại thành các loại khác nhau dựa trên đặc điểm của chúng. Các loại mô hình này bao gồm tĩnh hoặc động, xác định hoặc ngẫu nhiên, rời rạc hoặc liên tục. Khi mô hình mô phỏng không phụ thuộc vào giá trị đầu vào ngẫu nhiên, nó được gọi là mô hình xác định. Ngược lại, một mô hình mô phỏng ngẫu nhiên sử dụng một hoặc nhiều biến ngẫu nhiên làm đầu vào, dẫn đến các đầu ra chỉ có thể được xem như xấp xỉ của hệ thống thực tế được mô phỏng. Ưu điểm của phương pháp này là hữu ích cho bất kỳ loại điều kiện giao thông nào, vì điều kiện giao thông và hình học có thể được điều khiển một cách hiệu quả. Tuy nhiên, phương pháp này cũng đòi hỏi kiến thức sâu về mô phỏng giao thông. Ngoài ra, việc xác thực mô hình này khó khăn vì yêu cầu dữ liệu thực tế bao phủ nhiều điều kiện giao thông và hình học khác nhau.

2.9. Phương pháp hệ phương trình

Phương pháp hệ phương trình cũng là một hướng tiếp cận dựa trên khoảng cách giữa các phương tiện để ước tính PCU. Tuy nhiên, phương pháp này tổng quát hơn vì nó xem xét tất cả các loại phương tiện. Tuy nhiên, khác với các phương pháp khác chỉ xem xét các loại phương tiện cụ thể, phương pháp này tính đến tất cả các loại phương tiện. Để tính toán lưu lượng giao thông cho cả tình huống chỉ có xe ô tô (all-car) và luồng giao thông hỗn hợp, phương pháp này sử dụng khoảng cách trung bình cho mỗi tình huống (h_{car} cho all-car và h_{mix} cho luồng giao thông hỗn hợp).

Khoảng cách giữa các phương tiện trong luồng giao thông hỗn hợp được xác định bổ sung như sau:

$$h_{mix} = h_{car} \sum_{i=1}^n (P_i \times PCU_i) \quad (9)$$

Trong đó: P_i đại diện cho tỷ lệ của mỗi loại phương tiện 'i'; PCU_i đại diện cho PCU của mỗi loại phương tiện 'i'; và n là tổng số các loại phương tiện trong luồng giao thông hỗn hợp.

2.10. Phương pháp hồi quy tuyến tính đa biến

(Aerde & Agar, 1984) đã đề xuất một kỹ thuật để xác

định PCU bằng cách xem xét tỷ lệ giảm tốc độ. Phương pháp bao gồm một mô hình hồi quy tuyến tính đa biến, xem xét các hệ số tốc độ tự do và giảm tốc độ cho mỗi loại phương tiện và sử dụng mối quan hệ tốc độ và lưu lượng giao thông quan sát ngoài thực địa làm đầu vào. Bằng cách so sánh tỷ lệ giảm tốc độ tương đối cho mỗi loại phương tiện trong hướng chính và cho tất cả các phương tiện di chuyển theo hướng ngược lại, PCU có thể được tính toán. Để tạo một mô hình hồi quy tuyến tính đa biến, công thức được sử dụng như sau:

$$PCE_n = \frac{C_n}{C_1} \quad (10)$$

Phương pháp phân tích hồi quy được sử dụng trong nhiều nghiên cứu để xác định giá trị PCU.

3. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Có thể thấy phương pháp khoảng cách thời gian đơn giản, hiệu quả nhất trong các tình huống có luồng giao thông hỗn hợp thấp và mức dịch vụ cao. Tuy nhiên, việc đo đạc chính xác khoảng cách thời gian trên thực địa có thể gặp khó khăn mà không sử dụng các công cụ hoặc kỹ thuật tiên tiến và tính ứng dụng của nó phụ thuộc vào việc tuân thủ kỷ luật di chuyển trên làn đường trong ngữ cảnh cụ thể. Phương pháp hệ số đồng nhất, dựa vào các thông số để đo lường như tốc độ trung bình của phương tiện. Nhưng phương pháp này không thể bắt được sự biến đổi tốc độ trong các tình huống giao thông khác nhau và không thể đánh giá toàn diện tương tác giữa các phương tiện trong luồng giao thông hỗn hợp chỉ dựa trên độ dài của phương tiện. Bên cạnh đó, phương pháp như kỹ thuật mô phỏng, mặc dù có khả năng quản lý hiệu quả các điều kiện giao thông và hình học khác nhau, nhưng đòi hỏi kiến thức rộng về mô phỏng giao thông và việc xác nhận mô hình này đối mặt với khó khăn, vì nó đòi hỏi có sẵn dữ liệu thế giới thực bao gồm một loạt các điều kiện giao thông và hình học.

Trong khi đó, phương pháp dựa vào tốc độ và phương pháp hồi quy tuyến tính đa biến là hai phương pháp được đánh giá là phù hợp khi ước tính hệ số PCU cho dòng giao thông hỗn hợp ở các nước trên thế giới, đặc biệt là dòng giao thông đa dạng ở các nước đang phát triển. Các phương pháp này đơn giản phù hợp cho luồng giao thông hỗn hợp bao gồm bất kỳ số lượng hay chủng loại phương tiện nào, đồng thời đáp ứng được tính động của đơn vị phương tiện tương đương xe chở khách.

Dựa trên cơ sở quy đổi tương đương về tốc độ hành trình trung bình (ATS), từ những năm 2000 (Chandra & Sikdar, 2000) đã đề xuất phương pháp dựa vào tốc độ để ước tính hệ số quy đổi PCE cho dòng giao thông hỗn hợp. Đến nay, phương pháp ước tính hệ số PCU dựa trên kích thước và tốc độ vẫn được quy định trong Tiêu chuẩn thiết kế hình học cho đường phố và đường phố đô thị (IRC:86-2018, 2018). Điều này chứng minh rằng, việc ước tính hệ số PCU dựa trên phương pháp tốc độ có tính bền vững và ổn định lâu dài. Thêm vào đó, tốc độ hành trình trung bình (ATS) hiện đang là phương pháp tiếp cận chính trong cuốn sổ tay năng lực thông hành đường ô tô của Mỹ (HCM) từ phiên bản 2010 trở lại đây. Do đó, phương pháp hồi quy

tuyến tính đa biến và phương pháp dựa vào tốc độ nên được áp dụng để ước tính hệ số PCE, đặc biệt là đường đô thị tại Việt Nam. Các giá trị PCE với mọi điều kiện đường, giao thông và dòng xe cụ thể, nên được sử dụng các giá trị PCE khác nhau phù hợp với bài toán phân tích phân tích, đánh giá chất lượng vận hành của đường ô tô nói chung và đường đô thị nói riêng.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Adnan, M. (2014), *Passenger car equivalent factors in heterogenous traffic environment-are we using the right numbers?* Procedia Engineering, 77, 106-113, <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.07.004>.
- [2]. Arasan, V.T., & Arkatkar, S. S. (2010), *Microsimulation study of effect of volume and road width on PCU of vehicles under heterogeneous traffic*, Journal of Transportation Engineering, 136(12), 1110-1119, [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)TE.1943-5436.0000176](https://doi.org/10.1061/(ASCE)TE.1943-5436.0000176).
- [3]. Chandra, S., & Sikdar, P. K. (2000), *Factor affecting PCU in mixed traffic on urban roads*, Road Transport Res, 9(3), 40-50.
- [4]. HCM. (2016), *Highway Capacity Manual*, vol.2.
- [5]. Huber, M. J. (1982), *Estimation of Passenger-Car Equivalents of Trucks in Traffic Stream*, In Transportation Research Record, Issue 869, pp.60-70.
- [6]. IRC:86-2018 (2018), *Geometric Design Standards for Urban Roads and Streets*, 2013 - 2015.
- [7]. Krammes, R. A., & Crowley, K. W. (1986), *Passenger Car Equivalents for Trucks on Level Freeway Segments*, Transportation Research Record, 10-17.
- [8]. Mehar, A., Chandra, S., & Velmurugan, S. (2014), *Passenger car units at different levels of service for capacity analysis of multilane interurban highways in India*, Journal of Transportation Engineering, 140(1), 81-88, [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)TE.1943-5436.0000615](https://doi.org/10.1061/(ASCE)TE.1943-5436.0000615).
- [9]. Minh, C. C., & Sano, K. (2003), *Analysis of Motorcycle Effects To Saturation Flow Rate At Signalized Intersection in Developing Countries*, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, 5(10), 1211-1222.
- [10]. Patel, B., N Mayursinh, J., & B Monicaba, V. (2016), *Determination of Dynamic PCUS of Different Types of Passenger Vehicles on urban Road: A Case Study of Rajkot City*, IJSRD - International Journal for Scientific Research & Development, 4(03), 613-616.
- [11]. Raj, P., Sivagnanasundaram, K., Asaithambi, G., & Ravi Shankar, A. U. (2019), *Review of Methods for Estimation of Passenger Car Unit Values of Vehicles*, Journal of Transportation Engineering, Part A: Systems, 145(6), <https://doi.org/10.1061/jtepbs.0000234>.
- [12]. Zhou, J., Rilett, L., Jones, E., & Chen, Y. (2018), *Estimating passenger car equivalents on level freeway segments experiencing high truck percentages and differential average speeds*, Transportation Research Record, 2672(15), 44-54, <https://doi.org/10.1177/0361198118798237>.

Ngày nhận bài: 01/10/2024

Ngày nhận bài sửa: 21/10/2024

Ngày chấp nhận đăng: 04/11/2024