



## A STUDY ON ACTUAL ARRIVAL PATTERN OF VEHICLES ON URBAN STREETS IN HA NOI WITH MIXED TRAFFIC FLOW

Dang Minh Tan\*, Tran Danh Hoi

University of Transport and Communications, No 3 Cau Giay Street, Hanoi, Vietnam

### ARTICLE INFO

TYPE: Research Article

Received: 31/12/2020

Revised: 19/05/2021

Accepted: 25/05/2021

Published online: 15/06/2021

<https://doi.org/10.47869/tcsj.72.5.6>

\*Corresponding author

Email: tandang@utc.edu.vn; Tel: 0983996556

**Abstract.** Since, the arrival pattern is an important parameter to describe traffic flow. It directly affects the quality of the traffic flow, such as delay, length of queue on the road traffic network. The rules of traffic arrival pattern can be used to solve the problem of traffic operation and safety for road facilities such as intersections, tolls, or merging, diverging segments in expressways. The paper presents a study on the actual arrival pattern, particularly the study on actual time headway of vehicles on several urban streets in Ha Noi, Viet Nam. The study proposed a method for determining the actual time headway with non-lane based concept in mixed traffic conditions in Vietnam. On that basis, a field survey was conducted to collect data including geometrical factors and traffic data such as volume, vehicle composition, actual time headway on three road segments in several urban streets in Hanoi. Initially, the study focused on analyzing the traffic flow at off-peak hours. Each road segment, 1-hour period was chosen for analysis. The analysis results of headway based on the proposed arrival pattern determination method shows that the arrival headway of the mixed vehicle follows the three-parameter Log-normal distribution and depends on the traffic volume.

**Keywords:** actual arrival pattern, actual time headway, traffic congestion, driver behavior, mixed traffic.



# NGHIÊN CỨU QUY LUẬT THỜI GIAN XE ĐẾN THỰC TẾ VỚI DÒNG GIAO THÔNG HỖN HỢP TRÊN MỘT SỐ TUYẾN ĐƯỜNG ĐÔ THỊ Ở HÀ NỘI

Đặng Minh Tân\*, Trần Danh Hợi

Trường Đại học Giao thông vận tải, Số 3 Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam

## THÔNG TIN BÀI BÁO

CHUYÊN MỤC: Công trình khoa học

Ngày nhận bài: 31/12/2020

Ngày nhận bài sửa: 19/05/2021

Ngày chấp nhận đăng: 25/05/2021

Ngày xuất bản Online: 15/06/2021

<https://doi.org/10.47869/tcsj.72.5.6>

\*Tác giả liên hệ

Email: tandang@utc.edu.vn; Tel: 0983996556

**Tóm tắt.** Thời gian xe đến là thông số quan trọng để mô tả dòng giao thông, nó ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng dòng giao thông, đến các thông số như là thời gian chờ, chiều dài dòng chờ trên mạng lưới giao thông đường bộ. Quy luật thời gian xe đến dùng để giải quyết các bài toán tổ chức giao thông cho các phương tiện khi đi qua nút giao thông, trạm thu phí, hay điểm tách, nhập vào đường cao tốc. Bài báo trình bày nghiên cứu về quy luật xe đến, cụ thể là thời gian xe đến thực tế trên một số tuyến đường đô thị ở Hà Nội. Nghiên cứu đã đề xuất một phương pháp xác định thời gian xe đến thực tế cho dòng xe hỗn hợp chạy không theo làn với dòng giao thông ở Việt Nam. Từ đó, tiến hành khảo sát thu thập dữ liệu về yếu tố hình học và các dữ liệu khác như lưu lượng, thành phần xe chạy, thời gian xe đến thực tế trên ba đoạn đường trong đô thị ở Hà Nội. Bước đầu nghiên cứu tập trung vào phân tích quy luật dòng xe ở giờ thấp điểm. Mỗi một đoạn đường chọn khoảng thời gian 1 giờ để phân tích. Kết quả cho thấy thời gian xe đến của dòng xe hỗn hợp tuân theo quy luật phân phối Loga chuẩn ba tham số và phụ thuộc vào lưu lượng xe.

**Từ khóa:** quy luật xe đến thực tế, thời gian xe đến thực tế, ùn tắc giao thông, dòng giao thông hỗn hợp.

© 2021 Trường Đại học Giao thông vận tải

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay vấn đề ùn tắc giao thông ở các đô thị có dòng giao thông hỗn hợp như ở Việt Nam ngày càng trở nên trầm trọng do sự gia tăng của phương tiện giao thông cũng như là nhu cầu đi lại. Để giải quyết tình trạng ùn tắc giao thông thì cần có nhiều hướng tiếp cận từ giải

pháp chiến lược quy hoạch tổng thể đến những giải pháp tổ chức giao thông ngắn hạn.

Quy luật dòng xe đến là quy luật về mặt không gian và thời gian của các phương tiện giao thông khi chạy qua một mặt cắt ngang nào đó trên đường. Quy luật dòng xe đến là một yếu tố đầu vào hoặc đầu ra quan trọng trong các bài toán tổ chức giao thông nói chung như ở trên các tuyến đường, nút giao thông, trạm thu phí... [1-3]. Chẳng hạn như ở nút giao thông có đèn tín hiệu, quy luật dòng xe đến quyết định đến chu kỳ đèn, cũng như chiều dài hàng chờ hay thời gian chờ tại nút [4]. Đa số các nghiên cứu trước đây trên thế giới chủ yếu phục vụ cho dòng giao thông có dòng xe thuần nhất toàn là ô tô và giả thiết các xe chạy theo làn [5-8]. Một số nghiên cứu khác của Mahalel và Hakkert [9] với Bangarraju và các đồng nghiệp [10] nghiên cứu quy luật dòng xe đến có xét đến cả ảnh hưởng tương tác giữa các xe đến theo phương ngang. Có một số nghiên cứu khác về quy luật dòng xe đến với dòng xe hỗn hợp, đặc biệt là các nghiên cứu ở Ấn Độ, như nghiên cứu của Roy và Saha [10] hay nghiên cứu của Maurya và các đồng nghiệp [11]. Nhìn chung mặc dù các nghiên cứu này nghiên cứu về dòng xe trong điều kiện dòng giao thông hỗn hợp tuy nhiên vẫn trên cơ sở quy luật thời gian xe đến theo làn.

Nhiều nghiên cứu trước đây đều theo hướng chứng minh là dòng xe đến có thể tuân theo một quy luật toán học nào đó. Theo tác giả May [5] cho rằng quy luật thời gian xe đến tuân theo quy luật hàm số mũ âm (Negative Exponential distribution). Riccardo và Massimiliano [12] nghiên cứu về quy luật thời gian xe đến ở một số tuyến đường có hai làn xe ở Venice Ý cho thấy phân phối Weibull nghịch đảo phù hợp với nhiều cấp độ lưu lượng giao thông. Riccardo và Massimiliano [12] cũng cho rằng các quy luật phân phối Loga Logistic and Loga chuẩn cũng có thể phù hợp với quy luật dòng xe đến ở các tuyến đường này khi lưu lượng ở mức cao (20-24, và 25- 29 xe/phút). Al-Ghamdi [13] sau khi nghiên cứu phân tích dữ liệu về thời gian xe đến ở Riyadh, Ả Rập Xê Út đã cho rằng phân phối Gama phù hợp với quy luật xe đến trên đường trục chính đô thị không có đèn tín hiệu, trong khi đó các phân phối hàm số mũ âm, phân phối Erlang phù hợp với quy luật xe đến trên đường cao tốc. Roy và Saha [10] nghiên cứu về quy luật thời gian xe đến với dòng xe hỗn hợp ở Ấn Độ và thấy rằng nhiều quy luật phân phối toán học phù hợp để mô tả quy luật thời gian xe đến với các lưu lượng dòng xe khác nhau, như phân phối Loga Pearson, Gama, Burr, Weibull, Gaussian nghịch đảo.

Ở trong nước Đặng Minh Tân [14], nghiên cứu áp dụng phương pháp mô phỏng Monte Carlo để mô hình quy luật hóa dòng xe đến tuy nhiên nghiên cứu này còn mang tính lý thuyết và chưa xét đến quy luật dòng xe đến hỗn hợp như ở Việt Nam.

Nhìn chung nghiên cứu trước đây vẫn còn có nhiều giới hạn, chưa thực sự phản ánh được đầy đủ các điều kiện thực tế giao thông, đặc biệt là với dòng giao thông hỗn hợp nhiều xe máy ở Việt Nam. Chưa tìm ra được nhiều quy luật để mô tả dòng giao thông một cách hợp lý, chính xác. Trong khi đó, đặc tính di chuyển của các phương tiện giao thông nói chung và xe máy nói riêng ở dòng xe hỗn hợp nhiều xe máy như ở Việt Nam là rất phức tạp do đó cần có những nghiên cứu có giá trị khoa học và thực tiễn.

Bài báo nghiên cứu quy luật xe đến tại vị trí mặt cắt ngang nhất định trên 3 đoạn đường thuộc một số tuyến đường đô thị không có dải phân cách ở Hà Nội. Bài báo đề xuất một phương pháp xác định quy luật xe đến cho dòng xe hỗn hợp, chạy không theo làn ở điều kiện

giao thông Việt Nam. Các dữ liệu về yếu tố hình học của đoạn đường, lưu lưu lượng, thành phần xe chạy và dữ liệu thời gian xe đến thực tế trên mặt cắt ngang đường ở 3 đoạn đường nói trên ở Hà Nội được thu thập. Từ đó các nghiên cứu phân tích thống kê được tiến hành để làm rõ quy luật thời gian xe đến thực tế trên các tuyến đường được khảo sát.

## 2. PHƯƠNG PHÁP THU THẬP VÀ PHÂN TÍCH DỮ LIỆU

### 2.1. Phương pháp thu thập dữ liệu

Ở phạm vi nghiên cứu của nghiên cứu này, bước đầu chỉ tập trung nghiên cứu dòng giao thông trên một số đoạn đường thẳng (dòng liên tục). Dòng xe đến trên các đoạn đường này cũng là dòng xe đến ở các nút giao thông lân cận. Các đoạn đường được chọn để phân tích có bề rộng khác nhau, không có dải phân cách cứng phân tách giữa hai chiều xe chạy.

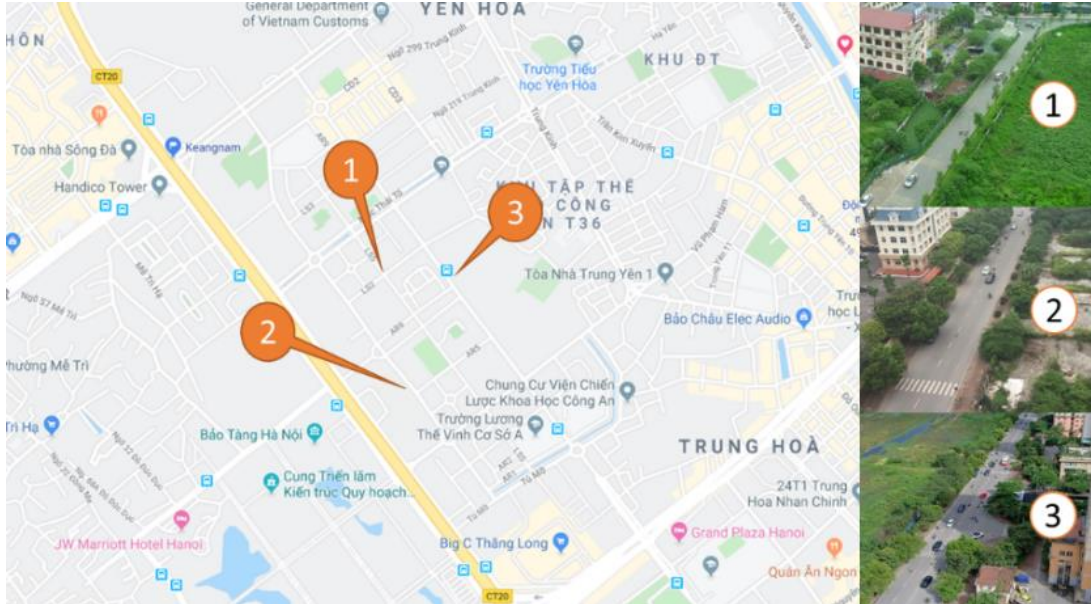
Trong nghiên cứu này có ba đoạn đường được chọn như các Hình 1 và Bảng 1. Trên mỗi đoạn đường, một đoạn đường dài khoảng 50m được chọn để khảo sát, một mặt cắt ngang trong đoạn đường đó để phân tích. Trong mỗi đoạn này chỉ chọn một hướng đi để phân tích (xem trong Bảng 1). Giả định các nút giao thông lân cận phía đầu vào đoạn đường được khảo sát theo hướng phân tích không ảnh hưởng đến quy luật xe đến tại các đoạn đường được khảo sát. Trong thời gian khảo sát lấy số liệu, không có xe dừng đỗ gây ảnh hưởng đến dòng xe. Thời gian khảo sát được tiến hành trên mỗi đoạn đường từ 1–2 ngày vào tuần thứ 2 của tháng 8 năm 2019, có điều kiện thời tiết tốt, trời không mưa. Bước đầu nghiên cứu chỉ tập trung nghiên cứu phân tích dòng giao thông ở khung giờ thấp điểm và mỗi tuyến đường chỉ chọn 1 giờ để nghiên cứu, do đó chọn khung giờ 9-10 h sáng ở mỗi đoạn đường là khoảng thời gian phân tích dữ liệu.

Dữ liệu được khảo sát bao gồm dữ liệu về kích thước hình học đoạn đường và dữ liệu giao thông. Để khảo sát dữ liệu hình học đoạn đường, với giả thiết đoạn đường bằng phẳng, độ dốc dọc và dốc ngang không đáng kể. Do đó chỉ đơn giản dùng thước đo mặt cắt ngang.

Bảng 1. Bảng tổng hợp thông số các đoạn đường được khảo sát.

Ký hiệu	Tên đường	Bề rộng mặt đường (m)	Số làn xe (làn)	Ghi chú
1	LS2	8,2	2	Chiều đi từ Nguyễn Chánh đi Vành đai 3
2	Nguyễn Quốc Trị (NCT)	10,8	2	Chiều đi từ Trung Hòa đi Cầu Giấy
3	Nguyễn Chánh (NC)	15	4	Chiều đi từ Trung Hòa đi Cầu Giấy

Để khảo sát dữ liệu giao thông, nhóm nghiên cứu sử dụng công nghệ phân tích hình ảnh thì theo đó các camera được đặt trên các tòa nhà cao tầng ghi lại các hình ảnh xe chạy qua các đoạn đường. Các camera được đặt trên các nhà cao tầng, có góc quan sát tốt, phạm vi bao quát rộng.



Hình 1. Vị trí và hình ảnh các đoạn đường được phân tích.

## 2.2. Phương pháp phân tích dữ liệu

Các video được thu thập ngoài hiện trường sẽ được đưa vào công cụ phân tích giao thông trên máy tính T-Surveyor đã được phát triển [15] rồi qua đó các dữ liệu về giao thông được thu thập và phân tích. Để thu thập dữ liệu dòng xe đến, trước hết nghiên cứu đề xuất một phương pháp xác định thời gian xe đến trên các đoạn đường được khảo sát.

Theo như quan sát quy luật dòng xe đến thực tế ở dòng xe hỗn hợp ở Việt Nam ở trong khu vực đô thị thường các xe cũng có xu hướng đó là xe máy (còn gọi là xe mô tô), xe hai bánh chạy ở trong sát lề đường, xe ô tô các loại có xu hướng chạy ở phía ngoài sát dải phân cách hoặc vạch sơn ở giữa đường. Tuy nhiên nhìn chung là có sự hỗn độn, các xe chạy không theo làn. Các xe đặc biệt là xe máy, xe hai bánh lúc chạy phía sát lề đường, lúc chạy ở phía vạch sơn giữa đường tùy theo khoảng không gian trống. Đây chính là yếu tố thể hiện sự “hỗn hợp” của dòng giao thông ở Việt Nam, các phương tiện có thể đến một mặt cắt ngang nào đó cùng một lúc khi có khoảng trống chứ không hoàn toàn tuân theo quy luật các xe bám đuôi nhau chạy theo làn.

Để xác định thời gian xe đến, xét tại một mặt cắt ngang bất kỳ A-A trên đoạn đường cần phân tích (Hình 2). Xét thời điểm  $t_1$  là thời điểm điểm đầu của chiếc xe đầu tiên, xe số 1 trong Hình 2 đến mặt cắt A-A. Thời điểm xe thứ 2 đến mặt cắt ngang A-A là  $t_2$  ta sẽ có  $h_1$  là khoảng cách về mặt thời gian giữa hai xe. Giá trị  $h_1$  được tính theo công thức 1:

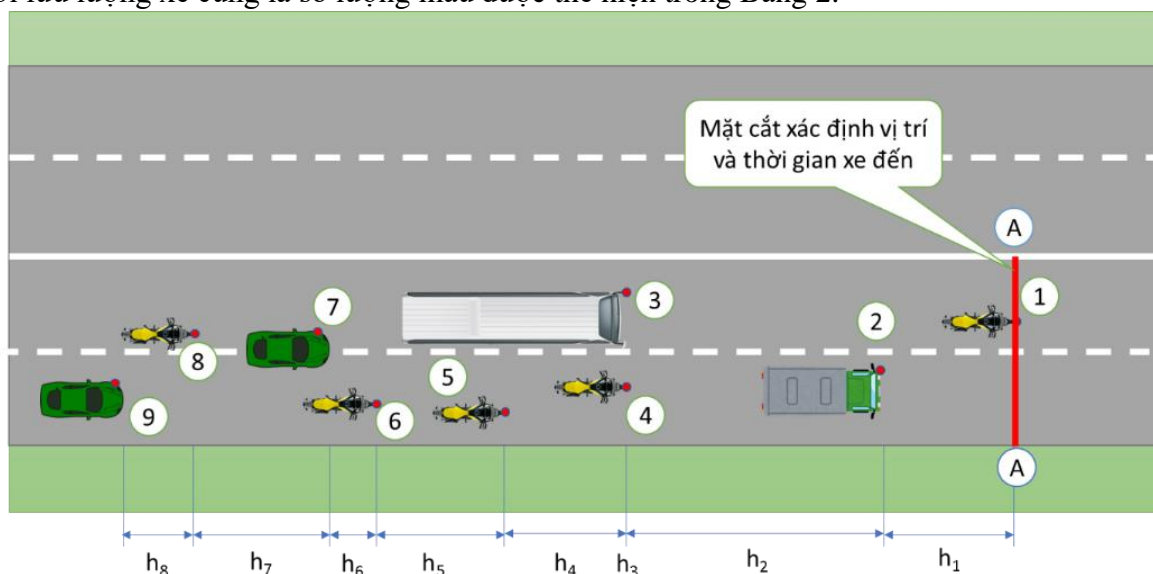
$$h_1 = t_2 - t_1 \quad (1)$$

Tương tự ta có thời gian  $h_i$  là khoảng cách về mặt thời gian giữa xe thứ  $i$  và xe thứ  $i+1$

$$h_i = t_{i+1} - t_i \quad (2)$$

Do không xét xe đến theo làn nên có nhiều trường hợp xe sẽ đến mặt cắt A-A trong cùng một lúc khi đó  $h_i = 0$  (Xem xe số 3 và xe 4 minh họa trong Hình 2).

Dựa trên đề xuất trên, nghiên cứu tiến hành thu thập dữ liệu xe đến trên tại một mặt cắt ngang bất kỳ trong đoạn phân tích ở ba đoạn đường LS2, Nguyễn Quốc Trị và Nguyễn Chánh như đã trình bày ở trên. Việc lấy dữ liệu được tiến hành trong 1 giờ đồng hồ (xem mục 2.1) với lưu lượng xe cũng là số lượng mẫu được thể hiện trong Bảng 2.



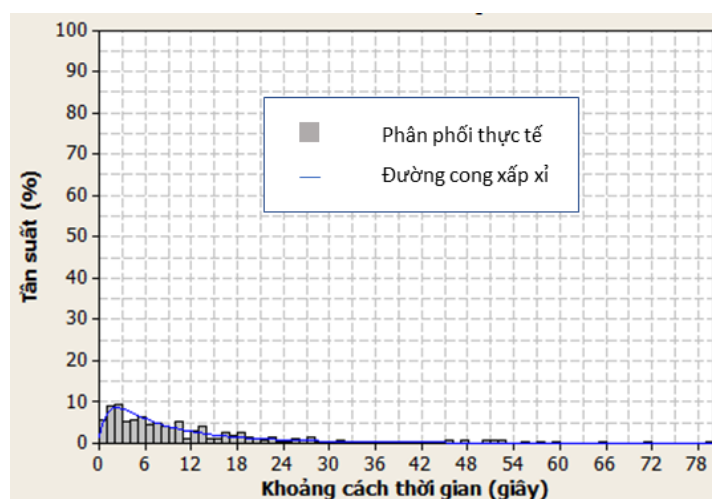
Hình 2. Đề xuất về cách xác định thời gian xe đến khi xe chạy không theo làn.

### 3. BÁO CÁO VÀ BÌNH LUẬN KẾT QUẢ

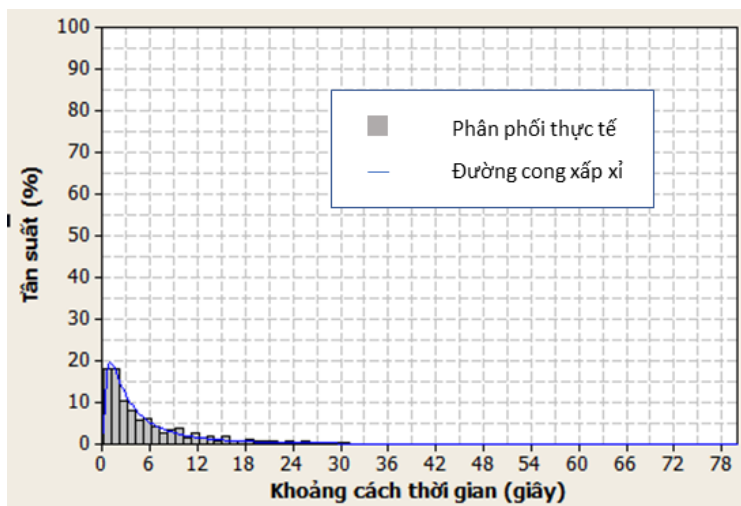
#### 3.1. Báo cáo kết quả

Về thành phần xe chạy qua điều tra ở các tuyến này chủ yếu là các phương tiện xe máy chiếm từ 68%-75%, xe con chiếm từ 23% - 28%. Các phương tiện xe buýt, và xe tải chiếm tỷ lệ rất nhỏ khoảng từ 1-2%.

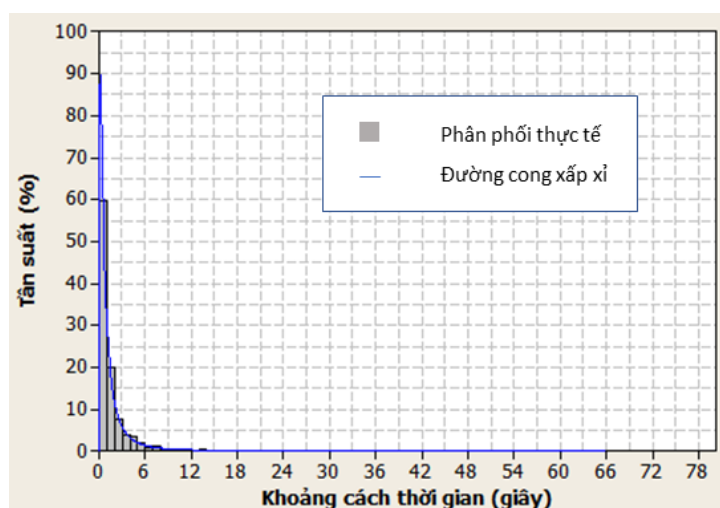
Kết quả thu thập dữ liệu thống kê về thời gian xe đến được thể hiện ở trong Bảng 2 và các Hình 3, 4, 5. Trong đó, Hình 3, 4, 5 là thể hiện biểu đồ tần suất xuất hiện khoảng cách thời gian (đơn vị là giây, ký hiệu là “s” trong Bảng 2) giữa các xe đến mặt cắt A-A ở lần lượt ở các đoạn đường thuộc đường LS2, Nguyễn Quốc Trị và Nguyễn Chánh.



Hình 3. Quy luật thời gian xe đến đoạn đường LS2.



Hình 4. Quy luật thời gian xe đến đoạn đường Nguyễn Quốc Trị.



Hình 5. Quy luật thời gian xe đến đoạn đường Nguyễn Chánh.

Bảng 2. Thông số thống kê tổng hợp về thời gian xe đến.

Thông số thống kê	Đơn vị	Đoạn đường		
		LS2	NQT	NC
<b>Lớn nhất</b>	s	79,21	45,80	27,24
<b>15%</b>	s	2,07	0,88	0,19
<b>85%</b>	s	20,55	11,88	2,60
<b>Trung bình</b>	s	11,79	5,96	1,44
<b>Nhỏ nhất</b>	s	0,00	0,00	0,00
<b>Độ lệch chuẩn</b>		13,08	6,66	2,11
<b>Số lượng mẫu</b>	xe	350	614	2682

### 3.2. Bình luận kết quả

Qua phân tích dữ liệu ở các Hình 3, 4, 5 cho thấy khoảng cách thời gian giữa hai xe đến càng lớn thì tần suất xuất hiện càng nhỏ. Hơn nữa lưu lượng càng lớn thì khoảng cách thời gian giữa hai xe đến liên tiếp càng nhỏ và độ rộng biểu đồ phân phối (thông qua chỉ tiêu độ lệch chuẩn) càng nhỏ hay nói cách khác là thu hẹp lại. Các giá trị trung bình và giá trị 85% cũng giảm khi lưu lượng tăng.

Sử dụng phương pháp Anderson-Darling [16] để đánh giá mức độ phù hợp (Goodness of fit) của dữ liệu thời gian xe đến thực tế với các đường cong phân phối. Anderson-Darling là phương pháp kiểm định thống kê để đánh giá một tập dữ liệu có tuân theo một đường cong phân phối nào đó hay không thông qua giá trị AD. Giá trị AD càng nhỏ cho thấy tập dữ liệu càng gần với một đường cong phân phối. Dựa vào hình dáng biểu đồ tần suất của tập dữ liệu (Hình 3, Hình 4, Hình 5), các đường cong phân phối như Loga chuẩn, Loga chuẩn ba tham số, hàm mũ âm, Weibull, Weibull ba tham số, phân phối Gama, phân phối Loglogistic, phân phối Loglogistic ba tham số được chọn để so sánh. Kết quả ở Bảng 3 cho thấy đường Loga chuẩn ba tham số cho các giá trị AD nhỏ nhất trong ở cả ba tập dữ liệu ở các đoạn đường thuộc tuyến đường LS2, NQT và Nguyễn Chánh.

Bảng 3. Bảng so sánh các giá trị AD để đánh giá mức độ phù hợp.

Đường cong phân phối xác suất	Giá trị AD tại các các đoạn đường		
	LS2	NQT	NC
Loga chuẩn	1,879	1,765	9,855
<b>Loga chuẩn ba tham số</b>	<b>0,608</b>	<b>1,699</b>	<b>2,185</b>
Hàm mũ âm	1,062	5,652	52,158
Weibull	0,945	3,002	14,024
Weibull ba tham số	0,990	3,089	13,307
Gama	1,036	3,870	22,217
Loglogistic	12,449	2,499	3,914
Loglogistic ba tham số	1,140	2,568	3,806

Sử dụng phương pháp bình phương tối thiểu thông qua phần mềm Minitab để vẽ các đường cong phân phối gần nhất theo hàm số Loga chuẩn ba tham số (Công thức 2 [17]). Kết quả cho thấy các đường cong xấp xỉ được vẽ ở các Hình 3, 4, 5 và thông số của các đường cong được thể hiện ở Bảng 3 phù hợp với dữ liệu thực tế được khảo sát. Đây cũng là điểm mới của nghiên cứu, cho thấy quy luật xe đến ở dòng giao thông hỗn hợp cũng tuân theo những quy luật phân phối nhất định chứ không phải tự do.

$$f(x, \gamma, \mu, \sigma^2) = \frac{1}{(x - \gamma) \sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp \left[ \frac{-[\ln(x - \gamma) - \mu]^2}{2\sigma^2} \right] \quad (2)$$

Với  $x > \gamma$  và  $\sigma > 0$

Trong đó:  $f(x, \mu, \gamma, \sigma)$  là hàm mật độ đường cong phân phối Loga chuẩn ba tham số;  $x$  là giá trị của biến ngẫu nhiên  $X$ . Trong nghiên cứu này  $X$  là biến số đại diện cho thời gian giữa hai xe đến mặt cắt A-A, do đó  $x \geq 0$ ;  $\gamma, \mu, \sigma$  là các thông số của đường cong phân phối Loga chuẩn ba tham số, tương ứng với vị trí, tỷ lệ và hình dáng của đường cong phân phối.



Bảng 4. Tham số của đường cong phân phối Loga chuẩn ba tham số gần nhất với tập dữ liệu khảo sát.

Tham số đường cong phân phối Loga chuẩn	Đoạn đường		
	LS2	NQT	NC
$\gamma$	-0,4980	-0,1064	-0,0290
$\mu$	2,037	1,225	-0,2754
$\sigma$	1,021	1,138	1,20

Theo Bảng 4, ở cả ba đoạn đường đều có giá trị  $\gamma < 0$ . Điều này sẽ dẫn đến có xác suất xuất hiện giá trị  $x < 0$ . Theo mục 2 trong bài báo, yêu cầu  $h_{min} \geq 0$ , có nghĩa  $x$  phải lớn hơn hoặc bằng 0. Do  $\gamma \approx 0$  nên xác suất xuất hiện các giá trị của biến ngẫu nhiên  $x < 0$  rất nhỏ không ảnh hưởng đến hình dáng phân phối nên có thể bỏ qua.

Ở cả ba đoạn đường theo Bảng 4, các giá trị  $\sigma$  đặc trưng cho hình dáng của đường cong đều có giá trị lớn hơn 1, nhưng không khác biệt nhau nhiều. Nói cách khác kết quả cho thấy dạng biểu đồ phân phối là giống nhau trong cả ba trường hợp.

Thông số  $\mu$  thể hiện biên độ biến động biến ngẫu nhiên  $X$ . Như trong Bảng 3 ở đường LS2 lưu lượng thấp thì giá trị  $\mu$  lớn, khi đó biên độ biến động lớn, ngược lại các đoạn đường Nguyễn Quốc Trị và Nguyễn Chánh có lưu lượng lớn thì giá trị nhỏ hoặc âm, tương ứng với biên độ biến động bị thu hẹp lại. Quy luật này phù hợp với các biểu đồ phân phối tự nhiên được khảo sát trình bày trong các Hình 3, 4, 5.

#### 4. KẾT LUẬN

Bài báo đã tiến hành nghiên cứu về các quy luật dòng xe đến nói chung và quy luật dòng xe đến trong điều kiện hỗn hợp giao thông ở Việt Nam nói riêng. Bước đầu bài báo đã đề xuất được một phương pháp xác định quy luật xe đến (khoảng thời gian giữa các xe đến) trong trường hợp dòng giao thông hỗn hợp, xe không chạy theo làn ở Việt Nam. Dựa trên quy luật này, nghiên cứu đã tiến hành phân tích dữ liệu thời gian xe đến thực tế tại 3 đoạn đường thuộc các tuyến đường đô thị không có dải phân cách đó là các tuyến đường LS2, Nguyễn Quốc Trị và Nguyễn Chánh ở Hà Nội. Kết quả cho thấy quy luật xe đến trên cả ba đoạn đường ở giờ thấp điểm thông qua chỉ tiêu khoảng cách thời gian giữa hai xe liên tiếp đi qua một mặt cắt ngang đường có tính ngẫu nhiên và tuân theo quy luật phân phối xác suất Loga chuẩn ba tham số. Trong đó, tham số tỷ lệ  $\mu$  của đường cong phân phối Loga chuẩn ba tham số có mức độ biến đổi rõ rệt ở ba đoạn đường và phụ thuộc vào lưu lượng xe đến. Lưu lượng xe càng lớn thì  $\mu$  nhỏ hoặc nhận giá trị âm hoặc ngược lại lưu lượng xe nhỏ thì  $\mu$  lớn.

Kết quả của nghiên cứu có giá trị thực tiễn khi quy luật này có thể được áp dụng trong các bài toán về mô phỏng giao thông, hay là việc tổ chức giao thông trên đường, tại nút giao thông góp phần giảm ùn tắc và tai nạn giao thông cho điều kiện dòng xe hỗn hợp ở Việt Nam.

Hạn chế của nghiên cứu này mới chỉ dừng ở một số đoạn đường thuộc các tuyến đường đô thị không có dải phân cách ở Hà Nội. Thời gian phân tích gắn vào giờ thấp điểm nên

chưa phản ánh được đầy đủ các vấn đề về giao thông ở Hà Nội. Tuy nhiên các hạn chế này cũng là hướng nghiên cứu tiếp theo của bài báo. Trong thời gian tới, nghiên cứu sẽ phát triển nghiên cứu này với các dòng giao thông phức tạp hơn như là tại các nút giao vào các giờ cao điểm.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. F. Lin, D. Cooke, S. Vrajayakumar, Use of Predicted Vehicle Arrival Information for Adaptive Signal Control-An Assessment, *Journal of Transportation Research Record*, 1112 (1987) 89-98. <http://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/trr/1987/1112/1112-012.pdf>
- [2]. G. Yang et al., Impacts of traffic flow arrival pattern on the necessary queue storage space at metered on-ramps, *Journal Transportmetrica A: Transport Science*, 14 (2018) 543-561. <https://doi.org/10.1080/23249935.2017.1387875>
- [3]. K. A. Majid, Z. Yusoff, A. A. Jemain, Queue analysis at toll plazas (inbound): A basic model for traffic systems towards a study of the effect on toll plazas with different arrival patterns, *International Conference on Information and Communication Technology (ICICTM)*, 2016, IEEE, <https://doi.org/10.1109/ICICTM.2016.7890766>
- [4]. A. Das, S. Barua, K. C. Roy, Estimation of Traffic Arrival Pattern at Signalized Intersection using ARIMA Model, *International Journal of Computer Applications*, 128 (2015) 28-32. <https://doi.org/10.5120/ijca2015906425>.
- [5]. A. D. May, *Traffic Flow Fundamentals*, Prentice Hall, second edition, Inc. Englewood Cliff New Jersey 07632, US, 1990.
- [6]. R. E. Allsop, Delay at a Fixed Time Traffic Signal-I: Theoretical Analysis, *Journal Transportation Science*, 6 (1972) 260-285. <https://doi.org/10.1287/trsc.6.3.260>
- [7]. T. V. Mathew, *Transportation Systems Engineering*, Chapter 12: Vehicle arrival model : Headway. [https://nptel.ac.in/content/storage2/courses/105101008/downloads/cete\\_12.pdf](https://nptel.ac.in/content/storage2/courses/105101008/downloads/cete_12.pdf), 2014, (20/9/2020).
- [8]. D. Mahalel, A. S. Hakkert, Traffic arrival patterns on a cross section of a multilane highway. *Transportation Research Part A: General*, Publisher Elsevier, 17 (1983) 251-339. [https://doi.org/10.1016/0191-2607\(83\)90090-0](https://doi.org/10.1016/0191-2607(83)90090-0)
- [9]. V. S. H. Bangarraju et al., Analysis of lateral distance keeping behavior in mixed traffic conditions with little lane discipline, *International Journal for Traffic and Transport Engineering*, 6 (2016) 431-443. [https://doi.org/10.7708/ijtete.2016.6\(4\).06](https://doi.org/10.7708/ijtete.2016.6(4).06)
- [10]. R. Roy, P. Saha, Headway distribution models of two-lane roads under mixed traffic conditions: a case study from India, *European Transport Research Review*, 10 (2018). <https://doi.org/10.1007/s12544-017-0276-2>
- [11]. A. K. Maurya, S. Dey, S. Das, Speed and time headway distribution under Mixed traffic condition, *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 11 (2015) 1774-1792. <https://doi.org/10.11175/easts.11.1774>
- [12]. R. Riccardo, G. Massimiliano, An empirical analysis of vehicle time headways on rural two-lane two-way roads, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 54 (2012) 865-874. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.802>
- [13]. A. S. Al-Ghamdi, Analysis of Time Headways on Urban Roads: Case Study from Riyadh, *Journal of Transportation Engineering*, 127 (2001). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-947X\(2001\)127:4\(289\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-947X(2001)127:4(289))
- [14]. M. T. Dang, Nghiên cứu ứng dụng phương pháp Monte Carlo trong mô phỏng dòng xe đến, *Tạp chí Khoa học Giao thông vận tải*, 10 (2019) 130-134. <http://www.tapchigiaothong.vn/tap-chi-giao-thong-thang-9-2019-i113.html>

[15]. M. T. Dang, A Smoothing Method to Reduce Data Noise: A Functional Analysis of Speed Profile of Road Users, Conference Proceedings, International Conference ICSCE 2018, (2018).

[16]. T. W. Anderson, D. A. Darling, A Test of Goodness of Fit, Journal of the American Statistical Association, 49-268 (1954) 765-769. <https://doi.org/10.2307/2281537>

[17]. A. C. Cohen, B. J. Whitten, Estimation in the Three-Parameter Lognormal Distribution, American Statistical Association Journal, 75 (1980) 399-404. <https://doi.org/10.2307/2287466>