

JTST - JOURNAL OF TRANSPORTATION SCIENCE & TECHNOLOGY

MANUSCRIPT ID: JIST-2022-0029

XÂY DỰNG MÔ HÌNH MÔ PHÒNG PHƯƠNG PHÁP LOẠI TRỪ HIỆN TƯỢNG TỤ NHÓM (BUNCHING) CỦA XE BUÝT

Manuscript ID	JIST-2022-0029
Full title	Xây Dựng Mô Hình Mô Phòng Phương Pháp Loại Trừ Hiện Tượng Tụ Nhóm (Bunching) Của Xe Buýt
Summary	<p>Trên thế giới có rất nhiều nghiên cứu liên quan đến mô phỏng bunching và phương pháp loại trừ bunching cho dòng xe ô tô. Tuy nhiên, rất ít nghiên cứu bunching xem xét đặc điểm của dòng xe hỗn hợp gồm xe ô tô và xe hai bánh tại các thành phố ở Việt Nam. Nghiên cứu này sẽ xây dựng mô hình mô phỏng được phát triển ở mức độ chi tiết theo từng trạm dừng chính, bến đầu và cuối. Mức độ mô phỏng chi tiết này yêu cầu sử dụng dữ liệu đầu vào mô tả thời gian di chuyển phân đoạn, thời gian dừng tại trạm, tại bến xe và nhu cầu hành khách lên xuống xe tại mỗi trạm. Số liệu dùng cho mô phỏng được thu thập trên một tuyến xe buýt cụ thể của Thành phố Hồ Chí Minh. Phương pháp loại trừ hiện tượng bunching được đề xuất trên cơ sở ứng dụng của công nghệ GPS với giả sử thu thập được thời gian thực về vị trí của tất cả các xe buýt trên một tuyến đường, vận tốc xe buýt. Phương pháp đề xuất ở đây tập trung vào việc đạt được thời gian giãn cách mục tiêu, còn gọi là phương pháp cố định thời gian giãn cách. Khi một chiếc xe buýt đến một điểm kiểm soát, thời gian giãn cách được so sánh với một giá trị mục tiêu được chỉ định trước. Nếu thời gian giãn cách nhỏ hơn, xe buýt được đánh giá là đi quá gần xe chạy trước và sẽ dừng lâu hơn thời gian quy định; nếu thời gian giãn cách lớn hơn, xe buýt dừng ngắn hơn thời gian quy định. Nghiên cứu tiến hành mô phỏng phương pháp loại trừ hiện tượng bunching và kiểm tra hiệu quả của phương pháp, từ đó, đề xuất các hướng dẫn lái xe cho tài xế và nhà điều hành xe buýt giúp giảm thiểu bunching.</p>
Research Area	công nghệ giao thông vận tải
Research Topic	công nghệ giao thông vận tải
Keywords	Hiện tượng tụ nhóm; mô phỏng; dòng xe hỗn hợp; GPS
	Nguyễn Xuân Long, Email: nxlong@hcmut.edu.vn, Insitution: Trường Đại học Bách Khoa - Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh, Department: . Lê Quốc Khánh, Email: , Insitution: Trường Đại học Bách Khoa - Đại học

XÂY DỰNG MÔ HÌNH MÔ PHỎNG PHƯƠNG PHÁP LOẠI TRỪ HIỆN TƯỢNG TỤ NHÓM (BUNCHING) CỦA XE BUÝT

A SIMULATION MODEL FOR AN APPROACH TO ELIMINATE BUS BUNCHING

^{1*}Nguyễn Xuân Long, ²Lê Quốc Khánh, ³Trần Thị Trúc Liễu, ⁴Trần Minh Quang

^{1,2,4} Trường Đại học Bách Khoa - Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh

³ Phân hiệu tại Thành phố Hồ Chí Minh, trường Đại học Giao thông vận tải

^{1*} nxlong@hcmut.edu.vn, ³ ttliieu_ph@utc.edu.vn, ⁴ quangtran@hcmut.edu.vn

Tóm tắt: Trên thế giới có rất nhiều nghiên cứu liên quan đến mô phỏng bunching và phương pháp loại trừ bunching cho dòng xe ô tô. Tuy nhiên, rất ít nghiên cứu bunching xem xét đặc điểm của dòng xe hỗn hợp gồm xe ô tô và xe hai bánh tại các thành phố ở Việt Nam. Nghiên cứu này sẽ xây dựng mô hình mô phỏng được phát triển ở mức độ chi tiết theo từng trạm dừng chính, bến đầu và cuối. Mức độ mô phỏng chi tiết này yêu cầu sử dụng dữ liệu đầu vào mô tả thời gian di chuyển phân đoạn, thời gian dừng tại trạm, tại bến xe và nhu cầu hành khách lên xuống xe tại mỗi trạm. Số liệu dùng cho mô phỏng được thu thập trên một tuyến xe buýt cụ thể của Thành phố Hồ Chí Minh. Phương pháp loại trừ hiện tượng bunching được đề xuất trên cơ sở ứng dụng của công nghệ GPS với giả sử thu thập được thời gian thực về vị trí của tất cả các xe buýt trên một tuyến đường, vận tốc xe buýt. Phương pháp đề xuất ở đây tập trung vào việc đạt được thời gian giãn cách mục tiêu, còn gọi là phương pháp cố định thời gian giãn cách. Khi một chiếc xe buýt đến một điểm kiểm soát, thời gian giãn cách được so sánh với một giá trị mục tiêu được chỉ định trước. Nếu thời gian giãn cách nhỏ hơn, xe buýt được đánh giá là đi quá gần xe chạy trước và sẽ dừng lâu hơn thời gian quy định; nếu thời gian giãn cách lớn hơn, xe buýt dừng ngắn hơn thời gian quy định. Nghiên cứu tiến hành mô phỏng phương pháp loại trừ hiện tượng bunching và kiểm tra hiệu quả của phương pháp, từ đó, đề xuất các hướng dẫn lái xe cho tài xế và nhà điều hành xe buýt giúp giảm thiểu bunching.

Từ khóa: Hiện tượng tụ nhóm; mô phỏng, dòng xe hỗn hợp; GPS.

Mã phân loại: 8.2

Abstract: In the world there are a lot of research related to bus bunching simulation and bunching elimination method for the car flow. However, very few studies consider the characteristics of the mixed traffic including car and motorcycle in many cities of Vietnam. This study will develop a simulation model built at a detailed level of each main stop and terminal. This simulation requires the use of input data describing segment travel time, stopping time at the stops, terminals, and the need for passengers to board or alight at each stop. Data for the simulation were collected on a specific bus route in Ho Chi Minh City. The method of eliminating bunching phenomenon is proposed based on the application of GPS technology with the assumption regarding the possibility of collecting the real-time position of all buses on a route. The proposed method will focus on achieving the target headway, known as the fixed headway method. When a bus reaches a control point, its headway is compared with a pre-specified target value. If the headway is shorter, the bus will stop longer than the specified time; and if the headway is longer, the bus stops shorter than the specified time. The study simulates this method of eliminating bunching and tests its effectiveness, thus proposing driving instructions for bus drivers and operators to help reduce bunching.

Keywords: Bunching; simulation; mixed flow; GPS.

Classification code: 8.2

1. Giới thiệu

Ùn tắc giao thông đã trở thành vấn đề nan giải tại Thành phố Hồ Chí Minh (TP.HCM). Từ năm 2012 cho đến nay, ùn tắc giao thông ngày càng trở nên nghiêm trọng khi tốc độ phát triển cơ sở hạ tầng không bắt kịp tốc độ tăng trưởng nhu cầu giao thông [1]. Các nước trên thế giới từ lâu đã đánh giá

cao việc thúc đẩy người dân sử dụng giao thông công cộng để hạn chế ùn tắc giao thông ở các thành phố lớn. Nếu một chiếc xe hơi cá nhân chỉ có thể chở được tối đa 4 người, một chiếc xe buýt có thể chở đến 50 người. Do khả năng vận chuyển được nhiều hành khách cùng một lúc nên xe buýt là một phương tiện hữu hiệu giúp giảm thiểu ùn tắc.

Hơn nữa, sử dụng giao thông công cộng còn mang nhiều lợi ích cho xã hội như giảm lượng nhiên liệu tiêu thụ, ô nhiễm khói bụi và tai nạn giao thông. Về mặt cá nhân, đi xe buýt giúp người dân tiết kiệm chi phí đi lại, hạn chế căng thẳng khi phải tự điều khiển xe, các tác động thời tiết nắng mưa và giúp bảo vệ môi trường xanh sạch.

Một trong những vấn đề xảy ra khi vận hành các xe buýt trên tuyến là hiện tượng tụ nhóm (bunching) của xe buýt. Đây là hiện tượng nhiều xe buýt di chuyển gần nhau, bị tụ nhóm và đến trạm dừng cùng một lúc. Hiện tượng này xuất hiện khá phổ biến làm xe buýt chạy không theo đúng lịch trình. Vì vậy có thể dẫn tới các hậu quả: 1) Hành khách tại trạm phải chờ đợi lâu hơn, từ đó làm giảm chất lượng phục vụ hành khách và 2) Xe buýt bị bunching làm lãng phí năng lực vận chuyển xe buýt. Các xe có headway lớn sẽ phải phục vụ nhiều hành khách hơn khiến xe bị quá tải. Các xe có headway nhỏ chở ít hành khách hoặc xe có thể gần như trống rỗng. Chính vì vậy, việc đưa ra phương pháp điều khiển để loại trừ hiện tượng bunching sẽ giúp cho nâng cao chất lượng phục vụ hành khách, tăng hiệu quả vận chuyển hành khách và về lâu dài làm tăng nhu cầu hành khách đi xe buýt, giảm áp lực ùn tắc giao thông. Trên thế giới, hiện tượng bunching và cách điều khiển để loại trừ hiện tượng này đã được quan tâm nghiên cứu rất nhiều. Tuy nhiên, Việt Nam vẫn chưa có nhiều nghiên cứu liên quan. Do đó, cần thiết phải áp dụng các cơ sở lý thuyết khoa học để làm rõ nguyên lý xảy ra bunching và phương pháp loại trừ bunching cho xe buýt phù hợp với hoàn cảnh của các thành phố tại Việt Nam.

Mục tiêu chính của nghiên cứu này là xây dựng mô hình mô phỏng phương pháp loại trừ hiện tượng bunching của xe buýt. Để thực hiện mục tiêu trên, nghiên cứu tiến hành các nội dung phân tích: 1) Xây dựng mô hình dự báo thời gian di chuyển của xe buýt cho trường hợp một tuyến xe buýt vận hành tại TP.HCM và 2) Mô phỏng các loại bunching và đánh giá hiệu quả của phương pháp loại trừ bunching. Trong giới hạn của nghiên cứu này, dữ liệu phân tích sẽ được thu thập tại một tuyến xe buýt ở phạm vi khu vực nội

thành TP.HCM. Cụ thể là dữ liệu hành trình của các xe buýt hoạt động trên tuyến xe buýt 66 bến xe Chợ Lớn – bến xe An Suông, hoạt động thời gian từ 14 giờ đến 20 giờ. Thời gian thu thập dữ liệu là một tháng, từ cuối tháng 4 đến đầu tháng 5 năm 2019.

2. Các phương pháp loại trừ bunching trên thế giới

Như chúng ta đã biết, thời gian di chuyển của xe buýt là không ổn định, ngay cả khi xe xuất phát đúng với lịch trình được xếp trước, xe thường đến trễ ở bến cuối. Có rất nhiều nguyên nhân khiến cho xe buýt đến trễ như ùn tắc giao thông vào giờ cao điểm, lượng hành khách lên xuống trạm quá đông hay xe gặp sự cố. Khi xe buýt đối tượng bị chậm trễ, thời gian dẫn cách so với xe buýt chạy ngay phía trước sẽ tăng lên, dẫn đến xe phải dừng đón nhiều hành khách hơn tại mỗi trạm, do đó xe lại càng trễ hơn.

Mặt khác, một xe buýt khác chạy phía sau xe đối tượng sẽ có thời gian dẫn cách ngắn hơn, dẫn đến phục vụ ít hành khách hơn, do đó xe này sẽ càng chạy nhanh hơn. Kết quả là các xe buýt chạy đằng sau xe đối tượng sẽ bị dồn lại, tụ nhóm hay còn gọi là co cụm. Hành khách đợi tại trạm sẽ thấy nhiều xe cùng tuyến đến trạm cùng lúc. Do đó, rất cần thiết phải đưa ra giải pháp loại trừ hiện tượng này.

Ở Mỹ, các tuyến xe buýt chạy trong thành phố thường được quản lý theo *lịch trình mục tiêu*, trong đó thời gian đến của xe buýt tại mỗi điểm dừng được lên kế hoạch đến mỗi phút và cộng thêm thời gian dự trữ cho xe buýt dừng tại điểm kiểm soát. Thời gian dự trữ này giúp phục hồi lịch trình nếu xe buýt tới trạm sớm, hoặc nếu trễ một chiếc xe buýt có thể bị mất một phần hoặc tất cả thời gian này. Nhược điểm của cách điều khiển này là thời gian ngồi trên xe của các hành khách sẽ lâu hơn và số lượng xe cũng tăng so với việc không thiết lập thời gian dự trữ. Daganzo [2] đã đề xuất một phương pháp tập trung vào việc đạt được *thời gian giãn cách mục tiêu*, còn gọi là phương pháp *cố định thời gian giãn cách*. Khi một xe buýt đến điểm kiểm soát, thời gian giãn cách của xe được so sánh với một giá trị thời gian quy

định từ trước. Nếu thời gian giãn cách nhỏ hơn, xe buýt được đánh giá là đi quá gần xe chạy trước và sẽ dừng lâu hơn thời gian quy định; nếu thời gian giãn cách lớn hơn, xe buýt dừng ngắn hơn thời gian quy định. Cùng với sự phổ biến của công nghệ GPS, các phương pháp sau này thường giả sử thu thập vị trí theo thời gian thực của tất cả các xe buýt trên một tuyến đường, vận tốc xe buýt và thậm chí là thời điểm hành khách đến chờ tại trạm. Do đó, trong khi những công bố trước đó tập trung vào việc điều chỉnh sự chậm trễ xe buýt tại các điểm kiểm soát, các nghiên cứu đã xem xét các phương cách kiểm soát khi các xe đang di chuyển, bao gồm điều chỉnh vận tốc của xe buýt [3], bỏ qua một số điểm dừng hoặc thậm chí từ chối cho phép một số hành khách lên xe [4]. Điểm yếu của các phương pháp ở trên là lịch trình mục tiêu hoặc thời gian giãn cách mục tiêu cần được chỉ định trước. Thực tế, chúng có thể thay đổi liên tục tùy theo điều kiện giao thông, đặc biệt khi xảy ra ùn tắc giao thông nghiêm trọng. Bartholdi và Eisenstein [5] đưa ra phương pháp *trì hoãn xe tại điểm kiểm soát* để làm giảm thời gian giãn cách và mức độ biến động của xe mà không cần quan tâm đến thời gian giãn cách mục tiêu. Các phương án điều khiển ở trên có hiệu quả trong điều kiện giao thông ở Việt Nam hay không và điều này cần phải được làm rõ trong nghiên cứu này.

3. Xây dựng mô hình mô phỏng phương pháp loại trừ bunching

3.1. Mô hình mô phỏng

Mô hình mô phỏng cho phép hiểu rõ hơn về các nguyên nhân gây ra hiện tượng bunching của dịch vụ xe buýt và thử nghiệm các phương pháp điều khiển để loại trừ bunching. Mô hình mô phỏng cần được phát triển ở mức độ chi tiết theo từng trạm dừng chính, thể hiện đầy đủ thời gian di chuyển giữa các trạm và thời gian dừng tại trạm chính, bến đầu, bến cuối theo các mốc thời gian trong ngày. Mức độ chi tiết này yêu cầu dữ liệu đầu vào mô tả thời gian di chuyển phân đoạn, thời gian dừng, nhu cầu hành khách và hành vi tài xế khi ở trạm dừng hoặc bến xe. Ngoài ra, cần kết hợp thực hiện mô phỏng Monte Carlo để xem xét ảnh hưởng

của các biến ngẫu nhiên gây ra hiện tượng tụ nhóm của xe buýt. Nghiên cứu này tham khảo mô hình mô phỏng hiện trạng vận hành của một tuyến xe buýt từ nghiên cứu của Milkovits [6], gồm bốn mô hình dự báo như dưới đây.

3.1.1. Mô hình thời gian di chuyển giữa hai trạm

Thời gian di chuyển giữa hai trạm là thời gian di chuyển của mỗi xe buýt từ trạm chính này đến trạm chính tiếp theo. Ở đây, nghiên cứu xây dựng mô hình hồi quy tuyến tính để tính toán thời gian di chuyển giữa hai trạm dừng chính. Lý do bởi xe buýt thường hay bị trễ tại vị trí trạm chính và việc bỏ qua các trạm phụ giúp giảm khối lượng tính toán không cần thiết. Do đó, thời gian xe đi qua các trạm dừng phụ trong đoạn đường giữa hai trạm dừng chính sẽ không được trình bày trong mô hình. Thay vào đó, thời gian chuyển động và thời gian dừng tại các trạm phụ trong một phân đoạn sẽ được tổng hợp thành một giá trị thời gian di chuyển. Các yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến thời gian di chuyển như khoảng cách, số đèn tín hiệu giao thông, ảnh hưởng của tình trạng giao thông xung quanh, số hành khách lên xuống xe và hành vi điều khiển xe của tài xế.

3.1.2. Mô hình thời gian dừng tại trạm

Thời gian dừng tại mỗi trạm là thời gian xe buýt dừng đợi hành khách tại trạm chính. Mô hình thời gian dừng tại trạm giúp ta ước tính thời gian dừng của xe tại mỗi trạm. Ở đây, nghiên cứu cũng sử dụng mô hình hồi quy tuyến tính để tính toán. Các yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến thời gian dừng như hoạt động lên xuống xe của hành khách, thời gian dừng cố định (nếu có) cho các trạm, hành vi điều khiển xe của tài xế và vị trí điểm dừng.

3.1.3. Mô hình nhu cầu hành khách

Nhu cầu hành khách là số lượng hành khách lên, xuống tại mỗi trạm. Mô hình sẽ dự báo nhu cầu hành khách tại mỗi trạm chính và trạm phụ. Ở đây, giả định rằng phân phối hành khách đến trạm sẽ tuân theo quy luật phân phối Poisson. Để thể hiện và tính toán các số liệu một cách chính xác, mô hình được yêu cầu tính nhu cầu hành khách theo thời

gian và địa điểm. Các yếu tố ảnh hưởng đến nhu cầu hành khách như thời gian trong ngày, số hành khách đổi chuyến.

3.1.4. Mô hình thời gian dừng tại bến

Khi hoàn thành mỗi lượt đi, xe buýt được phân bổ thời gian phục hồi, còn gọi là thời gian dừng tại bến xe trước khi bắt đầu chuyến tiếp theo. Các yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến thời gian phục hồi tại bến đầu hoặc bến cuối như kế hoạch khởi hành, thời gian phục hồi tối thiểu (khi xe về trễ và phải khởi hành ngay), thời gian phục hồi còn lại (thời gian khởi hành quy định trừ đi thời gian đến trạm cuối), hành vi điều khiển xe của tài xế (thói quen xuất phát đúng giờ hay trễ giờ).

3.2. Thu thập dữ liệu

Tuyến xe buýt được chọn để khảo sát ở nghiên cứu này là tuyến 66 (bến xe Chợ Lớn – bến xe An Sương), dài 15.5 km, đi qua 39 trạm dừng. Nghiên cứu tập trung phân tích 7 trạm dừng chính theo bảng 1.

Các điều tra viên có số lượng 3 – 5 người sẽ liên tiếp trên các xe buýt đi từ bến xe Chợ Lớn đến bến xe An Sương. Sau đó từ bến xe An Sương, các điều tra viên sẽ lại tiếp tục đi xe 66 về lại bến xe Chợ Lớn để hoàn thành một chu kỳ vận hành kéo dài trung bình khoảng một giờ. Mẫu dữ liệu được thu thập bao gồm thời gian xuất bến, cập bến, thời gian đến các trạm, lượng hành khách lên xuống tại các trạm, thời gian dừng tại các trạm trong một chu kỳ. Thời gian điều tra từ 14h – 20h từ ngày 22/04/2019 đến ngày 20/5/2019. Trong thời này, có một số ngày không thu thập số liệu do thời tiết mưa. Tổng cộng, nghiên cứu thu thập 265 mẫu theo hướng bến xe Chợ Lớn – bến xe An Sương và 100 mẫu ghi nhận theo hướng bến xe An Sương – bến xe Chợ Lớn. Ngoài ra, nghiên cứu cũng đã phỏng vấn tài xế, nhân viên nhà điều hành để có các thêm thông tin như bảng thời gian xuất bến, cách điều khiển xe buýt khi gặp ùn tắc giao thông, hình thức xử lý khi về bến trễ.

Bảng 1. Vị trí các trạm chính của tuyến xe buýt số 66.

STT	Tên trạm	Khoảng cách giữa hai trạm (m)
1	Bến xe buýt Chợ Lớn	2010
2	Bệnh viện Chợ Rẫy	300
3	Coopmart Lý Thường Kiệt	3040
4	Chợ Tân Bình	3690
5	Chợ Võ Thành Trang	2440
6	KCN Tân Bình	4020
7	Bến xe An Sương	

Nguồn. Nhóm tác giả.

3.3. Dự báo tham số của mô hình

3.3.1. Mô hình thời gian di chuyển giữa hai trạm

Thời gian di chuyển giữa hai trạm là thời gian xe di chuyển từ trạm chính này sang trạm chính tiếp theo và không bao gồm thời gian dừng tại các trạm, được thống kê theo bảng 2.

Do đặc điểm của tuyến 66 ta đang xét đi qua hai đoạn đường Lý Thường Kiệt và đường Trường Chinh có lưu lượng giao thông thay đổi lớn vào giờ cao điểm nên các số liệu thu thập có độ lệch chuẩn khá lớn. Do đó, ta cần chia nhỏ các số liệu trên theo các khoảng thời gian trong ngày để xem xét ảnh hưởng của ùn tắc giao thông. Kết quả dự báo tham số thể hiện ở bảng 3.

Như vậy, phương trình hồi quy tuyến tính (1) và (2) dự báo thời gian di chuyển giữa hai trạm chính theo hai hướng như sau:

Hướng Chợ Lớn – An Sương:

$$\begin{aligned}
 RT = & \Delta_1 (73.3 + 0.1071kc + 41.36\bar{d}gt + \varepsilon_1) \\
 & + \Delta_2 (62 + 0.1014kc + 46.45\bar{d}gt + \varepsilon_2) \\
 & + \Delta_3 (-27.196 + 0.1507kc + 38.82\bar{d}gt + \varepsilon_3) \\
 & + \Delta_4 (-23.59 + 0.177kc + 27.73\bar{d}gt + \varepsilon_4)
 \end{aligned} \quad (1)$$

Trong đó, RT là thời gian di chuyển giữa 2 trạm (s), kc là khoảng cách 2 trạm (m) và $\bar{d}gt$ là số lượng đèn tín hiệu giao thông giữa hai trạm và các sai số ngẫu nhiên tìm được là $\varepsilon_1 \sim N(0, 103.5)$, $\varepsilon_2 \sim N(0, 81.2)$, $\varepsilon_3 \sim N(0, 74.2)$, $\varepsilon_4 \sim N(0, 67.4)$. Nếu thời gian xét từ 14h – 16h

thì các biến giả (dummy variable) nhận giá trị $\Delta_1 = 1, \Delta_2 = 0, \Delta_3 = 0, \Delta_4 = 0$, nếu thời gian xét từ 16h - 17h thì $\Delta_1 = 0, \Delta_2 = 1, \Delta_3 = 0, \Delta_4 = 0$, nếu thời gian xét từ 17h đến 18h30: $\Delta_1 = 0, \Delta_2 = 0, \Delta_3 = 1, \Delta_4 = 0$, nếu thời gian xét từ 18h30 đến 20h: $\Delta_1 = 0, \Delta_2 = 0, \Delta_3 = 0, \Delta_4 = 1$. Hướng An Sương – Chợ Lớn:

$$RT = \Delta_1 (-15.68 + 0.068kc + 89.60\dot{d}gt + \varepsilon_1) + \Delta_2 (-3.06 + 0.063kc + 96.24\dot{d}gt + \varepsilon_2) \quad (2)$$

Nếu thời gian xét trước 17h thì $\Delta_1 = 1, \Delta_2 = 0$, nếu thời gian xét sau 17h thì $\Delta_1 = 0, \Delta_2 = 1$. Các hệ số có giá trị tìm thấy là $\varepsilon_1 \sim N(0,94.1), \varepsilon_2 \sim N(0,102.39)$. Bảng 3 cho thấy các biến khoảng cách và biến đèn giao thông đều có ý nghĩa thống kê dựa trên kết quả kiểm định t-test với giá trị t-Stat nằm ở mức ý nghĩa 5%. Ngoài ra, hệ số quyết định R-Square đều lớn hơn 0.788 cho thấy độ phù hợp của mô hình là khá tốt.

Bảng 2. Thống kê mô tả thời gian di chuyển của xe buýt giữa các trạm chính.

Trạm chính	Trung bình (s)	Phương sai (s)	Tối thiểu (s)	Tối đa (s)
Hướng Chợ Lớn – An Sương (265 mẫu)				
BV Chợ Rẫy	433	105	213	639
Coopmart LTK	97	41	27	223
Chợ Tân Bình	658	71	522	862
Chợ Võ Thành Trang	746	67	519	917
KCN Tân Bình	550	105	275	811
An Sương	713	127	475	947
Hướng An Sương – Chợ Lớn (100 mẫu)				
KCN Tân Bình	527	87	417	699
Chợ Võ Thành Trang	707	108	434	825
Chợ Tân Bình	731	107	600	953
Coopmart LTK	700	133	403	864
BV Chợ Rẫy	128	46	46	218
Bến xe Chợ Lớn	436	48	355	556

Nguồn. Nhóm tác giả.

Bảng 3. Các hệ số của phương trình hồi quy thời gian di chuyển.

Thời gian	Const	t-Stat	Khoảng cách	t-Stat	Đèn	t-Stat	R-Square	Standard Error
Hướng Chợ Lớn – An Sương								
14h - 16h	73.30	6.09	0.1071	15.81	41.36	8.67	0.7882	103.51
16h - 17h	62.00	2.99	0.1014	9.66	46.45	5.80	0.8634	81.24
17h - 18h30	-27.20	-3.42	0.1507	37.78	38.82	37.78	0.9154	74.22
18h30 - 20h	-23.59	-1.84	0.1770	9.59	27.73	9.59	0.9161	67.44
Hướng An Sương – Chợ Lớn								
14h - 17h	-15.68	-1.03	0.0681	6.10	89.60	15.17	0.8294	94.11
17h - 20h	-3.06	-0.18	0.0627	5.17	96.24	14.98	0.8141	102.39

Nguồn. Nhóm tác giả.

Bảng 4. Thống kê thời gian dừng tại trạm của tuyến 66.

Số mẫu	Trung bình (s)	Phương sai (s)	Tối thiểu (s)	Tối đa (s)
13105	5.52	8.37	0	65

Nguồn. Nhóm tác giả.

Bảng 5. Các hệ số của phương trình hồi quy thời gian dừng tại trạm.

Const	t-Stat	Số khách lên	t-Stat	Số khách xuống	t-Stat	R-Square
0.099235	3.4340	3.7760	234.25	3.7600	203.82	0.8943

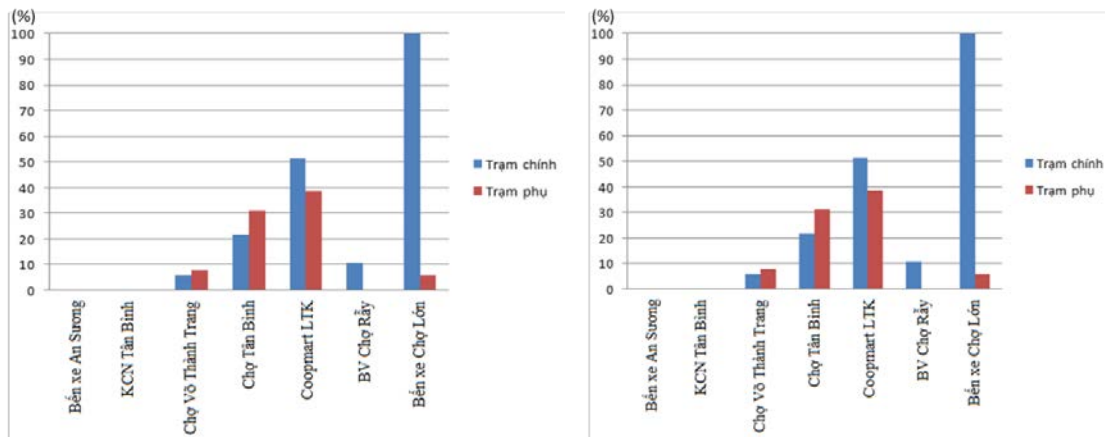
Nguồn. Nhóm tác giả.

Bảng 6. Số hành khách trung bình tại mỗi trạm chính và trạm phụ.

Trạm (Đơn vị: người)	14:00 - 15:00		15:00 - 15:30		15:30 - 16:00	
	Trạm chính	Trạm phụ	Trạm chính	Trạm phụ	Trạm chính	Trạm phụ
Bến xe Chợ Lớn	7.37	0	7.46	0	10	0
BV Chợ Rẫy	7.93	2.03	8.65	2.13	8.17	2
Coopmart LTK	4.63	0	5.71	0	8	0
Chợ Tân Bình	1.66	6.56	2.03	7.41	1.17	6.33
Chợ Võ Thành Trang	1.57	8.67	1.32	5.32	1.05	4.73
KCN Tân Bình	1.13	1.56	0.88	1.96	0.63	2.15
An Sương	0	0	0	0.14	0	0.38
	16:00 - 16:30		16:30 - 17:00		17:00 - 17:30	
	Trạm chính	Trạm phụ	Trạm chính	Trạm phụ	Trạm chính	Trạm phụ
Bến xe Chợ Lớn	6.71	0	8.19	0	7.84	0
BV Chợ Rẫy	9	1.67	6.43	1.57	5.64	1.78
Coopmart LTK	4.33	0	4.28	0	2.96	0
Chợ Tân Bình	1.25	6.25	2	5	2.02	7.26
Chợ Võ Thành Trang	2	3.43	3.5	5	1.86	6.14
KCN Tân Bình	0.57	1.43	0	2	0.31	2.38
An Sương	0	0.18	0	0.4	0	0.13
	17:30 - 18:00		18:00 - 18:30		18:30 - 19:00	
	Trạm chính	Trạm phụ	Trạm chính	Trạm phụ	Trạm chính	Trạm phụ
Bến xe Chợ Lớn	6.65	0	4.86	0	3.33	0
BV Chợ Rẫy	3.89	1.41	2.2	0.83	1.66	0.79
Coopmart LTK	2.36	0	2.38	0	2.55	0
Chợ Tân Bình	1.95	7.18	0.77	5.39	0.59	5
Chợ Võ Thành Trang	1.31	6.18	1.14	4.66	0.68	5.73
KCN Tân Bình	0.5	2.5	0.5	2.59	0.31	2.72
An Sương	0	0.24	0	0.08	0	0.11

	19:00 - 20:00					
	Trạm chính	Trạm phụ				
Bến xe Chợ Lớn	0	0				
BV Chợ Rẫy	0	0				
Coopmart LTK	2.5	0				
Chợ Tân Bình	1.11	7.11				
Chợ Võ Thành Trang	0.96	4.81				
KCN Tân Bình	1.03	1.97				
An Sương	0	0.06				
	14:00 – 17:00		17:00 – 20:00			
	Trạm chính	Trạm phụ	Trạm chính	Trạm phụ		
Bến xe An Sương	8.06	0	5.4	0		
KCN Tân Bình	3.36	2.6	2.18	1.04		
Chợ Võ Thành Trang	1.72	2.68	0.46	1.54		
Chợ Tân Bình	1.36	4.36	0.86	2.08		
Coopmart LTK	0.44	5.7	1.5	0.8		
BV Chợ Rẫy	3.3	0	0	0		
Bến xe Chợ Lớn	0	0	0	0		

Nguồn.Nhóm tác giả.



Hình 1. Phần trăm hành khách xuống xe tuyến 66 từ hai hướng.

Nguồn.Nhóm tác giả.

3.3.2. Mô hình thời gian dừng tại trạm

Xe buýt dừng tại trạm dừng để đón trả khách. Nếu không có hành khách thì xe buýt sẽ không dừng. Số liệu thống kê thời gian dừng tại trạm thể hiện ở bảng 4. Giá trị dự báo của các tham số thể hiện ở bảng 5. Như vậy, phương trình hồi quy tuyến tính (3) dự báo thời gian dừng tại trạm là:

$$DW = 0.099 + 3.776 * on + 3.76 * off \quad (3)$$

Trong đó, DW là thời gian dừng tại một trạm/phân đoạn (s), on là lượng khách lên xe tại trạm/phân đoạn, off là lượng khách xuống xe tại trạm/phân đoạn.

Phương trình trên phù hợp với điều kiện thực tế là xe sẽ không dừng khi không có hành khách lên hoặc xuống vì hằng số Const của phương trình là 0.099, tức là gần như xe sẽ không dừng vì thời gian quá bé. Bảng 5

cho thấy các biến số hành khách lên và biến số hành khách xuống đều có ý nghĩa thống kê dựa trên kết quả kiểm định t-test với giá trị t-Stat nằm trong mức ý nghĩa 5%. Ngoài ra, hệ số quyết định R-Square bằng 0.894 cho thấy độ phù hợp của mô hình là rất tốt.

3.3.3. Mô hình nhu cầu hành khách tới trạm

Trình tự tính toán mô hình nhu cầu hành khách tới trạm được thực hiện như dưới đây:

- Dựa trên số hành khách lên xe tại mỗi trạm chính và trạm phụ (bảng 6), ta tính lượng hành khách lên xe trung bình tại mỗi trạm trong từng khoảng thời gian;

- Hành khách đến trạm được giả định tuân theo quy luật phân phối Poisson. Dùng phân phối Poisson với tham số đầu vào là số hành khách trung bình tại mỗi trạm chính/trạm phụ theo thời gian để xác định lượng hành khách lên xe;

- Tính toán hành khách xuống xe bằng cách nhân lượng hành khách ngồi trên xe khi xe đến mỗi trạm chính với phần trăm số hành khách xuống xe (hình 1).

3.3.4. Mô hình thời gian dừng tại bến

Từ kết quả phỏng vấn với đơn vị điều hành tại trạm cuối, nghiên cứu xác định quy tắc tính thời gian xuất bến của xe như sau:

- Khi xe buýt về bến sẽ được ghi nhận lại thời gian vào bến;

- Nhân viên điều hành sẽ dựa vào thời gian vào bến của xe để đánh giá xe đến sớm hay trễ so với khoảng thời gian di chuyển quy định là 55 phút;

- Nếu xe đến sớm thì cho xe đợi cho đủ 55 phút, rồi dựa vào bảng thời gian xuất bến của tuyến để chọn thời gian xuất bến gần nhất cho xe;

- Nếu xe đến trễ thì chọn thời gian xuất bến tiếp theo gần nhất cho xe. Nếu thời gian xuất bến được chọn này đã có xe xuất bến thì chọn thời gian xuất bến tiếp theo.

4. Phân tích bunching

4.1. Mô phỏng các loại nguyên nhân bunching

Nghiên cứu tiến hành mô phỏng hoạt động của xe buýt 66 từ 14h đến 20h. Dựa vào

mô hình đã trình bày ở mục 3, có hai biến ngẫu nhiên được đưa vào mô hình: 1) Biến ngẫu nhiên ở mô hình nhu cầu hành khách: biến này thể hiện lượng hành khách đến trạm là ngẫu nhiên và tuân theo phân phối Poisson; 2) Biến ngẫu nhiên ở mô hình dự báo thời gian chạy giữa hai trạm dừng: biến này được hiểu là yếu tố ngẫu nhiên của sự thay đổi tình trạng giao thông do ảnh hưởng tín hiệu đèn, lưu lượng giao thông thay đổi theo giờ, sự khác biệt của hành vi điều khiển xe của tài xế. Hai biến ngẫu nhiên này làm thay đổi thời gian di chuyển của xe trong mô hình, là nguyên nhân cơ bản dẫn đến tình trạng bunching. Do đó ta có thể phân loại nguyên nhân bunching thành hai loại:

- Bunching do nhu cầu hành khách quá lớn: có nhiều hành khách đến trạm, xe sẽ mất nhiều thời gian trong việc dừng đợi hành khách lên xuống trạm dẫn đến chậm trễ trong thời gian hành trình của xe;

- Bunching do tác động của giao thông xung quanh: các yếu tố giao thông cũng ảnh hưởng đến thời gian di chuyển của xe buýt, đường thông thoáng ít xe, các xe sẽ dễ dàng di chuyển hơn và ngược lại. Đặc biệt vào giờ cao điểm, lưu lượng giao thông tăng rất nhiều dẫn đến tình trạng kẹt xe.

Để kiểm tra hai loại nguyên nhân bunching ở trên, nghiên cứu chạy mô phỏng theo hai kịch bản. Kịch bản 1 là cố định hành khách chạy để mô phỏng bunching xảy ra do tác động của giao thông xung quanh. Kịch bản 2 là cố định thời gian chạy để mô phỏng bunching xuất hiện do nhu cầu hành khách quá lớn. Ở đây, mô phỏng Monte Carlo Simulation được thực hiện 200 lần với điều kiện cố định hành khách và thêm 200 lần với điều kiện cố định thời gian chạy. Từ kết quả của 200 lần mô phỏng, thực hiện đếm số lần bunching (headway bằng 0) để xem nguyên nhân nào gây ra nhiều lần bunching hơn. Ngoài ra, ta sẽ tính ra độ lệch chuẩn (standard deviation) của headway theo thời gian để đánh giá mức độ dễ xảy ra bunching.

Bảng 7 thể hiện số lần xảy ra bunching trong 200 lần chạy mô phỏng cho từng trường hợp. Kết quả cho thấy số lần bunching trong trường hợp cố định hành

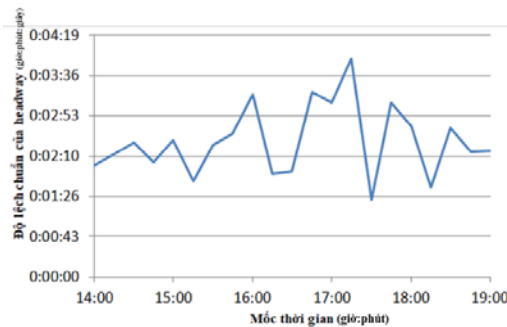
khách là 71 lần, lớn hơn rất nhiều so với trường hợp cố định thời gian di chuyển là 1 lần. So sánh độ lệch chuẩn của headway tại hình 2, ta thấy rằng trong trường hợp cố định hành khách, độ lệch chuẩn headway khá lớn, trung bình khoảng 2 phút 30 giây và dao động với biên độ rộng, từ 1 phút 26 giây đến 3 phút 46 giây. Trong khi đó, trong trường hợp cố định thời gian di chuyển, độ lệch chuẩn headway khá nhỏ, trung bình khoảng 30 giây và dao động với biên độ hẹp, từ 15 giây đến 52 giây.

Từ kết quả phân tích ở trên, ta kết luận rằng nguyên nhân chủ yếu gây ra bunching ở tuyến xe buýt này là do ùn tắc giao thông làm thời gian di chuyển của xe buýt bị trễ. So sánh với nghiên cứu trước đây [5] kết luận rằng nguyên nhân gây ra bunching là do ùn tắc giao thông và khiến xe bị chậm trễ trung bình khoảng 2 - 4 phút, ta có thể thấy kết quả này giống với trường hợp xe buýt tại TP.HCM.

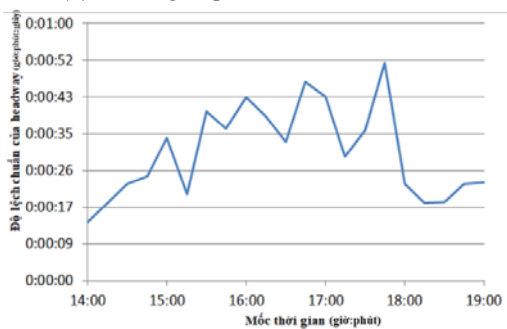
Bảng 7. Số lần bunching khi chạy mô phỏng 200 lần.

Phương pháp	Số lần bunching khi chạy 200 lần
Cố định hành khách	71
Cố định thời gian di chuyển	1

Nguồn. Nhóm tác giả.



(a) Trường hợp cố định hành khách.



(b) Trường hợp cố định thời gian di chuyển.

Hình 2. Độ lệch chuẩn của headway theo thời gian trong ngày (14:00 – 19:00).

Nguồn. Nhóm tác giả.

4.2. Mô phỏng phương pháp loại trừ bunching

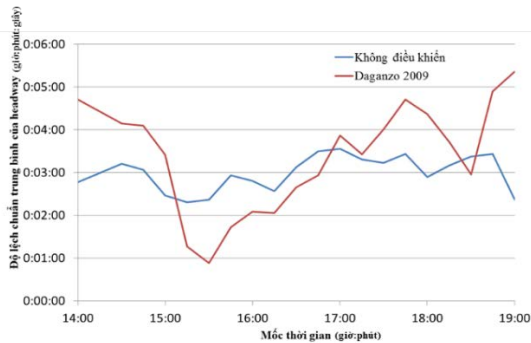
Do cách thu thập số liệu của nghiên cứu này là ghi nhận thời gian xe buýt đến trạm, giống với biện pháp cố định thời gian giãn cách của Daganzo [2] nên nghiên cứu sẽ áp dụng biện pháp điều khiển này vào mô phỏng hiệu quả loại trừ bunching. Trong mô phỏng này, thời gian di chuyển giữa hai trạm sẽ được điều khiển theo nguyên tắc: 1) Khi thời gian giãn cách nhỏ hơn, xe buýt được đánh giá là đi quá gần xe chạy trước và sẽ dừng lâu hơn thời gian quy định; 2) Khi thời gian giãn cách lớn hơn, xe buýt dừng ngắn hơn thời gian quy định. Mô hình thời gian dừng tại trạm, mô hình nhu cầu hành khách tới trạm vẫn được giữ nguyên. Lưu ý rằng khi các xe gặp hiện tượng bunching vẫn tiếp tục di chuyển bình thường. Riêng mô hình thời gian dừng tại bến được xem xét như sau:

- Trường hợp mô hình cũ: giữ nguyên thời gian dừng tại bến cuối giống như thực tế. Tức là thời gian xuất bến đã được lên lịch trước cho mỗi xe. Nếu xe về trạm trễ và bị lỡ chuyến xuất phát tiếp theo của nó thì chuyến đó sẽ bị loại ra khỏi lịch trình và xe xuất phát ở lịch trình tiếp theo. Điều này làm cho các xe buýt xuất phát không liên tục theo thời gian;

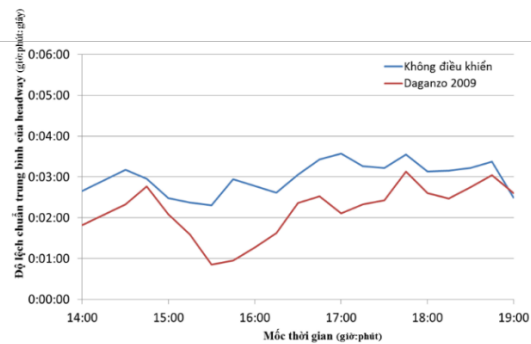
- Trường hợp mô hình mới: đề xuất các xe buýt sẽ xuất phát liên tục với khoảng cách thời gian 5 phút. Có nghĩa là khi xe về bến trễ thì luôn có xe khác thay thế xuất phát đúng giờ. Xe thay thế có thể là xe dự phòng hoặc xe về trễ và đang chờ xếp lịch.

Hình 3 cho thấy trong trường hợp mô hình cũ, độ lệch chuẩn headway khi áp dụng biện pháp loại trừ bunching (thực hiện điều khiển) cao hơn độ lệch chuẩn khi không thực hiện điều khiển vào giờ cao điểm, nhưng lại thấp hơn vào giờ thấp điểm. Khi tính giá trị trung bình độ lệch chuẩn cho toàn bộ thời gian mô phỏng, việc thực hiện điều khiển sẽ làm tăng giá trị độ lệch chuẩn từ 3 phút 4 giây lên 3 phút 19 giây. Trong trường hợp mô hình mới, độ lệch chuẩn của headway khi có điều khiển đều thấp hơn khi không điều khiển. Độ lệch chuẩn headway trung bình tổng thể đã giảm từ 2 phút 59 giây xuống còn

2 phút được 9 giây, tức là giảm 56 giây. Giá trị này có nghĩa là mỗi hành khách sẽ tiết kiệm thời gian đợi khoảng gần 1 phút. Con số này tuy nhỏ đối với từng người đi xe buýt nhưng sẽ rất lớn nếu tính cho tổng người đi xe buýt trong 1 năm. Kết quả mô phỏng đã chứng tỏ mô hình mới với việc duy trì xe buýt xuất phát liên tục tại bến xuất phát sẽ giúp biện pháp loại trừ bunching có hiệu quả.



a) Mô hình cũ.



b) Mô hình mới.

Hình 3. Độ lệch chuẩn của headway khi không hoặc có thực hiện điều khiển loại trừ bunching.

Nguồn. Nhóm tác giả.

4.3. Hướng dẫn điều khiển xe buýt loại trừ bunching

Để triển khai phương pháp điều khiển loại trừ bunching vào thực tế cần sự phối hợp hoạt động điều khiển giữa nhà điều hành và tài xế xe buýt. Cụ thể như sau:

Nhà điều hành

- Xác định vị trí các trạm chính trên tuyến xe buýt. Tiêu chí để xác định trạm chính là có nhu cầu hành khách lớn và các xe buýt thường dừng tại trạm này để đón trả khách;

- Các trạm chính cần được trang bị các cảm biến ghi nhận chính xác thời gian đến trạm của xe. Dựa vào thời gian đến trạm của

xe đối tượng và thời gian đến trạm của xe phía trước, hệ thống sẽ tính toán ra thời gian di chuyển đến trạm chính kế tiếp dựa theo phương pháp điều khiển loại trừ bunching. Thời gian này được thông báo trên màn hình điều khiển của xe buýt;

- Tại bến xe, các xe được sắp xếp xuất bến liên tục. Nếu có xe buýt về bến trễ, cần bố trí xe thay thế xuất phát để không làm gián đoạn việc xuất phát liên tục.

Tài xế xe buýt

- Tài xế sẽ dựa trên thời gian di chuyển thông báo từ nhà điều hành để điều khiển xe đến trạm chính kế tiếp. Nếu xe đến trạm chính kế tiếp sớm hơn thời gian thông báo, xe cần dừng tại trạm kế đến hết thời gian. Nếu xe đến trễ hơn so với thời gian thông báo, xe sẽ dừng lại trạm để đón trả hành khách bình thường, rồi tiếp tục di chuyển đến trạm kế theo thời gian thông báo;

- Tài xế sẽ nhận được thời gian xuất bến và được yêu cầu xuất phát đúng giờ nhằm đảm bảo thời gian giãn cách của các xe xuất bến là giống nhau.

5. Kết luận

Nghiên cứu đã xây dựng mô hình mô phỏng loại trừ hiện tượng bunching của xe buýt gồm: 1) Mô hình thời gian di chuyển giữa hai trạm; 2) Mô hình thời gian dừng tại trạm; 3) Mô hình nhu cầu hành khách và 4) Mô hình thời gian dừng tại bến. Dữ liệu để dự báo các tham số của mô hình mô phỏng được thu thập trên tuyến xe buýt 66 Bến xe Chợ Lớn – Bến xe An Suông trong thời gian hoạt động từ 14 giờ đến 20 giờ.

Kết quả mô phỏng các loại bunching cho thấy có hai nguyên nhân chủ yếu ảnh hưởng đến thời gian di chuyển của xe buýt, dẫn đến hiện tượng bunching đó là: 1) Yếu tố ngẫu nhiên của sự thay đổi số lượng hành khách đến trạm dừng và 2) Yếu tố ngẫu nhiên của sự thay đổi tình trạng ùn tắc giao thông. Yếu tố ngẫu nhiên của nhu cầu hành khách có ít tác động đến bunching. Trong khi đó, yếu tố ngẫu nhiên trong giao thông có tác động mạnh đến việc gây ra bunching trong hoàn cảnh giao thông của TP.HCM.

Kết quả mô phỏng phương pháp loại trừ bunching cho thấy biện pháp cố định thời gian giãn cách đạt hiệu quả loại trừ bunching chỉ trong điều kiện các xe buýt xuất phát tại bến một cách liên tục và khoảng cách giãn cách của các xe xuất bến là giống nhau. Trong trường hợp tuyến xe số 66, nghiên cứu đã đề xuất mô hình các xe buýt sẽ xuất phát liên tục với khoảng cách thời gian 5 phút. Kết quả mô phỏng cho thấy biện pháp này giúp mỗi hành khách đi xe buýt tiết kiệm được 56 giây khi chờ xe tại trạm.

Nghiên cứu đưa ra gợi ý hướng dẫn điều khiển xe buýt để loại trừ bunching. Khi một xe buýt đến trạm chính nào đó, tài xế sẽ nhận được thông báo thời gian di chuyển đến trạm chính kế tiếp và điều khiển xe buýt chạy theo thời gian này. Nếu đến trạm sớm, tài xế phải dừng ở trạm chờ cho đến hết thời gian thông báo rồi mới được tiếp tục di chuyển. Nếu đến trạm trễ, tài xế cần xuất phát ngay sau khi hành khách đã lên xuống xe. Tại bến xuất phát, cần duy trì các xe xuất phát liên tục và giữ thời gian giãn cách đều nhau.

Những vấn đề hạn chế trong nghiên cứu này là chỉ thu thập dữ liệu các xe di chuyển trong khoảng thời gian 14 giờ đến 20 giờ. Nghiên cứu này đã bỏ qua khung giờ buổi sáng và trưa nên không khái quát được hết hoạt động của xe buýt trong một ngày. Ngoài ra, nhu cầu hành khách đến trạm thay đổi liên tục theo thời gian nên dữ liệu cần được thu thập liên tục để đưa ra kết quả gần với thực tế hơn. Hơn nữa, việc thu thập dữ liệu vẫn còn thủ công như xem đồng hồ và ghi chép bằng tay (đồng hồ của mỗi người có thể chênh lệch vài giây) nên không thể tránh khỏi việc có sai số trong việc ghi nhận số liệu. Do chỉ thu thập được dữ liệu ở cuối tháng 4 và đầu tháng 5 nên không thể bao quát tất cả lượng nhu cầu hành khách. Lượng hành khách chủ yếu của tuyến là học sinh sinh viên sẽ thay

đổi theo các khoảng thời gian trong năm (nghỉ hè, lễ, Tết: học sinh sinh viên sẽ ít sử dụng xe buýt). Vì vậy nghiên cứu cần được mở rộng trong tương lai để giải quyết các vấn đề hạn chế nêu trên □

Tài liệu tham khảo

- [1] Nguyễn Xuân Long, Lợi Siêu Tuấn (2019), *Ảnh hưởng của ùn tắc giao thông lên thời gian và chi phí vận hành xe buýt*, Tạp chí Giao Thông Vận Tải, Số 12/2019, Trang 97-100;
- [2] Daganzo, C.F. (2009), *A headway-based approach to eliminate bus bunching: Systematic analysis and comparisons*, Transportation Research Part B, Volume 43, Issue 10, Pages 913-921;
- [3] Daganzo, C.F. and Pilachowski, J. (2011), *Reducing bunching with bus-to-bus cooperation*. Institute of Transportation Studies, Transportation Research Part B, Volume 45, Issue 1, Pages 267-977;
- [4] Delgado, F., Muñoz, J. C., Giesen, R., Cipriano, A. (2009), *Real-time control of buses in a transit corridor based on vehicle holding and boarding limits*, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, Volume 2090, Issue 1, Pages 59–67;
- [5] Bartholdi III, J.J. and Eisenstein, D.D. (2011), *A self-coordinating bus route to resist bus bunching*. Transportation Research Part B, Volume 46, Issue 4, Pages 481-491;
- [6] Milkovits, M.N. (2008), *Simulating Service Reliability of a High Frequency Bus Route Using Automatically Collected Data*, Master Thesis, Massachusetts Institute of Technology, Department of Civil and Environmental Engineering.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi trường Đại học Bách khoa - ĐHQG HCM trong khuôn khổ đề tài mã số T-KTXD-2019-44. Nhóm tác giả chân thành cảm ơn sự tài trợ của trường.

Ngày nhận bài: 11/12/2020

Ngày chuyển phản biện: 15/12/2020

Ngày hoàn thành sửa bài: 05/01/2021

Ngày chấp nhận đăng: 12/01/2021