

MÔ HÌNH HỆ THỐNG ĐA TÁC TỬ ĐỂ MÔ PHỎNG GIAO THÔNG ĐÔ THỊ

MULTI-AGENT SYSTEM MODEL FOR URBAN TRAFFIC SIMULATION

Nguyễn Thanh Tuấn¹, Hoàng Thị Thanh Hà², Lê Quang Vũ³

¹Trường Đại học Sư phạm, Đại học Đà Nẵng; Email: nttuan@dce.udn.vn

²Trường Đại học Kinh tế, Đại học Đà Nẵng; Email: httha@yahoo.com

³Trường Cao đẳng Bình Định; Email: lequangvudt@gmail.com

Tóm tắt – Việc quản lý giao thông nhằm tối ưu hóa luồng giao thông, giảm ùn tắc là vấn đề được quan tâm hiện nay. Mô phỏng giao thông được xem là một phương pháp hỗ trợ cho việc phân tích và giải quyết các vấn đề về giao thông. Một sự lựa chọn hợp lý để mô phỏng giao thông là sử dụng hệ thống đa tác tử, một hệ thống được cấu thành bởi nhiều phần tử độc lập tương tác với nhau. Trong bài báo này, chúng tôi đã xây dựng mô hình hệ thống đa tác tử để mô phỏng giao thông đô thị trên đoạn đường nhiều làn xe. Mô hình sử dụng nền tảng NetLogo để mô phỏng dựa trên các số liệu giao thông thực tế và đưa ra các đánh giá, nhận xét về tình trạng giao thông ở hiện tại và tương lai.

Từ khóa – tác tử; hệ thống đa tác tử; mô phỏng; giao thông đô thị; mô phỏng giao thông.

1. Mở đầu

Giao thông (GT) đô thị Việt Nam hiện nay đang là một vấn đề lớn và phức tạp. Hiện tượng ùn tắc GT vào các giờ cao điểm thường xuyên xảy ra [1]. Vấn đề đặt ra là làm thế nào các nhà quản lý, các cơ quan chuyên môn có thể dự báo, đưa ra các giải pháp để quy hoạch hạ tầng và điều phối hoạt động giao thông đô thị.

Để nghiên cứu các biện pháp giảm thiểu ùn tắc giao thông và dự đoán các tình huống có thể xảy ra khi phân luồng, định tuyến hoặc quy hoạch xây dựng đô thị thì mô phỏng giao thông (MPGT) được xem là một giải pháp thích hợp, ít tốn kém và hiệu quả.

Những năm gần đây, mô hình hóa hoặc mô phỏng hệ thống phức tạp phân tán sử dụng hệ thống đa tác tử (HTĐTT) đang được ưa chuộng. HTĐTT thuộc lĩnh vực trí tuệ nhân tạo phân tán [2], với những đặc tính như là một hệ thống cấu thành bởi nhiều phần tử độc lập tương tác với nhau, các phần tử này có thể di chuyển, tác động vào môi trường và chịu sự tác động của môi trường.

Trong các mô hình HTĐTT để mô hình hóa và MPGT, HTĐTT tương ứng với hệ thống giao thông (HTGT), trong đó một tác tử tương ứng với một xe, một phương tiện tham gia giao thông (PTTGGT). Mỗi tác tử xe mang các đặc điểm và khả năng của xe. Ngoài ra, mỗi tác tử xe còn có những hành vi phụ thuộc vào các yếu tố môi trường GT, thời tiết và tâm trạng của người điều khiển PTTGGT.

Trong bài báo này chúng tôi sẽ đề xuất một mô hình HTĐTT để mô hình hóa và MPGT trên các đoạn tuyến giao thông trong đô thị.

2. Hệ thống đa tác tử

Tác tử là một hệ thống máy tính được đặt trong một môi trường nào đó, có khả năng hành động một cách tự chủ trong môi trường này nhằm đạt được một mục tiêu nào đó [3].

HTĐTT là tập hợp các tác tử cùng phát triển trong một

Abstract – Today, in order to optimize traffic flow and reduce congestion, traffic management is very concerned. Traffic simulation is considered as a method for supporting, analyzing and solving traffic problems. Multi-agent system, a system is composed of many independent elements interact with each others, is a suitable tool for traffic simulation. In this paper, we build a multi-agent system model to simulate urban traffic on roads with many lanes. The model is implemented in NetLogo simulation platform to simulate with the real traffic data and then we can give some evaluations about the traffic situation at present and in the future.

Key words – agent; multi-agent system; simulation; urban traffic; traffic simulation.

môi trường chung. Các tác tử có khả năng giao tiếp với nhau, tác động vào môi trường, cảm nhận từ môi trường, chúng có cơ cấu tổ chức và cùng nhau đi đến mục đích chung. Có rất nhiều mô hình HTĐTT, trong bài báo này, chúng tôi chọn mô hình nguyên âm AEIO [4] bởi sự định nghĩa rõ ràng bốn thành phần của nó. Mô hình này định nghĩa: Một HTĐTT (MAS) bao gồm tập hợp các tác tử A (Agent), môi trường E (Environment) nơi mà các tác tử sống, tập hợp các tương tác I (Interaction) và tổ chức O (Organisation) mà trong đó các tác tử tuân thủ và phát triển [4]:

$$MAS = Agent + Environment + Interaction + Organisation$$

Khả năng (function) của HTĐTT bằng tổng tất cả các khả năng của từng tác tử và khả năng của sự trỗi sinh (Emergence) sinh ra từ sự kết hợp của các tương tác trong hệ thống [4]:

$$Function(MAS) = \sum(function(Agent)) + Emergence$$

HTĐTT được sử dụng nhiều trong việc mô hình hóa và mô phỏng các hệ thống phức tạp, như mô hình dụng để mô phỏng sự lan truyền bệnh trên cá da trơn [5]. Đặc biệt, trong lĩnh vực GT, HTĐTT được dùng để MPGT đô thị [6,7,8,9].

3. Giao thông và MPGT

Giao thông được xem là việc di chuyển từ nơi này đến nơi khác của các PTTGGT di chuyển theo các quy tắc đơn giản cho trước [10]. Mỗi xe sẽ di chuyển theo chiếc xe phía trước, tăng tốc hoặc giảm tốc để phù hợp với tốc độ để một khoảng cách an toàn giữa các xe. HTGT bao gồm hệ thống cơ sở hạ tầng GT và các PTTGGT trong hệ thống.

Mô phỏng là một công cụ hiệu quả được sử dụng để tái tạo và phân tích các vấn đề phức tạp, khó nghiên cứu bằng các phương pháp khác bởi chi phí hay tính nguy hiểm. Thay vì thực hiện một phương án mà không lường trước tính hiệu quả thì có thể thực hiện bằng mô phỏng để xác định hiệu quả của nó. MPGT là một phương pháp được sử dụng để mô tả và đánh giá các phương án phân luồng, định tuyến hay quy

hoạch GT. Các mô hình MPGT được phân loại tùy thuộc vào cấp độ chi tiết khi chúng mô tả luồng GT, có ba nhóm mô hình là: Vi mô (Microscopic), trung gian (Mesoscopic) và vĩ mô (Macroscopic) [11].

4. Sử dụng HTĐTT để MPGT

Để xây dựng mô hình HTĐTT trong mô hình hóa và MPGT, các tác giả mô tả xe như là các tác tử, các tác tử xe này mang các đặc điểm, khả năng của xe và phụ thuộc vào các yếu tố môi trường.

Yếu tố môi trường trong HTĐTT chính là cơ sở hạ tầng GT như: con đường, làn đường, các vách ngăn, đèn tín hiệu GT, các điểm nút, thậm chí yếu tố thời tiết. Mô hình trong [6] chủ yếu mô phỏng tại các điểm nút GT, còn trong [9] thì tập trung vào vòng xuyên. Một số mô hình còn chịu ảnh hưởng của luật GT như trong [6, 8, 9, 12]. Mô hình của Ali Bazghandi [12] còn quy định về giới hạn tốc độ. Còn Paruchuri [7] thì không áp dụng luật GT, các phương tiện tham gia một cách hỗn độn, thường dùng để MPGT nông thôn hoặc HTGT ở các nước kém phát triển.

Các tác tử xe quan sát lẫn nhau để tránh va chạm cũng như vượt qua nhau. Sự quyết định hành vi của xe như tăng tốc, giảm tốc hay chuyển làn của người lái xe trong [6] phụ thuộc vào ba yếu tố: Độ ưu tiên theo luật định, độ kiên nhẫn của người điều khiển phương tiện, tốc độ của xe và vị trí của các xe. Mô hình của Paruchuri [7] thì phụ thuộc vào vị trí tương đối giữa các xe, khoảng cách tối thiểu, tốc độ, tâm lý người điều khiển PTTGGT, đặc biệt chúng không tuân thủ quy tắc GT nào. Sự quyết định trong [12] còn phụ thuộc vào tốc độ giới hạn, độ ùn tắc. Bui, T. D. [9] thì tính đến cả góc dịch chuyển tối đa khi đi qua vòng xuyên.

Đặc điểm của các tác tử xe cũng rất đa dạng dựa theo mục tiêu mô phỏng cũng như đặc điểm của đoạn đường cần mô phỏng là các nút GT hay đường nhiều làn. Paruchuri [7] đặc tả các tác tử xe bởi chiều dài, chiều rộng, tốc độ tối đa, tốc độ duy trì, độ hãm phanh của xe (tính bằng mét/(giây)²), độ hãm phanh mong muốn. Với mục tiêu là mô phỏng các nút GT vòng xuyên ở thành phố Hà Nội, Bui, T. D [9] lại chú ý đến tốc độ tối đa, tốc độ an toàn, mức gia tốc, thời gian chạy, góc dịch chuyển tối đa.

Có thể thấy ứng với mỗi mô hình MPGT, các tác giả đều đưa ra mô hình tác tử và mô hình hành vi của chúng. Mỗi mô hình tác tử được đặc tả bởi các đặc tính (trạng thái), khả năng tương tác (cảm nhận và tác động ngược lại). Các mô hình này đều quan tâm đến cơ chế ra quyết định về hành vi của tác tử xe.

Các mô hình HTĐTT đều mô tả được môi trường chung, cách giao tiếp trong hệ thống với nhau để lấy thông tin từ môi trường.

Mối quan hệ giữa các tác tử cũng được đề cập đến như: nhìn thấy nhau, độ ưu tiên, khoảng cách trong giới hạn an toàn, sắp và chạm.

Các tác tử xe có khả năng tương tác lẫn nhau để nắm thông tin của nhau trong giới hạn “nhìn thấy” nhau. Các tác tử cũng tương tác với môi trường để nhận biết được các tín hiệu GT, mức độ ùn tắc hay đèn các điểm nút, các vạch đường.

Mỗi mô hình được đưa ra đều nhằm phục vụ cho một mục đích cụ thể như nghiên cứu hành vi giao thông, nghiên cứu hoạt động giao thông tại giao lộ hay ùn tắc giao thông. Để mô tả hoạt động giao thông và đánh giá mức độ ảnh hưởng khi mật độ giao thông tăng lên trên các tuyến đường trong đô thị, chúng tôi đã đề xuất một mô hình HTĐTT để MPGT trên các tuyến đường.

5. Đề xuất mô hình HTĐTT ứng dụng MPGT

Để giúp các nhà quản lý đánh giá và đưa ra các giải pháp phân luồng định tuyến trong GT, chúng tôi đã đề xuất mô hình HTĐTT để MPGT trên một số tuyến đường trong đô thị. Trong mô hình của chúng tôi, mỗi tác tử tương ứng với mỗi PTTGGT và HTĐTT tương ứng với HTGT. Trong bài báo này, chúng tôi sử dụng mô hình phân rã nguyên âm AEIO đã được giới thiệu trong phần 2. Mô hình của chúng tôi quan tâm đến yếu tố môi trường; yếu tố tác tử như: đặc điểm của PTTGGT, hành vi của người điều khiển PTTGGT, sự quyết định hành vi; sự tương tác trong hệ thống; mối quan hệ giữa các đối tượng.

5.1. Môi trường giao thông (E)

Môi trường GT trước hết bao gồm các hệ thống đường sá, hệ thống đèn GT, các biển báo và cả luật GT. Với mục tiêu là MPGT đô thị, môi trường ở đây là một số tuyến đường hai chiều nhiều làn xe.

5.2. Tác tử xe (A)

Mô hình PTTGGT Giao thông đô thị Việt Nam có sự tham gia của nhiều loại xe khác nhau như xe máy, xe ô tô, xe tải, xe buýt, xe thô sơ... Mỗi PTTGGT được mô hình hóa bởi một tác tử xe, ở đây xe được hiểu là cả phương tiện và người điều khiển.

Tác tử xe	
-	tọa-độ-xe
-	làn-đường
-	kích-thước-xe
-	tốc-độ-hiện-tại
-	tốc-độ-cao-nhất
-	tốc-độ-mong-muốn
-	mức-độ-tăng-tốc
-	mức-độ-giảm-tốc
-	khoảng-cách-an-toàn
+	tăng-tốc()
+	giảm-tốc()
+	nhìn-xe-phía-trước()
+	chuyển-làn()
+	xe-bám-xe()
+	vượt-xe-trước()

Hình 1: Mô hình tác tử xe

Ngoài các đặc điểm thông thường như: tọa độ, kích thước, tốc độ hiện tại, tốc độ tối đa,... xe còn mang những đặc tính hành vi của người lái xe như: tốc độ mong muốn, mức độ tăng tốc, mức độ giảm tốc, khoảng cách an toàn... Ở đây, tốc độ mong muốn là tốc độ mà tác tử di chuyển trên một đoạn đường vắng không có tác tử nào đi trước hoặc các

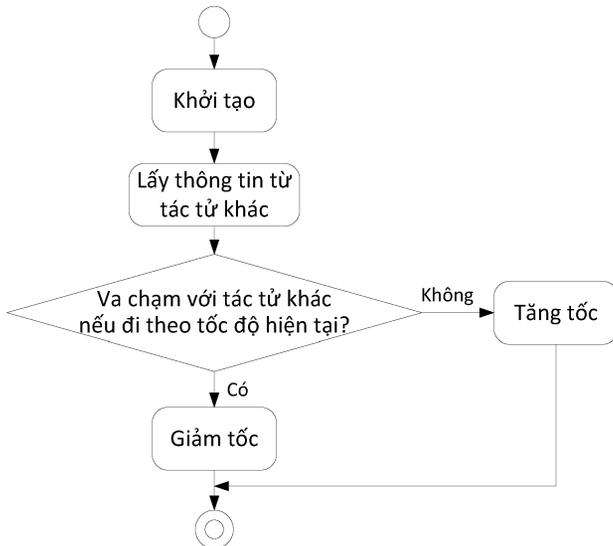
tác tử di chuyển trong điều kiện đường sá không bị ùn tắc, còn khoảng cách chấp nhận là khoảng cách an toàn với xe trước để tác tử có thể thực hiện việc chuyển làn.

Mô hình hành vi cơ bản của tác tử

Trong quá trình di chuyển tác tử sẽ đưa ra quyết định dựa trên các thông số môi trường như làn đường và tốc độ của các tác tử khác để điều chỉnh tốc độ phù hợp tại mỗi làn mà tác tử di chuyển, từ đó tác tử sẽ lựa chọn mô hình di chuyển thích hợp với từng thời điểm trên đường. Việc đưa ra quyết định lựa chọn dựa trên hai mô hình chính là: mô hình xe bám xe hoặc mô hình chuyển làn.

** Mô hình xe bám xe*

Trong mô hình xe bám xe (Hình 2) tác tử sẽ quan sát các tác tử phía trước và di chuyển theo một tốc độ trung bình nếu nhận thấy không va chạm với bất cứ tác tử nào khác. Nhưng nếu nhận thấy sẽ va chạm với tác tử khác, tác tử sẽ xem xét việc tránh va chạm bằng cách giảm tốc độ hoặc dừng lại nếu bắt buộc.



Hình 2: Lưu đồ mô hình hành vi xe bám xe

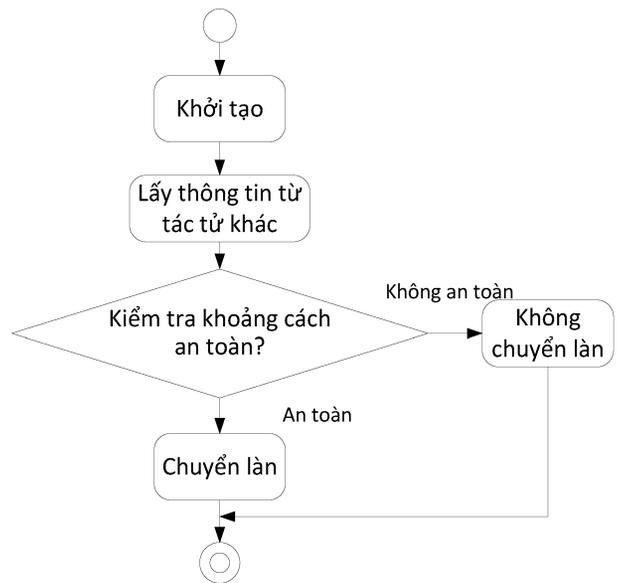
** Mô hình chuyển làn*

Trong mô hình chuyển làn (Hình 3), trên làn đường di chuyển nếu tác tử nhận thấy có thể chuyển làn để tăng tốc độ di chuyển thì việc xem xét chuyển làn sẽ được thực hiện. Đầu tiên các tác tử sẽ quan sát làn có thể chuyển hướng. Nó sẽ thực hiện kiểm tra khoảng cách ở làn bên cạnh giữa tác tử di chuyển phía trước và tác tử di chuyển phía sau ở làn bên cạnh. Nếu khoảng cách an toàn thì việc chuyển làn sang trái hoặc chuyển làn sang phải sẽ được thực hiện.

5.3. Tương tác (I)

Dựa trên các mô hình hành vi và thuộc tính đặc trưng của mỗi tác tử các tác tử sẽ tương tác với nhau trong quá trình di chuyển thông qua việc quan sát môi trường xung quanh và các tác tử khác.

Trong mô hình này, các tác tử xe nhận thông tin từ môi trường để biết được đặc điểm của con đường, các giao lộ cũng như chướng ngại vật. Trong giới hạn quan sát, các tác tử xe “nhìn thấy” các tác tử xe khác để biết được các chướng ngại vật để quyết định hành vi của mình.



Hình 3: Lưu đồ mô hình hành vi chuyển làn

5.4. Môi quan hệ giữa các tác tử (O)

Các tác tử có các mối quan hệ như: nhìn thấy nhau, sắp va chạm, nằm trong khoảng cách an toàn.

6. Mô phỏng và đánh giá



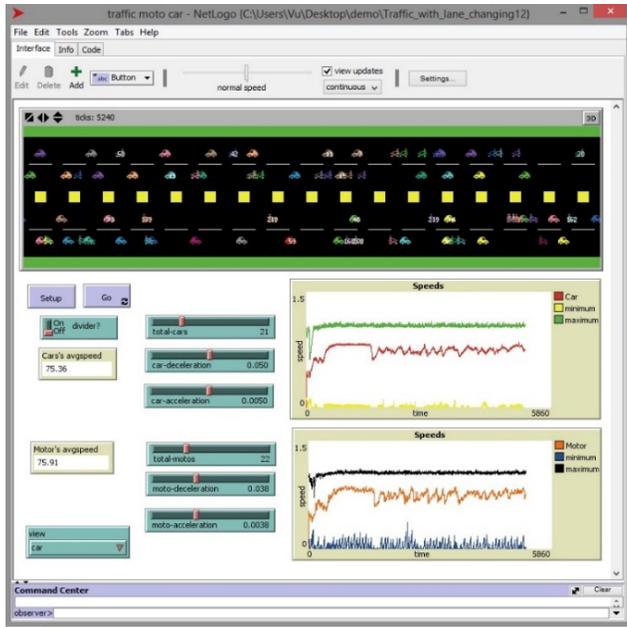
Hình 4: Cấu trúc chương trình mô phỏng

Để đánh giá mô hình trên chúng tôi đã cài đặt chương trình mô phỏng trên nền tảng Netlogo [13]. Cấu trúc chương trình được thiết kế như Hình 4. Ở đây chúng tôi chỉ tập trung vào hai loại PTTGGT phổ biến trên đường phố Việt Nam là ô tô và xe máy.

Chương trình cho phép quan sát sự di chuyển của các xe và nhờ các thông tin thống kê mà người sử dụng có thể có một cái nhìn trực quan hơn về quá trình mô phỏng (Hình 5).

Để thử nghiệm, chúng tôi đã thực hiện hai kịch bản mô phỏng. Việc mô phỏng được thực hiện trên các đoạn tuyến hai chiều, nhiều làn xe, có chiều dài là 100m và có chiều rộng là 14m đối với đường Hùng Vương và 12m đối

với đường Trần Hưng Đạo thuộc thành phố Quy Nhơn tỉnh Bình Định.



Hình 5: Giao diện chương trình mô phỏng

Thực nghiệm trên đoạn tuyến hai chiều:

* Kịch bản mô phỏng 1: Mô phỏng giao thông trên 2 đoạn tuyến ở thời điểm năm 2012.

Bảng 1: Mật độ giao thông năm 2012

Tên đường	Mật độ	Giờ cao điểm		Giờ thường	
		xe máy	xe ô tô	xe máy	xe ô tô
Hùng Vương		85	12	43	7
Trần Hưng Đạo		74	9	32	4

Dựa trên mật độ giao thông ở các tuyến đường trong Bảng 1 [14], chúng tôi sẽ thực hiện mô phỏng trên mỗi tuyến đường với số lượng xe tại mỗi thời điểm khác nhau. Từ chương trình thực nghiệm ta có tốc độ trung bình của các xe trên hai tuyến (Bảng 2).

* Kịch bản mô phỏng 2:

Theo số liệu thống kê của Sở Giao Thông Vận Tải tỉnh Bình Định số lượng phương tiện đăng ký mới là xe máy tăng 10%/năm, xe ô tô tăng 5%/năm tính đến thời điểm năm 2012 [14].

Bảng 2: Tốc độ trung bình trên hai tuyến

Tên đường	Tốc độ (km/h)	Giờ cao điểm		Giờ thường	
		xe máy	xe ô tô	xe máy	xe ô tô
Hùng Vương		23	20	27	25
Trần Hưng Đạo		22	19	25	23

Bảng 3: Mật độ giao thông tăng từ năm 2013

Tên đường	Tốc độ (km/h)	Giờ cao điểm		Giờ thường	
		xe máy	xe ô tô	xe máy	xe ô tô
Hùng Vương		94	13	45	8
Trần Hưng Đạo		82	10	35	5

Giả sử mật độ xe trên đường tăng tỉ lệ thuận với số lượng đăng ký xe mới (không xét đến vấn đề giãn dân số) thì

mật độ trên các tuyến đường trong năm 2013 sẽ thay đổi (Bảng 3).

Dựa vào số liệu từ Bảng 3, chúng tôi mô phỏng và đo đạc tốc độ trung bình như trong Bảng 4.

Bảng 4: Tốc độ trung bình khi tăng mật độ

Tên đường	Tốc độ (km/h)	Giờ cao điểm		Giờ thường	
		xe máy	xe ô tô	xe máy	xe ô tô
Hùng Vương		19	17	23	19
Trần Hưng Đạo		17	15	20	18

Từ kết quả của hai kịch bản cho ta thấy rằng khi số lượng PTTGGT trong năm 2013 tăng lên 10% thì tốc độ trung bình của các xe trên hai tuyến đường giảm từ 5 - 7% so với tốc độ trung bình của năm 2012.

Các kịch bản mô phỏng cũng cho thấy mật độ GT và tốc độ trung bình có mối quan hệ với nhau. Trong mô phỏng 1 không xảy ra tình trạng ùn tắc, nhưng với số lượng các phương tiện tăng lên theo thời gian như trong mô phỏng 2 thì việc di chuyển của các phương tiện gặp khó khăn dẫn đến làm tăng thời gian di chuyển và tốc độ trung bình của các xe giảm đáng kể. Nếu tình trạng số lượng phương tiện gia tăng theo từng năm thì việc xảy ra tình trạng ùn tắc trên tuyến đường là điều hoàn toàn có thể xảy ra.

7. Kết luận

Trong bài báo này, chúng tôi đã đề xuất một mô hình HTĐTT để MPGT trên các tuyến đường giao thông trong đô thị. Mô hình chú ý đến 4 yếu tố: đặc điểm và hành vi của tác tử xe, môi trường GT, sự tương tác và mối quan hệ của các tác tử. Mô hình đã được cài đặt mô phỏng trên nền NetLogo và áp dụng để MPGT trên hai tuyến đường ở thành phố Quy Nhơn, tỉnh Bình Định dựa trên số liệu năm 2012 và số liệu dự đoán năm 2013. Việc áp dụng và mở rộng mô hình cho nhiều PTTGGT khác nhau, cũng như quan tâm đến các thông số tâm lý, lứa tuổi của người lái xe sẽ giúp cho mô hình trở nên phù hợp với thực tế hơn và đó cũng là các hướng nghiên cứu tiếp theo của chúng tôi trong tương lai.

Tài liệu tham khảo

- [1] Cơ quan hợp tác quốc tế Nhật Bản (JICA) - Ủy ban an toàn giao thông quốc gia Việt Nam (NTSC), "Nghiên cứu quy hoạch tổng thể an toàn giao thông đường bộ tại nước Cộng hòa Xã hội Chủ nghĩa Việt Nam đến năm 2020 - Báo cáo tóm tắt," 2009.
- [2] C. B. Y. Thi-Thanh-Ha Hoang, Michel Occello, Jean-Paul Jamont, "Supervision of decentralized artificial complex systems. A generic recursive multiagent model", *Rev. d'Intelligence Artif.*, vol. No: 26/5, pp. 569-600, 2012.
- [3] T. M. P. và H. Q. T. Lê Tấn Hùng, Tác tử công nghệ phần mềm hướng tác tử. Hà Nội: NXB Khoa học và kỹ thuật, 2006.
- [4] Y. Demazeau, "From interactions to collective behaviour in agent-based systems," in *Proceedings of the 1st. European Conference on Cognitive Science*, 1995, pp. 117-132.
- [5] Lê Thị Diễm, "Mô phỏng sự lan truyền bệnh trên cá da trơn (cá tra)," Trường Đại học Cần Thơ, Cần Thơ, 2009.
- [6] E. Mines, D. Ia, C. Bourseul, D. Cedex, R. Mandiau, S. Piechowiak, S. Espié, and G. Malleret-joinville, "A behavioral multi-agent model for road traffic simulation," no. 1991, pp. 1443-1454, 2008.
- [7] P. Paruchuri, "Multi agent simulation of unorganized traffic," in *Autonomous agents*, 2002, no. 317, pp. 176-183.
- [8] P. Tranouez, E. Daudé, and P. Langlois, "A multiagent urban traffic simulation," *J. Nonlinear Syst. Appl.*, vol. 1, p. 9, 2012.

- [9] T. D. Bui, D. H. Ngo, and C. Tran, "Multi-agent Based Simulation of Traffic in Vietnam," pp. 636–648, 2012.
- [10] Phillip Ball, *Critical Mass: How One Thing Leads to Another*, Arrow Books, 2004.
- [11] J. Barcelo, *Fundamentals of Traffic Simulation*, vol. 145, no. 9787. Springer New York, 2010, pp. 399–430.
- [12] A. Bazghandi and A. a. Pouyan, "An Agent-Based Simulation Model for Urban Traffic System," *Comput. Inf. Sci.*, vol. 4, no. 4, pp. 72–82, Jun. 2011.
- [13] W. (in press) Wilensky, U., & Rand, *An introduction to agent-based modeling: Modeling natural, social and engineered complex systems with NetLogo*, Cambridge: MA: MIT Press.
- [14] UBND tỉnh Bình Định, "Quy hoạch giao thông vận tải tỉnh Bình Định đến năm 2020", 2008.

(BBT nhận bài: 16/12/2013, phản biện xong: 14/01/2014)