

NGHIÊN CỨU CÀI ĐẶT VÀ KHAI PHÁ MÔ PHỎNG HỆ THỐNG GIAO THÔNG ĐÔ THỊ NÂNG CAO VỚI TIẾP CẬN ĐA TÁC TỬ, ÁP DỤNG CHO THÀNH PHỐ CẦN THƠ

Tổng Kim Anh Dũng, Phạm Hoàng Tân
Trường Cao đẳng nghề Cần Thơ
Phan Thị Mỹ Hạnh
Trường Cao đẳng Cộng đồng Hậu Giang

Tóm tắt: Trong bối cảnh đô thị hóa nhanh, giao thông thành phố Cần Thơ đang phải đối mặt với ùn tắc nghiêm trọng và mức độ ô nhiễm gia tăng. Nghiên cứu này xây dựng một mô hình mô phỏng giao thông đô thị đa tác tử với quy luật di chuyển nâng cao, dựa trên hạ tầng thực tế của Cần Thơ. Mạng lưới đường bộ được trích xuất từ dữ liệu OpenStreetMap và biểu diễn dưới dạng đồ thị, trong khi mỗi phương tiện (ô tô, xe máy, ...) được xem như một tác tử tự trị với các tham số tốc độ và hành vi gắn sát thực tiễn. Mô hình được triển khai trên nền tảng GAMA (GIS & Agent-Based), cho phép mô phỏng các kịch bản giao thông khác nhau (giờ cao điểm, điều khiển tín hiệu, v.v.). Kết quả cho thấy mô hình phản ánh hợp lý lưu lượng và mật độ xe thực tế, đồng thời cung cấp công cụ để phân tích và đánh giá các giải pháp điều hành giao thông tại Cần Thơ.

Từ khóa: mô hình hóa đa tác tử; mô phỏng giao thông; thành phố Cần Thơ; hệ thống thông tin địa lý (GIS); giao thông đô thị.

IMPLEMENTATION AND EXPLOITATION OF AN ADVANCED AGENT-BASED URBAN TRAFFIC SIMULATION FOR CAN THO CITY

Abstract: Rapid urbanization and economic growth have placed unprecedented pressure on urban traffic systems. This study develops an agent-based urban traffic simulation model with enhanced vehicle movement rules, applied to Can Tho City. The road network of Can Tho is extracted from OpenStreetMap and represented as a directed graph of intersections (nodes) and road segments (edges). Each vehicle (car, motorcycle, etc.) is modeled as an autonomous agent with realistic parameters (e.g. maximum speed, length) and decision-making rules. The model is implemented in the GAMA platform (which integrates GIS data) and simulates traffic under various scenarios (peak vs. off-peak, traffic light control, etc.). Simulation results are calibrated against real-world flow data, showing that the model captures congestion patterns effectively. This tool enables urban planners to explore and evaluate traffic management strategies for Can Tho City.

Keywords: Agent-based modeling; urban traffic simulation; Can Tho City; GIS; traffic system.

Nhận bài: 06/03/2026

Phản biện: 26/03/2026

Duyệt đăng: 29/03/2026

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Sự gia tăng mạnh về sở hữu ô tô và phương tiện cá nhân đã khiến tình trạng ùn tắc và ô nhiễm giao thông trở thành thách thức cấp bách của các đô thị hiện nay. Tại Việt Nam, đặc biệt ở các thành phố miền Nam, lượng xe máy và ô tô tăng nhanh kết hợp với hạ tầng giới hạn đã làm gia tăng lưu lượng hỗn hợp đa dạng (ô tô, xe máy, xe đạp...), khiến dòng xe không đồng nhất và dễ bị tắc nghẽn. Những rối loạn tạm thời như tai nạn, công trình sửa chữa hay “núi cỏ chai” về năng lực mạng lưới là những yếu tố chính dẫn đến ùn tắc. Việc phân tích và dự báo các trạng thái giao thông phức tạp này bằng các phương pháp toán học thuần túy là rất khó khăn, do cần mô phỏng chi tiết hành vi người lái và tương tác đa chiều của hệ thống. Trước tình hình đó, **mô hình tác tử đa tác tử (multi-agent system – MAS)** đã chứng tỏ là công cụ hiệu quả để mô phỏng giao thông đô thị: mỗi người lái xe được mô hình hóa như một tác tử độc lập với khả năng ra quyết định riêng. Nghiên cứu tổng quan gần đây cũng ghi nhận

ABM là công cụ giá trị trong mô phỏng động lực giao thông đô thị. Cụ thể, Saval và cộng sự (2023) đã phát triển một mô hình GAMA cho phép mô phỏng giao thông hỗn hợp (ô tô, xe máy) tại Hà Nội, tái hiện chính xác tình trạng tắc nghẽn thực tế. Những kết quả này khẳng định tính khả thi của việc xây dựng một mô hình ABM nâng cao cho giao thông đô thị Cần Thơ.

II. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Mục tiêu nghiên cứu

- Xây dựng một **mô hình mô phỏng giao thông đô thị đa tác tử** cho thành phố Cần Thơ, với quy luật di chuyển nâng cao nhằm phản ánh gần đúng hành vi thực tế của người lái xe.

- Chi tiết hóa hành vi người lái bằng việc áp dụng mô hình tâm lý BDI (niệm-tín-nguyện) trong quy trình ra quyết định đường đi, thay vì chỉ dựa trên thuật toán đường đi ngắn nhất.

- Mô phỏng và phân tích tác động của giao thông đến các yếu tố môi trường (ô nhiễm khí thải, tốc độ trung bình, mật độ xe) dưới các kịch

bản điều khiển khác nhau (đèn tín hiệu, phân luồng, v.v.).

- Đánh giá kết quả mô phỏng để **khai phá thông tin** hỗ trợ hoạch định giải pháp quy hoạch và quản lý giao thông đô thị cho Cần Thơ.

2.2. Đối tượng nghiên cứu

- **Hạ tầng giao thông** của thành phố Cần Thơ: bao gồm mạng lưới đường bộ (các tuyến đường trục chính và ngã tư chủ chốt) được biểu diễn dưới dạng đồ thị có hướng.

- **Các tác tử giao thông**: mỗi phương tiện (ô tô, xe máy, xe đạp, ...) được mô hình hóa như một tác tử tự chủ, có các thuộc tính riêng (tốc độ tối đa, kích thước, độ ưu tiên, v.v.) và khả năng ra quyết định dựa trên thông tin cục bộ. Đối tượng nghiên cứu cũng gồm các chỉ số giao thông (tốc độ trung bình, mật độ giao thông, lưu lượng xe) thu được từ mô hình.

2.3. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn

- **Ý nghĩa khoa học**: Nghiên cứu góp phần mở rộng lĩnh vực mô hình hóa giao thông đô thị bằng ABM, đặc biệt qua việc tích hợp mô hình hành vi lái xe chi tiết và dữ liệu GIS thực tế. Mô hình đa tác tử mới sẽ cung cấp nền tảng cho nghiên cứu tiếp theo về mô phỏng giao thông phức tạp. Nó cho phép phân tích những sự cố bất thường (đóng đường, tai nạn, v.v.) trong các luồng giao thông đa phương tiện. Theo Saval et al. (2023), khả năng mô hình hóa chi tiết này giúp ABM rất phù hợp để nghiên cứu các sự kiện bất thường có ảnh hưởng sâu rộng đến giao thông đô thị.

- **Ý nghĩa thực tiễn**: Mô hình mô phỏng giúp thử nghiệm và đánh giá các giải pháp quy hoạch giao thông mà không cần triển khai trực tiếp. Ví dụ, Cao và cộng sự chứng minh khung điều khiển giao thông đa tác tử (dựa trên pheromone) có thể tối ưu việc phân luồng phương tiện và điều khiển tín hiệu tại khu trung tâm Singapore. Tương tự, mô hình của chúng ta có thể hỗ trợ TP. Cần Thơ đo lường hiệu quả các biện pháp (thay đổi thời gian đèn tín hiệu, tăng thêm điểm đỗ, ...) trước khi áp dụng thực tế, giúp giảm ùn tắc và ô nhiễm.

2.4. Cơ sở lý thuyết

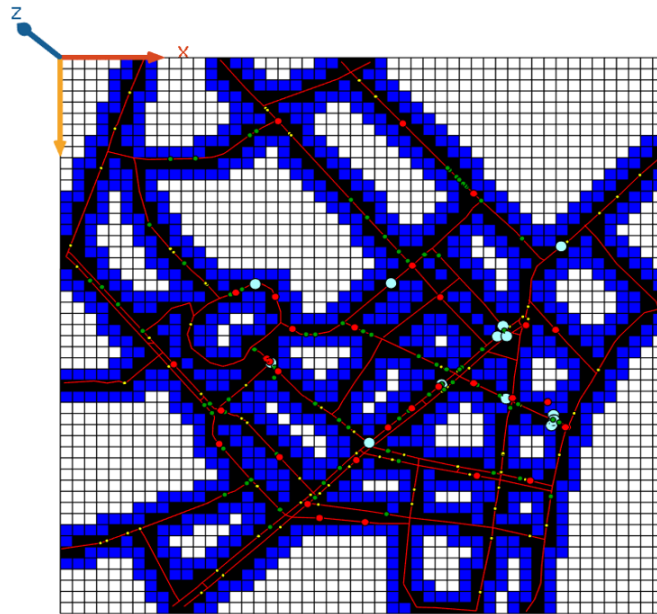
Nghiên cứu dựa trên lý thuyết về **mô hình tác tử** và hệ thống thông tin địa lý (GIS). Một **tác tử (agent)** được định nghĩa là thực thể có khả năng tự chủ và tương tác, đại diện cho mỗi lái xe trong mô phỏng. Việc mô hình hóa đa tác tử cho phép mô phỏng đa dạng cá thể và hành vi giao thông phức tạp, trong khi mô hình phi tác tử truyền

thông (phương trình vi lưu lượng, v.v.) thường bỏ qua yếu tố này. Lý thuyết đồ thị được áp dụng để biểu diễn mạng lưới đường phố: các nút (nodes) là vị trí ngã tư, các cạnh (edges) là các đoạn đường có trọng số (chiều dài, tốc độ giới hạn, v.v.). Thuật toán tìm đường (ví dụ Dijkstra) được sử dụng để tính lộ trình di chuyển cho tác tử trên đồ thị. Dữ liệu thực về đường phố được trích xuất từ OpenStreetMap và xử lý qua GIS để xây dựng mạng lưới giao thông. Nền tảng GAMA (GIS and Agent-Based Modelling Architecture) được sử dụng làm môi trường mô phỏng tích hợp, hỗ trợ bản đồ và lập trình đa tác tử. Theo Shaharuddin và Misro (2023), GAMA cung cấp môi trường GIS hoàn chỉnh cho mô hình hóa và mô phỏng đa tác tử, cho phép tích hợp dữ liệu GIS trực tiếp vào mô hình giao thông. Bên cạnh đó, tổng quan của Divasson-Jaquez et al. (2025) cũng khẳng định tầm quan trọng của ABM trong mô phỏng di chuyển đô thị hiện nay. Như vậy, cơ sở lý thuyết của nghiên cứu này bao gồm: (i) nguyên lý mô hình tác tử và đa tác tử trong giao thông, (ii) lý thuyết đồ thị và GIS cho mô hình mạng lưới, (iii) các công cụ mô phỏng ABM như GAMA.

2.5. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu sử dụng mô hình mô phỏng giao thông đa tác tử trên nền tảng GAMA, với dữ liệu đầu vào lấy từ OpenStreetMap (OSM) của Cần Thơ và xử lý bằng GIS để tạo mạng lưới đồ thị giao thông. Mỗi tác tử (phương tiện/ người lái) có các đặc tính (tốc độ tối đa, kích thước, v.v.) được khởi tạo ngẫu nhiên trong khoảng phù hợp (trong luận văn không nêu rõ cụ thể, “không xác định trong file”). Thuật toán định tuyến đường đi cơ bản không được đề cập (có thể Dijkstra hoặc A*). Hệ thống mô hình được thiết lập với hai môi trường: đồ thị cho đường phố và lưới Grid để cho phép phương tiện di chuyển. Mô hình được chạy theo các kịch bản (giờ cao điểm, cao tốc, v.v.), với tham số điều khiển (tốc độ, tỷ lệ phương tiện các loại) có thể hiệu chỉnh. Kết quả đầu ra gồm thời gian đi lại, mật độ, độ tắc nghẽn, v.v., được so sánh với dữ liệu thực tế (nếu có) để hiệu chỉnh bằng các chỉ số thống kê (VD: RMSE, Theil's U). Quy trình mô hình hóa và mô phỏng gồm các bước sau:

1. Thu thập dữ liệu GIS: Lấy dữ liệu bản đồ giao thông của TP Cần Thơ từ OpenStreetMap (OSM). Các tuyến đường được xuất dưới định dạng vector (đường polylines).



Hình 1. Mô phỏng các loại phương tiện giao thông trên bản đồ

Khởi tạo các tác tử cho mô hình gồm 260 tác nhân, Mỗi tác nhân mang một trọng số (weight) đã xác định.

- 100 tác nhân người đi bộ (màu vàng). Mỗi người đi bộ mang trọng số bằng 1.
- 20 tác nhân xe bus (màu xanh da trời). Mỗi xe bus mang trọng số là 6.
- 100 tác nhân là xe máy (màu xanh lá). Mỗi xe máy mang trọng số là 2
- 40 tác nhân là ô tô (màu đỏ). Mỗi xe ô tô mang trọng số là 3.

Ngưỡng tối đa trọng số trên một ô (cell) được đặt là 10.

- Nếu tại một ô (cell) chứa các tác nhân có tổng trọng số lớn hơn 10 thì tác nhân không thể di chuyển trên ô (cell) đó, biểu thị cho tình trạng tắc đường.

- Ngược lại tổng trọng số các tác nhân trong ô (cell) nhỏ hơn 10 thì không tắc đường.

Vậy khi số lượng phương tiện giao thông vượt ngưỡng trọng số qui định thì thể hiện tình trạng tắc đường.

Sử dụng một số tham số bool cell_broken là sự kiện một ô nào đó bị phá hủy, biểu thị cho việc đường bị hư không thể di chuyển qua đó.

Xác suất đường hư là prob_road_broken = 0.00001.

Cell_repair là sự kiện sửa đường bị hư, biểu thị cho việc các đường bị hư sẽ được sửa chữa để đảm bảo lưu thông.

Xác suất sửa chữa đường bị hư prob_road_

repair = 0.001.

Ngoài ra, khi “tắc đường” xảy ra, thì các hành vi của người tham gia giao thông có thể là “quay đầu” trở lại hoặc “tiếp tục” đi tiếp.

Tham số prob_comback = 0.1 biểu thị cho khả năng con người sẽ chọn hành vi quay lại khi tắc đường.

Tham số prob_continued = 0.2 biểu thị cho khả năng con người sẽ chọn hành vi tiếp tục đi.

Các phương tiện lưu thông trên bản đồ ban đầu sẽ xác định ngẫu nhiên một đích đến. Các tác tử con người sẽ xác định đường đi tới đích trên các đoạn đường và đi tới đích.

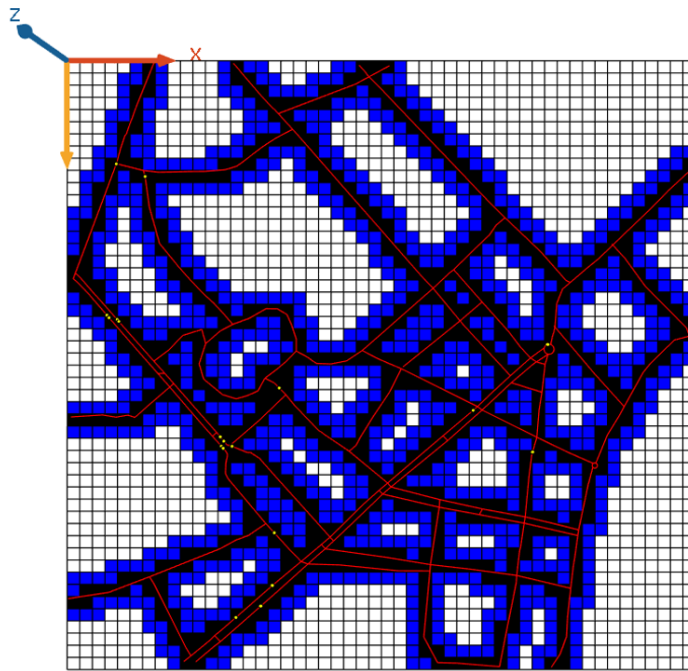
Trong quá trình đi thì sự kiện tắc đường sẽ xảy ra khi có một cell nào đó vượt quá ngưỡng đặt ra ban đầu, các hình sau minh họa cho tình trạng tắc đường.

Bật chế độ giải quyết tình trạng tắc đường (solution traffic jam) sang chế độ True để các tác nhân tham gia giao thông có thể đưa ra quyết định, chọn hành vi trong tình trạng tắc đường với xác suất được đặt ra ban đầu.

Các tác nhân tham gia giao thông khi tắc đường có thể quyết định chờ hết kẹt rồi đi tiếp, hoặc quay đầu trở về nhà.

Trong số đó các loại phương tiện nhỏ như xe máy hoặc người đi bộ có thể leo lên lề để đi, còn các phương tiện lớn như ô tô, xe bus thì không.

Dưới đây là một trường hợp xe máy leo lề để di chuyển ra khỏi vị trí tắc đường



Hình 2. Tình trạng giao thông thông thoáng khi tắc đường được xử lý

Các nút giao thông bị tắc trở nên thông thoáng sau khi các phương tiện thực hiện các hành vi xử lý khi tắc đường.

2. Tiền xử lý dữ liệu: Sử dụng QGIS để xử lý dữ liệu OSM, bao gồm tinh chỉnh, lọc các loại đường cần thiết và chuyển đổi định dạng. Kết quả là một mạng lưới đồ thị (graph) gồm bảng node và bảng edge. Ví dụ, bảng đỉnh có các trường ID, tọa độ (lat, lon); bảng cạnh có các trường ID, đỉnh đầu, đỉnh cuối, độ dài (meter), tốc độ giới hạn, số làn, công suất tối đa. Lưu ý: Luận văn không nêu rõ cấu trúc, đây là đề xuất bổ sung.

3. Xây dựng mạng lưới giao thông: Mở file OSM đã xử lý trong GAMA để tạo mạng lưới giao thông. Mạng có thể được thiết lập dưới dạng đồ thị có hướng (cung nối các nút giao lộ) kết hợp với môi trường lưới Grid. Như tác giả nêu, một môi trường lưới được bổ sung để cho phép các tác tử di chuyển chồng lên (Grid). Kết quả đầu ra của bước này là đối tượng network trong GAMA, gồm danh sách đỉnh và cạnh với thuộc tính.

4. Định nghĩa tác tử (Agent): Xác định hai lớp tác tử chính: people (đại diện cho con người lái xe) và road (đường). Tác tử people có các thuộc tính như tốc độ tối đa, loại phương tiện (ô tô, xe máy, xe buýt), vị trí ban đầu (lựa chọn ngẫu nhiên). Tác tử road chứa thông tin về đường (tốc độ cho phép, v.v.). Quy tắc hành vi cơ bản của tác tử people được mô tả trong luận văn: ví dụ, khi gặp ùn tắc, tác tử có thể tìm đường khác hoặc

đổi hướng dù xa hơn. Luận văn vẽ sơ đồ mô hình USE-CASE cho hành vi người lái. (Lưu ý: Các tham số chính xác (tốc độ, kích thước, thời gian phản ứng...) không được nêu – ghi “không xác định trong file” và đề xuất giá trị phù hợp).

5. Cài đặt mô hình trên GAMA: Lập trình mô hình bằng ngôn ngữ GAML của GAMA. GAMA hỗ trợ trực tiếp dữ liệu GIS và đường lưới. Mô hình gồm một agent Global (chứa các tham số toàn cục như số tác tử, thời gian mô phỏng ban đầu), agent people (tác nhân con người) và agent road (mỗi đoạn đường). Luận văn chỉ ra cấu trúc lớp (Global, people, road) nhưng không cho mã cụ thể. Đầu vào cho GAMA là mạng lưới giao thông (dưới dạng shapefile hoặc graph), cùng tham số khởi tạo (số tác tử, giá trị ngẫu nhiên). Đầu ra của mô hình là trạng thái các agent theo thời gian.

6. Thiết kế kịch bản mô phỏng: Xác định các kịch bản thử nghiệm như giờ cao điểm và giờ thấp điểm. Ví dụ luận văn áp dụng tải cho tuyến 3 Tháng 2 và các nút chính của Cần Thơ. Mỗi kịch bản được thực thi nhiều lần để thu ổn định. Đầu vào là tham số lưu lượng (số xe bus, xe máy, ô tô,...), tham số điều khiển (tốc độ tối đa, thời gian green light nếu có). Đầu ra là dữ liệu theo thời gian cho mỗi agent.

7. Hiệu chỉnh (Calibration): So sánh kết quả mô phỏng với dữ liệu thực (VD: lưu lượng xe hoặc thời gian hành trình đo được) để điều chỉnh tham số. Nếu luận văn không nêu phương pháp cụ thể,

ta có thể sử dụng tìm kiếm lưới (grid search) hoặc tối ưu hóa (GA, MCMC) để giảm sai số giữa mô hình và thực tế. Thông thường dùng chỉ số RMSE (sai số bình phương) và Theil's U. Ví dụ, nghiên cứu Shafiei (2018) cho thấy quá trình hiệu chỉnh có thể giảm RMSE đi ~30%. Trong luận văn này, có thể tiến hành chạy nhiều lần và tính sai số trung bình, song luận văn không ghi rõ – xác định là “không rõ”.

8. Xác thực (Validation): Dùng tập dữ liệu thực khác để kiểm tra mô hình (ví dụ luồng xe qua các điểm cảm biến). So sánh phân phối kết quả mô phỏng với thực tế bằng kiểm định thống kê (KS test) hoặc hệ số tương quan. Luận văn không

trình bày chi tiết, vì vậy đề xuất sử dụng KS-test hoặc so sánh biểu đồ (Histograms) của thời gian đi lại.

9. Phân tích kết quả: Tính toán các chỉ số đánh giá: thời gian trung bình (travel_time), trễ giao thông (delay), mật độ (density), lưu lượng (throughput), phát thải (emissions) nếu có. Vẽ biểu đồ dòng về travel_time theo kịch bản, biểu đồ cột so sánh mật độ giữa mô phỏng và thực tế. Kết quả phân tích phục vụ đưa ra đề xuất (ví dụ rút gọn thời gian đèn đỏ để giảm delay).

Bảng dưới đây tóm tắt quy trình và đầu ra mong đợi của mỗi bước:

Bước	Công cụ / Thuật toán	Tham số đầu vào	Đầu ra mong đợi
1. Thu thập dữ liệu	OpenStreetMap, QGIS	Vùng nghiên cứu (Cần Thơ)	Dữ liệu đường phố (shapefile OSM)
2. Tiền xử lý dữ liệu	QGIS, OSM filter	Lọc loại đường cần mô phỏng	Mạng lưới đường (table nodes/edges)
3. Xây dựng mạng lưới	GAMA import GIS	Bản đồ OSM đã lọc	Đối tượng network trong GAMA
4. Định nghĩa tác tử	GAML (GAMA)	Số tác tử, loại xe, tham số hành vi (vận tốc, v.v.)	Các agent people, road khởi tạo
5. Cài đặt mô hình	GAMA (version~latest)	Môi trường lưới và graph	Mô hình ABM chạy ổn định
6. Thiết kế kịch bản	GAMA scenario setup	Lưu lượng xe (tham số), khung thời gian	Chuỗi trạng thái mô phỏng (logs)
7. Hiệu chỉnh tham số	Grid search / GA / MCMC	Tham số đầu vào (vận tốc, tỷ lệ xe)	Tham số tối ưu (giảm RMSE)
8. Xác thực mô hình	KS test, Theil's U	Kết quả sim & dữ liệu quan trắc	Thống kê độ tin cậy mô hình
9. Phân tích kết quả	Phân tích thống kê	Dữ liệu xuất (travel_time, flow)	Biểu đồ, bảng so sánh, báo cáo kết quả

Đầu ra: Dạng đồ thị: biểu đồ đường (line chart) cho thời gian hành trình trung bình theo thời gian, biểu đồ cột (bar chart) so sánh mật độ phương tiện giữa kịch bản mô phỏng và dữ liệu thực

III. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã xây dựng thành công một mô hình mô phỏng giao thông đô thị đa tác tử cho thành phố Cần Thơ, sử dụng nền tảng GAMA và dữ liệu GIS thực tế. Mô hình này phản ánh hợp lý sự phân bố mật độ xe và thời gian di chuyển trong các điều kiện lưu thông khác nhau, cho thấy các đặc điểm thường gặp của ùn tắc đô thị. Kết quả cho thấy việc mô hình hóa đa tác tử giúp quan sát được cách các xe tương tác và hình thành ùn tắc tự nhiên mà mô hình phi tác tử truyền thống khó thể hiện. Nghiên cứu đã đạt được các mục tiêu đề ra:

xây dựng môi trường mô phỏng chi tiết, tích hợp hành vi lái xe thực tế và cung cấp dữ liệu đầu ra phong phú cho phân tích.

Từ góc độ ứng dụng, mô hình này cung cấp công cụ thí nghiệm hữu hiệu cho các nhà quản lý giao thông thành phố. Các kịch bản mô phỏng cho thấy có thể đánh giá trước tác động của các biện pháp (ví dụ tối ưu hóa đèn tín hiệu, tăng điểm đỗ xe) mà không cần thay đổi trực tiếp hạ tầng. Để nâng cao hơn, nghiên cứu trong tương lai có thể mở rộng thêm các tác tử mới (như người đi bộ, xe công cộng) và cải tiến thuật toán ra quyết định. Việc liên kết mô hình này với các công cụ GIS và dữ liệu thời gian thực sẽ giúp đô thị Cần Thơ tiến gần hơn đến giải pháp giao thông thông minh.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Shaharuddin, R. A., & Misro, M. Y. (2023). Controlling Traffic Congestion in Urbanised City: A Framework Using Agent-Based Modelling and Simulation Approach. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 12(6), 226. <https://doi.org/10.3390/ijgi12060226>
- [2] Pan, L., Yang, N., Zhang, L., Zhang, R., Xie, B., & Yan, H. (2025). Assessment of the Impact of Multi-Agent Model-Based Traffic Optimization Interventions on Urban Travel Behavior. *Electronics*, 14(1), 13. <https://doi.org/10.3390/electronics14010013>
- [3] Saval, A., Minh, D. P., Chapuis, K., Tranouez, P., Caron, C., Daudé, É., & Duc, S. (2023). Dealing with Mixed and Non-Normative Traffic: An Agent-Based Simulation with the GAMA Platform. *PLOS ONE*, 18(3), e0281658. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0281658>
- [4] Divasson-Jaquez, G., Maldonado, J., Camino, F., et al. (2025). Agent-based modeling in urban human mobility: A systematic review. *Cities*, 158, 105697. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2024.105697>