

THIẾT KẾ MÔ HÌNH LOGISTICS THU HỒI: TRƯỜNG HỢP THU GOM RÁC THẢI NHỰA TẠI THÀNH PHỐ CẦN THƠ

Mai Chí Anh¹, Trần Ngọc Bảo Trân¹, Nguyễn Lê Thế Duy² và La Bảo Trúc Ly²

¹Sinh viên Khoa Kinh tế - Quản lý công nghiệp, Trường Đại học Kỹ thuật - Công nghệ Cần Thơ

²Trường Đại học Kỹ thuật - Công nghệ Cần Thơ

Email: lbty@ctu.edu.vn

TÓM TẮT

Thông tin chung

Ngày nhận bài:

22/5/2025

Ngày nhận bài sửa:

15/8/2025

Ngày duyệt đăng

19/8/2025

Từ khóa:

Logistics thu hồi, mô phỏng, nhà kho thu hồi rác thải, rác thải nhựa.

Nghiên cứu xây dựng mô hình thu hồi rác thải nhựa, xác định vị trí kho trung tâm và ứng dụng mô phỏng trong hoạt động thu hồi bằng phần mềm AnyLogic-GIS. Việc xác định lượng thu gom phù hợp, lộ trình vận chuyển tối ưu và số lượng phương tiện vận tải cần thiết sẽ nâng cao hiệu quả hoạt động và hiệu suất của hoạt động thu hồi. Phương pháp nghiên cứu được triển khai trên nền tảng đa phương pháp, bao gồm thu thập dữ liệu, quan sát thực địa và nghiên cứu phi thực nghiệm. Khác với các nghiên cứu trước đó chỉ tập trung tiếp cận ở góc độ phân loại rác tại nguồn và xử lý sau thu gom, nghiên cứu này tập trung vào giai đoạn tiền xử lý, xây dựng một hệ thống thu hồi thống nhất từ khâu phân loại, thu gom, vận chuyển, lưu trữ cho đến phân phối đến các nhà máy cho tái chế hay tái sản xuất. Kết hợp giữa phần mềm mô phỏng vận hành và hệ thống thùng rác thông minh nhằm phân tích và tối ưu hóa quy trình thu gom, tận dụng hiệu quả nguồn cung rác thải và đảm bảo tính bền vững trong hoạt động thu hồi.

1. GIỚI THIỆU

Trong những năm gần đây, ô nhiễm rác thải đặc biệt là rác thải nhựa đã trở thành vấn đề hàng đầu và đặc biệt nghiêm trọng tại Việt Nam, với khoảng 1,8 triệu tấn rác thải nhựa phát sinh mỗi năm nhưng chỉ 27% trong số đó được tái chế [1-3]. Phần còn lại chủ yếu bị chôn lấp hoặc thải ra môi trường, khiến Việt Nam trở thành một trong 5 quốc gia có lượng rác thải thải ra ngoài đại dương lớn nhất thế giới [1, 2, 4]. Trước thực trạng này, Chính phủ đã ban hành nhiều chính sách nhằm thúc đẩy thu gom và tái chế rác thải nhựa, điển hình là Nghị định 08/2022/NĐ-CP về trách nhiệm mở rộng của nhà sản xuất [1, 2]. Tuy nhiên, hệ thống quản lý rác thải nhựa tại Việt Nam còn nhiều hạn chế như thiếu mô hình thu gom hiệu quả, cơ sở hạ tầng xử lý chưa đồng bộ và chưa có giải pháp tối ưu hóa hoạt động vận hành [2, 3].

Đối với các nghiên cứu trong nước, tác động của rác thải nhựa đối với môi trường Việt

Nam cũng thu hút sự quan tâm mạnh mẽ [5, 6]. Theo khảo sát của nghiên cứu [6], có đến 65% số hộ dân cho rằng chất lượng nước sông, rạch ngày càng suy giảm, đặc biệt là sự giảm sút đáng kể của các loài thủy sản trong 3 đến 5 năm qua. Trước thực trạng đó, tác giả đã đề xuất các giải pháp giảm thiểu rác thải và tăng cường công tác quản lý chất thải để bảo vệ môi trường [6]. Nghiên cứu [5] sử dụng phương pháp phỏng vấn, khảo sát, lấy mẫu xác định thành phần chất thải và đã đưa ra nhận định rằng mặc dù đa số cơ sở có thực hiện việc phân loại rác, tuy nhiên hiệu quả phân loại chưa cao, dẫn đến còn một lượng rác có tiềm năng thu hồi, tái chế lẫn trong rác thải xử lý. Trong đó, Nghiên cứu [7] chỉ ra rằng quy trình thu gom hiện tại còn nhiều bất cập, dẫn đến thu gom chưa hiệu quả. Nghiên cứu tiềm năng thu hồi rác tái chế từ ngành dịch vụ ăn uống tại Đà Nẵng khẳng định rằng việc tái chế rác có nhiều tiềm năng lớn, tuy nhiên vẫn còn các thách thức liên quan đến nhận thức và cơ sở hạ tầng thu gom [7]. Để nâng cao hiệu quả, nghiên cứu

đề xuất thiết lập các cơ chế hỗ trợ từ chính quyền, cải thiện hệ thống thu gom, phân loại rác, đồng thời triển khai các chiến lược giáo dục cộng đồng [7].

Nhiều nghiên cứu trên đã chỉ ra các hạn chế trong mô hình thu gom và xử lý truyền thống. Do đó, bên cạnh việc nâng cao ý thức từ cộng đồng, nhiều nghiên cứu đã đề xuất các mô hình thu hồi và xử lý rác thải ứng dụng công nghệ để nâng cao tính hiệu quả của hệ thống thu hồi [10, 11]. Nghiên cứu của nhóm tác giả C. Tee, Madeline and Sy [10] đã sử dụng mô hình động để mô phỏng sự tích tụ rác thải trong môi trường biển và đề xuất giải pháp chính sách nhằm giảm thiểu lượng rác thải và cải thiện hiệu quả quản lý. Nghiên cứu [12] ứng dụng mô hình dựa trên tác nhân (ABM) để mô phỏng hành vi của các bên liên quan trong hệ thống quản lý rác thải, mô phỏng nhằm cải thiện hiệu quả hoạt động và các chính sách. Kết quả của nghiên cứu chỉ ra việc ứng dụng mô phỏng giúp tối ưu trong việc tái chế và quản lý lượng rác thải nhựa, giấy và kim loại tại Hoa Kỳ [12]. Tuy nhiên, các mô hình nghiên cứu hiện nay, mặc dù đã đưa ra những cải tiến trong việc thu gom và xử lý rác thải nhưng chưa kết hợp mô phỏng nhằm tối ưu quá trình hoạt động thực tế [12]. Điều này tạo ra một khoảng trống trong việc áp dụng công nghệ mô phỏng vào hoạt động thu gom rác thải, làm giảm hiệu quả và khả năng áp dụng các giải pháp cải thiện hệ thống hiện tại.

Trong bối cảnh kinh tế số phát triển, việc ứng dụng công nghệ mô phỏng, có thể giúp tối ưu hóa quá trình thu gom, phân loại và vận hành nhà kho thu hồi rác thải nhựa, giấy và kim loại, nâng cao hiệu suất tái chế và giảm thiểu tác động đến môi trường [8,10,12,21]. Các công trình nghiên cứu trong và ngoài nước cũng đề cập đến việc mô phỏng mô hình trước khi áp dụng vào thực tế là rất quan trọng [9]. Cụ thể, những ứng dụng của phương pháp mô phỏng thực tế phổ biến hiện nay là phân tích “nút thắt cổ chai” của dây chuyền sản xuất, thiết kế và đánh giá hiệu quả làm việc hệ thống, giảm lãng phí thời gian và chi phí sản

xuất, sử dụng hiệu quả nhân lực cho vận chuyển container, tối ưu hóa hoạt động logistics [8, 13-15]. Việc nghiên cứu và ứng dụng mô phỏng trong lĩnh vực logistics đặc biệt trong lĩnh vực kho vận và vận chuyển cũng đang nhận được sự chú ý ngày càng nhiều cả trong và ngoài nước [8,15,16,21].

Theo nghiên cứu [16] đã sử dụng phần mềm mô phỏng Simulation 16.1 để mô phỏng cấu trúc, không gian và các hoạt động của nhà kho, nhằm kiểm tra và nghiên cứu mô hình trước khi áp dụng vào thực tế. Điều này chứng tỏ rằng nghiên cứu kho hàng sử dụng phương pháp mô phỏng giúp tối ưu chi phí và nâng cao hiệu suất hoạt động cho doanh nghiệp. Gần đây, một vài nghiên cứu đã sử dụng thành công phần mềm mô phỏng kết hợp với hệ thống GIS để định tuyến, tối ưu hóa quãng đường cho hệ thống vận chuyển hàng hóa. Cụ thể nghiên cứu của nhóm tác giả Ibrahim M. Badwi, Hisham M. Ellaithy & Hidi E. Youssef [21] đã sử dụng phần mềm CityEngine để mô hình hóa các khu đô thị 3D từ dữ liệu 2D bằng phương pháp mô hình hóa tham số, cho phép điều chỉnh các thông số để xác định hệ thống tối ưu mà không xây dựng hệ thống thực; từ đó chỉ ra sự tiện lợi, và tích hợp GIS trong mô phỏng [21]. Qua đó, có thể thấy các công trình nghiên cứu trước đã ứng dụng các phần mềm mô phỏng như Arena, Flexim, Simulation, CityEngine, Anylogic...có kết hợp GIS để phát triển hệ thống phân phối hiệu quả trong hoạt động vận chuyển thực tế.

Mặc dù có nhiều nghiên cứu về quản lý rác thải, nhưng việc ứng dụng mô phỏng trong tối ưu vận hành nhà kho thu hồi rác thải nhựa, giấy và kim loại vẫn chưa được nghiên cứu sâu rộng. Do đó, nghiên cứu này tập trung vào việc xây dựng mô hình nhà kho thu hồi rác thải nhựa, giấy và kim loại tại thành phố Cần Thơ dựa trên mô phỏng bằng AnyLogic GIS kết hợp với phương pháp trọng tâm 2 chiều để xây dựng một hệ thống thu hồi tối ưu, trong đó nhựa là đối tượng chủ lực trong hoạt động thu hồi.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Phương pháp khảo sát

Nghiên cứu phân tích để xác định vị trí tối ưu cho các điểm thu gom và kho trung tâm dựa trên các yếu tố như lượng rác phát sinh, khoảng cách vận chuyển và khả năng kết nối mạng lưới. Đồng thời, đề xuất quy trình thu gom, phân loại, lưu trữ và phân phối tối ưu. Nghiên cứu, đầu tiên đã sử dụng cách tiếp cận phi thực nghiệm thông qua việc thu thập dữ liệu sơ cấp từ việc khảo sát hơn 100 người dân tại các khu vực có mật độ cao như công viên, trung tâm thương mại, trường học. Bảng hỏi sử dụng câu hỏi đóng với định lượng trực quan cho người tham gia để hình dung và cung cấp dữ liệu chính xác. Khảo sát này nhằm thu thập thói quen phân loại, lượng rác và vị trí bỏ rác. Dữ liệu được dùng để xác định điểm thu gom. Cỡ mẫu 100 người chọn theo phương pháp thuận tiện, phù hợp giai đoạn sơ bộ. Các dữ liệu thứ cấp như mật độ dân cư, lượng rác phát sinh và điều kiện giao thông được tổng hợp từ các báo cáo môi trường, thống kê từ cơ quan chức năng và các nghiên cứu liên quan tại TP. Cần Thơ kết hợp với khảo sát thực địa hỗ trợ việc định vị các điểm thu gom. Mô phỏng phần mềm AnyLogic được sử dụng để tối ưu hóa hoạt động vận chuyển và kiểm chứng hiệu quả hệ thống, cũng như đánh giá hiệu suất tổng thể.

2.2. Phương pháp nghiên cứu thực nghiệm

2.2.1. Phương pháp trọng tâm hai chiều (center of gravity method for locations of facilities) kết hợp với phương pháp thực địa

Phương pháp tọa độ trọng tâm hai chiều là một cách tiếp cận phổ biến trong các hệ thống mô phỏng, GIS, và thuật toán định tuyến. Phương pháp sử dụng hệ tọa độ không gian hai chiều (thường là X và Y) để xác định vị trí các điểm và tính toán khoảng cách, hướng đi, tuyến đường ngắn nhất giữa các điểm [14]. Phương pháp này được sử dụng để định vị kho trung tâm của các địa điểm thu hồi về tinh. Nghiên cứu dựa vào kinh độ và vĩ độ về vị trí cần thu gom tại Thành phố Cần Thơ.

$$X = \frac{1}{w} \sum_{i=1}^n W_i X_i \quad (1)$$

$$Y = \frac{1}{w} \sum_{i=1}^n W_i Y_i \quad (2)$$

n: Số địa điểm sẵn có trong hệ thống

w_i : Lượng vận chuyển đến địa điểm thứ i

x_i, y_i : tọa độ của điểm thứ i theo trục X và trục Y

W: Tổng lượng vận chuyển trong hệ thống

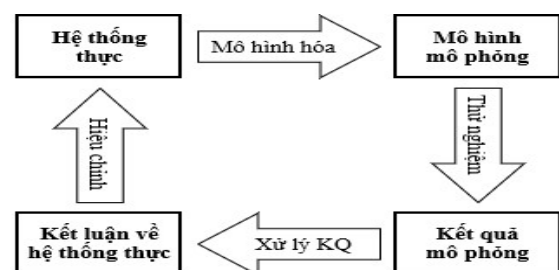
X, Y: Tọa độ của điểm mới

Phương pháp tọa độ 2 chiều như trên được kết hợp thêm phương pháp thực địa nhằm tăng mức độ khả thi của phương pháp.

2.2.2 Phương pháp mô hình hóa mô phỏng Anylogic

Nhóm nghiên cứu xác định vị trí nhà kho trung tâm tối ưu dựa trên phương pháp trọng tâm 2 chiều và thực địa [16, 17] tiếp theo được kết hợp mô phỏng để phân tích và tìm ra phương án tối ưu cho lộ trình thu gom. Trong đó, mô phỏng là quá trình chuyển đổi số từ hệ thống thực thành mô hình động trên hệ thống máy tính sử dụng các mô hình toán học. Giúp tiết kiệm thời gian, chi phí, nguồn lực và tối ưu hiệu suất qua việc đánh giá hệ thống khi thay đổi các tham số.

Việc thực hiện mô phỏng định tuyến cho hệ thống thu hồi sẽ được tiến hành bằng phần mềm Anylogic-GIS. Đây là phần mềm tích hợp giữa mô hình hóa mô phỏng tối ưu và hệ thống thông tin địa lý chi tiết (GIS) để xác định tuyến đường thu hồi tối ưu nhất cũng như xác định hiệu suất sử dụng xe tải phù hợp [18].



Hình 1. Quá trình nghiên cứu bằng phương pháp mô phỏng

Mô phỏng cho phép quan sát các biến động trong hệ thống mà không cần thực hiện thực tế, giúp tiết kiệm thời gian và giảm rủi ro. Kết quả mô phỏng dựa trên nguyên tắc thử và sai từ đó so sánh hiệu quả và tìm được phương án vận hành tối ưu nhất, từ đó đề xuất giải pháp cải thiện hiệu suất hoạt động của nhà kho trước khi triển khai thực tế [19, 20, 22].

Ngoài việc chạy thử nghiệm nhiều tuyến đường, nhóm nghiên cứu còn tiến hành thay đổi số lượng phương tiện vận chuyển và mức tải trọng để đảm bảo hiệu suất cao nhất. Các kịch bản khác nhau với sự thay đổi số phương tiện và số chuyến vận chuyển trong khoảng thời gian nhất định nhằm tối ưu hóa quá trình thu gom.

2.2.3. Tích hợp thùng rác thông minh tăng hiệu quả vận chuyển

Thực tế, thùng rác thông minh trong những năm gần đây đã có nhiều sáng chế cả tại Việt Nam lẫn trên thế giới. Về cách thức hoạt động, thùng rác thông minh được trang bị cảm biến tiệm cận, camera nhận diện, cảm biến từ tính và hệ thống vi mạch được kết nối với internet có tích hợp công nghệ AI [23, 24]. Bằng cách sử dụng cảm biến và camera nhận diện, thùng rác có thể tự phân loại và sẽ dùng máng trượt đưa chúng đến vị trí khay chứa phù hợp. Sau khi vào khay rác sẽ được ép và nén chặt nhằm tiết kiệm diện tích khi thu gom và vận chuyển [23]. Việc này sẽ tạo thuận lợi cho hoạt động tái chế về sau. Bên cạnh đó phân loại hỗ trợ cho hoạt động ép nén phù hợp từng loại nguyên liệu khác nhau tối ưu được lượng sản phẩm thu hồi. Ngoài ra, thùng cũng sẽ thông báo khi nhận thấy rác đầy và báo cáo về trung tâm, giúp chủ động trong việc điều động xe, ước tính được chi phí và lợi nhuận thu hồi vào các thời điểm khác nhau. Từ đó lên kế hoạch và lịch biểu thu hồi phù hợp.

Mô hình thu hồi này sẽ đóng góp vào việc thực hiện các mục tiêu phát triển của thành phố, đồng thời hướng tới phát triển bền vững, giúp giảm tải lượng rác thải nhựa, giấy và kim loại đồng thời cũng thu hồi lại giá trị từ sản

phẩm thải bỏ góp phần thúc đẩy việc phát triển các mô hình kinh tế xanh và tuần hoàn cho thành phố nói riêng và cả nước nói chung.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Thực trạng hoạt động thu hồi rác thải nhựa, giấy và kim loại tại thành phố Cần Thơ

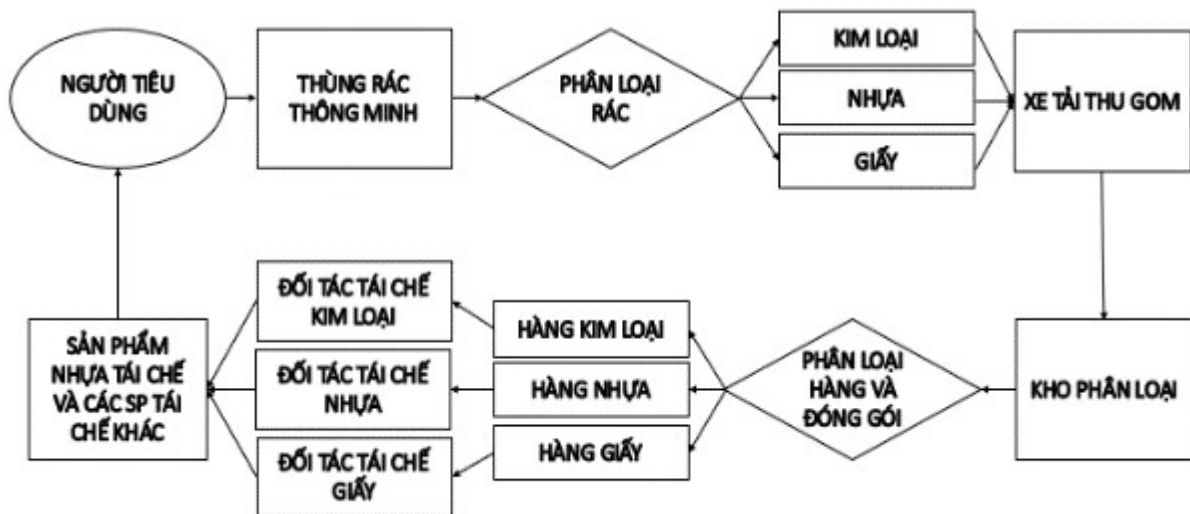
Thành phố Cần Thơ hiện là trung tâm văn hóa, kinh tế trọng yếu của khu vực vùng Đồng bằng sông Cửu Long và là một trong những đô thị có tốc độ đô thị hóa nhanh nhất Việt Nam. Theo Sở Tài nguyên và Môi trường thành phố Cần Thơ, tính riêng trong năm 2023 và 2024, thành phố phát sinh từ 650 đến hơn 700 tấn rác thải sinh hoạt mỗi ngày, trong đó riêng rác thải nhựa, giấy và kim loại phát sinh từ 70 – 175 tấn, chiếm 12 - 15% tổng lượng rác thải. Đây là con số chiếm tỷ trọng vô cùng lớn và tạo áp lực nặng nề cho hệ thống xử lý rác thải truyền thống.

Từ thực trạng rác thải nhựa, giấy và kim loại tại thành phố Cần Thơ, có thể thấy rằng nhu cầu cải thiện hệ thống thu gom và tái chế rác thải là vô cùng cấp thiết. Hiện nay, mặc dù tỷ lệ thu gom rác thải sinh hoạt ở khu vực nội thành khá cao (85 - 90%), nhưng hệ thống xử lý rác thải vẫn còn nhiều hạn chế, đặc biệt là việc chưa phân loại rác tại nguồn và việc lẫn lộn các loại rác thải lẫn nhau gây khó khăn cho việc vận chuyển, tái sản xuất, tái chế và xác định được giá trị thu hồi.

3.2. Cơ sở xây dựng và thiết kế mô hình

3.2.1. Tổng quan mô hình thu hồi rác thải nhựa, giấy và kim loại tại thành phố Cần Thơ

Mô hình được thiết kế theo một quy trình khép kín, giúp tối ưu hóa việc thu gom, phân loại và tái chế. Mô hình xuất phát từ chính người tiêu dùng cho đến khâu tái chế và đưa sản phẩm quay trở lại thị trường. Mô hình này không chỉ giúp giảm thiểu lượng rác thải ra môi trường mà còn thúc đẩy việc tái sử dụng tài nguyên, góp phần xây dựng một nền kinh tế tuần hoàn và phát triển bền vững.



Hình 2. Mô hình trình tự hoạt động thu hồi rác thải nhựa, giấy và kim loại

3.2.2. Đề xuất mô hình

a. Xác định vị trí đặt thùng rác phân loại thông minh

Dữ liệu đầu vào của mô hình được thu thập từ hệ thống bản đồ trực tuyến Google Maps, thông qua công cụ GPS để xác định tọa độ địa lý (kinh độ và vĩ độ) của các điểm thu gom rác thải tại các khu vực khác nhau trên địa bàn Thành phố Cần Thơ. Các tọa độ này sau đó được tích hợp vào phần mềm AnyLogic -GIS làm cơ sở cho quá trình định tuyến, giúp mô hình ánh xạ chính xác vị trí không gian và cấu trúc mạng lưới đường giao thông trong khu vực nghiên cứu.

Nghiên cứu được thực hiện tại trung tâm thành phố Cần Thơ – là nơi tập trung đông dân cư sinh sống và sinh viên từ các tỉnh thành khác trong khu vực đang theo học tại các trường đại học, có hệ thống giao thông thuận lợi và tỷ lệ phát sinh rác thải nhựa, giấy và kim loại lớn. Việc chọn khu vực trung tâm nhằm đảm bảo điều kiện khả thi trong việc thu thập dữ liệu sơ cấp, dễ dàng quan sát và triển khai mô hình thí điểm, đồng thời giúp kiểm chứng tính thực tế và hiệu quả mô phỏng trong giai đoạn đầu. Nghiên cứu định hướng sẽ phát triển và mở rộng tại các khu vực quận/huyện khác trong tương lai sau khi đánh

giá tính hiệu quả trong mô hình thực hiện tại trung tâm thành phố.

Các thùng rác phân loại thông minh sẽ được đặt thí điểm tại chín địa điểm đông đúc như trường học và công viên dựa trên khảo sát thực địa (Bảng 1). Tổng lượng rác theo số liệu khảo sát tại các địa điểm này có thể dao động tối thiểu từ 815 kg/ngày cho tới tối đa 3,25 tấn/ngày.

b. Xác định nhà kho trung tâm

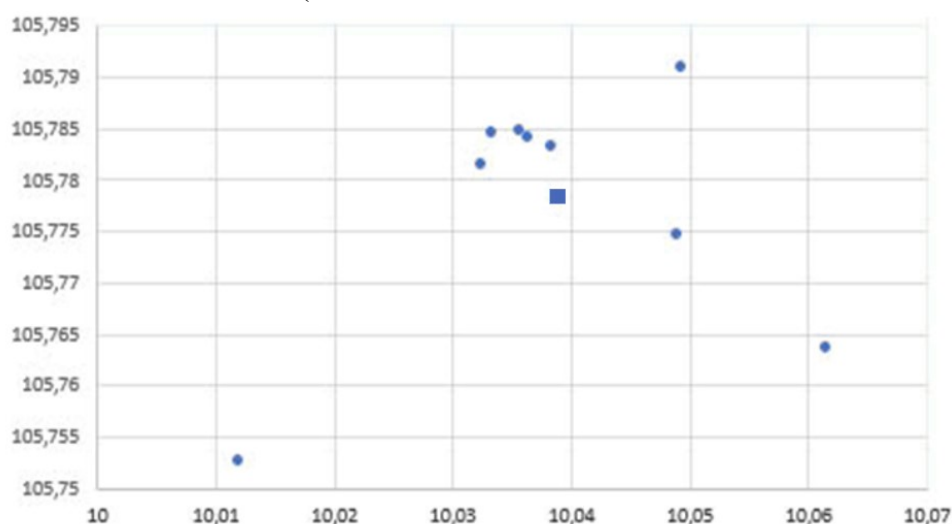
Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả sử dụng phương pháp tọa độ trọng tâm hai chiều để xác định khoảng cách giữa nhà kho và các điểm đặt thùng rác, dựa trên dữ liệu tọa độ GPS thu thập được từ Google Maps. Khoảng cách được tính theo đường thẳng giữa các điểm, giúp đơn giản hóa quá trình thiết lập ban đầu cho mô hình.

Tuy nhiên, để tăng mức độ chính xác của mô hình số hóa với thực tế, phương pháp tọa độ trọng tâm hai chiều này sẽ được kết hợp cùng quan sát thực địa và mô phỏng Anylogic -GIS trong nghiên cứu này. Việc kết hợp dữ liệu không gian với mô phỏng trong AnyLogic cho phép đánh giá và tối ưu hóa vị trí nhà kho, đồng thời nâng cao hiệu quả quản lý và vận chuyển. Nhờ đó, hệ thống thu gom hoạt động hiệu quả hơn, tiết kiệm tài nguyên và góp phần xây dựng mô hình quản lý bền vững. Cụ thể như bảng 1.

Bảng 1. Vị trí tọa độ nhà kho trung tâm và trọng lượng thu hồi ước tính tại mỗi điểm

STT	Tên	Vĩ độ	Kinh độ	Lượng thu hồi tối thiểu (Kg/ngày)	Lượng thu hồi tối đa (Kg/ngày)
1	Công viên Lưu Hữu Phước	10,03239	105,7813349	105	550
2	Công viên Sông Hậu	10,04937	105,79083	120	700
3	Trường trung học phổ thông Châu Văn Liêm	10,03642	105,78408	80	275
4	Trường trung học phổ thông Nguyễn Việt Hồng	10,01194	105,75263	80	275
5	Trường trung học phổ thông Bùi Hữu Nghĩa	10,06152	105,76061	80	275
6	Trường trung học phổ thông Phan Ngọc Hiển	10,03841	105,78321	80	275
7	Trường trung học cơ sở An Hòa 2	10,048917	105,77462	90	300
8	Trường trung học cơ sở Chu Văn An	10,033349	105,78445	90	300
9	Trường trung học cơ sở Đoàn Thị Điểm	10,035698	105,78463	90	300
Vị trí trung tâm		10,0390279	105,7783412		

Sử dụng phương pháp trọng tâm 2 chiều, nghiên cứu đã xác định được vị trí của kho trung tâm ở tọa độ (10,0390279; 105,7783412). Cụ thể được trình bày theo hình dưới đây:

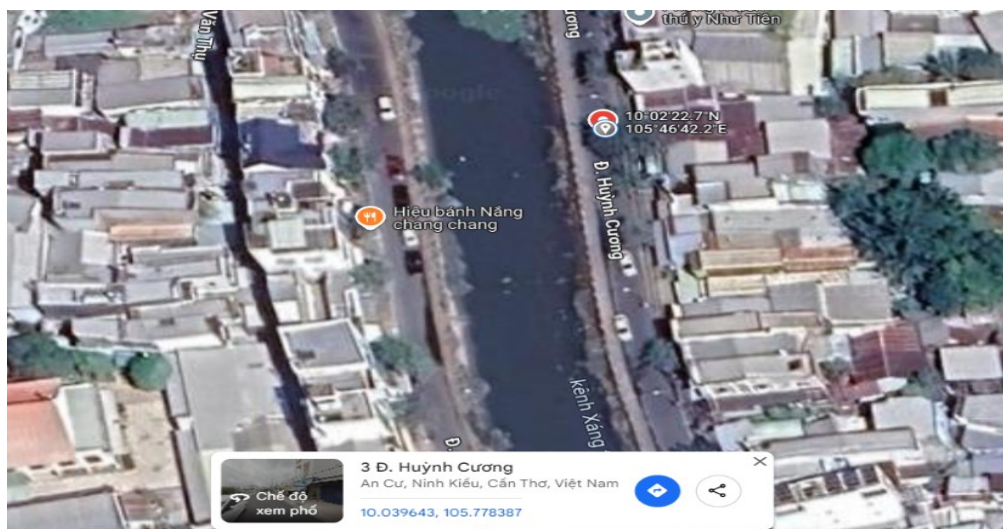
**Hình 3. Vị trí các điểm trên sơ đồ dựa theo tọa độ****Chú thích Hình 3.**

- Vị trí tọa độ các địa điểm đặt thùng rác
- Vị trí tọa độ của nhà kho trung tâm

Thông qua hình 1, nghiên cứu đề xuất đặt nhà kho thu hồi rác thải nhựa, giấy và kim loại tại số 3, đường Huỳnh Cương, phường Ninh Kiều, thành phố Cần Thơ. Đây là địa điểm có tiềm năng cao về mặt khả năng kết nối hạ tầng và tính khả thi trong vận hành. Tọa độ địa lý của vị trí này xác định thông qua Google Maps là 10°02'22.7"N,

105°46'42.2"E (tương ứng 10,039643° vĩ độ Bắc, 105,778387° kinh độ Đông). Cụ thể ở hình 4.

Thông qua thực địa cho thấy tại vị trí tọa độ tối ưu được tính toán là vị trí đất trống và nằm trên hệ thống tuyến đường chính phù hợp và thuận lợi cho việc xây dựng nhà kho trung tâm.



Hình 4. Vị trí xây dựng nhà kho thu hồi trên bản đồ

3.2.3 Mô phỏng mô hình bằng Anylogic và kiểm chứng tối ưu

Lượng rác thải dự kiến phải thu gom sẽ giao động từ 815 kg/ngày cho tới 3,25 tấn/ngày. Mỗi vị trí sẽ được đặt các thùng chứa rác ứng với sức chứa tối đa ở mỗi vị trí (bảng 1). Xe với trọng tải 3,5 tấn được đề xuất là phương tiện chính để vận chuyển lượng hàng thu hồi cũng là phương tiện chuyên chở tổng lượng hàng thu hồi tới các nhà máy tái chế hay tái sản xuất phù hợp. Do các địa điểm thu hồi chủ yếu nằm trong khu vực nội ô nên cần lưu ý khung giờ giới hạn cho xe tải trọng tải di chuyển, lưu ý cần tránh giờ cao điểm với mật độ phương tiện lưu. Trong mô phỏng, giả thuyết tốc độ vận chuyển cố định, mỗi chuyến vận chuyển hàng thu hồi cần phải vận chuyển qua tất cả 9 địa điểm đặt thùng rác thu hồi về nơi tập kết.

Xác định quãng đường thu hồi tối ưu dựa vào mô phỏng

Hàm mục tiêu của mô hình là tối thiểu hóa tổng quãng đường vận chuyển nhằm giảm chi phí cũng như giảm tải trong hoạt động vận chuyển. Trong quá trình xây dựng mô hình thu gom rác thải, phần mềm AnyLogic-GIS được ứng dụng để mô phỏng và xác định tuyến đường vận chuyển tối ưu. Cụ thể, nhóm nghiên cứu sử dụng chức năng “Routing method” và lựa chọn chế độ “Fastest”, cho phép tự động xác định lộ trình ngắn nhất theo bản đồ giữa các điểm thu gom dựa trên khoảng cách địa lý và mạng lưới giao thông thực tế. Chế độ giúp tối ưu và giảm thiểu quãng đường di chuyển, giúp tiết kiệm nhiên liệu và thời gian. Nguyên tắc của định tuyến tối ưu của phần mềm là phương pháp thử và sai. Cụ thể, các kịch bản với số điểm thu gom, trình tự di chuyển và số phương tiện khác nhau được thử nghiệm để đánh giá.

Việc kết hợp giữa thuật toán định tuyến tự động, phương pháp trọng tâm 2 chiều và

phương pháp thực địa giúp hiệu chỉnh mô hình linh hoạt, đảm bảo đầu ra phù hợp với điều kiện thực tế của địa phương, đồng thời nâng cao độ tin cậy của mô phỏng. Kết quả

các tuyến đường thu gom tối ưu sau quá trình mô phỏng và hiệu chỉnh được trình bày cụ thể tại Bảng 2.

Bảng 2. Lộ trình thu gom rác thải nhựa, giấy và kim loại

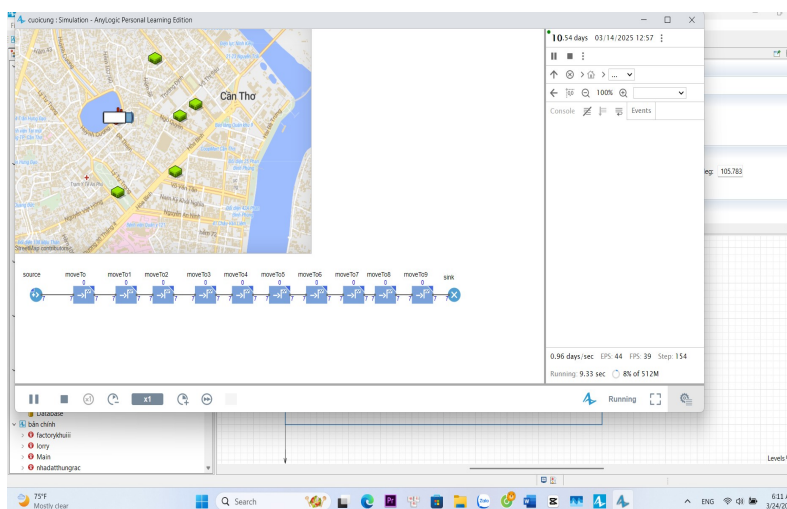
STT	Tên địa điểm	Khoảng cách
1	Nhà kho trung tâm	
2	Trung học Cơ sở An Hòa 2	1,7 km
3	Trung học Phổ Thông Bùi Hữu Nghĩa	2 km
4	Trung học Phổ thông Phan Ngọc Hiến	3,6 km
5	Trung học Phổ thông Đoàn Thị Điểm	500 m
6	Công viên Sông Hậu	2,4 km
7	Công viên Lưu Hữu Phước	3,2 km
8	Trung học Cơ sở Chu Văn An	400 m
9	Trung học Phổ thông Châu Văn Liêm	500 m
10	Trung học Phổ thông Nguyễn Việt Hồng	6,1 km
11	Nhà kho trung tâm	5,5 km
Tổng quãng đường		25,9 km

Từ kết quả mô phỏng AnyLogic và phân tích dữ liệu thực tế, tuyến đường thu gom tối ưu được xác định theo thứ tự từ vị trí 1 đến 11 với tổng chiều dài ngắn nhất là 25,9 km. Tần suất thu gom là một lần mỗi ngày, khung giờ vận chuyển sẽ là rạng sáng hoặc tối muộn nhằm tránh ảnh hưởng tới dân cư, phù hợp với năng lực vận chuyển của phương tiện và giúp tránh tồn đọng rác thải, giảm áp lực lên các điểm lưu trữ. Ngoài ra, khi thùng rác đầy (về thể tích và trọng lượng) cảm biến để đo lường

và gửi thông tin về cho trung tâm để tiến hành điều phối xe đến thu gom tại các điểm.

3.2.4. Xác định thời gian thực chạy trong mô hình

Áp dụng phương pháp thử nghiệm mô hình, Anylogic mô phỏng chạy dựa trên thời gian thực và các dữ liệu sẽ đảm bảo bám sát với thực tế nếu không kể đến các yếu tố biến động khác. Cụ thể như hình 5.



Hình 5. Mô hình được mô phỏng theo thời gian thực

Trong nghiên cứu này, tính năng “Optimization” của phần mềm AnyLogic được ứng dụng nhằm xác định số lượng phương tiện vận tải tối ưu, qua đó nâng cao hiệu quả vận hành hệ thống. Khoảng thời gian mô phỏng được lựa chọn là một tháng – đủ dài để phản ánh chính xác tần suất thu gom, khối lượng rác thải phát sinh, mức tiêu thụ nhiên liệu và hiệu suất hoạt động thực tế của các phương tiện.

Sau khi xác định được vị trí vận chuyển và tuyến đường tối ưu theo kết quả được đề cập ở trên. Giả sử rằng các thông số như tốc độ không đổi, tuyến đường vận tải tối ưu theo bản đồ, thiết lập thời gian quan sát kéo dài cố định là 30 ngày. Khi đó biến số là lượng xe trong hệ thống mô phỏng sẽ thay đổi từ $1 \leq n \leq 5$ xe được thử nghiệm nhằm kiểm tra hiệu suất vận hành tối ưu.

Hiệu suất mô hình được đánh giá dựa trên hai yếu tố chính: tổng khối lượng rác thải nhựa, giấy và kim loại được thu hồi và tổng khoảng cách vận chuyển. Kết quả mô phỏng

được đo lường thông qua giá trị mục tiêu đầu ra, với ngưỡng hiệu quả được xác định từ 85% trở lên. Đối với trường hợp lần lượt sử dụng xe 2,3,4 thì hiệu quả gần như không thay đổi nhiều so với hiệu suất khi sử dụng 1 xe, dao động trong khoảng từ trên 85 và 89 % chấp nhận. Tuy nhiên trường hợp sử dụng 5 xe thì hiệu suất giảm đột ngột dưới mức chấp nhận là 75% <85%. Khi so sánh hai kịch bản, sử dụng 1 xe tải và 5 xe tải, mô hình cho thấy kịch bản sử dụng 1 xe tải và 5 xe cho thấy sự chênh lệch giữa hai thái cực tối thiểu hóa đạt hiệu suất và dư thừa phương tiện quá mức (hình 6).

Kết quả mô phỏng cho thấy phương án sử dụng 01 xe tải là tối ưu về chi phí, với mức sử dụng công suất đạt 88,5%. Việc tăng thêm phương tiện không cải thiện hiệu suất mà còn làm tăng chi phí vận hành do phân tán tuyến đường. Việc xác định đúng tuyến đường và số lượng phương tiện giúp hệ thống thu gom vận hành hiệu quả, tiết kiệm chi phí và giảm thiểu tác động đến môi trường.

A

cuoicung : Optimization 1		
	Current	Best
Iterations completed:	1	1
Objective:	0.885	0.885
Parameters		Copy best
numbertruck	1	1

B

cuoicung : Optimization 1		
	Current	Best
Iterations completed:	5	5
Objective:	0.75	0.75
Parameters		Copy best
numbertruck	5	1

Hình 6. Hiệu suất mô hình khi sử dụng A: 1 xe và B: 5 xe

Sự kém hiệu quả phương án 5 xe có thể giải thích bởi hiện tượng phân tán nguồn lực và gia tăng khoảng cách không cần thiết. Khi số phương tiện tăng, hệ thống phải phân bổ tuyến đường cho từng xe, dẫn đến chong chéo, tăng quãng đường di chuyển và thời gian chờ. Ngoài ra, trong điều kiện lượng rác thải không thay đổi, việc sử dụng nhiều xe

đồng thời có thể làm giảm hiệu suất vận hành tính trên mỗi phương tiện, gây lãng phí và tăng chi phí vận hành.

4. KẾT LUẬN

Hiện nay, nước ta đang đặc biệt quan tâm đến việc thu hồi rác thải và bảo vệ môi trường. Nhưng các mô hình thu hồi truyền

thống vẫn chưa thực sự tối ưu dẫn đến việc quản lý nguồn rác thải chưa hiệu quả và chưa đảm bảo nguồn cung cho các đơn vị tái chế. Nghiên cứu đã cơ bản xác định được các thông số và thành công xây dựng được hệ thống thu hồi hàng hóa tối ưu dựa trên phương pháp tích hợp giữa phương pháp tọa độ 2 chiều kết hợp thực nghiệm để đề xuất được tuyến đường và xác định được các thông số kỹ thuật và kiểm chứng được tính tối ưu về quãng đường và chi phí dựa trên phương pháp thử và sai của phần mềm mô phỏng Anylogic-GIS chuyên dụng. Mặc dù vậy, nghiên cứu vẫn còn tồn tại một số điểm yếu thừa hưởng từ bản chất của phương pháp mô phỏng là gần đúng so với hệ thống thực tế ứng. Các yếu tố khách quan tác động như thời tiết, mật độ giao thông, chất lượng cơ sở cấu trúc hạ tầng... vẫn chưa được đề cập vì vậy mô hình cần phải triển khai xây dựng hệ thống thực và hiệu chỉnh cải tiến dựa thực tế để có thể hoàn thiện hệ thống thu gom.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] A. Antonov. Simulation of multimodal transport with anylogic: simulation of multimodal transport with anylogic. *Journal scientific and applied research*. 2020; 19(1): 33-38.
- [2] Á. Nagy, R. Kuti. The environmental impact of plastic waste incineration. *AARMS—Academic and Applied Research in Military and Public Management Science*. 2016; 15(3): 231-237.
- [3] B. Duong. Addressing the plastic waste crisis in Vietnam: enhancing public capability, policy interventions, and sustainability motivation. *Environmental Research and Policy Journal*. 2023.
- [4] B. Konakoglu, L. Cakır, and E. Gökalp. 2D coordinate transformation using artificial neural networks. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 2016; 42:183-186.
- [5] C. Li, X. Zheng, X. Cao. The method and application of importing GIS data to AnyLogic. *19th International Conference on Geoinformatics*. 2011; IEEE: 1-4.
- [6] D. Krajzewicz. Traffic simulation with SUMO—simulation of urban mobility. *Fundamentals of traffic simulation*. 2010; 269-293.
- [7] H. Alhazmi, F. H. Almansour, Z. Aldhafeeri. Plastic waste management: A review of existing life cycle assessment studies. *Sustainability*. 2021; 13(10): 5340.
- [8] I. M. Badwi, H. M. Ellaithy, H. E. Youssef. 3D-GIS parametric modelling for virtual urban simulation using CityEngine. *Annals of GIS*. 2022; 28(3): 325-341.
- [9] J. Hourdakakis, P. G. Michalopoulos, and J. Kottommanni. Practical procedure for calibrating microscopic traffic simulation models. *Transportation research record*. 2003; 1852(1): 130-139.
- [10] J. P. Gagliardi, J. Renaud, and A. Ruiz. A simulation model to improve warehouse operations. *Winter Simulation Conference*. 2007; IEEE: 2012-2018.
- [11] J. Quaas et al. Robust evidence for reversal of the trend in aerosol effective climate forcing. *Atmospheric Chemistry and Physics*. 2022; 22(18): 12221-12239.
- [12] L. A. Tuấn. Mô phỏng hệ gián đoạn và phương pháp triển khai thực tế áp dụng cho các hệ thống sản xuất và dịch vụ. *Tạp chí Công nghiệp*. 2012; 1: 24–27.
- [13] M. E. Mahmoud and A. Victor. A Simulation Modelling Approach for Analysing Logistics Processes in the port of Gävle; 2019.
- [14] M. J. Iqbal et al. Determination of realistic facility location in Bangladesh by using center of gravity method, *European Journal of Engineering and Technology Research*. 2023; 8(2): 83-92.
- [15] M. Kendra, J. Lalinská, and J. Amaj. Optimization of transport and logistic

+3(3): 143-150.

[16] M. Tee and C. Sy. A Simulation Model to Analyze the Efficacy of Plastic Waste Management Policies. *Chemical Engineering Transactions*. 2023; 103:1-6.

[17] N. Bounadi, S. R. Boussalia, and A. Bellaouar. Optimizing Algerian Company's Delivery Fleet with Agent Based Model in Anylogic. *Transport and Telecommunication*. 2023; 24(4): 434-442.

[18] S. Kim and S. Kim. Hybrid simulation framework for the production management of an ethanol biorefinery. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2022; 155:111911.

[19] S. M. Zahraee, S. R. Golroudbary, A. Hashemi, J. Afshar, and M. Haghghi. Simulation of manufacturing production line based on Arena. *Advanced Materials Research*. 2014; 93(3): 744-748.

[20] Y. Huang, A. Madamanchi, T. Karabiyik, and A. J. Magana. An Agent-Based Modeling Approach for Informing the US

Plastic Waste Management Process. *Proc. 13th Int. Conf. Adv. Syst. Simulation*; 2021.

[21] Y. Matsui, L. H. Son, D. T. T. Trang, N. H. Dang, T. V. C. Mai, and N. P. Thanh. An estimation of solid waste generation and recycling potential at food and beverage service sectors: A case study in Hue, Vietnam. *Journal of Environmental and Social Sciences*. 2018; 5(1):133.

[22] Y. Wang and A. Chen. Production logistics simulation and optimization of industrial enterprise based on Flexsim. *International Journal of Simulation Modelling*. 2016; 15(4): 732-741.

[23] Tiên, N. V., Nhân, T. Đ. Chuyển đổi số trong quản lý chất thải qua một số mô hình trên thế giới, cơ hội và thách thức. *Tạp chí pháp luật và thực tiễn*. 2024; 60:145-156.

[24] Hoàng, Đình Trần Việt, Trần Nho Quyết, Nguyễn Thị Thanh Hiền. Các yếu tố ảnh hưởng đến hành vi phân loại rác thải sinh hoạt rắn của người dân-AI giải pháp phân loại rác đầu nguồn. *Tạp chí khoa học và công nghệ lâm nghiệp*. 2022; 2:116-126.

DESIGNING A REVERSE LOGISTICS MODEL: A CASE STUDY OF PLASTIC, PAPER, AND METAL WASTE COLLECTION IN CAN THO CITY

ABSTRACT

This study focuses on developing a recovery chain model for plastic, paper, and metal waste, determining the location of a central warehouse, and applying simulation through AnyLogic-GIS software in the recovery process. Identifying appropriate collection volumes, optimizing transportation routes, and determining the required number of transport vehicles are essential to enhance the efficiency and performance of the recovery operations. The research methodology is implemented using a multi-method approach, including data collection, field observation, and non-experimental research. Unlike traditional models that focus on individual stages, this study constructs a unified and closed-loop recovery chain from collection to recycling. It integrates operational simulation software and smart waste bins to analyze and optimize the collection process, effectively utilize the supply of plastic, paper, and metal waste, and ensure sustainability in recovery activities.

Keywords: *Plastic waste, reverse logistics, simulation, waste recovery warehouse*