

PHÁT TRIỂN THUẬT TOÁN CHÓ RỪNG VẄN HÔNG ĐỂ TỐI ƯU HÓA QUÁ TRÌNH VẬN CHUYỂN VÀ GIẢM Ô NHIỄM KHÍ THẢI CO₂ TRONG CÔNG NGHIỆP VÀ DÂN DỤNG

Phạm Vũ Hồng Sơn^{a,b,*}, Trần Trọng Khôi^{a,b}

^aKhoa Kỹ thuật Xây dựng, Trường Đại học Bách Khoa TP. Hồ Chí Minh,
268 đường Lý Thường Kiệt, quận 10, TP. Hồ Chí Minh, Việt Nam

^bĐại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh, phường Linh Trung, quận Thủ Đức, TP. Hồ Chí Minh, Việt Nam

Nhận ngày 27/01/2021, Sửa xong 04/05/2021, Chấp nhận đăng 06/05/2021

Tóm tắt

Quá trình điều phối hoạt động cung cấp hàng hóa để đạt yêu cầu và hiệu quả là một yêu cầu khó trong quản lý chuỗi cung ứng. Những sự thay đổi liên tục trong quá trình vận chuyển và yêu cầu cao về lượng khí thải ra môi trường là những thách thức không nhỏ cho các nhà phân phối. Nghiên cứu phát triển một thuật toán mới, lấy cảm hứng từ quá trình săn mồi của loài chó rừng vằn hông (Side-striped jackal) để tạo ra thuật toán tìm kiếm hiệu quả hơn so với các thuật toán cũ. Nghiên cứu sử dụng dụng mô phỏng sự kiện rời rạc (DES) và đưa ra các sự cố giả định để giải quyết bài toán tối ưu hóa đa mục tiêu với kì vọng chọn được phương án có tổng thời gian chờ và quãng đường di chuyển là tối ưu nhất. Kết quả được so sánh với các thuật toán cũ cho thấy tính nổi trội của thuật toán đề xuất khi đưa ra được các phương án kinh tế hơn và ít khí thải khí CO₂ ra môi trường hơn. Nghiên cứu còn giải quyết được vấn đề thay đổi lộ trình đi khi xét đến các điều kiện thực tế. Qua đó, thuật toán mới giúp cho quá trình quản lý vận chuyển hàng hóa chủ động hơn và giảm thiểu phát sinh chi phí khi có những điều kiện bất lợi không mong muốn xảy ra.

Từ khoá: tối ưu hóa chó rừng vằn hông; SSJ; hiệu ứng nhà kính; tối ưu hóa quá trình vận chuyển; thuật toán tối ưu bầy đàn.

DEVELOPMENT OF SIDE-STRIPED JACKAL ALGORITHM FOR OPTIMIZING TRANSPORTATION AND REDUCING CO₂ EMISSION POLLUTION IN CIVIL INDUSTRY

Abstract

It is a challenge for managing and allocating goods effectively in supply chain management. The fluctuation of transportation methods as well as high demand on environment emission are always being a challenge for distributors. This study develops a novel algorithm, mimic the side-striped jackal's hunting strategy to create a more efficient search algorithm than the conventional research. The study utilizes discrete event simulation (DES) and provides hypothetical crashes to solve the multi-objective optimization problem with an expectation of a rational total waiting time and traveled distance. The result has been validated with the aforementioned algorithms, showing the superiority of the proposed algorithm by achieving lower cost and less CO₂ emissions into the environment. This paper also provides a solution for changing the route which is much more realistic situation. Thereby, the logistic management can be more proactive for managing the goods' delivery as well as reduce risk given by unexpected events.

Keywords: side-striped jackal optimization; SSJ; lessen greenhouse gases; freight coordination optimization; particle swarm optimization.

[https://doi.org/10.31814/stce.nuce2021-15\(2V\)-08](https://doi.org/10.31814/stce.nuce2021-15(2V)-08) © 2021 Trường Đại học Xây dựng (NUCE)

*Tác giả đại diện. Địa chỉ e-mail: pvhson@hcmut.edu.vn (Sơn, P. V. H.)

1. Giới thiệu

Ngày nay, nhu cầu vận chuyển hàng hóa ngày càng phát triển để phục vụ nhu cầu của xã hội. Qua đó, khí thải từ các phương tiện trong quá trình vận chuyển cũng tăng lên và ảnh hưởng đến môi trường sống và sức khỏe con người. Ngoài ra, quá trình vận chuyển tiêu thụ nhiều nguyên liệu hóa thạch gây cạn kiệt tài nguyên. Các nhà khoa học đã đưa ra các phương án như: chuyển sang dùng xe điện hoặc nghiên cứu nhiên liệu sạch. Tuy nhiên, các phương án này cần có nhiều thời gian chuẩn bị và chi phí đầu tư rất lớn.

Bên cạnh đó, xuất hiện các nghiên cứu sử dụng thuật toán tối ưu để giải quyết vấn đề như mô phỏng rời rạc để giải các bài toán định tuyến và luồng vật liệu trong các dự án xây dựng [1], tối ưu hóa hoạt động của nhà máy bê tông bằng cách kết hợp công cụ mô phỏng sản xuất bê tông trộn sẵn (RMC) với quy trình tối ưu hóa dựa trên thuật toán di truyền [2–5], đưa ra mô phỏng cho thấy rằng cơ chế điều phối được đề xuất cải thiện hiệu suất chuỗi cung ứng, khi so sánh với một cách tiếp cận quá trình quản lý khác, trong đó cả hai đối tượng đều được tối ưu hóa bằng cách sử dụng phương pháp lai kết hợp meta-heuristics với xây dựng heuristics.

Các nghiên cứu trước đây chủ yếu tập trung vào việc điều phối giao hàng, trước khi quá trình giao hàng diễn ra. Các nhà nghiên cứu xem sự cố như một yếu tố ngẫu nhiên trong một phương án nào đó, vì vậy việc so sánh giữa các phương án kém chính xác. Khi sự cố xảy ra, nhà phân phối không có công cụ hỗ trợ để thay đổi lịch trình cho phù hợp. Nghiên cứu này tìm cách tiếp cận vấn đề một cách đơn giản hơn trong việc áp dụng. Nghiên cứu này tập trung vào việc điều phối trong quá trình vận chuyển và điều chỉnh phương án cho các phương tiện, khi kế hoạch có sự thay đổi. Việc đó giúp quá trình vận chuyển rút ngắn thời gian và tiết kiệm nguyên liệu, giảm xả thải khí CO₂ ra môi trường. Nghiên cứu phát triển một thuật toán mới là thuật toán tối ưu chó rừng vằn hồng (SSJ), bằng cách quan sát chiến thuật săn mồi của loài chó rừng. Nó hỗ trợ con người tìm ra phương án vận chuyển, đảm bảo thời gian di chuyển và quãng đường tốt nhất. Trong nhiều thập kỷ gần đây, người ta quan tâm nhiều đến giao thông vận tải vì nó góp phần cho việc thải CO₂ – một trong các khí nhà kính nguy hiểm cho môi trường. Trên toàn thế giới khoảng 15% CO₂ trong không khí là do các phương tiện giao thông vận tải thải ra. CO₂ là một chất gây ngạt. Bình thường tỷ lệ CO₂ trong không khí từ 0,3 – 0,4%. Chính vì vậy, việc giảm tải quá trình hoạt động vận chuyển giao thông góp phần không nhỏ cho việc giảm lượng khí thải CO₂ do các phương tiện gây ra.

Thuật toán tối ưu đã được đầu tư nghiên cứu và tạo ra nhiều thuật toán mới, qua quá trình quan sát và mô tả hoạt động của các loài vật săn mồi trong tự nhiên. Các thuật toán đã được biết đến bao gồm [6–11] được xem là các thuật toán điển hình. Các thuật toán ra đời giúp giới khoa học tìm ra lời giải trong các bài toán tối ưu, đặc biệt là trong các vấn đề tối ưu cục bộ hay tối ưu toàn cục và được áp dụng khá phổ biến ở Việt Nam trong những năm gần đây [12, 13].

Vấn đề về phân công và vận chuyển trở thành chủ đề nhắm đến của các thuật toán, chúng được quan tâm nhiều nhất trong các năm qua [14–16]. Có nhiều nghiên cứu về việc tối ưu hóa đa mục tiêu chi phí vận chuyển và thời gian vận chuyển như [17–19]. Tuy nhiên, các nghiên cứu trước đây vẫn còn nhiều hạn chế như các giả định và môi trường làm việc không thực tế, thiếu ràng buộc chặt chẽ, thời gian tính toán quá dài [20], sau đó có những cải tiến khá hiệu quả trong cách tiếp cận mục tiêu và đưa ra các phương pháp mới hiệu quả hơn [21, 22].

Trong các nghiên cứu trước, tác giả chưa quan tâm đến sự thay đổi liên tục của mật độ giao thông, nên các bài toán đưa ra phương án phân phối ban đầu có thể rất tốt, nhưng khi xảy ra một sự thay đổi trong quá trình vận chuyển thì bài toán không còn đúng với thực tế, thậm chí không thể tiếp tục theo phương án đã đưa ra. Việc xét đến mật độ giao thông luôn thay đổi là điều hết sức cần thiết trong một bài toán tối ưu hóa vận chuyển. Đối với nghiên cứu tối ưu hóa quá tuyến đường giao hàng không nên

chỉ xét một trong các yếu tố thời gian di chuyển hoặc quãng đường di chuyển. Vì thời gian di chuyển và quãng đường đều có ảnh hưởng đến các vấn đề chi phí giao hàng và tiến độ hàng. Việc lựa chọn phương án cần xét đến cả 2 yếu tố đó để đảm bảo đạt yêu cầu giao hàng và tổn chi phí thấp nhất.

Trong nghiên cứu này, thuật toán chó rừng vằn hồng được kết hợp với mô phỏng sự kiện để mô tả quá trình phân phối bê tông, các điều kiện về giao thông được mô tả dưới dạng ma trận thay đổi liên tục để mô tả về một trật tự giao thông thực tế luôn có sự thay đổi. Trong các giai đoạn phát triển của thuật toán tối ưu, kết quả ngày càng tốt hơn, là do các nhà nghiên cứu đã đúc kết kinh nghiệm từ các nghiên cứu trước, để tìm đối tượng nghiên cứu mới, chỉnh sửa khắc phục để kết quả tính toán trở nên vượt trội.

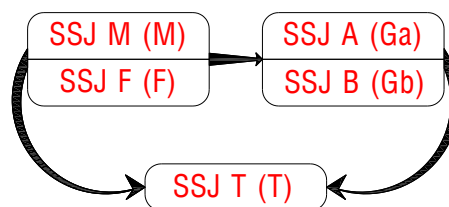
2. Phương pháp luận

Chó rừng vằn hồng là kẻ săn mồi thông minh và nguy hiểm. Tại công viên Sabi, các nhà sinh vật học quan sát được chúng thường đi theo từng nhóm 3-10 con. Chúng được quản lý bởi cặp chó đầu đàn. Những con cái mang thai có thể sinh 3-6 con và được chăm sóc, bảo vệ bởi chó trưởng thành. Chúng có những hoạt động mang tính xã hội rất cao, thể hiện trong các hoạt động đi săn, phân chia thức ăn, bảo vệ con non, ... Chúng thường xuyên giao tiếp nhau bằng tiếng sủa hoặc các hành động.

Trong tổ chức một đàn chó thường có một cặp đầu đàn gồm con đực đầu đàn Male (M) và con cái đầu đàn Female (F), chúng có trách nhiệm quản lý hoạt động cả đàn chó. Ngoài hai cá thể đầu đàn là (M) và (F), bầy chó còn có các thành viên chuyên tìm kiếm con mồi (Ga) và (Gb). Chúng phối hợp cùng với cặp chó đầu đàn tham gia quá trình tìm kiếm con mồi, đưa đánh giá khả năng tấn công con mồi và hỗ trợ chó đầu đàn điều khiển các cá thể khác.

Bên cạnh những cá thể nổi trội (M), (F), (Ga) và (Gb) còn có những cá thể kém hơn là (T). Cá thể (T) cũng trực tiếp tham gia vào quá trình săn mồi, chúng được hướng dẫn và quản lý bởi các cá thể nổi trội trong quá trình săn mồi. Các cá thể này hoàn thiện và tiến bộ theo thời gian, đôi khi có những cá thể tiến bộ vượt trội và thay thế (Ga), (Gb) hoặc thậm chí là thay thế (M) hoặc (F).

Con mồi của chó rừng vằn hồng thường có kích thước nhỏ, di chuyển nhanh như thỏ, chuột. Nhưng đôi khi chúng cũng tấn công các loài thú lớn và khá nguy hiểm. Tùy vào kích thước, tốc độ, thói quen của con mồi chúng có nhiều chiến thuật săn mồi. Trong đó có những hoạt động săn mồi chính như: Tìm kiếm, đánh giá và biểu quyết, bao vây, tấn công con mồi.



Hình 1. Sơ đồ tổ chức bầy chó rừng vằn hồng



Hình 2. Đàn chó rừng tấn công hươu [23]



Hình 3. Đàn chó chia nhau con mồi [24]



Hình 4. Chó rừng tấn công chim [24]

Mô hình toán học: trong phần này, nghiên cứu sẽ mô phỏng các hoạt động bao gồm theo dõi, bao vây và tấn công con mồi. Sau đó, đề xuất thuật toán SSJ.

Hệ thống phân cấp xã hội: Trong thuật toán tối ưu, các phương án tìm được giống một con chó trong đàn, và các các phương án này được đánh giá, chấm điểm dựa trên các tiêu chí tối ưu đặt ra. Cuối cùng ta có một danh sách các phương án theo mức độ từ tốt giảm dần. Giá trị của phương án thể hiện đẳng cấp của con chó mà phương án mô phỏng. Giá trị tốt nhất là (M), các giải pháp tốt sau đó lần lượt là (F), (Ga), (Gb) và cuối cùng là các giải pháp (T). Các phương án (M), (F), (Ga), (Gb) đóng vai trò là phương án điều hướng cho các các phương án (T) thay đổi.

Bao vây con mồi: Hoạt động bao vây con mồi được hiểu như việc bao vây khu vực tìm kiếm có đáp án tiềm năng. Khi mô phỏng toán học, chúng tôi sử dụng các phương trình dưới đây, với biến t thể hiện quá trình lặp.

$$\vec{A} = \left| \vec{D}(t) - B \cdot \vec{D}_p(t) \right| \quad (1)$$

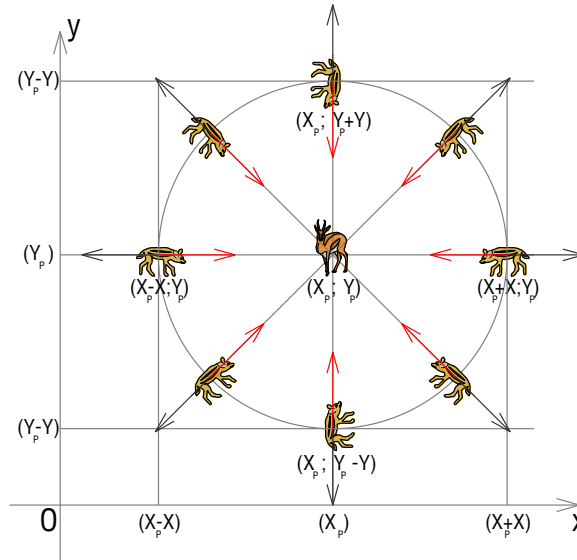
$$\vec{D}(t+1) = \vec{D}_p(t) - \vec{A} \cdot K \quad (2)$$

trong đó $\vec{A}$ là véc tơ định hướng tìm kiếm con mồi, được cập nhật dựa trên $\vec{B}$ và $\vec{D}$ lần lượt thể hiện vị trí của con mồi và vị trí chó rừng, biến t thể hiện vòng lặp của thuật toán. Hệ số K và B được tính như sau:

$$K = r_1 - 2 \cdot a \cdot r_2 \quad (3)$$

$$B = 2 \cdot r_3 \quad (4)$$

Qua mỗi vòng lặp, phương trình sẽ cập nhật biến a , độ lớn giảm xuống từ 1 xuống 0. Các biến r_1, r_2, r_3 là các giá trị ngẫu nhiên trong phạm vi $[0; 1]$, trong quá trình tìm kiếm. Chúng đặc biệt có ý nghĩa trong việc hạn chế hội tụ cục bộ trong quá trình tối ưu. Như được chỉ ra ở Hình 5, xem xét ma trận 2 chiều, các $(\vec{X}; \vec{Y})$ mô phỏng vị trí của các con chó rừng và véc tơ $(\vec{X}^*, \vec{Y}^*)$ thể hiện vị trí con mồi cần bao vây.



Hình 5. Mô hình tổ chức bao vây

Nghiên cứu sử dụng các hệ số B và K để điều chỉnh vị trí tìm kiếm của các con chó rừng. Trong phương trình thể hiện các biến này có giá trị ngẫu nhiên, cho phép những con chó quyết định sẽ tấn

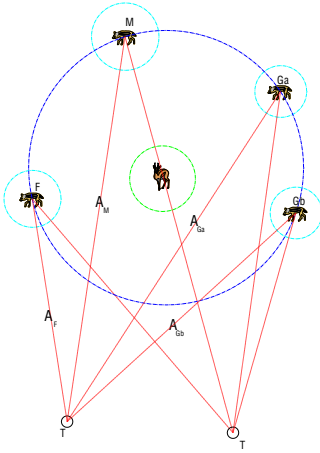
công hoặc từ bỏ. Từ ma trận 2 chiều, thuật toán có thể mở rộng tìm kiếm trong không gian n chiều để tìm kiếm và bao vây con mồi.

$$\begin{aligned}\vec{A}_M &= \left| \vec{D}_1 - B_1 \cdot \vec{D}_M \right|; & \vec{A}_F &= \left| \vec{D}_2 - B_2 \cdot \vec{D}_F \right| \\ \vec{A}_{Ga} &= \left| \vec{D}_3 - B_3 \cdot \vec{D}_{Ga} \right|; & \vec{A}_{Gb} &= \left| \vec{D}_4 - B_4 \cdot \vec{D}_{Gb} \right|\end{aligned}\quad (5)$$

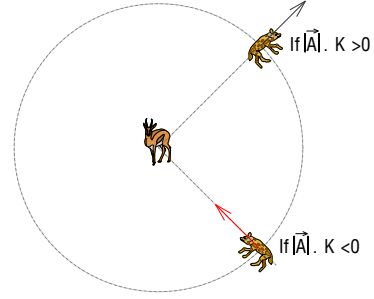
$$\begin{aligned}\vec{D}_1 &= \left| \vec{D}_W - \vec{A}_W \cdot K_1 \right|; & \vec{D}_2 &= \left| \vec{D}_F - \vec{A}_F \cdot K_2 \right| \\ \vec{D}_3 &= \left| \vec{D}_{Ga} - \vec{A}_{Ga} \cdot K_2 \right|; & \vec{D}_4 &= \left| \vec{D}_{Gb} - \vec{A}_{Gb} \cdot K_4 \right|\end{aligned}\quad (6)$$

$$\vec{D}_{(t+1)} = \frac{\vec{D}_1 + \vec{D}_2 + \vec{D}_3 + \vec{D}_4}{4} \quad (7)$$

trong đó các véc tơ $\vec{A}$ có vai trò là véc tơ định hướng con mồi, chúng ta có 4 véc tơ $\vec{A}$ dành cho 4 đối tượng tìm kiếm tối ưu trong thuật toán. Tương tự, véc tơ $\vec{D}$ thể hiện sự cập nhật vị trí của các con chó, chúng ta có 5 véc tơ $\vec{D}$ tương ứng với 4 đối tượng dẫn đường chính và một véc tơ dành cho cá thể kém là chó (T) sẽ cập nhật theo 4 véc tơ còn lại.



Hình 6. Mô hình tổ chức săn bắt



Hình 7. Lựa chọn tấn công hoặc bỏ qua

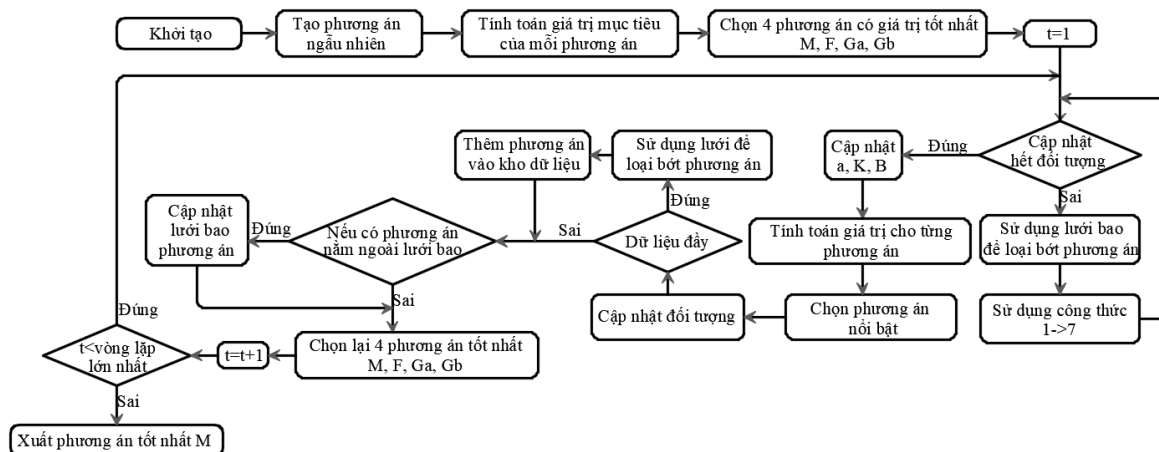
Như được chỉ ra ở Hình 6, mô phỏng quá trình các con chó rừng ưu tú hướng dẫn các chó rừng (T) di chuyển đến vị trí con mồi. Những con chó rừng ưu tú dựa vào kinh nghiệm săn mồi có thể chọn được các vị trí tốt để bao vây con mồi và hướng cả đàn tập trung lại.

Bỏ phiếu tấn công: Trong quá trình nghiên cứu loài chó rừng, các nhà sinh vật học phát hiện hành vi biểu quyết tấn công con mồi bằng hành động cơ thể. Vì vậy, khi mà bầy chó phát hiện con mồi, chúng vẫn có thể từ bỏ, nếu đa số các cá thể chó rừng không đồng ý. Như được chỉ ra ở Hình 7, khi mô phỏng toán học, quá trình biểu quyết được chuyển thành một biến chứa giá trị ngẫu nhiên, biên độ dao động giá trị này giảm dần từ 2 đến 1 trong quá trình săn mồi. Chính nhờ giá trị này giúp cho thuật toán tránh được vấn đề hội tụ cục bộ.

Tấn công con mồi: Trong thực tế, khi con mồi ngừng di chuyển và bị tấn công, cuộc đi săn sẽ kết thúc. Do vậy, ta có thể xác định điều kiện dừng thuật toán khi các giá trị cập nhật thay đổi không đáng kể qua nhiều vòng lặp, điều đó chứng tỏ thuật toán đã bắt được phương án tối ưu. Trong quá trình lặp, biên độ dao động của K sẽ giảm xuống, đồng thời giá trị a sẽ giảm từ 1 xuống 0, việc đó buộc những con chó rừng phải tấn công con mồi.

Tạo quần thể chó hoang tự nhiên Di ($i = 1, 2, \dots, n$)
 Khởi tạo biến a, K, B và t
 Tính toán giá trị mục tiêu của mỗi phương án
 DM: Chọn phương án tốt nhất (lưu trữ)
 DF: Chọn phương án tốt nhì (lưu trữ)
 DGa: Chọn phương án tốt thứ 3 (lưu trữ)
 DGb: Chọn phương án tốt thứ 4 (lưu trữ)
 $t = 1$;
 Vòng lặp while với điều kiện ($t < \text{số vòng lặp tối đa}$)
 Bắt đầu lặp
 Sử dụng công thức công thức 1 đến công thức 7
 Kết thúc lặp
 Cập nhật a, K and B
 Tính toán giá trị mục tiêu của từng phương án
 Cập nhật các đối tượng không nổi bật.
 Nếu như lưới dữ liệu đầy.
 Xóa bớt thành phần kém nổi bật
 Thêm các phương án nổi bật vào kho
 Nếu phương án thêm vào nằm ngoài kho lưu trữ
 Cập nhật kích thước kho lưu trữ
 DM: Chọn phương án tốt nhất (lưu trữ)
 DF: Chọn phương án tốt nhì (lưu trữ)
 DGa: Chọn phương án tốt thứ 3 (lưu trữ)
 DGb: Chọn phương án tốt thứ 4 (lưu trữ)
 $t = t + 1$
 Kết thúc vòng lặp While
 Đề xuất giá trị tốt nhất DM

Hình 8. Trình tự thực hiện thuật toán chó rừng vằn hồng



Hình 9. Sơ đồ thuật toán chó rừng vằn hồng

Như Hình 8 và Hình 9, trong quá trình tìm kiếm, một quần thể chó hoang ngẫu nhiên sẽ được tạo ra, các quần thể ngẫu nhiên sử dụng các phương trình mô phỏng toán học để tạo ra nhiều vòng lặp. Trong mỗi vòng lặp, các phương án tốt (M), (F), (Ga), (Gb) dùng để định hướng các phương án khác điều chỉnh. Việc điều chỉnh sẽ được đánh giá và xếp loại, qua đó cập nhật phương án tối ưu. Ngoài ra, có những biến ngẫu nhiên giúp giảm thiểu tối ưu cục bộ, đặc biệt trong giai đoạn đầu của quá trình tìm kiếm. Việc đó đặc biệt có ý nghĩa đối với các bài toán có không gian tìm kiếm rộng lớn. Các phương

trình toán học phải đảm bảo các vòng lặp có điểm dừng và xuất ra được giá trị tốt nhất mà thuật toán bắt được, sau khi thỏa mãn một tiêu chí cuối cùng.

Trong quá trình lặp lại, thuật toán tối ưu SSJ lưu trữ các giá trị tốt nhất sau các quá trình tìm kiếm trước đó. Để mô phỏng quá trình bao vây, nghiên cứu xác định một phạm vi quanh các giải pháp tốt nhất. Thuật toán giúp cho chúng ta xác định vị trí có thể xuất hiện con mồi. Trong quá trình tìm kiếm cần kiểm soát với các giá trị ngẫu nhiên K và a . Nhờ vào các giá trị đó mà thuật toán thay đổi từ tìm kiếm sang thăm dò hoặc ngược lại. Bên cạnh đó, các tham số B và K cũng tham gia vào quá trình kiểm soát sự học hỏi của các cá thể kém hơn trong trình tìm kiếm.

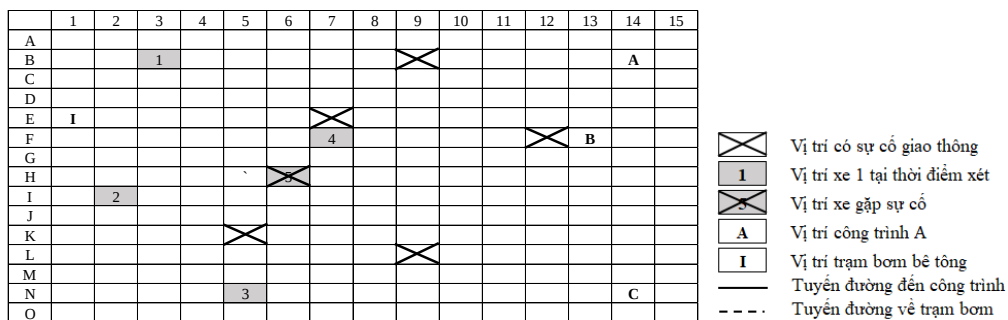
3. Áp dụng thuật toán chó rừng vằn hồng để giải bài toán vận chuyển bê tông

3.1. Giới thiệu

Hiện nay, có nhiều đơn vị cung cấp bê tông thương phẩm điều phối thủ công, chủ yếu dựa vào kinh nghiệm, không thể tính toán chi tiết các lựa chọn, nên phương án đưa ra chưa thể tối ưu. Do đó, chúng ta cần một mạng lưới phân phối bê tông hiệu quả, đảm bảo chi phí, thời gian vận chuyển và lợi nhuận. Bài toán vận chuyển bê tông thương phẩm đến các công trường được thử nghiệm với nhiều thuật toán khác nhau. Nghiên cứu này sẽ so sánh thuật toán cho rừng vằn hồng với thuật toán bầy ong nhân tạo đa mục tiêu MOABC. Biểu đồ so sánh được đánh giá thông qua yêu cầu giao hàng như trong Bảng 1. Trong ví dụ này, có ba công trình A, B, C và một trạm trộn bê tông I. Vị trí trạm trộn và công trình như mô tả bằng ma trận. Mỗi công trình cần 12 khối bê tông thương phẩm, tương đương hai xe bê tông, mỗi xe 6 khối. Thời điểm đổ bê tông là theo kế hoạch của công trình. Thời gian chờ tối đa đặt ra là 60 phút. Tại thời điểm 20 giờ 30 phút, trong quá trình vận chuyển xảy ra sự cố và phần mềm tiến hành tính toán lại bằng thuật toán.

Bảng 1. Thông tin đặt hàng

Công trình	A	B	C
Khối lượng BT đặt (m^3)	12	12	12
Số lượng xe quy đổi (xe)	2	2	2
Thời điểm đổ BT	22:25	21:00	20:50
Thời gian chờ tối đa (phút)	60	60	60
Thời điểm đang xét		20:30	



Hình 10. Ma trận vị trí xe và công trình tại thời điểm tính toán

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	3	1	1	1	2	1	1	2	3	1	2	2	3	2	2
B	2	3	2	2	3	3	1	1	X	2	2	1	1	A	1
C	3	3	2	3	1	1	1	1	2	1	2	1	2	3	3
D	3	2	3	2	1	1	3	2	2	3	3	3	1	1	3
E	I	1	2	1	3	1	X	3	2	2	2	3	1	3	3
F	1	3	1	2	1	2	3	1	2	3	3	X	B	1	3
G	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	2	1	1	2
H	3	2	3	3	2	X	3	3	2	3	2	1	2	2	1
I	2	1	2	1	1	2	1	2	2	3	3	2	1	3	3
J	3	1	3	3	1	3	3	2	3	3	1	1	3	3	3
K	3	1	2	2	X	2	3	3	2	1	2	1	3	3	3
L	2	3	3	3	2	3	2	3	X	1	1	2	1	3	3
M	2	1	2	2	1	1	2	1	2	1	3	3	1	1	2
N	2	2	3	3	3	1	1	1	3	3	3	3	1	C	3
O	3	1	2	3	3	2	1	3	2	2	3	3	1	1	1

Hình 11. Ma trận chiều dài tuyến đường

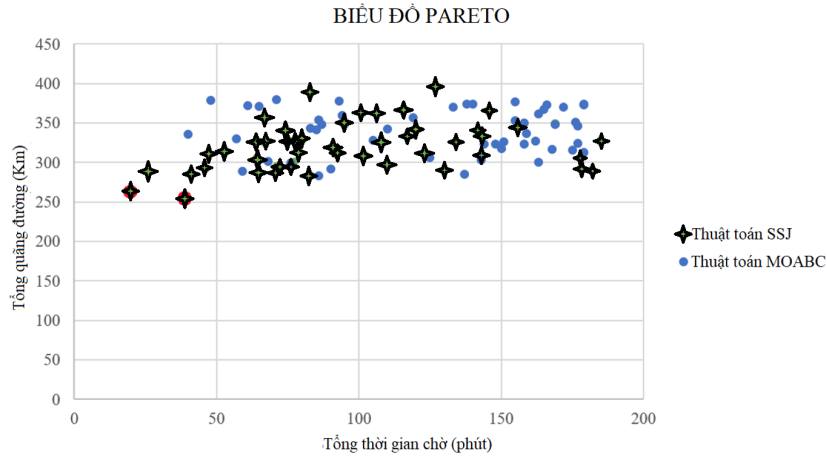
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	34	35	31	40	31	31	32	30	34	33	32	35	30	39	33
B	36	30	30	34	40	30	33	40	X	32	34	30	39	A	39
C	33	38	31	35	37	35	39	40	40	40	40	37	33	37	37
D	37	34	36	37	39	37	33	31	37	31	38	30	30	39	30
E	I	30	33	34	36	37	X	35	30	39	39	39	32	39	31
F	37	32	34	34	34	32	37	31	32	31	30	X	B	37	35
G	39	34	32	37	37	38	37	40	32	36	38	33	38	36	34
H	40	31	30	37	34	X	32	38	31	40	39	40	38	37	33
I	35	38	38	38	40	40	40	37	38	31	31	32	31	32	39
J	30	36	30	36	33	34	39	33	39	39	38	39	32	35	35
K	37	31	33	32	X	34	35	31	40	40	31	39	31	40	38
L	35	30	31	33	34	31	31	33	X	40	31	35	38	33	32
M	37	33	36	34	39	37	35	37	39	36	31	36	39	37	36
N	31	31	33	40	38	39	37	32	39	32	39	32	36	C	39
O	38	39	37	31	31	36	34	37	37	37	31	40	32	40	37

Hình 12. Ma trận vận tốc xe

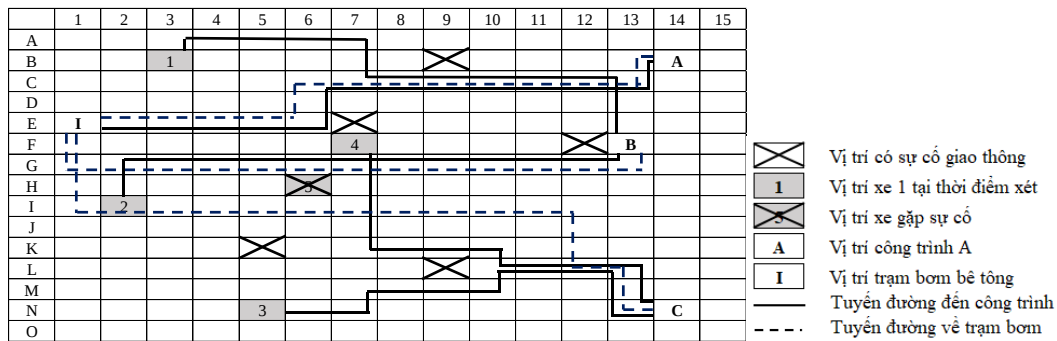
Như được chỉ ra ở Hình 11, các ô trong ma trận tương trưng cho chiều dài tuyến đường khi xe đi ngang ô đang xét. Như được chỉ ra ở Hình 12, các ô trong ma trận mô tả lại vận tốc các xe khi đi ngang ô đang xét.

3.2. Kết quả

Sử dụng máy tính xách tay cá nhân với cấu hình core i7-Thế hệ 8, ram 4Gb, cho phép thuật toán chạy 120 vòng lặp, thời gian hoàn thành toàn bộ quá trình tìm kiếm là 20 giây. Thuật toán đã tìm ra được 2 giá trị Pareto và 2 giá trị tối ưu theo 2 mục tiêu tìm kiếm. Giá trị thứ nhất có tổng thời gian di chuyển nhỏ nhất, với tổng thời gian STG = 20 phút và tổng quãng đường SQD = 262 Km. Giá trị thứ hai có tổng quãng đường di chuyển là ngắn nhất với SQD = 254 Km và tổng thời gian di chuyển STG = 39 phút. Nhà phân phối có thể lựa chọn một trong các phương án khác nằm trên đường Pareto, không nhất thiết có giá trị thời gian TG nhỏ nhất hoặc quãng đường QĐ nhỏ nhất để đưa ra lịch trình. Với cùng điều kiện thiết bị chạy thuật toán, với thuật toán MOABC mất khoảng 45 giây cho 120 vòng lặp. Nghiên cứu so sánh được thực hiện hơn 20 lần và sử dụng một kết quả ngẫu nhiên để dẫn chứng.



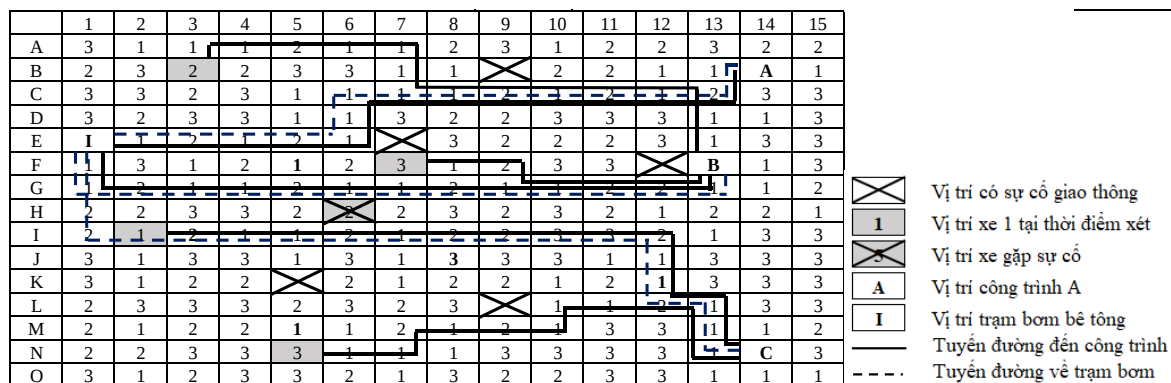
Hình 13. Biểu đồ Pareto kết quả tìm được bởi thuật toán SSJ và thuật toán MOABC



Hình 14. Phương án vận chuyển với tổng thời gian chờ nhỏ nhất

Bảng 2. Tính toán tổng thời gian chờ và tổng quãng đường đi

	Công trình	Thời gian đi (phút)	Thời điểm vào CT	Thời điểm đổ BT	Tổng thời gian chờ (phút)	Thời gian về trạm (phút)	Thời điểm về trạm (phút)	Thời gian bơm bê tông (phút)	Đường đến công trình (Km)	Đường về trạm (Km)	Tổng quãng đường (Km)
Xe 1	B	30	21:00	21:00	0	32	21:42	10	22	19	41
Xe 1	A	33	22:23	22:25	2				21	21	42
Xe 2	B	32	21:02	21:10	8	32	21:52	10	19	19	38
Xe 2	A	33	22:35	22:35	0				21	21	42
Xe 3	C	25	20:55	20:55	5				15	33	48
Xe 4	C	30	21:00	21:05	5				18	33	51
Xe 5	Xe hỏng, không thể sửa										
Tổng thời gian chờ					20	Tổng quãng đường					262



Hình 15. Phương án vận chuyển với tổng quãng đường nhỏ nhất

Bảng 3. Tính toán tổng thời gian chờ và tổng quãng đường đi

	Công trình	Thời gian đi (phút)	Thời điểm vào CT	Thời điểm đổ BT	Tổng thời gian chờ (phút)	Thời gian về trạm (phút)	Thời điểm về trạm (phút)	Thời gian bơm bê tông (phút)	Đường đến công trình (Km)	Đường về trạm (Km)	Tổng quãng đường (Km)
Xe 1	B	32	21:02	21:02	2	32	22:07	10	19	19	38
Xe 1	A	30	22:22	22:25	3				18	20	38
Xe 2	C	44	21:14	21:14	9				26	34	60
Xe 3	C	25	20:55	20:55	5				15	34	49
Xe 4	B	18	20:48	21:00	12	32	21:42	10	10	19	29
Xe 4	A	35	22:27	22:35	8				20	20	40
Xe 5	Xe hỏng, không thể sửa										
Tổng thời gian chờ					39				Tổng quãng đường		254

3.3. Đánh giá kết quả và so sánh

Như được chỉ ra ở Hình 13, chúng ta có thể thấy việc kết hợp thăm dò và tìm kiếm giúp cho thuật toán chó rừng vẫn hông đạt kết quả tốt hơn thuật toán bầy ong. Trong các nghiên cứu trước đây, người ta kết hợp một thuật toán lai hoặc một thuật toán tạo quần thể mở rộng. Tuy nhiên kết quả vẫn không cao hơn so với thuật toán chó rừng vẫn hông. Ngoài ra, nghiên cứu thể hiện khả năng vượt trội khi sử dụng cơ chế tìm kiếm SI thay vì cơ chế EA của thuật toán bầy ong. Nhờ vậy, khả năng tìm kiếm và bắt mỗi hiệu quả hơn, ít tốn thời gian hơn do có lưu trữ các đối tượng ưu tú của đợt trước.

4. Kết luận

Nghiên cứu này tạo ra thuật toán tối ưu mới. Vận dụng thuật toán mới vào giải quyết bài toán tối ưu hóa quá trình vận chuyển bê tông có xem xét hai yếu tố, thời gian di chuyển và khoảng cách. Ngoài ra, nghiên cứu tính đến những rủi ro liên quan đến việc vận chuyển để đưa ra thuật toán gần với thực tế. Kết quả thu được giúp giảm nhu cầu vận chuyển, qua đó giảm ùn tắc giao thông. Kết quả

của nghiên cứu giải quyết một phần bài toán quá tải giao thông ở các thành phố lớn, khi việc đầu tư cơ sở hạ tầng quá tốn kém hoặc không thể làm được. Qua việc tối ưu hóa trong nghiên cứu này giúp giảm lượng khí thải từ các phương tiện, gây ô nhiễm môi trường.

Đầu tiên thuật toán tối ưu mới tạo ra quần thể ngẫu nhiên. Sau đó, các cá thể của quần thể được đánh giá và xếp hạng. Dùng các cá thể xuất sắc làm nhiệm vụ hướng dẫn, tạo ra những cá thể mới tốt hơn thậm chí có thể thay thế cá thể hướng dẫn. Trong mỗi vòng lặp của thuật toán, các cá thể được đánh giá lại, kiểm tra khả năng tối ưu cục bộ và điều chỉnh hướng tìm kiếm. Nghiên cứu này có thể vận dụng vào nhiều bài toán khác. Thuật toán này có ưu thế trong các bài toán có diện tìm kiếm rộng mà con người không thể xét hết các trường hợp có thể xảy ra.

Nghiên cứu này đã khắc phục được yếu tố liên quan đến sự cố trong quá trình vận chuyển. Tuy nhiên, nó vẫn còn một số hạn chế có thể khắc phục và phát triển trong tương lai. Nghiên cứu sử dụng ma trận vận tốc và ma trận tuyến đường như một cách mô tả đơn giản đối với các tuyến đường thực tế. Trong tương lai, các nhà nghiên cứu có thể kết hợp với dữ liệu vệ tinh, phối hợp sử dụng các camera quan sát để thiết lập bản đồ vận tốc thực tế. Ngoài ra, thuật toán này tạo tiền đề để mở rộng thành một ứng dụng giúp quản lý giao thông cho các thành phố thông minh.

Tài liệu tham khảo

- [1] Galić, M., Kraus, I. (2016). Simulation model for scenario optimization of the ready-mix concrete delivery problem. *Selected Scientific Papers-Journal of Civil Engineering*, 11(2):7–18.
- [2] Cao, M., Lu, M., Zhang, J.-P. (2004). Concrete plant operations optimization using combined simulation and genetic algorithms. *Proceedings of 2004 International Conference on Machine Learning and Cybernetics (IEEE Cat. No. 04EX826)*, IEEE, 7:4204–4209.
- [3] Lu, M., Lam, H.-C. (2005). Optimized concrete delivery scheduling using combined simulation and genetic algorithms. *Proceedings of the Winter Simulation Conference, 2005.*, IEEE.
- [4] Lu, M., Lam, H.-C. (2009). Simulation-optimization integrated approach to planning ready mixed concrete production and delivery: validation and applications. *Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference (WSC)*, IEEE, 2593–2604.
- [5] Faria, J. M., Silva, C. A., Sousa, J. M. C., Surico, M., Kaymak, U. (2006). Distributed optimization using ant colony optimization in a concrete delivery supply chain. *2006 IEEE International Conference on Evolutionary Computation*, IEEE, 73–80.
- [6] Mirjalili, S., Mirjalili, S. M., Lewis, A. (2014). [Grey wolf optimizer](#). *Advances in Engineering Software*, 69:46–61.
- [7] Mirjalili, S. (2015). [The ant lion optimizer](#). *Advances in Engineering Software*, 83:80–98.
- [8] Mirjalili, S. (2015). [Moth-flame optimization algorithm: A novel nature-inspired heuristic paradigm](#). *Knowledge-Based Systems*, 89:228–249.
- [9] Mirjalili, S. (2015). [Dragonfly algorithm: a new meta-heuristic optimization technique for solving single-objective, discrete, and multi-objective problems](#). *Neural Computing and Applications*, 27(4):1053–1073.
- [10] Mirjalili, S., Lewis, A. (2016). [The whale optimization algorithm](#). *Advances in Engineering Software*, 95:51–67.
- [11] Mirjalili, S. Z., Mirjalili, S., Saremi, S., Faris, H., Aljarah, I. (2017). [Grasshopper optimization algorithm for multi-objective optimization problems](#). *Applied Intelligence*, 48(4):805–820.
- [12] Nguyen, T. T., Dinh, K. (2020). [An artificial intelligence approach for concrete hardened property estimation](#). *Journal of Science and Technology in Civil Engineering (STCE) - NUCE*, 14(2):40–52.
- [13] Tung, P. T., Hung, P. T. (2020). [Predicting fire resistance ratings of timber structures using artificial neural networks](#). *Journal of Science and Technology in Civil Engineering (STCE) - NUCE*, 14(2):28–39.
- [14] Hsiao, W.-T., Lin, C.-T., Wu, H.-T., Cheng, T.-M. (2011). A hybrid optimization mechanism used to generate truck fleet to perform earthmoving operations. *Road Materials and New Innovations in Pavement Engineering*, American Society of Civil Engineers.

- [15] Yan, S., Lin, H.-C., Liu, Y.-C. (2011). [Optimal schedule adjustments for supplying ready mixed concrete following incidents](#). *Automation in Construction*, 20(8):1041–1050.
- [16] Mayteekrieangkrai, N., Wongthatsanekorn, W. (2015). Optimized ready mixed concrete truck scheduling for uncertain factors using bee algorithm. *Songklanakar in Journal of Science & Technology*, 37(2).
- [17] Subtil, R. F., Silva, D. M., Alves, J. C. (2011). A practical approach to truck dispatch for open pit mines. *35th APCOM symposium*, 24–30.
- [18] Cheng, M.-Y., Tran, D.-H. (2016). [Integrating chaotic initialized opposition multiple-objective differential evolution and stochastic simulation to optimize ready-mixed concrete truck dispatch schedule](#). *Journal of Management in Engineering*, 32(1):04015034.
- [19] Zhang, X., Zeng, Q., Yang, Z. (2018). [Optimization of truck appointments in container terminals](#). *Maritime Economics & Logistics*, 21(1):125–145.
- [20] Afrapoli, A. M., Tabesh, M., Askari-Nasab, H. (2019). [A multiple objective transportation problem approach to dynamic truck dispatching in surface mines](#). *European Journal of Operational Research*, 276(1):331–342.
- [21] Sarkar, D., Gohel, J., Dabasia, K. (2019). [Optimization of ready mixed concrete delivery for commercial batching plants of Ahmedabad, India](#). *International Journal of Construction Management*, 1–20.
- [22] Thanos, E., Wauters, T., Berghe, G. V. (2019). [Dispatch and conflict-free routing of capacitated vehicles with storage stack allocation](#). *Journal of the Operational Research Society*, 1–14.
- [23] CGTN. [Digital Safari: What do jackals eat?](#) Truy cập tháng 01/2021.
- [24] Alamy. [Jackal fight](#). Truy cập tháng 01/2021.