

TỐI ƯU LỰA CHỌN ROBOT CÔNG NGHIỆP DỰA TRÊN KỸ THUẬT RA QUYẾT ĐỊNH ĐA TIÊU CHÍ SỬ DỤNG PHƯƠNG PHÁP TOPSIS, MOORA VÀ EDAS

OPTIMIZING INDUSTRIAL ROBOT SELECTION BASED ON MULTI-CRITERIA DECISION-MAKING TECHNIQUES
USING TOPSIS, MOORA AND EDAS

Nguyễn Thị Nga^{1,*}, Vũ Thanh Hải¹,
Đào Thị Mơ¹, Tống Thị Lan¹, Nguyễn Thị Thu Hà¹

DOI: <http://doi.org/10.57001/huiv5804.2025.069>

TÓM TẮT

Sự tiến bộ trong kỹ thuật và công nghệ thông tin đã thúc đẩy việc tích hợp rộng rãi robot vào nhiều ngành công nghiệp. Việc lựa chọn robot công nghiệp phù hợp là một thách thức đáng kể do sự đa dạng của các loại robot và các tiêu chí xung đột cần được xem xét. Phương pháp ra quyết định đa tiêu chí (MCDM) xuất hiện như một công cụ hữu ích trong bối cảnh này. Nghiên cứu này giới thiệu một kỹ thuật MCDM toàn diện được thiết kế nhằm tối ưu hóa quy trình lựa chọn robot công nghiệp. Chương trình này bao gồm bốn tiêu chí chính (tải trọng, độ lặp lại, tỷ lệ tốc độ, mức độ tự do) và năm phương án lựa chọn, với trọng số khách quan của các tiêu chí được tính toán bằng phương pháp trọng số Entropy. Các đối tượng robot công nghiệp được đánh giá và xếp hạng bằng ba kỹ thuật MCDM khác nhau, bao gồm kỹ thuật đặt thứ tự theo sự tương đồng với giải pháp lý tưởng (TOPSIS), phân tích tỷ lệ tối ưu đa mục tiêu (MOORA) và đánh giá dựa trên khoảng cách từ giải pháp trung bình (EDAS). Cách tiếp cận này đảm bảo rằng quyết định cuối cùng không chỉ dựa trên các thước đo định lượng mà còn kết hợp các ưu tiên và yêu cầu chủ quan của người ra quyết định. Kết quả nghiên cứu cho thấy tính nhất quán của các phương pháp đề xuất với các lựa chọn robot được xếp hạng từ ưu tiên cao nhất đến thấp nhất. Những kết quả này rất quan trọng vì chúng minh họa hiệu quả của việc kết hợp các phương pháp MCDM khác nhau để xác định các lựa chọn tối ưu cho sản xuất công nghiệp.

Từ khóa: Phương pháp MCDM, robot công nghiệp, phương pháp TOPSIS, phương pháp MOORA, phương pháp EDAS.

ABSTRACT

Advancements in engineering and information technology have facilitated the widespread integration of robots across various industries. The selection of an appropriate industrial robot presents a significant challenge due to the diverse range of robot types and the numerous conflicting criteria that must be considered. Multi-criteria decision making (MCDM) emerges as a valuable tool in this scenario. This study introduces a comprehensive MCDM framework designed to enhance the optimization of the industrial robot selection process. The framework encompasses four primary criteria (load capacity, repeatability, velocity ratio, degree of freedom) and five alternatives, with the objective weights of the criteria computed using the Entropy weighting method. The industrial robot options are evaluated and ranked utilizing three distinct MCDM techniques, namely Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS), Multi-Objective Optimization Ratio Analysis (MOORA), and Evaluation Based on Distance from Average Solution (EDAS). This approach ensures that the final decision is not solely based on quantitative measures but also incorporates the subjective priorities and requirements of the decision maker. The study's findings demonstrate the consistency of the proposed methodologies, with the selected robot options being ranked from highest to lowest priority. These results are significant as they illustrate the effectiveness of combining various MCDM methodologies to identify optimal choices for industrial production.

Keywords: MCDM method, industrial robot, TOPSIS method, MOORA method, EDAS method.

¹Khoa Công nghệ và Kỹ thuật, Trường Đại học Thái Bình

*Email: lienxo001@gmail.com

Ngày nhận bài: 19/11/2024

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 23/01/2025

Ngày chấp nhận đăng: 28/3/2025

1. GIỚI THIỆU

Ngày nay, sự tiến bộ nhanh chóng trong lĩnh vực kỹ thuật và công nghệ thông tin đã thúc đẩy việc tích hợp rộng rãi robot vào nhiều ngành công nghiệp [1]. Được trang bị trí tuệ nhân tạo và khả năng tự động hóa tiên tiến, các robot công nghiệp hiện đại đang cách mạng hóa phương thức sản xuất và tiêu chuẩn vận hành của nhiều doanh nghiệp [2]. Trong ngành sản xuất, robot công nghiệp đã trở thành những thành phần thiết yếu của quy trình sản xuất hàng loạt [3]. Chúng thực hiện các nhiệm vụ phức tạp như hàn, lắp ráp, sơn, và kiểm tra chất lượng với độ chính xác và hiệu quả cao, qua đó nâng cao năng suất và giảm thiểu lỗi [4, 5]. Sự gia tăng áp dụng robot công nghiệp trở thành một yếu tố then chốt của cuộc cách mạng công nghiệp 4.0, đánh dấu sự chuyển mình của cuộc cách mạng công nghiệp lần thứ tư [6]. Trong bối cảnh này, các nhà máy thông minh sử dụng các hệ thống sản xuất kết nối và tự động hóa để tối ưu hóa quy trình sản xuất. Một ví dụ điển hình về ứng dụng của robot công nghiệp là trong lĩnh vực ô tô. Các dây chuyền lắp ráp ô tô hiện đại triển khai nhiều robot cho các công việc từ hàn khung xe, lắp ráp động cơ đến sơn xe. Những robot này không chỉ nâng cao chất lượng sản phẩm mà còn rút ngắn thời gian sản xuất và giảm chi phí nhân công [7]. Hơn nữa, robot công nghiệp còn có ảnh hưởng đáng kể trong lĩnh vực điện tử, đặc biệt là ở những quy trình yêu cầu độ chính xác cao để lắp ráp các linh kiện phức tạp. Bằng cách thực hiện các thao tác nhanh chóng và chính xác, robot đảm bảo rằng sản phẩm cuối cùng đạt tiêu chuẩn chất lượng nghiêm ngặt nhất [8]. Sự gia tăng áp dụng robot công nghiệp tại các nhà máy và doanh nghiệp trên toàn thế giới đã được thúc đẩy nhờ vào những lợi ích to lớn mà chúng mang lại [9]. Những robot này giúp tăng năng suất lao động bằng cách vận hành liên tục, giảm thiểu thời gian chết và tối ưu hóa quy trình sản xuất. Chúng cũng đảm bảo chất lượng sản phẩm nhất quán, giảm thiểu lỗi và qua đó nâng cao uy tín và sự hài lòng của khách hàng [10]. Bên cạnh đó, việc sử dụng robot còn giúp giảm thiểu rủi ro tai nạn lao động, bảo vệ sức khỏe và an toàn con người trong những môi trường làm việc nguy hiểm hoặc khó khăn [11]. Sự linh hoạt và khả năng thích ứng nhanh chóng của robot công nghiệp giúp các doanh nghiệp tăng quy mô sản xuất phù hợp với nhu cầu thị trường mà không cần đầu tư lớn vào thiết bị mới [12]. Với những lợi ích này, robot công nghiệp đã trở nên không thể thiếu, thúc đẩy hiệu quả vượt trội trong nhiều lĩnh vực sản xuất [13]. Tuy nhiên, việc lựa chọn robot công nghiệp phù hợp lại là một thách thức lớn do

số lượng và sự đa dạng của các loại robot, cùng với nhiều tiêu chí xung đột cần được xem xét [14]. Các robot công nghiệp hiện đại sở hữu một loạt các thông số kỹ thuật đa dạng, khiến việc tìm kiếm robot phù hợp cho từng ứng dụng cụ thể trở nên phức tạp. Mỗi loại robot có những đặc điểm và khả năng riêng biệt, bao gồm khả năng tải, độ chính xác, tốc độ, phạm vi hoạt động, và khả năng tương thích với các công nghệ khác [15]. Hơn nữa, việc lựa chọn robot không chỉ dừng lại ở các yếu tố kỹ thuật mà còn đòi hỏi đánh giá các yếu tố như chi phí tổng thể và khả năng tích hợp với hệ thống hiện có [16]. Vì vậy, các doanh nghiệp cần phải tiến hành quá trình lựa chọn một cách tỉ mỉ và toàn diện, đánh giá nhiều tiêu chí khác nhau để đảm bảo robot được chọn không chỉ đáp ứng nhu cầu hiện tại mà còn có khả năng thích ứng hiệu quả trong tương lai [17]. Trong bối cảnh này, phương pháp ra quyết định đa tiêu chí (MCDM) nổi lên như một công cụ hữu ích, cung cấp một khung phân tích toàn diện để đánh giá và so sánh các tùy chọn robot công nghiệp dựa trên nhiều tiêu chí khác nhau [18]. Các nghiên cứu gần đây đã áp dụng các phương pháp MCDM trong việc lựa chọn robot công nghiệp. Chẳng hạn, N. Yalçın và cộng sự đã sử dụng phương pháp MCDM EDAS để lựa chọn robot công nghiệp, đánh giá các tùy chọn dựa trên độ lệch so với giải pháp trung bình để tìm ra robot tối ưu với các yếu tố như hiệu suất, chi phí và độ tin cậy [19]. A. Ali và cộng sự đã áp dụng phương pháp "group best-worst method" trong nghiên cứu của mình để chọn lựa robot công nghiệp, tận dụng kinh nghiệm của các nhà quyết định để đưa ra lựa chọn chính xác và đáng tin cậy [20]. Ngoài ra, V. Kumar đã đề xuất phương pháp tích hợp SWARA - Cosoco để chọn lựa robot phun sơn [21]. Tuy nhiên, các nghiên cứu này vẫn còn một số hạn chế. Thứ nhất, hầu hết các nghiên cứu này đều dựa vào các trọng số cố định hoặc chủ quan, phụ thuộc nhiều vào kinh nghiệm của người ra quyết định, điều này có thể dẫn đến sự đánh giá thiên lệch trong quá trình lựa chọn. Thứ hai, một số phương pháp MCDM truyền thống gặp khó khăn trong việc xử lý các tiêu chí không hoàn toàn định lượng hoặc những tiêu chí không rõ ràng về thứ tự ưu tiên.

Trong nghiên cứu này, chúng tôi giới thiệu một khung phân tích MCDM toàn diện nhằm tối ưu hóa quy trình lựa chọn robot công nghiệp. Khung này bao gồm bốn tiêu chí chính và đánh giá năm lựa chọn thay thế, giúp lựa chọn được phương án phù hợp nhất với nhu cầu công nghiệp cụ thể. Trọng số của các tiêu chí được tính toán để phản ánh chính xác tầm quan trọng của từng yếu tố. Sau đó, các lựa chọn robot được xếp hạng theo ba phương

pháp MCDM khác nhau, mang lại một đánh giá toàn diện. Bằng cách kết hợp trọng số khách quan với các phương pháp xếp hạng đa chiều, quy trình ra quyết định đảm bảo rằng việc lựa chọn robot không chỉ dựa vào các chỉ số định lượng mà còn bao gồm các ưu tiên và nhu cầu chủ quan của người ra quyết định.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Phương pháp TOPSIS

Các bước thực hiện của phương pháp TOPSIS được trình bày như sau [22]:

Bước 1: Tạo ma trận quyết định:

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & \dots & x_{1m} \\ x_{21} & \dots & x_{2m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & \dots & x_{nm} \end{pmatrix} \quad (1)$$

Với x_{ij} là thành phần của ma trận cho lựa chọn thứ i và tiêu chí thứ j , m và n là số tiêu chí và phương án tương ứng.

Bước 2: Chuẩn hóa ma trận quyết định:

Tiêu chí lợi ích:

$$g_{ij} = \frac{x_{ij} - \min(x_j)}{\max(x_j) - \min(x_j)} \quad (2)$$

Tiêu chí chi phí:

$$g_{ij} = \frac{\max(x_j) - x_{ij}}{\max(x_j) - \min(x_j)} \quad (3)$$

Bước 3: Xác định trọng số ma trận chuẩn hóa bởi công thức:

$$l_{ij} = w_j \times g_{ij} \quad (4)$$

Bước 4: Tìm lựa chọn tốt nhất V^+ và lựa chọn tệ nhất V^- bằng phép tính sau:

$$V^+ = \{l_1^+, l_2^+, \dots, l_j^+, \dots, l_n^+\} = \{\max(l_{ij})\} \quad (5)$$

$$V^- = \{l_1^-, l_2^-, \dots, l_j^-, \dots, l_n^-\} = \{\min(l_{ij})\} \quad (6)$$

Bước 5: Xác định giá trị K_i^+ và K_i^- theo công thức:

$$K_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (l_{ij} - l_j^+)^2} \quad (7)$$

$$K_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (l_{ij} - l_j^-)^2} \quad (8)$$

Bước 6: Tính giá trị U_i của mỗi lựa chọn bởi công thức:

$$U_i = \frac{K_i^-}{K_i^+ + K_i^-} \quad (9)$$

Xếp hạng các lựa chọn thay thế theo U_i . Lựa chọn nào có giá trị U_i càng hơn thì có thứ hạng cao hơn và là lựa chọn tốt hơn.

2.2. Phương pháp MOORA

Phương pháp MOORA được thực hiện theo các bước sau [23]:

Bước 1: Tương như bước 1 của phương pháp TOPSIS.

Bước 2: Chuẩn hóa ma trận quyết định:

$$r_{(ij)} = \frac{x_{(ij)}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{(ij)}^2}} \quad (10)$$

Bước 2: Xác định trọng số ma trận chuẩn hóa:

$$v_{ij} = r_{ij} w_j \quad (11)$$

trong đó, w_j là trọng số của tiêu chí thứ j .

Bước 3: Tính toán giá trị y_i :

$$y_i = \sum_{(j=1)}^g v_{(ij)} - \sum_{(j=g+1)}^n v_{(ij)} \quad (12)$$

trong đó loại tiêu chí có lợi và chi phí được thể hiện như sau $j = 1, 2, \dots, g$ và $j = g+1, g+2, \dots, n$.

2.3. Phương pháp EDAS

Các bước của phương pháp EDAS được trình bày như sau [24]:

Bước 1: Tương như bước 1 của phương pháp TOPSIS.

Bước 2: Xác định giá trị trung bình cho mỗi tiêu chí:

$$AVG_j = \frac{\sum_{i=1}^m x_{ij}}{m} \quad (13)$$

Bước 3: Xác định khoảng cách dương và khoảng cách âm từ giá trị trung bình:

Đối với tiêu chí lợi ích:

$$PD_{ij} = \frac{\max(0, (x_{ij} - AVG_j))}{AVG_j} \quad (14)$$

$$ND_{ij} = \frac{\max(0, (AVG_j - x_{ij}))}{AVG_j} \quad (15)$$

Đối với tiêu chí chi phí:

$$PD_{ij} = \frac{\max(0, (AVG_j - x_{ij}))}{AVG_j} \quad (16)$$

$$ND_{ij} = \frac{\max(0, (x_{ij} - AVG_j))}{AVG_j} \quad (17)$$

Bước 4: Tính tổng của khoảng cách dương (SoP) và tổng của khoảng cách âm (SoN):

$$SoP_i = \sum_{j=1}^m w_j \cdot PD_{ij} \quad (18)$$

$$NoP_i = \sum_{j=1}^m w_j \cdot ND_{ij} \quad (19)$$

Bước 5: Chuẩn hóa SoP và NoP:

$$SSoP_i = \frac{SoP_i}{\max(SoP_i)} \quad (20)$$

$$SSoN_i = 1 - \frac{SoN_i}{\max(SoN_i)} \quad (21)$$

Bước 6: Điểm thẩm định cho mỗi phương án được tính:

$$APS_i = \frac{1}{2}(SSoP_i + SSoN_i) \quad (22)$$

Bước 7: Xếp hạng các lựa chọn theo thứ tự giảm dần.

2.4. Phương pháp Entropy

Phương pháp Entropy được thực hiện theo các bước sau đây:

Bước 1: Tương như bước 1 của phương pháp TOPSIS.

Bước 2: Chuẩn hóa ma trận quyết định

$$p_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}} \quad i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n \quad (23)$$

Bước 3: Tính toán phép đo entropy cho từng tiêu chí:

$$E_j = -\frac{\sum_{i=1}^m p_{ij} \ln(p_{ij})}{\ln(m)} \quad j = 1, \dots, n \quad (24)$$

Bước 4: Đưa ra trọng số dựa trên entropy được tính toán cho từng tiêu chí:

$$w_j = \frac{1 - E_j}{\sum_{i=1}^n (1 - E_i)} \quad j = 1, \dots, n \quad (25)$$

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Trong quá trình lựa chọn robot công nghiệp, bốn tiêu chí quan trọng đã được xem xét. Thứ nhất: tải trọng (C1) là khả năng của robot để mang và di chuyển các vật nặng. Tải trọng cao hơn thường cho phép robot xử lý các nhiệm vụ nặng nề và phức tạp hơn. Tiêu chí thứ 2: độ lặp lại (C2) là khả năng của robot để thực hiện cùng một nhiệm vụ với độ chính xác cao trong nhiều lần. Tiêu chí này rất quan trọng trong các ứng dụng yêu cầu độ chính xác và nhất quán cao. Tiêu chí thứ 3: Tỷ lệ tốc độ (C3) thể hiện tốc độ di chuyển và hiệu suất làm việc của robot. Tỷ lệ này càng

cao, robot càng có khả năng hoàn thành nhiệm vụ nhanh chóng và hiệu quả hơn. Cuối cùng tiêu chí mức độ tự do (C4) được xem xét, tiêu chí này chỉ ra số lượng các chuyển động độc lập mà robot có thể thực hiện. Robot có mức độ tự do cao hơn có thể linh hoạt hơn trong việc thực hiện các nhiệm vụ phức tạp và đa dạng. Bốn tiêu chí này giúp xác định hiệu suất và khả năng của robot trong các ứng dụng công nghiệp, đảm bảo rằng robot được chọn có thể đáp ứng tốt nhất các yêu cầu cụ thể của công việc. Đối với mục tiêu của bài báo chọn ra robot công nghiệp tối ưu nhất thì 4 tiêu chí này đều là các tiêu chí mang lại lợi ích cho người sử dụng. Bảng 1 thể hiện các tiêu chí và loại tiêu chí tương ứng.

Bảng 1. Các tiêu chí đánh giá [16]

Tiêu chí	Ký hiệu	Kiểu tiêu chí
Tải trọng	C1	Lợi ích
Độ lặp lại	C2	Lợi ích
Tỷ lệ tốc độ	C3	Lợi ích
Mức độ tự do	C4	Lợi ích

Sau khi các tiêu chí quan trọng được xác định, chúng tôi đã tiến hành thống kê và so sánh năm phương án cho các robot công nghiệp, được trình bày chi tiết trong bảng 2. Bảng 2 giúp minh họa rõ ràng các thông số kỹ thuật của từng robot theo các tiêu chí đã đề ra, bao gồm tải trọng, độ lặp lại, tỷ lệ tốc độ và mức độ tự do.

Bảng 2. Ma trận quyết định [16]

Phương án	C1	C2	C3	C4
Robot 1	60	0,40	125	5
Robot 2	60	0,40	125	6
Robot 3	68	0,13	75	6
Robot 4	50	1,00	100	6
Robot 5	30	0,60	55	5

Khi xem xét các thông số của năm loại robot khác nhau, chúng ta nhận thấy một số điểm nổi bật và mâu thuẫn giữa các tiêu chí gây ra khó khăn trong việc lựa chọn. Robot 1 và Robot 2 có nhiều thông số tương đồng, tuy nhiên mức độ tự do của Robot 2 cao hơn. Điều này làm nảy sinh mâu thuẫn giữa việc chọn một robot với khả năng linh hoạt cao hơn (Robot 2) hay giữ nguyên sự lựa chọn với các thông số tương đương (Robot 1). Robot 3 nổi bật với tải trọng cao nhất trong nhóm, tuy nhiên, độ lặp lại của nó lại thấp nhất. Đây là một mâu thuẫn đáng kể giữa tải trọng và độ lặp lại, làm khó khăn trong việc quyết định chọn một robot có thể mang tải nặng nhưng không đảm bảo độ chính xác cao trong các nhiệm vụ lặp lại.

Ngược lại, Robot 4 thể hiện sự vượt trội với cả độ lặp lại và mức độ tự do cao, nhưng lại có tải trọng thấp hơn. Điều này tạo ra một mâu thuẫn giữa độ lặp lại và khả năng tải trọng, đòi hỏi sự cân nhắc kỹ lưỡng. Cuối cùng, Robot 5 có các thông số thấp hơn so với các robot khác, tạo ra một mâu thuẫn về hiệu suất tổng thể so với yêu cầu cụ thể của nhiệm vụ. Những mâu thuẫn này giữa các tiêu chí quan trọng (tải trọng, độ lặp lại, tỷ lệ tốc độ và mức độ tự do) cho thấy sự cần thiết của phương pháp MCDM để đưa ra quyết định tối ưu nhất, đảm bảo sự cân bằng giữa các yêu cầu kỹ thuật và mục tiêu của công việc. Trong quá trình lựa chọn robot công nghiệp, việc sử dụng phương pháp Entropy để tính toán trọng số của các tiêu chí là rất quan trọng. Trước khi tính toán trọng số, chúng ta cần chuẩn hóa dữ liệu ban đầu để đảm bảo các giá trị của các tiêu chí khác nhau có thể so sánh được. Việc chuẩn hóa này giúp loại bỏ sự chênh lệch về đơn vị và phạm vi giữa các tiêu chí, ma trận quyết định chuẩn hóa được trình bày trong bảng 3.

Bảng 3. Ma trận quyết định chuẩn hóa

Phương án	C1	C2	C3	C4
Robot 1	0,224	0,158	0,260	0,179
Robot 2	0,224	0,158	0,260	0,214
Robot 3	0,254	0,051	0,156	0,214
Robot 4	0,187	0,395	0,208	0,214
Robot 5	0,112	0,237	0,115	0,179

Sau khi chuẩn hóa dữ liệu, bước tiếp theo là tính toán trọng số của các tiêu chí bằng phương pháp Entropy. Các trọng số này phản ánh mức độ quan trọng tương đối của mỗi tiêu chí trong quá trình ra quyết định (bảng 4).

Bảng 4. Trọng số của các tiêu chí

Trọng số	C1	C2	C3	C4
Entropy	0,980	0,897	0,973	0,998
Trọng số w_j	0,134	0,673	0,177	0,016

Tiêu chí C2 có giá trị Entropy là 0,897 và trọng số w_j là 0,673, cao nhất trong các tiêu chí, cho thấy đây là tiêu chí quan trọng nhất trong quá trình lựa chọn robot công nghiệp. Tiêu chí C3 có giá trị Entropy là 0,973 và trọng số w_j là 0,177, thể hiện tầm quan trọng trung bình. Tiêu chí C1 có giá trị Entropy là 0,980 và trọng số w_j là 0,134, cho thấy tầm quan trọng tương đối thấp. Cuối cùng, tiêu chí C4 có giá trị Entropy là 0,998 và trọng số w_j là 0,016, thấp nhất trong các tiêu chí, cho thấy tiêu chí này có tầm quan trọng rất thấp so với các tiêu chí khác trong quá trình ra quyết định. Sau khi thu được trọng số khách quan của các tiêu chí, ta sử dụng phương pháp TOPSIS, MOORA và

EDAS để xếp hạng các lựa chọn. Kết quả xếp hạng các Robot theo từng phương pháp đánh giá được trình bày trong bảng 5.

Bảng 5. Kết quả xếp hạng

Phương án	TOPSIS	MOORA	EDAS
Robot 1	0,330 (4)	0,377 (4)	0,420 (4)
Robot 2	0,331 (3)	0,378 (3)	0,422 (3)
Robot 3	0,089 (5)	0,208 (5)	0,028 (5)
Robot 4	0,942 (1)	0,658 (1)	0,992 (1)
Robot 5	0,527 (2)	0,393 (2)	0,467 (2)

Các kết quả cho thấy sự nhất quán rõ rệt giữa các phương pháp. Robot 4 được đánh giá cao nhất với thứ hạng 1 theo cả ba phương pháp, chứng tỏ đây là lựa chọn tốt nhất và phù hợp nhất cho các ứng dụng công nghiệp. Robot 5 xếp thứ hai theo cả ba phương pháp, cho thấy đây cũng là một lựa chọn rất tốt, chỉ đứng sau Robot 4. Robot 1 và Robot 2 có hiệu suất trung bình, với Robot 2 đứng thứ ba và Robot 1 đứng thứ tư ở cả ba phương pháp. Ngược lại, Robot 3 được xếp hạng thấp nhất theo cả ba phương pháp, cho thấy đây là lựa chọn kém nhất trong các robot được đánh giá. Sự đồng thuận giữa các phương pháp TOPSIS, MOORA và EDAS trong việc xếp hạng các robot khẳng định tính đáng tin cậy của các phương pháp MCDM này trong quá trình ra quyết định lựa chọn robot công nghiệp.

4. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, chúng tôi đã giới thiệu và áp dụng ba phương pháp ra quyết định đa tiêu chí TOPSIS, MOORA và EDAS để đánh giá và lựa chọn robot công nghiệp phù hợp. Quá trình này bắt đầu bằng việc chuẩn hóa dữ liệu thông qua phương pháp Entropy để đảm bảo tính công bằng và khách quan trong đánh giá các tiêu chí. Kết quả từ cả ba phương pháp cho thấy sự nhất quán cao giữa các phương pháp.

Những phát hiện này khẳng định tính hiệu quả của các phương pháp MCDM trong việc hỗ trợ ra quyết định lựa chọn robot công nghiệp, giúp các doanh nghiệp có cơ sở khoa học để tối ưu hóa quy trình sản xuất. Đồng thời, nghiên cứu này cũng nhấn mạnh tầm quan trọng của việc tính toán trọng số khách quan và đánh giá đa chiều trong các quyết định công nghiệp phức tạp. Bằng cách cung cấp một khung phân tích toàn diện, nghiên cứu này đóng góp vào việc nâng cao hiệu quả và độ tin cậy của quá trình lựa chọn robot công nghiệp, hỗ trợ các nhà quản lý và doanh nghiệp trong việc ra quyết định chiến lược, tối ưu hóa năng suất và giảm thiểu chi phí.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Patil S., Vasu V., Srinadh K. V. S., "Advances and perspectives in collaborative robotics: a review of key technologies and emerging trends," *Discover Mechanical Engineering*, 2(1), 13, 2023.
- [2]. Campilho R. D., Silva F. J., "Industrial Process Improvement by Automation and Robotics," *Machines*, 11(11), 1011, 2023.
- [3]. Çiğdem Ş., Meidute-Kavaliauskiene I., Yıldız B., "Industry 4.0 and industrial robots: A study from the perspective of manufacturing company employees," *Logistics*, 7, 17, 2023.
- [4]. Keshvarparast A., Battini D., Battaia O., Pirayesh A., "Collaborative robots in manufacturing and assembly systems: Literature review and future research agenda," *Journal of Intelligent Manufacturing*, 35, 2065-2118, 2024.
- [5]. Tehrani B. M., BuHamdan S., Alwisy A., "Robotics in assembly-based industrialized construction: A narrative review and a look forward," *International Journal of Intelligent Robotics and Applications*, 7, 556-574, 2023.
- [6]. Karabegović I., Turmanidze R., Dašić P., "Robotics and automation as a foundation of the fourth industrial revolution-industry 4.0," in *Grabchenko's International Conference on Advanced Manufacturing Processes*, 128-136, 2019.
- [7]. Ghafil H. N., Jármai K., "Research and application of industrial robot manipulators in vehicle and automotive engineering: A survey," in *Vehicle and Automotive Engineering 2: Proceedings of the 2nd VAE2018*, Miskolc, Hungary, 611-623, 2018.
- [8]. Bogue R., "The role of robots in the electronics industry," *Industrial Robot: The International Journal of Robotics Research and Application*, 50, 717-721, 2023.
- [9]. Dzedzickis A., Subačiūtė-Žemaitienė J., Šutinyš E., Samukaitė-Bubnienė U., Bučinskas V., "Advanced applications of industrial robotics: New trends and possibilities," *Applied Sciences*, 12, 135, 2021.
- [10]. Hofmann T., Wenzel D., "How to minimize cycle times of robot manufacturing systems," *Optimization and Engineering*, 22, 895-912, 2021.
- [11]. Li R. Y. M., Ng D. P. L., "Wearable robotics, industrial robots and construction worker's safety and health," in *Advances in Human Factors in Robots and Unmanned Systems: Proceedings of the AHFE 2017 International Conference on Human Factors in Robots and Unmanned Systems*, 31-36, Springer, 2018.
- [12]. Fragapane G., Ivanov D., Peron M., Sgarbossa F., Strandhagen J. O., "Increasing flexibility and productivity in Industry 4.0 production networks with autonomous mobile robots and smart intralogistics," *Annals of Operations Research*, 308, 125-143, 2022.
- [13]. Bilancia P., Schmidt J., Raffaelli R., Peruzzini M., Pellicciari M., "An overview of industrial robots control and programming approaches," *Applied Sciences*, 13, 2582, 2023.
- [14]. Shanmugasundar G., Kalita K., Čep R., Chohan J. S., "Decision models for selection of industrial robots - A comprehensive comparison of multi-criteria decision making," *Processes*, 11, 1681, 2023.
- [15]. Zhao J., Sui Y., Xu Y., Lai K., "Industrial robot selection using a multiple criteria group decision-making method with individual preferences," *PLOS One*, 16, e0259354, 2021.
- [16]. Rashid Bhargale P. P., Agrawal V. P., Saha S. K., "Attribute based specification, comparison and selection of a robot," *Mechanism and Machine Theory*, 39(12), 1345-1366, 2004.
- [17]. Koulouriotis D., Ketipi M., "Robot evaluation and selection Part A: An integrated review and annotated taxonomy," *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 71, 1371-1394, 2014.
- [18]. Chodha V., Dubey R., Kumar R., Singh S., Kaur S., "Selection of industrial arc welding robot with TOPSIS and entropy MCDM techniques," *Materials Today: Proceedings*, 50, 709-715, 2022.
- [19]. Yalçın N., Uncu N., "Applying EDAS as an applicable MCDM method for industrial robot selection," *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*, 37, 779-796, 2019.
- [20]. Ali A., Rashid T., "Best-worst method for robot selection," *Soft Computing*, 25, 563-583, 2021.
- [21]. Kumar V., Kalita K., Chatterjee P., Zavadskas E. K., Chakraborty S., "A SWARA-CoCoSo-based approach for spray painting robot selection," *Informatica*, 33, 35-54, 2022.
- [22]. Lu H., Zhao Y., Zhou X., Wei Z., "Selection of agricultural machinery based on improved CRITIC-entropy weight and GRA-TOPSIS method," *Processes*, 10(2), 266, 2022.
- [23]. Sinaga N. A., Sugara H., Sembiring E. J., Manurung M. E. M., Silaen H., Sumantrie P., Siregar V. M. M., "Decision support system with MOORA method in selection of the best teachers," in *AIP Conference Proceedings*, 2453, 1, 2022.
- [24]. Wei G., Wei C., Guo Y., "EDAS method for probabilistic linguistic multiple attribute group decision making and their application to green supplier selection," *Soft Computing*, 25(14), 9045-9053, 2021.

AUTHORS INFORMATION

**Nguyen Thi Nga, Vu Thanh Hai, Dao Thi Mo,
Tong Thi Lan, Nguyen Thi Thu Ha**

Faculty of Technology and Engineering, Thai Binh University, Vietnam