

ỨNG DỤNG MÔ HÌNH QUYẾT ĐỊNH ĐA TIÊU CHÍ TRONG LỰA CHỌN CÔNG NGHỆ TÁI CHẾ CHẤT THẢI ĐIỆN TỬ

APPLICATION OF MULTI-CRITERIA DECISION-MAKING MODEL IN THE SELECTION OF E-WASTE RECYCLING TECHNOLOGIES

Thái Hoàng Tuyết Nhi¹, Nguyễn Văn Thành¹, Dương Công Châu^{2,*}

¹Bộ môn Logistics và Quản lý Chuỗi cung ứng, Trường Công nghệ Văn Lang,
Trường Đại học Văn Lang

²Khoa Thương mại, Trường Đại học Văn Lang

*Email: chau.2483401210002@vanlanguni.vn

TÓM TẮT

Trong bối cảnh xã hội hóa và hiện đại hóa, rác thải nói chung và chất thải điện tử nói riêng đang trở thành mối đe dọa nghiêm trọng. Việt Nam cũng không ngoại lệ, khi lượng rác thải điện tử không ngừng gia tăng do nhu cầu sử dụng thiết bị công nghệ trong kỷ nguyên 5.0. Nhằm giải quyết vấn đề này, các nhà nghiên cứu đã ứng dụng mô hình tích hợp AHP và TOPSIS trong quyết định đa tiêu chí (MCDM) để đánh giá và lựa chọn công nghệ tái chế chất thải điện tử tối ưu. Qua việc đánh giá các công nghệ tái chế như cơ học, nhiệt, hóa học và sinh học được dựa trên các tiêu chí hiệu quả kinh tế, công nghệ, môi trường, xã hội kết quả công nghệ tái chế hóa học được đánh giá và xác định là hiệu quả nhất, đứng đầu bảng xếp hạng với chỉ số phương án tích cực C_b 0,736. Nghiên cứu này không chỉ cung cấp phương pháp tiếp cận khoa học và hệ thống trong việc ra quyết định, mà còn nâng cao hiệu quả tái chế, giảm tác động môi trường và đảm bảo an toàn lao động. Đồng thời, nó mở ra tiềm năng ứng dụng AHP và TOPSIS trong nhiều lĩnh vực khác, góp phần vào mục tiêu phát triển bền vững của Việt Nam.

Từ khóa: AHP; Chất thải điện tử; E-waste; MCDM; Môi trường; TOPSIS.

ABSTRACT

In the context of socialization and modernization, waste in general, and electronic waste (e-waste) in particular, have become serious threats. Vietnam is no exception, as the volume of e-waste continues to rise due to the increasing demand for technological devices in the era of Industry 5.0. To address this issue, researchers have applied an integrated AHP and TOPSIS model within the Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) framework to evaluate and select the optimal technology for e-waste recycling. By assessing various recycling technologies, including mechanical, thermal, chemical, and biological methods, based on criteria such as economic efficiency, technological feasibility, environmental impact, and social factors, chemical recycling has been identified as the most effective. It ranked first with a positive ideal solution index (C_b) of 0.736. This study not only provides a scientific and systematic approach to decision-making but also improves recycling efficiency, reduces environmental impact, and ensures occupational safety. Furthermore, it opens up opportunities to apply AHP and TOPSIS in many other fields, contributing to Vietnam's sustainable development goals.

Keywords: AHP; Electronic waste; E-waste; MCDM; Environment; TOPSIS.

1. GIỚI THIỆU

Sự gia tăng dân số trong thời kỳ công nghiệp hóa đã kéo theo lượng chất thải rắn, từ sinh hoạt đến công nghiệp, tăng vọt đáng kể. Đặc biệt, chất thải điện tử ngày càng chiếm tỷ trọng lớn, gây ra nhiều thách thức nghiêm trọng. Thực trạng này đòi hỏi các giải pháp quản lý bền vững và phương pháp xử lý hiệu quả hơn bao giờ hết để bảo vệ môi trường và sức khỏe con người.

Theo Ngân hàng Thế giới, mỗi năm thế giới tạo ra khoảng 2,01 tỷ tấn rác thải đô thị, trong đó 33% không được xử lý an toàn [1]. Năm 2019, thế giới đã sản sinh 53,6 triệu tấn rác thải điện tử, với lượng rác thải dự kiến sẽ đạt 74,7 triệu tấn vào năm 2030 [2]. Tại Việt Nam, tình hình chất thải đáng lo ngại với 24,5 triệu tấn chất thải sinh hoạt và 8,1 triệu tấn chất thải công nghiệp mỗi năm. Tỷ lệ thu gom tại đô thị chỉ đạt 70-85%, và ở nông thôn là 40-55%. Theo Viện Khoa học và Công nghệ Môi trường, Việt Nam tạo ra khoảng 100.000 tấn rác thải điện tử hàng năm, dự báo sẽ đạt 250.000 tấn vào năm 2025 [3]. Những con số này cho thấy sự nghiêm trọng của rác thải điện tử không chỉ gây ô nhiễm môi trường mà còn ảnh hưởng nghiêm trọng đến sức khỏe, đặc biệt là với người lao động trong ngành tái chế ở các nước đang phát triển, dẫn đến nguy cơ mắc bệnh mãn tính và ung thư. Nghiên cứu này tập trung vào việc chọn lựa công nghệ tái chế phù hợp nhằm giảm thiểu tác động tiêu cực của rác thải điện tử. Theo P. Tanskanen, thiết bị điện và điện tử thải bỏ (WEEE) là một trong những loại chất thải phát triển nhanh nhất toàn cầu [4]. Việc tái chế hiệu quả không chỉ bảo vệ môi trường mà còn thu hồi vật liệu kinh tế có giá trị như H.-Y. Kang và J. M. Schoenung đã phân tích các xu hướng tái chế rác thải điện tử và các công nghệ tái chế hiện có đối với kính, nhựa, và kim loại [5].

Tại Việt Nam, phương pháp xử lý rác thải phổ biến là chôn lấp, phân loại, và đốt thủ công. Tuy nhiên, chỉ khoảng 120 trên hơn 660 bãi chôn lấp được coi là hợp vệ sinh, gây ra nhiều vấn đề về ô nhiễm môi trường và ảnh hưởng kinh tế - xã hội [6]. Báo cáo từ Envilience ASIA [7] đã cung cấp số liệu về tình trạng này (Hình 1). Những thách thức và nguy cơ từ việc xử lý rác thải điện tử không chỉ là vấn đề riêng của Việt Nam mà còn là mối quan tâm lớn trên toàn cầu, đòi hỏi những hành động mạnh mẽ và kịp thời từ cả cộng đồng quốc tế và trong nước.

Dựa vào các vấn đề đã trình bày, trong nghiên cứu mô hình được đề xuất là mô hình quyết định đa tiêu chí MCDM kết hợp sử dụng với phương pháp AHP và kỹ thuật TOPSIS để xác định đánh giá và lựa chọn công nghệ tái chế chất thải điện tử tối ưu nhất. Kết quả nghiên cứu này không chỉ có ý nghĩa đối với Việt Nam mà còn đóng góp cho cộng đồng quốc tế trong việc quản lý và xử lý chất thải điện tử.

2. LƯỢC KHẢO TÀI LIỆU

Chất thải điện tử (E-waste) là một loại chất thải bao gồm nhiều loại có thể phân hủy hoặc không phân hủy, hoặc có thể tái sử dụng tận dụng nguồn tài nguyên có sẵn. Vấn đề xử lý chất thải điện tử này cũng được nhiều nhà nghiên cứu sử dụng phương pháp MCDM hoặc kết hợp nhiều phương pháp kỹ thuật khác để nghiên cứu lựa chọn công nghệ tái chế chất thải rắn tối ưu nhất. Một nghiên cứu của Vaverková, M.D. [8] đã tìm ra được kết quả của việc xử lý chất thải rắn bằng bãi chôn lấp ngay cả khi đạt được mức độ tránh chất thải, tái sử dụng và tái chế cao, một số vật liệu thải vẫn luôn cần được chuyển tiếp để xử lý tránh ảnh hưởng đến môi trường. N. Van Thanh [9] sử dụng Fuzzy MCDM, FAHP và kỹ thuật Cocosmo cho chất thải rắn để tái tạo thành năng lượng tại Việt Nam. G. 

van de Kaa và cộng sự [10] đã áp dụng MCDM để lựa chọn công nghệ quang điện tối ưu. Kharat và cộng sự [11] sử dụng phương pháp FAHP kết hợp với TOPSIS để giúp nhà quản trị xác định được địa điểm chôn lấp hiệu quả trong quá trình ra quyết định lựa chọn địa điểm chôn lấp tại thành phố Mumbai. M. Aghajani Mir và cộng sự [12] thực hiện kỹ thuật TOPSIS kết hợp với kỹ thuật VIKOR trong phân tích quyết định đa tiêu chí MCDM để phát triển mô hình quản lý xử lý chất thải rắn đô thị được tối ưu hóa. M. Govind Kharat và cộng sự [13] đã áp dụng Fuzzy-MCDM cùng với kỹ thuật TOPSIS để lựa chọn công nghệ xử lý và tiêu hủy chất thải rắn đảm bảo về tiêu chí có ý thức môi trường. H. Asefi and S. Lim [14] tiến hành thực hiện phương pháp GIS, Delphi, TOPSIS and ε-ràng buộc để tìm ra giải pháp quản lý chất thải rắn đô thị tổng hợp. A. Coban và cộng sự [15] đã sử dụng phương pháp MCDM kết hợp với kỹ thuật TOPSIS, PROMETHEE I, PROMETHEE II thông qua 7 tiêu chí để đánh giá quản lý chất thải rắn đô thị. Kết quả thông qua 3 phương pháp xác định được công nghệ tái chế và chôn lấp là nổi bật nhất ở các nước đang phát triển. A. Soltani và cộng sự [16] ứng dụng MCDA và kỹ thuật AHP để giải quyết các vấn đề về quản lý chất thải rắn đô thị. B. Vučijak và cộng sự [17] ra quyết định đa tiêu chí về nghiên cứu lựa chọn phương án quản lý chất thải rắn tốt nhất ở thành phố Bosnia, Herzegovina. B. Milutinović và cộng sự [18] đã ứng dụng AHP trong phân tích đa tiêu chí để quản lý chất thải và thu hồi năng lượng với kết quả đạt được từ ủ phân hữu cơ và tái chế chất thải hữu cơ.

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

3.1. Phương pháp phân tích thứ bậc - Analytic Hierarchy Process Method (AHP)

AHP là một phương pháp ra quyết định

đa tiêu chí được phát triển vào cuối thập niên 1970. Phương pháp này giúp các nhà ra quyết định phân tích và lựa chọn phương án tối ưu khi có nhiều tiêu chí khác nhau được tìm ra bởi Thomas L. Saaty.

• Bước 1: Hình thành ma trận so sánh cặp

$$\widetilde{P} = \begin{bmatrix} \widetilde{P}_{11}^t & \widetilde{P}_{12}^t & \dots & \widetilde{P}_{1n}^t \\ \widetilde{P}_{21}^t & \widetilde{P}_{22}^t & \dots & \widetilde{P}_{2n}^t \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \widetilde{P}_{n1}^t & \widetilde{P}_{n2}^t & \dots & \widetilde{P}_{nn}^t \end{bmatrix} \quad (1)$$

• Bước 2: Tính toán trọng số và giá trị riêng lớn nhất

$$|W - \lambda_{\max} \cdot U| = 0 \quad (2)$$

Trong đó:

- $\lambda_{\max}$: Giá trị riêng lớn nhất của ma trận;
- W: Ma trận so sánh cặp giữa các tiêu chí;
- U: Ma trận cùng cấp với ma trận W.

Bước 4: Tính vectơ nhất quán λ

$$\lambda_{\max} = \frac{\left(\frac{\sum_{i=1}^n P_{ij} \times w_j}{w_i} \right)}{n} \quad (3)$$

Trong đó:

- P_{ij} là phần tử của ma trận so sánh cặp;
- w_j là trọng số của tiêu chí j;
- w_i là trọng số của tiêu chí i;
- n là số lượng tiêu chí.

Bước 5: Kiểm tra lại ma trận, tính chỉ số nhất quán

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - a}{a - 1} \quad (4)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (5)$$

Trong đó:

- $\lambda_{\max}$ là giá trị riêng lớn nhất của ma trận;
- a là số tiêu chí;
- CR là tỷ lệ nhất quán;
- CI là chỉ số nhất quán;
- RI là chỉ số ngẫu nhiên.

Kết quả của $CR \leq 0.1$ thì đạt yêu cầu, ngược lại nếu $CR \geq 0.1$ thì ta phải tiến hành đánh giá từ đầu.

3.2. Phương pháp xếp hạng theo thứ tự ưu tiên dựa trên sự tương đồng với giải pháp lý tưởng TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)

TOPSIS là phương pháp dựa trên độ tương đồng với phương án lý tưởng tích cực và khoảng cách xa với phương án lý tưởng tiêu cực, được giới thiệu bởi Hwang, Yoon (1981). Phương pháp này giúp đơn giản hóa quá trình so sánh giữa nhiều tiêu chí phức tạp, đặc biệt khi cần cân nhắc giữa nhiều yếu tố đối lập, đồng thời đảm bảo tính khách quan. TOPSIS còn dễ dàng áp dụng và có thể sử dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau, từ kinh doanh đến kỹ thuật.

Để thực hiện phương pháp TOPSIS, bao gồm 4 bước như sau:

• Bước 1: Hình thành ma trận đánh giá với a lựa chọn và b tiêu chí, ma trận $[R_{mn}]_{ab}$.

• Bước 2: Chuẩn hóa ma trận $[R_{mn}]_{ab}$ để tạo ra ma trận $Y = (a_{mn})_{ab}$

$$D_{mn} = \frac{R_{mn}}{\sqrt{\sum_{m=1}^a R_{mn}^2}}, m = 1, 2, \dots, a; n = 1, 2, \dots, b \quad (6)$$

Bước 3: Nhân ma trận với trọng số

$$c_{ab} = b_{ab} \cdot f_b, a = 1, 2, \dots, m; b = 1, 2, \dots, n \quad (7)$$

Trong đó: $f_b = [0, 1]$ và $\sum_{b=1}^n f_b = 1$

• Bước 4: Xác định phương án tích cực và giải pháp lý tưởng tiêu cực

$$\begin{aligned} TIS^+ &= (c_1^+, c_2^+, \dots, c_n^+) \text{ với} \\ c_b^+ &= \{\langle \max(c_{ab} | a = 1, 2, \dots, m | b \in B'), \\ &\langle \min(c_{ab} | a = 1, 2, \dots, m | b \in B'') \rangle\} \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} VIS^- &= (c_1^-, c_2^-, \dots, c_n^-) \text{ với} \\ c_b^- &= \{\langle \min(c_{ab} | a = 1, 2, \dots, m | b \in B'), \\ &\langle \max(c_{ab} | a = 1, 2, \dots, m | b \in B'') \rangle\} \end{aligned} \quad (9)$$

Trong đó: B' là tiêu chí lợi ích và B'' là tiêu chí chi phí.

• Bước 5: Tính toán khoảng cách của mỗi lựa chọn so với TIS và VIS

$$c_b^+ = \sqrt{\sum_{b=1}^n (c_{ab} - c_b^+)^2}, a = 1, 2, \dots, n; b = 1, 2, \dots, m \quad (10)$$

$$c_b^- = \sqrt{\sum_{b=1}^n (c_{ab} - c_b^-)^2}, a = 1, 2, \dots, n; b = 1, 2, \dots, m \quad (11)$$

• Bước 6: Xếp hạng cuối cùng.

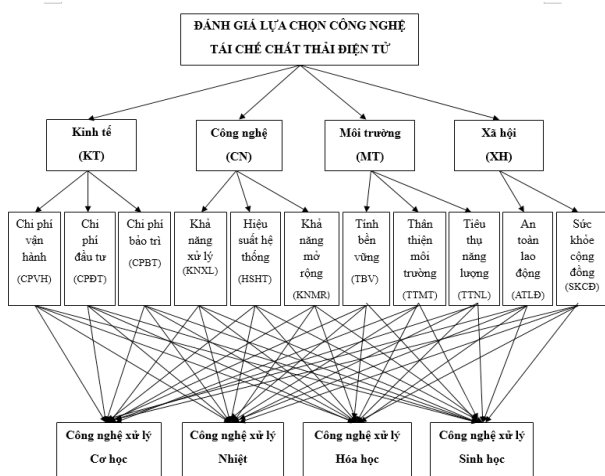
$$RANKING_a = \frac{c_b^-}{(c_b^- + c_b^+)} a = 1, 2, \dots, n \quad (12)$$

4. NGHIÊN CỨU ĐIỂN HÌNH

4.1. Triển khai Mô hình phân tích thứ bậc (AHP)

Sơ đồ phân cấp thứ bậc được trình bày như Hình 4.1.





Hình 4.1. Sơ đồ phân tích thứ bậc AHP

Để tính toán kết quả ưu tiên của các tiêu chí, trong nghiên cứu này sử dụng phương pháp so sánh cặp các tiêu chí gồm có 4 tiêu chí chính và 11 tiêu chí phụ để đảm bảo việc lựa chọn công nghệ xử lý hiệu quả, tối ưu chất thải điện tử nhất và công thức mô hình phân tích thứ AHP từ (1) – (6), ta được kết quả trong Bảng 4.1.

Bảng 4.1. Kết quả trọng số ưu tiên của các tiêu chí bằng AHP

Tiêu chí	Trọng số ưu tiên	Thứ tự
Chi phí vận hành (CPVH)	0.23183	1
Chi phí đầu tư (CPĐT)	0.04544	7
Chi phí bảo trì (CPBT)	0.03739	8
Khả năng xử lý (KNXL)	0.09159	5
Hiệu suất hệ thống (HSHT)	0.14168	3
Khả năng mở rộng (KNMR)	0.01960	11
Tính bền vững (TBV)	0.12021	4
Thân thiện môi trường (TTMT)	0.19749	2
Tiêu thụ năng lượng (TTNL)	0.06261	6
An toàn lao động (ATLĐ)	0.02196	10
Sức khỏe cộng đồng (SKCĐ)	0.03021	9

Từ kết quả ở Bảng 4.1, dựa trên các trọng số ưu tiên sau khi áp dụng phương pháp AHP cho các tiêu chí đánh giá công nghệ xử lý tái chế chất thải điện tử, tiêu chí có trọng số cao nhất là chi phí vận hành với trọng số 0.23183. Điều này nhấn mạnh tầm quan trọng của việc lựa chọn công nghệ có kinh tế - chi phí hợp lý để đảm bảo tính khả thi và hiệu quả kinh tế lâu dài. Tiêu chí thân thiện môi trường được xếp thứ hai cũng là một yếu tố quan trọng với trọng số 0.19749, phản ánh tình hình thực tế môi trường cần được bảo vệ bởi lẽ đây là một vấn đề nan giải khi xử lý các chất thải điện tử.

4.2. Phương pháp xếp hạng theo thứ tự ưu tiên dựa trên sự tương đồng với giải pháp lý tưởng (TOPSIS)

Bằng cách sử dụng trọng số ưu tiên và đánh giá từ các chuyên gia, ta áp dụng công thức từ (7) – (13) được kết quả xếp hạng các công nghệ tái chế hiện nay như Bảng 4.2:

Bảng 4.2. Kết quả xếp hạng các công nghệ tái chế

Công nghệ tái chế	Cb+	Cb-	Cb	Xếp hạng
Công nghệ xử lý cơ học	0.1277	0.0635	0.332	4
Công nghệ xử lý nhiệt	0.0564	0.1014	0.643	2
Công nghệ xử lý hóa học	0.0478	0.1333	0.736	1
Công nghệ xử lý sinh học	0.0702	0.1130	0.617	3

Dựa trên kết quả lựa chọn công nghệ xử lý tái chế chất thải điện tử bằng cách sử dụng mô hình TOPSIS và ta thấy được rằng, công nghệ xử lý hóa học đứng đầu bảng xếp hạng với chỉ số Cb là 0.736, cho thấy đây là công nghệ

tối ưu nhất theo đánh giá của mô hình trong bài nghiên cứu này. Điều này có nghĩa là xử lý hóa học có sự tương đồng cao nhất với giải pháp lý tưởng, đáp ứng tốt nhất các tiêu chí đã được xác định. Tiếp theo, công nghệ xử lý nhiệt xếp ở vị trí thứ hai với chỉ số Cb là 0.643, đây cũng được xem là một lựa chọn rất tốt và hiệu quả. Công nghệ xử lý sinh học đứng ở vị trí thứ ba với chỉ số Cb là 0.617, tuy không tối ưu như hai công nghệ trên nhưng vẫn là một phương án khả thi. Công nghệ xử lý cơ học xếp ở vị trí thứ tư với chỉ số Cb là 0.332, điều này cho thấy hiệu quả của công nghệ kém hơn so với các công nghệ khác.

5. THẢO LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Nghiên cứu đã áp dụng mô hình tích hợp MCDM kết hợp AHP và TOPSIS để đánh giá và lựa chọn công nghệ tái chế chất thải điện tử. Kết quả cho thấy công nghệ xử lý hóa học là lựa chọn tối ưu, phù hợp với điều kiện thị trường Việt Nam hiện nay. Các công nghệ sinh học, nhiệt và cơ học tuy được xem xét nhưng kém phù hợp hơn. Mô hình cho thấy hiệu quả trong việc phân tích và xếp hạng các công nghệ dựa trên các tiêu chí kinh tế, môi trường và xã hội. Đề tài đóng góp thiết thực cho quá trình ra quyết định trong quản lý rác thải điện tử và mở ra tiềm năng ứng dụng mô hình AHP-TOPSIS trong các lĩnh vực khác.

Mặc dù đề tài đã đạt được những kết quả đáng ghi nhận trong việc đánh giá và lựa chọn công nghệ tái chế chất thải điện tử, nhưng vẫn còn một số hạn chế cần lưu ý. Phạm vi nghiên cứu còn hẹp, chủ yếu tập trung vào công nghệ mà chưa bao quát đầy đủ các khía cạnh khác của quản lý chất thải điện tử như thu gom, vận chuyển, xử lý sau tái chế, sự chấp nhận của cộng đồng và yếu tố xã hội. Dữ liệu sử dụng chủ yếu từ chuyên gia, thiếu dữ liệu thực tiễn từ các

nhà máy hoặc dự án thử nghiệm. Bên cạnh đó, chi phí chuyển đổi công nghệ và bối cảnh triển khai cụ thể tại Việt Nam chưa được phân tích sâu. Các yếu tố pháp lý, chính sách hỗ trợ cũng chưa được đề cập rõ. Ngoài ra, do công nghệ tái chế phát triển nhanh, các kết luận của nghiên cứu có thể nhanh chóng lạc hậu nếu không cập nhật thường xuyên. Những điểm này nên được bổ sung trong các nghiên cứu tiếp theo để nâng cao tính thực tiễn và hiệu quả của giải pháp đề xuất. ❖

Ngày nhận bài: 23/6/2025

Ngày phản biện: 08/7/2025

Tài liệu tham khảo:

- [1]. J. Ruan and Z. Xu, “Constructing environment-friendly return road of metals from e-waste: Combination of Physical Separation Technologies”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 54, pp. 745-760, Feb. 2016. doi:10.1016/j.rser.2015.10.114.
- [2]. V. Forti, C.P. Balde, R. Kuehr, G. Bel, “The Global E-Waste Monitor 2020: Quantities, Flows and the Circular Economy Potential”. United Nations University/United Nations Institute for Training and Research, International Telecommunication Union, and International Solid Waste Association, Bonn, Germany; Geneva, Switzerland; Rotterdam, The Netherlands, 2020.
- [3]. “Tác hại của rác thải điện tử đến môi trường”. <https://dangcongsan.vn>, [https://dangcongsan.vn/xay-dung-xa-hoi-an-toan-truoc-thien-tai/tac-hai-cua-rac-thai-dien-tu-den-moi-truong-661711.html](https://dangcongsan.vn/xay-dung-xa-hoi-an-toan-truoc-thien-tai/tac-hai-cua-rac-thai-dien-tu-den-moi-truong) (accessed Jul. 30, 2024).
- [4]. P. Tanskanen, “Management and recycling of electronic waste”. *Acta Materialia*, vol. 61, no. 3, pp. 1001-1011, Feb. 2013. doi:10.1016/j.actamat.2012.11.005.
- [5]. H.-Y. Kang and J. M. Schoenung, “Electronic Waste Recycling: A review of U.S. Infrastructure and Technology Options”. *Resources, Conservation and Recycling*, 

- vol. 45, no. 4, pp. 368-400, Dec. 2005. doi:10.1016/j.resconrec.2005.06.001.
- [6]. D. Pant, D. Joshi, M. K. Upreti, and R. K. Kotnala, "Chemical and biological extraction of metals present in E waste: A hybrid technology". Waste Management, vol. 32, no. 5, pp. 979-990, May 2012. doi:10.1016/j.wasman.2011.12.002.
- [7]. R. Seif, F. Z. Salem, and N. K. Allam, "E-waste recycled materials as efficient catalysts for renewable energy technologies and better environmental sustainability". Environment, Development and Sustainability, vol. 26, no. 3, pp. 5473-5508, Jan. 2023. doi:10.1007/s10668-023-02925-7.
- [8]. Vaverková, M.D., "Landfill Impacts on the environment-review". Geosciences 2019, 9, 431.
- [9]. N. Van Thanh, "Optimal waste-to-energy strategy assisted by FUZZY MCDM model for Sustainable Solid Waste Management". Sustainability, vol. 14, no. 11, p. 6565, May 2022. doi:10.3390/su14116565.
- [10]. G. van de Kaa, J. Rezaei, L. Kamp, and A. de Winter, "Photovoltaic Technology Selection: A Fuzzy MCDM approach". Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 32, pp. 662-670, Apr. 2014. doi:10.1016/j.rser.2014.01.044.
- [11]. M. G. Kharat, S. J. Kamble, R. D. Raut, S. S. Kamble, and S. M. Dhume, "Modeling landfill site selection using an Integrated Fuzzy MCDM approach". Modeling Earth Systems and Environment, vol. 2, no. 2, Mar. 2016. doi:10.1007/s40808-016-0106-x.
- [12]. M. Aghajani Mir et al., "Application of topsis and Vikor improved versions in a multi criteria decision analysis to develop an optimized municipal solid waste management model". Journal of Environmental Management, vol. 166, pp. 109-115, Jan. 2016. doi:10.1016/j.jenvman.2015.09.028.
- [13]. M. Govind Kharat et al., "Fuzzy multi-criteria decision analysis for environmentally conscious solid waste treatment and disposal technology selection". Technology in Society, vol. 57, pp. 20-29, May 2019. doi:10.1016/j.techsoc.2018.12.005.
- [14]. H. Asefi and S. Lim, "A novel multi-dimensional modeling approach to Integrated Municipal Solid Waste Management". Journal of Cleaner Production, vol. 166, pp. 1131-1143, Nov. 2017. doi:10.1016/j.jclepro.2017.08.061.
- [15]. A. Coban, I. F. Ertis, and N. A. Cavdaroglu, "Municipal solid waste management via multi-criteria decision making methods: A case study in Istanbul, Turkey". Journal of Cleaner Production, vol. 180, pp. 159-167, Apr. 2018. doi:10.1016/j.jclepro.2018.01.130.
- [16]. A. Soltani, K. Hewage, B. Reza, and R. Sadiq, "Multiple stakeholders in multi-criteria decision-making in the context of Municipal Solid Waste Management: A Review". Waste Management, vol. 35, pp. 318-328, Jan. 2015. doi:10.1016/j.wasman.2014.09.010.
- [17]. B. Vučijak, S. M. Kurtagić, and I. Silajdžić, "Multicriteria decision making in selecting Best Solid Waste Management scenario: A municipal case study from Bosnia and Herzegovina". Journal of Cleaner Production, vol. 130, pp. 166-174, Sep. 2016. doi:10.1016/j.jclepro.2015.11.030.