

ỨNG DỤNG PHƯƠNG PHÁP CRITIC VÀ TOPSIS TRONG VIỆC LỰA CHỌN THỦY ĐIỆN XÂY DỰNG NHÀ MÁY NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI NỔI

APPLICATION OF CRITIC AND TOPSIS METHODS IN SELECTING HYDROPOWER PLANTS FOR FLOATING SOLAR POWER PROJECTS

Nguyễn Viết Tịnh, Nguyễn Văn Thành*, Nguyễn Văn Thuận

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

*Email tác giả liên hệ: thanh.nguyenvan@vlu.edu.vn

TÓM TẮT

Năng lượng hóa thạch dù tạo ra sản lượng điện lớn nhưng gây ra nhiều hệ lụy môi trường, khiến việc chuyển sang năng lượng tái tạo trở thành xu hướng tất yếu. Tại Việt Nam, theo Quy hoạch điện VIII, tỷ trọng năng lượng tái tạo đang tăng dần, trong khi thủy điện đã bước vào giai đoạn bão hòa. Do đó, kết hợp thủy điện với điện mặt trời nổi được xem là giải pháp hiệu quả. Tuy nhiên, việc lựa chọn vị trí phù hợp để triển khai điện mặt trời nổi trên hồ thủy điện đòi hỏi đánh giá nhiều tiêu chí. Nghiên cứu này đề xuất mô hình MCDM kết hợp CRITIC và TOPSIS nhằm hỗ trợ lựa chọn vị trí tối ưu. Mô hình được áp dụng tại Việt Nam và có thể mở rộng cho các ứng dụng khác trong lĩnh vực năng lượng.

Từ khoá: MCDM; CRITIC; TOPSIS; Năng lượng mặt trời; Thủy điện tích năng.

ABSTRACT

Although fossil energy generates a large amount of electricity, it causes serious environmental impacts, making the shift to renewable energy an inevitable trend. In Vietnam, under Power Development Plan VIII, the share of renewable energy is increasing, while hydropower has reached a saturation point. Therefore, combining hydropower with floating solar power is considered an effective solution. However, selecting suitable locations for floating solar installations on hydropower reservoirs requires the evaluation of multiple criteria. This study proposes a Multiple-Criteria Decision Making (MCDM) model that integrates the CRITIC and TOPSIS methods to support optimal site selection. The model is applied in Vietnam and can be extended to other applications in the energy sector.

Keywords: MCDM; CRITIC; TOPSIS; Solar energy; Hydropower reservoirs.

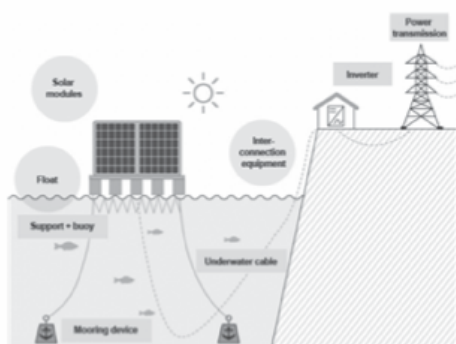


1. GIỚI THIỆU

Năng lượng hóa thạch đóng vai trò quan trọng trong phát triển kinh tế – xã hội, nhưng đang dần cạn kiệt và gây ra nhiều hệ lụy môi trường nghiêm trọng [1]-[3]. Trong bối cảnh đó, năng lượng tái tạo trở thành giải pháp tất yếu. Năm 2023, công suất năng lượng tái tạo toàn cầu tăng kỷ lục với 473 GW, trong đó điện mặt trời chiếm 346 GW và điện gió đạt 116 GW [4], [5]. Tại Việt Nam, tỷ trọng năng lượng tái tạo đạt 26,4% năm 2022 và hướng đến 71,5% vào năm 2050 theo lộ trình JETP [6, 7].

Việt Nam đứng thứ 8 toàn cầu về công suất lắp đặt điện mặt trời với 16.504 MW [8] và ghi nhận sự tăng trưởng mạnh mẽ của điện gió [9]. Việt Nam sở hữu điều kiện lý tưởng để phát triển năng lượng tái tạo như bức xạ mặt trời cao, tốc độ gió ổn định, và nguồn FDI lớn [10]. Tuy nhiên, việc phụ thuộc thời tiết gây biến động công suất, ảnh hưởng đến ổn định hệ thống điện nếu quá phụ thuộc vào nguồn năng lượng tái tạo [11], [12].

Trong khi tiềm năng phát triển thủy điện đã gần đạt giới hạn [13], [14], mô hình kết hợp điện mặt trời nổi với thủy điện tích năng được xem là giải pháp hiệu quả. Hệ thống này giúp tối ưu vận hành, giảm bốc hơi nước, làm mát tự nhiên và tích trữ năng lượng [15].



Hình 1. Mô hình điện mặt trời nổi [15]

Việt Nam có tài nguyên bức xạ mặt trời dồi dào, đặc biệt tại miền Trung và miền Nam – nơi tập trung nhiều hồ thủy điện lớn [16], [17]. Do đó, việc lựa chọn địa điểm lắp đặt điện mặt trời nổi cần đánh giá đa tiêu chí. Nghiên cứu này đề xuất mô hình MCDM kết hợp CRITIC và TOPSIS nhằm hỗ trợ ra quyết định tối ưu về vị trí triển khai hệ thống điện mặt trời nổi.

2. LƯỢC KHẢO TÀI LIỆU

Phương pháp kết hợp CRITIC và TOPSIS đã được chứng minh là hiệu quả trong các bài toán lựa chọn địa điểm cho dự án năng lượng tái tạo với dữ liệu đa tiêu chí. Nghiên cứu tại Ả Rập Saudi sử dụng mô hình CRITIC–TOPSIS để đánh giá địa điểm xây dựng nhà máy điện mặt trời [18], trong khi Robles-Algarín et al. kết hợp CRITIC với PCA và entropy tại Colombia để lựa chọn hệ thống PV [19]. Bishnoi và Chaturvedi phát triển TOPSIS cải tiến để tái sử dụng khí gas đốt bỏ [20], còn Büyükožkan và Güleriyüz tích hợp AHP mờ với fuzzy TOPSIS để lựa chọn nguồn năng lượng trong điều kiện bất định [21]. Trong lựa chọn thiết bị, Prayogo et al. áp dụng AHP–TOPSIS để chọn bộ nghịch lưu tối ưu [22], và Rajabi et al. kết hợp GIS với TOPSIS để xác định vị trí đập thủy điện tại Iran [23]. Các nghiên cứu này khẳng định tính linh hoạt, khách quan và khả năng mở rộng ứng dụng của mô hình CRITIC–TOPSIS trong quy hoạch năng lượng tái tạo.

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

- Phương pháp CRITIC:

Bước 1: Xây dựng ma trận quyết định gồm n phương án và m tiêu chí đánh giá.

$$\text{Max}\{f_1(a), f_2(a), \dots, f_m(a), a \in A\} \quad (1)$$

Bước 2: Chuẩn hóa dữ liệu của từng tiêu chí về khoảng (0,1) theo công thức:

$$x_{aj} = \frac{f_j(a) - f_{j*}}{f_j^* - f_{j*}} \quad (2)$$

Bước 3: Tính độ lệch chuẩn σ_j của tiêu chí j , thể hiện mức độ phân tán và khả năng phân biệt giữa các phương án.

$$x_j = (x_j(1), x_j(2), \dots, x_j(n)) \quad (3)$$

Bước 4: Tính hệ số tương quan tuyến tính r_{jk} giữa tiêu chí j và các tiêu chí còn lại.

$$\sum_{k=1}^m (1 - r_{jk}) \quad (4)$$

Bước 5: Tính lượng thông tin mà mỗi tiêu chí mang lại

$$C_j = \sigma_j \times \sum_{k=1}^m (1 - r_{jk}) \quad (5)$$

Bước 6: Chuẩn hóa lượng thông tin để tính trọng số cho từng tiêu chí

$$w_j = \frac{C_j}{\sum_{k=1}^m C_k} \quad (6)$$

• Phương pháp TOPSIS:

Bước 1: Tạo ma trận đánh giá $(x_{ij})_{m \times n}$ gồm m phương án và n tiêu chí.

Bước 2: Chuẩn hóa ma trận đánh giá theo công thức

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m x_{kj}^2}} \quad (7)$$

$$i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$$

Bước 3: Tính ma trận chuẩn hóa có trọng số

$$t_{ij} = r_{ij} \times w_j, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \quad (8)$$

Trong đó:

$$w_j = \frac{w_j}{\sum_{k=1}^n w_k}, j = 1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{j=1}^n w_j = 1$$

Bước 4: Xác định phương án tốt nhất (A_b) và tệ nhất (A_w)

- Với tiêu chí lợi ích (J^+):

$$A_b = \max(t_{ij}), A_w = \min(t_{ij}) \quad (9)$$

- Với tiêu chí lợi ích (J^-):

$$A_b = \min(t_{ij}), A_w = \max(t_{ij}) \quad (10)$$

Bước 5: Tính khoảng cách đến phương án tốt nhất d_{ib} và tệ nhất d_{iw}

$$d_{ib} = \sqrt{\sum_{j=1}^n (t_{ij} - t_{bj})^2} \quad (11)$$

$$d_{iw} = \sqrt{\sum_{j=1}^n (t_{ij} - t_{wj})^2} \quad (12)$$



Bước 6: Tính hệ số gần gũi (CC_i)

$$CC_i = \frac{d_{iw}}{d_{iw} + d_{ib}} \quad (13)$$

Bước 7: Xếp hạng các phương án dựa trên giá trị CC_i . Phương án có CC_i cao nhất là phương án tối ưu.

4. TRƯỜNG HỢP NGHIÊN CỨU

Việc lựa chọn địa điểm xây dựng nhà máy điện mặt trời nổi tại Việt Nam chịu ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố, đặc biệt trong bối cảnh khí hậu biến đổi nhanh và phức tạp. Trong nghiên cứu này, năm địa điểm thủy điện được đánh giá là có tiềm năng phù hợp với quy mô của dự án bao gồm: Đồng Nai 3 (Đắk Nông), Serepok 3 (Đắk Lắk), Ba Hạ (Phú Yên), Thác Mơ (Bình Phước) và Buôn Kuốp (Đắk Lắk).



Hình 3. Vị trí 5 thủy điện được khảo sát

Các số liệu của các tiêu chí định lượng được thu thập cho với 05 địa điểm thủy điện đã nêu.

• Mô hình CRITIC-TOPSIS:

Ứng dụng mô hình CRITIC-TOPSIS đã cho phép định lượng và phân tích một cách có hệ thống các tiêu chí ảnh hưởng đến quyết định lựa chọn địa điểm. Trọng số của các tiêu chí được xác định bằng phương pháp CRITIC, đảm bảo tính khách quan dựa trên sự biến thiên nội tại của dữ liệu. Sau đó, TOPSIS được sử dụng để xếp hạng các lựa chọn dựa trên khoảng cách đến phương án lý tưởng.

Trong quá trình áp dụng phương pháp CRITIC, các tiêu chí định lượng cần được phân loại thành hai nhóm: tiêu chí thuận lợi (càng cao càng tốt) và tiêu chí bất lợi (càng thấp càng tốt). Để thuận tiện cho quá trình xử lý dữ liệu, trong bảng dữ liệu đầu vào, các tiêu chí thuận lợi được mã hóa với giá trị 1, trong khi các tiêu chí bất lợi được mã hóa với giá trị -1.

Bảng 1. Dữ liệu các tiêu chí đánh giá

	Năng lượng tiêu thụ vùng (Kwh)	PCI (năm 2022)	Sản lượng quang điện (Gwh/năm)	Độ cao (m)	Độ biến thiên sản lượng quang điện (Gwh/năm)	Nhiệt độ trung bình (độ C)	Độ phủ mây (%)	Tốc độ gió (m/s)
Loại tiêu chí	1	1	1	1	-1	-1	-1	1
Đồng Nai 3	1614882825.60	64.87	1.343	577.4	240.13	23	71.013699	5.58

Serepok 3	4620102314.40	60.91	1.396	275.7	200.34	25.6	72.616438	4.59
Ba Hạ	2111128881.20	64.80	1.280	85.9	555.98	25.9	73.671233	5.3
Thác Mơ	2491754374.20	64.32	1.415	193.4	204.07	25.9	69.095890	4.55
Buôn Kuốp	4620102314.40	60.91	1.375	485.6	217.37	24.4	74.369863	5.65

Trên cơ sở áp dụng phương pháp CRITIC đối với bộ dữ liệu đã thu thập, các trọng số tương ứng của từng tiêu chí đã được xác định như sau:

Bảng 2. Kết quả trọng số

Tiêu chí	Trọng số CRITIC
Năng lượng tiêu thụ vùng	0.155396
PCI	0.196726
Sản lượng quang điện	0.083920
Độ cao	0.109316
Độ biến thiên sản lượng quang điện	0.085746
Nhiệt độ trung bình	0.125994
Độ phủ mây	0.098631
Tốc độ gió	0.144270

Tiếp theo, phương pháp TOPSIS được triển khai nhằm xếp hạng các vị trí thủy điện tiềm năng cho việc phát triển dự án điện mặt trời nổi. Dựa trên dữ liệu định lượng đã thu thập, các giá trị được chuẩn hóa để xây dựng ma trận chuẩn hóa phục vụ cho quá trình phân tích:

Bảng 3. Ma trận chuẩn hóa

	Năng lượng tiêu thụ vùng (Kwh)	PCI (năm 2022)	Sản lượng quang điện (Gwh/năm)	Độ cao (m)	Độ biến thiên sản lượng quang điện (Gwh/năm)	Nhiệt độ trung bình (độ C)	Độ phủ mây (%)	Tốc độ gió (m/s)
Loại tiêu chí	1	1	1	1	-1	-1	-1	1
Đồng Nai 3	0.2159	0.4591	0.4408	0.6951	0.3410	0.4117	0.4400	0.4840
Serepok 3	0.6176	0.4311	0.4582	0.3319	0.2845	0.4582	0.4499	0.3981
Ba Hạ	0.2822	0.4586	0.4201	0.1034	0.7896	0.4636	0.4565	0.4597
Thác Mơ	0.3331	0.4552	0.4644	0.2328	0.2898	0.4636	0.4281	0.3947
Buôn Kuốp	0.6176	0.4311	0.4513	0.5846	0.3087	0.4367	0.4608	0.4901



Bằng cách nhân ma trận chuẩn hóa với các trọng số đã được xác định từ phương pháp CRITIC, ta thu được ma trận chuẩn hóa có trọng số, phản ánh mức độ đóng góp tương đối của từng tiêu chí vào quá trình ra quyết định. Từ đó có thể xác định phương án thay thế tối ưu A_b (phương án tốt nhất) và phương án thay thế kém nhất A_w , làm cơ sở để tính toán khoảng cách và hệ số gần đúng trong mô hình TOPSIS:

Bảng 4. Phương án thay thế tốt nhất và tệ nhất

	Năng lượng tiêu thụ vùng (Kwh)	PCI (năm 2022)	Sản lượng quang điện (Gwh/năm)	Độ cao (m)	Độ biến thiên sản lượng quang điện (Gwh/năm)	Nhiệt độ trung bình (độ C)	Độ phủ mây (%)	Tốc độ gió (m/s)
A_b	0.0960	0.0903	0.0390	0.0760	0.0244	0.0519	0.0422	0.0569
A_w	0.0335	0.0848	0.0353	0.0113	0.0677	0.0584	0.0454	0.0707

Tiếp đến, tính toán khoảng cách từ phương án mục tiêu đến phương án tốt nhất d_b và đến phương pháp tệ nhất d_w .

Tiếp theo, tiến hành tính toán khoảng cách từ từng phương án đánh giá đến phương án lý tưởng d_b (tốt nhất) và đến phương án tệ nhất d_w , nhằm phục vụ cho việc xác định hệ số gần gũi CC_i trong mô hình TOPSIS.

Bảng 5. Hệ số gần gũi và xếp hạng của mô hình CRITIC-TOPSIS

	CC_i	Xếp hạng
Đồng Nai 3	0.542301	3
Serepok 3	0.666645	2
Ba Hạ	0.116407	5
Thác Mơ	0.430664	4
Buôn Kuốp	0.822255	1

Thủy điện Buôn Kuốp được xác định là phương án tối ưu nhất với hệ số gần đúng cao nhất ($CC_i = 0.822255$), tiếp theo là Serepok 3 và Đồng Nai 3. Ngược lại, Ba Hạ có điểm số thấp nhất, cho thấy nhiều hạn chế về các yếu tố kỹ thuật và điều kiện tự nhiên.

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã phát triển và áp dụng thành công mô hình ra quyết định đa tiêu chí tích hợp CRITIC và TOPSIS nhằm lựa chọn địa điểm phù hợp để xây dựng nhà máy điện mặt trời nổi trên các hồ thủy điện tại Việt Nam. Mô hình cho phép xử lý khách quan các dữ liệu định lượng và đưa ra xếp hạng rõ ràng giữa các phương án. Kết quả cho thấy thủy điện Buôn Kuốp là lựa chọn tối ưu nhất trong 5 địa điểm khảo sát.

Mô hình đề xuất có tiềm năng ứng dụng rộng rãi trong các bài toán lựa chọn địa điểm liên quan đến năng lượng tái tạo tại Việt Nam cũng như các quốc gia đang phát triển khác. Trong các nghiên cứu tiếp theo, việc kết hợp thêm các yếu tố định tính thông qua các phương pháp như AHP, ANP kết hợp các kỹ thuật fuzzy có thể giúp nâng cao độ toàn diện và tính thực tiễn của mô hình. Ngoài ra, tích hợp công nghệ GIS và dữ liệu thời tiết lịch sử cũng sẽ tăng độ chính xác trong dự báo và ra quyết định. ❖

Ngày nhận bài: 08/6/2025
Ngày phản biện: 26/6/2025

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Worldometer, “Oil left in the world”. American Library Association (ALA), [Online].
- [2]. S. Bertrand, “Fact Sheet: Climate, Environmental, and Health Impacts of Fossil Fuels”. Environmental and Energy Study Institute, Washington, D.C., 2021.
- [3]. Wikipedia, “Nội chiến Sudan lần thứ hai”. Wikipedia, [Online].
- [4]. D. H. Linh, T. T. Thanh, “Xu hướng chuyển đổi năng lượng tái tạo trên thế giới”. Tạp chí Cộng sản, Feb. 25, 2024.
- [5]. IRENA, “Renewable capacity statistics 2024”. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, 2024.
- [6]. N. L. X. Tuan, “Ngành điện Việt Nam và những điều bạn chưa biết”. Wichart, Sep. 11, 2023.
- [7]. Vietnambiz, “Cơ cấu nguồn điện sẽ thay đổi thế nào sau năm 2030?”. Vietnambiz, May 17, 2023.
- [8]. Tập đoàn Điện lực Việt Nam, “Việt Nam lọt top 10 nơi có công suất lắp đặt năng lượng mặt trời lớn nhất thế giới”. Tập đoàn Điện lực Việt Nam, Nov. 18, 2021.
- [9]. M. Nguyen, “Tỷ trọng điện Mặt Trời và điện gió của Việt Nam tăng nhanh nhất khu vực trong năm 2020”. Thông tấn xã Việt Nam, Sep. 30, 2021.
- [10]. Intracom, “Tiềm năng năng lượng mặt trời ở Việt Nam”. Intracom, Sep. 23, 2023.
- [11]. Cục Điều tiết Điện lực, “Thách thức lớn nhất của phát triển năng lượng tái tạo nằm ở vốn đầu tư”. Cục Điều tiết Điện lực, Oct. 3, 2023.
- [12]. T. B. Thuy, “Phát triển năng lượng tái tạo Việt Nam: Khó khăn, vướng mắc cần tháo gỡ”. Viện Nghiên cứu Chiến lược, Chính sách Công Thương, Aug. 18, 2021.
- [13]. Intracom, “Tiềm năng thủy điện tại Việt Nam và thách thức tương lai”. Intracom, Sep. 12, 2023. [Online].
- [14]. Thủ tướng Chính phủ, “TOÀN VĂN: Quy hoạch điện VIII”. Báo điện tử Chính phủ, May 18, 2023. [Online].
- [15]. Development Asia, “What Makes Floating Solar Farms a Cool Solution”. Development Asia, [Online].
- [16]. Tạp chí Năng lượng Việt Nam, “Cập nhật số liệu khảo sát cường độ bức xạ mặt trời ở Việt Nam”. Tạp chí Năng lượng Việt Nam, Jul. 9, 2020.
- [17]. Global Solar Atlas, Global Solar Atlas, [Online]. Available: <https://globalsolaratlas.info/map?c=12.554564,107.468262,7>. [Accessed 17 08 2024].
- [18]. Hassan, I., Alhamrouni, I., & Azhan, N. H. (2023), “A CRITIC-TOPSIS multi-criteria decision-making approach for optimum site selection for solar PV farm”. *Energies*, 16(10), 4245.
- [19]. Robles-Algarín, C., Castrillo-Fernández, L., & Restrepo-Leal, D. (2024), “Optimal Site Selection for Solar PV Systems in the Colombian Caribbean: Evaluating Weighting Methods in a TOPSIS Framework”. *Sustainability* (2071-1050), 16(20).
- [20]. Bishnoi, D., & Chaturvedi, H. (2022), “Optimised site selection of hybrid renewable installations for flare gas reduction using Multi-Criteria decision making”. *Energy Conversion and Management*: X, 13, 100181.
- [21]. Abdullah, A. G., Nurhikam, Y., Hakim, D. L., Sugito, N. T., & Zakaria, D. (2024), “CRITIC-TOPSIS Method: Design of hybrid renewable energy systems based on multi-criteria decision-making”. *International journal of electrical and computer engineering systems*, 15(8), 705-718.
- [22]. Prayogo, B., Yudisaputro, H., & Kurniawan, A. (2023, December), “Enhancing Renewable Energy Integration: A Hybrid AHP-TOPSIS Approach for Optimal Inverter Selection in Solar PV and Wind Turbine Systems”. In 2023 IEEE International Conference on Energy Technologies for Future Grids (ETFG) (pp. 1-6). IEEE.
- [23]. Rajabi, M., Golmehar, E., & MAJIDI, D. (2011), “Developing a TOPSIS-based model for hydropower dam site selection in Isfahan Province”. *Journal of Advanced Defense Science & Technology*, 2(4), 315-324.