

MỘT PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH SẢN LƯỢNG ĐIỆN MẶT TRỜI DỰA TRÊN NỀN TẢNG WEB

A METHOD TO ESTIMATE THE FINAL YIELD BASED WEB PLATFORM

Lê Phương Trường^{1*}, Nguyễn Thị Hương¹

¹Trường Đại học Lạc Hồng

*Tác giả liên hệ: lephuongtruong@lhu.edu.vn

(Nhận bài: 25/10/2020; Chấp nhận đăng: 10/01/2021)

Tóm tắt - Bài báo này trình bày một phương pháp xác định sản lượng điện mặt trời dựa trên nền tảng web được gọi là PV_Cal. Trong nghiên cứu này, xây dựng một công cụ xác định sản lượng điện mặt trời bao gồm dữ liệu bức xạ, hiệu suất của hệ thống và các thông số của pin quang điện thương mại. Hệ thống xây dựng để xác định sản lượng tại 5 huyện và hai thành phố thuộc tỉnh Đồng Nai. Thông số bức xạ mặt trời được thu thập từ vệ tinh thông qua hệ thống của Meteonorm. Kết quả tính toán được so sánh với phần mềm thương mại PVSyst. Từ kết quả tính toán cho thấy, hệ thống có các ưu điểm như là dễ dàng truy cập, hiệu quả về chi phí và độ chính xác được tin cậy.

Từ khóa - Xác định sản lượng; Năng lượng mặt trời; bức xạ mặt trời

1. Giới thiệu

Trong những năm gần đây có nhiều nghiên cứu về phân tích tiềm năng cũng như sản lượng điện các dự án điện mặt trời được nghiên cứu tại một số quốc gia điển hình như Bảng 1. Theo thống kê Bảng 1, những nghiên cứu này các tác giả tập trung vào các kết quả đo lường sản lượng điện từ các nhà máy điện mặt trời trên mái hoặc nổi lưới từ đó tính toán hiệu suất (PR) của hệ thống. Theo kết quả nghiên cứu được tại Ấn Độ với công suất lắp đặt 10MWp [1] thì sản lượng điện hàng năm là 15798MW và tại Tây Ban Nha [6] chỉ đưa ra hiệu suất của nhà máy (PR) là 84,13%.

Bảng 1. Một số nghiên cứu về tiềm năng điện mặt trời tại các quốc gia

Quốc gia	Công suất lắp đặt [MW]	Sản lượng [kwh]	Hiệu suất
Ấn độ [1]	10	15798	86,12
Mauritania [2]	15	-	73,56
Ghana [3]	2.5	-	70,4
Tây Ban Nha [4]	1000	-	84,13

Theo đó, những nghiên cứu này các tác giả tập trung vào các kết quả đo lường sản lượng điện từ các nhà máy điện mặt trời trên mái hoặc nổi lưới, từ đó tính toán hiệu suất của hệ thống, nhằm mục đích cho thấy, hiệu quả của các nhà máy quang điện trong giai đoạn vận hành. Từ các kết quả phân tích hiệu suất của nhà máy, làm tiền đề cho những phân tích tiềm năng khả thi các dự án điện mặt trời tiếp theo tại khu vực khảo sát.

Bên cạnh đó, đối với các dự án điện mặt trời có công suất lắp đặt lớn (từ 50kw đến vài trăm MW) khi quyết định đầu tư một hệ thống quang điện nhà đầu tư cần phân tích tiềm năng năng lượng mặt trời tại vị trí đặt nhà máy cũng như khả năng sinh lời của dự án. Để phân tích được tiềm

Abstract - This paper presents a web-based method of determining the final Yield. It called PV_Cal. In this study, to develop a tool to estimate the final Yield based web environment that includes solar radiation data, system efficiency and commercial photovoltaic module. In addition, the system was developed to estimate the final yield of 5 districts and two cities in Dong Nai Province. Furthermore, the Solar radiation parameters are collected from satellites based Meteonorm to simulation the final yield. These results are compared with commercial software PVSyst. The simulation results show that, the system has advantages such as ease of access, cost effectiveness and reliable accuracy.

Key words - Estimate final yield; solar energy; solar radiation

năng năng lượng mặt trời dữ liệu về bức xạ mặt trời tại khu vực dự án là rất cần thiết.

Từ dữ liệu bức xạ mặt trời kết hợp với các dữ liệu thời tiết khác, các chuyên gia về năng lượng mặt trời sẽ tính toán sản lượng điện của nhà máy tùy vào công suất lắp đặt. Hiện tại, để ước lượng sản lượng điện các nhà đầu tư cần trang bị các phần mềm thương mại, ưu điểm của các phần mềm thương mại là ước lượng sản lượng điện mặt trời nhanh và tích hợp các dữ liệu thời tiết như là bức xạ mặt trời, nhiệt độ khu vực cần tính toán. Tuy nhiên, chi phí đầu tư cho phần mềm thương mại tương đối cao (xem Bảng 2).

Bảng 2. So sánh giá thành của các phần mềm thương mại ước lượng sản lượng điện

Phần mềm	Chức năng	Giá USD/ Năm	Thông tin phần mềm
PV syst	Ước lượng sản lượng điện mặt trời	1300	https://www.pvsyst.com
Homer	Ước lượng sản lượng các dự án năng lượng tái tạo và tính toán chi phí	2160	https://www.homerenergy.com
RETscreen	Ước lượng sản lượng các dự án năng lượng tái tạo và tính toán chi phí	869	https://www.nrcan.gc.ca/

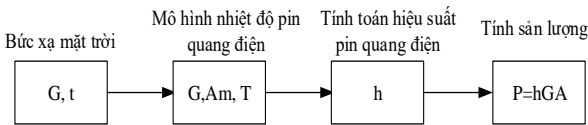
Các phần mềm thương mại như Bảng 2 bán theo năm và giới hạn người sử dụng phần mềm người dùng cần được đào tạo và là các chuyên gia trong lĩnh vực năng lượng mặt trời. Ngoài phương pháp xác định sản lượng bằng các phần mềm thương mại các nhà khoa học trên thế giới đã xây dựng phương pháp ước lượng dựa trên các công thức toán học được trình bày như Bảng 3.

¹ Lac Hong University (Le Phuong Truong, Nguyen Thi Huong)

Bảng 3. Phương pháp nghiên cứu ước lượng sản lượng điện mặt trời

Mục tiêu nghiên cứu	Phương pháp nghiên cứu	Kết quả
Ước lượng sản lượng điện dựa trên mô đun quang điện thương mại [5]	Xây dựng phương trình ước lượng sản lượng điện mặt trời dựa trên các thông số kỹ thuật của pin quang điện, bức xạ mặt trời, và các yếu tố tổn hao của hệ thống. Sử dụng Phần mềm MATLAB/Simulink để kiểm nghiệm công thức toán	Độ chính xác của phương trình tương đối cao, kết quả mô phỏng có sai số dao động từ 5% đến 7% so với các phần mềm thương mại.
Xây dựng công thức toán để tính toán sản lượng điện hệ thống điện mặt trời nổi lưới [6]	Xây dựng công thức toán học tính toán sản lượng điện dựa trên thông số kỹ thuật mô đun quang điện và thất thoát do tổn hao. So sánh với nhà máy điện thực tế để tính toán độ chính xác	Độ chính xác của phương trình toán được kiểm nghiệm và có độ chính xác đáng tin cậy (6,5%)
Hiệu suất của pin quang điện ảnh hưởng đến sản lượng điện của hệ thống điện mặt trời [7].	Từ các thông số thời tiết như bức xạ mặt trời, nhiệt độ môi trường xây dựng công thức toán học để tính toán hiệu suất và ước lượng sản lượng điện	Xây dựng phương trình xác định sản lượng. Chứng minh sự ảnh hưởng của hiệu suất các loại pin quang điện.

Theo Bảng 3, Wilhelm và cộng sự đã đưa ra mô hình tính toán sản lượng như Hình 1 [7].

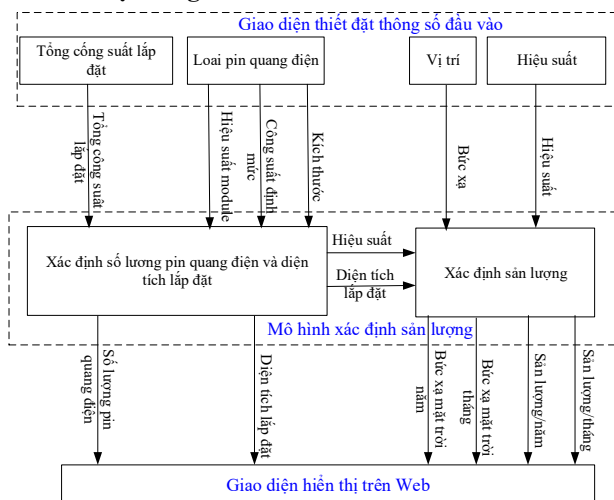


Hình 1. Phương pháp xác định sản lượng điện mặt trời

Trong đó, G: bức xạ mặt trời, Am là khối không khí, h là hiệu suất, A diện tích của pin quang điện, P là công suất của pin quang điện, E là sản lượng điện, t nhiệt độ môi trường, T nhiệt độ hoạt động của pin quang điện.

Trong nghiên cứu này sử dụng thuật toán xác định sản lượng dựa trên bức xạ mặt trời, pin quang điện thương mại và hiệu suất của hệ thống. Các dữ liệu được lưu trữ và tính toán dựa trên nền tảng web.

2. Mô tả hệ thống



Hình 2. Hệ thống xác định sản lượng dựa trên nền tảng web

Hệ thống xác định sản lượng điện mặt trời dựa trên nền tảng web được trình bày như Hình 2. Theo Hình 2 các dữ liệu đầu vào do người sử dụng thiết đặt bao gồm tổng công suất lắp đặt, loại pin quang điện, vị trí lắp đặt và hiệu suất dự kiến, mặc định hiệu suất chọn là 0,75. Dựa trên dữ liệu đầu vào hệ thống sẽ xác định sản lượng điện thông qua mô hình xác định sản lượng. Các thông số tính toán sẽ được hiển thị trên nền tảng web bao gồm số lượng pin quang điện, diện tích lắp đặt, bức xạ mặt trời và sản lượng điện mặt trời hàng tháng. Hệ thống đang chạy thử nghiệm tại địa chỉ <https://www.lephuongtrung.com/p/blog-page.html>.

3. Phương pháp

3.1. Công thức tính toán sản lượng điện

Hệ thống xác định sản lượng điện được tính toán dựa trên bức xạ mặt trời, thông số từ tấm pin quang điện thương mại và hiệu suất của hệ thống được trình bày như công thức bên dưới [8].

$$E_{AC} = \frac{PR(\%)G_{INC}P_{STC}}{100I_{STC}} \tag{1}$$

$$P_{STC} = V_{MPP_STC}I_{output_STC} \tag{2}$$

Cường độ dòng điện ngõ ra của pin quang điện được tính toán dựa trên mô hình một điốt và được trình bày như công thức (3)

$$I_{Output_STC} = N_p I_{PH} - N_p I_s \left\{ \exp \left[\frac{q}{kT_{pv}A} \left(\frac{V}{N_s} + \frac{IR_s}{N_p} \right) \right] - 1 \right\} - \frac{1}{R_{SH}} \left(\frac{N_p V}{N_s} + IR_s \right) \tag{3}$$

Trong đó, E_{AC} sản lượng điện của hệ thống; P_{STC} công suất lắp đặt (tại điều kiện chuẩn); G_{INC} bức xạ mặt trời; I_{STC} bức xạ mặt trời tại điều kiện chuẩn, I_{Output_STC} cường độ dòng điện của pin quang điện tại điều kiện chuẩn, N_p và N_s số lượng tế bào quang điện mắc nối tiếp và song song, I_{PH} dòng quang điện, I_s dòng bão hòa ngược, q điện tích của electron, k hằng số Boltzmann, I dòng điện hoạt động của pin quang điện, A hằng số lý tưởng của diode, R_{SH} và R_s điện trở.

3.2. Dữ liệu bức xạ mặt trời

Hiện nay, để thu thập dữ liệu bức xạ mặt trời có nhiều cơ sở dữ liệu như: 3TIER, CM SAF, DLR-ISIS, EnMetSol, focus solar, HelioClim-1, HelioClim-3, Land SAF, meteonorm, NASA SSE Release 6.0, OSI SAF, PVGIS CM-SAF, Satel-Light, SolarAnywhere, SolarGIS, Solemi [9]. Tuy nhiên, các nhà nghiên cứu thường sử dụng từ ba nguồn dữ liệu như sau: Dữ liệu từ Meteonorm, dữ liệu từ Hệ thống thông tin địa lý (PVGIS CM-SAF), dữ liệu từ Cơ quan hàng không vũ trụ Hoa Kỳ (NASA SSE Release 6.0). Các nguồn dữ liệu này gần giống nhau là đều phân tích từ các dữ liệu khí tượng và hình ảnh mà vệ tinh chụp được và từ đó xây dựng nên bản đồ bức xạ mặt trời cho các khu vực khác nhau trên thế giới. Trong nghiên cứu này sử dụng số liệu bức xạ mặt trời thu thập từ vệ tinh (Meteonorm) của 6 huyện và 2 thành phố thuộc tỉnh Đồng Nai như Bảng 3.

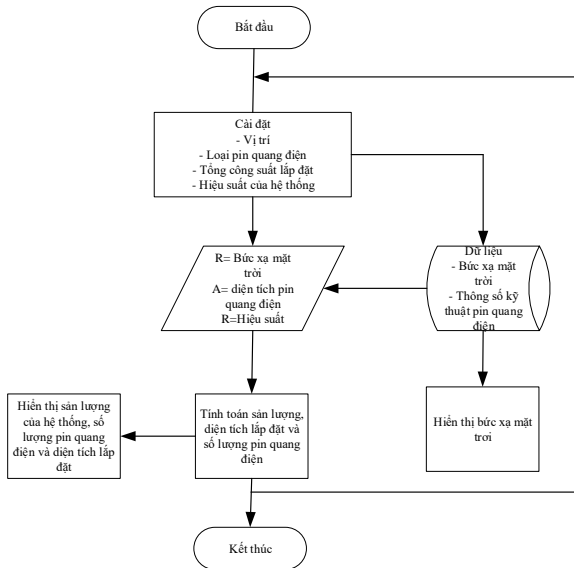
Bảng 3. Bức xạ mặt trời tại các Huyện và Thành Phố thuộc tỉnh Đồng Nai

Tháng	Biên Hòa	Long Khánh	Long Thành	Tân Phú	Định Quán	Thống Nhất	Xuân Lộc	Trảng Bom
1	152,6	154,9	146,7	156,4	158,8	157	159,8	155,9
2	150,5	154,5	146,6	152,9	155	155,2	161,5	153,5
3	166,7	171,3	161,5	166,3	168,9	171,3	182	169,6
4	152,7	153,1	146,7	152,0	155,5	155,0	161,5	153,7
5	163,7	161,5	158,3	161,5	165,2	164,6	167,2	164,0
6	160,5	160,2	159,6	152,9	156,3	161,4	160,6	161,0
7	162,2	164,8	160,6	152,2	154,7	164,2	164,3	163,8
8	162,8	160,4	159,9	146,0	149,4	160,3	159,5	161,3
9	138,1	136,2	136,6	126,3	129,7	137,0	136,1	137,5
10	147,2	145,8	141,1	141,3	145,2	147,6	148,7	147,9
11	139,0	143,5	135,5	135,2	137,2	142,6	149,6	141,2
12	138,3	134,7	133,1	133,7	135,8	136,1	138,9	136,4

3.3. Môi trường xây dựng hệ thống xác định sản lượng điện mặt trời

Trong nghiên cứu này, hệ thống xác định sản lượng điện mặt trời trên nền tảng web được phát triển dựa trên GitHub. GitHub là một dịch vụ server miễn phí giúp người dùng quản lý nhiều phiên bản code và lưu trữ chúng. Sau khi hệ thống hoàn thành bản thử nghiệm và lưu trữ trên server có tính phi.

3.4. Lưu đồ giải thuật của hệ thống



Hình 3. Lưu đồ giải thuật của hệ thống

Lưu đồ giải thuật của hệ thống được trình bày như Hình 3. Theo Hình 3, dữ liệu đầu vào để tính toán sản lượng điện mặt trời bao gồm: Vị trí lắp đặt, loại pin quang điện, tổng công suất lắp đặt và hiệu suất của hệ thống. Một cơ sở dữ liệu được lưu trữ sẵn trong server bao gồm dữ liệu bức xạ mặt trời và thông số kỹ thuật của các loại pin quang điện. Dựa trên các số liệu này sẽ tính toán sản lượng điện của hệ thống pin quang điện như công thức 1. Bên cạnh đó, tính toán diện tích lắp đặt, và số lượng pin quang điện được tính toán dựa trên công thức 4 và 5.

$$n_m = \frac{P_{IDC_STC}}{P_{MDC_STC}} \tag{4}$$

$$A = L W n_m \tag{5}$$

Trong đó, n_m là số lượng tấm pin quang điện; P_{IDC_STC} là tổng công suất lắp đặt; P_{MDC_STC} công suất một tấm pin quang điện; A diện tích lắp đặt; L chiều dài của tấm pin quang điện; W chiều rộng của tấm pin quang điện.

4. Kết quả và thảo luận

4.1. Giao diện của hệ thống

TÍNH TOÁN SẢN LƯỢNG ĐIỆN MẶT TRỜI
PERFORMANCE OF GRID-CONNECTED PHOTOVOLTAIC SYSTEM



a)



Thông số đầu vào - Input parameters

Công suất lắp đặt - Installed capacity (W)
10000

Chọn loại pin - Select the PV panel
JKM315P

Hiệu suất - PR
0.75

b)

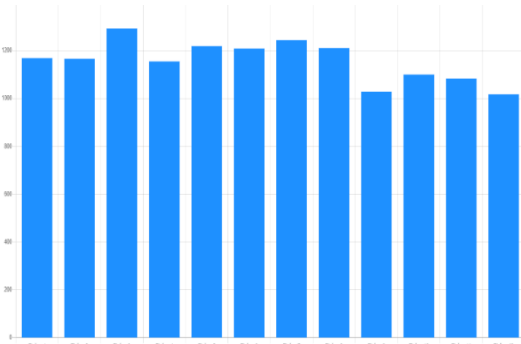
Thông tin pin - PV specifications

Mã sản phẩm - Type of PV panel	JKM315P
Pmax (W)	315
Vmp (V)	37.2
Imp (A)	9.01
Voc (V)	46.2
Isc (A)	9.01
Hiệu suất mở đụn (%)	16.23
Nhiệt độ hoạt động	-40°C – 85°C
Điện áp tối đa của hệ thống	1000
Loại vật liệu	Poly-Si
Kích thước	1956x 992x 40 (mm)
Trọng lượng	26.5

Kết quả- Results

Số lượng pin - Number of PV panel	32
Tổng diện tích lắp đặt - Installation area	62 (m2)
Tổng sản lượng cả năm - Final Yield	13694 (kWh/ann)

c)



d)

Hình 4. Giao diện của công cụ tính toán sản lượng điện mặt trời dựa trên nền tảng web (a) truy cập dữ liệu bức xạ mặt trời; (b) nhập thông số đầu vào; (c) thông tin pin quang điện và kết quả tổng hợp; (d) kết quả sản lượng điện hàng tháng

Hệ thống xác định sản lượng điện mặt trời dựa trên nền tảng web có giao diện như Hình 4. Các thông số đầu vào như công suất lắp đặt và lựa chọn vị trí lắp đặt do người dùng thiết lập đặt như Hình 4(a) và 4(b) kết quả sẽ hiển thị như Hình 4(b) và 4 (c).

4.2. Phân tích kết quả

Kết quả tính toán sản lượng điện dựa trên nền tảng web được so sánh với phần mềm thương mại PVSyst để đánh giá độ chính xác của phần mềm. Trong nghiên cứu này sử dụng cùng thông số bức xạ mặt trời, công suất lắp đặt là 20kWp và pin quang điện dùng để tính toán cho tất cả các trường hợp là Jinko 315P có công suất định mức là 315W, hiệu suất 16,2% và diện tích mỗi tấm là 1,94m² cho 2 thành phố và 5 huyện thuộc tỉnh Đồng Nai.

Bên cạnh đó, sai số của phần mềm được so sánh dựa trên công thức

$$e = E_r - E_p \quad (6)$$

Trong đó, E_r là sản lượng điện tham khảo, E_p là sản lượng điện tính toán.

Từ công thức trên kết quả so sánh được trình bày như Bảng 4. Theo Bảng 4, sai số dao động từ 1% đến 9,89%. Tuy nhiên, sai số tính toán sản lượng cả năm là 1,74%. Kết quả tính toán sản lượng 5 huyện và 2 thành phố tại tỉnh Đồng Nai được trình bày như Bảng 5.

Bảng 4. So sánh kết quả giữa PV_cal và PVSyst Biên Hòa

Tháng	Sản lượng (KWh)		Sai số	
	PV_Cal	PVSyst	e (KWh)	e%
1	2.533	2.795	262	9,39
2	2.407	2.623	216	8,22
3	2.667	2.737	70	2,58
4	2.443	2.381	-62	(2,59)
5	2.619	2.457	-162	(6,57)
6	2.567	2.371	-196	(8,28)
7	2.595	2.430	-165	(6,77)
8	2.604	2.525	-79	(3,13)
9	2.209	2.232	23	1,03
10	2.355	2.515	160	6,38
11	2.307	2.510	203	8,10
12	2.295	2.547	252	9,89
Cả năm	29.599	30.123	524	1,74

Bảng 5. Kết quả tính toán sản lượng từ công cụ PV_Cal

Tháng	Long Khánh	Long Thành	Tân Phú	Định Quán	Thống Nhất	Xuân Lộc	Trảng Bom
1	2478	2347	2502	2540	2511	2556	2494
2	2471	2345	2446	2479	2483	2583	2455
3	2740	2583	2660	2702	2740	2911	2713
4	2449	2347	2431	2487	2479	2583	2459
5	2583	2532	2583	2643	2633	2675	2623
6	2563	2553	2446	2500	2582	2569	2575

7	2636	2569	2435	2475	2627	2628	2620
8	2566	2558	2335	2390	2564	2551	2580
9	2179	2185	2020	2075	2191	2177	2199
10	2332	2257	2260	2323	2361	2379	2366
11	2295	2167	2163	2195	2281	2393	2259
12	2155	2129	2139	2172	2177	2222	2182
Cả năm	29447	28572	28420	28980	29629	30227	29525

5. Kết luận

Bài báo này trình bày một phương pháp xác định sản lượng điện mặt trời dựa trên nền tảng web. Hệ thống được đánh giá có sai số so với phần mềm thương mại là 1,74%. Từ quan điểm thực tế hệ thống cho thấy, những ưu điểm (1) hiệu quả chi phí; (2) độ chính xác tin cậy; (3) dễ dàng sử dụng trên mọi thiết bị di động có kết nối internet.

Ngoài ra, nghiên cứu này là một tham khảo cho những nghiên cứu tiếp theo phát triển điện mặt trời Việt Nam.

Lời cảm ơn: Tác giả xin chân thành cảm ơn Sở Khoa Học và Công Nghệ Tỉnh Đồng Nai đã hỗ trợ tài chính cho nghiên cứu này với mã số đề tài DTT2020-12-C.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Kumar, B. S., & Sudhakar, K. Performance evaluation of 10 MW grid connected solar photovoltaic power plant in India. *Energy Reports*, 1, 2015, 184-192.
- [2] Sidi, C. E. B. E., Ndiaye, M. L., El Bah, M., Mbodji, A., Ndiaye, A., & Ndiaye, P. A., Performance analysis of the first large-scale (15 MWp) grid-connected photovoltaic plant in Mauritania. *Energy conversion and management*, 119, 2016, 411-421.
- [3] Mensah, L. D., Yamoah, J. O., & Adaramola, M. S., Performance evaluation of a utility-scale grid-tied solar photovoltaic (PV) installation in Ghana. *Energy for sustainable development*, 48, 2019, 82-87.
- [4] Martín-Martínez, S., Cañas-Carretón, M., Honrubia-Escribano, A., & Gómez-Lázaro, E., Performance evaluation of large solar photovoltaic power plants in Spain. *Energy conversion and management*, 183, 2019, 515-528.
- [5] Le, P. T., Quoc, H. A., Van Thuyen, N., & Tsai, H. L., A Method to Estimate the Yield of Photovoltaic Power Plant Solely in MATLAB/Simulink. *In 2019 International Conference on System Science and Engineering (ICSSE)*, 2019, July (pp. 201-205). IEEE.
- [6] Omar, A. M., Hussin, M. Z., Shaari, S., & Sopian, K., Energy yield calculation of the grid connected photovoltaic power system. *Computer Applications in Environmental Sciences and Renewable Energy*, 2014, 162-167.
- [7] Durisch, W., Bitnar, B., Mayor, J. C., Kiess, H., Lam, K. H., & Close, J., Efficiency model for photovoltaic modules and demonstration of its application to energy yield estimation. *Solar energy materials and solar cells*, 91(1), 2007, 79-84.
- [8] Dhople, S. V., Davoudi, A., Chapman, P. L., & Domínguez-García, A. D., Integrating photovoltaic inverter reliability into energy yield estimation with Markov models. *In 2010 IEEE 12th Workshop on Control and Modeling for Power Electronics (COMPEL)*, 2010, June, (pp. 1-5). IEEE.
- [9] Vernay, C., S. Pitaval, and P. Blanc, Review of Satellite-based Surface Solar Irradiation Databases for the Engineering, the Financing and the Operating of Photovoltaic Systems. *Energy Procedia*, 2014. 57: p. 1383-1391.