

## **NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG MÔ HÌNH PHÂN PHỐI WEIBULL TRONG PHÂN TÍCH TRIỂN VỌNG PHÁT TRIỂN ĐIỆN GIÓ TẠI XÃ AN NINH ĐÔNG, HUYỆN TUY AN, TỈNH PHÚ YÊN**

**Hồ Ngọc Dung<sup>1</sup>, Trịnh Quốc Công<sup>1</sup>**

**Tóm tắt:** Việt Nam được đánh giá là quốc gia có tiềm năng lớn về năng lượng gió. Đây là nguồn năng lượng thân thiện với môi trường và tái tạo trong thiên nhiên. Trong thiết kế trạm điện gió, tốc độ gió chính là yếu tố quan trọng nhất ảnh hưởng đến việc lựa chọn thông số của tuabin gió cũng như đánh giá hiệu quả thông qua sản lượng điện phát ra của dự án. Để tính toán xác định được sản lượng điện phát ra của nhà máy cần xây dựng mô hình phân phối vận tốc gió hợp lý dựa trên số liệu đo gió tại khu vực dự án. Nghiên cứu đã ứng dụng hàm Weibull để lựa chọn hai tham số hình dạng và tỷ lệ của mô hình phân phối Weibull trong phân tích tốc độ gió theo mô hình hồi quy tuyến tính. Nghiên cứu được ứng dụng tính toán tính khả thi về mặt phát điện của dự án điện gió tại địa điểm An Ninh Đông, huyện Tuy An, tỉnh Phú Yên. Kết quả cho thấy địa điểm An Ninh Đông có tiềm năng năng lượng gió lớn để xây dựng trạm điện gió.

**Từ khóa:** Năng lượng gió, phân phối Weibull, tham số hình dạng, tham số tỷ lệ.

### **1. ĐẶT VẤN ĐỀ**

Nằm trong các nước thuộc khu vực Đông Nam Á, Việt Nam chủ yếu sử dụng nguồn nhiên liệu hóa thạch phục vụ công cuộc phát triển kinh tế xã hội. Những năm qua dưới tác động nghiêm trọng từ biến đổi khí hậu Việt Nam đã chuyển hướng phát triển mạnh ngành năng lượng tái tạo. Năm 2019 là năm đánh dấu cho sự thành công của ngành công nghiệp điện gió và điện mặt trời. Việt Nam đang đề ra những chiến lược phát triển điện gió vượt bậc so với các nước trong khu vực, cùng với nhiều chính sách hấp dẫn kêu gọi đầu tư trên khắp thế giới.

Được đánh giá là quốc gia có tiềm năng lớn về năng lượng gió, với hơn 39% tổng diện tích ước tính là có tốc độ gió trung bình hàng năm ở độ cao 65m lớn hơn 6 m/s, tương đương 512 GW (GIZ, 2011). Hiện nay, tổng công suất lắp đặt điện gió trên toàn quốc đã đạt mốc 327MW, trong đó công suất lắp đặt ngoài khơi đạt 99MW đứng đầu Đông Nam Á. Dự kiến năm 2021 sẽ nâng công suất lắp

đặt lên 1GW cho các dự án điện gió ngoài khơi và trong đất liền. Mục tiêu phát triển điện gió của Việt Nam còn thể hiện rõ trong định hướng phát triển nguồn điện tại Tổng sơ đồ VII sẽ đưa tổng công suất nguồn điện gió khoảng 6.000 MW vào năm 2030 (Quyết định số 428/QĐ-TTg, 2016). Do đó, phân tích dữ liệu, đánh giá tiềm năng năng lượng gió của từng khu vực là một bước quan trọng ảnh hưởng đến các quyết định đầu tư xây dựng nhà máy điện gió trong tương lai.

Để xây dựng một trang trại điện gió, việc đánh giá tiềm năng năng lượng gió thông qua phân bố vận tốc gió đóng vai trò đặc biệt quan trọng trong việc xác định các thông số tuabin gió cũng như khả năng phát điện của cả dự án điện gió. Với những đặc tính biến đổi lớn theo không gian và thời gian của vận tốc gió, việc quan trọng trong tính toán năng lượng là cần lựa chọn phương pháp phân tích dữ liệu đo gió phù hợp để mô phỏng dự đoán được năng lượng gió gần với năng lượng gió thực tế.

Trong những năm gần đây, nhiều nghiên cứu đã được tiến hành để xây dựng một mô hình thích

---

<sup>1</sup> Khoa Công trình, Trường Đại học Thủy lợi

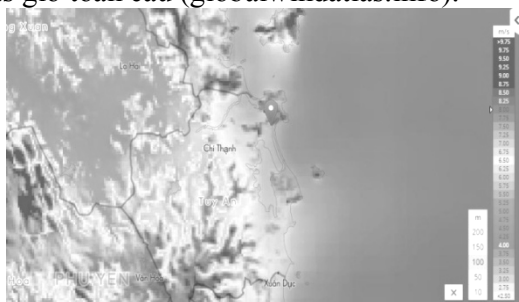
hợp cho sự phân bố tần suất gió (Weisser D. A., 2003; Sathyajith M, et al., 2002; Bivona S, et al., 2003). Phân bố vận tốc gió đóng vai trò quan trọng không chỉ trong thiết kế công trình điện gió mà còn trong việc đánh giá hiệu suất chuyển đổi của hệ thống năng lượng gió. Trong hai thập kỷ qua, nhiều nghiên cứu đã phát triển xây dựng mô hình thống kê đầy đủ để mô tả phân phối tần suất vận tốc gió. Các hàm Weibull, Reileigh, Lognormal thường được sử dụng để điều chỉnh phân bố tần suất gió đo đạc. Các nghiên cứu đều chỉ ra phân bố vận tốc gió theo tháng, năm sử dụng mô hình phân phối Weibull tốt hơn Rayleigh hay Lognormal và phân phối Weibull cung cấp ước tính mật độ công suất tốt hơn so với phân phối Rayleigh (Meishen Li, et al., 2005; H Bidaoui, et al, 2019; Hernández E., et al., 2018).

Vì vậy, nội dung nghiên cứu đi sâu vào phân tích, lựa chọn hai tham số hình dạng và tỷ lệ trong mô hình phân phối Weibull để phân tích tốc độ gió theo mô hình hồi quy tuyến tính bằng các phương pháp khác nhau. Các tham số Weibull này đóng vai trò quan trọng để xây dựng mô hình phân phối vận tốc gió dài hạn và ngắn hạn, cũng là cơ sở đầu vào đánh giá khả năng phát điện của các tuabin gió nổi lưới tại An Ninh Đông, huyện Tuy An, tỉnh Phú Yên (Celik, A.N. 2004).

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Vị trí nghiên cứu và số liệu tính toán

Xã An Ninh Đông thuộc huyện Tuy An, tỉnh Phú Yên là khu vực có nguồn tài nguyên gió tương đối tốt. Vận tốc gió trung bình khoảng 6,7 m/s ở độ cao 100m (Bảng 1) theo nguồn dữ liệu Atlas gió toàn cầu (globalwindatlas.info).

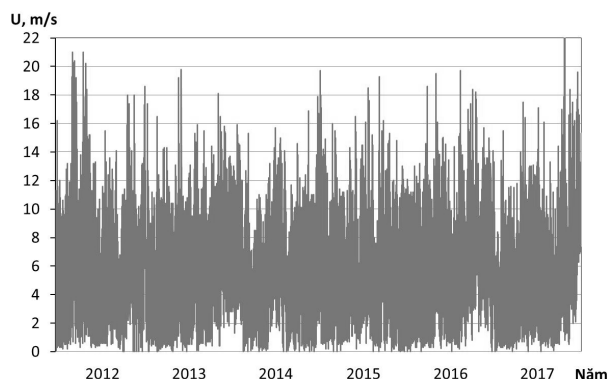


Hình 1. Bản đồ vận tốc gió trung bình tại An Ninh Đông (Globalwindatlas.info)

Để tiến hành đánh giá tiềm năng về năng lượng gió hệ thống đo gió tại An Ninh Đông được lắp đặt đưa vào vận thành từ tháng 4 năm 2012. Kết cấu cột đo, thiết bị và các cảm biến đo tuân thủ theo các tiêu chuẩn IEC, IEA, MEASNET... (GIZ, 2013).

Việc đo tốc độ gió được thực hiện trong một khoảng thời gian dài hơn 1 năm. Do đó, các thiết bị cảm biến đều được lựa chọn có chất lượng cao và phù hợp với điều kiện thời tiết khắc nghiệt. Chuỗi thời gian được ghi lại gồm: giá trị vận tốc gió trung bình, độ lệch chuẩn, giá trị vận tốc gió tối thiểu và tối đa trung bình trong 10 phút. Khoảng thời gian lấy mẫu là 1/s (1Hz).

Nghiên cứu này đã sử dụng dữ liệu đo gió liên tục cập nhật của 06 năm từ 2012 đến 2017 để xây dựng và phân tích mô hình phân phối vận tốc gió (GIZ, 2018).



Hình 2. Đồ thị vận tốc gió trung bình từ năm 2012 - 2017

### 2.2. Cơ sở đánh giá năng lượng gió

Lắp đặt hệ thống đo vận tốc gió trực tiếp tại địa điểm xây dựng là một trong những điều kiện tiên quyết để phát triển dự án điện gió. Đây là một trong những cơ sở đáng tin cậy cho việc đánh giá sản lượng điện dự kiến. Thời gian đo gió quy định tiến hành trong ít nhất 1 năm hoàn chỉnh (02/2019/TT-BCT) và trạm đo sẽ thu thập các thông tin cần thiết để xác định mức độ tương quan dài hạn và dự đoán khí hậu gió nói chung. Yêu cầu đối với đo gió cần thỏa mãn: (i) Điều kiện gió trực tiếp ở các độ cao khác nhau

tại địa điểm dự án; (ii) Phép đo được thực hiện trong khoảng thời gian có đặc tính khí hậu hoàn chỉnh; (iii) Mức độ chiếm ưu thế của gió theo độ cao tại địa phương.

Phép đo này chỉ yêu cầu thời gian đo 1 năm đối với dự án đầu tư xây dựng và chỉ đo đối với một vị trí địa lý duy nhất trong khu vực trang trại điện gió. Do đó, cần thiết lập được mối tương quan giữa phép đo ngắn hạn với điều kiện gió dài hạn tại khu vực lân cận, từ đó xác định điều kiện gió cho toàn bộ khu vực trang trại gió nhằm áp dụng mô hình tính toán sản lượng điện hàng năm phù hợp.

Có thể khẳng định, những đánh giá đáng tin cậy về điều kiện tốc độ gió dài hạn rất quan trọng đối với các dự án điện gió. Mối tương quan ngắn hạn-dài hạn của tốc độ gió tại địa điểm xây dựng dự án được xác lập thông qua ba loại dữ liệu:

- Dữ liệu đo ngắn hạn trong phạm vi xây dựng dự án (1 năm);
- Dữ liệu đo dài hạn tại địa điểm tham chiếu;
- Dữ liệu ngắn hạn tại địa điểm tham chiếu, có năm lưu trữ dữ liệu trùng với khoảng thời gian đo ngắn hạn tại địa điểm xây dựng dự án.

Yêu cầu đối với trạm đo dài hạn tại địa điểm tham chiếu cần có thời gian lưu trữ số liệu ít nhất 5 đến 10 năm, được đặt ở khu vực gần với địa điểm đo ngắn hạn và có các điều kiện khí hậu gió khu vực tương tự.

Ở Việt Nam, các trạm khí tượng thường đặt trong thành phố, thị xã. Vị trí cột đo của dự án tại An Ninh Đông đặt khá xa các trạm đo này, đồng thời không có cùng chế độ khí hậu gió. Bên cạnh đó, các trạm khí tượng này chỉ có thể phục vụ đọc kết quả 4 lần/ngày tại độ cao 10m nên dữ liệu không đáng tin cậy để thiết lập mối quan hệ tương quan. Vì vậy, nghiên cứu đã sử dụng chuỗi dữ liệu thu thập 6 năm của trạm An Ninh Đông từ năm 2012 đến 2017 để xây dựng mô hình phân phối Weibull cho chế độ gió dài hạn của dự án.

### 2.3. Phân phối Weibull

Phân phối Weibull được xây dựng phù hợp với dữ liệu vận tốc quan trắc thông qua 2 hàm:

$$f(u) = \left(\frac{k}{c}\right) \cdot \left(\frac{u}{c}\right)^{k-1} \cdot \exp\left(-\frac{u}{c}\right)^k \quad (1)$$

$$F(u) = 1 - \exp\left(-\frac{u}{c}\right)^k \quad (2)$$

Trong đó:  $c$  là tham số tỷ lệ và  $k$  là tham số hình dạng.

Để xác định các tham số Weibull nghiên cứu sử dụng các phương pháp sau đây:

a) *Phương pháp thực nghiệm (Empirical Method-EM)*

Tham số hình dạng “ $k$ ” và tỷ lệ “ $c$ ” được xác định bởi các phương trình 3 và 4. Hàm Gamma được xác định bởi phương trình 5.

$$k = \left(\frac{\sigma}{\bar{u}}\right)^{-1.086} \quad (3)$$

$$c = \left(\frac{\bar{u}}{\Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right)}\right) \quad (4)$$

$$\Gamma(x) = \int_0^{\infty} t^{x-1} \cdot e^{-t} dt \quad (5)$$

b) *Phương pháp yếu tố mô hình năng lượng (Energy pattern factor method-EPFM)*

Phương pháp này được xác định bởi các phương trình 6 đến 8 (Akdağ SA, Dinler A., 2009).

$$E_{pf} = \frac{\sum_{i=1}^n u_i^3}{\bar{u}^3} \quad (6)$$

$$k = 1 + \left(\frac{3.69}{(E_{pf})^2}\right) \quad (7)$$

$$\bar{u} = c \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right) \quad (8)$$

c) *Phương pháp khả năng tối đa (Maximum likelihood method-MLM)*

Tham số hình dạng  $k$  và tham số tỷ lệ  $c$  được tính với hai phương trình sau, được đề xuất bởi (Steven và Smulder Steven MJ., Smulders P.T., 1979).

$$k = \left(\frac{\sum_{i=1}^n u_i^k \ln(u_i)}{\sum_{i=1}^n u_i^k} - \frac{\sum_{i=1}^n \ln(u_i)}{n}\right)^{-1} \quad (9)$$

$$c = \left(\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n u_i^k\right)^{\frac{1}{k}} \quad (10)$$

Trong đó:  $u_i$  - vận tốc gió tại thời điểm  $i$  và  $n$  - số lượng dữ liệu vận tốc gió khác 0. Lập lại được yêu cầu để thỏa mãn phương trình 9, xác định  $k$ .

d) Phương pháp khả năng tối đa được điều chỉnh (Modified maximum likelihood method-MMLM)

Phương pháp này phù hợp nếu dữ liệu vận tốc gió ở định dạng phân phối tần số có sẵn. Các tham số Weibull được tính như sau.

$$k = \frac{\sum_{i=1}^n u_i^k \ln(u_i) \cdot f(u_i)}{\sum_{i=1}^n u_i^k \cdot f(u_i)} - \frac{\sum_{i=1}^n \ln(u_i) \cdot f(u_i)}{f(u \geq 0)} \quad (11)$$

$$c = \left( \frac{1}{f(u \geq 0)} \sum_{i=1}^n u_i^k \cdot f(u_i) \right)^{\frac{1}{k}} \quad (12)$$

Trong đó:  $u_i$ - vận tốc trung điểm của bin thứ i, n- số lượng bin,  $f(u_i)$ - tần suất xuất hiện vận tốc gió của bin thứ i,  $f(u \geq 0)$ - là tần suất xuất hiện vận tốc gió  $\geq 0$ .

e) Phương pháp đồ họa (Graphical method-GM)

Phân phối tích lũy F(u) được hiển thị lại trong phương trình 13. Lấy logarit tự nhiên hai lần được phương trình 14. Chúng có thể được xác định từ một đồ thị của  $\ln(u_i)$  so với  $\ln\{-\ln[1-F(u_i)]\}$ , trong đó tham số hình dạng k bằng độ dốc và tham số tỷ lệ được lấy từ giao thoa với trục y.

$$F(u) = 1 - e^{-\left(\frac{u}{c}\right)^k} \quad (13)$$

$$\ln[-\ln[1-F(u_i)]] = -k \cdot \ln(c) + k \cdot \ln(u_i) \quad (14)$$

## 2.4. Mật độ công suất gió

Mật độ công suất được xác định dựa trên dữ liệu chuỗi thời gian thực có thể được tính bằng phương trình 15 và mật độ công suất theo Weibull được xác định theo phương trình 16.

$$P_d = \frac{1}{2} \rho U_{Bim,i}^3 \cdot f(U_{Bim,i}) \quad (15)$$

$$P_w = \frac{E_w}{T} = \frac{1}{2} \rho \cdot c^3 \cdot \Gamma\left(1 + \frac{3}{k}\right) \quad (16)$$

## 2.5. Phương pháp đánh giá

Mức độ phù hợp của đồ thị phân bố vận tốc gió Weibull với dữ liệu đo phụ thuộc vào độ chính xác của các tham số Weibull (Akdag SA, Dinler A, 2009). Để lựa chọn tham số Weibull phù hợp nhất có thể áp dụng nhiều công cụ phân tích kiểm tra đánh giá để xếp hạng các phương pháp như:

- Sai số tương đối (Relative percentage of error - RPE)

$$RPE = \left( \frac{U_{Lw} - U_{Lm}}{U_{Lm}} \right) \cdot 100\% \quad (17)$$

- Sai số bình phương trung bình quân phương (Root mean square error-RMSE):

$$RMSE = \left[ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (F_{Lm} - F_{Lw})^2 \right]^{1/2} \quad (18)$$

- Kiểm định chi bình phương ( $\chi^2$ )

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^N \frac{(U_{Lm} - U_{Lw})^2}{U_{Lw}} \quad (19)$$

- Hệ số R bình phương ( $R^2$ )

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (F_{Lm} - F_{Lw})^2 - \sum_{i=1}^N (F_{Lm} - F_{Lw})^2}{\sum_{i=1}^N (F_{Lm} - F_{Lw})^2} \quad (20)$$

Trong đó: N là số lượng vận tốc gió đo đạc;  $F_{Lm}$  là lũy tích tần suất xuất hiện vận tốc thứ i được xác định từ dữ liệu quan trắc;  $F_{Lw}$  là lũy tích tần suất xuất hiện vận tốc thứ i được xác định từ phân bố Weibull;  $F_{Lw}$  là giá trị trung bình của giá trị thứ i được xác định từ dữ liệu đo.

## 3. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN

Dữ liệu vận tốc gió được thu thập tại độ cao 80 m từ năm 2012 đến 2017 tại trạm đo xã An Ninh Đông, huyện Tuy An, tỉnh Phú Yên được sử dụng trong nghiên cứu (GIZ, 2018).

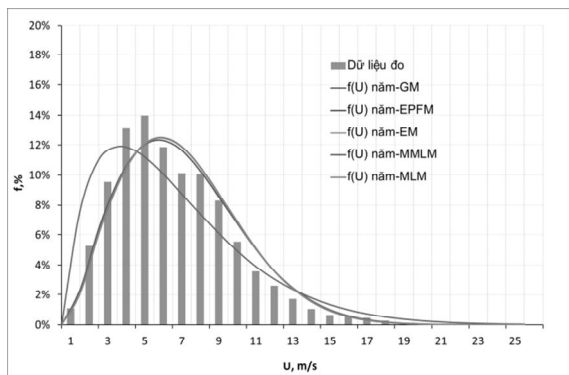
Tham số hình dạng “k” biểu thị độ rộng của phân bố vận tốc gió và giá trị k thấp hơn cho biết gió có xu hướng thay đổi trong phạm vi tốc độ lớn. Trong khi đó, giá trị “k” cao hơn sẽ tương ứng với tốc độ gió nằm trong phạm vi hẹp. Bảng 1 cho kết quả tính toán tham số “k” trung bình ba năm xấp xỉ bằng 2 (hệ số Reilegh) đối với các phương pháp MLM, MMLM, EM và EPFM chỉ ra mô hình gió của các năm nghiên cứu khá đều đặn, đồng đều tại vị trí khu vực dự án lắp đặt trạm đo. Còn phương pháp đồ thị (GM) cho kết quả khác biệt lớn, đồ thị hẹp và dốc so với các phương pháp khác và biểu đồ dữ liệu gió thu thập.

Tham số tỷ lệ “c” chỉ ra quy mô năng lượng của mô hình gió theo phân phối Weibull. Trong đó, từ năm 2012 và 2017 tương đồng với giá trị “c” dao động từ 6.7-6.8 m/s, năm 2016 “c” dao động 6.4-6.5 m/s còn năm 2014 “c” trong khoảng 5.73- 5.8 m/s (trừ phương pháp đồ thị cho kết quả khác biệt).

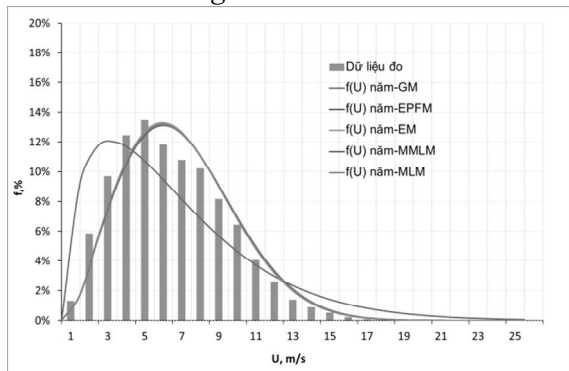
Đồ thị hàm mật độ xác suất f(u) từ năm 2012 đến 2017 được so sánh với biểu đồ tốc độ gió quan trắc thể hiện trong các Hình 3- đến Hình 8.

**Bảng 1. Kết quả phân tích mức độ phù hợp của phân bố Weibull**

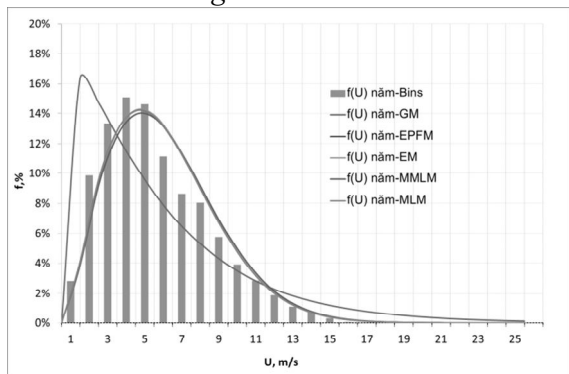
| Năm  | Phương pháp | Tham số Weibull |              | Phương pháp kiểm định thống kê |               |                | Ghi chú               |
|------|-------------|-----------------|--------------|--------------------------------|---------------|----------------|-----------------------|
|      |             | k               | c            | RMSE                           | Chi-Square    | R-square       |                       |
| 2012 | MLM         | 1.999           | 6.874        | 0.0567                         | 0.0692        | 0.9952         |                       |
|      | MMLM        | 2.004           | 6.877        | 0.0009                         | 0.0707        | 0.9951         |                       |
|      | EM          | 2.003           | 6.858        | 0.0557                         | 0.0673        | 0.9954         |                       |
|      | <b>EPFM</b> | <b>1.956</b>    | <b>6.854</b> | <b>0.0008</b>                  | <b>0.0577</b> | <b>0.9955</b>  | <b>Phương án chọn</b> |
|      | GM          | 1.428           | 6.200        | 0.0009                         | 0.1523        | 0.9949         |                       |
| 2013 | MLM         | 2.104           | 6.739        | 0.0543                         | 0.1235        | 0.99681        |                       |
|      | MMLM        | 2.108           | 6.785        | 0.0008                         | 0.1373        | 0.99626        |                       |
|      | EM          | 2.116           | 6.709        | 0.0527                         | 0.1217        | 0.99710        |                       |
|      | <b>EPFM</b> | <b>2.111</b>    | <b>6.708</b> | <b>0.0007</b>                  | <b>0.1194</b> | <b>0.99712</b> | <b>Phương án chọn</b> |
|      | GM          | 1.327           | 6.100        | 0.0010                         | 0.1444        | 0.98994        |                       |
| 2014 | MLM         | 1.846           | 5.734        | 0.0587                         | 0.1194        | 0.99643        |                       |
|      | MMLM        | 1.854           | 5.838        | 0.0014                         | 0.1511        | 0.99504        |                       |
|      | EM          | 1.854           | 5.735        | 0.0594                         | 0.1241        | 0.99638        |                       |
|      | <b>EPFM</b> | <b>1.841</b>    | <b>5.733</b> | <b>0.0012</b>                  | <b>0.1170</b> | <b>0.99645</b> | <b>Phương án chọn</b> |
|      | GM          | 1.072           | 5.100        | 0.0020                         | 0.1735        | 0.98559        |                       |
| 2015 | MLM         | 2.031           | 6.806        | 0.0537                         | 0.1209        | 0.99690        |                       |
|      | MMLM        | 2.037           | 6.884        | 0.0008                         | 0.1435        | 0.99609        |                       |
|      | EM          | 2.043           | 6.781        | 0.0528                         | 0.1212        | 0.99707        |                       |
|      | <b>EPFM</b> | <b>2.041</b>    | <b>6.781</b> | <b>0.0007</b>                  | <b>0.1204</b> | <b>0.99708</b> | <b>Phương án chọn</b> |
|      | GM          | 1.150           | 6.500        | 0.0014                         | 0.2323        | 0.98148        |                       |
| 2016 | MLM         | 1.853           | 6.504        | 0.0551                         | 0.1283        | 0.99693        |                       |
|      | MMLM        | 1.868           | 6.486        | 0.0007                         | 0.1328        | 0.99700        |                       |
|      | EM          | 1.905           | 6.582        | 0.0638                         | 0.1803        | 0.99595        |                       |
|      | <b>EPFM</b> | <b>1.866</b>    | <b>6.448</b> | <b>0.0007</b>                  | <b>0.1229</b> | <b>0.99730</b> | <b>Phương án chọn</b> |
|      | GM          | 1.000           | 6.200        | 0.0016                         | 0.2708        | 0.97859        |                       |
| 2017 | MLM         | 1.897           | 6.778        | 0.0558                         | 0.0911        | 0.99587        |                       |
|      | MMLM        | 1.900           | 7.030        | 0.0010                         | 0.1521        | 0.99287        |                       |
|      | EM          | 1.893           | 6.794        | 0.0565                         | 0.0927        | 0.99574        |                       |
|      | <b>EPFM</b> | <b>1.859</b>    | <b>6.789</b> | <b>0.0007</b>                  | <b>0.0794</b> | <b>0.99599</b> | <b>Phương án chọn</b> |
|      | GM          | 1.072           | 6.600        | 0.0015                         | 0.2650        | 0.98165        |                       |



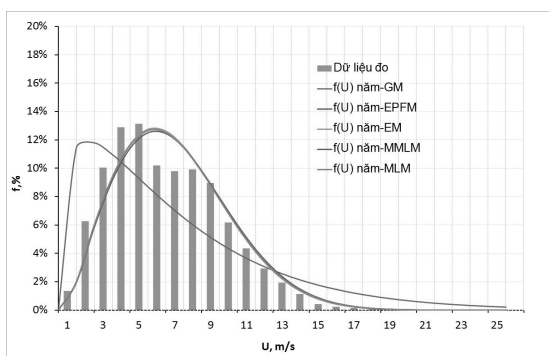
Hình 3. Đường phân phối tần suất Weibull  $f(u)$  trung bình năm 2012



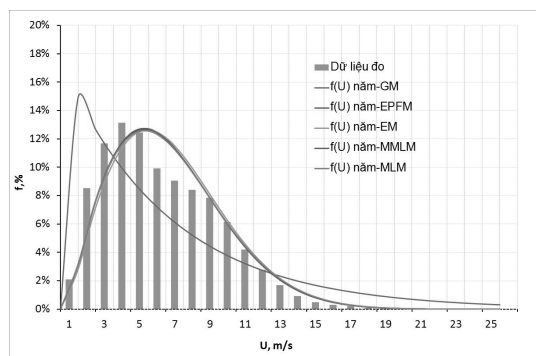
Hình 4. Đường phân phối tần suất Weibull  $f(u)$  trung bình năm 2013



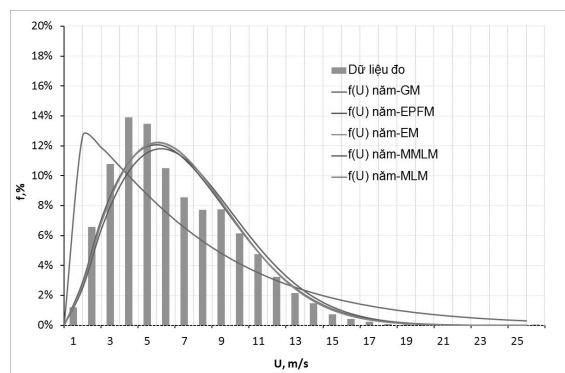
Hình 5. Đường phân phối tần suất Weibull  $f(u)$  trung bình năm 2014



Hình 6. Đường phân phối tần suất Weibull  $f(u)$  trung bình năm 2015



Hình 7. Đường phân phối tần suất Weibull  $f(u)$  trung bình năm 2016



Hình 8. Đường phân phối tần suất Weibull  $f(u)$  trung bình năm 2017

Để đánh giá mức độ phù hợp của phân phối Weibull được xây dựng theo 5 phương pháp nêu trên với dữ liệu đo gió thu thập các năm 2012 đến hết năm 2017. Nghiên cứu sử dụng các kiểm định thống kê như: RMSE,  $\chi^2$ ,  $R^2$  để xếp hạng các phương pháp. Trong đó, sai số bình phương trung bình quân phương (RMSE) càng gần 0 càng tốt, còn hệ số  $R^2$  xác định mối quan hệ tuyến tính giữa các giá trị được tính toán theo phân phối Weibull với các giá trị dữ liệu đo, giá trị lý tưởng của  $R^2$  bằng 1. Kết quả tại Bảng 1, cho thấy hiệu quả của các phương pháp tương đối đồng đều và Phương pháp yếu tố mô hình năng lượng (EPFM) cho kết quả phù hợp nhất cho các năm nghiên cứu.

Bên cạnh việc so sánh về mô hình phân phối tốc độ gió trung bình năm Weibull, nghiên cứu còn phân tích bài toán về khả năng phát điện gió tại vị trí dự án thông qua thông số “mật độ công suất”. Kết quả thu được tại

Bảng 2 chỉ ra rằng phương pháp yếu tố mô so với dữ liệu đo gió tại An Ninh Đông là nhỏ hình năng lượng (EPFM) có sai số phần trăm nhất (<1%).

**Bảng 2. Kết quả mật độ công suất gió tại vị trí lắp đặt trạm đo**

| Năm  | Phương pháp | Tham số Weibull |              | Mật độ công suất (W/m <sup>2</sup> ) |               | RPE          | Ghi chú               |
|------|-------------|-----------------|--------------|--------------------------------------|---------------|--------------|-----------------------|
|      |             | k               | c            | Pw                                   | Pđ            |              |                       |
| 2012 | MLM         | 1.999           | 6.874        | 264.14                               | 270.03        | 2.18%        |                       |
|      | MMLM        | 2.004           | 6.877        | 263.92                               | 270.03        | 2.26%        |                       |
|      | EM          | 2.003           | 6.858        | 261.91                               | 270.03        | 3.01%        |                       |
|      | <b>EPFM</b> | <b>1.956</b>    | <b>6.854</b> | <b>268.19</b>                        | <b>270.03</b> | <b>0.68%</b> | <b>Phương án chọn</b> |
|      | GM          | 1.428           | 6.200        | 320.73                               | 270.03        | 18.78%       |                       |
| 2013 | MLM         | 2.104           | 6.739        | 236.44                               | 234.19        | 0.96%        |                       |
|      | MMLM        | 2.108           | 6.785        | 240.93                               | 234.19        | 2.87%        |                       |
|      | EM          | 2.116           | 6.709        | 232.04                               | 234.19        | 0.92%        |                       |
|      | <b>EPFM</b> | <b>2.111</b>    | <b>6.708</b> | <b>232.51</b>                        | <b>234.19</b> | <b>0.72%</b> | <b>Phương án chọn</b> |
|      | GM          | 1.327           | 6.100        | 358.04                               | 234.19        | 52.88%       |                       |
| 2014 | MLM         | 1.846           | 5.734        | 168.08                               | 170.23        | 1.27%        |                       |
|      | MMLM        | 1.854           | 5.838        | 176.36                               | 170.23        | 3.60%        |                       |
|      | EM          | 1.854           | 5.735        | 167.24                               | 170.23        | 1.76%        |                       |
|      | <b>EPFM</b> | <b>1.841</b>    | <b>5.733</b> | <b>168.55</b>                        | <b>170.23</b> | <b>0.99%</b> | <b>Phương án chọn</b> |
|      | GM          | 1.072           | 5.100        | 380.11                               | 170.23        | 123.29%      |                       |
| 2015 | MLM         | 2.031           | 6.806        | 252.252                              | 249.61        | 1.06%        |                       |
|      | MMLM        | 2.037           | 6.884        | 260.186                              | 249.61        | 4.24%        |                       |
|      | EM          | 2.043           | 6.781        | 248.018                              | 249.61        | 0.64%        |                       |
|      | <b>EPFM</b> | <b>2.041</b>    | <b>6.781</b> | <b>248.206</b>                       | <b>249.61</b> | <b>0.56%</b> | <b>Phương án chọn</b> |
|      | GM          | 1.150           | 6.500        | 630.528                              | 249.61        | 152.60%      |                       |
| 2016 | MLM         | 1.853           | 6.504        | 244.092                              | 237.50        | 2.77%        |                       |
|      | MMLM        | 1.868           | 6.486        | 239.598                              | 237.50        | 0.88%        |                       |
|      | EM          | 1.905           | 6.582        | 244.729                              | 237.50        | 3.04%        |                       |
|      | <b>EPFM</b> | <b>1.866</b>    | <b>6.448</b> | <b>235.756</b>                       | <b>237.50</b> | <b>0.74%</b> | <b>Phương án chọn</b> |
|      | GM          | 1.000           | 6.200        | 875.532                              | 237.50        | 268.64%      |                       |
| 2017 | MLM         | 1.897           | 6.778        | 268.535                              | 276.00        | 2.70%        |                       |
|      | MMLM        | 1.900           | 7.030        | 299.085                              | 276.00        | 8.36%        |                       |
|      | EM          | 1.893           | 6.794        | 271.052                              | 276.00        | 1.79%        |                       |
|      | <b>EPFM</b> | <b>1.859</b>    | <b>6.789</b> | <b>276.413</b>                       | <b>276.00</b> | <b>0.15%</b> | <b>Phương án chọn</b> |
|      | GM          | 1.072           | 6.600        | 823.822                              | 276.00        | 198.49%      |                       |

#### 4. KẾT LUẬN

Trong thiết kế vận hành các dự án điện gió, việc tính toán đúng sản lượng điện hàng năm đóng vai trò then chốt trong sự thành công của dự án. Do đó, việc xây dựng mô hình phân phối tốc độ gió dài hạn hợp lý với dữ liệu đo ngắn hạn và dữ liệu dài hạn của trạm lân cận là một vấn đề được quan tâm bậc nhất giúp đánh giá tính khả thi của dự án. Điều đó thể hiện rõ trong quy định tại Thông tư 02/2019/TT-BCT ngày 15 tháng 01 năm 2019 của Bộ Công thương về sự bắt buộc của Hồ sơ đo gió tối thiểu một năm tại vị trí dự án.

Nghiên cứu phân tích, đánh giá một khía cạnh trong việc xây dựng mô hình phân phối tốc độ gió theo hàm Weibull tại một vị trí dự án cụ thể để làm cơ sở đánh giá năng lượng tiềm năng tại vị trí

dự án. Hai tham số Weibull được lựa chọn theo phương pháp yếu tố mô hình năng lượng (EPFM) trong nghiên cứu cho thấy xã An Ninh Đông, huyện Tuy An, tỉnh Phú Yên có tiềm năng năng lượng gió tương đối tốt tại độ cao 80m so với mặt đất, với tốc độ gió trung bình các năm dao động từ 6.03 đến 7.2 m/s, mô hình gió đều đặn và đồng đều (“k”: tiến gần hệ số Reilegh) là cơ sở để đánh giá có khả năng xây dựng các nhà máy điện gió với gam công suất tuabin vừa và lớn. Bên cạnh đó, mô hình phân phối Weibull được xác định thông qua phương pháp EPFM áp dụng cho chuỗi dữ liệu đo gió dài hạn tại An Ninh Đông từ năm 2012 đến 2017 và đang được cập nhật liên tục sẽ là cơ sở khoa học vững chắc để thiết lập hệ thống dữ liệu đo gió dài hạn giúp đánh giá tiềm năng các dự án điện gió khu vực lân cận.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- GIZ (2011), “*Thông tin về năng lượng gió tại Việt Nam*”, Dự án năng lượng gió GIZ/MoIT.
- GIZ (2013), “*Báo cáo phân tích dữ liệu gió An Ninh Đông, Huyện Tuy An, tỉnh Phú Yên*”, Dự án năng lượng gió GIZ/MoIT.
- Quyết định số 428/QĐ-TTg ngày 18/03/2016 của Thủ tướng Chính phủ về việc “*Phê duyệt điều chỉnh Quy hoạch phát triển điện lực quốc gia giai đoạn 2011-2020 có xét đến năm 2030*”.
- Thông tư 02/2019/TT-BCT ngày 15/01/ 2019 về việc “*Quy định thực hiện phát triển dự án điện gió và hợp đồng mua bán điện mẫu cho các dự án điện gió*”.
- Akdag SA, Dinler A (2009), “*A new method to estimate Weibull parameters for wind energy application*”, Energy Convers Manage, 50:1761-1716
- Bivona S, Burlon R. Leone Hourly (2003): *Wind speed analysis in Sicily*. Renewable Energy; 28: 1371–1385
- Celik, A.N. (2004), “*A statistical analysis of wind power density based on the Weibull and Rayleigh models at the southern region of Turkey*”, Renewable Energy, 29 (4): pp. 593-604.
- Globalwindatlas.info
- GIZ (2018), *Vietnam - Wind Measurement Data*
- H Bidaoui, I El Abbassi, A El Bouardi, A Darcherif (2019): *Wind Speed Data Analysis Using Weibull and Rayleigh Distribution Functions, Case Study: Five Cities Northern Morocco*. Procedia Manufacturing 32 (2019) 786–793
- Hernández, E., Córdoba, E., García, G., (2018): *Comparative Analysis of the Weibull Model and Observed Wind Data in the City of Floridablanca*, Colombia, TECCIENCIA, Vol. 13 No. 25, 65-70, 2018
- Meishen Li, Xianguo Li. (2005): *MEP-type distribution function: a better alternative to Weibull function for wind speed distributions*. Renewable Energy; 30:1221–1240.



- Sathyajith M, Pandey K P, Anil Kumar V. (2002): *Analysis of wind regimes for energy estimation*. *Renewable Energy*; 25: 381–399.
- Steven MJ., Smulders P.T. (1979), “*The estimation of the parameters of the Weibull wind speed distribution for wind energy utilization purposes*”, *Wind Eng.* , 132-145.
- Weisser D. A. (2003): *Wind energy analysis of Grenada: an estimation using the ‘Weibull’ density function*. *Renewable Energy*; 28: 1803–1812.

**Abtrast:**

**APPLICATION OF WEIBULL DISTRIBUTION MODEL IN ANALYSIS OF  
WIND ENERGY POTENTIAL AT TUY AN DISTRICT, PHU YEN PROVINCE**

*Vietnam is assessed as a country with great potential for wind energy. This is an environmentally sustainable and renewable energy source. In designing the wind power plant, wind speed is the most important factor affecting the selection of wind turbine parameters as well as evaluating the effectiveness of the project. To calculate the energy of wind power plant, a reasonable wind speed distribution model should be developed based on wind measurement data in the project area. This study has applied Weibull function to select two parameters of shape and scale of Weibull distribution model in analyzing wind speed using linear regression model. Following from this, The method was applied in analysis of feasibility of wind power project at An Ninh Dong, Tuy An district, Phu Yen province. The results show that An Ninh Dong site has great wind energy potential for wind power plant.*

**Keywords:** Wind energy, Weibull distribution, shape parameter, scale parameter.

---

Ngày nhận bài: 13/7/2020

Ngày chấp nhận đăng: 10/6/2021