Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ – Kĩ thuật và Công nghệ, 2(3):131-139

Open Access Full Text Article

Bài Nghiên cứu

Đánh giá tiềm năng gió và tối ưu hóa phân bố tua-bin trong trang trại điện gió sử dụng phần mềm WAsP và WindPRO

Lê Thành Vinh*

Use your smartphone to scan this QR code and download this article

TÓM TẮT

Để phát triển một trang trại điện gió, việc đánh giá tiềm năng gió và bố trí tua-bin là rất quan trọng. Nó tác động trực tiếp đến sản lượng điện – ảnh hưởng rất lớn đến hiệu quả kinh tế của một trang trại điện gió. Do đó, bài báo này trình bày phương pháp đánh giá tiềm năng gió và tối ưu hóa phân bố tua-bin trong một trang trại điện gió dự kiến phát triển ngoài khơi Việt Nam, dựa trên số liệu từ trụ đo gió của tổ chức GIZ (2012 – 2017) tại xã An Ninh Đông, huyện Tuy An, tỉnh Phú Yên. Bài báo trình bày lý thuyết thống kê gió từ số liệu quan trắc thông qua hàm thống kê gió Weibull. So sánh tương quan số liệu đo gió ngắn hạn và dài hạn (từ nguồn dữ liệu mesoscale – NASA, trạm Khí tượng thủy văn …) được thực hiện bằng module MCP (Measure-Correlate-Predict). Tiềm năng gió được đánh giá khi xét đến các yếu tố ảnh hưởng của cao độ địa hình và lớp phủ bề mặt địa hình (độ nhám) từ số liệu gió đã được hiệu chỉnh dài hạn thông qua phần mềm WAsP và WindPRO. Mô hình Jensen được dùng trong việc đánh giá ảnh hưởng của vết hậu lưu (wake loss) giữa các tua-bin. Phương pháp tính toán sản lượng điện của trang trại điện gió khi xét đến ảnh hưởng giữa các tua-bin được trình bày, cũng như giải thuật tối ưu hóa phân bố tua-bin. Việc tối ưu hóa vị trí đặt tua-bin gió được thực hiện thông qua phần mềm WindPRO. Cuối cùng là kết quả phân bố tua-bin của một trang trại điện gió ngoài khơi với tiềm năng gió đã được đánh giá và các ràng buộc đầu vào của việc tối ưu hóa.

Từ khoá: Tiềm năng gió, MCP, mô hình Jensen, tối ưu hóa phân bố tua-bin, WAsP, WindPRO

GIỚI THIỆU

Việt Nam được đánh giá là một nước có tiềm năng gió khá lớn dựa trên các kết quả đo gió được tài trợ bởi Ngân hàng thế giới, Bộ Công Thương, tổ chức GIZ và bản đồ tiềm năng gió Việt Nam đã được công ty AWS Truepower tính toán dựa trên các số liệu đo gió [1]. Từ đó chiến lược phát triển Năng lượng tái tạo đã được Chính phủ đề ra, với mục tiêu đạt 6000 MW điện gió vào năm 2030. Hiện nay, các dự án điện gió đã và đang được xây dựng, với tổng công suất hơn 300 MW đã đi vào vận hành thương mại (tính đến giữa năm 2019). Các trang trại điện gió ngoài khơi cũng đã và đang được phát triển. Như dự án điện gió Công Lý – Bạc Liêu (giai đoạn 1, 2 là 99,2 MW – **Hình 1**) đã đi vào hoạt động hay gần đây là dự án điện gió ngoài khơi mũi Kê Gà đang tiến hành khảo sát với quy mô lên tới 3400 MW. Trên thế giới, chỉ tính trong năm 2018 đã có 4,5 GW điện gió ngoài khơi đưa vào vận hành, trong đó Trung Quốc chiếm hơn 40% [2].

Do đó bài báo này nhằm hướng tới mục đích đánh giá tiềm năng gió, để hỗ trợ cho việc phát triển các trang trại gió trên bờ cũng như ngoài khơi ở nước ta. Nó cũng là đầu vào cho việc tối ưu hóa vị trí tua-bin. Việc đánh giá tiềm năng gió dựa trên số liệu quan trắc

Hình 1: **Trang trại điện gió Công Lý - Bạc Liêu** [3]

gió được hiệu chỉnh dài hạn từ trụ đo gió An Ninh Đông, tỉnh Phú Yên (2012 – 2017) [4], cùng với số liệu địa hình (cao độ và độ nhám) được số hóa. Công đoạn này được tính toán thông qua phần mềm WAsP và WindPRO – 2 phần mềm chuyên dụng dùng để đánh giá tiềm năng gió và tính toán sản lượng của trang trang điện gió hiện nay.

Ảnh hưởng của vết hậu lưu (wake loss) giữa các tua-bin có tác động rất lớn đến sản lượng điện đầu ra của một trang trại điện gió, nên việc phân bố tua-bin sao cho đạt được *sản lượng* và *công suất đặt tối đa* cũng rất quan trọng trong việc phát triển một trang trại điện gió. Nghiên cứu cũng tập trung vào cơ sở luận của việc

Phòng Năng lượng tái tạo, công ty cổ phần tư vấn xây dựng Điện 3 – PECC3

Liên hệ

Lê Thành Vinh, Phòng Năng lượng tái tạo, công ty cổ phần tư vấn xây dựng Điện 3 – PECC3

Email: vinhlt@pecc3.com.vn

Lịch sử

- Ngày nhận: 22-12-2018
- Ngày chấp nhận: 30-8-2019
- Ngày đăng: 30-9-2019

DOI :10.32508/stdjet.v2i3.433

Check for updates

Bản quyền

© ĐHQG Tp.HCM. Đây là bài báo công bố mở được phát hành theo các điều khoản của the Creative Commons Attribution 4.0 International license.

VNU-HCM Press

Trích dẫn bài báo này: Vinh L T. **Đánh giá tiềm năng gió và tối ưu hóa phân bố tua-bin trong trang trại điện gió sử dụng phần mềm WAsP và WindPRO**. *Sci. Tech. Dev. J. - Eng. Tech.;* 2(3):131-139.

phân bố tối ưu hóa vị trí tua-bin trong trang trại điện gió và thuật toán tối ưu trong phần mềm WindPRO.

ĐẶC TÍNH CỦA GIÓ VÀ PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ TIỀM NĂNG GIÓ

Vận tốc gió thay đổi theo cao độ và độ nhám địa hình

Vận tốc gió u(z) thay đổi theo cao độ z và độ nhám địa hình (**Hình 2**) được mô tả thông qua phương trình sau[5]

$$u(z) = \frac{u_f}{\kappa}\left[\ln\frac{z}{z_0} - \zeta\left(\frac{z}{L}\right)\right] \quad (1)$$

Trong đó:

u_f là vận tốc ma sát ở cao độ z [m/s]

κ là hằng số Karman

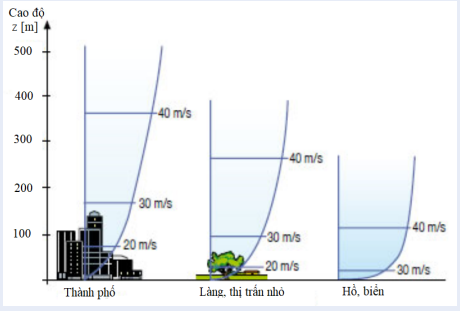
Z_0 là độ nhám [m] – **Bảng 1** đưa ra các độ nhám thay đổi theo bề mặt địa hình, dùng cho việc số hóa bản đồ độ nhám.

L là đại lượng Moin – Obukov, đặc trưng cho độ ổn định của bầu khí quyển.

$\xi\left(\frac{z}{L}\right)$ là tổng lượng bức xạ đến vùng dự án, đại lượng này cũng dùng để đánh giá độ ổn định của bầu khí quyển.

Đơn giản phương trình trên cho bầu khí quyển ở điều kiện trung tính *(neutral condition)* đối với các tham số trong chương trình WAsP và WindPRO là[6]:

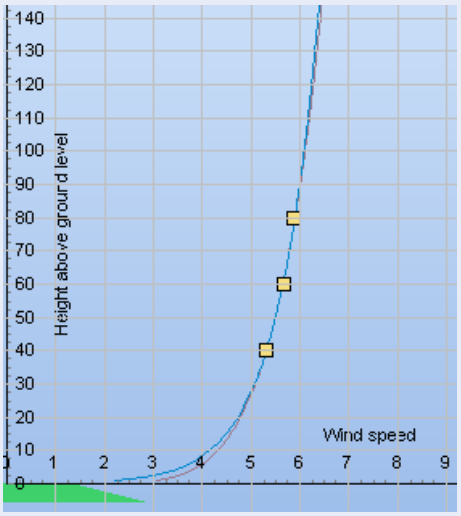
$$\frac{u(z_1)}{u(z_1)} = \frac{\ln(z_2/z_0)}{\ln(z_1/z_0)} \quad (2)$$



Hình 2: **Ảnh hưởng của các lớp độ nhám đến profile gió**[7]

Kết quả quan trắc của trụ đo gió An Ninh Đông thu được profile gió như **Hình 3** (với $Z_0 = 0,1$).

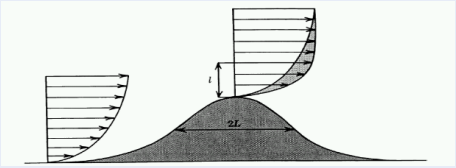
Ngoài ra, còn kể đến yếu tố tăng tốc (speed-up) của dòng khí khi đi qua các địa hình có cao độ tăng dần (như qua các đỉnh núi – được minh họa như **Hình 4**) Trong WAsP và WindPRO, việc đánh giá yếu tố tăng tốc này dựa trên mô hình BZ – là mô hình lưu chất



Hình 3: **Profile gió của trụ đo gió An Ninh Đông.**

Bảng 1: Các lớp độ nhám[6]

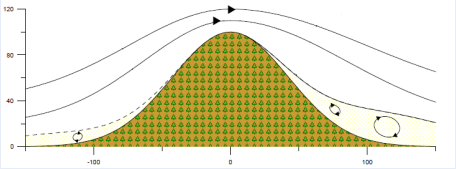
Lớp độ nhám	Chiều dài độ nhám [m]	Mô tả lớp độ nhám
0	0	Mặt hồ, biển…
0,5	0,0024	Bề mặt địa hình tương đối bằng phẳng (cát, băng…)
1	0,03	Cánh đồng khi không có vật cản (như cây, nhà…)
1,5	0,055	Cánh đồng khi có các vật cản cao dưới 8 m cách nhau khoảng 1250 m
2	0,1	Cánh đồng khi có các vật cản cao dưới 8 m cách nhau khoảng 800 m
2,5	0,2	Cánh đồng khi có các vật cản cao dưới 8 m gần nhau dưới 250 m
3	0,4	Các ngôi làng, thị trấn với nhiều vật cản
3,5	0,8	Thành phố
4	1,6	Thành phố lớn với nhiều nhà cao



Hình 4: **Ảnh hưởng của cao độ địa hình đến profile gió** [8]

đơn giản 2D, có hiệu chỉnh sai lệch với các thực nghiệm, với dữ liệu địa hình được mô hình hóa thông qua bản đồ đường đồng mức.

*Lưu ý: Đối với Atlas gió tính toán từ chương trình WAsP, WindPRO thì chỉ chính xác đối với những địa hình có độ dốc nhỏ hơn 30^0, với địa hình có độ dốc lớn hơn 30^0 thì dòng lưu chất bị tách rời lớp biên khi đi qua (**Hình 5**)* [8]*. Chính điều này gây ra sai số khi đánh giá tiềm năng gió những vùng địa hình phức tạp.*



Hình 5: **Dòng lưu chất bị tách rời lớp biên khi đi qua địa hình có độ dốc lớn** [8]

Phân bố vận tốc gió theo hàm Weibull

Vận tốc gió thay đổi liên tục, để mô tả dựa trên phương pháp thống kê. Vận tốc gió ở nơi khảo sát cần được đo liên tục trong suốt khoảng thời gian T *(tối thiểu 1 năm)* và vận tốc trung bình trong từng khoảng thời gian Δt *(10 phút)* được tính toán. Vận tốc gió trong khoảng từ 0 đến V_{max} của nơi đó được chia làm n loại với khoảng cách ΔV bằng nhau. Khi vận tốc gió trung bình của khoảng thời gian Δt nào ở trong khoảng từ $(i - 1).\Delta V$ đến $i.\Delta V$ thì vận tốc gió đó được xếp vào loại gió V_i và thời gian Δt đó được quy một lần cho loại gió V_i. Cứ như thế số lần xuất hiện loại gió V_i được thống kê và thời gian tích lũy t_i của từng loại gió V_i được thiết lập. Mỗi loại gió V_i có n_i lần xuất hiện thì thời gian t_i có gió loại V_i là $n_i.\Delta t$. Tần suất tương đối h_i của loại gió V_i là [9]:

$$h_i = \frac{t_i}{T} = \frac{n_i \Delta t}{T} = \frac{n_i}{\sum n_i} \quad (3)$$

$$T = \sum_1^n t_i \quad (4)$$

Một hàm toán học Weibull dùng để mô tả đường tần suất vận tốc gió [5,9] :

$$f(u) = \frac{k}{A}\left(\frac{u}{A}\right)^{k-1} e^{-\left(\frac{u}{A}\right)^k} \quad (5)$$

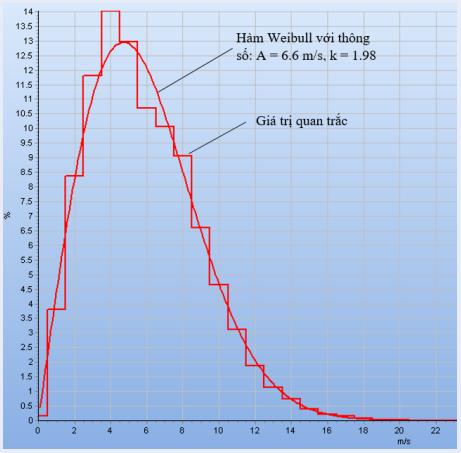
Với:

A là thông số quy mô của vận tốc gió [m/s].

k là hệ số hình dạng quanh vận tốc gió trung bình.

Vận tốc gió trung bình được tính như sau [5,9]:

$$\bar{V} = \int_0^\infty u f(u) du \quad (6)$$



Hình 6: **Phân bố gió và hàm Weibull gió ở cao độ 80m - Trụ đo gió An Ninh Đông.**

Từ kết quả quan trắc, vận tốc gió trung bình năm của trụ đo gió An Ninh Đông ở cao độ 80 m là *5,81 m/s*, với các thông số của hàm Weibull như **Hình 6**.

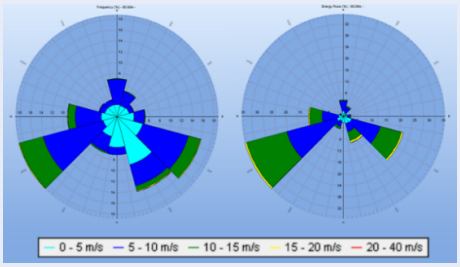
Phương pháp đánh giá tiềm năng gió

Việc đánh giá tiềm năng gió trang trại điện gió dự kiến dựa trên các số liệu đầu vào:

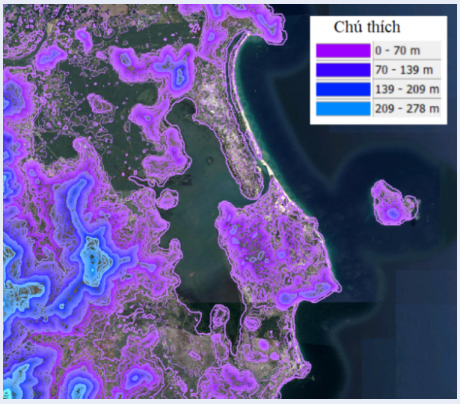
a. Số liệu đo gió: được hiệu chỉnh với dài hạn thông qua module MCP để có được chuỗi số liệu dài hạn ở khu vực khảo sát tiềm năng gió - với trụ An Ninh Đông được hiệu chỉnh dài hạn là *6,3 m/s* (ở cao độ 80 m) [4]. **Hình 7** mô tả hoa gió theo vận tốc và năng lượng của trụ đo gió An Ninh Đông sau khi hiệu chỉnh với số liệu gió dài hạn.

b. Bản đồ cao độ địa hình khu vực dự án (**Hình 8**):

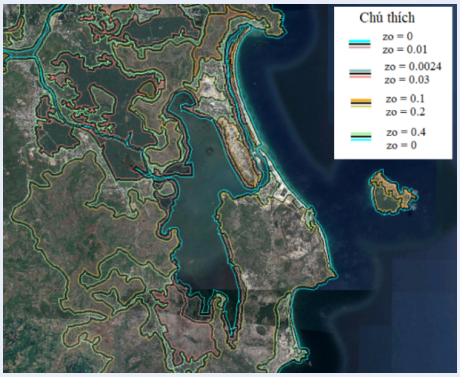
c. Bản đồ độ nhám của vùng dự án: Phải mô phỏng được sự thay đổi của bề mặt địa hình cách khu vực dự án lớn hơn 100 lần cao độ đặt trục của tua bin [6], như vậy mới xét được ảnh hưởng của các độ nhám khu vực quanh dự án đến tiềm năng gió khu vực dự án (**Hình 9**).



Hình 7: **Hoa gió ở cao độ 80 m: a) Theo vận tốc b) Theo năng lượng**.



Hình 8: **Bản đồ đường đồng mức trang trại điện gió.**

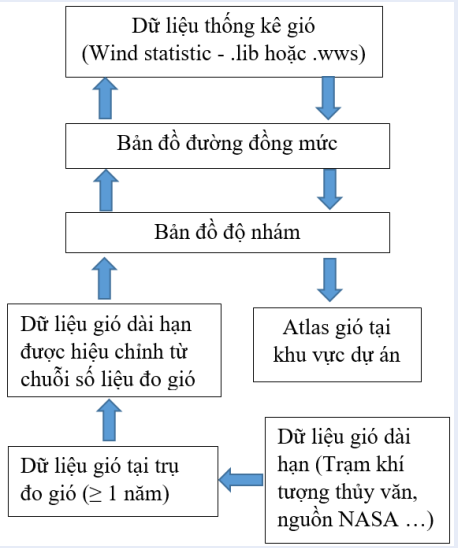


Hình 9: **Bản đồ độ nhám Z_o [m] trang trại điện gió.**

Lưu ý: Với Atlas gió ở các cao độ lớn hơn 80 m thì ảnh hưởng của các chướng ngại vật là không đáng kể, có thể xem xét chung vào với độ nhám[10].

• *Phương pháp đánh giá tiềm năng gió*

Atlas gió ở vùng dự án được tính toán dựa trên số liệu đo gió hiệu chỉnh dài hạn có xét tới ảnh hưởng của các chướng ngại vật, độ nhám và cao độ địa hình. Ở đây tần xuất xuất hiện gió ở các vị trí dự án khảo sát thì tương tự như ở vị trí cột đo gió. Dưới đây là sơ đồ khối đưa ra tiềm năng gió trong phần mềm WAsP và WindPRO (**Hình 10**).



Hình 10: **Sơ đồ khối tạo ra Atlas gió trong WAsP, WindPRO**[6]

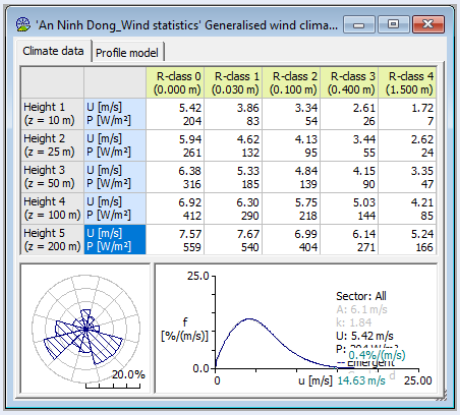
Từ các dữ liệu đầu vào có được dữ liệu thống kê gió ở khu vực nhà máy điện gió (**Hình 11**).

Từ đây tính toán được tiềm năng gió khu vực nhà máy điện gió (với độ phân giải 10x10m – **Hình 12**) với diện tích nghiên cứu trang trại điện gió – 480 ha, cách trụ đo gió đến ranh đầu của nhà máy khoảng 2 km về phía Đông, ở cao độ 100m.

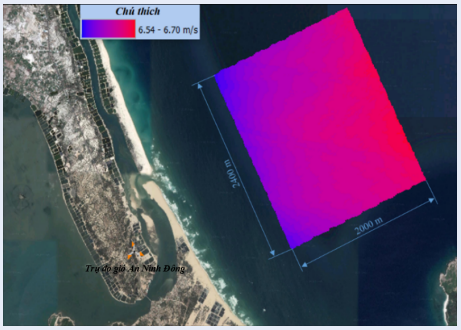
***Nhận xét**: Đối với khu vực dự kiến nhà máy điện gió trên biển, do độ nhám không thay đổi nên phân bố vận tốc gió không thay đổi nhiều (trong khoảng từ 6,54 – 6,70 m/s), thuận lợi cho việc bố trí trang trại gió ở phần sau với các ràng buộc về hình học.*

PHƯƠNG PHÁP TỐI ƯU HÓA VỊ TRÍ ĐẶT TUA-BIN

Khi tua-bin vận hành trong trang trại gió, cánh tua-bin tương tác với luồng gió để chuyển hóa động năng của gió thành cơ năng của trục quay. Chính sự tương

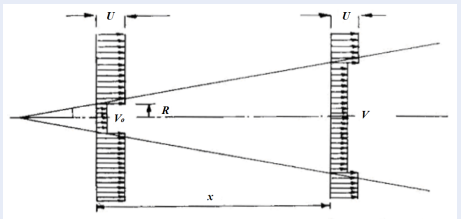


Hình 11: **Ma trận thống kê gió theo cao độ và các lớp độ nhám.**



Hình 12: **Vận tốc gió trung bình trong năm của trang trại điện gió dự kiến ở cao độ 100 m.**

tác này đã làm giảm động năng của vùng gió sau tua-bin và phải mất một khoảng cách nhất định thì lượng động năng này mới được khôi phục, chính điều này làm cho các tua-bin nằm sau các tua-bin khác bị ảnh hưởng. Trong các mô hình tính toán thường dùng trong các phần mềm (như WindPRO, WAsP …) là mô hình N.O. Jensen (**Hình 13**)[6].



Hình 13: **Mô hình N.O. Jensen đánh giá ảnh hưởng giữa các tua-bin**[4]

Mô hình này dựa trên định luật bảo toàn động lượng và vận tốc gió mà tua-bin ảnh hưởng phía sau được tính như sau[6]:

$$v = u\left[1 - C_t\left(\frac{R}{R+\alpha x}\right)^2\right] \quad (7)$$

Trong đó:

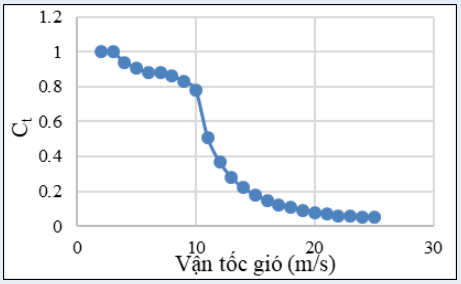
v là vận tốc đến tua-bin sau với khoảng cách tua-bin trước là x [m/s]

u là vận tốc dòng khí tự do [m/s]

R là bán kính cánh tua-bin gió [m]

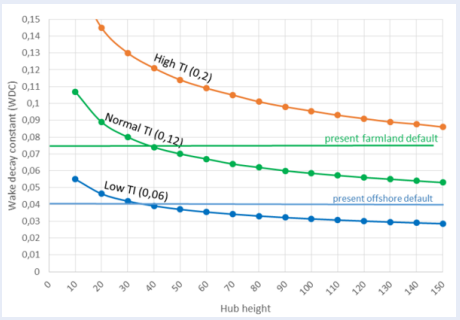
α là "the wake decay contant – WDC"

C_t là hệ số lực đẩy của tua-bin (**Hình 14** – C_t theo vận tốc của một tua-bin gió điển hình 3 MW)



Hình 14: **Đường hệ số lực đẩy theo vận tốc của tua-bin gió 3 MW.**

Đối với những trang trại gió, hệ số α phụ thuộc vào độ rối của dòng (TI), lớp độ nhám vào cao độ đặt trục (hub height); thay đổi từ 0,04 cho lớp độ nhám 0, đến 0,1 cho lớp độ nhám 3 (**Hình 15**). Ngoài ra hệ số α này cũng phụ thuộc khi trang trại gió lớn (có hơn 5 hàng tua-bin theo hướng đón gió chính, thì α này lớn)[6].



Hình 15: **Hệ số α phụ thuộc vào TI theo cao độ từ thực nghiệm**[6]

Với tua-bin chịu ảnh hưởng của nhiều tua-bin phía trước, vận tốc đến tua-bin này được tính dựa trên

trung bình bậc hai (root mean square) các dòng vận tốc tua-bin.

Để tính toán sản lượng hằng năm của trang trại, cần phải có đường cong công suất của tua-bin, cũng như hàm phân bố gió Weibull[11]:

$$E(V) = \int_{cut_in}^{V_{cut_out}} P(\mathrm{V}) f(u) \mathrm{dV} \quad (8)$$

$$P(V) = \frac{1}{2}\rho V^3 A C_p \quad (9)$$

Trong đó:

ρ là khối lượng riêng không khí [kg/m^3]

A là diện tích quét của cánh tua-bin [m^2]

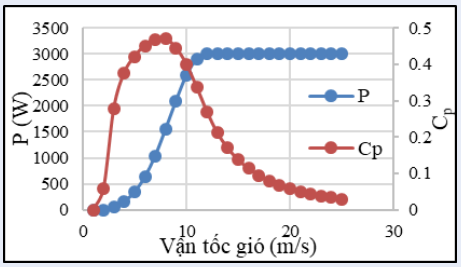
C_p là hệ số công suất của tua-bin

Sản lượng sau khi xét đến tổn thất do ảnh hưởng của hậu lưu (wake loss) hằng năm được tính như sau[11]:

$$E(V_{corrected}) = \int_{cut_in}^{V_{cut_out}} P(\mathrm{V}) f(u_{corrected}) \mathrm{dV} \quad (10)$$

Thông số Weibull $f(u_{corrected})$ được hiệu chỉnh dựa trên mô hình của N.O. Jensen.

Ở đây, tham chiếu đến một đường cong hệ số công suất điển hình của một tua-bin 3 MW dùng trong bố trí tối ưu trang trại gió trên biển (**Hình 16**):



Hình 16: **Đường công suất và đường hệ số công suất theo vận tốc của tua-bin gió 3 MW.**

Hiệu suất của trại gió được tính như sau[11]:

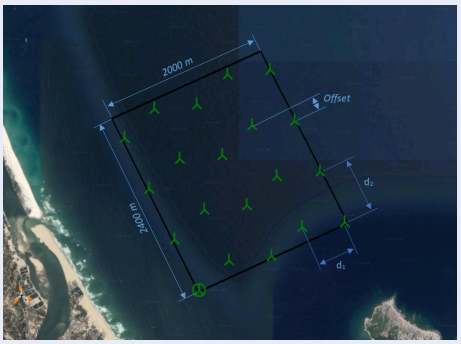
$$\eta = \frac{\sum_1^n \mathrm{E(V)} - \mathrm{E(V_{corrected})}}{\sum_1^n \mathrm{E(V)}} \quad (11)$$

Đối với trang trại điện gió xét trong bài báo này, các thông số đầu vào của việc tối ưu hóa như sau:

– Tua-bin: Công suất 3 MW, đường kính cánh 115,7 m có đường cong công suất như **Hình 16** và hệ số lực đẩy được trình bày ở **Hình 14**.

– Các thông số đầu vào của việc tối ưu ích thước được trình bày ở **Hình 17**:

– Điều kiện đầu vào và các bước lặp, như bảng sau:



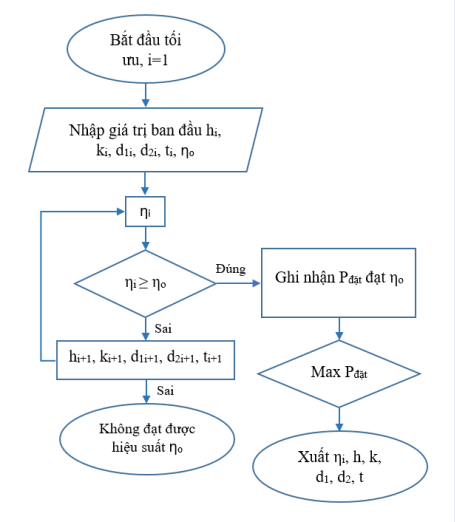
Hình 17: **Các thông số kích thước của trang trại gió.**

Bảng 2: Bảng các thông số đầu vào cho tối ưu hóa

Các thông số đầu vào	Giá trị ban đầu	Giá trị cuối	Bước nhảy	Số lần lặp
Số hàng tua-bin – h	3	6	1	4
Số cột tua-bin – k	3	6	1	4
Khoảng cách giữa các hàng tua-bin – d_1 [m]	400	700	20	16
Khoảng cách giữa các tua-bin trong một hàng – d_2 [m]	400	700	20	16
Khoảng cách lệch giữa các hàng (row off-set) – t (t = t.d_2)	0	0,5	0.1	6
			Tổng số bước lặp	*24576*

– ***Hàm mục tiêu*** **:** *Tối ưu hóa công suất lắp đặt* (P *đặt*) *với hiệu suất trại gió* $\eta > \eta_o = 90\%$

Với giá trị ban đầu (**Bảng 2**), dựa vào bản đồ vận tốc gió trung bình đã tính toán (**Hình 12**) và xét tới ảnh hưởng của vết hậu lưu (wake loss) tính toán được hiệu suất trại gió ở giá trị này. Sau đó so sánh với η_0, nếu thỏa sẽ ghi nhận giá trị η_i, lượng công suất lắp đặt tương ứng và tiếp tục tăng bước nhảy. Cuối cùng là từ các giá trị η_i ghi nhận và công suất lắp đặt tương ứng, so sánh chọn giá trị có lượng *công suất lắp đặt cao nhất*. Sơ đồ khối của việc tối ưu hóa vị trí đặt tua-bin gió trong phần mềm WindPRO được trình bày ở

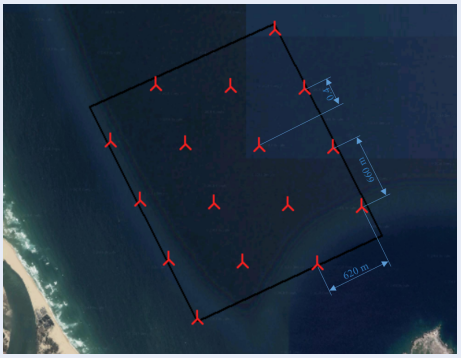


Hình 18: **Lưu đồ tối ưu hóa trong WindPRO.**

lưu đồ **Hình 18**.

KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Dưới đây là kết quả bố trí tối ưu (4x4 tua-bin) và một số kết quả chưa tối ưu của một trang trại gió đang xét và tua-bin công suất 3 MW ở cao độ trục 100 m (**Hình 19, Hình 20** và **Bảng 3**).



Hình 19: **Kết quả bố trí tối ưu trang trại gió - 48 MW.**

Như vậy, với trang trại gió dự kiến ở ngoài khơi này, hệ số công suất CF khá cao với các trại gió quy mô công nghiệp hiện nay ở nước ta, khoảng cách tương đối giữa các tua-bin theo hướng gió chính (có năng lượng lớn nhất – hướng Tây Tây Nam và Đông Đông Nam) từ 6 – 10 đường kính tua bin; do vậy hiệu suất trại gió đạt được là 91,9%, khi đó các tua-bin ít bị ảnh hưởng bởi tải trọng mỏi do vết hậu lưu của các tua-bin khác gây nên.

KẾT LUẬN

Dựa vào số liệu quan trắc gió, tiềm năng gió ở khu vực ven biển tỉnh Phú Yên là tương đối tốt cho phát triển các trang trại điện gió. Ở đây, vận tốc gió của vùng điện gió dự kiến được tính toán trong khoảng 6,54 – 6,7 m/s. Còn đối với những trang trại gió dự tính xây dựng ở những vùng có tiềm năng gió lớn (như Đắk Lắk, Quảng Trị, Lâm Đồng…), do địa hình thay đổi phức tạp (dòng lưu chất bị tách rời lớp biên) thì phải nghiên cứu sử dụng mô hình CFD cũng như xét đến độ ổn định của bầu khí quyển để hạn chế sai số khi đưa ra Atlas gió của vùng khảo sát điện gió. Kết quả bố trí tua-bin trong trang trại điện gió ngoài khơi này là một phương án bố trí điển hình khi xét đến ảnh hưởng giữa các tua-bin. Kết quả này hỗ trợ cho việc phát triển các trang trại điện gió, cũng như giúp các sinh viên ngành Năng lượng tái tạo có cái nhìn toàn diện về việc đánh giá tiềm năng, toán toán sản lượng một trang trại điện gió.

LỜI CẢM ƠN

Tác giả xin gửi lời cảm ơn đến PGS.TS Nguyễn Thiện Tống, ThS Nguyễn Hoàng Dũng và phòng Năng lượng tái tạo – Công ty CPTVXD Điện 3 đã tạo điều kiện và hỗ trợ trong quá trình hoàn thành bài viết này.

DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT

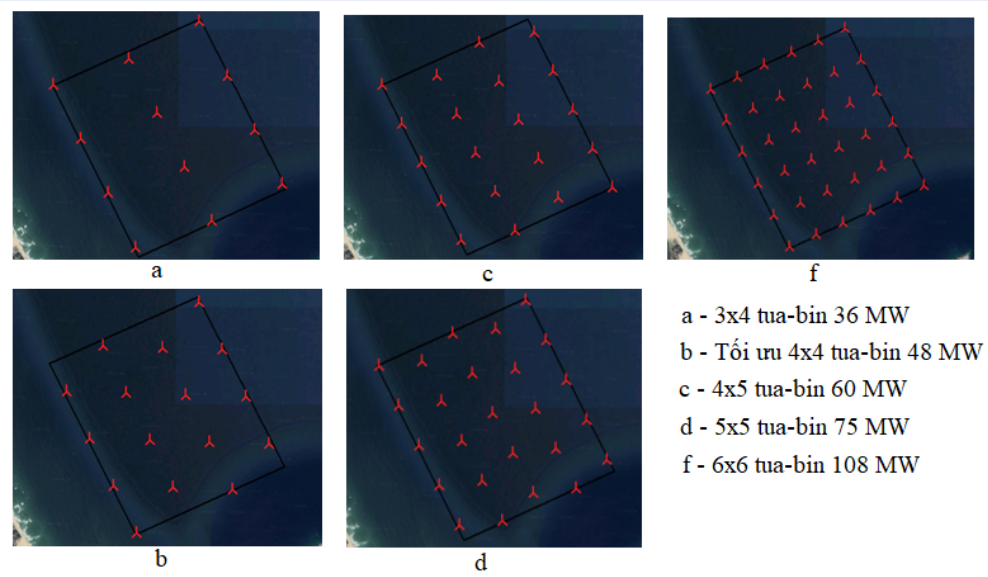
WAsP: Wind Atlas Analysis and Application Program – Phần mềm đánh giá tiềm năng gió và tính toán sản lượng điện gió của trường Đại học DTU – Đan Mạch.
WindPRO: Phần mềm đánh giá tiềm năng gió, tính toán sản lượng điện gió do công ty EMD International A/S – Đan Mạch phát triển.
GIZ: The Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit – Tổ chức Hợp tác Quốc tế Đức.
MCP: Measure-correlate-predict – Phương pháp so sánh tương quan dự báo chuỗi số liệu gió dài hạn.
BZ: WAsP flow model – Mô hình tính toán lưu chất 2D trong phần mềm WAsP.
CF: Capacity factor – Hệ số công suất trại gió.
CFD: Computational fluid dynamics – Tính toán động lực học lưu chất.

XUNG ĐỘT LỢI ÍCH

Tác giả xin cam đoan rằng không có bất kỳ xung đột lợi ích nào trong công bố bài báo này.

ĐÓNG GÓP CỦA TÁC GIẢ

Tác giả đưa ra bài toán, xử lý số liệu (đo gió, bản đồ độ nhám và cao độ), đưa ra các bước thực hiện, tính toán, phân tích kết quả, viết và chỉnh sửa bài báo.



Hình 20: **Một số kết quả bố trí tua-bin gió.**

Bảng 3: Một số kết quả tính toán trang trại điện gió với cao độ trục tua bin 100 m

STT	Sản lượng điện * (MWh/y)	Sản lượng điện khi không có tổn thất do ảnh hưởng của hậu lưu (MWh/y)	Hiệu suất (%)	CF (%)
3x4 tua-bin – 36 MW	105709,6	113363,9	93,2	33,5
Tối ưu 4x4 tua-bin – 48 MW	139169,0	151425,3	91,9	33,1
4x5 tua-bin – 60 MW	164247,5	189177,3	86,8	31,2
5x5 tua-bin – 75 MW	194557,2	236445,8	82,3	29,6
6x6 tua-bin – 108 MW	243469,1	340554,9	71,5	25,7

**Sản lượng điện này chỉ mới xét đến tổn thất do ảnh hưởng hậu lưu (wake loss) giữa các tua-bin.*

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. AWS Truepower, Wind resource atlas of Viet Nam, 2011.
2. IRENA, Renewable power generation costs in 2018, 2018.
3. Điện gió Bạc Liêu, https://vi.wikipedia.org/wiki/Điện_gió_Bạc_Liêu , truy cập ngày 20/06/2019.
4. GIZ, Final report wind data analysis An Ninh Dong, Tuy An District, Phu Yen province, 2014.
5. Johnson GL. Wind Energy Systems. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, Inc; 1985.
6. EMD International A/S, WindPRO 3.3 User's Guid, 2018.
7. Vertical wind profile, https://docs.3di.lizard.net/b_wind.html, truy cập ngày 20/06/2019.
8. Bowen AJ, Mortensen NG. WAsP Prediction Errors Due to Site Orography. Roskilde; 2004. Ris-R-995(EN).
9. Nguyễn Thiện Tống, Bài giảng Chế độ gió và năng lượng gió, ĐH Bách khoa - ĐHQG Tp.Hồ Chí Minh, 2017.
10. Mortensen NG. Wind resource assessment using the WAsP software (DTU Wind Energy E-0135). Technical University of Denmark (DTU). DTU Wind Energy E, No. 0135; 2016.
11. Batchhal AS, editor. Optimization of wind farm taking loads contraints into account, Master's thesis in Renewable energy, University of Agder, Norway; 2017.

Science & Technology Development Journal – Engineering and Technology, 2(3):131-139

Open Access Full Text Article

Research Article

Wind potential assessment and optimized turbine distribution in wind farm using WAsP and WindPRO software

Le Thanh Vinh*

Use your smartphone to scan this QR code and download this article

ABSTRACT

In order to develop a wind farm project, the wind potential assessment and siting wind turbine are very important. It directly impacts energy production – a huge influence on the economic efficiency of the wind farm project. So, this paper presents the method to assess wind potential and optimized turbine distribution in Vietnam's offshore wind farm site, based on data from the met mast of GIZ organization (2012 - 2017) at An Ninh Dong commune, Tuy An district, Phu Yen province. The paper presents wind statistics theory from measured data through Weibull function. Comparing the short-term and long-term wind data (from meso-scale data sources – NASA, Hydrometeorological Station ...) is done by module MCP (Measure-Correlate-Predict). Wind potential is assessed when considering the effects of elevation and terrain roughness from wind data that has been long-term adjusted through WAsP and WindPRO software. Jensen model assesses the effects of wake loss between the turbines. The method calculates the power output of the wind farm when considering the influence of turbines is presented, as well as the algorithm of optimized turbine distribution. The optimized turbine distribution is done through WindPRO software. Finally, the turbine distribution results are presented with wind potential has been assessed and the input constraints of optimization.

Key words: Wind potential, MCP, Jensen model, optimized turbine distribution, WasP, WindPRO

Renewable Enegies Department, Power Engineering Consulting joint stock company 3

Correspondence

Le Thanh Vinh, Renewable Enegies Department, Power Engineering Consulting joint stock company 3

Email: vinhlt@pecc3.com.vn

History

- Received: 22-12-2018
- Accepted: 30-8-2019
- Published: 30-9-2019

DOI : 10.32508/stdjet.v2i3.433

Check for updates

Copyright

© VNU-HCM Press. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International license.

VNU-HCM Press

Cite this article : Thanh Vinh L. **Wind potential assessment and optimized turbine distribution in wind farm using WAsP and WindPRO software**. *Sci. Tech. Dev. J. – Engineering and Technology;* 2(3):131-139.