

ĐÁNH GIÁ TIỀM NĂNG VỀ NĂNG LƯỢNG GIÓ

THEO SỐ LIỆU ĐO TẠI PHAN RANG – NINH THUẬN DO WORLD BANK CÔNG BỐ [1]

Huyền Kim Ân

(Công ty CP TVXD điện 4)

1. Mở đầu:

Theo chương trình đánh giá năng lượng gió châu Á của ngân hàng thế giới (WB); Việt Nam có tiềm năng dồi dào chủ yếu tập trung ở các tỉnh Nam Trung bộ, hải đảo, đồng bằng sông Cửu long và Tây nguyên. Tuy nhiên, đánh giá tiềm năng về năng lượng gió chính xác cho công tác quy hoạch, đánh giá hiệu quả đầu tư còn phụ thuộc nhiều về công tác quan trắc dữ liệu gió tại địa điểm cụ thể.

Hiện nay có khoảng 30 đơn vị đo năng lượng gió tại Việt Nam, nhưng các tổ chức này chưa phối hợp chặt chẽ với nhau và chưa thống nhất về chuẩn đo đạc. Tất cả các trạm đo gió Việt Nam đều đo bằng máy cầm tay ở độ cao 12 mét; ở độ cao này gió bị ảnh hưởng nhiều bởi địa hình, mặt khác chế độ đo không liên tục [2].

Do đó mức độ tin cậy của dữ liệu quan trắc gió thấp.

Nội dung bài báo này người viết sử dụng dữ liệu quan trắc gió tại Phan Rang tỉnh Ninh Thuận đo được từ năm 2008 đến 2010 do Ngân hàng thế giới (WB) thực hiện theo chương trình “Vietnam Wind Resources Assessment” và công bố tại [3], [4] để đánh giá tiềm năng về năng lượng gió tại Phan Rang - Ninh Thuận bằng ngôn ngữ R.

Thông thường, trong phân tích dữ liệu và đánh giá năng lượng gió dùng các phần mềm chuyên dùng như windPRO nhưng phải tốn chi phí bản quyền. Trong một số tính toán cơ bản ở bài viết này sử dụng package: **bReeze - R** phân tích [5]. R là ngôn ngữ được sử dụng rộng rãi trong cộng đồng khoa học trên thế giới, quan trọng là miễn phí. Đặc biệt sử dụng R có thể kiểm soát được quá trình tính toán và làm sạch dữ liệu trước khi sử dụng; một số đặc trưng của R như sau:

- Loại bỏ những số liệu đo sai, thiếu hoặc những giá trị thấp hơn giá trị mặc định (do nhược điểm thiết bị đo, hư hỏng sửa chữa ...)

- Xác định % dữ liệu hữu dụng (% availables) trong tổng số dữ liệu thu thập được. Vì đây là dữ liệu lớn (big data) số lượng sample lên đến hàng trăm ngàn, trong đó chắc chắn sẽ có nhiều giá trị trống; R sẽ thông báo bao nhiêu % available...

Bạn đọc có thể kiểm chứng các code của R bằng cách tải và cài đặt R, package như trên; thực hiện các code trong bài viết; mọi trao đổi xin liên hệ người viết qua email: hhkiman@gmail.com.

2. Khái quát về dữ liệu quan trắc:

Dữ liệu đo đạc từ năm 2008 đến năm 2010, có tất cả 46 biến số (46 cột) và 105.924 giá trị (105.924 dòng) được lưu dưới dạng CSV. Đây có thể gọi là dữ liệu lớn (big data).

Download dữ liệu từ [3], thiết lập objects theo code của ngôn ngữ R như sau:

```
> winddata<-read.csv("D:/xac suat thong
ke/vnwindphanrang.csv",header=TRUE)
> set1 <- set(height=80, v.avg=winddata[,7],
v.std=winddata[,8],dir.avg=winddata[,27])
> set2 <- set(height=60, v.avg=winddata[,11],
v.std=winddata[,12],dir.avg=winddata[,31])
> set3<-
set(height=40,v.avg=winddata[,15],v.std=winddata[,16],dir.avg=
winddata[,39])
> set4<-set(height=20,v.avg=winddata[,19],v.std=winddata[,20])
> dattime<-mdy_hm(paste(winddata$Date,winddata$Local_time))
> ts<-timestamp(timestamp=dattime)
Pattern found: %Y-%m-%d %H:%M:%S
> neubuerg <- mast(timestamp=ts,set1,set2,set3,set4)
> neubuerg<-clean(mast=neubuerg)
```

Chú thích:

Set(1,2,3,4) : Mô tả biến A(1, 2, 3, 4) là biến vận tốc gió đo ở các độ cao 1, 2, 3, 4;

V(1, 2, 3): Mô tả hướng gió ở độ cao 1, 2, 3;

ts : object chuyển cột thời gian;

neubuerg : dataset dữ liệu.

Tên các biến trong dữ liệu winddata như sau:

```
[1] "Site_name""Year""Month" "Day" "Local_time" "Date" "A1_avg" "A1_sd" "A1_max"
"A1_min" "A2_avg"
[12] "A2_sd" "A2_max" "A2_min" "A3_avg" "A3_sd" "A3_max" "A3_min" "A4_avg"
"A4_sd" "A4_max" "A4_min"
[23] "A5_avg" "A5_sd" "A5_max" "A5_min" "V1_avg" "V1_sd" "V1_max" "V1_min"
"V2_avg" "V2_sd" "V2_max"
[34] "V2_min""T1_avg" "T1_sd" "T1_max" "T1_min" "V3_avg" "V3_sd" "V3_max"
"V3_min""Volt1_avg""Volt1_sd"
[45] "Volt1_max" "Volt1_min" .
```

Trong đó:

A(1,2,3,4,5) _ avg, min, max, sd : Vận tốc gió trung bình, nhỏ nhất, lớn nhất ở các độ cao so với mặt đất và độ lệch chuẩn tương ứng. V(1, 2, 3)_avg, min, max, sd : Hướng gió tương ứng. T: nhiệt độ.

Làm sạch dữ liệu:

Trong quá trình đọc dữ liệu của thiết bị đo xảy ra nhiều trường hợp mà nó cho ra những số liệu lệch lạc, sai không phản ánh đúng thực tế. Về hướng gió, sensor có thể đọc < 0 hoặc > 360⁰ khi vận tốc nhỏ hơn vận tốc nhỏ nhất (v.avg. min, giá trị này mặc định 0.4 m/s); các giá trị này sẽ loại khỏi dữ liệu. Mật độ nhiễu (Turbulence intensity) được xác định khi vận tốc gió trên 4 m/s, do đó khi tính nhiễu các giá trị vận tốc gió nhỏ hơn 4 m/s cũng sẽ loại. Một vài loại sensor, khi gió lặng nó sẽ lặp lại giá trị trước đó nên những giá trị này không phản ánh đúng hiện trạng. Với ngôn ngữ R sẽ loại bỏ các số liệu sai lệch như mô tả trên; thực hiện như sau:

```
Code:
> neuburg <- clean(mast=neuburg)
Output 1:
Cleaning set 1...
1683 samples lower than 0.4 replaced by 'NA' in average wind
speed
28406 samples with average wind speed lower than 4 m/s
replaced by 'NA' in turbulence intensity
Cleaning set 2...
969 samples lower than 0.4 replaced by 'NA' in average wind
speed
28494 samples with average wind speed lower than 4 m/s
replaced by 'NA' in turbulence intensity
Cleaning set 3...
```

```

2868 samples lower than 0.4 replaced by 'NA' in average wind
speed
28551 samples with average wind speed lower than 4 m/s
replaced by 'NA' in turbulence intensity
Cleaning set 4...
31943 samples with average wind speed lower than 4 m/s
replaced by 'NA' in turbulence intensity
Code: > neubuerg
Output 2:
      Met mast
measuring period: from 2008-11-25 10:00:00 to 2010-11-30
23:50:00 (735.6 days)
samples: 105924
datasets (4):
      height wind speed availability
      [m]      [m/s]      [%]
set1      80      6.11      94.7
set2      60      6.12      95.4
set3      40       6      93.6
set4      20      5.67       0
signals (4):
      set1 set2 set3 set4
v.avg      c   c   c   c
v.std      o   o   o   o
dir.avg    c   c   c
turb.int   c   c   c   c
(o=original data, c=cleaned data)

```

Output trên cho ra thông báo:

Trong output 1: set1 có 1683 giá trị vận tốc thấp hơn 0.4 m/s được loại và thay bằng chữ “NA” (Not Available) để tính giá trị vận tốc trung bình; 28406 giá trị vận tốc gió trung bình thấp hơn 4 m/s thay bằng NA để tính turbulence intensity (mật độ nhiễu). Tương tự set2, set3, set4.

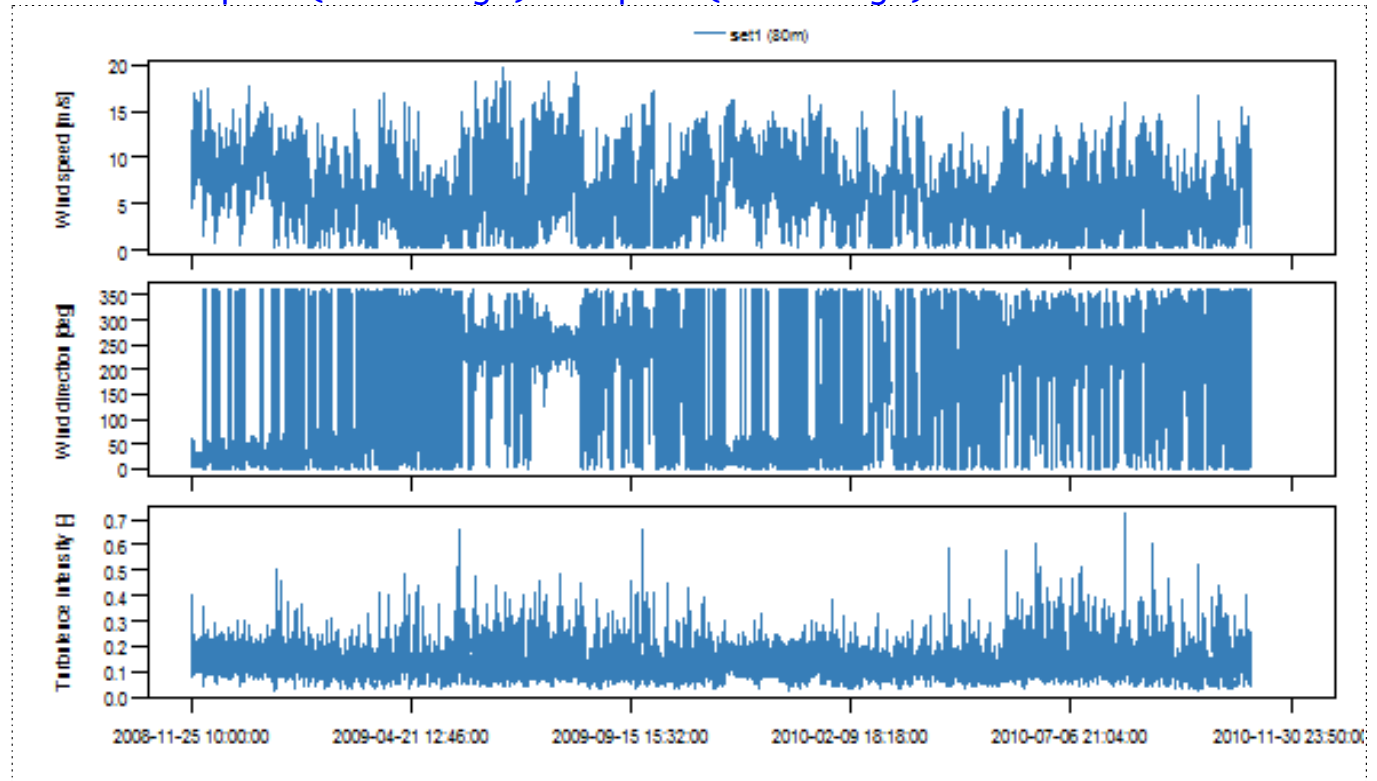
Output 2: Cho biết thời gian quan trắc (735,6 ngày); tổng số sample 105.924; vận tốc gió trung bình ở các độ cao 1, 2, 3, 4; cặp dữ liệu phù hợp (availability) của các độ cao đo; phần signals 4 cho biết sample bị loại bỏ (làm sạch).

Từ đây, các hàm tính toán và phân tích trên R sẽ dùng tên “neubuerg”; dữ liệu đã được làm sạch.

3. Mô tả dữ liệu:

3.1 Biểu diễn dữ liệu theo thời gian (time series):

code R: `> plot(neuburg1)` và `plot(neuburg4)`



Hình 1. Mô tả dữ liệu set.1 theo thời gian (vận tốc gió, hướng gió và mật độ nhiễu)



Hình 2. Mô tả dữ liệu set.4 (dữ liệu gốc không có đo hướng gió)

Tính tần suất gió:

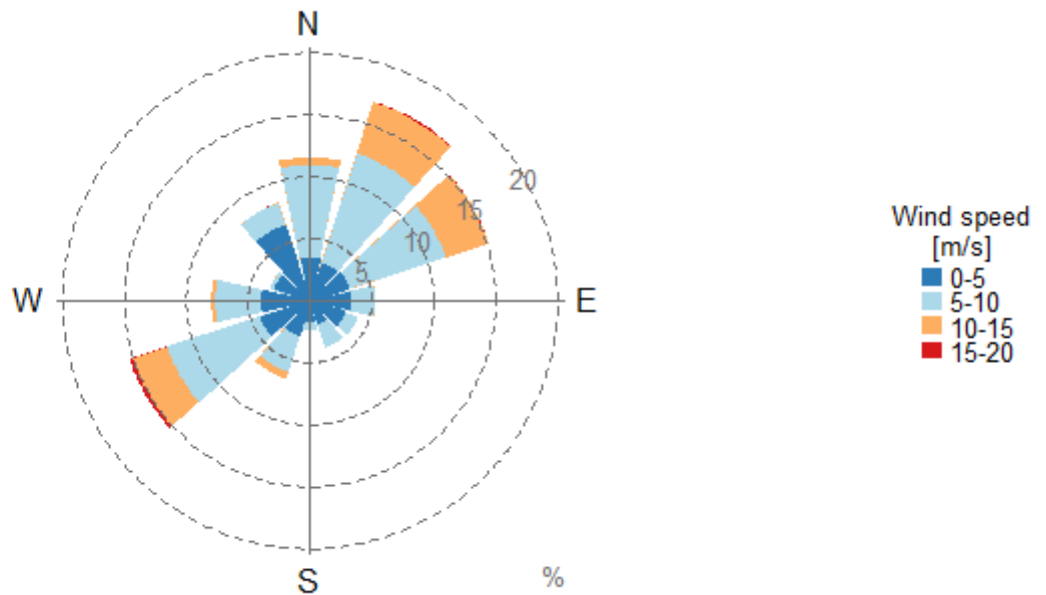
Code R: `> frequency(mast=neubuerg, v.set=1)`

Output:

Frequency	wind speed [m/s]	total [%]	0-5 [%]	5-10 [%]	10-15 [%]	15-20 [%]
N	6.069	11.516	3.466	7.442	0.608	
NNE	7.93	16.863	3.143	9.274	4.358	0.088
ENE	7.601	15.107	3.272	8.156	3.653	0.026
E	4.334	5.187	3.247	1.922	0.016	0.002
ESE	3.899	3.929	2.875	1.053	0.001	
SSE	4.774	3.878	1.852	2.024	0.002	
S	3.824	2.325	1.586	0.737	0.002	
SSW	5.656	6.498	2.834	3.055	0.601	0.007
WSW	7.209	15.239	4.145	7.898	2.929	0.267
W	5.165	7.915	3.895	3.694	0.322	0.004
WNW	2.777	3.288	2.975	0.299	0.013	0.001
NNW	3.689	8.256	6.37	1.858	0.025	0.003
all	6.107	100	39.66	47.413	12.53	0.398

Vẽ hoa gió biểu diễn tần suất:

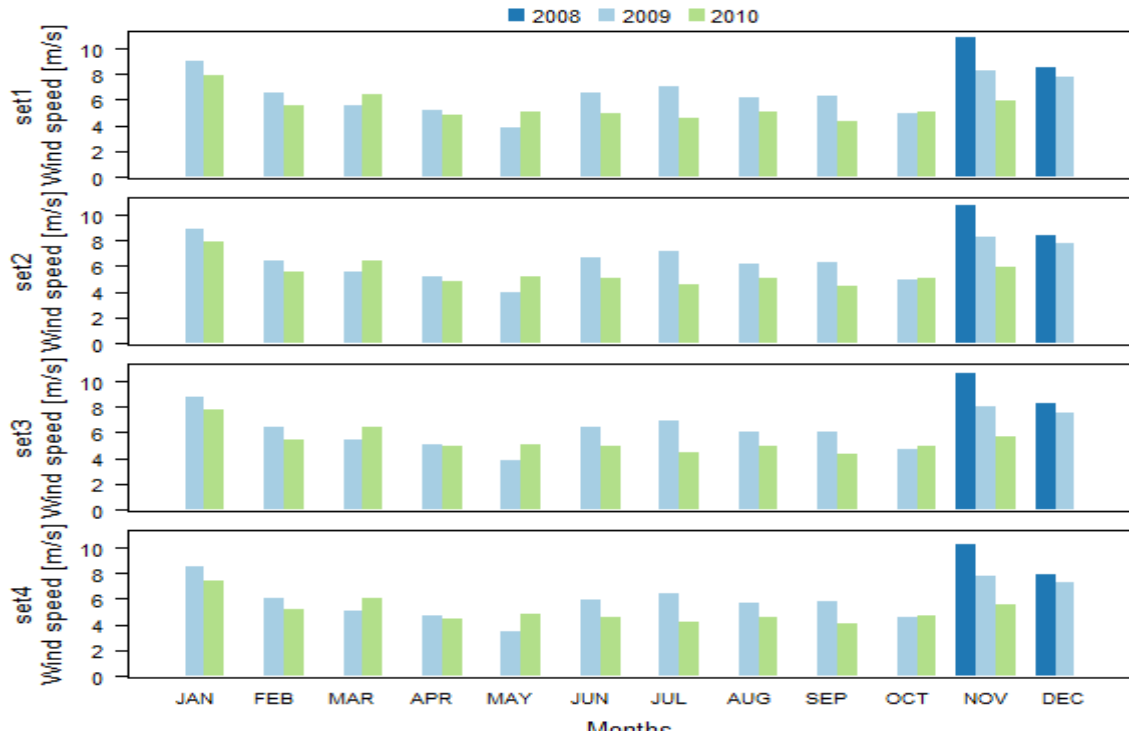
Code R: `> neubuerg.freq <- frequency(mast=neubuerg, v.set=1, print=FALSE)` và `> plot(neubuerg.freq)`



Hình 3: Hoa gió height=80m; màu sắc chỉ vận tốc gió, vòng tròn chỉ tần suất xuất hiện

3.2 Mô tả dữ liệu theo tháng, ngày:

Code R: `> plot(neuburg.stats)`



Hình 4. Vận tốc gió bình quân set 1, 2, 3, 4 các tháng.

Hoặc mô tả theo bảng sau:

Code R: `> neuburg.stats<-month.stats(mast=neuburg,digits=2)`

Monthly statistics					
set1	2008	2009	2010	mean	mean of months
JAN	8.99	7.9	8.44	8.44	8.44
FEB	6.55	5.51	6.03	6.03	6.03
MAR	5.52	6.44	5.98	5.98	5.98
APR	5.16	4.83	4.99	4.99	4.99
MAY	3.87	5.06	4.48	4.48	4.47
JUN	6.57	4.99	5.78	5.78	5.78
JUL	7.08	4.56	5.84	5.84	5.82
AUG	6.17	5.01	5.6	5.6	5.59
SEP	6.24	4.36	5.29	5.29	5.3
OCT	4.88	5.05	4.96	4.96	4.96
NOV	10.85	8.25	5.91	8.41	8.34
DEC	8.52	7.73	8.12	8.12	8.12
mean	8.87	6.43	5.39	6.11	

mean of months	9.68	6.42	5.42		6.15
----------------	------	------	------	--	------

set2					
	2008	2009	2010	mean	mean of months
JAN		8.85	7.9	8.37	8.37
FEB		6.45	5.51	5.97	5.98
MAR		5.51	6.39	5.95	5.95
APR		5.17	4.84	5	5
MAY		3.93	5.18	4.57	4.55
JUN		6.62	5.08	5.85	5.85
JUL		7.16	4.63	5.89	5.9
AUG		6.21	5.08	5.65	5.65
SEP		6.28	4.44	5.35	5.36
OCT		4.92	5.08	5	5
NOV	10.71	8.22	5.95	8.37	8.29
DEC	8.34	7.75		8.05	8.05
mean	8.7	6.44	5.43	6.12	
mean of months	9.53	6.42	5.46		6.16

set3					
	2008	2009	2010	mean	mean of months
JAN		8.74	7.72	8.23	8.23
FEB		6.38	5.45	5.92	5.92
MAR		5.42	6.4	5.91	5.91
APR		5.05	4.9	4.98	4.98
MAY		3.83	5.05	4.45	4.44
JUN		6.39	4.9	5.65	5.64
JUL		6.90	4.5	5.73	5.7
AUG		6.02	4.98	5.51	5.5
SEP		6.08	4.33	5.22	5.2
OCT		4.75	4.95	4.85	4.85
NOV	10.57	8.00	5.74	8.16	8.1
DEC	8.23	7.57		7.9	7.9
mean	8.59	6.28	5.34	6	
mean of months	9.4	6.26	5.36		6.03

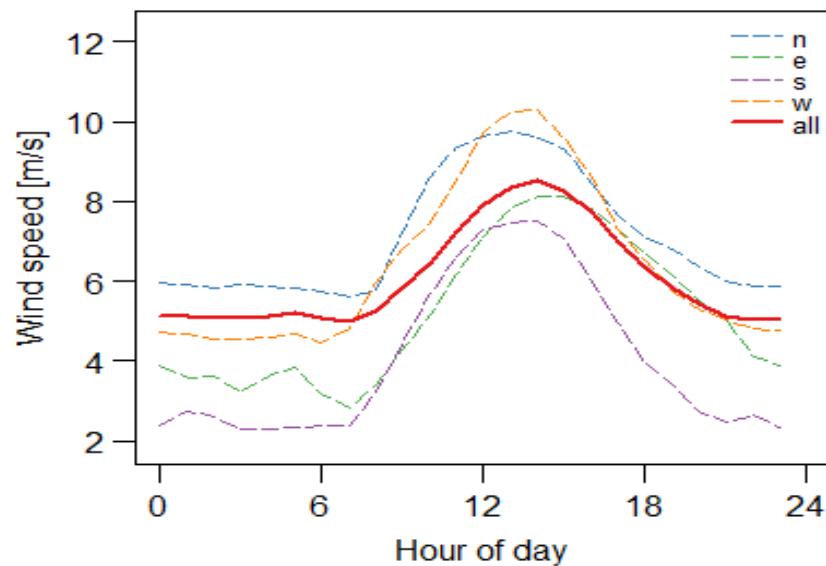
set4					
	2008	2009	2010	mean	mean of months
JAN		8.48	7.35	7.92	7.92
FEB		6.03	5.22	5.63	5.63
MAR		5.10	6.07	5.59	5.59
APR		4.70	4.49	4.59	4.59
MAY		3.49	4.8	4.14	4.14
JUN		5.91	4.62	5.26	5.26
JUL		6.43	4.16	5.29	5.3
AUG		5.73	4.63	5.18	5.18
SEP		5.76	4.1	4.92	4.93
OCT		4.54	4.67	4.6	4.6
NOV	10.22	7.77	5.53	7.92	7.84

DEC	7.96	7.24		7.6		7.6
mean	8.3	5.94	5.03	5.67		
mean of months	9.09	5.93	5.06			5.71

Mô tả dữ liệu gió bình quân ngày:

CodeR>

day.plot(mast=neubuerg, set=1, signal="v.avg", num.sectors=4)



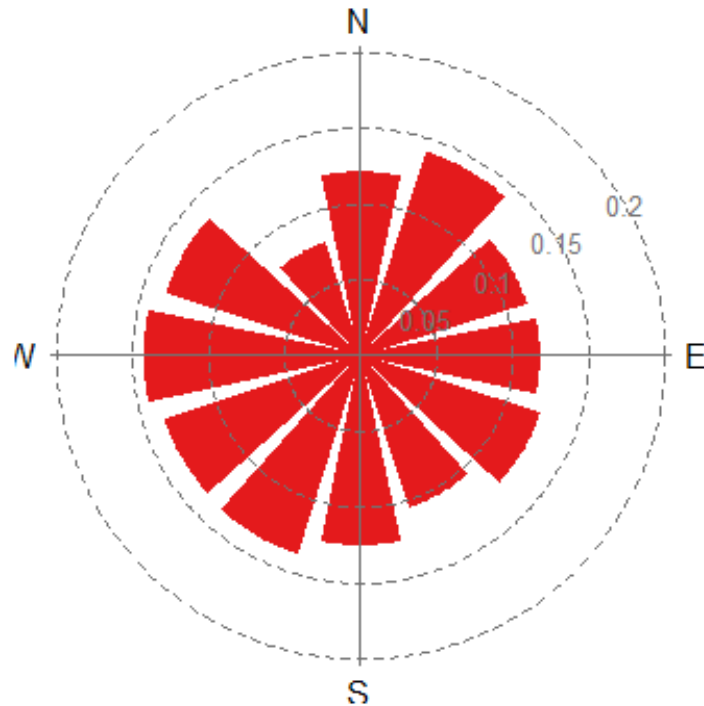
Hình 5. Mô tả vận tốc gió set 1 bq trong ngày, đêm theo 4 hướng.

3.3 Tính mật độ nhiễu của gió:

```
> neubuerg.t1<turbulence(mast=neubuerg,turb.set=1,print=FALSE)
> plot(neubuerg.t1,border="black",space=0.6)
```

	Turbulence intensity				
	total	0-5	5-10	10-15	15-20
N	0.121	0.119	0.120	0.140	0.000
NNE	0.141	0.144	0.140	0.140	0.134
ENE	0.114	0.134	0.114	0.109	0.106
E	0.117	0.133	0.109	0.114	0.000
ESE	0.123	0.135	0.112	0.000	0.000
SSE	0.104	0.125	0.099	0.000	0.000
S	0.124	0.145	0.116	0.000	0.000
SSW	0.136	0.163	0.134	0.115	0.096
WSW	0.135	0.170	0.136	0.115	0.109
W	0.142	0.161	0.137	0.137	0.131
WNW	0.134	0.130	0.136	0.154	0.000

NNW	0.078	0.083	0.074	0.166	0.146
all	0.126	0.135	0.124	0.124	0.116



Hình 6. Hoa gió mật độ nhiều theo hướng (set1)

4. Tính năng lượng gió theo phân bố Weibull:

4.1 Phân bố Weibull (Weibull distribution): xác định các tham số Weibull distribution

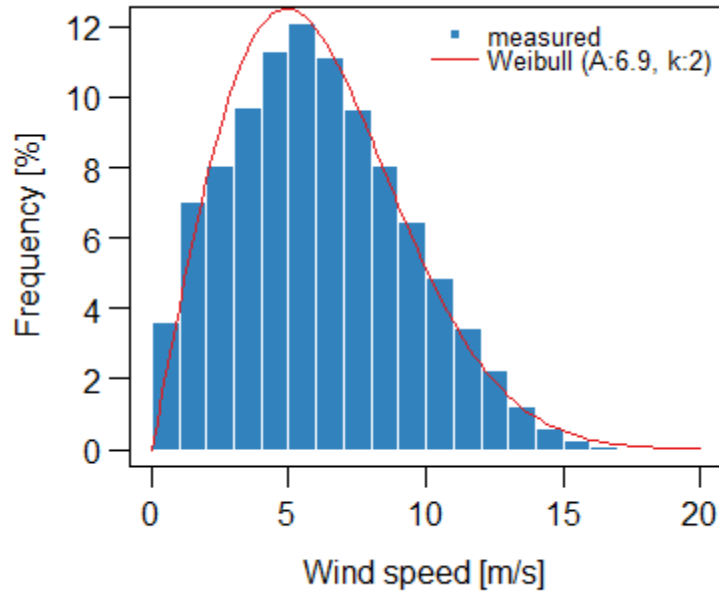
```
Code R: > weibull(mast=neubuerg, v.set=1)
5611 NA found and excluded from calculation
weibull parameters
```

	A	k	wind speed	frequency
	[m/s]	[-]	[m/s]	[%]
N	6.828	2.663	6.069	11.516
NNE	8.907	2.788	7.93	16.863
ENE	8.545	2.723	7.601	15.107
E	4.889	2.402	4.334	5.187
ESE	4.381	2.76	3.899	3.929
SSE	5.389	2.296	4.774	3.878
S	4.291	1.735	3.824	2.325
SSW	6.38	1.972	5.656	6.498
WSW	8.139	2.258	7.209	15.239
W	5.831	2.064	5.165	7.915
WNW	3.095	1.587	2.777	3.288

NNW	4.165	2.116	3.689	8.256
all	6.892	2.019	6.107	100

Biểu đồ phân bố Weibull.

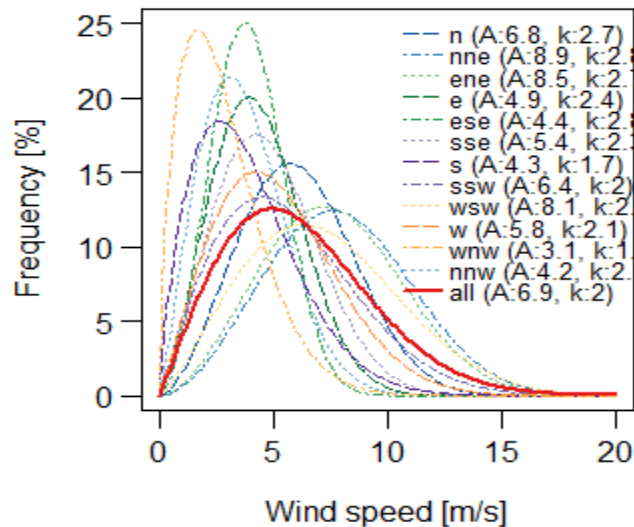
```
> neubuerg.wb <- weibull(mast=neubuerg, v.set=1, print=FALSE)
> plot(neubuerg.wb, show.ak=TRUE)
```



Hình 7. Phân bố Weibull; $A=6.9$, $k=2$

Có thể vẽ phân bố Weibull theo hướng gió.

```
Code R: > plot(neubuerg.wb, type="dir", show.ak=TRUE)
```



Hình 8 phân bố Weibull theo hướng gió và giá trị A , k .

4.2 Tính năng lượng gió theo phân bố Weibull:

Code R: `> neubuerg.e <- energy(wb=neubuerg.wb)`

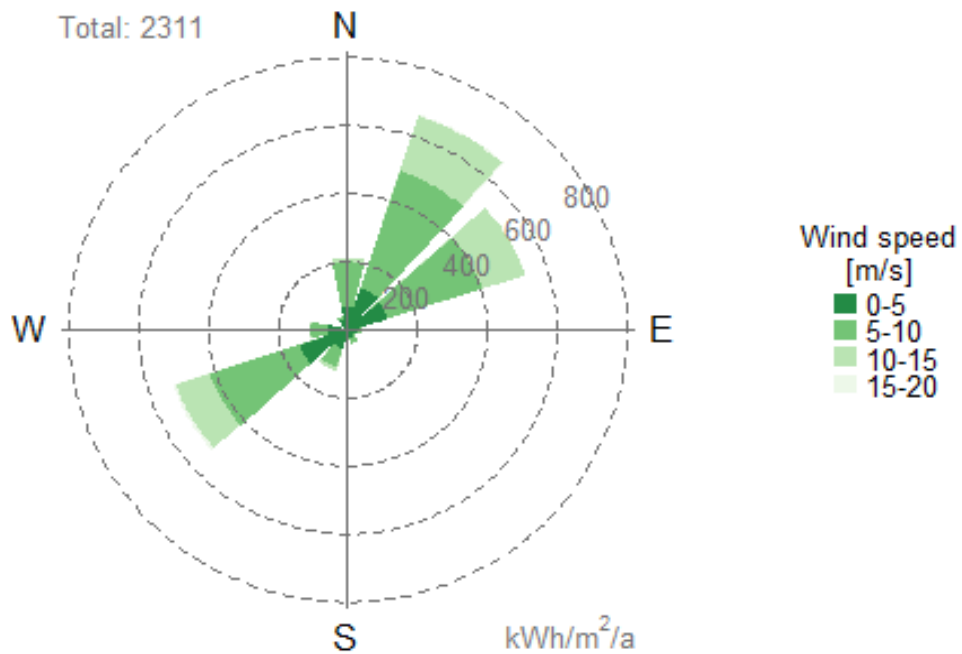
Wind energy content

	total	0-5	5-10	10-15	15-20
N	209	63	135	11	
NNE	661	123	364	171	3
ENE	530	115	286	128	1
E	37	23	14		
ESE	18	13	5		
SSE	38	18	20		
S	16	11	5		
SSW	122	53	57	11	
WSW	523	142	271	101	9
W	108	53	51	4	
WNW	9	9	1		
NNW	40	31	9		
all	2311	654	1218	426	13

(all values in kWh/m²/a)

Biểu đồ năng lượng gió:

Code R: `> plot(neubuerg.e)`



Hình 9. Biểu đồ năng lượng gió (Đơn vị: kWh/m²/năm), Set1, height = 80 m, total: 2.311 kWh/m²/năm

4.3 Tính sản lượng bình quân điện năm.

Sản lượng điện năm phụ thuộc vào chiều cao đặt turbine và đường cong công suất của turbine gió (power curve); mỗi loại turbine gió có 1 đường cong riêng do nhà sản xuất cung cấp. Lần lượt tính 2 yếu tố trên: Tìm quan hệ vận tốc gió với chiều cao (gọi wind profile); xác định đường cong năng lượng của 1 turbine cụ thể được chọn.

4.3.1 Xác định wind profile: Tương quan của gió với độ cao so với mặt đất.

Theo phương pháp Hellman exponential law or power law, quan hệ trên thể hiện qua phương trình:

$$v_2/v_1 = (h_2/h_1)^\alpha$$

và alpha:

$$\alpha = \log(v_2/v_1) / \log(h_2/h_1)$$

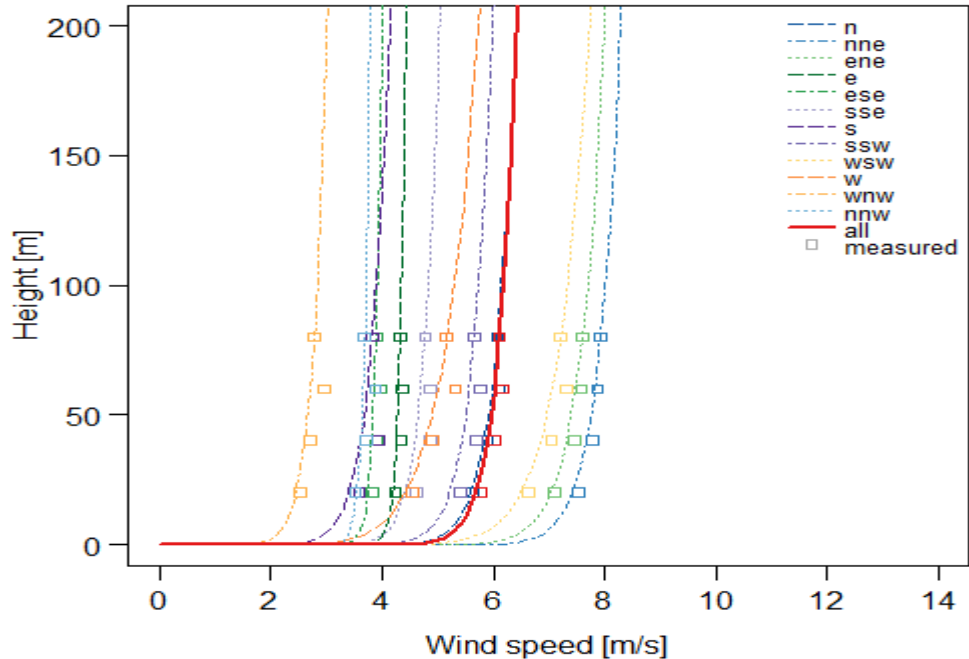
Trong R, code tính alpha như sau:

```
Code R: > profile(mast=neuburg, v.set=c(1,2,3,4), dir.set=1, method="loglm")
```

```
wind profile
alpha wind speed
  [-]    [m/s]
N   0.058    6.069
NNE 0.048    7.93
ENE 0.056    7.601
E   0.025    4.334
ESE 0.029    3.899
SSE 0.057    4.774
S   0.085    3.824
SSW 0.059    5.656
WSW 0.075    7.209
W   0.113    5.165
WNW 0.09     2.777
NNW 0.028    3.689
all 0.052    6.107
reference height: 80 m
```

Vẽ biểu đồ quan hệ (wind profile)

```
Code R: > Neuburg.wp <- profile(mast=neuburg,
v.set=c(1,2,3,4), dir.set=1, method="loglm", print=FALSE)
> plot(Neuburg.wp).
```



Hình 10. Wind profile set 1 theo hướng; dấu (□) điểm đo tham chiếu.

4.3.2 Đường cong năng lượng (power curve):

Giới thiệu một số loại turbine thông thường, bạn đọc có thể tải “power curve” theo code trong R, free (power curve này chỉ có giá trị tham khảo).

Available 'wtg' files

Nordex_N80_2.5MW | Nordex_N90_2.5MW_HS | Nordex_N90_2.5MW_LS
Nordex_N100_2.5MW | PowerWind_56_900kW | PowerWind_90_2.5MW
 Vestas_V52_850kW | Vestas_V60_850kW | Vestas_V80_2.0MW_os
 Vestas_V80_2.0MW | Vestas_V82_1650kW | Vestas_V90_1.8MW
Vestas_V90_2.0MW | Vestas_V90_3.0MW | Vestas_V100_1.8MW_50Hz
 Vestas_V100_1.8MW_60Hz | Vestas_V112_3.0MW

...

Available 'pow' files

Bonus_82.4m_2.3MW Bonus_MKIV_600kW Clipper_LibertyC89_2.5MW
 GE_1.5sle_1.5MW GE_1.5xle_1.5MW GE_1.6MW
 GE_2.5xl_2.5MW GE_3.6sl_3.6MW Leitwind_LTW70_1.7MW
 Siemens_SWT-2.3MW-93m Siemens_SWT-2.3MW-101m
 Siemens_SWT-3.6MW-107m Siemens_SWT-3.6MW-120m

...

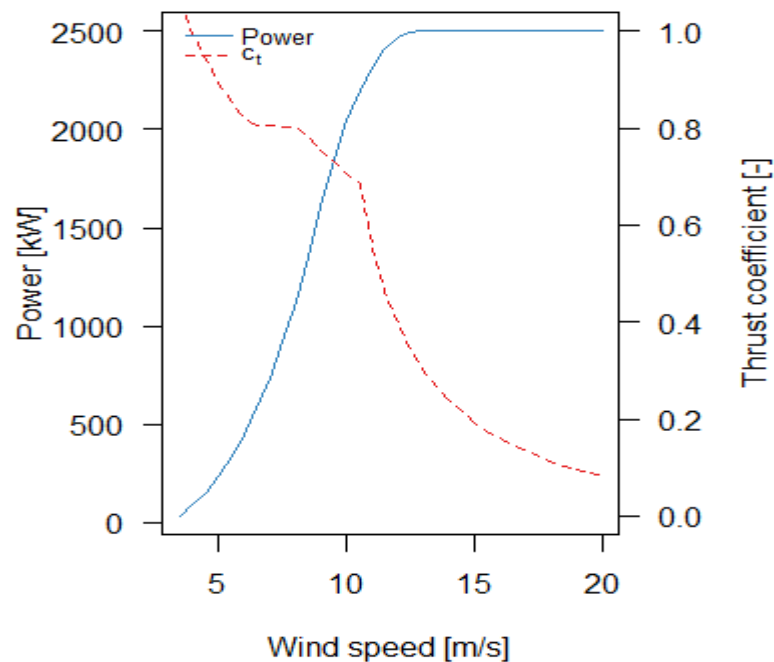
Trong bài viết này chọn loại Nordex_N100_2.5MW làm ví dụ:

Xác định power curve:

```
code R: > pcw<-pc("Nordex_N100_2.5MW.wtg")  
> pcw
```

```
Power curve  
description: Nordex N100-2500  
rated power: 2500  
air pressure: 1.225  
Trích:  
  wind speed power thrust coefficient  
      [m/s] [kw] [-]  
1      3.5    34      1.06  
2      4      88      0.997  
3     4.5    155      0.943  
4      5     237      0.896  
.....  
31     18.5   2500     0.104  
32     19    2500     0.097  
33     19.5   2500     0.09  
34     20    2500     0.084
```

Vẽ đường cong "power curve".



Hình 11. Power curve of Nordex_N100_2.5MW. Qua power curve xác định 2 thông số quan trọng của loại turbine: **cut-in = 3.5 m/s** và **cut-of = 20 m/s**.

4.3.3 Tính sản lượng điện hàng năm:

Tính sản lượng điện hàng năm theo các điều kiện:

- Loại Turbine gió chọn trước: **Nordex_N100_2.5MW**;
- Tâm Turbine gió dự kiến đặt độ cao 105 mét so mặt đất;
- Mật độ không khí (Air density) được xác định tại hiện trường: $\rho_{0h} = 1.195$;
- Availability data như tính toán trên 0.954

Code R:

```
neubuerg.aep<-aep(profile=neubuerg.wp, pc=pcw, hub.h=105,  
rho=1.195, avail=0.954)
```

Annual energy production

	wind speed [m/s]	operation [h/a]	total [Mwh/a]	0-5 [Mwh/a]	5-10 [Mwh/a]	10-15 [Mwh/a]	15-20 [Mwh/a]
N	6.156	1009	644	23	472	149	1
NNE	8.043	1477	1665	19	783	808	55
ENE	7.71	1323	1382	19	699	629	35
E	4.396	454	113	15	93	4	
ESE	3.954	344	52	14	38		
SSE	4.842	340	119	10	96	13	
S	3.878	204	46	5	35	6	
SSW	5.737	569	334	13	204	110	7
WSW	7.312	1335	1258	22	604	567	63
W	5.239	693	322	18	226	75	2
WNW	2.817	288	25	6	18	1	
NNW	3.741	723	117	23	91	3	
total	6.194	8760	6077	187	3359	2365	163

capacity factor: 0.277

Chú thích:

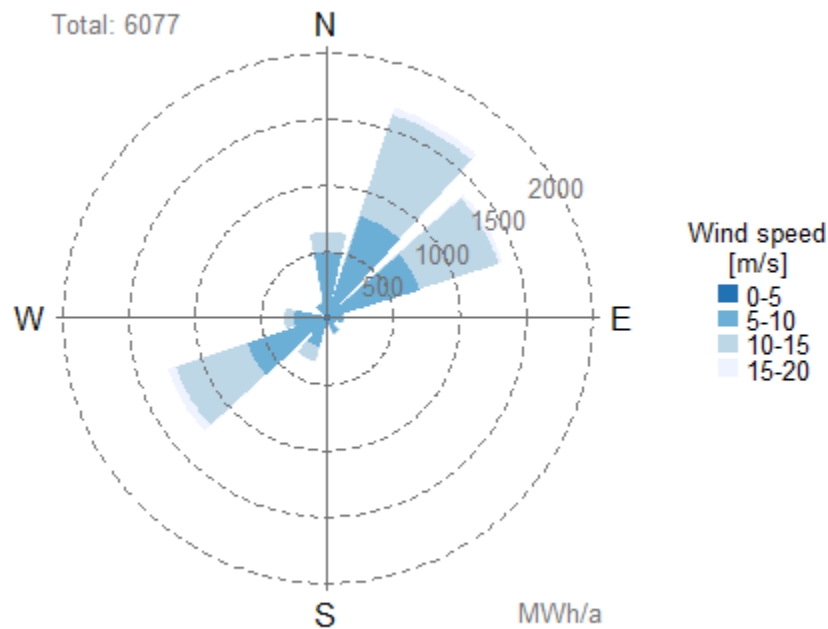
CF (capacity factor) = $AEP / P_{rated} * 8760$

P_{rated} : Cho ở đường cong power curve; AEP (Annual Energy Production)

Hub.h : Chiều cao tâm Turbine gió; ρ_{0h} :Mật độ không khí; mặc định bằng 1.225 kg/m^3 theo tiêu chuẩn ISA (International Standard Atmosphere) tại mặt biển ở 15°C ;

Biểu đồ sản lượng điện năm:

> `plot(neubuerg.aep)`



Hình 12. Sản lượng điện bình quân năm 1 turbine loại Nordex – N100 – 2.5 MW

5. Đánh giá mức bảo đảm sản lượng điện:

5.1 Nguyên nhân:

Quá trình tính toán sản lượng điện hàng năm phụ thuộc nhiều yếu tố dẫn đến thiếu chính xác do đó bước cuối cùng phải đánh giá mức bảo đảm sản lượng.

Theo định nghĩa, các yếu tố không chắc chắn (uncertainty components) có thể có nhiều loại và tác động khác nhau: Sai số do quá trình đo gió (chất lượng thiết bị đo, dây dẫn ...); trong phân tích dữ liệu (thiếu dữ liệu, chọn dữ liệu, các giả thiết ...); khoảng thời gian đo ngắn; phương pháp ngoại suy vận tốc gió ở độ cao lắp Turbine; xây dựng đường cong công suất turbine (power curve). Giả thiết các yếu tố này và xây dựng đường cong đảm bảo về công suất phát. Theo định nghĩa, tổng các yếu tố không chắc chắn (uncertainty) bằng căn bậc 2 của tổng các yếu tố thành phần.

5.2 Xác định tần suất không chắc chắn:

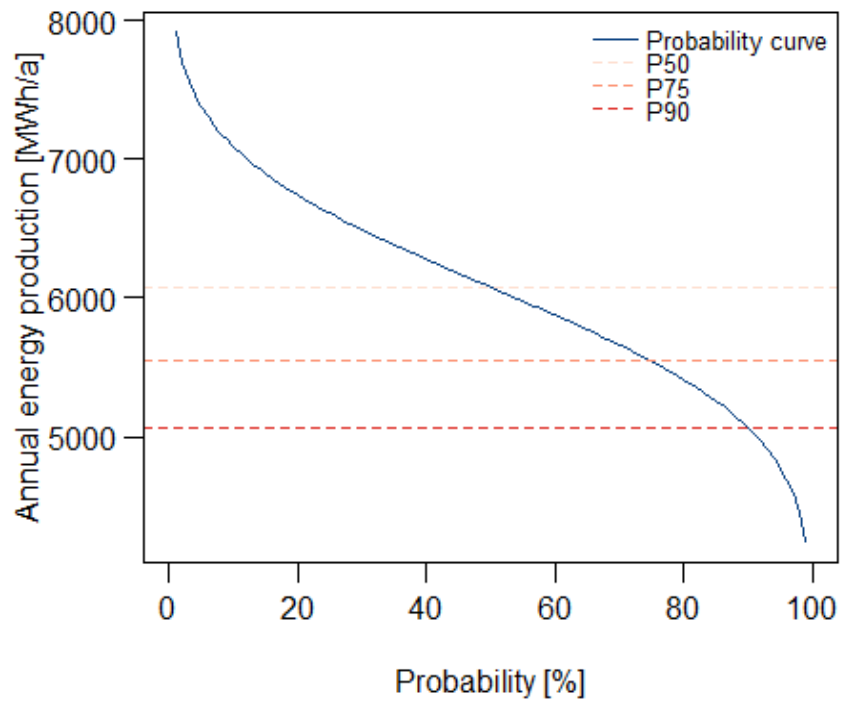
```
Code R: > neubuerg.uc<-uncertainty(neubuerg.aep,
uc.values=c(5,10,5,5),uc.names=c("wind Measurement Mast",
"Long Term Correlation","Flow Model", "Power Curve"))
```

Uncertainty	
Uncertainties of applied methods:	
	uncertainty [%]
Wind Measurement Mast	5
Long Term Correlation	10
Flow Model	5
Power Curve	5
total	13

Probability of exceedance:

	probability [%]	AEP [MWh/a]
1	5	7399
2	10	7107
3	15	6910
4	20	6754
5	25	6619
6	30	6499
7	35	6387
8	40	6281
9	45	6178
10	50	6077
11	55	5976
12	60	5873
13	65	5767
14	70	5655
15	75	5535
16	80	5400
17	85	5244
18	90	5047
19	95	4755

Vẽ đường cong tần suất sản lượng điện năm ứng các mức uncertainty.
code R: `> plot(neuburg.uc)`

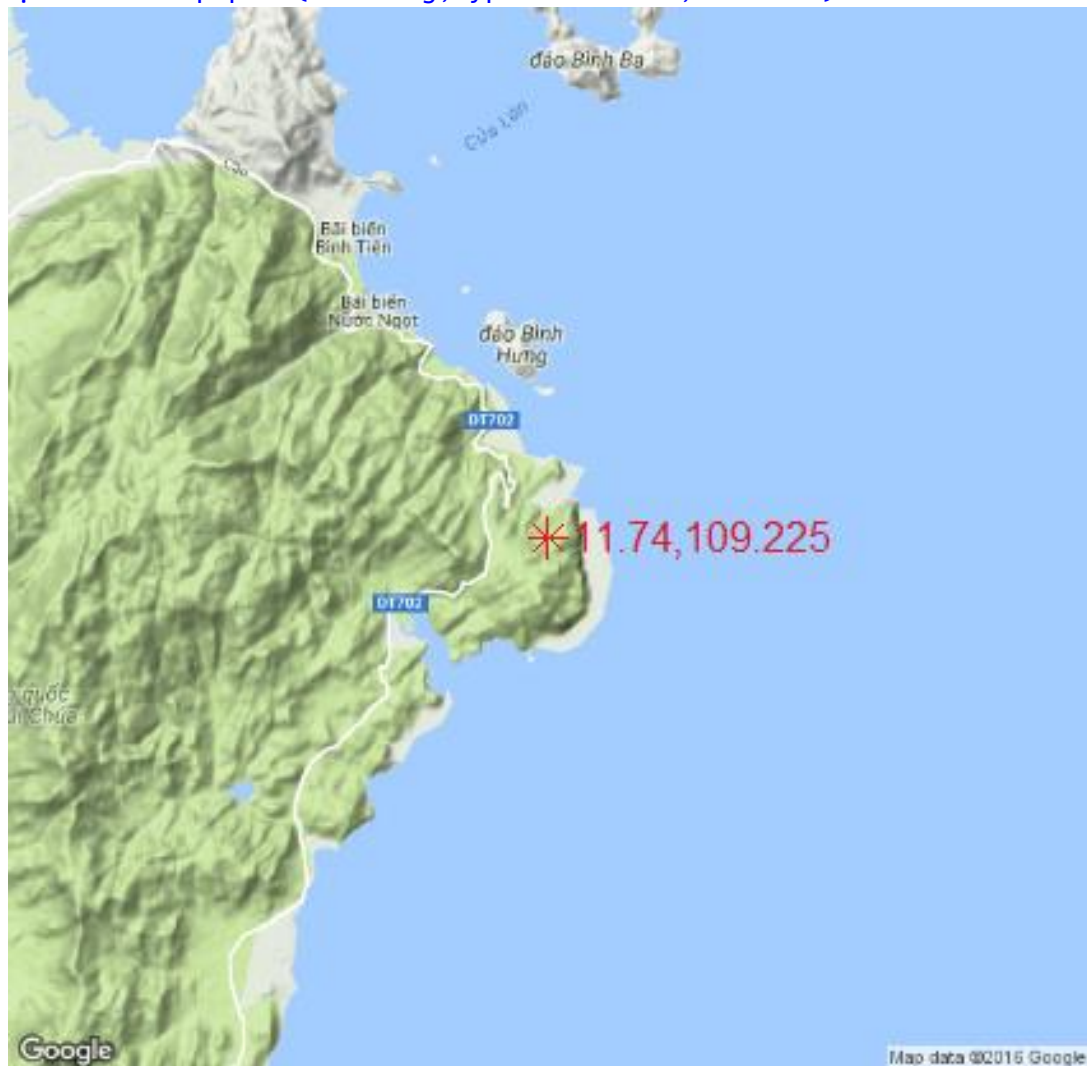


Hình 13. tần suất sản lượng ứng với các mức uncertainty

Tọa độ vị trí trạm quan trắc: 11.745° N và 109.225° E ; > `map.plot(neubuerg, zoom=13)`
 Ảnh từ vệ tinh



Bản đồ địa hình: > map.plot(neuburg,type="terrain", zoom=12)



6. Kết luận.

- 6.1 Năng lượng gió được tính từ dữ liệu đo 3 năm (2008 – 2010) khoảng $2.300 \text{ kWh/m}^2/\text{năm}$; sản lượng bình quân năm $\text{AEP} = 6 \cdot 10^6 \text{ kWh/năm}$, với 1 turbine gió loại Nordes – N100 - 2.5MW, chiều cao tâm turbine 105 mét so mặt đất; hệ số công suất khoảng $c_f = 0.27$.
- 6.2 Bằng ngôn ngữ R có thể tính toán chi tiết đáp ứng yêu cầu kỹ thuật trong các giai đoạn lập dự án đầu tư mà không phải sử dụng các phần mềm đắt tiền; đặc biệt với R miễn phí và đã được cộng đồng khoa học thế giới sử dụng./.

Tài liệu tham khảo:

[1]. WIND ENERGY RESOURCE ATLAS OF SOUTHEAST ASIA Prepared for The World Bank Asia Alternative Energy Program Prepared by TrueWind Solutions, LLC Albany, New York September 2001; page-17.

[2] Nguyễn Thị Hoàng Liên¹, Phạm Mạnh Cường² ; “ Các vấn đề phát triển điện gió ở Việt Nam – Nghiên cứu từ trường hợp nhà máy điện gió Bình Thuận”. Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Khoa học tự nhiên và công nghệ, tập 30, số 2(2014) 33-39.

[3].<https://databox.worldbank.org/dataset/vietnam-wind-measurements-moit/wb/resource/b1ca13b3-6a9c-426c-8e02-1322512e7e17>

[4].https://www.esmap.org/sites/esmap.org/files/MOIT_Vietnam_Wind_Atlas_Report_18Mar2011.pdf

[5]. <https://cran.r-project.org/bin/windows/base/>

[6]. <http://www.wasp.dk/Download/PowerCurves.aspx>.