

參賽編號:NCWL01

我國離岸風電爭議之數學建模

情境脈絡：

我國離岸風電政策的爭議之「本質」分為兩派，一派支持「超前部署一次到位」，引進外商轉移離岸風電相關技術給台灣，目標(objective)是十年後，台灣能成為離岸風電的大國並且台灣能發展離岸風電設備的相關產業，有外銷離岸風電設備的能力。另一派則支持「穩健到位」，認為一次到位，一次與外商簽約二十年，風險太大，應該先小規模發展離岸風電，確認風險大小後，再逐漸發展離岸風電。以下簡稱雙方為「超前派」與「穩健派」。

一. 前言：

離岸風力在近來成為全球各個國家大力推廣的綠色能源發電產業，在這百家爭鳴的趨勢下，擁有豐富風力資源的台灣海峽自然成為各家外商的兵家必爭之地，且台灣政府也不遺餘力的發展與推廣，其中用以台電為目前主要的離岸風機的主導者。期盼能與外商進行技術與資金的合作，達到台灣所推行的綠色能源目標，本研究將探討一系列有關離岸發電的各項數據(參考國營企業及政府預估數據)，並輔以逆敘推理，來建構整個模型。

二. 研究方法：

因考量風力發電未來的不穩定性，採迴歸直線以及相關係數來做推導，避免單純使用一種數學函數，採每年間隔時間來做預測及驗證，並加入自行推導離岸發電風險效益之理想方程式來做更精準的預估及推算。本研究將取台電為國營企業的指標並加入工研院的預估值來做穩定的驗證。

相關係數是在研究變數之間線性相關程度的量。由於研究對象的不同，相關係數也有不同定義方式，其中簡單相關係數(線性相關係數)，用 r 表示，是用來度量變數間的線性關係的量。 r 的公式如下：

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - n \bar{x} \bar{y}}{\sqrt{(\sum_{i=1}^n x_i^2 - n \bar{x}^2)(\sum_{i=1}^n y_i^2 - n \bar{y}^2)}}$$

許多問題都有兩個或更多個彼此有相關連的變數，而我們有興趣是在於探索這個關係並將其數學模式建立起來。將有顯著關聯性的變數建立一個模型，再利用此模型來對未來的離案發電的發電量進行預測。

一般來說，假設有一個反應變數 Y 與 k 個自變數或迴歸變數 X_1, X_2, \dots, X_k 有關，這些變數間的關係是由一迴歸模型的數學模式來表示。因此迴歸分析是以一個或多個自變數描述預測或控制一特定因變數的分析，用途廣泛，尤其是對於不能以實驗方法取得之社會現象的研究、分析，極為重要。

接著介紹迴歸模型。首先來看簡單線性迴歸。設 X 是自變數， Y 是因變數，且假設給定 $X = x$ 時， Y 的平均數 $\mu_Y(x)$ 是 X 的線性函數，表示如下：

$$\mu_Y(x) = \beta_0 + \beta_1 x = E(Y|X = x)$$

通常在迴歸分析中 $\mu_Y(x)$ 被稱為迴歸的函數。而簡單線性迴歸模式與假設如下：

$$\text{Model } Y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \varepsilon_i, i = 1, 2, \dots, n$$

其中 Y_i 、 ε_i (稱為誤差(error)) 是隨機變數，而 β_0 、 β_1 都是未知參數。

假設條件： $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$ 是一個來自常態分配 $N(0, \sigma^2)$ 的隨機樣本變數且其中 σ^2 也是未知數。而模式(Model)與假設(Assumption)可以推得知

$$Y_i \sim N(\mu_Y(x_i) = \beta_0 + \beta_1 x_i, \sigma^2), i = 1, 2, \dots, n$$

因為 β_0 、 β_1 未知，所以真正的迴歸函數未知，我們根據樣本資料 (x_1, y_1) 、 (x_2, y_2) 、 \dots 、 (x_n, y_n) 用最小平方法可以得到估計的迴歸方程式為

$$\hat{Y} = \hat{\mu}_Y(x) = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x = b_0 + b_1 x$$

而且估計的截距、斜率 b_0 、 b_1 可由最小平方法來得到手算的公式如下：

$$b_1 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - n \bar{x} \bar{y}}{\sum_{i=1}^n x_i^2 - n \bar{x}^2} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

$$b_0 = \bar{y} - b_1 \bar{x}$$

上面的估計迴歸線可以用來估計、預測 Y 值。簡單直線迴歸模型只以一個自變數來解釋因變數。

三. 模型建構

建構台灣 2020 至 2030 年離岸風力發電之預估變數

表 1 (數據 1 與數據 2 的數據呈現)

年度 累積發電量	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2030
數據 1	3510	4510	無計畫	5010	6010	10650	無資料
數據 2	846	無資料	無資料	無資料	無資料	4146	7446

註 1: 數據單位 MW

(本研究下列 Step1 所述皆換成 GW，以求實驗誤差值不會過大)

註 2: 數據 1 (並網量) 為台電至 2025 預估量

註 3: 數據 2 (發電量) 為工研院每五年的預估量

註 4: 數據 1 與數據 2 為不同單位之研究

Step1 (發電量與並網量之關係)

1. 假設

使用相關係數變數間的相關程度以及迴歸直線來進行模型加以預測推估

2. 數據 1 根據相關係數 r

得出 $r=0.85061$

數據 2 根據相關係數 r ，得出 $r=1$

故數據 2 在座標平面上為一條直線，成完全正相關

設 $y=ax+b$ (以年為 x ，以發電量為 y)

2020 年為基準點 0，帶入 $(0, 0.846)$ ， $(5, 4.146)$ ， $(10, 7.446)$

推得預測迴歸直線為 $y=0.66x+0.846$

下表為本組估計數據，實際發電量需考慮其他因素

表 2（數據 2 得預估值）

X	2021	2022	2023	2024	2026	2027	2028	2029
Y	1.506	2.166	2.826	3.486	4.806	5.466	6.126	6.786

註 1：數據單位為 GW

註 2：表 2 為本組預估工研院數據之年度發電量

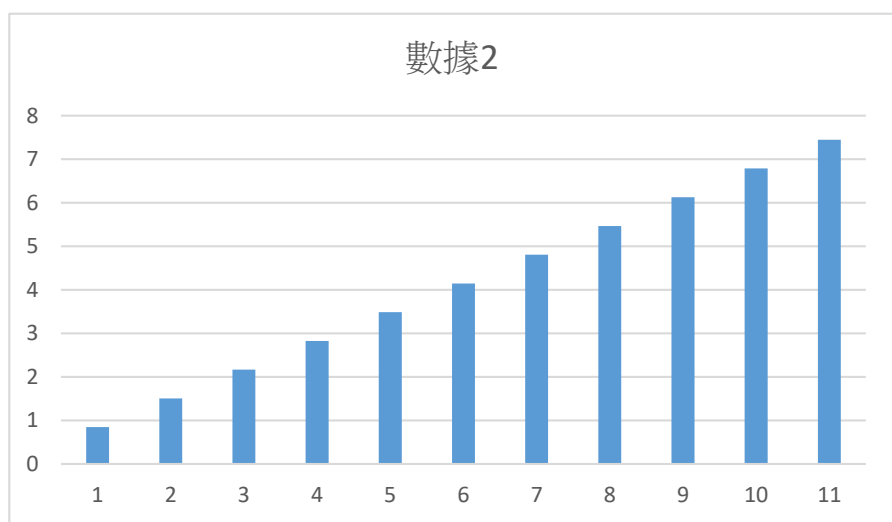


圖 1

註 1:數據單位為 GW

註 2:表 2 為本組預估工研院數據之年度發電量

令並網量為 A，發電量為 B，路線配送所消耗成本電量每年為變數 K

表 3（數據 1 與數據 2 的關係）

	2020	2021	2022	2023	2024	2025
A	3.51	4.51		5.01	6.01	10.65
B	0.846	1.506	2.166	2.826	3.486	4.146
K	2.664	3.004		2.184	2.524	6.504

表 3 求得年度與 K 值得相關係數為 0.642（中度相關）

推得可能年度與 K 值關係可能還有其他變因

待本組於研究報告將會增加理想方程式模組後再加以討論

根據數據 1 與年度得相關係數為 0.850

本組試著找出是否並網量也與發電量有呈現數學模型能夠表示之函數

因為數據 1 並無至 2030 年的資料

但數據間隔較小

數據 2 為時間間隔較大之推論結果

但至 2030 有推論資料

採行相關係數做推導

表 4（數據 1 與數據 2 未知的所有資料呈現）

	2020	2021	2022	2023	2024	2025
數據 1	3.51	4.51	4.51*	5.01	6.01	10.65
數據 2	0.846	1.506*	2.166*	2.286*	3.486*	4.146

	2026	2027	2028	2029	2030
數據 1	17.85*	30.23*	49.66*	78.57*	119.72*
數據 2	4.806*	5.466*	6.126*	6.786*	7.446

使用數據 2 至 2030 年的資料來推估數據 1 至 2030 年的資料

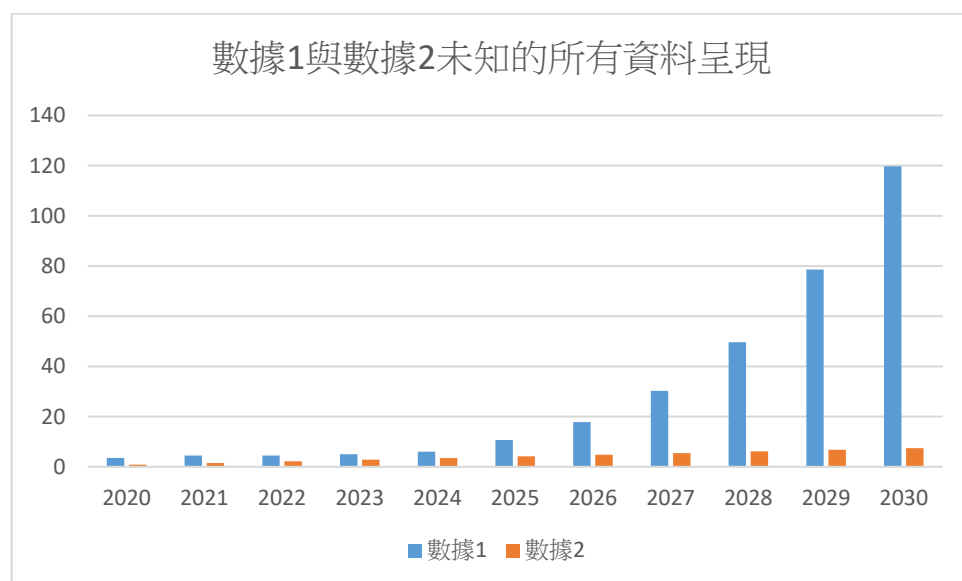


圖 2

註 1:表 4 使用的單位皆為 GW

註 2:表 4 附加米字號的為預估值

註 3:數據 1 的 2026 至 2030 年的數據量皆是使用相關係數 0.85 來做推論
得出結果(誤差皆為萬分之一內)

Step1(發電量與並網量之關係)

結論:針對數據 1 與數據 2 相差的問題，本組認為有三項可能的因素

1. 數據 1 的是根據台電直接推估的資料，並無考慮到過程中可能無法以高度正成長的方式來發電，所以至 2030 年的發電量遠大於數據 2 的發電量
2. 發電量跟並網量還是有一些基礎上的差別，雖然離岸風力發電有良好的導體來做電力運輸，但是過程中還是無法完全避免電力的消耗。
3. 工研院的資料雖然較符合政府可能比較符合實際因素，相關的關係本組尚須以更多的模型來做推估。

Step1(離岸風力發電產值)

表 5

	2020	2025	2030
累積產值	875.92	6363	12600
發電量	0.846	4.164	7.464

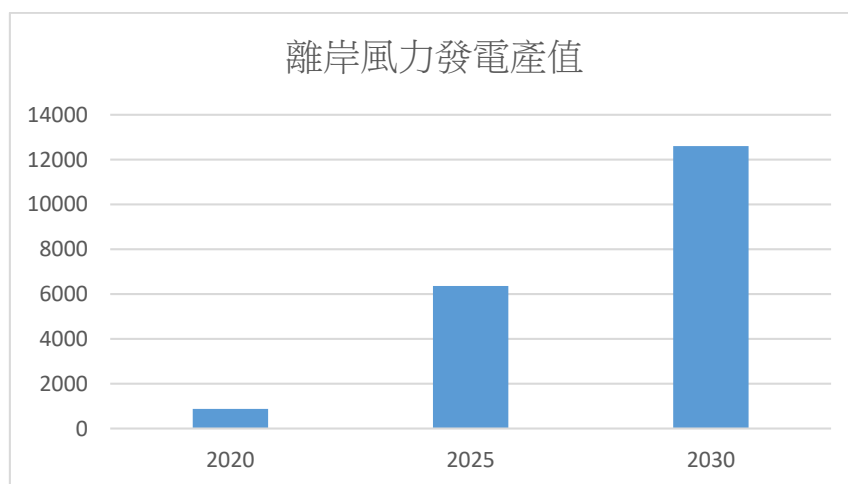


圖 3

註 1:單位為億元

註 2:兩者的相關係數為 0.999

得出發電量跟產值有相當大的關係，Step1 之後也將持續使用此數據

表 6

	2020	2025	2030
總產值 U	875.92	6363	12600
風力發電機機台費用 P	680*	3340*	6000*
運維加發電費用(U-P)	195.92*	3023*	6600*
運維費用	36.92*	2192.5*	5104*

註 1:單位為億元

註 2:風力發電機支數為表 7 預估值

註 3:此表為 Step2 的預估值換算產值

註 4:*為預估值

註 5:假定一支離岸風力發電機為 10 億元

註 6:離岸風機 10 億元推估取自上瑋公司(台灣第一座參與建造示範機組廠商)
資料

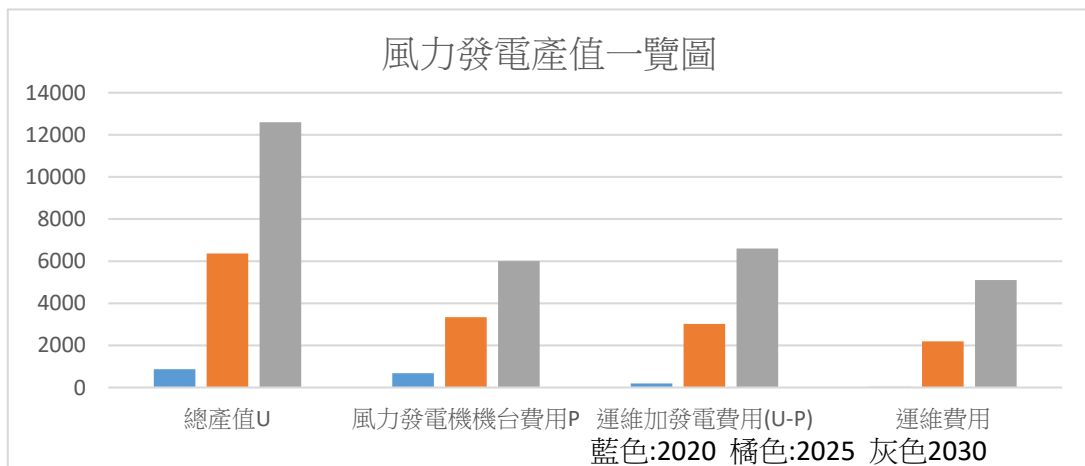


圖 4

Step2

根據上述數據經過一系列的分析，判斷一定還有眾多因素會影響離岸風力發電的發電量，找出可能會影響的因素

前提假設：

因政府規劃的離岸風力發電區域潛力場址有一定的限制，故採總土地面積不變但是發電支數隨著時間增加為一變數的理想方程式

假設

1. 風力發電 600 支為 2030 年滿載之定值

2. 設置(發電量)比例 $X(t)$

在 2030 年會完全裝置完成，故 $X(2030)=100\%$

$X(Y)$:其中 Y 值代表年分，100%代表裝置完全設置完成

3. 假設設置比例 $K(t)$

所包含的意思為無災害時之理想效率

4. 假設設置比例 $D(t)$

所包含的意思為因災害所停機之時間

故綜合上列所述

推得 $S=X(t) \times (K(t) \times D(t))$ 為本組理想方程式

5. 設置比例

5-1. $K(t)$ 為每支離岸風力發電機理想情況的發電量

5-2. $D(t)$ 為災害發生時所造成的停機時間(年)

若技術*災害 ≤ 0 為不發電

此技術與災害皆不為 0

$X(t)$ 為支數對上發電量的關係

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
支數	200	223*	249*	278*	310*	346*	387*	432*	482*	538*	600
發電量	846	1506	2166	2826	3486	4146	4806	5466	6126	6786	7446

表 7 ($X(t)$ 為支數對上發電量的關係)

註 1:發電量單位為 MJ/s，因時間跨幅皆為一年，故直接採平均功率為發電量

註 2:2030 年的離岸風電支數為 600 支

註 3:*為預估數據

註 4:假定 2030 年發電效率為 100%

註 5:每支風力發電機所能產生的發電量相同，所以以完全正相關來預估

註 6:取台灣現行上瑋公司的平均機組發電量為大致接近 4.23MW，得出初始值(2020 年)

註 7:此為等比級數所推得數據

註 8:此為整數為四捨五入

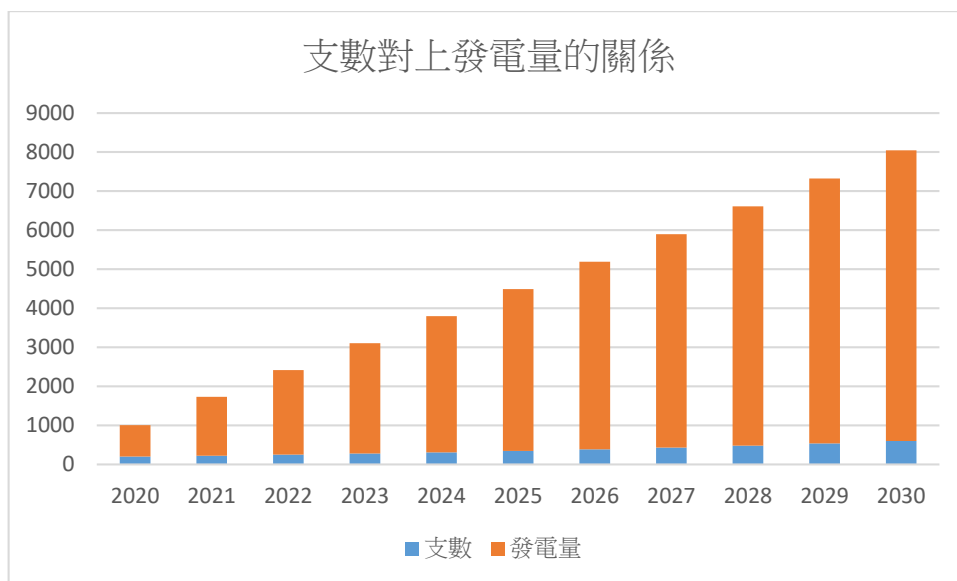


圖 5

表 8

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
效率	33.3	37.1	41.5	46.3	51.7	57.6	64.3	71.8	80.1	89.5	100
率	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%

$X(t)$ 的效率（總土地所能發電的效率）

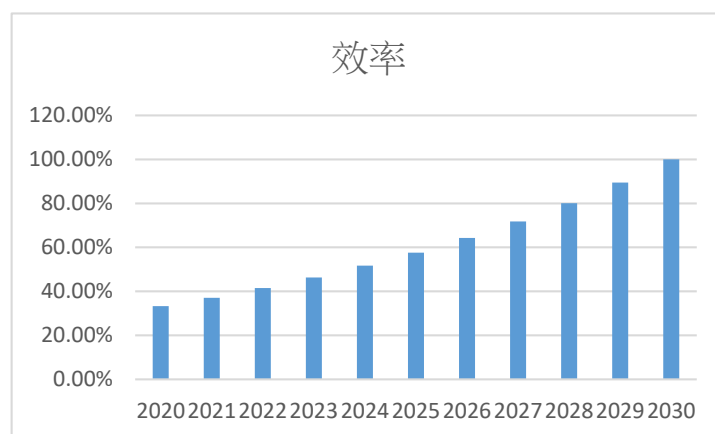


圖 6

註 1: 此效率為土地的利用程度，因為總面積不會變，若無設置風力發電機，土地則為閒置，因此隨著風力發電機的設置，會使總土地面積逐漸達到滿載

表 9

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
風力發電機組 單位發電量	4.49	7.89	7.75	8.14	8.71	12.1	12.41	12.65	12.70	12.61	12.41

K(t)技術(效率)層面

註 1:本組數據為風機運轉容量，採小數點後 2 位四捨五入

註 2:使用題目所提及之逆序推理，故採對 2030 完全發展之發電量取 100%

註 3:針對 2027 至 2029 風力發電機組會大於 2030 之單位發電量，主要是因封場架設密度已漸趨飽和，且當風機單位發電量最高時，總發電量不見得最高，即是因為過多的機組會導致風被阻礙，無法達到預估量能。

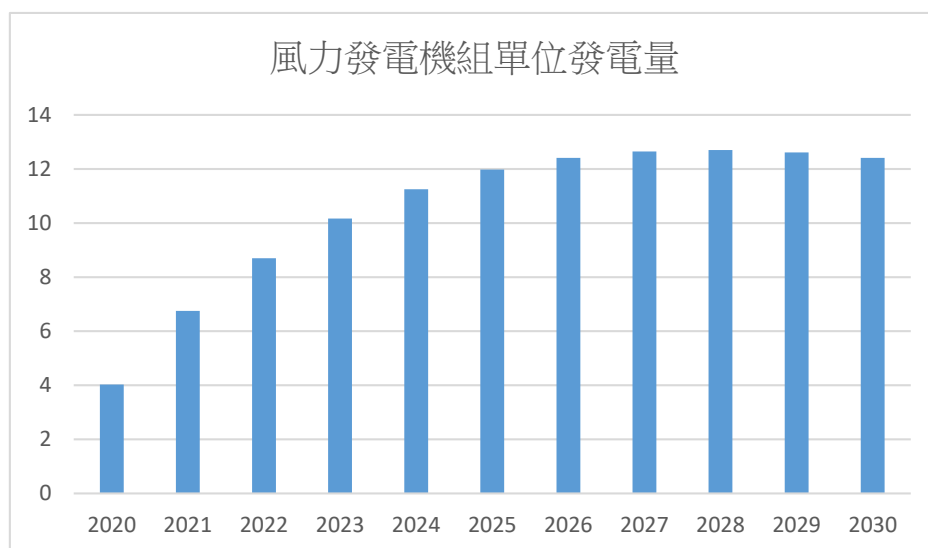


圖 7

表 10

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
效率 K(t)	36.1%	63.5%	62.4%	65.9%	70.8%	97.5%	100%	101.9%*	102.3%*	101.6%*	100%

註 1:本研究將以 2030 作為基準點，以符合逆序推理，故表 9 註 3 導致效率大於 100%

註 2:之後的理想方程式，皆會以實際數據來做推論，不限制為上限 100%

註 3:此效率 K(t)不考慮任何災害發生情況

註 4:本研究的風機單位發電量皆參考台電公布數據進行推算，乃當年度推得之平均值，顧與政府公布之單位發電量單位為整數的概念有所差異

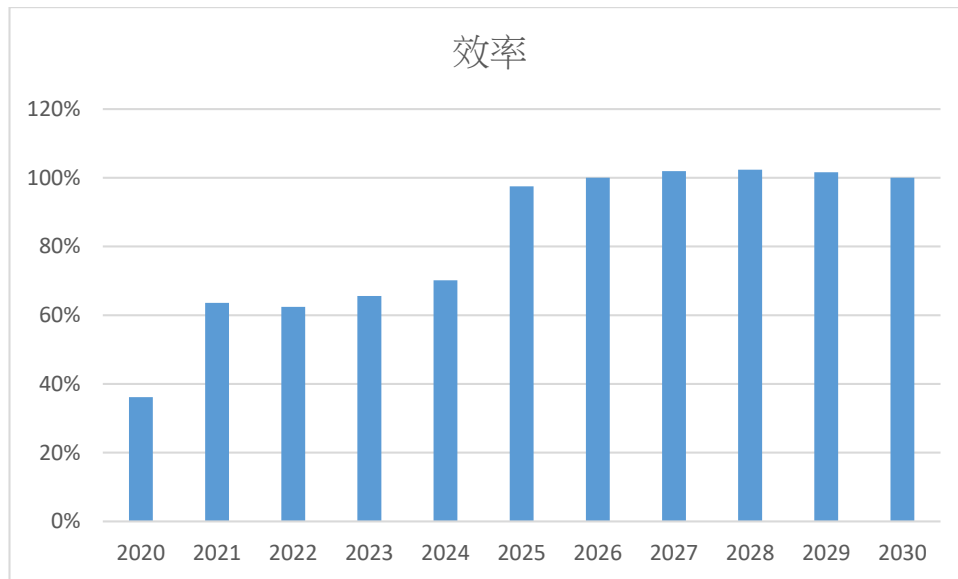


圖 8

$D(t)$ 為災害的預估可能

本組找出可能的影響因素有海流、颱風、海水鹽度及高溫多雨等影響
其中海流、海水鹽度及高溫多雨不易量化，所以僅討論有關颱風的變因
根據推算，每支風機被損壞時，將需要 3.2 天(即 0.00877 年)的恢復時間
註 1: 在理想方程式之內， D 為一定常數

根據中央氣象局的颱風路徑機率圖與十年內颱風數量共有 48 個，平均每年有 4.8 個，而離岸風力發電機的場域，會受到颱風侵襲影響的機率為 50%，可得出每年平均有會造成 2.4 個使風力發電機停機的颱風。

註 1: 假定颱風侵襲皆會停機

註 2: $(1-D)$ 所蘊含的意義為每一年所能發電的天數，定為 0.979 年

D 的常數的單位使用因次分析

故理想發電修正 $J = X(t) \times (K(t) \times (1-D))$

由 $J = X(t) \times (K(t) \times (1-D))$

J 單位為焦耳

$X(t)$ 為一變數，故無單位

$K(t)$ 單位為焦耳/時間

故 $(1-D)$ 的單位為時間

綜合上述結論

(預估發電量) $J = X(t) \times (K(t) \times (1-D)) \times 7446$ (2030 的發電量)

以下為本組所得的預估發電量

表 11

	$X(t) \times$	$(K(t) \times$	$(1-D)) \times 7446$	$=J(\text{預估值})$	理論值
2020	0.33	0.361	7289.6	868.41	846
2021	0.37	0.635	7289.6	1712.692	1506
2022	0.415	0.624	7289.6	1887.715	2166
2023	0.463	0.655	7289.6	2210.681	2826
2024	0.517	0.701	7289.6	2641.875	3486
2025	0.576	0.975	7289.6	4093.839	4146
2026	0.643	1.000	7289.6	4687.213	4806
2027	0.718	1.019	7289.6	5333.378	5466
2028	0.801	1.023	7289.6	5973.266	6126
2029	0.895	1.016	7289.6	6628.579	6786
2030	1.000	1.000	7289.6	7289.6	7446

註 1: J 為本組所預估出來數據，單位為 MW

註 2: 相關係數為 0.991

註 3: 此理論值為表 2 的數據

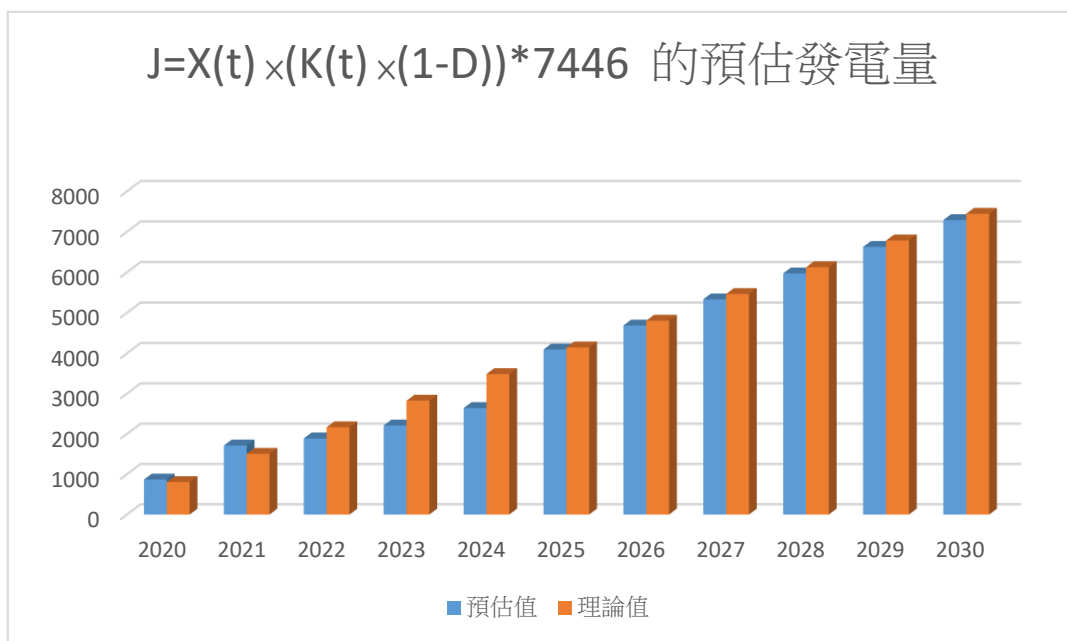


圖 9

Step3

根據 Step2 所做出來推論，我們發現理想方程式所推論出來之預估值做出的折線圖，有分為效率與預估值的數據走向，預估值是考慮整個理想方程式所推論出的，而效率的圖表則是呈現 $K(t)$ 所包含的意義。

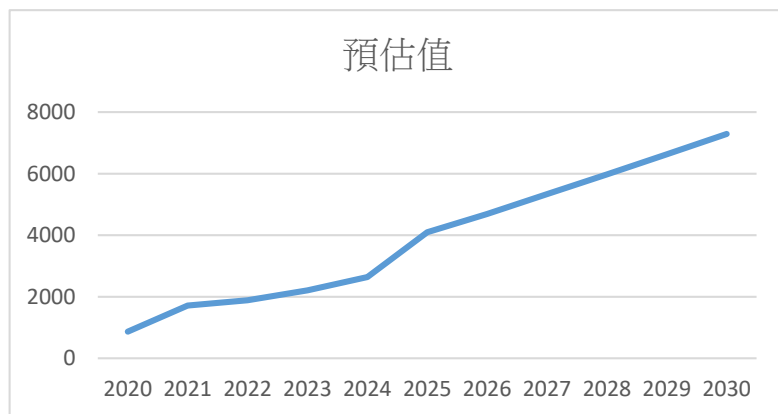


圖 10

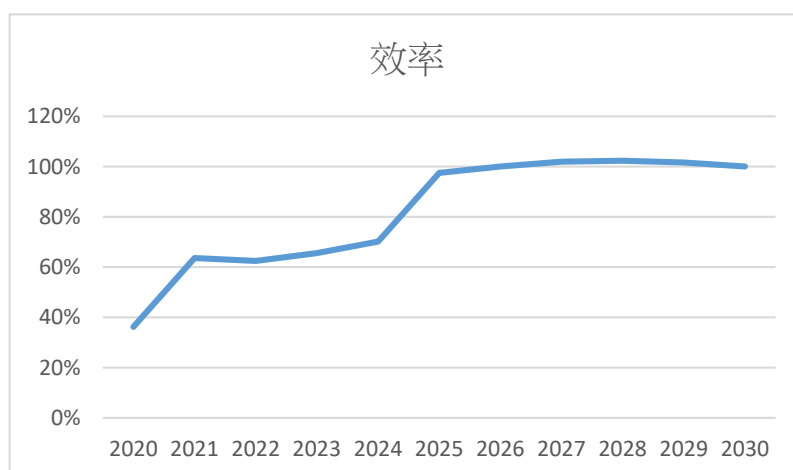


圖 11

階段目標

(一)可行性

以下分析本組採用 4 個年度切割來做引導

2020-2021: 開始重視離岸風能，大量引進外資招標興建(故發電量與效率呈現蓬勃發展的情況)

2021-2024: 延續 20 年計畫，持續引進可用機組，針對效率有些許的下降所提出的解釋，本研究認為可能是在五年內風機有一定的規模，造成每支離岸風機所能發電的成長有限，需要技術上的革新。

2024-2025: 開始準備外銷，引進大量先進機種，技術水平大量增加，故效率和發電量的成長都十分可觀

2025-2030: 技術趨於飽和，重心轉於外銷風電技術，故效率增幅也趨於平緩，此時效率已逐漸下降，乃是因初期架設的離岸風力發電機已經開

始遭受到災害的損傷，無法有效發電；但發電量持續上升，則是因為離岸風機的設置比例已逐漸快速升高，此時整體發電量接受到設置比例的影響。

(二)風險(假設只發生當階段風險)

2020-2021:因效率及發電量快速上升，風險是當外資的資金注入不穩，且技術並無法滿足理想技術效率，且當工程的進度無法配合金錢的運作，會造成效率急速下降，設置比例也會萎縮。

2021-2025:此時因第一階段發展過後，風力發電已逐漸步上軌道，當政府的政策及配套措施無法完善，或是國內立法有所杯葛，皆會導致外商對於之後是否投入更多資金及風力發電機的單位產能是否該提高有所顧忌。

2025-2030:此為本模型最後階段，外商若因回本，達到公司預期毛利，進而抽離資金，轉賣股本，若又無留下離岸風機的關鍵技術，台灣無法在外資抽離之後能自力研發，可能會功虧一簣，且風力發電機25年後需除役，拆除費用又是一筆可觀的成本。

(三)發電效益

表 12

	預估發電量(億度)	減少碳排放(噸)	人均可用度數(度/人)
2020	31.73037	2024397.42	134.6064
2021	62.57911	3992547.42	265.7511
2022	68.9742	4400553.65	293.2316
2023	80.77487	5153436.45	343.7095
2024	96.53005	6158616.98	410.8987
2025	149.5826	9543369.37	637.4534
2026	171.2635	10926614.15	730.607
2027	194.8734	12432923.53	832.387
2028	218.2539	13924601.78	933.6158
2029	242.1981	15452237.60	1037.685
2030	266.3508	16993179.08	1143.155

註 1:預估成長人口參考至國家發展委員會

註 2:台灣家庭平均每月消耗度數為 303 度(換算為年即 3636 度)

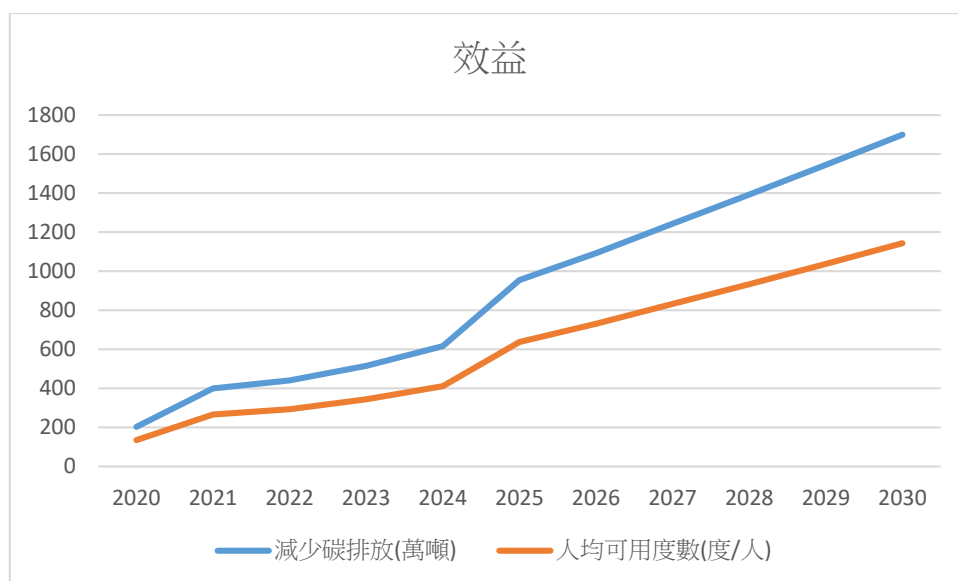


圖 12

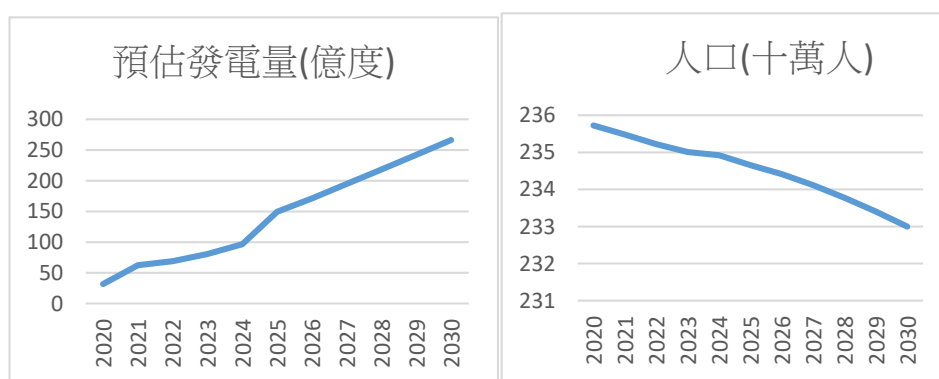


圖 13

圖 14

因離岸風機並無所謂的碳排放，因此相較於火力發電減少的碳排放可為社會的外部效益。

上述皆為本研究提出之假設，實際情況皆須以實際值為準

Step4

根據 Step2 的數據，我們已大致推出發電量之成長與趨勢。接著，我們運用超前派與穩健派的定義對發電量之函數進行修正，讓我們了解兩方對總體發電量之走勢的差異。

前提假設

我們以電費匯率作為超前派與穩健派之立場定義，而其中理想發電量定義為中立立場，而其電費匯率為超前派及穩健派之幾何平均數，且將其分為前後為六、五年共兩階段，並導入遞迴關係式，對 Step2 一般(中立)情況進行修正。

因超前派考慮時間段較長，故採費率較單一，我們使費率較平均的為超前派，故我們針對不同策略考量，提出以下假設

情況(一)

表 13

	前六年(2020-2025)	後五年(2026-2030)
超前派(A)	5.5	5.5
穩健派(B)	7.11	3.56

註 1:表中數值之單位皆為度/元

我們為了修正所預估對一般(中立)情況

引入費率比值常數 $m = \left(\frac{\text{當前討論之費率}}{\sqrt{AB}} \right)^2$ ，即為當前費率與理想費率之比值平方，表示平均值與理論值之偏差情況。

表 14

	前六年(2020-2025)	後五年(2026-2030)
超前派(A)	$\left(\frac{5.5}{6.253} \right)^2 = 0.773$	$\left(\frac{5.5}{4.424} \right)^2 = 1.545$
穩健派(B)	$\left(\frac{7.11}{6.253} \right)^2 = 1.292$	$\left(\frac{3.56}{4.424} \right)^2 = 0.647$

註 1:幾何平均數會不同乃是代不同之費率

註 2:< a_n > 為等比數列，

$$\begin{aligned}
 a'_1 &= a_1 = 200 \\
 a'_2 &= a'_1 + (a_2 - a_1) \times m \\
 a'_3 &= a'_2 + (a_3 - a_2) \times m \\
 &\vdots \\
 &\vdots \\
 &\vdots \\
 +) \quad & \frac{a'_n = a'_{n-1} + (a_n - a_{n-1}) \times m}{a'_n = a'_1 + (a_n - a_1) \times m} \\
 &= 200 + 200 \times (r^{n-1} - 1) \times m
 \end{aligned}$$

其中 $a_1 = 200$ 為 2020 年風機的初始支數，公比 $r = 1.117$ ， n 值代表年度，其中 $n = 1$ ，代表 2020 年，依此類推當 $n = 11$ 時，代表 2030 將 y 軸設為 a'_n 之數值， x 軸為 n 之數值，可繪製成以下函數：

<超前派>

前六年之情況： $a'_n = 200 + 200 \times (1.117^{n-1} - 1) \times 0.773$

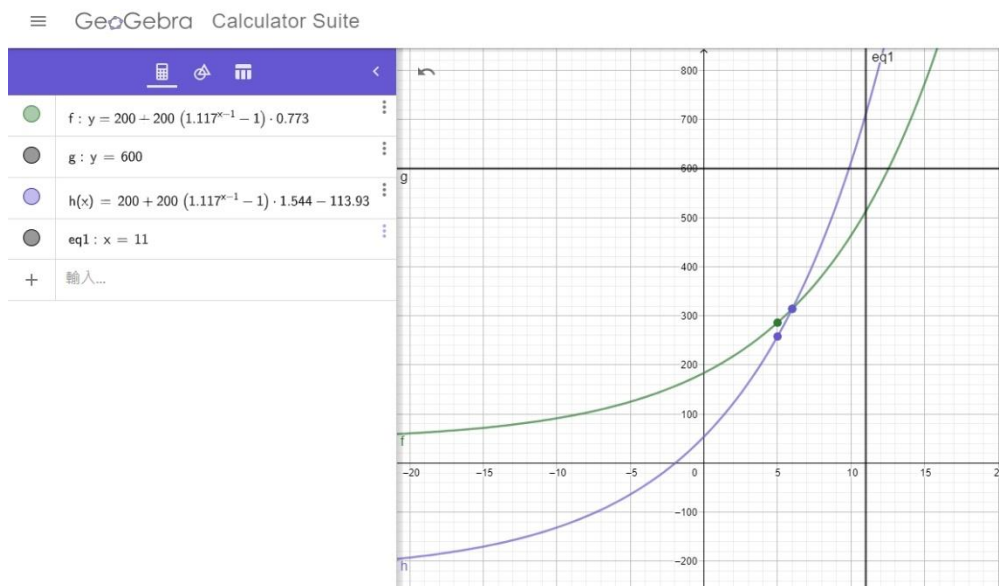
其中 $1 \leq n \leq 6$ ，可得函數： $y = 200 + 200 \times (1.117^{x-1} - 1) \times 0.773$

後五年之情況： $a'_n = 200 + 200 \times (1.117^{n-1} - 1) \times 1.544 + k$

其中 $7 \leq n \leq 11$ ， $y = 200 + 200 \times (1.117^{x-1} - 1) \times 1.544 + k$

f(x) :		h(x) :	
286.0701241754666		371.9175572146448	
314.2285287039962		428.1615114087583	

其中 k 為 x=6 時，兩函數之差距，另兩函數交於 6 時之差距，為 -113.93



在 $0 \leq x \leq 6$ 之前，函數圖形為綠色

而 $6 < x \leq 11$ ，函數圖形為紫色

<穩健派>

前六年之情況： $a'_n = 200 + 200 \times (1.117^{n-1} - 1) \times 1.292$

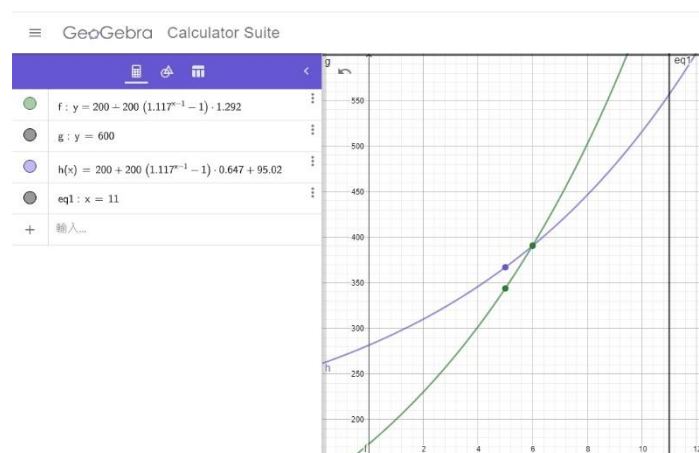
其中 $1 \leq n \leq 6$ ，可得函數： $y = 200 + 200 \times (1.117^{x-1} - 1) \times 1.292$

後五年之情況： $a'_n = 200 + 200 \times (1.117^{n-1} - 1) \times 0.647 + k$

其中 $7 \leq n \leq 11$ ， $y = 200 + 200 \times (1.117^{x-1} - 1) \times 0.647 + k$

x	h(x)	f(x)
5	272.0405825892974	343.8584740423064
6	295.6091307522452	390.9227155052563

其中 k 值為 $x=6$ ，兩函數之差距，令兩函數交於 6 時之差距，為 95.02



在 $0 \leq x \leq 6$ 之前，函數圖形為綠色
而 $6 < x \leq 11$ ，函數圖形為紫色

參考資料

1. 台電預估 2020~2025 年離岸風電可併網點及併網量
<https://www.taipower.com.tw/upload/1410/2018033114340399767.pdf?fbclid=IwAR1zB86iU1LfMwx9ds6qK5fTGU1d3PPpNIhWj18BHJJPOAxFkgfY1QAfPNg>
2. Taiwan 2050 Calculator 工研院能源供給部門 情境規劃及關鍵參數說明
https://drive.google.com/file/d/1BdlbzEF67ScoXqvrQk02_7DrRPQPxSG3/view?fbclid=IwAR12XP2ZTczfWby19u8LsNgWZ1YITejUHusA49B0vHKFHBp6QICTIcq4jfa
3. 風力發電產值研究
https://www.twtpo.org.tw/activity_show.aspx?category_id=160&cat_id=161&id=3210
4. 維基百科 離岸風力發電
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%8F%B0%E7%81%A3%E9%A2%A8%E5%8A%9B%E7%99%BC%E9%9B%BB>
5. 數據運算工具
<https://www.geogebra.org/classic#cas>
6. 台電離岸風機災害研究統計
<https://www.taipower.com.tw/upload/1428/2018082909542479857.pdf>
7. 中央氣象局
<https://www.cwb.gov.tw/V8/C/>
8. 人口成長趨勢
<https://popproj.ndc.gov.tw/chart.aspx?c=2&uid=62&pid=60&fbclid=IwAR250ciI9KRh7e0KkBMtvrWCsfUHzXmU20pb6X8n5MAovFsvqnFuKdpvpyE>
9. 風能計算公式
<https://kknews.cc/science/me923mp.html?fbclid=IwAR2ygynUdR5eNCI10YPdJ94Z7Dszqdfi7XQHI5cwaEI-qZl60lqsXrFXTFQ>
10. 颱風機率路徑圖
<https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fws.e-land.gov.tw%2F00>
11. 工研院產經中心
<https://www.itri.org.tw/>
12. 經濟部標準局
https://www.bsmi.gov.tw/wSite/ct?xItem=80293&ctNode=2509&mp=1&fbclid=IwAR1Uvst_YY2yQ463d0E5gwIKGn4YsKiSLAmc1T8v_HsShPMW734qNXTt71Y
13. 離岸風機潛力場址
https://www.twtpo.org.tw/offshore_show.aspx?id=963

數據運算工具

Excel