

人工智慧與大數據分析技術於 智慧電網之應用

蘇恆毅

2020/09/22



學歷

- 台灣大學電機博士

經歷

- 逢甲大學電機系副教授
- 研華科技工程師

研究專長

- 智慧電網
- 廣域量測系統
- 再生能源
- 人工智慧、機器學習、大數據分析



**Point
1**

智慧型電網技術

**Point
2**

人工智慧與大數據
分析技術

**Point
3**

負載預測與再生
能源發電量預測

電業發展所面 臨的問題

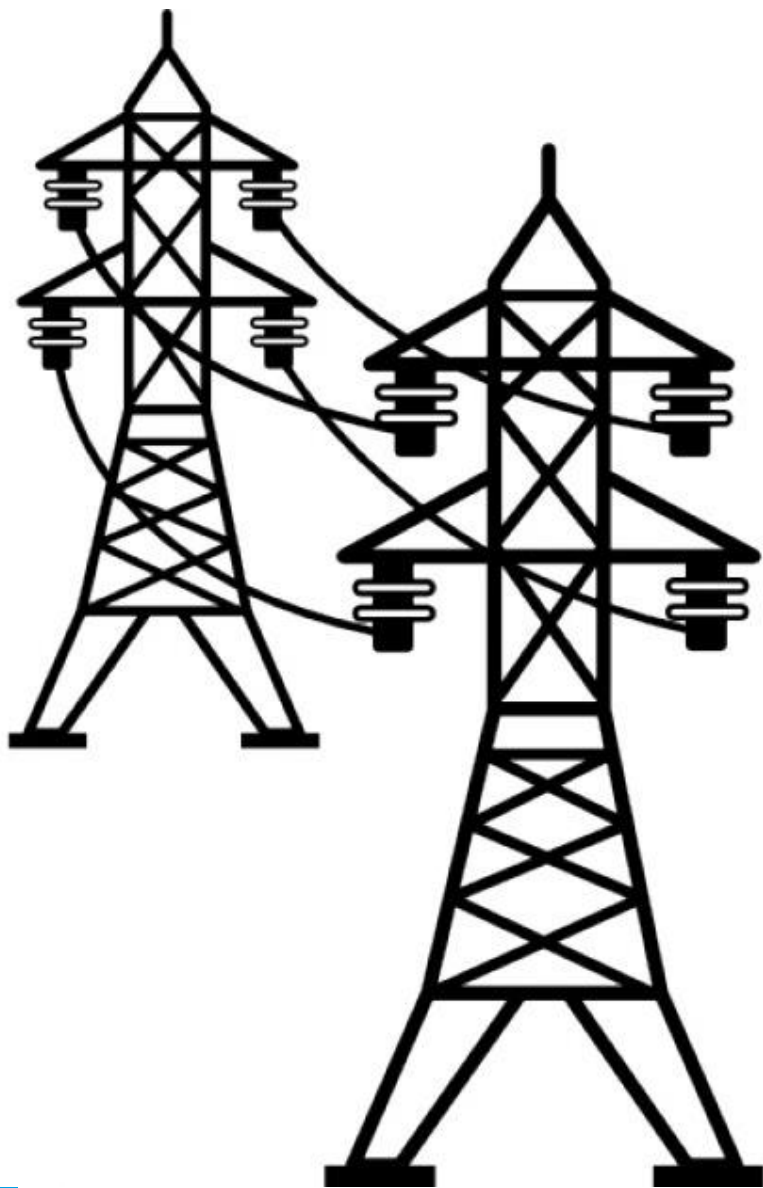
電業發展所面臨的問題 (1/4)



電力需求持續增長

- 美國、歐洲及開發中國家在內
- 工商業活動、民生便利與國防安全

電業發展所面臨的問題 (2/4)



傳統電網基礎設備

- 太過老舊且不合時宜
- 嚴重影響電力傳輸的效益與安全性
- 無法應付21世紀供電的挑戰

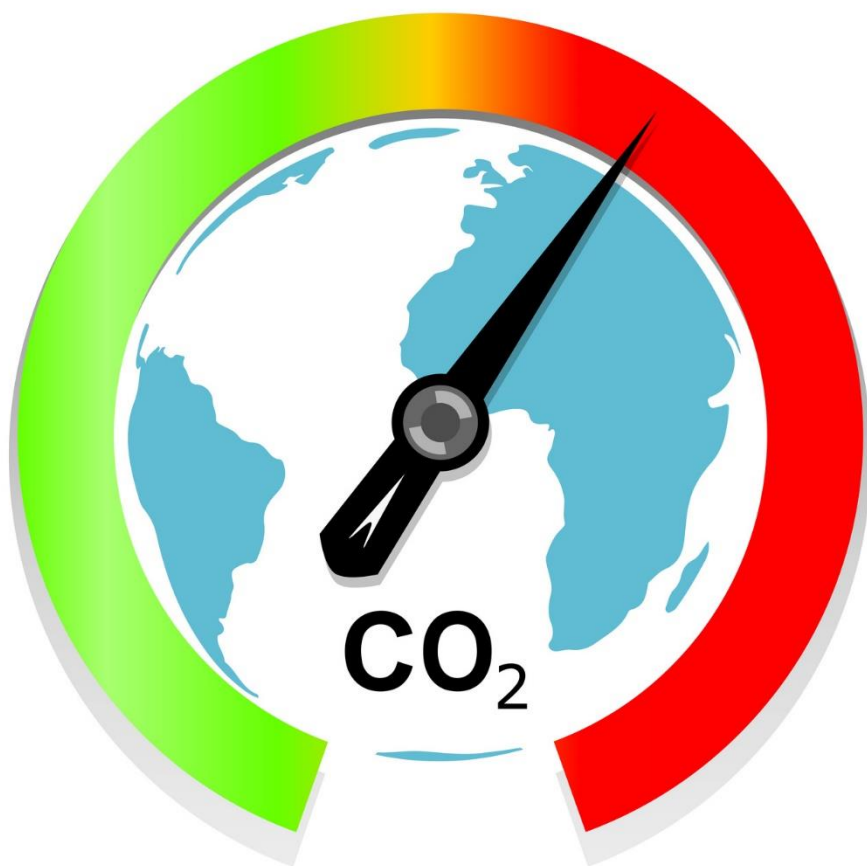
電業發展所面臨的問題 (3/4)

全球能源供應短缺

- 發電過程需使用到傳統能源（化石燃料）
- 煤、石油及天然氣終有耗盡的一天
- 台灣傳統能源極為缺乏，進口比重已達99%以上



電業發展所面臨的問題 (4/4)



全球溫室效應

- 大量使用化石燃料
- 過度排放CO₂等溫室氣體
- 破壞原先自然環境
- **地球暖化問題越來越嚴重**
- 聯合國制訂溫室氣體減量機制 (限制CO₂的排放量)

未來電網的發展與推動

政府的因應對策

- 發展潔淨能源
- 提高能源效率
- 確保未來經濟成長
能源穩定供應
- 能源安全、環境保護與經濟提振三贏的目標



新世代電力系統

智慧電網概念

- 具備人工智慧的電力網路
- 更靈活且有效地調度電力供需
- 以達節約用電的目的
- 涵蓋層面非常廣泛
- **功能、需求及定義(隨不同國家、不同電力系統而有所不同)**



智慧型電網

智慧型電網

再生能源

智慧電表

傳統的
電力系統

先進的控制方式

先進的通訊技術



智慧型電網的發展

先進讀表基礎建設



再生能源之分散式發電



智慧電表功能

時段計價



智慧家庭



遠端系統



自動斷電



Smart Meter



節能減碳



需量反應



再生能源種類



太陽能



風力能



水力能



海洋能



生質能



地熱能

再生能源

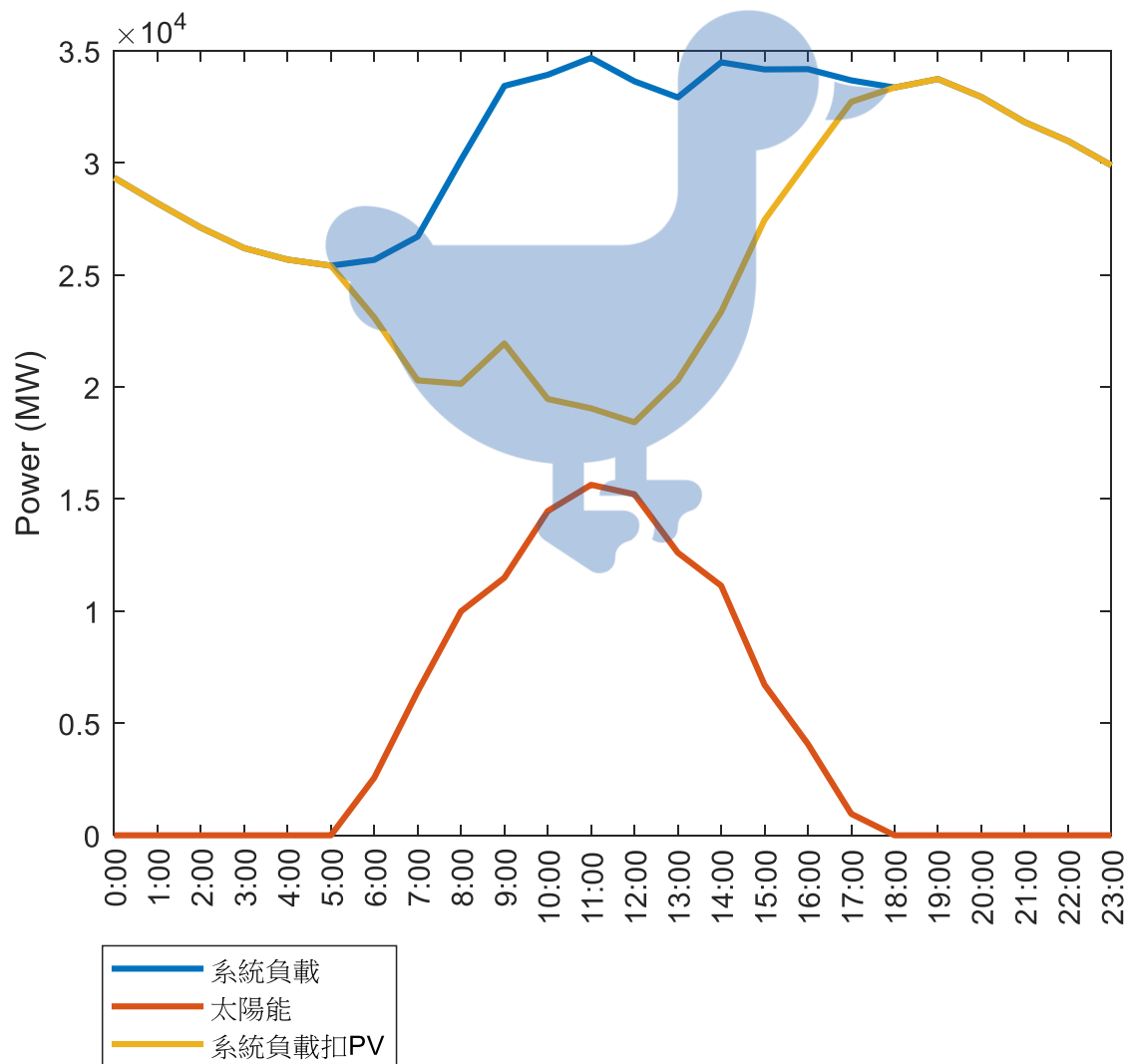
- 能源來源多元且符合環保訴求
- 不同地區所形成之自然環境條件有所不同
- 各個地區可依其能源取得條件選擇對其最有利之方式來發電

2025年預估之發電配比與電價變化

2025年電價：約3.0788元/度(較2017年增加0.53元)

年別	2018	2025
	占比	占比
再生能源	4.7%	20%
核能	10.1%	1%
抽蓄	1.2%	1%
燃氣	34.6%	50%
燃煤	46.3%	27%
燃油	3.1%	1%
合計	100%	100%

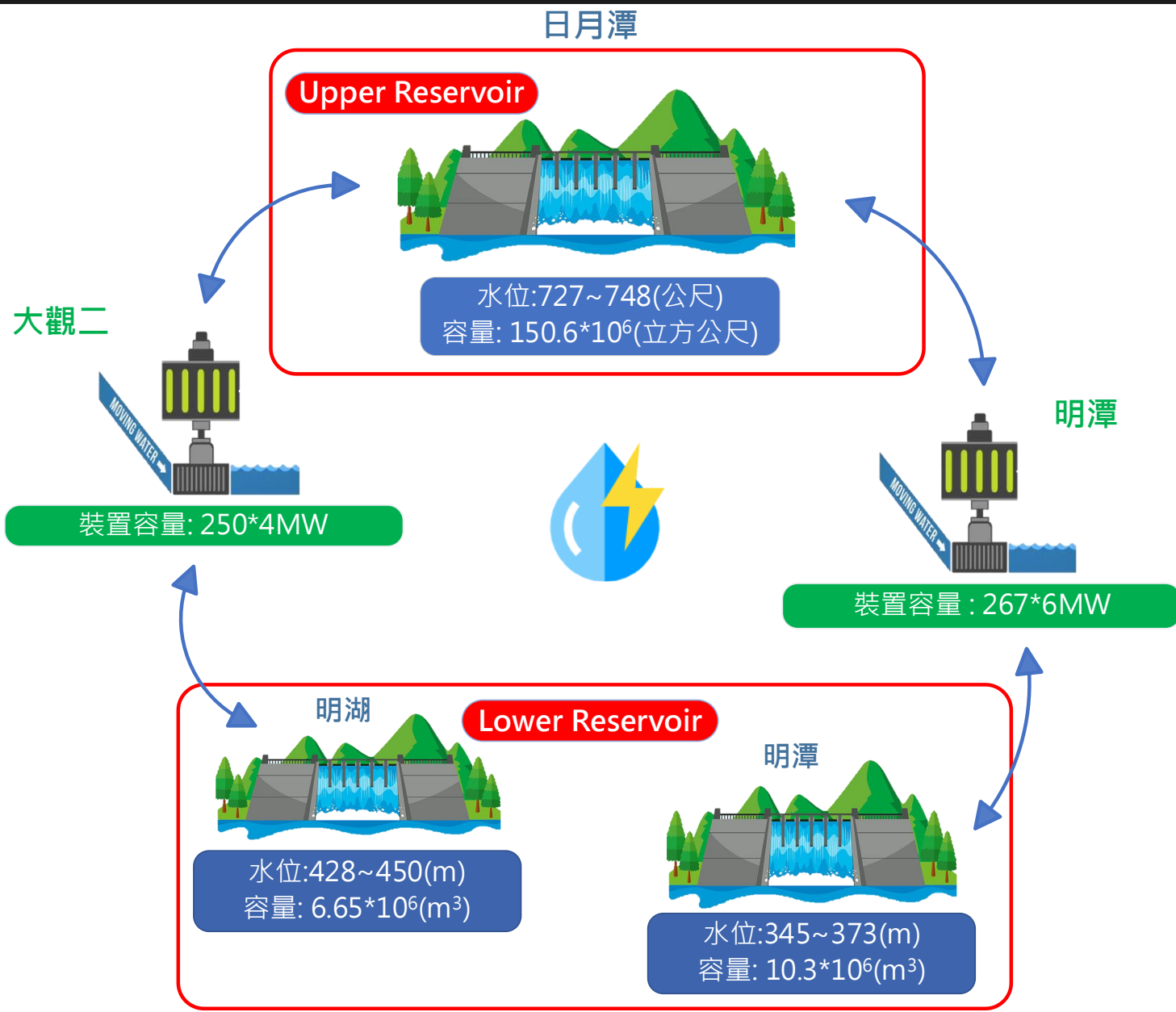
再生能源高滲透率對電網的影響



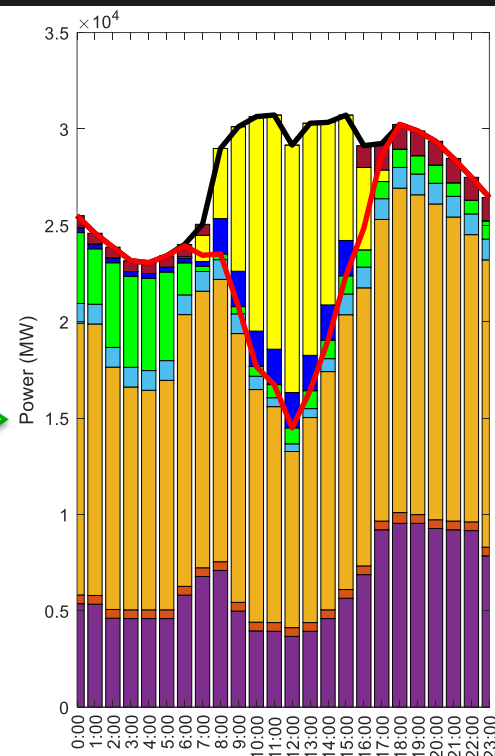
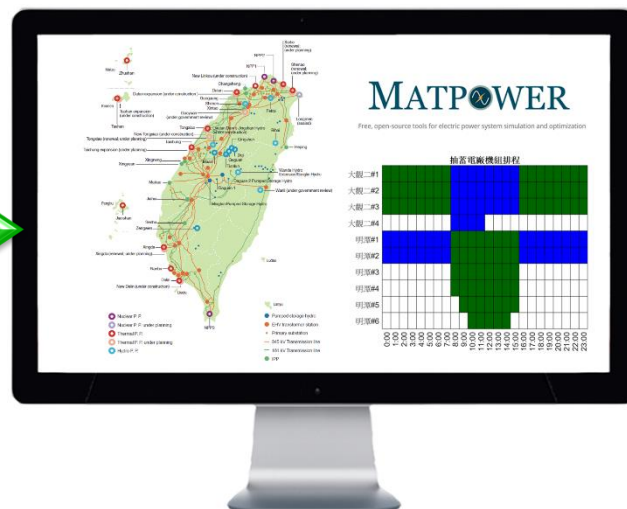
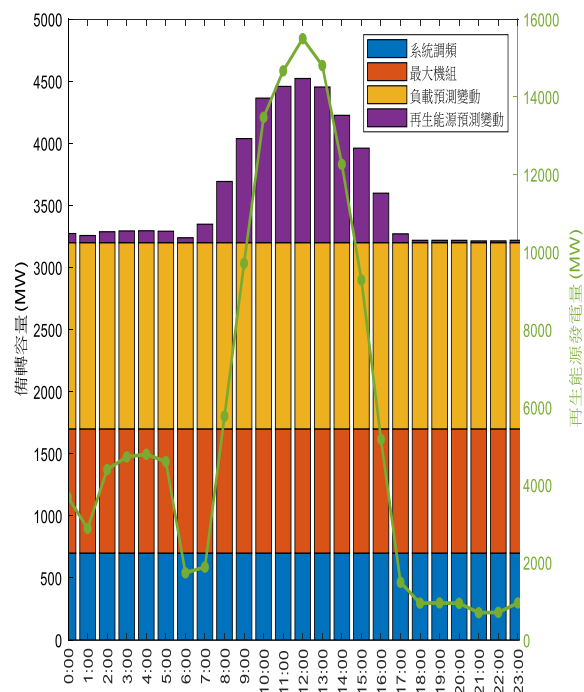
鴨子曲線

- 系統負載由於白天太陽能承擔了一定程度的發電量，導致淨負載曲線下凹形成「鴨子曲線」，使得基載發電機組白天出力情形可降低。
- 從太陽升起時，其他機組開始降載形成「鴨腹」，太陽開始下山其他機組必須升載形成「鴨頸」。
- 再生能源占比越高，電力調度的難度也越高。

抽蓄機組(大觀二4台，明潭6台)



抽蓄電廠運轉模式最佳化



- 系統調頻
- 最大機組容量之熱機備援
- 冷機備援與負載預測變動
- 再生能源預測變動

- 設定備轉容量
- 考慮抽蓄機組抽發模式
- 考慮水位高低限制

- 正常抽發模擬結果
- 一抽一發模擬結果
- 同廠抽發模擬結果

先進智慧型電網議題與技術

- 負載預測
- 再生能源發電量預測
- 人工智慧技術於智慧電網之應用
- 大數據分析技術於智慧電網之應用

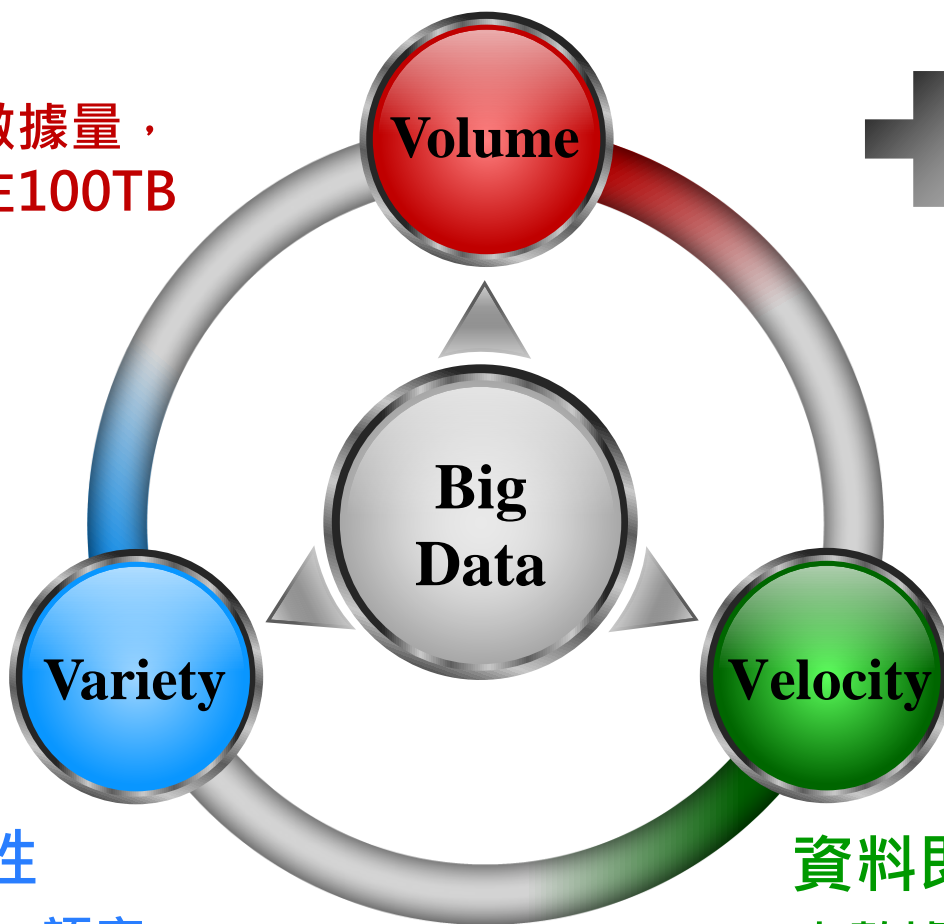


大數據分析 技術

大數據資料特性

資料量

龐大的數據量，
資料量在100TB
以上



Veracity

資料真實性

對於數據必須篩
選來源的真實性，
是否造假或異常
值，這些資料才
有價值。

資料多元性

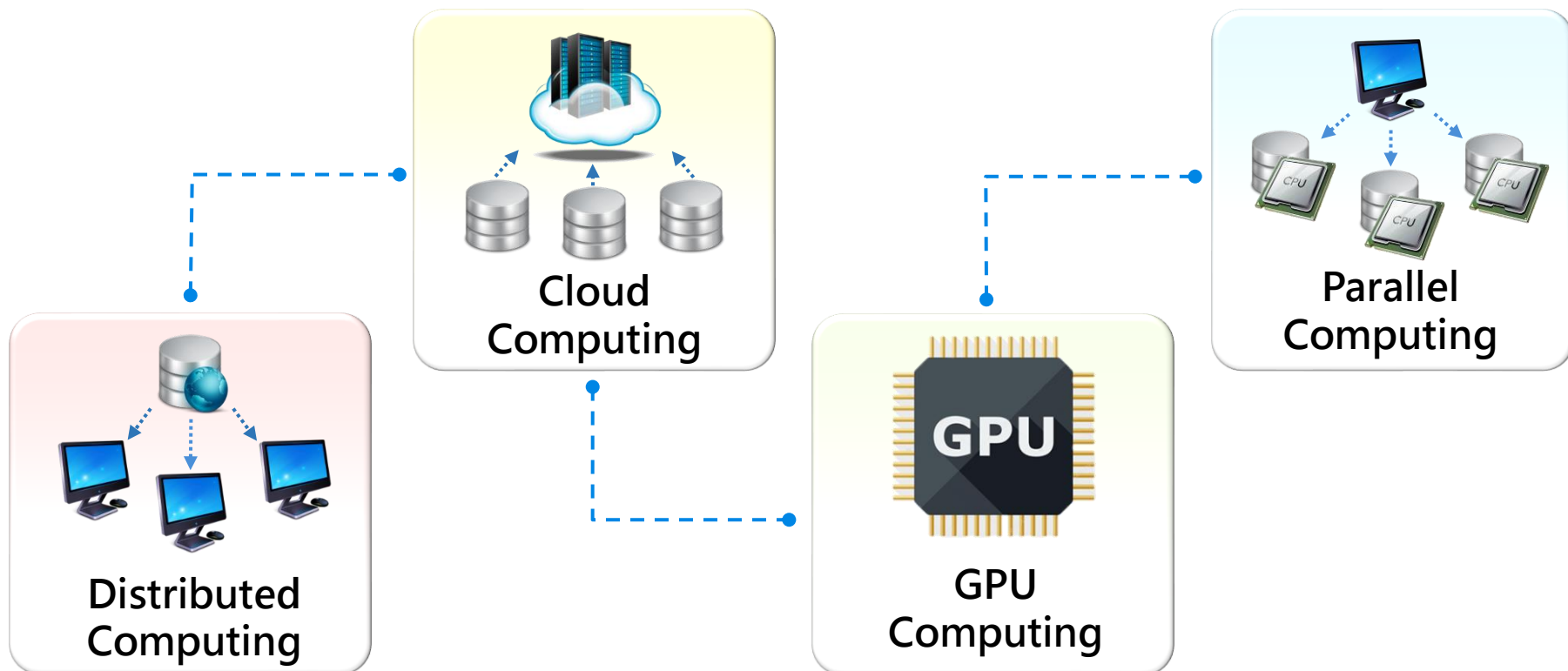
文字、位置、語音
、影像、圖片...等
結構化與非結構化
包羅萬象的資料

資料即時性

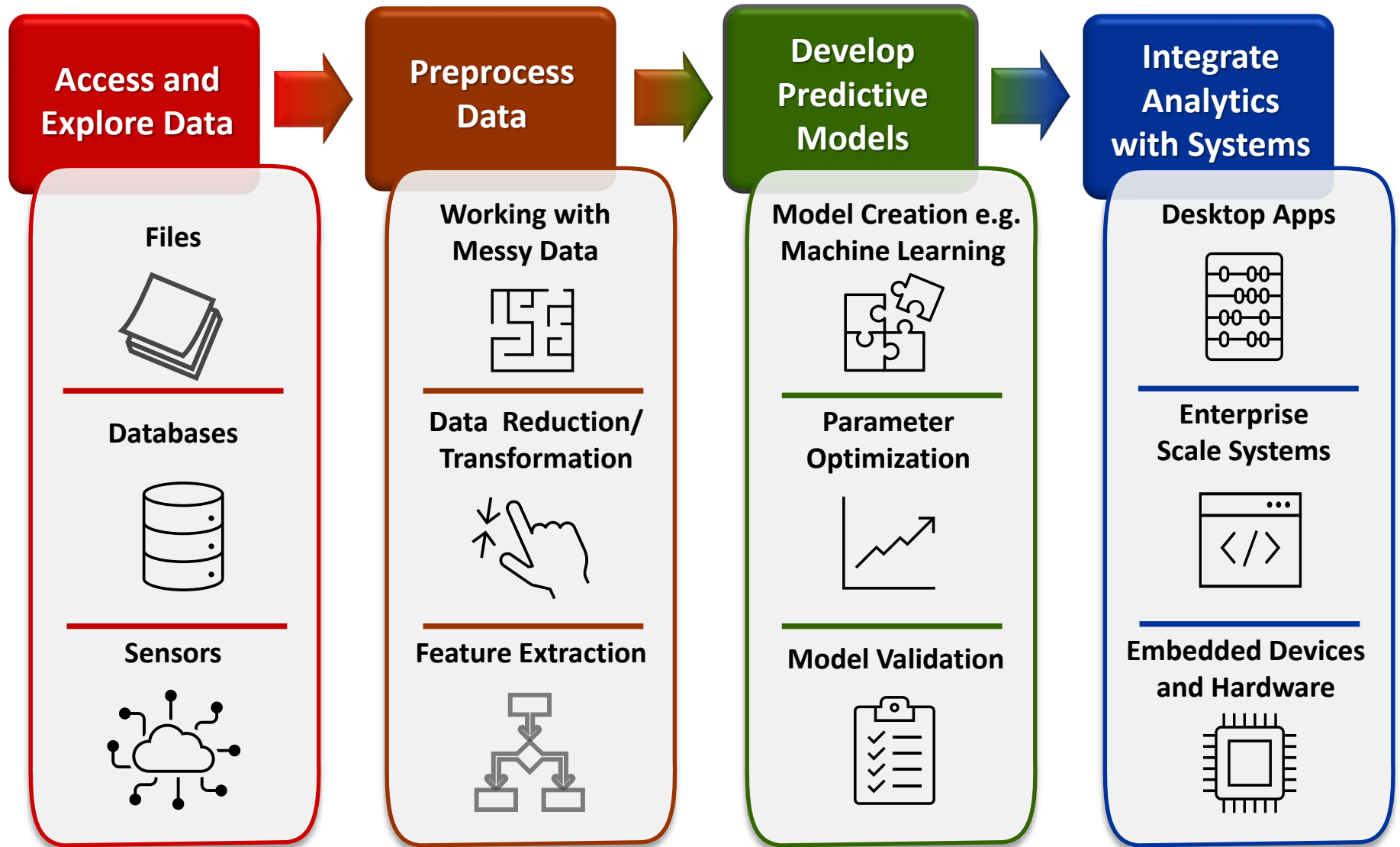
大數據強調資料
的時效性，及時的
資料及分析才能
發揮最大價值

大數據處理技術

- 近年來因資料量急速成長、儲存設備成大幅本下降、軟體技術進步及雲端科技的成熟造就了大數據的崛起。
- 處理大數據技術包含了分散式運算、雲端運算、繪圖處理器運算及平行運算。



數據分析流程(1/4)



數據分析流程(2/4)

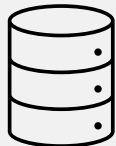
Access and Explore Data



Files



Databases



Sensors



Challenges

- Data aggregation
 - Different sources (files, web, etc.)
 - Different types (images, text, audio, etc.)
- Data clean up
 - Poorly formatted files
 - Irregularly sampled data
 - Redundant data, outliers, missing data etc.
- Domain specific processing
 - Signs: Smoothing, resample, denoising, Wavelet transforms, etc.
 - Images: Image registration, morphological filtering, deblurring, etc.
- Dealing with out of memory data (big data)

Preprocess Data



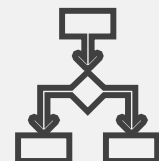
Working with Messy Data



Data Reduction/Transformation



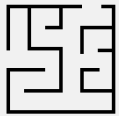
Feature Extraction



數據分析流程(3/4)

Preprocess Data

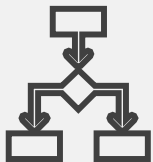
Working with Messy Data



Data Reduction/Transformation



Feature Extraction



Challenges

- Lack of data science expertise
- Feature Extraction – How to transform data to best represent the system?
 - Require subject matter expertise
 - No right way of designing features
- Feature Selection – What attributes or subset of data to use
 - Entails a lot of iteration – Trial and error
 - Difficult to evaluate features
- Model Development
 - Many different models
 - Model Validation and Tuning

Develop Predictive Models

Model Creation e.g. Machine Learning



Parameter Optimization



Model Validation



數據分析流程(4/4)

Develop Predictive Models

Model Creation e.g. Machine Learning



Parameter Optimization



Model Validation

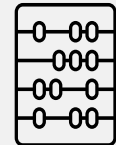


Challenges

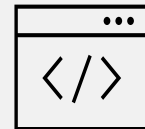
- End user: Operators, Analysts, Administrative Staff, Customers etc.
- Different target platforms:
 - Cluster or Cloud environment
 - Standalone desktop applications
 - Server bases Web and enterprise systems
 - Embedded hardware
- Different Interfaces: C++, Java, Python, .Net etc.
- Need to translate analytic to production environment

Integrate Analytics with Systems

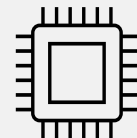
Desktop Apps



Enterprise Scale Systems

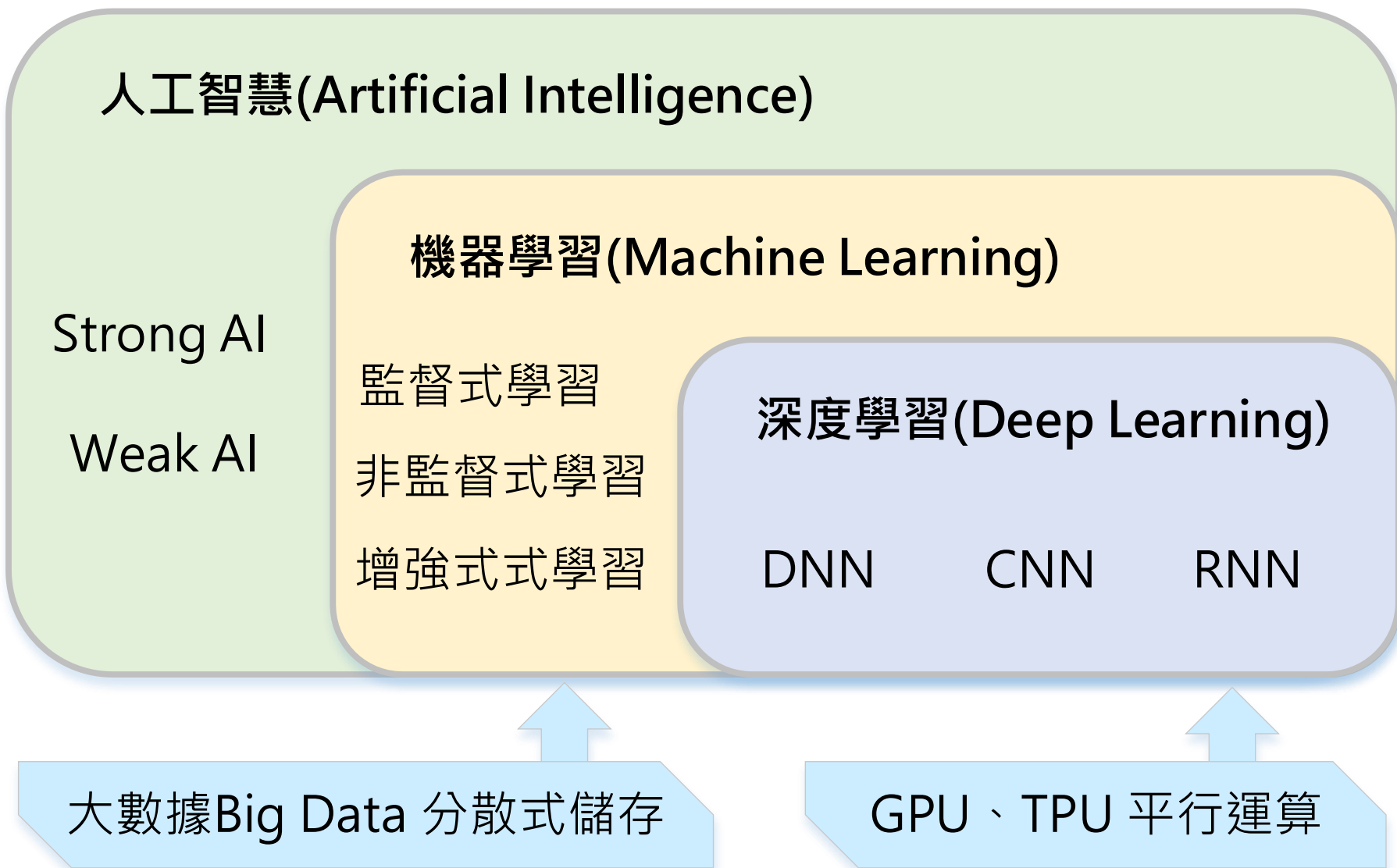


Embedded Devices and Hardware



人工智慧 技術

人工智慧(AI)技術



機器學習與深度學習

機器學習 Machine Learning

監督式學習 Supervised Learning

分類 Classification

二元分類
Binary Classification

多元分類
Multi Class Classification

迴歸分析 Regression

非監督式學習 Unsupervised Learning

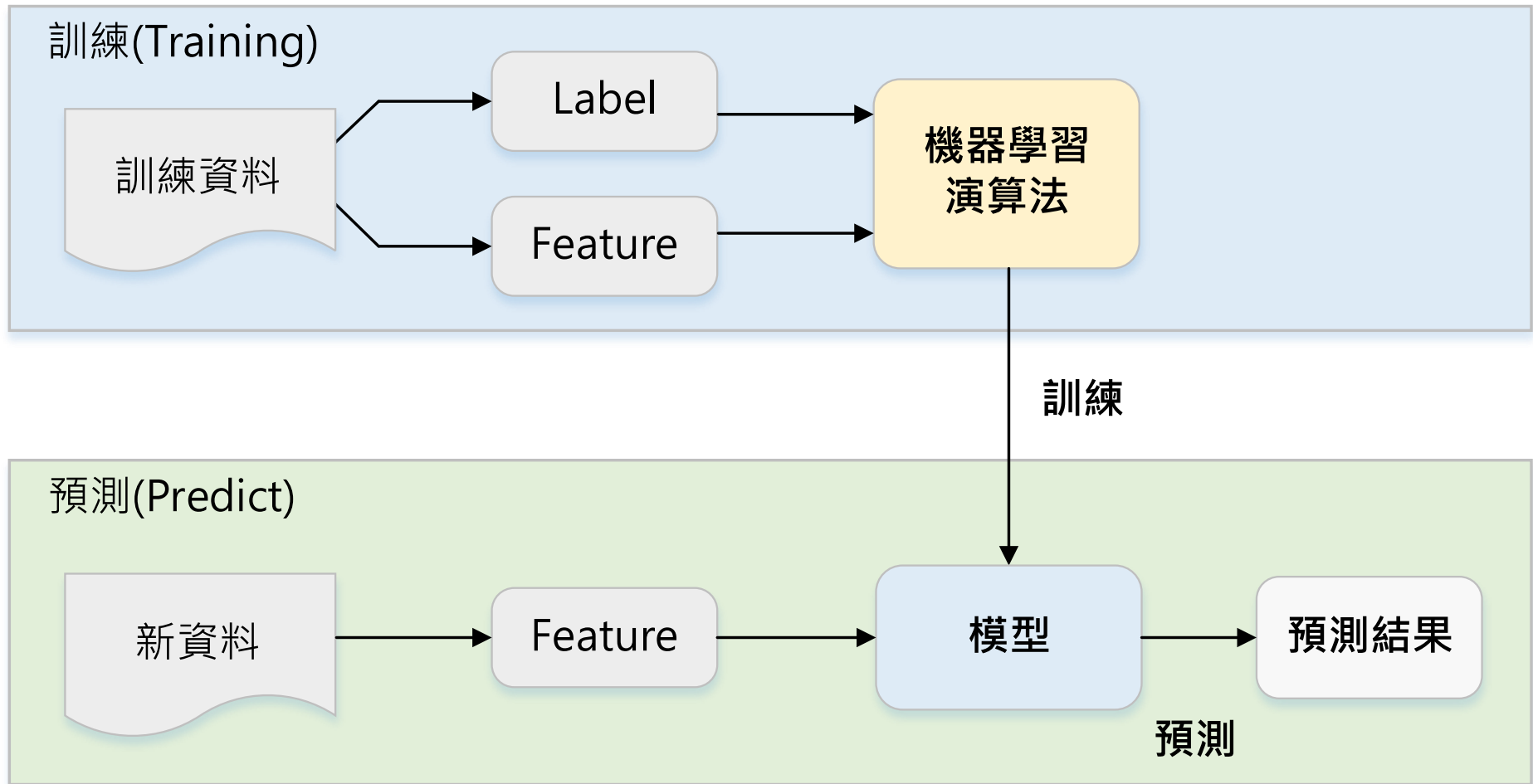
分群
Clustering

強化式學習 Reinforcement Learning

Q-Learning
TD

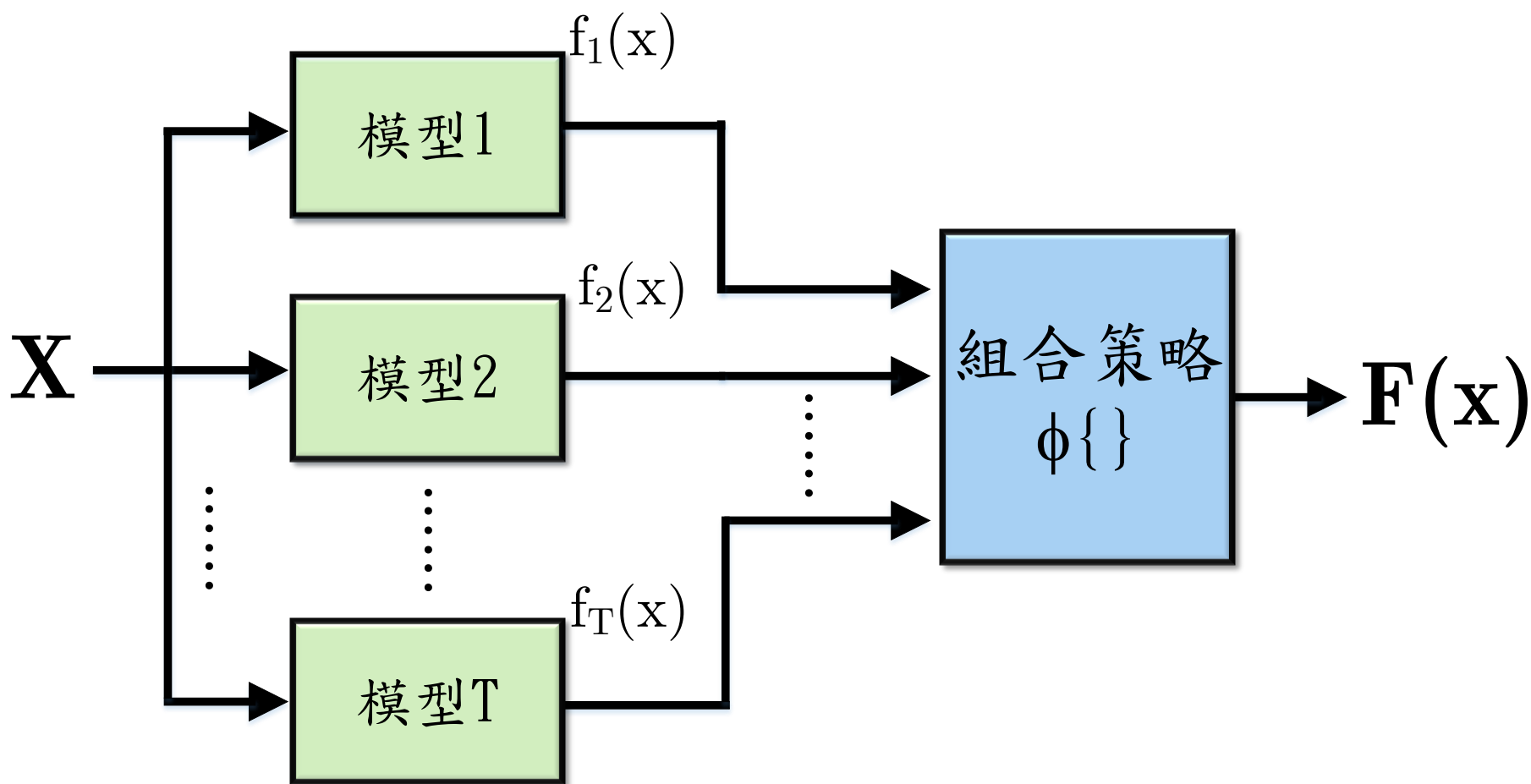
深度學習

模型預測

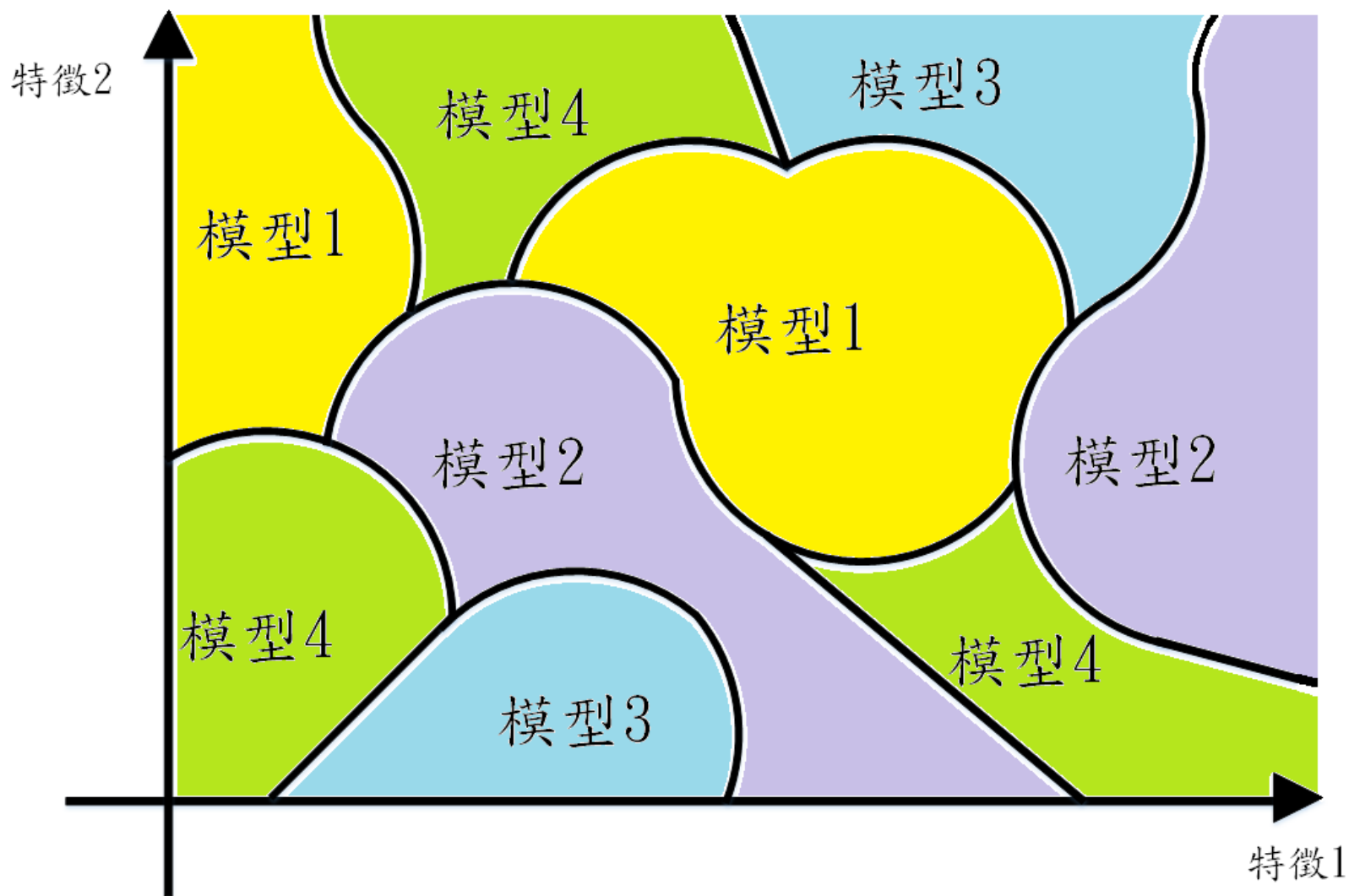


整體/集成 學習技術

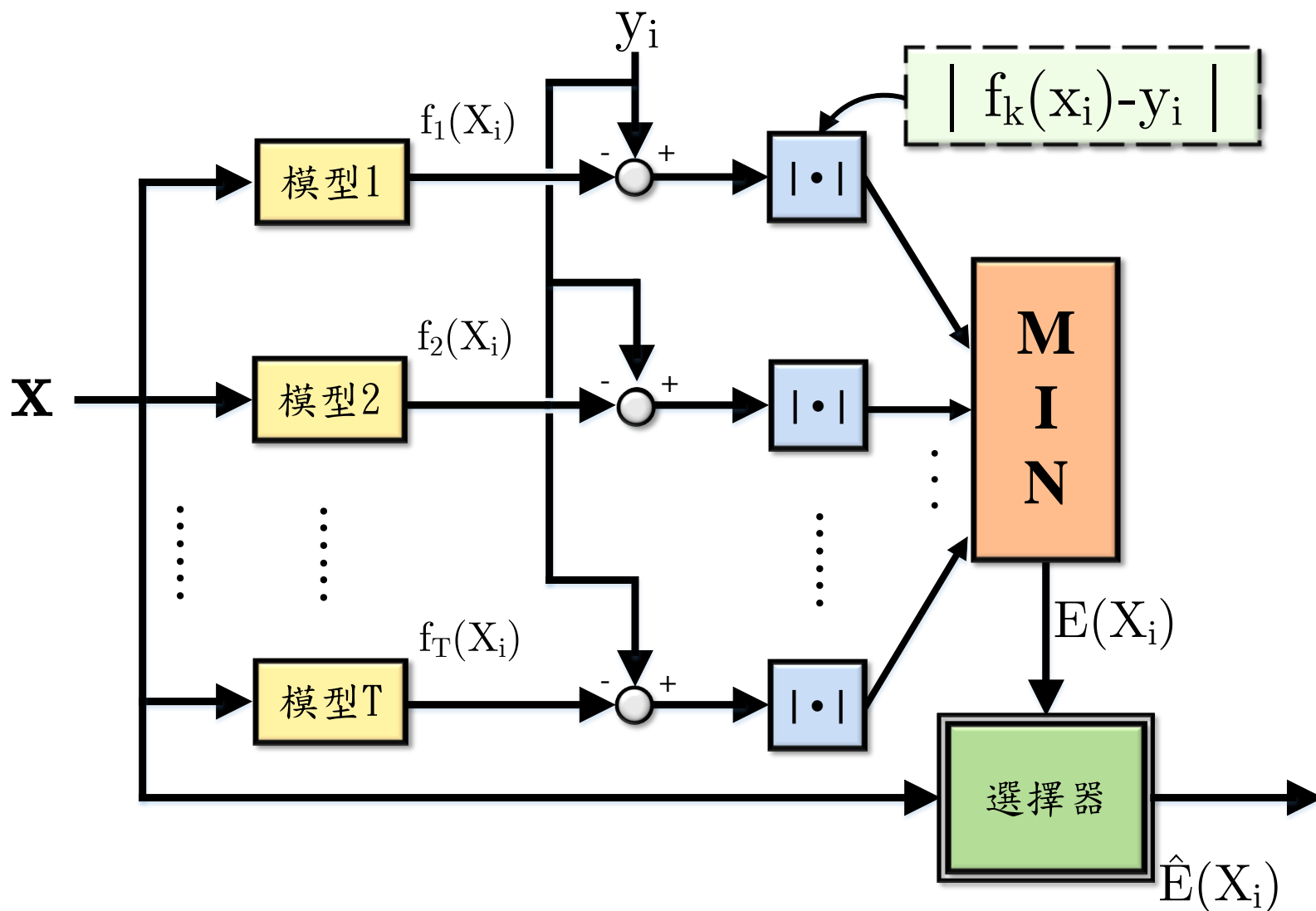
整體/集成學習架構



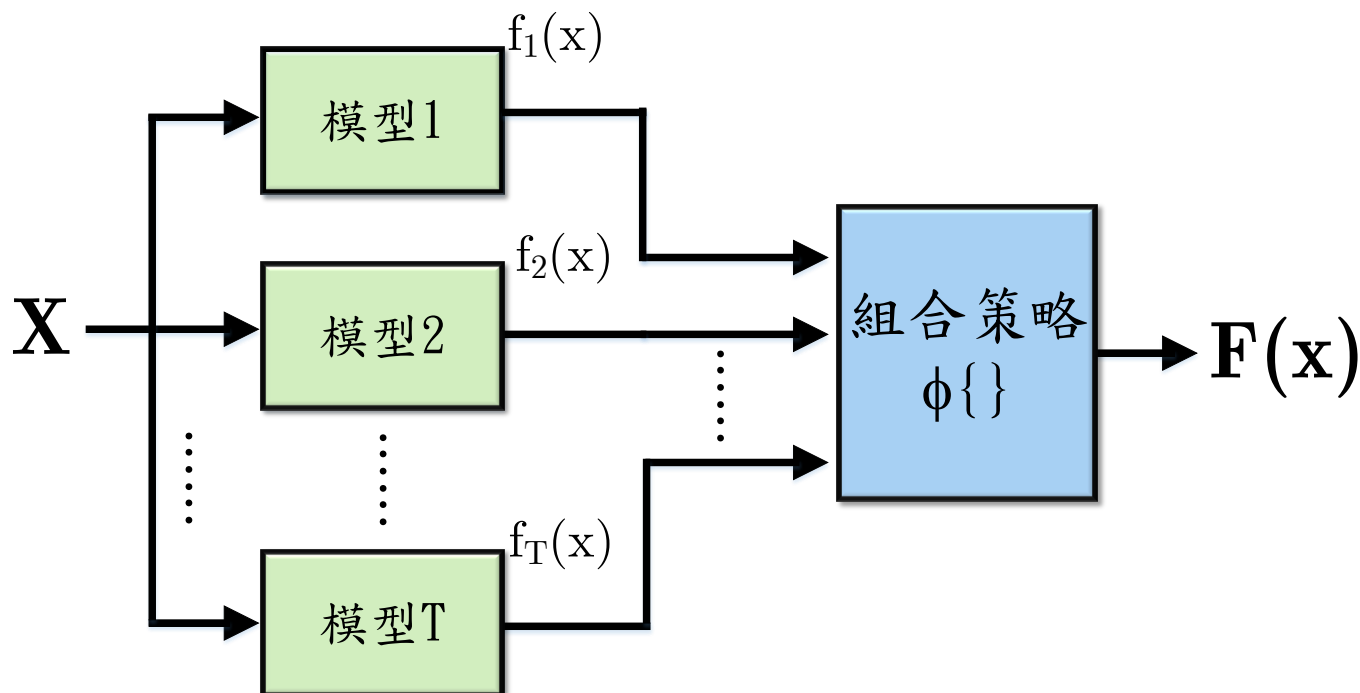
基於選擇的方法(1/2)



基於選擇的方法(2/2)



基於組合的方法



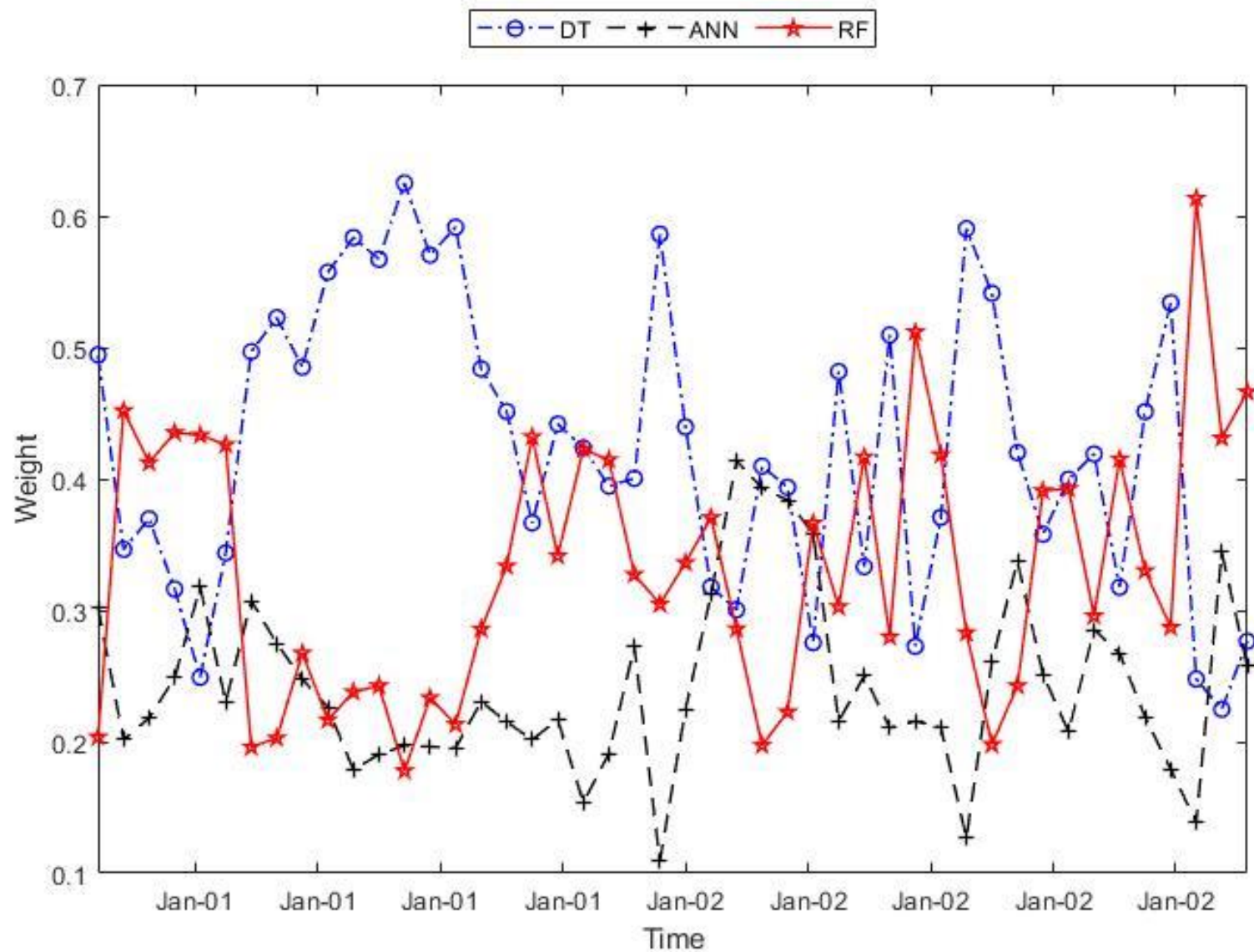
平均組合策略

$$F(\mathbf{x}) = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T f_i(\mathbf{x})$$

加權組合策略

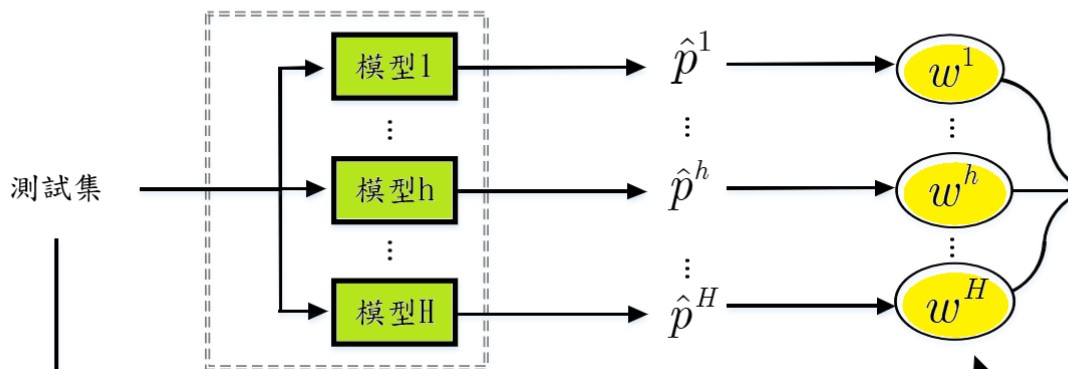
$$F(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^T \beta_i f_i(\mathbf{x})$$

動態權重示意圖



所提基於改良型局部融合模型架構

步驟1: 隨機採樣
不同模型產生不同預測值



步驟5: 預測值融合 $\rightarrow \hat{P}^{LF}$

步驟6: 誤差補償

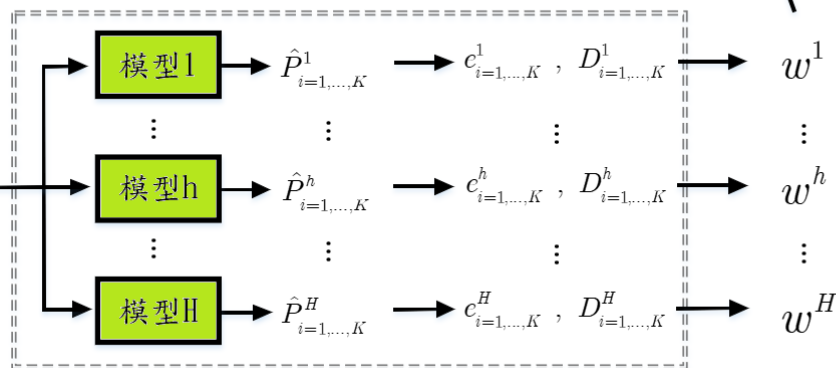
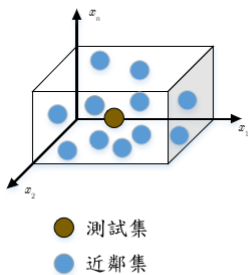
\bar{P}^{LF}

$$b = \sum_{m=1}^g r^m E_{t-m}, \quad 0 < r < 1$$

$$E_{t-m} = \{Actual_{t-1, t-2, \dots, t-g} - \hat{P}_{t-1, t-2, \dots, t-g}^{LF}\}$$

步驟3: 權重計算
步驟4: 計算特徵距離，改善權重

步驟2: 檢索鄰域



$$D_i^h = \left(\sum_{j=1}^t (|Q_j - u_j|)^q \right)^{\frac{1}{q}}, \quad q = 1, 2, \dots, \infty$$

負載與再生能源 發電量預測

負載預測



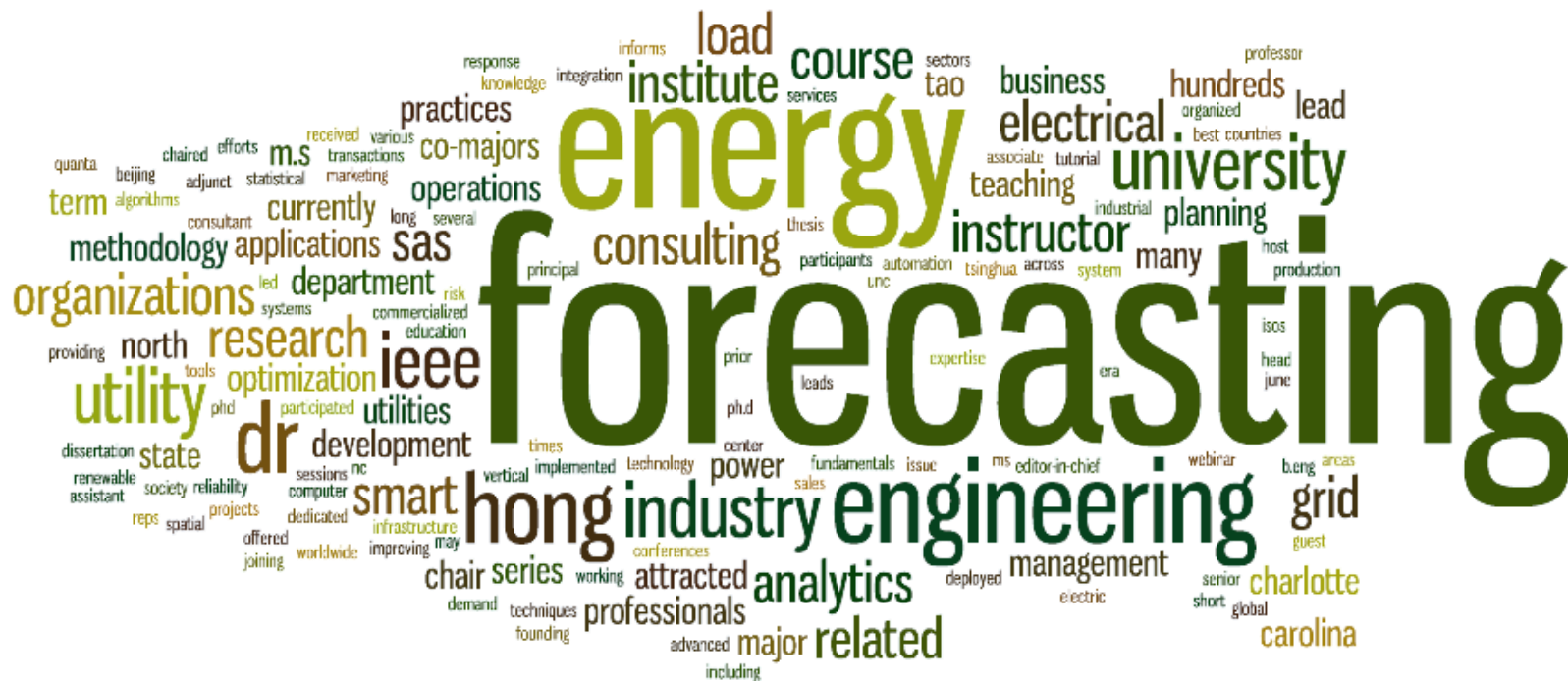
負載預測

- 負載預測與電力系統發展息息相關，如能源市場分析、經濟調度及安全評估。
- 負載預測的**準確性**會影響電力系統的規劃、調度與管理。
- 負載預測為有效管理電網的關鍵因素。

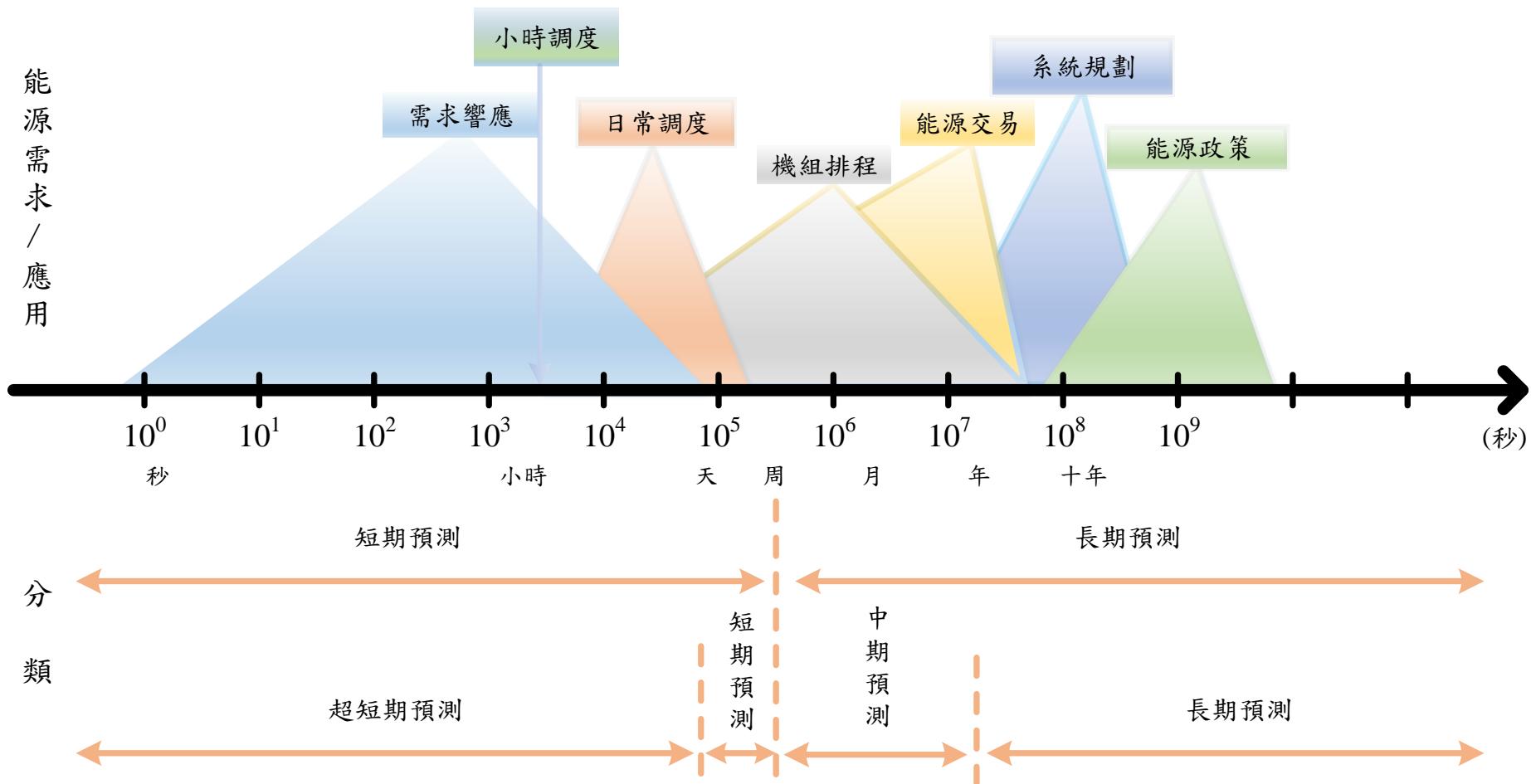
能源預測

再生能源發電量預測

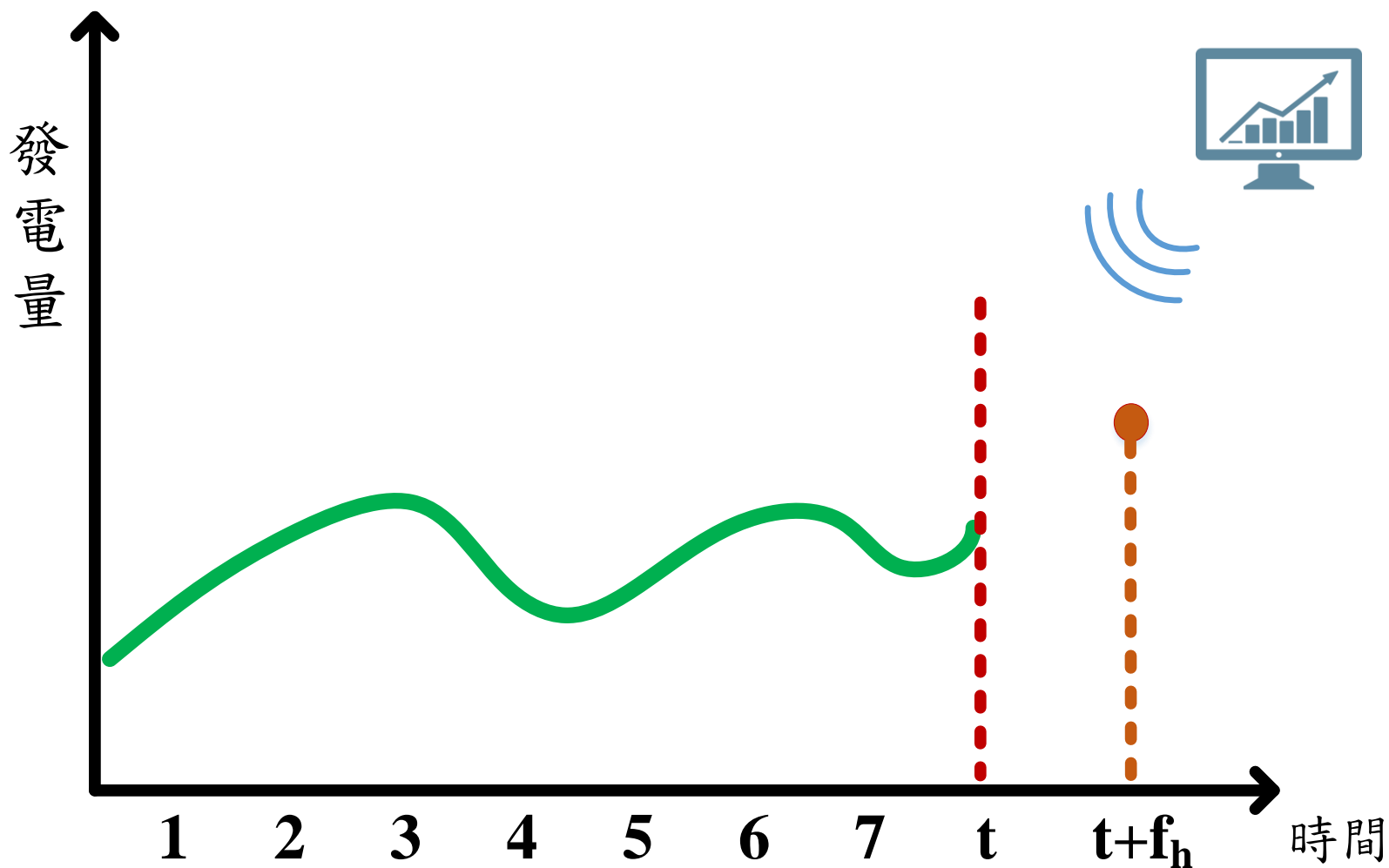
- 因能源危機和氣候變化，使再生能源受到全球高度重視。
- 再生能源的隨機性與間歇性可能會導致電網的不平衡問題。
- 準確地預測再生能源發電量可穩定電網的供電並協助電力公司之機組調度。



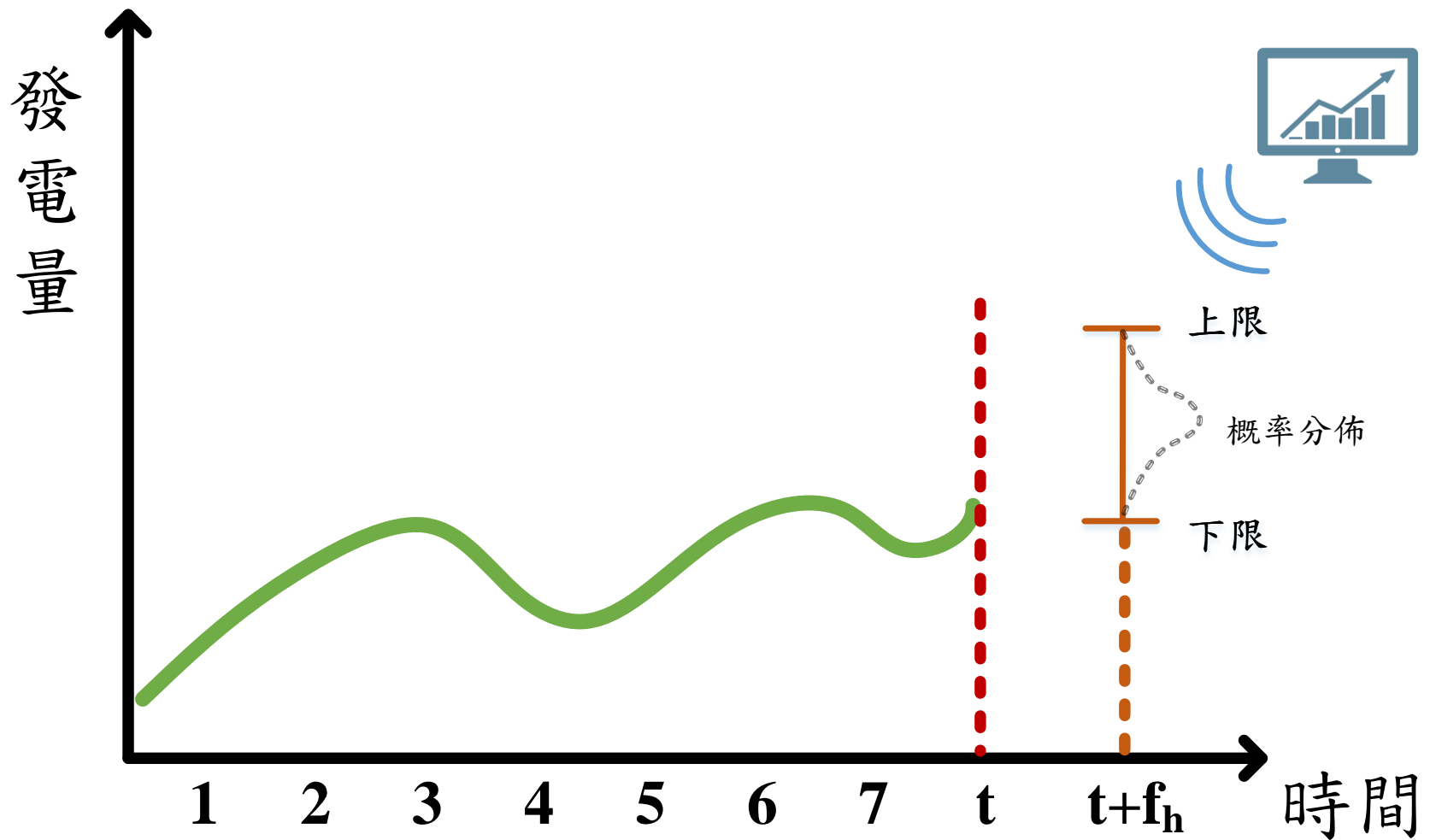
依時間分類的負載與能源預測應用



點預測示意圖



概率預測示意圖



舉風力發電量 預測為例

範例資料來源

全球能源預測競賽

- GEFCom 2012, GEFCom 2014, GEFCom 2017
- 負載預測、電價預測、風力發電量預測、太陽能發電量預測
- 點預測、概率預測。
- 提供比賽結果:參賽隊伍的**準確度排名**。

**GEFCOM
2014**

Load Forecasting

**GEFCOM
2014**

Price Forecasting

**GEFCOM
2014**

Wind Forecasting

**GEFCOM
2014**

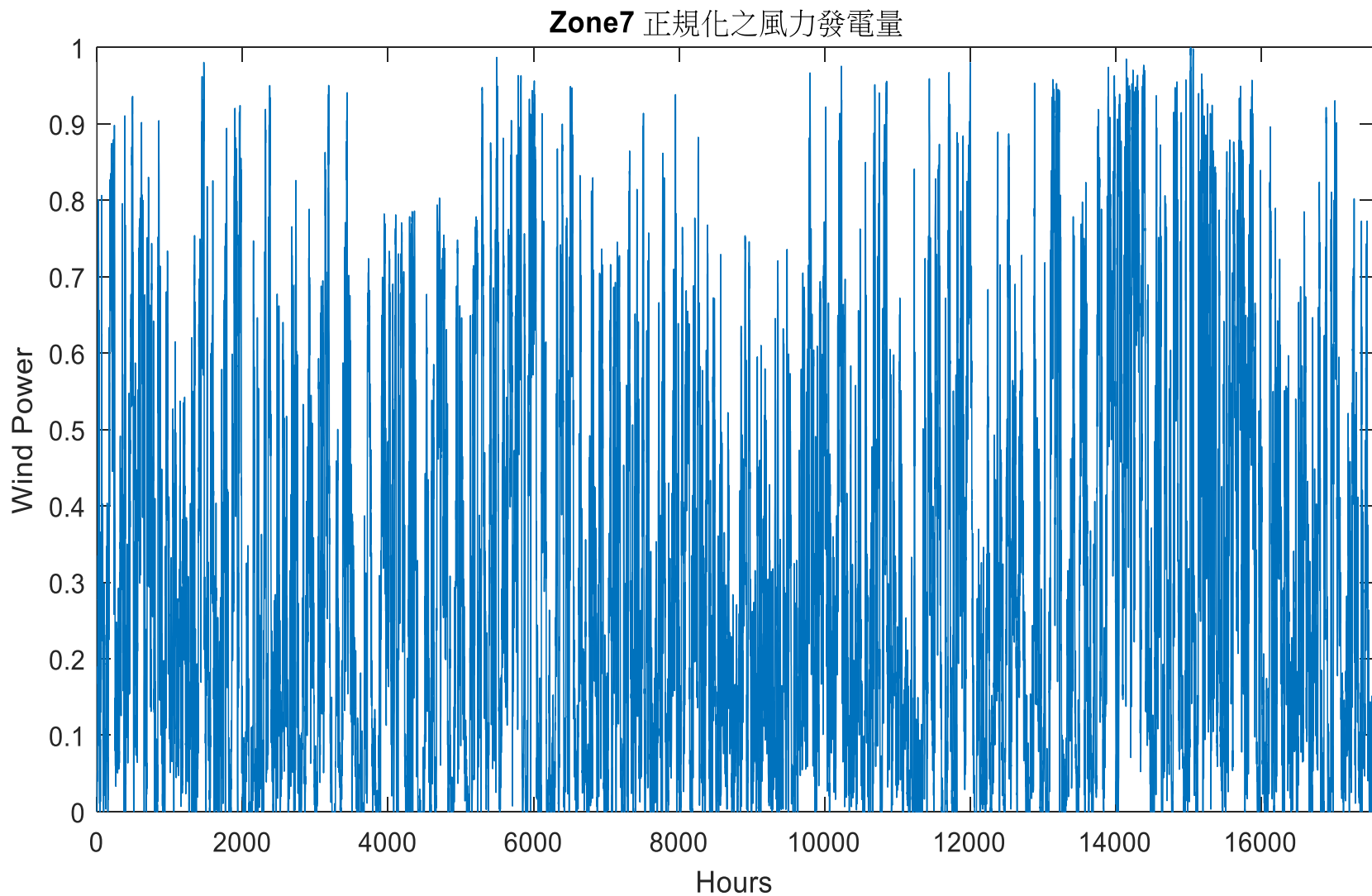
Solar Forecasting



風力發電數據集

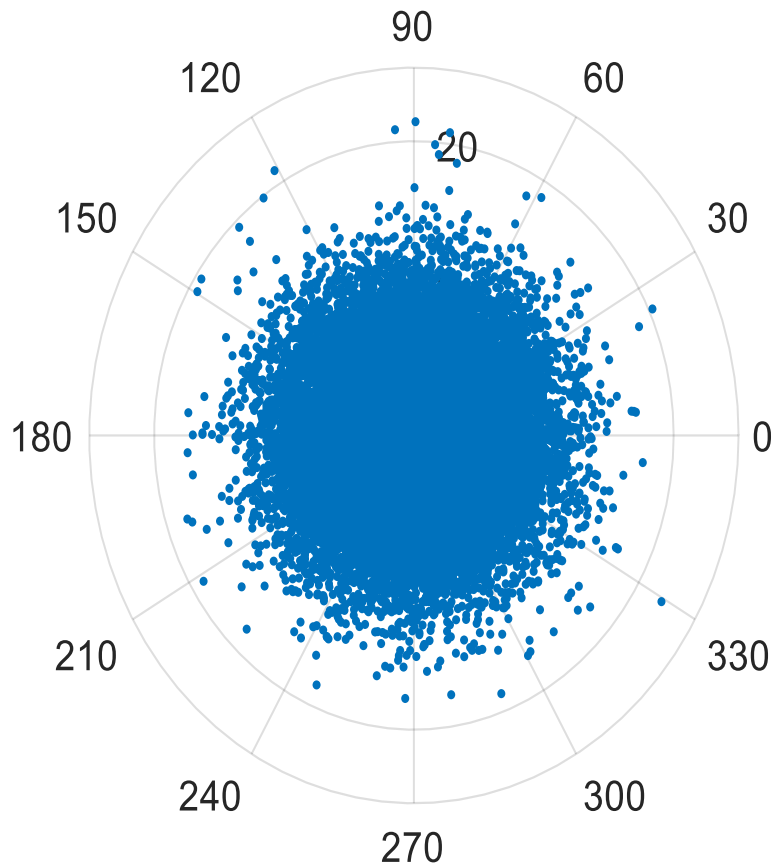
Zone	Train	Test
Zone 1	8784	8742
Zone 2	8784	8739
Zone 3	8784	8666
Zone 4	8784	8754
Zone 5	8784	8754
Zone 6	8784	8754
Zone 7	8784	8754
Zone 8	8784	8754
Zone 9	8784	8754
Zone 10	8784	8754

正規化後風力發電量二維線性圖

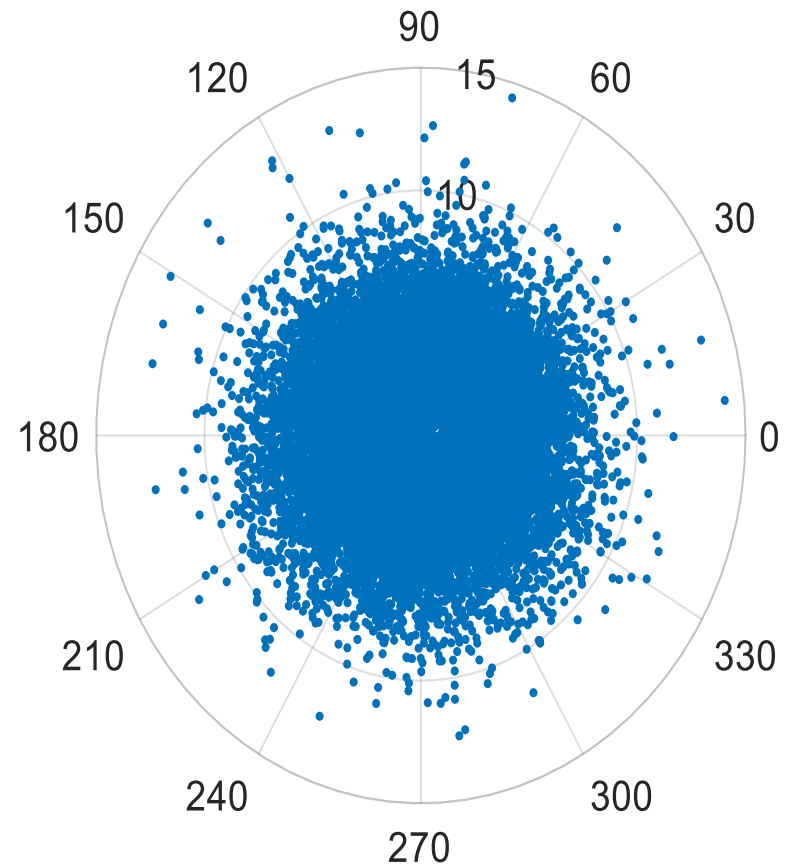


風速與風向關係圖

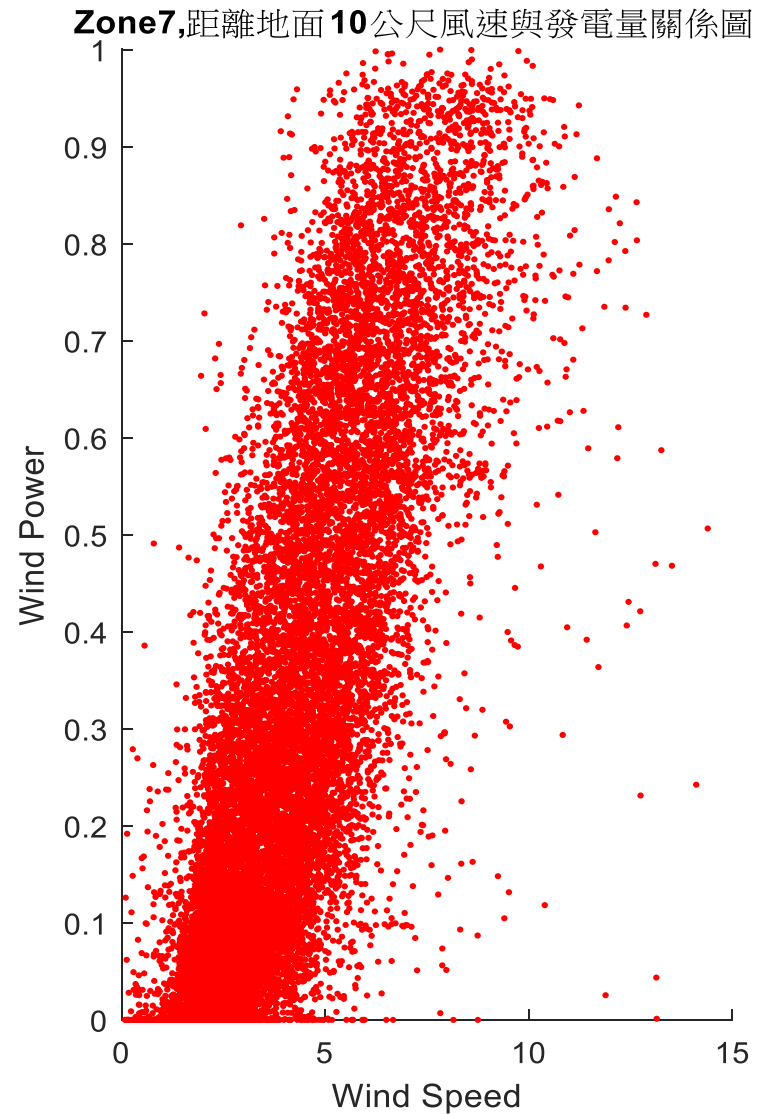
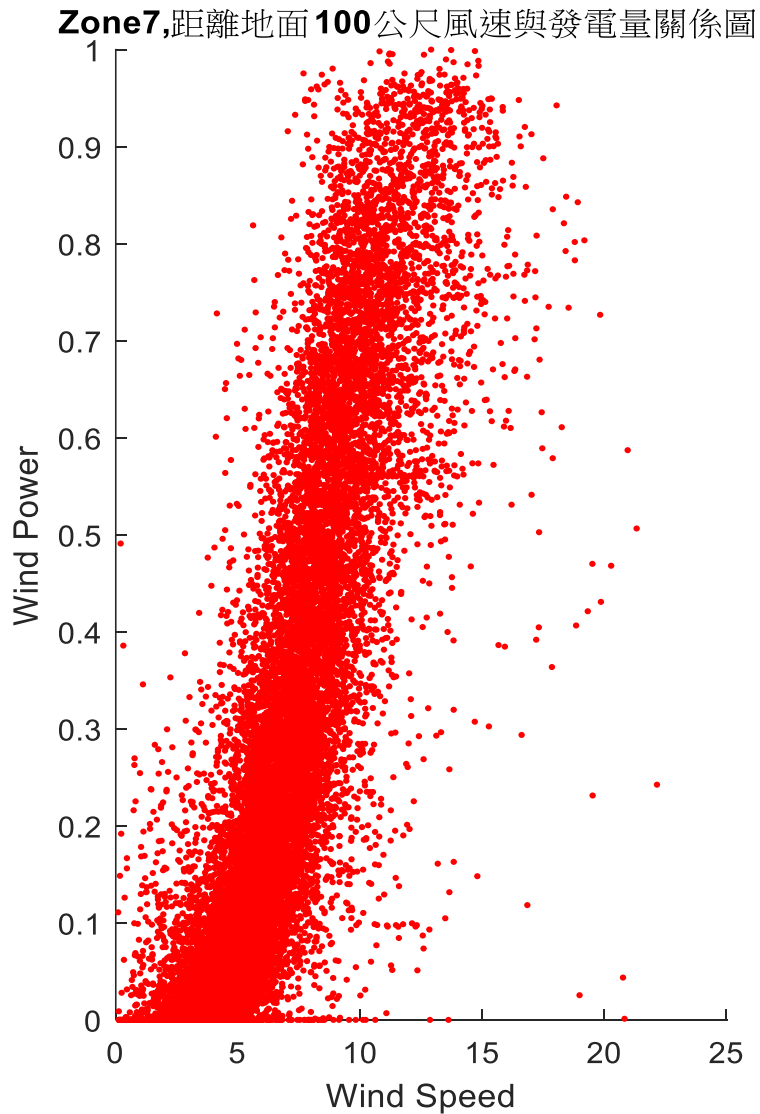
Zone7, 距離地面 100 公尺風向與風速關係圖



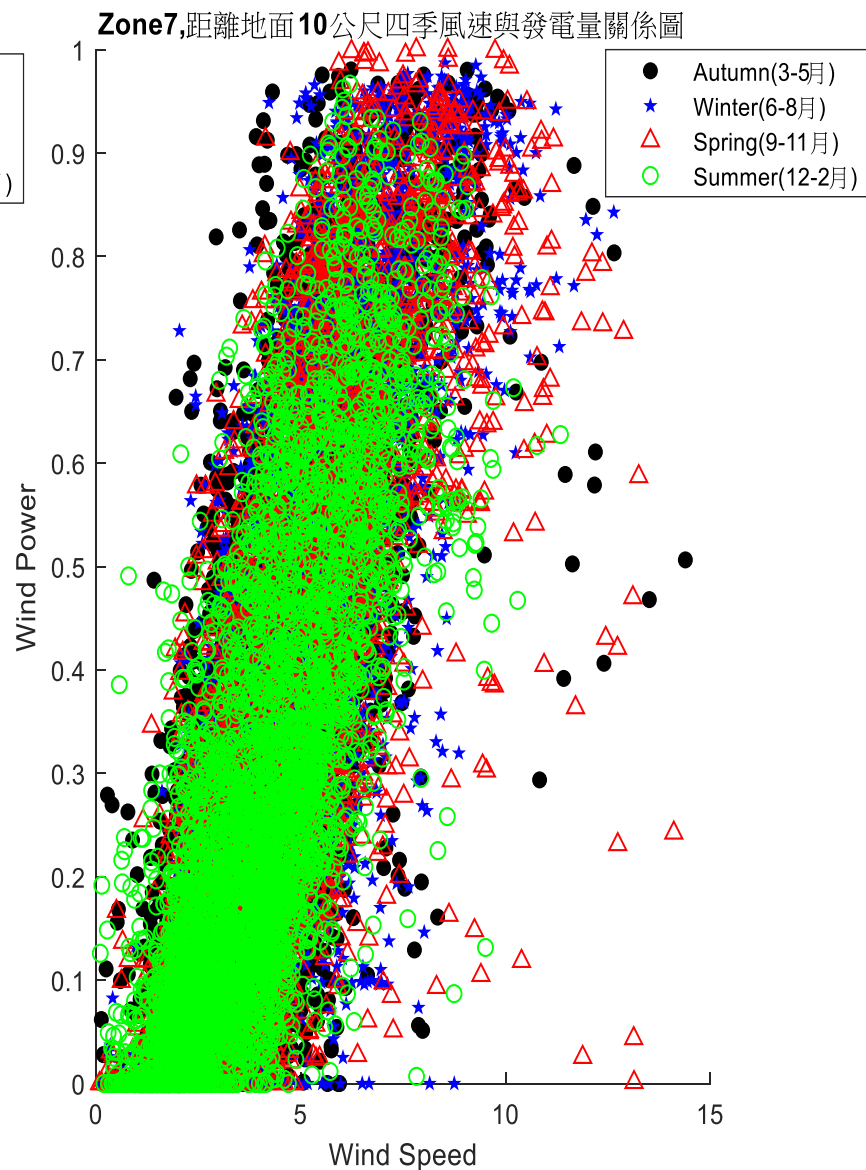
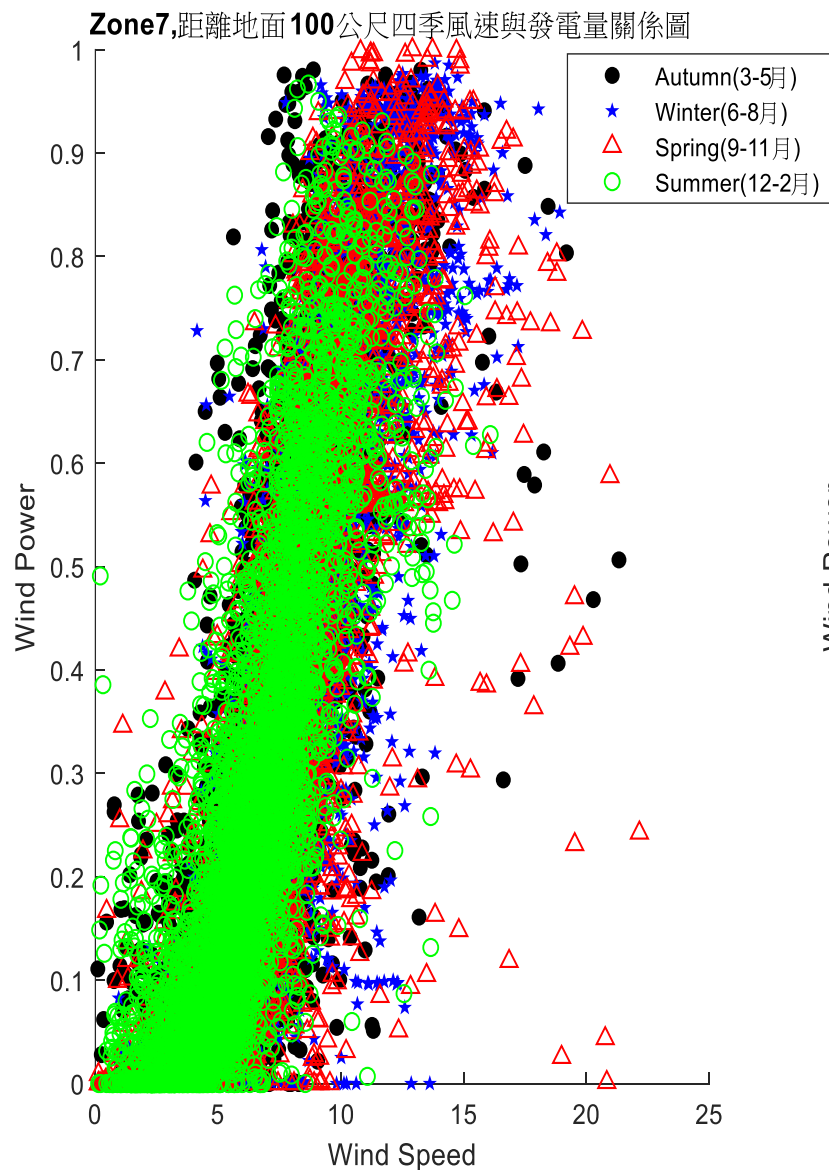
Zone7, 距離地面 10 公尺風向與風速關係圖



風速與風力發電量關係圖

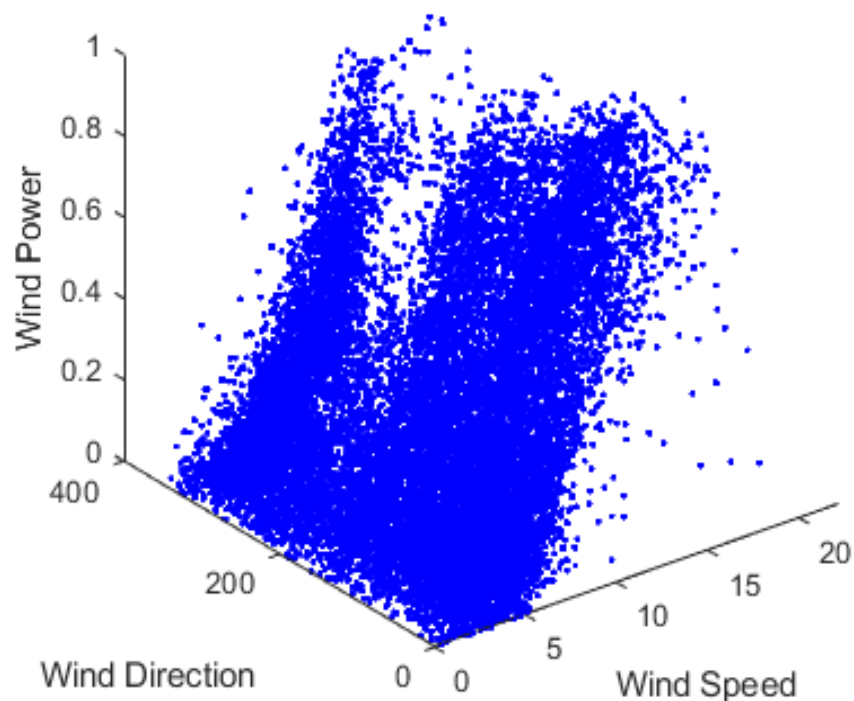


四季風速與風力發電量關係圖

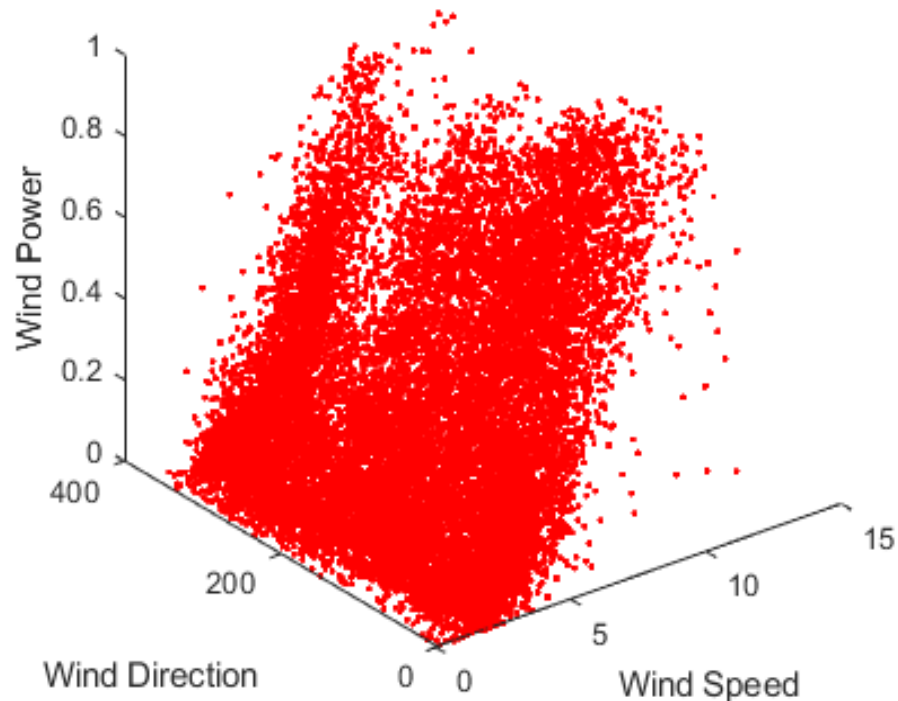


風速、風向與風力發電量點狀圖

Zone7,在100公尺高風速和風向對風力發電量的繪圖



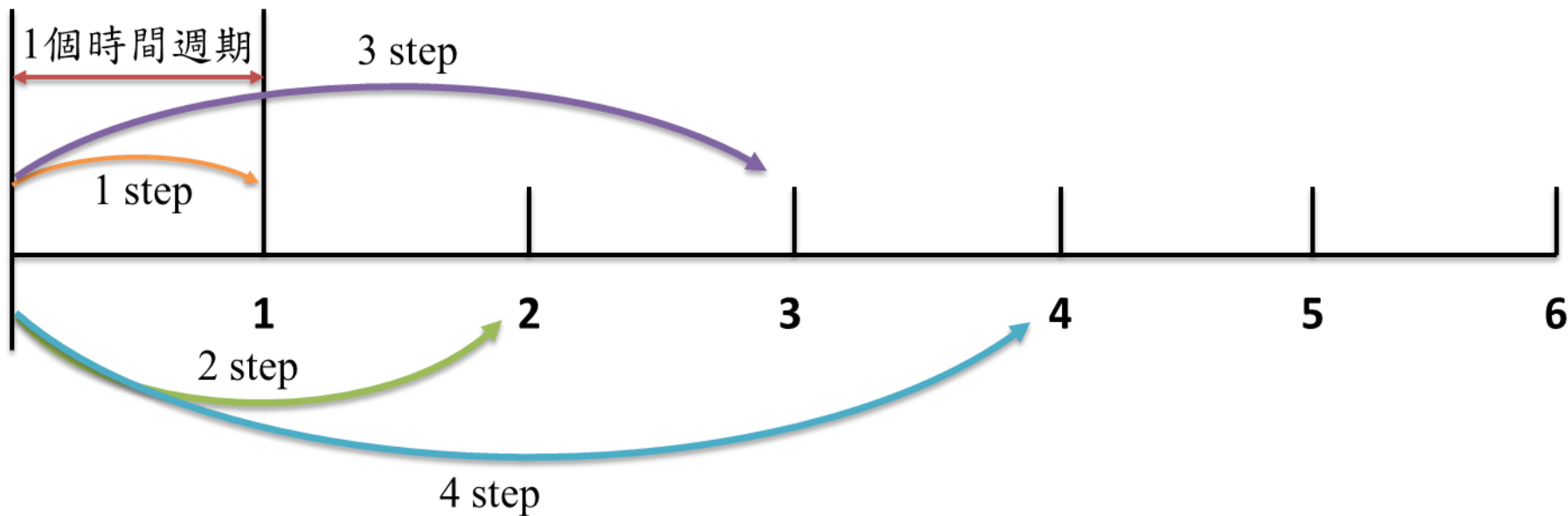
Zone7,在10公尺高風速和風向對風力發電量的繪圖



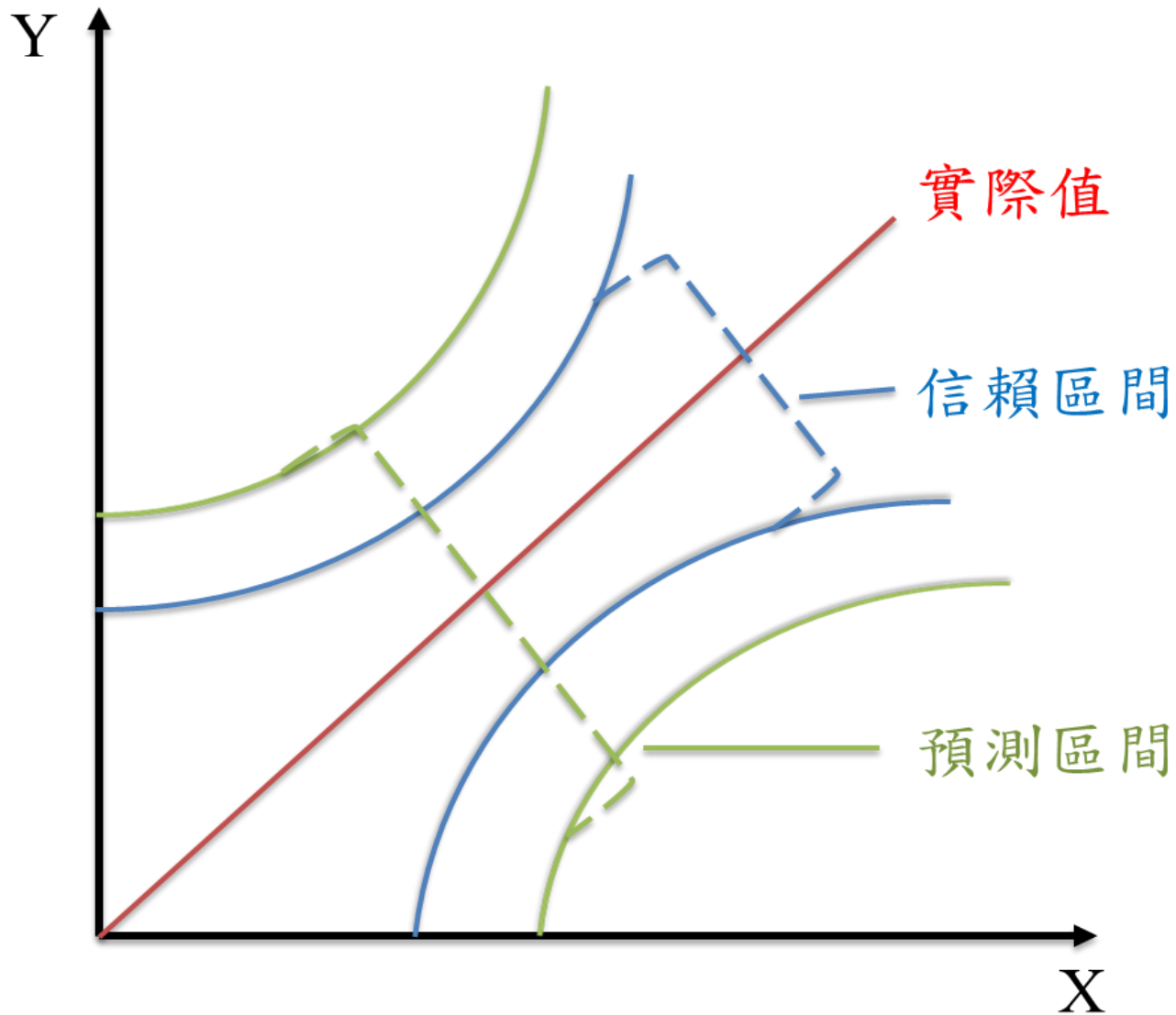
時間序列連續多步預測方法

多步預測方法

- **遞迴預測:**對於長期預測而言，可能會累積許多因不準確預測所導致的誤差，使得預測結果越來越不準確。
- **直接預測:**預測的每個步驟都是獨立的，不會包括任何模型之前的預測值，故不會受到累積誤差的影響。



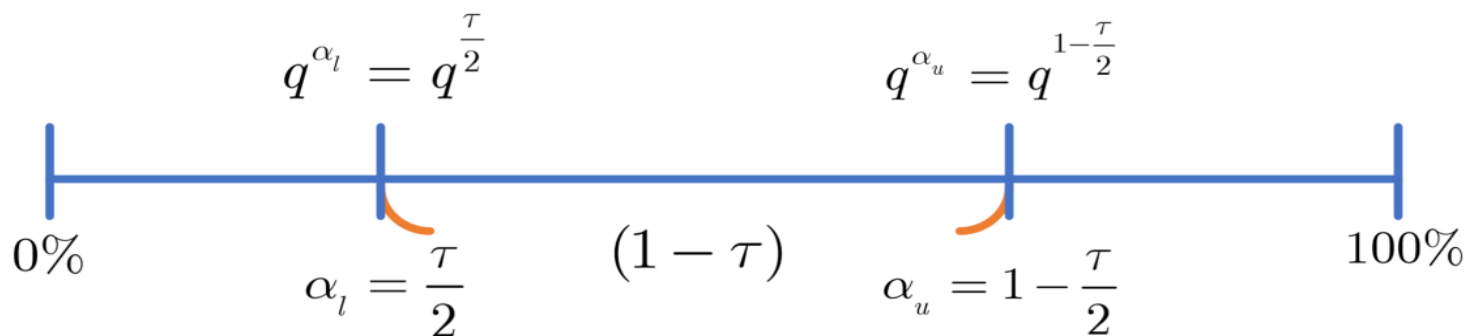
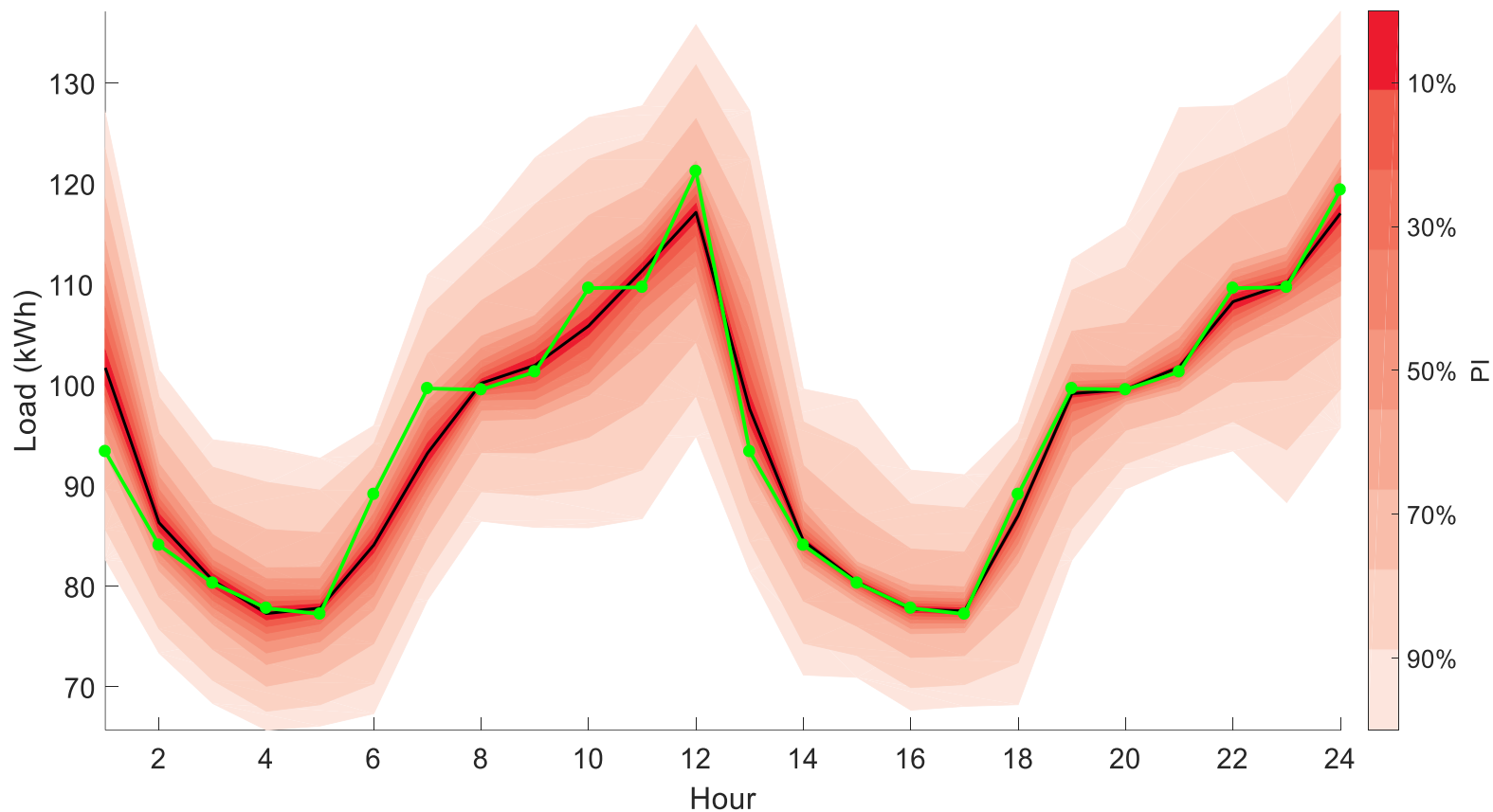
信賴區間與預測區間比較圖



信賴區間與預測區間比較表

考慮因素與結果	預測區間	信賴區間
偏差(Bias)	✓	✓
方差(Variance)	✓	✓
不可避免之誤差 (Irreducible Errors)	✓	✗
特定x值下之y值	一個x對一個y值	y的平均值
預測之寬度	較寬	較窄

預測區間定義與示意圖



非參數型概率預測方法

$$\left. \begin{aligned} P(Y_t < x) &= \alpha \\ q_t^{(\alpha)} &= F_t^{-1}(\alpha) \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{定義區間} \\ \text{分位數} \end{array}$$

$$\left. \begin{aligned} \bar{\alpha} - \underline{\alpha} &= 1 - \beta \\ \underline{\alpha} &= 1 - \bar{\alpha} = \frac{\beta}{2} \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{找尋所需} \\ \text{分位數之比例} \end{array}$$

將所需之分位數下的函數估計值與點預測結果結合

$$\hat{q}_{t+k|t}^{(\underline{\alpha})} = \hat{y}_{t+k|t} + \hat{F}_{t,k}^{\epsilon^{-1}}(\underline{\alpha})$$

$$\hat{q}_{t+k|t}^{(\bar{\alpha})} = \hat{y}_{t+k|t} + \hat{F}_{t,k}^{\epsilon^{-1}}(\bar{\alpha})$$

$$I_{t+k|t}^{(\beta)} = \left[q_{t+k|t}^{(\underline{\alpha})}, q_{t+k|t}^{(\bar{\alpha})} \right]$$

生成概率預測區間上下限

$$\hat{f}_{t+k|t} \rightarrow \left\{ \hat{y}_{t+k|t} + \varepsilon_i, \varepsilon_i \in S_{t,k} \right\}$$

將不同時間點之點預測結果
與誤差累積分佈函數結合

$$\hat{F}_{t,k}^{\epsilon}(x) = \frac{1}{n} \# \left\{ \varepsilon_i \in S_{t,k} \mid \varepsilon_i \leq x \right\}$$

引入累積分佈函數

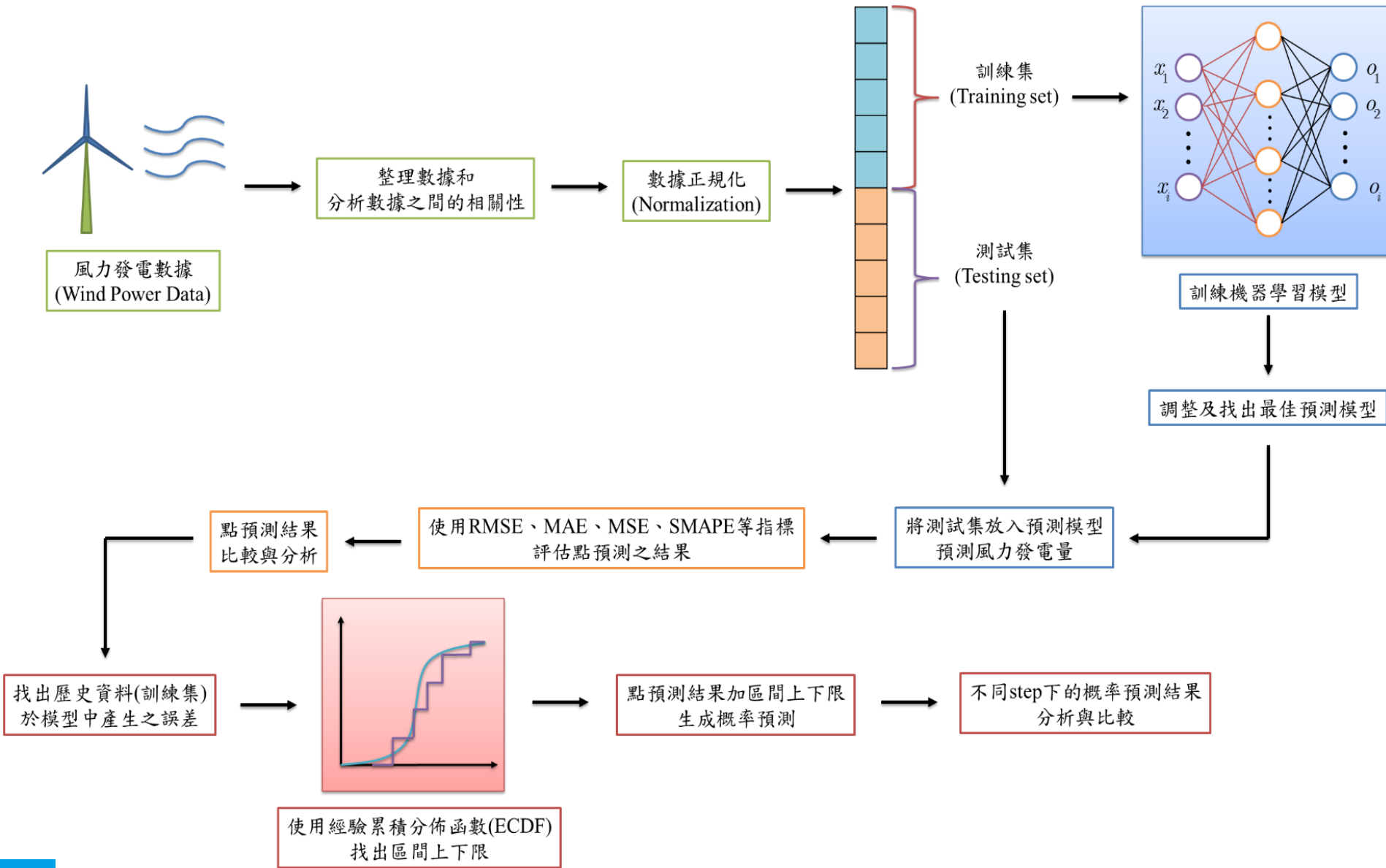
$$S_{t,k} = \left\{ \hat{\varepsilon}_j \in \Omega_{t,k}, j = 1, \dots, n \right\}$$

標準化誤差集合

$$\Omega_{t,k} = \left\{ \varepsilon_{t-i+k|t-i}, i \in \mathbb{N}, i > k \right\}$$

將風力發電點預測誤差寫成集合

預測架構圖



模擬結果 與分析

點預測評估指標

$$\text{MAE} = \frac{\sum_{t=1}^n |y'_t - y_t|}{n} = \frac{\sum_{t=1}^n |e_t|}{n}$$

平均絕對誤差

$$\text{MSE} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (y'_t - y_t)^2$$

均方誤差

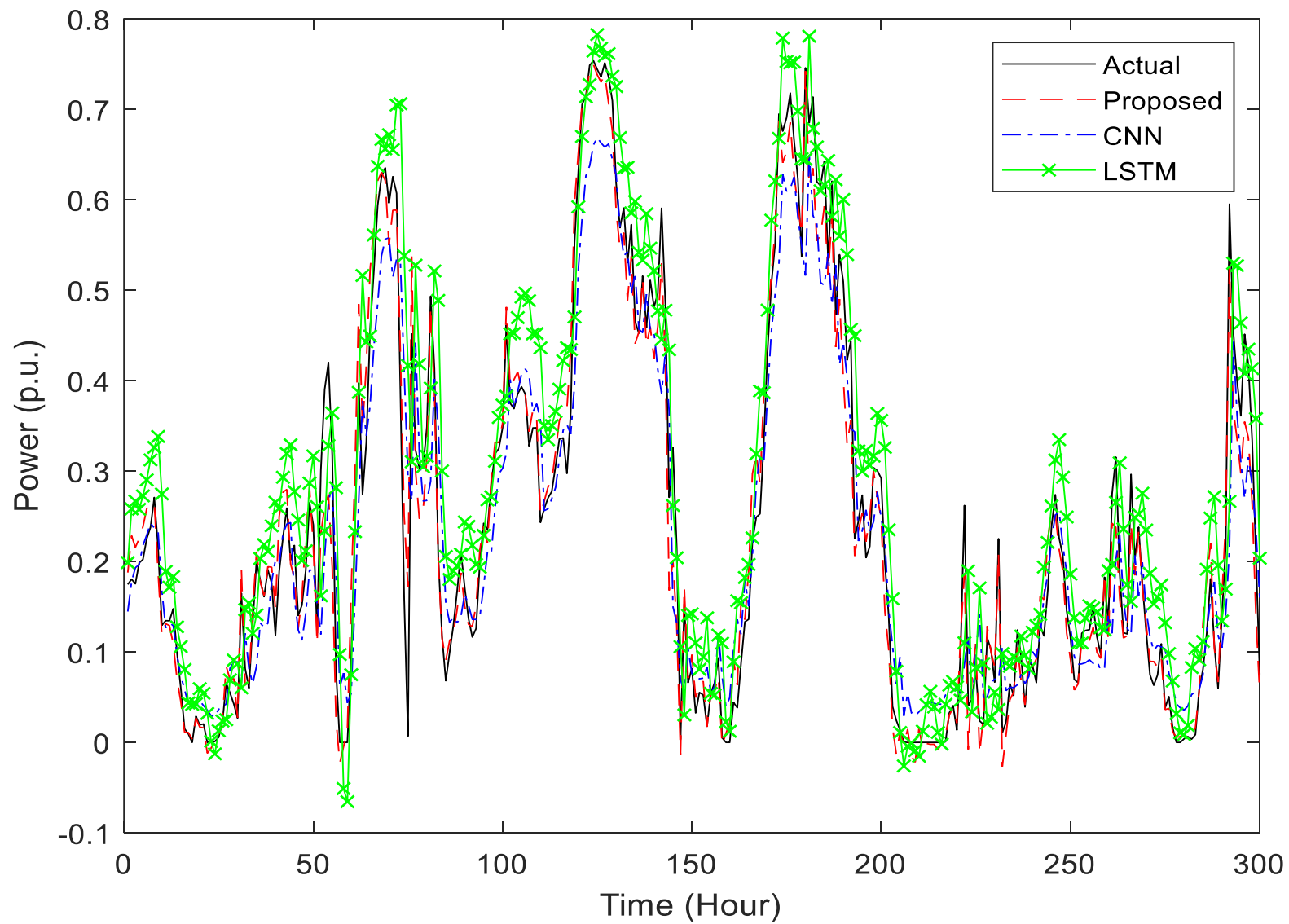
$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (y'_t - y_t)^2}{n}}$$

均方根誤差

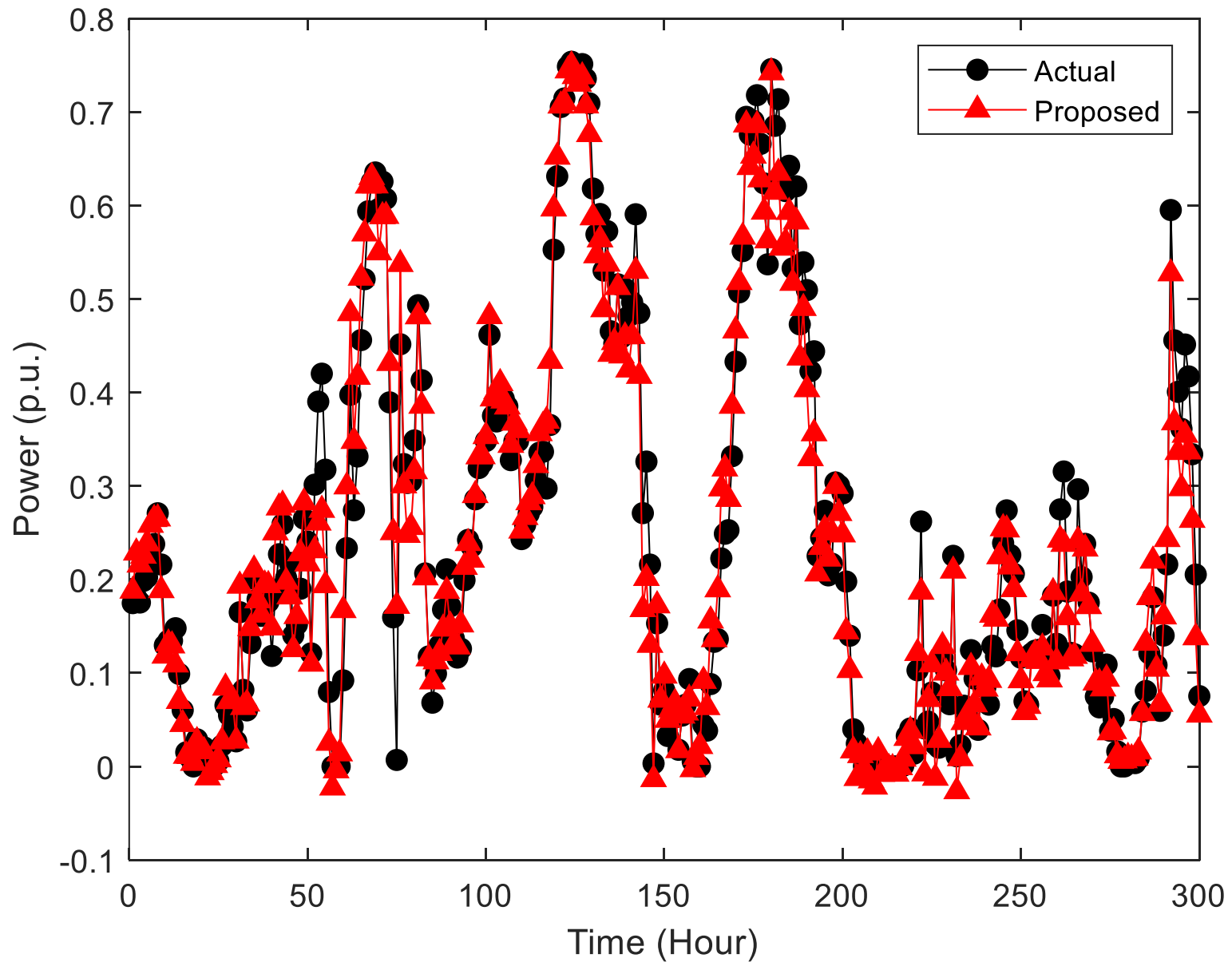
$$\text{SMAPE} = \frac{100\%}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|y'_t - y_t|}{|y'_t| + |y_t|}$$

對稱平均絕對百分比誤差

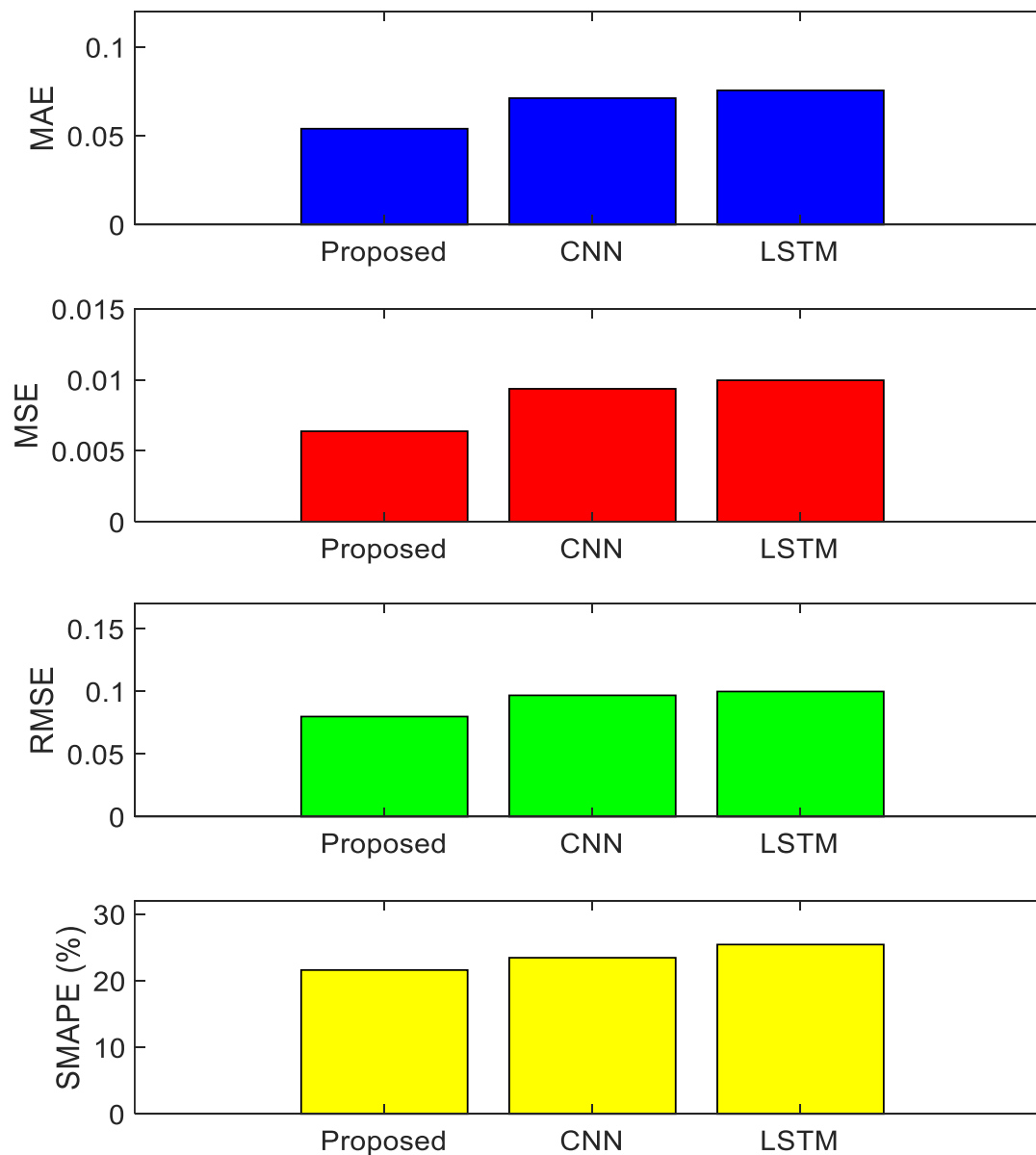
點預測結果



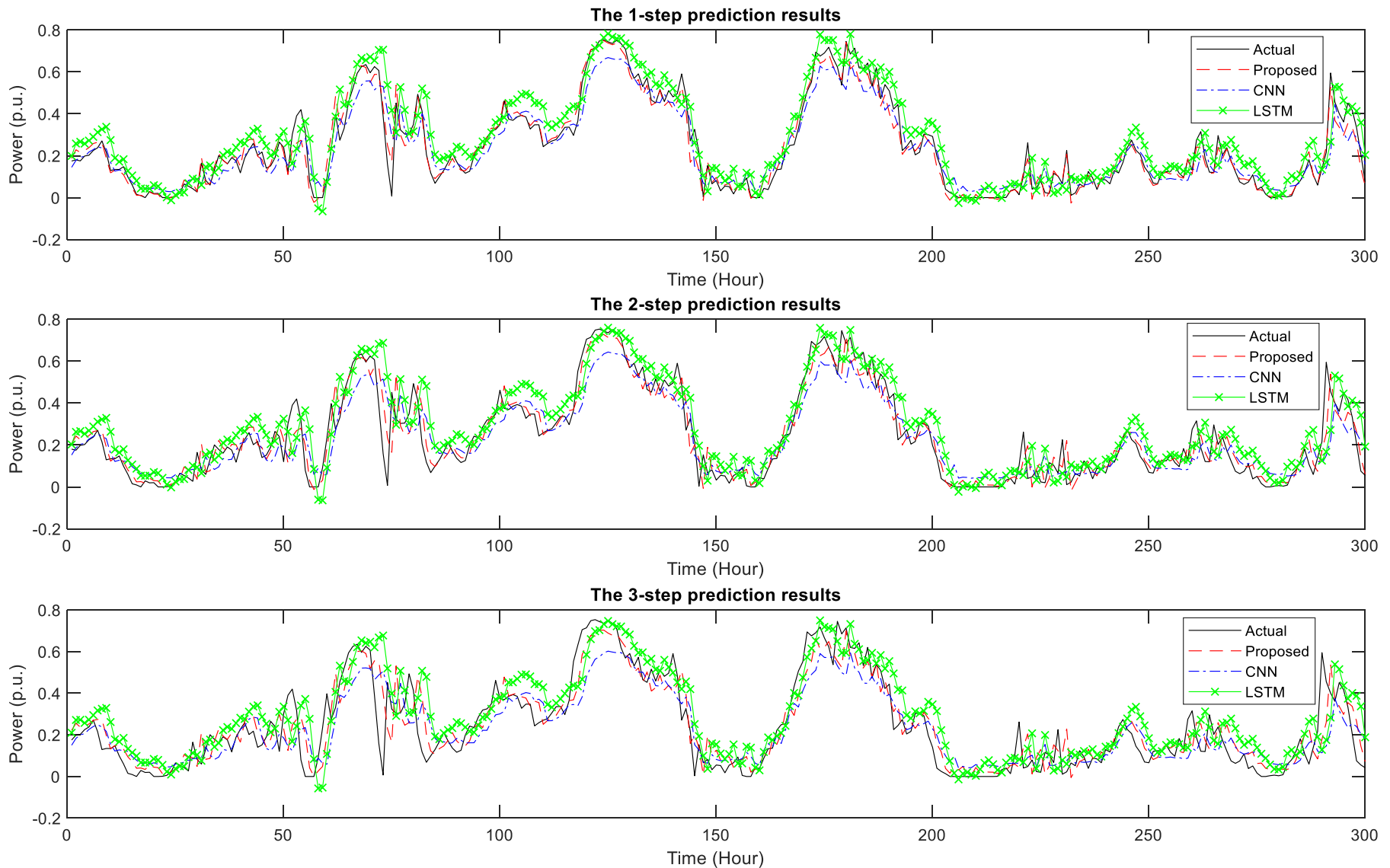
所提模型點預測結果



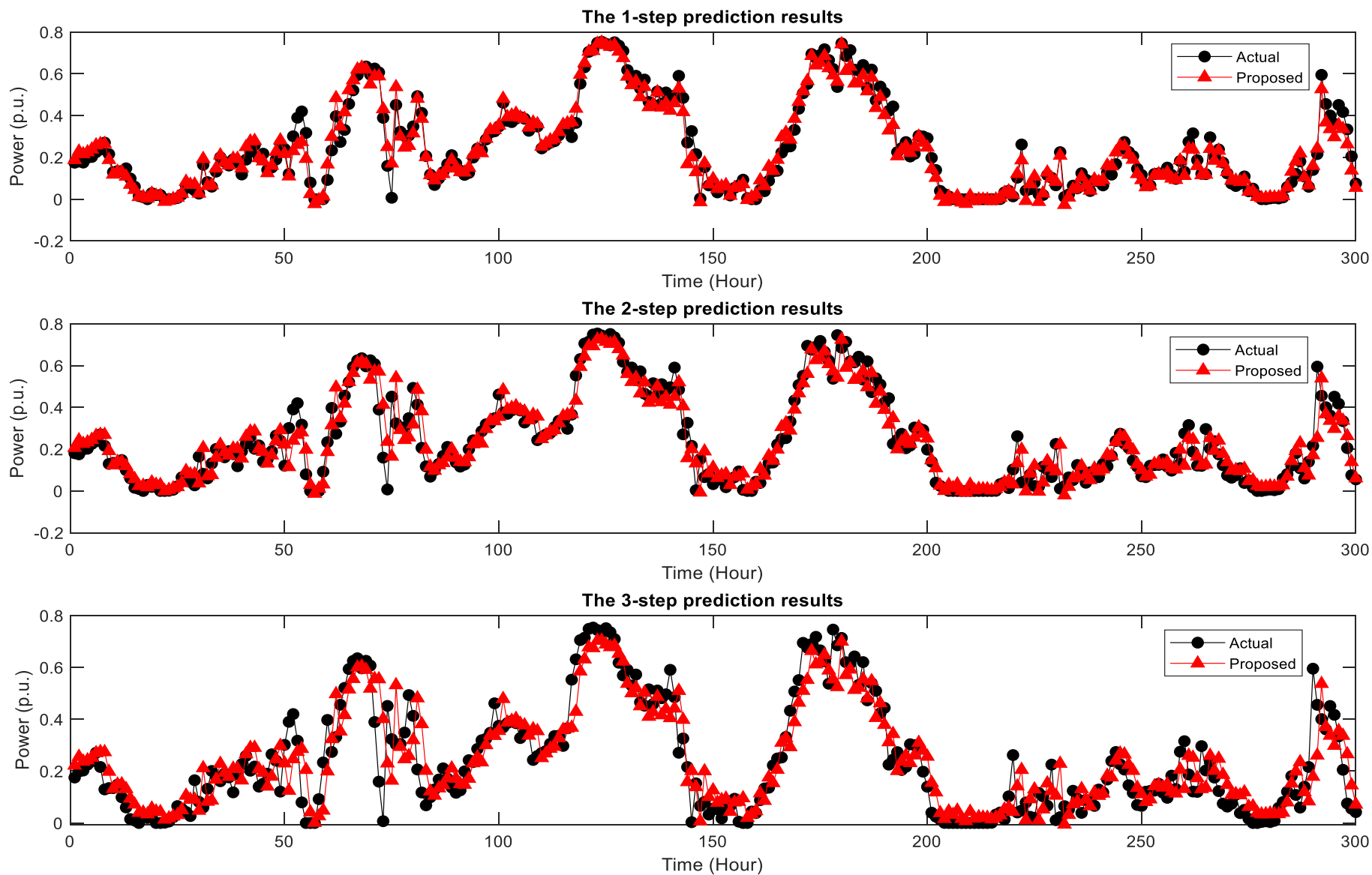
點預測評估指標比較



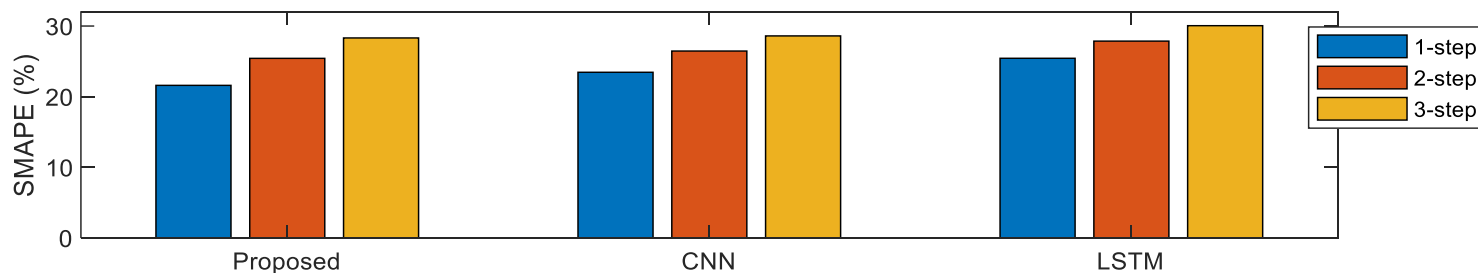
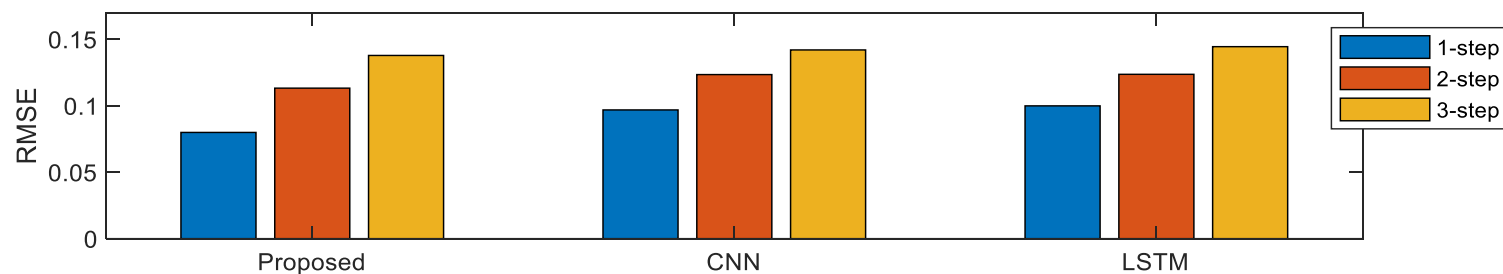
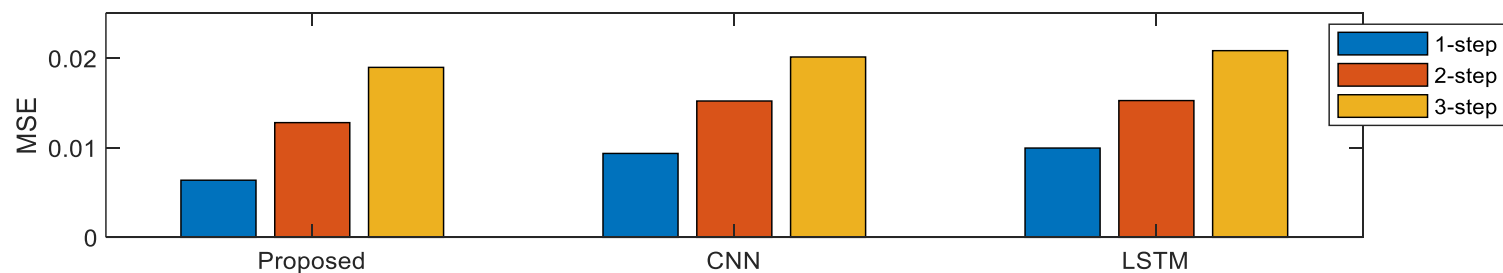
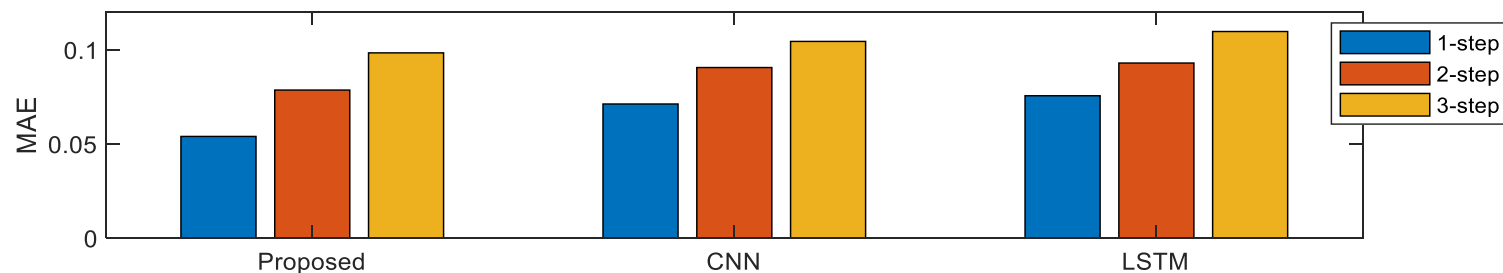
多步點預測結果



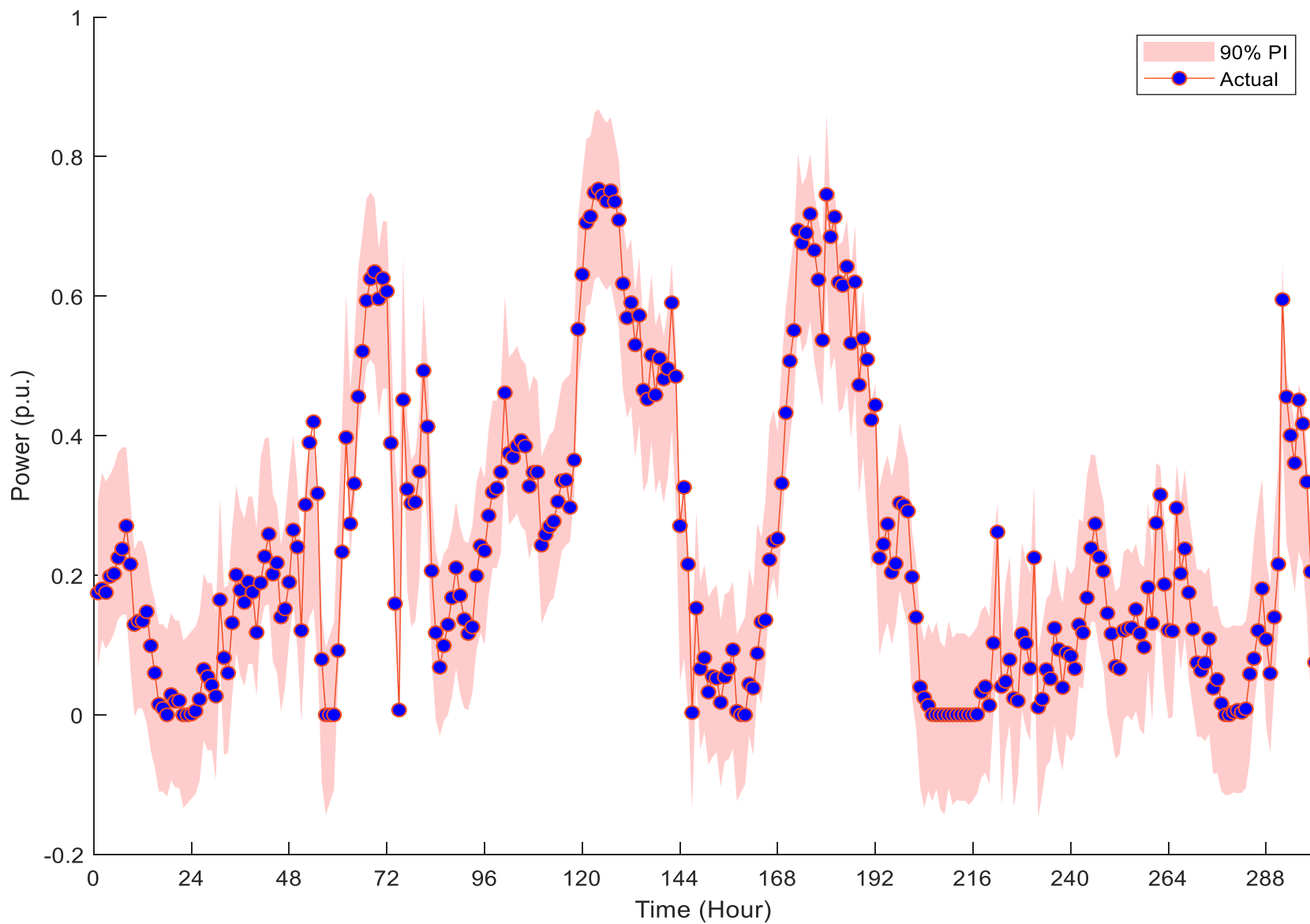
所提模型多步點預測結果



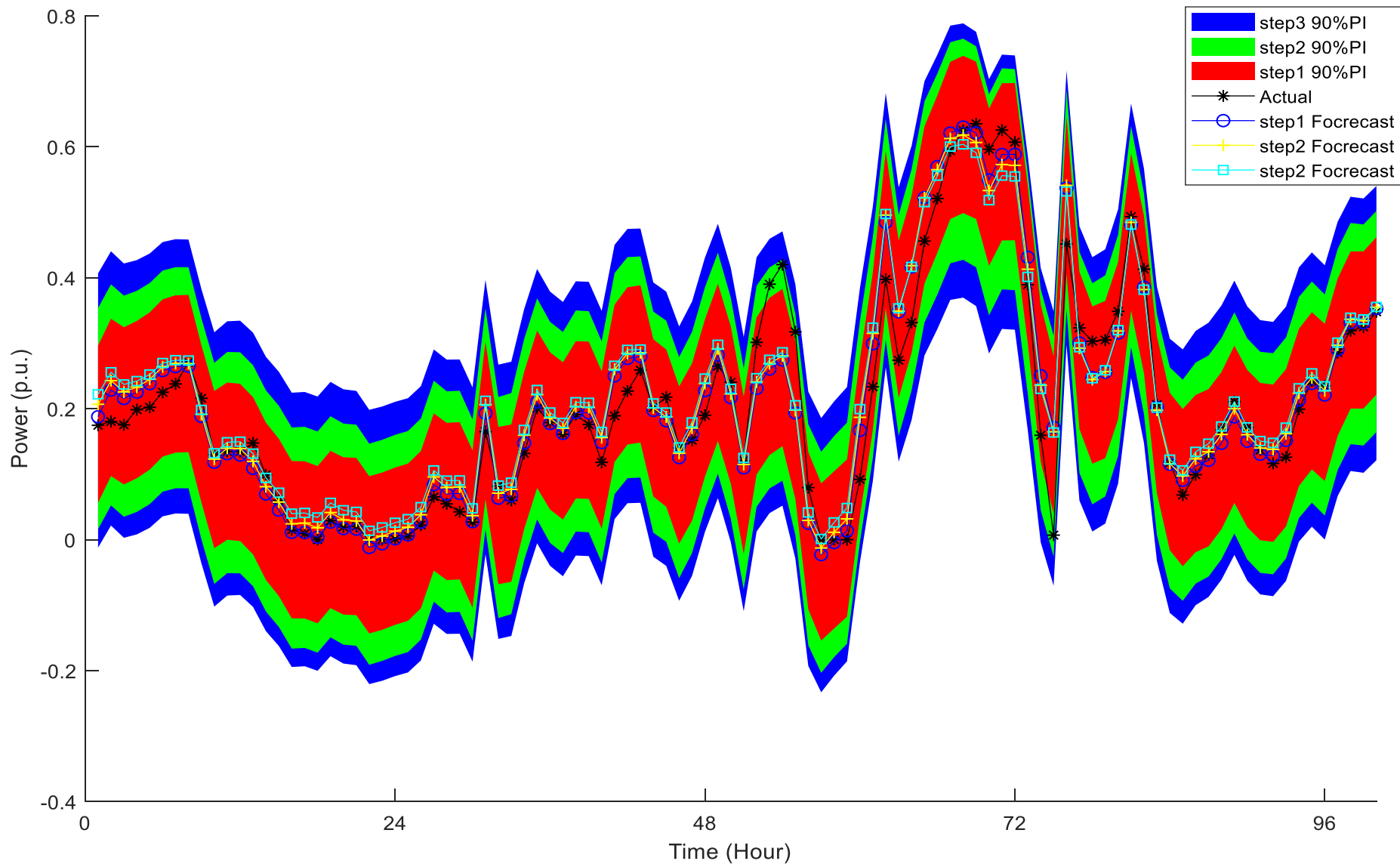
多步點預測評估指標比較



概率預測結果

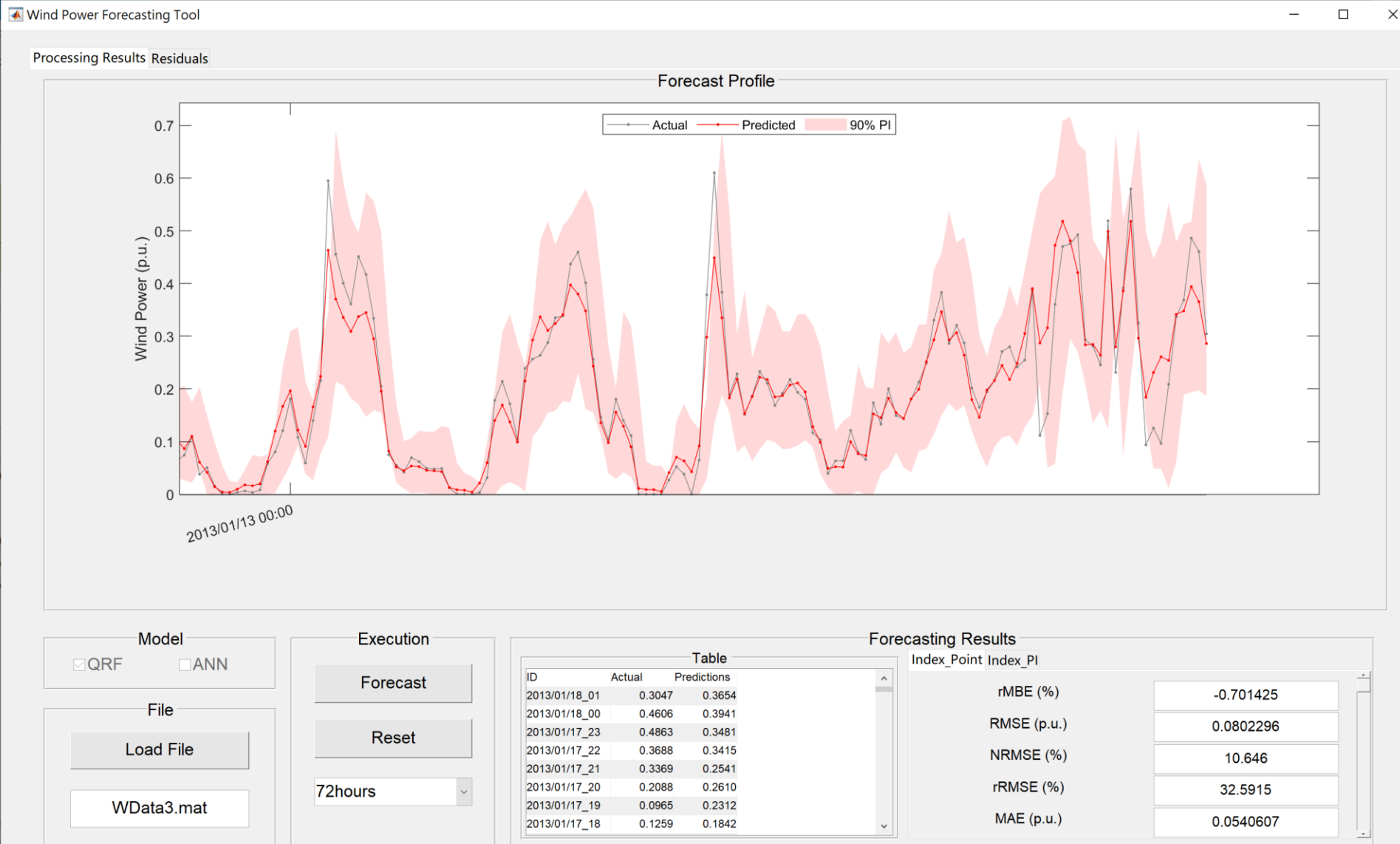


多步概率預測結果

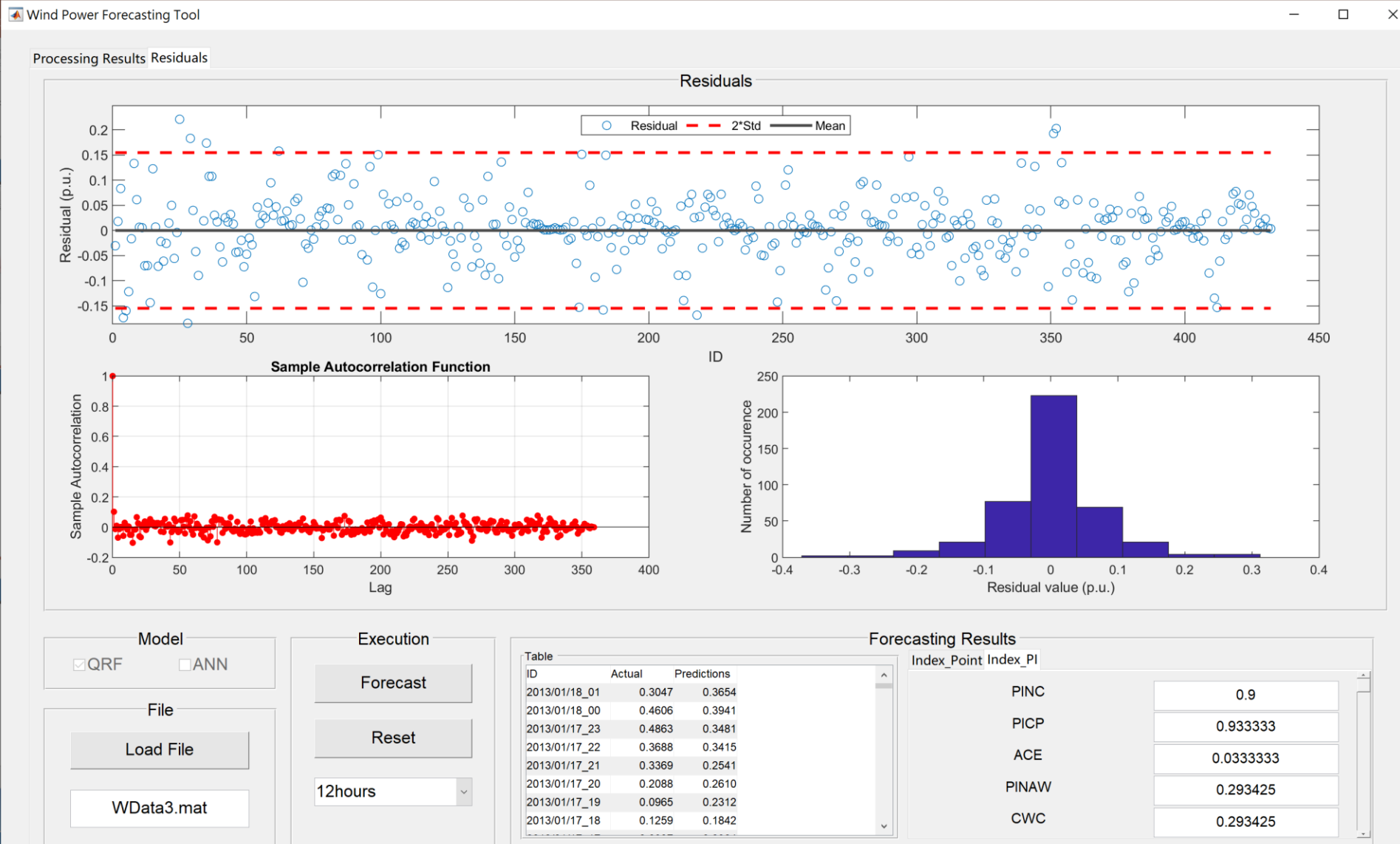


再生能源與負載 預測系統

研究團隊自行開發之預測系統(1/2)



研究團隊自行開發之預測系統(2/2)



A blue rectangular sign with rounded corners and a white border, mounted on two grey poles. The sign features the text "Thank You!" in a bold, white, sans-serif font. The background of the slide is a light blue gradient.

Thank You!