



智慧能耗與碳排管理平台開發

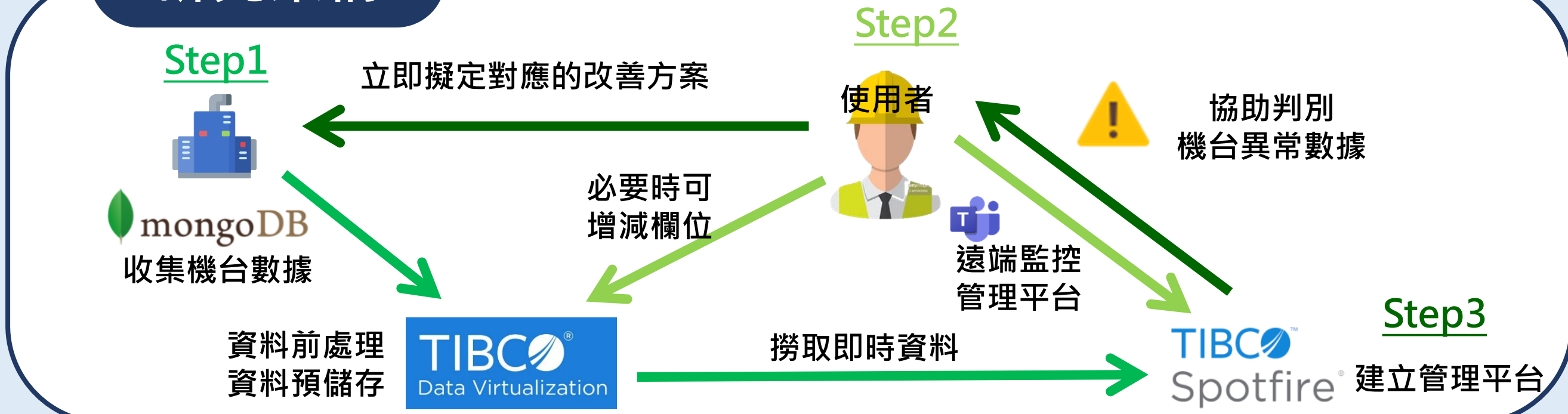
指導教授：梁韻嘉 教授

學生：羅泳霽、李沂璇

研究動機與目的

本研究與遠東先進纖維公司進行場域數位助理開發產學合作計畫，其研究對象為電力系統、冷凍機、冷卻水塔。本研究發現目前公司主要使用WinCC軟體監控廠內的重要能源使用設備及溫室氣體排放資訊，此軟體無法於廠區外進行監控。當人員欲分析能源使用情況時，會利用可視化工具(TIBCO Spotfire)作資料分析，但資料視覺化程度仍有改進空間。因此，本研究協助公司建立智慧能耗與碳排管理平台，並遵循ISO50001能源管理系統標準，使員工能夠遠端監控設備運作狀況。

研究架構



研究方法

1 蒐集資料

蒸氣	總蒸氣量 蒸氣單耗	天然氣	天然氣耗量 總熱值 碳排放量
電力	用電度數 電單耗 電力碳排放量	冷卻水塔	進水溫度 出水溫度 室外濕球溫度
產量	產量 稼動率 室內濕球溫度	冷凍機	冷凝器進出水溫度 蒸發器進出水溫度 冷凍噸

2 資料前處理

- 能源績效指標公式
 - 影響因素(x_i): 公司能源使用設備資料類型
 - 能源績效指標(y_i): 目前尚未紀錄, 因此本研究需自行建立
- 1、冷凍機

$$COP = \frac{\text{冷卻能力(W)}}{\text{冷卻消耗電功率(W)}} = \frac{\text{設備冷凍噸} \times 3.516\text{kw}}{\text{冷卻消耗電功率(W)}}$$
 - 2、冷卻水塔

$$\text{冷卻水塔效能} = \frac{(\text{進水溫度} - \text{出水溫度})}{(\text{進水溫度} - \text{濕球溫度})} \times 100$$

各類別資料筆數統計

類別	筆數	間隔	資料期間
產量電力系統	29	一個月一筆	2020/01 ~ 2022/05
冷凍機系統	994	每小時一筆	2022/09 ~ 2022/11
冷卻水塔系統	37,984	每小時一筆	2021/09 ~ 2022/05

3 建立能源基線

- 方法：多元線性迴歸法

4 模型評估指標

- 決定係數(R^2)

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i, R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$$
- 平均絕對百分比誤差(MAPE)

$$MAPE = \frac{\sum \frac{|e_t|}{A_t}}{n} \times 100$$

研究結果

使用對象：工程師

碳排管理



電力系統

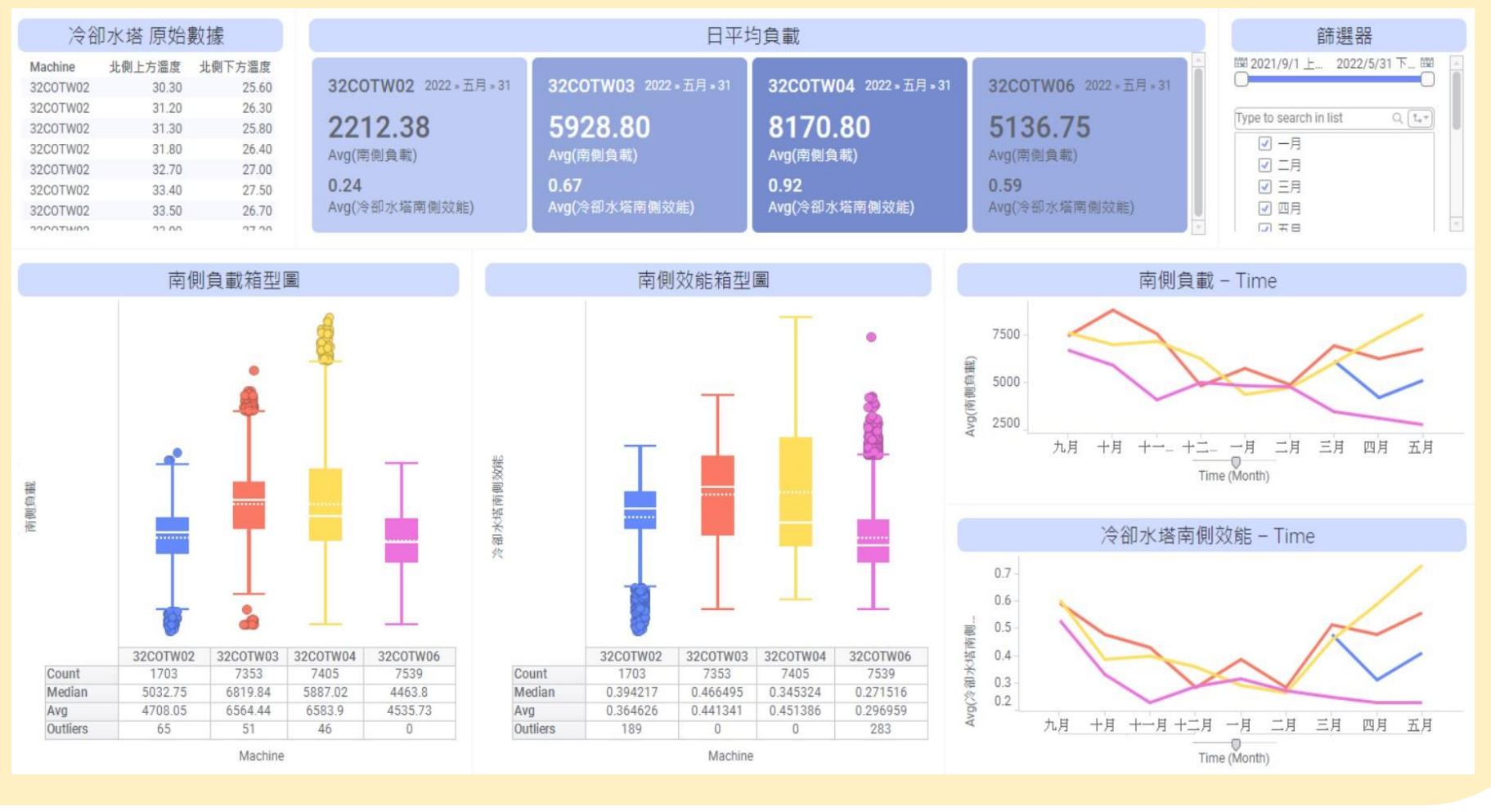


設備：冷凍機系統

冷凍機系統

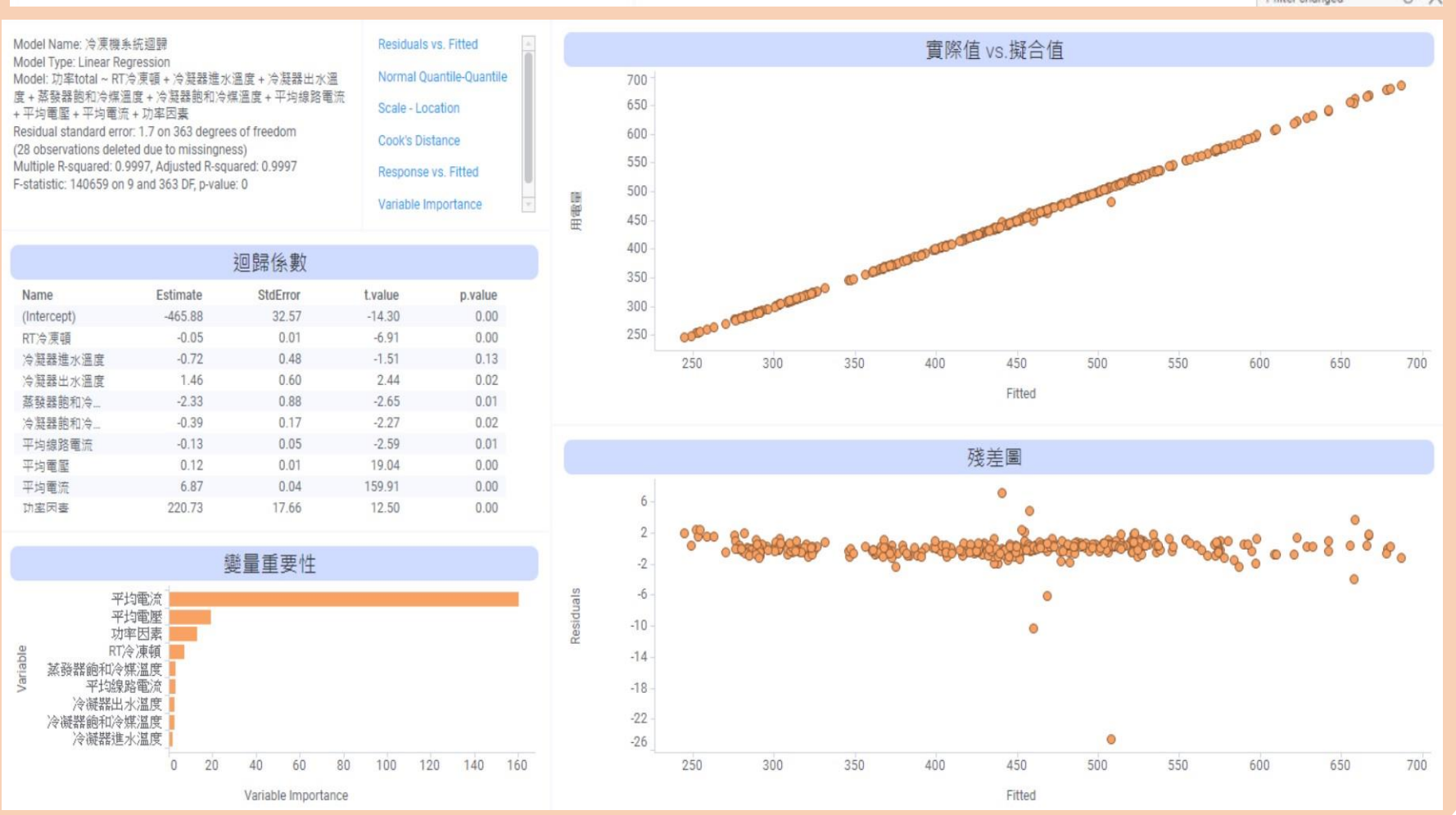


冷卻水塔系統



能源基線

能源基線



使用對象：主管



總表

遠端

結論

遠端監控介面

本研究開發碳排放管理系統、電力系統及能源使用設備三方面的可視化介面，使人員更有效率的監控系統，相較以往即時數據的呈現，本研究直接連結即時的數據在監控介面中做數據的分析，以圖表及KPI指標呈現即時的數據，讓人員能夠將即時數據與歷史資料作比較，協助判讀機台資訊。

能源基線

本研究以多元線性迴歸分析，開發冷凍機系統的能源基線迴歸模型，發現模型整體可達 $R^2=99.97\%$ 的效果， $p\text{-value}=0$ ，平均絕對百分比誤差(MAPE)達到0.1687%，表示預測結果的平均相對誤差僅有0.0016。

類別	線性模型	R^2	P-value	MAPE
冷凍機系統	總功率 = - 465.88 - 0.05冷凍噸 - 0.72冷凝器進水溫度 + 1.46冷凝器出水溫度 - 2.33蒸發器飽和冷煤溫度 - 0.39冷凝器飽和冷煤溫度 - 0.13平均線路電流 + 0.12平均電壓 + 6.87平均電流 + 220.73功率因素	0.9997	0	0.1687%
冷凍機#2	總功率 = - 588.66 - 0.54冷凝器進水溫度 + 0.99冷凝器出水溫度 - 1.18蒸發器飽和冷煤溫度 - 0.40冷凝器飽和冷煤溫度 - 0.05平均線路電流 + 0.14平均電壓 + 6.79平均電流 + 266.96功率因素	0.9994	0	0.1589%
冷凍機#5	總功率 = - 346.77 + 3.29冷凝器進水溫度 - 33.23冷凝器出水溫度 - 1.76蒸發器飽和冷煤溫度 + 29.89冷凝器飽和冷煤溫度 - 0.12平均線路電流 + 0.08平均電壓 + 6.81平均電流 + 183.20功率因素	0.9999	0	0.2037%