

運用於超級市場之能源管理系統資料數據平台

一、前言

近年來隨著科技進步與經濟發展，各國對於能源依賴程度也隨之升高，然而，隨之而來氣候變遷與能源耗竭等問題，自1970年代開始，能源議題開始備受關注，成為全球須共同面對與改善的首要問題，各國政府除了積極開源，尋找新形態能源；亦致力於節流，透過開發節能政策減少所需電力。

根據國際可再生能源機構（International Renewable Energy Agency, IRENA）最新報告[1]指出，2020年全球可再生能源新增裝置容量較去年增加超過260 GW，較2019年成長約50%，其中太陽能與風力發電成長最為顯著，分別增加了127 GW和111 GW，占可再生能源總產能的50%以上。全球可再生能源總裝置容量相較於2011年的1329 GW，於2020年達到近2800 GW，大幅成長近一倍以上。可再生能源裝置容量也從2011年的25.1%，於2020年已增加至36.6%。台灣方面，能源局統計顯示，2020年可再生能源增加約1.68 GW，年成長率達21%。

除致力於能源轉型政策，各國政府亦積極推動各項節能政策，其中能源管理系統（Energy Management System, EMS）即是其中一項重要方向。能源管理系統照應用領域可分為：居家能源管理系統（Home Energy Management System, HEMS）[2]和建築能源管理（Building Energy Management System, BEMS）[3]兩大領域。

居家能源管理系統（HEMS）通常針對居家環境中的家電設備，如：冷氣、冰箱、洗衣機、電視、照明等，透過區域網路進行連線，收集各家電耗能狀況與使用模式，建立居家用電模型，使住戶了解居家內家電耗能比例與使用時間，並根據不同用電模型調整節能策略，達到更好的節能成效。除節能控制外，HEMS 經常結合太陽能發電裝置，可自行產生電力補充用電量，例如，日間陽光充足時，可透過太陽能板發電輸送至用戶家，供空調、照明等設備使用，減少市電需求以達到節能。

建築能源管理系統根據不同情境，經常使用於賣場、工廠、辦公大樓、醫院、居家等環境。能源管理系統整合智慧電網中各種用電設備，包含照明、空調、冷凍冷藏櫃、家電器、加熱設備等，透過資通訊技術整合國際標準通訊協定，如：Modbus、藍牙、Wi-Fi等達到M2M通訊，用於即時蒐集數據，監控用電設備耗能與運作行為。可即時提供管理者監控整體環境的耗能變化與各設備運作狀態，透過全面監控與管理將有助於用電設備的保養與維修，設備出現異常時，亦可經由警報系統即時告知管理者或維修商，減少因設備故障所導致的營業損失，甚至可透過長時間數據解析，於故障發生前提早發現設備異常。

本研究整合能源管理系統收集之大量設備運轉數據與用電資訊，透過上傳至雲端伺服器，整合資料視覺化網頁，提供清晰有效的數據分析結果，幫助使用者更容易了解能源管理系統場域設備狀態與環境概況。

資料視覺化（Data Visualization）[4] [5] 使用統計圖表、圖形、地圖、立體模型等工具，從大量原始數據庫中，萃取對使用者有用的資訊，以視覺方式使複雜難懂的資訊轉變成容易閱讀理解的分析結果，透過資料分析幫助使用者發現問題，甚至進一步解決問題。

隨著大數據時代到來，如何在巨量的資料裡找到所需的資訊，資料視覺化的工具和技術顯得格外重要。資料視覺化結合了電腦科學、統計演算和產業知識這三項專業領域，首先由統計演算者建立演算模組，電腦開發者運用資訊技術依統計模型，進行資料解析與運算，最後交由實際應用的產業，透過專業知識與實務經驗進行分析與決策。

目前常見的應用範圍包含政府機關資料視覺化、氣候資料、企業營運等，以機關資料為例，可應用於防災資訊服務網（圖1）、COVID-19 疫情資訊（圖2）、用電曲線（圖3）等。相較於傳統表格呈現，資料視覺化透過地圖、顏色標示與圖表，讓決策者能更理解數據意義與趨勢，準確分析資料並找出決策的關鍵資料；此外亦可提供民眾了解地區現況，讓資訊傳遞與政策實施上更有效率。



圖 1 經濟部水利署防災資訊服務網，來源：<https://fhy.wra.gov.tw/fhy/>

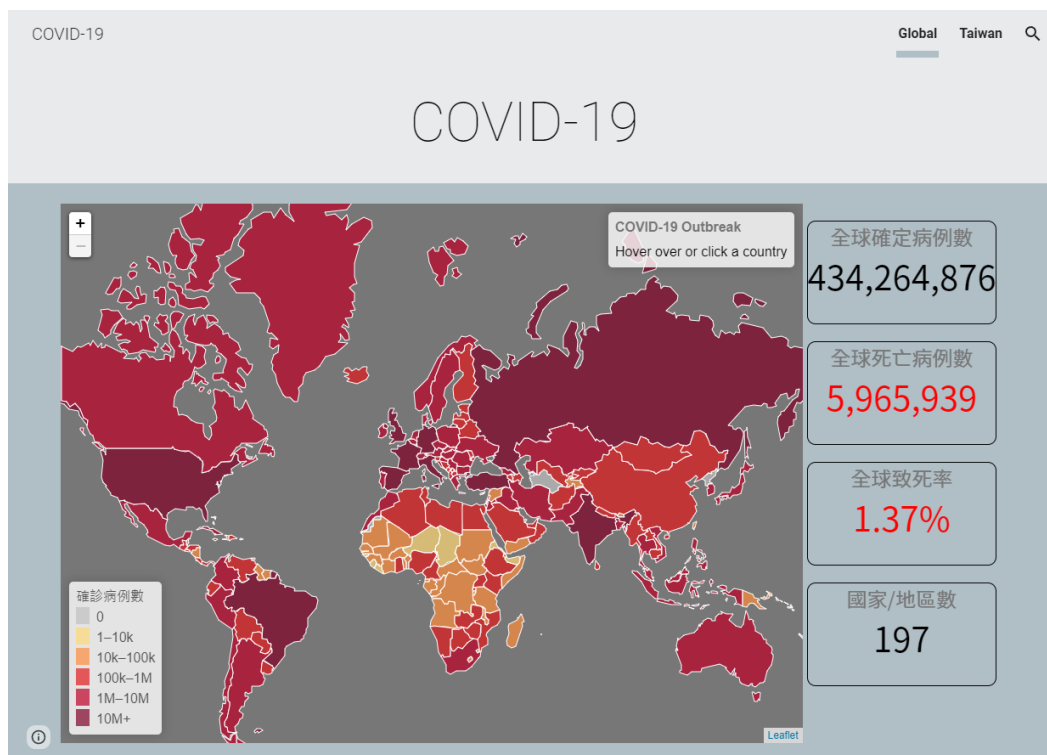


圖 2 衛生福利部疾病管制署，來源：<https://www.cdc.gov.tw>

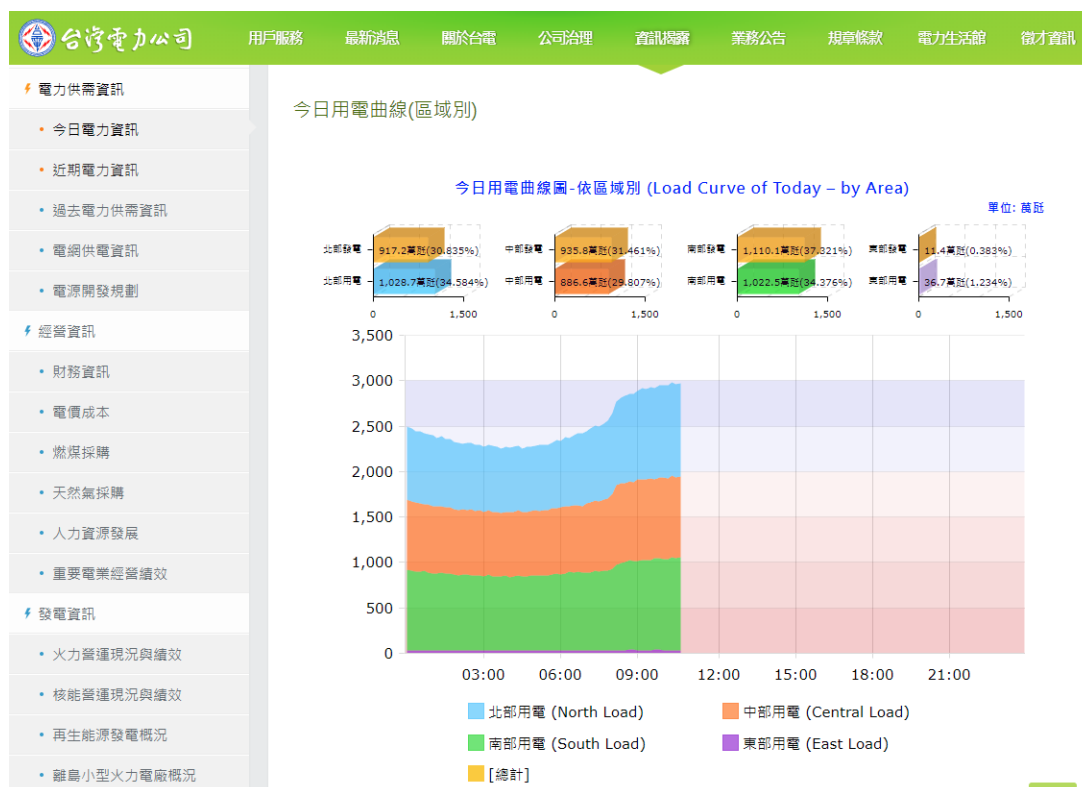


圖 3 台灣電力公司用電曲線，來源：<https://www.taipower.com.tw/>

二、能源管理系統架構與設計

本研究開發之能源管理系統[6]主要應用於中小型超級市場，賣場面積平均約600平方公尺，整合賣場內的冷凍冷藏設備、空調設備、燈光設備等基本營業設備，以及建置智慧電表量測迴路之電壓（V）、電流（A）、功率因數（PF）、瞬時功率（kW）、耗電量（kWh）等相關用電資訊，並透過Wi-Fi無線通訊板傳送量測數據至伺服器。

至2021年底為止，本研究團隊陸續建置20家以上超級市場，收集超過一年的用電與設備運轉數據。並建置視覺化數據平台，將能源管理系統所收集到的大數據資料，以圖表形式呈現，提供超級市場管理者監控各場域設備狀態，可進一步比較不同類型店面之用電情形，找到設備或現場環境可改善的空間達到更高的節能成效。

此能源管理系統（EMS）包含EMS主機、隨插即用Wi-Fi無線通訊模組、冷凍冷藏櫃溫度控制器、空調與照明控制器，各設備透過無線控制模組與EMS

主機連接，設備資料經由Wi-Fi網路雙向通訊，進行資料監視與控制，能源管理系統架構如下圖4所示。

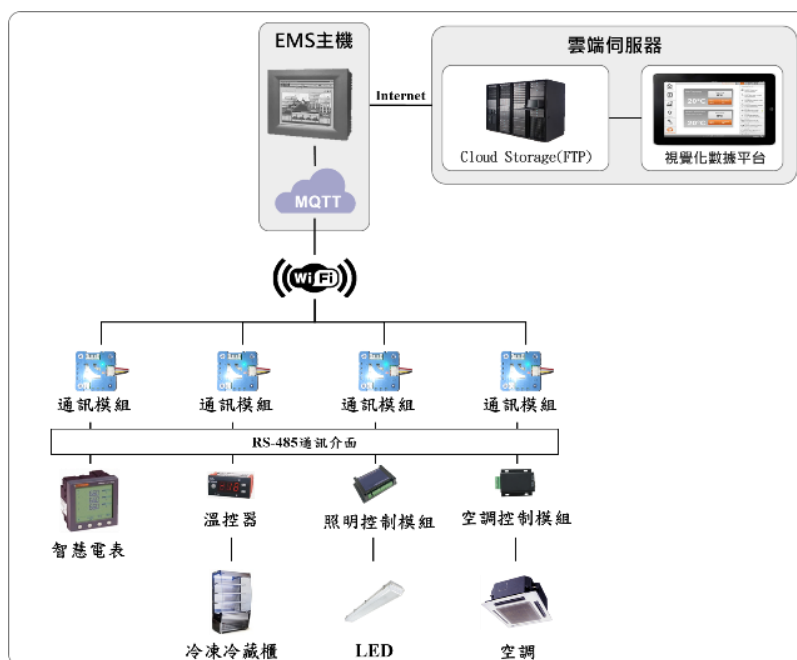


圖4 能源管理系統架構圖

在此能源管理系統中，EMS主機負責收集來自超級市場中各項設備運轉數據，內容包含冷凍冷藏櫃的運轉模式、出風溫度、回風溫度、蒸發器溫度和電磁閥開啟狀態，空調回風溫度、運轉模式、設定溫度等，皆遵循RS-485通訊協定，透過Wi-Fi無線模組上傳至EMS主機上的MQTT（Message Queuing Telemetry Transport），將設備串接成區域內之物聯網；並透過本研究開發的節能演算法分析各項數據後，下達控制指令至場域內設備以達到節能。

本研究針對冷凍冷藏櫃開發之節能演算法主要有以下兩項，第一項為動態溫度控制演算法，此方法根據溫控器所取得的溫度數據，進行動態溫度控制；如圖5可見，單日內不同營業時段外氣入侵程度變化。外氣入侵程度低時，保冷效果較佳，可動態降低壓縮機運轉時間以達到節能。第二項為動態除霜控制，取代舊有的定時排程除霜，改為動態偵測結霜狀況進行除霜，如圖6可見冷凍櫃出風溫度與蒸發器溫度於結霜時有明顯異常，偵測到此結霜特徵後才進行除霜，可減少冷凍櫃庫內溫度升高時間，使產品本身溫度更加穩定。

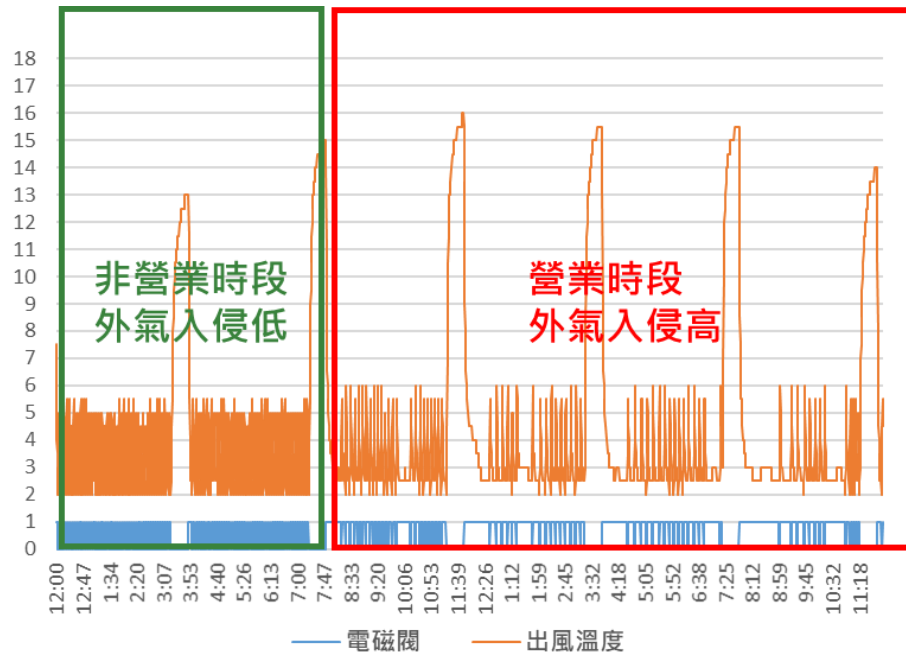


圖5 開放型冷藏櫃之出風溫度與電磁閥運轉狀態

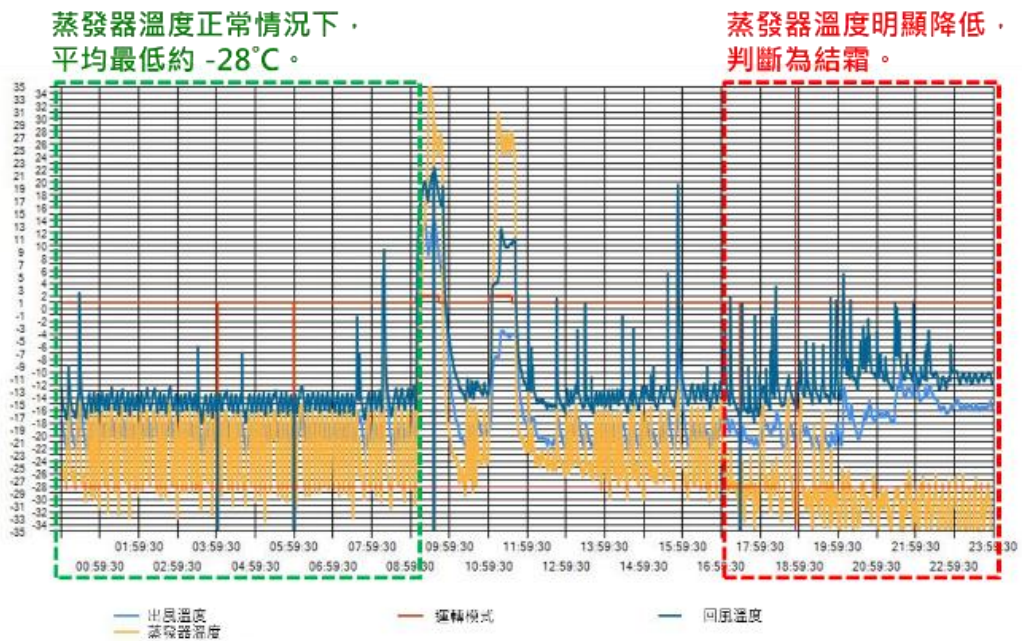


圖6 冷凍櫃蒸發器結霜時設備狀態

空調與燈光方面則採用時序型控制，根據不同的時段與設備位置，透過系統設定排程，在非營業時間時可確實關閉非必要照明與空調，離峰時段人流稀少則可調高空調溫度等，各店可依照不同的營業模式進行客製化排程設定。

四、能源管理系統雲端數據平台

在現今大數據時代，巨量的資料內容與類型被大量儲存紀錄，如何過濾數據後取出重要的資訊變得日益困難。研究[7]發現，人類大腦對於圖像處理速度，比文字快6萬倍；圖像式內容比起純文字，亦更能吸引注意。本研究開發之能源管理系統雲端數據平台[8]透過視覺化圖表來說明數據意義，可以用來查看並理解數據趨勢、異常數值。

圖7為雲端數據平台功能地圖，從登入頁進入首頁（圖8）主要分為三大部分：店鋪列表、能源地圖（圖9）與能耗月報（圖10）。

從首頁（圖8）進入後，點選能源地圖則可進入地圖頁面（圖9），藉由地圖方式呈現各地所建置能源管理系統的基本用電狀態，並以不同顏色呈現其耗能程度。點選能耗月報後進入月報頁面（圖10），可查看店家本月份的每日耗能趨勢變化，並可與上個月同一日的能耗比較。

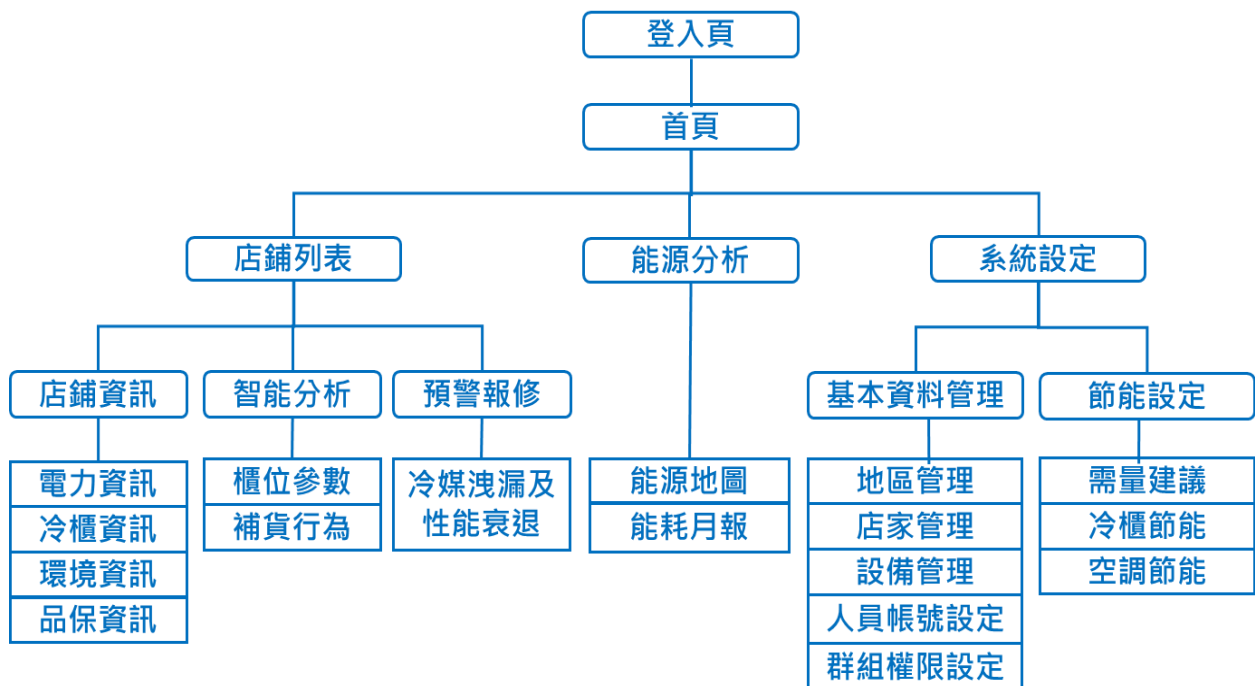


圖 7 雲端數據平台功能地圖



圖 8 雲端數據平台功能地圖

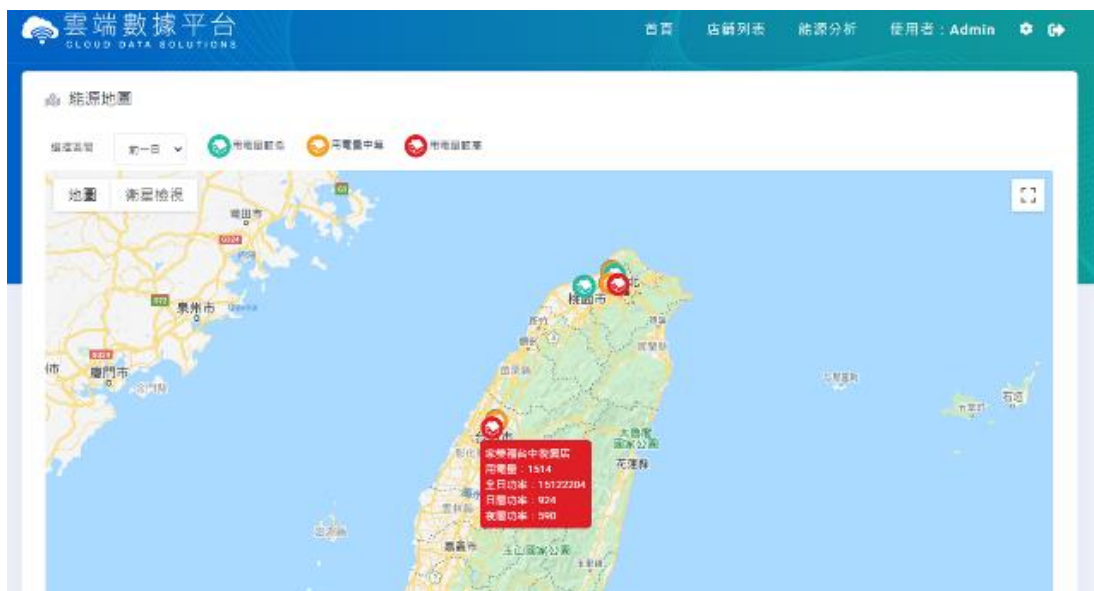


圖 9 雲端數據平台－能源地圖



圖 10 雲端數據平台－能耗月報



圖 11 雲端數據平台—店鋪資訊內容：電力資訊、冷櫃資訊、環境與品保資訊



圖 12 雲端數據平台－智能分析頁面之補貨行為分析



圖 13 雲端數據平台－智能分析頁面之預警報修

店鋪列表中選擇店家進入店家資訊，進入圖11頁面，透過視覺化圖表查看每日用電量趨勢、冷凍冷藏櫃溫度變化趨勢、環境溫濕度等。並提供冷凍冷藏櫃之品保資訊，藉由後台數據解析，自動產生品保溫度紀錄，省下原本須現場人員每隔四小時抄寫一次的人力成本。當冷凍冷藏櫃發生異常時，亦可提供歷史數據與系統預測可能故障原因，縮短維修人員修復時間。

本研究開發的雲端數據平台，透過不同演算法自動分析後台數據意義。例如：智能分析頁面中，透過分析冷凍冷藏櫃出回風溫度變化，偵測櫃門開啟時間，並以時間軸圖表呈現（圖12），透過了解店員補貨時間長度，管理者監督並改善人員日常工作流程，避免補貨時間過長造成產品失溫。

預警報修頁面（圖13）中，故障偵測演算法每日計算一筆預測結果，分析設備運轉數據，建立故障模型，並透過偵測故障特徵計算各個冷凍冷藏櫃之冷媒洩漏與設備性能衰退指數，最後藉由表格呈現最終判斷結果，提供維修商與設備管理者提早排程維修設備，透過及時發現問題減少因設備異常所導致之營業損失。

五、結語

隨著資訊技術進步，能源管理系統功能愈來愈完整，除了最初的收集數據監視功能外，也開始與設備雙向溝通，透過取得設備運轉數據分析後，再進行相對應節能控制。

近年來，大數據分析更是蓬勃發展，主要可分為以下步驟，依序為取得、儲存、運算，最後為視覺化。以本研究開發之能源管理系統為例，首先透過無線通訊模組並遵循通訊協定，取出設備運轉參數後，將取得之數據透過區域網路傳送至能源管理系統主機，儲存於主機中並定期上傳至雲端伺服器；透過智慧演算法分析運算資料後，於數據平台以視覺化方式呈現各項分析結果與建議。

透過自動分析能源管理系統所收集的大數據資料，進一步改善店鋪現有的維運流程，減少人員日常固定工作，提升人力使用效率。並建立設備故障模型，將不同故障特徵分類，以視覺化圖表呈現於數據平台，提升維修效率；甚至可提前偵測設備故障可能性，提早安排至定期保養中維修。未來工作中，如何更準確分類不同設備之故障特徵，並提供完整數據分析結果，讓使用者得以輕鬆快速地掌握能源管理系統場域現況。

六、參考文獻

- [1] International Renewable Energy Agency (IRENA). Renewable Capacity Statistics 2021.
- [2] Levermore, GJ, “Building Energy Management Systems: An Application to Heating and Control”, 1992
- [3] J. Han C. S., Choi W. K., Park I. Lee, S. H. Kim, “Smart home energy management system including renewable energy based on ZigBee and PLC”, IEEE International Conference on Consumer Electronics, vol. 60 no. 2 pp. 198-202 May 2014.
- [4] Andreas Buja, John Alan McDonald, John Michalak, and W. Stuetzle, Interactive data visualization using focusing and linking, IEEE Conference on Visualization,

San Diego, California, pp. 156-163, 1991.

- [5] 陳淑美, “資料視覺化技術於政府資料分析之應用”, 主計月刊, vol. 758 pp. 84-91, 2019.
- [6] 謝雨岑, 宋鴻均, 徐瑋鴻, 能源管理系統於連鎖超市之應用「智慧生活科技研討會」, (第十四屆), pp.102-107, 20190614
- [7] Harris Eisenber, Humans Process Visual Data Better, <https://www.t-sciences.com>, 2014.
- [8] 謝雨岑, 宋鴻均, 王昭智, 運用於超級市場之能源管理系統資料數據平台「電力電子」, pp.12-17, 20220125.