

本月專題

地方能源治理節能輔導工具規劃與建構

工研院 綠能與環境研究所

摘要

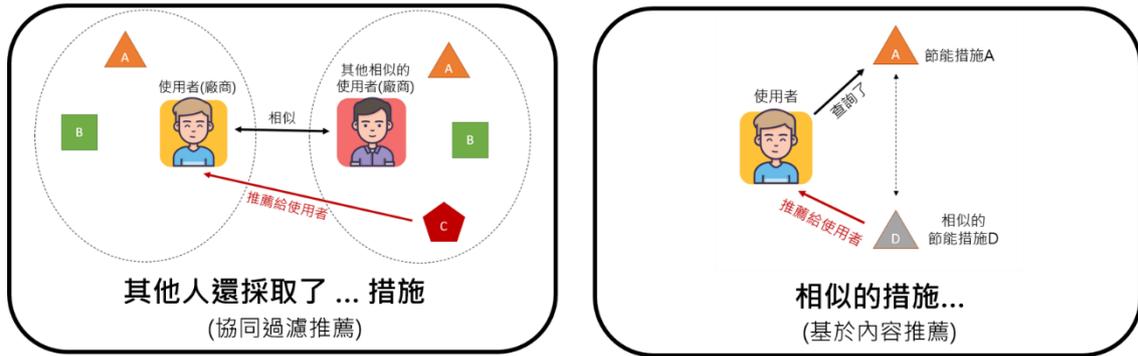
地方能源治理中，如何協助當地企業進行節能為地方政府相當重視之議題，本研究嘗試將既有節能減碳案例資料導入目前已廣泛使用之推薦系統，建置節能措施推薦系統，協助地方能源治理之節能輔導工具建構，促使地方可以掌握對象與措施，推動更符合在地產業規模之節能策略。

一、前言

對地方而言，能源大用戶均已受中央法規所規範，地方需要的為小於 800kW 之能源用戶以及基數龐大的中小企業相關案例分析，本研究爰藉由技術案例搜尋平台網站的節能減碳案例及節能標竿網之標竿案例，以中小企業或非大用戶之案例資料做為基礎，建置符合地方需求之輔導工具，促使地方可以掌握對象與措施，推動更符合在地產業規模之節能策略。

二、節能措施推薦系統

推薦系統係屬演算法的一種，其最終目標是透過發現數據中的模式，向使用者提供最相關的訊息。推薦系統已廣泛被運用在電商網站或影音串流服務中，如 Amazon、Netflix、Spotify 等，演算法針對各物件進行評分並將評分最高的項目呈現給使用者，推薦使用者可能會喜歡的商品、電影、音樂等。運用在節能措施推薦則是向使用者提供適切的節能措施案例，供使用者參考。



資料來源：本研究繪製。

圖 1、節能措施推薦系統示意圖

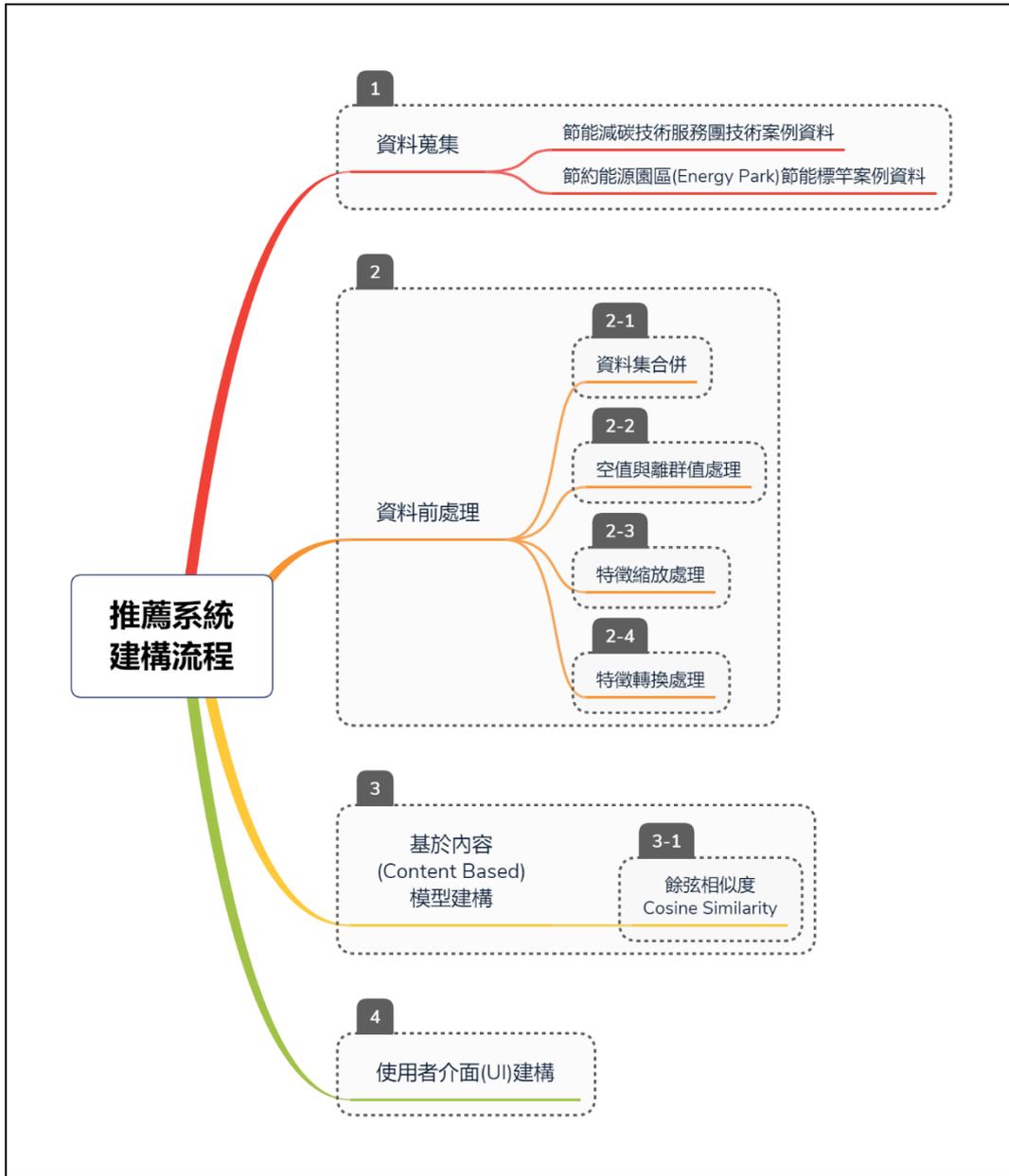
如圖 1 所示，常見的推薦系統有此 2 大類型，分別為「基於內容(content based)」及「協同過濾(collaborative filtering)」(如

表 1)，在「協同過濾」推薦中，推薦給使用者的會是由另一組使用者的使用者行為與特性而來，例如推薦節能措施給使用者基於其他相似條件的廠商也採取了這個節能措施，惟此方法需有廠商的基本資料做為根基才有辦法進行相似度計算並進行建模；本研究考量廠商基本資料取得限制，故就目前可公開取得之節能措施案例資料，採取「基於內容」的推薦系統方法，此方法係透過節能措施之間的相似性或關聯性來向使用者推薦節能措施。

表 1、常見推薦系統方法比較表

方法	特性概述	優點	缺點
協同過濾推薦	跟您相似的其他人還做了…節能措施	量身推薦節能措施	需要廠商資料進行相似度計算，廠商資料難以取得。
基於內容推薦	跟此節能措施相似的還有…節能措施	<ul style="list-style-type: none"> ●不需廠商資料 ●使用者查詢的推薦措施 A，可推薦相似的節能措施 B 	無法量身推薦節能措施

資料來源：本研究整理。



資料來源：本研究繪製。

圖 2、節能措施推薦系統示意圖

系統建置流程如圖 2 所示，分別說明如下：

(一)資料蒐集

本工具除使用「節能減碳技術服務團技術案例」資料外，亦加入「節能標竿案例」資料，進行推薦系統建構，兩資料集分別說明如下：

1. 節能減碳技術服務團技術案例資料

服務團案例資料為各輔導團隊專家實際深入至產業中進行實地輔導之案例資料，其公開之去識別化資料如圖 3 所示，包括如行業別、設備別、主要改善型態、投資成本、節省費用、回收年限、節電、節熱、節水、減碳量、案例說明、...等資料。



資料來源：「節能減碳技術服務團」技術案例搜尋平台。

圖 3、節能減碳技術服務團技術案例示意圖

2. 節能標竿案例

節能標竿案例為歷年公、民營企業及機構參加節能標竿獎所收錄之參賽資料，其公開之去識別化資料如圖 4 所示，包括如行業別、技術別、節省電力、能源節約量、減碳量、投資金額、節省費用、回收年限、案例說明、...等資料。



資料來源：「節約能源園區」網站。

圖 4、節能標竿案例示意圖

(二)資料前處理

1.資料集合併

由於本次使用之資料分屬 2 個不同之資料集，其紀載之資料維度略有不同(如表 2、表 3)，因此須將維度資料進行整併，合併後之資料維度如表 4 所示。

表 2、節能減碳技術服務團技術案例資料維度

節能減碳技術服務團技術案例資料維度			
序號	編號	主要改善型態	輔導設備別
節電(kWh)/年	電價	節熱(LOE)/年	燃料價格
節水(公升)/年	水價	其他減碳量(公斤 CO ₂ e)/年	換算減碳量(公斤 CO ₂ e)/年
投資成本(萬元)	節省費用(萬元)/年	其他節費(萬元)/年	其他減碳量說明
其他節費說明	回收年限(年)	問題診斷	問題改善方式

資料來源：「節能減碳技術服務團」技術案例搜尋平台。

表 3、節能標竿案例資料維度

節能標竿案例資料維度			
案例名稱	關鍵字	年份	案例編號
行業別	技術別	節省電力(仟度/年)	節省燃料油(公秉/年)
能源節約量(KLOE/年)	減碳量(公噸/年)	投資金額(仟元/年)	節省費用(仟元/年)
回收年限(年)	案例說明	設計理念或改善流程	成效分析

資料來源：「節約能源園區」網站。

表 4、合併後之資料維度

合併後之資料維度			
序號	編號	標題	來源
年度	主要改善型態	輔導設備別	產業別
節電(kWh)/年	投資成本(萬元)	節省費用(萬元)/年	回收年限(年)
案例說明			

資料來源：本研究整理。

2. 空值及離群值處理

資料中因為原始紀錄的不完整或正確性問題，或多或少都會有空值或是離群值(異常值)出現，需針對這些數據進行處理，以利後續的模型建構。

在空值處理部分，有 2 種策略，其一是直接剔除整筆資料，另一種則是進行推斷。若屬類別型欄位或補 0 可處理之欄位，就以推斷值補入處理，若某筆資料空值出現的維度屬無法推估且影響計算甚鉅的維度，則將該筆資料予以剔除。

在離群值處理部分，先將資料進行常態性檢定，確認資料屬於常態分佈後，將距離超過平均值 3 倍標準差的值視為離群值並予以剔除。

3. 特徵縮放處理

針對屬於連續型的維度，如節電量、投入成本、回收年限…等，其值域範圍皆不相同，比如節電量的值域範圍可能從 0 至數千萬，但回收年限可能是 0 至數十，其兩者的值域範圍差距甚鉅，若不進行處理直接進行後續分析，最終結果將會主要受到值域範圍大的節電量維度影響，因此需透過特徵縮放(Feature Scaling)將不同維度的值域範圍縮放至一致(示意圖如圖 5)，避免因不同維度的數據範圍大小不同而影響後續的計算結果，常用的有標準化(Standardization)與正規化(Normalization)。標準化為將維度的平均值變為 0，標準差為 1，而正規化則是依據維度的最大最小值將數值縮放至 0~1 之間，考量後續模型建構時值域範圍須為正值，爰本研究採用正規化來進行特徵縮放處理，將屬於數值型之維度資料進行特徵縮放處理。

原始值	標準化	正規化
5	-0.70	0.00
10	-0.66	0.01
10	-0.66	0.01
15	-0.61	0.03
20	-0.57	0.04
40	-0.40	0.09
80	-0.07	0.19
100	0.10	0.24
200	0.94	0.49
400	2.62	1.00

資料來源：本研究。

圖 5、特徵縮放示意圖

4.特徵轉換

針對屬於無序型的類別型資料，如縣市、產業別、技術類別、設備別、…等，為了進行後續的相似度計算，亦須先將其數值化，而若直接將其轉為連續型的值，如 1、2、3…等來代替，後續在進行建模計算相似度時會出現數字越相近的相似度越高的假象，這時就需進行特徵轉換，透過獨熱編碼(One-Hot Encoding)將無序型的類別資料中各個項目拆分為獨立維度並以 0 與 1 作為值(示意圖如圖 6)，雖然會增加資料的維度成為高維度的稀疏矩陣，但才有辦法將資料向量化，為後續建模計算相似度前的必要處理流程。

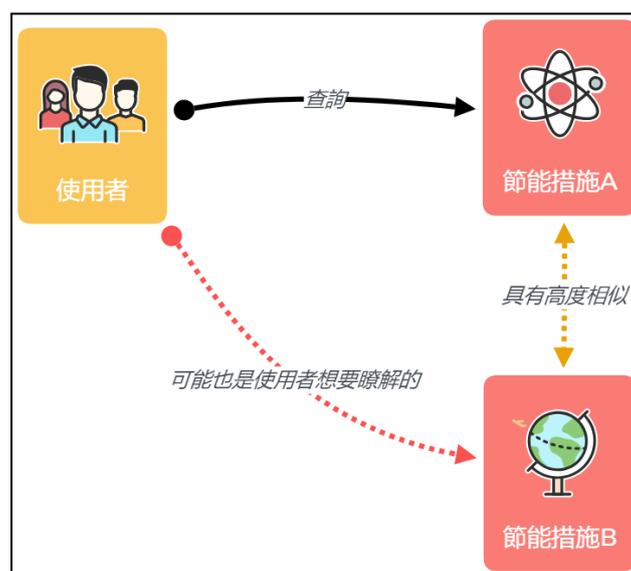


資料來源：本研究。

圖 6、特徵轉換示意圖

(三)推薦系統模型建構

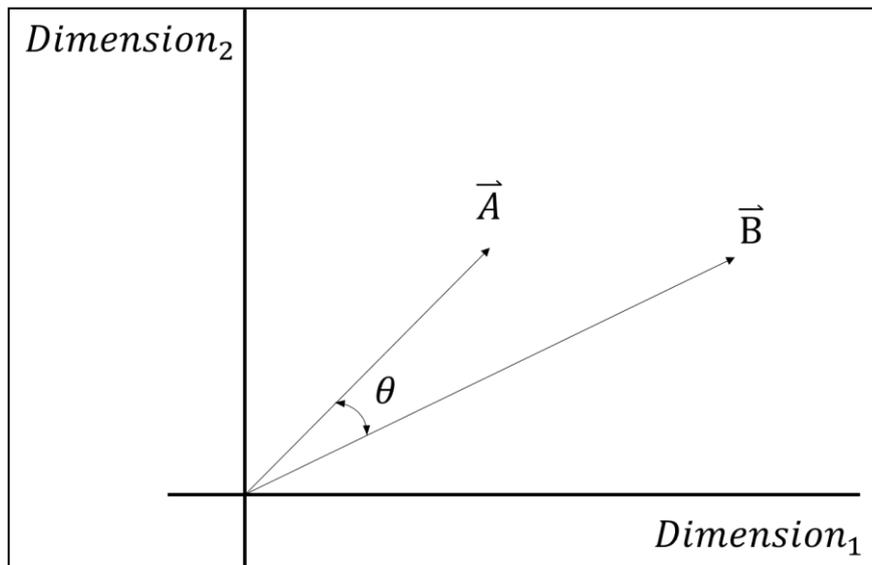
基於內容(Content-Based)模型的概念示意如圖 7 所示。



資料來源：本研究繪製。

圖 7、基於內容(Content-Based)推薦模型概念示意圖

模型將計算所有節能措施之間相關性，這邊採用 Cosine Similarity 演算法來計算相似度，其透過向量空間中兩個向量間的夾角餘弦值來計算它們之間的相似度(如圖 8)，當兩項量的夾角越小時其計算出之相似度越高，當夾角為 0 時相似度為 1，夾角 90 度或是 270 度時為 0，夾角 180 度時相似度為-1，此結果與向量的長度無關，僅與向量的方向有關。餘弦相似度通常應用於資料值域範圍都為正值之向量空間中，而本研究在資料前處理時已進行特徵縮放將資料值域範圍進行正規化，因此計算出之相似度值會在 0 到 1 之間。



資料來源：本研究繪製。

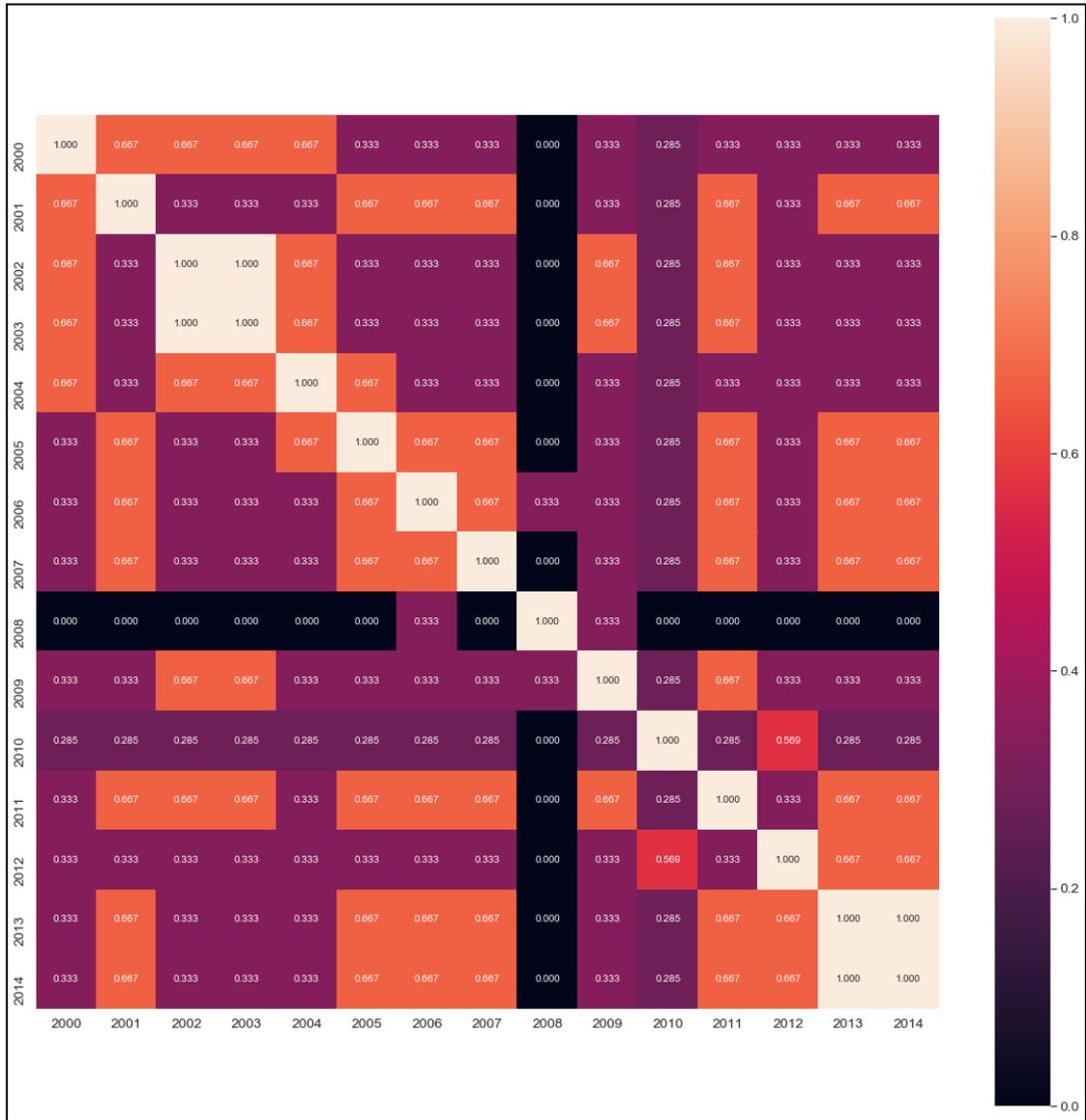
圖 8、Cosine Similarity 示意圖

其計算公式如下：

$$\text{Cosine Similarity} = \text{Cos}(\theta) = \frac{\vec{A} \cdot \vec{B}}{\|\vec{A}\| \|\vec{B}\|} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i B_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n A_i^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n B_i^2}}$$

每筆措施因為有多個維度，屬於多維度的向量資料，將每筆節能措施資料兩兩進行 Cosine Similarity 計算，最後會得到一個相似度矩陣

(Similarity Matrix)(如圖 9)，此相似度矩陣可得各推薦措施間的相似程度，模型再據此推薦最相似的節能措施給使用者。



資料來源：本研究繪製。

圖 9、相似度矩陣示意圖

(四)使用者介面

使用者介面建構如圖 10 所示，操作流程為使用者透過篩選功能區篩選案例措施列表，並點選想看的節能措施，系統將根據所選取的節能措施，尋找與其相似程度最高的其他節能措施，並呈現於畫面右下角，使用者若

想查看完成的節能措施詳細介紹，則透過點選案例措施或推薦措施，頁面將跳轉至原案例措施之網站中。

節能措施推薦系統

產業別 (近期) | 主要改善型態 (近期) | 輔導設備別 (近期) → **篩選功能**

措施列表 | 措施詳細

(照明系統管理)緊急逃生避難燈更換
 (措施序號: 105-F21-102-LS01)
 照明系統, 設備汰舊換新
 節電(kWh)/年: **34.0**
 投資成本(萬元): **36.0**
 節省費用(萬元/年): **7.5**
 回收年限(年): **4.8**

與此措施相似的有

- 全校停車場LED節能燈具..
- 戶外操場LED節能燈具建置
照明系統
設備汰舊換新
- 未使用高效率燈具
導致照明耗能
照明系統
設備汰舊換新

← **案例措施列表** | **詳細案例措施** (點選將連結至詳細說明頁面) | **推薦案例措施** (點選將連結至詳細說明頁面)

資料來源：本研究。

圖 10、節能措施推薦系統使用者介面

三、結論

推薦系統除用於日常生活中的文章推薦、購物推薦、電影推薦、...等外，本研究亦嘗試將既有節能減碳案例資料導入目前已廣泛使用之推薦系統，在使用者查詢節能措施時，推薦其他相似的節能措施供使用者參考，從使用者觀點來看，接收到之推薦措施可能是原先未設想到之可行節能措施，可有效讓使用者衡量自身狀況後，選取最有效益之節能措施，達到資訊擴散及提升整體節能成效。

參考文獻

1. Pratap Dangeti (2017), Statistics for Machine Learning: Techniques for exploring supervised, unsupervised, and reinforcement learning models with Python and R.
2. S. Aciar, D. Zhang, S. Simoff and J. Debenham, "Recommender System Based on Consumer Product Reviews," 2006 IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence, Hong Kong, 2006, pp. 719-723.