

知識物件上傳表

- 一、計畫名稱：公部門用電效率管理計畫(3/4)
- 二、上傳主題：中小學冷氣用電增量推算用電指標(EUI)研析策略
- 三、提報機構：財團法人台灣產業服務基金會
- 四、提報時間：2023年03月08日
- 五、報告內容

| | |
|--------|--|
| 與計畫相關 | <input checked="" type="checkbox"/> 1. 是 <input type="checkbox"/> 2. 否 |
| 國別 | <input checked="" type="checkbox"/> 1. 國內 <input type="checkbox"/> 2. 國外 |
| 能源業務 | <input type="checkbox"/> 1. 能源政策（包含政策工具及碳交易、碳稅等） <input type="checkbox"/> 2. 石油及瓦斯 <input type="checkbox"/> 3. 電力及煤碳（包含電力供應、輸配、煤炭、核能等） <input type="checkbox"/> 4. 新及再生能源 <input checked="" type="checkbox"/> 5. 節約能源（包含工業、住商、運輸等部） <input checked="" type="checkbox"/> 6. 其他 |
| 能源領域 | <input type="checkbox"/> 1. 能源總體政策與法規 <input type="checkbox"/> 2. 能源安全 <input type="checkbox"/> 3. 能源供需 <input type="checkbox"/> 4. 能源環境 <input type="checkbox"/> 5. 能源價格 <input type="checkbox"/> 6. 能源經濟 <input checked="" type="checkbox"/> 7. 能源科技 <input type="checkbox"/> 8. 能源產業 <input checked="" type="checkbox"/> 9. 能源措施 <input type="checkbox"/> 10. 能源推廣 <input checked="" type="checkbox"/> 11. 能源統計 <input type="checkbox"/> 12. 國際合作 |
| 決策知識類別 | <input type="checkbox"/> 1. 建言（策略、政策、措施、法規） <input checked="" type="checkbox"/> 2. 評析（先進技術或方法、策略、政策、措施、法規） <input type="checkbox"/> 3. 標竿及統計數據 <input type="checkbox"/> 4. 其他： |
| 重點摘述 | <p>過往公部門針對約 7,900 家公家機構進行用電效能評比。採用基準年的 EUI 制定標準，透過評估，預期由達標推動節能。但在某些機構上，達標情況較低於原先的預期。而有些機構為因增加了用電設備，也關係到用電量和 EUI，以及達標和節能成效。此也顯見機構之間也存有相當的族群差異。其中針對國中小學約 3,000 多家，因班班有冷氣政策，全國中小學於 111 年已完成安裝 18.3 萬台冷氣機，將造成用電量增加，與現階段管考基準有差異，並衝擊公部門整體節電成效。故本研究研析三個採用 EUI 值的管考評比方式，比較其達標率及節電表現和使用。採冷氣資料、人員數及過去用電等變數進行迴歸分析，已預估用電情形，並藉由變數特色研析分組分群方式，探討新增用電之冷氣 EUI 指標設計及合理化評估，於接續計畫評估研析針對國中小學採雙指標管考機制，以真實反映國中小學節電成效。</p> |

一、國際上政府機關及學校用電指標訂定相關資訊

蒐集國際上針對政府機關及學校用電指標訂定如下內容。

(一)政府統籌使用管理平台 (Energy Star Portfolio manager):

這個系統在加拿大和美國都有被使用在 k-12 學校，也就他們的中小學能源管理，也被使用在機關的辦公室能源效率管理上。以加拿大 k-12 學校為例，此管理系統將合格的資料變數對 EUI 進行迴歸分析。所謂合格資料是有合乎規範進入分析的需要有一定面積及員數和能源損耗相關規範。他們的迴歸變數有面積，使用暖氣日子的氣溫，使用冷氣日子的氣溫，室外氣溫，使用暖氣空間，使用冷氣空間，烹調空間，健身空間，建築物年份，樓層數，建築每週使用時數，主要人員數，學生座位量，電腦數量。將以上列為迴歸變數對 EUI 做適當迴歸，算出一個能源效率比：

$$EFR = \frac{ActualEUI}{PredictedEUI}$$

如果 EFR 低，表示效率較高。

他們分析這個比值呈現 Gamma 分配，再將此 EFR 配適 Gamma 分配，得到每個機構的百分位數，再依百分位數管理或評比。

此管理平台讓各機關在建築物上將會有能源消耗的的用量和相關資料加以記錄並追蹤。這些追蹤的資訊透過平台管理建立 Benchmark。這個 portfolio manager 在加拿大及美國皆有被採用。中間主要是建立一個 energy star 的分數，這 Energy 分數的作法是運用資料和統計分析。

(二)IEA 的指標設計：

國際能源組織(International Energy Agency,IEA)為了達到能源效率使用，IEA 也發佈報告及手冊，針對相當廣泛的政府機關，工業，產業等不同領域的不同變因情況提出如何能有效制定能源管理指標的制定方針。類似 Energy star score 的做法，他們收集各種可變數，進行迴歸，然後用以上的能源效率比。類似的運用資料及迴歸分析能源效率管理在學校機關上還有澳洲。

(三)使用最佳化的效率控制:

利用人員數和面積，並以 EUI 為指標變數，最佳化方法是以 DEA (Data envelopment analysis)模型分析能源效率。DEA 為一個無母數的非線性規劃方法。在能源效率上的分析是反過來，先控制能源的消耗值，比如 EUI，然後尋求會消耗能量的變數在機構中單位(Decision units)整體的一個最大值。舉例，比如某機構有 50 個單位或教室單位等，用使用的人員數的加權總值相對 EUI 加權總值會最大，當 EUI 總值被控制於某個範圍之內。所以也透過此最佳化值了解哪些機關能效佳或不佳。這個分析的方法並不局限於只是中小學的能源效率管理，可以是一般機關。剖析 DEA 能源效率管理上的方法的調查，他們有考量不只人員數的最佳，也探討其他變數。

詳細說明

綜和以上的蒐集情形，前主要幾項使用迴歸分析和例用百分位數都相當吻合我們計劃中目前所擘劃的制定方向。而使用最佳化的這樣的方法，也是我們後續可參考。如果需要控制 EUI 或用電量在某情況下來探討我們的制定的能效指標上的調整，也可進行類似的最佳化分析。

二、評比標準

設立並研析幾種可能不同的達標判別並用一分水嶺模型於我們預設達標機率下估計所需要的 EUI 基準值：我們研析了原有的達標判別稱 Z_0 ，並且另研析了從 Z_0 調整過的兩個判別指標 Z_{new} ， Z_{weight} 。針對不同基準值組分析，將 108 及 109 年度部分結果呈現於下表，基本上，提高基準值也會相對提高達標率。

表 1 分水嶺模型估算結果

| 達標判別 Z_0 在分水嶺模型估計與結果 | | | | | | | | | |
|------------------------|--------|--------|--------|--------|------|--------|--------|--------|--------|
| 基準值27 | | | | | | | | | |
| 108年 | 預設達標機率 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 109年 | 預設達標機率 | 0.5 | 0.6 | 0.7 |
| | 估計基準值 | 25.66 | 26.48 | 26.44 | | 估計基準值 | 26.23 | 26.91 | 26.48 |
| | 新達標者節電 | -6E+06 | -6E+06 | -6E+06 | | 新達標者節電 | -7E+06 | -7E+06 | -7E+06 |
| 基準值18, 19 | | | | | | | | | |
| 108年 | 預設達標機率 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 109年 | 預設達標機率 | 0.5 | 0.6 | 0.7 |
| | 估計基準值 | 17.5 | 17.12 | 17.51 | | 估計基準值 | 17.26 | 17.89 | 17.74 |
| | 新達標者節電 | -7E+06 | -7E+06 | -7E+06 | | 新達標者節電 | -6E+06 | -6E+06 | -6E+06 |

| 達標判別 Z_{new} 在分水嶺模型估計與結果 | | | | | | | | | |
|----------------------------|--------|--------|----------|--------|------|--------|--------|--------|---------|
| 基準值27 | | | | | | | | | |
| 108年 | 預設達標機率 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 109年 | 預設達標機率 | 0.5 | 0.6 | 0.7 |
| | 估計基準值 | 28.46 | 30.66 | 35.27 | | 估計基準值 | 30.42 | 30.4 | 34.65 |
| | 新達標者節電 | -2E+06 | -2021889 | -2E+06 | | 新達標者節電 | -1E+06 | -1E+06 | -870390 |
| 基準值18, 19 | | | | | | | | | |
| 108年 | 預設達標機率 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 109年 | 預設達標機率 | 0.5 | 0.6 | 0.7 |
| | 估計基準值 | 18.48 | 19.16 | 19.72 | | 估計基準值 | 18.9 | 19.04 | 20.01 |
| | 新達標者節電 | -2E+06 | -2690610 | -3E+06 | | 新達標者節電 | -2E+06 | -2E+06 | -1E+06 |

| 達標判別 Z_{weight} 在分水嶺模型估計與結果 | | | | | | | | | |
|-------------------------------|--------|--------|----------|--------|------|--------|--------|--------|--------|
| 基準值27 | | | | | | | | | |
| 108年 | 預設達標機率 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 109年 | 預設達標機率 | 0.5 | 0.6 | 0.7 |
| | 估計基準值 | 28.05 | 30.97 | 35.31 | | 估計基準值 | 28.15 | 29.33 | 32.13 |
| | 新達標者節電 | -7E+06 | -5712497 | -5E+06 | | 新達標者節電 | -7E+06 | -5E+06 | -4E+06 |
| 基準值18, 19 | | | | | | | | | |
| 108年 | 預設達標機率 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 109年 | 預設達標機率 | 0.5 | 0.6 | 0.7 |
| | 估計基準值 | 17.78 | 18.25 | 18.56 | | 估計基準值 | 18.51 | 18.68 | 18.55 |
| | 新達標者節電 | -7E+06 | -6255155 | -5E+06 | | 新達標者節電 | -6E+06 | -7E+06 | -2E+06 |

綜合以上表格結果：

- (一) 達標率：對原始評比 Z_0 不同 EUI 基準值不太能改變達標率。在高 EUI 組，提高預設達標機率在 Z_{new} 評比會提高需要的 EUI 基準值，但仍有約 3%~8% 之落差達標。 Z_{weight} 因為有在參數進一步控制，估出的 EUI 基準值下的達標率接近預設達標率。然而 Z_{new} 及 Z_{weight} 估出的所需要 EUI 基準值都不低。
- (二) 節能表現：我們將 Z_{new} 和 Z_{weight} 的達標者節能與 Z_0 的達標者節能(也就是原本達標者節能)作比較。 Z_{new} 的達標者節能不如 Z_0 ， Z_{weight} 達標者節能在達標率 0.5 左右優於 Z_0 ，在 0.6 達標率時稍微比 Z_0 弱。

- (三)日後不同基準值組的評比使用：我們分析時按著原本的 EUI 基準值組分析，也就是不同高低水平的 EUI 基準值族群進行評比標準的分析。屬於相近同一類似 EUI 值的機構，分析結果接近。因此，我們建議日後機構因為預期冷氣增加而導致 EUI 的值提高或變動，我們仍可按著不同的 EUI 值高低族群進行評比標準分析。
- (四)EUI 使用於評比：可用後續提到的迴歸模型預測 EUI 用在評比模型裡。或有其他影響變數加入。
- (五)朝向更好最佳化：為兼顧更好節能及達標率，除了使迴歸模型更好預測，也可在評比指標上進一步設計。現階段可與迴歸一起使用(參考下圖)。

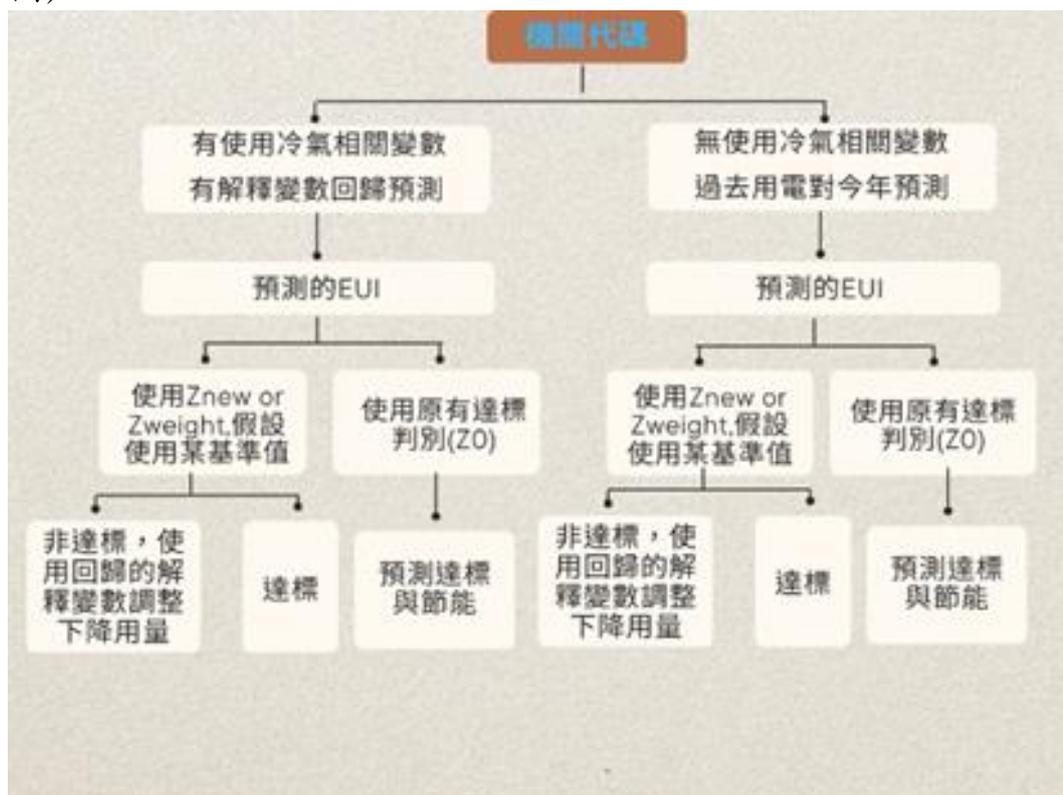


圖 1 迴歸模型運用流程建議

三、迴歸預測模型

對於用電量或 EUI 的預測我們分兩部份進行。

(一)具解釋變數模型：

運用冷氣使用與否、冷氣用量、投資金額、人員數、變頻或非變頻列為迴歸模型中的解釋變數，配適對用電量迴歸 (108、109、110 年)，進一步將預測的用電量除以當年度面積，即是預估的 EUI。

(二)過去時間用電預測未來用電模型：

以過去用電量及增量預測 111 年的用電(因 111 年暫無冷氣資料)。使用迴歸獲得幾個年度總用電量結果，我們有以下預測值圖(左圖)，對照 108，109，110 實際用電總量(右圖)：

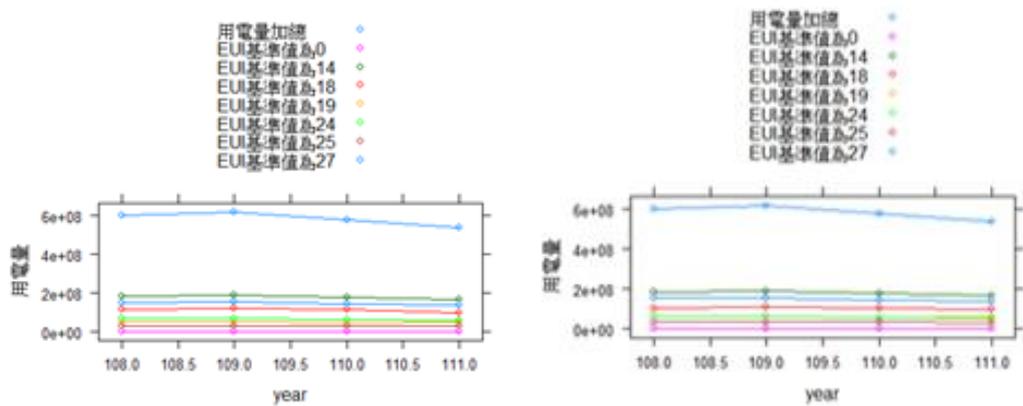


圖 2 迴歸預測值

四、分群

選用了幾個不同特色的變數組透過 k-means 方法來對 3,000 多個機構分群。我們這裡的分群主要有以下兩組變數有明顯分群(資料標準化後進行)(a)冷氣噸位，冷氣運轉時數(b)年度 EUI 年相對於基準年 EUI 增量(改變量)。結果是以分三群明顯地最佳分群。我們發現族群特色隨時間有改變。108 年以前，分群以冷氣特色為主，但 EUI 增量(或改變量)卻掌握了族群特，如下圖 (第一排圖為冷氣特色分群，第二排圖為 EUI 的年改變量分群)：

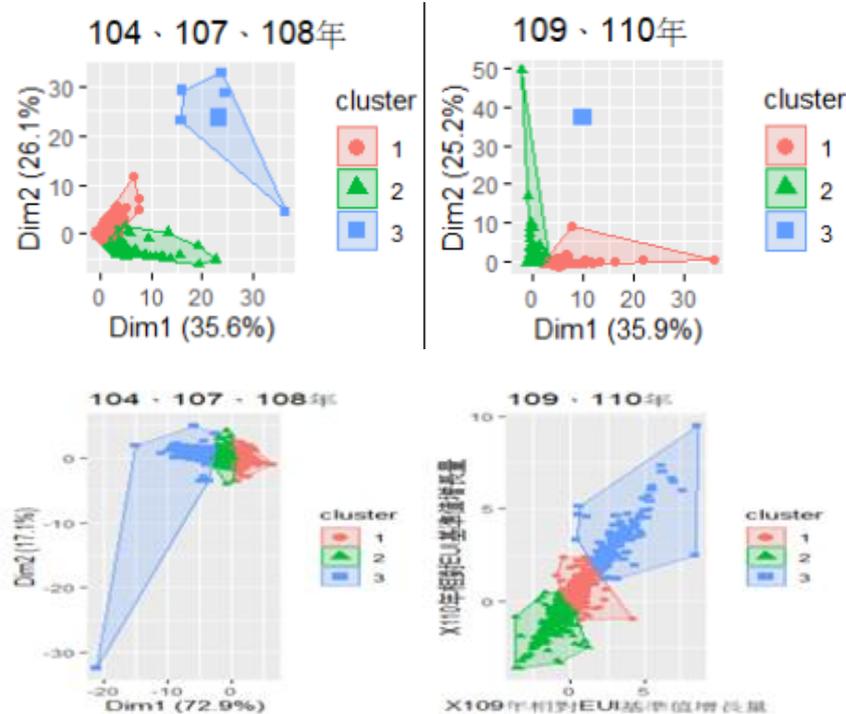


圖 3 分組分群示意圖

五、結論

此研究採用中小學機關的用電資料，以 EUI 用電能效為評比指標生成的依據，針對其過去既有的 EUI 形成的指標及評比判別進行達標比例及節電的研究。但原有的指標及評比只能被動地設定而無法預估達標率及

| | |
|------|---|
| | <p>能源下降。我們從既有的此評比方式再研擬出新的評比指標及模式，藉以改進在達標率能適度調整並且能進一步瞭解控制節能情況以及機關中用電能效上的不同。我們新的指標評比有以下特色：(1)我們新提出的建議的評比模式能採用過往的資料，建立年度評比模式，能優化或是提供較貼切達標率，並且依照所預定的能源效率管理目標進而客製調整基準值及調整執行的評比標準(2)新提出的評比標準模式，較不受分組或是極端值的影響。我們的新評比標準模式雖分別在原有各組進行模型分析，但因為對大多組別都適用，因此當採用新的評比時較可以無需特別區別機關是在哪一組，能夠彈性地調整各機關的評比標準(3)新提出的評比標準模式能納入更多其他可能影響的因素，使得能效評比的建立能因應其他可能因素作適度改良。</p> |
| 其他資料 | <p>資料來源：</p> <p>[1]Energy Star Portfolio Manager Technical Reference: Energy Star Score for K-12 Schools in Canada https://www.energystar.gov/buildings/tools-and-resources/energy-star-score-schools-canada.</p> <p>[2]Energy Efficiency Indicators: Fundamentals on Statistics, International Energy Agency https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-indicators-fundamentals-on-statistics.</p> <p>[3]Daly, D., Roth, J., Kokogiannakis, G., McDowell, C., Tibbs, M., & Cooper, P. (2022). Energy consumption in Australian primary schools: Influences and metrics. <i>Energy and Buildings</i>, 277, 112549.</p> <p>[4]Bernardo, H., Antunes, C. H., & Gaspar, A. (2015). Exploring the use of indicators for benchmarking the energy performance of Portuguese secondary schools. <i>Proceedings of the Energy for Sustainability</i>, 1-8.</p> <p>[5]Zhou, P., Ang, B. W., & Poh, K. L. (2008). A survey of data envelopment analysis in energy and environmental studies. <i>European journal of operational research</i>, 189(1), 1-18.</p> <p>[6]Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. <i>European journal of operational research</i>, 2(6), 429-444.</p> <p>[7]González, A. B. R., Díaz, J. J. V., Caamano, A. J., & Wilby, M. R. (2011). Towards a universal energy efficiency index for buildings. <i>Energy and buildings</i>, 43(4), 980-987.</p> |