

村里熱點節能趨勢與特性探討分析

蔡宗霖 蔡宗成

工業技術研究院綠能與環境研究所

1. 前言

全球針對家庭住宅節能策略，主要以用電行為調查及資訊回饋為推動作法。美國能源資訊署(EIA, U.S. Energy Information Administration)定期公布所調查的住宅能源消費調查(RECS, Residential Energy Consumption Survey)[1]，對能源最終用途進行估計分析。

中國西北家庭用電和生活狀況[2]，根據1,128份調查問卷，得到城鄉居民用電量資訊，包括家庭收入、電價、各種電器及使用時間、主要家電購買價格、家庭大小、用電量。反映樣本戶的用電行為、偏好和生活模式，為分析家庭用電量與生活行為關係提供參考。瑞士電力公司協會由7家公用事業客戶(25%)電訪1,200個家庭住戶[3]，收集調查房屋特徵、人口、家電數量，利用用電數據分析將資訊回饋予用戶，以觸動自發性節能。

本研究以全國村里公開資料，如村里每月售電量、用電戶數、教育程度分布、所得級距、男女人口比例以及年齡分布等特徵資訊，如下圖1.1，透過村里年售電量，篩選出節能率較低之熱點區域，並可根據村里特性，助推縣市政府擬定節能計畫與執行合適的推廣活動。

2. 研究內容

文獻[4]以地理資訊系統(QGIS)測量氣候因素、所得和人口特徵變數對住宅用電量作探討，範圍為2014年至2016年夏季(6、7、8、9月)台

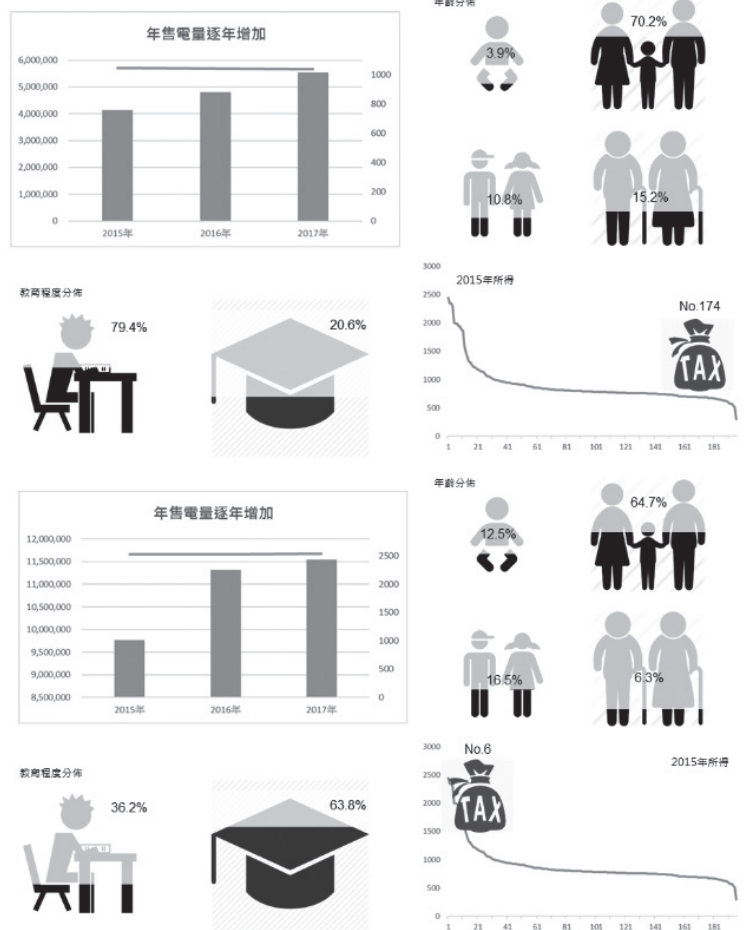


圖1.1 村里用電熱點分析與特性

北市村里的縱橫資料，使用最小平方方法(Ordinary Least Squares)及固定效果模型(Fixed effect model)進行分析，其中研究結果顯示：人口特徵變數中65歲以上中老年人顯著正向影響用電量。

本研究以我國某縣市204個村里為示範場域，

收集村里公開特徵資料集，並以節能率篩選分析熱點村里，再將其他特徵作關聯性分析與節能建議之參考指標。架構如下圖 2.1:

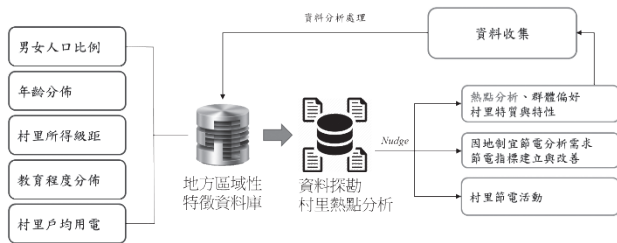


圖 2.1 本研究流程架構圖

(一) 村里住宅用電戶月均用電計算

我國台灣電力公司提供公開資料有全國村里每月售電量及用電戶數，如下圖 2.2。

日期	縣市	鄉鎮市區	村里	售電量	抄表戶數
2018年01月	XX縣市	○峰鄉	○隘村	158325	349
2018年01月	XX縣市	○峰鄉	○林村	64299	172
2018年01月	XX縣市	○峰鄉	○山村	981	2
2018年01月	XX縣市	X埔鄉	○林村	176139	332
2018年01月	XX縣市	X埔鄉	○湖村	59955	71
2018年01月	XX縣市	X埔鄉	○埔村	329038	658

圖 2.2 某縣市部分村里售電及戶數資料摘要

利用算數平均數將每月售電量除以用電戶數即可得平均每戶每月之用電量，但某些村里在每月用電抄表戶數以及售電量差距極大，計算村里戶月均用電量會呈現差異起伏，如下圖 2.3。

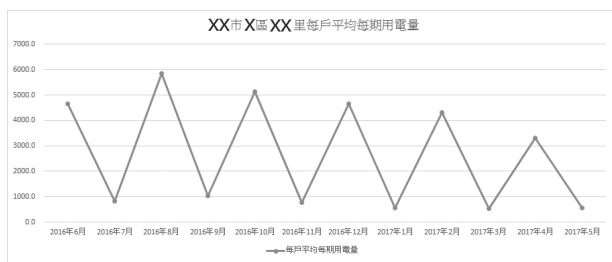


圖 2.3 某村里透過上述公式計算戶均用電量

為了計算村里每月節能率有較合理分析，本研究採用算數移動平均數，將連續兩月份之售電量相加，除以該連續兩月份之抄表戶數相加，以連續兩月份之抄表戶數總和代表該村里總用電戶數(因為住宅用電以兩個月為一期)。

移動平均法所計算出村里每戶每月平均用電之變化量相對於上述計算出戶均用電之變化量較為平緩，如下圖 2.4。

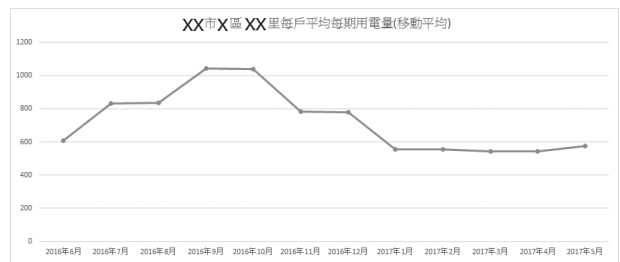


圖 2.4 某村里透過移動平均計算戶均用電量

(二) 村里節能率計算

本研究以每年同月份之平均用電量，分析每年同月的用電趨勢，計算每月節能率為分析節能參考指標，節能率計算如下：

$$[\text{去年同期用電量(kWh)} - \text{今年同期用電量(kWh)}] / \text{去年同期用電量(kWh)} * 100\%$$

每年皆可計算出 12 個月份之村里節能率，本研究以台灣某縣市的 204 個村里為示範場域，計算近三年之節能率以及其平均值。

由於本研究目的在於找出區域性用電趨勢逐年升高之目標熱點(村里)，在門檻篩選中以連續兩年之平均節能率皆小於等於 -2% 的村里作為熱點分析對象，在示範場域 204 個村里當中，選出 12 個熱點村里，如下圖 2.5。

City	Village	2016 平均節能率	2017 平均節能率	平均節能率
新○鄉	新○村	-14.82%	-18.47%	-16.65%
北○鄉	外○村	-5.02%	-13.25%	-9.14%
竹○市	隘○里	-15.32%	-2.87%	-9.10%
北○鄉	水○村	-11.19%	-6.44%	-8.82%
湖○鄉	信○村	-10.16%	-6.66%	-8.41%
五○鄉	竹○村	-7.88%	-8.56%	-8.22%
竹○市	麻○里	-11.18%	-3.11%	-7.15%
尖○鄉	嘉○村	-9.05%	-4.34%	-6.70%
新○鎮	北○里	-5.92%	-6.11%	-6.02%
關○鎮	金○里	-3.78%	-2.99%	-3.39%
竹○鎮	頭○里	-3.93%	-2.64%	-3.29%
新○鎮	上○里	-2.30%	-3.17%	-2.74%

圖 2.5 篩選出熱點村里

同時，由下圖 2.6 可看出，這些熱點村里之近三年(2015~2017 年)平均用電戶數並沒有太大變化，而總售電量逐年升高，可驗證其為節能率較低的目標對象。

City	Village	2015 用電戶數	2016 用電戶數	2017 用電戶數	2015 年總售電量	2016 年總售電量	2017 年總售電量
新○鄉	新○村	1047	1044	1041	4132538	4802093	5546799
北○鄉	外○村	122	121	120	458460	476686	53898
竹○市	隘○里	2533	2533	2536	9763271	11312519	11542905
北○鄉	水○村	32	32	32	88069	99177	104960
湖○鄉	信○村	1301	1303	1306	4513000	5052912	5277381
五○鄉	竹○村	195	194	195	369312	396740	431808
竹○市	麻○里	1164	1157	1159	4784901	5291361	5528146
尖○鄉	嘉○村	351	351	347	1064309	1163325	1195306
新○鎮	北○里	598	592	594	1685034	1824181	1786326
關○鎮	金○里	363	362	359	922937	963138	973509
竹○鎮	頭○里	3234	3232	3220	13090402	13568826	13886196
新○鎮	上○里	930	920	929	3526064	3496740	3574470

圖 2.6 熱點村里近三年用電戶數及總售電量

(三) 村里特徵-教育程度

文獻[7]研究我國公務機關人員的環境知識、態度以及環境行為對節能減碳措施之影響。量化研究結果有：(一)環境知識方面：在不同教育程度方面，有關節能減碳概念以高中高於研究所、大學(專科)高於研究所。(二)環境態度方面：女生、年紀較輕者、服務單位屬業務單位者、教育程度較高在環境態度變項中有較好的環境態度。

我國目前開放資料平台提供以村里為單位之教育程度分布，其級距為博士畢業、碩士畢業、大學畢業、大專畢業、高中畢業、國中畢業以及國小畢業。而分類的依據分別是未婚、已婚、喪偶與性別男女，統計出全國各村里年齡在15歲以上之教育程度分布人口數。

由於開放資料集中教育程度之分類項目較多，在計算其關聯度之結果較不易分析與歸納。因此，將熱點村里之教育程度分布資料擷取並作資料分類合併分析，大專以上畢業(含)之未婚、已婚與喪偶的男女合併為一群組；高中以下畢業(含)之未婚、已婚與喪偶的男女合併為另一群組，計算其各熱點村里所佔百分比如下圖2.7所示：

City	Village	教育程度_大專以上	教育程度_高中以下
新O鄉	新O村	20.64%	79.36%
北O鄉	外O村	20.28%	79.72%
竹O市	隘O里	63.82%	36.18%
北O鄉	水O村	18.55%	81.45%
湖O鄉	信O村	36.18%	63.82%
五O鄉	竹O村	8.72%	91.28%
竹O市	麻O里	35.60%	64.40%
尖O鄉	嘉O村	18.39%	81.61%
新O鎮	北O里	24.19%	75.81%
關O鎮	金O里	16.67%	83.33%
竹O鎮	頭O里	43.01%	56.99%
新O鎮	上O里	28.51%	71.49%

圖2.7 熱點村里之教育程度分布比例

計算熱點村里的教育程度與節能率之關聯性，本研究採用計算關係係數之方法判斷其兩者之相關聯度，公式如下所示：

$$Correl(X, Y) = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \sum (y - \bar{y})^2}}$$

其中 \bar{x} and \bar{y} 為樣本平均數(12個熱點村里節能率之平均值以及大專以上教育程度之百分比平

均值)。計算出結果為0.42(42%)，表示此特徵在關係係數中屬於中低強度關聯性。

(四)村里特徵-年齡人口

我國目前開放資料平台提供以村里為單位之年齡人口分布，其級距為0-100歲以每一歲為一個區間之男女人口數。

由於開放資料集中年齡人口之分類項目多且發散(101個區間)，在計算其關聯度之結果較不易分析與歸納。因此，將12個熱點村里之年齡人口分布資料擷取並作資料分類合併分析，以0-5歲之男女人口合併為一群組、6-18歲、19-65歲、66歲以上。計算熱點村里之各年齡級距分布所佔百分比如下圖2.8所示：

City	Village	0-5歲-百分比	6-18歲-百分比	19-65歲-百分比	66歲以上-百分比
新O鄉	新O村	3.86%	10.81%	70.16%	15.16%
北O鄉	外O村	1.66%	4.97%	62.58%	30.79%
竹O市	隘O里	12.51%	16.49%	64.67%	6.33%
北O鄉	水O村	4.30%	12.18%	65.61%	17.91%
湖O鄉	信O村	6.27%	15.40%	67.39%	10.94%
五O鄉	竹O村	4.93%	10.56%	74.65%	9.86%
竹O市	麻O里	6.53%	11.07%	72.09%	10.32%
尖O鄉	嘉O村	5.76%	11.93%	68.25%	14.05%
新O鎮	北O里	5.28%	10.98%	63.41%	20.33%
關O鎮	金O里	1.97%	10.93%	63.58%	23.52%
竹O鎮	頭O里	5.87%	10.59%	72.42%	11.12%
新O鎮	上O里	4.59%	11.90%	67.76%	15.75%

圖2.8 熱點村里各年齡級距分布百分比

同樣計算相關聯度，結果為-0.56(-56%)，代表具較高強度之負相關性，0-5歲之幼兒童在村里佔比越高，則該村里平均節能率越低。

(五)村里特徵-所得收入

西班牙住宅用電需求的實證分析[5][6]，利用2001至2010年間46個西班牙省的省級匯總數據進行。實證分析目的是確定價格、所得收入和空間對西班牙住宅電力需求之影響。

我國公開開放資料集提供2015年全國各村里之綜合所得稅所得總額申報統計，包括縣市代碼、縣市名稱、鄉鎮市區代碼、鄉鎮市區名稱、村里代碼、村里名稱、納稅單位、綜合所得總額、平均數、中位數、第一分位數、第三分位數、標準差、變異係數以及資料時間。

本研究透過綜合所得稅收，評估各村里住宅之年平均所得，可分析該村里住宅用戶家庭收入與經濟能力狀況。以村里2015年綜合所得稅之平均數、中位數與排名為參考特徵，將12個熱點

City	Village	所得平均數	所得中位數	所得排名
新O鄉	新O村	687	517	174
北O鄉	外O村	949	540	40
竹O市	隘O里	1995	1295	6
北O鄉	水O村	626	504	188
湖O鄉	信O村	837	623	68
五O鄉	竹O村	674	561	177
竹O市	麻O里	906	662	52
尖O鄉	嘉O村	690	553	170
新O鎮	北O里	662	547	182
關O鎮	金O里	706	537	157
竹O鎮	頭O里	1318	769	15
新O鎮	上O里	813	588	78

圖2.9 分析12個熱點村里之所得分布

村里的資料擷取出來，如下圖 2.9。

計算關聯度結果為 0.32(32%)，表示此特徵在關係係數中屬於低強度之關聯性。

3. 結果與討論

比較三個村里特徵(年齡人口分布、教育程度分布以及所得分布公開資料)與熱點村里節能率的關聯性，可分析年齡人口之百分比與村里用電量趨勢具一定程度關聯性，而在教育程度以及所得分布這兩個特徵當中較無顯而易見之關聯性。本研究以某縣市為示範場域，綜合比較各個特徵與用電量趨勢、節能率之關聯性，這些熱點村里之用電量趨勢與年齡人口分布中 0-5 歲幼兒童百分比例有較高之負相關性。

然而，並非所有縣市村里皆具此一特性或現象，仍需要綜合比較各種特徵，例如村里之建物型態，分析其趨勢並建立合適的節能指標，進行更有效益之因地制宜的節電宣導、村里節電競賽等應用。

4. 誌謝

承蒙經濟部能源局的研究經費補助，俾利本計畫得以順利進行，特此感謝。本文原稿發表在 2018 綠色科技工程與應用研討會(GTEA)，本文為精簡修改版。

5. 參考文獻

1. Residential Energy Consumption Survey, <https://www.eia.gov/consumption/residential/>
2. Survey data on household electricity consumption and living status in Northwestern China, S Niu, Y Jia, L Ye, R Dai, N Li - Data in brief, 2016 – Elsevier.
3. Boogen, Nina. “Estimating the potential for electricity savings in households.” *Energy Economics* 63 (2017): 288-300.
4. 氣候因素，所得和人口特徵對電力需求之影響-台北市為例; Climate factors, Income and Demographic causes of electricity demand in Taipei City. 2017. PhD Thesis. 國立中央大學.
5. Gomez, Leticia M. Blázquez, Massimo Filippini, and Fabian Heimsch. “Regional impact of changes in disposable income on Spanish electricity demand: A spatial econometric analysis.” *Energy economics* 40 (2013): S58-S66.
6. Romero-Jordán, Desiderio, Cristina Peñasco, and Pablo del Río. “Analysing the determinants of household electricity demand in Spain. An econometric study.” *International Journal of Electrical Power & Energy Systems* 63 (2014): 950-961.
7. 公務機關人員的環境知識, 環境態度, 環境行為對節能減碳措施之影響研究-以林務局所屬機關為例. 2016. PhD Thesis