

節能績效指標之研究－以成功大學為例

陳家榮*、曾宣婷**

摘 要

為了解國內校園建築的耗能情況，以制定合宜的耗能效率評估機制，本研究以成功大學為案例，希望尋求較為適宜的耗能績效評估指標用以評估校內系所建築的耗能高低。目前政府在評估相關單位建築物耗能效率高低一般使用耗能強度(Energy Usage Intensity, EUI)作為耗能評比指標，並取該建築物分類 EUI 之中位數或平均數作為評比基準。經本研究調查發現，單用樓地板面積之用電量做為績效評比之基準，對於歸在同類但用電型態極為不同的單位不甚公平。為改良以耗能強度(Energy Usage Intensity, EUI)作為耗能指標評比的缺失，本研究首先以國立成功大學為例，了解各系所影響耗能因素，然後收集各系所影響因素指標資料，並藉以利用集群分析法對成大所有系所進行分群，區分為高、中、低耗能三群，使此三群內的樣本立於三種耗能基準上，再以迴歸分析法找出此三群內主要耗能影響因素與耗能之迴歸方程式，據以推估出各系所之耗能基準值。

研究結果發現，由集群分析所區分之三群，分群明顯，且群內樣本合乎常理上的推測，檢定此三群之迴歸耗能方程式均為顯著，相依度頗高，高耗能群之 R-Square 值更高達 91%。此結果顯示，單純以傳統之 EUI 值作為評比基準將造成極大之偏差。如以本研究所計算出之基準值作為評比之依據，不僅考慮樓地板面積，更融入該類別內重要用電影響因素，使重新計算之基準值更有參考性，評比之基礎更具公平性。

關鍵詞：節能績效指標(Energy efficiency indicator)、能源密集度(EUI, Energy Usage Intensity)、集群分析(Cluster Analysis)、迴歸分析(Regression Analysis)

一、前言

隨著工業的進步與發展，溫室氣體對環境的影響逐漸增加，甚至危害到人類生活的環境；為了減緩溫室氣體對環境的負面影響，我國於民國 94 年召開全國能源會議，以維持經濟成長的前提下，制定節能減碳的政策並以達到環境永續發展為目標。民國 95 年 6 月經濟部首先針對政府機關及學校率先執行「加強政府機關及學校節約能源措施」，希望藉此產生示範效果，引領全國企業投入節能減碳的活動。行政院更於民國 97 年 6 月 5 日修正「永續能源政策綱領」，並進一步將上述措施修改為「政府機關及學校全面節能減碳措施」，作為定期評鑑考核各政府機關及學校節能減碳績效的準則，期望藉由定期考核節能用電績效的方式督促各政府機關與學校致力於節能減碳的措施，同時在達到每年用電量與用油量為負成長的原則下，政府機關與學校於民國 104 年達到累計總體節約能源 7% 的目標，以此標準設定為節能目標，引領全國達到節能減碳之成效。

民國 94 年後，節能減碳的績效考核方式是將當年度各執行單位的用電指標計算後進行分類，並將用電指標進行排序，作為初步評斷方法。依據行政院 97 年 8 月 6 日院台經字第 0970030865 號函核定『政府機關及校全面能減碳措施』第四項節能目標要求：其一，執行單位每年用電量以負成長為原則，國中以下，每年用電量以不成長為原則；其二，執行單位之用電指標 EUI 值¹高於同類型機關學校 EUI 值基準值者（表 1），應積極採行各項可行措施，最遲於民國 104 年前將 EUI 值降至政府所訂定之標準值。各機關 EUI 值的評估方式則是依照機關單位所計算 EUI 值中，以所有評估單位所計算獲得之 EUI 值取其位於中間值者為

¹一般來說，過去政府機關評定各單位用電標準皆以單位面積用電密度進行評比，也即為 EUI(Energy Use Intensity, EUI)值，此為單位面積內所消耗的電量；因此，EUI 值較高的單位則意涵其用電量較高，可能較不具有用電效率，此也為過去政府機關進行績效評估的基本準則之一，針對 EUI 值定義如下：

$$EUI = \frac{\text{年度用電度數}}{\text{建築物總樓地板面積}} \quad (\text{單位：kWh/m}^2\cdot\text{year})$$

EUI 基準值：將各單位用電指標依據用電屬性分類後排序，取排序中間的 EUI 值(中位數)，做為同類型機關學校之 EUI 基準值。

$$\text{用電成長率} = \left(\frac{\text{當年度用電度數} - \text{前一年度用電度數}}{\text{前一年度用電度數}} \right) \times 100\%$$

基準值，並以基準值為分界點，EUI 值位在基準值以上的機關單位則屬於節能減碳成效不佳者；此外，用電成長率也納入評比標準，並核定執行單位於每年 1 月 15 日前需擬定分年(年度)執行節能計畫，以達到用電、用油負成長或不成長之節能目標，並以不成長為前提下進行評估，檢視各機關單位的用電量是否呈現正成長趨勢，以作為評斷節能減碳績效不良之指標之一（附錄一）。

表 1 機關學校用電指標(EUI)基準值

編號	屬性	類別	EUI 基準值
1-6	辦公機關	地方一般行政機關	107.2
2-19	業務機關	直(省)轄市立圖書館	116.2
3-2	研究訓練機關	科技技術研究機關	189.5
4-1	醫療機關	醫學中心	220.7
5-1	學校	大學	98.2
5-2	學校	科技大學	120.8
5-3	學校	師範大學與教育大	80.5
5-4	學校	餐旅、戲曲、藝術等	71.8

資料來源：政府機關及學校全面節能減碳措施(2008)，行政院公佈

EUI 值可以簡單反映能源使用的比例，並廣泛地被用於分析建築物的能源耗用。例如美國的橡樹嶺國家實驗室(1997)為建立商業性建築物的能源耗用調查資料庫(Commercial Buildings Energy Consumption Survey,CBECS)，即以 100 kWh/sqft 表達 EUI，並將建築物依功能性分為 24 類別(辦公室、圖書館等)，以 EUI 為指標工具觀察建築物在各自類別內的能源使用狀況。歐盟的 ODYSSEE 資料庫(1992)中，資料庫中以三類指標(Bossloef and Moisan,1999)：1.經濟比 2.技術經濟比 3.能源節約指標觀察各產業能源效率表現，其對非製造業如住宅與服務業部門的能源效率調查，皆包含單位面積的能源消費此項參數，即 EUI。IEA (1997)定義能源指標是根據因素分解法針對細項部門別做分類，其分別建立其活動、密集度及結構指標，經由能源－排放指標模型解構出碳排放量，其對於非製造業部門如住宅部門、服務業部門皆納入樓地板面積做為能源使用產出項。香港特別行政區政府－機電工程署發布與 APEC 相似的耗能評估方法，乃將分類類中所有分析單位之單位樓地板面積耗電量 EUI (MJ/m²-year)按照排名百分比排序，讓使用者了解自己 EUI 的落點範圍，以此推估出本身建築耗能的節能空間。新加坡的 e-energy 指標系統也採用 EUI 來判定商業建築的能源表現。

EUI 常為全樓建築能源耗用分析的基本單位，並被應用於許多關於非製造業的能源效率研究上。Filippin (1999)利用電量 (kWh)，能源效率 (kWh/m^2 and kWh/student)，和二氧化碳排放量 (kg/m^2)等指標，分析阿根廷中部的 15 所學校之能源效率與溫室氣體排放量，並將上述指標值以統計方法區分為低、中、高區間各級學校，比較其能源、經濟與環境成本三方數據，以此訂定管理方針。Chung、Hui (2009) 對香港地區的私人辦公大樓進行能源效率的指標分析，其研究將辦公大樓分為三組，並建立多元迴歸模型，針對每組找出 EUI 與其他因素間的關係(如樓齡)。Li (2008) 則以 EUI 與各因素(總面積、建造年份等)的 XY 分布圖，觀察香港 19 處政府辦公處的能源效率表現。然而，Monts and Blissett (1982) 論及 EUI 的使用限制，其他因素(如 HVAC 系統)可能會使建築物有差異性大的能源表現。Sharp (1996) 也有類似的論點，EUI 不是一個可靠的能源消耗指標，因此他引進了多元迴歸方法，以標準化其他可能的耗能因素。Federspiel et al (2001) 認為以 EUI 與單位人口耗電量來評比建物之能源效率有兩個限制，前者僅限對類似的建築進行比較，後者則有使用者若是無效率使用，會導致許多能源使用不效率之建築被誤評為有效率的情形。此研究為修正以上兩個限制，發展一種新評比方法：建立一組滿足基本功能要求之最低能源需求模型，其需求包括充分的照明等因素。將實際耗電量與最低能源需求進行比較，即可了解建築物之能源效率。

國內也有許多能源耗用效率的相關研究，楊超朋(2007)藉由資料包絡分析法瞭解影響各地方政府單位能源使用效率，其投入項為單位面積夏月用電量(EUI)，產出項為人員密度、外氣溫度、降雨時數。楊開翔(2008)認為地區是影響中央空調型辦公大樓 EUI 差異性的主要因素，故將其分為北、中、南三群，選取適用的耗電因素進行複迴歸分析，最終預測模型適用於已安裝中央空調型辦公大樓。王振如(2002)認為大專院校的建築物類別、設施、教學系館類別與教學系館佔全校比對校園耗電之影響甚大，並調查其耗電量對總樓地板面積(EUI)、校地面積、學生人數、與溫度之關係。由校園電力管理資訊化輔導團(電力輔導團)95 年度至各級學校了解節能狀況的報告指出，歷年來學校用電成長依 95 年度電力普查資料分析用電成長原因包括教室空調、照明、事務設備增家、舉辦活動及會議或訓練開班資數增加、設備老舊降低、洽公人數增加、辦公人員增加、建物面積增加。郭柏巖等(2004)提及學校的建築規模與數量、空調設備普及率與建築使

用時間長短，為影響學校耗電量的重要原因。陳介惠(2008) 對非製造業依七項耗電因素(1) 建築使用機能、(2) 建築型態、(3) 設備或設施需求量、(4)使用時間長短、(5) 空調形式、(6) 經營形式與 (7) EUI 值高低，訂出分類原則，以符合建築耗能管理使用。李文興、黃建誠 (2003)認為學校建築物的耗能因素大致可區分為空調、照明、動力及其他設備用電等四大部分。

EUI 已被視為建築物耗能效率評估的基本單位，大多研究非製造業能源效率的方法多為分組後以 EUI 值進行比較。但許多研究也質疑，單用樓地板面積判斷用電效率是否過於簡化，並嘗試以其他研究方法融入相關耗電因素，如 DEA、迴歸分析等。此外，許多研究結果顯示針對以建築用途相似為分類的建物作 EUI 效率評比，其差異性頗大，其統計分析參考價值相對較低。因此，本研究以成功大學為例，對各教學性質之系所進行耗能效率分析，希望找出適合評比耗能效率之指標。

基於 EUI 可以簡單反映能源表現，本研究先使用 EUI 值調查各系所耗能情形，並仿照機關學校用電指標基準之屬性類別，以建築用途以及各學院類別區分各系所後，觀察各學院之系所用的用電基準與耗能情形，希望藉此了解成功大學的用電效率。表 2 為成功大學各院系所 EUI 分佈表，根據調查結果發現，歸在同學院之各單位其用電型態頗具差異性，細察其耗電因素(諸如人數、實驗課程多寡等)並無明顯用電浪費的情形。由此可知，單用樓地板面積之用電量做為績效評比之基準，對於歸在同類但用電型態極為不同的單位不甚公平。由上述觀察結果可知，EUI 作為建築物能源耗用指標尚有兩大缺失；其一，分類內的建物有 EUI 差異性大的情形，降低統計分析的參考性。其二，EUI 並未納入其他耗電因素資訊，單用 EUI 指標解釋建物耗能情形，容易誤判建築物的耗能效率優劣。

表 2 成功大學各院系所 EUI 分佈

學院	指標	95	96	97	98
電機資訊學院	平均 EUI	210	198	199	194
	最高 EUI	235	237	230	240
	最低 EUI	N.A	N.A	100	95
生物科學與科技學院	平均 EUI	142	160	150	201
	最高 EUI	147	252	257	274
	最低 EUI	130	124	109	173
醫學院	平均 EUI	122	124	135	137
	最高 EUI	292	293	320	321
	最低 EUI	32	32	36	40
理學院	平均 EUI	137	134	117	122
	最高 EUI	241	260	187	177
	最低 EUI	62	63	65	54
工學院	平均 EUI	106	109	111	109
	最高 EUI	268	272	280	269
	最低 EUI	46	48	48	51
社會科學院	平均 EUI	64	102	97	N.A
	最高 EUI	N.A	222	214	202
	最低 EUI	53	64	62	54
文學院	平均 EUI	41	38	40	42
	最高 EUI	52	46	49	51
	最低 EUI	19	14	8	11
管理學院	平均 EUI	60	61	61	60
	最高 EUI	81	85	84	88
	最低 EUI	36	38	39	39
規劃與設計學院	平均 EUI	55	52	47	45
	最高 EUI	63	59	54	52
	最低 EUI	29	26	23	27

二、研究方法與資料說明

為改良以 EUI 作為耗能指標評比的缺失，本研究以國立成功大學各系所之建築為例，收集各系所影響因素指標資料(諸如人口、樓地板面積、設備、研究能量)，再利用集群分析法對成功大學所有系所進行分群，區分為耗能結構近似的三群，使此三群內的樣本耗能差異性縮小。再以迴歸分析法納入各耗電因素，建立此三群內之耗能基準迴歸方程式，據以推估出各系所之耗能基準值，並根據分析結果，評估各單位的節能空間。

(一) 資料說明

本研究選擇以成功大學內各單位系所做為受評單位，依據成功大學註冊所公佈統計資料，於民國 98 年時，成功大學共有 40 學士班，78 碩博士班。依照教育部規定劃分，學士班與獨立研究所總共 88 個單位，分別歸屬於 9 大學院管理。資料收集為自 95 年起，成功大學營繕組系所電費管理系統的每月用電度數，成功大學註冊組的師生人數與行政人員，成功大學資產管理組的樓地板面積等。本次收集收集 95 年至 98 年各系所登記的資料共 158 筆基本能源使用資料。經統計資料統整，如表 3 所示，樓地板面積由 $529\text{ m}^2 \sim 34405\text{ m}^2$ ，平均值為 7681 m^2 ；總人數從 43 人 $\sim$ 1986 人，平均值為 455 人；冬夏月 EUI 差額從 $-5.44 \sim 85.42\text{ kWh/m}^2.\text{yr}$ ，平均值為 15.85。

表 3 系所統計數據分布

	能源密集度 $\text{Kwh/m}^2.\text{yr}$	人員密度 $\text{P}/100\text{ m}^2$	面積 m^2	人數 p	冬夏月差額 $\text{kWh/m}^2.\text{yr}$
平均值	101	0.08	7681	455	15.85
最大值	321	0.90	34405	1986	85.42
最小值	8	0.01	529	43	-5.44

本研究的資料來源乃由人力抄表紀錄，數據難免有誤；樓地板面積的所有權轉移可能有行政程序上的時間延遲問題，使新系所的成立或舊系所的搬遷往往無法更新其登錄面積，為避免結果偏差及錯誤，需將數據資料經過初步篩選：

1. 能源資料有缺：各月耗能資料或年平均樓地板面積有缺漏之單位
2. 用電量資料異常：於 EUI 表現過高或過低之單位，檢視其基本資料，如樓地板面積、人口數及年變化量等，並詢問其單位用電異常之原因，將判別為異常或特殊狀況之數據篩去。

最後經整理，本研究共篩選出 168 筆資料，列為本次評估對象。

影響單位能源使用的耗能因素包括樓地板使用面積、學生人數、教授人數、設備耗電性質等。經初步分析及歸納，決定將面積、總人數、國科會及建教合作計畫總金額、單位教授論文數作為耗能特性分群的因素，並依分群特性選取不同的解釋項，如人員密度、設備密度、單位教授論文數、計畫密度作為解釋項，能源密度($\text{kWh/m}^2\cdot\text{yr}$)作為被解釋項，建立迴歸模型。

1. 能源密度：為單位面積的年耗電量，即 EUI(Energy Use Intensity)，建築物樓地板面積主要影響空調及照明的能源耗用，當建築物樓地板面積越大，相對照明及空調容量亦增加。
2. 人員密度：單位面積總人數，總人數包括學生、教授、行政人員。
3. 設備密度：單位面積的設備財產總金額，設備金額越高，則設備耗電量越大。
4. 單位教授論文數：每位教授發表的論文數越多，表示研究投入越多，工作時數越長，耗電量越大。
5. 計畫密度：為單位面積的國科會及建教合作計畫總金額，計畫總金額數越多，則研究投入越高，耗電量越大。

(二) 研究方法

群集分析是一種根據相似性與相異性客觀地進行物以類聚的邏輯程序，其目的在於便於辨認某些事物的相似特性，並將這些事物依照該特性畫分出幾個群集，使同一群及內的事物具有高度同質性(homogeneity)，不同群集之間的樣本則具有高度異質性(heterogeneity)。此法常運用於不同學科領域，對研究主體進行性質分類與區域分析，提供一客觀快速之數值分類程序，進而得到較精密且合理的結果，例如心理學對某些行為作分類、商學對消費行為模式進行歸類分類、圖樣

影像識別處理和化學上對於合成物質表現特性分類。(黃俊英, 2003)。

群集分析法是利用簡單的空間距離計算公式,透過衡量資料點間的距離遠近來判斷彼此間的相似程度的一種統計分類法。一般群集分析的分類法有「樹形分群法」(Joining)、「集區分群法」(Two-Way Joining)、「K 組平均數分群法」(K-Means Clustering)等。進行群集分析有兩項主要工作須先定義,其後從三種群集分析型式選取所需的分析方法:

1. 定義個體間距離

個體距離常使用下列方法計算(1)歐氏距離(2)馬氏距離(3)城市街道距離(4)相似性(相關係數),其中對兩個體再多維空間量測距離,最常使用的是歐氏距離,其量測的是兩個體在空間上的真正幾何距離。首先,假設資料點 $X_i = \langle X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{ik} \rangle$ 和資料點 $X_j = \langle X_{j1}, X_{j2}, \dots, X_{jk} \rangle$ 為資料集中任兩筆資料紀錄,其中 K 為資料表示所採用的資料維度數量,則 X_i 和 X_j 可用式(1)計算其歐氏距離:

$$D_2(X_i, X_j) = \left(\sum_{d=1}^k |X_{id} - X_{jd}|^2 \right)^{1/2} \quad (1)$$

由於距離有根號計算的麻煩,因此通常以歐氏距離平方(Squared Euclidean Distanc)為依據作分析。

2. 定義群體間距離

計算出點間距離,接下來就要考慮群間距離,基本上有五種計算方法,分別為(1)最近法(2)最遠法(3)平均法(4)中心法(5)華德法,其中華德法(又稱最小變異數法)是以變異數分析方法來定義群間距離,此法被認為是很好的分群法,通常會得到較少的分群。此法首先假設甲、乙兩群距離是以甲群中心點 $x_{\text{甲}}$ 到兩群合併中心點 y 距離平方乘以甲群的點數,與乙群中心點 $x_{\text{乙}}$ 到總終點的 y 距離平方乘以乙群的點數之和,即

$$d_{\text{甲,乙}} = n_{\text{甲}} * \|x_{\text{甲}} - y\|^2 + n_{\text{乙}} * \|x_{\text{乙}} - y\|^2 \quad (2)$$

$d_{\text{甲,乙}}$: 即變異數分析中的組間平方和(BSS)

3. 群集分析有三大型式，依分群方法分為分層法(Hierarchical)與非分層法(Nonhierarchical)以及結合此兩種而成的二階段法。

(1) 分層法(Hierarchical)：

- a. 凝聚分層法(Agglomerative)：開始時每一個為一群，然後最近的兩個體合成一群，依次結合，使群組愈變愈少，最後所有個體結成一群。特性是兩個體一旦在同群內，則以後的步驟中必然在同一群內，此法最為普遍使用。
- b. 分離分層法(Divisive)：開始時所有個體為一群，然後分成二群、三群，直到每一個體為獨立一群為止，方向與凝聚分層法相反。此法則較少使用。

優點：可以合理判斷應分群數目

缺點：分群結果常受偏遠樣本的影響，對已歸併錯誤之樣本無法適當調整。

(2) 非分層法(Nonhierarchical)

以 K 組平均法(K-Means)作為代表：假如已知要將所有個體分成 K 群，指定 K 群的中心值，依各個體到各中心點距離遠近重新移動個體到最近的群體，並算出各群體新的中心點，然後繼續再移動各個體到最接近的群，如此重覆進行直到個體不能再移動為止。

優點：可避免偏遠樣本誤差對整體分群影響

缺點：需要先給定群集數目始能分析

(3) 二階段法

結合分層法與非分層法二種方式，由 M. Anderbeg 在 1973 年提出，以任何一種分層群集方法求得理想群集數目，再利用非分層方法進行群集分析。例如：第一階段先以華德法做分群，決定群組個數；第二階段再以 K-組平均法進行群集。其目的是為了由於華德法具二個個體一旦被分在一群，之後就會永遠在同一群內的缺點，故以第二階段 K-組平均法彌補之。(陳順宇，2000)

由於本研究是希望能將樣本資料做最合適的耗能性分群後再進行之後的耗能模型之建立，而各群組的耗能特性在事先是未知的，且目標是希望能將有同樣耗能特性、同樣有節能潛力的樣本分在同一群，如此正符合群集分析法的目的；因此，本研究採用群集分析法做為本研究的分群統計方法。而分層法與 K-Means 皆有其缺陷，故本研究最終採用二階段法做實證分析分群之用。

本研究希望了解耗電量與耗電因素之間的影響關係，直觀耗電因素諸如樓地板面積、人口等，與耗電量的關係是直接增加的，為表達這種因果關係，需透過統計數學方法來尋找，在統計方法中，最能直接表達這種直接因果關係的方法是迴歸分析。

迴歸分析是用一變數 X 去解釋令一變數 Y ，如 $Y = a + bX$ ， b 的正負號則代表著 X 與 Y 的相關方向， X 被稱為解釋變數， Y 則是被解釋變數。建立迴歸模型，一般假設解釋項與被解釋項的變異數齊一(Homocedasticity)，所有小母體分配的平均數均落在 Y 對 X 的母體迴歸直線上，且不同 X 之下的 Y_i 彼此獨立。如果預測變數(X_i)只有一個，則稱之為簡單迴歸分析。如果預測變數有二個以上，則稱為多元迴歸或複迴歸分析，如(3)式與(4)式所示。

$$Y = aX + b \dots \dots \dots (\text{簡單迴歸}) \quad (3)$$

$$Y = a_1X_1 + b_2X_2 + \dots \dots b_mX_m (\text{複迴歸}) \quad (4)$$

本研究利用多於一種耗能因素解釋用電量，所以選擇複迴歸來進行模型的建立，在直線性的假設上，可由最小平方方法求得一條最適合迴歸線解釋其變異。最小平方方法即是使各點至此線之平行於 Y 軸的距離的平方和變為最小的求解方法：

$$\text{Min} \sum (Y - \hat{Y})^2 \quad (5)$$

$$\text{Min} \sum (Y - a - bX)^2 \quad (6)$$

假設我們有 n 對觀察值 $(X_1, Y_1), \dots, (X_n, Y_n)$ 散佈在 XY 坐標平面上先目測看 Y 與 X 概略而言是否可合理的假定其為一線性關係。

假設 Y 與 X 之關係可接受為線性，則估計 β_0, β_1 ，使 $\sum (y_i - \beta_0 - \beta_1 x_i)^2$ 最

小，這方法稱為最小平方法，所得之估計量稱為最小平方估計量。在直線關係假設下，理論上，投入變數應落在此線上。

三、結果與討論

為減少群組內 EUI 差異性，使各系所立於相同基準點進行用電績效評估，本研究首先對所有單位進行分群，利用分群將具有相同耗電特性的系所歸類為同一群體。本研究採用群集分析中的二階段法，先利用分層法中的華德法決定群組個數，再利用非分層法進行第二階段群集分析。

(一) 第一階段分群：

採用分層法中的華德法，擷取導致兩項耗電指標以及兩項績效指標：計畫金額、單位教授論文數、人數、面積做為分群的變數；研究期間為 95 至 97 年的年資料，以華德法分別對 158 個樣本進行群集分析，最後決定此階段的分組群數，將結果分 3 群。

(二) 第二階段分群：

採用非分層法中的 K-means 為分群方式；在第一階段華德法決定分群組數後，利用 K-means 方法和所得到的分群數再進行一次群集分析，得到最終研究樣本分群結果表 4，即各年各群組的成分系所。

本研究採用 95 年至 97 年間各單位的耗電特性量化資料 158 筆，去除資料有缺失之樣本 38 筆，總計分析 120 筆，對其進行群集分析，表 4 為群集分析後的分群結果。由表 5 可看出各分群的佔比，第一群佔所有系所比例 62.5%，第二群佔所有系所比例 30%，第三群佔所有系所比例 7%。圖 1 為各指標分群 95%聯合信賴區的分佈圖，可觀察各群中的平均數與其最大差距，發現個群組距差異性頗大，分群明顯。由表 6 可知第一群的計畫金額平均數為 1,470.68 萬元，單位教授論文平均數為 0.85 篇，平均人口為 303 人，平均面積為 3,665 平方公尺，各因素數值相較於其他群組因素的數值較為低；第二群的計畫金額平均數為 4,173.64 萬元，單位教授論文平均數為 2.6 篇，平均人口為 582 人，平均面積為 11,510 平方公尺；第三群的計畫金額平均數為 8,242.89 萬元，單位教授論文平均數為 4.88

篇，平均人口為 1,405 人，平均面積為 28,830 平方公尺，各因素的數值相較於其他二群組皆為最高；因此，本研究將第一群命名為低耗電群，將第二群命名為中耗電群，將第三群命名為高耗電群。

表 4 分群結果

系所單位	年份	分群結果	系所單位	年份	分群結果	系所單位	年份	分群結果
歷史系	95	1	工設系	95	1	修齊大樓	95	2
歷史系	96	1	工設系	96	1	修齊大樓	96	2
歷史系	97	1	工設系	97	1	修齊大樓	97	2
中文系	95	1	都計系	95	1	系統系	95	2
中文系	96	1	都計系	96	1	系統系	96	2
中文系	97	1	都計系	97	1	系統系	97	2
藝術所	95	1	測量系	95	1	化學系	95	2
藝術所	96	1	測量系	96	1	化學系	96	2
藝術所	97	1	測量系	97	1	化學系	97	2
企管系	95	1	法律系	95	1	物理系	95	2
企管系	96	1	法律系	96	1	物理系	96	2
企管系	97	1	法律系	97	1	物理系	97	2
統計系	95	1	政經所	95	1	建築系	95	2
統計系	96	1	政經所	96	1	建築系	96	2
統計系	97	1	政經所	97	1	建築系	97	2
交管系	95	1	地科系	95	1	材料系	95	2
交管系	96	1	地科系	96	1	材料系	96	2
交管系	97	1	地科系	97	1	材料系	97	2
工資管系	95	1	生命科學系	95	1	資訊系	95	2
工資管系	96	1	生命科學系	96	1	資訊系	96	2
工資管系	97	1	生命科學系	97	1	資訊系	97	2
國企所	95	1	生物科技所	95	1	土木系	95	2
國企所	96	1	生物科技所	96	1	土木系	96	2
國企所	97	1	生物科技所	97	1	土木系	97	2
會計系	95	1	物治系	95	1	工科系	95	2
會計系	96	1	物治系	96	1	工科系	96	2
會計系	97	1	物治系	97	1	工科系	97	2
航太系	95	2	職治系	95	1	水利系	95	2
航太系	96	2	職治系	96	1	水利系	96	2
航太系	97	2	職治系	97	1	水利系	97	2

系所單位	年份	分群結果	系所單位	年份	分群結果	系所單位	年份	分群結果
資源系	95	1	醫技系	95	1	化工系	95	3
資源系	96	1	醫技系	96	1	化工系	96	3
資源系	97	1	醫技系	97	1	化工系	97	3
數學系	95	1	醫工所	95	1	電機系	95	3
數學系	96	1	醫工所	96	1	電機系	96	3
數學系	97	1	醫工所	97	1	電機系	97	3
護理系	95	1	教育所	96	1	機械系	95	3
護理系	96	1	環工系	95	2	機械系	96	3
護理系	97	1	環工系	96	2	機械系	97	3
教育所	95	1	環工系	97	2			

表 5 群組分佈表

		N	Combined	Total
Cluster	1	75	62.5%	47.5%
	2	36	30.0%	22.8%
	3	9	7.5%	5.7%
	Combined	120	100.0%	75.9%
Excluded Cases		38		24.1%
Total		158		100.0%

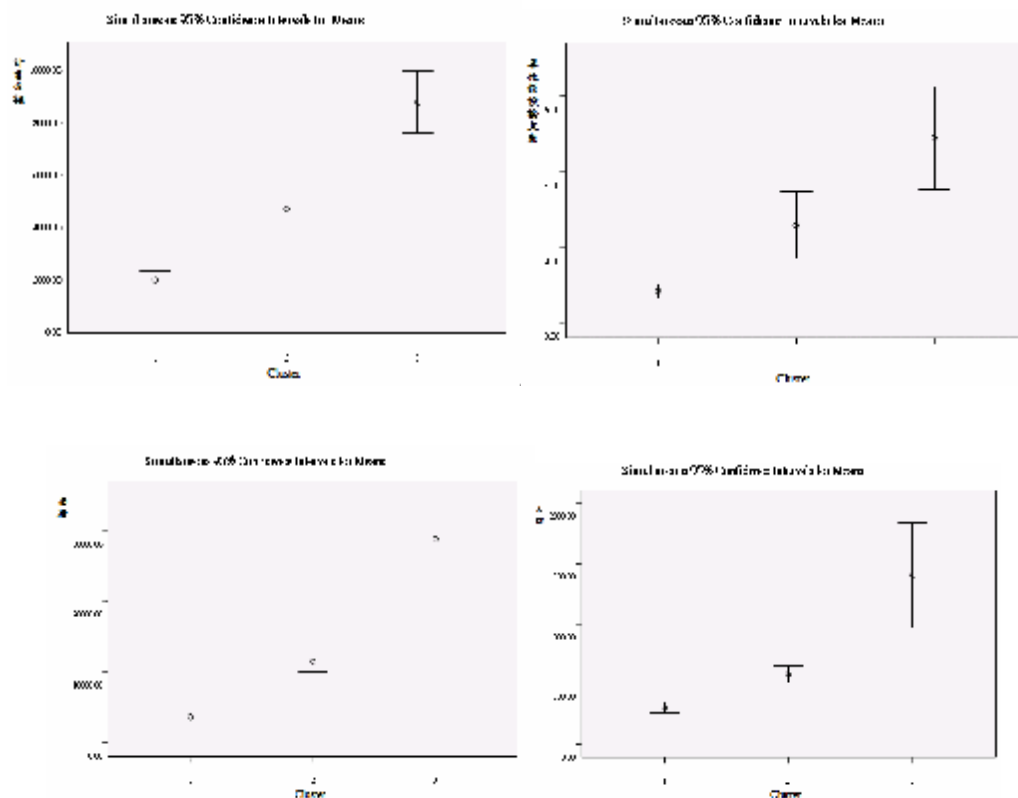


圖 1 耗電因素分群情形

表 6 分群資料表

耗電因素	1.面積(m ²)		2.人口(人)		3.計畫金額(元)		4.單位教授論文數(篇)	
Cluster	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
1	3,664.9	1,783.9	302.6	152.6	1,470.7	1,131.4	0.85	0.67
2	11,510.4	3,530.3	582.4	163.5	4,173.6	1,926.0	2.57	2.09
3	28,830.9	1,630.0	1,405.7	433.7	8,242.9	1,155.0	4.88	1.35
Combined	7,906.0	7,362.4	469.3	350.3	2,789.5	2,429.4	1.67	1.77

由耗電因素分群的結果可發現，少數系所分群具備特殊性，如修齊大樓屬於文學院，但其功能為綜合性大樓，包含了綜合性教室(如視聽教室、演講廳)、影音設備等，相較於其他文學院耗電量較少的系所，其用電特性較為多樣化，因此

分群結果被歸類在中耗電群。為瞭解可能發生誤差分群的樣本系所，本研究將加入 EUI 值因素，再進行一次二階段群集分析檢視結果，藉由比較兩次分群的結果進行樣本分群的調整。再次群集分析後，得到研究樣本分群結果如表 7 所示。其資料採用 95 年至 97 年間各單位的耗電特性的量化資料，資料內容共含有 158 筆，去除資料有缺失之樣本 38 筆，總計分析資料為 120 筆，針對分析樣本進行群集分析。表 8 為各分群數量與各群組系所數量佔總系所數量的比例，低耗電群佔所有系所比例 48.3%，中耗電佔所有系所比例 44.2%，高耗電群佔所有系所比例 7.5%。

表 7 分群結果

系所單位	年份	分群結果	系所單位	年份	分群結果	系所單位	年份	分群結果
歷史系	95	1	工設系	95	1	測量系	95	1
歷史系	96	1	工設系	96	1	測量系	96	1
歷史系	97	1	工設系	97	1	測量系	97	1
中文系	95	1	都計系	95	1	系統系	95	2
中文系	96	1	都計系	96	1	系統系	96	2
中文系	97	1	都計系	97	1	系統系	97	2
修齊大樓	95	1	建築系	95	2	化學系	95	2
修齊大樓	96	1	建築系	96	1	化學系	96	2
修齊大樓	97	1	建築系	97	2	化學系	97	2
企管系	95	1	法律系	95	1	物理系	95	2
企管系	96	1	法律系	96	1	物理系	96	2
企管系	97	1	法律系	97	1	物理系	97	2
統計系	95	1	政經所	95	1	地科系	95	2
統計系	96	1	政經所	96	1	地科系	96	2
統計系	97	1	政經所	97	1	地科系	97	2
交管系	95	1	藝術所	95	1	生命科學系	95	2
交管系	96	1	藝術所	96	1	生命科學系	96	2
交管系	97	1	藝術所	97	1	生命科學系	97	2
工資管系	95	1	數學系	95	1	生物科技所	95	1
工資管系	96	1	數學系	96	1	生物科技所	96	2
工資管系	97	1	數學系	97	1	生物科技所	97	2
國企所	95	1	護理系	95	1	土木系	95	2
國企所	96	1	護理系	96	1	土木系	96	2
國企所	97	1	護理系	97	1	土木系	97	2

系所單位	年份	分群結果	系所單位	年份	分群結果	系所單位	年份	分群結果
會計系	95	1	物治系	95	1	工科系	95	2
會計系	96	1	物治系	96	1	工科系	96	2
會計系	97	1	物治系	97	1	工科系	97	2
航太系	95	2	職治系	95	1	水利系	95	2
航太系	96	2	職治系	96	1	水利系	96	2
航太系	97	2	職治系	97	1	水利系	97	2
資源系	95	2	環工系	95	2	化工系	95	3
資源系	96	2	環工系	96	2	化工系	96	3
資源系	97	2	環工系	97	2	化工系	97	3
材料系	95	2	醫工所	95	2	電機系	95	3
材料系	96	2	醫工所	96	2	電機系	96	3
材料系	97	2	醫工所	97	2	電機系	97	3
資訊系	95	2	機械系	95	2	醫技系	95	2
資訊系	96	2	機械系	96	3	醫技系	96	2
資訊系	97	2	機械系	97	3	醫技系	97	2
教育所	95	2	教育所	96	2			

表 8 群組分佈表

		N	Combined	Total
Cluster	1	58	48.3%	36.7%
	2	53	44.2%	33.5%
	3	9	7.5%	5.7%
	Combined	120	100.0%	75.9%
Excluded Cases		38		24.1%
Total		158		100.0%

由表 9 可觀察到前四項因素的分群資料與初次分群資料的結果類似，影響分群的主要因素為面積、人口、計畫金額、單位教授論文數與 EUI 值，但若群組不同則其耗能因素數值的大小也會相差甚多。在低耗電群組中，各因素的數值型明顯小於其他群組，中耗電的群組內影響因素的數值則大幅度的攀升，在高耗電的群組中，各影響因素的數值明顯大於其他兩群組的數值，而加入 EUI 值因素後，再次進行分群的結果列於圖 2，其說明加入 EUI 值進行集群分析後，第三群

的分群指標的 95%聯合信賴區的信賴範圍涵蓋變得較為廣闊，也說明 EUI 值的特性會明顯影響到分群的結果，同時，也使分群的結果更趨於合理化，分群結果也證實 EUI 值對耗電密度因素特殊性的假設。

故本研究將加入 EUI 值因素後的群集分析結果與初始耗電因素分群結果進行比較，進而辨識分群中具備特殊性的系所，如果兩者分群結果有差異則考量其系所研究性質，經由訪談營繕組瞭解其系所耗電性質，按照訪談結果進行調整；此外，本研究為避免邊界分群爭議性，分別檢視各群中，具有極低 EUI 值與極高 EUI 值的系所，同樣經由訪談營繕組，瞭解其系所耗電性質，依照訪談討論，進行分群的調整。

表 9 分群資料表

耗電因素	1.面積		2.人口		3.計畫金額	
Cluster	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
1	3,920.9	2,746.2	330.3	167.8	1,014.2	739.1
2	8,713.9	4,605.3	462.3	218.2	3,806.2	1,728.0
3	28,830.9	1,630.0	1,405.7	433.7	8,242.9	1,155.0
Combined	7,906.0	7,362.4	469.3	350.3	2,789.5	2,429.4
耗電因素	4.單位教授論文數		5.EUI 值			
Cluster	Mean	S.D.	Mean	S.D.		
1	0.62	0.54	54.7	23.1		
2	2.28	1.79	147.3	74.3		
3	4.88	1.35	143.8	68.1		
Combined	1.67	1.77	102.3	71.5		

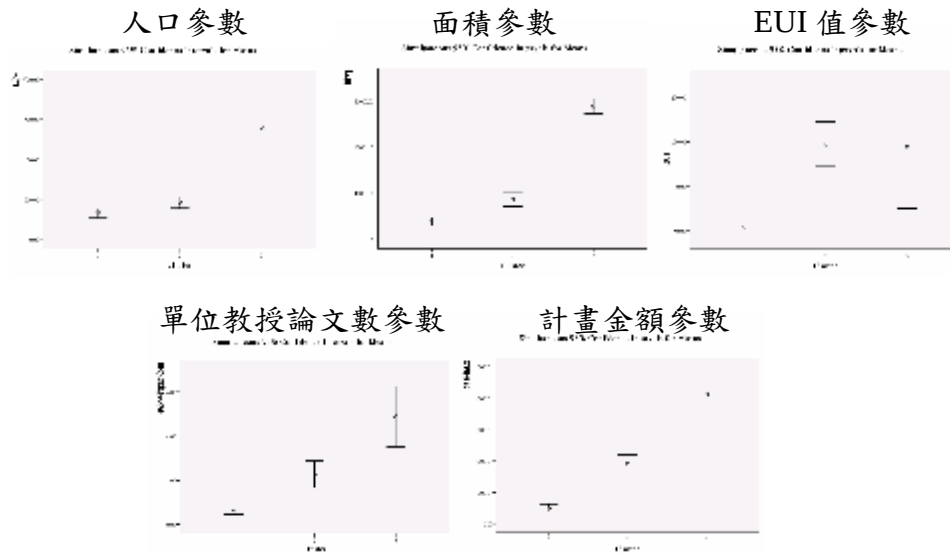


圖 2 加入 EUI 值因素之分群情形

經比較後得到具有特殊性原因需調整的系所樣本如表 10，依照調整結果將所有系所分成三群(表 11)，調整後的分群，低耗電群佔 55%，中耗電群佔 30%，高耗電群佔 15%。觀察三群可發現，低耗電群裡的樣本系所大都為文管學院系所，少數不屬於文管商系所，則是以理論研究為主的系所；中、高耗電群裡的樣本系所則以理工學院為主，並依照耗電高低分成中、高耗電兩群；由此可推測，三大分群各有其耗電特性與耗電模式，在進行耗電迴歸模型的建立前，需先了解此三大分群的主要耗電原因，再針對該分群主要耗電因素進行能源耗用之效率分析。

表 10 調整分群的系所單位

系所單位	年份	耗電因素分群	加入 EUI 值之分群	調整後分群
修齊大樓	95	2	1	1
修齊大樓	96	2	2	1
修齊大樓	97	2	2	1
建築系	95	2	2	1
建築系	96	2	1	1
建築系	97	2	2	1
教育所	95	1	2	1
教育所	96	1	2	1
系統系	95	2	2	1
系統系	96	2	2	1
系統學系	97	2	2	1
材料系	95	2	2	3
材料系	96	2	2	3
材料系	97	2	2	3
資訊系	95	2	2	3
資訊系	96	2	2	3
資訊系	97	2	2	3
醫技系	95	1	2	3
醫技系	96	1	2	3
醫技系	97	1	2	3

表 11 群集分析後系所分群狀況

群一(22 系)			群二(12 系)		群三(6 系)
低耗電密度群			中耗電密度群		高耗電密度群
教育所	工資管系	歷史系	化學系	生命科學系	機械系
政經所	國企所	中文系	物理系	生物科技所	化工系
藝術所	會計系	修齊大樓	地科系	土木系	材料系
數學系	工設系	企管系	航太系	工科系	資訊系
護理系	都計系	統計系	資源系	水利系	電機系
物治系	建築系	交管系	環工系		醫檢系
職治系	法律系	系統系	醫工所		
測量系					

藉由集群分析進行分類後，具有相同影響用電因素的特性的系所皆歸類為同群組中，雖然同群組中各系所用的用電性質已經極度相似，但是系所間的用電量仍會因其用電特性的些微差異而有所不同，因此各系所若直接以 EUI 值進行系所間的評比，無法表現其他耗電因素的效率，仍可能產生評比偏誤的結果。為克服此問題，本研究利用各群組中具有相同影響用電因素的特性建立迴歸模型，並從所建立的迴歸模型中計算各系所的基準值，將此基準值做為各系所用電效率的評比標準，以維持評比的公平。

由於三大分群各有其耗電特性，顯示各群組間用電結構具有差異性，而影響其用電差異的因素會因為群組不同而相異；因此，按照各群組的特性所建立之迴歸模型也會因為用電結構不同而有所變化，故本研究以三大群體分別建構不同的迴歸模型探討群組中各系所的 EUI 基準值。為了找出各群組影響用電的重要因素建立迴歸模型，本研究首先以逐步迴歸法進行分析，而本研究中，EUI 值設為被解釋變數，而其它有可能影響用電的因素則視為解釋變數，影響用電因素包含人口、教授人數、系所文章發表篇數、計畫金額與設備金額；並且將所有變數全數納入模型中，藉由逐步迴歸的方式分析出哪一個因素對於 EUI 值有顯著的影響力；同時，此法也將不具影響力的因素剔除，因此依照逐步迴歸法分別對低耗電群、中耗電群、高耗電群篩選出的變數將可以建立最適合各群組的迴歸模型。

1、低耗電群

統計低耗電密度群類別內，自 95 年至 98 年的樣本數有 92 筆，選取應變數為 EUI 值，藉由逐步迴歸分析後將可篩選出的自變數為計畫密度、設備密度，而利用此變數所建立之迴歸模型將可以最適切的解釋用電因素與 EUI 值之間的關係；同時，在各種變數所組合的模型中，逐步迴歸模型的解釋能力也將會是最高，藉由逐步迴歸分析後得到迴歸模型為：

$$\text{EUI 值} = \alpha_0 + \alpha_1 \times (\text{設備密度}) + \alpha_2 \times (\text{計畫密度}) + \varepsilon_1 \quad (7)$$

其中 α_i 為係數值， $i = 1, 2, 3 \dots$ ； ε_1 為殘差項

以 STATA 軟體按照式(7)，對係數進行估計後，得到結果如表 14，模型 F 值

為 75.48，檢定為顯著，P 值為 0，因此我們可以拒絕整個迴歸模型沒有解釋力的虛無假設， $R^2=0.7651$ ，即迴歸模型可以解釋 76.51%的總變異，實證結果後可得到迴歸方程式

$$\text{EUI 值} = 42.5293 + 0.0015 \times (\text{設備密度}) + 24.0256 \times (\text{計畫密度}) \quad (8)$$

根據表 12 的數值顯示，設備密度及計畫密度的係數皆正向顯著影響 EUI 值，迴歸係數的 95%信賴區間，隨著單位設備密度、單位計畫密度與耗電密度之間正向相關可以說明設備與計畫的增加將會帶動用電量成長。

表 12 低耗電密度群迴歸分析結果

Number of obs=92				
F(2, 83)=75.48				
Prob > F=0	Source	SS	df	MS
R-squared=0.7651	Model	93346.82	2	46673.41
Adj R-squared=0.7588	Residual	55031.38	89	618.3301
Root MSE=24.866	Total	148378.2	91	1630.53
	Coef.	Std. Err	P-value	
計畫密度	24.02562	2.663518	0.000	
設備密度	0.001465	0.000169	0.000	
常數	42.52929	2.883159	0.000	

從低耗電群的迴歸結果可以觀察到，計畫與設備為影響各系所用電的主要原因，由於各系所設備金額與計畫金額皆不同，因此也形成各系所耗電量不同的主要影響要素；同時，藉由低耗電群所建構出的迴歸模型，將各系所中各耗電因素使用量帶入模型中將可預估出理論的 EUI 值；藉由迴歸模型中的計畫密度、設備密度與 EUI 值之間的轉換關係，即可計算出各系所應該會消耗掉多少 EUI 值，本研究便以此計算出的 EUI 值做為各系所評比之標竿值，也即為本研究所設定的各系所的用電基準值。圖 3 為 95 至 98 年之低耗電群理論值與實際 EUI 值的比較圖，虛線為理論值，實線為實際值，若虛線在實線之上則表示由預估用電比

實際用電還高，反之亦然。

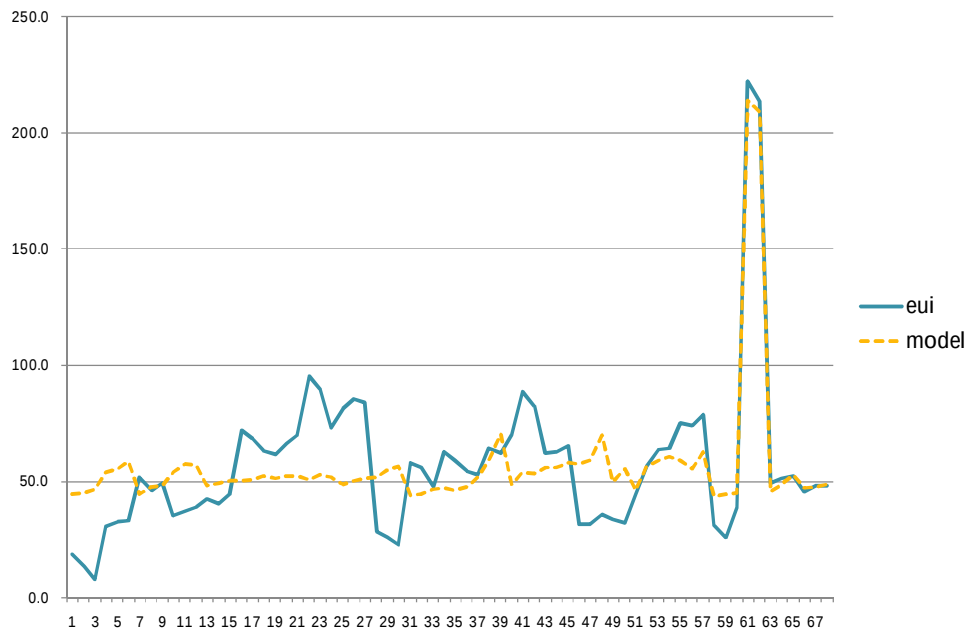


圖 3 低耗電群組理論與實際 EUI 值

2、中耗電群

統計中耗電群類別內，自 95 年至 98 年的樣本數有 48 筆，選取應變數為 EUI 值，藉由逐步迴歸分析後將可篩選出的自變數為 $\ln(\text{計畫密度})$ 、設備密度，進行參數估計，得到線性迴歸模型為：

$$\text{EUI 值} = \text{常數} + \beta_1 \times (\text{時間}) + \beta_2 \times (\text{設備密度}) + \beta_3 \times (\ln \text{計畫密度}) + \varepsilon_2 \quad (9)$$

其中 β_i 為係數值， $i = 1, 2, 3 \dots$ ；

以 STATA 按照式(9)，對係數進行估計後，得到結果列於表 15，模型 F 值為 11.89，檢定為顯著，P 值為 0，因此推論結果可以拒絕整體迴歸模型沒有解釋力的虛無假設，其中 $R^2 = 0.4477$ ，即迴歸模型可以解釋 44.77% 的總變異。實證結果後可得到迴歸方程式

$$\begin{aligned} \text{耗電密度 EUI 值} = & 1526.721 - 14.5331 \times (\text{時間}) + 0.003243 \times (\text{設備密度}) \\ & + 22.65998 \times (\ln \text{計畫密度}) \end{aligned} \quad (10)$$

檢定設備密度及計畫密度的係數皆顯著，迴歸係數的 95% 信賴區間如表 13

所示，此結果表示，時間變數為負相關，表示隨著時間的增加 EUI 值呈現減少的狀態，也意涵該群組具有節能效果；而設備密度、ln 計畫密度與耗電密度為正向相關，也符合一般用電的原則。

表 13 中耗電群迴歸分析結果

Number of obs=48				
F(3, 44)=11.89				
Prob > F=0	Source	SS	df	MS
R-squared=0.4477	Model	55701.71	3	18567.24
Adj R-squared=0.41	Residual	68729.05	44	1562.024
Root MSE=39.522	Total	124430.8	47	2647.463
	Coef.	Std. Err	P-value	
年份(時間)	-14.5331	6.229948	0.024	
設備密度	0.003243	0.000629	0.000	
ln(計畫密度)	22.65998	13.02338	0.089	
常數	1526.721	603.9447	0.015	

從中耗電群中的迴歸結果可以觀察到計畫與設備為影響各系所用電的主要原因，同時藉由中耗電群組所建構出的迴歸模型將可以預估出理論 EUI 值；並藉由迴歸模型得知時間變化、計畫密度、設備密度與 EUI 值之間的轉換關係，將原始數據代入模型後，即可計算出中耗電密度群組中各系所應該會消耗掉多少 EUI，圖 4 說明理論標竿值與實際 EUI 值之間的差異。

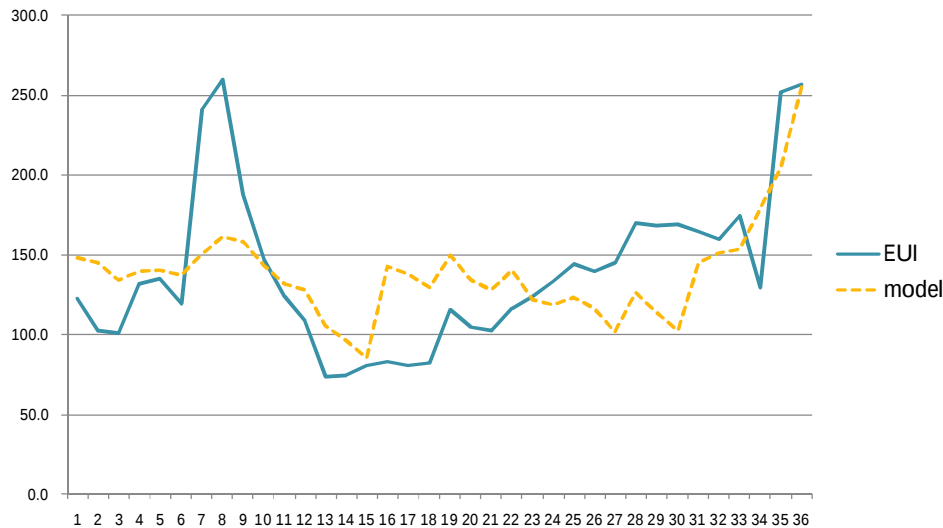


圖 4 中耗電群組理論與實際 EUI 值

3、高耗電群

統計高耗電群類別內，自 95 年至 98 年的樣本數有 20 筆，選取應變數為 EUI 值，藉由逐步迴歸分析後將可篩選出的自變數為為時間、人員密度、設備密度、計畫密度、單位教授論文數，進行參數估計，得到迴歸模型為：

$$\text{EUI 值} = \text{常數} + \gamma_1 \times (\text{時間}) + \gamma_2 \times (\text{人員密度}) + \gamma_3 \times (\text{設備密度}) + \gamma_4 \times (\text{計畫密度}) + \gamma_5 \times (\text{單位教授論文數}) + \varepsilon_3 \quad (11)$$

其中 γ_i 為係數值， $i = 1, 2, 3, \dots$ ；

以 STATA 10 按照式(11)，對係數進行估計後，得到結果如表 16，模型 F 值為 30.03，檢定為顯著，P 值為 0，因此我們可以拒絕整個迴歸模型沒有解釋力的虛無假設， $R^2=0.9147$ ，即迴歸模型可以解釋 91.47%的總變異。實證結果後可得到迴歸方程式為：

$$\text{EUI 值} = 1076.946 - 11.5918 \times (\text{年份}) + 615.8689 \times (\text{人員密度}) + 0.007741 \times (\text{設備密度}) + 73.98205 \times (\text{計畫密度}) + 0.268768 \times (\text{單位教授論文數}) \quad (12)$$

檢定時間、人員密度、設備密度、計畫密度、單位教授論文數的係數皆顯著，迴歸係數的 95%信賴區間如表 14 所示，此結果表示，時間變數為負相關，該群組具有節能效果，人員密度、設備密度、計畫密度、單位教授論文數與耗電密度

為正向相關。

表 14 高耗電密度群迴歸分析結果

Number of obs=20				
F(5, 9)=30.03				
Prob > F=0				
R-squared=0.9147				
Adj R-squared=0.8843				
Root MSE=25.483				
	Source	SS	df	MS
	Model	97512.44	5	19502.49
	Residual	9091.326	14	649.3804
	Total	106603.8	19	5610.724
	Coef.	Std. Err	P-value	
年份(時間)	-11.5918	7.0473	0.122	
設備密度	0.007741	0.0016	0.000	
計畫密度	73.98205	38.2677	0.074	
教授論文數	0.268768	0.0570	0.000	
常數	1076.946	689.2059	0.140	

從高耗電群中的迴歸結果可以觀察到人員密度、設備密度、計畫密度與教授論文數為影響各系所用電的主要原因，同時藉由高耗電密度群組所建構出的迴歸模型將可以預估理論的 EUI 值，圖 5 說明理論標竿值與實際 EUI 值之間的差異。

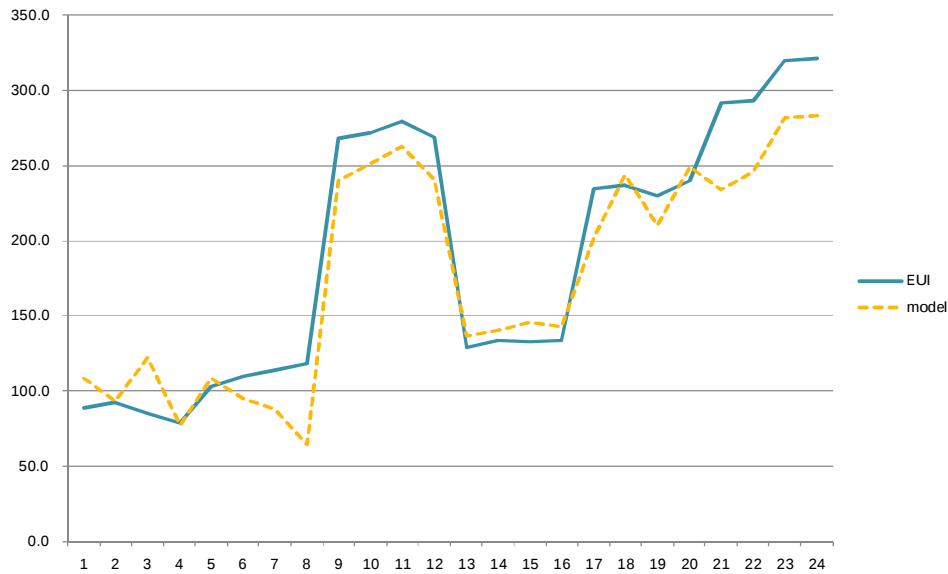


圖 5 高耗電群組理論與實際 EUI 值

由上述結果可看出，影響各分群的用電因素各有不同，而在各系所中各因素的組成成份也皆不同(如每系所計畫金額皆不一樣)，本研究將用電特性相同的系所歸為同一類後，利用迴歸模型找出以各系所要素實際的使用量計算出各系所理論上的 EUI 值，並以此理論值作為系所本身評估的標準。因為迴歸模型的建立是基於最小平方距離的求取，因此迴歸方程式具有樣本平均的性質，換句話說，迴歸理論值代表著一個平均基準。若實際值大於迴歸理論值，則可解釋為該樣本系所實際用電高於群組內的平均用電基準，反之亦然。根據迴歸耗電模型，若實際使用值與理論值的差額為正，則表示該系所之用電量比其他系所高，以平均的概念來說，若該系所減量若干用電量，則可達到平均以下。在假設各系所用電狀況一樣的情況下，減量之若干用電量可視為節電空間。以 98 年為例，低耗電群具有節電空間之系所有 11 個，中耗電群具有節電空間之系所有 5 個，高耗電群具有節電空間之系所有 2 個(結果可參考附錄二)。然而，本研究之迴歸耗電模型是基於平均的概念，因此並不能代表該系所實際用電績效優劣，僅能解釋該系所在平均水準之比較情形；而且各系所之用電情形是動態的，系所之主要用電因素可能因為系所研究性質不同而改變，使得分群改變；群組之迴歸耗電模型也可能因為樣本系所之總耗電量增減而形成新的迴歸耗電模型。因此本研究之耗電理論值可作為樣本系所之節能努力目標，並可針對各主要用電因素進行檢討或者擬定節能策略，但無法依此判定樣本系所之實際用電效率為何。

四、結論

建築物之能源效率評比，對於督促各單位改善耗能效率與擬定能源使用策略是很好的工具。要達到良好的能源效率評比效果，其指標須具備公平性與透明性。由於現存能源效率評比指標 EUI 過於簡化，未能透明化所有能源使用的資訊，也間接導致能源效率評比的差異性大，不甚公平。本研究為求取公平的能源效率評比基準，首先以成功大學為例，依照各系所建築物之耗電因素進行分群，縮小建物能源使用的差異性。由分群結果檢示，總共有低、中、高耗電三群，群一包含歷史系、系統系等 22 個系所，群二包含化學系、生科系等 12 個系所，群三包含機械系、電機系等 6 個系所，此三群之群內的 EUI 差異性縮小，而群外的 EUI 差異性增高，分群確實且各有其耗電特性。從分群的結果可以發現低耗電群組大都以不具有實驗性設備的系所為主，因此單位面積耗電量較為低；中耗電群組則是以具有一般實驗性設備的系所為主，單位面積耗電量也因此較高；高耗電群組則是需要長時間大幅使用高耗電量實驗設備的系所，單位面積耗電量則為最高。

然而，群集分析仍未解決 EUI 僅有樓地板面積資訊的問題，為納入其他耗電因素，本研究納入其他耗電因素建立此三群之迴歸方程式，迴歸模型以 EUI 為應變數，投入其他耗電因素(如單位面積人口數等)，以此模型作為各建物平均耗能的基準。根據此耗能模型，代入各樣本系所之耗電因素值，所求得之耗電理論值包含各樣本之耗電因素資訊，以此理論值作為樣本系所之用電基準，可得知其實際用電是否大於平均用電基準，並可藉由用電基準與實際用電之比較，了解該系所之節電空間，以此訂定該系所之節電目標與相關策略。以本研究之耗能基準值進行用電績效評比，可發現低耗能群在 98 年度之實際用電高於耗能基準值的系所為歷史系、中文系、企管系、統計系、工設系、都計系、法律系、政經所、藝術所、護理系、測量系等；中耗能群在 98 年度之實際用電高於耗能基準值的系所為化學系、物理系、生物科技所、工科系、水利系；高耗能群在 98 年度之實際用電高於耗能基準值的系所為資訊系、電機系。

以往評估大專院校的用電效率是採用 EUI 基準值做為參考指標，然該指標僅包含樓地板面積因素，無法涵蓋成功大學各系所之用電特性。本研究所建構之耗能迴歸模型具有均值的概念並加入各系所的用電特性，使各系所可藉耗電基準值推估相對的耗電績效高低，瞭解相對的節能空間大小，但基準值評比並不代表各系所實際耗電績效之優劣，每年持續降低各系所的 EUI 值則是必要的節電要求。

五、建議

節能減碳已成為每個人的責任，但若節能目標與方向明確，會使節能行動更有效率且易於推廣，本研究所研擬之節能效率指標可幫助各單位釐清節能目標，但是根據研究結果，有下列幾點建議：

- (一)藉由模擬值檢視耗能概況，可得知與同群樣本相較的差距，若系所本身的實際 EUI 值大於模擬 EUI 值，則表示系所本身用電量大於平均概況，可針對主要耗電因子進行耗能概況檢視，並適時控管用電量，若有特殊用電情況也可記錄下來，可作為耗能模型變因之考量。
- (二)由本研究可知高耗能群僅 6 個樣本系所，其 98 年之耗電量卻佔總系所耗電量 37.2%，而低耗能群有 26 個樣本系所，其 98 年之耗電量佔總系所耗電量 12.9%，因此建議節能策略應加強對高耗能群之節能控管。
- (三)一般而言，非製造業之用電主要在於夏季空調用量大增，空調因素可由冬夏用電差額大致估計，若要建立針對冬夏季節性的迴歸耗能模型，可納入冬夏用電差額，由此評估該建築物之空調用電因素是否效率。
- (四)由於不準確的分群與基準值容易導致投入節能行動的資源配置錯誤，無法發揮完全的節能潛力，例如將高耗電的系所錯置在低耗電群進行評估，則無論投入多少資源規劃其節能策略，其節能成效終究不會彰顯出來。這是由於高耗電系所的基本耗電原本就高，但是在低耗電基準的要求下，大大

高估其節能潛力，則無論投入多少節能活動，都無法得到相對應的節能成效。而本研究透過耗電因子分群再對各樣本進行耗能基準值的評估，其分群公平透明且基準值之設定融入其他耗電資訊，使評估結果更為可信。若依本研究之績效評比結果進行節能策略之擬定，則分群不易錯置樣本，也可簡單估計其節能潛力，使節能資源之配置更有效率，因此，建議政府進行各單位之能源使用績效評比，可採用本研究之方法。

六、參考文獻

中文文獻

1. 楊俊欣，辦公建築空調全年耗能電腦模擬與耗能因子解析，碩士論文，國立台北科技大學冷凍與低溫科技研究所，2003 年。
2. 台灣綠色生產力基金會，九十五年度校園電力管理資訊化輔導團計畫—校園節能推廣手冊，教育部，台北，2004 年。
3. 李文興、黃建誠，“學校建築耗能調查與探討”，節約能源技術報導，54 期，頁 23-30，2004 年。
4. 黃建誠、李文興，“政府部門建築耗能統計與分析”，2004 年能源與冷凍空調學會研討會，台灣冷凍空調學會，台北，2004 年。
5. 郭柏巖、林憲德、王振如，“大專院校建築耗能與節能對策之研究”，建築學報，46 期，頁 115-133，2004 年。
6. 楊超朋，地方政府能源密集度評估模式之研究，碩士論文，國立台北科技大學能源與冷凍空調工程研究所，2006 年。
7. 陳介慧，建築用電密度標準之研究，碩士論文，國立成功大學建築研究所，2008 年。

8. 蘇梓靖，住宅耗能標示制度之研究，碩士論文，國立成功大學建築研究所，2008 年。
9. 楊開翔，高耗能辦公大樓耗能因子解析之研究，碩士論文，國立成功大學建築研究所，2008 年。
10. 台灣綠色生產力基金會，2009 非製造業能源查核年報，經濟部能源局，台北， 2009 年。

英文文獻

1. Scott L.Freeman,Mark J. Niefer and Joseph M.Roop,(1997),“Measuring industrial energy intensity: practical issues and problems” ,Energy Policy,Vol.25(7-9), pp.703–714,.
2. Schippen, L.,Unander, F.and Marie, C., (1998),“The IEA Energy Indicators Effort: Extension to Carbon Emission as a Tool of the COP ”,Paris, IEA,
3. Clifford Federspiel,Edward Arens,Qiang Zhang, (2002),“Model-based benchmarking with application to laboratory buildings”,Energy and Buildings,Vol.34, pp.203-214.
4. T. Sharp, (1996)“Energy benchmarking in commercial office buildings”,Proceedings of the ACEEE 1996 Summer Study on Energy Efficiency in Buildings,Vol.4, pp.321-329.
5. C. Filippin, (2000),“Benchmarking the energy efficiency and greenhouse gasesemissions of school buildings in central Argentina”,Building and Environment,Vol.35, pp.407-414.
6. William Chung , Y.V. Hui, (2009),“A study of energy efficiency of private office buildings in Hong Kong”,Energy and Buildings Vol.41, pp.696–701,
7. Monts JK, Blissett M. Assessing, (1982),“energy efficiency and

energy-conservation potential among commercial buildings: a statistical approach”,Energy,Vol.7(10), pp.861–869

8. Jojo S.M. Li, (2008),“A study of energy performance and efficiency improvement procedures of Government Offices in Hong Kong Special Administrative Region”,Energy and Buildings,Vol.40,pp.1872–1875.

網站資料

1. Energy Star. Technical description for the grocery store/supermarket model.
Available from:
http://208.254.22.6/ia/business/evaluate_performance/tech_desc_supermarkets.pdf.
2. e-Energy Benchmark System. National University of Singapore and the Building and Construction Authority of Singapore, Singapore; 2003.
Available from:
<http://www.bdg.nus.edu.sg/buildenergy/e-energy/commercial.html>.
3. ODYSSEE. Aggregate energy efficiency indicators in ODYSSEE for industry.Available from:
<http://www.odyssee-indicators.org/Reports/industry/industry2.pdf>
4. APEC Oak Ridge National Laboratory. APEC Energy Benchmark System,
Available from: <http://eber.ed.ornl.gov/apec/index.htm>
5. 香港機電署.香港商業樓宇能源消耗指標及基準. Available from:
<http://202.155.228.28/energyc2/ch/main.html>

附錄一、各執行單位個別成效考核項目、考核結果與獎懲原則

考核結果	考核項目(註 1、註 2)	獎懲處理原則
執行績優	用電量、用油量皆負成長 當年度 EUI 小於或等於基準值	執行單位視執行成效對業務主管及承辦人員予以敘獎，最高敘獎額度以嘉獎 2 次為原則。
自行檢討改善	用電量、用油量皆負成長 當年度 EUI 大於基準值，但已達分年節能目標	執行單位應自行檢討用電及用油合理性，以降低 EUI 值。
執行待改善	符合下列條件之一者： 用電量、用油量皆負成長，惟當年度 EUI 大於基準值，且未達成分年節能目標 用電量或用油量之一為正成長或零成長，但當年度 EUI 小於或等於基準值。	執行單位應自行檢討用電及用油合理性，並與次年考核結果一起複核。 連續 2 年仍未改善者，如係因執行單位未執行或執行不力者，應酌予懲處業務主管及承辦人員，並以申誡 1 次為原則。
執行不佳	符合下列條件之一者： 用電量、用油量皆正成長或零成長。 用電量或用油量之一為正成長或零成長，且當年度 EUI 大於基準值。	執行單位應自行檢討用電及用油合理性，並與次年考核結果一起複核。 連續 2 年仍未改善者，如係因執行單位未執行或執行不力者，應酌予懲處業務主管及承辦人員，並以申誡 2 次為原則。
填報未完成或有誤	年度用電、用油、基本資料、年度節能計畫或 EUI 高於基準值者之 98 年~104 年之分年節能目標及節能計畫無填報、填報不全或填報有誤。	由直屬上及執行單位通知該執行單位限期改善。 未於規定期限內完成者，由直屬上及執行單位檢討未改善原因，除有不可歸責於執行單位之原因外，應酌予懲處業務主管及承辦人員，並以申誡 2 次為原則。

資料來源：「加強政府機關及學校節約能源措施」相關實施辦法附件 22

註 1：若執行單位無須用油(如未配備公務車等)，以及警勤、消防、醫療救護、工程、國防戰備訓練等特殊執行單位，其用油成長率得不列入考核項目

註 2：執行單位有下列情形之一者，得不列入當年度考核範圍：(1)因搬遷而有電表號碼或數量變更。(2)因組織整併或擴編而有電表號碼或數量變更。(3)新設立單位未滿 2 年。

註 3：各執行單位評鑑考核結果及獎懲建議，經評鑑考核小組會議決議並由經濟部陳報行政院核定後，函送一級機關轉知所屬各執行單位辦理。

附錄二、98 年節能空間與能源效率估計

低耗能群節能空間與能源效率估計						
單位	年度	實際 EUI 值 (kWh/m ² .yr)	耗能基準值 (kWh/m ² .yr)	預期差額 (kWh/m ² .yr)	能源效率 (%)	節能空間 (度)
修齊大樓	98	51.1	50.8	0.4	1%	6272
交管系	98	53.8	52.9	0.9	2%	3646
工資管系	98	64.0	52.4	11.6	22%	71290
國企所	98	75.9	51.4	24.4	48%	28387
會計學系	98	88.1	51.3	36.8	72%	150657
建築系	98	51.6	48.0	3.5	7%	49421
數學系	98	54.1	51.9	2.2	4%	9269
物治系	98	67.6	66.5	1.1	2%	2360
職治系	98	73.9	59.8	14.1	24%	17313
教育所	98	202.4	194.1	8.3	4%	4393
系統系	98	51.0	48.7	2.3	5%	36632
國經所	98	106.4	53.5	52.9	99%	22698
體健所	98	257.5	191.5	65.9	34%	3446
中耗能群節能空間與能源效率估計						
單位	年度	實際 EUI 值 (kWh/m ² .yr)	耗能基準值 (kWh/m ² .yr)	預期差額 (kWh/m ² .yr)	能源效率 (%)	節能空間 (度)
土木系	98	74.5	73.6	0.9	99%	7770
地科系	98	177.4	174.8	2.6	99%	21958
航太系	98	137.6	119	18.5	86%	124722
醫工所	98	178.2	146.5	31.6	82%	175556
資源系	98	142.9	99.4	43.4	70%	241194
生命科學系	98	173.1	118.5	54.6	68%	493238
環工系	98	168.5	103.8	64.7	62%	292609
高耗能群節能空間與能源效率估計						
單位	年度	實際 EUI 值 (kWh/m ² .yr)	耗能基準值 (kWh/m ² .yr)	預期差額 (kWh/m ² .yr)	能源效率 (%)	節能空間 (度)
機械系	98	78.9	77.2	1.7	98%	58481
材料系	98	269	240.6	28.3	89%	207472
醫檢系	98	321.0978	283.1	38	88%	110860
化工系	98	118	64.5	53.6	55%	1507521