

評析百貨公司、量販店與複合式商場 之能源效率成因與指標

朱珊瑩

中原大學國際經營與貿易學系助理教授

陳玉嬋

財團法人台灣綠色生產力基金會副研究員

摘 要

本研究探討批發零售業的百貨公司、量販店與複合式商場等三種建築類型之能源效率成因，並據此建議相對應的能源效率指標合理值。我們使用綠基會 2005 年至 2009 年之非生產性質查核系統資料與節能專案管理系統資料，建立 pooled 最小平方模型與 panel data 隨機效果模型。實證結果顯示用戶之建築物建造年份越新近、樓地板面積越大、平均電價越高、全年工作時數越短，則 EUI 越低，即能源使用效率越高。部份的氣候區域與年份對 EUI 有顯著效果。量販店的建築類型中，照明系統輔導措施使廠商提高能源使用效率。據此，我們由估計結果配適百貨公司、量販店、複合式商場等建築類型合理的 EUI 平均數分別為 386、333 與 282；各建築類型之 EUI 標準差分別為 72、132 與 117。

一、前 言

面對全球性能源耗竭的問題，分析各建築類型能源效率的成因並據此制定相對應的能源效率指標已成為各國持續研究的重要實務議題。另外，2011 年非生產性質行業能源查核年報顯示，各行業別中能源消費量占比前三大之產業為運輸及倉儲業、教育服務業、批發零售業，占比分別為 17.3%、16.5%、16.3%。據此，本研究選定高耗能的批發零售業為研究對象，並聚焦在樣本數最多的三種建築類型，包含百貨公司、量販店與複合式商場。我們估計批發零售業三種建築類型之能源效率成因，並據此配適出各建築類型合理的能源效率範圍。



二、各建築類型之能源效率成因

本研究延續既存文獻使用單位面積年耗電量 (energy usage intensity)，簡稱 EUI，來衡量能源效率。此源於單從電量的高低無法判斷建築物是否真的耗電，因此需要將樓地板面積一起納入考量。已有大量文獻使用 EUI 來檢視能源效率。Priyadarsini et al. (2009) 指出以 EUI 作為衡量能源績效的指標是適切的，因為以能源耗用為應變數之迴歸分析顯示樓地板面積，相較於其他自變數，與能源耗用之相關度最高。Andrews and Krogmann (2009) 亦使用 EUI 來研究美國商業大樓之能源使用情形。另外，林承鴻、杜功仁 (2011) 藉此發展出一套建築能源效率評估系統 (Building Energy Evaluation System, BEES)。我們針對 EUI 進行偏態與峰度檢定，資料呈現在 1% 的顯著水準下皆拒絕 EUI 分配之偏態與峰度服從常態分佈的虛無假設。據此，我們將右偏分配之 EUI 進行自然對數轉換。

各建築類型之實證模型可簡化為

$$Y = a + bX + e,$$

其中 Y 為 EUI 的自然對數值、X 為解釋變數。e 為誤差項，被假設為常態分配，a 與 b 為待估計參數。我們使用 pooled 最小平方模型；同時，根據 Hausman test 的檢定結果，其支持在 panel data 模型中使用隨機效果模型。因此，以下分別表列各建築類型在 pooled 最小平方模型與 panel data 隨機效果模型下的結果。

表 1 百貨公司、量販店與複合式商場之 EUI 成因-- pooled 最小平方模型

模型	百貨公司	量販店	複合式商場
建造年份	-0.008*** (-0.002)	-0.005** (-0.003)	-0.005 (-0.005)
樓地板面積	-3.85e-06*** (-0.000000443)	-2.35e-05*** (-1.1E-06)	-8.99e-06*** (-2.2E-06)
平均電價	-0.671*** (-0.095)	-1.016*** (-0.21)	-0.783*** (-0.185)
氣候區域			
北宜金馬	-0.106** (-0.051)	0.203*** (-0.049)	
桃竹苗	-0.112* (-0.064)	0.181*** (-0.05)	-0.451*** (-0.096)
高屏	0.004 (-0.058)	0.104** (-0.052)	0.389** (-0.163)
嘉南澎	-0.089 (-0.06)	0.139** (-0.059)	
全年工作時數	5.39e-05*** (-0.0000178)	-2.5E-06 (-1.5E-05)	4.50e-05** (-2.3E-05)
冷凍空調系統	-0.076 (-0.071)	0.068 (-0.097)	0.156 (-0.27)
照明系統輔導	0.131 (-0.085)	-0.152 (-0.117)	-0.044 (-0.251)
年份			
2006	0.061 (-0.044)	0.072 (-0.055)	0.028 (-0.115)
2007	0.134** (-0.046)	0.142** (-0.065)	0.069 (-0.118)
2008	0.218*** (-0.056)	0.286*** (-0.095)	0.245** (-0.133)
2009	0.441*** (-0.083)	0.544*** (-0.158)	0.531*** (-0.194)
Obs	248	343	82
R-squared	0.498	0.662	0.655

括弧內數字為係數標準差。*** 表示為 1% 顯著水準，** 表示 5%，* 表示 10%。



表 2 百貨公司、量販店與複合式商場之 EUI 成因-- panel data 隨機效果模型

模型	百貨公司	量販店	複合式商場
建造年份	0.002 (-0.005)	-0.004 (-0.005)	0.004 (-0.011)
樓地板面積	-1.10e-05*** (-0.00000057)	-2.58e-05*** (-0.00000095)	-2.01e-05*** (-0.00000114)
平均電價	-0.756 *** (-0.041)	-0.539 *** (-0.149)	-0.538 *** (-0.095)
氣候區域			
北宜金馬	-0.357*** (-0.127)	0.198* (-0.102)	
桃竹苗	-0.357** (-0.148)	0.144 (-0.106)	-0.334 (-0.255)
高屏	-0.122 (-0.15)	0.072 (-0.108)	0.228 (-0.413)
嘉南澎	-0.207 (-0.151)	0.163 (-0.122)	
全年工作時數	-0.00000449 (-0.0000107)	0.0000111 (-0.0000146)	0.00000527 (-0.0000133)
冷凍空調系統	0.013 (-0.026)	0.064 (-0.047)	-0.105 (-0.079)
照明系統輔導	-0.008 (-0.032)	-0.103* (-0.058)	0.037 (-0.073)
年份			
2006	0.074*** (-0.0150)	0.024 (-0.026)	0.039 (-0.031)
2007	0.125*** (-0.016)	0.047 (-0.036)	0.090*** (-0.034)
2008	0.234*** (-0.021)	0.101 (-0.062)	0.166*** (-0.045)
2009	0.486*** (-0.034)	0.208* (-0.108)	0.338*** (-0.081)
Obs	248	343	82

括弧內數字為係數標準差。*** 表示為 1% 顯著水準，** 表示 5%，* 表示 10%。

本研究使用綠基會 2005 年至 2009 年之非生產性質查核系統資料與節能專案管理系統資料。本研究因樣本之能源效率指標變異數過大而重新檢視資料。我們發現每年查核申報的能源用戶可能因營業型態改變等因素而有異動，此異動對於評估整體樣本的能源效率會有影響，因此為避免模糊探討用戶合理指標的研究焦點，我們選用五年皆有申報資料的用戶作為研究的樣本 (balanced panel data)。據此，新生成資料的樣本變異數顯著減少。五年總樣本數分別為百貨公司 248 家、量販店 343 家、複合式商場 82 家。

文獻對於建築物的年齡對 EUI 的影響方向有不同看法。有些研究預期建築物之建造年代越新近則越可能為能源效率越高的建築，即 EUI 與建造年代應有負向關係(Andrews and Krogmann, 2009)。然而，也有些文章認為新近的建築物越複雜化、越智慧管理化、越高科技化，反而有越高耗電的傾向；因此，EUI 與建造年份應有正向關係 (黃韻儒，2010)。實證結果顯示百貨公司、量販店在 1% 或 5% 的顯著水準下，呈現 EUI 與建造年份存在顯著的負向關係。此表示建築物之建造年代越新近則越可能為能源效率高的建築。

百貨公司、量販店、複合式商場等建築類型，在 1% 的顯著水準下，皆呈現負向顯著的樓地板面積係數。此顯示這些批發零售業廠商之能源使用存在規模經濟現象，即當廠商之建築物樓地板面積越大時，其 EUI 越低。此一部份源於較低的表面區域量比，另一部分源於改善的技術機會(Andrews and Krogmann, 2009)。

在百貨公司、量販店、複合式商場等建築類型中，電力價格在 1% 的顯著水準下負向影響 EUI。此反應電價是一個提升能源效率的重要工具。當電力價格調漲時，能源使用效率會增加，亦即 EUI 會隨著電力價格增加而減少。

我們使用廠商位置所屬之氣候區域來刻畫區域變數。中彰南雲被設定為基礎區域變數。氣候區域對廠商 EUI 的效果在不同建築物之間有不同方向的影響。

與操作有關的變數，文獻通常以操作時數來表達。當操作時數增加時，文獻指出 EUI 將因此而上升。在百貨公司、複合式商場的建築類型中，廠商之全年工作時數增加時，其 EUI 將因此上升而惡化能源效率。

我們以廠商是否接受節能輔導之虛擬變數刻畫能源效率技術之採用，創新的節能技術預期應該與較低的 EUI 關聯。在量販店的建築類型中，被實施照明系統輔導的廠商呈現較低的 EUI。換句話說，照明系統輔導措施使廠商提高能源使用效率。然而，在其他建築類型中，不顯著的實證結果卻無法支持輔導措施將改



善能源使用效率，此結果可能源於以下。首先，廠商之技術採用反使 EUI 提升，可能原因包含資料不適用、反彈效果、所得效果等。另外，當初會受輔導的廠商為能源消費較大的用戶，其有可能亦屬於能源效率較差的族群。當輔導措施實行後，也許受輔導廠商的能源效率確實提升，然而其提升的幅度並未夠大到使其 EUI 能低於未受輔導廠商的 EUI，因此無法得到負向顯著係數的估計結果。最後，時間年份的控制變數在各建築類型的效果各異。

三、各建築類型合理的能源效率指標值

我們使用 GLS χ^2 test(卡方)檢定 pooled 最小平方模型與隨機效果模型的適用性，其虛無假設為 pooled 最小平方模型是適用的。檢定結果顯示我們研究的百貨公司、量販店、複合式商場等建築類型在 1% 顯著水準下皆不拒絕虛無假設，即表示這些建築類型的資料較適合使用 pooled 最小平方模型。因此，我們使用 pooled 最小平方模型進行各建築類型 EUI 合理範圍值之估計。此模型設定在不同的建築類型中有不同的解釋能力；表 1 顯示在跨建築之間判定係數大約界於 50% 到 66 %。具有最小的判定係數之建築類型為百貨公司，其模型解釋力約有 50%。其次為複合式商場，判定係數達到 65.5%；量販店之模型解釋力則高達 66%。

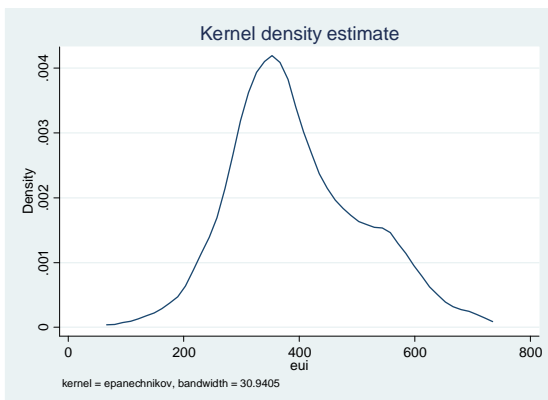
表 3 表列各建築類型使用真實資料所得的 EUI 之敘述統計資料與使用 pooled 最小平方模型所得的 EUI 估計值(EUI_hat)之敘述統計資料。

表 3 百貨公司、量販店與複合式商場之 EUI 與估計值 (EUI_hat) 之敘述統計

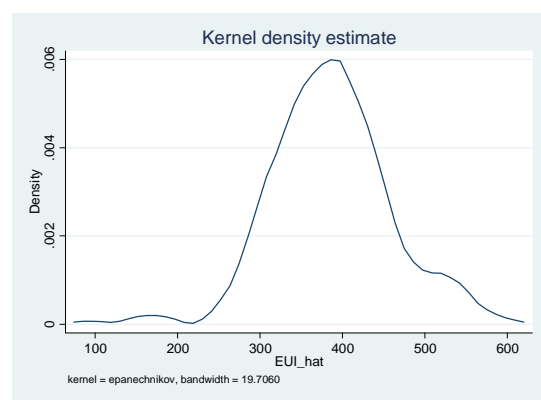
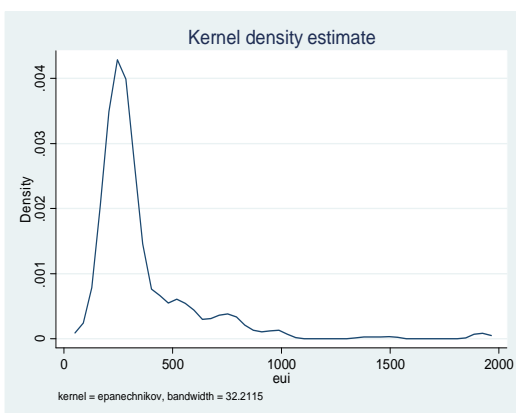
	觀察值	平均數	標準	最小值	最大值
百貨公司					
EUI	248	394.788	111.6738	97.8281	703.752
EUI_hat	248	386.266	72.24121	93.97362	600.004
量販店					
EUI	343	356.4611	246.4558	82.1841	1933.43
EUI_hat	343	333.0922	132.0012	63.39409	760.2077
複合式商場					
EUI	82	296.1878	158.5744	100.352	738.738
EUI_hat	82	282.6654	117.8278	89.10043	651.22

表 3 呈現，相較於 EUI 真實質，使用 pooled 最小平方模型所得的 EUI 估計值(EUI_hat)有較小的 EUI 平均數與標準差。我們由估計配適結果建議百貨公司建築類型合理的 EUI 平均數為 386，而標準差為 72。量販店建築類型合理的之 EUI 平均數為 333，而標準差為 132。複合式商場建築類型合理的之 EUI 平均數為 282，而標準差為 117。

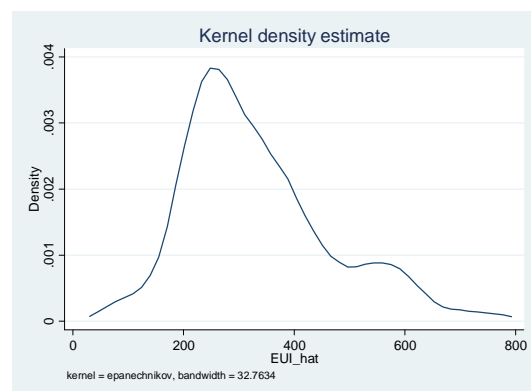
圖 1 繪製各建築類型使用真實 EUI 資料所得的 Kernel density estimate 與使用 pooled 最小平方模型所得的 EUI 估計值(EUI_hat)之 Kernel density estimate。圖 1 顯示百貨公司、量販店與複合式商場之 EUI 估計配適值較其真實值有較小的平均數與標準差。我們建議政府相關單位使用此估計配適值之平均數與標準差作為擬定能源效率範圍時的參考值，如此將可以因為 EUI 較小的配適平均值而提高能源效率標準，並因為 EUI 較小的配適標準差而減緩資料中呈現 EUI 變異數過大的問題。



貨公司 EUI 之 Kernel density estimate

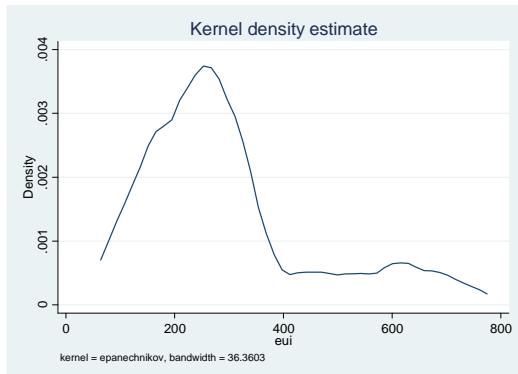


百貨公司 EUI 估計值之
Kernel density estimate



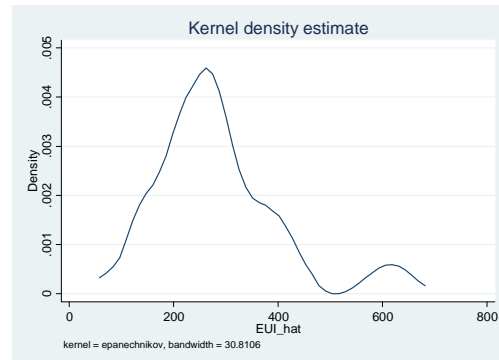


百貨公司 EUI 之 Kernel density estimate



複合式商場 EUI 之 Kernel density estimate

量販店 EUI 估計值之 Kernel density estimate



複合式商場 EUI 估計值之 Kernel density estimate

圖 1 百貨公司、量販店與複合式商場 EUI 之 Kernel density estimate 與 EUI 估計值(EUI_hat)之 Kernel density estimate

四、結 論

本研究使用廠商五年皆有資料的樣本，分析批發零售業三種建築類型：百貨公司、量販店與複合式商場之能源效率成因，並建議對應估計結果的合理能源效率配適值。使用 pooled 最小平方模型與 panel data 隨機效果模型的實證結果大致一致。當用戶之建築物建造年份越新近、樓地板面積越大、平均電價越高、全年工作時數越短，則 EUI 越低，即能源使用效率越高。部份的氣候區域與年份對 EUI 有顯著效果。量販店的建築類型中，照明系統輔導措施使廠商提高能源使用效率。最後，根據資料合理性與模型設定檢定結果，我們使用 pooled 最小平方模型進行 EUI 合理範圍值之估計。我們由估計結果建議百貨公司、量販店、複合式商場等建築類型合理的 EUI 平均數分別為 386、333 與 282；各建築類型之 EUI 標準差分別為 72、132 與 117。

參考文獻

- 1.林承鴻，杜功仁 (2011)，大學校園建築能源效率評估系統之建構－以台灣科

- 技大學建築系為例，物理管理學報，二〇一一春季號，第二卷第一期，41-52。
- 2.黃韻儒 (2010)，"創新綠能與減碳環境之建構"，臺中市政府 99 年度自行研究發展報告，1-36。
 - 3.Andrews, C. J. and U. Krogmann (2009), "Technology diffusion and intensity US commercial buildings," *Energy policy*, 37, 541-553.
 - 4.Priyadarsini, R., X. Wu, and S. E. Lee, (2009), "A study on energy performance of hotel buildings in Singapore," *Energy and Building*, 41, 1319-1324.