

綠色指標與資源效率國際比較

柯慈儀（真理大學經濟學系 助理教授）

文章資訊

接受日期：2016.12

關鍵詞：

- 綠色指標
- 能源效率
- OECD 國家
- SBM 模型

內文摘要 (Abstract)

全球暖化不但直接造成氣候變遷，也間接對經濟產生影響，因此各國對於追求經濟成長的同時，也對未來產業的發展，有著更多綠色經濟的考量。OECD 以綠色成長為框架，訂定出綠色相關的指標項目並監測這些項目的發展趨勢。本研究結合綠色指標及效率分析，以 OECD 國家為對象進行討論。實證結果如下：研究期間內相對效率表現較差的國家有：匈牙利、墨西哥、波蘭、葡萄牙及斯洛伐克；相對效率表現較佳的國家有：冰島、斯洛維尼亞、日本、瑞典及美國。

壹、前言

能源的使用關係著一國的經濟活動與人民福祉，其涵蓋的層面相當廣泛，自工業革命之後，全球各國大量使用能源以換取急速的經濟成長，然而，能源在毫無節制的使用之下，已面臨漸漸枯竭之勢，更甚者，造成了不可逆轉的全球暖化。2006年美國前副總統高爾公開紀錄片（Al Gore, *An inconvenient truth*, 2006），揭露了氣候變遷的資料並對未來做出預測，提出全球暖化的科學證據、探討全球暖化經濟和政治層面的影響，也指出人類製造的溫室氣體若沒有減少，全球氣候將在不久後發生重大變化。紀錄片的最後也提到，減少二氧化碳的排放量並種植更多植物，將能阻止全球暖化帶來的影響。

減少二氧化碳排放已經是全球刻不容緩的重要政策，故，低碳經濟已成為各國關注的議題，除了減少二氧化碳排放，如何在既有的技術水準之下使能源的使用能發揮到最大，也是不容忽視的一環。各國無不集思如何透過適當的能源政策與措施，提升能源使用效率的同時，能一併達到經濟發展的目標。因此，國際上先進國家或相關機構紛紛發展出一系列能源指標系統，用以評估及後續追蹤能源發展成效。然而，指標定義及內容的不同，是否會影響國家能源效率的表現，確是值得我們關注及討論。

一般而言，永續能源發展的政策應該兼顧以下能源政策之傳統目標，（一）能源供應安全：提供能源供應安全及穩定；（二）經濟競爭力：支持經濟、就業及福利的動態成長；（三）環境保護：維護環境及生態系統。我們可以依據這些目標檢視各國能源指標之設定，在既有的框架之下還存在哪些差異，而差異的存在是否會影響能源效率的表現。

近十年來，全球已逐漸意識到大量且快速的能源消耗，對於未來將可能產生的嚴重衝擊。全球暖化問題的日益惡化，使得溫室效應主要因素碳排放之相關議題受到重視，碳排放問題與人類經濟發展的關聯性，成為全球學者關心的主要方向，Bengochea- Morancho et al. (2001)分析歐盟國家在經濟成長率和碳排放量之間的關連，結果顯示各國之間工業化程度的

不同，並不適用相同的碳排放管制政策，必須考慮經濟情勢與產業結構而制定標準，除了探討污染對經濟的衝擊，為了兼顧環保與節能，如何提升現有能源的使用效率，以及低污染的新能源技術開發，成為各國努力追尋的共同目標。Adam and Robert (1994) 探討能源保存技術之成本效率，並且提供包含經濟誘因及直接管制的政策工具，希望藉此能夠促進能源保存技術的發展與普及。Lopes et al. (2005) 針對用電行為進行探討，藉此探討能源技術之使用效率以及其節能成效。Shunsuke and Takahiro (2004) 建構合併效率模型，對區域及全球溫室氣體排放減緩的政策進行評估，此模型的功能除了適用於評估石化、生物量、核動力與其他能源技術的潛在貢獻，並協助改善未來溫室氣體的排放。

除了上述學者的分析外，亦有許多學者明確表示能源耗用的遞減對於國民經濟以及環境品質存在顯著影響，包括：Jin et al. (2009)、Smulders and Nooij (2003)、Pimentel et al. (2004) 等相關研究。

面對全球暖化日益惡化的問題，如何降低碳排放之相關政策亦受到探討。Garbuzova and Madlener (2012) 提供當前和未來俄羅斯的能源效率的概述和減少溫室氣體的政策。Jian (2012) 研究低碳經濟的意義，並討論在城市中的重要性，然後結合低碳生產、低碳環境、低碳消費和低碳政策的觀點，建構城市低碳經濟指標。李珣琮和施勵行 (2012) 運用實質選擇權法與成本效率曲線，建構再生能源發展之政策效益評價模式，探討影響政策效益評價的不確定性與主要因素，正確評估再生能源發展之效益價值。

當各國皆紛紛朝向低碳經濟社會前進時，如何將低碳創新技術運用於綠色產業發展，已經成為現代經濟發展主要方向之一。詹世弘 (2008) 能源危機解決之道是節約能源及發展再生能源和新能源。再生能源包括太陽能、風力、水力、生質能等，而新能源則有燃料電池和地熱能等，然而發展再生能源尚有許多障礙，其一是多數再生能源的技術還不夠成熟，其二是經濟成本較高，此外還有制度上的障礙，及決策者與土地取得的問題。Peters and Britez (2010) 探討綠色資本主義的主張，特別在能源系統分配的允諾，以及提出氫經濟對美國經濟能源問題的建議。Martnez (2010) 認為提升節能技術的研究發展投資，並且能夠將研究成果有效運用在產業與生活上，是提高電能使用效率且降低能源消耗的有效途徑。

本研究架構如下：除了本節說明研究動機、目的及回顧相關文獻；第二節簡介用於評估的模型；第三節對相關能源指標進行分析；最後一節為結論。

貳、模型設定

本節將針對所採用的評估模型，資料包絡分析法 (Data Envelopment Analysis, 此下簡稱 DEA)，進行相關說明。

DEA 為估計生產邊界與評估相對效率之方法，首見於 Farrell (1957) “The Measurement of Productive Efficiency”，依據柏瑞圖最適 (Pareto Optimality) 之觀點，將所有決策單位 (decision making unit, DMU) 以非預設之生產函數，求出效率前緣 (efficiency frontier)，並用以分析 DMU 間之相對生產效率。Charnes, Cooper and Rhodes (1978) 三位學者延續 Ferrell 所提出之觀念，發展出資料包絡分析法，將原本「單一投入、單一產出」之效率衡量模式，延伸為處理「多項投入、多項產出」之型式，並利用線性規劃 (linear programming) 及對偶理論 (duality theory)，求出 DMU 之效率前緣，以衡量 DMU 間之相對效率值，亦即後來學者所稱 CCR 模型，此模型假設生產技術為固定規模報酬。

Banker, Charnes and Cooper (1984) 以生產可能集合之四個公理與Shephard距離函數，發展出以變動規模報酬 (Variable Return of Scale, VRS) 為假設之資料包絡模型，該模型較CCR模型固定規模報酬之假設，更能符合實際DMU生產技術現況。透過BCC模型能進一步將總技術效率分解為純粹技術效率 (pure technical efficiency, PTE) 及規模效率 (scale efficiency, SE)，而後兩者之乘積即為總技術效率。

Tone(2001)提出差額變數模式 (Slacks-Based Measure, SBM)，利用差額變數為基礎之效率評量模式，使用非射線 (non-radial) 估計方式與單一數值 (scalar)，同時考慮投入項與產出項之差額 (slack)，其所估計出之效率值介於0到1之間。當DMU之SBM效率值為1時，表示該DMU之投入與產出皆無差額存在。此模式與前述CCR模型與BCC模型不同之處，在於CCR與BCC模型以射線方式衡量效率值，假設投入項與產出項呈等比例調整，以達最適效率。由於以射線方式估計出的效率值未能符合實際生產情況，故而發展出SBM模式。

假設有 m 個投入， s 個產出，則DMU之SBM效率，以分數線性規劃式表示如下：

$$\begin{aligned} \text{Min } \rho &= \frac{1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{s_i^-}{X_{io}}}{1 + \frac{1}{s} \sum_{r=1}^s \frac{s_r^+}{Y_{ro}}} \\ \text{s.t. } \quad &X_o = X\lambda + s^- \\ &Y_o = Y\lambda - s^+ \\ &\lambda, s^-, s^+ \geq 0 \end{aligned} \quad (1)$$

其中 ρ ：非射線差額指標， $0 \leq \rho \leq 1$

s_i^- ：代表投入差額

s_r^+ ：代表產出差額

$X\lambda$ ：代表投入項效率邊界之標竿值

$Y\lambda$ ：代表產出項效率邊界之標竿值

若 $X \geq 0$ 且 $X_{io} = 0$ ，則須將 s_i^-/X_{io} 從目標函數中刪除；若 $Y_{ro} \leq 0$ ，則須將 Y_{ro} 以一極小的正值取代，用以顯示 s_r^+/Y_{ro} 對SBM效率之負面影響。

當所有投入差額 (s_i^-) 及產出差額 (s_r^+) 均為0時，代表該DMU所有投入項及產出項皆無差額存在，此時 $\rho = 1$ ，表示該DMU具有SBM效率。

由於 ρ 為使用 s_i^- 及 s_r^+ 所建構之指標，可將 (1) 式轉換如下：

$$\rho = \left(\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{X_{io} - s_i^-}{X_{io}} \right) \left(\frac{1}{s} \sum_{r=1}^s \frac{Y_{ro} + s_r^+}{Y_{ro}} \right)^{-1} \quad (2)$$

其中 $(X_{io} - s_i^-)/X_{io}$ 衡量第 i 個投入項縮減之比率， $(Y_{ro} + s_r^+)/Y_{ro}$ 衡量第 r 個產出項擴展之比率，故 (2) 式第一個括號表示投入項的平均縮減比率，或稱投入混合無效率 (input mix inefficiencies)；第二個括號表示產出項的平均增加比率，其倒數即為產出混合無效率 (output mix inefficiencies)。因此， ρ 可視為平均投入混合無效率與平均產出混合無效率之比率。

另為求解 (1) 式，將其分子與分母同乘 t ，轉換後表示如下：

$$\begin{aligned} \text{Min} \quad & \tau = t - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{ts_i^-}{X_{io}} \\ \text{s.t.} \quad & 1 = t + \frac{1}{s} \sum_{r=1}^s \frac{ts_r^+}{Y_{ro}} \\ & X_o = X\lambda + s^- \\ & Y_o = Y\lambda - s^+ \\ & \lambda, s^-, s^+, t \geq 0 \end{aligned} \quad (3)$$

令 $S^- = ts^-$ ， $S^+ = ts^+$ ， $\Lambda = t\lambda$ ，將上式轉換為線性規劃式：

$$\begin{aligned} \text{Min} \quad & \tau = t - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{S_i^-}{X_{io}} \\ \text{s.t.} \quad & 1 = t + \frac{1}{s} \sum_{r=1}^s \frac{S_r^+}{Y_{ro}} \\ & tX_o = X\Lambda + S^- \\ & tY_o = Y\Lambda - S^+ \\ & \Lambda, S^-, S^+ \geq 0, \quad t > 0 \end{aligned} \quad (4)$$

上式中 $t > 0$ 代表轉換具有可還原性 (reversible)，SBM 之最適解為 $(\tau^*, t^*, \Lambda^*, S^{*-}, S^{*+})$ ，故 SBM 之最適解可表示如下：

$$\rho^* = \tau^*, \quad \lambda^* = \frac{\Lambda^*}{t^*}, \quad s^{-*} = \frac{S^{-*}}{t^*}, \quad s^{+*} = \frac{S^{+*}}{t^*} \quad (5)$$

由上式最適解可判斷一DMU是否具SBM效率：若 $\rho^* = 1$ （即 $s_i^- = s_r^+ = 0$ ），則該DMU具有SBM效率，且無投入差額及產出差額存在。

不具有SBM效率之DMU (X_o, Y_o) ，可作以下調整：

$$\begin{aligned} \hat{X}_o &= X_o - s^{-*} \\ \hat{Y}_o &= Y_o + s^{+*} \end{aligned} \quad (6)$$

其中 $(\hat{X}_o, \hat{Y}_o)$ 代表效率邊界上之投射點，由（6）式可知，不具SBM效率之DMU，可藉由減少投入與增加產出，以達到SBM效率。

本文研究目的，結合能源指標及效率分析，進而估計為達最具效率之調整差額，並對OECD會員國提出相對應的改善策略，檢視OECD所建議的指標，對效率表現的影響，因此，配合本文研究之目的，Tone(2001) 差額變數模式即為最適當之模型。

參、實證分析

此節為實證資料分析，主要說明所採用的變數及初步的適用性檢測，再利用SBM模式進行衡量，並針對結果進行分析解釋及提出相關政策之改善方法。

一、變數來源與說明

本文主要探討OECD國家效率表現，與以往不同的是，將能源指標結合效率分析，檢視能源指標對效率表現的影響。研究對象以OECD會員國為主，產出項目的資料來源為OECD資料庫；投入項目的資料來源為世界銀行資料庫。研究期間則以資料是否具完整性為主要考量，因此本研究的期間自2006年至2010年，資料型態為年資料。刪除資料缺漏之會員國後，總計153個DMU。

OECD以綠色成長為框架，將討論的綠色指標項目分為三大領域，經濟活動、自然資源基礎及政策措施機會。更進一步從這三大領域中，建構出四大類別的群組：1. 環境和資源生產率；2. 自然資產基礎；3. 環境生活品質；4. 經濟機會及政策應對。本研究所採用的產出項目有五個皆為OECD建議的指標，初級能源供給（百萬油當量）、非能源物質生產力（US\$，每公斤國內物質消耗之GDP）屬第一大類；森林資源（%，佔土地面積）屬第二大

類；環境相關技術發展（人均件數）屬第三大類；能源相關稅收（%，佔環境總稅收）屬第四大類。投入項目包括能源消耗量（千萬噸）及勞動力（萬人）¹。

表 1 投入產出變數之敘述統計

	能源消耗量 (千萬噸)	勞動力 (萬人)	初級能源供給 (百萬油當 量)	非能源物質生 產力 (US\$, 每 公斤國內物質 消耗之GDP)	森 林 資 源 (%, 佔土地面積)	環境相關技術 發展 (人均件 數)	能源相關稅收 (%, 佔環境 總稅收)
極大值	1,581,622	154,287	2,337	6.8	73	45	95.82
極小值	2,386	173	3.87	0.99	0.38	0.10	10.44
平均數	116,127	18,012	172	2.81	34.58	11.41	67.14
標準差	270,944	29,462	400	1.41	18.34	11.23	25.63

由上表可知，OCED國家於研究期間的實際狀況，投入部分，能源消耗量最大的是2007年的美國、最小的是2006年的冰島；勞動力最大的是2008年的美國、最小的仍是2006年的冰島。產出部分的各項指標，初級能源供給最大的是2007年的美國、最小的是2006年的冰島；非能源物質生產力最大的是2006年的荷蘭、最小的是2006年的愛爾蘭；森林資源最大的是2010年的芬蘭、最小的是2006年的冰島；環境相關技術發展最大的是2010年的德國、最小的是2006年的墨西哥；能源相關稅收最大的是2006年的盧森堡、最小的是2009年的墨西哥。

DEA系列模型對於投入產出有著基本要求，亦即投入與產出之間應該具有正相關，為符合投入產出項目之間具正相關的要求，以下為相關性檢測結果：

表 2 投入產出相關性

		投入項	
		能源消耗量（千萬噸）	勞動力（萬人）
產 出 項	初級能源供給（百萬油當量）	0.999	0.952
	非能源物質生產力（US\$，每公斤國內物質消耗之GDP）	0.097	0.155
	森林資源（%，佔土地面積）	0.050	0.081
	環境相關技術發展（人均件數）	0.109	0.173
	能源相關稅收（%，佔環境總稅收）	0.012	0.122

依上表所示，投入與產出項之間，具有正相關，故本研究所選用的變數，已滿足DEA模型的基本要求，因而，以下進行模型的分析與說明。

1 一般討論國家能源效率時，投入項大多選擇能源消耗及勞動力；而本研究於產出項的選擇，主要考量綠色指標的表現。基本上，本研究認為，一個國家若有較多的能源消耗及勞動力，應該也會同時注意綠色指標，因此，在眾多綠色指標中，以此為依據，各大綠色指標項目中至少挑一個與投入項具正相關的指標，進行研究分析。

二、結果分析

本研究利用DEA模型的SBM模式進行效率值的估計，若效率值為1，表示已達到相對的最佳效率狀態，若效率值小於1，表示未達到相對最佳效率狀態，效率值越小代表相對效率表現越差。圖1為研究期間的年度平均效率值，由圖可知，2006-2008年呈現微微下降趨勢，然而，2008-2010年上升的趨勢較為明顯。於研究期間內，相對效率表現最佳為2010年，反之，相對效率表現最差為2008年。

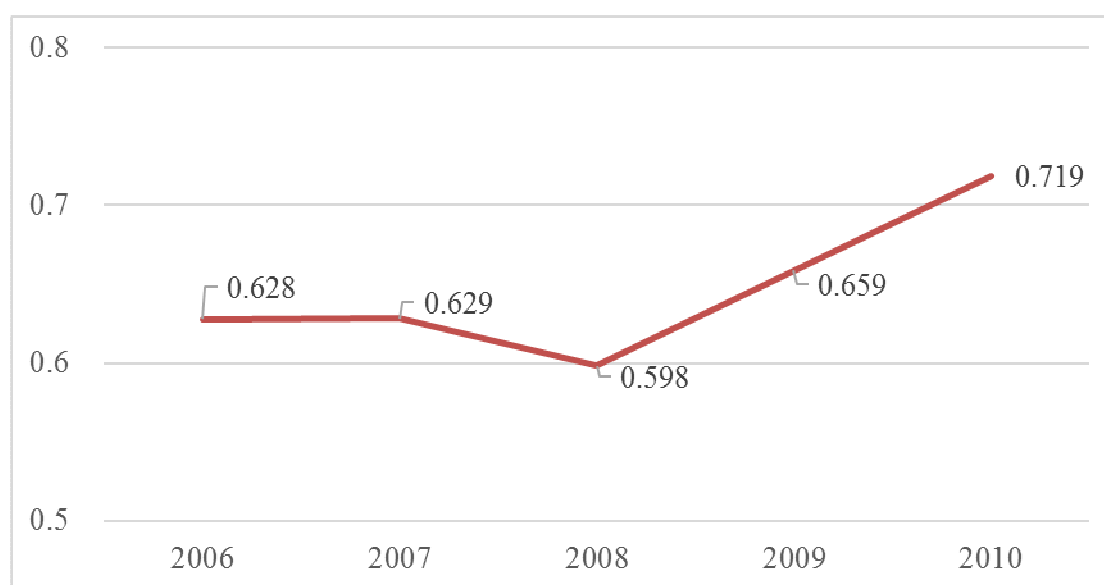


圖 1 年平均效率值

以研究對象，OECD國家的平均效率值來看，每個國家於研究期間的平均效率值如圖2所示²。相對效率表現較差的國家有：匈牙利、墨西哥、波蘭、葡萄牙及斯洛伐克，這些國家的相對效率值皆低於0.3。相對效率表現最佳的國家有：冰島及斯洛維尼亞，這些國家的相對效率值皆等於1，其次相對較佳的國家有：日本、瑞典及美國。

模型結果除了顯示各個國家於研究期間的效率表現之外，還能提供明確的改善方向，如表3所示，效率表現相對較差的這五個國家（匈牙利、墨西哥、波蘭、葡萄牙及斯洛伐克）有相同的缺點，產出變數中的環境相關技術發展（人均件數）相對較弱，調整的幅度皆大於90%，明顯可看出，這五個國家的效率表現相對較差，與此項指標有著莫大的關聯，因此，這五個國家可以藉由環境相關技術發展的人均件數以改善效率表現。雖說，提高環境相關技術發展的人均件數可以有效改善效率表現，但，實際的執行情況卻是有困難的。

2 部分東歐國家效率值高於先進國家，也不一定是先進國家實際上的能源效率較差所致，因為本研究所採用的模型，主要衡量投入與產出的關係，產出項目大多為指標，彼此之間的數字差異並不大（由表1標準差，可看出），但投入項目為實際數據，彼此之間的數字差異較大，再加上先進國家的投入確實會較多，因此，相對差不多的產出之下，使用了較多的投入，便形成了相對效率值會較低的結果。

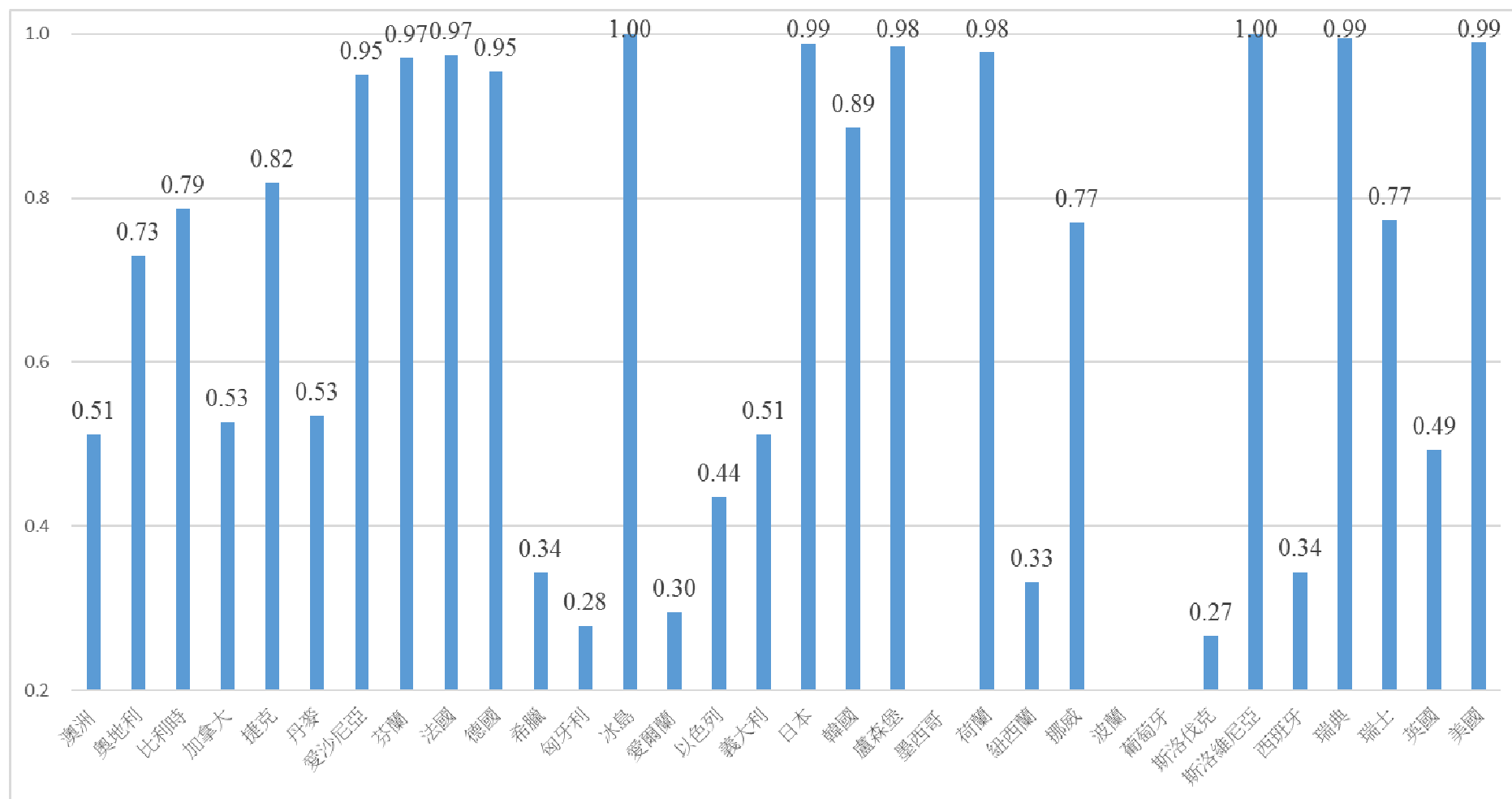


圖 2 國家平均效率值

匈牙利產值最高前三大產業（資訊電子產業、汽車及零組件製造業及食品製造業）都與環境發展相違背，使得環境相關技術發展的人均件數無法有所突破，而造成效率表現較差。墨西哥產值最高前五大產業（石油、車輛、電子電腦、機械及礦業）也都與環境發展相違背，確實很難在環境相關的技術發展上有所突破。波蘭為中、東歐地區第二大汽車生產國，汽車和家電同為波蘭最重要出口品項，因此，也未見對於環境相關技術的發展有所刺激。葡萄牙主要出口產品有葡萄酒、橄欖油及軟木，主要產業以農業為主，因此，未於環境相關技術發展項目上投注大量心力，使得效率表現較差。斯洛伐克所面臨的困境與匈牙利、墨西哥相似，產值最高前五大產業（汽車、電機電子、金屬加工、機械及石化）也都與環境發展相違背，不容易有環境相關的技術發展。

這五個國家除了很難有所突破的環境相關技術發展須要大幅度改善之外，非能源物質生產力也是有待加強。其中以波蘭改善幅度最大，而墨西哥和斯洛伐克改善幅度相對較低。另外，匈牙利、墨西哥、波蘭及葡萄牙的森林資源相對較不足，但，若要增加森林佔土地面積的百分比又無法在短期內到達，因此，對於這四個國家而言，如何維持森林資源別再有過多的砍伐，才是當務之急。最後，墨西哥也可利用增加能源相關稅收以提高效率表現。

表 3 效率較差國家產出調整幅度

國家	初級能源供給	非能源物質生產力	森林資源	環境相關技術發展	能源相關稅收
匈牙利	0%	77%	48%	> 90%	20%
墨西哥	0%	25%	53%	> 90%	> 90%
波蘭	0%	> 90%	37%	> 90%	0%
葡萄牙	6%	39%	62%	> 90%	5%
斯洛伐克	0%	24%	1%	> 90%	0%

表4列出相對效率表現較佳國家（冰島、斯洛維尼亞、日本、瑞典及美國）產出的調整幅度。其中，冰島2007及2010年的效率值剛好達到最具效率狀態，其他年度的效率值也有0.999，故平均值約為1，形成效率表現相對最佳的可能原因為，冰島在研究期間的兩項投入相對最少，就生產的概念而言，較少的投入確實能有相對較佳的生產效率，因此對冰島而言，產出項目僅有兩項（森林資源及環境相關技術發展）須要微幅調整。斯洛維尼亞於研究期間，每年都達到最具效率狀態（效率值為1），雖然，投入不像冰島呈現最少，但也低於平均甚多（能源消耗量的平均數約為斯洛維尼亞的23倍，而勞動力的平均數約為斯洛維尼亞的17倍），而產出項目中，森林資源與能源相關稅收都高於整體平均數，故形成斯洛維尼亞的效率表現為最佳。

日本僅於2009年效率值為0.94，其餘年度皆達到最佳效率狀態，雖然效率表現較為優異，但仍有改善空間，提升環境相關技術發展對於效率的改善會有較大的助益，初級能源供給、非能源物質生產力及能源相關稅收等項目也僅須要微幅調整。瑞典只有2007年效率值為0.97，其餘年度皆達到最佳效率狀態，產出項目只有非能源物質生產力及環境相關技術發展略為改善。美國於2006年效率值為0.95，其餘年度皆達到最佳效率狀態，雖然，產出較須要調整的項目為環境相關技術發展，但不表示美國在環境相關技術的發展上未盡心盡力，只因為項目單位為人均件數，美國研究期間的平均件數約為10，略低於整體平均件數11，故環境相關技術發展有待改善，其他微調項目為非能源物質生產力及森林資源。

表 4 效率較佳國家產出調整幅度

國家	初級能源供給	非能源物質生產力	森林資源	環境相關技術發展	能源相關稅收
冰島	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	0.0%
斯洛維尼亞	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
日本	0.5%	1.3%	0.0%	3.6%	1.0%
瑞典	0.0%	1.1%	0.0%	1.7%	0.0%
美國	0.0%	1.6%	0.3%	3.3%	0.0%

本研究觀察群組，由2006-2010年OECD國家所組成，以資料完整性為擷取原則，共有153個觀察值，整個研究期間，達到最具效率狀態（效率值為1）的觀察值高達45個，因此，本研究進一步利用super SBM模型將效率值為1的觀察值再進行一次排序，讓這些最具相對效率的觀察值可以一較高下，原本效率值為1的觀察值若相對又更具效率，則效率值會大於1，即為超效率模型。年平均超效率值如圖3所示，與圖1相較，其走勢都一樣，只是開放效率最大值為1的限制之後，平均值皆略為上升。

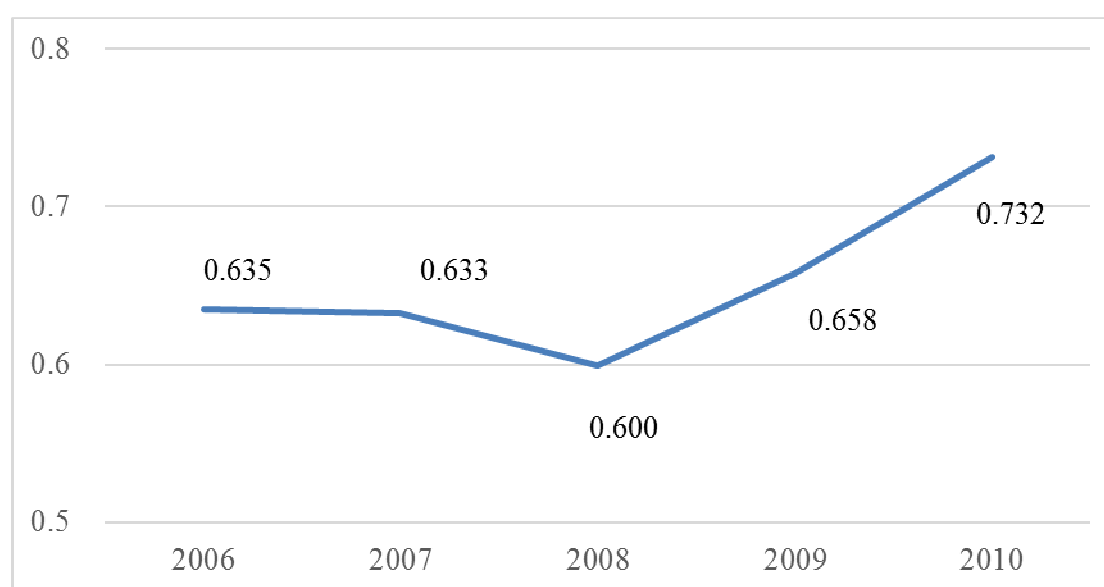


圖 3 年平均超效率值

以下再以國家平均超效率值觀之，如圖4所示，效率值未達到1的觀察值其國家的平均超效率值不會有所異動，但SBM模型下效率值為1的觀察值在super SBM模型下，其值可以大於1，故圖4與圖3相較，僅有效率值較高的，有所變化。

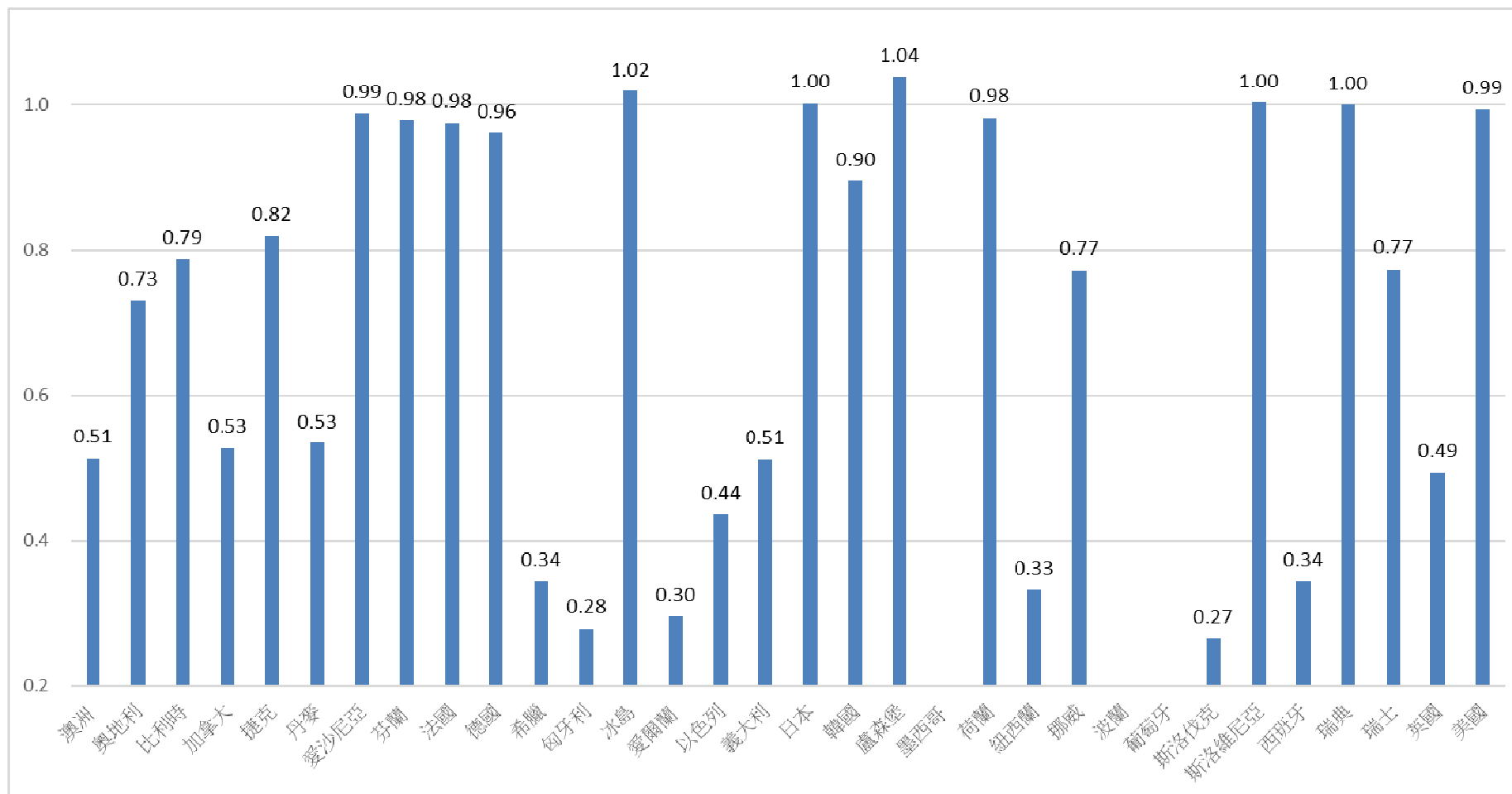


圖 4 國家平均超效率值

其中，斯洛維尼亞和美國的效率值未曾改變；日本與瑞典一樣，再次排序後，效率值皆由0.99上升到1，而冰島的效率值由原來的1上升到1.02，但是，值得注意的是，盧森堡在supper SBM模型之下，效率值攀升到相對最高的1.04並擠下美國，成為前五大最具相對效率的國家。由表5可看出，單純SBM模型下，盧森堡的效率值只略低於美國，但，利用supper SBM進行再次排序，放開了最大值為1的限制後，原本最具效率的狀態，便有所不同，盧森堡原為1的部分全都大於1，但美國原為1的部分僅有一個大於1，這便是盧森堡效率值攀升到相對最高並擠下美國的原因。

表 5 盧森堡與美國比較

	效率值		超效率值	
	盧森堡	美國	盧森堡	美國
2006	1	0.95	1.19	0.95
2007	0.92	1	0.92	1.00
2008	1	1	1.02	1.00
2009	1	1	1.05	1.00
2010	1	1	1.01	1.01
平均	0.98	0.99	1.04	0.99

最後，有一個國家的結果也頗為特殊，值得提出一談。希臘於研究期間前四年的效率值都偏低，2006-2009年的平均效率值只0.18，但最後一年的效率值卻高達了1，如表6 所示。

表6也列出了投入、產出項目，在研究期間，投入及產出於前四年並沒有太大的變化，但是，2010年的產出項目指標：能源相關稅收突然大幅增加，前四年平均59.91%上升至72.63%，漲幅超過20%。由簡單的投入產出概念可知，若投入沒明顯變動，但產出大量提升，則生產效率顯著改善。希臘於2010年增加能源相關稅收的比例，確實改善了相對的效率表現。

表 6 希臘各項資料

年度	效率值	能源消耗量	勞動力	初級能源供給	非能源物質生產力	森林資源	環境相關技術發展	能源相關稅收
2006	0.23	21,425	4975.7	30.22	3.87	29.34	1.89	58.48
2007	0.20	21,937	4982.4	30.22	3.95	29.58	1.55	59.36
2008	0.10	21,255	4998.3	30.42	4.29	29.81	0.72	58.52
2009	0.19	20,545	5040.7	29.43	5.18	30.04	1.15	63.29
2010	1	19,027	5029.1	27.61	5.98	30.28	1.54	72.63

肆、結論

全球暖化不但直接造成氣候變遷，也間接對經濟產生影響，因此各國對於追求經濟成長的同時，也對未來產業的發展，有著更多綠色經濟的考量。綠色成長(Green growth)則是世界各國在氣候變遷因素之下共同追求的價值與趨勢，OECD因此在綠色成長指標方面建構了一套具有整體性及適合操作性的架構供各國參考。由於綠色指標所建構出不同類別的四大群組，其項目繁多，可提供不同國家在不同的考量之下，選用不同指標項目進行永續性衡量觀察。

既有文獻的探討中，未有文獻將能源指標結合效率分析，進而檢視能源指標對效率表現的影響，故本文除了效率分析之外，進而估計為達最具效率之調整差額，並對OECD國家提出相對應的改善策略，檢視OECD所建議的指標，對效率表現的影響。

本研究以OECD國家為對象，產出項目為OECD建議的指標，初級能源供給、非能源物質生產力、森林資源、環境相關技術發展及能源相關稅收。投入項目包括能源消耗量及勞動力。研究期間則以資料是否具完整性為主要考量，因此本研究的期間自2006年至2010年，資料型態為年資料。

研究結果如下：

- (1) 2006-2008年的平均效率值呈現微微下降趨勢，然而，2008-2010年上升的趨勢較為明顯。於研究期間內，相對效率表現最佳為2010年，相對效率表現最差為2008年。
- (2) 以OECD國家而言，研究期間內相對效率表現較差的國家有：匈牙利、墨西哥、波蘭、葡萄牙及斯洛伐克；相對效率表現較佳的國家有：冰島、斯洛維尼亞、日本、瑞典及美國。
- (3) 效率表現相對較差的四個國家，其產出項目指標（環境相關技術發展的人均件數）皆明顯不足，具有相當大的改善空間。
- (4) 效率表現相對較佳國家，大多具備天然優勢，其森林資源相對其他國家而言相對充足。
- (5) 進一步利用super SBM模型將效率值為1的觀察值再進行一次排序時，盧森堡的超效率值攀升到相對最高的1.04並擠下美國，成為前五大最具相對效率的國家。

參考文獻

中文文獻:

1. 李珣琮、施勵行（2012），「再生能源發展政策之效益評估：結合實質選擇權法與成本效率曲線」，應用經濟論叢，91，155-196。
2. 詹世弘（2008），「綠色能源產業發展現況、瓶頸及建議-以台灣為例」，青島科技大學學報，29，p.16 - 19。

英文文獻:

1. Adam, B. J. and Robert N. S. (1994), "the Energy Paradox and the Diffusion of Conservation Technology," Resource and Energy Economics, 16, 91-122
2. Banker, R. D., A. Charnes, and W. W. Cooper (1984), "Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis," Management Science, 30, 1078-1092.
3. Bengochea-Morancho A., F. Higón-Tamarit, and I. Martínez-zarzoso (2001), "Economic growth and CO2 emissions in the European Union", Environmental and Resource Economics, 19, 165-172.
4. Charnes, A., W. W. Cooper, and E. Rhodes (1978), "Measuring the Efficiency of Decision Making Units," European Journal of Operational Research, 2, 429-444.
5. Farrell, M. J. (1957), "The Measurement of Productivity Efficiency," Journal of the Royal Statistical Society, series A, 120, 253-281.
6. Garbuzova, M. R. and M. Madlener (2012), "Towards an efficient and low carbon economy post-2012: opportunities and barriers for foreign companies in the Russian energy market", Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 17.4 : 387-413.
7. Jian, R. (2012), "Research on Low-Carbon Economy Evaluation of Cities Based on Theory of AHP", Management & Engineering, 9, 91-95
8. Jin, J. C., J. Y. Choi and E. S. Yu (2009), "Energy prices, energy conservation, and economic growth: Evidence from the postwar United States," International Review of Economics & Finance, 18(4), 691-699.
9. Lopes, L., S. H. Miura, and K. Shuhei (2005), "Energy efficiency and energy saving in Japanese residential building-research methodology and surveyed results," Energy and Buildings, 37, 698-706.
10. Martínez, C. P. (2010), "Energy use and energy efficiency development in the German and Colombian textile industries," Energy for Sustainable Development, 14(2), 94-103.
11. Peters, M., and A. R. Britez (2010), "Ecopolitics of 'green economy', environmentalism and education", Journal of Academic Research in Economics, 20-35
12. Pimentel, D., A. Pleasant, J. Barron, J. Gaudioso, N. Pollock, E. Chae, Y. Kim, A. Lassiter,

-
- C.Schiavoni, A. Jackson, M.Lee and A. Eaton (2004), "US energy conservation and efficiency: benefits and costs," *Environment, Development and Sustainability*, 6(3), 279-305.
13. Shunsuke, M. and S. Takahiro (2004), "Potentials of Hydrogen and Nuclear Towards Global Warming Mitigation-Expansion of an Integrated Assessment Model MARIA and Simulations," *Energy Economics*, 26(4), 565-578.
14. Smulders, S. and M. Nooij (2003), "The impact of energy conservation on technology and economic growth," *Resource and Energy Economics*, 25(1), 59-79.
15. Tone, K. (2001), "A Slacks-Based Measure of Efficiency in Data Envelopment Analysis," *European Journal of Operational Research*, Vol. 130, No. 3, pp. 498-509.