

環境成本與環境污染防治成本函數及基本資料庫系統之建立與產業經營績效相關性之
研究—子計畫七：企業環境績效指標之衡量—線性規劃模型與資料包絡分析法(DEA)之
比較 (I)

執行編號：NSC 90-2621-Z-002-041

執行期限：九十年八月一日至九十一年七月三十一日

陳文華教授 台灣大學商學研究所

吳順治副教授 新埔技術學院機械工程學系

壹、研究背景

生態效益(eco-efficiency)係由世界企業永續發展委員會(WBCSD)近年來積極發展的企業經營理念，已成為二十一世紀全球產業永續發展的新環境觀，日益受到各國企業與政府的重視。目前WBCSD正整合全球大型跨國企業及各國企業永續發展協會的全球聯盟組織之力量，發展一套能從財務角度量化企業環境績效的生態效益指標(eco-efficiency indicators)，希望能達到定義明確、又可適用於不同業別特殊性的目標。這些指標將做為政府、一般大眾、投資者、金融機構等評估企業環境績效的重要工具，形成一套全球標準化的生態效益量制(eco-efficiency metrics)，這套指標已於1999年七月開始施行。

除了WBCSE推動生態效益經營理念之外，國際標準組織(International Organization for Standardization, ISO)之環境管理小組(ISO/TC207)正積極推動相關事務，加速擬定ISO14000環境管理系列之國際標準，自1996年起陸續公告推出二十餘項標準，未來將成為國際貿易及環境保護的重要里程碑。我國對國際貿易之依存度相當高，尤應密切注意國際潮流之發展並加以因應配合。

相對於國際間對環境管理的重視，台灣至今仍未有全國性的企業環境管理標準，僅有部分企業在其內部實施環境管理，而有其自建的指標。隨著台灣企業國際化程度日益升高，建立與國際接軌的環境績效評估制度，是不可或缺的。本研究

即希望能建立符合台灣社會的環境績效評估指標。

貳、研究目的與重要性

本研究目的在於建立良好的企業環境績效評估指標。若環境績效能夠被正確衡量，則對投資、企業經營與社會永續發展都有正面的影響。

對投資人而言，在傳統的評估標準中加入新的環境績效指標，供投資者及融資機構用以評估一家公司的價值，以改善其投資決策的品質。此外投資者可藉由審視公司運用(1)採取生態效益措施的程度，(2)改善風險的認知與管理，(3)更有效確認新商機，來察知企業環境驅力。目前，公司在年報或其他刊物中所發表的環保資訊，尚未能將環境績效的貢獻轉換為可測量的公司損益。因此公司環境績效的優劣，與業務營收、提高股東價值及股價間的關聯不高。但根據「世界企業永續發展委員會(WBCSD)」的環境績效與股東價值工作小組的研究指出：在環保要求日益嚴格的今天，環境績效好的企業，其環境風險降低，潛在的環保罰鍰或賠償會降低，自然使得企業財務基礎穩固。倘若環境績效指標能

建立則：舉凡授信風險評估、財務分析、股票價值估測、投資人的投資決策等品質均會提昇。

參、文獻探討

企業環境績效評估指標的重要性已被廣為探討，Eagan與Joeres(1997)就指出，公司對於控管執行環境管理績效的環境績效指標愈來愈感興趣，像是國際商務會議(ICC)的永續發展十六項原則，就對公司永續發展策略目標與廠房層級的製造營運目標改變，有很大價值。Wehrmeyer與Tyteca(1998)指出企業環境績效評估指標與永續發展指標在本質上是不同，包括公開諮詢、衡量的範圍、探討議題範圍都不一致。Jasch(1999)指出環境績效評估指標提供決策者關鍵的環境資訊，它可幫助決策者對環境管理流程作檢視，並找出問題點；同時，環境績效指標有利於數字的趨勢分析與年度比較。Thoresen(1999)認為環境績效評估指標的建立，在經濟總體面與個體面均有其意義，在總體面，所有利益相關者可使用環境績效評估指標，了解企業經營是否符合法令；企業環境管理控制狀況與風險最小化；在個體面，企業經營者可

透過績效評估指標，來達到目標設立、生產績效與製造行政流程的控制與監督、標準建立等管理活動。

環境績效指標是整個環境績效評估中最重要的一環，國際社會中，已有許多國家開始著手訂立環境績效評估指標。在目前以國際標準組織(ISO)與世界企業永續發展委員會(WBCSD)兩組織所發展的環境績效評估指標較趨完備。

以ISO14031文件中的定義，所謂的環境績效評估乃是一種內部管理程序和工具，設計來提供管理階層在持續進行基礎上的可靠與可驗證資訊，以決定組織之環境績效是否符合管理階層所設定之準則。在ISO的環境績效評估原則下，ISO建立了環境狀態指標(ECIs)和環境績效指標(EPIs)。環境狀態指標(ESI)可以提供組織週遭之環境現況，這項資訊可以幫助組織瞭解在其環境考量面中可能對環境之潛在衝擊，因此有助於環境績效評估之規劃與施行。ECIs之發展與應用通常是地方、區域、國家或國際性政府機構、非政府組織和科學及研究團體之功能，而非一個單獨事業組織之功能。而EPIs又可區分為：管理績效指標(MPIs)：可反映管理階層對於改善

組織在作業環境績效所做的努力。MPIs應有助於評估管理效能、改善環境績效之決策及行動之效果。作業績效指標(OPIs)：反映組織在作業上的環境績效。

而WBSCD為因應環境績效報告之需求，已經發展出一組簡單易懂、具彈性可適用於各業別內部管理及外部溝通的生態效益指構架構，目前正由全球23個大型跨國企業試行中。此套生態效益指構架構與ISO14032概念一致，且在WBSCD的生態效益指構架構，將指標區分成核心(通用)指標(core indicator generally applicable indicator)和軸助(企業特定)指標，應用核心(core)來描述一些全球均接受其定義及量測方式的指標。這些一般性的指標幾乎可普遍應用於所有產業。但各公司對於核心指標關聯性及適用性不同，而選用這些指標定義、量測的方法可能會有些不同。WBCSE建議：特定公司或業別可利用ISO14031環境績效評估協助選擇發展具有參考價值的補助性指標。

此外胡憲倫(1999)指出，永續發展目標與評量指標，必須針對不同國家與不同地點的環境挑戰加以訂定。生態效益的改善標的，可以補充原定目標之不足，但必

須衡量各部門趨勢與特定環境挑戰的反應，再斟酌裁定。

整個WBCSD生態效益指標，為了更具彈性，可應用到更多不同的業別，且儘量能將指標協調一致，故發展出各行業可通用的「核心指標—core indicators」(或稱通用指標—generally applicable indicators)與配合業別特殊性的「輔助指標」(或稱企業特定指標—Business specific indicators)兩個層級的指標來著手。分成兩類並不表示核心指標較輔助指標重要，而是取決於企業特殊價值和企業的環境觀點。

生態效益指標應用「核心(core)」來描述一些全球均接受其定義及量測方式的指標。雖然這些一般性的指標幾乎可普遍應用於所有產業，但是對一些特定公司而言，其代表性和重要性卻顯不足，也未必可供不同企業比較之用。除了核心指標之外，其它因為各公司關聯性及適用性不同，而選用這些指標定義、量測的方法可能會有些不同。WBCSD認為特定公司或業別可利用ISO14031環境績效評估協助選擇具有參考價值的補助性指標。

WBCSE所制定生態效益之指標之八個基本設計原則如下：

1. 必須與保護環境、人類健康或是改善生活品質有關且具有意義。
2. 提供的資訊能使得決策的制定，可以改善組織的績效。
3. 確認各個企業原有的差異性(inherent diversity).
4. 可用於標竿的設立(benchmarking.)及監控。
5. 須定義明確、可量化、透明化、和可確認。
6. 須讓利益相關者容易瞭解，且具有特殊意義。
7. 必須基於對企業營運/產品/服務的全面性評估，特別是著重於那些可直接管理控制的領域。
8. 同時也必須考慮企業營運的上游(供應者)和下游(使用者)之相關有意義的議題。

在整個WBCSD指標架構下，生態效益的指標可用以下通式來表示：

生態效益 = 產品或服務的價值(product or service value)/對環境的影響(environmental influence)

分子部分的資料來自產品/服務的價值 這個類別的指標，而分母部分的資料則是來產品/服務的生成對環境的影響及產品/服務的使用對環境的影響這兩個類別的指標。這個指標通式是非常有彈性，其目標和理念是在減少資源使用和對環境衝擊的同時，將產品附加價值或獲利增加到最大。這樣的方式可同時結合環境和經營資訊以量化生態效益理念。

所以整個生態效益指標可以說是主要用於績效評估，供管理者訂定目標，提出改善方案做為內部管理之開。但同時也是企業與其它外部或內部利益相關者間重要的溝通工具。

多年來，企業的生產效率衡量方法一直是學術上討論的重點。環境績效指標衡量並沒有一套公認最佳的衡量方法；另外，在大部份的已開發國家，均積極建立其環境績效指標以供政策參考。

傳統的績效衡量方法運用在環境績效指標時會有許多的困難，這是由於環境績效有多種投入與多種產出的關係且投入產出關係不明確，以及一些攸關的重要因素無法量化的特性，因此無法運用傳統上的

數量、比例關係來加以探討。另外，環保政策和相關規定也會使得一些績效的衡量無法採用量化的模式來加以進行。

這些衡量上的問題，可以透過資料包絡法(Data Envelopment Analysis, DEA)來加以解決。資料包絡法是一種以數學規劃方式評估多決策單位(Decision Making Units, DMUs)效率(efficiency)的方法，首先由 Charnes, Cooper and Rhodes(1978)提出[1]。這個方法已廣泛運用於許多公用事業、營利事業及非營利事業，如航空業[2]、學校[3]、銀行[4][5]等。Banker et al.則於1984年[6]提出改進模式，除可評估多決策單位效率外，並且可進一步探討規模報酬變動情形。

DEA 方法的適用性

DEA 方法運用線性模式來構建一個假設的、組合的運作單位，而其組合則是基於參考團體(reference group)中的所有單位組合而成。組合單位的產出是以參考團體中所有單位的產出加權平均而得，而其投入則是以相同權數加權平均參考團體的投入而得。這個線性模式的限制是要求組合單位的所有產出要大於等於任何一個被評估的單位之產出。若組合單位的投入比所有其他被評估單位的投入都小，則組合單位可以用較少的投入來生產和其他單位一樣多，或更多的產出。換句話說，被評估的單位和組合單位比較起來，較沒效

率。因為組合單位是基於參考團體中的單位組合而來，所以我們也可以說這個被評估的單位是相對於團體中的其他單位來說，相對無效率。

DEA 的模式特性如下：

- (1)能從多產出、多投入的作業特徵彙整出單一的效率值。
- (2)為每個 DMU 個別進行最適化分析，得到的效率值是相對效率。
- (3)除了產生整體的效率分數外，尚能指出無效率的來源與大小。
- (4)不受衡量單位不同的影響，能容納的變數型態更多元化。
- (5)受評估的事業單位必須是具有同質性 (homogeneous) 的

資料包絡分析是在幫助認定相對無效率的運作單位，而無法辨認出相對有效率的運作單位。就算相對效率值等於 1，我們也不能下結論說此運作單位是相對的有效率，因為事實上，只要此運作單位有任一個產出為所有單位之產出中最大的，它的相對效率值就會為 1，也就是不會被評為相對無效率了。DEA 的結果有可能顯示只有一個單位非相對無效率，除它之外的單位均是相對無效率。這種情況會發生在當有一個單位它所有的產出都比其他單位多，而所耗用的投入都比其他單位少時，而這種狀況在真實世界裡是很少發生的。資料包絡分析中，大約 50% 的單位會被評為相對無效率。比較相對無效率的單位和組合

單位可以幫助我們找出改進無效率單位的辦法。DEA 所衡量的只是相對的無效率，並不表示那些有效率單位是「絕對」的有效率。雖可得知無效率之所在，但其真正造成之因，仍須透過進一步實際考察方可得知。DEA 方法假設所有單位面對相同技術水準，與現實可能會有些出入。對投入、產出因素相當敏感，因此選擇因素時要特別仔細。另外，DEA 方法所做的績效評估是一種作業效率的評估，無法探討財務結構的問題。

DMU 的選擇

以 DEA 的技術比較各 DMU 的效率，主要的目的並不是要找出「最有效率的單位」，而是要從「可比較」的群組中，檢測出何者為「相對無效率」，以利改進其效率。因此，所謂「可比較」群組，也必須是同質的(homogeneous)，其選擇方法就 DEA 而言，也就顯得相當重要。依據 Golany and Roll [10]，選擇同質性的群組，有下列三項考量：

1. 群組中的單位，必須進行(執行)類似的工作。
2. 對於非營利的群組而言，所有的單位必須處於相同的市場環境(Market Condition)。
3. 對於群組內各單位輸入與產出，對於效率的影響，必須是相同的。

對於 DMU 的選擇，我們必須從待評估單位實體上的劃分與時間上的劃分兩方面來考慮。實體上的劃分，就一家公司的例子而言，從資料獲得的齊全度與分析複雜度而言，以策略事業單位為單位是較好的選擇。從時間上的劃分，每一個 DMU 的評估期間定為一年。

DEA 模型建構

DEA 同時可納入多項投入與產出的，因此在變數選擇上，首先我們必將這些變數先分為幾個大類。

再由上述分類舉出多種變數後，經由參考國外文獻，從幾個較重要的績效評量項目中，找出能夠表現績效的投入與產出項，篩選出較佳的變數。

值得注意的是，為考慮到 DEA 的一個前提-等壓性(isotonicity)，意指某些產出對效率而言有不良的影響，即該產出數值越大，效率越低。在此種情況下，該項產出的值應該被反轉(inverted)[10]。

接下來便需對這些選定的變數進行合適性的測試。測試主要包含二個步驟：

1.迴歸分析

在某些情況下，變數應該歸屬於投入項或產出項，並不是那麼明確。迴歸分析的目的，在使我們更確定變數的定位。

另外，在於某些同屬於投入(或產出)的變數，事實上有高度的相關性。在這種情形下，對效率的影響被重覆評估，這對

某些 DMUs 來說是不公平的。因此我們先藉由檢驗各變數間兩兩的相關係數，來探討各變數的定位與多餘性(redundancy)。如果某一變數，與其他的投入相關性極低，而與其他的產出高度相關，可推論此項變數應被歸類為「投入項」；反之則應被歸類為「產出項」。如果該項變數與其他所有的變數相關性皆很低，則該項變數應該檢討是否剔除。另一方面，如果該項變數與其他所有變數皆高度相關，則表示該項變數與其他變數有極大的重覆性，應要考慮剔除(請參考 Golany and Roll [10])。

2.初步 DEA 分析

在確定各變數的定位後，接著便以 DEA 模型進行變數對效率值影響的測試。在多種 DEA 的模型中，以 Charnes, Cooper and Rhodes(CCR,[11])的 CCR model 能最明顯地檢測出各 DMUs 間的差異(請參考 Golany and Roll [10])。特別在單產出項、多投入項的情形下，更能觀察出各投入項對產出的影響。

我們將以 CCR Model 為基礎，藉由各項產出項的不同組合，建立多組模型，並以第一組 Model(全部的投入-產出皆參與 CCR 分析，稱為基準模型)為基礎，進行以下三種檢測(參見 Roll and Golany [12]):

(1)鑑別能力(distinction power):

以各 DMUs 的效率值的標準差進行檢測。主要是希望能找出那一組的投入-產出

可以最清楚地顯示出各 DMUs 間效率表現的差異。

(2) 鑑別敏銳度(distinction sharpness)

延續上一項檢測，更進一步地觀察以各 DMUs 在某種 Model 中效率值排名與在基準模型中排名的變化，以評估何種 model 對於效率評估結果造成最大的分佈。

(3) 一致性(Conformity)

以個別的產出與相對的效率值的相關係數進行比較，以確認該組投入-產出是否符合 DMUs 的效率表現。

計算方法

由 BCC 模式(見附錄)求得各個 DMUs 效率為技術效率，另以固定規模報酬方法計算(Constant Return-to-Scale)，亦即

$\epsilon_0=0$ ，可求得各 DMU 之整體效率，整體效率與技術效率之比值即為規模報酬率。

BCC 模式之 ν_0 值可判定各決策單位之經濟規模狀態：

當 $\nu_0 < 0$ 時，決策單位處於規模報酬遞增的位置，如圖 1D 點。

當 $\nu_0 = 0$ 時，決策單位處於規模報酬不變的位置，如圖 1E 點。

當 $\nu_0 > 0$ 時，決策單位處於規模報酬遞減的位置，如圖 1B 點。

由此模式求得之解稱為技術效率

(technical efficiency)，當 $\nu_0 = 0$ 時，求得之解稱為整體效率(aggregate efficiency)，整體效率為技術效率與規模效率(scale efficiency)之乘積，故用整體效率除以技術效率即可求得規模效率。此模式所求得的效率值均為相對值，故又稱為比較效率(comparative efficiency)。在圖 1 中，決策單位 A 之投入為 MA 而產出為 OA，決策單位 C 之投入為 MC 而產出水準與決策單位 A 一樣，很顯然決策單位 A 的效率較差。從投入的觀點而言，決策單位 A 之技術效率為 MC/MA，規模效率為 MN/MC，二者相乘得整體效率為 MN/MA。另從產出的觀點而言，決策單位 A 之技術效率為 OA/OB，規模效率為 OB/OP，二者相乘得整體效率為 OA/OP。

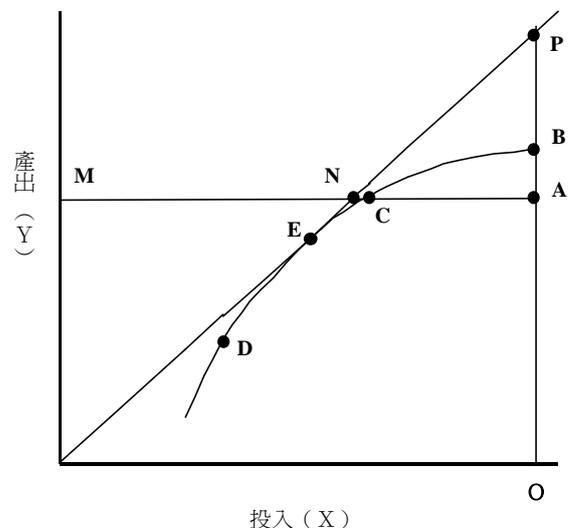


圖 1 DEA 與比較效率

DEA 的效率衡量概念是所謂的「相對」

效率。DEA 利用數學技巧將被評估的 DMUs 區分為有效率及無效率兩種。有效率的 DMUs，是在全部 DMUs 中能以最適的投入—產出組合運作，由它們構成效率前緣。無效率 DMU 則是以自身與效率前緣的相對位置，衡量出無效率程度。這裡所區分出的有效率及無效率僅代表被評估的這組 DMUs 之相對關係，一旦 DMU 的組成份子改變，相對效率程度也會變動，故稱之為「相對效率」。

運用 BCC 模式的概念，我們將採用 1 Consulting, Inc. 所研發的軟體，Integrated Data Envelopment Analysis System (IDEAS) 進行分析。

另一衡量環境績效指標的方法為層級程序分析法，此模型為 Thomas L. Saaty 於 1997 年提出，主要應用領域在於不確定情況下具有多數評估準則的決策問題上，因此適合應用在環境績效指標的衡量上。

利用層級程序分析法進行決策問題時主要包含三個步驟：

1. 建立層級結構

將影響的要素分解成數個群體，每個群體再區分為數個相對應的子群體，視其複雜度決定每個層級要素數目，並建立起全部層級架構。

2. 計算各層級要素的權重

1. 建立成對比較矩陣(pairwise

comparison matrix)

某一層級要素以上一層級要素為評估基準，進行要素間之成對比較，使用數值為 $1/9, 1/8, \dots, 1/2, 1, 2, \dots, 8, 9$ ，該矩陣之上三角形部分為 n 個要素之比較結果，主對角線為要素本身之比較，下三角形部分則為上三角形部分相對位置之倒數，如下：

$$\begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$

2. 計算特徵值與特徵向量

使用數值分析中的特徵值解法，找出特徵值與特徵優勢向量。

3. 一致性檢定

利用一致性檢定做成一致性指標(Consistency Index, CI)，檢查在決策的過程中是否具一致性以及時修正，避免不良決策發生。Saaty 建議 CI 約在 0.1 左右。

3. 計算整體層級權重

計算各層級要素間的權重，再計算整體層級權重與整個層級結構一致性之檢定；並一個替代方案的權重，找出最佳的方案。

AHP 可以應用在相當多的範疇，如決定優先順序、資源分配、績效評估等等，其優點為：

1. 可將複雜問題簡化成簡明的層級結構，並指明從屬關係，幫助分析工作之進行。
2. 以特徵值檢定每個相對比較矩陣之一致性，可增加分析的可信度。

但其有以下之缺點：

1. AHP 的各評價要素的權重是由專家根據經驗和實際判斷所決定，因此主觀性較強，且易影響分析結果之一致性。
2. 由於 AHP 利用相對比較矩陣作分析，若要素數量過多，將會使計算複雜度大為提高。

附錄

一、BCC Model:

Banker et al. (1984) 提出之模式，除可評估多決策單位的效率外，並且可進一步探討規模報酬變動情形。假設有 n 個決策單位，每一個決策單位有 m 種投入及 s 種產出， x_{ij} 、 y_{rj} 分別代表第 j 決策單位之第 i 個投入量與第 r 個產出量，則決策單位 j 之效率值 E_j 可由模式(1)之分數規劃模式計算。此模式將效率值視為產出組合與投入組合之比值。就接受評估之決策單位而

言，其目的在選擇對其最有利之組合權數 u_r 與 v_i ，以使其效率值為最大，但此權數對用於評估其他各決策單位時，其效率值不得超過 1，以滿足效率值必須介於 0 與 1 之間的定義。此外，所選擇之權數必須大於 0，以避免決策單位將不利之因子設定為 0，而完全忽略其存在之不合理現象。

此模式有一優點，即效率值不受投入與產出之衡量單位的影響，其權數會自動調整。

$$E_j = \max \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{v_0 + \sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \quad (1)$$

$$\text{s.t.} \quad \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{v_0 + \sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1, \quad j = 1, \dots, n$$

$$u_r, v_i \geq v > 0, \quad r = 1, \dots, s, \quad i = 1, \dots, m,$$

$$v_0 \text{ 不受限}$$

模式(1)為較特殊的分數規劃模式，可轉換為線性規劃模式，其方式是將目標函數的分母設為 1，並令其為限制條件，其他限制條件之分母則移至不等式的右邊，如模式(2)，而成為線性規劃問題。

$$E_j = \max \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} \quad (2) \quad \text{frontier)。$$

s.t. $\nu_0 + \sum_{i=1}^m \nu_i x_{ij} = 1$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \nu_0 - \sum_{i=1}^m \nu_i x_{ij} \leq 0, j = 1, \dots, n$$

$$u_r, \nu_i \geq \nu > 0, r = 1, \dots, s, i = 1, \dots, m,$$

$$\nu_0 \text{ 不受限}$$

其中

y_{rj} = 第 j 個決策單位之第 r 個產出量

x_{ij} = 第 j 個決策單位之第 i 個投入量

u_r = 第 r 個產出量之權數

ν_i = 第 i 個投入量之權數

n = 接受評估的決策單位數

s = 產出種類

m = 投入種類

ν_0 = 規模報酬指標

ν = 權數之下限值

二、名詞解釋：

- 1、效率前緣：若生產者實際產出 Q 等於其分析對象中表現最好之單位之最大產出水平 Q^* 時，則稱該單位為具技術效率 (technical efficiency)，而於效率衡量圖上具技術效率之各單所構成之等量曲線，稱為效率前緣 (efficiency

2、技術效率：在既定的產出數量下，任一點的實際投入數量，與生產技術邊界點的投入量的比值稱技術效率。

3、規模效率：在最適生產規模下 (其必要條件為固定規模報酬，constant return to scale)，若生產者實際產出 Q 為分析對象中具最大產出水平 Q^* 時，則稱該單位為具規模效率 (scale efficiency)。而在既定的產出數量下，生產技術邊界點的投入數量與具規模效率單位的投入數量比值稱為規模效率。

文獻參考

一、英文

1. Berke, P.R. and Conroy, M.M. (2000), "Are We Planning for Sustainable Development? An Approach," *Journal of Business Ethics*, 23, pp. 185-197.
2. Blumberg, J., Korsvold, A. and Blum, G. (1996), *Environmental Performance and Shareholder Value*, WBCSD, 1996.
3. Bührs, T. and Aplin (1999), "Pathways Towards Sustainability: The Australian

- Approach," *Journal of Environmental Planning and Management*, 42(3), pp. 315-340.
4. R. D. Banker, A. Charnes, and W. W. Cooper,"Some models for estimating technical and scale efficiencies in data envelopment analysis,"*Management Science*, vol. 30, no. 9,pp. 1078-1092, 1984.
 5. Lehni, M. (1998), *WBCSD Project on Eco-Efficiency Metrics & Reporting: State-of-Play Report*, WBCSD.
 6. Charnes, C. T. Clark, W. W. Cooper, and B. Golany, "A development study of data envelopment analysis in measuring the efficiency of maintenance units in the U.S. Air Force", *Annals of Operations Research*, Vol2, pp. 95-112, 1985.
 7. Charnes, W. W. Cooper, and E. Rhodes, "Measuring efficiency of decision making units," *European J. Operations Research*,vol.2,no.6,pp.429-444,1978
 8. Design and Manufacturing," *The Engineering Economist*, 44(1), pp. 50-63.
 9. Environmental Decision Making," *Journal of Environmental Planning and Management*, 43(2), pp. 163-183.
 10. Evaluation of 30 Comprehensive Plans," *APA Journal*, 66(1), pp. 21-33.
 11. Epstein, M.J. and Young, D. (1999), "Greening with EVA," *Management Accounting*, pp. 45-49.
 12. Global Finance, "Socially Responsible Companies," Dec 1999, pp.24-33.
 - A. Boaz Golany, Yaakov Roll, and David Rybak, "Measuring Efficiency of Power Plants in Israel by Data Envelopment Analysis," *Ieee Transactions on Engineering Management*,vol.41,no.3,August 1994.
 - B. Golany and Y. Roll "An application procedure for DEA",*OMEGA*, vol 17 , no 3, pp 237-250,1989.
 13. Holmes, D. (1999), "Sustainable Development Reporting: the Australian Experience," *Australian CPA*, pp. 22-23.
 14. L. Hjalmarsson and A. Veiderpass, "Efficiency and ownership in Swedish electricity retail distribution," *The J. Productivity Analysis*,vol.3, no 1/2,pp.7-23,1992
 15. Porter, G. (1999), "Trade Competition and Pollution Standards: 'Race to the Bottom' or 'Stuck at the Bottom'?" *Journal of Environment & Development*,

- 8(2), pp. 133-151.
16. Philips, R.A. and Reichart, J. (2000), "The Environment as a Stakeholder? A Fairness-Based
 17. Y. Roll, B. Golany, B. and D. Derroussy "Measuring the efficiency of maintenance units in the Israeli Air Force", *European J. Operations Research*, vol. 43, no 2, pp. 136-142,1989.
 18. Satty, Thomas L., "Analytic Hierarchy Process", McGraw Hill, New York, 1980
 19. Singh J. (2000), "Making Business Sense of Environmental Compliance," *Sloan Management Review*, Spring 2000, pp. 91-100.
 20. Tonn, B. English, M. and Travis, C. (2000), "A Framework for Understanding and Improving Triantis, K, and Girod, O. (1998), "A Mathematical Programming Approach for Measuring Technical Efficiency in a Fuzzy Environment," *Journal of Productivity Analysis*, 10, pp. 85-102.
 21. Thurston, D.L. (1999), "Engineering Economic Decision Issues in Environmentally Conscious
 22. Tyteca, D. (1997), "Linear Programming Models for the Measurement of Environmental
 23. Performance of Firms: Concepts and Empirical Rersults," *Journal of Productivity Analysis*, 8, pp. 183-197.
 24. L. Thomas, "Auditing the efficiency of regulated companies: an application of data envelopment analysis," Ph.D. Thesis, Graduate School of Business. The University of Texas at Austin,1986.
 25. Woryhington A.C. and Dollery, B.E. (2000), "Measuring Efficiency in Local Governments' Planning and Regulatory Function," *Public Productivity & Management Review*, 23(4), pp. 469-485.
 26. WBCSD, *Eco-Efficiency: Creating More Value with Less Impact*, 2000.
 27. WBCSD, *Eco-Efficiency Indicators: A Tool for Better Decision-Making*, August 1999.
 28. WBCSD, *Cleaner Production and Eco-Efficiency: Complementary Approaches to Sustainable Development*, 2000.
 29. WBCSD, *Corporate Social*

Responsibility, 2000.

30. WBCSD, *Sustainable Production and Consumption: A Business Perspective*, 2000.

二、中文

1. 業俊榮, "永續台灣評量系統", 行政院國家科學委員會 2000
2. 黃正忠, "政府與企業推動生態效益以提高產業競爭力之具體做法", 中華民國企業對永續發展協會報告 1999
3. 楊致行, "環境績效評估(CNS/ISO 14031)", 工研院化工所 1999
4. 胡憲倫, "OECD 生態效益之推動現況與發展趨勢", 清潔生產/生態效益與環境績效評估研討會 1999
5. 劉育碩, "銀行經營效率與組織結構 資料包絡分析法之應用", 1998
6. 鄭淑芳, "國立大學院校相對效率之研究 使用資料包絡分析法", 1998
7. 李德耀, "本國銀行經營績效評鑑之研究 以資料包絡分析法(DEA)分析", 1995
8. 廖逸君, "以 DEA 方法評估亞太地區航空公司的經營效率", 1993