

應用DEA模型分析高雄市 垃圾清運區隊之生產效率

Applying DEA in Analyzing the Efficiency
of the District Garbage Disposal Teams for the
City of Kaoshiung

吳濟華 *Jih-Hwa Wu*

國立中山大學

National Sun Yat-sen University

劉春初 *Chen-Chu Liou*

長榮管理學院

Chang Jung University

摘 要

本研究嘗試應用 DEA 分析模式探討高雄市垃圾清運區隊之生產效率，期望經由效率的提昇，政府可將節省下來的資源，投入到其他部門，以滿足民眾更多的期望及政府的其他施政目標。本研究經實證分析發現八十三年度各區隊平均總效率雖大於八十年度，惟技術效率變化不大。在整體效率表現上楠梓與三民東二個區隊最為有效率，而缺乏效率的區隊以鹽埕區的效率值為最低。就純技術效率分析，研究結果顯示缺乏效率的區隊以鼓山區隊的效率值為最低。惟就規模效率加以分析，結果顯示區隊規模過大者有左營、三民西、苓雅與前鎮區隊，規模適中者有楠梓、三民東與小港區隊，規模過小者有鹽埕、鼓山、新興、前金與旗津區隊。

此外，研究顯示區隊存在規模不適當時，區隊組織調整或重組是可以考慮的改善方向。最後本研究試圖利用權數設限或確信區間方法，探討模型的改善方向，經分析結果顯示，雖然權數設限可使評估結果更接近事實而被

接受，但是如何收集專家與管理者之意見，公平且合理的決定上限與下限，實為日後實際應用宜繼續加強研究之課題。

關鍵詞：資料包絡分析法、非營利組織、公部門生產效率

Abstract

This study attempts to apply the Data Envelopment Analysis (DEA) to approach the performance of the twelve District Garbage Disposal Teams for the City of Kaohsiung. It is intended to find the possible improvements for those inefficient teams. The empirical results show that the technical changes between 1994 and 1991 are minor. The overall efficiency scores of the teams indicate only two of them are efficient, the others are relative inefficient, and among them the Yen-chen District is the least efficient one. If technical efficiency is concerned, Gu-shan District is the worst team. While the scale efficiency is concerned, the result indicates that four of them are in the position of DRTS, and five of them are in the position of IRTS. It implies that the reorganization of the twelve teams may be appropriate if more efficient organization is to be pursued. Finally the assurance regions of the weights are studies, evidences show the results are more realistic and acceptable. However, the definition of the assurance region for the inputs and output variables would deserve our further efforts and researches.

Keyword : Data Envelopment Analysis (DEA)、Not-for-Profit Organization、Public sector productivity

壹、緒論

“垃圾”是人類日常生活及社會經濟活動無法避免的產物，它是人類經濟繁榮的指標，卻也是今日都市發展面臨的棘手問題之一。台灣地區近年來工商發展迅速，人民生活水準大幅提高，各都市每日清理的垃圾量日益增多，而且性質亦趨複雜，垃圾處理過程可包括貯存、收集、清運、中間處理及最終處置等各項過程，如圖 1 所示。資料顯示，其在整個處理過程中，垃圾收集與清運作業所需費用，約佔垃圾處理總營運費用之 60 ~ 80% 左右，而台灣地區之垃圾處理，目前大多僅止於將垃圾清運搬離市區而已，故清運費用佔總營運經費之 90% 以上。如何提高目前垃圾收集清運之效率，實為當今規劃垃圾處理之重要課題。

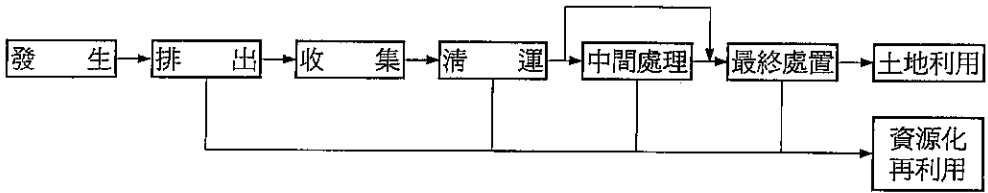


圖 1 垃圾處理過程

由於社會資源有限，如何將有限資源作最佳的運用，素為大眾所關注。效率的衡量是提升效率的基礎，衡量的結果可以幫助組織瞭解本身的優勢與劣勢，並體認環境所存在的機會或威脅，使各項資源能作最有效的運用。

由於一般以營利為目的之組織，其投入產出項目較易確認與量化，而且其投入產出間通常亦存在函數關係，可透過參數法對組織效率予以客觀評估，然而對非營利組織 (Not-for-Profit Organization) 而言，其評估準則泰半為多元準則且不易予以量化，且在實證上其投入產出間之函數關係並不顯著，此時以參數法評估組織效率即產生實質上的困難。因此，如何建立一適合非營利組織之效率評估模式，實為一重要且較為困難之課題。有鑒於非營利組織之特性，一良好的評估模式必須能滿足下列之條件：

- (一) 可導出一綜合衡量之效率指標，並顯示其資源使用狀況，以提供決策者從事政策擬定時之參考。
- (二) 不受不同計量單位之影響。
- (三) 可同時處理定性及定量之因子。
- (四) 可處理組織外之環境變數。
- (五) 能同時處理多種投入及多種產出的情形，而不需事先設定一組權數，且在處理權數上不受人為主觀因素的影響。
- (六) 能提供各投入及產出項對相對效率值的貢獻程度，並提供增進效率的改善方向。
- (七) 能確認所有衡量的對象中，何者為有效率。

在衡量過程中具公平性、客觀性。

資料包絡分析 (Data Envelopment Analysis, 簡稱 DEA) 方法正符合上述性質, 自 Charnes、Cooper 及 Rhodes 於 1978 年提出數學規劃模式之後, DEA 便廣泛地被使用在多項投入、多項產出之效率評估上, 尤其是在非營利組織或政府部門的效率評估, 本研究基此認識, 乃嘗試應用 DEA 分析法探討垃圾清運區隊的生產效率比較, 藉供主管機關作為管理改進效率的參考。

垃圾收集清運效率受家戶垃圾貯存方式 (分類與否、容器種類)、收集方式 (逐戶或逐站)、收集時段、收集頻率、收集人力、車輛之配置、直接運送或設置轉運站等各項因素之影響。以往有關垃圾清運的文獻, 大都是針對某一單項工作進行探討, 而缺乏整體性之考量, 對被評估之組織效率的提升幫助不大, 故本研究將首度嘗試一種新的效率評估分析方法—資料包絡分析法, 進行垃圾清運效率的評估, 並以高雄市垃圾清運區隊為例加以分析。此一方法不但可對組織做整體性之考量並且可提供決策者一個改善的方向, 可以說是眾多效率評估方法中 (比例分析法、多目標衡量分析法、迴歸模式分析、相關度分析法、多變量迴歸分析法、變異數分析法等等) 較佳的一種。

因此本研究之目的有二：

- (一) 以 DEA 之效率衡量模式應用在各區隊垃圾清運的效率衡量, 針對分析結果提出各區隊應改善之方向, 並加以解釋。以為環保主管機關督導及訂立政策之參考。其主要重點包括：(1) 衡量區隊垃圾清運之整體效率、規模報酬及技術效率。(2) 以組織重組方式探討現行區隊重組對總效率的影響。
- (二) 本研究並嘗試對 DEA 方法的權數設限加以分析, 探討權數設限與權數未設限下, 效率值差異對管理決策的意義。

貳、高雄市垃圾清運現況

高雄市為一國際港灣都市及重工業中心, 人口不斷增加, 人口數現已達 140 餘萬人, 且因社會經濟繁榮, 生活水準快速提昇, 以致高雄市垃圾量與日俱增, 平均每一市民每日產生約 1.34 公斤的垃圾, 也就是說高雄市每日產生約 1901 公噸的垃圾, 推估至 2001 年, 每日平均垃圾量

將達 2900 公噸，此將為今日都市發展面臨的棘手問題之一。

高雄市現行行政區域共分為鹽埕、鼓山、左營、楠梓、三民、新興、前金、苓雅、前鎮、旗津及小港等 11 個行政區域，原則上各區之垃圾由各區清潔隊負責清運，由於三民區人口眾多，故將之區分為三民東與三民西二區，所以全市之垃圾清運由這 12 個區清潔隊負責。

一、垃圾量與質的分析

根據高雄市統計月報 1990-1994 年的統計資料將其人口與垃圾量的成長加以整理，如表 1 所示，該資料顯示高雄市在 1991-1994 年之間人口成長 1.4%，而垃圾量卻成長了 22.4%，由此可看出垃圾量成長驚人。近年來雖因垃圾減量、資源回收工作理念之宣導垃圾量成長率有遞減趨勢，惟就每人每日生產之垃圾量來分析，其平均成長率仍高出人口成長率甚多，長此以往垃圾量的增加不得不令人憂心。

根據高雄市垃圾性質與垃圾構成來看，如表 2 所示，該資料顯示垃圾中可回收資源如紙、塑膠、橡膠、玻璃及金屬等物質，合計已達 58.92%，宜充分回收利用，以目前資源回收、垃圾減量的實施並未真正落實，若能做好資源回收、垃圾減量，如此將可有效減少垃圾清運量。

表 1 1990-1994 年高雄市人口、垃圾量統計表

年 別	人 口	人口成長率 (%)	垃圾量 (噸/日)	成長率 (%)	垃圾量 (公斤 / 人 · 日)	成長率 (%)
1990	1386723		1476		1.07	
1991	1396425	0.7	1553	5.2	1.09	1.8
1992	1405909	0.679	1706	9.9	1.21	11.0
1993	1405349	0.04	1851	8.5	1.32	9.1
1994	1416248	0.776	1901	2.7	1.34	1.5

資料來源：高雄市統計月報

表 2 高雄市垃圾構成統計表

	可 回 收						不 可 回 收						
	紙類	塑膠類	皮革 橡膠類	金屬類	玻璃類	合計	纖維布類	木屑落 竹草葉	廚餘類	陶瓷類	石頭類	其他	合計
高雄市	23.49	21.09	2.15	5.8	6.39	58.92	5.86	6.45	23.74	0.98	1.95	2.13	41.1

資料來源：高雄市環保行政概況

二、清運人力與設備

現行高雄市環保局環境清潔人員編組依行政區域區分成 12 個區隊，以區隊為主統一負責垃圾之收集、道路之清掃及側溝之清理。根據環保統計月報與環保局統計資料顯示，1991-1994 年清運人力的投入只成長 0.33%，但是每一清運人力清運量成長 26.13%，顯示出清運人力負擔加重。清運工具（動力車輛、人力車輛）成長 3.9%，但是每一輛車清運量成長 20.94% (1991-1994)，究其原因可能是運輸設備改善，採用新型清運設備。

表 3 1991-1994 年高雄市清運人力與車輛統計表

年別	清運人力 (人)	清運車輛 (輛)	每一清運人力清運量 (公噸)	每一清運車輛清運量 (公噸)
1991	2461	279	225.8	1964
1992	2466	289	255.1	2123
1993	2469	288	273.6	2298
1994	2469	290	284.8	2375

資料來源：環境保護統計月報、高雄市環保局

三、各區隊生產力分析

就人口數來看，各區隊之服務人口以苓雅區人口最多 (216374 人)，前鎮區次之，而以旗津區最少 (34465 人)，鹽埕區次少。顯示各區人口差異極大，分配不均。從個別行政區的人口成長分析，鹽埕、前金、苓雅、旗津與新興是呈負成長（逐年減少），原因可能是因為新興、前金、苓雅與鹽埕為高雄市商業區，地價較高，故商業辦公人口雖多，但居住人口反而較少；旗津區可能因交通、就業問題，人口也逐漸減少。若以清運面積來看，以小港區面積最大 (3985.73 公頃)，楠梓次之，而以鹽埕區為最小 (141.61 公頃)，旗津區次小。

表 4 高雄市各區隊垃圾量統計表

	人 口		垃圾量(公斤)		垃圾量(公斤/人,日)	
	1994年	1991年	1994年	1991年	1994年	1991年
新興	69145	70795	3753246	2979464	1.8	1.4
前金	37729	38689	2019333	1637268	1.8	1.4
鹽埕	34465	35914	1547175	1356871	1.5	1.3
左營	113289	108258	4984119	3529025	1.5	1.1
旗津	33986	34373	1508145	1133738	1.5	1.1
三民東	181308	177821	7446648	5657741	1.4	1.1
三民西	148342	145487	5124465	4271135	1.2	1.0
苓雅	216374	220062	8081306	6540786	1.2	1.0
前鎮	205391	208767	7265588	5744594	1.2	0.9
鼓山	110432	109803	3638601	2862910	1.1	0.9
楠梓	130967	119906	3976930	2664390	1.0	0.7
小港	131629	122339	35403680	2400025	0.9	0.7

() 代表 1991 年之資料

資料來源：高雄市環保局

表 4 顯示平均每人垃圾量的產生以新興區與前金區為最多 (1.8 公斤)，而小港區最少 (0.9 公斤)，原因可能與新興區與前金區為商業區有關，而小港區因主要土地使用為工業區，工業區之垃圾處理由該工業主管機關自行負責清運，故不計入本資料內，因此小港區雖然面積較大但垃圾量反而最少。

本市 1991、1994 年環境清潔人力、清運車輛、每一清運人力清運量及每一清運車輛清運量如表 5 所示，總計 1991 年總清運人力為 2026 人，1994 年總清運人力為 2027 人，清運人力只增加 1 人，可見清運人力的工作量負擔加大，1991 年總清運設備為 279 輛，1994 年總清運設備為 290 輛，每區平均增加 1 輛車。

表 5 各區隊清運人力、清運車輛、每一清運人力清運量及每一清運車輛清運量統計表

	清運人力* (人)		清運車輛** (輛)		每一清運人力清運量 (公噸)		每一清運車輛清運量 (公噸)	
	1994 年	1991 年	1994 年	1991 年	1994 年	1991 年	1994 年	1991 年
鹽埕	83	98	12	11	18.64	13.85	128.93	123.35
鼓山	162	175	21	20	22.46	16.36	173.27	143.15
左營	165	155	25	24	30.21	22.77	199.36	147.04
楠梓	120	118	17	16	33.14	22.58	233.94	166.52
三民東	217	196	34	32	34.32	28.87	219.02	176.8
三民西	201	200	28	27	25.49	21.36	183.02	158.19
新興	143	136	23	23	26.25	21.91	163.18	129.54
前金	101	102	15	14	19.99	16.05	134.62	116.95
苓雅	326	334	42	42	24.79	19.58	192.41	155.73
前鎮	308	301	41	41	23.59	19.09	177.21	140.11
旗津	46	70	12	12	32.79	16.2	125.68	94.48
小港	155	141	20	17	22.84	17.02	177.02	141.18

*：清運人力僅包括職工部份，不包括職員部份，如辦事員。

**：清運車輛包括壓縮垃圾車、旋轉垃圾車、子母垃圾車、廂形垃圾車、轉運車、大型破碎車及分離垃圾車。

資料來源：高雄市環保局

綜合以上分析，可得到下列幾點結論：

- (1)各區人口與清運區域有極大差異，隱含現行 12 個區隊的規模是否恰當。
- (2)垃圾量成長快速 (22.4%) 使得清運人力工作負擔增加。
- (3)各區隊在要素 (人力、車輛與油料) 有效使用上有增加趨勢。

參、DEA分析法的應用與權數設限之探討

一、效率評估模式與 DEA 模式

評估效率的方法有好多種，最常見的是以勞動的生產力來表示 (Starr, 1978)，亦即每一員工之平均產量，而實際上從事生產之投入因子並不僅勞力一項，資本之重要性常凌駕於勞力之上，依此算法，對於高度資本化之廠商，其效率勢必高於勞力密集之廠商，如此評估效率將使生產趨於資本化，增加設備之投資，減少勞力之使用，結果是否真正有

效率，很值得懷疑，因此必須將各種投入因子一併考慮，所得結果才有意義。 Forsund 等人 (1980) 將效率評估方法分為四類，可以圖 2 表示之。

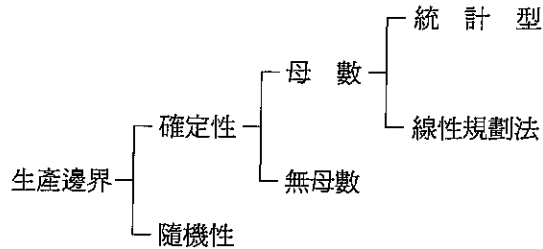


圖 2 生產邊界函數之分類

DEA 分析法是一種採確定性無母數邊界法，此類方法是採用相對比較之觀念，接受評估之區隊互相比較，在比較的過程中，是採數學規劃方式，該法源於 Farrell (1957) 提出以「非預設生產函數」代替常用的「預設函數」來推估效率值的概念，利用數學規劃技巧求出效率邊界，亦即效率生產函數，此邊界是屬於一般所謂之確定性無參數邊界 (deterministic non-parametric frontier)。然後利用實際觀察點與此邊界的相對位置關係，求出技術效率 (technical efficiency)。再考慮投入要素價格比，可測得價格效率 (price efficiency) 或稱為分配效率 (Allocative Efficiency)；總效率 (overall efficiency) 則為此二者的乘積。技術效率所講求的是在現有技術上，有效利用生產要素，以生產最大產量之意；價格效率則為在既定的技術效率及要素價格比率下，使投入的要素組合之成本為最低的生產方法。

該觀念由 Charnes, Cooper 與 Rhodes (1978) 加以擴充，對非追求利潤單位進行評估，將受評估者各項產出與投入因子分別加以線性組合，以二線性組合之比值代表接受評估者之效率，即在各接受評估單位最有利情況下作最佳選擇，各單位之效率值須介於 0 與 1 之間，而最具效率的決策單元 (DMU) 其效率值為 1，也就是說，DEA 模式希望在所有 DMU 的效率值皆小於或等於 1 的情況下，賦予某一 DMU 最有利之要素加權值，儘量提昇該 DMU 之效率值，因此 DEA 模式可表示為一個分數線性規劃模式：(programming)：

CCR 模式

$$\begin{aligned}
 \text{MAX } h_k &= \frac{\sum_{r=1}^s U_r Y_{rk}}{\sum_{i=1}^m V_i X_{ik}} \\
 \text{s.t. } &\frac{\sum_{r=1}^s U_r Y_{rj}}{\sum_{i=1}^m V_i X_{ij}} \leq 1 \\
 &U_r, V_i \geq 0 \\
 &i = 1, 2 \dots m \\
 &r = 1, 2 \dots s \\
 &j = 1, 2 \dots n
 \end{aligned}$$

其中 Y_{rj} 表第 j 個 DMU 的第 r 個產出值

X_{ij} 表第 j 個 DMU 的第 i 個投入值

U_r 表第 j 個 DMU 的第 r 個產出項的加權值

V_i 表第 j 個 DMU 的第 i 個投入項的加權值

h_k 表第 k 個 DMU 的效率值

由於模式 (1) 是分數線性規劃模式，為一種非線性 (nonlinear) 模式，真正求解還很困難，可運用一連串的數學技巧轉化為一個線性規劃模式，此即 CCR 模式。其後 Banker，Charnes 與 Cooper 等人基於規模效率的考慮，又發展出 BCC 模式。該模式與 CCR 模式主要差別在於 BCC 模式可以探討規模報酬變動的情形，而 CCR 模式乃以等規模報酬為假設，可用來計算各 DMU 的之純粹技術效率。BCC 模式可表示如下：

BCC 模式

$$\begin{aligned}
 & MAX \quad \frac{\sum_{r=1}^s U_r Y_{r0}}{\sum_{i=1}^m V_i X_{i0} + V_0} \\
 & ST \quad \frac{\sum_{r=1}^s U_r Y_{rj}}{\sum_{i=1}^m V_i X_{ij} + V_0} \leq 1 \\
 & \quad j = 1, \dots, n, \\
 & \quad u_r, v_i \geq \varepsilon > 0, r = 1, \dots, s, i = 1, \dots, m, \\
 & \quad v_0 \text{ unconstrained in sign}
 \end{aligned}$$

BCC 模式中較 CCR 模式多了一個變數 v_0 ， v_0 的作用代表了規模報酬的指標：

- $v_0 < 0$ 代表規模報酬遞增
- $v_0 = 0$ 代表規模報酬固定
- $v_0 > 0$ 代表規模報酬遞減

此外，也可從 CCR 模式中，判斷規模報酬的情形，即當：

$$\begin{aligned}
 \sum_{j=1}^n \lambda_j < 1 & \quad \text{代表規模報酬遞增} \\
 \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 & \quad \text{代表規模報酬固定} \\
 \sum_{j=1}^n \lambda_j > 1 & \quad \text{代表規模報酬遞減}
 \end{aligned}$$

二、DEA 模型權數設定之探討

有關探討 DEA 模式的權數的文獻自 Charnes 等人 (1979) 以來陸續已有許多學者鑽研此一問題，而國內對於權數的探討只有少數幾篇如蕭基淵 (1989) 等。這些研究雖然各有不同貢獻，惟大多著重在理論之探討與權數設限方法的探討，仍缺少實證研究之檢驗，本研究則強調實證

之分析茲將有關探討權數之文獻列表 6 以供參考。

Boussofiane, Dyson & Thanassoulis (1991) 認為 DEA 模式中經由運算得出之權數同時具有優點與缺點。優點是：權數的產生不受人為主觀因素的影響非常公正且公平。缺點是：如果權數的刻意選擇將可能造成該 DMU 為相對有效率，因此其效率未必來自本質效率 (inherent efficiency)，而是來自於權數的選擇。

表 6 權數探討之理論與實證研究

作者	主要貢獻
Charnes, Cooper & Rhodes (CCR) (1978)	將 Farrell (1957) 之觀念予以推廣，建立一般化之數學規劃模式，該模式對權數之設定為非負條件 (≥ 0)。
Charnes, Cooper & Rhodes (CCR) (1979)	修正原始模式 (CCR) 中有關各個權數的限制，從非負條件 (≥ 0) 修正為絕對為正 (> 0) 的限制。
Boyd & Fare (1984)	對 CCR 模式中權數之非負條件提出評論。
Lewin & Morey (1985)	引進非阿基米德數 ($\geq \epsilon, \epsilon = 10^{-6}$)。
Fare & Hunsaker (1986)	提出權數設限方法。
Dyson & Thanassoulis (1988)	修正 DEA 模式以處理當權數受限制時之效率評估問題。
Golany (1988)	引進各權數間順序關係之概念，以擴展 CCR 模式之應用範圍。
Charnes, Cooper, Wei & Huang (1989)	提出權數設限之方法 (錐比率模式)。
蕭基淵 (1989)	討論權數的重要性
Cook, Roll & Kazakov (1990)	應用權數設限模式衡量美國高速公路維護巡邏站之效率。
Thompson, Langemeier, Lee, Lee & Thrall (1990)	討論 DEA 模式中權數的範圍在效率分析上之角色。(AR 法)
Wong & Beasley (1990)	修正 DEA 模式中以處理權重受限制時之效率評估。
張國平等 (1991)	提出對於權數絕對為正之限制並無幫助，並另外提出修正模式。
Roll, Cook & Golany (1991)	發展尋找權數設限範圍之技巧。(CSW 法)
Ali, Cook, & Seiford (1991)	探討 DEA 模式中，權數間有次序關係時模式之修正。
Cook, Kress & Seiford (1992)	探討如何修正 DEA 模式，使其評估結果可區分效率邊界間之優劣。
Roll & Golany (1993)	討論處理權數設限之理論方法。
Yolalan (1993)	探討有關投入與產出因素之權數對效率衡量的影響。
黃旭男 (1993)	探討區界確定分析法的使用。
吳志誠 (1994)	探討權數的設限是否會影響效率值。
陳健治 (1994)	探討權數的設限是否會影響效率值。

資料來源：本研究整理。

Charnes, Cooper & Rhodes 於 1978 年提出的 CCR 模式，對於權數的設定是設定其大於等於零 (≥ 0)，此一限制會造成不合理的現象，也就是各 DMU 為求本身效率極大，將會捨棄不利之因子，即令其權數為零，

此為 CCR 模式的缺點。

基於上述權數未設限所產生的問題，其後的學者乃不斷的研究以修正 CCR 模式，如 Charnes, Cooper & Rhodes 於 1979 年修正其原始模式 (CCR 模式) 中權數的限制，從非負條件 (≥ 0) 調整為絕對為正 (> 0) 的限制。Charnes, Cooper, Lewin, Morey & Roasseau 於 1985 年後引進非阿基米德數 ($\epsilon, \epsilon = 10^{-6}$) 來限制各投入產出項之權數，使其不為零，Fare & Hunsaker 於 1986 年提出若給予一固定數值 ($\epsilon, \epsilon = 10^{-6}$)，並無法適用於所有情況，而且此修正還是無法解決前述之問題。因此，從 1988 年以後陸續有許多學者針對權數未設限的缺點提出不同的修正方向 (如權數應該設限與權數順序之觀念)，以修正原始 CCR 模式。從此 DEA 模式之權數自動賦予的優點，反而成為其缺點。學者為了彌補此一缺點皆認為權數應該給予設限，以決定其權數範圍，有關此一範圍的設定，綜合相關文獻可歸納成兩大類：

- (1) 絕對設限法：指各投入、產出項權數之上下限明確的給予一數值。如下限法、平均權數比率法、共同權數組合法 (CSW 法)。
- (2) 相對設限法：指選定某一投入或產出項為基準，其他各投入產出項相較於此一基準，就其相對重要性設定上下限。如錐比率模式 (CCWH)、區界確定分析法 (AR 法)。

本文應用以上方法進行實證研究，並對不同方法所得到的結果加以比較，說明其優劣，期供爾後進行類似實證研究應用的參考。

肆、高雄市各區隊垃圾清運效率實證分析結果

使用 DEA 分析模式首需適當的篩選投入產出項目，影響組織經營效率的投入產出要素相當繁多，本實證分析根據資料取得、DMU 個數及投入產出變項間相關性等考慮，初步選取 3 項投入項與 4 項產出項作為衡量指標，如表 8。由於人事費、車輛保養費及設備購置費等經費涉及單位甚多資料取得不易，故本研究採用收集人力、車輛之配置與車輛耗油量為投入要素。根據系統觀念，產出係達成組織目標之具體化的衡量項目，所以可由垃圾清運量、出車車次、服務人數、民眾滿意度與服務面積為產出要素，而一般來說民眾最重視的是收集頻率 (車次) 的多

寡，故民眾滿意度可由車次來表示，故本研究採用垃圾清運量、出車車次、服務人數與服務面積為產出要素，如表 7 所示。

投入產出項界定後，下一個步驟是檢測其是否具有相關，也就是驗證其是否符合“isotonicity”之假設，即投入增加產出應增加之假設。為了驗證是否符合“isotonicity”之假設，本研究使用相關分析，以了解其相關程度。表 8 為相關分析係數表，由表可看出投入與產出之間皆呈正相關。

在實際運用 DEA 分析模式時，不宜考慮過多投入產出項，否則基於柏拉圖最適準則的觀念，各 DMU 的效率值均將為 1.0，基於 Thomas 等人之實證經驗提出 DMU 個數必須大於或等於投入與產出項總和的兩倍，Banker 等人 (1989) 則建議最好在三倍以上，本研究之實證對象有 24 個 DMU 應符合要求。

表 7 投入產出變數

投入產出項	變數	單位	說明
投入 1	人力	人	人力包括清潔隊員、司機。
投入 2	車輛	輛	車輛包括壓縮垃圾車、旋轉垃圾車、子母垃圾車、廂型垃圾車
投入 3	耗油量	公升	每月平均耗油量
產出 1	垃圾清運量	公斤	每月平均清運量
產出 2	載運車次	次	每月平均車次
產出 3	服務人數	人	每月平均人數
產出 4	服務面積	公頃	固定

資料來源：本研究計算結果

表 8 投入產出之相關係數表

投入 \ 產出	產出			
	清運量	車次	服務人數	服務面積
人力	.9037	.9339	.8238	.1736
車輛	.9454	.9598	.8134	.1006
耗油量	.9213	.9372	.8364	.2278

資料來源：本研究計算結果

一、評估結果分析

由原始 CCR 模式，可求得權數未設限的情況下各個 DMU 的相對效率值與權數值，如表 9。該顯示一些有權數為 0 之投入產出項，投入產

出項的產生是經過專家篩選、統計分析等非常嚴謹的選出，但是還出現權數為 0 之現象產生，權數為 0 意味著對相對效率值絲毫無貢獻，由此更說明了上一章節所論及之權數問題浮上台面，是故如此的先天賦予權數所得之相對效率值是否合公平合理，而被接受呢？此部份將在下一節探討。

表 9 以 CCR 模式所得之效率值與權數

	效率值	車次 (U1)	服務人數 (U2)	消運區域 (U3)	消運量 (U4)	人力 (V1)	車輛 (V2)	耗油量 (V3)
鹽埕 1991	.71730	.00096	.00001	0	0	0	.04044	.05150
鼓山 1991	.78754	.00520	0	0	0	0	.05	0
左營 1991	.89370	.00035	0	0	.00009	0	0	.05353
楠梓 1991	1	0	.00001	.00031	.00008	.00571	0	.02415
三民東 1991	1	.00034	0	.00001	0	.00461	0	.00239
三民西 1991	.89109	.00038	0	0	0	0	.03704	0
新興 1991	.88402	.00052	0	0	0	.00559	0	.01027
前金 1991	.82362	.00078	0	0	0	0	.03288	.04187
苓雅 1991	.89435	.00025	0	0	0	0	.02381	0
前鎮 1991	.72110	.00025	0	0	0	0	.02439	0
旗津 1991	.78283	0	.00001	0	.00069	0	0	.15974
小港 1991	1	0	0	.00022	.00005	.00405	0	.01710
鹽埕 1994	.74323	.00067	0	0	.00017	0	0	.10256
鼓山 1994	.77836	.00050	0	0	0	0	.02097	.02670
左營 1994	.91948	0	0	0	.00018	0	0	.04268
楠梓 1994	1	.00061	.00019	0	0	.00660	0	.01212
三民東 1994	1	.00032	.00001	0	0	.00342	0	.00628
三民西 1994	.91559	.00037	0	0	0	0	.03571	0
新興 1994	.82564	.00050	0	0	0	.00543	0	.00998
前金 1994	.85576	.00057	0	0	.00014	0	0	.08711
苓雅 1994	.87225	.00025	.00001	0	0	0	.02381	0
前鎮 1994	.75751	0	0	0	.00010	0	.02439	0
旗津 1994	.95542	0	0	0	.00063	.02174	0	0
小港 1994	.99666	0	0	.00018	.00008	.00645	0	0
平均	.87564	.00053	.00001	.00003	.00009	.00265	.01306	.027

資料來源：自行整理

本研究繼之以 BCC 模式求出個區隊之純技術效率值，並由 CCR 與 BCC 模式判斷各該區隊的規模報酬，進而了解其規模是否為最適。經由 BCC 模式之運算，各區隊的效率值如表 10 所示。其技術效率值表示 12 個區隊對於各項投入要素是否有效利用以達產出極大化之情形，其值越高，代表該區隊在要素使用上愈得其法，愈有效率；而整體效率所代表的是 12 個區隊的整體表現情況，其值愈高，代表就整體而言經營愈有效率。

表 10 12 個區隊之效率值

區隊別	整體效率	技術效率	規模報酬 ($\sum_{j=1}^n \lambda_j$)
鹽埕 1991	.71730	1	IRTS (0.46952)
鼓山 1991	.78754	.80947	IRTS (0.92652)
左營 1991	.89370	.94926	DRTS (1.12827)
楠梓 1991	1	1	CRTS (1)
三民東 1991	1	1	CRTS (1)
三民西 1991	.89109	.91079	DRTS (1.41527)
新興 1991	.88402	.91406	IRTS (0.73001)
前金 1991	.82362	.97306	IRTS (0.7011)
苓雅 1991	.89435	1	DRTS (2.20957)
前鎮 1991	.72110	1	DRTS (1.73913)
旗津 1991	.78283	1	IRTS (0.28508)
小港 1991	1	1	CRTS (1)
鹽埕 1994	.74323	1	IRTS (0.48251)
鼓山 1994	.77836	.78776	IRTS (0.96618)
左營 1994	.91948	1	DRTS (1.25326)
楠梓 1994	1	1	CRTS (1)
三民東 1994	1	1	CRTS (1)
三民西 1994	.91559	.93882	DRTS (1.50803)
新興 1994	.82564	.84110	IRTS (0.8585)
前金 1994	.85576	.97438	IRTS (0.69101)
苓雅 1994	.87225	1	DRTS (2.15496)
前鎮 1994	.75751	1	DRTS (1.82693)
旗津 1994	.95542	1	IRTS (0.20253)
小港 1994	.99666	1	DRTS (1.16575)
平均	.87564	.96245	

資料來源：自行整理

綜合表 9 及表 10 的實證結果，可以個別從橫斷面與縱斷面加以分析，茲先就橫斷面分析，依整體效率、純技術效率與規模效率分別說明如下：

- (一) 整體效率：分析結果顯示僅有楠梓區隊、三民東區隊與小港區隊之效率值為 1.0，而其他九個區隊其效率值小於 1.0，且集中於 0.7 至 0.89 之間，可看出其效率並不低。效率最差之區隊為鹽埕區隊，其次為前鎮區隊，這個結果似乎隱示這兩個地區因面積較小，故不具規模經濟。
- (二) 技術效率：在技術效率方面各區隊表現較佳，表示各區隊在投入要素的使用上較為有效率，其中較無效率的區隊，如鼓山、左營、三

民西、新興與前金等五個區隊，其技術效率值也非常接近 1.0，顯示其投入要素的使用效率並不差。

(三)規模報酬：在調整規模時，必須要了解調整的方向，即現今規模是否過大或過小（規模報酬遞增或規模報酬遞減）。根據分析結果顯示鹽埕、前金、鼓山、新興與旗津區隊現有規模似乎偏小，應予以擴大，以達經濟規模。而左營、三民西、苓雅與前鎮等區隊現有規模似乎偏大，應予以縮小，以達最適規模。

綜合上述，可看出 1991 年度在要素使用上頗有效率，造成區隊無效率的原因跟規模不當有重大關係，如鹽埕、苓雅、前鎮與旗津區隊，故改善方向應從規模上著手。而在要素使用與規模皆需改善者只有鼓山、左營、三民西、新興與前金區隊，其個別在人員、設備的運用上還有改善空間。

有趣的是，從 1994 年的資料分析結果顯示：

(一)整體效率：僅剩下楠梓區隊與三民東區隊效率值為 1.0，而其他十個區隊其效率值均小於 1.0，且集中於 0.7 至 0.99 之間，效率最差之區隊仍為鹽埕區隊與前鎮區隊。

(二)技術效率：在技術效率方面各區隊表現仍佳，表示區隊在投入要素的使用上較為有效率，其中較無效率的區隊，如鼓山、三民西、新興與前金等四個區隊其技術效率值也非常接近 1.0，說明其投入要素的使用效率並不差。

(三)規模報酬：與 1991 年分析結果相同，鹽埕、前金、鼓山、新興與旗津區隊現有規模似乎偏小，應予以擴大，以達經濟規模，而左營、三民西、苓雅與前鎮等區隊現有規模似乎偏大，應予以縮小，以達最適規模。

綜合上述，1994 年度規模不當且要素使用不佳的區隊有鼓山、三民西、新興與前金區隊，而有效使用投入要素，但規模不當者有鹽埕、左營、苓雅、前鎮、小港與旗津區隊。

若就時間序列的縱斷面來分析，結果顯示不管在整體效率或是技術效率方面，除了鼓山與新興區隊下降，各區隊普遍上升，表示大多區隊的效率都有改善。若僅就整體效率觀之，顯示鼓山、新興、苓雅與小港

效率略有下降，其下降幅度不大。

整體而言，1991、1994 年度各區隊普遍在要素使用上較有效率，然規模較不適當，改善方向應著重於規模上的調整，而規模的調整在短期間較不易達成，故本研究基於投入要素不變下，擬從組織重組以提昇整體效率著手，以改善現行效率不佳的情況。

經由對各投入與產出項之差額變數分析，可以更清楚的了解目前各區隊資源使用情形及改善的方向與幅度大小，在短期方面本研究建議以差額變數分析作為投入要素改善的方向。本研究之投入項之差額變數值如表 11 所示，該表顯示現行部份區隊在人員與車輛投入方面仍存在過剩狀態，故可從人員設備精簡著手以提昇效率。

表 11 十二個區隊之差額變數值表

區隊別	人員 (人)		車輛 (輛)		耗油量 (公升)	
	1994 年	1991 年	1994 年	1991 年	1994 年	1991 年
鹽埕	4.35	14.14	1	0	0	0
鼓山	10.85	26.64	0	0	0	1350.72
左營	1.32	4.61	1.68	3	0	0
楠梓	0	0	0	0	0	0
三民東	0	0	0	0	0	0
三民西	21.3	8.39	0	0	0	4748.69
新興	0	0	1.76	2.21	0	0
前金	4.64	.65	1.65	0	0	0
苓雅	25.76	33.56	0	0	6082.74	9936.8
前鎮	14.08	19.63	0	0	7745.49	3912.87
旗津	0	20.58	4.58	4.55	2102.53	0
小港	0	0	.12	0	7493.2	0

資料來源：本研究整理

二、組織重組

效率評估基本上只是一種過程，其最終目的是在藉此發現缺失所在，據以改進，以提昇效率。垃圾清運效率改進的方式，可從調整其投入與產出要素著手，也就是藉由差額變數分析，以提昇區隊清運效率，此概念 Charnes 等人 (1978) 在提出其 DEA 分析方法 (CCR) 時即已說明。此外，尚可從另一角度著手改善現行區隊之效率，也就是從整體效率提昇著手，從表 10 可看出現行區隊中，有規模報酬遞增或遞減等情況，本研究採用組織重組原則，對規模過大者宜適度縮減其規模，而規

模過小者宜適度擴大其規模，並且根據前項評估結果加以計算其不同規模下之各區隊平均投入要素，如表 12 所示，似乎存在較佳之區隊規模，即平均人力在 170 人，平均車輛數在 26 輛左右為較佳規模。則此結果似可作為各清運區隊重組，以提昇整體區隊效率之參考。

表 12 三種規模下其平均投入要素統計表

	DRTS	CRTS	IRTS
平均人力	231 (248)	169 (152)	107 (116)
平均車輛	31.2 (33.5)	26 (22)	17 (16)
平均耗油量	38175.2 (38452)	29157.5 (26299)	15094.2 (15033.8)

0代表 1991 年

資料來源：自行整理

以下提出三種重組方案乃是針對地形、資料來源的限制、規模過大者宜適度縮減其規模，而規模過小者宜適度擴大其規模進行重組，例如旗津區乃是一獨立垃圾清運區，四周無任何相接鄰清運區，故在做重組時不宜與任何區隊合併，或者是因為投入產出資料取得是各區隊之總計資料，不易分割，無法將一區隊分割成二個或多個，故重組時是以相接鄰清運區為主。以下為各方案之區隊組合：

表 13 方案一中七個清運區隊之效率值與規模報酬

方案一	效率值	方案二	效率值	方案三	效率值
鹽埕+鼓山 1991	.83154	三民西+鼓山 1991	1	三民西+鼓山 1991	1
左營+楠梓 1991	1	新興+前金+鹽埕 1991	1	新興+前金+苓雅+鹽埕 1991	1
三民東+三民西 1991	1	左營+楠梓 1991	1	左營+楠梓 1991	1
新興+前金+苓雅 1991	1	三民東+苓雅 1991	1	三民東 1991	1
前鎮 1991	.84111	前鎮 1991	.84111	前鎮 1991	.84097
旗津 1991	.85907	旗津 1991	.85899	旗津 1991	.85899
小港 1991	1	小港 1991	1	小港 1991	1
鹽埕+鼓山 1994	.83613	三民西+鼓山 1994	.95205	三民西+鼓山 1994	.94285
左營+楠梓 1994	1	新興+前金+鹽埕 1994	.8667	新興+前金+苓雅+鹽埕 1994	.87846
三民東+三民西 1994	1	左營+楠梓 1994	1	左營+楠梓 1994	1
新興+前金+苓雅 1994	.89622	三民東+苓雅 1994	1	三民東 1994	1
前鎮 1994	.848	前鎮 1994	.848	前鎮 1994	.848
旗津 1994	1	旗津 1994	1	旗津 1994	.9554
小港 1994	1	小港 1994	1	小港 1994	1
平均	.93658	平均	.95478	平均	0.95176

資料來源：自行整理

根據以上三種方案分析結果，如圖 3 所示，可知方案二之平均效率值為最佳，在一組織追求總效率極大的原則下，採用第二方案。惟若以組織變動最小原則，則採用第三方案，其總效率似仍較未調整時為佳。

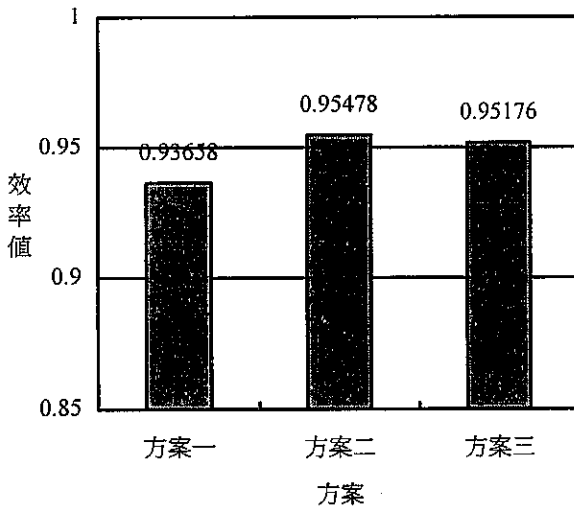


圖 3 重組方案總效率比較

三、效率值差異分析

權數設限與未設限之相對效率值如表 14，表 14 中可清楚看到權數設限對效率值之影響極大，茲將結果詳述如下：

- (一) 權數設限情況下之效率值、效率平均值與有效率之 DMU 個數，皆較未設限情況下呈遞減的趨勢。
- (二) 權數設限愈嚴謹，權數變動範圍愈狹窄，則 DEA 之解析能力愈高。
- (三) 在區界確定分析法與共同權數組合法中權數設定乃是主觀設定，說明了管理者若對投入產出項相對重要性之認定不同，可經由權數設限來影響效率值，進而影響管理決策。
- (四) 雖然權數設限可使評估結果更接近事實而被接受，但是如收集專家與管理者之意見，公平且合理的決定上限與下限，實為一大問題，此時可運用德菲法 (Delphi technique) 與分析層級法 (Analytic Hierachy Process) 作為輔助。

- (五) 當有效率 DMU 之個數有多個時，若管理者欲得知那一個 DMU 為最有效率時，可利用共同權數組合法以獲得。
- (六) 可利用對投入產出要素重要性假定來對權數設限，可看出對 DMU 效率值之影響，故可取代傳統之敏感度分析。
- (七) 權數設限的觀點恰好與成本效率模式相似，以上下限為價格方向比，故可視為成本效率模式之一般式。

表 14 不同權數設限方法之效率值

DMU	原始模式 (CCR) (≥ 0)	下限法 ($\geq 10^{-4}$)	下限法 Fare & Hunsaker (1986) (≥ 0.00002)	AR 法 (一)	AR 法 (二)	CSW 法
鹽埕 1991	.71730	.70230	.67723	.65284	.57291	.70158
鼓山 1991	.78754	.76974	.73415	.68801	.63832	.62032
左營 1991	.89370	.88350	.86327	.86709	.78056	.79775
楠梓 1991	1	1	1	1	.91741	.87425
三民東 1991	1	1	.92914	.85624	.94067	.83424
三民西 1991	.89109	.84925	.76584	.75373	.77237	.71396
新興 1991	.88402	.86082	.80803	.76769	.79914	.72585
前金 1991	.82362	.80046	.75414	.74398	.69238	.70365
苓雅 1991	.89435	.82184	.67682	.71422	.72600	.64644
前鎮 1991	.72110	.68327	.60761	.63131	.64706	.47927
旗津 1991	.78283	.77458	.75808	.60470	.44322	.56876
小港 1991	1	1	1	.70780	.73683	.64995
鹽埕 1994	.74323	.73187	.70918	.72185	.64208	.61955
鼓山 1994	.77836	.76690	.74399	.76611	.72937	.70841
左營 1994	.91948	.90518	.87658	.90144	.89485	.86226
楠梓 1994	1	1	1	1	1	1
三民東 1994	1	1	1	.93498	1	.90112
三民西 1994	.91559	.87625	.79757	.81782	.84176	.80167
新興 1994	.82564	.80524	.76073	.79026	.80439	.73135
前金 1994	.85576	.83924	.80624	.82569	.71939	.77274
苓雅 1994	.87225	.81888	.71213	.77638	.78342	.69123
前鎮 1994	.75751	.72830	.66988	.67661	.69683	.63264
旗津 1994	.95542	.95181	.94462	.66329	.73536	.60716
小港 1994	.99666	.99529	.99255	.70328	.76908	.70189
平均	.87564	.85686	.81616	.77356	.76181	.72275
效率個數	5	5	4	2	2	1

資料來源：自行整理

四、結論與建議

任何一個組織，無不希望藉由效率的提昇，進而提高組織生產力，降低投入成本，以提高組織本身的競爭能力。對於一個非營利組織而言，雖然效率並不一定是最終目標，但是若能經由效率的提昇，可節省許多資源，進而將其運用在達成其他組織目標上。本研究首度嘗試應用 DEA 分析模式探討高雄市 1991、1994 年度垃圾清運區隊之生產效率，期望經由效率的提昇，政府可將節省下來的資源，投入到其他部門，以滿足民眾更多的期望及政府的其他施政目標。

對於無效率的區隊透過差額變數分析，可清楚指出各區隊資源使用狀況，及可改善的方向與大小，但是基於投入產出要素的調整，並不是一時之間可以馬上調整，尤其在非營利組織下更加困難，如本研究之個案（垃圾清運區隊）。故本研究試圖從另一角度探討此問題，基本理念是經由區隊重組方式，截長補短，以提昇總清運效率。結果發現區隊重組後總清運效率提昇 9.1%，故重組方案似為可行改善措施，惟因欠缺實際資料，故仍待積極加以應證。

此外，為提高應用 DEA 方法的效果，本研究擬提出以下建議：

- (一) 本研究所使用之投入產出因素並未將整個垃圾清運活動全部考量進來，如營運支出（經常門、資本門）。後續研究者若能更加周延考量，會使得評估結果更加準確。
- (二) 區隊重組的方式分為兩種，一是區隊合併；一是區隊不合併，在資源總量不變的前提下，重新分配各單位，以提昇整體效率，後續研究者可加以比較，以選取最適方案。
- (三) 本研究採用區隊合併的方式以提昇效率，若能取得更詳細資料，如以里為單位，則可打破區隊合併方式，進行更細的重組，將會使得效率提昇更大。
- (四) 權數的設定若能以德菲法 (Delphi technique) 與分析層級法 (Analytic Hierachy Process) 作為輔助，或可使評估結果更接近理想，凡皆有待進一步研究。

參考文獻

- 陳健治，1994，台灣林業經營之效率評估，交通大學管科所碩士論文。
- 彭作奎，1986，「機率邊界生產函數推估之理論與實證」，台灣經濟，112期：69-75。
- 黃旭男，1993，資料包絡分析法使用程序之研究及其在非營利組織效率評估上之應用，交通大學管科所博士論文。
- 詹滿色，1990，台灣記帳農家經營之技術效率衡量--生產邊界函數法之應用，台灣大學商研所碩士論文。
- 謝錦松、黃正義，1994，固體廢棄物處理，修訂三版，台北：淑馨出版社。
- 顧志遠、張國平，1990，「數據包絡分析 (DEA) 效率評估方法之應用以台北市公車為例」，運輸計劃季刊，19卷1期：27-38。
- Ali, A. I., W. D. Cook and L. M. Seiford, Strict vs. 1991. Weak ordinal relations for multipliers in data envelopment analysis. *Management Science*, 37 (6) : 733-738.
- Bessent, A., W. Besent, J. Kennington and B. Regan. 1982. An application of mathematical programming to assess productivity in the Houston Independent School Distric. *Management Science*, 28(12) : 1355-1367。
- Bjurek, H., L. Hjalmarsson and F.R. Forsund. 1990. Deterministic parametric and nonparametric estimation of efficiency in service production. *Journal of Econometrics*, 46 : 213-227。
- Boyd, G. and R. Fare. 1984. Measuring the efficiency of decision making units : A comment. *European Journal of Operational Research*, 15 : 331-332.
- Bruning, E. R. and C. A. Register. 1989. Technical efficiency with hospitals : Do profit incentives matter? *Applied Economics*, 21.
- Cook, W. D., M. Kress and L. M. Seiford. 1989. Prioritization models for frontier decision making units in DEA. *European journal of Operational Research*, 28(2) : 113-124.
- Charnes, A., W. W. Cooper and E. Rhodes. 1987. Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 12(6) : 429-444.
- Charnes, A., W. W. Cooper and E. Rhodes. 1979. Short communication: Measuring the efficiency of decision-making units. *European of Operational Research*, 3(4) : 339.
- Dyson, R. G. and E. Thanssoulis. 1988. Reducing weight flexibility in data envelopment analysis. *Jonural of The Operational Research Society*,

39(6) : 563-576.

- Farrell, M. J. 1957. The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*, Series A, General, 120 (Part 3) : 253-281.
- Golany, B. 1988. A note On including ordinal relation among multipliers in DEA. *Management Science*, 34(8) : 1029-1033.
- Golany, B. and Y. Roll. 1989. An application procedure for DEA. *OMEGA*, 17(3) : 237-250.
- Kao, C. 1994. Evaluation of junior colleges of technology : The Taiwan case. *European Journal of Operational Research*, 72(1):43-51.
- Lewin, A. Y. and J. W Minton. 1986. Determining organizational effectiveness, *Management Science*, 32(5) : 514-538.
- Lewin, A. Y., R. C. Morey and T. J. Cook. 1982. Evaluating the administrative efficiency of courts. *OMEGA*, 10(4) : 401-411.
- Roll, Y and Golany, B. 1993. Alternate methods of treating factor weights in DEA. *OMEGA*, 21(1): 99-109.
- Roll, Y., W. D. Cook and B. Golany. 1991. Controlling factor weights in data envelopment analysis. *IIE Transactions Journal*, 23 : 2-9.
- Seifor, L. M. 1990. *A Bibliography of Data Envelopment Analysis (1978-1990)*. Version 5.0, The University of Massachusetts.
- Thompson, R. G., L. N. Langemeier, C. T. Lee, E. Lee and R. M. Thrall. 1990. The role of multiplier bounds in efficiency analysis with application to Kansas farming. *Journal of Econometrics*, 46:93-108.