

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

廢棄物清運績效評估指標 研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型
計畫編號：NSC 97-2221-E-009-045-
執行期間：97年08月01日至98年07月31日
執行單位：國立交通大學環境工程研究所

計畫主持人：高正忠

計畫參與人員：博士班研究生-兼任助理人員：黃宥禎

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 98年09月10日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫

■ 成果報告
□ 期中進度報告

廢棄物清運績效評估指標

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 97-2221-E-009-045-

執行期間：97 年 08 月 01 日至 98 年 07 月 31 日

計畫主持人：高正忠

共同主持人：

計畫參與人員：黃宥禎

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)：■ 精簡報告 □ 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- 赴國外出差或研習心得報告一份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、
列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：

中 華 民 國 九 十 八 年 九 月 十 日

摘要:

都市固體廢棄物清運為廢棄物管理中重要且佔總經費比例最大的項目，故有必要評估清運績效以提昇效率。資料包絡分析法（Data Envelopment Analysis, DEA）雖常用以評估績效，但因各受評對象以不同權重組合評估導致其實用性不佳。雖曾有人提出共同權重法改善 DEA 法，但不易由多個不同權重組選出合適的一組。本研究因而發展一個程序由數個關鍵子指標建立綜合指標供評估清運績效，亦提出數個原則用以篩選適當的關鍵子指標與共同權重組合。由於人口分佈、道路密度等空間性因子會顯著影響績效評估，故本研究進一步加入空間性因子修正指標公平性。並以全省各清潔隊（含各縣市及各鄉鎮市）為案例，依照所提出之程序建置綜合指標。同時，亦初步重新定義有害廢棄物風險與效率之評估方法，以及提出廢棄物清運資源分配應考量之因子與離型指標。本研究發展指標之程序亦應可用於建立其他綜合性指標。

關鍵詞：都市固體廢棄物清運、綜合性績效指標、空間公平性、資料包絡分析法、共同權重、永續環境系統分析

Abstract:

Municipal solid waste collection (MSWC) is a major and expensive task for a local waste management authority. Therefore, assessing the performance of collection for promoting MSWC efficiency is essential. Data envelopment analysis (DEA) is a method can be used for performance assessment, but it uses different weight sets to assess individual units and is thus impractical. Although the Common-Weight method is available for resolving this problem, how to choose an appropriate final weight set from multiple alternative sets is still a problem. Therefore, a procedure for developing an aggregate indicator composed of several key performance indexes (KPIs) was established to facilitate MSWC performance analysis. Several criteria were developed for selecting KPIs and common weight sets. Since spatial factors such as population distribution and road density can significantly affect the performance of MSWC, the aggregate indicator was thus revised further based on these spatial factors. Following the proposed procedure, an aggregate indicator had been developed for assessing the performance of MSW collection services provided by local governments. A preliminary procedure for assessing the transportation and risk performance of hazardous waste collection and the factors should be considered for allocating MSWC resources were also explored. The procedure established in this study for developing the indicators should be applicable for other indicators too.

Keywords: municipal solid waste collection; aggregate performance indicator; spatial equity; data envelopment analysis; common weight; sustainable environmental systems analysis.

一、前言與研究目的

台灣近年生活水準大幅提高，對環境方面之要求也相對提高，政府機關於廢棄物清運支出亦漸趨龐大。清運量雖逐年下降，但清運支出至民國 97 年已增至 2,318 百萬元，為讓資源更有效運用及提昇清運效率，有必要評估廢棄物清運的績效。

過去評估廢棄物清運績效之方法，除了使用問卷評估(e.g., Dajani, 1976)，亦有以數個個別指標獨立評估(如盧等, 1996)，例如單位職工服務人口數指標、單位車輛服務人口數指標...等。由於問卷評估之結果較易受詢問方式及調查對象所影響，而個別指標雖簡單明瞭

且易計算，但往往只能評估個別面向。若要考量多面向，一般則以綜合指標進行評估(e.g., Nardo, 2005)。

綜合指標由多個個別指標組成，唯子指標數亦不宜太多，且有些子指標並不適用，故有必要建立指標篩選原則，雖目前無適用於篩選清運績效指標的原則，但不少文獻已針對其他指標系統提出篩選原則，包括可行性、可測量性、與目標相關 (e.g., Sustainable Measures, 2006)。但這些原則並不見得皆適於篩選清運績效指標，因而另建立一套篩選原則，本研究參考過去研究成果，以指標目的符合度、計算難易度、適宜性、完整性、相似度、鑑別度等作為清運績效指標之篩選原則。

由於都市化等因素會影響廢棄物產出量，而人口、道路密度等空間因子會影響績效評估，傳統指標一般未考量空間差異性，因而可能會有不公平的現象(e.g., Worthington, 2001; 韋, 1999)，例如人口較集中區域清運較容易，而山區或郊區則需較多時間收集，績效因而受影響。圖 1 為單位里程清運量指標的結果，由於未考量空間性差異，使人口分佈較稀疏地區績效值因而較低，道路密度較高之地區績效值因而較高，造成評估上的不公。本研究因而試著在評量過程中納入空間性因子調整績效，以改善空間差異的影響。

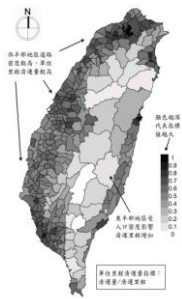


圖 1 指標受人口分佈、都市化、地形等空間性因子差異性的影響

過去常用以建立綜合指標的方法有層級分析(Alytic Hierarchy Process, AHP)、影響評估分析(Impact Assessment Analysis, IAA)、類聯合分析(Conjoint Analysis, CA)及資料包絡分析(Data Envelopment Analysis, DEA)等方法。除 DEA 外，其餘三種方法均有人為主觀的缺點，DEA 主要用以辨識多投入產出之受評對象是否有效率，其權重依離效率前緣(eficiency frontier, EF)的距離決定，不同受評對象以不同權重來評估，實用性較不佳，本研究因而參考 Despotis(2005)的作法，建立適用的共同權重 (Common weight, CW)，以提高實用性，唯 CW 不只一組，仍不易篩選合適的一組。本研究因而提出一些原則篩選最適宜的一組。

現今資源分配仍延用舊有法規制度(台灣省政府，1980)，主要以人口為依據，雖便於計算，但未考量環境條件、人口密集度等因素(陳等，1991)，本研究因而亦依據所建立績效指標進一步探討資源分配時所應考量之因子，以作為後續研究之分配依據。此外，本研究發現自行或委託清除機構清除有害廢棄物經常並不是送至最近的處理廠或回收再利用單位，往往會跨區運送，且約 68%具有相當的危害性，而長距離運送有害廢棄物具有相關的風險，且其中廢液年產量約占有害事業廢棄物之 47%(環保署，2007)，由於液體廢棄物較易被違法傾倒影響環境造成環境污染及危害，更增其風險，故本研究亦提出評估有害廢棄物清運風險與效率之方法。

本研究以全省各清潔隊(含各縣市及各鄉鎮市)為案例，探討發展適當方法評估清運績效的可行性。依本研究群過去研究篩選出適當的指標，且比較不同建立方法的優劣點及適用性。由於過去清運績效指標較少考量多面向及空間性問題，因此本研究亦針對所收集的案例，分析空間性因子所導致的不公平性，於評量過程中納入空間性因子調整績效值。之後亦探討資源分配考量因子以及提出有害廢棄物跨區清運風險評估方法。

二、文獻探討

本研究主要發展適用於評量國內廢棄物清運績效的方法，目前雖已有一些指標可用於評估廢棄物清運績效，然而如何選擇適當的指標評估鄉鎮市的清運績效仍有待研究。本研究群過去曾收集了三十二個可用以評估清運績效的相關指標，並建立完整性、指標目的符合度、計算難易度、適合性、相似度與鑑別度等六個用於篩選廢棄物清運績效指標之原則，經由此六項原則及台灣廢棄物清運的特性篩選出單位清運量成本、單位車時清運量、單位車輛清運量、單位職工服務人口數、單位里程清運量等指標。然而所篩選出來的個別子指標只能評估單面向，有必要進一步建立綜合指標。

過去有關建立綜合指標的方法包括均等權重法 (Equal Weight, EW) (Nardo, 2005)、層級分析法 (Analytic Hierarchy Process, AHP) (Satty, 1987)、影響評估分析 (Impact Assessment Analysis, IAA) (Pré-Consultants, 2000) 法、類聯合分析 (Conjoint Analysis, CA) (Ülengin et al., 2001)、資料包絡分析法 (Data Envelopment Analysis, DEA) (Charnes et al., 1978)、共同權重法 (common weight) (Despotis, 2005) 等。AHP 法通常針對較專業且複雜的問題評估，但由於是採用問卷方式調查，受訪者作答易受問卷提問方式所影響，且視所有填問卷的不同領域專家視為同等重要，這並不見得適合一些情況；IAA 則是經由專家意見決定子指標之重要性，進而分配較多之權重至較重要之子指標；CA 結合了專家、大眾之意見做結論訂立權重進而作評估，以上三種評估方法均有人為主觀性的缺點，亦均不太適用於本研究，故本研究探討適當的方法建立適合評估清運績效的綜合指標。

DEA 最早由 Charnes 等人於 1978 年所提出 (Charnes et al., 1978)，常用於評估多項投入、產出之效率 (efficiency)，吳等 (1998) 曾應用 DEA 方法分析高雄市廢棄物產生效率。其權重依與效率前緣 (efficiency frontier, EF) 的距離來決定，因而不同受評量對象是以不同權重來評估，實用性較不佳；因此 Despotis (2005) 提出 CW 法改善此問題，找出各受評量單位在儘可能保留原 DEA 的原則下的 CW 組，以提高實用性。然而由於 CW 組不只一個，因此本研究進一步提出一套篩選原則改善該方法，用以選擇合適的 CW。

資源分配有必要考量公平性，而廢棄物清運的公平性受空間性因子所影響，Talen et al. (2002) 亦指出衡量效益之前應考慮空間上的影響，較符合公平原則。Lucy et al. (1981) 提出服務資源的評估應考量地域弱勢地區等原則。但大部分空間性研究並沒有探討廢棄物清運空間性差異及其對資源分配的影響。不過，Worthington (2001) 曾在其研究指出人口分佈以及地理上的差異會影響廢棄物清運的效率及服務能力，此空間上的差異亦會導致評估績效時不公平的現象。韋(1999)也曾指出經濟型態、生活水準、都市化程度等社會經濟變遷因素均會影響評估。本研究因而針對台灣各鄉鎮市在空間上之差異提出應考量的空間性因子，並依據這些因子及結合其他指標建立更適當的評估方式。亦初步探討清運資源分配指標及空間公平性。

有害廢棄物具有危害性，因此其清運風險是有害廢棄物清理系統規劃與相關決策所考量的重要因子之一。Price (1982) 以危險物品毒性種類與每路段肇事次數，評估清運風險。Pijawka et al. (1985) 以路線事故發生數、肇事率、受風險人口數等評估清運暴露風險。Zhang et al. (2000) 以 GIS 整合危險物品風險評估系統估計在路網中每個路段的潛在風險值。唯這些研究所考量的部分因子較複雜且不易取得詳細數據，雖可反應對周遭居民之暴露風險，但無法反應目前清運配置規劃之優缺點和其與風險之關係，因此本研究發展方法評估有害廢棄物產生源與處理廠間的清運風險以期用以改進相關決策的品質。

三、研究方法

1. 廢棄物清運績效綜合指標分析

根據本研究群過去國科會研究計畫成果，依據指標目的符合度、計算難易度、適宜性、完整性、相似度、鑑別度等五項準則，篩選出單位清運量成本、單位車時清運量、單位車輛清運量、單位職工清運量、單位職工服務人口、單位里程清運量等作為建立綜合指標的子指標。根據所選之子指標，應選擇較合適的方法建立綜合指標，以下說明綜合指標的建立方法，及依本研究之特性及需求選擇適合本研究的方法且用於評估廢棄物清運績效。

各種綜合指標建立方法優缺點比較

綜合指標通常以決定各子指標之權重來建立，目前已有數種建立綜合指標權重的方法，包括資料包絡分析、共同權重、層級分析、影響評估分析及類聯合分析等。如表 1，AHP、IAA、CA 等評估方法均有人為主觀影響的缺點。故本研究採用較無此問題的 DEA 法，但該法針對不同受評對象使用不同權重評估，實用性較差。本研究因而參考 Despotis (2005) 提出的 CW 法建立綜合指標。

表 1 常用於建立綜合指標之方法

名稱	方法	優點	缺點
資料包絡分析 (DEA)	評估多項投入、產出之效率	權重依 EF 的距離決定，以對受評區最有利的方式評量	不同受評量對象以不同權重評估
共同權重	使各受評估區採用相同之權重	各受評估區於同一基準點上接受評量	降低各受評估區依其特殊性發展之考量
層級分析 (AHP)	針對較專業且複雜的問題，使用問卷方式評估	以較系統的方法依問卷結果決定權重	所有填問卷的不同領域專家視為同等重要
影響評估分析 (IAA)	經專家意見決定子指標之重要性進而分配權重至子指標	給予重要性較高之子指標較高的權重	不同專家給的權重不同
類聯合分析 (CA)	結合了專家、大眾之意見做結論訂立權重進而作評估	能考量到社會政治之決策與反應	權重易受主觀意見左右
均等權重	將各評估項目視為同等重要	各子指標同等價值被考量	各子指標重要性不相同

DEA 法

DEA 法依據績效值離 EF 的距離決定是否有效率，其中各案例區在計算其效率值時，會選擇對其最有利的權重以使其效率值最大，同時限制所選擇之權重用於計算任一單位的效率值時，其效率值上限不得超過 1。由於原本之模式是一非線性分數線性規劃模式，求解較不易，因此轉換成線性規劃模式，以下為常用的 DEA 模式 (Michael and Stoker, 1991)：

$$E_k = \text{Max} \sum_{r=1}^s u_{rk} Y_{rk} \quad (a)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{r=1}^s u_{rk} Y_{rj} \leq 1, j \in C \quad (b) \quad \dots(1)$$

$$u_{rk} \geq 0, r \in S \quad (c)$$

$$Y_{rj} = (0,1), j \in C \quad (d)$$

其中 E_k 為案例區 k 之綜合指標值； u_{rk} 為案例區 k 子指標 r 之指標權重； Y_{rk} 為案例區 k 子指標 r 之指標績效值； Y_{rj} 代表案例區 j 子指標 r 的值； C 為案例區之集合； $j \in C$ 代表集合中的任一案例區； S 為指標之集合； $r \in S$ 代表集合中的任一指標。式 1(a) 為目標式，目的是求一組最有利的權重使案例區的加總效率值最大。故以式 1(b) 限制效率值最大不得超過

1。式 1(c)乃是為了避免權重小於零。式 1(d)中，個別指標值為大於等於 0 小於等於 1 之變數，當等於 1 時表示績效最好，等於 0 則反之。子指標值為介於(0,1)的變數。

共同權重 (Common weight, CW) 法

由於 DEA 效率值以對各單位最有利的方式決定，因此不同受評對象設定不同組合的權重，實用性較差，同時在有效率的受評單位中，值皆呈現 1 較不容易作綜合評估。因而參考 CW 模式以求取 CW 組合。藉由 L_1 、 L_∞ norm 方法，期各評量單位依 CW 所得之總體值 (global score, GS) 接近 DEA 法的數值，亦即盡可能保留原 DEA 的原則。其模式如下列：

$$\begin{aligned}
 G &= \min t \frac{1}{C} \sum_{j=1}^c d_j + (1-t)z & (a) \\
 s.t. \quad &\sum_{j=1}^c u_r Y_{rj} + d_j = E_k, j \in C & (b) \\
 &d_j - z \leq 0, j \in C & (c) \quad \dots(2) \\
 &u_r \geq 0, r \in S & (d) \\
 &z \geq 0, d_j \geq 0, j \in C & (e) \\
 &Y_{rj} = (0,1), j \in C & (f)
 \end{aligned}$$

其中 G 為 DEA 與 GS 的差距；C 為案例區數； d_j 為 j 案例區 DEA 與 GS 的距離；t 為假設參數；z 為使目標式非負解之變數，也為 DEA 與 GS 間的最大偏差； u_r 為 r 指標之 CW； Y_{rj} 代表案例區 j 子指標 r 之績效值。模式將選取總距離最小解，即 GS 與 DEA 結果最接近的一組作 CW。當 t 變動時，則會產生不同的權重。式 2(a)為目標式，目的為在 t 值變動下，求取 DEA 與 GS 之最小差距。故以式 2(b)限制求出之 GS 盡量接近 DEA 值。式 2(d)設定權重限制為最小為 0。式 2(e)限制 z 與 d_j 為非負解。式 3(f)中，子指標值為介於(0,1)的變數。

本研究除採用上述方法計算 DEA 與 GS 間的距離向量外，亦增加 L_2 norm 法計算，用最小二乘平方差概念建立二次規劃的模式(Quadratic Programming, QP)，做為建立 CW 組合的其中一種方法。其模式如下列：

$$QP = \min(\sum_{j=1}^c d_j^2)^{\frac{1}{2}} \quad \dots(3)$$

其中 QP 為 DEA 與 G 之間的最小二乘平方差，而限制式與式 2 相同。

共同權重組合篩選原則

由於所得 CW 不只一組，故有必要建立原則篩選合適的組合，本研究因而訂定鑑別度、不能忽略主要指標、相似度及常態性等四個原則，並以案例測試篩選原則之可行及實用性。

2. 空間性廢棄物清運績效綜合指標建立

空間性差異會影響績效評估，導致不公平，本研究因而依空間因子建立較適當的綜合指標，首先探討空間性因子對績效之影響，依篩選後的指標找出應考量的因子，之後探討如何依據這些因子及結合其他子指標建立更適當的綜合指標，進而分析其可行性。

空間性因子對評估績效的影響

由於人口及道路分佈等會有空間差異，而一般傳統指標較少考量此差異，易造成評量上之不公平。本研究初步依篩選後的五個子指標分析可能影響評估的空間因子。其中單位清運量成本與單位職工服務人口數等二指標尚無明顯的空間性差異，在清運過程中人力、車輛及處理經費支出標準相似；而職工數量之分配依據各鄉鎮市之人口，使得各職工服務人口之負荷盡量相似，因此此兩指標較不受空間性影響。其他三個指標：單位車時清運量、單位車輛清運量、單位里程清運量。如圖 2 所示，可看出其受空間性差異所影響，主要可歸納出三個影響空間差異因子：清運量、人口及道路密度。如圖 2(a)，都市區因清運量較多且人口及道路密集度較高，導致相同清運車時下清運量較多；圖 2(a)、2(b)觀光區因遊客

產量多，指標值相對較高；圖 2(a)、2(b)、2(c) 東部山區因人口與道路密度低，導致相同清運里程下清運量較少，指標值相對較低。

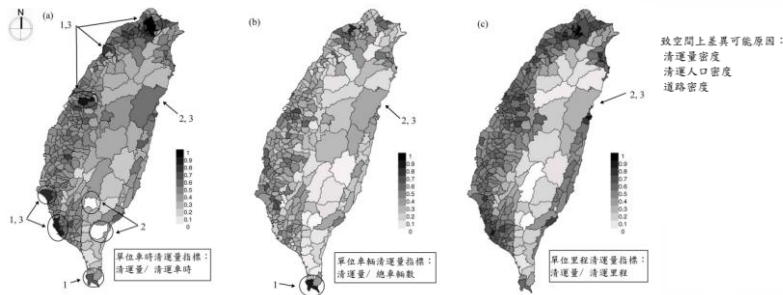


圖 2 各子指標呈現空間性差異之原因

空間性因子篩選

為選擇合適之因子，本研究建立因子間相關性、因子與績效相關性等兩項篩選原則。因子間相關性中，清運人口密度與清運量密度之相關係數為 0.98，呈高相關性，因此不必同時考量，由於考量數據較易取得及評估上之便利，因此保留清運人口密度。而因子與績效相關性中，清運人口密度與未考量廢棄物清運績效綜合指標之相關性為 0.83，呈高相關性，代表人口密度較高處會因清運便利而績效較好。道路密度與未考量廢棄物清運績效綜合指標之相關性為 0.18，呈低相關性。由此可知，清運人口密度會對空間性造成影響，因此保留其作為改善空間性差異之因子。

空間性綜合指標建立

綜合上述，本研究使用人口密度因子，在評量過程中將空間性因子當作評估的指標之一，以調整績效，並與篩選的五個子指標結合，使用 DEA 及 CW 法重新建立具空間性的廢棄物清運績效綜合指標，以改善因未考量空間差異所造成的不公平情況。

3. 清運資源分配指標建立

台灣現今清潔單位的人力、車輛組織編制仍沿用先前法規，單純依人口數配置人力、車輛，並未考慮轄區面積、環境條件等原因，導致難以滿足不同地區之需求，影響清運工作。本研究首先分析收集到之廢棄物清運指標，篩選出因資源分配條件不同而導致績效會有差異之指標，進而針對這些廢棄物清運績效個別指標分析因工作負荷量或人口、道路密度等空間性之不同所造成的績效值差異，提出可能影響資源分配的因素，作為後續調整清運資源及建立評估指標與決策之依據。

4. 有害廢棄物清運風險分析

由於國內有害廢棄物於清運過程中經常會跨區清運及有偷倒的風險，因而有必要評估其風險，有鑑於此，本研究收集與分析目前之清運路線與規劃，首先以最短距離為條件，計算各產原可運送之處理場，同時不同種類之有害廢棄物所屬之處理廠亦不同，因此亦分析不同種類之有害廢棄物在最短距離下應運送的處理廠。此外，為期有最小的暴露風險，亦分析以最小距離下應運送的處理廠，再考量各種有害廢棄物之毒性計算風險差異，以提出改善有害事業廢棄物清運風險評估方式，建立適當的指標評估之。

四、結果與討論

1. 廢棄物清運績效綜合指標分析

DEA

圖 3 所示為以過去研究所篩選出來的子指標應用 DEA 所建立綜合指標之績效分佈圖，圖中顏色較深之鄉鎮代表其 DEA 績效值較高。共有 14 個效率值為 1(最高值)之鄉鎮。由於 DEA 在計算效率值時，會選擇對各受評單位最有利的權重以使其效率值盡可能最大，導致

各鄉鎮市所使用之權重不同，當一鄉鎮市 DEA 值為 1 時，表示沒有其他鄉鎮所有子指標的表現均優於它，小於 1 則表示其並沒有在 EF 上，亦即表示其在某些方面仍有改善空間。雖 DEA 能區分有無效率，但無法作綜合性的比較。此外，求取對各個受評單位最有利的權重，容易造成權重偏於表現較好的子指標，而表現較差的子指標則會設權重為 0 忽略之。易造成實際運用時的爭議，為避免此問題，本研究進一步的使用 CW 法擬訂統一的權重組合。

共同權重

本研究採用 Despotis (2005) 所建議的方法以及最小平方差的方式求取 CW，總共求得 13 組權重組合，如表 2 所列，並依前述方法計算鑑別度且列於該表中。將此 13 組權重組合，應用鑑別度、不能忽略主要指標、相似度、偏斜性等四項原則篩選出 CW10 權重組，其他權重組之所以被篩除的原因請參見表 2 中。

圖 4 所示為全國各鄉鎮依 CW 計算而得的績效值，圖中標示出清運績效前 10% 之鄉鎮市。DEA 雖能區分出有無效率，但各鄉鎮使用不同的權重組合而無法做綜合性的比較，同時 DEA 亦會以較極端的權重分配方式(1 或 0)，使得只有少數子指標表現優異之鄉鎮得到有效率的績效值，而 Despotis (2005) 雖提出 CW 進行改善，但只取所有 CW 組的算術平均數當作 CW，未分析各權重組合的合適性，因此本研究建立了篩選流程選擇較適當的權重，經由篩選流程選出 CW10，除有較高的鑑別度外，同時所有主要子指標皆納入考量。

表 2 以不同 t 值應用共同權重法所得各子指標之權重組

代號	單位清運 量成本	單位車時 清運量	單位車輛 清運量	單位職工 服務人口	單位里程 清運量	鑑別度	篩選原則
CW1	0.325	0.000	0.254	0.529	0.160	20.974	(1)
CW2	0.195	0.000	0.455	0.567	0.000	21.112	(1)
CW3	0.001	0.000	0.489	0.574	0.265	28.759	(2)
CW4	0.000	0.000	0.478	0.600	0.258	28.425	(2)
CW5	0.000	0.000	0.476	0.602	0.259	28.395	(2)
CW6	0.030	0.000	0.425	0.601	0.296	27.891	(2)
CW7	0.127	0.086	0.209	0.672	0.363	27.133	(3)、(4)
CW8	0.104	0.161	0.262	0.546	0.327	28.302	(3)、(4)
CW9	0.118	0.169	0.236	0.542	0.342	28.280	(3)、(4)
CW10	0.083	0.237	0.317	0.456	0.279	29.732	-
CW11	0.079	0.148	0.308	0.551	0.300	28.396	(3)、(4)
CW12	0.000	0.105	0.452	0.569	0.217	29.067	(2)
CW13	0.000	0.236	0.315	0.458	0.281	29.696	(2)

篩選原則：(1)：鑑別度；(2)：不能忽略主要指標；(3)：相似度；(4)：偏斜性

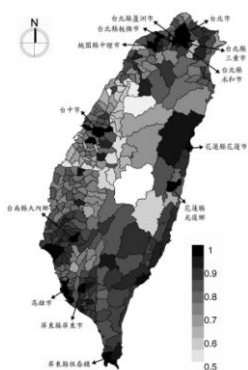


圖 3 以 DEA 法所得之
綜合指標績效值

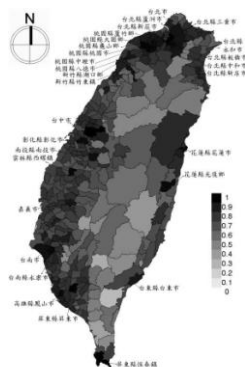


圖 4. CW 法所得廢棄物
清運績效綜合指標績效值

2. 空間性廢棄物清運績效綜合指標建立

空間性清運績效綜合指標之建立

本研究參考 Andrew (2001) 的作法，在評量過程中將清運人口密度作為空間性因子，用以調整績效值，並結合之前篩選的五個指標，應用 DEA 及 CW 法重新建立一個考量空間性的廢棄物清運績效綜合指標，以期改善因未考量空間差異所造成的不公平情況，CW 組合亦採用前述的原則與流程進行篩選。在考量人口密度之後的 DEA 法結果中效率值為 1 的鄉鎮由原本十四個增加為三十八個，主要是因考量空間性因子之後會提昇人口、道路密集度較低、都市化較不發達的地區的效率值。雖然 DEA 效率值因空間性因子的加入有所升高，但由於 DEA 在各鄉鎮市所使用之權重不同，不易作綜合性比較，因而仍進一步求 CW 組。

共同權重

採用前述同樣方法求 CW 組，如表 4 所列，共得到 12 個不同 CW。應用前述篩選原則選出 CW1 權重组。結果如圖 5(a) 所示，圖中顏色越深之地區代表廢棄物清運績效越佳。依圖 5(a) 與未考量空間性因子之 5(b) 比較，可看出山區之鄉鎮由於人口密度低，導致以未考量空間性指標評量時績效值較低，而加入空間性因子改善評量後，績效值會提高，如南投縣國姓、台東縣金峰鄉、嘉義縣阿里山鄉... 等；都市化程度較低及人口密度低的鄉鎮，加入空間性因子亦會使績效值與排序被提高，如台中縣后里鄉、台北縣貢寮鄉... 等。

表 4 以不同 t 值應用共同權重法所得各子指標之權重组

代號	單位清運量成本	單位車時清運量	單位車輛清運量	單位職工服務人口	單位里程清運量	清運人口密度	篩選原則
CW1	0.245	0.001	0.061	0.305	0.307	0.339	
CW2	0.362	0.000	0.000	0.239	0.256	0.351	(2)
CW3	0.000	0.000	0.000	0.031	0.119	0.914	(1)
CW4	0.000	0.001	0.002	0.002	0.015	0.993	(3)(4)
CW5	0.024	0.000	0.000	0.062	0.162	0.843	(1)
CW6	0.504	0.000	0.000	0.305	0.247	0.177	(2)
CW7	0.477	0.000	0.000	0.297	0.266	0.197	(2)
CW8	0.477	0.000	0.000	0.297	0.266	0.197	(2)
CW9	0.207	0.000	0.000	0.161	0.244	0.558	(2)
CW10	0.424	0.000	0.000	0.270	0.261	0.267	(2)
CW11	0.000	0.000	0.000	0.028	0.117	0.917	(1)
CW12	0.029	0.000	0.000	0.061	0.158	0.842	(1)

篩選原則：(1)：鑑別度；(2)：不能忽略主要指標；(3)：相似度；(4)：偏斜性

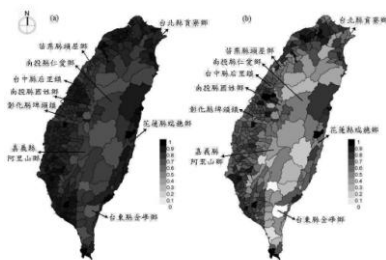


圖 5 (a) 考量空間性因子之廢棄物清運績效綜合指標績效值；(b) 未考量空間性因子之廢棄物清運績效綜合指標

3. 清運資源分配指標建立

本研究由 32 個收集到的個別清運績效指標中，篩選出單位車時清運量、單位車輛清運量、單位職工服務人口數、單位里程清運量、單位車輛服務人口數、單位職工清運量、單

位里程成本等七個因資源分配條件不同而導致績效會有差異之指標，圖 6 為針對所選出之清運績效個別指標分析因工作負荷量導致之差異，初步歸納出六個分配資源時應考量的因素，分別為清運量、人口密度、清潔職工負荷量、車輛工作時數、觀光區等特殊區域之清運量、清運車輛載重量等。由圖 6(a)可看出都市區因人口密度高，導致單位車時負荷之清運量高；東部山區則人口密度低、東南部清運車時高，導致單位車時負荷之清運量較低。由圖 6(b)可看出觀光區清運量增加，導致單位車輛負荷之清運量較多；此外，各鄉鎮市所使用清運車輛載重量不同，導致車輛負荷亦不同。分配職工數時雖已考量到人口，但由圖 6(c)可看出坪林鄉等地仍出現職工數過少之情形。而圖 6(d)則顯示東部等人口密度較低區的單位里程負荷清運量較低。圖 6(e)則可看出在東部等人口密度低區，清運車輛載重亦較低。圖 6(f)顯示鄉鎮市本身垃圾量較高或清潔職工數較少，會導致職工單位負荷量較高；圖 6(g)可看出在東部等人口密度較低區有單位里程負荷成本較高的情形。

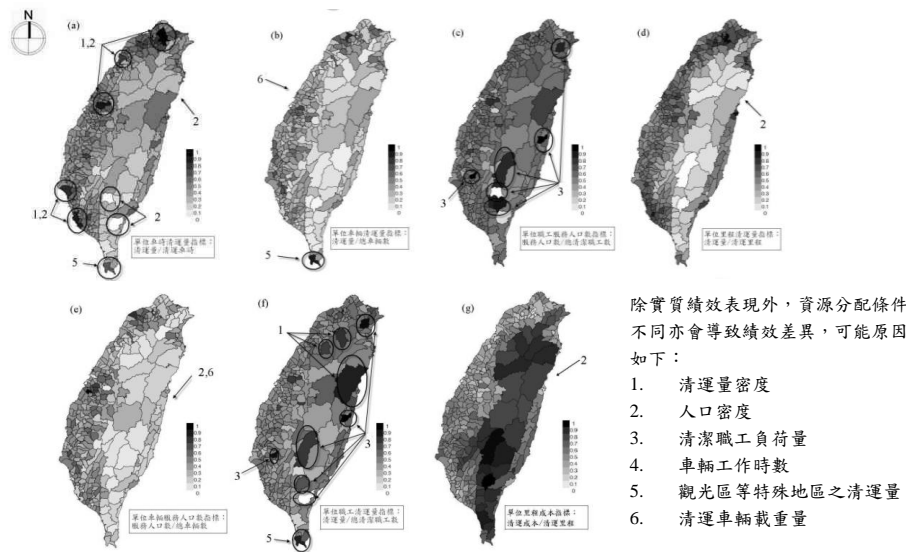


圖 6 資源分配條件不同所造成之差異

4. 有害廢棄物清運風險分析

由於有害廢棄物清運量遠比一般廢棄物少，特性也很不相同，效率評估的重點因而與一般廢棄物清運不同。有害廢棄物由於具有危害性，因而清運風險是有害廢棄物清理系統規劃與相關決策所應考量的重要因子。在相關規劃決策時往往假設有有害廢棄物是送至最近的處理廠作為決策的主要依據，然而本研究分析實際情形，發現並非如此，與過去優選模式或清運規劃所作的假設明顯不同，也因而會影響清理系統整體規劃與相關決策。

因此，本研究發展清運風險評估方法，以期改善相關決策的品質，首先分析清運現況及以最短距離假設的情境下差異並估算風險程度之差異，後續研究將進一步考量不同種類有害廢棄物及研擬合理情境，並與現況作比較，進而考量有害廢棄物之毒性建立評估風險的方法，並據以探討不同情境下之有害廢棄物清運風險，以期改善相關規劃與決策的品質。

五、成果自評

評估廢棄物清運績效，可促進觀摩及互相學習，進而提昇清運效率及讓資源更有效利用。為評估清運績效，本研究採用 DEA 及 CW 法，同時提出四項 CW 篩選原則，建立了評估廢棄物清運績效的綜合指標。且針對空間性差異會造成評估上的不公平，提出空間性差異修正因子，及建立能考量空間性因子之廢棄物清運績效綜合指標。同時為改善現今清運資源分配單純依照人口進行分配之配置，提出清運量、人口密度、清潔職工負荷量、車輛工作時數、觀光區等特殊區域之清運量、清運車輛載重量等考量因子。此外，針對有害廢棄物清運提出風險評估方法，以最短距離、不同有害廢棄物、最小風險等假設的情境估算風險程度之差異值，以作為後續研究之基礎。研究進度與成果符合原規劃。

六、參考文獻

台灣省政府，(79年)，「台灣省各級清潔機構清及隊員、司機、技工設置標準」，台北。

台灣省政府，(95年)，「廢棄物清理法」，台北。

吳濟華、劉春初，(87年)，「應用 DEA 模型分析高雄市垃圾清運區對之生產效率」，*中山管理評論*，第六卷，第三期，879-902 頁。

韋佩玲，(88年)，「垃圾產出量預估模式之研究」，台灣大學環境工程所碩士論文，台北。

陳世聰、張祖恩，(80年)，「都市垃圾收集系統人力與機具設置標準之探討」，中華民國環境工程學會第六屆廢棄物處理技術研討會論文集，353-367 頁，台北。

盧啟文、程惠生，(85年)，「垃圾清運綜合性效率指標之研究」，第十一屆廢棄物處理技術研討會論文集，51-59 頁，台北。

Charnes, A., Cooper, W. W., and Rhodes, E. (1978). "Measuring the efficiency of decision making units." *European Journal of Operational Research*, 2, pp. 429-444.

Dajani, J. S., Vesilind, P. A., and Hartman, G. (1976). *Measuring the effectiveness of solid waste collection*, Department of Civil Engineering, The Institute of Policy Sciences and Public Affairs Duke University, Durham, N.C., USA.

Despotis, D. (2005). "A reassessment of the human development index via data envelopment analysis." *Journal of the Operational Research Society*, 56, pp. 969-980.

Lucy, W. (1981). "Equity and planning for local services." *Journal of the American Planning Association*, 47, pp. 447-475.

Nardo, M., Saisana, M., Saltelli, A., Tarantola, S., Hoffman, A., and Giovannini, E. (2005). *Handbook on constructing composite indicators: methodology and user guide*. OECD Statistics Working Paper, Paris.

Pijawka, K. D., Foote, S., and Soesilo, A. (1985). "Risk assessment of transporting hazardous material: route analysis and hazard management." *Transportation Research Record*, 1020, pp.1-6.

Prë-Consultants. (2000). *The Eco-indicator 99 . A damage oriented method for life cycle impact assessment*, Netherlands. <<http://www.pre.nl/eco-indicator99/>> (accessed May 2009).

Saaty, R. W. (1987). "The analytic hierarchy process: what it is and how it is used." *Mathematical Modelling*, 9, pp. 161-176.

Sustainable Measures (2006). *Sustainable community indicator checklist*.

<<http://www.sustainablemeasures.com/Indicators/ChecklistItself.html>> (accessed May 2009).

Ülengin, B., Ülengin, F., and Güvenc, Ü. (2001). "A multidimensional approach to urban quality of life: The Case of Istanbul." *European Journal of Operational Research*, 130, pp. 361-374.

Whitehouse, P. J., Price, D. L., Struble, R. G., Clark, A. W., Coyle, J. T., and Delon, M. R. (1982). "Lzheimer's disease and senile dementia: loss of neurons in the basal forebrain." *Science* 5, 215(4537), pp. 1237-1239.

Worthington, A. C. and Dollery, B. E. (2001). "Measuring efficiency in local government: an analysis of New South Wales municipalities' domestic waste management function." *Policy Studies Journal*, 29(2), pp. 232-249.

Zhang, J. J., Hodgson, J., and Erkut, E. (2000). "Using GIS to assess the risks of hazardous materials transport in networks." *European Journal of Operational Research*, 121, pp. 316-329.