

國立交通大學  
工業工程與管理學系

碩士論文

多項績效指標之營運單位之兩階段評估程序



A two-phase procedure for assessing operation units  
with multiple input and output indices

研究生：徐茂鈞

指導教授：劉復華 博士

中華民國九十七年九月

多項績效指標之營運單位之兩階段評估程序

A two-phase procedure for assessing operation units  
with multiple input and output indices

研究生：徐茂鈞

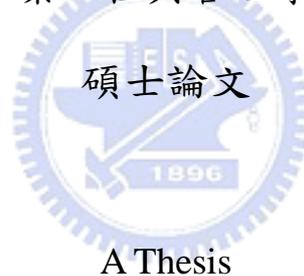
Student：Mao-Chun Hsu

指導教授：劉復華 博士

Advisor：Fuh-Hwa F. Liu, Ph.D.

國立交通大學

工業工程與管理學系



A Thesis

Submitted to Department of Industrial Engineering & Management

National Chiao Tung University

in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of

Master

in

Industrial Engineering & Management

September 2008

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十七年九月

# 多項績效指標之營運單位之兩階段評估程序

學生：徐茂鈞

指導教授：劉復華 博士

國立交通大學工業工程與管理學系碩士班

## 摘 要

在多指標的評比中，管理者經常面臨制定指標的權重的問題，為求計算各單位的綜合績效並呈現出組織內部績效差異跟排序。當評量各單位的績效時，由於各單位想最大自己的效率值而持有不同的意見。但是以此觀點去評估可能造成過於樂觀的情況。因此，管理者必須以最妥協的方法去評量各單位的績效，以減少過於樂觀的風險。我們建議一個方法由各單位自己為標準去評量以及綜合各個績效分數。在最妥協的情況下我們能知道各個單位間的差異以及排序。

本篇文章提出一個新的評估程序透過兩階段進行。第一階段我們利用一線性規劃模型，讓各單位以效率值為 1 為基準，求出所認為的最妥協權重來評量其他單位的差異。第二階段我們代入交叉效率的概念，以各單位所選擇的權重來評量自我的表現。利用交叉評比的方法求得的平均綜合分數來排序各單位。最後，以台灣某一縣消防隊其 25 個分隊的數據為例說明本研究所建議的評估程序。

關鍵字：績效評估、排序、資料包絡分析、交叉效率、共同權重

# A two-phase procedure for assessing operation units with multiple input and output indices

Student: Mao-Chun Hsu

Advisor: Fuh-Hwa F. Liu, Ph.D.

Department of Industrial Engineering & Management

National Chiao Tung University

## Abstract

Managers frequently want to assess units under their governance with multiple performance indices. Charnes, Cooper and Rhodes [CCR, 1978] introduced Data Envelopment Analysis to have the self-appraisal efficiency for each unit. Doyle and Green [1994] employed CCR and further obtained peer-appraisal cross efficiency to rank the units. Liu and Peng [2008] and Liu, Peng and Chang [2006] ranked the units with a common set of weights for the indices while the total virtual gap of the units is minimized. Here, we proposed a two-phase procedure to rank the units. In the first phase, we adopt the model of Liu, Peng and Chang [2006] to determine a set of weights as the object unit has efficiency equal to 1 while the total virtual gap of the units to the object unit is minimized. Each unit acts as the object unit alternatively. In the second phase, we proposed a procedure about the concept of cross efficiency. The average cross efficiency of every units are then used to rank units. Finally, we apply the proposed two-phase procedure to assess 25 fire departments of a county in

Taiwan.

*Keywords* : performance evaluation, ranking, data envelopment analysis, cross efficiency, common weights.



## 致 謝

這一篇碩士論文能夠順利完成，首先誠摯的感謝指導老師劉復華教授。老師悉心的教導使學生方能夠獲得專業研究的知識以及經驗，藉由不時的討論指點我正確的方向，使我在這二年中受益良多。老師對學問的嚴謹更是我輩學習的典範。同時感謝我的口試委員袁建中教授、張炳騰教授不吝指導，提供寶貴的意見加強碩士論文的不足，使得本論文能夠更完整而嚴謹。其次感謝張仕獻科長不吝提供數據以及撥冗訪談。

再來感謝的是研究室的學長姐、同學、以及學弟妹們的協助以及陪伴。最後，感謝父母親以及家人在這段時間默默的支持以及鼓勵，使我無後顧之憂完成學業。願將這份論文完成的喜悅，與伴隨在我學習旅途中的人一同分享。

本研究接受劉復華老師國科會研究計畫之經費補助，在此亦表致謝國家培育之恩，計畫編號為 2221-E-009-96-164。

徐茂鈞 謹致於

國立交通大學工業工程與管理學系

# 目 錄

摘 要 .....	i
Abstract.....	ii
致 謝 .....	iv
表目錄 .....	vi
圖目錄 .....	vii
符號表 .....	viii
第一章 簡介 .....	1
第二章 文獻回顧 .....	5
2.1 資料包絡分析法.....	5
2.2 共同權重.....	15
2.3 虛擬權重限制.....	18
2.4 消防機構相關文獻.....	19
第三章 我們的兩階段程序 .....	22
3.1 階段一.....	22
3.2 階段二.....	29
第四章 案例研究 .....	30
第五章 討論與結論 .....	44
參考文獻 .....	45
附錄 A.....	47
附錄 B.....	50

## 表目錄

表一 綜合分數矩陣.....	29
表二 指標定義及說明.....	31
表三 某縣消防大隊之績效指標值.....	33
表四 各項虛擬產出項占總虛擬產出的比例.....	36
表五 在對偶模式 (P21) 獲得影子價格之差距.....	37
表六 運算模式 (P21) 所得的 $\pi_j^*$ .....	38
表七 運算模式 (P21) 獲得影子價格之權重值.....	39
表八 運算模式 (P21) 求得 $Q_i^*, P_r^*, \alpha_{rj}^*$ .....	40
表九 以交叉效率法求解排序的結果.....	41
表十 以交叉效率法求解排序的結果(續).....	42



## 圖目錄

圖一 本方法之差距分析概念說明.....	23
----------------------	----



## 符號表

DMU	: Decision-Making Unit, 決策單位
UOA	: Unit of Assessment, 受評單位
$n$	: DMU 或 UOA 的個數
$m$	: 望小指標的個數
$s$	: 望大指標的個數
$i$	: 第 $i$ 項望小指標
$r$	: 第 $r$ 項望大指標
$j$	: 決策單位 $j$ (受評單位 $j$ )
$k$	: 目標決策單位或受評單位
$w$	: 第 $w$ 項虛擬權重限制
$W$	: 虛擬權重限制的個數
$v_{ik}$	: $DMU_k$ ( $UOA_k$ ) 為目標時第 $i$ 項望小指標的權重
$u_{rk}$	: $DMU_k$ ( $UOA_k$ ) 為目標時第 $r$ 項望大指標的權重
$v_{ij}$	: 第 $j$ 個 $DMU(UOA)$ 的第 $i$ 項望小指標的權重
$u_{rj}$	: 第 $j$ 個 $DMU(UOA)$ 的第 $r$ 項望大指標的權重
$x_{ij}$	: 第 $j$ 個 $DMU(UOA)$ 的第 $i$ 項望小指標值
$y_{rj}$	: 第 $j$ 個 $DMU(UOA)$ 的第 $r$ 項望大指標值
$\theta_k^*$	: 在投入導向模式中 $DMU_k$ 為目標時求得最佳效率值
$\eta_k^*$	: 在產出導向模式中 $DMU_k$ 為目標時求得最佳效率值
$\lambda_j$	: 在 DEA 對偶模式中 $DMU_j$ 所賦予的權重
$s_i^-$	: 在 DEA 對偶模式中第 $i$ 項望小指標的差額變數
$s_r^+$	: 在 DEA 對偶模式中第 $r$ 項望大指標的超額變數
$\varepsilon_i^I$	: 第 $i$ 項望小指標的正阿基米德數
$\varepsilon_r^O$	: 第 $r$ 項望大指標的正阿基米德數
$\theta_j$	: $DMU_j$ 的績效值
$V_i$	: 第 $i$ 項望小指標的共同權重

- $U_r$  : 第  $r$  項望大指標的共同權重  
 $\Delta_j^O$  : UOA $_j$  的虛擬產出項至等比例線的差距  
 $\Delta_j^I$  : UOA $_j$  的虛擬投入項至等比例線的差距  
 $E$  : 高效群的決策單位  
 $Q_i$  : UOAs 在第  $i$  項望小指標至等比例線的總差距  
 $P_r$  : UOAs 在第  $r$  項望大指標至等比例線的總差距  
 $\rho_{rj}^O$  : UOA $_j$  在第  $r$  項虛擬產出項占總虛擬產出項的比例  
 $\rho_{ij}^I$  : UOA $_j$  在第  $i$  項虛擬投入項占總虛擬投入項的比例  
 $e_r$  : UOA $_j$  在  $\rho_{rj}^O$  的下限值  
 $f_r$  : UOA $_j$  在  $\rho_{rj}^O$  的上限值  
 $c_i$  : UOA $_j$  在  $\rho_{ij}^I$  的下限值  
 $d_i$  : UOA $_j$  在  $\rho_{ij}^I$  的上限值  
 $a_{iw}$  : 第  $w$  項虛擬權重限制的第  $i$  項虛擬投入項的偏好值  
 $b_{rw}$  : 第  $w$  項虛擬權重限制的第  $r$  項虛擬產出項的偏好值  
 $l_w$  : 第  $w$  項虛擬權重限制的截距項  
 $A$  : 位在等比例線上方的 UOA $_j$  群  
 $B$  : 位在等比例線下方的 UOA $_j$  群  
 $\Delta_j^{OA}$  : 位在  $A$  群的 UOA $_j$  的虛擬產出項至等比例線的差距  
 $\Delta_j^{IA}$  : 位在  $A$  群的 UOA $_j$  的虛擬投入項至等比例線的差距  
 $\Delta_j^{OB}$  : 位在  $B$  群的 UOA $_j$  的虛擬產出項至等比例線的差距  
 $\Delta_j^{IB}$  : 位在  $B$  群的 UOA $_j$  的虛擬投入項至等比例線的差距  
 $\Delta_j^{kA}$  : 在 UOA $_k$  中，在  $A$  群的 UOA $_j$  至等比例線的總差距  
 $\Delta_j^{kB}$  : 在 UOA $_k$  中，在  $B$  群的 UOA $_j$  至等比例線的總差距  
 $\theta_{kj}$  : 在 UOA $_k$  中，UOA $_j$  所獲得的相對績效值  
 $\Theta_j$  : UOA $_j$  的平均綜合分數

# 第一章 簡介

政府或私人單位的管理者經常以多項指標評比其下屬的多個單位進行績效，訂定各項指標的權重是為首要之工作。如何訂定始為使下屬所信服？始能正確反映下屬的績效情況？始能激起下屬的努力目標？均與各指標的權重制定有關，因此此工作乃引起各方之關切、學術理論的探討、實務案例的報導頻繁活躍。

透過績效評估的手法，長期地觀察整體組織運作，是日常管理或中長程決策不可或缺的工作。一般評比的指標分為投入指標與產出指標兩種，對每一評比指標均訂一個權重，各產出值加權後的總和與各投入值加權的總和後的比值稱為效率值。



對此問題，(Charnes, Cooper and Rhodes 1978)首先提出資料包絡分析(Data Envelopment Analysis, DEA)的CCR模式評估擁有多項投入指標與多項產出指標的作業單位，CCR模式稱作業單位為決策單位(Decision-Making Unit, DMU)。各決策單位輪流為被評量的主角(object)，以線性規劃的模型在各決策單位的效率值最高為1的條件下，為主角制定一組各指標的權重，使得主角有最高的效率值。若在評量過程中主角獲得效率值為1，稱之為高效；反之獲得效率值小於1，稱之為低效。以此方式進行，僅能將所有決策單位區分為高效與低效二群。但是卻無法將高效者排序，也無法將低效者排序。每個低效者應如何改善始可達到高效可以獲知。

(Doyle and Green 1994)發展交叉效率(cross efficiency)的概念來進行排序。

依據同儕評估 (peer-appraisal) 的觀念對交叉效率可直觀的瞭解且討論每個單位的相對價值。交叉效率之衡量方法主要目的在於自我評估 (self-appraisal) 效率最大且同儕相互評估效率；不同於 DEA 的 CCR 模式自我評估的觀念。就主角所選一組最佳的權重計算其他 DMUs 的交叉效率值。所有 DMUs 輪流為主角評量，最後，DMUs 將在各個主角下所獲得的效率值加總並平均，獲得交叉效率值。以各個 DMU 的平均交叉效率值的高低來排序。

為能將全部決策單位之優劣加以排序，近年來，多準則決策分析中共同權重領域的研究十分活躍。共同權重的研究中，將作業單位稱之為受評單位 (Unit Of Assessment, UOA)。此時，由決策者以一線性規劃模式制定一組共同權重，評量其下屬之多個 UOAs。(Liu and Peng 2008) 提出共同權重分析 (Common Weight Analysis, CWA) 的概念針對 UOAs 進行排序。CWA 則是基於整體表現為考量，以整體效率最佳為追尋的目標；而不同於 CCR 模式是讓各單位個別尋求自我的最佳表現。由所有 UOAs 的效率值上限為 1 的限制下，分析投入指標值的加權總和稱為虛擬投入項 (virtual input) 與產出指標值的加權總和稱為虛擬產出項 (virtual output)，等比例的評量效率值為 1 之間的差距 (gap)。若其 UOA 的虛擬投入項減少一個差距且虛擬產出項增加一個差距可達到效率值為 1，則稱之為 UOA 與高效為 1 的差距。CWA 利用一線性規劃模式求得一組共同權重使得全部 UOAs 與高效為 1 的差距總和達到最低。

(Liu, Peng and Chang 2006) 延伸 CWA 的觀念提出最妥協權重分析 (Most

Compromise Weight Analysis, MCWA)。MCWA 與 CWA 不同在於消除效率值上限為 1 的限制，以”絕對的”效率基準設為 1。並以中立妥協的角度產生一組共同權重來進行排序。若 UOA 的虛擬投入項增加或減少一個差距，且其虛擬產出項減少或增加一個差距，則可達到效率值為 1，則稱之為 UOA 與效率值為 1 為基準之間的差距。MCWA 利用一線性規劃模式求得一組共同權重使得全部 UOAs 的差距總和達到最低，而其效率值可能大於 1、等於 1 或小於 1。

本篇論文提出了一個新的評估程序來評量各單位的表現。假設一組織中有擁有  $m$  項投入指標以及  $s$  項產出指標的  $n$  個 UOAs，對各個 UOA，稱之為  $UOA_j$ 。 $UOA_j$  的投入指標以及產出指標的已知值分別以  $(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj})$  和  $(y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{sj})$  符號代表。若我們以  $m+s$  個指標作為評量基準，其中投入指標的值愈小，則對 UOA 的表現愈好，此類指標具有望小特性，稱為望小指標 (to-be-minimized index)；另外產出指標的值愈大，則對 UOA 的表現愈好，此類指標具有望大特性，稱為望大指標 (to-be-maximized index)。我們以各產出值加權後的總和除以各投入值加權的總和後的比值評量各單位的績效。

上層的管理者若想知道在最妥協的情況下單位間相互比較的結果及差距，並採納下屬各單位的意見作為評估的考量。本研究融合了 MCWA 與交叉效率的概念來評量所有 UOAs 的優劣順序。第一階段利用一線性規劃模式，讓被評量的主角以效率值為 1 為基準求得一組權重評量其他 UOAs。UOAs 可能獲得的效率值超過 1 或低於 1，並且使得其他 UOAs 的差距總和達到最低。我們讓各個 UOA

輪流作為主角在最妥協的情況下評估與其他 UOAs 間的差距。然而不同於 MCWA，我們讓每個 UOA 自己為基準來制定所認為的權重來評量其他 UOAs。第二階段代入交叉效率的概念，我們利用各個 UOA 輪流以效率值為 1 為基準所選的權重值計算 UOAs 的相對效率值。各個 UOA 依不同主角所求得之相對效率值加總並且平均，我們稱為平均綜合分數 (average aggregate score)。然而依據各個 UOA 的平均綜合分數的高低來排序。

在第二章，我們將回顧相關文獻。在第三章，我們詳細介紹兩階段之求解程序。在第四章，我們以台灣的一個縣 25 個消防分隊的績效數據為例，說明本研究提出之求解程序。最後，在第五章，給予結論與後續研究之機會。



## 第二章 文獻回顧

本章將對本研究相關文獻進行探討，第一部份回顧以多指標評量決策單位的資料包絡分析法，其中介紹 DEA 模式發展中常用的 CCR 模式與 BCC 模式以及對 DEA 排序歸納為高效、低效、整體三類的方式。第二部份對相關的共同權重文獻作概述以及討論共同權重分析類的文獻。第三部份說明應用上能衡量指標之間價值的虛擬權重限制。最後部份概述消防機構績效研究之相關文獻。

### 2.1 資料包絡分析法

#### 2.1.1 CCR 模式

(Charnes, Cooper and Rhodes 1978)提出資料包絡分析的 CCR 模式衡量擁有多項投入指標與多項產出指標之決策單位，其觀念可溯自 (Farrell 1957)對生產效率所提出的衡量方法。此方法的評估程序則是由 DMU 輪流作為被評量的主角，以  $DMU_k$  表示。在各決策單位的效率值最高為 1 的條件下，制定對他一組各指標的權重，使得主角有最高的效率值。若在評量過程中主角獲得效率值為 1，稱之為高效；反之獲得效率值小於 1，稱之為低效。CCR 模式在固定規模報酬的假設下將 DMU 區分成高效以及低效兩群。令  $m$  和  $s$  分別代表投入指標與產出指標的個數， $u_{rk}$ 、 $v_{ik}$  分別代表主角  $DMU_k$  的第  $r$  項產出指標與第  $i$  項投入指標之權重， $x_{ij}$ 、 $y_{rj}$  分別代表  $DMU_j$  之第  $i$  項投入指標與第  $r$  項產出指標的已知值。對評量  $DMU_k$  的效率，以下列模式 (P1) 表示之，其中  $k = 1, \dots, n$ ，亦即此模式需進行  $n$  次：

(P1) DEA-CCR-投入導向-分數規畫

$$\theta_k^* = \text{Max} \frac{\sum_{r=1}^s y_{rk} u_{rk}}{\sum_{i=1}^m x_{ik} v_{ik}} \quad (1.0)$$

$$\text{s.t.} \quad \frac{\sum_{r=1}^s y_{rj} u_{rk}}{\sum_{i=1}^m x_{ij} v_{ik}} \leq 1, \quad j = 1, \dots, n, \quad (1.1)$$

$$v_{ik} \geq \varepsilon_i^I > 0, \quad i = 1, \dots, m, \quad (1.2)$$

$$u_{rk} \geq \varepsilon_r^O > 0, \quad r = 1, \dots, s. \quad (1.3)$$

其目標式之值為 DMU<sub>k</sub> 的效率值，即決定一組權重，以使效率值為最大。(1.1)

表示各決策單位 DMU<sub>j</sub>,  $j=1, \dots, n$  之效率值不超出 1。(1.2) 及 (1.3) 表示投入指標的權重與產出指標的權重至少大於極小正值， $\varepsilon_i^I$ 、 $\varepsilon_r^O$  皆為一極小之正值，稱之為正的阿基米德數 (positive Archimedean infinitesimal constant)。而我們探討投入與產出的因果關係，若投入指標的值 ( $x_{ij}$ ) 越小對效率值越有利時，表示該指標具有望小特性，稱為望小指標。換言之，若產出指標的值 ( $y_{rj}$ ) 越大對效率值越有利時，表示該指標具有望大特性，稱為望大指標。

由於模式 (P1) 的目標函數為分數規畫型式，求解不易，因此將模式經由固定分母的值轉換成線性規畫，將分母設限為 1，如同模式 (P2)。模式的型態是以投入導向 (input-oriented) 的 CCR 模式探討效率，其考量係在於要以目前的產出水準下，應利用多少的投入量，才能夠成為相對有效率。

(P2) DEA-CCR-投入導向-線性規畫

$$h_k^* = \text{Max} \sum_{r=1}^s y_{rk} u_{rk} \quad (2.0)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{i=1}^m x_{ik} v_{ik} = 1, \quad (2.1)$$

$$-\sum_{i=1}^m x_{ij} v_{ik} + \sum_{r=1}^s y_{rj} u_{rk} \leq 0, \quad j = 1, \dots, n, \quad (2.2)$$

$$v_{ik} \geq \varepsilon_i^I > 0, \quad i = 1, \dots, m, \quad (2.3)$$

$$u_{rk} \geq \varepsilon_r^O > 0, \quad r = 1, \dots, s. \quad (2.4)$$

上述模式 (P2) 雖然求解較為方便，但其限制式個數仍多，因此可以將其轉換成為對偶問題 (P3)。

(P3) DEA-CCR-投入導向-對偶模式

$$h_k^* = \text{Min } \theta_k - \left( \sum_{i=1}^m \varepsilon_i^I s_i^- + \sum_{r=1}^s \varepsilon_r^O s_r^+ \right) \quad (3.0)$$

$$s.t \quad \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^- = \theta_k x_{ik}, \quad i = 1, \dots, m, \quad (3.1)$$

$$\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - s_r^+ = y_{rk}, \quad r = 1, \dots, s, \quad (3.2)$$

$$\lambda_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, n, \quad (3.3)$$

$$s_i^- \geq 0, \quad i = 1, \dots, m, \quad (3.4)$$

$$s_r^+ \geq 0, \quad r = 1, \dots, s, \quad (3.5)$$

$$\theta_k \text{ free in sign.} \quad (3.6)$$

在模式中  $s_i^-$  與  $s_r^+$  分別為差額變數 (slack variable) 與超額變數 (surplus variable)，是線性規劃中將不等式轉化為等式所常用的變數。而變數  $\theta_k$  為對應模式 (P2) 的限制式 (2.1)，根據對偶性質，此變數可為正值或負值，但實際上此變數所代表的是  $DMU_k$  的效率值，故其最佳解一定是正值。符號  $\lambda_j$  為在評量  $DMU_k$  時所賦予  $DMU_j$  之權重。若求出之解  $\lambda_j^*$  為正值，則  $DMU_j$  為高效，且為  $DMU_k$  改善時的參考對象之一。當  $\theta_k^* = 1$  與  $s_i^{-*} = s_r^{+*} = 0$  時，此時  $DMU_k$  為高效，若  $\theta_k^* < 1$ ， $DMU_k$  為低效； $\theta_k^* = 1$  但  $s_i^{-*}$  或  $s_r^{+*}$  有值，則  $DMU_k$  為假高效。在進行效率評估時應用模式 (P3) 來計算的各個 DMU 的相對效率。

另外，可從產出導向 (output-oriented) 的 CCR 模式來評估效率，其考量係在於要以目前的投入水準下，應利用多少的產出量，才能夠成為相對有效率。依效率的定義來說，即是實際投入與實際產出的比值，可稱為產出導向效率，其比率型式如模式 (P4) 所示：

(P4) DEA-CCR-產出導向-分數規劃

$$\eta_k^* = \text{Min} \frac{\sum_{i=1}^m x_{ik} v_{ik}}{\sum_{r=1}^s y_{rk} u_{rk}} \quad (4.0)$$

$$s.t. \quad \frac{\sum_{i=1}^m x_{ij} v_{ik}}{\sum_{r=1}^s y_{rj} u_{rk}} \geq 1, \quad j=1, \dots, n, \quad (4.1)$$

$$v_{ik} \geq \varepsilon_i^I > 0, \quad i=1, \dots, m, \quad (4.2)$$

$$u_{rk} \geq \varepsilon_r^O > 0, \quad r=1, \dots, s. \quad (4.3)$$

在比較模式 (P1) 與 (P4) 之後，可以明顯看出投入導向之 CCR 模式所求得的目標函數效率值，恰為產出導向之 CCR 模式所求得的目標函數效率值之倒數，兩者效率值實際上均為相等。

對於產出導向之 CCR 模式之固定模式報酬情形的推導，其上述討論相同，不再贅述，如模式 (P5) 至模式 (P6) 所示。

(P5) DEA-CCR-產出導向-線性規劃

$$g_k^* = \text{Min} \sum_{i=1}^m x_{ik} v_{ik} \quad (5.0)$$

$$s.t. \quad \sum_{r=1}^s y_{rk} u_{rk} = 1, \quad (5.1)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} v_{ik} - \sum_{r=1}^s y_{rj} u_{rk} \geq 0, \quad j=1, \dots, n, \quad (5.2)$$

$$v_{ik} \geq \varepsilon_i^I > 0, \quad i=1, \dots, m, \quad (5.3)$$

$$u_{rk} \geq \varepsilon_r^O > 0, \quad r=1, \dots, s. \quad (5.4)$$

(P6) DEA-CCR-產出導向-對偶模式

$$g_k^* = \text{Max } \eta_k + \left( \sum_{i=1}^m \varepsilon_i^I s_i^- + \sum_{r=1}^s \varepsilon_r^O s_r^+ \right) \quad (6.0)$$

$$s.t. \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^- = x_{ik}, \quad i=1, \dots, m, \quad (6.1)$$

$$\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - s_r^+ = \eta_k y_{rk}, \quad r=1, \dots, s, \quad (6.2)$$

$$\lambda_j \geq 0, \quad j=1, \dots, n, \quad (6.3)$$

$$s_i^- \geq 0, \quad i=1, \dots, m, \quad (6.4)$$

$$s_r^+ \geq 0, \quad r=1, \dots, s, \quad (6.5)$$

$$\eta_k \text{ free in sign.} \quad (6.6)$$

2.1.2 BCC 模式

在上述的 CCR 模式係以假設在固定規模報酬下來衡量各 DMU 之相對效率。但是，DMU 可能有部份係生產規模的因素所造成，並不是由於技術無效率造成低效的情況。(Banker, Charnes and Cooper 1984)將 CCR 模式修正為在生產規模報酬可以變動的情況之下，來衡量各 DMU 之技術效率及規模效率，稱之為 BCC 模式，該模式的投入導向分數規劃如 (P7) 所示。

(P7) DEA-BCC-投入導向-分數規劃

$$\theta_k^* = \text{Max } \frac{\sum_{r=1}^s y_{rk} u_{rk} - u_o}{\sum_{i=1}^m x_{ik} v_{ik}}, \quad (7.0)$$

$$s.t. \frac{\sum_{r=1}^s y_{rj} u_{rk} - u_o}{\sum_{i=1}^m x_{ij} v_{ik}} \leq 1, \quad j=1, \dots, n, \quad (7.1)$$

$$v_{ik} \geq \varepsilon_i^I > 0, \quad i=1, \dots, m, \quad (7.2)$$

$$u_{rk} \geq \varepsilon_r^O > 0, \quad r=1, \dots, s, \quad (7.3)$$

$$u_o \text{ free in sign.} \quad (7.4)$$

模式 (P7) 仍為一種分數規劃模式，求解時亦不易計算，故仍然依照投入導向之 CCR 模式，將分母部份固定為 1 而轉換為線性規劃模式，轉換後投入導向之 BCC

模式即為模式 (P8) 所示：

(P8) DEA-BCC-投入導向-線性規劃

$$\theta_k^* = \text{Max} \quad \sum_{r=1}^s y_{rk} u_{rk} - u_o \quad (8.0)$$

$$s.t. \quad \sum_{i=1}^m x_{ik} v_{ik} = 1, \quad (8.1)$$

$$- \sum_{i=1}^m x_{ij} v_{ik} + \sum_{r=1}^s y_{rj} u_{rk} - u_o \leq 0, \quad j=1, \dots, n, \quad (8.2)$$

$$v_{ik} \geq \varepsilon_i^I > 0, \quad i=1, \dots, m, \quad (8.3)$$

$$u_{rk} \geq \varepsilon_r^O > 0, \quad r=1, \dots, s, \quad (8.4)$$

$$u_o \text{ free in sign.} \quad (8.5)$$

在模式 (P8) 與 CCR 模式 (P2) 的差異在 (8.2) 多了  $u_o$  項，此項表示截距的意義，可允許生產函數不必通過原點。當  $u_o$  為負值時，表示生產規模報酬遞增

(increasing returns to scale, IRS)；當  $u_o$  為零時，表示生產固定規模報酬 (constant

returns to scale, CRS)；當  $u_o$  為正值時，表示生產規模報酬遞減 (decreasing returns

to scale, DRS)。同樣為了計算上的簡便且增加解釋上的資訊，將模式 (P8) 轉換

成對偶模式 (P9)。

(P9) DEA-BCC-投入導向-對偶模式

$$h_k^* = \text{Min} \quad \theta_k - \left( \sum_{i=1}^m \varepsilon_i^I s_i^- + \sum_{r=1}^s \varepsilon_r^O s_r^+ \right) \quad (9.0)$$

$$s.t. \quad \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^- = \theta_k x_{ik}, \quad i=1, \dots, m, \quad (9.1)$$

$$\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - s_r^+ = y_{rk}, \quad r=1, \dots, s, \quad (9.2)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1, \quad (9.3)$$

$$\lambda_j \geq 0, \quad j=1, \dots, n, \quad (9.4)$$

$$s_i^- \geq 0, \quad i=1, \dots, m, \quad (9.5)$$

$$s_r^+ \geq 0, \quad r=1, \dots, s, \quad (9.6)$$

$$\theta_k \text{ free in sign.} \quad (9.7)$$

在對偶模式中也可由  $\lambda_j^*$  判定。若  $\sum_{j=1}^n \lambda_j^* = 1$ ，則評量的決策單位處於 CRS；若

$\sum_{j=1}^n \lambda_j^* < 1$ ，則評量的決策單位處於 DRS；若  $\sum_{j=1}^n \lambda_j^* > 1$ ，則評量的決策單位處於

IRS。

在 CCR 模式中則考慮投入導向以及產出導向的模式，對 BCC 模式不外乎也分為兩種型態。以下的模式 (P10) 至 (P12) 即為以相同的投入水準之下，要生產多少的產出量，才能夠成為相對有效率的產出導向 BCC 模式，分別為分數規劃型式、線性規劃型式、對偶模式。

(P10) DEA-BCC-產出導向-分數規劃

$$\eta_k^* = \text{Min} \frac{\sum_{i=1}^m x_{ik} v_{ik} + v_o}{\sum_{r=1}^s y_{rk} u_{rk}} \quad (10.0)$$

$$s.t. \frac{\sum_{i=1}^m x_{ij} v_{ik} + v_o}{\sum_{r=1}^s y_{rj} u_{rk}} \geq 1, \quad j=1, \dots, n, \quad (10.1)$$

$$v_{ik} \geq \varepsilon_i^I > 0, \quad i=1, \dots, m, \quad (10.2)$$

$$u_{rk} \geq \varepsilon_r^O > 0, \quad r=1, \dots, s, \quad (10.3)$$

$$v_o \text{ free in sign.} \quad (10.4)$$

(P11) DEA-BCC-產出導向-線性規劃

$$g_k^* = \text{Min} \sum_{i=1}^m x_{ik} v_{ik} + v_o \quad (11.0)$$

$$s.t. \sum_{r=1}^s y_{rk} u_{rk} = 1, \quad (11.1)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} v_{ik} - \sum_{r=1}^s y_{rj} u_{rk} + v_o \geq 0, \quad j=1, \dots, n, \quad (11.2)$$

$$v_{ik} \geq \varepsilon_i^I > 0, \quad i=1, \dots, m, \quad (11.3)$$

$$u_{rk} \geq \varepsilon_r^O > 0, \quad r=1, \dots, s, \quad (11.4)$$

$$v_o \text{ free in sign.} \quad (11.5)$$

(P12) DEA-BCC-產出導向-對偶模式

$$g_k^* = \text{Max } \eta_k + \left( \sum_{i=1}^m \varepsilon_i^I s_i^- + \sum_{r=1}^s \varepsilon_r^O s_r^+ \right) \quad (12.0)$$

$$s.t \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^- = x_{ik}, \quad i = 1, \dots, m, \quad (12.1)$$

$$\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - s_r^+ = \eta_k y_{rk}, \quad r = 1, \dots, s, \quad (12.2)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1, \quad (12.3)$$

$$\lambda_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, n, \quad (12.4)$$

$$s_i^- \geq 0, \quad i = 1, \dots, m, \quad (12.5)$$

$$s_r^+ \geq 0, \quad r = 1, \dots, s, \quad (12.6)$$

$$\eta_k \text{ free in sign.} \quad (12.7)$$

綜合以上的探討，CCR 模式及 BCC 模式是 DEA 方法用來評估效率時最常用的基本模式，其他如加法模式、乘法模式、配置效率模式及擁擠模式等，其可參考(高，黃 且 Sueyoshi 2003)的著作。以 DEA 的評估程序去評量其下決策單位，雖然對評估上較為客觀，但評量的結果僅能將決策單位區分為高效與低效兩群。然而決策者卻經常遇到須深入探討優劣關係的問題，但此程序並無法提供相關資訊。

### 2.1.3 相關 DEA 排序方法

(Adler, Friedman and Sinuany-Stern 2002)針對早期 DEA 排序研究作了回顧，分成六類來探討。第一類為利用交叉效率矩陣的評估方式，讓自我與同儕之間相互評比。第二類是有關超高效方法評比，藉以透過效率前緣的改變分析以及線性規劃模式的運算排序剔除效率前緣上的評估單位。第三類是根據標竿測量的方法，讓它被選為其他單位的目標來排序。第四類是利用多變量統計技巧，通常在 DEA 將評估單位區分為二後使用。第五類是研究相關低效的評估單位間排序。最後一類是透過彙集決策者與 DEA 方法結合多準則方法求得優先信息的方式。

因決策者在對一些方案探討下必須挑選其中最好。另外，亦有時要對決策單位分配獎勵金，此時不止是對高效去探討，對低效也需要排序。因此在 DEA 架構下我們對特定對象排序的方法大致分為三種類型探討，第一類型為高效的決策單位排序、第二類型為低效排序、第三種類型為整體決策單位排序。

第一類型關於高效群排序中，早期最著名是 (Andersen and Petersen 1993) 所提出僅對高效排序的方法。此方法乃將高效類的決策單位分別從資料集合中剔除，以其餘的決策單位為基礎，以被剔除的決策單位作為主角，算出它的效率值可能大於 1，此值稱為超高效，主要藉由得到不同超高效來辨別高效群以作為排序的依據。後續的研究發現在評估上可能遇到無可行解的問題，(Thrall 1996) 注意到將高效的 DMUs 代入超高效 CCR 模式中可能發生此情形。對此情況 (Mehrabian, Alirezaee and Jahanshahloo 1999) 建議一修正型的對偶型的模式來確認是否為可行解。然而 (Cook, Kress and Seiford 1992) 利用權重的限制，在模式中分析對優先順序條件設限區分出 DEA 中的高效 DMUs 的優劣順序。(Torgersen, Forsund and Kittelsen 1996) 是利用標竿 (benchmark) 排序方法，以量測低效 DMUs 以高效 DMUs 為參考標竿的次數來排序高效 DMUs。上述的介紹為對高效排序的方法。

第二類型是探討低效群排序。(Bardhan, et al. 1996) 在對偶 DEA 模式下利用測量低效優位 (Measure Inefficiency Dominance, MID) 指標來排序低效 DMUs，測量的方式是根據平均在所有投入項與產出項的差額與指標值的比值來作衡量。

第三類型是對整體全排序。(Doyle and Green 1994) 的研究中以交叉效率 (cross efficiency) 的概念來進行排序。依據同儕評估的觀念對交叉效率直觀的

瞭解且討論每個單位的相對價值；不同於 DEA 的 CCR 模式自我評估的觀念。以不同  $DMU_k$  在 CCR 模式下所選擇的權重來評估自己的相對效率值。將不同  $DMU_k$  下所計算的效率值加總後平均，求得交叉效率的平均，作為排序的基準。假設  $\theta_{kj}$  表示以  $DMU_k$  所選擇的最佳的權重值來衡量  $DMU_j$  的效率值，每個  $DMU_j$  會得到  $n$  個效率值，以  $\Theta_j$  表示各  $DMU_j$  評估下所得到效率值的平均，則

$$\Theta_j = \sum_{k=1}^n \theta_{kj} / n, \quad j=1, \dots, n. \quad (13)$$

以下列說明第  $j$  個決策單位的求解步驟：

- (1) 以 CCR 模式或其他 DEA 模式衡量  $DMU_k$  之效率以及所對應的權重。
- (2) 將  $DMU_k$  所對應的權重值，代入計算其他  $DMU_j$  的交叉效率值。
- (3) 最後，可計算出  $DMU_j$  在不同主角下所得的交叉效率以及求得平均，稱之為平均交叉效率值  $\Theta_j$ ，作為排序的基準。

而 (Hashimoto 1997) 發展 DEA 的超高效模式及採用保證區域法 (assurance region)，為了完全排序整個 DMUs。由上述說明，本研究以三種類型去探討，主要區別出在 DEA 模式運作下特定對象的決策單位作討論。

根據近期的研究發現，DEA 排序仍是 DEA 不足的地方，主要原因是並沒有在相同的基準下去比較，而所得效率值是相對的，所以無法去判別所有的 DMUs 的優劣順序。針對以著名超高效模式來排序的方法，(Banker and Chang 2006) 進一步討論。藉由利用超高效模式進行模擬離群值檢測和高效群排序兩種不同評估方式的試驗，以統計迴歸分析證實超高效模式不適合用在排序上。從各研究的討論上皆認為 DEA 的效率值僅適用於分群指標，而不適用於在排序上。

## 2.2 共同權重

為了改善 DEA 中 DMU 所求的效率值為相對關係，無法用來排序的問題。在傳統之多準則決策分析中，在權重的選擇要求各評估單位採取相同的權重來評估的觀念，稱為共同權重 (common weight)。針對每一個指標給定一個權重，每個評估單位在根據各指標的表現，計算出作為評比依據的效率值，解決無法排序的問題。此想法最早由 (Roll, Cook and Golany 1991) 提出。(Cook and Kress 1990) 透過 DEA 的架構下以調整權重值受限範圍來發展一組偏好共同權重來排序受評單位。(Roll and Golany 1993) 為了排序各個受評單位，選擇一組使效率值的總和為最大的共同權重來評比。他們的共同特點在 DEA 領域中建議一組共同權重來排序評估單位。

至今共同權重的發展已不是侷限在僅以 DEA 的架構去做探討，而共同權重以及排序的研究上許多學者即針對實務面可能發生的情境著手分析，構建出合適的模式來評估。(Liu and Peng 2008) 提出以共同權重分析 (Common Weight Analysis, CWA) 的概念針對高效群進行排序。CWA 則是基於整體表現為考量，以整體效率最佳為追尋的目標；而不同於 CCR 模式是讓各單位個別尋求自我的最佳表現。以搜尋標竿的機制來探討，透過設定效率值最大為 1 的虛擬標竿，分

析虛擬投入項  $\sum_{i=1}^m x_{ij} V_i$  與虛擬產出項  $\sum_{r=1}^s y_{rj} U_r$ ，等比例的評量效率值為 1 之間的差距。若其虛擬投入項減少一個差距且虛擬產出項增加一個差距，則其達到效率值為 1，CWA 希望所有 UOAs 與效率值為 1 的差距總和達到最低。可將此概念構建規劃模式如 (P13) 所示，假定高效群  $E$  (efficient set)，其  $V_i$ 、 $U_r$  分別為第  $i$  項投入指標與第  $r$  項產出指標共同權重， $\Delta_j^0$  及  $\Delta_j^1$  分別表示  $UOA_j$  的虛擬產出項

與虛擬投入項等比例的評量效率值為 1 之間的差距。此方法是第一個提到本研究內容所探討到差距分析的研究。

(P13) CWA-FP

$$\text{Min } \sum_{j=1}^n (\Delta_j^O + \Delta_j^I) \quad (14.0)$$

$$\text{s.t. } \frac{\sum_{r=1}^s y_{rj} U_r + \Delta_j^O}{\sum_{i=1}^m x_{ij} V_i - \Delta_j^I} = 1, j \in E \quad (14.1)$$

$$V_i \geq \varepsilon_i^I > 0, \quad i = 1, \dots, m, \quad (14.2)$$

$$U_r \geq \varepsilon_r^O > 0, \quad r = 1, \dots, s, \quad (14.3)$$

$$\Delta_j^O, \Delta_j^I \geq 0, \quad j \in E. \quad (14.4)$$

(Liu, Peng and Chang 2006) 延伸 CWA 的觀念提出最妥協權重分析 (Most Compromise Weight Analysis, MCWA) 的概念針對高效群進行排序。MCWA 與 CWA 不同在於消除效率值上限為 1 的限制，將此”絕對的”效率基準設為 1。若 UOA 其虛擬投入項增加或減少一個差距且虛擬產出項減少或增加一個差距，則達到效率值為 1。MCWA 分析所有 UOAs 與效率值為 1 為基準之間的差距。而使用這組最妥協權重所算出來的絕對效率值則可能高於基準線、等於基準線或低於基準線，同時這些效率值將會跟基準線產生最小的總差距。其構建規劃模式以

(P14) 表示之：

(P14) MCWA-FP

$$\Delta^* = \text{Min} \sum_{j \in E} (|\Delta_j^O| + |\Delta_j^I|) \quad (15.0)$$

*s.t.*

$$\frac{\sum_{r=1}^s y_{rj} U_r + \Delta_j^O}{\sum_{i=1}^m x_{ij} V_i - \Delta_j^I} = 1, \quad j \in E, \quad (15.1)$$

$$V_i \geq \varepsilon_i^I > 0, \quad i = 1, \dots, m, \quad (15.2)$$

$$U_r \geq \varepsilon_r^O > 0, \quad r = 1, \dots, s, \quad (15.3)$$

$$\Delta_j^O, \Delta_j^I \text{ free in sign}, \quad j \in E. \quad (15.4)$$

本篇研究即針對以 MCWA 提出的模型概念為出發點，探討多指標評量的問題。然而讓各個 UOA 以自己為基準以最妥協的情況下瞭解與其他 UOAs 間的差距。最後引入交叉效率的概念，將綜合各個 UOA 的意見，直接探討群體的表现狀況。我們以 (張仕獻 2003)對台灣某縣的消防大隊的 25 個分隊評量績效為例，闡述所構建新兩階段評估程序。



### 2.3 虛擬權重限制

為了在評估上更貼切於實務面的探討，在模式的評估上可加入先前的資訊探討指標間所存有的某種價值關係。(Wong and Beasley 1990)提出比值式虛擬權重限制 (Virtual Weights Restrictions)，此限制的應用可方便於決策者對指標的貢獻比例訂定出數值，概念上給該指標賦予重要程度。令  $\rho_{rj}^o$  和  $\rho_{ij}^l$  分別表示為 UOA<sub>j</sub> 的第  $r$  項虛擬產出項/加總的虛擬產出項以及第  $i$  項虛擬投入項/加總的虛擬投入項，如方程式 (16)、(17) 所示。因此，決策者可直觀地對 (16)、(17) 給予數值的限制，反映出決策。

$$\rho_{rj}^o = \frac{y_{rj}u_{rk}}{\sum_{r=1}^s y_{rj}u_{rk}}, \quad r=1, \dots, s, \quad j=1, \dots, n. \quad (16)$$

$$\rho_{ij}^l = \frac{x_{ij}v_{ik}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}v_{ik}}, \quad i=1, \dots, m, \quad j=1, \dots, n. \quad (17)$$

$$e_r \leq \rho_{rj}^o \leq f_r, \quad r=1, \dots, s, \quad j=1, \dots, n. \quad (18)$$

$$c_i \leq \rho_{ij}^l \leq d_i, \quad i=1, \dots, m, \quad j=1, \dots, n. \quad (19)$$

(18) 與 (19) 中之  $e_r$ 、 $f_r$  及  $c_i$ 、 $d_i$  表示決策者對  $\rho_{rj}^o$  與  $\rho_{ij}^l$  給予的下限與上限。

(Sarrico and Dyson 2004)提出虛擬權重限制的一般方程式，如 (20) 所示，可探討所有的虛擬權重限制。

$$\sum_{i=1}^m a_{iw} x_{ij}v_{ik} + \sum_{r=1}^s b_{rw} y_{rj}u_{rk} \geq l_w, \quad w=1, \dots, W, \quad j=1, \dots, n. \quad (20)$$

其中  $W$  表示為虛擬權重限制的個數， $a_{iw}$  和  $b_{rw}$  分別為第  $w$  項限制之虛擬投入項以及虛擬產出項的偏好值， $l_w$  為第  $w$  項限制之截距項。

若我們探討  $a_{iw}$  為 0 ( $\forall i$ ) 或  $b_{rw}$  為 0 ( $\forall r$ ) 以及  $l_w$  為 0 時，可將方程式 (20) 轉化成方程式 (21)、(22)。

$$\sum_{i=1}^m a_{iw} x_{ij} v_{ik} \geq 0, \quad w=1, \dots, W, \quad j=1, \dots, n. \quad (21)$$

$$\sum_{r=1}^s b_{rw} y_{rj} u_{rk} \geq 0, \quad w=1, \dots, W, \quad j=1, \dots, n. \quad (22)$$

此限制的型態有用於決策者對部份限制上能夠有效的設限。

此外，若探討至少有一  $a_{iw}$  不為 0 ( $\forall i$ ) 且  $b_{rw}$  不為 0 ( $\forall r$ ) 以及  $l_w$  為 0 時，可將方程式 (20) 轉化成方程式 (23)。

$$\sum_{i=1}^m a_{iw} x_{ij} v_{ik} + \sum_{r=1}^s b_{rw} y_{rj} u_{rk} \geq 0, \quad w=1, \dots, W, \quad j=1, \dots, n. \quad (23)$$

此限制的型態有用於已知虛擬投入項以及虛擬產出項之間的關係時能夠有效的受限。

(Liu and Peng 2007)提出系統化的程序來訂定偏好值，在此文獻內容中所提出虛擬權重限制上所制定的兩種方法。第一種由決策者以指標間相互關係或者主觀上的認定對偏好值的設限。另一種以系統化的程序對上下限區間範圍作探討，使所設定的偏好值在排序上能穩定，降低變動的可能。我們將方程式 (18) 以及 (19) 分別可寫成方程式 (24) 以及 (25)， $\delta_r^-$ 、 $\delta_r^+$ 、 $\tau_i^-$ 、 $\tau_i^+$  為此函數的參數，我們給予  $0 \leq \delta_r^- \leq 1$ 、 $0 \leq \delta_r^+ \leq s-1$ 、 $0 \leq \tau_i^- \leq 1$  和  $0 \leq \tau_i^+ \leq m-1$ ，探討其範圍的變動。

$$\frac{1}{s}(1-\delta_r^-) \leq \rho_{rj}^o \leq \frac{1}{s}(1+\delta_r^+), \quad r=1, \dots, s, \quad j=1, \dots, n. \quad (24)$$

$$\frac{1}{m}(1-\tau_i^-) \leq \rho_{ij}^l \leq \frac{1}{m}(1+\tau_i^+), \quad i=1, \dots, m, \quad j=1, \dots, n. \quad (25)$$

## 2.4 消防機構相關文獻

就消防工作以及任務來看，以往衡量消防機構各方面的績效表現大部份用績效指標為評估的準則，然而以適當的工具找出所要改善的方向。(Lan, Chuang and Chang 2007)就台灣的台南縣 35 個消防分局為例，以投入指標為值勤人員數、值勤成本、車輛維修費及產出指標為火災次數、緊急救護次數、處理公共事務次數、

編列火災防護區域的房子個數、消防栓數，對分局的績效評估以及改善。建議兩階段評比的構思，階段一以資料包絡分析法的 CCR 的投入導向模式來衡量各分局的效率。階段二則基於評估未來產出的趨勢來選擇的策略，當未來產出的趨勢為穩定或者遞減時，可採用刪去資源方法 (Omit Resource Approach, ORA) 或者當未來產出的趨勢為遞增時，採用多階配量資源方法 (Multi-Stage Resource Allocation Approach, MSRAA) 之一來作為改善投入量的衡量。

然而(羅凱文 2002)探討政府部門及非營利組織效率評估的相關研究文獻，來建立一套適用於各縣市消防機關的效率評估模式，藉由資料包絡分析法的 CCR 模式以及 BCC 模式分別求得各縣市的技術效率、生產效率及規模效率，探討無技術效率原因係來自不具生產效率抑或不具規模效率。討論各縣市消防機關的規模報酬情形，並建議其應採用規模縮小或規模擴張的方式來改善效率且進行二階段分析模式，納入各項消防機關無法直接掌控的環境因素，進行截斷式迴歸分析 (即 Tobit 迴歸)，來據以了解各消防機關間「因先天環境變數的不同所造成相對效率顯著差異」的真正原因。

(張仕獻 2003)探討台灣某縣消防大隊隊下 25 個分隊的出勤執行力表現。利用資料包絡分析法的 CCR 模式作為分析的工具，經由相關績效指標的收集，投入指標為消防人員數、消防車輛數、火災死亡人數、火災受傷人數，產出指標為消防安檢次數、消防栓數、火災次數、緊急救護次數來作為評量績效之依據，評比各分隊的效率並且以決定分隊間所應改善的管理指標項目以及應改善的幅度。

就以上的文獻探討，針對消防機構的績效評估往往以績效指標為評比的依據，然而所被篩選出的績效指標一般以管理者過往的經驗或者科學的統計根據目標方向所擬定出來的。倘若管理者以這些績效指標來評量評估單位的話，以有足

夠的代表性。如今一般對消防機構的探討主要以改善為方向或者區分出高效及低效兩群，雖然藉由未來可能的改變來探討，但所提供的資訊已無法滿足管理者的需求。然而至今對於瞭解消防機構整體表現的比較是管理者最為缺乏的。若能從整體中客觀找出最優異的受評單位給予表揚，激勵員工；找出最懸殊的受評單位著重探討，來符合管理者的需求。本論文主要以消防機構為例闡述我們的兩階段評估程序。



### 第三章 我們的兩階段程序

本章介紹如何衡量評估單位表現的兩階段的評估程序。從過去績效評估的研究發現，用來評比的方法總處於兩難。以 DEA 方法評量雖然客觀但結果無法提供排序；然而共同權重在評量上雖能排序但某些情況可能無法滿足環境的需要。隨著環境日益變化，管理者乃能客觀地評量下屬單位，公正地區別整體優劣關係成為至今重要的問題。本方法的目的是在於以中立客觀的角度來評斷出整體優劣程度。在第一階段我們採取 MCWA 的概念建構模式，但是由各個 UOA 輪流以自己為立足點選擇一組權重來評量其他 UOAs 的方式進行。假設主角考慮以無任何附加價值的綜合的投入轉換成產出的角度，在群體差異最小下比較彼此的差異。第二階段引入交叉效率的概念，綜合各個 UOAs 所評量的意見，客觀地評估彼此的表現並區分出整體優劣程序。

#### 3.1 階段一

本階段利用 MCWA 的概念進行權重的選擇，由主角以等比例線 (Equal Ratio Line, ERL) 為基準，選擇一組權重評量其他 UOAs。利用這組權重所評量的 UOAs 在虛擬二維座標上可能落於等比例線、線上或線下，並且與等比例線上的投影點存在著差距，而我們所要求最小化總差距。

由圖一說明此概念，在虛擬二維座標，平行座標和垂直座標分別表示虛擬投入項以及虛擬產出項，而等比例線為一條通過原點的直線，其斜率為 1。若主角  $UOA_k$  位於等比例線上，選擇一組權重，以  $u_{rk}$  ( $r=1, \dots, s$ ) 和  $v_{ik}$  ( $i=1, \dots, m$ ) 符號表示，評量其他 UOAs，並且均可在虛擬二維座標上表示。假若主角  $k$  選擇一組權

重評量  $UOA_N$  與  $UOA_M$  兩者，如圖一所示，此時  $UOA_N$  以及  $UOA_M$  分別落在座

標上方 (above) 以及座標下方 (below) 為  $(\sum_{i=1}^m x_{iN} v_{ik}, \sum_{r=1}^s y_{rN} u_{rk})$  及

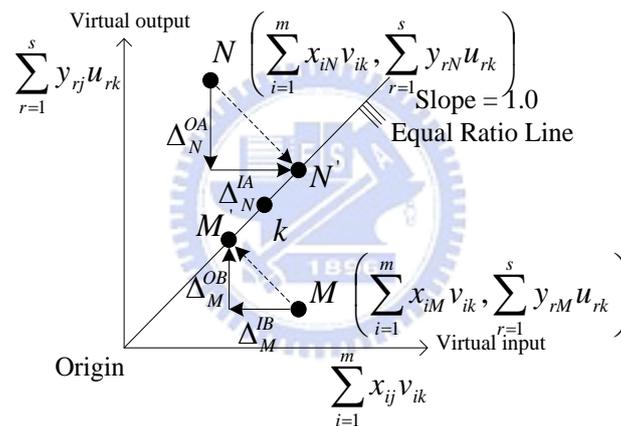
$(\sum_{i=1}^m x_{iM} v_{ik}, \sum_{r=1}^s y_{rM} u_{rk})$ 。同時， $UOA_N$  以及  $UOA_M$  均可在等比例線上尋找到投影點  $N'$

以及  $M'$ 。根據  $L_1$ -norm 單方向移動距離的觀點， $N$  與投影點  $N'$  存著差距為  $\Delta_N^{OA}$  以

及  $\Delta_N^{IA}$ ，同理， $M$  以及投影點  $M'$  存著差距  $\Delta_M^{OB}$  以及  $\Delta_M^{IB}$ ，並且我們可得總差距為

$\Delta_N^{OA} + \Delta_N^{IA} + \Delta_M^{OB} + \Delta_M^{IB}$ 。在相同條件下，主角選擇一組權重使得群體差異最小，此

組權重我們稱之最妥協權重。



圖一 本方法之差距分析概念說明

由上述描述可建構如同模式 (P15)。本模式即表示以主角  $k$  位於 ERL，尋找一組權重，使得總差距最小。模式中的 UOAs 分別可能落於 A 群(ERL above) 以及 B 群(ERL below)，其中  $k=1, \dots, n$ ，該模式亦進行  $n$  次：

(P15)

$$\Delta^{k*} = \text{Min} \sum_{j \in A} (\Delta_j^{OA} + \Delta_j^{IA}) + \sum_{j \in B} (\Delta_j^{OB} + \Delta_j^{IB}) \quad (26.0)$$

s.t.

$$\sum_{r=1}^s y_{rk} u_{rk} - \sum_{i=1}^m x_{ik} v_{ik} = 0, \quad (26.1)$$

$$\frac{\sum_{r=1}^s y_{rk} u_{rk} - \Delta_j^{OA}}{\sum_{i=1}^m x_{ik} v_{ik} + \Delta_j^{IA}} = 1, \quad j \in A, \quad (26.2)$$

$$\frac{\sum_{r=1}^s y_{rk} u_{rk} + \Delta_j^{OB}}{\sum_{i=1}^m x_{ik} v_{ik} - \Delta_j^{IB}} = 1, \quad j \in B, \quad (26.3)$$

$$u_{rk} \geq \varepsilon_r^O > 0, \quad r = 1, \dots, s, \quad (26.4)$$

$$v_{ik} \geq \varepsilon_i^I > 0, \quad i = 1, \dots, m, \quad (26.5)$$

$$\Delta_j^{OA}, \Delta_j^{IA} \geq 0, \quad j \in A, \quad (26.6)$$

$$\Delta_j^{OB}, \Delta_j^{IB} \geq 0, \quad j \in B. \quad (26.7)$$

目標式 (26.0) 表示總差距追求最小。同時，受限制條件下，(26.1) 表示主角位於 ERL，其斜率為 1。(26.2)、(26.3) 意味著 A 群及 B 群的 UOAs 的虛擬投入項與虛擬產出項皆經平移單位距離後則投影至 ERL 上，如圖一的 N 點和 M 點投影至 N' 以及 M'。為了避免權重值的選擇無意義 (26.4)、(26.5) 分別表示主角決定的望大指標及望小指標的權重值至少大於 0。(26.6)、(26.7) 分別表示 A 群及 B 群的差距大於等於 0。

此外，我們將分數型式的模式 (P15) 轉換為線性模式 (P16)。

(P16)

$$\Delta^{k*} = \text{Min} \sum_{j \in A} (\Delta_j^{OA} + \Delta_j^{IA}) + \sum_{j \in B} (\Delta_j^{OB} + \Delta_j^{IB}) \quad (27.0)$$

s.t.

$$\sum_{r=1}^s y_{rk} u_{rk} - \sum_{i=1}^m x_{ik} v_{ik} = 0, \quad (27.1)$$

$$\sum_{r=1}^s y_{rk} u_{rk} - \sum_{i=1}^m x_{ik} v_{ik} - (\Delta_j^{OA} + \Delta_j^{IA}) = 0, \quad j \in A, \quad (27.2)$$

$$\sum_{r=1}^s y_{rk} u_{rk} - \sum_{i=1}^m x_{ik} v_{ik} + (\Delta_j^{OB} + \Delta_j^{IB}) = 0, \quad j \in B, \quad (27.3)$$

$$u_{rk} \geq \varepsilon_r^O > 0, \quad r = 1, \dots, s, \quad (27.4)$$

$$v_{ik} \geq \varepsilon_i^I > 0, \quad i = 1, \dots, m, \quad (27.5)$$

$$\Delta_j^{OA}, \Delta_j^{IA} \geq 0, \quad j \in A, \quad (27.6)$$

$$\Delta_j^{OB}, \Delta_j^{IB} \geq 0, \quad j \in B. \quad (27.7)$$

從限制條件中，模式將 UOAs 分別歸為 A 群及 B 群。當 UOA<sub>j</sub> 落在 A 群， $\Delta_j^{OB} = 0$

及  $\Delta_j^{IB} = 0$ ；反之 UOA<sub>j</sub> 落在 B 群， $\Delta_j^{OA} = 0$  及  $\Delta_j^{IA} = 0$ 。進而我們可將模式 (P16)

延伸為一般模式 (P17)，與其等同。

(P17)

$$\Delta^{k*} = \text{Min} \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq k}}^n [(\Delta_j^{OA} + \Delta_j^{IA}) + (\Delta_j^{OB} + \Delta_j^{IB})] \quad (28.0)$$

s.t.

$$\sum_{r=1}^s y_{rk} u_{rk} - \sum_{i=1}^m x_{ik} v_{ik} = 0, \quad (28.1)$$

$$\sum_{r=1}^s y_{rk} u_{rk} - \sum_{i=1}^m x_{ik} v_{ik} + (\Delta_j^{OB} + \Delta_j^{IB}) - (\Delta_j^{OA} + \Delta_j^{IA}) = 0, \quad j = 1, \dots, n, j \neq k, \quad (28.2)$$

$$u_{rk} \geq \varepsilon_r^O > 0, \quad r = 1, \dots, s, \quad (28.3)$$

$$v_{ik} \geq \varepsilon_i^I > 0, \quad i = 1, \dots, m, \quad (28.4)$$

$$\Delta_j^{OA}, \Delta_j^{OB}, \Delta_j^{IA}, \Delta_j^{IB} \geq 0, \quad j = 1, \dots, n, j \neq k. \quad (28.5)$$

為了減少模式 (P17) 複雜性及運算簡便，我們以  $\Delta_j^{kB} = \Delta_j^{OB} + \Delta_j^{IB}$ ，

$\Delta_j^{kA} = \Delta_j^{OA} + \Delta_j^{IA}$  合併簡化變數，因此，模式 (P17) 即化簡成模式 (P18)。

(P18)

$$\Delta^{k*} = \text{Min} \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq k}}^n (\Delta_j^{kB} + \Delta_j^{kA}) \quad (29.0)$$

*s.t.*

$$\sum_{r=1}^s y_{rk} u_{rk} - \sum_{i=1}^m x_{ik} v_{ik} = 0, \quad (29.1)$$

$$\sum_{r=1}^s y_{rj} u_{rk} - \sum_{i=1}^m x_{ij} v_{ik} + \Delta_j^{kB} - \Delta_j^{kA} = 0, \quad j = 1, \dots, n, j \neq k, \quad (29.2)$$

$$u_{rk} \geq \varepsilon_r^O > 0, \quad r = 1, \dots, s, \quad (29.3)$$

$$v_{ik} \geq \varepsilon_i^I > 0, \quad i = 1, \dots, m, \quad (29.4)$$

$$\Delta_j^{kA} \geq 0, \quad \Delta_j^{kB} \geq 0, \quad j = 1, \dots, n, j \neq k. \quad (29.5)$$

在評估過程中為使得評估的結果切合實際以及合理，這環節上我們在模式考慮虛擬權重限制的應用，利用此限制方便決策者對指標的貢獻程度訂定出百分比，而偏愛值的設限可由決策者主觀上的認定。我們即探討第一項以及第二項望大指標加入虛擬權重限制。因僅對望大指標受限，我們以下列模式 (P19) 中的 (30.3)、(30.4) 探討第一項及第二項虛擬產出項的比例限制為虛擬權重限制的特例。

(P19)

$$\Delta^{k*} = \text{Min} \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq k}}^n (\Delta_j^{kB} + \Delta_j^{kA}) \quad (30.0)$$

s.t.

$$\sum_{r=1}^s y_{rk} u_{rk} - \sum_{i=1}^m x_{ik} v_{ik} = 0, \quad (30.1)$$

$$\sum_{r=1}^s y_{rj} u_{rk} - \sum_{i=1}^m x_{ij} v_{ik} + \Delta_j^{kB} - \Delta_j^{kA} = 0, \quad j = 1, \dots, n, j \neq k, \quad (30.2)$$

$$e_1 \leq \frac{y_{1j} u_{1k}}{\sum_{r=1}^s y_{rj} u_{rk}} \leq f_1, \quad j = 1, \dots, n, \quad (30.3)$$

$$e_2 \leq \frac{y_{2j} u_{2k}}{\sum_{r=1}^s y_{rj} u_{rk}} \leq f_2, \quad j = 1, \dots, n, \quad (30.4)$$

$$u_{rk} \geq \varepsilon_r^O > 0, \quad r = 1, \dots, s, \quad (30.5)$$

$$v_{ik} \geq \varepsilon_i^I > 0, \quad i = 1, \dots, m, \quad (30.6)$$

$$\Delta_j^{kA} \geq 0, \Delta_j^{kB} \geq 0, \quad j = 1, \dots, n, j \neq k. \quad (30.7)$$

我們分別將 (30.3)、(30.4) 轉換成 (31.3)、(31.4)、(31.5)、(31.6)，如下列模

式 (P20) 所示。

(P20)

$$\Delta^{k*} = \text{Min} \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq k}}^n (\Delta_j^{kB} + \Delta_j^{kA}) \quad (31.0)$$

$$s.t. \quad \sum_{r=1}^s y_{rk} u_{rk} - \sum_{i=1}^m x_{ik} v_{ik} = 0, \quad (31.1)$$

$$\sum_{r=1}^s y_{rj} u_{rk} - \sum_{i=1}^m x_{ij} v_{ik} + \Delta_j^{kB} - \Delta_j^{kA} = 0, \quad j = 1, \dots, n, j \neq k, \quad (31.2)$$

$$y_{1j} u_{1k} - e_1 \sum_{r=1}^s y_{rj} u_{rk} \geq 0, \quad j = 1, \dots, n, \quad (31.3)$$

$$f_1 \sum_{r=1}^s y_{rj} u_{rk} - y_{1j} u_{1k} \geq 0, \quad j = 1, \dots, n, \quad (31.4)$$

$$y_{2j} u_{2k} - e_2 \sum_{r=1}^s y_{rj} u_{rk} \geq 0, \quad j = 1, \dots, n, \quad (31.5)$$

$$f_2 \sum_{r=1}^s y_{rj} u_{rk} - y_{2j} u_{2k} \geq 0, \quad j = 1, \dots, n, \quad (31.6)$$

$$u_{rk} \geq \varepsilon_r^O > 0, \quad r = 1, \dots, s, \quad (31.7)$$

$$v_{ik} \geq \varepsilon_i^I > 0, \quad i = 1, \dots, m, \quad (31.8)$$

$$\Delta_j^{kA} \geq 0, \Delta_j^{kB} \geq 0, \quad j = 1, \dots, n, j \neq k. \quad (31.9)$$

在模式 (P20) 進行求解中顧忌  $\varepsilon_i^l$ 、 $\varepsilon_r^o$  的制定即導致最後結果的差異，因而轉換成對偶模式解決此問題。模式 (P20) 可以定義出對應之對偶模式 (P21)，其中 (31.1)、(31.2) 對應的對偶變數分別為  $\pi_k$  與  $\pi_j$ ，(31.3)、(31.4)、(31.5)、(31.6) 分別對應的對偶變數為  $\alpha_{1j}$ 、 $\alpha_{2j}$ 、 $\alpha_{3j}$ 、 $\alpha_{4j}$ ，(31.7) 與 (31.8) 分別對應的對偶變數為  $P_r$  和  $Q_i$ 。

(P21)

$$\Psi^{k*} = \text{Max} \sum_{i=1}^m \varepsilon_i^l Q_i + \sum_{r=1}^s \varepsilon_r^o P_r \quad (32.0)$$

s.t.

$$\sum_{j=1}^n y_{1j} \pi_j + \sum_{j=1}^n y_{1j} [\alpha_{1j}(1-e_1) + \alpha_{2j}(f_1-1) + \alpha_{3j}(-e_2) + \alpha_{4j}(f_2)] + P_1 = 0, \quad (32.1)$$

$$\sum_{j=1}^n y_{2j} \pi_j + \sum_{j=1}^n y_{2j} [\alpha_{1j}(-e_1) + \alpha_{2j}(f_1) + \alpha_{3j}(1-e_2) + \alpha_{4j}(f_2-1)] + P_2 = 0, \quad (32.2)$$

$$\sum_{j=1}^n y_{rj} \pi_j + \sum_{j=1}^n y_{rj} [\alpha_{1j}(-e_1) + \alpha_{2j}(f_1) + \alpha_{3j}(-e_2) + \alpha_{4j}(f_2)] + P_r = 0, r = 3, \dots, s, \quad (32.3)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \pi_j - Q_i = 0, \quad i = 1, \dots, m, \quad (32.4)$$

$$-1 \leq \pi_j \leq 1, \quad j = 1, \dots, n, j \neq k, \quad (32.5)$$

$$\alpha_{1j}, \alpha_{2j}, \alpha_{3j}, \alpha_{4j} \geq 0, \quad j = 1, \dots, n, \quad (32.6)$$

$$P_r \geq 0, \quad r = 1, \dots, s, \quad (32.7)$$

$$Q_i \geq 0, \quad i = 1, \dots, m, \quad (32.8)$$

$$\pi_j \text{ free in sign} \quad j = 1, \dots, n. \quad (32.9)$$

此模式可由影子價格 (shadow price) (Hillier and Lieberman 2005) 以及主模式的最佳解作為參考。此外， $\varepsilon_i^l$ 、 $\varepsilon_r^o$  的制定上已對限制條件不受影響，因本研究探討各項的望大指標  $r$  與望小指標  $i$  的總差距為等比例單位，故兩值的設定皆為 1。 $P_r$  及  $Q_i$  分別表示各項的望大指標  $r$  與望小指標  $i$  的總差距。(32.5) 為  $\pi_j$  比例縮放受 -1 與 1 之間限制。(32.7)、(32.8) 為差距值不小於 0。(32.9) 為  $\pi_j$  不受到限制。從主模式我們不難發現在變異程度最小下呈現出主角與其他 UOAs 的差異。

### 3.2 階段二

經第一階段的闡述，各  $UOA_k$  能在各自的立場下呈現與其他  $UOAs$  的差異，且可求得一組權重  $(u_{rk}^*, v_{ik}^*)$ 。在第二階段，我們利用交叉效率的衡量方法，綜合各  $UOAs$  的意見，進一步瞭解群體間的優劣程度。先分析主角與其他  $UOA$  的相對綜合分數 (aggregate score)，並計算各自的平均值，我們以平均綜合分數 (average aggregate score) 稱之，作為排序的基準。

以模式 (P21) 的影子價格解可求得各  $UOA_k$  之一組權重，來評估綜合分數及相對綜合分數，均以下方程式 (33) 來計算：

$$\theta_{kj} = \frac{\sum_{r=1}^s y_{rj} u_{rk}^*}{\sum_{i=1}^m x_{ij} v_{ik}^*}, \quad k=1, \dots, n; j=1, \dots, n. \quad (33)$$

$\theta_{kj}$  表示當  $UOA_k$  時選擇一組權重，評估  $UOA_j$  之相對綜合分數。故  $\theta_{kk}$  為其 1，結果如表一所示。接著可由方程式 (34) 計算各  $UOA_j$  之平均綜合分數，利用所求得的平均綜合分數將  $UOAs$  給予排序。

$$\Theta_j = \sum_{k=1}^n \theta_{kj} / n, \quad j=1, \dots, n. \quad (34)$$

表一 綜合分數矩陣

	$UOA_j$						
	$j=1$	$j=2$	...	$j$	...	$j=n$	
$k=1$	1	$\theta_{12}$	...	$\theta_{1j}$	...	$\theta_{1n}$	
$k=2$	$\theta_{21}$	1	...	$\theta_{2j}$	...	$\theta_{2n}$	
⋮	⋮	⋮		⋮		⋮	
⋮	⋮	⋮		⋮		⋮	
⋮	⋮	⋮		⋮		⋮	
$UOA_k$	$k$	$\theta_{k1}$	$\theta_{k2}$	...	$\theta_{kj}$	...	$\theta_{kn}$
⋮	⋮	⋮	⋮		⋮		⋮
⋮	⋮	⋮	⋮		⋮		⋮
$k=n$	$\theta_{n1}$	$\theta_{n2}$	...	$\theta_{nj}$	...	1	
平均	$\Theta_1$	$\Theta_2$	...	$\Theta_j$	...	$\Theta_n$	

## 第四章 案例研究

延續在第三章所構建兩階段的評估程序，在本章節以一消防機構實例來進行說明。沿用 (張仕獻 2003) 探討台灣某縣消防大隊隊下的 25 分隊，利用資料包絡分析法來探究分隊的表現，尋找優異表現的高效分隊，以及改善低效分隊的績效之原始數據且與張仕獻本人當面面談以求更深入瞭解 (附錄 A)。從訪談中我們瞭解績效指標的特性；並且知道這些指標主要用意在於評比各分隊的出勤執行力。因此本研究將以新的評估程序利用篩選出的績效指標來排序內部分隊，呈現整體出勤執行力的優劣關係，找出表現優異的分隊提供消防大隊作為參考。

我們將所篩選的指標給予適當之定義及說明，其探討該指標作為評比出勤執行力的可行性，如表二所示。以八項衡量指標作為評量績效的參考依據，大致上可區分為兩類不同特性之指標，符號  $X$  與  $Y$  分別表示為望小指標與望大指標：望小指標分別為消防人員數  $X_1$ 、消防車輛數  $X_2$ 、火災死亡人數  $X_3$ 、火災受傷人數  $X_4$ ，望大指標分別為消防安檢次數  $Y_1$ 、消防栓數  $Y_2$ ，其中火災次數  $Y_3$ 、緊急救護次數  $Y_4$ 。

表二 指標定義及說明

no	指標名稱	符號	指標定義及說明	特性值
1	消防人員數(人/年)	X <sub>1</sub>	分隊實際消防人員數，包含分隊長、小隊長等幹部及隊員，不含消防替代役人員以出勤人員數計算，為90年份統計資料。	望小
2	消防車輛數(輛/年)	X <sub>2</sub>	各分隊實際消防車輛數，此指含水源之水庫車、水箱車及化學車等出動頻率較高之車種，不含雲梯車或救災車、勤務車等其他車輛，各單位並計算一部救護車在內，為90年份統計資料。	望小
3	火災死亡人數(人/年)	X <sub>3</sub>	各分隊轄區內火災發生時，民眾因灼燒、毒氣或跳樓等因素而致死亡者，即列入死亡人數，以分隊為單位，為90年份統計資料。	望小
4	火災受傷人數(人/年)	X <sub>4</sub>	各分隊轄區內火災發生時，民眾因灼燒、毒氣或跳樓等因素而致受傷者，即列入受傷人數，以分隊為單位，為90年份統計資料。	望小
5	消防安檢次數(次/年)	Y <sub>1</sub>	依「各類場所消防安全設備設置標準」規定需列管檢查者，各分隊90年度全年實際檢查次數，而非指列管對象家數。	望大
6	消防栓數(支/月)	Y <sub>2</sub>	各分隊轄區需水源查察之列管消防栓，包含地上式及地下式二種，其他水源不列入，因水源每月需普查一次，故此以消防栓數表示水源查察次數，為90年份統計資料。	望大
7	火災次數(次/年)	Y <sub>3</sub>	各分隊轄區內火災發生次數，包含建築物、森林田野、車輛及其他等類型，各分隊有列入火災者才予以記錄，為90年份統計資料。	望大
8	緊急救護次數(次/年)	Y <sub>4</sub>	各分隊轄區內救護車緊急救護出勤次數，包含空跑次數及實際送抵醫院次數，為90年份統計資料。	望大

依據張仕獻本人所闡述，在下列特別說明八項衡量指標的特性。

(1) 望小特性的指標：

- 消防人員數：就探討出勤執行力，就過往的經驗，若能以較少的人員數達到相同效能越有利，故為望小特性。

- 消防車輛數：就探討出勤執行力，若配置 5 輛或 8 輛能達到相同效能時，當然以 5 輛為佳，故為望小特性。
- 火災死亡人數：在災害搶救時，則希望死亡人數盡量降低，故為望小特性。
- 火災受傷人數：在災害搶救時，則希望受傷人數盡量避免，故為望小特性。

(2) 望大特性的指標：

- 消防安檢次數：一般消防安檢次數增多越能確保安全性，若轄區的安檢次數能增多越好，故為望大特性。
- 消防栓數：在災害搶救中希望水源供應點越多越好，而關係到消防栓數的密集度，故為望大特性。
- 火災次數：依各隊的執行力而言，若一個分隊可處理 100 件火災或 200 件火災的能力，則以處理 200 件為佳，故為望大特性。
- 緊急救護次數：依各隊的執行力而言，若一個分隊可處理 100 件救護次數或 200 件救護次數的能力，則以處理 200 件為佳，故為望大特性。

我們在這裡將各分隊以  $UOA_j$  表示並且彙總數據如下表三所示，例如第一列之 24, 7, 0, 2 為  $UOA_1$  在四個望小指標值，分別以符號  $x_{11}, x_{21}, x_{31}, x_{41}$  表示之；1260, 1162, 62, 3318 為  $UOA_1$  在四個望大指標值，分別以符號  $y_{11}, y_{21}, y_{31}, y_{41}$  表示之。

表三 某縣消防大隊之績效指標值

UOA <sub>j</sub>	望小指標				望大指標			
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>3</sub>	Y <sub>4</sub>
1	24	7	0	2	1260	1162	62	3318
2	9	4	2	1	473	493	65	1073
3	9	3	0	0	465	316	57	1357
4	9	5	1	1	519	572	18	1453
5	13	7	1	2	781	412	27	2257
6	8	5	1	1	692	936	68	837
7	11	4	0	0	508	352	26	777
8	9	4	0	0	630	480	26	944
9	7	4	0	1	496	165	26	430
10	10	4	1	0	551	127	21	823
11	10	5	0	0	532	267	29	873
12	14	6	0	2	814	454	94	2110
13	11	5	0	3	390	304	40	1379
14	10	4	0	7	404	279	27	1121
15	13	6	0	0	514	369	48	808
16	8	6	2	3	509	190	20	1181
17	7	3	0	1	293	124	9	519
18	8	4	1	2	328	262	28	421
19	7	3	1	1	257	115	23	455
20	7	3	0	3	290	49	7	339
21	7	2	0	0	137	24	7	203
22	7	3	0	0	93	11	12	152
23	8	3	1	3	355	148	34	738
24	8	4	3	1	407	130	20	677
25	7	3	0	0	175	52	8	206

為了讓各分隊在整體變異程度最小的情況辨別出與其他分隊的差異，我們可利用模式 (P21) 進行。然而由決策者提供的資訊及主觀的認知中，從過去資料顯示作好事前災害預防工作能提升事後搶救的成功率，對整體評估考量上消防大隊即考慮消防安全設施標準列入重要因素。我們對消防安檢次數  $Y_1$  與消防栓數  $Y_2$  在轄區內的評比中設上下限的比例限制，根據第二章第三節提出有關虛擬權重限制的偏好值的設定 (Liu and Peng 2007)，分別對第一項望大指標  $Y_1$  以及第二項望大指標  $Y_2$  設下限值  $e_1$  為 0.2 和上限值  $f_1$  為 0.8 和下限值  $e_2$  為 0.2 和上限值  $f_2$  為 0.8 之限制。我們將表三顯示各 UOA<sub>j</sub> 對應的數值，如  $x_{11}=24, x_{21}=7, x_{31}=0,$

$x_{41}=2, y_{11}=1260, y_{21}=1162, y_{31}=62, y_{41}=3318$  代入模式 (P21) 中進行求解，其中  $j=25, m=4, s=4, e_1=0.2, f_1=0.8, e_2=0.2, f_2=0.8$ 。運算的結果如表四至表八所示。由表四的結果看出所設限的第一項虛擬產出項 ( $\rho_{1k}^o$ ) 以及第二項虛擬產出項 ( $\rho_{2k}^o$ ) 分別占虛擬產出項的 20% 至 80% 之間，與設定符合。

表五為評比的分隊與其他分隊之差距，則運算對偶模式 (P21) 求得主模式 (P20) 的  $\Delta_j^{kA^*}$  或  $\Delta_j^{kB^*}$ ，以  $\Delta_j^{k*} = \Delta_j^{kB^*} - \Delta_j^{kA^*}, j=1, \dots, 25$  表示。從表中結果，我們得知 25 個分隊輪流評比其他分隊後，與其他分隊的落差。若從座標軸分布的型態來看，當  $\Delta_j^{k*}$  為負號表示落於 ERL 上方，表示評比的結果比自己要有優勢； $\Delta_j^{k*}$  為正號表示落於 ERL 下方，表示評比的結果比自己還要差。從結果發現，某些 UOAs 的分布型態不管誰評比總是落於 ERL 上方，分別為  $UOA_1, UOA_2, UOA_3, UOA_4, UOA_5, UOA_6, UOA_7, UOA_8$ ，且這些 UOAs 當主角時所求得的影子價格  $\pi$  值皆為負值 (表六)。相較之下，另一些 UOAs 總是落於落於 ERL 下方，分別為  $UOA_{19}, UOA_{20}, UOA_{21}, UOA_{22}, UOA_{23}, UOA_{24}, UOA_{25}$ ，當主角時所求得的影子價格  $\pi$  值皆為正值。

表七中各項指標的權重值發現，各  $UOA_j$  輪流當主角時所選擇的權重中竟發生望大指標的權重值皆相同的情況。此推估主要原因是望大指標與望小指標的指標值規模懸殊的緣故，導致主角為追求目標值最小下優先調整虛擬產出項的值，然後為滿足自己為主角的限制條件來調整虛擬投入項的值，使之等式成立。因指標規模大小的關係使得  $u$  值必須壓至到下限值且各個 UOA 輪流當主角皆受到相同的虛擬權重限制條件的抵制，使得各個  $UOA_j$  當主角所選望大指標的權重值皆相同。我們以  $UOA_2$  為例來說明，當  $UOA_2$  為  $UOA_k$  以模式 (P20) 進行運算時，

在模式中主角為追求目標最小即優先考慮對望大指標的權重的選擇，之後為求滿足 (31.1)，再來調整虛擬投入項的值。我們將  $UOA_2$  在 (31.1) 的式子以 (35) 表示。由 (35) 得知，因望大指標與望小指標的值比例懸殊，主角會優先把  $u_{32}$ 、 $u_{42}$  調降至下限值為 1，而藉由表五的  $\rho_{1k}^o$ 、 $\rho_{3k}^o$  的值分別得知  $u_{12}$  的選擇因受  $UOA_6$  在 (31.3) 下限值  $e_1$  為 0.2 的抵制下降至值為 5.56 以及  $u_{22}$  的選擇受  $UOA_{22}$  在 (31.5) 下限值  $e_2$  為 0.2 的抵制下降至值為 15.495。決定了望大指標的權重值後才調整望小指標的權重值，使之等式成立。因各個  $UOA_j$  依循此程序，使得導致此情況的發生。

$$\frac{473u_{12} + 493u_{22} + 65u_{32} + 1073u_{42}}{9v_{12} + 4v_{22} + 2v_{32} + 1v_{42}} = 1 \quad (35)$$

表八中我們可發現各  $UOA$  輪流當主角  $k$  時，各項的望大指標  $r$  與望小指標  $i$  的總差距以及虛擬權重限制下對應的對偶變數值。以上為在運算階段一的模式所得的結果。



表四 各項虛擬產出項占總虛擬產出的比例

UOA <sub>k</sub>	各項虛擬產出項占總虛擬產出的比例			
	$\rho_{1k}^o$	$\rho_{2k}^o$	$\rho_{3k}^o$	$\rho_{4k}^o$
1	24.7%	63.4%	0.2%	11.7%
2	23.1%	67.0%	0.6%	9.4%
3	29.1%	55.0%	0.6%	15.3%
4	21.8%	67.0%	0.1%	11.0%
5	33.4%	49.1%	0.2%	17.4%
6	20.0%	75.3%	0.4%	4.3%
7	31.1%	60.0%	0.3%	8.6%
8	29.4%	62.4%	0.2%	7.9%
9	47.8%	44.3%	0.5%	7.5%
10	52.1%	33.5%	0.4%	14.0%
11	37.0%	51.7%	0.4%	10.9%
12	32.9%	51.1%	0.7%	15.3%
13	26.1%	56.8%	0.5%	16.6%
14	29.1%	56.0%	0.3%	14.5%
15	30.3%	60.6%	0.5%	8.6%
16	40.6%	42.2%	0.3%	16.9%
17	39.9%	47.1%	0.2%	12.7%
18	28.8%	64.1%	0.4%	6.6%
19	38.7%	48.3%	0.6%	12.3%
20	59.3%	27.9%	0.3%	12.5%
21	56.7%	27.7%	0.5%	15.1%
22	60.7%	20.0%	1.4%	17.9%
23	39.2%	45.5%	0.7%	14.6%
24	45.5%	40.5%	0.4%	13.6%
25	48.8%	40.4%	0.4%	10.3%

表五 在對偶模式 (P21) 獲得影子價格之差距

$k$	$\Delta_1^{k*}$	$\Delta_2^{k*}$	$\Delta_3^{k*}$	$\Delta_4^{k*}$	$\Delta_5^{k*}$	$\Delta_6^{k*}$	$\Delta_7^{k*}$	$\Delta_8^{k*}$	$\Delta_9^{k*}$	$\Delta_{10}^{k*}$	$\Delta_{11}^{k*}$	$\Delta_{12}^{k*}$	$\Delta_{13}^{k*}$	$\Delta_{14}^{k*}$	$\Delta_{15}^{k*}$	$\Delta_{16}^{k*}$	$\Delta_{17}^{k*}$	$\Delta_{18}^{k*}$	$\Delta_{19}^{k*}$	$\Delta_{20}^{k*}$	$\Delta_{21}^{k*}$	$\Delta_{22}^{k*}$	$\Delta_{23}^{k*}$	$\Delta_{24}^{k*}$	$\Delta_{25}^{k*}$
1	0	-756	170	-2569	2371	-9786	3930	-1264	2511	5953	3832	2798	4718	4118	5947	2495	4202	3135	4593	5565	6935	7428	4427	4493	6287
2	-8609	0	-1479	-3805	-299	-10663	-16	-4492	0	4358	245	-2224	772	532	1284	3610	1692	2258	4075	3054	4424	4918	3550	7600	3776
3	-4665	-2506	0	-4318	-156	-11341	1791	-3013	1150	4009	1888	76	2579	2175	3420	940	2842	1580	3232	4204	5574	6068	2872	2937	4926
4	-12322	1272	-2012	0	4795	-6035	95	-2735	3403	5050	3470	0	3174	1466	4331	10285	2804	4595	4944	4166	3246	6030	3597	9452	4888
5	-10301	-3244	-1738	-4057	0	-10552	0	-3751	1465	2744	1623	-1295	1788	910	2576	2728	2156	1368	2547	3519	3889	5382	1660	2726	4241
6	-12322	13342	-2012	6035	10830	0	95	-2735	3403	11085	3470	0	3174	1466	4331	22356	2804	10630	10979	4166	3246	6030	9632	27557	4888
7	-8574	-3972	-1466	-5784	-2273	-12644	0	-4479	10	2380	260	-2204	788	546	1303	-363	1702	277	2092	3064	4435	4928	1569	1635	3786
8	0	507	2094	-386	5320	-7335	4657	0	4310	6948	5747	4559	6364	5114	7976	5864	5083	4666	5474	6445	6897	8309	5040	6024	7168
9	-10370	-4284	-2041	-5835	-2404	-12543	-616	-4792	0	1916	58	-2749	435	82	909	0	1429	115	1820	2792	3900	4655	1145	1473	3514
10	-17348	-5300	-4435	-5733	-2361	-11803	-3170	-6069	261	0	-741	-4460	-217	0	-688	2380	573	0	964	2460	1665	3537	175	1096	2396
11	-10624	-4348	-2128	-5875	-2468	-12566	-714	-4855	-29	1835	0	-2853	360	1	822	0	1377	69	1768	2739	3825	4603	1076	1427	3462
12	-4796	-2555	-49	-4367	-227	-11384	1732	-3062	1112	3954	1834	0	2520	2120	3349	896	2804	1536	3194	4166	5536	6030	2829	2894	4888
13	-11841	-4652	-2542	-6069	-2772	-12676	-1184	-5159	-167	1448	-277	-3351	0	-386	407	0	1128	-152	1519	2491	3465	4354	744	1206	3213
14	-10627	-4349	-2129	-5875	-2468	-12566	-715	-4856	-29	1834	-1	-2854	359	0	821	0	1377	69	1767	2739	3824	4603	1075	1426	3461
15	-12319	-4833	-2803	-6269	-3002	-12854	-1508	-5439	-303	1146	-597	-3584	-48	0	0	0	1012	-212	1402	2570	3269	4139	801	1047	2998
16	-10624	-4348	-2128	-5875	-2468	-12566	-714	-4855	-29	1835	0	-2853	360	1	822	0	1377	69	1768	2739	3825	4603	1076	1427	3462
17	-18915	-4727	-4971	-5880	-2902	-11916	-3850	-6680	-387	0	-1462	-5607	-1291	-1391	-1588	2625	0	-144	1036	1673	1273	3070	0	2349	1929
18	-11004	-4443	-2257	-5935	-2563	-12600	-861	-4950	-72	1714	-86	-3008	247	-120	693	0	1299	0	1690	2662	3712	4525	972	1358	3384
19	-19775	-6487	-5206	-7073	-4408	-13109	-4164	-6994	-857	-959	-1854	-6389	-2150	-2793	-2058	397	-391	-1414	0	972	1116	2835	-1347	-56	1694
20	-20558	-3596	-5791	-7083	-5194	-13312	-5137	-8354	-2604	0	-3796	-8332	-3898	-3960	-4195	1544	-1362	-842	1154	0	920	1864	0	4767	722
21	-22246	-3580	-6881	-6936	-4668	-12971	-6396	-9227	-2371	-981	-4645	-8302	-2787	0	-5407	3624	-1347	0	1254	1451	0	1161	1343	5062	19
22	-23613	-5564	-7801	-9284	-7661	-15440	-7744	-10814	-3990	-2752	-6780	-10204	-4173	0	-7849	603	-2298	-1592	0	919	-493	0	628	2654	-1141
23	-15866	-4929	-3716	-5449	-2077	-11628	-2319	-5436	414	742	-86	-3981	-239	-1092	207	1945	813	0	1204	2176	2254	4039	0	1358	2898
24	-13738	-5843	-3598	-7656	-4832	-14278	-2606	-6611	-1388	11	-2109	-4999	-1037	0	-1777	-1477	304	-1097	695	2187	2776	3270	455	0	2128
25	-22243	-6080	-6889	-8218	-5964	-14258	-6413	-9254	-2407	-2241	-4687	-8334	-2813	0	-5451	1085	-1364	-1265	0	1441	0	1141	101	1317	0

附註: 負號表示  $\Delta_j^{kA*}$ , 正號表示  $\Delta_j^{kB*}$ , 數據有四捨五入之誤差。

表六 运算模式 (P21) 所得的  $\pi_j^*$

$k$	$\pi_1^*$	$\pi_2^*$	$\pi_3^*$	$\pi_4^*$	$\pi_5^*$	$\pi_6^*$	$\pi_7^*$	$\pi_8^*$	$\pi_9^*$	$\pi_{10}^*$	$\pi_{11}^*$	$\pi_{12}^*$	$\pi_{13}^*$	$\pi_{14}^*$	$\pi_{15}^*$	$\pi_{16}^*$	$\pi_{17}^*$	$\pi_{18}^*$	$\pi_{19}^*$	$\pi_{20}^*$	$\pi_{21}^*$	$\pi_{22}^*$	$\pi_{23}^*$	$\pi_{24}^*$	$\pi_{25}^*$
1	-6.13	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	-1	-3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-0.57	1	1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	-1	-1	-9.78	-1	-1	-1	1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	-1	1	-1	-11	1	-1	1	-1	1	1	1	-0.5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	-1	-1	-1	-1	-3.84	-1	-0.28	-1	1	1	1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	-1	1	-1	1	1	-13	1	-1	1	1	1	-0.5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-2.18	-1	1	1	1	-1	1	1	1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	-0.36	1	1	-1	1	-1	1	-18.36	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-2.8	1	1	-1	1	1	1	0.7	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	6.71	-1	-1	-1	-0.21	-1	1	1	0.25	1	1	1	1	1	1	1
11	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	0.1	-1	1	1	1	0.25	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	1	1	-4.64	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	5.23	-1	1	0.31	1	-1	1	1	1	1	1	1	1
14	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	1.79	1	0.64	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	0.63	4.88	0.53	1	-1	1	1	1	1	1	1	1
16	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	0.1	-1	1	1	1	0.25	1	1	1	1	1	1	1	1	1
17	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	16.1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1
18	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-0.75	1	5.87	1	1	1	1	1	1	1
19	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	23.33	1	1	1	-1	-1	1
20	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	18	1	1	-1	1	1
21	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0.71	-1	1	-1	-1	1	1	24.07	1	1	1	1
22	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0.71	-1	1	-1	-1	1	1	-1	20.12	1	1	-1
23	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	-0.38	1	1	1	1	6.5	1	1
24	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-0.5	-1	-1	1	-1	1	1	1	1	1	13.5	1
25	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0.71	-1	1	-1	-1	1	1	0.22	1	1	1	16.9

表七 運算模式 (P21) 獲得影子價格之權重值

UOA <sub>k</sub>	$\Psi^{k*}$	權 重							
		$v_{1k}^*$	$v_{2k}^*$	$v_{3k}^*$	$v_{4k}^*$	$u_{1k}^*$	$u_{2k}^*$	$u_{3k}^*$	$u_{4k}^*$
1	101861	1182.46	1.00	1.00	1.00	5.56	15.49	1.00	1.00
2	77732	823.77	1.00	1993.28	1.00	5.56	15.49	1.00	1.00
3	78262	988.07	1.00	1.00	1.00	5.56	15.49	1.00	1.00
4	104164	1.00	2291.48	1750.62	1.00	5.56	15.49	1.00	1.00
5	76260	461.56	1001.07	1.00	1.00	5.56	15.49	1.00	1.00
6	176587	1.00	2291.48	7785.88	1.00	5.56	15.49	1.00	1.00
7	70532	825.22	1.00	1.00	1.00	5.56	15.49	1.00	1.00
8	122289	914.43	919.97	1.00	1.00	5.56	15.49	1.00	1.00
9	69876	673.86	263.34	1.00	1.00	5.56	15.49	1.00	1.00
10	77835	35.50	1380.21	1.00	263.03	5.56	15.49	1.00	1.00
11	69824	656.51	286.47	1.00	1.00	5.56	15.49	1.00	1.00
12	77833	982.63	1.00	1.00	1.00	5.56	15.49	1.00	1.00
13	71205	573.53	397.11	1.00	1.00	5.56	15.49	1.00	1.00
14	69824	656.32	286.73	1.00	1.00	5.56	15.49	1.00	1.00
15	72157	551.01	378.00	1.00	99.29	5.56	15.49	1.00	1.00
16	69824	656.51	286.47	1.00	1.00	5.56	15.49	1.00	1.00
17	85670	1.00	1305.09	646.53	156.58	5.56	15.49	1.00	1.00
18	70158	630.62	320.99	1.00	1.00	5.56	15.49	1.00	1.00
19	94498	1.00	1226.71	1.00	1.00	5.56	15.49	1.00	1.00
20	108984	194.52	451.31	2126.48	1.00	5.56	15.49	1.00	1.00
21	112659	1.00	668.51	2211.89	719.01	5.56	15.49	1.00	1.00
22	133998	121.26	1.00	1908.65	928.64	5.56	15.49	1.00	1.00
23	74868	144.42	1293.40	1.00	1.00	5.56	15.49	1.00	1.00
24	84871	588.34	1.00	1.00	261.39	5.56	15.49	1.00	1.00
25	112968	6.54	649.11	973.83	722.18	5.56	15.49	1.00	1.00

表八 運算模式 (P21) 求得  $Q_i^*, P_r^*, \alpha_{rj}^*$

$k$	$Q_1^*$	$Q_2^*$	$Q_3^*$	$Q_4^*$	$P_1^*$	$P_2^*$	$P_3^*$	$P_4^*$	$\alpha_{116}^*$	$\alpha_{39}^*$
1	0	21.13	6	13.75	0	0	6903.34	94917.00	83.89	2403.63
2	0	2.71	0	12.43	0	0	5461.20	72255.94	64.47	1803.98
3	0	10.67	4	20	0	0	5337.83	72889.96	61.53	1731.95
4	12	0	0	13	0	0	6969.42	97169.69	84.72	2431.76
5	0	0	1.16	10.32	0	0	5026.22	71222.50	60.87	1690.15
6	24	0	0	13	0	0	13390.3	163160.0	156.32	4451.36
7	0	0.27	0	10	0	0	4805.93	65715.34	57.78	1610.59
8	0	0	10	27.27	0	0	8730.88	113520.9	109.95	3032.32
9	0	0	3.4	11.3	0	0	4884.14	64976.75	58.93	1622.43
10	0	0	8.96	0	0	0	5445.68	72380.75	62.40	1810.51
11	0	0	2.5	11.75	0	0	4829.49	64979.79	58.15	1608.99
12	0	3.14	4	8.71	0	0	5336.21	72481.20	61.93	1716.45
13	0	0	0.62	6.62	0	0	5041.85	66155.86	61.54	1690.11
14	0	0	3.29	18.43	0	0	4859.90	64942.62	58.58	1618.06
15	0	0	1.07	0	0	0	4878.30	67277.71	58.94	1630.70
16	0	0	2.5	11.75	0	0	4829.49	64979.79	58.15	1608.99
17	0.1	0	0	0	0	0	6120.94	79548.60	70.34	1981.69
18	0	0	5.38	4.5	0	0	4654.96	65493.52	56.92	1556.00
19	1.33	0	14.33	2.33	0	0	6391.16	88088.61	78.45	2162.43
20	0	0	0	33	0	0	7640.82	101310.5	87.80	2499.92
21	55.6	0	0	0	0	0	7853.02	104750.5	93.87	2601.74
22	0	1.22	0	0	0	0	9200.21	124796.6	113.20	3069.33
23	0	0	8.13	9.75	0	0	5099.57	69750.27	60.84	1726.92
24	0	1	35.5	0	0	0	5942.61	78891.79	69.10	1977.66
25	0	0	0	0	0	0	7801.80	105165.8	93.54	2565.73

註:其餘  $\alpha_{rj}^*$  皆等於 0

表九 以交叉效率法求解排序的结果

	UOA <sub>j</sub>																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	1.00	1.07	0.84	1.24	0.85	2.03	0.70	1.12	0.70	0.50	0.68	0.83	0.64	0.65	0.61	0.74	0.49	0.67	0.45	0.33	0.16	0.10	0.53	0.53	0.24
2	1.44	1.00	1.20	1.40	1.02	2.24	1.00	1.61	1.00	0.57	0.97	1.19	0.91	0.94	0.88	0.66	0.71	0.74	0.48	0.47	0.23	0.15	0.59	0.40	0.35
3	1.20	1.28	1.00	1.49	1.01	2.43	0.84	1.34	0.83	0.59	0.81	0.99	0.76	0.78	0.73	0.88	0.59	0.80	0.53	0.39	0.19	0.12	0.64	0.63	0.29
4	1.77	0.90	1.29	1.00	0.73	1.46	0.99	1.30	0.63	0.54	0.70	1.00	0.72	0.84	0.69	0.40	0.59	0.58	0.43	0.39	0.29	0.12	0.58	0.34	0.29
5	1.57	1.40	1.24	1.44	1.00	2.21	1.00	1.46	0.80	0.68	0.83	1.10	0.82	0.89	0.79	0.72	0.65	0.82	0.59	0.44	0.26	0.14	0.75	0.65	0.32
6	1.77	0.46	1.29	0.69	0.55	1.00	0.99	1.30	0.63	0.35	0.70	1.00	0.72	0.84	0.69	0.24	0.59	0.37	0.25	0.39	0.29	0.12	0.34	0.15	0.29
7	1.43	1.53	1.20	1.78	1.21	2.91	1.00	1.60	1.00	0.71	0.97	1.19	0.91	0.93	0.88	1.05	0.71	0.96	0.64	0.47	0.23	0.15	0.76	0.75	0.34
8	1.00	0.96	0.81	1.03	0.71	1.62	0.66	1.00	0.57	0.46	0.58	0.75	0.57	0.60	0.54	0.54	0.45	0.58	0.40	0.30	0.16	0.09	0.50	0.45	0.22
9	1.58	1.60	1.30	1.79	1.23	2.87	1.07	1.67	1.00	0.75	0.99	1.25	0.95	0.99	0.91	1.00	0.74	0.98	0.67	0.49	0.26	0.15	0.81	0.77	0.36
10	2.57	1.87	1.99	1.77	1.22	2.58	1.54	2.04	0.96	1.00	1.10	1.48	1.03	1.00	1.08	0.75	0.88	1.00	0.79	0.52	0.45	0.19	0.97	0.82	0.45
11	1.60	1.62	1.31	1.80	1.23	2.88	1.09	1.69	1.01	0.76	1.00	1.26	0.96	1.00	0.92	1.00	0.75	0.99	0.68	0.50	0.26	0.16	0.82	0.78	0.37
12	1.20	1.29	1.01	1.49	1.02	2.45	0.84	1.35	0.84	0.60	0.81	1.00	0.77	0.78	0.74	0.89	0.59	0.80	0.54	0.39	0.20	0.12	0.64	0.63	0.29
13	1.72	1.69	1.40	1.85	1.27	2.93	1.15	1.76	1.03	0.80	1.04	1.32	1.00	1.05	0.96	1.00	0.78	1.02	0.71	0.52	0.28	0.16	0.87	0.80	0.38
14	1.60	1.62	1.31	1.80	1.23	2.88	1.09	1.69	1.01	0.76	1.00	1.26	0.96	1.00	0.92	1.00	0.75	0.99	0.68	0.50	0.26	0.16	0.82	0.78	0.37
15	1.77	1.74	1.46	1.90	1.30	3.01	1.20	1.84	1.06	0.84	1.08	1.35	1.01	1.00	1.00	1.00	0.80	1.03	0.72	0.51	0.29	0.17	0.86	0.83	0.40
16	1.60	1.62	1.31	1.80	1.23	2.88	1.09	1.69	1.01	0.76	1.00	1.26	0.96	1.00	0.92	1.00	0.75	0.99	0.68	0.50	0.26	0.16	0.82	0.78	0.37
17	3.00	1.71	2.27	1.80	1.29	2.62	1.74	2.28	1.07	1.00	1.22	1.69	1.18	1.22	1.20	0.73	1.00	1.02	0.78	0.62	0.51	0.22	1.00	0.68	0.51
18	1.63	1.64	1.34	1.82	1.25	2.89	1.10	1.71	1.01	0.77	1.01	1.28	0.97	1.02	0.93	1.00	0.76	1.00	0.69	0.51	0.27	0.16	0.84	0.79	0.37
19	3.30	2.32	2.41	2.15	1.51	3.13	1.85	2.42	1.17	1.20	1.30	1.87	1.35	1.57	1.28	0.95	1.11	1.29	1.00	0.74	0.55	0.23	1.36	1.01	0.54
20	3.63	1.46	2.87	2.15	1.66	3.24	2.30	3.35	1.82	1.00	1.90	2.53	1.89	2.05	1.80	0.82	1.50	1.15	0.76	1.00	0.59	0.31	1.00	0.51	0.73
21	4.62	1.46	4.42	2.10	1.56	3.06	3.38	4.44	1.70	1.20	2.39	2.52	1.51	1.00	2.34	0.66	1.49	1.00	0.75	0.65	1.00	0.42	0.79	0.50	0.99
22	5.95	1.95	8.13	3.36	2.43	5.05	6.79	10.87	3.24	1.88	6.57	3.87	2.01	1.00	5.96	0.92	2.29	1.34	1.00	0.75	1.58	1.00	0.89	0.65	2.34
23	2.27	1.76	1.72	1.70	1.19	2.53	1.34	1.84	0.93	0.89	1.01	1.41	1.03	1.16	0.98	0.78	0.83	1.00	0.75	0.56	0.37	0.17	1.00	0.79	0.41
24	1.94	2.05	1.68	2.38	1.59	3.87	1.40	2.25	1.32	1.00	1.36	1.57	1.14	1.00	1.23	1.27	0.93	1.21	0.84	0.55	0.33	0.21	0.92	1.00	0.48
25	4.62	2.14	4.43	2.64	1.85	3.86	3.40	4.49	1.72	1.62	2.42	2.53	1.51	1.00	2.37	0.87	1.50	1.25	1.00	0.65	1.00	0.43	0.98	0.79	1.00

表十 以交叉效率法求解排序的結果(續)

UOA <sub>j</sub>	$\Theta_j$	排名
1	<u>2.23</u>	3
2	<u>1.52</u>	7
3	<u>1.97</u>	4
4	<u>1.78</u>	5
5	<u>1.25</u>	11
6	<u>2.75</u>	1
7	<u>1.58</u>	6
8	<u>2.32</u>	2
9	1.12	12
10	0.85	17
11	1.34	9
12	1.50	8
13	1.05	13
14	1.01	14
15	1.25	10
16	0.83	18
17	0.89	16
18	0.94	15
19	<u>0.67</u>	21
20	<u>0.53</u>	22
21	<u>0.41</u>	24
22	<u>0.22</u>	25
23	<u>0.80</u>	19
24	<u>0.67</u>	20
25	<u>0.51</u>	23

為了進一步探討整體間優劣程度，我們將應用交叉效率的概念，綜合各個分隊的意見比較整體的相對程度。利用表七中的權重值 ( $v_{ik}^*$ ,  $u_{rk}^*$ ) 各別代入 (33) 求得  $\theta_{kj}$ ,  $k=1, \dots, 25$ ;  $j=1, \dots, 25$ ，如表九。再利用 (34) 得各  $\Theta_j$ ,  $j=1, \dots, 25$ ，運算結果如表十中所示。

由表十所顯示的最後結果發現在先行探討分布狀態趨勢中的 UOA<sub>1</sub>，

UOA<sub>2</sub>，UOA<sub>3</sub>，UOA<sub>4</sub>，UOA<sub>5</sub>，UOA<sub>6</sub>，UOA<sub>7</sub>，UOA<sub>8</sub> 皆在排名比較下顯得優異；

UOA<sub>19</sub>，UOA<sub>20</sub>，UOA<sub>21</sub>，UOA<sub>22</sub>，UOA<sub>23</sub>，UOA<sub>24</sub>，UOA<sub>25</sub> 相對下顯為懸殊。顯然被大部份的分隊認同有好表現的分隊的確在整體比較上也較為出色。以我們的評估程序進行，可讓各個分隊以中立客觀的角度來評比其他分隊，綜合各方面的表現瞭解比自己表現優異的分隊的差距及比自己表現較差的分隊的差距。然而我們以總和為考量，管理者從各分隊相互評比的結果發現，分隊 6 在出勤執行力有相當優異的表現。



## 第五章 討論與結論

績效評估係至今重要議題之一，因它的應用可直接深入到不同的領域上，並且反映出整體情況來提供決策者或管理者的需求。然而以往評估一組織之績效一般大都是利用指標為準則來衡量。從過去的單一發展的單指標至多屬性衡量的多指標，長久以來，這方面相關領域的學者對指標的權重值制定一直努力解決，皆希望找到合理且客觀的評估組織績效。過去的資料包絡分析的發展不外乎想解決多指標的權重制定不一的問題，以客觀的方式評估組織，解決對擁有多指標的組織評估上的不足，到至今相關共同權重領域的發展來解決排序上的問題。這些方法的發展皆為績效評估上探討，來彌補一些資訊的不足。本研究主要建立兩階段程序客觀地評比績效，第一階段利用 MCWA 之概念來建構模式並由 UOA 輪流評比瞭解個別差距，第二階段以交叉效率的概念進行排序，藉以評估台灣某縣消防隊為例，探討各分隊的表現及提供排序給予決策者參考。此方法不外乎想使得評比足夠客觀以及評斷出整體表現程度。

對於評估多指標的營運單位仍有很多研究機會，例如對績效指標採取或許有其他重要指標尚未考慮，且對不同領域的營運單位有不同的指標須不同情況探討。對評估單位能推廣至大群體的縣市比較或者國外專案。

## 參考文獻

- Adler, N, L Friedman, and Z Sinuany-Stern. "Review of ranking methods in the data envelopment analysis context." *European Journal of Operational Research*, 2002: 249-265.
- Andersen, P, and NC Petersen. "A procedure for ranking efficient units in data envelopment." *Management Science*, 1993: 1261-1264.
- Banker, R D, A Charnes, and W W Cooper. "Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis." *Management Science*, 1984: 1078-1092.
- Banker, R D, and H Chang. "The super-efficiency procedure for outlier identification, not for ranking efficient units." *European Journal of Operational Research*, 2006: 1311-1320.
- Bardhan, I, W F Bowlin, W W Cooper, and T Sueyoshi. "Models for efficiency dominance in data envelopment analysis. Part I: Additive models and MED measures." *Journal of the Operations Research Society of Japan*, 1996: 322-332.
- Charnes, A, W W Cooper, and E Rhodes. "Measuring the efficiency of decision making units." *European Journal of Operational Research*, 1978: 429-444.
- Cook, W D, and M Kress. "A multiple criteria decision model with ordinal preference data." *European Journal of Operational Research*, 1991: 191-198.
- Cook, W D, and M Kress. "A Data Envelopment Model for Aggregating Preference Rankings." *Management Science*, 1990: 1302-1310.
- Cook, W D, M Kress, and L Seiford. "Prioritization model for frontier decision making units in DEA." *European Journal of Operational Research*, 1992: 319-323.
- Doyle, J, and R Green. "Efficiency and cross-efficiency in DEA: Derivations, meanings and uses." *Journal of the Operational Research Society*, 1994: 567-578.
- Farrell, M J. "The measurement of productive efficiency." *Journal of the Royal Statistical Society. Series A*, 1957: 253-290.
- Hashimoto, A. "A ranked voting system using a DEA/AR exclusion model: A note." *European Journal of Operational Research*, 1997: 600-604.
- Hillier, Frederick S, and Gerald J Lieberman. *Introduction to operations research eighth edition*. McGraw-Hill, 2005.
- Lan, Chun-Hsiung, Liang-Lun Chuang, and Chi-Chung Chang. "An efficiency-based approach on human resource management: A case study of Tainan county fire branches in Taiwan." *Public Personnel Management*, 2007: 143-164.
- Liu, Fuh-Hwa Franklin, and H.H. Peng. "A systematic procedure to obtain a preferable and robust ranking of units." *Accepted by Computers & Operations*

*Research*, 2007.

- Liu, Fuh-Hwa Franklin, and H.H. Peng. "Ranking of units on the DEA frontier with common weights." *Computers & Operations Research*, 2008: 1624-1637.
- Liu, Fuh-Hwa Franklin, H.H. Peng, and H.W. Chang. "Ranking DEA efficient units with most compromising common weights." *The Sixth International Symposium on Operations Research and Applications*. 2006. 219-234.
- Mehrabian, S, R M Alirezaee, and R G Jahanshahloo. "A complete efficiency ranking of decision making units in data envelopment analysis." *Computational Optimization and Applications*, 1999: 261-266.
- Roll, Y, and B Golany. "Alternate methods of treating factor weights in DEA." *Omega*, 1993: 99-109.
- Roll, Y, W D Cook, and B Golany. "Controlling factor weights in data envelopment analysis." *IIE Transactions*, 1991: 2-9.
- Sarrico, C S, and R G Dyson. "Restricting virtual weights in data envelopment analysis." *European Journal of Operational Research*, 2004: 17-34.
- Thrall, R M. "Duality, classification and slacks in DEA." *Annals of Operations Research*, 1996: 109-138.
- Torgersen, M A, R F Forsund, and AC S Kittelsen. "Slack-Adjusted Efficiency Measures and Ranking of Efficient Units." *Journal of Productivity Analysis*, 1996: 379-398.
- Wong, YH B, and J E Beasley. "Restricting weight flexibility in data envelopment analysis." *The Journal of the Operational Research Society*, 1990: 829-835.
- 高強, 黃旭男, 且 Sueyoshi T. 管理績效評估—資料包絡分析法. 台北市: 華泰文化, 2003.
- 張仕獻. "運用資料包絡分析法(DEA)探討消防單位績效—以台中縣消防局為對象." 作業研究及應用課程專題報告(劉復華教授指導), 工業工程與管理學系, 交通大學, 2003.
- 羅凱文. "台灣地區各縣市消防機關效率評估之研究." 交通大學經營管理研究所 2002.

## 附錄 A

訪談紀錄：2008.09.09 與台中縣消防局災害搶救科張仕獻科長面談

以下為面談的問題，旨在詢問張科長的意見及確認數據的可靠性。本資料的內容僅供學術之用，作研究參考。

問題：

1.1 消防人員數是統計當年的總人數嗎？計算人數是以出勤人數計算或者是分隊總人員數？

答：是，資料統計至 90 年 12 月。就現有人數為主，以出勤人數計算。

1.2 為何將消防人員數視為望小特性？

答：就過往的經驗，若能以較少的人員數達到相同效能越有利，故為望小特性的原因。

2.1 消防車輛數是統計當年車輛數嗎？

答：是，資料統計至 90 年 12 月。金費有限下，每兩年會添增一次。

2.2 計算車輛數是以轄區劃分嗎？是否會有重覆的情況發生？

答：是，以責任轄區劃分，不會有重複的情況發生。

2.3 為何將消防車輛數視為望小特性？

答：若配置 5 輛或 8 輛皆能達到相同效能時，當然以 5 輛為佳。故為望小特性的原因。

3.1 火災死亡人數是統計轄區當年的死亡人數嗎？以各分隊去計算嗎？

答：是，資料統計至 90 年 12 月，是以各分隊去計算。

3.2 為何將火災死亡人數視為望小特性？

答：在災害搶救時，當然希望死亡人數盡量降低。故為望小特性的原因。

4.1 火災受傷人數是統計轄區當年的受傷人數嗎？以各分隊去計算嗎？

答：是，資料統計至 90 年 12 月，是以各分隊去計算。

4.2 為何將火災受傷人數視為望小特性？

答：在災害搶救時，當然希望受傷人數盡量避免。故為望小特性的原因。

5.1 消防安檢次數是統計轄區當年的消防安檢次數嗎?

答: 是, 資料統計至 90 年 12 月。一般轄區檢查為半年一次, 而檢查次數為累積, 因此數據以年為紀錄。

5.2 為何將消防安檢次數視為望大特性?

答: 通常消防安檢次數越多越能確保安全性, 若轄區的安檢次數能越多越好。故為望大特性的原因。

5.3 消防栓數為每月普查的次數嗎? 但消防栓數不是為固定的嗎?

答: 是, 消防栓數為自來水公司所設的設施, 但由消防局來使用。就台中縣而言, 花費由自來水公司負擔 1/2 的花費, 鄉鎮負擔 1/4 的花費以及消防局負擔 1/4 的花費。每年都會增設, 消防栓數不是固定的。

5.4 為何將消防栓數視為望大特性?

答: 在災害搶救時會希望水源供應點越多越好, 而關係到消防栓數的密集度。消防栓數雖然增設比例不高, 約 1%, 但還是會增設。故為望大特性的原因。

6.1 火災次數是每年的火災發生次數嗎?

答: 是, 資料統計至 90 年 12 月。

6.2 為何將火災次數視為望大特性?

答: 若一個分隊能處理 100 件火災, 也能處理 200 件火災。當然以處理 200 件為佳。故為望大特性的原因。

7.1 緊急救護次數是每年的緊急救護次數嗎?

答: 是, 資料統計至 90 年 12 月。

7.2 為何將緊急救護次數視為望大特性?

答: 若一個分隊能處理 100 件救護次數, 也能處理 200 件救護次數。當然以處理 200 件為佳。通常一年有 6% 至 10% 的成長。

8 請問一般如何對消防分隊評比，是以消防局與消防局間評比？

隊與隊評比？或者是分隊間評比？

答：一般沒有。當時是想藉由報告來瞭解分隊的表現。之所以會以分隊間作評比是因為差異沒那麼大，若以局與局間相比，或者縣與縣間相比其差異大。而且因各區域特性不同條件占大優勢且規模差異、金費有限，未能找到完善的方法來評比。

9.請問是否以這些指標當評比的依據，其目的為何？

答：選擇這些指標主要想瞭解各分隊的執行力。認為所選的績效指標足夠涵蓋出勤執行力的代表性。



## 附錄 B

### ■ 口試的問題以及回答

張炳騰老師：

#### 1. DEA 的歷史須詳細敘述

已在本文的§ 2.1.1 以及§ 2.1.2 加強 DEA 的相關歷史回顧。包含常用的 CCR 模式以及 BCC 模式。

#### 2. 文獻內容須重點於 gap 與權重

已在本文的§ 2.2 加強了 gap 的意思以及權重選擇的意義。

#### 3. 排序的 DEA 文獻

已在本文的§ 2.1.3 整理相關 DEA 排序，主要以高效排序、低效排序以及全排序區分。

#### 4. 排序的文獻

本研究的新方法是探討比率型式衡量於多項投入指標與多項產出指標的下屬單位。新模式的探討是以 DEA 與共同權重分析的概念為出發點，而已對 DEA 與共同權重分析相關文獻回顧做了加強。

袁建中老師：

#### 1. 消防的指標定義須更明確，消防人數之定義？消防車輛之定義？死亡人數為年總數？或是每次火災的人數？

學生已實地採訪張仕獻本人，並加強了指標定義以及確認數據的可靠性。根據張仕獻本人的闡述已在本文第四章加強以及附加訪談紀錄於附錄 A。

#### 2. 不確定的指標之定義為何？與實際運用情形之連結？

經由與張仕獻本人對指標定義的確認，將不確定的指標改為確定的指標。

#### 3. 你的數據如何取得？是否與消防專業人員面談

已實地採訪本人並經由同意後取得，訪談紀錄附於附錄 A。

#### 4. 數學的模型固然正確，但仍須與應用面結合

已對模式發展的過程加強於本文。修改之文字詳見碩士論文一、二章。