

公車系統績效評估之研究 —AHP 法與 FMADM 之應用 Application of AHP Method and Fuzzy MADM to The Evaluation of Bus System Performance

曾國雄 *Gwo-Hshiang Tzeng*

王榮祖 *Rong-Tsu Wang*

國立交通大學能源研究小組暨交通運輸研究所

Energy Research Group and Institute of Traffic and Transportation

National Chiao Tung University

(Received March 1994; revised April 1994; accepted May 1994)

摘要

都市交通日益惡化，其解決之道端賴大眾運輸系統的普及化。但首先，必須有一套評估運輸系統績效的制度。本文即是針對公車系統績效建立完整、客觀且較簡便的評估程序。內容包括績效評估指標的選取、利用 AHP 法求取指標的權重、加入模糊多屬性 (FMADM) 的觀念在進行系統間的排序等三個部份。

本文以供給面 (公車業者)、需求面 (乘客) 與監督面 (政策) 等三個方向來構建績效評估指標的選取架構，並從中選取 16 個評估指標；其次，應用 AHP 法的層級概念與特徵向量，收集決策群體 (公車業者、乘客、交通主管單位、專家學者) 的意見後，計算得到各指標的權重；最後，結合模糊多屬性決策中優勢排序 (Outranking) 的方法 -TOPSIS 對各公車系統進行評估與排序。本文並以台北市十家聯營公車為例，應用此評估程序進行系統間的排序。結果證明，此法不僅簡化了模糊概念引進後的複雜度，亦較符合公車系統績效評估的問題特性。

關鍵詞：公車系統績效、績效評估指標、層級分析法、模糊多屬性決策

Abstract

Recently, urban traffic has become worse and worse in Taipei city. The solution has to depend on universalization of public transportation. But, we need first a performance method for evaluating transportation systems. This paper focuses on establishing an objective and easier evaluation process. The selection of performance evaluation included the weight of indices, by using the AHP method and the priority rankings of all bus systems according to the concept of fuzzy MADM.

In this paper the hierarchical structure of bus performance evaluation indices was constructed by considering the three aspects of supply side (bus firms), demand side (passengers) and supervisory side (policy). Then sixteen evaluation indices were selected in this hierarchical structure. We made use of the hierarchy concepts of the AHP method and its eigenvector from decision groups of bus operators, passengers, government authorities and scholar experts to calculate and obtain the weight of each indicator. Finally, the priority rankings of all bus systems -TOPSIS, were ranked by applying the outranking of fuzzy MADM. Finally, we illustrated and ranked ten bus firms in Taipei city by using the evaluation process established here. It was shown that simplification of the complexity of fuzzy application to bus system evaluation was more suited to the characteristics of these types of problems.

Keywords: Bus System Performance, Performance Evaluation Indices, Analytic Hierarchy & Process (AHP), Fuzzy Multiple Attribute Decision Making.

壹、前言

近年來都市交通日益擁塞，伴隨而來的空氣汙染亦與日俱增。問題的解決有賴大眾運輸的普及化，而其中公車扮演著相當重要的角色。因此，如何提高公車系統的績效以吸引更多的乘客已是刻不容緩的問題。但首先，如何選取評估公車系統的績效指標呢？有從公營運輸業者的營運目標—效率及效能來評估 (Tally and Anderson, 1981; Fielding and Anderson, 1984; Field et al., 1985a; Tanatoriboon et al., 1993)；有從硬體設備及乘客服務水準來評估 (北市交通局，民82)；有從公車系統五大追求目標來評估 (張有恆、蔡欽同，民82)；有將公車先區分為同級群 (Peer-groups)，再比較同級中不同運輸系統之績效 (Fielding et al., 1985b)；亦有將交通分區先區分為不同的服務區再評估區內的運輸系統績效 (藍武王，民72)。本研究認為運輸業屬於管制經濟學的範疇，若單就任何一個向度來觀察容易造成偏差，無法一窺全貌；所以，擬以公車業者的供給面、乘客的需求面以及管制經濟學中最重要也最特別的政策監督面三個向度來做為績效指標選取的基礎。

雖然對運輸系統績效評估的文章很多，可是對績效指標權重大小的討論卻甚少，即使有亦是以粗略的專家平均點法來處理，此種作法將使得所求出的權重大小可能具有不客觀性及不合理性。所以，本研究以層級分析法 (Analytic Hierarchy Process，簡稱AHP) 的層級概念與特徵向量法來分析並求得各績效指標的權重大小。

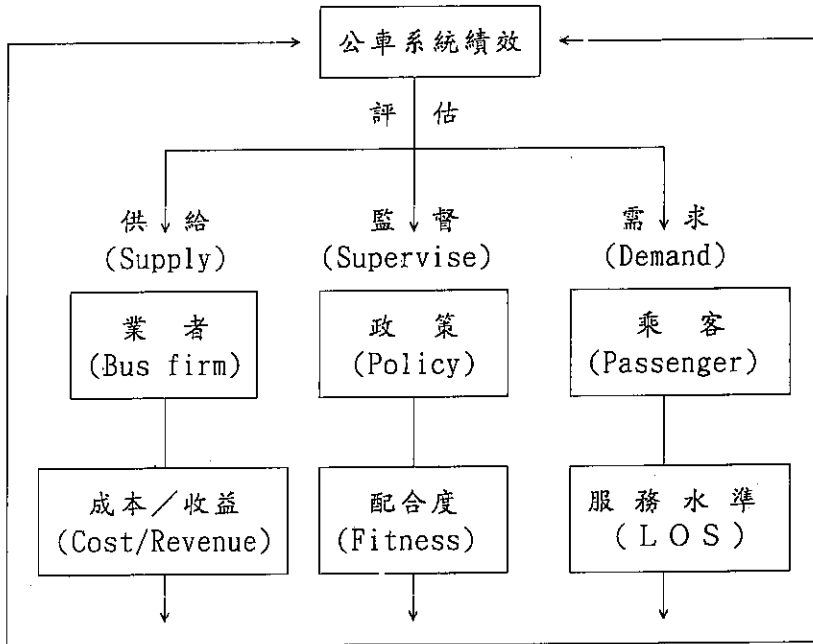
之後，在評估運輸系統績效時，對於質化指標的量度，經常有模糊性的詞語，如：「高」、「中」、「低」出現；所以，一般二值邏輯的觀念並不適用。本研究利用模糊多屬性決策法 (Fuzzy Multiple Attribute Decision Making，簡稱FMADM) 中對模糊詞語的處理方式與方案排序的方法，將公車業者視為方案，評估指標視為屬性或準則，配合所得到的各指標權重，進行公車系統間的排序。至於排序的方法，本研究採用TOPSIS法來處理，此因TOPSIS法的兩大前提—屬性的權重已知及屬性的單調遞增或單調遞減以及基本精神—相對性皆符合公車系統績效評估問題的特性。最後，本文並以台北市十家聯營公車為例，應用此評估程序進行系統間的優勢排序工作。

貳、公車系統績效評估指標之選取

以往對績效評估指標之選取方式各有不同，如Fielding et al. (1978) 提出績效概念模式的架構：成本效率、成本效能及服務效能做為選取的基礎；北市交通局 (民82) 將績效指標區分為車輛及場站、量化之乘客服務水準、質化之乘客服務水準及配合交通局重要措施等四大類；張有恆等 (民82) 則以安全、舒適、經濟、便利迅速、社會責任等五大目標來選取。這些方式或偏業者的觀點、或偏乘客的觀點、或以較具理想性的運輸目標來選取績效評估指標，如此做法，可能因偏向業者在改善之後不如乘客之意，亦可能因偏向乘客而降低業者改善的意願。

本研究認為運輸業實乃管制經濟學的範疇，若能以經濟學的觀點來看會較具

客觀性且不失偏頗。所以，選擇經濟學上最基本的供給面—衡量業者的經營管理績效、需求面—滿足乘客的服務水準，以及管制經濟學中不能忽略的政府監督面—政策配合程度三個向度的考慮，評估架構如圖一所示。



圖一 公車系統績效評估模式

關於供給面的評估，主要是以業者的角度來思考所應選擇的績效評估指標，並以 Allen et al.(1976) 及 Fielding et al.(1985a) 為參考依據。基本上，業者所關心的不外乎四個方向—員工、車輛、營運狀況及最後的營收結果。所以，本研究分別提出四個供給面的評估指標如表一所示。

表一 供給面績效評估指標之建立

向度	績效指標	衡量方式
供給面	員工績效指標	總營業收入／員工人數
	車輛績效指標	總營業收入／總車公里
	維修績效指標	總車公里／總維修成本
	益本比指標	總營業收入／總營業成本

關於需求面的評估，主要以乘客的角度來思考績效評估指標的選取，而其中以乘客所感受到的服務水準最具代表性。有關服務水準的相關研究有很多。如：Bakker(1976)以車內擁擠程度做為評估指標；Alter(1976)以可及性、旅行時間、班次可靠性、服務直接性(directness of service)、班次以及乘客密度來衡量；Allen et al. (1976)將運輸系統特性分為可量化指標，包括班次、容量及道路擁擠程度，質化指標包括班車行駛速度、可行性、舒適性、便利性、安全性、特別服務、污染、費率等方面來描述系統績效及服務水準。本研究依相關文獻的回顧及基於資料的可獲得性與可衡量性，提出八個需求面的評估指標如表二所示。

表二 需求面績效評估指標之建立

向 度	績 效 指 標		衡 量 方 式
需	安全	肇事率指標	$\frac{\text{有責任之肇事事故件數 (會計年度)}}{\text{總營運里程}}$
		平均車齡指標	$\frac{\sum (\text{車齡 } i \text{ 年之車輛數 } \times i)}{\text{總車輛數}}$
求	舒適	車內擁擠度指標	★
		冷氣車比例指標	冷氣車數 / 營運車輛總數
		駕駛平穩性指標	★
面	便利	班次可靠性指標	★
		轉車方便性指標	★
		服務態度指標	★

註：★表示該指標屬於質化指標，有模糊性存在，其處理方式在第四節中將會說明。

關於監督面的評估，主要以政府的角度來思考績效指標的選取。既然政府所扮演的角色屬監督性質，對公車系統的績效評估即是奠基於該系統對相關政策的配合程度。所以，本研究在監督面的考量以政策的配合度為衡量基準，然而，由於政策的制定與施行有其時間性，因此，此處以台北市交通局所重視的重要政策為績效指標選取的基礎，所選取的指標有四個如表三所示。

綜合表一、表二、表三，本研究共選取16個績效評估指標，其中包括10個量化指標與6個質化指標。量化指標有客觀資料可以取得，質化指標必須靠問卷

表三 監督面績效評估指標之建立

向 度	績 效 指 標	衡 量 方 式
監 督	環境污染指標	$\frac{\text{污染罰單件數 (會計年度)}}{\text{總車輛數}}$
	行車安全管理指標	$\frac{\text{有責任之肇事事數 (會計年度)}}{\text{向交通局通報之肇事事數}}$
面	站牌、場站管理指標	★
	車廂外廣告指標	$\frac{\text{各公車單位車廂外之廣告件數}}{\text{向交通局提出申請之件數}}$

註：★表示該指標屬於質化指標

調查獲得。除了監督面的質化指標—站牌、場站管理指標的資料須從交通局平日稽查結果中得來，其餘則有賴乘客滿意度調查問卷得到。

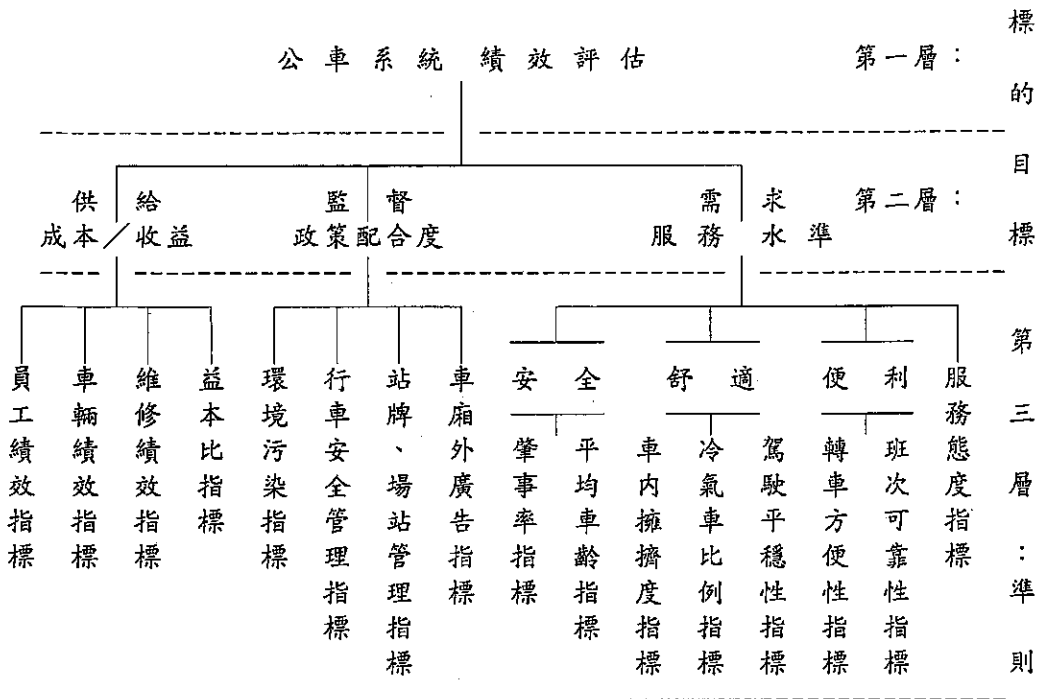
參、績效評估指標權重之建立

一般在選取績效評估指標後，通常將這些指標的權重視為一致。如此，當系統績效較差的公車業者企圖改善時，其順序是從表現最差的指標著手，而非由業者本身或乘客最迫切需要改善的指標開始，這會造成事倍功半的結果。再者，由此所得到的系統績效為平均水準，而非較有意義的加權平均水準，將使得評估結果喪失意義。所以，在這節中我們將討論績效評估指標權重之建立方法。

建立權重的方法有很多 (Hwang and Lin, 1987)，如：特徵向量法、加權最小平方法、熵 (Entropy) 法等。然而，方法的選擇端視問題的特性而定，公車系統績效評估是複雜且涉及層面廣泛的問題，故需要一個能夠從多層面的觀點來考量且將問題系統化的處理方法，如此方能周延地涵蓋所有問題的特性。所以，本研究選擇層級分析法 (AHP) 來做為建立權重的基礎。層級分析法為 Saaty 於 1971 年提出，目的是將複雜的問題系統化，由不同的層面給予層級分解，進而建立層級結構 (Hierarchical structure) (Hwang and Lin, 1981; Saaty, 1980; Sugiyama, 1981)，並以 1, 2, ..., 9 的比例尺度對各評估準則間的相對權重做成對比較 (Pairwise comparison)，建立比較矩陣，並計算其特徵值及特徵向量 (Eigenvector)，最後，由最大特徵向量進行一致性檢定後，即可得到各評估準則間相對權重的大小。

基於 AHP 法的層級化特性，本研究以此做為權重建立的方法。首先，建立公車系統績效評估的層級結構，如圖二所示。

在圖二中，三個目標間的成對比較矩陣由公車業者及學者專家來構建；供給



圖二 公車系統績效評估的層級結構

面的四個指標，由公車業者自己來決定其成對比較矩陣；監督面的四個指標及需求面的八個指標則由學者專家、主管單位及消費者團體來共同建構成對比較矩陣。然後分別計算其相對權重，詳細步驟如下（曾國雄、鄧振源，民76）：

1. 建立層級結構：結果如圖二所示。
2. 建構成對比較矩陣

某一層級的要素以其上一層級的要素作為評估之考量基準，進行要素間的成對比較。例如：以成本／收益為要素，對員工績效、車輛績效、維修績效及本益比四個指標進行成對比較。其成對比較矩陣的元素如下所示：

$$\text{成對比較矩陣 (A)} = \begin{matrix} & \begin{matrix} \text{員工} \\ \text{績效} \end{matrix} & \begin{matrix} \text{車輛} \\ \text{績效} \end{matrix} & \begin{matrix} \text{維修} \\ \text{績效} \end{matrix} & \begin{matrix} \text{本益} \\ \text{比} \end{matrix} \\ \begin{matrix} \text{員工績效} \\ \text{車輛績效} \\ \text{維修績效} \\ \text{本益比} \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ 1/a_{12} & 1 & a_{23} & a_{24} \\ 1/a_{13} & 1/a_{23} & 1 & a_{34} \\ 1/a_{14} & 1/a_{24} & 1/a_{34} & 1 \end{bmatrix} & & & & \end{matrix}$$

同理，可分別建立配合度與服務水準之成對比較矩陣。

3. 計算特徵值與特徵向量使用數值分析中常用的特徵值解法，找出特徵向量或稱優勢向量 (Priority Vector)。若 λ 為成對比較矩陣 A 之特徵值，則有：

$$\begin{aligned} A \cdot \underline{x} &= \lambda \cdot \underline{x} \\ (A - \lambda I) \cdot \underline{x} &= 0 \end{aligned}$$

\underline{x} 為 A 的特徵向量。

4. 一致性檢定及績效指標間相對權重的建立

本研究從三個目標開始進行成對比較並獲得其相對權重；然後再分別進行供給面、需求面及監督面績效評估指標間的成對比較並獲得其相對權重。而由於需求面評估指標高達 8 個，為避免造成填答上的困擾，所以，在建構成對比較矩陣之前，先對安全、舒適、便利及服務態度四個總指標進行相對權重的求取後，再對安全、舒適、便利下的各評估指標進行成對比較。如此，將因填答的正確性提高使研究結果更具代表性。

不過，在採用所求得之權重前，須進行一致性檢定。所謂一致性檢定，是用來衡量決策者在評估的過程中所做判斷的合理程度。Saaty 建議一致性指標 (C.I.) 值宜在 0.1 左右，而一致性比率 (C.R.) 則應小於 0.1。

$$\begin{aligned} C \cdot I &= (\lambda_{\max} - n) / (n - 1) \\ C \cdot R &= C \cdot I / R \cdot I \end{aligned}$$

λ_{\max} 為最大特徵值； n 表示該評估指標 (準則) 的在成對比較矩陣中的個數； $R \cdot I$ 為在不同的成對比較矩陣 (A) 階數 (Order) 下，產生不同的 C.I. 值，稱為隨機指標 (Random Index; R.I.)，其值如表四所示。

表四 隨機指標表

階數	1	2	3	4	5	6	7	8
R · I ·	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41
階數	9	10	11	12	13	14	15	
R · I ·	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.58	

通過一致性檢定後，各績效指標的權重可經由特徵向量 X 標準化後得到， $\gamma = (\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n)$ ，整理如表五所示。

肆、模糊多屬性決策 (FMADM) 之應用

完成評估指標之選取及指標權重的建立後，即可進入最後一個階段—公車系統績效評估。以往對於公車系統績效評估的方法係假設母體呈常態分配，故其結

表五 績效評估指標之權重

績 效 指 標	權 重	績 效 指 標	權 重
員工績效指標	$\alpha_1 * \gamma_1$	駕駛平穩性指標	$\alpha_2 * \beta_2 * \gamma_3$
車輛績效指標	$\alpha_1 * \gamma_1$	轉車方便性指標	$\alpha_2 * \beta_3 * \gamma_4$
維修績效指標	$\alpha_1 * \gamma_1$	班次可靠性指標	$\alpha_2 * \beta_3 * \gamma_4$
益本比指標	$\alpha_1 * \gamma_1$	服務態度指標	β_4
肇事率指標	$\alpha_2 * \beta_1 * \gamma_2$	環境污染指標	$\alpha_3 * \gamma_5$
平均車齡指標	$\alpha_2 * \beta_1 * \gamma_2$	行車安全管理	$\alpha_3 * \gamma_5$
車輛擁擠度指標	$\alpha_2 * \beta_2 * \gamma_3$	站牌、場站管理	$\alpha_3 * \gamma_5$
冷氣車比例指標	$\alpha_2 * \beta_2 * \gamma_3$	車廂外廣告指標	$\alpha_3 * \gamma_5$

註一：由供給、需求、監督三個目標所建構的成對比較矩陣中所得到的權重值分別為 α_1 、 α_2 、 α_3 。

註二：由安全、舒適、便利及服務態度建構的成對比較矩陣中所得到的權重值分別為 β_1 、 β_2 、 β_3 、 β_4 。

註三： γ 表示從第 q 個比較矩陣中得到第 p 個準則的權重值。

果僅具相對主觀之尺度性。張有恆、蔡欽同(民82)則引入模糊理論於公車系統營運服務績效評估中，分別建立量化指標及質化指標的隸屬函數，再以模糊綜合評斷(Fuzzy Synthetic Decision)及模糊多準則決策(Fuzzy Multicriteria Decision)進行評估。然而，這種方法在應用時，通常需要大量且複雜的運算；而且即便是明確值(如：量化指標)也須先進行模糊化(建立隸屬函數)。這樣的處理並不符合模糊理論的本意—減少人類主觀的判斷，只有徒增計算上的困擾而已。所以，本研究在進行系統績效評估時，只針對質化指標建立隸屬函數。

傳統的多屬性決策(MADM)不論是屬性(評估準則)權重或是績效值皆為明確集(Crisp Set)，可是在面對具有模糊性詞語(如：高、中、低)時便不再適用。而公車系統績效評估問題恰好就具有模糊特性，因此，本研究引入模糊的多屬性決策(FMADM)來評估公車系統績效。關於FMADM的方法有很多(Chen and Hwang,1992)，不過部份有二個缺點。第一，計算複雜，且能解決的方案數通常不超過10個。第二，即使是明確的資料也須先模糊化，使得主觀色彩更濃烈。所以，本研究參考Chen及Hwang所提出的一個新途徑，配合上節所得之各指標權重，進行公車系統績效之優勢排序。

這個觀念最大的特色是僅針對資料中的模糊集進行明確化(非模糊化)，再配合原決策矩陣中的明確集，以傳統的MADM進行排序，計算較簡單且觀念亦

較易了解。詳細步驟如下：

第一步：將具有模糊性質的資料轉為模糊數。

在轉換的過程中，依所使用的詞語級數之差異有8種尺度。如圖三之一至三之八所示。以「班次可靠性指標」為例，若只使用「高」、「中」、「低」三種級數，則可用尺度2（圖三之二）來表示其隸屬程度。關於尺度的選擇整理如表六所示，其選擇原則為所有滿足詞語級數的尺度中，擇其最小者為最佳。

表六 使用級數與選擇尺度綜合表

尺 度	1	2	3	4	5	6	7	8
使用級數	二	三	五	五	六	七	九	十一
最 低								√
很 低			√		√	√	√	√
低—很低							√	
低		√	√	√	√	√	√	√
普通低				√	√		√	√
稍低						√		√
中	√	√	√	√		√	√	√
稍高						√		√
普通高				√	√		√	√
高	√	√	√	√	√	√	√	√
高—很高							√	
很高			√		√	√	√	√
最高								√

第二步：將模糊數轉換為明確的分數。

利用模糊數M之右隸屬分數 $\mu_r(M)$ 與左隸屬分數 $\mu_l(M)$ 計算其總隸屬分數 $\mu_t(M)$ 。如下所示：

$$\mu_r(M) = \sup[\mu_m(x) \cap \mu_{\max}(x)]$$

$$\mu_l(M) = \sup[\mu_{\min}(x) \cap \mu_m(x)]$$

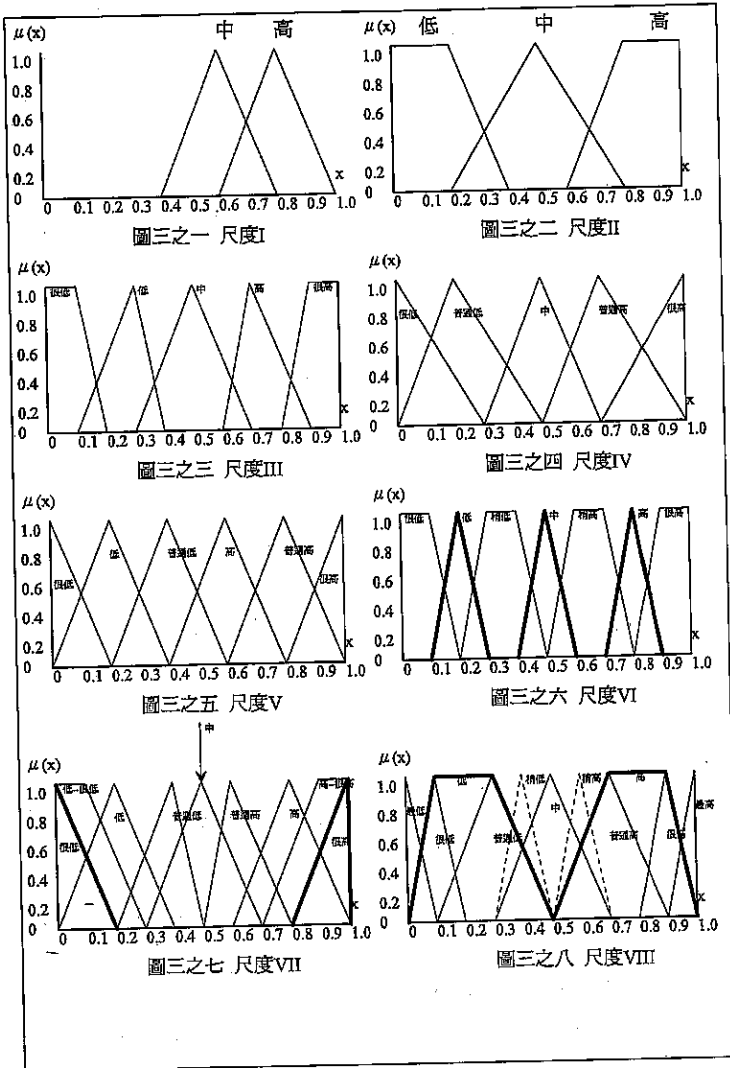
$$\Rightarrow \mu_t(M) = [\mu_r(M) + 1 - \mu_1(M)]/2$$

其中 $\mu_{\max}(x)$: 模糊數 M 的隸屬分數

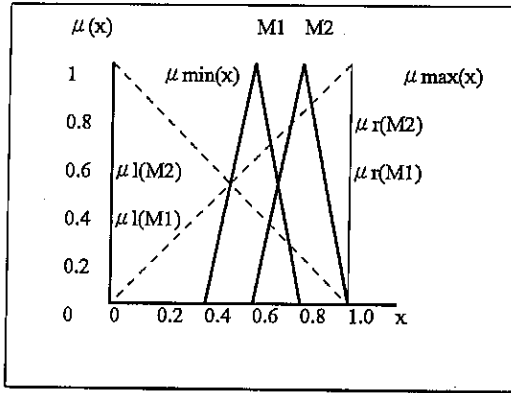
$$\mu_{\max}(x) = \begin{cases} x, & 0 \leq x \leq 1 \\ 0, & \text{其它} \end{cases}$$

$$\mu_{\min}(x) = \begin{cases} 1-x, & 0 \leq x \leq 1 \\ 0, & \text{其它} \end{cases}$$

形式如圖四所示。



圖三 八種尺度



圖四 隸屬分數計算圖

再以計算出來各模糊數 (M) 之隸屬總分 $\mu(M)$ 做加權平均後，可得到明確的分數 (績效值)。形示如下：

$$V_{b_j} = \frac{\sum_{i=1}^k n_{b_{ji}} \times \mu_i(M_i)}{N}$$

V_{b_j} ：第 b 家公車業者對第 j 個質化指標的績效值

N ：受訪總人數

$n_{b_{ji}}$ ：認為第 b 家業者之第 j 個質化指標屬 M_i 級的人數

$$\sum_{i=1}^k n_{b_{ji}} = N$$

$\mu_i(M_i)$ ：第 M_i 級之總隸屬分數

以「班次可靠性」為例，若其詞與級數為「高」、「中」、「低」，採用尺度 2，其隸屬總分計算如下：

$$\begin{cases} \mu_r(\text{高}) = 1.0 \\ \mu_l(\text{高}) = 2/3 \end{cases} \therefore \mu_t(\text{高}) = (1 + 1 - 2/3)/2 = 2/3$$

同理， $\mu(\text{中}) = 8/13$ ， $\mu(\text{低}) = 1/6$

若針對第 m 家公車業者之班次可靠指標性，回答「高」、「中」、「低」者各有 n_1, n_2, n_3 人，則其績效值為

$$V_{m\text{班次型靠性}} = \frac{2/3 \times n_1 + 8/13 \times n_2 + 1/6 \times n_3}{n_1 + n_2 + n_3}$$

第三步：可以任何傳統的 MADM 方法對系統績效進行評估排序。

至此決策矩陣中所有績效值皆以明確化，即可以任何 MADM 進行排序。方法有很多，如 TOPSIS、PROMETHEE、ELECTRE 等。本研究採用 TOPSIS 法處理，其觀念在第五節中將會說明。

伍、實例應用—以台北市公車系統為例

本研究以台北市十家聯營公車業者（市公車、大有、欣欣、台北、三重、首都、光華、大南、指南及中興）為評估對象，應用AHP法及FMADM進行公車系統績效的評估。而在最後排序時則是採用TOPSIS方法為之。本節分為三個部份：首先，以AHP法求得公車系統績效評估之各個層級間的相對權重；其次，求算各評估指標的績效值，包括明確的量化指標及應用FMADM的隸屬度觀念所獲得的質化指標；最後，以傳統MADM中的TOPSIS法對十家聯營公車業者進行排序並分析、檢討所得結果。

一、各評估指標權重的求算

利用AHP法分別對公車業者、學者專家、交通主管單位及消費者團體進行三個目標間（業者成本／收益—供給面，對主管單位的政策配合度—監督面，對乘客的服務水準—需求面）相對權重的求算，經由第三節的運算步驟，最後獲得三個目標間的相對權重如表七所示。

表七 目標間的相對權重值

目 標	供 給 面	監 督 面	需 求 面
權重值	0.3770	0.1883	0.4347

之後，由公車業者建構供給面的績效評估指標權重值（問卷如附錄1所示）；而監督面及需求面的績效評估指標權重則由學者專家、消費者團體及交通主管單位共同決定（問卷如附錄2所示）。三個層面的績效評估指標權重值分別如表八、表九及表十所示。

表八 供給面評估指標間的相對權重值

評估指標	員工績效	車輛績效	維修績效	益 本 比
權重值	0.0520	0.0797	0.0690	0.1761

表九 監督面評估指標間的相對權重值

評估指標	環境污染	行車安全管理	站牌、場站管理	車廂外廣告
權重值	0.0537	0.0905	0.0300	0.0141

表十 需求面評估指標間的相對權重值

績 效 評 估 指 標		權 重 值
安 全 (0.2141)	肇 事 率	0.1484
	平 均 車 齡	0.0657
舒 適 (0.0727)	車 內 擁 擠 度	0.0282
	冷 氣 車 比 例	0.0145
	駕 駛 平 穩 性	0.0300
便 利 (0.0632)	轉 車 方 便 性	0.0229
	班 次 可 靠 性	0.0403
服 務 態 度		0.0847

() 內為權重值

二、各評估指標績效值的求算

分為量化指標和質化指標兩部份。關於量化指標方面，其原始資料值主要來自公車聯管中心、北市交通局、警察局交通大隊、環保局及各公車公司，資料期間為81年11月至82年4月。其中，「平均車齡指標」一項由於資料收集不足的因素，參照北市交通局(民82)改以「馬力加權之新車比率指標」代替。

關於質化指標方面，除了「站牌、場站管理指標」因交通局已有資料繼續引用外，其餘5個質化指標的績效值則利用第四節中的模糊觀念求算。本研究選取最大轉車站—台北車站周邊站牌進行乘客的隨機抽樣調察(問卷如附錄3所示)，共計回收有效問卷250份，然後以第四節中的步驟進行明確化的工作。

本研究在問卷中所採用的模糊詞語級數有五種—很高、高、普通、低、很低，屬於尺度三(圖三之三)。經由計算得到各模糊詞語的隸屬度分別為： $\mu(\text{很高})=0.91$ ； $\mu(\text{高})=0.72$ ； $\mu(\text{普通})=0.5$ ； $\mu(\text{低})=0.28$ ； $\mu(\text{很低})=0.09$ ，之後即可依此隸屬度將模糊集轉換成質化指標的原始績效值。

在獲得各評估指標的原始績效值後，須先經過向量標準化的過程，以求取各指標間單位的一致性與可比較性。「向量標準化(Vector Normalization)」的方

式如下：

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{[\sum_{j=1}^m x_{ij}^2]^{1/2}};$$

i : 第 i 家公車業者
 j : 第 j 個評估指標
 r_{ij} : 經過向量標準化後的評估指標績效值
 x_{ij} : 原始的評估指標績效值

三、以 TOPSIS 法進行優勢排序及結果

本研究運用 TOPSIS 法進行最後之優勢排序，主要原因除了此法的簡便易懂外，TOPSIS 所需的兩大基本前題—屬性的權重已知以及屬性的單調遞增或單調遞減，恰好皆為公車績效評估指標所具有的特性。因此，在經由前述步驟獲得經過向量標準化後的決策矩陣後，可直接進入 TOPSIS 法的第三步—決定理想解 (ideal solution) 及負理想解 (negative-ideal solution)。

TOPSIS 法的基本觀念是同時考慮每個方案 (此處指公車業者) 與理想解及負理想解的距離，俾使所選方案相對上距理想解最近而距負理想解最遠。故首先針對每個評估指標分別求其理想解 (V_j^+) 及負理想解 (V_j^-)；其次，再計算每家公車業者與理想解的距離 (S_i^+) 及負理想解的距離 (S_i^-)；最後，求得每家公車業者對理想解的相對接近程度 (C_i^*)，即可依此值的大小進行排序。其中：

$$S_i^+ = [\sum_{j=1}^{16} (V_{ij} - V_j^+)^2]^{1/2};$$

$$S_i^- = [\sum_{j=1}^{16} (V_{ij} - V_j^-)^2]^{1/2}$$

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-}$$

經由 TOPSIS 法的排序得到十家公車業者的排序如下：

首都	>	台北	>	欣欣	>	三重	>	大南	
(0.7481)		(0.7355)		(0.6801)		(0.6695)		(0.6390)	
>	大有	>	市公車	>	光華	>	指南	>	中興
	(0.5707)		(0.5648)		(0.4727)		(0.4719)		(0.3787)

() 內為距離理想解的相對接近程度，數字愈高表示距離愈近。由此結果得知，首都、台北、欣欣三家表現最好，其績效表現程度 (以 100% 為最佳) 分別為 78.41%、73.55%、68.01%，而光華則表現最差，分別只有 37.87%、47.19% 及 47.27%。

進一步分析所得結果，中興、指南、及光華分別在肇事率 (10)、益本比 (9) 及行車安全管理 (10) 上表現很差 (() 內為排名)，而這三個指標的權重值又為前三名，故導致此三家業者之排名無法往前推進。

若單就供給面的衡量結果分析，由於供給面的 4 個指標分別代表與公車業者息息相關的員工、車輛、營運狀況及最後的營收結果。所以，可由此比較並了解

公車業者本身的經營管理績效。其排名順序如下：

大有	>	首都	>	大南	>	台北	>	中興	
(0.8656)		(0.7933)		(0.6672)		(0.6478)		(0.6340)	
>	欣欣	>	三重	>	光華	>	指南	>	市公車
	(0.5565)		(0.5265)		(0.3922)		(0.3286)		(0.0000)

由上可知市公車的營運管理績效不僅排名最後，且相對於其它九家公車業者而言，其績效值居然是 0，這是市公車值得改進之處，也也是為何市公車的總排名僅為第 8 的主要原因。

若單就需求面的衡量結果分析，由於需求面的 8 個指標代表乘客的滿意程度，所以，可由此比較並了解公車業者的服務品質。其排名順序如下：

市公車	>	台北	>	首都	>	三重	>	欣欣	
(0.9129)		(0.7912)		(0.7804)		(0.7605)		(0.7475)	
>	大南	>	指南	>	光華	>	大有	>	中興
	(0.6210)		(0.5465)		(0.5439)		(0.4068)		(0.1494)

由上可知在服務品質方面，十家公車業者基本上可分為 4 群；市公車的表現最佳，而台北、首都、三重、欣欣四家為次一級群，大南、指南、光華、大有為第三級群，中興則表現最差。

陸、結 論

過去對公車系統績效評估的研究，通常將焦點不是集中於需求面（對乘客的服務水準）的衡量，就是集中於供給面的衡量（業者本身的經營管理績效）。這對公車業者或是乘客而言，由此所得的結果都是不公平且不客觀的。所以，本研究以管制經濟學的角度切入，將整個公車系統績效評估的問題區分為三個大方向——供給、監督與需求，分別建立績效評估指標。如此作法較具全面性及代表性。

在指標權重的決定方面，透過 AHP 層級結構的概念與特徵向量法的運算，分別求得各層級間的相對权重，比起以往將所有指標視為一致或僅以粗略的專家平均點法所求得的权重值，要更具客觀性。此外，運算的過程中，還須經過一致性檢定的步驟，使所求权重更具準確性及合理性。

在質化指標的處理上，近來雖漸有學者將模糊概念引入其中，然而，卻常忽略模糊理論的基本精神——減少人類的主觀判斷。所以，本研究僅針對具有模糊本質的質化指標進行明確化，而與具有客觀衡量值的量化指標分開處理，使問題的處理兼具簡便性及合乎問題本質雙重優點。此外，在進行公車業者的排序時，本研究採用 TOPSIS 法，主要是因為此法的基本原理符合排序時所須的要件——相對性。這將使得排序結果較具公正性。

最後，根據實例應用的結果提出二點看法：

1. 由供給面的排序結果得知市公車的排序最後且相對績效為0，落後民營公車業者相當大的一段距離，這個結果顯示市公車的經營績效不彰是不爭的事實，這也可說明目前政府大力推行公營事業民營化的政策。然而，面對目前法令不足尚無法保護弱勢的消費團體以及公車業者的罷駛行為，在健全的方式還沒產生以前，應致力著手於公營公車業者經營管理績效的改善。
2. 由需求面的排序結果可知市公車的排名第一，且相對於民營公車業者有大幅度的領先差距，這個結果反映出當前公民營公車業者在薪資制度上的差異。由於民營公車司機的薪資通常以獎金佔大多數，產生司機爭客、超速、搶里程的現象，如此一來勢必導致服務品質的低落。所以，如何改善公民營公車業者的薪資制度亦為重要的工作。

參考文獻

1. 台北市政府交通局，台北市聯營公車八十二年一至六月份營運服務指標評鑑報告，台北市政府交通局簡報，1993年6月。
2. 張有恆、蔡欽同，「模糊理論應用於公車系統營運服務績效評估之研究」，運輸計劃季刊，第二十二卷，第一期，1993年3月，頁79-104。
3. 曾國雄、鄧振源，「層級分析法(AHP)的內涵特性與應用(上)」，中國統計學報，第二十七卷，第六期，1987年6月，頁13707-13724。
4. 曾國雄、鄧振源，「層級分析法(AHP)的內涵特性與應用(下)」，中國統計學報，第二十七卷，第七期，1987年7月，頁13767-13870。
5. 藍武王，「市內公車分區服務水準之評估研究」，運輸計劃季刊，第十二卷，第二期，1983年6月，頁127-192。
6. Allen, W.G. and Frank DiCesare, 「Transit Service Evaluation: Preliminary Identification of Variables Characterizing Level of Service」, TRR 606, TRB, National Academy of Science, Washington, D. C., 1976, pp.41-47.
7. Alter, C.H., 「Evaluation of Public Transit Service: The Level-of- Service Concept」 (Abridgement), TRR 606, TRB, National Academy of Science, Washington, D.C., pp.37-40.
8. Bakker, J.J. (1976), 「Transit Operating Strategies and Level of Service」, TRR 606, TRB, National Academy of Science, Washington D.C., pp.1-5.
9. Chen S.J. and Hwang C.L., Fuzzy Multiple Attribute Decision Making, Springer-Verlag, New York, 1992.
10. Fielding G.J. and Anderson S.C., 「Public Transit Performance Evaluation : Application to Section 15 Data」, Transportation Research Record 947, 1984, pp.1-7.
11. Fielding G.J., Babitsky T. and Brenner M.E., 「Performance Evaluation For Bus Transit」, Transportation Research, Vol.19A, No.1, 1985a, 73-82.
12. Fielding G.J., Brenner M.E. and Katherine Faust, 「Typology for Bus Transit」, Transportation Research, Vol 19A, No.3, 1985b, pp.269-278.
13. Fielding G.J., Glauthier R.I. and Lave C.A., 「Performance Indicator for

- Transit Management」, *Transportation*, Vol.7, No.4, 1978, pp.365-379.
14. Hwang C.L. and Lin M.J., *Group Decision Making Under Multiple Criteria*, Springer-Verlag, New York, 1987.
 15. Hwang C.L. and Lin M.J., *Multiple Attribute Decision Making*, Springer-Verlag, New York, 1981.
 16. Saaty T.L., *The Analytic Hierarchy Process*, McGrawHill, New York, 1980.
 17. Sugiyama K., Tagawa S. and Toda M., 「.Methods for visual Understanding of Hierarchical System Structures」, *IEEE Transation on Systems, Man and Cybernetics*, SMC-11(2), 1981, pp.109-125.
 18. Tally W.K. and Anderson P.(1981), 「Effectiveness and Efficiency on Transit Performance:A Theoretical Perspective」, *Transportation Research*, Vol.15A, No.6, 1981, pp.431-436.
 19. Tanaboriboon Y., Quium A. and Changsingha C.(1993), 「Performance Indicator Analysis: A Management Toll for The Improvement of Bus Transit Operation in Bangkok」, *Journal of Advanced Transportation*, Vol.27, No.2, 1993, pp.207-223.