

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

公車路線最佳車種組合與車隊規模

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC93-2211-E-002-049-

執行期間：93年08月01日至94年09月30日

執行單位：國立臺灣大學土木工程學系暨研究所

計畫主持人：周義華

計畫參與人員：黃怡靜、鄭光漢

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 94 年 9 月 21 日

公車路線最佳車種組合與車隊規模

期限：93/08/01 ~ 94/07/31

計畫編號：NSC 93-2211-E-002 -049-

主持人：周義華 台灣大學土木工程教授

國

一、中文摘要（關鍵詞：公車容量、公車排班、車隊規模、系統成本）

目前公車業者在營運車輛型式的選擇上，多是使用傳統公車提供服務，或是使用單一種車輛型式，造成在尖峰時段於部分路段中，乘客需要忍受過份擁擠，而離峰時段車輛承載率低，車內空位甚多。

過去研究中提出之混合車種營運組合之建議，其假設車種為 70 人及 100 人座公車，或求解所得之最佳車種組合為車輛容量 15 人大車及 6 人小車，車種選擇皆與目前實際營運狀況不合。

因此，本研究在限定的公車服務水準（承載率）下，由已知的旅客起訖站資料，以系統總成本最小為目標函數，並以數學規劃法構建單一時段決策變數之限制條件，求解在一週中各時段之最佳公車車種組合、車輛數及其班次數。然後限定在最大承載區間時，不得有車輛閒置狀況發生，再進一步綜合考慮全週中各日、各時段之運量變化，求得使一週系統總成本最低的最佳車種組合及車輛數。

英文摘要（Keyword: Bus capacity, Bus scheduling, Fleet size, System cost）

Presently most bus operators use standard buses or a single type of buses to provide service. This leads some sections of the buses being overcrowded in peak periods and the load factor in the off-peak periods are low.

Since using mixed types of buses were proposed in some previous researches. They only discussed a peak period of time or with many unsuitable assumptions. The optimal combination of minibuses and standard buses has never been investigated.

Therefore, in this research, we focus on the optimal combination, the number of vehicles in the fleet and its schedule under a given level of service and the known trip distribution, to achieve the objective of minimizing total system costs. Furthermore, we will extend the analysis period to a whole day and then to a whole week to find out the optimal bus combination and its fleet number of vehicle size of a route.

二、計畫緣由與目的

傳統公車與小型公車在特性上主要的差異有：小型公車的載客數少，須用相對於傳統公車較高之班次才能滿足乘客之需求，其優點為可使乘客候車時間少，但其缺點則為業者所須購入之車輛較多；傳統公車之優缺點則反之。業者從經營觀點期望提高收益，並將成本降低至最低，而乘客則希望減少旅行時間（候車時間加車內時間），因此本研究將同時考慮業者與乘客，以乘客等車時間成本、車內時間成本及業者營運成本三者相加所得之系統總成本最小為目標函數。

以往研究中[17][18][23]對於混合車種排班模式，多是僅考慮單一時段、未考慮適合台灣營運的車輛型式，或以假設的旅客起訖站旅次資料下進行混合車種組合研究，並不能反映尖、離峰時段中實際所需車輛型式之變化。在本研究中將在不同時段中設定不同之承載率，構建車種組合及車隊規模模式，以求解在不同時段中所需車輛型式及車輛數，並將模式擴充至全週內各日、各時段之運量變化。

本研究模式將以台北聯營公車紅 3 路線車上調查所得的一週乘客上下車資料，分析該路線之最佳車種組合與車輛數目，

以及在一週內各日、各時段之車種排班。期望經由本研究能對業者在購車經營及車種排班的技術上有所幫助。

三、文獻探討

國內外對於車輛容量求解模式主要應用分析性數學法及模擬法，其所建立的目標函數依假設之不同大致可分為：業者營運成本最小化、使用者成本最小化、系統總成本最小化，或社會福利最大化四種不同之目標函數，在此些目標函數下求解決策變數之最佳值。

本研究在同時兼顧營運者與使用者成本上，以業者營運成本、使用者等車成本及使用者乘車成本三者和的系統總成本為目標式，求取整體系統最佳時的混合車種組合。單一時段混合車隊模式中使用分析性數學法進行求解，在模式求解時段擴展後，再以模擬法逐步調整各時段混合車種班次數組合，求解得混合車種班次數組合及車隊規模。

在公車系統排班模式方面，則有 Vuchic 於 1976 年提出的大眾運輸系統排班準則，決定兩個班距的基本要素分別為：「提供適當運能以配合需求」及「提供服務必須明訂最小班次數」。針對不同車種間班距設定參考 Newell 等人之研究所得共通的結果：班距和車輛單位營運成本的平方根間成正比之關係，因而將標準公車和小型公車的班距設定為 1:0.89。

四、模式建立與求解

4.1 模式目標與假設

本研究所構建模式以最小化系統總成本為目標函數，先找出一週中最大承載區間的乘客需求數，進而分析該時段及一週中各時段公車路線所須標準公車、小型公車之最佳車種組合與車隊規模。

在模式中，一週的時間可分為平常日及假日，平常日依照乘客需求數變化再予以細分為晨峰、日間離峰、昏峰、夜間離峰四個時段，假日全天則視為單一時段。

在模式假設方面包括：

1. 在研究中將探討固定路線，至於重複路線競爭、服務水準變動造成的乘客需求變化、可調度人員因素皆不考慮。
2. 公車排班作業所提供之總運能必須能滿足最大承載區間乘客需求數。
3. 公車不超載：依照平常日、假日及尖峰、離峰之不同，設定不同之承載因子，使車上人數不得超過其容量。
4. 公車依照班距發車，無超車情形。而標準公車與小型公車發車班距維持一定比例，但並無特定之發車先後順序。
5. 各車輛發車間距不超過政策班距（本研究設定為 30 分鐘）。

構建之目標函數如式 (1)：

$$\text{Minimize } TC = TOC + TPWC + TPRC \quad (1)$$

在僅針對單一時段探討時，單一時段混合車隊求解模式如式 (2) 至 (5) 所示：

$$\text{Minimize } TC = TOC + TPWC + TPRC$$

$$= \sum_{S=1}^2 C_{B_S} \times L \times f_S + v_w \times \sum_{S=1}^2 \left(Q_S \cdot \frac{1}{2} h_S \right) + v_v \times \sum_{S=1}^2 \left(Q_S \times \frac{l}{V_S} \right) \quad (2)$$

$$\text{Subject to } \sum_{s=1}^2 f_s \times C_s \geq P_{\max} \quad (3)$$

$$h_s \leq H, \quad S = 1, 2 \quad (4)$$

$$\sum_{s=1}^2 f_s \times h_s = 1 \quad (5)$$

以單一時段混合車隊模式求得該時段最佳混合車種班次數組合後，進而計算在該車種組合下各車種所需的車輛數，計算方式如 (6) 至 (8) 式所示：

$$N_s = T_s \times f_s \quad (6)$$

$$T_s = T_o + T_t \quad (7)$$

$$T_o = \frac{L}{V_s} \quad (8)$$

以往研究[14]指出單一路線在不同時段需求差異非常大時，使用多種不同容量車種營運時，將有助於降低系統總成本。因此，本研究在構建單一時段混合車隊模式後，進而將分析時間擴展至一週，考量在一週 k 個時段、2 種車輛型式下，使系統總成本最小的各時段班次數組合，並依序獲得最佳發車間距及車隊規模。

多時段混合車隊模式之目標函數及限制式如下：

$$\begin{aligned} \text{Minimize } TC &= TOC + TPWC + TPRC \\ &= \sum_{S=1}^2 \sum_{t=1}^k C_{B_S} \cdot L \cdot f_{St} \\ &\quad + v_w \times \sum_{S=1}^2 \sum_{t=1}^k \left(Q_{St} \cdot \frac{1}{2} h_{St} \right) \\ &\quad + v_v \times \sum_{S=1}^2 \sum_{t=1}^k \left(Q_{St} \cdot \frac{l_t}{V_{St}} \right) \quad (9) \end{aligned}$$

$$\text{Subject to } \sum_{S=1}^2 f_{St} \times C_S \geq P_{\max,t} \quad (10)$$

$$h_{St} \leq H, \quad S=1,2 \quad (11)$$

$$\sum_{S=1}^2 f_{St} \times h_{St} = 1 \quad (12)$$

4.2 模式求解程序

在模式整體架構構建後，本研究之車種組合與車隊規模求解步驟如下，並計算出各時段及一週之系統總成本值。

1. 一週時段劃分：依照調查所得的全週旅客需求量變化，將一週區分為平常日及假日，而平常日資料可再細分為四個時段，包括：平常日晨峰、平常日日間離峰、平常日昏峰、平常日夜間離峰。假日全天則視為單一時段。
2. 模式變數資料輸入：輸入各時段、各車種之模式外生變數資料（如表一），以作為單一時段混合車隊模式（2）式之計算基礎。
3. 路線調查基本資料輸入：輸入路線調查所得之各項營運資料（如表二所示）。
4. 單一時段混合車種組合計算：在步驟 2 及 3 中完成資料構建後，分別以不同車種所提供之班次數組合代入模式

中，於每一服務時段開始時發車。在滿足最大承載區間乘客數及最大班距時間限制下，分別計算各時段之各種車種班次數組合下，業者營運成本、旅行者等車成本、旅行者乘車成本，三項成本加總後找尋使系統總成本達到最小的混合車種班次數，再計算出班距及所須車隊規模，最後輸出求解結果。

5. 多時段混合車種最佳組合判斷：判斷在步驟 4 中所求得各時段所須提供的混合車隊規模是否能於全週各時段中通用，並在一週中最大承載區間的時段，有無閒置車輛。若有，即代表設備（成本）發生浪費，進入步驟 6；若否，則進入步驟 8。
6. 最大承載區間之時段的班次數組合變動：當由單一時段個別求得的最佳組合車輛數無法於一週各時段共用時，則進一步變動一週中最大承載區間之時段的混合車種班次數組合，求得各種班次數組合下所需車輛數，再將此車輛數組合輸入至多時段混合車隊模式（9）中，作為各車種購車數的最大限制條件。
7. 一週系統總成本最小化求解：以步驟 6 中所求得的車輛數組合為上限，代入其他時段中，找尋在增加此條件下各時段最佳的班次數組合，並計算出在此組合下一週系統總成本。再回到步驟 5 中進行一週最大承載區間有無車輛閒置狀況發生的判斷。
8. 最佳混合車種組合與車隊規模結果輸出：輸出混合車種各種車輛數組合下的各項成本，列出使一週系統總成本達到最小的各時段班次數組合、車輛數、班距及各項成本。並與目前該路線實際營運狀況作分析比較，判斷此模式求得結果是否可以使系統總成本降低，並分析各項成本的變動狀況。

五、模式應用與分析

5.1 路線營運現況調查與分析

本研究以單一公車路線（台北捷運接駁路線紅 3 線）所須配置的車種組合與車隊規模進行實例分析，考慮之車種限於目前營運於台北之標準公車與小型公車兩種車種，而分析所需的數據資料由實際進行上下車乘客數調查後獲得。實際調查所得之各時段乘客需求數、最大承載區間乘客需求數、平均旅行距離、各種車種平均速率資料整理如表二所示。將平常日及假日調查所得資料輸入模式中，計算出在目前車輛數及班次數配置下，實際營運狀況之各項成本分別為：業者營運成本 270,879 元/週、使用者等車成本 278,291 元/週、使用者乘車成本 406,471 元/週，三項成本加總後得一週系統總成本為 955,639 元。

5.2 最佳車種組合及車輛數

本研究考量以車輛容量分別為 50 人之標準公車及 30 人之小型公車進行排班營運作業，所提供的班次組合須能滿足各時段最大承載區間乘客需求數。於 5.2.1 節先個別討論各個時段，求出使各時段系統總成本最低之混合車種班次數及所需購車數，5.2.2 節則以一週中最大承載區間的時段，所求得之混合車種購車數為其他時段可使用車輛數上限，再調整各時段的班次數及配車數，找出各時段最佳車輛型式及班次數配置組合，以最小化一週系統總成本。5.2.3 節中，則以業者營運成本最小化為目標函數，求解在業者營運成本最低時，混合車種組合及車隊規模。

5.2.1 個別時段混合車種組合及車輛數

在針對一週中個別時段進行單一車種及混合車種排班分析中，對於混合車種營運時所提供的容量須能滿足最大承載區間乘客需求之限制，如 (13) 式。在模擬時間長度為一小時，及最大班距應不大於政策班距時間 30 分鐘下，亦即每小時無論是何種車種組合，皆須至少發出兩班車，如 (14) 式所示。

$$f_1 \cdot C_1 + f_2 \cdot C_2 \geq P_{\max} \quad (13)$$

$$f_1 + f_2 \geq 2 \quad (14)$$

統計個別時段所求得的系統總成本最小時各車種班次數組合，整理後可得表三，由表中晨峰及昏峰時段設計所得的購車數可發現，當購入標準公車 4 輛及小型公車 10 輛以滿足各時段購車數組合需求時，無論在晨峰時段或昏峰時段都將有車輛閒置的狀況發生。為此，在 5.2.2 節中將對此問題做一修正工作，以滿足晨峰時段之車種組合為購車數之限制條件，即晨峰時段不能有車輛閒置的狀況產生，逐步調整各時段混合車種班次數，求取使一週系統總成本最小之車種組合及車隊規模。

5.2.2 一週混合車種組合及車輛數

以晨峰時段各容量的混合車種購車數為上限，找尋在此限制條件下，其他時段所須提供的班次數組合，以最小化系統總成本。當各時段混合車種班次數組合如表四中所示時，系統總成本達到最佳值，此時所須購入的車種組合為標準公車 0 輛、小型公車 13 輛。此時將表四中各項成本與實際營運狀況成本進行比較，可發現本研究模式求得之全週系統總成本 936,960 元小於目前實際營運的 955,638 元，減少 24,678 元。主要的成本節省項目為旅行者的等車成本減少 50,553 元，原因為平常日每日班次數及假日班次數皆增加，縮短旅行者等車時間，但因班次數的增加將同時使業者營運成本增加 11,534 元。

5.2.3 業者一週營運成本最小化

在僅考慮服務提供者的營運成本下，本研究進而改以業者一週總營運成本最小化為目標函數，進行一週最佳車種組合與車隊規模求解。求解結果如表五所示，此時系統所須購入車種組合為：標準公車 6 輛、小型公車 4 輛。將各項成本與實際營運狀況相比，可發現在最小化業者全週總營運成本時，業者營運成本在模式最佳解時比實際營運時減少 58,208 元/週，減少 21.49%，原因為每週班次數由實際營運班表的 347 班減少至 317 班。相反的，減少

班次數將拉長班距、增加乘客等車時間，乘客的等車成本也因此增加 53,793 元/週。對系統總體而言，系統總成本減少 1,864 元/週，僅減少 0.2%。

5.3 敏感度分析

在求解得表四一週系統總成本最小車種組合後，為了解相關參數對於系統總成本的影響，本研究進而分別調整表一模式變數資料中車輛每車公里成本及車內外旅行時間成本，以探討參數變化對表四最佳解中各項成本之影響。並同時針對平日晨峰時段，探討不同參數變化對最佳車種組合選擇之影響。

結果發現，在車輛每車公里單位成本、單位車內旅行時間成本及單位車外旅行時間成本增加時皆分別會使業者營運成本、旅行者乘車成本、乘客等車時間成本增加，系統總成本在其他兩項成本未變動下，也將與變動的成本項目有相同的變動幅度。

將時段縮小至探討一週最大承載區間乘客數的平日晨峰時段時，無論是三個參數值任一值變動時，可發現使系統總成本最小的最佳車種組合將發生變化，而此最佳晨峰時段混合車種班次數組合將影響所需購車數及一週最大購車數限制，進而影響使一週系統總成本最小之混合車種組合與車隊規模。

六、結論與討論

6.1 結論

1. 在模式構建方面，本研究首先構建單一時段混合車種模式，以求取使各時段系統總成本最低的混合車種班次數組合及車隊規模。但由於一週中乘客需求量依時段不同而變動，因此進而構建多時段混合車種模式，再進行求解。分析時段長度也由過去研究針對單一時段探討擴展為一週，依照實際調查所得路線上乘客需求數變化情形進行時段分割。
2. 本研究探討發現：影響混合車種車輛

選擇與排班作業的因素包括乘客需求數、乘客等車時間、路線營運作業、營運成本、旅客時間價值、車輛容量及可運用的車輛數等。

3. 單一時段的混合車種模式中，由於求解變數之個數較少，因此本研究採用分析性數學法進行求解。而在模式求解時段擴展後，再以模擬法逐步調整各時段混合車種班次數組合，並計算其系統總成本，求得使一週系統總成本最小之混合車種排班組合及車隊規模。
4. 本研究以紅 3 路線求解結果顯示，在針對單一時段個別探討時，晨峰時段使用標準公車 4 輛、小型公車 7 輛；昏峰時段使用標準公車 0 輛、小型公車 9 輛的混合車種組合營運可使系統總成本達到最小，但若購入標準公車 4 輛及小型公車 9 輛進行營運時，無法同時使晨峰及昏峰時段系統總成本最小，在一週最大承載區間的晨峰時段發生車輛閒置，顯示成本發生浪費。因此，本研究進而以晨峰時段的混合車種車隊規模為上限，逐步調整各時段班次數組合，求得使一週系統總成本最低的班次數組合。
5. 各時段標準公車與小型公車班次數組合分別為，平日晨峰 (0,7)、平日日間離峰 (0,3)、平日昏峰 (0,5)、平日夜間離峰 (0,2)、假日全天 (0,3) 時一週系統總成本達到最低點，且在晨峰時段無車輛閒置。所須購入車隊規模為標準公車 0 輛、小型公車 13 輛。將模式最佳解與實際營運狀況各項成本比較可發現，業者營運成本增加 11,534 元/週、使用者等車成本減少 50,553 元/週、使用者乘車成本增加 14,341 元/週，加總後系統總成本減少 23,283 元/週，變動幅度最大者為使用者等車時間成本的減少。

6.2 建議

1. 針對單一路線進行排班作業及車輛配置時常會於離峰時段產生車輛閒置問題，

後續研究可將模式中的路線數擴充至多條路線，並讓車輛可以共用，使車隊運用更有彈性。

2. 模式輸入的外生變數會影響到模式運作後結果的內生變數，因此，若能針對多條路線同樣進行上下車乘客數及營運成本調查作業，將有助於釐清混合車種的使用條件及範圍。
3. 本研究對乘客需求量、最大承載區間乘客需求量及平均旅行距離三項資料，均依照不同時段的劃分皆取其每小時平均值進行求解，但實際情況為在同一時段中仍有高低變化存在，未來若能再將時段區分至以每一小時為單一時段進行探討，將更能反映實際狀況。
4. 在本研究中對於混合車種排班並未作發班順序的探討，僅以班距時間長度比例及假設沒有超車狀況產生，限制車輛相互超越。而在實際營運中，在使用不同車種且班次較密時可能產生脫班或連班的狀況。

七、參考文獻

1. Bly, P. H. and Oldfield, R. H., "An Analytic Investigation of Optimal Bus Size," *Transportation Research Board*, Vol. 22B, No. 5, pp. 319-337, 1988.
2. Ceder, A., "Bus Frequency Determination Using Passenger Count Data," *Transportation Research-A*, Vol. 18A, pp. 439-453, 1984.
3. Ceder, A., "Bus Timetables with Even Passenger Loads as Opposed to Even Headways," *Transportation Research Record* 1760, pp. 3-9, 2001.
4. Glaister, S., "Bus Deregulation, Competition and Vehicle Size," *Journal of Transportation Economics and Policy*, Vol. 20, No. 2, pp. 217-244, 1986.
5. Hurdle, V.F., "Minimum Cost Schedules for a Public Transportation Route - I. Theory," *Transportation Science*, Vol. 7, No. 2, pp. 109-137, 1973.
6. Jansson, J.O., "A Simple Bus line model for optimization of service frequency and bus size," *Journal of Transportation Economics and Policy*, Vol.14, No.1, pp.53-80, 1980.
7. Lee, K.T., Kuo, H.F., and Schonfeld, P.M., "Optimal Mixed Bus Fleet for Urban Operations," *Transportation Research Record* 1503, pp. 39-48, 1995.
8. Navin, P.D., "Optimal Urban Bus Size," *Transportation Research Record*, TRR 663, pp. 74-76, 1978.
9. Newell, G.F., "Dispatching Policies for a Transportation Route," *Transportation Science*, Vol.5, No. 1, pp.91-105, 1971.
10. Salzbom, F.J.M., "Optimal Bus Scheduling," *Transportation Science*, Vol. 6, No. 2, pp. 137-148, 1972.
11. Vijayakumar, S., and Jacobs, G., "Analysis of the Effect of Bus Size on Route performance," *Traffic Engineering and Control*, Vol. 31, No. 12, pp. 644-654, 1990.
12. White, P.R., Turner, R.P., and Mbara, T.C., "Cost benefit analysis of urban minibus operations," *Transportation*, No. 19, pp. 59-74, 1992.
13. 李克聰、郭雪芬，「都市公車系統最佳混合車隊營運分析」，中華民國運輸學會第八屆論文研討會，頁 457-464，民國 82 年 12 月。
14. 李克聰、曾亮勳，「台中市高潛力公車之混合車隊營運規劃分析—以『紅橘藍黃線』為例」，中華民國運輸學會第十九屆論文研討會，民國 93 年 11 月。
15. 周義華，「重複型公車路線之運量調查及班次分析」，*運輸計畫*，第 16 卷 4 期，頁 563-572，民國 76 年 12 月。
16. 周義華、張國揚，「公車網路班次分派與車輛配置之研究」，*運輸計畫*，第 18 卷 2 期，頁 223-254，民國 78 年 6 月。
17. 周義華，吳宗憲，「公車路線間相互支援之排班專家系統」，*運輸計畫*，第 26 卷 1 期，頁 159-202，民國 86 年 3 月。
18. 張玉君，公車系統最適車輛容量之研究，國立台灣大學土木工程學研究所，民國 82 年。
19. 張有恆，「都市雙節公車與標準公車之比較研究」，*運輸計畫*，第 12 卷 3 期，

頁 305-319，民國 72 年 9 月。

20. 張有恆，大眾運輸系統之設計與營運管理上冊，黎明文化事業公司，民國 79 年。
21. 張有恆，都市公共運輸（第二版），華泰書局，民國 91 年。
22. 張學孔，「最佳車輛容量與成本特性之分析」，運輸計劃，第 20 卷第 4 期，頁 393~406，民國 80 年 12 月。
23. 許文達，都市公車混合車型排班模擬之研究，國立台灣大學土木工程學研究所，民國 84 年。
24. 廖天賦，最適都市公車型式之研究，國立成功大學交通管理科學系研究所，民國 80 年。
25. 鄭佳良，公車最適車輛容量之研究，國立交通大學交通運輸研究所，民國 80 年。

符號定義

TC ：系統總成本（元/小時）
 TOC ：業者營運成本（元/小時）
 $TPWC$ ：旅行者等車時間成本（元/小時）
 $TPRC$ ：旅行者車上時間成本（元/小時）
 C_{Bs} ：S 型車輛每車公里營運成本（元/公里）
 L ：路線長度（公里）
 f_s ：S 型車輛班次數（車/小時）
 $S=1$ 為標準公車,2 為小型公車
 v_w ：旅行者單位等車時間成本（元/小時）
 Q_s ：S 型車輛乘客需求數（人/小時）
 h_s ：S 型車輛班距（小時）
 v_v ：旅行者單位車上時間成本（元/小時）
 V_s ：S 型車輛行駛速率（公里/小時）
 C_s ：S 型車輛容量（人/車）
 P_{max} ：最大承載區間乘客數（人/小時）
 H ：政策班距（小時）
 N_s ：S 型車輛所需車輛數（輛）
 T_s ：S 型車輛路線週期時間（小時）
 T_o ：S 型車輛營運週期時間（小時）
 T_i ：S 型車輛調度時間（小時）

$TOKM_{St}$ ：t 時段、S 型車輛總行駛里程（公里/小時）
 $TPWT_{St}$ ：t 時段、S 型車輛乘客總等車時間（小時）
 $TPRT_{St}$ ：t 時段、S 型車輛乘客總車上時間（小時）
 f_{St} ：t 時段、S 型車輛班次數（車/小時）
 Q_{St} ：t 時段、S 型車輛乘客需求數（人/小時）
 h_{St} ：t 時段、S 型車輛班距（小時）
 l_t ：t 時段平均旅行長度（公里）
 V_{St} ：t 時段、S 型車輛行駛速率（公里/小時）
 $P_{max,t}$ ：t 時段最大承載區間乘客數（人/小時）
 f_1 ：標準公車班次數（班/小時）
 f_2 ：小型公車班次數（班/小時）
 C_1 ：標準公車車輛容量（人/班）
 C_2 ：小型公車車輛容量（人/班）

表一 模式變數資料

車輛容量 (座位加立位) (人/車)	小型公車	30
	標準公車	50
車輛每車公里成本 (元/車公里)	小型公車	27.526
	標準公車	34.852
旅行時間成本 (元/小時)	車內 (車上)	71.7
	車外 (等車)	143.4
承載率 (α)	平日尖峰	1.0
	平日離峰	0.7
	假日全日	0.7
班距比例	小型公車	0.89
	標準公車	1.00
車輛調度時間 (分)		10

表二 紅3線調查所得路線營運資料

時段 (時)		平常日				假日
		6-9	9-16	16-20	20-24	6-24
平均速率 (公里/小時)	標準公車	14.62	15.78	13.65	16.89	15.58
	小型公車	13.90	15.01	12.98	16.06	14.71
乘客需求數 (人/小時)		262	57	219	45	52
最大承載區間 乘客需求數 (人/小時)		203	31	137	28	28
平均旅行距離 (公里)		7.057	5.475	6.202	5.918	5.670

表三 各時段系統總成本最小之車種組合

時段		晨峰	日間 離峰	昏峰	夜間 離峰	假日 全天
班次數 (班/小時)	標準公車	2	0	0	0	0
	小型公車	4	3	5	2	3
購車數 (輛)	標準公車	4	0	0	0	0
	小型公車	8	5	10	4	6
業者營運成本 (元/小時)		4,028	1,850	3,083	1,233	1,850
旅行者等車成本 (元/小時)		3,140	1,362	3,140	1,613	1,234
旅行者乘車成本 (元/小時)		9,368	1,491	7,503	1,189	1,437
全週系統總成本 (元/週)		930,945				

表四 一週系統總成本最小之車種組合

時段		晨峰	日間 離峰	昏峰	夜間 離峰	假日 全天
班次數 (班/小時)	標準公車	0	0	0	0	0
	小型公車	7	3	5	2	3
購車數 (輛)	標準公車	0	0	0	0	0
	小型公車	13	5	10	4	6
業者營運成本(元/小時)		4,316	1,850	3,083	1,233	1,850
旅行者等車成本(元/小時)		2,684	1,362	3,140	1,613	1,234
旅行者乘車成本(元/小時)		9,537	1,491	7,503	1,189	1,437
全週系統總成本(元/週)		930,960				

表五 一週業者總營運成本最小之車種組合

時段		晨峰	日間 離峰	昏峰	夜間 離峰	假日 全天
班次數 (班/小時)	標準公車	3	0	3	0	0
	小型公車	2	2	0	2	2
購車數 (輛)	標準公車	6	0	6	0	0
	小型公車	4	4	0	4	4
業者營運成本(元/小時)		3,575	1,233	2,342	1,233	1,233
旅行者等車成本(元/小時)		3,769	2,043	5,234	1,613	1,864
旅行者乘車成本(元/小時)		9,243	1,491	7,134	1,189	1,437
全週系統總成本(元/週)		953,774				