

公車路線最適營運策略組合之研究

計畫編號：90-2211-E-002-064

執行時間：90/08/01~91/07/31

主持人：周義華 台灣大學土木工程學研究所教授

一、中英文摘要

中文摘要(關鍵詞：營運策略、公車路線、啟發式求解法、數學分析法)

公車路線之營運策略主要包括每站皆停、區間車、直達車、越站停車及分區停車等方式，本研究基於業者與使用者雙贏的目標，建立公車路線營運策略組合，以降低業者營運成本及提升運輸服務水準。本研究首先探討現行公車各種營運策略的優缺點，並依據公車路線乘客起迄資料及公車排班的計算原理，建立營運策略組合模式。模式的目標為業者營運成本及使用者旅行時間成本和為最小，限制條件則包含車輛容量、路線最短行駛里程、最大班距、營運者成本及使用者成本皆須同時下降等，祇要已知路線上乘客旅次起迄資料及業者基本營運資料，即可求得最適之營運策略組合，求解法為覆算式的(iterative)啟發式方法，並撰寫程式進行求解。

本研究針對幾種主要的營運方式進行組合，以成本和最小的情況下，估計各營運策略組合下各類班車之運量，並實際求出各營運策略組合下各類班車之停靠站、班距、

總車輛數、業者營運成本及乘客旅行時間成本等資料。

英文摘要(Keywords : Operation Strategy、Bus route、Heuristic Method、Mathematical analysis)

This project designs algorithms to search the best combination of bus operation strategies, with the objective to minimize the sum of operator's cost and passengers' travel time cost. The restrictions include bus vehicle capacity, minimum length of bus routes, and the policy headway.

At first, the characteristic of main operation strategies including all-stop service, short-turn service, express service, skip-stop service and zonal service are discussed. And then, computing algorithms are constructed in order to find the best strategy combination from all possible solutions. In each combination, the headway, fleet size, stop position served, operator's cost, and passengers' travel time cost of each service strategy are solved simultaneously. The main methods of solving the algorithms are mathematical analysis and heuristic approach.

二、計劃緣由與目的

公車系統為目前國內各都市最主要的大眾運輸工具，即使未來各都會區捷運系統陸續完成後，公車系統仍將扮演重要的角色。目前，國內業者在選擇路線的營運策略（Operation Strategy）時，除了採用每站皆停方式外，部分並加開直達車，以服務路線過長之路線，希望能減少旅客旅行時間及業者營運成本支出。關於公車路線營運策略，尚有為了減少乘客旅行時間、提高行車速率所發展的越站停車方式、分區停車等方式，這些策略在國外已有實際經營案例，並證實能有效降低業者經營成本及減少乘客旅行時間【1】。本研究將針對各種營運策略之特性及優缺點，並於已知乘客在公車路線上之旅次起迄分佈之情況下，以經營者之營運成本降低與乘客之旅行時間縮短為前提，並納入營運者成本及使用者成本皆下降之雙贏觀念，建立公車路線最佳之停站策略組合模式，以找尋出各路線最佳的營運策略組合。

三、研究方法與成果

研究方法

本研究擬針對公車路線營運策略進行分析，利用數學分析與啟發式求解法，求解在營運者成本及旅客旅行時間和最小之情況下，公車路線的營運策略組合。由於設計營

運策略組合必須考慮的因素甚多，因此為使問題適度的簡化，且又可兼顧策略組合的合理性及滿足設計的目標，本研究提出基本假設如下：

- 1、各站間旅運需求量固定，不因停站方式改變而轉移。
- 2、本研究僅考慮每站皆停、區間車、直達車、越站停車及分區直達等營運策略，至於限制分區及半限制分區方式，因易受乘客誤認為過站不停，因此不予考慮。
- 3、旅客時間價值相同。
- 4、研究中不將道路型態、交通環境、站位設計及站位長度等因素納入營運策略組合的考量。

3.1 模式構建

一、目標函數

$$\text{Min } TC = TBC + TPWC + TPBC \quad (3-1)$$

$$TBC = BC \times TBMK \quad (3-2)$$

$$TPWC = PWC \times TPWT \quad (3-3)$$

$$TPBC = PBC \times TPBT \quad (3-4)$$

式中，

TC ：系統總成本（元）

TBC ：公車總營運成本（元）

$TPWC$ ：乘客等車時間總成本（元）

$TPBC$ ：乘客車上時間總成本（元）

BC ：公車每車公里之營運成本（元/公里）

$TBMK$ ：公車總行駛里程（公里）

PWC ：乘客每單位時間之等車成本（元/小時）

$TPWT$ ：乘客總等車時間（小時）

PBC ：乘客在車上每單位時間成本（元/小時）

$TPBT$ ：乘客總車上時間（小時）

二、營運策略組合

(一) 直達車與每站皆停策略之組合

輸入車站數及乘客 OD 量，並依據各站乘客 OD 量，求出實施每站皆停方式之目標值（基準目標值）、班距、車輛數等資料。再將乘客 OD 量由大至小排列，直達車路線先納入最大乘客 OD 量之起迄站，並計算此直達車路線與每站皆停之策略組合的目標值、班距、車輛數等資料，如果策略組合目標值大於基準目標值，則刪除此策略組合。反之，策略組合目標值小於基準目標值，且營運者成本及使用者成本皆較基準目標值之營運者成本及使用者成本低時，則輸出該策略組合；接著直達車路線再納入第二大乘客 OD 量之起迄站，且計算與每站皆停策略組合下之目標值，再與基準目標值進行比較。重複進行上述的步驟，直至所有的乘客 OD 起迄站皆與每站皆停實施過策略組合為止。

(二) 區間車與每站皆停策略之組合

首先依據輸入之各站間運量計算實施每站皆停之目標值（基本目標值）。再依 OD 量最大之起訖點，並將該區間定為 (i, j) 區間車基本的行駛區間，再計算該區間車與每站皆停實施策略組合之目標值、班距、車輛數等資料，並與基本目標值相比較，如果組合策略目標值低於基本目標值，則輸出組合策略，反之，則刪除此組合策略。接著區間車的服務範圍由 (i, j) 向前後相鄰的停靠站依序擴大，分別計算各所有可能區間與每站皆停進行策略組合之目標值，再分別與基本目標值相比較，如果組合策略目標值低於基本目標值，則輸出組合策略，反之，則刪除此組合策略，直至所有區間車可能之行駛區間皆與每站皆停進行策略組合為止。

(三) 越站停車

首先依所蒐集的各站間乘客量資料計算實施每站皆停之目標值，並且將各停靠站依各站間乘客量由大至小排列，接著由最大運量的停靠站開始，將其設為 AB 站，然後以此 AB 站為中心，將前後的停靠站分別依序設為 A、B 站，並且計算該組合策略之目標值，如果組合策略目標值高於基本目標值，則刪除此組合策略，反之，則輸出該組合策略。然後依序納入次大運量之停靠站為 AB 站，重複上述的步驟，直至所有的停靠站皆設為 AB 站為止。

(四) 分區直達策略組合

首先由將所蒐集之乘客 OD 量計算實施每站皆停方式之目標值（基準目標值）、班車班距及車輛數等資料。再將乘客 OD 量由大至小排列，並由最大之 OD 量開始，將此 OD 對設為 (i, j) ，並將路線全程分為二區間 $(1, i)(i, n)、(1, j)(j, n)$ 及三區間 $(1, i)(i, j)(j, n)$ ，再分別計算各區間組合下之目標值等資料，若各分區組合目標值高於基準目標值，則刪除此分區組合，反之，則輸出該分區組合策略。接著，再由次大之旅客 OD 站開始運算，將路線分別區分為二區間或三區間（如上所述），計算各分區組合下之目標值，並與基準目標值比較，依上述步驟反覆進行，直至所有的 OD 站皆搜尋完畢。

3.2 模式應用

一、公車路線資料

公車路線基本資料包括路線長度 (L)、停靠站數 (n)、場站調度時間 (T_t)、車輛容量 (C_v) 及承載率 (α) 等。乘客 OD 量及分佈情形，會影響最適的營運策略組合，本研究進行模式驗證時將採用表 3-1 的假設資料。

二、營運成本資料

公車營運成本為公車每車公里之營運成本乘以公車總行駛里程，公車總行駛里程如 (3-5) 所示：

表 3-1 公車路線假設資料表（單程）

項目	路線 甲路公車
路線行駛長度 (L)	24 公里
停靠站數 (n)	32
場站調度時間 (T_t)	10 分
車輛容量 (C_v)	60 人/車
承載率 (α)	1.0

$$TBMK = \sum_i f_i \times D_i \quad (3-5)$$

式中，

$TBMK$ ：公車總行駛里程（車公里）

f_i ：營運策略 i 之班次數

D_i ：營運策略 i 之路線長度（公里）

公車每車公里之營運成本 (BC) 依據

「台北市聯營公車營運成本檢討暨票價調整初核報告」[11] 為 53 元/車公里。

三、乘客 OD 資料

乘客 OD 量及分佈情形會影響公車最適營運策略組合，因此，本研究將針對乘客 OD 量大小及均勻分佈、極端分佈兩種不同的情況，本研究以例題一~例題六為例，求解出最適的營運策略組合。

四、旅行時間成本資料

旅行時間成本包括等車時間成本及車上時間成本。等車時間成本為乘客每單位時間之等車成本（元/小時）乘以總等車時間，乘客每單位時間之等車成本依據交通部運輸

研究所之分析【11】為 120 元/小時。

車上時間成本為乘客在車上每單位時間成本（元/小時）乘以乘客總車上時間（小時），乘客在車上每單位時間成本依據交通部運輸研究所之分析【12】為 60 元/小時。

成果

- 1、以營運成本及旅行時間成本和最小為目標，構建營運略組合模式。
- 2、使用數學分析及啟發式方法，求解各營運策略組合方案之班距、車輛數、停靠站、營運成本及旅行時間成本，以決定公車路線最佳營運策略組合。
- 3、撰寫程式，利用電腦程式執行上述運算。

四、結論與建議

結論

1、為確保營運者成本及乘客旅行時間成本最小，公車路線最適營運策略除採用每站皆停策略外，本研究採用直達車與每站皆停、區間車與每站皆停、越站停車及分區直達等營運策略組合，以達到營運者成本及乘客旅行時間成本同時下降的目標。

2、本研究所建立之評估指標係以總成本最小化為目標，透過營運者成本及乘客旅行時間成本最小，求解最適營運策略組合，

以符合營運者與使用者雙贏之目標，。

3、本研究之營運策略組合模式可透過不同的停靠站、乘客量及乘客 OD 量分佈情況之變動，產生不同最適營運策略組合，顯示決策者可依不同之乘客需求調整路線之營運策略，使其具有相當之彈性。

建議

- 1、因為公車路線乘客 OD 量分佈情形不易取得，未來若因票證改革而能獲取實際之資料，則可進行更多的實例應用。
- 2、本研究以乘客需求固定的情況下求解公車路線最適營運策略組合，並未將乘客轉車及乘客因為營運策略不同而產生轉移的因素納入考量，建議後續研究可繼續探究以使其更加完備。

五、參考文獻

- 1、“Operation Strategies for Major Radial Bus Route,” U.S. DOT, UMTA office of Planning Assistance, 1984.
- 2、藍武王，「直達車、區間車與普通車行駛特性之調查分析」，運輸計劃季刊，第十二卷第二期，民國七十二年九月，285~303 頁。
- 3、Santhakumar , S.M. and Hariharan , P., “ Transportation Systems Management Options to Improve

- Urban Bus Route Performance Using Computer Simulation ,” TRR 1338 , 1991 , pp.22-27.
- 4、Taso , S .M . and Schonfeld , P., “ Balance Transit Service : An Analysis , ” Journal of the Transportation Engineering , ASCE , Vol. 110 , No. 1 , January , 1984 , pp.112-128.
- 5、趙瑞芳 ,「單一公車路線選擇最佳運作策略之研究」,台灣大學土木工程研究所碩士論文,民國八十五年六月。
- 6、黃勵君 ,「捷運系統最適營運路線設計之研究」,台灣大學土木工程學研究所碩士論文,民國八十九年六月。
- 7、Newell, G.F., "Dispatching Policies for a Transportation Route," Transportation Science, No.5, 1971, pp.91-105.
- 8、韓復華 ,「客運系統班次排定問題之研究」,台灣大學土木工程學研究所碩士論文,民國六十五年六月。
- 9、Willson, N.H.M. and Gonzalez, S.L, "Method for Service Design," TRR 862, 1982, pp.1-9.
- 10 、 Ceder, A., “ Bus Frequency Determination Using Passenger Count Data, ” Transportation Research-A, Vol.18A, 1984, pp.439-453.
- 11、交通局 ,「台北市聯營公車營運成本檢討暨票價調整初核報告」,民國八十六年六月。
- 12、黃俐嘉 ,「公車路網績效評估之研究」,台灣大學土木工程研究所碩士論文,民國八十六年六月。