

公路客運轉運站最適營運之研究

- 以台中朝馬轉運站為例

李克聰¹ 詹雅雯²

摘要

本研究以最適化技巧建立一基本的解析模式(A analytical Model)決定轉運站之最適營運車輛數，並以營運者成本與顧客旅行時間成本與的權衡取捨(Trade-off)關係作為基礎。此外，於基本模式為基礎前提，本研究亦考慮在業者營運成本與乘客旅行成本總合最低為目標，求解轉運站之最適營運車輛數。最後以數值敏感度探討「乘客車上時間價值」、「乘客等車時間價值」、「國道行駛速率」、「市區行駛速率」、「國道車輛固定成本」、「市區接駁車輛固定成本」、「國道車輛停靠一次轉運站所支付之場站使用成本」、「市區接駁車輛停靠一次轉運站所支付之場站使用成本」等與轉運站最適營運車輛數和社會總成本之關係。

壹、前言

近年來，台灣地區經濟快速成長，民眾對於往來各地之旅運需求亦急遽增加，除了運量遽增之外，隨著國民所得之增長，民眾對於運輸系統服務品質的要求亦越來越高。在民國 84 年 8 月 23 日政府所提出的交通政策白皮書中[1]，曾提出針對「健全運具間之聯運系統」之施政方案，目的就是在建立一聯運系統，健全大眾運輸系統間之聯合運輸型態，且在白皮書中亦提出發展客運轉運中心之相關方案，以提升國道客運系統的服務品質。

過去台灣地區的傳統國道客運業者營運方式，多採取點至點的直達路線營運型態，但有鑑於若經營偏遠路線（即需求量小）或需求點分散的情況時，將會因車輛乘載率偏低且乘客等車時間長，造成業者營運嚴重虧損與乘客需求轉移之現象，故若能將具有提高服務品質與降低系統成本等多重效益之轉運中心作業(Transfer Center Operation)觀念應用於國道城際客運上，而透過完善之轉運接駁服務，將可使得國道客運國務範圍更廣大的擴展。有鑑於此，如何針對不同運輸環境與考量不同運具特性加以規劃設計出一最適營運之公路客運轉運中心，實為迫切且亟待努力解決之課題。

¹逢甲大學交通工程與管理系所副教授。

²逢甲大學交通工程與管理系研究所研究生。

貳、最適營運相關文獻回顧

邊泰明(民 71)從都市系統觀點，針對加油站之區位需求、區位配置及用地規模進行分析。在區位需求部分，基於空間特性的產出，以逐步迴歸方式建立區位需求方程式，找出區位選擇變數之關係，並透過選擇變數之性質與加油行為分析，以固定需求及隨機需求之比例作為指標，進而分析階層性的高低。在區位配置方面，設定目標函數為總體行車成本最低，並考慮現有加油站均衡不變動之情況下，尋求最佳配置方案。至於用地規模部分，則是透過等候理論模式中的到達率及服務率作為建立使用者效用函數之基礎及等候線中等待車輛數，進而決定用地規模之大小。

陳榮輝(民 81)探討運輸技術與生產技術改變對都會設施規模之影響。該研究以顧客平均旅行成本與單位生產成本之權衡取捨關係為基礎，並透過最適化技巧建立一基本的解析模式，以決定最適之設施規模。研究中以彈性分析技巧分析平均旅行速率、時間價值、平均顧客需求強度、規模經濟與生產因素價格等參數對最適規模的關係。且在單位生產成本與平均旅行成本總和最低為目標及供給等於需求、成本等於收益之均衡假設條件下，延伸構建非線性數學規劃問題以決定最適營運規模與市場範圍。

吳雅惠(民 82)以解析性方法從整體系統進行分析，並同時考慮供給與需求兩方面，以探討航空運輸系統之結構與特性，進而了解影響機場市場規模的各項因素及相互間之關係。研究中透過各項成本隨機場市場規模增加而遞減現象之相互間權衡取捨關係，且在各項成本之組合平均成本最小為目標函數下，分別建立單一城市對航線市場規模模式與整體機場市場規模模式，再對各主要參變數進行敏感度分析，以探討其在政策上之實質意義。

游佳瑜(民 85)發現工業區在開發作業中常忽略區位勘選與規模編定之重要性，致已開發工業區難以達成最適規模之利益；並且所規劃設計之區位、規模及區內各項公共服務設施等，亦未針對不同生產類型的廠家作設計考量，致使已開發工業區之內外部環境、設施條件不足，無法吸引廠家前來投資設廠。該研究中即針對前述缺失，詳加探討工業用地供需變化與工業區使用現況，找出工業區規模編定之決策因素；並由外部因素及內部因素來探討影響工業區開發規模的因素；最後則考慮工業區所在都市階層，建立各都市階層工業區規模目標函數及限制條件，適當轉換雪拉吉土地使用計畫模型之變數，並運用線性規劃方法(SAS/OR)，求解工業區之最適規模。

陳富義(民 87)嘗試定義站前廣場之基本意涵(意義、分類、功能及構成要素)，提出站前廣場之規劃程序、供給面因素(土地取得等)及影響因素(定性及定量)，比較分析各類站前廣場面積估算模型之優缺點，並以國內鐵路及捷運站前廣場為研究範圍，探討其站前廣場之形成與現有規劃設計準則，並與實際供給現況面積作比較分析，再經由旅客調查，以旅客之觀點分析旅客感受站前廣場規模之充足程度，據以檢討分析國內站前廣場規模之課題，並提出改善措施，以建構站前廣場規模之估算流程，作為日後國內規劃設計站前廣場規模之依據與參考。

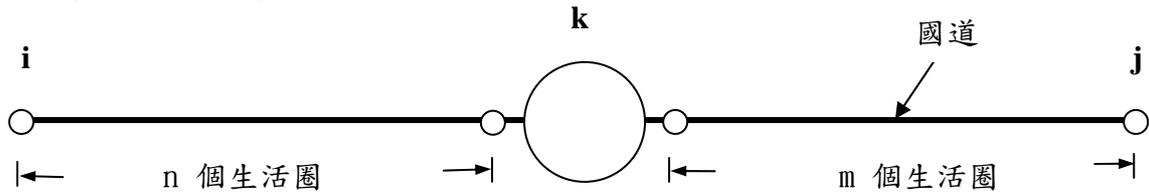
陳昱豪(民 92)以公路客運轉運站為主要規劃範圍，並基於場站區位與面積大小不受限制之單一轉運中心假設前提下，透過分析性數學模式、數學規劃法等方法構建轉運站最適規模之求解模式，並發展有效之求解程序及配合數值分析法，進而求解出轉運站規模與其容納路線數間之權衡關係。此外，為更能增進轉運站之

設置效益，其於轉運站最適規模之基礎上據以規劃設計『整數班距策略』及『混合車隊策略』等相關之營運服務策略。

參、模式構想與假設

一、模式基本假設

本研究以管制性 (Regulated)、時間均質性 (Time Homogeneous) 與空間異質性 (Space Heterogeneous) 之營運環境下的公路客運轉運站為研究對象。假設研究範圍內有一條高速公路共有 $n+m+1$ 個生活圈，且均設有交流道供車輛進出(如圖 3.1 所示)。



符號說明： 圖 3.1 國道客運市場營運環境示意圖

k: 國道客運之轉運中心

i、j: 國道客運之起訖點(生活圈) $i=1\sim n$, $j=1\sim m$

在公路客運路網研究中所涉及的環節多且複雜，故為了降低問題過於複雜而模糊規劃重點，但又不致過度簡化而無法反映實際問題之特性，本研究於進行模式構建前先設定下列幾項假設：

1. 研究中所探討並規劃之轉運站類型僅限於單一轉運中心之集散型轉運站，並不考慮其他型式之轉運站系統，且假設其不受區位、面積等因素之限制。
2. 轉運站規模已知，因此設站成本略而不計，且其轉運容量可容納營運所需。
3. 國道客運路線之起訖站固定，不因納入轉運站運作而增加或減少路線之可及性。
4. 乘客需求為已知且固定，不因轉運站之設置而有所變動，且同一時段內之乘客需求呈均勻分配。
5. 國道乘客經接駁或轉運之設計後，雖會改變其所搭乘之原始車輛，但原路線所經路段均不會改變。
6. 研究範圍內僅設置一座轉運站，且乘客必會進入轉運站進行轉運／接駁行為。
7. 轉運站未納入區域客運之路線需求。
8. 轉運站所在之生活圈公車路網，假設為正方形格子路網[3]。
9. 研究中轉運站所在生活圈之公車必會到達轉運站。

二、模式目標函數

在求解大眾運輸系統最佳化之同時，應兼顧營運者與使用者的權益[10]。故基於此，本研究由管制者角度出發，並以系統設計 (System Design) 的觀點來尋求透過設置適當營運之轉運站造成之國道客運系統和轉運站生活圈市區客運系統總社會成本最小化，亦即以業者成本 (包括營運成本及車隊成本)、乘客成本 (包括起訖站與接駁點之候車時間成本、車上時間成本) 兩項總和最小化為目標函數。故本研究之目標函數可設定如下：

目標總成本 = 國道客運系統總社會成本+轉運站生活圈市區接駁系統總社會成本。

(一)國道客運系統

1.業者營運成本 Operator Cost (OC)

此成本乃為業者營運時，其公車之時間之營運總成本。而一個班次的營運時間，則為其行車時間與場站時間的和，其中場站時間則假設與行車時間成正比[9]。此外，由於每輛車皆需進入轉運站進行轉運/接駁行為，故業者營運成本須加入公車停靠轉運站應支付之停靠費用。故業者營運總成本如下：

$$C_o = \frac{2DB_f}{V_f h_f} + \frac{2\rho DB_f}{V_f h_f} + \frac{2\delta_f D}{V_f h_f}, \text{ 其中 } B_f = a_f + b_f S_f \quad (1)$$

2.乘客成本 Passenger Cost (PC)

此成本乃為乘客欲使用轉運站時，其花費時間之使用時間總成本。而乘客所花費之時間成本為乘客等車時間成本與乘客車上時間成本的和，故此針對上述兩項成本分述如下：

a. 乘客等車時間成本

此項成本為單位時間內所有乘客與每一乘客平均等車時間成本之乘積，而乘客平均等車時間成本為乘客平均等車時間與乘客平均等車時間價值之乘積，如下式所示：

$$C_w = (Q + q)\beta_f h_f u_f \quad (2)$$

b. 乘客等車時間成本

此成本為單位時間內所有乘客與每一乘客平均等車時間成本之乘積，而乘客平均等車時間成本為乘客平均等車時間與乘客平均等車時間價值之乘積，如下式所示：

$$C_v = \frac{(Q + q) D v_f}{V_f} \quad (3)$$

故由以上業者營運成本與乘客成本之分析，可得國道客運系統之社會總成本如下式所示：

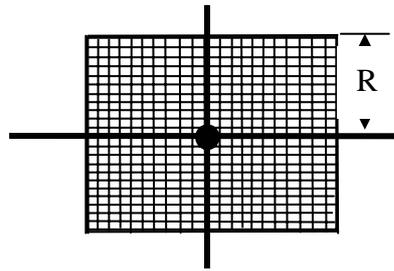
$$TC_f = \frac{2DB_f}{V_f h_f} + \frac{2\rho DB_f}{V_f h_f} + \frac{2\delta_f D}{V_f h_f} + (Q + q)\beta_f h_f u_f + \frac{(Q + q) D v_f}{V_f} \quad (4)$$

(二)轉運站生活圈市區接駁系統

本研究將轉運站生活圈市區接駁系統之地理市場範圍假設為方形運輸格子路網[3]，所以假設此轉運站之地理市場範圍為邊長 2R 且與路網平行與垂直之正方形區域(如圖 3.2 所示)，且市場範圍內之人口密度(Population Density)為 P，正方形市場範圍之土地面積(Market Area)為 S。則市場範圍內顧客至轉運站之平均距離 \bar{R} 可推算如下：

市場範圍內顧客至轉運站之總旅行距離

顧客至轉運站之平均距離 = $\frac{\text{市場範圍內顧客至轉運站之總旅行距離}}{\text{市場範圍內總人口數}}$



$$\bar{R} = \frac{4 \int_0^R \int_0^R (X + Y) P dx dy}{PS} = R \quad (5)$$

(X+Y): 每一顧客至轉運站之距離

圖 3.2 正方形市場範圍

故基於以上之假設，下列將對於轉運站生活圈市區接駁系統之營運者成本和乘客成本將分述下:

1. 業者營運成本 Operator Cost (OC)

此項成本乃為業者營運時，其公車之時間之營運總成本。而一個班次的營運時間，則為其行車時間與場站時間之和，其中場站時間則假設與行車時間成正比[9]。此外，由於每輛車皆需進入轉運站進行接駁行為，故業者營運成本須加入公車停靠轉運站應支付之停靠費用。故業者營運總成本如下:

$$C_o = \frac{4R^2 Q a_q}{V_q (R + R) S_q \alpha} + \frac{4R^2 Q b_q}{V_q (R + R) \alpha} + \frac{4\rho R^3 Q (a_q + b_q S_q)}{V_q (R + R) S_q} + \frac{4\delta_q R^2 Q}{(R + R) V_q d S_q \alpha} \quad (6)$$

2. 乘客成本 Passenger Cost (PC)

此項成本乃為乘客欲使用轉運站時，其花費時間之使用時間總成本。而乘客所花費之時間成本為乘客等車時間成本、乘客到離公車路線時間成本及乘客車上時間成本的和，所以此針對上述四項成本分述如下:

a. 乘客等車時間成本

此項成本為單位時間內所有乘客與每一乘客平均等車時間成本之乘積，而乘客平均等車時間成本為乘客平均等車時間與乘客平均等車時間價值之乘積，如下式所示:

$$C_u = Q_q \beta_q h_q u_q \quad (7)$$

b. 乘客到離公車路線時間成本

此項成本為單位時間內所有乘客與每一乘客平均乘客到離公車路線時間成本之乘積，由過去之研究[11]知任何形狀路網之乘客步行到站距離可模擬為 $(1/4d) \times j$ ，其中 j 為平均步行距離路網形狀調整係數，由以往研究可知，格子狀路網之調整係數 $j=(23/60)$ ，故乘客到離公車路線時間成本如下式所示:

$$C_w = \left(\frac{23}{30} \right) \frac{Q_q W}{2dk} \quad (8)$$

c. 乘客等車時間成本

此項成本為單位時間內所有乘客與每一乘客平均等車時間成本之乘

積，而乘客平均等車時間成本為乘客平均等車時間與乘客平均等車時間價值之成積，如下式所示：

$$C_v = \frac{Q_q v_q R}{V_q} \quad (9)$$

又由於本研究假設二個方向之各公車路線發車間距均相等(hq)即二個方向之各路線公車容量(Sq)亦皆相同。則發車間距如下：

$$h_q = \frac{(R+R)dS_q \alpha}{Q_q} \quad (10)$$

由(10)可得 Sq，如下所示：

$$S_q = \frac{(R+R)dh_q \alpha}{Q_q} \quad (11)$$

將(11)代入(6)可得

$$C_o = \frac{4R^2 Q_q^2 a_q (1+\rho)}{V_q (R+R)^2 dh_q \alpha^2} + \frac{4R^2 Q_q b_q (1+\rho)}{V_q (R+R) \alpha} + \frac{4\delta_q R^2 Q_q^2}{V_q^2 (R+R)^2 dh_q \alpha^2} \quad (12)$$

故由以上業者營運成本與乘客成本之分析，可得轉運站生活圈市區接駁系統之社會總成本如下式所示：

$$TC_q = \frac{4R^2 Q_q^2 a_q (1+\rho)}{V_q (R+R)^2 dh_q \alpha^2} + \frac{4R^2 Q_q b_q (1+\rho)}{V_q (R+R) \alpha} + \frac{4\delta_q R^2 Q_q^2}{V_q^2 (R+R)^2 dh_q \alpha^2} + Q_q \beta_q h_q u_q + \left(\frac{23}{30} \right) \frac{Q_q W}{2dk} + \frac{Q_q v_q R}{V_q} \quad (13)$$

肆、模式構建與求解

本研究於此將國道客運系統與轉運站生活圈市區接駁系統同時納入轉運站最適營運之模式系統考量。在國道客運系統方面，由於假設任何國道路線經轉運站者，其必須進入轉運站進行轉運行為，故本研究將國道客運分為兩部分，一為國道客運經轉運站南下之路線，另一部分則為國道客運經轉運站北上之路線，進而建構出國道客運系統之社會成本；在轉運站生活圈市區接駁系統方面，本研究則是假設往返轉運站之市區接駁公車為正方形格子運輸路網之條件下，進而建構出轉運站生活圈市區接駁系統之社會成本。故建構模式最佳化時，由總社會成本之和最小化為目標，且以班距為此模式系統之設計變數，進而求解出進出轉運站可容納之車輛數，亦即轉運站之最適營運。

一、國道客運系統總社會成本

$$TC_f = \frac{2DB_f}{V_f h_f} + \frac{2\rho DB_f}{V_f h_f} + \frac{2\delta_f D}{V_f h_f} + (Q+q)\beta_f h_f u_f + \frac{(Q+q)Dv_f}{V_f}$$

(一)國道客運經轉運站北上之路線

$$TC_{ik} = \frac{2D_{ik} B_f}{V_f h_{ik}} + \frac{2\rho D_{ik} B_f}{V_f h_{ik}} + \frac{2\delta_f D_{ik}}{V_f h_{ik}} + Q_{ik} \beta_f h_{ik} u_f + \frac{Q_{ik} D_{ik} v_f}{V_f}, \quad i=1 \sim n \quad (14)$$

將(14)式對 h_{ik} 分別進行一階與二階函數的推導如(15)、(16)式：

$$\frac{\partial TC_{ik}}{\partial h_{ik}} = -\frac{2D_{ik}B_f}{V_f h_{ik}^2} - \frac{2\rho D_{ik}B_f}{V_{ik} h_{ik}^2} - \frac{2\delta_f D_{ik}}{V_{ik} h_{ik}^2} + Q_{ik}\beta_f u_f \quad (15)$$

$$\frac{\partial^2 TC_{ik}}{\partial^2 h_{ik}} = \frac{4D_{ik}B_f}{V_f h_{ik}^3} + \frac{4\rho D_{ik}B_f}{V_{ik} h_{ik}^3} + \frac{4\delta_f D_{ik}}{V_{ik} h_{ik}^3} \quad (16)$$

令(15)式為零，可解出 TC_{ik} 的最適班距 h_{ik}^* 及最適車輛數 N_{ik}^* 如(17)、(18)式，再將該二式代入(14)式，即可得到最小化之 TC_{ik}^* 。此外，由(16)式可知其二階導函數恆大於零，表示該目標函數具備嚴格凸面特性，故 h_{ik}^* 、 N_{ik}^* 必為全域最佳解。

$$h_{ik}^* = \left[\frac{2D_{ik}(B_f + \rho B_f + \delta_f)}{Q_{ik}V_f\beta_f u_f} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (17)$$

$$N_{ik}^* = 2 \left[\frac{Q_{ik}D_{ik}\beta_f u_f}{2V_f(B_f + \rho B_f + \delta_f)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (18)$$

國道客運經轉運站南下之路線總成本如下式：

$$\sum_{i=1}^m TC_{ik}^* = \frac{2D_{ik}B_f}{V_f h_{ik}^*} + \frac{2\rho D_{ik}B_f}{V_{ik} h_{ik}^*} + \frac{2\delta_f D_{ik}}{V_{ik} h_{ik}^*} + Q_{ik}\beta_f h_{ik}^* u_f + \frac{Q_{ik}D_{ik}v_f}{V_f} \quad (19)$$

(二)國道客運經轉運站南下之路線

$$TC_{jk} = \frac{2D_{jk}B_f}{V_f h_{jk}} + \frac{2\rho D_{jk}B_f}{V_{jk} h_{jk}} + \frac{2\delta_f D_{jk}}{V_{jk} h_{jk}} + Q_{jk}\beta_f h_{jk} u_f + \frac{Q_{jk}D_{jk}v_f}{V_f}, j=1 \sim m \quad (20)$$

將(20)式對 h_{jk} 分別進行一階與二階函數的推導如(21)、(22)式：

$$\frac{\partial TC_{jk}}{\partial h_{jk}} = -\frac{2D_{jk}B_f}{V_f h_{jk}^2} - \frac{2\rho D_{jk}B_f}{V_{jk} h_{jk}^2} - \frac{2\delta_f D_{jk}}{V_{jk} h_{jk}^2} + Q_{jk}\beta_f u_f \quad (21)$$

$$\frac{\partial^2 TC_{jk}}{\partial^2 h_{jk}} = \frac{4D_{jk}B_f}{V_f h_{jk}^3} + \frac{4\rho D_{jk}B_f}{V_{jk} h_{jk}^3} + \frac{4\delta_f D_{jk}}{V_{jk} h_{jk}^3} \quad (22)$$

令(21)式為零，可解出 TC_{jk} 的最適班距 h_{jk}^* 及最適車輛數 N_{jk}^* 如(23)、(24)式，再將該二式代入(20)式，即可得到最小化之 TC_{jk}^* 。此外，由(22)式可知其二階導函數恆大於零，表示該目標函數具備嚴格凸面特性，故 h_{jk}^* 、 N_{jk}^* 必為全域最佳解。

$$h_{jk}^* = \left[\frac{2D_{jk}(B_f + \rho B_f + \delta_f)}{Q_{jk}V_f\beta_f u_f} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (23)$$

$$N_{jk}^* = 2 \left[\frac{Q_{jk}D_{jk}\beta_f u_f}{2V_f(B_f + \rho B_f + \delta_f)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (24)$$

國道客運經轉運站南下之路線總成本如下式：

$$\sum_{j=1}^n TC_{jk}^* = \frac{2D_{jk}B_f}{V_f h_{jk}^*} + \frac{2\rho D_{jk}B_f}{V_f h_{jk}^*} + \frac{2\delta_f D_{jk}}{V_f h_{jk}^*} + Q_{jk}\beta_f h_{jk}^* u_f + \frac{Q_{jk}D_{jk}v_f}{V_f} \quad (25)$$

二、轉運站生活圈市區接駁系統總社會成本

$$TC_q = \frac{4R^2Q^2a_q(1+\rho)}{V_q(R+R)^2 dh_q \alpha^2} + \frac{4R^2Qb_q(1+\rho)}{V_q(R+R)\alpha} + \frac{4\delta_q R^2Q^2}{V_q^2(R+R)^2 dh_q \alpha^2} + Q_q\beta_q h_q u_q + \left(\frac{23}{30}\right) \frac{Q_q W}{2dk} + \frac{Q_q v_q R}{V_q} \quad (26)$$

將(26)式對 h_q 分別進行一階與二階函數的推導如(27)、(28)式：

$$\frac{\partial TC_q}{\partial h_q} = -\frac{4R^2Q^2(a_q + \rho a_q + \delta_q)}{V_q(R+R)^2 dh_q^2 \alpha^2} + Q_q\beta_q u_q \quad (27)$$

$$\frac{\partial^2 TC_q}{\partial^2 h_q} = \frac{8R^2Q^2(a_q + \rho a_q + \delta_q)}{V_q(R+R)^2 dh_q^3 \alpha^2} \quad (28)$$

令(27)式為零，可解出 TC_q 的最適班距 h_q^* 及最適車輛數 N_q^* 如(29)、(30)式，再將該二式代入(26)式，即可得到最小化之 TC_q^* 。此外，由(28)式可知其二階導函數恆大於零，表示該目標函數具備嚴格凸面特性，故 h_q^* 、 N_q^* 必為全域最佳解。

$$h_{jk}^* = \left[\frac{Q_q R^2 (a_q + \rho a_q + \delta_q)}{4V_q (R+R)^2 d \alpha^2 \beta_q u_q} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (29)$$

$$N_{jk}^* = 2R^2 \alpha \left[\frac{\beta_q u_q}{2Q_q V_d d^3 (a_q + \rho a_q + \delta_q)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (30)$$

轉運站生活圈市區接駁系統總社會成本如下式：

$$TC_q^* = \frac{4R^2Q^2a_q(1+\rho)}{V_q(R+R)^2 dh_q^* \alpha^2} + \frac{4R^2Qb_q(1+\rho)}{V_q(R+R)\alpha} + \frac{4\delta_q R^2Q^2}{V_q^2(R+R)^2 dh_q^* \alpha^2} + Q_q\beta_q h_q^* u_q + \left(\frac{23}{30}\right) \frac{Q_q W}{2dk} + \frac{Q_q v_q R}{V_q} \quad (31)$$

由(19)、(25)、(31)可得目標總社會成本如下式：

$$TC^* = TC_{ik}^* + TC_{jk}^* + TC_q^* \quad (32)$$

由(18)、(24)、(30)可得進出轉運站之總車輛數，即轉運站之最適營運，如下式：

$$N^* = N_{ik}^* + N_{jk}^* + N_q^* \quad (33)$$

伍、實例應用

一、實例說明

假設統聯客運於台中中港交流道下之朝馬地區設置公路客運轉運站。為利於後續分析之便，首先擇取其行經台中都會區之 21 條國道營運路線（如表 5.1 所示）。

表 5.1 統聯客運公司 21 條國道客運路線資料

路線	路線起訖點	實際長度(Km)	起點每時運量	訖點每時運量	實際班距(分)
1	鹿港-台北	228.7	8	4	124
2	南投-台北	238.7	8	7	114
3	西螺-台北	273.2	10	9	108
4	台中港-台北	184.7	5	4	125
5	西港-台北	227.8	24	28	60
6	歐汪-台北	350	7	8	137
7	彰化-台北	195.9	32	40	47
8	東石-台北	284.3	21	18	77
9	員林-台北	195.5	24	29	55
10	箔子寮-台北	273.6	19	18	77
11	北港-台北	278.8	30	22	66
12	嘉義-台中	258.3	33	40	54
13	屏東-台北	394	50	51	56
14	台南-台北	310.1	84	82	39
15	高雄-台北	350.9	108	107	36
16	台中-台北	178.6	99	100	26
17	台中-新竹	94.9	18	15	48
18	台中-中正機場	143.2	33	18	48
19	嘉義-台中	264.2	9	8	65
20	台南台中	315.5	51	47	34
21	高雄-台中	366.5	51	44	39

資料來源:陳昱豪(民 92)中統聯資料

此外，因本研究假設各路線需經由轉運站，故以轉運站為分界點，分別計算其前段與後段之行駛距離，可明顯發現各路線於轉運站前大部分皆具有台北-台中之重複路段，而轉運站後則亦有重複路段；因此，本實例於進行轉運操作時，合併轉運站前後具有重複路段之各路線。將參數值(表 5.2)代入本研究所建構之模式，經由路線之合併，可得統聯客運公司之國道路線將合併為 18 條路線，且因車輛數必為整數，故本研究將原模式求出之非整數車輛數進行兩部分驗算，一為將求出之車輛數無條件捨去，另一為將求出之車輛數無條件進位，進而找出最適營運之總成本最低點，而其模式最佳化結果如下所示(表 5.3):

表 5.2 實例之模式參數設定

參數符號	參數定義	參數值
B_f	國道車輛單位營運成本(元/時)	740
B_q	市區接駁車輛單位營運成本(元/時)	480
a_f	國道車輛固定營運成本(元/時)	300
a_q	市區接駁車輛固定營運成本(元/時)	150
b_f	國道車輛變動單位成本係數(元/車人時)	20
b_q	市區接駁車輛變動單位成本係數(元/車人時)	15
V_f	國道車輛行駛速率(公里/時)	75
V_q	市區接駁車輛行駛速率(公里/時)	25
β_f	國道乘客候車時間係數	0.5
β_q	市區接駁車輛乘客候車時間係數	0.5
S_f	國道車輛座位數(人/車)	22
S_q	市區接駁車輛座位數(人/車)	22
u_f	國道乘客候車時間價值(元/人時)	217
u_q	市區接駁車輛乘客候車時間價值(元/人時)	217
v_f	國道乘客車內時間價值(元/人時)	83
v_q	市區接駁車輛乘客車內時間價值(元/人時)	83
w	市區接駁車輛乘客步行時間價值(元/人時)	150
K	市區接駁車輛乘客步行速度(KPH)	5
R	市區顧客至轉運站之平均距離(Km)	8
δf	國道車輛停靠一次轉運站所需支付之場站成本(元/班次)	100
δq	市區街駁車輛停靠一次轉運站所需支付之場站成本(元/班次)	60
ρ	配合行車時間調整之場站時間係數	0.15
d	轉運站生活圈市區路網密度	0.387966

表 5.3 實例之模式最佳化系統總成本與總車輛數

路線	起訖點	班距(分)	車輛數(輛)	社會總成本(元)
1	鹿港-台中	41	2	3414.348976
2	南投-台中	49	2	4193.07398
3	西螺-台中	51	3	6563.81649
4	台中港-台中	10	1	1151.682
5	西港台中	27	3	8142.889333
6	歐汪台中	92	3	8175.546957
7	彰化台中	14	2	5081.526857
8	東石台中	43	4	11334.89212
9	員林台中	14	2	4169.813238
10	箔子寮台中	39	4	10205.81987

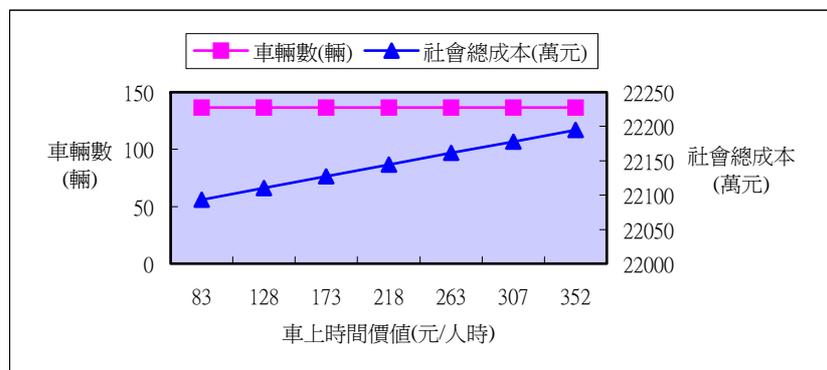
11	北港台中	41	4	13340.18462
12	屏東台中	39	9	39602.91485
13	新竹-台中	31	5	15289.40535
14	機場-台中	33	7	28854.08782
15	台北-台中	17	17	136120.1179
16	嘉義台中	26	5	14670.42123
17	台南台中	20	11	60515.26667
18	高雄台中	22	13	80364.10855
19	市區接駁車	36	44	191936512
			$\Sigma N^*=141$	$\Sigma TC^*=192387701.9$

二、敏感度分析

為能研擬轉運站相關服務策略以供實務營運上之參考，本研究於最適營運之基礎上，針對幾項較為重要之參數分別進行敏感度分析，茲分別說明敘述如下。

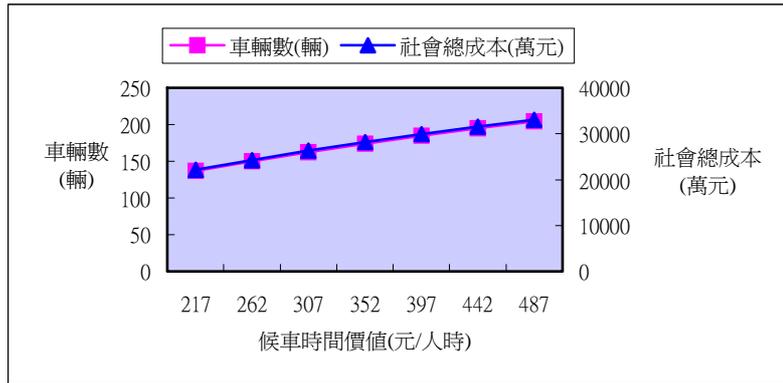
(一)車上時間價值

本研究進行不同車上時間價值下對於最適營運系統總成本之測試，如下圖所示。其結果顯示當候車時間價值由 83 (元/人時) 依序提高至 352 (元/人時) 時，最適營運之系統總成本亦隨之提高，但轉運站可容納之車輛數皆不變。



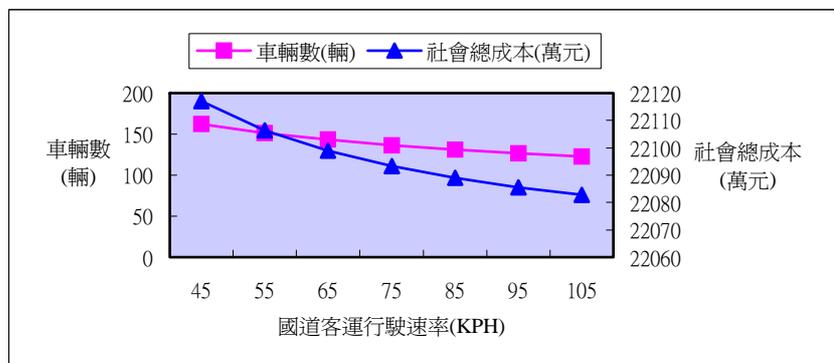
(二)等車時間價值

本研究進行不同候車時間價值下對於最適營運系統總成本之測試，如下圖所示。其結果顯示當成本由 217 (元/人時) 依序提高至 487 (元/人時) 時，最適營運之系統總成本隨之上升，且轉運站可容納之車輛數亦會上升。



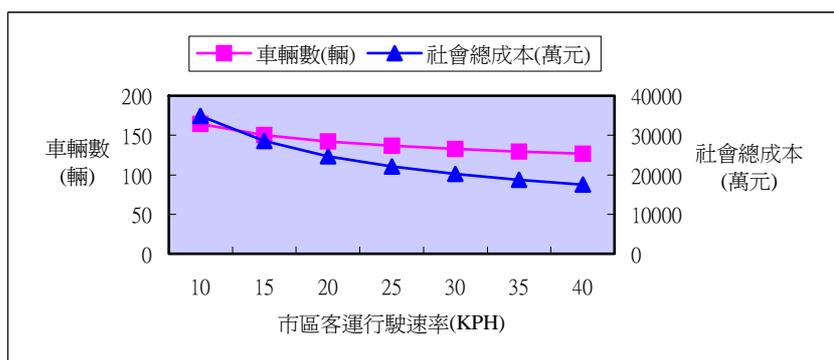
(三)國道車輛行駛速率

本研究進行不同速率下對於最適營運系統總成本之測試，如下圖所示。其結果顯示當由 45KPH 依序提高至 105KPH 時，最適營運之系統總成本下降，且轉運站可容納之車輛數會下降。



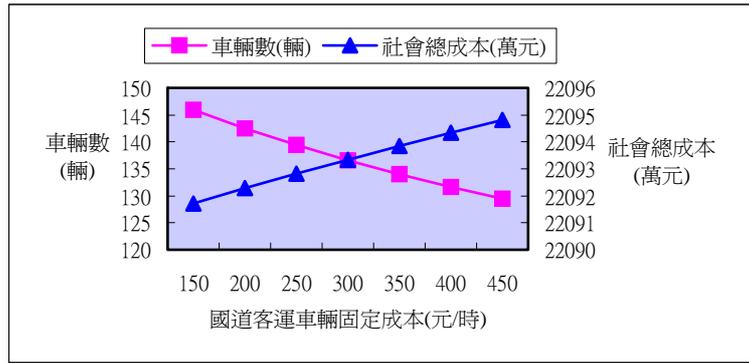
(四)市區車輛行駛速率

本研究進行不同速率下對於最適營運系統總成本之測試，如下圖所示。其結果顯示當由 10KPH 依序提高至 40KPH 時，最適營運之系統總成本下降，且轉運站可容納之車輛數會下降。



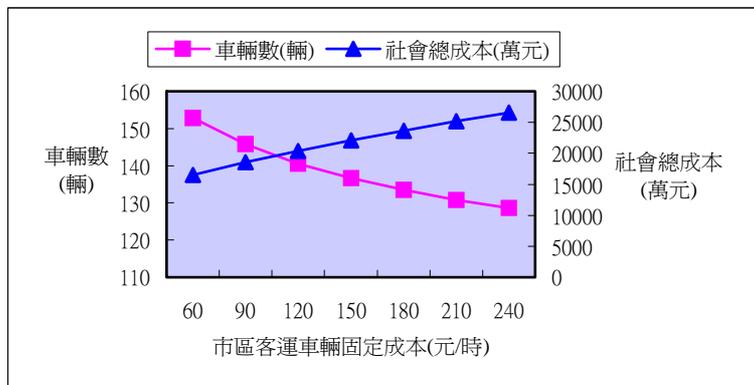
(五)國道車輛固定成本

本研究進行不同成本下對於最適營運系統總成本之測試，如下圖所示。其結果顯示當由 150 (元/時) 依序提高至 450 (元/時) 時，最適營運之系統總成本上升，且轉運站可容納之車輛數會下降。



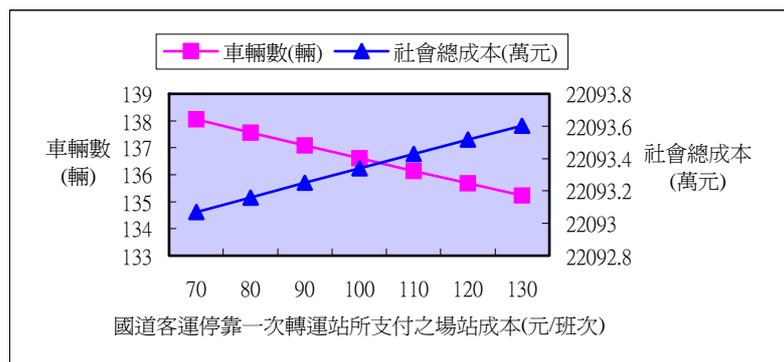
(六)市區車輛固定成本

本研究進行不同成本下對於最適營運總成本之測試，如下圖所示。其結果顯示當由 60 (元/時) 依序提高至 240 (元/時) 時，最適營運之系統總成本上升，且轉運站可容納之車輛數會下降。



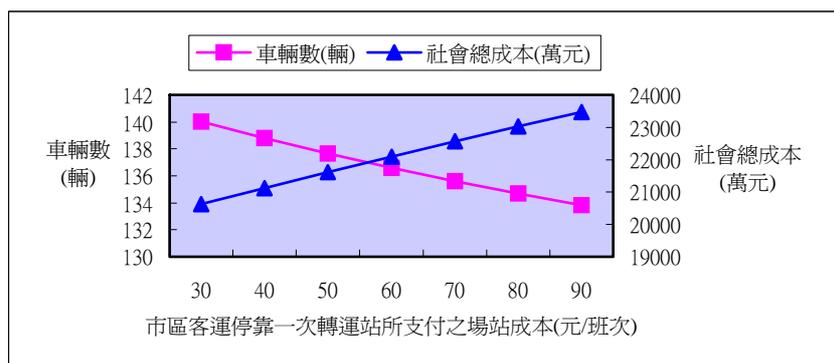
(七)國道車輛停靠一次轉運站所支付之場站使用成本

本研究進行不同之場站使用成本下對於最適營運系統總成本之測試，如下圖所示。其結果顯示當成本由 70 (元/班次) 依序提高至 130 (元/班次) 時，最適營運之系統總成本上升，且轉運站可容納之車輛數會下降。



(八)市區車輛停靠一次轉運站所支付之場站使用成本

本研究進行不同之場站使用成本下對於最適營運系統總成本之測試，如下圖所示。其結果顯示成本由 30 (元/班次) 依序提高至 90 (元/班次) 時，最適營運之系統總成本上升，且轉運站可容納車輛數會下降。



陸、結論與建議

本研究採用解析性數學方法構建轉運站營運最適化模式，以同時求解轉運站可容納之最適車輛數。此外，由各參數敏感度分析可知，在不同市場特性下最適營運之系統總成本值皆不盡相同，亦即轉運站營運最適化有其適用之營運環境及其實施條件。此將本研究所獲得之成果歸納成以下幾點結論，並提出建議以供未來後續相關研究之參考。

一、結論

1. 本研究由管制者之觀點出發，尋求透過最適營運之轉運站促使本模式系統之社會總成本最小化，並以業者成本與乘客成本兩項總和最小化為目標函數。且於此車輛數乃採整數之觀念，故可發現國道路線之車輛無條件進位與市區車輛無條件捨去時，則本系統之總成本將會最低。
2. 於轉運站最適營運之前提下，本研究獲得未來規劃轉運站最適容納車輛數時，必須納入原有以轉運站所在地區為起訖點之路線及市區接駁路線。如此，將可達到符合實際環境之模式最佳化結果。
3. 當候車時間價值愈高，其對可容納之最適車輛數將會維持不便，但卻會使系統之總成本上升，故其對使用者之負面效益反而上升，進而使轉運之效益降低。
4. 國道及地方道路行車速率之提昇均有助於國道客運業者營運成本之節省和直接降低車輛之市區行車成本，且將促使轉運站之設置規模漸趨於穩定狀態。
5. 國道車輛與市區接駁車輛固定成本之提高均會增加業者之營運成本，但其對於轉運站最適營運車輛會微幅下降，亦即轉運站之最佳容納車輛數趨於穩定。
6. 於政府設置轉運站之前提下，提高國道車輛與市區接駁車輛每車次之場站使用成本，皆會增加進駐業者之營運成本，且若每車次分攤之場站使用成本提高至相當程度，將會導致轉運站營運無效益之窘境；鑑於此，未來管理者於訂定場站使用成本時，應審慎評估考量，以兼顧進駐業者之成本效益。

二、建議

1. 由於乘客到達起訖端之行為會因是否有訂定時刻表而產生不同之變化，建議未來可將乘客到站行為以一合適之機率分配來描述之，以更貼近真實行為。
2. 本研究中所採用之參數值多數為假設，建議後續相關研究可藉由統計調查資料取得，如此將更能貼近實際營運狀況。

3. 建議未來國內可由政府興建設置轉運站，以供各家客運業者進駐，而各家客運業者即可依據本研究所構建最適化營運模式求解應納入轉運站之最適車輛數。
4. 由本研究之研究結果可知，轉運站之營運條件與規模，並非一體適用，故相關政府單位與業者於設置轉運站同時，應同時考量轉運操作所衍生之各項正、負效益。此外，客運業者亦應檢討過去固定傳統之經營策略，並配合轉運站之規劃設置，而考慮以多元化之路線型態與車輛型式。
5. 本研究乃是依據轉運站可容納之車輛數觀念，針對轉運站設置之前端規劃提供參考依據，未來之後續性研究可朝轉運站內最適月台數之規劃、轉運站內相關設施之配置及轉運站內人車動線之規劃等課題，使轉運站規劃設計能更臻完整。

參考文獻

1. 交通部，「交通政策白皮書」，民國91年1月。
2. 邊泰明，「加油站區位及規模之研究---以台北市為例」，中興大學碩士論文，民國71年6月。
3. 陳榮輝，「規模經濟、旅行成本與都會設施規模之研究」，交通大學運輸工程與管理研究所碩士論文，民國81年6月。
4. 吳雅惠，「機場市場規模之研究」，交通大學運輸工程與管理研究所碩士論文，民國82年6月。
5. 游佳瑜，「工業區最適規模之研究」，政治大學地政研究所碩士論文，民國85年6月。
6. 陳富義，「站前廣場規模之檢討分析」，中興大學法商學院都市計畫研究所碩士論文，民國87年6月。
7. 陳昱豪，「公路客運轉運站最適規模與服務策略之規劃設計」，逢甲大學交通工程與管理學研究所碩士論文，民國92年6月。
8. Morrill, R.L. 1974. *The Spatial Organization of Society*, Buxbury Press, Belmont, California, Second Edition.
9. 林祥生，「管制環境下城際國道客運服務策略之最佳化分析」，交通大學交通運輸研究所博士論文，民國86年
10. Jonsson, 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, 1980, 53-80
11. 李克聰，「大眾運輸學」，俊傑書局，民國90年。

