

102-149-5408

ISSN 1017-7159

本刊榮獲國科會人文社會科學研究中心「臺灣社會科學引文索引資料庫(TSSCI)」收錄並補助編輯費用

運輸計劃

第四十二卷・第三期

季刊

**TRANSPORTATION
PLANNING JOURNAL**

QUARTERLY VOL. 42, NO. 3



交通部運輸研究所
INSTITUTE OF TRANSPORTATION, MOTC

運輸計劃

季刊

第四十二卷 第三期

中華民國一〇二年九月三十日出版

(本卷共計四期，預定出版時間為一〇二年三月三十日、
六月三十日、九月三十日及十二月三十日)

TRANSPORTATION PLANNING JOURNAL

Quarterly, Vol. 42, No. 3

September 30, 2013

(Publish dates for Vol. 42: March 30, June
30, September 30, and December 30,
2013)

本季刊內容不代表本所意見

The views expressed in the Journal are not necessarily those
of the Institute of Transportation.

目錄 Table of Contents

都會區雙機場之市區機場對飛航線市場涵蓋範圍分析—以松山桃園雙機場為例	溫裕弘、邱鈺雯	195
Market Catchment Area Analysis towards Metropolis's Two Airports for City Airport-Pair Flights: A Case of Songshan-Taoyuan Airports	Yuh-Horng Wen and Yu-Wen Chiu	
臺鐵會員制再深化—利用資料探勘技術訂定忠誠計畫規則	王建富、陳民祐	221
Mining TRA's Transaction Data for Loyalty Program Rules	Jian-Fu Wang and Min-Yu Chen	
交通建設 BOT 計畫特許年期與權利金議題談判模式之研究	康熙宗、馮正民、王世寧	247
A Bargaining Model for Concession Period and Royalty for Transportation BOT Projects	Chao-Chung Kang, Cheng-Min Feng and Shin-Ning Wang	
偏遠地區公路客運補貼路線之營運績效評估	胡凱傑、馮正民、王鈞暉	275
Assessment on Operation Performance of Subsidized Regional Bus Service in Rural Area	Kai-Chieh Hu, Cheng-Min Feng and Chun-Wei Wang	

都會區雙機場之市區機場對飛航線市場 涵蓋範圍分析－以松山桃園雙機場為例

MARKET CATCHMENT AREA ANALYSIS TOWARDS METROPOLIS'S TWO AIRPORTS FOR CITY AIRPORT-PAIR FLIGHTS: A CASE OF SONGSHAN-TAOYUAN AIRPORTS

溫裕弘 Yuh-Horng Wen¹

邱鈺雯 Yu-Wen Chiu²

(102 年 1 月 8 日收稿，102 年 7 月 24 日第一次修改，102 年 9 月 10 日定稿)

摘 要

許多大都會早年因市區機場周邊土地使用受限、噪音管制及運量不勝負荷，而於市郊或衛星城市另新建國際機場，舊機場則轉型運用，這類機場發展即形成一都會區雙機場模式。最近幾年，此類亞洲都會區雙機場模式漸轉型，運用市區機場接近市中心的優勢，重新定位舊市區機場為區域國際機場，陸續發展區域之市區機場與市區機場對飛航線。本研究旨針對於亞洲首都（重要都市）市區機場對飛航線之成型下，探討都會區雙機場中之市區機場市場涵蓋範圍與規模。本研究以解析性概念模式及連續性網路分析方法為基礎，進一步將個體時間價值分配之實證數值整合於解析性之市場範圍區隔模式中，透過同一「城市對」航線市場中不同「機場對」之一般化旅行成本比較關係與解析模式推導，及運用連續性網路方法，推估雙機場之市場範圍區隔與市區機場之市場涵蓋範圍與規模。透過本研究模式分析結果，推估松山機場於亞洲區域市區機場對飛航線啟航後，在這些城市對航線市場中能與桃園國際機場分配到多少市場、及其地理上之市場

-
1. 淡江大學運輸管理學系副教授（聯絡地址：251 新北市淡水區英專路 151 號淡江大學運輸管理學系；電話：02-26215656 ext 3387；E-mail：yhwen@mail.tku.edu.tw）。
 2. 淡江大學運輸管理學系運輸科學碩士班碩士。

涵蓋範圍。再透過情境分析與敏感度測試，探討重要參變數之影響，並推論雙機場市場區隔策略意涵以及機場發展參考。研究結果顯示，時間價值越高、出發可及時間縮短、到達接駁時間縮短，會較偏向選擇松山機場之市區機場對飛航線。而透過本研究分析可瞭解松山機場的市場涵蓋範圍以臺北市為主要核心，推論其定位以首都商務機場並應提升可及性為首要之務，且一區雙機場發展確有必要性。

關鍵詞：機場涵蓋範圍分析；市區機場對飛航線；市區機場；時間價值

ABSTRACT

The roles of a metropolis's two airports have changed. Many years ago, due to urban development, airport noise regulation, and traffic congestion, major metropolises built new international airports and transformed existing city airports into domestic airports. But more recently, this pattern of "one domestic airport, one international airport" for major metropolises has been changed. Their city airport has been redefined as a regional airport, now allows direct flights to other capital city airports, which takes advantage of city airport's proximity to the city. As the development of Asia city-to-city airport pair flights, this study focuses on analyzing market catchment area and distribution of a metropolis's two airports for regional city-to-city airport pair flights. This study integrates empirical data of time values in analytical market area approach. Analytical formulations are developed for estimating market area boundaries of a metropolis' two airports (one major international airport, one minor city airport). This study also uses continuous network approach to estimate the catchment area and market size of the city airport for city-to-city airport-pair markets. A case study with airport-pair flights among Taipei Songshan Airport, Tokyo Haneda Airport, and Shanghai Hongqiao Airport was provided to illustrate the results and the application of the proposed models. Market catchment area and market size of Songshan Airport for those Asia city-pair markets was determined. Sensitivity analysis and scenario analysis were also discussed. In addition, it is envisaged that the results of this study not only provide a better understanding on how to estimate market catchment area of a metropolis's two airports but also may shed light on city airport development.

Key Words: Airport catchment area analysis; City airport-pair flights; City airports; Value of time

一、前言

綜觀許多都會或首都城市機場之發展歷程，早期大多於近市區闢建國際機場，以提高機場之可及性 (accessibility)；然而，隨著經濟成長帶動國際航空運量之持續成長，造成許

多原本位於近市區之國際機場容量不足而不敷使用，而機場周邊土地使用也因都市發展、噪音限制而難以再擴充；而另於市郊、或其衛星城市、或附近較大腹地新建國際機場，原市區之舊國際機場則因而面臨存廢、或轉型為國內機場；這類機場發展即形成一都會區雙機場模式。近年來，由於全球化競爭趨勢、區域經貿商務往來頻繁，為提高商務旅運之便捷性，運用市區機場接近市中心的優勢，重新定位舊市區機場之發展，便成為都會區雙機場營運模式之重要議題。都會區雙機場中，由於主要國際機場（市郊新國際機場）距離市區皆須約 1-2 小時（甚至更長）之可及時間（access time），位於近市區之舊機場在可及性上仍有優勢，這類市區機場間新闢區域城市對飛（city-to-city direct flights）國際定期航線，將市區機場重新定位為區域國際機場，如：東京羽田機場、首爾金浦機場、上海虹橋機場、曼谷廊曼機場等，臺北松山機場亦面臨相同發展契機。松山機場自民國 99 年 6 月與上海虹橋機場對飛啟航，續於同年 10 月與東京羽田機場對飛，並於民國 101 年 4 月開始與首爾金浦機場對飛，而形成所謂亞洲區域「黃金東北亞」航線，也使得旅客於區域「城市對（city-pairs）」航線市場結構中多了「機場對（airport-pairs）」選擇，例如：臺北－東京「城市對」航線市場，可選擇桃園－成田或松山－羽田「機場對」航線；臺北－上海「城市對」航線市場，則可選擇桃園－浦東、松山－虹橋「機場對」航線。

基於發展臺北、上海、東京、首爾 4 大都會區「東北亞航圈」，並以區隔定位一為樞紐機場、一為首都商務機場之一區雙機場作為機場發展策略。目前「東北亞航圈」對飛航線在航班方面（以出境航班為例），松山－虹橋每日航班為 4 班、桃園－浦東每日約為 6 班，松山－羽田每日航班為 8 班、桃園－成田每日 10 班，松山－金浦每日航班為 2 班、桃園－仁川則約每日 8 班；可發現除臺北－首爾航線仍以桃園－仁川為主要選擇外，目前臺北－上海與臺北－東京「城市對」航線之配對「機場對」（松山－虹橋與桃園－浦東、松山－羽田與桃園－成田）航班之替選性高。鑒此，在「東北亞航圈」市區機場對飛航線（city airport-to-city airport）（松山與虹橋、羽田、金浦對飛航線）之成型下，都會區雙機場之市場涵蓋範圍、市場規模與功能定位，以及雙機場彼此之競合關係，探究市區機場對飛航線具備多少市場發展潛力，並依此檢驗一區雙機場存在之必要性，即成為值得深入研究與解析之課題。

機場市場範圍分析（airport market area analysis）主要即為涵蓋範圍分析（catchment area analysis），係推估機場航空旅客在地理區域內地理上分佈的一種方法，分析不同機場之間重疊的涵蓋範圍大小可瞭解機場與其競爭機場的潛在實力。機場市場範圍係指對機場、航線型態之服務市場以及航線服務之潛在需求的地理區域涵蓋範圍（market area）與市場規模（market size）分配，透過機場涵蓋範圍分析機場地理市場區隔，可進一步探討機場營運策略與發展定位，來吸引或區隔旅客³。機場市場範圍受區域內的社經特性影響，包括：旅客所得分佈、人口組成和密度、旅客的時間價值，亦受到旅客旅次目的、航程長短、

³ UK-CAA (Civil Aviation Authority), "Catchment Area Analysis," In: *Civil Aviation Authority- Airport Market Power Assessments Working Paper*, UK-CAA, 2011.

旅次時間影響；而機場區位及其接駁運具特性又影響旅客之可及時間，航空公司之對飛航線航點、頻次多寡、航空費率，亦影響旅客機場與航線選擇結構。都會區雙機場中，市區機場往往規模較小、跑道長度（容量）較小、航線多為中短程航線、國際航線班次較少。而區域城市對航線大多屬中短程航線，起迄城市機場之可及時間占總旅行時間比例相對較大，機場的可及性對旅客航線與機場選擇影響甚大。相對而言，雖然市區機場具可及時間較少之優勢，但由於對飛航線班次仍相對較少、航空公司在營運對飛航線之成本較高（規模經濟效果較低）、機票相對較貴，航空公司與班次可選擇性較低、班次延誤（schedule delay）較高。考慮航空旅客之社經特性、時間價值（value of time），以一般化旅行成本（generalized travel cost）作為旅客選擇效用依據而言，旅客於相同起迄城市對航線市場中，市區次要國際機場對飛航線與市郊主要國際機場對飛航線之間仍互有權衡選擇。一般而言，商務旅客之時間彈性相對較小、對時間較敏感、對票價較不敏感、單位時間成本較高，區域城市對航線之起迄機場均為近市區機場將大幅節省可及時間實有其吸引力，但飛航機型較小、航班時間較無選擇，卻又影響到商務旅客選擇。

過去相關區域機場市場研究大多以旅客機場選擇（passengers' airport choice）為基礎，並多以羅吉特模式（logit model）為基礎之個體旅運選擇分析，著重探討旅客對區域內之機場選擇架構^[1,2]，或加入航空公司、迄點、轉運接駁運具等多重選擇架構^[3-19]。而 Pels 等人^[6-9]一系列研究以巢式羅吉特（nested logit model, NL）模式為基礎，探討旅客對航空公司與機場的選擇行為以及影響旅客對於機場選擇行為的航空票價費率、班機頻次、地面運輸可及時間與旅行成本的敏感度等。Cohas 等人^[6]則以舊金山灣區（Bay Area）三個機場為研究對象，探討影響旅客選擇行為導致機場市場範圍變動的因素，其研究結果顯示航空費率與班機頻次為影響機場市場範圍中最重要之兩因素。Wei 與 Hansen^[10]在航空公司所提供的營運頻次與機型座位數對於市場佔有率之影響，研究指出頻次變動量與航機座位數變化量皆影響市場佔有率，且頻次影響程度大於航機座位數的影響程度。根據上述學者之研究結果多發現機場可及時間、機場至目的迄點之航線服務頻次為旅客機場選擇主要關鍵因素，亦有研究發現票價與旅行成本對商務旅次影響較小、對非商務旅次影響較大。然而，此類機場選擇研究主要針對旅客出發機場之選擇，對於同一「城市對」航線市場中不同「機場對」之市場涵蓋範圍研究則較為闕如。再者，由於亞洲幾個大都會區雙機場系統正將原舊有機場重新定位、並發展區域市區機場對飛航線模式，而目前尚未有文獻針對這類雙機場選擇與亞洲區域之市區機場對飛航線選擇進行研究。

相關機場涵蓋範圍與市場範圍研究方面，Hsu 與 Wu^[20]，Hsu 與 Chung^[21]，Hsu 等人^[22]一系列研究以連續性網路（continuous network approach）為基礎之解析性模式（analytical model），理論推導旅客選擇行為，分析旅客社經特性分配、時間價值分配下，進行市場範圍研究。其中，Hsu 與 Wu^[20]同時考慮供給面與需求面，分析旅客的機場選擇行為，以探討航空公司與旅客之間的供需互動關係。前述研究皆以解析性模式理論推導經濟意涵為主，較諸個體選擇模式基礎之機場選擇研究更具空間分佈之解釋能力，且可針對不同航線型態總計系統需求及分析地理市場區隔。UK-CAA 主要使用民航局旅客選擇機場調

查數據，來討論路面運輸的可及時間對旅客之影響，進而評估 Heathrow、Gatwick 和 Stansted 3 個機場之市場規模與可替代性，進行前瞻性分析。Andersen 與 Landex^[23] 研究大眾運輸車站的涵蓋範圍，推估其潛在需求的旅客人數，以模擬實際的步行距離來推估服務涵蓋範圍。O'Sullivan^[24] 衡量 Shannon 機場目前的涵蓋範圍，並探討涵蓋範圍對當前和未來基建項目的影響，進而討論阻礙 Shannon 機場的發展與未來發展潛力。

本研究針對亞洲區域首都（重要都市）市區機場對飛航線發展，透過「城市對」航線市場中之「機場對」進行市場分析，以探討一都會區雙機場之市區機場市場涵蓋範圍。無論選擇哪一對飛航線來完成旅次，「時間」及「成本」將是決定旅客選擇行為之兩大重要因素。過去相關機場選擇與機場市場範圍研究多以出發機場選擇為考量，選用可及時間與成本、票價與旅行成本、旅行時間為變數，較少考慮到達機場至最終迄點之接駁時間（egress time）與成本。本研究在「城市對」航線中增加考量「機場對」之選擇結構，並同時考慮起迄「機場對」之可及時間與成本、旅行時間與成本，及增加考量接駁時間與成本。本研究並基於 Hsu 與 Wu^[20]，Hsu 與 Chung^[21]，Hsu 等人^[22] 系列研究之方法概念，嘗試整合時間價值分配之數值分析結果與市場涵蓋範圍分析，加入旅行時間價值分配驗證分析，針對都會區雙機場（桃園國際機場與臺北松山機場）中之市區機場（松山機場）發展區域對飛航線（如松山－虹橋、松山－羽田對飛航線）進行市場涵蓋範圍分析，建立都會區雙機場之市場涵蓋範圍模式，透過模式之分析與驗證，了解松山機場發展東北亞區域對飛航線於臺灣地區之市場地理分佈與航線市場定位，並加入雙機場間連結之聯外運輸系統發展情境（如桃園機場捷運）分析，分析發展市區機場對飛航線之潛在市場，作為都會區雙機場競合發展策略之參考基礎。本文結構如下：第二節為模式建構與分析方法，包括本研究函數定式與模式建構，以及分析流程；第三節為分析過程與結果；最後，第四節則為結論與建議。

二、模式建構與分析方法

本研究建立解析性模式，透過同一「城市對」航線市場中不同「機場對」航線之一般化旅行成本比較，進而推導都會區雙機場之市區機場市場涵蓋範圍區隔，透過模式之分析與驗證，了解市區機場發展區域對飛航線之市場涵蓋範圍。

2.1 旅客一般化旅行成本函數

過去 Pels 等人^[7-9] 一系列研究中，驗證由起點到出發機場（出境）之可及時間（access time）、航線費率與班次頻率為旅客機場選擇行為之重要因素。本研究假設旅客於「機場對」航線選擇係以總一般化旅行成本最小為依據，並增加考慮旅客從到達機場（入境）至最終迄點之接駁時間（egress time）與成本；亦即，總一般化旅行成本包括：旅客從起點到出發機場之可及時間與可及成本、票價與飛行時間、到達入境機場至最終迄點之接駁時間與接

駁成本，並考慮旅客於出發機場之班次延誤成本，而旅客於不同出發機場、不同到達機場之停留時間則假設一致。時間成本則乘上旅客時間價值轉化為金錢成本，且可及時間、飛行時間、接駁時間之權重並不相同。

本研究針對東北亞對飛航圈中，都會區雙機場「城市對」航線市場之「機場對」選擇架構，如：臺北－東京「城市對」航線市場，有桃園－成田或松山－羽田兩機場對航線可選擇；臺北－上海「城市對」航線市場，有桃園－浦東、松山－虹橋兩機場對航線可選擇；臺北－首爾「城市對」航線，則有桃園－仁川航線、松山－金浦航線。本研究令一「城市對」航線市場，有兩種「機場對」航線選擇，分別為兩市區機場（次要國際機場）（如：松山、虹橋、羽田、金浦）對飛航線與兩市郊主要國際機場（如：桃園、浦東、成田、仁川）對飛航線，分別以下標 11（市區次要國際機場對）、22（市郊主要國際機場對）為代表。而旅客由最初起點（區位） i 至最終迄點（區位） j 之旅客一般化總旅行成本函數分別為 C_{11ij} 、 C_{22ij} ，並分別依不同旅行之目的分為商務旅客（下標 b ）與非商務（下標 n ）旅客並分開建構、分開校估，即： C_{11ijb} 、 C_{22ijb} 分別為商務旅客於市區機場對與市郊主要機場對之一般化成本函數； C_{11ijn} 、 C_{22ijn} 分別為非商務旅客於市區機場對與市郊主要機場對之一般化成本函數。

其一般化總旅行成本函數如下：

$$C_{11ijb} = AC_{11ib} + TC_{11b} + EC_{11jb} + \lambda_b(\alpha_{1b}AT_{11ib} + \beta_{1b}TT_{11b} + \gamma_{1b}ET_{11jb} + \varphi_{1b}D_{1db}) \quad (1)$$

$$C_{22ijb} = AC_{22ib} + TC_{22b} + EC_{22jb} + \lambda_b(\alpha_{2b}AT_{22ib} + \beta_{2b}TT_{22b} + \gamma_{2b}ET_{22jb} + \varphi_{2b}D_{2db}) \quad (2)$$

$$C_{11ijn} = AC_{11in} + TC_{11n} + EC_{11jn} + \lambda_n(\alpha_{1n}AT_{11in} + \beta_{1n}TT_{11n} + \gamma_{1n}ET_{11jn} + \varphi_{1n}D_{1dn}) \quad (3)$$

$$C_{22ijn} = AC_{22in} + TC_{22n} + EC_{22jn} + \lambda_n(\alpha_{2n}AT_{22in} + \beta_{2n}TT_{22n} + \gamma_{2n}ET_{22jn} + \varphi_{2n}D_{2dn}) \quad (4)$$

其中， AC 為起點至出發機場之可及成本（access cost）； TC 為飛行成本（機票票價），受班機機型與旅客所得之影響； EC 為到達機場至迄點之接駁成本（egress cost）； AT 為起點至出發機場之可及時間（access time）； TT 為飛行時間， ET 為到達機場至迄點之接駁時間（egress time）。 D_{1d} 、 D_{2d} 分別表示出發機場為市區次要國際機場、市郊主要國際機場之班次延誤時間（schedule delay），係與航線班機頻次成反比，亦受市區機場宵禁管制之影響；依照過去研究^[25-28]之分析與證明，班次延誤時間可依 $1/4$ 機場營運時間除班次總數為估計，即 $D_{1d} = OT_{1d}/4N_{1d}$ ， $D_{2d} = OT_{2d}/4N_{2d}$ ，其中， OT_{1d} 、 OT_{2d} 分別為市區次要國際機場、市郊主要國際機場之每日機場開放時間， N_{1d} 、 N_{2d} 則分別為兩市區機場（次要國際機場）對飛航線之每日班次數、兩市郊主要國際機場對飛航線之每日班次數。

再者，令 λ 為旅客時間價值（\$/time），假設個體具特定時間價值，亦與社經特性有關，而旅客時間價值 λ 呈一統計分配； $\alpha, \beta, \gamma, \varphi$ 為不同旅行時間之權重，一般以可及時間、接駁時間、班次延誤時間之權重大於飛行時間權重，依據 Furuichi 與 Koppelman^[4] 之研究顯

示，旅客班次延誤時間為旅行時間價值的 1.3 倍，許多研究顯示之運具外時間價值大約為運具內時間價值的 1.5 倍。

旅客一般化總旅行成本中，可及成本 (AC) 與可及時間 (AT) 受出發機場之可及性影響，亦即，與旅客所在區位 i 至出發機場之聯外運輸系統有關，在分析上，針對不同區位旅客，直接以最小成本與最短時間抵達出發機場之運具進行估計。而同理，到達 (入境) 機場之接駁成本 (EC) 與接駁時間 (ET) 亦與該機場之聯外運輸可及性有關。本研究旨在分析旅客出發機場之市場範圍，因此在分區上，起點分區會較細 (即 i 個數較多)；而旅客到達迄點城市後之最終迄點較難調查與蒐集，故簡化對區位 j 之分區，以旅客至到達機場後之較常去之目的地城市的實際成本、時間做一平均值後乘上一權重作為旅客到達機場至迄點之接駁成本 (EC)、接駁時間 (ET) 之期望值。飛行成本 (TC) 與飛行時間 (TT) 則與各個機場對航線之營運機型有關，考慮旅客對大型飛機較為偏好 (舒適性與安全性相對較高)，假設同一「城市對」航線以大型飛機之飛行時間較短；再者，大型飛機較具規模經濟效果亦反映在票價中。而班次延誤時間 (D) 則反映航線班機頻次 (班距)，班次較多則班次延誤時間較低，且市區機場常因噪音管制而有宵禁措施，其將使班次延誤時間大幅增加。

旅客於區域雙機場「城市對」航線市場之「機場對」航線選擇，可表示為：若 $C_{11jb} < C_{22jb}$ 、 $C_{11jn} < C_{22jn}$ ，表示旅客選擇市區機場對飛航線；若 $C_{11jb} > C_{22jb}$ 、 $C_{11jn} > C_{22jn}$ ，則表示旅客選擇市郊主要機場對飛航線。進一步，假設旅客的時間價值 λ 具隨機性，時間價值呈常態分配，即可推導旅客最終選擇分配。

2.2 市場範圍區隔與機場涵蓋範圍分析

本研究以解析性的方式，以總一般化旅行成本最小為依據，分析區域雙機場間之旅客選擇分配。依一般化總旅行成本函數相等，則可建立旅客選擇區域雙機場「機場對」航線之關係式，進一步透過旅客時間價值的分佈將以個別旅客的角度延伸至總體旅客的角度，可繪出旅客於不同區位空間下之選擇行為的分佈圖形。

本研究針對特定旅客 (商務 b 、非商務 n 、所在區位 i 、迄點區位 j)，當 $C_{11jb} = C_{22jb}$ 、 $C_{11jn} = C_{22jn}$ ，則代表對於兩機場對選擇無差異，即可依照式 (1) 等於式 (2)、式 (3) 等於式 (4) 推導兩機場對航線市場於旅客時間價值分佈中之分界，如下：

$$C_{11jb} - C_{22jb} = 0 \Rightarrow$$

$$\left[(AC_{11ib} - AC_{22ib}) + (TC_{11b} - TC_{22b}) + (EC_{11jb} - EC_{22jb}) \right] = \lambda_b \left[(\alpha_{2b} AT_{22ib} - \alpha_{1b} AT_{11ib}) + (\beta_{2b} TT_{22b} - \beta_{1b} TT_{11b}) + (\gamma_{2b} ET_{22jb} - \gamma_{1b} ET_{11jb}) + (\varphi_{2b} D_{2db} - \varphi_{1b} D_{1db}) \right] \quad (5)$$

$$\lambda_b = \frac{\left[(AC_{11ib} - AC_{22ib}) + (TC_{11b} - TC_{22b}) + (EC_{11jb} - EC_{22jb}) \right]}{\left[(\alpha_{2b} AT_{22ib} - \alpha_{1b} AT_{11ib}) + (\beta_{2b} TT_{22b} - \beta_{1b} TT_{11b}) + (\gamma_{2b} ET_{22jb} - \gamma_{1b} ET_{11jb}) + (\varphi_{2b} D_{2db} - \varphi_{1b} D_{1db}) \right]} \quad (6)$$

$$C_{11jn} - C_{22jn} = 0 \Rightarrow$$

$$\begin{aligned} & \left[(AC_{11in} - AC_{22in}) + (TC_{11n} - TC_{22n}) + (EC_{11jn} - EC_{22jn}) \right] \\ & = \lambda_n \left[(\alpha_{2n} AT_{22in} - \alpha_{1n} AT_{11in}) + (\beta_{2n} TT_{22n} - \beta_{1n} TT_{11n}) + (\gamma_{2n} ET_{22jn} - \gamma_{1n} ET_{11jn}) + (\varphi_{2n} D_{2dn} - \varphi_{1n} D_{1dn}) \right] \end{aligned} \quad (7)$$

$$\lambda_n = \frac{\left[(AC_{11in} - AC_{22in}) + (TC_{11n} - TC_{22n}) + (EC_{11jn} - EC_{22jn}) \right]}{\left[(\alpha_{2n} AT_{22in} - \alpha_{1n} AT_{11in}) + (\beta_{2n} TT_{22n} - \beta_{1n} TT_{11n}) + (\gamma_{2n} ET_{22jn} - \gamma_{1n} ET_{11jn}) + (\varphi_{2n} D_{2dn} - \varphi_{1n} D_{1dn}) \right]} \quad (8)$$

而當 $C_{11jb} < C_{22jb}$ ，即商務旅客時間價值論於

$$\lambda_b > \frac{\left[(AC_{11ib} - AC_{22ib}) + (TC_{11b} - TC_{22b}) + (EC_{11jb} - EC_{22jb}) \right]}{\left[(\alpha_{2b} AT_{22ib} - \alpha_{1b} AT_{11ib}) + (\beta_{2b} TT_{22b} - \beta_{1b} TT_{11b}) + (\gamma_{2b} ET_{22jb} - \gamma_{1b} ET_{11jb}) + (\varphi_{2b} D_{2db} - \varphi_{1b} D_{1db}) \right]} \quad (9)$$

商務旅客將選擇市區機場－市區機場對飛航線。同理，當 $C_{11jn} < C_{22jn}$ 亦可推導非商務旅客時間價值 λ_n 分界。

$$\lambda_n > \frac{\left[(AC_{11in} - AC_{22in}) + (TC_{11n} - TC_{22n}) + (EC_{11jn} - EC_{22jn}) \right]}{\left[(\alpha_{2n} AT_{22in} - \alpha_{1n} AT_{11in}) + (\beta_{2n} TT_{22n} - \beta_{1n} TT_{11n}) + (\gamma_{2n} ET_{22jn} - \gamma_{1n} ET_{11jn}) + (\varphi_{2n} D_{2dn} - \varphi_{1n} D_{1dn}) \right]} \quad (10)$$

本研究假設商務與非商務旅客之時間價值分配不同，並依據過去研究之數值結果分別推估商務與非商務旅客時間價值分配。令商務、非商務旅客時間價值分配機率密度函數示意如圖 1，其中，由實際數據與文獻結果，可假設商務旅客時間價值較高，平均值較高、變異較小；非商務旅客時間價值相對較商務旅客低，平均值較低、變異較大。由旅客時間價值分界之推導，即可於商務、非商務旅客時間價值分配中劃分出選擇市區機場對飛航線與市郊主要機場對飛航線之比例，亦示意於下圖 1，而圖中陰影面積即為選擇市區機場對飛航線之市場比例。

由式 (6) 與式 (8) 可知，市場比例之分界受到旅客所在區位對兩出發機場之可及時間、可及成本，以及班次延誤時間差、票價差、飛行時間差、到達機場可及性等因素所影響。亦即，雖然市區機場對之可及成本與接駁成本較低，但航線票價較貴，使得旅行成本較高，但由於航線屬中短程，可及時間與接駁時間占旅行時間比例較高，因而對時間價值高的旅客，會由於可及時間與接駁時間之節省而選擇市區機場對飛航線。透過各個分區 i 於時間價值分配之市場比例分界推估，即可推估「城市對」航線市場中，出發機場為市區機場之「機場對」市場範圍。

本研究進一步運用連續性網路近似方法，針對機場市場範圍進行總計分析，以推估機

場之市場規模與其涵蓋範圍空間分佈。Vaughan^[29] 研究其透過實際都市運輸網路與各類型路線系統之路線特性相比較可得知，矩形、輻射／環形路線系統較近似於實際路線，因此本研究假設研究範圍之都會區路線系統平面路線呈格子狀分佈之路網，再將其乘上一實際路網調整參數，則可使格子狀路網長度逼近實際路網之長度。

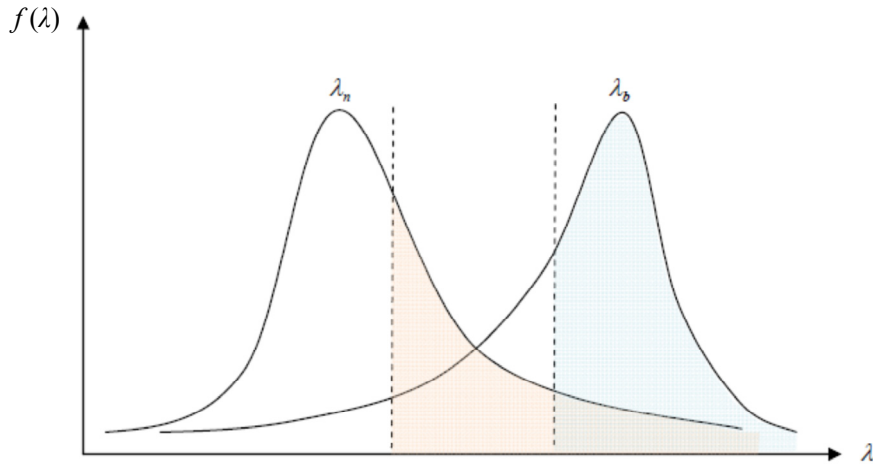


圖 1 時間價值分配示意圖

令座標點 (x, y) 表示旅客於研究範圍地圖格子狀路網之端點座標；座標點 $i_{(x,y)}$ 表示旅客於最初起點之交通分區所在區位之起點座標；座標點 d_1 表示出發機場為市區機場之端點座標、 d_2 表示出發機場為市郊主要國際機場之端點座標。旅客於最初起點區位 $i_{(x,y)}$ 至出發機場 (d_1 、 d_2) 之可及成本 (AC) 可以式 (11) – (14) 表示，其中， $d(i_{(x,y)}, d_1)$ 、 $d(i_{(x,y)}, d_2)$ 分別為旅客最初起點區位至出發機場之旅次距離， c_b 與 c_n 分別表示商務旅客與非商務旅客抵達出發機場使用之運具單位距離旅行成本； ρ 表實際路網調整參數，為實際路網長度與格子狀路網長度之比值。

$$AC_{11ib} = \rho \cdot d(i_{(x,y)}, d_1) c_b \quad (11)$$

$$AC_{22ib} = \rho \cdot d(i_{(x,y)}, d_2) c_b \quad (12)$$

$$AC_{11in} = \rho \cdot d(i_{(x,y)}, d_1) c_n \quad (13)$$

$$AC_{22in} = \rho \cdot d(i_{(x,y)}, d_2) c_n \quad (14)$$

空間區位變異下之市區機場之市場規模（潛在需求量）估計函數 $Q(\Omega_{i(x,y)})$ ，如下式：

$$Q(\Omega_{i(x,y)}) = E_{(x,y)} \times \left[1 - \int_{-\infty}^{\lambda} f_i(\lambda) \right] \quad (15)$$

其中， $\Omega_{i(x,y)}$ 為研究範圍內之數值網格位置代碼， $E_{(x,y)}$ 為數值網格所在位置之人口密度， $f_i(\lambda)$ 為旅客時間價值之機率密度函數。透過式 (9) - (10) 求得各個分區 i 之商務／非商務旅客時間價值分配之市場比例分界 λ ，並由 $[1 - \int f_i(\lambda)]$ 求得每個分區商務／非商務旅客對雙機場之可能選擇機率，再由式 (15) 計算每個分區 i 之機場市場規模，最後再將每個分區進行總計，以劃分出機場市場涵蓋範圍。

三、松山機場市場涵蓋範圍分析討論

本研究以松山機場發展東北亞主要都市市區機場對飛航線為實證，進行市場涵蓋範圍分佈與市場規模運量推估，劃分出松山機場於東北亞對飛城市對航線與桃園國際機場間之市場涵蓋範圍。為簡化分析，暫僅以臺中以北範圍進行網格分析。並針對旅客選擇因素之重要可及性權重參變數進行敏感度分析，及考慮加入雙機場間連結之聯外運輸系統發展情境、市區機場對飛航線增班情境，進行情境分析，探究機場市場涵蓋範圍分佈之影響，以推論雙機場之對飛航線市場潛力之策略意涵，期作為都會區雙機場競合發展策略之參考基礎。

本研究範例以臺北－東京、臺北－上海城市對中，松山機場與上海虹橋、東京羽田機場對飛航線為分析對象；由於松山與金浦對飛航線甫於民國 101 年 4 月底啟航，部分資料不足，且目前松山－金浦對飛航線班次仍少，故本研究暫未分析。本研究數值範例中，將研究範圍切割為 6,972 格 (83×84) 之數值網格，並應用 JAVA 撰寫程式，進行網格套色分析，繪出機場市場涵蓋範圍分佈圖。

3.1 市區機場對航線之機場涵蓋範圍分析

範例分析中，各分區旅客時間價值設為常態分配，故須設定各區時間價值之平均值與標準差，以設定機率密度函數。旅客時間價值之平均值則參考交通部運輸研究所報告^[30]之計算與推估方式，即由工資率與工資率調整比例所決定；其中，工資率調整比例依據運研所報告^[30]之設定，即商務、非商務之時間價值分別為工資率的 125%、80%。而在工資率的設定方面，亦依據運研所報告^[30]所採用之公式，即：各區工資率 = 各區受雇人員報酬(年) / [12(月) × 平均每戶所得收入者人數(人) × 平均工時(時) × 60(分鐘)]；其中，受雇人員報酬與平均每戶所得收入者人數，則依據行政院主計總處「臺灣地區家庭收支調查縣市資料查詢」^[31]與臺北市政府主計處「臺北市家庭收支訪問調查報告」^[32]之資料作設定。再者，時間價值之標準差則利用過去交通部臺灣地區旅運時間價值調查報告^[33]之資料進行計算，再換算為現在幣值，作為各區商務、非商務旅客時間價值標準差之設定。各區商務、非商務旅客時間價值平均值與標準差之參數值，列於附表 1。本研究商務與非商務旅

客之界定，係利用時間價值分配之平均值與標準差來分界；由附表 1，商務、非商務旅客時間價值標準差推估結果，原則上，商務旅客時間價值標準差較小、而非商務旅客時間價值標準差較大。

3.1.1 上海航線之松山機場市場涵蓋範圍分析

本研究旅客一般化旅行成本函數之參數設定值，列於附表 2。在計算旅客由起點至出發機場之可及成本 (AC) 與可及時間 (AT) 上，各起點網格至出發機場 (松山機場、桃園機場) 之旅行距離依 Google 地圖路徑規劃逐一計算實際最短旅行距離與旅行時間；而單位距離運具成本 (c_b 、 c_n) 則分別依商務、非商務旅客機場接駁運具使用比例加以平均計算，其中 $c_b=20$ 元/公里、 $c_n=3.71$ 元/公里。而航線飛行成本 (TC) 則以實際營運之各家航空公司 14 天期各艙等機票票價平均值為設定，其中，松山－虹橋平均票價為 9,227 元、桃園－浦東平均票價為 8,283 元。飛行時間 (TT) 則以航線實際班表飛行時間取平均值計算，其中，松山－虹橋航班平均飛行時間為 90 分鐘、桃園－浦東航班平均飛行時間為 108 分鐘。班次延誤時間 (D) 則以 1/4 機場營運時間除班次總數為估計，其中，松山機場營運時間為 17.5 小時、桃園機場為 24 小時營運，故松山－虹橋 (每日 4 班) 之班次延誤時間為 65.625 分鐘、桃園－浦東 (每日 6 班) 之班次延誤時間則為 60 分鐘；以上參數值詳見附表 2。再者，臺北－上海航線設定之接駁成本 (EC) 與接駁時間 (ET)，以虹橋與浦東兩機場至旅客較常去之目的地城市的實際成本、時間做一平均值後乘上權重作為旅客到達機場至迄點之接駁成本、接駁時間期望值之設定，參數值詳見附表 2。利用式 (9)、式 (10)，推導出各分區之商務/非商務旅客分別選擇兩機場之可能機率百分比，各分區商務/非商務旅客於臺北－上海航線中選擇松山、桃園兩機場之可能機率計算結果列於表 1。再利用式 (15) 得出在空間區位變異下的各區商務/非商務旅客選擇兩機場之市場規模。而各分區商務/非商務旅客潛在市場規模換算松山、桃園兩機場於地理分區上之佔有率，列於表 2；再由表 2 可畫出臺北－上海航線松山機場商務/非商務旅客之市場涵蓋範圍圖，如圖 2。

表 1 代表各區中所有網格之旅客對松山－虹橋與桃園－浦東兩「機場對」之平均選擇機率。不論商務或非商務旅客，旅客都會傾向選擇較鄰近的出發機場，只是時間價值較低之非商務旅客，較可能會以可及成本 (時間) 的增加來換取機票成本降低或服務品質改善 (如較大型飛機)，所以選擇距離較遠的桃園機場之可能性較高。由於雙機場航線選擇為二元選擇，會受起點至兩機場之可及時間 (成本) 相對差距而影響其選擇。其中，如士林區與北投區，雖兩區為相鄰之行政區且距桃園機場之距離相近，但士林區離松山機場較近，故對於在士林區內的旅客平均而言至松山與桃園兩機場之可及距離與時間差異較大，故士林區的非商務旅客仍近 8 成可能機率選擇松山機場；而由於北投區內的旅客至兩機場之可及時間 (成本) 差異較小，該區之非商務旅客近 6 成轉至桃園機場。而松山機場以北與以東的新北市區域，如貢寮、金山、平溪、雙溪等地區，由於相對而言距松山機場較近，商務旅客均完全選擇松山機場，非商務旅客則大多選擇桃園機場。另外，苗栗縣與臺中縣有非常少部分區域的網格，如苗栗縣泰安鄉靠近宜蘭的少部分網格以及臺中和平區，由

Google 地圖路徑規劃之最短路徑顯示，這些分區至松山機場可經臺 7 線轉國道 5 號到達，較其轉國道 1 號到桃園機場還近，故苗栗縣與臺中縣仍有少部分可能機率會選擇松山機場。

表 1 臺北－上海航線各區商務／非商務旅客選擇兩機場之可能機率

分區代碼	行政區	商務		非商務		分區代碼	行政區	商務		非商務	
		松山	桃園	松山	桃園			松山	桃園	松山	桃園
1	基隆市	97.44%	2.56%	47.57%	52.43%	25	淡水區	100.00%	0.00%	75.66%	24.34%
2	松山區	100.00%	0.00%	91.24%	8.76%	26	鶯歌區	0.00%	100.00%	0.00%	100.00%
3	信義區	100.00%	0.00%	93.47%	6.53%	27	五股區	100.00%	0.00%	53.77%	46.23%
4	大安區	100.00%	0.00%	99.99%	0.01%	28	泰山區	100.00%	0.00%	55.03%	44.97%
5	中山區	100.00%	0.00%	75.68%	24.32%	29	林口區	0.00%	100.00%	17.15%	82.85%
6	中正區	100.00%	0.00%	95.91%	4.09%	30	瑞芳區	100.00%	0.00%	4.46%	95.54%
7	大同區	100.00%	0.00%	27.08%	72.92%	31	深坑區	100.00%	0.00%	27.33%	72.67%
8	萬華區	100.00%	0.00%	55.28%	44.72%	32	石碇區	100.00%	0.00%	17.56%	82.44%
9	文山區	100.00%	0.00%	96.20%	3.80%	33	坪林區	100.00%	0.00%	15.21%	84.79%
10	南港區	100.00%	0.00%	63.38%	36.62%	34	三芝區	100.00%	0.00%	6.53%	93.47%
11	內湖區	100.00%	0.00%	98.04%	1.96%	35	石門區	89.07%	10.93%	0.36%	99.64%
12	士林區	95.26%	4.74%	78.06%	21.94%	36	八里區	0.00%	100.00%	0.06%	99.94%
13	北投區	100.00%	0.00%	40.93%	59.07%	37	平溪區	100.00%	0.00%	5.55%	94.45%
14	板橋區	100.00%	0.00%	69.05%	30.95%	38	雙溪區	100.00%	0.00%	2.38%	97.62%
15	三重區	100.00%	0.00%	90.73%	9.27%	39	貢寮區	100.00%	0.00%	3.06%	96.94%
16	中和區	100.00%	0.00%	67.30%	32.70%	40	金山區	100.00%	0.00%	13.41%	86.59%
17	新莊區	100.00%	0.00%	54.74%	45.26%	41	萬里區	100.00%	0.00%	11.30%	88.70%
18	永和區	100.00%	0.00%	91.66%	8.34%	42	烏來區	100.00%	0.00%	2.17%	97.83%
19	新店區	100.00%	0.00%	80.94%	19.06%	43	桃園縣	0.00%	100.00%	0.00%	100.00%
20	土城區	6.58%	93.42%	24.41%	75.59%	44	新竹市	0.00%	100.00%	0.00%	100.00%
21	蘆洲區	100.00%	0.00%	70.20%	29.80%	45	新竹縣	0.00%	100.00%	0.00%	100.00%
22	樹林區	99.31%	0.69%	37.97%	62.03%	46	苗栗縣	0.56%	99.44%	0.37%	99.63%
23	汐止區	100.00%	0.00%	97.49%	2.51%	47	臺中市 1 (原臺中市)	0.00%	100.00%	0.00%	100.00%
24	三峽區	0.00%	100.00%	0.01%	99.99%	48	臺中市 2 (原臺中縣)	1.20%	98.80%	0.80%	99.20%

市場範圍的界定是量測市場競爭程度的第一步，由表 2 與圖 2，各分區市場涵蓋佔有率對於松山與桃園機場即代表各分區商務／非商務旅客對於兩機場之潛在需求量與市場規模量，機場可依此推估旅客來自於哪些地理分佈、推論到達機場接駁旅次特性。透過市場涵蓋範圍分析，一方面可探討雙機場之市場規模變化，另一方面則可作為兩機場市場區隔定位之基礎。由表 2 與圖 2 可知，對於商務旅客，松山機場與桃園機場之市場涵蓋佔有率分別為 58.87%與 41.13%；而非商務旅客，松山機場與桃園機場之市場涵蓋佔有率分別

為 39.02%與 60.98%。而由圖 2 可知，臺北－上海航線中，商務旅客選擇松山機場在地理上之涵蓋分佈多集中於臺北市之松山區、信義區、大安區、中山區、中正區、大同區、文山區、南港區、內湖區等，故對於商務旅客來說，因為商務時間價值較高，故距離松山機場較鄰近地區會較偏選擇松山機場；而對於非商務旅客來說，則因時間價值較低，故選擇松山機場之比率較低，選擇松山機場在地理上之分佈亦較為分散。進一步，參考交通部觀光局「國人旅遊狀況調查」^[34]之出國旅遊目的百分比統計資料，目的為商務者占 25.5%、

表 2 臺北－上海航線兩機場之各區商務／非商務旅客市場涵蓋佔有率

分區 代碼	行政區	商務		非商務		分區 代碼	行政區	商務		非商務	
		松山	桃園	松山	桃園			松山	桃園	松山	桃園
1	基隆市	3.19%	0.08%	1.49%	1.64%	25	淡水區	1.32%	0.00%	0.89%	0.29%
2	松山區	1.38%	0.00%	1.13%	0.11%	26	鶯歌區	0.14%	0.68%	0.00%	0.68%
3	信義區	2.37%	0.00%	2.08%	0.15%	27	五股區	0.78%	0.00%	0.34%	0.29%
4	大安區	2.42%	0.00%	2.28%	0.00%	28	泰山區	0.81%	0.00%	0.36%	0.30%
5	中山區	1.92%	0.00%	1.35%	0.43%	29	林口區	0.14%	0.60%	0.10%	0.49%
6	中正區	1.30%	0.00%	1.11%	0.05%	30	瑞芳區	0.51%	0.00%	0.02%	0.35%
7	大同區	0.75%	0.00%	0.16%	0.44%	31	深坑區	0.36%	0.00%	0.06%	0.16%
8	萬華區	1.33%	0.00%	0.65%	0.53%	32	石碇區	0.21%	0.00%	0.01%	0.05%
9	文山區	2.45%	0.00%	2.22%	0.09%	33	坪林區	0.20%	0.00%	0.01%	0.05%
10	南港區	1.15%	0.00%	0.64%	0.37%	34	三芝區	0.35%	0.00%	0.01%	0.19%
11	內湖區	2.51%	0.00%	2.32%	0.05%	35	石門區	0.23%	0.01%	0.00%	0.10%
12	士林區	2.67%	0.13%	2.07%	0.58%	36	八里區	0.14%	0.27%	0.00%	0.27%
13	北投區	2.21%	0.00%	0.84%	1.22%	37	平溪區	0.19%	0.00%	0.00%	0.04%
14	板橋區	3.46%	0.00%	2.29%	1.03%	38	雙溪區	0.22%	0.00%	0.00%	0.07%
15	三重區	3.45%	0.00%	3.00%	0.31%	39	貢寮區	0.26%	0.00%	0.00%	0.11%
16	中和區	4.13%	0.00%	2.68%	1.30%	40	金山區	0.32%	0.00%	0.02%	0.15%
17	新莊區	3.53%	0.00%	1.85%	1.53%	41	萬里區	0.33%	0.00%	0.02%	0.16%
18	永和區	3.55%	0.00%	3.12%	0.28%	42	烏來區	0.19%	0.00%	0.00%	0.05%
19	新店區	2.33%	0.00%	1.77%	0.42%	43	桃園縣	0.00%	16.29%	0.00%	16.29%
20	土城區	0.28%	1.88%	0.49%	1.52%	44	新竹市	0.00%	3.42%	0.00%	3.42%
21	蘆洲區	2.35%	0.00%	1.55%	0.66%	45	新竹縣	0.00%	4.16%	0.00%	4.16%
22	樹林區	1.46%	0.01%	0.50%	0.82%	46	苗栗縣	0.03%	4.55%	0.02%	4.56%
23	汐止區	1.62%	0.00%	1.44%	0.04%	47	臺中市 1 (原臺中市)	0.00%	1.65%	0.00%	1.65%
24	三峽區	0.14%	0.84%	0.00%	0.84%	48	臺中市 2 (原臺中縣)	0.23%	6.57%	0.10%	12.70%
小 計								58.87%	41.13%	39.02%	60.98%
總 計								100%		100%	

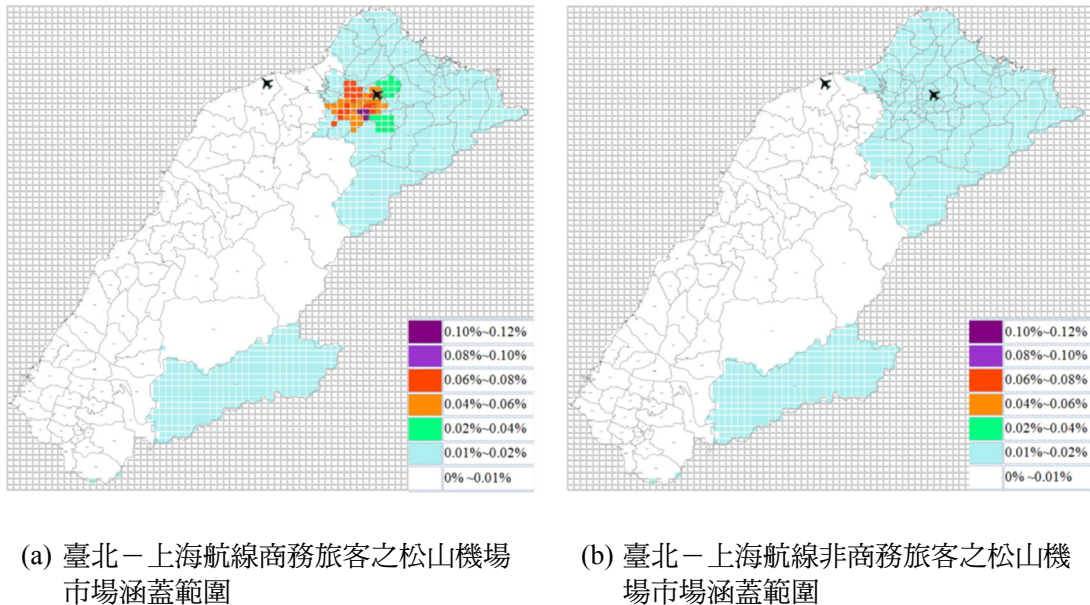


圖 2 臺北－上海航線商務／非商務旅客之松山機場市場涵蓋範圍

目的為非商務者則占 74.5%，故經加權計算後，估算臺北－上海航線之桃園機場、松山機場市場佔有率分別為 55.82%、44.18%，對照現況（102 年 5 月）上海航線桃園、松山之實際市場佔有率（依桃園－浦東與松山－虹橋航線出境旅客比率）分別約為 60.69%與 39.31%，本研究方法所推估的市場涵蓋佔有率尚屬合理，惟商務旅客之松山機場市場涵蓋佔有率較高估、非商務旅客之松山機場市場佔有率則較接近實際值。雖本研究推估之市場涵蓋佔有率與實際市場佔有率之誤差約為 10%，但由於本範例分析之範圍僅包含臺中以北區域，而實際市場佔有率係以航線總出境旅客為計算基礎；推測臺中以南旅客若將較偏選擇桃園－浦東航線，則推論以本研究方法推估全區市場涵蓋佔有率應將更準確。

3.1.2 東京航線之松山機場市場涵蓋範圍分析

東京航線之旅客一般化旅行成本函數參數設定值，亦列於附表 2。其中，旅客由起點至出發機場之可及成本 (AC) 與可及時間 (AT)，同前小節上海航線之參數設定。而航線飛行成本 (TC) 亦以平均票價為設定，松山－羽田平均票價為 7,300 元、桃園－成田平均票價為 6,300 元。飛行時間 (TT) 以班表平均飛行時間計算，其中，松山－羽田航班平均飛行時間為 165 分鐘、桃園－成田航班平均飛行時間為 194 分鐘。班次延誤時間 (D) 上，松山－羽田（每日 8 班）之班次延誤時間為 32.813 分鐘、桃園－成田（每日 10 班）之班次延誤時間則為 36 分鐘。而在接駁成本 (EC) 與接駁時間 (ET) 以羽田與成田兩機場至旅客較常去之目的地城市的實際成本、時間做一平均值後，並參考 Takada 與 Yokoyama^[35] 之研究結果，作合理之假設調整，並乘上權重作為旅客到達機場至迄點之接駁成本、接駁時間

之期望值設定，參數值詳見附表 2。臺北－東京航線各分區商務／非商務旅客選擇松山、桃園兩機場之可能機率計算結果列於表 3，而各分區商務／非商務旅客潛在市場規模換算松山、桃園兩機場於地理分區上之佔有率列於表 4，並由表 4 可畫出臺北－東京航線松山機場商務／非商務旅客之市場涵蓋範圍圖，如圖 3。

表 3 臺北－東京航線各區商務／非商務旅客選擇兩機場之可能機率

分區 代碼	行政區	商務		非商務		分區 代碼	行政區	商務		非商務	
		松山	桃園	松山	桃園			松山	桃園	松山	桃園
1	基隆市	98.20%	1.80%	34.23%	65.77%	25	淡水區	100.00%	0.00%	41.59%	58.41%
2	松山區	100.00%	0.00%	92.78%	7.22%	26	鶯歌區	0.00%	100.00%	0.00%	100.00%
3	信義區	100.00%	0.00%	93.82%	6.18%	27	五股區	100.00%	0.00%	27.69%	72.31%
4	大安區	100.00%	0.00%	99.99%	0.01%	28	泰山區	100.00%	0.00%	33.76%	66.24%
5	中山區	100.00%	0.00%	73.11%	26.89%	29	林口區	100.00%	0.00%	0.00%	100.00%
6	中正區	100.00%	0.00%	93.30%	6.70%	30	瑞芳區	100.00%	0.00%	4.23%	95.77%
7	大同區	100.00%	0.00%	18.57%	81.43%	31	深坑區	100.00%	0.00%	30.71%	69.29%
8	萬華區	100.00%	0.00%	35.99%	64.01%	32	石碇區	100.00%	0.00%	17.32%	82.68%
9	文山區	100.00%	0.00%	96.64%	3.36%	33	坪林區	100.00%	0.00%	14.98%	85.02%
10	南港區	100.00%	0.00%	62.51%	37.49%	34	三芝區	100.00%	0.00%	2.67%	97.33%
11	內湖區	100.00%	0.00%	98.18%	1.82%	35	石門區	100.00%	0.00%	0.01%	99.99%
12	士林區	100.00%	0.00%	66.42%	33.58%	36	八里區	0.00%	100.00%	0.00%	100.00%
13	北投區	100.00%	0.00%	23.15%	76.85%	37	平溪區	100.00%	0.00%	4.16%	95.84%
14	板橋區	100.00%	0.00%	34.93%	65.07%	38	雙溪區	100.00%	0.00%	1.68%	98.32%
15	三重區	100.00%	0.00%	78.26%	21.74%	39	貢寮區	100.00%	0.00%	2.26%	97.74%
16	中和區	100.00%	0.00%	56.90%	43.10%	40	金山區	100.00%	0.00%	11.55%	88.45%
17	新莊區	100.00%	0.00%	30.07%	69.93%	41	萬里區	100.00%	0.00%	9.34%	90.66%
18	永和區	100.00%	0.00%	87.09%	12.91%	42	烏來區	100.00%	0.00%	0.63%	99.37%
19	新店區	100.00%	0.00%	68.55%	31.45%	43	桃園縣	6.41%	93.59%	0.00%	100.00%
20	土城區	100.00%	0.00%	0.04%	99.96%	44	新竹市	0.00%	100.00%	0.00%	100.00%
21	蘆洲區	100.00%	0.00%	48.44%	51.56%	45	新竹縣	0.00%	100.00%	0.00%	100.00%
22	樹林區	100.00%	0.00%	0.34%	99.66%	46	苗栗縣	0.56%	99.44%	0.56%	99.44%
23	汐止區	100.00%	0.00%	96.28%	3.72%	47	臺中市 1 (原臺中市)	0.00%	100.00%	0.00%	100.00%
24	三峽區	0.00%	100.00%	0.00%	100.00%	48	臺中市 2 (原臺中縣)	1.36%	98.64%	0.91%	99.09%

表 3 代表各區中所有網格之旅客對松山－羽田與桃園－成田兩「機場對」之平均選擇機率。旅客選擇「機場對」航線除受到可及時間（成本）、機票成本與飛行時間影響外，更會受到達機場至最終迄點之接駁時間（成本）之影響。相較而言，東京成田、羽田機場距

市區距離差距較遠。成田機場、羽田機場距東京市區分別約為 57.5、14 公里；而上海浦東、虹橋機場距上海市區分別約為 30、13 公里，兩者距市區距離差距較小。由表 1 與表 3 相對照比較，對於土城區、林口區兩相鄰桃園縣之行政區，在接駁時間（成本）影響下，由於上海之兩機場接駁時間（成本）差距較小，故前往上海之商務旅客多偏選擇鄰近的桃園機場為出發機場；但是由於東京兩機場之接駁時間（成本）差距較大，商務旅客前往東京

表 4 臺北－東京航線兩機場之各區商務／非商務旅客市場涵蓋佔有率

分區 代碼	行政區	商務		非商務		分區 代碼	行政區	商務		非商務	
		松山	桃園	松山	桃園			松山	桃園	松山	桃園
1	基隆市	3.21%	0.06%	1.07%	2.05%	25	淡水區	1.32%	0.00%	0.49%	0.69%
2	松山區	1.38%	0.00%	1.15%	0.09%	26	鶯歌區	0.14%	0.68%	0.00%	0.68%
3	信義區	2.37%	0.00%	2.09%	0.14%	27	五股區	0.78%	0.00%	0.18%	0.46%
4	大安區	2.42%	0.00%	2.28%	0.00%	28	泰山區	0.81%	0.00%	0.22%	0.44%
5	中山區	1.92%	0.00%	1.30%	0.48%	29	林口區	0.74%	0.00%	0.00%	0.60%
6	中正區	1.30%	0.00%	1.08%	0.08%	30	瑞芳區	0.51%	0.00%	0.02%	0.35%
7	大同區	0.75%	0.00%	0.11%	0.49%	31	深坑區	0.36%	0.00%	0.07%	0.15%
8	萬華區	1.33%	0.00%	0.43%	0.76%	32	石碇區	0.21%	0.00%	0.01%	0.05%
9	文山區	2.45%	0.00%	2.23%	0.08%	33	坪林區	0.20%	0.00%	0.01%	0.05%
10	南港區	1.15%	0.00%	0.63%	0.38%	34	三芝區	0.35%	0.00%	0.01%	0.20%
11	內湖區	2.51%	0.00%	2.33%	0.04%	35	石門區	0.24%	0.00%	0.00%	0.10%
12	士林區	2.79%	0.00%	1.76%	0.89%	36	八里區	0.14%	0.27%	0.00%	0.27%
13	北投區	2.21%	0.00%	0.48%	1.59%	37	平溪區	0.19%	0.00%	0.00%	0.04%
14	板橋區	3.46%	0.00%	1.16%	2.16%	38	雙溪區	0.22%	0.00%	0.00%	0.07%
15	三重區	3.45%	0.00%	2.59%	0.72%	39	貢寮區	0.26%	0.00%	0.00%	0.11%
16	中和區	4.13%	0.00%	2.27%	1.72%	40	金山區	0.32%	0.00%	0.02%	0.16%
17	新莊區	3.53%	0.00%	1.02%	2.37%	41	萬里區	0.33%	0.00%	0.02%	0.17%
18	永和區	3.55%	0.00%	2.97%	0.44%	42	烏來區	0.19%	0.00%	0.00%	0.05%
19	新店區	2.33%	0.00%	1.50%	0.69%	43	桃園縣	1.04%	15.25%	0.00%	16.29%
20	土城區	2.15%	0.00%	0.00%	2.01%	44	新竹市	0.00%	3.42%	0.00%	3.42%
21	蘆洲區	2.35%	0.00%	1.07%	1.14%	45	新竹縣	0.00%	4.16%	0.00%	4.16%
22	樹林區	1.47%	0.00%	0.00%	1.32%	46	苗栗縣	0.03%	4.55%	0.03%	4.55%
23	汐止區	1.62%	0.00%	1.42%	0.05%	47	臺中市 1 (原臺中市)	0.00%	1.65%	0.00%	1.65%
24	三峽區	0.14%	0.84%	0.00%	0.84%	48	臺中市 2 (原臺中縣)	0.28%	6.52%	0.12%	12.68%
小計								62.60%	37.40%	32.10%	67.90%
總計								100%		100%	

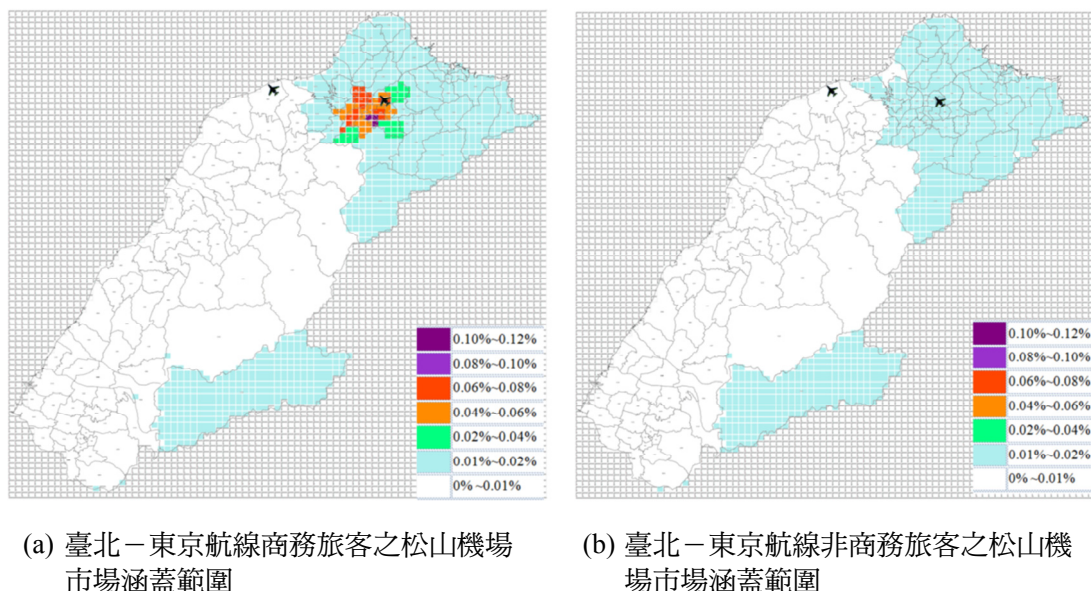


圖 3 臺北－東京航線商務／非商務旅客之松山機場市場涵蓋範圍

時因羽田機場之接駁時間（成本）可大幅節省，故為選擇松山－羽田航線反而轉選擇松山機場。

由表 4 與圖 3，商務旅客於松山機場與桃園機場之市場涵蓋佔有率分別為 62.6%與 37.4%；而非商務旅客松山機場與桃園機場之市場涵蓋佔有率分別為 32.1%與 67.9%。顯示商務旅客較偏選擇松山－羽田航線，而非商務旅客反較偏選擇桃園－成田航線，除因松山機場之可及時間與成本較低外，羽田機場之接駁時間與成本更大幅低於成田機場，而致使商務旅客偏選擇近臺北市區與東京市區之松山－羽田航線，以獲得可及時間（成本）與接駁時間（成本）的大幅節省。而由圖 3，商務旅客松山機場市場涵蓋分佈亦多集中於臺北市之松山區、信義區、大安區、中山區、中正區、大同區、文山區、南港區、內湖區等，或新北市永和區、新店區、汐止區等；而非商務旅客選擇松山機場在地理上之分佈則分散於臺北市、新北市北部區域。再依旅次目的為商務：非商務＝25.5：74.5 作加權計算後，估算臺北－東京航線之桃園機場、松山機場市場佔有率分別為 59.97%、40.03%，亦與現況（102 年 5 月）東京航線桃園、松山實際市場佔有率（依桃園－成田與松山－羽田航線出境旅客比率）分別約為 56.15%與 43.85% 相比較大致符合，可推論本研究方法可行與合理。

3.2 敏感度分析與情境分析

為簡化分析，本研究僅針對臺北－東京對飛航線進行相關參數之敏感度分析與情境分析。敏感度分析上，本研究針對商務與非商務旅客之時間價值平均值、標準差變化，以及可及時間與接駁時間之權重變化，探討參數變化其對松山機場市場涵蓋範圍分佈之影響。

而情境分析上，則探討桃園機場捷運通車情境對松山機場市場涵蓋範圍分佈之影響。

3.2.1 敏感度分析

一、商務／非商務之時間價值平均值改變

上述分析商務／非商務旅客時間價值平均值係參考運研所報告^[30]所設定之工資率調整比例而決定，即商務／非商務之時間價值平均值分別為工資率的 125%、80%。進一步探討時間價值平均值變化，亦即，比原設定值增加與減少，分別設定下列參數組合情形，以測試旅客時間價值平均值變化對松山機場市場涵蓋範圍佔有率之影響。

1. 商務／非商務旅客之時間價值之平均值，分別為工資率的 150%、100%。
2. 商務／非商務旅客之時間價值之平均值，分別為工資率的 137%、90%。
3. 商務／非商務旅客之時間價值之平均值，分別為工資率的 112%、75%。
4. 商務／非商務旅客之時間價值之平均值，分別為工資率的 100%、70%。

對應各種時間價值平均值變化下之松山機場涵蓋佔有率變化如表 5 及圖 4 所示。由表 5、圖 4 可知，時間價值平均值增加，對於商務與非商務旅客而言，選擇松山機場之比率皆有逐漸增加之趨勢；而時間價值平均值減少，則有逐漸減少之趨勢，且對非商務旅客減少的變化幅度較大。推論對於旅客而言，時間價值增加，松山機場在地理上位於近市區其在可及性上仍有一定之優勢。若時間價值減少，松山機場在可及時間之優勢上相對即不明顯而造成市場涵蓋佔有率降低。

二、商務／非商務之時間價值標準差改變

進一步，測試商務與非商務時間價值的標準差變化對松山機場市場涵蓋佔有率之影響，分別將商務與非商務時間價值標準差增加為原設定值之 1.5 倍、2 倍、2.5 倍，或縮小

表 5 旅客時間價值平均值改變對市場涵蓋佔有率變化

敏感度分析之參數設定 (商務、非商務旅客時間價值 平均值)	商務		非商務	
	松山	桃園	松山	桃園
參數組合 1 (工資率的 150%、100%)	65.52%	34.48%	44.34%	55.66%
參數組合 2 (工資率的 137%、90%)	62.94%	37.06%	40.47%	59.53%
原始設定 (工資率的 125%、80%)	62.60%	37.40%	32.10%	67.90%
參數組合 3 (工資率的 112%、75%)	62.60%	37.40%	27.60%	72.40%
參數組合 4 (工資率的 100%、70%)	62.56%	37.44%	20.37%	79.63%

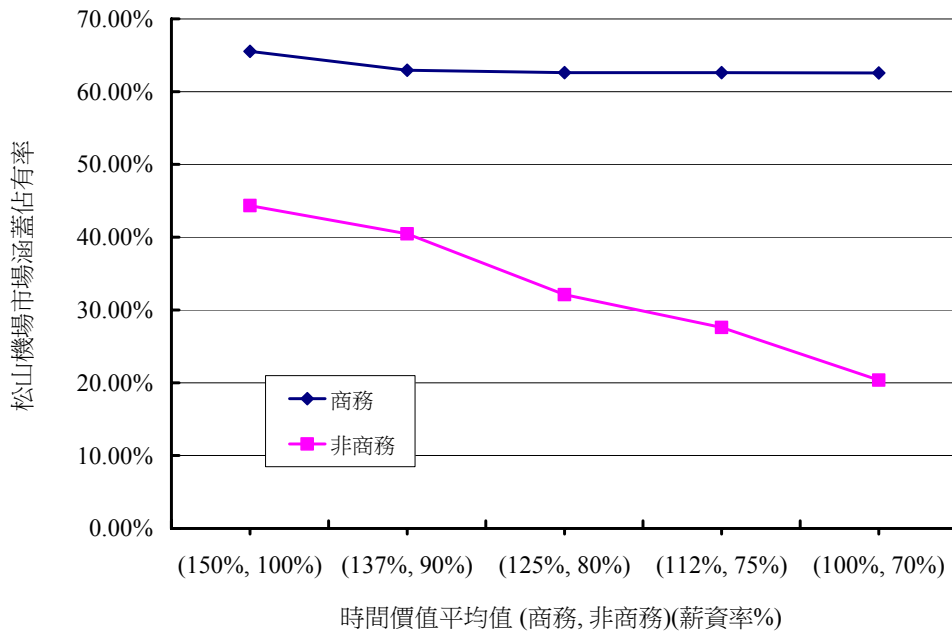


圖 4 旅客時間價值平均值改變對松山機場市場涵蓋佔有率變化

標準差為原設定值之 0.5 倍、0.25 倍。對應各種時間價值標準差變化下之松山機場涵蓋佔有率變化如表 6 及圖 5 所示。由表 6、圖 5 可知，時間價值標準差對機場涵蓋範圍佔有率之影響相對於平均值之影響較不敏感，且對商務旅客選擇影響相對於非商務旅客選擇影響不敏感。而隨著時間價值標準差增加，對於商務與非商務旅客選擇松山機場之比率皆有逐漸增加之趨勢。結果顯示，時間價值分配之峰度變寬（標準差變大），較能明顯切割出選擇松山機場與桃園機場之選擇比例；反之，因時間價值分配之峰度變窄（標準差變小），較無法明顯切割出選擇松山機場與桃園機場之選擇比例。

表 6 旅客時間價值標準差改變對市場涵蓋佔有率變化

敏感度分析之參數設定 (商務／非商務旅客時間價值標準差)	商務		非商務	
	松山	桃園	松山	桃園
原始設定 × 2.5	63.25%	36.75%	33.92%	66.08%
原始設定 × 2	62.87%	37.13%	33.32%	66.68%
原始設定 × 1.5	62.70%	37.30%	33.02%	66.98%
原始設定	62.60%	37.40%	32.10%	67.90%
原始設定 × 0.5	62.59%	37.41%	31.99%	68.01%
原始設定 × 0.25	62.58%	37.42%	28.22%	71.78%

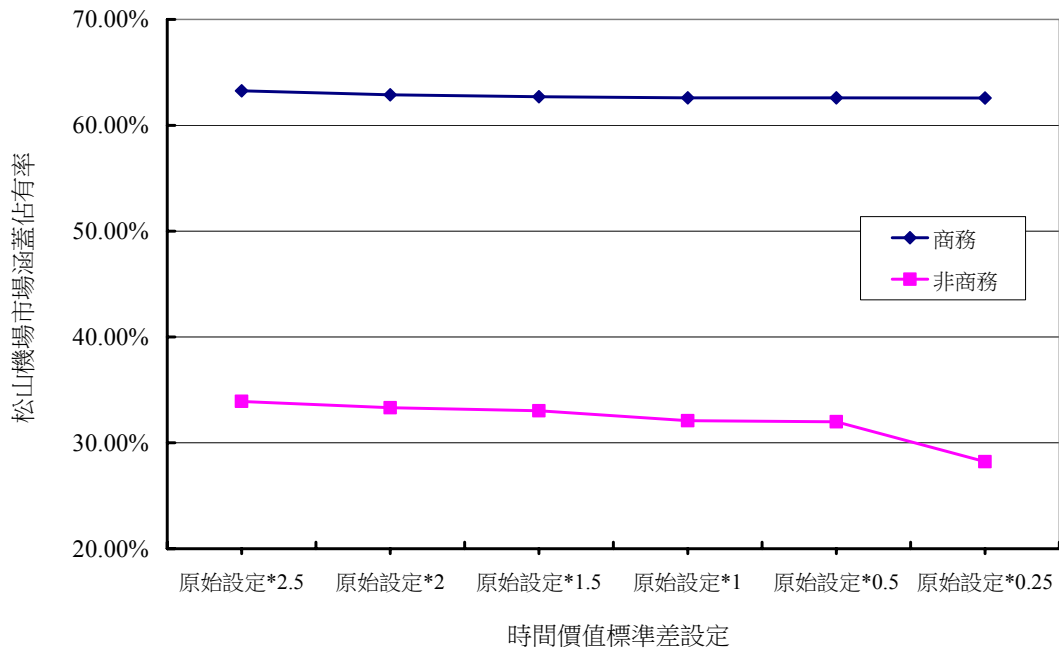


圖 5 旅客時間價值標準差改變對松山機場市場涵蓋佔有率變化

3.2.2 機場捷運通車情境分析

桃園機場捷運系統未來計劃運行直達車、普通車兩種，前者可於 35 分鐘內聯絡臺北車站與桃園國際機場，達到快速輸運旅客之目的。機場捷運通車情境設定上，針對大臺北地區與機場捷運沿線之可及時間依據捷運可能之旅行時間進行折減設定，而其他參數值設定皆不變。對應機場捷運通車下之松山機場涵蓋佔有率結果，如表 7 所示。由表 7 可知，桃園機場捷運通車後，商務旅客與非商務旅客之松山機場市場涵蓋佔有率均降低；且非商務旅客之松山機場市場涵蓋佔有率甚降到僅剩 17.68%。亦依旅次目的商務：非商務 = 25.5：74.5 作加權計算後，估算桃園機場捷運通車後，臺北－東京航線之松山機場市場佔有率由原本之 40.03%降為 27.65%。概因對商務旅客而言，時間價值高，故仍約有 56%維持選擇較靠近市區可及性較方便之松山機場；而非商務旅客由於桃園機場捷運通車後其可及時間與成本大幅減少，其選擇松山機場之百分比明顯減少。

表 7 機場捷運通車情境下各區商務／非商務旅客機場市場涵蓋佔有率

分區 代碼	行政區	商務		非商務		分區 代碼	行政區	商務		非商務	
		松山	桃園	松山	桃園			松山	桃園	松山	桃園
1	基隆市	3.04%	0.09%	0.48%	2.64%	25	淡水區	1.17%	0.01%	0.00%	1.18%
2	松山區	1.23%	0.01%	0.95%	0.30%	26	鶯歌區	0.00%	0.68%	0.00%	0.68%

表 7 機場捷運通車情境下各區商務／非商務旅客機場市場涵蓋佔有率（續）

分區 代碼	行政區	商務		非商務		分區 代碼	行政區	商務		非商務	
		松山	桃園	松山	桃園			松山	桃園	松山	桃園
3	信義區	2.20%	0.02%	1.76%	0.46%	27	五股區	0.63%	0.01%	0.13%	0.51%
4	大安區	2.25%	0.02%	2.26%	0.02%	28	泰山區	0.66%	0.01%	0.18%	0.48%
5	中山區	1.76%	0.02%	0.90%	0.88%	29	林口區	0.59%	0.01%	0.00%	0.60%
6	中正區	1.15%	0.01%	0.47%	0.69%	30	瑞芳區	0.36%	0.00%	0.01%	0.36%
7	大同區	0.60%	0.01%	0.01%	0.60%	31	深坑區	0.22%	0.00%	0.06%	0.16%
8	萬華區	1.17%	0.01%	0.02%	1.16%	32	石碇區	0.06%	0.00%	0.01%	0.05%
9	文山區	2.28%	0.02%	1.88%	0.43%	33	坪林區	0.05%	0.00%	0.01%	0.05%
10	南港區	1.00%	0.01%	0.40%	0.61%	34	三芝區	0.20%	0.00%	0.00%	0.20%
11	內湖區	2.34%	0.02%	2.14%	0.23%	35	石門區	0.10%	0.00%	0.00%	0.10%
12	士林區	2.62%	0.03%	0.59%	2.06%	36	八里區	0.00%	0.27%	0.00%	0.27%
13	北投區	2.04%	0.02%	0.02%	2.05%	37	平溪區	0.04%	0.00%	0.00%	0.04%
14	板橋區	3.28%	0.03%	0.02%	3.29%	38	雙溪區	0.07%	0.00%	0.00%	0.07%
15	三重區	3.27%	0.03%	0.77%	2.54%	39	貢寮區	0.11%	0.00%	0.00%	0.11%
16	中和區	3.94%	0.04%	0.99%	2.99%	40	金山區	0.17%	0.00%	0.01%	0.16%
17	新莊區	3.35%	0.03%	0.16%	3.22%	41	萬里區	0.18%	0.00%	0.01%	0.17%
18	永和區	3.37%	0.03%	1.37%	2.04%	42	烏來區	0.05%	0.00%	0.00%	0.05%
19	新店區	2.16%	0.02%	0.33%	1.86%	43	桃園縣	1.04%	15.25%	0.00%	16.29%
20	土城區	1.99%	0.02%	0.00%	2.01%	44	新竹市	0.00%	3.42%	0.00%	3.42%
21	蘆洲區	2.19%	0.02%	0.22%	1.99%	45	新竹縣	0.00%	4.16%	0.00%	4.16%
22	樹林區	1.31%	0.01%	0.00%	1.32%	46	苗栗縣	0.03%	4.55%	0.03%	4.55%
23	汐止區	1.46%	0.01%	1.38%	0.09%	47	臺中市 1 (原臺中市)	0.00%	1.65%	0.00%	1.65%
24	三峽區	0.00%	0.84%	0.00%	0.84%	48	臺中市 2 (原臺中縣)	0.28%	12.52%	0.11%	12.69%
小 計								56.05%	43.95%	17.68%	82.32%
總 計								100%		100%	

四、結論與建議

本研究以概念模式及連續性網路近似分析方法為基礎，將時間價值分配之數值結果整合於機場市場涵蓋範圍模式，分析與驗證松山機場發展東北亞區域對飛航線之市場涵蓋範圍分佈。本研究針對旅客於「機場對」航線選擇係以總一般化旅行成本最小為依據，分析區域雙機場間之旅客選擇分配。本研究建構旅客總一般化旅行成本函數，其變數包括旅客從起點抵達出發機場之可及時間與可及成本、票價與飛行時間、由到達機場至迄點之接駁時間與接駁成本，並考慮旅客對於出發機場之班次延誤成本，依兩機場對航線之總一般化

旅行成本函數相比較，則可推導旅客選擇區域雙機場「機場對」航線之關係式，並由旅客時間價值分配推導旅客選擇機率百分比。進一步透過旅客時間價值的分佈以個別旅客的角度延伸至總體旅客的角度，運用連續性網路近似方法，針對機場市場範圍進行總計分析，可繪出旅客於地理空間上之選擇行為分佈圖形，以推估機場之市場涵蓋範圍空間分佈。

本研究以松山機場與上海虹橋、東京羽田機場對飛航線為範例分析。研究結果顯示，在臺北－上海航線，對於商務旅客，松山機場與桃園機場之市場涵蓋佔有率分別為 58.87% 與 41.13%；而針對非商務旅客，松山機場與桃園機場之市場涵蓋佔有率分別為 39.02% 與 60.98%。在臺北－東京航線，商務旅客之松山機場與桃園機場之市場涵蓋佔有率分別為 62.6% 與 37.4%；而非商務旅客於松山機場與桃園機場之市場涵蓋佔有率分別為 32.1% 與 67.9%。再依旅次目的商務、非商務比率作加權計算後，估算臺北－上海、臺北－東京航線之松山機場市場佔有率，大約與現況之松山機場實際市場佔有率相符合，推論本研究方法確具可行與合理。由研究結果推論，對於商務旅客來說，其時間價值較高，松山機場位於臺北市區有其可及性優勢；而對於非商務旅客來說，則因時間價值較低，故選擇松山機場之比率較低，概因桃園之航線班次較多、松山之班次數較有限，而較偏向選擇桃園機場。進一步，針對商務與非商務旅客之時間價值分配進行敏感度分析，結果顯示，時間價值平均值的增加對於商務與非商務旅客選擇松山機場之機率有增加之趨勢；而時間價值標準差變化顯示較不敏感，惟時間價值分配之峰度變寬（標準差變大），較能切割出選擇松山機場之分配比例。本研究亦探討桃園機場捷運通車情境對松山機場市場涵蓋範圍分佈之影響，結果顯示桃園機場捷運通車對商務旅客之市場涵蓋佔有率幾無變化，但對非商務旅客選擇松山機場之比率則大幅降低。由此可推論，松山機場確可定位為首都商務機場，桃園機場捷運通車後推測松山機場仍有商務客源，一區雙機場應有其必要性。

本研究主要針對同一「城市對」航線市場中不同「機場對」之選擇進行分析，為過去相關機場選擇研究尚少探討之選擇架構，在航空市場定義中，區域航線市場漸有以「機場對」為市場定義之觀點，本研究具有研究價值。本研究模式未考慮飛航機型與旅客對機場之感認偏好，後續研究可考慮將偏好因素加入一般化旅行成本函數之中，以增加模式之應用性。再者，本研究因旅客到達迄點機場後之最終迄點之資料較難蒐集，故簡化僅依迄點分區設為一期望值，未來後續研究可針對到達機場至最終迄點之接駁時間與成本進行較詳細資料調查與蒐集，以增加模式應用之可行性。

參考文獻

1. Thompson, A. and Caves, R., "The Projected Market Share for a New Small Airport in the North of England", *Regional Studies*, Vol. 27, No. 2, 1993, pp. 137-147.
2. Windle, R. and Dresner, M., "Airport Choice in Multiple-Airport Regions", *Journal of Transportation Engineering*, Vol. 121, No. 4, 1995, pp. 332-337.
3. Ndoh, N. N., Pitfield, D. E., and Caves, R. E., "Air Transportation Passenger Route Choice: A Nested Multinomial Logit Analysis", In Fischer, M. M., Nijkamp, P., Papageorgiou, Y. Y. (Eds.),

- Spatial Choices and Processes*, Elsevier Science Publishers BV, North Holland, 1990, pp. 349-365.
4. Furuichi, M. and Koppelman, F. S., "An Analysis of Air Travelers' Departure Airport and Destination Choice Behavior", *Transportation Research Part A*, Vol. 28, No. 3, 1994, pp. 187-195.
 5. Cohas, F. J., Belobaba, P. P., and Simpson, R. W., "Competitive Fare and Frequency Effects in Airport Market Share Modeling", *Journal of Air Transport Management*, Vol. 2, No. 1, 1995, pp. 33-45.
 6. Pels, E., Nijkamp, P., and Rietveld, P., "Substitution and Complementarity in Aviation: Airports vs Airlines", *Transportation Research Part E*, Vol. 33E, No. 4, 1997, pp. 275-286.
 7. Pels, E., Nijkamp, P., and Rietveld, P., "Airport and Airline Competition for Passengers Departing from a Large Metropolitan Area", *Journal of Urban Economics*, Vol. 48, 2000, pp. 29-45.
 8. Pels, E., Nijkamp, P., and Rietveld, P., "Airport and Airline Choice in a Multiple Airport Region: An Empirical Analysis for the San Francisco Bay Area", *Regional Studies*, Vol. 35, No. 1, 2001, pp. 1-9.
 9. Pels, E., Nijkamp, P., and Rietveld, P., "Access to and Competition between Airports: A Case Study for the San Francisco Bay Area", *Transportation Research Part A*, Vol. 37, No. 1, 2003, pp. 71-83.
 10. Wei, W. and Hansen, M., "Impact of Aircraft Size and Seat Availability on Airlines' Demand and Market Share in Duopoly Markets", *Transportation Research Part E*, Vol. 41, 2005, pp. 315-327.
 11. Loo, B. PY., Ho, H. W., and Wong, S.C., "An Application of the Continuous Equilibrium Modeling Approach in Understanding the Geography of Air Passenger Flows in a Multi-Airport Region", *Applied Geography*, Vol. 25, No. 2, 2005, pp. 169-199.
 12. Loo, B. PY., "Passengers' Airport Choice within Multi-Airport Regions (MARs): Some Insights from a Stated Preference Survey at Hong Kong International Airport", *Journal of Transport Geography*, Vol. 16, 2008, pp. 117-125.
 13. Hess, S., "Treatment of Reference Alternatives in Stated Choice Surveys for Air Travel Choice Behavior", *Journal of Air Transport Management*, Vol. 14, No. 5, 2008, pp. 275-279.
 14. Hess, S., "Evidence of Passenger Preferences for Specific Types of Airports", *Journal of Air Transport Management*, Vol. 16, No. 4, 2010, pp. 191-195.
 15. Hess, S., Adler, T., and Polak, J. W., "Modeling Airport and Airline Choice Behavior with Stated-Preference Survey Data", *Transportation Research Part E*, Vol. 43, 2007, pp. 221-233.
 16. Hess, S. and Polak, J. W., "Accounting for Random Taste Heterogeneity in Airport-Choice Modeling", *Transportation Research Record*, No. 1915, 2005, pp. 36-43.
 17. Hess, S., and Polak, J. W., "Mixed Logit Modeling of Airport Choice in Multi-Airport Regions", *Journal of Air Transport Management*, Vol. 11, 2005, pp. 59-68.
 18. Hess, S., and Polak, J. W., "Airport, Airline and Access Mode Choice in the San Francisco Bay area", *Papers in Regional Science*, Vol. 85, 2006, pp. 543-567.

19. Hess, S., Rose, J. M., and Hensher, D. A., "Asymmetrical Preference Formation in Willingness to Pay Estimates in Discrete Choice Models", *Transportation Research Part E*, Vol. 44, No. 5, 2008, pp. 847-863.
20. Hsu, C. I. and Wu, Y. H., "The Market Size of a City-Pair Route at an Airport", *The Annals of Regional Science*, Vol. 31, 1997, pp. 391-409.
21. Hsu, C. I. and Chung, W. M., "A Model for Market Share Distribution between High-Speed and Conventional Rail Services in a Transportation Corridor", *The Annals of Regional Science*, Vol. 31, 1997, pp. 121-153.
22. Hsu, C. I., Chen, Y. C., and Li, H. C., "A Model on Market Share Distribution between Air Transportation, High-Speed Rail, and Automobiles", *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol. 6, 2005, pp. 2003-2018.
23. Andersen, J. L. E. and Landex, A., "GIS-Based Approaches to Catchment Area Analysis of Mass Transit", ESRI International User Conference, ESRI, 2009.
24. O'Sullivan, M., "Shannon Airport Catchment Area: An Analysis of the Physical Infrastructure and Barriers to Connectivity Which Hamper the Development of Shannon Airport's Catchment Area", *Ireland's Atlantic Way*, 2010, pp. 1-61.
25. Kanafani, A., and Ghobrial, A., "Aircraft Evaluation in Air Network Planning", *Journal Transportation Engineering, ASCE*, Vol. 108, No. 3, 1982, pp. 285-300.
26. Teodorovic, D., "Flight Frequency Determination", *Journal of Transportation Engineering*, Vol. 109, 1983, pp. 747-757.
27. Teodorovic, D. and Krcmar-Nozic, E., "Multicriteria Model to Determine Flight Frequencies on an Airline Network under Competitive Conditions", *Transportation Science*, Vol. 23, No. 1, 1989, pp. 14-25.
28. Hsu, C. I. and Wen, Y. H., "Application of Grey Theory and Multiobjective Programming towards Airline Network Design", *European Journal of Operational Research*, Vol. 127, No. 1, 2000, pp. 44-68.
29. Vaughan, R., *Urban Spatial Traffic Patterns*, Pion Ltd., London, 1987.
30. 林國顯、蘇振維、張瓊文、張舜淵、陳雅琴、王勤詮、陳柏江、黃琬雯，**行車成本調查分析與交通建設計畫經濟效益評估之推廣應用(2/2)**，交通部運輸研究所，臺北，民國 100 年 12 月。
31. 行政院主計總處，「臺灣地區家庭收支調查－縣市資料查詢」，<http://www.dgbas.gov.tw/mp.asp?mp=1>，民國 102 年。
32. 臺北市政府主計處，**臺北市家庭收支訪問調查報告**，民國 100 年。
33. 交通部統計處，**臺灣地區旅運時間價值調查報告**，民國 85 年。
34. 交通部觀光局，**2011 年國人旅遊狀況調查**，民國 100 年。
35. Takada, K. and Yokoyama, S., "Analysis of Airport Access Behavior of International Passengers in Tokyo Metropolitan Area", *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, EASTS, 2009.

附表 1 商務、非商務旅客時間價值平均值與標準差之參數值

縣市別 (行政區)	平均每戶 所得收入 者人數	受僱人員 報酬 (元/年)	平均 工時 (小 時)	工資率 (元/分 鐘)	商務旅客時 間價值 平均值 (元/分鐘)	商務旅客時 間價值 標準差	非商務旅客 時間價值 平均值 (元/分鐘)	非商務旅客 時間價值 標準差
基隆市	1.61	646,163	191.7	2.907781	3.634726	0.163263	2.326225	0.18517
臺北市：								
松山區	1.71	870,731	191.7	3.689209	4.611512	0.130764	2.951367	0.236971
信義區	1.7	1,019,433	191.7	4.344654	5.430817	0.128008	3.475723	0.240096
大安區	1.67	1,196,487	191.7	5.190831	6.488539	0.103299	4.152665	0.26812
中山區	1.66	862,959	191.7	3.766409	4.708011	0.111976	3.013127	0.25828
中正區	1.64	877,069	191.7	3.874675	4.843344	0.08872	3.09974	0.284656
大同區	1.77	653,773	191.7	2.67608	3.3451	0.120711	2.140864	0.248372
萬華區	1.49	673,598	191.7	3.275367	4.094208	0.106012	2.620293	0.265044
文山區	1.72	1,018,395	191.7	4.289762	5.362203	0.131496	3.43181	0.23614
南港區	1.67	759,297	191.7	3.294129	4.117661	0.159715	2.635303	0.204135
內湖區	1.59	970,234	191.7	4.421043	5.526304	0.141565	3.536835	0.22472
士林區	1.71	890,363	191.7	3.772388	4.715485	0.14429	3.017911	0.221629
北投區	1.77	754,471	191.7	3.088266	3.860332	0.121411	2.470613	0.247579
新北市	1.65	677,136	191.7	2.973291	3.716614	0.16985	2.378633	0.19264
桃園縣	1.69	696,962	191.7	2.987913	3.734891	0.167763	2.39033	0.190272
新竹市	1.94	938,797	191.7	3.506029	4.382536	0.196853	2.804823	0.223266
新竹縣	1.8	863,614	191.7	3.476103	4.345129	0.195173	2.780883	0.221361
苗栗縣	1.65	558,579	191.7	2.452711	3.065888	0.137713	1.962168	0.15619
臺中市	1.58	602,962	191.7	2.764894	3.456118	0.155241	2.211915	0.17607
臺中縣	1.59	486,655	191.7	2.21753	2.771913	0.124508	1.774024	0.141214

附表 2 旅客一般化旅行成本函數之參數設定值

參數符號與說明				參數設定值
c_b	商務旅客單位距離運具成本			20／公里
c_n	非商務旅客單位距離運具成本			3.71 元／公里
TC	航線飛行成本 (平均票價)			
	松山－虹橋			9,227 元
	桃園－浦東			8,283 元
	松山－羽田			7,300 元
	桃園－成田			6,300 元
TT	航線實際班表飛行時間			
	松山－虹橋			90 分鐘
	桃園－浦東			108 分鐘
	松山－羽田			165 分鐘
	桃園－成田			194 分鐘
D	班次延誤時間			
	松山－虹橋			65.625 分鐘
	桃園－浦東			60 分鐘
	松山－羽田			32.813 分鐘
	桃園－成田			36 分鐘
EC	機場至迄點之平均接駁成本			
	商務旅客	上海	虹橋	250 元
			浦東	550 元
		東京	羽田	350 元
			成田	900 元
	非商務旅客	上海	虹橋	200 元
			浦東	300 元
		東京	羽田	300 元
			成田	450 元
ET	機場至迄點之平均接駁時間			
	商務旅客	上海	虹橋	20 分鐘
			浦東	40 分鐘
		東京	羽田	30 分鐘
			成田	90 分鐘
	非商務旅客	上海	虹橋	30 分鐘
			浦東	50 分鐘
		東京	羽田	65 分鐘
			成田	120 分鐘

臺鐵會員制再深化—利用資料探勘技術 訂定忠誠計畫規則¹

MINING TRA'S TRANSACTION DATA FOR LOYALTY PROGRAM RULES

陳民祐 Min-Yu Chen²

王建富 Jiana-Fu Wang³

(101 年 10 月 1 日收稿，102 年 7 月 24 日第一次修改，102 年 8 月 12 日第二次修改，
102 年 9 月 15 日定稿)

摘 要

積點制的會員回饋計畫，或所謂的忠誠計畫，已廣泛地被許多行業用來維繫與顧客間的關係，甚至作為刺激顧客消費與公司獲利的工具。由於會員系統需要資源的持續投入，因此有必要針對會員的加入進行篩選，甚至分級提供不同程度的服務，以激勵及鎖定會員的消費。本研究利用臺鐵局電話及網路訂票的巨量資料庫，以 RFM 及延伸變數進行集群分析與建立決策樹模型，並輔以忠誠度矩陣加以評估，結果發現利用三個月訂票資料所建置的顧客價值分類準則即可達到 94% 的預測準確率，同時本研究並運用前述準則篩選出高價值旅客及具潛力的旅客作為臺鐵局邀請加入會員系統的對象，也建議藉由降低積點兌換門檻、提供多樣化的獎品以及採取層級式的會員架構等措施來強化會員積點制度的功效。

關鍵詞：忠誠計畫；資料探勘；車票預約；鐵路；忠誠矩陣

-
1. 本研究蒙國科會 99 年度專題研究計畫 (NSC 99-2410-H-005-046) 補助，並經兩位匿名審查委員提供寶貴的修正意見，特此致謝。
 2. 國立中興大學行銷學系碩士。
 3. 國立中興大學行銷學系助理教授 (聯絡地址：40227 臺中市國光路 250 號中興大學行銷學系；電話：04-22840392 轉 783；E-mail：jfwang@nchu.edu.tw)，王建富為通訊作者。

ABSTRACT

Point-based customer loyalty program has been extensively adopted in many industries to maintain customer relationships, even to stimulate repeat purchases from customers and to obtain more profits for companies. Due to the need to continuously invest resources in loyalty programs, companies should only allow profitable customers to join the programs. This study evaluates the ticket reservation data of Taiwan Railways Administration with RFM and extended variables using clustering and decision tree techniques and loyalty matrix concepts to identify customer values. Through this research, we are able to provide 94% classification accuracy on our decision tree model employing three-month ticket reservation data. Also, high-value and potential high-value customers are identified via the classification rules for member-recruiting. In the end, lowering the thresholds of redeeming points, offering diversified rewards and using tier membership structure are suggested to enhance the functions of the loyalty program.

Key Words: *Loyalty program; Data mining; Ticket reservation; Railway; Loyalty matrix*

一、前言

臺灣鐵路的歷史悠久，長久以來為臺灣西部的重要交通運具之一，而其運輸角色在預期會受到高速鐵路通車的影響下，於九零年代初期即在政策導引下開始轉型為以中短程接駁轉運服務為主、長程客運為輔的經營型態^[1]，因此雖然臺灣鐵路管理局（以下簡稱臺鐵局）的客運收入於高速鐵路通車（2007 年）初期呈現下滑趨勢，但是在經營策略的調整之後，自 2010 年起已呈現緩步上升的趨勢，目前並已回復甚至高於高速鐵路通車前的客運收入，另外從近幾年來每人平均運程公里數已下降並維持在 47 公里左右的情形來看（詳表 1），旅客們對於使用臺灣鐵路於中短程旅行的習慣已漸趨平穩。

雖然臺灣鐵路於外在競爭的情勢已較穩定，但是在內部仍然有平日客座利用率不高（2006 年至 2010 年間平均約 59.34%）以及民眾屢屢抱怨訂不到周末假日車票的情形，尤其訂票過程中有許多預訂車票後卻取消訂票或逾期未取票的情形（以本研究 2010 年 8 月至 10 月間西部幹線之訂票資料統計，其取票率僅 50.83%），使得對傳統鐵路依賴性較強的忠實顧客常常因為前述佔票行為而無法順利訂到座位。據此，臺鐵局自 2011 年 3 月 30 日啟動了會員制的服務，希望藉由積點制度來鼓勵會員增加消費，並嘗試著從運具間的相互競爭走向顧客關係的經營。

依據「臺鐵會員服務系統會員服務條款」暨「臺鐵會員酬賓兌換辦法」之規定，只要是中華民國的民眾皆可申請成為會員，會員可將 80.1 公里以上的購票消費以每 30 元為一點的方式集點，於兩年內依累積點數兌換免費車票^[3]，此外，臺鐵局並宣示將協助訂不到

票的會員媒合未取票或退票的車票。

表 1 臺鐵局客運經營概況

年	搭乘人次 (億)	延人公里 (億)	收入 (億元)	每人次平均運程 (公里)
2004	1.6847	93.5892	153.6388	55.6
2005	1.6956	94.9967	156.3075	56
2006	1.6899	93.3917	152.7135	55.3
2007	1.6969	89.3739	145.6118	52.7
2008	1.7866	87.1778	141.2076	48.8
2009	1.7937	83.8686	134.5868	46.8
2010	1.8976	89.9841	146.2618	47.4
2011	2.0583	97.1961	155.7684	47.2
2012	2.2030	101.8555	161.1874	46.2

資料來源：臺灣鐵路管理局^[2]。

臺鐵局的會員積點為忠誠計畫 (loyalty program) 實施的方式之一，源起於 1980 年代航空業的飛行常客計畫 (frequent flyer program)，其主要目的在於藉由獎賞來鼓勵顧客忠誠的行為，以獲得穩定的顧客關係並增加公司獲利^[4]，其應用的業種除了原先的航空業之外，近年來已逐漸擴展到金融業、雜貨業、電訊通信業、租賃汽車業、旅館業、書籍零售業、加油站等^[5,6]。

雖然歷年來實施忠誠計畫的成功案例很多，但也不乏因不符成本效益而黯然收場的個案，例如英國的連鎖超市 Safeway 在 2000 年初即因為不敷成本而放棄了原有的忠誠計畫^[7]，美國的連鎖速食 Subway 放棄了它的 Sub Club Card 計畫，澳洲的 Cole 超市也結束了它的會員折扣計畫^[8]。另外 Dowling^[9] 則質疑忠誠計畫並不必然能培養顧客的忠誠，也不一定符合成本效益，而 Ferguson 與 Hlavinka^[10] 則在 2006 年於美國的普查中發現平均每個美國家戶竟參與了高達 12 個忠誠計畫，而其中屬於活動中會員的卻僅有 4.7 個，意謂著其它的 7.3 個會員資格平常是沒有在利用的，因此實施的企業並無法藉此與顧客建立穩定的關係。

企業期望藉由忠誠計畫的獎賞來改變顧客的行為，而這樣的行為轉變如同廣告、促銷一樣需要成本的投入，除了獎賞提供所需要的成本之外，會員電腦資料庫的紀錄與維護亦需要人力與硬體上持續性的投入，因此企業會斟酌獎賞的額度與實施的範圍；然而，計畫的實施並不保證能成功地增加顧客的消費，獎賞額度不夠吸引人以及兌換手續繁瑣或所需時程過長等都會造成會員的挫折感，所以如何設計忠誠計畫的架構以達成原訂目的遂成為企業關心的焦點。

由於積點制的會員系統需要資源持續的投入，因此此種系統首重於讓獲利性高的會員加入，實務上，一般企業僅能運用最低消費要求或者繳交會員費等方式來篩選^[4]。然而其

實許多企業本身即儲存有大量的顧客歷史購物資料，可以運用科學方法制定行銷規則並主動找出值得加強關係的顧客群，此概念在最近一年來巨量資料 (big data) 的處理與運用上已成為探討的焦點^[11-13]，使得如此的應用在臺鐵局顧客關係加強方面顯得益形重要。

本研究希望運用臺鐵局顧客訂票資料庫的紀錄，藉由資料探勘的集群與分類技術，建立一套識別顧客價值的程序與方法，並從辨識結果中尋找適合制定忠誠計畫之規則。進一步地說，本研究關心的是臺鐵局實施的會員積點制中那些顧客是屬於應積極招募的，至於其他獲利性不佳或者無法藉由積點計畫鼓勵其消費行為的顧客，如果任由其加入會員系統，恐怕只是徒增系統的資源負擔。其次，我們該如何辨識這些顧客群？在現有的資訊下是否有能力做出這樣的判斷？另外，針對這些價值較高的顧客，除了以積點兌換車票之外，也探討提供其它服務來提高他們忠誠程度的作法。

為了回答以上的問題，本研究以臺鐵局西部幹線的旅客為研究範圍，首先運用資料探勘中的集群分析技術將鐵路網路與電話訂票系統資料庫中的顧客分群，初步找出不同價值群組的顧客，然後利用 Reinartz 與 Kumar^[14] 的忠誠度矩陣 (loyalty matrix) 評估出那些群組是高價值旅客，那些群組是有潛力的顧客，另外那些是不值得期待與投資的，藉以設定值得招募的會員範圍為何；前一階段的分群乃是基於顧客過去購票歷史所得的結果，由於網路與電話訂票的顧客消費資料不斷地在更新，亦即顧客的價值會隨著時間的演變而有所調整，也會有新成員的加入，所以建議再運用決策樹的技術找出不同群組顧客間的分類規則，並從這些規則中建議如何判斷某一顧客是否值得納入會員，會員的階層如何分級，以及進一步的會員服務項目等。

本文共分為五節論述，本節說明研究背景與動機，第二節除回顧忠誠計畫之類型與設計之相關研究外，並探討資料探勘中集群分析與決策樹演算法之相關文獻，第三節介紹本研究資料來源以及變數的整理與擷取，第四節則就集群分析與決策樹演算法的實證過程與結果加以說明，最後於第五節針對研究結果進行結論與建議，以提供臺鐵局未來修正其忠誠計畫之參考，提升其營運績效與顧客滿意。

二、文獻回顧

2.1 忠誠計畫

如前言所述，忠誠計畫已經廣泛地被許多行業所運用，根據 Liu^[15] 與 Dorotic 等人^[16] 的定義，它是一種由零售商甚至製造商所提供，透過持續性的獎賞方式來鼓勵顧客重複性購買的誘因計畫。而透過此類計畫，企業還可以獲得更加了解顧客的偏好與習性、藉由轉換成本的提高而增加顧客的保有率、提供差異化的服務或商品、改善獲利性等好處^[17]。其計畫特性可歸納為下列五大特色^[16]：

1. 培養忠誠度，期望透過計畫的施行，以鼓勵顧客更常購買與增加購買金額。

2. 具有結構性，顧客必須加入會員方能享有兌換獎勵的權利，其意謂著零售商可以擁有會員的資料而與會員做更好的互動。
3. 廠商與顧客雙方長期的投入。
4. 給予會員獎勵。
5. 必須針對會員進行持續性的行銷活動。

忠誠計畫的類型可依據會員收到獎勵的方式以及參與廠商的數量等兩種方式做區分，從表 2 的分類可知臺鐵局會員制度係屬於 A3 暨 B1 的型式，在 A3 型忠誠計畫中，計畫主導廠商必須持續性地更新維護會員的積點資料，而 A4 型則是更進一步地分析會員歷史購物資料，提供客製化的獎賞及行銷方案。

表 2 忠誠計畫的類型

分類方式	忠誠計畫的類型	文獻來源
A.會員收到獎勵的方式	A1.所有顧客均能加入會員，每一位會員在結帳時均能立即得到相同折扣。 A2.所有顧客均能加入會員，會員購買 N 件產品時可得到一件免費。 A3.會員憑藉累積的購買數額可以得到回饋或點數。 A4.廠商依據會員購買歷史資料提供不同獎賞商品以及廣告郵件。	Berman ^[6]
B.參與廠商的數量	B1.單一公司的計畫，目的在於增加重要顧客的忠誠度。 B2.由單一公司開始並逐步擴大至數個公司夥伴，其目的為提高計畫的營收。 B3.由數家公司發展的跨公司計畫，其目的在增加交叉銷售。	Kadar 與 Kotanko ^[7]

企業在設計忠誠計畫時需考慮下列事項^[6,8,14,16]：

1. 設定計畫目標：如提高營收、利潤、顧客忠誠度或蒐集更多的消費者資訊。
2. 決定會員的資格：以提高營收為目的的計畫可以放寬會員加入資格，但預算會相對較高；以利潤為目的的計畫，其會員宜注重顧客獲利性，可採邀請加入、要求最小購買金額或收取會員費等方式來篩選顧客。
3. 選擇獎賞：採用 A3 及 A4 型計畫時，需考慮點數與購買金額的轉換比率、可兌換的獎賞選擇性、是否對會員再細分層級以及積點兌換的難易度。透過層級式的架構則可以進一步鼓勵高層級會員增加消費，例如飯店金卡會員可以免費提供房間升等，鑽石卡會員更進一步地保證隨時都能訂到房間；但若於制度設計時讓會員累積集點過於困難時，則可能導致會員中途放棄。
4. 是否與其它廠商合作：若有其它合作夥伴，對廠商而言有機會增加會員數量、分擔會員系統運作經費、促成交叉銷售以及夥伴成員形象的溢出效果；對會員則有集點速度較快以及兌換項目較多元等優點。

其中在會員選擇的評估方面，一般文獻僅論及需選擇價值較高的顧客成為會員^[6-7,10]，對於衡量的標準為何則較少提及，筆者僅發現 Marcus^[18] 及 Reinartz 與 Kumar^[14] 曾分別提出顧客價值矩陣與忠誠矩陣的觀念，他們各利用兩類變數將所有顧客區隔為四個象限。其中 Reinartz 與 Kumar^[14] 的忠誠矩陣的方式係衡量顧客在忠誠度與獲利性兩方面的關係，以方便決策那些顧客應該加以重視，而那些應該予以忽略。他們認為單純使用 RFM 模型（詳 2.3 節）仍有不夠精確的缺點，因此以獲利性（profitability）與關係長久程度（longevity）來區別顧客，經實證發現可以將顧客分為 4 種類型：

1. 「真正的朋友」：具高獲利性與長期忠誠的顧客，為最有價值的顧客。
2. 「蝴蝶」：具高獲利潛力但為短期忠誠的顧客，這些顧客喜歡到處尋找物超所值的商品，並且避免和單一商家建立穩定的關係。
3. 「陌生人」：帶來很少獲利且沒有忠誠度的顧客。
4. 「戀棧」：雖然是屬於長期忠誠的顧客，但是他們所能帶來的獲利性不高，是屬於較難處理的一群，必須要進一步探究他們是屬於在該類商品花費很少的人，還是他們在該商家只佔其很少比例的消費。

2.2 集群分析

集群分析是將大量樣本基於分析時所需考慮之樣本特質之相似性，而予以分類成多個互斥小群組的方法，其方法可分為三大類，分別為階層式（hierarchical method）、分割法（partitioning method）以及兩階段集群法（two-step clustering）。企業在實務上可以藉此分析找出不同的顧客區隔（customer segment）而施以不同的服務或行銷方法^[19]。本研究在集群分析方面係運用分割法中常用的 K-means 法以及結合自我組織映射神經網路的兩階段集群法，以下茲分別介紹。

2.2.1 K-means 法

K-means 演算法已經有超過 50 年的發展歷史，其方式是將各觀察樣本分到各群中，以使各群內樣本與該群中心點的總平方誤差（sum of the squared error）最小化。進行 K-means 時的三大步驟主要為群數 K 的決定、初始群心的選擇以及距離的運算^[20]。

一般來說，初始群心的選擇對於分群結果的品質有相當程度的影響，若是初始群心（亦稱為種子點）的選擇不當，分類的結果就可能不甚理想。而初始群心的決定方法不只一種，隨不同電腦統計軟體的使用也可能會採取不同的決定方法。在運用 K-means 時較重要的課題如下^[21,22]：

1. 集群數目的決定

K-means 需要研究者事先決定集群數，以行銷領域來說，通常不希望集群數太多，雖然集群數目的增加理論上更能針對各集群制定行銷策略，集群間的異質性或許很高，但是可能反而會增加業者的負擔—因為必須針對很多的集群去進行行銷策略的制定。集群數目

太少，又可能造成集群間的異質性不夠明顯，造成在制定行銷策略或是分析集群的消費行為不易分析的困擾。

2. 如何設定初始集群中心

集群中心的設定方法有許多種，選擇該用哪一種方法決定初始群心也常常是每一位研究者必須處理的問題。

3. 對集群幾何特性的了解

集群完畢之後，對於集群的解釋與分析才是重心所在。而研究者對於解釋結果的能力，也決定了集群效果的優劣。若研究者不知該如何解釋集群出來的結果，那麼集群出來的結果並不代表任何涵意，僅不過又是由另一堆數字所堆砌而成的資料集。

K-means 雖然有快速且方便的優點，但是同時也有些限制，例如 K-means 僅以距離為分群基礎。而隨著演算法的改良與發展，有越來越多的研究者提出不同的方法，例如 Fuzzy C-Means、Bisecting K-means、Kd-tree、X-means、K-medoid 及 Kernel K-means 等^[20]。

2.2.2 Kohonen 自我組織映射神經網路

隨著電腦運算能力的增加，近來類神經網路也開始被應用在集群分析。Kohonen self-organized mapping network (Kohonen 自我組織映射神經網路，以下簡稱此方法為 KSOM) 採用競爭式學習演算法，輸出層的神經元會依照研究者輸入的資料特徵，以拓樸結構 (topological structure) 的方式展現在輸出空間中，又由於其所產生之拓樸結構代表不同輸入資料特徵的分類，因此又稱作自我組織映射神經網路^[23]。其設計理念是模仿大腦中細胞對於記憶處理的概念而成的，人類大腦對於各種感官都有專屬於各自的處理區塊，若將多元的訊息傳送至反應神經，容易造成大腦混亂的情形，導致個體無法順利解讀並對其做出適當反應，所以人體將高維度資料 (high-dimensional data) 轉譯為二維度資料 (two-dimensional data) 或三維度的資料，甚至轉換為單維度資料的圖像訊息供大腦處理並輸出，讓使用者能更容易理解資料中隱含的訊息，做出適當反應。

過去學者利用類神經網路進行集群分析的資料量通常較小，也有結合 K-means 進行兩階段集群的研究，其結果是可行且效果不錯^[24]。本研究在集群分析的部分除了以 K-means 進行外，也同時想要藉著使用臺鐵局的巨量資料來驗證類神經網路搭配 K-means 的兩階段演算法是否能提供精準的集群結果。

2.2.3 兩階段集群

集群有很多種方法，在運算集群分析時，雖然使用單一方法相對單純，然而用兩階段法有時不僅不會增加太多負擔，反而可以增加集群的效益。過去的研究，如 Van Laerhoven^[25] 運用類神經搭配 K-means 的方法於判斷手機自動進入靜音模式的情境，林祥生與劉益豪^[26] 與 Aggelis^[27] 也分別運用 RFM 搭配 K-means 的做法於國際線航空旅客的線上購票行為以及金融業的客戶破產風險判斷，這些說明兩階段集群方法是個有發展性的方向。使

用兩階段法主要有兩個優點：可以降低運算成本與減少雜訊^[28]。

1. 降低運算成本

若是以自我組織映射神經網路為一個中介的步驟，整個運算的複雜度可以由原來進行 K-means 演算法時的 $(\sum_{K=2}^{C_{\max}} NK)$ 降低為 $(NM + \sum_K MK)$ ，其中 C_{\max} 為預先選取之最大集群數， N 為樣本數， K 為集群數， M 則為神經網路之數目。據 Vesanto 與 Alhoniemi^[28] 的估算，當樣本點為 10,000 個時，大約可以降低六倍的運算量。以目前鐵路訂票系統每個月約一百萬筆的交易資料而言，此項降低運算成本的優點在鐵路訂票資料庫中的運用上顯得更形重要。

2. 降低雜訊

除了運算量的減少，雜訊的降低也是一個很重要的優點。在第一階段的分群結果是以該群鄰近樣本點的平均值作為代表，對於原始資料中變異很大時所可能產生的影響較不敏感，此特性在資料龐大且可能有極端值時特別有用。

2.3 RFM 模型

RFM 是應用在辨識行為分析 (behavioral analysis) 中的技術，該方法為 Hughes 於 1994 年所提出，他發現在客戶資料庫中有 3 個良好的指標可以用來判斷顧客的價值，分別為：最近一次消費 (recency)、消費頻率 (frequency)、消費金額 (monetary)^[29]。RFM 模型在某種層面和 80/20 法則有點類似，也就是公司 80% 的收入是來自於公司全部 20% 的客戶。在預算不夠多，所能投入資源 (如寄發廣告) 給消費者的數量有限之情形下，選擇投資的客戶目標就顯得很重要，藉由這種方法節省下來的開銷將會相當可觀，而且成功率也比較高。

RFM 的基本模型認為 3 種變數都是同等重要，每一位顧客都分別以該 3 個變數依大到小、多到少的次序加以排列，排序完畢後會將顧客 3 個構面 (最近一次消費、消費頻率、消費金額) 各切割為 5 等份。排在最前頭的 20% 者給予 5 分、次之的給予 4 分，依此類推、最低為 1 分。分數越高，代表該顧客在這變數的重要性最高，而每位顧客會有 3 個分數，從 555 到 111，有 125 種情形，也可以視為 125 群。

爾後也有學者提出依照產業性質對 3 個構面給予不同權重的做法，此外，也有學者增加更多變數進行分析。目前該模型之應用除了最初的郵購業外，也開始運用於銀行業、航空業、飲食業、醫療業等領域。本研究中係針對鐵路訂票之特質，採取在原有的 RFM 變數之外延伸增加其他變數的方式進行。

2.4 決策樹

決策樹演算法是一種分類模型，其將事物或物件的分類透過文字化敘述及圖像化的呈現找出分類規則，以應用於對分類變數的預測或解釋。相對於其他資料探勘的演算法，決策樹較易於理解和實現，研究者在透過解釋後比較有能力去理解決策樹所表達的意義與內容，不像統計分析對於多數人來說並不容易了解其內涵。同時對於數據的準備往往不需要

太過注意，另外，它能夠同時處理數據型和名目型屬性的分類判斷也是一大優點，更重要的是在相對短的時間內可以對大型數據資料庫做出效果良好的結果。

分類的目的主要在於解析影響資料分類的因素為何，可以藉由資料歸納整理出分類的規則；第二個目的則是藉由分類規則來預測資料所屬的類別。一旦我們以充足的資料量建立分類模型，可預測未來其他資料所屬的類型。以下介紹常用到的 CHAID (Chi-square automatic interaction detector) 與 CART (classification and regression tree) 兩種決策樹演算法。

CHAID 應用於資料庫區隔分析中已有許多年。在某種層面來說，CHAID 跟 RFM 有些類似^[30]，因為他們都利用資料庫中的顧客紀錄劃分群體，但他們最大的差別在於 RFM 可以直接進行劃分群體的行為，而 CHAID 必須在執行過前置步驟，如：寄發直銷郵件並記錄他們的反應之後，才能去進行演算。相較於 RFM，CHAID 運用統計的技術，並透過套裝軟體的幫助，使得一般使用者也可以很容易的快速使用 CHAID。

CART 由 Breiman 於 1984 年提出，是建構決策樹時常用的演算法之一。CART 適用於連續型變數與非連續型變數，隨著輸入的變數不同，亦可稱為迴歸樹 (連續型變數) 與決策樹 (非連續型變數)。CART 藉由從決策樹的根部反覆運算建立二元分支直到設定的節點層級數後，方停止運算。與 CHAID 最大的不同就在於每個節點僅有兩個分支，不會有例外的情形發生。通常來說，CART 輸出模型並不需要太長的訓練時間，且其輸出欄位可以是數值型的資料或類別型的資料，對於資料格式與尺度亦相當有彈性，對研究者來說較為方便^[31-32]。

CHAID 與 CART 最大的差別在於後者會嘗試先過度套用資料，爾後再加以修剪分支；CHAID 則是在過度套用資料前就盡量讓決策樹停止蔓生擴大。同時 CHAID 需限制使用於類別或名目型的變數，若是研究者原本有連續型的變數要進行演算，就必須事先轉換成幾個區段範圍^[32]，例如將連續型的收入變數重新劃分為低、中、高收入等名目型變數。

2.5 集群指標

前面的回顧曾提到集群分析時究竟該分為幾群才是最佳解常常困擾著研究人員，為此有學者使用集群指標 Davies-Bouldin index 來幫助判斷，此外也可利用 R^2 、SPRSQ 以及均方根標準差等幾種比較常見的統計指標來判斷^[33,34]，本研究將使用後三者的指標來評斷 K-means 集群法及 KSOM 搭配 K-means 二階段集群法兩者之優劣，茲介紹該 3 個指標如下：

1. 判定係數平方值 (R^2)

R^2 ，代表的是群間異質性。運算式如下：

$$SS_T = SS_B + SS_W$$

其中 SS_B 是組間變異量， SS_W 是組內變異量，而：

$$R^2 = \frac{SS_B}{SS_T}$$

隨著觀察群的合併，集群數量會減少，使得集群內的異質性會越來越高，也因此組內變異量 SS_W 也會隨之增加。而當 SS_T 是一固定的數值時， SS_W 和 SS_B 的增減關係是相反的，即 SS_W 越大，則 SS_B 越小。在這種情況下，集群間的變異量 (SS_B) 就會越小。由於集群分析最初的目的就是使集群內的變異比較小，而集群間的變異較大，所以一般來說 R^2 需要比較大。若是由於觀察體的合併，導致 R^2 突然變小，代表應該停止繼續合併。

2. 半偏定係數平方值 (Semipartial R-squared ; SPRSQ)

此值代表著進入新的集群數量時，比上一個階段所增加的異質性 (同時也意味著損失的同質性)。通常值越小越好，代表損失的同質性比較少。

3. 均方根標準差 (root-mean-square standard deviation)

此指標是集群中所有觀察值的聯合標準差，代表集群各變數的均齊性，值越小越好，公式如下：

$$\text{Root - mean - square standard deviation} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^P S_i^2}{P}}$$

P ：變數個數

S_i ：第 i 個變數的各群內標準差之和

過去集群分析最令人頭痛的地方就在於最佳群數的決定，K-means 該分幾群往往是研究者相當主觀的經驗選擇分群數目。透過這 3 個指標，可以比較究竟該選多少集群與比較不同分群方法間的差異。

三、資料來源與處理

本研究使用的資料範圍包括 2010 年 8 月至 10 月間經由電話及網路預訂起訖點皆在西部幹線車站間 (從基隆至枋寮共 64 站) 之臺鐵局對號車票旅客取訂票資料，該 3 個月間經篩選後於該區段預訂車票的交易紀錄總計有 1,424,796 筆，來自於 332,787 位不同的旅客，經剔除非本國籍的旅客後共有 332,584 位國內旅客的交易資料。

各旅客之原始訂票紀錄包括有旅客代號、訂票時間、車次、車種、起站、迄站、開 (上) 車時間、訂票張數、與取票狀態等 9 種資訊，並基於前述資料另行計算出里程數、金額及取票機率等變數。由於在資料整理期間發現鐵路訂票過程中許多顧客會有中途退票或者逾期末取票的情形發生 (本研究資料庫中平均取票機率僅 50.83%)，因此顧客的價值性難以僅由原始的 RFM 指標評斷，例如某顧客最近一次的往來為自行取消訂票的紀錄，則其是否計入新進程度 R 以及訂票頻率 F 呢？如果計入，則該顧客與另一位同一天訂票但最後有

取票的顧客該如何區別呢？因此，在本研究中建議加入其它變數一併分析，以釐清在鐵路訂票特殊狀況下的顧客區隔問題。本研究後段將依據顧客之忠誠度與獲利程度進行忠誠度矩陣的分類，因此在集群分析與決策樹分析過程中所使用的變數乃是考量以 RFM 為基礎加以延伸而得，共有下列 6 個：

1. 取票機率 (purchase possibility, PS)

各筆交易資料中的取票狀態可分為已取票、有訂票但自動取消訂票，以及訂票逾期末取票三種。某顧客於計算期間內已取票的次數除以總訂購次數所得之數值即為該顧客之取票機率。

2. 平均取票狀態分數 (average status score, ASS)

該變數類似旅客信用的概念，透過該屬性衡量旅客的信用程度，拿來分辨旅客 3 種行為為特徵。分別為每次訂購後取票者給予計分 5；訂票後自行取消者，給予計分 3；訂票後逾期末取票者則給予計分 1。

平均取票狀態分數表示旅客習慣性的取票行為，透過取票機率及平均取票狀態分數兩項變數，可以分辨出旅客未取票的行為是屬於自行取消或是逾期被取消。平均取票狀態分數越接近 1 者，其習慣逾期末取票的行為對臺鐵局車票預售所產生的干擾影響也越大。

3. 平均金額 (average monetary, M)

這 3 個月中的平均購票金額，除了計算已取票的金額外，其餘未能取票的交易紀錄金額會以零計算，仍計入交易次數，因此平均金額有可能因為訂購後取消或未取票而降低。

4. 總里程 (total mileage, TM)

套用航空業忠程方案的概念，以總累積里程的概念計算。但此部分採取單張的里程，就算消費者訂 3 張，該次里程也不會變成 3 倍，因為本研究認為旅客的忠誠程度並不會因為幫別人代訂而有倍數性的增加。而且以此方式衡量也可避免與平均金額變數過於類似的情形，透過平均金額與總里程的比較，可以辨別出旅客的訂購是偏向於個人的旅行，或是團體式的旅行。

5. 新進程度 (recency, R)

新進程度指的是顧客最近購買的日期距離計算基點日期的天數，本研究以 2010 年 11 月 15 日做為資料處理的基點日期。該變數之數值越大代表越久沒有訂票，顯示與臺鐵局的關係較為淡薄。

6. 頻率 (frequency, F)

旅客在 2010 年 8 月至 10 月共 3 個月內訂票的次數。不論是否完成取票，只要有訂票交易紀錄，皆列入頻率中計算。

從表 3 所列前述 6 個變數的敘述統計資料可發現，在整個資料中，平均每位旅客透過臺鐵局訂票系統訂購的時間點距離基點日期為 53.75 天前，而這些旅客在這 3 個月的期間透過電話及網路訂票的平均次數為 4.28 次，在平均金額及總里程方面也分別花費 285.78 元及搭乘 364.03 公里，對照標準差的數據較大的情形也顯示了各個項目中個別旅客的表現

差異非常大，尤其是平均取票機率只有 50.83%，也使得一些常取票與習慣不取票的旅客在這 6 項變數中的數值差異會拉大，方便於後續的分析中對不同行為模式的旅客加以辨識。

表 3 資料庫中 6 個變數之敘述性統計

	平均數	標準差
新進程度 (R)	53.75 日	27.156 日
頻率 (F)	4.28 次	5.786 次
平均金額 (M)	285.78 元	378.70 元
總里程 (TM)	364.03 公里	539.102 公里
平均取票狀態分數 (ASS)	3.68 分	1.20 分
取票機率 (PS)	50.83%	39.52%

另外為加快並增強 KSOM 模型於類神經網路的學習效果，在 KSOM 運算的過程中特別將原始的輸入值加以正規化 (normalizing)，正規化後數值的範圍設定在 0 與 1 之間。原始數值正規化的計算方式如下：

$$S = \frac{L - L_{\min}}{L_{\max} - L_{\min}}$$

S ：正規化的數值

L_{\min} ：該資料集中最小值

L_{\max} ：該資料集中最大值

在利用資料探勘軟體 SPSS Modeler 之 KSOM 模型運算時需設定參數，其中在矩陣大小方面，係參照 Vesanto 與 Alhoniemi^[28] 提到兩階段法中的矩陣設定的公式。

$$M = 5\sqrt{N}$$

M ：KSOM 的矩陣總數

N ：樣本總數

表 4 Kohonen self-organized mapping 參數設定

階段 \ 參數	鄰近距離	初始學習率	迴圈次數
第一階段	3	0.01	1000
第二階段	2	0.1	500

經計算後之矩陣設定為 53×53 ，其餘第一階段及第二階段須設定的鄰近距離 (neighborhood)、初始學習率 (initial eta)、迴圈次數 (cycles) 3 個參數之設定如表 4。其中第一階段主要是用來獲得整個資料大致特徵，第二階段是調整階段，用來調整 KSOM，使其完成最終模型的資料特徵。

四、實證結果與分析

4.1 集群方法之比較與結果

本研究先採用兩種集群方法進行比較後，再擇取結果較優佳者進行後續的程序。第一種方法是常用的 K-means 一階層集群法，第二種方法則屬於兩階層集群法，先進行 KSOM，再進行 K-means 集群。

進行集群分析時究竟該分為幾群才是最佳解往往是令研究者感到最困擾的課題，若要達到最有效的分群，自然分群數目是越多越好，但對於資源相對有限的企業來說，分群太多反會增加困擾。為此本研究採用了 R-Squared、SPRSQ 以及均方根標準差等三種指標對集群結果進行比較。R-Squared 值的範圍為 $0 \leq R^2 \leq 1$ ，表示分群中，群集與群集之間的差異程度，所以其值越大，代表集群內的同質性也比較高。SPRSQ 表示形成新集群時一致性的損失，故 SPRSQ 越小越好。最後一種指標，則是均方根標準差，表示新集群內各變數的均齊性，所以其值是越小越好，若是值太大，就不適合形成該集群，但值的大小並沒有一定的準則^[30-31]。

本研究比較兩種集群方法從 15 群至兩群時三種集群指標的增減情形，由於 SPRSQ 的值是不同集群之間所損失的 R-Squared (集群間相異的程度)，因此參考 Sharma^[33] 的建議，最佳群數標準以 SPRSQ 為主要決定標準，然後比較兩個集群方法在該最佳群數時，另外兩種指標的差異性，結果如表 5 所列。

表 5 最佳群數與集群指標之比較

方法	K-means	KSOM+K-means
最佳群數	11	11
R-Squared	0.776808981	0.844663677
SPRSQ	0.000428661	0.000490703
均方根標準差	8.376465843	0.989164294

這兩種集群方法在集群指標的表現有所不同：其中單純使用 K-means 在 R-Squared 的數值，比起採用兩階段集群方法的 KSOM 搭配 K-means 的數值低大約一成，顯示出雖然採用 K-means 集群有較為單純與不需要正規化前置步驟的優點，然集群之間的相異程度

(R-Squared 值) 卻劣於採用兩階段方法。而在均方根標準差方面，該指標衡量的是集群內各變數的均齊性，該指標則是越小代表越好，也可使用來衡量集群內同質性 (homogeneity) 的一種方式，從該指標可以發現 KSOM 搭配 K-means 的二階段集群方法表現也是優於 K-means 集群法。

基於前述的比較結果，後續的分析將以 KSOM 搭配 K-means 的二階段集群結果為主，依據該方法劃分出的 11 個群組之敘述性統計資料如表 6 所示，可發現各群組的特性都非常不同，茲將各群組之特徵進一步地說明於表 7。

表 6 KSOM 搭配 K-means 時各群組之敘述性統計

群別 屬性	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
R	92.46	61.28	68.19	29.61	56.14	26.86	27.14	34.32	60.14	90.62	79.58
F	2.17	1.84	5.78	4.34	5.17	8.71	7.73	3.71	3.17	3.16	2.02
M	34.56	1.61	394.15	40.22	253.86	190.68	301.13	514.05	39.14	330.75	602.30
TM	28.78	3.42	622.12	91.97	407.14	531.24	788.92	572.57	69.96	250.41	322.90
ASS	2.49	1.18	4.26	2.52	3.60	3.35	4.11	4.95	2.90	3.65	4.96
PS	3.7%	0.2%	70.2%	6.8%	45.0%	37.9%	63.2%	97.9%	5.9%	44.2%	98.5%
旅客數	25192	21281	15064	32977	25001	25905	37933	55968	25455	23710	44098
百分比	7.57%	6.40%	4.53%	9.92%	7.52%	7.79%	11.41%	16.83%	7.65%	7.13%	13.26%

表 7 各群組主要特徵說明

群組別	主要特徵
群組 1	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 距離上次訂票有很長的天數 (92 天) ◆ 訂票次數不多 (三個月內共 2 次) ◆ 平均每次金額不高 (34 元)，也容易未取票 (取票率 3.7%)
群組 2	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 鮮少上臺鐵路預售系統訂票 (1.8 次) ◆ 總里程非常低 (3.42 公里) ◆ 平均金額很低，常常訂了又取消 (取票率 0.2%)，同時平均訂票分數偏低，發現旅客信用極低
群組 3	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 使用預售系統的頻率較高 (5.78 次) ◆ 每次平均訂票金額在所有群組中第三 (394.15 元) ◆ 相當守信的旅客 (取票率 70.2%)，通常是有計畫性訂票 (4.26 分)
群組 4	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 離進行資料分析之基點日期近，新進程度高 (29.61 天) ◆ 平均訂票金額不高 (40.22 元) ◆ 總里程普通 (91.97 公里) ◆ 真正取票機率非常低 (6.8%)

表 7 各群組主要特徵說明(續)

群組別	主要特徵
群組 5	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 取票率 45%，但是平均金額不低 (253.86 元)，對於臺鐵局來說是相對可增加營收但是有風險的旅客 ◆ 此集群的旅客大致上若不需要會自動取消訂票
群組 6	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 最常預訂車票的族群 (8.71 次) ◆ 總里程在所有集群中第三高，依賴鐵路，但同時有反反覆覆訂了票又取消的情形 (總里程 531.24 公里；取票分數 3.35 分)
群組 7	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 總里程非常的突出 (788.92 公里)，最近訂票時間距離基點日期很接近 (27 天)，推估有長期需要鐵路作為交通工具的需求 ◆ 訂了票比較不會去取消 (4.11 分；取票率 63.20%)
群組 8	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 不常使用訂票系統 (3.71 次) ◆ 通常是長距離移動，平均每次訂票金額也高 (訂票金額 514.05 元；總里程 572.57 公里) ◆ 非常守信用的旅客，計畫性訂票，不取消 (4.95 分；取票率 97.70%)
群組 9	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 平均訂票金額 (39.14 元) 與總里程 (69.96 公里) 累積皆不高； ◆ 雖然不需要會主動取消 (取票分數 3.65 分)，但是真正取票的機率不高 (44.20%)
群組 10	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 有很長的時間沒有使用鐵路車票預售系統 (90.62 天) ◆ 平均訂票金額在所有群組屬中等 (330.75 元) ◆ 不需要車票時傾向於主動取消訂票 (3.65 分) ◆ 取票率 44.2%，可能是同時仰賴其他交通工具的旅客
群組 11	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 很少使用訂票系統 (2.02 次) ◆ 平均每次訂票的金額都非常高，可能常常幫朋友或家人一起訂票 (訂票金額 602.3 元；總里程為 322.9 公里) ◆ 有訂票幾乎不會取消 (取票分數 4.96 分)，同時只要預訂，將近百分之百的可能性會搭該班火車 (取票率 98.5%)

4.2 影響變數的縮減—主成分分析

在統計中，以最佳分群數來分群雖然效果最為優異，但在實務中，市場區隔太多對於資源有限的業者來說反倒相當麻煩，會希望能將市場區隔劃分的群組少一些，鎖定特定屬性相對較高的區隔。因此本研究進一步透過主成分分析方法，將前述六個變數縮減為較少的構面。

經以 SPSS 檢測 6 項變數，得到 KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) 值為 0.62，Barlett's 球形檢定之 p 值為 0.000，結果顯示適合進行主成分分析。經主成分分析暨因素轉軸後之結果，發現原先的 6 個變數可以萃取為兩大構面，且足以解釋原先變數 72.98% 的變異量 (詳表 8)，表示儘可能在減少損失解釋能力的情況下，使用這兩種主成份能夠解釋大部分的變異。

表 8 解釋總變異量表

成份	初始特徵值			平方和負荷量萃取		
	總和	變異數百分比	累積變異數百分比	總和	變異數百分比	累積變異數百分比
1	2.576	42.929	42.929	2.576	42.929	42.929
2	1.803	30.049	72.978	1.803	30.049	72.978
3	0.785	13.082	86.060			
4	0.519	8.643	94.703			
5	0.223	3.724	98.427			
6	0.094	1.573	100.000			

兩大構面所涵括的變數如表 9 所示，其中第一個構面包括平均金額、平均取票狀態分數以及取票機率 3 個變數，平均金額越高之消費者代表對鐵路的消費越多；平均取票狀態分數越高者越傾向於取票，或者至少會自行取消訂票，比較不會空佔住預訂座位整整兩天，影響臺鐵局對其他顧客的售票；而取票機率高旅客代表其確定度較高，對臺鐵局的營收貢獻自然較大。第二個構面則為新進程度、頻率以及總里程，在以往的 RFM 分析中，新進程度與頻率大多數都被劃分為「忠誠」的概念，這點與本研究有相似性。新進程度代表上次訂票的日期距離執行資料分析的所相差的天數，距離越近通常比較有機會在最近消費，也代表對鐵路車票的需要程度。頻率越高，代表旅客越常登入臺鐵局訂票系統，需要鐵路車票的程度比較高。總里程則是類似於航空業中的「忠誠方案」概念，理論上整體里程越高，代表使用鐵路的需求性也比較高。由前述說明可發現兩個構面所顯示的意義與 Reinartz 與 Kumar^[14] 運用的忠誠度矩陣非常貼近，所以將第一個構面命名為營收貢獻度，第二個構面則稱為忠誠度。

表 9 主成分所包含之變數及命名

主成分編號	主成份一 (Y 軸)	主成份二 (X 軸)
原變數名稱	M 平均金額	R 新進程度
	ASS 平均取票狀態分數	F 頻率
	PS 取票機率	TM 總里程
命名	營收貢獻度	忠誠度

KSOM 搭配 K-means 所劃分出來的 11 個群組，可以依照各群組內顧客的六個變數數值，換算為兩大構面的主成分分數，得到 11 個群組之平均值在忠誠度矩陣中所處之象限位置，如圖 1 所示。其中第 3 群、第 7 群及第 8 群位於第一象限，即為忠誠矩陣的「真正的朋友」區，這些旅客具有最高的潛在獲利，他們常常利用臺鐵局系統訂票，訂票後的取票機率也相當高，利用鐵路旅行的總里程數在四群中是最高的，不過金額方面僅為第二高

(詳如表 10 所示)，因此推估此類的旅客大部分屬於個人行程，例如出差或假期往返工作就學地點與住家的旅客，這些顧客約占全部旅客的 32.76%；第 10 群以及第 11 群在第二象限的「蝴蝶」區，這些旅客預訂鐵路車票的平均次數不多，但其訂票金額卻是最高，訂票後的取票機率也是很高，是值得爭取其增加消費次數的一個族群，從訂票金額來推估，此族群大部分屬於群體性且有計畫性的訂票，例如家庭式的旅行，而從新近程度及頻率指標來

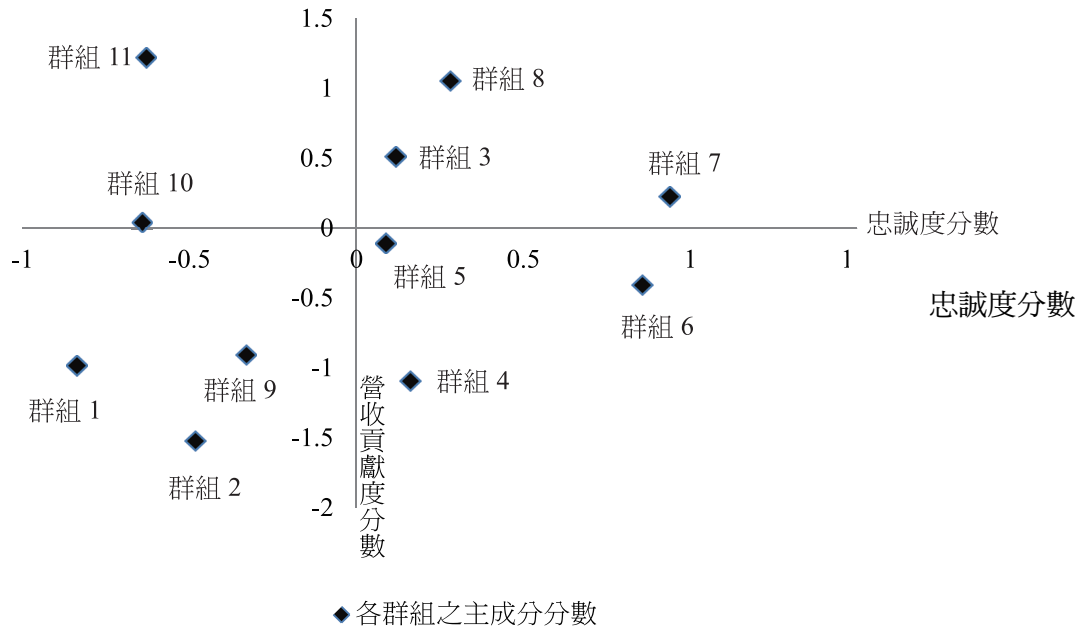


圖 1 11 個群組在忠誠矩陣之位置

表 10 忠誠矩陣中各象限旅客之特性

變數	象限一 「真正的朋友」	象限二「蝴蝶」	象限三「陌生人」	象限四「戀棧」
R	36.50 天	83.44 天	71.80 天	36.67 天
F	5.39 次	2.42 次	2.43 次	5.94 次
M	423.35 元	507.35 元	26.43 元	150.36 元
TM	654.74 公里	297.55 公里	35.85 公里	321.56 公里
ASS	4.56 分	4.50 分	2.25 分	3.10 分
PS	82.99%	79.52%	3.45%	27.78%
顧客數	108965 人	67808 人	71928 人	83883 人
百分比	32.76%	20.39%	21.63%	25.22%
總購買金額 (百分比)	1.97 億元 (56%)	0.68 億元 (19%)	0.09 億元 (3%)	0.78 億元 (22%)

看，則顯示這些旅客可能是旅行次數不多，或者有時會利用其他運輸工具，他們是屬於精打細算的顧客，會比較不同運具的效益後再作決定，因此和臺鐵局的關係仍不穩定，若能提高這些顧客的滿意程度，則可進一步增加臺鐵局的收益；第 1 群、第 2 群及第 9 群處於第三象限的「陌生人」區，這些旅客不常訂票，取票的機率也非常低，而且有較多的情形是逾期未取票（從 $ASS < 3$ 可看出），他們佔據了太多的訂位資源，是不值得爭取的一群，約有 21.63% 的顧客屬於這個群組；第 4 群、第 5 群、第 6 群則位在第四象限的「戀棧」區，這些是屬於謹慎的旅客，可能會預先保留行程或同時安排其他運輸工具，待旅行計畫較明朗時再做決定，所以其真正的取票機率不高，不過他們是屬於守信的旅客，會自動取消不需要的行程，由於這些旅客具有游移的特性，並不值得投資額外的資源去吸引。由前面的分析可知，透過主成分萃取的方式，我們可以更簡便的方式了解不同特性的旅客。

4.3 顧客群組的判斷—決策樹演算法

前面的集群分析及忠誠矩陣揭露了不同旅客類型的樣態，使得經營者了解那些顧客應該持續維繫，那些顧客可以努力爭取，以及那些顧客不值得投注額外資源，甚至於某些顧客可以適當地縮減原來給予的便利性，以增進其他顧客的福利。不過，之前的分析乃是基於「過去」的訂購情形將舊有顧客加以分類，而在訂票系統隨著時間不斷更新交易資料以及新顧客陸續加入的情形下，顧客的價值可能隨之改變，因此有必要建立一套規則來判斷顧客所處的矩陣象限位置，而決策樹演算法即是一種適合的方法。

本研究以決策樹中的 CART 演算法進行規則的探勘。為驗證所得的規則能適用於未來的分類推估，因此特別在 33 萬筆的旅客資料中，隨機挑選 70% 的資料作為訓練組來歸納出分類規則，其餘 30% 的資料則作為測試組，以測試所得分類規則是否具有效度。表 11 顯示訓練組與測試組的分類預測準確率分別達到 94.14% 與 94.22%，代表透過 CART 演算出的準則有不錯且一致的分類效果。

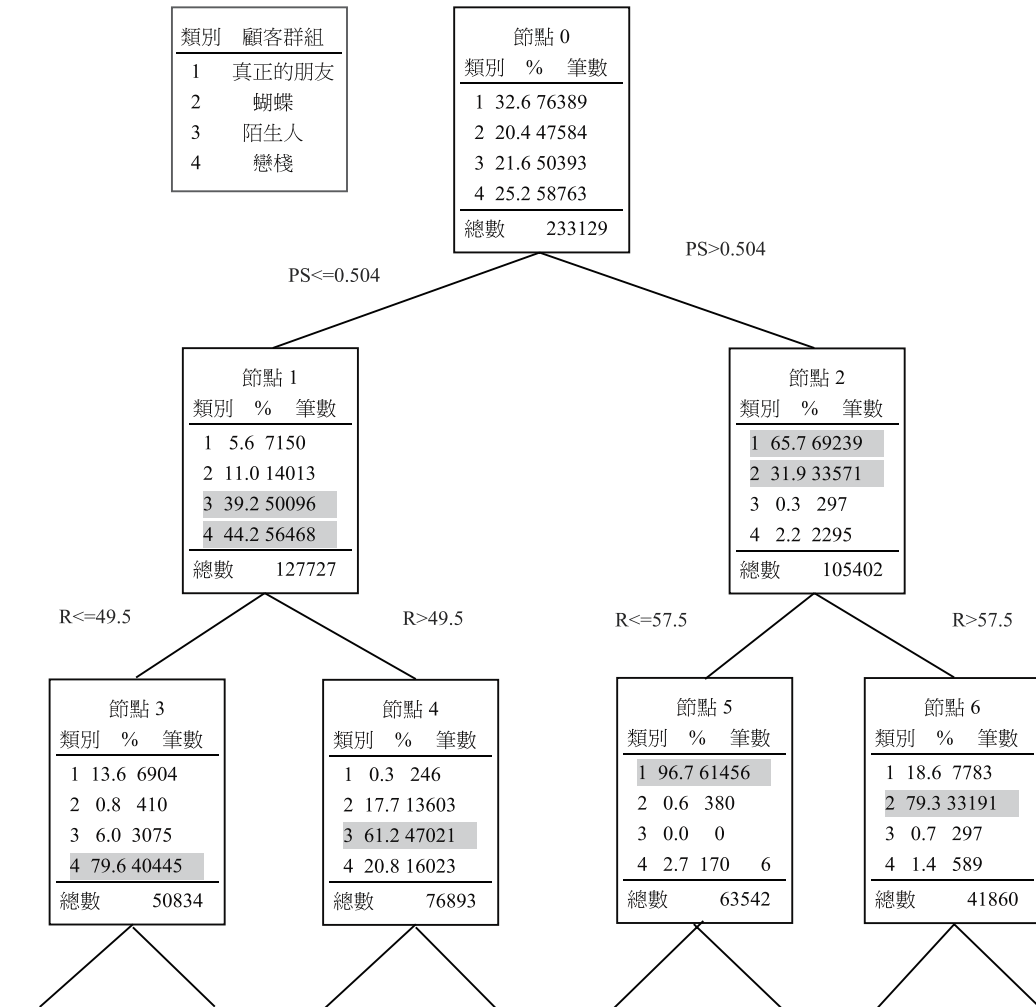
由於經過決策樹演算法所歸納出來的分類規則共有 30 條，限於篇幅，僅以樹狀圖列出所得前面兩階層的分枝情形，如圖 2 所示，此部分之分類規則將於第五節結論與建議中詳細討論。

表 11 決策樹規則之預測準確度

樣本		預測結果			
		象限一	象限二	象限三	象限四
訓練組	象限一	73190	1177	224	1798
	象限二	1014	55690	1390	669
	象限三	33	748	47889	1723
	象限四	1041	539	3297	42707
	正確率	95.81%	94.77%	95.03%	89.75%
	整體準確率	94.14%			

表 11 決策樹規則之預測準確度(續)

樣本		預測結果			
		象限一	象限二	象限三	象限四
測試組	象限一	31216	519	88	753
	象限二	469	23785	597	269
	象限三	7	298	20500	730
	象限四	440	238	1344	18202
	正確率	95.83%	94.69%	95.19%	90.00%
	整體準確率	94.22%			



(註：因篇幅關係，僅列示至第二層的分枝)

圖 2 顧客象限群組決策樹分類結果 (訓練組)

4.4 資料探勘結果對臺鐵局會員制之評析

1. 會員範圍的決定

臺鐵局會員制度適合讓顧客自行選擇加入嗎？目前臺鐵局會員係由消費者自行申請，並沒有任何消費額度的限制，而在現行的禮品兌換機制，一位顧客兩年內至少要消費 15,000 元才能換取一張 100 公里以內的車票（最小的兌換禮品），亦即在 3 個月內平均須購買 1,875 元的車票，而此目標值在本研究所調查搭乘西幹線鐵路的 33 萬餘名旅客中約有 57,002 人達到此額度（詳表 12），其他 27 萬餘人則預估大部分在期限內都無法兌換到最小的禮品，如果全部顧客都加入會員，除了增加臺鐵局會員系統的作業負擔外，也會因為兌換難度過高而使會員產生挫折。

表 12 本研究資料庫中預估能達到酬賓禮之顧客人數

臺鐵局會員酬賓禮項目	平均 3 個月所需消費金額 (元)	資料中符合之顧客數 (占總數百分比)
100 公里以內車票一張 (最小禮)	1875 元或以上	57002 (17.14%)
200 公里以內車票一張	3750 元或以上	17120 (5.15%)
400 公里以內車票一張	7500 元或以上	2911 (0.88%)
600 公里以內車票一張	9375 元或以上	1478 (0.44%)
TR Pass 三日券一張 (最大禮)	15000 元或以上	244 (0.07%)

註：本表僅列出部分酬賓禮項目；資料來源：臺灣鐵路管理局^[3]。

忠誠計畫會員的招募應著重於顧客的獲利性^[6-7,10]。從 4.3 節的分析已得知位於「真正的朋友」區的旅客是值得繼續經營顧客關係的主顧，而在「蝴蝶」區的旅客雖然獲利性亦高，但是他們習慣於在鐵路與其它運具間尋找適合的旅行方式，因此，若能利用會員制度將這些蝴蝶追捕進來，吸引他們多加利用傳統鐵路，轉化為使用率較穩定的「真正的朋友」，方能達到運用會員計畫提高重複購買次數之目的。

Tyler^[35] 曾建議忠誠計畫會員的資格門檻可以訂在消費金額高於「蝴蝶」區顧客的平均數，不過，本研究並非單以消費金額來衡量顧客的獲利性，各象限間的平均消費金額並無絕對的大小關係，因此建議目標會員的範圍可以納入「真正的朋友」區的全部以及「蝴蝶」區的部分顧客。「真正的朋友」區是忠誠與營收貢獻兼備的顧客，必須繼續維繫，而「蝴蝶」區包括第 10 及 11 群組，兩者在忠誠度方面的指標相近，但第 11 群組的營收貢獻度則是明顯優於第 10 群組（詳圖 1），第 11 群組顧客的平均訂票頻率不高，有可能參雜其他運具交替使用，或者本身的旅行需求不高，但平均訂票金額及取票機率都很高，如果能利用忠誠計畫的積點活動「鎖定」他們持續利用鐵路系統，促使他們成為穩定的使用者，進而晉升至「真正的朋友」區。

從 4.3 節的決策樹分析結果可知，利用 3 個月的訂票資料已能使顧客象限群組的預測準確率達到約 94%，另外從圖 2 中決策樹的第一個分枝，發現透過取票率 50.4% 的規則可以大致預測出位於第一、二象限與第三、四象限的顧客，尤其是經過取票率大於 50.4% 的篩選後，97.6% 於該範圍的顧客都是屬於較有價值的第一、二象限（「真正的朋友」及「蝴蝶」區）；若再經過新進程度小於或等於 57.5 天的篩選，則可更進一步地找出位於第一象限的顧客。經過前述兩個簡單的規則，即可分辨出 80.45% 的第一象限顧客，有利於實務上的運用；當然，若要達到整體 94% 的準確率，則還需要更多層的規則來篩選。

至於如何篩選出第二象限中較佳的第 11 群組顧客，則須經過前述取票率大於 50.4% 及新進程度大於 57.5 天的篩選後，再從營收貢獻度的相關變數（亦即平均金額、平均取票狀態分數及取票機率等 3 項）來選擇，表 6 顯示第 10 及 11 群組間在平均金額及平均取票機率有較大的差異，因此建議以所屬第二象限之平均數來訂定篩選標準，以平均金額 507.35 元或取票機率 79.52% 來評定。至於平均取票狀態分數因為需要較多訂票次數才容易判斷，由於此兩群組顧客的訂票次數通常不高，所以不建議以該項變數篩選。

經過前面的規則，可篩選出第一象限之高價值顧客數有 90,697 人及第 11 群組之有潛力顧客數 24,895 人（依平均金額篩選）或 49,508 人（依取票機率篩選）；這些篩選出來的人數約為本研究旅客資料庫的 35% 或 42%，若臺鐵局僅優先針對這些顧客進行會員招募，將可有效地服務會員並節省會員系統資源的投入。

2. 酬賓禮的多元化以及會員的分級

依據前面的規則，共篩選出值得加入會員的顧客共約 115,592 人或 140,305 人，對照表 11 所示估計有可能獲得酬賓禮的顧客數 57,002 人尚有段差距。對此，建議可以擴大給獎的範圍來吸引顧客持續的積點行為，除了車票外，臺鐵局還有許多熱門的商品受到旅客的喜愛，例如排骨便當、紀念便當盒、道釘紀念品等，這些多元化的酬賓禮可以滿足不同偏好的顧客並減少顧客無法集滿點數所受到的挫折感。

此外，車票酬賓禮的價值在不同的列車時段是不一樣的。每列鐵路車次所能供給的座位數是固定的，在搭乘的旅客數尚未超出該車次之容量前，每增加一位新的顧客所需之變動成本是相當低的，因此以鐵路車票作為會員兌換的酬賓禮除了能密切地結合會員平日之需要外，對於臺鐵局禮品提供的成本上也是符合經濟效益的。不過，以自強號來說，雖然其平均客座利用率於民國 101 年間僅為 76.8%^[2]，但是在周末及國定假日期間許多車次的需求實際上是超出乘載容量的，所以若考慮旅客訂不到票時產生的不滿意感甚至顧客的流失，則實際上車票酬賓禮的成本在尖峰車次與離峰車次是不同的，於尖峰車次的車票酬賓禮會增加旅客訂票時的競爭性，亦即影響其他付費旅客訂票成功的機率，因此有必要將尖峰車次與離峰車次的車票酬賓禮分開看待，區分為兩種不同的商品。

面對尖峰車次座位供給有限並且會影響顧客訂票結果之考慮下，有必要將尖峰車次車票的兌換權利保留給等級較高而且取票率較高的會員，以避免萬一該會員退票所造成先前干擾訂票結果之效應。基於前述，建議於「真正的朋友」區以平均取票率 82.99% 以上或者更高之取票率劃分為高級會員，針對這些更忠誠及營收貢獻度更高的會員提供更便捷甚至

客製化的服務，例如旅遊套票、固定行程車票預留等，而這種客製化的服務在運用顧客歷史訂票資料的分析之下，已經變得更為可行與精確。尤其是協助訂不到票的會員媒合未取票或退票的服務，更應該只優先針對高級會員提供。

此外，高級會員的積點換算可以給予較優惠的點數，例如每消費 25 元為一點，此類兌換的差距將可誘使一般會員努力消費以達到高級會員的標準。當然，高級會員在一段時間後也應該再檢驗其是否仍符合要求，而此檢驗則可促使許多高級會員為了繼續維持其資格而持續消費。

五、結論與建議

5.1 結論

1. 本研究以臺鐵局訂票系統既有的西部幹線 3 個月的顧客訂票資料為基礎，運用資料探勘的技術將訂票旅客加以分群，透過各群組旅客的變數特徵值，可以讓臺鐵局更為了解不同旅客群組間的行為特質，俾能有效地經營顧客關係。此外，在運算中也發現，透過 KSOM 搭配 K-means 的兩階段集群方式能較單純的 K-means 方法達到分群更為精確以及降低運算成本的效果。
2. 集群分析所得的 11 個群組旅客，經轉化為 Reinartz 與 Kumar^[14] 忠誠矩陣的四大顧客類型後，則更進一步地顯現出旅客中兼具高忠誠度與高營收貢獻的「真正的朋友」旅客有 32.76%；「蝴蝶」區的旅客 (佔 20.39%) 雖然與臺鐵局的關係仍不穩定，但值得盡力爭取其滿意；劃歸於低忠誠度與低營收貢獻的「陌生人」旅客則有 21.63%，這些旅客不常訂票、取票機率低且傾向於逾期未取票，不值得主動爭取；而「戀棧」區的旅客具有游移的特性，會在不同運輸工具間視情況決定，所以也不需要特別投資資源來吸引他們。
3. 由於訂票系統中會有新旅客的加入，舊有旅客的訂票行為也可能會隨著時間而更新，因此本研究運用了決策樹分析中的 CART 演算法建置了旅客類型的判斷準則，這些準則無論在訓練組及測試組的資料中，均能達到準確率 94% 以上的預測水準，顯示出這些規則未來運用在旅客分類時的有效性與可靠性。
4. 臺鐵局的會員系統可以利用本研究所完成的旅客分類判斷準則，篩選出「真正的朋友」區的旅客以及「蝴蝶」區中對營收貢獻度較佳的旅客，作為邀請參加會員的對象，所篩選出來的人數約為本研究旅客資料庫的 35% (若蝴蝶區依平均金額篩選) 或 42% (若蝴蝶區依取票機率篩選)。運用會員系統的忠誠積點活動，除了可以穩定「真正的朋友」區旅客的持續惠顧，以及刺激與鎖定「蝴蝶」區旅客多多利用鐵路系統以集滿點數兌換贈品外，集中經營這些較有價值的旅客也能減少臺鐵局會員系統的資源負擔。

5.2 建議

1. 依據臺鐵局現行的會員積點兌換條件，本研究用資料庫的旅客中僅有 17% 的人能達到

兌換最小酬賓禮之資格，為加強會員參加積點兌換的動力，建議臺鐵局能再增加一些小獎品，降低積點達成的門檻，另外所兌換的獎品除了車票之外，也可以採取多樣化的方式，例如便當、道釘紀念品等，增加會員蒐集兌換的興趣。

2. 層級式的會員架構具有鼓勵較高級會員增加消費的效果，臺鐵局可針對「真正的朋友區」平均取票率高於 82.99%者給予較優惠的積點換算以及提供進階的服務，尤其是媒合車票的服務。由於臺鐵局訂票系統中未取票的比例仍高，協助媒合車票的服務應該限定於較有價值的會員。
3. 本研究使用的資料範圍僅涵括基隆至枋寮間旅行的對號列車顧客，限於軟體處理最大筆數的限制，並未使用全部旅客的資料，因此，若加入東部地區及南迴線旅客之訂票資料，也許在結果上會略微不同。不過，本研究所涵括地區之運量約為臺鐵局全部客運量的 87.7%^[36]，相信已具有不錯的代表性。未來臺鐵局在實際運用時，建議可以再加入各線的資料加以分析。
4. 臺鐵局的車票預售資料庫隨著時間的進行會有資料的更新，並可能因此導致的不同集群結果與決策樹規則，不過，這也是因為會員的價值隨著後續訂票、購買的情形在全部的會員中會相對地改變所致，本研究所提供的是一套制定會員忠誠計畫規則的決策架構與方法，臺鐵局未來仍須隨著資料的更新持續地維護更新以及監控會員的價值變化狀況，以提供適合的服務暨行銷活動。

參考文獻

1. 林繼國、陳佩榮，**臺灣地區軌道運輸系統整合規劃**，交通部運輸研究所，臺北，民國 91 年。
2. 臺灣鐵路管理局，「臺鐵統計資訊」，<http://www.railway.gov.tw/tw/CP.aspx?sn=7460&n=6886/>，民國 102 年。
3. 臺灣鐵路管理局，「臺鐵會員服務系統」，<https://members.railway.gov.tw/>，民國 102 年。
4. Sharp, B. and Sharp, A., "Loyalty Programs and Their Impact on Repeat-Purchase Loyalty Patterns", *International Journal of Research in Marketing*, Vol. 14, 1997, pp. 473-486.
5. Stauss, B., Schmidt, M., and Schoeler, A., "Customer Frustration in Loyalty Programs", *International Journal of Service Industry Management*, Vol. 16, No. 3, 2005, pp. 229-252.
6. Berman, B., "Developing an Effective Customer Loyalty Program", *California Management Review*, Vol. 49, No. 1, 2006, pp. 123-148.
7. Kadar, M. and Kotanko, B., "Designing Loyalty Programs to Enhance Value Growth", *Mercer on Transport and Travel*, Vol. 8, No. 2, 2001, pp.28-33.
8. Nunes, J. C. and Drèze, X., "Your Loyalty Program is Betraying You", *Harvard Business Review*, Vol. 84, No. 4, 2006, pp. 124-131.
9. Dowling, G. R., "Customer Relationship Management : In B2C Markets, Often Less Is More", *California Management Review*, Vol. 44, Spring, 2002, pp. 87-104.

10. Ferguson, R. and Hlavinka, K., "The COLLOQUY Loyalty Marketing Census : Sizing Up the US Loyalty Marketing Industry", *Journal of Consumer Marketing*, Vol. 24, No. 5, 2007, pp. 313-321.
11. Oakes, G., "What Big Data Means to Marketers, and How to Handle It", [http : //www.marketingmagazine.co.uk](http://www.marketingmagazine.co.uk)., 2012.
12. Dachis, J., "Big Data is the Future of Marketing", [http : //www.businessinsider.com](http://www.businessinsider.com) , 2012.
13. Porter, S., "Big Data Changes the Marketing World Forever", [http : //www.businessreviewaustralia.com](http://www.businessreviewaustralia.com), 2012.
14. Reinartz, W. and Kumar, V., "The Mismanagement of Customer Loyalty", *Harvard Business Review*, Vol. 80, No. 7, 2002, pp. 86-94.
15. Liu, Y., "The Long Term Impact of Loyalty Programs on Consumer Purchase Behavior and Loyalty", *Journal of Marketing*, Vol. 71, 2007, pp. 19-35.
16. Dorotic, M., Bijmolt, T. H. A., and Verhoef, P. C., "Loyalty Programmes : Current Knowledge and Research Directions", *International Journal of Management Reviews*, Vol. 14, No. 3, 2012, pp. 217-237.
17. Oracle, "Ensuring Customer Loyalty : Designing Next-Generation Loyalty Program", *Oracle White Paper*, Oracle Corporation, CA , USA, 2005.
18. Marcus, C., "A Practical yet Meaningful Approach to Customer Segmentation", *Journal of Customer Marketing*, Vol. 15, No. 5, 1999, pp. 494-504.
19. Mooi, E. and Sarstedt, M., *A Concise Guide to Market Research*, Springer, New York, 2011.
20. Jain, A. K., "Data Clustering : 50 Years Beyond K-means", *Pattern Recognition Letters*, Vol. 31, No. 8, 2010, pp. 651-666.
21. Mangiameli, P., Chen, S. K., and West, D., "A Comparison of SOM Neural Network and Hierarchical Clustering Methods", *European Journal of Operational Research*, Vol. 93, No. 2, 1996, pp. 402-417.
22. Steinley, D., "K-means Clustering : A Half-Century Synthesis", *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, Vol. 59, No. 1, 2006, pp. 1-34.
23. Kohonen, T., "The Self-Organizing Map", *Proceedings of the IEEE*, Vol. 78, No. 9, 1990, pp. 1464-1480.
24. Kuo, R., An, Y., Wang, H., and Chung, W., "Integration of Self-Organizing Feature Maps Neural Network and Genetic K-means Algorithm for Market Segmentation", *Expert Systems with Applications*, Vol. 30, No. 2, 2006, pp. 313-324.
25. Van Laerhoven, K., "Combining the Self-Organizing Map and K-means Clustering for On-line Classification of Sensor Data", *Artificial Neural Networks*, B. Yegnanarayana (Ed.), 2001, pp. 464-469.
26. 林祥生、劉益豪，「應用資料採礦探討國際線航空旅客之線上購票行為」，*運輸計劃季刊*，第 37 卷，第 2 期，民國 97 年，頁 197-235。
27. Aggelis, V. and Christodoulakis, D., "Customer Clustering Using RFM Analysis", *Proceedings of*

- the 9th WSEAS International Conference on Computers, Athens, Greece, 2005.
28. Vesanto, J. and Alhoniemi, E., “Clustering of the Self-Organizing Map”, *IEEE Transactions on Neural Networks*, Vol. 11, No. 3, 2000, pp. 586-600.
 29. Hughes, A. M., *Strategic Database Marketing : The Masterplan for Starting and Managing a Profitable, Customer-based Marketing Program*, Probus Publishing, Chicago, 1994.
 30. McCarty, J. A. and Hastak, M., “Segmentation Approaches in Data-Mining : A Comparison of RFM, CHAID, and Logistic Regression”, *Journal of Business Research*, Vol. 60, No. 6, 2007, pp. 656-662.
 31. 廖述賢、溫志皓，**資料採礦與商業智慧**，雙葉書廊，臺北，民國 98 年。
 32. Lawrence, R. L. and Wright, A., “Rule-Based Classification Systems Using Classification and Regression Tree (CART) Analysis”, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 67, No. 10, 2001, pp. 1137-1142.
 33. Sharma, S., *Applied Multivariate Techniques*, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1996.
 34. Halkidi, M., Batistakis, Y., and Vazirgiannis, M., “On Clustering Validation Techniques”, *Journal of Intelligent Information Systems*, Vol. 17, No. 2, 2001, pp. 107-145.
 35. Tyler, T., “Loyalty Programs : Making Sure You Invest in Only the Right Customers”. www.genroe.com, 2010.
 36. 臺灣鐵路管理局，「各站客貨運起迄量」，<https://www.railway.gov.tw/>，民國 102 年。

交通建設 BOT 計畫特許年期與權利金 議題談判模式之研究¹

A BARGAINING MODEL FOR CONCESSION PERIOD AND ROYALTY FOR TRANSPORTATION BOT PROJECTS

康熙宗 Chao-Chung Kang²

馮正民 Cheng-Min Feng³

王世寧 Shin-Ning Wang⁴

(102 年 1 月 3 日收稿，102 年 2 月 27 日第一次修改，102 年 9 月 20 日定稿)

摘 要

BOT 計畫之權利金與特許年期為特許契約的重要談判議題。雖然已有文獻對特許期限或權利金收取與訂定有所探討；但是，過去少有文獻對權利金與特許年期議題進行雙議題談判研究分析。因此，本研究運用 Rubinstein 議價賽局理論，構建權利金與特許年期的雙議題談判模式。本研究有別於過去文獻所進行的權利金談判模式，將折現因子、議價成本、談判次數、談判能力、談判起始值與談判次數限制等變數納入模式，藉以詮釋政府與最優申請人對權利金及特許年期雙議題的談判行為。透過本研究模式，政府與最優申請人可根據各議題之權重，進而決定其最適之權利金與特許年期的談判結果，從而可獲得雙邊報酬最大的最佳協議解與報酬最小的最劣解。經由本模式之驗證結果顯示，本研究所構建雙議題談判模式

-
1. 本研究承行政院國家科學委員會補助，編號：NSC97-2410-H-126-011-MY2。
 2. 靜宜大學企管系教授（聯絡地址：433 臺中市沙鹿區中棲路 200 號靜宜大學企管系；電話：04-26328001#13312；E-mail：cckang@pu.edu.tw）。
 3. 國立交通大學交通運輸研究所教授（聯絡地址：10012 臺北市中正區忠孝西路一段 114 號 4 樓交通大學交通運輸研究所；電話：02-23494956；E-mail：cmfeng@mail.nctu.edu.tw）。
 4. 國立交通大學交通運輸研究所碩士。

可詮釋雙方在 BOT 契約之權利金與特許年期共同議價過程，此模式可作為 BOT 特許契約雙議題談判分析之參考。

關鍵詞：BOT 計畫；特許年期；權利金；雙議題談判；Rubinstein 議價賽局

ABSTRACT

The royalty and concession period of contract are important negotiation issues in BOT concession contract. However, issues of royalty and concession period do not have a reasonable standard to follow at present, and the both issues of royalty and concession period negotiation model have seldom been explored in the past studies. So this study established the bargaining model for concession period and royalty issues through the Rubinstein bargaining game theory for transportation BOT projects, which is different from the past single-issue bargaining model. The bargaining model includes discount factor, bargaining cost, negotiation ability, negotiation starting value, the number of negotiation and the number of negotiation restrictions. Through the model of this study, both the government and the optimal applicant can determinate the most appropriate outcome of the negotiations after weighing each issue, and they can also find the optimal agreement solution of their own largest reward and the worst solution of their smallest reward. In addition, the resulting model enabled a better understanding of the BOT concession negotiation process. Moreover, the study can provide a BOT negotiation strategy for both decision-makers and administrative department with some BOT policy amendments.

Key Words: BOT projects; Concession period; Royalty; Two-issue negotiation; Rubinstein bargaining game

一、前言

BOT (Build-Operate-Transfer) 模式為民間參與公共建設計畫方式之一 (Public-Private Partnership Projects PPPs)，此方式可以應用於交通運輸、觀光遊憩、電力等重大建設設施。一般而言，政府在推動民間參與公共建設計畫時會透過立法程序進行，以收獎勵民間投資誘因之效。在國內則有「促進民間參與公共建設法 (簡稱促參法)」法案作為推動民間參與公共建設之依循。根據「促參法」之第十一條款項說明，BOT 計畫之「權利金及費用之負擔」事項須由主辦機關與民間機構簽訂，載明於投資契約內，此隱含 BOT 計畫之權利金收取為兩造所面臨之不確定性因素或為利潤分享機制。由此可知，權利金訂定在 BOT 特許契約中是雙方所需談判議題之一。因此，過去已有文獻陸續探討此一議題，例如，康熙宗等人^[1] 探討權利金收取範圍與政府財務回收率及民間獲利率之間的關係。其對 BOT 計畫權利金之見解，意旨政府藉由向 BOT 計畫特許公司收取權利金以達成其財務回收目標。換言之，基於財產權概念 (property rights)，民間需負擔權利金於政府以獲取公共建設之特

許經營權利。因此，康熙宗等人^[1]、Chiou and Lan^[2]陸續探討 BOT 計畫之權利金收取方式議題。在權利金收取模式方面，文獻康熙宗等人^[1]考量政府與特許公司財務現金流量觀點，計算兩方各自之財務決策模型，並以超額利潤與財務回收觀點尋找兩造之出資比例與權利金之議價空間，推導權利金收取模式。但是，康熙宗等人^[1]、Chiou 與 Lan^[2]之研究僅止於權利金訂定之計算，並無將談判機制納入研究。嗣後，Kang 等人^[3]，康熙宗等人^[4]以賽局理論討論 BOT 計畫權利金談判議題，其利用二階規劃模式構建權利金談判模式，研擬演算法，求解雙方之權利金談判妥協解。但其談判模式視政府與民間機構為一從屬關係，此與實際上 BOT 兩造談判之對等關係有所不符。

根據 Tiong 與 Alum^[5]調查研究顯示，除了權利金訂定與收取為最優申請人與政府之協商議題外；BOT 計畫之「特許年期」亦是影響 BOT 財務計畫與可行性評估之重要變數（Ye 與 Tiong^[6]，Shen 等人^[7]）。此一論點在 Nge 等人^[8]研究亦明確指出，特許年期為政府與最優申請人協商階段之重要談判議題。另外，根據「促參法」第四十九條載明「營運年限」之訂定應由主辦機關納入契約，此「營運年限」可視為「特許年期」之一部或全部；又該條文隱含特許年期需透過兩造協商而後載明契約內。該「特許年期」之協商談判與 Tiong 與 Alum^[5]調查研究有異曲同工之妙。然而，過去研究大多將「特許年期」視為一外生變數，此外生變數意指政府已於計畫之公開招標階段時，事先將計畫「特許期限」公告，投資者或最優申請人進而利用此特許期限變數，研擬 BOT 財務計畫進行投標。但實際上，特許年期的決定與調整亦可視為政府可採用之一種補貼政策或是減少民間獲取超額利潤方式，其功用如同權利金一般，進行財務風險分擔效益（陳孟慧^[9]）。因此，文獻已有不少研究者致力於探討 BOT 計畫特許年期訂定的研究。例如，Ye 與 Tiong^[6]運用 NPV-at-Risk 概念，採用 Monte Carlo 方法，模擬不同特許年期對計畫之淨現值（Net present value, NPV）的變化以及風險值水準（Value at Risk, VaR），進而分析計畫之最適特許年期。此外，Ng 等人^[10]亦運用 Monte Carlo 法，模擬計畫不確定性變數對特許年期的影響，討論不同情境下之特許年期最佳條件。嗣後，Ng 等人^[11]延伸先前的研究，運用模擬與模糊多目標規劃方法，評估特許年期之最佳解。而 Zhang 與 AbouRizk^[12]則探討 PPP 計畫之特許期限的合理區間；另外 Shen 等人^[13]利用 Rubinstein^[14]議價賽局理論探討計畫特許年期，分別從政府與民間角度出發計算各自淨現值，推估特許年期的區間，並以此做為談判協議區間，再利用議價賽局理論，探討特許年期之談判解。值得一提的是，該模式中納入影響談判成本因素於模式中，例如折現成本（時間價值）因子。Shen 等人^[13]的研究是利用 Rubinstein^[14]議價賽局理論於特許年期談判議題。值得注意的是，Shen 等人^[13]所採用 Rubinstein^[14]議價賽局理論，反應特許談判是雙方處於輪流出價與對等情形，此與 Kang 等人^[3]所採用二階規劃方法概念不同。但是，Shen 等人^[7,13]的研究卻忽略雙方在談判次數與限制、談判能力、談判起始值等因子，以及資訊並非完全公開的客觀環境，其僅以民間觀點的財務計畫作為雙方談判依據，未考量政府觀點的財務計畫。

在談判模式方面，除 Rubinstein^[14]議價模式之外，文獻 Cross^[15]考量時間折現及學習效果，推導談判者雙方之讓步率，並將談判之讓步率與談判次數之因素納入談判模式中。

晚近，林永盛與張有恆^[16,17]應用 Cross 模式，考量談判者之風險態度，模擬政府與特許公司談判行為，將影響談判者之風險態度納入 BOT 特許契約談判。上述模式說明，雙方談判時，同時公開各自之要求，若有交集則可達成協議，Cross 模式^[15]基本上透過雙方反應函數進行求解，概念上與 Stackelberg 模型相似，此仍與 BOT 談判之討價還價實際狀況有差。晚近，李明聰^[18]亦利用 Rubinstein^[14]討價還價模式，探討 BOT 計劃政府與特許競標團隊的互動行為與談判權力之課題。

最近文獻探討 BOT 計畫之特許年期訂定有新的見解，例如，文獻 Engel 等人^[19,20]認為 BOT 特許契約之「固定特許年期契約 (fixed-term contract)」會造成需求與費率對營收之影響，特許公司進而要求政府給予「最低保證營收」或「最低保證運量」之承諾，乃至於要求賦稅減免、補貼或虧損轉移，進而產生契約再談判問題 (contract re-negotiation problem)。重要的是，Engel 等人^[20]提出“Least-Present-Value-of-Revenue (LPVR)”模式作為彈性年期 (flexible-term) 計算之基礎，避免雙方因為未來需求不定性所產生之再談判問題。實務上，此現象在臺灣高速鐵路 BOT 計畫亦產生相類似問題，特許公司於營運初期，因運量過低，與預期營收產生很大落差，進而要求與政府再談判。Engel 等人^[20,21]提出彈性年期說明特許契約之特許年期具有可調整性。在 Engel 等人^[20,21]提出彈性特許年期概念後，後續研究者陸續利用其概念或模式，發展出其他許多不同特許契約之拍賣 (auction) 機制，例如 Nombela 等人^[22]將「運量不確定性」、「淨總額收入」與「設施維持成本」等 3 個因子納入 least-present-value-of-net-revenue (LPVNR) 模式，做為特許年期投標評估與彈性變動之參考。另外，Tan 與 Yang^[23]探討高速公路 BOT 計畫之部分彈性 (partial flexibility contract) 與完全彈性特許契約 (full flexibility contract) 經濟效益分析。

綜上所述，「特許年期」與「權利金」均為 BOT 計畫特許契約的重要談判議題，但為使政府與最優申請人達成合理的利潤共享與風險分攤目的，需就此兩議題進行協商。但過去研究顯示，研究者或就特許年期單一議題進行探討 (Engel 等人^[19-21]，Ye 與 Tiong^[6]，Nombela^[22]，Shen 等人^[13]，Ng 等人^[10,11])，或就權利金訂定與談判議題進行研究 (康熙宗等人^[1,4]，Kang 等人^[3])，並無就「特許年期」與「權利金」雙議題談判進行研究。而實務上，BOT 特許契約談判屬多議題談判，非單一議題個別談判。因此，本文目的在於建構特許年期與權利金雙議題之談判模式，改善文獻僅研究單議題談判之缺失，並作為後續研究多議題之基礎及日後調整「特許年期」與「權利金」之參考。

二、研究問題與研究假設說明

2.1 研究問題說明

由於 BOT 計畫具有不確定性因素眾多、回收期長、投資資本龐大等特性。其中，不確定因素出現於計畫之各個階段，這些不確定性因素可能轉換成風險。因此，在 BOT 計畫理論，特許契約談判本質即是在進行風險分擔機制設計，但因為不確定性因素之間多具

有關連性，故多議題談判顯然較單一議題談判在風險分擔方面更符合經濟效益。另外，從經濟財產所有權概念而言，由於 BOT 計畫具備公共資源稀少性，政府向民間業者收取權利金或縮短特許年期即是向特許公司收取 BOT 計畫超額利潤，以回收政府財務與經濟效益目標。

本研究問題可依圖 1 概念說明，雖然一般研究者將 BOT 計畫時期區分為議約期、興建、營運及移轉期。但為探討權利金與特許年期之談判課題，此權利金與特許年期之資訊政府可於招商階段予以公告，以利 BOT 計畫之競標階段作業。故本研究將 BOT 計畫區分招商期、議約與簽約期與營運期三個階段，如圖 1 所示。

依圖 1 概念，政府為執行 BOT 計畫於招商階段由主管機關公告 BOT 計畫之相關財務可行性研究計畫，例如政府公告 BOT 計畫之特許年期及權利金收取方式與額度以及其他影響財務因素。競標廠商依政府所公告之 BOT 計畫財務相關變數，研擬其財務投資計畫參與 BOT 計畫之競標，從而於競標階段獲選為最優申請人，並於議約與簽約階段，政府與該最優申請人進行特許契約談判與議約。由於影響特許契約談判因素甚多，為簡化分析，假設政府與最優申請人就「特許年期」與「權利金」兩項進行談判，待雙方談判完成，載明於特許契約內，此時最優申請人即成為 BOT 計畫之特許廠商，計畫便進入工程期。但由於工程期多涉及工程計畫不確定因素，若計畫於工程期生變，則會產生政府強制收買與工程履約問題之現象。但考量權利金收取多發生在營運期，另外，政府對特許年期之展延或縮短亦多視營運期之需求狀況而定，進而檢視權利金收取機制或進行特許年期之調整。

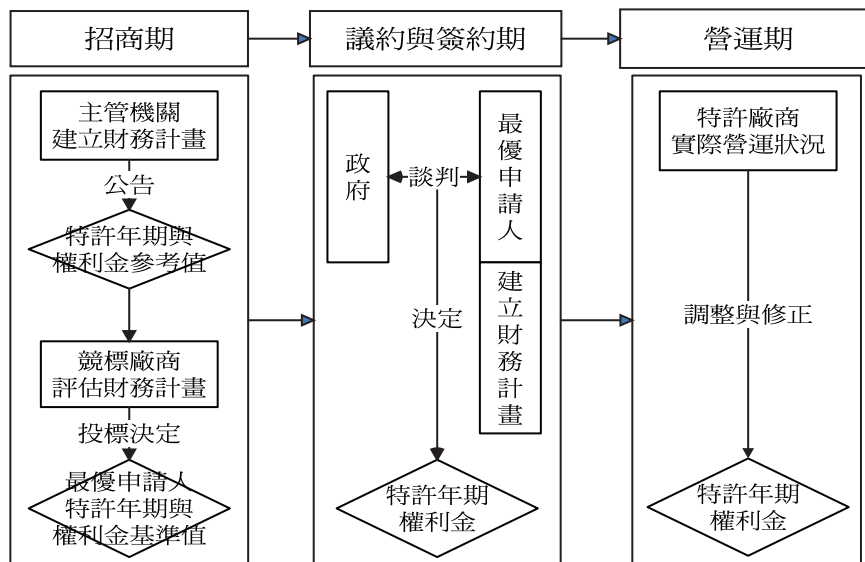


圖 1 BOT 計畫各期程之特許年期與權利金決定與調整

依圖 1 概念，假定此特許年期與權利金兩個議題於議約階段產生，但是，在進行談判之前，政府及最優申請人會先透過各自財務計畫，擬定談判範圍，此談判空間即是政府與最優申請人之出資比率以及合理財務報酬範圍。此權利金收取與財務合理報酬問題已經於康熙宗等人^[1]的研究有所論述；此外，根據 Shen 等人^[7, 13]研究說明，兩造對於特許期限談判範圍各有其範圍，可依照計畫之壽命年期得到政府之 NPV 上下限範圍；相反地，民間所訂定特許年期需滿足其最低投資報酬率，此為其財務下限。換言之，一個理性的政府與最優申請人會在該範圍進行協商，進而達成權利金收取與特許年期訂定的協議，概念如圖 2 所示。

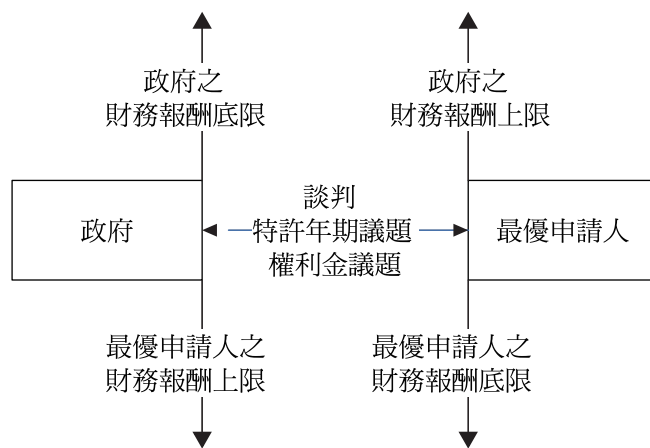


圖 2 政府與最優申請人之談判上下限

2.2 研究假設說明

依前述研究問題與背景之說明，茲就本研究之相關假設條件說明如下：

1. 由於眾多研究對特許年期有諸多不同見解與名詞使用，為簡化分析起見，本研究之「特許年期」乃定義為 BOT 特許契約中所訂之履約期間開始日至履約期間結束日的時間。
2. 本研究之「權利金」為 BOT 計畫特許契約中所訂特許公司在特許期間將每期的營運淨現金繳納部分給予政府，此為政府與特許廠商分享超額利潤的政策工具，雙方就權利金總額進行談判，再依特許公司與融資公司的需求，分年提列。至於有關權利金收取或計算方式，已有相關研究進行（參考 Chiou 與 Lan^[2]），本研究不再就此議題進行探討。
3. 本研究之研究對象為政府與最優申請人兩造之談判，其他參與 BOT 計畫之個體如融資公司則假設為最優申請人團隊之一。
4. 本研究所探討之 BOT 計畫為特許契約議約階段，政府尚未與民間參與機構簽約前，雙方仍可就特許年期與權利金進行談判與合理調整。但此特許年期與權利金談判決定不影響招商期之公告資訊以及競標階段所公布之資訊。

5. 由於影響特許契約之不確定因素甚多，為簡化分析起見，本研究假設政府與最優申請人就「特許年期」與「權利金」訂定兩項議題進行談判議題。至於，其他影響因素之議題，可納入後續研究課題。

三、模式構建

3.1 模式發展概念

3.1.1 決定特許年期與權利金談判之談判區間模式

雖然國內政府單位多採用自償率 (SLR) 評估 BOT 計畫之財務自償性；但是，國外文獻與研究多採用淨現值 (NPV) 指標，評估 BOT 計畫之財務特性。根據 Shen 等人^[13]的研究，可依照民間投資者之財務計畫書之每期營運收入、成本等資料，從而計算每期現值以及 NPV 與特許年期之關係。本研究沿用 Shen 等人^[7,13]之概念，依據最優申請人之財務計畫資料產生最優申請人觀點之財務曲線，如圖 3 所示。圖 3 之橫軸為年期，縱軸為 NPV 值，圖中之較為細線曲線為最優申請人觀點之財務曲線。另外，政府就民間所提送之 BOT 財務計畫書及財務資料，依照計畫設施之經濟壽命年限 (T_f) 以及自己所設定之折現率及相關財務因子，推估其財務曲線定義為政府觀點之財務曲線，如圖 3 之黑色曲線。由於財務曲線可反應政府與民間之營運力的不同，政府引入民間投資 BOT 計畫之著眼點在於借重民間有較高之營運效率，故乃假定在一定投資成本下，最優申請人較政府有更強營運能力，其財務計畫曲線優於政府。為進一步說明圖 3 之財務曲線與 NPV 及特許年期之關係與意涵，茲將圖中之相關參數變數定義如下：

T_ℓ ：無負擔權利金之 BOT 計畫最短之特許年期。

T_u ：無負擔權利金之 BOT 計畫最長之特許年期。

T_f ：BOT 設施之經濟壽命。

IR ：最優申請人投資之最低報酬， $IR = I \times R$ ，其中， I 為最優申請人之投資成本總額， R 資本投資報酬率。

t ：BOT 計畫期程。

圖 3 為最優申請人無負擔權利金之情形。假設最優申請人之最低投資報酬需滿足其最低報酬率條件，亦即 $NPV_p \geq IR$ ，此 $IR = I \times R$ ，說明民間之 NPV 應滿足其民間資本投資成本與資本投資報酬率之乘積，反應在圖 3 之最優申請人財務曲線。對應此財務曲線， IR 可對應於 T_ℓ ，此為最優申請人面對無負擔權利金之最短特許年期，意義說明當營運到 T_ℓ 時，恰能獲得最優申請人之最低報酬，故為最優申請人之底限。就政府角度而言，政府則期望接管該設施營運至經濟年限前財務報酬不為負值，此為政府之財務報酬底限，亦即 $NPV_G \geq 0$ （此時座標軸原點轉移至 $[(T_u), NPV_G(T_u)]$ ，令 $NPV_G(T_u) = 0$ ，在政府觀點之財務曲線下，自 T_f 對應之 T_u 則為無負擔權利金情形下之最長特許年期；亦即政府最晚應於

第 T_u 年將該設施收回，才能在該設施達到經濟壽命年限時，滿足 $NPV_G = 0$ 的財務條件。在特許公司無需負擔權利金的情形下， T_ℓ 與 T_u 之間即是雙方針對特許年期議題的談判區間。將之轉換成 NPV 概念，對應於圖 3 之縱軸，即是雙方針對 $NPV_p(T_u) - IR$ 的利潤空間進行談判。

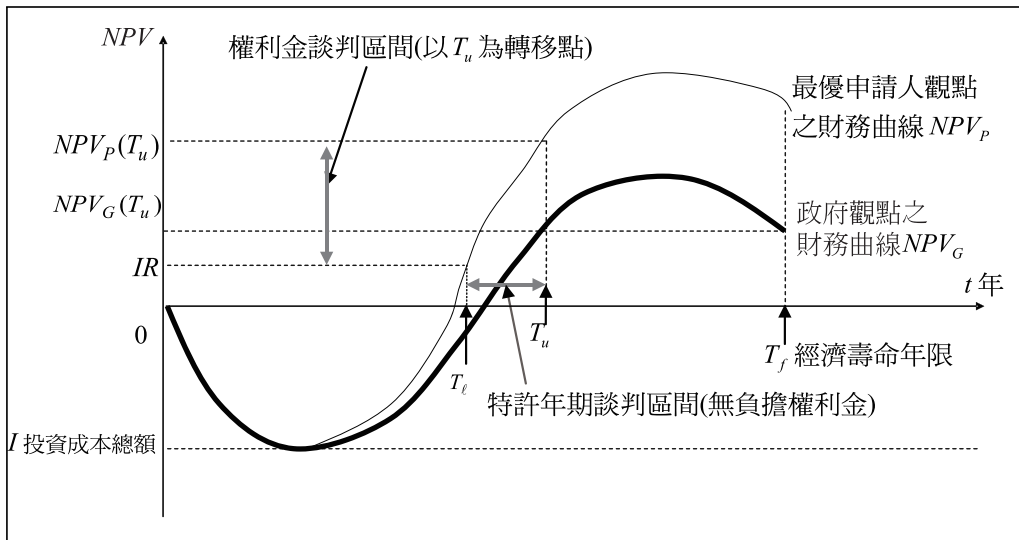


圖 3 政府與最優申請人觀點之 BOT 財務計畫 NPV 預測曲線圖（無負擔權利金）

因為 T_f 定義為計畫設施經濟壽命年期，此 T_f 之終點須由主管機關依資產的重置時間點決定，或依財務曲線（營運淨現金流量）即將快速減少之時間點（此可定義為財務曲線於 $NPV(t) < 0$ 且 $NPV(t)'' = 0$ 的反曲點）而決定。考量 BOT 計畫可能會有不對其移轉前進行設施重置情形，所產生之財務曲線亦隨之不同。但本研究假設在即將到達經濟壽命年限前，多數設備需進行大規模重置，使營運之財務報酬降低，特許公司必然沒有意願於此階段繼續營運。但為不中斷該交通設施的服務與重置工作，故此過渡階段勢必由政府負責重置與維持最低限度的營運工作。另外，令 $NPV_g(T_u)$ 為最優申請人將該 BOT 設施轉移給政府後，能讓政府恰好營運（含重置工作）到 T_f 年時之 NPV 為 0 的現金流量。此數值對政府而言為固定，但對最優申請人而言為變動，一般情況下，先由政府觀點的財務曲線進行推算，再將其結果對應到最優申請人觀點的財務曲線。若此 BOT 設施固定於第 T_u 年移轉，那麼， $NPV_p(T_u) - IR$ 即是雙方權利金的談判區間。此時，最優申請人至多繳交 $NPV_p(T_u) - IR$ 的權利金給政府，以滿足其最低要求，或至少繳 0 元，亦可滿足政府的最低要求。當最優申請人願意負擔更多權利金時，可依據其負擔權利金額度，獲得更長的特許年期，即令 T_ℓ 向右移動至 T'_ℓ ，使特許年期談判底限提升，反之亦然。當政府希望向最優申請人收取更多權利金時，可依據其收取的權利金額度，提供更長的特許年期，即令 T_u 向右移動至 T'_u ，使特許年期談判底限提升，反之亦然，概念如圖 4 所示。

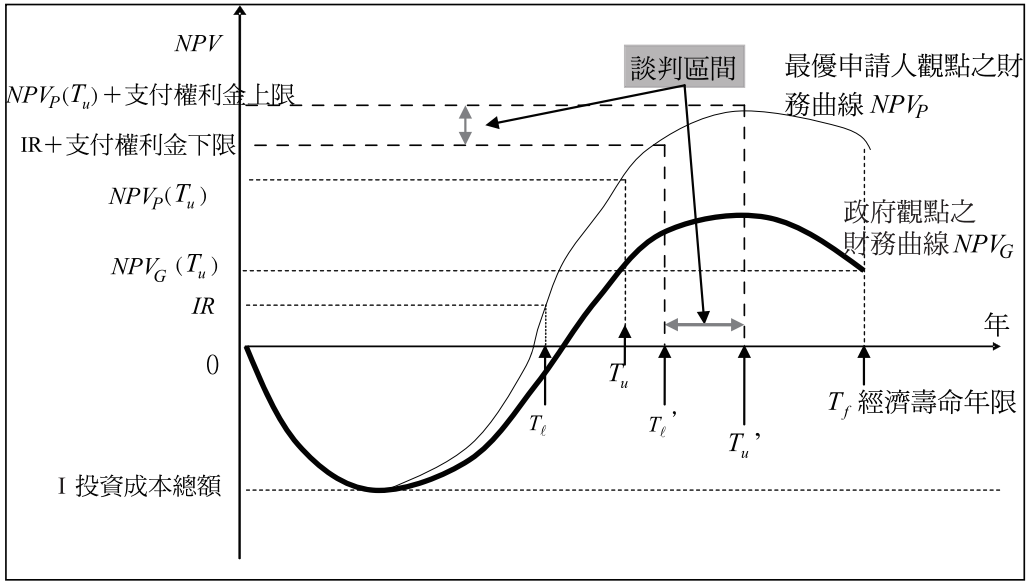


圖 4 政府與最優申請人觀點之 BOT 財務計畫 NPV 預測曲線圖 (負擔權利金)

至此，本研究已可將特許年期或權利金談判延伸為權利金與特許年期的雙議題談判。無論權利金與特許年期如何改變，單議題最優申請人之談判底限仍然為滿足其最低報酬，而政府之談判底限仍然為使其營運到經濟壽命終點時，亦即 $NPV_G = 0$ 。

根據圖 4 概念，當最優申請人以 $NPV_{p\ell} = IR$ 作為談判決策之淨現值時，最優申請人之底限可如式 (1) 所示。

$$NPV_{p\ell} = \left(\sum_{t=T_2}^{T_p} e_t^p \cdot \delta_p^{t-T_1} \right) - \left(\sum_{t=(T_2-1)}^{(T_p-1)} r_t^p \cdot \delta_p^{t-T_1} \right) - \left(\sum_{t=T_1}^{(T_1')} i_t^p \cdot \delta_p^{t-T_1} \right) = IR \quad (1)$$

另外，假設政府係以在 BOT 建設移轉給政府後，營運至 BOT 計畫壽命終點 T_f 時，對應圖 4，此 $NPV(T_f) = 0$ 為其底限，故可得政府之底限淨現值 $NPV_{g\ell}$ 為式 (2)。

$$NPV_{g\ell} = \left(\sum_{t=(T_g+1)}^{T_f} e_t^g \cdot \delta_g^{t-T_1} \right) + \left(\sum_{t=T_2}^{T_g} r_t^g \cdot \delta_g^{t-T_1} \right) - \left(\sum_{t=T_1}^{(T_1')} i_t^g \cdot \delta_g^{t-T_1} \right) \quad (2)$$

式 (2) 之意義等同於最優申請人能夠要求的上限淨現值 NPV_{pu} ，如式 (3) 所示。同理，式 (1) 之另一意涵等同於政府能夠要求的上限淨現值 NPV_{gu} ，此可寫為式 (4)。

$$NPV_{pu} = \left(\sum_{t=T_2}^{T_g} e_t^p \cdot \delta_p^{t-T_1} \right) - \left(\sum_{t=(T_2-1)}^{(T_g-1)} r_t^g \cdot \delta_p^{t-T_1} \right) - \left(\sum_{t=T_1}^{(T_1')} i_t^p \cdot \delta_p^{t-T_1} \right) = NPV(T_f) \quad (3)$$

$$NPV_{gu} = \left(\sum_{t=(T_p+1)}^{T_f} e_t^g \cdot \delta_g^{t-T_1} \right) + \left(\sum_{t=T_2}^{T_p} r_t^p \cdot \delta_g^{t-T_1} \right) - \left(\sum_{t=T_1}^{(T_1)} i_t^g \cdot \delta_g^{t-T_1} \right) = NPV(T_f) - IR \quad (4)$$

其中， $NPV_{p\ell}$ ：最優申請人之底限淨現值

NPV_{gt} ：政府單位之底限淨現值

NPV_{pu} ：最優申請人之可要求上限淨現值

NPV_{gu} ：政府單位之可要求上限淨現值

$NPV(T_f)$ ：同等於設施經濟壽命年限的 NPV 值，此數值需將最優申請人之財務計畫轉換為政府觀點之財務計畫求得在政府觀點之財務計畫為一定值，在最優申請人之財務計畫為一變動數值，故此模式中為一變動數值。

T_1 ：興建期起始年期， T_1' 為興建期結束年。

T_2 ：營運期起始年期。

T_p ：最優申請人觀點之 BOT 之特許年期下限。

T_g ：政府觀點之 BOT 之特許年期上限。

i_t^p ：最優申請人於 t 期的投資成本。

i_t^g ：政府於 t 期的投資成本。

e_t^p ：最優申請人於 t 期的營運淨現金流量。此營運淨現金流量已扣除所有營運成本但未包含權利金。

e_t^g ：政府於 t 期的營運淨現金流量。此營運淨現金流已扣除所有營運成本但未包含權利金。

r_t^p ：最優申請人觀點之 t 期應繳權利金。

r_t^g ：政府觀點之 t 期應收權利金。

δ_p ：最優申請人折現因子， $\delta_p = (1 - rate_p)^t$ ， $rate_p$ 為最優申請人之折現率。

δ_g ：政府的折現因子， $\delta_g = (1 - rate_g)^t$ ， $rate_g$ 為政府之折現率。

為簡化分析，令式 (1)、式 (3) 之 $\left(\sum_{t=T_1}^{T_p} e_t^p \cdot \delta_p^{t-T_1} \right) = E(T_p)$ ， $\left(\sum_{t=(T_2-1)}^{(T_p-1)} r_t^p \cdot \delta_p^{t-T_1} \right) = R_p$ ， $\left(\sum_{t=T_1}^{(T_2-1)} i_t \cdot \delta_p^{t-T_1} \right) = I$ ， $\left(\sum_{t=T_2}^{T_g} e_t^p \cdot \delta_p^{t-T_1} \right) = E(T_g)$ ， $\left(\sum_{t=(T_2-1)}^{(T_g-1)} r_t^g \cdot \delta_p^{t-T_1} \right) = R_g$ 。故式 (3)、(4) 可改寫為式 (5) 與 (6)。

$$E(T_p) = R_p + I + IR \quad (5)$$

$$E(T_g) = R_g + I + NPV(T_f) \quad (6)$$

其中：

R_p ：滿足最優申請人底限淨現值之權利金總額，依 T_p 改變。

R_g ：滿足政府單位底限淨現值之應繳權利金總額，依 T_g 改變，亦可稱為滿足最優申請人上限淨現值之權利金總額。

T_p ：滿足最優申請人底限淨現值之 BOT 特許年期，依 R_p 改變。

T_g ：滿足政府單位底限淨現值之 BOT 特許年期，依 R_g 改變。亦可稱為滿足最優申請人上限淨現值之 BOT 特許年期。

$E(T_p)$ ：最優申請人於特許年期 T_p 中營運淨現金流量總額。

$E(T_g)$ ：最優申請人於特許年期 T_g 中營運淨現金流量總額。

I ：最優申請人投資該設施之成本總額。

綜合式 (5) 及 (6)，同時考量權利金與特許年期，可建構以權利金為 R 座標，特許年期之營運淨現金流量總額為 $E(t)$ 座標之平面圖形，如圖 5 所示。

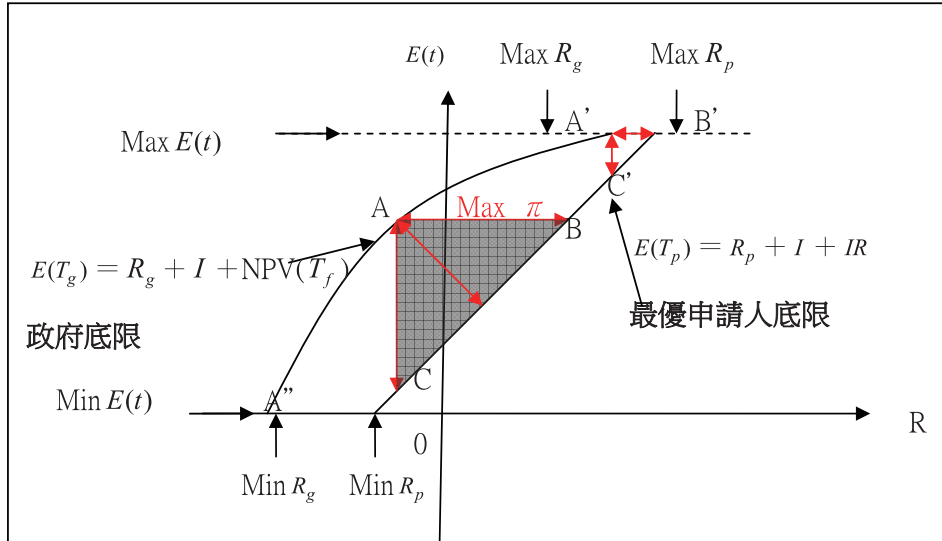


圖 5 營運淨現金流量與權利金之談判底限

圖 5 之 $E(T_p) = R_p + I + IR$ 為能滿足最優申請人最低報酬 IR 的條件，該線即為最優申請人要求的最低報酬，其右下方區域表示不能滿足最低報酬的情況，左上方則反之。最優申請人可以從該線上任一點出發，向左上方移動，爭取最少的權利金與最長的特許年期。而圖中之 $E(T_g) = R_g + I + NPV(T_f)$ 之線意義為能滿足政府營運至該設施的經濟年限時之政府 $NPV(T_f) = 0$ 條件，該線即是政府要求的最低報酬。因為 $NPV(T_f)$ 對於最優申請人為變動數值，但對於政府為固定，此線會依政府營運能力以及折現率而有不同形狀。為利於說明以左凸線表示（即圖中 A' 、 A 及 A'' 之連線），此是假設政府的營運能力與資金折現率較最優申請人低的情況。該線亦有可能呈現斜率為 1 的直線情形，此時代表政府與最優申請人之營運能力以及折現率相同的特例。該線左上方表示不能滿足政府之最低報酬情況，

右下方則反之。政府會從該線上任一點出發向右下方移動，以爭取最多的權利金與最短的特許年期（最少的營運淨現金流量）。

在談判之際，政府若從 A' 點出發，代表政府對於此兩議題的權重為（權利金，特許年期）= (0,1) 之情形；若從 A 點出發，其權重為（權利金，特許年期）= (1,0)。若政府從 A 點出發且最優申請人從 BC 線段上任一點出發，則代表雙方在各自最佳的權利金與特許年期的權重分配下進行談判，此時雙方可分的利潤為最大，此為最佳協議解區間。換言之，最劣解區間會出現在雙方可分的利潤最小的情況，亦即，政府從 A' 點出發且最優申請人從 B'C' 線段上任一點出發進行談判時。

在模式構建上，令 α_g 代表政府對於權利金議題之權重，相對地，政府對於特許年期之權重則為 $1 - \alpha_g$ 。此外，令 α_p 為最優申請人對於權利金議題之權重，最優申請人對於特許年期之權重則為 $1 - \alpha_p$ 。將此權重關係概念分別代入式 (5) 與式 (6) 予以整理，分別如 (7) 與式 (8) 所示。

$$E(T_p) = (Max R_p - \alpha_p \times (Max R_p - Min R_p)) + I + IR \quad (7)$$

$$E(T_g) = (Min R_g - \alpha_g \times (Max R_g - Min R_g)) + I + NPV(T_f) \quad (8)$$

其中：

α_p ：最優申請人對於權利金議題之權重， $E(T_p)$ 相依於 α_p 改變。

α_g ：政府對於權利金議題之權重， $E(T_g)$ 相依於 α_g 改變。

加入權重關係後，必需使雙方談判出發點連線之斜率介於 $-\infty \sim 0$ 之間才能求解，亦即需同時滿足以下兩條件：

$$\text{條件 1: } (Min R_g - \alpha_g \times (Max R_g - Min R_g)) \leq (Max R_p - \alpha_p \times (Max R_p - Min R_p))$$

條件 1 意義說明，政府的權利金出發點需小於等於最優申請人的權利金出發點。

條件 2： $E(T_g) \geq E(T_p)$ 政府的營運淨現金流量出發點須大於等於最優申請人的營運淨現金流量出發點。

若無法滿足條件 1 或條件 2，則需針對權利金或特許年期的出發點進行調整。若僅針對權利金的出發點進行調整，可利用 $((Min R_g - \alpha_g \times (Max R_g - Min R_g)) + (Max R_p - \alpha_p \times (Max R_p - Min R_p))) / 2$ 的數值代入式 (7) 之 $(Min R_g - \alpha_g \times (Max R_g - Min R_g))$ ，以及式 (8) 之 $(Max R_p - \alpha_p \times (Max R_p - Min R_p))$ ，此時演變成雙方僅就特許年期進行談判。若針對特許年期出發點調整，則可將 $(E(T_g) + E(T_p)) / 2$ 的數值代入式 (7) 的 $E(T_g)$ 及式 (8) 的 $E(T_p)$ ，此時演變成雙方僅就權利金進行談判之情形。

另外，本文定義調整前的情境稱為「待調整解」情境，此情境出現在雙邊有各自可讓步的空間，但其讓步的空間沒有交集，導致缺乏雙邊談判空間。

根據式 (7)，可決定最優申請人對於政府的談判起點為 P 點，此 P 點可如式 (9) 所示。

$$P = [(Max R_p - \alpha_p \times (Max R_p - Min R_p)), (Max R_p - \alpha_p \times (Max R_p - Min R_p)) + I + IR]$$

$$= [P_R, P_T] \quad (9)$$

根據式 (8)，可決定政府對於最優申請人的談判起點為 G 點，如式 (10) 所示。

$$G = [Min R_g + \alpha_g (Max R_g - Min R_g), Min R_g + \alpha_g (Max R_g - Min R_g) R_g + I + NPV(T_f)]$$

$$= [P_R, P_T] \quad (10)$$

此時，P 點與 G 點連線上之任一點即為雙方針對權利金與特許年期談判之可行解區域，後續需再依雙方各自的條件與外在情況，找出此兩點連線上的協議點，同時可確認各自獲得的利潤比例。

3.1.2 決定特許年期與權利金談判之協議點模式

本文參考 Rubinstein^[14] 議價賽局理論，決定協議點之方式，此賽局屬於完全信息動態賽局。Rubinstein^[14] 的議價賽局理論概念係假設在一個無限期的時間軸下，存在著一個協議空間。為進行分析，本研究假設政府與最優申請人具有理性行為且有完全資訊，雙邊輪流進行出價（還價），任何一個參與者出價時，其均衡出價都必須相同且能夠被另一個參與者接受，並且兩造無外部選擇之考量，如此遞迴。Rubinstein^[14] 已證明在此賽局中唯一子賽局完全納許均衡 (unique perfect equilibrium) 為 (參見 Muthoo^[24])：

$$x = \pi \times (1 - \delta_p) / (1 - \delta_g \times \delta_p) \quad (11)$$

x 代表政府分配到的利潤， π 為兩者所欲瓜分之利潤， δ_g 為政府的折現因子， $0 < \delta_g < 1$ ， δ_p 為最優申請人的折現因子， $0 < \delta_p < 1$ ；折現因子反應各自的資金成本，其資金成本會隨時間遞增。亦即在還價或接受對方的抉擇中，須考慮到時間所造成的損失。

當政府先出價的情況下， x 為雙方之最適均衡解，即當政府出價 x ，雙方即達成協議；若出價較 x 為低，政府吃虧；若出價較 x 為高，最優申請人會拒絕其出價條件。在討價還價的過程中，每次的還價行動都必須評估對方出價是否合理，或提出合理的佐證來支持己方的出價，並且否定對方前次出價，此一行動即是議價成本。此議價成本會出現在每一次向對方進行議價（還價）的談判過程中，反映雙方各自重新評估，搜集資料並提出新的合約草案製作的成本，以及尋求專家支援、協調與仲裁之成本。故雙方在抉擇「接受」或「拒絕擬再還價」時，就會考量到己方是否能夠負擔因為拒絕對方出價而負擔的資金成本，以及再進行還價行動而負擔的議價成本。依理性的行為模式，此成本毋須實現，只要進行還價之談判者將己方需承擔的議價成本轉換成讓步給對方的利潤，令對方獲得與議價成本等值的利潤，即可達成協議，且雙邊並不進行實際議價的行動。加入議價成本後，可證明此賽局之均衡解為：

$$\chi = \pi \times (1 - \delta_p - f_g + \delta_p f_p) / (1 - \delta_g \times \delta_p) \quad (12)$$

其中， f_g 為政府每次議價成本佔有利潤 π 的比例； f_p 為最優申請人每次議價成本佔有利潤 π 的比例。

當雙方能夠公開各自之折現因子與議價成本時，則可在某方首次出價之時就達成協議。但政府與最優申請人的談判，一開始並不會完全公開私有資訊，且隱藏真實的折現因子與議價成本因子，造成認知上的差異，使得各自出價不同。須經多次協商，雙方逐漸掌握到對方的資訊，直到彼此認知沒有差異或一方願意妥協時，才能達成協議。雙方在談判過程中會運用談判能力，不斷地防禦自己的論點且攻擊對方缺失，並就掌握到之資訊，提出自己的合理報酬。每一次談判，各自出價起始值都會隨上次談判的結果與談判能力，逐漸接近真實情境下（真實的折現因子與議價成本因子）的出價。雙方亦會透過預測，預測對方的談判能力、折現因子與議價成本因子，進而評估談判次數限制內的各次報酬，藉此找出對方或自己之合理出價。若自己可認同之均衡出價大於等於對方出價，則接受，談判終止；否則，自己下次需再提出另一認定之均衡出價，如此遞迴。因此，本研究將「談判次數」、「談判次數限制」、「談判能力」與「談判起始函數」等影響談判因素納入求解過程中。

利用式 (12) 作為第 K 次談判的出價依據，即根據第 K 次談判時雙邊提出的資訊，進行最適當的出價且令對方找不到反駁理由。此模式中新增的參數與函數，說明如下：

K ：談判次數， $K \geq 0$ 。

N ：談判次數限制， $N \geq K$ ， $K \leq N$ 有無上限值

$\delta_g^h(K)$ ：政府的折現因子，會較實際值為高，但隨談判次數遞減。 $\delta_g^h(K)$ 定義為 $\delta_g^h(K) = (\delta_g^h(K-1) - \delta_g) \times (1-P)$ ， $1 \geq \delta_g^{\max} \geq \delta_g^h(K) \geq \delta_g \geq 0$ ， $\delta_g^h(0) = \delta_g^{\max}$ 。

$\delta_p^\ell(K)$ ：政府評估最優申請人方的折現因子，會較實際值低，但隨談判次數遞增， $\delta_p^\ell(K)$ 定義為 $\delta_p^\ell(K) = (\delta_p - \delta_p^\ell(K-1)) \times P$ ， $1 \geq \delta_p \geq \delta_p^\ell(K) \geq \delta_p^{\min} \geq 0$ ， $\delta_p^\ell(0) = \delta_p^{\min}$ 。

$f_g^\ell(K)$ ：政府的議價成本，會較實際值低，但隨談判次數遞增； $f_g^\ell(K) = (f_g - f_g^\ell(K-1)) \times P$ ， $1 \geq f_g \geq f_g^\ell(K) \geq f_g^\ell(K) = f_g^{\min} \geq 0$ ， $f_g^\ell(0) = f_g^{\min}$ 。

$f_p^h(K)$ ：政府評估最優申請人的議價成本，較實際值低，但隨談判次數遞增； $f_p^h(K) = (f_p^h(K-1) - f_g) \times (1-P)$ ， $1 \geq f_g^{\max} \geq f_p^h(K) \geq f_g \geq 0$ ， $f_p^h(0) = f_p^{\max}$ 。 $\delta_g^\ell(K)$ ：最優申請人評估政府的折現因子，較實際值低，但隨談判次數遞增； $\delta_g^\ell(K) = \delta_g - \delta_g^\ell(K-1) \times G$ ， $1 \geq \delta_g \geq \delta_g^\ell(K) \geq \delta_g^{\min} \geq 0$ ， $\delta_g^\ell(0) = \delta_g^{\min}$ 。

$\delta_p^h(K)$ ：最優申請人宣稱己方的折現因子，較實際值高，但隨談判次數遞減； $\delta_p^h(K) = (\delta_p^h(K-1) - \delta_p)(1-G)$ ， $1 \geq \delta_p^{\max} \geq \delta_p^h(K) \geq \delta_p \geq 0$ ， $\delta_p^h(0) = \delta_p^{\max}$ 。

$f_g^h(K)$ ：最優申請人評估政府方的議價成本，較實際值高，但隨談判次數遞減； $f_g^h(K) = (f_g^h(K-1) - f_p)(1-G)$ ， $1 \geq f_p^{\max} \geq f_g^h(K) \geq f_p \geq 0$ ， $f_g^h(0) = f_g^{\max}$ 。

$f_p^\ell(K)$ ：最優申請人宣稱己方的議價成本，較實際值低，但隨談判次數遞增；

$$f_g^\ell(K) = (f_g - f_g^\ell(K-1))(1+G), \quad 1 \geq f_g \geq f_g^\ell(K) = f_g^{\min} \geq 0, \quad f_g^\ell(0) = f_g^{\min}。$$

G：政府的談判能力；該能力為政府藉由情報蒐集、分析、談判技巧與談判策略，於談判過程中攻擊最優申請人的缺失且防禦己方論點，而能夠使自己提出最有利於己方的出價能力；G 介於 0~1 範圍內的隨機變數， $v \leq G < 1$ 。

P：表示最優申請人的談判能力值，論述同上， $v \leq P < 1$ 。

「談判起始函數」為上述之 $\delta_g^h(K)$ 、 $\delta_p^\ell(K)$ 、 $f_g^\ell(K)$ 、 $f_p^h(K)$ 、 $\delta_g^\ell(K)$ 、 $\delta_p^h(K)$ 、 $f_p^\ell(K)$ 、 $f_g^h(K)$ 的函數。每次的談判起始值會受雙方談判能力 G、P 與上一次談判結果的影響，逐漸收斂至各自真實的折現因子與議價成本因子。在求解上，需假設上述函數需收斂至一定範圍內，方視為認知無差異。

若政府先出價，在談判次數 $K < N$ 限制下，可得政府的出價 $X_g(K)$ 為：

$$X_g(K) = \pi(1 - \delta_p^\ell(K) - f_g^\ell(K) + \delta_p^\ell(K)f_p^h(K)) / (1 - \delta_g^h(K)\delta_p^\ell(K)) \quad (13)$$

此時，若最優申請人接受，則政府的報酬為 $X_g(K) - \sum f_g$ ， $\sum f_g$ 為之前政府所累積的議價成本。而最優申請人的報酬為 $\pi - X_g(K) - \sum f_p$ ， $\sum f_p$ 為之前最優申請人所累積的議價成本。若由最優申請人先出價，其他假設同上，最優申請人先出價 $Y_p(K)$ ， $Y_p(K)$ 為：

$$Y_p(K) = \pi(1 - \delta_g^\ell(K) - f_p^\ell(K) + \delta_g^\ell(K)f_g^h(K)) / (1 - \delta_g^\ell(K)\delta_p^h(K)) \quad (14)$$

當談判次數達到某一程度時，雙方就對方之出價分析，推測兩造的談判能力、折現因子與議價成本因子，藉此找出對方或自己之合理出價，作為該次出價或是否接受對方出價的決策參考。其談判過程如圖 6 所示。

依圖 6 所示，在談判次數 1 到 7 次時，雙方的讓步是透過每次談判所達成的效果，當談判次數於第 7 至第 9 次時，雙方出現大幅度的讓步，其中包含了些許預測能力所達成的效果。

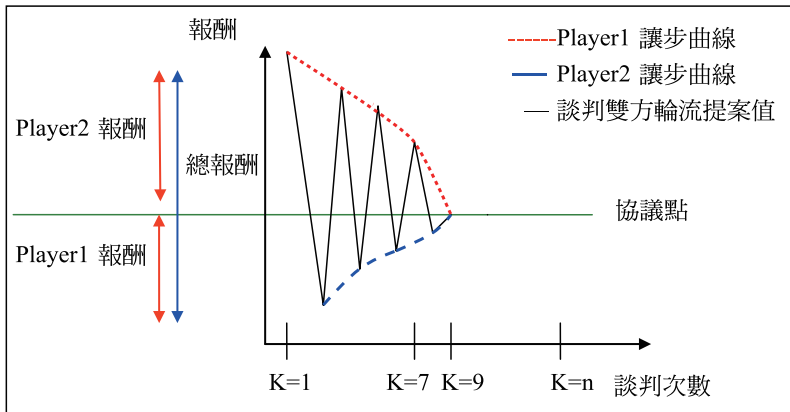


圖 6 雙邊之讓步曲線變化

當政府出價 $X_g(K)$ 時，最優申請人以 $X_p(K)$ 為基準，認定之政府合理出價。故最優申請人接受第 K 次時，政府的出價的條件為： $X_p(K) \leq X_g(K)$ 。同樣地，若最優人還價為 $Y_g(K)$ 時，政府接受此第 K 次談判時，最優申請人出價的條件為 $Y_g(K) \leq Y_p(K)$ 。當雙方能夠開始預測對方的談判行出價動向時，此時 $X_g(K) = X_g(N)$ ， $X_p(K) = X_p(N)$ 或 $Y_g(K) = Y_p(N)$ ，即雙方針對最後一次談判時的各自合理報酬進行出價。

若雙方所認知的最後一次談判報酬相等，即 $X_g(N) = X_p(N)$ 或 $Y_g(N) = Y_p(N)$ 之時，則雙方必然可達成共識。若雙方所認知的最後一次談判報酬不相等，即 $X_g(N) \neq X_p(N)$ 或 $Y_g(N) \neq Y_p(N)$ 時，則須視雙方的態度而定，根據其不同的態度有不同種之組合；此外，亦須考慮最後一次輪到何方出價。當最後一輪具有出價權力的一方，在勢均力敵的情況下會較有優勢。以上結果如表 1 所示。

表 1 雙方認知不同的各種情境組合

		第 K 次由政府出價		結果
		第 N 次由政府出價	第 N 次由最優申請人出價	
政府讓步	最優申請人接受讓步	$X_g(K)=X_p(N)$	$X_g(K)=\pi-Y_p(N)$	依政府出價達成協議
	最優申請人不接受讓步			留待下次決定或破裂
政府堅持	最優申請人接受讓步	$X_g(K)=X_g(N)$	$X_g(K)=\pi-Y_g(N)$	依政府出價達成協議
	最優申請人不接受讓步			留待下次決定或破裂
		第 K 次由最優申請人出價		
		第 N 次由政府出價	第 N 次由最優申請人出價	
最 優 申 請 人讓步	政府接受讓步	$Y_p(K)=\pi-X_g(N)$	$Y_p(K)=Y_g(N)$	依最優申請人出價達成協議
	政府不接受讓步			留待下次決定或破裂
最 優 申 請 人堅持	政府接受讓步	$Y_p(K)=\pi-X_p(N)$	$Y_p(K)=Y_p(N)$	依最優申請人出價達成協議
	政府不接受讓步			留待下次決定或破裂

依式 (9)、(10)、(13) 與 (14)，假設雙方於 π_Q 點達成協議，而 π_Q 點的 R 座標則表示雙方談判後的權利金， π_Q 點的 $E(T)$ 座標則表示雙方談判後的營運淨現金流；因此，可利用 $E^{-1}(E(T))$ ，得談判後的特許年期之解。

當政府先出價時，雙方達成協議之 π_Q 點為：

$$\begin{aligned}\pi_Q &= [(G_R + (P_R - G_R) \times X_g(K), G_T + (P_T - G_T) \times X_g(K))] \\ &= [(Min R_g + \alpha_g (Max R_g - Min R_g)) + \{(Max R_p - \alpha_p (Max R_p - Min R_p)) - \\ &\quad \alpha_p (Max R_p - Min R_p)\} - (Min R_g + \alpha_g (Max R_g - Min R_g))]^* (1 - \delta_p^\ell(K) - f_g^\ell(K) + \\ &\quad \delta_p^\ell(K) f_p^h(K)) / (1 - \delta_g^\ell(K) \delta_p^\ell(K)), [Min R_g + \alpha_g (Max R_g - Min R_g) + \\ &\quad \alpha_g (Max R_g - Min R_g) + I + NPV(T_f)] + \{(Max R_p - \alpha_p (Max R_p - Min R_p) - \\ &\quad \alpha_p (Max R_p - Min R_p) + I + IR) - (Min R_g + \alpha_g (Max R_g - Min R_g) + I + NPV(T_f))\}^* \\ &\quad (1 - \delta_p^\ell(K) - f_g^\ell(K) + \delta_p^\ell(K) f_p^h(K) / (1 - \delta_g^\ell(K) \delta_p^\ell(K)))]\end{aligned}$$

當最優申請人先出價時，雙方達成協議之 π_Q 點為：

$$\begin{aligned}\pi_Q &= [(P_R - (P_R - G_R) \times Y_p(K), P_T - (P_T - G_T) \times Y_p(K))] \\ &= [(Max R_p - \alpha_p (Max R_p - Min R_p)) - \{(Max R_p - \alpha_p (Max R_p - Min R_p)) - \\ &\quad (Min R_g + \alpha_g (Max R_g - Min R_g))\}^* [1 - \delta_g^\ell(K) - f_p^h(K) + \delta_g^\ell(K) f_g^\ell(K)] / \\ &\quad (1 - \delta_g^\ell(K) \delta_p^\ell(K)), [(Max R_p - \alpha_p (Max R_p - Min R_p)) + (I + IR) \\ &\quad (Max R_p - \alpha_p (Max R_p - Min R_p)) + (I + IR)] - [Min R_g + \alpha_g (Max R_g - Min R_g) R_g + \\ &\quad (I + NPV(T_f))]^* [1 - \delta_g^\ell(K) - f_p^h(K) + \delta_g^\ell(K) f_g^\ell(K) / (1 - \delta_g^\ell(K) \delta_p^\ell(K))].\end{aligned}$$

四、案例分析

4.1 計畫背景與案例參數說明

為驗證本文所建立談判模式之可行性，本文以臺北港 BOT 計畫進行案例分析。依照交通部之「徵求民間機構參與興建暨營運臺北港貨櫃儲運中心－建設計畫書」（交通部基隆港務局^[25]）研究內容，該港位於新北市（前身臺北縣）八里區濱海地區，港區設有貨櫃儲運中心、石化油品區、一般散雜貨區與物流中心區。其中，貨櫃儲運中心因運送貨物性質適合促參法第八條之規定，公告徵求民間機構參與投資興建暨營運，將貨櫃儲運中心之七席貨櫃碼頭交由民間機構投資興建暨營運（即 BOT 方式）。茲將投資內容摘述如下：

本計畫特許期限為 50 年，假設民國 90 年初簽訂特許契約，特許期間為民國 90 年 ~ 139 年，施工期為民國 90 年 ~ 99 年，民間興建七座碼頭，其中，西六、西七號碼頭先於民國 93 年底完工，94 年初先行開放營運；西六 ~ 西九碼頭及櫃場等營運設施於民國 96 年底全數完工；西十 ~ 十二碼頭及櫃場等營運設施工程於民國 99 年底前完成，民國 100 年全部開放營運。運量方面，民國 94 ~ 95 年西六、西七號碼頭完工開放營運後，假設年裝卸

量為 50 萬 TEU；至民國 97 年 4 席碼頭全部完工營運後，年裝卸量達 100 萬 TEU；民國 100 年 7 席碼頭全部開放營運後，年裝卸量達 175 萬 TEU，此運量維持至民國 139 年特許期限終止（上述裝卸量不含翻艙櫃）。假設營利事業所得稅為 25%，另依促參法第三十六條規定，特許公司於所投資之港埠設施開始營運後，有課稅所得年度起，得免繳納營利事業所得稅年限最長為 5 年，故以民國 94 ~ 98 年為免繳營所稅年期估算。另假設政府公債利率為 8%，物價上漲率為 3.5%。由於該計畫項目種類繁多，無法一一列舉，僅就該計畫之重要項目與重要參數設定整理如表 2，有關臺北港計畫之詳細基本資料可參見該研究報告書。另外，為進行模式驗證，並將最優申請人與政府觀點之財務計畫重要數據（已折現至基期）整理如表 2 所示。

根據魯賓斯坦輪流出價模式 (Muthoo^[24])，在雙方談判者具有完全資訊條件下，可以在第一次有效率完成談判。但實務上，雙方會因為資訊之不完全，不會於第一次即產生收斂解。為反應此一現象，本研究除考慮魯賓斯坦模式之資金折現因子外，亦考慮雙方之議價成本因子，藉以反應雙方資訊私有化現象。

為簡化分析，本研究將影響因子如資金折現率 (discount rate) 與議價成本因子假設為常數。折現因子即代表於固定的時間流逝下，將損失固定比例資金成本因子，議價成本因子代表每次議價均損失固定資金比例之因子。表 2 中彙列最優申請人與政府之折現因子與議價成本因子之上下限。最優申請人掌握私有資訊即是最優申請人自身折現因子上限值與實際值之差， $(\delta_p^{\max} - \delta_p)$ ，還有政府的折現因子實際值與下限值之差 $(\delta_g - \delta_g^{\min})$ 。最優申請人之自身議價成本因子則為實際值與下限值之差 $(f_p - f_p^{\min})$ ，而政府的議價成本因子為 $(f_g^{\max} - f_g)$ 。同理，就政府掌握私有資訊情形，即是政府自身折現因子上限值與實際值之差 $(\delta_g^{\max} - \delta_g)$ ，最優申請人折現因子實際值與下限值之差 $(\delta_p - \delta_p^{\min})$ ；自身議價成本因子為 $(f_g - f_g^{\min})$ ，最優申請人議價成本因子為 $(f_p^{\max} - f_p)$ 。

表 2 案例之基本假設參數

設定參數	說 明
計畫起始年 T_1	$T_1 = 2001$ 年，令計畫起始年為基年。
設施經濟壽命年限 T_f	$T_f = 60$ 年，2060 年為經濟壽命終點。
政府與民間出資比例	港口內政府為 0%，民間為 100%。港口外之交通設施由政府出資興建，並以自償性公債付擔。
民間資金比例	民間之股權比：30% (自籌款部份) 民間之債權比：70% (融資貸款部份)
民間投資成本總額 I	$I = 16687$ (百萬元)，已折現至基期。
民間投資之最低報酬率 R	$R = 1\%$ 。(稅後)
民間股東權益報酬率	15%。(稅後)
民間營運淨現金流入累計總額最大值	新臺幣 21000 (百萬元)，已折現至基期且已扣除租金、租稅與自償性公債，但未扣除權利金支出

表 2 案例之基本假設參數(續)

設定參數	說 明
中長期融資利率	為 8%。
最優申請人談判議題權重	權利金 $\alpha_p = 0.05$ ，特許年期 $1 - \alpha_p = 0.95$ 。
最優申請人折現因子 δ_p	$\delta_p = 0.992$ 。依加權平均資金成本 (WACC) 得出。
最優申請人折現因子 上限值與下限值 δ_p^{\max} 與 δ_p^{\min}	$\delta_p^{\max} = 0.995$ ， $\delta_p^{\min} = 0.989$ 。 δ_p^{\max} 為最優申請人自行設定， δ_p^{\min} 為政府自行設定。
最優申請人議價成本因子 f_p	$f_p = 0.001$ 。
最優申請人議價成本因子 上限值與下限值 f_p^{\max} 與 f_p^{\min}	$f_p^{\max} = f_p^{\min} = 0.001$ 。 f_p^{\max} 為政府自行設定， f_p^{\min} 為最優申請人自行設定。
最優申請人談判能力 P	$P = 0.5$ 。為易於求解，定為固定常數。
政府談判議題權重	權利金 $\alpha_g = 1$ ，特許年期 $1 - \alpha_g = 0$
政府折現因子 δ_g	$\delta_g = 0.997$ 。依加權平均資金成本 (WACC) 得出。
政府之折現因子 上限值與下限值 δ_g^{\max} 與 δ_g^{\min}	$\delta_g^{\max} = 0.999$ ， $\delta_g^{\min} = 0.995$ 。 δ_g^{\max} 為政府自行設定， δ_g^{\min} 為最優申請人自行設定。
政府之議價成本因子 f_g	$f_g = 0.001$ 。
政府之議價成本因子 上限值與下限值 f_g^{\max} 與 f_g^{\min}	$f_g^{\max} = f_g^{\min} = 0.001$ 。 f_g^{\max} 為最優申請人自行設定， f_g^{\min} 為政府自行設定。
政府之談判能力 G	為 0.5。為易於求解，定為固定常數。
談判次數 K 與次數限制 N	每月進行一次談判，共六次，首次與最後一次由政府出價，且雙方可於 $K = 3$ 時開始預測。
政府對最優申請人之營運淨現金流量比	為 0.6。假定政府的營運效率較民間差，各期獲得營運現金流量會較民間低。

依據臺北港計畫之基本資料與表 2 數據，產生圖 7 最優申請人之財務計畫現金流量 (已折現至基期)。其中投資成本累積總額、民間營運淨現金流量、民間 NPV 曲線均依據臺北港計畫之基本資料繪製，另政府營運淨現金流量曲線係依據表 2 假設政府對最優申請人之營運淨現金流量比為 0.6 繪製，將政府營運淨現金流量減去投資成本累積總額故得出政府 NPV 曲線。上開政府對最優申請人之營運淨現金流量比係為利於案例分析而擬定之參數，惟目前尚無相關研究可佐證其參數訂定之區間與分配模式，此部分尚需納入後續研究課題。

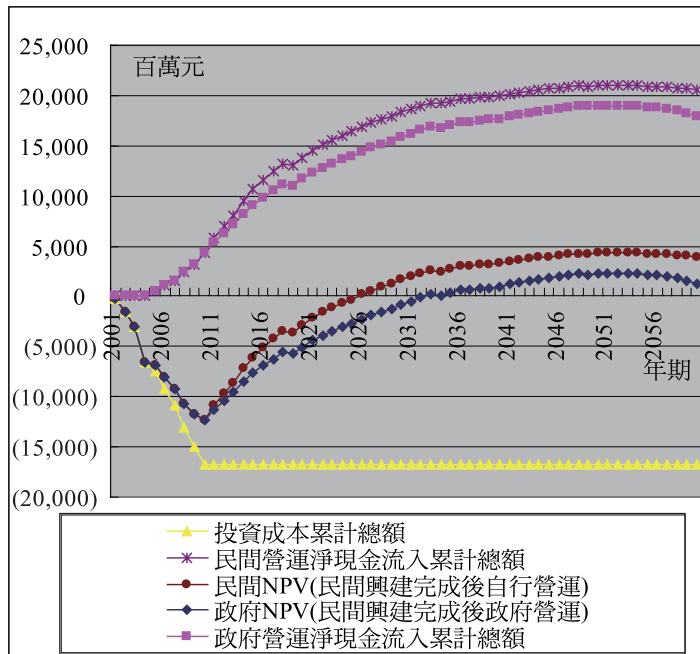


圖 7 最優申請人之財務計畫現金流量 (已折現至基期)

4.2 特許年期與權利金談判模式之分析

根據第三節之模式發展，本文就兩造談判之步驟說明如下：

1. Step1：建立二維空間之談判範圍

依最優申請人之觀點，其 NPV 值須滿足最小的投資報酬率 15%，也就是至少應獲得 $16687 \times 0.15 = 2503$ (百萬元) 的盈餘。而最優申請人之談判底限為 $E(T_p) = R_p + I + IR$ ，其中 I 與 IR 為固定常數。依政府觀點，政府希望在設施移轉後，政府營運該設施能到經濟壽命年限，故可令 $NPV = 0$ ；所以，政府談判底限 (亦即為民間之談判上限) 的關係式為 $E(T_p) = R_p + I + NPV(T_f)$ ，式中之 $NPV(T_f)$ 為非常數，當權利金為 -3222 (百萬元) 且特許年期為 28 年時，此時有最大值。故可令權利金為第一座標軸，特許年期營運淨現金流入為第二座標軸，故可繪製兩方之財務報酬底限圖，如圖 8 所示。

2. Step2：設定談判權重及決定談判底限上之出發點

假設最優申請人對於談判議題設定權重為 (權利金, 特許年期) = (0.05, 0.95)，故最優申請人從 P 點出發，此 P 點為 [權利金, 營運淨現金流入] = [979 (百萬元), 20021 (百萬元)] 特許年期約為 40.2 年]出發，向左上方移動。政府對於談判議題的權重為 (權利金, 特許年期) = (1, 0)，故政府會從 G 點出發，此 G 點為 [權利金, 特許年期] = [664 (百萬元), 21000 (百萬元)] 特許年期約為 51 年]出發，向右下方移動。P 點與 G 點可參見圖 8 所示。

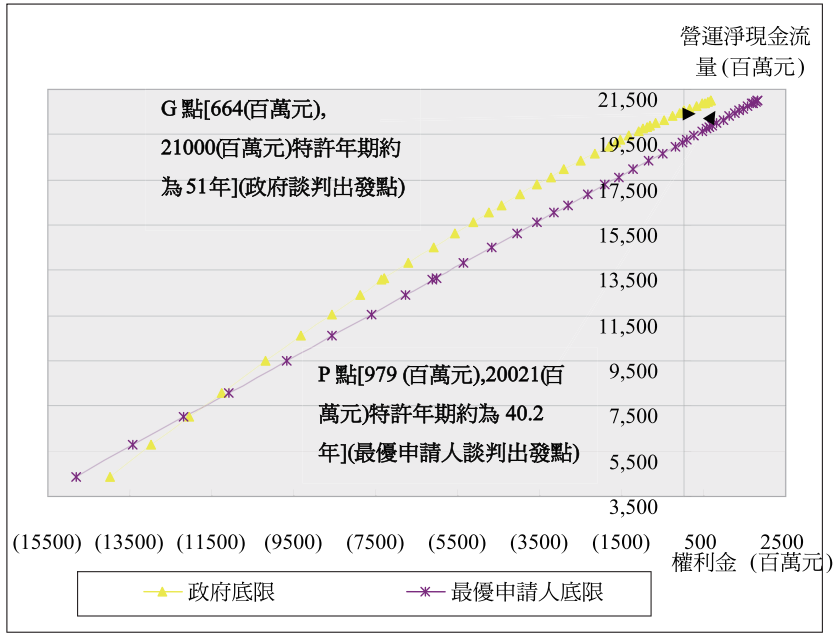


圖 8 政府與最優申請人之財務報酬底限與談判出發點

3. Step3：進行談判決定 X 值

X_g 為政府獲得總利潤的比例，因雙方於第 3 次談判時，即當 $K=3$ 時，得 $X_g(3)=1-Y_p(3)=1-Y_g(3)=X_p(3)=0.7281$ 。此時兩造談判報酬 $X_g(3)=1-Y_p(3)=1-Y_g(3)=X_p(3)$ 相同；於第 4 次談判時，亦獲得 $X_g(k=4)=X_p(k=4)=0.7281$ ， $X_g(k=5)=X_p(k=5)=0.7281$ ，於第六次談判時，亦獲得 $X_g(6)=X_p(6)=0.7281$ 。從第 3 次至第 6 次談判時，兩造所獲得談判報酬相等，故雙方於第 6 次談判達成協議，此雙邊互動過程如圖 9 所示。

圖 10 顯示，談判之兩造藉由談判次數增加，逐步透析對方的折現因子，使已方認知的折現因子與實際情形隨談判次數收斂。

4. Step4：代入 X 數值找出協議點

根據 Step 3 之 X_g 結果，將 X_g 代入兩方談判出發點之連線，決定各自獲得的利潤比例，即可得談判協議點 TTQ，此 $\pi_Q = (893.35, 20287.19)$ 。此 20287.19 (百萬元) 對應於營運淨現金流入之時期，得到年期為西元 2041.8 年，故特許年期為 2041.8 年-2001 年 (簽約年期) = 40.8 年，所以雙方會於第三次談判，亦即 $K=3$ 時，議定權利金總額為 893.35 (百萬元)，此時特許年期為 40.8 年。當最優申請人獲得 85.65 (百萬元) 的權利金利潤以及 266.19 (百萬元) 的特許年期利潤，負擔第一次與第三次的議價成本 2.61 (百萬元)。所以最優申請人在三次談判後所獲得 349.23 百萬元 ($266.19+86.65-2.61=349.23$ 百萬元)，折現至談判起始期為 340.92 (百萬元)。此時，政府獲得 229.35 (百萬元) 的權利金利潤，以及 712.81 (百萬

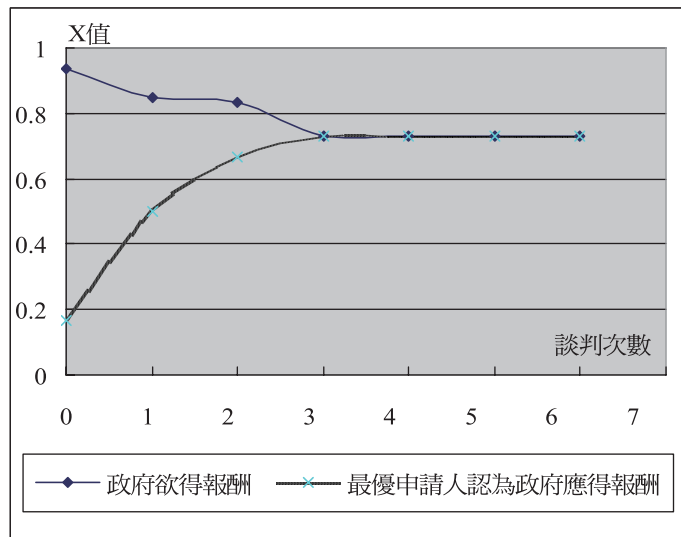


圖 9 政府與最優申請人之談判出價過程

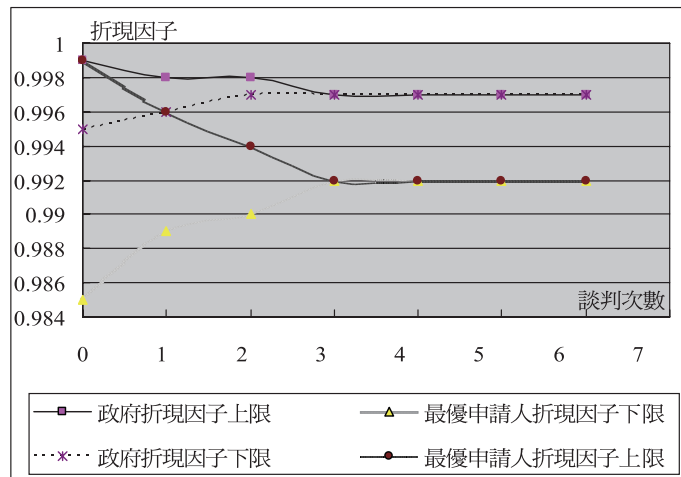


圖 10 政府與最優申請人之折現因子變動過程

940.86 百萬元 ($229.35 + 712.81 - 1.30 = 940.86$)。折現至談判起始期，則為 932.42 (百萬元)。雙方對於權利金與讓步的過程如圖 11。圖 11 之談判次數第 -1 次代表雙方的底限，第 0 次表示雙方開始進行出價的動作。

由運算結果分析，當雙方談判次數越多或是越早開始預測對方談判能力，其讓步率越高。讓步率變化取決於雙方折現因子與議價成本因子的變化，而此兩個因子又受談判能力影響。圖 11 中，先將雙方對於兩議題之偏好權重反映於談判點的出發，在後續談判過程中，雙方就折現率與議價成本因子進行出價，無須在反映於權重的關係，因此，雙方在談

判互動上對於兩議題之讓步率相同。

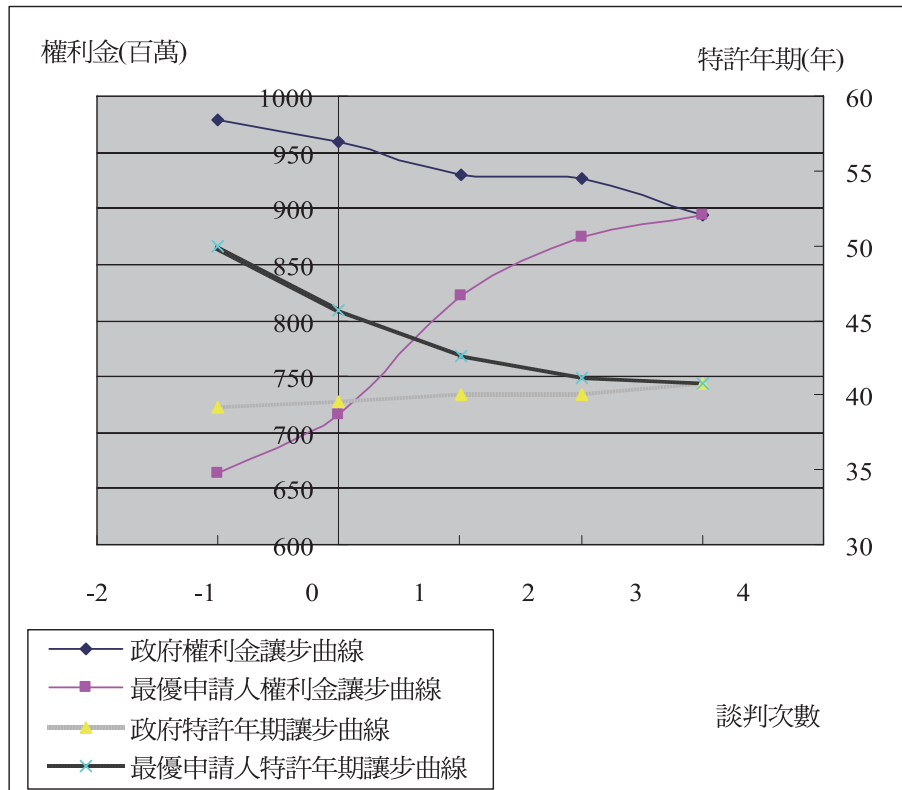


圖 11 雙方談判讓步曲線

4.3 雙議題與單議題談判比較

茲就單議題與多議題之談判結果如表 3 所示。

表 3 雙議題談判與單議題談判模式結果之比較

談判議題	最佳解組合	產生條件	出現待調整解之時
權利金與特許年期 (雙議題)	多組	政府權重 (權利金,特許年期) = (0.74,0.26) 且最優申請人權重為 (權利金,特許年期) = (0.20,0.80) 變動至 (0.3,0.7) 之區間。	可調整權重求解。
權利金 (單議題)	1 組	政府權重 (權利金,特許年期) = (0.74,0.26) 且最優申請人權重為 (權利金,特許年期) = (0.20,0.80)。	無法調整求解。
特許年期 (單議題)	1 組	政府權重 (權利金,特許年期) = (0.74,0.26) 且最優申請人權重為 (權利金,特許年期) = (0.30,0.70)。	無法調整求解。

4.4 不同區域的協議解

本研究之模式亦可用於其他 BOT 談判案例的驗證，用以評估 BOT 談判的結果是否合理，概念可參考圖 12。

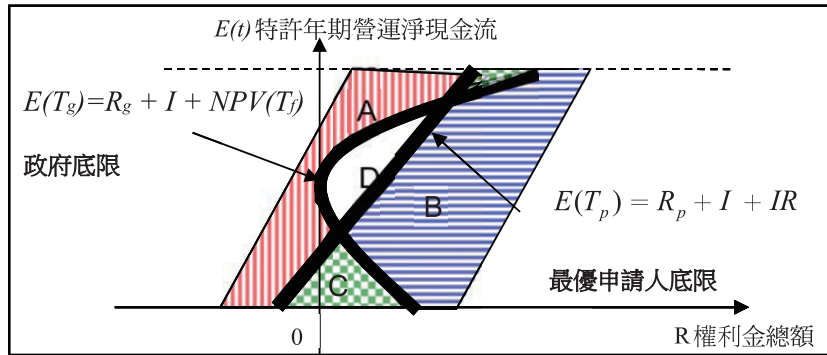


圖 12 不同區域的協議解

根據上述結果，可建議政府應將 BOT 計畫之權利金與特許年期兩個議題共同納入談判議題中，亦即此兩議題在公告階段後均可進行合理的調整，而非固定不變。另外，在雙議題可調整的情境下，政府與最優申請人更有機會在協商過程中，依循此模式建立權利金與特許年期的談判機制，取得總和報酬最大之最佳協議解。

依照圖 12，當協議解位於圖 12 之 A 區域，亦即紅色部分，顯示政府犧牲自己利益以成全特許公司，代表政府有圖利民間特許公司之嫌。當協議解位於 B 區域時，顯示特許公司犧牲自己利益成全政府，代表政府有與民爭利之嫌或特許公司為爭取該計畫而高估自己財務報酬。當協議解位於 C 區域時，顯示雙方均損失自己的利益，代表雙方當時談判的決策或決策的條件設定是相當差。而雙方協議解位於 D 區域時，則顯示雙方在合理的協議空間談判。

再者，若雙方協議結果位於 A 或 B 或 C 區域時，代表政府與特許公司應再次進行談判，將權利金與特許年期進行調整，使雙方協議的結果能夠進入 D 區。上述的 A、B、C 區域雖為不合理的談判結果，仍有調整之空間；若雙方的談判底限完全無交集，則代表雙方實際上無法進行談判或無法針對已談判之結果修正，如圖 13 所示。

4.5 檢討分析

本研究提出特許年限與權利金雙議題之討價還價模式，並研擬求解方法，同時利用臺北港 BOT 計畫之實際案例分析顯示，本文所提出之討價還價模式具備可應用性。在模式發展概念上，本文提出 BOT 特許契約之雙議題議價模式，此模式擴展康熙宗等人^[4]、Shen 等人^[13]及 Kang 等人^[3]僅限於權利金或特許年期之單議題談判模式之研究範圍。但是，在案例分析方面，基於簡化分析，對分析對象之許多財務參數予以修訂，例如政府與最優申

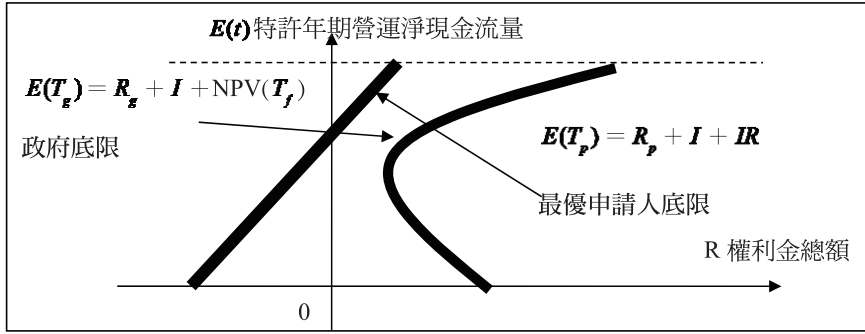


圖 13 無協議解或無法進行調整權利金與特許年期之情境

請人之折現因子、議價成本因子給予上下限範圍；政府與最優申請人之談判能力假設為對等；政府、最優申請人分別對其權利金與特許年期之談判權重組合的設定為常數，以及談判次數限制等條件。實際上，政府或最優申請人在談判權重組合之設定或許會受到談判次數或外在環境影響而改變，進而影響到雙方之議價過程。故此方面之參數設定與檢討亦可為後續繼續發展之議題。

其次，本文所謂之「政府觀點之財務曲線」乃是政府就投標者所遞出之財務計畫，依照政府之折現率與相關財務因子與設定而成。理想上，若能獲取政府所擬訂之臺北港 BOT 財務計畫資料將更有助於案例分析之運算。再者，圖 3 之政府觀點與最優申請人觀點之財務曲線，其曲線型態會受到各自折現率與相關財務因子設定有所差異。政府於接管該計畫前，特許公司對該計畫設施予以重置此會影響到雙方財務曲線變化。而設施移轉前之重置的必要性與否，亦涉及特許契約規範內議題。就國際相關 BOT 計畫案例而言，多數案例在接管規範上會要求特許公司予以重置，以利該案是否特許展延或另外採行 OT 或其他民營化方式。

本文利用 Rubinstein^[14] 討價還價模式進行權利金與特許年期之議價課題。根據本文第三節所述，Rubinstein^[14] 討價還價模式有其理論假設條件，其中之一即是雙方具有理性以及無資訊不對稱情形，在這些條件下，談判雙方可以在第一步「有效率」地完成議價行為（可參見 Muthoo^[24] 一書之證明）。在 Rubinstein^[14] 模式，其用雙方折現率來反應各自之折現因子，此一概念亦被 Shen 等人^[13] 所沿用。但是，在 Kang 等人^[3] 賽局模式中，其考慮更多的影響談判因素，例如讓步率、學習效果等因素納入賽局模式中。而本研究除考慮雙方折現因子外，亦考慮讓步率、議價成本上下限範圍，雙方談判能力，雙方對談判議題權重之設定條件等因素納入模式。案例分析顯示，雙方並非在第一次即完成議價。此說明，除了折現因子上下限範圍會產生資訊不對稱外，議價成本上下限範圍，讓步率、雙方對談判議題權重之設定條件，這些因素亦反映出雙方私有資訊的不透明。而實務上，BOT 特許契約之談判或議價行為較屬於不對稱資訊下之談判行為。後續亦可參考文獻已經在討論 Rubinstein^[14] 模式之不對稱資訊議價行為或 Rubinstein^[14] 模式之內部與外部選擇所產生之

勾結問題的后續議題。

五、結論與建議

本文延用 Shen 等人^[13]與康熙宗等人^[4]概念，考量政府與最優申請人各自之財務觀點，運用 Rubinstein^[14]議價賽局理論，並參考 Cross^[15]模式，納入談判能力、談判次數與限制、談判起始值變數，構建「特許年期」與「權利金」雙議題之討價還價模式，期能更符合實際談判情形。經由本研究所構建之雙議題談判模式以及利用臺北港 BOT 計畫之財務資料進行案例分析，得到下列結論與建議。

本研究利用 Rubinstein^[14]議價模式，構建政府與最優申請人之間的 BOT 特許年期與權利金之雙邊議價模式。從雙邊雙議題的談判模式中，可依雙邊權重找出最佳協議解區間、最劣解、待調整解與一般解，此有別於 Kang 等人^[3]、康熙宗等人^[4]利用 Bi-level 數學規劃方法，分析權利金單一議題的談判模式，擴展 Kang 等^[3]模式為雙議題，較更符合 BOT 特許契約多議題談判特性。

從本研究模式與驗證分析發現，無論權利金或特許年期之單議題談判均為本模式雙議題談判之特例。而雙議題談判達成總和報酬最大的最佳協議解之機會較高，且能夠處理出現待調整解之情境，此為雙議題談判模式之優勢，且雙議題談判，即代表能給予更多元型態籌碼進行雙方條件交換，如政府須於特定年期內完成重大長程經濟建設計畫，併同完成其他相關配套施政方案，已發展其規模經濟，其談判議題會偏好於（縮短）特許年期，而就權利金部分酌予讓步，以增進社會福祉。另以最優申請人觀點，倘短期無適當其他投資標的，而持有大量現金，且看好後續建設完成之營運成長潛力，其談判議題會偏好於（延長）特許年期，而願對權利金部分讓步。故建議政府應將 BOT 計畫之權利金與特許年期共同納入議約階段的談判議題，同時此兩議題在公告階段之後，均可進行合理的調整，亦可改善於 BOT 甄審階段權利金與特許年期評比權重不符實際之情境。

根據案例分析顯示，本研究所發展之雙議題談判模式具有可操作性。其結果得出雙方在第三次談判時，議定權利金總額為 893.35 (百萬元)，特許年期為 40.8 年。此時，最優申請人獲得 349.23 (百萬元) 的利潤，政府獲得 940.86 (百萬元) 的利潤，此結果可作為 BOT 談判策略擬定與評估之參考。而政府可運用此模式，驗證 BOT 談判案例，檢討其特許年期與權利金的合理性，俾作為評估 BOT 計畫成敗之參考。同時，亦可運用本研究模式之權重調整概念，提出更適宜之權利金與特許年期，作為重新談判或修正之參考。

本文雖獲得模式突破性的構建以及驗證性的發現，唯尚有許多後續研究議題。後續研究者可利用本研究之雙議題談判模式，擴展至三個議題或多議題談判模式。例如，談判議題除了權利金與特許年期外，可再加入出資比例與收費調整機制等談判議題。再者，可就現有之雙邊談判延伸至多方談判研究，例如將融資公司之角色從最優申請人角色予以分離出來，形成政府、最優申請人以及融資機構，形成三方談判；或者，可考慮雙邊均可能有

外部選擇之可能性，討論競標者之間的勾結或圍標行為，使之更能詮釋實際問題。另外，本模式中的雙邊財務報酬底限所考慮的參數較為單純，得出之最佳協議解區間乃是基於本研究的許多假設前提下得到的結果。若能再納入隨時間而變動的風險因子、BOT 設施特性、通貨膨脹、利率變化與政策壓力等因素，則會更接近實際情形。此外，本研究之案例分析係假設雙方之談判能力為固定，但此一假設與實際情形仍然有所落差，故未來可思考將談判能力取一個範圍內的隨機產生變數，以符合會每一次談判的表現與結果有所不同的情境。再者，本研究所構建之談判模式對於極具高度專業與高風險的 BOT 計畫可能不適用，因該類 BOT 之工程技術、財務計畫與運量等項目往往變動幅度過大，產生權利金與特許年期預測上的偏差。

參考文獻

1. 康熙宗、馮正民、黃思綺，「以政府觀點發展 BOT 計畫財務模型」，*運輸計劃季刊*，第 33 卷，第 1 期，民國 93 年，頁 1-28。
2. Chiou, Y. C. and Lan, L. W., "The Royalty Models for Transport Infrastructure BOT Projects", *Transpormetrica*, Vol. 2, No., 3, 2007, pp. 175-197.
3. Kang, C. C., Feng, C. M., and Kuo, C. Y., "Comparison of Royalty Methods for Build-Operate-Transfer Projects from a Negotiation Perspective", *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Vol. 48, No., 4, 2012, pp. 830-842.
4. 康熙宗、馮正民、郭秋鸞，「BOT 計畫特許契約之權利金負擔議題分析」，*管理與系統*，第 15 卷，第 4 期，民國 97 年，頁 645-664。
5. Tiong, L. K. and Alum, J., "Final Negotiation in Competitive BOT Tender", *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 123, No. 1, 1997, pp. 6-10.
6. Ye, S. and Tiong, R. L. K., "The Effect of Concession Period Design on Completion Risk Management of BOT Projects", *Construction Management and Economics*, Vol. 21, 2003, pp. 471 - 482.
7. Shen, L. Y., Li, H., and Li, Q. M., "Alternative Concession Model for Build Operate Transfer Contract Projects", *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 128, No. 4, 2002, pp. 326-330.
8. Nge, L., Tiong, R. L. K., and Alum, J., "Automated Approach to Negotiation of BOT Contracts", *Journal of Computing in Civil Engineering*, Vol. 11, No. 2, 1997, pp.121-128.
9. 陳孟慧，「交通建設 BOT 計畫特許年期與特許年期調整機制構建」，交通大學交通運輸研究所碩士論文，民國 94 年。
10. Ng, S. T., Xie, J., Cheung, Y. K., and Jefferies, M., "A Simulation Model for Optimizing the Concession Period of Public-Private Partnerships Schemes", *International Journal of Project Management*, Vol. 25, 2007, pp. 791-798.
11. Ng, S. T., Xie, J., Skitmore, M., and Cheung, Y. K., "A Fuzzy Simulation Model for Evaluating

- the Concession Items of Public-Private Partnerships Schemes”, *Automatic in Construction*, Vol. 17, 2007, pp. 22-29.
12. Zhang, X. Q. and AbouRizk, S. M., “Determining a Reasonable Concession Period for Private Sector Provision of Public Works and Services”, *Canadian Journal of Civil Engineering*, Vol. 33, No. 5, 2006, pp. 622-631.
13. Shen, L. Y., Bao, H. J., and Lu, W. S., “Using Bargaining-Game Theory for Negotiating Concession Period for BOT-Type Contract”, *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 133, No. 5, 2007, pp. 385-392.
14. Rubinstein, A., “Perfect Equilibrium in a Bargaining Model”, *Econometrica*, Vol. 50, No. 1, 1982, pp. 92-109.
15. Cross, J. G., “A Theory of the Bargaining Process”, *The America Economic Review*, Vol. 55, No.1, 1965, pp. 67-94.
16. 林永盛、張有恆，「BOT 計畫非線性談判模式之研究－以負效用資源分配為例」，*運輸學刊*，第 17 卷，第 1 期，民國 94 年，頁 27-64。
17. 林永盛、張有恆，「BOT 計畫談判模式構建之研究」，*管理學報*，第 22 卷，第 6 期，民國 94 年，頁 783-804。
18. 李明聰，「民間參與公共建設特許契約談判行為之研究」，交通大學土木工程研究所碩士論文，民國 90 年。
19. Engel, E., Fisher, R., and Galetovic, A., “Highway Franchising in Pitfalls and Opportunities”, *The America Economic Review*, Vol. 87, No. 2, 1997, pp. 68-72.
20. Engel, E., Fisher, R., and Galetovic, A., “Least-Present-Value-of-Revenue Actions and Highway Franchising”, *Journal of Political Economy*, Vol. 109, 2001, pp. 993-1020.
21. Engel, E., Fisher, R., and Galetovic, A., “Revenue-Based Auctions and Unbundling Infrastructure Franchises”, Washington, D.C., No.IFM-112, 2003.
22. Nombela, G., Gine, S., and de Rus., “Flexible-Term Contracts for Road Franchising”, *Transportation Research Part A*, Vol. 38, 2004, pp. 163-179.
23. Tan, Z. and Yang, H., “Flexible Build-Operate-Transfer Contracts for Road Franchising under Demand Uncertainty”, *Transportation Research Part B*, Vol. 46, 2012, pp. 1419-1439.
24. Muthoo, A., *Bargaining Theory with Applications*, University of Cambridge, UK, 1999.
25. 交通部基隆港務局，徵求民間機構參與興建暨營運臺北港貨櫃儲運中心－建設財務報告書，民國 90 年。

偏遠地區公路客運補貼路線之 營運績效評估¹

ASSESSMENT ON OPERATION PERFORMANCE OF SUBSIDIZED REGIONAL BUS SERVICE IN RURAL AREA

胡凱傑 Kai-Chieh Hu²

馮正民 Cheng-Min Feng³

王鈞暉 Chun-Wei Wang⁴

(101 年 11 月 6 日收稿，102 年 2 月 1 日第一次修改，102 年 4 月 9 日第二次修改，
102 年 8 月 1 日第三次修改，102 年 9 月 20 日定稿)

摘 要

由於油價持續上漲，原物料成本增加與市場激烈競爭，公路客運業者面臨著相當大的衝擊。政府為改善大眾運輸績效與其經營環境，遂執行大眾運輸補貼作業。在資源有限的情況下，如何合理地將補貼額分配至相對具有效率的路線，儼然已成為政府當前亟待解決之課題。本研究之目的係以“偏遠路線”之概念，將現有公路客運受補貼路線進行分群，並分析各集群路線間之一營運績效差異，以探討現有虧損補貼之適切性。本研究以 99 年度之營運資料為基礎，以空間資訊科學與集群分析進行偏遠路線之分類，並運用資料包絡分析法計算各集群路線營運績效。最後，本研究利用所建構之路線轉型策略矩陣探究各集群管理政策意涵，並提出後續研究之建議。

-
1. 作者感謝兩位評審委員於審查期間所提供之寶貴建議，使本文得以更臻完善。
 2. 東吳大學企業管理學系副教授兼副主任。
 3. 交通大學交通運輸研究所教授（聯絡地址：10012 臺北市中正區忠孝西路一段 114 號 4 樓交通大學交通運輸研究所；聯絡電話：02-23494956；E-mail: cmfeng@mail.nctu.edu.tw）。
 4. 交通大學交通運輸研究所碩士。

關鍵詞：公路客運；偏遠地區；營運績效；空間資訊科學；集群分析；資料包絡分析

ABSTRACT

With the increased oil price, high costs of raw materials and strong competition in the market, unparalleled challenge faced the regional bus services. In order to improve the operation performance and environment of public transit, government has conducted the subsidization of public transportation. Under the constraint of limited resources, it is an important issue that how to allocate the subsidy to the relative efficiency routes rationally. The purpose of this study is to categorize the subsidy routes based on the concept of "rural route", and evaluate the operation performance for each group in order to discuss the appropriateness of existing subsidy. This study uses the real data of subsidized regional bus service in 2010. Geospatial information science and cluster analysis were applied to categorize the subsidy routes. And DEA is utilized to evaluate the operation performance of all the routes in each group. Finally, this study addresses the managerial implications based on a matrix of route transformation proposed by this study, and offers suggestions to the future research.

Key Words: Regional bus service; Rural area; Operation performance; Geospatial information science; Cluster analysis; Data envelopment analysis

一、緒 論

1.1 研究背景與動機

偏遠地區之大眾運輸一直是政府進行運輸管理時所面臨之難題。以固定路線及班次之公路客運或市區公車提供偏遠地區服務，常因需求不高且班次有限，致使服務水準無法滿足民眾需求，並造成業者虧損^[1]。揆諸偏遠地區客運經營困難、供需失調，除年輕族群及高齡者為主要客群外，其餘民眾多採機動車輛代步，加上油價持續上漲，相關原物料成本增加，故長期以來營運狀況不佳，業者持續陷入營運困境^[2]，部分公路客運業者更提出路線停駛或屆期不再續營之申請，形成「需求減少→營收降低→服務水準低落→需求減少」之惡性循環。

據此，我國自民國 84 年起通過「促進大眾運輸發展方案」，並開始執行偏遠服務性路線營運虧損補貼制度。雖然補貼政策已發揮維持大部分偏遠地區路線繼續營運之成效，但仍有少部分路線面臨停駛之困境，對當地基本公共運輸服務造成相當大之衝擊。這些路線之停駛，與補貼經費之不足與不穩定息息相關^[3]。國內近年來有關研究主要係對政府發

展大眾運輸策略、公路客運補貼審議制度以及實施成效進行概述性的介紹^[4,5]，亦有部分研究探討大眾運輸績效評估與補貼效益^[6-11]。國外則是主要著重於補貼效率及效率的衡量方法，如資料包絡分析 (data envelopment analysis, DEA)、隨機性邊界法 (SFA) 及總要素生產力法 (TFP)，並且關切的議題主要環繞在偏遠地區之社會福利分配。總體而言，少有探討偏遠地區大眾運輸的補貼效益^[12-14]。

另一方面，如何定義偏遠地區一直以來為補貼制度上的一個關鍵要素。目前偏遠地區的定義並無法明確界定，而且各國也因地理環境及民風迥異而有不同的定義方式。由於偏遠地區的定義攸關補貼金額的分配，因此如何做出正確的定義並配合補貼亦為大眾運輸上的一大課題。邱裕鈞等人^[15]曾將臺灣鄉鎮劃分不同地區，探討各區之公共運輸供給與需求及虧損補貼在空間分配之合理性結果發現，我國高偏遠地區之公共運輸基本需求最高，但公共運輸供給密度卻偏低，且部分地區虧損補貼分配不足，顯示國內公共運輸供給資源及虧損補貼分配仍有檢討之空間。在政府的補貼金額有限的情況下，如何重新檢視目前偏遠地區之運輸服務特性與社會責任，探討公路客運路線合理之路網營運規模、服務水準等，應是現階段偏遠地區公路客運發展之重要課題^[3]。過去國內外相關研究多僅著重在應用 DEA 及相關統計方法上，針對路線營運績效進行衡量與探討，但加入偏遠路線概念以考量補貼的效益之研究仍不多見^[5,16]，也鮮有研究應用空間資訊科學 (Geospatial Information Science, GISc) 協助進行補貼績效之評估作業^[17-19]。因此，如何確認偏遠定義並探討補貼是否有助於改善營運績效，是政府目前於公路客運發展中需要思考的課題。

鑒於國內過去少有對於公路客運偏遠地區路線進行分群且針對其營運績效進行後續分析，本研究之目的在以地區性公路客運之觀點，探討行駛偏遠地區之客運路線在接受政府補貼後之營運績效如何，以瞭解政府補貼金額是否能分配至最有效率的路線上。特別的是，本研究之研究範圍僅以考量偏遠特性來進行效率評估之比較，並不考慮部分補助路線在「政策面」或「服務面」之特性，因政策性或服務性之概念並不易被明確定義與評量。而本研究所定義之「偏遠類型」，則考慮到路線經過之地區特性、區域社經特性等，希冀能擴張補貼資源運用的可能性，讓補貼的資源能更符合實際的民眾需要。換言之，本研究主要強調在藉由對「偏遠路線」的定義，瞭解不同偏遠程度之路線在補貼後之營運效率是否有所差異。

1.2 研究目的

根據前述背景與動機，本研究之研究目的為以下 3 項：

以地理空間分佈之概念，將現有公路客運受補貼路線以偏遠特性進行分群。

應用資料包絡分析法分析各群路線之營運績效。

根據研究結果提出相關政府政策與管理意涵。

本研究使用 GISc 與集群分析 (cluster analysis, CA)，並利用現有臺灣地區各鄉鎮市之社經資料將所有申請補貼路線進行群體劃分與分群之動作，並進一步運用 DEA 分析路線

進行營運績效之分析，並針對偏遠路線之改善提出建議。

二、文獻探討

2.1 公路客運業營運與補貼現況

根據「汽車運輸業管理規則」第 2 條，其對公路客運業之定義為「在核定路線內，以公共汽車運輸旅客為營運者」。而公路客運業所經營之路線，若行經國道高速公路者，實務上以國道客運稱之，其餘則為地區客運路線，本研究所著重之範圍即為後者。隨著公路客運業逐步開放及順應公營事業民營化，民國 90 年 6 月臺灣汽車客運股份有限公司（簡稱臺汽）完成民營化，改成立國光汽車客運股份有限公司（簡稱國光客運公司）繼續經營，帶動民營公司投入公路客運業的潮流。至今國內共有 39 家公路汽車業者，經營地區客運路線共 1221 條，如表 1 所示。

表 1 公路客運業者家數及路線數統計表（民國 99 年）

主管機關	經營業者家數	地區客運路線 (條)
臺北區監理所	13	188
新竹區監理所	4	304
臺中區監理所	11	322
嘉義區監理所	6	203
高雄區監理所	3	201
臺北市政府	1	2
高雄市政府	1	1
合計	39 家	1,221 條

資料來源：1.本研究整理自各區監理所；2.交通部統計處網站。

近 5 年公路客運受補貼路線之預算編列及執行方式整理於表 2。就補貼核撥比率來看，則有逐年上升之趨勢，顯示業者對於落實補貼計畫執行配合度提高，至於各年度補貼核定款被扣款的主要原因大致上包括各區監理所對違規業者掣開「舉發違反大眾運輸營運補貼計畫通知單」、業者擅自縮短里程與減班、車齡逾規定及追扣溢領款項等不符規定者。

2.2 公路客運營運績效評估

績效包含了效能 (effectiveness) 與效率 (efficiency) 兩種。效能在於衡量目標的達成情形，產出與服務量愈大則表現愈理想，但不在乎必須投入多少人力、財力與物力；相對於效能，效率一方面探討產出的數量，一方面也衡量投入的使用量，希望以最少的投入獲

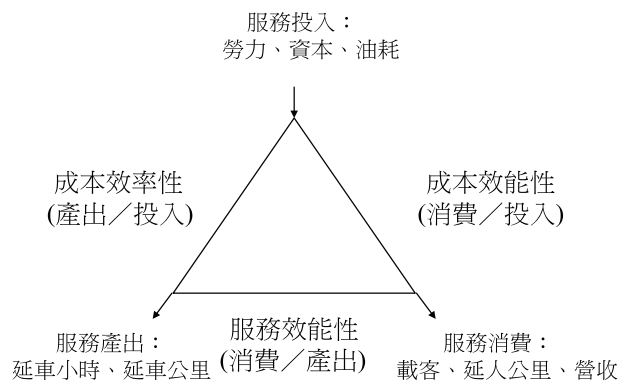
表 2 近五年偏遠客運服務路線營運虧損補貼情形表

年 度	95 年	96 年	97 年	98 年	99 年
業者數	25	25	25	26	25
路線數	563	570	588	568	554
申請金額 (千元)	807,658	892,048	867,242	822,848	985,422
核定金額 (千元)	549,976	649,641	867,242	822,848	895,000
核撥比率	68.10%	72.83%	100.00%	100.00%	90.82%

資料來源：1.99 年為本研究自行整理自交通部統計處網站；2.餘各年資料參考自杜善良等人^[5]。

得最大的產出，或以既定的投入獲得最大的產出^[20]。綜觀國內外相關研究可發現，大眾運輸績效評估指標一般可區分為「營運績效指標」及「服務績效指標」兩大類，而本研究主要探討的範圍將以公路運輸的「營運績效指標」為主。由於用以評估營運績效之指標類型眾多，利用這些指標衡量公路運輸績效常會有不同的結論，Karlaftis 等人^[21]亦建議評估補貼效果時，應慎選合適之績效指標。

目前國內外對於營運績效的評估，均會選取多種具代表性的指標進行評比，而指標分類架構則大多採用 Fielding^[22]所提出的績效分類圖做為基礎。其績效評估指標係建立在投入與產出間資源運用效率與利用率下，並可同時檢視提供服務所需的成本以及利用程度。Fielding^[22]將營運績效指標分為成本效率性 (cost efficiency)、成本效能性 (cost effectiveness) 及服務效能性 (service effectiveness) 3 類，詳細架構如圖 1 所示。若將 Fielding^[22]所提出之理念套用至運輸業，則詳細內容如下：

圖 1 營運績效指標分類圖^[22]

1. 成本效率性：指經營者為提供運輸服務所投入的各種資源，與實際產出量之間的關係，以反映人員、車輛的生產力及後勤支援部門的管理效率等。此類指標可由產出量對投入量的比值加以衡量。

2. 成本效能性：指經營者為提供運輸服務所投入的各種資源，與使用者實際消費狀況之間的關係，以反映人員、車輛的服務或營收力。此類指標可由乘客實際消費量對投入量的比值加以衡量。
3. 服務效能性：指經營者所提供運輸服務之產出量，與使用者實際消費狀況之間的關係，以反映單位產出之服務或營收力。此類指標可由乘客實際消費量對產出量的比值加以衡量。

曾有學者分析 Fielding^[22] 3 種績效指標應用於補貼制度時之優缺點與應注意事項^[5,16,21]，主要認為採用成本效率指標可以獎勵控制成本的系統，促進低成本之營運服務，但會處罰高成本營運環境的系統；採用服務效能指標會獎勵滿載 (full bus) 之系統，但會間接促使營運者減少乘客數較少之服務，如夜間或星期假日之服務，對於高密度發展地區之營運者較有利；若是採用成本效能指標則是獎勵吸引付費乘客的系統，並鼓勵吸引其他財源的系統，可以同時兼顧吸引付費乘客與吸引其他財源之考量。Falcocchio^[23] 與 Sheth^[24] 等人則認為，為協助小規模之大眾運輸系統健全發展，應以成本效率指標為補貼時主要考量；而大規模之大眾運輸系統應已具某種程度之成本效率，故補貼應強調服務效能指標。

而在評估方法方面，綜觀國內外相關實證研究，評估運輸業營運績效之生產力及經濟效率的方法大都採用計量經濟方法，常被使用的方法包括總要素生產力 (Total Factor Productivity, TFP) 衡量、DEA、成本或生產函數以及效率前緣線評估 (frontier estimates) 等等。由於 DEA 具有適合用來評估相同資源投入與相同產出之 DMU、無須預設權重，以及較不受人為主觀意識影響之特性，故適合作為評估受補貼路線營運績效之方法。Tsamboulas^[25] 亦認為資料包絡分析法被認為是最適當且最容易用來評估相對效率，尤其是針對非營利性質與同時具有多項投入與產出環境的機構。本研究整理近年公路運輸業國內外採用 DEA 進行營運績效評估之相關文獻如表 3 及表 4 所示。過去相關研究所採用的投入項常見的有員工數、駕駛員數、車輛數、耗油量等；產出項有營運收入、延車公里、延人公里以及載客人數等。特別的是陳敦基、李明彥^[8] 將補貼金額視為公車路線之投入項進行效率分析。據此，本研究後續亦參考此一作法，將各公路客運路線之補貼金額視為投入項。

三、研究方法

3.1 研究概念

本研究之研究步驟首先為針對原始資料進行瞭解，透過處理及篩選過程留下後續需要之資料及變數。其次透過空間資訊科學取得所有路線的地理空間資料，並利用集群分析對現有受補貼路線進行分群。接著依據上述分群結果，利用資料包絡分析法進行績效上的評估。最後根據分析所得之結果，研擬政府針對提供受補貼路線服務之公路客運業者改善之建議。以下為本研究概念之三大階段：

表 3 國內外公路運輸業營運績效 DEA 方法改良之文獻

作 者	研究對象	研究方法	投入項	產出項
林嘉信 ^[26]	國道客運 38 家業者	SFA 模式、Malmquist 指數	車輛數、營業路線、延車公里、行駛次數、耗油量、駕駛員數	營運收入、行車公里、載客人數、延人公里
陳志成等人 ^[27]	臺汽民營化後之國道客運業者	CCR 模式、BCC 模式、Malmquist 指數、Tobit、追蹤資料模型	車輛數、行駛次數、耗油量、駕駛員數	營收公里、延人公里
廖勝裕 ^[28]	臺中市 5 家客運業者共 38 條路線	SBM-DEA、Malmquist 指數	車輛數、營業路線、延車公里、耗油量	行駛次數、二氧化碳排放量
Karlaftis ^[21]	美國公車業者共 259 家	分群法、DEA 乘法模式、邊界生產函數	駕駛員數、員工數、車輛數	延車公里
Boame ^[29]	加拿大公車業者共 30 家	bootstrap 演算法、二階段 DEA	駕駛員數、員工數、車輛數	延車公里
Lao 與 Liu ^[20]	美國加州公車業者旗下共 24 條路線	K-mean 分群法、二階段 DEA	營運時間、延車公里、站牌數量、通勤者數、高齡族群、弱勢族群	載客人數

表 4 國內外公路運輸業營運績效 DEA 方法應用實例文獻

作者	研究對象	研究方法	投入項	產出項
陳敦基、李明彥 ^[8]	臺北市聯營公車業者	Translog 成本函數、TFP	勞務成本、資本成本、中間要素成本共 18 項成本、核定補貼金額	延車公里
陳敦基、蕭智文 ^[9]	國內 32 家公路客運業者 (民國 76 至 80 年資料)	DEA 二階段模式 (相對效率、相對效果)、CCR 模式、BCC 模式	相對效率：員工數、車輛數及耗油量 相對效果：以車公里數、班次數	相對效率：車公里數及班次數 相對效果：延人公里、載客人數
李文彬 ^[30]	國內 14 家同時經營國道客運、一般公路客運以及市區公車之客運公司	CCR 模式、BCC 模式、Malmquist 指數	耗油量	營運收入、行車公里、載客人數、
De Borger 等人 ^[31]	美國中型規模且僅經營公車業務的公司共 14 家	CCR 模式、BCC 模式、Malmquist 指數	員工數、尖峰班次數、延車公里	載客人數
Karlaftis ^[21]	美國公車業者共 256 家	CCR 模式、BCC 模式	駕駛員數、員工數、車輛數	延車公里、載客人數
Sampaio 等人 ^[32]	12 個歐洲及 7 個巴西城市的運輸系統	BCC 模式	營運成本、車輛數、員工數	載客人數
Hirschhausen 與 Cullmann ^[14]	德國公共汽車客運公司共 179 間	CCR 模式、BCC 模式	員工數、車輛數、服務範疇	延車公里、載客人數

1. 資料處理

首先根據研究範圍之設定，收集現有營運公路客運受補貼路線之相關資料，如總行駛里程、延人／車公里、營運收入及成本…等營運資料，以及路線行經鄉鎮市之人口組成、平均所得以及密度…等人口分佈情形。由於原始資料過於繁雜，故於此階段將資料進行處理，以求能取得後續研究需要的變數進行分析，最後篩選出資料完整且持續營運之 548 條受補貼路線進行下一階段作業。特殊的是，由於當前虧損補貼制度係採「實質虧損審查認定核撥」為原則，此部分所處理之資料在現今電子票證系統尚未全面導入的情況下，各業者之收入與核定成本等營運資料並無精確數據，故本研究僅能就業者提供之會計資料進行分析。

2. 現有路線分群

本研究之核心部分為納入地理空間分佈之概念，對公路客運受補貼路線進行分群。故此階段本研究將先利用 GISc 取得各路線行經本研究所定義之偏遠地區距離及比例等數據，再加入上述路線整理後之平均人口密度、平均所得、路線加權人口密度及路線加權所得等資料，以經營環境為分群背景下使用集群分析。最後並根據分群結果將所有路線根據其群間不同特性對其命名。

3. 分群路線績效評估及策略探討

透過分群後之結果，此階段將利用資料包絡分析法分別對各群之營運績效進行驗證。透過上述文獻回顧對本研究現有資料選擇適合衡量之投入及產出項，以瞭解此分群方式是否能確實將所有路線根據其營運績效歸為同類，並作為後續分析之依據。最後並參考 BCG 矩陣之概念，發展一「路線轉型策略矩陣」架構，並探討公路客運受補貼路線之營運策略與轉型建議。

3.2 分析方法

3.2.1 空間資訊科學

空間資訊科學 (GISc) 近年來被大量運用於大眾運輸之分析。依據 Sutton^[18] 之研究發現 GIS 在大眾運輸之分析以規劃領域最多 (約 46%)，其次依序為資訊技術、營運、管理及顧客服務。目前 GISc 應用在國內公路運輸的項目有運輸規劃、運輸系統管理、交通工程、站牌設置分析、停車場評選、車輛路線規劃以及車輛衛星定位導航等。目前臺灣公路客運路線資料內容可分為兩類，第一類為與空間資料無直接關係者，如公司基本資料、班次資料、車輛車籍資料以及相關營運資料 (如營運收入、搭載人次、延人／車公里以及每車公里收入等)，由於此類資料公路總局已建置資料庫存放相關資料，故不需另外以 GISc 軟體進行分析整理；第二類則為空間資料，例如各營運路線資料、站牌資訊、以及行經距離等。綜上所述，本研究將以第二類路線資料為主，並加入第一類中相關營運績效資料做為後續績效評估之依據。

由於過去對偏遠路線的定義上僅以虧損有無為劃分，並未實際考慮其實際行駛地區之差異性。因此，本研究將以社經背景的觀點，根據行政院內政部及促進產業升級條例中以人口密度及平均所得之概念選取臺灣本島共 64 個偏遠地區，並以 GISc 收集相關空間資料（如各營運路線資料、站牌資訊、以及行經距離等），藉由各路線行駛偏遠地區程度之不同進行路線分群，以利後續績效評估分析。本研究利用相關 GISc 軟體，將收集之空間地理資料整理成「路線行經各鄉鎮距離」及「路線行經偏遠地區距離及比例」兩部分。前者將藉由資料庫中各個站間距離之加總來計算某路線行駛各鄉鎮之距離；後者則是從中取得該路線行駛本研究所定義之偏遠地區之鄉鎮市距離，並求出其占總距離之比例，以利後續分群作業之進行。

3.2.2 集群分析

集群分析是將資料中的觀測值或變數加以歸類在各個集群內，也就是把沒有分群的個體按相似程度歸於同一群。一般進行分群的方法有階層法（Hierarchical）與非階層法（Nonhierarchical）兩種，前者可以透過凝聚法和分離法以樹狀圖（Dendrogram）表示，後者則以 K 平均值法（K-Means）為代表。由於階層法與非階層法均個有其優缺點^[33]，故本研究以部分學者^[34-37]所使用之改良式二階段集群分析（two-step clustering）進行分析：第一階段先以階層式集群分析法之凝聚法進行，並採用華德最小變異數法（Ward's Method）將相似的樣本歸為同一群，且依據華德法中之集群分析樹狀圖來判定最佳之集群數目，並且以各群合併時的凝聚係數增量變化率作為驗證，明確地確定分群。第二階段再以 K-Means 法找出最終的群數。在分群結果的驗證上，本研究除了利用判別分析進行外，也將另外計算各集群在各分群變數上的平均值，對其進行比較分析。

本研究將先前整理之受補貼路線平均人口及平均所得等基本資料，再加入經由 GISc 軟體計算出之行經偏遠地區實際距離及比例等路線資料，對其進行標準化後再進行分析，期望能從公路客運業客觀經營環境的觀點來進行分群，分群變數及其定義如表 5 所示。利用集群分析可使現有公路客運受補貼路線被歸屬於不同群體，爾後並對各分群之特色進行探討及命名，進一步對其營運績效進行評估。

表 5 集群分析變數及定義

變數名稱	變數定義
行駛偏遠地區距離	受補貼路線行駛於本研究定義之偏遠地區實際距離
行駛偏遠地區比例	上述距離與總行駛距離之比例
平均人口密度	受補貼路線行經該路線內全部鄉鎮之人口密度平均
平均所得水準	受補貼路線行經該路線內全部鄉鎮之所得水準平均
路線加權人口密度	受補貼路線根據實際行經鄉鎮距離比例多寡來計算總人口密度
路線加權所得水準	受補貼路線根據實際行經鄉鎮距離比例多寡來計算總所得水準

3.2.3 資料包絡分析法

由於本研究的評估對象為臺灣本島公路客運所有受補貼路線，其路線資料分析指標之項目屬不同計量單位的多項投入與產出間的關係，符合資料包絡分析法的特性。故本研究藉由 DEA 評估各路線之營運績效，提供政府相關單位於經費分配決策時一客觀的參考依據。

DEA 衡量模式可概分成 Charnes 等人^[38]於 1978 年所提出之 CCR 模式，以及 Banker 等人^[39]於 1984 年提出之 BCC 模式兩類。CCR 模式主要假設於規模報酬固定的情況下，去評估衡量整體之效率。其假設內容項目有 n 個決策單位 (Decision Making Unit, DMU)，每一個 DMU 稱為 DMU_j ($j = 1, 2, \dots, n$)，且每一個 DMU 使用 m 種投入 x_i ($i = 1, 2, \dots, m$)，生產 s 種產出 y_r ($r = 1, 2, \dots, s$)，則第 j 個 DMU 的效率衡量模式如式 (1) 至式 (5) 所示。

$$\text{Max} \quad h_j = \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} \quad (1)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} = 1 \quad (2)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0 \quad j = 1, \dots, n \quad (3)$$

$$u_r \geq \varepsilon \geq 0 \quad r = 1, \dots, s \quad (4)$$

$$v_i \geq \varepsilon \geq 0 \quad i = 1, \dots, m \quad (5)$$

其中， h_j ：第 j 個 DMU 之相對效率值

y_{rj} ：第 j 個 DMU 之第 r 項產出值

x_{ij} ：第 j 個 DMU 之第 i 項投入值

u_r ：第 r 個產出項之虛擬乘數

v_i ：第 i 個投入項之虛擬乘數

由式 (1) 至式 (5) 可得知，此模式主要求得投入與產出的比值關係。根據目標函數式與限制式的關係，可得知每個 DMU 都有可能成為另一個目標函數式，因此可相互比較。根據所求得的相對效率值，即為代表整體效率的綜合效率值，若比值為 1，可得知此 DMU 為相對有效率。

CCR 模式假設生產過程為固定規模報酬，即當投入量以等比例增加時，產出亦等比增加。然而在生產過程中亦可能會產生規模報酬遞增或遞減的情形，因此若為一個無效率的 DMU，其無效率的原因可能源於不同規模報酬的態勢，藉由了解個別 DMU 的規模報酬狀態，則可提供管理者更多改善效率的資訊，而 BCC 模式便在這樣的背景需求下被發展出

來。其效率衡量模式如式 (6) 至式 (9) 所示。

$$\text{Max} \quad h_j = \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - u_0 \quad (6)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} = 1 \quad (7)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - u_0 \leq 0 \quad j = 1, \dots, n \quad (8)$$

$$u_r, v_i \geq 0 \quad r = 1, \dots, s; \quad i = 1, \dots, m \quad (9)$$

其中， h_j ：第 j 個 DMU 之相對效率值

y_{rj} ：第 j 個 DMU 之第 r 項產出值

x_{ij} ：第 j 個 DMU 之第 i 項投入值

u_r ：第 r 個產出項之虛擬乘數

v_i ：第 i 個投入項之虛擬乘數

u_0 ：無正負限制，當 $u_0 = 0$ 時，為固定規模報酬

當 $u_0 > 0$ 時，為固定規模遞減

當 $u_0 < 0$ 時，為固定規模遞增

承上所述，本研究以 BCC 模式進行，和 CCR 模式之不同在於前者所得的效率值為個別技術效率值，而後者所得出的是整體的生產效率，且 BCC 模式得到之結果較貼近現實情況。技術效率為決策單位其實際產出與其位於效率前緣上理想產出之比值；或在同等產出情況下，其合理投入量與其現有投入量之比值^[40]。此外，由於本研究所探討範圍屬公路客運業中非營利事業之部分，其市場需求波動較小，且投入程度受法令約束大，無法自由調整，因此本研究亦採用 BCC 產出導向模型 (output-oriented BCC model)，以利評估個別路線之相對營運績效。

BCC 產出導向模型假設有 n 個被評估的單位或決策單位，將 m 種投入轉換成 s 種產出，而每個 DMU 之效率值等於產出之線性組合除以投入線性組合。當評估第 j 個 DMU 的效率值時，首先要找出結合各項投入及產出的虛擬乘數 (virtual multiplier) λ_j ，且 λ_j 可看作是一組用來計算產出與投入的比值時的權數，藉此求得各單位的績效值。此外，另增加一限制條件為其評估後的效率值於 0 與 1 之間，且組合係數為正值，如此一來求得的權數 λ_j 也會使其他 DMU 的效率值介於 0 與 1 之間。如式 (10) 至式 (14) 所示。

$$\text{Max} \quad \mu \quad (10)$$

$$\text{s.t.} \quad x_{i0} \geq \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j \quad i = 1, \dots, m \quad (11)$$

$$y_{i0}\mu \geq \sum_{j=1}^n y_{rj}\lambda_j \quad r=1,\dots,s \quad (12)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad (13)$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad j=1,\dots,n \quad (14)$$

其中， x_{ij} ：第 j 個 DMU 之第 i 項投入值

y_{rj} ：第 j 個 DMU 之第 r 項產出值

λ_j ：第 j 個 DMU 之虛擬非負乘數，即權數

μ ：產出最大化程度

式 (10) 為本研究進行 DEA 之目標式，目的為使決策單位 DMU 的產出最大化；式 (11) 為對投入項所設置之限制式，使觀察的投入量受到管制；而產出部分亦同，式 (12) 為對產出項的限制，即產出程度至少要和 DMU₀ 一樣。然而並非所有路線特性皆處在最適規模之階段；技術效率可能受到純技術無效率（因資源浪費而造成之無效率）或規模無效率（非規模最適所造成之無效率）之影響。因此須在求解時加入 BCC 模型所對應之變動規模報酬假設（variable returns to scale, VRS），並且對其加入非負限制，亦即式 (13) 及式 (14) 之意涵。

此外，吾人還可以針對不同規模報酬情況下，進行效率值的比較分析。一般而言會有 3 種情況：規模報酬遞減（decreasing return to scale, DRS）、規模報酬遞增（increasing return to scale, IRS）及固定規模報酬（constant return to scale, CRS）。規模報酬型態的決定，係由 DEA 分析結果中之規模效率（scale efficiency）計算而得，而 SE 可由技術效率（technical efficiency, TE）除以純粹技術效率（pure technical efficiency, PTE）得到，而 PTE 則可由 BCC 模式計算得出。若 SE=1 時，則為 CRS。若 SE<1 時，則須檢視 CCR 模式中之限制式 $\sum \lambda$ 之值：若 $\sum \lambda < 1$ ，則為 DRS；若 CCR 模式中之限制式 $\sum \lambda > 1$ ，則為 IRS。因此，研究者可依據規模報酬的情形分群，然後計算各種情況下之平均效率值，以更深入瞭解營運效率的差異，並找出改善的方向。

本研究主要採成本法選取投入項，除了以各路線當年度之營運虧損需補貼數額之支出項目（以下稱路線受補貼額）作為資源投入變數外，本研究另參考 Lao 與 Liu^[20]、林嘉信^[26]、廖勝裕^[28]及 De Borger 等人^[31]等人之研究，以延車公里作為資源投入變數；在產出項選擇部分，由於本研究所選取的績效指標是以 Fielding^[22]所提出的績效分類圖為依據，其中服務效能主要探討運能產出被乘客利用的有效程度，屬於消費面的績效評估，亦代表產出的獲利力。本研究將另參考 Falcocchio^[23]、Sheth 等人^[24]以及 Chen^[41]等人之研究，選擇載客人數及營運收入兩項服務效能指標為產出項。投入與產出項之相關係數矩陣見表 6 所示，由於投入與產出變數之係數皆為正值，代表其彼此間之相關性高，表示變數

挑選可視為正確，符合 DEA 操作變數同向性之要求。

表 6 投入項與產出項之相關係數

		投入項		產出項	
		路線受補貼額	延車公里	載客人數	營運收入
投入項	路線受補貼額	1	—	—	—
	延車公里	0.730*	1	—	—
產出項	載客人數	0.720*	0.714*	1	—
	營運收入	0.793*	0.690*	0.705*	1

註：*表在顯著水準為 0.01 時（雙尾），為相關顯著。

此外，所有變數在顯著水準為 0.01 時皆達顯著水準，故後續分析乃採用固有 4 項指標進行。最後，本研究將經由 DEAP 程式所運算的結果可得知各路線之各項效率值，若其總效率為 1 者，代表相對有效率；反之，則代表相對無效率。

3.2.4 路線轉型策略矩陣

本研究藉由前述地理資訊系統及集群分析，對現有受補貼路線進行分群。由於不同類別之路線其營運效率可能有所差異，故對於不同分群路線該採取何種策略，進而達到協助其轉型為一般營運路線、維持既有狀況持續經營，抑或是建議終止持續補貼改以其他措施取代，必須建立一策略性之思維架構。據此，本研究依據波士頓顧問群模型（Boston Consulting Group model, BCG model）之概念，建構一路線轉型之策略矩陣。

BCG 矩陣是由著名的波士頓顧問群管理顧問公司，於 1970 年代初期由 Hedley^[42]所提出並推廣發展的方法。其在 BCG 矩陣中將策略性事業單位區分為四個象限，縱軸為整體市場成長率，用來衡量該產業的市場吸引力；橫軸為相對競爭地位（亦稱為「市場占有率」），是用來表示某企業在市場內之競爭強度。其縱軸與橫軸交叉所構成的四個象限代表不同事業類型。明星事業（stars）係指具有高度成長率與高度市場占有率之事業單位，可視外在環境的需要，提供更多資源以供維持或成長。問題事業（question marks）則指具有高度成長率與但市場占有率低的事業單位，此類事業單位宜謹慎地用心考慮，選擇有潛力者加以發展，而無此潛力者加以縮減或淘汰。其特徵為需要大量資金，以維持市場成長增加廠房、設備與人事。老狗事業（dogs）則是市場成長率低及市場占有率皆低的事業單位，此類事業單位常是處於產品生命週期中的衰退期，擴張市場占有率或產生大量現金流入的可能性相當小。而金牛事業（cash cows）則指市場成長率低但市場占有率高的事業單位，此類事業利潤較高，現金流入，可以支持其他事業單位之活動。

本研究發展之路線轉型策略矩陣，係將上述 BCG 矩陣的邏輯應用至公路客運受補貼路線之營運策略的衡量，如圖 2 所示。首先將先前經由 DEA 所計算出之各集群路線之

效率值為橫軸座標，值越大代表該路線相較其他路線越具有經營上的相對利益。而為區分相對效率高低，本研究取中間值 0.5 為分界，將效率值介於 0.5~1 之間者定義為經營績效相對良好的路線，而效率值介於 0~0.5 之間者定義為經營績效相對不良的路線；至於縱軸座標則是選擇集群內各路線的行駛偏遠地區比例，比例越高代表其行經現今社經環境較弱勢之地區越多，一樣係採二分法區分為高比例群 (0.5~1) 與低比例群 (0~0.5)。其各象限定義分別說明如下。

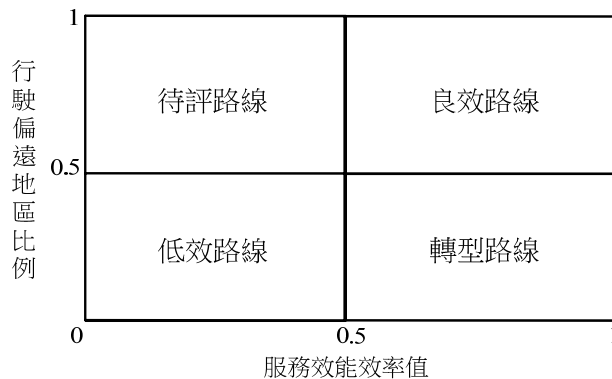


圖 2 本研究之路線轉型策略矩陣

1. 良效路線

指行駛高度偏遠地區與高效率值之路線，代表政府的補貼可以確實反應偏遠地區的特性，而不取名為高效僅稱良效的原因在於此類路線並非效率真的很高，只是相對於其他受補貼路線來說較高而已。其特性與 BCG 中之明星事業一樣，無須太大修正，維持現狀即可。此類路線目前宜採用穩定策略，即繼續維持此營運方式經營。若後續幾年行駛地區之社經環境水準提升，則可進一步轉型為自營路線。

2. 待評路線

此類路線係指行駛高度偏遠地區但低效率值的路線，代表目前此類路線無市場需求但卻需要進行後續評估之路線，並視其後續表現決定其存續與否，故意含與 BCG 之問題事業相同。由於其行駛高度偏遠地區，因此現階段宜先觀察此類路線所行經地區之社經背景是否一直那麼低，或者僅僅是這幾年的特例而已。若數年來表現皆無太大起色，則政府可以考慮不繼續給予補貼；若是有成長的趨勢，則代表此路線仍有其有潛在市場，只是沒被引出來，因此政府需另行提供措施，並令其以成長為優良路線為目標，繼續給予補貼。

3. 低效路線

指行駛低度偏遠地區且效率值也低的路線，代表此類路線目前的補貼結果並未達到政府當初的期望，應考慮往後經營上不予以補貼，並改由政府提供其他替代性措施以易之。和老狗事業不同的是，政府對低效路線除了不繼續給予補貼外也要另思考其他替代措施。

4. 轉型路線

指行駛低度偏遠地區不過具有高效率值的路線，故性質類似於 BCG 中的金牛事業。雖然此類型路線在效率表現上不錯，不過其行駛偏遠地區不足，與一般社會觀感及政府當初給予補貼所期望的結果上有些落差。原則上建議政府應予以輔導轉型為一般路線，而不需要進行虧損補貼，但轉型過程中政府可採以獎勵措施或績效補貼方式以鼓勵業者獨力經營，減少不必要之偏遠路線補助。另外，轉型路線在當初設計可能有經過高所得區域，若轉為一般路線業者就不會再行駛到偏遠地區。故政府在轉型過程中，可採以獎勵措施或績效補貼方式以鼓勵業者獨力經營，減少不必要之偏遠路線補助。

本研究建立上述路線轉型策略矩陣之目的在於探討現有補貼制度是否能反應偏遠地區路線的特性，以及瞭解既有虧損補貼有無適得其所的問題，並期望爾後能提供政府做為決策之憑藉。

3.3 資料來源與變數定義

由於公務調查資訊及基本資料仍為目前相關統計中最為完整的來源，故本研究實證資料皆援用於此。本研究使用之變數可分為三部分，第一部分為「臺灣省公共汽車客運商業同業公會聯合會」所提供之臺灣地區民國 99 年公路客運業年度統計資料；第二部分為交通部公路總局提供民國 96 年至 99 年各公路客運公司每年申請與獲得補貼款資料；第三部分則為民國 99 年公路客運受補貼路線之地理空間資料，此項資料則是由中華電信提供原始圖層檔案，再由本研究以相關 GISc 軟體進行篩選及整理而成。以下茲就各部分評估指標之定義與內涵說明如后。

1. 公路客運營運資料

- (1) 延人公里 (passenger-kilometers) 為各班次客運人數與其行駛公里相乘積之總和。
- (2) 行車次數 (vehicle run) 係指客運或貨運業各路線之車輛，在特定期間內，從出發站至終點站之行駛次數 (班次，去程與回程各算 1 班次)。
- (3) 延車公里 (bus-kilometer) 係指客運業在特定期間內，所有班次客車行駛里程之總和。
- (4) 行車里程 (operating-kilometer) 係指營業路線起訖站間之公里數。本研究將分別收集原路線里程及實際補貼路線里程之資料。
- (5) 每車公里載客數 (average passenger per bus-kilometer) 指客運業在特定期間內，平均每車行駛 1 公里之載客人數。公式為每車公里載客數 = 該期間載客數 / 總客車公里
- (6) 每車公里收入 (average revenue per bus-kilometer) 指客運業在特定期間內，平均每車行駛 1 公里之客運收入。公式為每車公里收入 = 該期間客運收入 / 總客車公里
- (7) 每車公里虧損 (average loss per bus-kilometer) 指客運業在特定期間內，平均每車行駛 1 公里所造成之虧損。公式為每車公里收入 - 每車公里合理營運成本。每車公里合理營運成本係由政府訂定，如 99 年第三期營運成本即為 39.716 元 / 車公里。

2. 公路客運公司申請與獲得補貼款資料

- (1) 營運虧損需補貼數額：中央依財政收支劃分法第 30 第 2 項及地方制度法第 69 條第 3 項規定，每年度將編列經費酌予補助大眾運輸偏遠路線營運虧損補貼。
- (2) 本期申請補貼數額：公路客運提報當期營運虧損需補貼數額後，中央機關憑藉其違規基數和計畫變更核減金額，扣除後即為當期申請補貼數額。

3. 地理空間資料

- (1) 路線行經各鄉鎮距離：經由 GISc 將進行篩選後之剩餘 548 條公路客運受補貼路線描繪至相對應之圖層，並利用內建工具計算出該路線行經鄉鎮市名稱及行經範圍等資料，最後算出各鄉鎮市所占距離。
- (2) 路線行經偏遠地區距離及比例：本研究將透過先前針對偏遠地區之文獻回顧所定義之偏遠地區，配合上述 GISc 所得到鄉鎮距離資料，進一步算出行經偏遠地區之距離及比例，供後續研究使用。

4. 其他資料

- (1) 各鄉鎮市人口數及土地面積：本研究將藉由各鄉鎮市民國 99 年政府統計之人口數及土地面積計算出該地之人口密度，作為社經變數之一。並結合上述地理空間資料以集群分析法進行路線分群。
- (2) 各鄉鎮市所得平均數：同上所述，以民國 99 年間各鄉鎮平均所得平均為社經變數，其數據結果為分群依據之一。
- (3) 路線加權人口密度：受補貼路線根據上述地理空間資料所取得之實際行經鄉鎮距離比例多寡，來計算最終的人口密度；其數據結果為分群依據之一。
- (4) 路線加權所得水準：受補貼路線根據上述地理空間資料所取得之實際行經鄉鎮距離比例多寡，來計算最終所得水準；其數據結果亦為分群依據之一。

此外，本研究利用相關 GISc 軟體，從中篩選出有行經本研究所定義之偏遠地區的路線（以下稱為偏遠路線）。表 7 為現有各縣市所有受補貼路線依據其行駛偏遠地區有無進行整理之結果。其中，由於高雄客運的「六龜－新開村（不老溫泉）」以及花蓮客運的「富里－望通嶺」路線因故未能繼續行駛，故刪除此兩條路線，最後為 165 條偏遠路線。

表 7 各縣市受補貼路線及行駛偏遠地區情形

分 區	經營業者數	受補貼路線	行駛偏遠地區
臺北區監理所	6	58	32
新竹區監理所	5	119	19
臺中區監理所	9	126	29
嘉義區監理所	6	160	42
高雄區監理所	5	96	45
排除路線數		11	2
合 計		548	165

在上述路線中，本研究分別就其行駛偏遠地區距離以及比例進行分析，結果列於表 8。在行駛偏遠地區距離部分，一半以上集中在 20 公里以內（約 65.5%），而隨著距離增加而遞減，最高距離為花蓮客運的「花蓮火車站－成功－臺東站」路線，為 118.1259 公里；至於行駛比例部分，各區間之路線數皆相差不遠。

表 8 受補貼路線行駛偏遠地區分布情形

項 目	數值區間	路線數
行駛偏遠地區距離	0 ~ 10 公里	67
	10 ~ 20 公里	41
	20 ~ 30 公里	21
	30 ~ 40 公里	15
	40 ~ 50 公里	11
	50 ~ 60 公里	4
	60 公里以上	6
行駛偏遠地區比例	0% ~ 20%	32
	20% ~ 40%	27
	40% ~ 60%	36
	60% ~ 80%	39
	80%以上	31

四、結果分析

4.1 補貼路線集群分析

本研究採二階段集群方式，先利用階層法之凝聚法以獲取最佳分群之集群數目，再利用非階層法之 K-Means 法進行重新分群。分析結果發現，以凝聚法中的 Ward's 法觀察各群合併時凝聚係數增量，發現當分群數由 3 群減為 2 群時凝聚係數增量開始劇增，因此判斷最佳分群數為 3 群；再以非階層法中之 K-Means 法將 548 條受補貼路線實際分出 3 群，各集群路線數分別為 94 條(17.15%)、341 條 (62.23%) 以及 113 條 (20.62%)。為鑑定各分群的區隔效果，茲利用判別分析中之區隔分類表 (classification matrix) 來檢定本研究欲探討之 548 條受補貼路線進行分群後之準確度。在依據上述二條判別函數進行交叉驗證後，可知驗證後整個集群之總正確判別率為 95.3%，顯示此集群分析之分類結果頗為正確且穩定，具有相當之區別效度。本研究將各集群在各分群構面下之資料進行整理，彙整如表 9 所示。各集群命名與特性說明如後。

集群 1：偏遠型 (94 條)

由於該群受補貼路線主要行駛於本研究所定義之偏遠地區，且該路線行經之地區人口密度及所得水準皆低。由以上資訊，本研究定義集群 1 為「偏遠型」路線。

表 9 各集群在各分群構面下之資料平均值

	集群 1		集群 2		集群 3	
行駛偏遠地區距離	29.404	公里	0.637	公里	0.232	公里
行駛偏遠地區比例	69.63	%	2.19	%	0.96	%
平均人口密度	895.79	人／km ²	1,303.97	人／km ²	6,424.10	人／km ²
平均所得水準	640.56	元	673.43	元	821.16	元
路線加權人口密度	391.99	人／km ²	1,052.20	人／km ²	4,552.84	人／km ²
路線加權所得水準	616.89	元	665.46	元	795.33	元

集群 2：潛力型 (341 條)

此群受補貼路線的特色為其平均行駛偏遠地區距離和比例不及集群 1，而密度和所得之平均值也不若集群 3 高；雖然有客源但不大，屬於中間族群。由以上資訊，本研究定義集群 2 為「潛力型」路線。

集群 3：一般型 (113 條)

此集群除了行駛偏遠地區距離及比例的平均值為最低外，其他四項皆為最高，據推測為該群受補貼路線除了行駛一般鄉鎮市外，也會經過市中心及都會區。由以上資訊，本研究定義集群 3 為「一般型」路線。

由於目前受補貼路線主要連結偏遠地區及鄰近核心都市區之型態，由上述分群可知集群 1 (偏遠型) 代表著真正行駛在經濟發展較落後地區之路線。此外，集群 2 (潛力型) 和集群 3 (一般型) 雖然皆為較接近都市區之路線，不過其行經區域之社會經濟背景亦有所不同，也導致其在載客數、虧損程度上的差異。

茲將各集群路線之營運概況與受補貼額整理於表 10 所示。由表可看出，集群 1 (偏遠型) 的路線數與行駛班次均為最低者，但平均每路線受補貼額是最高的，顯示偏遠地區之路線確實有獲得較多的支援。惟其平均每路線總行駛里程與每班次行駛里程均為最高者，故平均每延車公里受補貼額相較而言並非最高者。另一方面，集群 3 (一般型) 為接近核心都市區域之路線，其平均每班次行駛里程為最低者，故儘管其每路線受補貼額度為最低者，其每延車公里受補貼額卻是最高的集群。據此，集群 3 內受補貼路線所行經之鄉鎮市其人口密度與所得水準皆較其他兩群高，但每延車公里獲得的補貼額卻比其他兩群多，顯示現存補貼制度在偏遠區域的分配上是有值得改進的空間。

表 10 各集群之營運概況與受補貼額

	集群 1 (偏遠型)	集群 2 (潛力型)	集群 3 (一般型)
路線數 (條)	94	341	113
平均每路線行駛班次 (班次)	2,548	3,816	3,847
平均每路線總行駛里程 (公里)	90,184	81,658	58,264
平均每路線每班次行駛里程 (公里／班次)	35.39	21.40	15.15
平均每路線受補貼額	204 萬元	164 萬元	134 萬元
平均每路線延車公里受補貼額	22.58 元	20.07 元	22.93 元

此外，本研究從公路客運經營環境集群中選出「行駛偏遠地區比例」構面，並對不同集群內所有受補貼路線之受補貼金額進行單因子變異數分析，以求兩者間是否存在差異關係。分析結果 F 值為 1.466，且未達統計 0.05 之顯著水準，表示行駛於偏遠地區的多寡與其實際獲得之路線受補貼額沒有顯著差異存在。這有可能是因為行駛偏遠地區的班次、搭載乘客都少，所以政府本來就比較沒有投入過多的資源在這些路線，也不會因為某路線行駛偏遠地區比例比較多就給予較多的補助。此外，並非所有補貼路線均以偏遠為主要考量，有些路線係有其政策性之服務目標。因此，部分受補貼路線偏遠性較低，並非代表政府補貼方向有誤。

儘管政府補貼有不同之緣由，但由上述差異分析之結果，可瞭解到現有公路客運補貼制度在實施上的確有其可討論改進的空間，不但存在著與社會觀感偏差的矛盾，並且進一步造成政府補貼無效率。因此，本研究以下將以營運績效之觀點進行，藉由上述分群之結果來探討各集群內之營運績效，並針對各群績效特徵進行分析。

4.2 營運績效探討：DEA 分析

4.2.1 不同規模報酬之效率分析

為瞭解不同規模報酬情況下之集群效率值，本研究分別針對各集群路線在 DRS、IRS 及 CRS 三種規模報酬情況下之平均效率值進行分析，結果如表 11 所示。由表可看出各集群中 CRS 情況的效率值均表現最好，而在規模報酬變動（不論遞減或遞增）下，效率值均相對較低。這顯示在固定規模報酬下，公路客運路線的營運效率會比較好。基於本研究僅採用一年期之資料，經營環境可假設為固定不便，故後續分析均以固定規模報酬下之 CRS 為主要服務效能效率值。

其次，本研究亦深入分析 548 條路線在各集群之路線效率，發現有部分路線之規模效率很低，但其純技術效率值及整體技術效率值卻有較好的效率值。因此，這類路線只要對投入指標項目與產出指標項目的比例方面稍加調整，便能達到有效率的情況。

表 11 各集群效率值整理

	純技術效率				整體技術效率				規模效率			
	DRS	IRS	CRS	平均	DRS	IRS	CRS	平均	DRS	IRS	CRS	平均
集群 1	0.398	0.421	0.862	0.437	0.457	0.444	0.862	0.477	0.883	0.950	1.000	0.92
集群 2	0.103	0.145	0.153	0.125	0.181	0.155	0.153	0.167	0.626	0.958	0.997	0.801
集群 3	0.178	0.244	0.356	0.231	0.295	0.301	0.356	0.302	0.698	0.875	0.999	0.832

而效率值越低的路線，在投入指標項目與產出指標項目的比例方面，應當進行一定程度上的調整，以進一步改善規模無效率的情形。由於造成整體技術無效率的原因包含投入資源未能節省的純技術無效率，以及營運規模未達最適的規模無效率等因素。因此在不考慮規模因素，僅探討純粹技術效率的經濟意涵的情況下，代表相對無效率路線比有效率者在既定的產出水準下多了無謂或不經濟的投入成本，亦即各集群路線在投入資源運用效率上仍有改善的空間。

4.2.2 敏感度分析與差額分析

經由上述針對各集群之營運績效之分析，可瞭解現有補貼路線相對效率低的成因。本研究進一步針對 DEA 投入產出項進行敏感度分析，結果如表 12 所示。其中，差異值代表原始效率值與刪除投入項或產出項後的效率值間的差異程度。若兩者之間存在顯著的差異時，代表其影響程度大。而從表中可以看出延車公里的刪除對整體效率值變動幅度最大，代表其對該決策單位而言是屬於較優勢的評估項目。

由於敏感度分析僅能瞭解影響效率值的因素為何，為了瞭解各效率較差之路線其應行改善的方向及幅度之大小，則必須再對各投入與產出項進行差額分析。儘管 Lu 等人^[43]曾指出，由於差額分析係根據數學模式所計算而產生，因此無法一一針對各路線之投入及產出項特性與限制進行考量，僅能就現有資料找出最有利之改善途徑，故在實務上尚未將差額分析列為優先評估準則。然此一方法仍對評估各投入、產出指標的改善方向有其貢獻

表 12 敏感度分析結果

原始效率值 (平均規模效率)	集群 1		集群 2		集群 3	
	0.92		0.801		0.832	
刪除項目	效率值	差異值	效率值	差異值	效率值	差異值
路線受補貼額	0.777	0.143	0.785	0.016	0.866	-0.034
延車公里	0.526	0.394	0.614	0.187	0.678	0.154
乘客數	0.802	0.118	0.796	0.005	0.867	-0.035
營運收入	0.754	0.166	0.755	0.046	0.843	-0.011

性。故本研究仍利用差額分析以計算應減少的投入資源與應增加的產出量，進而探討可能的改善方向，結果如表 13 所示。

表 13 差額分析結果

	應減少投入量		應增加產出量	
	路線受補貼額	延車公里	乘客數	營運收入
集群 1	96,889 元	630 公里	25,192 人	12,697 元
集群 2	1,091,958 元	7,434 公里	306,491 人	22,657 元
集群 3	526,636 元	526 公里	106,204 人	64,541 元

由表 13 可知，集群 1 整體來講表現大多良好，需要改善的幅度小，與其他兩群相比無須改善太多，現階段只需維持現況即可；集群 2 則是大部分項目皆需要調整，當務之急為減少受補貼額，並減少其延車公里，此外載客數應增加，對照其集群行駛偏遠地區比例並不高 (2.19%)，故本研究建議其應轉型；最後，集群 3 雖然其延車公里在改善上沒有急迫性，不過由於其行駛偏遠地區比例為三個集群中最低 (僅 0.96%)，故可能的話減少受補貼額為可以進行改善的方向。

由於差額值為原始與目標的差距，且有效率的路線已位於效率前緣上，所以其投入或產出項之差額變數皆為 0；至於無效率路線方面，因其投入資源普遍有過多的現象，需要將投入項目進行縮減或運用管理策略將其產出之收入或載客數提升，才能使其營運效率達到效率前緣。對此結果本研究建議可藉由安排離峰時間部分車班改行駛區間車來減少營運支出；若考慮到政策性行駛，則應考慮調整票價或政府補充方式，以減少虧損，進一步減少補貼額的申請，以期達到最佳化的投入。此外，在產出項部分，各集群路線在乘客數的部分大致上都需要增加一定的幅度，不過此部分囿於現實上之限制 (目前受補貼路線就是缺乏乘客，所以才需要政府的補貼)，在調整上有其難度，因此於實務面而言並不可行。

4.3 營運策略分析：路線轉型策略矩陣

以下本節將以前述所發展之路線轉型策略矩陣為基礎，應用至公路客運受補貼路線之營運策略分析，在橫軸座標為服務效能效率值、縱軸為行駛偏遠地區比例的情況下，觀察各集群受補貼路線之情形，矩陣結果如圖 3 所示，集群內各路線依據模型分類之結果列於表 14。

1. 良效路線

此類路線為行駛偏遠地區高比率與高服務效能並存。表示此類路線其經營績效良好、前景樂觀。由結果顯示，集群 1 擁有最多的良效路線共 82 條，顯示屬於偏遠型的集群 1 路線目前虧損補貼之執行情況上符合實際需要，且服務了相對較高比例的偏遠地區。

表 14 各集群於路線轉型策略矩陣之象限路線數

	良效路線	待評路線	低效路線	轉型路線	路線數
集群 1	82 (87.2%)	0 (0%)	0 (0%)	12 (12.8%)	94
集群 2	0 (0%)	0 (0%)	42 (12.3%)	299 (87.7%)	341
集群 3	1 (0.1%)	0 (0%)	10 (8.8%)	102 (90.1%)	113

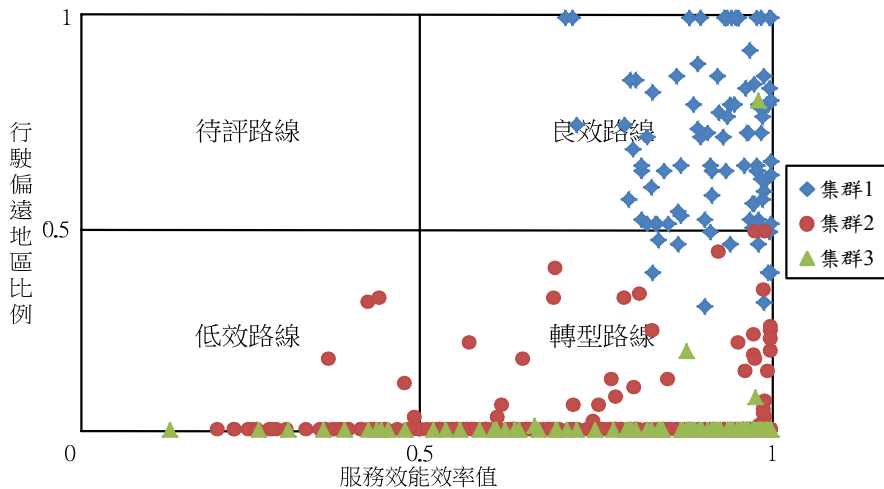


圖 3 各集群受補貼路線之路線轉型策略矩陣

2. 待評路線

依本研究結果可得知現有受補貼路線中並無存在此類型路線，由於此類為行駛偏遠地區高比率與低服務效能並存之區，雖然經營績效不佳，但所經營之路線仍可能有其存在之必要，建議主管機關應重新規劃路線與班次之分配，把握機會努力改善經營效率。

3. 低效路線

此區代表行駛偏遠地區低比率與低服務效能並存，故應採取縮減策略，將資源放在有於適當的位置中。依本研究結果，可知目前集群 1 並無路線、集群 2 有 42 條路線、集群 3 有 10 條路線，共計 52 條路線。整體而言，低效路線占群體路線之 9.49%，顯示目前仍存在約一成的路線之行駛偏遠地區比率較低，且營運績效相對較低。此可能係市場經營效果不佳，或為能符合市場需求，故可檢討是否有存續之價值，已避免不必要之資源投入。

4. 轉型路線

此類路線為行駛偏遠地區低比率與高服務效能並存。由於此地區並未行駛較多偏遠地區，且自身經營效率也高，或許爾後只要給能維持基本營運的補貼就好，若效率提高可以

視其經營效率給予額外補貼。依本研究結果可看出目前集群 1 有 12 條路線、集群 2 有 299 條路線、集群 3 有 102 條路線，共計 413 條路線。整體而言，轉型路線的數目占了相當高的比例，約為 75.36%。由此可看出目前大多數受補貼路線雖然自身服務效能不錯，但實際服務到偏遠地區的程度並不高。此路線之偏遠型態並非經營者能改變，但有可能具備轉虧為盈的機會，故應積極輔導此類路線業者往自負盈虧方向努力。

另外就各集群觀點而言，集群 1 之路線中有較高的比例為良效路線（占 87.2%），部分為轉型路線，且沒有待評路線或低效路線。由於該集群大部分路線其服務效能高且服務偏遠地區程度大，顯示政府現有虧損補貼之執行上符合市場需要。集群 2 的路線皆集中在轉型路線及低效路線，大多數為轉型路線（占 87.7%），也對應先前差額分析中集群 2 現階段應轉型的建議。儘管集群 2 之服務效能效率值均為平均以上水準，但其純技術效率值平均值僅為 0.125，顯示其整體路線成本效果略低，亦即投入資源無法獲得有效率的產出。最後，集群 3 的路線組成分佈大致上和集群 2 相似，多集中在轉型路線及低效路線（分別占 90.1%及 8.8%），只有 1 條路線為良效路線。有關此一路線轉型策略矩陣之結果，對於政府政策與建議之意涵將於 5.2 節另行討論。

五、結論與建議

5.1 研究結論

本研究主要目的為了解現有公路客運補貼制度在實施上是否有其可討論改善之空間，並藉此提出以偏遠地區為概念之分群方法，利用集群分析將現有受補貼路線依不同經營環境分成數群，並針對各集群及其路線受補貼額之關係進行差異分析。爾後以各集群內之路線為決策單位，使用資料包絡分析法評估各集群共 548 條路線之服務效能評估；除了評比效率之外，本研究另將從管理構面對受補貼路線加以歸納分析，並據此構建相關營運策略，以政府的角度來建議各集群不同類型路線往後發展之模式。

本研究主要之學術貢獻為：

1. 以偏遠地區概念探討補貼制度適當性

本研究以地理資訊系統選取地理空間資料，並整理國內相關機構文獻彙整出「偏遠地區」之定義及現有鄉鎮市分布情形，並對各受補貼路線行駛該地區之比例與其當年度所申請補貼額進行驗證。由單因子變異數分析結果可知兩者間無顯著關係，本研究認為其可能原因為行駛偏遠地區路線其班次數、載客數都少，所以政府沒有投入過多的資源在這些路線；此外，政府也不會因為某路線行駛偏遠地區比例比較多就給予較多的補助。爰此，本研究認為現有公路客運補貼制度在實施上是有其討論改進的空間。

2. 以經營環境構面對受補貼路線進行分群

本研究以公路客運業客觀經營環境的觀點對現有受補貼路線進行區隔及定位，應用二

階段集群分析，同時處理變數及標準化，將路線分群。後續針對各集群的因素分數及資料平均值，根據其特徵將受補貼路線分別為行駛地區偏遠程度高的「偏遠型」、行駛地區人口密度高的「潛力型」，以及行駛地區所得高的「一般型」。分群的原因在於不同路線有不同的需求，若給予每條路線同樣類型或等級的補貼，極可能造成某些路線的效率低落。藉由路線分群可使政府針對不同類型擬定配適的策略，使資源做更有效率的投入。在驗證部分，本研究將三個集群與集群變數進行判別分析，結果顯示在統計上 $p < 0.05$ 的顯著水準下，此三群在「行駛偏遠地區距離」、「行駛偏遠地區比例」、「平均人口密度」、「平均所得水準」、「路線加權人口密度」以及「路線加權所得水準」等六項分群變數皆存在顯著差異，且區隔分類表的結果也顯示正確判別率大於 95%，代表區別效果良好。最後，為了瞭解各集群間是否有顯著差異，本研究透過單因子多變量變異數分析，結果顯示在統計上 $p < 0.05$ 的顯著水準下有明顯差異存在。

3. 以服務效能觀點評估營運績效

本研究以資料包絡分析法對現有 548 條受補貼路線之營運績效進行衡量，投入項選擇延車公里及路線受補貼額，產出項則從 Fielding^[22]之營運績效指標分類圖中的服務效能構面選擇，最後採用載客人數及營運收入兩項。據實證結果指出，大部分路線在整體營運上仍相對缺乏效率，且缺乏的程度亦相當大；規模效率的結果也顯示出各集群路線幾乎都沒達到最適營運規模；此外，由差額分析結果得知，集群 1 整體來講表現良好，集群 3 大致上只有受補貼額需改善。只有集群 2 目前亟需進行調整與轉型。

4. 以路線轉型策略矩陣分析營運策略

本研究期以 Hedley^[42]所提出之 BCG 矩陣為概念，建構一「路線轉型策略矩陣」，將橫軸定義為各路線之效率值、縱軸為行駛偏遠地區比例後，根據各象限定義及其意涵命名為高效率且高比例的「良效路線」、高效率且低比例的「轉型路線」、低效率且高比例的「待評路線」，以及低效率且低比例的「低效路線」，政府可以依據不同類型路線針對各集群擬定相關營運策略。

5.2 管理意涵

由上述結論可知，本研究主要目的為探究現有政府針對公路客運業的虧損補貼定義是否值得檢討，並提出以偏遠地區定義為概念的分群方式，建議政府不該一視同仁，應根據不同績效表現給予補貼。有鑒於各集群其路線組成有所差異，且營運績效亦有所不同，因此本研究將從政府觀點來探討各不同類型路線應如何改善及後續補貼與否，並提出相關之具體建議。

相較於公路客運業者或乘客注重在服務品質的改善，政府則是著眼於現有公路客運虧損補貼的確實性，亦指補貼是否能夠真正達到服務民眾的目的，否則補貼效果就會大打折扣。換句話說，在現有受補貼路線皆為虧損的情況下，政府不希望情勢持續擴大，並且效率不彰。爰此，即使在虧損下政府也要補相對而言效率較好路線，故本研究同時納入偏遠

地區與營運績效值，討論不同經營環境組合下後續政府應面對之策略方針。

對於行駛高偏遠地區且績效高的良效路線，代表政府目前的補貼是有其效果的，因此政府可以繼續維持補貼下去。目前有集群 1 (計 82 條) 及集群 3 (計 1 條) 共 83 條路線，表示本研究之分群結果能確實反映政府之補貼意義。此類路線若從管理策略角度而言，現今宜採用穩定策略，即維持現有營運，另可考慮加強改善服務品質，建立更舒適及便捷的搭乘環境，增加民眾使用公路客運的意願，提高更多鄉里潛在使用人口。

對於行駛高偏遠地區不過績效差的待評路線，政府可持續觀察此路線近年來的經營情形是否一直低迷，抑或是有市場潛力只是尚未開發。如果行經地區人口數下降或其他社經條件變差，則政府可考慮停駛；更有甚者，政府也可以藉此督促業者提升其營運績效。由於目前並未有待評路線於現有受補貼路線中，也代表政府目前即可依照各路線現有經營狀況決定後續補貼與否。

至於行駛低偏遠地區且績效也差的低效路線，基本上代表該地區真的無此需求，那麼政府也就不需要補貼，甚至也可以廢除此路線。目前有集群 2 (計 42 條) 及集群 3 (計 10 條) 共 52 條路線落於此區間，建議主管機關在針對其補貼政策應考量其當初補貼之目的，並討論持續補貼是否值得，或改以提供稅費減免等其他政策性措施來取代之。

對於行駛低偏遠地區不過績效高的轉型路線，相較於良效路線而言補貼回饋程度就沒那麼高 (不是指總載客數或營收低，而是就虧損補貼的意義而言沒那麼確實)。因此，政府可以考慮以輔助業者轉型為正常路線為主，進而減少政府的補貼；如果轉型失敗，由於其基本營運績效依然優良，故政府仍可持續補貼。目前有集群 1 (計 12 條)、集群 2 (計 299 條) 及集群 3 (計 102 條) 共 413 條路線，也就是說目前絕大多數路線在現有補貼下營運情況還算良好，只是偏遠地區服務程度上略顯缺乏。政府對於此類路線現階段應採取機會策略，即採取隨時觀察內外環境變化情況、機動配合市場的需求，待時機成熟後培養成為一般營運路線。

由於現有受補貼路線的經營模式並不完全符合偏遠地區之定義與需求，尤其偏遠地區路線之營運攸關相關地區居民之交通基本權，故政府應給予必要之尊重與維持。不過由於偏遠路線營運虧損現階段缺乏法制化、合理化之補貼政策，造成業者無所適從，且因業者經營成本不夠透明公開，導致分配補貼額與業者申請間有明顯差距。以上問題政府應當檢討並另思改善方案。

呈上所述，若一般偏遠地區路線需求旅次確實不高 (如本研究所定義之「潛力型路線」) 且效率值低落，則不一定要採取傳統的公路客運，反而可嘗試改用計程車共乘 (carpooling) 或撥召公車 (dial-a-Ride) 的型態來提供服務，以轉乘之方式將居民送至班次較多之路線或轉運站，而將資源挹注在接駁班次及轉運設施上。此外，對於投入资源配置不佳的路線，本研究建議其改善方式為安排離峰時間部分車班改行駛區間車及調整票價等措施。因此，偏遠地區大眾運輸服務之改善，除目前之營運虧損補貼外，應研擬各項可行方式，除本研究所探討之行駛地區社經與營運環境外，針對居民旅次需求特性、可用資源等皆可以納入討論，務求以最適當之分配方式，將政府有限之預算做有效度的支出，以修正現有公路客

運業經營上的惡性循環。

5.3 研究限制與後續研究建議

囿於時間、人力的限制，本研究僅就民國 99 年公路客運業年度統計資料進行資料包絡分析法，故一般常用於評估跨週期效率衡量的 Malmquist Index 生產力指數在本研究便無法進行，即無法得知既有受補貼路線近年來的營運趨勢及變化情形。若資料夠完整，建議可進行二階段 DEA 並採用 Tobit 迴歸模式，藉此找出造成各集群不同效率的成因。此外，由於本研究所取得之業者營運資料係以業者提供之會計資料進行分析，無法驗證資料的精確性，故未來在全面電子票證實施後，應可取得更精確完整之資料進行分析。

其次，本研究所使用的營運績效指標是從 Fielding^[22]之營運績效指標分類圖中的服務效能構面選取，並根據相關文獻選擇投入及產出項。至於另外兩項構面（成本效率及成本效能）於本研究並無探討及應用，但其對於業者評估經濟效率和調整行銷及服務方向策略等方面仍具有重要的意義，故建議後續研究可加以探討。

再者，投入與產出項的選擇對於資料包絡分析法評估的結果有很大的影響。本研究受限於資料不完整，且 DEA 本身並未具有變數適性檢測功能，僅能就同向性檢定了解投入及產出項間是否符合基本假設，故無法判定所選變數是否合適。本研究投入項除了受補貼額外僅另選擇延車公里為變數，其主要因為資料蒐集的不易，且大多數的文獻中大多使用延車公里為投入變數，故本研究選用此項變數，但這並非為唯一的指標。建議後續研究可多加入多項投入變數，例如員工數、車輛數...等變數納入討論。

此外，本研究之策略分析係以 BCG 矩陣之概念為基礎，發展出一路線轉型策略矩陣。然而，此一矩陣僅能就當年度之補貼結果進行探討。爾後若行駛偏遠地區路線比例有所調整或改變，則分析象限亦並非固定不變，需再重新評估分析。本研究僅能就此策略矩陣之結果提出改善政策建議，不能就分類過程進行驗證，因此建議後續相關研究可對策略矩陣之確切性進行探討。

另一方面，本研究目的為提出一偏遠地區之概念並進行分群，再討論各自營運績效，故主要聚焦於探討不同集群和類型之路線之效率值及相關策略分析。建議後續研究可以就補貼額的觀點進行，討論補貼額的多寡或有無對現有受補貼路線營運的影響。

最後，在實際進行路線補貼之時，對於補貼方式、評審作業以及補貼額度，是否能同時考量「虧損」與「績效」之平衡，則是主管機關應深入考慮的議題^[6]。尤其對於偏遠地區公路客運之補貼，是否給予較多補貼就能符合「公平正義」的原則？是否會造成資源的浪費？而對民眾是否真能獲得更便利的交通運輸？這將是後續研究值得深入探討的課題。此外，在政府資源有限的情況下，各項「政策性」補貼亦應有其既定目標，以使投入資源能發揮效用。若政策要求補貼一條承載率非常低之路線，那麼這種補貼就必須有更明確之目的。「服務性」或「政策性」的模糊定義，亦會使得政府補貼的策略定位不明確。未來研究應可探討是否有其他更有效率之資源投入方式，或者更明確的策略作為，突破現

有虧損補貼的法令制度，納入績效之獎勵機制，以激勵業者之自我上進心態。

參考文獻

1. Mulley, C. and Nelson, J. D., "Flexible Transport Services: A New Market Opportunity for Public Transport", *Research in Transportation Economics*, Vol. 25, No. 1, 2009, pp. 39-45.
2. Walker, J., "Purpose-Driven Public Transport: Creating a Clear Conversation about Public Transport Goals", *Journal of Transport Geography*, Vol. 16, No. 6, 2008, pp. 436-442.
3. 張有恆、李治綱、呂錦山、游俊雄、謝文真、曾曉瑜、余佩蓁、鄧雪吟、郭建辰、曾于娟、蘇瑞怡、翁嘉鴻、王穆衡、蔡欽同，**大眾運輸事業法定優待票價差額補貼作業執行方式之研究**，交通部運輸研究所，臺北，民國 96 年。
4. 林彥琪，「因應政府發展大眾運輸政策地區性公路客運經營策略之研究」，國立交通大學交通運輸研究所碩士論文，民國 92 年。
5. 杜善良、洪德旋、楊美鈴、陳永祥，**偏遠地區客運停駛問題專案調查研究報告**，初版，監察院，臺北，民國 99 年。
6. 王穆衡、翁美娟、張贊育、黃立欽，**公路汽車客運業營運虧損補貼計畫之效益分析**，交通部運輸研究所，臺北，民國 92 年。
7. 王穆衡、張贊育、張世龍、黃立欽，「我國公路汽車（市區）客運偏遠或服務性路線市場之發展回顧與探討」，**運輸計劃季刊**，第 41 卷，第 2 期，民國 101 年，頁 165-192。
8. 陳敦基、李明彥，「臺北市公車受補貼路線 1996-1999 年度生產力變動之研究」，**運輸計劃季刊**，第 32 卷，第 1 期，民國 92 年，頁 1-30。
9. 陳敦基、蕭智文，「公路客運總體績效 DEA 評估模式建立之研究」，**運輸計劃季刊**，第 23 卷，第 1 期，民國 83 年，頁 11-40。
10. 游明敏，「促進大眾運輸發展方案對公路客運業經營績效及生產力之影響」，國立臺灣海洋大學運輸科學系碩士論文，民國 93 年。
11. Yu, M. M., "Productivity Change and the Effects of Enhancement of Mass Transportation Program on the Bus Transit System in Taiwan", *Transport Reviews*, Vol. 28, No. 5, 2008, pp. 573-592.
12. Yoshida, Y., "Endogenous-Weight TFP Measurement: Methodology and Its Application to Japanese-Airport Benchmarking", *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Vol. 40, No. 2, 2004, pp. 151-182.
13. Odeck, J., "The Effect of Mergers on Efficiency and Productivity of Public Transport Services", *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 42, No. 4, 2008, pp. 696-708.
14. Hirschhausen, C. and Cullmann, A., "A Nonparametric Efficiency Analysis of German Public Transport Companies", *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Vol. 46, No. 3, 2010, pp. 436-445.

15. 邱裕鈞、王銘德、黃彥斐，「臺灣地區公路客運供給與補貼之區域資源分配差異分析」，**運輸計劃季刊**，第 41 卷，第 2 期，民國 101 年，頁 399-434。
16. 王穆衡、黃立欽、張贊育、曾幸敏，**公共汽車客運業路線經營權取得、補貼、運價及評鑑制度整合之研究**，交通部運輸研究所，臺北，民國 92 年。
17. 蘇昭銘、王穆衡、薛雅方、曾幸敏、張志鴻，「公路汽車客運路線 GIS 空間資料建置方法之研究」，**運輸計劃季刊**，第 38 卷，第 2 期，民國 98 年，頁 151-172。
18. Sutton, J., "GIS Applications in Transit Planning and Operations: A Review of Current Practice, Effective Applications and Challenges in the USA", *Transportation Planning and Technology*, Vol. 28, No. 4, 2005, pp. 237-250.
19. Currie, G., "Quantifying Spatial Gaps in Public Transport Supply Based on Social Needs", *Journal of Transport Geography*, Vol. 18, No. 1, 2010, pp. 31-41.
20. Lao, Y. and Liu, L., "Performance Evaluation of Bus Lines with Data Envelopment Analysis and Geographic Information Systems", *Computers, Environment and Urban Systems*, Vol. 33, No. 4, 2009, pp. 247-255.
21. Karlaftis, M. G. and McCarthy, P., "Subsidy and Public Transit Performance a Factor Analytic Approach", *Transportation*, Vol. 24, No. 3, 1997, pp. 253-270.
22. Fielding, G. J., *Managing Public Transit Strategically: A Comprehensive Approach to Strengthening Service and Monitoring Performance*, Jossey-Bass Publishers, San Francisco, 1987.
23. Falcocchio, J. C., "Performance Measures for Evaluating Transportation Systems: Stakeholder Perspective", *Transportation Research Record*, No.1895, 2004, pp. 220-227.
24. Sheth, C., Triantis, K., and Teodorovic, D., "Performance Evaluation of Bus Routes: A Provider and Passenger Perspective", *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Vol. 43, No. 4, 2007, pp. 453-478.
25. Tsamboulas, D. A., "Assessing Performance under Regulatory Evolution: A European Transit System Perspective", *Journal of Urban Planning and Development*, Vol. 132, No. 4, 2006, pp. 226-234.
26. 林嘉信，「臺灣地區國道汽車客運業之績效評估－三階段資料包絡分析法之應用」，國立中山大學公共事務管理研究所碩士論文，民國 96 年。
27. 陳志成、周榮昌、寇世傑，「臺灣國道客運公司生產效率之分析」，中華民國運輸學會第 24 屆論文研討會，中華民國運輸學會，民國 98 年。
28. 廖勝裕，「應用 SBM-DEA 三階段模式於都市客運營運路線績效之研究－以臺中市為例」，國立中央大學土木工程學系碩士論文，民國 99 年。
29. Boame, A. K., "The Technical Efficiency of Canadian Urban Transit Systems", *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Vol. 40, No. 5, 2004, pp. 401-416.
30. 李文彬，「以資料包絡分析探討臺灣客運公司之營運與環境績效研究」，國立成功大學環境工程學系碩士論文，民國 97 年。
31. De Borger, B., Kerstens, K., and Costa, A., "Public Transit Performance: What Does One Learn

- from Frontier Studies?”, *Transport Reviews*, Vol. 22, No. 1, 2002, pp. 1-38.
32. Sampaio, B. R., Neto, O. L., and Sampaio, Y., “Efficiency Analysis of Public Transport Systems: Lessons for Institutional Planning”, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 42, No. 3, 2008, pp. 445-454.
33. Punj, G. and Stewart, D. W., “Cluster Analysis in Marketing Research: Review and Suggestion for Application”, *Journal of Marketing Research*, Vol. 20, No. 2, 1983, pp. 134-148.
34. Okazaki, S., “What Do We Know about Mobile Internet Adopters? A Cluster Analysis”, *Information and Management*, Vol. 43, No. 2, 2006, pp. 127-141.
35. Brian, S. E., Landau S., and Leese, M., *Cluster Analysis*, Oxford University Press, New York, 2001.
36. Chakrapani, C., *Statistics in Marketing Research*, Oxford University Press, New York, 2004.
37. 陳順宇，**多變量分析**，第4版，華泰文化，臺北市，民國94年。
38. Charnes, A. W., Cooper, W., and Rhodes, E., “Measuring the Efficiency of Decision Making Unites”, *European Journal of Operational Research*, Vol. 2, No. 6, 1978, pp. 429-444.
39. Banker, R. D., Charnes, A., and Cooper, W. W., “Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis”, *Management Sciences*, Vol. 30, No. 9, 1984, pp. 1078-1092.
40. 馮正民、邱裕鈞，**研究分析方法**，初版，建都文化事業股份有限公司，新竹，民國93年。
41. Chen, C. M., “A Network-DEA Model with New Efficiency Measures to Incorporate the Dynamic Effect in Production Networks”, *European Journal of Operational Research*, Vol. 194, No. 3, 2009, pp. 687-699.
42. Hedley, B., “Strategy and the Business Portfolio”, *Long Range Planning*, Vol. 10, No. 1, 1977, pp. 9-15.
43. Lu, W. M., Wang, W. K., Hung, S. W., and Lu, E. T., “The Effects of Corporate Governance on Airline Performance: Production and Marketing Efficiency Perspectives”, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Vol. 48, No. 2, 2012, pp. 529-544.

運輸計劃季刊稿約

- 一、本刊歡迎國內外有關運輸之工程、經濟、規劃、管理、資訊等未經刊登於其他刊物之中、英文研究論著；已刊登者，雖使用語文不同、題目更改、或內文經改寫，均不接受投稿。已於國內外會議發表之論文，不論有無收錄於其會議資料中，除經大幅修改者外，均請作者提附該會議主辦者之同意書，並於論文中加註說明。論文如屬接受公私機關團體委託研究出版之報告書之全文或一部分或經重新編稿者，作者應提附該委託單位之同意書，並於論文中加註說明。交通部運輸研究所同仁擬投稿件如屬所內已結案或未結案之計畫者，應依照本所出版品管理作業要點第十一條之規定辦理。凡由本刊主動邀稿者，不受上述各項限制。
- 二、為便於一次刊出，來稿以二萬五千字為限，其中應包括三百字以內之摘要一篇及三至五個關鍵詞，並請註明姓名、身分證字號、戶籍地址、服務單位、職稱、聯絡地址及電話。
- 三、中文稿之題目、作者姓名、摘要及關鍵詞均請附英文。文稿中需註釋處，請標明上標無括號序碼，並請從題目、作者介紹開始，往下連續編號，再於引註當頁下方加橫線排印註釋。文稿中之數學式，函數請排正體字，變數請排斜體字。圖及表中之中文字請排細明體，英文字請排 Times New Roman 體，圖原則上不加框，表之框線均採細線。
- 四、參考文獻請按出現序排列，文稿中提及時請標明上標加括號序碼，參考文獻必須是文稿所引用者始得列入，且參考文獻內容必須依本刊規定格式完整無缺列入。參考文獻中，英文之逗點、句點均採英國式排於引號外。本刊參考文獻編排規定格式及範例如下：
 - 1.期刊論文：作者姓名（姓在前名在後），論文篇名，期刊名稱，卷期，出版日期，起迄頁碼。
中文例：林楨家、李家儂，「用於都市地區活動分布之灰色 TOD 規劃模式」，**運輸計劃季刊**，第 34 卷，第 1 期，民國 94 年，頁 63-91。
英文例：Cervero, R. and Kockelman, K., "Travel Demand and the 3Ds: Density, Diversity, and Design", *Transportation Research A*, Vol. 2, No. 3, 1997, pp.199-219.
 - 2.圖書單行本：作者姓名，書名，版次（無則免列），出版社，出版地，出版日期。
中文例：黃芳銘，**結構方程模式：理論與應用**，第 5 版，五南圖書出版股份有限公司，臺北，民國 96 年。
英文例：Nunnally, J. C., *Psychometric Theory*, 2nd Ed., McGraw-Hill, New York, 1978.
 - 3.研討會論文：作者姓名，論文篇名，研討會/論文集名稱，冊別（無則免列），舉辦單位，出版日期，起迄頁碼。
中文例：溫傑華、藍武王、趙國婷，「國道客運車輛下層設置座位或臥鋪接受之研究」，中華民國運輸學會第 16 屆學術論文研討會論文集，第 1 冊，中華民國運輸學會，民國 90 年，頁 221-230。
英文例：Eberhart, R. C. and Kennedy, J., "Particle Swarm Optimization", *Proceedings of IEEE International Conference on Neural Networks*, Vol. IV, Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1995, pp.1942-1948.
 - 4.博、碩士論文：作者姓名，論文名稱，學校系所，出版日期。
範 例：陳勝智，「以大眾運輸導向發展理念進行車站地區都市再發展之探討」，成功大學都市計劃研究所碩士論文，民國 90 年。
 - 5.政府出版圖書/規範：政府機關名，圖書/規範名，出版日期。
範 例：交通部統計處，**中華民國交通統計年鑑**，民國 94 年。
 - 6.網頁資料：作者姓名/網頁機關名，文章篇名/連結主題名，網址，網頁下載日期。
範 例：交通部運輸研究所，「全國路況資訊中心」，<http://e-traffic.iot.gov.tw/>，民國 97 年。
 - 7.與以上所列文獻格式不同者，請改以註解方式列出。
- 五、來稿請備一式三份，打印清楚；照片、圖片請附寄原本，凡無法清晰辨認及製版者，恕不接受；並請提供 Microsoft Word 97（含以上）版本可讀檔案格式之電子檔。
- 六、運輸計劃季刊編輯室對來稿在不變更其論點之原則下有刪改權；來稿一經發表，當酌致稿酬；其他刊物如需轉載，應同時徵得作者及本所同意，並註明出處。
- 七、來稿請附本刊保證及授權書寄：10548 臺北市敦化北路 240 號 6 樓交通部運輸研究所運輸計劃季刊編輯室。

Transportation Planning Journal Quarterly GUIDELINES FOR THE SUBMISSION OF PAPERS

1. The Journal welcomes the submission of previously unpublished research papers from all countries, which are related to engineering, economics, planning, management, and information processing of transportation systems. Previously published papers, even if published in a different language, with a different title, or modified contents, will not be accepted. Unless drastically revised since conference presentation, papers which have been previously presented in domestic or international conferences, regardless of whether they had been included in the conference proceedings or not, must be submitted with a letter of consent from the conference organizer, and such a presentation must be duly noted in the paper itself. Papers which duplicate or contain portions of study reports of research projects, edited versions thereof, or funded by government agencies or private organizations, should be submitted with a letter of consent from the funding agency, and this must be duly noted in the paper itself. Papers submitted by the staff of the IOT should comply with its "Guidelines for Publications". The above terms do not apply to invited papers and articles.
2. The length of submitted papers should not exceed 25,000 characters/words, and should include an abstract of no more than 300 characters/words, as well as 3 to 5 key words, and the author's name and position, institution, contact address, and telephone number.
3. Papers written in Chinese should also carry an English version of the abstract, including the title of the paper, the name of the author, and key words of the paper. Notes should be numbered consecutively in the order in which they first appear in the text and should be started with the title and the introduction of the author(s). References listed should be limited to all those mentioned and quoted in the text, and should be numbered consecutively in the order in which they have been mentioned in the text. The Times New Roman font should be used for the English version. Print all the mathematical equations and functions. And variables should be typed in italics.
4. The guidelines of reference formats are as follows:
 - (1) Journal: authors (beginning with the last name), article title, journal title, volume number, publish date, and page numbers.
 - (2) Book: authors, book title, edition number, publisher, place of publication, publish date.
 - (3) Conference paper: authors, paper title, conference title, sponsor, publish date, and page numbers.
 - (4) Doctoral dissertation or master thesis: author, title of the dissertation/thesis, department, college, and publish date.
 - (5) Government publication: government authority, name of the publication, and publish date.
 - (6) Web page: author or authority, article title or related link, URL, date of downloading.
5. Papers should be submitted with three copies of manuscript typed in a clearly legible form and an electronic file accessible by the Microsoft Word 97 (and above). All graphs and photographs should be submitted in originals. No illegible submissions will be accepted.
6. The Editor's Office of the Transportation Planning Journal Quarterly (TPJ Quarterly) reserves the right to edit and make any changes to the submitted papers, provided that such editing changes do not alter the paper's original content. Upon the acceptance of a paper for publication, the TPJ Quarterly shall remunerate the author for the contribution of the paper. The TPJ Quarterly reserves the copyright on all of its published papers, and all reproductions of such papers must receive a prior permission of the author and this journal, and meanwhile indicate the sources.
7. All submissions should be sent to the following address:

The Editor's Office
Transportation Planning Journal Quarterly
Institute of Transportation
6F., No. 240, Dunhua N. Rd.,
Taipei City 10548, Taiwan (R.O.C.)

保證及授權書

茲保證本人著作「
符合運輸計劃季刊稿約之規定，刊登後並授權中華民國（代表機關：交通部運輸研究所）得以重製、公開傳輸、散佈方式利用本著作，且得授權第三人為相同之利用，並同意得提供予其他資料庫進行刊載及相同之利用，本人並承諾對中華民國（代表機關：交通部運輸研究所）或其再授權利用之人不行使著作權。本人保證本著作無侵害他人著作權情事，如有違反，願就侵害他人著作權情事負損害賠償責任，並對中華民國（代表機關：交通部運輸研究所）因此肇致之損害負賠償責任。本人承諾本著作經貴刊刊登後，不再以同一稿件，或將題目更改，或將內容改編，轉投其他國內、外刊物登載，如有違反，同意貴所得公布本人姓名並永不再接受本人投稿。此致
中華民國（代表機關：交通部運輸研究所）
立保證及授權書人（所有作者均請簽章，姓名後註明身分證字號）：

中 華 民 國 年 月 日

LETTER OF GUARANTEE

This letter serves to guarantee that my paper entitled ' _____', conforms to the "Guidelines for the Submission of Papers" of the Transportation Planning Journal Quarterly, and that I hereby authorize the Republic of China (represented by the IOT of the Ministry of Transportation and Communications) and any third party to reproduce、public transmission、distribution my paper. I also agree my paper could be exchanged to the other database and to abandon the author's copyright to the Republic of China (represented by the IOT of the Ministry of Transportation and Communications) and users from the database. I guarantee that I did not infringe upon the copyright of the paper of any other person. If I violated this rule, I should take on the responsibility for compensation to the author and to the Republic of China (represented by the IOT of the Ministry of Transportation and Communications) accordingly. I guarantee that once this paper is published in the TPJ Journal, I will not make redundant or duplicate publication (i.e., submission of the same article, or with a different title, or modified content) to other journals or periodicals in the Republic of China or any other countries. I agree that in the event of any violation of the stated terms on my part, the IOT may announce my name in public and shall reject all my papers afterwards.

This guarantee is provided to the Institute of Transportation, Ministry of Transportation and Communications.

Signature (both author's and co-authors):

Date: _____

運輸計劃季刊

TRANSPORTATION PLANNING JOURNAL

中華民國六十年十一月創刊

發行人：林志明

審查者：運輸計劃季刊審查委員會

編輯者：運輸計劃季刊編輯指導會

召集人：林志明

編輯委員：張家祝 曹壽民 馮正民 林大煜 黃德治 曾國雄 吳榮貴 顏上堯

主編：曹瑞和

副主編：廖美容

編輯：洪銘揚

出版者：交通部運輸研究所

地址：10548 臺北市敦化北路 240 號 6 樓

網址：www.iot.gov.tw (中文版 > 圖書服務 > 運輸計劃季刊) (本書同時登載於本所網站)

電話：(02)23496882

印刷所：萬達打字印刷有限公司

地址：106 臺北市新生南路 3 段 84-1 號 2 樓

電話：(02)23639367 • 23627718

本期印製 950 冊

經銷處：國家書店

104 臺北市松江路 209 號 1 樓 • 電話：(02)26579211

五南文化廣場

400 臺中市中山路 6 號 • 電話：(04)22260330

交通部運輸研究所運輸資訊組

電話：(02)23496880

每冊售價 100 元

中華郵政臺北誌字第 420 號執照登記為雜誌交寄

截至 102 年 9 月 20 日運輸計劃季刊稿件處理統計：審查及修改中 22 件，待刊登 3 件。

本刊參與國科會社會科學研究中心「補助期刊審查專書書稿」業務，並因應 TSSCI 資料庫建置需求，授權國科會社會科學研究中心進行期刊論文之中英文摘要與全文數位化、重製等加值流程，以電子形式透過單機、網際網路、無線網路或其他公開傳輸方式，提供用戶進行檢索、瀏覽、下載、傳輸、列印等行為。

Publisher：Transportation Planning Journal Quarterly

Editors：Editorial Board of Transportation Planning Journal Quarterly

Chairman：Mr. Lin, Tyh-Ming

Address：Institute of Transportation

Ministry of Transportation and Communications

6F., No. 240, Dunhua N. Rd.,

Taipei City 10548, Taiwan (R.O.C.)

運輸計劃

第四十二卷・第三期

季刊

**TRANSPORTATION
PLANNING JOURNAL**

QUARTERLY VOL. 42, NO.3

ISSN 1017-7159



9 771017 715003

GPN : 2006000012

定價 100 元