

國立交通大學

交通運輸研究所

博士論文

No.025

特殊尖峰需求下鐵路列車排程規劃
之最佳化模式

研究生：周永暉

指導教授：張家祝教授 黃承傳教授



中華民國八十九年六月

特殊尖峰需求下鐵路列車排程規劃之最佳化模式

An Optimization Model for Railroad Train Dispatching *under Extraordinary Peak Demand*

研 究 生：周 永 暉

Student : *Yung-Hui Chou*

指導教授：張 家 祝

Advisor : *Chia-Juch Chang*

黃 承 傳

Cherng-Chwan Hwang

國立交通大學
交 通 運 輸 研 究 所
博 士 論 文

A Dissertation

Submitted to Institute of Traffic and Transportation

College of Management

National Chiao Tung University

in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Doctor of Philosophy

in

Engineering

June 2000

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中 華 民 國 八 十 九 年 六 月

誌 謝

每每翻閱博碩士論文時，往往會先睹誌謝，期待看看他人在研究期間的感想與心得，以從中獲取些許傳承或經驗，如今到了自己著墨的時候。回首八載博士班在職生涯的學習階段裡，雖東學學、西念念，但也在這跌跌撞撞的體驗中，方逐步建立自己處世的價值系統。這要感謝入學時，承蒙交通部張次長家祝、交通部運研所林所長大煜的支持與推薦，得以在職攻讀學位，並鼓勵有加，以及交大管研所楊教授孟晉老師，臨退休前還特別期勉弟子切記：「未出土前深紮根；到凌雲處猶虛心」。

有幸能受業於兩位德學兼備、學術風格迥異的張次長家祝老師與黃教授承傳老師之指導與教誨，實難以筆墨形容我內心的感謝。張次長從論文架構的啟發到研究瓶頸的指引，頗費心力，即使公務繁忙也常給予生活上的關懷與照顧；黃老師愷切的教導，對論文悉心斧正且提供諸多協助。學位口試時，台灣大學土研所周教授義華、成功大學交研所李教授治綱、淡江大學運科所張教授堂賢中肯評論與惠賜卓見，以及本校馮教授正民與汪教授進財，自論文計畫書審查起即給予熱心建議與指正。誠摯地感謝口試委員與交研所師長們對學術創意、嚴謹、實用之要求，讓學生領悟古人所謂「藥無貴賤，癒病者良；法無優劣，契機者妙」之真諦。

在論文寫作期間，要特別感謝交通部運研所許書耕學長、曹瑞和學長、張開國學長、王穆衡學棣與葉祖宏學棣，分別在模式架構、研究內容或編輯作業，提供諸多寶貴意見，並給予最大的激勵與協助。而交研所洪瑛瓊學姐、交通部張慎儀學姐也提供行政上最多的協助，還有運研所工作伙伴、高鐵局長官同事、親友同學們的關心，在此謹致謝忱。摯友立謙在程式撰寫的協助與陪同熬夜指導之情，台鐵局張喜美學姐資料提供，銘記在心。最後，謹以此論文獻給年邁的雙親，感激他們多年來的照顧與「叮嚀」，同時也要感謝姊姊、姊夫的關懷，還有漢樺、漢蓓憑添不少「樂趣」。此時此刻，在這林業試驗所，知道自己對植物知識的貧乏，但卻不減我對這片山林的熱愛；若以林地比喻學域，也正提醒自己為學應有志在千里的胸襟與態度。

周 永 暉

謹誌於福山植物園

2000 年 6 月 15 日

摘 要

台灣地區西部走廊城際運輸型態特性中，鐵路運輸在連續假期扮演著尖峰疏運之功能與角色，尤以民俗假期疏運返鄉人潮為最。因此，如何因應特殊長假期之高需求強度現象，建立一套符合旅客需求與改善原有排程績效之列車排程機制，一直是學術與實務探討之重要課題。

鐵路旅客列車排程規劃問題，涉及旅客需求、停站規劃、列車排班等三個不同層次階段之規劃作業。本研究嘗試構建一列車排程規劃模式，將營運者與使用者的權益同時兼顧於排程規劃機制之中，並以列車載客營收值與旅客旅行時間節省效益最大化作為規劃目標。同時為能在排程規劃之決策過程裡合理反映旅客需求，乃在調節列車運輸服務規劃作業時，依據市場區隔理念，區隔長、中、短程不同旅運長度的旅客市場服務設計。基於此，本研究首先參酌國內外文獻，經擷取鐵路旅客之不同旅次長度組合，以敘述性偏好法構建旅客偏好模式，並選取旅行時間差距、發車時間與有無座位服務為效用函數決策變數，作為旅客選擇行為之研究基礎。其次，本研究為有效運用現有的鐵路資源，引用優先權觀念，在特殊假期尖峰時段優先指派高等級列車與長運程旅客，並發展出能處理多車種列車最佳班次數之排程規劃問題的啟發式求解程序。

本啟發式演算法在求解所構建的旅客需求列車排程分析模式時，係透過假期尖峰旅客偏好模式作為列車營運計畫之重要媒介，而以規劃目標值為新列車排程之尋優指標，求解出最佳列車車種組合、發車時點排程、列車停站數及其停靠站址。最後，以民國 86 年清明節連續假期台鐵資料進行個案研究，經分析結果顯示確實能求得一成效不錯之可行排程方案，確認本尋優程序可因應旅客需求特性，決定最佳列車發車時點及其最佳停站組合方式的排程問題，並得以有效提昇鐵路運輸的整體效益。

本研究建議未來在特殊假期時段，台鐵應對旅客運輸市場作有效區隔和取舍，並落實「長途旅客搭乘鐵路列車，短途旅客搭乘公路客運」之構想，以達連續假期運輸資源有效運用及合理分配之目的。

關鍵詞：假期尖峰需求；鐵路排程模式；旅客偏好模式；優先權指派；
啟發式求解法

ABSTRACT

In Taiwan, extraordinary high travel demand always occurs in intercity travel market during long-weekend holidays, which continuously bothers both transportation operators and their customers. Developing a better strategy for train dispatching to deal with such a special need has long been an important subject for both research study and real world operation.

In real word operation, railroad train dispatching plan must consider the requirements in three different aspects including customer preference, train stopping scheduling and train dispatching. The study would like to define a strategy to better utilize the Taiwan Railway Administration (TRA) existing resources, which can provide long-distance customers a higher service priority in long-weekend holidays. It is trying to gain the best benefit for the society according to the concept of transportation demand management. It means if no matter how many efforts were devoted the service quality is hardly to improve simply because of excessive demand, then the service providers needs to define their main service subject from the railroad's passenger market. Based on the concept of different traveling time, different departure time, and the availability of seat which are used to develop the decision function for travellers in each category, the during long-weekend holidays was divided into three different categories according to the distance of travel.

According to this idea, the study has proposed a railroad train-dispatching model, which has considered railroad travellers' preference in long-weekend holidays. Under this modelling approach, long distance customers and higher class of trains are given a higher priority in dispatching arrangement. This model can be used to develop a whole day schedule including train dispatching departure times and stopping pattern for each train. A heuristic algorithm has been applied to develop this analytical model. Maximum the combination of operation income and customers' travelling time saving has been the objective of the model. Under this given objective, the model can

obtain the best plan of train dispatching for a long-weekend holiday. A ticket selling data provided by the TRA in long-weekend holidays during 1997 has been used to verify the model. Results indicate that the model does provide a better service than traditional ways. Customer time saving is the most obvious benefit provided by the model.

It is recommended that under a special condition, such as long-weekend holidays, to better utilize the operation resources, each mode of transportation needs to identify its service market according to their special capability in transportation. Generally most transportation professionals believe that railroad must input more resources in long distance customer market, and bus companies should pay more attention on the short distance customer market. Ideally, this kind of arrangement is better off for the society in many aspects.

Key Words: *Holiday peak demand; Railroad train-dispatching model; Travellers' Preference Models; Priority allocation; Heuristic algorithm*

目 錄

頁次

摘要.....	I.
目錄.....	IV
表目錄	VI
圖目錄	VIII

第一章 緒 論

- 1.1 研究動機與背景1
- 1.2 研究目的 2
- 1.3 研究範圍與限制3
- 1.4 研究方法與架構4
- 1.5 研究內容與流程6

第二章 文獻回顧

- 2.1 鐵路排程規劃方法 9
- 2.2 排程模式求解程序 13
- 2.3 鐵路旅客需求預測 15
- 2.4 敘述性偏好法在鐵路旅客選擇行為之應用17
- 2.5 其他相關研究 19
- 2.6 文獻評析與啟示21

第三章 特殊假期鐵路旅客需求之特性分析

- 3.1 市場區隔下台鐵旅客需求特性 23
- 3.2 旅次長度下之尖峰需求特性 25
- 3.3 不同車種下之潛在旅客需求 31

第四章 特殊假期列車排程規劃之概念模式

- 4.1 基本構想 40
- 4.2 概念模式說明 42
- 4.3 模式設計與構建概念 43

4.4 求解策略.....	45
---------------	----

第五章 鐵路旅客偏好模式之構建與分析

5.1 問卷設計.....	47
5.2 資料蒐集與調查方法.....	48
5.3 效用函數決策變數之選取.....	50
5.4 旅客偏好模式之構建.....	53
5.5 模式校估與檢定.....	54

第六章 排程規劃之啟發式求解方法

6.1 設計理念.....	64
6.2 求解程序.....	66
6.3 模式求解說明.....	71

第七章 個案研究

7.1 實例選擇.....	79
7.2 各種參數設定.....	80
7.3 台鐵連續假期旅客偏好模式參數.....	82
7.4 新排程績效評估.....	83
7.5 敏感度分析.....	91

第八章 結論與建議

8.1 結論.....	98
8.2 建議.....	100

參考文獻.....	102
-----------	-----

附錄一 模式參(變)數一覽表.....	附錄- 1
---------------------	-------

附錄二 連續假期台鐵旅客偏好問卷調查表(部分樣張).....	附錄- 3
--------------------------------	-------

附錄三 台鐵旅客偏好模式相關分析資料.....	附錄- 6
-------------------------	-------

附錄四 鐵路列車排程規劃程式.....	附錄-13
---------------------	-------

附錄五 台鐵列車班表及旅客相關基本資料.....	附錄-29
--------------------------	-------

簡例.....	著- 1
---------	------

第一章 緒論

1.1 研究動機與背景

長期以來，台灣地區每逢連續假期鐵路旅客激增，且出發時間過於集中，致使同一時段需求量超過列車正常的服務能量，導致鐵路運輸服務水準嚴重惡化，所以連續假期鐵路旅客疏運問題，便成為社會大眾關切的話題。依據交通部統計處民國 85 年春節假期統計資料顯示，台灣地區連續假期民眾搭乘鐵路運具者仍佔使用大眾運輸工具之比例最高，約佔 55.27%（達 330.6 萬人次），公路客運者（即台汽和統聯）佔 35.63%（約 213.1 萬人次），航空運輸之比例則佔 9.1%（約 54.3 萬人次），顯現鐵路客運在交通運輸系統中的重要性。然而在傳統台鐵列車服務計畫，卻遲遲無法改善旅客需求遠大於鐵路運能之營運窘境，不僅未能因應城際運輸市場的結構性變化，而且也未體察連續假期旅客起迄分布型態，尤其是民俗假期（如：春節、清明節等）所呈現之問題更形嚴重。此一台鐵假日運能嚴重不足問題，陳武正（民國 85 年）曾進一步提出幾個有關台鐵春節疏運計畫之建議方案，其中研擬改善策略的基本原則有三：一、維持既有預定加班運作計畫之方式；二、考量相關配合措施之可行性；三、儘量以加掛車廂為主，加開列車為輔。惟前述方法若仍延襲過去傳統的列車調派方式，則台鐵勢必喪失發展契機。就如同台鐵員工座談會（民國 85 年）中，員工發言內容雖略見龐雜，但業已體認鐵路運輸內外環境丕變，而企盼突破現有排班模式，以有效服務星期例假日旅客運輸之需求。在台灣地區長假期尖峰需求之際，如何運用有限列車供給資源，配合旅客實際需求脈動，彈性調整列車營運服務計畫已是當前最重要之課題。

在國內相關研究中，雖有呼籲連續假期應調整列車排程計畫，並要求減少過多停靠站所造成旅客延滯之問題，但卻僅限於概念性闡述，未進一步探討如何分析鐵路列車排程，以因應日益競爭的運輸環境。而在鐵路列車系統規劃方法發展至今，對列車排程研究往往將旅客需求作假設性條件安排，此一結果突顯鐵路列車調度無法充分掌握旅客需求之事實。此外，近年來，雖多以改善列車營運可靠度為研究重點，而且隨著求解技術的進步，電腦模擬法適時廣泛的作為列車研究輔助工具，但主要仍運用在處理列車延滯及交會上（Kraay, Harker & Chen, 1988；Hipfner & Shea, 1991；Ayers, 1991）或

作客貨運列車混合調度模擬 (Van Dyke & Davis, 1992) 等課題。另有求解方法係以啟發式求解法求解列車排程(Harker, 1990; Jovanovic, 1991; Hallowell, 1993; Higgins, Kozan & Ferreira, 1996; 李治綱, 民國 85 年), 惟對需求之處理亦未見應用實例。至於鐵路需求預測之相關研究中, 大多以傳統運輸規劃方法按個體需求模式或從個體行為模式中探求總體旅次需求, 分別加以探討。事實上, 列車派車模式成為現今重要的運輸分析工具, 主要在於理想的鐵路列車服務計畫要能因應現實環境的需要, 並提供即時反映能力與避免資源扭曲等三項重要條件(Wolf & Baugher, 1992)。因此, 環顧當前運輸環境, 如何配合鐵路旅客實際需求型態決定列車發車時點, 以及構建一個考量旅客需求特性的列車排程規劃機制, 實有待學術研究與實務應用作進一步之探討。

基於此, 為能有效改善特殊假期列車服務計畫以提昇運輸效能, 應對市場作有效之取捨, 故乃有「長途旅客搭乘鐵路列車, 短途旅客搭乘公路客運」之構想, 期將旅運距離較長的旅客需求優先反映在列車排程規劃中, 以發揮鐵路運輸服務之最佳效率, 並達到整體運輸效益最大化之目標。

1.2 研究目的

依據世界銀行在 1997 年對經營鐵路所提建言指出, 訂定錯誤的經營目標與消極的經營方式, 是無視於市場環境的改變, 這是開發中國家改善鐵路營運失敗的原因。同時也認為鐵路的功能必須重新界定並作區隔, 以區分出它在市場機能與社會責任中所應扮演的角色。因此, 如何在特殊尖峰需求時段達成鐵路疏運旅客目的, 並能兼顧營運目標即成為本研究最主要目標。據此, 本研究在前述問題特性與研究動機下, 界定研究目的如下:

- 1.在運用市場區隔理念下, 針對不同旅運長度特性區隔長途、中途與短途旅客市場, 並將相同偏好的旅客集中在同一時段搭車, 讓旅客所選擇的列車班次能夠符合自己的偏好。
- 2.在考慮旅客偏好因素下, 探討特殊假期不同旅客群之旅客選擇行為偏好。即分析假期尖峰時段不同旅次長度之旅客選擇行為, 並期構建一個鐵路列車排程規劃之調整程序 (Procedure) 的作業機制, 能有效反映出旅客對列車車種特性之選擇偏好, 以達到善用鐵路運輸競爭優勢之目的。
- 3.為適度分散原本過度集中之運量, 設計一個因應旅客需求下調整列車排程

機制，經由最佳化模式之構建，作為未來規劃台鐵高級列車排程時之營運策略基礎，以優先載運長距離運程旅客到達目的地，並進而提昇城際運輸旅客之滿意程度。

- 4.在列車資源的限制（如軌道容量與列車組數）下，經由發車時點選擇與不同停站策略之派車決策，尋求整個系統的最適營運策略，以有效改善連續假期鐵路服務水準低落現象與調整最佳列車排程問題。
- 5.透過個案研究方法研提具體排程方案，並評估配合旅客需求下的新營運計畫效益，以達獲取最大營運收益與提昇運輸效能之目的，並可作為日後政府與營運者研擬假期疏運計畫或營運策略之重要參考。

1.3 研究範圍與限制

鐵路列車排程規劃，主要包括旅客需求預測、列車服務規劃與班表制定三者一連貫之過程。本研究所探討旅客需求係以連續假期尖峰旅運型態為對象，並僅界定現有鐵路市場為範圍，不考慮與其他運輸工具之轉移問題，即對各不同運具間的競爭與彈性不予以考量。至於列車服務規劃與班表制定之鐵路營運排班決策問題，僅以城際鐵路之旅客運輸班次排程規劃為主，不考慮區域鐵路的通勤列車與貨物列車之安排，並在現行列車總班次數資源條件下，構建鐵路列車最佳化策略模式為範圍。

此外，對求解鐵路調度所衍生特定問題，如單一調車場列車排程問題(Single Depot Vehicle Scheduling Problem，簡稱 VSP)、列車旅次長度排程問題(Vehicle Scheduling Problem with Length of Path Restrictions，簡稱 VSPLPR)、多調車場的列車排程問題(Vehicle Scheduling Problem with Multiple Depots，簡稱 VSPMD)，以及其他相關特定型式問題的網路設計問題(Network Design Problems)、機車排班問題(Locomotive Scheduling Problem)、車隊數規模問題(Fleet Size Problem)、乘務人員排班問題(Crew Scheduling Problem)等，不在本研究範圍之列。

1.4 研究方法與架構

本研究為達營運者與使用者之雙贏目標，先就旅客在搭乘鐵路列車時，必會面臨購票時段及車種抉擇所考慮之可量化因素，反映在旅運需求模式後方作列車排程。一般為能掌握受訪者的實際行為，營運者必須萃取消費者對不同列車方案評選與旅客決策個體之偏好；惟此一個體決策行為乃屬主觀衡量過程，應將分析決策關鍵變數構建出效用函數。因此，本研究擬以敘述性偏好法探討台鐵旅客之選擇行為，並以二元羅吉特模式校估敘述性偏好法所構建之效用函數。此一尖峰需求的旅客偏好模式所反映的旅客需求或期望，將作為後續研擬鐵路列車排程策略之重要求解依據。

基本上，本論文列車派車模式的主要研究方向有二：其一、在考量旅客偏好最大之期望下，以求解列車營運停站總延時最小化之停站方式。其二、在現有路線及車輛資源限制下，按旅客選擇行為求解鐵路營運收入最大化之列車排程。在發展假期尖峰鐵路排程最佳化模式時，以啟發式求解法(Heuristic Algorithms)為基本方法論，並摒除傳統先將停站方式設定直達車或普通車等幾種停站組合進行規劃，而改採考量旅客起迄分布型態下，以旅次運程長度長者作為優先指派之尋優條件，來決定各時段各車種列車之停站方式。

至於求解最佳化鐵路列車排程問題方法，本研究之演算法主要是有限窮舉法，即先將問題分為數個子問題予以處理，並計算子問題所有排程之可行解列出，經逐一求解目標式值及比較後，再刪除較差目標式值，而最後所保留者即屬最佳解。此一尋優求解程序係以撰寫 MATLAB 程式執行之。最後透過台鐵實例之個案研究過程，測試本分析模式機制之合理性與有效性，以獲得最佳化派車策略之結果。其研究架構如圖 1-1 所示。

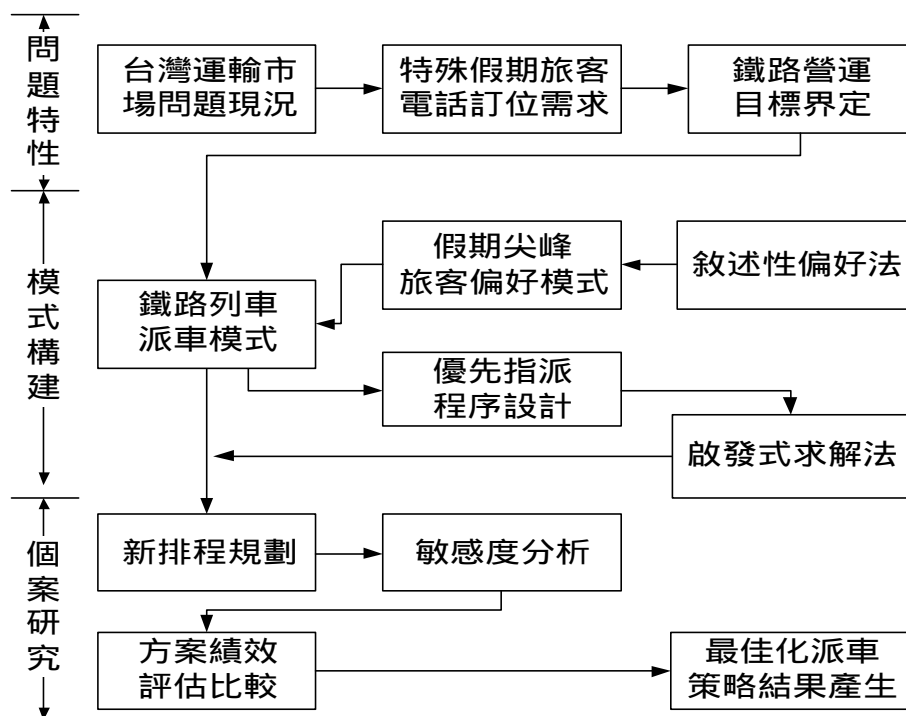


圖 1-1 研究架構圖

1.5 研究內容與流程

本研究主要內容共可分為七個部份來進行，其研究流程詳如圖 1-2 流程圖所示。茲分述研究內容如下：

- 1.基於問題特性與研究目的之需要，本研究除蒐集連續假期台鐵西部幹線旅客起迄運量資料及參訪台鐵相關單位外，對鐵路個體需求模式與列車排班最佳化模式進行文獻回顧，並作綜合性評析，以供模式發展之參考。
- 2.為能兼顧旅客起迄運量的時間特性與空間特性，除按照現有鐵路市場不同旅運長度之旅客起迄特性，依據市場區隔理念設計長、中、短程旅次長度之不同服務區間外，並將台鐵旅客電話訂位系統資料與實際運量資料作一統計比較，以掌握起迄需求趨勢，並作為未來旅客指派與排程計畫之取捨依據。
- 3.為有效改善特殊假期尖峰鐵路營運績效，本研究在權衡旅客觀點的偏好因素下，以兼顧營運者觀點與使用者觀點為規劃目標，研擬列車派車決策邏輯。其排程邏輯係以列車滿載(Full Loads)與分載(Partial Loads)之構想下，規劃列車營運之停站策略。
- 4.在前述排程中，為了解乘客對列車車種與時間變化的接受強度，乃配合排程問題特性與因應實際問卷調查情境，構思選擇集合(choice set)，並以二元羅吉特模式作為預估各起迄運程旅客數之基礎。本研究所運用敘述性偏好法探討連續假期鐵路旅客需求行為，即藉由問卷設計分別對各車種不同運程區間旅客進行偏好調查，再經資料綜整後，將效用函數中的各項參數予以校估。該參數校估係採分群校估方式，以分析不同服務區間之各項影響因素是否顯著，進而作為預估旅客數與指派預測之用。
- 5.本研究為發展特殊假期最適列車規劃模式之服務策略，在前述流程架構下，考量現有班表之軌道容量及列車載客等限制條件，以啟發式求解方法尋求最大營運收入與旅行時間節省的列車安排及停站計畫。並透過尋優程序之反覆求解組合，在有限解組合條件下，避免局部排班最佳化，而達到整體最佳化之目的。

- 6.為評估最佳化分析模式之有效性，本研究採實證研究法（ Empirical Analysis ），以民國 86 年清明節連續假期台鐵西部幹線為例，進行個案研究。並求解出新排程規劃方案，包括確定各車種列車發車時點、停站數及其停靠站址，且經敏感度分析以評估其成果與最佳化排程績效。
- 7.結論與建議。最後研提本研究之重要研究成果與未來研究方向之建議。

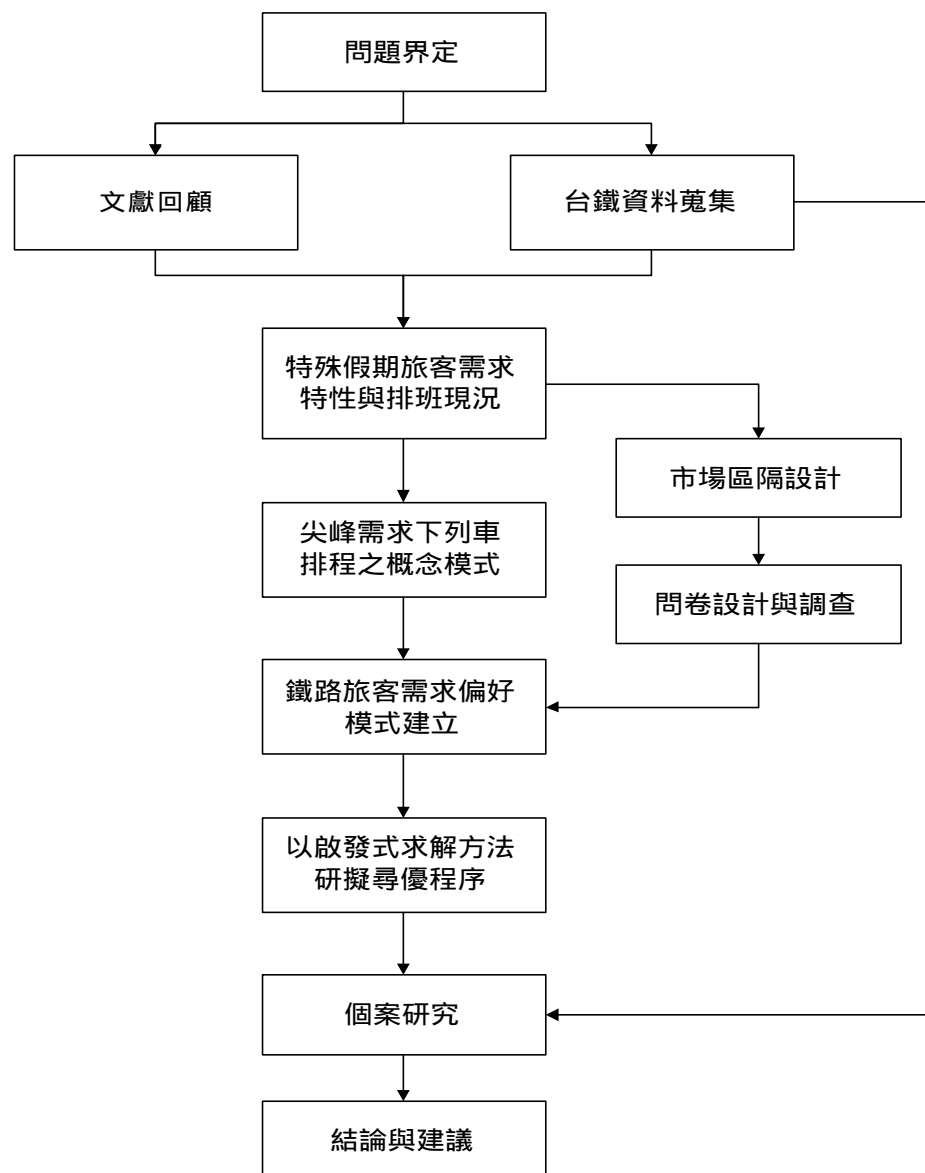


圖 1-2 研究流程圖

第二章 文獻回顧

為期綜觀鐵路運輸排程規劃之相關課題，本章先以列車系統規劃架構圖，作為探討架構之基礎。由圖 2-1 得知，理想的列車排程必須充分掌握市場特性，在營運目標下，構思鐵路營運作業，並經檢視列車資源限制後，再研擬具體之排班計畫。茲對鐵路列車排程規劃之相關文獻作一回顧與檢討。

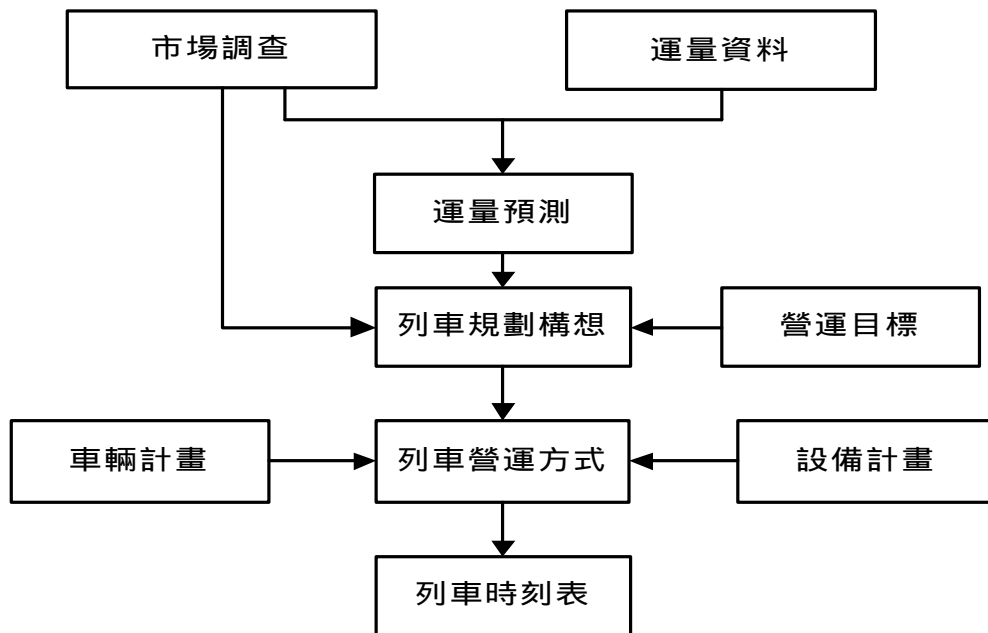


圖 2-1 列車系統規劃架構圖

資料來源：修訂至「運轉經營概論」，1969年。

2.1 鐵路排程規劃方法

有關列車排程研究之方法可歸納為數學規劃法(Mathematical Program-ming)、模擬法(Computer Dispatching Simulation)與經驗法三類(周永暉, 民國 86 年)。基本上, 數學規劃法可因應各種不同研究課題而有線性規劃法(LP)、非線性規劃法(NLP)、整數規劃法(IP)與動態規劃法(DP)等運用, 在 50 年代至 80 年代是研究主流, 包括 Salzbom(1969)以動態規劃法求最適排程, 並用整數規劃法求解最小承載量, Saha(1975)擴大 Salzbom 所建模式, 在一列車的容量固定下追求最大總旅客數, Szpigel(1973)以線性規劃法求解列車排程問題等。如以一般化模式表示, 則以營運成本最小化之目標式為 $\text{Min} \sum C_{ij} X_{ij}$ (i, j 為起迄區間, C 為成本, X 為運量)。Boding 等(1983)指陳鐵路排程問題包括路線問題(routing)與排班問題(scheduling), 前者以求解最短路徑, 主要觀念可由上示定式修訂為 $\text{Min} \sum_k \sum_{i,j} C_{ij} X_{ijk}$ (i, j 為起迄路徑, k 表車輛數, $k=1, 2, \dots, m$, 其餘變數定義如前)表示求解目標式, 而求解時必須受限於列車容量 Q ; 後者則包括旅客班表(Passenger Scheduling, 即 Timetable)、列車班表(Train Scheduling)與司機勤務班表(Crew Scheduling), 其中以考慮列車班表為優先。而 Vijayaraghavan & Anantharamaiah(1995)則以整數規劃法在固定列車班次數下, 以給定列車服務時間與安全間距之參數值求解派車班表; 惟近五年至十年間鐵路運輸規劃均著重在網路最佳化之發展與研究(Bussieck, 1997)。

列車排程問題可定式為混合整數規劃問題, 因在求解時之複雜度會隨問題規模呈指數成長, 求解時無法在多項式時間內獲得最佳解, 此係屬 NP (nondeterministic polynomial) Hard 問題, 並且排點邏輯受問題特性與研究目的不同而有差異, 必須因應問題本身特性探求最適方法, 但均屬相當複雜的數學問題。如: Jovanovic(1988, 1989)所構建的非線性混合整數規劃模式, 係以停站產生延時時間最小化為目標求解列車排點。而 Claessens(1994)係以列車營運成本最小為目標式; Bussieck 等(1997)則以列車直達乘客數最大為目標式, 並探討與需求有關之旅客旅行時間及列車直達乘客數; 另為反映供給面, 亦探討與列車行駛距離(里程數)有關之營運成本。洪芷芸(民國 87 年)即參考此一架構進行列車服務計畫之研究, 該模式係在假設路網結構、旅客需求、站間里程、行駛時間與停站損失時間, 以及列車容量與列車燃料成

本均為已知條件，求解旅客搭車方便性最大化與營運成本最小化下求解列車頻率，其結論認為停站方式愈多愈可節省營運成本，惟所探討的列車服務計畫亦簡化為線性模式求解，且求解時間較長，也顯現列車規劃課題之難度與停站方式之改善空間。

至於 Harker & Jovanovic (1990,1991) 以數學規劃法構建 SCAN 模式作為決策支援之最佳模式，其主要重點是著眼於列車速度，進行列車交會研究，以單線及複線之列車延時時間最小為目標。李治綱等(民國 85 年)，以 Jovanovic(1988)構建的數學模式作為求解列車排點基礎，探討非即時 (off-line) 系統排班，再以 LINDO 等套裝程式進行實證研究。因此，可歸納出列車排程係因應問題特性，以營運成本最小、旅行時間最短及最大營運利潤作為目標式，同時所應用之規劃方法可概分為最適化法 (Optimization Formulation Approaches) 與啟發式近似解法 (Heuristic Approaches)。

此外，模擬法是目前求解現實世界問題時，常用的分析工具，如早期黃信隆(民國 66 年)研究台鐵電腦排班至近期張有恆等(民國 84 年)以台北捷運木柵線為例模擬列車運行排點，李治綱(民國 84 年)之列車動態運行方式分析均屬之。而以電腦輔助派車決策的最大優勢有二，即在於能有效處理列車到達時間與列車加速和停等決策問題。例如：法國國鐵即自行開發 SOFTIME 列車排點系統運用在高速鐵路 TGV 系統，已逐漸推廣應用軟體商業化。另有英國鐵路研究所 (BRR) 開發 VISION (Visualization & Interactive Simulation of Infrastructure & Operation on rail Networks) 鐵路運轉模擬程式，此一軟體亦曾在台灣高鐵綜合規劃報告，進行列車運轉分析作業時加以運用。

電腦輔助模擬應用技術主要可區分為，間斷性事件模擬法 (discrete-event simulation) 和連續性時間模擬法 (continuous-time simulation) 兩類模擬技術來分析列車系統行為，均以制定班表時之應用為主，包括列車調度之排班需要。然而如何使模擬模式真實化，卻有相當大的探討空間。茲將兩種模擬技術分述如下：

1. 間斷性模擬技術多應用在可以將時間分隔成點的系統性研究，尤其是在列車排班問題上，探討列車到站，以及列車從行駛到停站等課題研究最有成效，如 Holt(1986)針對英國國鐵營運系統的排班問題加以模擬與 Mills 等 (1991) 所構建的網路模式等。

2. 有關連續性模擬技術，則多應用在時間上作持續變化的系統行為(System Behavior)研究。主要是作為電腦輔助分析與設計工具之用，針對列車及車輛的動態變化進行研究。此一模擬模式有三：即列車行車模擬模式、號誌系統模擬模式、網路模擬模式。計有 Harker & Jovanovic (1990,1991)發展 SCAN 支援決策模式求解，Kraft (1991)發展 C 模式 (Chessie Line Capacity Simulation Model)，以及 Van Dyke & Davis (1992)發展 LCAS (Line Capacity Analysis System) 模式，並曾應用在中國大陸京滬鐵路排班計畫。

有關經驗法則係因鐵路經營者延襲早期即成的營運方式與排班邏輯來決定列車排程，此一鐵路列車排程上的考量，主要是按照傳統的車路因素加以計算。環顧台灣鐵路運輸中之列車排程作業，則多採取延續原有列車時刻表計畫下加開列車班次方式作調度計畫。基本上，台鐵班表之形成包括機車牽引力、輸送量、機型、速度及加減速能力、軌道容量、路線線型（含曲率半徑、坡度、軌道結構）、閉塞區間、路線養護、司機員工作班（配合動力車編組與司機員運用計有電聯車、電力機車、柴電機車及機動車等車組）等因素，以及各站運量及營收、列車車種別（列車車種計有高級列車、普通及區間列車、貨物列車、臨時列車、單行機車、迴送列車、混合列車等）、車廂座位數、洗車及車檢時間等，最後再安排列車時刻與停靠站。因此，將圖 2-1 之列車系統規劃架構圖加以展開，以一窺台鐵排程所需考量之各項因素，詳如圖 2-2。然而台鐵往往為提高列車使用率，乃以列車多停靠車站為手段企圖增加營運收入，也因此造成車輛週轉率太低，致使列車調度效率不彰。

近年來，鐵路當局亦體認列車規劃及調度彈性不足之事實，於民國 81 年 7 月起與資策會合作開發「列車排點電腦化系統」，為期兩年計畫中雖略具成果，但卻因排點困難度與複雜程度，導致計畫延宕且時有當機現象，致未能落實全面改點之營運需要。不過整個模擬架構所規劃的高級列車排點作業，仍依據台鐵決定停站方式因素的主要考慮原則(台鐵局，民國 86 年)：一、各車站客票收入及客運運量（即按延人公里數）之統計排名順序；二、各車站目前停靠之列車次數；三、列車等級（即自強號列車停站數最少，其次依序是莒光號與復興號列車）。此一台鐵停站與派車原則，可供後續構建鐵路列車排程模式之參考。

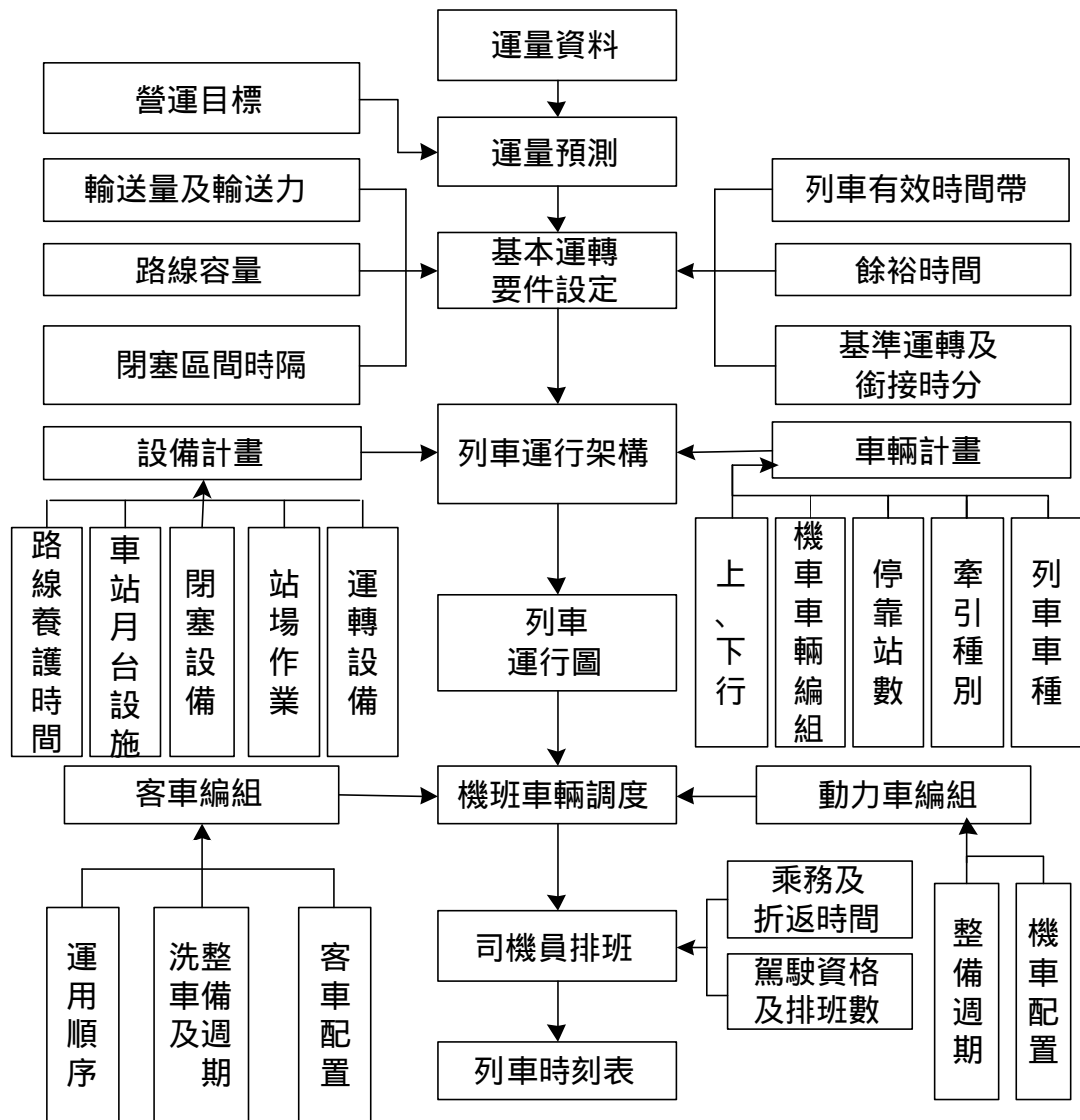


圖 2-2 台鐵列車排班作業流程圖

資料來源：本研究整理。

2.2 排程模式求解程序

在求解過程之技術演變下，許多新方法引進求解列車排程與路線規劃最佳化，其目的在於面對一個現實世界問題想找出一個有效率之解法。由於 NP 問題無法在有限時間求得最佳解，於是從啟發式演算法 (Heuristic Algorithm) 找出近似最佳解即成為一個多數研究嘗試的途徑。就演算法的觀點，啟發式求解程序雖屬近似最佳解法卻是最普遍發展之方向，因啟發解具有下列三項特色：其一、可以因應問題特性，試算各種限制條件；其二、求解時間短，計算成本低；其三、可以利用一般商用套裝軟體求解，方便規劃者運用，如 LINDO、GAMES/MINOS 等套裝程式。因此，Ball & Magazine(1981)特別將啟發式求解法分為七類，包括構建解法 (Construction，或稱為擴建啟發式解法)、逐步搜尋改進法 (Improvement)、數學規劃 (Mathematical Programming)、分解演算法 (Decomposition)、問題分割求解法 (Partitioning)、界定限制法 (Restriction of Feasible Solution Space) 與鬆弛法 (Relaxation)。其中構建法即根據現有資料及尋優準則產生一組可行解，而逐步搜尋改進法則以任一可行解開始，以各種交換方式求解出一組更好的解，當然可視求解問題特性綜合兩種以上之解法求解。

以啟發式求解法作為研究列車排程者，如 Kraft(1987)在探討列車優先權、行駛時間及列車延時，並以此法求解最適列車調度。在實際運用上，大多以「輸入一列可行停站方式之列車，並輸出較佳結果的解」之構想，作為在列車停站數決策時，一種普遍的搜尋決策法則 (branching rules)。而列車指派問題 (assignment problems) 大多運用分支界限法，先找各種停站要件之指標來設上界 (upper bound)，再用其他方法猜測分支未搜尋部分的可能最佳結果為下界 (lower bound)，直到模式目標值不在改變為止，方結束此尋優過程。另如：Bussieck 等(1995)以單一系列容量固定下，運用分支界限法探討營運路線組合問題，並以直達旅客數最大化為求解目標 (此處直達旅客專指因應德國鐵路路網特性，中途無需轉乘之起迄直達者，並假設所有旅客均會選擇最短路徑)，在直達旅客數、列車容量及路段頻率之限制條件，經使用 CPLEX 3.0 軟體程式求解，以求解各路線之直達旅客數。該模式經洪芷芸 (民國 87 年) 修訂為 $\text{Max } \sum_{k,r,s} d_k^{rs}$ ，其中 d_k^{mrs} 表在方向 m 之停靠站方案 k 列車由 r 站至 s 站之旅客數，而以里程距離 dis^{rs} 為權重，再以 LINDO

程式求解列車服務計畫。

此外，近年來的整合性人工智慧法(AI Based Meta-Heuristics，如 Tsuruta & Kakumoto，1992)亦多有應用，包括禁制 (Tabu) 尋優法、基因演算法 (Genetic Algorithm，簡稱 GA)、神經網路 (Neural Networks)，以及模糊 (Fuzzy) 理論應用等。如 Higgins, Kozan & Ferreira(1996)以非線性混合整數規劃法求解列車最佳排程，其目標式為 $\text{Min } \sum w_i^*$ (在迄點的列車 i 延滯 $\in I$) + 列車營運成本，其中 w_i^* 表列車延滯時間，模式限制式有上下行交會與安全間距之條件 (其中假設軌道可切割乘數區段，並採一上行一下行之複線行駛)，主要決策變數有列車到達時間、離開時間、起迄站到開時間，並以分支界限法設計比最佳解小的下限值(Lower Bound 以 LB1, LB2 表之)，作為各項近似最佳解的比較基準，然後與 Tabu 尋優模式(TS Model，禁制尋優法係發展於 1989 年，由美國 Glover 所提出之尋優方法，主要運用在求解 TSP 問題上)兩方法加以評估，最後再應用 GAMS/MINOS 軟體程式模擬澳洲鐵路列車排班最佳化，求解出列車時間延滯最小之結果。而張有恆與沈進成(民國 84 年)則以模糊多目標規劃法求解台灣未來高速鐵路單一車種列車營運之最適停站方式；惟模糊理論 (Zadeh 發展於 1970 年) 在求解隸屬函數時甚為複雜，現行僅應用在求解出梯形及三角形之隸屬函數，即使在處理隸屬函數上可加以調整，但迄今仍無法處理權重課題。

另 Merchant (1977)以二階段法(two-stage approach)求解的最佳停靠站與班次數分析，並先求解最小承載量，再以乘客等車時間最小化計算最適發車班距。Fu & Wright(1994)所提出兩階段的啟發式求解程序，係探討英國行經英法海底隧道之貨物列車組合排程，並以總列車班次數、貨車集散成本及列車總旅行時間最小化為目標函數。同時，在做法上，第一階段先確認各起迄集散場站所需貨車車廂數，再將各個不同起迄貨車車廂依照列車容量、路線容量等限制指派於不同之貨物列車。在第二階段的演算中，則以根據列車停靠站最少原則，調整列車停站組合，經過反覆調整以減少總列車次數後之結果，便完成貨物列車的規劃。郭柏君(民國 85 年)應用 Fu & Wright 之方法，針對台鐵西幹線列車車廂及班次加以安排，再分別計算平常日、一般假日及連續假日的列車規劃。

前述分析理念，係假設乘客需求是固定的，且在運輸容量有限的前提下，以營運成本或乘客等車時間達到最小化，作為探討最適營運計畫或停站方式之目標函數。因此，不論是鐵路網路或排班問題，亦或列車停站問題（此一停站課題另節探討，詳於 2.5 節），啟發式求解演算法是處理相關特性之重要方法。基於 NP 問題特性所利用啟發式(Heuristic)求解後均需評估其合理性，然在文獻評估作業上，其驗證案例選取不是以隨機產生(如 Markov Matrix 等)未符現況，就是避免與現實脫節而部分選取實際個案加以測試，惟多因蒐集費時且往往缺少比較對象。儘管如此，對可事先規劃列車排程問題的啟發式求解法，仍是一種較好的求解選擇。

2.3 鐵路旅客需求預測

鐵路旅客需求預測模式包括總體需求模式與個體需求模式。在總體旅客需求模式方面，以 Fowkes & Nash(1991)特別指陳鐵路旅次需求模式預測相較於道路交通預測實屬非常有限，按總體需求模式，計有時間序列法，如 Owen & Philips(1987)所構建的數學模式作為預估列車供給數，其研究結果預測出英國高速列車的頭等車廂與二等車廂列車數平均為 32 列和 16 列。該時間序列法亦有以 Box-Jenkins Approach 來預測鐵路客運量，一般即利用歷年年期資料構建需求模式，以預測目標年需求旅客量，基本模式可列式為 $Y_t = a + bX_t + e_t$ ， Y_t 為預測獨立變數， a 與 b 為參數值，此可推展為 $Y_t = b_0 + b_1X_{1t} + b_2X_{2t} + e_t$ ，當 Y_t 取 log 後為 Y_t^* ，即得 $Y_t^* = b_0^* + b_1^*X_{1t}^* + b_2^*X_{2t}^* + \dots + b_n^*X_{nt}^* + e_t^*$ 。但因旅客選擇行為之不確定性因素，導致模式化結果較難以充分反映真實需求型態。

反觀個體旅客需求模式，因個體選擇理論主要仍以效用理論為基礎，此模式之構建係根據每個旅次的選擇行為來預測該運輸系統的運量，以充分利用樣本資訊來探求旅客行為。而在傳統個體需求以效用函數 $U_k = V_k + e_k$ (其 k 表示選擇的方案)求解，其中 $V_k = a_{tk}T_k + a_{ck}C_k$ ，模式中係由時間項 T_k 與成本項 C_k 簡單描述，以求得旅客選擇機率值。而回顧近二十年來，已將選擇性模式與傳統個體需求理論結合，探討個體需求預測模式之真實性 (Ben-Akiva & Lerman, 1985)已為現今發展趨勢。因此，Fowkes & Wardman (1991)將個體需求預測模式歸納為三種主要方法：其一、顯示性偏好法(Revealed Preference Methods，簡稱為 RP 模式)；其二、轉換價格法(Transfer Price

Methods，簡稱為 TP 模式)；其三、敘述性偏好法(Stated Preference Methods，簡稱為 SP 模式)。

然就顯示性偏好法而言，雖提供一個分析旅運行為與構建效用函數之適切工具，但在應用上仍有所限制，諸如：無法預測某潛在需求或估計部分質化解釋變數之影響等(Kroes & Sheldon, 1988)，而敘述性偏好法不僅是被應用於行銷領域(Green, 1974；Green & Srinivasan, 1978)，且早於 1970 年代 McFadden(1974, 1981)即運用敘述性旅客偏好預測模式在交通運輸上。所謂敘述性偏好法，依 Kroes(1986)的定義是：「由不同變數水準值所事先定義的替選方案供消費者評量，並依此資訊估計消費者偏好結構之分解方法。」。易言之，即指透過特殊的資料蒐集方式，以測知旅運者之偏好或行為的意向；通常在描述運輸環境之情境後，來獲得旅運者對各替選方案之選擇行為偏好。Pearmain 等(1991)與 Wardman(1988, 1991)對敘述性偏好模式之運用則較具完備，但其基本理念仍在於重視消費者行為之決策要素分析。

在羅吉特(Logit)與普洛比(Probit)兩模式方面。因羅吉特模式(Logit)具相互獨立(Independent and Identical Distribution, IID)且分佈相同的 Weibull 誤差特性，使得羅吉特的選擇機率公式簡單，在求解上多以此模式加以運用。即效用函數因具線性可加性(linear additive)，可表示成 $U_{kt} = \beta V_{kt} + e_{kt}$ 求解，其中 U_{kt} 表方案 K 對第 t 消費者(旅客)之效用， V_{kt} 表第 t 消費者(旅客)對方案 K 之屬性水準值，如：旅客對時間與成本間的偏好選擇， β 表待校估之參數值(運用參數估計技術求解)，而 e_{kt} 表不可衡量部分之效用誤差項。而羅吉特選擇機率 $P(U_{kt}) = \exp(U_{kt}) / \sum_A \exp(U_A)$ ，其 A 表所有可能方案之集合。此模式的基本假設為旅行者均為效用最大者，以預測旅客選擇偏好能獲取個人最大效用方案為之。至於在模式的測度誤差尺度方面，Wardman(1991)使用羅吉特模式加以剖析，利用敘述偏好數據估計各方案間效用函數及預測品質較佳的效用函數。段良雄與劉慧燕(民國 85 年)對敘述偏好模式數學式推估方法與研究程序等闡述甚明，其重點在衡量消費者偏好判斷的補償性模式分析程序，進而探討情境組合之實驗設計。

近年來，Ben-Akiva & Morikawa (1990)更結合顯示性偏好預測模式與敘述性偏好預測模式，以兩階段預測法推估旅客需求，證明此一方法可更能掌握旅客需求行為；而段良雄與李奇(民國 85 年)亦對敘述偏好與顯示偏好模式加以比較分析。然仍應就問題特性選取研究對象求解旅客選擇行為所需之方

法。

2.4 敘述性偏好法在鐵路旅客選擇行為之應用

敘述性偏好法應用在鐵路旅客研究上，主要是研究影響個體旅運需求行為因素。經由客觀的觀察要素與不可觀察要素分別詳估，尤其後者需透過量化技術加以衡量決策者對替選方案評估之標準、態度(偏好)、行為意向之內心感受。Bates & Louviere(1988)分別以敘述性旅客偏好模式預測英國鐵路新線的旅客對鐵路及巴士之運具選擇行為，變數有車上時間、家到車站時間、費率、班次數等；而 Marks & Wardman(1991)更具體指陳鐵路旅客選擇服務品質的四項指標為票價、時刻表、班次與行車時間延誤。國內王郁珍(民國 85 年)運用敘述性偏好法預測旅客選擇高速鐵路之偏好研究。綜觀文獻發現一般以列車票價和旅行時間為旅客運具選擇的優先考慮因素，至於座位因素也是城際客運所需考量的一項因素，如 Fowkes & Wardman(1991)即區隔有座與無座因素，有座者尚可區分為可指定選擇座位與不可任意選擇兩類；而無座者也因應問題特性區分為站立 30 分鐘及 60 分鐘作為探討鐵路旅客選擇行為之變數，並就英國城際鐵路需求特性將發車時間區分為時間不變、變動 1 小時及 2 小時一併納入調查。

在 1987 年英國交通部委託 MVA 顧問公司、Leeds 大學運輸研究中心與牛津大學運輸研究小組之合作計畫中，曾以敘述性旅客偏好法探討兩種不同列車車種服務對休閒旅次 (leisure travel) 選擇行為之偏好研究。該報告選取列車票價、旅行時間與行駛時間延誤之時間價值等，作為旅客偏好變數。此研究從 1985 年 6 月開始進行資料蒐集，研究路線包括 Bristol 至 London、Manchester 至 London 與 Manchester 至 Birmingham 等旅次為主，再從中篩選旅行時間在三小時以內的受訪旅客。其在考慮列車服務品質下 (如：服務可靠度、信賴度、服務頻率等)，透過敘述性旅客偏好問卷調查，該調查內容包含性別、收入、職業、旅行目的、票價種類、選擇運具偏好等，並選擇鐵路服務品質的票價、時刻表、班次、最大延誤時間作為四個指標。另為探討需求面之旅客旅次目的，Marks & Wardman(1991)先將 55 歲以上及退休者或兼職人員受訪樣本剔除，再就受訪者年齡在 35 歲以下與月收入至少 1000 英鎊者進行分析，並對不同路線之運輸服務做適度調整。當然以敘述性偏好法

探討不同旅次目的，在問題特性與變數選取確有很大差異，如商務旅次（business travel）研究，受訪對象就必須涵蓋不同公司規模之雇主，以了解公司對員工支付票價的意願與對運具選擇之想法，而研究主題大多為旅行成本、所得收入、時間價值三者關係(Fowks, Marks & Nash, 1991)。

在運用敘述偏好模式推估鐵路旅客起迄需求型態之研究時，其求解程序之架構上，以 Roberts & Lilien(1992)之二元選擇模式(Discrete Binary Choice Models)，以及段良雄與劉慧燕(民國 85 年)之實驗設計方法，具有相當程度之參考價值。茲說明後續研究應用之做法如后：

1. 偏好模式與衡量尺度之選擇：分析行為偏好變數或水準的關係在應用上宜先加以釐清；而替選方案之整體偏好衡量方法中，計有評分法、等級排序法與第一偏好法。其中以第一偏好法分析各替選方案與本研究特性較為符合。
2. 情境組合之實驗設計：係先決定替選方案的適當變數及其水準值組成，來構建或模擬其運輸情境，再就組合之運輸情境(scenario)作為實驗設計之依據。此亦可供本研究在替選方案中列舉所有重要變數，並由各變數的某一水準值共同組成一替選方案之方法。
3. 替選方案描述與資料蒐集方法：敘述偏好模式資料蒐集的方法大都以問卷調查方式進行，一般有面對面訪問法、回郵法與電話訪問法等三種。為確實篩選出假期尖峰旅客選擇運具偏好，以調查員之面對面現場訪查法最能反映真實現況。
4. 參數估計技術之選擇：最後進行校估時，需選擇參數估計技術。在模式校估上以二元羅吉特模式進行校估，此模式的基本假設為旅行者均為效用最大者，因此能求得最大效用方案。

2.5 其他相關研究

Assad(1980)曾將過去三十年相關研究歸納為八類領域：一是軌道與調車場間的互動模式 (Modelling the interaction between line and yard policies)，包括車場調度、路線決策及列車規劃；二是設備區位模式；三是車場模式；四是路線模式；五是網路模式 (結合車場模式與路線模式)；六是閉塞與列車編組模式；七是列車排班模式；八是貨車車輛與機具分配模式。上述八種分類並非絕對性區分，一般係就研究問題特性，探究某一部份之分析。並指出分析鐵路營運規劃作業時，處理空間與時間的關係規劃是排班模式設計之關鍵。而茂原弘明(1983)更進一步指出理想的列車營運規劃，以提昇鐵路營運績效與旅客服務品質為目的，同時提出鐵路列車最適排程的五項原則，即定時運轉原則、確保正常營運、縮短行車時間、符合乘客需求、考量運量與尖峰特性。上述原則性規範，在分析上，可進一步歸納為路線設計最佳化 (如：最短路徑路線數) 與排班設計最佳化 (如：最多旅客數或車廂運用數) 之兩大研究領域。同時可就網狀鐵路路網探討營運路線組合課題，或就線型鐵路路網探討停站方式(Hallowell, 1993; Bussieck, 1998)；惟因應台灣鐵路線型環境之需要研究，在列車排程規劃作業排班之設計課題中，尤以停站方式研究更顯重要，畢竟因多停站方式將造成列車調度績效不彰之結果。

在規劃列車停靠站(planning train stops)相關文獻中，不論對停站方式固定或變動條件下所求解的最佳營運計畫停站，均未跳脫大眾運輸營運停站方式之四大分類，即提供直達車 (Express)、跳站停車 (Skip-Stop)、每站皆停 (All-Stop) 及區間列車 (Shuttle or Zone-Stop) 等四種不同停站方式。其基本想法試圖預先設立停站方式以利於簡化問題之複雜度，同時為便於求解，先將旅客起迄需求數與進出車站人數作一檢核，再求解出各列車不同停站方式(張有恆與沈進成，民國 85 年、民國 86 年)。另一種方式，即在模式中以整數規劃法探討列車班次與停站方式(如：沈進成，民國 85 年；洪芷芸，民國 87 年)，其中洪芷芸在營運限制條件下，先預擬停站方式，以乘客旅行時間最小的服務水準項及使用車輛數最少的營運成本項，求解停站方式，其規劃模式主要為 $\text{Max } \sum_v D^v (\sum_k x_k^v)$ ，其中 x_k^v 表停站方式 k 是否停靠車站 v ，且為 0-1 整數變數，而 D^v 表單一車站 v 的旅客數。因此，不論何種方式均不易看出各次列車真正適切的停站組合方式，對縮短列車停等延滯時間效果有限，而且

容易造成列車資源運作效率之不彰。

此外，在其他相關文獻中，如：Kuwahara & Akamatsu(1997)以等候理論探討多起點至多迄點（many-to-many）之起迄型態動態指派問題，其中涉及不同起迄區間來探討旅客選擇行為課題，尤以對時間性（time-dependent）需求之啟發，對本研究之後續分析有所助益。在列車排程努力方向上，不僅需對提昇列車服務品質，而且如何增加營收亦是重要課題。因此，對鐵路消費者行為決策因素，常為值得觀察旅客起迄型態（O-D Pattern）特性之一環。Kikuchi & Perincherry(1991)運用統計的最大概似法與最小平方方法預測捷運鐵路各車站旅客起迄資料，並針對旅客起迄型態構建求解程序（Procedure），對本研究處理列車排程之新的旅客起迄表時亦富啟發性。茲就此一主要程序列述之：

1. 建立每一車站上（ P_i ）下（ Q_j ）車人數；
2. 建立旅客數（最小化 $V_{1(ij)}$ ）之起迄旅次接受範圍（ Z_{ij} ），其 $Z_{ij} = \min (P_i Q_j) - S_{1(ij)}$ ；
3. 決定接受值（ h_z ）；
4. 構建線性規劃模式，求解成本項 C_{ij} ；
5. 針對每一車站旅客數，整理旅客起迄表資料；
6. 檢查起迄表資料，並依分析者直覺加以辨識合理性；
7. 建立新的旅客起迄表；
8. 重複步驟 3 至步驟 6，直到新表完成。

至於探討運輸市場中旅客需求特性之主要課題中，雖以旅次目的、旅次長度與旅客選擇行為等三項特性為分析依據(Kanafani, 1983)，但其中之旅次目的會隨著旅次長度特性而不同，如：天野光三等(1992)配合日本旅客行為特性之商務旅次、觀光旅次、生活旅次及通勤旅次四種旅次目的，分別納入短、中、長程之旅次長度。而 Marks & Wardman (1991)區分商務旅次與非商務旅次作一區隔，並針對後者研究區分為休閒旅次，包括訪友、休假遊憩、購物、運動等，以及通勤旅次（Commuter Service）兩類。許巧鶯與鍾文明(民國 84 年)曾對高鐵與傳統鐵路（即台鐵）作功能區隔，以個體需求選擇行為探討兩群旅客，一群是迄站有高鐵和台鐵服務之旅客群，另一群只有台鐵服務旅客，

並以列車速度及時間價值作為主要決策變數。該研究是在面對特定旅行時間差距下，分析其旅行距離是決定旅客選擇搭乘傳統鐵路或高速鐵路之最主要因素；惟對此旅行距離並未界定，此一課題將待後續研究中予以釐清。

2.6 文獻評析與啟示

經前述綜整過去國內、外相關文獻之研究，在研究觀念或方法上對本研究頗多啟發。茲就文獻中對列車排程規劃尚未處理之相關問題與方法應用，略述如下：

9. 綜觀鐵路列車規劃時，對排班模式研究的重點，主要在求解列車停站方式與列車班次數最佳化或求解列車發車時間選擇問題，問題複雜度高，一般研究對需求面大多假設「固定」，致未能充分掌握旅客行為特性，亦不符消費者導向潮流。因此，本研究以旅客需求函數取代「固定需求」之假設，在考慮旅客需求之變化下求解列車排程問題，可以反映旅客對列車服務計畫之實際需求，也較符合市場需求特性。
10. 鐵路旅客選擇型態受旅次目的與旅次長度而有不同之影響，在考量旅客起迄旅次組（O-D Pairs）的需求水準時，應對長、中、短程旅客之運輸市場加以區隔設計。而敘述性偏好法是研究鐵路旅客選擇行為決策模式的重要方法，包括研究鐵路與公路客運之運具間選擇（如 Bates & Louviere, 1988），以及探討休閒旅次中旅客對鐵路不同等級列車間之選擇行為（如 Marks、Fowkes & Wardman, 1991）。因此，本研究可針對城際運輸「多起點」至「多迄點」（many-to-many）之旅客起迄區間特性，採長、中、短程旅客之市場區隔加以設計。同時以敘述性偏好模式蒐集旅客決策，構建假期尖峰鐵路旅客選擇型態，並以二元羅吉特模式進行校估。
11. 針對衡量旅客選擇行為之變數指標方面，有選取發車時間與座位因素者（如 Fowkes & Wardman, 1991），其中座位因素尚包括有座、無座站立 30 分鐘與無座站立 60 分鐘；另有選擇服務品質的四項指標為票價、時刻表、班次與行車時間延誤者（如 Marks & Wardman, 1991），以企圖探求民眾對列車服務之滿意度。因此，鐵路旅客選擇變數之選取，可配合實際排程需要以時間決策變數為主，包括發車時間與旅行時間等因素。

12. 各列車排班模式或相關最適停站模式等文獻中，雖因應處理問題特性之不同而構建不同目標式，包括列車直達乘客數最大化(如 Bussieck 等，1997)、停站延時最小化(如 Jovanovic，1988，1989；郭柏君，沈進成，民國 85 年)、營運成本最小化(如 Claessens，1994，沈進成，民國 85 年，Higgins 等，1996，洪芷芸，民國 87 年)、延人公里數最大化(如郭柏君，民國 85 年)、營收數最大化(如洪芷芸，民國 87 年)。但基本上，所構建的目標函數大多以「成本最小化」或「營運收益最大化」為目標。由於本研究以假期尖峰為主要探討課題，在成本面而言，如在列車班次數固定條件下，則營運成本變動相當有限，即因鐵路營運的增支成本很小(Farris & Harding，1976)，故不予以探討此一成本項。因此，本研究正視市場環境機能與社會責任下，嘗試由營運者與使用者之觀點訂定所應扮演的角色與經營目標，試圖構建其排程規劃效益之目標。
13. 在列車調度計畫之首要課題即為發車時點安排，而其等距發車時點排程與非等距發車時點排程之最大差異，在於非等距發車時點排程較能反映配合旅客需求發車。因此，發車時點之安排應考慮放寬等距發車時點之限制，以配合反映旅客在不同時點之需求。至於影響列車排程因素中，除前述發車時點選擇外，鐵路公司必須在有限的列車供給資源下，掌握旅客起迄分布型態與確認列車承載區間之承載上限值。換言之，較高之承載人數雖影響鐵路營收甚鉅，相對地，列車車廂擁擠程度過高服務品質亦受其影響，故此一承載上限值應加以探討。
14. 列車停站方式在前節所述四種基本停站方式下，最多衍生八種停站組合方式，此一作法雖可簡化尋優問題之複雜度，但因列車停站課題應依旅客不同需求強度提供停站服務，以達避免長程旅客因列車停站次數增加而增長其總旅行時間。因此，尋求各列車最佳停站組合方式時，本研究擬試圖在旅客不同需求強度下，以各車種等級停站數限制方式，考量多車種列車停站方式與服務計畫。

第三章 特殊假期鐵路旅客需求之特性分析

3.1 市場區隔下台鐵旅客需求特性

為一窺台灣西部走廊鐵路運輸在整體運輸市場之佔有比例關係，乃從不同運具別區隔出不同運程旅客數，並將市場佔有率彙整如表 3.1 所示。由表知，旅次長度小於 40 公里之鐵路運輸所佔市場比例甚微，但在 40 公里以上至 200 公里，則隨旅運長度增長而逐漸增加市場佔有率。其中旅客旅次長度在 200 公里以上之各運具所佔比例均為四分之一，同時再就旅次長度 80 公里以上之鐵路運輸比例，即可確認維持在四分之一左右的比例，此一趨勢顯現鐵路運輸具中長程疏運特性，以及在大眾運輸的重要角色與地位。若另從連續假期觀之，則更能了解旅客對鐵路運輸之需要性，如依據民國 85 年春節資料（交通部統計處，民國 86 年），在特殊假期中，搭乘鐵路旅客者在大眾運輸工具所佔比例最高，約佔 55.27%（達 330.6 萬人）；又如許添本（民國 83 年）研究指出旅客在連續假期對選擇鐵路運具之比例相當穩定，在連續兩次連續假期之鐵路運具需求型態方面，連續兩次均選擇搭乘鐵路運具者達 62.7%，顯示基本偏好程度之存在性。在近年來相關研究顯示（戚正明，民國 83 年；交通處，民國 87 年），台鐵全線長途旅客與短途旅客的人數比約為三比七，而客票收入卻為八比二之情況，所以鐵路營運者必須體認到長途旅客對列車營運之重要性，也因此分析市場特性時，有必要就不同旅次長度作一界定。

表 3.1 台灣地區西部走廊不同運具市場佔有率表

運具別 旅次長度別	小 客 車 (CAR)	公路客運 (BUS)	鐵 路 (RAIL)	航 空 (AIR)	合 計
小於 40 公里	82.09%	10.30%	7.61%	0%	100%
40~80 公里	79.86%	6.75%	13.39%	0%	100%
80~120 公里	67.30%	9.33%	23.37%	0%	100%
120~200 公里	52.78%	22.39%	23.45%	1.37%	100%
大於 200 公里	24.85%	22.49%	24.65%	28.00%	100%

資料來源：第三期台灣地區整體運輸系統規劃 - 旅運特性及
交通調查分析評估，交通部運研所，民國 85 年。

回顧鐵路旅客需求特性之探討課題中，對旅次長度分析有作概念性分界，如 Kanafini、 Ben-Akiva (1983)以 1000 公里作為短程與長程之區分，此一界定對市場分析並無助益。另 Sheldon (1982) 構建旅客需求彈性時，曾以 125 哩（約 200 公里）作為短程與長程之區隔標準。此外，天野光三等(1992)則認為旅次長度定位應以運具特性，作彈性範圍之劃分，乃將 400 至 500 公里以上旅運距離者視為長程，中程者則為 80 或 100 公里至 400 或 500 公里，至於 10 至 80 公里則定義在短程都會區旅次。前述說明顯現旅次長度之界定，係隨各國國情而有不同之認知，此乃視研究問題與各國地理特性而定。就國內文獻言，除都會區以 50 公里為生活圈範圍外，對短程或中長程旅次運輸長度研究，卻有四種不同之界定：

- 1.選取較小區間之 40 公里以內距離為短程者，120 公里以上為長程，如交通部（民國 85 年）統計西部走廊各不同運具旅次長度。
- 2.選取較大區間之 100 公里以內距離為短程者，100 公里以上者為長程者如許添本（民國 83 年）。
- 3.為作相對性比較者，即以上述 40 公里與 100 公里以內範圍分別進行短程區間之比較，如陳武正（民國 85 年），但未見具體建議，僅說明若以 40 公里作為短程旅次界定，則相對顯示連續假期之中長程旅次比例為短程旅次的兩倍以上。
- 4.以台鐵運務行政區作為界定者，如戚正明（民國 85 年）按台鐵台北、台中、高雄運務段之管轄區界，加以區分為短中長程距離，其服務範圍約以新竹及嘉義為分界點。

由於台灣地區旅客起迄型態及需求特性，因不同時間、區域與方向之假期特性而異，乃將民國 83 年至民國 86 年間不同假期長、短途旅客使用鐵路比例彙整於表 3.2。由資料顯示，中長程旅客在連續假期時，會較平日之比例增加，但在比例分布上，短程旅次仍佔相當大比例，似未能有效發揮鐵路大量運送長距離旅客之特性。事實上，由平日、週末假日、連續假期之不同需求趨勢來看，陳武正（民國 85 年）分析連續假期與平日比較時，發現短程旅次略呈下降趨勢，約減少 5%；但中長程旅次則大幅增加為平日的 212%；另郭柏君（民國 85 年）研究指出連續假期之長途旅客較一般假期高出兩倍運量。綜上所述，本研究將 200 公里以上運程者定義為長程旅次，而

短程旅次則以都會區生活圈範圍之 50 公里作為界定，至於該兩區間距離範圍者，則界定為中程旅次。

表 3.2 平日與特殊假日鐵路旅客不同旅次長度比較表

旅次長度別		83 年	84 年	85 年		86 年
		全年	中秋節	平常日	元旦	清明節
短程旅次	小於 40 公里	-	87%	66%	-	-
	小於 50 公里	70.7%	-	-	40.4%	41.7%
中、長程旅次		29.3%	13%	34%	58.3%	59.6%

註：本研究整理

3.2 旅次長度下之尖峰需求特性

鑑於台鐵平常日每日總運量約為 40~45 萬人次，而於連續假日（指兩天以上假日）時卻較平常日增加 11.3 萬人旅次，增加幅度達 32%（陳武正，民國 85 年）。因此，特將旅客起迄分佈型態與列車承載現況加以探討，以供未來列車排程優先指派旅客之參考。

3.2.1 旅客起迄分佈型態特性

1. 在連續假期時，屬都會型車站者較具高需求強度特性，以民國 86 年春節、青年節與清明節三個不同假期作一比較。在不同放假天數（依序為六天、二天、三天）的旅客資料中，以平均每日運量計算各主要車站連續假期旅客數，可得知在各假期的各主要區間載客量仍集中於北中南等主要都會型車站，且台北都會區下行啟程之旅客起迄運量幾乎佔全營運日的三分之一。再從中篩選出十個主要車站旅運資料彙整之，由表 3.3 得知台北站下行旅客起迄運量中，即使在各不同連續假期放假天數下，平均每日旅次之尖峰需求型態，除台北至桃園間受區位特性影響外，所呈現之旅客起迄需求型態的比例相仿。

表 3.3 民國 86 年不同連續假期台北站至各迄站之平均日運量比較表

迄站別 假期別	桃園	新竹	苗栗	台中	彰化	斗六	嘉義	台南	高雄
春 節	3,035	906	379	1,655	766	516	952	861	1,077
青年節	3,591	1,065	480	2,433	1,091	581	961	1,114	1,326
清明節	3,566	1,204	469	2,236	1,096	710	1,175	973	1,064
平均值	3,397	1,058	443	2,108	984	602	1,029	983	1,156

單位：人次。

迄站旅客數

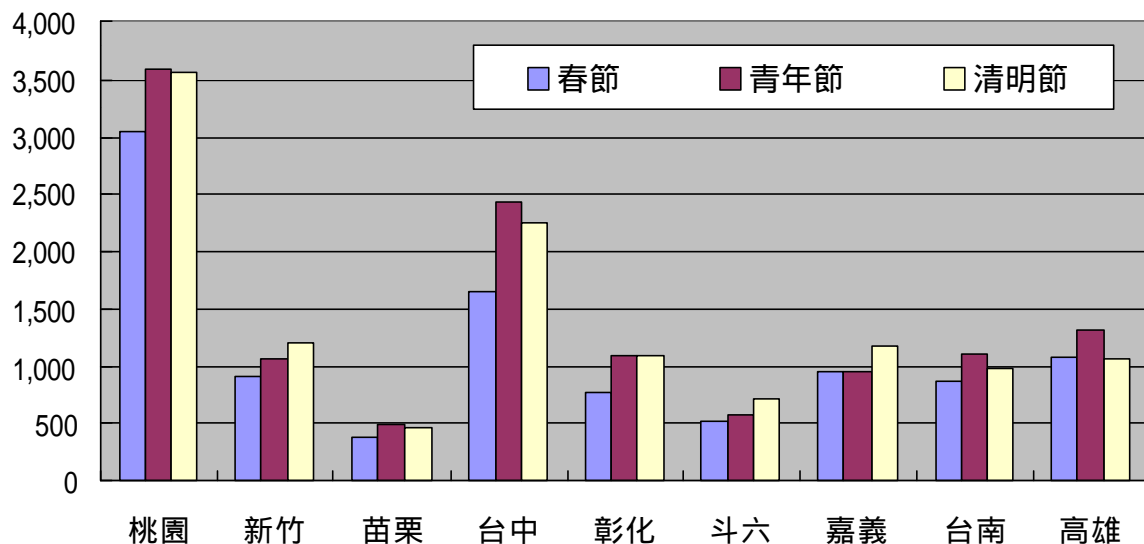


圖 3-1 民國 86 年不同假期台鐵台北站至各迄站平均日運量比較圖

2. 由圖 3-1 知，三次連續假期之平均日運量中，除台北至桃園站的區間運量過高外，以台北至台中之旅次數最高，平均日為 2,108 人次，而在台北至新竹與台北至南部的嘉義、台南、高雄三站之旅次需求相當，約在 1,000 人次左右。
3. 在民俗假期旅運方向上，由春節與清明節假期之連續假期資料得知，台鐵平均每日運量分別為南下 25,184 人次、39,391 人次，北上則為 31,862 人次、44,898 人次，相較上、下行運量，其北上需求較南下多達 26% 及 14%；惟平均日運量不易看出不同旅運長度之需求特性。

4.另由表 3.4 知，以台北車站所統計的清明節假期首日下行旅運區間資料顯示，台北（含松山及板橋）三站南下之旅客運量達 36,861 人次，佔全日假期南下總運量的 34.16%。其中長途旅客至嘉義站所佔比例最高，三站分別為 8.5 %、12.3 %、17.6 %；而至高雄站所佔比例僅維持在 5.6 % 至 6.6 % 之間。至於中程旅次方面，至台中站之比例最高，包括在松山站上車旅客中佔 12 %、台北站佔 16.2 %、板橋站則佔 16.6 %。而在台中站南下方面，則有近 50 % 旅客至嘉義站與高雄站，其中至高雄站者為 23.4 %，此一中程起迄區間運量在比例上與台北站長程區間需求特性顯有不同。

表 3.4 民國 86 年清明節假期放假首日主要車站上下行旅客數統計表

迄站 起站	松山	台北	板橋	桃園	新竹	苗栗	台中	彰化	斗六	嘉義	台南	高雄	總計
松山	0	510 (7.7)	1,572 (23.9)	984 (15.0)	500 (7.6)	224 (3.4)	790 (12.0)	540 (8.2)	330 (5.0)	560 (8.5)	205 (3.1)	366 (5.6)	6,581
台北	272	0	841 (5.3)	3,457 (21.7)	1,334 (8.4)	621 (3.9)	2,575 (16.2)	1,876 (11.8)	1,096 (6.9)	1,955 (12.3)	1,168 (7.3)	988 (6.2)	16,183
板橋	5,086	292	0	1,460 (16.7)	983 (11.3)	442 (5.1)	1,447 (16.6)	1,008 (11.6)	856 (9.8)	1,534 (17.6)	416 (4.8)	573 (6.6)	14,097
桃園	887	4,254	1,320	0	889 (16.5)	409 (7.6)	1,145 (21.2)	674 (12.5)	426 (7.9)	823 (15.3)	395 (7.3)	633 (11.7)	11,855
新竹	327	1,068	605	678	0	597 (15.6)	983 (25.7)	460 (12.0)	216 (5.6)	448 (11.7)	410 (10.7)	717 (18.7)	6,509
苗栗	123	499	227	212	562	0	495 (49.7)	90 (9.0)	52 (5.2)	108 (10.9)	77 (7.7)	173 (17.4)	2,618
台中	410	1,650	552	514	724	369	0	1,081 (18.7)	896 (15.5)	1,378 (23.9)	1,062 (18.4)	1,351 (23.4)	9,987
彰化	174	840	362	265	278	78	1,820	0	360 (15.1)	575 (24.1)	580 (24.3)	868 (36.4)	6,200
斗六	156	478	260	142	124	30	698	268	0	482 (36.9)	386 (29.6)	437 (33.5)	3,461
嘉義	161	978	504	320	243	64	1,018	534	653	0	1,540 (47.8)	1,681 (52.2)	7,696
台南	139	860	304	283	418	82	971	613	616	2,079	0	4,671	11,036
高雄	317	761	305	428	709	116	1,425	958	801	2,180	3,696	0	11,696
總計	8,052	12,190	6,852	8,743	6,764	3,032	13,367	8,102	6,302	12,122	9,935	12,458	107,919

註：1.清明節假期為 86 年 4 月 4~6 日計三天；斜體字部分為長程區間運量。

2.單位為人次，而括號內為各站間運量比例（%）。

資料來源：台灣鐵路管理局，本研究整理。

5. 基本上，旅客起迄運量受台鐵列車數與班次時點安排之影響，目前作法是在平常日的班表下，利用空檔採取加掛車廂或加班列車的方式調度，此方式並不能因應特殊假期的龐大需求。尤其對中長程旅次而言，在平常日，或週末假日，或連續假日之需求型態也有很大差異。

3.2.2 台鐵列車承載區間分佈

在強調滿足連續假日大量返鄉旅客之期望下，簡化車種、減少停靠站、依需求型態排班等原則性建議已為相關研究之共識（邱盛生，民國 83 年，許添本，民國 83 年，陳武正，民國 85 年）。為探究連續假期台鐵整體列車服務特性，先對空間需求作一檢視，包括車站需求與路段承載兩部分。由表 3.5 知，目前台鐵 85 個停靠站中，在延人公里與客票收入之名次排序下，都會型車站旅客需求最高，相對的也是高營收車站。尤其在車站評比之排序上均相同，顯現最大延人公里會反映列車營收結果。因此，主要車站之旅客起迄型態對旅客需求分析具有指標關係。

為了解過去列車供給與旅客需求間之關係，將台鐵西幹線各車站區位特性區分為十個分區，由歷史資料說明平常日、週末假日、連續假日等不同時段之區段需求。本節擷取郭柏君（民國 85 年）依每列車容量 500 人計算結果，重新將列車承載區間之承載率作依比較，如圖 3-2 所示。其中連續假期指民國 84 年端午節、中秋節、國父誕辰紀念日之平均每日承載值，在趨勢圖中，平常日、週末假日、連續假期之趨勢相同，最大承載區間在桃園至苗栗區段，其中最高承載值甚至高達 2.4 以上，顯現不同假期的最大承載區間之路段服務特性。

至於旅客對列車車種之需求變異，則再以微觀方式觀之，由表 3.6 知，在視每一列車各承載區間之承載率下，民國 86 年清明節假期放假首日各車種各列車承載區間分佈，可明顯地看出各列車營運實績之承載區間分佈，確實需求遠大於供給的壅塞程度。這在過去經驗中，如：站票旅客過多，或因佔據通道、門口等空間致使發生旅客上下車困難的情況時有所聞。此外，由平均承載率之北部區段超過 2.5 以上現象中，顯現其服務品質極差。

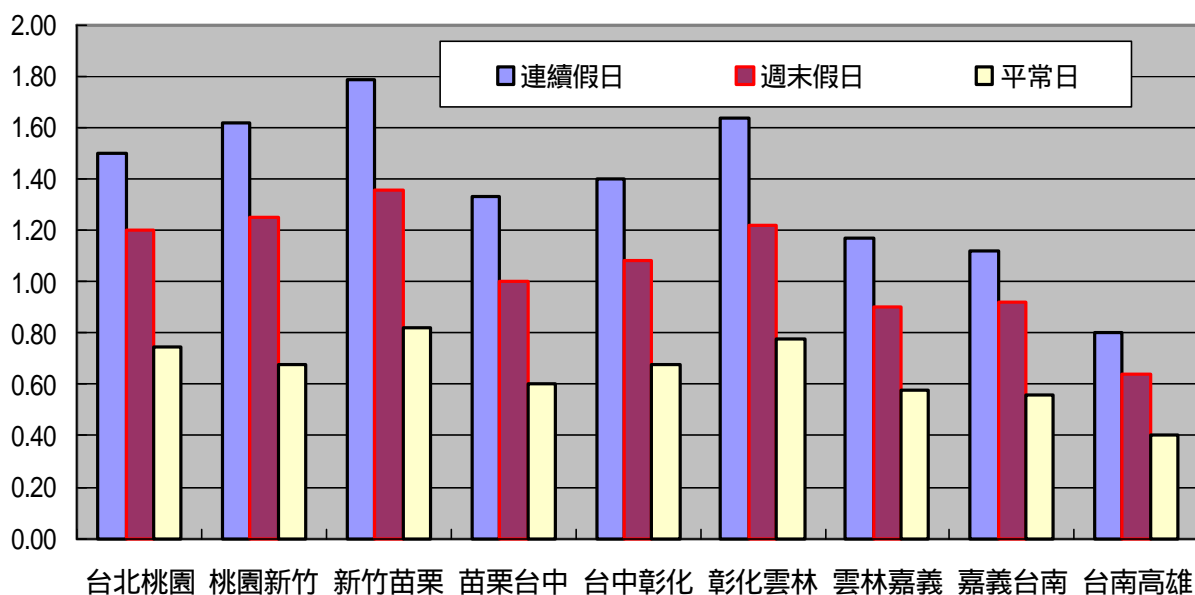
表 3.5 台鐵西幹線各車站營收數與延人公里排序統計表

客票收入 排名	站名	客票收入 (千元)	延人公里 排名	站名	延人公里 (千人公里)
1	台北	5,060,728	1	台北	3,646,305
2	高雄	3,038,815	2	高雄	2,238,790
3	板橋	2,073,460	3	板橋	1,544,557
4	台中	1,983,287	4	台中	1,428,615
5	台南	1,818,663	5	台南	1,361,494
6	嘉義	1,414,166	6	嘉義	1,048,059
7	桃園	1,295,489	7	桃園	1,039,023
8	中壢	1,125,350	8	中壢	889,494
9	新竹	1,074,333	9	新竹	819,475
10	彰化	945,691	10	彰化	741,846
11	斗六	576,450	11	斗六	447,862
12	新營	492,412	12	新營	406,341

註：1.以 84.7.1 至 85.6.30 之台鐵資料統計。

2.台鐵全線 85 個大小車站排序前十二名資料。

平均承載率



承載區間

圖 3-2 台鐵平常日、週末假日及連續假日列車平均承載率比較圖

註：本連續假日比較為民國 84 年端午節、中秋節、國父誕辰紀念日。

資料來源：郭柏君（民國 85 年），本研究整理

表 3.6 民國 86 年清明假期尖峰時段各車次承載區間分佈表

車 種 別	承載區間	台北 ▼ 桃園	桃園 ▼ 新竹	新竹 ▼ 苗栗	苗栗 ▼ 台中	台中 ▼ 彰化	彰化 ▼ 斗六	斗六 ▼ 嘉義	嘉義 ▼ 台南	台南 ▼ 高雄
自 強 號 列 車	第1班	1.66	2.53	2.81	2.83	2.47	2.34	2.34	1.81	1.23
	第2班	2.62	2.62	2.62	2.62	2.13	2.13	2.13	1.21	0.86
	第3班	2.17	2.89	2.71	2.56	2.24	1.97	1.66	1.38	0.78
	第4班	1.94	2.26	2.22	2.17	2.16	1.81	1.81	1.42	1.21
	平均承載率	2.10	2.58	2.59	2.55	2.25	2.06	1.99	1.46	1.02
莒 光 號 列 車	第1班	1.66	2.53	1.98	2.84	2.47	2.34	2.34	1.23	1.81
	第2班	2.62	2.62	2.62	2.62	2.14	2.14	2.14	0.86	1.21
	第3班	2.17	2.89	1.95	2.56	2.24	1.19	1.66	0.78	1.38
	第4班	1.94	2.26	1.46	2.17	2.16	1.81	1.81	1.21	1.42
	第5班	1.79	2.23	2.27	2.15	1.87	1.68	1.51	1.32	0.92
	平均承載率	2.04	2.51	2.06	2.47	2.18	1.83	1.89	1.08	1.35
復 興 號 列 車	第1班	0.92	1.32	1.55	1.56	1.73	1.57	1.33	0.58	0.92
	第2班	0.75	1.15	1.29	1.16	1.05	0.81	0.64	0.25	0.38
	第3班	1.38	1.73	1.71	1.61	1.4	1.2	1.05	0.58	0.93
	第4班	1.38	1.63	1.52	1.36	1.24	1.1	0.94	0.82	1.06
	第5班	1.21	1.48	1.58	1.48	1.88	1.68	1.4	0.74	1.26
	平均承載率	1.13	1.46	1.53	1.44	1.46	1.27	1.07	0.60	0.91

註：尖峰時段專指連續假期放假首日中午 12:00 以前之各班次。

綜合自強號、莒光號、復興號列車承載率加以比較，為對各車種列車平均承載旅客下，觀察各區間承載率變化情形，以圖 3-3 所示。圖中顯示嘉義站以南之區間承載率不論何種車種均明顯下降。至於各車種間之比較而言，自強號與莒光號在台北站至嘉義站間之中長程旅客承載率尚屬一致，惟復興號列車之平均承載率則明顯偏低現象，此亦顯現列車運用效率上未均衡發揮，對改善整體假期疏運需求迫切看來，殊是可惜。因此，如何發揮列車服務計畫，對站票發售比例應有一定之限制。為瞭解鐵路市場旅客對各車種的潛在需求特性，將另於下節作進一步探討與說明。

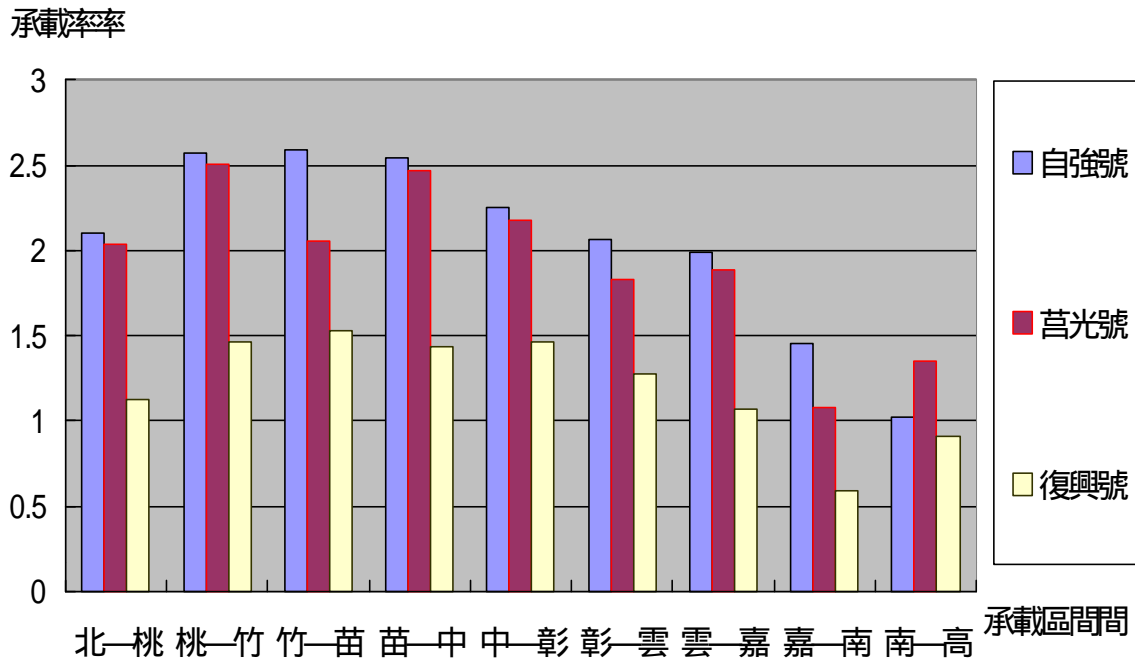


圖 3-3 台鐵各車種列車承載區間之承載率比較圖

3.3 不同車種下之潛在旅客需求

在前述民國 86 年旅客起迄資料統計中，長途旅客約佔 33.99%，其中自強號比例約佔 40%、莒光號比例約佔 29%、復興號比例約佔 31%。惟此一實際乘車比例無法反映旅客內心的選擇，為確實掌握各車種旅客起迄運量的時間、區域及方向，本研究透過現行台鐵電話訂位系統的民眾資料，作為探討台灣長假期鐵路市場旅客需求分析之參考。易言之，鐵路市場中的實際搭乘列車旅客數，包括電話訂票且搭車者與未電話訂票直接在車站購票之乘客群，而在連續假期前夕有相當比例的民眾曾以電話語音訂位後未能訂到本身期望之列車時段或車種而作罷（如完成訂票程序卻因車票已售完之紀錄），此一部分可作為探究潛在旅客參考。因此，本研究將擷取台鐵電話訂位系統之資料，並視為台鐵潛在旅客需求量。

有關台鐵局現有電話語音訂位系統，係與中華電信公司數據通信所合作開發的訂票系統，該資料庫所涵蓋的話務資料包括所有訂票旅客電話操作記錄，如訂票過程之車種別、班次別、時段、起迄車站、車票張數，以及訂票者相關資料等；惟資料庫資料龐大，相關資料僅約保存三個月。基於本研究需要，假設凡以電話語音訂位系統訂位的旅客，且經完成訂位程序作業之使用者，不論是否購得所需旅次車票（含訂位成功與訂票失敗之旅客），均視為台鐵的潛在旅客，將按車種別分別統計，並納入分析範疇。

本研究擷取民國 86 年清明節假期(4 月 3 日~6 日，含假期前一天旅客訂位資料，計四天)的語音系統資料庫中，將分析民眾預約的訂位資料，依各車種別先將每日各營運時段（未含夜車時間，即晚上九時至翌日六時）各主要車站旅客需求（選取松山、台北、板橋、桃園、新竹、苗栗、台中、彰化、斗六、嘉義、台南、高雄等十二個車站），按每三小時作一區隔，共有五個時段資料外，並就夜車時段訂位資料予以另計。經以 C 程式語言下載資料庫並彙整後（詳參周永暉，民國 86 年），如表 3.7 發現連續假期前一天起，電話預訂車票之旅客即逐步增加，尤其下班時段電話訂位需求甚高，但高峰期仍在連續假期的第一天上午九點前之時段。就列車供給而言，民國 86 年清明假期台鐵西部幹線放假首日共開行 45 班列車（其中自強號為 11 班，莒光號與復興號均為 17 班）估算約提供 2.25 萬個座位數，而由表 3.7 知，在十二個車站的電話語音系統訂位數即約達 5 萬人次需求，若扣除過去平均取消率與未取票率約 15%之比例，以及可能重複訂購車票數後，仍能顯現供需失衡現象，其中台北至台中以南之中長途區間最為明顯。

鑑於前述總量分析結果無法反映不同時段起迄需求特性，為一窺連續假期旅客返鄉需求特性，乃就放假日第一天上午連續六小時台北地區訂位之各不同時段資料，與台鐵當日運輸實績加以比較。由圖 3-4 知，民國 86 年清明節台鐵下行旅客預約數（包括訂位成功與未訂到車票者）與乘車數加以比較後，顯示中長程旅次之高需求現象，其中以台北至台中、台北至嘉義之雙高峰需求趨勢。

表 3.7 清明假期台鐵下行各時段旅客電話訂位數統計表

日期	時段	桃園	新竹	苗栗	台中	彰化	斗六	嘉義	台南	高雄	總計
假日 前一日 (86.4.3 星期四)	06~09	4	11	6	464	221	364	1,303	235	243	2,851
	09~12	1	27	68	708	404	546	984	236	313	3,287
	12~15	21	20	34	964	863	772	1,562	770	706	5,712
	15~18	5	30	79	1,207	964	919	1,374	848	742	6,168
	18~21	15	62	221	2,602	1,390	1,359	2,477	1,362	972	10,460
	21以後	0	2	8	189	124	309	904	566	1,420	3,522
假日 首日 (86.4.4 星期五)	06~09*	5	114	307	4,540	3,054	2,626	7,570	2,127	2,404	22,747
	09~12*	23	63	134	1,675	1,486	1,296	2,772	761	905	9,115
	12~15	9	61	52	1,147	1,400	1,125	2,331	629	393	7,147
	15~18	6	10	18	468	579	706	1,164	201	110	3,262
	18~21	0	27	35	437	458	403	719	173	107	2,359
	21以後	9	37	54	415	368	420	1,243	213	349	3,108

註：* 表尖峰時段。

迄站旅客數

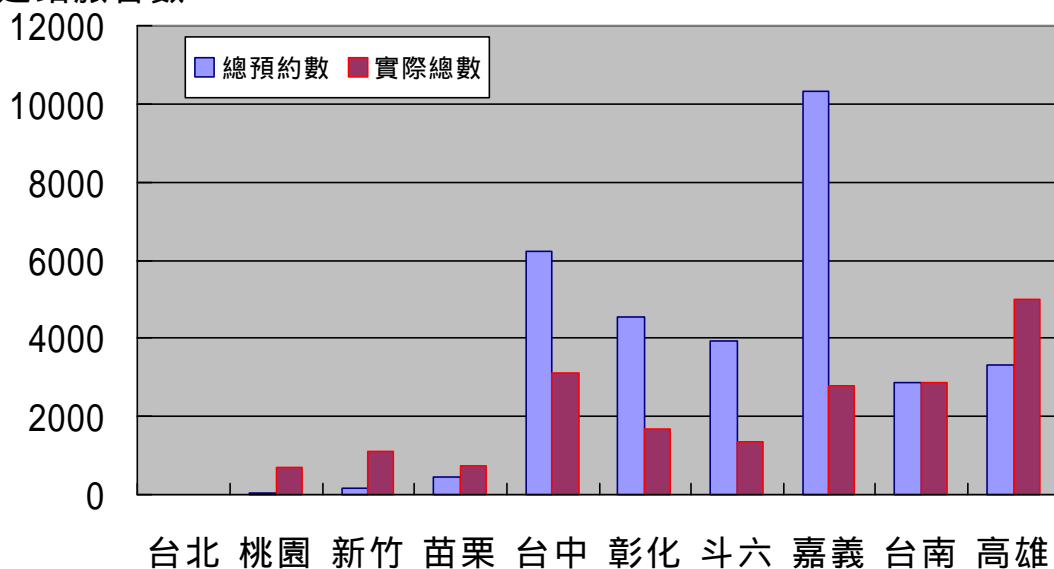


圖 3-4 民國 86 年清明節台鐵下行旅客電話訂位數與乘車數比較圖

針對清明假期尖峰時段中全區段（OD trips）民眾電話預約數，將台北上車旅客加以分離，經統計後，得知購買台北起站旅客數佔全區段預約數的四分之三。如表 3.8 知，在清明節連續假期放假日第一天上午十二時以前的尖峰時段資料中，台北至嘉義所佔比例最高，佔總需求量的 32.67%，依次是台北至台中站為 22.17%，而彰化站與斗六站分佔 15.14% 及 12.02%。

表 3.8 清明假期放假首日尖峰時段台鐵旅客電話訂位數統計表

時 段		桃園	新竹	苗栗	台中	彰化	斗六	嘉義	台南	高雄	總 計
全區段 ¹	06-09	5	114	307	4,540	3,054	2,626	7,570	2,127	2,404	22,747
	09-12	23	63	134	1,675	1,486	1,296	2,772	761	905	9,115
	小計	28	177	441	6,215	4,540	3,922	10,342	2,888	3,309	31,862
	百分比	0.09%	0.56%	1.38%	19.51%	14.25%	12.31%	32.46%	9.06%	10.38%	100%
台北站 ²	06-09	3	108	262	3,791	2,363	1,828	5,636	1,529	1,189	16,709
	09-12	15	55	112	1,424	1,198	999	2,046	531	429	6,809
	小計	18	163	374	5,215	3,561	2,827	7,682	2,060	1,618	23,518
	百分比	0.08%	0.69%	1.59%	22.17%	15.14%	12.02%	32.67%	8.76%	6.88%	100%

註：1.全區段係指各區間電話訂位旅次數累計值，如台中站專指起站為台北站到苗栗站之間，至迄站台中站之旅客累計值。

2.台北站係指以台北站為起始車站到各迄站的電話訂位數，可由各迄站數據說明不同旅次長度之需求強度。

資料來源：本研究整理。

此外，為分析各車種旅客起迄需求與實際承載之趨勢，再將前表中台北站至各迄點之需求量按車種別加以區分（如表 3.9 所示），由表知台北站至台中站以南各站需求相當高，而台北站至苗栗站之間旅客電話預約情形則並不熱絡。其中在總預約需求中依序以嘉義站、台中站、彰化站需求最高，如至嘉義站的預約旅客需求紀錄人數為 7,682 人次，而實際乘車人數為 1,222 人次，幾乎旅客期望搭車人數比例是實際乘車人數的六倍；反倒是至高雄站的實際乘車數與預約需求數均較低，分別為 795 人次與 1,618 人次，在其電話預約數低於台南站及斗六站，就此一數據顯示在台北高雄間之需求，似有其他替代運具提供服務致使鐵路運輸量較低。

表 3.9 清明假期尖峰時段台鐵各車種列車電話訂票與實際乘車比較表

項目		桃園	新竹	苗栗	台中	彰化	斗六	嘉義	台南	高雄	小計
自強 列車	預約數	8	50	89	2,614	1,322	418	3,684	1,397	1,162	10,744
	實際數	144	292	81	927	350	109	549	446	414	3,312
莒光 列車	預約數	10	47	269	2,075	1,409	1,718	2,987	516	360	9,391
	實際數	343	315	284	778	356	376	381	232	246	3,311
復興 列車	預約數	0	66	16	526	830	691	1,011	147	96	3,383
	實際數	226	232	47	200	338	208	292	103	135	1,781
總數	預約數	18	163	374	5,215	3,561	2,827	7,682	2,060	1,618	23,518
	實際數	713	839	412	1,905	1,044	693	1,222	781	795	8,404
	差異比	-	-	-	2.74	3.41	4.08	6.29	2.64	2.04	-

註：1.尖峰時段係指放假第一天（86 年 4 月 4 日）上午列車承載旅客數統計。

2.斜體字為電話訂票預約數，包括前表 6~9 與 9~12 兩時段之統計結果。

3.差異比係指電話訂票預約數比實際乘車人數之比值。

單位：人次。

另由圖 3-5 即可看出各車種實際運量與電話語音系統訂位比較之強烈供需對比，顯現自強號與莒光號供給不足之嚴重情形，相對地，旅客對復興號列車之需求程度是在三種車種中最弱。為分析起迄特性，發現三種車種在中南部需求曲線型態相仿，但其趨勢卻略有不同。將自強號、莒光號及復興號資料繪圖分析於圖 3-6 至圖 3-8 中，自強號列車之台中站與嘉義站之旅次需求量相當大，而莒光號及復興號則於彰化、斗六間仍維持一定比例之高需求。在台北三站（起站為松山、台北及板橋）長途旅客之需求上，以自強號列車旅客佔各車種運量比例最高，其次依序為莒光號及復興號，由此可得高等級列車具較高之需求關係。

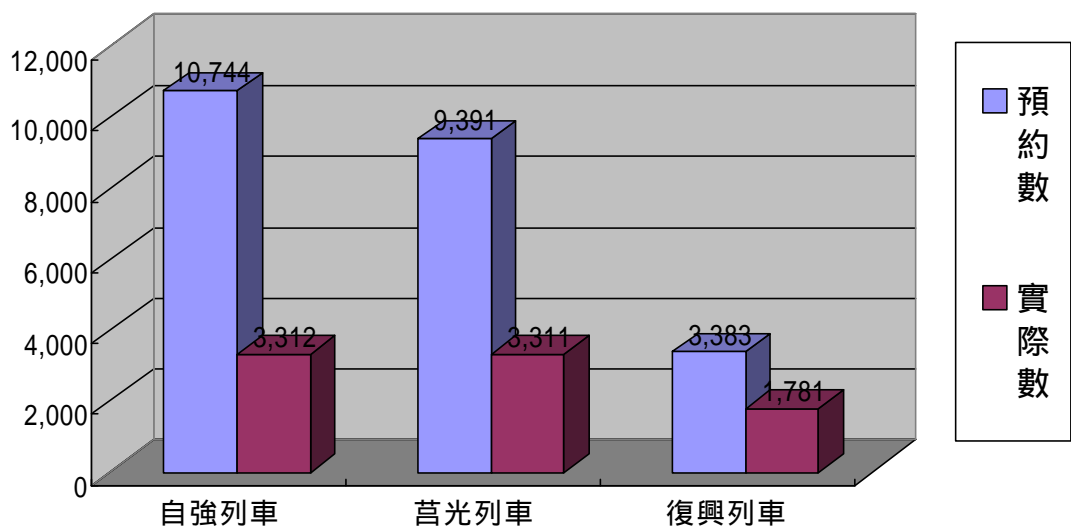


圖 3-5 民國 86 年清明假期尖峰時段台鐵下行各車種旅客需求比較圖

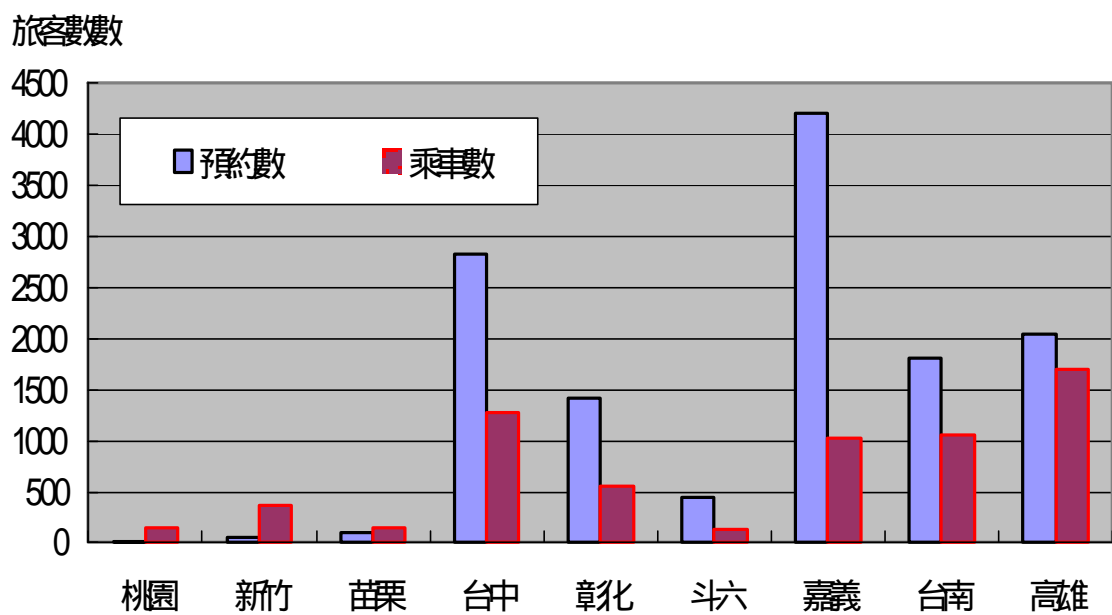


圖 3-6 台鐵下行自強號列車電話訂位與實際乘車數比較圖

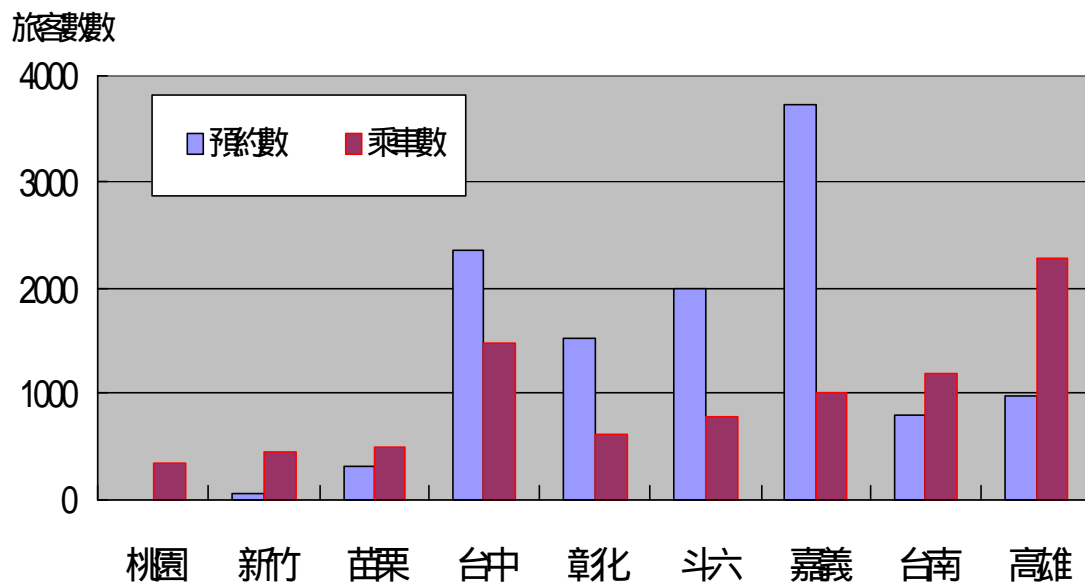


圖 3-7 台鐵下行莒光號列車電話訂位與實際乘車數比較圖

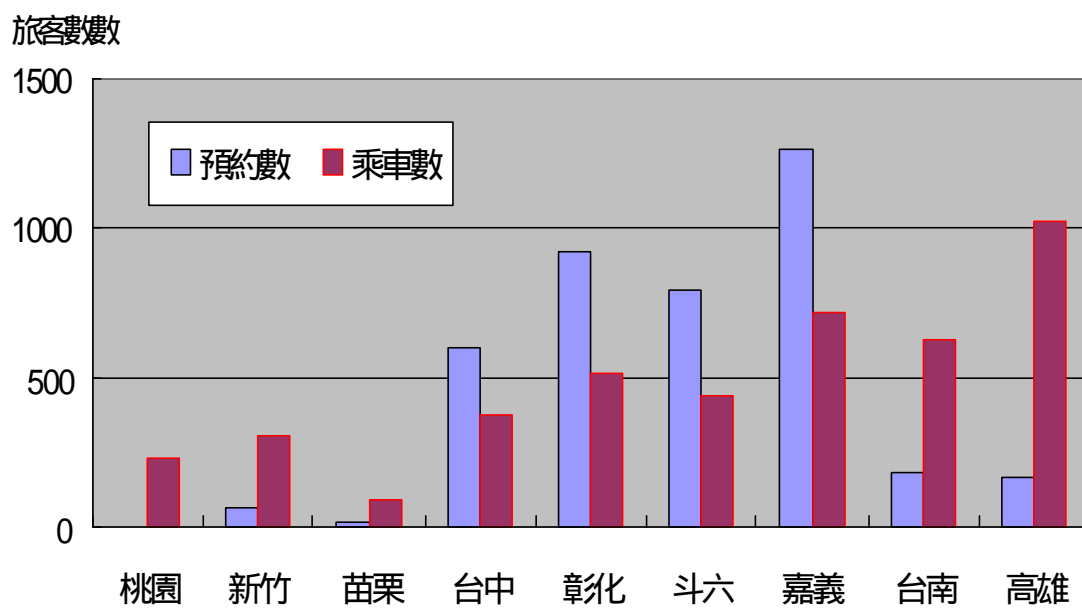


圖 3-8 台鐵下行復興號列車電話訂位與實際乘車數比較圖

由於從需求特性反映列車排程問題時，以單一系列高級列車說明較為具體。因此，選取民國 86 年 4 月 4 日 1017 次自強號列車為例（詳表 3.10），可觀察在各起迄運量中，經確認完成電話訂位程序者（含未訂到車票者）計有 2,682 人次，而在當日當次實際搭乘之旅客數為 1,558 人次，如暫不考量列車容量限制，則顯見曾以電話預訂該次列車旅客之高度需求，以此簡略估計約有 58% 旅客擠進該次直達車南下。此一現象對未來列車排程時，應考量維持大多數人之期望，並需擷取旅客選擇偏好下考慮以高等級直達方式之列車指派。尤其台北三站區位相近應可對旅客作適度整合處理停站方式。另由圖 3-9 顯示各站之不同需求，更能顯示北部南下旅客至少有一半旅客無法搭乘之現象。至於表 3.11 之承載率特性中（以每列車承載 500 人計），台北至嘉義區段仍具高承載區間分布情形，日後亦必須對承載量作充分考量，以維持列車車廂基本的服務品質。

表 3.10 清明假期自強號 1017 次列車電話訂票與實際乘車數比較表

起站 \ 迄站		台北	板橋	台中	嘉義	台南	高雄	總計	備註
松山	電話預約數	0	0	162	131	38	36	384	1. 台北三站預約數(含未訂位成功者)為 2,537 人(如粗斜體字)。 2. 台北三站乘車數 1,224 人。
	實際乘車數	—	—	69	44	18	13	119	
台北	電話預約數		0	370	564	197	152	1,311	
	實際乘車數		—	201	183	87	92	563	
板橋	電話預約數			174	400	97	149	842	
	實際乘車數			163	217	74	88	542	
台中	電話預約數			—	31	43	64	138	
	實際乘車數			—	54	64	81	199	
嘉義	電話預約數				—	2	1	4	
	實際乘車數				—	18	30	48	
台南	電話預約數					—	3	3	
	實際乘車數					—	87	87	
總計	電話預約數			706	1,126	377	405	2,682	
	實際乘車數			433	498	261	391	1,558	

註：1. 本表實際乘車數資料不含人工售票、列車補票和自動售票機之營運量。

2. 清明節假期為 86 年 4 月 4~6 日計三天，1017 次列車台北站 8:40 發車。

單位：人次。

資料來源：中華電信公司數據通信分公司，台灣鐵路管理局，本研究整理。

表 3.11 清明假期自強號 1017 次列車各區間載客數及承載率表

起迄站 項目	松山-台北	台北-板橋	板橋-台中	台中-嘉義	嘉義-台南	台南-高雄
旅 客 數	119	682	1224	990	540	391
承 載 率	0.233	1.333	2.391	1.934	1.055	0.764

註：1.本表實際乘車數資料不含人工售票、列車補票和自動售票機之營運量。
2.清明節假期為 86 年 4 月 4~6 日計三天，1017 次列車台北站 8:40 發車。

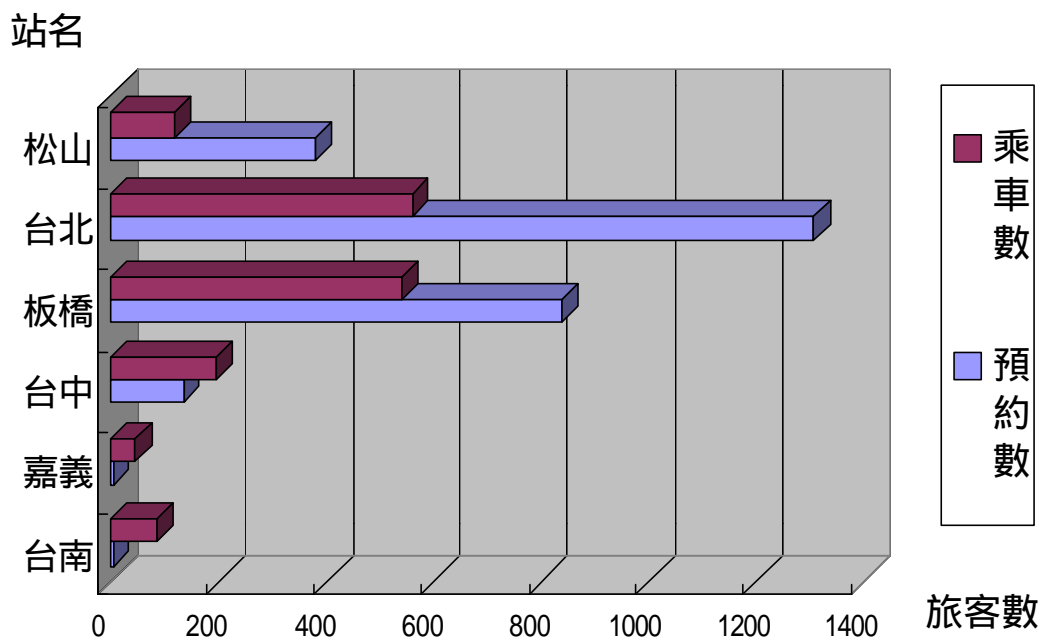


圖 3-9 清明假期自強號 1017 次列車電話訂位數與實際乘車數比較圖

第四章 特殊假期列車排程規劃之概念模式

4.1 基本構想

基於前章所回顧的文獻與尖峰需求問題探討後，可以了解特殊假期需求特性具備瞬間需求 (instantaneous demand)，且極具變化特性。因此，為將旅次長度與車種等級適度反映在規劃設計之中，擬從需求與供給兩方面著手說明本研究列車排程規劃作業之基本構想。由圖 4-1 知，從原班表中篩選不同旅次起迄長度之旅客群，探討該群旅客需求時，包括旅客對各車種間 (Between) 之偏好程度，以及對原搭乘該車種服務特性改變 (Within) 之偏好程度；再就各車種列車予以指派，在各車種列車容量限制下，經過尋優法則與評估比較後，最後產生新列車班表。這就如同 Bussieck 等 (1997) 所稱列車班表之產生係立基於基本固定班表，經求解過程後 (如：旅行時間最小化，含行車時間與停等時間)，再依據過去經驗法則予以微調後，並安排列車到站時間，以產生新班表。茲就本研究基本設計構想說明如后。

1. 需求面

本研究針對連續假期特殊運輸型態之旅客需求界定為特殊尖峰需求，不考慮鐵路、公路、航空運輸等客運間之需求移轉。同時假設鐵路客運需求總數固定，惟旅客會因車種、發車時點及停站方式不同，而有不同之選擇行為，且會依其偏好作一選擇。其處理分為二大單元：

- (1) 在既有班表之各車種旅客起迄量已知下，估算運量 (該旅客預估數不能超過原總旅客數，以符合總旅客數守恆原則)。首先依旅次起迄長度切割為長、中、短程等不同集合，再經由假期尖峰之旅客偏好選擇模式 (效用函數中考量列車等級、發車時間與停站數減少所節省之旅行時間等因素)，針對每一時點發出之某一車種及其停站數，預估各起迄運程之旅客數。
- (2) 在已知時點及車種下，針對其不同停站組合方式，以長程旅客優先方式進行旅客搭乘該列車之載運指派，剩餘承載量再指派予較短程旅客。

2.供給面

- (1) 列車派車模式涉及各車種列車容量與軌道容量之規劃，為簡化問題，並符合長程旅次及高級列車優先之要求，本研究在供給面上係以高等級列車優先發班為原則，由最高等級列車起，在各已知可行發車時點中找出最佳之發車時點，待所有列車均已發完班後，再依序進行其他等級列車。
- (2) 同時為確認時間帶，乃利用現有班表時間帶旅客在運輸時段需求變化下作一指派，再以時間帶區域搜尋法來增進求解效率。

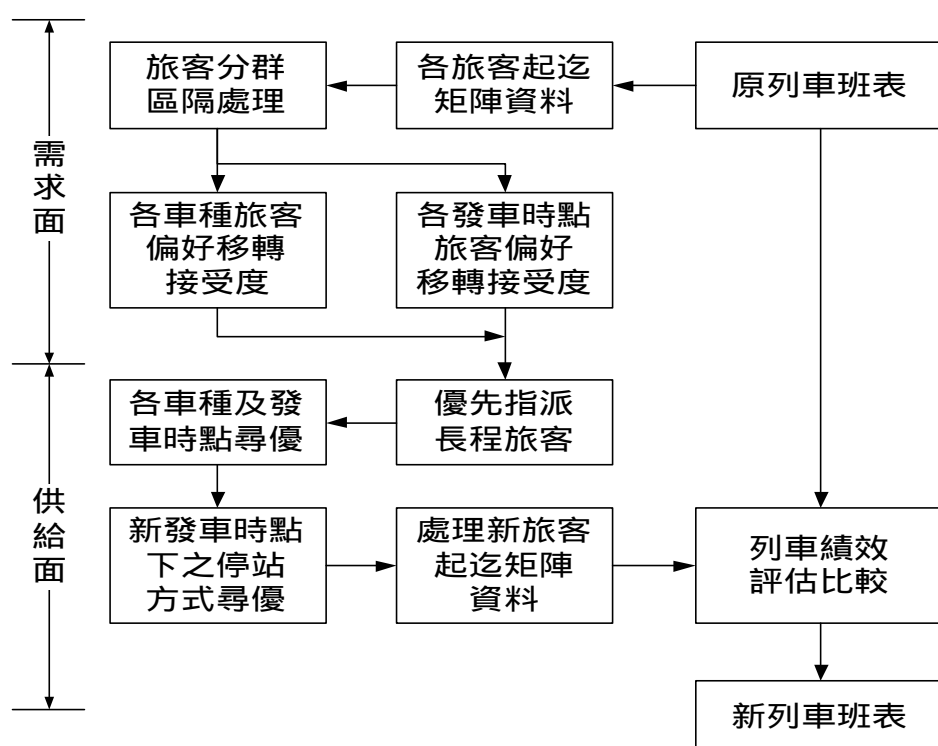


圖 4-1 特殊假期列車排程規劃基本構想圖

4.2 概念模式說明

1. 規劃目標

- (1) 本研究係同時兼顧營運者與使用者權益之系統最佳，來設計規劃目標式。
- (2) 營運者權益之票箱收入係鐵路客運營收主要來源，由於鐵路客運係採里程費率，故總營收在模化上可簡化為延人公里乘以里程費率。
- (3) 列車起迄行駛時間係決定鐵路客運服務水準重要指標，由於各車種行車時間雖因機電特性不同而有差異，惟影響行駛時間之主要因素仍係列車停靠站數之多寡，故在目標式中加入停站總延時項，藉以反映旅客之權益。

2. 限制條件

- (1) 列車承載區間路段之載客數不大於列車容量限制：各時點發出之列車，其各路段間之載客數不得高於該車種之列車容量 C^m 限制。
- (2) 指派旅客不大於預估數限制：各車種指派給各班列車之各起迄旅程旅客，其總數不能超過該旅程之旅客預估數。而旅客預估數 (\bar{P}_{ij}^{qm}) 係以敘述性偏好法所構建之各效用函數為基礎(另詳於第五章之旅客模式構建)，求出不同車種之旅客移轉率，再乘上實際購票乘車之旅客確定數後，所計算出運量指派後之旅客預估數。有關各車種各列車時點旅客預估數之決定，將在第六章之尋優程序一節中說明。
- (3) 列車停站時點限制：各車種列車停站可能性受限於列車指派載客數。
- (4) 每時點最多發一列車限制：發車時點集合事前已確定，不論車種為何，每一發車時點最多只能發出一列車。
- (5) 列車安全班距限制：每兩列車之發車時點班距係等於停站時間加上閉塞區間內安全行駛時間，必須符合最小安全班距。一般言，列車停站時間為三至五分鐘，而閉塞區間內安全行駛時間三至四分鐘，依台鐵軌道容量現況，可設定列車班距約為十分鐘，本研究以參數 b 表示。
- (6) 列車營運發車班距限制：每兩列車於起始車站之發車時點班距，必須

符合最小營運班距，此依鐵路軌道容量可設定列車發車班距參數 b 表示。

- (7) 各車種列車總數限制：此為已知列車供給資源之外生限制，係依台鐵既有各車種之可營運列車數設定，本研究以外生參數 V^m 表示。
- (8) 各車種列車停站總數限制：高等級列車停站數配合費率因素考量，其高等級列車費率較高，停站數應較少，為符此一原則，本研究係以外生參數 N^m 設定不同車種之最多停站數。

4.3 模式設計與構建概念

4.3.1 決策變數

令 i 表起站， $i=1,2,\dots,n-1$ ； j 表迄站， $j=i+1,\dots,n$ ； q 表列車發車時點序號， $q=1,2,\dots,Q$ ； m 表車種， $m=1,2,3$ ， L_{ij} 表每列車由 i 站至 j 站之旅客乘車距離長度（公里）； g^m 表第 m 車種之每延人公里費率（元/人公里）， T^m 表第 m 車種每停一站之時間（分鐘）； τ 表旅客旅行時間價值數（元/分鐘），其餘重要變數，依命題需要對下列決策變數予以定義。

1. 列車載客數

以 P_{ij}^{qm} 表示列車載客數，為不小於 0 之整數。該變數透過以敘述性偏好法構建之效用函數，在某一車種、發車時點、停站組合下，決定原不同車種旅客之移轉率，再乘上連續假期實際購票乘車之旅客確定數後，計算而得

2. 發車時點

以 M^{qm} 之 0,1 變數表示發車時點， $M^{qm}=1$ ，表第 m 車種在第 q 時點會發一列車，其中，列車發車可行時點集合確定，總數已知。

3. 停站位置

以 Z_k^{qm} 之 0,1 變數表示停站位置， $Z_k^{qm}=1$ 表第 m 車種在第 q 個時點所發列車會停靠第 k 站， $k=1,2,\dots,K$ 。其中，列車發車可停靠站址集合確定，總數已知。

4.3.2 概念模式構建

基於上述定義，本研究所設計連續假期鐵路派車概念模式(Concept Model)，主要引用 Perrow(1961)就運輸事業目的區分營運目標(Operation Goal)與政府目標(Official Goal)來釐清鐵路經營的目標問題。為此，本研究以鐵路營收主體的票箱收入最大化為目標（定式為 $Max \sum_{m=1}^3 \sum_{q=1}^Q \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n p_{ij}^{qm} g^m L_{ij}$ ）外，並以旅客旅行時間所停靠車站延時最小化為尋優目標（定式為 $Min \sum_{m=1}^3 \sum_{q=1}^Q \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n p_{ij}^{qm} I T^m \sum_{k=1}^K Z_k^{qm}$ ）。因此，綜整本研究概念模式可定式如下（符號定義詳如附件一）：

$$Max G = \sum_{m=1}^3 \sum_{q=1}^Q \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n p_{ij}^{qm} (g^m L_{ij} - I T^m \sum_{k=1}^K Z_k^{qm}) \quad (4.1)$$

s.t.

1. 列車承載區間之載客數不大於容量

$$\sum_{i=1}^s \sum_{j=s+1}^n p_{ij}^{qm} \leq C^m, \quad \forall q, \forall m, \forall s = 1, 2, \dots, K-1 \quad (4.2)$$

2. 承載區間指派旅客數不大於預估數

$$p_{ij}^{qm} \leq \bar{P}_{ij}^{qm} M^{qm} Z_i^{qm} Z_j^{qm}, \quad \forall q, \forall m, \forall i, \forall j \quad (4.3)$$

3. 列車停站時點限制

$$Z_i^{qm} \leq M^{qm}, \quad \forall i, \forall q, \forall m \quad (4.4)$$

4. 每時點最多發一列車

$$\sum_{m=1}^3 M^{qm} \leq 1, \quad \forall q \quad (4.5)$$

5. 列車安全發車班距

$$M^{im} + M^{(i+b)m} \leq 1, i = 1, \dots, n-b \quad (4.6)$$

6.列車營運班距限制

$$\sum_m M^{im} + \sum_m M^{(i+b')m} \leq 1, \forall m = 1, 2, 3, \forall i = 1, \dots, n - b' \quad (4.7)$$

7.各車種列車班次總數

$$\sum_{q=1}^Q M^{qm} \leq V^m, \forall m \quad (4.8)$$

8.各車種列車停站總數

$$\sum_{k=1}^K Z_k^{qm} \leq N^m, \forall m, \forall q \quad (4.9)$$

9.整數原則

$$p_{ij}^{qm} \geq 0, \text{ 且為整數};$$

$$M^{qm}, Z_k^{qm} \in \{0, 1\}$$

4.4 求解策略

在排程處理作業方面，主要決策變數為預估旅客數、發車時點、停站方式，前述概念模式係嘗試模化列車規劃構想，試圖在權衡旅客偏好因素的觀點下，以規劃目標作為衡量排程績效之評估標的，而列車營運方式則在兼顧所考量的營運者與使用者因素下取決於此一績效評估之結果作為。因此，列車派車決策依此目標值即可進行尋優運作。同時，也不以過去構建模式中用權重方式處理優先權問題，完全依據旅次長度愈長營收值愈高的一個較簡便易行之方法探求最佳排程方案。

本研究新列車排程規劃作業，先經由列車可行發車時點之確認機制，以反映旅客的選擇行為之原則下，進行排程規劃。其中旅客對列車班次偏好高低係透過效用函數計算出各班次被選擇之機率，再換算成預估旅客數以作為指派客源之依據。因此，在求解方法之課題上，需先另構建旅客偏好模式作為求解預估旅客之依據，詳如第五章。而列車排程則以啟發式求解法求解，力求在合理的運算時間下求解一組可接受解，除已作某種程度簡化外，求解流程與減少不必要搜尋程序，在構建一起始解後，即以交換法或在區域搜尋

法來增進求解效率，詳如第六章。

為闡述此一派車決策邏輯，研提本論文整體求解的概念性架構 (Conceptual Framework)，如圖 4-2 所示。簡言之，即在列車排程規劃架構上，將不同時間帶旅客之固定需求，在其可變動轉換區間範圍內，按事先求取一效用函數以分派新排點之需求比例，作為分派新排點之評估旅客需求數。而旅客總需求則仍維持固定不變，而將可變動區間之需求依據旅客選擇模式轉換成固定需求，再依固定需求作指派，然後再進行派車操作模式。在派車操作基礎上，是先確認列車承載率，再依據優先法則指派，若於指派後對每一起迄對間旅次數 (O-D Pair) 有超額需求現象發生時，則按列車容量限制予以扣除，而未被服務者，均需留在原有旅次起迄表之原有市場，等待移轉至其他班次列。經反覆求解過程，求解出新列車排程之規劃作業，包括各車種發車時點、各列車班次之停站數及其停靠站址，其中列車停站方式即取決於旅客指派組合結果。

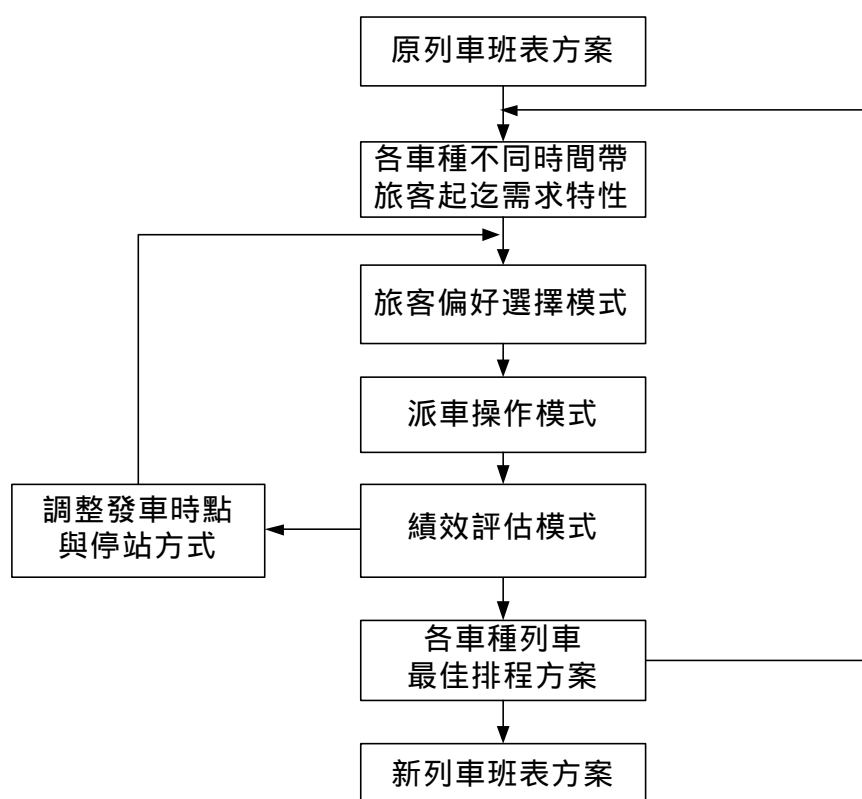


圖 4-2 特殊假期列車排程規劃之概念性架構圖

第五章 鐵路旅客偏好模式之構建與分析

為有效配合列車排程之需，並掌握連續假期鐵路市場之旅客選擇行為特性，本章所擷取衡量指標係以衡量鐵路服務指標的時間效益為主，在探討鐵路列車旅次特性時，以敘述性偏好法構建假期尖峰需求之旅客偏好模式。

5.1 問卷設計

本問卷設計理念主要有三：其一、確認市場特性，調整服務區間；其二、掌握旅客偏好行為；其三、選擇列車屬性改變特質。因此，將受訪旅客群體依市場區隔理念，區分為短程、中程與長程旅客三群體，並按前第三章所述 50 公里以下、50 公里~200 公里及 200 公里以上加以區隔。如以台鐵下行列車停站區位劃分，則在台北站起站至新竹以北之迄站旅次為短程旅次，而迄站為新竹以南(含新竹站)至彰化以北(含彰化站)為中程旅次，以及彰化以南至高雄區間為長程旅次之原則。

本研究問卷設計之情境組合，係以考量連續假期鐵路時刻表及台鐵高級列車特性，以個體模式之問卷方式進行調查。為探究乘車者對不同高級列車特性改變後之選擇行為，其決策變數選取主要配合前章列車排程規劃所需，擷取旅行時間差距、發車時間提前及延後、座位服務等變數。有關設計流程詳如圖 5-1，並說明主要重點有下述三項：

1. 蒐集原搭乘車次旅客者之列車基本資料，包括起迄站名、車次碼（含車種及行駛時間）。
2. 針對每一位受訪者，提供未來六種（包括有座與無座各三種情境）不同於旅客所搭乘當日當班車次之列車特性選擇。
3. 針對所界定短、中、長程之起迄區間，分別選取適當之屬性水準值（即變數）範圍予以調查。

至於前述列車特性變化所供作民眾選擇的「新高級列車」者，則依多車種特性下，旅客對其他車種重新選取之偏好行為，計有九種基本組合模式型態，如圖 5-2。此外，每車種中均將不同旅次長度之旅客群，區分為短、中、長程三組群體對象，如此即有二十七種組合模式。

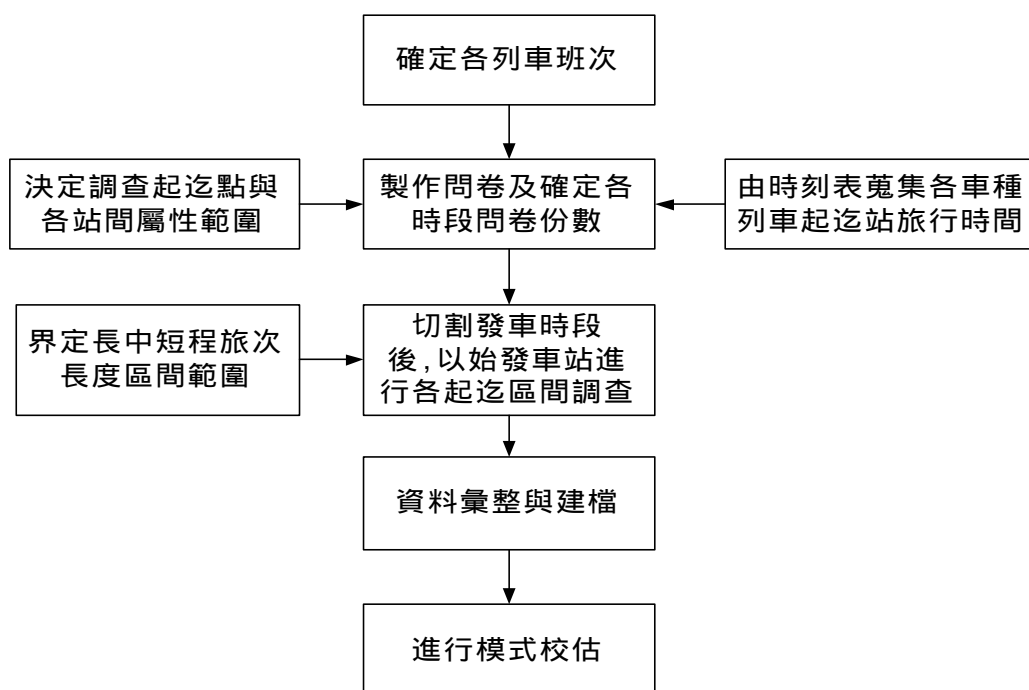


圖 5-1 敘述性偏好法問卷設計流程圖

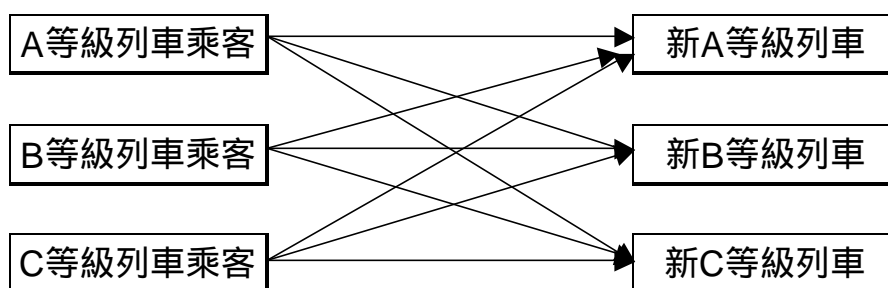


圖 5-2 多車種列車特性方案選擇示意圖

5.2 資料蒐集與調查方法

本研究為能確實掌握旅客需求，乃以敘述性偏好法之設計機制，針對實證研究課題與對象，進行資料蒐集作業，並按偏好模式所需採面對面訪問法進行調查，而調查時則視旅客在連續假期旅次行為之方向性與時段性加以確認。即基於台鐵連續假期之特性，在假期前一日起便已開始湧現人潮，如郭柏君（民國 85 年）統計說明台鐵於假期前一日起不僅班班客滿，且各區間平

均承載率幾乎都在二以上。此外，依據 Swanson & Pearmain 等（1990）指出各區隔之合理樣本數為 75 至 100 原則，決定抽樣樣本數，然後再對不同運程距離旅次長度的旅客群對象，按不同車種進行隨機抽樣之調查作業。茲就調查時間與方法說明如下：

1. 調查時間：調查日期選取民國 86 年連續兩次長假期，包括民俗假期的清明假期(4 月 4~6 日，計三天)與非民俗假期的青年節假期(3 月 28~29 日，計兩天)。調查時間是兩次假期放假日前一天下午三時起至九時止，以及放假日第一天上午七時起至中午十二時止。
2. 調查地點選定：以最能反映假期尖峰特性旅客需求最高之車站為原則，且以確認所購得列車車票者較具選擇行為之代表性。因此，由調查員在台鐵台北車站之剪票入口處，在旅客候車室與下行列車月台層之停等區，分別對不同車種之旅客進行訪談。
3. 調查方法：本研究以面對面訪談法進行問卷調查。同時，為能均勻抽樣及避免影響返鄉人潮上車干擾，乃以每小時間隔作業方式，對持有座車票旅客與持無座車票旅客分別訪查。在每一時段區隔內調查時，調查員於兩列車班距內，在各調查地點內於前班列車發車後，立刻就停等下一班次列車之旅客進行調查。
4. 問卷內容：因連續假期上車人潮甚多，受調查時間限制，以簡單且容易獲取調查資料方式，設計所需資料內容，因此，以調查員勾選方式設計問卷格式及其內容，詳如附錄二。至於有關本問卷內容中，對替選方案特定變數之旅行時間差異與發車時間提前或延遲之決定，詳述於下一節之設計說明。
5. 調查資料整理：在連續假期台鐵各車種受訪者有效樣本數中，各車種各區間之有效問卷份數均達 200 份以上，包括自強號列車者 340 份，莒光號列車者 369 份，復興號列車者 282 份（詳如表 5.1 所示）。若以旅次長度區分，則總計長程旅客數 292 份，中程旅客數 341 份，短程旅客數 358 份。

表 5.1 連續假期台鐵旅客偏好問卷調查份數統計表

車 種		自強號列車			莒光號列車			復興號列車		
起迄區間	日期	有座	無座	小計	有座	無座	小計	有座	無座	小計
長程 旅客	3/28~29	25	10	35	27	16	43	12	4	16
	4/03~04	38	40	78	35	35	70	39	11	50
	小計	63	50	113	62	51	113	51	15	66
中程 旅客	3/28~29	23	8	31	18	38	56	15	18	33
	4/03~04	37	35	72	35	33	68	43	38	81
	小計	60	43	103	53	71	124	58	56	114
短程 旅客	3/28~29	36	26	62	30	27	57	15	19	34
	4/03~04	37	25	62	36	39	75	22	46	68
	小計	73	51	124	66	66	132	37	65	102
總計		340			369			282		

註：每 1 份問卷有 6 個不同情境之樣本數。

單位：份。

5.3 效用函數決策變數之選取

一般羅吉特模式的解釋變數主要有兩類：其一、運具服務水準變數：如旅行時間、旅行成本及其他；其二、社會經濟變數：如年齡、性別、所得、職業等。本研究為瞭解乘客對鐵路列車車種及時段之偏好，仍以現有旅客搭乘列車各起迄為觀察對象，針對各車種間競爭情境（Intramodal Competition and Elasticity）與同一等級列車變更服務條件（Intraclass Competition and Elasticity）作為設計考量，乃選取旅行時間差距、發車時間提前與延後、有無座位服務水準等為解釋變數。至於票價與不同列車等級的舒適度等服務水準因素，均視同隱含在車種特性內，而所得因素則視為隱私問題不予列入（詳列如表 5.2）。茲分述如下：

1. 替選方案特定常數

在多車種列車特性下，並對列車特性作差異化策略改變，包括簡化高級列車速度差異，僅視列車停靠站次數多寡作停車延時多少之策略，而且保持現有不同車種在票價與座位空間服務差異均隱含作相對性比較。如現行台

鐵自強號、莒光號、復興號三種列車之車種特性設計，乃由旅客過去搭車經驗與列車服務形象等品牌偏好為主要判斷。

2. 替選方案特定變數

(1) 旅行時間差距：旅行時間（含停站時間總延時）為旅客選擇行為的主要因素，並按短、中、長程區間作一區隔。為凸顯不同區間旅客對行駛時間感受差異，乃選取旅行時間差距作為模式變數，以符合民眾對列車的選擇偏好。如：台鐵列車各車種列車表定速度是每小時 110 至 95 公里下之平均行駛時間估算，衡量南北旅行時間差距最多為 120 分鐘。惟為完整校估旅客模式，針對三種車種彼此間之偏好移轉均作旅行時間差距比較。在情境設計上，包括高等級車種旅客移轉較低等級列車之偏好，以及不同車種列車的相同旅行時間之區隔量度，詳如表 5.3。

(2) 發車時間：為能反映不同旅次目的之旅客對列車發車時間改變的選擇偏好，除將發車時間差異作為本研究特定變數，並區分提前發車時間與延遲發車時間兩項指標分別校估。而水準值係採固定水準值，並按短、中、長程分別設 10、20、30 分鐘級距。如台鐵自強號長程旅客選擇其他列車發車時間比當日當次乘車時間提前，同時按 30 分鐘級距選擇提前發車或延遲發車半小時或一小時或一個半小時之列車偏好，詳如表 5.4。

3. 共生變數

座位服務水準為列車供給衡量指標之一，因原方案與新方案兩兩相比下之共生變數。有無座位指標可作為乘客對列車舒適度等服務感受之衡量，在模式中有座者為 1，無座位者（即立位）為 0。

4. 社經特性特定變數

本研究雖未探討旅次目的，但為區隔通勤旅次特性，乃嘗試在社經特性變數上作適當之篩選。因此，先選取性別、年齡、職業三項，其中年齡層因素，將 15 歲以下至 65 歲以上間以每十歲年齡層區隔作調查，並參酌 Fowkes & Wardman(1991)先以三十五歲以下者為對象；另職業因素，則以統計軍公教和學生背景者為研究群，再逐一校估各群組。

表 5.2 本研究效用函數變數說明表

解釋變數	說 明	代 號	單位
旅行時間 差 距	特定變數，其值為替選列車與原列車行駛時間（含停站時間）之差異。	TIME	分鐘
發車時間 提 前	特定變數，其值為替選列車提前發車時間。	ATD	分鐘
發車時間 延 遲	特定變數，其值為替選列車延後發車時間。	PTD	分鐘
座 位	共生變數，其值為替選列車有無座位，若有座位者，其值為 1，否則為 0。	SEAT	位
性 別	列車方案特定變數，受訪者若選擇替選列車且為男性，其值為 1，否則為 0。	SEX	-
年 齡	列車方案特定變數，受訪者若選擇替選列車且在 35 歲以下者，其值為 1，否則為 0。	AGE	-
職 業	列車方案特定變數，受訪者若選擇替選列車且為軍公教學生者，其值為 1，否則為 0。	JOB	-

表 5.3 不同運程旅客群對旅行時間改變之偏好水準值表

車種比 旅次長度	同等級車種列車	高等級列車與* 次一等級列車比	最高等級列車與** 最低等級列車比
短程區間	相同	相同	相同
	快、慢 5 分	快、慢 10 分	快、慢 15 分
	快、慢 10 分	快、慢 20 分	快、慢 30 分
中程區間	相同	相同	相同
	快、慢 15 分	快、慢 15 分	快、慢 30 分
	快、慢 25 分	快、慢 30 分	快、慢 60 分
		快、慢 50 分	快、慢 75 分
長程區間	相同	相同	相同
	快、慢 20 分	快、慢 30 分	快、慢 60 分
	快、慢 40 分	快、慢 60 分	快、慢 90 分
		快、慢 80 分	快、慢 120 分

註：1. 本表係指高級列車間行車時間之改變時程（含起迄端點站之中間停靠站停等時間）；車種比中，同等級列車比較專指旅行時間改變下，對列車服務特性之偏好水準值。

2. *指最高等級列車（A 等級）與次一等級（B 等級）列車比較；或次一等級（B 等級）列車與最低等級（C 等級）列車比較。

3. **指最高等級列車（A 等級）與最低等級（C 等級）列車比較。

表 5.4 不同運程旅客群對列車發車時點改變之偏好水準值表

車種比 旅次長度	同等級車種 列車比	高等級列車與 次一等級列車比	最高等級列車與 最低等級列車比	級 距
短程區間	相同			10 分 鐘
	早、晚 10 分			
	早、晚 20 分			
	早、晚 30 分			
中程區間	相同			20 分 鐘
	早、晚 20 分			
	早、晚 40 分			
	早、晚 60 分			
長程區間	相同			30 分 鐘
	早、晚 30 分			
	早、晚 60 分			
	早、晚 90 分			

註：1.早、晚時分係分別表示發車時點提前及延後之偏好水準值。

2.同表 5.3 註。

5.4 旅客偏好模式之構建

本研究個體選擇模式屬二元羅吉特模式 (Binary Choice Model)，將旅客所乘坐之列車車種視為原方案，而提供不同車種之選擇視為新方案加以比較。本章係針對前節所述之各車種服務水準變數予以分析，而選定之變數計有旅行時間差距 (T_t)、列車發車時間提前 (T_{d1})、列車發車時間延後 (T_{d2})，以及旅客有無座位 (S_h ， h 表示不同列車特定方案下有無座位) 等水準值。因此，旅客需求偏好效用模式之基本數學式，有原方案 ($U_{b,a}^0$) 與新方案 ($U_{b,a}^1$) 兩函數，分別代入前述求解參數。

基於後續列車排程中，不探討票價變異因素，其主要原因係將票價作某程度假設後，可隱含在車種特性內，且會在模式常數 θ_0 中涵蓋乘客對列車品牌偏好及票價等綜合因素。因此，本模式構建之效用函數型式如下：

$$\begin{aligned}
 \text{原方案} \quad U_{b,a}^0 &= \theta_0 + \theta_4 S_0 \\
 \text{新方案} \quad U_{b,a}^1 &= \theta_1 T_t + \theta_2 T_{d1} + \theta_3 T_{d2} + \theta_4 S_1
 \end{aligned} \tag{5.1}$$

其中 b 表示原排程(before)受訪旅客搭乘列車車種， $b=1,2,3$ ；
 a 表示重新排程後(after) 旅客選擇列車車種， $a=1,2,3$ ；
 即 1=A 等級列車； 2=B 等級列車； 3=C 等級列車。
 表示起迄區間距離； l', m', s' 為不同區段距離；
 即 l' =長程區間，指行駛距離在 200 公里以上；
 m' =中程區間，指行駛距離在 50 公里以上到 200 公里；
 s' =短程區間，指行駛距離在 50 公里以下。

以兩方案旅客選擇模式言，原方案效用函數由列車方案特定常數及座位變數構成；新方案效用函數則由旅行時間差距、發車時間提前、發車時間延後及座位變數構成。至於兩方案之票價及列車舒適度等服務水準差，均隱含在所表示的車種特性之方案特定常數項內。最後，帶入求算選擇新方案之機率值為：

$$\Pr (U_{b\Omega a}^1) = \frac{e^{U_{b\Omega a}^1}}{e^{U_{b\Omega a}^0} + e^{U_{b\Omega a}^1}} \quad (5.2)$$

5.5 模式校估與檢定

在模式校估與檢定模式之執行應用程式，計有澳洲研究委員會（Australian Research Board）開發的 Basic Logit 套裝程式，簡稱 BLOGIT（Crittelle & Johnson，1980）美國加州柏克萊大學 Daganzo（1982）發展 TROMP 軟體，以及荷蘭 Hague Consulting Group 開發的 ALOGIT 模式等。此外，國內成功大學張淳智（民國 83 年）另撰寫 GCM（General Choice Model）程式執行模式校估。本章係應用成功大學 GCM 程式執行之。

為研究之完整性，在敘述性偏好模式校估時，係將方案特定變數、共生變數及社經變數逐一校估；惟分別加入年齡、職業、性別等社經變數後，發現各別參數值檢定並不顯著，且 r^2 等值亦不顯著，在解釋上並不理想。而在社經變數不納入模式校估之情況下，再將持有座旅客與持無座旅客之調查資料分別予以校估（詳如附錄三），惟該五十四組旅客偏好模式，並非實際排程作業所需，經綜整所有問卷再予以校估，其結果已足以反映旅客選擇行為在列車排程機制之需求。因此，最後分別得到長途、中途、短途鐵路旅客偏好模式，共有二十七組二元偏好選擇模式。每一組模式可反映各車種旅客對列車之選擇行為，如：長途自強號旅客選擇莒光號列車之偏好模式表示，為原

車種方案函數 $U^0_{1'2} = 0.101 + 0.559S_0$ ，則新車種方案為 $U^1_{1'2} = 0.023T_t + 0.002T_{d1} + 0.004T_{d2} + 0.559S_1$ 。因此，該二十七種不同組合函數可視為一套裝分析模式，作為預測台鐵西幹線之旅客尖峰需求偏好，以供未來營運者預測之重要參考。

5.5.1 長程旅客偏好模式分析

本模式主要為預測長途客源對高級列車運行偏好，所得二元羅吉特模式之校估結果列於表 5.5。為進一步說明模式分析效果，僅就旅行時間差異變數敏感度分析，並繪製成圖 5-3~圖 5-5，由表中之結果綜合分析可得下列結論：

1. 自強號長途旅客偏好模式（式 5.3~式 5.5），分別對未來自強、莒光及復興列車之車種排程偏好模式：

- (1) 自強號長途旅客選取新自強號列車效用函數

$$\begin{aligned} U^0_{1'1} &= 0.961 + 1.47S_0 \\ U^1_{1'1} &= 0.045T_t + 0.008T_{d1} + 0.002T_{d2} + 1.47S_1 \end{aligned} \quad (5.3)$$

- (2) 自強號長途旅客選取新莒光號列車效用函數

$$\begin{aligned} U^0_{1'2} &= 0.101 + 0.559S_0 \\ U^1_{1'2} &= 0.023T_t + 0.002T_{d1} + 0.004T_{d2} + 0.559S_1 \end{aligned} \quad (5.4)$$

- (3) 自強號長途旅客選取新復興號列車效用函數

$$\begin{aligned} U^0_{1'3} &= -0.514 + 0.213S_0 \\ U^1_{1'3} &= 0.011T_t - 0.005T_{d1} + 0.007T_{d2} + 0.213S_1 \end{aligned} \quad (5.5)$$

2. 莒光號長途旅客偏好模式（式 5.6~式 5.8），分別對未來台鐵自強、莒光及復興列車車種排程偏好數學式為：

- (1) 莒光號長途旅客選取新自強號列車效用函數

$$\begin{aligned} U^0_{2'1} &= 0.258 + 0.873S_0 \\ U^1_{2'1} &= 0.025T_t - 0.001T_{d1} + 0.006T_{d2} + 0.873S_1 \end{aligned} \quad (5.6)$$

- (2) 莒光號長途旅客選取新莒光號列車效用函數

$$\begin{aligned} U^0_{2'2} &= 0.336 + 0.956S_0 \\ U^1_{2'2} &= 0.015T_t + 0.002T_{d1} + 0.005T_{d2} + 0.956S_1 \end{aligned} \quad (5.7)$$

- (3) 莒光號長途旅客選取新復興號列車效用函數

$$\begin{aligned} U^0_{2'3} &= -0.839 + 0.959S_0 \\ U^1_{2'3} &= 0.015T_t + 0.01T_{d1} + 0.003T_{d2} + 0.959S_1 \end{aligned} \quad (5.8)$$

3. 復興號長途旅客偏好模式（式 5.9~式 5.11），分別對未來台鐵自強、莒光及復興列車車種排程偏好數學式如后：

(1) 復興號長途旅客選取新自強號列車效用函數

$$\begin{aligned} U_{3'1}^0 &= 1.571 + 1.554S_0 \\ U_{3'1}^1 &= 0.004T_t + 0.004T_{d1} - 0.004T_{d2} + 1.554S_1 \\ (5.9) \end{aligned}$$

(2) 復興號長途旅客選取新莒光號列車效用函數

$$\begin{aligned} U_{3'2}^0 &= 1.024 + 2.233S_0 \\ U_{3'2}^1 &= 0.011T_t + 0.007T_{d1} + 0.009T_{d2} + 2.233S_1 \\ (5.10) \end{aligned}$$

(3) 復興號長途旅客選取新復興號列車效用函數

$$\begin{aligned} U_{3'3}^0 &= 0.591 + 2.321S_0 \\ U_{3'3}^1 &= 0.013T_t - 0.005T_{d1} + 0.008T_{d2} + 2.321S_1 \\ (5.11) \end{aligned}$$

4. 整體言，長途運程旅客偏好模式的解釋能力相當不錯，列車行駛時間差距與有無座位等變數之係數值符號均與預期相符，且於顯著水準為 10%時顯著。

5. 有關發車時間變數參數值，顯現長程旅客較能彈性調整出發時間。至於車種選擇行為，經兩兩比較後校估結果，自強號列車特性改變下，仍有 69% 改變選擇行為之願意。

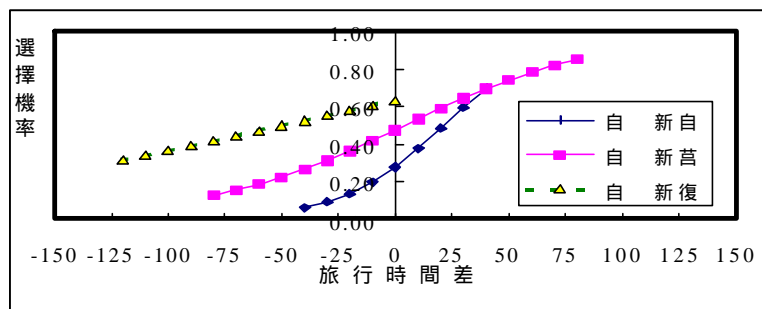
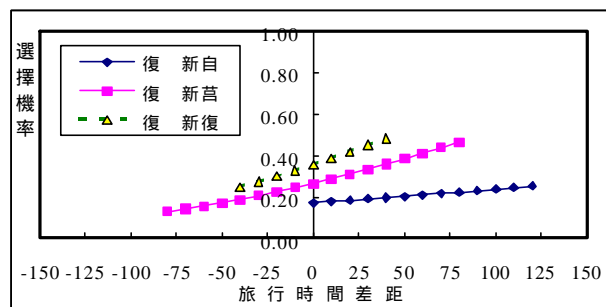


圖 5-3 自強號列車長途旅客偏好分析圖



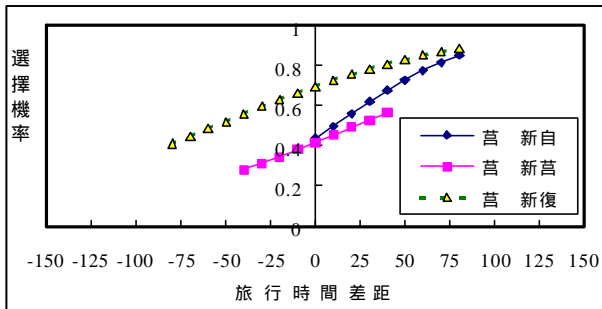


圖 5-4 莒光號列車長程旅客偏好分析圖 圖 5-5 復興號列車長程旅客偏好分析圖

6. 自強號長途旅客偏好模式（式 5.3~式 5.5）之判中機率及單位加權預測成功率在 64.43%至 82.43%間；且 r^2 值在 0.231~0.374 範圍內，顯示本模式與數據間之配合能力理想。
7. 莒光號長程旅客模式(式 5.6~式 5.8)對莒光號或復興號列車特性改變後，各解釋變數之係數值顯現轉換機率較無差異現象。
8. 復興號長程旅客模式的 r^2 值均符合在 0.2 至 0.4 的範圍內，顯示本模式與數據間之配合能力理想。由模式（式 5.9~式 5.11）中顯示旅客選擇車種時對列車等級具效用遞減趨勢，但復興號旅客，卻對各車種特性改變均顯效用增強現象。

表 5.5 台鐵長程旅客敘述偏好模式校估結果表

變數 \ 模式		自強號旅客			莒光號旅客			復興號旅客		
原自強號列車方案特定常數		0.961 (2.66)*	—	—	0.258 (0.627)	—	—	1.571 (2.56)*	—	—
原莒光號列車方案特定常數		—	0.101 (0.246)	—	—	0.336 (1.193)	—	—	1.024 (2.07)*	—
原復興號列車方案特定常數		—	—	-0.514 (-1.175)	—	—	-0.839 (-2.53)*	—	—	0.591 (1.304)
旅行時間差距 (T_t)		0.045 (6.11)*	0.023 (4.46)*	0.011 (2.75)*	0.025 (4.29)*	0.015 (2.86)*	0.015 (4.13)*	0.004 (0.89)	0.011 (1.55)	0.013 (1.547)
列車出發時間	提前 (T_{d1})	0.008 (1.167)	0.002 (0.275)	-0.005 (-0.808)	-0.001 (-0.199)	0.002 (0.331)	0.010 (1.73)*	0.004 (0.473)	0.007 (0.807)	-0.005 (-0.571)
	延後 (T_{d2})	0.002 (0.239)	0.004 (0.60)	0.007 (1.087)	0.006 (1.058)	0.005 (0.854)	0.003 (0.385)	-0.004 (-0.055)	0.009 (1.241)	0.008 (0.96)
有無座位 (S_h)		1.47 (5.04)*	0.559 (2.39)*	0.213 (0.812)	0.873 (3.49)*	0.956 (4.39)*	0.959 (3.82)*	1.554 (3.63)*	2.233 (5.21)*	2.321 (5.24)*
樣本數	新自強號	222	—	—	224	—	—	132	—	—
	新莒光號	—	222	—	—	224	—	—	132	—
	新復興號	—	—	222	—	—	224	—	—	132

PCP-PS	71.45%	64.43%	72.66%	66.23%	57.41%	66.54%	70.91%	67.58%	67.98%
PCP-UW	77.03%	73.87%	82.43%	76.79%	69.64%	76.34%	78.79%	75.76%	77.27%
LL(0)	-153.88	-153.88	-153.88	-155.26	-155.26	-155.26	-91.50	-91.50	-91.50
LL(β)	-96.41	-118.37	-97.39	-114.88	-138.15	-112.65	-58.66	-64.61	-64.51
LL(MS)	-137.58	-134.23	-101.62	-131.16	-153.75	-134.01	-68.21	-87.58	-90.95
r^2	0.374	0.231	0.367	0.26	0.11	0.275	0.359	0.294	0.295

註：1.()內為 t 值；

2.*代表參數值在 $\alpha=5\%(\pm 1.96)$ 顯著水準下，顯著性不異於零。

3.**代表參數值在 $\alpha=10\%(\pm 1.64)$ 的顯著水準下，顯著性不異於零。

5.5.2 中途旅客偏好模式分析

本模式主要為預測中途客源對高級列車運行偏好，所得二元羅吉特模式之校估結果列於表 5.6。另就旅行時間差異變數敏感度分析，並繪製成圖 5-6 至圖 5-8。茲綜合列述說明如下：

1. 自強號中途旅客偏好模式（式 5.12 至式 5.14），分別對未來台鐵自強、莒光及復興列車車種排程偏好數學式如后：

- (1)自強號中途旅客選取新自強號列車效用函數

$$U_{1m'1}^0 = 0.586 + 0.931 S_0$$

$$U_{1m'1}^1 = 0.03 T_t + 0.004 T_{d1} - 0.007 T_{d2} + 0.931 S_1$$

(5.12)

- (2)自強號中途旅客選取新莒光號列車效用函數

$$U_{1m'2}^0 = -0.119 + 0.995 S_0$$

$$U_{1m'2}^1 = 0.027 T_t - 0.001 T_{d1} + 0.004 T_{d2} + 0.995 S_1$$

(5.13)

- (3)自強號中途旅客選取新復興號列車效用函數

$$U_{1m'3}^0 = -0.927 + 1.338 S_0$$

$$U_{1m'3}^1 = 0.026 T_t + 0.007 T_{d1} - 0.007 T_{d2} + 1.338 S_1$$

(5.14)

2. 莒光號中途旅客偏好模式（式 5.15 至式 5.17），分別對未來台鐵自強、莒光及復興列車車種排程偏好數學式如后：

- (1)莒光號中途旅客選取新自強號列車效用函數

$$U_{2m'1}^0 = 0.978 + 0.582 S_0$$

$$U_{2m'1}^1 = 0.008 T_t + 0.003 T_{d1} + 0.01 T_{d2} + 0.582 S_1$$

(5.15)

- (2)莒光號中途旅客選取新莒光號列車效用函數

$$U_{2m'2}^0 = 0.422 + 0.425 S_0$$

$$U_{2m'2}^1 = 0.038T_t - 0.004T_{d1} + 0.009T_{d2} + 0.425S_1 \quad (5.16)$$

(3) 莒光號中途旅客選取新復興號列車效用函數

$$\begin{aligned} U_{2m'3}^0 &= -0.427 + 0.361S_0 \\ U_{2m'3}^1 &= -0.036T_t + 0.016T_{d1} - 0.005T_{d2} + 0.361S_1 \end{aligned} \quad (5.17)$$

3. 復興號中途旅客偏好模式 (式 5.18 至式 5.20), 分別對未來台鐵自強、莒光及復興列車車種排程偏好數學式如后：

(1) 復興號中途旅客選取新自強號列車效用函數

$$\begin{aligned} U_{3m'1}^0 &= 1.581 + 0.902S_0 \\ U_{3m'1}^1 &= 0.01T_t - 0.009T_{d1} + 0.036T_{d2} + 0.902S_1 \end{aligned} \quad (5.18)$$

(2) 復興號中途旅客選取新莒光號列車效用函數

$$\begin{aligned} U_{3m'2}^0 &= 0.931 + 0.484S_0 \\ U_{3m'2}^1 &= 0.008T_t + 0.016T_{d1} + 0.012T_{d2} + 0.484S_1 \end{aligned} \quad (5.19)$$

(3) 復興號中途旅客選取新復興號列車效用函數

$$\begin{aligned} U_{3m'3}^0 &= 0.982 + 1.052S_0 \\ U_{3m'3}^1 &= 0.018T_t - 0.005T_{d1} + 0.029T_{d2} + 1.052S_1 \end{aligned} \quad (5.20)$$

4. 本模式之旅行時間及座位解釋變數係數值在 5% 水準下均極顯著；顯示本模式與數據間之配合能力理想。

5. 模式顯示，自強號、莒光號與復興號列車模式集合(Set)之截距項與有無座位變數均呈效用遞減之趨勢；惟中程旅客群（如：台北至苗栗、台北至彰化等）之莒光號旅客對復興號列車顯有偏好現象，對列車時間效益變化較不敏感。

6. 機率和及單位加權之預測成功百分比在 60% 80% 的範圍內，而 r^2 值尚顯本模式與數據間配合能力理想。

表 5.6 台鐵中程旅客敘述偏好模式校估結果表

變數 \ 模式	自強號旅客			莒光號旅客			復興號旅客		
原自強號列車 方案特定常數	0.586 (1.79)*	—	—	0.978 (2.70)*	—	—	1.581 (4.0)*	—	—
原莒光號列車 方案特定常數	—	-0.119 (-0.302)	—	—	0.422 (1.379)	—	—	0.931 (2.36)*	—

原復興號列車 方案特定常數		—	—	-0.927 (-1.9)**	—	—	-0.427 (-1.218)	—	—	0.982 (3.26)*
旅行時間差距 (T_t)		0.03 (3.42)*	0.027 (2.86)*	0.026 (3.45)*	0.008 (0.95)	0.038 (4.96)*	-0.036 (4.29)*	0.01 (2.63)*	0.008 (0.808)	0.018 (2.17)*
列車出 發時間	提前 (T_{d1})	0.004 (0.456)	-0.001 (-0.135)	0.007 (0.664)	0.003 (0.387)	-0.004 (-0.527)	0.016 (2.0)*	-0.009 (-1.0)	0.016 (1.530)	-0.005 (-0.585)
	延後 (T_{d2})	-0.007 (-0.758)	0.004 (0.440)	-0.007 (-0.611)	0.010 (1.231)	0.009 (1.133)	-0.005 (-0.524)	0.036 (3.688)	0.012 (1.479)	0.029 (3.487)
有無座位 (S_h)		0.931 (3.84)*	0.995 (4.03)*	1.338 (4.24)*	0.582 (2.71)*	0.425 (1.542)	0.361 (1.69)**	0.902 (3.50)*	0.484 (2.12)*	1.052 (4.67)*
樣本數	新自強號	202	—	—	250	—	—	228	—	—
	新莒光號	—	202	—	—	250	—	—	228	—
	新復興號	—	—	202	—	—	250	—	—	228
PCP-PS		61.63%	62.57%	73.85%	63.51%	57.61%	62.87%	65.19%	64.79%	60.44%
PCP-UW		70.79%	71.78%	81.19%	73.20%	68.00%	71.20%	74.12%	74.12%	71.05%
LL(0)		-140.02	-140.02	-140.02	-173.29	-173.29	-173.29	-158.04	-158.04	-158.04
LL(β)		-114.92	-112.26	-83.72	-136.29	-152.87	-138.24	-118.86	-121.19	-132.48
LL(MS)		-129.03	-125.36	-100.52	-142.21	-167.84	-150.98	-144.42	-130.36	-154.51
\mathbf{r}^2		0.179	0.198	0.402	0.214	0.118	0.202	0.248	0.233	0.162

註：同表 5.5 註。

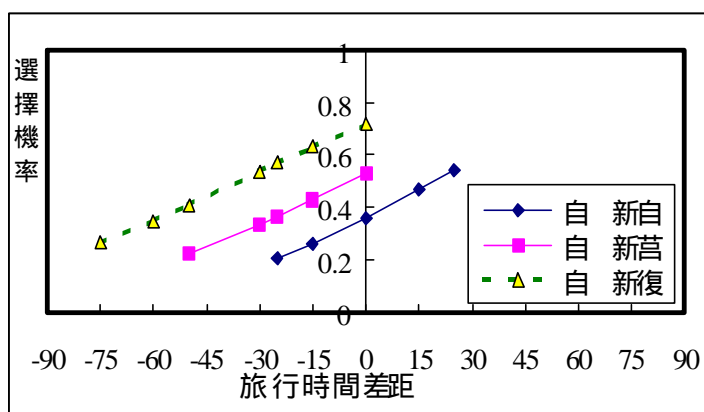


圖 5-6 自強號列車中程旅客偏好分析圖

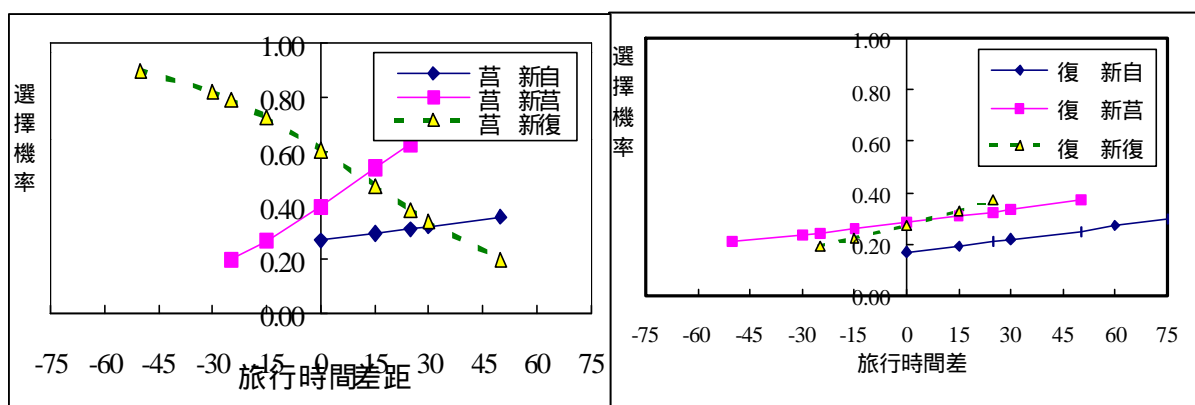


圖 5-7 莒光號列車中程旅客偏好分析圖 圖 5-8 復興號列車中程旅客偏好分析圖

5.5.3 短途旅客偏好模式分析

本模式主要為預測短途客源對高級列車運行偏好，所得二元羅吉特模式之校估結果列表於表 5.7。另就旅行時間差異變數敏感度分析，並繪製成圖 5-9 至圖 5-11。綜合分析結論如后。

1. 自強號短途旅客偏好模式 (式 5.21 至式 5.23)，分別對未來台鐵自強、莒光及復興列車車種排程偏好數學式如后：

- (1) 自強號短途旅客選取新自強號列車效用函數

$$U_{1s'1}^0 = 1.476 + 0.497S_0$$

$$U_{1s'1}^1 = -0.001T_t + 0.005T_{d1} + 0.035T_{d2} + 0.497S_1 \quad (5.21)$$

- (2) 自強號短途旅客選取新莒光號列車效用函數

$$U_{1s'2}^0 = 1.183 + 0.274S_0$$

$$U_{1s'2}^1 = 0.052T_t + 0.007T_{d1} + 0.031T_{d2} + 0.274S_1$$

(5.22)

(3)自強號短途旅客選取新復興號列車效用函數

$$U^0_{1s'3} = 0.468 - 0.084S_0$$

$$U^1_{1s'3} = 0.04T_t - 0.017T_{d1} + 0.002T_{d2} - 0.084S_1$$

(5.23)

2. 莒光號短途旅客偏好模式 (式 5.24 至式 5.26), 分別對未來台鐵自強、莒光及復興列車車種排程偏好數學式如后：

(1)莒光號短途旅客選取新自強號列車效用函數

$$U^0_{2s'1} = 1.095 + 0.298S_0$$

$$U^1_{2s'1} = 0.033T_t + 0.017T_{d1} + 0.037T_{d2} + 0.298S_1$$

(5.24)

(2)莒光號短途旅客選取新莒光號列車效用函數

$$U^0_{2s'2} = 0.481 + 0.743S_0$$

$$U^1_{2s'2} = 0.05T_t + 0.026T_{d1} + 0.02T_{d2} + 0.743S_1$$

(5.25)

(3)莒光號短途旅客選取新復興號列車效用函數

$$U^0_{2s'3} = 0.379 + 0.728S_0$$

$$U^1_{2s'3} = 0.051T_t + 0.021T_{d1} + 0.036T_{d2} + 0.728S_1$$

(5.26)

3. 復興號短途旅客偏好模式 (式 5.27 至式 5.29), 分別對未來台鐵自強、莒光及復興列車車種排程偏好數學式如后：

(1)復興號短途旅客選取新自強號列車效用函數

$$U^0_{3s'1} = 0.461 + 0.238S_0$$

$$U^1_{3s'1} = 0.048T_t + 0.02T_{d1} + 0.008T_{d2} + 0.238S_1$$

(5.27)

(2)復興號短途旅客選取新莒光號列車效用函數

$$U^0_{3s'2} = 0.645 + 0.121S_0$$

$$U^1_{3s'2} = 0.062T_t + 0.018T_{d1} + 0.029T_{d2} + 0.121S_1$$

(5.28)

(3)復興號短途旅客選取新復興號列車效用函數

$$U^0_{3s'3} = 0.927 + 0.226S_0$$

$$U^1_{3s'3} = 0.058T_t + 0.022T_{d1} + 0.051T_{d2} + 0.226S_1$$

(5.29)

4. 整體言，短程旅客對列車行駛時間、有無座位與列車品牌具較無明顯偏好特性。惟復興號旅客選擇行為與自強號和莒光號顯有不同，因為復興號列

車旅次特性中具通勤旅次明顯，旅客移轉至高級列車之願意甚低。

5. 在自強號與莒光號之偏好模式集合中，截距項所表示的意義，顯示該旅客較不在乎價格與服務水準。但在復興號偏好中，因短途旅客涵蓋通勤旅客，所以可能在價格方面乘客顯得在意些。因此，未來尖峰營運期間，對短途者應作區隔策略，以期提高車輛運用效率。
6. 由模式集之整體檢定結果並不顯著， r^2 值除新車種為自強號之模式較具偏好外，莒光號與復興號較低，旅行時間差為負值，表示短途旅客對車種特性無明顯偏好。
7. 莒光號短程旅客的偏好模式顯示，旅客對列車發車時間較不敏感，而復興號旅客的偏好模式對原車種列車特性並無改變，均顯示截距與有無座位變數有效用遞減之趨勢。
8. 本式 5.27 至式 5.29 之機率和及單位加權的預測成功百分比最小為 53.98%，最大為 78.5%；而 r^2 值原則上仍在 0.16 0.30 的範圍內，顯示本模式與數據間之配合能力理想。

表 5.7 台鐵短程旅客敘述偏好模式校估結果表

變數 \ 模式		自強號旅客			莒光號旅客			復興號旅客		
原自強號列車 方案特定常數		1.476 (4.47)*	—	—	1.095 (3.23)*	—	—	0.461 (1.052)	—	—
原莒光號列車 方案特定常數		—	1.183 (3.29)*	—	—	0.481 (1.81)**	—	—	0.645 (1.537)	—
原復興號列車 方案特定常數		—	—	0.468 (1.397)	—	—	0.379 (1.322)	—	—	0.927 (2.93)*
旅行時間差距 (T_t)		-0.001 (-0.038)	0.052 (2.83)*	0.040 (3.56)*	0.033 (1.85)**	0.050 (2.61)*	0.051 (3.14)*	0.048 (2.98)*	0.062 (2.69)*	0.058 (2.40)*
列車出 發時間	提前 (T_{d1})	0.005 (2.26)*	0.007 (0.432)	-0.017 (-1.01)	0.017 (0.845)	0.026 (1.69)**	0.021 (1.383)	0.020 (0.727)	0.018 (0.844)	0.022 (1.181)
	延後 (T_{d2})	0.035 (2.03)*	0.031 (1.94)**	0.002 (0.123)	0.037 (2.70)*	0.020 (1.69)**	0.036 (2.43)*	0.008 (0.415)	0.029 (1.583)	0.051 (2.92)*
有無座位 (S_h)		0.497 (2.14)*	0.274 (1.365)	-0.084 (-0.428)	0.298 (1.393)	0.743 (3.84)*	0.728 (3.35)*	0.238 (0.939)	0.121 (0.49)	0.226 (0.969)
樣本數	新自強號	226	—	—	276	—	—	200	—	—
	新莒光號	—	226	—	—	276	—	—	200	—
	新復興號	—	—	226	—	—	270	—	—	200
PCP-PS		64.73%	55.48%	53.98%	66.61%	58.14%	60.22%	68.61%	66.45%	61.41%

PCP-UW	76.55%	61.50%	66.37%	76.09%	65.94%	69.26%	78.50%	76.50%	67.50%
LL(0)	-156.65	-156.65	-156.65	-191.31	-191.31	-187.15	-138.63	-138.63	-138.63
LL(β)	-120.56	-143.54	-147.35	-140.80	-167.05	-157.16	-97.18	-100.85	-113.34
LL(MS)	-126.54	-151.52	-154.91	-150.65	-184.73	-186.96	-104.10	-110.20	-126.84
r^2	0.23	0.09	0.07	0.264	0.127	0.16	0.299	0.27	0.182

註：同表 5.5 註。

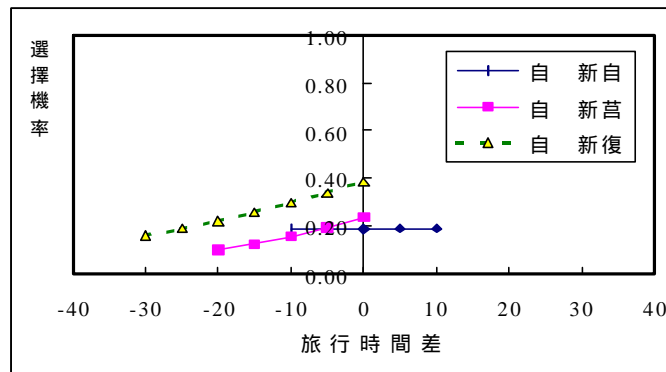


圖 5-9 自強號列車短程旅客偏好分析圖

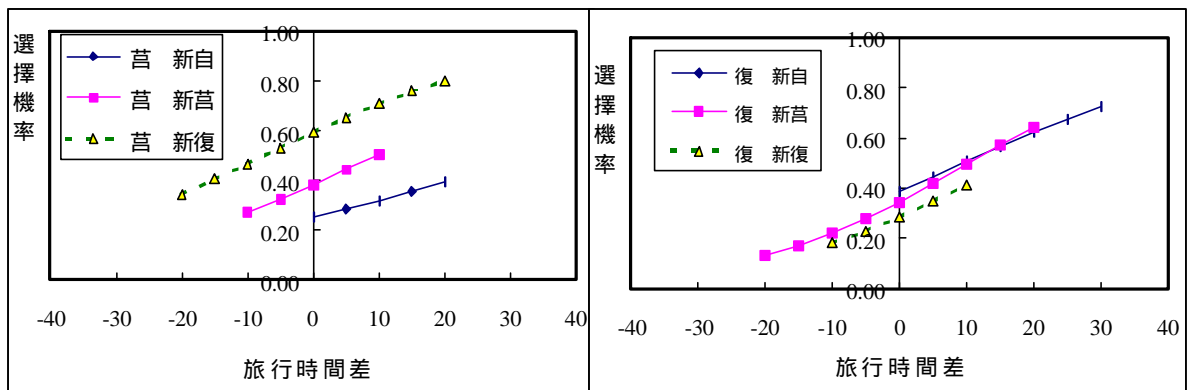


圖5-10 莒光號列車短程旅客偏好分析圖圖5-11 復興號列車短程旅客偏好分析圖

第六章 排程規劃之啟發式求解方法

本研究所構建之列車排程模式屬大型非線性 0-1 整數數學規劃問題，欲求得多車種之需求變動最佳解相當困難，有鑑於此，本研究以啟發式演算法求解。

6.1 設計理念

本章主要在考量列車供給與旅客需求條件限制下，將旅客對各車種發車時點與在停站站址之決定，透過啟發式求解方法進行運算，每次尋優結果均估算出前述第四章之目標函數值，再選出可同時符合營運者與旅客需要之各車種列車最佳發車時間及其停站方式。如圖 6-1 所示，即固定各車種班次數下，求解發車時點選擇、停站方式與旅客偏好移轉率之循環互動關係，並在「滿載」與「分載」之調度理念下，以各旅次長度旅客分群下之偏好模式求解旅客預估數，優先指派最遠里程旅次，以優先處理超額需求之「直達滿載」問題。若在單位時間內無法滿足「直達滿載」者，則依分載構想調整發車時間與增加停站次數，在停靠站址尋優機制下綜合評估比較，選擇出各車種之列車最佳發車時間及其停站方式。此一反覆排程基準即就營運者收益觀點之營運收入指標與旅客服務觀點之旅行時間指標加以評估，以期在市場機能下產生最後新列車班表之目的。

基於此，若所有列車排程均能滿載，即能最接近目標函數最大之目的，也因此，本研究將列車排程問題切割成兩個子問題，包括「最少停站滿載之列車發班」與「剩餘容量分載之列車發班」等之基本求解程序。茲就派車邏輯設計內容說明如后。

1. 最少停站滿載之列車發班

本求解目的係先在各車種列車承載容量與最多中間停二站等限制下，按高級車先發車原則，針對每一發車時點，找出能使列車滿載之發車時點與停站方式。再將此一記錄在可行時點集合及各起迄運程旅客預估數中予以扣除後，執行所有車種發車時點及停站方式。

2. 剩餘容量分載之列車發班

依優先指派高等級列車與最遠運程旅次指派，並按營運目標函數值求解出最佳化發車時點及列車停站方式。其基本構想與窮舉演算法相似，在求解

尋優特性上，以逐步交換改進法（Exchange Improvement）將旅客對列車發車時間與旅行時間改變之旅客偏好反映在指派作業上，再逐次挑選最佳的一組班次組合（包括列車等級、發車時點、列車停站數與停靠站址）後，直至所有可能班次被涵蓋為止。

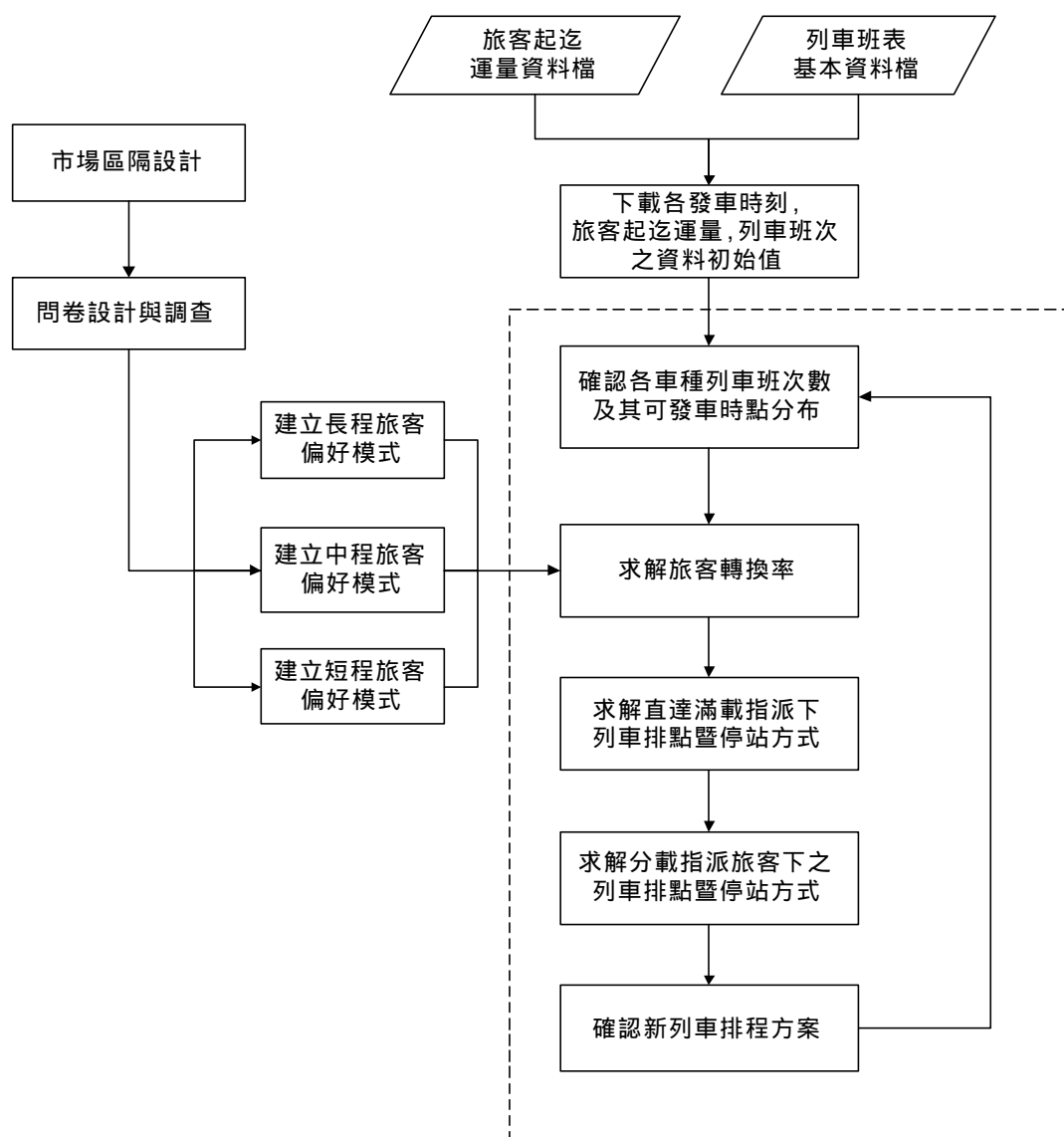


圖 6-1 反覆最佳化指派演算程序圖

6.2 求解程序

本啟發式求解程序首先執行起始程序 (Initial process)，即先下載原始班表之各發車時點，並設定所有可能發車時點數 M^{qm} 與停靠站數 Z_k^{qm} 組合，再由最高級列車起，依序求解各車種最佳列車發車時點及其列車停站方式。

有關主要求解流程如圖 6-2 所示，其中，列車發車時點尋優係最上層之求解程序，其次依序為列車停站方式尋優與旅客乘載指派。求解過程中上層程序必須呼叫下一層程序，下層程序求解前由上一層程序來確定部分已知參數值（如各運程預估需求量、車種、時點、與停站方式），求解結果再回饋上一層程序。本節分別說明本演算法之各主要單元內容。

6.2.1 列車發車時點選擇

1.時間帶設定

本研究依原班次發車時刻表，設定各列車可變換選擇之班次時間帶（為時點 t 所成的集合）。而由台鐵平均每小時內均會發出至少一列高級列車之情形，時間帶係設定為各車種原發班列車前後一小時。

2.最佳發車時點尋優

- (1)在前述發車時間帶內，先檢查最小安全發車間距限制，再進行最佳發車時點尋優。由於時間帶內之時點有限，故本研究採窮舉法尋優，每窮舉一次時間點，均需呼叫「列車停站方式尋優」程序，決定該列車之最佳停站方式。
- (2)最高級車種 m 依其原有列車數共進行 V^m 個時間之最佳尋優，獲得該車種改不同時間點發出 V^m 班列車之最佳組合（含最佳停站）後，再將已發班時點剔除，進行次高級列車之尋優。

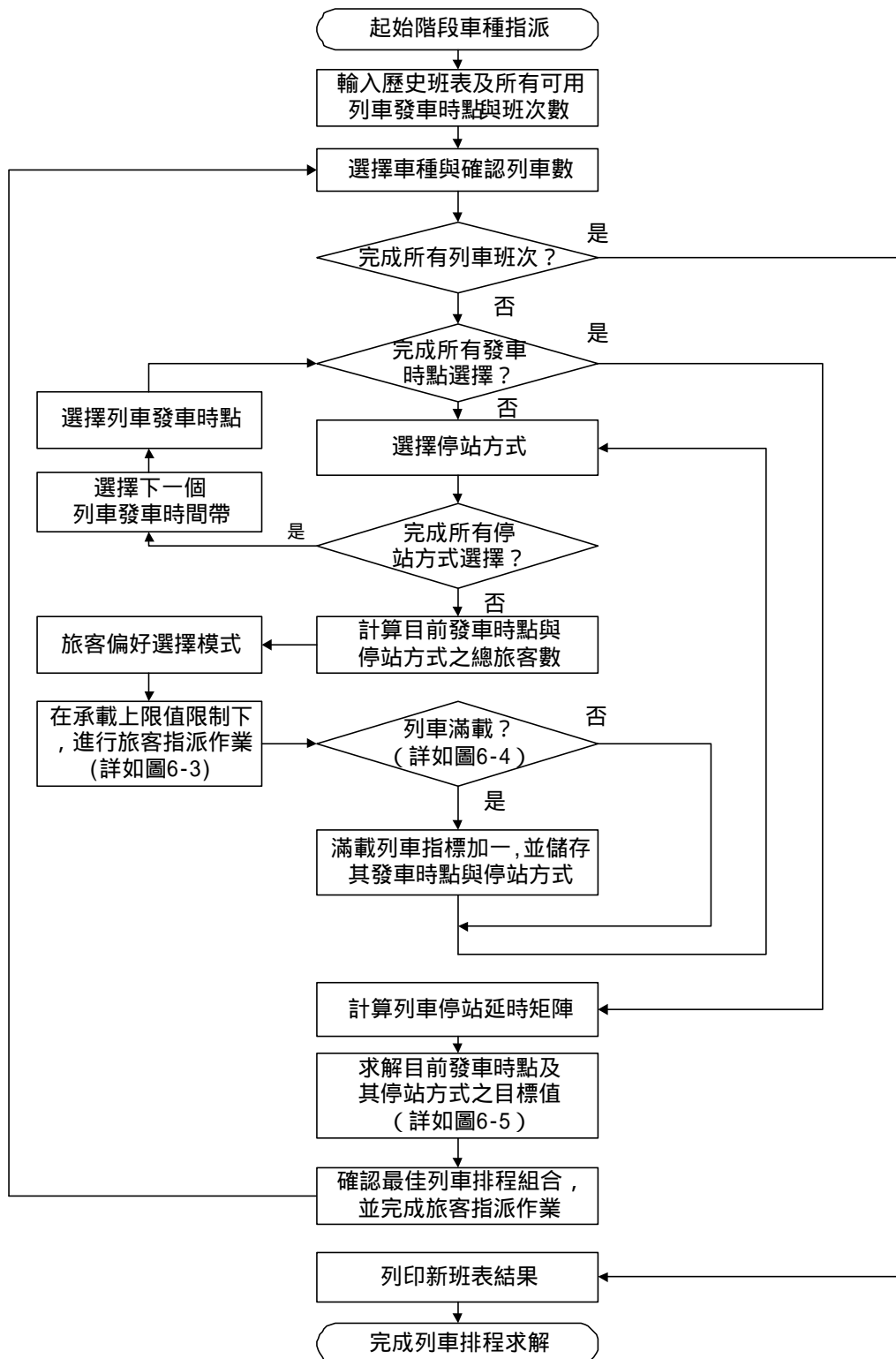


圖 6-2 啟發式排程尋優求解程序之主程式流程圖

6.2.2 列車停站方式尋優

為簡化尋優之複雜度，本研究對停站方式作以下假設：

1. 不論車種，各列車之起、迄點站均相同（例如均以台北為起站，高雄為終站），在停站方式上只有中間停靠站之站數與站址不同。
2. 各車種列車，不論大小站，亦不分時點，每停靠一站的時間均相同。
3. 每一運程(起、迄)旅客，不會因列車停靠方式，發生提前或延後下站的情形。換言之，原運程之旅客，只要所發班車不停靠其起迄站，即不會搭乘。

基於上述假設，則列車停站方式具下列特性：

特性 1：列車可指派旅客量在無列車容量限制下，具獨立可加成性。

說明：所謂可加成性，係指每多停一站，其列車可載運旅客之增量，恰等於因該站增加之所有適用運程之運量；所謂獨立，係指增減任一站，不影響與該站無關之其他運程載客量。此特性在各運程旅客起迄固定之假設下，必然成立。

特性 2：當總停站次數固定，則同一列車之最佳停站方式與使用者效益無關，僅與供給者效益有關。

說明：本節所謂之使用者效益，係以旅客停站等候時間為指標；供給者效益則以票箱收入為指標，如式(4.1)之目標函數所示。本特性係指當總停站次數固定時，原目標函數可剔除使用者項，只留供給者項。易言之，由於本研究所構建目標函數之使用者項，係專指列車停站延滯停等時間之時間價值，在同一車種列車停站時間均相同之假設下，當總停站數固定時該項即為多餘。

基於上述假設所具備之特性 1、2，在同一車種某列車已知發車時點下，其最佳停站方式之決策步驟為：

1. 中間不停站：計算目標函數值，令為 $S(0)$ 。

2. 中間停一站以上：

- (1) 令中間只停 1 站，分別計算停靠起迄點中間各站之目標函數值（只有供給項），令為 $S(k)$ ， $k = 2, 3, \dots, K-1$ （ K 為含起迄站之總停靠站數）。
- (2) 將 $S(k)$ 由大至小排序，以 $S(r,k)$ 表示第 r 名者為停靠第 k 站。

(3) 求中間停 n 站之最佳站址組合： $\{(1, k_1), (2, k_2), (3, k_3), \dots, (n, k_n)\}$

上述每種停站方式，均需呼叫「旅客承載指派程序」(詳如 6.2.3 節分析所示)予以執行，以估算旅客承載量及票箱收入來決定該列車之目標函數值。

3.求最佳停站數

對中間不停站，以及停 n 站最佳站址之各組合中，併同使用者項與供給者項計算不同站數之目標值，找出能使總目標函數最大之停站數 n^* ，其 $n^* \in (0, n)$ 。

6.2.3 旅客承載指派

本研究依旅客特性，設定每一起迄運程之旅客會改變乘車時段之期望時區為三小時，如搭乘原班表 9：30 班車之旅客可能選擇新發車時間之範圍為 8：00 至 11：00 時段內。至於對研究時段中的原班表之第一（最後）班車，則旅客可選擇之其他時間只考慮原時點以後（以前）一個半小時。旅客承載指派程序為：

1.各運程旅客預估

本研究以第五章所構建之個體二元羅吉特模式，估算原車種各旅客選擇某一時點發出某車種列車之機率：

$$\Pr^{q_1}(q_2) = \frac{e^{m_{q_1}}}{e^{m_{q_1}} + e^{m_{q_2}}} \quad (6.1)$$

其中：
 q_1 = 新班表之第 q_1 列車
 q_2 = 原班表之第 q_2 列車
 μ_{q_1} = 新班表第 q_1 列車效用函數之屬性
 μ_{q_2} = 原班表第 q_2 列車效用函數之屬性

上示模式係以原班表列車為基礎與新班表列車比較，模式效用函數之屬性變數包含旅客起迄站間之旅行時間，發車時間改變差距，而旅客對票價及車種之偏好等則係隱含在方案特性常數中。此(6.1)式專指某一特定時點下，某一列車車種及旅客起迄的機率值。

在各時點發出之列車車種、停站數及站址等均已知下，各效用函數屬性值即確定，運用（6.1）式選擇模式即可估算出各運程乘客由原班表列車轉搭新班表之選擇機率，再乘以各運程原班表運量後再予以加總，即得新班表列車吸引時點三小時內原搭乘其他車種其他列車之各運程旅客數。以某一運程為例，會選擇搭乘新班表某列車（發車時點為 q ）之旅客預估數：

$$\bar{p}_{ij}^{q_1} = \sum_{q_2 \in \Phi} D_{ij}^{q_2} \times \Pr^{q_1}(q_2) \quad (6.2)$$

其中， $D_{ij}^{q_2}$ 表 i 站至 j 站運程原搭乘第 q_2 班（車種）列車之旅客數。一旦估算出該旅客數轉搭新班表列車（車種）後，該轉搭量即在 $D_{ij}^{q_2}$ 中扣除，即 $D_{ij}^{q_2}$ 減為 $D_{ij}^{q_2'}$ 。

如令 $r_{ij}^{q_1}(q_2)$ 表會選擇搭乘新班表第 q_1 列車旅客中，屬原搭乘列車為 q_2 之乘客比例。則：

$$r_{ij}^{q_1}(q_2) = \frac{D_{ij}^{q_2} \times \Pr^{q_1}(q_2)}{\bar{p}_{ij}^{q_1}} \quad (6.3)$$

2. 各運程載客搭乘列車之處理

本研究對列車載客作下列假設：

- (1) 列車載客指派相當於鐵路客運公司之售票策略。
- (2) 為與假期疏運目標一致，並與鐵路當局之期望相符，本研究考量列車容量限制。
- (3) 指派旅客時，以儘可能塞滿列車在各區間總載運容量為目標。
- (4) 設定長程旅客優先之售票原則，做為各運程間之售票依據。

此外，由於已知停站方式與旅客需求數下之列車載運指派，係一包袱問題 (Knapsack Problem)，屬 NP-Hard，求解相當困難，為求簡化，本研究假設新班表在售票時，對購票旅客原先所搭列車之車種與時點完全無法辨別，採用下列載客搭乘列車之處理程序求解：

- (1) 在停站方式已知下，找出可以搭乘該列車運程最長之起迄 i, j 站。
- (2) 將該起迄願搭乘該列車之旅客預估數 $\bar{p}_{ij}^{q_1}$ 指派至該列車。當 $\bar{p}_{ij}^{q_1}$ 大於列車剩餘容量 C 時，起迄 i, j 站未能搭上該列車之乘客數為

$$\bar{P}_{ij}^{q1} - C;$$

當 \bar{P}_{ij}^{q1} 小於列車剩餘容量 C 時，起迄 i, j 站乘客全數均搭上該列車，剩餘容量變為 $C' = C - \bar{P}_{ij}^{q1}$ 。

- (3) 指派旅次長度次長之運程 i, j 站，重覆前(2)步驟，而每指派次長旅次者均同時指派至終點站之剩餘旅次區間旅次，直至所有區間之列車剩餘容量均為 0，或可以搭乘該列車之所有運程均指派完。
- (4) 依上述無法辨識購票者之假設，將受容量限制而未能搭上該列車之各運程乘客（預估數），按式(6.3)之比例，還回原班表各運程旅客數 $D_{ij}^{q2'}$ 。

6.3 模式求解說明

基於啟發式演算法在搜尋樹上之尋優決策法則 (Branching Rules)，在求解過程中需作適度分解。因此，就主要求解模式程式與假設簡例補充說明如后。此外，為有效處理矩陣資料及搜尋法，本研究自行撰寫 MATLAB 程式執行之。MATLAB (MATrix LABoratory 之簡稱) 程式廣泛運用於求解數學規劃（如線性規劃等）問題之程式語言，包括控制系統、神經網路、模糊理論等；尤其此一程式軟體有利於本研究之矩陣方式處理資料運算的問題。有關程式部分，除主程式外，並另以副程式求解旅客移轉起迄矩陣、列車滿載指派、移除直達車班表及其旅客起迄等作業，均一併詳列於附錄四。

6.3.1 求解步驟

本排程模式求解，除配合圖 6-2 所示外，其主要步驟分述如下：

- 步驟 1 輸入資料與起始值設定：輸入及設定原有班表之各車次發車時間及起迄區間資料，包括起迄區間旅客上下車人數 (trip matrix)、旅行時間 (time matrix)、票價 (price matrix)、距離 (distance matrix)，同時確認列車排程之承載旅客上限值。
- 步驟 2 列車發車時點選擇 (departure time setting)：列車發車時點係決定於旅客選擇，而旅客選擇行為則依據旅客偏好模式之求解結果。換言之，在執行發車時點改變下，均需預估可能移轉之旅客數指派作業。同時，於各車種列車停站數之限制下，再依旅次起迄長度調整其停靠站址，詳如 6.2.1 節分析說明。

步驟 3 停站方式選擇：當發車時點指派狀態下，再選擇停站方式，並進行指派及評估作業（詳如 6.2.2 節所述）。本步驟經前述指派結果，在所有列車班次中依次求得吸引總旅客數最大之發車時點，必須再確認列車載客區間是否依承載係數估算，且不超過上限值，若超過其上限值，則先需扣減旅客上車人數（日後可配合售票系統控制上車人數），並需計算其目標函數值。扣減時，先依短程區間旅客扣減回總旅客數，再依中程、長程旅次扣減，並將該確定之新旅客起迄數從總旅客數中扣除（如圖 6-3 所示）。

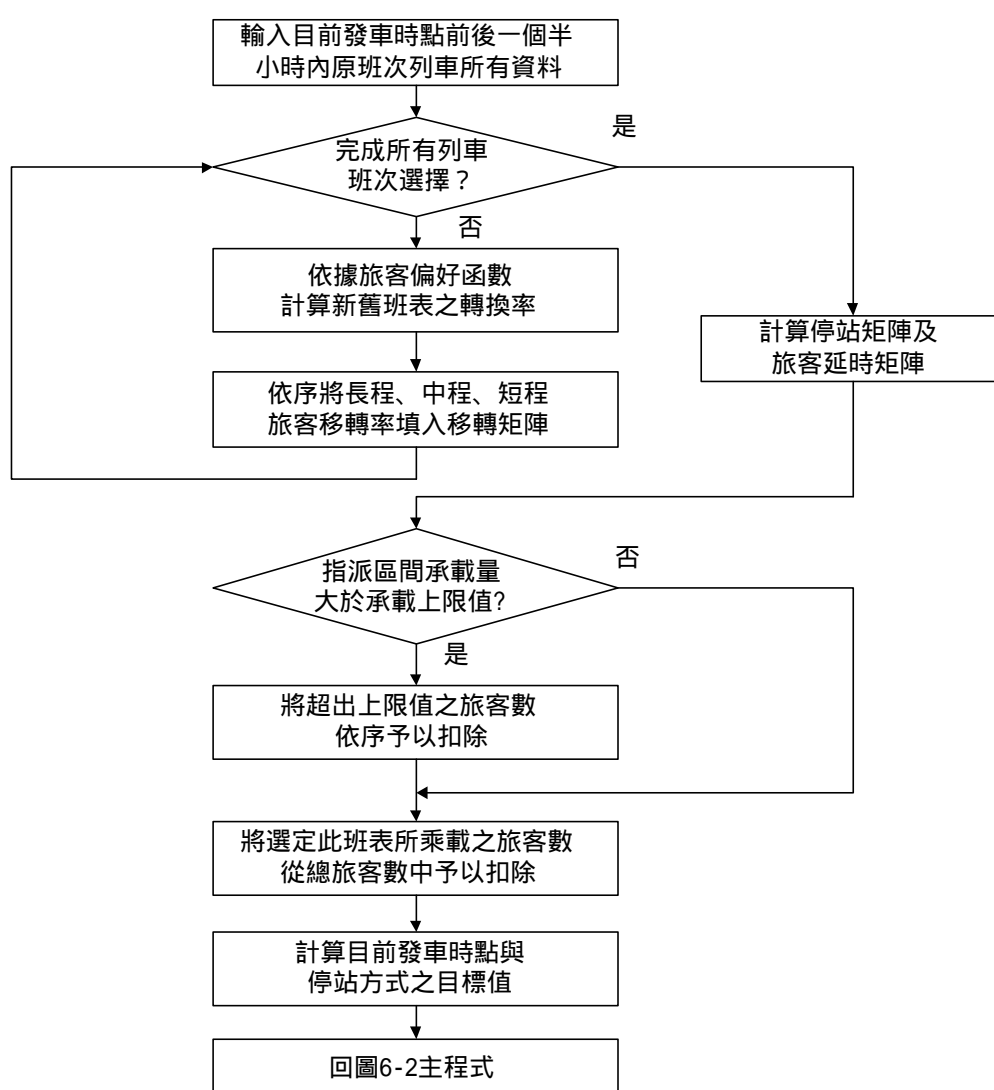


圖 6-3 旅客指派作業求解流程圖

- 步驟 4 發車時點不被指派之處理步驟：將該確定之發車時點於其發車時間帶中扣除(remove)，此一步驟類似「清倉作業」，可以有效避免旅客重複指派問題。如此經由班表及對旅客起迄數重新整理後，再將所有可用班次及客源重新計算並予以累計及記錄。
- 步驟 5 滿載派車作業：為期指派列車滿載，一旦滿載即對該列車加以記錄(即滿載指標 1)，包括該發車時點、停站數及停站站名，如圖 6-4。在檢視列車是否執行直達滿載之可行尋優，並完成該列車停站組合尋優後，重新整理新班表及其旅客數檢核，再執行下一步驟，否則重覆步驟 2，直到完成全部所有列車發車班次指派。

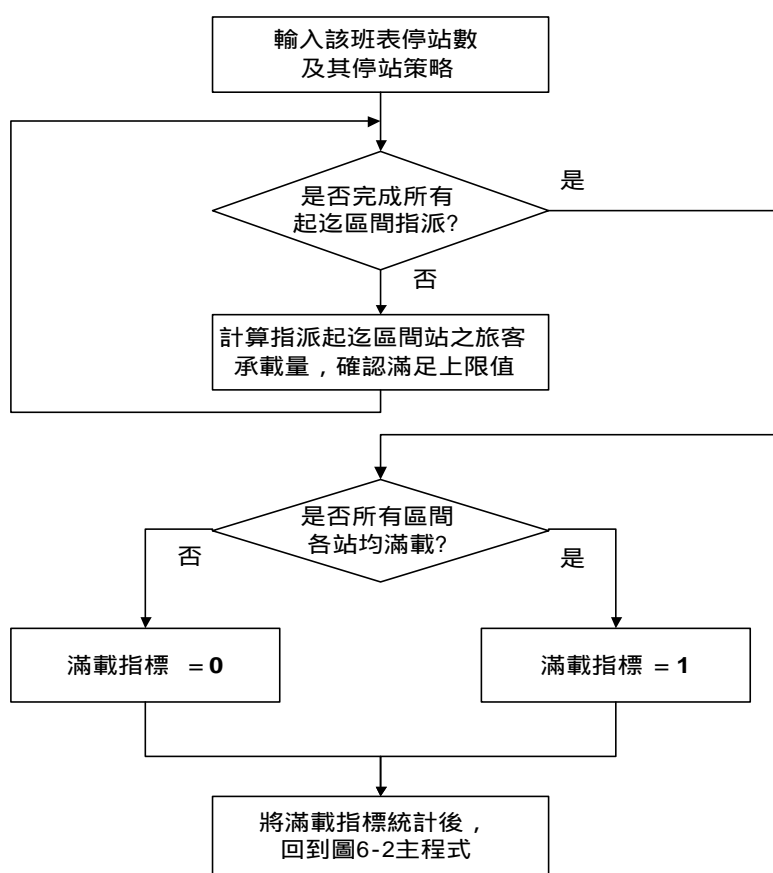


圖 6-4 列車滿載指派處理流程圖

- 步驟 6 績效值評估比較：如圖 6-5 知，先令 $GM = \text{初始班表之目標值}$ ，將所執行之列車指派結果重新整理新班表及其旅客數檢核，經計算該列車目標值後，評比該列車班表目標值是否大於 GM 。若求解的新目標值優於原目標值，則將該發車班表目標值取代 GM ，同時記錄此列車單元為最佳發車時點與停站數及停靠站址。
- 步驟 7 停止法則：確認所有排程作業是否完成，並檢視所有列車發車班次之排點，若已完成全部班次指派，則作為停止條件，否則再進行下一排點，直到確認所有列車班次（包括未滿載列車）均列入記錄為止。

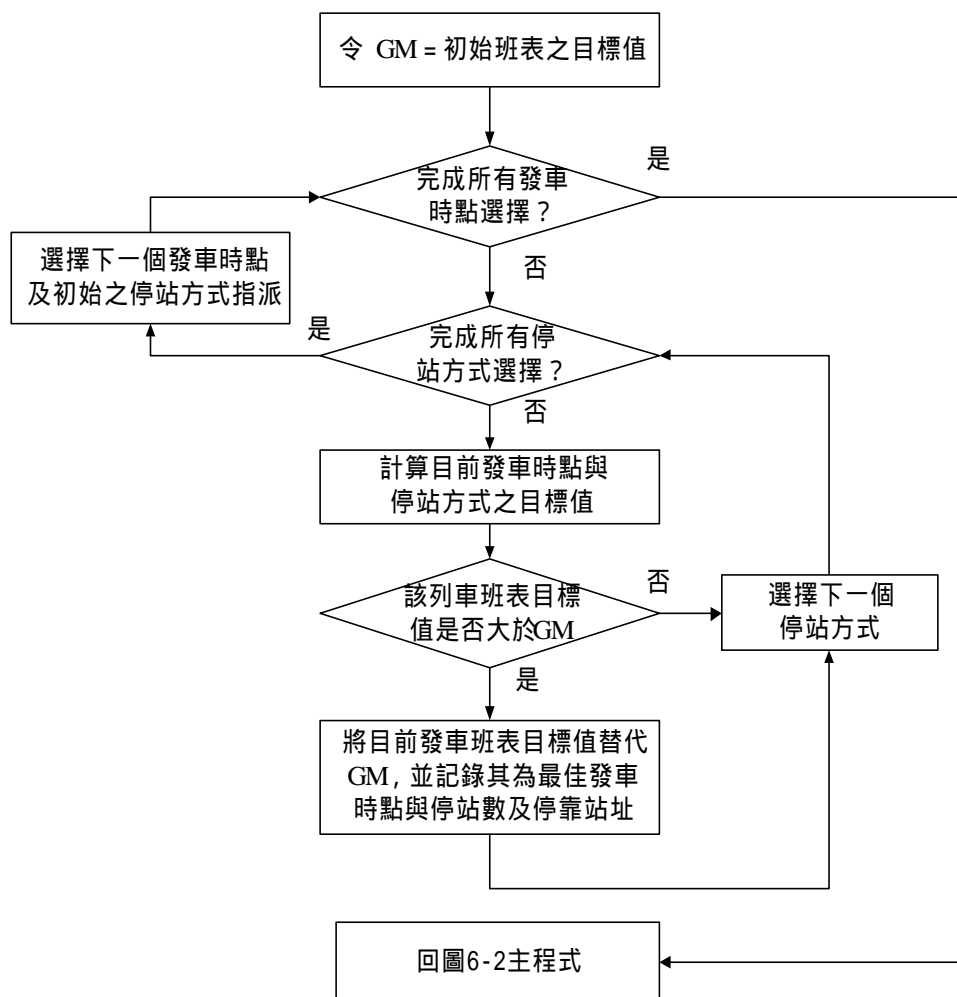


圖 6-5 最佳目標值尋優流程圖

6.3.2 簡例說明

茲以表 6.1 之假設簡例進一步說明本啟發式解法之設計邏輯。首先，依據原有排程班表確認各車種可運用之列車數，在現有班表上確認所有可能之發車時點，並插入新發車時段。在三車種（如 A,B,C 等級列車）五班可運用列車數，以及九個可行發車時點之簡例中，經設定所有可用列車數及班次編碼後，將每班次前後各一小時半旅客可移轉區間納入新列車旅客客源基礎。以原發車時點 7:00 之最高等級的 A 等級列車為例，在列車班次排序及編號後，旅客來源計有 4 班原有列車（含當班列車），可依據旅客偏好轉換結果，在該列車發車時間帶（包括 10、30、60、90 新代碼）內篩選其中一個發車時點。在此先假設停站方式不作任何改變，經窮舉所有可能的派車組合後，進行各列車在發車時間帶內最佳時點之尋優，以求解出各車種最佳列車派車之發車時點。如在原有班次序號 2（代碼 60）之 7：00 A 等級列車，經客源指派與排程尋優後，以代碼 90 之 7：30 為最佳派車時點。同理，原有班次序號 4（代碼 160）8：40 之 A 等級列車，經於該列車時間帶內尋優後，求出原班車時點仍為最佳時點後，仍維持原時刻 8:40 為新列車排程時點。

表 6.1 列車發車時間帶內最佳時點尋優簡例表

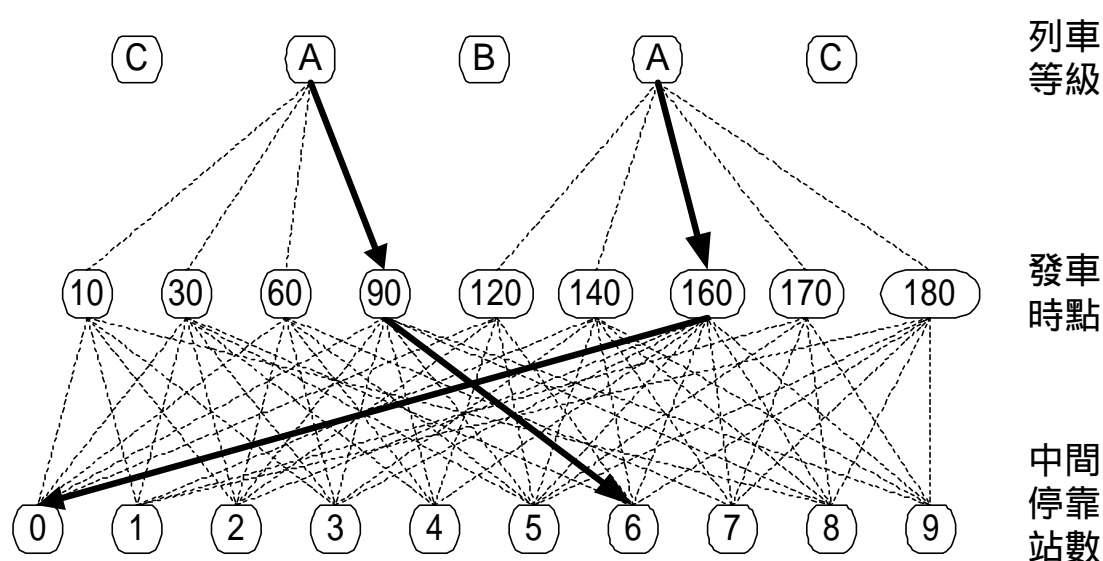
時刻表	原班次序號	原列車等級	發車時點代碼	可指派旅客之客源基礎 (依原班車之序號註記)				新排程各車種列車班次				
								C等級車待尋優剩餘時點	新A等級第1班列車	B等級車待尋優剩餘時點	新A等級第2班列車	C等級車待尋優剩餘時點
06:10	1	C	10	1	2				10			
06:30*			30	1	2	3			30			
07:00	2	A	60	1	2	3			60			
07:30*			90	1	2	3	4		<u>90</u>			
08:00	3	B	120	2	3	4	5				120	
08:20*			140	2	3	4	5				140	
08:40	4	A	160	3	4	5					<u>160</u>	
08:50*			170	3	4	5					170	
09:00	5	C	180	3	4	5					180	

註：1.*表示時刻表內新增插入之可行新增發車時點。

2.陰影部分為 A 等級列車尋優發車時點之時間帶；格內編號係指發車時間代碼；其中有底線之粗斜體字表尋優後新排程最佳時點。

茲另以圖例說明停站方式之尋優處理概念。按前表依序整理出 C 等級、A 等級及 B 等級之各列車次序後，先執行三車種中最高等級之指派，如由圖 6-6 所示。圖中在 A 等級者計有兩班列車可以優先指派，分別在兩個不同發車時間帶內尋優，包括新排程代碼 10 至 90 四個發車代碼，以及發車代碼 120 至 180 五個可行發車時點之尋優示意。在每一時點尋優中，依序執行各種停站組合方式，但停站數採每次增加一個停站數遞增方式，至於停靠站址之選擇，則按先服務長程後服務短程旅客等停站型態篩選加以尋優。

在尋優模式求解時，僅按滿載原則指派（本研究設定中間停站數最多僅停靠兩站，且應涵蓋 200 公里以上運程）。A 等級列車在兩個發車時間帶內尋優，經旅客預估計算後，再依指派邏輯作業（長途旅客優先指派）。發現第一個時間帶內各種組合均無法滿足直達車之要求，而在第二個時間帶內之原發車時點編號 160 列車即能滿載，所以原發車時點 160 為本發車時間帶最佳時點。同時也顯示在運量指派下，中間不停站之型態為最佳解。此時編號 160 之發車時點先納入候選班表，並扣除該直達列車所佔之發車時點與起迄旅客數，再進入下一步驟分析。



- 註：1.本圖圈內 A、B、C 依序表示不同車種等級列車；
 2.發車時點○內之數字為發車時點代碼；
 3.·····表指派旅客可能組合；——▶表實際指派旅客排班結果。

圖 6-6 各車種列車不同發車時點與停站數尋優示意圖

為符合滿足承載上限值之要求，在指派作業時，經確認所有可用列車發車時點，如新代碼 60 之 A 等級列車經各時點與各停站方式之排程尋優後(至少需經 4^5 次計算過程)，確認該 A 等級列車應於新排程代碼 90 (如圖 6-6) 作為新發車時點，同時在中間 9 個停靠站中，逐次增加停站數進行承載旅客指派，經確認停靠 6 個車站組合為載運旅客之最佳結果。至於在中間停站數 6 站之新代碼 90 非直達列車的停靠站址位置，則係經不同長、中、短程停站組合策略，如圖 6-7 為不同旅次長度搭配示意。由圖知，若中間停站數是 1 時，則站 1 至站 9 均需搜尋，其中如對站 2 或站 8 指派即為典型的短程旅次加上長程旅次，而站 5 可能指派的組合也包括兩段中程旅次，如此求解不同停站組合之旅客預估數，以求其停站最佳解。因此，在停靠站軸線服務上執行篩選出停站數與停靠站址，並以目標值最大作為決定最佳停站位置之策略。

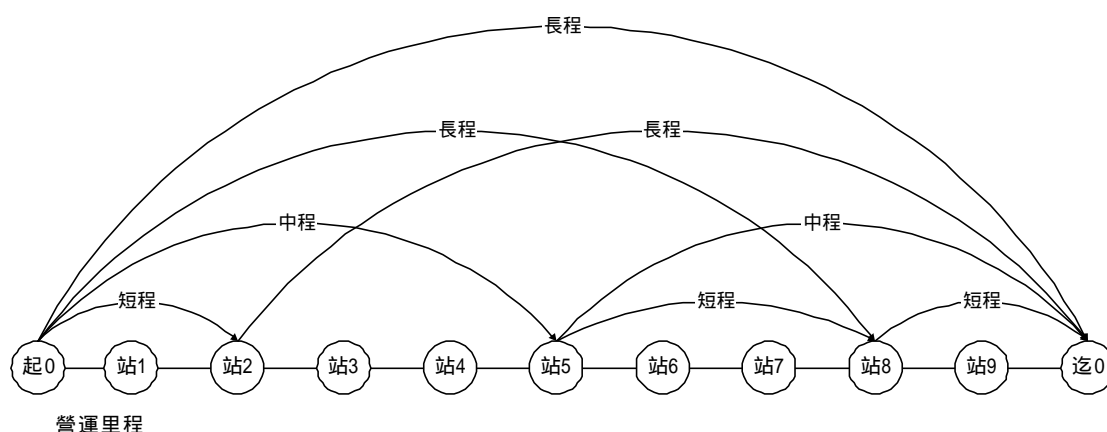


圖 6-7 列車停靠站址之尋優組合策略示意圖

由圖 6-8 知，在固定現有列車資源之總列車班次數限制下，鬆弛各車種列車班次數，並逐一改變各等級列車班次數，以執行各車種所有列車班次數最佳解。即優先改變等級次高者列車替換為最高等級列車班次（即圖中 B 等級列車替換為 A 等級列車），然後直至所有可能班次被涵蓋為止；一旦發現替換後之總績效值遞減，則不再替換，改由次一等級列車替換為次高等級列車班次（即圖中 C 等級列車替換為 B 等級列車，此績效遞減可能原因包括各車種停站數限制不同）。其中每增加一班車替換指派作業時，均依前述發車時間選擇程序與停站搜尋方式加以求解。因此，本研究應可鬆弛各車種列車數限

制後，評估鐵路高等級列車不同班次數之總績效，以探求出排程規劃之最佳解成果。

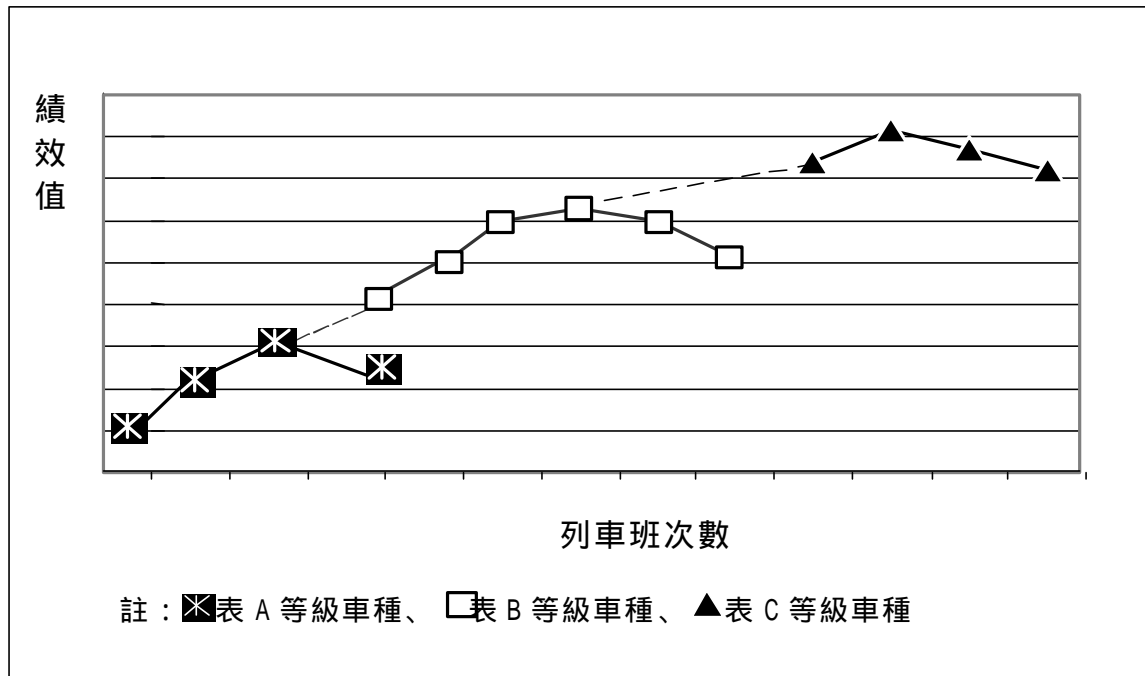


圖 6-8 各車種列車最佳班次數尋優示意圖

第七章 個案研究

為驗證最佳化模式之效果，本章進一步以實際資料分析比較以下兩種排程方式之績效，第一種方式為未充分考量旅客需求偏好特性之現行台鐵排程，稱為原排程方案；第二種方式則為納入旅客偏好模式的列車排程規劃，稱為新排程方案。最後，再進行敏感度分析，包括探討不同承載率改變下之績效，以及多車種列車容量限制鬆弛後之變異，以探究最佳化排程結果（以下簡稱為最佳排程方案）。

7.1 實例選擇

為因應假期尖峰旅客需求之列車排程，本研究以台鐵民俗假期進行實證分析。茲分述如后，並將相關基本資料詳列於附錄五。

1. 以民國 86 年清明節假期(4 月 4 日~6 日，星期五~日)三天連續假期之放假首日為例。
2. 台鐵旅客起迄資料中，以台北、桃園、新竹、苗栗、台中、彰化、斗六、嘉義、台南、高雄等重要車站為主。
3. 前述各主要車站與鄰近車站旅運起迄資料作一整併，如台北站包括松山站及板橋站，桃園站包括中壢站，台中站包括豐原站，斗六站包括斗南站，高雄站包括岡山站及左營站旅客，以集中處理都會地區旅客需求。
4. 台鐵列車班次資料，由當日第一班列車發車時間 5:15 起至中午 12:00 止，計有自強號四班、莒光號五班、復興號五班，共 14 班次列車。
5. 原班表中，各列車發車時點與停站方式，詳如表 7.1 所示。
6. 至於台鐵山、海線服務路線問題，由表 7.1 知，復興號路線有山、海線之分，而本研究在尋優時，係採用台鐵既有之山線優先於海線原則，先完成山線班表規劃，再將剩餘發車時點供作海線班次發車時點尋優。

表 7.1 民國 86 年清明假期台鐵原排程列車班次表

發車 時點	列車等級	停 站 數	停站方式與停站位置
05:15	B 莒光號	10	台北-桃園-新竹-苗栗-台中-彰化-斗六-嘉義-台南-高雄
06:00	C 復興號	10	台北-桃園-新竹-苗栗-台中-彰化-斗六-嘉義-台南-高雄
07:00	B 莒光號	10	台北-桃園-新竹-苗栗-台中-彰化-斗六-嘉義-台南-高雄
07:17	C 復興號	10	台北-桃園-新竹-竹南-沙鹿-彰化-斗六-嘉義-台南-高雄
07:55	A 自強號	9	台北-桃園-新竹-苗栗-台中-彰化-----嘉義-台南-高雄
08:10	C 復興號	10	台北-桃園-新竹-竹南-沙鹿-彰化-斗六-嘉義-台南-高雄
08:40	A 自強號	5	台北-----台中-----嘉義-台南-高雄
09:00	A 自強號	10	台北-桃園-新竹-苗栗-台中-彰化-斗六-嘉義-台南-高雄
09:16	C 復興號	10	台北-桃園-新竹-竹南-沙鹿-彰化-斗六-嘉義-台南-高雄
09:35	B 莒光號	10	台北-桃園-新竹-苗栗-台中-彰化-斗六-嘉義-台南-高雄
09:55	A 自強號	9	台北-桃園-新竹-苗栗-台中-彰化-----嘉義-台南-高雄
10:30	B 莒光號	10	台北-桃園-新竹-苗栗-台中-彰化-斗六-嘉義-台南-高雄
11:26	C 復興號	10	台北-桃園-新竹-苗栗-台中-彰化-斗六-嘉義-台南-高雄
12:00	B 莒光號	10	台北-桃園-新竹-苗栗-台中-彰化-斗六-嘉義-台南-高雄

註：表中 A、B、C 表列車等級；有陰影者表海線班次。

資料來源：台鐵班表，本研究整理。

7.2 各種參數設定

1. 列車容量與承載率限制

- (1) 目前台鐵各車種列車容量雖因車輛型式略有不同，但平均每列車十節車廂，本研究以每車廂座位數 50 位計，為 500 人座。並依座位容量之倍數來定義列車承載率。
- (2) 為考量連續假期供給不足與承載極限之事實，允立位納入列車容量，其標準係按台鐵車廂走道面積估算每列車約為 500 人，亦即列車容量為 1000 人，承載率上限設定為 2.0。值得說明者，既有班表之承載率遠高於本研究設定之 2.0，部分列車班次在部分停站區間中更出現承載率高達 2.6 以上之狀況，幾無服務品質。
- (3) 敏感度分析時，視列車承載率設定倍數來分析排程績效，以瞭解服務水準條件改善之排程結果與總績效變化程度(相關參數如表 7.2 所示)

2.各車種列車數

本研究在進行各車種列車數固定之新排程分析時，各車種列車數分別為自強號四班，莒光號五班，復興號五班，與表 7.1 既有班表相同。另在鬆弛各車種列車數後，僅作總列車數限制（即 14 班）之敏感度分析，以分析最佳解各車種總列車數。

3.各車種停站數上限與停站點

由表 7.1 知，既有班表各車種之停站數相當接近，均在 9 站或 10 站間，此種停站方式既不符各車種分級（票價差異）之意義，亦無法區隔長短旅次市場。為達長假期運輸長程旅客優先之目的，本研究在規劃新班表時，係以台鐵規劃半直達車停靠六站為基準，設定新排程自強號最多停六站，依次莒光號最多停八站，復興號最多停十站。至於停站站址，各車種除復興號可以行駛海線外，自強號與莒光號只限行駛山線（本研究所選擇台鐵實例中亦為如此），各線在表 7.1 中出現過之停靠站，均為可行之停站點。

4.可行發車時點

本研究設定列車最小安全班距為十分鐘下，經重新檢視表 7.1 之原假期班距，除原有 14 個發車時點外，在現有發車班距內尚有 9 個可行發車時點（time slot）可供排程尋優。

5.旅客時間價值

本研究參考蕭銘雄（民國 86 年）研究衡量台鐵連續假期旅行時間價值（value of travel time, VOT）為每分鐘 7.7 元，作為設定旅客時間價值參數值。

6.各車種延人公里營收

有關台鐵各車種票價營收，則依據台鐵資料（民國 86 年）自強號列車每公里票價為 2.27 元、莒光號列車每公里票價為 1.75 元、復興號列車每公里票價為 1.46 元作為計算之數據。

表 7.2 各參數設定值彙整表

車 種	班次數	最多 停站數	每延人公里 營收值	列車承載 上限值	每列車 座位容量	可行 發車時點	旅客 時間價值
自強號列車	4 班	6 站	2.27 元	2.0	500 位	23	7.7 元/分
莒光號列車	5 班	8 站	1.75 元				
復興號列車	5 班	10 站	1.46 元				

註：有陰影者表敏感度分析時，將調整其設定值。

7.3 台鐵連續假期旅客偏好模式參數

有關台鐵連續假期旅客偏好模式之構建，彙整各參數值如表 7.3，其相關分析結果詳如第五章。茲就主要成果略述如下：

1. 在各車種間之兩兩比較結果下，針對中長程旅客之偏好選擇模式中列車行駛時間差距與發車時點兩項主要變數，進行後續排程。
2. 在中長程旅客偏好模式方面，依據自強號、莒光號與復興號列車之模式集合截距項研判，較高等級列車旅客對選擇次一等級之列車具效用遞減趨勢；反觀較低等級列車旅客，卻對改變為搭乘較高等級車種列車均顯效用增強現象。
3. 至於短程旅客對列車行駛時間、有無座位與列車品牌較無明顯偏好特性，且較不在乎服務水準，其中亦隱含通勤旅次之特性。

表 7.3 假期尖峰台鐵各車種旅客選擇偏好模式校估參數彙整表

項 目			自強號旅客			莒光號旅客			復興號旅客		
長程旅客模式	方案特定常數	自強列車	0.961	—	—	0.258	—	—	1.571	—	—
		莒光列車	—	0.101	—	—	0.336	—	—	1.024	—
		復興列車	—	—	-0.514	—	—	-0.839	—	—	0.591
	旅行時間差距		0.045	0.023	0.011	0.025	0.015	0.015	0.004	0.011	0.013
	發車時點	提前	0.008	0.002	-0.005	-0.001	0.002	0.01	0.004	0.007	-0.005
		延後	0.002	0.004	0.007	0.006	0.005	0.003	-0.004	0.009	0.008
中程旅客模式	方案特定常數	自強列車	0.586	—	—	0.978	—	—	1.581	—	—
		莒光列車	—	-0.119	—	—	0.422	—	—	0.931	—
		復興列車	—	—	-0.927	—	—	-0.427	—	—	0.982
	旅行時間差距		0.03	0.027	0.026	0.008	0.038	-0.036	0.01	0.008	0.018
	發車時點	提前	0.004	-0.001	0.007	0.003	-0.004	0.016	-0.009	0.016	-0.005
		延後	-0.007	0.004	-0.007	0.01	0.009	-0.005	0.036	0.012	0.029
短程旅客模式	方案特定常數	自強列車	1.476	—	—	1.095	—	—	0.461	—	—
		莒光列車	—	1.183	—	—	0.481	—	—	0.645	—
		復興列車	—	—	0.468	—	—	0.379	—	—	0.927
	旅行時間差距		-0.001	0.052	0.04	0.033	0.05	0.051	0.048	0.062	0.058
	出發時點	提前	0.005	0.007	-0.017	0.017	0.026	0.021	0.02	0.018	0.022
		延後	0.035	0.031	0.002	0.037	0.020	0.036	0.008	0.029	0.051

7.4 新排程績效評估

為能充分展現符合旅客偏好行為下之鐵路客運排班問題特性，本實例分析係依前章求解程序，在既有各車種列車數固定限制條件下進行求解。

7.4.1 發車時點選擇與停站方式

在優先指派高等級列車之新排程結果，由表 7.4 知，新排程列車發車時點與停站方式。茲分析如下：

1. 有關停站方式上，因列車之車站停靠數受車種別而有不同限制，所以指派後在列車未滿載時，較低等級列車會以多停站方式配置，以增加總績效值。由表 7.4 知，自強號列車在各站服務情形雖略有不同，可以發現直達策略特性，而復興號列車則為每站皆停之營運方式。至於莒光號係以跳站停靠方式為之，且對自強號列車未服務之苗栗站及斗六站，會有明顯旅運需求而作停靠之安排。
2. 在發車時點選擇方面，各車種排程已作變動及調整，如原排程首班車的莒光號變更在 6：00 發車，而原 5：15 發車時點在尋優後已非最佳時點，反倒是復興號列車於 5：45 出發，另自強號首班車則提前在 7：35 發車。
3. 在各列車運量起迄分佈上，經重新指派後，仍有局部旅次維持在原有市場，但整體上，已符合原先排程機制之設計構想處理。如以自強號為例，8：40 於台北站發車時有 1000 人旅次上車，到台中站後 566 人下車，另有 451 人上車至高雄站，列車於台中站發車後即直達終點站高雄。詳參旅客起迄表 7.5 至表 7.8 所示。此一指派結果若以加掛車廂方式處理，則車廂內服務品質因列車承載率下降而提昇。
4. 在優先指派法則下，在旅客對車種偏好特性之考量後，各車種列車派車方式確實有相當之調整空間。為示意新排程列車發車時點變動情形，特嘗試將各主要車站到開之運行時刻加以試算，其估算運行時間推估得表 7.9，並試繪時空圖如圖 7-1 所示。
5. 至於海線排程部分，其班次數由三班次減為僅 8：10 發一班車即可滿足，其停站方式為每站皆停。

表 7.4 新排程列車發車時點與停站方式表

發車 時點	列車等級	停 站 數	停站方式及其停靠站址
05:45	C 復興號	10	台北--桃園--新竹--苗栗--台中---彰化--斗六--嘉義--台南--高雄
06:00	B 莒光號	6	台北--桃園--新竹-----嘉義--台南--高雄
06:30	B 莒光號	8	台北--桃園--新竹-----台中-----斗六--嘉義--台南--高雄
07:17	C 復興號	9	台北--桃園--新竹-----台中---彰化--斗六--嘉義--台南--高雄
07:35	A 自強號	5	台北-----台中--彰化-----台南--高雄
08:10	C 復興號	10	台北--桃園--新竹--竹南-- 沙鹿--彰化--斗六--嘉義--台南--高雄
08:40	A 自強號	3	台北-----台中-----高雄
09:00	A 自強號	6	台北--桃園-----彰化-----嘉義--台南--高雄
09:16	C 復興號	10	台北--桃園--新竹--苗栗--台中--彰化--斗六-- 嘉義--台南--高雄
09:35	B 莒光號	6	台北-----新竹-----台中-----斗六-----台南--高雄
09:55	A自強號	4	台北-----嘉義--台南--高雄
10:30	B莒光號	5	台北-----台中-----嘉義--台南--高雄
11:00	C復興號	10	台北--桃園--新竹--苗栗--台中--彰化--斗六-- 嘉義--台南--高雄
12:00	B莒光號	6	台北--桃園-----彰化-----嘉義--台南--高雄

註：表中 A、B、C 分別表示列車等級；有陰影者表海線班次。

表 7.5 新排程自強號列車台北站 7：35 發車旅客起迄表

起 \ 迄	桃園	新竹	苗栗	台中	彰化	斗六	嘉義	台南	高雄
台北	0	0	0	404	310	0	0	211	74
桃園		0	0	0	0	0	0	0	0
新竹			0	0	0	0	0	0	0
苗栗				0	0	0	0	0	0
台中					7	0	0	242	157
彰化						0	0	160	157
斗六							0	0	0
嘉義								0	0
台南									436

表 7.6 新排程自強號列車台北站 8：40 發車旅客起迄表

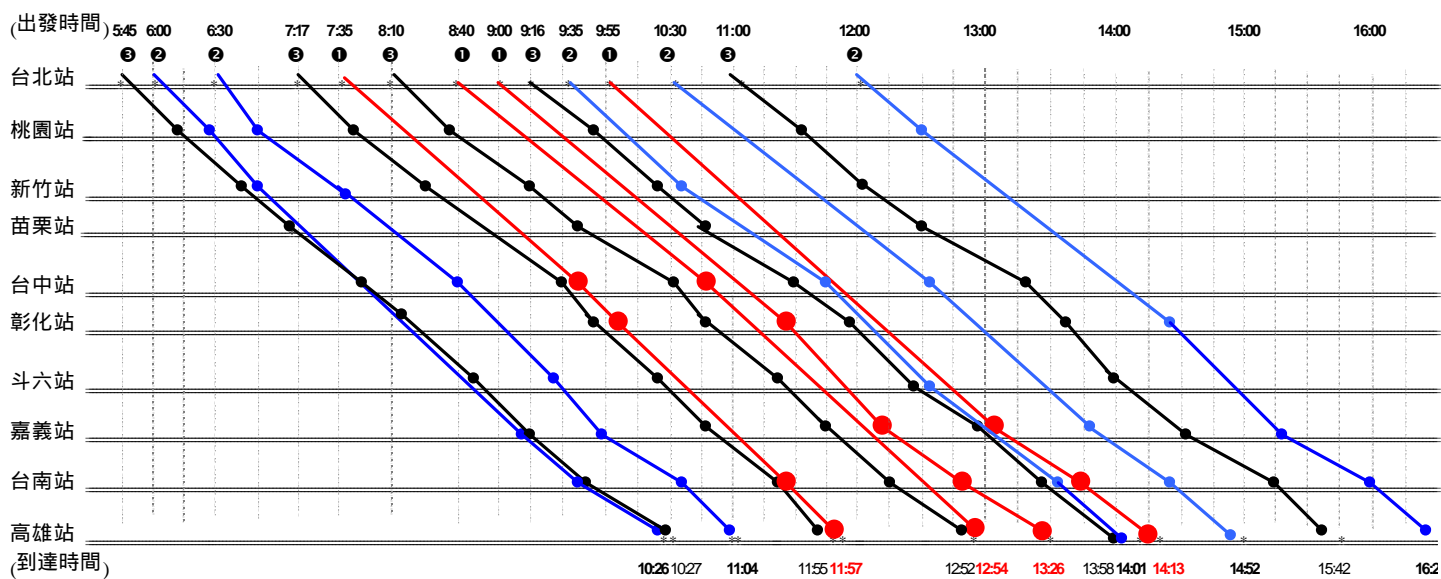
起 \ 迄	桃園	新竹	苗栗	台中	彰化	斗六	嘉義	台南	高雄
台北	0	0	0	566	0	0	0	0	434
桃園		0	0	0	0	0	0	0	0
新竹			0	0	0	0	0	0	0
苗栗				0	0	0	0	0	0
台中					0	0	0	0	451
彰化						0	0	0	0
斗六							0	0	0
嘉義								0	0
台南									0

表 7.7 新排程自強號列車台北站 9：00 發車旅客起迄表

起 \ 迄	桃園	新竹	苗栗	台中	彰化	斗六	嘉義	台南	高雄
台北	222	0	0	0	288	0	271	152	67
桃園		0	0	0	0	0	0	42	180
新竹			0	0	0	0	0	0	0
苗栗				0	0	0	0	0	0
台中					0	0	0	0	0
彰化						0	42	79	104
斗六							0	0	0
嘉義								162	111
台南									257

表 7.8 新排程自強號列車台北站 9：55 發車旅客起迄表

起 \ 迄	桃園	新竹	苗栗	台中	彰化	斗六	嘉義	台南	高雄
台北	0	0	0	0	0	0	438	384	178
桃園		0	0	0	0	0	0	0	0
新竹			0	0	0	0	0	0	0
苗栗				0	0	0	0	0	0
台中					0	0	0	0	0
彰化						0	0	0	0
斗六							0	0	0
嘉義								241	198
台南									566



註：□表自強號班次，□表莒光號，●表復興號； 表自強號停靠站； 表其他車種停靠站。

圖 7-1 新排程列車運行時空示意圖

表 7.9 新排程列車各主要車站運行時刻預估試算表

時刻表	復興號	莒光號	莒光號	復興號	自強號	復興號(海)	自強號	自強號	復興號	莒光號	自強號	莒光號	復興號	莒光號
車站別	發	到	發	到	發	到	發	到	發	到	發	到	發	到
台北	05:45	06:00	06:30	07:17	07:35	08:10	08:40	09:00	09:16	09:35	09:55	10:30	11:00	12:00
桃園	到	06:10	06:25	06:55	07:42	*	08:35	*	09:25	09:41	*	*	11:25	12:25
	發	06:14	06:29	06:59	07:46	08:00	08:39	09:05	09:29	09:45	10:00	10:20	10:55	11:29
新竹	到	06:47	07:02	07:32	08:19	*	09:12	*	*	10:18	10:33	*	*	12:02
	發	06:51	07:06	07:36	08:23	08:33	09:16	09:38	10:02	10:22	10:37	10:53	11:28	12:06
苗栗	到	07:11	*	*	*	*	09:36	*	*	10:42	*	*	*	12:26
(竹南)	發	07:15	07:26	07:56	08:43	08:53	09:40	09:58	10:22	10:46	10:57	11:13	11:48	12:30
台中	到	07:59	*	08:40	09:27	09:37	10:24	10:42	*	11:30	11:41	*	12:32	13:14
(沙鹿)	發	08:03	08:10	08:44	09:31	09:41	10:28	10:46	11:06	11:34	11:45	11:57	12:36	13:18
彰化	到	08:16	*	09:44	09:54	10:41	*	11:19	11:47	*	*	*	13:31	14:19
	發	08:20	08:23	08:57	09:48	09:58	10:45	10:59	11:23	11:51	11:58	12:10	12:49	13:35
斗六	到	08:50	*	09:27	10:18	*	11:15	*	*	12:21	12:28	*	*	14:05
	發	08:54	08:53	09:31	10:22	10:28	11:19	11:29	11:53	12:25	12:32	12:40	13:19	14:09
嘉義	到	09:14	09:13	09:51	10:42	*	11:39	*	12:13	12:45	*	13:00	13:39	14:29
	發	09:18	09:17	09:55	10:46	10:48	11:43	11:49	12:17	12:49	12:52	13:04	13:43	14:33
台南	到	09:54	09:53	10:31	11:22	11:24	12:19	*	12:53	13:25	13:28	13:40	14:19	15:09
	發	09:58	09:57	10:35	11:26	11:28	12:23	12:25	12:57	13:29	13:32	13:44	14:23	15:13
高雄	到	10:27	10:26	11:04	11:55	11:57	12:52	12:54	13:26	13:58	14:01	14:13	14:52	15:42

註：*表通過時間；() 內表海線車站

7.4.2 列車承載區間分佈

1. 由表 7.10 知，新排程各列車之站間區間承載情形雖受原旅客起迄分佈影響，但已顯現各車種列車之平均承載結果。就平均值而言，桃園至台中區段由原承載率 2.0 以上調整為新排程 1.85 左右的承載率。
2. 在原排程實際資料基準下，經按承載上限值 2.0 條件重新指派後，各車種（自強號、莒光號及復興號）列車，雖在彰化至嘉義區段之承載率與原排程相當，但在台北站至台中站北部區間，已對擁擠程度現象大幅改善，尤其自強號與莒光號列車之改善最明顯。為對新排程與原排程實際平均承載率作一比較，乃在每列車座位數 500 的基礎下比較之，詳參圖 7-2 所示。
3. 在各車種各列車總平均承載率方面，以自強號列車維持較高的承載率。若以每一列車觀之，則四班自強號列車承載率在 1.98 至 1.88 不等，至於莒光號列車承載率為 1.91 至 1.32，而復興號列車承載率除一列為 0.71 外，大都維持在 1.5 左右，如表 7.11 所示。
4. 除前述承載率改變外，自強號與莒光號列車在嘉義至高雄區段已有提昇趨勢。此一旅客指派結果可由運量資料顯示，其中受自強號列車發車時點與剩餘容量因素影響，已能將短程旅客作適度移轉至高等級列車，總共增加 680 人次，而莒光號列車也吸引較多之長程旅次，共增加 141 人次，詳如下節說明。

表 7.10 各車種列車載客區間平均承載率統計表

方案比較		台北 ↓ 桃園	桃園 ↓ 新竹	新竹 ↓ 苗栗	苗栗 ↓ 台中	台中 ↓ 彰化	彰化 ↓ 斗六	斗六 ↓ 嘉義	嘉義 ↓ 台南	台南 ↓ 高雄
原 排 程 方 案	自強號	2.10	2.58	2.59	2.55	2.25	2.06	1.99	1.46	1.02
	莒光號	2.04	2.51	2.06	2.47	2.17	1.83	1.89	1.08	1.35
	復興號	1.13	1.46	1.53	1.43	1.46	1.27	1.07	0.59	0.91
	平均值	1.76	2.18	2.06	2.15	1.96	1.72	1.65	1.04	1.09
新 排 程 方 案	自強號	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.92	1.92	1.90	1.64
	莒光號	1.62	1.94	1.96	1.96	1.88	1.81	1.68	1.42	0.88
	復興號	0.92	1.55	1.62	1.53	1.46	1.20	0.98	0.62	0.32
	平均值	1.51	1.83	1.86	1.83	1.78	1.64	1.53	1.31	0.95

表 7.11 新排程各車次承載區間之承載率統計表

承載區間 班次		台北 ↓ 桃園	桃園 ↓ 新竹	新竹 ↓ 苗栗	苗栗 ↓ 台中	台中 ↓ 彰化	彰化 ↓ 斗六	斗六 ↓ 嘉義	嘉義 ↓ 台南	台南 ↓ 高雄	平均 承載率
新排程各車種 列車	自強號列車	第 1 班	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.65	1.96
		第 2 班	2.0	2.0	2.0	2.0	1.77	1.77	1.77	1.57	1.88
		第 3 班	2.0	2.0	2.0	2.0	1.87	1.87	1.80	1.44	1.88
		第 4 班	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.88	1.98
	莒光號列車	第 1 班	1.38	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.83	1.21	1.83
		第 2 班	0.72	1.72	1.90	1.90	1.76	1.76	1.00	0.50	1.44
		第 3 班	2.0	2.0	1.96	1.96	1.66	1.66	1.09	0.48	1.54
		第 4 班	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.84	1.31	1.91
		第 5 班	2.0	1.96	1.96	1.96	1.61	1.61	1.36	0.91	1.71
	復興號列車	第 1 班	0.84	1.63	1.89	1.92	1.77	1.41	0.83	0.46	1.32
		第 2 班	0.66	1.43	1.48	1.48	1.50	1.18	0.52	0.23	1.04
		第 3 班	1.02	1.54	1.53	1.33	1.05	0.99	0.68	0.35	1.04
		第 4 班	0.43	1.17	1.22	0.94	0.97	0.70	0.33	0.18	0.71
		第 5 班	1.64	2.0	2.0	2.0	2.0	1.73	1.50	0.36	1.55

註：有陰影者表海線班次。

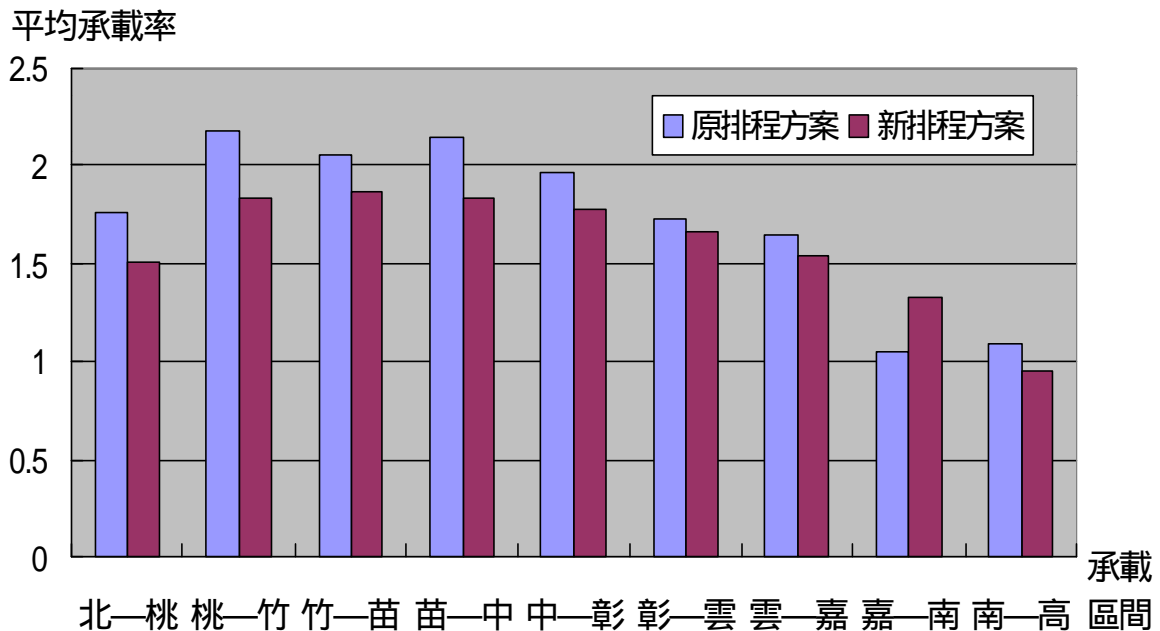


圖 7-2 新排程與原排程方案之區間承載率比較圖

7.4.3 綜合比較

1. 在發車時點與停站方式之求解後，顯現台鐵列車排程具有相當程度的調整空間，如直達車（Express Train）服務，計有自強號兩列直達車，一班台北站於 8：40 發車中間僅停靠台中站，另一班於 9：55 發車中間停靠嘉義站及台南站（詳表 7.12 之比較表）。其他車種停站數亦大幅減少，對排程績效有相當大之助益。尤其莒光號列車停站方式改變幅度最大，實有益於特殊假期縮短旅運時間之疏運成效，詳如表 7.13 所示。
2. 由表 7.14 知，儘管在增加容量限制下新排程之平均承載率低於原班表，但總績效值優於原排程，其中，除列車停站時間累計節省 2.7 小時外，所有旅客累計節省時間共超過 2,500 小時（平均每人節省 6.2 分鐘），以每分鐘 7.7 元之時間價值計算，則累計節省 120 萬元。惟台鐵實際營收會短少 86 萬元（新排程台鐵總營收數約為 750 萬元，其中自強號短收 23 萬元、莒光號 52 萬元、復興號 11 萬元）。
3. 在平均載運延人公里方面，新排程載客數經平均計算旅次長度後，其總延人公里較原排程增加 5 公里以上，其中以莒光號列車之增加最多，達 16.59 公里，顯現出優先權處理下，高等級列車與中長程旅客優先指派之成效。另以自強號為例，在總旅客數雖減少 628 人次，但平均載運延人公里由 188.48 延人公里略增加為 190.82 延人公里。

表 7.12 自強號列車發車時點選擇與停站方式之比較表

列次	發車時點	停靠站數	停 靠 站 址
1	07:55	9	台北--桃園--新竹--苗栗--台中--彰化-----嘉義--台南--高雄
	07:35	5	台北-----台中--彰化-----台南--高雄
2	08:40	5	台北-----台中-----嘉義--台南--高雄
	08:40	3	台北-----台中-----高雄
3	09:00	10	台北--桃園--新竹--苗栗--台中--彰化---斗六---嘉義--台南--高雄
	09:00	6	台北--桃園-----彰化-----嘉義--台南--高雄
4	09:55	9	台北--桃園--新竹--苗栗--台中--彰化-----嘉義--台南--高雄
	09:55	4	台北-----嘉義--台南--高雄

註：粗斜體字者表自強號列車之新排程發車時點與停站方式。

表 7.13 莒光號列車發車時點選擇與停站方式之比較表

列次	發車時點	停靠站數	停 靠 站 址
1	05:15	10	台北--桃園--新竹--苗栗--台中--彰化---斗六---嘉義--台南--高雄
	06:00	6	台北--桃園--新竹-----嘉義--台南--高雄
2	07:00	10	台北--桃園--新竹--苗栗--台中--彰化---斗六---嘉義--台南--高雄
	06:30	8	台北--桃園--新竹-----台中-----斗六---嘉義--台南--高雄
3	09:35	10	台北--桃園--新竹--苗栗--台中--彰化---斗六---嘉義--台南--高雄
	09:35	6	台北-----新竹-----台中-----斗六-----台南--高雄
4	10:30	10	台北--桃園--新竹--苗栗--台中--彰化---斗六---嘉義--台南--高雄
	10:30	5	台北-----台中-----嘉義--台南--高雄
5	12:00	10	台北--桃園--新竹--苗栗--台中--彰化---斗六---嘉義--台南--高雄
	12:00	6	台北--桃園--新竹-----彰化-----嘉義--台南--高雄

註：粗斜體字者表莒光號列車之新排程發車時點與停站方式。

表 7.14 新排程與原排程方案之績效比較表

項目		原排程方案			新排程方案			比較結果		
車種別		自強號	莒光號	復興號	自強號	莒光號	復興號	自強號	莒光號	復興號
班次數		4	5	5	4	5	5	-	-	-
平均承載率		2.06	1.99	1.20	1.95	1.69	1.14	-0.11	-0.3	-0.06
載客數(人)	長途旅客	3,303	3,138	1,992	2,938	3,279	1,720	-365	141	-272
	中途旅客	3,604	6,470	3,561	2,661	4,283	3,947	-943	-2,187	386
	短途旅客	1,211	3,030	2,225	1,891	1,984	2,026	680	-1,046	-199
	總 計	8,118	12,638	7,778	7,490	9,546	7,693	-628	-3,092	-85
平均延人公里 (公里/人)		188.48	147.63	143.29	190.82	164.22	134.85	2.34	16.59	-8.44
		158.07			163.14			5.07		
停站方式	直達車	0	0	0	2	0	0	2	-	-
	跳站停車	3	0	0	2	5	1	-1	5	1
	每站皆停	1	5	5	0	0	4	-1	-5	-1
列車停站時間節省(分)*		28	0	0	84	76	4	56	76	4
旅客累計節省之時間(分)*		32,540	0	0	80,280	71,684	2,960	47,740	71,684	2,960
		32,540			154,924			122,384		
累計節省旅客時間價值(元)		250,558	0	0	618,160	551,970	22,790	367,602	551,970	22,790
		250,558			1,192,920			942,362		
台鐵局之營運收入(元)		3,473,300	3,265,000	1,627,200	3,244,300	2,743,300	1,514,600	-229,000	-521,700	-112,600
		8,365,500			7,502,200			-863,300		
總績效值(元)		8,616,058			8,695,120			79,062		

註：* 列車停站總延時估算係以各站皆停之基準計算旅客停站延時下所節省的時間。

7.5 敏感度分析

本實例敏感度分析區分為二個單元分別進行，第一分析單元在既有各車種列車數固定限制下，調整列車承載率上限參數值，以求解績效變異特性；第二分析單元在列車承載率上限值 2.0 條件下，調整各車種列車班次數，以求解最佳排程。

7.5.1 列車承載率改變下之績效分析

為了解承載率參數變化對最佳化排程之影響，本節乃依列車服務水準設定不同承載上限值的參數值進行敏感度分析。因此，列車承載率上限值以座位容量之倍數來定義承載率 1.2、1.5、1.7、2.0 及 2.5，並以方案 A、方案 B、方案 C、方案 D、方案 E 加以分析比較。有關各排程方案績效結果略述分析如下：

1. 列車承載率上限值愈低之排程方案，列車停站數會愈少，因而停站總延時所節省時間愈多；相對地，上限值愈高則總載客數與總延人公里及總營收愈多。
2. 由表 7.15 知，各方案排程之發車時間選擇中，不論何方案均為相同時點選擇之車種者計有自強號三班，分別為 8：40、9：00 與 9：55 發車時刻，此一時段即為 8：30 至 10：00 之需求尖峰時段。
3. 在各方案之停站數方面，承載上限值愈低之方案（即服務水準愈好），停站數愈少，其中以列車跳站停車方式最為普遍。反之，承載上限值愈高之方案，停站數偏多，究其原因係承載率上限愈鬆，列車愈會以多停站方式載運更多旅客，以求得最佳績效，詳如表 7.16。
4. 由表 7.17 知，無論採行何種承載上限值之方案，新排程自強號列車之平均旅次長度均高於莒光號及復興號，亦優於原排程之里程數，符合高等級列車優先載運長程旅客之原則。
5. 在各方案排程績效評比中，承載上限值愈高之方案，在旅客時間節省效益、台鐵營運收入與總績效值均呈增加之趨勢，詳如圖 7-3 所示。

表 7.15 不同承載率方案下列車發車時點排程比較表

排程表	05:15	05:45	06:00	06:30	07:00	07:17	07:35	07:55	08:10	08:25	08:40	08:50	09:00	09:16	09:35	09:55	10:10	10:30	11:00	11:26	12:00
方案 A	B 莒光號		C 復興號	B 莒光號			C 復興號	A 自強號	C 復興號		A 自強號		A 自強號	C 復興號	B 莒光號	A 自強號		B 莒光號	C 復興號		B 莒光號
方案 B	C 復興號		B 莒光號	B 莒光號			C 復興號	A 自強號		C 復興號	A 自強號	B 莒光號	A 自強號	C 復興號		A 自強號		C 復興號	B 莒光號		B 莒光號
方案 C	C 復興號		B 莒光號		B 莒光號	C 復興號		A 自強號	C 復興號		A 自強號		A 自強號	C 復興號	B 莒光號	A 自強號		C 復興號		B 莒光號	B 莒光號
方案 E			B 莒光號	C 復興號		C 復興號	A 自強號	B 莒光號			A 自強號	C 復興號	A 自強號	C 復興號	B 莒光號	A 自強號	C 復興號			B 莒光號	B 莒光號

註：1.有陰影者為海線班次。

2.方案 D 者參表 7.4 所示。

表 7.16 不同承載率方案下各車站之列車停站次數統計表

方案別	承載率	車種別	台北	桃園	新竹	苗栗	台中	彰化	斗六	嘉義	台南	高雄
方案 A	1.2	自強號	4	0	0	0	3	0	0	1	3	4
		莒光號	5	1	0	0	3	1	0	3	5	5
		復興號	5	5	5	2	4	5	5	5	5	5
方案 B	1.5	自強號	4	1	1	0	3	0	0	1	3	4
		莒光號	5	3	0	0	4	3	0	4	5	5
		復興號	5	5	5	3	4	5	5	5	5	5
方案 C	1.7	自強號	4	1	0	0	2	1	0	3	4	4
		莒光號	5	3	1	0	4	3	1	4	5	5
		復興號	5	5	5	3	4	5	5	5	5	5
方案 D	2.0	自強號	4	2	0	0	2	2	0	2	3	4
		莒光號	5	3	3	0	3	1	2	4	5	5
		復興號	5	5	5	3	4	5	5	5	5	5
方案 E	2.5	自強號	4	2	0	0	3	2	0	3	4	4
		莒光號	5	4	4	0	5	2	4	4	5	5
		復興號	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5

表 7.17 不同承載率方案之新排程績效比較表

項 次 \ 方 案		方案 A	方案 B	方案 C	方案 D [*]	方案 E
列車承載上限值		1.2	1.5	1.7	2.0	2.5
載客數	長途旅客(人)	6,077	7,130	7,910	7,937	7,980
	中途旅客(人)	6,675	8,646	9,339	10,891	11,784
	短途旅客(人)	3,714	4,224	5,432	5,901	6,225
	總 計(人)	16,466	20,000	22,681	24,729	25,989
平均延人公里	自強號(公里/人)	209.20	205.51	195.37	190.82	183.30
	莒光號(公里/人)	169.91	170.56	162.45	164.22	152.53
	復興號(公里/人)	167.01	156.79	151.81	134.85	131.01
	總 計(公里/人)	167.89	175.06	182.63	163.14	159.70
列車停站延時節省(分鐘)		216	180	168	164	124
旅客節省時間累計(小時)		2,131.20	2,237.67	2,271.53	2,582.07	2,356.47
旅客時間節省價值(萬元)		98.47	103.39	104.95	119.29	122.45
鐵路營運收入(萬元)		534.58	637.84	695.66	750.22	799.13
總績效值(萬元)		633.04	741.22	800.61	869.51	921.58

註：有*者為原設定方案。

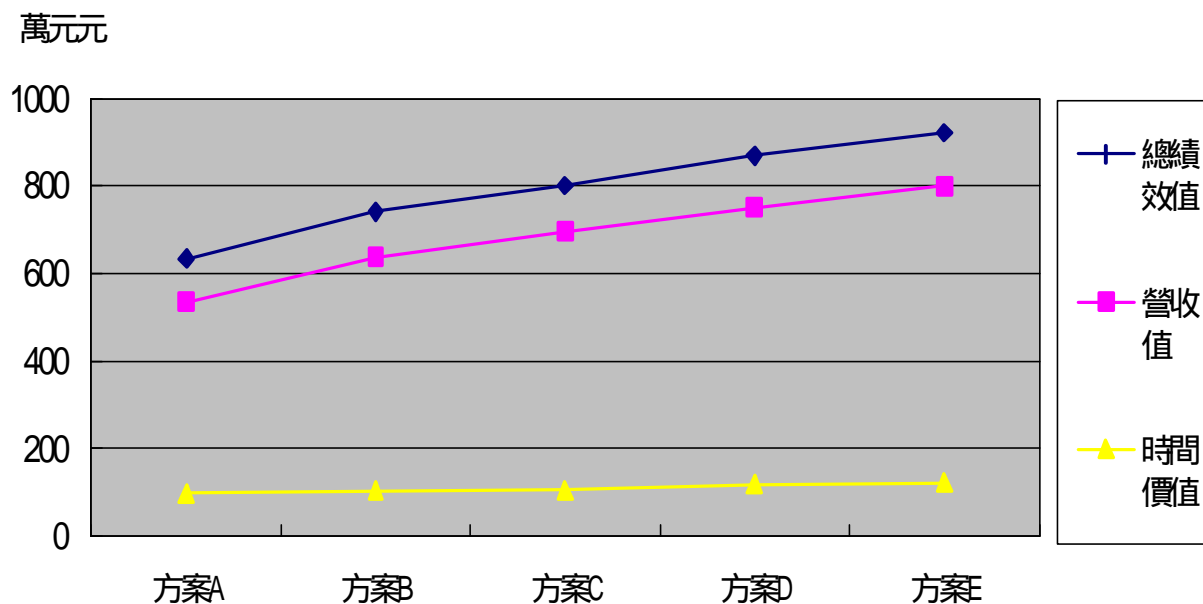


圖 7-3 不同承載率下之各方案排程績效比較趨勢圖

7.5.2 各車種列車數改變下之績效分析

由前述 7.4 節分析結果得知，在原有各車種列車數固定限制下，最佳排程雖使需求面效益增加，卻亦使台鐵供給面之營收減少，以致造成營運單位若考量旅客時間效益，卻導致短少營運收入的結果。此一排程結果亦無法貼近旅客之需要。基於此，鬆弛各車種列車數限制，在只受列車總數限制，進一步將各車種列車數改變下再進行排程尋優。

為能快速找到最佳結果，本研究先以莒光號、復興號順序逐班換開自強號列車方式，找列自強號列車數最佳結果後固定之，再以復興號替換莒光號，來求解最適排程。各替換車種之最佳績效結果如表 7.18 與圖 7-4 所示。茲分析如下：

1. 由圖 7-4 知，鬆弛各車種列車數限制後，最佳新排程之旅客時間效益與鐵路營收效益均較受各車種列車數限制之最佳排程者為佳，當然亦優於原既有班表者。其中，鐵路營運者最關心的總營收値約達 850 萬元，較未鬆弛各車種列車數限制的新排程增加約 100 萬元。
2. 鬆弛各車種列車數限制後，並非一味增開最高等級列車即可不斷增加總績效。由表 7.18 知，當自強號列車增至 8 班後，鐵路營收與總績效値開始遞減，然後在以復興號替換莒光號時，增開至三班莒光號後，鐵路營收與總績效値開始遞減。因此，獲致最佳車種列車數為自強號八班、莒光號三班、復興號三班之結果。
3. 表 7.19 知最佳化新排程列車停站方式，其中自強號排程計有兩班直達車，分別為 9：00 台北站發車中間僅停靠桃園及台中站，以及 9：55 台北發車後直達嘉義、台南至高雄站。至於每站皆停方式僅復興號三班列車，其餘皆為配合旅客起迄及其偏好需求下的跳站停車方式。
4. 綜合彙整各車種班次限制下之新排程與鬆弛各車種班次限制之最佳排程比較，如表 7.20 所示。其中顯現莒光號發車時點之替換，係依據最佳總績效値之班次優先替換成自強號列車之結果，並均勻分佈在各小時區間內。同時在排程作業中，觀察到因重新安排新列車排程後，似在發車時間帶中擠壓出較餘裕的排程空間現象(如擷取 7：30 至 9：00 之排程時間帶，詳參圖 7-5 示意圖所示)，此可開行其他區間列車或增購列車供連續假期時充分運用，有利於營運者作進一步之運用；惟本研究未處理剩餘時段軌道容量問題，此一觀察尚需進一步研究。

表 7.18 最佳排程方案列車發車時點與停站方式表

發車時點	列車等級	停站數	停站方式及其停靠站址
05:15	B 莒光號	8	台北-----新竹--苗栗--台中--彰化--斗六-----台南--高雄
06:00	A 自強號	6	台北--桃園-----台中-----嘉義--台南--高雄
07:00	A 自強號	5	台北-----台中-----嘉義--台南--高雄
07:17	C 復興號	10	台北--桃園--新竹--苗栗--台中--彰化--斗六--嘉義--台南--高雄
07:35	A 自強號	5	台北-----台中--彰化-----台南--高雄
08:40	A 自強號	6	台北--桃園-----彰化-----嘉義--台南--高雄
08:50	B 莒光號	7	台北--桃園--新竹-----台中-----嘉義--台南--高雄
09:00	A 自強號	4	台北--桃園-----台中-----高雄
09:16	C 復興號	10	台北--桃園--新竹--竹南--沙鹿---彰化--斗六--嘉義--台南--高雄
09:35	A 自強號	6	台北-----台中---彰化-----嘉義--台南--高雄
09:55	A 自強號	4	台北-----嘉義--台南--高雄
10:30	B 莒光號	7	台北--桃園--新竹-----台中--彰化--斗六-----台南--高雄
11:00	C 復興號	10	台北--桃園--新竹--苗栗---台中--彰化--斗六--嘉義--台南--高雄
11:26	A 自強號	6	台北--桃園--新竹-----台中-----台南--高雄
12:00	A 自強號	6	台北-----彰化--斗六---嘉義--台南--高雄

註：表中 A、B、C 分別表示列車等級；有陰影者表海線班次。

表 7.19 鬆弛車種列車數限制之新排程尋優結果彙整表

排程組合 [*]	總載客數 (人)	總時間價值 (元)	營收值 (元)	總績效值 (元)
A4B5C5^a	28,534	250,558	8,365,500	8,616,058
A4B5C5^b	24,729	1,192,920	7,502,200	8,695,120
A5B4C5	24,782	1,196,558	7,662,600	8,859,158
A6B3C5	24,608	1,143,190	7,870,450	9,013,640
A7B2C5	24,350	1,180,400	8,009,560	9,189,960
A8B1C5	24,470	1,163,300	8,110,900	9,274,200
A9B0C5	23,965	1,090,908	8,095,220	9,186,128
A10B0C4	23,242	1,114,500	8,017,700	9,132,200
A8B2C4	25,033	1,172,300	8,304,430	9,476,730
A8B3C3[*]	25,465	1,199,650	8,455,600	9,655,250
A8B4C2	24,639	1,194,600	8,329,200	9,523,800
A8B5C1	23,982	1,216,408	8,204,980	9,421,388

註：1.排程組合中，A 表自強號、B 表莒光號、C 表復興號，其後接續之數字指班次數，如 A5 指五班自強號，B4 為四班莒光號。

2.有「a」上標者為既有原班表；有「b」上標者為有車種列車數限制之新排程班表；有「*」者為鬆弛車種列車數限制之最佳解。

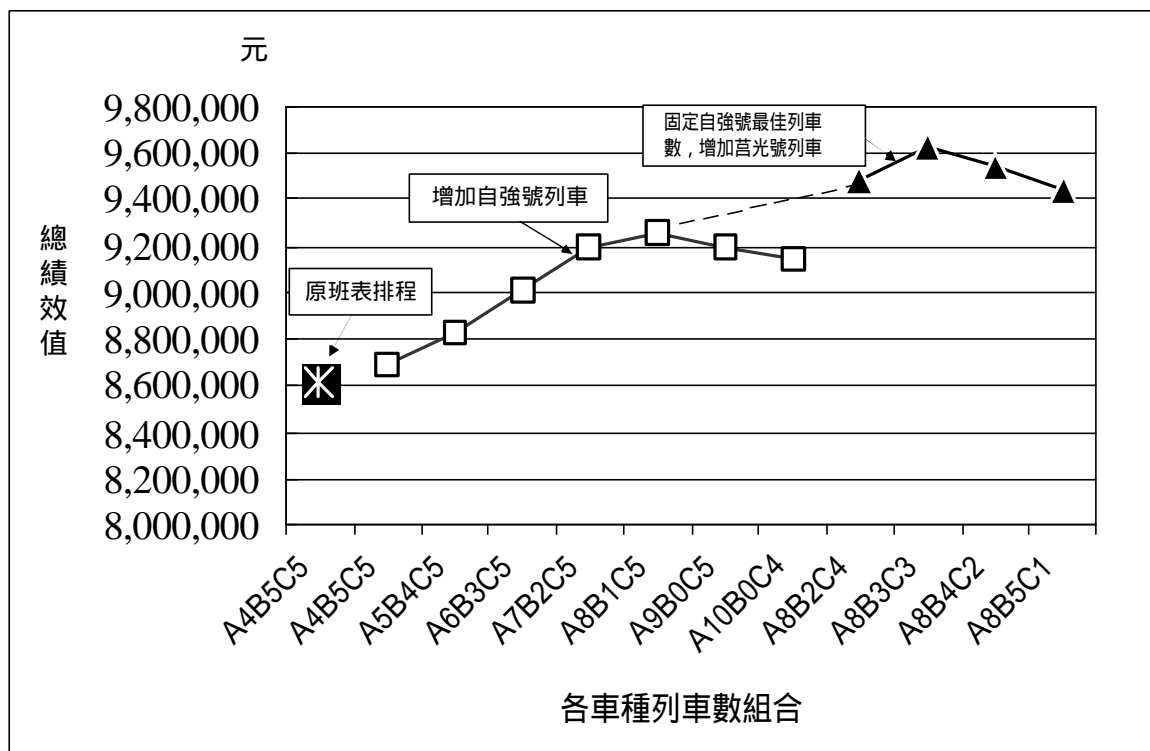


圖 7-4 各車種列車數組合之排程績效分佈圖

表 7.20 假期尖峰鐵路列車排程規劃方案比較表

排程 方案	05: 15	05: 45	06: 00	06: 30	07: 00	07: 17	07: 35	07: 55	08: 10	08: 40	08: 50	09: 00	09: 16	09: 35	09: 55	10: 30	11: 00	11: 26	12: 00
原 排 程	B 莒光號		C 復興號		B 莒光號	C 復興號		A 自強號	C 復興號	A 自強號		A 自強號	C 復興號	B 莒光號	A 自強號	B 莒光號		C 復興號	B 莒光號
新 排 程		C 復興號	B 莒光號	B 莒光號		C 復興號	A 自強號		C 復興號	A 自強號		A 自強號	C 復興號	B 莒光號	A 自強號	B 莒光號	C 復興號		B 莒光號
最 佳 排 程	B 莒光號		A 自強號		A 自強號	C 復興號	A 自強號			A 自強號	B 莒光號	A 自強號	C 復興號		A 自強號	B 莒光號	C 復興號	A 自強號	A 自強號

註：有陰影者表海線班次。

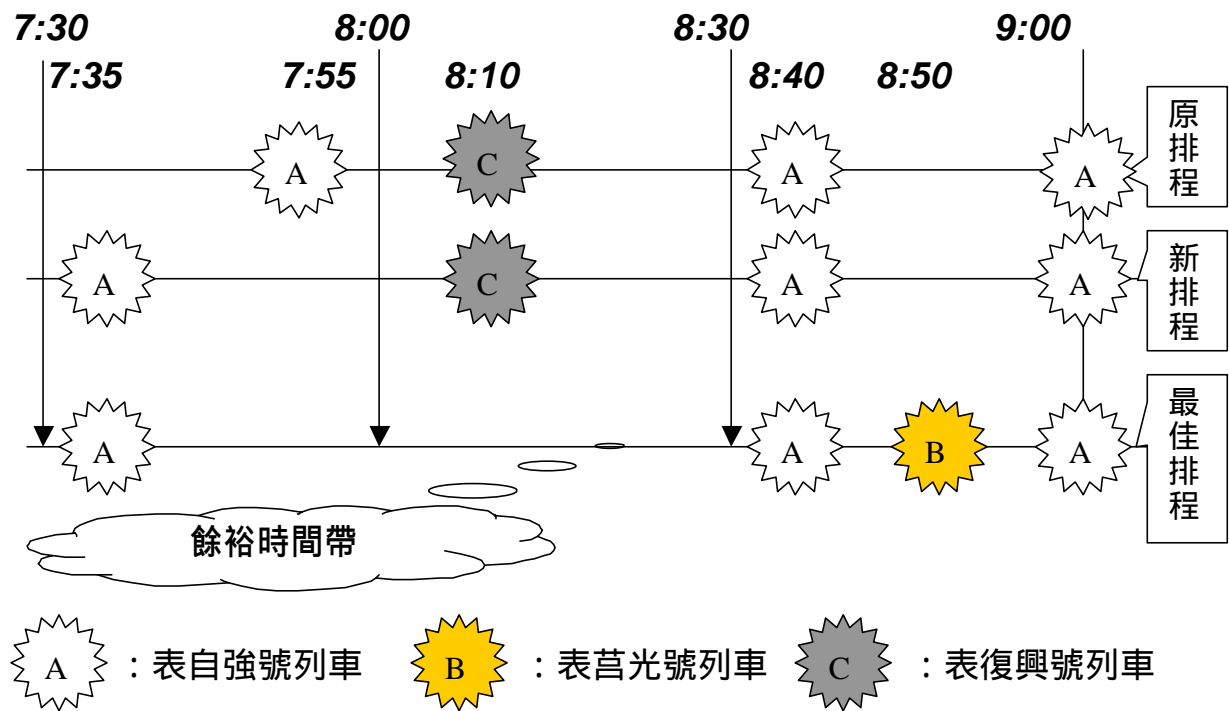


圖 7-5 排程績效之餘裕時間帶示意圖

第八章 結論與建議

8.1 結論

1. 綜觀鐵路列車服務計畫中排班模式之研究重點，主要在求解列車停站方式與列車班次數最佳化或列車發車時間選擇問題。由於求解問題複雜度高，一般研究對需求面大多假設「固定」，致未能充分掌握旅客選擇行為特性，亦不符消費者導向潮流。為此本研究以旅客需求函數取代「固定需求」之假設，求解最佳列車發車時點、停站數及其停靠站址之排程規劃，可以反映旅客對列車服務計畫之實際需求，也較符合市場需求特性。
2. 基於旅客需求強度是決定鐵路列車排程規劃之重要因素，本研究以市場區隔理論，對不同起迄區間旅客作列車差異化服務設計，並配合台鐵主要車站之實際站間距離，將旅客群體需求按旅次長度加以切割。在旅運長度二百公里以上與五十公里以下為分界，區分為長、中、短程不同旅運市場，以期連續假期在鐵路列車容量資源有限條件下，優先指派長程旅次旅客，達到長運程旅客及時順利疏運之目的與充分發揮鐵路運輸功能之角色。
3. 為探討連續假期鐵路旅客需求特性，本研究擷取台鐵電話語音訂票系統之資料庫資料，透過台鐵各站旅客各時段電話訂位統計彙整與分析結果，觀察不同時點之旅客需求趨勢與不同旅次長度時間分佈情形。顯現連續假期尖峰時段鐵路運輸市場之旅客起迄需求確實遠大於實際運量，且在車種需求特性上，也發現一般旅客對不同等級列車服務之需求型態，對愈高等級列車的偏好程度具有愈高之趨勢。
4. 由於需求排程問題之求解複雜度甚高，本研究以旅客在原搭乘列車之發車時點前後九十分鐘作為列車時間帶選擇範圍，並以個體選擇模式反映旅客行為偏好，再以供給面之排程規劃來貼合旅客之需要。此係與傳統處理本問題最大不同之處，亦為處理與平常日運輸型態迥異之假期尖峰鐵路疏運問題最適當的方式。
5. 兼顧營運者與使用者的權益是整體列車排程最佳化的重要課題。因此，本研究以預估旅客數、發車時點、停站方式為決策變數構建鐵路列車排程規劃之概念模式，除考量營運者應透過提供各等級列車理想發車時段獲取營

運收益外，並讓旅客旅行起迄時間之延滯最少，以達旅客旅行時間最短為目標。此外，本研究同時發展出能處理多等級列車最佳班次數、發車時點與停站方式等問題之啟發式求解程序。在合理假設下，找出各子問題之特性後，為各子問題所構建之求解程序均相當簡易，尋優過程相當有效率，尋優結果亦符實際，顯示本求解法可作為鐵路單位規劃其假期列車排程之有效工具。

6. 為能探求旅客對車種偏好與列車時刻改變的接受度，以及反映旅客選擇偏好於列車排程之課題，本研究以二元羅吉特模式，構建旅客偏好選擇模式，其中效用函數決策變數之選取，主要以時間效益之旅行時間差距、發車時間（提前或延後）等變數為主，除座位數外，其票價及列車舒適度等服務水準因素，均會納入在車種特性之方案特定常數項內。
7. 為符合實際應用要求，係以敘述性偏好法探討台鐵西幹線旅客需求行為，並於民國八十六年青年節與清明節兩次連續假期分別對持有座與無座車票之旅客進行深入訪談調查，依長、中、短途三種旅次長度旅客分別構建效用函數。經對方案特定變數、共生變數及社經變數等均逐一校估與檢定後，計有二十七個二元偏好選擇模式。
8. 旅客偏好選擇模式研究顯示，長途運程旅客對列車行駛時間、有無座位與列車品牌均具有偏好特性，但對列車發車時間改變之反應較小。而短程旅客則對發車時間改變較顯著反應。此外，在車種特性選擇上，最高等級與最低等級旅客對改變車種的偏好不大，仍較偏好原有車種特性，且隨旅次長度變化而略有差異；而莒光號旅客偏好則隨車種改變有大幅度變化，顯示莒光號旅客群調整彈性較大。
9. 因應台灣假期旅客疏運問題特性，本研究以優先權觀念作為高等級列車與長運程旅客優先指派法則，而摒除傳統以權重方式處理，更能符合反映各都會車站之旅客返鄉需求強度。同時在啟發式反覆最佳化指派演算程序之設計上，主要機制係為列車發車時間選擇、停站方式尋優與旅客承載指派尋優之循環互動關係。其發車時點尋優列為最上層求解程序，依序是列車停站方式尋優與旅客承載指派。因此，得以探求特殊假期需求之多車種排程問題，並能避免局部排班最佳化，而達到整體最佳化之目的。

10. 為檢測求解方法之績效，本研究採實證研究法，以民國八十六年清明節連續假期台鐵下行班表為比較基準，並以各車種列車數固定下，規劃新排程，藉以進行排程。分析結果顯示，在受既有各車種列車數固定之限制下，考量旅客偏好之最適排程，確實能提高系統總績效值；惟主要係需求面之旅行時間節省效益增加（平均每人節省約 6.2 分鐘），供給面則反使台鐵損失約十分之一之營收。
11. 如在固定各車種列車數限制下，改變列車承載上限值所規劃的新列車排程方案，則降低列車座位容量倍數愈少，不僅減少列車停站數，而且也提高車廂內服務水準，但鐵路營收值卻變差，並不符合追求系統總績效值最大之目標。反觀提高列車座位容量倍數，雖鐵路營收值與旅客旅行時間節省效益均逐次增加，惟過高的載客倍數，致使列車服務品質變差且也不合理。
12. 如鬆弛車種列車數限制，只限制總列數狀況下來規劃新排程，則最佳排程係自強號列車八班、莒光號列車三班、復興號列車三班，此時不但需求面之旅行時間節省效益更為增加，連供給面會亦能使台鐵之營收增加（約增加 1 % 營收），可達到「旅客」與「營運者」雙贏之境界。

8.2 建議

1. 本研究在構建列車排程最佳化模式上，雖已改善過去固定旅客需求型態與固定停站方式組合之缺失，而研提一配合需求的列車排程規劃機制，並獲致不錯的解釋能力。但因鐵路排程問題涉及因素甚多，在構建的排程規劃模式中，已作相當程度簡化方式處理，包括總列車班次數（即 V^m 為外生參數）、軌道容量（如假設不受列車交會與待避影響）及車站因素（如大小車站均設定相同停站時分）等。未來可考慮鬆弛總列車班次數限制，並將車站變數及軌道容量等因素納入排班技術中，以擴展本模式之週延性。
2. 在旅客選擇模式中，係根據長、中、短程旅客之不同使用族群分別構建需求函數，以作為探求鐵路排程指派旅客的基礎。但因效用函數中主要考量發車時點與旅行時間節省兩項變數，而將票價及服務水準均隱含在車種特性變數內。建議未來可針對此一車種票價指標部份以獨立變數處理，則更能反映旅客偏好特性。此外，限於時間與經費因素，僅以台北車站為調查

地點，未來宜增加對其他都會車站之調查作業，以擴大旅客選擇行為代表性，也更能反映旅客偏好特性。

3. 為能符合台灣現實環境與因應旅客旅運行為變化之需求，鐵路營運者必須正視結合旅客期望研擬具體營運策略，本研究所構建旅客偏好模式雖具有轉換功能之媒介作用，可供台鐵未來研擬連續假期旅客疏運策略之參考。但對非連續假期之一般例行性排程作業，則需另予調查且應檢討或調整優先指派課題。因此，建議台鐵及早研提二套列車排程營運計畫，除檢討現行列車服務營運策略外，應即刻著手規劃特殊假期列車服務計畫，以期此一雙軌並行的營運調度策略，得以因應行銷時代的來臨。
4. 至於本模式排程機制中，承載上限值之設計對於未來鐵路運輸排程之績效改善具有重要指標作用，於連續假期與非連續假期之列車排程時均應審慎訂定該承載上限值，以確保列車車廂內服務品質。建議未來應將該參數列為列車服務水準制定之指標，以供政府對營運者服務管制之政策參考。同時，在本研究特殊假期列車排程規劃模式中，可試圖透過最佳化排點尋優結果決定此一參考值，此亦尚待後續進一步研究與發展。
5. 基於列車排程班表有一定程度的穩定度要求，未來可配合運用台鐵電話語音訂票系統結合旅客期望，經定期檢討旅客偏好及分析訂票系統資料，並就鐵路運輸市場作進一步營運策略研究，再調整下一年度或下一特定長假期之列車排程規劃班表。該研究方向，將更能有效掌握旅客需求之變動，並有助於列車服務計畫之調整作業。
6. 從需求面探討旅客旅次長度時，除以公里數作為旅次長度之分界標準外，事實上，以生活圈觀點的市場區隔應較能符合城際運輸旅運區隔之實際現況。因此，為避免連續假期鐵路運輸資源的虛擲和浪費，建議未來探討以生活圈範圍作為市場區隔之研究標的，以期在連續假期時提供不同運輸服務，並達資源有效運用與旅客疏運目的之參考。

參考文獻

1. 陳武正等，台鐵假日輸運改善計劃研究，中華民國運輸學會，民國 85 年 3 月。
2. 許添本等，臺灣地區連續假期整體輸運策略之研究，國立臺灣大學土木工程研究所，台灣省政府交通處委託，民國 83 年 10 月。
3. 邱盛生等，台鐵經營管理之課題及改善策略，交通部運輸研究所，民國 82 年 5 月。
4. 許書耕、陳茂南、邱裕鈞，「高速公路客運轉運系統之研究」，運輸計劃季刊，第 27 卷第 2 期，315 頁~338 頁，民國 87 年 6 月。
5. 戚正明，「台鐵客運中長程旅次流量分析」，台鐵資料季刊，第 290 期，1 頁~34 頁，民國 85 年 12 月。
6. 許巧鶯、鍾文明，「高速鐵路與傳統鐵路市場範圍之研究」，中華民國運輸學會第十屆學術論文研討會論文集，147 頁~154 頁，民國 84 年 12 月。
7. 郭柏君，台鐵西部幹線城際客運列車系統規劃，國立交通大學交通運輸研究所碩士論文，民國 85 年 6 月。
8. 周永暉，「以旅客偏好建立鐵路假期尖峰派車模式之研究——以台鐵西部幹線為例」，中華民國運輸學會第六屆校際學術研討會，台北，民國 86 年 4 月。
9. 周永暉，「特殊假期台鐵列車排程問題求解之研究」，中華民國運輸學會第十四屆學術論文研討會，台北，民國 88 年 12 月。
10. 列車電腦排點暨新車加入營運改點計畫簡報資料，台灣鐵路管理局，民國 86 年 12 月。
11. 黃信隆，列車排點電腦化應用於台鐵之研究，國立交通大學管理科學研究所碩士論文，民國 66 年 6 月。
12. 謝汶進、李治綱，「列車動態運行方式之比較分析」，中華民國運輸學會第十屆學術論文研討會論文集，1093 頁~1102 頁，民國 86 年 12 月。
13. 張有恆、游俊雄，「捷運列車排班管理之研究——以台北市中運量木柵線為例」，運輸，第 28 期，1 頁~18 頁，民國 84 年 12 月。
14. 張有恆、沈進成，「高速鐵路系統最適停站方式之研究」，運輸計劃季刊，第 26 卷第 3 期，417 頁~448 頁，民國 86 年 9 月。
15. 張有恆、沈進成，「高速鐵路系統最適營運計畫之研究——應用模糊多目標

- 規劃法」，運輸計劃季刊，第 24 卷第 4 期，369 頁~390 頁，民國 84 年 12 月。
16. 沈進成，高速鐵路運輸系統最適停站方式之研究，國立成功大學交通管理科學研究所博士論文，民國 85 年 6 月。
 17. 汪進財、劉得昌，「台鐵排班與動態車廂利用」，第四屆海峽兩岸都市交通學術研討會，1996 年 8 月。
 18. 洪芷芸，列車服務計畫之研究，國立成功大學交通管理科學研究所碩士論文，民國 87 年 6 月。
 19. 李治綱、周學怡、孫志煌，「列車營運計畫之可靠性分析」，運輸學刊，第 10 卷第 1 期，民國 86 年 3 月。
 20. 李治綱、謝汶進，「鐵路列車排點模式之建立」，運輸計劃季刊，第 25 卷第 4 期，545 頁~564 頁，民國 85 年 12 月。
 21. 李治綱、陳鑑康，「列車運行模式之模擬分析」，運輸計劃季刊，第 24 卷第 1 期，1 頁~14 頁，民國 84 年 3 月。
 22. 王日昌，基因演算法在多目標組合最佳化問題之研究 - 以旅行推銷員問題為例，國立交通大學交通運輸研究所博士論文，民國 86 年 7 月。
 23. 許書耕、藍武王，「收費道路主線欄柵式收費站最佳區位尋優方法」，運輸計劃季刊，第 22 卷第 1 期，民國 82 年 3 月。
 24. 第三期台灣地區整體運輸系統規劃 - 旅運特性及交通調查分析評估，交通部運輸研究所，民國 85 年 10 月。
 25. 台灣地區連續假期西部走廊鐵路運輸旅客偏好模式之研究，交通部運輸研究所，民國 86 年 11 月。
 26. 周永暉，「台鐵連續假期旅客偏好模式建立之研究-以西幹線為例」，運輸計劃季刊，第 27 卷第 2 期，279 頁~314 頁，民國 87 年 6 月。
 27. 汪進財、張喜美，「不確定需求下鐵路列車座位之管理 - 台鐵定位系統之分析」，運輸，第 26 期，民國 83 年 12 月。
 28. 段良雄、劉慧燕，「敘述偏好模式之實驗設計與校估方法」，運輸計劃季刊，第 25 卷第 1 期，1 頁~44 頁，民國 85 年 3 月。
 29. 段良雄、李奇，「顯示性偏好與敘述偏好模式之設計」，運輸計劃季刊，第 25 卷第 2 期，189 頁~208 頁，民國 85 年 6 月。
 30. 王郁珍，新運具轉移運量預測方法之研究，國立成功大學交通管理科學研究所碩士論文，民國 85 年 6 月。

31. 蕭銘雄，考慮活動與旅運的旅行時間價值研究，國立成功大學交通管理科學研究所博士論文，民國 86 年 6 月。
32. 張淳智，**GCM(General Choice Model)**軟體簡介，國立成功大學交通管理科學研究所，民國 83 年。
33. Adams, M. B. and S. E. Kolitz, "Hierarchical Rail Traffic Flow Control," **Computers in Railways Vol. 2: Technology, Computational Mechanics Publications**, pp.211-222, Aug. 1992.
34. Assad, A. A., "Models for Rail Transportation," *Transportation Research-A*, Vol.14A, pp.205-220, 1980.
35. Balakrishnan, A., T. W. Chien and R. T. Wong, "Selecting Aircraft Routes for Long-Haul Operation: A Formulation and Solution Method," *Transportation Research-B*, Vol.23B, pp.57-72, 1990.
36. Ben-Akiva, M. and T. Morikawa, "Estimation of Switching Models From Revealed Preferences and Stated Intentions," *Transportation Research-A*, Vol.24A, No.6, pp.485-495, 1990.
37. Bodin, L., B. Golden, A. Assad and M. Ball, "Routing and Scheduling of Vehicles and Crews - the state of the art," *Computers & Operations Research*, Vol.10, No.2, pp.117-148, 1983.
38. Bussieck, M., T. Winter and U. Zimmermann, "Discrete Optimization in Public *Transportation Research-A*, Vol.79, pp.415-444, 1997.
39. Bussieck, M., P. Kreuzer and U. Zimmermann, "Optimal Lines for Railway *European Journal of the Operational Research*, Vol.96, pp.54-63, 1995.
40. Carey, M., "A Model and Strategy for Train Pathing with Choice of Lines, *Transportation Research-B*, Vol.28B, No.5 pp.333-353, 1994.
41. Ceder, A., "Optimal Design of Transit Short-Turn Trips," *Transportation Research Record 1221*, TRB, pp.8-22, 1989.
42. Ceder, A., "Methods for Creating Bus Timetables," *Transportation Research-A*, Vol. 21, No.1, pp.59-83, 1986.
43. Chen, B. and P. T. Harker, "Two Moments Estimation of the Delay on Single-Track Rail Lines with Scheduled Traffic," *Transportation Science*,

Journal of Transport Economics and Policy, Vol.22, No.1, pp.27-44, Jan. 1988.

51. Fowkes, T. and C. Nash, **Analyzing Demand for Rail Travel**, ITS *Institute for Transport Studies* 4, 1991.
52. Fu, Z. and M. Wright, "Train Plan Model for British Rail Freight Services Through the Channel Tunnel," *Journal of the Operational Research*, Vol.45, No.4, pp.384-391, Apr. 1994.
53. Galaverna, M., S. Savio and G. Sciutto, "A Railway Operation Simulator for Line Traffic Capacity Evaluation," **Computers in Railways** Vol. 1: *Management, Computational Mechanics Publications*, pp.15-24, Aug. 1992.
54. Green, P. S. and V. Srinivasan, "Conjoint Analysis in Consumer Research : Issues and Outlook," *Journal of Consumer Research*, Vol. 1, pp.61-68, 1978.
55. Greenberg, B. S., R. C. Leachman and R. W. Wolff, "Predicting Dispatching Delays on a Low Speed, Single Track Railroad," *Transportation Science*, Vol. 22, No.1, Feb. 1988.

- Information Technology Applications in Transport**(Bonsall, P. and M. Bell, eds.) , pp.141-164, 1986.
65. Horowitz, A. J. and E. Beimborn, “Methods and Strategies for Transit Benefit Measurement,” Transportation Research Record 1496, TRB, 1995.
 66. Ibaraki, T. and N. Katoh, **Resource Allocation Problems : Algorithmic Approaches**, MIT Press Series, 1988.
 67. Ignizio, J. P., **Goal Programming and Extensions**, D. C. Heath and Company, 儒林圖書公司翻印, 1977.
 68. Jovanovic, D. and P. T. Harker, “Decision Support System for Train

Operations Research, Vol.41, No.1, pp.77-90,

Jan./Feb. 1993.

79. **MATLAB 5.1**, the Math Works, Inc., USA, 1997.

80. Ostlund, B. "Computer-Based Planning Systems for the Swedish National Rail Administration," **Computers in Railways** Vol. 1: *Management, Computational Mechanics Publications*, pp.35-45, Aug. 1992.

Transportation Science, Vol. 22, pp.173-185, 1988.

86. Plane, D. R. and C. Jr. McMillan, **Discrete Optimization : Integer Programming and Network Analysis for Management Decisions**, the Prentice-Hall, Inc., USA, 1971.
87. Poltorak, D. A. and J. H. Bailey, "Railroad Operation Using the Advanced *Transportation Research Record 1314*, TRB, 1991.
88. Roberts, J. and G. Lilien, "Consumer Behavior," Prentice-Hall Inc., in **Marketing Models**, (Lilien, G., P. Kotler and K. Moorthy, eds.) , 1992.
89. **Sustainable Transport : Priorities for Policy Reform**, the World Bank, Washington, D.C., USA, 1996.
90. Solomon, M., E. K. Baker and J. R. Schaffer, "Vehicle Routing and Scheduling Problems with Time Window: Efficient Implementations of Solution Improvement Procedures," in **Vehicle Routing: Methods and Studies** (B. L. Golden and A. A. Assad, eds.) , 1988.
91. Teodorovic, D. and G. Stojkovic, "Model for Operational Daily Airline *Transportation Planning and Technology*, Vol.14, pp.273-285, 1990.
92. Tsuruta, S. and Y. Kakumoto, "Development of a Highly-Automated Train-Scheduling System Using an Advanced AI Technology for Creating Very-high-speed, Very-High-Density Train Schedules," **Computers in Railways** Vol. 2: *Technology, Computational Mechanics Publications*,

Transportation Science, Vol.20, No.4, Nov. 1986.

100. Wolf, G. P. and R.W. Baugher, “Development and Application of and Advanced Microprocessor Based Line Capacity and Train Scheduling Model,” **Computers in Railways** Vol. 1: *Management, Computational Mechanics Publications*, Aug. 1992.
101. 茂原弘明，列車 ，交通公社出版，日本，1983 年。
102. 中央鐵道學園編，運轉經營概論，交友社出版，日本，1969 年。
103. 天野光三、前田泰敬、三輪利英，圖說鐵道工學，日本丸善株式會社出版，1992 年。

簡 歷

姓 名：周 永 暉

出生日：民國 48 年 2 月 12 日

出生地：台灣省澎湖縣

本 籍：湖北省漢陽縣

學 歷：

- 1.交通大學交通運輸研究所工學博士(民國 81 年 9 月 民國 89 年 6 月)
- 2.交通大學交通運輸研究所工學碩士(民國 76 年 9 月 民國 78 年 6 月)
- 3.逢甲大學交通工程與管理學系學士(民國 70 年 9 月 民國 73 年 6 月)

經 歷：

- 1.交通部高速鐵路工程局第一組科長(民國 86 年 7 月 迄今)
- 2.交通部運輸研究所綜合技術組研究員(民國 85 年 7 月 民國 86 年 7 月)
- 3.交通部運輸研究所運輸安全組研究員(民國 83 年 8 月 民國 85 年 6 月)
- 4.交通部運輸研究所運輸安全組副研究員(民國 81 年 8 月 民國 83 年 7 月)
- 5.交通部運輸研究所運輸安全組專員(民國 80 年 7 月 民國 81 年 8 月)
- 6.交通部運輸研究所運輸安全組助理研究員(民國 79 年 11 月 民國 80 年 6 月)
- 7.交通部運輸研究所高鐵專案運輸規劃師(民國 78 年 7 月 民國 79 年 10 月)
- 8.台灣鐵路管理局高雄港站副站長(民國 75 年 2 月 民國 76 年 9 月)
- 9.台灣鐵路管理局高雄運務段列車長(民國 74 年 1 月 民國 75 年 2 月)
- 10.台灣鐵路管理局運務處實習員(民國 73 年 7 月 民國 73 年 12 月)

其他主要經歷：

- 1.逢甲大學交通工程與管理學系兼任講師(民國 80 年 迄今)
- 2.台北市政府獎勵民間投資興建停車場甄選及審議委員會委員(民國 81 年 民國 88 年)
- 3.台北市政府八十七年度台北大眾捷運公司定期檢查委員(民國 87 年)
- 4.交通部台北市區鐵路地下化松山專案工程履勘小組(民國 83 年、民國 86

年)

- 5.第二十一屆中日經貿會議中華民國代表團顧問(民國 85 年)
- 6.交通部台北都會區大眾捷運系統木柵線、淡水線履勘小組(民國 83 年、民國 84 年)
- 7.內政部營建署建築技術規則審議委員會委員(民國 82 年)

國家考試與研究：

1. 民國 78 年高等考試交通行政人員及格
2. 1993 年日本交流協會「停車場規劃設計與興建管理」研修員
3. 1998 年日本交流協會「高齡化社會交通環境對策」研修員

一、與論文研究主題相關著作：

■ 資格著作

1. 周永暉、張家祝、黃承傳，「特殊假期鐵路列車排程規劃之分析模式」，運輸計劃季刊，已獲接受刊登(民國 89 年)。
2. 周永暉，「台鐵連續假期尖峰旅客偏好模式之建立 以西幹線為例」，運輸計劃季刊，第 27 卷第 2 期，279 頁 314 頁，民國 87 年 6 月。

■ 相關著作

1. 周永暉，「殊假期台鐵列車排程問題求解之研究」，中華民國運輸學會第十四屆學術論文研討會，新竹，民國 88 年 12 月。
2. 周永暉，「台鐵西幹線假期尖峰旅客需求偏好模式建立之研究」，中華民國運輸學會第十二屆學術論文研討會，台北，民國 86 年 12 月。
3. 周永暉，「以旅客偏好建立鐵路假期尖峰派車模式之研究 以台鐵西部幹線為例」，中華民國運輸學會第六屆校際學術研討會，台北，民國 86 年 4 月。

二、在學期間其他發表著作：

■ 期刊論文

1. 周永暉，「觀光體系中兩級制組織變革之淺談」，觀光資料季刊，第 349 期，37 頁 43 頁，民國 86 年 9 月。
2. 周永暉，「台鐵鐵路平交道事故之剖析」，台鐵資料季刊，第 290 期，35 頁 49 頁，民國 85 年 12 月。
3. 葉名山、周永暉，「台鐵行車安全問題掃描與剖析」，台鐵資料季刊，第 283

期，1 頁 14 頁，民國 84 年 3 月。

4. 周永暉，「建立機械停車設備型式認證制度之初探」，停車場季刊，第四期，18 頁 20 頁，民國 83 年 6 月。
5. 葉名山、周永暉，「阿里山森林鐵路行車安全問題之探討」，台灣林業，第 20 卷第 4 期，22 頁 26 頁，民國 83 年 4 月。
6. 林大煜、周永暉，「台灣省各縣市政府設置交通專責機構之研究」，運輸期刊，第 23 期，53 頁 68 頁，民國 83 年 3 月。
7. 周永暉，「我國都市停車場建設問題之剖析與改善策略」，運輸期刊，第 21 期，91 頁 102 頁，民國 82 年 9 月。
8. 林大煜、周永暉，「我國交通安全行政組織體系之研究」，運輸計劃季刊，第 21 卷第 3 期，261 頁 300 頁，民國 81 年 9 月。

■ 研討會論文

1. 張有恆、周永暉，「永續交通運輸之目標、現況與課題」，國家永續發展論壇，行政院經建會，台北，民國 86 年 3 月。
2. 周永暉、王穆衡，「台北市公車運用無線電設備輔助營運之實證分析」，第三屆海峽兩岸都市交通學術研討會，武漢，1995 年 9 月。
3. 葉名山、周永暉，「台鐵行車安全問題掃描與剖析」，中華民國第一屆運輸安全學術研討會論文集，238 頁 247 頁，新竹，民國 83 年 11 月。
4. 林大煜、周永暉，「停車場交通影響評估準則訂定之研究」，第一屆機械停車設備學術研討會論文集，中華民國機械停車設備學會主辦，61 頁 69 頁，台北，民國 83 年 8 月。
5. 呂森林、周永暉，「機械停車設備之設計技術分析」，淡海新市鎮特定區交通及停車設施研討會論文集，台灣省政府住宅及都市發展局主辦，69 頁 99 頁，台北，民國 82 年 5 月。
6. 馮正民、周永暉，「獎勵民間參與公共設施建設 以停車場之民間參與為例」，中日韓民間參與都市發展研討會，中華民國都市計畫學會主辦，台北，1992 年 8 月。

■ 專著與譯著

1. 周永暉，都市停車：縱談停車場建設與發展，鼎漢國際工程顧問公司，出版中。
2. 周永暉、張芳旭、陳賓權合譯，永續運輸，譯自世界銀行 *Sustainable*

Transportation，交通部運輸研究所，未出版，民國 86 年 2 月。

3. Chou, Yung-Hui ed., ***Readings in High-Speed Transportation System***, Department of Traffic, Transportation and Communication Management, Feng-Chia University, Taichung, 1992.
4. 周永暉譯，林大煜審訂，「成為自己的交通警察」，譯自英國 *Be Your Own Traffic Policemen*，教育部國教館，民國 81 年 12 月。
5. 周永暉譯，林大煜審訂，「不見棺材不掉淚」，譯自英國 *Untill I Get Caught*，教育部國教館，民國 81 年 12 月。
6. 周永暉譯，林大煜審訂，「自衛駕駛技術」，譯自英國 *Defensive Driving Tactics*，教育部國教館，民國 81 年 12 月。
7. 周永暉譯，林大煜審訂，「專業駕駛技術」，譯自英國 *Pro-Driving Tactics*，教育部國教館，民國 81 年 12 月。
8. 周永暉譯，林大煜審訂，「專業駕駛應有的態度」，譯自英國 *Pro-Driving Attitude*，教育部國教館，民國 81 年 12 月。
9. 周永暉譯，林大煜審訂，「夜間駕駛技術」，譯自英國 *Night Driving Tactics*，教育部國教館，民國 81 年 12 月。
10. 周永暉譯，林大煜審訂，「安全地去上學」，譯自英國 *Safely-Walk To School*，教育部國教館，民國 81 年 12 月。

■ 其他論文

1. 周永暉，「高鐵車站之無障礙設施」，*高鐵簡訊*，第 27 期，民國 87 年 4 月。
2. 葉祖宏、周永暉，「台北松山機場計程車交通問題之改善分析」，*都市交通*，第 96 期，9 頁 16 頁，民國 86 年 11 月。
3. 周永暉，「磁浮高速鐵路的發展及應用」，交通部運輸研究所，*運輸科技發展報導*，第 6 卷第 2 期，民國 86 年 6 月。
4. 周永暉，「全球永續運輸之發展策略」，交通部運輸研究所，*運輸科技發展報導*，第 6 卷第 1 期，民國 86 年 3 月。
5. 周永暉，「日本東京都新宿停車場導引系統-ITS 應用的成功案例」，交通部運輸研究所，*運輸科技發展報導*，第 5 卷第 4 期，民國 85 年 12 月。
6. 周永暉，「美國推動高速鐵路計畫」，交通部運輸研究所，*運輸科技發展報導*，第 5 卷第 3 期，民國 85 年 9 月。
7. 周永暉，「建設停車場的再省思 台灣省政建設的再造迴響系列」，*台灣新生報*，評論，民國 84 年 9 月 16 日。

8. 周永暉,「開放路邊黃線停車,果真是開源之道?」,都市交通,第82期,民國84年7月。
9. 周永暉,「機械式停車場之特性與未來發展」,都市交通,第75期,14頁18頁,民國83年4月。
10. 周永暉,「日本多摩市發展停車場資訊服務系統」,交通部運輸研究所,運輸科技發展報導,第3卷第1期,民國83年3月。
11. 周永暉、吳華莉,「高速鐵路運用資訊科技之探討」,現代交通,第20期,民國82年6月。

三、在學期間參與計畫：

■ 研究報告

1. 高鐵嘉義太保站聯外輕軌運輸系統可行性研究,交通部高鐵局,民國89年1月。
2. 高鐵南港整備站變更為兼作營運輔助站之分析報告,交通部高鐵局,民國88年12月。
3. 高鐵延伸計畫可行性研究—基隆延伸案,交通部高鐵局,民國88年10月。
4. 高鐵延伸計畫可行性研究—南投支線案,交通部高鐵局,民國88年10月。
5. 高鐵與台鐵及捷運過軌之相關研究,交通部高鐵局,民國88年3月。
6. 交通部辦理民間參與交通建設計畫作業手冊,交通部,民國87年12月。
7. 南港專案完工時程延後高鐵營運替代方案之研究,交通部高鐵局,民國87年5月。
8. 高速鐵路車站聯外交通大眾運輸系統規劃暨改善計畫,交通部高鐵局,民國87年5月。
9. 高速鐵路監理業務之研究,交通部高鐵局,民國86年12月。
10. 台灣地區連續假期西部走廊鐵路運輸旅客需求偏好之研究,交通部運研所,民國86年11月。
11. 停車場即時供給資訊系統之研究,交通部運研所,民國85年9月。
12. 台灣省二十一縣市公共停車場建設發展規劃,交通部運研所,民國84年6月。
13. 運輸政策白皮書,交通部,民國84年5月。
14. 中山高速公路連續假期試辦匝道儀控歷次整體交通疏導策略檢討報告,交通部運研所,民國83年11月。

15. 鐵路司機員安全駕駛與行車保安配合設施之研究，交通部運研所，民國 83 年 10 月。
16. 購車自備停車位政策施行策略之研究，交通部，民國 83 年 7 月。
17. 台鐵造橋行車事故肇事原因分析報告書，交通部運研所，民國 83 年 4 月。
18. 中山高速公路連續假期試辦匝道儀控匝道選擇與號誌設置地點會勘報告，交通部運研所，民國 82 年 12 月。
19. 捷運鐵路行車保安制度之研究，交通部運研所，民國 82 年 9 月。
20. 中山高速公路內湖至五股間主線路段及上下匝道交通調查，交通部運研所，民國 82 年 9 月。
21. 省屬各縣市政府設置交通專責機構之研究，交通部運研所，民國 82 年 6 月。
22. 機械式停車設備型式認證制度之研究，交通部，民國 82 年 6 月。
23. 全國交通安全掃盲實例百則解析，交通部運研所，民國 82 年 3 月。
24. 全國交通安全盲點掃瞄行動 鐵路安全計畫，交通部運研所，民國 82 年 1 月。
25. 機械式停車場設計技術規範之研究，交通部運研所，民國 81 年 11 月。
26. 建築設計資料之調查及彙編 交通設施研究，中華民國建築學會，民國 81 年 9 月。

■ 其他參與重要計畫

1. 徵求民間參與興建高雄捷運計畫甄審作業，高雄市政府捷運局，民國 88 年。
2. 獎勵民間投資中正機場至台北捷運系統建設計畫甄審作業，交通部高鐵局，民國 87 年。
3. 徵求民間參與興建營運南北高速鐵路計畫甄審作業，交通部，民國 86 年。
4. 無障礙道路交通工具改裝與運輸服務示範計畫，交通部，民國 85 年。
5. 台灣地區易肇事路段改善計畫作業，交通部運研所，民國 81 年~民國 85 年。
6. 改善都市停車問題方案專案計畫，行政院，民國 82 年。