

臺鐵旅客運輸需求之初探

A Preliminary Study on the Passenger Transport Demand of Taiwan Railway

運輸工程組 鄔德傳、許書耕

研究期間：民國107年2月至107年12月

摘 要

臺鐵為全國規模最大、車種複雜且歷史最悠久的軌道系統，另前瞻基礎建設特別條例業於 106 年 7 月 7 日總統公布施行，其中前瞻軌道建設涵蓋高鐵臺鐵連結成網、臺鐵升級及改善東部服務、鐵路立體化或通勤提速、都市推捷運及中南部觀光鐵路等五大推動主軸，第二期行政院將編列 411.87 億元，重點項目包含辦理花東鐵路雙軌化、新竹大車站平台等計畫。爰此，鐵路運輸在公共運輸上將扮演更重要的角色，且相關建設將影響未來鐵路運輸供需情形。本研究主要目的為應用大數據分析技術，以探析並掌握臺鐵旅客運輸需求現況之分析方法，及研析本所後續辦理鐵路系統診斷模式軟體系列研究之研究方向與流程。研究方法包含進行文獻回顧與專家訪談，蒐集臺鐵售票系統的歷史售票資訊與營運班表資料，利用大數據分析技術包含 R 軟體、PowerShell 及其他免費軟體，進行實作之資料分析，計算各起迄站之旅客分時 OD 矩陣。研究成果已針對臺鐵旅客運輸需求已掌握可行分析方式，可作為相關研究之參考，並研提本所後續系列研究之研究主題與重點及提報科技部科技計畫相關資料之參考。

關鍵詞：

大數據、R軟體、自動收費系統

臺鐵旅客運輸需求之初探

一、前言

臺鐵自 1887 年(清光緒 13 年)建設以來，從縱貫線唯一的運輸動脈，到目前擴展為環島鐵路網，迄今已逾 130 年，見證了臺灣經濟發展的歷史，且現為全國規模最大、車種複雜且歷史最悠久的軌道系統，平均每日約有 63 萬旅客搭乘臺鐵系統，爰臺鐵進行年度時刻調整或部分班次改點均受到各界矚目，另交通部亦要求臺鐵提升營運系統的資訊化及現代化，以提供更切合旅客需求之服務。

本所長期以來扮演交通部智庫的角色，協助交通部政策擬訂、統合協調運輸決策與執行計畫，協助交通部部屬機關及地方政府落實運輸政策之推動，並持續與相關之產、官、學、研及民眾進行跨域溝通與協調合作，將研發成果有效落實於應用層面。其中，為協助臺鐵提升排點效率，本所已先後於 100 年完成臺鐵包車營運需求下列車班表之研究，103 完成列車自動排點之技術突破與系統雛型開發，內容包含資料平台設計、模擬技術、班表穩定性評估等模組與技術開發，可滿足臺鐵排點作業資訊化及電子化需求，惟排點前置作業之旅客運輸需求部分，目前係由初步設定服務計畫，給定運輸需求以及車次樣板，再由列車自動排點相關模組進行求解。爰此，若要進一步精進，建構更加符合實務需求之自動解衝突排點模式，及研發本所鐵路系統診斷模式軟體，尚需探討如何獲得旅客運輸需求。關於需求資料之取得，若以傳統、正規的傳統城際運輸旅運需求特性調查，藉由問卷訪談方式，雖可推估潛在需求，但相對不精準，而且不能產出運輸計畫所需之分時需求。

爰此，本研究目的係藉由文獻回顧與大數據分析技術，檢視臺鐵售票系統的歷史售票資訊，進行實作範例分析，據以初探適合獲得旅客運輸需求的分析方式，並研擬後續辦理鐵路系統診斷模式軟體系列研究(包含 108~109 年度「大數據分析技術進行鐵路供需診斷與策略分析」)之研究方向與流程。

二、文獻回顧

2.1 鐵路旅客需求(起、迄分析)相關研究

表 2-1 為近期鐵路旅客起、迄分析相關研究。由表可知，近期文

獻如 Zhao^[1]等人、Nagy^[2]等資料顯示，歐美已利用票證或收費系統資料，包含自動化資料蒐集(Automatic data collection, ADC)、自動收費系統(automatic fare collection system, AFC)，自動列車定位(automatic vehicle location, AVL)或自動旅客計數(automatic passenger counting, APC)進行鐵路運輸需求面之旅客起、迄分析。

表 2-1 鐵路旅客起、迄分析相關研究擇要

作者(年)	篇名	研究主要方法/成果	備註
Zhao ^[1]	Estimating a rail passenger trip origin-destination matrix using automatic data collection systems	● 採用芝加哥交通管理局鐵路系統，蒐集其自動收費系統連續 6 天 595 萬筆資料及自動列車定位相關 162 萬筆資料。 ● 針對鐵路旅客選擇行為採離散選擇方法建模。 ● 研提出由自動收費系統推導旅客 OD 矩陣的方法，並開發應用軟體。	應用-芝加哥交通管理局流量管理(含預測)
Nagy ^[2]	Theoretical method for building OD matrix from AFC data	● 利用自動收費系統蒐集智慧卡資料(包含 ID、種類、進出站與時間)及路網路線班次資料。 ● 考量旅客習性，判斷旅客搭乘的路線，進而計算旅客 OD 矩陣。	理論
Albrecht ^[3]	Application of origin-destination matrices to the design of train services	● 開發了一種使用數百個車站的檢票口收集的 OD 矩陣數據和數千列車的時間表，以估算旅客流的方法。	理論
Sugiyama ^[4]	An approach for real-time estimation of railway passenger flow	● 透過 2007~2008 年間各站(包含 P~W 站)票檢閘門的資料，進行各時段 OD 之計數，並進行估算。 ● 將資料以傅利葉轉換：(1) 計算每日歐幾里德距離，(2) 檢視日離站數差異(通勤旅客、學生、其他票)，(3) 進行集群分析。 ● 利用歷史資料進行回歸分析與預測。	理論

表 2-1 鐵路旅客起、迄分析相關研究擇要(續)

作者(年)	篇名	研究主要方法/成果	備註
Verschuren ^[5]	An origin-destination based train station choice model for new public transport connections to train station	● 建立效用函數、羅吉特 (Logit)模型。 ● 透過車站選擇演算的模式，計算 OD 矩陣。 ● 藉由初始 OD 矩陣，進行預測。 ● 阿姆斯特丹 Ringlijn 地鐵進行模式驗證。	理論+案例驗證
Tavassoli ^[6]	How close the models are to the reality? Comparison of transit origin-destination estimates with automatic fare collection data	● 針對澳洲昆士蘭州東南部 5 個工作日上、下午峰值時段估計 OD 矩陣，比對傳統運輸模型估算的資料。 ● 採用澳洲昆士蘭州東南部的自動收費系統之資料及通用運輸資訊系統(包含記錄大眾運輸路線、班次等資料)。 ● 採用統計測量，評定 OD 矩陣的準確性和相似性。	理論+實例分析

2.2 考慮旅客需求的列車排點研究相關研究

Cordone^[7]針對規格班表系統，開發數學方法以求解可服務最多運輸需求之規格班表。該研究使用具有非凸形之混合整數非線性模式描述旅運需求與規格班表間之互動關係。在列車運行的部分，該模式所納入之因素包括單位時間之周期性(即每小時一循環之規格化班表)，列車在各站停站時間之上、下限，以及前後列車間的最小時間間隔。在旅運需求的部分，考慮各種不同轉乘模式及旅客選擇其他運具之可能性，假設旅客之抵達率成 Weibull-Gumbel 分佈，並以羅吉特模式 (Logit model)描述個別旅客之選擇行為。旅運需求與規格班表間之互動關係為此研究的主要重點之一，由於模式納入了旅客選擇其他運具(即不選用鐵路)之選項，因此鐵路所提供之班表品質將影響選用鐵路之旅客人數。而研究中，針對班表品質部分係考量與班表密切相關之轉乘時間，藉此使得該模式可以數學方法連結選擇搭乘鐵路之旅客人數，以及鐵路班表。在求解部分，由於羅吉特模式具有高度之非線性，而描述班表之模式係混合了連續量與離散量之線性。爰此，本研究使用分段線性逼近之方法，將其中對應羅吉特模式之部分轉化成為近似之

分段線性函數(piecewise linear function)，使之能夠使用分枝定限法(branch and bound)順利求解。

Canca^[8]提出一數學方法，以在決定鐵路系統應開行之車次數及班表時，可同時考慮運輸需求。該模式使用連續函數描述旅客分時 OD 分布，並假設分時需求為一組線性函數之和。此模式為非線性整數規劃模式，可依據需求來決定應開行之列次數、各車次在各車站之行點、以及各車次之車輛數。其最佳化目標為極小化整個系統的總等待時間。本研究使用分枝定限法求解，測試案例採用單一方向，計有 6 座車站，列車為 25 或 50 輛，旅客設定為 4000 或 8000 位。

Aranda^[9]提出考慮旅客需求的最佳化的列車排點模式。該模式主要由兩個部分所構成，第一部分係求解列車的車次以及行點，而第二部分則以類似羅吉特模式的方式考慮旅客的選擇行為，將所有旅客指派到各車次。求解班表的方法是以模擬推進的方式排除衝突，先解得一組班表之後，再考慮票價、旅行時間、座位供給，將旅客指派到列車上，用以評估該組班表所能達到之效用。求解以粒子群演算法(particle swarm optimization)為基礎，在求解過程中維持一組解，並在每回合取用較佳之解進行組合以產生新解，同時排除不良的解。以西班牙的鐵路之案例作測試，其中含有 5 處車站及約 60 列次，求解所得班表之收益可較真實收益高約 2.46%。

Robenek^[10]提出一套方法，以求解使得鐵路系統票箱收益最大化之班表。該模式考慮票價以及旅客的價格彈性。對於一組列車班表，模式以羅吉特模式將旅客指派到列車上，用以估計各車次的載客人數及其票箱收益。旅客選擇行為考慮了旅客的車上時間、等車時間、轉乘時間、與各旅客偏好的抵達時間相較的交通延滯時間，並將各列車之容量亦納入考慮。求解時在每一回合使用鄰近搜尋法找尋一組解，亦即擬開行之車次以及各車次之發車時間，再以羅吉特模式逐一將所有旅客指派到列車上，若超過列車容量則依旅客所帶來之營業額由最低的開始移到其他列車。其後再依照模擬退火法的原則，決定是否接受此一解。本研究採用以色列的鐵路系統進行案例測試，分析結果發現以此方式排出之班表可提升營業額約 15%。

2.3 小結

軌道運輸之旅客需求分析，近期文獻多利用票務系統或進出站閘門資料進行旅客需求之分析，據以估算旅客起迄之 OD 矩陣。其中，

在探討旅客選擇部分，後續研究可參採 Verschuren^[5]、Cordone^[7]、Robenek^[10]之研究方式，藉由建立考量旅客選擇之羅吉特模式，據以描述各別旅客之選擇行為，再將旅客指派到列車上，用以估計各車次的載客人數及其票箱收益。至於有關旅客選擇行為須考量包含旅客車上時間、候車時間、轉乘時間、各旅客偏好抵達時間之交通延滯時間及各列車的容量等因素。

三、臺鐵旅客起迄(OD)實作分析

本章蒐集臺鐵票務系統之歷史資料，參考文獻之估算方式並利用大數據分析技術，以計算旅客分時 OD 矩陣，並據以探析旅客分布現況。

3.1 臺鐵基本資料

臺鐵自 1887 年，從縱貫線唯一的運輸動脈，擴展至目前的環島鐵路網，包含縱貫線、林口線、內灣線、臺中線、集集線、屏東線、宜蘭線、深澳線、平溪線、北迴線、臺東線及南迴線等，如圖 3.1。依據臺鐵局統計資料顯示，截至 2017 年底臺鐵營業里程總計 1,064.5 公里(如表 3-1)，其中雙線 750 公里(占 70.46%)、單線 314.5 公里(占 29.54%)；電化區間 912.6 公里(占 85.73%)、非電化區間 151.9 公里(占 14.27%)。



資料來源：臺鐵局官網。

圖 3.1 臺鐵路網分布

表 3-1 臺灣鐵路各線里程表

線別	區間	營業公里		
		單線	雙線	合計
縱貫線	基隆=竹南	—	125.4	125.4
	竹南=談文	—	4.5	4.5
	談文=大山	6.7	—	6.7
	大山=白沙屯	—	15.5	15.5
	白沙屯=新埔	3.1	—	3.1
	新埔=通霄	—	5.8	5.8
縱貫線	通霄=苑裡	6.1	—	6.1
	苑裡=日南	—	7.7	7.7
	日南=大甲	4.6	—	4.6
	大甲=清水	—	11.3	11.3
	清水=追分	17.8	—	17.8
	追分=彰化	—	7.1	7.1
	彰化=高雄	—	188.9	188.9
內灣線	北新竹=竹中	—	6.5	6.5
	竹中=內灣	20.0	—	20.0
六家線	竹中=六家	—	3.1	3.1
臺中線	竹南=彰化	—	85.5	85.5
	成功=追分	2.2	—	2.2
集集線	二水=車埕	29.7	—	29.7
沙崙線	中洲=沙崙	—	5.3	5.3
屏東線	高雄=潮州	—	36.1	36.1
	潮州=枋寮	25.2	—	25.2
宜蘭線	八堵=蘇澳	—	93.6	93.6
深澳線	瑞芳=八斗子	4.7	—	4.7
平溪線	三貂嶺=菁桐	12.9	—	12.9
北迴線	蘇澳新=花蓮	—	79.2	79.2
花蓮港線	北埔=花蓮港	7.4	—	7.4

資料來源：臺鐵局統計年報及本研究整理。

表 3-1 臺灣鐵路各線里程表(續)

線別	區間	營業公里		
		單線	雙線	合計
臺東線	花蓮=壽豐	17.2	—	17.2
	壽豐=南平	—	11.1	11.1
	南平=萬榮	9.0	—	9.0
	萬榮=光復	—	5.6	5.6
	光復=玉里	40.2	—	40.2
	玉里=東里	—	6.7	6.7
	東里=山里	53.0	—	53.0
	山里=臺東	—	8.1	8.1
南迴線	枋寮=中央號誌站	23.7	—	23.7
	中央號誌站=古莊	—	16.8	16.8
	古莊=臺東	57.7	—	57.7
總計		341.2	723.8	1,065.0

資料來源：臺鐵局統計年報及本研究整理。

臺灣鐵路環島鐵路網之營業車站數總計 227 站，其中客貨運站計 73 站，客運站計 154 站，貨運站計 1 站。車站種類及車站等級列表如表 3-2 所示。

表 3-2 車站等級

等級別	範圍					合計 (座)
	臺北運務段 (基隆=香山)	臺中運務段 (崎頂=二水)	高雄運務段 (林內=枋野)	宜蘭運務段 (暖暖=漢本)	花蓮運務段 (和平=古莊)	
特等站	臺北	臺中	高雄		花蓮	4
一等站	基隆、七堵、 南港、松山、 萬華、板橋、 樹林、桃園、 中壢、新竹	竹南、苗栗、 豐原、彰化、 員林	斗六、嘉義、 新營、臺南、 岡山、新左營、 屏東、潮州	瑞芳、宜蘭、 蘇澳新	玉里、臺東	28
二等站	八堵、汐止、 鶯歌、竹東	大甲、臺中 港、沙鹿、新 烏日、田中、 二水	斗南、隆田、 善化、永康、 中洲、楠梓、 鳳山	雙溪、羅東、 冬山、蘇澳、 東澳	和平、新城	24

表 3-2 車站等級(續)

等級別	範圍					合計 (座)
	臺北運務段 (基隆=香山)	臺中運務段 (崎頂=二水)	高雄運務段 (林內=枋野)	宜蘭運務段 (暖暖=漢本)	花蓮運務段 (和平=古莊)	
三等站	山佳、內壢、埔心、楊梅、富岡、湖口、新豐、竹北	後龍、白沙屯、通霄、苑裡、清水、龍井、大肚、追分、銅鑼、三義、后里、潭子、成功、社頭	林內、大林、民雄、新市、保安、大湖、路竹、橋頭、九曲堂、西勢、南州、林邊、枋寮、加祿、枋野	四腳亭、猴硐、三貂嶺、福隆、頭城、礁溪、二結、永樂、南澳、漢本	和仁、崇德、北埔、花蓮港、吉安、志學、壽豐、豐田、南平、鳳林、萬榮、光復、富源、瑞穗、三民、東里、東竹、富里、池上、關山、瑞源、鹿野、山里、知本、太麻里、金崙、大武	74
簡易站	三坑、百福、五堵、汐科、浮洲、南樹林、北湖、北新竹、三姓橋、香山、千甲、新莊、竹中、九讚頭、內灣、六家	大山、新埔、日南、泰安、太原、大慶、烏日、花壇、大村、濁水、水里	嘉北、水上、南靖、後壁、柳營、林鳳營、南科、大橋、仁德、左營、長榮大學、沙崙、後庄、竹田、佳冬	貢寮、大里、龜山、四城、十分、平溪、菁桐	康樂、瀧溪	51
招呼站	新富、上員、榮華、橫山、合興、富貴、	崎頂、談文、龍港、造橋、豐富、南勢、永靖、源泉、龍泉、集集、車埕	石榴、石龜、拔林、六塊厝、歸來、麟洛、崁頂、鎮安、東海、內獅、枋山	暖暖、牡丹、石城、大溪、外澳、頂埔、中里、新馬、海科館、大華、八斗子、望古、嶺腳、武塔	景美、平和、大富、海端、瑞和	47
總計	45	48	57	39	39	228

資料來源：臺鐵局統計年報及本研究整理。

臺鐵 2017 年客運營運情形，全年客運人數為 2 億 3,280.6 萬人，每日平均客運人數為 63 萬 7,825 人，年延人公里為 110 億 1,632.4 萬人公里，每人平均運程為 47.3 公里。

3.2 臺鐵票務系統概述

臺鐵目前採用第 3 代票務系統係民國 93 年由日商日本電氣株式會社(NEC)建置，名稱為 DWH。表 3-3 為綜整臺鐵票務系統 DWH 紀錄之票證類別及資料概況，此系統儲存包含各類售票管道之紀錄，如窗口售票、自動售票機、車上補票、車站補票等，臺鐵票務系統 DWH 記錄各種票證之開門資料(部分票種僅記錄進開門或出開門資料)包含定期票、悠遊卡、遠通卡、臺智卡、一卡通等電子票證之刷票紀錄，每日輸出 9 種檔案/資料類型，合計約 80 萬筆資料。由該表可知電子票證之資料筆數占比最高，其次為 TPT 電腦售票紀錄。

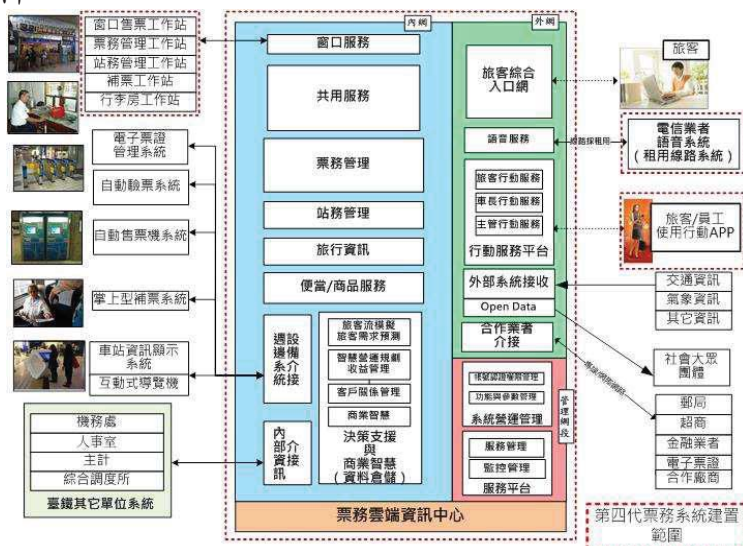
表 3-3 臺鐵票務系統 DWH 票證類別及資料概況

資料類型	資料代號	檔案代碼	有效資料數 (筆數/日)	占比 (%)	備註
TPT 電腦售票紀錄	TRNS	TRNS	267,972	33.5	
電腦定期票過閘紀錄	AG	ODMATCH	5,255	0.7	
掌電電腦售票紀錄	HAND	HAND_TRNS	7,021	0.9	列車長補票
自動售票機售票紀錄	AUTO	AUTO_TRNS	58,478	7.3	
悠遊卡資料	ICTXN	ICTXN	392,968	49.1	記錄悠遊卡清分交易資料
台智卡資料	TWTXN	TWTXN	—	—	又稱臺灣通，已於 104 年底停止服務
遠通卡資料	FETXN	FETXN	536	0.1	
一卡通資料	KRTXN	KRTXN	61,954	7.7	
愛金卡資料	ICASHTXN	ICASHTXN	5,354	0.7	icash

資料來源：臺鐵票務系統 DWH 及本研究整理。

臺鐵局刻正推動第 4 代票務系統，於前瞻基礎建設—軌道建設項下，合計投入 8.58 億中央特別預算辦理票務系統整合再造計畫(105-108 年)，新系統架構如圖 3.2，系統功能將涵蓋第 3 代票務系統

各類售票管道之紀錄，並增加內、外部資料之連結，表 3-4 為第 4 代票務系統將記錄之資料範疇。另依照本計畫奉院核定之報告書內容顯示系統將納入智慧系統營運管理功能，導入現代化之資料倉儲並可提供決策支援與商業智慧(business intelligence, BI)，有助於後續進行旅客起迄之分析。



資料來源：交通部^[14]。

圖 3.1 臺鐵第 4 代票務系統架構

表 3-4 臺鐵第 4 代票務系統主要資料範疇

資料別	資料筆數	資料量 MB	保存 期限	主要欄位
訂票作業紀錄				
訂票紀錄(個人、團體)	111,780,732	8,314.99	45 天	購票編號、購買人、購日、購買方式、購買地點、車日、列車編號、起/訖、票種、票價、座位、狀態
訂票歷史紀錄(個人、團體)	9,091,499,520	676,285.71	10 年	購票編號、購買人、購日、購買方式、購買地點、車日、列車編號、起/訖、票種、票價、座位、狀態
電子票紀錄	7,938,000	363.37	45 天	票號、進/出時間、起/訖車站、扣款
電子票紀錄(歷史)	645,624,000	29,554.32	10 年	票號、進/出時間、起/訖車站、扣款
售票紀錄金流	111,780,732	5,756.53	45 天	購票編號、金額、繳款時間、繳款方式、繳款地點、收款人、傳送時間、接收時間
售票紀錄金流(歷史)	9,091,499,520	468,197.80	10 年	購票編號、金額、繳款時間、繳款方式、繳款地點、收款人、傳送時間、接收時間
售票紀錄資訊流	223,561,464	19,614.84	90 天	購票編號、購買人、購日、購買方式、購買地點、車日、列車編號、起/訖、票種、票價、座位、傳送時間、接收時間
售票作業基本參數				
列車編組-基本資料	500	0.04	1 版	車組編號、車種、車廂別*20
列車編組-實際編組	540,000	44.29	1 版	車組編號、車種、車廂別*20
時刻表(含特別列車)	8,073,000,000	400,348.66	10 版	日期、列車編號、車種、車站、到/離
加開掛(含特別列車)	1,800	0.05	1 版	日期、列車編號、車種、車站、到/離
票價	1,291,680,000	22,173.16	10 版	車種、票種、起/迄、票價
訂票座位表	1,728,000,000	46,142.58	1 版	日期、列車編號、座位、到/離
座位配額	637,200,000	10,938.26	1 版	日期、列車編號、起/迄、數量
座位銷售狀態(含誤點)	637,200,000	10,938.26	1 版	日期、列車編號、起/迄、數量
公務證/通勤證	20,000	0.50	1 版	員工編號、開始/結束日期、起/迄
眷屬	80,000	3.51	1 版	員工編號、眷屬身份、開始/結束日期、起/迄
票卡基本資料	300	0.30	1 版	卡別、卡名、加密鎖、說明
票卡資料	50,000,000	1,525.88	1 版	卡別、編號、票種、儲值、狀態

資料來源：交通部^[14]。

3.3 臺鐵旅客起迄實作分析

3.3.1 資料蒐集與處理

本研究蒐集臺鐵票務系統 DWH 臺鐵說明文件及臺鐵局提供本所軌道運輸系統營運資訊整合平台建置與應用計畫研究團隊(財團法人成大研究發展基金會)臺鐵票務系統 DWH 各檔案說明文件及其 2016~2017 年每日交易歷史資料。

檔案結構說明	台灣鐵路管理局	年月日	版次	承認	作成	頁次			
		93/08/30	01.01	張騰雲	林達宏				
主機資料表名	檔案名稱	資料庫名			RECORD 長度				
F_TRNS	交易檔資料	Red Brick: tradwhdb							
檔案說明： 主機檔案									
相關檔案說明：									
保存期限及資料量： .									
欄位補充說明： .									
No	欄位 ID	欄位名稱	屬性	長度	小數點	預設值	P K	I D X	欄位說明
1	STOP_CODE	站號	char	3		sp		S1	站代碼 500 以上為郵局
2	TERM_NO	終端機號	char	6					295000-295010
3	FBEG_DATE	當班年月日	int	8	0				
4	FBEG_TIME	當班時間	int	4					HHMM
5	SELLER_NO	售票員代號	char	7					
6	TRNS_DATE	交易年月日	int	8	0	1	B,S1		YYYYMMDD
7	TRNS_TIME	交易時間	int	6	0	2	B		HHMMSS
8	TKT_NO	票號	char	14					

資料來源：臺鐵局。

圖 3.2 臺鐵票務系統 DWH 說明文件示範案例

F_TRNS 交易檔資料			
-- 1 :	STOP_CODE	站號	varchar(20), 站代碼500以上為郵局
-- 2 :	TERM_NO	終端機號	varchar(30), 295000-295010
-- 3 :	FBEG_DATE	當班年月日	varchar(20),
-- 4 :	FBEG_TIME	當班時間	varchar(20), HHMM
-- 5 :	SELLER_NO	售票員代號	varchar(30),
-- 6 :	TRNS_DATE	交易年月日	varchar(20),
-- 7 :	TRNS_TIME	交易時間	varchar(20),
-- 8 :	TKT_NO	票號	varchar(30),
-- 9 :	TRNS_TYPE	交易序號	varchar(30),
-- 1:去程 2:回程 3:去程前段 4:去程後段 5:回程前段 6:回程後段 7:去程異級合併 8:回程異級合併			
--* 10 :	BOARD_DATE	乘車年月日	varchar(20),
--* 11 :	BOARD_TIME	乘車時刻	varchar(20),
-- 12 :	OP_TYPE	聯運線別	varchar(20), 1:連線 0:聯線
-- 13 :	TRNS_CODE	交易別	varchar(20),
-- 14 :	PAYMENT	付款方式	varchar(20),
-- 15 :	TRAIN_TYPE	車種	varchar(20),
--* 16 :	TRAIN_NO	車次	varchar(30),
--* 17 :	TKT_BEG_STOP	票面起站	varchar(20),
--* 18 :	TKT_END_STOP	票面到站	varchar(20),
-- 19 :	SEAT_BEG_STOP	座位起站	varchar(20),
-- 20 :	SEAT_END_STOP	座位到站	varchar(20),
-- 21 :	NO_TKTS	票數	int,
-- 22 :	PASN_TYPE	身份別	varchar(20),
-- 23 :	AGE_TYPE	年齡別	varchar(20), 票種乘客別
-- 24 :	RIDING_TYPE	行程別	varchar(20), 票種行程別
-- 25 :	SURCHARGE	加價別	varchar(20), 票種加價別
-- 26 :	RCV_OLD_TKT	收回原票符號	varchar(20),
-- 27 :	CERTIFICATE_NO	憑證號碼	varchar(30), 9900001234(現場刷) / 9912340000(網路付款)

資料來源：財團法人成大研究發展基金會。

圖 3.3 臺鐵票務系統 DWH 說明文件示範案例

表 3-5、表 3-6 整理臺鐵票務系統 DWH 及列車營運班表之資料特性，以及與本研究研提之解決方式。本研究針對臺鐵票務系統 DWH 各檔案重新製作對照表，並使用 R 軟體進行資料的擷取、轉換和載入(extract-transform-load, ETL)，另由於所獲得的列車營運班表並非標準資料格式，包含欠缺 xml 格式應有的起始欄位與必要的宣告與標籤，且資料不連續與斷行等情形，需進行格式轉換與資料清洗，方能獲得所需資料，因此，利用微軟公司開發的任務自動化和組態管理框架(PowerShell)進行資料清理，清理後之資料再利用 R 軟體進行後續分析。

表 3-5 臺鐵票務系統 DWH 資料特性與解決方式

資料特性(主要困難/陷阱)	解決方式
● 臺鐵票務系統 DWH 說明文件與實際資料內容部分有不一致情形 ● 無資料之欄位系統處理方式與輸出格式不同，如 NA 或 0(如乘車時刻無資料有 00:00、亦有 NA)	● 蒐集與比對財團法人成大研究發展基金會說明檔，並各檔案分別逐項比對現況資料，重製對照表 ● 資料須進行檢核與補值作業，如：以車次欄位資料，查對對應車次與到、離站之列車營運時刻表，以獲得正確進、出站時間
● 資料量大，每日資料約 80 萬筆 ● 資料格式不同，包含 9 種資料類型、欄位與定義不同	● 各檔案資料(包含 TRNS、AG、AUTO、ICTXN、FETXN、KRTXN、ICASHTXN)分別進行資料處理 ● 以 R 軟體進行資料清洗、整理、分析
● 臺鐵票務系統 DWH 設計上功能偏重於財務會計資訊，部分檔案/資料缺少完整 OD 時間，如： ■ 定期票僅記錄進站日期與時間、無進站時間； ■ 電子票證僅記錄出站日期與時間、無進站時間； ■ 對號票部分僅有車次與乘車日期、無進出站時間 ■ 支線或跨線、車種轉乘，除異級票(如前段電車、後段自強號)外，無法由臺鐵票務系統 DWH 車票相關資料或列車營運班表直接獲得進出站時間	● 針對對號座或非對號座且具有車次之資料： ■ 蒐集各日臺鐵列車營運班表，利用 R 軟體進行資料整理，包含逐筆搜尋與比對當日同車次與對應之進出車站，進行遺失資料(包含進站/出站/進、出站之時間)之補值作業 ● 針對無車次之無對號座之資料(包含電子票證)： ■ 假設旅客未逗留 ■ 由當日列車營運時刻表統計出每一進出站(OD 站)之平均時間(約 1 萬 5 千筆 OD pairs)，並計算支線轉乘，再由出站時間回推進站點時間

表 3-5 臺鐵票務系統 DWH 資料特性與解決方式(續)

資料特性(主要困難/陷阱)	解決方式
● 臺鐵票務系統 DWH 檔案/資料輸出日期為交易日，並非乘車日 ● 團體預購票量大，不可忽略	● 依據臺鐵局「對號列車團體票及專列申購相關規定」及購票規定，對號座(如自強號)於乘車日前 2 月開放團體訂票，於乘車日前 2 週開放一般旅客訂票，另經檢視乘車日後 1 週內之交易日資料尚包含清帳資料，爰此在分析 TRNS 檔案資料某一乘車日，需同時分析往前 2 個月(預訂)與往後 1 週(退票清帳)之交易日資料，故資料量由處理 26.8 萬，變為 1,822 萬筆($26.8 \times 68 \text{ 天} = 1,822 \text{ 萬筆}$)。 ● 利用 R 軟體進行大批量讀檔及資料處理。
● 基礎資料不一致，如列車營運班表中車站代碼採用中央行車控制系統(centralized traffic control, CTC)之編碼、臺鐵票務系統 DWH 多數檔案資料(除悠遊卡外)採用 DWH 車站編碼、悠遊卡(ICTXN)採用獨立編碼	● 建立統一車站對照表
● 電子票證除進出站資料，尚包含自動加值等財務相關資料： ■ 悠遊卡：進站代碼為 0，代表加值、取消加值、罰款與異常之資料 ■ 一卡通、iCash 及遠通卡：進出站相同，代表為加值	● 以 R 軟體針對個別資料進行邏輯判斷(刪除左列加值等非進、出站資料)

旅客集中於基隆=新竹區間，運量逾 5 成(占比 54.9%)，其次分別為臺南=高雄區間占 14.2%，臺中=彰化區間占 13.3%。

起點站	終點站	雙北	桃園	臺中	臺南	高雄	新竹	彰化	基隆	苗栗	花蓮	宜蘭	嘉義	屏東	雲林	其他(支線)	合計
基隆	雙北	15,000	1,000	500	200	100	50	20	10	5	2	1	1	1	1	1	23,000
基隆	桃園	1,000	10,000	500	200	100	50	20	10	5	2	1	1	1	1	1	13,000
基隆	臺中	500	500	10,000	500	200	100	50	20	10	5	2	1	1	1	1	12,000
基隆	臺南	200	200	500	10,000	500	200	100	50	20	10	5	2	1	1	1	11,000
基隆	高雄	100	100	200	500	10,000	500	200	100	50	20	10	5	2	1	1	10,000
基隆	新竹	50	50	100	200	500	10,000	500	200	100	50	20	10	5	2	1	9,000
基隆	彰化	20	20	50	100	200	500	10,000	500	200	100	50	20	10	5	2	8,000
基隆	基隆	10	10	20	50	100	200	500	10,000	500	200	100	50	20	10	5	7,000
桃園	雙北	1,000	15,000	500	200	100	50	20	10	5	2	1	1	1	1	1	17,000
桃園	桃園	500	10,000	500	200	100	50	20	10	5	2	1	1	1	1	1	12,000
桃園	臺中	500	500	10,000	500	200	100	50	20	10	5	2	1	1	1	1	12,000
桃園	臺南	200	200	500	10,000	500	200	100	50	20	10	5	2	1	1	1	11,000
桃園	高雄	100	100	200	500	10,000	500	200	100	50	20	10	5	2	1	1	10,000
桃園	新竹	50	50	100	200	500	10,000	500	200	100	50	20	10	5	2	1	9,000
桃園	彰化	20	20	50	100	200	500	10,000	500	200	100	50	20	10	5	2	8,000
桃園	基隆	10	10	20	50	100	200	500	10,000	500	200	100	50	20	10	5	7,000
臺中	雙北	500	500	15,000	500	200	100	50	20	10	5	2	1	1	1	1	17,000
臺中	桃園	500	500	10,000	500	200	100	50	20	10	5	2	1	1	1	1	12,000
臺中	臺中	200	200	500	10,000	500	200	100	50	20	10	5	2	1	1	1	11,000
臺中	臺南	100	100	200	500	10,000	500	200	100	50	20	10	5	2	1	1	10,000
臺中	高雄	50	50	100	200	500	10,000	500	200	100	50	20	10	5	2	1	9,000
臺中	新竹	20	20	50	100	200	500	10,000	500	200	100	50	20	10	5	2	8,000
臺中	彰化	10	10	20	50	100	200	500	10,000	500	200	100	50	20	10	5	7,000
臺南	雙北	200	200	500	15,000	500	200	100	50	20	10	5	2	1	1	1	17,000
臺南	桃園	200	200	500	10,000	500	200	100	50	20	10	5	2	1	1	1	12,000
臺南	臺中	100	100	200	500	10,000	500	200	100	50	20	10	5	2	1	1	11,000
臺南	臺南	50	50	100	200	500	10,000	500	200	100	50	20	10	5	2	1	10,000
臺南	高雄	20	20	50	100	200	500	10,000	500	200	100	50	20	10	5	2	9,000
臺南	新竹	10	10	20	50	100	200	500	10,000	500	200	100	50	20	10	5	8,000
臺南	彰化	5	5	10	20	50	100	200	500	10,000	500	200	100	50	20	10	7,000
高雄	雙北	100	100	200	500	15,000	500	200	100	50	20	10	5	2	1	1	17,000
高雄	桃園	100	100	200	500	10,000	500	200	100	50	20	10	5	2	1	1	12,000
高雄	臺中	50	50	100	200	500	10,000	500	200	100	50	20	10	5	2	1	11,000
高雄	臺南	20	20	50	100	200	500	10,000	500	200	100	50	20	10	5	2	10,000
高雄	高雄	10	10	20	50	100	200	500	10,000	500	200	100	50	20	10	5	9,000
高雄	新竹	5	5	10	20	50	100	200	500	10,000	500	200	100	50	20	10	8,000
高雄	彰化	2	2	5	10	20	50	100	200	500	10,000	500	200	100	50	20	7,000
新竹	雙北	50	50	100	200	500	15,000	500	200	100	50	20	10	5	2	1	17,000
新竹	桃園	50	50	100	200	500	10,000	500	200	100	50	20	10	5	2	1	12,000
新竹	臺中	20	20	50	100	200	500	10,000	500	200	100	50	20	10	5	2	11,000
新竹	臺南	10	10	20	50	100	200	500	10,000	500	200	100	50	20	10	5	10,000
新竹	高雄	5	5	10	20	50	100	200	500	10,000	500	200	100	50	20	10	9,000
新竹	新竹	2	2	5	10	20	50	100	200	500	10,000	500	200	100	50	20	8,000
新竹	彰化	1	1	2	5	10	20	50	100	200	500	10,000	500	200	100	50	7,000
彰化	雙北	20	20	50	100	200	500	15,000	500	200	100	50	20	10	5	2	17,000
彰化	桃園	20	20	50	100	200	500	10,000	500	200	100	50	20	10	5	2	12,000
彰化	臺中	10	10	20	50	100	200	500	10,000	500	200	100	50	20	10	5	11,000
彰化	臺南	5	5	10	20	50	100	200	500	10,000	500	200	100	50	20	10	10,000
彰化	高雄	2	2	5	10	20	50	100	200	500	10,000	500	200	100	50	20	9,000
彰化	新竹	1	1	2	5	10	20	50	100	200	500	10,000	500	200	100	50	8,000
彰化	彰化	0.5	0.5	1	2	5	10	20	50	100	200	500	10,000	500	200	100	7,000
基隆	基隆	10	10	20	50	100	200	500	10,000	500	200	100	50	20	10	5	7,000
桃園	桃園	500	10,000	500	200	100	50	20	10	5	2	1	1	1	1	1	12,000
臺中	臺中	200	200	500	10,000	500	200	100	50	20	10	5	2	1	1	1	11,000
臺南	臺南	50	50	100	200	500	10,000	500	200	100	50	20	10	5	2	1	10,000
高雄	高雄	20	20	50	100	200	500	10,000	500	200	100	50	20	10	5	2	9,000
新竹	新竹	10	10	20	50	100	200	500	10,000	500	200	100	50	20	10	5	8,000
彰化	彰化	5	5	10	20	50	100	200	500	10,000	500	200	100	50	20	10	7,000
基隆	基隆	10	10	20	50	100	200	500	10,000	500	200	100	50	20	10	5	7,000
桃園	桃園	500	10,000	500	200	100	50	20	10	5	2	1	1	1	1	1	12,000
臺中	臺中	200	200	500	10,000	500	200	100	50	20	10	5	2	1	1	1	11,000
臺南	臺南	50	50	100	200	500	10,000	500	200	100	50	20	10	5	2	1	10,000
高雄	高雄	20	20	50	100	200	500	10,000	500	200	100	50	20	10	5	2	9,000
新竹	新竹	10	10	20	50	100	200	500	10,000	500	200	100	50	20	10	5	8,000
彰化	彰化	5	5	10	20	50	100	200	500	10,000	500	200	100	50	20	10	7,000
基隆	基隆	10	10	20	50	100	200	500	10,000	500	200	100	50	20	10	5	7,000
桃園	桃園	500	10,000	500	200	100	50	20	10	5	2	1	1	1	1	1	12,000
臺中	臺中	200	200	500	10,000	500	200	100	50	20	10	5	2	1	1	1	11,000
臺南	臺南	50	50	100	200	500	10,000	500	200	100	50	20	10	5	2	1	10,000
高雄	高雄	20	20	50	100	200	500	10,000	500	200	100	50	20	10	5	2	9,000
新竹	新竹	10	10	20	50	100	200	500	10,000	500	200	100	50	20	10	5	8,000
彰化	彰化	5	5	10	20	50	100	200	500	10,000	500	200	100	50	20	10	7,000
基隆	基隆	10	10	20	50	100	200	500	10,000	500	200	100	50	20	10	5	7,000
桃園	桃園	500	10,000	500	200	100	50	20	10	5	2	1	1	1	1	1	12,000
臺中	臺中	200	200	500	10,000	500	200	100	50	20	10	5	2	1	1	1	11,000
臺南	臺南	50	50	100	200	500	10,000	500	200	100	50	20	10	5	2	1	10,000
高雄	高雄	20	20	50	100	200	500	10,000	500	200	100	50	20	10	5	2	9,000
新竹	新竹	10	10	20	50	100	200	500	10,000	500	200	100	50	20	10	5	8,000
彰化	彰化	5	5	10	20	50	100	200	500	10,000	500	200	100	50	20	10	7,000
基隆	基隆	10	10	20	50	100	200	500	10,000	500	200	100	50	20	10	5	7,000
桃園	桃園	500	10,000	500	200	100	50	20	10	5	2	1	1	1	1	1	12,000
臺中	臺中	200	200	500	10,000	500	200	100	50	20	10	5	2	1	1	1	11,000
臺南	臺南	50	50	100	200	500	10,000	500	200	100	50	20	10	5	2	1	10,000
高雄	高雄	20	20	50	100	200	500	10,000	500	200	100	50	20	10	5	2	9,000
新竹	新竹	10	10	20	50	100	200	500	10,000	500	200	100	50	20	10	5	8,000
彰化	彰化	5	5	10	20	50	100	200	500	10,000	500	200	100	50	20	10	7,000
基隆	基隆	10	10	20	50	100	200	500	10,000	500	200	100	50	20			

分別為北、中、南三大都會圈。

O/D	01基隆	02雙北	03桃園	04新竹	05苗栗	06臺中	07彰化	08雲林	09嘉義	10臺南	11高雄	12屏東	21宜蘭	22花蓮	23臺東
01基隆	2531	17709	267	100	31	70	25	8	14	22	11		178	362	13
02雙北	16894	109285	30818	4647	1821	2436	542	232	236	374	482	118	1384	6059	117
03桃園	6	30143	30297	7167	967	1191	388	105	151	184	235	64	78	210	
04新竹	93	4671	7138	12981	4688	1631	287	93	112	153	96	34	17	69	1
05苗栗	30	1356	1041	4991	6104	2543	292	40	47	78	81	6	17	47	
06臺中	91	2670	1887	1722	37	34091	1000	1238	899	824	580	100	57	290	67
07彰化	18	543	348	535	2	9577	10411	847	644	589	381	92	12	60	18
08雲林	7	245	143	97	47	1237	806	1844	1781	870	378	18	2	4	9
09嘉義	6	233	180	119	37	829	990	1772	3500	3247	1131	93	2	1	23
10臺南	12	370	272	133	78	702	512	985	181	20769	12224	28	2	38	120
11高雄	3	273	152	101	63	447	548	847	120	12058	12202	6623	2	320	1804
12屏東	1	108	87	34	14	92	72	53	1	788	7454	2700		148	739
21宜蘭	176	1527	84	35	7	68	17	7	1	1	1		10367	2903	78
22花蓮	113	5441	208	99	38	203	44	4	6	58	387	158	4829	4593	783
23臺東	3	1224	3	2		139	21	18	11	208	1475	724	63	872	1481

圖 3.8 縣市生活圈旅客起迄分布

圖 3.9 係西部縱貫線車站間旅客起迄分布。由圖知，運量較密集的區間為基隆站=新竹站、新竹站=臺中站、臺中站=彰化站、斗六站=嘉義站、臺南站=高雄站等，西部縱貫線車站間旅客起迄分布與縣市生活圈起迄熱圖相同，其中以基隆站=新竹站的區間運量為最高。

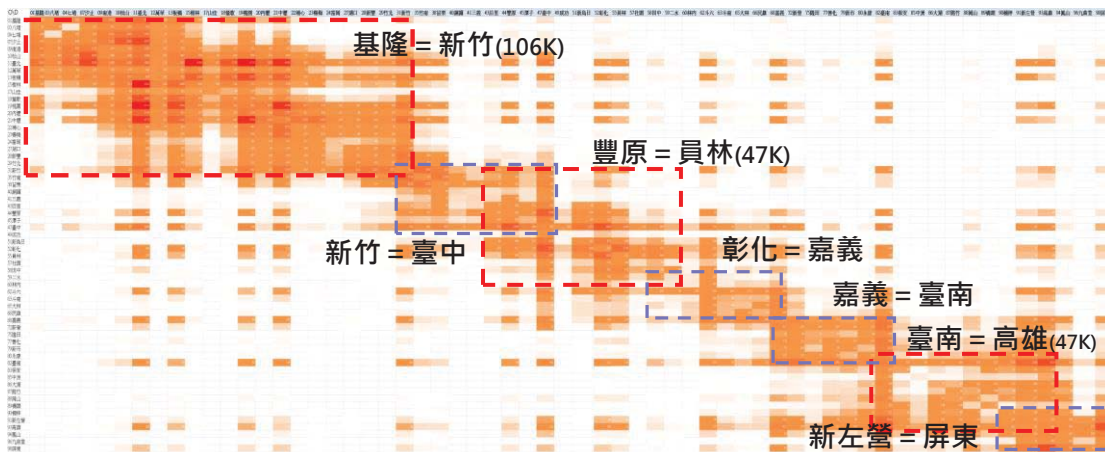


圖 3.9 縱貫線車站間旅客旅客起迄分布

由各站分時 OD 矩陣，亦可檢視各站間分時旅客起迄分布。圖 3.10、圖 3.11 為示範案例之車站旅客分時起迄分布。由圖知，北部區域，以基隆站=臺北站為例，透過分時 OD，可觀察上午尖峰(6~8 時)旅客多為基隆至臺北，下午尖峰為(17~19 時)旅客則相反。南部區域，以臺南站=高雄站為例，亦有上下午尖峰旅客較多(尤其下午)，然相對往返較平均。

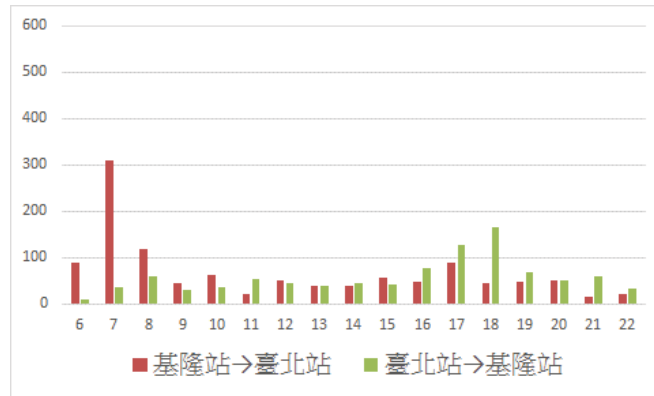


圖 3.10 基隆站=臺北站分時旅客起迄分布

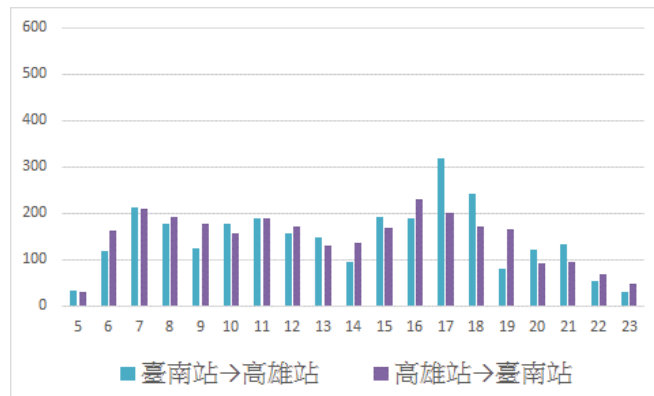


圖 3.11 臺南站=高雄站分時旅客起迄分布

圖 3.12 係東部幹線旅客分布。由圖知，東部幹線旅次以中長程旅次為主，其中花蓮中長程旅次主要為雙北，臺東中長程旅次主要為雙北、高雄。短程旅次部分則集中在宜蘭=花蓮、花蓮=臺東區間。

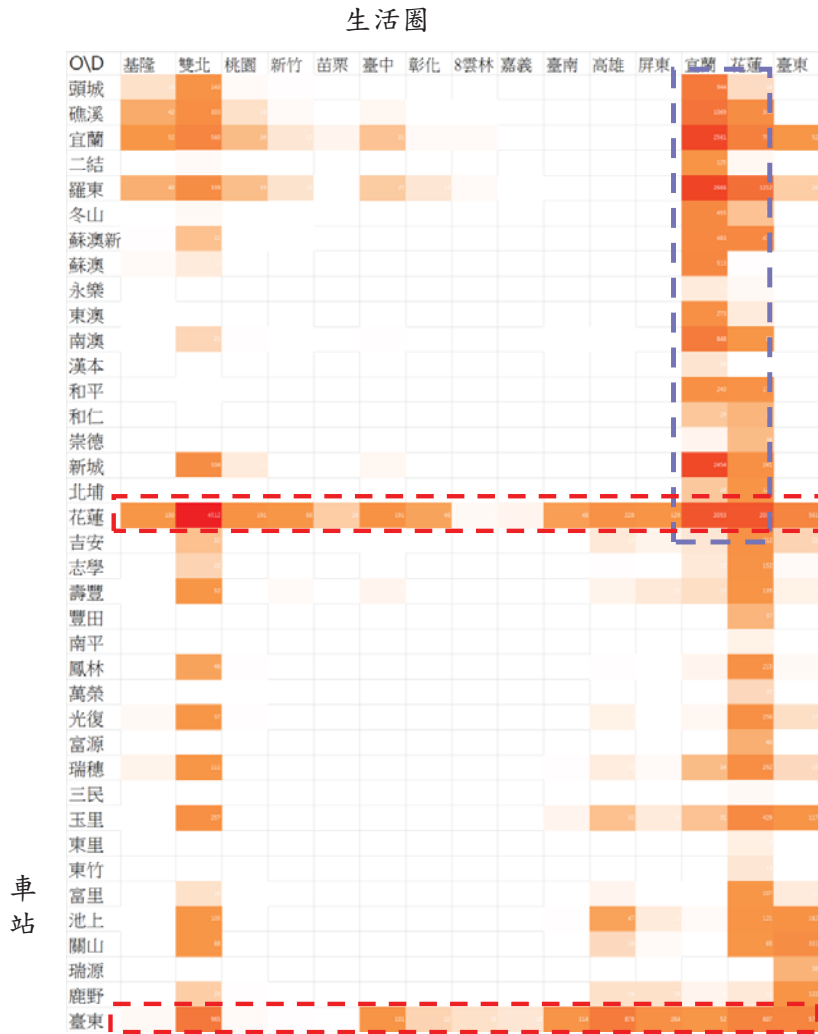


圖 3.12 東幹線各車站與生活圈旅客起迄分布

圖 3.13 係宜花東各站 OD 分布。由圖知，旅次主要集中在頭城=花蓮，其次為花蓮=臺東。值得關注，臺東部分二、三等站(如三民、東里、東竹)運量偏低，此現象可供臺鐵局持續觀察作為調整車站等級或與地方政府共同研議提升運量之參考。



圖 3.13 宜花東各站 OD 分布旅客起迄分布

圖 3.14、圖 3.15 為宜花東主要車站旅客分時起迄分布，由圖知，東部主要區間包含宜蘭站=花蓮站、花蓮站=臺東站之運量與西部縱貫線區間運量相較為低。另圖 3.16 為花蓮站與臺北站間旅客分時起迄分布，由圖知，花蓮站=臺北站之長程運量較前開宜蘭站=花蓮站、花蓮站=臺東站之區間運量為高，且旅次具有方向性，即上午尖峰係由臺北至花蓮，中午過後則多自花蓮站返回臺北站。

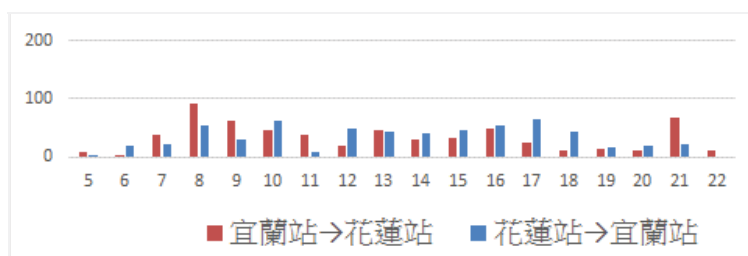


圖 3.14 宜蘭站=花蓮站旅客分時起迄分布

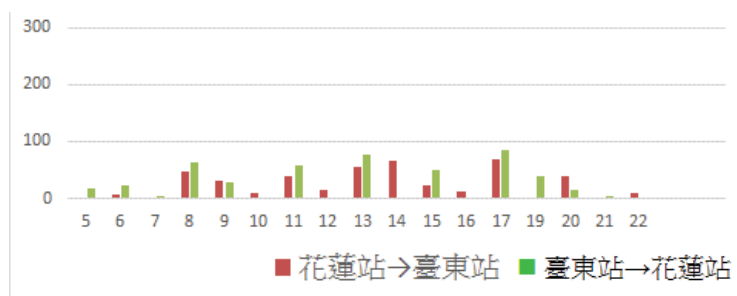


圖 3.15 花蓮站=臺東站旅客分時起迄分布

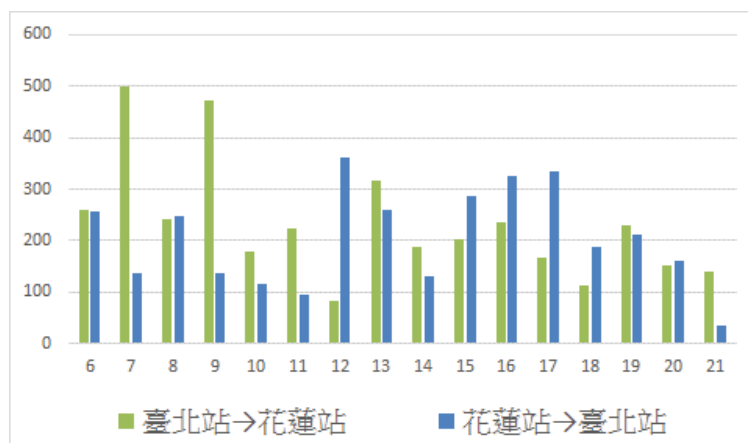


圖 3.16 花蓮站=臺北站旅客分時起迄分布

四、構建本所鐵路系統診斷模式軟體系列研究之初探

鑑於政府刻正推動前瞻軌道建設，鐵路運輸在公共運輸上將扮演更重要的角色，影響著未來運輸供需情形，且各國鐵路系統旅運各有其特性。因此，為協助交通部及相關單位政策研擬，並研發本所辦理相關工程經費審議之政策工具，爰需利用大數據分析技術並整合本所業已研發之列車自動解衝突相關研發技術，以逐步構建鐵路系統診斷模式軟體，俾供本所辦理相關鐵路工程經費審議時，可進行效益檢視之參據。

鐵路系統診斷模式軟體之構建除涉及利用大數據分析技術解析供需情形，尚涉及整合符合旅客需求之供給與列車排點自動解衝突之技術。其中，鐵路排班為 NP-hard 問題，求解時間隨問題規模愈大呈指數成長，表 4-1 為近期文獻中相關列車排點主要求解方式。經文獻回顧與專家訪談，考量旅客運輸需求之列車排點，其求解規模與問題相對較為複雜，無法直接採用最佳解法。另由文獻資料顯示不論離散模擬或連續模擬之模擬模式，主要適用於檢討班表與驗證班表。因此，本所後續辦理建構鐵路系統診斷模式軟體系列研究，建議可參考 Cordone^[7]及 Robenek^[10]求解方式，將代表旅客需求的將羅吉特模式轉化為近似之分段線性函數，結合本所歷年已完成之列車自動解衝突之求解方式，依據問題性質切割成數子問題，再結合最佳解法或利用啟發式演算法進行求解。

表 4-1 列車排點主要求解方式

分類	方法	定義	備註
最佳解法	分支限定法	係決策樹展開的全面搜尋求解法，藉由節點選擇、分枝、定限放鬆及解決等 4 步驟進行求解。	常與其他演算法結合如分枝切面法
	限制規劃	由一致性檢驗技術、系統化之空間搜尋演算法所構成。其運作機制是在每個分枝節點中運用一致性檢驗技術來縮減變數之值域，以減少可行解之搜尋空間，期使系統化且有效地求得限制滿足問題可行解之目標。	
	變數產生	將原來問題，分解為受限制主問題與子問題，再利用對偶理論將二者緊密連接。運作方法為透過人工方式或啟發式解法先求得一組可行解，再放鬆受限制主問題並求得一組對應之限制式對偶變數向量，接著將其放入子問題中，使其運用對偶理論來產生新變數並加入受限制主問題中，藉由受限制主問題與子問題互動逐步改善受限制主問題之線性規劃最佳解，直到無法再改善為止，所得之解即為放鬆後受限制主問題之最佳解。	
啟發式演算法	模擬退火法	Kirkpatrick 等人於 1983 年提出，是一種通用機率演算法，常用來在一定時間內尋找在一個很大搜尋空間中的近似最優解。演算步驟包含初始化(設定一可行解)、疊代過程、停止準則與退火方案。	
	禁制搜尋法	其主要透過禁制名單及渴望準則決定出下一次可能移步的候選名單，以進行最佳的移步動作，並在此一動作循環下配合搜尋停止準則以求得最佳解，且該方法不易陷入先前的區域最佳解，並能避免在求解過程中可能發生的循環，進而得到全域的最佳解。	
	基因演算法	Holland 於 1975 年提出以物競天擇的進化規律，具有生存與檢測的迭代過程的搜尋演算法。	

表 4-1 列車排點主要求解方式(續)

分類	方法	定義	備註
模擬模式	離散模擬	又稱為事件導向模擬，在模擬過程中，系統將所有事件(包含種類、參數等屬性)納入可插隊隊列中，並依預定發生時間排序。當時間推進至某事件的發生時間，系統便依據既定之規則執行該事件，並計算此一事件所帶來之影響，據以更新系統狀態。	適用於檢討班表與驗證班表
	連續模擬	又稱為時間掃描模擬，使用連續實數以模擬連續變化的系統。在模擬的過程中常須進行離散化，例如將原本為連續變化的時間維度，離散化成為有限大小的時段，再以軟體計算由每一時間點至下一時間點之間，模擬的對象變化的狀況。	適用於檢討班表與驗證班表

為逐步構建本所鐵路系統診斷模式軟體，並配合科技計畫「綠色運輸系統策略研究計畫」提報期程(108~111 年)建議可朝下列分期方式規劃：

1. 第一階段(108~109 年)辦理大數據分析技術進行鐵路供需診斷與策略分析：
 - 需求面：掌握旅客需求現況(包含分時 OD 矩陣，分析方式可參考本研究的初探分析方式)，並進一步探討鐵路旅客選擇行為。
 - 供給面：掌握列車資源配置狀況，包含機廠配置、車種固定編組座位數、對號車配位與停站模式。
 - 診斷與情境分析：藉由構建納入旅客運輸需求的運能供給求解模式，構建鐵路系統診斷模式軟體，據以診斷運輸供需現況，並進行包含運能供給最佳化等情境分析，以提供鐵路營運機構改善服務之參考。
 - 期程規劃 2 年期，第一年以東部為核心，第 2 年為全線鐵路系統。
2. 第二階段、第三階段建議分別建置軌道運輸列車編組資料庫及演算模式離型軟體，建構軌道運輸之人員編組自動化演算模式離型軟體，全面精進模擬分析之效能。

五、結論與建議

5.1 結論

1. 本研究利用 R 軟體進行資料分析，以批量處理及相關大數據處理技術，可解析臺鐵票務系統 DWH，獲得運輸計畫所需的分時 OD 矩陣。
2. 臺鐵旅客運輸需求現況初析：
 - (1) 由生活圈進出站資料觀之，臺鐵旅客主要集中在雙北、桃園、臺中、臺南及高雄等直轄市及新竹縣市，運量較低的生活圈為苗栗、雲林、嘉義、宜蘭及臺東。由生活圈的熱圖可知各生活圈 OD 分布多呈對稱。
 - (2) 由西部地區觀之：臺鐵中長程運量多分布在臺北=臺南的區間；而短程旅次集中在北、中、南三大生活圈，其中北部區間最密集，再者為南部區間，中部區間相對較分散。
 - (3) 由東部地區觀之：旅次以中長程旅次為主；而短程旅次包含宜蘭=花蓮，花蓮=臺東區間運量相對較少。

5.2 建議

1. 本研究針對臺鐵票務系統 DWH 的歷史資料，考量第 4 代票務系統將於 108 年 2 月陸續啟用，後續研究應考量結合第 4 代票務系統之資料格式，俾利進行連續性需求探析。
2. 經文獻回顧與專家訪談，若後續進行考量旅客需求的排點求解方式，可將代表旅客需求的羅吉特模式轉化成為近似之分段線性函數，結合本所列車自動解衝突之數學模式，依據性質切割成數子問題，再利用最佳解法或啟發式演算法進行求解。
3. 本研究獲得臺鐵原始營運班表資料，僅具有初步列車車種資料(如圖 5.1)，後續進行細部供需探討相關研究，則需要獲得臺鐵相關列車編組運用實際資料(圖 5.2)及運務配位方式。

TrainCd	TrainClass	StationC	StationC	TrainMi	Arrive	Depture	TrainEn	DATE	DAY
101	自強(腳,障)	1119	6	通過	05:52:30	05:52:30 PP		20170605	1
109	自強	1001	1	停車載客	07:33:00	07:35:00 EMU		20170605	1
110	自強(普,障)	1402	11	通過	07:49:30	07:49:30 DMU		20170605	1
117	自強(PP障)	1409	103	通過	15:26:30	15:26:30 PP		20170605	1
167	自強	1411	53	停車載客	11:37:00	11:40:00 PP		20170605	1
229	自強(太,障)	1817	24	通過	17:44:00	17:44:00 TEMU		20170605	1

圖 5.1 列車營運班表資訊

說明	座位值
自強(DMU2800、2900、3000型柴聯及EMU型電車自強號)	402
自強(推拉式自強號)	574
自強(太魯閣)	376
自強(DMU3100型柴聯自強號)	376
自強(普悠瑪)	372
自強(推拉式自強號且無自行車車廂)	574

圖 5.2 自強號供給資料

4. 本研究為先導研究，後續研究規劃建議：

- (1) 第一階段(2 年期)：辦理「以大數據分析方式進行鐵路供需之分析、診斷與情境模擬分析」之研究：

藉由構建納入旅客運輸需求的運能供給(排點)求解模式，診斷運輸供需現況，並進行運能供給最佳化等情境分析(須考量機廠配置、車種固定編組座位數、對號車配位與停站模式等列車資源配置狀況)，以提供鐵路營運機構改善服務之參考。

- (2) 第二階段、第三階段建議分別建置軌道運輸列車編組資料庫及演算模式雛型軟體，建構軌道運輸之人員編組自動化演算模式雛型軟體，全面精進模擬分析之效能。

参考文献

1. Zhao, J., Rahbee, A., and Wilson, N. H. M., “Estimating a rail passenger trip origin-destination matrix using automatic data collection systems”, *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, Vol 22, 2007, pp. 376-387.
2. Nagy, V., “Theoretical method for building OD matrix from AFC data”, *Transportation Research Procedia*, Vol 14, 2016, pp. 1802-1808.
3. Albrecht, A.R., Howlett, P.G., and Coleman, D., “Application of Origin-Destination Matrices to the Design of Train Services”, *Australasian Journal of Engineering Education*, Vol 15, 2009, pp. 95-104.
4. Sugiyama, Y., Matsubara, H., Myojo, S., Tamura, K., and Ozaki, N., “An Approach for Real-time Estimation of Railway Passenger Flow”, *Quarterly Report of RTRI*, Vol 51, Issue 2, 2010, pp. 82-88.
5. Verschuren, M., “An origin-destination based train station choice model for new public transport connections to train stations”, *TU Delft Graduation thesis for the master Transport, Infrastructure and Logistics*, 2016.
6. Tavassoli, A., Alsger, A., Hickman, M., and Mesbah, M., “How close the models are to the reality? Comparison of Transit Origin-Destination Estimates with Automatic Fare Collection Data”, *Australasian Transport Research Forum*, 2016.
7. Cordone, R., and Redaelli, F., “Optimizing the demand captured by a railway system with a regular timetable”, *Transportation Research Part B: Methodological*, Vol 45, 2011, pp. 430-446.
8. Canca, D., Barrena, E., Algaba, E., and Zarazo, A., “Design and analysis of demand-adapted railway timetables”, *Journal of Advanced Transportation*, Vol 48, 2014, pp. 119-137.
9. Aranda, E., Rodenas, G., Flores, R., Gracia, L., and Angulo, E., “High-speed railway scheduling based on user preferences”, *European Journal of Operational Research*, Vol 246, 2015, pp. 772-786.
10. Robenek, T., Azadeh, S.S., Maknoon, Y., Lapparent, M., and Bierlaire,

- M., "Train timetable design under elastic passenger demand", *Transportation Research Part B*, Vol 111, 2018, pp.19-38.
11. 周永暉，特殊尖峰需求下鐵路列車排程規劃之最佳化模式，國立交通大學，2000 年。
 12. 杜微，台鐵局營運的政治經濟分析，1945-2011，國立臺灣大學社會科學院政治學系，2012 年。
 13. 財團法人中興工程顧問社，臺鐵局連續假期加班車及平、假日最適營運班次決策分析—國慶日連續假期分析報告，交通部臺灣鐵路管理局，2017 年。
 14. 交通部，前瞻基礎建設—軌道建設—票務系統整合再造計畫書(核定本)，交通部臺灣鐵路管理局，2017 年。
 15. 交通部統計查詢網，網址：
<https://stat.motc.gov.tw/mocdb/stmain.jsp?sys=100>。
 16. 交通部臺灣鐵路管理局官網，網址：<https://www.railway.gov.tw/tw/>。
 17. 交通部臺灣鐵路管理局臺鐵統計資訊，網址：
<https://www.railway.gov.tw/tw/CP.aspx?sn=7460>。
 18. 交通部運輸研究所運輸經營管理組，軌道運輸系統營運資訊整合平台建置與應用計畫，交通部運輸研究所，2017 年。
 19. 交通部運輸研究所運輸資訊組，交通大數據分析與應用機制先期規劃，交通部運輸研究所，2017 年。
 20. 交通部運輸研究所運輸工程組，鐵路列車自動化排點系統功能擴充與推廣應用，交通部運輸研究所，2015 年。
 21. 交通部運輸研究所運輸工程組，鐵路系統設施基本資料庫建置之擴充，交通部運輸研究所，2013 年。