

都市交通 Urban Traffic

半年刊 Biannually

第 37 卷 第一期 Volume 37 Number 1
民國 111 年 6 月 June 2022



台北市交通安全促進會發行

ISSN 1562-1189



9 771562 118007

Published by the Taipei Society for Traffic Safety

都市交通 Urban Traffic

半年刊 Biannually

第三十七卷 第一期 Volume 37 Number 1
中華民國一一年六月 June 2022

發行所 台北市交通安全促進會
地址 10571 臺北市南京東路五段 102 號 10 樓之 3
網址 www.tsfts.org.tw
發行人 邱裕鈞
主編 王中允
副主編 溫裕弘
助理編輯 陳亭愷
專題論著審查召集委員 黃台生
專題論著審查委員
王中允 吳水威 吳健生 林志盈 林麗玉 李俊賢
邱裕鈞 邱顯明 曾平毅 溫裕弘 馮正民 藍武王
張學孔 許添本 葉名山 羅孝賢
(依筆畫順序)

行政會計 施仕青

投稿 詳稿約及審查說明

訂閱 02-2748-5280

傳真 02-2764-7215

印刷 複合文具印刷有限公司

電話：02-23633114

傳真：02-23626053

地址：106 臺北市新生南路三段 86 巷 8 號

〈版權所有未經同意不得轉載〉

中華郵政北台字第 1816 號

執照登記為新聞紙類交寄

ISSN 1562-1189

都市交通 Urban Traffic

半年刊 Biannually

第三十七卷 第一期 Volume 37 Number 1
中華民國一一年六月 June 2022

目錄 Table of Contents

封面故事	1
年長者友善通行環境 謝霖霆、沈明宏、林彥滄、劉瑞麟、陳學台、彭振聲 The Friendly Service for the Elder Pedestrian in Taipei Traffic Environment Lin-Ting Hsieh, Ming-Hung Shen, Yan-Tsang Lin, Ruei-Lin Liou, Shyue-Tair Chen, Cheng-Sheng Pong	
重力模式之空間阻抗於 COVID-19 社交距離之影響因素分析-以淡水區水碓里為例 劉士仙、陳昶明、蕭義濤 Analysis of Social Distance for COVID-19 by Distance Impedance of Gravity Model – A Case Study of Shuidui Neighborhood in Tamshui District Liu, Shih-Sien, Chen, Chang-Ming, Shiao, Yi-Hao	12
先進駕駛輔助系統納入公路汽車客運業服務評鑑之可行性研究 陶冶中、郭雅文、曹茹雅、陳瑋翔、黃冠鈞 Feasibility of Fitting Advanced Driver Assistance Systems into Highway Bus Service Accreditation in Taiwan Chi-Chung Tao, Ya-Wen Kuo, Ru-Ya Tsao, Wei-Hsiang Chen, Guan-Jing Huang	28
都會區捷運整體路網規劃審議方式研析 張舜淵、王劭暉、王清滢 Approach to Review Metropolitan Area MRT Network Planning Shuen-Yuan Chang, Shao-Wei Wang, Ching-Hsu Wang	52
中臺區域整體運輸規劃與旅次特性分析 張舜淵、楊國楨、陳志豪、申瑋琦	72

The Study of The Middle Taiwan Regional Model, the Survey and Analysis of Trip Characteristics

Shuen-Yuan Chang, Kuo-Chen Yang, Chi-Hao Chen , Wei-Chi Shen



發刊宗旨

為因應專業在實務運輸問題上應用的需求，並提升國內學術界對於『都市交通』實務議題的重視，本期刊以定期發行的方式，針對國內、外有關運輸：運輸政策分析、運輸規劃、運輸管理、交通工程、運輸業經營與策略規劃、運輸安全、交通控制、運輸專案管理、運輸計劃評估、運輸行銷等領域實務議題的技術報告或是實際案例分析，都歡迎改寫為論文的格式，投稿都市交通半年刊，期使運輸領域學術界研究成果與實務界的應用充分結合，也希望未來本期刊所刊登的論文，可以對於運輸規劃、管理、工程、作業及操作的第一線人員，提供最直接的技术支援。

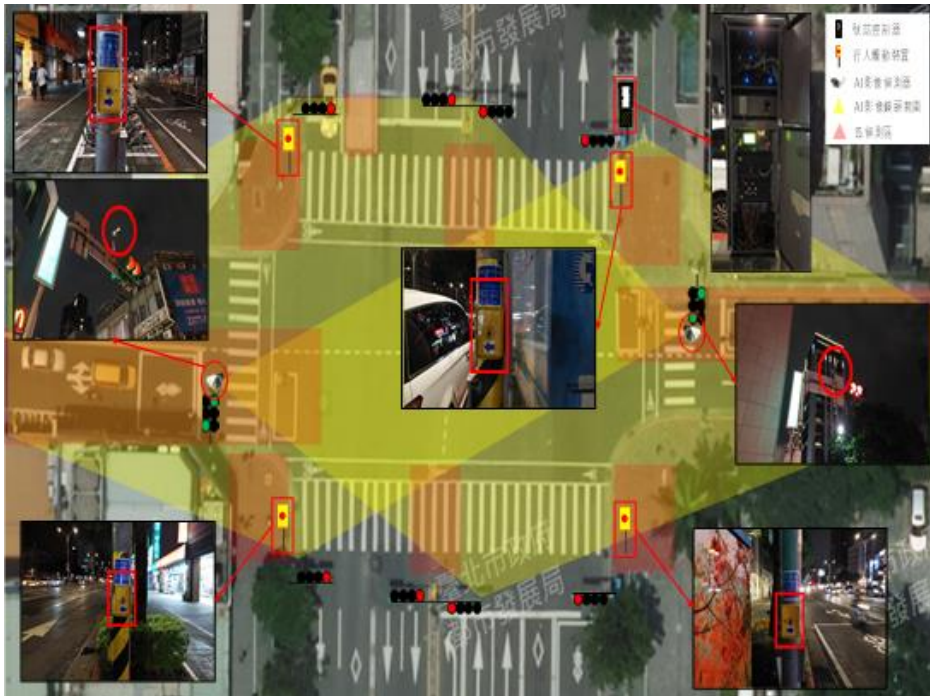
封面故事

年長者友善通行環境

The Friendly Service for the Elder Pedestrian in Taipei Traffic Environment

謝霖霆 沈明宏 林彥滄 劉瑞麟 陳學台 彭振聲

Lin-Ting Hsieh, Ming-Hung Shen, Yan-Tsang Lin, Ruei-Lin Liou, Shyue-Tair Chen, Cheng-Sheng Pong



一、前言

近年來，全國高齡化人口比例逐年上升，臺北市更是居於6都之冠，且截至2022年4月底止，65歲以上人口已達50萬人，占全市總人口比率約20.21%，已正式邁入超高齡社會，尤其臺北市身為全國首都，相較其他縣市更須及早因應並擬定相關配套措施，讓年長者能夠對所居住的城市更加安心。

依據臺北市交通會報資料顯示，2022年1-4月行人總死傷人數共728人，若以各年齡層加以分析，其中以65歲以上高齡者所占比例(34.89%)最高，顯見將本市打造為更符合人民交通需求的高齡友善城市更為迫切及重要，為了讓年長者、身障者及行動不便者行的更安全，臺北市透過交通工程及交通控制等改善策略，陸續實施了幾項提升年長者穿越號誌化路口安全性的措施，如考量年長者行動較為緩慢，通過路口所需時間較長，透過調整號誌時制計畫，以步行速率較慢的設定重新檢討配置行人通行秒數，以及於號誌路口增設行人觸動延長秒數設施，可機動性依行人適時需求按鈕增加行人通行秒數，透過上述改善策略讓年長者能夠有更充足的時間安全通過路口；另考量年長者視力退化，將原有20公分行人專用號誌放大為30公分放大型行人專用號誌，提升行人專用號誌之辨識度，讓年長者能夠更清楚還有多少行人通行秒數可以穿越路口。

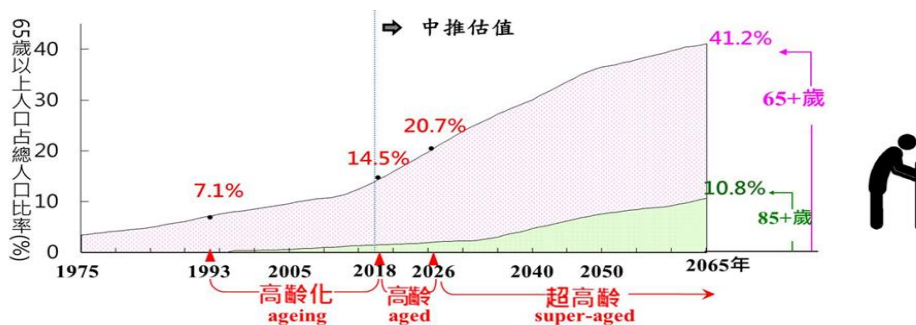


圖1 國家發展委員會高齡化人口比例

二、改善策略與成果

2.1 延長行人秒數

依據道路交通標誌標線號誌設置規則第231條規定，行人專用號誌在綠

色「行走行人」燈號結束前，應有閃光運轉，其閃光時間應適足以使已進入道路之行人能以正常速率走完全程或到達可供行人避讓之交通島；其計算如式 (1)：

$$t=dw/v \quad (1)$$

其中，

t：閃光綠燈時間

dw：路口無供行人避讓之交通島時為橫越路口寬(路口有供行人避讓之交通島時為路邊緣石至供行人避讓交通島寬度較寬)

v：行走速率；一般使用 1 公尺/秒，學童眾多地點使用零 0.8 公尺/秒，盲人音響號誌處使用 0.5 公尺/秒。

臺北市依據上述法規規定，目前號誌路口行人秒數為1公尺至少配置1秒，惟考量年長者行走速度較慢，於2018年起辦理「建構年長者路口友善通行環境計畫」，選擇清晨4至6時，年長者較常運動的公園、學校周邊號誌路口，增加行人通行秒數，站在年長者通過路口的觀點，以步行速率較慢的設定重新檢討配置行人通行秒數，由1公尺/秒調整為0.8公尺/秒的步行速率，以增加年長者通行秒數。

2018年、2019年及2020年分別增加100處、49處及41處路口行人秒數，2021年持續辦理路口增加行人通行秒數改善計畫，並考量年長者亦常出入市場，故2021年特別納入臺北市公有市場周邊路口檢視，共計增加47處，2022年持續擇本市部分路口辦理。

表1 延長行人秒數路口數統計

年度	2018年	2019年	2020年	2021年	合計
路口數(處)	100	49	41	47	237

2.2 號誌路口行人觸動延長秒數

因應年長者、身障者及行動不便者行動較為緩慢，在維持原有路口號誌秒數設定、時制連鎖以及維持道路交通順暢之情況下，起初可使用敬老卡以及愛心卡啟動路口號誌增加行人綠燈秒數，考量部分使用者未必攜帶或具有前述設備，故為了可依據使用者需求並且機動性加強年長者、身障者及行動不便者通行安全，爰改採用「通用設計」概念，增設行人觸動延長秒數按鈕，按鈕後可增加行人綠燈秒數(約10~15秒)，讓有需要的使用者有更充裕的時間安全通過馬路，透過既有號誌設施改善路口交通環境，提升年長者、身障者及行動不便者通行安全。

2.2.1 試辦成果

臺北市於2018年於雨聲街前試辦，針對實行人觸動延長秒數路口之時制計畫，估算可延長之通行時間，行人可按壓觸動按鈕延長行人綠燈秒數，增加行人於綠燈通行時間內完成穿越路口之機率。

透過下表調查結果顯示，隨著實施時間經過2個月後，設施使用率從28.05%大幅上升至53.7%，且未能穿越路口者比例從28.57%大幅下降至5.77%，顯示行人觸動延長秒數裝置可確實有效提升行人通行安全，實施成效良好，且經現場觀察各方向車流仍可維持1~2週期內紓解，確保通行需求與車流紓解率間取得平衡點。

表2 試辦路口雨聲街行人觸動延長秒數裝置使用情形統計表(1/2)

調查日期		穿越人次(年長者、身障者及行動不便者)	綠燈時間內可穿越路口者	綠燈時間未能穿越路口者	調查總人數	裝置使用率
2018年 1月11日	未使用		45	14	59	28.05%
	有使用		23	0	23	
2018年 3月29日	未使用		15	10	25	53.7%
	有使用		26	3	29	

表2 試辦路口雨聲街行人觸動延長秒數裝置使用情形統計表(2/2)

使用前後	穿越人次(年長者、身障者及行動不便者)	綠燈時間內可穿越路口者	綠燈時間未能穿越路口者	調查總人數	未能穿越路口比例
使用前		60	24	84	28.57%
使用後		49	3	52	5.77%

2.2.2 實施準則

為改善年長者、身障者及行動不便者有延長行人綠燈秒數需求問題增設行人觸動延長秒數裝置，可機動性依行人適時需求按鈕增加行人綠燈秒數，倘可藉由調整時相或時制計畫秒數增加行人綠燈秒數之路口，則不予設置行人觸動延長秒數裝置，根據上述試辦成果，已訂定相關評估準則如下表：

表3 行人觸動延長秒數評估準則

項次	類別	評估準則	說明
1	需求性	特殊需求或對象	路口 100 公尺內鄰近年長者安養機構或身障者社福機構、醫院、學校，或上述人口聚集較多之地點。
2	交通特性	與前後號誌路口距離	與前後路口號誌距離如過近，若實施行人觸動延長秒數可能造成號誌不連鎖，致用路人不耐久候或誤判燈號，不適宜實施。
3		號誌連鎖	需考量實施後號誌不連鎖程度是否能降到最低，以避免車輛停等次數及時間過長。
4		道路服務水準 D 級以上	為兼顧行人及行車需求，若服務水準低於 D 級(即 E、F 級)，不適宜實施。
5		路幅寬度	1. 路口跨距如過大，於週期不變或號誌時制調整空間有限之情況下，實施行人觸動延長秒數酌增秒數，對於用路人完成穿越路口實質效益不大。 2. 路口對角長度以未滿 25 公尺為佳，最大建議不超過 30 公尺。

2.2.3 運作邏輯

- 行人綠燈時相按壓行人觸動按鈕，可延長該行人綠燈時相秒數，且有效觸發時須使行人觸動按鈕亮燈持續至該行人綠燈時相秒數結束後再熄滅；該行人綠燈時相之最短綠燈區間按壓行人觸動按鈕，則該行人綠燈時相秒數不延長，於下一次行人綠燈時相延長秒數，且有效觸發時須行人觸動按鈕亮燈持續至下一次行人綠燈時相秒數結束後再熄滅；行人紅燈時相按壓行人觸動按鈕，則於下一次行人綠燈時相延長秒數，且有效觸發時須行人觸動按鈕亮燈持續至下一次行人綠燈時相秒數結束後再熄滅。
- 一週期僅可延長一次，且延長行人秒數不可破壞號誌週期，增加秒數依路口條件計算，以增加原有行人秒數之一半為上限，且不得大於20秒，並於2次號誌週期內調整回原時制計畫。

2.2.4 設置地點

2018年起於陽明醫院前路口及青年公園旁青年路與國興路口試辦；2019年擇本市醫院周邊路口實施2處；2020年則與本府衛生局共同篩選本市所有大型醫院周邊路口，擇符合評估準則之8處路口施作；2021年則於青年公園周邊2處路口(青年路與青年路106巷口、青年路與青年路152巷口)實施，當行人有延長通行時間需求時，於押按觸動按鈕後，可1次性延長行人綠燈通行秒數，以提升通行安全，截至2021年底本市已完成14處路口，2022年持續擇本市符合實施準則之部分路口辦理。

表4 行人觸動延長秒數路口數統計

年度	2018年	2019年	2020年	2021年	總計
行人觸動延長秒數設施(處)	2	2	8	2	14

2.3 加大行人專用號誌尺寸

依據道路交通標誌標線號誌設置規則第200條規定略以：「...號誌鏡面尺寸與燈光之照度規定如下：一、除行人專用號誌、車道管制號誌及大眾捷運系統聲光號誌用方形鏡面外，其他號誌用圓形鏡面。二、圓形鏡面直徑或方形鏡面邊長為二十公分、二十五公分、三十公分等三種。大眾捷運系統聲光號誌鏡面邊長為三十公分、六十公分、八十公分等三種。...」

目前臺北市行人專用號誌尺寸為20公分乘20公分，考量年長者視力退化，依據上述法規規定，考量年長者可能對於交通號誌辨識度降低，尤其在跨越距離較長的路口，行人專用號誌之辨識度更顯重要，就本市各路口符合評估條件處(行人單一穿越方向大於6車道、鄰近醫院或療養院等相關機構、鄰近公園、鄰近車站等行人流量較大之處等)將行人專用號誌尺寸改為30公分乘30公分尺寸以增加辨識度，自2018年推動迄今已經執行3年，全市累計達374處路口。

為了解市民對於30公分放大型行人專用號誌尺寸辨識感受、設置地點需求、清晰度評價以及是否有助於提升年長者過馬路的安全性，2021年委託進行民意調查，調查方式為安排4處路口進行現場面訪，先將其中1組行穿線之兩側行人專用號誌改為30公分放大型行人專用號誌，另1組行穿線則維持原有尺寸，以交叉比對分析市民對於行人專用號誌放大前後之感受，相關路口如下表5。

表5 調查路口表(1/3)




調查路口 1: 中正區和平西路 1 段與重慶南路口	
地圖	空拍圖
	

表5 調查路口表(2/3)

調查路口 2: 萬華區青年路與青年路 152 巷口	
地圖	空拍圖
	

調查路口 3: 大安區仁愛路 4 段與大安路口

地圖	空拍圖
	

表5 調查路口表(3/3)

調查路口 4: 大安區仁愛路 4 段與仁愛路 4 段 266 巷口	
地圖	空拍圖
<p>A(已放大, 約 50m)</p> <p>B(未放大, 約 14m)</p>	<p>A(已放大)</p> <p>B(未放大)</p>

表6 實地訪問照片(1/2)

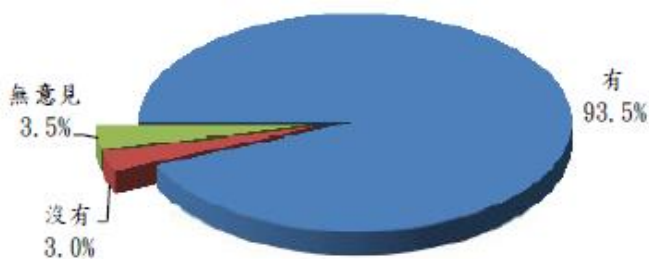
中正區和平西路 1 段與重慶南路口	萬華區青年路與青年路 152 巷口

表6 實地訪問照片(2/2)



從調查結果來看，共有78.2%之受訪用路人認為放大型行人專用號誌的秒數較未放大型清楚；95.8%對於放大型行人專用號誌的清晰度表示滿意；另有93.5%受訪用路人認為放大型行人專用號誌有助於提升過路口安全；其中受訪之65歲以上年長者更有高達95.7%認為放大型有助於提升年長者通行安全，顯見本市加大行人燈尺寸措施成效優良。

另亦有高達80%之受訪用路人建議未來可優先在醫療相關機構或學校附近，以及路幅較大等路口優先設置放大型行人專用號誌，以維用路人通行路口的安全及需要，2018年推動迄今累計達374處路口，以全市建置500處路口為目標。



分析樣本:全體受訪者(N=600)

圖3 30公分放大型行人專用號誌對年長者過馬路安全性的助益

表7 30公分放大型行人專用號誌路口數統計

年度	2018年	2019年	2020年	2021年	合計
路口數(處)	1	103	145	125	374

2.4 感應性號誌延長綠燈秒數

因應臺北市智慧城市推動，交通號誌智慧化為其中重要一環，且隨著AI影像辨識技術不斷精進，且因應臺北市人口高齡化的趨勢，行人綠燈秒數不足之情況有日益增加的趨勢，故為提升幹道車流疏解效率、減少車輛空等情形，以及提升行人通行安全，臺北市於2019年至2021年分別於25處路口導入感應性號誌控制系統，透過研擬感應性號誌半觸動控制邏輯，AI影像辨識偵測器與行人觸動延長按鈕偵測支道行人、行車之狀態，並依據偵測資料即時調整路口號誌，以增加號誌運作之彈性與減少幹道車輛紅燈空等之時間及增加行人通過路口之安全性。

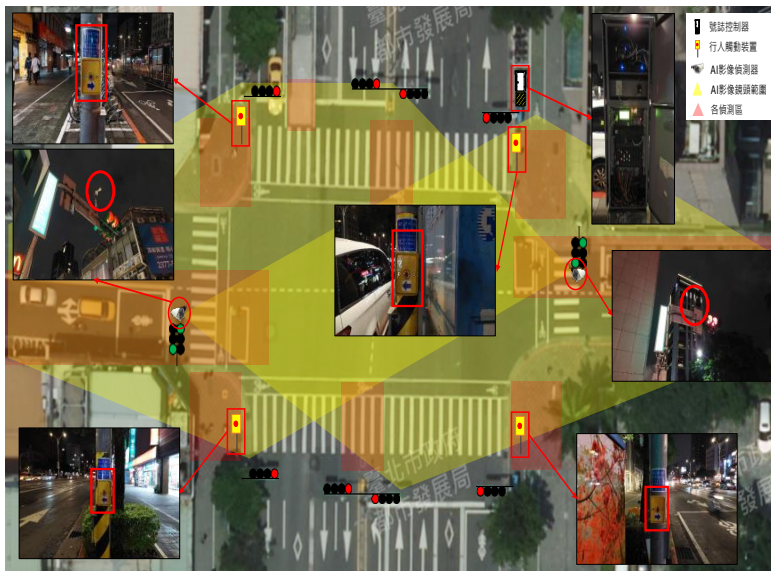


圖4 感應性號誌路口設備佈設-以新生南路/濟南路為例

經統計本計畫所實施路口支道行人綠燈延長次數，平均每處每日約可延長329次，提升行人通過路口時之安全性，2019年辦理迄今累計達25處感應性號誌路口，2022年持續擇本市部分路口辦理。

三、結語

為了建構年長者友善通行環境，讓年長者在臺北市能夠行動得更舒適，並且維護年長者的身心健康以及確保交通安全，同時也讓其他縣市以及國外的年長者來到這個城市能感受到安居宜行的友善通行環境，臺北市未來仍會持續讓更友善的交通環境落實在民眾每一天的生活之中，並因應高齡化社會調整改善相關交通設施使用需求，邁向更具進步價值的高齡友善城市。

參考文獻

1. 道路交通標誌標線號誌設置規則(2021)，交通部。
2. 交通會報(2022,5月)，臺北市政府
3. 臺北市老人人口數及占總人口數百分比(2022,4月)，內政部

重力模式之空間阻抗於 COVID-19 社交距離之影響因素分析-以淡水區水碓里為例

Analysis of Social Distance for COVID-19 by Distance Impedance of Gravity Model – A Case Study of Shuidui Neighborhood in Tamshui District

劉士仙 Liu, Shih-Sien¹

陳昶明 Chen, Chang-Ming²

蕭義濤 Shiao, Yi-Hao³

摘要

新冠狀病毒肺炎自 2019 年開始逐步蔓延，已持續近一年時間，疫病在世界各國造成恐慌，目前在很多亞洲國家、美國與南美洲國家，仍未受到有效控制，疫苗尚未研發問世之前，各國疾病管制中心都認為戴口罩與保持社交距離係最有效的防疫措施，並紛紛頒佈社交安全距離，以防止感染，但效果並不理想。本研究有鑑於此，擬以重力模式探究空間阻抗對於室內外環境、口罩材質與親疏關係於社交距離之影響，透過因子分析，探討影響因素效果，藉以提供未來對於社交距離宣導與執行的參考。

關鍵詞：社交距離、重力模式、空間阻抗、新冠狀病毒肺炎

Abstract

COVID-19 has widely spread since 2019 for last long near one year, not over yet, and it makes panic out over the world. The propagation rate of this pandemic remains climbing, especially on the American continent. The CDC of major countries recognize with agreement that wearing mask and keeping safe social

¹ 淡江大學運輸管理學系副教授 (聯絡地址：新北市淡水區英專路 151 號，電話：02-26236517，E-mail: adrain728@gmail.com)。

² 淡江大學運輸管理學系學生。

³ 淡江大學運輸管理學系學生。

distance are the most effective ways to protect the disease before introducing the massive medicine vaccine. However, the performance of social distance policy is not significantly effective. It motivates this paper applying traditional distance impedance of gravity model to analyze the major influent factors, which include the types of masks, environment conditions, and social connections. Finally, a case study of Shuidui neighborhood chosen, we apply the distance impedance of gravity model combined with statistic hypothesis analyses to address the effectiveness of workload in the future.

Keywords: social distance, gravity model, distance impedance, COVID-19

一、前言

新型冠狀病毒肺炎(Corona Virus Disease 2019, COVID-19)於 2019 年十二月開始於世界蔓延傳播根據美國約翰霍普金大學數據統計,截至 2020 年六月四日,目前全球新型冠狀病毒肺炎確診病例已超過六百萬,死亡人數近四十萬人,其中美國之確診、死亡人數最高,佔全球近三分之一;台灣雖然防疫決戰於境外,對機場與海關之入境旅客,提高管控標準,由於本土確診案例有限,也讓目前防疫措施的檢討改善,缺少實戰的驗證。COVID-19 的傳染方式具有多樣特性,醫界目前對病毒傳播方式也未完全掌握,但都一致認為主要係透過飛沫與接觸傳染,為了避免疫情擴大,使得社會陷入恐慌,除了媒體宣導勤洗手之外,鼓勵民眾配帶口罩和保持社交距離,宣導這種隔離病毒的策略係遠離病毒最關鍵、有效的方式;歐美國家在持續試誤不同防疫措施後,也開始認同社交距離與配戴口罩的效果,然而,至今美國之疫病仍未有效控制。

目前就 COVID-19 病毒於室內外環境下存活條件之差異,行政院衛福部疾病管制署規定的安全社交距離,室內為 1.5 公尺,在室外則為 1 公尺,為的就是有效地防止接觸傳染。

儘管主管機關的規範,若觀察一般民眾的日常群體活動,不難發現民眾對於配戴口罩材質的不同型式效果、接觸對象的親疏關係、室內外環境的不同,仍有諸多亂象;當世界各國面對發生新的第二波感染,台灣各界也繃緊神經,觀察、了解,未來台灣若有第二波疫病發生時,現階段的防疫因應之道,要如何修正與落實;因此,了解一般民眾日常活動對於社交距離與防疫的看法差異,將有助於未來防疫重點策略的規劃與實施重點的宣導,值得未雨綢繆。

二、防疫與社交活動距離

2.1 人際關係與社交距離

隔離病毒係防疫最有效的作法，由於 COVID-19 帶源者潛伏期較長，致死率稍低，自癒率高，初始時多無症狀，傳染源多不自知，因此與人互動、接觸時，保持安全社交距離，成為降低感染風險的關鍵。

一般社交活動，因為親疏關係，互動時常呈現出空間上疏密分佈的小群體。依照華人社會的人際關係之親疏程度，楊國樞(1992)區分為家人關係、熟人關係、生人關係；此外，也可以使用相識時間(Duration)長度、接觸頻率(Frequency of Contact)、社會關係類型、與社會關係重要性(Social Importance)等，當作人際關係分群因素的指標。

社交距離視為個體之「個人空間」，被他人侵入時，容易引起不舒服的感覺，甚至產生逃離的現象。賴至慧(2013)指出，侵入者接近陌生對象的人際距離約在 100~140 公分，遠離時約為 120~160 公分。正前方、斜前方侵入和遠離時，需要較多的人際距離；空間位於角落的位置會比中央更需要保留更多的人際距離。林昀萱(2010)指出在「黑暗中侵入女性的個人空間」時，男性從前方，側面等視野範圍接近，女性會特別感到不安心，因此需要較大的個人空間。不同種族與文化背景也會產生不同的結果。在不同的親密關係下，可能會因為親疏程度的不同而保持適當的距離，親密關係越高，個人空間會壓縮或消失，若互不認識或厭惡，可能還會加大彼此的空間，並且避免和對方有眼神接觸。

2.2 各式口罩與防疫效果

為防止傳染病疫情快速擴張對社會造成嚴重的衝擊，當病患出現類流感症狀時，配戴口罩可以降低 H₁N₁ 新型流感病毒之散播速度(莊淑如與黃俊豪，2012)；世界衛生組織(WHO，2011)指出，當醫療藥物無法立即獲得之時，建議個人應以非藥物性方式作為重要防疫措施之一，所以民眾配戴口罩是疫情防治不可或缺的環節。

市面上不同種類的口罩對於飛沫傳播的阻抗能力差異很大，當民眾自身配戴口罩時，不同的自身防護力也會影響互動對象之間的心理安全距離，施與受之間的強度，主動的一方較能掌控社交距離。

衛生福利部食品藥物管理署葉旭輝(2020)表示，一般棉布、活性碳口罩無法過濾病菌，務必挑選有醫療器材許可證字號的醫用口罩或 N95 口罩，才是有防疫效果的醫療用口罩。口罩的功能主要用於預防人與人之間的飛沫；棉布口罩、紗布口罩、活性碳口罩都不屬於醫療器材，任何過濾數據都沒有根據，也沒有經過國家檢驗把關。

市面上常見的棉布印花口罩或紗布口罩，僅能過濾較大顆粒，可作為保暖或防污等用途，清洗後可重複使用；活性碳口罩的成分可以吸附有機氣

體、惡臭分子和毒性粉塵，但不具有殺菌或過濾細菌功能，適合騎機車、噴漆、噴農藥時使用，一旦須費力呼吸或無法吸附異味時就應更換。若要抵抗 COVID-19，必須使用醫療用口罩，包括醫用口罩、外科口罩或醫療用 N95 口罩，這類醫療商品都需要申請，品質及過濾效果經過驗證後，才能取得醫材許可證，經過食藥署同意才能販售。

醫用口罩、外科口罩由於材質特殊，可阻擋大部分 5 微米以上顆粒，並且經過審查確保細菌過濾效率高於 95%，而外科口罩為了因應手術中可能遇到的飛沫、體液，還多了防止血液噴濺、抗燃燒等功用。醫用口罩和外科口罩至少都有 3 層設計，最外層是防水層，可阻擋飛沫噴濺；中間是具有網狀結構的靜電層，可吸附微小顆粒和細菌；第三層主要會接觸到使用者口鼻，同樣是防水材質，避免口水噴濺。至於 N95 口罩，由於濾材經特別設計且厚度加厚，可阻擋 95% 以上次微米顆粒，適合第一線醫護人員使用，由於呼吸阻抗較高，一般民眾不適合長期配戴，N95 口罩又分為醫療用與工業用兩種，其中僅醫療用有助防疫，工業用 N95 口罩並非醫材。

口罩不是「有戴有保護」，若沒有確實與臉部密合，帶有細菌或病毒的空氣可能從其他縫隙吸入口鼻，有戴等於沒戴。因此對於自身的口罩類別與互動對象配戴的口罩類別，社交距離可能產生變化，存在交互影響關係。

2.3 社交距離與環境

新冠狀病毒肺炎可以透過飛沫、或人與人接觸來傳染，鄭亦妘(2013)在研究流感病毒、宿主、環境之交互影響，將環境分為教室和教師辦公室兩群，發現病毒釋出率以及再生率，隨著室內人數的增加會提高病毒的傳染機率；對區域性健康風險評估，劉梅瑛(2007)將環境分成室內及室外兩個類別；林延澤(2014)則直接對吐氣採樣，探討腸病毒對兒童之影響，以學校及家庭來分群。透過上述研究對於環境之分類，本研究對環境因素探討，主要分為室內與室外兩水準，來探討民眾對於新冠狀病毒肺炎的認知程度。

2.4 社交距離推估與空間阻抗

程序性總體運輸規劃的四個步驟，其中旅次分佈即在探討旅次空間分佈的特性，若將交通分區視為旅次產生與旅次吸引的標的，則起訖旅次分佈量的大小，可以由交通分區相互之間的推與拉力來決定，受到交通分區本身區位特性的直接影響(Dickey, 1983; Hutchinson, 1983; Meyer and Miller, 1984)。因此當交通分區之區位條件愈佳，產生的旅次數愈多、同時吸引外來的旅次活動愈多，但旅次起訖量會隨著交通分區相互間距離的增加而減少，因此交通分區間的起訖量，若將交通分區之旅次發生、吸引，看作係星

體的質量，則可以應用萬有引力的概念分析，其引力之系統關係為與質量乘積成正比、與距離平方成反比。

日常活動旅次起訖量大小之推估概念雖然與牛頓萬有引力趨勢雷同，市民活動受到空間、時間阻抗影響，但地理區位不同，阻抗存在差異，人類活動之阻抗函數需要進行修正(Liu, 1996)。在實例的應用上，美國聯邦公路局(Bureau of Public Roads, 1965)首次提出重力模式中空間阻抗函數校估參數的方法，係以距離或時間區間為分群間隔單位，對美國各種不同型式大小都市進行空間阻抗函數之分析，進而估計旅次起訖量。陳志鶴(1989)也對新竹市區之空間阻抗函數進行分析，發現旅次空間阻抗有幾種不同趨勢型態，推估阻抗函數的收斂情況穩定，一般三至五次運算即可收斂。

至於 COVID-19 防疫產生之社交距離的空間阻抗，首先受到口罩防護效果之影響；不戴口罩、或配戴無效用之棉布口罩，活動之間的互動，安全的社交距離就會增加；若配戴醫用等級以上的口罩，近距離接觸也不易發生傳染的風險，所以配戴不同口罩型式，也會產生互動時空間阻抗的變化；另外，對象之親疏關係亦有如區位之特性，產生一定程度之影響，室內外環境對病毒存活都會產生差異的影響。在疫病傳播之高峰期間，民眾更會遠離群聚，上述因素都會對個體活動時，相互間之空間社交距離產生一定程度的影響，接近或排斥，都是空間阻抗函數可以觀察社交距離趨勢的結果。

2.5 小結

根據前述之討論，防疫指揮中心頒佈之安全社交距離實施成效，可以使用空間阻抗函數來觀察民眾反應趨勢，將口罩不同類別視為不同之交通分區，將室內外二類、人際親疏關係之家人、朋友、陌生人三類，看作區位條件，可以應用重力模式推估出六群不同組合之阻抗函數；進一步以變異數分析探究目前民眾對社交距離反應之差異，檢討民眾防疫措施未來可以改善之方向。

三、模式建構

3.1 重力模式空間阻抗之校估

重力模式基本觀念源於牛頓萬有引力定律之推論。兩星球體質量為 M_i 、 M_j ，距離為 d_{ij} ，則其互相之間的引力大小 F_{ij} ，與兩物體之質量乘積成正比，與此兩者相對距離之平方成反比，可以寫成式(1)。

$$F_{ij} = \frac{G * M_i * M_j}{d_{ij}^2} \quad (1)$$

若引伸至重力模式對未來旅次分佈的預測，需要經過兩階段的推論，第一階段需先根據已知旅次起訖表(t_{ij})與起訖對平均旅行時間(d_{ij})，如表 1，校估旅次的空間阻抗，假設旅次對空間阻抗不隨時間改變，校估後再用之預測未來年的旅次分佈。

本研究只探討防疫社交距離之空間阻抗關係，因此只需針對重力模式的第一階段作討論。依據式(1)的型式，將 M_i 比擬作交通分區 i 之旅次產生總量 P_i 、 M_j 比擬作交通分區 j 旅次吸引總數 A_j ，式(1)分母的距離平方換成擬校估之 $f(d_{ij})$ 函數替代。邏輯上式(1) 的引力大小可以換成起訖對間之旅次量，式(1)可以改寫為式(2)的型式。

表 1 空間阻抗校估之輸入資料示意

起訖表							起訖對時間			
交通分區	1	...	j	...	n	合計(旅次產生)	交通分區	...	j	...
1	t_{11}		t_{1j}		t_{1n}	P_1	1			
...										
i			t_{ij}		t_{in}	P_i	i		d_{ij}	
n	t_{n1}		t_{nj}		t_{nn}	P_n	n
合計(旅次吸引)	A_1	...	A_j	...	A_n					

$$t_{ij} = \frac{P_i * A_j * f(d_{ij})}{\sum_{k=1}^n A_k * f(d_{ik})} \quad (2)$$

美國聯邦公路局(Bureau of Public Roads, 1965)根據表 1(右)中之起訖時間，分割成不同時間帶，將表 1(左)相同時間帶之旅次量歸為一群，將旅次加總數量設定為旅次觀測值，認為空間範圍內之旅次活動多會依照此空間阻抗型式分佈，依旅行時間增長而旅次量減少，使用式(2)推估之旅次起訖量。

依時間帶分群後，重力模式的估計值應該要能夠反應觀測結果，所以空間阻抗參數第 $k+1$ 次迭代之校估，可以寫成式(3)。一般經過數次迭代運算就會收斂。

$$f^{k+1}(d_{ij}) = f^k(d_{ij}) \frac{\text{時間帶旅次觀測總數}}{\text{時間帶旅次估計總數}} \quad (3)$$

3.2 實驗設計

Kirk(1995)認為有效區隔誤差項干擾，資料蒐集時採用區隔隨機設計(Randomized Block Design)較佳，民眾對 COVID-19 防疫效果之觀察與驗證，考慮環境(室內、室外)兩水準(Level)，親疏關係(家人、朋友、陌生人)三水準，另外常見民眾配戴口罩的類別，包括棉布、活性碳、醫用口罩、N95 口罩共四水準。因此，共計因子有環境因子、親疏關係因子，自身配戴口罩類別因子、互動對象配戴口罩類別因子，共計四種因子，反應變數為社交距離；其中最後兩項關於口罩類別之影響因子，存在交互影響。由於每項因子多包括多項平均值之比較，避開兩兩比較產生的型一誤差擴大增加，會出現較多的檢定假設顯著結果(Johnson and Wichern, 2001)，因此採用 SAS 軟體中常見多群組比較的方法選項 SNK(Newman-Kuels)。資料蒐集格式如表 2，考慮回答樣本資料出現於表中各類別有頻率上的差異，採用 GLM(General Linear Model)分析。

表 2 資料蒐集格式

環境 I		親疏關係 J	家人 j=1				朋友 j=2				陌生人 j=3			
		口罩類別 L	棉布	活性碳	醫用	N95	棉布	活性碳	醫用	N95	棉布	活性碳	醫用	N95
室內 i=1	棉布 k=1													
	活性碳 k=2													
	醫用 k=3													
	N95 k=4													
室外 i=2	棉布													
	活性碳													
	醫用													
	N95													

因此變異數分析模式可以寫成式(4)。

$$Y_{ijklm} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \tau_l + \gamma_k * \tau_l + \varepsilon_{ijklm} \quad (4)$$

其中，

Y_{ijklm} ：社交距離或空間阻抗反應變數

μ ：社交距離或空間阻抗整體平均數

α_i ：環境影響因子(水準 $i=1$ ，代表室內； $i=2$ ，代表室外)

β_j : 親疏關係影響因子(水準 $j=1$, 代表家人; $j=2$, 代表朋友; $j=3$, 代表陌生人)

γ_k : 自己配戴口罩類別因子(水準 $k=1$, 代表棉布口罩; $k=2$, 代表活性碳口罩; $k=3$, 代表醫用口罩; $k=4$, 代表 N95 口罩)

τ_l : 接觸方配戴口罩類別因子 L(水準定義同上)

$\gamma_k^* \tau_l$: 自己配戴口罩類別與接觸方配戴口罩類別之社交距離交互影響

ε_{ijklm} : 誤差項

四、資料調查與分析討論

4.1 資料調查

COVID-19 影響無遠弗屆，全台灣民眾在政府、媒體、各級單位配合宣導與監督之下，都感受疫病無形的威脅，包括特定國家旅遊回國後之居家檢疫隔離、民眾搭乘大眾交通運輸工具必須全程配戴口罩，教室內學生人數不得超過百人的限制，因此學校強制實施大班制的課程，必須配合開放遠距教學，以分流學生人數，達到政府設定的標準。

為了解防疫影響，在有限時間與資源之下，本著關懷故土，在地紮根的精神，資料調查設定以淡江大學旁之水碓里民為主，於 109 年六月份的第二週進行，以隨機抽樣、根據地址家戶訪問方式展開訪談，實際問卷 200 份，刪除無效樣本，有效問卷共計 181 份；由於民眾配戴口罩形式不一，接觸的對象也不完全一樣，在上表 2 中，各類別出現的頻次也有不同。

在性別方面，男性佔 50.7%、女性為 49.3%。年齡層以 14 歲以下之學校學生為一群，佔 2.4%；青壯年，15 歲至 64 歲為第二群，佔 75.7%；65 歲以上的高齡者佔 21.9%。在職業別部份，學生佔 24.8%；自營之地區服務零售業、與軍公教比率皆為 14.4%；工商業佔 34.4%；其他類，含退休、無業、待業佔 12%。

對於配戴口罩方面，在室內，配戴醫用口罩比率最多，達 77.1%；民眾於室內，皆無配戴 N95 口罩的樣本案例；配戴棉布口罩與活性碳口罩比率，分別為 10.3%與 12.6%。在室外，配戴醫用口罩比率仍然最多，達 84.7%；活性碳口罩最少，佔 1%；配戴棉布口罩與 N95 口罩比率，分別為 9%與 5.3%。社交活動次數資料如下表 3，統計後，配戴各類別口罩之平均社交距離如表 4。

表 3 配戴各式口罩社交活動次數

次數	親疏關係 J		家人 j=1				朋友 j=2				陌生人 j=3			
	環境 I	口罩類別	L	棉布	活性碳	醫用	N95	棉布	活性碳	醫用	N95	棉布	活性碳	醫用
K														
室內 i=1	棉布 k=1		13	3	5		8	3	10		4	4	11	
	活性碳 k=2		5	4	4		5	1	7		4	1	7	
	醫用 k=3		21	9	101		14	8	105		16	10	104	
	N95 k=4													
室外 i=2	棉布		10	3	7		6	4	9		6		11	
	活性碳		1	1			1		1		1		1	
	醫用		19	8	110	1	18	14	112	1	23	15	111	3
	N95		2	2	5	1			5	4		4	1	5

表 4 配戴各式口罩平均社交距離

社交距離	親疏關係 J		家人 j=1				朋友 j=2				陌生人 j=3			
	環境 I	口罩類別	L	棉布	活性碳	醫用	N95	棉布	活性碳	醫用	N95	棉布	活性碳	醫用
K														
室內 i=1	棉布 k=1		0.769	0.667	0.500		0.875	0.583	0.950		1.313	1.063	1.386	
	活性碳 k=2		0.750	0.438	0.563		0.900	1.000	0.643		1.125	1.500	0.857	
	醫用 k=3		0.702	0.583	0.592		1.036	0.594	0.793		1.453	1.000	1.142	
	N95 k=4													
室外 i=2	棉布		0.850	0.667	0.714		1.042	1.125	0.917			1.341		
	活性碳		0.250	0.250			0.500		0.250			0.500		
	醫用		0.895	0.625	0.664	0.250	1.306	0.857	0.866	1.000	1.133	1.198	1.333	1.133
	N95		0.250	0.250	0.450	0.250			0.65	0.375	0.875	1.000	0.900	0.875

4.2 社交距離與空間阻抗

根據美國聯邦公路局對空間阻抗函數校估方法，係以距離或時間區間為單位；台灣疫病管制中心頒佈係以室內至少 1.5 公尺，室外 1 公尺為安全社交距離；實際問卷調查結果，表 4 顯示，僅室內面對陌生人，雙方同樣配戴活性碳口罩，社交距離才符合官方要求；因此本研究之級距分群，根據實測資料，群組分群最高至 1.51-1.75 公尺級距。空間阻抗函數之校估，都在 5 至 11 次運算之後達到收斂之要求，誤差低於±3%。

在輸入資料方面，共計校估六類社交距離空間阻抗函數，對於室內環境、與家人之間的互動、自己配戴不同形式材質的口罩、與對方配戴不同形式材質的口罩之下，輸入資料如表 5。

表 5 室內家人互動之空間阻抗分析輸入資料

次數	親疏關係 J					家人	社交距離	親疏關係 J	家人							
	環境 I	口罩類別 K		L	棉布				活性碳	醫用	小計	環境 I	口罩類別 K		L	棉布
室內 i=1		I	K			L	棉布 k=1	13					3	5		
	活性碳 k=2			5	4		4	13	活性碳 k=2	0.750	0.438	0.563				
	醫用 k=3			21	9		101	131	醫用 k=3	0.702	0.583	0.592				
	小計			39	16		110									

採用每 0.25 公分之間隔級距，上表 5(右)之社交級距，可歸類為 0.26-0.5 公尺、0.51-0.75 公尺、與 0.76-1.00 公尺等三種觀測之活動級距。表 5 中之社交互動，若當事人雙方配戴口罩方式(活性碳口罩、醫用口罩)位於表中第二列、第三行，定義為(2, 3)，表 5 的三種社交距離級距分群之觀測頻次可以整理成表 6。依前述之式(1)與式(2)方式推估，運算之收斂過程如圖 1。

表 6 社交距離級距之活動觀測次數

社交距離級距	類別	雙方配戴口罩類別	觀測活動之頻次
0.26-0.50(公尺)		(1, 3) 、(2, 2)	9
0.51-0.75(公尺)		(1, 2) 、(2, 3) 、(3, 1) 、(3, 2) 、(3, 3)	143
0.76-1.00(公尺)		(1, 1) 、(2, 1)	18

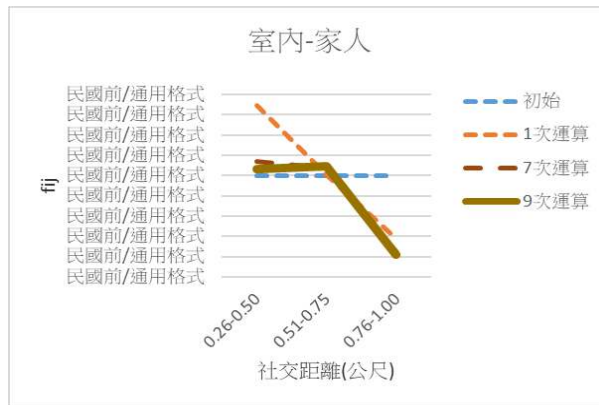


圖 1 室內面對家人之社交距離空間阻抗收斂過程

圖 1 共計九次迭代運算達到空間阻抗誤差低於 $\pm 3\%$ ，收斂結果顯示，家人彼此間之社交距離空間阻抗呈現出親密關係近距離之互動，主要互動之社交距離在 0.26-0.50 公尺與 0.51-0.75 公尺的兩個級距，0.76-1.00 公尺稍遠的互動，發生的頻率較低。

六類空間阻抗函數與趨勢，將親疏關係之家人、朋友、陌生人三類空間阻抗，彙整成室內、室外兩張圖。折線關係呈現出環境中親疏關係之社交距離趨勢。

圖 2 顯示，隨著關係疏離，室內社交距離之空間組抗呈現增加的趨勢；家人的社交空間阻抗集中在 0.25-0.50 公尺與 0.51-0.75 公尺兩個級距，朋友之社交空間阻抗較家人稍遠，集中在 1.01-1.25 公尺級距，對於陌生人的社交空間阻抗加大，集中在 1.26-1.50 公尺級距，但仍不符合政府建議之標準；尤其針對配戴棉布口罩與活性碳口罩之民眾而言，口罩並無實質防疫效果，一旦接觸傳播病毒強的帶原者，恐無法達到防疫的效果。

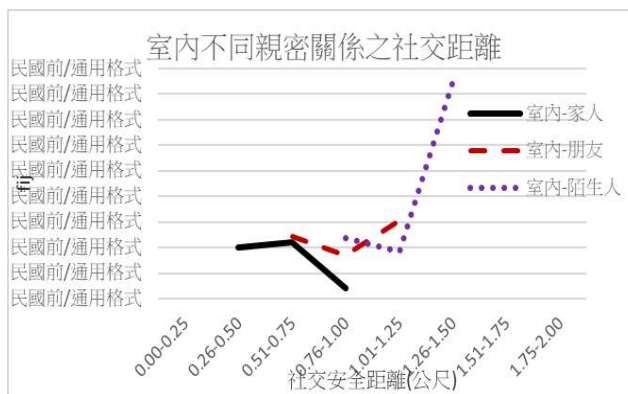


圖 2 室內親疏關係之社交空間阻抗

室外空間之人際互動，由於受限於室外空間大小、室外之空間形狀為線性的走廊、或平面型式的廣場等等之限制，無法依個人偏好調整社交距離，如圖 3。社交之主要空間阻抗較室內雖然拉近一個級距，家人社交距離縮短為 0.26-0.50 公尺之級距，朋友集中在 0.51-0.75 公尺之級距；與陌生人的互動較特別，空間阻抗級距主要集中在 0.26-0.50 公尺之級距，應該係短時間、擦肩而過的路人；遠距離的 1.25-1.5 公尺級距，應該是較長時間接觸陌生人的社交活動距離。

總體而言，室外的社交距離，家人、朋友的接觸都不符合政府建議之社交距離規範。陌生人的近距離接觸，時間短，疫病指揮中心對此曾指出，認為短時間接觸、近距離的社交活動，若配戴具防疫效果之口罩，仍不易被感染；但對於配戴棉布口罩與活性碳口罩之民眾而言，若第二波疫病來襲，恐面臨防疫上的漏洞，需要特別宣導、防範。

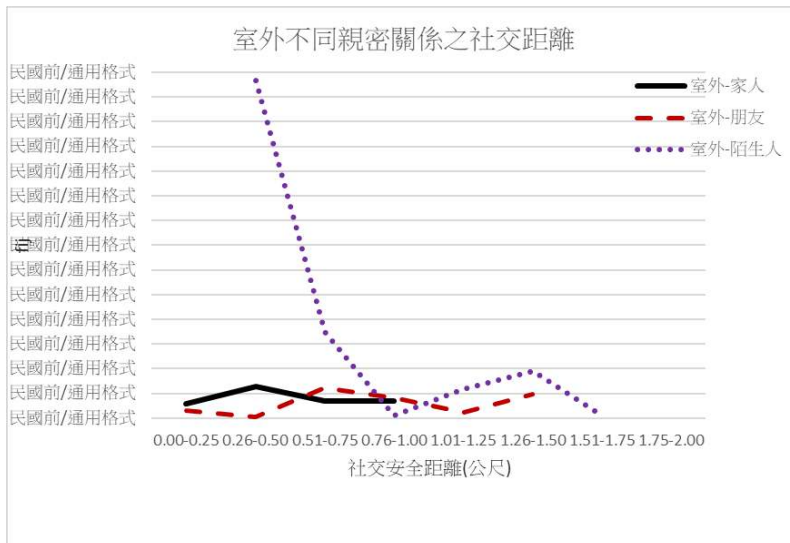


圖 3 室外親疏關係之社交空間阻抗

4.3 影響社交距離因子分析

依據式(4)變異數分析模式，將因子依前述之水準定義，可以再將佩戴醫用口罩與 N95 口罩視為防疫有效，將棉布口罩與活性碳口罩歸類為防疫無效口罩；其中自己配戴口罩類型原歸為四水準，由於調查時，室內實際環境中並未出現配戴 N95 口罩案例，呈現資料類別出現不完整的現象，在自由度部份，統計軟體對自由度之定義，與所有資料類別皆有樣本之平衡設計不同，經 SAS 統計分析，可以得到表 7 之結果。

表 7 影響社交距離變項因子分析

來源	自由 度	類型 III SS	均方	F 值	Pr > F
環境	1	1.59969944	1.59969944	15.47	0.0003
親疏關係	2	54.60890116	27.30445058	264.11	<.0001
自己配戴口罩 類型	2	3.33373196	1.66686598	16.12	<.0001
他人配戴口罩 類型	3	0.31671869	0.10557290	1.02	0.3922
口罩類型交互 影響	7	1.80932310	0.25847473	2.50	0.0294
口罩防疫效能	1	0.01600017	0.01600017	0.01	0.9107

表 7 為影響社交距離因子之變異數分析之結果，由機率值(Pr > F)小於 0.05 表示因子水準有顯著差異，如表 7 灰色格之資料。

在環境因子方面，可以看出民眾在室內、外之不同環境，社交距離存在差異，由表 8 之室內外社交距離 SNK 差異分析結果來看，雖然室內的平均社交距離 0.94 公尺高於室內的平均社交距離 0.86 公尺，兩者都高於疾病管制中心的標準，室內 1.5 公尺、室外 1 公尺；無法保持距離在要求規範內，則需要配戴口罩，且口罩須具備實質防疫效果。

表 8 室內外社交距離 SNK 差異分析

SNK 分群	社交平均距離	N	環境
A	0.94540	35	室內
B	0.86564	27	室外

在親疏關係因子方面，表 7 之變異數分析顯示，因子具顯著效果，根據多組分群之平均數檢定如表 9，親疏的三種水準關係都有顯著差異，分為 A、B、C 三群，與陌生人互動的平均社交距離最長，1.2 公尺；與朋友互動之社交距離平均 0.86 米，與家人的互動距離仍係最近，0.65 公尺，三者之接觸之社交距離，都不符疾病管制中心的標準。

表 9 親疏關係之社交距離 SNK 差異分析

SNK 分群	社交平均距離	N	親疏關係
A	1.20832	20	陌生人
B	0.85945	20	朋友
C	0.64724	22	家人

在自己配戴口罩對防疫效果之社交距離遠近方面，變異數分析顯示因子具顯著效果，但 SNK 多組分群之平均數檢定如表 10，顯示民眾認為棉布口罩之防疫效果最差，因此保持較遠的社交距離，0.98 公尺；但民眾對活性碳口罩與醫用口罩兩者之間似有誤解，從醫用口罩的平均社交距離 0.91 公尺，但認為配戴活性碳口罩更具安全感，因此平均社交距離縮短為 0.73 公尺，顯然不了解活性碳口罩雖具防止空氣污染與微粒效果，但並無防疫效果，遠不如醫用口罩。大家都知 N95 口罩之稀有、價高，一般人不須要室內隨時配戴，但都知道具有優之防疫效果。

表 10 各式口罩之社交距離 SNK 差異分析

SNK分群	社交平均距離	N	自己配戴口罩類別
A	0.98508	17	棉布口罩
A	0.91627	21	醫用口罩
B	0.73305	15	活性碳口罩
C	0.59483	9	N95口罩

變異數分析之他人配戴不同形式口罩對自己影響不大，但從交互影響顯著來看，一般人會根據他人配戴口罩之形式是否具防疫、隔離效果，而調整自己與對方之社交距離。

配戴有效防疫口罩(醫用口罩、N95 口罩)與不具防疫效果口罩(棉布口罩、活性碳口罩)，兩者之社交距離分別為 0.92 公尺與 0.91 公尺，並無顯著差異，如表 11。顯示社會裡，仍有不少民眾需要宣導、教育，才能防堵疫病於未然。

表 11 有與無效口罩之社交距離 SNK 差異分析

SNK分群	社交平均距離	N	口罩防疫效果類別
A	0.91620	32	無
A	0.90533	30	有

五、結論與建議

5.1 結論

新冠狀病毒肺炎盛行、疫病延續至今，世界各國依然束手無策，在疫苗問世前，各國只能消極地自求多福，靠保持社交距離與配戴口罩進行防疫；世界先進國家的第二波與第三波疫情接續發生，都說明了防疫措施未能落實；台灣雖然新增本土確診案例已受控制，仍有零星案例；台灣未實施普篩之前，醫界認為仍有不知的黑數，讓各界擔心疫病仍未遠離，隨時防疫備戰。

本研究本著關懷鄉土、針對生活週遭配戴口罩之亂象，爰用重力模式之空間組抗來探討社交距離，再以變異數分析探討影響社交距離之關鍵因子，最後得到下列幾項結論。

1. 部份民眾對各式口罩之防疫效果不了解；誤認活性碳口罩有較佳的防疫效果。顯示宣導、教育仍有不足。
2. 對親疏關係之社交距離，家人關係密切，距離最近；朋友次之，陌生人最遠；符合一般預期；但室外囿於環境範圍之限制，近距離接觸之陌生人較多，但時間較短。
3. 一般人會根據他人配戴口罩之形式是否具防疫效果，而調整自己與對方之社交距離。。
4. 疾病管制中要求社交距離，室內1.5公尺、室外1公尺的標準；從實際的觀察資料來看，普遍都無法保持安全距離；對配戴口罩的形式與包覆方式都須要落實，才符合實質防疫效果。

5.2 建議

鑒於資料調查時間與人力限制，調查分析僅依設定的4項因子探討，無法嘗試其他可能因子，如不同縣市區位、年齡層等；在條件許可之下，未來都可以繼續嘗試。

參考文獻

1. 林昀萱(2010)，*在黑暗中侵入女性的個人空間*，國立台北科技大學創新設計研究所碩士論文。
2. 林延澤(2014)，*病童呼出腸病毒濃度與家戶及學校內傳播探討*，高雄醫學大學公共衛生學研究所學位論文。
3. 陳志鶴(1989)，*旅次分佈重力模式空間阻抗因素校估之研究-以新竹市都會區為例*，交通大學運輸與物流研究所碩士論文。
4. 莊淑如、黃俊豪(2012)，「台灣民眾有類流感症狀時戴口罩之行為意圖及其相關因素探討：H₁N₁ 新型流感大流行與後大流行期間之比較」，*臺灣公共衛生雜誌*。
5. 楊國樞(1992)，*中國人的社會取向：社會互動的觀點*，台北：桂冠圖書公司。

6. 葉旭輝(2020), <https://www.msn.com>, 星島網即時新聞。
7. 鄭亦如 (2013), 以病毒—宿主—環境交互動態評估流感相關呼吸性疾病風險及室內控制策略模擬, 國立臺灣大學生物環境系統工程學研究所學位論文。
8. 劉梅瑛(2007), 時間活動模式對區域性健康風險評估影響之研究, 中國醫藥大學環境醫學研究所碩士班學位論文。
9. 賴至慧(2013), 侵入者的人際距離之研究, 國立臺北科技大學創新設計研究所碩士論文。
10. Bureau of Public Roads (1965), *Calibrating and Testing a Gravity Model for Any Sized Urban Area*, U.S. Dept. of Commerce, Washington, D.C.
11. Dickey W. J. (1983), *Metropolitan Transportation Planning (Second Edition)*, McGRAM-Hill, New York.
12. Hutchinson, B. G. (1974), *Principles of Urban Transport Systems Planning*, McGRAM-Hill, New York.
13. Johnson, R.A. and Wichern D.W. (2001), *Applied Multivariate Statistical Analysis (5th Edition)*, Prentice Hall Inc., New Jersey.
14. Kirk, R.E.(1995), *Experimental Design – Procedures for the Behavioral Sciences(3rd Edition)*, Brooks/Cole Publishing Company,
15. Liu, S. and Fricker, J.D. (1996), “Estimation of A Trip Table and The Q Parameter in A Stochastic Network, *Transportation Research, Part A 30*, pp.287-305.
16. Meyer, M.D. and Miller, E.J. (1984), *Urban Transportation Planning: A Decision-Oriented Approach*, McGRAM-Hill, New York.

先進駕駛輔助系統納入公路汽車客運業服務評鑑 之可行性研究

Feasibility of Fitting Advanced Driver Assistance Systems into Highway Bus Service Accreditation in Taiwan

陶冶中 Chi-Chung Tao¹

郭雅文 Ya-Wen Kuo²

曹茹雅 Ru-Ya Tsao²

陳瑋翔 Wei-Hsiang Chen²

黃冠鈞 Guan-Jing Huang²

摘要

目前公路客運服務評鑑針對客運司機評估的相關指標在項目數量與嚴謹程度上仍不完善。但近年隨著先進駕駛輔助系統(Advanced Driver Assistance System, ADAS)功能逐漸成熟,可輔助客運司機預防肇事的潛在風險,以避免發生交通事故。因此,本研究欲將 ADAS 所蒐集的駕駛行為相關參數,以國道客運為例,納入現行評鑑項目而提出增減的論述,旨在提供以「安全為本」的評鑑量表,以協助國道客運業者降低肇事率而提升國道客運之安全水準。根據大群體決策分析方法對 14 個 ADAS 系統進行可行性排序,經過統計和分析後計算總值,可得出應納入評鑑的項目,依序為:煞車輔助系統、盲點偵測系統、車道偏離警示系統、行車紀錄器等五大系統類別。

關鍵詞: 先進駕駛輔助系統、公路客運服務評鑑、大群體決策法

Abstract

Number of safety assessment index and their quantifying methods are insufficient

¹ 淡江大學運輸管理學系教授(聯絡地址:25137 新北市淡水區英專路151號;電話:02-2621-5656#3503;E-mail:cctao@mail.tku.edu.tw)。

² 淡江大學運輸管理學系四年級生

in current Highway Bus Service Accreditation in Taiwan. It is worth considering ADAS functions to be fitted into the accreditation mentioned above. This study applies large scale decision making method to rank 14 ADAS functions by using in-depth interviews with related stakeholders. Results show that the first Five ADAS functions are BAS, BSD, LDWS and dashboard camera which can be introduced into the accreditation mentioned above sequentially to avoid from accidents for highway bus drivers.

Keyword: Advanced Driver Assistance System, Highway Bus Service Accreditation, Large Scale Decision Making Method

一、前言

近 5 年來，台灣地區公路客運每百萬公里之肇事率仍居高不下。根據警政署統計室的資料顯示，在各類的交通事故中有 94% 的比例皆因駕駛人過失而導致事故發生。目前公路客運評鑑針對客運司機評估的相關指標在項目數量與嚴謹程度上仍不完善。但近年隨著科技日新月異的發展，先進駕駛輔助系統(Advanced Driver Assistance System, ADAS)功能逐漸成熟，可輔助客運司機預防肇事的潛在風險，以避免發生交通事故。

因此，本研究欲將先進駕駛輔助系統(ADAS)所蒐集的駕駛行為相關參數，以國道客運為例，納入現行評鑑項目而提出增減的論述，旨在提供以「安全為本」的評鑑量表，以協助國道客運業者降低肇事率而提升國道客運之安全水準。本研究流程如圖 1 所示。

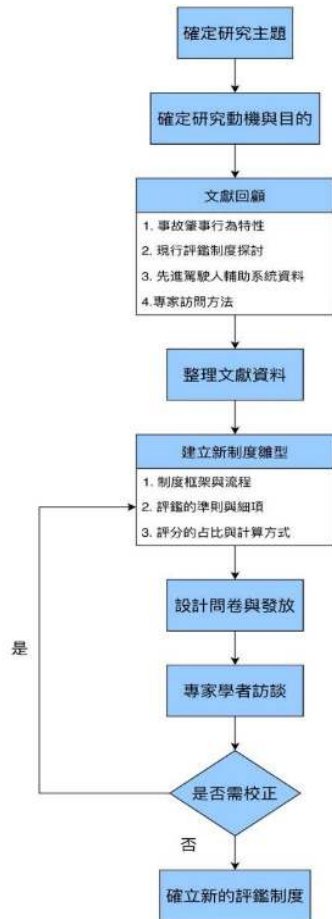


圖 1 本研究流程圖

二、相關文獻資料回顧

2.1 國道客運肇事因素及駕駛行為探討

根據交通部高速公路局國道交通事故統計及特性分析，臺灣地區 2018 年高速公路上共發生 24,809 件交通事故。交通事故可分為 A1、A2、A3 三大類，A1 類交通事故係指造成人員當場或 24 小時內死亡之案件，A2 類交通事故則是指造成人員受傷或 24 小時後死亡之案件，A3 類指車輛碰撞造成財損，但無人員傷亡案件。以 A1 類道路交通事故肇事原因與肇事者特性而言，根據警政署對於各肇事原因之車種別肇事率分析，均以大客車、大貨

車、小貨車及營業小客車較高，其中「未依規定讓車」、「轉彎不當」及「未保持安全距離、間隔」皆以「大貨車」及「客運公車」肇事率較高，主要係因駕駛人開車工時較長，較易發生交通事故。

江欣容等(2019)以大數據探討道路交通事故肇事原因，其中「未保持行車安全距離」肇事率則以大客車每百萬車公里 0.0336 件最高，是小客車 2.8 倍，亦較其他車種別嚴重，尤其事故類型 80%為「追撞前車」，遠高於其他車種，因此對大客車駕駛人應增加工時管理、防範疲勞駕駛，減少追撞事故發生機率。

臺灣地區的國道客運肇事主因多指向人為因素，經由相關文獻回顧可知，在排除人為因素肇事的努力除了酒駕之外，普遍以規範駕駛疲勞為優先改善重點。根據交通部運輸研究所之研究報告指出，駕駛人連續行駛 5 小時後，其所需承擔之事故風險為只有駕駛 1 小時的 2 倍，而連續開車 10 小時之事故風險更是只駕駛 1 小時的近 5 倍，可知連續開車時數越長，發生事故的機率越高。該研究報告亦指出駕駛人之心理特性對駕駛行為所產生的影響會間接與駕車時所產生的風險有關聯，如：注意力分散、壓力。

2.2 現行國道客運之評鑑制度

現行國內公路客運評鑑制度之主管機關為各縣市政府，其委託顧問公司每兩年辦理一次，整體的評鑑指標共分成五大類二十一項指標：1.「場站設施與服務」：包括 A1 停車空間、A2 班車停靠、A3 乘車服務資訊、A4 站牌服務資訊，2.「運輸工具設備與安全」：B1 車齡比例指標、B2 公車資訊服務設施指標、B3 車輛設備及紀錄、B4 舒適與噪音、B5 動態系統，3.「旅客服務品質與駕駛員管理」：C1 準點性、C2 駕駛員出勤管理、C3 乘客滿意度、C4 申訴處理，4.「公司經營與管理」：D1 監督管理、D2 教育訓練人次及成果、D3 路線查核、D4 政策配合、D5 積極作為、D6 調查缺失改善情況、D7 駕駛員健康管理，5.「無障礙設施」：E1 無障礙設施。

本研究認為現行公路客運評鑑制度之安全議題雖有設立評鑑項目，但數量偏少，應就以下面向深入探討：

1. 評鑑項目中屬於安全評估項目者為「B 運輸工具設備與安全」，且大部分評分基準(評分項目)著重於運具車內設備之裝設有無，但根據警政署統計室的資料顯示，在各類交通事故中 94%的比例皆為駕駛人過失導致，故在安全評分基準中**應增加駕駛安全行為**之評估項目。
2. 評鑑項目在「B 運輸工具設備與安全」中並未列出與安全駕駛行為相關的評分項目，且有相關項目皆分散在「C 旅客服務品質與駕駛員管理」、

「D 公司經營與管理」之中。另外，在分數佔比方面，屬於安全駕駛行為的評估分數僅佔 22%。

3. 目前公車營運服務指標評鑑過程，並未強制在「運輸工具設備與安全」以及「旅客服務品質與駕駛員管理」兩者要求業者提供內部控管之行車營運管理記錄資料，僅依據每年定期之主動式評鑑結果，且皆委由人工方式隨機抽查駕駛員之行為。
4. 根據公路總局統計 108 年公路客運使用人次為 128,414,214 人次，總行駛次數 7,042,289 次，採用乘客問卷調查僅能搜集少數意見，並無法完整反映駕駛員的駕駛行為，亦無法累積長時間監控駕駛員行為數據的紀錄。若採人工查閱方式在調閱資料時亦往往因設備問題而產生資料不全的情形。雖有若干巨量影像與行車資料但因缺乏智慧分析技術，導致評估結果的不周全而無法反映實際情況。

2.3 先進駕駛人輔助系統(ADAS)

根據統計，先進駕駛輔助系統(ADAS)可有效降低 70% 的事故發生率。ADAS 主要是利用安裝在車上的多種傳感器(主要包含：攝像頭、雷達、超音波、夜視傳感器與 V2X 等)，在運具行駛過程中隨時感應周圍的環境，藉由蒐集數據來進行靜態、動態物體的辨識、偵測與追蹤，並結合導航儀地圖數據，為駕駛人提供車輛的運行狀況與車外環境變化等相關資訊，預先警示可能發生的危險狀況，讓駕駛人提早採取因應措施，避免交通意外發生。以下列出初步規劃可運用於國道客運評鑑項目的 ADAS 功能：

1. 停車輔助系統(PAS)

此系統可協助駕駛人安全停車，主動式 PAS 可自動控制方向盤協助駕駛人完成停車；被動式的 PAS 是使用倒車影像與超音波為感測器提供影像與聲音給駕駛人參考，由駕駛人自行完成停車。

2. 車道偏離警示系統(LDWS)

駕駛人常因打瞌睡、講電話等行為分心造成車輛偏離車道，其中打瞌睡可能在不自覺的情況下發生，此時可使用車內後視鏡向前方的影像感測器或使用車身側面後視鏡向後方的影像感測器取得車道線，並且判斷車輪是否有壓到車道線，若車輪壓到車道線，而駕駛人未啟動方向燈，表示此時駕駛人可能在打瞌睡，系統會產生警示音提醒駕駛人。

3. 汽車防撞系統(CAS)

安裝在車輛前方的雷達感測器可持續掃描前方道路狀況，再依照車輛

行駛狀況判斷碰撞的可能。當與前車的距離變小時，會啟動第一階段發出警示音，並且啟動螢幕顯示警示訊息，提醒駕駛人注意車距；若駕駛人未做出反應則啟動第二階段自動輕踩煞車，同時輕拉安全帶警告駕駛人，此時若踩下煞車系統會視為緊急煞車；若駕駛人未做出反應則系統啟動自動緊急煞車，同時啟動主動預縮式安全帶功能固定駕駛人降低意外發生的傷害。

4. 盲點偵測系統(BSD)

駕駛人的盲點是指三面後視鏡看不到的區域，尤其是在車身兩側，從自己的車身中段算起向後兩個車身處，如果有行人或車輛常常會因為視線死角而發生事故，可使用紅外線或雷達感測器來偵測車輛周圍的盲點區，當有行人或車輛靠近時產生警示音提醒駕駛人。

5. 主動車距控制巡航系統(ACC)

安裝在車輛前方的雷達感測器可持續掃描前方道路狀況，系統通常會結合定速裝置，駕駛人可設定一個車速，當與前車的距離變小時會自動減速與前車保持安全距離；當與前車的距離變大時會自動加速，最高通常不會超過駕駛人設定的車速。

6. 夜視系統(NVS)

通常夜晚或雨天視線不良的狀況下容易發生交通事故，可使用高感光度影像感測器，加上紅外光影像感測器輔助，提供車輛前方行人、動物、車輛、環境等輔助影像給駕駛人參考。

7. 車輛穩定性電子控制系統(ESC)

系統的感知器若偵測到車輛將發生不穩定或失控情況時，其車輛穩定性電子控制系統(ESC)會藉由車輛所搭配之防鎖死煞車系統(ABS)、電子煞車力分配系統(EBD)與循跡控制系統(TCS)等相關電子控制裝置來控制各車輪縱向之制動力，進行穩定其車輛並提高車輛的操控性能，修正車輛將失控之狀態，回歸到駕駛者期望行駛車道上，以降低車輛失控或翻覆的危險。

8. 行人偵測系統(PD)

PD 利用特殊的演算法計算，於低速駕駛時，系統可偵測到前方移動的行人，提醒駕駛者有無行人竄出的風險，及時提供安全護。當車輛時速在 10~30km/h 啟動警示，車輛與行人的範圍過於接近，系統將立即發出警報。

9. 交通標誌/號誌偵測與辨識(TSSR)

TSSR 以三維凸包演算法(3D convex hull algorithm)學習標誌色彩偵測標誌，以形狀及大小等幾何特徵確認標誌，最後再以支援向量機(SVM)辨識標誌。系統可同時偵測左右兩邊、亮度不足的標誌，而號誌偵測則可避免疏忽號誌誤闖紅燈，並可協助車隊管理及導航。

10. 後方碰撞警示系統(RCW)

RCW 可與影像式停車導引系統結合；使用自我移動 (ego-motion) 補償，除了可分辨真正障礙物，亦可估計障礙物距離，提供車輛倒車時的後方監視功能，避免物件碰撞。

11. 前方防撞輔助系統(FCWS)

FCWS 係利用光學雷達(LiDAR)、無線電波雷達(Radar)或影像 (Video Camera) 辨識系統等方式偵測車輛與前方車輛之相對距離及相對速度，於達到預設之警示條件時，以聲音、光學或震動等方式提醒駕駛者減低車速或進行閃避之操作，以避免發生事故。

12. 煞車輔助系統(BAS)

BAS 係以工程技術補足人力的不足，讓駕駛人在面臨緊急狀態時，能產生足夠的煞車力，預防意外。BAS 在車輛行駛過程中會全時監測煞車踏板之動作（踩踏之速率或力道），當感知器偵測到煞車踏板以極快的速率或非尋常之力道踏下，系統將認定駕駛人此刻需要進行緊急煞車的動作，因此主動地介入對煞車系統進行加壓，使車輛產生最大煞車率以提高行車的安全。

13. 智慧車速輔助系統(ISA)

ISA 係使用速度辨識攝影機和以 GPS 連結的速度限制數據，能建議駕駛人目前的速限，自動地限制車輛的速度。ISA 並非啟動煞車，而是控制引擎馬力，以防止車輛加速超過道路的速限，為抑制超速的重要車內安全措施。

此外，駕駛人生理狀態監視亦應納為評鑑的重點之一。目前有些 ADAS 可透過分析駕駛行為來檢測駕駛人是否有睡意，再搭配其攝影鏡頭來監視駕駛人頭部和眼睛的運動，以判斷駕駛員是否疲勞。例如駕駛員的頭向下垂，則表明駕駛人正在入睡，駕駛人的眼睛完全閉上，而保持合攏則幾乎可以肯定，無論哪種情況，ADAS 將會發出警報並喚醒駕駛人。另外，亦可探討駕駛人於工作崗位的心理狀態(如：職場人際關係、薪資與福利及安全感跟穩定感等)、相關層面的心理因素。

2.4 大規模群體決策方法

涂兆輝(2006)指出決策者在面對績效評估相關問題時，所應考量的主要客題可以分為以下幾個方向，分別是績效評估架構建立、評估準則權重設定、準則分數衡量、績效分數計算等四大部份，為了避免在績效評估過程當中產生偏差及造成獨斷，集合多位專家以群體決策的方式取得共識，是績效

評估過程中最佳的選擇方案之一。林于婷(2018)指出大群體決策方法可以有效的建立酒駕防制策略架構，包含目標、評估準則與策略研擬，並且能透過蒐集利害關係人之意見，對其準則與策略之評價，利用大群體決策方法求得各策略之有效程度排序。

根據相關文獻回顧，本研究探討的國道客運服務評鑑機制將影響不同領域的利害關係人，且考量到各群利害關係人的專業、切入點與立場可能有所不同，因此本研究認為採用的大群體決策方法，將參與者視為非獨立個體的大群體決策方法較為恰當。

三、研究方法

3.1 隨機優勢準則之多屬性大群體決策方法

過往對於群體決策法的問題，多數研究會將受訪者認定為獨立個體，且為方便計算大量的受訪者偏好結構，會依照受訪者的填答偏好將受訪者區分為多種類別的群體。而大群體決策方法則並非將每位受訪者視為獨立個體，考量受訪者之間可能擁有相同利益、立場或專業背景，因而在受試前事先將受訪者分群，再透過運算整合意見以進行決策分析。

此方法主要分為兩階段：各群體偏好整合，以及整體策略排序。群體偏好整合主要透過計算各群體受訪者在各準則下對於各策略的評價之機率分布，而後設定與計算各群體之主觀與客觀權重，得以合併各群體的偏好形成整體偏好；而整體策略之排序則利用上述之整體偏好，透過隨機優勢準則以建立兩兩策略之間的優勢關係與程度，最後利用 PROMETHEEII 方法計算排序值，以進行策略排序。

階段一：各群體偏好整合

1. 計算各群體在各準則下對各策略的評價尺度機率分佈

根據來自 G_i 群體的受訪者所提供的評價尺度訊息，組成評價尺度矩陣 $D_i = [d_{ij}^h]_{n \times q_i}$ ，建立用來檢驗、說明的矩陣 $I_i = [I_{ij}^h]_{n \times q_i}$ ，其中 I_{ij}^h 為一向量， $I_{ij}^h = (I_{ij}^{h1}, I_{ij}^{h2}, \dots, I_{ij}^{ht})$ 。向量 I_{ij}^h 是由 0 與 1 所組成，而 d_{ij}^h 為群體 G_i 的第 h 位受訪者對策略 A_j 所評價某 S 集合中的評價尺度；若 $d_{ij}^h = S^l$ ， $I_{ij}^h = 1$ ；若 $d_{ij}^h \neq S^l$ ， $I_{ij}^h = 0$ ，其中 $j = 1, 2, \dots, n$ ， $h = 1, 2, \dots, q_i$ ， $l = 1, 2, \dots, t$ 。

接著，根據矩陣 $I_i = [I_{ij}^h]_{n \times q_i}$ ，即可計算出代表群體 G_i 對策略 A_j 評價為尺度 S^l 的總人數 q_{ij}^l ，如公式 3.1 所示。而後根據 q_{ij}^l ，即可計算出代表群體 G_i 的參與人對策略 A_j 評價為尺度 S^l 的機率 p_{ij}^l ，如公式 3.2。

$$q_{ij}^l = \sum_{h=1}^{q_i} I_{ij}^{hl}, i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n, l = 1, 2, \dots, t \quad (3.1)$$

$$p_{ij}^l = \frac{q_{ij}^l}{q_{ij}}, i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n, l = 1, 2, \dots, t \quad (3.2)$$

可顯而知， $\sum_{l=1}^t p_{ij}^l = 1, 0 \leq p_{ij}^l \leq 1, i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n, l = 1, 2, \dots, t$ 。因此，根據 $p_{ij}^1, p_{ij}^2, \dots, p_{ij}^t$ ，即可建立群體 G_i 對策略 A_j 評價為尺度 S^l 的機率分佈 $P_{ij}(x)$ 。為方便表示，通常會以向量的形式表示機率分佈，如公式 3.4 所示。

$$P_{ij}(x) = \begin{cases} p_{ij}^1, & x = S^1 \\ p_{ij}^2, & x = S^2 \\ \vdots \\ p_{ij}^t, & x = S^t \end{cases} \quad i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n \quad (3.3)$$

$$P_{ij} = (p_{ij}^1, p_{ij}^2, \dots, p_{ij}^t) \quad (3.4)$$

2. 訂定主觀權重

在大群體決策方法中，為了統整來自所有群體的意見資料形成一個可表示整個大群體對決策的想法與偏好，各群體的對於意見資料須與其權重相乘以進行整併。而各群組的權重將由研究者認定各群體對決策的重要性以及群體之間的共識度來決定。

因著不同群體的參與者可能在專業知識、經驗背景、利害關係的差異，研究者可能會特別在意某些群組對決策議題帶來的影響，因此研究者可因應決策議題的性質或群體的性質，對於各群組自行設定適當各自的權重；這種由研究自行指派的權重，稱之為主觀權重(subjective weights)。

群體 G_i 的主觀權重 w_i^{sub} 主要根據群體的重要程度由研究者自行訂定。若考慮公平性，則群體 G_i 的主觀權重可根據其群體人數決定，例如 $w_i^{sub} = q_i / \sum_{k=1}^m q_k, i = 1, 2, \dots, m$ ；若研究者無法明確判斷重要性，可蒐集相關專家對於各群體重要性的偏好，再利用相關研究方法整合專家偏好以訂定主觀權重。

3. 計算客觀權重

另一方面，受訪者即便屬於同一群組內，其之間想法與立場上仍會有差異存在，這些差異會影響決策結果，通常越高的共識度，代表參與者之間對策略 A_j 有更一致的知識、觀點或立場，對最終決策的影響力也就越大，故群體 G_i 對策略 A_j 的客觀權重(objective weights)則可以透過共識度的計算來推論，越高的共識度則會轉換為更高的客觀權重。

為求得各群體的客觀權重，首先計算各群體參與者所提供意見的共識度(consensus)。假設 $B = \{B^1, B^2, \dots, B^t\}$ 為一組評價尺度子集，其選擇機率分佈 $P_{ij} = (p_{ij}^1, p_{ij}^2, \dots, p_{ij}^t)$ 與變異數 $Var(P_{ij})$ 之計算如公式 3.5 與 3.6 所示。此外 $B = \{B^1, B^2, \dots, B^t\}$ 的選擇機率分佈的所有可能性中，理論上最大的變異情況之機率分佈為 $P^*(x)$ ，故可求得理論上之最大之變異 $Var(P^*)$ 如公式 3.8 所示。

$$P_{ij}(x) = \begin{cases} p_{ij}^1, & x = B^1 \\ p_{ij}^2, & x = B^2 \\ \vdots \\ p_{ij}^t, & x = B^t \end{cases}, \quad i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n \quad (3.5)$$

$$Var(P_{ij}) = \sum_{l=1}^t p_{ij}^l (B^l - \sum_{k=1}^t p_{ij}^k B^k)^2 \quad (3.6)$$

$$i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n$$

$$P^*(x) = \begin{cases} 0.5, & x = B^1 \\ 0, & x = B^2 \\ \vdots \\ 0, & x = B^{t-1} \\ 0.5, & x = B^t \end{cases} \quad (3.7)$$

$$Var(P^*) = 0.5[B^1 - (0.5B^1 + 0.5B^2)]^2 + 0.5[B^t - (0.5B^1 + 0.5B^t)]^2 \quad (3.8)$$

接著，可依照群體 G_i 中參與者之評價尺度分布的變異數與理論上最大變異情況以計算各群體之共識度 CI_{ij} ，如公式 3.9 所示。通常 CI_{ij} 越大，群體 G_i 的意見重要程度越大，這是因為較大的 CI_{ij} 表示群體 G_i 在準則 A_j 下擁有較統一的知識或觀點。因此群體 G_i 在策略 A_j 下的客觀權重即依據共識度 CI_{ij} 來決定。最後，群體 G_i 在準則 A_j 下的客觀權重 w_{ij}^{ob} 即可透過以下求得，如公式 3.10 所示。若 $\sum_{k=1}^m CI_{kj} = 0$ ， $w_{ij}^{ob} = w_i^{sub}$ ，則表示最終決策權重將僅由主觀權重來決定。

$$CI_{ij} = 1 - \sqrt{\frac{Var(P_{ij})}{Var(P^*)}}, \quad i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n \quad (3.9)$$

$$w_{ij}^{ob} = \begin{cases} CI_{ij} / \sum_{k=1}^m CI_{kj} & \text{if } \sum_{k=1}^m CI_{kj} > 0 \\ w_i^{sub} & \text{if } \sum_{k=1}^m CI_{kj} = 0 \end{cases} \quad (3.10)$$

$$i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n$$

4. 計算決策權重

為了統整各群體的意見並建立大群體對決策策略的整體意見，必須整合主觀與客觀權重，產生各群體的決策權重(decision weights)，其計算主要透過主觀權重 w_i^{sub} 與客觀權重 w_i^{ob} 的綜合所得出，公式如 3.11 所示。其中 α 與 β 為係數， $0 \leq \alpha, \beta \leq 1$ ， $\alpha + \beta = 1$ 。且當 $\alpha = 0$ (即 $\beta = 1$)時，即表示在此大群體決策過程僅考慮主觀權重；若研究者無法明確判斷主觀權重應如何訂定，且無法判斷主觀權重與客觀權重相對之重要性時，可令 $\alpha = 1$ (即 $\beta = 0$)，將客觀權重作為唯一考量。

$$w_{ij} = \alpha w_{ij}^{ob} + \beta w_{ij}^{sub}, i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n \quad (3.11)$$

5. 整合各群體之機率分佈矩陣

為了讓各策略得以評估排序，必須將所有群體的機率分佈與決策權重整合，方能得出在各準則下各策略的整體機率分佈。在策略 A_j 下的整體機率分佈 P_j 則由以下公式求得：

$$P_j = \sum_{i=1}^m w_{ij} p_{ij}^l = w_{1j} p_{1j}^l + w_{2j} p_{2j}^l + \dots + w_{mj} p_{mj}^l \quad (3.12)$$

$$i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n$$

階段二：策略比較與排序

本研究方法主要解決問題為根據大群體中決策者給出的評價值 X_{ij}^l 和準則權重向量 W ，利用有效的決策分析法來得到所有策略的排序。而階段二將利用階段一所得出之整體群體機率分佈矩陣進行以下步驟：

1. 兩兩策略比較隨機優勢關係

首先，依據第一階段整合各群體之機率分佈矩陣，可得策略 A_i 對應於準則 C_j 的群體評價值 X_{ij} 的機率分布 $P(x_{ij})$ 如式 3.15，且可計算出策略 A_i 對於達成準則 C_j 之有效度的累積分布函數 $F_{ij}(x)$ 如式 3.16，以及群體評價值 X_{ij} 的期望值 u_{ij} 如式 3.3.17。

$$P(x_{ij}) = \begin{cases} P_{ij}^1, & x_{ij} = H_j^1 \\ P_{ij}^2, & x_{ij} = H_j^2 \\ \vdots & \\ P_{ij}^s, & x_{ij} = H_j^s \\ \vdots & \\ P_{ij}^{qj}, & x_{ij} = H_j^{qj} \end{cases} \quad (3.15)$$

$$i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n, s = 1, 2, \dots, q_i$$

$$F_{ij}(x) = \begin{cases} 0, & x_{ij} < H_j^1 \\ p_{ij}^1, & H_j^1 < x_{ij} < H_j^2 \\ p_{ij}^1 + p_{ij}^2, & H_j^2 \leq x_{ij} < H_j^3 \\ \vdots & \\ p_{ij}^1 + p_{ij}^2 + \dots + p_{ij}^{s-1}, & H_j^{s-1} \leq x_{ij} < H_j^s \\ \vdots & \\ 1, & x_{ij} < H_j^{q_j} \end{cases} \quad (3.16)$$

$$i = 1, 2, (m, j = 1, 2, (n, s = 1, 2, \dots, q_i$$

$$u_{ij} = \sum_{s=1}^{q_j} p_{ij}^s H_j^s \quad (3.17)$$

$$i = 1, 2, m, j = 1, 2, n, s = 1, 2, \dots, q_i$$

依據求得之累積分布函數，運用隨機優勢準則判斷策略 A_i 和策略 A_h 針對準則 C_j 是否具有隨機優勢關係，具體作法如**錯誤！找不到參照來源。**所示，說明如下：

一階隨機優勢(First Degree Stochastic Dominance, FSD)：

依據一階隨機優勢定理，決策者的偏好為策略 A_i 一階隨機優於策略 A_h ，稱之為 $F_{ij}(x) FSD F_{hj}(x)$ 。若策略 A_i 的累積機率 $F_{ij}(x)$ 永不大於策略 A_h 的累積機率 $F_{hj}(x)$ ，即 $F_{ij}(x) \leq F_{hj}(x)$ ，則一階隨機優勢成立；若上述條件不成立，則進行下一階段比較。

二階隨機優勢(Second Degree Stochastic Dominance, SSD)：

若策略 A_i 的累積機率函數之累加永不大於策略 A_h 的累積機率之累加，意即 $\int F_{ij}(x) dx \leq \int F_{hj}(x) dx$ ，則依據二階隨機優勢定理，決策者的偏好為策略 A_i 二階隨機優於策略 A_h ，稱之為 $F_{ij}(x) SSD F_{hj}(x)$ 。若上述條件仍不成立，則進行下一階段比較。

三階隨機優勢(Third Degree Stochastic Dominance, TSD)：

若策略 A_i 的累積機率函數之累加再累加永不大於策略 A_h 的累積機率之累加再累加， $\int \int F_{ij}(x) dx \leq \int \int F_{hj}(x) dx$ ，同時策略 A_i 的期望值大於策略 A_h ，即 $u_{ij} > u_{hj}$ ，此時策略 A_i 三階隨機優於策略 A_h ，稱之為 $F_{ij}(x) TSD F_{hj}(x)$ 。若上述條件仍不成立，則不再繼續對策略進行隨機優勢比較。

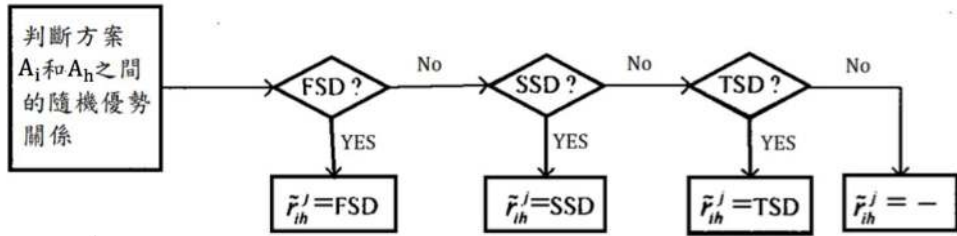


圖 2 兩兩策略隨機優勢關係之判斷

最後即可進一步建立隨機優勢關係矩陣 $\tilde{R}_j = [\tilde{r}_{ih}^j]_{m \times m}$, 其中 \tilde{r}_{ih}^j 表示策略 A_i 和策略 A_h 之間針對準則 C_j 所具有的隨機優勢關係, 如式 3.18。

$$\tilde{r}_{ih}^j = \begin{cases} FSD, F_{ij}(x) FSD F_{hj}(x) \Leftrightarrow A_i FSD A_h \\ SSD, F_{ij}(x) SSD F_{hj}(x) \Leftrightarrow A_i SSD A_h \\ TSD, F_{ij}(x) TSD F_{hj}(x) \Leftrightarrow A_i TSD A_h \\ - , \text{其他} \end{cases} \quad (3.18)$$

2. 計算兩兩策略比較之總體優勢度

透過上述隨機優勢關係矩陣 $\tilde{R}_j = [\tilde{r}_{ih}^j]_{m \times m}$, 依據 PROMETHEE II 計算兩兩策略之總體優勢度, 以便後續之排序。為了方便起見, 記 SD_T 為兩兩策略比較所具有的隨機優勢關係, 可以表示 FSD、SSD 和 TSD 中的任意一種隨機優勢關係。 p_j 為關於準則 C_j 的偏好門檻值; 此門檻值 p_j 由研究者主觀判定, 透過適度調整其大小能改變策略偏好比較的敏感度(林熟汝, 2011); 而 Mladineo 等人(2016)統整了最常使用之輔助判定 p_j 的方法之一為將最大與最小之評估值(即期望值 u_{ij})相減, 以此值作為 p_j 。關於準則 C_j , 任意兩策略 A_i 和策略 A_h 之間存在以下三種關係:

- 策略 A_i 嚴格優於策略 A_h , 即 $F_{ij}(x) SD_T F_{hj}(x)$ 且 $u_{ij} \geq u_{hj} + p_j$;
- 策略 A_i 稍微優於策略 A_h , 即 $F_{ij}(x) SD_T F_{hj}(x)$ 且 $u_{hj} < u_{ij} < u_{hj} + p_j$;
- 策略 A_i 無差異於策略 A_h , 即不存在 $F_{ij}(x) SD_T F_{hj}(x)$ 或 $F_{hj}(x) SD_T F_{ij}(x)$

針對準則 C_j 的有序策略 $S_j(A_i, A_h)$ 的偏好函數為:

$$S_j(A_i, A_h) = \begin{cases} 1, F_{ij}(x) SD_T F_{hj}(x) \text{ 且 } u_{ij} \geq u_{hj} + p_j \\ \frac{u_{ij} - u_{hj}}{p_j}, F_{ij}(x) SD_T F_{hj}(x) \text{ 且 } u_{hj} < u_{ij} < u_{hj} + p_j \\ 0, \text{其他} \end{cases} \quad (3.19)$$

其中， $S_j(A_i, A_h) \in [0, 1]$ 。 $S_j(A_i, A_h)$ 的值越接近 0 時，策略 A_i 和 A_h 之間的優劣關係差異越小；當 $S_j(A_i, A_h) = 0$ 時，策略 A_i 和 A_h 之間的優劣關係則無差異； $S_j(A_i, A_h)$ 的值越接近 1 時，策略 A_i 和 A_h 之間的優劣關係差異越大。尤其，當 $S_j(A_i, A_h) = 1$ 時，策略 A_i 嚴格優於策略 A_h 。運用簡單加權原則，可建立兩兩策略比較的總體優勢度矩陣，如式 3.20。其中， σ_{ih} 為有序策略 (A_i, A_h) 的總體優勢度，其公式如式 3.3.21；而優勢度 σ_{ih} 描述了策略 A_i 優於策略 A_h 的可信度， $\sigma_{ih} \in [0, 1]$ ， σ_{ih} 越大，表示策略 A_i 優於策略 A_h 的程度越大。

$$D = [\sigma_{ih}]_{m \times m} = \begin{matrix} & A_1 & A_2 & \cdots & A_m \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} - & \sigma_{12} & \cdots & \sigma_{1m} \\ \sigma_{21} & - & \cdots & \sigma_{2m} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \sigma_{m1} & \sigma_{m2} & \cdots & - \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (3.20)$$

$$\sigma_{ih} = \sum_{j=1}^m w_j S_j(A_i, A_h) \quad (3.21)$$

$$i = 1, 2, m, j = 1, 2, \dots, n, h = 1, 2, 2, n, i \neq h$$

3. 計算排序值並排序

依據矩陣 D ，令 $\Phi^+(A_i)$ 和 $\Phi^-(A_i)$ 分別表示策略 A_i 的「相對優勢」和「相對劣勢」，其計算分別如式 3.22 與 3.23。 $\Phi^+(A_i)$ 被視為策略 A_i 優於其策略的總可信度， $\Phi^+(A_i)$ 越大，表示策略 A_i 相較之下越好；而 $\Phi^-(A_i)$ 被視為策略 A_i 劣於其他策略的總可信度， $\Phi^-(A_i)$ 越小，表示 A_i 相較之下越好。最後，透過 $\Phi^+(A_i)$ 和 $\Phi^-(A_i)$ ，可計算策略 A_i 的總可信度，也就是排序值 Φ 總 A_i ，其計算如式 3.24。依據 $\Phi(A_i)$ 值的大小，即可對各策略進行排序，以比較出最好的決策，即完成隨機優勢之多屬性大群體決策方法的計算。

$$\Phi^+(A_i) = \sum_{\substack{h=1 \\ h \neq i}}^m \sigma_{ih}, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (3.22)$$

$$\Phi^-(A_i) = \sum_{\substack{h=1 \\ h \neq i}}^m \sigma_{hi}, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (3.23)$$

$$\Phi(A_i) = \Phi^+(A_i) - \Phi^-(A_i), \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (3.24)$$

根據上述，此方法完整的計算步驟簡述如下：

階段一：各群體偏好整合

1. 計算各群體在各準則下對各策略的評價尺度機率分佈 $P_{ij}(x)$ 。

2. 訂定主觀權重 w_i^{sub} 。
3. 利用共識度 CI_{ij} 計算客觀權重 w_{ij}^{ob} 。
4. 統整主觀與客觀權重，得出決策權重 w_{ij} 。
5. 整合各群體機率分佈矩陣。

階段二：策略比較與排序

1. 根據整合後之機率分佈，比較兩兩策略隨機優勢關係，並建立其矩陣 $\tilde{R}_j = [\tilde{r}_{ih}^j]_{m \times m}$ 。
2. 計算兩兩策略比較之總體優勢度 σ_{ih} ，並建立總體優勢度矩陣 $D = [\sigma_{ih}]_{m \times m}$ 。
3. 計算相對優勢 $\Phi^+(A_i)$ 與相對劣勢 $\Phi^-(A_i)$ 並相減得出排序值 $\Phi(A_i)$ ，即可完成策略排序。

3.2 評鑑項目之建議架構與指標

1. 評鑑項目之建議架構

本研究欲建立的新評鑑項目係在現有國道客運評鑑中另設相對應的安全指標類別，其安全定義係指會影響乘客性命危害之因素。本研究將運用大群體決策方法計算出專家學者對於舊有評鑑項目的評分，再以所有項目的中位數為標準，去篩選並刪除所有低於總體分數 25% 的舊有評鑑項目，而保留的項目經由彙整後如表 1 所示。

表 1 納入評鑑項目之彙整表

評鑑項目	評鑑指標	評分項目
B. 運輸工具設備與安全	B2. 車輛設備	12. 安全窗是否可正常使用且標示清楚
	B4. 車輛紀錄	2. 車輛維修保養制度及執行狀況
C. 旅客服務品質與駕駛員管理	C2. 駕駛員管理	2. 駕駛員出勤前是否實施酒精、體溫及血壓檢測
		3. 定期健康檢查項目
		4. 特定駕駛員列管
C5. 旅客服務		1. 駕駛員行車期間是否有飲食之情形

	品質	2.駕駛員行車期間是否有使用手機聊天
		3.駕駛員之危險駕駛行為

從表 1 可知，所採納的指標來自於「運輸工具設備與安全」與「旅客服務品質與駕駛員管理」的類別中，因此新評鑑架構的安全類別主要涵蓋設施與駕駛因素兩大構面，其中設施的評分項目中已相當完善，但於駕駛因素中仍有部分的問題存在。「C5 旅客服務品質」標文明顯與評分項目不夠契合，同時對於駕駛人之危險駕駛行為(C5-3)的界定顯得模糊，且評鑑指標以問卷方式進行評估亦存在信度與效度上的疑慮，因此在新評鑑中於原五大類中，新增第六類的評鑑項目為「乘車安全」，主要基於彙整的各項指標進行修正與分類，針對於駕駛因素的面向探討更能明確判定駕駛危險行為，同時結合 ADAS 系統所產出更為細緻的參數，期望建立更具效度與監督預防作用的國道客運評鑑的安全項目指標架構，如圖 3 所示。

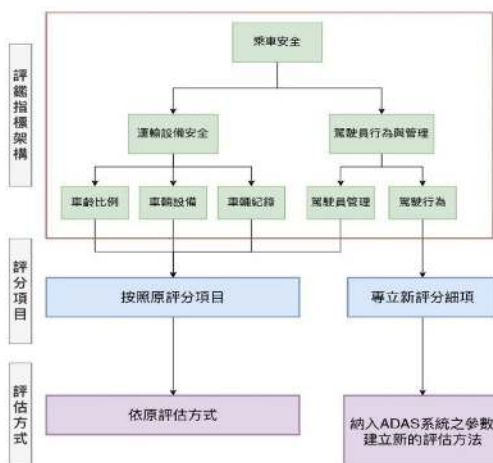


圖 3 納入 ADAS 之安全項目指標建議架構

2. 建立新參數指標

本研究彙整「臺北市聯營公車行車肇事原因分析」、「國道客運評鑑制度」、「台北市公車評鑑制度」針對於駕駛行為的規範，同時因造成危險駕駛行為的潛在因素與駕駛的心理狀態存在關聯性，更進一步納入駕駛心理狀態做為評估考量，綜合上述的內容以確立新評鑑中駕駛行為的評分細項。

由於現行問卷的評估方式不適宜應用在駕駛行為的衡量上，為更精確的量化與評估，本研究整理 ADAS 系統中相關輔助駕駛的功能，透過蒐集系統中可能的應用參數，以探討駕駛行為評估方法結合的可能性，因此將直接違規主因與潛在影響因素與 ADAS 中對應功能進行彙整，並提出可能用於評鑑中的量化指標，如表 2 所示。

表 2 ADAS 系統與評鑑項目匹配表

分類	項目	系統類別	量化指標
直接影響行為	未保持行車安全距離	CAS	系統自動煞車次數
		ACC	車速設置不合理次數
	變換車道或方向不當	LDWS	系統警示音次數與偵測碰觸車道線次數
		CAS	系統警示音次數
	未注意車前狀態	BSD	系統警示音次數與事故發生筆數
	未待乘客上下車即開動	BAS	車門攝像機有行人上車並同時偵測到踩油門次數
	未保持併排安全間隔	BSD	系統與偵測與左右車輛的是否安全
	無故急煞車猛起步	FCWS	前方未有狀況卻有急煞車次數
	闖紅燈或搶黃燈	TSSR	系統紀錄違規次數
	轉彎未減速	BAS	偵測到煞車板力度未減同時方向盤轉動的紀錄次數
	超速行駛	行車紀錄器	超速行駛距離
	未禮讓行人優先	PD	系統警示音次數
	左右轉違規與疏忽	BSD	事故發生筆數對照系統警示音次數
潛在影響因素	駕駛心理狀態	駕駛人生理狀態監視系統	系統警示音次數

四、實證分析

4.1 利害關係人之問卷蒐集

Freeman 於 1984 年提出利害關係人為會影響組織目標或被組織影響的團體或個人，此一定義已被廣泛接受。而本研究欲提出以安全為本的國道評鑑機制，因此問卷調查將以行政機關、交通專業人士、汽車客運業者、民間相關機構等領域之利害關係人。本次問卷之利害關係人如表 3 所示：

表 3 問卷蒐集之利害關係人

群體	利害關係人	任職公司/單位	加總人數
G1	政府行政機關	公路總局	3
	政府行政機關	台北市公共運輸處	
G2	客運業者	大都會汽車客運股份有限公司	4
	客運業者	噶瑪蘭客運	
	客運業者	國光客運	
	客運業者	指南客運	
G3	交通專業人士	交通大學	4
	交通專業人士	逢甲大學	
	交通專業人士	淡江大學	
	交通專業人士	工研院	
G4	民間相關機構	華電聯網/技術整合部交控組	4
	民間相關機構	即時雲端股份有限公司	
	民間相關機構	ADAS 設備商	

4.2 新評鑑項目之評選與排序

4.2.1 新評鑑項目之評選

在完成問卷收集後，首先利用大群體決策方法將各方利害關係人之意見進行合併，而後利用隨機優勢準則進行策略的兩兩比較，最後透過PROMETHEEII法進行策略的排序，以評選出相關利害人認為應優先採納之新版評鑑項目。

1. 階段一:各群體偏好整合

1. 計算各群體在各準則下對各策略的評價尺度機率分布

利用問卷所得之評價數據，計算各群體在三個準則下對各策略的評價尺度機率分布，形成各準則下，各群體對各策略的評價向量。

2. 計算共識度與客觀權重

在權重計算的部分，此方法的特性之一為可供研究者依照重要性的不同而給予不同群體的主觀權重。然由於本研究無法自行明確判斷各群體之間的重要程度，因此將客觀權重作為唯一考量，令客觀權重係

數 $\alpha=1$ 、主觀權重係數 $\beta=0$ ，計算客觀權重以求得各群體分配到之整體權重。而客觀權重係透過共識度的計算求得，當群體 G_i 的共識度越高，代表群體內的參與者之間的評價較為一致，對最終決策的影響力也越大，因此在評價策略 A_j 獲得較高的客觀權重。共識度的計算如公式 3.5 至 3.9 所示，最終求得的各群體在各準則下對每項策略的評價共識程度。

3. 整合各群體之機率分布矩陣

將各群體的評價分布機率分布與各群體之決策權重整合，即可得到整合群體之機率分布矩陣。由整合之矩陣可知，在評估準則 C1 下，策略 A33 的整體評價分數為 0 分的佔 0.00%、1 分的佔 0.00%、2 分的佔 0.00%、3 分的佔 0.00%、4 分的佔 0.07%、5 分的佔 0.28%、6 分的佔 0.64%，當分數越高比例亦越高，表示該策略被認為有效的程度越高。

評估準則整合方式與上述之策略整合方式相同，也經過評價尺度機率分布、群體共識度，以及客觀權重之計算，最後求得評估準則機率分布矩陣。最後將各分數乘以各分數對應之機率分布，形成各責之期望值，再對期望值以增加限制方式進行歸一化後得到準則權重向量 $w=(0.36, 0.31, 0.33)$ 。

2. 階段二:策略比較與排序

1. 兩兩策略比較隨機優勢關係

依據第一階段整合各群體之機率分布矩陣，已得出每項策略對於達成各擇的群體評價值機率分布。而為分析並排序出所有策略的優劣，首先須計算累積分布函數及期望值 u_{ij} ，以輔助後續判斷兩兩策略間的隨機優勢關係。

依據求得之累積分布函數，運用圖 2 之隨機優勢準則判斷同一準則下兩兩策略是否具有隨機優勢關係，並將兩兩策略間的關係建立成隨機優勢關係矩陣。

2. 計算兩兩策略比較之總體優勢度

透過上述隨機優勢關係矩陣之建立，而後依據 PROMETHEEII 法計算兩兩策略之總體優勢度。當兩兩策略具有隨機優勢關係時，無論為 FSD、SSD 和 TSD 中的任意一種隨機優勢關係，則可用式 3.19 計算出兩方案的隨機優勢度。其中，各標準下的偏好門檻值參考 Mladine 等人(2016)統計出最常使用之輔助判定門檻值 p_j 的方法為將最大與最小之期望值相減，將本研究之門檻值分別訂為 $p_1=0.40$; $p_2=1.17$; $p_3=0.80$ 。

最終計算出的兩兩策略比較之總體優勢度。

3. 計算排序值並排序

依據兩兩策略比較之總體優勢度矩陣，分別用式 3.22 與 3.23 計算各策略之相對優勢值和相對劣勢值，再依照式 3.24 計算各策略之總體排序值，即可對各策略進行排序，比較出有效之策略，其計算結果如表 4 所示。

4.2.2 新評鑑項目之排序

透過大群體決策方法所產出的排序表中，「轉彎未減速」、「未注意車前狀態」、「未保持併排安全間隔」、「變換車道或方向不當」、「超速駕駛」、「左右轉違規與疏忽」皆為優勢度數值為正的項目，代表其項目與評估的方法上皆較為符合設立之準則，為具效度與信度的安全指標。同時其應用之系統類別多為盲點偵測系統，佔據當中 50%比例，顯示此系統之設定的量化指標能充分反映對應之違規情況。

在排序表優勢度為負的項目當中，「駕駛心理狀態」為評比最低的項目，雖然透過文獻回顧中，得知駕駛的心理狀態為交通事故重要之潛在影響的因素，同時也推估先進駕駛輔助系統之駕駛生理狀態監視功能，能夠有效反映真實的情況，但以各利害群體抱持的面向評斷，並不符合安全指標設立的準則，本研究分析原始問卷填答的結果發現此項目於目標事故的連結性高，代表評分項目是具較好的指向性與關聯性，與預期落差的關鍵在於資料取得容易性與客觀性之兩項準則，因此推估評估的方法上並不合適，可能的原因在於其系統的核心在於基於卷積神經網路(CNN)的影像辨識方法，於駕駛心理狀態辨識課題上的疑慮，雖然卷積神經網路的確於影像辨識中有良好適性，前提是基於物體類別的分類任務當中，即受測的目標物與分類存在不容模糊連結性，而對於狀態上的判別分類則會延伸許多問題點，像是於反映心理狀態之行為的定義，即使行為定義明確仍會因為其動作連續性，在卷積神經網路中多為單幀辨識方法，受連續影像產生的動態模糊與遮蔽之影響程度巨大，進而導致效果不佳。

同為基於影像辨識為核心的車道偏離警示系統，因辨識目標單一明確且受連續影像影響程度不高，在準則中較為符合，為表中排序第四名的位置；而交通標誌/號誌偵測與辨識系統，雖然同樣有明確的辨識標的，但於連續影像中受時間與空間影響較為嚴重，因此排名不高；駕駛心理狀態辨識系統則是在這兩個面向當中皆存在疑慮，因而為最不理想的評估量化指標依據。

由項目排序表可得知排序第 5 名的「超速行駛」之總體得分為 1.55，

其與第 6 名的「左右轉違規與疏忽」之總體得分 0.677，有顯著差異之特點，且前五名之總體得分皆高於 1.5，由此可知，前 5 名於納入評鑑項目中較具可行性。

表 4 新評鑑項目排序表

項目	評分項目	系統類別	評估方法	優勢率	劣勢率	總體	排序
A42	轉彎未減速	煞車輔助系統(BAS)	偵測到煞車板力度未減同時方向盤轉動的紀錄次數	2.0077387	0	2.00774	1
A37	未注意車前狀態	盲點偵測系統(BSD)	系統警示音次數與事故發生筆數	2.18543	0.3522711	1.83316	2
A39	未保持併排安全間隔	盲點偵測系統(BSD)	系統與偵測與左右車輛的距離是否安全	1.99372	0.1647306	1.82899	3
A35	變換車道或方向不當	車道偏離警示系統(LDWS)	系統警示音次數與偵測碰觸車道線次數	1.92198	0.2260835	1.69589	4
A43	超速行駛	行車紀錄器	超速行駛距離	1.81409	0.2565734	1.55752	5
A45	左右轉違規與疏忽	盲點偵測系統系統(BSD)	事故發生筆數對照系統警示音次數	1.28575	0.6086402	0.67711	6
A40	無故急煞車猛起步	前方防撞輔助系統(FCWS)	前方未有狀況卻有急煞車次數	0.8271036	0.9564372	-0.12933	7
A33	未保持行車安全距離	汽車防撞系統(CAS)	系統自動煞車次數	0.86261	1.5085691	-0.64596	8
A38	未待乘客上下車即開動	煞車輔助系統(BAS)	車門攝像機有行人上車並同時偵測到踩油門次數	0.3624158	1.033032	-0.67062	9
A41	闖紅燈或搶黃燈	交通標誌/號誌偵測與辨識(TSSR)	系統紀錄違規次數	0.86887	1.6878972	-0.81903	10
A36	變換車道或方向不當	汽車防撞系統(CAS)	系統警示音次數	0.9372369	1.7787582	-0.84152	11
A34	未保持行車安全距離	主動車距控制巡航系統(ACC)	車速設置不合理次數	0.4428643	1.6728642	-1.23000	12
A44	未禮讓行人優先	行人偵測系統(PD)	系統警示音次數	0.3596187	1.800403	-1.44078	13
A46	駕駛心理狀態	駕駛人生理狀態監視系統	系統警示音次數	1.0948599	4.9180238	-3.82316	14

五、結論與建議

5.1 結論

1. 本研究先將各項目之三種準則分數進行平均後，利用四分位數 Q1 將平均分數落於 Q1 之後的全刪除，保留前 25% 舊的評鑑項目，即代表該項目有延用的價值，發現「安全窗是否可正常使用且標示清楚、車輛維修保養制度及執行狀況、駕駛員出勤前是否實施酒精、體溫及血壓檢測、定期健康檢查項目、特定駕駛員列管、駕駛員行車期間是否有飲食之情形、駕駛員行車期間是否有使用手機聊天、駕駛員之危險駕駛行為」等項目和安全有相關性。
2. 本研究將所有項目(包含：既有評鑑項目與欲納入的 ADAS 評鑑項目)進行各分數上的加總，然後計算出中位數作為評判該系統留存與否的標準，結果發現所有 ADAS 項目處理過後的數值佔篩選過後的總體比重高，由此可知，其納入評鑑有高度的可行性。由比重得知專家學者普遍認為將 ADAS 所有項目納入評鑑皆有發展潛力。同時亦發現 ADAS 系統皆高於中位數且相較舊制的評鑑項目來的更高，由此可知本研究彙整之 ADAS 評鑑項目確有納入評鑑的參考價值。
3. 根據大群體決策方法的分析對本研究彙整後欲納入新制評鑑系統的 14 項 ADAS 系統進行排序，分析結果依序為煞車輔助系統(BAS)、盲點偵測系統(BSD)、盲點偵測系統(BSD)、車道偏離警示系統(LDWS)、行車紀錄器、盲點偵測系統系統(BSD)、前方防撞輔助系統(FCWS)、汽車防撞系統(CAS)、煞車輔助系統(BAS)、交通標誌/號誌偵測與辨識(TSSR)、汽車防撞系統(CAS)、主動車距控制巡航系統(ACC)、行人偵測系統(PD)、駕駛人生理狀態監視系統。

5.2 建議

1. 現有之公路評鑑系統根據專家學者問卷分析後整理出和駕駛行車安全有相關性的項目，仍可繼續沿用於評鑑制度；而低於 Q1 之項目與行車的安全保障較無關聯，建議從評鑑項目表中汰除。
2. 根據大群體決策分析方法對 14 個 ADAS 系統做出可行性排序，經過統計和分析後得出總體值，得出具參考價值的評鑑項目，依序為：**煞車輔助系統、盲點偵測系統(未注意車前狀態)、盲點偵測系統(未保持併排安全間隔)、車道偏離警示系統、行車紀錄器等五大系統類別**，其餘項目

和前五項之總體值產生明顯落差，現階段可暫不納入評鑑系統；由於盲點偵測系統對應的肇事因素皆位於前幾名，故為求利益最大化，建議公路客運業者應優先納入此系統，再循序漸進採用其他功能的系統。

3. 影像辨識技術在駕駛人心理狀態的評估方法中最大的問題點在於無明確定義行為，導致資料的主觀性較強，因此建議後續深化研究提出更嚴謹的定義，以解決評估方法的信度與效度疑慮。

參考文獻

1. 汪進財(2010)，即時安全資訊系統之建構、分析與應用研究，行政院國家科學委員會專題研究成果報告(編號：NSC 97-2221-E-009-116-MY3)。國立交通大學交通運輸研究所。檢自 <file:///C:/Users/lamp8/Downloads/NSC97-2221-E-009-116-MY3.pdf>
2. 交通部運輸研究所合作研究計畫出版品，駕駛人生心理管理讀本。檢自 <https://carrisk.cathay-ins.com.tw/re/21.pdf>
3. 林柏叡(2016)，運用行車影像事故資料分析事故發生過程-以國道客運為例(未出版之碩士論文)，國立交通大第七章 參考文獻學運輸與物流管理學系碩士班，新竹市。
4. 張佳穎(2006)，應用德爾菲法與層級分析法建構大學教師研究績效指標(未出版之碩士論文)，國立台北科技大學工業工程與管理系碩士班，台北市。
5. 賴宏杰(2018)，應用修正式德菲法於商圈考核評鑑指標之建立-以台南市商圈為例(未出版之碩士論文)，國立屏東大學休閒事業經營學系碩士班。
6. 楊千慧、黃美婷(2015)，運用修正式德菲法及層級分析法探討團購行為之關鍵因素，中華管理評論國際學報第十八卷第一期，新竹市。
7. 陳文亮、陳姿樺(2011)，應用修正式德菲層級程序法建構成衣設計指標之研究，人文暨社會科學期刊第七卷第一期，高雄縣。
8. 施聰平(2018)，先進駕駛輔助系統法規趨勢。車輛研究測試中心。檢自 <https://www.artc.org.tw/index.aspx>
9. 吳漢鵬(2019)，2019年起大型車輛應符合之新法規項目(副：ARTC 取得交通部之大型車 VSF、AEB & LDW 法規檢測認可)。車輛中心 技術服務處。

10. 吳建勳(2016)，巴士結構法規及結構設計介紹。車輛研究測試中心(ARTC)工程分析中心。
11. 黃榮章，前方防撞輔助系統評價方法。車輛研究測試中心(ARTC)技術服務處。
12. 張浣瑱(2012)，整合 Delphi 法和 AHP 法探討會議展覽產業關鍵成功因素之研究(未出版之碩士論文)，國立台南教育大學永續觀光暨遊憩管理碩士班，台南市。
13. 林豐福、張開國、張仲杰(2014)，道路交通事故當事人特性分析之研究，交通部運輸研究所。
14. Harris, M. N., Ramful, P. and Zhao, X., 2006. An ordered generalised extreme value model with application to alcohol consumption in Australia. *Journal of Health Economics*, Vol. 25.
15. Callum David Mole, Drivers Fail to Calibrate to Optic Flow Speed Changes During Automated Driving, 2019 Driving Assessment Conference
16. D Shinar, Traffic safety and human behavior, Emerald Group Publishing
17. 蘇章輝(2012)，車輛穩定性電子式控制系統功能及法規介紹，財團法人車安審驗中心。
18. 李玉忠(2017)，智慧車輛自動駕駛系統發展趨勢，財團法人車輛研究測試中心。
19. 107 年國道事故檢討分析(對外本)，高速公路局。
20. 吳俊良、劉瑞賢、游子揚、許敦淵(2012)，精神疲勞駕駛事故跡證態樣-以高速公路交通事故為例，內政部警政署國道公路警察局自行研究報告。
21. 涂兆輝(2006)，群體決策績效衡量模式在物流中心作業之應用探討-明確值、區間值與模糊值之資料收集與分析，明新科技大學工程管理碩士班。
22. 林子婷(2018)，大群體決策方法應用於我國酒後駕車防制策略之研究，淡江大學運輸管理學系運輸科學碩士班。
23. 108 年度國道事故檢討分析報告提要(2019)，交通部高速高路局。

都會區捷運整體路網規劃審議方式研析

Approach to Review Metropolitan Area MRT Network Planning

張舜淵 Shuen-Yuan Chang¹

王劭暉 Shao-Wei Wang²

王清滢 Ching-Hsu Wang³

摘要

交通部要求地方政府進行各別路線可行性研究前，應提送「大眾捷運系統整體路網評估計畫報告書」送交通部審議。為協助地方政府妥善完成整體路網評估作業，交通部運輸研究所發展「捷運路網規劃參考手冊」，提出「捷運整體路網評估」之作業規劃項目、路網方案評估方式、路網分期排序方法及路網整合規劃，以做為地方政府辦理「捷運整體路網評估」之參考。

本研究將分析整體路網評估計畫報告書之審議需求，並依據捷運路網規劃參考手冊中之捷運路網規劃項目，研提各項目審議的方式或審議標準。期望本研究結果，可提供審議報告書之客觀依據，同時亦能提供地方政府撰寫報告書內容之參考。

關鍵詞：捷運路網規劃手冊、審議標準、整體路網評估

Abstract

When developing metropolitan area Mass Rapid Transit (MRT) networks, prior to proceeding with feasibility studies on individual routes, the local governments are required to submit an MRT System Overall Road Network Evaluation Plan Report for a review by the Ministry of Transportation and Communications (MOTC). To assist

-
- 1 交通部運輸研究所運輸計畫組組長(聯絡地址：臺北市松山區敦化北路 240 號，電話：02-23496800，E-mail：iuan@iot.gov.tw)。
 - 2 交通部運輸研究所運輸計畫組副研究員(聯絡地址：臺北市松山區敦化北路 240 號，電話：02-23496809，E-mail：shaowei@iot.gov.tw)。
 - 3 台灣世曦工程顧問股份有限公司正工程師(聯絡地址：臺北市內湖區陽光街 323 號，電話：02-87973567#1622，E-mail：flute@ceci.com.tw)。

with the proper completion of this report and to provide the necessary reference material, the Institute of Transportation under MOTC has developed the MRT Network Planning Reference Manual, which details various aspects of the overall network evaluation operational planning, evaluation methodology, staged development methods, and network integration planning.

This study analyzes the MRT System Overall Road Network Evaluation Plan Report review requirements, and based on the items formulated in the MRT Network Planning Reference Manual, proposes the methods and standards for each of the review items. It is hoped that the results of this study can provide an objective basis for the review of the Report, as well as a reference framework for the local governments to use in its preparation.

Keywords: MRT Network Planning Reference Manual, Evaluation Index, Overall Mass Rapid Transit Network Assessment

一、前言

為審議地方主管機關提出之大眾捷運系統規劃報告書，交通部於民國 100 年 4 月發布「大眾捷運系統建設及周邊土地開發計畫申請與審查作業要點」(以下簡稱「捷運審查作業要點」)，規定地方主管機關應辦理捷運計畫之「可行性研究」、「綜合規劃」，採兩階段規劃與審議。

「捷運審查作業要點」於民國 107 年 2 月修正時，新增規定地方主管機關辦理捷運計畫可行性研究前，應先完成都市發展規劃、綜合運輸規劃，並提出「大眾捷運系統整體路網評估計畫報告書」送交通部審議，後再由整體路網中選擇最優先興建路線辦理「可行性研究」及「綜合規劃」。所增加的「整體路網評估」作業內容，強調都市發展願景、上位計畫、整體公共運輸政策、路網規劃(包括系統、路權、轉乘、營運等)、路網分期發展、先期路網之經濟財務等，多屬於跨越個別捷運路線規劃之整合性介面課題。其辦理目的係為研析都會區合宜之路網方案，評估系統技術型式、路網整合規劃及分期推動計畫，並預留相關場站與機廠設施空間，以做為後續辦理個案計畫之指導性方針，結合都會區整體發展，提升捷運路網營運效率、降低建造與營運之全生命週期成本、減輕中央與地方財政負擔。

為協助地方政府妥善完成整體路網評估作業，交通部運輸研究所發展「捷運路網規劃參考手冊」，手冊內容包含「整體路網評估」之作業規劃項目、路網方案評估方式、路網分期排序方法及路網整合規劃，做為地方政府辦理「整體路網評估」之參考。

有鑑於捷運系統整體路網評估作業為都會區捷運系統發展之指導原則，且目前並無適當之審議方式，為使審議單位與提案單位相互有所遵循，以利整體捷運審議制度的推動與落實。因此本研究除整理分析整體路網評估作業報告審查需求、研擬審查作業流程外，並依循「捷運路網規劃參考手冊」

內容，針對該手冊所提出之整體路網規劃項目，研提審議的方式或標準，期望研究結果，可作為交通部審議大眾捷運系統整體路網評估計畫報告書之客觀依據。

二、捷運路網規劃手冊回顧

2.1 手冊發展背景

為因應「捷運審查作業要點」要求地方政府提送「大眾捷運系統整體路網評估計畫報告書」，交通部運輸研究所於民國 108 年辦理「捷運路網規劃參考手冊」之製作並完成手冊初稿，目的在作為未來各地方政府辦理大眾捷運系統整體路網評估計畫之參考依據，及交通部訂定相關審議原則之參考。

該手冊彙整國內外運輸規劃、都會區運輸需求預測理論與方法，及公共運輸路網規劃設計相關研究成果，並回顧都會區整體軌道運輸路網規劃理論及方法，再經由蒐集分析臺北、桃園、臺中、臺南、高雄等都會區之早期捷運路網規劃案例，以及近年各地方政府依據「捷運審查作業要點」提報之個案計畫「可行性研究」、「綜合規劃」，盤點國內各地方政府捷運系統路網規劃歷程、路網型態及未來願景，並彙整各捷運路網規劃過程及審議期間之審查意見與調整歷程。

最後綜整前述研析結果，據以研提捷運路網各規劃項目及相關作業流程，包含潛力發展路廊、運量預測、系統型式、路權型式、軌道系統整合規劃、轉乘規劃及營運調度等項目。針對捷運路網之潛力發展路廊、系統型式、路權型式、轉乘規劃及營運等項目，並研提替選方案產生方法或方向，及方案選定之評估準則。

2.2 手冊內容概述

捷運路網規劃參考手冊從計畫背景與需求、方案評選與規劃、及計畫推動與執行等三方面研擬捷運路網規劃流程(如圖 1 所示)，依據規劃流程發展相關規劃項目如下所述，各規劃項目之規劃內容與說明重點如表 1 所示。

1. 計畫背景與需求：項目包括緒論(內容為計畫緣起目標、規劃範圍、規劃目標年)、都市發展規劃(內容為都會發展現況、國土計畫、重大開發計畫)、交通運輸發展(內容為交通現況分析、公共運輸現況分析、重大交通建設計畫，短中長期公共運輸政策)、運輸需求預測(內容為社經現況及預測、運輸需求模式、運輸需求分析預測)等。
2. 方案評選與規劃：項目包括路網方案研擬與建議(規劃內容為潛力發展路

廊分析、路網方案研擬、路網方案評選、路網方案建議)、系統型式評選與路線方案初擬(內容為系統型式評選、各路線方案初擬、工程及路權型式初步評估)、路網整合規劃(規劃內容為路網軌道整合策略、交會車站轉乘評估、機廠及營運調度初步規劃)與路網分期發展計畫(規劃內容為路網推動排序評估、路網分期發展規劃)。

3. 計畫推動與執行:項目包括先期路網初步評估(內容為周邊土地發展構想、建造成本概算、運輸效益評估、財務初步評估、財源籌措構想、推動策略及配套措施)、結論與建議。

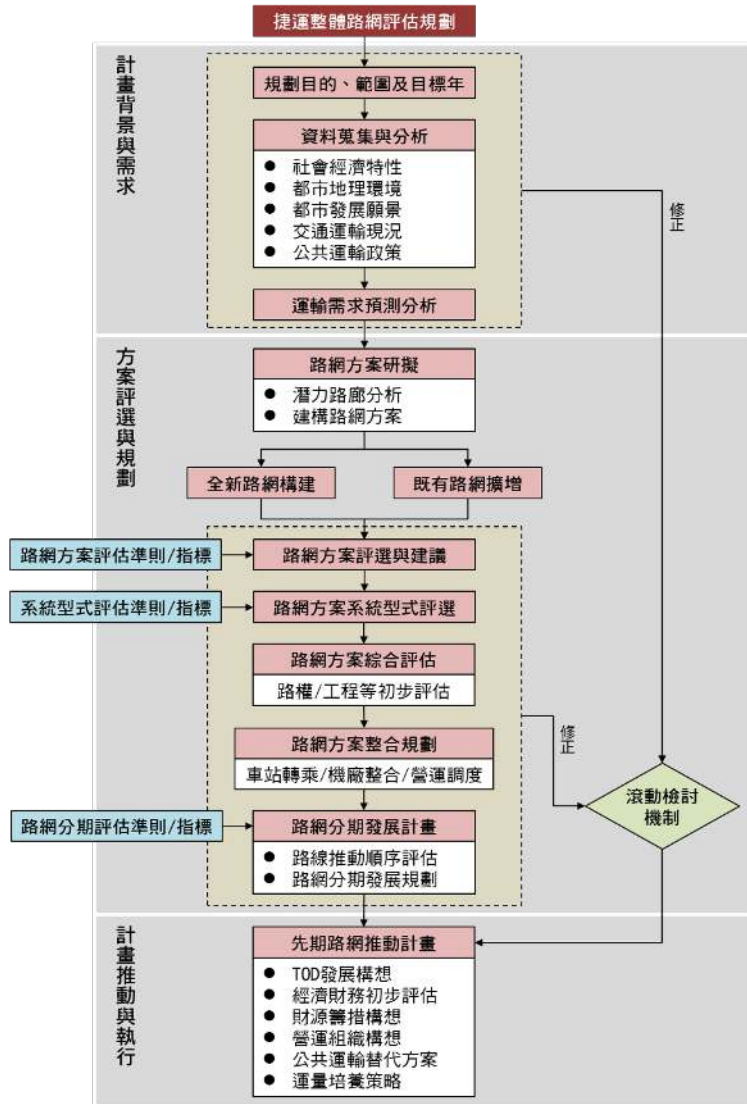


圖 1 捷運「整體路網評估」之規劃作業流程

表 1 捷運「整體路網評估」規劃項目

都會區捷運整體路網評估			
項目	內容	說明重點	
計畫背景與需求	緒論	計畫緣起、目標	● 計畫背景及達成目標
		規劃範圍：都會區	● 訂定都會區範圍
		規劃目標年	● 目標年：規劃基年後30年為原則 ● 中間年：規劃基年後10年、20年為原則
	都市發展 規劃	都會發展現況	● 都市計畫 ● 土地使用 ● 地理環境 ● 產業發展
		國土計畫、上位計畫	● 計畫年期 ● 計畫人口 ● 產業規劃 ● 空間發展計畫 ● 交通運輸規劃
		重大開發計畫	● 計畫內容 ● 預訂開發期程 ● 預計引入活動人口 ● 推動情形
	交通運輸 發展	道路交通現況分析	● 重要道路交通量及服務水準分析 ● 停車現況及管理策略
		公共運輸現況分析	● 既有軌道營運現況分析 ● 公共運輸推動情形
		重大交通建設計畫	● 公路、軌道、大型轉運站 ● 前期捷運路網規劃
		短中長期公共運輸政策	● 提升公共運輸使用之做法 ● 中長期公共運輸政策及發展目標 ● 捷運路網推動必要性

都會區捷運整體路網評估			
項目	內容	說明重點	
運輸需求預測	社經現況及預測	<ul style="list-style-type: none"> ● 人口、人口結構 ● 家戶數、家戶所得 ● 及業及學人口 ● 車輛持有 	
	運輸需求模式	<ul style="list-style-type: none"> ● 預測模式說明 	
	運輸需求預測分析	<ul style="list-style-type: none"> ● 基年旅次特性分析 ● 屏柵線現況交通量分析與檢核 ● 中間年、目標年旅次預測分析 ● 未來運輸走廊分析 	
方案評選與規劃	路網方案研擬與建議	潛力發展路廊分析	<ul style="list-style-type: none"> ● 潛力路廊搜尋及分析
		路網方案研擬	<ul style="list-style-type: none"> ● 路網方案規劃原則 ● 既有(前期)路網檢討
		路網方案評選	<ul style="list-style-type: none"> ● 路網方案研擬 ● 路廊運量預測
		路網方案建議	<ul style="list-style-type: none"> ● 路網方案評選與建議(評選指標參考表7)
	系統型式評選與路線方案初擬	系統型式評選	<ul style="list-style-type: none"> ● 納入產業政策「輕軌系統採購作業指引」 ● 整體路網系統技術型式評選 ● 以滿足運量需求及路網運作為評選方向
		各路線方案初擬	<ul style="list-style-type: none"> ● 路網各路線大致行經方案
		工程及路權型式初步評估	<ul style="list-style-type: none"> ● 工程規劃原則 ● 路權型式評估 ● 特殊節點/區段之初步分析(考量工程/用地/環境) ● 路網各路線建造成本概估
	路網整合規劃	路網軌道整合策略	<ul style="list-style-type: none"> ● 路網軌道過軌需求初步評估 ● 與既有路網軌道整合策略 ● 與其他軌道整合策略
		交會車站轉乘評估	<ul style="list-style-type: none"> ● 路網交會車站區位 ● 路網交會車站轉乘方式

都會區捷運整體路網評估			
項目	內容	說明重點	
		<ul style="list-style-type: none"> ● 與其他軌道交會車站轉乘方式 ● 交會車站用地初步評估 	
	機廠及營運調度初步規劃	<ul style="list-style-type: none"> ● 路網機廠區位 ● 路網機廠整合、共用評估 ● 機廠用地初步評估 ● 與既有機廠整合評估 ● 營運調度構想 	
	路網分期發展計畫	路網推動排序評估	● 路網路線推動順序評估
		路網分期發展規劃	<ul style="list-style-type: none"> ● 路網分期計畫 ● 分期路網運輸效益
計畫推動與執行	先期路網初步評估	周邊土地發展構想	<ul style="list-style-type: none"> ● 環境及市場潛力分析 ● 土地發展定位 ● 土地開發推動策略
		建造成本概算	<ul style="list-style-type: none"> ● 預估興建期 ● 建造成本概估(依交通部運輸研究所106年「都市軌道運輸系統型式發展之研究」)
		運輸效益評估	● 參考表7指標
		財務初步評估	<ul style="list-style-type: none"> ● 票箱及附屬事業收入 ● 先期路網建設之投資需求評估
		財源籌措構想	<ul style="list-style-type: none"> ● 地方財政現況及財務規劃 ● 財源籌措策略
		推動策略及配套措施	<ul style="list-style-type: none"> ● 公共運輸替代方案 ● 公共運輸培養策略 ● 營運組織構想 ● 成立營運基金或專戶
	結論與建議	結論	● 綜整說明計畫規劃成果
建議		<ul style="list-style-type: none"> ● 後續辦理先期路網個案計畫待處理事項 ● 路網規劃與推動須回饋其他機關/單位之協助事項 	

三、捷運整體路網規劃審查需求分析

3.1 捷運整體路網規劃審議說明

為使地方政府規劃捷運整體路網時有所遵循，交通部運輸研究所刻正發展捷運路網規劃參考手冊(如前節所述)，而當地方政府依手冊內容提送「大眾捷運系統整體路網評估計畫報告書」後，交通部等審議單位應建立相對應之審議機制，並針對手冊中之重要規劃項目與內容制定評估的方式與標準或指標，以提供相關人員審議報告時之參考。目的在確保路網規劃報告可達到下列目的：

1. 確認捷運建設於地方之必要性

捷運雖可以成為都市的運輸主幹，然而其投資成本龐大且具沉沒成本特性，若無足夠的運量與周邊開發效益，將對政府財務造成負擔與排擠效果。因此政府於捷運開始推動前，應審慎評估捷運建設的必要性，包括所欲解決的問題為何？捷運是否為唯一且有效的解答？預期的改善效果為何等。

2. 實踐交通部要求提送大眾捷運系統整體路網評估計畫之初衷

交通部於106年9月29日函送各地方政府，闡述要求各地方政府提送大眾捷運系統整體路網評估計畫之緣由，函示內容主要為：「考量過去各地方未能在整體公共運輸路廊規劃建設的概念下，配合發展進程循序推動個別計畫，致產生平行路廊競合、交會處轉乘與連結性不佳、資源未整體規劃整合之問題，為避免渠等問題發生，應先完成都市發展規劃、綜合運輸規劃作業程序，並研訂大眾運輸系統整體路網評估計畫引導縣市內之捷運建設推動，以減少機廠用地、預留轉乘空間、降低未來採購與營運維修成本等，爰本次要點增訂『地方主管機關辦理可行性研究前，應完成大眾捷運系統整體路網評估計畫送交通部審議』之規定。」

交通部的函示內容主要表達希望各地方政府於進行個別捷運路線可行性評估前，應先完成都市發展規劃、綜合運輸規劃作業程序，並研訂大眾運輸系統整體路網評估計畫，引導縣市內之捷運建設推動。希望經由此程序使台灣各地方所推動的捷運建設能符合都市發展與運輸需求，且各項設施能超前部屬並整合資源，達到有效率的運作。

3. 檢視捷運永續營運之可能性

捷運投資成本龐大，通車後每年尚須負擔營運維修成本，若無足夠的運

量與妥善的財務規劃，將對政府財務造成負擔，進而影響捷運營運的安全性與可靠性，無法構建永續營運的捷運系統，造成投資的浪費，更甚者將使政府的財政產生缺口，影響施政。因此交通部需謹慎審視捷運運量，包括運量密度、現況路廊運量或人口、大眾運輸培養策略等，另亦須檢視地方政府的財務規劃構想等。

4. 確認是否配合相關政策要求

交通部於 108 年 6 月 28 日「軌道產業推動會報第四次會議」結論中載明：「為利我國軌道產業國產化政策之推動，各地方政府辦理之軌道建設，如有接受中央政府一定比例補助者，應依據『輕軌系統採購作業指引』規定辦理。」

該作業指引於第一章總則(1.2 適用範圍)中敘明：「經本部鐵道局依規劃經驗評估，輕軌系統可滿足我國多數都會區未來軌道系統建設之需求，在輕軌系統運能(尖峰小時單向運量約 2500 人~20000 人/小時)得滿足未來各都會區軌道建設需求時，各級主管機關(採購機關)應將本指引納入其軌道系統採購作業遵循，並於可行性研究或綜合規劃階段，說明指引納入之情形及未來作業規劃與承諾，納入情形將作為計畫審議及經費補助之重要考量；如未能採行，應具體說明未能採行之原因。另後續於基本設計及年度預算先期作業階段，亦應說明指引落實情形。另既有系統之後續擴充與修改，因考量系統相容性得不受此限，惟仍應行文至本部說明。」

3.2 捷運整體路網規劃審查需求分析

有鑑於地方政府目前多以個別捷運路線提報中央審查，容易缺乏整體路網於上位計畫、路網結構、系統型式、場站轉運、營運模式、財務能力、公共運輸政策等層面之整合性評估，因而影響後續捷運建設無法順利推動或達到原先預期之效益。因此對於地方政府依上述要點所提報之捷運路網規劃報告，審查需求如下：

1. 確立捷運系統需求性

捷運系統為解決交通問題方式之一，但不一定是唯一之方式。有鑑於捷運系統興建費用高昂且營運維修需投入大量人力與費用，因此需確認地方政府興建捷運系統之必要性與迫切性。

2. 符合上位計畫願景

捷運系統為地方重大交通建設，應符合相關上位計畫對交通建設與都市發展之擘劃，包括國土計畫與交通政策白皮書等。因此需確認並提醒地方政府所提報之捷運整體路網與相關上位計畫之一致性。

3. 考量重大建設與都市發展計畫

交通建設與都市發展息息相關且相輔相成，捷運路網之規劃應考量地區現在與未來各項重大建設與都市發展計畫，盡量排除彼此間之競爭性，而加強合作與依存關係，一方面可避免投資浪費，另一方面可增加捷運系統投資效益並完備都市規劃願景，達雙贏局面。

4. 適切的運輸需求預測方式

捷運系統規劃目的在解決都市交通擁擠問題，提供民眾安全、有效率的運輸工具。但隨著都市規模的擴大，汽、機車大量增加，都市交通問題越來越錯綜複雜，必須用系統分析方法來尋求解決對策，而捷運系統之建造與營運成本皆很高，在社會資源有限的情況，系統的規模與應用亦須以系統分析方式處理。捷運路線規劃之程序，即在於利用現況資料分析，藉著運輸需求模式預測未來之運輸需求後，擬訂解決交通運輸問題的對策，因此運輸需求模式是運輸規劃者不可或缺之基本工具。

回顧國內運輸需求模式結果可知，依據空間尺度可區分為「生活圈/都會區」、「區域」與「全國」三種。屬於「生活圈/都會區」模式例如臺北都會區整體運輸需求預測模式、高雄都會區運輸需求模式、及營建署生活圈模式等；屬於「區域」模式例如包括運研所北臺區域模式、南臺區域模式等；屬於「全國」模式則為運研所城際運輸系統需求模式。由於都會區模式為一般交通建設、政策研擬時最常使用之規劃模式，通常這些專案之管理權責為地方政府，主要探討一般日通勤行為之模式，對於捷運路線、地方道路建設或改善等議題上之應用較佳，可做為地方政府規劃捷運整體路網之主要之參考。

5. 符合捷運永續經營之預測運量

捷運系統不僅需高昂之興建成本，通車營運後亦將伴隨著每年所需支付之營運維修成本，而營運期間的票箱與附屬事業收入為其中主要的財務來源，支撐該財務來源者主要為捷運之運量。因此中央政府有必要審查並提醒地方政府，所規劃整體捷運路網所預測承載的運量應符合捷運永續經營的要求，以避免造成日後地方政府財政上的負擔而影響居民的權益。

6. 採用合宜之系統型式

捷運系統型式的決定考量因素眾多，其中系統運能及運輸需求為最主要項目，以避免投資浪費或系統運能不足；其次為系統技術層面的比較，現今較具市場性之都會區捷運系統多具有一定的安全性與可靠性，但在系統擴充、環境相容、全生命週期成本上則因為技術專利(中運量系統專利化高)、路權型式(高架之景觀與噪音衝擊、平面之交通衝擊)，以及土建與機電設備採購需求(地下化之建造成本、高專利之營運維修成本)的差異較大，較容易產生不同的評選方向。此外，各路網規劃案例普遍認為應簡化路網內系統型式，以利於系統整合及降低長期維護採購成本。

7. 捷運路網整合說明

捷運路網整合目的希望地方政府以有限的資源發揮最大的效益，研析內容包括：

- 預先規劃路網整合方案，以提升路網運作效率。
- 預先規劃路網分期計畫及營運模式構想，預留機廠區位、路線過軌或延伸規劃。
- 整合系統及統合機廠維修資源，降低未來採購及維護成本。
- 考量不同路線銜接交會型式，以及單一走廊一車到底或轉乘銜接營運模式，預設轉乘車站區位。
- 回饋地方都市、交通、工務、建設等相關主管機關，配合都市計畫、道路新闢或拓寬、土地開發計畫，預留捷運瓶頸路段、轉乘交會車站及各級機廠用地。

中央政府有必要審查並提醒地方政府，捷運路網整合應考量之層面。

8. 提供便捷之軌道系統間轉乘方式

由於單一捷運路線仍屬於線的服務，對於都會區旅客旅運服務之及戶性仍相當低，往往要透過捷運整體路網成形後，旅客可以透過路線交會轉乘，擴大可及性。而路線交會轉乘便利性，對於旅客而言，包括動線順暢性、轉乘距離、是否需重覆刷卡進出等，影響旅客搭乘意願，對營運者而言，則會影響路線與系統整體營運的效率。故若能先進行捷運整體路網之規劃，則可先預留捷運交會轉乘之界面、設施與用地等，透過路網整合服務發揮捷運系統整體便利性與服務效益。因此中央政府有必要就軌道系統間轉乘方式之便捷性提出建言給地方政府。

9. 有效率之營運方式

從軌道系統全生命週期成本之觀點，除了建設階段要投入鉅大成本外，往後三、四十年，甚至百年的營運，更需要人員與營運維護成本之長期投入，以及設備車輛的重增置成本等。因此應於滿足旅運需求前提下，採用最有效率的營運方式。包括考量系統簡化、營運維修整合，強化路線轉乘機制，路網機廠整合規劃，路網軌道調度整合規劃，路網交會車站整合規劃等。

10. 財務負擔之提醒

依據本計畫前期(捷運路網規劃設計參考手冊之研究(1/2))研究指出，路網財務評估之主要目的應為讓地方主管機關初步瞭解先期路網所需建設經費，以及在後續個案計畫提報中央審查可獲得核定之計畫自償率等財務指標下，地方可能須負擔的工程自償性經費及工程非自償性經費，以利地方主管機關提前預擬財務規劃，或者考量地方未來財政能力，回饋路網分期計畫，調整先期路網建設規模。

四、捷運整體路網報告書審查方式與評估指標

4.1 捷運整體路網報告書審查流程

依據圖 1 所建議之捷運整體路網規劃流程與表 1 之捷運「整體路網評估」規劃項目，研擬審查架構與流程如圖 2 所示，主要為先檢視提案單位提送報告是否具備完整的規劃項目與各項目所要求的說明內容，完成檢核後進入各規劃項目內容實質審查，若通過上述程序審查，即可視為該報告通過審議。各階段審查方式詳述如后：

4.1.1 檢視規劃項目是否完備與充分

(一) 報告內容完備性

首先檢閱報告中所包含之規劃內容項目，是否與表 1 所建議之捷運整體路網報告書內容一致，若有疏漏則要求說明或補充完備。

(二) 報告內容充分性

檢核各項目所提報內容是否符合說明重點之要求。審閱處理方式為：

1. 符合表 1 之說明重點要求內容
2. 若不符合表 1 說明重點要求內容，則要求說明原因或補充資料以符合要求之內容。

4.1.2 規劃項目內容審查

捷運整體路網報告書中各規劃項目內容之審查依各項目特性可概分成關聯性檢核、合理性檢核、與量化指標檢核等三大類，前二類在於檢核無法量化之規劃項目，量化指標則在於檢核有具體量化數據之項目，各項指標之定義、評估方式、適用之評估項目與審閱處理方式如表 2，詳述如后：

(一) 關聯性檢核

主要在檢核報告書中有因果關係之規劃內容，其說明規劃內容與問題間，是否具合理可接受之因果關聯關係。適用之評估項目例如捷運是否為有效解決方式，路網方案與既有路網之關係，重大計畫與捷運關聯性等適用此檢核方式。此類項目的審閱處理方式為：

1. 說明內容具可理解與接受性
2. 需再澄清因果關聯性，包括補充(或加強)因果關聯或者再評估因果關聯性存在的事實。

(二) 合理性檢核

檢核規劃的成果是否符合一般規劃的設計經驗，適用之評估項目例如運輸需求模式與預測結果、系統型式選擇、交會車站的轉乘方式、營運調度等。此類項目的審閱處理方式為：

1. 規劃成果符合一般規劃的設計經驗
2. 與一般規劃設計經驗有落差，要求說明不符合之原因、補充說明資料或修正分析內容。

(三) 量化指標檢核

檢核可量化之項目是否符合評估指標。適用之評估項目例如運量密度、每公里造價、預測人口等。若不符合指標值則應提出相關說明。

表 2 報告內容檢核與處理方式一覽表

檢核方式	檢核目的	審閱處理方式
關聯性檢核	檢核說明與問題是否具合理之因果關聯關係	<ul style="list-style-type: none">■ 具可理解之因果關係■ 澄清因果關係➤ 補充說明因果關係

		<ul style="list-style-type: none"> ➤ 加強說明因果關係 ➤ 再評估因果關係
合理性檢核	檢核是否符合一般規劃設計經驗	<ul style="list-style-type: none"> ■ 符合一般規劃設計經驗 ■ 與一般規設經驗不符 <ul style="list-style-type: none"> ➤ 說明不符合原因 ➤ 補充說明資料 ➤ 修正分析內容
量化指標檢核	檢核可量化之項目是否符合評估指標	<ul style="list-style-type: none"> ■ 符合評估指標 ■ 不符合評估指標 <ul style="list-style-type: none"> ➤ 說明原因 ➤ 後續配合措施

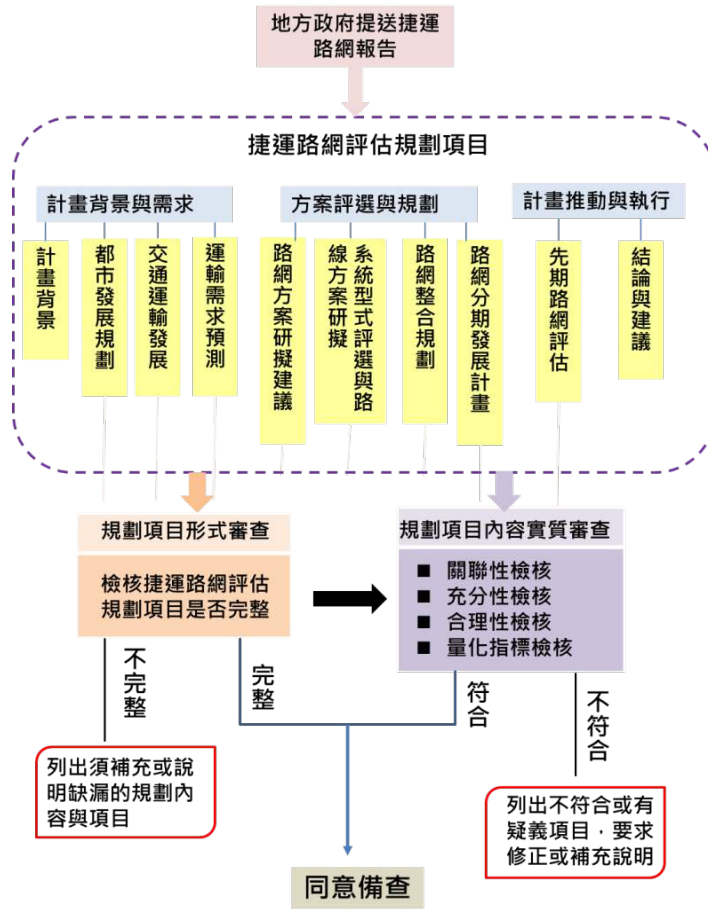


圖 2 報告書審查架構

4.2 捷運整體路網報告書內容檢核指標與方式

依據前節所發展的檢核指標，針對表 1 所提出之捷運整體路網報告書審查項目，逐項探討並建議地方政府所提送報告書所應具備之說明內容重點、審查單位審閱評估的方式以及檢核的屬性，整理如表 3。

表 3 捷運整體路網報告書內容檢核方式與適用指標

報告內容	審查方式/內容	檢核指標
計畫緣起、目標	1.檢視所欲達成的目標與所發生的城市(都會區)問題是否具有高度因果關係。 2.檢核所期望的改變與效果，是否能合理有效的解決所提出的問題。	關聯性檢核
規劃範圍	1.規劃範圍是否與捷運整體路網之分布一致。 2.研究範圍是否足以涵蓋影響運輸需求分析結果之所有區域。 3.若規劃範圍涵蓋其他縣市，應請規劃單位說明跨縣市捷運路線，彼此間是否達成共識，包括路線與系統型式。	關聯性檢核
規劃目標年	目標年以基年後 30 年為原則，中間年為規劃基年後 10、20 年為原則。	合理性檢核
都會發展現況	1.是否符合描繪都會發展現況之要素(例如都市計畫名稱、面積、都市與非都發展用地、計畫人口、現況人口)等。 2.檢核所描述的土地使用狀況區域，使否涵蓋所界定的規劃範圍，並且描繪該區域內的土地使用狀況 3.檢核規劃範圍各級產業發展狀況，包括各級產業就業與及業人口、產業型態等。	合理性檢核
國土計畫、上位計畫	1.報告書人口總量推估是否與國土計畫一致。 2.國土計畫都會空間發展構想與捷運整體路網是否配合。 3.捷運路廊與設施是否避開國土計畫中之環境敏感地區。 4.捷運路廊是否服務國土計畫中之重點開發區域。	關聯性檢核
重大開發計畫	1.檢閱重大開發計畫與捷運路網位置關係。 2.檢閱各重大開發計畫對捷運的貢獻(引進居住與就業人口、年期)。 3.檢核各重大開發計畫執行現況與預計目標之差距(如預計引進人口與現況之差距，提醒提案單位檢討)。	關聯性檢核
道路交通現況分析	1.檢視是否包含捷運路廊中之道路路型、幾何斷面配置與服務水準分析。 2.道路路網瓶頸路段是否與捷運路廊相關。 3.停車管理策略是否具備抑制小汽車並鼓勵使用大眾運輸之效果。	合理性檢核
公共運輸現況分析	1.公共運輸的組成與使用比例。 2.檢核現有大眾運輸之路線數、班次數與運量成長趨勢等。 3.過去五年公共運輸預算平均支出比例。	合理性檢核
重大交通建設計畫	檢視各重大交通建設計畫與捷運路網之競合關係。	合理與關聯性檢核
短中長期公共運輸政策	1.檢閱捷運建設於公共運輸政策中扮演之角色。 2.檢閱提升公共運輸使用之作法與效果，以及捷運路網未完成前之相關配套措施。	合理與關聯性檢核
社經現況及預測	1.所預測人口是否符合國發會與國土計畫預測。	合理性檢核

報告內容	審查方式/內容	檢核指標
	<ol style="list-style-type: none"> 2.近五年人口成長趨勢是否為增加，若否應請提案單位說明興建捷運的適當性。 3.檢視報告書是否涵蓋現況與目標年之社經資料，至少包括人口結構、家戶數、所得、及業及學人口、車輛持有。 	
運輸需求模式	<ol style="list-style-type: none"> 1.為新建運輸需求模式或沿用既有需求模式。 2.若為新建模式，應包含模式發展架構、旅次發生模組、旅次分布模組、運具分配模組、路網指派模組組織構建、校估與驗證。 3.檢視模式參數與假設條件的合理性。 	合理性檢核
運輸需求預測分析	<ol style="list-style-type: none"> 1.檢視報告書是否載明基年、中間年與目標年之旅次分布與產生、OD表、旅次產生率、運具分配等。 2.檢視周界、屏柵線現況交通量分析與檢核結果。 3.檢視是否分析說明目標年大眾運輸旅次分布情形。 4.檢視所提出的潛在大眾運輸走廊與目標年大眾運輸旅次分布情形是否一致。 	合理性檢核
潛力發展路廊分析	<p>檢視發展潛力路廊時之考量因素。至少應包含國土計畫、整合重大建設計畫、交通瓶頸、人口分布與旅運需求分布等。</p>	關聯性檢核
潛力路廊搜尋與確認	<ol style="list-style-type: none"> 1.檢閱路廊兩側 500 或 800 公尺範圍(現況活動人口數\times旅次產生率\times現況公共運輸使用率)/路線長度(公里)之計算值。 2.前項計算值，若為高運量應為 4500 以上，若為中運量應為 3000 以上，若為輕軌，應為 1750 以上。 	指標性檢核
路網方案研擬	<p>檢閱路網方案研擬過程是否考量都會區發展、潛力運輸走廊、規劃範圍特性、重要交通節點的整合、工程可行性與土地取得與周邊環境之相容等。</p>	合理性檢核
路網方案評選與建議	<ol style="list-style-type: none"> 1.路網的評選是否參考手冊中之運輸需求與都會發展相關指標。 2.檢視各路線運量與密度是否符合發展捷運路線之最低需求。(高運能：9,000 人次/公里，中運能：6,000 人次/公里，輕軌：3,500 人次/公里) 	合理性與指標檢核
系統型式評選	<ol style="list-style-type: none"> 1.檢核各捷運路線之目標年預測運量是否達營運收支平衡之運量密度值(人次/公里) 2.是否考量單純化捷運路網系統，以資使不同路線可共用資源，降低營運維修成本。 3.採用系統是否有商業運轉實例。 4.若需要提供密集的班距，應考量系統自動化程度。 5.系統所提供之運能是否可滿足運輸需求。 6.是否配合國家輕軌推動政策。 7.路權型式是否合宜(參考圖 3)。 	合理性與指標檢核
各路線方案研擬	<ol style="list-style-type: none"> 1.檢閱是否敘述整體捷運路網中的各捷運路線概況，包括路線之走向、路線長度、行經道路名稱及道路條件、路權型式與建設型式等。 	合理性檢核

報告內容	審查方式/內容	檢核指標
	2.檢閱行經道路之幾何條件(寬度、車道布設等)相對於捷運之型式與路權是否合宜。 3.若捷運路線佈設於未開闢之計畫道路，應提醒用地的取得方式與開闢期程。	
工程費估算	參考交通部運輸研究所「都市軌道運輸系統型式發展之研究」(民國 106 年 11 月)整理國內捷運案例建設成本所推估之捷運建設成每公里造價建議值(如表 4)，檢核所概估建設成本之合理性。	合理性檢核
路網軌道整合策略	1.釐清過軌的目的與需求與影響。若過軌行為屬於進出維修基地進行車輛維修，審閱重點應為是否設置適當的過軌設施。而若是為每日進行的過軌行為，對路線容量影響較大，除檢閱是否設置適當的過軌設施外，尚須檢視路線容量是否足夠負擔原有之營運班次加上過軌之班次。 2.檢閱各機廠設置位置與功能。 3.檢閱各條路線車輛維修與機廠之關係，一般不宜每條捷運路線都設置五級維修廠。	合理性檢核
交會車站轉乘評估	1.檢閱捷運整體路網中，路線交會車站所在位置、布設方式及後續規劃階段所需配合或注意事項。 2.檢視所規劃之交會車站轉乘方式與距離是否適當 3.是否將捷運與其他鄰近軌道系統車站納入轉乘需求考量。	合理性檢核
機廠及營運調度規劃	1.檢閱整體路網機廠配置，1~5 級廠各幾座以及用地可行性等。 2.檢閱是否提出捷運路網車輛進出機廠之整體調度構想。 3.若進出機廠有過軌需求，檢視過軌處是否考量佈設相關設施，如橫渡線、儲車軌或銜接軌等。 4.檢閱機廠使用方式是否能配合捷運路線推動期程。	合理性檢核
路網推動排序評估	1.檢視報告中路網推動排序評估是否考量運輸需求、成本效益、都市發展與機廠位址等面向。 2.捷運路網推動順序是否與評估結果一致。	合理性檢核
路網分期發展規劃	1.報告中是否述及路網分期興建發展的原因與考量因素。 2.列入先期路網路線是否與前述路網推動排序評估結果一致。	合理性檢核

表 4 國內捷運案例建設成本分析

單位:億元/公里

系統型式	建造型式	土建	機電	小計
高運量鋼輪鋼軌	地下	39.1	10.9	50.0
中運量鋼輪鋼軌	地下	39.3	15.6	54.9
	高架	20.3	10.0	30.3

中運量膠輪	地下	40.7	16.4	57.1
	高架	15.4	11.4	26.8
輕軌	高架	8.3	5.5	13.8
	平面	4.0	5.4	9.4

資料來源：「都市軌道運輸系統型式發展之研究」，交通部運輸研究所，民國106年11月

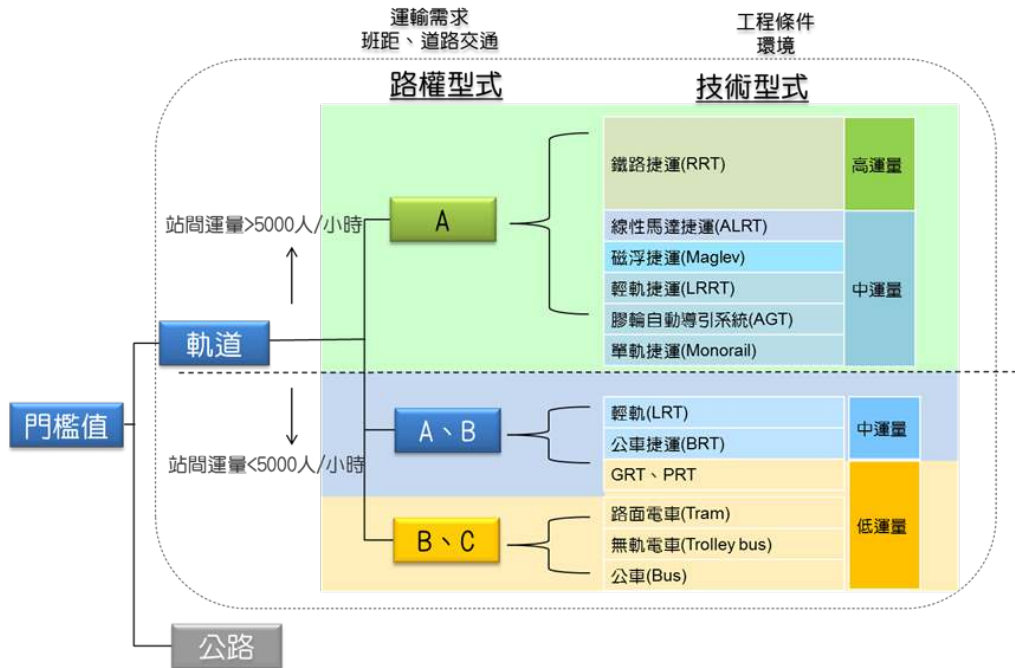


圖 3 捷運系統技術型式與路權型式關聯分析圖

資料來源：「都市軌道運輸系統型式發展之研究」，交通部運輸研究所，民國106年11月

五、結語

交通部 107 年 2 月 9 日修正發布「大眾捷運系統建設及周邊土地開發計畫申請與審查作業要點」，明訂地方主管機關辦理捷運系統建設可行性研究前，應先完成都市發展規劃、綜合運輸規劃作業程序，並提出大眾捷運系統整體路網評估計畫報告書送交通部審議。目的在於避免因缺乏捷運路網整合性評估，而影響後續捷運建設無法順利推動或達到原先預期之效益。

本研究經由回顧「捷運路網規劃參考手冊(初稿)」，整理出整體路網評估計畫報告書所需提送的規劃項目與內容。而為使提案單位(地方政府)與審議單位(交通部)對於整體路網評估計畫報告書的審議方式有所遵循，本研究

發展審議該報告書的流程與方式，且針對報告書主要提報項目以關聯性、合理性與量化等三類指標予以檢核，依此確認所提報之報告書是否達到審議整體路網的要求。亦即希望經由建立客觀的審議程序與審議結果回饋地方政府，使其能審慎評估捷運建設對地方之必要性以及永續營運的可能性，並能具備更宏觀超前的視野規劃捷運系統，避免產生平行路廊競合、交會處轉乘與連結性不佳、資源未整體規劃整合之問題，以符合交通部當初修正審議要點之初衷。

參考文獻

1. 「捷運路網規劃設計參考手冊(1/2)」，交通部運輸研究所，民國 108 年 12 月。
2. 「都市軌道運輸系統型式發展之研究」，交通部運輸研究所，民國 106 年 11 月。
3. 「新竹市大眾捷運系統整體路網評估計畫報告書」，新竹市政府，民國 109 年 3 月。
4. 「台中地區大眾捷運系統整體路網評估報告書」，台中市政府，民國 108 年 9 月。
5. 「台北都會區大眾捷運系統整體路網評估計畫報告」，台北市政府捷運局，民國 109 年 3 月。
6. 張志榮，都市捷運：規劃與設計，民國 88 年。
7. 都市捷運規劃參考手冊，財團法人中華顧問工程司，民國 107 年 3 月 31 日。
8. 張有恆，大眾運輸系統之設計與營運管理，民國 79 年 3 月。

中臺區域整體運輸規劃與旅次特性分析

The Study of The Middle Taiwan Regional Model, the Survey and Analysis of Trip Characteristics

張舜淵 Shuen-Yuan Chang¹

楊國楨 Kuo-Chen Yang²

陳志豪 Chi-Hao Chen³

申瑋琦 Wei-Chi Shen⁴

摘要

中臺區域包含苗栗縣、臺中市、彰化縣、南投縣、雲林縣等 5 個縣市，本研究以中臺區域為範圍，透過旅次特性調查及屏柵線交通量調查，掌握區域內旅次行為，並完成目標年社經預測及現況運輸系統供需分析，構建中臺區域運輸需求模式。

關鍵詞：中臺區域整體運輸規劃、旅次特性分析、運輸需求模式

Abstract

The scope of this study comprises the central Taiwan area, which includes five administrative units, namely Miaoli County, Taichung City, Changhua County, Nantou County and Yunlin County. By analyzing the trip characteristics in ~~the~~ this area and utilizing the screen-line traffic volume survey, we seek to identify the area's trip patterns, to forecast its relevant social and economic trends in ~~the~~ target year, and perform a supply-demand analysis of the current transportation system, so as to

-
- 1.交通部運輸研究所運輸計畫組組長(聯絡地址：臺北市松山區敦化北路 240 號，電話：02-23496800，E-mail：iuan@iot.gov.tw)。
 - 2.交通部運輸研究所運輸計畫組副研究員(聯絡地址：臺北市松山區敦化北路 240 號，電話：02-23496816，E-mail：kcsean@iot.gov.tw)。
 - 3.台灣世曦工程顧問股份有限公司正工程師(聯絡地址：臺北市內湖區陽光街 323 號，電話：02-87973567#1624，E-mail：jonny@ceci.com.tw)。
 - 4.亞聯工程顧問股份有限公司經理(聯絡地址：臺北市松山區民生東路三段 130 巷 9 號 11 樓；電話：02-25461656#612；E-mail：sandwich@atci.com.tw)。

construct the central Taiwan area transportation demand model.

Keywords: Central Taiwan Area Transportation Planning Model, Trip Characteristics Analysis, Transport Demand Model

一、前言

整體運輸規劃係政府擬訂交通運輸建設或政策之主要依據。臺灣整體運輸規劃向來為交通部運研所重要工作之一，考量都會區、生活圈及城際旅次界限漸趨模糊，跨縣市交通整合問題日增，且新科技發展迅速，既有運輸規劃作業方式需因應調整。交通部運研所自 105 年起逐步將既有「城際運輸模式」轉型為「區域運輸模式」，並以北臺區域為研究範圍，於 105~107 年度進行整體運輸規劃(旅次特性調查、需求模式構建)與發展策略分析；108~109 年度則進行南臺區域整體運輸規劃。

交通部運研所為求區域均衡發展，以中臺區域為範圍，109-110 年將蒐集中臺區域苗、中、彰、投、雲等各縣市重大建設與運輸議題外，並進行中臺區域旅次特性調查、重要屏柵線觀察點交通量調查與分析，進行交通分區劃分、運輸系統路網構建、目標年中臺區域社經趨勢預測，以掌握區域內旅運行為，完成中臺區域運輸需求模式之現況資料參數校估與模式構建。

二、中臺區域社經發展趨勢

國發會預測我國人口自 109 年開始負成長，本研究預測中臺區域各縣市未來年人口呈現下降趨勢，110~140 年中臺區域人口占臺灣本島人口比例為 24.88% ~23.71%，顯示人口有外移的趨勢。

表 1 中臺區域各縣市未來年人口預測

單位：萬人

縣市	108年	120年	130年	140年	108~140年 均成長率
苗栗縣	54.55	51.09	49.22	45.17	-0.59%
臺中市	281.53	276.28	260.33	238.07	-0.52%
彰化縣	127.28	120.84	114.64	103.34	-0.65%
南投縣	49.41	45.84	42.83	37.95	-0.82%
雲林縣	68.13	64.20	60.10	53.36	-0.76%
中臺區域	580.89	558.25	527.12	477.89	-0.61%
臺灣本島	2,334.46	2,314.00	2,202.43	2,015.65	-0.46%

人口占比	24.9%	24.1%	23.9%	23.7%	
------	-------	-------	-------	-------	--

資料來源：1. 中華民國人口推估(2020至2070年)，國家發展委員會，109年。2. 本研究預測。

預測未來戶量持續下降，受民眾不婚、晚婚和少子化所影響，臺灣本島家庭人口日漸單薄，使得戶量持續下降；中臺區域各縣市戶量亦有相同趨勢，中臺區域之 140 年戶量約為 2.65 人/戶，年均成長率為-0.30%。

未來年二、三級及業人口均下降，受到中臺區域總人口下降影響，未來年二、三級及業人數皆呈下降趨勢，二級及業人口年均成長率為-0.52%、三級及業人口年均成長率為-0.50%，均低於全臺平均成長率。

及學人口逐漸下降，受少子化影響，各級學校及學人口持續呈現下降趨勢。然臺中市占比 11.61% 相對其他縣市高，主因學校所數、明星學校所數較多，吸引較多學生前往就讀所致。

預期未來所得及汽機車數持有緩慢成長，民國 140 年中臺區域千人小型車持有率最高為苗栗縣，140 年為 363.21 輛/千人；其次為南投縣，140 年為 360.92 輛/千人，主要係因縣市內公路系統通暢且居住群落較為分散，使用私人運具方便性較高，使得汽車持有率較其它地區高；民國 140 年各縣市千人機車持有率則以彰化縣為最高，140 年為 693.85 輛/千人；其次為雲林縣，140 年為 688.06 輛/千人。

個人所得和家戶所得皆呈現正成長，中臺區域各縣市平均個人所得和平均家戶所得皆呈現正成長，中臺區域各縣市平均個人所得 108~140 年均成長率皆為 0.43% 以上，家戶平均所得年均成長率為 0.13% 以上。其中臺中市因產業型態與工作機會多等因素，其所得收入皆較其他地區高。

預期未來觀光人口呈現上升後下降之趨勢，國人國內平均旅遊次數持續正成長，但受到臺灣地區戶籍總人口數將於 112 年後逐漸下降影響，觀光人次受其影響惟下降速度較為緩慢，國人國內旅遊觀光人次亦呈現成長後下降之趨勢，於民國 120 年時，國人國內旅遊人次達到最高峰。

三、中臺區域交通特性與公路系統供需分析

3.1 中臺區域交通特性分析

中臺區域旅次特性調查界定在中臺區域(苗栗、臺中、彰化、南投及雲林等)5 個生活圈內之旅次行為，透過面訪方式進行旅次特性資料蒐集與分析。檢視所有生活圈內旅次行為，針對旅次目的、運具使用特性、旅次長度分布進行分析比較。

1. 各生活圈內旅次目的占比如表 2 所示，除雲林以家-其他(HBO)旅次占

比為最高，其他生活圈以家-工作(HBW)占比最高，介於 37.3%~39.8%，家-其他(HBO)旅次次之，介於 32.2%~36.6%。雲林家-其他(HBO)旅次占比 42.5%，家-工作(HBW)次高占 30.8%。

2. 各生活圈運具使用占比如表 3 所示，各生活圈都以機車占比最高，介於 46.2%~56.9%，其次為汽車，介於 25.0%~33.3%。各生活圈私人運具占比達 76.9%~85.1%，以彰化 85.1%最高。大眾運輸(軌道、公車客運)占比以臺中 6.2%最高，其他生活圈則介於 3.5~5.7%之間。
3. 中臺區域各生活圈旅次長度分布如表 4 所示，各生活圈以短旅次占比為最高，旅次長度 1~3 公里內約 33.7%~52.6%，並且旅次長度 5 公里以內佔約 6 成以上，平均旅次長度約介於 3.88~6.11 公里。
4. 各生活圈家-工作(HBW)旅次運具使用以機車為主，其次為汽車。HBW 旅次長度分散在 1~3 公里、3~5 公里、5~10 公里，總共約占各生活圈近 7 成。
5. 各生活圈家-學校(HBE)旅次運具使用以機車為主，不過大眾運輸及非機動運具比例提高。HBE 旅次長度大多集中在 1~3 公里，約占各生活圈 HBE 旅次 4~6 成。
6. 各生活圈家-其他(HBO)旅次運具使用以機車為主，大眾運輸、非機動運具比例提高。HBO 旅次長度大多集中在 1~3 公里，約占各生活圈 HBO 旅次 3~6 成。
7. 各生活圈內非家(NHB)旅次運具使用以機車為主，次為汽車。NHB 旅次長度大多集中在 1~3 公里，約占各生活圈 NHB 旅次 4~6 成。

表 2 各生活圈旅次目的占比

生活圈	HBW	HBE	HBO	NHB
苗栗	39.8%	17.1%	32.2%	10.9%
臺中	39.2%	17.8%	32.9%	10.1%
彰化	37.3%	17.1%	35.4%	10.2%
南投	37.5%	15.1%	36.6%	10.9%
雲林	30.8%	10.5%	42.5%	16.3%

表 3 各生活圈運具使用占比

生活圈	機車	汽車	軌道	公車客運	自行車	步行	其他
苗栗	50.5%	23.1%	1.6%	3.8%	3.3%	17.3%	0.4%
臺中	51.9%	25.0%	1.6%	4.6%	3.9%	12.6%	0.4%

生活圈	機車	汽車	軌道	公車客運	自行車	步行	其他
彰化	56.9%	28.2%	2.4%	1.4%	3.8%	5.5%	1.8%
南投	54.0%	27.8%	0.3%	5.3%	3.3%	8.7%	0.7%
雲林	52.8%	30.4%	2.4%	1.1%	6.2%	6.7%	0.4%

表 4 各生活圈旅次長度分布

生活圈	0-1km	1-3km	3-5km	5-10km	10-15km	15-20km	20km+
苗栗	3.0%	33.7%	23.8%	16.8%	3.5%	3.2%	16.0%
臺中	2.8%	52.6%	21.8%	14.9%	4.4%	1.3%	2.2%
彰化	5.3%	37.5%	25.4%	18.4%	8.0%	2.7%	2.7%
南投	0.8%	44.4%	14.6%	25.4%	7.4%	2.3%	5.1%
雲林	11.4%	50.2%	18.9%	13.1%	4.0%	1.2%	1.2%

3.2 中臺區域屏柵線公路系統供需分析

公路系統之道路瓶頸通常於尖峰時段產生，本研究公路系統供需分析，係針對各路段尖峰小時通過各屏柵線的車種計算其交通量，並計算各條道路之容量，以求出各屏柵線之需供比(流量/容量比)。

3.2.1 生活圈間屏柵線公路系統供需分析

生活圈間屏柵線及周界線需供比詳圖 1 所示，針對各生活圈間之主要道路需供比說明如下：

1. 新竹-苗栗(CL-01)：新竹-苗栗間主要道路需供比，服務水準良好，其中，國道 3 號及台 1 線需供比在 0.60~0.74 最高，表示新竹-苗栗間之跨生活圈旅次多透過國道 3 號及台 1 線往來。
2. 雲林-嘉義(CL-02)：雲林-嘉義間主要道路需供比小於 0.5，服務水準良好。
3. 南投-花蓮(CL-03)：南投-花蓮間主要道路需供比小於 0.5，服務水準良好。
4. 苗栗-臺中(CL-4)：苗栗-臺中間主要道路需供比，服務水準良好，其中國道 3 號需供比在 0.46~0.48 左右最高，表示苗栗-臺中間之跨生活圈旅次多透過國道 3 號往來。



圖 1 生活圈間公路系統供需分析示意圖

5. 臺中-彰化(CL-05)：臺中-彰化間屏柵線主要道路需供比，服務水準大致良好，其中，台 1 線需供比在 0.9~0.93 之間，台 1 線服務水準較差，由於台 1 線為臺中港區往來彰化市區、南投等地區主要聯絡道路，城際旅次往來需求明顯。
6. 彰化-雲林(CL-06)：彰化-雲林間主要道路需供比，除國道 1 號為 0.52~0.55 外，其餘道路之需供比皆小於 0.5，服務水準良好。
7. 臺中-南投(CL-07)：臺中-南投間主要道路需供比小於 0.5，服務水準良好。
8. 彰化-南投(CL-08)：彰化-南投間主要道路需供比，服務水準良好，其中台 14 線需供比 0.53 最高，表示彰化-雲林間之跨生活圈旅次多透過台 14 線往來。
9. 雲林-南投(CL-09)：雲林-南投間主要道路需供比小於 0.5，服務水準良好。

3.2.2 生活圈內屏柵線公路系統供需分析

針對各生活圈間內主要道路需供比說明如下：

1. 苗栗地區不論東西向道路(SL-101、SL-103)與南北向(SL-102、SL-104、SL-105)主要道路服務水準良好，東西向主要道路較南北向道路略差，如圖 2 所示。其中，以縣道 128 線服務水準較差，需供比為 0.63~0.74，以南側公館往來通霄旅次需求較高。
2. 臺中地區東西向道路(SL-201、SL-202、SL-203)需供比為 0.05~1.06，以 SL-201 屏柵線道路需供比有 9 處達 D 級以下，服務水準較差，如圖 3 所示。其中，中清路、文心南路、向上路服務水準為 F 級。南北向道路(SL-204、SL-205)需供比為 0.26~0.99，SL-205 屏柵線道路需供比有 6 處達 D 級服務水準，主要服務南臺中往來臺中市區之旅次，其中，以國道一號服務水準為 E 級最差，其為臺中地區南北向旅次主要路徑，因此旅次量較高。
3. 彰化地區 SL-301 以彰水路(台 19 線)需供比為 0.77~0.97 較高，為服務彰化市區往來和美、鹿港旅次，如圖 4 所示。其中，台 19 線調查點位鄰近彰化交流道，道路服務水準已為 D~E 級。SL302 以縣道 141 需供比為 0.87~0.89 最高，縣道 141 線鄰近員林市區為往來高鐵站、往來南投之主要道路，通過旅次較多，服務水準為 D 級。
4. 南投地區東西向道路(SL-401)需供比為 0.16~0.72，服務狀況良好，如圖 5 所示。其中以縣道 148、國道 3 號服務水準為 C 級較低，主要服務進出名間、中興新村旅次。南北向道路(SL-402、SL-403)需供比為 0.04~0.56，其中，以 SL-402 投 75 線道路服務水準為相對較差，主要服務進出埔里之旅次，其餘道路服務狀況良好。
5. 雲林地區東西向道路(SL-501、SL-502)需供比為 0.05~0.60，服務狀況良好，如圖 6 所示。其中以縣道 155 線服務水準為 B~C 級較低，主要服務往來工業區及斗南市區往嘉義之旅次，其餘道路服務狀況良好。南北向道路(SL-503)需供比為 0.07~0.45，其中以台 3 線、縣道 157 線之道路服務水準較低，其餘道路服務狀況良好。

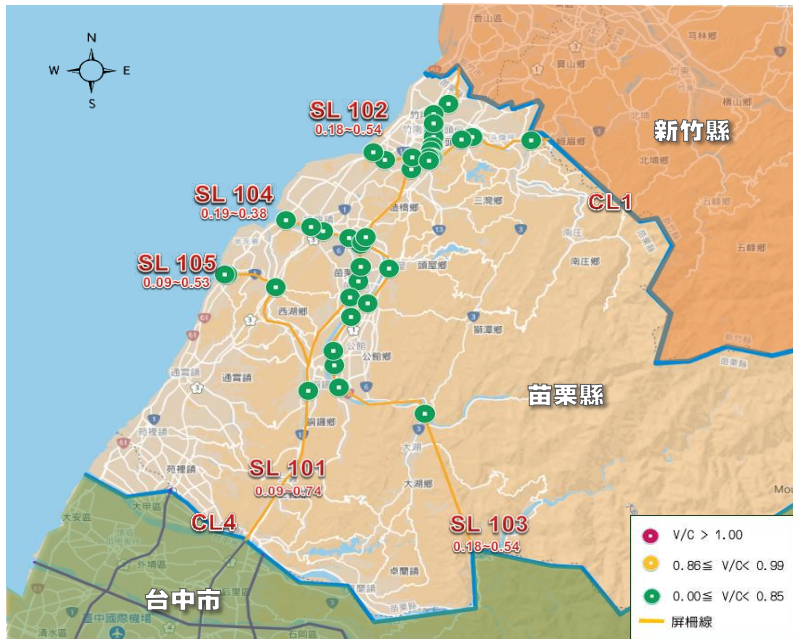


圖 2 苗栗公路系統供需分析示意圖



圖 3 臺中公路系統供需分析示意圖



圖 4 彰化公路系統供需分析示意圖



圖 5 南投公路系統供需分析示意圖



圖 6 雲林公路系統供需分析示意圖

四、中臺區域運輸需求模式之現況資料參數校估與分析

4.1 中臺區域旅次發生分析

本研究將旅次發生分為跨生活圈旅次與生活圈內旅次，跨生活圈旅次透過迴歸分析法推估；生活圈內旅次產生與吸引則分別透過類目分析法與迴歸分析法計算，流程架構如圖 7 所示。

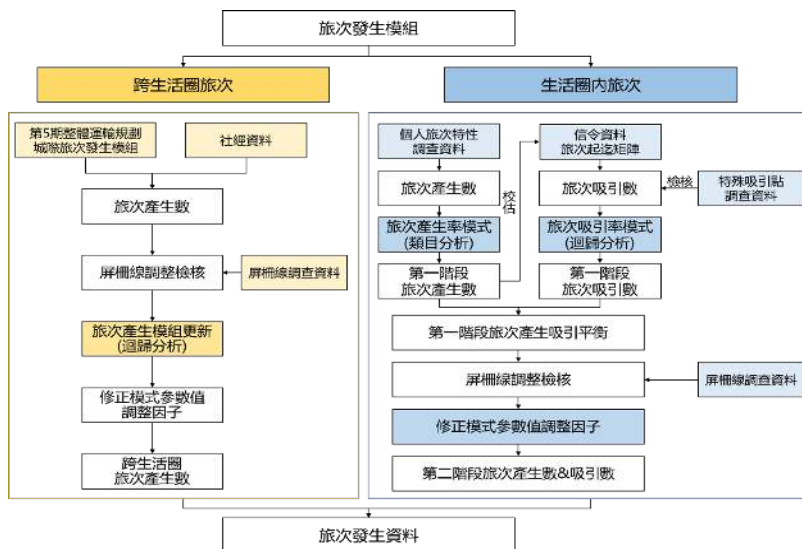


圖 7 旅次發生模組建構流程圖

4.1.1 跨生活圈旅次發生

跨生活圈旅次發生模組係以運研所第 5 期整體運輸規劃研究系列之成果為基礎，透過現況屏柵線交通量資料與社經資料推估旅次發生數，並依據中臺範圍切分界內之跨生活圈旅次，計算跨生活圈旅次各目的之旅次發生數，進行迴歸分析，據此得到跨生活圈之旅次發生數，旅次發生迴歸式如表 5。

表 5 跨生活圈各旅次目的旅次發生迴歸式

目的別	變數	調整後 R ²	係數	t	p
商務洽公	二級就業	0.944	0.1821	63.727	0.000
	家戶所得		0.3488	7.528	0.000
探親訪友	家戶所得	0.836	0.3648	9.623	0.000
	汽車車輛登記數		0.0397	29.641	0.000
休閒旅遊	二級就業	0.962	0.0538	77.871	0.000
	家戶所得		0.1101	9.835	0.000
通勤上班	三級就業	0.851	0.1815	32.462	0.000
	家戶所得		1.2076	10.377	0.000
其他旅次	家戶所得	0.818	0.6104	11.325	0.000
	汽車車輛登記數		0.0491	25.781	0.000

註：1. P<0.05表示該變數顯著

2.各變數單位如下：二級就業人口數(人數/日)、三級就業人口數(人數/日)、家戶所得(萬元/年)、汽車車輛登記數(車輛數)

4.1.2 生活圈旅次發生

(一) 旅次產生模組

旅次產生模組係採類目分析法，依據年齡、家戶所得進行級距劃分。年齡分組配合及學、及業人口的年齡分布，分為「未滿 15 歲」、「15 歲-17 歲」、「18 歲-21 歲」、「22 歲-29 歲」、「30 歲-64 歲」、「65 歲以上」，共 6 個級距(6 歲以下尚未就學，不納入本研究分析範圍)；所得部分依全臺平均家戶所得 106 萬元/年，將家戶所得分為「低所得」(不超過 90 萬元/年)、「中所得」(90 萬元以上 200 萬元以下/年)、「高所得」(200 萬元以上/年)，共 3 個級距。以下摘錄臺中生活圈各分組旅次產生率如表 6 所示。

表 6 各旅次目的旅次產生率(含步行)

生活圈	年齡級距	所得級距	旅次率(旅次/日)			
			HBW	HBE	HBO	NHB
臺中	未滿15歲	低	0.00	1.87	0.16	0.07
		中	0.00	1.76	0.25	0.19
		高	0.00	1.90	0.37	0.36
	15-17歲	低	0.00	1.62	0.11	0.20
		中	0.00	1.90	0.16	0.22
		高	0.00	1.90	0.26	0.34
	18-21歲	低	0.21	1.45	0.22	0.27
		中	0.32	1.52	0.30	0.52
		高	0.33	1.53	0.37	0.73
	22-29歲	低	1.03	0.22	0.22	0.31
		中	1.10	0.23	0.35	0.37
		高	1.12	0.25	0.43	0.48
	30-64歲	低	1.26	0.00	0.67	0.25
		中	1.27	0.00	0.72	0.27
		高	1.30	0.00	0.74	0.31
	65歲以上	低	0.06	0.00	1.29	0.06
		中	0.20	0.00	1.41	0.05
		高	0.20	0.00	1.53	0.07

(二) 旅次吸引模組

旅次吸引模組則使用迴歸分析法，利用各交通分區社經變數(包含：二三級產業及業人口數、及學人口數等)來反映各旅次目的別的旅次吸引量，進行迴歸分析。以下摘錄臺中生活圈旅次吸引模組迴歸式彙整如表 7。

表 7 生活圈內旅次吸引模組迴歸式

生活圈	目的別	變數	調整後 R ²	係數	t	p
臺中	HBW	二級及業	0.986	1.838	75.343	0.000
		三級及業		1.734	66.032	0.000
	HBE	及學(高中以下)	0.978	1.980	110.656	0.000

生活圈	目的別	變數	調整後 R ²	係數	t	p
		及學(大學以上)	0.965	1.513	86.516	0.000
	HBO	二級及業	0.981	0.770	37.135	0.000
		三級及業		1.809	81.024	0.000
	NHB	二級及業	0.986	0.243	37.708	0.000
		三級及業		0.705	101.839	0.000

註：p<0.05表示該變數顯著。

4.1.3 基年旅次發生

依據本研究基年(109年)社經資料、旅次產生及吸引參數，並透過屏柵線旅次量檢核，校估得旅次發生模組各旅次目的旅次數，彙整如表8所示。

- (一) 中臺區域基年跨生活圈旅次產生共約 96.1 萬人次/日，以目的別而言，通勤旅次旅次產生量最多，共有 37.4 萬人次/日(約占 39.0%)；以生活圈別而言，臺中因人口數居中臺生活圈第一，且至外地工作、旅遊需求多，故有最多旅次產生數，約 37.5 萬人次/日(約占 39.0%)。
- (二) 中臺區域基年生活圈內旅次產生共約 974.7 萬人次/日，以目的別而言，HBW 產生量最多，共 427.6 萬人次/日(占 43.9%)。各生活圈別產生量以臺中生活圈最多，旅次產生共有 542.4 萬人次/日(占 55.6%)。
- (三) 中臺區域總旅次數為 1,070.7 萬人次/日，北臺、南臺區域旅次數分別為 2,365.3 萬人次/日、1,378.0 萬人次/日，中臺區域總人口數較北臺及南臺區域少。推測除中臺區域特性外，由於中臺區域模式調查於 109 年進行，可能受新冠肺炎疫情影響，民眾外出型態改變，減少非必要外出，故整體旅次產生率降低。

表 8 基年中臺區域旅次產生量(不含步行)

單位:人次/日

生活圈	類別	生活圈內旅次					跨生活圈旅次	總旅次數
		HBW	HBE	HBO	NHB	總計		
苗栗	產生量	319,496	103,997	233,625	91,492	748,609	98,142	846,751
	產生率	1.209	1.103	0.449	0.176	1.438		
臺中	產生量	2,357,816	745,327	1,670,116	650,335	5,423,594	374,506	5,798,100
	產生率	1.763	1.456	0.573	0.223	1.860		
彰化	產生量	883,753	266,555	674,199	222,454	2,046,960	307,621	2,354,581

	產生率	1.424	1.208	0.563	0.186	1.710		
南投	產生量	340,008	84,067	163,359	80,804	668,237	128,326	796,563
	產生率	1.317	1.044	0.376	0.186	1.539		
雲林	產生量	375,155	120,054	262,544	101,390	859,143	51,980	911,123
	產生率	1.107	1.055	0.445	0.172	1.455		
中臺區域	產生量	4,276,228	1,319,999	3,003,843	1,146,474	9,746,544	960,576	10,707,120
	產生率	1.517	1.293	0.531	0.203	1.723		

註：1. 生活圈內各目的別之旅次產生量計算方式如下：

HBW 旅次率=HBW 產生量/(一級就業人口數+二級就業人口數+三級就業人口數)

HBE 旅次率=HBE 產生量/(6歲~30歲就學人口數)

HBO 旅次率=HBO/實住人口

NHB 旅次率=NHB/實住人口

總旅次率=各目的旅次總數/實住人口

2.實住人口採用99年「人口及住宅普查」計算戶籍轉實住之比率

4.2 中臺區域旅次分布分析

中臺區域模式研究範圍內之旅次包含各生活圈彼此往來的跨生活圈旅次，以及各自生活圈內的旅次，因此在模式處理上，乃依據旅次的特性進行區分，其中跨生活圈旅次分布主要參考運研所「第5期整體運輸規劃研究系列」之旅次分布結果為基礎，採用迄點分配機率比模式處理；生活圈內旅次分布則以傳統重力模式(Gravity Model)理論架構進行構建，而旅次分布模組僅用於處理界內人旅次之分布；界外旅次及貨車旅次之分布，因旅運特性與界內旅次特性不同，故獨立處理，分析流程架構如圖8所示。

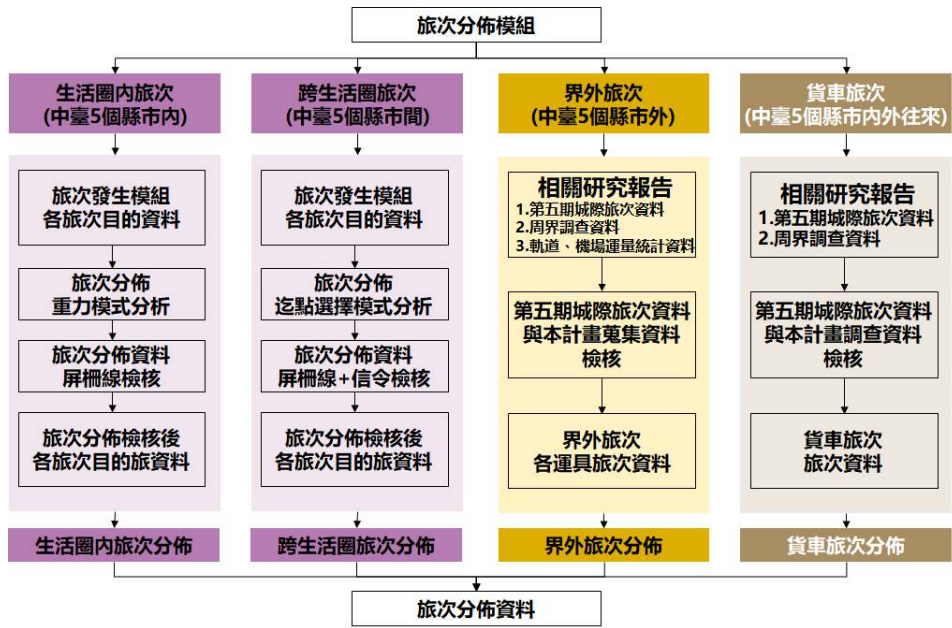


圖 8 旅次分布模組架構示意圖

4.2.1 跨生活圈旅次分布

跨生活圈旅次分布採用迄點分配機率比模式，根據各旅次目的不同之考量因素，將旅次目的分成商務、探親訪友、旅遊、通勤、其他等五類，並以旅次數、人口數、分區間旅行時間、二級及業人口、三級及業人口、大專院校及學人數與觀光遊憩人數等變數，進行迴歸分析求解參數，其參數校估結果如表 9 所示。

表 9 現況跨生活圈旅次分布模式校估結果表

變數設定(以臺中生活圈為基礎)		商務洽公	探親訪友	休閒遊憩	通勤	其他
常數	苗栗生活圈	-1.2222	0.4892	-1.4639	-0.1105	-0.1094
	彰化生活圈	-0.0807	0.6071	-1.1488	0.4104	0.2521
	南投生活圈	-1.2320	0.4975	-0.0246	0.2991	0.2719
	雲林生活圈	-0.6620	0.8414	-0.3621	-0.2703	-0.3274
變數	分區間時間	-0.0599	-0.0426	-0.0483	-0.0481	-0.0479
	人口(萬人)	-	0.0097	0.0073	-	0.0091
	二級及業人口(萬人)	0.0006	-	-	0.0128	-
	三級及業人口(萬人)	0.0199	-	-	0.0183	-

變數設定(以臺中生活圈為基礎)	商務洽公	探親訪友	休閒遊憩	通勤	其他
觀光遊憩人數(萬人)	-	-	0.0007	-	-
R ² 值	0.6237	0.6260	0.8580	0.7115	0.7231

4.2.2 生活圈內旅次分布

以重力模式進行計算，考量產生端與吸引端間旅行時間與成本之花費(原意即相對距離)換算為一般化成本函數，校估阻抗函數之參數，再透過社經調整因子進行適度修正，以反映產生端與吸引端間之引力關係，進而推估各交通分區間旅次分布情況。

(一)平均旅次長度分配

各旅次目的之阻抗函數參數採中臺區域模式之校估結果如表 10，各生活圈旅次目的之旅次分配校估結果，平均旅次長度彙整如表 12 所示，HBW 旅次平均成本約 14-28 分鐘，以臺中生活圈較高；HBO 旅次平均成本約 12-26 分鐘，以臺中生活圈較高；HBE18-旅次平均成本約 8-11 分鐘，以臺中生活圈較高；HBE18+旅次平均成本約 20-26 分鐘，以臺中生活圈較高；NHB 旅次平均成本約 12-28 分鐘，以臺中生活圈較高。

表 10 各生活圈各旅次目的阻抗函數參數校估結果表

縣市	項目	HBW	HBO	HBE18-	HBE18+	NHB
苗栗 生活圈	α	0.56588	0.85536	3.33650	0.27113	1.01526
	β	0.03236	0.02861	0.13047	0.00000	0.01843
臺中 生活圈	α	1.23058	1.86518	1.62741	0.24874	1.86098
	β	0.03791	0.02056	0.04968	0.04757	0.01996
彰化 生活圈	α	1.06600	1.71110	2.23034	2.28434	1.22764
	β	0.04206	0.02476	0.01109	0.00111	0.03258
南投 生活圈	α	1.16120	1.07670	3.18580	1.46403	1.29620
	β	0.01421	0.02274	0.10404	0.00003	0.01076
雲林 生活圈	α	0.85855	1.15866	1.48250	2.02351	1.01206
	β	0.03755	0.02848	0.00000	0.00000	0.03104

(二)區內旅次比例

各生活圈 HBW 旅次區內旅次比例約 8%-19%，以雲林生活圈較高；HBO 旅次區內旅次比例約 13%-16%，以雲林生活圈較高；HBE18-旅次旅次區內旅次比例約 53%-65%，以苗栗生活圈較高；HBE18+旅次區內旅次比例約 21%-27%，以雲林生活圈較高；NHB 旅次區內旅次比例約 10%-17%，以雲林生活圈較高。

4.2.3 基年旅次分布成果

分別就跨生活圈旅次、生活圈內旅次，以及界外旅次與貨車旅次等特殊旅次之分布特性說明如后。

(一)跨生活圈旅次分布

跨生活圈旅次分布總數如表 11 所示，基年(109 年)各相鄰生活圈旅次占比以臺中生活圈往來彰化生活圈較密切，其次為臺中生活圈往來南投生活圈與苗栗生活圈。

表 11 基年跨生活圈總旅次分布彙整表

生活圈	苗栗	臺中	彰化	南投	雲林	總計
苗栗	-	81,644	12,144	3,143	1,211	98,142
臺中	53,761	-	218,304	79,913	22,528	374,506
彰化	8,613	206,445	-	52,122	40,441	307,621
南投	2,313	75,981	42,130	-	7,902	128,326
雲林	691	17,065	27,413	6,811	-	51,980
總計	65,378	381,135	299,991	141,989	72,083	960,576

(二)生活圈旅次分布

生活圈內旅次受都市化程度影響，人口與產業仍集中在現況各生活圈主要核心發展地區，其旅次分布總數如表 12 所示，彙整如下：

1. 苗栗生活圈：以區間旅次大致可分為竹南頭份與苗栗雙中心，其中竹南頭份為科園園區聚集地，竹南與頭份往來旅次亦較高，而苗栗市為原核心發展區域，對周邊其他地區具有一定的吸引力。
2. 臺中生活圈：以區內旅次占比為多核心發展市鎮，舊臺中市範圍為核心區，主要旅次活動延伸至周邊市鎮包括西屯區、北屯區、南屯區、大里區，與副都心豐原區及目前發展中海線雙港副都心。
3. 彰化生活圈：大致可分為彰化、員林雙中心，其中彰化因大專院校及大型醫院等大型設施，對週邊地區具有一定的磁吸效用，而員林

為另一現況旅次集中區域，未來結合中科二林園區發展，將有大量旅次聚集及往來。

4. 南投生活圈：以南投、埔里草屯為雙中心，其中南投與草屯間聯絡最為頻繁，區間旅次多，而埔里則為休閒娛樂主要據點，區內旅次占比也較高。
5. 雲林生活圈：可分為斗六、虎尾雙中心，斗六為雲林的一級行政區，旅次集中，而虎尾則是第二大人口聚集地，有高鐵站、大專院校、購物中心及大型醫院等大型設施，區間旅次多，對周邊其他地區具有一定的吸引力。

表 12 基年生活圈內總旅次旅次總量彙整表

生活圈	總次總量 (萬人次/日)	行政區內旅次占比前5行政區	行政區間往來旅次占比前5行政區
苗栗	82.2	竹南鎮(11.71%)、頭份市(9.97%)、苗栗市(9.69%)、苑裡鎮(4.96%)、後龍鎮(2.39%)	頭份-竹南(13.66%)、苗栗-後龍(2.92%)、苗栗-竹南(2.79%)、苗栗-頭份(2.19%)、苗栗-公館(2.13%)
臺中	592.1	西屯區(4.48%)、大里區(3.10%)、北屯區(2.98%)、南屯區(2.68%)、豐原區(2.56%)	西屯-南屯(2.30%)、北屯-西屯(2.09%)、北屯-北區(1.91%)、西屯-北區(1.45%)、西屯-南區(1.42%)
彰化	225.4	彰化市(14.28%)、員林市(5.91%)、鹿港鎮(4.63%)、和美鎮(2.80%)、溪湖鎮(1.93%)	彰化-和美(2.99%)、彰化-花壇(1.86%)、鹿港-福興(1.81%)、員林-大村(1.69%)、員林-埔心(1.61%)
南投	72.9	南投市(19.37%)、埔里鎮(15.52%)、草屯鎮(14.44%)、竹山鎮(7.27%)、名間鄉(2.13%)	南投-草屯(10.75%)、南投-名間(4.15%)、埔里-魚池(1.29%)、草屯-埔里(1.17%)、南投-中寮(1.11%)
雲林	94.0	斗六市(16.51%)、虎尾鎮(7.21%)、北港鎮(4.81%)、麥寮鄉(4.74%)、斗南鎮(2.96%)	斗六-斗南(3.55%)、斗六-古坑(3.04%)、斗六-虎尾(2.70%)、斗六-莿桐(2.55%)、斗南-虎尾(2.13%)

(三)特殊旅次分布

1. 中臺地區基年(109 年)界外各運具旅次量，私人運具共計 23.1 萬 PCU/日；大眾運具共計 29.4 萬人次，其中以臺鐵占比較高，每日約有 12.7 萬人旅次，高鐵 11.7 萬人旅次，客運 5.0 萬人旅次。
2. 中臺區域貨車各車種旅次分布，各車種總量分別為小貨車 176.7 萬 PCU/日、大貨車 28.9 萬 PCU/日，及聯結車 23.0 萬 PCU/日。
3. 中臺區域臺中機場到離站進出旅客分布統計，以臺中生活圈內部前

往臺中機場之旅次量最高，到達與離開約有 4,926 人次/日，到達機場旅次約為 3,946 人次/日，離開機場旅次約為 3,786 人次/日，總到達與離開機場旅次約為 7,732 人次/日，使用運具以汽車為主約占 85%。

4.3 中臺區域運具選擇分析

中臺區域模式運具分配模組，在模式處理上，各生活圈運具分配模式以現況旅次運具使用特性資料與敘述性偏好運具資料，來分別建構各生活圈之運具分配模式，而跨區域間之運具選擇模式則引用運研所建構之 TDM2016 運具選擇校估結果，提出合適之運具選擇模式，分析流程架構如圖 9 所示。

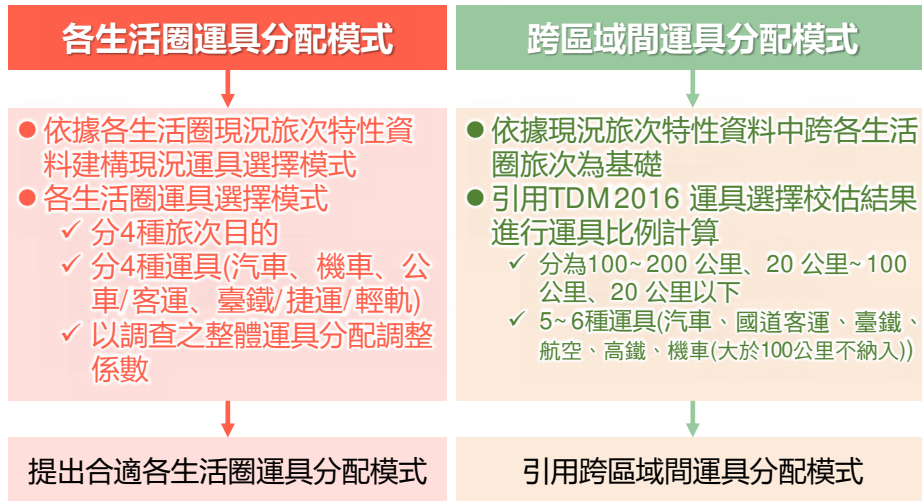


圖 9 運具選擇模組架構示意圖

4.3.1 跨生活圈運具選擇

中臺跨生活圈運具選擇模組校估結果引用城際運輸需求模式 (TDM2016)，分析運具包含機車、小客車、國道客運、軌道以及高鐵；依旅次長度分為 100~200 公里、20 公里~100 公里、20 公里以下 3 組運具選擇模組；將旅次整併為商務旅次與非商務旅次，並針對 100 公里以下旅次加入機車選擇方案。跨生活圈現況運具選擇部分參數有重新校估，包括 20 公里以下機車運具與 100~200 公里高鐵運具，參數校估結果如表 13 所示。

表 13 跨生活圈運具選擇模組校估結果彙整表

變數設定(以汽車為基準)		低於20公里	20-100公里		100-200公里	
			商務	非商務	商務	非商務
		係數	係數	係數	係數	係數
常數	客運	-3.99*	-2.34	-4.20	-6.71*	-1.29
	臺鐵	-3.31	-1.76	-4.11	-6.59*	-0.63
	機車	-6.87	-3.65*	-4.93*	-	-
	高鐵	-	-2.13*	-3.07	0.02	0.12
共生變數	時間(分鐘)	-0.121	-0.065	-0.068	-0.011	-0.013
	成本(元)	-0.073	-0.014	-0.020	-0.002	-0.003
方案特定變數	個人所得-指定小客車(10萬元)	-	0.21	-	-	0.27
	個人所得-指定機車(10萬元)	-	-	-0.15*	-	-
時間價值(元/分鐘)		1.65	4.55	3.34	5.74	5.12
時間價值(元/時)		99.26	272.96	200.39	344.21	306.92

資料來源:城際運輸需求模式(TDM2016)。註:*為本研究調整修正。

4.3.2 生活圈內運具分析

本研究運具選擇模組分析時段為全日，運具包含機車、小客車、客運與軌道。旅次目的區分為家-工作(HBW)、家-學校(HBE)、家-其他(HBO)及非家(NHB)旅次等4類。以下摘錄現況中臺區域臺中生活圈運具選擇參數校估結果如表 14 所示。

表 14 臺中生活圈運具選擇模組校估結果彙整表

變數設定 (以汽車為基準)		HBW			HBO			HBE			NHB		
		係數	T 值	P 值	係數	T 值	P 值	係數	T 值	P 值	係數	T 值	P 值
方案特定常數	機車	-1.68	7.48	0.00	-1.60	4.79	0.00	-1.84	8.50	0.00	-1.00	5.21	0.00
	公車	-2.95	3.60	0.00	-1.93	5.60	0.00	1.71	1.99	0.00	-3.21	2.20	0.00
	軌道	-1.42	8.31	0.00	-1.72	6.64	0.00	2.39	7.95	0.00	-2.26	8.45	0.00
共生	時間(分鐘)	-0.13	16.2	0.00	-0.19	-7.58	0.00	-0.18	10.15	0.00	-0.11	7.00	0.00

變數設定 (以汽車為基準)		HBW			HBO			HBE			NHB		
		係數	T 值	P 值	係數	T 值	P 值	係數	T 值	P 值	係數	T 值	P 值
變數			1										
	成本(元)	-0.06	-15.70	0.00	-0.10	-13.00	0.00	-0.11	-8.33	0.00	-0.06	-5.98	0.00
方案特定變數	汽車持有指定汽車	1.23	5.62	0.00	1.68	10.25	0.00	1.49	2.85	0.00	-	-	-
	機車持有指定機車	0.82	15.37	0.00	0.65	11.48	0.00	0.66	8.91	0.00	-	-	-
等佔有率概似函數值 LL(0)		-6,559.95			-3,754.09			-1,522.15			-1,450.06		
市場佔有率概似函數值 LL(C)		-3,584.47			-1,738.92			-830.56			-723.60		
參數估計概似函數值 LL(B)		-2,022.83			-829.75			-389.15			-508.92		
等佔有率概似比指標 ρ^2		0.69			0.78			0.74			0.65		
市佔率概似比指標 ρ_c^2		0.44			0.52			0.53			0.30		
時間價值(元/分鐘)		2.02			1.92			1.54			1.85		
時間價值(元/時)		121.30			115.04			92.63			110.78		

4.3.3 基年運具選擇

分別就跨生活圈及生活圈內之運具選擇說明如后。

(一) 跨生活圈運具選擇

現況中臺區域跨生活圈運具選擇如表 15 所示，中臺地區跨生活圈旅次以汽車使用比例最高，達 71.5%，其次分別為公車(10.1%)、機車(9.3%)與軌道系統(9.1%)；其中由於高鐵主要服務中長途旅次，在中臺區域內的跨生活圈旅次占比較低，約占 0.5%，中長途(100~200km)高鐵之旅次占比較明顯，主要係服務商務旅次。若只考慮旅次目的 20-100KM 與 100-200KM 的商務與非商務旅次，皆以汽車為主，其中商務旅次汽車占比皆大於 80%。

表 15 跨生活圈總體運具比例結果表

距離		汽車	機車	公車	軌道	高鐵	合計
短程(20公里以下)		37.1%	29.4%	29.8%	3.7%	-	100.0%
中程(20-100公里)	商務	90.0%	4.6%	3.4%	1.0%	1.0%	100.0%
	非商務	66.1%	9.4%	11.2%	13.2%	0.2%	100.0%
長程(100-200公里)	商務	90.8%	-	0.2%	0.2%	8.8%	100.0%
	非商務	90.0%	-	4.6%	4.5%	0.9%	100.0%

(二)生活圈內運具選擇

現況總體中臺區域各生活圈運具選擇如表 16 所示，各生活圈旅次以使用私人運具為主，以機車占比最高，使用比例約占 62.0%，其次為汽車的 31.4%，大眾運輸占比約為 6.6%；各生活圈中臺中生活圈因有捷運軌道系統，大眾運輸運具比例略高於其他生活圈，約占 7.9%。各目的旅次同樣以私人運具為主，主要使用運具仍以機車占比最高，達 50%以上，尤其 HBW 旅次，各生活圈内旅次私人運具占比超過 90%；臺中生活圈大眾運輸服務較為完備，HBE 使用大眾運輸比例較高，可達 15%。

表 16 各生活圈内運具比例比較彙整表

生活圈	運具	模式值					觀察值 合計(B)	誤差% (B-A)/(A)
		HBW	HBO	HBE	NHB	合計(A)		
苗栗 生活圈	汽車	43.3%	35.6%	31.8%	32.7%	38.02%	39.10%	-2.8%
	機車	49.7%	60.5%	57.3%	62.0%	55.62%	54.22%	2.6%
	大眾	7.0%	3.9%	10.8%	5.3%	6.36%	6.68%	-4.8%
臺中 生活圈	汽車	34.9%	27.0%	18.2%	27.6%	29.29%	30.12%	-2.8%
	機車	59.5%	65.4%	64.8%	66.1%	62.84%	62.35%	0.8%
	大眾	5.6%	7.7%	17.0%	6.2%	7.87%	7.53%	4.6%
彰化 生活圈	汽車	33.9%	34.7%	28.0%	32.1%	33.18%	31.70%	4.7%
	機車	63.0%	62.5%	58.7%	64.9%	62.47%	64.04%	-2.4%
	大眾	3.1%	2.9%	13.3%	3.0%	4.35%	4.26%	2.1%
南投 生活圈	汽車	31.6%	33.5%	36.4%	35.1%	33.11%	31.77%	4.2%
	機車	64.8%	62.4%	45.7%	56.2%	60.80%	61.83%	-1.7%
	大眾	3.5%	4.1%	17.9%	8.7%	6.09%	6.40%	-4.9%

雲林 生活圈	汽車	35.5%	32.8%	31.0%	32.5%	33.69%	35.11%	-4.1%
	機車	62.2%	64.4%	54.4%	65.8%	62.22%	60.88%	2.2%
	大眾	2.3%	2.8%	14.5%	1.7%	4.09%	4.01%	2.1%

4.4 中臺區域路網指派分析

中臺區域模式路網指派模組，輸入資料包括道路及公共運輸路網的完整資訊及交通分區間的旅次起迄分布矩陣。現況(民國 110 年)公路路網建立，以中臺灣主要公路為主，包括鄉道道路等級以上公路與部分重要連接道路(市區、郊區、堤外道路)，大眾路網則針對中臺灣公車客運、臺鐵、高鐵、捷運各營運路線。交通分區間的旅次起迄矩陣可用全日旅次或尖峰小時旅次指派到路網上進行分析。

交通量指派前先進行各運具旅次之車次轉換，同時輸入公車的先行指派交通量與貨運需求旅次，以旅行時間、旅行成本為指派原則，進行路徑選擇，本模式採用各運具最短旅行時間為路徑選擇標準。指派後路網依據道路交通量調整行駛速率，作為各交通分區之各運具最小成本路徑計算依據，求得各起迄旅次之旅行時間及成本，接著再次進行旅次分派與運具分配工作，直到交通量指派結果符合規劃需求為止，模式分析流程如圖 10 所示

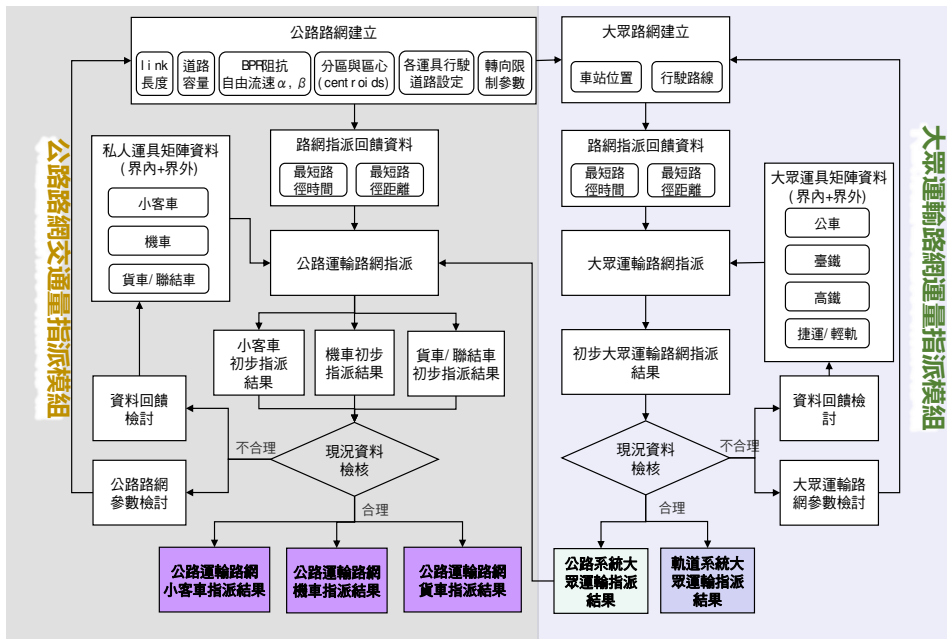


圖 10 路網指派模組分析流程示意圖

(一)中臺區域公路路網指派結果

公路路網指派周界線與屏柵線(摘錄臺中屏柵線)之模式量與調查值比較，其總誤差已控制在±10%以內，各點模式值預測結果總誤差已控制在±20%以內，如表 17 所示；而檢視整體模式指派結果，周界線模式指派值較觀察值略高，主要貨車旅次與汽車旅次部分有差異，原因可能係因模式對於貨車旅次之處理，以均衡分派至模擬道路路網上；實際上，貨車旅次之行經路徑，一則以市場需要為選擇，一則受限於特定區道路禁行貨車管制，因此造成模式推估結果無法與實際車行狀況完全相符，造成偏誤情況。

表 17 公路路網指派模式值與調查值交通量比較彙整表

類別	編號	方向	調查值 PCU/日(A)	模式值 PCU/日(B)	單向誤差% (B-A)/(A)	雙向誤差% (B-A)/(A)
周界線	CD1北周界	東/北	129,581	133,588	3.1%	4.9%
		西/南	129,806	138,419	6.6%	
	CL2南周界	東/北	101,125	93,498	-7.5%	-5.5%
		西/南	98,884	95,550	-3.4%	
	CL3東側周界	東/北	3,354	3,470	3.5%	9.4%
		西/南	3,091	3,582	15.9%	
	CL4苗栗臺中	東/北	114,900	124,713	8.5%	6.5%
		西/南	116,860	122,211	4.6%	
	CL5臺中彰化	東/北	250,554	261,680	4.4%	4.7%
		西/南	250,704	262,911	4.9%	
	CL6彰化雲林	東/北	80,098	82,939	3.5%	2.4%
		西/南	80,395	81,428	1.3%	
	CL7臺中南投	東/北	36,967	34,050	-7.9%	-6.1%
		西/南	36,033	34,505	-4.2%	
	CL8彰化南投	東/北	41,478	40,360	-2.7%	-2.0%
		西/南	39,994	39,465	-1.3%	
	CL9雲林南投	東/北	25,348	26,644	5.1%	2.3%
		西/南	25,713	25,609	-0.4%	
合計	東/北	783,405	800,942	2.2%	2.5%	
	西/南	781,480	803,680	2.8%		

類別	編號	方向	調查值 PCU/日(A)	模式值 PCU/日(B)	單向誤差% (B-A)/(A)	雙向誤差% (B-A)/(A)
臺中 屏柵 線	SL201	東/北	350,707	341,756	-2.6%	-1.7%
		西/南	339,262	336,320	-0.9%	
	SL202	東/北	148,697	149,830	0.8%	-1.9%
		西/南	156,336	149,429	-4.4%	
	SL203	東/北	84,629	85,946	1.6%	1.0%
		西/南	83,645	83,973	0.4%	
	SL204	東/北	172,166	165,421	-3.9%	-3.3%
		西/南	171,972	167,249	-2.7%	
	SL205	東/北	337,505	324,596	-3.8%	-3.7%
		西/南	330,918	318,812	-3.7%	
	合計	東/北	1,093,704	1,067,549	-2.4%	-2.4%
		西/南	1,082,134	1,055,784	-2.4%	

(二)中臺區域大眾運輸路網指派結果

周界線與屏柵線(摘錄臺中屏柵線)之模式量與調查值比較,分別以公路客運通過量、軌道系統通過量來比較,中臺地區之公路客運通過量,其與對應之現況調查旅次數統計值比較,其總誤差控制在±10%以內。中臺地區之臺鐵系統通過量,其與對應之現況調查旅次數統計值比較,其總誤差控制在±10%以內;中臺地區之高鐵系統通過量,其與對應之現況調查旅次數統計值比較,其總誤差控制在±10%以內,如表 18、表 19 所示。

表 18 軌道系統指派模式值與調查值交通量比較彙整表

類別	編號	方向	臺鐵			高鐵		
			調查值 人次/日 (A)	模式值 人次/日 (B)	誤差% (B-A)/A	調查值 人次/日 (A)	模式值 人次/日 (B)	誤差% (B-A)/A
周界線	CD1 北周界	東/北	18,048	19,625	8.7%	50,807	49,934	-1.7%
		西/南	17,732	19,040	7.4%	51,659	49,828	-3.5%
	CL2 南周界	東/北	9,494	9,561	0.7%	33,090	31,688	-4.2%
		西/南	9,397	9,936	5.7%	33,174	31,590	-4.8%
	CL4 苗栗臺中	東/北	15,032	16,409	9.2%	49,914	48,885	-2.1%
		西/南	14,971	14,325	-4.3%	50,790	48,776	-4.0%

類別	編號	方向	臺鐵			高鐵		
			調查值 人次/日 (A)	模式值 人次/日 (B)	誤差% (B-A)/A	調查值 人次/日 (A)	模式值 人次/日 (B)	誤差% (B-A)/A
	CL5 臺中彰化	東/北	18,819	16,963	-9.9%	35,742	34,261	-4.1%
		西/南	19,192	17,872	-6.9%	35,865	34,124	-4.9%
	CL6 彰化雲林	東/北	8,890	8,091	-9.0%	35,346	33,650	-4.8%
		西/南	9,031	8,589	-4.9%	35,424	33,292	-6.0%
臺中 屏柵線	SL204	東/北	18,231	17,272	-5.3%	49,914	48,885	-2.1%
		西/南	18,373	18,403	0.2%	50,790	48,776	-4.0%
	SL205	東/北	22,447	23,748	5.8%	49,914	48,885	-2.1%
		西/南	21,662	21,733	0.3%	50,790	48,776	-4.0%

表 19 公路客運指派模式值與調查值交通量比較彙整表

類別	編號	方向	大客車		
			調查值 人次/日(A)	模式值 人次/日(B)	誤差% (B-A)/(A)
周界 線	CD1北周界	東/北	30,856	29,829	-3.3%
		西/南	30,914	29,738	-3.8%
	CL2南周界	東/北	14,945	14,310	-4.2%
		西/南	14,730	15,728	6.8%
	CL3東側周界	東/北	980	945	-3.6%
		西/南	904	939	3.9%
	CL4苗栗臺中	東/北	24,086	23,853	-1.0%
		西/南	23,680	24,234	2.3%
	CL5臺中彰化	東/北	57,610	55,538	-3.6%
		西/南	58,975	56,161	-4.8%
	CL6彰化雲林	東/北	10,795	11,012	2.0%
		西/南	11,291	10,727	-5.0%
	CL7臺中南投	東/北	9,045	8,731	-3.5%
		西/南	6,923	7,541	8.9%

	CL8彰化南投	東/北	8,190	7,699	-6.0%
		西/南	9,429	8,989	-4.7%
	CL9雲林南投	東/北	4,760	4,664	-2.0%
		西/南	4,337	4,233	-2.4%
臺中 屏 柵 線	SL201	東/北	75,292	75,919	0.8%
		西/南	71,680	74,490	3.9%
	SL202	東/北	31,483	33,670	6.9%
		西/南	30,252	32,279	6.7%
	SL203	東/北	15,817	15,680	-0.9%
		西/南	15,315	15,713	2.6%
	SL204	東/北	35,093	34,300	-2.3%
		西/南	33,858	33,271	-1.7%
	SL205	東/北	75,459	71,724	-4.9%
		西/南	64,637	60,805	-5.9%

五、結語

本研究為中臺區域整體運輸規劃系列研究第一階段成果，成果包括完成中臺區域旅次特性調查、重要屏柵線觀察點交通量調查與分析，進行交通分區劃分、運輸系統路網構建、目標年中臺區域社經趨勢預測，完成中臺區域運輸需求模式現況資料之參數校估與模式構建，並透過屏柵線旅次檢核，掌握區域內旅次行為，以利進行目標年中臺區域運輸需求模式建構，完成中臺區域供需預測分析，第二階段將研擬中臺區域整體運輸發展策略，本研究成果可供地方政府相關單位做為施政之參考。

參考文獻

1. 「臺中都會區住戶訪問卷調查與運輸需求預測模式建立」，臺中市政府，民國 105 年。
2. 「第 5 期整體運輸規劃研究系列—供需預測分析」，交通部運輸研究所，民國 106 年。
3. 「彰化縣大眾捷運系統整體路網評估計畫」，彰化縣政府，民國 106 年。

4. 「北臺區域整體運輸規劃旅次特性調查與供需分析」，交通部運輸研究所，民國 107 年 12 月。
5. 「臺中地區大眾捷運系統整體路網評估報告書」，臺中市政府，民國 108 年 9 月。
6. 「北臺區域陸路運輸服務均衡發展策略研究」，交通部運輸研究所，民國 109 年 4 月。
7. 「南臺區域整體運輸規劃系列研究(1/2)—旅次特性調查分析」，交通部運輸研究所，民國 109 年 10 月。
8. 中華民國人口推估(2020 至 2070 年)，國家發展委員會，民國 109 年。