國立陽明交通大學

運輸與物流管理學系

碩士論文

Department of Transportation and Logistics Management

National Yang Ming Chiao Tung University

Master Thesis

臺灣幸福巴士績效評估：脈絡相依資料包絡分析法之應用

Evaluating demand responsive transport services in Taiwan: the application of context-dependent data envelopment analysis approach

研 究 生：夏暄筑(Xia, Xuan-Zhu)

指導教授：閻姿慧 (Barbara T.H. Yen)

中華民國一一二年 七 月

July 2023

臺灣幸福巴士績效評估：脈絡相依資料包絡分析法之應用

Evaluating demand responsive transport services in Taiwan: the application of context-dependent data envelopment analysis approach

研 究 生：夏暄筑　　Student：Xia, Xuan-Zhu

指導教授：閻姿慧　　Advisor：Yen, Barbara T.H.

國 立 陽 明 交 通 大 學

運輸與物流管理學系

碩 士 論 文

A Thesis

Submitted to Department of Transportation and Logistics Management

College of Management

National Yang Ming Chiao Tung University

in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master

of Science

in

Traffic and Transportation

July 2023

Taiwan, Republic of China

中華民國一一二年七月

臺灣幸福巴士績效評估：脈絡相依資料包絡分析法之應用

學 生：夏暄筑　　指導教授：閻姿慧

國立陽明交通大學運輸與物流管理研究所碩士班

中文摘要

隨著現今交通迅速發展，公共運輸多集眾在都市地區，臺灣百分之七十五的居民待在都市地區，換句說有百分之二十五的民眾散佈在其他偏鄉區域，然而這些地區在提供公共運輸上面臨許多挑戰，在人口密度較低的區域常常會因為交通需求分散而忽視民眾運輸需求，因此為了滿足人們在「行」的需求，各國提出彈性運輸服務(Flexible Transit Service, FTS)，而彈性運輸服務中最被廣泛使用且探討的為需求反應式公共運輸服務(Demand Responsive Transport Services, DRTS)，臺灣在 2016 年政府跟隨國際腳步，開始實施以乘客需求為導向的需求反應式公共運輸服務，提高居民搭乘大眾運輸系統的意願，不過由於乘載率仍然低下，使得政府嚴重虧損，但目前各國成效皆不盡相同，而一個優秀且有效的需求反應式公共運輸服務是沒有定論，所以為了解決偏遠地區公共運輸服務問題，本篇研究希望可以藉由研究各國的運輸服務定義好的需求反應式公共運輸服務以及有效的運輸系統，蒐集臺灣和其他國家案例以及文獻交叉比對，並利用 DBSCAN 和 K-medoid 分析臺灣落點，定位出臺灣之需求反應式公共運輸服務是相對有效率的系統，此外藉由傳統資料包絡分析法(Data envelopment analysis, DEA)中的 CCR 及 BCC 模型和脈絡相依資料包絡分析法(Context-dependent DEA, CD-DEA)探討各階層之路線差異，利用吸引力及進步力分數研究中間層級內的象限分析，並透過外部環境因素結果提供改善建議與政策意涵。

關鍵字：彈性運輸服務、需求反應式公共運輸服務、群聚分析、資料包絡分析法

Evaluating demand responsive transport services in Taiwan: the application of context-dependent data envelopment analysis approach

Student：Xia, Xuan-Zhu Advisor：Barbara T.H. Yen.

Department of Transportation and Logistics Management

National Yang Ming Chiao Tung University

ABSTRACT

Along with the with the development of economics nowadays, public transport becomes one of the most important modes to relief traffic congestion issues in urban areas. Taiwan as one of the highly urbanized areas with 75 percent residents reside in urban areas that account for only 7.6% land area in Taiwan. In other words, 25 percent residents are scattered in other rural areas where providing public transport is challenging. In order to provide "Feasible" public transport service to those areas, the concept of Flexible Transit Service (FTS) is proposed and the most widely used module is Demand Responsive Transport Service (DRTS). In 2016, the very first DRTS is introduced in Taiwan with the aim to meet transport need and increase residents' willingness to use the public transport. The DRTS in Taiwan is heavily subsidies by government who would like to seek a more sustainable and efficiency operating model. This study fulfills this research gap by reviewing international case studies with Taiwanese case to identify potential improvement strategies via clustering methods (i.e., DBSCAN and K-medoid). Model results show two obvious clusters and Taiwanese case studies are all categorized in a more efficient one. Moreover, this study uses the CCR and BCC models in the traditional data envelopment analysis (DEA) and the Context-dependent DEA (CD-DEA)to rank route efficiency. Further, this study proposes four quadrant analysis with the criteria of the attractiveness and progress of DRTS. In addition, this study also provides improvement suggestions and policy implications through the results of external environmental factors.

Keywords: Flexible Transit Service, FTS, Demand responsive transport, , DRTS, cluster analysis, efficiency, Context-dependent DEA, DEA, ranking, performance evaluation

誌謝

在論文完結之際，回顧起碩士生涯開始時的心路歷程，不禁感慨萬分。一開始，面對資料的整合和統整，我感到困難重重，也因為自己並非超凡聰穎，我深知自己的普通，對於一般人可以輕易完成的事情，我卻需要花更多時間和努力來反覆執行和練習，每次面臨困難時，我都曾動搖，但同時也反覆問自己是否會對放棄後悔不已，這個問題使我堅定了繼續努力下去的信念。

首先，我要衷心感謝我的指導教授閻姿慧教授，感謝您在整個碩士生涯中對我的悉心指導和支持，您的專業知識和經驗為我的研究提供了重要的指引，您的鼓勵和信任讓我有勇氣突破自己的局限，並不斷進步，也謝謝胡均立教授和邱裕鈞教授兩位口試委員在論文審查時不吝給予指教，使我的論文更加完善。

再者，我的朋友們也扮演重要的角色，你們是我生活中的陽光。在這段時間裡，你們不僅是我的支持者，更是我的鼓舞者，感謝你們給予我無盡的鼓勵和忍耐，陪伴我度過論文寫作中的孤寂和壓力，讓我感到溫暖和力量，你們的存在讓我知道我並不孤單，我有一群可以依靠的朋友。

另外，我也要感謝自己，感謝自己的毅力和堅持。儘管遇到種種困難，我始終保持著信心和毅力，不斷努力並向前邁進，這段旅程雖然辛苦，但也是我成長的重要一部分，讓我學會了如何克服困難、堅持追求目標。

最後，我要衷心感謝我的家人。你們是我生命中最重要的支柱和後盾，感謝你們在我一路走來的每個階段給予我的無私愛和無條件支持。是你們的信任和鼓勵讓我有力量克服困難，成為更好的自己。

這篇論文的完成不僅是我碩士生涯的完美句點，更是我成長和奮鬥的見證，在過去的兩年中，我由衷地感謝周遭的教授、朋友和家人讓我相信自己能夠克服一切困難。每當我感到無法再前進時，他們的支持和鼓勵成為我堅持不懈的力量。我將永遠珍惜這段寶貴的經歷，並感謝你們對我無私的付出和支持。你們的存在是我最大的幸福，我會繼續努力，以回報你們對我的愛和關懷。

夏暄筑謹誌於

國立交通大學 運輸與物流管理學系碩士班

中華民國 112 年 7 月

目錄

中文摘要 i
ABSTRACT ii
誌謝 iii
目錄 iv
圖目錄 vi
表目錄 vii
第一章　緒論 1
1.1　研究背景與動機 1
1.2　研究目的 2
1.3　研究對象與範圍 3
1.4　研究流程 3
第二章　文獻回顧 6
2.1　系統性文獻回顧需求反應式公共運輸服務 6
2.1.1　案例介紹 6
2.1.2　案例群聚分析 10
2.1.3　群聚分析之變數介紹 11
2.1.4　國外分析 14
2.1.5　國內分析 19
2.1.6　國內外整合分析 22
2.1.7　小結 26
2.2　應用資料包絡分析法之相關文獻 28
2.3　脈絡相依資料包絡分析模式 30
第三章　研究方法 33
3.1　第一階段：資料包絡分析法 33
3.1.1　傳統 DEA 模型 33
3.1.2　脈絡相依資料包絡模式(Context-dependent DEA, CD-DEA) 34
3.2　第二階段：迴歸模式 37

第四章　研究範圍與資料 38
4.1　研究範圍 38
4.2　資料基本統計分析 38
第五章　研究結果 40
5.1　傳統 DEA 模型 40
5.2　脈絡相依資料包絡模式(CD-DEA) 47
5.2.1.　桃竹苗地區 47
5.2.2.　全台 51
5.3　外部因素環境影響 57
5.3.1　外部環境變數統計 57
5.3.2　外部因素結果 60
第六章　交叉分析 62
6.1　桃竹苗地區 62
6.2　全台 64
第七章　結論與建議 67
7.1.　結論 67
7.2.　建議 68
參考文獻 70
附件一 77

圖目錄

圖 1 各縣市 DRTS 數量.....3
圖 2 研究流程圖.....5
圖 3 各國 DRTS 區域佔比.....7
圖 4 北美洲路線區分比例圖.....8
圖 5 國外案例 silhouette width 分群圖.....15
圖 6 國外案例 DBSCAN 分群結果圖.....15
圖 7 國外案例 DBSCAN 分析營運特性比例圖.....17
圖 8 國外案例 DBSCAN 分析服務對象比例圖.....18
圖 9 國內案例 DBSCAN 分群圖.....19
圖 10 國內案例 DBSCAN 分析營運特性比例圖.....20
圖 11 國內案例 DBSCAN 分析服務對象比例圖.....21
圖 12 國內外案例 silhouette width 分群圖.....22
圖 13 國內外案例 DBSCAN 分群結果圖.....23
圖 14 國內外案例 DBSCAN 分析營運特性比例圖.....24
圖 15 國內外案例 DBSCAN 分析服務對象比例圖.....25
圖 16 投入導向 CD-DEA 之效率前緣.....35
圖 17 投入導向之 CD-DEA 吸引力與進步力.....37
圖 18 產出項資源分配.....44
圖 19 投入項資源分配.....45
圖 20 桃竹苗第二層吸引力及調整進步力圖.....51
圖 21 全台第二層吸引力與調整進步力值.....55
圖 22 全台第三層吸引力與調整進步力值.....55
圖 23 全台第四層吸引力與調整進步力值.....56
圖 24 全台各群在各層分析結果圖.....65

表目錄

表 1 系統性案例分群特徵值資料型態.....13
表 2 群聚分析結果表.....26
表 3 國內外交通公車系統之 DEA 應用.....29
表 4 CD-DEA 之應用.....32
表 5 變數說明.....38
表 6 描述性統計.....39
表 7 皮爾森相關係數.....39
表 8 傳統 DEA 模型路線分布表.....40
表 9 規模報酬結果.....41
表 10 產出投入項資源分配表.....43
表 11 投入產出總差額數.....46
表 12 桃竹苗 CD-DEA 層級數.....47
表 13 桃竹苗 CD-DEA 吸引力及調整進步力數值.....49
表 14 全台 CD-DEA 層級數.....52
表 15 全台 CD-DEA 吸引力及調整進步力數值.....54
表 16 全台吸引力與調整進步力整理表.....57
表 17 外部環境變數說明.....58
表 18 外部環境變數描述性統計.....59
表 19 外部因素結果.....61
表 20 桃竹苗地區群聚分析與 DEA 交叉比對表.....63

第一章 緒論

1.1 研究背景與動機

隨著現今交通迅速發展，公共運輸多集眾在都市地區，臺灣百分之七十五的居民待在都市地區，換據說有百分之二十五的民眾散佈在其他偏鄉區域，然而這些地區在提供公共運輸上面臨許多挑戰，在人口密度較低的區域常常會因為交通需求分散而忽視民眾運輸需求，因此為了滿足人們在『行』的需求，各國提出彈性運輸服務(Flexible Transit Service, FTS)，Mulley et al. (2012)定義該服務為「一種運輸服務，其中至少有一個特徵（路線、車輛、時刻表、乘客和支付系統）不固定」，而彈性運輸服務中最被廣泛使用且探討的為需求反應式公共運輸服務(Demand Responsive Transport Services, DRTS)，Schofer et al. (2003)也曾說明 DRTS 為「老年人和殘疾人的專門交通工具，特別是在人口密度較低或需求水平較低的地區」，臺灣在 2016 年政府跟隨國際腳步，開始實施以乘客需求為導向的 DRTS，提高居民搭乘大眾運輸系統的意願，不過由於乘載率仍然低下，使得政府嚴重虧損，但目前各國成效皆不盡相同，而一個優秀且有效的 DRTS 是沒有定論，所以為了解決偏遠地區公共運輸服務問題，所以本篇研究希望可以藉由研究各國的運輸服務定義好的 DRTS 以及有效的運輸系統，蒐集臺灣和其他國家案例以及文獻交叉比對，並利用 DBSCAN 和 K-medoids 分析臺灣落點，定位出臺灣之 DRTS 是相對有效率的系統。此外在 DBSCAN 的分析中，可以清楚界定出國外成功案例之優點，改善目前臺灣幸福巴士的問題。

DRTS 為一種沒有固定路線的交通模式，是根據乘客需求安排在特定地點上下車，透過指定地點選擇交通路徑，Brake et al. (2004)認為 DRTS 是“一種中間形式的公共交通，介於使用小型巴士的常規服務路線和出租車提供的可變路線、高度個性化之交通服務之間”，藉由電話、網路以及智慧裝置進行預約，其營運方式是以乘客作為導向，因此 DRTS 在所有運輸模式中較為靈活，結合乘客預約需求，動態分配交通改變車輛行駛路線，且不需要固定的時間和站點停靠，為乘客提供門到門服務，彌補傳統公共運輸的不足。而臺灣 DRTS 方式為固定及預約皆同時採用，一方面提供固定行程及時間讓大眾使用，另一方面為乘客提供量身訂製的交通服務，滿足乘客需求，擴大車輛服務時間及範圍。

但臺灣 DRTS 申請並非如國外地區服務所有地區，而是針對偏鄉地區民眾進行服務，但由於臺灣 DRTS 是由政府百分之百補助，若要滿足偏遠地區可行需求，民眾搭乘意願不高的情況下勢必會造成嚴重虧損。目前臺灣 DRTS 面臨的窘境，包含搭車的資訊不齊全且並未統一標示、預約派遣機制尚未普及、對於補助需求不足以吸引乘客有高意願參與、缺乏跨鄉鎮合作及不同產業的合作機制、固定路線和班次缺乏彈性(交通運輸研究所, 2019)，以至於公共運輸系統規劃困難，種種跡象皆表現出臺灣 DRTS 系統並未廣泛被大眾使用，因此該服務並未實際改善公共運輸服務不足的問題，所以本研究便想了解如何改善營運

績效，解決低密度區域應如何營運管理方可設計出有效率的服務系統。

Yen et al. (2023)利用 Bootstrap-DEA 對臺灣桃竹苗地區做績效評估的成效，並透過普通最小平方法(Ordinary Least Square, OLS)將影響該績效的外部因素考量在內，但該文章僅針對臺灣三縣作分析，且其他國家案例並未一併探討，因此本研究將會對此做延伸，深入探討全台幸福巴士的績效。

為了更加熟知各國 DRTS 的績效成果，本研究利用系統性文獻回顧國內外案例，從各個角度深入探討，蒐集規劃路線、站牌位置、服務地區、服務時間等資料變數，並透過群聚分析探討國內外成功案例的各個變數，藉由這些變數中取得優秀 DRTS 大多使用何種營運管理層面，並適宜的改善臺灣 DRTS 的劣勢，再將資料包絡分析法 (DEA)做文獻探討，對於隨叫隨停的 DRTS 在績效文獻上很少有學者進行詳細的研究，較多文獻是以大眾運輸作為研究對象，因此在績效文獻蒐集上是以產出投入層面研究並加以了解不同交通運輸對 DEA 之作法。

此外使用臺灣 107 年至 109 年臺灣幸福巴士資料以 DEA 作為研究方法，分別闡述投入導向之 CCR、BCC、CD-DEA，藉此了解其績效結果，得出需要改善的投入面之幅度，針對欲改善的範圍進行合理解釋與說明，結合目前臺灣對於 DRTS 的政策，打造臺灣民眾與政府對於幸福巴士雙贏的局面。

1.2 研究目的

本研究主要為了促進臺灣偏鄉地區使用幸福巴士，有鑑於上述研究背景與動機，本研究將研究目的條列式彙整如下：

1. 藉由群聚分析，從國內案例、國外案例以及混合案例分析各國規劃路線方式、站牌擺設以及收費方法等經營管理方面進行深入研究，並提供意見供政府管理經營方式。
2. 從臺灣幸福巴士路線將投入的資源以及產出進行偏鄉運輸績效評估，透過 DEA 模型提出相關服務規劃，並將縣市路線排序，以及探究其數值表現，研究各路線競爭對手接近與否和進步空間，以此探討縣市之間的差距。
3. 利用 OLS 與 Tobit 檢視影響績效評估之外部因素，了解外部環境因素對於路線績效之顯著性，並提出可能原因及改善建議。
4. 針對國內 DRTS 案例，將群聚分析之分群數與 CD-DEA 之分層數做交叉分析，得出各群在不同層級其相似性，並提出不同分群應效仿優秀層級之經營方式。

因此本文後續之安排會以第二章做 DEA 模型之相關文獻整理及蒐集，包含群聚分析之應用，第三章則著重在本研究之方法，採取兩階段 DEA 績效評估方法，分別為 DEA 模型以及迴歸模型，第四章以實證分析結果為主要討論之內容，說明傳統 DEA 模型結果與差額變數分析，再者呈現 CD-DEA 效率值，透過 CD-DEA 模型衡量吸引力和調整進步力數值，並將迴歸模型對於影響績效之因素納入研究成果中，此外，本研究亦探討對群聚分析與 DEA 模型做交叉研

究，將不同分析方法之結果加以結合，最後章節利用研究結果進行延伸性管理意涵之探究。

1.3 研究對象與範圍

本研究主要探討 107 年至 109 年全臺灣 DRTS 的路線，藉此探討目前 DRTS 改善方針，由於本研究採用 DEA，部分資料因變數蒐集不齊全，因此並未將全台所有資料納入，圖 1 則為各縣市使用 DRTS 占比，可以發現本研究的對象主要分布在桃園市、新竹縣、苗栗縣、南投縣、嘉義縣、屏東縣、台東縣進行分析，目前本研究資料中屏東為最全台最多 DRTS 路線，為 23 條、其次為台東縣，有 22 條服務路線、再者為苗栗縣 18 條、嘉義縣 13 條、新竹縣有 12 條、南投縣 11 條、桃園市有 7 條路線、花蓮縣有 5 條、宜蘭縣 3 條、台北市為 2 條、金門縣僅有 1 條，此外 Yen et al. (2023)也指出 DRTS 路線僅服務於農村與偏遠地區的小規模地區，且與金融水平成反比，因此台東縣與屏東縣為全台 DRTS 數量最多的縣市，而經濟發展最佳的台北市只有少數服務路線供居民使用，但由於金門縣的人口密度最低，對於幸福巴士的發展有限，所以政府目前補助 1 條路線提供給當地民眾。

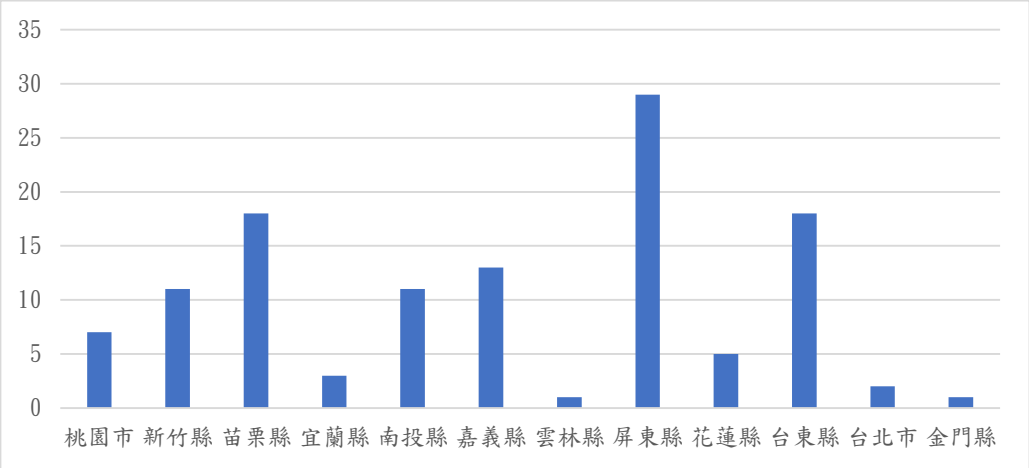


圖 1 各縣市 DRTS 數量

1.4 研究流程

根據上述研究目的，本研究研擬之研究流程如圖 2 所示，針對各步驟說明如下：

1. 確立研究主題：利用交通部運研所所提供的資料探討感興趣的研究主題。
2. 確立動機與目的：根據研究背景與動機，本研究欲探討臺灣民眾對運輸反應式公共運輸的績效評估，並預期可以提出未來之改善方向，提供更好的交通服務。
3. 文獻探討：首先回顧 DRTS 的基本概念與發展，接著回顧國內外各國的 DRTS 發展現況，藉由資料庫蒐集歐美地區以及澳洲區域的評估單位結合

運研所所提供的資料進行群聚分析，並探討臺灣案例在經營管理上該如何去做合適的調整，利用群聚分析系統性的調查，分別為 K medoidss 以及 DBSCAN。針對預期使用之研究方法進行文獻回顧，透過 DEA 對績效評估的研究瞭解學者們在不同議題上的研究與看法。

4. 研究方法；本研究欲想從系統性文獻探討國內外案例中進一步了解臺灣 DRTS 的現況，便採用 DEA，藉由 BCC、CCR 以及 CD-DEA 做績效評估的分析，將有效率做為學習對象，對無效率單位依據需改善的幅度減少投入或增加產出，從 CD-DEA 算出進步力及吸引力，在各象限中給予意見及建議。
5. 環境影響分析：利用其他外部環境因素探討 DEA 效率值之影響，並根據其顯著性推斷出可能的原因。
6. 交叉比對：透過對國內案例之群聚分析其分群數以及 CD-DEA 層級變化進行交叉比對，了解在各群中優劣階層的差異以及各群在各層級路線的相似性。
7. 改善建議：根據 DEA 分析法的研究結果提出欲改善的產出以及投入績效值，並綜合觀察進步力和吸引力指標，給予改善建議。
8. 政策意涵：藉由改善建議闡述本研究所牽扯到的政策意涵，透過改善的建議評估是否可行，實施內容是否對臺灣政策具有一定的影響程度。
9. 結論與建議：將資料文獻回顧以及研究分析統整，針對績效評估較差的單位提供改善建議，結合政策意涵深入探討，並綜合整理本研究的分析給予結論。

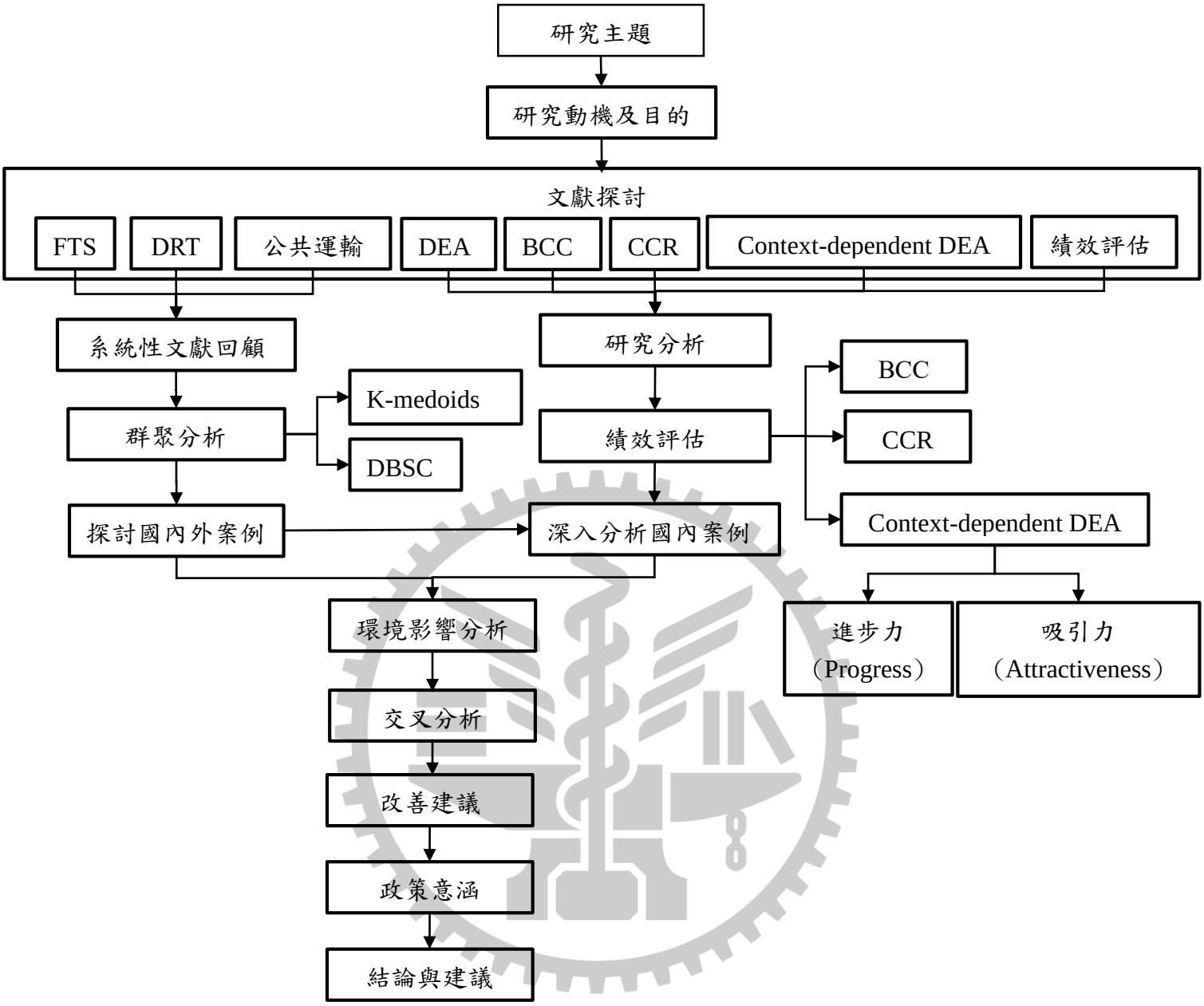

研究主題
研究動機及目的
文獻探討
FTS
DRT
公共運輸
DEA
BCC
CCR
Context-dependent DEA
績效評估
系統性文獻回顧
群聚分析
K-medoids
DBSC
探討國內外案例
環境影響分析
交叉分析
改善建議
政策意涵
結論與建議
研究分析
績效評估
BCC
CCR
Context-dependent DEA
深入分析國內案例
進步力
（Progress）
吸引力
（Attractiveness）

圖 2 研究流程圖

第二章　文獻回顧

該章節首先會利用國內外案例進行系統性文獻回顧 DRTS，講述使用該方法之原因，並介紹各國對管理路線之特性，透過該特性說明群聚分析方法及研究小結，再者對各國交通公車系統做 DEA 相關文獻回顧，最後利用 CD-DEA 模型對各領域之文獻整理。

2.1　系統性文獻回顧需求反應式公共運輸服務

臺灣對於 DRTS 的相關文獻多是屬於被委託調查或研究報告，少有研究是以學術角度進行探討，下方研究是從學術面深入研究臺灣 DRTS。

宋威穎、洪嘉聰與彭進德（2021）選擇屏東縣春日鄉作為研究區域，從官方資訊以及民間代表蒐集資料，根據當地現況以及民眾需求規劃路線，並評估其適用性。吳健生與蔡明修（2017）則探討桃園市復興鄉的績效評估，藉由候車站點佈設方式、容忍時間以及車隊規模三種營運情境進行模擬，採用電腦模擬方式，提出即時預約派車的假設，以等候時間、旅行時間、服務時間、首派失敗人數、車輛行駛里程、車輛平均閒置時間、平均載客人數做為績效指標，而首派失敗模組主在處理乘客首次向派遣中心提出搭乘需求時，因車輛受限制條件影響，包括車輛按先到先服務而忙碌中、車上人數已滿以及因搭載此乘客造成容忍時間超過限制而無法前往服務，形成派遣失敗之情況。梁竣凱、盧宗成與陳健程（2021）以條件評估法(CVM) 估算在地化共享 DRTS 民眾願支付價格，分別對新竹縣尖石鄉與苗栗泰安鄉的民眾進行問卷調查，採用線性迴歸與區間迴歸模式分析，透過民眾滿意與重要程度檢視現今 DRTS，並提出可依里程或段次收費進行設計。

從上述臺灣 DRTS 研究案例來看，若要創造一個良好的運輸服務，須反覆省思當地民眾真正需求，並盡可能降低派遣失敗的可能性，同時最大化政府與民間利益。然而臺灣雖在 2016 年跟隨國際腳步引入 DRTS，由於運營週期較短，臺灣 DRTS 的相關文獻大多不夠全面，多為客戶滿意度調查或研究報告。很少有學術研究集中在這個領域。Yen et al. (2023) 是最早以臺灣 DRTS 為案例研究的研究之一，該作者也提供基於路線績效評估的首批研究 DRTS。因此，本研究將以國外案例來輔助解釋，針對整個臺灣幸福巴士路線與國外案例進行系統的文獻回顧，以探索 DRTS 的研究。

2.1.1 案例介紹

本次研究中資料蒐集是利用資料庫進行蒐集，所用資料庫包含 google scholar、EBSCOhost、Social Sciences Citation Index 與國外案例之網頁或相關報告蒐集國外案利詳細資訊。蒐集之關鍵字包含：DRT、demand responsive transport、FTS、Flexible Transport Service、需求反應式運輸(DRTS)，但由於受到語言的限制，本研究採以英語作為官方語言的國家進行資料的蒐集，因此日本及韓國地區之案例並不包含在本研究中。本研究蒐集案例之主要國家分別為美國、加拿大、澳洲、英國、法國、荷蘭與德國，後續小節將針對案例進行詳

細說明。此外，為了建立各案例之設計關聯性，本研究後續針對國內外案例使用群聚分析方法進行分析。

由於現今國家越來越注重 DRTS，但有限於資料的蒐集且 DRTS 大多服務偏鄉地區，本研究利用上述方法搜集國外相關案例，但有些運輸系統未提供完善的資料，例如，營運單位資訊，因此本研究並未包括所有 DRTS，僅包含有提供完整資訊之國外案例，以便之後對於臺灣的 DRTS 後續執行之成果探討。由此蒐集準則，本研究之群聚分析方法包含 45 個國外案例，127 條國內路線。研究資料以區域說明並介紹案例，將其分成北美洲、歐洲以及澳洲介紹 DRTS，並根據其特徵講述各個運輸系統。

圖 3 則是各區域所佔的 DRTS 比例，在下圖可以看出高達五成的占比是在北美洲，由於也包括加拿大，因此所占比例高達五成以上，再者是歐洲地區，最低比例才是澳洲地區，可能是因為澳洲為單一國家，其案例與其他大洲相比相對較低。

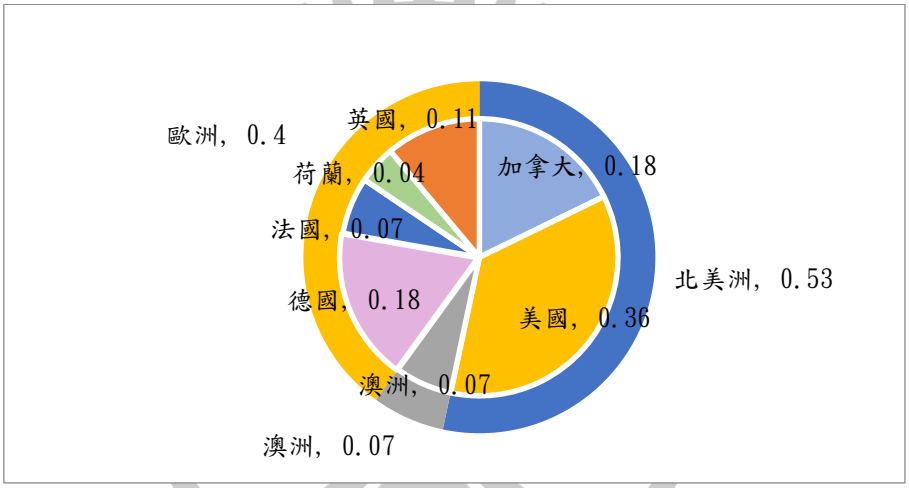


圖 3 各國 DRTS 區域佔比

1. 北美洲案例

在北美洲區域中，所有案例皆為公共運輸營運單位經營，並無私營案例，各案例將會依照路線特性區分並加以說明路線種類，分為以下四種路線：

(1) 固定路線：營運路線固定，無法依照乘客的要求擅自改變，所屬案例包含“BT let's go (*BT let's go*)”、“Edmonton Transit Service(*Edmonton Transit Service*)”、 “Chair-A-Van (*Chair-A-Van*)”、“Pace On Demand (*Pace On Demand*)”、“Ride on Flex (*Ride on Flex*)”與 “Tel-A-Ride Service (*Tel-A-Ride Service*)”，在北美洲案例中就有 25%的固定路線。

(2) 彈性路線：與固定路線相反，乘客可以指定上下車地點，也可以指定家門前，包含之案例為 “Mobility bus (*Mobility bus*)”、“Wheel-Trans (*Wheel-Trans*)”、“Transit Plus (*Transit Plus*)”、“Butler Area Rural Transit (*Butler Area Rural Transit*)”、“NeighborLink (*NeighborLink*)”、“Access-A-Ride (*Access-A-Ride*)”、“Night Shuttle (*Night Shuttle*)”、“Rural General Public Program (*Rural*

General Public Program)”、“Rural General Public (*Rural General Public*)”與“MetroAccess Paratransit (*MetroAccess Paratransit*)”共 10 個案例，彈性路線佔北美洲案例 42%左右。

(3) 混合路線：所有路線皆可以為固定或者彈性班次，但在路線中途無法臨時更改其路線種類，北美洲案例中的混合路線佔 25%，為 “NRT OnDemand (*NRT OnDemand*)”、“Dial-a-Ride transit (*Dial-a-Ride transit*)”、“Bay area rapid transit (Anspacher et al. , 2004; Cayford and Yim, 2004)”、“FlexRide(Call-n-Ride service) ("FlexRide(Call-n-Ride service)," ; *FlexRide(Call-n-Ride service)*)” 、 “Flex Service (*Flex Service*)”與“DARTS (Dial-A-Ride Transportation Services) (*DARTS (Dial-A-Ride Transportation Services)*)”。

(4) 複合路線：與混合路線不同，在同一條路線可以為固定路線或者彈性路線，比如前段路程為彈性路線，後段路線為固定路線，像案例中的 “Bee-Line Paratransit (*Bee-Line Paratransit*)”與 “Qualla Community Resident Transportation (*Qualla Community Resident Transportation*)”，佔北美案例的 8%。

圖 4 為各路線佔北美洲案例的圓餅圖，可以看出北美洲大多是以彈性路線為主，可能是因為美國有《美國殘疾人法案》(ADA)，該法條保障身障人士在使用大眾運輸系統的權利，因此彈性路線服務佔多數。

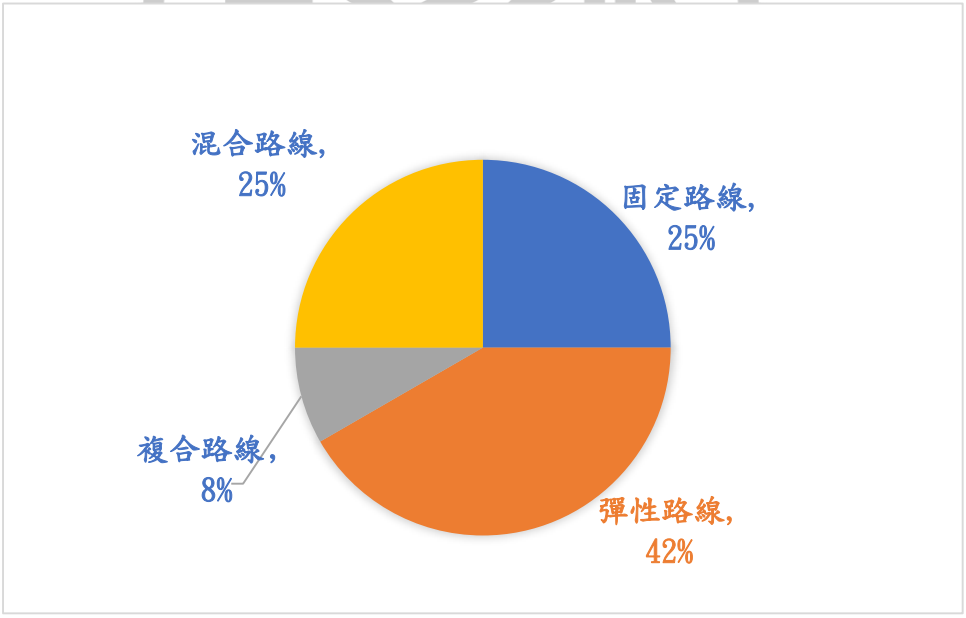


圖 4 北美洲路線區分比例圖

2. 歐洲案例

在歐洲區域中，本研究共蒐集 18 個案例，多達五成以上的案例之營運單位為公部門與私人企業合作經營。以下亦可以利用站牌特性去做劃分，分為以下五種站牌種類：

(1) 虛擬站牌：在搭乘路線中，乘客不需要在指定的站牌等待運輸工具，司機可以在任何地點搭載乘客，且也不需要讓民眾在司機指定點等待，如案例中 “Netliner (*Netliner*)”、“Berlkoenig (*Berlkoenig*)”、“MOIA (*MOIA*)”、“SSB Flex (*SSB Flex*)”、“ViaVan (*ViaVan*)”、“Breng flex”、“Slide”、“London Smart Ride”與“PickMeUp (*PickMeUp*)”皆有提供虛擬站牌的服務。

(2) 公共運輸站牌：民眾可以在公共站牌等待大眾運輸工具，以便司機容易看到使用者，分別有“Netliner(*Netliner*)”、“Berlkoenig(*Berlkoenig*)”、“IsarTiger (*IsarTiger*)”、 “Breng flex”與“Chario”。

(3) 門到門服務：司機可以直接將乘客從家中接到指定的地點或者從指定地點到家中，透過門到門服務實現最後一哩路，以縮短轉乘的時間，案例中 “Allygator (*Allygator*)”、 “EcoBus (*EcoBus*)”與 “Flexigo (*Flexigo*)”提供門到門服務，方便民眾在趕時間的時候利用此項服務。

(4) 門到站服務：此服務只能從家中至站點或者站點到家中，民眾無法決定起點或終點，如 “Flexigo”。

(5) 虛擬站牌到站服務：在法國的 “Résa'Est (*Résa'Est*)”便有提供這項服務，從司機指定的地點，不需要到站牌等待便可以搭乘至有站牌的地點。

此外，值得注意的是，在本次研究中根據服務對象來劃分其特徵性質，也就是是否有提供身障人士使用的運具，其中德國 Ioki Shuttle 服務，可以透過一個小的側坡道協助輪椅使用者使用，實現無障礙服務運輸工具，在歐洲案例 “Berlkoenig”、 “EcoBus”、 “Breng flex”、 “Chariot”("Annex VII DRT cases from other than project countries,") 皆可以提供給行動不便的人使用。

3. 澳洲案例

澳洲地區中，本研究蒐集三個案例皆為公共營運單位且所有使用者皆要付費，但本研究透過服務地區以及站牌的特徵判斷案例間的差別，分別為鄉村以及都市地區，在澳洲地區可以發現 “Telebus (*Telebus*)”服務的地區較為偏遠地區，為鄉村地區提供門到門以及門到站服務， “Keolis Downer (*Keolis Downer*)” 則服務都市地區，提供虛擬站牌給民眾使用，如此便可輕易抵達到交通樞紐，而 “Kan-go (*Kan-go*)”並未得知其詳細服務地區，但可知當地乘客可以藉由電話以及網站方式給予民眾門到站的運輸服務。

統整完各國案例後，本研究依據案例之間共同的屬性，將案例分成不同的組別，以使各組內的同質性最大化，藉此得知 DRTS 的特徵以及其分類並進行分析，透過群聚分析來判斷臺灣是何種類別，以下將會介紹兩種群聚分析的方法，包含 K-medoids 以及 DBSCAN (Density-based spatial clustering of applications with noise)分析方法。常用之群聚分析方法：K-means 分析方法並不

適用於本研究，因為此方法僅適用連續變數之群聚分析，本研究所有之變數皆為虛擬變數，故選用 K-medoids 以及 DBSCAN 分析方法處理類別與數值型資料進行分析。

2.1.2 案例群聚分析

本研究使用兩種方法，分別為 K-medoids 和 DBSCAN 針對系統性文獻回顧 DRTS，皆對樣本數進行分群，前者的優點為可以藉由 silhouette width 找出其最佳分群數，同時對噪點和離群值影響不大，但處理時間長，而後者雖可以將離群值排除和分辨，不受其影響，但與 K-medoids 相反的是 DBSCAN 無法得出最好的分群數，只能由研究人員以主觀角度去選取。以下為 K-medoids 和 DBSCAN 的詳細介紹及其步驟。

1. K-medoids

K-medoids 做法與 K-means 大致相同，其步驟如下：

(1) 先決定樣本分 K 群。
(2) 隨機給定 K 個中心點。
(3) 計算樣本與中心點的距離，將距離中心點最近的樣本歸類在一類。
(4) 重新計算每個群體與中心點的距離，利用計算出來的資料將新中心點取代舊中心點。
(5) 反覆 3 與 4 步驟，直到中心點不再被改變。

K-medoids 與 K-means 不同之處在於決定新舊中心點的方式，K-means 舊中心點為虛擬點，但 K-medoids 則為實際點，其次 K-means 新中心點是以群內樣本平均值來更動中心點位置，而 K-medoids 是以群內距離和最小為新中心點位置。因此從步驟便可看出 K-medoids 對於處理時間較長，不過相較於 K-means 對於噪點和離群值較不敏感，因此本研究將 K-medoids 作為群聚分析訪法之一。

2. DBSCAN 分析方法

DBSCAN 主要計算原理是基於密度來進行聚類的演算法，與上述之 K-means 群聚分析不同，其主要是以距離為基準的演算法。其基本計算流程如下所示：

(1) 假設半徑（Eps）為 ε 以及最小點數（MinPts）為 4 ，也就是每次尋找群集時，半徑內是否有 4 個點，若有則將所有點劃分至同一群集中，將半徑ε的點歸類在一類。
(2) 將每個點設為中心點，重複步驟 1，直至所有點都被劃分完畢。
(3) 剩餘無法被分類到任何一群即為噪點。
(4) 重複測試步驟 1~3，選出噪點數最小，且分群數最為合理的半徑和最小點數。

從上述計算流程可得知 DBSCAN 分析方法可以發現若樣本的密度不均勻，亦即聚類間距相差大，分類效果便會不佳，但 DBSCAN 可以清楚分辨噪點且不

會受極端值的影響，因此在分析結果可排除離群值，即噪點，因此 DBSCAN 作為本研究另一種案例群聚分析方法。

藉由上述 K-medoids 以及 DBSCAN 分析方法，本研究針對國內外案例進行群聚分析，然而群聚分析之結果與變數選取息息相關，故本研究利用階段式分析進行群聚分析，以了解各不同變數對分析結果之影響。

2.1.3 群聚分析之變數介紹

為客觀之分析本研究蒐集案例，本研究將個案例之不同屬性進行定義，包含國家、營運單位、服務地區、站牌設置方式、路線設置方式、預約方式、服務對象、服務時間、民眾使用限制與收費方式，為了解國外案例設計之原則與分類群聚分析，請參閱附件一，其為本研究整理的國外 DRTS 案例表，並將案例中的設計變數設為相對應之虛擬變數，即為 0、1 變數，各屬性之細節如表 1 所示。本研究將各國案例蒐集並統計出其樣本數，下方以條列式方式介紹各個屬性。

1. 國家：從國家變數中可以細分為加拿大、美國、澳洲、德國、法國、荷蘭、英國以及臺灣，由於本研究對臺灣案例蒐集的較為全面，且有鑑於語言受限對於其他國家案例並未完全蒐集，因此本研究以臺灣案例為主。
2. 洲別：上述國家也可以透過不同洲別區分，分別為北美洲、澳洲、歐洲和臺灣，本研究在後續章節會說明為何加入洲別變數。
3. 營運單位:各國皆有屬於自己的營運單位，對此本研究將其分成公共、私人還有公私合營，從表中可以看出多數案例以公共營運為主。
4. 服務地區：各國設計 DRTS 提供給有需要的地區，其地區可以為都市、鄉村以及其他區域，如郊區、同時服務都市以及鄉村地區的民眾、亦或是該路線為偏遠地區接駁至醫院、火車站或市中心等地，但基於有些案例對於服務地區尚未公開資訊，且由於 DRTS 多服務於交通不便之處，因此本研究將其歸類於鄉村地區。
5. 站牌：各國對於此運輸系統在站牌設計上可劃分為虛擬站牌、公共運輸站牌、門到門服務、門到站服務、虛擬站牌到站服務，虛擬站牌為任何一位乘客可以從任一地方上下車，與之相反的為公共運輸站牌必須站在指定的站牌位置上下車，而門到門服務為可以從乘客所提供的位置派車接送至欲抵達的地方，與門到門位置類似的則為門到站服務，其不同之處在於抵達地點須在站牌，最後則為虛擬站牌到站服務，乘客可以從任一地點上車但須在站牌位置下車，從表一顯現公共運輸站牌比例最高、虛擬站牌其次、門到門服務則位居第三。
6. 路線：各個案例皆有不同的行駛路線，其行駛的路線為固定、彈性、複合、或混合，固定路線為乘客須在固定時間搭乘，且每次行駛的路線皆為固定，而彈性路線可以讓乘客選擇想要的時間或路線，複合路線為該條路線不僅可以是固定路線，也可以同時提供彈性路縣使民眾可以選擇其搭乘

路線，混合路線為此案例擁有固定路線或彈性路線。

7. 預約方式：在該變數上可區分為電話、網路、智慧裝置與營運部門聯絡或預約，可以看出該變數在電話以及網路較為普及，而智慧裝置方面各國為最低。
8. 服務對象：本研究將服務對象納入考量緣由在於使用者享有該運輸服務的便利程度，由於大多行動不便者在上下車時因車身高度無法方便使用，且臺灣小型巴士較少提供無障礙服務運輸工具，因此本研究便想了解各國是否有針對類似民眾給予相同待遇。
9. 服務時間：對於服務時間細分為夜間、平日、週末、平日和週末、24 小時，較多居民主要集中在平日、平日和週末搭乘。
10. 限制：各國案例民眾需要經由預約或申請方可搭乘此運輸，該變數在所有案例三成左右，反之可以說明七成案例在搭乘不需要申請或註冊。
11. 收費方式：可區分為幼童、老人、身障人士、一般人士、特殊人士免費，可以看出該收費方式在各國案例中皆有所分佈，但呈現較低比例。

此外，在**錯誤! 找不到參照來源。錯誤! 找不到參照來源。**中會再加入週末以及特殊人士免費變數，前者加入原因為臺灣案例中某些案例只有周末才會行駛，因此分別探討，而後者是針對部分限定縣市居民而設計，在該章節會詳細說明。

表 1 系統性案例分群特徵值資料型態

變數名稱	資料型態	定義	樣本數	比例
國家				
加拿大	類別	該案例地區是否為加拿大，是為 1，其他為 0	8	5%
美國	類別	該案例地區是否為美國，是為 1，其他為 0	16	9%
澳洲	類別	該案例地區是否為澳洲，是為 1，其他為 0	3	2%
德國	類別	該案例地區是否為德國，是為 1，其他為 0	8	5%
法國	類別	該案例地區是否為法國，是為 1，其他為 0	3	2%
荷蘭	類別	該案例地區是否為荷蘭，是為 1，其他為 0	2	1%
英國	類別	該案例地區是否為英國，是為 1，其他為 0	5	3%
臺灣	類別	該案例地區是否為臺灣，是為 1，其他為 0	127	74%
洲別				
北美洲	類別	該案例位於北美洲，是為 1，其他為 0	24	14%
歐洲	類別	該案例位於歐洲，是為 1，其他為 0	18	10%
澳洲	類別	該案例位於澳洲，是為 1，其他為 0	3	2%
臺灣	類別	該案例位於臺灣，是為 1，其他為 0	127	74%
營運單位				
公共	類別	該案例為公共營運單位，是為 1，其他為 0	123	72%
私人	類別	該案例為私人營運單位，是為 1，其他為 0	39	23%
公司合營	類別	該案例為公私合營單位，是為 1，其他為 0	10	6%
服務地區				
都市	類別	該案例服務地區為都市，是為 1，其他為 0	17	10%
鄉村	類別	該案例服務地區為鄉村，是為 1，其他為 0	153	89%
都市以及鄉村	類別	該案例服務都市以及鄉村地區，是為 1，其他為 0	2	1%
站牌				
虛擬站牌	類別	乘客須在虛擬站牌等待公車，是為 1，其他為 0	62	36%
公共運輸站牌	類別	乘客須在公共運輸站牌等待，是為 1，其他為 0	86	50%
門到門服務	類別	該案例提供門到門服務，是為 1，其他為 0	35	20%
門到站服務	類別	該案例提供門到站服務，是為 1，其他為 0	9	5%
虛擬站牌到站服務	類別	乘客須在虛擬站牌等候前往站牌路線，是為 1，其他為 0	1	1%
路線				
固定路線	類別	該案例為固定路線，是為 1，其他為 0	119	69%
彈性路線	類別	該案例為彈性路線，是為 1，其他為 0	14	8%
複合路線	類別	該案例為複合路線，是為 1，其他為 0	2	1%
混合路線	類別	該案例為混合路線，是為 1，其他為 0	24	14%
預約方式				
電話	類別	預約方式須使用電話進行預約，是為 1，其他為 0	147	85%
網路	類別	預約方式須使用網路進行預約，是為 1，其他為 0	134	78%
智慧裝置	類別	預約方式須使用智慧裝置進行預約，是為 1，其他為 0	41	24%
服務對象				
身障人士	類別	該案例是否提供身障人士使用，是為 1，其他為 0	18	10%
服務時間				
夜間	類別	營運時間為夜間行駛，是為 1，其他為 0	5	3%
平日	類別	營運時間為平日行駛，是為 1，其他為 0	84	49%
週末	類別	營運時間為週末行駛，是為 1，其他為 0	1	1%
平日和週末	類別	營運時間為平日和週末行駛，是為 1，其他為 0	59	34%
24 小時	類別	24 小時行駛營運，是為 1，其他為 0	5	3%
限制				
限制要求	類別	是否需註冊或申請，是為 1，其他為 0	56	33%
收費方式				
幼童免費	類別	幼童搭乘此項運輸工具為免費，是為 1，其他為 0	14	8%
老人免費	類別	老人搭乘此項運輸工具為免費，是為 1，其他為 0	14	8%
身障人士免費	類別	身障人士搭乘此項運輸工具為免費，是為 1，其他為 0	14	8%
一般人士免費	類別	任何人搭乘此項運輸工具為免費，是為 1，其他為 0	13	8%
特殊人士免費	類別	特殊人士搭乘此項運輸工具為免費，是為 1，其他為 0	27	16%

2.1.4 國外分析

由於 DRTS 在國外已有數十年的發展，對於其經營管理方面應有所規劃，本研究為求了解對國外 DRTS 案例之經營目標所採取的行動及其方針，本小節將利用上述 K-medoids 以及 DBSCAN，針對歐美澳三洲進行國外群聚分析，然群聚分析之結果與變數選取息息相關，故而本研究利用階段式分析選擇各個變數進行群聚分析，以了解各不同變數對分析結果之影響，並顯示出最佳的選擇結果。

本研究將國內案例的所有變數納入研究分析發現將國家變數加入，不論 K-medoids 方法或 DBSCAN 分析之結果均不理想，K-medoids 方法是分群過多，DBSCAN 分析是其噪點數會過多，因此將國家以所在各大洲表示，即為美洲、歐洲以及澳洲。首先，以 K-medoids 進行分析根據 silhouette width 其群聚數是所有結果中最為合理的，分群數為 2，雖然該分為兩群可以認定為合理分群結果。但從研究結果中可得知分群結果有稍微重疊，因此將國家變數排除，雖然無法將所有變數考量在內，但該分析方法會將離群值排除在外，此外分群圖形並未重疊再一起，可以清楚劃分各分群之特性。。

最後本研究利用 DBSCAN 分析排除國家的所有變數，以 K-medoids 進行分析，同樣本研究也進行 silhouette width 分群來算出 K-medoids 最佳分群數，如圖 5 所示，但根據 silhouette width 得出其最佳分群數為 9 群，分群數依然過多。

藉由階段式分析結果可以發現利用 silhouette width 得出 K-medoids 最佳分群數時，分群數目過多並不太理想，推測原因為 K-medoids 分析方法無法排除極端職之影響，且分群圖形重疊可能會導致有些特徵可能會有所重複難以清楚劃分，因此在分析國外案例將不會以 K-medoids 當作分析方法，以 DBSCAN 分析方法為主。

DBSCAN 分析在各階段的分群數介於 2-5 群之間，顯示部分離群值(即噪點)確實會對分群結果帶來顯著影響，因此會透過所有考量變數分析得出分群數為兩組最為合理。

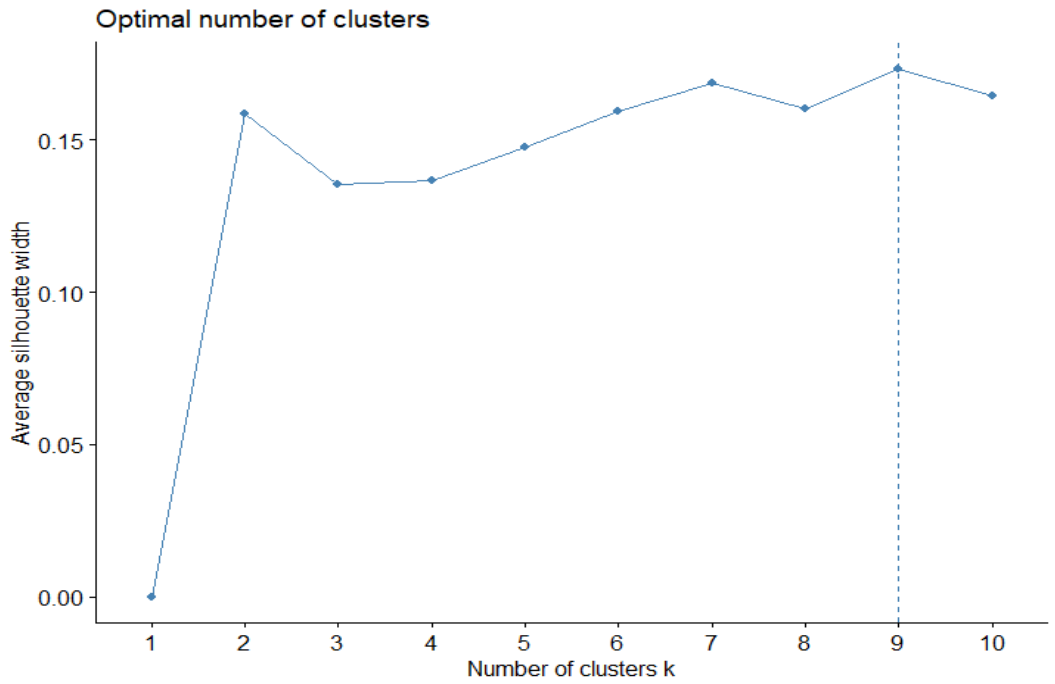


圖 5 國外案例 silhouette width 分群圖

從 DBSCAN 分析中可以得知半徑為 2、MinPt 為 2，共有 9 個噪點，分成 2 組最為合理，是目前最為合理的分群數目，如圖 6 所示，其中紅字表示第一群、藍字表示第二群與黑字為噪點。

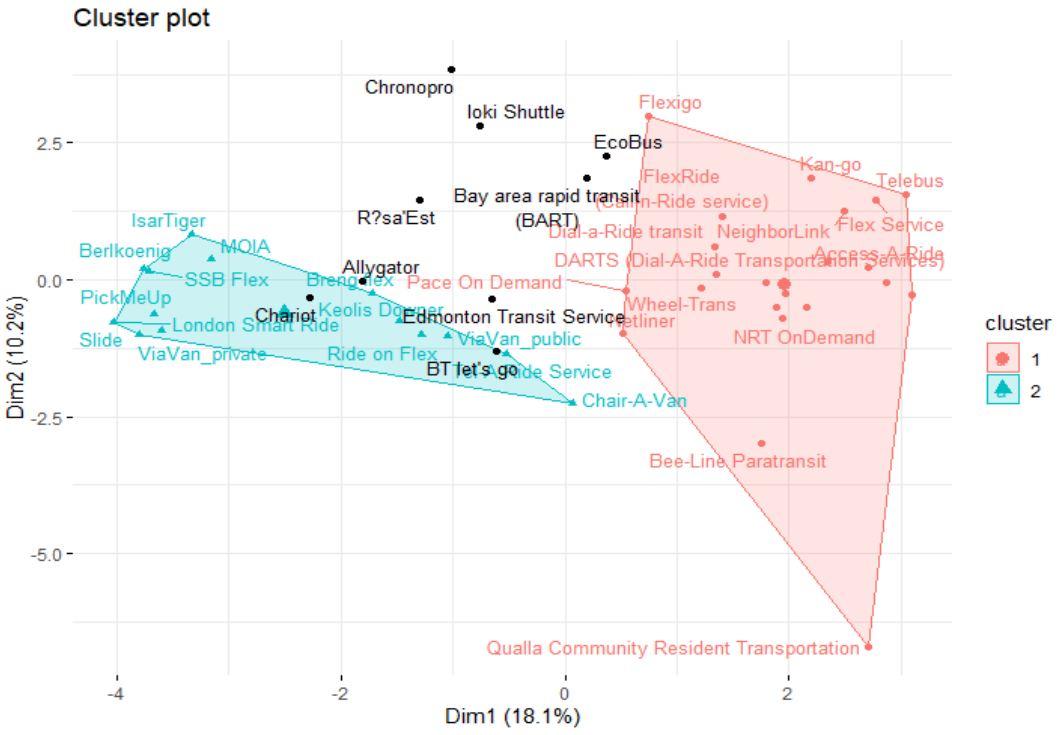


圖 6 國外案例 DBSCAN 分群結果圖

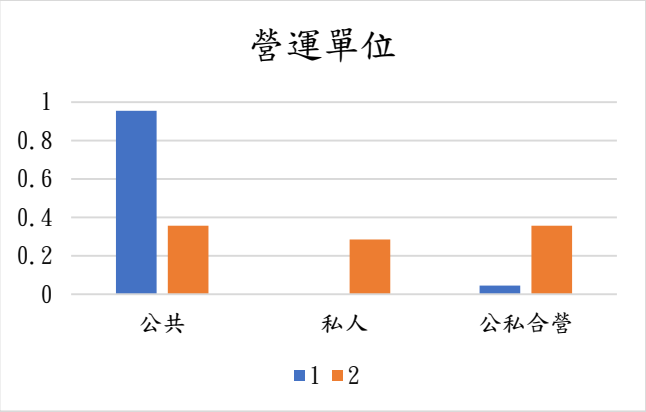
依據上述 DBSCAN 分類結果進行分群分析，算出變數下各群之比例，得出其分群變數如何劃分，如圖 7、圖 8 所示。本研究將變數分為營運特性以及服務對象闡述其意思，由圖可知各變數分群特性明顯。

以營運特性為主的變數有營運單位、預約方式、站牌，從這些變數中可以清楚得知第一群主要分布在公家營運方面，則第二群分布在各個營運單位；其次，第一群以及第二群在預約方式上皆有提供電話、網站以及智慧裝置給民眾使用，但第一群則以電話為主，第二群中智慧裝置占較高的比例；至於站牌的設置方式，第一群是以門到門服務為主，除了虛擬站牌到站服務之外，其他服務皆有提供，第二群中的站牌設置方式皆有分布，但以虛擬站牌佔多數的比例；路線規劃方面，第一群皆分散在各個路線中，並未有明顯的劃分，不過第二群則主要以固定路線劃分。

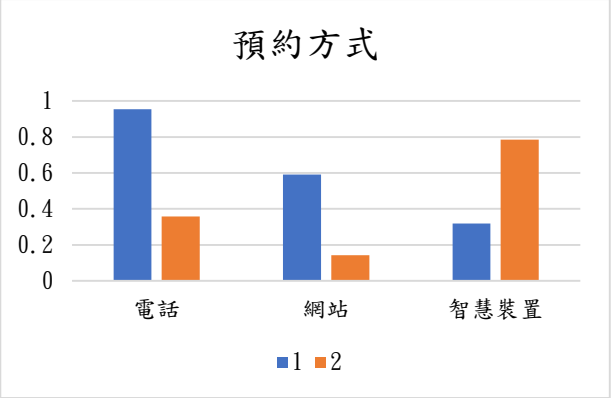
以服務地區、服務對象、服務時間、限制、收費方式作為服務對象之變數特性，其中第一群以鄉村地區為主，都市地區為輔，反之第二群皆有服務各個地區，但主要為服務都市地區；第一群服務身障人士比例有多達 50%的機率，第二群也有服務身障人士，但比例不高，因此在分群劃分並未有顯著差異；在服務民眾的時間而言，兩群皆有提供服務給大眾，但其分群差別並未明顯看出；此外第一群的限制要求較第二群來的高，須提供申請或註冊方可以使用；最後可以看出第一群以及第二群並未有明顯的劃分，大部分 DRTS 皆要收費。

本研究以圖 7、圖 8 為國外 DRTS 作為依據，將國際案例之 DRTS 中以上方所述的特性加以劃分，藉此看出每一條路線是畫分在第一群或第二群之中並加以分析。

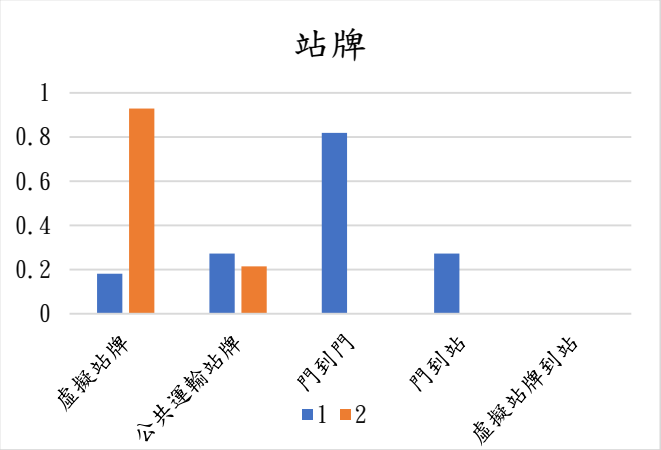
營運特性



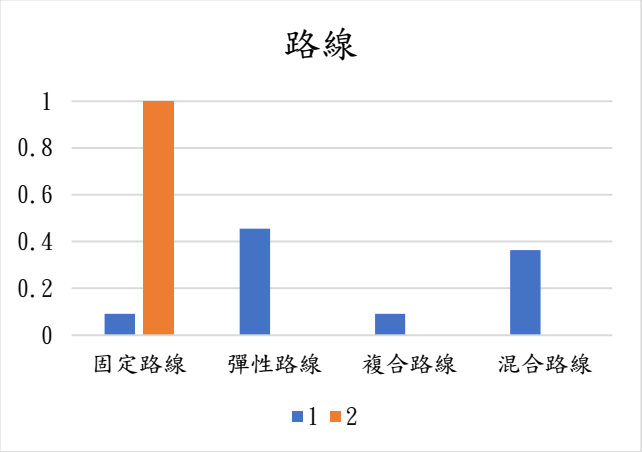
7(a) 營運單位比例分布圖



7(b)預約方式比例分布圖



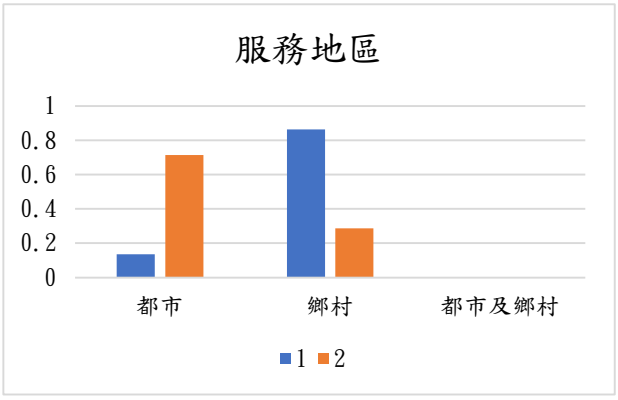
7(c)站牌比例分布圖



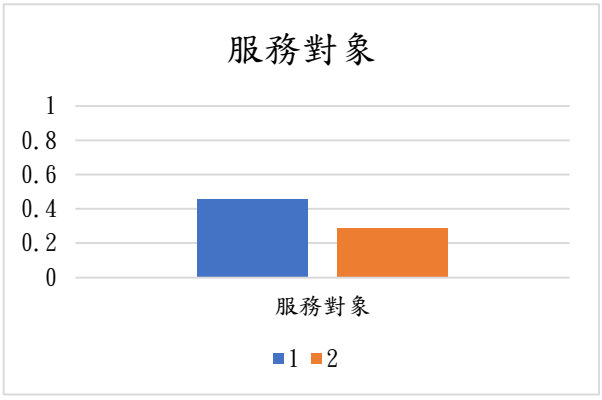
7(d)路線比例分布圖

圖 7 國外案例 DBSCAN 分析營運特性比例圖

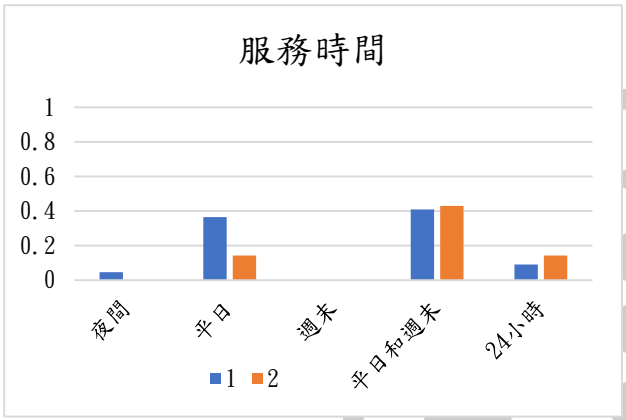
服務對象



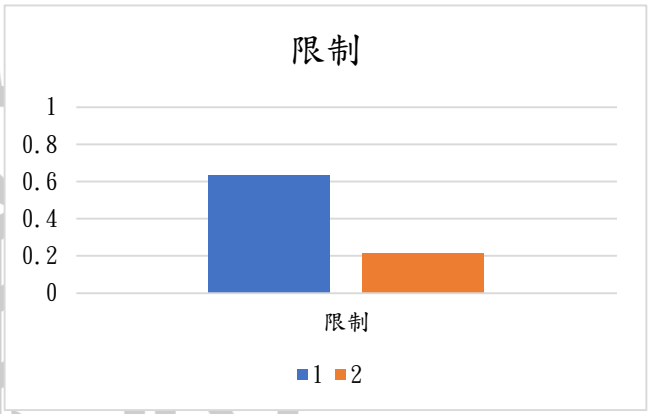
8(a) 服務地區比例分布圖



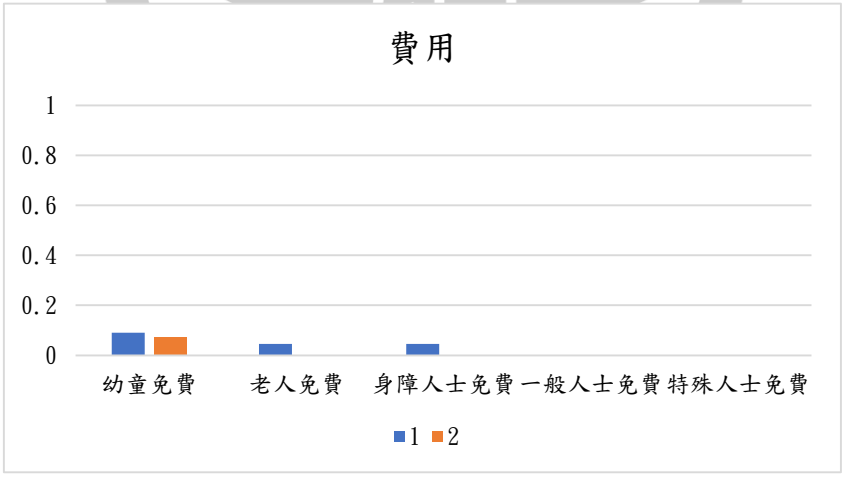
8(b)服務對象比例分布圖



8(c)服務時間比例分布圖



8(d)限制比例分布圖



8(e)收費方式比例分布圖

圖 8 國外案例 DBSCAN 分析服務對象比例圖

2.1.5 國內分析

本研究以案例分群特徵值之變數形式將全台幸福巴士相關資料統整，如表1，而特殊人士免費是針對桃園市居民持市民卡、低收入戶、限定縣市敬老卡所設計的，因此在後續分析會針對特殊人士免費此變數加以探討。在國內變數中，本研究仍依照階段式分析利用 DBSCAN 方法探討國內案例，並進而分析國內外案例。

將國內資料用 DBSCAN 分析方法可得知不管有無排除特殊人士免費變數，皆顯示半徑為 1.5、MinPt 為 4，可以分成 2 組且其噪點數為 9，此結果最為合理，如圖 9，將該圖形進行分析發現多數桃園市幸福巴士路線、新竹縣尖石觀光環狀線和南投縣埔里至法治路線為第一群，亦即紅色區域的點，其他案例為第二群，亦即藍色區域的點，而噪點為桃園市 908 大溪至崁津路線、新竹縣五峰鄉花園竹林線和桃山線、苗栗縣三灣鄉三灣往大河和大河村往北埔村線以及頂寮村往內灣村、南投縣九人座、兩條預約路線，其中噪點區域為新竹縣五峰鄉在 109 年 11 月已停駛，待下一期補助後重新招標，此外苗栗縣三灣鄉同時在 109 年 11 月不再申請補助，這五條路線皆不再提供補助，可能是因為載客率不足以負擔其成本。

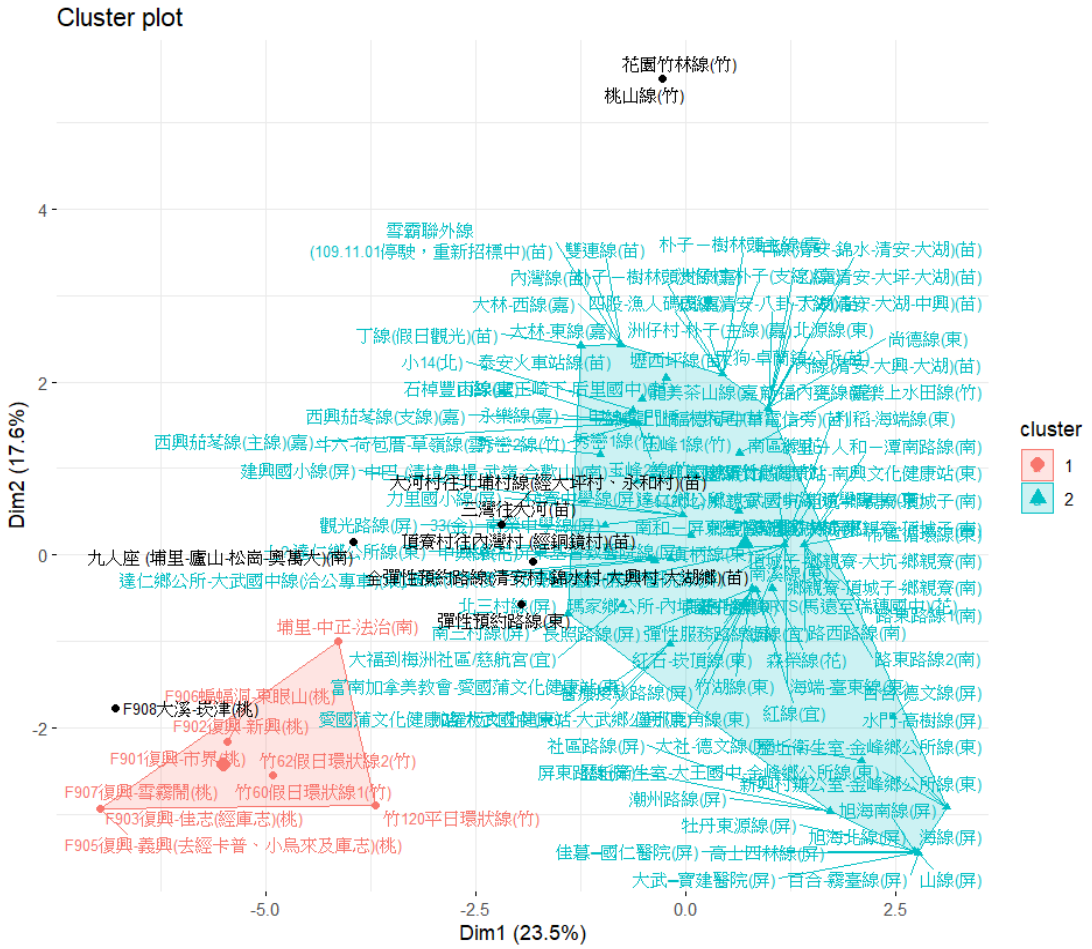


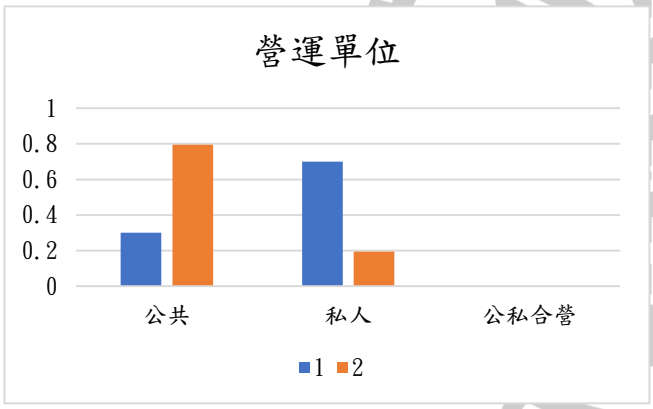
圖 9 國內案例 DBSCAN 分群圖

該章節同樣利用上一小節的變數特性作為主軸來介紹各個變數，從圖 10、圖 11 中可以發現這兩群分群特性十分不同。

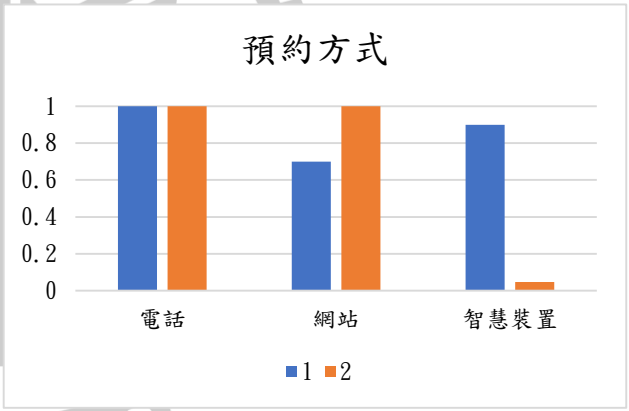
以營運特性之性質的變數，可以得知第一群的營運單位得知大多都偏向私人，亦即將幸福巴士外包給其他運輸公司，另外一群較多為公共營運單位，且並未有公私合營的情況下運行 DRTS；預約方式上第一群在電話、網路以及智慧裝置皆有提供民眾使用，而第二群集中在電話以及網路服務民眾；而站牌以及路線上，在第一群多以公共運輸站牌形式，並提供預約的門到門服務，以混合路線為主，則第二群大多為公共運輸站牌以及虛擬站牌，讓民眾可以在任何地點上下車，其路線較為固定。

至於服務對象性質，在臺灣 DRTS 皆為服務交通較為不利的地區；第一群多有服務平日時段，而第二群主要服務以平日及週末時段為主；第一群欲享有幸福巴士門到門服務在搭乘上有所限制，由於需先提前進行預約服務方可搭乘；此外在收費方式上，由於第一群中有半條路線為桃園市幸福巴士，民眾可以藉由桃園市民卡進行搭乘，因此第一群多集中在特殊人士免費，然而第二群在各變數皆有分布。

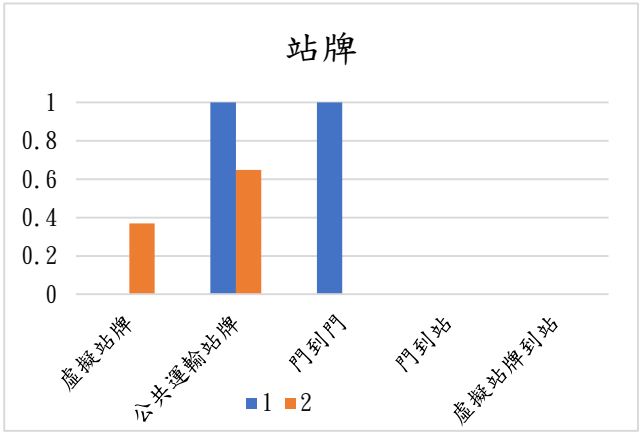
營運特性



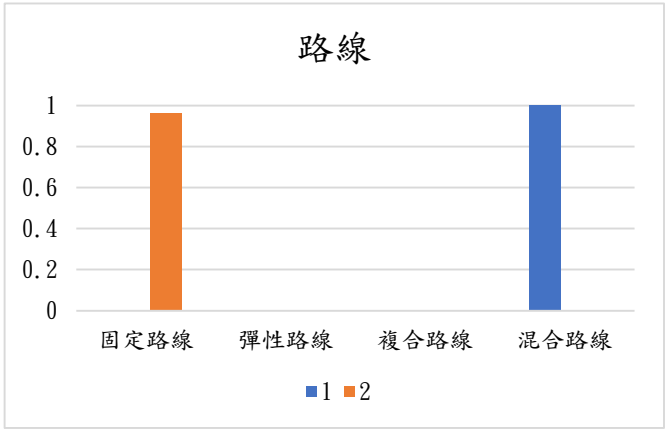
10(a) 營運單位比例分布圖



10(b)預約方式比例分布圖



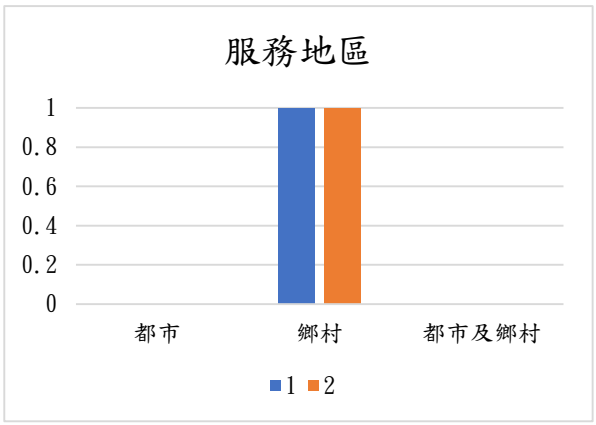
10(c)站牌比例分布圖



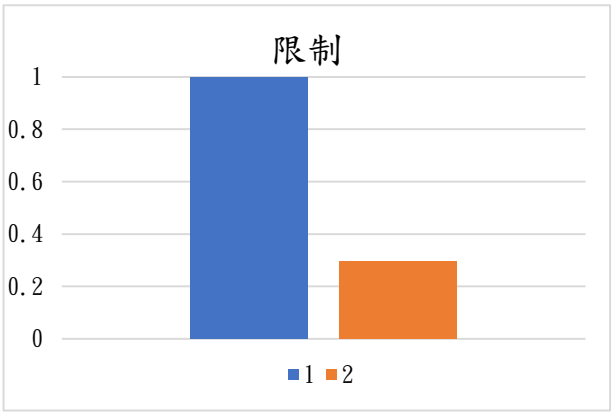
10(d)路線比例分布圖

圖 10 國內案例 DBSCAN 分析營運特性比例圖

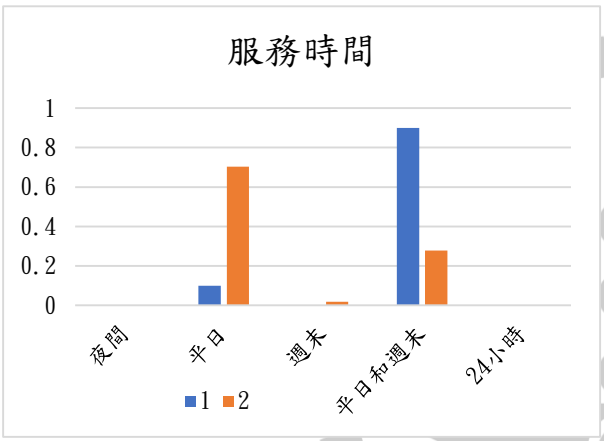
服務對象



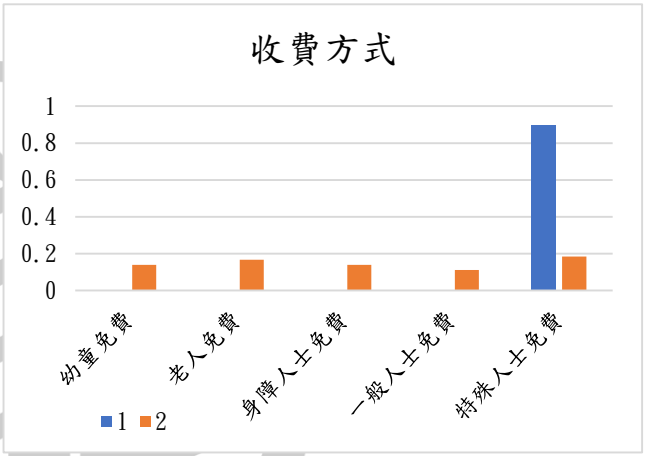
11(a) 服務地區比例分布圖



11(b)限制比例分布圖



11(c)服務時間比例分布圖



11(d)收費方式比例分布圖

圖 11 國內案例 DBSCAN 分析服務對象比例圖

2.1.6 國內外整合分析

本小節將國內外統整進行研究，由於只分別討論國外案例以及國內研究沒法看出其他國家與臺灣之區別，因此對國內外整合分析，透過全面性探討便可以了解臺灣路線目前與哪個國家歸類一起，藉此便可以分析國外案例與臺灣案例間的差異。

同樣以 DBSCAN 和 K-medoids 方式進行資料整理以及探討，藉由 silhouette width 最佳分群數量為 10 群，如圖 12，此分群數難以衡量，因此主要還是會以 DBSCAN 作為系統性文獻回顧的方法。

從上述分群國內案例及國外案例，可以得知半徑為 1.8 且最小點數為 2，分群數最為理想，共兩群，其中國內外案例整理結果中噪點結果部分與國外案例噪點重疊，至於第二群與國外第二群相似，其餘臺灣地區和國外案例則歸類在第一群，如圖 13。

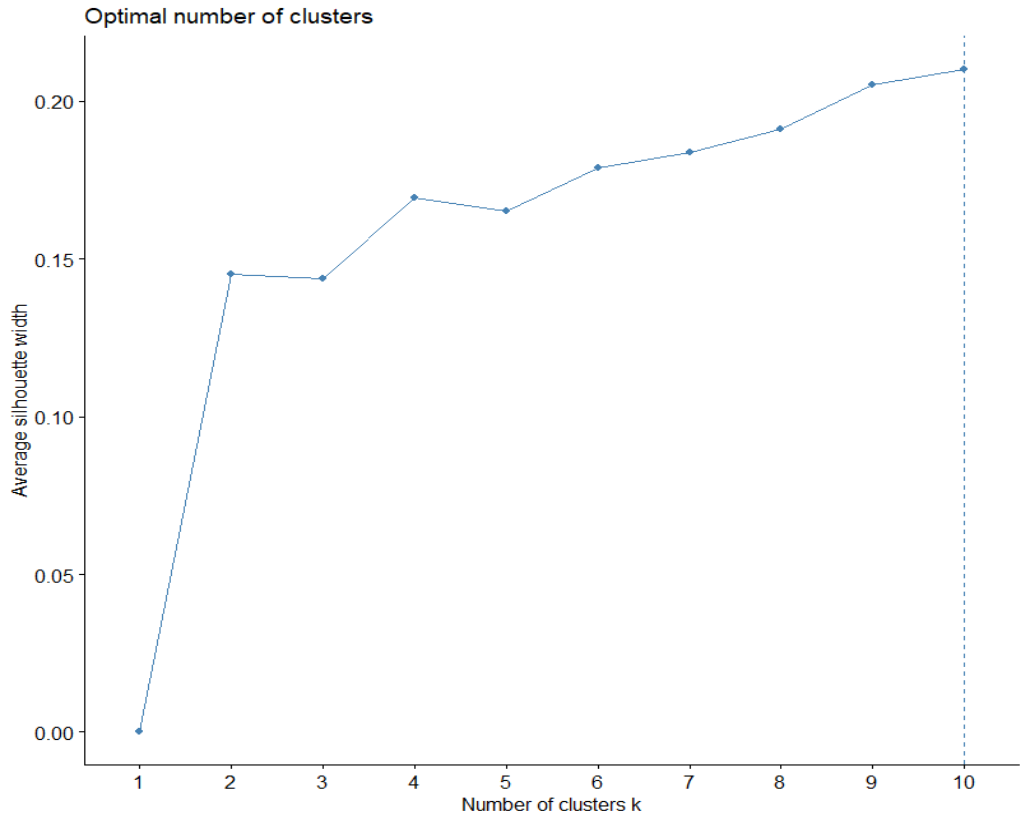


圖 12 國內外案例 silhouette width 分群圖

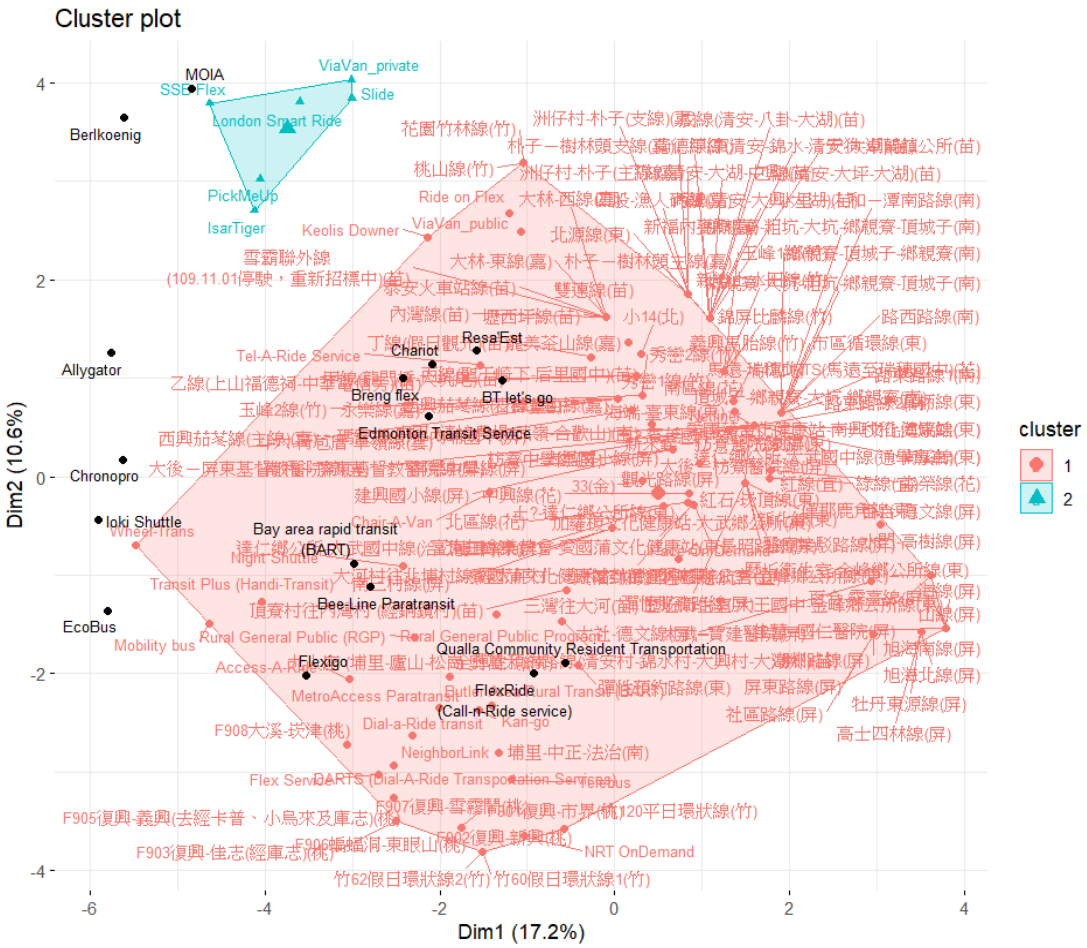
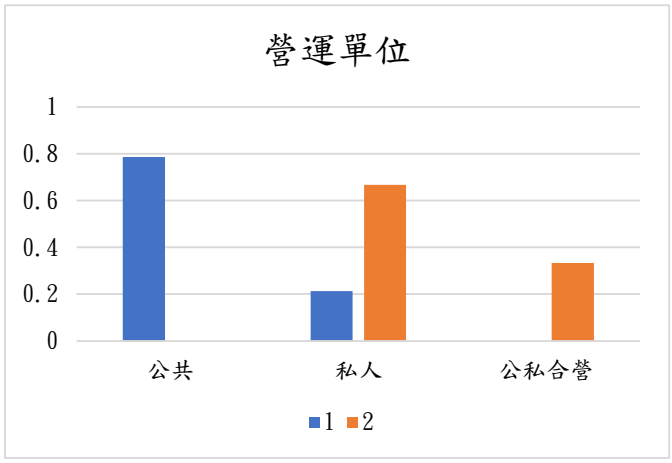


圖 13 國內外案例 DBSCAN 分群結果圖

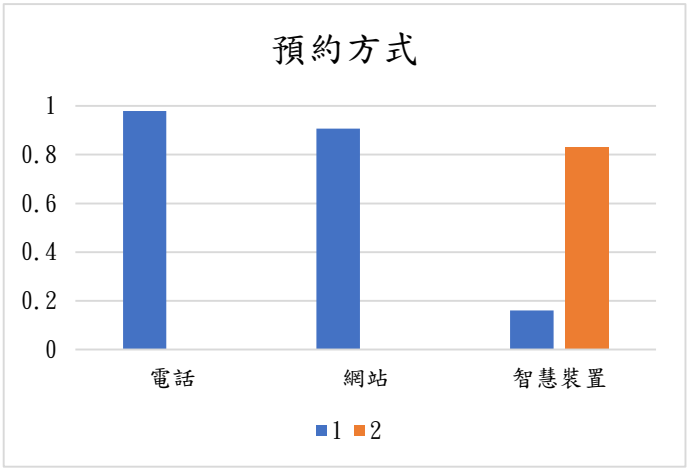
本研究將上述分群結果進行變數分析，如圖 14、圖 15，圖 14 是以營運特性為主的變數，如營運單位、預約方式、站牌、路線，可得知第一群分類結果多為公家營運單位，預約方式則均有分布，以電話為主，其次為網路，而智慧裝置比例最低，從站牌來看，超過一半的路線為公共運輸站牌服務，其餘則為虛擬站牌和門到門服務提供給大眾使用，至於路線方面主要為固定路線；則第二群分類以私人營運單位為主，公私合營為輔，營運模式及預約方式與第一群相反，主要供智慧裝置供民眾預約，除此之外，與第一群站牌不同的是以虛擬站牌服務為主、公共運輸站牌服務為輔的固定路線。

圖 15 則為以服務對象為主的變數，第一群服務地點大部分以鄉村地區為主，但第二群較多居民位於都市地區，兩群服務行動不便的民眾皆很低，此外兩群皆集中服務平日時段以及平日和週末時段，且收費方式在第一群中各變數皆有分布，由於臺灣 DRTS 案例皆集中在第一群，則限制方面第一群較第二群嚴謹。

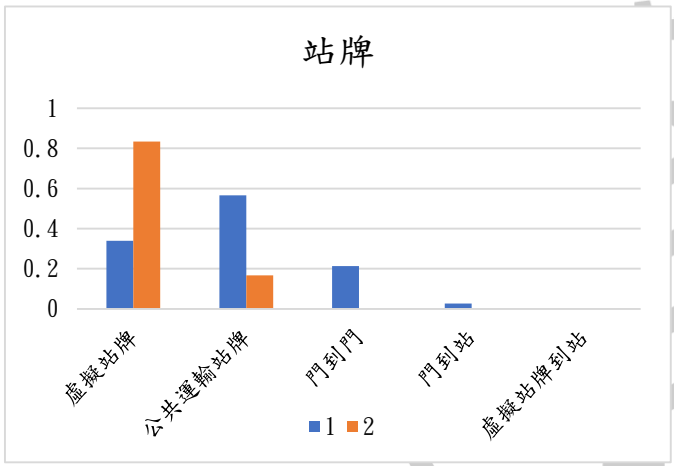
營運特性



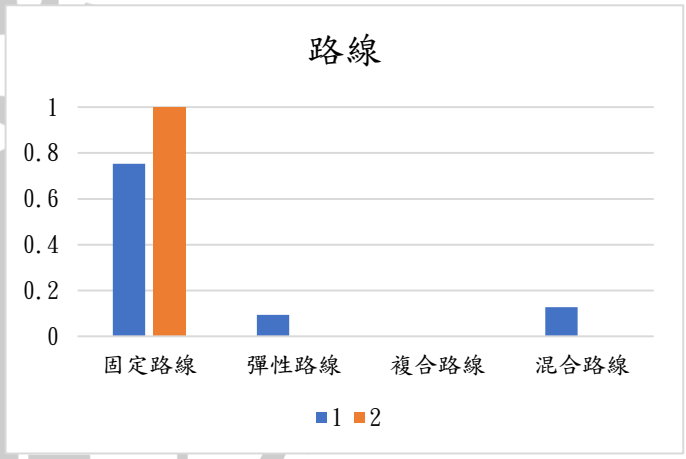
14(a) 營運單位比例分布圖



14(b)預約方式比例分布圖



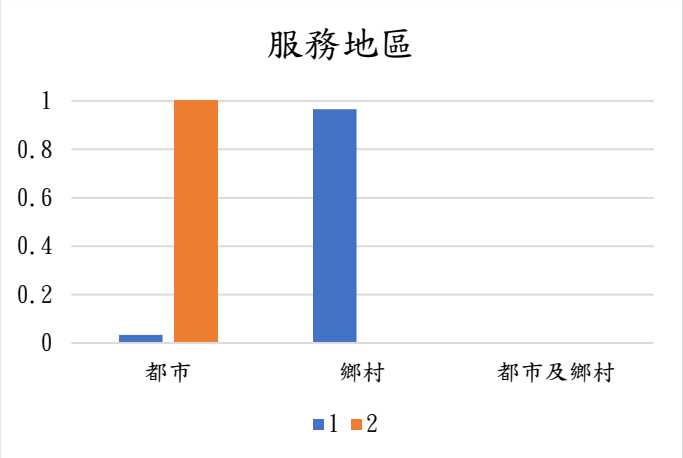
14(c)站牌比例分布圖



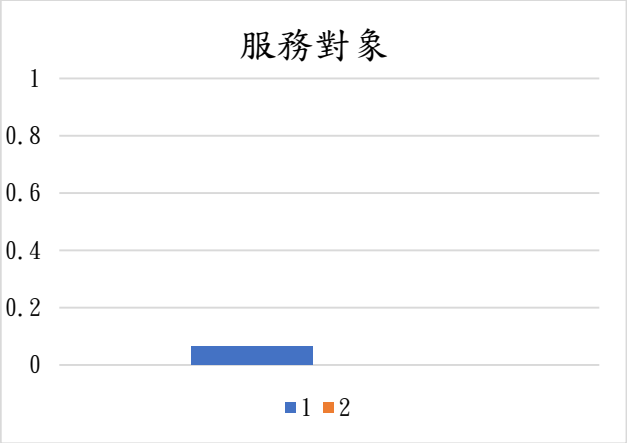
14(d)路線比例分布圖

圖 14 國內外案例 DBSCAN 分析營運特性比例圖

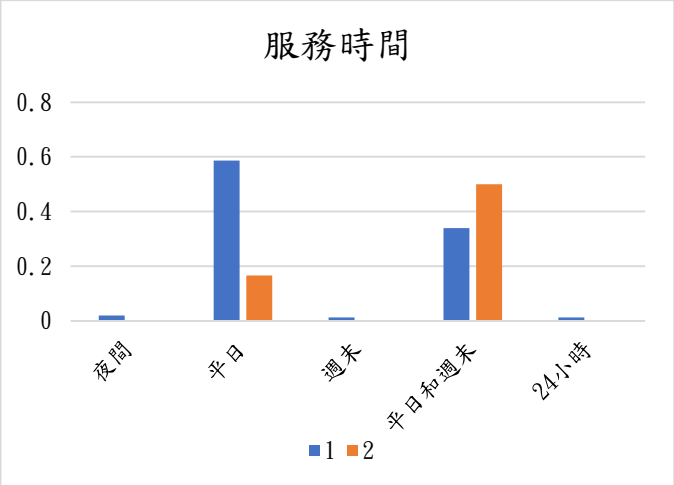
服務對象



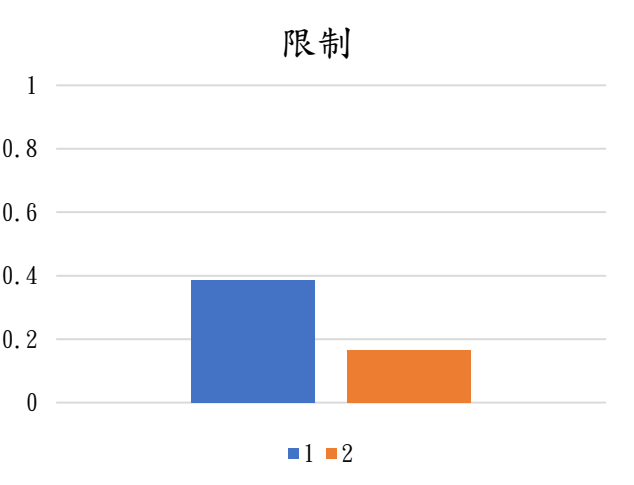
15(a)服務地區比例分布圖



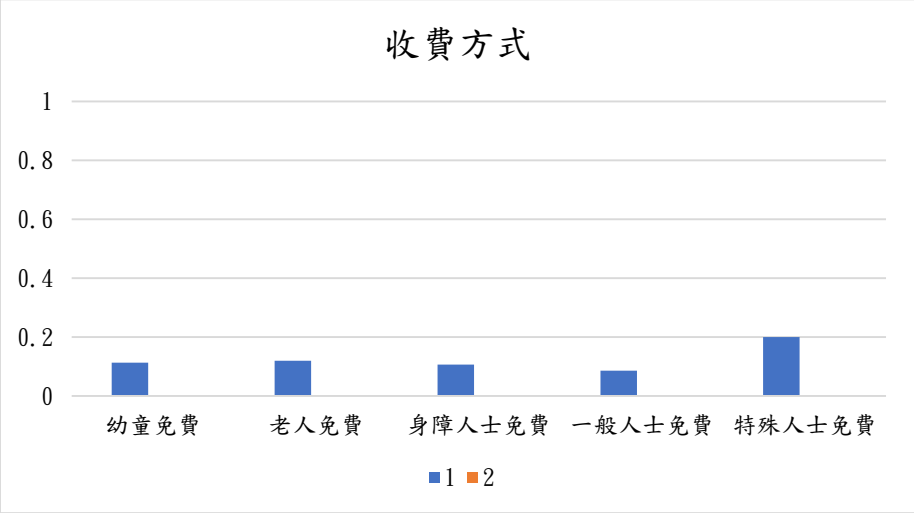
15(b)服務對象比例分布圖



15(c)服務時間比例分布圖



15(d)限制比例分布圖



15(e)收費方式比例分布圖

圖 15 國內外案例 DBSCAN 分析服務對象比例圖

2.1.7 小結

在 DBSCAN 分群國內外案例中，可以清楚看出臺灣基本都有落在國外分群之中，交叉比對國內以及國外案例，如表 2 所示。

表 2 群聚分析結果表

分群結果 / 變數	國外分析		國內分析		國內外分析	
	第一群[a]	第二群	第一群	第二群[a]	第一群[a]	第二群
	多美洲國家	多澳洲國家	多桃園及新竹尖石觀光	其餘地區	國外第一群加其餘縣市	多為歐洲國家
	49%	31%	8%	84%	87%	3%
營運單位						
公共	95%	36%	30%	80%	79%	0%
私人	0%	29%	70%	19%	21%	67%
公司合營	5%	36%	0%	0%	0%	33%
服務地區						
都市	14%	71%	0%	0%	3%	100%
鄉村	86%	29%	100%	100%	97%	0%
都市以及鄉村	0%	0%	0%	0%	0%	0%
站牌						
虛擬站牌	18%	93%	0%	37%	34%	83%
公共運輸站牌	27%	21%	100%	65%	57%	17%
門到門服務	82%	0%	100%	0%	21%	0%
門到站服務	27%	0%	0%	0%	3%	0%
虛擬站牌到站服務	0%	0%	0%	0%	0%	0%
路線						
固定路線	9%	100%	0%	96%	75%	100%
彈性路線	45%	0%	0%	0%	9%	0%
複合路線	9%	0%	0%	0%	0%	0%
混合路線	36%	0%	100%	0%	13%	0%
預約方式						
電話	95%	36%	100%	100%	98%	0%
網路	59%	14%	70%	100%	91%	0%
智慧裝置	32%	79%	90%	5%	16%	83%
服務對象						
身障人士	45%	29%	0%	0%	7%	0%
服務時間						
夜間	5%	0%	0%	0%	2%	0%
平日	36%	14%	10%	70%	59%	17%
週末	0%	0%	0%	2%	1%	0%
平日和週末	41%	43%	90%	28%	34%	50%
24 小時	9%	14%	0%	0%	1%	0%
限制						
限制要求	64%	21%	100%	30%	39%	17%
收費方式						
幼童免費	9%	7%	0%	14%	11%	0%
老人免費	5%	0%	0%	17%	12%	0%
身障人士免費	5%	0%	0%	14%	11%	0%
一般人士免費	0%	0%	0%	11%	9%	0%
特殊人士免費	0%	0%	90%	19%	20%	0%

註：a 為最大群

百分比為各群中各變數的比例

以最大群的國內外案例中第一群而論，該小節以變數條列式分析各國政府成功案例在經營管理上多以何種方式管理，吸引民眾踴躍使用 DRTS。

1. 營運單位：營運單位皆有所分佈，半數以上案例採用公家營運單位，對於私人以及公私合營的分類上雖臺灣以及其他國家案例皆有運營，但多數國家仍以公家營運機關為主，因此想要朝著國外成功案例邁進可能在營運管理上需要以公家機關為主，有可能是因為外包給其他公司會對於成本上有很大的影響且大部分的人會不知道有此服務，另外透過國家營運可以讓民眾更加了解到該服務且營運模式會更加全面化。
2. 服務地區：在臺灣案例上全部案例皆服務於交通不便之處，即便國外地區只有少數幾個案例服務都市地區，但可以強化交通的關聯，此外國外案例中有幾則案例是連接鄉村以及都市地區，以 DRTS 作為連接兩處至重要的交通樞紐，所以不妨也可以針對地區做適當的安排提供給交通需求極低的地區以促進交通便利性。
3. 預約方式：雖然電話、網站以及智慧裝置皆有分布，但大多民眾皆會以電話通知以及網站預約為主，國外案例中民眾雖會使用智慧裝置，不過對於臺灣地區其智慧裝置使用上比例較國外低，有可能是由於鄉村地區的臺灣民眾大部分多為中老年人或幼童人口難以使用複雜的 APP。
4. 站牌：該變數皆有分布，除虛擬站牌到站以外，公共運輸站牌佔多數，其次是虛擬站牌、門到門服務，在公共運輸站牌上臺灣比例高於國外案例的比例，國外案例較多以提供門到門服務為主，至於其他站牌的案例數太少，因此不加以討論，但臺灣可以像國際案例多提供門到門服務加以實行其站牌運作方式
5. 路線：雖然第一群案例大多分布在固定路線上，但可以發現的是另一群國外案例在混合路線上比例相對高，所以臺灣在路線運作上可以使用彈性或混合路線，供民眾在搭乘上有更多選擇性。
6. 服務對象：各國多提供給無障礙設施給民眾使用的比例很低，提供無障礙設施皆為國外案例。
7. 服務時間：國外案例服務時間與臺灣類似，多提供平日以及週末或平日時段，因此臺灣 DRTS 可以維持其時間上的安排。
8. 限制：每一個國家都有自己的限制要求，如美國 DARTS (Dial-A-Ride Transport 有提供無障礙設施服務，但需要經由醫生評估方可使用，所以在這部分不加以進行討論。
9. 收費方式：使用對象不論是幼童、老人或是身障人士其搭乘免費的比例不高，大多路線皆沒有提供免費這項服務，但臺灣地區仍有少許的案例是願意提供這項補助的，國外地區上只有一則案例提供幼童免費使用，因此在 DRTS 上國外多屬於付費使用，且大多比照一般運輸工具的價格，所以對

於臺灣地區可以採用國外方式收取適當的費用。

綜合上述臺灣 DRTS 與國外大部分案例其營運方式以及收費方式等皆有相似之處，鑒於變數分類方式相同，可以朝國外其他案例前進，但藉由群聚分析法只能經由變數討論其相似性，因此需要 DEA 評估國內案例的營運績效。

2.2 應用資料包絡分析法之相關文獻

現今國內外學者對於 DEA 廣泛運用，其研究主題包含海運 (Cullinane and Wang, 2006; Roll and Hayuth, 1993; Tongzon, 2001; Valentine and Gray, 2001)、空運 (Barros and Dieke, 2007; Hong et al. , 2018; Mhlanga, 2019)、陸運 (Lao and Liu, 2009; MartÍn et al. , 2004; Mohajeri and Amin, 2010)，尤其是公車系統領域，如表 3 所示，現今國內外研究多探討且評估交通公車路網營運管理下的績效指標，從其產出投入項瞭解公車系統對 DEA 之變數使用。

DEA 之所以成為本研究的分析方法，主要是因為它可以同時處理多個投入產出項，而且具有單位不變性，即不會影響產出及投入計量單位的效率值。此外，DEA 易於比較決策單元的效率，因此本研究在該章節詳細介紹不同文獻其 DEA 使用方法。

表 3 則摘錄過去研究對於交通系統之變數項，多數文獻使用之變數多為相同，故僅摘錄九篇文獻。Karlaftis (2004) 利用 DEA 估計三種模型，使用相同的投入資源評估不同輸出，分別為效率模型、有效性模型、多輸出模型，綜合車輛里程以及乘客數為衡量績效的標準，並根據績效評估衡量交通系統的規模經濟，透過績效分數排名提供補貼資金。Lao and Liu (2009) 從營運以及空間角度評估各條交通路線的效率，透過 DEA 方法計算其分數，並根據不同人口的潛在需求和空間分布調整路線、規劃公車站點和營運變化。Yang and Wei (2009) 利用 Network DEA 及 Russell 距離函數的結合評估成本效率、服務效果、成本效果三大運輸指標，並比較傳統 DEA 模式。Barnum et al. (2011) 分析自營機動巴士、外包機動巴士、自營輔助客運系統和外包輔助客運系統，並綜合了個體結果以顯示城市公共交通效率的影響，採取任務算法算出目標機構效率水平之 DEA 分數，透過這種交通方式間的資源分配效率，解決交通效率的問題。Bayzid and Nandita (2012) 通過 DEA 模型測量了效率和有效性得分，並分析了不同的場景。胡凱傑、馮正民與王鈞暐（2013）透過群聚分析使受補貼路線分群，並進行績效評估，藉由敏感度分析了解效率值影響因素，根據差額分析算出投入與產出之改善幅度，並顯現出公路客運受補貼路線仍有一定的改善空間。楊証琨 (2015) 首先利用群聚分析法依照社會經濟特性分成三大集群，分別為一般集群、弱勢集群、機動集群，並依據公里營收將所有路線位置區分，再者針對分群結果做 DEA 評估營運績效，透過敏感度分析衡量其結果變化，最後將所有結果結合旅客特性分析、公車路線重疊性分析、差額分析加以探討，針對 29 條篩選路線提出改善方針。Chen et al. (2019) 使用 DEA 評估加拿大埃

德蒙頓公車系統的服務效率並透過洛倫茲曲線和基尼係數在社會公平的情況下分析不同人群中的服務效率分佈。Alizadeh and Safi (2020) 以伊朗德黑朗之公交系統作為研究對象，第一階段進行窗口分析取得給定時期 DMU 的效率得分，經由該得分進行第二階段，使用分類算法預測公車路線的性能。Li et al. (2021) 進行了三階段 DEA 模型來評估鐵路和公車系統的效率，並比較了四種方面。

表 3 國內外交通公車系統之 DEA 應用

作者	研究方法	研究對象	投入	產出
Karlaftis (2004)	CCR 模式、BCC 模式	256 個美國交通系統	員工數、燃料量、車輛數	車輛里程、乘客數
Lao and Liu (2009)	地理資訊系統 (GIS-T)、產出導向之 BCC 模型	加州營運公車路線	營運時間、往返距離、公車站數量、每個公車站 400 米內有通勤者、老年人、身障人士	乘客數
Barnum et al. (2011)	DEA	美國城市地區四種最常見的公共交通個體效率	運營費用	座位時間
Bayzid and Nandita (2012)	BCC 模式、敏感度分析	艾恩公共巴士服務	營運時間、車輛數量、運營商數量、公車站數量	車輛里程、乘客數
胡凱傑、馮正民與王鈞暐（2013）	改良式二階段群聚分析、產出導向之 BCC 模式、敏感度分析、差額分析	偏遠地區公路客運補貼路線	路線受補貼額、延車公里	乘客數、營運收入
楊証琨 (2015)	改良式二階段群聚分析、DEA、敏感度分析、差額分析	台北市服務路線	補貼金額、延車公里	乘客數、公里營收
Chen et al. (2019)	DEA、地理信息系統、羅倫茲曲線、堅尼係數	加拿大第五大城市埃德蒙頓公車系統	服務面積比、服務密度、服務頻率、路線多樣性	人口普查內的可達性、跨人口普查區的可達性
Alizadeh and Safi (2020)	DEA、窗口分析	德黑蘭的公車車隊	公車數量、行駛路線長度	乘客總平均數、服務時間之倒數
Li et al. (2021)	投入導向之 BCC 模式、三階段 DEA 模型	北京軌道交通和地面公車	運營公里數、運營路線數、車輛數量	乘客人數、居民出行共乘

				比例

從上表可以看出每位學者對於公車系統的績效皆採用不同的做法，此外，先前文獻中也使用了類似的變量。對於投入變量，車輛數量和運營里程是表中的常見變量，而座位數和班次數也經常出現在其他學者中 (Chiou et al. , 2010, 2012)。對於輸出變量，乘客數量和車輛公里數是關鍵性能指標。

關於 DRTS 的相關文獻很少，如 Viton (1997)、Viton (1998) 研究對固定路線及固定班次的傳統公車和 DRTS 進行研究，該學者還討論了該行業面臨的技術挑戰，Barnum et al. (2008)、Barnum et al. (2009)、Barnum et al. (2010) 以殘疾人為研究對象，通過面板數據分析估計置信區間和效率趨勢的統計顯著性以提高決策單位的技術效率，探討產出導向 DEA 模型與殘疾乘客數和年營業收入的研究結果。而 Yen et al. (2023) 僅針對臺灣運輸 DRTS 研究，採取 Bootstrap-DEA 以及普通最小平方法兩階段分別談討臺灣桃竹苗地區幸福巴士的績效評估以及外部環境因素，了解現今臺灣對於該運具的績效結果。與本研究最大差異在於該篇論文的研究方法是透過效率值減去重複抽樣的誤差項，可能會有所偏頗，因此本研究以 CD-DEA 為主，並在下章節統整其他文獻之應用方式。

2.3 脈絡相依資料包絡分析模式

在 CCR 模型與 BCC 模型之後，陸陸續續便有其他學者提出不同的效率模型，如 Charnes and Neralić (1990) 提出加法模式、Andersen and Petersen (1993) 的超效率模式、Tone (2001) 的差額變數基礎效率模式(SBM)等，雖然這些模式都是為了改善傳統 DEA 模式對於效率的辨識標準，但這些評估過程均將所有 DMUs 放入模型一同考慮，相對無效率是根據相對有效率的 DMU 形成，因此 Seiford and Zhu (2003) 提出 CD-DEA 模型，旨在針對評估對象做分層分析，即本研究之幸福巴士。

從上述研究便可發現多數學者們使用 CCR 以及 BCC 模型進行分析，雖然學者們採取各種方式對運輸系統深入研究，如 Russell 距離函數 (Yang and Wei, 2009)、地理資訊系統 (Lao and Liu, 2009)、面板數據分析等，卻未對 CD-DEA 進行說明。該方法與傳統 DEA 最大差別在於可以在不同評估背景下進行效率分析，每一層皆有不同的效率前緣，而非將所有評估對象一同測量，此結果會造成需要改善的幅度過大，CD-DEA 預期成效是將結果以較容易實現的方式呈現出來，並在不同層度上制訂政策。因此在該章節會加以闡述，並探討學者對於其他研究主題是如何透過吸引力及進步力給予建議及看法，便可對該研究內容進行較清楚及細緻的比較，如表 4 所示。

Ulucan and Atıcı (2010) 藉由 CCR、BCC 模型了解其效率，並採取 CD-DEA 評估各決策單位的效率水準以確保可以實現短期目標，計算出吸引力、進步力及地區吸引力，最後提出特定測量之 CD-DEA，將目標值設為相同的效率水平，便可產生更現實的目標。Chiu and Wu (2010) 將臺灣 2004-2006 年國際酒

店分析其效率，算出三年的吸引力和進步力，並比較三年的績效。Chou (2013) 利用 DEA 評估 2004-2008 年每年各縣市創意產業之效率，透過吸引力以及進步力探討競爭優劣勢，此外從 Tobit 迴歸對外在環境變數之影響。葉晉嘉與何柏正（2014）藉由吸引力以及進步力劃分為四個象限，從中了解其優劣並改善其劣勢，提供每個象限的意見。彭開瓊與羅心妤（2016）採用 CD-DEA 探討臺灣與 34 個 OECD 會員國之都市化程度與成績間差異程度，由吸引力和進步力調整現今教育制度。彭開琼 (2017) 採用 CD-DEA 進行投入產出的效率比較，從吸引力及柏拉圖分析之結果顯示出 OECD 國家與臺灣對政府支出與醫療品質之改善內容。Shen et al. (2020) 根據投入導向之 CD-DEA 衡量臺灣對於精神疾病患者之住所其營運績效，並通過吸引力及進步力數值改善該機構管理和資源分配問題。Yeh (2021) 首先使用 DEA 評估臺灣醫院之績效，並將醫院品質指標納入，調整擁擠分數模型及計算各個受測單位之差額變項，結合麥氏生產力指數與 CD-DEA 做出疊合圖，給予營運方針。Xiang et al. (2021) 藉由 K-means 依據研究員職業生涯長度分成九個集群，透過 CD-DEA 分析其研發效率，最後採用吸引力以及進步力數值進行分析。

從表格中便可得知 CD-DEA 之研究主題廣泛，但其目標皆希望能透過吸引力及進步力數值達到可預期目標效率，經由各象限了解競爭優劣勢，並提出改善方針，所以本研究會依照此方法作為研究內容，藉由資源分配效率給予相對應的建議。

表 4 CD-DEA 之應用

作者	評估方法	研究對象	投入	產出
Ulucan and Atıcı (2010)	產出導向之 CCR 及 BCC 模型、CD-DEA	世界銀行社會風險緩解項目 (SRMP)	員工人數、計畫受益人數量	申請家庭、教育受益人、健康受益人、申請項目、獲批項目、總預算
Chiu and Wu (2010)	CD-DEA	臺灣國際旅遊酒店	旅客房間數量、員工數	各收入
Chou (2013)	投入導向之 CD-DEA、Tobit 迴歸分析	臺灣縣市文創產業的發展	政府支出、就業人數、活動場次、廠商家數	文化創意產業總產值、參與出席人數
葉晉嘉與何柏正（2014）	CD-DEA			
彭開瓊與羅心妤（2016）	CD-DEA	OECD 國家與臺灣 PISA 資料	人均 GDP、HDI、教育支出、都市化程度	閱讀素養、數學素養、科學素養
彭開琼 (2017)	產出導向之 CD-DEA、柏拉圖分析	OECD 國家與臺灣安寧照護品質	人均 GDP、HDI、衛生總支出、醫師密度	死亡數
Shen et al. (2020)	投入導向之 CD-DEA	臺灣 38 間精神病學中途之家	營業面積、床位數、專業人員數量	人力資源管理、康復質量管理、解決問題的能力
Yeh (2021)	投入導向之 CD-DEA、 產出導向之麥氏生產力、 產出導向之擁擠分數模型、 差額變項分析	臺灣醫療照護品質	醫生數、護士數、病床數	意欲： 出院人數、門診人數、及診人數 非意欲： 出院三日內就診案例、同日再次就診同病案例、同日急診返診次數
Xiang et al. (2021)	K-means、CD-DEA	中國研究資金資源使用效率	研究經費	論文數量、被引用次數

第三章 研究方法

本研究採取兩階段 DEA 績效評估方法，第一階段為 DEA 模型，分別為傳統 DEA 模型(CCR 和 BCC 模型)以及 CD-DEA 模營作為本研究主要分析方法，第二階段則為延續 DEA 模型之研究，藉由迴歸模型(OLS 和 Tobit 模型) 了解影響外部環境因素。

3.1 第一階段：資料包絡分析法

資料包絡分析法(Data Envelopment Analysis, DEA) 為一種透過數學線性規劃模型衡量績效評估的方法，技術效率（Technique Efficiency, TE）是 DEA 建模方法的主要產出，而包絡線的產生是基於生產效率前緣來判斷 DMUs 是否根據投入的資源達到最大的產出，因此 DEA 模型亦可以分為投入導向以及產出導向。一般而言，如果被評估的行業對投入的控制力較強，則投入導向型模型更為合適。反之，如果產出更可控，那麼產出導向模型就更理想。在這項研究中，與大多數行業一樣，運輸行業對投入具有更高的管理權力，由於投入控制優於產出控制，如公共交通服務的乘客數量。 因此，本研究採用投入面向的 DEA 建模方法。

本研究使用具有傳統 DEA 模型的 CD-DEA 來測量 DRTS 的績效。下一節將首先介紹傳統 DEA 模型，包括 CCR 和 BCC 模型。 第二部分將介紹 CD-DEA 的概念。

3.1.1 傳統 DEA 模型

傳統 DEA 建模方法包含 CCR 和 BCC 模式。CCR 是 Charnes et al. (1978)採用廠商或產業為固定規模報酬(Constant Return to Scale, CRS) 的假設。後來，在 Banker et al. (1984)提出 BCC 採取變動規模報酬(Variable Return to Scale, VRS) 的假設，進一步放寬了 CCR 模型的 CRS 假設。 DEA 模型的主要產出是效率分數。當 DMU 效率值等於 1 時，該 DMU 比其他 DMU 更有效率； 否則，當 DMU 小於 1 時，意味著該 DMU 的效率低於其他 DMU。 接下來的部分將介紹基本的 CCR 和 BCC 模型。

3.1.1.1. CCR 模式

如前所述，本研究使用以投入為導向的 DEA 模型，如下式所示。

$$Min\ \theta \tag{1}$$

$$\text{s.t.} \quad -y_{qr} + \sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{jr} \geq 0 \qquad \text{r} = 1,2,\dots,\text{s} \tag{2}$$

$$\theta x_{qi} - \sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_{ji} \geq 0 \quad \text{i} = 1,2,\dots,\text{m} \tag{3}$$

$$\lambda_j \geq 0 \qquad \text{j} = 1,2,\dots,\text{n} \tag{4}$$

其中 θ 是第 q DMU 的相對效率值。 有 n 個評估單位，s 個產出項，m 個投入項。y_{qr} 和 x_{qi}分別表示第 q 個 DMU 的第 r 個產出和第 i 個投入。 λ_j是第 j 個 DMU 的權重。

3.1.1.2. BCC 模式

由於許多產業並非固定規模報酬，因此 Banker et al. (1984) 提出 BCC 採取變動規模報酬的假設，如下所示。

$$Min\ \theta \tag{5}$$

$$\text{s.t.} \quad -y_{qr} + \sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{jr} \geq 0 \quad \text{r} = 1,2,\dots,\text{s} \tag{6}$$

$$\theta x_{qi} - \sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_{ji} \geq 0 \quad \text{i} = 1,2,\dots,\text{m} \tag{7}$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j = 1 \quad \lambda_j \geq 0 \quad \text{j} = 1,2,\dots,\text{n} \tag{8}$$

BCC 模式與 CCR 模式大致相同，其最大差別有兩處。首先 CCR 模型中效率值為整體技術效率(OTE)，而 BCC 求出的目標值為純技術效率(PTE)，兩者不同之處在於整體技術效率為規模效率乘上純技術效率，；其次由於 BCC 為變動規模報酬，所以新增一項凸性限制式($\sum_{j=1}^{n} \lambda_j = 1$)，使求出的純技術效率值恆小於整體技術效率。

然而利用 CCR 方法只能求出總生產前緣，雖然整體技術效率可以同時考量企業規模層面及管理技術層面，卻無法個體說明效率差的決策單位(DMU)，因此本研究不以 CCR 來分析，而透過 BCC 模型結果為主，用以衡量本研究效率值並以管理層面解釋相對無效率單位。

3.1.2 脈絡相依資料包絡模式(Context-dependent DEA, CD-DEA)

CD-DEA 由 Seiford and Zhu (2003) 提出排序效率水平的概念，圖 16 顯示由兩個產出案例之效率邊界表示該校率水平，可以看出每一層皆有各自的效率前緣，若使用傳統 CCR 或 BCC 模型便只能探討同一層級與同個評估背景，而

第一層(level 1)為最佳的生產效率前緣，也是傳統 DEA 模型中效率前緣，將所有決策單位採用剔除法分成不同階層，便可以更加瞭解第一層與績效較差層級之差別，越內層的效率前緣績效越佳。

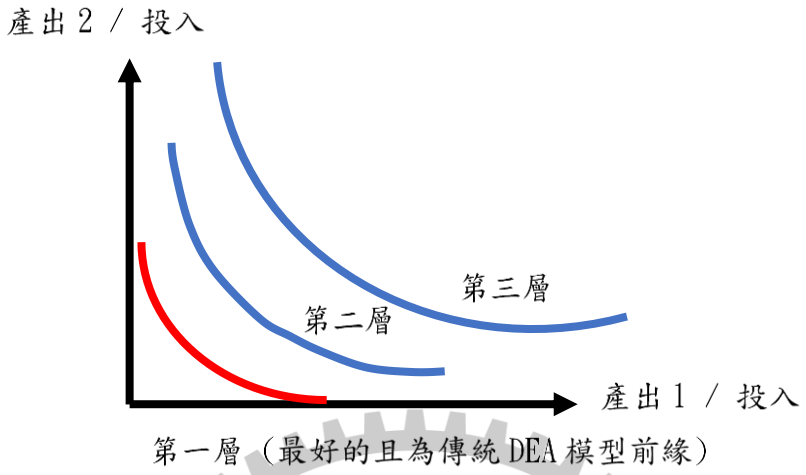


圖 16 投入導向 CD-DEA 之效率前緣

CD-DEA 模型首先將所有決策單位一起評估，找出第一層生產效率前緣，再者將效率前緣內的 DMU 刪除效率邊界內的決策單位(即效率得分等於 1 的決策單位)，且其他 DEA 測量可與其餘決策單位一同評估，便可以生產出另外一條新的效率前緣(即第二層效率水平)，重複同樣的步驟，直至所有的決策單位都有所屬的生產前緣，由於每一層效率級別皆會有相應的效率前緣，從而有自己的評估背景，因此可用每個效率水平的相對評估背景來衡量 DMU 的吸引力(Attractiveness)和進步力(Progress)，這將下一節中詳細介紹。

此外，CD-DEA 也可以分成投入導向以及產出導向，但正如上述所言，本研究使用投入導向模型，如下所示。

$$\Omega_q*(d)=\min_{\lambda_j,\Omega_q(d)}\ \Omega_q(d) \qquad \mathrm{d}=1,2,\dots,\mathrm{L}-l_0 \tag{9}$$

$$\text{s.t.}\quad \sum_{j\epsilon F(E^{l_0+d})}\lambda_j y_{jr}\geq y_{qr} \qquad \mathrm{r}=1,2,\dots,\mathrm{s} \tag{10}$$

$$\sum_{j\epsilon F(E^{l_0+d})}\lambda_j x_{ji}\leq \Omega_q(d)x_{qi} \qquad \mathrm{i}=1,2,\dots,\mathrm{m} \tag{11}$$

$$\sum_{j\epsilon F(E^{l_0+d})}\lambda_j=1 \quad \lambda_j\geq 0 \quad j\epsilon F(E^{l_0+d}) \qquad \mathrm{j}=1,2,\dots,\mathrm{n} \tag{12}$$

其中$\Omega_q(d)$為$DMU_q=(x_q,y_q)$在 d 階的效率值，x_q為產出，y_q則投入，λ_j為產出與投入的乘積 1。

由於 CD-DEA 可以將 DMUs 劃分為不同的效率水平，Seiford and Zhu (2003) 進一步提出了吸引力和進步力兩個指標來衡量效率水平之間的關係。

這兩個指標將在以下部分進行介紹。

1. 吸引力

吸引力是以績效評估較差(如：第二層效率水平) 的 DMU 做為評估背景，衡量效率較佳(如:第一層效率水平) 的吸引力，因此最後一層無法算出吸引力；當吸引力越大時，說明與前一層有較大的吸引，亦即越靠近效率較高的生產前緣且與無效率的單位差距越大，藉由吸引力便可以看出競爭者是否接近，因此值越大表示績效越好。若要計算某一層($E^{l_0},\ l_0\epsilon\{1,2,\dots,L-1\}$) 的$DMU_q = (x_q, y_q)$ 在 d 階之吸引力$(H_q*(d))$ 便可以利用下方公式得出：

$$H_q*(d) = \min_{\lambda_j, \Omega_q(d)} H_q(d) \qquad \mathrm{d} = 1,2,\dots,\mathrm{L}-l_0 \tag{13}$$

$$\text{s.t.} \sum_{j\epsilon F(E^{l_0+d})} \lambda_j y_{jr} \geq y_{qr} \qquad \mathrm{r} = 1,2,\dots,\mathrm{s} \tag{14}$$

$$\sum_{j\epsilon F(E^{l_0+d})} \lambda_j x_{ji} \leq H_q(d) x_{qi} \qquad \mathrm{i} = 1,2,\dots,\mathrm{m} \tag{15}$$

$$\lambda_j \geq 0 \ \ j\epsilon F(E^{l_0-gd}) \qquad \mathrm{j} = 1,2,\dots,\mathrm{n} \tag{16}$$

其中 $H_q*(d)$ 為$DMU_q = (x_q, y_q)$ 在效率水平 d 的吸引力值，y_{qr} 表示第 q DMU 的第 r 個產出，x_{qi} 是第 i 個投入，λ_j是權重，s、m、n 分別為產出、投入和 DMU 的數量。

2. 進步力

反之，進步力是以績效評估較好的決策單位做評估背景，得出相對較低的效率之進步力分數，因此第一層並未有進步力的產生；進步力值越大，表示該決策單位需要進步的空間越大，亦即數值越大，其績效評估相較差，仍需多加改善方可與高效率媲美。若想求某某一層(E^{l_0}， $l_0\epsilon\{2,\dots,L\}$的$DMU_q = (x_q, y_q)$ 在 g 階之進步力$(M_q*(g) = \frac{1}{G_q*(g)})$ 便可以利用下方公式得出：

$$G_q*(g) = \min_{\lambda_j, G_q(g)} G_q(g) \qquad \mathrm{g} = 1,2,\dots,l_0-1 \tag{17}$$

$$\text{s.t.} \sum_{j\epsilon F(E^{l_0+d})} \lambda_j y_{jr} \geq y_{qr} \qquad \mathrm{r} = 1,2,\dots,\mathrm{s} \tag{18}$$

$$\sum_{j\epsilon F(E^{l_0-g})} \lambda_j x_{ji} \leq G_q(\beta) x_{qi} \qquad \mathrm{i} = 1,2,\dots,\mathrm{m} \tag{19}$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad j\epsilon F(E^{l_0+d}) \qquad \mathrm{j} = 1,2,\dots,\mathrm{n} \tag{20}$$

進步力值$(M_q*(g))$ 需要通過計算$G_q*(g)$效率值之倒數得出。

為求方便後續的解釋，本研究將進步力值取倒數使其可與吸引力做交叉分析，稱「**調整進步力**」$(G_q*(g))$，該值若計算出來的結果越大，進步空間小，

其相對效率較高。

因此綜合上述介紹便可將 CD-DEA 吸引力與進步力整合繪製成圖 17，以利後續結果說明，可以看出吸引力是以較差的績效(第三層) 作為該層級(第二層) 的評估背景，若數值越大，代表兩層中具有較大的吸引力，越靠近績效佳的前緣，吸引力越大績效越好；而進步力則與吸引力相反，以績效較好的層級(第一層) 作為第二層的評估背景，進步力值越大，表示兩層間相距甚遠，所要努力的空間越大，因此進步力越大績效越差，所以在研究結果本研究利用進步力的倒數「**調整進步力**」來解釋及探討，若該值越大代表績效越好。

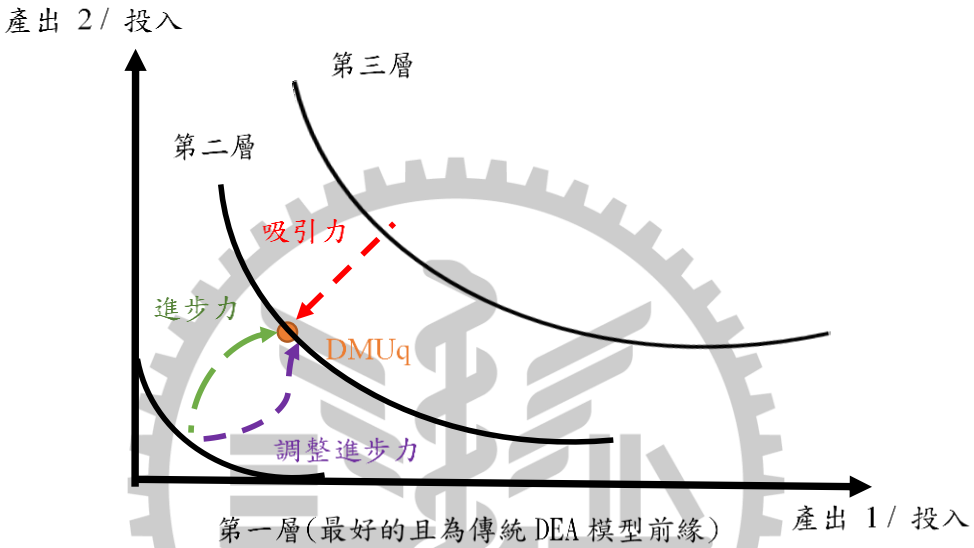


圖 17 投入導向之 CD-DEA 吸引力與進步力

3.2 第二階段：迴歸模式

雖然 DEA 將幸福巴士之投入和產出項進行分析，探討變數中的資源分配影響各條路線之績效，然而，其他外部因素亦會影響 DRTS，由於 BCC 模式可探討相對無效率的決策單位，著重在個體差異，因此本研究利用第一階段 BCC 模式之純技術效率值(PTE)作迴歸模式因變量。

作為 DEA 第二階段環境影響之迴歸方法多數學者會採用最小平方法 (Ordinary Least Squares, OLS) 或者 Tobit，這兩者最大差異在於因變量之控制，OLS 預測值有可能會大於 1，因此部分學者 (Simar and Wilson, 2007) 認為 OLS 會造成偏誤估計與不一致，Tobit 為最佳迴歸方式，然而其他學者 (Banker et al. , 2019) 卻持相反意見，故本研究會以 OLS 及 Tobit 作為第二階段，下方為迴歸方程式。

$$\theta = \beta_0 + \beta_j * Var_j + \varepsilon_i \quad (22)$$

其中θ為 BCC 模式下求得的效率值，β_0為常數項，Var_j為外生變數向量，共有 j 個，因此係數值β_j亦也有 j 個，ε_i為誤差項。

第四章 研究範圍與資料

4.1 研究範圍

本研究採用運研所提供的全臺灣幸福巴士資料進行分析，從 107 至 109 年資料探討所有行駛路線，共有 119 條路線。圖 1 為各縣市使用 DRTS 比例圖，可以看出本研究的對象主要分布在桃園市、新竹縣、苗栗縣、南投縣、嘉義縣、屏東縣、台東縣進行分析，尤其是東南部區域佔較大比例。

4.2 資料基本統計分析

變數選擇對於 DEA 模型至關重要，對於變數選擇上 DEA 模型有些要求，如變數須為非零以及擁有單位不變性的假設，因此本章介紹了變數的選擇過程和變數的特點，根據以往的研究 (Chiou et al. , 2010, 2012; Lan et al. , 2014; Yen et al. , 2023) 選擇七種變數。產出變數包括乘客數量、車輛公里數和乘載率；另一方面，投入變數為班次數、座位數、營運里程、車輛數。由於 DEA 的單位不變特性，效率值不會受到輸入或輸出單位的影響。表 5 顯示了變量和單位的描述。

表 5 變數說明

變數形式	變數	變數說明	單位	文獻支持
產出	乘客數	每月平均載客人數	100 位乘客數	Karlaftis (2004) Lao and Liu (2009) Bayzid and Nandita (2012) Li et al. (2021) Yen et al. (2023)
	延車公里	每月車輛實際行駛公里數	1000 車輛公里數	Karlaftis (2004) Bayzid and Nandita (2012) Yen et al. (2023)
	乘載率	每月平均客座利用率	0.1	Agarwal et al. (2010) Yen et al. (2023)
投入	班次數	每月平均固定及預約班次公車實際運行的數量	10 輛班次	Lan et al. (2014) Shao and Sun (2016) Yen et al. (2023)
	座位數	每月平均總座位數	100 個座位數	Lu et al. (2012) Yen et al. (2023)
	營運里程	該條路線的核定營運里程數	10 公里	Li et al. (2021) Yen et al. (2023)
	車輛數	該條路線所分配的車輛總數	1 台車輛	Karlaftis (2004) Bayzid and Nandita (2012) Alizadeh and Safi (2020) Yen et al. (2023)

此外，本研究還提供了敘述統計和 Pearson 相關係數分析了解產出及投入之間的線性相關程度，以此辨別其關聯性，表 6 為全臺灣幸福巴士變數資料的統計值，可以看到各個變數的最小值及最大值的差值大，因此每條路徑的投入和產出變數變化很大，除此之外，表 6 表明所有選定的變數皆滿足 DEA 建模的非零或正值之要求。

表 6 描述性統計

變數		最小值	最大值	平均值	中位數	標準差	偏度	峰度
產出	乘客數	0.015	18.362	3.183	2.000	3.591	1.779	3.515
	延車公里	0.014	13.989	1.434	1.004	1.641	4.196	28.367
	乘載率	0.026	15.719	3.935	3.340	3.219	1.402	2.799
投入	班次數	0.138	35.167	5.976	5.119	5.617	2.064	6.708
	座位數	0.140	66.930	4.870	7.776	10.369	2.622	9.921
	營運里程	0.240	12.600	2.728	2.180	1.915	1.886	5.649
	車輛數	0.748	3.000	0.748	0.667	0.470	1.737	4.738

另外，表 7 顯示了 Pearson 相關係數分析的結果。 對於所有顯著係數，它們都相互正相關。 也就是說，所選擇的變數滿足同向性的要求。

表 7 皮爾森相關係數

變數		產出			投入			
		乘客數	延車公里	乘載率	班次數	座位數	營運里程	車輛數
產出	乘客數	1.000						
	延車公里	0.386*	1.000					
	乘載率	0.480*	-0.114	1.000				
投入	班次數	0.410*	0.777*	-0.173	1.000			
	座位數	0.487*	0.769*	-0.225	0.817*	1.000		
	營運里程	-0.055	0.227	0.181	-0.184	-0.115	1.000	
	車輛數	0.141	0.390*	-0.13	0.463*	0.345*	-0.027	1.000

註：*為相關係數在 0.01 顯著水平為顯著(雙尾)

第五章 研究結果

本研究在該章節會以傳統 DEA 模型以及 CD-DEA 進行分析，並以桃竹苗地區作為區域性縣市，將區域性及整體性兩者進行分析，探討桃竹苗地區在全台縣市間的落點，透過吸引力和調整進步力數值分析區域及整體間的差異，但本研究會以全國作為最主要說明，最後透過外部環境因素了解影響績效表現的原因。

5.1 傳統 DEA 模型

藉由上節研究方法便可以得出採取 CRS 假設的 CCR 模式以及將 CRS 假設分布至 VRS 假設的 BCC 模型，對於傳統 DEA 模型，效率值為 1 的路線為值得被效仿的地區，案例研究中共有 119 條，表 8 報告以縣為基礎的匯總結果，括號內的百分比表示在相對效率下各縣市路線的比例，具有效率的 DRTS 數量分布在各縣市，。在 CRS 以及 VRS 假設下，屏東縣為最多有相對效率的 DRTS 路線，然而桃園市是所有縣市中具有較高比例的有效率縣市，因此並非 DRTS 路線數量越多，其具有更佳的績效(即更有效的路線)，此外雖然嘉義縣有 13 條路線供民眾使用，但在傳統 DEA 模型下並非最佳路線，若能夠清楚了解各個縣市的差距，更可以藉由投入產出的調整達到最佳效率，因此利用 CD-DEA 深入分析。

表 8 傳統 DEA 模型路線分布表

有效率路線數量 / 縣市別	CCR 效率路線數量	總路線數量	BCC 效率路線數量	總路線數量
桃園市	3 (43%)	7	5 (71%)	7
新竹縣	1 (9%)	11	1 (9%)	11
苗栗縣	3 (17%)	18	4 (22%)	18
宜蘭縣	1 (33%)	3	1 (33%)	3
南投縣	1 (9%)	11	5 (45%)	11
嘉義縣	0 (0%)	13	0 (0%)	13
雲林縣	0 (0%)	1	0 (0%)	1
屏東縣	6 (21%)	29	14 (48%)	29
花蓮縣	2 (40%)	5	2 (40%)	5
台東縣	5 (28%)	18	10 (56%)	18
台北市	0 (0%)	2	0 (0%)	2
金門縣	0 (0%)	1	0 (0%)	1
總共	22 (18%)	119	42 (35%)	119

註：括號中比例代表有效率路線數量在該縣市中總路線數量之佔比

表 9 則提供規模分析，分別為規模報酬不變(CRS)、規模報酬遞減(DRS)、規模報酬遞增(IRS)，平均而言，大約有五分之一的路線被歸類為 CRS，表示這些路線處在最適規模，不需要調整規模大小，不到十成的路線屬於 DRS，需要縮減規模來提高效率，此外 75%的 DRTS 路線被歸類為 IRS，而這些路線需要擴大規模才能提高績效，由於大多數 DRTS 路線多為 IRS 運營，DRTS 的目標是提供低密度及小規模服務，因此其分析背景多為偏遠地區，但對於其他路線須詳細探討，可從表中看出桃園市的路線規模格局略有不同，其近一半的路線由 CRS 運營，約三分之一的航線由 DRS 和 IRS 運營，對於 DRTS，使用 DRS 運營的路線相對不同。在桃園，這兩條 DRS 路線（即路線 F903 和 F905）的路線設計與 CRS 路線之一（即 F902）高度重疊（27% - 47%），且該筆 CRS 路線距離比 F903 和 F05 路線長兩倍，DRS 路線的服務設計無法吸引足夠的乘客，因 CRS 路線（即 F902）可提供更好的服務（如，更好的覆蓋範圍和更高的服務頻率）。

表 9 規模報酬結果

縣市別	CRS 路線數量	DRS 路線數量	IRS 路線數量
桃園市	3 (43%)	2 (29%)	2 (29%)
新竹縣	1 (9%)	1 (9%)	9 (82%)
苗栗縣	3 (17%)	2 (11%)	13 (72%)
宜蘭縣	1 (33%)	1 (33%)	1 (33%)
南投縣	1 (9%)	2 (18%)	8 (73%)
嘉義縣	0 (0%)	0 (0%)	13 (100%)
雲林縣	0 (0%)	0 (0%)	1 (100%)
屏東縣	6 (21%)	0 (0%)	23 (79%)
花蓮縣	2 (40%)	0 (0%)	3 (60%)
台東縣	5 (28%)	0 (0%)	13 (72%)
台北市	0 (0%)	0 (0%)	2 (100%)
金門縣	0 (0%)	0 (0%)	1 (100%)
總共	22 (18%)	8 (7%)	89 (75%)

註：括號中比例代表不同規模下路線數量在該縣市中總路線數量之佔比

表 10 呈現總差額分析，可以為每條路線提供具體的改進策略，然而總共有 119 條路線，表 10 僅報告各縣每個變數的平均差額值，本研究將差額值變數原單位，可清楚了解投入產出間的調整數值。以桃園縣為例。桃園的 DRTS 路線，為了路線更有效率的服務當地居民，這些路線平均每月需要增加乘客 101 人次，載客率每月增加 0.092，每月減少公車班次 2 班，座位數則需減少

36.9 個，運營里程每月目標減少 0.53 公里，而車輛數每月減少 0.251 輛。

從產出來看，可觀察到客運量增幅最大的為雲林縣、嘉義縣及宜蘭縣，其中，雲林縣及嘉義縣的所有 DRTS 路線均由 IRS 營運，模型結果表明，規模報酬遞增的主要問題是客流量下降；而車輛公里，只有屏東縣路線需做微調以增加延車公里長度，其他縣不需要對該投入變數做任何調整；至於乘載率，大多數的縣市需要對其進行調整以提高效率，其中最值得關注的是雲林縣、嘉義縣、宜蘭縣，這些地區需要增加比較多的載客率，由於乘載率與搭乘人數有關。

在公車行駛次數方面，台北市為改善幅度最多的縣市，該縣市的 DRTS 路線可由其他公車服務提供服務，唯一不同的是，這兩項 DRTS 路線的出發地點都在偏遠地區，將路線設計更短並轉乘至其他頻率更高的台北市內公車，且幾乎所有縣市皆需要調整服務頻率（即班次數），雖然需求低可能為主要原因，但路線設計的問題亦是另一種可能原因，一些 DRTS 路線被設計成有主線和支線，通常，兩條線路之間的區別在於運營距離，而次要線路往往運營距離較短，並且運營在更受歡迎的地區，這將表明主線和支線具有非常高的重疊路線，以嘉義縣為例，共有三對正、支線，約佔嘉義縣 DRTS 路線總數的 50%，也許除了減少服務頻率外，還應將這些路線整合起來以提高效率；至於座位數，各縣市都需要調整這個投入，因為大部分路線的座位數量遠高於乘客數量；再者，營運里程也需要調整才能有效率，其中新竹縣需要調整的最大量為 10.08 公里，對於新竹縣這種低效率的路線可能是由於主要和次要路線的路線設計造成的，擁有三對同樣路線設計佔新竹縣 DRTS 線路的 55%，如上所述，可進行路線整合，針對該投入變數之資源配置方面，可使用小型車接送，且該路線運營公里為實際行駛里程難以提升；最後為車輛數，該變數與其他投入項相比明顯需要多做改變，在停車站牌數少的情形下，搭乘 DRT 的民眾願意程度隨之減少，更重要的一點為車輛在沒有被派遣或營運造成空車的增加易導致績效不佳，如雲林縣，該縣雖為全台最高車輛數比例的縣市，但並沒有善加利用，對於資源分配並未完善解決。

綜上所述，傳統的 DEA 模型雖然可以觀察到大部分路線需要調整，但無法了解優先考慮的縣市。因此，CD-DEA 的應用可以很好地探討這個問題。

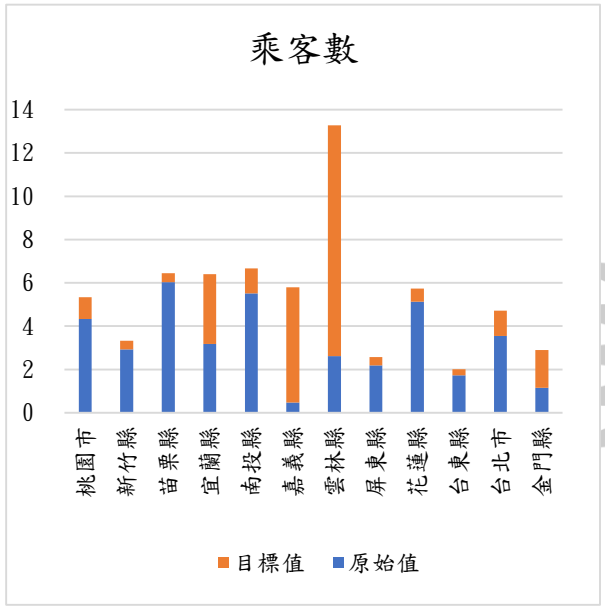
表 10 產出投入項資源分配表

變數 / 縣市別	產出			投入			
	乘客數 (人次)	延車公里 (車輛公里數)	乘載率 (%)	班次數 (輛)	座位數 (個)	營運里程 (公里)	車輛數 (台)
桃園市	101.0	0.000	0.092	2.02	36.9	0.531	0.251
新竹縣	39.1	0.000	0.159	22.28	154.5	10.085	0.382
苗栗縣	40.9	0.000	0.143	13.52	479.8	4.443	0.215
宜蘭縣	323.1	0.000	0.284	18.82	384.1	2.700	0.490
南投縣	115.7	0.000	0.148	9.96	328.3	2.627	0.125
嘉義縣	532.2	0.000	0.477	28.64	502.5	6.596	0.375
雲林縣	1065.5	0.000	0.983	21.09	1159.3	6.850	2.613
屏東縣	37.4	28.759	0.168	9.48	136.3	5.920	0.129
花蓮縣	60.4	0.000	0.089	12.21	106.9	3.574	0.261
台東縣	27.3	0.000	0.019	5.78	129.5	3.683	0.092
台北市	116.8	0.000	0.130	54.91	236.2	3.835	0.309
金門縣	174.7	0.000	0.134	3.64	25.5	0.920	0.411
平均值	120.9	0.000	0.092	2.02	36.9	0.531	0.251

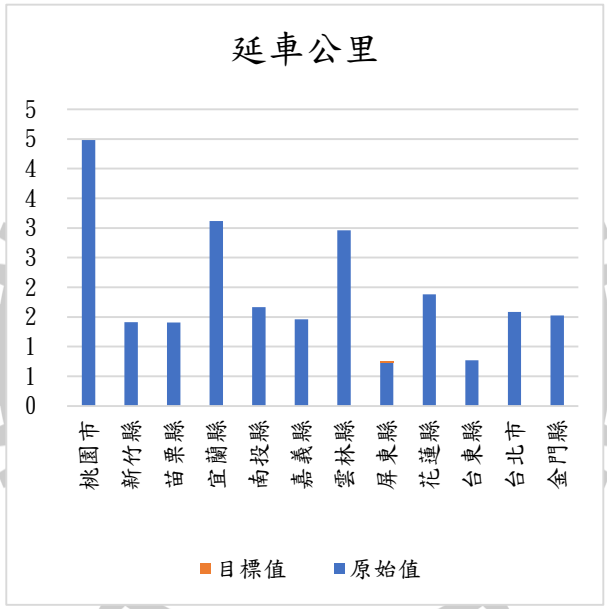
利用上表的資源分配將原始值可以調整至目標值 (橘色長條線) 可以更好的去了解，如圖 18、圖 19，從產出方面來看，橘色部分為產出面增加量，乘客數和乘載率需要增加的幅度大致相同，反而延車公里調整的產出並不多，至於投入方面，藍色部分則為投入項減少量，由於本研究為投入導向，對於交通行業，投入量的控制比產出量的控制好，因此投入資源的分配較產出量高，須將藍色原始值減至橘色目標值。

從產出面的乘客變數中，便可以更好的看出雲林縣需要改善的變數最多，且明顯投入面中座位數目標值為全台最高高的縣市，遠遠超出乘客變數許多，而嘉義縣平均路線之目標數值最低，改善幅度僅次於雲林。但從座位數和車輛數中雲林縣亦為調整比例最多的地區。

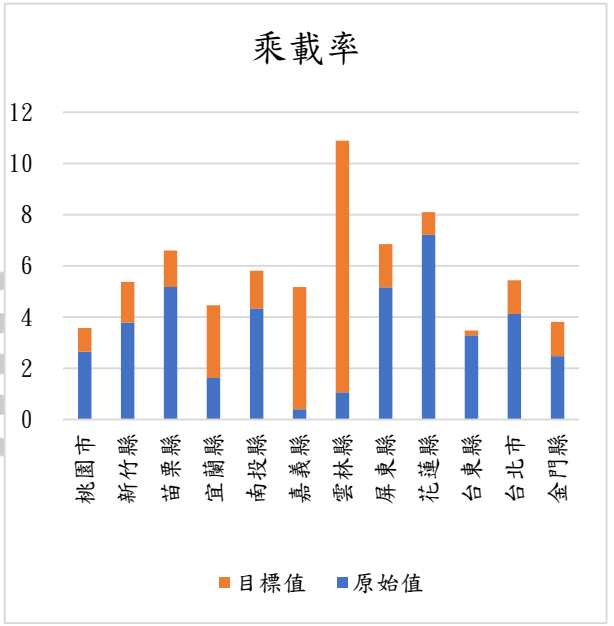
產出



18(a)乘客數資源分配



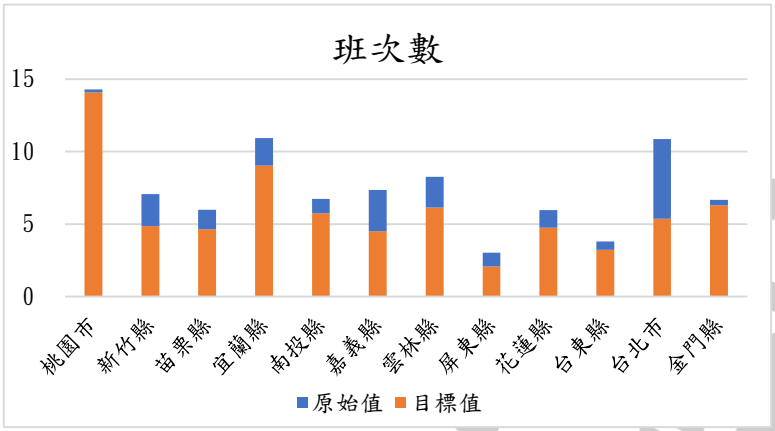
18(b)延車公里資源分配



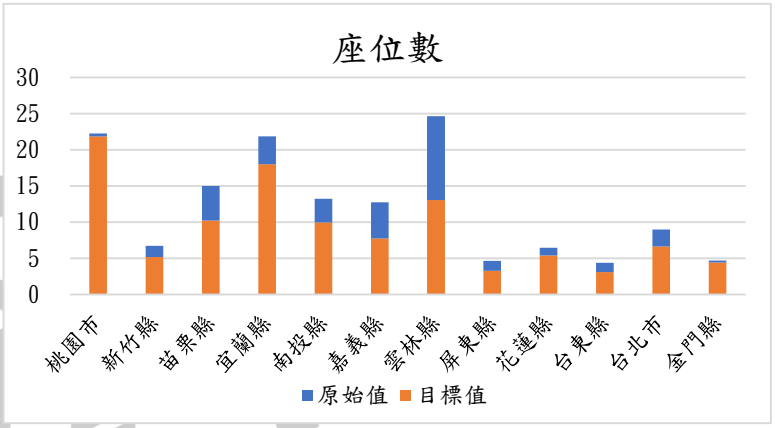
18(c)乘載率資源分配

圖 18 產出項資源分配

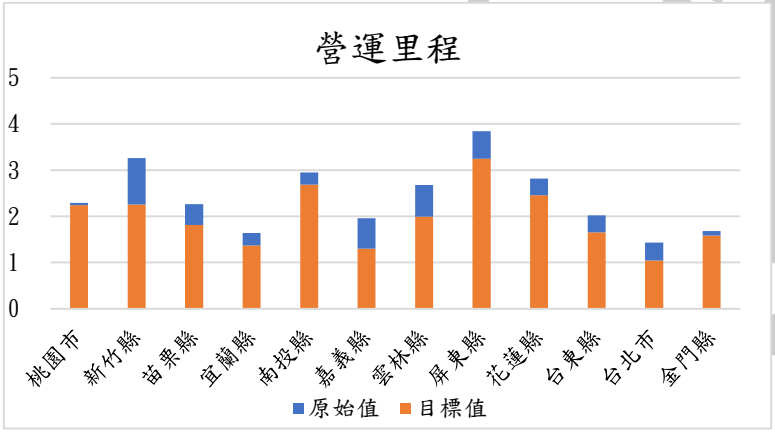
投入



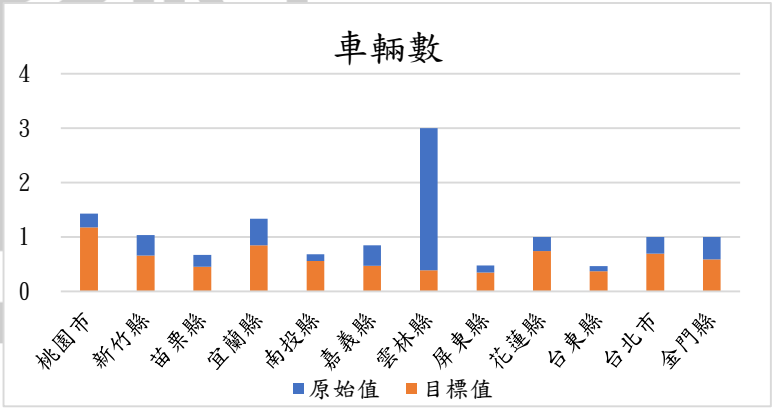
19(a)班次數資源分配



19(b)座位數資源分配



19(c)營運里程資源分配



19(d)車輛數資源分配

圖 19 投入項資源分配

從 BCC 模型中，可以計算出每個縣需要改善的投入和產出總差額數量，如表 11。從產出結果中不難看出，延車公里為需要改進變量比例最低的變數，需要調整的路線僅佔所有路線的 3%。 然而，乘客數和乘載率皆須大大修改。另外，從投入項來看，這四個變量中超過 60%的路徑需要修改，說明超過一半的路徑不滿足最優效率。

可見，在嘉義、雲林和金門所有路線需要調整投入和產出資源，除了延車公里。嘉義縣之所以需要改善，可能是因為路線重複性高，而雲林縣則是因為幸福巴士的路線相較於其他縣市人口數少，大眾 DRTS 這方面的了解不多。至於金門縣屬於離島地區，雖然政府有補貼，但離島居民不多，因此績效相對較低。此外，台北在投入項上也需要多加留意，雖然該縣交通分佈廣泛，其公共交通設施齊備，但由於台北市較多資源集中在市區，在台北市的幸福巴士位於密度較低的地區，因此績效並未獲得重視。然而新竹縣也是需要重點關注的地區。 90%以上的路線在投入資源方面須得到改善，可能是因為該地區多是在山區開車，難免有空車情形，所以它的效率一直不高。

綜上所述，每條線路運行 DRTS 的情況差異較大，需要結合當地群眾的需求，綜合考慮行車路線區域，才能獲取最佳績效。

表 11 投入產出總差額數

變數 / 縣市別	產出			投入			
	乘客數	延車公里	乘載率	班次數	座位數	營運里程	車輛數
桃園市	2 (29%)	0 (0%)	2 (29%)	2 (29%)	2 (29%)	2 (29%)	2 (29%)
新竹縣	5 (45%)	0 (0%)	8 (73%)	10 (91%)	10 (91%)	10 (91%)	10 (91%)
苗栗縣	3 (17%)	0 (0%)	12 (67%)	14 (78%)	14 (78%)	14 (78%)	14 (78%)
宜蘭縣	2 (67%)	0 (0%)	2 (67%)	2 (67%)	2 (67%)	2 (67%)	2 (67%)
南投縣	3 (27%)	0 (0%)	4 (36%)	6 (55%)	6 (55%)	6 (55%)	6 (55%)
嘉義縣	13 (100%)	0 (0%)	13 (100%)	13 (100%)	13 (100%)	13 (100%)	13 (100%)
雲林縣	1 (100%)	0 (0%)	1 (100%)	1 (100%)	1 (100%)	1 (100%)	1 (100%)
屏東縣	7 (24%)	3 (10%)	14 (48%)	15 (52%)	15 (52%)	15 (52%)	15 (52%)
花蓮縣	2 (40%)	0 (0%)	1 (20%)	3 (60%)	3 (60%)	3 (60%)	3 (60%)
台東縣	3 (17%)	0 (0%)	3 (17%)	8 (44%)	7 (39%)	8 (44%)	7 (39%)
台北市	1 (50%)	0 (0%)	1 (50%)	2 (100%)	2 (100%)	2 (100%)	2 (100%)
金門縣	1 (100%)	0 (0%)	1 (100%)	1 (100%)	1 (100%)	1 (100%)	1 (100%)
總共	43 (36%)	3 (3%)	62 (52%)	77 (65%)	76 (64%)	77 (65%)	76 (64%)

註：括號中比例代表變數中需改善路線數量在該縣市中總路線數量之佔比

5.2 脈絡相依資料包絡模式(CD-DEA)

CD-DEA 結果可以分成兩地區，分別為桃竹苗地區及全台分析，由於本研究想探討地理環境相似間的表現是否有所關聯，因此將桃竹苗地區連貫縣市分析，其次，可藉由桃竹苗三縣作為區域性地區探究全國整體性之落點，分析其落點位在臺灣縣市的哪個層級中，了解局部地區和全台之間的差異，故第一部分會先介紹地域縣市，並呈現其層級數以及說明吸引力及調整進步力數值，再者對全台縣市進行研究，並觀察其兩區域的不同之處。

5.2.1. 桃竹苗地區

Yen et al. (2023) 探討臺灣北部三個區域，分別為桃園市、新竹縣以及苗栗縣，如同上述所言，因此本研究將這三個縣市做 CD-DEA，並先從桃竹苗個別探討，在相同營運背景其吸引力及調整進步力做初步了解，後續分析將會以全國作為分析對象。

表 12 為桃園市、新竹縣、苗栗縣三縣市的分析結果，共分成三個層級，第一層為效率較好層級，第三層則是最差的，可以看到桃園市的績效表現相較於其他兩縣市好，雖然苗栗縣為第一層最多路線的縣市，但由於第一層中桃園市占全桃園路縣比例最高，為 86%，其次為苗栗縣(67%)，第一層以第二層作為評估背景，第二層級中的決策單位需效仿第一層級的路線，然而新竹縣為金融發展水平排名第二的，績效表現卻非其次，新竹縣較多決策單位處於第二層，最差的路線則是位於第三層中新竹縣的 DMU。

表 12 桃竹苗 CD-DEA 層級數

層級 / 縣市別	第一層	第二層	第三層	路線總數
桃園市	6 (86%)	1 (14%)	0 (0%)	7 (100%)
新竹縣	2 (18%)	8 (73%)	1 (9%)	11 (100%)
苗栗縣	12 (67%)	6 (33%)	0 (0%)	18 (100%)
總和	20 (56%)	15 (42%)	1 (3%)	36 (100%)

註：括號中比例代表各層中有效率路線數量在各縣市總路線數量之佔比

由於不同的評估環境背景下衡量決策單位的層級之吸引力及調整進步力也會不同，因此在每一層中的數值不盡相同，故排名順序不一致。

表 13 中，黑色字體為吸引力，如以第二層做為背景評估第一層中的桃 2，其吸引力數值為 2.909，在該值排名中為第一層中第四名，且可以看出所有 DMU 越後面的階層做為評估背景其吸引力數值越大，表明其層級間的差距。以第二層作為評估背景衡量第一層，大部分苗栗市資料在吸引力排名靠前，且新竹縣排名較後，從圖 18 中新竹縣在三縣中乘客數量最低，但以第三層作為評估背景衡量第一層，並未如第二層排名一樣，可能是因為第三層評估背景只有一條路線衡量，但苗栗市決策單位仍排名前面，再來以第三層作為評估背景衡量第二層，多為新竹縣和苗栗縣為最高，表示在第二層中相對績效較好。

而紅色字體為調整進步力，代表該值越大，進步空間小，其相對效率較高，以績效較好的第一層評估第二層，第二層中新竹縣與桃園市相對效率較佳，需要改變的幅度不大，反之苗栗縣多數路線須加以努力才能趕上第一層。

由於不同的評估環境背景下衡量決策單位的層級之吸引力及調整進步力也會不同，因此在每一層中的數值不盡相同，故排名順序不一致。

表 13 桃竹苗 CD-DEA 吸引力及調整進步力數值

評估背景 / 決策單位層級	縣市	路線	第一層	第二層	第三層
第一層	桃園市	桃 2		2.909 (4)	35.918 (18)
		桃 3		1.334 (19)	42.509 (16)
		桃 4		1.320 (20)	47.810 (14)
		桃 5		2.257 (6)	138.585 (5)
		桃 6		1.480 (15)	19.062 (19)
		桃 7		1.570 (13)	43.934 (15)
	新竹縣	竹 2		1.382 (17)	190.130 (2)
		竹 9		1.454 (16)	14.836 (20)
	苗栗縣	苗 1		2.480 (5)	96.161 (7)
		苗 2		7.214 (1)	55.787 (12)
		苗 3		2.049 (7)	139.974 (4)
		苗 4		1.637 (11)	98.611 (6)
		苗 5		4.872 (2)	302.106 (1)
		苗 7		1.869 (8)	86.305 (8)
		苗 8		1.838 (10)	79.374 (9)
		苗 9		1.348 (18)	61.685 (11)
		苗 10		1.634 (12)	53.481 (13)
		苗 11		1.852 (9)	180.545 (3)
		苗 14		3.009 (3)	39.571 (17)
		苗 16		1.503 (14)	77.517 (10)
第二層	桃園市	桃 1	0.873 (3)		23.057 (9)
	新竹縣	竹 1	0.956 (1)		139.609 (1)
		竹 3	0.929 (2)		87.951 (3)
		竹 4	0.642 (12)		11.219 (14)
		竹 5	0.686 (9)		16.461 (12)
		竹 6	0.696 (8)		31.356 (7)
		竹 7	0.711 (7)		20.800 (10)
		竹 8	0.789 (4)		11.643 (13)
		竹 11	0.620 (13)		1.023 (15)
	苗栗縣	苗 6	0.729 (6)		103.964 (2)
		苗 12	0.679 (11)		48.635 (4)
		苗 13	0.771 (5)		16.918 (11)
		苗 15	0.608 (14)		26.607 (8)
		苗 17	0.681 (10)		44.158 (5)
		苗 18	0.555 (15)		32.338 (6)
第三層	新竹縣	竹 10	0.853	0.606	

註：黑色及紅色數值分別為吸引力及調整進步力分數

括號內的數值為該層分數的排名

透過 DEA 之 BCC 與 CCR 模式皆可以發現苗栗縣在三縣中皆有不錯的表現，相對績效佳，但新竹縣需要透過減少資源或增加產出才能達到有效率的指標；此外 CD-DEA 在分層的結果以多數桃園市以及苗栗縣資料在第一層有所分佈而新竹縣卻只有兩筆資料，其他路線多為在第二層，因此在本研究著重在第二層的改變，將吸引力及調整進步力透過象限的分析，如圖 20，藍點為每一條 DMU 在第二層的效率值，橘點為吸引力及調整進步力平均值，綠點則為吸引力及調整進步力中位數，由於平均值會受離群值影響，因此後續會以中位數分區。下列為參考葉晉嘉與何柏正（2014）對於各象限受測單位的意見。

1、 第一象限 :吸引力及調整進步力高，表示該象限的資料績效相對較好，可繼續保持原來的經營管理方式，如竹 1、竹 3 和苗 6，其效率值較靠近第一層。

2、 第二象限 :吸引力低，但調整進步力高，顯現出雖然吸引力低值導致決策單位具有潛在的對手出現，但調整進步力值高使這些資料可以輕易趕上較佳效率的單位，如桃 1、竹 8 和苗 13。

3、 第三象限 :吸引力與調整進步力低，部分的 DMU 多集中在第三象限，代表若保持原來管理方式會使競爭者接近且需要對資源配置大規模改善才會有機會往效率佳的單位前進

4、 第四象限 :吸引力高，調整進步力卻低，顯示並未有競爭者的出現，但需要進步的空間大，積極改善資源的分配才會提升績效，在竹 6、苗 15、苗 18 卻對中位數及平均數值有所影響，有可能是因為第二層吸引力數值有些資料的效率值高。

不論是第三象限或第四象限皆須重新分配其投入產出，且由於第三象限數值最低，需優先進行改善，而第一象限為績效表現較好的區域，因此需繼續保持原本的營運模式。

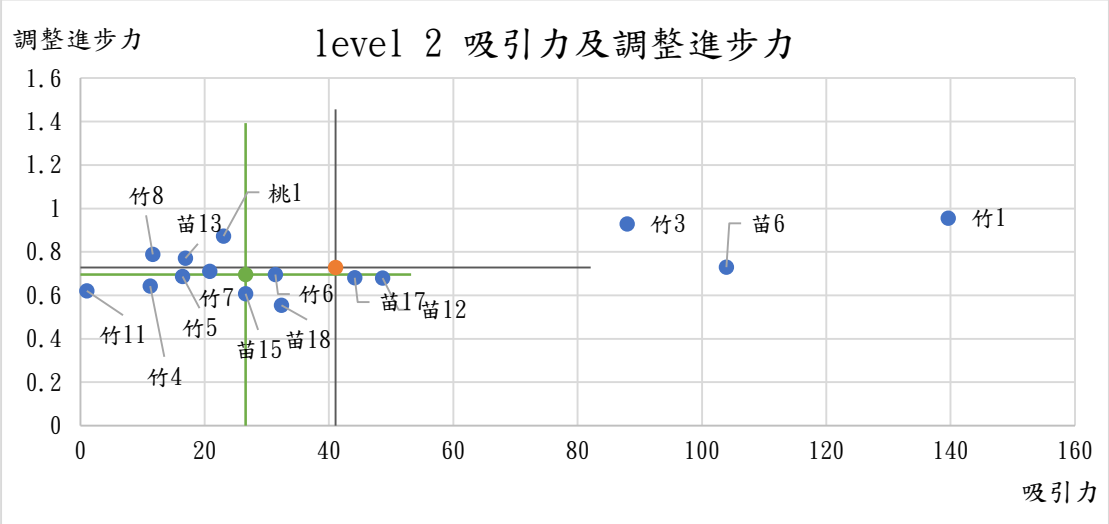


圖 20 桃竹苗第二層吸引力及調整進步力圖

從上圖發現不同象限皆有不同需要改善的地方，吸引力低或調整進步力低，皆會使效率變低，由於吸引力低會使競爭對手逼近，導致該路線效率會被其他資料超越，則調整進步力低，需經營者改善資源分配且尚有很大的進步空間，對此加以控管必定會提升各條路線的效率。

5.2.2. 全台

在上章節已經將對於桃竹苗三縣市進行 CD-DEA，且 Yen et al. (2023)也曾說明桃園市相較於其他兩縣優，本研究便想了解在全台縣市中的定位，從下表來看第一層結果為在 VRS 假設下的結果，括號中百分比表示為在該層級中各縣市 DRTS 的比例，大約有三分之一條路線位於第一層，而第二層及第三層將近三成的比例，第四層及第五層則不到十成比例。

桃園市分布為第一層和第二層，多集中在績效表現最佳的第一層，而新竹縣在各層級中均有分布，除第五層，大多落在第二層及第三層，至於苗栗縣為第二層最多條路線的縣市且一半的 DRTS 落在該層級，其餘則分布在第一層和第三層，透過 CD-DEA 分析桃竹苗地區可得知桃園為三縣中表現較佳，其次為苗栗縣，最後則是新竹縣，與全國分析結果相同，由於苗栗縣前兩層比例高於新竹縣。

第一層也就是剛剛傳統 DEA 模型中的 BCC 模式結果，可以明顯看到不同縣市路線在各層分布情形，第一層中，大多數 DRTS 位於經濟發展水平較落後的地區，多為東南部區域，分別為桃園市、南投縣、屏東縣、花蓮縣、台東縣，其中桃園市為第一層佔比最高的縣市，其平均績效值為所有縣市中最高的，且金融發展較好的縣市；其次為第二層，金門縣、苗栗縣、新竹縣、花蓮縣、宜蘭縣以及嘉義縣比例最高，而金門縣雖為離島地區且人口密度最低的縣市，但其績效在第二層別；雲林縣、台北市、新竹縣、宜蘭縣、苗栗縣和屏東縣路線多位於第三層級，然而經濟水平最佳的台北市卻為第三層級，因此可以斷言金融水準與 DRTS 績效表現無關；第四層和第五層則皆以嘉義縣為主，因此本研究認為績效表現最差的路線位於嘉義縣，須著重改善。

由分析結果可以發現桃竹苗地區與全台間有部分不同，地域環境可能會影響分層變化，桃竹苗地區因路線數量不多分三層，而由於全國的路線數量為桃竹苗縣市中 DRTS 的三倍多，因此可分成五層，但與桃竹苗分析結果相同，桃園仍然優於其他兩縣。

表 14 全台 CD-DEA 層級數

層級 / 縣市別	第一層	第二層	第三層	第四層	第五層	總路線數	平均績效值
桃園市	5 (71%)	2 (29%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	7	0.982
新竹縣	1 (9%)	5 (45%)	4 (36%)	1 (9%)	0 (0%)	11	0.745
苗栗縣	4 (22%)	9 (50%)	5 (28%)	0 (0%)	0 (0%)	18	0.820
宜蘭縣	1 (33%)	1 (33%)	1 (33%)	0 (0%)	0 (0%)	3	0.872
南投縣	5 (45%)	2 (18%)	2 (18%)	2 (18%)	0 (0%)	11	0.851
嘉義縣	0 (0%)	4 (31%)	3 (23%)	5 (38%)	1 (8%)	13	0.638
雲林縣	0 (0%)	0 (0%)	1 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	1	0.744
屏東縣	14 (48%)	5 (17%)	9 (31%)	1 (3%)	0 (0%)	29	0.830
花蓮縣	2 (40%)	2 (40%)	1 (20%)	0 (0%)	0 (0%)	5	0.826
台東縣	10 (56%)	3 (17%)	4 (22%)	1 (6%)	0 (0%)	18	0.847
台北市	0 (0%)	0 (0%)	2 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	2	0.727
金門縣	0 (0%)	1 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1	0.945
加總	42 (35%)	34 (29%)	32 (27%)	10 (8%)	1 (1%)	119	0.812

註：括號中比例代表各層中有效率路線數量在各縣市總路線數量之佔比

藉由 CD-DEA 分析，本研究透過上述分析方法計算出各縣市平均吸引力及調整進步力，如表 15。

從表中，以第二層做為評估背景衡量第一層，苗栗縣的決策單位相較其他縣市績效表現優，其次為屏東縣，依序為花蓮縣、桃園市、南投縣以及台東縣，最後則為新竹縣，但可以明顯顯示出評估背景為第三層和第四層以及第五層排名皆與第二層排名不同，有可能是因為其他層與第一層差距太遠，且上下層關係比其他層別更容易效仿，因此本研究針對該層與上下層關係來探討吸引力及調整進步力數值的排名。

觀察第二層縣市平均吸引力值，應將第三層作為欲探討背景，在 CD-DEA 結果下，同樣為苗栗縣績效表現極佳，且其吸引力效率值高出其他縣市許多，表示苗栗縣路線與其他無效率的路線差距甚遠，亦即較無競爭對手靠近，而其他縣市 DMU 吸引力數值接近，其中在第二層及第三層反而是屏東縣最佳，且效率數值高，此外第二層調整進步力為宜蘭縣數值最高，不過各縣市的調整進步力相近，但嘉義縣在吸引力及調整進步力皆為最差的縣市。

至於第三層其吸引力數值同樣是以屏東縣為最好的縣市，數值高於其他縣市，隨後則為南投縣、苗栗縣、台北市、宜蘭縣、新竹縣、台東縣、雲林縣、嘉義縣，最後為花蓮縣，而台北市在調整進步力最高，表示其進步空間，需要改善的幅度在該層中最小，反之花蓮縣不管是吸引力或調整進步力低，因此離

效率前緣最遠，需要更努力改善經營管理。

而第四層新竹縣吸引力及調整進步力排名第一，表示該層中新竹縣與第三層效率前緣最為接近，但南投縣在各數值中排名最後，若需要更近一層，須將南投縣路線納入重點考量中。

表 15 全台 CD-DEA 吸引力及調整進步力數值

評估背景 / 決策單位層級	縣市	第一層	第二層	第三層	第四層	第五層
第一層	桃園市		1.745 (4)	2.139 (7)	4.275 (7)	18.134 (7)
	新竹縣		1.379 (8)	3.075 (3)	8.596 (3)	39.512 (6)
	苗栗縣		2.172 (1)	11.377 (1)	22.812 (2)	371.789 (2)
	宜蘭縣		1.394 (7)	1.789 (8)	3.497 (8)	7.251 (8)
	南投縣		1.735 (5)	2.348 (6)	5.184 (4)	50.998 (5)
	屏東縣		2.073 (2)	3.430 (2)	32.348 (1)	854.299 (1)
	花蓮縣		1.933 (3)	2.597 (4)	4.474 (6)	90.061 (4)
	台東縣		1.681 (6)	2.400 (5)	4.753 (5)	104.796 (3)
第二層	桃園市	0.894 (2)		1.464 (7)	2.169 (8)	18.421 (8)
	新竹縣	0.765 (5)		1.597 (3)	3.678 (5)	36.944 (6)
	苗栗縣	0.679 (7)		3.433 (1)	9.405 (2)	132.815 (3)
	宜蘭縣	0.901 (1)		1.424 (9)	2.354 (6)	6.018 (10)
	南投縣	0.473 (9)		1.565 (4)	3.770 (4)	66.921 (4)
	嘉義縣	0.470 (10)		1.235 (10)	1.649 (10)	10.029 (9)
	屏東縣	0.687 (6)		1.777 (2)	16.943 (1)	419.739 (1)
	花蓮縣	0.770 (4)		1.443 (8)	2.244 (7)	42.399 (5)
	台東縣	0.548 (8)		1.545 (5)	6.988 (3)	199.799 (2)
	金門縣	0.872 (3)		1.535 (6)	2.159 (9)	26.494 (7)
第三層	新竹縣	0.566 (5)	0.852 (3)		1.865 (6)	36.777 (4)
	苗栗縣	0.497 (6)	0.814 (5)		2.498 (3)	37.430 (2)
	宜蘭縣	0.672 (3)	0.884 (2)		1.945 (5)	2.551 (10)
	南投縣	0.408 (10)	0.705 (9)		2.747 (2)	15.839 (7)
	嘉義縣	0.608 (4)	0.768 (7)		1.294 (9)	4.138 (9)
	雲林縣	0.729 (1)	0.849 (4)		1.614 (8)	4.833 (8)
	屏東縣	0.451 (7)	0.796 (6)		4.454 (1)	79.207 (1)
	花蓮縣	0.441 (8)	0.651 (10)		1.205 (10)	38.241 (3)
	台東縣	0.436 (9)	0.721 (8)		1.737 (7)	23.152 (6)
	台北市	0.702 (2)	0.961 (1)		2.297 (4)	24.713 (5)
第四層	新竹縣	0.540 (1)	0.739 (1)	0.903 (1)		5.050 (1)
	南投縣	0.345 (5)	0.459 (5)	0.595 (5)		1.500 (5)
	嘉義縣	0.428 (2)	0.545 (4)	0.671 (4)		1.646 (4)
	屏東縣	0.368 (3)	0.596 (2)	0.813 (2)		2.839 (2)
	台東縣	0.364 (4)	0.593 (3)	0.756 (3)		2.525 (3)
第五層	嘉義縣	0.294	0.390	0.463	0.865	

註：黑色及紅色數值分別為吸引力及調整進步力分數

括號內的數值為該層分數的排名

從上表中可以看出屏東縣以及苗栗縣在各層吸引力績效表現皆為不錯，其相對績效優，然而嘉義縣則為最低，因此便可以計算出第二層和第三層以及第四層之平均和中位數吸引力、校正進步力並劃分四個象限，明確表明各縣市其位置的優劣，並探討其未來方向，如圖 21 至圖 23 為第二層至第四層吸引力及校正進步力象限圖，可以看到橘點及綠點分別為該層平均值及中位數，由於平均值會受極端值影響導致無法呈現個體之差異，因此本研究藉由中位數進行分析各縣市，在下圖中縣市旁邊的數值代表在不同層級中該縣市的路線數量。

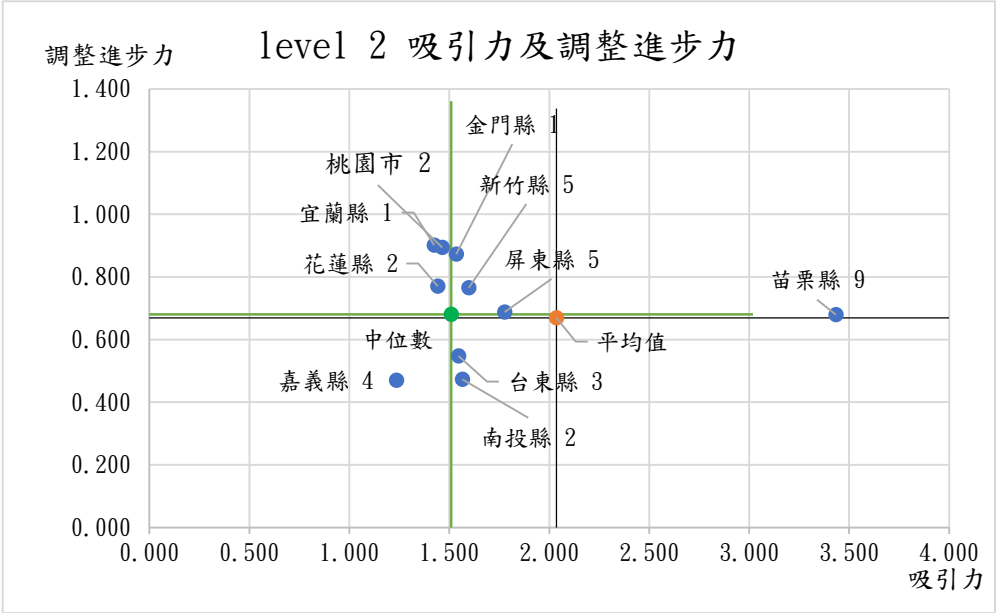


圖 21 全台第二層吸引力與調整進步力值

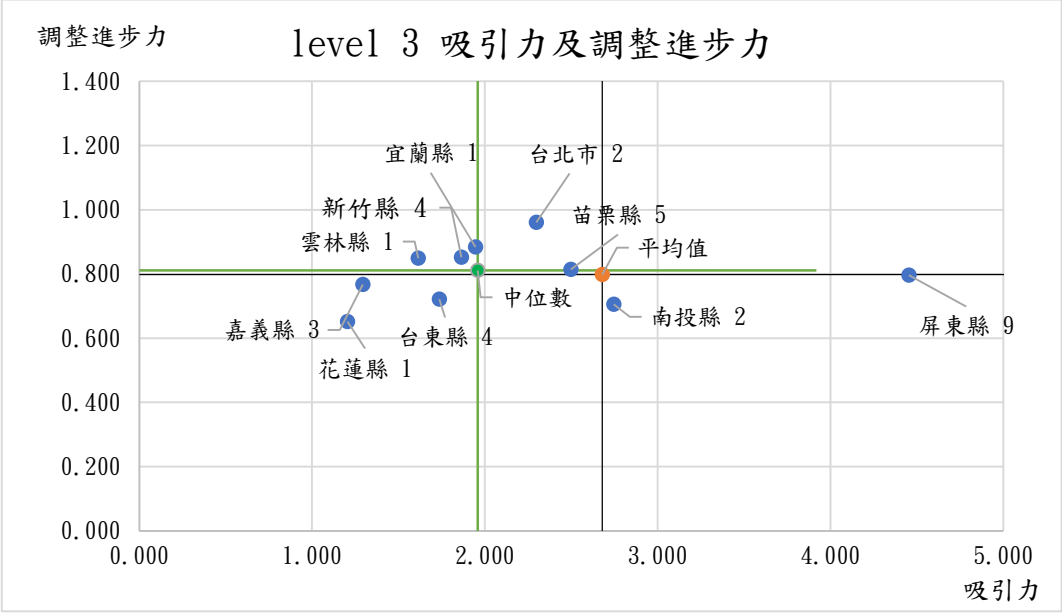


圖 22 全台第三層吸引力與調整進步力值

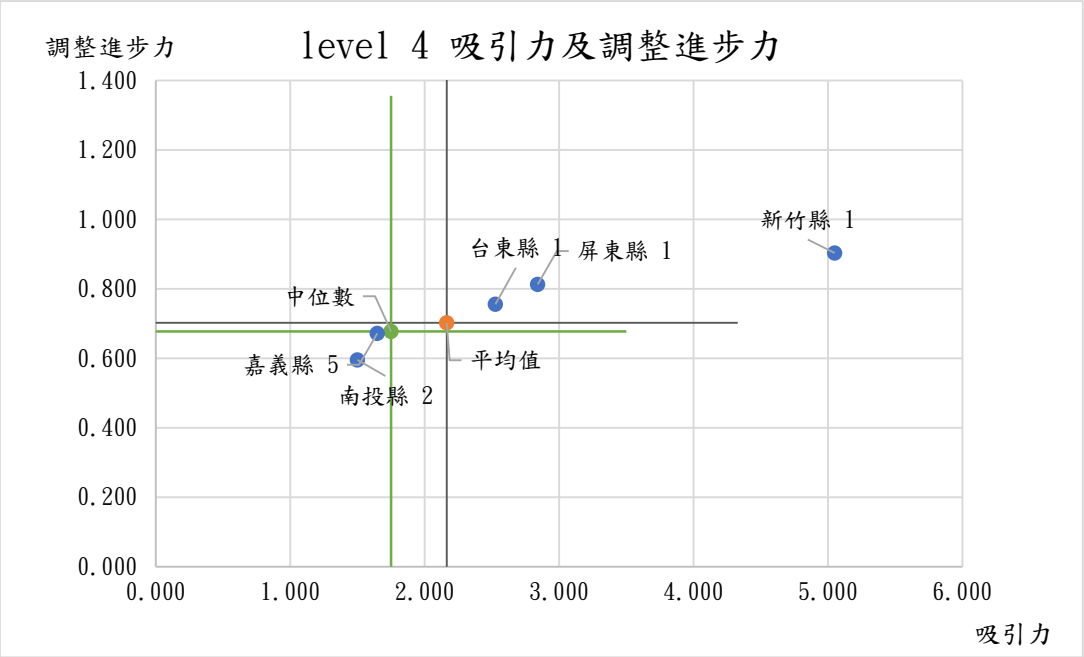


圖 23 全台第四層吸引力與調整進步力值

藉由上述象限圖可以整理出表 16，第一象限為吸引力與調整進步力高，表示該決策單位績效好，可以保持原來的管理方針，第二象限則是吸引力低，但調整進步力高，顯現出容易有競爭對手出現，但可較容易趕上較佳效率單位，而吸引力與調整進步力低的第三象限，代表競爭者接近且需要花費時間對資源配置做大規模改善，至於第四象限為吸引力高，調整進步力卻低，顯示雖然並未有競爭者的出現，但需要進步的空間大，需積極改善資源的分配。

在第二層中將近一半的縣市在第一象限，分別為金門縣、新竹縣、屏東縣、苗栗縣，代表 50%左右的縣市相對績效好，反之最差的路線位於嘉義縣，其他縣市接平均分布在第二象限及第四象限，代表這兩層皆有優缺點需要克服。至於第三層最佳績效的縣市為第一象限的台北市及苗栗縣，而嘉義縣及位於東部地區的台東縣和花蓮縣為第三象限，且該象限之路線多為經濟水平較差的地區，其吸引力及調整進步力值皆低於中位數，需對資源投入做改善。此外在第四層大部分 DMU 皆在第一象限和第三象限中，從該層中新竹縣、屏東縣以及台東縣為績效水準高，而嘉義縣和南投縣相對效率較差。從下圖中便可以得知嘉義縣雖有 13 條路線，但卻沒有路線在第一層，且大部分路線分布在後續層級中第三象限，再加上該縣的路線重疊度過高，因此本研究認為可以針對嘉義縣改善路線設計，重新分配資源。

表 16 全台吸引力與調整進步力整理表

象限	第二層	第三層	第四層
I	金門縣 1、新竹縣 5、屏東縣 5、苗栗縣 9	台北市 2、苗栗縣 5	新竹縣 1、屏東縣 1、台東縣 1
II	桃園市 2、宜蘭縣 1、花蓮縣 2	宜蘭縣 1、新竹縣 4、雲林縣 1	
III	嘉義縣 4	台東縣 4、嘉義縣 3、花蓮縣 1	嘉義縣 5、南投縣 2
IV	台東縣 3、南投縣 2	南投縣 2、屏東縣 9	

5.3 外部因素環境影響

本研究藉由 GRETL 及 OLS 軟體探討不同環境變數下全國所有路線對於 BCC 模型效率值之影響，由於大部分學者會使用最小平方法(Ordinary least squares, OLS)或 Tobit 迴歸模型觀察外部因素結果，因此本研究最後將上述兩種方法進行分析。

5.3.1外部環境變數統計

本研究將認為會影響幸福巴士的環境變數等變數整理成下表，共有 26 個變數，其中僅有四種為連續變數，其餘皆為類別變數，與 Yen et al. (2023)的環境變數僅有服務性質以及運具規模相同，其他變數皆不同，該學者對於營運方式分為固定班次固定路線以及彈性路線，但本研究認為可以更加嚴謹的區分路線經營，因此分為六種不同班次及路線，此外營運單位為公共經營，會對於本研究有更好的解釋，所以將該環境變數設為公共經營，且由於幸福巴士為政府補助，免費對於該路線之環境因素有所影響，將其進行細分為免費、老人免費、鄉鎮免費、無障礙免費、兒童免費、其他免費、以及提供給民使用的純免費，而路線地區是否為六都(臺北市、新北市、桃園市、臺中市、臺南市、高雄市)也許會對大眾運輸工具補助更多，由於經濟條件較佳有可能會對幸福巴士績效造成影響，下表中連續變數中分數為天下雜誌／第 757 期 由各縣市經濟力、環境力、施政力、文教力與社福力五大面向而得，幸福巴士之公車數及站點數多寡對居民之搭載率有所關聯，再加上層級為 CD-DEA 之層級數，因此也將該變數納入其中。

此外，對於服務性質、營運方式及收費方式皆不具有排他性，可以重複選項，如桃園 F901 路線，其服務形式可針對基本民行及文健站性質的民眾進行設計，且 DRTS 路線營運型態為固定班次固定路線及預約班次隨招隨停，因此該類型的變數並無比較基準。

表 17 外部環境變數說明

變數名稱	資料型態	定義
服務性質		
基本民行性質	類別	服務性質為基本民行需求，是為 1，其他為 0，可多選
就醫性質	類別	服務性質為就醫需求，是為 1，其他為 0，可多選
就學性質	類別	服務性質為就學需求，是為 1，其他為 0，可多選
觀光性質	類別	服務性質為觀光需求，是為 1，其他為 0，可多選
文健站性質	類別	服務性質為文健站需求，是為 1，其他為 0，可多選
混合目的	類別	該路線提供多重目的給居民使用，是為 1，其他為 0，可多選
營運方式		
固定班次固定路線	類別	該路線為固定發車且定點上下車的服務型態，是為 1，其他為 0，可多選
固定班次隨招隨停	類別	該路線為固定發車且任一地點皆可上下車的服務型態，是為 1，其他為 0，可多選
固定班次	類別	該路線為固定發車的服務型態，是為 1，其他為 0，可多選
預約班次固定路線	類別	該路線為預約發車且定點上下車的服務型態，是為 1，其他為 0，可多選
預約班次隨招隨停	類別	該路線為預約發車且任一地點皆可上下車的服務型態，是為 1，其他為 0，可多選
預約班次	類別	該路線為預約發車的服務型態，是為 1，其他為 0，可多選
營運單位		
公共	類別	該路線為公共營運單位，是為 1，其他私人營運為 0
運具		
中巴	類別	該路線由中型巴士以上運具營運，是為 1，其他中巴以下的小型巴士為 0
收費方式		
免費	類別	政府提供免費給不同類型的居民，是為 1，其他為 0，可多選
老人免費	類別	政府提供免費給老年人，是為 1，其他為 0，可多選
鄉鎮免費	類別	政府提供免費給當地居民，是為 1，其他為 0，可多選
無障礙免費	類別	政府提供免費給無障礙居民，是為 1，其他為 0，可多選
兒童免費	類別	政府提供免費給兒童，是為 1，其他為 0，可多選
其他免費	類別	政府提供免費給低收入戶居民，是為 1，其他為 0，可多選
純免費	類別	政府提供免費給大眾使用，是為 1，其他為 0，可多選
路線地區		
都市	類別	該路線位於六都(臺北市、新北市、桃園市、臺中市、臺南市、高雄市)中，是為 1，其他為 0
整體競爭力		
競爭力分數	連續	將各縣市五大面向平均分數而得，其資料來源為天下雜誌／第 757 期
路線服務特性		
公車數	連續	該地區提供幸福巴士的數量
站點數	連續	該幸福巴士之路線站點數量
CD-DEA 層級		
層級	類別	該路線在 CD-DEA 之層級

從下表描述性統計便可得知服務性質中大部分路線具有民眾搭乘 DRTS 路線多為以基本民行之服務需求，將近九成路線，因此可以判斷對於 DRTS 路線多數民眾會選擇將此運具做為一般需求前往欲抵達地點，而文健站性質平均值低，代表該虛擬變數對於當地居民僅有少數比例會提供文健站服務，則營運路線而言可以明顯看出固定班次比例高於預約班次，固定路線高出隨招隨停，有可能是因民眾對於預約班次較不熟悉，且不同縣市的預約班次皆有不一樣的限制，而臺灣隨招隨停的公車少，對於臺灣多數民眾習慣在固定的定點上下車，另外有七成左右的幸福巴士為公共營運的路線，表示政府對於 DRTS 有所經

營，少數路線會經由委派或私人經營，而也有超過七成的路線擁有中型巴士運具，至於免費路線，可以看出提供民眾給大眾使用的比例並不高，儘管對於不同類型的民眾的比例也低於半數。

對於連續變數中可見美哥縣市的公車數皆不同，最多條可至 29 條路線，最低條只有一條，每個縣市的路線數量越多對於民眾搭乘幸福巴士多元化選擇，而站點數越多或許會提高運具可及性，這兩種連續變數也許會增加民眾搭乘 DRTS 的意願，因此將其納入。

表 18 外部環境變數描述性統計

變數	最小值	最大值	平均值	標準差	偏度	峰度
基本民行性質	0.000	1.000	0.899	0.302	-2.685	5.299
就醫性質	0.000	1.000	0.420	0.496	0.328	-1.925
就學性質	0.000	1.000	0.496	0.502	0.017	-2.034
觀光性質	0.000	1.000	0.134	0.343	2.171	2.757
文健站性質	0.000	1.000	0.067	0.251	3.501	10.430
混合目的	0.000	1.000	0.748	0.436	-1.156	-0.674
固定班次固定路線	0.000	1.000	0.496	0.502	0.017	-2.034
固定班次隨招隨停	0.000	1.000	0.345	0.477	0.663	-1.588
固定班次	0.000	1.000	0.017	0.129	7.614	56.931
預約班次固定路線	0.000	1.000	0.311	0.465	0.827	-1.338
預約班次隨招隨停	0.000	1.000	0.118	0.324	2.404	3.843
預約班次	0.000	1.000	0.017	0.129	7.614	56.931
公共	0.000	1.000	0.723	0.450	-1.008	-1.002
中巴	0.000	1.000	0.714	0.454	-0.961	-1.095
免費	0.000	1.000	0.429	0.497	0.292	-1.948
老人免費	0.000	1.000	0.227	0.421	1.321	-0.260
鄉鎮免費	0.000	1.000	0.101	0.302	2.685	5.299
無障礙免費	0.000	1.000	0.126	0.333	2.282	3.263
兒童免費	0.000	1.000	0.126	0.333	2.282	3.263
其他免費	0.000	1.000	0.067	0.251	3.501	10.430
純免費	0.000	1.000	0.101	0.302	2.685	5.299
都市	0.000	1.000	0.076	0.266	3.251	8.716
分數	440.400	640.800	527.593	48.499	-0.254	-0.018
公車數	1.000	29.000	17.748	8.569	-0.035	-1.250
站點數	2.000	56.000	11.773	9.040	2.353	7.283
層級	1.000	5.000	2.109	1.015	0.470	-0.714

5.3.2外部因素結果

本研究將顯著性不佳的變數刪除留下具有顯著性的變數進行分析，可以看到 OLS 模型和 Tobit 模型對於變數結果大致相同，係數值和顯著性有些微差距，但並不會影響本研究判斷變數之環境因素影響程度，對於各項變數的 VIF 皆小於 10，表示變數之間不會有共線性的問題，所以變數設計上可更好的去分析。

從服務性質中，基本民行性質及就學性質變數皆為正顯著，本研究猜測多數居民搭往 DRTS 是為求基本民行而前往，而就學性質有可能是因為多數學生未具備駕照，只能透過步行或搭乘大眾運輸工具，因此學生們對於幸福巴士接納度高，且可以看到基本民行比就學性質具有明顯顯著，推測是因為就學性質服務客群為學生，年齡層並不廣泛，因此基本民行性質擁有較高顯著，而就醫性質卻為負顯著，本研究猜想途經醫療場所路線以及醫院數量並不多，不像學校有包括大學、高中，國中，國小，甚至是幼稚園，再加上民眾對醫療場站的需求不大，導致就醫性質呈現負向影響；再者，固定班次隨招隨停為負相關顯著性，有可能為雖然民眾對於固定時刻表可更好的安排旅程，但隨招隨停的方式即便對於郊區或偏遠鄉區居民搭乘便利，且可大大節省步行時間及距離，不過缺少公車站牌使民眾無法參考公車到站時間，另外由於臺灣幸福巴士之公車資訊不普及，當地居民無法更好的掌握該運具的行駛路線，另外司機也許稍不留神便未注意到揮手的乘客，此外，雖然相較於其他運輸工具 DRTS 為一種具有彈性服務的運具，但從表中看到預約班次固定路線為負顯著，原因可能為當地居民對於預約系統不習慣，且預約資訊不足，導致多數民眾對幸福巴士的使用並不普及；而中巴卻顯示負顯著影響，猜測有些路線乘客數低於座位數許多，且部分路線行駛人口密度較低的山區，造成空車比例較高，且 DEA 之變數投入項中的車輛數差額也有明顯改善，導致該變數為負相關；對於收費方式變數中兒童免費變數為負顯著，在交通資源分布不均下，偏遠地區公車班次少的情況，學生免費對於 DRTS 運具吸引作用小，反而會緊逼政府財政問題，其他免費而是針對低收入戶，該變數在表中卻與兒童免費相反，為正相關，有可能是由於貧富差距的問題，對於該地經濟較為困難的民眾具有吸引力，因此會增加低收入戶人口的搭乘，間接影響該路線有較佳的績效成果；最後則為層級，正如上述所言，層級越高代表績效較差，因此該變數對於 BCC 模型顯示為負相關顯著。

表 19 外部因素結果

迴歸模式 / 外部環境變數	OLS			Tobit		
	係數	P-value		係數	P-value	
常數	1.138	0.000	***	1.293	0.000	***
基本民行性質	0.059	0.025	**	0.088	0.011	**
就學性質	0.027	0.097	*	0.041	0.065	*
就醫性質	-0.047	0.005	***	-0.080	0.001	***
固定班次隨招隨停	-0.032	0.085	*	-0.069	0.006	***
預約班次固定路線	-0.040	0.039	**	-0.053	0.052	*
中巴	-0.048	0.012	**	-0.067	0.013	**
兒童免費	-0.093	0.009	***	-0.140	0.002	***
其他免費	0.084	0.057	*	0.102	0.076	*
層級	-0.143	0.000	***	-0.186	0.000	***

註：*** P-value 小於 0.01

** P-value 小於 0.05

* P-value 小於 0.1

第六章 交叉分析

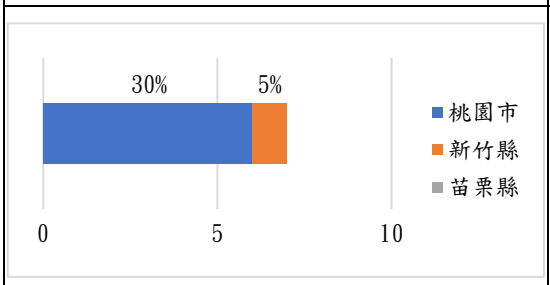
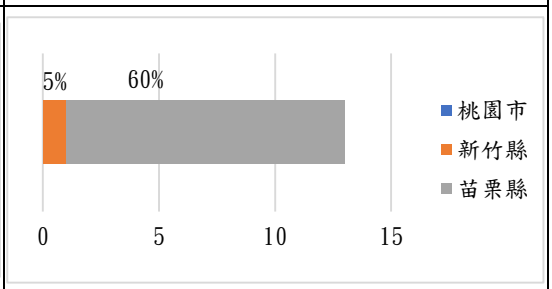
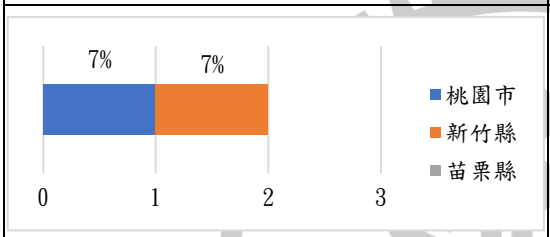
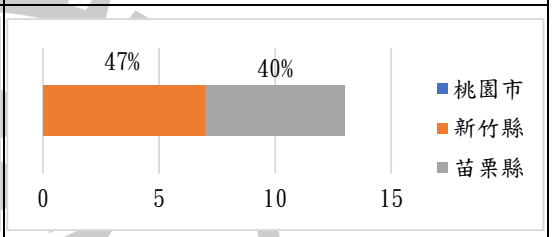
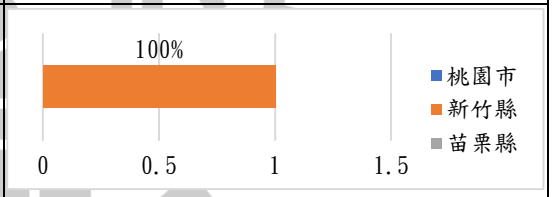
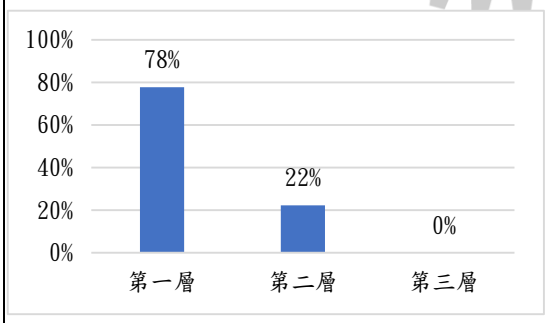
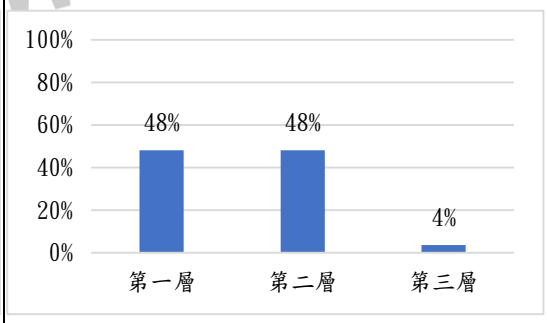
本研究用文獻回顧中群聚分析中國內分群結果(圖 9)以及績效評估的 DEA 效率層級交叉比對，由於透過上述兩種方法分析全臺縣市多不具有表現力，因全國 DRTS 在兩群中分布的縣市數量較多，難以看出不同縣市差別，因此會以桃竹苗地區的各條路線為探討依據，再藉由同樣方法觀察全國縣市的重疊分群。

6.1 桃竹苗地區

由群聚分析中 DBSCAN 方法，可以將桃竹苗地區分成兩群，發現桃園市幸福巴士以及新竹縣尖石觀光環狀線為同一群，其他案例為一群，而 CD-DEA 可以分為三層，第一層為績效較佳的層級，第三層為績效較差的，藉由群聚分析觀察 DEA 層級，如表 20，在桃竹苗區域裡四分之一條幸福巴士在第一群中，有 78%的占比為 CD-DEA 第一層，為績效較佳的層級，其餘為第二層，因此在群聚分析結果可以得知第一群為第一層級的路線比例極高，且多為桃園幸福巴士，而第一群中第二層比例為 22%，新竹與苗栗地區僅有一條路線分布；同樣四分之三桃竹苗路線為第二群，其中第一層比例與第二層比例相同，但在該群中第一層明顯看出苗栗路線比例遠遠高於新竹，至於第二層新竹及苗栗比例接近，最後為第三層為新竹縣路線。

反之藉由 DEA 層級探討群聚分析結果，績效較好的第一層在分層結果比例仍為最多，代表超過一半路線為績效表現佳的路線，可繼續保持其營運方針，多位於第二群苗栗路線，共 12 條路線，可以看到第一層中高達六成的比例為第二群的苗栗路線，其次為第一群桃園路線；再者第二層路線，將近半數的路線為第二群的新竹資料，再者為苗栗路線。

表 20 桃竹苗地區群聚分析與 DEA 交叉比對表

分群數 / 分層數	第一群	第二群	
第一層	19% 	36% 	56%
第二層	6% 	36% 	42%
第三層	0%	3% 	3%
全路線	25% 	75% 	100%

藉由上述觀察便可以得知第一群多為桃園地區，而該縣市的幸福巴士多為第一層，所以有較高的比例為績效水準佳的分群，因此在桃竹苗地區分析中第一群屬於經濟發展較佳的區域，而第二群為分群數量最大的一群，在分群上較為分散，但苗栗路線在該分群中表現優於新竹路線，由於苗栗縣營運區域部分

有連接至醫院及學校等地，可以供民眾在搭乘上有更多選擇，此外新竹較多路線分布在第二層內，在 5.2.1 的分析桃竹苗地區之象限結果上，大部分路線為第三象限中，尤其為新竹路線，有可能是因為新竹路線分布較廣泛，且多為山區路段，表示需政府多加督促或改善其投入產出，方可邁向績效好的層級。

6.2 全台

透過上述同樣方法便可以進行全台縣市的資料分析，從全國幸福巴士分析中可以看出其 DBSCAN 分析結果與桃竹苗地區有高度重疊，大部分桃園市幸福巴士路線、新竹縣尖石觀光環狀線和南投縣埔里至法治路線為第一群，其餘路線為第二群，從圖 24 來看，第一群主要分布在前三層中，與桃竹苗地區結果相同，第一群中第一層位於桃園案例上，由於全國大部分案例皆在第二群，因此第二群在各層中皆有分布。

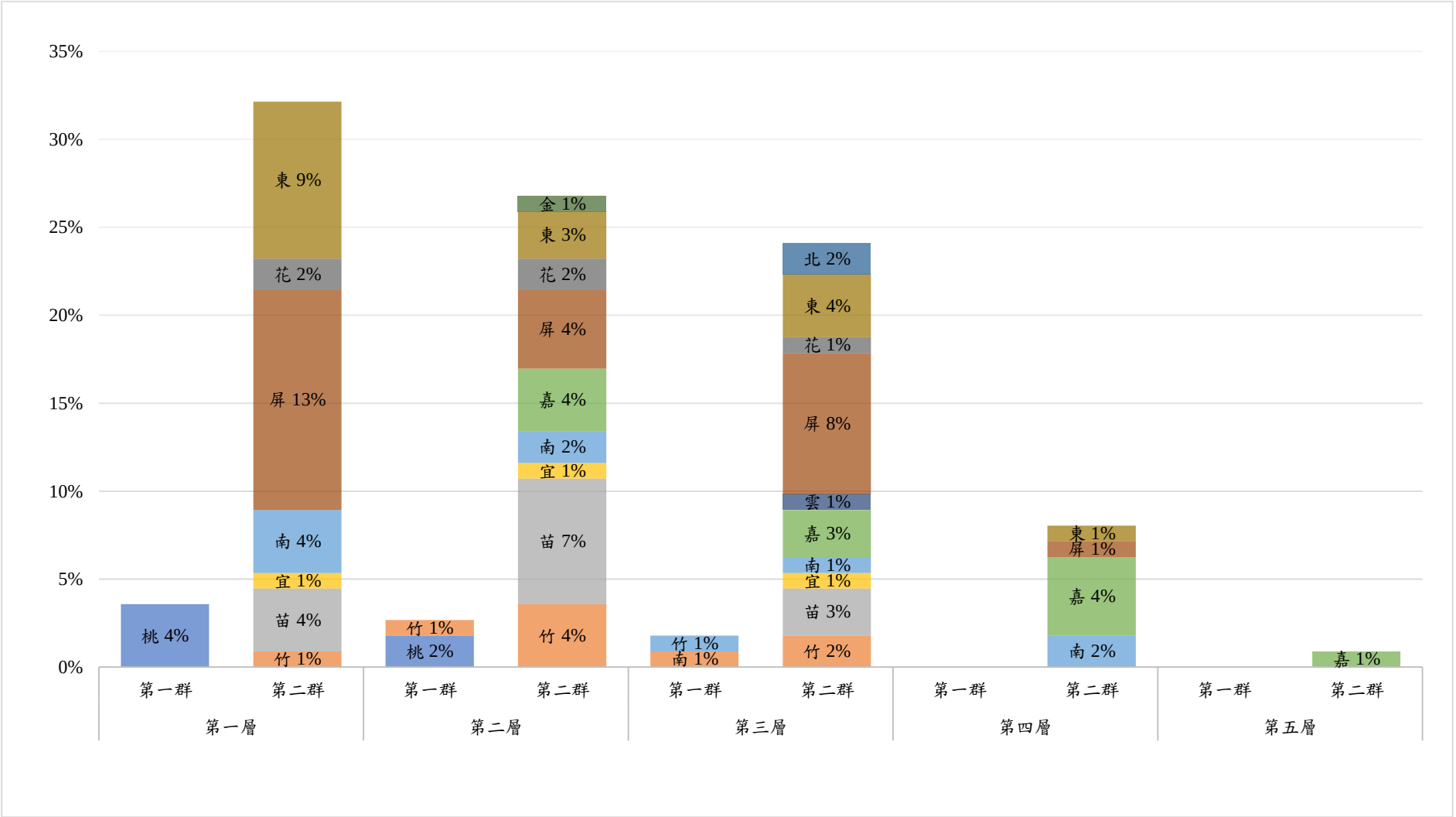


圖 24 全台各群在各層分析結果圖

本研究可以從兩個方面進行說明，即績效指標和經營管理結構。首先，從績效指標來看，研究發現第一層中的第一群主要集中在發展較佳的桃園區域，而第一層中的第二群則以偏遠地區為主。類似的情況在第二層和第三層也能看到，而第四和第五層則僅包含第二群路線，主要是嘉義縣的 DRTS。這些績效指標的分析結果顯示了不同區域的發展情況和表現。

其次為經營管理結構，在第一群中其他績效較差的地區，建議可以借鑒楚瑜績效水準佳的桃園市幸福巴士之經營模式。從經營主體的角度來看，建議注重私人營運，以提升經營效益，並以站牌服務形式讓更多人知道搭乘位置，以增加乘客對公共交通的認知度，同時，提供門到門服務，結合固定路線和彈性路線的組合，適當地分配不同路線的組合，以提供更好的服務。此外，本研究發現大部分台灣縣市的資料屬於第二群。屏東和台東是績效評估比例最高的縣市，可以通過參考和調整這兩個縣市的營運模式和服務內容來改進其他績效較差地區的情況。從變數特徵來看，這些地區多採用公共營運系統，與第一群不同的是，主要依靠公共站牌和隨招隨停的方式供居民使用。然而，這些路線並非像國外一樣具有彈性，可能是因為大多數民眾對固定路線較為熟悉。

綜合而言，本研究觀察了績效指標和經營管理結構兩個方面，對於上述變數性質，第一群與第二群並非一致，顯然不同的營運方式也可以為績效不錯的縣市，因此各路線並非為同一基準，而是須針對各群路線的變數修正，適時給予民眾需求。這些觀察結果為公共交通系統的改善和優化提供了重要參考。未來，可以在提升績效指標的基礎上，進一步調整和創新經營管理結構，以實現更有效和便利的交通服務。

6.3 小結

綜合上述桃竹苗地區分析與全台分析結果具有相似性，可以看出第一群中桃園市為績效較佳的縣市，至於第二群則以屏東台東地區為主，因此在績效評估指標皆不同。

但值得注意的是在分析全台偏遠巴士路線，在 DEA 中，第一層中大部分路線皆有經過學校以及醫院，甚至是公共場所，如鄉公所、文健站等，且最大的共同點為該路線僅服務在偏遠地區，當地居民若要搭乘大眾運輸工具，有極高的可能性會使用幸福巴士當作代步工具，然而台北市的兩條路線皆會經過捷運站，民眾有更多選擇性搭乘欲前往地點，故處在經濟條件最佳的台北市應分布於績效水準不錯的第一群中的第一層，反而在第三層中，因此經濟水平並不能單獨用來區分各地區的路線績效。。

基於這些觀察，為了提高偏遠地區路線的績效，單純的績效指標並不足以判斷不同縣市路線的效率，必然需要考慮各種因素，並藉由多方面考量進一步評估路線的經營情況，包括對當地需求的深入了解、考慮服務的範圍和品質、乘客滿意度調查等等。這種交叉比對的綜合評估將有助於改善績效不佳的地區，並為提供更好的公共交通服務做出適當的調整。

第七章 結論與建議

本章節包含兩部分，分別包含結論與建議，前者會針對本研究之研究結果進行總結，應用群聚分析、DEA 模型以及外部環境因素之結果做出結論，並提出改善建議供政府及管理者參考，後者會檢視本研究之限制以及不足之處，給予未來研究之參考方向。

7.1. 結論

本研究主要是以傳統 DEA 模型，即 CCR 和 BCC 模型，以及脈絡相依資料包絡分析模式(CD-DEA)探討臺灣 DRTS，透過群聚分析法比較各國國家可以發現多數國家營運模式與臺灣類似，但不論是 K-medoids 或 DBSCAN 僅可對經營方式的特性進行分析，因此需要藉由 DEA 分析臺灣在國際間的定位，然而由於資料蒐集有限，因此本研究針對臺灣各縣市之間 DRTS 的績效表現，以桃竹苗地區作為區域性縣市分析全國整體性差異，並透過迴歸模型研究臺灣 DRTS 的外部環境因素之影響。

從傳統 DEA 模型中，可得知屏東縣為全台最多 DRTS 的縣市，但績效比例最高的縣市為桃園市，因此路線數量與績效占比並無絕對關聯，而 DRTS 數量極高的嘉義縣卻未有績效表現佳的路線，所以本研究以脈絡相依資料包絡分析模式為主要研究方式，分層探討縣市間路線差距，區域性及整體性縣市皆顯示桃園市為全台最佳績效的縣市，金門縣雖為離島，績效水準卻高於台北市，而嘉義縣分布在各階層中，最差的階層仍以嘉義縣為主，且在吸引力與調整進步力數值也指出嘉義縣所有路線在中間層級內為最差的第三象限中，因此須著重改善績效表現最差的嘉義縣。

在 DEA 與迴歸模式結果顯示部分變數符合預期，如基本民行、就學性質以及其他免費呈現正向顯著影響，至於其他變數，不管是差額變數或迴歸結果中的運具規模皆對於車輛配置有明顯調整，尤其是超過中型巴士的運具，空車狀況十分常見，對於績效表現為負關係，因此為了減少不必要的成本，本研究建議政府可以使用小型巴士，提供市民選擇彈性的路線，並增加民眾對於預約路線的使用率，由於幸福巴士為一種提供多元路線的運具模式；再者路線的營運方式越固定對於績效的表現反而呈現負影響，如固定班次隨招隨停以及預約班次固定路線，與本研究猜測相反，推測當地居民對於 DRTS 使用並不普及，導致幸福巴士路線優點並未嶄露，因此可以多加宣傳及教導民眾如何預約，使預約的應用程式介面更加人性化；若欲增加民眾搭乘次數，Yen et al. (2023) 有提出可以將當地觀光景點納入路線設計中，來吸引外地民眾，除此之外，本研究認為也可以針對醫療診所設計，從外部環境因素結果來看就醫性質為負影響績效，當地居民可以更好的利用 DRTS，針對行動不便的人士以及高齡族群設計醫療服務，因此本研究建議政府可以採取更精準的方式讓幸福巴士服務貼近民眾需求，例如透過實地調查的方法，優先讓巴士涵蓋到居民可及性高的服務，

而非著重在增加營運路線長度或停靠站點，最大滿足民眾需求；雖然政府對於幸福巴士提供免費的初心在於可以提高民眾搭乘的意願，補助貧富差距大的民眾，但並未增加乘載率，所以本研究認為可對一般居民收取基本里程段次車費，且分析國外案例之群聚分析結果可以了解到多數國外案例仍將 DRTS 之收費價格比照一般公車費用，依里程進行收費，對於兒童以及老人收取半價的車費，減少開支，不過針對低收入戶或者行動不便者，本研究認為可以依照經濟程度給予適當補貼，以達到收支平衡的雙贏局面。

最後則為系統性文獻回顧中群聚分析分群結果以及 DEA 效率層級交叉比對結果顯示不同群其模仿績效較佳的層級會因經營管理、站牌路線以及預約方式或收費標準不同而有所影響。

系統性文獻回顧中的群聚分析和 DEA 效率層級交叉比對結果顯示，不同群模仿績效較佳的層級會受到經營管理、站牌路線、預約方式或收費標準等因素的影響。這意味著在不同群中，經營管理策略可能是影響模仿績效的關鍵因素之一，不同的管理方法和策略可能導致不同的績效結果，如有效的營運規劃、乘客需求分析、路線優化和司機培訓等因素都可以對路線的績效產生影響。此外，站牌路線的配置、站點的選擇和佈局、預約方式或收費標準的不同可能會影響乘客的方便程度和交通效率，並涉及乘客的使用便利性、支付方式和費用結構等方面，進而對模仿績效之縣市產生影響。綜合而言，經營管理、站牌路線配置、預約方式或收費標準等因素在模仿績效中扮演著重要角色，了解這些因素的影響有助於改善公共交通系統的效能，並提供更好的乘客服務。因此，對不同群之變數須進行深入研究和評估是改善公共交通績效的關鍵一步。

7.2. 建議

本研究之建議羅列如下：

1、 由於本研究受限語言，因此國外案例大多集中在歐美地區，若可以對亞洲其他地區(如：日本、東南亞國家等)或諸多國家(如：俄羅斯、歐洲其他國家等)進行蒐集整合，想必對臺灣幸福巴士之定位更加了解到臺灣在 DRTS 的不足，正如上述所言，對於國外案例的資料蒐集有限，本研究僅針對歐美國家的資料作分析及文獻探討，因此無法將國內外案例做 DEA 研究。

2、 對於群聚分析之變數上可以多加蒐集其他訊息，有鑑於各個國家案例資訊不完全透明化，如乘載率、成本、收入、座位數、乘客數等，因此並未有效探討各國對於 DRTS 淤球之成效，除此之外有些變數也未公開，如收費金額、收費方式、路線服務範圍以及服務地區，本研究只能經由推測方式將此變數設為鄉村，所以如果能加入上述所說的變數對未來研究必有所幫助。

3、 由於本研究採用 107 年至 109 年幸福巴士資料，但基於有些資料尚未全面，造成有少部分路線因變數資料不完全，因此並未使用全臺灣所有 S 路

線，再加上並未有最新資料現況，目前路線分布的情形與先前資料有所不同。

4、 成本方面尚未清楚獲取每條路線的金額流向，若能將成本項納入便會對整體研究有所幫助，便可透過成本考量評估改善建議之可行性。

5、 每一條路線狀況皆不盡相同，但本研究共有 119 條決策單位，因此無法針對各路線資料進行說明，改成利用各縣市探討。

6、 脈絡相依資料包絡分析模式為 2003 年學者所提出的 DEA 模型之一，不少學者提出不同 DEA 模型，如現階段最新的動態網路資料包絡分析法 (Dynamic Network DEA)評估多時序製程間的績效，在前後時序中有一組中間指標，然而本研究難以找出路線之相同時序，且須前後連續時間段，故在計算各路線資料是以月做為評估時間，而鑒於資料之研究限制，同一時序中並未有上下製程關係，在未來或許有更好的研究方式可更好的探討全臺灣 DRTS 路線之績效。

7、 本研究認為未來研究可以針對 Fried et al. (2002)進行外部環境因素之三階段 DEA 模型分析，深入探討去除環境因素及隨機干擾之投入差額，將所有 DMU 視為同一環境，並比較其效率值，且也可以採取共同邊界法比對各群組間的差異，或者差額變數模式之資料包絡分析法 (Slack-Based Measure Data Envelopment Analysis, SBM-DEA)考量投入及產出的調整幅度。

參考文獻

天下雜誌／第 757 期. *2022 幸福城市大調查*. https://storage.googleapis.com/www-cw-com-tw/ckeditor/202210/ckeditor-63468c9fd5eca.pdf

交通運輸研究所. (2019). *需求反應式公共運輸服務(DRTS)執行結果之檢討*.

吳健生、蔡明修 （2017）。 需求反應式運輸系統營運模式與績效評估， 都市交通半年刊 （第 59 頁）。

宋威穎、洪嘉聰、彭進德 （2021）。 屏東春日鄉需求反應式公共運輸服務發展之研究， 城市學學刊 （第 11 冊， 第 67-102 頁）。

胡凱傑、馮正民、王鈞暐 （2013）。 偏遠地區公路客運補貼路線之營運績效評估， 運輸計劃季刊 （第 42 冊， 第 275-303 頁）。

梁竣凱、盧宗成、陳健程 （2021）。 潛在使用者對在地化共享運輸服務潛願付價格之研究: 以偏鄉居民為例， 運輸計劃季刊 （第 50 冊， 第 199-223 頁）。

彭開琼. (2017). 國際安寧照護效率研究 [Study of international palliative care efficiency]. *國際文化研究*, *13*(2), 1-24.

彭開瓊、羅心妤 （2016）。 都市化程度與成績差異：以 2012 年 OECD 與台灣 PISA 資料為例[Degree of Urbanization and Differences in the Performance: A Case Study on OECD and Taiwan 2012 PISA]。華人前瞻研究， 12（1），頁 73-98。

楊証琨 （2015）。 服務性公車路線營運績效評估與改善策略之研究， 土木工程學研究所 （第 1-109 頁）: 國立臺灣大學.

葉晉嘉、何柏正 （2014）。 應用情境相依資料包絡分析法 (Context-Dependent DEA) 評估縣市文創產業發展， 建築與規劃學報 （第 15 冊， 第 21-42 頁）。

Access-A-Ride. https://new.mta.info/accessibility/paratransit/welcome-to-access-a-ride-paratransit-service https://access.nyc.gov/programs/access-a-ride/

Agarwal, S., Yadav, S. P., & Singh, S. P. (2010). DEA based estimation of the technical efficiency of state transport undertakings in India. *OPSEARCH*, *47*(3), 216-230. https://doi.org/10.1007/s12597-011-0035-4

Alizadeh, S., & Safi, M. (2020). A new model for efficiency evaluation of a bus fleet by window analysis in DEA and data mining. *Transportation Planning and Technology*, *43*(1), 62-77. https://doi.org/10.1080/03081060.2020.1701750

Allygator. https://door2door.io/en/references/reference-project-allygator/

Andersen, P., & Petersen, N. C. (1993). A procedure for ranking efficient units in data envelopment analysis. *Management science*, *39*(10), 1261-1264.

Annex VII DRT cases from other than project countries. http://media.voog.com/0000/0045/1309/files/Annex%20VII%20DRT%20cases%20from%20other%20than%20project%20countries.pdf

Anspacher, D., Khattak, A., & Yim, Y. (2004). Demand-Responsive Transit Shuttles: Who Will Use Them? *Institute of Transportation Studies, UC Berkeley, Institute of Transportation Studies, Research Reports, Working Papers, Proceedings*.

Banker, R., Natarajan, R., & Zhang, D. (2019). Two-stage estimation of the impact of contextual variables in stochastic frontier production function models using data envelopment analysis: Second stage OLS versus bootstrap approaches. *European Journal of Operational Research*, *278*(2), 368-384.

Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management science*, *30*(9), 1078-1092.

Barnum, D. T., Gleason, J. M., & Hemily, B. (2008). Using panel data analysis to estimate DEA confidence intervals adjusted for the environment. *Journal of Transportation Engineering*, *134*(5), 215-223.

Barnum, D. T., Gleason, J. M., & Hemily, B. (2009). Using panel data analysis to estimate confidence intervals for the DEA efficiency of individual decision making units. *Applied Economics*, *41*(26), 3319-3326.

Barnum, D. T., Gleason, J. M., Hemily, B., Lin, J., & Wang, P. (2010). Progressing from uncertainty to risk for DEA-based decisions. *Journal of the Operational Research Society*, *61*(10), 1548-1555.

Barnum, D. T., Karlaftis, M. G., & Tandon, S. (2011). Improving the efficiency of metropolitan area transit by joint analysis of its multiple providers. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, *47*(6), 1160-1176.

Barros, C. P., & Dieke, P. U. (2007). Performance evaluation of Italian airports: A data envelopment analysis. *Journal of Air Transport Management*, *13*(4), 184-191.

Bayzid, K., & Nandita, B. (2012). Evaluating and enhancing the operational performance of public bus systems using GIS-based data envelopment analysis. *Journal of Public Transportation*, *15*(2), 19-44.

Bee-Line Paratransit. https://transportation.westchestergov.com/what-is-paratransit

Berlkoenig. https://www.vans.mercedes-benz.com/vans/en/mercedes-benz-vans/insights/stories/mercedes-benz-vito-viavan-shuttle-service-berlin

Brake, J., Nelson, J. D., & Wright, S. (2004). Demand responsive transport: towards the emergence of a new market segment. *Journal of Transport Geography*,

12(4), 323-337.

BT let's go. https://www.belleville.ca/en/walk-ride-and-drive/transit.aspx

Butler Area Rural Transit. https://www.butlertransitauthority.com/bart

Cayford, R., & Yim, Y. (2004). Personalized demand-responsive transit service.

Chair-A-Van. https://niagarafalls.ca/living/transit/accessibility/chair-a-van.aspx

Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, *2*(6), 429-444.

Charnes, A., & Neralić, L. (1990). Sensitivity analysis of the additive model in data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, *48*(3), 332-341.

Chen, Y., Bouferguene, A., Shen, Y., & Al-Hussein, M. (2019). Assessing accessibility-based service effectiveness (ABSEV) and social equity for urban bus transit: A sustainability perspective. *Sustainable Cities and Society*, *44*, 499-510. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.10.003

Chiou, Y.-C., Lan, L. W., & Yen, B. T. H. (2010). A joint measurement of efficiency and effectiveness for non-storable commodities: Integrated data envelopment analysis approaches. *European Journal of Operational Research*, *201*(2), 477-489. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ejor.2009.03.005

Chiou, Y.-C., Lan, L. W., & Yen, B. T. H. (2012). Route-based data envelopment analysis models. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, *48*(2), 415-425. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tre.2011.10.006

Chiu, Y.-h., & Wu, M.-F. (2010). Performance evaluation of international tourism hotels in Taiwan—application of context-dependent DEA. *INFOR: Information Systems and Operational Research*, *48*(3), 155-170.

Chou, H. (2013). *Discussion on the Performance Evaluation of the Creative City* National Pingtung University of Education]. Pingtung County. https://hdl.handle.net/11296/uz5rma

Cullinane, K. P., & Wang, T.-F. (2006). The efficiency of European container ports: a cross-sectional data envelopment analysis. *International Journal of Logistics: Research and Applications*, *9*(1), 19-31.

DARTS (Dial-A-Ride Transportation Services). https://tarrivertransit.org/programs/darts/

Dial-a-Ride transit. https://info.winnipegtransit.com/en/service/on-request

EcoBus https://door2door.io/en/references/reference-project-allygator/

Edmonton Transit Service. https://www.edmonton.ca/ets/on-demand-

transit?utm_source=virtualaddress&utm_campaign=node/5222#stack149033

Flex Service. https://www.votran.org/riding-votran/nsb-flex.stml

Flexigo. https://flexigo.com/

FlexRide(Call-n-Ride service). https://www3.drcog.org/documents/archive/Chapter%203-4%202035%20Transit%20Element%20FINAL%20DRAFT%20for%20PH.pdf

FlexRide(Call-n-Ride service). https://www.rtd-denver.com/services/flexride

https://www.cityofgolden.net/live/transit-services/community-call-n-ride-bus/

Fried, H. O., Lovell, C. K., Schmidt, S. S., & Yaisawarng, S. (2002). Accounting for environmental effects and statistical noise in data envelopment analysis. *Journal of productivity Analysis*, *17*, 157-174.

Hong, S.-J., Randall, W., Han, K., & Malhan, A. S. (2018). Estimation viability of dedicated freighter aircraft of combination carriers: A data envelopment and principal component analysis. *International Journal of Production Economics*, *202*, 12-20.

IsarTiger. https://www.mvg.de/ueber/mvg-projekte/mvg-sod.html

Kan-go. https://translink.com.au/travel-with-us/taxi-and-community-transport/kan-go

Karlaftis, M. G. (2004). A DEA approach for evaluating the efficiency and effectiveness of urban transit systems. *European Journal of Operational Research*, *152*(2), 354-364.

Keolis Downer. https://www.keolisdowner.com.au/on-demand-services/

Lan, L. W., Chiou, Y.-C., & Yen, B. T. (2014). Integrated fuzzy data envelopment analysis to assess transport performance. *Transportmetrica A: Transport Science*, *10*(5), 401-419.

Lao, Y., & Liu, L. (2009). Performance evaluation of bus lines with data envelopment analysis and geographic information systems. *Computers, environment and urban systems*, *33*(4), 247-255.

Li, J., Xia, Z., Yang, Y., Cui, Y., Li, X., & Zhu, X. (2021). Evaluating operation efficiency of public transportation: A three-stage DEA method. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, *41*(4), 4725-4734.

Lu, W.-M., Wang, W.-K., Hung, S.-W., & Lu, E.-T. (2012). The effects of corporate governance on airline performance: Production and marketing efficiency perspectives. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, *48*(2), 529-544. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tre.2011.09.003

MartÍn, J. C., Gutiérrez, J., & Román, C. (2004). Data envelopment analysis (DEA) index to measure the accessibility impacts of new infrastructure investments: The case of the high-speed train corridor Madrid-Barcelona-French border. *Regional Studies*, *38*(6), 697-712.

MetroAccess Paratransit. https://www.wmata.com/service/accessibility/metro-access/

https://en.wikipedia.org/wiki/MetroAccess

Mhlanga, O. (2019). Factors impacting airline efficiency in Southern Africa: A data envelopment analysis. *GeoJournal*, *84*(3), 759-770.

Mobility bus. https://www.belleville.ca/en/walk-ride-and-drive/mobility-bus.aspx

Mohajeri, N., & Amin, G. R. (2010). Railway station site selection using analytical hierarchy process and data envelopment analysis. *Computers & Industrial Engineering*, *59*(1), 107-114.

MOIA. https://www.moia.io/en/how-it-works

Mulley, C., Nelson, J., Teal, R., Wright, S., & Daniels, R. (2012). Barriers to implementing flexible transport services: An international comparison of the experiences in Australia, Europe and USA. *Research in Transportation Business & Management*, *3*, 3-11. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2012.04.001

NeighborLink. https://www.golynx.com/plan-trip/riding-lynx/neighborlink.stml

Netliner. https://www.aseag.de/fahrplan/netliner

Night Shuttle. https://tarrivertransit.org/programs/night-shuttle/

NRT OnDemand. https://www.niagararegion.ca/transit/on-demand/default.aspx

Pace On Demand. https://www.pacebus.com/ondemand

PickMeUp https://ideeestudio.com/pickmeup-home/

Qualla Community Resident Transportation. http://www.cherokeetransit.com/community.html

Résa'Est. https://www.reseau-tao.fr/205-resa-tao2C-une-mobilite-souple-et-dynamique.html

Ride on Flex. https://www.montgomerycountymd.gov/dot-transit/flex/

Roll, Y., & Hayuth, Y. (1993). Port performance comparison applying data envelopment analysis (DEA). *Maritime policy and Management*, *20*(2), 153-161.

Rural General Public. https://www.mecknc.gov/dss/admin/Pages/MecklenburgTransportationSystem.aspx

Rural General Public Program. https://tarrivertransit.org/programs/rural-general-

public-program/

Schofer, J. L., Nelson, B. L., Eash, R. W., Daskin, M. S., Yang, Y., Wan, H., Yan, J., & Medgyesy, L. (2003). Resource Requirements for Demand-Responsive Transportation Services.

Seiford, L. M., & Zhu, J. (2003). Context-dependent data envelopment analysis—Measuring attractiveness and progress. *Omega*, *31*(5), 397-408.

Shao, Y., & Sun, C. (2016). Performance evaluation of China's air routes based on network data envelopment analysis approach. *Journal of Air Transport Management*, *55*, 67-75. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2016.01.006

Shen, C.-W., Hsu, C.-H., Lung, F.-W., & Ly, P. T. M. (2020). Improving Efficiency Assessment of Psychiatric Halfway Houses: A Context-Dependent Data Envelopment Analysis Approach. *Healthcare*, *8*(3), 189. https://www.mdpi.com/2227-9032/8/3/189

Simar, L., & Wilson, P. W. (2007). Estimation and inference in two-stage, semi-parametric models of production processes. *Journal of econometrics*, *136*(1), 31-64.

SSB Flex. https://ridewithvia.com/news/ssb-flex-2-0-viavan-powers-stuttgarts-next-generation-of-on-demand-public-transport/

Tel-A-Ride Service. https://www.ridecarta.com/services/tel-a-ride/

Telebus. https://melbourneontransit.blogspot.com/2020/05/timetable-tuesday-74-our-flexible-route.html

https://www.ptv.vic.gov.au/more/travelling-on-the-network/telebuses/

Tone, K. (2001). A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, *130*(3), 498-509.

Tongzon, J. (2001). Efficiency measurement of selected Australian and other international ports using data envelopment analysis. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, *35*(2), 107-122.

Transit Plus. https://mb.211.ca/program-at-site/handi-transit-at-handi-transit-office/、https://winnipegtransit.com/en/winnipeg-transit-plus/winnipeg-transit-plus/

Ulucan, A., & Atıcı, K. B. (2010). Efficiency evaluations with context-dependent and measure-specific data envelopment approaches: An application in a World Bank supported project. *Omega*, *38*(1-2), 68-83.

Valentine, V. F., & Gray, R. (2001). The measurement of port efficiency using data envelopment analysis. Proceedings of the 9th world conference on transport research,

ViaVan. https://www.viavan.com/

Viton, P. A. (1997). Technical efficiency in multi-mode bus transit: A production frontier analysis. *Transportation Research Part B: Methodological*, *31*(1), 23-39.

Viton, P. A. (1998). Changes in multi-mode bus transit efficiency, 1988–1992. *Transportation*, *25*(1), 1-21.

Wheel-Trans. https://www.ttc.ca/wheel-trans

Xiang, K., Liang, H., Guo, Z., & Dong, Y. (2021). Using context-dependent DEA to analyze the efficiency of highly funded scientists in China. *Complex & Intelligent Systems*, 1-13.

Yang, C.-C., & Wei, C.-T. (2009). Combining Network DEA with Russell Measure for Evaluating Operation Performance of Transit System. *Journal of Logistics and Management*, *8*(2), 25-44. https://doi.org/10.7047/jlm.200912.0025

Yeh, C.-L. (2021). *Context-dependent DEA—Incorporating quality into the measurement of productivity change in Taiwan's Acute Care hospitals* National Taipei University]. New Taipei City. https://hdl.handle.net/11296/8s2h9v

Yen, B. T. H., Mulley, C., & Yeh, C.-J. (2023). Performance evaluation for demand responsive transport services: A two-stage bootstrap-DEA and ordinary least square approach. *Research in Transportation Business & Management*, *46*, 100869. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2022.100869

附件一

國外文獻回顧整理

國家	DRTS 名稱	營運	對象(身障人士V)	時間	地區	內容	路線	電話	網路	APP	預約限制	費用
加拿大	BT let's go	公共		夜間	都市	公共運輸站牌	固定	V	V	V	V	兒童免費
	Mobility bus	公共	V	平日和週末	都市	門到門服務	彈性	V	V	V	V	
	Edmonton Transit Service	公共	V	平日和週末	都市	公共運輸站牌	固定	V	V	V	V	免費
	NRT OnDemand	公共		平日和週末	鄉村	公共運輸站牌、門到門服務	混合	V		V		兒童、身障人士免費
	Chair-A-Van	公共	V	平日和週末	鄉村	虛擬站牌	固定	V		V	V	兒童免費
	Wheel-Trans	公共	V	24小時行駛	都市	門到門服務	彈性	V			V	
	Dial-a-Ride transit	公共		平日和週末		公共運輸站牌、門到門服務	混合	V		V		
	Transit Plus (Handi-Transit)	公共	V	平日和週末	都市	門到門服務	彈性	V	V		V	
澳洲	Kan-go	公共		平日和週末		門到站服務	混合	V	V		V	
	Telebus	公共		平日	鄉村	門到門、門到站服務	混合	V	V		V	
	Keolis Downer	公共		平日和週末	都市	虛擬站牌	固定	V	V	V		

美國	Butler Area Rural Transit (BART)	公共	V	平日	鄉村	門到門服務	彈性	V	V		V	
	Bay area rapid transit(BART)	公共			都市	公共運輸站牌、門到站服務	混合	V	V	V		
	FlexRide (Call-n-Ride service)	公共		平日		虛擬、公共運輸站牌、門到站服務	混合	V	V	V	V	
	Flex Service	公共	V	平日和週末	鄉村	門到門、門到站服務	混合	V	V			
	NeighborLink	公共			鄉村	門到門、門到站服務	彈性	V	V	V	V	
	Pace On Demand	公共		平日	鄉村	公共運輸站牌	固定	V	V	V	V	
	Ride on Flex	公共		平日	都市	虛擬站牌	固定	V	V	V		
	Access-A-Ride	公共	V	24 小時行駛		門到門服務	彈性	V	V		V	
	Bee-Line Paratransit	公共	V	平日和週末		虛擬站牌、門到門服務	複合營運	V				
	Qualla Community Resident Transportation		V	平日		虛擬站牌、門到門服務	複合營運	V				兒童、老人免費
	Night Shuttle			夜間	鄉村	門到門服務	彈性	V				
	Rural General Public Program			平日	鄉村	門到門服務	彈性	V				
	DARTS (Dial-A-Ride Transportation Services)		V	平日和週末		公共運輸站牌、門到門服務	混合	V			V	
	Rural General Public (RGP)			平日和週末		門到門服務	彈性	V				
	Tel-A-Ride Service		V			虛擬站牌	固定	V		V		

	MetroAccess Paratransit	公共	V			門到門服務	彈性	V	V		V	
德國	Netliner	公共		平日	鄉村	虛擬、公共運輸站牌	固定	V	V		V	
	Allygator	私人		夜間	都市	門到門服務	彈性			V		
	Berlkoenig	公私合營	V	24 小時行駛	都市	虛擬、公共運輸站牌	固定			V		
	EcoBus	公私合營	V	平日和週末	都市以及鄉村	門到門服務	彈性	V	V	V		
	Ioki Shuttle	公私合營	V	24 小時行駛	鄉村	門到站服務	混合			V		
	MOIA	公私合營		24 小時行駛	都市	虛擬站牌	固定				V	
	IsarTiger	公私合營		平日和週末	都市	公共運輸站牌	固定			V		
	SSB Flex	公私合營		平日和週末	都市	虛擬站牌	固定			V		
法國	Flexigo	公私合營		平日	鄉村	門到站服務	混合		V	V	V	
	Résa'Est	公私合營		平日和週末	鄉村	虛擬站牌到站	固定	V	V	V		
	Chronopro	公私合營			都市以及鄉村	門到站服務	混合					
荷蘭	ViaVan	私人			都市	虛擬站牌	固定					
	Breng flex	公私合營	V	平日和週末		虛擬、公共運輸站牌	固定	V		V		
英國	Slide	私人		平日	都市	虛擬站牌	固定			V		
	London Smart Ride	私人			都市	虛擬站牌	固定			V		

	ViaVan	私人				虛擬站牌	固定					
	Chariot	私人	V		鄉村	公共運輸站牌	固定			V		
	PickMeUp	私人		平日和週末	都市	虛擬站牌	固定			V	V	