

國 立 交 通 大 學
運 輸 與 物 流 管 理 學 系

碩 士 論 文

以永續面評估市區公車營運績效

Evaluating the Operation Performance for City Bus
Transits
from the Sustainability Viewpoints

研 究 生：黃 聖 珉

指 導 教 授：馮 正 民

中 華 民 國 一 〇 八 年 六 月

以永續面評估市區公車營運績效

Evaluating the Operation Performance for City Bus Transits from the Sustainability Viewpoints

研究生：黃聖珉

Student：Huang Shang Min

指導教授：馮正民

Advisor：Cheng-Ming Feng

國立交通大學
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 Chiao Tung University

in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master

in

Traffic and Transportation

June 2019

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國一〇八年六月

以永續面評估市區公車營運績效

研究生:黃聖珉

指導教授:馮正民 博士

摘要

永續運輸一直是目前交通界的重要研究課題,但目前尚無良好方法對於永續性進行績效評估,而永續概念並不僅僅只是友善環境,廣義來說其概念還包含了社會與經濟,因此,本研究提出多指標網路模式以對於永續績效做評估,其中本模式指標目前只選用環境與社會指標,用以衡量永續績效,在後續研究中,仍可以不斷延伸以利進行更全面的分析,讓此方法在衡量永續績效能更為完整,且能評估更為貼近現況的營運績效。

本研究以市區公車業者為例,在網路差額模式(Network Slack Based Measured Data Envelopment Analysis)中加入指標並進行永續性之績效衡量,透過將整體營運績效分為生產效率(productive efficiency)與服務效能(service effectiveness),以了解各階段之效能(效率),透過文獻了解一般營運績效,並在環境方面,增加了環境汙染量為指標,以非意欲產出衡量交通運輸所造成的環境汙染,在社會方面,為了減少交通事故的發生,以交通事故所造成的副效用做為非意欲產出衡量指標進行衡量,最後透過無母數統計比較各模式間差異。

研究中以台灣 20 間市區公車業者 2014 年到 2017 之營運資料作為案例分析,相較於一般傳統網路模式,多指標網路模式的分析結果,服務效能與整體營運績效皆有顯著的提升。

關鍵字:績效評估、網路資料包絡分析法、差額衡量法、永續性、市區公車

Evaluating the Operation Performance for City Bus Transits from the Sustainability Viewpoints

Student: Sheng – Min Huang

Advisors : Cheng – Min Feng

Abstract

Sustainable transportation has always been an important research topic in transportation science. However, there is no good way to evaluate the performance of sustainability. The concept of sustainability is not just only doing environment-friendly. In a generalized concept, it also includes society and economy. Therefore, this study proposes a multi-indicator network data envelopment analysis model, in which this model indicator uses environmental and social indicators to measure sustainable performance in this study. It can be extended to facilitate a more comprehensive analysis in subsequent research. It will be more complete in measuring sustainable performance and it can be evaluated closely to the current situation in operational performance.

This study takes Taiwan city bus companies as an example, and uses the Network Slack Based Measured Data Envelopment Analysis to measure performance. The social and environmental indicators are added in this study to measure the performance of sustainability. The overall operating performance is divided into two stages, productive efficiency and service effectiveness to evaluate the relative efficiency of the urban bus companies. After realizing the traditional operating performance through the literature review, the study considers undesirable output with air pollution as an environmental indicator, and also considers undesirable output occurrence of traffic accidents or casualty as the social indicator. In order to reduce the occurrence of traffic accidents and air pollution, this study takes these indicators into account, and finally uses nonparametric statistics to compare the differences between the models.

This study uses the data from 2014 to 2017 with 20 city bus operators in Taiwan. Compared with the general traditional network DEA model, the analysis results of the multi-indicator network model have significantly improved service effectiveness and overall efficiency.

Keywords : Performance Evaluation , Network Data Envelopment Analysis(NDEA), Slack-base Measure, Sustainability, City Bus

致謝

在短短的兩年中，能明顯感受到自己的成長，不論是對人或是對事，都能更加圓融的解決問題或處理事情，求學的這段路以來，必須要充滿感恩的心。

首先我最要感謝的，便是我的指導教授馮正民老師，在我進學校前，由於當時系上其他老師都已提前收滿學生，導致我尋師無門，就在此時，儘管當時馮老師已準備好要退休，不再收其他學生，馮老師竟然願意破格，額外讓我進入其麾下好好學習，使我能持續地在學習之路上邁進，老師不僅僅在課堂上傳道、授業、解惑，更教導我們人生的知識，以及遇到挫折與困難要樂觀面對的精神，在論文撰寫部分，更是適時的指引我論文的研​​究方向，此外，在探討不論是課業上或是人生的問題時，更是語重心長地教導我，應該如何解決與變通。

再來要感謝的是康熙宗老師，感謝老師不辭辛勞地與我討論論文，親自從台中跑來台北數次，更是不遺餘力地逐字修改我的論文，除了教導我論文寫作的技巧外，在研究方法與實證分析上，也給了我許多寶貴的幫助，讓我的論文能夠更加順利的完成，除此之外，在我口試過後，更是提醒我不應該得意忘形，論文在口試後仍需要用心修改，需要用更審慎的態度處理論文，此外，感謝賈凱傑、黃昱凱兩位口委，悉心指教我論文中不夠嚴謹的地方，並提出我的論文具體應該如何修正，以達到更完善的成果。

還要感謝北交的所有師長，除了在上課期間邱裕鈞老師、陳穆臻老師、鍾易詩老師、盧宗成老師等所提供的專業知識外，各位老師在專題討論課程中，也給我在論​​文上諸多寶貴的建議，此外，也要感謝系上的行政助理柳姊、何姐，感謝你們幫我處理學校生活中的大小事，與需要注意的事項，讓我可以無後顧之憂的專心學習，也感謝各位同學與好友，上課與報告間的互相幫忙，一起辦春酒的點點滴滴，感謝你們讓我在求學之路上更精采更順遂，遇到困難時，也能互相扶持鼓勵，互相吐露苦水，希望在未來中，我們能各自散發光彩，一起成為社會上有用的人。

目錄

摘要	i
Abstract	ii
致謝	iii
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 研究範圍	2
1.4 研究假設與限制	3
1.5 研究流程	3
第二章 文獻回顧	5
2.1 市區公車營運績效評估	5
2.1.1 營運績效指標	5
2.1.2 資料包絡分析法(Data Envelopment Analysis, DEA)	7
2.1.3 DEA 模式延伸	9
2.2 交通運輸永續服務	12
2.2.1 永續運輸相關文獻	12
2.2.2 環境指標汙染量之計算	13
2.3 安全指標之計算	14
第三章 研究方法	15
3.1 研究架構	15
3.2 分析方法	16
3.2.1 資料包絡網路模式結合永續觀念	16
3.2.2 資料包絡分析法(Data Envelopment Analysis,DEA)	16
3.2.3 網路模式(Network Data Evelopment Analysis,NDEA)	18
3.2.4 SBM (Slacks-based Measure)模式	20

3.2.5 網路 SBM 模式	21
3.2.6 網路模式結合永續概念架構	23
第四章 分析結果	28
4.1 敘述性統計	28
4.2 網路 SBM 模式實證分析	30
4.3 模式比較	43
4.4 差額變數分析	45
4.5 討論與分析	51
第五章 結論與建議	54
5.1 結論	55
5.2 建議	56
參考文獻	57

表目錄

表 1 - 1 台灣北中南市區公車	2
表 2 - 1 一般 DEA 模式投入產出變數比較	8
表 2 - 2 DEA 模式延伸表	11
表 4 - 1 變數基本統計資料	28
表 4 - 2 第一階段投入產出變數相關性分析	30
表 4 - 3 第二階段投入產出相關係數	30
表 4 - 4 模式一與模式二實證分析結果	30
表 4 - 5 模式二與模式三績效分析結果	38
表 4 - 6 簡單統計分析結果	43
表 4 - 7 系統效能比較	43
表 4 - 8 總系統效能 K-W 檢定	43
表 4 - 9 生產效率比較	44
表 4 - 10 服務效能比較	44
表 4 - 11 服務效能 K-W 檢定	45
表 4 - 12 模式三差額分析結果表	46
表 4 - 13 三模式比較	51
表 4 - 14 三模式績效排名比較	52

圖目錄

圖 1 - 1 研究流程圖.....	4
圖 2 - 1 效率與效能	6
圖 2 - 2 營運績效指標分類圖.....	7
圖 2 - 3 DEA 模式流程圖	9
圖 3 - 1 研究架構圖	15
圖 3 - 2 網路基本模式	19
圖 3 - 3 金字塔績效評估圖.....	23
圖 3 - 4 營運面績效圖	25
圖 3 - 5 營運績效示意圖.....	25
圖 3 - 6 永續面績效圖	26
圖 3 - 7 環境面結合營運示意圖.....	26
圖 3 - 8 社會公平面	27
圖 3 - 9 社會面結合營運面示意圖	27
圖 4 - 1 模式一 整體績效變化圖	34
圖 4 - 2 模式一生產效率變化圖	34
圖 4 - 3 模式一服務效能變化圖	35
圖 4 - 4 模式二整體績效變化圖.....	36
圖 4 - 5 模式二生產效率變化圖.....	36
圖 4 - 6 模式二服務效能變化圖	37
圖 4 - 7 模式三整體營運績效變化圖	40
圖 4 - 8 模式三生產效率變化圖.....	41
圖 4 - 9 模式三服務效能變化圖.....	41

第一章 緒論

1.1 研究背景與動機

近年來在交通運輸的蓬勃發展下，人民生活越來越便利，隨之而來的交通議題也越來越多，然而議題包含非常廣泛，因此，我們需要建構一個能同時探討多指標的績效評估模式，並將永續概念融入於該模式中，其中永續性的概念包含三個構面，分別是環境、社會公平與經濟效率，期望利用該模式進行評估績效，並提供評估結果以利相關業者對不同構面進行改善。

在現今地球暖化的社會中，越來越多人重視永續節能的議題，在交通運輸方面，私人運具所排放的廢氣汙染，仍然是造成地球暖化的主因之一，有鑒於此，近年來不論是在推廣大眾運輸，或是科技研發電動車方面，各國政府都在為環境永續做努力，台灣近幾年也致力於推廣大眾運輸，提倡節能減碳與倡導降低日常電力使用量，希望能達到永續節能的目標。

除此之外，現今大眾運輸模式中，常常提倡社會安全與正義，不論是近幾年發展的無障礙公車或是復康巴士的服務量增加等等，都是為了落實社會正義，此外，在 2018 年 3 月台灣正式步入高齡化社會，在路上平均每七人中，會有一位老人，台灣將會面臨越來越多高齡化社會的問題，由於台灣是混合車流的道路環境，交通安全的議題也需要被多加重視，因此，在社會安全與正義這方面，更是目前營運業者必須要考慮的重要因素，也是台灣交通目前所需面臨的挑戰。

交通運輸在世界各地，皆扮演著重要的角色，其更是作為各國經濟發展的重要基礎與潛在條件，會影響整個國家的經濟貿易，甚至影響國家發展速度，因此，運輸經濟一直是交通領域中的重要課題，不論是跟人有關的客運服務，或是跟貨品有關的貨物服務，都須被政府重視，過去台灣十大建設更是掀起了台灣經濟奇蹟，政府的各種政策與決定，都將會影響到民生經濟，故經濟效率性也是永續運輸中須被探討重要的一環。

在過去的交通文獻中，通常以資料包絡分析 DEA(data envelopment analysis)分析方法來針對交通做績效評估，然而，過去常常只針對營運者的投入與產出做績效評估，利用最少的成本產生最大的效益，對環保永續層面與社會公平面並沒有多做說明與探討，現今社會中，除了環保永續的議題外，還有社會安全肇事意外的增加，讓交通運輸也對社會安全面也需要做出相對應的措施，也是本篇研究所探討的重點之一，希望透過網路績效評估方法(network data envelopment analysis)來了解多面向績效評估的 DEA 模式，網路 DEA 模式概念探討一個組織內部之間具有關連性下之效率分析。對交通永續運輸四個面做評估分析，其中四個面分別為營運面、經濟面、社會公平面、環境永續層面，探討當追求各種不同效率面的績效值時，會同時失去哪方面的效率，例如：當追求最佳化環境面的績效時，可

能就無法顧全經濟面，為此，我們需使用多面向的網路模式讓決策者有更全面的資訊，做出最佳化的選擇。

資料包絡分析 DEA 方法主要是透過考慮多種資源的運用以產出多種服務效益，尋找適合的指標，透過定義目標函數與限制式等等進行評估，最後獲得相對績效值以進行評估，此方法需要將各種資源量化後才能進行分析，然而，在永續運輸方面，由於環境外部性、社會安全性、經濟性常常是指標無法進行量化的，如此，此方法無法進行衡量與評估其他面向，但是這幾個面向又是交通運輸中所被各國政府重視的一環，因此本研究蒐集資料尋找個面向之相對應指標，並使用網路模式進行各個面向的分析與探討，最後提供分析結果，期望能在交通運輸裡提供更全面的分析。

1.2 研究目的

根據上述的背景與動機，目的為建構一個新的績效評估模式，此外，本研究注重實證分析，因此，在蒐集完指標資料後，會以實例做網路模式印證，分析對象選擇評估目前台灣市區公車業者營運績效，本研究將針對永續議題加以分析探討，並以政府的角度來分析各個面向，期以市區公車客運業者能在營運績效優良下，同時考慮其他重要的永續層面。

網路資料包絡分析結合永續概念增加永續指標進行分析，跳脫以往模式中只針對營運者的投入與產出績效，增加其他三個構面來進行全面探討與分析，本研究目的以下四點

1. 了解市區客運業者現況之營運績效
2. 建構多指標網路模式
3. 利用多指標網路 DEA 模式了解營運績效變化
4. 根據研究結果探討與提供現況改善建議

1.3 研究範圍

本研究選擇評估台灣市區公車業者營運績效，在資料蒐集中，原本蒐集了眾多市區公車業者資料，但是由於本篇研究方法須找同質性的受測單位，因此，進行事先比較分析，以各業者延人公里佔全業者總延人公里比例，以此做為市佔率進行區分，將營運規模差異較大的業者做刪除，本文最後總共選擇 20 家(A 到 T)市區公車業者進行資料蒐集，進行實證分析，**錯誤! 找不到參照來源。**為北中南部市區公車:

表 1-1 台灣市區公車

北部	中部	南部
A 客運	J 客運	Q 客運

北部	中部	南部
B 客運	K 客運	R 客運
C 客運	L 客運	S 客運
D 客運	M 客運	T 客運
E 客運	N 客運	
F 客運	O 客運	
G 客運	P 客運	
H 客運		
I 客運		

資料來源:資料統整對象

1.4 研究假設與限制

根據研究範圍所選定的 20 間業者，其研究假設與限制有以下五點

1. 假設皆為市區營運:本研究資料來源部分業者同時營運國道客運與市區公車，雖然確定營運資料只包含市區公車，然而在車輛或營運人員是否有混和調度的情形卻無法細分，因此本研究假設皆為市區營運。
2. 假設皆為大客運柴油公車:本研究中所取得車輛資料，因資料無法細分車種，故假設所有營運車輛，皆為大客運柴油車。
3. 不考慮跨期技術變動:技術變動定義為在不增加投入下，透過產品或是製成的創新，提升產出水準，在運輸產業中，短期時間較難影響產品或製成，因此本研究不特別考慮在營運四年中技術變動。
4. 不分群:本研究在蒐集資料與選擇過程中，首先透過延人公里比例，進行篩選，本篇已經事先將規模大小差異較大的樣本刪除，因此，將不再採用分群對資料進行細分。
5. 不考慮環境變數:環境變數定義為影響廠商營運績效的指標，卻非由業者管理所能控制的投入或產出項，例:捷運轉乘公車人數，轉乘人數本研究歸類於經濟場站面指標，由於運輸經濟面，本研究未蒐集到相關營運轉乘資料，因此，不考慮環境變數。

1.5 研究流程

本研究之研究流程如**錯誤! 找不到參照來源。**所示，首先界定本研究問題目的、範圍等，其次參考相關研究文獻，以利建立模式的基本架構，蒐集各客運公司營運資料，選定具有相同特質的評估對象(decision making unit, DMU)，掌握公司基本營運資料後，對資料有一定程度的認知，並針對各營運狀況進行分析探討。最後再用網路 DEA 模式衡量各相對績效，藉此了解客運業在考慮不同指標情況下

的績效值，並根據績效評估結果，做出結論與建議，並提供績效衡量分析架構以利之後相關研究。

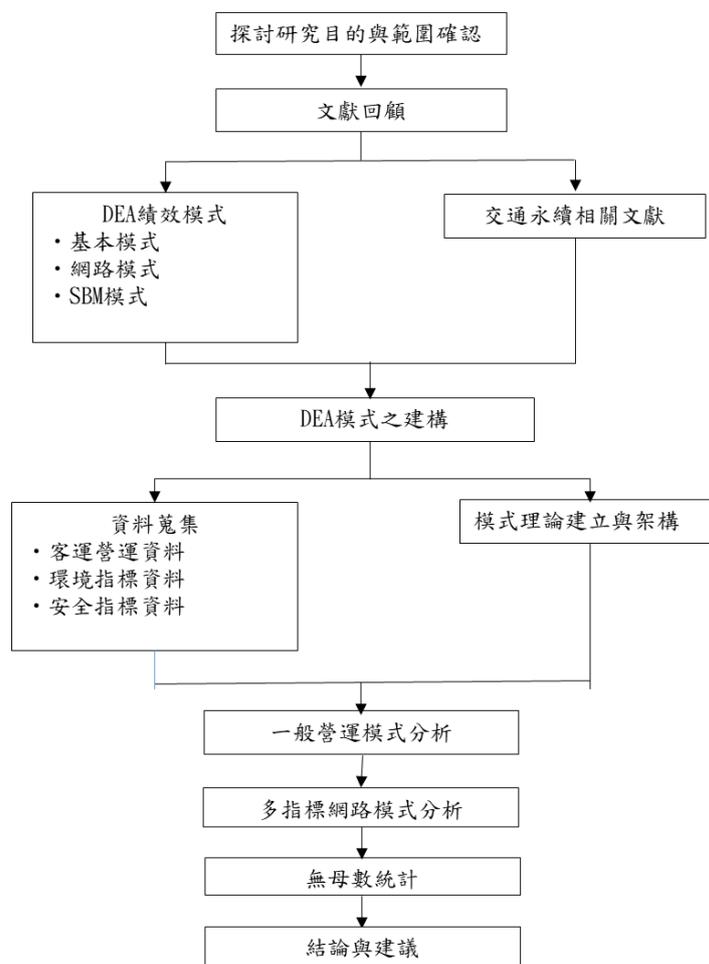


圖 1 - 1 研究流程圖

第二章 文獻回顧

在本篇研究主要目的為建構一個新的績效評估模式，並希望使用該模式提供分析結果，讓政府在衡量業者營運績效時，能在業者營運績效外，同時考慮永續指標對營運的影響，並提出能改善績效使該公司營運更加全面之解決方法，新模式讓各家業者在營運時，更具備社會上的公平正義與永續環保的概念，並融合永續的概念於營運中，因此，本研究需要參考以往使用在交通運輸上的績效評估模式、如何讓大眾運具提升績效等方面之文獻之外，對於環境永續運輸與落實社會安全正義指標也需要多加探討：

2.1 市區公車營運績效評估

根據本篇研究所需，首先需要先定義績效評估與了解評估方式，目前國內外已有非常多的學者研究，由於，本研究目的之一是利用金字塔概念，將永續運輸之構面融入於金字塔，再進行績效分析，故文獻將針對 DEA 基本模式與其延伸進行探討，並透過文獻進行模式之建立與假設。

2.1.1 營運績效指標

根據績效的定義，可將績效分為效能(effectiveness)與效率(efficiency)兩部分，效能目標是在於期許產量與服務量最大化，其所投入的資源不是考慮的因素，只重視目標的達成，追求對的事情(do the right thing)，如圖 2-1 所示。而效率則是注重於資源的運用，用最少的成本，以獲得最大的利益，或使用固定的投入獲得最大產出，績效評估是為了用理性的態度來實現企業營運中的目標，並針對營運產業各部門間的協調，提升營運方針並平衡，也是有效提升管理制度的方法，並根據不同的階段或是危機，提供管理應變的方法，引導整個組織的或是各部門的進步，甚至能有事半功倍的效果，最後達成生產的目標，與妥善整個組織規劃

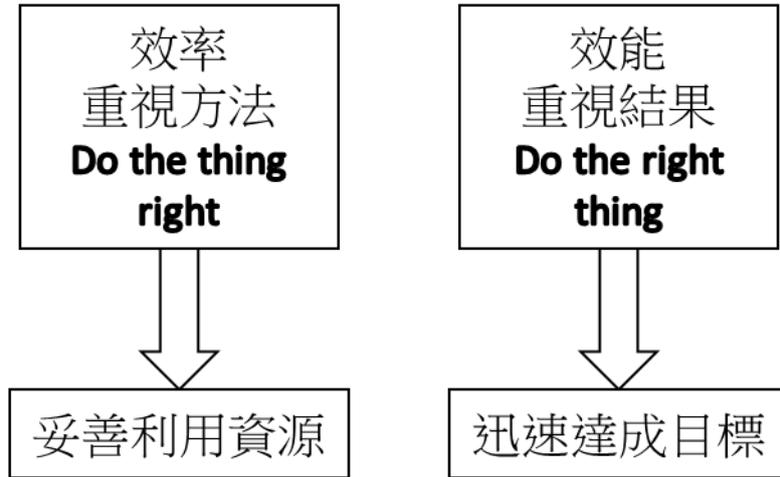


圖 2-1 效率與效能

而營運績效的指標大多採用 Fielding(1992)

所提出的績效分類圖示(圖 2-1)，並將營運績效指標在分為成本效率、成本效能及服務效能三類，將其概念運用在運輸業，其內容如下：

1. 成本效率性：

投入的資源多寡造就多少產出。此類指標為產出量與人員車輛數間的關係；

2. 成本效能性

投入的資源多寡造就消費者使用狀況。此類指標為實際消費狀況與營收間的關係。

3. 服務效能性

各單位產出所造就的消費數量。此類指標為產出與消費間的關係。

在此基本架構可再分為投入(公車站牌數、燃油數等)、產出(乘客使用延車公里)與效能(延人公里、載客數量等)，也就是一般營運面的基礎模式，如圖 2-1

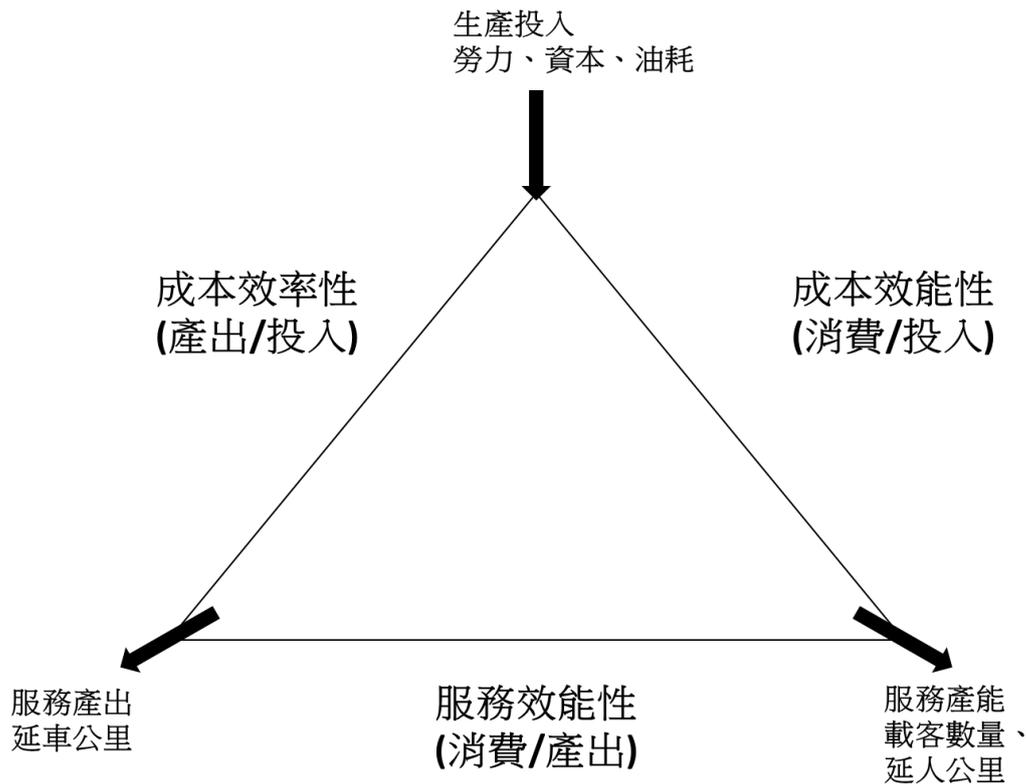


圖 2 - 1 營運績效指標分類圖

參考來源:Fielding(1992)

2. 1. 2 資料包絡分析法(Data Envelopment Analysis, DEA)

資料包絡分析法，最早主要概念與方法是由 Farrell(1957)年所提出邊界生產函數進行衡量，所有有效率的點連結成生產效率前緣(production frontier)，在前緣線以下的點皆是較無效率的生產，且可同時評估各種不同環境之決策效率，根據其基本假設有以下三點

1. 生產前緣(Production Froniter)為所有最有效率單位所構成的曲線，且當單位點在此線下，將導致較無效率的產出；
2. 每增加一單位的投入，將能提供固定單位的產出，即為固定規模報酬；
3. 生產邊界線之斜率皆為負值。

其後至 1978 年 Charnes、Cooper 和 Rhodes 提出 DEA 基本模式 CCR 模式，是一種不需要參數也能進行估計生產效率的方法，常常被用來執行多項投入與產出的生產行為，利用各項觀察值尋找最有效率的評估前緣，若觀察值在此前緣內，則為有效率的生產，反之，則是無效率的生產，因此，DEA 模式是一種相對比較的概念，而非絕對，且將會受到不同的受測單位影響，讓效率有所改變。在交通領域中，DEA 模式常常被用來進行績效評估，也是本篇的研究方法理論基礎，現今已發展多種延伸模式也是我們主要所需要探討的，根據這些模式的基礎了解以便我們建構新模式。

Karlaftis(2004)提出在美國以往公共運具皆是私有的年代，營運者可以根據成本調整收益，然而在 1950、1960 年代時，公共運輸使用量大幅下降，讓政府不得不接手公共運輸系統，並執行大眾運輸進行補貼計畫，在資金有限的情況下，必須要更有效率的使用資金，該篇希望能有效計算機票評估數值，並使用基本 DEA 模式衡量規模經濟，投入的變數為營運員工數、維修員工數、行政人員數、燃油量(加侖/年)、營運總車輛數，產出在效率面為年總車公里，產能為每年總乘客數，多輸出模型則選擇每年的車公里與總乘客數，並使用 goal programming problem 方法衡量規模經濟的問題。

De Borger et al.(2002)蒐集美國 14 家經營公車業務的公司資料，使用 BCC 與 CCR 模式進行分析探討各間公司的營運績效，提出大眾運輸一直是國家的重要基本建設，如何制定票價與管理營運，是非常重要的課題，而問題的關鍵就是如何有效的運用資源與提升生產力與效率，其研究所投入的變數為員工數、尖峰班次數、延車公里，產出則是載客人數，並在結論中提出，在分析結果中，提到有部分的特徵值是無法被解釋的。

Caulfield et al. (2013)在愛爾蘭市中心到機場的交通基礎建設藍圖中，替愛爾蘭考慮了地下捷運、高架捷運與公車捷運系統，為了有效率的分析各種運具的績效指標，同時由於資源、資金稀少的情況，使用了 DEA 模式來確定何種運具是最有效率的方案，並且在文章開頭說明了傳統的成本效益(CBA)分析與多準則(MCA)評估，並指出在進行分析多運具選擇時的限制，CBA 只能衡量可量化的指標，卻無法衡量外部效益，然而，現實中很多情況無法用貨幣衡量，在 MCA 方法中，能同時衡量質化與量化的效益，然而卻無法衡量環境與經濟效益。本篇使用一般 DEA 基本模式中的 Charnes-Cooper-Rhodes (CCR), Banker-Charnes-Cooper (BCC)法，研究中的產出為降低的車旅次數、替代服務使用人數、旅行時間的節省，投出為建設成本、營運成本、與維修成本，最後將整合各評分效率值，進行比較。

表 2 - 1 一般 DEA 模式投入產出變數比較

作者(年)	研究對象	投入變數	產出變數
Karlaftis(2004)	五年間 256 條美國運輸系統	營運員工數、維修員工數、行政人員數、燃油量(加侖/年)、營運總車輛數	每年總乘客數
De Borger et al.(2002)	美國 14 家經營公車業務的公司	員工數、尖峰班次數、延車公里	載客人數
Caulfield et al. (2013)	愛爾蘭機場到市中心之各種運具	建設成本、營運成本、與維修成本	車旅次數減少變動量、替代服務使用人數、旅行時間的節省

2. 1. 3DEA 模式延伸

Hahn et al.(2017)年提出同時考慮了多種變數(效率性、公平性、環境影響等)，並使用多元迴歸分析個變數間的關係來確定合適的變數，迴歸分析後，再將變數做部分調整，並再重新做一次調整過後的迴歸分析，以確定合適變數，用來計算大眾運輸內部性問題，並透過研究結果反應個變數間的相關性，釐清變數間的交互相關性後，並且同時考慮了營運者與使用者兩方面，最後用 network DEA 的方法來建構基本模式，其投入變數為總成本、停靠車站與總車站數比率、汽車使用壓縮天然氣比率等，並將產出分為營運者導向與乘客導向，以營運者導向產出為車公里、旅行速度，乘客導向產出為總乘客數(月)、公平性評估、空氣汙染(月)，透過分析了解乘客與營運者的相互影響，考慮多面特徵，並能提供更全面的運輸績效評估。

圖 2-2 為該篇 DEA 模式之流程圖，結合網路模式進行二階段績效評估，並其中間產出(營運面導向)為車公里(調整過後)與旅行車速，最後產出為(乘客導向)。

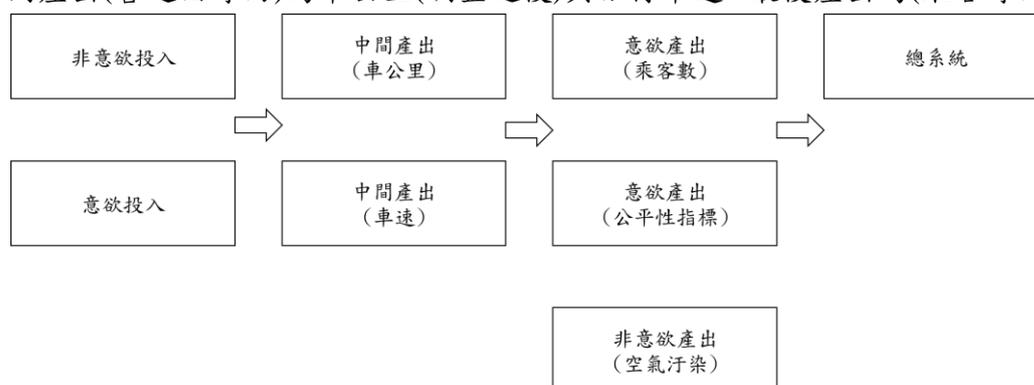


圖 2 - 2 DEA 模式流程圖

資料來源: Hahn et al.(2017)

Sustainability evaluation of rapid routes for buses with a network DEA model

Cui, Q. and Y. Li (2014)年提出使用三階段虛擬邊界 DEA 模式用以改善交通的能源效率，並指出新的三階段 DEA 模式，可以降低非營運因素的影響，例如隨機性與外部性，並且其傳統 DEA 主要三個步驟，首先，執行傳統 DEA 模式，了解各 DMU 的有效性，接著進行 SFA(Stochastic Frontier Analysis)，該模型可以觀察環境因素的影響和隨機性並調整，最後調整過後再次執行 DEA 模式。本篇最後提出了使用虛擬邊界 DEA 模型來計算效率，步驟如下

1. 執行虛擬邊界 DEA 模式
2. 進行 SFA 分析，並將環境和隨機因素納入考慮
3. 最後考量在不受環境影響的情況下獲得效率

其所選擇的投入變數為員工數、投資固定資產、運輸能源消耗量，而產出為貨物轉運量與乘客轉運量。

Kim et al. (2017)在研究中提出公共運輸對於城市居民與通勤者的生活扮演這重要的角色，然而，公共運輸需要花費龐大的資金建造，公共運輸的載客量，是一個良好的大眾運輸指標，韓國政府希望提供一個能夠日常使用且同事具有便宜、有效率、方便性的都市大眾運輸，如何維持營運這將會面臨很大的挑戰，若是提高票價，會造成民眾的反對，若是降低服務品質，也會遭到民眾的投訴，因此，營運商不光是要站在營運角度來評估問題，同時也要站在乘車者的角度來看待事情，最大限度地提高收益，期望達到票價低廉的同時並保持高服務品質和高安全性，因此，客觀績效分析是韓國必須做的，以捷運轉乘巴士效率為主要研究方式，大眾選用的投入變數包含中轉站大小(m²)、營運成本(USD/year)、員工數目、地鐵乘載量(carriage/day)，而 OUTPUT 變數則考慮了轉乘安全，並使用平均轉乘人數所花的平均轉乘時間(people/day)、平均旅行時間 (minutes)為產出變數，該研究中捷運乘載量用來替代公車的乘載量是非常直觀的，且轉乘的安全是需要被考慮的，該篇文獻使用 bootstrap DEA method 的方法，其方法是利用傳統線性 DEA 模式計算績效分數，建構隨機樣本應用在核密度中，設計偽資料集以 bootstrap 演算法計算各個 DMU 效率值，重複試驗多次得到信心區間。

Kang et al. (2017).使用 SBM 模式並利用非意欲產出來處理空氣汙染量(CO、NO 等)，其選用 5 年 12 個公共汽車業者為 DMU，共 60 筆資料進行分析，透過該研究，可了解非意欲產出與意欲產出間的分析結果，該篇文章更透過分析結果提出改善公共汽車運輸系統運行性能的促進策略。

Kang et al. (2019).提出一個兩階段網絡績效評估模型，該模型探討了效率與效能，並同時考慮了交通運輸的不可儲存性，將 5 年 14 間公車業者的資料作為其模式的 DMU，也將環境指標納入考量，並在結論中說明，績效值將會受到非意欲產出的影響，且未來可以投入如服務品質、等待時間、事故等指標進行績效衡量。

Zhao et al.(2011)文中提出了四個構面衡量績效之方法，利用 network DEA 結合 SBM 模式，進行對於環境、社會、經濟以及營運績效分析，除了一般的營運績效萬，在文章中所提出的環境指標為汙染量，社會指標則有交通意外、意外致死率、和運輸可及性，最後的經濟指標，則提出了旅行成本作為經濟的指標，使用各面向的指標，透過使用計算非意欲產出的 SBM Network DEA 模式來進行績效評估，總共選擇了 28 個 DMU 來進行績效評估。

廖勝裕(民 99)應用 SBM-DEA 三階段模式評估都市客運營運路線績效，並提出再都市快速發展下，運輸部門所製造的碳排放量日益增加，同時機車的持有比率持續上升，導致客運業者面臨同業競爭與成本增加的雙重壓力，希望從成本效率與服務效果面尋找改善方向，並提升客運服務水準，以獲得永續經營。該篇研究中將投入三個變數，營業車數、營運路線許可里程、耗油量、延車公里，並得到產出為行駛次數、二氧化碳排放量，營運項目則分為營運收入、延人公里、載客人數等，此方法總共分為三階段，首先運用基本 DEA 模式利用投入與產出獲得績效評估，第二，用隨機生產邊界法排除環境變數與統計誤差，最後再將調整

過後的投入與產出，放入 DEA 模式進行重新評估。該文獻的其中一項為建議淘汰老舊車輛，並更換新型車種，降低污染與同時服務弱勢族群。

廖柏瑞(2014)提出考慮空氣污染排放量與轉乘情況，並使用兩階段方向性距離函數進行市區公車績效評估，該篇文獻中蒐集 12 家公車業者營運資料，使用方向距離函數將公車與捷運轉乘人數進行區分，同時考慮環境敏感指標的課題，加入考慮環境外部性效益，以及其將會影響業者績效程度，並在結論中提出未來可以針對更多間業者，更多年的資料進行課題研究與分析。

表 2 - 2 DEA 模式延伸表

作者(年)	研究對象	研究方法	投入變數	產出變數
Hahn et al. (2017)	110 條快速公車路線	網路 DEA 模式(network DEA)	總成本、停靠車站與總車站數比率、汽車使用壓縮天然氣比率	車公里、旅行速度 總乘客數(月)、公平性評估、空氣污染(月)
Cui, Q. and Y. Li (2014)	中國 30 個行政區	三階段虛擬邊界 DEA	員工數、投資固定資產、運輸能源消耗量	貨物轉運量與乘客轉運量
Kang et al. (2019).	5 年 12 個公車業者	SBM-DEA 模式	員工數、車輛數、油耗量	乘客數、客座公里、車公里
Kang et al. (2017).	5 年 12 個公車業者	兩階段網路模式	員工數、車輛數、油耗量	CO ₂ 、車公里、乘客數、人公里、轉乘客數
Zhao et al.(2011)	28 個營運場警	SBM Network DEA	油耗、旅行時間、	碳排放、收入、車公里、人公里
廖勝裕(民 99)	O 五家客運業，其中包含 38 條路線	SBM-DEA 三階段模式	營業車數、營運路線許可里程、耗油量、延車公里	行駛次數、二氧化碳排放量、營運收入、延人公里、載客人數
廖柏瑞(民 103)	四年 14 個市區公車業者	DEA 結合 DDF	員工、車輛數、油耗數	碳排放、車公里、人公里、旅客數

2.2 交通運輸永續服務

在交通運輸中，永續運輸的研究是目前各國政府討論最熱切的議題之一，相關的文獻回顧能讓交通運輸服務更全面，同時對於永續性有更深入的了解，並希望透過了解文獻中的永續運輸，選擇出永續指標，最後將其放入本研究之模式中，建立新的構面。

2.2.1 永續運輸相關文獻

Tang and Lo(2008)說明在香港交通發展在近幾年來，一直發展狀況良好，然而當地運輸十分依賴當前政策與區域發展，為了提高公共運具的運輸需求，與控制私有運具數量的成長，解決香港道路壅擠的現象，並提出改善交通運具永續性的服務，並在最後說明總線與鐵路這兩種模式之間的運行效率值得進一步研究，且目前應該多加考慮運輸永續與可及性的問題。根據當時的經濟和社會條情形來確定運輸政策，並用與之相符投資運輸基礎設施，以確保這些服務的可行性和可持續性。

Sampaio(2008)使用 DEA 模式探討永續運輸政策的應用，同是為了減少交通對於環境的衝擊，因為交通運輸的發展往往伴隨著環境的破壞，為了提出兩者的平衡政策，根據已開發城市或是開方中城市，而提出了一個新的 environmental efficiency (EE) model 模型，並透過 DEA 中成本效率模型，來衡量能源消耗的效率，來分別提供各城市擁有可行運輸服務的情況下，能源消耗的目標。

ShiauandJhang(2010) 使用 DEA 模式結合約略集合理論(rough set theory, RST) 將永續性指標分為廣義的五個效率指標，分別為成本效率、成本效能、服務有效性等，在結論中建議，未來永續的議題仍需被研究，且建議未來使用 3~5 年的資料來進一步測量永續性。

Litman and Burwell, (2006)文章中提出永續指標，分為經濟、社會、環境，其中環境指標可計算的有空氣汙染量、噪音汙染量等，社會指標有公平性、可負擔性，經濟性有運輸可及性為指標。

在 Sustainable Transportation Indicators Subcommittee(2019)中，也將永續指標分為經濟、社會、環境，其中經濟指標包含當地基礎建設發展、營運效率等，社會性指標包含公平性與安全性等，環境指標則有汙染量與生物多樣性的保護等。

Kang(2019)文中，在投入項目使用一般的文獻中的人、車、油耗，將產出項增加了空氣汙染量來當作資料包絡分析中的環境指標，本篇文獻利用 12 個 DMU 五年的公車資料來進行績效評估，結果顯示二氧化碳汙染量和機車騎士的轉移是相當重要變數，並說明該篇所使用的方法未來能用以衡量公共運輸永續性，此外其在建議中提出未來能增加社會變數，例如總人口、事故、汽機車持有率等變數，以進行更全面的績效評估，而非僅僅關心市場的產出效能。

Todd Litman(2006)文中根據 Sustainable transportation indicators 提出永續運輸的簡單指標，其中永續指標包含污染量的減少，機動車輛的使用公里減少，交通事故與死亡減少，公共運輸的使用量增加等，但是，過於簡單的指標可能無法提供有效的規劃指導。可能會忽略一些重要影響，例如社區與地區特性、公平性等指標。

謝尹甄(2011)文中提出處理公車非意欲產出之績效方法，並探討非意欲產出對於績效分析結果之影響，將運輸服務的污染排放的外部成本內部化成非意欲產出，並選擇台北民營 14 間業者作為 DMU 進行測量，用以探討公車營運非意欲產出績效之影響，該論文的結果中顯示，若是將非意欲產出納入考量，將會影響到效率值，且會降低效率值。

廖柏瑞(2014)提出考慮空氣污染排放量與轉乘情況，並使用兩階段方向性距離函數來進行市區公車績效評估，該文獻使用方向距離函數 DEA 模式，並根據行政院環保署的柴油車輛檢測標準，進行各業者污染量的計算，此外，設定環境敏感變數為自捷運轉乘至公車之旅客，其中選定的非意欲產出為空氣污染量，透過求解生產效率、服務效能與營運效能來進行模式分析。

由以上文獻，可以了解各文獻如何處理永續性的環境指標，透過將環境指標做非意欲產出的變數處理，並根據分析結果了解在探討營運績效時，可以同時反映營運期間對於環境所造成的污染，若是要有效的對於交通運輸進行永續性評估，可以參考文獻中所使用的指標，將環境指標納入考量，否則將會造成污染無法反映在績效值的情況，進而產生高估績效值的結果。

—

2. 2. 2 環境指標污染量之計算

參考 IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change)1996 年發表運具碳排放量之計算方法，同時參考 Singh et al.,2008，Liao et al., 2009，Sudhir, 2014 等人的文獻，可以計算出市區公車營運所造成空氣污染量，該公式如以下

$$\begin{aligned} &CO_x、NO_x、HC、PM_{10}(emission \text{ 噸}) \\ &= \text{燃油消耗量} \times NCV \left(\frac{TJ}{kt} \right) \times \text{各排放量指標係數} \end{aligned}$$

其中 NCV 為燃油熱當量，單位 K 為常數，t 為溫度，此外 T 為常數，J 為焦耳，而 CO_x 、 NO_x 、 HC 等的排放係數分別為 1000、800、24，由於本篇研究對象為市區公車，故採用柴油的熱當量值，用於將燃油質量轉為熱量單位，透過計算污染量可以作為環境永續指標，本篇研究最後將會把這些污染量做為非意欲產出項目，用以衡量環境績效。

2.3 安全指標之計算

Mihyeon Jeon, C.(2005)文章中寫出衡量永續性指標是一個重要的議題，其中該文章透過整理文獻，將永續指標分為環境、經濟、社會面向，其中社會面的績效指標也提到了輕重傷人數、死亡人數等指標，交通事故所產生的成本也是其中之一，且在結論提到，需要有個監督機關可以衡量營運的有效性及營運系統對於永續的影響。

Banister, D.文章中在永續社會指標中，提出了 10 項永續指標，其中的第四項，道路安全指標是需要被重視的社會議題，雖然在近年來交通意外逐漸下降，但意外仍然造成非常高的成本，此外在社會方面，提到交通可及性的提升，可以進而降低私有運具的持有與使用，並在結論中說明永續運輸需要持續地發展，且需要透過政府的努力，實現永續運輸的願景。

Transportation Research Board Annual Meeting(2009)的整理文獻中，該篇文獻的永續社會指標，其中指標包含了交通事故所造成的影響、運輸可及性、公平性等，其中的目前可及性及公平性尚無法做為績效指標使用，最後本研究將交通事故造成的影響納入績效考量。

根據文獻，交通安全最容易與肇事與輕重傷做連結，由於，輕重傷或死亡資料並非量化指標，且無法直觀判斷對營運績效所造成的影響，因此，難以直接當作指標來運用，故將輕重傷資料改為平均賠償金額計算，根據汽車運輸業行車事故損害賠償金額及醫藥補助費發給辦法，其辦法根據公路法第六十四條第三項規定，其賠償金額標準如下

- 一、死亡者，最高金額新臺幣二百五十萬元。
- 二、重傷者，最高金額新臺幣一百四十萬元。
- 三、非重傷者，最高金額新臺幣四十萬元。

本篇將依據此辦法將傷亡情況轉換成平均賠償金額，用以安全指標。

第三章 研究方法

3.1 研究架構

本研究架構如圖 3 - 1 所示，根據文獻回顧，研究架構首先將會先進行簡單敘述性統計，確定個變數間的相關性，並確立適合分析的變數，確立好變數後，再根據變數執行基本營運 DEA 模式，基本簡介客運業四個基本面項後，加入網路模式進行二階段評估，最後建立金字塔績效評估，比較個別模式之間的差異，並於最後提出最佳評估。

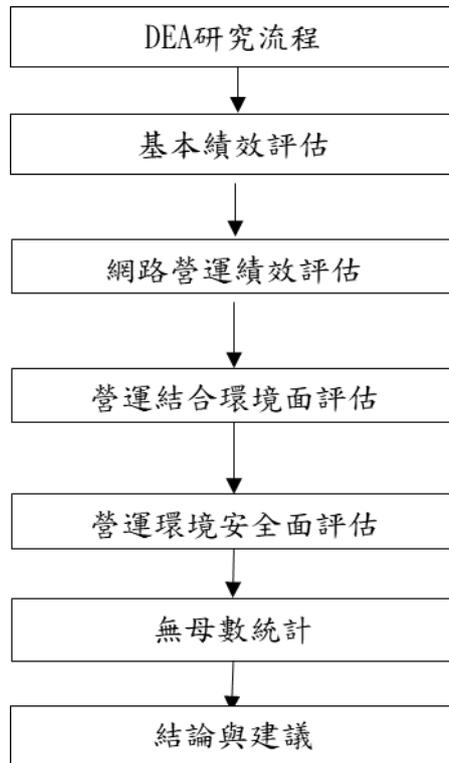


圖 3 - 1 研究架構圖

資料來源:本篇研究

3.2 分析方法

3.2.1 資料包絡網路模式結合永續觀念

本研究之目的在於實證一個績效評估分析模式，以政府的觀點對於業者做績效評估，建立客運業者最有效率的營運方式，同時具有社會公平正義、環保永續、經濟的績效，並執行相關措施已增進或改善各面向之效率。然而本研究著重於提出一個分析各個面向的方法，以應對不同交通情況時之不同應變措施，進而改善各面向之運輸績效，並依此結果提供業者選擇各面營運計畫之資源分配。

3.2.2 資料包絡分析法(Data Envelopment Analysis,DEA)

本研究將使用 DEA 為基礎模式進行效率評估，該方法是由 Farrell 首先於 1957 年提出，且預設生產函數並非預設，並可以同時處理多元產出與多項投入地研究分析，其基本概念是由技術效率概念發展而成的數學規劃模式，並將其所得分析出的效率值與各變數之訊息加以統整，由文獻與參考資料可知，馮正民(民 93)DEA 基本模式中的 CCR 模式是在由德州大學的 Charnes 與 Cooper 與 Rhodes 等人在 1978 年提出的一種分析方法。以及 Banker、Charnes、Cooper 等人提出的基本 BCC 模式，其兩個模式差異為是否固定規模報酬，任何研究方法皆有其條件與限制，近年來基本 DEA 模式也有了個多的延伸與發展，此外，在本篇初步研究中，需先將四個面各自做評估分析，並在得知結果之後再做進一步分析，以讓之後的模式分析提供基本資訊並進行比對。

1. CCR 模式

一般基礎 CCR 模式，最初是由柏拉圖最適解概念結合數學規劃來衡量最有效率之邊界，生產理論中利用數學函數來定義生產結構，並透過由固定規模報酬所進行的評估分析，利用虛擬乘數(virtual multiplier)處理多項投入與多項產出的情形，透過加權使結果成為單一投入與單一產出的比較，此方法中各生產集合的邊界點，是根據實際各單位資料，這些實際單位資料一般稱為決策單位(DMU)，每項生產製程中皆有一條最有效率邊界線，視為最佳效率線，其最大比較值為 1，表示再固定的投入與產出組合中，無法再做出更進一步地資源分配以達到更多的產出或減少投入，當決策單位落在最有效率邊界線上時，稱為柏拉圖最適單位(pareto optimum unit)，且其為相對效率值為 1，而且其他決策單位可以跟該生產投入之柏拉圖最適單位作比較，若是該決策單

位效率值小於 1，則表示該營運模式中，固定投入能獲得比實際更多的產出，或是固定產出時能使用較少的資源投入，根據分析的需求可以分為投入導向(input-oriented)與產出導向(output-oriented)，各單位效率值之計算，皆是依照柏拉圖最適點比較是否有無效率之單位點。

柏拉圖最適化及是指資源以達到最適當的分配，在無外力因素介入下，已無法提高其產出或降低投入成本，在 CCR 模式分析中即是建立一條柏拉圖最適生產線，該線上任意點效率值皆為 1，若是決策單位落於線上，則稱為柏拉圖最適點，但是此概念基礎為相對比較值，所以比較出的結果為相對效率(relative efficiency)，而非絕對效率(absolute efficiency)，計算個別生產技術之技術效率(technical efficiency, TE)方法則如下式

$$\begin{aligned} \text{Max } TE_j &= \frac{\sum_{n=1}^N U_n Y_{nj}}{\sum_{m=1}^M V_m X_{mj}} \\ \text{s. t.} \\ \frac{\sum_{n=1}^N U_n Y_{nj}}{\sum_{m=1}^M V_m X_{mj}} &\leq 1, \\ j &= 1, 2, \dots, J \\ U_n &\geq 0, n = 1, 2, \dots, N \\ V_m &\geq 0, m = 1, 2, \dots, M \end{aligned} \quad (3.1)$$

其中變數 j 表示 DMU 之數量、變數 n 表示產出要素之數量、變數 m 表示產出要素之數量， U_n 為第 n 個產出項目的虛擬乘數， V_m 為第 m 個投入項目的虛擬乘數，

上述模式是非線性模式，為了利於分析，研究進一步將此 CCR 模式修正為線性模式：

$$\begin{aligned} \text{Max } TE_j &= \sum_{n=1}^N U_n Y_{nj} \\ \text{s. t.} \\ \sum_{m=1}^M V_m X_{mj} &= 1 \\ \sum_{n=1}^N U_n Y_{nj} - \sum_{m=1}^M V_m X_{mj} &\leq 0 \\ U_n &\geq 0 \\ V_m &\geq 0 \end{aligned} \quad (3.2)$$

2. BCC 模式

CCR 模式基本假設為固定規模報酬。由 Banker、Charnes 與 Cooper(1984) 三人提出的 BCC 模式就是為了解決此限制，並藉由純技術效率值是可以被衡量的概念，規模效率值也可以透過技術效率值及純技術效率值來進行衡量。並發展出一套新的理論，純技術效率(pure technical efficiency, PTE)與規模效率(scale efficiency)之乘積為技術效率。在 CCR 模式發展後加以延伸便是 BCC 模式，此模式中的生產技術滿足生產曲線凸向上的原則，且依據變動規模水平限制條件要求，可進一步確認其衡量的技術效率是否可以忽略規模效果。

$$\begin{aligned} \text{Min PTE} &= \theta_0 - \varepsilon \left(\sum_{m=1}^M S^- + \sum_{n=1}^N S^+ \right) \\ \text{s.t.} \\ &\sum_{r=1}^R \lambda_r X_{r,m} - \theta X_{jm} + S^- = 0 \\ &\sum_{r=1}^R \lambda_r Y_{r,n} - S^+ = Y_{u,n} \\ &\sum_{r=1}^R \lambda_r = 1 \\ &\lambda_r, S^-, S^+ \geq 0 \end{aligned} \quad (3.3)$$

S^- 為投入項目之差額變數、 S^+ 為產出項目之差額變數， ε 一為極小值

若是能夠將計算 CCR 模式的技術效率值除以 BCC 模式計算出的純技術效率值，即可得出該決策單位之規模效率，如下式子

$$\text{技術效率} = \text{規模效率} \times \text{純技術效率} \quad (3.4)$$

3. 2. 3 網路模式(Network Data Evelopment Analysis,NDEA)

參考 Kao(2014)的文章，使用網路 DEA 模式，並提出由於以往傳統 DEA 模式只能評估相對績效值，且對於內部性，無法衡量，因此使用網路 DEA 模式來探

索新的領域，此方法是能將許多內部性複雜的情況，或是分析方法須被分成兩個以上，甚至是一系列組織結合，並運用 DEA 技術，進行網絡結構的系統之分析，網路模式是根據兩階段結構為基礎，如圖 3 - 2，

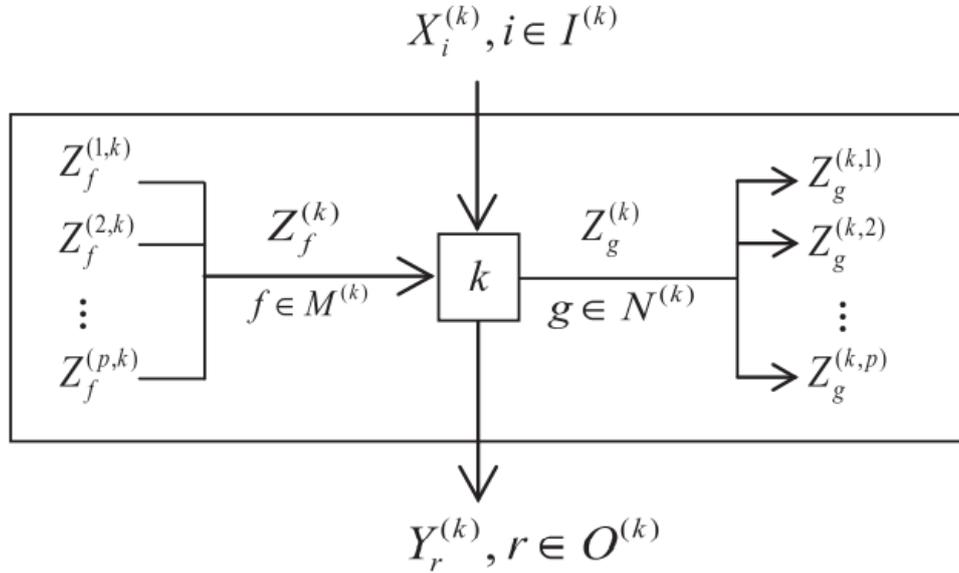


圖 3 - 2 網路基本模式

參考資料: Kao(2014)

圖中 Z_f 為起始投入項， X 為中間投入項， Y 為中間產出項， Z_g 為最終產出項，基礎網路模式的基本概念為，使用初期投入得到中期產出，並利用中期產出當為最後投入已獲得最後產出，其基本模式如下_

Min θ

S.t.

$$\sum_{j=1}^n X_{ji}^{(k)} \lambda_j^{(k)} + S_i^{- (k)} = X_{i0}^k \theta, i \in I^{(k)}, k = 1, \dots, p \quad (3.4)$$

$$\sum_{j=1}^n Y_{rj}^{(k)} \lambda_j^{(k)} - S_r^{+ (k)} = Y_{r0}^k, r \in O^{(k)}, k = 1, \dots, p$$

$$\sum_{j=1}^n Z_{fj}^{(k)} \lambda_j^{(k)} + S_f^{o(k)} = Z_{f0}^k, f \in M^{(k)}, k = 1, \dots, p$$

$$\sum_{j=1}^n Z_{gj}^{(k)} \lambda_j^{(k)} - S_g^{o(k)} = Z_{g0}^k, g \in N^{(k)}, k = 1, \dots, p$$

$$S_i^{- (k)}, S_i^{+ (k)}, S_f^{o(k)}, S_g^{o(k)}, \lambda_j^{(k)} \geq 0, j = 1, \dots, n, k = 1, \dots, p$$

$$\lambda_j^c \geq 0, \forall c$$

3. 2. 4 SBM (Slacks-based Measure)模式

根據 Tone(2001)年所提出的 SBM 基本模式，可以得知 SBM 模式可以同時處理 N 個 DMU，並且在假設投入與產出項目皆為正數時，在經濟面導入成本與價格的限制概念，透過限制兩種變量，增加產出或是減少投入的基本概念的結合，可以更接近現實，並且處理傳統 DEA 模式無法處理的問題，其模式需要滿足以下三個假設

- 一、單位一致性:各個受測單位(DMU)須一致
- 二、單調性: 在輸入和輸出的每個鬆弛中，都應該是單調遞減的
- 三、相關參考集:決策決定應透過相關 DMU 的參考集來確定

其基本生產可能集合可定義為 P

$$P = \{(x, y) | x \geq X\lambda, y \leq Y\lambda, \lambda \geq 0\}$$

並透過 SBM 模式，可以將 DMU 以下列式子做表達，

$$X_0 = X\lambda + s^-$$

$$Y_0 = Y\lambda + s^+$$

S^- 為投入項目之差額變數、 S^+ 為產出項目之差額變數，其中 ρ 為其目標式，且 ρ 值介於 0 到 1， $0 < \rho < 1$ ，X 為投入變數，Y 為產出變數

Min

$$\rho = \frac{1 - 1/m \sum_{i=1}^m s_i^- / x_{io}}{1 + 1/s \sum_{r=1}^s s_r^+ / y_{ro}} \quad (3.5)$$

Subject to

$$X_0 = X\lambda + s^-$$

$$Y_0 = Y\lambda - s^+$$

$$\lambda \geq 0, s^+ \geq 0, s^- \geq 0$$

由於此 SBM 模式為非線性，難以進行計算，因此將變數重新定義為以下

$$S^- = ts^-, S^+ = ts^+, A = t\lambda$$

並將模式轉為線性模式，t 為一乘數， S^+ 、 S^- 和 A (矩陣符號)

$$\rho = \min(t - 1/m \sum_{i=1}^m \frac{s_i^-}{x_{io}})$$

Subject to

$$1 = t + 1/s \sum_{i=1}^m \frac{s_r^+}{y_{ro}} \quad (3.6)$$

$$tX_0 = XA + S^-$$

$$tY_0 = YA - S^+$$

$$A \geq 0, S^+ \geq 0, S^- \geq 0, t \geq 0$$

由上式的最適解可判斷一決策單位是否具有 SBM 效率，亦即當 ρ 為 1 時(若 S^- 和 S^+ 皆為 0 時)，則該決策單位具有效率，且無任何投入差額及產出差額存在，而若是不具 SBM 效率之決策單位，可藉由減少投入過剩的數量與增加產出短缺的數量作出改善，以達到最適效率。

3.2.5 網路 SBM 模式

模式可以參考如 Tone(2009)所提出的 SBM-network DEA 模式可以同時處理 n 個 DMU 且結合 k 個構面，其中 N_k 與 M_k 分別代表投入變數與產出變數，非導向 NSBM 模式如下

$$\rho_0 = \min \frac{\sum_{k=1}^K w^k \left\{ 1 - \frac{1}{N_k} \left(\sum_{n=1}^{N_k} \frac{s_{no}^{k-}}{x_{no}^k} \right) \right\}}{\sum_{k=1}^K w^k \left\{ 1 + \frac{1}{M_k} \left(\sum_{m=1}^{M_k} \frac{s_{no}^{k+}}{y_{no}^k} \right) \right\}}$$

s.t

$$x_0^k = \sum_{j=1}^J x_j^k \lambda_j^k + s_{no}^{k-} \quad (k = 1, \dots, K ; j = 1, 2, \dots ; n = 1, 2, \dots, N) \quad (3.7)$$

$$y_0^k = \sum_{j=1}^J y_j^k \lambda_j^k - s_{no}^{k+} \quad (k = 1, \dots, K ; j = 1, 2, \dots ; m = 1, 2, \dots, M)$$

$$Z_o^{(k,h)} = \sum_{j=1}^J z_j^{(k,h)} \lambda_j^h (\forall (k, h))$$

$$Z_o^{(k,h)} = \sum_{j=1}^J z_j^{(k,h)} \lambda_j^k (\forall (k, h))$$

$$Z_o^{(k,h)} = \sum_{j=1}^J z_j^{(k,h)} \lambda_j^h (\forall (k, h))$$

$$\sum_{j=1}^J \lambda_j^k = 1 (\forall k), \lambda_j^k \geq 0 (\forall j, k)$$

$$\sum_{j=1}^k w^k = 1, w^k \geq 0 (\forall k) ; s_{no}^{k-} \geq 0 ; s_{mo}^{k+} \geq 0$$

s_{no}^{k-} 為投入項目之差額變數、 s_{mo}^{k+} 為產出項目之差額變數，X 為投入變數，Y 為產出變數，Z 為連結方式(FIX 或是 FREE)

傳統 DEA 模式，僅能做一般營運績效評估，本文使用網路 DEA 模式將績效分為生產與服務兩個階段，為了探討運輸永續性，將非意欲產出(環境指標及安全指標)納入變數考量，根據 YU(2009)中所指出交通運輸具有不可儲存的特性，將兩階段的中間項目設定為延車公里與客座公里，藉此更進一步地了解生產效率與服務效能的變化，此外為了確認是否有投入過度與產出短缺的情形，因此加入 SBM 模式作探討，進一步了解相對績效值較差的 DMU，應如何改進以達到最適績效。

3.2.6 網路模式結合永續概念架構

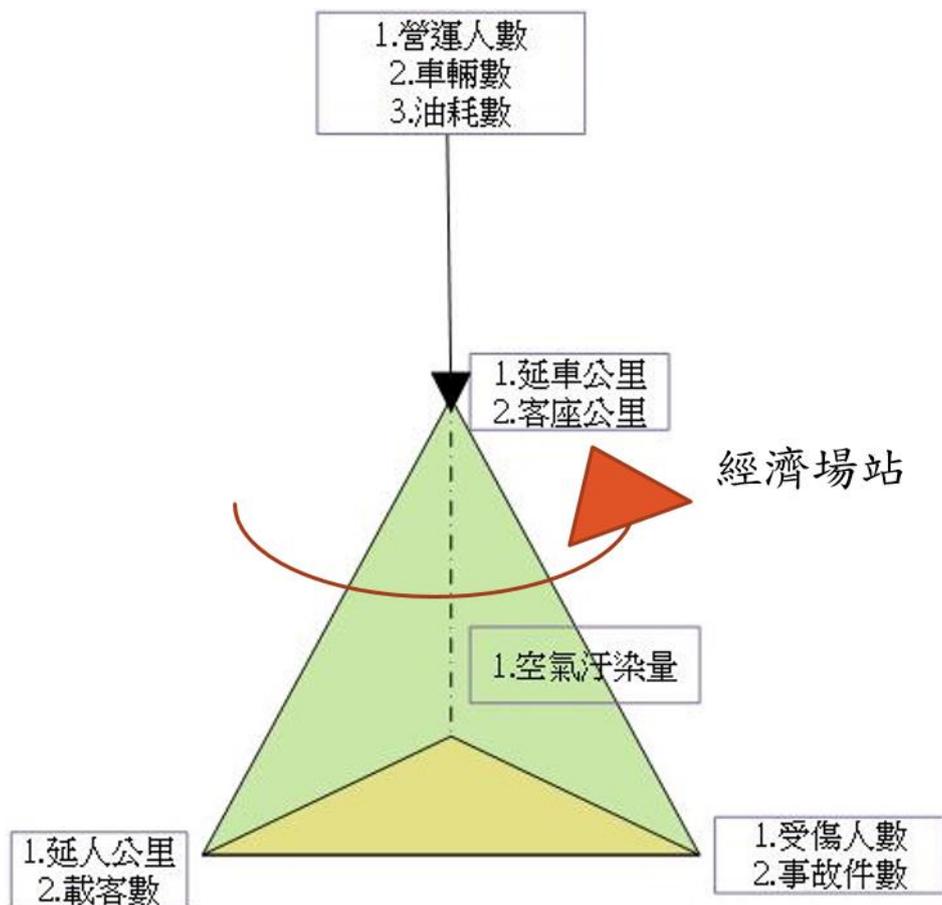


圖 3 - 3 金字塔績效評估圖

資料來源:本篇研究

永續議題即包含永續 3E，分別是環境(Environment)、社會(social Equity)、經濟(Economic)，若要落實營運結合永續，則與其他三個面向密不可分，所有層面都是以營運面為基礎，由於營運是各家業者生存的命脈，也是其獲利的關鍵，若是沒有營運，也不會造成汙染、不會造成事故或意外、甚至也不會影響經濟，故當營運面與其他面的效率有衝突時，應該需要首先穩定營運，其後才追求各面向，因此，在分析各面向時，皆同時需要包含營運面指標做分析，然而在交通領域過去研究中，雖然對於永續議題都非常重視，卻少有文獻提及永續績效評估，其中的三個面向更是只有環境面在近幾年有被人作出相關文獻，社會面與經濟面則無文獻可考，因此本篇目前以能蒐集到的資料，提出社會安全面以及經濟場站面的指標作為基礎架構，若是未來有更詳細的資料，或是更好的指標能再加以改善。

在 YU(2009)的文章中提出了交通運輸的不可儲存特性，因此中間產出選擇客座公里與車公里(Y. Zhao et al(2011)、Kang et al., (2017)、廖柏瑞(2014))，起始投入對應到中間產出後，再根據考慮不同指標產生最終績效值，在營運效能指標方面，選擇人公里(Kang et al., (2017)、Zhao et al(2011)等)、乘客數(Kang et al., (2017)、Y. Zhao et al(2011)等)，而在環境指標則選擇空氣汙染量做為非意欲產出指標(Kang et al., (2017)、謝尹甄(2011)、廖柏瑞(2014)等)，而社會安全指標選擇肇事次數與輕重傷死亡人數作為指標，其中輕重傷人數與死亡人數，根據交通法規賠償法的條例，將以各級別平均賠償金額作為社會安全指標，為了讓營運績效更為全面，本文新增共同考量了環境與安全指標之分析結果。

根據圖 3 - 3 可了解，本篇的在基礎模式架構下，以網路模式為基礎，投入項變數為人、車輛數、油耗量等，解釋變數中的人為該公司員工，車輛則是業者所擁有的各種車種，不論是汰舊換新的一般柴油車、或是新科技的電動公車等，皆屬於車輛的範疇，在現實營運中，油耗量則是運輸產業中最重要成本項目之一，運輸產業時常根據油價的變動，導致其生產是否有效率或是能否提高其效能的關鍵因素，然而，正如本篇研究目的所提到，希望建構一個更加全面的模式，故此模式包含四個面向，分別是營運績效面、永續能源面、經濟效益面與社會安全面，營運績效面是由生產效率與營運服務效能所構成，永續能源面是由生產效率與永續服務效能所構成，社會安全面則是透過生產效率與社會安全效能結合而成，最後的經濟公平面則是生產效率與場站經濟服務效能所建立而成的，且其為外部因素，在社會現實營運中，常常會聽到當營運同時具有生產效率與營運效能時，可能就會捨棄掉其他面向效率或效能，為了讓營運者能更加全面的分析該公司所欠缺的效率，並全面地提高各面向之效率與效能，在下面文中，會再針對個別面項作更加仔細的說明。

由於若四個面同時探討可能導致模式過於複雜，故本篇研究決定首先對於營運面與永續環境面做網路二階段模式來探討，並在最後新增社會安全指標進行評估，然而，運輸經濟指標仍有不足之處，故本研究將先不做探討，並希望能在文中最後提供此金字塔評估績效圖，給之後學者對於交通運輸績效作更全面性的評估研究，並期許未來客運運輸業能更妥善的營運，讓各績效全面提升。

1. 廠商營運面

本層面請參考圖 3-4，營運面是目前交通運輸中，最常被探討的面項，在投入項中是人、車、油耗，而本層面最主要希望探討公司營運績效，以往營運目標皆是降低生產成本，並期望利潤最大化，此面是各間業者所需探討最基礎的面項，也是營運業者是否能獲取利潤的主要面項，更是大部分文獻中所探討的績效，本篇參考文獻對於生產效率，使用延車公里與客座公里作為中間產出來衡量，其中指標客座公里為可用的座位數和運具行駛公里數的乘積，並將乘客總量與乘客延人公里指標用以衡量營運服務效能，並增加一般車站數為中間投入，最終產出延人公里與載客數，分析示意圖可以參考圖 3-5，根據效率與效能決定營運面之績效。營運面是整間公司的命脈，若是績效低弱，將會導致各項營運出現問題，甚至是面臨倒閉的危機，唯有良好的營運面績效值，才能再更進一步，提供顧客更好的服務品質。

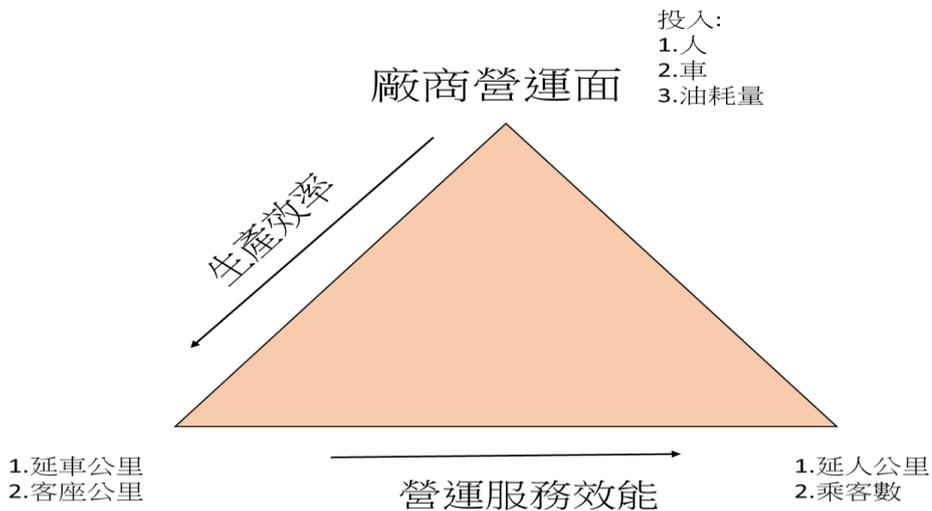
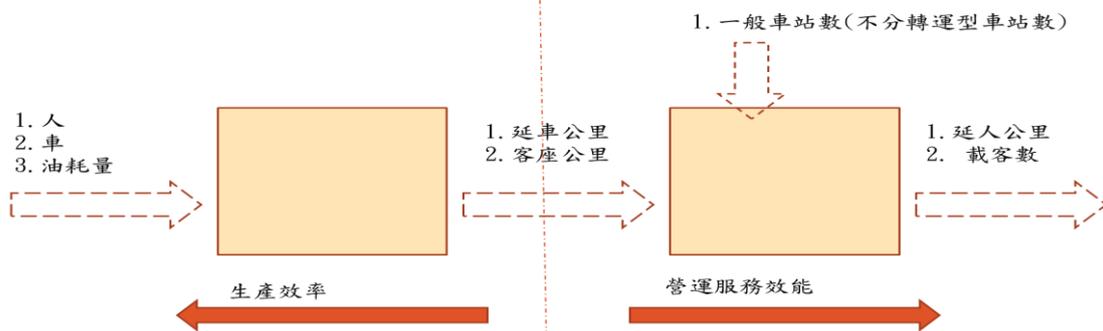


圖 3 - 4 營運面績效圖



資料來源:本篇整理

圖 3 - 5 營運績效示意圖

2.永續環境面

隨著地球暖化現象的加劇，讓全世界日益重視環保永續的概念，對於永續環境的友善也是目前所被重視的議題之一，交通運具使用中所產生的二氧化碳排放與空氣汙染，會破壞地球環境以及空氣品質，為了提高人民生活空間的舒適度，永續面也勢必成為未來所需被衡量的指標之一，本篇將基本營運績效新增了永續面的汙染指標績效評估設定參考如圖 3 - 6、圖 3 - 7，提出本層面期許針對目前全球暖化議題所評估的績效進行探討與分析，在投入項中選擇人、車、油耗量，利用延車公里、客座公里來衡量能源生產效率，並透過乘客數、延人工里、碳排放量與空氣汙染量(NO，SO 等等)來衡量永續效能，其中汙染量的計算公式，依照文獻回顧可以得出以下公式，

$$Q = \text{燃油消耗量} \times \text{NCV} \left(\frac{TJ}{kt} \right) \times I (\text{各排放量指標係數}) \quad \text{編號??}$$

其中 Q 為計算之後所排的空氣汙染量，NCV 為燃料使用的熱當量效率，I 則為空氣汙染量的比例係數(NO、SO、CO)，透過計算排放的汙染量績效，可以衡量永續效能替環境降低汙染與負擔。

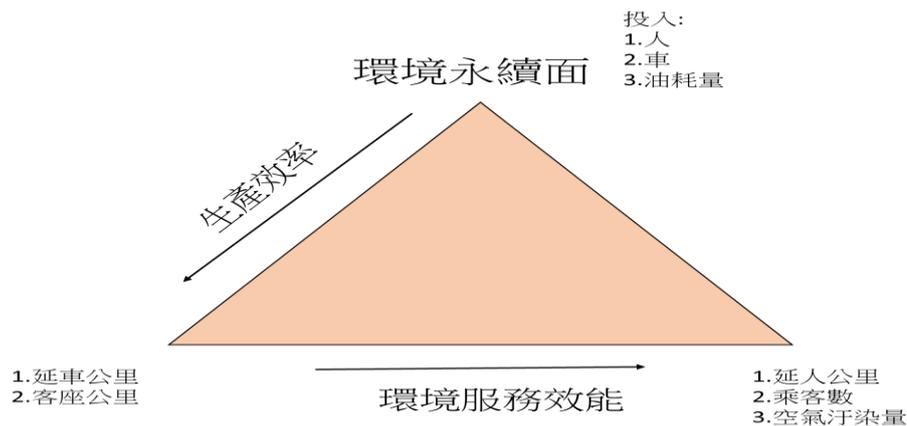


圖 3 - 6 永續面績效圖

資料來源:本篇研究

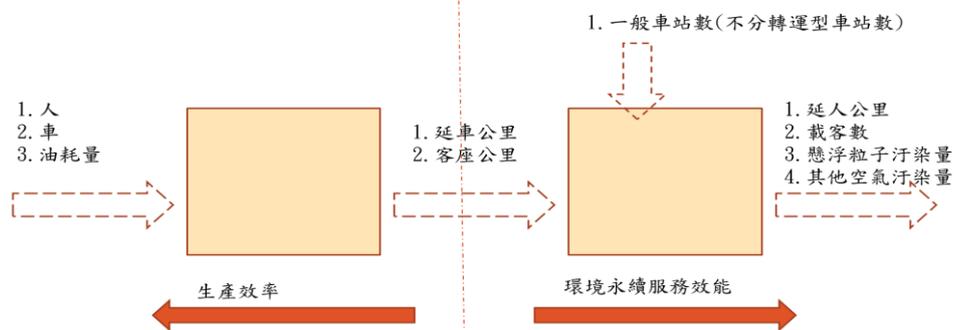


圖 3 - 7 環境面結合營運示意圖

3. 社會公平面

本層面請參考如圖 3 - 8、圖 3 - 9，本圖是為了評估台灣交通安全事故所作的績效評估，並選擇人、車、油耗為投入變數，而生產效率則是藉由延車公里、客座公里來做評估，另外對於社會公平效能，並增加一般車站數為中間投入，最後選擇了使用肇事次數與受傷意外賠償金額指標做社會安全效能評估，評估此方面是期望交通運輸能達到社會安全正義，讓交通安全績效也被評估，才能了解更加全面的營運狀況。

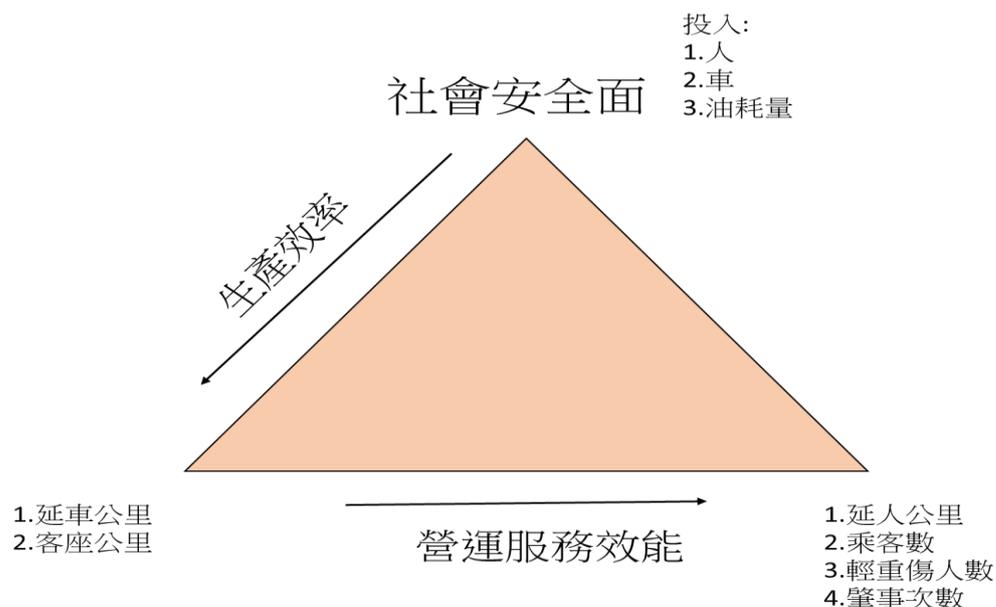


圖 3 - 8 社會公平面

資料來源:本篇研究

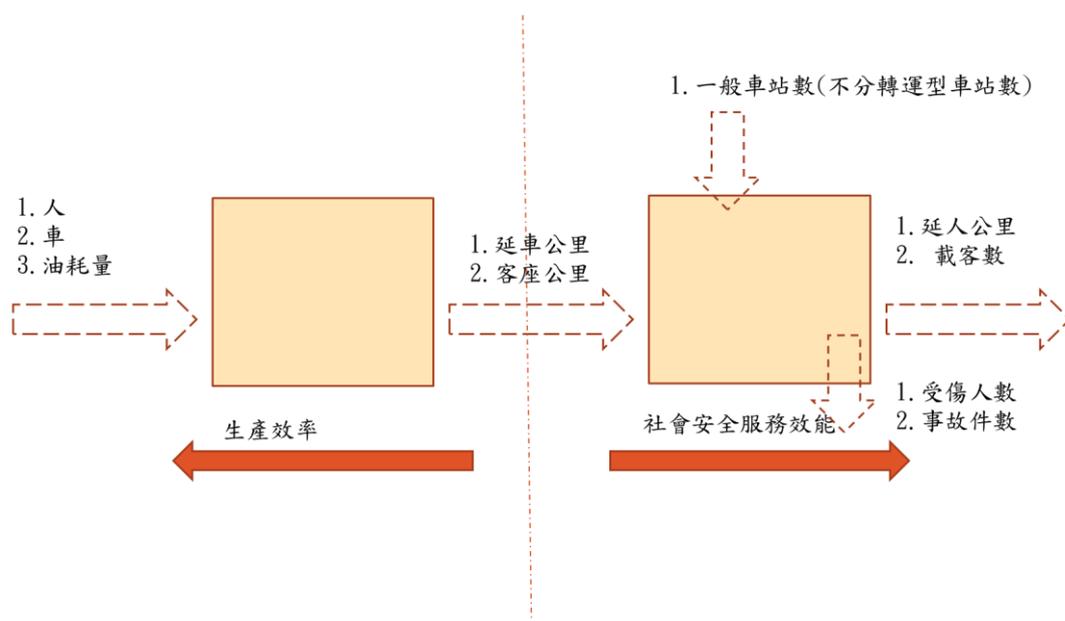


圖 3 - 9 社會面結合營運面示意圖

第四章 分析結果

根據文獻回顧中可以發現，資料包絡分析中投入變數大部分皆為員工數、車輛數、油耗數，中間產出使用客座公里與車公里，投入對應到中間產出後，再根據不同構面產生不同最終產出，環境面目前選擇透過文獻回顧計算出來的汙染量來做為非意欲產出指標，而社會安全面選擇肇事次數與輕重傷死亡人數作為指標，其中輕重傷人數與死亡人數，根據交通法規賠償法的條例，將以各級別平均賠償金額作為社會安全指標。

先將資料做簡單敘述性統計及相關性分析，用以了解資料基本狀況，並針對投入與產出項目的選擇是否合適，做初步的判斷，在 DEA 績效評估中，DMU 的篩選必須符合同質性，本研究中，將會選定台灣(106 年、105 年、104 年、103 年) 總共 20 間市區客運營運業者，使用其資料作為研究範例，先以傳統的角度進行營運績效分析，即為一般投入對於一般營運產出的分析結果，投入項為營運人員數目、車輛數目、油耗量(升)，中間產出為車公里、客座公里，最終產出為乘客數、延人公里，再將環境指標與社會指標分別納入做考量，最後透過多指標網路模式觀察永續績效，並同時探討多個指標是否對於績效有不同的影響，根據分析結果了解模式間差異。

4.1 敘述性統計

表 4-1 變數基本統計資料

變數名稱	人	車輛數	油耗	班次數	客座公里	車公里	車站數
最大值	1570	968	21009409.11	3155559	1179336447	44483598	1089
最小值	54	64	162597	74190	25144222.4	1134391	4
平均數	519.325	339.8875	4996495.835	693427.7	308394797.8	11289153	332.475
標準差	441.6746	263.9353	4602016.505	668432.6	257849880.5	9191149	260.7811039
變數名稱	乘客數	延人公里	一氧化碳	碳氫化合物	氮氧化物	懸浮微粒	肇事成本
最大值	134767955	1102493489	193.7685	4.743988	438.7632	2182.68	169800
最小值	773330	7181792	1.499622	0.036715	3.395697	16.8923	800
平均數	25698515	217835133.1	46.08238	1.128224	104.3475	519.0889	43774
標準差	28688971	230320590.6	42.44413	1.039149	96.10911	478.1062	34312

根據表 4-1 可以看出各個變數的基本統計資料，本研究從台灣公路總局及各家公車業者取得資料，整理後獲得共 20 家業者於 2014 年到 2017 年度營運資

料，總共 80 個 DMU，透過簡單統計分析可以探討，表中資料分別有最大值、最小值、平均數與標準差，

一、投入

1. 員工數(人):此項目為該間公司駕駛人、管理營運人員等地統稱。最大值為台北客運 103 年員工數最多為 1570 人；最小值為 J 客運 103 年的 54 人。
2. 車輛數(輛):此項目為公車業者所擁有的車輛數目。最大值為 106 年 A 客運擁有 968 輛；最小值為 K 客運 103 年 64 輛。
3. 油耗數(升):營運時所消耗的柴油量。最大值為 D 客運 106 年消耗 21009409 升；最小值為 Q 客運 105 年 162597 升。
4. 班次數(次):該年度營運時所發車數量總合。最大值為 D 客運 103 年共 3155559 班次；最小值為 N 客運 106 年共 74190 次。

二、中間項

1. 客座公里(公里):可用的座位數*運具行駛的公里數。最大值為 D 客運共 1179336447 公里；最小值為 N 客運 103 年共 25144222 公里
2. 延車公里(公里):即該年度車輛所行駛公里數總和。最大值為大都會 103 年總共車輛營運 44483598 公里；最小值為 N 客運 105 年共營運 1134391 公里。

三、意欲產出

1. 乘客數(人):該年度營運所載乘客總輛。最大值為 103 年 D 客運共 134767955 人；最小值為 N 客運 104 年 773330 人。
2. 延人公里(公里):旅客人數與其運程乘積之和。最大值為 D 客運 103 年共 1102493489 人；最小值為 N 客運 104 年共 7181792 人

四、非意欲產出

1. 一氧化碳(噸):最大值為 193.76852 噸，最小值為 1.499622 噸。
2. 碳氫化合物(噸):最大值為 4.743988 噸，最小值為 0.036715 噸。
3. 氮氧化物(噸):最大值為 438.7632 噸，最小值為 3.395697 噸。
4. 空氣懸浮微粒(噸):最大值為 2182.68 噸，最小值為 16.8923 噸。
5. 肇事成本(萬):根據法規依照輕重傷情形計算平均賠償金額。最大平均賠償金額為 169800 萬；最小平均賠償金額為 800 萬。

透過相關性分析，可以確認投入與產出間是否符合同向性原則，因此本研究在進行模式求解前，先將資料進行相關性檢定，以利之後研究分析，本篇研究方法有兩個階段的投入、產出相關係數，第一階段為起始投入對應中間產出的關係，第二階段為中間投入對應最終產出的關係，除此之外，投入產出間的相關性也可以了解基本統計資料，其相關性分析結果如

表 4-2、表 4-3，根據相關性分析結果，可以看出投入與產出項的相關係數，在相關係數中，其數值介於 1 到-1 之間，用於代表兩個變數間的關係，其中數值正

數代表正相關，反之負值則為負相關，這邊以油耗量來當例子說明相關係數，在變數油耗量對應各產出變數，相關係數都是高於 0.9，視為高度正相關，由此可知，當班次數提升，油耗量亦提升時，而油耗量相對於車輛數與營運人員數，相關係數皆在 0.7 左右，亦是正相關，在相關係數中，除了第二階段地投入對應產出肇事次數相關係數低外，其他皆有高度正相關，且在顯著水準 0.01 的雙尾檢定中，具有顯著的相關性，故選擇這些變數來做分析。

表 4-2 第一階段投入產出變數相關性分析

投入 \ 產出	產出	
	客座公里	車公里
人	0.651634	0.687048
車輛數	0.694992	0.738174
油耗	0.945765	0.981546
班次數	0.940374	0.954845

表 4-3 第二階段投入產出相關係數

投入 \ 產出	產出						
	乘客數	延人公里	CO	HC	NO	PM10	肇事成本
客座公里	0.92	0.92	0.95	0.95	0.95	0.95	0.17
車公里	0.97	0.98	0.95	0.95	0.95	0.95	0.16

4.2 網路 SBM 模式實證分析

由於在網路 SBM 模式中，將需要使用更多 DMU 的資料來進行分析，因此，使用 103 年到 106 年的 20 間客運公司營運資料，總共 80 個 DMU，本文將一般網路 SBM 營運績效設為**模式一**，模式一為起始投入項為營運人員、車輛數、油耗數，中間投入與產出為客座公里、延車公里，最終產出則是乘客數與延人公里，本篇研究模式皆為生產與服務權重皆相同(0.5)之情形，

原因為本研究欲先探討生產與服務具有相同重要的情況，

表 4-4 中有模式一之分析結果，模式二會在之後再多做描述，

表 4-4 模式一與模式二實證分析結果

模式一				模式二		
業者	生產效率	服務效能	總系統效率	生產效率	服務效能	總系統效率
A 客運 106	0.5246	0.68	0.525	0.5246	0.6834	0.6049
B 客運 106	0.4946	0.4163	0.3294	0.4949	0.2732	0.3793
C 客運 106	0.6168	0.3418	0.4324	0.6168	0.4671	0.5588
D 客運 106	0.9241	1	0.962	0.9241	1	0.9621
E 客運 106	0.4892	0.3163	0.3538	0.5084	0.6932	0.5847
F 客運 106	0.5302	0.2384	0.316	0.5438	0.4903	0.5125
G 客運 106	0.755	0.5251	0.5703	0.7566	0.6678	0.7254
H 客運 106	0.5949	0.4244	0.4441	0.6334	0.6925	0.6687
I 客運 106	0.4652	0.8736	0.6592	0.5258	1	0.7629
J 客運 106	1	0.5695	0.4337	1	0.3528	0.5546
K 客運 106	0.7984	0.3839	0.3317	0.7984	0.2738	0.4414
L 客運 106	1	0.2562	0.4715	1	0.6056	0.7227
M 客運 106	1	1	1	1	1	1
N 客運 106	1	1	1	1	1	1
O 客運 106	0.9998	0.8437	0.7127	0.9998	0.8838	0.8265
P 客運 106	1	0.7317	0.4295	1	0.8262	0.6898
Q 客運 106	0.5201	0.6747	0.3889	0.5201	0.3016	0.4088
R 客運 106	1	0.3453	0.2344	1	1	1
S 客運 106	0.7354	0.7026	0.4611	0.7354	0.8787	0.7058
T 客運 106	1	0.7505	0.8024	1	0.9184	0.8851
A 客運 105	0.5657	0.7555	0.5705	0.5657	0.6982	0.6299
B 客運 105	0.8224	0.396	0.4683	0.8224	0.6135	0.5858
C 客運 105	0.6241	0.3539	0.4355	0.6241	0.4488	0.5485
D 客運 105	0.9652	0.9926	0.9692	0.9662	0.9617	0.9633
E 客運 105	0.4975	0.3151	0.3548	0.5388	0.6685	0.5809
F 客運 105	0.524	0.2383	0.3113	0.5385	0.4781	0.5036
G 客運 105	0.7568	0.5371	0.5816	0.7618	0.6696	0.7349
I 客運 105	0.4408	0.8632	0.634	0.4713	0.9502	0.7131
H 客運 105	0.6107	0.4282	0.4506	0.6126	0.6906	0.6681
J 客運 105	1	0.4941	0.379	1	1	1
K 客運 105	1	0.4411	0.4951	1	0.9584	0.6578
L 客運 105	1	0.2149	0.4794	1	0.7105	0.8185
M 客運 105	0.622	0.3137	0.3109	0.6322	0.5737	0.4616
N 客運 105	1	0.6766	0.7734	1	1	1
O 客運 105	1	0.9151	0.724	1	0.9163	0.8229

模式一				模式二		
業者	生產效率	服務效能	總系統效率	生產效率	服務效能	總系統效率
P 客運 105	0.9774	0.7836	0.4334	0.9774	0.8016	0.6694
Q 客運 105	1	0.6716	0.5419	1	1	1
R 客運 105	1	0.3118	0.2139	1	1	1
S 客運 105	0.7348	0.7205	0.4774	0.7348	0.8846	0.7023
T 客運 105	1	0.719	0.7847	1	1	1
A 客運 104	0.5832	0.7707	0.5897	0.5832	0.7371	0.6601
B 客運 104	1	0.4343	0.5616	1	0.7649	0.6862
C 客運 104	0.6004	0.3007	0.3955	0.6003	0.4708	0.5469
D 客運 104	1	1	0.9871	1	0.9898	0.9898
E 客運 104	0.4802	0.3058	0.3487	0.4802	0.6613	0.5616
F 客運 104	0.5057	0.2269	0.3055	0.5189	0.5021	0.5055
G 客運 104	0.853	0.715	0.6096	0.853	0.8552	0.8473
I 客運 104	0.6326	1	0.8163	0.6326	1	0.8163
H 客運 104	0.6122	0.4322	0.4587	0.6122	0.7318	0.6852
J 客運 104	0.7101	0.4986	0.3082	0.7594	0.2756	0.3956
K 客運 104	1	0.4964	0.5759	1	0.5394	0.719
L 客運 104	0.9179	0.3281	0.4801	0.9487	0.7256	0.7644
M 客運 104	0.584	0.4168	0.335	0.5936	0.5748	0.4535
N 客運 104	1	1	0.5956	1	0.9954	0.6114
O 客運 104	0.9437	0.8119	0.7216	0.9437	0.8332	0.8278
P 客運 104	0.9747	0.8319	0.4506	0.9753	0.8253	0.6857
Q 客運 104	0.4948	0.6939	0.4009	0.4952	0.385	0.4277
R 客運 104	0.9998	0.2136	0.2071	0.9996	0.9035	0.7583
S 客運 104	0.7369	0.6936	0.4736	0.7369	0.8785	0.701
T 客運 104	1	0.7873	0.8361	1	1	1
A 客運 103	0.5973	0.802	0.6171	0.5973	0.7758	0.6896
B 客運 103	0.4503	0.445	0.3624	0.4617	0.4168	0.4322
C 客運 103	0.6824	0.3693	0.4659	0.6824	0.5533	0.6281
D 客運 103	1	1	1	1	1	1
E 客運 103	0.5105	0.3246	0.3786	0.5105	0.7488	0.6242
F 客運 103	0.5385	0.232	0.3283	0.5546	0.5268	0.5396
G 客運 103	1	0.9625	0.6549	1	1	1
H 客運 103	0.6231	0.5045	0.5054	0.6231	0.7916	0.7187
I 客運 103	0.5013	0.8135	0.6408	0.5774	1	0.7887
J 客運 103	1	0.7047	0.4833	1	0.7906	0.5995

業者	模式一			模式二		
	生產效率	服務效能	總系統效率	生產效率	服務效能	總系統效率
K 客運 103	1	0.5501	0.6116	1	0.68	0.7892
L 客運 103	1	0.4317	0.5123	1	0.7372	0.8569
M 客運 103	0.5777	0.4748	0.4438	0.596	0.5575	0.5683
N 客運 103	1	1	1	1	1	1
O 客運 103	0.8809	0.706	0.6684	0.8809	0.7231	0.7679
P 客運 103	0.9472	0.7627	0.4415	0.9472	0.7957	0.7203
Q 客運 103	0.4897	0.6869	0.3985	0.4905	0.3545	0.4144
R 客運 103	1	0.166	0.2036	1	1	1
S 客運 103	0.6174	0.5571	0.4148	0.6174	0.7445	0.5967
T 客運 103	1	1	1	1	1	1
Average	0.7829	0.5958	0.5354	0.7887	0.7485	0.7179

根據

表 4 - 4 分析結果，在模式一分析結果中，發現在同時注重生產與服務時，將四年各間業者績效值平均，可發現 D 客運、T 客運與 N 客運，在各業者間整體表現較為良好，將分析效率值分為生產效率與服務效能，可發現在生產階段中，各間客運公司生產效率平均為 0.7829，在服務階段時，平均服務效能為 0.5958，整體平均營運績效為 0.5354。以 A 客運為例，其在 106 營運整體效率為 0.525，生產效率為 0.5246，服務效能為 0.68，A 客運在生產績效與整體績效上，皆低於平均效率值，而在服務效能上高於平均服務效能，105 年的整體營運績效為 0.7555，生產效率為 0.5657，服務效能為 0.5705，而在 104 年營運績效為 0.7707，生產效率為 0.5832，服務效能為 0.5705，最後 103 年營運績效為 0.802，生產效率為 0.5973，服務效能為 0.6171，根據圖 4 - 1 可以看出各間業者營運整體績效之變化，若是將各年各業者整體營運績效平均比較，可以發現 105 年的平均績效是所有年中表現最佳的。

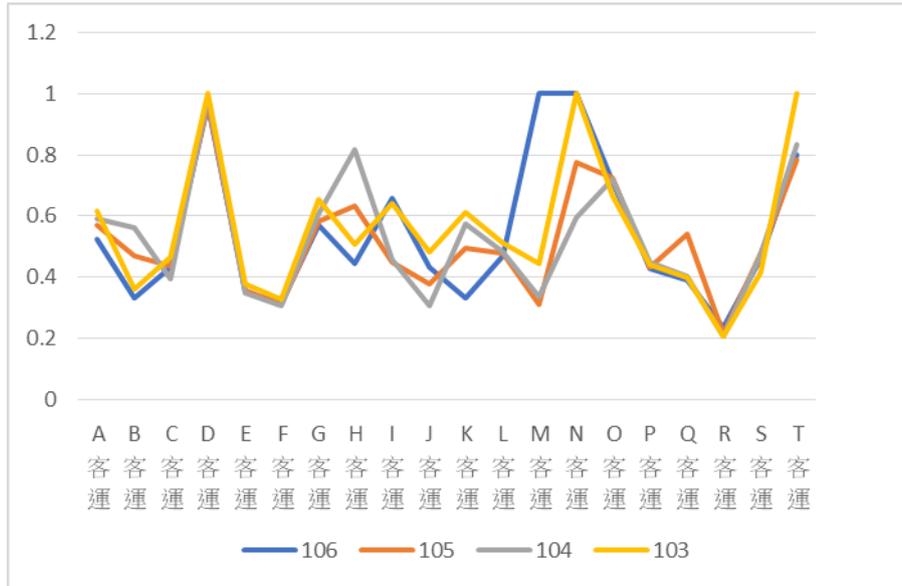


圖 4-1 模式一 整體績效變化圖

除整體營運績效值外，圖 4-2 與圖 4-3 提供各公司生產效率與服務效能間的變化，透過折線圖可以看出，生產效率值範圍為 0.45 到 1，服務效能值範圍從 0.2 到 1，並判斷出服務效能變化幅度大於生產效率。

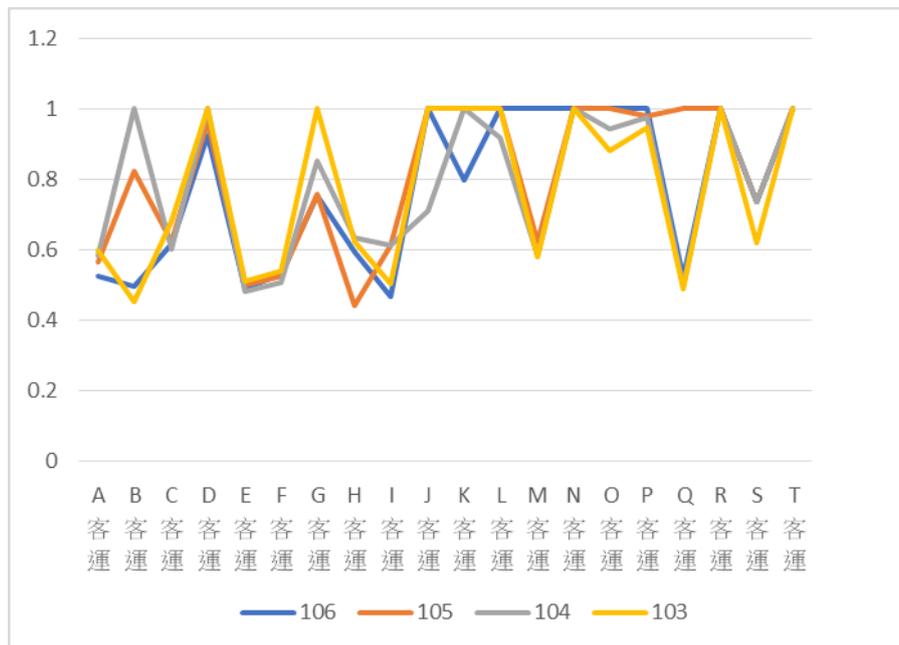


圖 4-2 模式一 生產效率變化圖

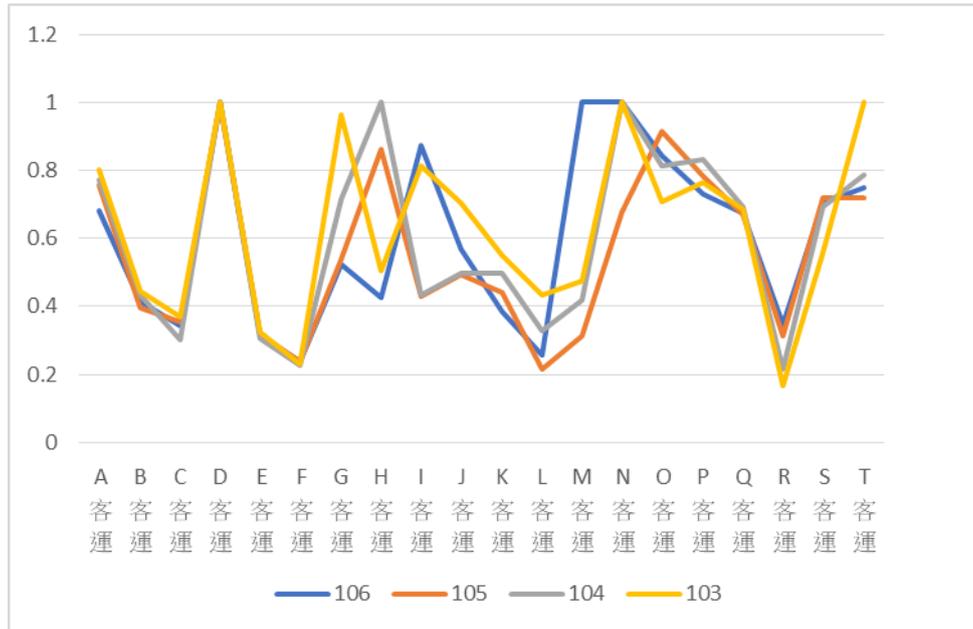


圖 4-3 模式一服務效能變化圖

模式二為將營運績效網路模式增加非意欲產出(環境汙染量)指標，透過表 4-4 可看出模式二分析結果，其起始投入項為員工數、車輛數、油耗數、班次數，中間產出項目則為客座公里與車公里，最終產出為延人公里、乘客數、汙染量，其中汙染量指標分為以下四項(CO_x 、 NO_x 、 HC 、 PM_{10})，根據下表可以看出平均生產效率、為 0.7887，是不錯的績效值，而平均服務效能值為 0.7485，也是相對不錯的，整體系統平均績效值達到 0.7179，以 105 年為例，N 客運、T 客運、R 客運、O 客運、L 客運、K 客運、J 客運在生產績效方面皆為較為良好的績效值 1，該些客運在生產效率方面，達到最適生產效率前緣，而其他客運則可以藉由減少投入來達到最佳生產效率，而在服務效能方面，105 年 N 客運、T 客運、R 客運、J 客運、Q 客運表現為較為良好的績效值 1，該些客運在第二階段的服務效能表現上，達到最佳服務效率前緣，其他客運業者未達到最佳效率者，則需要提高產出來達到最佳服務效能，整體而言，在模式二 105 年跟其他年度的比較中，105 年生產績效值變化範圍從 0.47 到 1，平均 105 年生產績效值為 0.81，代表 105 年的平均生產績效是相對高的，該年度服務績效能範圍變化從 0.44 到 1，平均效能為 0.80，跟其他年度比起來，105 年服務效能也是相對良好，亦即在年度比較中，其他年度在表現上，具有投入過量，或是空氣汙染排放過量（非意欲產出過量）或是所需要的營運服務產出不足的問題。

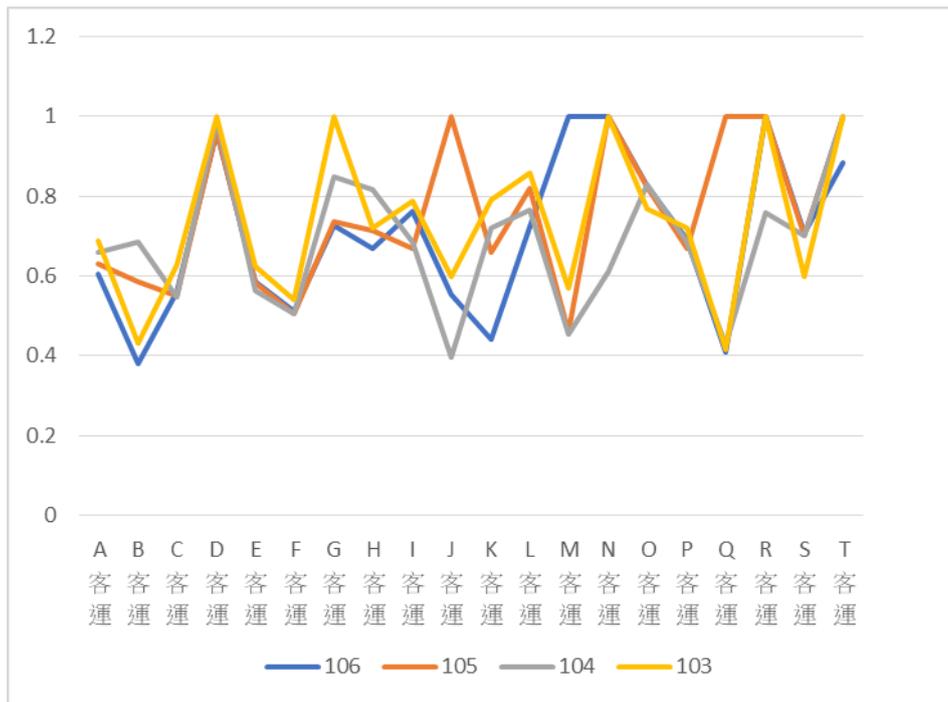


圖 4-4 模式二整體績效變化圖

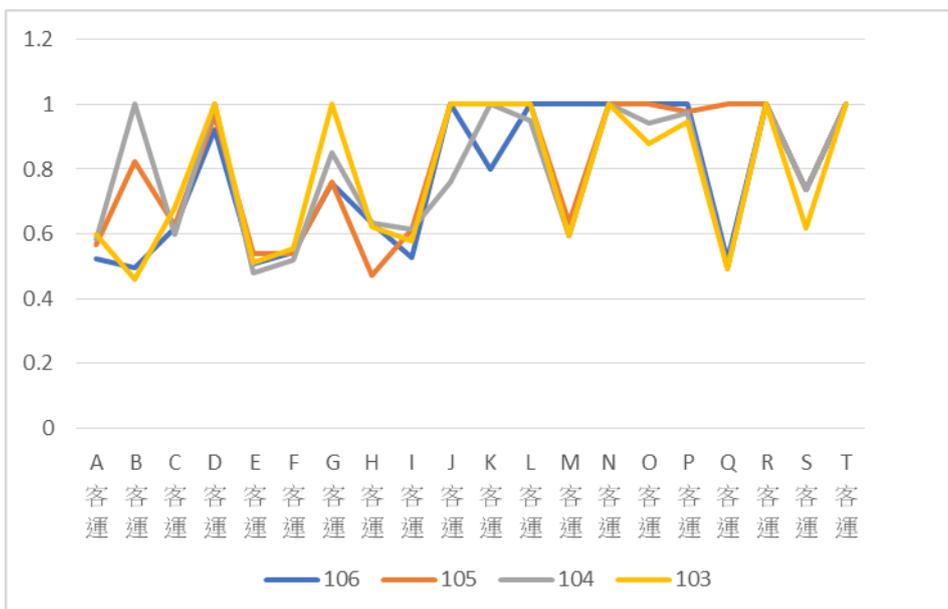


圖 4-5 模式二生產效率變化圖

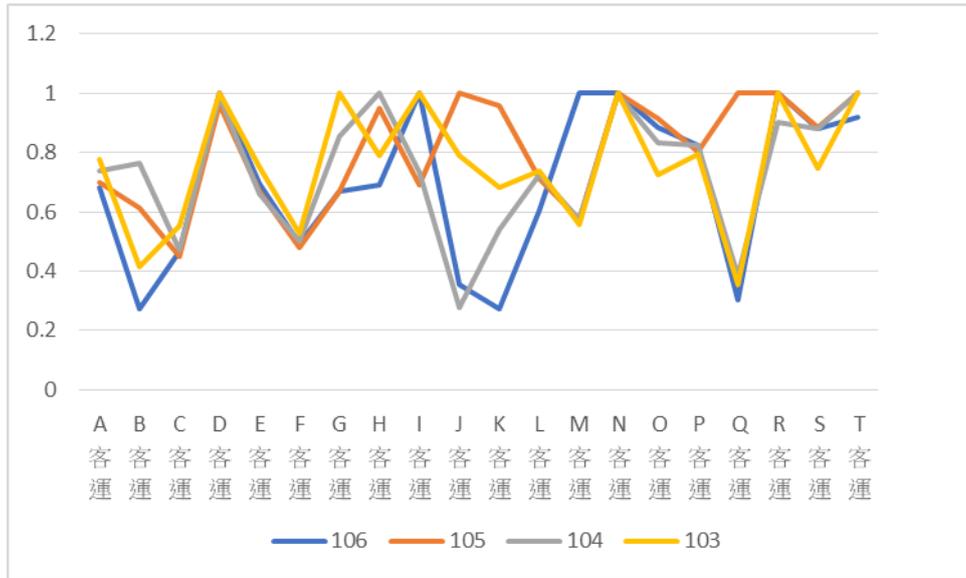


圖 4-6 模式二服務效能變化圖

從圖 4-4、圖 4-5 與圖 4-6 可了解在同時探討環境指標時，其四年市區公車業者整體營運效率、平均生產效率值與平均服務效能值的變化，其中，平均整體績效變化幅度從 0.37 到 1，變化幅度範圍大，平均生產效率變化幅度從 0.35 到 1，變化幅度範圍也比較大，此外，平均服務效能從 0.27 到 1，是變化幅度中最大的，生產效率仍然相對優於服務效能，可是整體系統不夠穩定。

在研究結果中，模式一與模式二的比較結果，可發現 D 客運與 N 客運不論是在何種模式，整體表現績效值都是非常好的，可以瞭解具有優良績效的業者，不論在何種模式下，皆表現良好，但是，若以 106 年的 E 客運、K 客運、S 客運為例，差異分析後可發現在模式一中，E 客運其整體營運績效值只有 0.35，生產績效值為 0.48，服務效能值為 0.31，但是在模式二中，E 客運整體營運績效值提高到 0.58，生產效率值也提高到了 0.50，服務效能值更是提高到了 0.69，而 K 客運在模式一中，整體營運績效值為 0.33，生產效率值為 0.79，服務效能值為 0.38，而在模式二中 K 客運整體營運績效值提升到 0.44，生產效率值仍然為 0.79，可是服務效能值反而降到了 0.27，而 S 客運在模式一中，整體營運績效值為 0.46，生產效率值為 0.73，服務效能值為 0.7，在模式二中 S 客運，整體營運績效值提升到 0.7，生產績效值仍然為 0.73，服務效能值提升為 0.87，另外在比較此兩個模式後，可以發現模式二整體營運績效比模式一更好，平均整體績效值分別為 0.53 跟 0.71，在生產效率方面兩模式間無明顯變化，但在服務效能方面也是模式二較好，平均服務效能值分別為 0.59 和 0.74。

模式三為營運績效同時包含環境指標以及社會安全指標進行績效評估，其中起始投入項為員工數、車輛數、油耗數，中間產出為延車公里、客座公里並增加中

間投入項車站數，最終產出除了原本基礎營運模式下的指標延人公里與乘客數外，還有環境的污染量指標與社會安全指標中的平均賠償金額。

分析結果如表 4 - 5，四年整體營運平均績效為 0.76，從整體效率來看，106 年 J 客運、L 客運、M 客運、N 客運、R 客運等皆表現相對良好，其績效值為 1，整體績效變動幅度範圍從 1 到 0.42，以 106 年為例，平均整體績效達到 0.756，略低於四年平均值，而平均生產效率四年平均為 0.7359，四年平均服務效能為 0.8764。

表 4 - 5 模式二與模式三績效分析結果

業者	模式二			模式三		
	生產效率	服務效能	總系統效率	生產效率	服務效能	總系統效率
A 客運 106	0.5246	0.6834	0.6049	0.4282	0.739	0.5496
B 客運 106	0.4949	0.2732	0.3793	0.4314	0.6809	0.4236
C 客運 106	0.6168	0.4671	0.5588	0.5888	0.5403	0.5376
D 客運 106	0.9241	1	0.9621	0.9006	1	0.9503
E 客運 106	0.5084	0.6932	0.5847	0.4353	0.6429	0.5316
F 客運 106	0.5438	0.4903	0.5125	0.5076	0.6762	0.5174
G 客運 106	0.7566	0.6678	0.7254	0.7655	0.8593	0.7657
H 客運 106	0.6334	0.6925	0.6687	0.4919	0.8027	0.6372
I 客運 106	0.5258	1	0.7629	0.42	1	0.71
J 客運 106	1	0.3528	0.5546	1	1	1
K 客運 106	0.7984	0.2738	0.4414	0.7458	0.7762	0.4847
L 客運 106	1	0.6056	0.7227	1	1	1
M 客運 106	1	1	1	1	1	1
N 客運 106	1	1	1	1	1	1
O 客運 106	0.9998	0.8838	0.8265	0.8983	1	0.9491
P 客運 106	1	0.8262	0.6898	0.772	1	0.886
Q 客運 106	0.5201	0.3016	0.4088	0.5204	0.7635	0.5772
R 客運 106	1	1	1	1	1	1
S 客運 106	0.7354	0.8787	0.7058	0.636	0.9945	0.7899
T 客運 106	1	0.9184	0.8851	0.7891	0.8866	0.8177
A 客運 105	0.5657	0.6982	0.6299	0.4792	0.7718	0.5852
B 客運 105	0.8224	0.6135	0.5858	0.8057	0.7335	0.5995
C 客運 105	0.6241	0.4488	0.5485	0.5988	0.5512	0.5437
D 客運 105	0.9662	0.9617	0.9633	0.9539	1	0.977

模式二				模式三		
業者	生產效率	服務效能	總系統效率	生產效率	服務效能	總系統效率
E 客運 105	0.5388	0.6685	0.5809	0.4401	0.6356	0.5318
F 客運 105	0.5385	0.4781	0.5036	0.498	0.6762	0.5098
G 客運 105	0.7618	0.6696	0.7349	0.7665	0.8385	0.7594
I 客運 105	0.4713	0.9502	0.7131	0.3906	0.9827	0.6871
H 客運 105	0.6126	0.6906	0.6681	0.5141	0.7833	0.6312
J 客運 105	1	1	1	1	1	1
K 客運 105	1	0.9584	0.6578	1	0.8733	0.6921
L 客運 105	1	0.7105	0.8185	1	1	1
M 客運 105	0.6322	0.5737	0.4616	0.5272	0.7033	0.4763
N 客運 105	1	1	1	1	1	1
O 客運 105	1	0.9163	0.8229	0.9128	1	0.9564
P 客運 105	0.9774	0.8016	0.6694	0.7462	1	0.8731
Q 客運 105	1	1	1	1	1	1
R 客運 105	1	1	1	1	1	1
S 客運 105	0.7348	0.8846	0.7023	0.6367	1	0.8184
T 客運 105	1	1	1	1	1	1
A 客運 104	0.5832	0.7371	0.6601	0.5001	0.8021	0.6132
B 客運 104	1	0.7649	0.6862	1	0.6989	0.6696
C 客運 104	0.6003	0.4708	0.5469	0.5683	0.5725	0.5299
D 客運 104	1	0.9898	0.9898	1	1	1
E 客運 104	0.4802	0.6613	0.5616	0.418	0.6722	0.5103
F 客運 104	0.5189	0.5021	0.5055	0.4744	0.6753	0.5085
G 客運 104	0.853	0.8552	0.8473	0.8403	1	0.9201
I 客運 104	0.6326	1	0.8163	0.5715	1	0.7858
H 客運 104	0.6122	0.7318	0.6852	0.5125	0.782	0.6396
J 客運 104	0.7594	0.2756	0.3956	0.6952	0.99	0.5672
K 客運 104	1	0.5394	0.719	1	0.7971	0.7703
L 客運 104	0.9487	0.7256	0.7644	0.8982	1	0.9491
M 客運 104	0.5936	0.5748	0.4535	0.4747	0.7541	0.466
N 客運 104	1	0.9954	0.6114	1	1	1
O 客運 104	0.9437	0.8332	0.8278	0.8785	1	0.9392
P 客運 104	0.9753	0.8253	0.6857	0.7525	1	0.8762
Q 客運 104	0.4952	0.385	0.4277	0.4928	0.8409	0.5393
R 客運 104	0.9996	0.9035	0.7583	0.9131	0.955	0.9162
S 客運 104	0.7369	0.8785	0.701	0.6367	1	0.8184

模式二				模式三		
業者	生產效率	服務效能	總系統效率	生產效率	服務效能	總系統效率
T 客運 104	1	1	1	1	1	1
A 客運 103	0.5973	0.7758	0.6896	0.5201	0.8124	0.6374
B 客運 103	0.4617	0.4168	0.4322	0.3712	0.6873	0.4526
C 客運 103	0.6824	0.5533	0.6281	0.6736	0.6141	0.6013
D 客運 103	1	1	1	1	1	1
E 客運 103	0.5105	0.7488	0.6242	0.4429	0.6819	0.5555
F 客運 103	0.5546	0.5268	0.5396	0.5123	0.6594	0.5298
G 客運 103	1	1	1	1	1	1
H 客運 103	0.6231	0.7916	0.7187	0.5253	0.8098	0.666
I 客運 103	0.5774	1	0.7887	0.4986	1	0.7493
J 客運 103	1	0.7906	0.5995	1	1	1
K 客運 103	1	0.68	0.7892	1	1	1
L 客運 103	1	0.7372	0.8569	0.8931	1	0.9465
M 客運 103	0.596	0.5575	0.5683	0.4829	0.7114	0.5911
N 客運 103	1	1	1	1	1	1
O 客運 103	0.8809	0.7231	0.7679	1	1	1
P 客運 103	0.9472	0.7957	0.7203	0.7251	1	0.8626
Q 客運 103	0.4905	0.3545	0.4144	0.4872	0.8482	0.5123
R 客運 103	1	1	1	1	1	1
S 客運 103	0.6174	0.7445	0.5967	0.5178	0.8414	0.5725
T 客運 103	1	1	1	1	1	1
Average	0.7887	0.7485	0.7179	0.73597	0.8764	0.7683

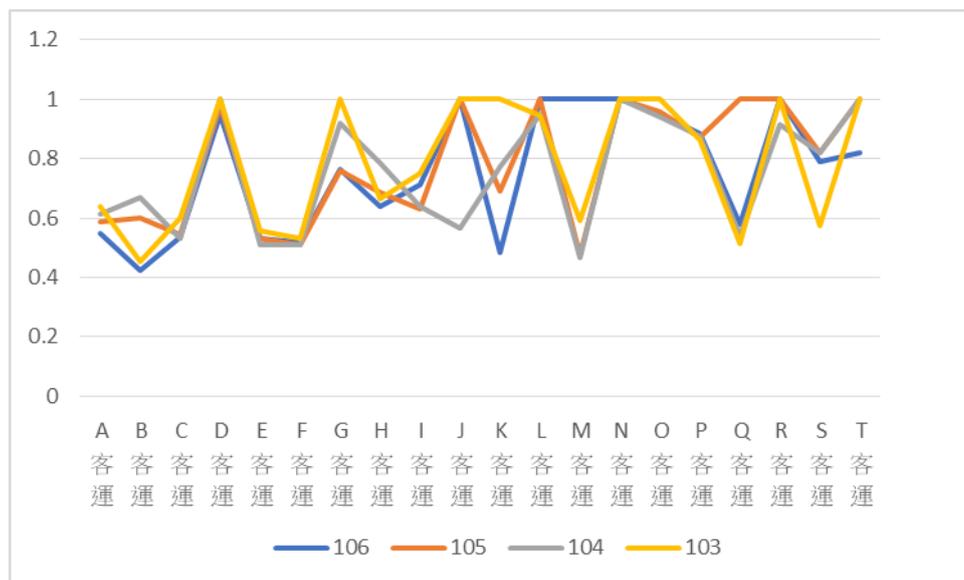


圖 4-7 模式三整體營運績效變化圖

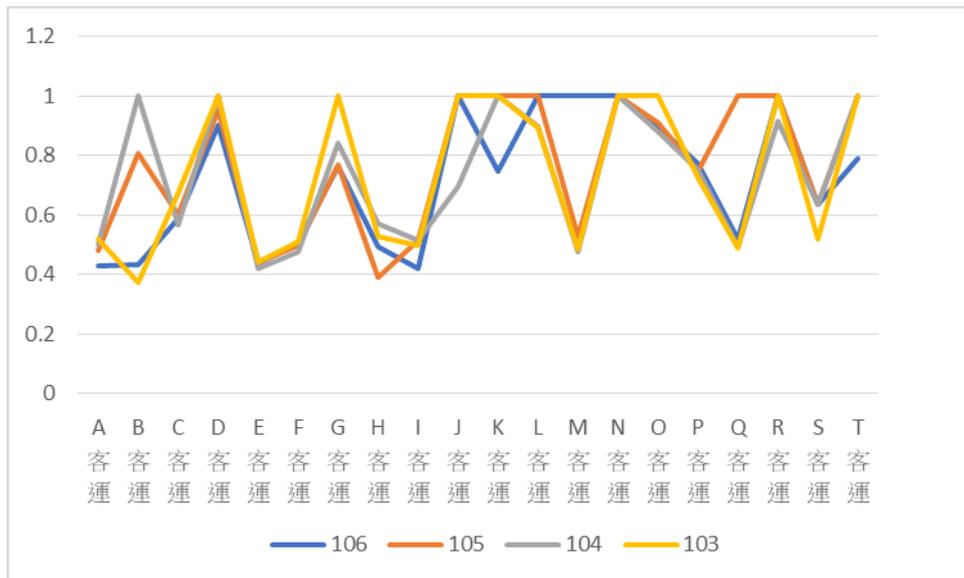


圖 4 - 8 模式三生產效率變化圖

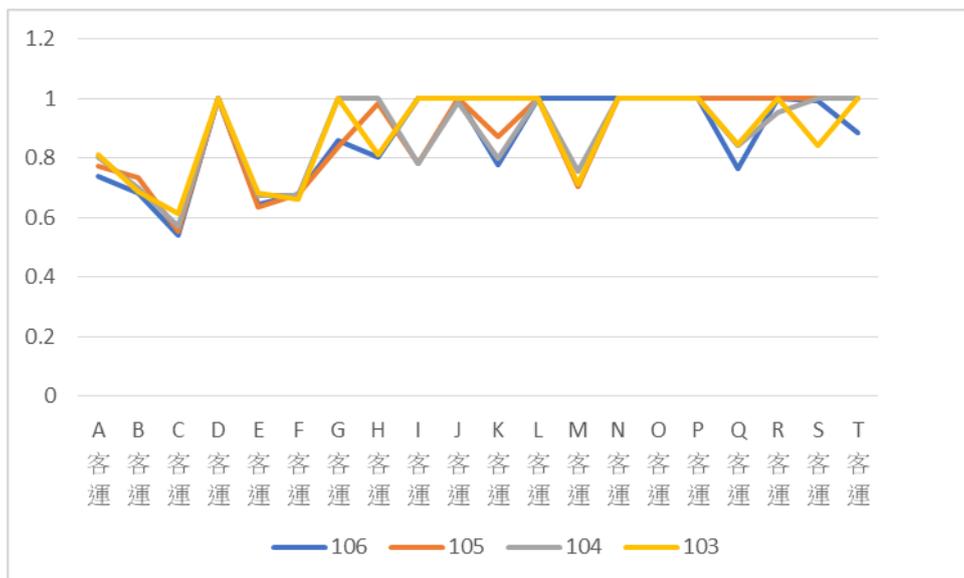


圖 4 - 9 模式三服務效能變化圖

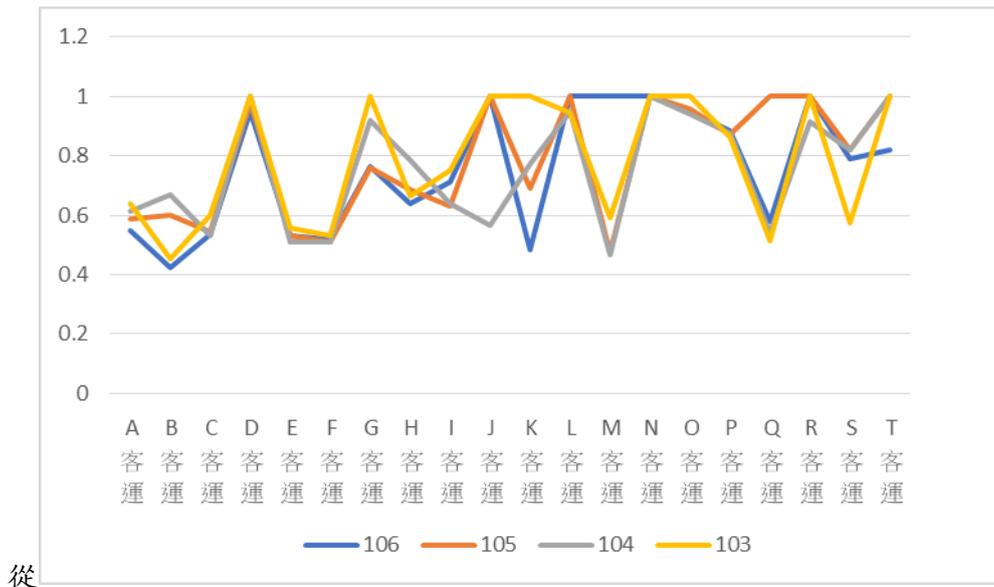


圖 4-7、圖 4-8、圖 4-9 可以了解在同時探討環境與安全指標時，其四年市區公車業者整體營運效率、平均生產效率值與平均服務效能值的變化，其中，增加環境與安全指標後，整體平均營運效率四年變化幅度從 0.42 到 1，平均生產效率變化幅度也從 0.39 到 1，變化幅度是差不多的，可是若是探討平均服務效能，可以發現服務效能變化幅度最小，從 0.54 到 1，並判斷出服務效能變化幅度小於平均生產效率，若是三個模式做比較，可以發現模式三同時探討多個指標，使得整體營運績效更為穩定。

此外，將模式二與模式三中的分析結果作差異比較分析，可以發現表現優良的 D 客運與 N 客運，不論在何種模式下，也仍然保持優良的整體績效，而若以 106 年的 E 客運、K 客運、S 客運為例，可以發現 E 客運不論在生產績效或是服務效能方面，模式二的相對績效值都是比較好的，因此模式三分析結果中，可以發現 E 客運的整體營運績效較模式二低，在 106 年的 K 客運比較分析中，可以發現模式二的生產績效值為 0.79，服務效能為 0.27，整體效能為 0.44，模式三的生產績效值為 0.74，服務效能值提高到了 0.77，整體效能為 0.48，可以模式三看出生產效率相對較差，可是服務效能卻明顯提高，進而使得整體效能的提升，而在 S 客運方面模式二，生產效率值為 0.73，服務效能值為 0.87，整體效率值為 0.7，而在模式三中，生產效率值為 0.63，服務效能提高到 0.99，而整體效能亦提高到 0.87，除此之外，從平均值來看，可以看出模式二的平均生產效率較好，模式三的平均服務效能與整體營運效率較好。

根據上述分析結果，透過探討模式間的差異，可以比較增加指標前後對於模式的影響，更可以了解增加指標後績效值的變化，在本節中發現在多指標營運模式下，可以有效提升整體營運效率與服務效能，最後可以透過本小節回應本研究動機與目的，透過多指標營運模式能同時探討更多面向的營運績效。

4.3 模式比較

在分析結果中，我們可以看到三個模式中各 80 個 DMU 的分析結果，不論是在效率亦或是效能方面皆有不同，故本研究先使用簡單統計分析了解模式間的比較，最後進一步透過無母數檢定釐清模式間之整體營運績效、效率、效能是否有差異。其中簡單統計分析如下表 4-6

表 4-6 簡單統計分析結果

比較	生產	服務	總系統	總分
模式一	20	35	6	61
模式二	64	21	38	123
模式三	27	66	56	149

模式一為一般營運績效指標評估，模式二為營運績效指標加上環境指標評估，模式三為營運績效指標加上永續指標，透過簡單分析，將三模式的各 DMU 績效值做比較，在比較中，若是該績效值在各模式中表現最好，則該模式得到一分，若是在比較中，有兩個或以上模式績效值皆為最好，則各模式都得一，因此會有總分超過 80 分的情形，舉例來說:A 公司 106 年的資料，在模式一生產績效值為 0.68、在模式二生產績效值為 0.52，在模式三生產績效值為 0.42，則在這個簡單分析中，模式一在生產階段得一。根據分析結果可以看出，若是公司希望強調生產績效值，則可以選擇模式一做評估，若是希望強調服務或是總系統績效則可以選擇模式三做評估。

除了探討基本統計模式差異外，本文透過 kruskal-wallis 無母數檢定，該模式用於檢定母體參數之中位數，透過檢定釐清三個模式(M1、M2、M3)用以比較整體效能、生產效率與服務效能間是否有差異，虛無假設為 n 個模式效率(效能)結果無差異，對立假設則反之，以此無母數方法，可以用來檢測 n 個獨立母體是否有差異，其分析結果分別如下表 4-7

表 4-7 系統效能比較

三模式間相對系統效能比較			
K-W 統計量	自由度	拒絕值 X^2	p-value
50.58	2	5.9915	1.035×10^{-11}

表 4-8 總系統效能 K-W 檢定

總系統效能比較	A 公司	B 公司	C 公司	D 公司	E 公司	F 公司	G 公司	H 公司	I 公司	J 公司	加總
M3>M2>M1	0	3	0	1	0	3	3	0	0	3	
M2>M3>M1	4	1	4	0	4	1	0	3	4	0	

M2=M3>M1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	
M1=M2=M3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
其他	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0	
總系統效能 比較	K 公司	L 公司	M 公司	N 公司	O 公司	P 公司	Q 公司	R 公司	S 公司	T 公司	
M3>M2>M1	4	4	3	1	4	4	3	1	2	0	39
M2>M3>M1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	24
M2=M3>M1	0	0	0	1	0	0	1	3	0	2	9
M1=M2=M3	0	0	1	2	0	0	0	0	0	1	4
其他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4

根據分析結果發現，三個模式間的相對整體效率值具有顯著差異，p-value 值遠小於 0.05，因此可以說明在加入環境指標以及社會安全指標的分析中，從整體績效來看，各指標都是不能被忽略的，且根據檢定結果可以看出，三個模式在整體績效值方面具有顯著差異。

此外在了解績效值具有顯著差異後，本研究進一步探討模式差異狀況，根據表 4-8，M 代表模式的績效值，以 M2>M3>M1 為例，代表該公司該年度績效值，模式二績效值大於模式三績效值大於模式一績效值，且由於有四年資料，因此系統比較表中最大值為 4，A 公司營運狀況，不論在何年透過模式三衡量總系統效能皆是最優，此外可以看出 M2>M3>M1 與 M3>M2>M1 比例最高，是甚麼樣的公司營運策略，將會造成 M2 或 M2 的績效最高，且可以透過分析了解，模式一在大部分公司營運狀況下，皆表現的相對沒這麼好，造成的原因可能是在營運公司對於永續指標的重視程度，或是其他因素，由於可能因素太多，故本研究僅提出結果，以供後續學者研究分析。

表 4-9 生產效率比較

三模式間相對生產效率比較			
K-W 統計量	自由度	拒絕值 X^2	p-value
3.1876	2	5.9915	0.20

根據表 4-9 發現，三個模式間的相對生產效率值不具有顯著差異，p-value 值為 0.2，因此可以說明在模式一、模式二以及模式三的分析中，若是以生產階段的績效值來區分，三個模式並無差異，亦即三模式的投入對應中間產出項目的選擇並無造成差異，其在相對生產效率值方面的檢定結果不具有顯著差異，由於並不具有顯著差異，因此不進行更進一步的分析。

表 4-10 服務效能比較

三模式間相對服務效能比較			
K-W 統計量	自由度	拒絕值 X^2	p-value

51.23	2	5.9915	7.49×10^{-12}
-------	---	--------	------------------------

表 4 - 11 服務效能 K-W 檢定

服務效能比較	A公司	B公司	C公司	D公司	E公司	F公司	G公司	H公司	I公司	J公司	加總
M3>M1>M2	0	1	0	1	0	4	2	1	0	1	
M3>M2>M1	4	1	0	0	1	0	1	3	2	0	
M1=M2=M3	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	
M1=M3>M2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	
M1>M3>M2	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	
其他	0	1	1	1	3	0	0	1	2	0	
服務效能比較	K公司	L公司	M公司	N公司	O公司	P公司	Q公司	R公司	S公司	T公司	
M3>M1>M2	0	1	2	0	3	3	3	0	0	0	22
M3>M2>M1	0	0	1	0	0	0	0	0	4	0	17
M1=M2=M3	0	0	1	3	0	0	1	3	0	0	11
M1=M3>M2	1	3	0	1	1	1	0	0	0	0	10
M1>M3>M2	2	0	0	0	0	0	0	1	0	3	10
其他	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	11

根據表 4 - 10 發現，三個模式間的相對服務效能值具有顯著差異，p-value 值遠小於 0.05，因此可以說明加入環境指標以及社會安全指標的分析中，從相對服務效能來看，各指標都是不能被忽略的，並從檢定結果可以看出，三個模式在相對服務效能值方面具有顯著差異。

此外在了解績效值具有顯著差異後，本研究進一步探討模式差異狀況，根據表 4 - 11，M 代表模式的績效值，以 M3>M2>M1 為例，代表該公司該年度績效值，模式三績效值大於模式二績效值大於模式一績效值，且由於有四年資料，因此服務績效比較表中，最大值為 4，A 公司營運狀況，不論在何年透過模式三衡量服務效能皆是最佳，透過分析可以發現若是使用模式三做績效評估，大部分公司在服務效能方面表現較其他模式好，其原因可能是業者在績效表現上，有更多面向可以發揮造成，並可以看出 M3>M1>M2 與 M3>M2>M1 比例最高，大部分公司營運狀況，都是模式三皆表現的相對較好。

4.4 差額變數分析

在效率階段中，本篇將整體效率分為生產效率與服務效能階段，藉此可得知公車業者在何階段營運相對無效率，此分析結果，可提供投入資源使用情形，以及

產出分配結果，亦是本文使用差額變數分析之原因，該分析結果將提供較無效率的公車業者進行改進，針對何種投入項應減少或需針對何種產出的增加，以達到柏拉圖最適效率，成為相對最有效率的公司業者。

本研究目的為分析多指標下之營運績效，因此本章節，將針對模式三做詳細說明，其分析結果如表 4 - 12

表 4 - 12 模式三差額分析結果表

業者	員工	油耗	車輛	班次數	車公里	客座公里	車站數	人公里	乘客數
A 客運 106	993	2946087	651	0	0	-1478377	133	-50928609	-4298486
B 客運 106	130	2933323	21	19323	0	-13605916	96	-72497398	-8260642
C 客運 106	154	4720723	38	102029	0	-20541134	278	-32066693	-4648152
D 客運 106	146	1777766	110	0	0	0	0	0	0
E 客運 106	203	2220513	199	125556	0	-30597580	210	-34912539	0
F 客運 106	124	2288345	155	197993	0	-26179704	356	-75314860	-6898796
G 客運 106	212	2515580	37	175426	0	-20541174	236	-62339868	-6876779
H 客運 106	294	1546578	357	0	0	-11767876	174	-5200205	-2636430
I 客運 106	1169	977455	705	0	0	0	0	0	0
J 客運 106	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K 客運 106	22	737994	0	0	0	-4204017	22	-49451397	-3043015
L 客運 106	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M 客運 106	0	0	0	0	0	0	0	0	0

業者	員工	油耗	車輛	班次數	車公里	客座公里	車站數	人公里	乘客數
N 客運 106	0	0	0	0	0	0	0	0	0
O 客運 106	36	1108434	73	0	0	0	0	0	0
P 客運 106	79	1113392	78	0	0	0	0	0	0
Q 客運 106	150	1283737	10	144159	0	0	0	-11323930	-3245231
R 客運 106	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S 客運 106	111	1557824	78	0	0	0	0	0	-1867902
T 客運 106	8	654279	6	0	0	-8238030	0	0	-1606431
A 客運 105	983	2947103	449	0	0	0	97	-54798705	-5548860
B 客運 105	58	999501	0	56737	0	-4295097	111	-62261449	-6918284
C 客運 105	151	5229325	35	101238	0	-10992830	256	-31280756	-4456928
D 客運 105	100	1293665	6	0	0	0	0	-16179	-1445
E 客運 105	226	2224428	165	107823	0	-30508970	208	-32909590	0
F 客運 105	157	2292167	140	189334	0	-26069180	356	-77357463	-7190124
G 客運 105	215	2491635	33	135950	0	-24875626	234	-53390648	-8029101
I 客運 105	1167	1242849	713	0	0	-1086547	6	-259844	0
H 客運 105	255	1591453	312	0	0	-11158049	173	-12761785	-3073527
J 客運 105	0	0	0	0	0	0	0	0	0

業者	員工	油耗	車輛	班次數	車公里	客座公里	車站數	人公里	乘客數
K 客運 105	0	0	0	0	0	0	0	-40722269	-1599846
L 客運 105	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M 客運 105	69	722297	51	0	0	-5266965	28	-33508249	0
N 客運 105	0	0	0	0	0	0	0	0	0
O 客運 105	39	883831	60	0	0	0	0	0	0
P 客運 105	92	1429616	86	0	0	0	0	0	0
Q 客運 105	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R 客運 105	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S 客運 105	114	1570369	75	0	0	0	0	0	0
T 客運 105	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A 客運 104	946	2475963	442	0	0	0	92	-50912885	-5063417
B 客運 104	0	0	0	95868	0	0	78	-72171547	-5888422
C 客運 104	172	4090968	50	109638	0	-11523129	307	-38993305	-5125577
D 客運 104	0	478	0	23	0	0	0	-2688	-194
E 客運 104	210	2642093	171	71687	0	-28862039	235	-57982265	-2263722
F 客運 104	145	2370641	150	174693	0	-25289666	362	-68986257	-6003688
G 客運 104	128	1356561	60	0	0	0	0	0	0

業者	員工	油耗	車輛	班次數	車公里	客座公里	車站數	人公里	乘客數
I 客運 104	1071	580807	154	0	0	0	0	0	0
H 客運 104	252	1628035	313	0	0	-10440172	178	-2574848	-2345832
J 客運 104	3	1714143	3	0	0	-1273526	0	-65191821	-3665889
K 客運 104	0	0	0	0	0	0	8	-16325579	-868694
L 客運 104	14	325714	0	0	0	0	0	0	0
M 客運 104	91	992266	53	0	0	-5305757	12	-42414909	0
N 客運 104	0	0	0	0	0	0	0	0	0
O 客運 104	62	1514512	59	0	0	0	0	0	0
P 客運 104	93	1302093	83	0	0	0	0	0	0
Q 客運 104	140	1716522	9	248136	0	0	6	-29306101	-6487798
R 客運 104	64	0	38	0	0	0	310	-5790368	-239588
S 客運 104	115	1552355	74	0	0	0	0	0	0
T 客運 104	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A 客運 103	917	2115618	523	0	0	0	88	-41643662	-3979396
B 客運 103	163	3202367	67	26100	0	-13862266	93	-53356544	-5762731
C 客運 103	144	3589318	20	148421	0	-7792139	295	-40634756	-4970904
D 客運 103	0	337	0	0	0	0	0	0	0

業者	員工	油耗	車輛	班次數	車公里	客座公里	車站數	人公里	乘客數
E 客運 103	180	2301253	191	47164	0	-30295876	210	-34265762	0
F 客運 103	132	2429914	146	172916	0	-27478439	380	-64339446	-5750238
G 客運 103	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H 客運 103	281	1647328	298	0	0	-11176245	97	0	-1607246
I 客運 103	1183	373658	649	0	0	0	0	0	0
J 客運 103	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K 客運 103	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L 客運 103	38	121239	0	0	0	0	0	0	0
M 客運 103	98	999443	43	0	0	-5232171	5	-7862390	0
N 客運 103	0	0	0	0	0	0	0	0	0
O 客運 103	0	303	0	0	0	0	0	0	0
P 客運 103	118	894126	103	0	0	0	0	0	0
Q 客運 103	139	1887742	8	164516	0	0	23	-50892808	-7082796
R 客運 103	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S 客運 103	160	2061923	89	0	0	0	63	-8298242	-9401943
T 客運 103	0	0	0	0	0	0	0	0	0

根據分析結果可以看出各投入項的過度或產出項的短缺情形，其中在生產階段，投入項目若為正數則該值為變數投入多餘的量，其值若為 0 表示該受測單位在此

投入項目已達到相對最佳值，而在產出項目中，若為負值則代表該變數產出不足的量，若為 0 則代表以達到相對最佳值，以 D 客運 106 年為例，可以發現在員工數上面，該公司多使用了 146 位員工、而在油耗上多使用了 1777766(升)，而車輛數多使用了 110 輛車，其在服務階段中，該年度 D 客運已達到最佳，因此其在整體相對營運效能中高達 0.95，相對生產效率方面達到 0.9，相對服務效能方面達到 1，而在 K 客運 106 年中，其員工數多使用了 22 位員工，在油耗量上多使用了 737994(升)，以達到最佳生產效率，在中間產出方面，客座公里少服務了 4204017 公里，中間投入車站數減少設 22 站，最終產出人公里需再增加 49451397 公里，乘客數需再增加 3043015 位，以達到最佳服務效能。

在本篇研究中，發現業者績效將受到非意欲產出的部分影響，其中以 103 年 H 客運的資料為例，其在服務效能方面，透過 SBM 模式，發現該公司乘客數只需增加 12% 的載客數便能達到最佳服務效能，可是其相對服務效能值卻只有 0.8，因此本研究認為該公司在服務效能方面，應該減少其非意欲產出的增加，以達到效能的提升。

4.5 討論與分析

本研究在研究動機中，主要目的是希望透過使用多指標網路 SBM 模式，來提供政府有更全面的績效評估方法，使得政府在評估業者績效時，能針對不同的永續指標提供改善建議，同時期望能改善環境暖化與交通安全的問題，因此在多指標網路 SBM 模式中，除了一般營運模式中所需要的營運指標(延人公里、乘客數等)，本文與其他文獻不同處，為增加了環境指標與社會指標等等，將原本營運中所造成的外部成本，將其內部化，以期達到更全面更公平的績效評估。

在下表 4-13 中，本研究彙整了研究中所採用的三個模式(營運、營運環境、營運環境安全)，其中該表為各模式下四年平均績效值業者差異結果，不同模式、年度皆會造成不同的分析結果，根據前面無母數檢定，可以了解各模式具有顯著差異，若是直觀的來分析，可以發現當採用多指標模式(社會)時，其整體平均營運績效是比其他兩個較為良好，而根據前面小節的分析可以了解，其主要原因是由於服務效能的提升，造成整體平均效率的提升，由於生產投入項目皆固定為人、車、油耗量，因此生產效率並無太大的變化，其些微的變化可能是因為模式整體的變化，帶動生產效率值得交互影響，然而模式三平均整體效率值較好，這與大眾一般所直觀的結果不符，因為業者若是在考慮多個指標的情況下，應該會導致在顧慮不同指標時，造成其他面向指標的疏失。

表 4-13 三模式比較

DMU	Model1	Model2	Model3
A 客運	0.58	0.65	0.60
B 客運	0.43	0.52	0.54

DMU	Model1	Model2	Model3
C 客運	0.43	0.57	0.55
D 客運	0.98	0.98	0.98
E 客運	0.36	0.59	0.53
F 客運	0.32	0.52	0.52
G 客運	0.60	0.83	0.86
H 客運	0.60	0.73	0.69
I 客運	0.55	0.73	0.68
J 客運	0.40	0.64	0.89
K 客運	0.50	0.65	0.74
L 客運	0.49	0.79	0.97
M 客運	0.52	0.62	0.63
N 客運	0.84	0.90	1.00
O 客運	0.71	0.81	0.96
P 客運	0.44	0.69	0.87
Q 客運	0.43	0.56	0.66
R 客運	0.21	0.94	0.98
S 客運	0.46	0.68	0.75
T 客運	0.86	0.97	0.95
平均	0.54	0.72	0.77

在分析結果中，發現一個有趣的現象，可能是與一般認知有差異的，若是原本在注重一般營運效率時，可能將無法兼顧其他面向的指標，進而在新增不同指標分析時，將會導致服務效能的降低甚至是降低整體營運績效，然而，在下表 4-14 中就四年平均績效值而言，若是原本營運績效良好的公司(例:D 客運、N 客運等)，在不同模式中，相對績效一樣表現良好，代表著不論透過何種指標觀察該表現良好的公司，其表現皆表現良好，而原本營運績效相對較差的公司(F 客運)，不論在何種模式下，表現皆相對較差，中間業者卻會因為模式不同造成相對績效排名影響。

表 4-14 三模式績效排名比較

DMU	模式一	DMU	模式二	DMU	模式三
D 客運	0.98	D 客運	0.98	N 客運	1.00
T 客運	0.86	T 客運	0.97	D 客運	0.98
N 客運	0.84	R 客運	0.94	R 客運	0.98
O 客運	0.71	N 客運	0.90	L 客運	0.97
G 客運	0.60	G 客運	0.83	O 客運	0.96
H 客運	0.60	O 客運	0.81	T 客運	0.95
A 客運	0.58	L 客運	0.79	J 客運	0.89

DMU	模式一	DMU	模式二	DMU	模式三
I 客運	0.55	H 客運	0.73	P 客運	0.87
M 客運	0.52	I 客運	0.73	G 客運	0.86
K 客運	0.50	P 客運	0.69	S 客運	0.75
L 客運	0.49	S 客運	0.68	K 客運	0.74
S 客運	0.46	K 客運	0.65	H 客運	0.69
P 客運	0.44	A 客運	0.65	I 客運	0.68
Q 客運	0.43	J 客運	0.64	Q 客運	0.66
C 客運	0.43	M 客運	0.62	M 客運	0.63
B 客運	0.43	E 客運	0.59	A 客運	0.60
J 客運	0.40	C 客運	0.57	C 客運	0.55
E 客運	0.36	Q 客運	0.56	B 客運	0.54
F 客運	0.32	B 客運	0.52	E 客運	0.53
R 客運	0.21	F 客運	0.52	F 客運	0.52

在三個模式中，模式一適用於剛起步或是可能沒有餘力對於永續性做貢獻的公司，或是單純希望了解一般營運產能的公司，則選擇模式一做績效評估，而模式二與三皆適用於營運較為穩定的公司，本研究提供公司業者，除了考慮營運績效外，同時能考慮環境與社會指標，若是針對環境永續性則選擇模式二做環境績效評估，若是希望能評估的最為全面，則選擇模式三，或是讓政府對於各業者，有更全面的評估分析。此外若是希望凸顯公司生產效率，在三個模式中則可以選擇模式二做評估，若是希望凸顯公司服務效能或總系統效率，則可以選擇模式三做評估。

第五章 結論與建議

本研究應用多指標網路 SBM 模式針對臺灣 20 間市區公車業者進行兩階段分析，其中結果包含生產效率階段與服務效能階段，以及最後的整體營運效能，此外，本研究同時分析了三個模式間的差異變化，並依序提供了一般營運模式與營運模式營運環境指標間的差異、營運環境指標與營運環境安全指標進行效率分析等以利比較分析，並透過指標的增加與模式檢定的方式，了解市區公車營運的績效變化。

為了更全面了解公車營運的相對效率值，本研究參照了過去相關研究中的投入、產出變數，以利了解一般營運績效，更新增了環境變數與安全變數，分別對於環境與社會安全面的指標做績效評估，期以將原本公車營運所造成的外部成本內部化，更能了解永續性的營運績效，近年來，環保永續的觀念越發重要，目前交通運輸在針對環境方面僅有航空業的碳稅機制，而一般路上運輸業卻無相關嚴令限制，然而一般大眾的生活作息與陸運更是息息相關，除了日常生活需多加節能減碳外，發展電動公車、老舊公車的汰舊換新(提升燃油效率)等皆是目前路上運輸所能為環境做的改善，因此增加了空氣汙染量做為環境指標，包含二氧化碳、碳氫化合物等排放物，也讓政府能在評估業者績效時，更貼近真實情況。

交通意外的事故頻傳，嚴重影響到全國人民用路人的安全，在大眾運輸中，可能一次嚴重的意外將造成多個家庭支離破碎，因此，安全指標是我們需要審慎思考的評估項目，就現況而言，台灣交通意外比例最高的是老年人(65 歲以上)與年輕族群(18 到 24 歲)，這些國家未來的棟樑以及智慧的傳承者，都是國家最重要的資產，因此，為了期望業者能更注意道路安全以降低意外發生，本文選擇將安全指標納入績效考量，透過安全指標的衡量，將績效結果不好的公司，特別請政府提供更完善的道路宣導，甚至是對車輛進行更精密的檢測，最終達到降低意外發生的效果。

本章節中，最後包含了結論探討與建議兩個部分，在結論的部分中，對於本研究之分析結果做出釐清與改善建議，提供政府與業者做為參考依據，期以讓市區公車服務更為完善，並說明本研究在學術上及實務上之貢獻，另外在建議的部分中，檢視本研究尚不完美之處，提供未來學術做研究方向與課題探討。

5.1 結論

在衡量市區公車永續營運績效中，本文選用了多個指標來進行績效評估，總共提出單一營運績效、環境營運績效與社會環境營運績效等三個模式，將各模式不同之處，與其主要研究結果闡述如下

1. 在一般營運績效模式中，平均整體營運績效值為 0.53，平均生產效率值為 0.78，平均服務效能值為 0.59，達到最佳效率值之 DMU 共只有 5 間業者，相較於多指標營運績效模式，多指標模式達到最佳效率值增加為 22 個，其服務效能更是優於一般營運模式中的服務效能。
2. 在 kruskal-wallis 無母數檢定中，分析三個模式是否在整體營運效率、生產效率與服務效能具有差異，其檢定結果發現整體營運效率與服務效能皆有顯著影響，但是生產效率方面三個模式卻無顯著差異。
3. 在分析結果中，發現相對效率較為良好的公車業者，不論在何種模式中，皆有較為良好的績效表現；相對效率較為不好的業者，不論在何種模式中，皆有較不良的績效表現，而績效值中間的業者會根據模式不同，做出相對績效值的變化。
4. 透過差額變數模式分析結果，能提供給各間業者做改善績效的建議，半數以上業者，需縮減投入量，或增加產出的資源配置，以達到最適效率。
5. 由於本研究在計算相對績效值時，並無考慮服務品質或是服務水準等因素，因此，實際分析結果可能與一般評鑑結果有些許不同。

5.2 建議

台灣大眾運輸業目前以台北地區發展最為完善，擁有便利的捷運系統，搭配市區公車以及 U-bike 的可及性服務，在營運績效方面，由於捷運與市區公車間本是互補也是互相競爭的關係，未來業者定位仍需進一步釐清與分析，此外，台中與高雄也正在迅速發展更完善的市區運輸服務，未來能夠分析的更為精細，本文研究中尚有不足地方需要改進，其有待改進的部分及未來可研究的方面可闡述如下：

1. 本研究資料蒐集了 20 間業者，以及四年資料，目前尚無針對地區進行績效評估，未來在台北、臺中、高雄交通建設發展都趨近完善時，可以將資料進行分區比較，用以探討台灣北、中、南區的績效結果。
2. 在環境指標方面，目前由於台灣電動公車尚不普遍，故資料尚不完整，未來在永續交通發展後，可在中間產出中加入電動公車數量，以更好解釋電動公車數量對於環境污染量減少之影響，與績效之變化。
3. 在社會指標方面，可以增加偏遠地區營運與轉乘指標，以分析更完善的社會指標，此外，在受傷程度方面，可以進一步細分為 A1、A2 事故，也許能再多考慮意外年齡層的影響，而社會公平性方面，如若可以取得業者之老人票、軍警票、半票或其他優惠票等延人公里、載客數資料，將可以進一步利用本研究架構進行永續運輸中的公平性績效分析。
4. 永續 3E 包含環境、社會、經濟，經濟面目前尚無良好的指標能進行評估，本文在蒐集指標資料中，有發現經濟場站效率的說法，可以進一步將本文的中間投入項目，細分為具有轉運效能的車站，藉此更能探討交通永續的效率，並了解運輸經濟對營運效率之變化。
5. 本研究在研究分析中，並未將各公車業者進行事先分群，故未來可以進行事先分群，再執行績效衡量，若後續研究者能取得足夠的業者樣本，亦可以針對業者進行績效衡量與分群作業。後續研究亦可以利用此網路 SBM 模式進行跨期之 Malmquist productivity changes 之研究議題。

參考文獻

1. 廖勝裕，「應用 SBM-DEA 三階段模式於都市客運營運路線績效之研究-以 O 市為例」國立中央大學土木工程學系，碩士論文，民國 98 年。
2. 馮正民、邱裕鈞，研究分析方法，初版，建都文化事業股份有限公司，新竹，民國 93 年。
3. 周品帆，「考慮轉乘運量與事故發生之臺北捷運績效評估 – 多運具網絡資料包絡分析法」國立交通大學運輸與物流管理學系，碩士論文，民國 104 年
4. 廖柏瑞，「考慮轉成運量與污染排放之市區公車績效評估-兩階段方向性距離函數」國立交通大學運輸與物流管理學系，碩士論文，民國 103 年
5. 謝尹甄試，「考慮非意欲產出下之公車營運績效分析」國立交通大學運輸與物流管理學系，碩士論文，民國 100 年
1. Banister, D. (2000), "Sustainable urban development and transport a Eurovision for 2020", *Transport Reviews*, 20(1), 113–130.
2. Banker, R. D., Charnes, A. and Cooper, W. W. (1984), "Some models for estimating technical and scale inefficiencies data envelopment analysis", *Management Science*, Vol. 30, No. 9, pp. 1078-1092.
3. Caulfield, B., Bailey, D., and Mullarkey, S. (2013), "Using data envelopment analysis as a public transport project appraisal tool", *Transport Policy*, 29, 74-85.
4. Charnes A, Cooper ,W. W. and Rhodes, E. L. (1978), "Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operations Research*, 2(6), 429-444.
5. Chu, X., Fielding, G. J. and Lamar, B. W., (1992), "Measuring transit performance using data envelopment analysis", *Transportation Research Part A*, Vol. 26, No. 3, pp. 223-230.
6. Cui, Q., and Li, Y. (2014), "The evaluation of transportation energy efficiency: An application of three-stage virtual frontier DEA", *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 29, 1-11.
7. d'Ovidio, F. D., Leogrande, D., Mancarella, R., Schinzano, A., and Viola, D. (2014), "A multivariate analysis of the quality of public transport services", *procedia economics and finance*, 17, 238-247.
8. De Borger, B., Kerstens, K., and Costa, Á. (2002), "Public transit performance: What does one learn from frontier studies?", *Transport Reviews*, 22(1), 1-38.
9. Farrel, M. J., (1957), "The measurement of productive efficiency", *Journal of the Royal Statistical Society, Series A*, Vol. 120, No.3, pp. 253-290.
10. Gupta, P., Mehlawat, M. K., Aggarwal, U., and Charles, V. (2018), "An integrated AHP-DEA multi-objective optimization model for sustainable transportation in mining industry", *Resources Policy*.

11. Hahn, J. S., Kho, S. Y., Choi, K., and Kim, D. K. (2017), "Sustainability evaluation of rapid routes for buses with a network DEA model", *International Journal of Sustainable Transportation*, 11(9), 659-669.
12. Ji, X., Wu, J., and Zhu, Q. (2016), "Eco-design of transportation in sustainable supply chain management: A DEA-like method", *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 48, 451-459.
13. Kang, C. C., Feng, C. M., Liao, B. R., and Khan, H. A. (2019), "Accounting for air pollution emissions and transport policy in the measurement of the efficiency and effectiveness of bus transits", *Transportation Letters*, 1-13.
14. Kang, C. C., Khan, H. A., Feng, C. M., and Wu, C. C. (2017), "Efficiency evaluation of bus transit firms with and without consideration of environmental air-pollution emissions", *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 50, 505-519.
15. Kao, C. (2014), "Network data envelopment analysis: A review", *European Journal of Operational Research*, 239(1), 1-16.
16. 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.
17. Kim, C., Kim, S., Kang, H., and Song, S.-M. (2017), "What makes urban transportation efficient? evidence from subway transfer stations in Korea. sustainability", 9(11).
18. Maha, A., Bobâlcă, C., and Țugulea, O. (2014), "Strategies for the improvements in the quality and efficiency of public transportation", *Procedia Economics and Finance*, 15, 877-885..
19. Marchetti, D., and Wanke, P. (2017), "Brazil's rail freight transport: Efficiency analysis using two-stage DEA and cluster-driven public policies", *Socio-Economic Planning Sciences*, 59, 26-42.
20. Mihyeon Jeon, C., and Amekudzi, A. (2005), "Addressing sustainability in transportation systems: Definitions, indicators and metrics", *Journal of Infrastructure Systems*, 11(1), 31–50.
21. Olfat, L., Amiri, M., Bamdad Soufi, J., and Pishdar, M. (2016), "A dynamic network efficiency measurement of airports performance considering sustainable development concept: A fuzzy dynamic network-DEA approach", *Journal of Air Transport Management*, 57, 272-290.
22. Banker, R. D., Charnes A. and Cooper, W. W. (1984), "Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis", *Management science*

23. Sampaio, B. R., Neto, O. L., and Sampaio, Y. (2008), "Efficiency analysis of public transport systems: Lessons for institutional planning", *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 42(3), 445-454.
24. Shabanpour, H., Yousefi, S., and Farzipoor Saen, R. (2017), "Future planning for benchmarking and ranking sustainable suppliers using goal programming and robust double frontiers DEA", *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 50, 129-143.
25. Shiau, T. A., and Jhang, J. S. (2010), "An integration model of DEA and RST for measuring transport sustainability", *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 17(1), 76-83.
26. Singh, A., Gangopadhyay, S., Nanda, P. K., Bhattacharya, S., Sharma, C., and Bhan, C. (2008), "Trends of greenhouse gas emissions from the road transport sector in India", *Sci Total Environ*, 390(1), 124-131.
27. Tang, S., and Lo, H. K. (2008), "The impact of public transport policy on the viability and sustainability of mass railway transit – The Hong Kong experience", *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 42(4), 563-576.
28. Tone , K. and Tsutsui, M.(2009), "Network DEA : A slacks-based measure approach", *European Journal of Operational Research*, 197,pp.243-252
29. Wu, J., Zhu, Q., Chu, J., Liu, H., and Liang, L. (2016), "Measuring energy and environmental efficiency of transportation systems in China based on a parallel DEA approach", *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 48, 460-472.
30. Yoshino, D., Fujiwara, A., and Zhang, J. (2018), "Environmental efficiency model based on data envelopment analysis and its application to environmentally sustainable transport policies", *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2163(1), 112-123.
31. Yu, M. M. and C. K., Fan(2009), "Measuring the performance of multimode bus transit:a mixed structure network DEA model",*Transportation Research Part E*,Vol.,45,pp.501-515
32. Yu, Y., and Wen, Z. (2010), "Evaluating China's urban environmental sustainability with Data Envelopment Analysis", *Ecological Economics*, 69(9), 1748-1755.
33. Zhao, Y., Triantis, K., Murray-Tuite, P., and Edara, P. (2011), "Performance measurement of a transportation network with a downtown space reservation system: A network-DEA approach", *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 47(6), 1140-1159.