

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

## 子計畫五：永續運輸指標與策略之整合模式(II)

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC91-2621-Z-009-002-

執行期間：91年08月01日至92年07月31日

執行單位：國立交通大學科技管理研究所

計畫主持人：曾國雄

共同主持人：江勁毅

計畫參與人員：Serafim Opricovic、許卜仁、邱華凱

報告類型：完整報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 92 年 11 月 1 日

## 摘要

永續的運輸發展必須是在考慮目前及未來長期的狀況下，仔細審視所規劃的運輸系統與大自然和社會間的互動。它必須要預測所有與計劃相關之變數的未來可能變化，例如：地理與生態條件，社經條件，包括：社會價值系統的潛在變化。運輸設施和活動對環境、社會和經濟會產生顯著的衝擊，因此永續運輸發展必須考慮到多個準則。多準則最佳化方法則是在同時考慮多重準則下，設法求得一個可接受的妥協解之方法。多準則最佳化是一個複雜且具動態性的過程，經由此過程可以分別達成管理層面及工程層面的目的。妥協排序法(如VIKOR)則是經常被用來求解多準則最佳化問題之方法之一。假設永續運輸發展的評估架構已經建立，並且被作為最佳化評估之準則，而本研究即在於發展出永續運輸指標與策略之整合模式，並利用多準則最佳化之妥協排序法，提出永續運輸策略之優先次序，提供政府作為施政之參考。

## **Abstract**

Sustainable transportation development requires consideration of the interaction of a planned transportation system with nature and society under present and long-term future conditions. It requires prediction of possible future changes in all variables relevant to the plan, e.g. geological and ecological conditions, as well as socio-economic conditions, including a potential change in society's value system. Transportation facilities and activities can have significant environmental, social and economic impacts, and sustainable transportation development is a multicriteria task. The multicriteria optimization method may be applied to achieve an acceptable compromise. Multicriteria optimization is considered as a complex and dynamic process in which one managerial level and one engineering level can be distinguished. The compromise ranking method (known as VIKOR) is introduced as one applicable technique to implement within multicriteria optimization. The multicriteria model can treat all relevant conflicting affects and impacts in their representative units. It is assumed that a framework for building evaluation indices has been developed for sustainable transportation development. The established evaluation indices will be a basis for the optimization criteria. The integration model of sustainable transportation indices and strategies sustainability will be developed as a main project goal. The strategies sustainability will be determine by multicriteria ranking of generated strategies, and the priorities of sustainable transportation strategies could be proposed.

# 目錄

摘要.....	I
ABSTRACT.....	II
目錄.....	III
表目錄.....	V
圖目錄.....	VI
<b>第一章 緒論.....</b>	<b>1</b>
1.1 研究背景與動機.....	1
1.2 研究目的.....	2
1.3 研究範圍與對象.....	2
1.4 研究方法.....	2
1.5 研究內容與流程.....	3
<b>第二章 永續運輸指標與策略評估相關文獻之探討.....</b>	<b>5</b>
2.1 永續發展.....	5
2.2 永續運輸.....	5
2.3 永續運輸指標.....	6
2.3.1 永續發展指標架構與特性.....	7
2.3.2 國內外永續運輸指標.....	8
2.4 永續運輸策略.....	16
2.5 多準則決策應用於永續發展.....	17
<b>第三章 永續運輸發展之研究構想與理論架構.....</b>	<b>19</b>
3.1 研究構想.....	19
3.2 理論架構.....	20
3.2.1 指標永續性評估.....	20
3.2.2 永續運輸發展策略評估層級架構.....	22
3.2.2.1 階層分析方法.....	22
3.2.2.2 模糊階層分析方法.....	23
3.2.3 模糊綜合績效評判.....	24
3.2.4 多準則最佳化優先排序.....	25
3.2.4.1 TOPSIS.....	25
3.2.4.2 VIKOR.....	26
3.3 小結.....	27
<b>第四章 永續運輸指標建立與現況分析.....</b>	<b>28</b>
4.1 永續運輸指標訂定程序.....	28
4.2 永續運輸發展課題與初步指標建立.....	28
4.2.1 經濟效率面.....	28
4.2.2 環境生態面.....	30
4.2.3 社會公平面.....	31
4.3 永續運輸發展指標選定及現況分析.....	31
4.3.1 經濟效率面.....	32
4.3.2 環境生態面.....	39
4.3.3 社會公平面.....	42
4.3.4 整體現況分析.....	45

4.4 小結.....	51
<b>第五章 永續運輸策略研擬與評估.....</b>	<b>52</b>
5.1 永續運輸策略研擬.....	52
5.1.1 指標反映問題與因應對策.....	52
5.1.2 發展策略研擬.....	53
5.2 策略評估階層架構.....	55
5.2.1 評估階層體系之建立.....	55
5.2.2 權重調查結果與分析.....	56
5.3 永續運輸發展策略評估.....	59
5.3.1 策略評估問卷結果分析.....	59
5.3.2 TOPSIS 法與 VIKOR 法策略排序.....	61
5.4 小結.....	62
<b>第六章 結論與建議.....</b>	<b>63</b>
6.1 結論.....	63
6.2 建議.....	64
<b>參考文獻.....</b>	<b>66</b>
<b>附錄-問卷設計.....</b>	<b>70</b>

## 表目錄

表 2.1 經濟合作發展組織-永續發展運輸相關指標 .....	8
表 2.2 紐西蘭-永續發展運輸相關指標 .....	11
表 2.3 加拿大-安大略圓桌會議-永續運輸發展指標 .....	13
表 2.4 臺北市都市永續發展運輸指標 .....	14
表 2.5 交通部運輸研究所永續運輸量化指標 .....	14
表 3.1 AHP 評比尺度表 .....	22
表 3.2 模糊 AHP 五尺度語意變數 .....	23
表 4.1 永續運輸經濟效率面議題-運輸活動所消耗各項資源需求，遠超過其自然回復再生供給 .....	29
表 4.2 永續運輸經濟效率面議題-運輸系統效率未能發揮 .....	29
表 4.3 永續運輸環境生態面議題-運輸活動造成空氣污染、噪音等環境衝擊 .....	30
表 4.4 永續運輸環境生態面議題-運輸對安全及健康所造成的傷害 .....	31
表 4.5 永續運輸社會公平面議題-社會特定群體(弱勢)基本運輸可及性未能滿足 .....	31
表 4.6 永續運輸指標一覽表 .....	32
表 4.7 永續運輸指標績效表 .....	46
表 4.8 指數化永續運輸指標績效表 .....	46
表 4.9 正規化永續運輸指標績效表 .....	47
表 4.10 正規化永續運輸指標績效表-現況與發展趨勢 .....	48
表 5.1 永續運輸指標反映問題與發展策略彙整表 .....	52
表 5.2 永續運輸發展策略評估架構各構面模糊權重表 .....	57
表 5.3 永續運輸發展策略評估架構各準則模糊權重表 .....	57
表 5.4 永續運輸發展策略評估架構各構面群體權重差異表 .....	58
表 5.5 永續運輸發展策略評估架構各準則群體權重差異表 .....	59
表 5.6 永續運輸發展策略模糊綜效評估值 .....	60
表 5.7 永續運輸發展策略各準則綜效評估值差異表 .....	61
表 5.8 永續運輸發展策略優先排序表 .....	61

## 圖目錄

圖 1.1 研究流程圖.....	4
圖 3.1 永續運輸指標與策略二階段整合模式流程圖.....	20
圖 3.2 永續運輸指標雷達圖示意圖.....	21
圖 3.3 三角模糊數隸屬函數圖.....	24
圖 4.1 永續運輸指標 1.1 大眾運輸(公車、捷運)營運效率.....	33
圖 4.2 永續運輸指標 1-1-1 捷運運輸營運效率.....	33
圖 4.3 永續運輸指標 1-1-2 公車運輸營運效率.....	33
圖 4.4 永續運輸指標 1-2 公車運輸事業服務效率.....	34
圖 4.5 永續運輸指標 1-3 公車運輸事業維護效率.....	34
圖 4.6 永續運輸指標 1-4 貨物運輸營運效率.....	35
圖 4.7 永續運輸指標 1-5 運輸能源生產力.....	36
圖 4.8 永續運輸指標 1-6 平均行駛速率.....	36
圖 4.9 永續運輸指標 1-7 每車享有道路面積.....	37
圖 4.10 永續運輸指標 1-8 每車享有停車格位數.....	37
圖 4.11 永續運輸指標 1-9 交通號誌組數.....	38
圖 4.12 永續運輸指標 1-10 每千人擁有車輛數.....	38
圖 4.13 永續運輸指標 1-11 交通肇事率.....	39
圖 4.14 永續運輸指標 2-1 石化能源使用比例.....	39
圖 4.15 永續運輸指標 2-2 PSI>100 天數比例.....	40
圖 4.16 永續運輸指標 2-3 噪音監測不合格時段比例.....	41
圖 4.17 永續運輸指標 2-4 人行道比例.....	41
圖 4.18 永續運輸指標 2-5 交通事故死亡、重傷率.....	42
圖 4.19 永續運輸指標 3-1 大眾運輸每日服務人次.....	42
圖 4.20 永續運輸指標 3-2 公車運輸每日服務班次.....	43
圖 4.21 永續運輸指標 3-3 特定群體使用大眾運輸比例.....	43
圖 4.22 永續運輸指標 3-4 人行道無障礙設施新建比例.....	44
圖 4.23 永續運輸指標 3-5 殘障停車格位比例.....	44
圖 4.24 永續運輸指標 3-6 交通滿意度調查.....	45
圖 4.25 永續運輸指標-經濟效率面永續雷達圖.....	49
圖 4.26 永續運輸指標-環境生態面永續雷達圖.....	49
圖 4.27 永續運輸指標-社會公平面永續雷達圖.....	50
圖 5.1 永續運輸發展指標呈現不永續因應策略關係圖.....	54
圖 5.2 永續運輸發展策略評估架構圖.....	55
圖 5.3 永續運輸發展策略評估架構各構面與準則相對權重圖.....	57

# 第一章 緒論

## 1.1 研究背景與動機

「永續發展」一詞依據世界環境與發展委員會(World Commission on Environment and Development, 1987)之定義為：「在不犧牲下個世代而能滿足其需求能力的前提下，發展現今世代的需求滿足」，亦即當我們滿足現今生活之需求時，也須考慮到往後世世代代的永續發展。而由永續發展的觀念衍生至運輸領域，即為「永續運輸(Sustainable Transportation)」。

運輸設施與運輸活動對於環境保護、社會公平與經濟效率之三個永續發展的向度而言，均可能造成顯著的衝擊，大部分的運輸計畫僅針對某一些衝擊進行評估或規劃，特別是針對交通的品質如道路的服務水準、壅塞所造成的延滯，車流的平均速率等，然而運輸系統的永續發展必須針對所有的衝擊詳加考慮，同時著重於運輸系統與自然、社會環境之間的交互關係，並強調生態、經濟、能源與社會因素的整合以保護自然和社會環境。因此，永續運輸發展必須考慮到多項準則，包括社會大眾、不同政府部門及政府層級，而經濟方面的計量也常用來評估整體運輸發展計畫的績效，再者，其他如社會、政治及環境方面的績效也是重要的，實際的課題通常採用數個不相稱、不同層面且相互衝突的準則來具體化，而且沒有一個解決方案能同時滿足所有準則之達成水準，所以必須在多個衝突的準則中發展並決定一個折衷的最佳解決方案。

多準則最佳化(或多準則決策, Multicriteria Decision Making, MCDM)是一複雜且具動態性的過程，透過此過程可以分別處理管理層次及工程層次的問題(Duckstein and Opricovic, 1980)。在管理層面可定義目的及選擇最終最佳的方案，在工程層面則是著重在多準則的決策，提供解決方案給政府部門中之「決策者」來決定是否接受或拒絕。然而決策者的偏好架構常偏離了最佳化的程序，而此偏好架構經常建立在政治的準則，而非單獨的僅在技術的準則上，在這種情況下，系統分析者必須透過整體分析以及非劣且(或)折衷解決方案的排列，來協助進行決策。

運輸計畫發展方案應依據已建立的準則來進行評估，評估的指標是最佳化準則的基礎，而多準則最佳化的應用則可透過使用一組綜合性準則建立多重目的及多重目標。永續運輸規劃的目的的一方面是為了選擇最佳的組合來折衷相互競爭的空間使用，另一方面則協調與生態及社會環境有關的不同政府部門和等級相互之間的權責，因此折衷排序方法(如 VIKOR)可謂為多準則決策中最適於引用的技術。

在多目標決策中存在許多不明確的影響因子，因此可利用模糊集合理論來定義準則及準則的重要程度以建構模式，依據 Bellman 和 Zadeh (1970)所述：「在

真實的世界中，大部分決策者對於環境中的目標、限制及可能行為的結果均無法明確的了解」。Ribeiro(1996)指出，在模糊環境中準則與權重都可以是模糊集合(Teng and Tzeng, 1996)，而多準則模式可用以處理所有相關且衝突的影響與衝擊，另，方案的評估與已建立準則的不明確有關，因此模糊多準則模式即可用來處理此類質化(無法量化或語意的)或不完整的資料。

## 1.2 研究目的

本研究之目的在於建立永續運輸指標與策略永續性之整合模式，透過產生策略的多準則排序，來決定策略的永續性及所提出永續運輸策略之優先順序。在此研究中發展出一個多準則最佳化方法，使永續運輸評估指標亦在此最佳化準則基礎上，並利用已建立的準則來評估運輸發展方案。多準則最佳化程序包括產生方案、建立準則、評估方案之權重以及運用折衷排序法(VIKOR)，並透過一組綜合準則協助建構多重目的與目標。

具永續發展的計畫須考慮現階段及長期未來生態、社會環境情況的互動，因此若方案面對未來的情況、條件的適應性越具彈性，則評估的績效值就越高，由於方案的評估乃利用不明確或不確定的準則，因此必須藉由模糊多準則模式來處理質化或不完整的資料，以求得指標與策略之整合模式。

## 1.3 研究範圍與對象

本研究係以台灣本島為範圍，以都市運輸系統為研究對象，探討目前台灣所進行之各項運輸計畫是否達永續運輸發展之目標、研擬台灣永續運輸發展策略並確認其先後順序。

## 1.4 研究方法

永續運輸發展必須考量目前及未來在各種情況下所規劃之運輸系統與生態、社會環境之間的互動關係，因此在永續運輸中的四個向度之間與其評估指標，以及世代間的平衡，均存在著交互關係，故本研究將藉由以下數個研究方法加以解析。

### 1. 文獻評析法

蒐集國內外有關永續運輸發展之期刊文獻，並加以回顧及彙整分析，藉此作為本研究之參考，以期有所啟發。

### 2. 問卷調查法

評估準則與權重之決定，將分別針對專家學者、相關交通政府機關、規劃人員、一般民眾等類別實施問卷調查並分析探討其結果。

### 3. 多準則評估法

利用多準則決策分析法(multicriteria decision making, MCDM)，包括利用

AHP 法計算指標權重，並將評估準則標加以層級化、結構化，並運用模糊理論(fuzzy theory)及解模糊化方法(defuzzy)將具模糊(vague)之準則指標值進行模糊運算及轉換成明確(crisp)績效值，加以分析與討論。

#### 4. 多準則最佳化方法

運用多準則最佳化方法(multicriteria optimization, MCO)如折衷排序方法(VIKOR、TOPSIS 等)，利用建立完成之永續運輸指標架構，尋找出發展之最佳策略，並以實例操作模式。

### 1.5 研究內容與流程

各步驟研究內容如下列：

#### 1. 研究範圍與問題界定

確定研究目的與內容，釐清運輸系統分析對象與指標。

#### 2. 文獻回顧

蒐集國內外與永續運輸相關之文獻資料，包括研究報告與期刊論文，加以整理分析檢討作為後續研究之基礎。

#### 3. 資料蒐集與整理

蒐集有關國內運輸系統的各项統計資料，依資料屬性分類整理。

#### 4. 永續運輸意義之界定與探討

依據相關文獻與台灣地區各項資料特性，界定永續運輸發展在社會公平、經濟效率、環境保護及安全方面之意義。

#### 5. 永續運輸指標系統建立

透過文獻回顧及資料蒐集整理，研擬永續運輸社會公平、經濟效率、環境保護及安全方面之指標，並透過多準則決策方法建立指標整合系統。

#### 6. 永續運輸發展策略研擬與分析

依據指標所欲達成之目的，研擬永續發展方案，並加以分析排列優先順序。

#### 7. 實例研究

運用台灣地區實際運輸發展計畫，評估各項指標績效否達永續運輸發展之目標。

#### 8. 結論與建議

最後依據研究成果提出結論，並建議後續研究之方向。

根據以上本研究之流程如圖 1.1。

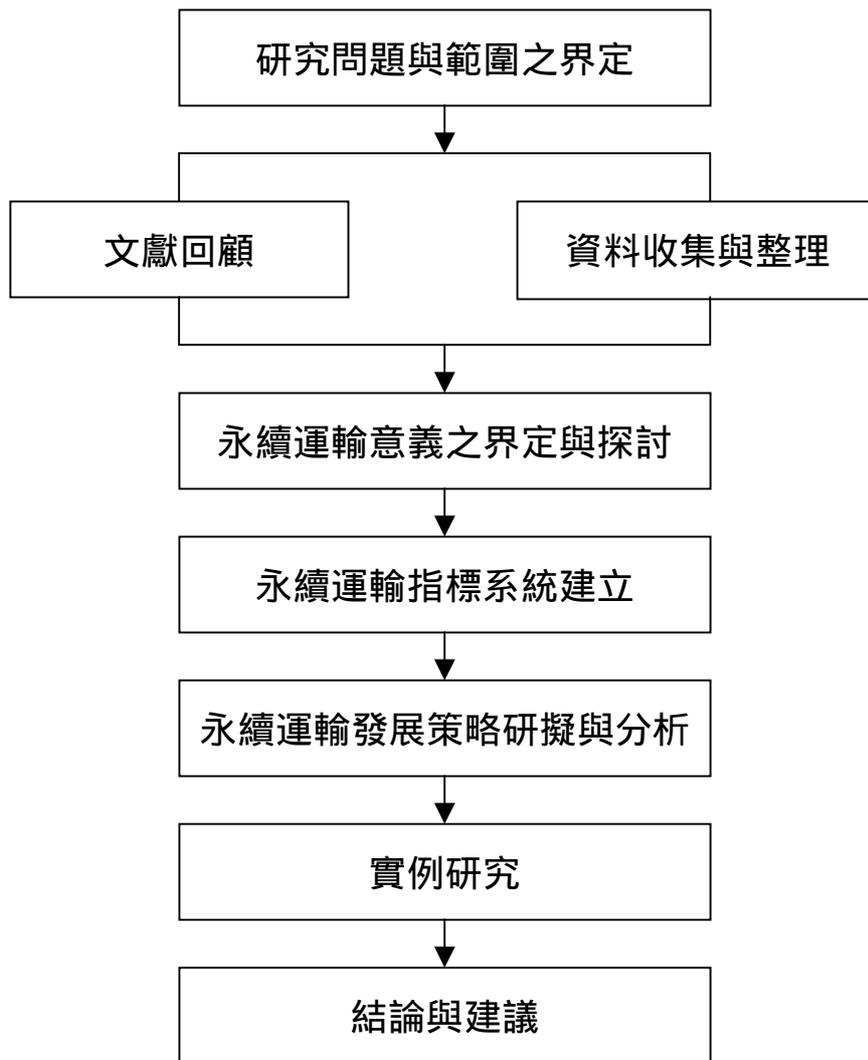


圖 1.1 研究流程圖

## 第二章 永續運輸指標與策略評估相關文獻之探討

有關永續發展國內外已有許多研究，本章分別就永續發展、永續運輸、永續運輸指標、永續運輸策略及多準則決策於永續發展之應用等主題，蒐集國內外相關文獻，並加以整理、回顧，作為本研究之基礎。

### 2.1 永續發展

本節針對永續發展的緣由及定義作一概略的回顧，以瞭解永續運輸發展的背景，作為研究基礎。

1983 年聯合國成立世界環境與發展委員會(World Commission on Environment and Development, WCED)執行及從事各項環境保護的研究，於 1984 年召開第一次正式會議，會中提出八項議題作為未來工作重點，其中包括人口、能源、工業、糧食、居住、國際等六項環境與永續發展以及環境管理決策系統、國際合作等八項。

1992 年於巴西里約熱內盧召開「地球高峰會議(The Earth Summit)」，會中提出五項重要文件包括「里約宣言(Rio Declaration)」、「廿一世紀議程(Agenda 21)」、「氣候變化綱要公約(Framework Convention on Climatic Change)」、「生物多樣性公約(Biological Diversity Convention)」、「森林公約(Forest Principle)」，目的在調整全球經濟秩序、改變生產與消費型態，並修正各國政策及加強國際間的約束與規範，此會議亦促成聯合國於同年成立「聯合國永續發展委員會(United Nations Commission on Sustainable Development,UNCSD)」，其主要任務為推動永續發展監督程序、建立永續發展策略及財務來源認定。

永續發展的理念自從聯合國大力的推動，已逐漸成為世界各國進行國家發展與保護生存環境的最高指導原則，其定義甚多，然可歸納出共同的觀點，其中 1987 年世界環境與發展委員會之定義：「在不犧牲下個世代而能滿足其需求能力的前提下，發展現今世代的需求滿足」，於社會層面主張公平分配，以滿足全體人民的基本需求，於環境層面主張人類與自然和諧相處，於經濟層面主張在保護自然環境的基礎上持續發展經濟成長。

### 2.2 永續運輸

本節接續針對永續運輸之定義及相關探討永續運輸的文獻加以回顧，以釐清永續運輸的發展近況及研究範圍。

依前節所述，永續發展的定義為：「在不犧牲下個世代而能滿足其需求能力的前提下，發展現今世代的需求滿足」，而人類為滿足各種活動而產生交通運輸，隨著科技的進步，交通運輸亦演進得十分便利，並為現代人帶來舒適的生活及經濟發展，但相對地也造成了交通安全問題、能源耗用過度、空氣污染、

溫室效應等問題，無止盡地消耗地球上的資源，為下個世代累積了更多的資源負擔，嚴重影響生存環境。

因此將永續運輸的觀念加入運輸發展上，即是永續運輸，其內含有環境、社會及經濟三方面的永續發展。在環境方面，要求政府與民間進行運輸決策時，應考慮運輸的外部效果，即交通運輸所造成的空氣污染、噪音、道路損壞、交通事故等；在社會方面，則要求運輸改善需顧及各層面的民眾利益；在經濟方面，要求資源必須有效率的使用及維護。其宗旨為：永續運輸的建設與發展要求資源不論在使用的數量與速率上，都不得任意而無節制的使用，且應追求替代的資源，目的是希望這一代的資源不應該在這世代就耗盡，而應該延續待下一世代甚至永久使用(馮正民，1999)。

交通運輸是經濟體系的一環，在日常生活中上擔負著貨物及人員移動任務，擴展了個人及工商業活動領域，運輸活動卻對社會環境有噪音、空氣污染及水污染，消耗天然資源、造成市區擁擠及生活阻隔等負面影響。隨著經濟發展及人類活動空間的擴大，使得日常用品及人員運輸快速成長，國內運輸部門(尤其是公路運輸)不論在石油產品消耗或是在污染物排放，均佔有相當之比例且逐年增加，對台灣地區環境帶來不良影響，因此藉由永續運輸發展來達到地球與生活居住環境「減少消耗與污染」之目的，同時確保「自然資源可以再生復原」之目標(張學孔，2001)。

因此在現今國內交通運輸已面臨了快速且機動化所衍生的問題，諸如隨著個人所得的增加，機動車輛持有率比道路面積的成長來得快，造成都市地區交通壅塞，其車速緩慢即伴隨空氣污染的嚴重，更使得利用大眾運輸系統的通勤者通勤時間的增加，客貨運行駛成本亦隨著增加，種種問題均突顯運輸政策的制定須因應追求更加生活品質的永續基礎而進行調整的必要，而調整方向可分三方面說明(The World Bank, 1996)：

(1) 追求經濟與財務的永續經營

資源必須有效率的運用，且設備資產也需確實與定期性的維護，方能達到在經濟與財務上的永續性。

(2) 追求環境與生態上的永續性

不論是在政府部門或是民間部門對外來發展的投資決策，應充分考量運輸計畫所衍生的外部效應，方能達到環境與生態的永續性。

(3) 追求社會公平發展的永續經營

運輸改善的效益應能普及於社會各階層，方能廣為民眾接受，進而達到社會發展的永續性。

## 2.3 永續運輸指標

本節針對永續運輸指標架構及特性與國內外已建立之永續運輸指標加以探

討，作為本研究建立指標之參考依據。

### 2.3.1 永續發展指標架構與特性

自 1992 年「地球高峰會議」後，各國開始將永續發展理念納入環境指標中，永續發展指標系統的建立，應與永續發展理念與內涵密切結合，否則將無異於傳統作法，不但所訂之環境指標可能雜而無序，更無法與永續發展理念相結合，因此永續發展指標系統應能達到以下三項主要功能：

- (1) 預警功能；
- (2) 檢討與回顧功能；
- (3) 未來決策導向之展望功能。

就國家而言，永續發展指標可以釐清各國境內永續發展的政策方向與目標，及相關政策與施政之執行優先順序，故在建立永續發展指標的工作上應先瞭解各種指標之定義與感念及其與永續發展的相關性，最終目的乃是協助國家瞭解其實際永續發展現況，並規劃永續政策導向(於幼華、張益誠，1999)。

根據 Maclaren(1996)廣泛地回顧永續發展指標研擬之文獻，將指標系統研擬過程歸納為以下六類：

- (1) 領域基礎架構(Domain-based frameworks)：以領域為基礎之指標架構，是以永續發展的主要向度為領域，包括經濟效率、環境生態、社會公平三個構面。
- (2) 目標基礎架構(Goal-based frameworks)：以目標導向的指標架構首要擬定永續發展之目標體系，再依各目標或整體目標界定相關指標。
- (3) 部門架構(Sectorial frameworks)：依據政府所管理的主要部門為基礎，如環境保護、交通、都市規劃等部門，分別建立其相關永續發展指標，透過政府行政部門配合，易於監控所屬責任及績效。
- (4) 議題基礎架構(Issue-based frameworks)：以議題為基礎之指標架構，係針對主要永續性課題，如空氣污染、生命安全、可及性需求滿足、能源效能等議題，分別建立其相關之永續發展指標。
- (5) 因果架構(Causal frameworks)：此架構係依因果之關聯性來建構，如「壓力-狀態-反應」(Pressure-State-Response, PSR)或「動力-狀態-反應」(Driving force-State-Response, DSR)即屬此類。
- (6) 綜合架構(Combination frameworks)：整合上述二種或二種以上的指標架構，擷取其優點。

依據於幼華、張益誠(1999)整理，在永續發展指標的選取上，其指標須具備以下十項屬性：(1)全面性、代表性與顯著性；(2)資料可及性；(3)資料可性度與

正確性；(4)兼顧國際性與國家特性；(5)可比較性；(6)可理解性且容易使用；(7)操作彈性；(8)充分科學基礎；(9)實用性；(10)預測性。

另外 Liverman 等人(1988)提出選擇永續指標時應注意以下九個準則：(1)敏感性；(2)空間敏感性；(3)社會分配敏感性；(4)可逆性；(5)可控制性；(6)可預測性；(7)可被整合；(8)資料可及性；(9)實用性。隨著指標使用目的及適用地域不同，須能靈活適切地調整各種因子元素組成，尤其在利用指標作為多國、多區域的比較時，更須注意各國的「國情」及各地區的「民情」是否皆適用同一標準，因此在指標的選取均須顧及上述因素。

### 2.3.2 國內外永續運輸指標

回顧國內外永續運輸之發展及指標建立，本文將依上述 Maclaren 所分六類架構，整理分述如下：

#### (1) 因果架構永續運輸指標

##### A. 聯合國永續發展委員會

1995 年聯合國永續發展委員會(UNCSD)依據二十一世紀議程(Agenda 21)建立一套指標系統來評估各國永續發展情形，該系統的建構成為聯合國永續策略工作進程中極為重要的一項基本工作，亦作為各國在研發永續發展指標的參考範本，據以建立符合各國實際需要的永續發展指標系統。其指標體系分為社會、經濟、環境與組織制度等四個主要層面，再細分若干相關子題，並以壓力-狀態-反應(PSR)觀點將指標分為三種類型，該指標體系涵蓋 130 個指標項目，其中與運輸相關之指標為：機動車燃料平均每人消耗率。

##### B. 經濟合作發展組織

經濟合作發展組織 OECD(Organization for Economics Cooperation and Development)(1998)為一工業化國家的國際性組織，其建立之運輸與環境指標係根據「地區的環境意義趨勢」、「運輸部門的環境影響」、「環境與運輸的經濟連結」，其基礎架構建立於壓力-狀態-反應(PSR)模式，其指標如表 2.1 所示。

表 2.1 經濟合作發展組織-永續發展運輸相關指標

指標分類	永續運輸指標
總交通量成長與運具分配	一、 依運具分之旅客交通量趨勢(私人小汽車、公車、長途公車、鐵路、航空)——延人公里
	二、 依運具分之貨運量趨勢
	三、 道路交通量趨勢——延車公里
	四、 機場交通量趨勢
	五、 國家海港處理貨物噸數趨勢

基礎設施	資本支出：總數、運具分
運具與移動設施	與道路運具數量：總數、使用汽油的運具數量、使用柴油的運具數量、其他
資源使用	運輸部門最終的能源消耗(總量、每人、依運具分)——油當量噸
空氣污染	一、運輸排放量，包括 CO <sub>2</sub> 、CO、NO <sub>x</sub> 、VOC 等(總量、每人、依運具分) 二、每車公里排放物，包括 CO <sub>2</sub> 、CO、NO <sub>x</sub> 、VOC 等
水污染	在營運期間，由於意外或排放造成油外流之噸數
噪音	暴露於超過 65 分貝運輸噪音之人口
廢棄物	一、運輸相關廢棄物噸數 二、進口或出口之危險廢棄物噸數
風險與安全	一、死亡或受傷人數 二、運送危險物質之噸數
環境損害	運輸環境污染損害
環境支出	一、污染防制總支出 二、花費在安靜、清潔、提升運具能源效率之研發支出
稅收與補貼	一、直接補貼 二、直接與間接補貼 三、總經濟補貼(直接補貼和間接補貼加上外部性) 四、運具與運具使用之相關稅收
價格結構	一、汽油(有鉛、無鉛)、柴油和其他燃油之轉換實際價格趨勢 二、公共運輸之轉換實際價格趨勢
貿易與環境	指標發展中

### C. 美國-永續發展指標小組

美國永續發展指標小組(Sustainable Development Indices Group)於 1996 年完成指標項目的調查與分類，並推薦永續發展指標項目，1997 年完成篩選，接續進行背景調查與資料庫建立及測試工作，該指標系統係以 OECD 的 PSR 架構為基礎，發展 P-S-R/E 指標架構，加入 E(Effect)項目。其中與運輸相關之指標為以下三項：

- (A) 通勤時間；
- (B) 大眾運輸使用；
- (C) 運輸燃料消耗。

### D. 紐西蘭-環境委員會

1999 年紐西蘭環境委員會發表「運輸的環境影響指標提案」，其方法架構係以 PSR 模式，參考 OECD 所發展確認環境指標的方法，其運輸相關指標如表 2.2 所示，主要區分為二類，第一類是優先發展的主要指標，包括間接壓力的運輸活動指標與直接壓力的運輸壓力指標，第二類屬於

候選的輔助指標，包括運輸行為、空間指標、擁擠/成本指標、土地使用改變與土地分割、噪音指標、空氣品質與雜項等。

表 2.2 紐西蘭-永續發展運輸相關指標

指標分類	永續運輸指標
運輸活動指標 (間接)	<ul style="list-style-type: none"> <li>一、 道路擁擠的改變</li> <li>二、 車隊的組成</li> <li>三、 都市的密度</li> <li>四、 一般上班的旅行運具</li> <li>五、 道路使用者的車公里數</li> <li>六、 延人公里數</li> <li>七、 延噸公里運費</li> </ul>
運輸壓力指標 (直接)	<ul style="list-style-type: none"> <li>一、 受到道路噪音的室外人口</li> <li>二、 受到機場噪音的居住人口</li> <li>三、 總運輸使用之土地面積</li> <li>四、 具有適當防洪處理之一般幹道和州際公路比例</li> <li>五、 車流承載量(壓力指標)</li> <li>六、 Waahi tapu：運輸網路區位設置</li> <li>七、 Marae and papakainga：運輸網路的噪音分析</li> </ul>
運輸行為	<ul style="list-style-type: none"> <li>一、 補貼城市公共運輸可用座位和效用</li> <li>二、 城市運具的旅行比例</li> <li>三、 城市短程運具的旅行比例</li> <li>四、 城際運具延人公里的比例</li> </ul>
空間指標	<ul style="list-style-type: none"> <li>一、 大眾運輸路線長度/公路路線長度</li> <li>二、 行走距離在大眾運輸搭乘點(200 公尺?)內的人數比例</li> <li>三、 交通分區由大眾運輸服務的旅次比例;市外交通分區和中心商業區間由大眾運輸服務的比例</li> <li>四、 中心商業區和城市內工作者的停車位數</li> <li>五、 複合指標藉由使用類型來區分運輸土地使用(地理資訊系統)</li> </ul>
擁擠/成本指標	運輸成本指標
土地使用改變 和土地分割	<ul style="list-style-type: none"> <li>一、 每年新道路的建築</li> <li>二、 耕地土地轉變為道路或鐵路的地區</li> </ul>
道路噪音指標	<ul style="list-style-type: none"> <li>一、 受到道路噪音的室內人口</li> <li>二、 車隊噪音的改變</li> <li>三、 依都市、鄉村及交通流量分，不同路面材質之道路系統比例</li> </ul>
空氣品質	<ul style="list-style-type: none"> <li>一、 階段一指標*：汽車的 CO，NO<sub>x</sub>，PM<sub>10</sub> 排放</li> <li>二、 階段二指標*：暴露在當地 CO，NO<sub>x</sub>，PM<sub>10</sub> 氣體中的人口</li> </ul>
雜項	<ul style="list-style-type: none"> <li>一、 在紐西蘭的國內運輸事業中，飛航器的流量</li> <li>二、 平均旅行長度</li> </ul>

## (2) 議題基礎架構永續運輸指標

世界銀行(World Bank)是全球最大的研究發展計畫贊助者，其研究涵蓋許多領域的學術基礎，1996 年公佈環境計畫指標(Environmental Performance Monitoring Indicators, EPIs)，為世界銀行用來評估各項國際計畫環境影響之

指標，在建構指標系統時，世界銀行以森林、生物多樣性、土地利用、水污染、空氣污染、全球環境問題及制度決策面等七項議題，在指標類型的基礎架構上，依各項計畫目標及實行過程，編制各自之 EPIs，其交通運輸指標如下：

- A. 道路鋪設：新鋪設道路佔所有道路百分比；
- B. 道路貨物運輸：百萬公噸公里；
- C. 鐵路客運運輸：每百萬 GDP 之人公里；
- D. 鐵路貨物運輸：每百萬 GDP 之公噸公里；
- E. 可利用的引擎機車頭：機車頭之百分比；
- F. 飛機起飛班次：每千次；
- G. 航空運送乘客數：每千人次；
- H. 航空運送貨運量：每百萬公噸公里。

### (3) 綜合架構永續運輸指標

#### A. 英國

英國政府依據地球高峰會之結論，於 1994 年發表「永續發展策略」一書，其中包含有關運輸系統的初步評量指標，其架構係參考 PSR 架構，結合國內永續運輸發展關鍵議題，其與運輸相關的指標包括：

- (A) 汽車使用與總旅行人口：每人之人英里數；
- (B) 短程運輸：包括步行、腳踏車、公車、小客車的短程運輸旅次數；
- (C) 運輸成本的改變：燃料、票價等成本；
- (D) 交通費用：道路與鐵路之運價。

#### B. 加拿大-安大略圓桌會議

安大略圓桌會議主要議題為運輸，該會議主要係協助安大略運輸部門共同研擬當地之運輸系統策略，並將永續性及永續指標觀念納入政策規劃與分析，其架構係基於「準則-影響-活動-衡量」(Criterion- Influences- Action- Measures)系統並兼具目標架構，以以下三項永續運輸概念為主要準則：

- (A) 有一定程度的產出(污染)量是可以被環境所消化的；
- (B) 對不可再生資源的投入需求很低；
- (C) 降低對生態系統、土地、水域的干擾與破壞，並減少對自然保育棲地的使用。

其主要指標分為環境、經濟、社會、系統四個部分，其運輸相關指標如表 2.3。

表 2.3 加拿大-安大略圓桌會議-永續運輸發展指標

	指標	說明
環境	二氧化碳負荷量	對大氣中的二氧化碳作總量管制。
	生態足跡	衡量資源的使用。衡量土地可接受的成長及不可再生資源的使用。
	自然棲息地的分佈及土地使用	運輸系統的土地使用在不同區域有著不同的衡量準則。
經濟	就業	定義出經濟模式中標準的指標及主要決策者的準則觀念。但不能衡量現在的狀況。
	綠色 G D P	綠色 G D P 可是決策者認為是環境及永續的重要指標。但不能衡量現在的狀況。
	稅收	可衡量現在所支持運輸發展方向的指標。
社會	死亡及傷亡	衡量運輸發展與死亡人數之關連。
	犯罪	竊車及不良駕駛行為之犯罪
	社區分布	交通及運輸活動的分布。
	分佈不等的指標	國家中近二十年家戶所得資料。
	Demotechnic Index	此一指標用以比較各國人口與消費對於環境之壓力。基本上，此一指標衡量平均人類生活所需使用之商業能源。
	E-index	衡量特定計畫相對於每人(不同區域)平均能源消耗之比例。如相對於加拿大之 E-index 為 1(100%)表示該計畫使用之能源比例與加拿大每人平均值消耗值相同。
系統	非石化燃料的使用	衡量運輸發展中使用非石化能源佔總能源的百分比。
	能源效率	可提供多種運輸模式及其能源效率以供使用者選擇。
	混合土地使用兩種或更多的旅次選擇	運輸系統可提供多樣的運輸模式及公共運輸及良好的土地使用規劃並整合之。

### C. 我國-臺北市永續發展指標系統

臺北市政府都市發展局於 1996 年建立該市的永續發展指標，期能透過指標的評估來檢視臺北市現況與未來政策推動方向的擬訂，此指標係建立於因果架構及部門架構，並以都市生態系統的觀點，建構臺北市都市永續發展之指標系統因果架構，在依據部門結合成綜合性指標，其中運

輸相關指標如表 2.4。

表 2.4 臺北市都市永續發展運輸指標

指標群	指標名稱	估算方式
都市系統	交通 小汽車持有率	$(\text{小汽車數}/\text{現在人口數}) \times 1000$
	大眾運輸易行性	乘客人數/大眾運輸行駛里程數
	每人每日通勤時間	平均每人每日通勤時間
	主次要幹道尖峰時間平均旅行速率	主次要幹道上、下午尖峰時間之平均旅行速率
	自行車專用道路長度	自行車專用道長度
土地使用	公共設施面積比	$(\text{公共設施面積}/\text{土地總面積}) \times 100\%$
	行人徒步區長度	行人徒步區長度
環境品質	每年空氣嚴重污染天數	空氣品質指標 PSI 植大於 100 天
	每年噪音污染比例	$(\text{噪音監測全日均能音量超過標準次數}/\text{總監測次數}) \times 100\%$
	每年酸雨天數比例	$(\text{降雨監測為酸雨天數}/\text{總監測天數}) \times 100\%$
安全	交通肇事率	交通肇事件數/車輛總數
社會福利	無障礙設施比率	$(\text{含無障礙設施建築及公共設施數}/\text{總數}) \times 100\%$
輸入	資源 每人耗油量	供油量/現住人口數
都市廢棄物處理及產出	每人空氣污染量	空氣污染物總排放量/現住人口數
	二氧化碳排放量	$\Sigma(\text{各產業別各種能源使用量} \times \text{各種能源之單位二氧化碳排放係數})$
環境管理	公部門環境保護投入支出比例	$(\text{環境保護支出}/\text{總支出}) \times 100\%$

#### D. 我國-永續運輸之量化指標研究

交通部運輸研究所於 2002 年建立國內永續運輸發展指標，以確認我國運輸系統是否朝向永續發展，藉以調整運輸政策重點方向、研擬永續運輸政策，以順應永續發展的世界潮流，該指標系統運用議題架構作為指標基礎，並採用 PSR 架構窮舉指標，各指標如表 2.5 所示。

表 2.5 交通部運輸研究所永續運輸量化指標

構面	永續運輸指標
社會面	大眾運輸路網服務密度
	大眾運輸之服務人數比例
	運輸設施分布與人口分布相對比例
	預算分配與運輸需求相對比例

	輔助器具補助金額
	特定族群使用大眾運輸之比例
	偏遠地區運輸建設經費比例
	偏遠客運補貼比例
	每萬輛車之肇事次數
	每萬輛車肇事死亡人數
	易肇事地點數量
	交通違規舉發數
	飆車、超速數
	違規停車數
	永續之出版品數量
	交通安全教育、宣導之經費
	民眾抗爭活動次數
經濟面	大眾運輸之平均載客率
	每員工服務旅客數
	虧損比例
	使用者所付稅費中用於道路維護金額相對於總維護金額之比
	運輸業違規營運之比例
	空運客運量
	鐵路客運量
	小汽車年成長率
	機車年成長率
	K 值
	各使用分區之人口密度
	機車的比例
	計程車的比例
	運輸 R & D 支出占 GDP 的百分比
	移動性污染源之污染防治經費比例
	環境面
集水區之比例	
丙種建地面積	
檳榔樹種植面積	
茶樹種植面積	
空氣污染指標(PSI>100 的天數)	
交通工具佔空氣污染陳情處理案件百分比	
交通噪音佔噪音陳情案件百分比	
運輸系統耗用能量數量	

機動車輛之數量
公路(道路)路網新建面積
運輸系統使用之土地面積
路網密度
報廢車輛之回收比例

## 2.4 永續運輸策略

本節針對國內外永續運輸發展策略文獻一一回顧，作為本文擬定永續運輸策略之依據。

世界銀行於 1996 出版「永續運輸-論政策改革之優先課題 (Sustainable Transport- Priorities for Policy Reform)」一書中指出，永續運輸政策包括經濟與財務的永續性、環境的永續性、社會的永續性，三個層面的意義，其分述如下：

### (1) 經濟與財務的永續性

- A. 增進運輸服務業的市場競爭結構；
- B. 增進運輸基礎建設在使用、供應、籌資與管理等方面的效率；
- C. 建立一個促進競爭性的體制；
- D. 建立必要的策略規劃與系統管理技術能力，以彌補市場機制之不足。

### (2) 環境的永續性

- A. 強調健康為優先考量因素；
- B. 於計畫評估階段及綜合考量環境與經濟因素；
- C. 發展一套具環境敏感度的運輸策略架構。

### (3) 社會的永續性

- A. 以解決貧民的運輸問題為目標；
- B. 以更切合其需要的方式來看待鄉村貧民的運輸問題；
- C. 再運輸政策與執行計畫改變時，應充分考量其對於貧民所產生的負面影響。

交通部運輸研究所於 2002 年「『促進大眾運輸發展方案』後續推動方案之規劃」提出以社會永續、經濟與財務永續、環境永續三個構面之永續運輸發展策略，分述如下：

### (1) 社會永續

- A. 平衡私人運具使用成本；
- B. 改善大眾運輸營運環境；

- C. 推動以大眾運輸為導向之都市發展策略；
  - D. 培養地方大眾運輸規劃人才；
  - E. 改變運具使用習性。
- (2) 經濟與財務永續
- A. 合宜補貼政策；
  - B. 降低營運成本；
  - C. 適當的回饋-恢復收取公路營運費；
  - D. 增加營運收入；
  - E. 充足資金來源。
- (3) 環境永續
- A. 優先引進綠色公車；
  - B. 鼓勵使用先進營運設備；
  - C. 外部成本內部化；
  - D. 車輛使用年限合理化。

## 2.5 多準則決策應用於永續發展

Quaddus and Siddiqe (2001)運用多準則決策方法(multicriteria decision conferencing approach)於建構永續發展規劃模式(modeling sustainable development planning),即利用 AHP 法建構五層次的永續發展計劃評估架構,第一層為目的-永續發展,第二層為三個評估構面-經濟、社會、環境,第三層為評估指標,第四層為各部門發展策略,第五層為各部門發展計畫,並決定各準則權重。

Ferrarini 等人(2001)討論到永續發展已逐漸成為主要的議題,但是在執行方面仍具困難,該研究以二十五個永續發展指標來對義大利 Reggio Emilia 省之四十五個城市加以評估,並以多準則分析來排列城市發展永續性之順序。

Opricovic and Tzeng(2002)運用模糊多準則模式分析包括產生方案、建立評估準則決定準則權重,以折衷排序法(VIKOR)的應用,來研擬減低災害影響的方案,並產生永續性的重建計畫,該研究則以我國南投 921 大地震重建為例。

Tzeng 等人(2002)以二階段評估民眾對環境品質的偏好(public preferences),第一階段以多屬性評估模式來評估民眾對環境品質的偏好結果顯示以空氣品質和噪音污染,民眾最關心。第二階段研擬改善空氣品質的策略,並建立策略之評估準則,最後應用折衷排序法(VIKOR)來排列方案之優先順序。

Georgopoulou 等人(2003)應用多準則方法 ELECTRE 來研究在永續發展中希臘的溫室氣體排放,並針對該國國家行動計畫(National Action Plan)作優先排

序，以作為行動計畫執行的時間排程，該研究中在以污染排放透過環境和社會的衝擊、成本、可行性、應用性等作為評估之準則，評定政府各部門所提出之行動計畫。

Chiou and Tzeng (2002)以模糊階層分析方法，來決定主觀判斷的權重，利用非加法型模糊積分法來評估綠色產業的永續發展策略，並以不同的面向如：經濟效益、技術可行性及環境法規來評估投資策略，因此可視為 FMCDM 問題，使用三角模糊數來建立權重及預期達成值，藉由模糊權重和模糊綜效(Synthetic Utility)，可以決定準則間之相對權重，並決定最佳策略。

### 第三章 永續運輸發展之研究構想與理論架構

有關本研究的研究構想及理論架構將在本章說明，包括運用階層分析方法、模糊理論、模糊綜合評判、多準則最佳化排序方法(TOPSIS、VIKOR)，旨在建立永續運輸指標檢視永續運輸發展的三大構面-環境、社會及經濟，再研擬永續運輸發展策略來改善運輸系統，並以二階段方式建構本研究之整合模式。

#### 3.1 研究構想

永續運輸發展其內含有環境、社會及經濟三方面的永續發展，在環境方面，要求政府與民間進行運輸決策時，應考慮運輸的外部效果，即交通運輸所造成的空氣污染、噪音、道路損壞、交通事故等，在社會方面，則要求運輸改善需顧及各層面的民眾利益，在經濟方面，要求資源必須有效率的使用及維護，然而現實世界運輸政策在推行時，永續運輸發展的三個構面往往是相互衝突的，而我國為發展中國家，以往交通運輸政策在推行時，均以「經濟發展」為唯一的考量，卻忽略了因運輸的建設、車輛持有率的成長、廢氣的排放，所造成環境的衝擊及生命安全的隱憂。隨著永續發展理念於世界各國的推動，已逐漸成為國家發展與保護生存環境的最高指導原則，我國亦不例外，因此擬藉由本研究建立一套永續運輸發展指標系統，來檢視國內交通運輸環境的永續性，接續針對不永續的部分，研擬發展策略，再利用本研究建構之永續運輸發展策略之評估架構，加以排序，尋求發展策略之優先順序，作為政府施政之參考。

本研究係「永續運輸指標評定交通運輸環境的永續性」與「永續運輸策略評估架構排列策略之優先順序」二階段整合，運用第一階段的結果來研擬第二階段的發展策略，如圖 3.1 所示。

在第一階段的永續運輸指標，本研究係利用文獻回顧法，並廣為蒐集國內(以台北市為例)運輸設施、運輸環境、運輸能源等相關量化統計數據，建立一套永續運輸指標系統來檢視交通運輸環境是否達永續性。

在第二階段的永續運輸策略，將利用第一階段的檢視結果，針對不永續的指標項目研擬發展策略，作為未來運輸政策推動時的方向，以改善其不永續性，由於永續運輸發展的三個構面-經濟效率、環境生態、社會公平，是相衝突的，例如發展經濟的同時很難兼顧環境與社會的，講求環境生態的保存，也很難達成運輸經濟效率，因此本研究利用階層分析方法，透過專家問卷的方式，建構一套永續運輸策略評估架構，再藉由多準則最佳化的應用，透過使用一組綜合性的準則來建立多重目的及多重目標，即達到永續運輸的三個構面，使永續運輸規劃一方面是為了選擇最佳的組合來折衷相互競爭的衝突，另一方面則協調與生態及社會環境有關的不同政府部門和層級相互之間的權責。

本研究將利用模糊集合理論來定義語意變數，來解決多目標決策中的不明

確，多準則模式可以處理所有相關且衝突的影響與衝擊，方案的評估與已建立準則的不明確有關，並且模糊多準則模式是用來處理質化(無法量化或語意的)或不完整的資料，透過專家對永續運輸的瞭解，將其對永續運輸策略評估架構之各個構面的重要性萃取出來，作為評估準則的權重。

### 永續運輸發展二階段整合模式

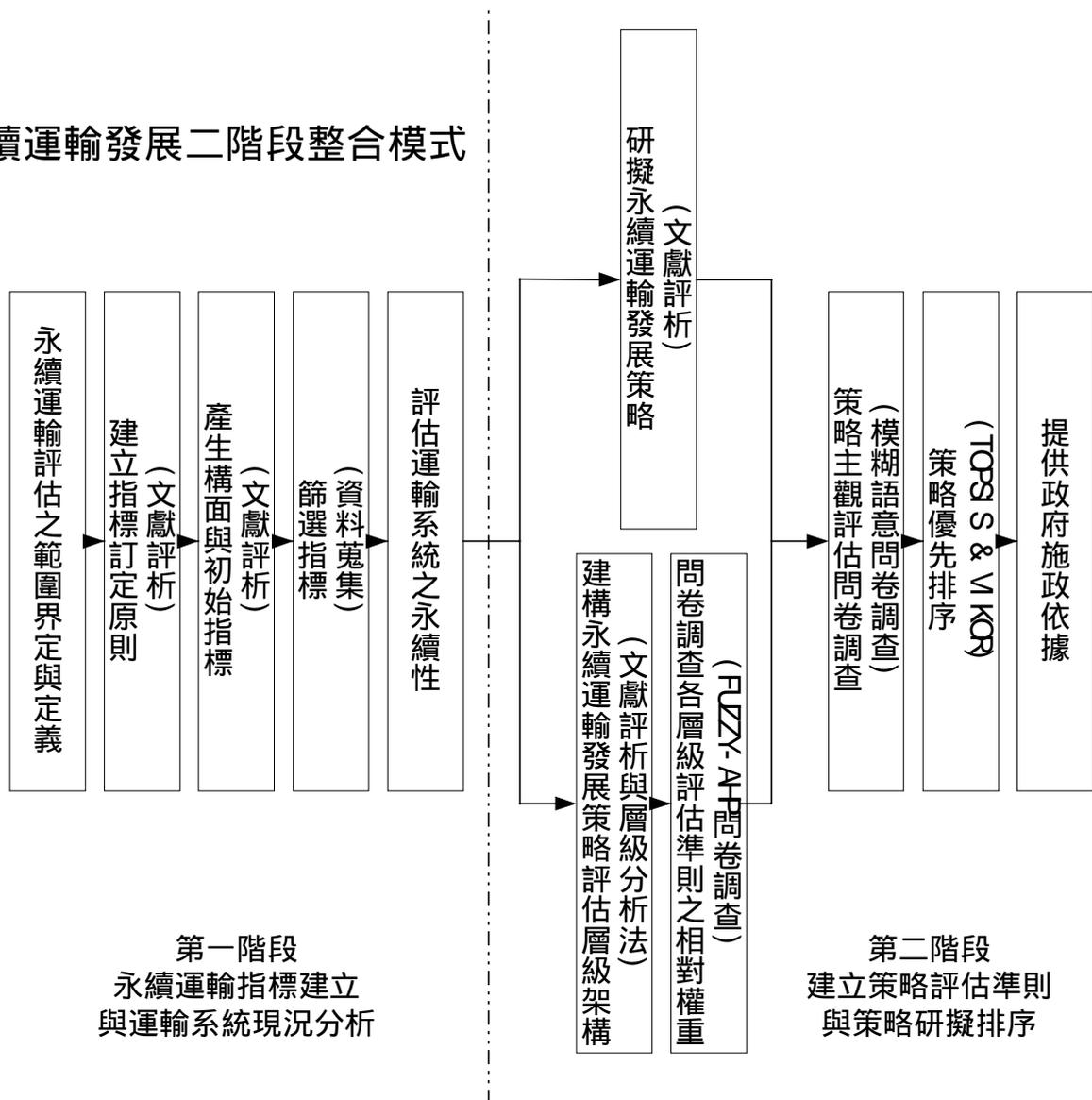


圖 3.1 永續運輸指標與策略二階段整合模式流程圖

## 3.2 理論架構

本研究建立之永續運輸發展二階段整合模式中，所運用的理論及方法於本節作一整合探討。

### 3.2.1 指標永續性評估

為針對運輸環境作永續性的評估，首先需建立評估指標，本研究利用文獻評析參照國內外研究及蒐集國內相關交通運輸統計資料，建立以經濟效率、環

境生態、社會公平三個主要構面之運輸評估指標群，並定義指標所代表之永續意義，逐一求其一次線性回歸方程式， $y = \alpha + \beta x$ ，根據斜率  $\beta$  分析其趨勢，為能整體針對各構面永續運輸指標作一檢視，將利用雷達圖來表示各指標之永續性，而每依指標單位均不相同，部分為正向永續性指標，亦即永續指標值越大，越趨向永續，部分則為負向永續性指標，亦即永續指標值越小，越趨向永續，很難放在一起同一比較，因此必須透過指數化與正規化處理，步驟如下：

(1)指數化：令各指標基期指數為 1，則第  $t$  期指數，其中  $Q_0$  為基期績效值、 $Q_t$  為第  $t$  期之績效值。

$$I_t = Q_t / Q_0 \quad (3.1)$$

(2)正規化：為求永續性方向一致，本研究參考交通部運輸研究所所發表「永續運輸之量化指標研究」中所採用正規化方法，各指標正規化後越接近 0，即為雷達圖之核心，則越具永續性，越遠離則相反，因此定義

$$SI_t^+ = \{1/I_t | t \in J\} | t = 1, 2, \dots, n$$

$$SI_t^- = \{I_t | t \in J'\} | t = 1, 2, \dots, n$$
(3.2)

其中  $SI_t^+$  為正向正規化指標， $SI_t^-$  為負向正規化指標， $J = \{j = 1, 2, \dots, n | j$  為正向指數化指標， $J' = \{j = 1, 2, \dots, n | j$  為負向指數化指標。

(3)繪製雷達圖：除了基年之績效值，求取各年績效值之平均，得到指標平均值，

$$Cd = \sum_{t=1}^n SI_t / n \quad (3.3)$$

將基期、平均指數、現況，利用 EXCEL 軟體繪製雷達圖如圖 3.2 所示，越靠近核心、越趨向永續，越遠離核心、越背離永續。

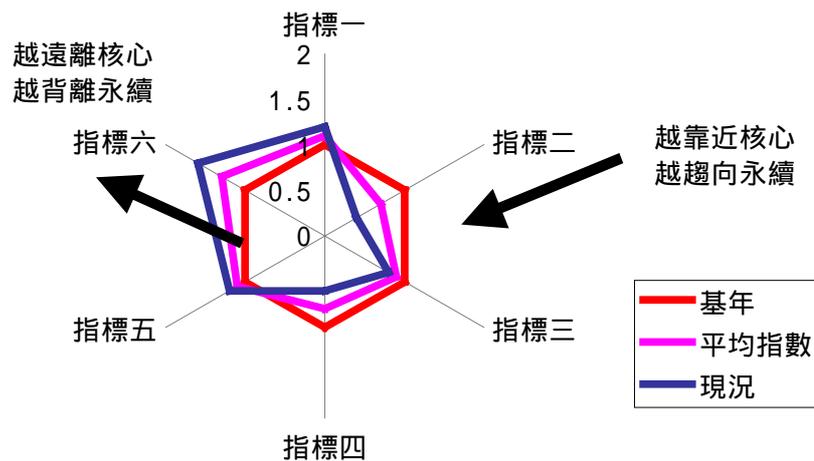


圖 3.2 永續運輸指標雷達圖示意圖

### 3.2.2 永續運輸發展策略評估層級架構

#### 3.2.2.1 階層分析方法

階層分析方法 AHP(Analysis Hierarchical Process)係 Saaty 於 1971 年開始發展，於 1973 年理論才趨成熟，主要應用在不確定情況下同時具有多個評估準則的決策問題(Saaty, 1980)。其原理係匯集專家學者的意見，將錯綜複雜的評估問題，予以層級結構化，以名目尺度執行各因素之對偶比較，並建立對偶比較的正倒值矩陣，求出特徵向量，藉此向量代表各因素間的優先順序，再求出特徵值，藉此檢定各對偶比較矩陣的一致性，作為比對矩陣中的資料是接受的參考依據。其步驟簡述如下，以進行方案之優勢排序(曾國雄、王秋明，1993；曾國雄、鄧振源，1989)：

- (1)建立評估階層架構；
- (2)建構對偶的比較矩陣；
- (3)計算出每一層級的權重，並檢驗其一致性；
- (4)求解各方案之優勢比重值。

依 Saaty 的建議，將評比尺度劃分為九尺度(如表 3.1)，而後從事成對比較，若成對比較矩陣  $A$  為  $n \times n$  矩陣，則只需計算  $n(n-1)/2$  個評比值，因  $A$  矩陣為正互倒矩陣，可表示如下：

$$A = [a_{ij}] = \begin{cases} 1,2,3,4,5,6,7,8,9 & , i < j \\ 1 & , i = j \\ 1/a_{ij} & , i > j \end{cases} \quad (3.4)$$

各層級的相對權重值則利用固有向量方式求解，若有  $m$  的準則，則權重向量  $w = (w_1, w_2, \dots, w_m)^T$ ， $w_i$  即為準則  $i$  之權重，成對比較後式(3.5)恆成立

$$(A - \lambda_{\max} I)w = 0 \quad (3.5)$$

至於評比結果是否滿足一致性，Satty 提出一致性指標(Consistency Index, 即  $CI = \lambda_{\max} - n / (n - 1)$ ) 予以衡量，根據其經驗，若  $CI \leq 0.1$  時表示矩陣內評比值符合一致性。

表 3.1 AHP 評比尺度表

評比尺度	定義	說明
1	同等重要	兩評估構面的貢獻程度具同等重要性
3	稍重要	經驗與判斷稍微傾向重視某一評估構面
5	重要	經驗與判斷強烈傾向重視某一評估構面
7	極重要	顯示非常強烈傾向重視某一評估構面
9	絕對重要	有足夠的證據重視某一評估構面
2,4,6,8	相鄰尺度之中間值	需要折衷值時

### 3.2.2.2 模糊階層分析方法

「不非常明確」、「可能如此」、「非常相似」、「稍危險」，在日常生活中人們常利用以上詞語來表達程度上的不同，均充滿了不確定，在從事主觀決策時，所面臨的亦是充滿模糊、不確定性。自從 Zadeh(1965)提出模糊理論後，以及 Bellman and Zadeh(1970)提出模糊環境下決策行為的基本觀念與數學模式，其後有更多學者受其啟發而發展出的決策方法如雨後春筍般，以應用於解決實質環境的問題，諸如公共設施與投資的評估與規劃、公司選擇權決策、環保設施及相關議題的探討等。鑒於多準則決策(Multiple Criteria Decision Making, MCDM)問題具有多準則性、衝突性等特質，且在評估或規劃過程，透過主觀認知之語意表達追求群體決策，或所蒐集資料具備模糊性，因此，為解決模糊環境下的決策問題，將模糊理論納入多準則決策中，與 AHP 結合即為 Fuzzy AHP。

本研究是假設評估準則間為獨立關係，各準則以問卷方式以模糊之語意變數來取得參與評估者的主觀模糊判斷值，其評比尺度不劃分為九尺度，而五尺度之模糊語意變數(如表 3.2)，利用三角模糊數賦予九尺度之模糊值從 1 到 9，其問卷將設計如附錄，由參與評估者填寫每一模糊尺度之三角區間，在求兩兩成對比較值。

表 3.2 模糊 AHP 五尺度語意變數

評估語意尺度	三角模糊數區間(例)	說明
同等重要	(1,1,2)	兩評估構面的貢獻程度具同等重要性
稍重要	(1,3,4)	經驗與判斷稍微傾向重視某一評估構面
重要	(4,5,7)	經驗與判斷強烈傾向重視某一評估構面
極重要	(6,7,9)	顯示非常強烈傾向重視某一評估構面
絕對重要	(8,9,9)	有足夠的證據重視某一評估構面

模糊數為實數的模糊子集合，其表示信賴區間觀念的擴展，根據 Dubois and Prade (1978)的定義，模糊數應有以下基本特徵。

假設模糊數  $\tilde{A}$  為一模糊集，其隸屬函數為  $\mu_{\tilde{A}}(x): X \rightarrow [0,1]$ ，並滿足以下三個條件：

- (1)  $\mu_{\tilde{A}}$  為一連續區間，從 0 到 1；
- (2)  $\mu_{\tilde{A}}$  為一凸模糊子集合；
- (3)  $\mu_{\tilde{A}}$  為一正規化模糊子集合，其表示存在  $x_0$  使得  $\mu_{\tilde{A}}(x_0) = 1$ 。

接下來說明三角模糊數的定義與運算， $\mu_{\tilde{A}}(x) = (l, m, u)$ ，其隸屬函數與圖形分別為(3.6)與圖 3.3 所示。

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} (x-l)/(m-l), & l \leq x \leq m \\ (u-x)/(u-m), & m \leq x \leq u \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3.6)$$

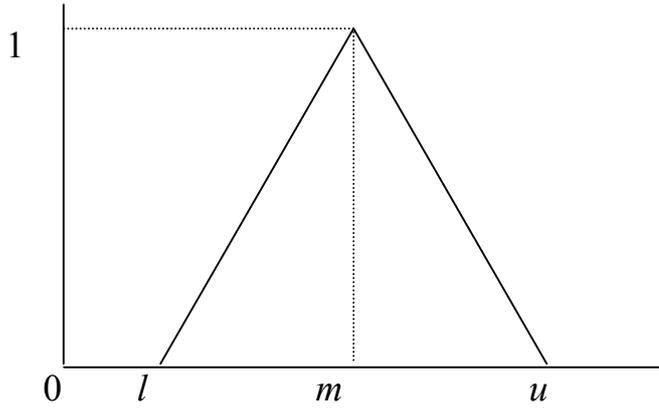


圖 3.3 三角模糊數隸屬函數圖

假設二個三角模糊數  $\mu_{\tilde{A}_1}(x) = (l_1, m_1, u_1)$  與  $\mu_{\tilde{A}_2}(x) = (l_2, m_2, u_2)$ ，其四則運算如下：

(1) 模糊數加法(符號  $\oplus$ )

$$(l_1, m_1, u_1) \oplus (l_2, m_2, u_2) = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2) \quad (3.7)$$

(2) 模糊數乘法(符號  $\otimes$ )

$$(l_1, m_1, u_1) \otimes (l_2, m_2, u_2) = (l_1 \times l_2, m_1 \times m_2, u_1 \times u_2) \quad (3.8)$$

$$k \otimes (l, m, u) = (k \times l, k \times m, k \times u), \quad k \text{ 為常數} \quad (3.9)$$

(3) 模糊數減法(符號  $\ominus$ )

$$(l_1, m_1, u_1) \ominus (l_2, m_2, u_2) = (l_1 - u_2, m_1 - m_2, u_1 - l_2) \quad (3.10)$$

(4) 模糊數除法(符號  $\oslash$ )

$$(l_1, m_1, u_1) \oslash (l_2, m_2, u_2) = (l_1 / u_2, m_1 / m_2, u_1 / l_2) \quad (3.11)$$

(5) 模糊數倒數運算

$$(l, m, u)^{-1} = (1/u, 1/m, 1/l) \quad (3.12)$$

以三角模糊數加入 AHP 求得第  $k$  份問卷之準則  $i$  模糊權重  $\tilde{w}_i^k = (lw_i^k, mw_i^k, uw_i^k)$ ，利用算數平均數將所有問卷結果整合成一整合權重值，

$$\tilde{w}_i = (lw_i, mw_i, uw_i) = \sum_k \tilde{w}_i^k / K, \quad k = 1, \dots, K, \quad i = 1, \dots, n \quad (3.13)$$

再運用「最佳非模糊績效值」(Best Nonfuzzy Performance value, BNP)亦即重心法解模糊，求得解模糊之權重值，

$$BNP_i = [(uw_i - lw_i) + (mw_i - lw_i)] / 3 + lw_i, \quad \forall i \quad (3.14)$$

作為後續多準則決策評估之權重依據。

### 3.2.3 模糊綜合績效評判

由於個人對於永續運輸發展策略之主觀認知與評估準則本身具有模糊特

性，本研究於發展策略評估問卷中，亦引入模糊理論，其處理方式是將具有模糊特性之資料轉為模糊數，將以五尺度模糊語意變數作成問卷(Zadeh,1975)(如表 3.2 所示)，請決策者先賦予五尺度模糊語意變數之低、中、高值(下限、中間、上限值)自 1 至 100，再依上節所建立之永續運輸發展策略評估層級架構，依其主觀判斷給予各策略評點，即可得到第  $k$  個決策者對於第  $j$  個策略在第  $i$  個準則的模糊績效值(評估值)：

$$\tilde{e}_{ij}^k = (le_{ij}^k, me_{ij}^k, ue_{ij}^k) \text{ , 其中 } \begin{cases} k = 1, \dots, K \\ i = 1, \dots, m \\ j = 1, \dots, n \end{cases} \quad (3.15)$$

由於每一個決策者對各尺度的語意變數模糊值均不相同，對每一策略之每一準則評估值亦不同，因此本研究採用算數平均數將所有決策者的意見整合，

$$\tilde{e}_{ij} = (1/m) \otimes (\tilde{e}_{ij}^1 \oplus \tilde{e}_{ij}^2 \oplus \dots \oplus \tilde{e}_{ij}^K) \quad (3.16)$$

### 3.2.4 多準則最佳化優先排序

本研究將利用折衷排序方法來進行第二階段永續運輸策略的優先排序，並運用 TOPSIS 法與 VIKOR 法來排序，並比較其結果之差異。

#### 3.2.4.1 TOPSIS

Hwang and Yoon(1981)利用妥協解觀念而發展出多屬性決策的另一種評估方法，稱為 TOPSIS(Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)，所選定的妥協解必須滿足與正理想解距離最短且與負理想解最遠的條件，令多準則決策問題的分案集合  $A = \{a_i | i = 1, 2, \dots, m\}$ ，而評估準則集合  $C = \{c_j | j = 1, 2, \dots, n\}$  則 TOPSIS 的程序基本上可分六個步驟，本研究引入模糊理論：

(1) 令  $\tilde{e}_{ij}$  表第  $j$  策略在第  $i$  準則的評估值，則正規化決策矩陣  $\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]$  可計算如下：

$$\tilde{r}_{ij} = \tilde{e}_{ij} \otimes (\tilde{e}_{i1}^2 \oplus \tilde{e}_{i2}^2 \oplus \dots \oplus \tilde{e}_{im}^2)^{-1/2} \text{ , 其中 } \begin{cases} i = 1, 2, \dots, m \\ j = 1, 2, \dots, n \end{cases} \quad (3.17)$$

(2) 假設各準則模糊權重值為  $\{\tilde{w}_i | i = 1, 2, \dots, m\}$ ，則各方案模糊加權正規化決策矩陣

$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]$ ，再利用 BNP 重心法解模糊數得一明確加權正規化決策矩陣  $V = [v_{ij}]$ ，可計算如下：

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{w}_i \otimes \tilde{r}_{ij} \quad (3.18)$$

$$v_{ij} = (lv_{ij} + mv_{ij} + uv_{ij})/3 \quad (3.19)$$

(3) 定義正理想解集合  $A^+$  與負理想解集合  $A^-$  如下：

$$A^+ = \left\{ \left( \max_j v_{ij} \right) | j = 1, 2, \dots, n \right\} = \{v_1^+, v_2^+, \dots, v_j^+, \dots, v_n^+\} \quad (3.20)$$

$$A^- = \{(\min v_{ij}) | j=1,2,\dots,n\} = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_j^-, \dots, v_n^-\} \quad (3.21)$$

(4) 計算各決策方案與正理想解幾何距離  $S_j^+$  及負理想解之幾何距離  $S_j^-$  :

$$S_j^+ = \sqrt{\sum_{i=1}^n (v_{ij} - v_i^+)^2}, \quad j=1,2,\dots,n \quad (3.22)$$

$$S_j^- = \sqrt{\sum_{i=1}^n (v_{ij} - v_i^-)^2}, \quad j=1,2,\dots,n \quad (3.23)$$

(5) 計算各決策方案  $a_i$  與正理想解集合  $A^+$  的相對貼近度值 :

$$C_j^+ = \frac{S_j^-}{S_j^+ + S_j^-}, \quad j=1,2,\dots,n; \quad 0 \leq C_j^+ \leq 1 \quad (3.24)$$

(6) 對各決策方案進行優勢排序。

### 3.2.4.2 VIKOR

折衷排序方法 VIKOR(Opricovic, 1998)係假設依據準則函數來評估的每一個方案，可以與理想的方案接近的程度比較來排列優先順序，此一方法是由折衷規劃法的  $L_p$ -metric 發展而成的(Yu, 1973; Zeleny, 1982)，其特色為提供最大化之「群體效益」，以及最小化的「反對意見的個別遺憾」，所以其折衷解可被決策者接受。

折衷排序演算法 VIKOR 的演算步驟如下：

(1) 先決定所有準則的最優績效值  $e_i^*$  及最劣績效值  $e_i^-$ ， $i=1,2,\dots,m$

$$e_i^* = \max_j e_{ij}, e_i^- = \min_j e_{ij} \quad (3.25)$$

(2) 依據以下算式計算出  $S_j$  以及  $R_j$

$$S_j = \sum_{i=1}^n w_i (e_i^* - e_{ij}) / (e_i^* - e_i^-)$$

$$R_j = \max_i [w_i (e_i^* - e_{ij}) / (e_i^* - e_i^-)] \quad (3.26)$$

$w_i$  為準則的權重

(3) 再算出  $Q_j$

$$Q_j = v(S_j - S^*) / (S^- - S^*) + (1-v)(R_j - R^*) / (R^- - R^*) \quad (3.27)$$

$$S^* = \min_j S_j, \quad S^- = \max_j S_j, \quad R^* = \min_j R_j, \quad R^- = \max_j R_j;$$

$v$  為最大群體效益的策略權重，通常  $v = 0.5$ 。

(4) 依照  $S, R, Q$  的順序值來排列方案，產生三個列表。

(5) 假使以下兩個滿足情況，依  $Q$  排出最佳的為折衷解方案  $a'$

A. 可接受的優勢(Acceptable Advantage) :

$Q(a'') - Q(a') \geq DQ$ ;  $a''$  為  $Q$  排序次佳的方案;  $DQ = 1/(J - 1)$ , ( $DQ=0.25$  if  $J \leq 4$ )  $J$  為方案數。

B. 可接受的決策可靠度(Acceptable stability in decision making) :

方案  $a'$  也同時是  $S$  或/且  $R$  排序中的最佳方案, 「大多數決議( $v > 0.5$ )」或「贊同( $v \approx 0.5$ )」或「拒絕( $v < 0.5$ )」, 本研究係採  $v=0.5$ , 同時追求「群體效益」的最大化, 以及「反對意見的個別遺憾」之最小化。

假使以上其中之一不符合, 則將有一組折衷解, 包括:

C. 如 B. 條件不符合, 方案  $a'$  和方案  $a''$  同時為折衷解。

如 A. 條件不符合, 方案  $a', a'', \dots, a^{(k)}$  同時為折衷解, 其中  $a^{(k)}$  :  
 $Q(a^{(k)}) - Q(a') \approx DQ$ 。

最佳的方案即是依  $Q$  排序,  $Q$  值最小者。

### 3.3 小結

本章針對本研究之流程、架構、所使用之理論、方法作一概略的介紹, 並建構以二階段方式來整合「永續運輸指標評估運輸系統現況」及「永續運輸發展策略研擬」, 下一章則以台北都會區運輸系統為例, 進行本研究之整合模式的建構, 藉由「永續運輸發展策略評估準則權重暨永續運輸發展策略評估問卷」親訪專家、學者、運輸業者填寫, 以進行多準則決策分析(MCDM), 作為政府施政參考及未來進行永續運輸發展之應用。

## 第四章 永續運輸指標建立與現況分析

本章將進行本研究第一階段，說明本研究永續運輸指標之建立，並以臺北市都市交通運輸為例，進行現況分析，找出不具永續發展之指標，以作為將來研擬永續運輸發展策略之依據，另討論符合永續發展之指標其原因及影響因素。

### 4.1 永續運輸指標訂定程序

永續運輸指標的建立，其目的在於衡量目前運輸系統永續發展的程度是否呈永續性發展，並可作為政府擬訂相關政策、計畫與建設方案時的參考依據，本研究的指標擬定架構將依 Maclaren(1996)將指標系統研擬過程歸納為六類中的目標基礎架構、議題基礎架構、因果架構來產生，首先尋找國內永續運輸發展上主要議題，作為產生指標的基礎，再利用壓力-狀態-反應 PSR 架構來產生指標，最後運用目標基礎架構將各個指標整合成永續運輸發展的三個主要構面-經濟效率永續、環境生態永續、社會公平永續，訂定程序詳述如下：

- (1) 選定國內永續運輸發展課題，分析其內涵，並檢視其背後衍生議題。
- (2) 由各永續運輸議題形成之因果關係概念，分別為議題壓力、環境狀態以及政府回應策略，產生相對應之指標。
- (3) 將所有課題歸納入適當的永續運輸發展構面中。
- (4) 探討各構面及指標之定義、衡量方法、資料來源，並再一次審視其永續性。

### 4.2 永續運輸發展課題與初步指標建立

本節針對永續運輸發展三大構面探討其主要議題，由各議題所造成之壓力、環境狀態、回應策略產生對應之指標，由於本研究將範圍界定於台北市的交通運輸系統，因此於指標產生以公路運輸(都市及城際)為主，不包括空運及水路運輸。

#### 4.2.1 經濟效率面

永續發展其旨在不犧牲下個世代而能滿足其需求的前提下，發展現今世代的需求滿足，而交通運輸為人類進行各項社交、生活、生產活動的衍生活動，目前的運輸活動大部份均係藉由交通運具、設施的便利來完成，其所消耗的各项資源，如石化能源、道路建設建材的使用，由於不斷、持續的開發，而各項資源之自然回復能力有限，必有耗盡之時。隨著經濟發展，運輸需求持續的增加，車輛數持續成長、使用更多的運輸能源、土地資源，追求經濟成長的同時，造成運輸需求增加，衍生各項資源的不永續，因此，於永續發展的觀點下，應以提昇能源效率、提昇運輸的經濟效率等手段，以減少能源的消耗，並同時開發低污染、高效能替代能源。

除了上述運輸活動的成長所造成各項資源的消耗，運輸系統本身的效率因營運內部管理以及政府交通運輸管理的未能發揮，使得運輸效率的不彰，諸如運輸業管理不當、交通違規行為嚴重、交通硬體設施設計不良等，使得道路交通壅塞、大眾運輸營運不佳，政府的回應政策則藉由改善運輸業管理策略、加強取締交通違規及改善交通管理設施來改善。

綜上所述永續運輸發展經濟效率面的二個議題為：

- (1)運輸活動所消耗各項資源需求，遠超過其自然回復再生供給。
- (2)運輸系統效率未能發揮。

其相對應的永續衡量指標整理如表 4.1 與表 4.2。

表 4.1 永續運輸經濟效率面議題-運輸活動所消耗各項資源需求，遠超過其自然回復再生供給

PSR	說明	衡量指標	指標說明
P-壓力	持續增加之運輸需求	貨運總里程	貨運延噸公里數
		客運總里程	客運延人公里數
S-狀態	擁有更多的車輛數	每千人擁有車輛數	登記車輛數/人口數(單位：輛/千人)
	使用更多的運輸能源	運輸部門能源消費	運輸部門能源消費(單位：千公秉油當量)
	使用更多的土地資源	道路面積	道路面積(單位：平方公里)
R-反應	提昇能源效率 提昇運輸的經濟效益	運輸能源生產力	交通運輸(公路、軌道)生產淨值/運輸能源消耗(單位：百萬元/千公秉油當量)
		運輸營運效率(單位：公里運量)(貨運、公車、捷運)	貨運噸數/行駛里程(單位：千公噸/公里) 大眾運輸(公車、捷運)每年載客人數/延車公里數(單位：千人/千公里)

表 4.2 永續運輸經濟效率面議題-運輸系統效率未能發揮

PSR	說明	衡量指標	指標說明
P-壓力	運輸業管理不當 交通違規行為嚴重	大眾運輸營運效率(公車、捷運)	大眾運輸(公車、捷運)每年載客人數/延車公里數(單位：千人/千公里)
		大眾運輸組織營運效率(平均員工服務人次 平均車輛營運員工數)	公車平均每日載客人數/員工人數(單位：人) 公車業員工人數/營業車輛數(單位：人/輛)
		交通肇事率	每年發生交通事故造成人員傷亡件數/登記車輛數(單位：件數/十萬車輛)
		公車肇事率	公車肇事件數/延車公里數(單位：件數/百萬公里)
S-狀態	道路交通壅塞	平均每車享有道路面積	道路面積/登記車輛數(單位：平方公尺/輛)

	大眾運輸營運效率不佳	平均每車享有停車格位	停車格位/登記車輛數(單位：位/千輛)
		大眾運輸營運效率(公車、捷運)	大眾運輸(公車、捷運)每年載客人數/延車公里數(單位：千人/千公里)
R-反應	改善運輸業管理策略	交通違規取締	交通違規取締件數/登記車輛數(單位：件數/車輛數)
	加強取締交通違規 改善交通管理設施	交通號誌組數	交通號誌組數(單位：組)

#### 4.2.2 環境生態面

由於交通運輸隨著經濟的成長，需求不斷的增加，車輛等運具大量的使用，由於目前所使用的能源以石化燃料為主，排放的廢氣中含有大量的二氧化碳及氮氧化物(CO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>)等，造成地球氣候的溫室效應及空氣污染(交通部運輸研究所，2001)，另一方面車輛的行駛於路面會產生音響，其不規律、持續的噪音足以影響週邊住家的寧靜，另外不良的運輸設施、運具與不良的駕駛行為，亦影響身體的安全與健康，如交通事故造成每年國內約四千人死亡、受傷者更不計其數，而空氣污染間接造成國人的呼吸系統病變等，因此政府回應的策略則包括綠色運具的推廣、提昇運輸能源效率、運輸設施改善、加強取締交通違規、提高運輸能源效率等，以達永續發展的目標。

綜上所述永續運輸發展環境生態面的二個議題如下，其相對應的永續衡量指標整理如表 4.3 與表 4.4：

- (1)運輸活動造成空氣污染、噪音等環境衝擊。
- (2)運輸對安全及健康所造成的傷害。

表 4.3 永續運輸環境生態面議題-運輸活動造成空氣污染、噪音等環境衝擊

PSR	說明	衡量指標	指標說明
P-壓力	運輸需求造成車輛大量使用	每千人擁有車輛數	登記車輛數/人口數(單位：輛/千人)
		貨運總里程	貨運延噸公里數
		客運總里程	客運延人公里數
		運輸部門能源消費	運輸部門能源消費(單位：千公秉油當量)
S-狀態	空氣品質惡化 噪音影響居民生活	PSI>100	PSI>100 日數/365 日(單位：%)
		噪音監測不合格時段比例	噪音監測不合格時段數/監測時段數(單位：%)
R-反應	綠色運具的推廣 提昇運輸能源效率	人行道比例	人行道面積/道路總面積(單位：%)
		運輸能源生產力	交通運輸(公路、軌道)生產淨值/運輸能源消耗(單位：百萬元/千公秉油當量)
		石化燃料使用比例	石化燃料使用佔運輸能源使用百分比(單位：%)

表 4.4 永續運輸環境生態面議題-運輸對安全及健康所造成的傷害

PSR	說明	衡量指標	指標說明
P-壓力	不良的運輸設施、 不良的駕駛行為	交通肇事率	每年發生交通事故造成人員傷亡件數/ 登記車輛數(單位：件數/十萬車輛)
S-狀態	嚴重的交通事故 空氣污染	交通事故死亡 率	因交通事故於 24 小時內死亡、重傷人數 /人口數(單位：人/萬人)
		PSI>100	(PSI>100 日數/365 日)*100%(單位：%)
R-反應	運輸設施改善 加強取締交通違規 提高運輸能源效率	交通違規取締	交通違規取締件數/登記車輛數(單位： 件數/車輛數)
		運輸能源生產 力	交通運輸(公路、軌道)生產淨值/運輸能 源消耗(單位：百萬元/千公秉油當量)

### 4.2.3 社會公平面

由於運輸系統的發展為普遍顧及所有人的公平利益，加以大眾運輸的不健全，使得無法使用私人運具之族群，如學生、高齡者、殘障者等，其可及性未獲得滿足，再者無障礙設施的不足、殘障停車格位的缺乏等，使得殘障族群原本行動即不便，運輸系統又無法提供基本可及性需求。

綜上所述永續運輸發展社會公平面的主要議題為：社會特定群體(弱勢)基本運輸可及性未能滿足，其相對應的永續衡量指標整理如表 4.5：

表 4.5 永續運輸社會公平面議題-社會特定群體(弱勢)基本運輸可及性未能滿足

PSR	說明	衡量指標	指標說明
P-壓力	不良的大眾運輸 系統	大眾運輸營運效率 (公車、捷運)	大眾運輸(公車、捷運)每年載客人數/ 延車公里數(單位：千人/千公里)
	無障礙設施不良	特定群體使用大眾 運輸比例	優待票數/載客人數(單位：%)
S-狀態	可及性未獲滿足	大眾運輸服務人次	大眾運輸每日服務人次(單位：千人次)
R-反應	改善大眾運輸之 營運與服務	大眾運輸服務班次 (公車、捷運)	公車每車每日服務班次(單位：班次) 捷運每日車次(單位：車次)
	提供無障礙設施	使用大眾運輸旅次 比例	大眾運輸旅次佔總旅次百分比(單位： %)
		殘障停車格位比例	殘障停車格位數/停車格位數(單位：%)
		無障礙設施比例	無障礙設施/人行道面積(單位：處/千平 方公尺)

### 4.3 永續運輸發展指標選定及現況分析

依據於幼華、張益誠(1999)整理之永續發展指標的選取屬性，應具備全面性、代表性與顯著性、資料可及性、資料可性度與正確性，本研究將上述初步指標依其與永續運輸三大構面的相關性，歸納如後表 4.6，並分析自八十五年至九十一年臺北市交通運輸狀況，利用 MICROSOFT EXCEL 套裝軟體製作折線

圖，並運算其一次線性回歸方程式  $y = \alpha + \beta x$ ，根據斜率  $\beta$  分析其趨勢，並依據各指標的結果製作雷達圖(交通部運輸研究所，2002)，分析其是否達永續性，作為後續策略擬定之依據。

表 4.6 永續運輸指標一覽表

永續運輸指標-經濟效率面		單位	永續趨勢
運輸效率	大眾運輸營運效率(公車、捷運)	千人/千公里	正向
	捷運運輸營運效率	千人/千公里	正向
	公車運輸營運效率	千人/千公里	正向
	公車運輸事業服務效率	人/員工	正向
	公車運輸事業維護效率	人/輛	負向
	貨運運輸營運效率	千公噸/千公里	正向
	運輸能源生產力	百萬元/千公秉油當量	正向
道路設施	平均行駛速率	公里/小時	正向
	每車享有道路面積	平方公尺/輛	正向
	每車享有停車格位	位/千輛	正向
	交通號誌組數	組	正向
其他	每千人擁有車輛數	輛/千人	負向
	交通肇事率	件數/十萬車輛	負向
永續運輸指標-環境生態面		單位	永續趨勢
空氣	石化能源使用比例	%	負向
	PSI>100	%	負向
噪音	噪音監測不合格時段比例	%	負向
安全	人行道比例	%	正向
	交通事故死亡、重傷率	人/萬人	負向
永續運輸指標-社會公平面		單位	永續趨勢
大眾運輸	大眾運輸每日服務人次	千人次	正向
	公車運輸每車每日服務班次	班次	正向
無障礙空間	人行道無障礙設施新建比例	%	正向
	特定群體使用大眾運輸比例	處/千平方公尺	正向
	殘障停車格位比例	%	正向
主觀感受	交通滿意度調查	%	正向

### 4.3.1 經濟效率面

#### 1. 指標 1-1：大眾運輸營運效率

意義：大眾運輸之每年營運行駛公里數所能服務之乘客數量，即每單位里程乘客運量越多代表其營運效率高、搭乘大眾運輸系統的人數多，道路的使用效率也越高，其經濟效率的永續性也越高，同時及能源效率也越高。本指標須同時考慮其服務乘客量，服務量越多，代表提供載運服務範圍越大、班次也越多，本項指標包括公車及捷運。

永續趨勢：正向永續趨勢，指標值越大越趨向永續。

計算與單位：大眾運輸(公車、捷運)每年載客人數/延車公里數(單位：千人/千公里)

資料來源：臺北市交通統計年報

分析：指標 1-1  $\beta > 0$  朝向永續發展，指標 1-1-1  $\beta > 0$  朝向永續發展，指標 1-1-2  $\beta < 0$  背離永續發展，詳如圖 4.1、4.2、4.3。

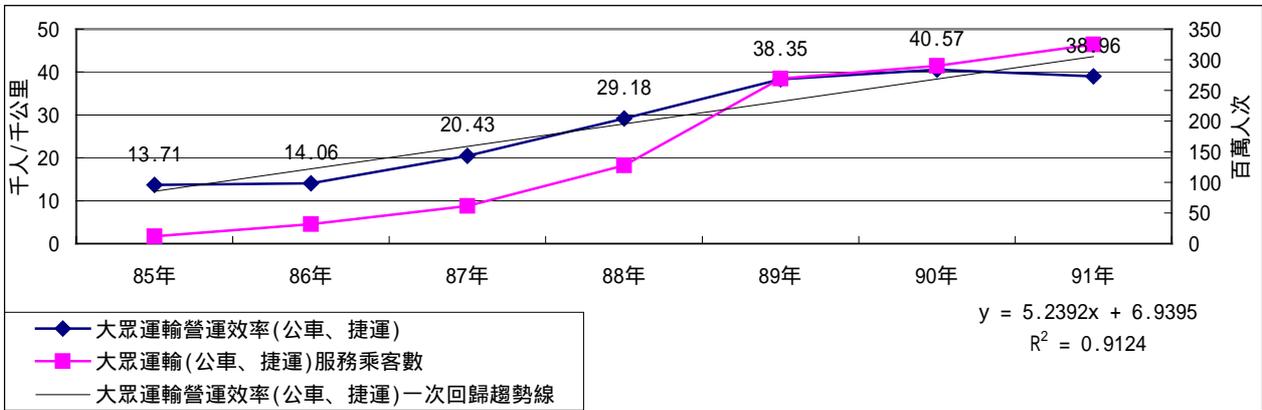


圖 4.1 永續運輸指標 1.1 大眾運輸(公車、捷運)營運效率

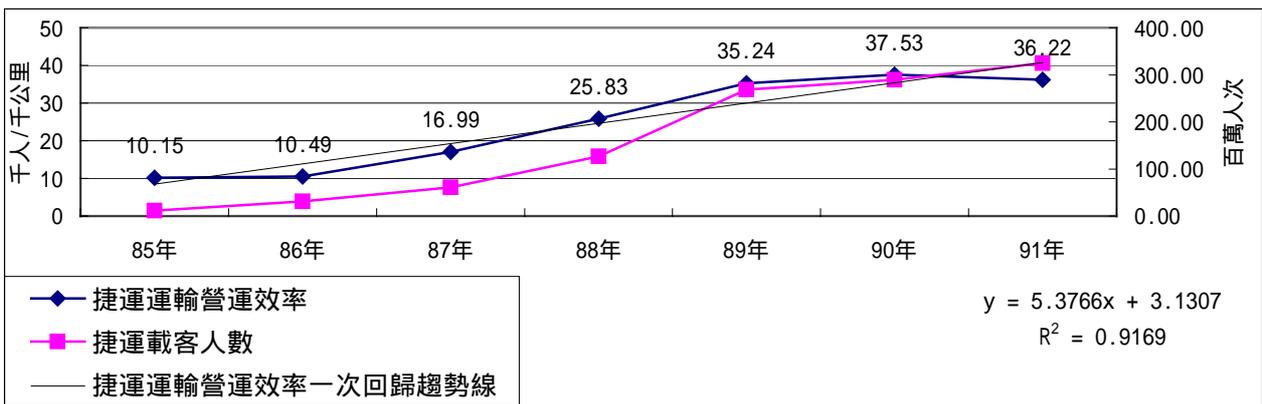


圖 4.2 永續運輸指標 1-1-1 捷運運輸營運效率

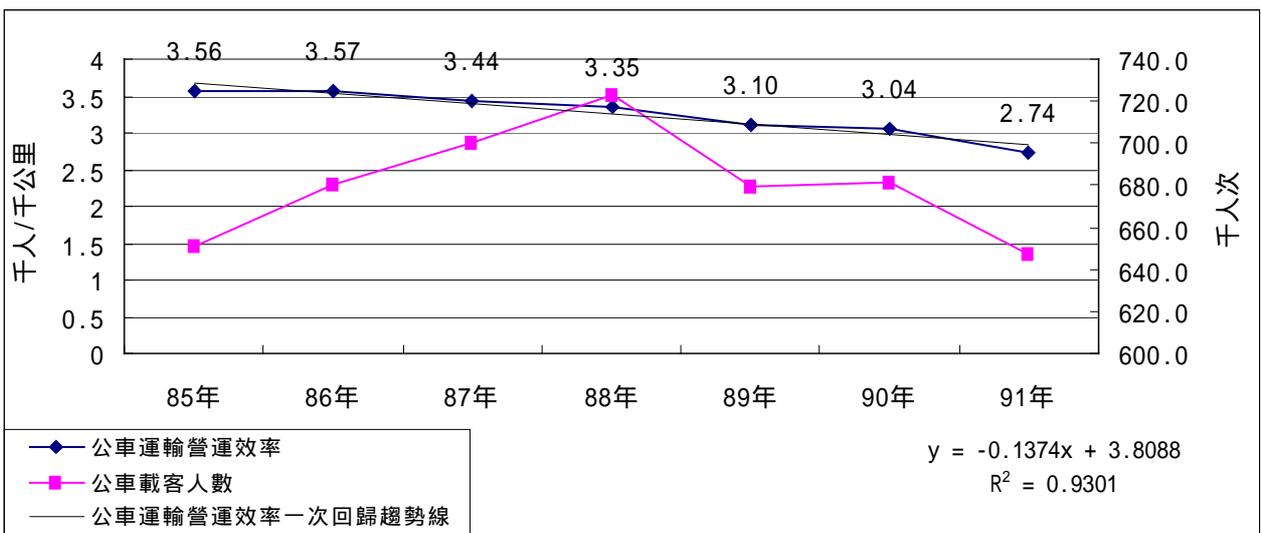


圖 4.3 永續運輸指標 1-1-2 公車運輸營運效率

## 2. 指標 1-2：公車運輸事業服務效率

意義：平均每員工每日服務人次，其服務人數越多代表該公車運輸人力效率越高，人事成本越為合理化，內部營運管理良好。

永續趨勢：正向永續趨勢，指標值越大越趨向永續。

計算與單位：公車平均每日載客人次/員工人數(單位：人/員工)

資料來源：臺北市交通統計年報

分析： $\beta > 0$  朝向永續發展，詳如圖 4.4。

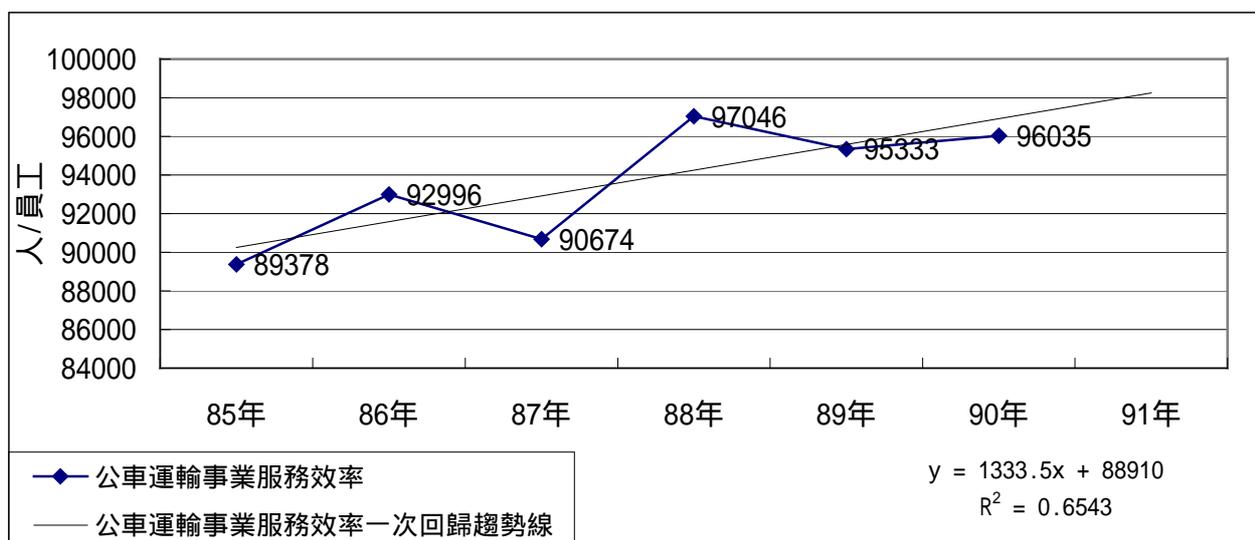


圖 4.4 永續運輸指標 1-2 公車運輸事業服務效率

## 3. 指標 1-3：公車運輸事業維護效率

意義：平均每輛公車需多少人員維護，其維護人數越少代表該公車維護人力效率越高，人事成本越為合理化，內部營運管理良好。

永續趨勢：負向永續趨勢，指標值越小越趨向永續。

計算與單位：公車事業員工人數/營業車輛數(單位：人/輛)

資料來源：臺北市交通統計年報

分析：朝向永續發展，詳如圖 4.5。

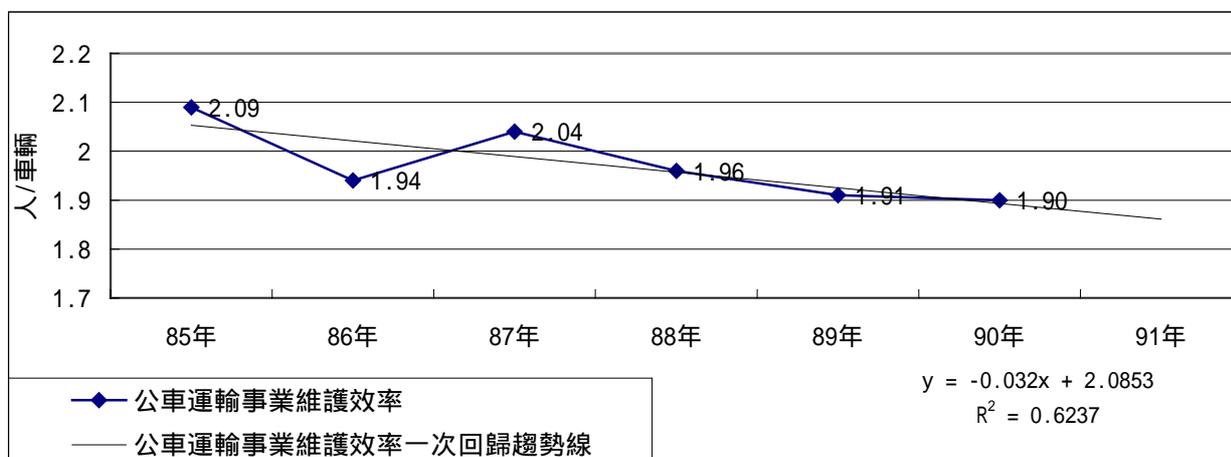


圖 4.5 永續運輸指標 1-3 公車運輸事業維護效率

#### 4. 指標 1-4：貨物運輸營運效率

意義：貨物運輸之每年營運行駛公里數所能載運之貨物噸數，即每單位里程貨物運量越多代表其營運效率越高，道路的使用效率也越高，其經濟效率的永續性也越高，同時及能源效率也越高。本指標須同時考慮其運輸量，運輸量越多越好。

永續趨勢：正向永續趨勢，指標值越大越趨向永續。

計算與單位：貨運噸數/行駛里程(單位：千公噸/千公里)

資料來源：臺北市交通統計年報

分析： $\beta > 0$  朝向永續發展，詳如圖 4.6。

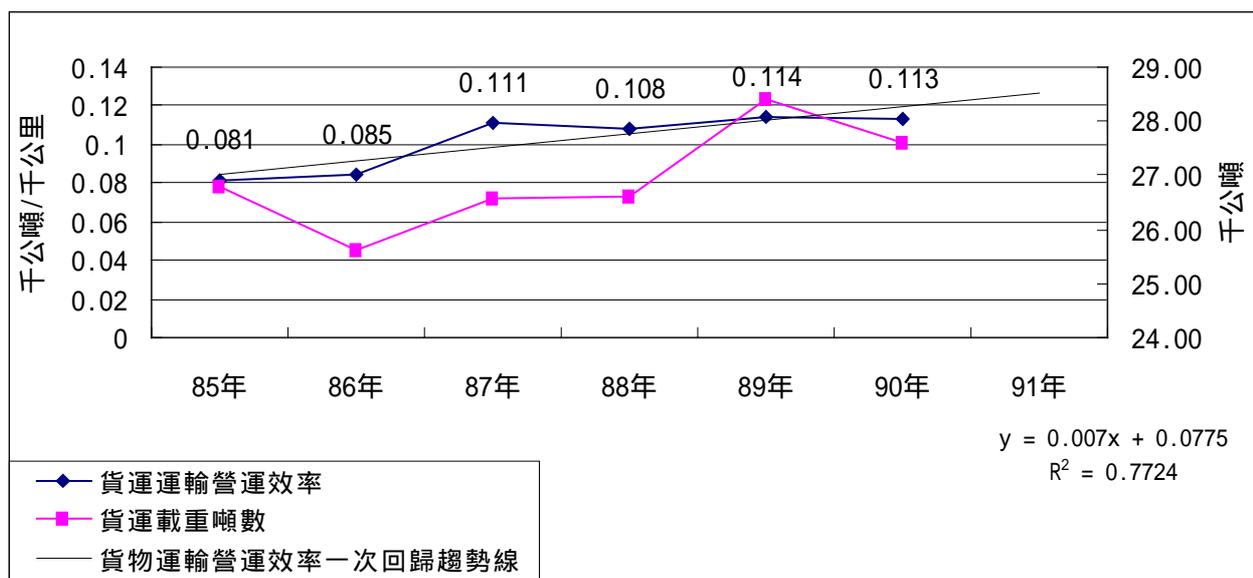


圖 4.6 永續運輸指標 1-4 貨物運輸營運效率

#### 5. 指標 1-5：運輸能源生產力

意義：交通運輸活動每年消耗之能源隨著經濟發展呈現逐年成長的趨勢，而交通運輸的生產淨值(GNP)也必然成長，然而隨著運具的開發、交通運輸管理的改善，可使得每單位能源的生產淨值增加，其生產力越高，代表相同的生產淨值所需的能源越少，進而達到永續發展的目標。

永續趨勢：正向永續趨勢，指標值越大越趨向永續。

計算與單位：交通運輸(公路、軌道)生產淨值/運輸能源消耗(單位：百萬元/千公秉油當量)

資料來源：主計處國民所得年刊、經濟部能源委員會能源台灣統計年報

分析： $\beta > 0$  朝向永續發展，詳如圖 4.7。

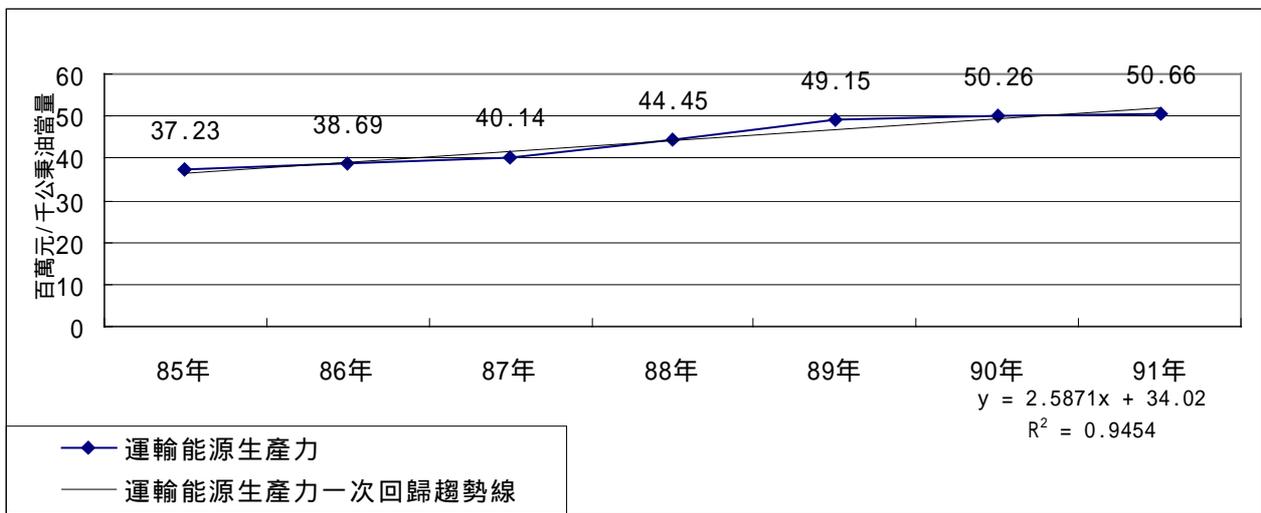


圖 4.7 永續運輸指標 1-5 運輸能源生產力

6. 指標 1-6：平均行駛速率

意義：都市地區常因道路空間有限，居民的私人運具持續的增加，造成道路壅塞難行，旅運時間越長、相對成本就越高，進而影響運輸系統整體效率。

永續趨勢：正向永續趨勢，指標值越大越趨向永續。

計算與單位：(單位：公里/小時)

資料來源：台北市交通改善評鑑指標調查報告、台北市交通管制工程處委託調查。

分析： $\beta > 0$  朝向永續發展，詳如圖 4.8。

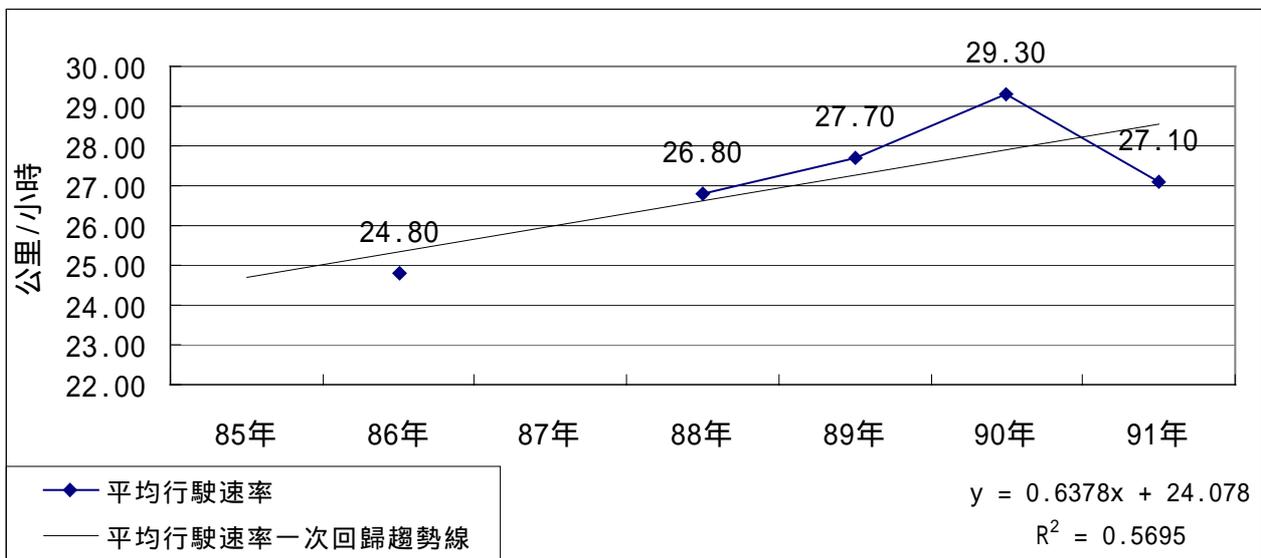


圖 4.8 永續運輸指標 1-6 平均行駛速率

7. 指標 1-7：每車享有道路面積

意義：平均每輛機動車輛享有道路面積越大時運輸效能越高，越不易造成壅

塞，因本國為一開發中國家，車輛數增加為必然趨勢，惟考量永續性時車輛數應越少越好，其享有面積亦應有一限度比例。

永續趨勢：正向永續趨勢，指標值越大越趨向永續。

計算與單位：道路面積/登記車輛數(單位：平方公尺/輛)

資料來源：臺北市交通統計年報

分析： $\beta < 0$  背離永續發展，詳如圖 4.9。

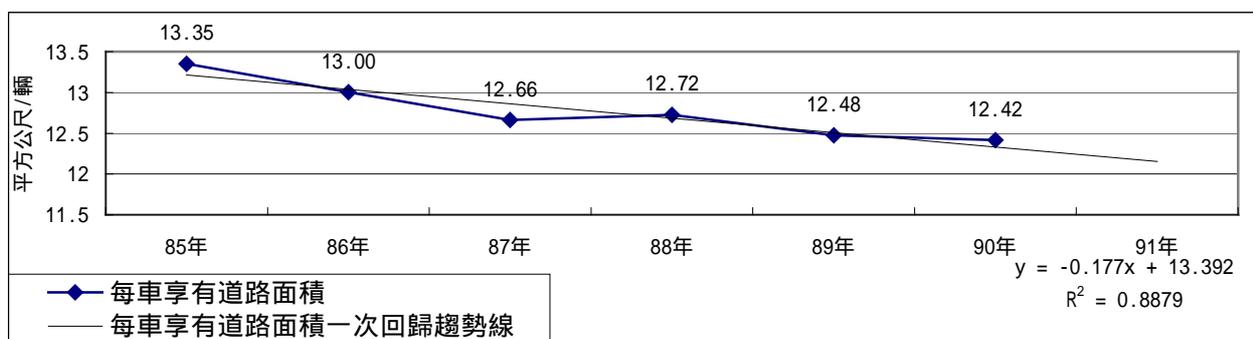


圖 4.9 永續運輸指標 1-7 每車享有道路面積

#### 8. 指標 1-8：每車享有停車格位

意義：平均每輛機動車輛享有停車格位，其越大時，停車越方便，停車所造成之延滯越小，運輸效能越高，越不易造成壅塞，因本國為一開發中國家，車輛數增加為必然趨勢，惟考量永續性時車輛數應越少越好，其享有停車格位數亦應有一限度比例。

永續趨勢：正向永續趨勢，指標值越大越趨向永續。

計算與單位：停車格位/登記車輛數(單位：位/千輛)

資料來源：臺北市交通統計年報

分析： $\beta > 0$  朝向永續發展，惟仍不足，詳如圖 4.10。

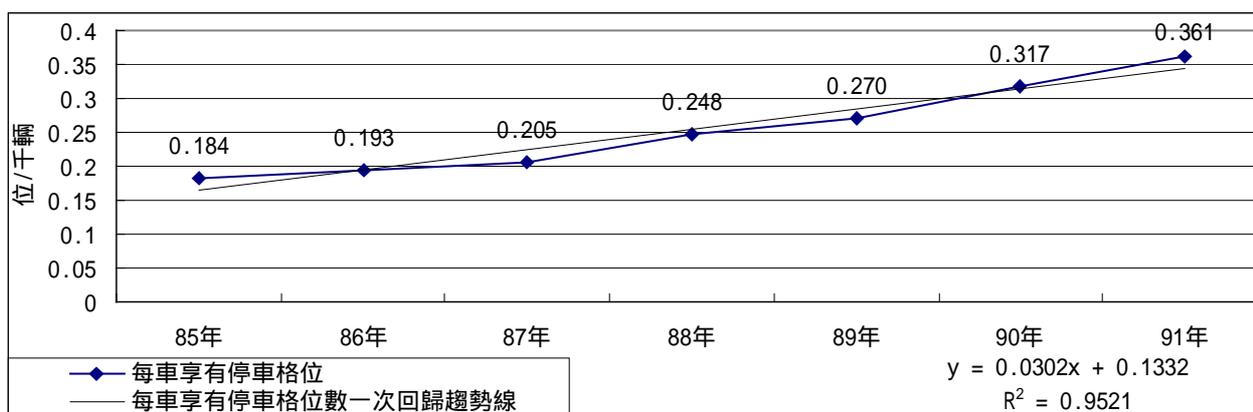


圖 4.10 永續運輸指標 1-8 每車享有停車格位數

#### 9. 指標 1-9：交通號誌組數

意義：交通管理設施的多寡、完備與否，關係著交通運行的效率，越完備的

交通管理設施，將有效的促進各項運具的效率。

永續趨勢：正向永續趨勢，指標值越大越趨向永續。

計算與單位：交通號誌組數(單位：組)

資料來源：臺北市交通統計年報

分析： $\beta > 0$  朝向永續發展，詳如圖 4.11。

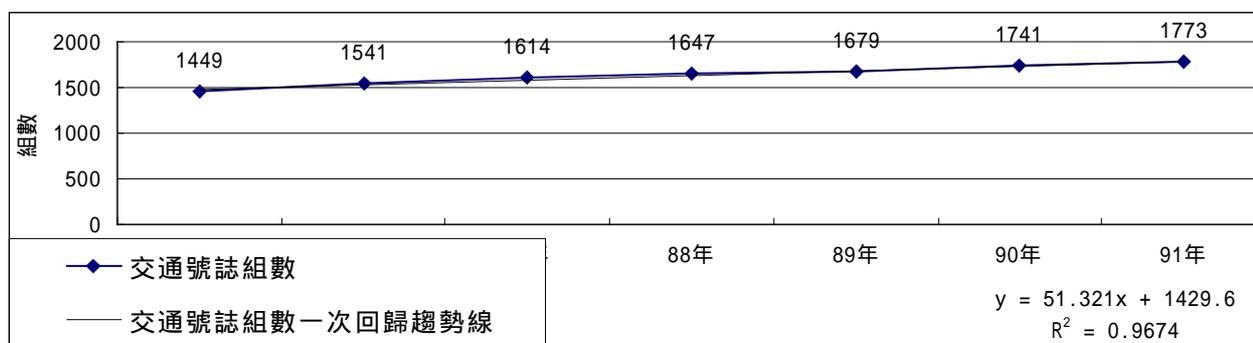


圖 4.11 永續運輸指標 1-9 交通號誌組數

#### 10. 指標 1-10：每千人擁有車輛數

意義：我國為一開發中國家，且依地狹人稠環境特性，機車數量龐大，車輛的擁有數隨著國民所得的增加而成長，惟車輛增加將造成道路擁擠、運輸效能降低、環境遭受衝擊等影響。

永續趨勢：負向永續趨勢，指標值越小越趨向永續。

計算與單位：登記車輛數/人口數(單位：輛/千人)

資料來源：臺北市交通統計年報

分析： $\beta > 0$  背離永續發展，詳如圖 4.12。

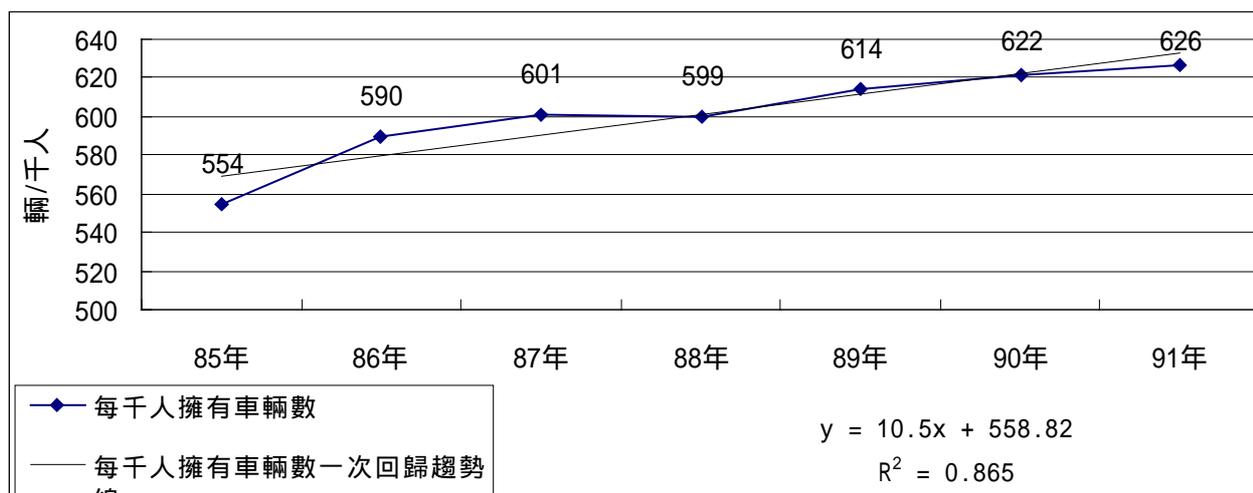


圖 4.12 永續運輸指標 1-10 每千人擁有車輛數

#### 11. 指標 1-11：交通肇事率

意義：交通事故的發生意味著車輛違規運行、道路環境的不良以及管理措施

的不當，因此統計警方處理交通事故之件數，件數越多代表車輛違規運行越多、道路環境不佳的意涵，即越不永續。

永續趨勢：負向永續趨勢，指標值越小越趨向永續。

計算與單位：每年發生交通事故造成人員傷亡件數/登記車輛數(單位：件數/十萬車輛)

資料來源：臺北市政府警察局交通警察大隊

分析： $\beta > 0$  背離永續發展，詳如圖 4.13。

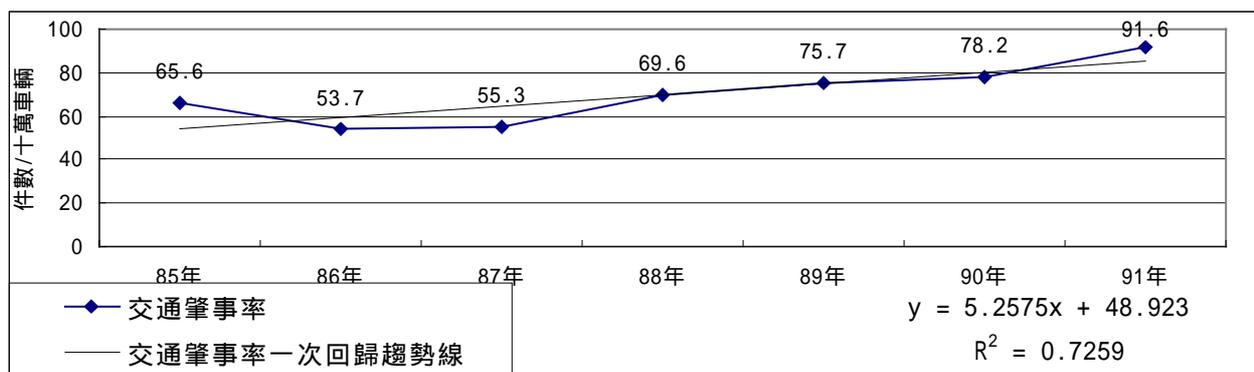


圖 4.13 永續運輸指標 1-11 交通肇事率

#### 4.3.2 環境生態面

##### 1. 指標 2-1：石化能源使用比例

意義：石化能源佔所有能源使用的比例越低，代表其替代能源使用比例越高，藉由綠色能源(包括天然氣、燃料電池等)運具的開發與使用，進而避免因石化燃料所造成之空氣污染，以達環境永續的目標。

永續趨勢：負向永續趨勢，指標值越小越趨向永續。

計算與單位：公路運輸石化能源千公秉油當量/公路運輸能源千公秉油當量 (單位：%)

資料來源：台灣能源統計年報

分析： $\beta < 0$  朝向永續發展，惟比例仍相當高，詳如圖 4.14。

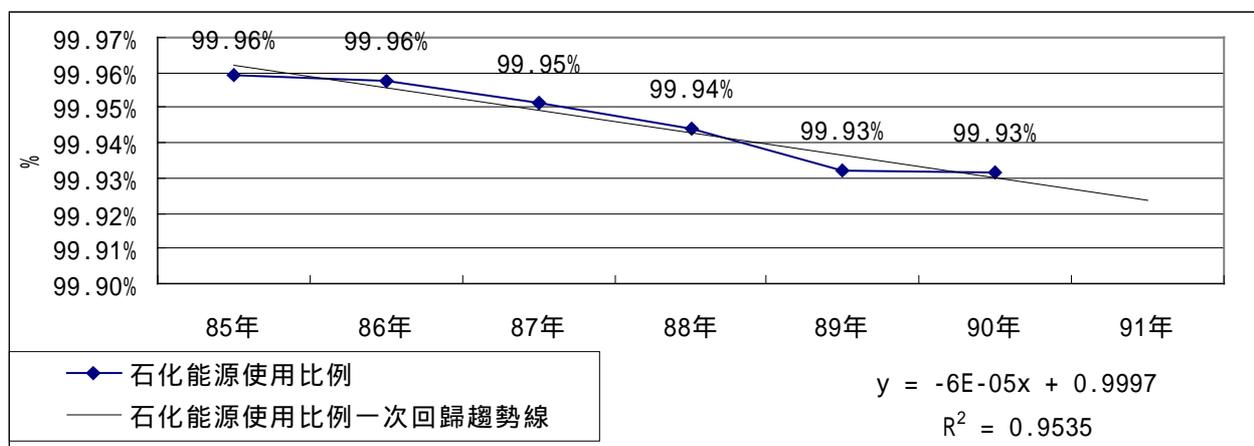


圖 4.14 永續運輸指標 2-1 石化能源使用比例

## 2. 指標 2-2：PSI>100 天數比例

意義：「空氣污染指標」(Pollutant Standard Index, PSI)為依據空氣品質檢測資料，將當日「二氧化硫」、「一氧化碳」、「臭氧」、「空氣懸浮微粒」及「二氧化氮」濃度數值，以其對人體健康的影響程度各換算出該污染物之副指標值，再以當日副指標值之最大值為 PSI 值，PSI 指標大於 100 以上，將造成身體不適，本指標係將每年測得 PSI 值大於 100 的天數佔一年天數比例，作為永續環境指標。

永續趨勢：負向永續趨勢，指標值越小越趨向永續。

計算與單位：PSI>100 日數/365 日(單位：%)

資料來源：環保署中華民國台灣地區環境保護統計年報

分析： $\beta > 0$  背離永續發展，詳如圖 4.15。

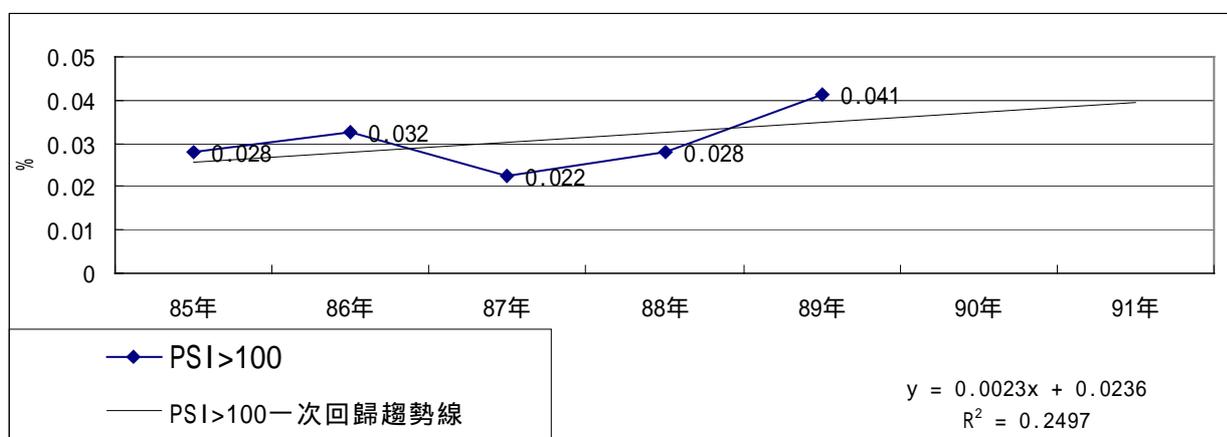


圖 4.15 永續運輸指標 2-2 PSI>100 天數比例

## 3. 指標 2-3：噪音監測不合格時段比例

意義：利用環保署噪音監測系統中，檢測交通噪音之資料作為噪音檢測依據，求一年監測之時段數中不合格之時段數所佔比例，作為永續運輸環境指標。

永續趨勢：負向永續趨勢，指標值越小越趨向永續。

計算與單位：環保署中華民國台灣地區環境保護統計年報

資料來源：臺北市交通統計年報

分析： $\beta < 0$  朝向永續發展，詳如圖 4.16。

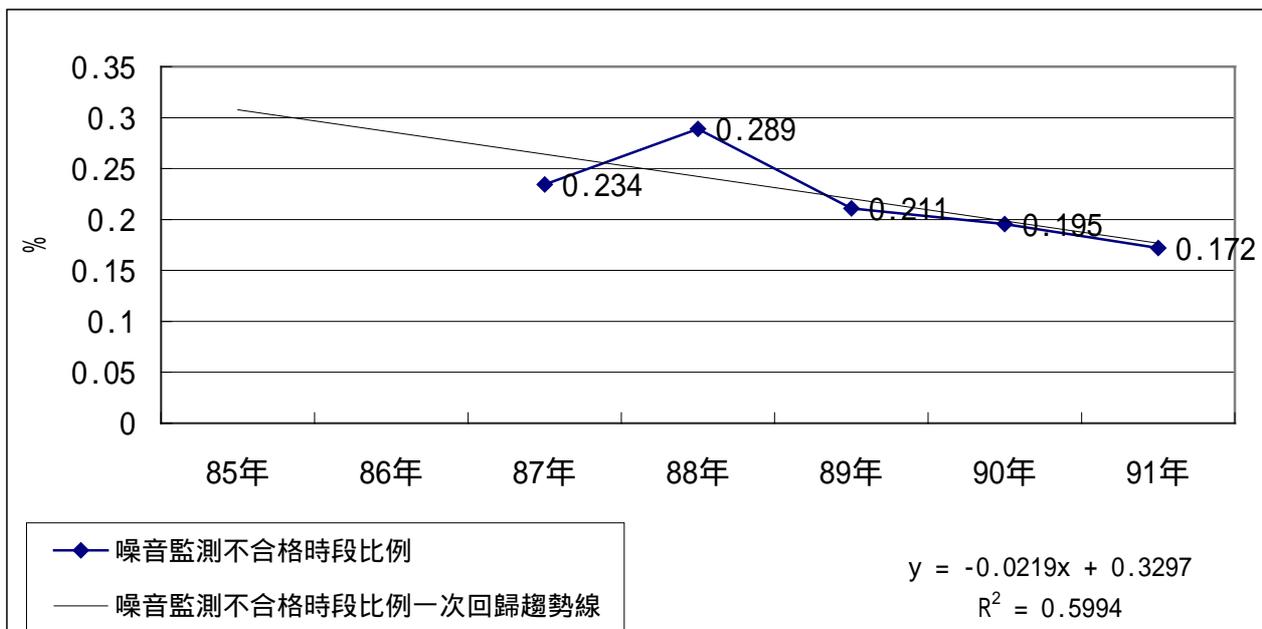


圖 4.16 永續運輸指標 2-3 噪音監測不合格時段比例

#### 4. 指標 2-4：人行道比例

意義：人行道佔道路面積的比例，越高代表行人、腳踏車的專屬路權越高，行人與腳踏車越安全。

永續趨勢：正向永續趨勢，指標值越大越趨向永續。

計算與單位：人行道面積/道路總面積(單位：%)

資料來源：臺北市政府工務局網站統計資料、臺北市交通統計年報

分析： $\beta < 0$  背離永續發展，詳如圖 4.17。

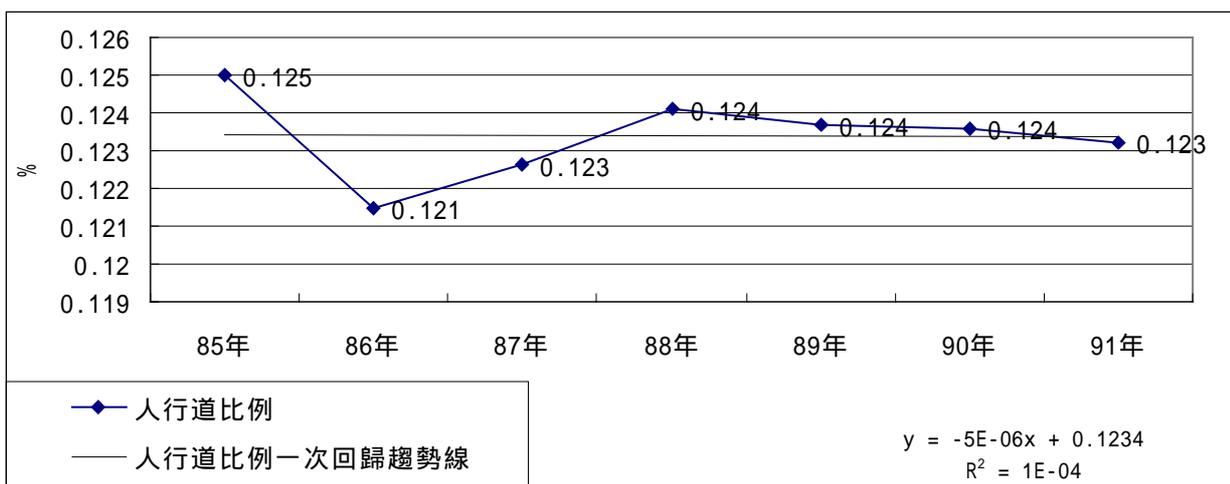


圖 4.17 永續運輸指標 2-4 人行道比例

#### 5. 指標 2-5：交通事故死亡、重傷率

意義：交通事故之死亡與重傷意味著交通運輸對生命、財產的威脅，其發生越多代標其越危險，交通違規運行越多。

永續趨勢：負向永續趨勢，指標值越小越趨向永續。

計算與單位：因交通事故於 24 小時內死亡、重傷人數/人口數(單位：人/萬人)

資料來源：臺北市交通統計年報

分析： $\beta < 0$  朝向永續發展，詳如圖 4.18。

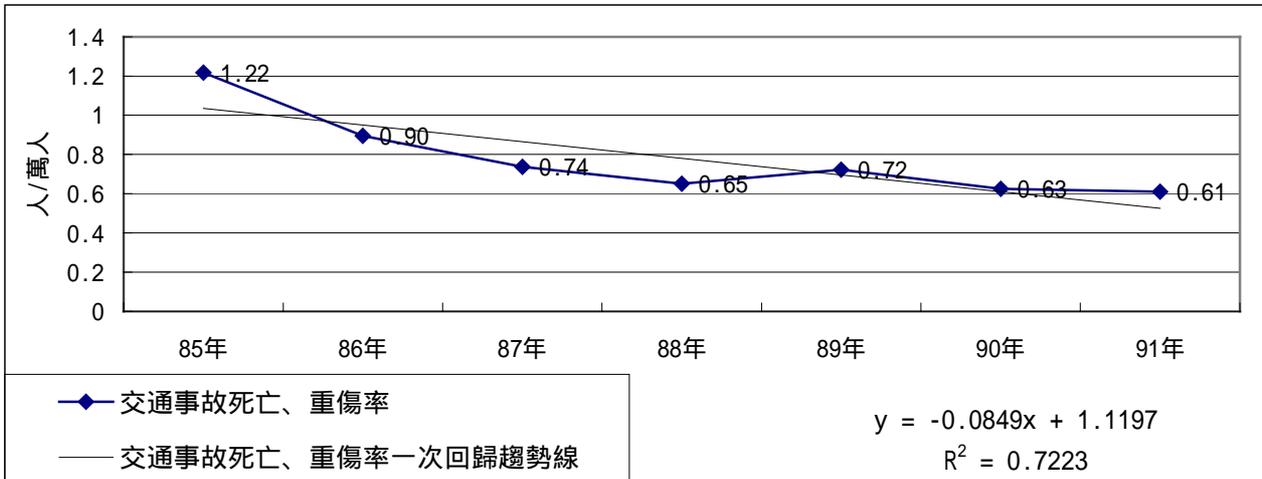


圖 4.18 永續運輸指標 2-5 交通事故死亡、重傷率

### 4.3.3 社會公平面

#### 1. 指標 3-1：大眾運輸每日服務人次

意義：搭乘大眾運輸作為交通工具者，大部分為學生、收入較低者、高齡者、殘障者，大眾運輸每日服務人次越多，代表有越多搭乘大眾運輸工具作為通勤、休閒、購物之旅次，也代表其服務的層面、範圍越廣，可及性越高，越具社會公平之永續發展。

永續趨勢：正向永續趨勢，指標值越大越趨向永續。

計算與單位：捷運平均每日服務人次+公車平均每日服務人次(單位：千人次)

資料來源：臺北市交通統計年報

分析： $\beta > 0$  朝向永續發展，詳如圖 4.19。

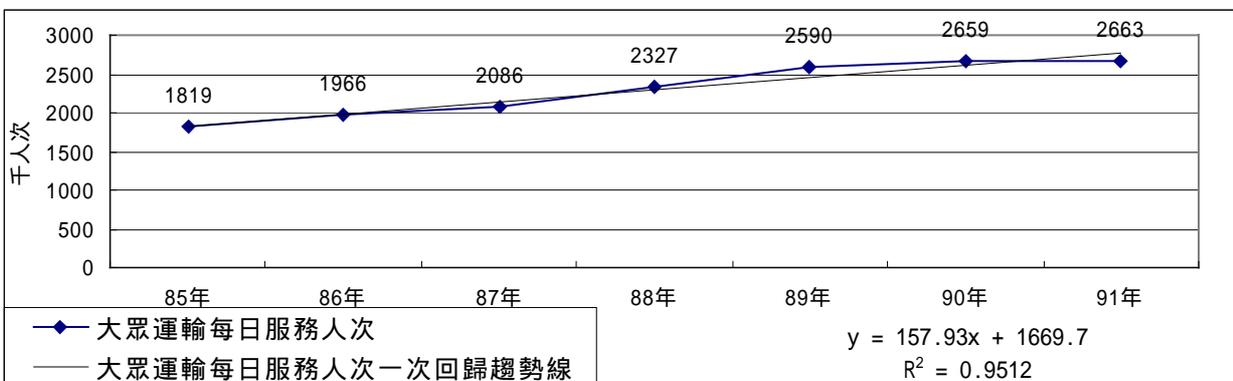


圖 4.19 永續運輸指標 3-1 大眾運輸每日服務人次

2. 指標 3-2：公車運輸服務班次

意義：公車運輸之平均每車每日所能服務之班次，即越多代表其服務可及性越高、搭乘大眾運輸系統的人數多，道路的使用效率也越高，也代表其服務的層面、範圍越廣，可及性越高，越具社會公平之永續發展。

本項不包含捷運及鐵路等軌道運輸。

永續趨勢：正向永續趨勢，指標值越大越趨向永續。

計算與單位：公車每車每日服務班次(單位：班次)

資料來源：臺北市交通統計年報

分析： $\beta > 0$  朝向永續發展，惟不顯著，詳如圖 4.20。

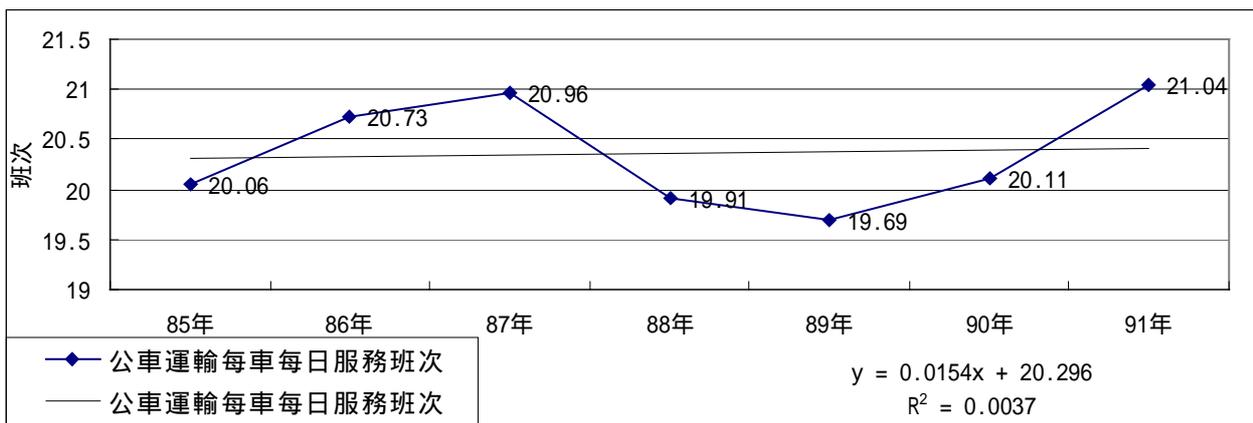


圖 4.20 永續運輸指標 3-2 公車運輸每日服務班次

3. 指標 3-3：特定群體使用大眾運輸比例

意義：調查特定族群，包括學生、老人、殘障使用大眾運輸的比例，其統計係依優待票補貼數佔總票數之比例計算，可顯示該地區對大眾運輸弱勢族群使用者之補貼，以達社會公平永續性。

永續趨勢：正向永續趨勢，指標值越大越趨向永續。

計算與單位：優待票數/總票數(單位：%)

資料來源：台灣省公共汽車客運商業同業公會聯合會-台灣省民營公共汽車客運業統計資料

分析： $\beta > 0$  朝向永續發展，惟變動大、不甚顯著，詳如圖 4.23。

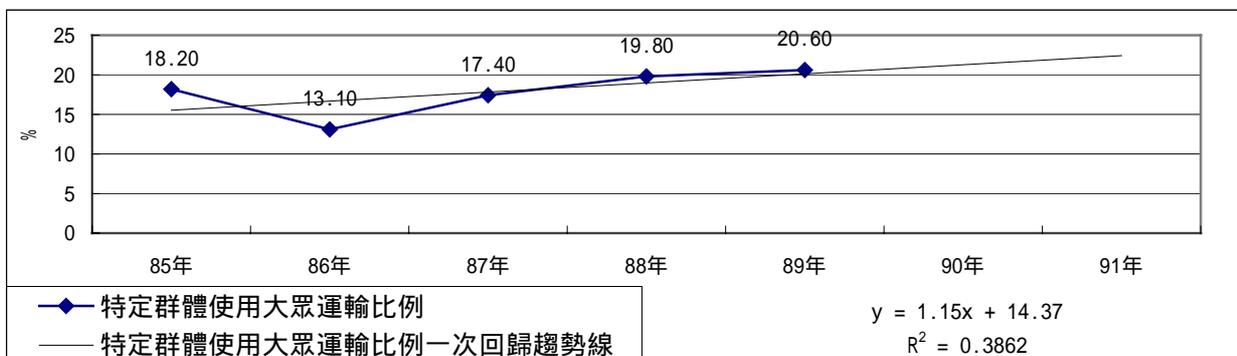


圖 4.21 永續運輸指標 3-3 特定群體使用大眾運輸比例

#### 4. 指標 3-4：人行道無障礙設施新建比例

意義：每年人行道新建、養護均編列相當之預算，其中無障礙設施的新建比例可代表該交通運輸系統對於殘障團體交通的重視，比例越高越具社會公平永續性。

永續趨勢：正向永續趨勢，指標值越大越趨向永續。

計算與單位：無障礙設施/人行道面積(單位：處/千平方公尺)

資料來源：臺北市政府工務局網站統計資料、臺北市交通統計年報

分析： $\beta < 0$  背離永續發展，詳如圖 4.22。

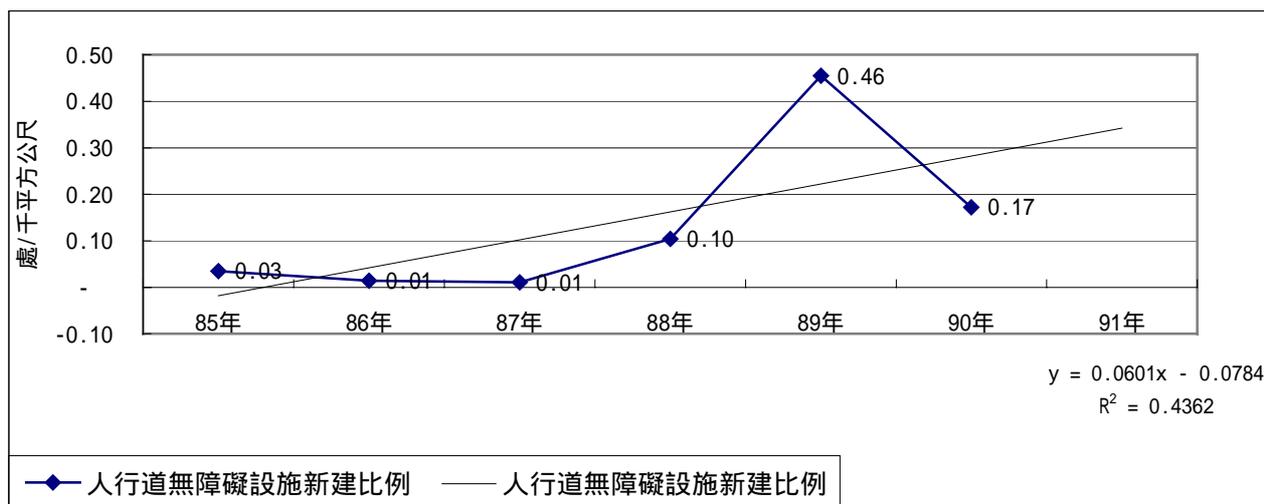


圖 4.22 永續運輸指標 3-4 人行道無障礙設施新建比例

#### 5. 指標 3-5：殘障停車格位比例

意義：殘障停車格位的設置係因應殘障人士停車之需求，設置的比例越高代表其度弱勢團體的重視程度越高，越具社會永續性，惟有比例上限。

永續趨勢：正向永續趨勢，指標值越大越趨向永續。

計算與單位：殘障停車格位數/停車格位數(單位：%)

資料來源：臺北市交通統計年報

分析： $\beta > 0$  朝向永續發展，詳如圖 4.24。

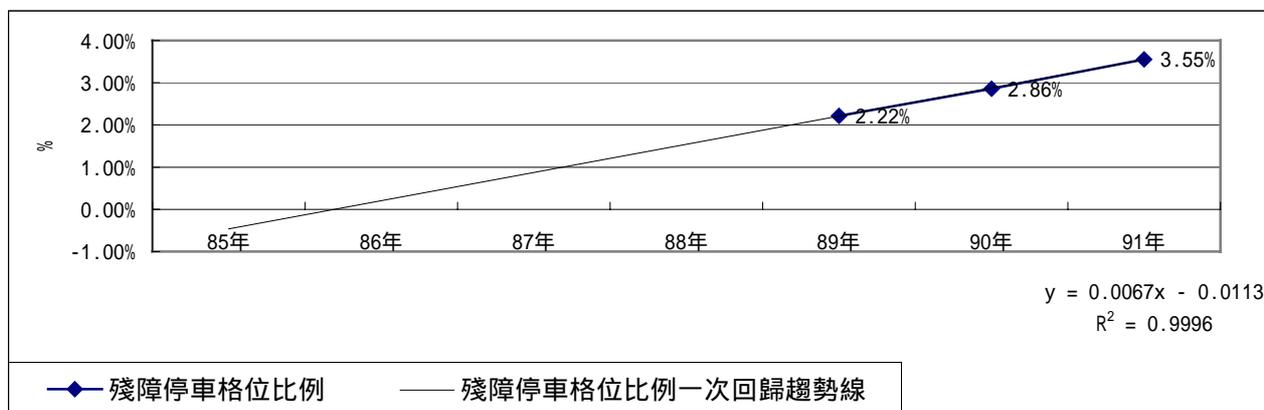


圖 4.23 永續運輸指標 3-5 殘障停車格位比例

## 6. 指標 3-6：交通滿意度

意義：透過民意調查求得民眾對於交通環境的主觀感受及滿意程度，往往作為施政的依據，滿意程度越高代表社會對於政府交通施政越肯定。

永續趨勢：正向永續趨勢，指標值越大越趨向永續。

計算與單位：%

資料來源：臺北市政府研究發展考核委員會

分析： $\beta > 0$  朝向永續發展，詳如圖 4.24。

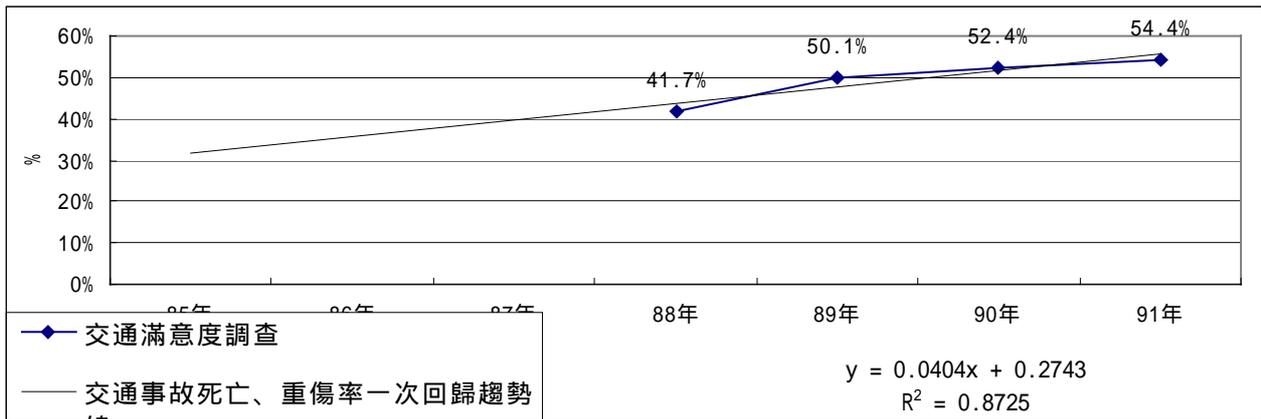


圖 4.24 永續運輸指標 3-6 交通滿意度調查

### 4.3.4 整體現況分析

為能整體針對各構面永續運輸指標作一檢視，本小節將利用雷達圖來表示各指標之永續性，然而各指標單位均不相同，且各指標之永續性部分為正向永續性、部分負向永續性，很難放在一起同一比較，必須透過指數化與正規化處理，步驟如下：

- (1) 指數化：將上一小節所整理之資料彙整如表 4.7，指標指數化後得到表 4.8。
- (2) 正規化：為求永續性方向一致，本研究參考交通部運輸研究所所發表「永續運輸之量化指標研究」中所採用正規化方法，各指標正規化後越接近 0，即為雷達圖之核心，則越具永續性，越遠離則相反，可求得表 4.9。
- (3) 繪製雷達圖：除了基年之績效值，求取各年績效值之平均，得到指數平均值，將基期、平均指數、現況作成表 4.10，利用 EXCEL 軟體繪製雷達圖如圖 4.25、圖 4.26、圖 4.27 所示，越靠近核心、越趨向永續，越遠離核心、越背離永續。

表 4.7 永續運輸指標績效表

永續運輸指標-經濟效率面		85年	86年	87年	88年	89年	90年	91年	
運輸效率	大眾運輸營運效率(公車、捷運)↑	13.71	14.06	20.43	29.18	38.35	40.57	38.96	
	捷運運輸營運效率↑	10.15	10.49	16.99	25.83	35.24	37.53	36.22	
	公車運輸營運效率↑	3.56	3.57	3.44	3.35	3.10	3.04	2.74	
	公車運輸事業服務效率↑	89377.57	92995.90	90674.35	97046.33	95333.29	96034.98	-	
	公車運輸事業維護效率↓	2.09	1.94	2.04	1.96	1.91	1.90	-	
	貨運運輸營運效率↑	0.08	0.08	0.11	0.11	0.11	0.11	-	
	運輸能源生產力↑	37.23	38.69	40.14	44.45	49.15	50.26	50.66	
	平均行駛速率↑	-	24.80	-	26.80	27.70	29.30	27.10	
	道路設施	每車享有道路面積↑	13.35	13.00	12.66	12.72	12.48	12.42	-
		每車享有停車格位↑	0.18	0.19	0.20	0.25	0.27	0.32	0.36
交通號誌組數↑		1449	1541	1614	1647	1679	1741	1773	
其他	每千人擁有車輛數↓	554.10	589.58	600.63	599.36	614.22	621.67	626.17	
	交通肇事率↓	65.65	53.68	55.32	69.57	75.67	78.21	91.58	
永續運輸指標-環境生態面		85年	86年	87年	88年	89年	90年	91年	
空氣	石化能源使用比例↓	99.96%	99.96%	99.95%	99.94%	99.93%	99.93%	-	
	PSI>100↓	2.78%	3.25%	2.23%	2.78%	4.15%	-	-	
噪音	噪音監測不合格時段比例↓	-	-	23.44%	28.91%	21.09%	19.53%	17.19%	
	人行道比例↑	12.50%	12.15%	12.27%	12.41%	12.37%	12.36%	12.32%	
安全	交通事故死亡、重傷率↓	1.218	0.896	0.737	0.651	0.722	0.625	0.610	
	永續運輸指標-社會公平面		85年	86年	87年	88年	89年	90年	91年
大眾運輸	大眾運輸每日服務人次↑	1819	1966	2086	2327	2590	2659	2663	
	公車運輸每車每日服務班次↑	20.06	20.73	20.96	19.91	19.69	20.11	21.04	
	人行道無障礙設施新建比例↑	3.49%	1.39%	1.09%	10.44%	45.50%	17.20%	-	
無障礙空間	特定群體使用大眾運輸比例↑	18.2	13.1	17.4	19.8	20.6	-	-	
	殘障停車格位比例↑	-	-	-	-	2.22%	2.86%	3.55%	
主觀感受	交通滿意度調查↑	-	-	-	41.7%	50.1%	52.4%	54.4%	

表 4.8 指數化永續運輸指標績效表

永續運輸指標-經濟效率面		85年	86年	87年	88年	89年	90年	91年	
運輸效率	大眾運輸營運效率(公車、捷運)↑	1.00	1.03	1.49	2.13	2.80	2.96	2.84	
	捷運運輸營運效率↑	1.00	1.03	1.67	2.54	3.47	3.70	3.57	
	公車運輸營運效率↑	1.00	1.00	0.97	0.94	0.87	0.85	0.77	
	公車運輸事業服務效率↑	1.00	1.04	1.01	1.09	1.07	1.07	-	
	公車運輸事業維護效率↓	1.00	0.93	0.98	0.94	0.91	0.91	-	
	貨運運輸營運效率↑	1.00	1.05	1.37	1.33	1.40	1.40	-	
	運輸能源生產力↑	1.00	1.04	1.08	1.19	1.32	1.35	1.36	
	平均行駛速率↑	-	1.00	-	1.08	1.12	1.18	1.09	
	道路設施	每車享有道路面積↑	1.00	0.97	0.95	0.95	0.93	0.93	-
		每車享有停車格位↑	1.00	1.05	1.11	1.35	1.47	1.73	1.96

其他	交通號誌組數↑	1.00	1.06	1.11	1.14	1.16	1.20	1.22
	每千人擁有車輛數↓	1.00	1.06	1.08	1.08	1.11	1.12	1.13
	交通肇事率↓	1.00	0.82	0.84	1.06	1.15	1.19	1.39
<b>永續運輸指標-環境生態面</b>		<b>85年</b>	<b>86年</b>	<b>87年</b>	<b>88年</b>	<b>89年</b>	<b>90年</b>	<b>91年</b>
空氣	石化能源使用比例↓	1.0000	1.0000	0.9999	0.9998	0.9997	0.9997	-
	PSI>100↓	1.14	1.34	0.92	1.14	1.71	-	-
噪音	噪音監測不合格時段比例↓	-	-	1.00	1.23	0.90	0.83	0.73
安全	人行道比例↑	1.00	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99
	交通事故死亡、重傷率↓	1.00	0.74	0.61	0.53	0.59	0.51	0.50
<b>永續運輸指標-社會公平面</b>		<b>85年</b>	<b>86年</b>	<b>87年</b>	<b>88年</b>	<b>89年</b>	<b>90年</b>	<b>91年</b>
大眾運輸	大眾運輸每日服務人次↑	1.00	1.08	1.15	1.28	1.42	1.46	1.46
	公車運輸每車每日服務班次↑	1.00	1.03	1.04	0.99	0.98	1.00	1.05
	人行道無障礙設施新建比例↑	1.00	0.40	0.31	2.99	13.02	4.92	-
無障礙空間	特定群體使用大眾運輸比例↑	1.00	0.72	0.96	1.09	1.13	-	-
	殘障停車格位比例↑	-	-	-	-	1.00	1.29	1.60
主觀感受	交通滿意度調查↑	-	-	-	1.00	1.20	1.26	1.30

表 4.9 正規化永續運輸指標績效表

<b>永續運輸指標-經濟效率面</b>		<b>85年</b>	<b>86年</b>	<b>87年</b>	<b>88年</b>	<b>89年</b>	<b>90年</b>	<b>91年</b>
運輸效率	大眾運輸營運效率(公車、捷運)↑	1.00	0.97	0.67	0.47	0.36	0.34	0.35
	捷運運輸營運效率↑	1.00	0.97	0.60	0.39	0.29	0.27	0.28
	公車運輸營運效率↑	1.00	1.00	1.04	1.06	1.15	1.17	1.30
	公車運輸事業服務效率↑	1.00	0.96	0.99	0.92	0.94	0.93	-
	公車運輸事業維護效率↓	1.00	0.93	0.98	0.94	0.91	0.91	-
	貨運運輸營運效率↑	1.00	0.96	0.73	0.75	0.71	0.71	-
	運輸能源生產力↑	1.00	0.96	0.93	0.84	0.76	0.74	0.73
	平均行駛速率↑	-	1.00	-	0.93	0.90	0.85	0.92
道路設施	每車享有道路面積↑	1.00	1.03	1.05	1.05	1.07	1.08	-
	每車享有停車格位↑	1.00	0.95	0.90	0.74	0.68	0.58	0.51
	交通號誌組數↑	1.00	0.94	0.90	0.88	0.86	0.83	0.82
其他	每千人擁有車輛數↓	1.00	1.06	1.08	1.08	1.11	1.12	1.13
	交通肇事率↓	1.00	0.82	0.84	1.06	1.15	1.19	1.39
<b>永續運輸指標-環境生態面</b>		<b>85年</b>	<b>86年</b>	<b>87年</b>	<b>88年</b>	<b>89年</b>	<b>90年</b>	<b>91年</b>
空氣	石化能源使用比例↓	1.0000	1.0000	0.9999	0.9998	0.9997	0.9997	-
	PSI>100↓	1.00	1.17	0.80	1.00	1.49	-	-
噪音	噪音監測不合格時段比例↓	-	-	1.00	1.23	0.90	0.83	0.73
安全	人行道比例↑	1.00	1.03	1.02	1.01	1.01	1.01	1.01
	交通事故死亡、重傷率↓	1.00	0.74	0.61	0.53	0.59	0.51	0.50
<b>永續運輸指標-社會公平面</b>		<b>85年</b>	<b>86年</b>	<b>87年</b>	<b>88年</b>	<b>89年</b>	<b>90年</b>	<b>91年</b>
大眾運輸	大眾運輸每日服務人次↑	1.00	0.93	0.87	0.78	0.70	0.68	0.68
	公車運輸每車每日服務班次↑	1.00	0.97	0.96	1.01	1.02	1.00	0.95
	人行道無障礙設施新建比例↑	1.00	2.51	3.20	0.33	0.08	0.20	-

無障礙空間	特定群體使用大眾運輸比例↑	1.00	1.39	1.05	0.92	0.88	-	-
	殘障停車格位比例↑	-	-	-	-	1.00	0.77	0.62
主觀感受	交通滿意度調查↑	-	-	-	1.00	0.83	0.80	0.77

表 4.10 正規化永續運輸指標績效表-現況與發展趨勢

永續運輸指標-經濟效率面		基年	平均指數	現況
運輸效率	大眾運輸營運效率(公車、捷運)	1	0.53	0.35
	捷運運輸營運效率	1	0.47	0.28
	公車運輸營運效率	1	1.12	1.30
	公車運輸事業服務效率	1	0.95	0.93
	公車運輸事業維護效率	1	0.93	0.91
	貨運運輸營運效率	1	0.77	0.71
	運輸能源生產力	1	0.83	0.73
	平均行駛速率	1	0.90	0.92
道路設施	每車享有道路面積	1	1.06	1.08
	每車享有停車格位	1	0.73	0.51
	交通號誌組數	1	0.87	0.82
其他	每千人擁有車輛數	1	1.10	1.13
	交通肇事率	1	1.08	1.39
永續運輸指標-環境生態面		基年	平均指數	現況
空氣	石化能源使用比例	1	0.9998	0.9997
	PSI>100	1	1.12	1.49
噪音	噪音監測不合格時段比例	1	0.93	0.73
安全	人行道比例	1	1.02	1.01
	交通事故死亡、重傷率	1	0.58	0.50
永續運輸指標-社會公平面		基年	平均指數	現況
大眾運輸	大眾運輸每日服務人次	1	0.77	0.68
	公車運輸每車每日服務班次	1	0.98	0.95
	人行道無障礙設施新建比例	1	1.27	0.20
無障礙空間	特定群體使用大眾運輸比例	1	1.06	0.88
	殘障停車格位比例	1	0.70	0.62
主觀感受	交通滿意度調查	1	0.80	0.77

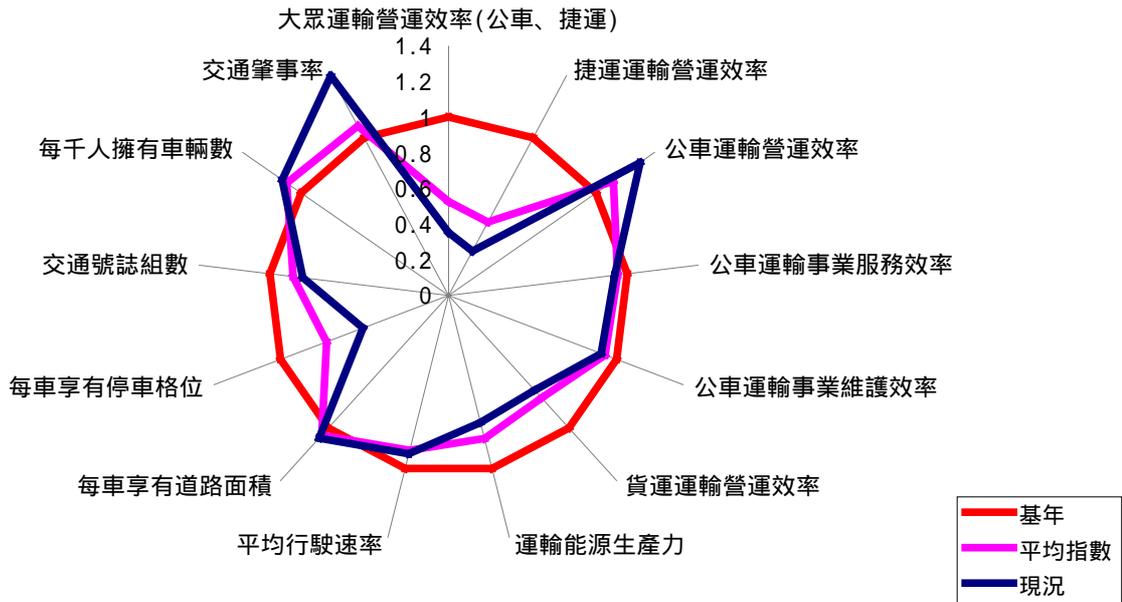


圖 4.25 永續運輸指標-經濟效率面永續雷達圖

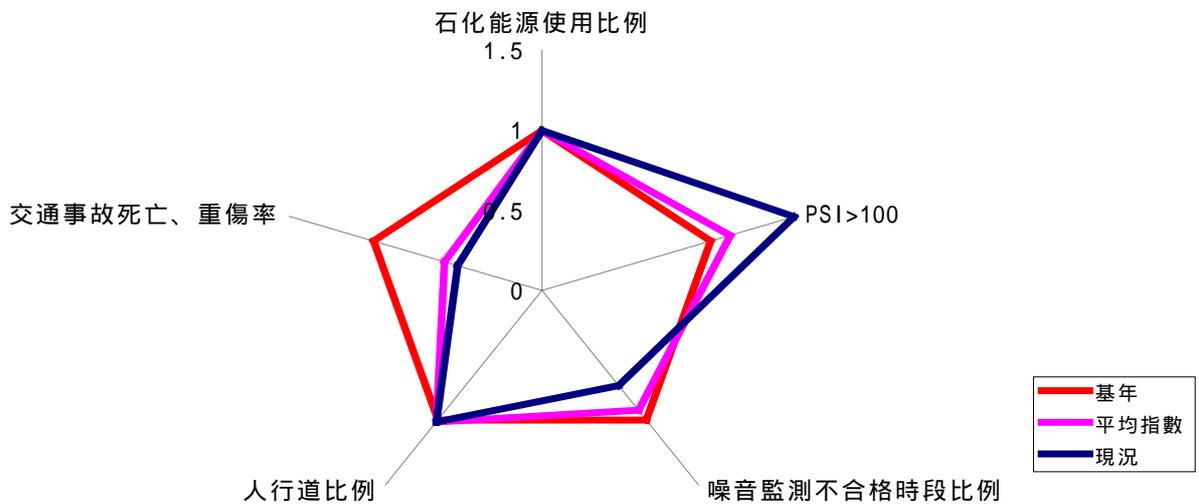


圖 4.26 永續運輸指標-環境生態面永續雷達圖

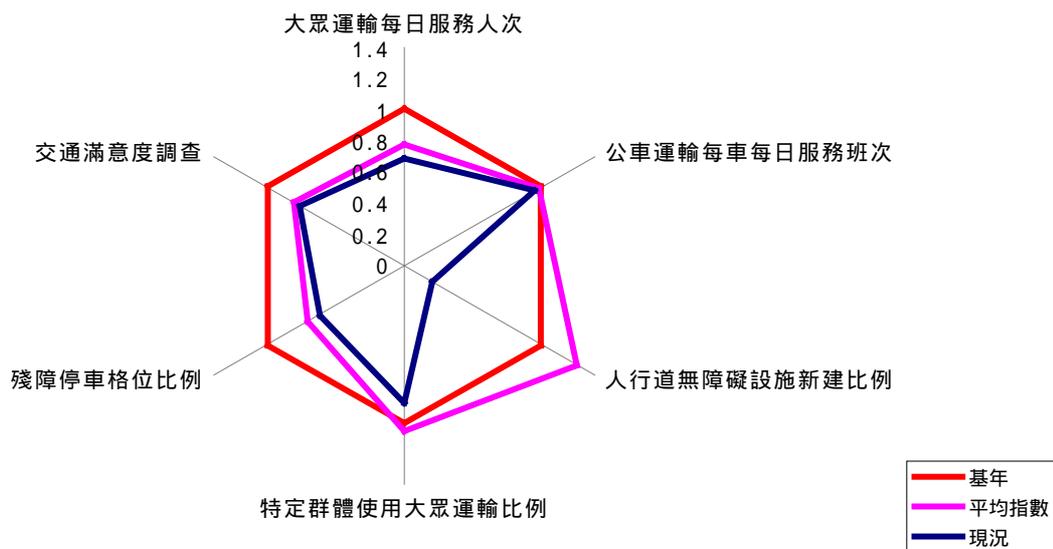


圖 4.27 永續運輸指標-社會公平面永續雷達圖

經檢視圖 4.25、圖 4.26、圖 4.27，可得以下結果：

(1) 經濟效率面評估結果：

「大眾運輸營運效率(公車、捷運)」、「捷運運輸營運效率」、「公車運輸事業服務效率」、「公車運輸事業維護效率」、「貨運運輸營運效率」、「運輸能源生產力」、「平均行駛速率」、「交通號誌組數」等指標朝向永續運輸發展。

「公車運輸營運效率」、「每車享有道路面積」、「每千人擁有車輛數」、「交通肇事率」等指標背離永續運輸發展。

「每車享有停車格位」則永續性不顯著。

(2) 環境生態面評估結果：

「噪音監測不合格時段比例」、「交通事故死亡、重傷率」指標朝向永續運輸發展。

「PSI>100」等指標背離永續運輸發展。

「石化能源比例」、「人行道比例」永續性不顯著。

(3) 社會公平面評估結果：

「大眾運輸每日服務人次」、「殘障停車格位比例」、「交通滿意度」均朝向永續發展。

「公車運輸每車每日服務班次」、「人行道無障礙設施新建比例」、「特定群體使用大眾運輸比例」等指標永續性不顯著。

#### 4.4 小結

透過永續運輸指標之建立，以及針對台北市都會區交通運輸系統作一檢視、評估，發現大部分的指標均朝向永續發展，究其原因，與大眾捷運系統的完成有關，民眾利用大眾運輸系統從事通勤、購物、休閒活動明顯增加，使道路不再那麼壅塞，間接提高貨運效率、平均行駛速率等；車輛的持有率雖仍在成長，惟成長率已逐漸趨緩；另外噪音及空氣品質的檢測，有效的對環境進行監控；交通事故死亡及重傷率的大幅降低與警方大力取締酒後駕車、未繫安全帶及騎乘機車未戴安全帽有關；人行道比例雖然些微下降，近年台北市進行人行道美化、整修之工作，以使行人空間更獲得尊重；石化燃料目前仍是我國運輸的主要能源，近年略幅下降，但仍有很大的改善空間；由於捷運的加入使得大眾運輸每日的服務人次大幅增加，亦使包括學童、老人、殘障者等特定群體使用大眾運輸比例略為增加；由於對於殘障者的重視，殘障停車格位在近年已增設許多。有關背離永續運輸發展的指標，將再下一章作詳細討論，並提出改善策略，並加以評估、排序，以作為未來施政依據。

## 第五章 永續運輸策略研擬與評估

本章接續前面章節進行本研究模式之第二階段，首先針對不具永續性之運輸指標，研擬永續運輸發展策略，同時建立策略評估階層架構，再利用此架構對所研擬之發展策略加以評估，並排出優先順序，以作為執行之依據。

### 5.1 永續運輸策略研擬

本節將針對永續運輸指標對於運輸系統現況分析結果作一探討，研擬因應發展策略，首先指出永續運輸指標所反映的問題，研擬初步永續發展方針，再進一步歸納出具體的發展策略，提供政府施政參考。

#### 5.1.1 指標反映問題與因應對策

依據本文第四章所建立之永續運輸指標針對台北市運輸系統評估及檢視之結果，二十四項指標中有五項指標背離永續發展、六項指標永續性不顯著(亦即持平發展)，朝永續發展之指標為十三項僅約佔一半，背離永續發展及永續性不顯著之指標所反映出來的運輸問題與相對應的發展策略整理如表 5.1。

表 5.1 永續運輸指標反映問題與發展策略彙整表

指標項目	評估結果	反映問題	發展策略
1-1-2 公車營運效率	背離永續發展	台北市捷運系統陸續完成，部分乘客轉移至捷運，公車載客人次逐年下降。	促進大眾運輸發展、配合捷運系統調整公車營運路線、建立完善之路線營運制度、提昇公車服務品質、建立轉乘機制。
1-7 每車享有道路面積	背離永續發展	汽、機車數量持續成長，道路面積未能隨之擴建，造成道路壅塞，尤其於上、下午尖峰時間為最，影響運輸效率。	促進大眾運輸發展、提昇大眾運輸服務品質，促使民眾搭乘大眾運輸工具，減少私人運具之使用。
1-8 每車享有停車格位	永續性不顯著	汽、機車數量持續成長，停車格位之管理雖具成效，惟停車空間仍不足，造成商業區停車不易、間接造成車流延滯，影響運輸效率。	促進大眾運輸發展、加強交通運輸管理、建立中心商業區轉乘大眾運輸機制、減少私人運具使用。
1-10 每千人擁有車輛數	背離永續發展	汽、機車數量持續成長，雖成長已趨平緩，其數量仍相當龐大，造成道路壅塞、環境遭受衝擊等影響。	促進大眾運輸發展、提昇大眾運輸服務品質，反映汽機車持有與使用成本，減少私人運具使用。
1-11	背離永續發展	道路擁擠、守法觀念不良、交	加強交通運輸管理、加強道路

交通肇事率		通管理設施不良、交通工程設計不當等造成交通肇事率居高不下，嚴重影響運輸效率及生命安全與財產保全。	工程安全措施、加強道路交通安全宣導、檢討證照考領監理制度。
2-1 石化能源使用比例	永續性不顯著	石化能源之使用易造成之空氣污染，造成全球溫室效應、影響民眾身體健康。	推動低污染能源運具發展、鼓勵步行及使用自行車、提高石化燃料社會成本費稅徵收。
2-2 PSI>100 天數比例	背離永續發展	由於車輛廢氣排放，造成空氣污染，其中包含有毒氣體及二氧化碳，影響人類身體健康及造成全球溫室效應，進而影響環境生態。	加強車輛廢氣排放檢測、推動低污染能源運具發展、鼓勵步行及使用自行車、提高石化燃料社會成本費稅徵收。
2-4 人行道比例	永續性不顯著	人行道為行人、自行車專屬路權，其設置不足影響行人及自行車安全。	建立人行道設置標準、加強交通運輸管理、加強道路工程安全措施。
3-2 公車運輸服務班次	永續性不顯著	台北市捷運系統陸續完成，部分乘客轉移至捷運，公車載客人次逐年下降、服務班次亦逐年減少、影響使用大眾運輸弱勢族群之可及性。	促進大眾運輸發展、配合捷運系統調整公車營運路線、建立完善之路線營運制度、提昇公車服務品質。
3-3 特定群體使用大眾運輸比例	永續性不顯著	大眾運輸為社會弱勢族群之主要工具，其營運影響其可及性之供給。	促進大眾運輸發展、偏遠路線補貼、弱勢群體票價補貼、提昇大眾運輸服務品質。
3-4 人行道無障礙設施新建比例	永續性不顯著	無障礙設施的新建比例可代表該交通運輸系統對於殘障團體交通的重視。	建立人行道設置標準、增加無障礙空件之設置、建立社會公平之永續觀念。

### 5.1.2 發展策略研擬

依據上節所整理之初步發展策略(Development Strategy)，進一步歸納出以下具體的發展策略，其永續發展構面、指標與對應之具體策略關係如圖 5.1：

#### S1.永續運輸發展策略一：燃料費隨油徵收

將道路運輸的環境外部成本(如空氣污染、噪音、道路損毀等)加入燃料稅中計算，使其合理內部化，以使用者付費之觀念達到對有限資源更有效率地使用，基礎設施能更有效率的維護與管理，並將成本公平的分攤至使用者。

#### S2.永續運輸發展策略二：促進大眾運輸發展

推動「以大眾運輸為導向之都市發展」策略，提高都市地區大眾運輸使用率及市場佔有率，運用免(低)稅、偏遠路線補貼、推動整合轉乘設施(如包括腳踏車停車場)等政策，減少小客車使用，使道路更有效率地使用，並提供滿

足普遍大眾運輸可及性的需求。

### S3.永續運輸發展策略三：發展低污染能源運具

大力推動如天然氣、酒精(醇類)等燃料之運具，或投資燃料電池[註]之開發，目前低污染能源運具僅使用於某些運具(如天然氣公車)，生產成本過高，且基礎設施如加氣站之設置不易，為能普及，希望藉由政府推動使其需求及產量具市場規模，降低成本，以替代目前高污染之石化燃料。[註]燃料電池原理係將氫以電化學反應與氧結合成水，使化學能轉並成電能，僅需加入氫氣即可恢復，其廢氣排放均為水蒸氣，為一良好之替代能源，目前已有汽車公司生產，並為歐、美、日等先進國家列為替代能源發展策略。

### S4.永續運輸發展策略四：運輸基礎設施開放民間投資

大力推動包括運用公營事業民營化、興建-營運-轉移(BOT)、公有民營、公辦民營等形式，鼓勵民間參與運輸設計建設與營運，以改善興建營運效率，並利用市場競爭機制達經濟、社會之永續。

### S5.永續運輸發展策略五：強化永續發展觀念、訓練永續運輸規劃人力

交通運輸建設時，在其設計階段即需作良好、縝密及具永續性的規劃，在進行決策時，亦應具備永續之觀念，然常因欠缺永續理念，造成政策導向不永續，因此藉由加強政府單位、民間機構必要的永續公共策略規劃技能，建立合社會團體參與決策機制，灌輸永續發展理念，使永續發展自根本做起。

### S6.永續運輸發展策略六：加強運輸管理、促進交通運輸安全與順暢

運用壅塞地區收費管制(擁擠成本內部化)、加強違規運行車輛取締予以罰鍰維護交通安全與秩序、增加壅塞地區停車收費轉移使用大眾運輸、建立路權觀念維護行人安全等方法，使道路運輸設施能有效率地使用，保障用路人安全與順暢。

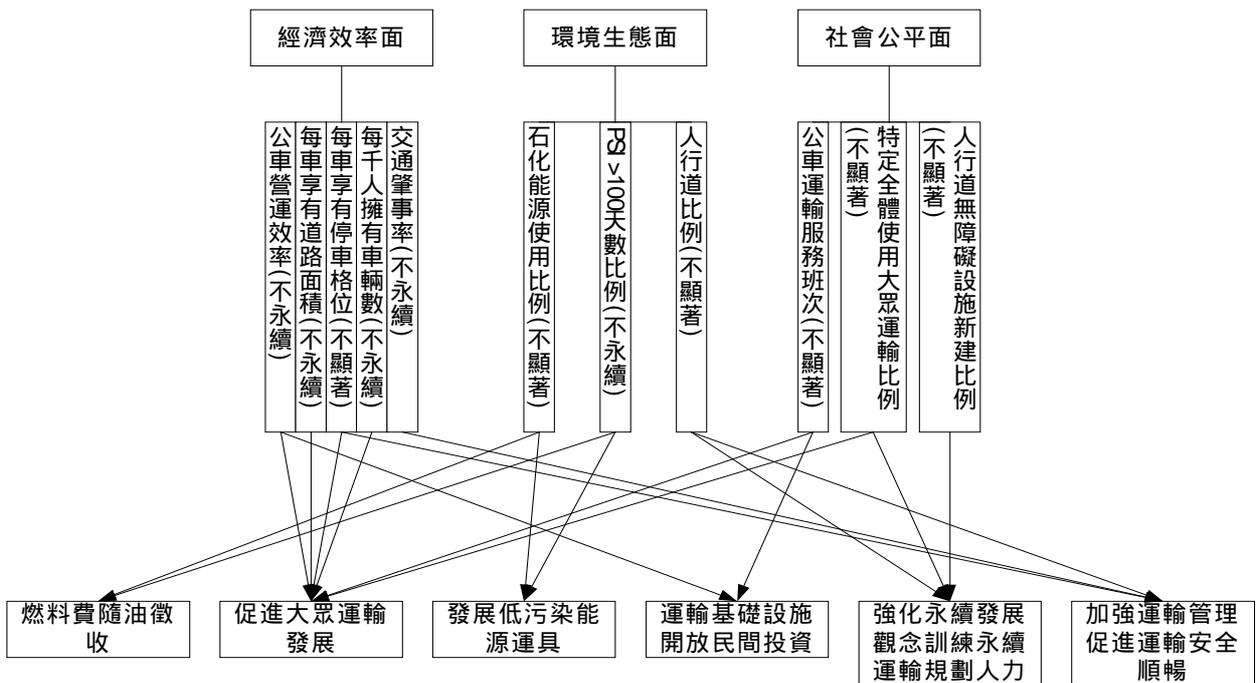


圖 5.1 永續運輸發展指標呈現不永續因應策略關係圖

## 5.2 策略評估階層架構

本研究之策略評估階層架構係採用階層分析法(AHP)(Saaty,1980),藉由腦力激盪及文獻評析法建立永續運輸發展策略評估階層體系,並對各層面、準則詳細定義後,設計成對比較問卷,針對「政府執行單位」、「學術研究單位」及「運輸營運業者」三個群體進行調查,求取各準則之權重後,更進一步分析各群體對於準則權重認知之共識度與差異性。

### 5.2.1 評估階層體系之建立

永續運輸發展為當前運輸發展策略之規劃、研擬之重要原則,分為三大構面(Aspect)-經濟財務面、環境生態面、社會公平面來考量,現今運輸系統面臨對社會環境有噪音、空氣污染及水污染,消耗天然資源、造成市區擁擠及生活阻隔等負面影響,因此藉由永續運輸發展在追求經濟發展的同時,達到地球生態環境與生活居住環境「減少消耗與污染」之目的,同時確保「自然資源可以再生復原、社會各群體公平發展」之目標以達到運輸系統永續經營、發展,此外再加上政府執行面,考量政府各部門間處理永續發展議題的行政效率及現行法(令)律可行性與因應變動的適應性。本研究係運用模糊階層分析法來構建永續運輸發展策略評估架構及其各構面與各準則間之相對權重,並針對所擬訂之永續運輸發展策略加以評比,以作為本研究之參考依據,各項構面、準則階層關係如圖 5.2 所示,各項構面、準則之定義分別說明如下:

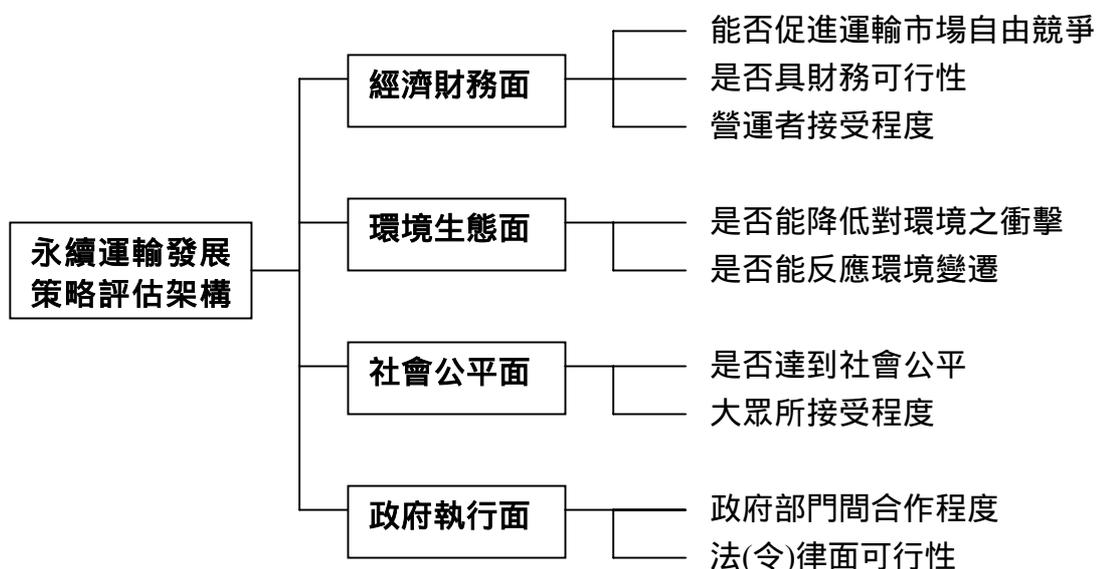


圖 5.2 永續運輸發展策略評估架構圖

#### (1) 四大構面

A. 經濟財務面：以使運輸系統上的投資能更有效益、資源有效率的運用，同時

能對需求的變化作出持續性的回應與調整為主要考量。

- B.環境生態面：確保運輸相關政策與計畫於設計階段能將安全、健康、生態保護等環境因素納入考量。
- C.社會公平面：除滿足個人及社會基本交通可及性之需求外，並考量偏遠地區、老人、殘障及弱勢族群的可及性。
- D.政府執行面：政府各部門間處理永續發展議題的行政效率及現行法(令)律可行性與因應變動的適應性。

## (2) 各構面之準則

### A.經濟財務評估構面

- (A)能否促進運輸市場自由競爭：是否能鼓勵民間投資經營，藉由市場機制反應社會成本，以促進運輸供給能更有效回應需求。
- (B)是否具財務可行性：包括運輸設施建造、營運管理、維修養護等成本及營運票價收入、補貼等是否具可行性。
- (C)營運者接受程度：政策之合理獲利、承擔風險及經濟環境能否被營運者接受。

### B.環境生態評估構面

- (A)是否能降低對環境之衝擊：能否改善交通對生命與健康威脅(如噪音、空氣污染、生命安全)及自然生態與環境資源造成耗盡。
- (B)是否能反應環境變遷：能否建立策略的外部成本(如空氣污染、噪音、道路破壞、生命安全等社會成本)，將其內部化，使其變動得以反映至運輸使用者。

### C.社會公平評估構面

- (A)是否達到社會公平：考量能否顧及群體間 地域間差異的可及性基本需求。
- (B)大眾所接受程度：政策能否被社會大眾接受。

### D.政府執行評估構面

- (A)政府部門間合作程度：政府各部門間執行永續運輸發展政策的協調能力及行政效率。
- (B)法(令)律面可行性：政策是否合於現行法(令)律、如需新增、修訂之困難程度。

## 5.2.2 權重調查結果與分析

本研究發出四十份問卷，利用 AHP 法分別取自「政府單位」、「學術單位」及「運輸業者」三群體對於各構面與準則之權重，經一致性檢定 CI 為 0.1 左右，有效問卷為三十份(每群體各十份)，經 Fuzzy-AHP 演算後分別得到各構面、準

則之明確權重值及模糊權重值，結果如圖 5.3 及表 5.2、5.3 所示。

表 5.2 永續運輸發展策略評估架構各構面模糊權重表

構面	模糊權重值(L,M,R)
A1.經濟財務面	(0.1681,0.2654,0.4440)
A2.環境生態面	(0.1780,0.2810,0.4509)
A3.社會公平面	(0.1354,0.2005,0.3095)
A4.政府執行面	(0.1254,0.2089,0.3248)

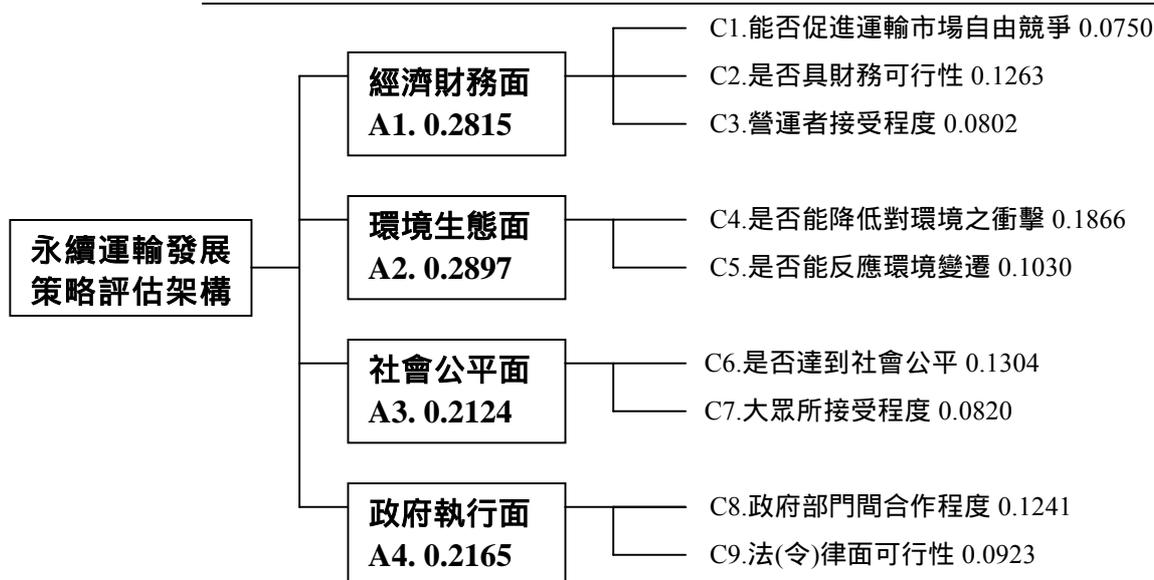


圖 5.3 永續運輸發展策略評估架構各構面與準則相對權重圖

表 5.3 永續運輸發展策略評估架構各準則模糊權重表

構面	準則	模糊權重值(L,M,R)
A1.經濟財務面	C1.能否促進運輸市場自由競爭	(0.0300,0.0764,0.2098)
	C2.是否具財務可行性	(0.0426,0.0987,0.2561)
	C3.營運者接受程度	(0.0310,0.0787,0.2041)
A2.環境生態面	C4.是否能降低對環境之衝擊	(0.0794,0.1659,0.3696)
	C5.是否能反應環境變遷	(0.0503,0.1151,0.2558)
A3.社會公平面	C6.是否達到社會公平	(0.0488,0.1017,0.2324)
	C7.大眾所接受程度	(0.0443,0.0989,0.2174)
A4.政府執行面	C8.政府部門間合作程度	(0.0443,0.0952,0.2091)
	C9.法(令)律面可行性	(0.0486,0.1136,0.2257)

並以各群體之變異係數代表該群成員之共識度，變異係數越小者，其共識度越高，結果如表 5.4 及表 5.5 所示，並說明如下：

(1)政府單位群體

分析結果發現政府單位群體比較重視「環境生態」(0.3330)與「經濟財務」

(0.2901)二個構面；在評估準則中比較重視「能否能降低對環境之衝擊」(0.2015)、「是否能反應環境變遷」(0.1316)及「是否具財務可行性」(0.1243)三個準則。在群體共識度方面，以「環境生態」與「社會公平」二個構面看法較一致，其變異係數分別為 0.538 及 0.635；政府單位群體看法較為一致的準則有「大眾所接受程度」、「能否促進運輸市場自由競爭」及「法(令)律面可行性」三個準則，其變異係數分別為 0.565、0.650 及 0.728。

#### (2)學術單位群體

學術單位群體比較重視「環境生態」(0.3703)與「社會公平」(0.2491)二個構面；在九個準則中比較重視「是否能降低對環境之衝擊」(0.2455)、「是否達到社會公平」(0.1456)及「是否能反應環境變遷」(0.1248)三個準則。在群體共識度方面，以「環境生態」與「政府執行」二個構面看法較一致，其變異係數分別為 0.507 及 0.823；學術單位群體看法較為一致的準則有「大眾所接受程度」、「是否能降低對環境的衝擊」及「營運者接受程度」三個準則，其變異係數分別為 0.664、0.701 及 0.707。

#### (3)運輸業者群體

運輸業者群體比較重視「經濟財務」(0.3274)與「政府執行」(0.2758)二個構面；在九個準則中比較重視「政府部門間合作程度」(0.1762)、「是否具財務可行性」(0.1648)及「是否達到社會公平」(0.1620)三個準則。在群體共識度方面，以「經濟財務」與「政府執行」二個構面看法較一致，其變異係數分別為 0.415 及 0.813；運輸業者群體看法較為一致的準則有「是否具財務可行性」、「營運者接受程度」及「能否促進運輸市場自由競爭」三個準則，其變異係數分別為 0.628、0.635 及 0.709。

#### (4)三群體整合結果

分析結果發現三群體在四大構面中以「環境生態」(0.2897)與「經濟財務」(0.2815)二個構面權重較大；在九個準則中以「是否降低對環境之衝擊」(0.1866)、「是否達社會公平」(0.1304)及「是否具財務可行性」(0.1263)三個準則權重較大。在群體共識度方面，以「環境生態」與「經濟財務」二個構面看法較一致，其變異係數分別為 0.611 及 0.654；三群體看法較為一致的準則有「營運者接受程度」、「大眾所接受程度」及「法(令)律面可行性」三個準則，其變異係數分別為 0.727、0.753 及 0.807。

表 5.4 永續運輸發展策略評估架構各構面群體權重差異表

評估構面	政府單位		學術單位		運輸業者		整體	
	平均權重	變異係數	平均權重	變異係數	平均權重	變異係數	平均權重	變異係數
經濟財務面	0.2901	0.648	0.2269	0.832	0.3274	0.415	0.2815	0.611
環境生態面	0.3330	0.538	0.3703	0.507	0.1657	0.894	0.2897	0.654
社會公平面	0.1570	0.635	0.2491	0.911	0.2311	0.961	0.2124	0.893
政府執行面	0.2199	0.766	0.1537	0.823	0.2758	0.813	0.2165	0.825

變異係數=標準差/平均值( $CV = s/\bar{x}$ )

表 5.5 永續運輸發展策略評估架構各準則群體權重差異表

評估構面	評估準則	政府單位		學術單位		運輸業者		整體	
		平均權重	變異係數	平均權重	變異係數	平均權重	變異係數	平均權重	變異係數
經濟財務面	能否促進運輸市場自由競爭	0.0695	0.650	0.0691	1.390	0.0865	0.709	0.0750	0.917
	是否具財務可行性	0.1243	1.017	0.0898	1.074	0.1648	0.628	0.1263	0.872
	營運者接受程度	0.0963	0.792	0.0681	0.707	0.0762	0.635	0.0802	0.727
環境生態面	是否能降低對環境之衝擊	0.2015	0.897	0.2455	0.701	0.1129	1.096	0.1866	0.884
	是否能反應環境變遷	0.1316	0.712	0.1248	0.795	0.0528	0.742	0.1030	0.845
社會公平面	是否達到社會公平	0.0836	1.229	0.1456	1.251	0.1620	1.262	0.1304	1.277
	大眾所接受程度	0.0734	0.565	0.1036	0.664	0.0691	1.030	0.0820	0.753
政府執行面	政府部門間合作程度	0.1132	1.010	0.0800	1.249	0.1792	1.141	0.1241	1.192
	法(令)律面可行性	0.1067	0.728	0.0737	0.682	0.0966	0.967	0.0923	0.807

### 5.3 永續運輸發展策略評估

本節將針對策略評估問卷知結果作共識度及綜效評估值作分析，並以多準則最佳化方法 TOPSIS 法與 VIKOR 法對評估結果加以排序。

#### 5.3.1 策略評估問卷結果分析

本研究問卷在問取各構面及準則的權重時，同時以五尺度的模糊語意變數(非常高、高、普通、低、非常低)進行方案績效評估及最佳方案之選取，在進行問卷調查時，先針對此五尺度語意變數賦予自 1 至 100 指示之低、中、高(L,M,R)三角模糊值，再對於所研擬之六個永續運輸發展方案加以評估。問卷結果利用上述取得之三角模糊數將五尺度質化之語意變數轉換成量化之模糊評估值，本研究採幾何平均數將三十份問卷整合成一總評估值，即求得表 5.6，再以重心法解模糊化求明確評估值，並求各評估值之變異係數如表 5.7，各策略評選之共識度及分析說明如下：

##### (1)S1.燃料費隨油徵收

三十位決策者對於永續運輸發展策略「燃料費隨油徵收」在「是否達社會公平」、「是否能降低對環境之衝擊」及「法(令)律面可行性」準則之評價較為一致，其評估值分別為 79.71、75.77 及 70.94 亦較高，「營運者接受程度」、「能否促進運輸市場自由競爭」二準則之評估值較低，分別為 40.64 及 51.69。

##### (2)S2.促進大眾運輸發展

決策者對於永續運輸發展策略「促進大眾運輸發展」在「法(令)律面可行性」、「是否能降低對環境之衝擊」及「大眾所接受程度」準則之評價較為一致，其評估值分別為 76.32、82.28 及 75.60 亦較高，「是否具財務可行性」、「政府部門間合作程度」二準則之評估值較低，分別為 67.49 及 69.71。

##### (3)S3.發展低污染能源運具

決策者對於永續運輸發展策略「發展低污染能源運具」在「是否能降低對環境之衝擊」、「大眾所接受程度」及「法(令)律面可行性」準則之評價較為一致，其評估值分別為 85.44、74.78 及 72.11 亦較高，「是否具財務可行性」、「營運者接受程度」二準則之評估值較低，分別為 49.13 及 50.28。

(4)S4.運輸基礎設施開放民間投資

決策者對於永續運輸發展策略「運輸基礎設施開放民間投資」在「法(令)律面可行性」、「營運者接受程度」及「大眾所接受程度」準則之評價較為一致，評估值則以「法(令)律面可行性」、「是否具財務可行性」及「營運者接受程度」三準則分別為 64.77、65.10 及 62.39 較高，「是否能降低對環境之衝擊」、「是否達到社會公平」二準則之評估值較低，分別為 46.78 及 52.32。

(5)S5.強化永續發展觀念、訓練永續運輸規劃人力

決策者對於永續運輸發展策略「強化永續發展觀念、訓練永續運輸規劃人力」在「法(令)律面可行性」、「大眾所接受程度」及「是否能反應環境變遷」準則之評價較為一致，其評估值分別為 70.21、65.56 及 63.71 亦較高，「是否具財務可行性」、「是否達到社會公平」二準則之評估值較低，分別為 57.38 及 57.04。

(6)S6.加強運輸管理、促進交通運輸安全與順暢

決策者對於永續運輸發展策略「加強運輸管理、促進交通運輸安全與順暢」在「法(令)律面可行性」、「是否能降低對環境之衝擊」及「是否具財務可行性」準則之評價較為一致，其評估值分別為 72.49、70.88 及 67.99 亦較高，「營運者接受程度」、「大眾所接受程度」二準則之評估值較低，分別為 63.38 及 66.78。

表 5.6 永續運輸發展策略模糊綜效評估值

發展策略評估準則	C1	C2	C3	C4
S1	(39.07,51.50,64.50)	(51.03,63.50,75.00)	(28.60,40.33,53.00)	(65.33,75.17,86.80)
S2	(63.83,74.00,84.67)	(56.33,67.17,78.97)	(59.67,71.17,82.33)	(73.00,81.83,92.00)
S3	(40.87,53.17,65.33)	(37.37,48.37,61.67)	(37.17,50.50,63.17)	(77.00,85.17,94.17)
S4	(50.67,62.33,74.00)	(53.67,65.33,76.30)	(50.00,62.50,74.67)	(33.83,46.83,59.67)
S5	(45.83,58.00,70.63)	(45.50,57.33,69.30)	(47.17,59.00,71.97)	(45.33,57.67,69.63)
S6	(55.83,66.83,77.67)	(56.17,68.17,79.63)	(51.83,63.00,75.30)	(59.67,70.83,82.13)
C5	C6	C7	C8	C9
(54.20,65.33,76.80)	(69.83,79.67,89.63)	(45.53,57.67,69.67)	(50.03,61.17,72.83)	(59.83,70.67,82.33)
(61.67,72.50,84.17)	(63.33,73.50,84.63)	(65.67,75.50,85.63)	(58.17,69.67,81.30)	(65.83,76.00,87.13)
(60.33,70.67,81.67)	(47.50,60.00,71.63)	(63.67,74.67,86.00)	(47.33,59.67,72.50)	(60.33,71.83,84.17)
(46.00,58.17,70.17)	(39.00,52.50,65.47)	(49.50,61.83,74.13)	(50.00,62.17,74.47)	(53.00,64.67,76.63)
(51.67,63.83,75.63)	(44.67,57.17,69.30)	(53.33,65.67,77.67)	(48.83,61.67,73.97)	(58.67,70.50,81.47)
(55.33,66.33,77.30)	(55.00,66.67,78.80)	(55.00,66.83,78.50)	(55.50,68.17,79.47)	(60.67,72.50,84.30)

表 5.7 永續運輸發展策略各準則綜效評估值差異表

發展策略	評估準則																	
	C1		C2		C3		C4		C5		C6		C7		C8		C9	
	P	CV																
S1	51.69	0.421	63.18	0.301	40.64	0.521	75.77	0.190	65.44	0.302	79.71	0.181	57.62	0.318	61.34	0.343	70.94	0.249
S2	74.17	0.249	67.49	0.265	71.06	0.208	82.28	0.163	72.78	0.173	73.82	0.210	75.60	0.169	69.71	0.205	76.32	0.150
S3	53.12	0.418	49.13	0.435	50.28	0.385	85.44	0.120	70.89	0.229	59.71	0.332	74.78	0.167	59.83	0.304	72.11	0.174
S4	62.33	0.312	65.10	0.315	62.39	0.268	46.78	0.357	58.11	0.304	52.32	0.369	61.82	0.276	62.21	0.307	64.77	0.226
S5	58.16	0.343	57.38	0.352	59.38	0.305	57.54	0.342	63.71	0.259	57.04	0.349	65.56	0.247	61.49	0.285	70.21	0.216
S6	66.78	0.293	67.99	0.205	63.38	0.310	70.88	0.198	66.32	0.289	66.82	0.260	66.78	0.317	67.71	0.233	72.49	0.158

### 5.3.2 TOPSIS 法與 VIKOR 法策略排序

本研究運用 Yoon 及 Hwang 所發展之 TOPSIS 法及 Opricovic 所發展之 VIKOR 法將問卷所得到之評點績效依 AHP 所得到各準則之權重, 排出各永續運輸發展策略之優先順序。

- (1)將表 5.6 各方案之模糊綜效評估值正規化得到  $\tilde{R}$  與表 5.3 各準則之模糊權重值  $\tilde{W}$  相乘, 得到各方案在準則權重下之績效值  $\tilde{V}$  ( $\tilde{V} = \tilde{R} \otimes \tilde{W}$ ), 再以重心法解模糊化轉換成明確值得到矩陣  $V$ , 再引用 TOPSIS 法, 進行決策者之永續運輸發展策略排序。
- (2)將表 5.6 各方案之模糊綜效評估值及表 5.3 各準則之模糊權重值以重心法解模糊化分別轉換成明確值, 再引用 VIKOR 法, 進行決策者之永續運輸發展策略排序。

即得到表 5.8, 並說明如下:

表 5.8 永續運輸發展策略優先排序表

Rank by VIKOR		永續運輸發展策略	Rank by TOPSIS	
Rank	Index Q		Rank	Index C
3	0.5760	S1.燃料費隨油徵收	4	0.5518
1	0.0000	S2.促進大眾運輸發展	1	0.9134
4	0.6465	S3.發展低污染能源運具	3	0.5956
6	1.0000	S4.運輸基礎設施開放民間投資	6	0.3091
5	0.7711	S5.強化永續發展觀念、訓練永續運輸規劃人力	5	0.3577
2	0.3258	S6.加強運輸管理、促進交通運輸安全與順暢	2	0.6567

以二種方法的排序結果大致相同, 依 VIKOR 法最佳永續運輸發展策略為「促進大眾運輸發展」、次佳者為「加強運輸管理、促進交通運輸安全與順暢」、

再次佳者為「燃料費隨油徵收」，最不佳者為「運輸基礎設施開放民間投資」；依 TOPSIS 法最佳者、次佳者均相同，而再次佳者為「發展低污染能源運具」，最不佳者同為「運輸基礎設施開放民間投資」。

在以 VIKOR 法分析時，考慮可接受之優勢(Acceptable advantage)，亦即  $Q(s'') - Q(s') \geq DQ$  ( $DQ=1/(J-1)=0.2$ ) 時， $s''$  方為  $Q$  排序次佳的方案，因此本研究之永續運輸發展策略之 VIKOR 排序應為  $S2 > S6 > S1 \approx S3 \approx S5 > S4$  ( $>$  符號表示「優於」、 $\approx$  符號表示「相近於」)，而以 TOPSIS 法， $C1$  與  $C3$  值相當接近，因此二法分析之結果大致相同。

VIKOR 在進行排優的過程是追求「群體效益」的最大化，以及「反對意見的個別遺憾」之最小化，而 TOPSIS 則是同時尋求與理想解最接近與負理想解最遠的方案，故結果些略不同。

#### 5.4 小結

本章首先針對交通運輸系統中背離永續運輸發展的指標提出因應策略，再進一步提出具體的六個永續運輸發展策略，接下來以階層分析法建構永續運輸發展策略之評估層級架構，分為四個構面、九個準則，其中以「環境生態」與「經濟財務」二個構面比較受評估者重視；在九個準則中以「是否降低對環境之衝擊」、「是否達社會公平」及「是否具財務可行性」三個準則較為重視，再以模糊五尺度語意問卷以上述九個準則評估永續運輸發展策略，並以算數平均數求得模糊綜效評估值，最後以多準則最佳化方法 TOPSIS 與 VIKOR 排序，最佳永續運輸發展策略為「促進大眾運輸發展」、次佳者為「加強運輸管理、促進交通運輸安全與順暢」，最劣者同為「運輸基礎設施開放民間投資」。

## 第六章 結論與建議

### 6.1 結論

#### (1) 永續運輸發展指標評估結果

##### A. 經濟效率面評估結果：

「大眾運輸營運效率(公車、捷運)」、「捷運運輸營運效率」、「公車運輸事業服務效率」、「公車運輸事業維護效率」、「貨運運輸營運效率」、「運輸能源生產力」、「平均行駛速率」、「交通號誌組數」等指標朝向永續運輸發展。

「公車運輸營運效率」、「每車享有道路面積」、「每千人擁有車輛數」、「交通肇事率」等指標背離永續運輸發展。

「每車享有停車格位」則永續性不顯著。

##### B. 環境生態面評估結果：

「噪音監測不合格時段比例」、「交通事故死亡、重傷率」指標朝向永續運輸發展。

「PSI>100」等指標背離永續運輸發展。

「石化能源比例」、「人行道比例」永續性不顯著。

##### C. 社會公平面評估結果：

「大眾運輸每日服務人次」、「殘障停車格位比例」、「交通滿意度」均朝向永續發展。

「公車運輸每車每日服務班次」、「人行道無障礙設施新建比例」、「特定群體使用大眾運輸比例」等指標永續性不顯著。

##### D. 評估臺北市運輸系統，其運輸系統大體朝向永續運輸發展，原因為捷運系統陸續完成，搭乘大眾運輸人次增多，接駁公車、腳踏車、徒步等旅次增加，小客車成長趨緩，進而使貨物運輸效率、行車速率大幅提升，使整體運輸系統效率提高，民眾主觀感受亦大幅提升，透過接駁公車的規劃，使大眾運輸路網更加綿密，進而弱勢團體的可及性需求的滿足。故促進大眾運輸系統發展極具永續性。永續運輸發展策略評估架構

分析問卷結果發現在四大構面中以「環境生態」與「經濟財務」二個構面權重值較大，顯示決策者對於該二構面較為重視；在九個準則中以「是否降低對環境之衝擊」、「是否達社會公平」及「是否具財務可行性」三個準則權重較大、較為重視。在群體共識度方面，以「環境生態」與「經濟財務」二個構面看法較一致，看法較為一致的準則有「營運者接受程度」、「大眾所接受程度」及「法(令)律面可行性」三個準則。

### (3) 永續運輸發展策略優先排序

以多準則最佳化方法 TOPSIS 與 VIKOR 排序，最佳永續運輸發展策略為「促進大眾運輸發展」，次佳者為「加強運輸管理、促進交通運輸安全與順暢」，接續為「發展低污染能源運具」與「燃料費隨油徵收」，次劣者為「強化永續發展觀念、訓練永續運輸規劃人力」，而最劣者同為「運輸基礎設施開放民間投資」。

VIKOR 在進行排優的過程是追求「群體效益」的最大化，以及「反對意見的個別遺憾」之最小化，而 TOPSIS 則是同時尋求與理想解最接近與負理想解最遠的方案，故結果些略不同，可依照課題及決策者之決策習慣不同，而選依適當者進行排序。

## 6.2 建議

- (1) 永續發展資料蒐集不易，建議政府單位建立統計資料時應加入永續運輸之觀念，並建構永續發展資料庫，作為永續發展評估、規劃及決策之依據。
- (2) 除都市公路運輸系統外，尚有城際、國際運輸及水路、航空等議題可作為未來研究範圍。
- (3) 政府與民間從事交通運輸規劃時，應具備永續發展觀念，非一味追求經濟財務之最大效益。
- (4) 台北都會區已完成部分捷運路網，大眾運輸系統營運效率大幅提昇，也因此促使其他永續運輸經濟效率指標跟隨永續發展，建議國內城市如達一定規模時，應同時規劃捷運系統，以達永續運輸發展之目標。
- (5) 台北都會區交通運輸所造成的空氣污染，近年來有逐漸嚴重的趨勢，建議加強車輛廢氣排放檢測，鼓勵步行及使用自行車，並逐步規劃燃料稅費隨油徵收，以反映空氣污染所造成社會成本之損失。
- (6) 建議推動低污染能源運具發展，並發展目前高污染石化燃料之替代能源，以降低溫室氣體的排放。
- (7) 本研究顯示「運輸基礎設施開放民間投資」評估績效最低，其原因可能是國內許多類似之民間投資公共建設案例，大多不順利，評價不高，建議政府相關單位於推動開放民間投資之公共工程或 BOT 案時，對於財務評估及訂約談判時，應有更審慎的評估。
- (8) 本研究主要在建立都市運輸永續發展指標，並以近七年資料為基礎作為分析，對於各指標之門檻值、目標值均未探討，因此無法瞭解永續的程度，建議可納入未來之研究。
- (9) 本研究之永續運輸發展指標之建立與選取，係採文獻回顧及資料蒐集的方法來篩選，其目的係為了對交通運輸系統作一般永續性的評估，而未針對每一指標是否具代表性作詳盡的探討，建議後續之研究可採用 Dephi 法，

擷取專家的意見。

- (10) 本研究之永續運輸發展策略評估架構之準則，係採用專家之主觀感認來評估策略，而忽略實際進行評估之客觀分析，如財務分析、成效分析、社會成本分析等，建議爾後之研究可列入評估。

## 參考文獻

### 一、 中文部份

- [1] 台北市交通管制工程處(2002)臺北市交通改善評鑑指標調查報告,民國九十一年。
- [2] 台北市政府(2002)台北市交通統計年報,民國九十一年。
- [3] 交通部運輸研究所(2000),運輸經濟資料彙編,民國九十年七月。
- [4] 交通部運輸研究所(2001),運輸部門節約能源及減少溫室氣體排放之規劃研究,民國九十年。
- [5] 交通部運輸研究所(2002),「促進大眾運輸發展方案」後續推動方案之規劃,民國九十一年九月。
- [6] 交通部運輸研究所(2002),永續運輸之量化指標研究,民國九十一年。
- [7] 交通部運輸研究所(2002),運輸資料分析,民國九十一年七月。
- [8] 行政院主計處(2000),國民所得年刊,民國八十九年。
- [9] 行政院經濟部能源委員會(2001),台灣能源統計年報,民國九十一年五月。
- [10] 行政院環境保護署(2000, 1999, 1998, 1997, 1996),中華民國台灣地區環境保護統計年報,民國八十九、八十八、八十七、八十六、八十五年。
- [11] 於幼華、張益誠(1999),永續發展指標,環境教育季刊 37 期, pp. 53-74。
- [12] 國立中興大學都市計劃研究所(1996),台北市都市永續發展指標與策略研擬之研究,台北市政府都市發展局委託辦理。
- [13] 張有恆(1999),都市公共運輸,華泰書局。
- [14] 張芳旭 朱珮芸(1998),永續策略的規劃與策略的研擬,環境與能源研討會。
- [15] 張學孔(2001),永續發展與綠色交通,經濟前瞻,第 116-121 頁。
- [16] 陳正杰(2002),建立永續運輸發展社會公平面指標系統,交通大學交通運輸研究所碩士論文,民國九十一年。
- [17] 曾國雄(1980),多變量解析之實例應用,中興管理顧問公司,民國六十九年。
- [18] 曾國雄、王丘明(1993),多評準決策方法之比較與應用-以基隆改善方案之選擇為例, Journal of Chinese Institute of Engineers, Vol.10, No.1, pp.13-23.
- [19] 曾國雄、王榮祖(1994),公車系統績效評估之研究 - AHP 法及 FMADM 之應用,中山管理評論,民國八十三年。
- [20] 曾國雄、鄧振源(1986),多變量分析—理論應用篇,民國七十五年。
- [21] 曾國雄、鄧振源(1989),層級分析法 AHP 的內涵特性與應用(下),中華統

- 計學報，第二十七卷，第七期，第 13767-13870 頁，民國七十八年七月。
- [22] 曾國雄、鄧振源(1989)，層級分析法 AHP 的內涵特性與應用(上)，中華統計學報，第二十七卷，第六期，第 13707-13724 頁，民國七十八年六月。
- [23] 曾國雄、鄧振源(1989)、林幸如，模糊決策理論及其應用，交通運輸，民國七十八年。
- [24] 馮正民(1997)，城鄉永續發展—永續交通運輸，國家永續發展論壇，第 1-19 頁。
- [25] 馮正民(1999)，邁向永續運輸，看守台灣，第 1 卷，第 2 期，第 16-23 頁。
- [26] 黃書禮、翁瑞豪、陳子淳(1997)，台北市永續發展指標系統之建立與評估，都市與計畫，第二十四卷，第一期，第 23- 42 頁。
- [27] 黃書禮、許伶蕙(1993)，永續發展之生態經濟觀，永續發展的意義討論會，中央研究院經濟研究所。
- [28] 經濟部能原委員會(1998)，能源政策白皮書。
- [29] 經濟部能源委員會(2000)，中華民國臺灣地區能源指標季報。
- [30] 鼎漢國際工程顧問股份有限公司譯(1999)，永續運輸：論政策改革之優先課題，民國八十八年。
- [31] 臺北市政府(2002)，臺北市公務年報，民國九十一年。
- [32] 蔡宗宇(2002)，永續運輸發展指標系統之建立-經濟效率面，交通大學交通運輸研究所碩士論文，民國九十一年。

## 二、英文部份

- [1] Atkinson, G., Dubourg, R., Hamilton, K., Munasinghe, M., Pearce, D. and Young, C. (1997), *Measuring sustainable development*, Edward Elgar, Cheltenham, UK.
- [2] Bell, S. and Morse, S. (1999), *Sustainability Indicators: measuring the immeasurable?*, Earth Scan Publications Ltd., London, England.
- [3] Bellman, R.E. and Zadeh, L.A. (1970), Decision-making in a Fuzzy Environment, *Management Science*, Vol.17, No.4, pp.141-164
- [4] Black, W.R. (1996), Sustainable transportation: a US perspective, *Journal of Transport Geography*, Vol.4, No.3, pp.151-159.
- [5] Bonsall, P. (2000), Legislating for modal shift: background to the UK's new transport act, *Transport Policy*, Vol.7, No.3, pp.179-184.
- [6] Chiou, H.K. and Tzeng, G.H., (2002) Fuzzy Multiple-Criteria Decision-Making Approach for Industrial Green Engineering, *Environmental Management*, Vol.30, No.6, pp.816-830.
- [7] Duckstein, L. and Opricovic, S. (1980), Multiobjective optimization in river

basin development, *Water Resources Research*. Vol. 16, No. 1, pp. 14-20.

- [8] Ferrarini, A., Bodini, A. and Becchi, M. (2001), Environmental quality and sustainability in the province of Reggio Emilia (Italy): using multicriteria analysis to assess and compare municipal performance, *Journal of Environmental Management*, Vol.63, No.2, pp.117-131.
- [9] Georgopoulou, E., Sarafidis, Y., Mirasgedis, S., Zaimi, S. and Lalas, D.P. (2003), A multiple criteria decision-aid approach in defining national priorities for greenhouse gases emissions reduction in the energy sector, *European Journal of Operational Research*, Vol.146, No.1, pp.199-215.
- [10] Hwang, C.L. and Yoon, K. (1981), *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*, Springer-Verlag, NY.
- [11] Liverman, D.M., Hanson, M.E., Brown B.J. and Merideth, R.W. (1998), Global Sustainability: Toward Measurement, *Environmental Management*, Vol.12, No.2, pp.133-143.
- [12] Maclaren, V.W. (1996), Urban sustainability reporting, *Journal of the American Planning Association*, Vol.62, No.2, pp.184-202.
- [13] OECD. (1998), *Towards sustainable development-environmental indicators*, OECD publications.
- [14] Opricovic, S. and Tzeng, G.H. (2002), Multicriteria Planning of Post-Earthquake Sustainable Reconstruction, *Journal of Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, Vol.17, No.2, pp.211-220.
- [15] Opricovic, S. (1998), *Multicriteria Optimization of Civil Engineering Systems*, Faculty of Civil Engineering, Belgrade.
- [16] Opricovic, S. and Tzeng, G.H. (2002a), *Multicriteria Scheduling in Civil Engineering: An Application of Genetic Algorithm*, The Ninth International Conference on Computing in Civil and Building Engineering, April 3-5, Taipei, Taiwan
- [17] Opricovic, S. (1998), *Multicriteria Optimization of Civil Engineering Systems*, Faculty of Civil Engineering, Belgrade.
- [18] Quaddus, M.A. and Siddique, M.A.B. (2001) Modelling sustainable development planning: A multicriteria decision conferencing approach, *Environment International*, Vol. 27, No.2~3, pp.89-95.
- [19] Ribeiro, R.A. (1996), Fuzzy Multiple Attribute Decision Making: A Review and New Preference Elicitation Techniques, *Fuzzy Sets and Systems*, Vol.78, No.2, pp.155-181.
- [20] Saaty, T.L., (1980), *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill, New York.
- [21] Teng, J.Y. and Tzeng, G.H. (1996), Fuzzy Multicriteria Ranking of Urban Transportation Investment Alternatives, *Transportation Planning and Technology*, Vol.20, No.1, pp.15-31.
- [22] The World Bank (1996), *Sustainable transport-priorities for policy reform*, The

World Bank, Washington, D.C. , USA.

- [23] Tzeng, G.H. Teng, M.H. Chen, J.J. and Opricovic, S. (2002), Multicriteria Selection for Restaurant Location in Taipei, *Hospitality Management*, Vol.21, No.2, pp.171-187.
- [24] Tzeng, G.H. and Chen, J.J. (1998), Developing a Taipei Motorcycle Driving Cycle for Emissions and Fuel Economy, *Transportation Research – D*, Vol. 3, No.1, pp.19-27.
- [25] Tzeng, G.H. and Chen, Y.W. (1998), Implementing an Effective Schedule for Reconstructing Post-earthquake Road-network Based on Asymmetric Traffic Assignment– An Application of Genetic Algorithm, *International Journal of Operations and Quantitative Management*, Vol.4, No. 3, pp.229-246.
- [26] Tzeng, G.H. and Chen, C.H. (1993), Multiobjective Decision Making for Traffic Assignment, *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol.49, No.1, pp.180-187.
- [27] Tzeng, G.H. and Shiau, T.A. (1987), Energy Conservation Strategies in Urban Transportation: Application of Multiple Criteria Decision-Making, *Energy Systems and Policy*, Vol.11, No.1, pp.1-19.
- [28] Tzeng, G.H., Tsaur, S.H., Law, Y.D. and Opricovic, S. (2002), Multicriteria analysis of environmental quality in Taipei: public preferences and improvement strategies, *Journal of Environmental Management* Vol.65, No.2, pp.109-120.
- [29] World Commission on Environment and Development (1987), *Our common future*, Oxford University Press, Oxford.
- [30] Yu, P.L. (1989), Multiple Criteria Decision Making: Five Basic Concepts, in Nemhauser et al. (Eds.), *Handbooks in OR & MS*, Vol.1, North-Holland, pp.663-699.
- [31] Yu, P.L. (1973), A class of solution for group decision problems. *Management Science*, Vol. No.8, pp.936-946
- [32] Zadeh, L.A. (1965), Fuzzy sets, *Information and Control*, Vol.8, No.2, pp.338-353.
- [33] Zadeh, L.A. (1975), The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning, Parts 1, 2 and 3, *Information Sciences*, Vol.8, No.2, pp.199-249 ; Vol.8, No.3, pp.301-357 ; Vol.9, No.1, pp.43-80.
- [34] Zeleny, M. (1982), *Multiple Criteria Decision Making*. *McGraw-Hill*, New York.

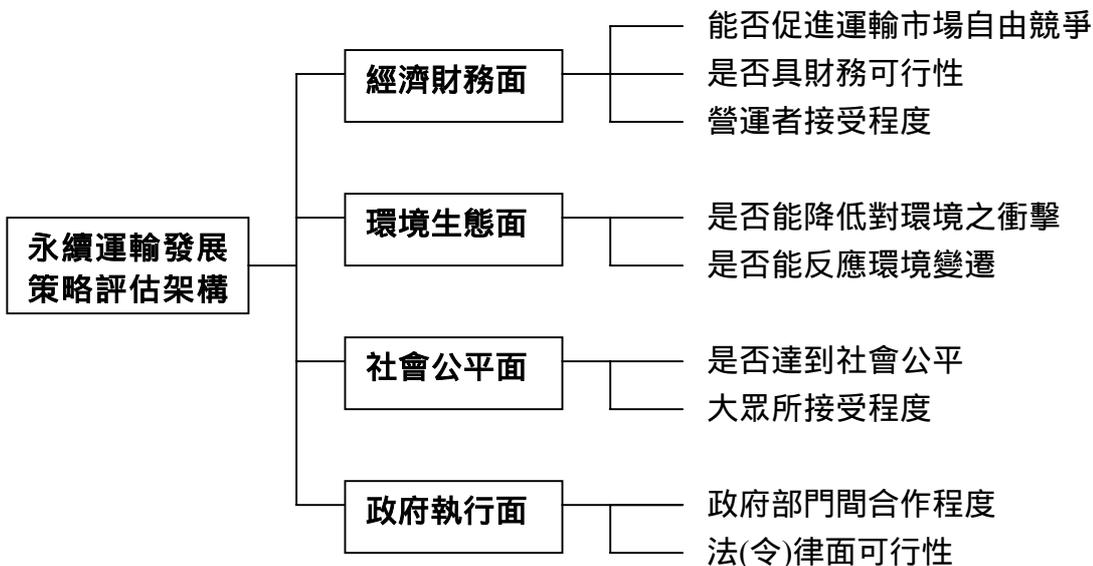
## 附錄-問卷設計

敬啟者：

您好！為了瞭解您對交通運輸永續發展之策略擬定時考慮評估準則，特設計本問卷，誠摯盼望您能撥冗惠填卓見，俾作為本研究的參考。謝謝您的支持。專此敬祝  
健康快樂

交通大學交通運輸研究所 指導教授：曾國雄 教授  
研究生：許卜仁

**概述：**永續運輸發展為當前運輸發展策略之規劃、研擬之重要原則，分為三大構面-經濟財務面、環境生態面、社會公平面來考量，現今運輸系統面臨對社會環境有噪音、空氣污染及水污染，消耗天然資源、造成市區擁擠及生活阻隔等負面影響，因此藉由永續運輸發展在追求經濟發展的同時，達到地球生態環境與生活居住環境「減少消耗與污染」之目的，同時確保「自然資源可以再生復原、社會各群體公平發展」之目標以達到運輸系統永續經營、發展。本研究係運用模糊階層分析法來構建永續運輸發展策略評估架構及其各構面與各準則間之相對權重，並針對所擬訂之永續運輸發展策略加以評比，以作為本研究之參考依據。

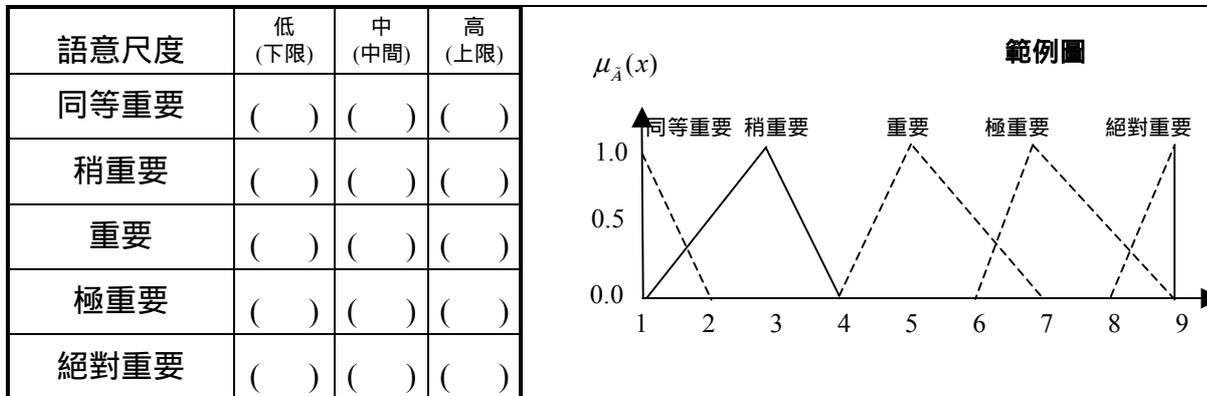


## 壹、評估構面及準則權重之填寫

語意尺度之主觀感想：

語意尺度之圖例大約主觀感認值有人認為如大約「同等重要」=( [ 1 ] , [ 1 ] , [ 2 ] )、「稍重要」=( [ 1 ] , [ 3 ] , [ 4 ] )，低和高的程度可以重疊，如圖範例：

請問您主觀感認之三角模糊數的區間為(請填入 1 至 9)：



若您主觀感認準則一比準則二稍重要請於「相對重要性比例」之左邊「稍重要」打√；

若您主觀感認準則三比準則一絕對重要請於「相對重要性比例」之右邊「絕對重要」打√。

評估準則權重 兩兩相比	相對重要性比例(範例)									評估準則權重 兩兩相比
	絕對重要	極重要	重要	稍重要	同等重要	稍重要	重要	極重要	絕對重要	
準則一				√						準則二
準則一									√	準則三
準則二					√					準則三

### 一、考慮永續運輸發展四個評估構面之重視程度

**經濟財務面：**以使運輸系統上的投資能更有效益、資源有效率的運用，同時能對需求的變化作出持續性的回應與調整為主要考量。

**環境生態面：**確保運輸相關政策與計畫於設計階段能將安全、健康、生態保護等環境因素納入考量。

**社會公平面：**除滿足個人及社會基本交通可及性之需求外，並考量偏遠地區、老人、殘障及弱勢族群的可及性。

**政府執行面：**政府各部門間處理永續發展議題的行政效率及現行法(令)律可行性與因應變動的適應性。

四大評估構面 權重兩兩相比	相對重要性比例									四大評估構面 權重兩兩相比
	絕對重要	極重要	重要	稍重要	同等重要	稍重要	重要	極重要	絕對重要	
經濟財務面										環境生態面
經濟財務面										社會公平面
經濟財務面										政府執行面
環境生態面										社會公平面
環境生態面										政府執行面
社會公平面										政府執行面

### 二、經濟財務評估構面

**能否促進運輸市場自由競爭**：是否能鼓勵民間投資經營，藉由市場機制反應社會成本，以促進運輸供給能更有效回應需求。

**是否具財務可行性**：包括運輸設施建造、營運管理、維修養護等成本及營運票價收入、補貼等是否具可行性。

**營運者接受程度**：政策之合理獲利、承擔風險及經濟環境能否被營運者接受。

第一構面評估準則 則權重兩兩相比	相對重要性比例									第一構面評估準則 則權重兩兩相比
	絕對重要	極重要	重要	稍重要	同等重要	稍重要	重要	極重要	絕對重要	
能否促進運輸市場自由競爭										是否具財務可行性
能否促進運輸市場自由競爭										營運者接受程度
是否具財務可行性										營運者接受程度

### 三、環境生態評估構面

**是否能降低對環境之衝擊**：能否改善交通對生命與健康威脅(如噪音、空氣污染、生命安全)及自然生態與環境資源造成耗盡。

**是否能反應環境變遷**：能否建立策略的外部成本(如空氣污染、噪音、道路破壞、生命安全等社會成本)，將其內部化，使其變動得以反應至運輸使用者。

第二構面評估準則 則權重兩兩相比	相對重要性比例									第二構面評估準則 則權重兩兩相比
	絕對重要	極重要	重要	稍重要	同等重要	稍重要	重要	極重要	絕對重要	
是否能降低對環境之衝擊										是否能反應環境變遷

### 四、社會公平評估構面

**是否達到社會公平**：考量能否顧及群體間、地域間差異的可及性基本需求。

**大眾所接受程度**：政策能否被社會大眾接受。

第三構面評估準則 則權重兩兩相比	相對重要性比例									第三構面評估準則 則權重兩兩相比
	絕對重要	極重要	重要	稍重要	同等重要	稍重要	重要	極重要	絕對重要	
是否達到社會公平										大眾所接受程度

### 五、政府執行評估構面

**政府部門間合作程度**：政府各部門間執行永續運輸發展政策的協調能力及行政效率。

**法(令)律面可行性**：政策是否合於現行法(令)律、如需新增、修訂之困難程度。

第四構面評估準則 則權重兩兩相比	相對重要性比例									第四構面評估準則 則權重兩兩相比
	絕對重要	極重要	重要	稍重要	同等重要	稍重要	重要	極重要	絕對重要	
政府部門間合作程度										法(令)律面可行性

## 貳、對各永續運輸發展策略評估之填寫及調查

為達到永續運輸發展目標研擬以下數策略，請給以下各種策略評估的區間一個評分，自 1 至 100 指示之低、中、高三個分數。例如您對滿意程度可能認為「非常肯定(或非常高)」的低、中、高評分各為(85,90,100)，但「肯定(或高)」的低、中、高評分各為(70,80,90)，其中低和高的分數可以重疊，請將您對於滿意度的感認值寫於下表之括弧內。

語意尺度	低 (下限)	中 (中間)	高 (上限)
1. 「非常不肯定」	( )	( )	( )
2. 「不肯定」	( )	( )	( )
3. 「普通」	( )	( )	( )
4. 「肯定」	( )	( )	( )
5. 「非常肯定」	( )	( )	( )

**範例圖**

### 永續運輸發展策略一：燃料費隨油徵收

將道路運輸的環境外部成本(如空氣污染、噪音、道路損毀等)加入燃料稅中計算，使其合理內部化，以使用者付費之觀念達到對有限資源更有效率地使用，基礎設施能更有效率的維護與管理，並將成本公平的分攤至使用者。

### 永續運輸發展策略二：促進大眾運輸發展

推動「以大眾運輸為導向之都市發展」策略，提高都市地區大眾運輸使用率及市場佔有率，運用免(低)稅、偏遠路線補貼、推動整合轉乘設施(如包括腳踏車停車場)等政策，減少小客車使用，使道路更有效率地使用，並提供滿足普遍大眾運輸可及性的需求。

### 永續運輸發展策略三：發展低污染能源運具

大力推動如天然氣、酒精(醇類)等燃料之運具，或投資燃料電池[註]之開發，目前低污染能源運具僅使用於某些運具(如天然氣公車)，生產成本過高，且基礎設施如加氣站之設置不易，為能普及，希望藉由政府推動使其需求及產量具市場規模，降低成本，以替代目前高污染之石化燃料。[註]燃料電池原理係將氫以電化學反應與氧結合成水，使化學能轉並成電能，僅需加入氫氣即可恢復，其廢氣排放均為水蒸氣，為一良好之替代能源，目前已有汽車公司生產，並為歐、美、日等先進國家列為替代能源發展策略。

### 永續運輸發展策略四：運輸基礎設施開放民間投資

大力推動包括運用公營事業民營化、興建-營運-轉移(BOT)、公有民營、公辦民營等形式，鼓勵民間參與運輸設計建設與營運，以改善興建營運效率，並利用市場競爭機制達經濟、社會之永續。

### 永續運輸發展策略五：強化永續發展觀念、訓練永續運輸規劃人力

交通運輸建設時，在其設計階段及需作良好、縝密及具與永續性的規劃，在進行決策時，亦應具備永續之觀念，然常因欠缺永續理念，造成政策導向不永續，因此藉由加強政府單位、民間機構必要的永續公共策略規劃技能，建立合社會團體參與決策機制，灌輸永續發展理念，使永續發展自根本做起。

### 永續運輸發展策略六：加強運輸管理、促進交通運輸安全與順暢

運用壅塞地區收費管制(擁擠成本內部化)、加強違規運行車輛取締予以罰鍰維護交通安全與秩序、增加壅塞地區停車收費轉移使用大眾運輸、建立路權觀念維護行人安全等方法，使道路運輸設施能有效率地使用，保障用路人安全與順暢。

請依據個人認知、經驗或感受程度，在下表中選一個格子勾「V」。

	評估程度	策略一 燃料費 隨油徵 收	策略二 促進大 眾運輸 發展	策略三 發展低 污染能 源運具	策略四 基礎建 設開放 投資	策略五 訓練永 續規劃 人力	策略六 加強運 輸管理	
能否提高運輸市場 自由競爭	非常肯定							
	肯定							
	普通							
	不肯定							
	非常不肯定							
是否具財務可行性	非常肯定							
	肯定							
	普通							
	不肯定							
	非常不肯定							
營運者接受程度	非常高							
	高							
	普通							
	低							
	非常低							
是否能降低對環境 之衝擊	非常肯定							
	肯定							
	普通							
	不肯定							
	非常不肯定							
是否能反應環境變 遷	非常肯定							
	肯定							
	普通							
	不肯定							
	非常不肯定							
是否達到社會公平	非常肯定							
	肯定							
	普通							
	不肯定							
	非常不肯定							
大眾所接受程度	非常高							
	高							
	普通							
	低							
	非常低							
政府部門間合作程 度	非常高							
	高							
	普通							
	低							
	非常低							
法(令)律面可行性	非常高							
	高							
	普通							
	低							
	非常低							