

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

城際永續運輸的願景與發展策略(一)

The Vision and Strategies of Sustainable Development for Intercity Transportation

(1)

台灣永續運輸的願景與發展策略－總計畫暨子計畫一

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC90-2621-Z-009-002

執行期間：90年8月1日至91年7月31日

計畫主持人：馮正民教授

共同主持人：林楨家助理教授

研究人員：陳正杰

蔡琮宇

處理方式：可立即對外提供參考

執行單位：國立交通大學交通運輸研究所

中華民國九十一年七月

摘要

「永續發展」一般在追求社會公平、經濟效率與環境保護等三個向度的目標，因為運輸部門在這三個向度均可能會產生負面效果，其中城際運輸系統具有運輸距離長、轉運行為普遍等特性，所以城際運輸永續發展實為一重要之研究課題。除此之外，「永續發展」的三個向度存在著相互抵觸的關係，在未能妥善地處理相互衝突的關係之前，本研究針對較少被探討的社會公平面與經濟效率面來探討。綜合上述，本研究希望分別從社會公平面與經濟效率面兩個角度，建立「城際運輸永續發展指標系統」，瞭解我國目前城際運輸系統在這兩個向度上的永續發展程度，並依據研究結果作為政府未來制訂相關政策的參考。

本研究根據兩個向度在本質上的差異，分別採用「模糊推論」與「模糊綜合評判」兩種方法設計社會公平面與經濟效率面兩個向度的指標整合方法。在社會公平面的研究結果顯示，我國目前的永續發展程度為「中等」；其中以老人與殘障者的基本運輸需求滿足程度較為不足，私人運具的使用者亦為不公平現象的來源之一。為了改善這三項造成不永續的指標，本研究擬定三項「虛擬政策」來加以改進；分析結果顯示，光憑少數政策的改善，並無法顯著地提升我國的永續發展程度，必須從各方面同時持續地進行改善，方有明顯的提升效果。

而在經濟效率的研究結果顯示，在公路大眾運輸方面，歷年來表現比較不好的有運輸客運效果指標、運輸貨運效果指標以及環境外部性指標，整合結果顯示歷年來呈現較不永續的趨勢。在鐵路運輸方面，歷年來表現比較不好的有運輸投資效率指標以及能源效率指標，整合結果顯示除了最近兩年表現略為下滑之外，長期而言呈現較永續的趨勢。

關鍵詞：永續發展、城際運輸、社會公平、經濟效率、模糊推論、模糊綜合評判。

Abstract

“Sustainable Development” is generally discussed by three objectives : social equity, economic efficiency, and environmental preservation. Since transportation sector may generate some negative effects on these three objectives and intercity transportation has some special characteristics, the sustainable development of intercity transportation becomes an important issue. Although the conflicts exist among these three objectives, this study focused on the social equity and economic efficiency for which were seldom discussed before. The purpose of this study is to build an indicator system to evaluate the sustainable development of intercity transportation in both social equity and economic efficiency aspects. Based on this indicator system, the national sustainability of intercity transportation can be measured and the development strategies can be designed.

Based on the aspects’ characteristics, the *fuzzy inference* and *fuzzy comprehensive evaluation method* were used to design the indicator-integration methods for social equity and economic efficiency respectively. The results of social equity analysis show that the degree of sustainable development for intercity transportation in Taiwan is “medium level”. The essential transportation needs of elders and the disabled are not satisfied enough. Private vehicle users do not play the reasonable cost. In order to improve these unsustainable phenomena, different strategies were designed and evaluated in this study. We found that the effects of most proposed strategies are insignificant. It was concluded that more strategies should be applied in parallel to generate significant improvement.

The case study of economic efficiency annually evaluated the sustainability of public highway transportation and railway transportation in Taiwan from 1987 to 1996. The results indicate that in public highway transportation, the passenger transportation effectiveness, freight transportation effectiveness and environment externality are steadily worse, and the integrated result shows an unsustainable trend. In railway transportation, although the investment efficiency and energy efficiency are getting worse, the integrated result shows a sustainable trend.

Key words: sustainable development, intercity transportation, social equity, economic efficiency, fuzzy inference, fuzzy comprehensive evaluation method.

目 錄

中文摘要.....	i
英文摘要.....	ii
目 錄.....	iii
第一章 緒論	
1.1 研究動機與目的.....	1
1.2 研究範疇.....	2
1.3 研究流程與內容.....	4
1.4 研究方法.....	5
第二章 社會公平面指標系統	
2.1 研究構想.....	6
2.2 指標系統.....	14
2.3 實例研究.....	28
2.4 政策敏感度分析.....	31
第三章 經濟效率面指標系統	
3.1 研究構想.....	40
3.2 指標系統.....	51
3.3 實例研究.....	55
3.4 政策敏感度分析.....	59
第四章 結論與建議	
4.1 社會公平面指標系統.....	64
4.2 經濟效率面指標系統.....	65
參考文獻.....	68

第一章 緒論

1.1 研究動機與目的

永續性是一個模糊且難以界定清楚的一個概念，隨著永續發展的潮流興起，包括生態的永續發展、都市的永續發展、國家發展的永續性等觀念都是近年來許多專家學者在討論的議題。因此永續一詞陸陸續續在各個領域都有運用，有一個共通點就是為了要讓未來的發展更好、更良性。

永續發展 (sustainable development) 在 1980 年由 IUCN、UNEP、WWF 等國際性組織所出版『世界自然保育方略』報告書中首先提出，強調將保育觀念融合到開發的過程當中，當時主要強調的是環境保育的觀念；其後，陸續有其他的國際性會議來探討有關永續發展的概念。1992 年於巴西里約熱內盧召開之『聯合國環境與發展會議』(UNCED) 受到全球的重視，與會各國共同提出且通過『21 世紀議程』(Agenda 21)，敘述人類活動的各個部門皆應以永續的方式去發展，促請各國研擬永續發展的具體政策和計畫。在永續發展觀念所擬聚的共識下，如何使人類社會與自然生態互利共生，來達到全球性永續發展的目標，已是世人致力研究的重點了。

永續發展依據世界環境與發展委員會 (World Commission on Environment and Development, WCED, 1987) 之定義為：『在不犧牲下一代滿足其需求之能力的條件下，追求現在人們需求的滿足。』也就是當我們在追求生活上的滿足時，要考慮到以後世世代代的永續發展，因此對於可再生資源要考量其再生之能量，對於不可再生資源要考量替代性資源之使用與發展，對於污染排放要考量環境之保育。

由永續發展的觀念，衍生至運輸領域，即有永續運輸 (sustainable transportation) 觀念出現。永續運輸即為運輸部門中之永續發展。根據國家永續發展所探討的觀念，永續運輸所考慮的層面一般可分為環境保育、社會公平以及經濟效率，在環境保育方面，政府與民間在進行運輸方面的決策時，必須考慮到運輸的外部效果；在社會公平方面，要求運輸的改善須公平顧及各層面的民眾利益；在經濟效率方面，要求資源必須有效率地使用與維護，資源不可以任意無約束的使用，並追求替代資源，以滿足世世代代的運輸需求。這三個層面或多或少會有一些相關性或互相影響，個別還是有其主要的重點。

運輸之永續發展議題在國內尚未受到非常之重視，就運輸資源的使用而言，並未作適當的調整。台灣是能源進口國，台灣之能源生產力指標 (價值/油當量) 為 3.35，仍然遠低於日本之 6.37、德國之 5.27、英國 4.66 等。石油是不可再生之資源，1993 年世界能源委員會 (World Energy Council) 公布世界發現之石油儲存量，依照現在之石油消耗速度，約僅夠 40 年之消費；此外天然氣尚存 65

年，煤尚存 250 年。台灣運輸系統使用了約 17% 之能源，遠低於美國之 40%，且尚低於歐盟國家與日本之 25% 與 22%；不過，能源效率低之公路運輸卻使用了運輸資源之 85%，而且仍在成長中。因此，台灣資源使用效率之提昇刻不容緩，尤其是運輸系統使用量大之稀少資源，如土地、能源等。

台灣島內之運輸活動，依運距的長短來看，可分為城際運輸與都會區運輸，兩者各有不同的特性，無法以同一標準來衡量。就欲探討的城際運輸而言，除了具有運距長的特性外，轉運行為普遍、運具依賴性強以及受國土整體規劃影響等其他特性，在永續發展的探討上值得予以重視。過去對永續發展的探討多侷限於環境保育的探討，對於社會公平與經濟效率兩方面較為忽略，有待關心探討，以利政府制訂更為均衡的政策。

有鑑於上述的研究動機與背景，本研究目的如下：

- 1、界定城際永續運輸在社會公平面與經濟效率面之意義。
- 2、建立城際永續運輸社會公平面與經濟效率面評估指標系統，用以正確且有效地評判城際運輸之永續性。
- 3、以台灣本島為實例研究對象，利用所建立之指標系統評估說明台灣本島地區城際運輸之永續性，並進行指標整合以及敏感度分析，對指標系統之應用以及分析結果提出建議。

1.2 研究範疇

1、空間範疇

城際運輸行為的空間分析單元尺度將會較大，本研究依資料取得難易度以及分析問題需要等因素，決定對城際之定義為：縣(市)與縣(市)之間；實例研究空間分析對象以「台灣本島」為分析範圍，如圖 1 所示。

2、運輸系統

城際運輸探討的對象為地區間的旅運行為，納入分析的運輸工具將包括：航空運輸、公路大眾運輸、公路私人運輸以及鐵路運輸等系統，並包括客運與貨運系統。如圖 2 所示。



圖 1 空間範疇

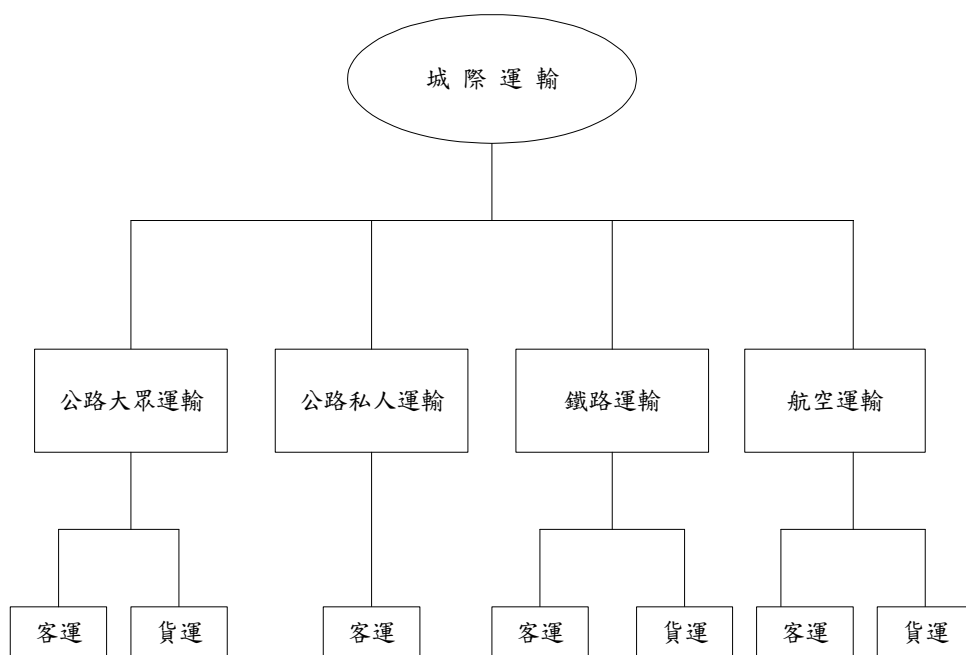


圖 2 城際運輸之子系統

1.3 研究流程與內容

本研究流程如圖 3 所示，各步驟研究內容說明如下：

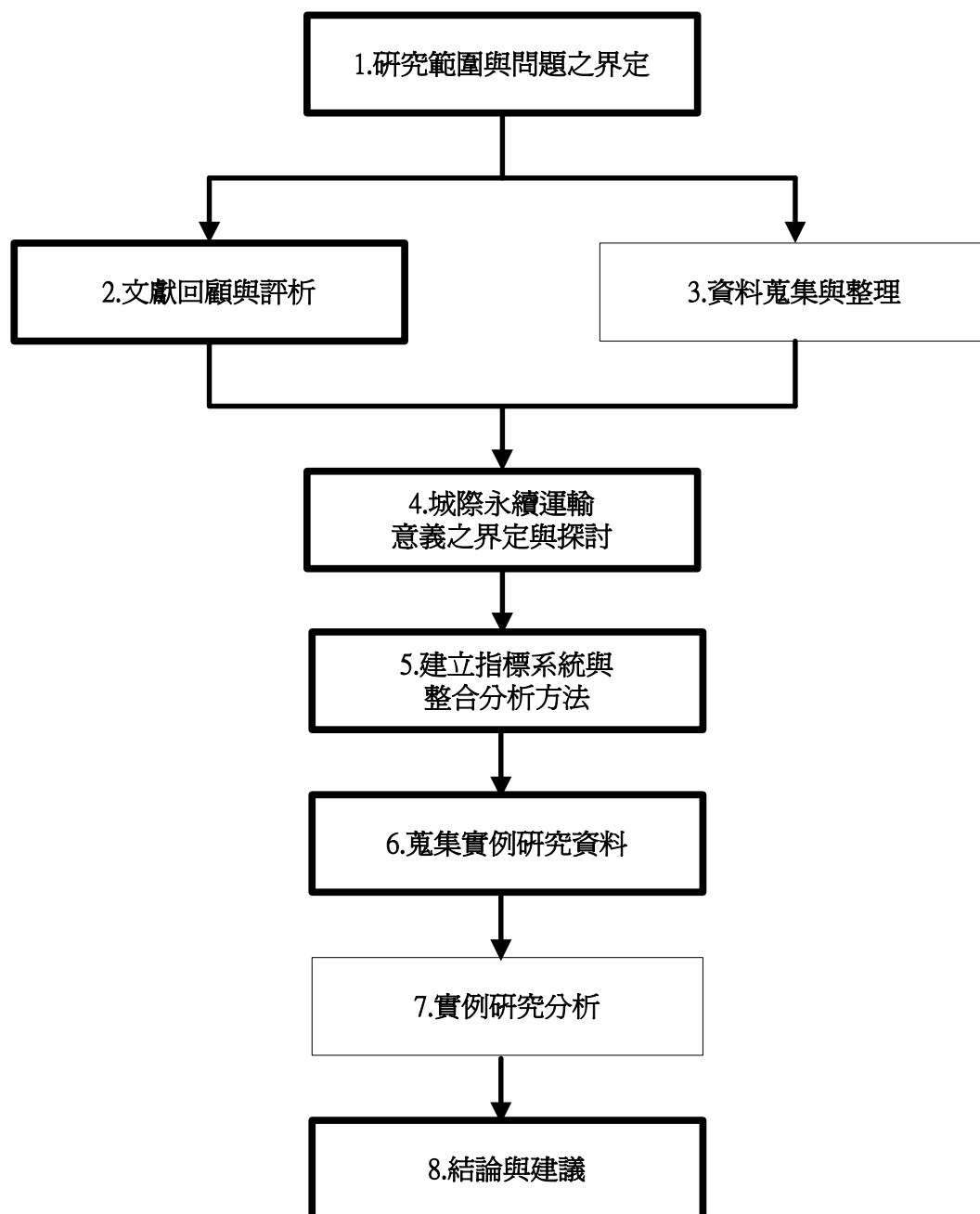


圖 3 研究流程圖

1、研究範圍與問題之界定

確定研究目的與內容，釐清城際運輸系統分析對象與尺度。

2、文獻回顧與評析

蒐集國內外相關文獻，評析檢討作為後續研究之基礎。

3、資料蒐集與整理

蒐集有關永續運輸之相關國內外資料，整理以供後續研究參考。

4、城際永續運輸意義之界定與探討

根據相關文獻以及台灣地區條件特性，界定城際永續運輸在社會公平面與經濟效率面之意義與所涵蓋之各個構面。

5、指標系統之建立

透過文獻回顧，研擬城際永續運輸社會公平面與經濟效率面指標。

6、蒐集實例研究資料

蒐集可得之城際運輸社會公平面與經濟效率面指標之資料，做為實例分析的資料。

7、指標之整合

設計指標整合方法並賦予整合值之意義，以清楚合理地提供永續程度之資訊。

8、結論與建議

最後依據研究的成果提出結論，並建議後續研究之方向。

1.4 研究方法

本研究預定採用以下方法進行各項工作：

1、文獻評析法

參考國內外相關文獻、期刊等著作，並加以彙總整理分析，以期對本研究主題有所啟發。

2、問卷調查法

透過問卷設計調查決定各項參數。

3、多準則評估法

利用多準則決策分析方法 (Multiple Criteria Decision Making, MCDM)，其中包括 AHP 法計算指標權重；模糊推論與模糊綜合評判法，進行指標之整合。

第二章 社會公平面指標系統

2.1 研究構想

2.1.1 觀念意義探討

本研究首先須針對部分觀念加以說明，包含「永續運輸」、「城際運輸」、「公平性」等都必須先加以釐清，方能有助於後續指標系統之建立與衡量。

1. 永續運輸之意義

西元 1992 年，巴西里約熱內盧所舉辦的地球高峰會議裡，「永續發展」的概念已經成為一項主要的共識。當時在會議裡召開之「聯合國環境與發展會議（UNCED）」通過了「二十一世紀議程（Agenda 21）」，議程主要內容闡述人類活動的各部門皆應以永續的方式去發展。永續運輸即被視為將運輸部門以永續的方式來發展、經營，追求社會、環境與經濟的均衡：在社會方面，要求運輸設施的建設、發展、改善與維修，運輸系統的服務均能夠公平地顧及不同群體、不同空間、不同時間等不同層面的使用者之利益；在環境方面，要求政府與民間在進行運輸方面的決策時，能夠考量運輸的外部效果，珍惜有限的自然資源，將運輸活動對環境的衝擊儘量減少；在經濟方面，要求資源必須有效率地使用與維護，一方面能夠讓資源的使用更長久，一方面也可以減少不必要的資源浪費。

由於運輸部門在社會公平、經濟效率與環境衝擊等方面均可能會產生負面效果，例如道路路網可及性不均、肇事事故、能源消耗、空氣污染……等，所以「永續運輸」是相當重要的發展課題。

事實上，「永續」這一項名詞的定義至今仍然不夠精準。大體而言，依據世界環境與發展委員會對「永續發展」之定義：「發展滿足這一代的需求，而且不會危及滿足未來世代需求的能力」【WCED, 1987】；還有其他關於「永續性」的定義：例如 Tietenberg 【1984】定義永續性為「未來世代間至少仍舊與現在世代一樣」，Phillis and Andriantiatsaholiniaina 【2001】定義為「訂定一些準則，當系統並不會隨著時間變化超過可接受的準則界限，我們稱呼此系統為永續」。由此可知，「永續」的意涵主要在於追求世代間的公平，尤其是針對資源使用而言。

總而言之，永續運輸即是指以環境保護與社會公平的基礎架構為前提，讓世代間的資源使用符合公平的原則（每一代所擁有的資源至少都能夠滿足基本的運輸需求），使交通運輸更具經濟效率、更安全。

2. 城際運輸之意義

關於城際運輸的定義，歐美國家有從距離來加以定義（超過 100 公里之距離即視為城際運輸）。由於本研究之研究對象為台灣地區，為了讓研究結果能夠

更符合國情，參考交通部運輸研究所之相關研究，考量運輸政策及各生活圈發展，將城際運輸定義為：「凡運輸活動之起迄點為跨越過一個生活圈以上或路線連接兩個生活圈之中心都市(次中心都市)以上者」。其中『生活圈』乃依照行政院經建會的定義，將台灣地區劃分為 18 個生活圈，扣除離島，於本島部份共有 17 個生活圈。因此本研究之範圍及對象為：台灣本島，包括基隆、台北、桃園、新竹、苗栗、台中、彰化、南投、雲林、嘉義、新營、台南、高雄、屏東、台東、花蓮、宜蘭等 17 個生活圈。除此之外，本研究為了彰顯城際運輸運輸距離長的特性，除了以生活圈做為資料蒐集的基本單元，也會另行比較東部運輸走廊與西部運輸走廊之間的差異。

3. 公平之意義

(1) 公平面之衡量對象

在談論公平性的議題之前，首先必須了解公平面衡量的對象為何。本研究擬針對不同運具、不同群體、不同空間、不同時間的運輸服務使用者，來加以探討公平的問題（見圖 4）。

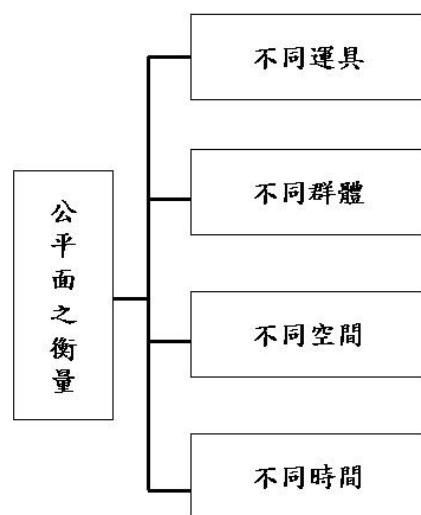


圖 4 公平面衡量對象示意圖

選擇不同運具的運輸服務使用者作為公平的衡量對象，主要是因為城際運輸系統具有運輸距離長、轉運行為普遍、運具依賴性高等特性，其中不同的運具對於城際運輸的運輸型態而言，影響較為深遠。小汽車的使用者與鐵路客運、公路客運的使用者，甚至是航空客運的使用者，實際所負擔的成本與應該要負擔的成本之比，其實是不盡相同。在環境污染、土地使用、能源消耗等方面，大眾運輸

一般都比私人運輸來得經濟與環保。以德國為例，公路運輸產生的環境衝擊成本佔整體交通運輸所產生的環境衝擊成本之百分比最高，空氣污染佔 91%，噪音佔 64%，土地使用佔 91%，維修佔 56%，交通事故佔 98%。由這些數據可以發現，不同運具的使用者本身要負擔的社會成本應該都不一樣，然而現有的稅收等收費機制卻不見得能夠公平地反映出此一現象。所以本研究認為有必要針對不同運具的運輸服務使用者作為公平的衡量對象，藉由所訂定之指標來衡量不同運具的使用者有否符合公平正義的原則。

選擇不同群體作為公平的衡量對象，係考量到弱勢團體的運輸服務應該有必要加以衡量。老人、婦孺、孩童、殘障者相較於一般的青壯人士，身體結構與體力本身都有所不及。然而既有的交通運輸設施多半忽略掉這些弱勢團體行的照顧。除此之外，偏遠地區的居民，往往因為運輸需求相較於其他地區大多偏低，所以交通運輸的建設及服務常常無法全然照顧偏遠地區居民基本行的需求。綜合上述，本研究認為有必要探討不同群體之間的公平性。

選擇不同空間的運輸服務使用者作為公平的衡量對象，主因為城際運輸活動本身容易受到地形限制、國土整體發展等因素所影響。本研究擬藉由臺灣地區的東部運輸走廊與西部運輸走廊之間的比較，來探討不同空間之間的運輸活動是否公平。

最後，由於「永續」本身隱含有不同世代間，資源使用與傳承的觀念，所以針對不同時間的運輸服務使用者作為公平的衡量對象，有助於了解臺灣地區的運輸活動對於自然資源、生態環境，隨著時間而變化的情況。

(2) 公平面之衡量系統

除了確定所欲衡量的對象，本研究所追求的是何種公平？如何衡量？也都是必須加以確定的環節。

由於本研究是從「社會公平」的角度來探討我國運輸建設與發展狀況有否符合「永續」的原則，如何讓我國既有的運輸使用者皆能夠公平的享受到運輸的服務，滿足基本的運輸需求，尤其是居住在偏遠地區的居民，行動不便的老人與殘障者，都是特別需要照顧的社會弱勢團體。另外，不同世代間的公平也是本研究所希冀能夠探討的對象。

有鑑於此，本研究擬從「使用者付費公平原則」、「是否有滿足到基本行的需求」、「世代間的公平」等三項原則來探討公平面的相關議題。「使用者付費公平原則」係指每一個運輸服務使用者在使用任何一項運輸服務時，都有其相對應之成本。使用者實際所支付的費用若小於應該要支付的費用，則視為一種不公平的現象。不同運具、不同群體、不同空間、不同時間的運輸服務使用者，在資源的使用方面往往不盡相同。此一原則有助於衡量運輸服務使用者到底有沒有支付應該要支付的成本，倘若衡量結果證實並沒有支付應該支付的費用，相較於其他運輸服務的使用者而言，則屬於一種不公平的狀態。

「是否有滿足到基本行的需求」是本研究據以衡量公平與否的第二項原則。倘若運輸服務的使用者未被滿足到應該滿足的程度，或是未享受到應該享受到的運輸服務，則視為一種不公平的狀態。以城際運輸而言，老人、殘障、偏遠地區居住民眾等弱勢團體在使用運輸服務時，車票價格並沒有特別地受到補助。從社會福利事業的觀點而言，這些弱勢團體的基本運輸需求應該儘量地加以滿足。如果這些弱勢族群並沒有享受到一般民眾所享有的服務水準，甚至低於一般民眾的運輸服務水準，則對於這些弱勢族群而言，是相當不公平的待遇。所以本研究希望能夠從「是否有滿足到基本行的需求」這項原則來測度我國的運輸制度有否公平的服務所有的運輸服務使用者。

「世代間的公平」則是本研究所強調的第三項公平原則。地球的資源是有限的，從長遠永續的觀點而言，每一世代所享有的資源應該儘量一樣，至少都要能夠享受到基本的運輸資源，方能稱之為公平。藉由上述的三點原則，本研究擬訂定一套「城際運輸永續發展指標系統」，據以衡量我國運輸系統有否朝向永續發展的方向。

綜合上述，本研究結合三項公平的衡量原則，配合所訂定的公平之衡量對象，作為發展初始指標集合之依據。圖 5 即為初始指標集合建構方針示意圖。

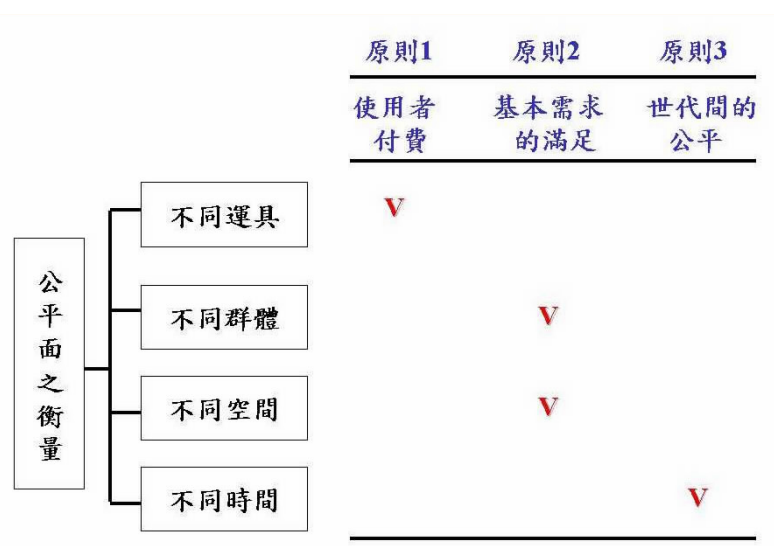


圖 5 初始指標集合建構方針示意圖

2.1.2 理論架構

本研究的主題為我國運輸系統在未來發展有否符合「永續」的精神，由於「永續性」與「不永續性」本身就屬於一個主觀判斷的問題，加上所使用來分析的指標系統裡存在著部分的質化指標系統。有鑑於此，本研究認為模糊理論在研究具有不確定性或主觀認知的問題裡，擁有相當完整的應用實例與理論基礎，對於本研究在整合指標系統甚至是處理「永續性」與否的問題，有相當程度的啟發。所

以本研究的理論架構將以「模糊理論」為基礎，引進「模糊邏輯」來整合指標以得出一綜合性的分析結果。



圖 6 理論架構流程圖

本研究以建立指標系統為主要目的，理論架構如圖 6 所示，分為七個部分，各部分的內容簡要說明如下：

(1) 建立指標訂定的原則

初選指標集合之建立為本研究一切步驟之開端。指標訂定的原則主要是為了減少蒐集過多不必要的指標，過濾掉與主題無關的初始指標，避免未來作指標篩選時耗費過多不必要的時間與精力。本研究所擬定的指標建立原則有三：

- 使用者實際所支付的費用與應該要支付的費用之間，差距越小越公平。
- 運輸服務的使用者未被滿足到應該滿足的程度，或是未享受到應該享受到的運輸服務，則視為一種不公平的狀態。
- 每一世代所享有的資源應該儘量一樣，至少都要能夠享受到基本的運輸資源，才算是符合世代間的公平。

(2) 尋找初始指標集合

建立初始指標集合的方式很多，可以從領域基礎架構、目標基礎架構、部門架構、以議題為基礎之架構、因果架構和綜合架構等方式產生。依循前述所建立之指標訂定的原則，來找尋所需要的初始指標集合。

(3) 定義各個初始指標

每一項指標本身都必須加以定義、描述，性質相同、功能相似的指標亦應歸屬於同一類指標。例如：

- X 指標 = Y 指標 * k ； X 指標 = Y 指標 + k ；則 X 指標與 Y 指標可視為同

一類指標。例如： X 指標為「每平方公里人口數」， Y 指標為「每百萬平方公里人口數」，則兩者可當作同一類指標。

- X 指標與 Y 指標具有因果關係，或是彼此能夠相互推導而得，則 X 指標與 Y 指標可視為同一類指標。例如： X 指標為「我國每年汽機車輛總數目」， Y 指標為「我國每年交通事故總件數」，則兩者可當作同一類指標。

(4) 進行問卷設計 (1)

此項問卷設計係針對指標篩選與關鍵指標之選擇而作。本研究擬採用分析階層程序法 (AHP)，比較各個初選指標彼此間重要性的相對權重。將權重較低者視為重要性較低的指標，考慮其刪除之可能性；權重較高者視為重要性較高的指標，將其視為關鍵指標。

(5) 研擬指標篩選、關鍵指標選擇的程序

有關利用分析階層程序法 (AHP) 來進行指標篩選與關鍵指標選擇的步驟，本研究將於後文裡詳細說明。然而分析階層程序法 (AHP) 所得到的結果僅為指標刪除的考量依據，並不會成為決定的結果。因為分析階層程序法 (AHP) 在使用時可能會因為受訪者本身主觀判斷價值差異過大、資訊不完全等因素而造成評估結果有所偏頗，所以本研究會於分析結果確定時再作進一步的審視。

本研究將所擬訂之初選指標集合，利用分析階層程序法來計算其指標間相對權重。檢查整體計算過程、調查程序是否有所疏漏。倘若所有分析過程均正確地運作，將相對權重較高的指標，視為關鍵指標；將相對權重較低的指標，視為篩選的依據。

(6) 進行問卷設計 (2)

此項問卷設計係針對「模糊邏輯」應用於指標整合而作，有關模糊邏輯的使用理由、使用方法詳見後文。問卷內容主要是為了建構「模糊推論」時所需的「IF-THEN」規則，依據所建立之規則資料庫，本研究可以判斷我國運輸系統經由指標測度之後，是否屬於永續發展的狀態。

(7) 整合各項指標與分析

初始指標集合經過篩檢之後，剩下來的指標裡可能包括有質化指標與量化指標。為了整合這些不同性質的指標，便於得出一綜合性的評論，本研究擬採用「模糊邏輯」做為指標整合的方式。

2.1.3 研究設計

1. 指標篩選

有關篩選指標、選擇關鍵指標的過程，詳見圖 7。本研究用來決定指標間相對權重的方式為分析階層程序法 (AHP)。分析階層程序法適合應用於處理質化資訊的問題，一般需先將問題由高層次往低層次逐步分解，提供相關資訊供決策

者參與評估，進而分析各方案之優劣順序。

分析階層程序法之作業順序主要包含四個步驟，詳見【馮正民與林楨家，民國八十九年】：

- (1) 建立層級關係；
- (2) 建立成對比較矩陣；
- (3) 求解權重並檢定一致性；
- (4) 計算各方案之優勢比重值。

2. 指標整合

本研究用來整合各項指標與綜合分析的理論架構是「模糊邏輯」(fuzzy logic)。由於本研究之最終目的在於透過所建構之指標系統，判斷我國的城際運輸有否符合「永續發展」的精神。如何將指標系統所得出的結果，歸納於一個「模糊」的結論，著實是一件相當困難的事情。

「模糊邏輯」是經由一連串的邏輯推演，將傳統的數學模型難以表達的部分，透過近似推論或模糊推論的方式，來模擬人類的思考決策方式，進而解決問題。以本研究為例，所建構之指標系統為輸入值，「永續」或「不永續」是本研究所欲得到的輸出值。由於「永續」或「不永續」本身屬於主觀的判斷意涵，難以使用客觀的數據來加以表達，所以系統輸入值難以直接把系統輸出值加以明確的表達。同樣的狀況，若是將輸入值經過「模糊邏輯」的運作，藉由模擬人類的思考決策方式，可以得到「永續」或「不永續」的輸出結果，不但不需要精確的數學模型，而且可以善用人類靈活的思考力。

圖 8 是「模糊邏輯」的運作過程。將明確的輸入值（本研究的指標系統）模糊化，轉換成適當的語意式模糊資訊。模糊規則庫則是依據解決問題所需之相關資訊與知識，加以組合成 IF-THEN 規則的資料庫。模糊推論則是整體「模糊邏輯」的運作核心，好比人類的大腦，配合所建立之模糊規則庫（好比人類的知識），將模糊化之後的輸入值推演成為一些模糊資訊的輸出值。最後把這些模糊資訊的輸出值解模糊化之後，即可得到所欲得到的明確解答。

3. 模式操作程序

上述各節係針對本研究所應用之理論模式作一架構式的介紹，為了讓模式能夠易於瞭解、便於操作，本節將圖 9 繪製成模式操作程序圖，說明整體「城際運輸永續發展指標系統」之操作與評估過程。

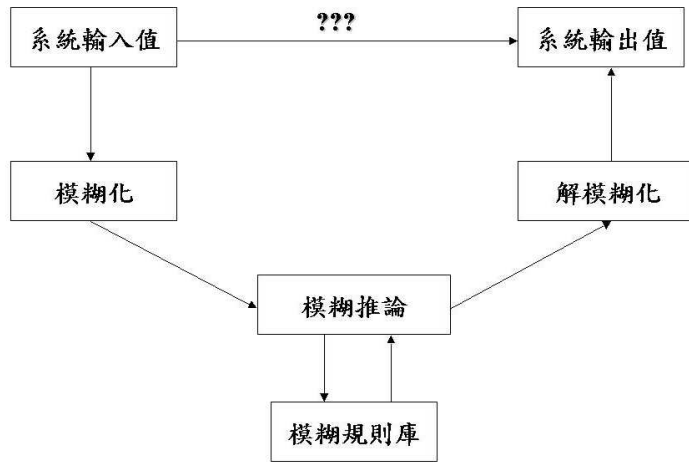


圖 8 模糊邏輯操作程序示意圖

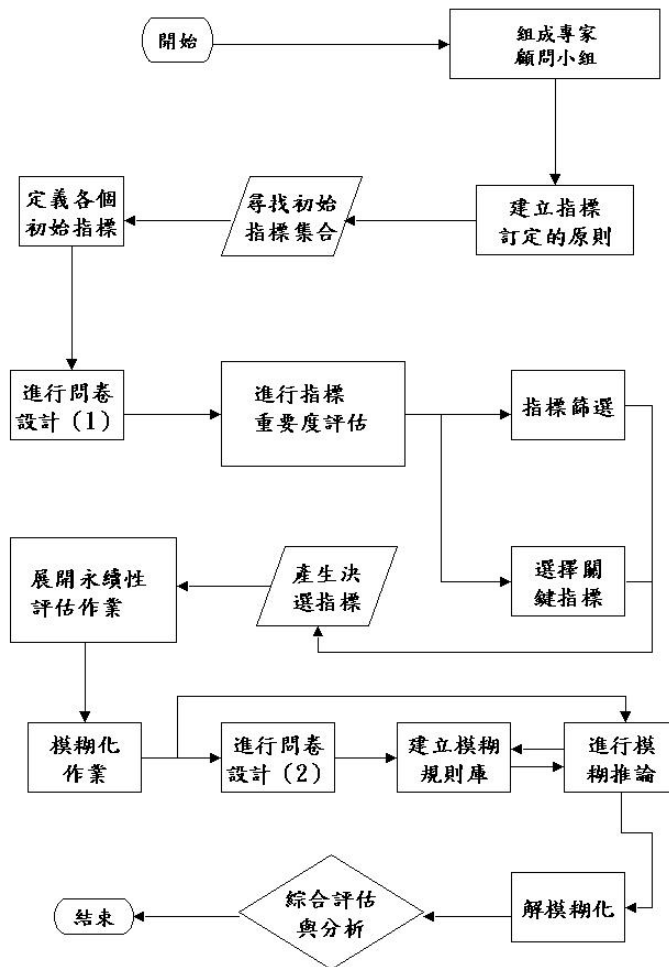


圖 9 模式操作程序圖

2.2 指標系統

2.2.1 建立初始指標集合

從「社會公平面」的角度來建立「城際永續運輸」指標系統，根據 Maclaren【1996】在「都市永續性報告」一文中所提出的六項指標產生方式，本研究基於系統性、邏輯性、使用便利性等多方考量，決定採用以目標基礎架構作為指標的產生方式。目標基礎架構係根據所擬定之目標，由上而下（Top down）來演繹相關指標體系。本研究設定一個總目標，其下包含四個次目標，依據這些目標，參考國內外相關文獻，選取並建構所需之初使指標集合，據以評估我國目前的城際運輸系統有否朝向目標發展。

本研究之總目標為：讓城際運輸系統在社會公平的基礎上達到永續發展；次目標有四項：【1】減少不同運具間不公平的成本負擔現象；【2】滿足不同群體的基本運輸需求；【3】公平地滿足不同群體的基本運輸需求；【4】讓不同世代居民享受到基本的運輸資源。

為了達成此一目標，配合前面章節所建立的指標訂定原則：(1) 使用者實際所支付的費用與應該要支付的費用，差距越小越公平。(2) 運輸服務的使用者未被滿足到應該滿足的程度，或是未享受到應該享受到的運輸服務，則視為一種不公平的狀態。(3) 每一世代所享有的資源應該儘量一樣，至少都要能夠享受到基本的運輸資源，才算是符合世代間的公平。除此之外，考量在「不同運具」、「不同群體」、「不同地域」、「不同世代」的運輸服務使用者之間，追求整體性的公平。

綜合以上所述，本研究產生的初始指標集合如表 1：將指標依衡量對象分成「不同運具」、「不同群體」、「不同地域」、「不同世代」等四個指標群。「不同運具」指標群係針對目前運輸系統裡各種運具，其所造成的成本（包括社會成本與一般成本），與實際所支出的成本不盡相同。為了衡量此一不合理的現象，本研究採用「使用者付費」的原則，訂定相關指標，配合資源使用公平、環境保護公平、權利責任平等的精神，希望能瞭解哪些運具應該支付與實際支付的成本之間，存在著不合理的現象。

「不同群體」指標群本著資源使用公平、社會均衡發展的精神，瞭解集團間是否存在著不平等的現象。不同的群體有沒有滿足「基本的運輸需求」，是本群指標所要衡量的重點。

「不同地域」指標群係為了衡量不同地域之居民的基本運輸需求有否被滿足；「不同世代」指標群係為了衡量不同世代之居民有否享受到基本的運輸資源。強調「基本的運輸資源」乃是由於本研究所追求的公平為立足點的真平等，而非齊頭式的假平等。

表 1 初始指標集合表

總目標	對象	運具分類	初始指標項目	永續性
城際永續運輸在社會公平平面的衡量指標	不同運具	公路運輸	1. 私人運具使用者實際與應該支付成本之差距程度	—
			2. 公路客運使用者實際與應該支付成本之差距程度	—
			3. 公路貨運使用者實際與應該支付成本之差距程度	—
		鐵路運輸	4. 鐵路客運使用者實際與應該支付成本之差距程度	—
			5. 鐵路貨運使用者實際與應該支付成本之差距程度	—
		航空運輸	6. 航空客運使用者實際與應該支付成本之差距程度	—
		水路運輸	7. 水路貨運使用者實際與應該支付成本之差距程度	—
	不同群體	—	8. 老人的基本運輸需求滿足程度	+
			9. 殘障者的基本運輸需求滿足程度	+
			10. 無障礙運輸設施設置比例	+
			11. 偏遠地區居民的基本運輸需求滿足程度	+
			12. 偏遠地區大眾運輸服務班次數	+
			13. 偏遠地區道路可行天數	+
			14. 學童的基本運輸需求滿足程度	+
	15. 一般民眾的基本運輸需求滿足程度	+		
	不同地域	公路運輸	16. (東部地區每年公路運輸延座位公里/每年公路運輸延人公里)與(西部地區每年公路運輸延座位公里/每年公路運輸延人公里)之差【取絕對值】	—
		鐵路運輸	17. (東部地區每年鐵路運輸延座位公里/每年鐵路運輸延人公里)與(西部地區每年鐵路運輸延座位公里/每年鐵路運輸延人公里)之差【取絕對值】	—

		航空運輸	18. (東部地區每年航空運輸延座位公里/每年航空運輸延人公里)與(西部地區每年航空運輸延座位公里/每年航空運輸延人公里)之差【取絕對值】	—
	不同世代	—	19. 每人每年在城際運輸方面不可再生能源之實際消耗量與合理消耗量之差	—
			20. 每人每年在城際運輸方面可再生能源之發展預算與合理投入預算之差	+
			21. 當地每人每年城際運輸建設消耗之土石成本與土壤復育支出之差	—

2.2.2 定義初始指標

表 1 裡四類共 21 項的初始指標，本節將針對每一項指標加以解釋。

1. “不同運具”指標群

不同運具類別裡共產生了 7 項指標，主要是依循指標訂定原則第一條來加以產生。指標訂定原則第一條係闡述「使用者付費」的概念，所謂的「使用者付費」近似於「垂直的公平」，意指獲得的程度越高，其付出的程度也應較高。以我國稅制為例，所得愈高者，課稅會比所得較低者為高。同樣地，在我國城際運輸系統裡，不同運具的運輸服務使用者，本身因旅運行為所產生的成本就不盡相同，所付出的成本更是大相逕庭。倘若實際所付出的成本與應該支付的成本差距越大，對於其他運具的運輸服務使用者而言，並不是一個公平的狀況。為了衡量不同運具的運輸服務使用者，在完成運輸活動的過程裡，究竟有沒有符合公平的原則，本研究遂制訂了 7 項指標，來瞭解不同運具的差異。

指標 1：“私人運具使用者實際與應該支付成本之差距程度”本身為一質化的指標。若以算式表達可以表示為：

$$| \text{私人運具使用者實際支付成本} - \text{私人運具使用者應該支付成本} | \quad (1)$$

如果計算結果越靠近零，代表越公平，反之則為不公平的結果。實際支付成本可能包括燃料稅、牌照稅、路橋通行費等，應該支付成本則較難認定。由於成本的估算實屬不易，我國雖然有發行「臺灣地區運輸倉儲及通信業產值報告」【交通部統計處，民國九十年】，內容蒐集了許多交通行業之收支與財務結構，其中也有關於各行業之支出成本與營收的概算資料，然而此項數據所蒐羅的行業別並不完整（鐵路客、貨運資料沒有分別估算），城際運輸資料與都市運輸資料難以切

割，成本項目認列與估算未必精確（未考量到社會成本），應用上有其困難。

除此之外，城際運輸裡私人運具的實際支出成本在計算上不若其他行業容易統計，估算時也可能會產生許多誤差（某些成本項，以過橋費為例，缺乏運輸距離等資料佐證），為了讓”不同運具”指標群在應用上具有一致性，而且避免成本估算不當產生謬誤的結果，本研究建議將”不同運具”指標群均設定為質化指標。

指標 2：“公路客運使用者實際與應該支付成本之差距程度”為一質化的指標，用來描述我國城際運輸裡，公路客運的使用者實際支出的成本與應該要負擔的成本之間，有沒有存在著不公平的差距。此一差距程度若越大，代表越不公平，表示越不永續（在社會公平的基礎上），所以永續性的正負關係標示為”-”。

指標 3 至指標 7 均為相同型式的質化指標，本研究希望能透過這一群指標，來瞭解不同運具間是否存在著不公平的成本負擔現象。

2. “不同群體”指標群

不同群體類別共產生 8 項指標，主要是依循指標訂定原則第二條來加以產生。指標訂定原則第二條係要求「運輸服務使用者需滿足其基本運輸需求，方能稱之為公平」。老人、殘障者、學童、偏遠地區居民均屬於弱勢團體，其基本的運輸需求應該加以滿足，方能稱之為「社會公平」。然而所謂「基本的運輸需求」，涵蓋許多層面，而且「滿足」、「需求」等均屬於質性名詞，不易使用量化資訊加以表達。

這 8 項指標裡，指標 8、指標 9、指標 11、指標 14、指標 15 均屬於同一類型的質化指標。以指標 8 為例，”老人的基本運輸需求滿足程度”係用來衡量當前的城際運輸系統，有沒有符合老人的基本運輸需求，其滿足狀況為何，是否達到老人族群的要求。本研究裡的”老人”係指「年滿 65 歲以上，居住於臺灣地區的中華民國國民」。指標 9 的”殘障者”係指「身心障礙部分，符合殘障福利法規定，經公立醫院醫師檢查符合規定者」。指標 11 的”偏遠地區居民”在法律上並無明文規定，但泛指「山地、離島、方圓兩公里（此一距離係參考藥師工會醫療會報所訂定）內無任何交通設施地區之居民」。指標 14 的”學童”係指「年滿 12 歲（含）以下的孩童」。通常基本運輸需求滿足程度越良好，代表某一弱勢族群有被照顧到基本的權利，符合本研究所倡之立足點的平等，也代表越永續，所以永續性的正負關係標示為”+”。

指標 10、指標 12、指標 13 屬於量化指標。指標 10：“無障礙運輸設施設置比例”，所謂的「無障礙運輸設施」包括場站的設施（地面鋪設導盲磚）到特殊設計的車廂（低底盤公車或復康巴士，而且車廂內必須考量到殘障者的生理需求）等都是。指標 12：“偏遠地區大眾運輸服務班次數”，此一指標希望瞭解偏遠地區居民使用大眾運輸服務的便利性。指標 13：“偏遠地區道路可行天數”，由於我國每年都有颱風、地震等天災，常常造成偏遠地區居民對外聯絡的道路中斷，

以 921 地震為例，中橫山區道路就造成相當嚴重的災情，透過此一指標希望能夠瞭解偏遠地區道路實際使用狀況。大體而言，這三項指標數值越高越好，所以永續性的正負關係標示為 ”+”。

3. “不同地域”指標群

不同地域類別裡共產生 3 項指標，為了強調空間性，考量城際運輸運輸距離長的特點，以東部運輸走廊和西部運輸走廊作為比較的對象。本類指標仍舊是依循指標訂定原則第二條來加以產生，比較東部運輸走廊居民與西部運輸走廊居民之基本運輸需求滿足程度的差異性。本類指標的設計原理：「運輸服務的供給量/運輸服務的需求量」，希望透過這類指標，瞭解想使用運輸服務的人，究竟有沒有足夠的運輸資源或運輸服務來加以滿足。將東部運輸走廊和西部運輸走廊在不同的運輸工具裡，透過複合式的指標，瞭解不同地域裡是否具有差異性。與”不同群體”指標的最大差異在於，本類指標比較容易使用適當的量化指標來加以表達（現有的統計資料亦能夠加以利用），所以不需要使用到質化的指標。

指標 16：”（東部地區每年公路運輸延座位公里/每年公路運輸延人公里）與（西部地區每年公路運輸延座位公里/每年公路運輸延人公里）之差”【取絕對值】。此一指標所計算結果若越靠近 0，代表不同地域的運輸服務者在運輸服務的供給與需求方面，屬於較公平的狀態；反之，若計算結果離 0 越遠，則代表越不公平，表示越不永續。由於取絕對值之後，數值越大代表越不公平，所以永續性的正負關係標示為 ”—”。

指標 17 與指標 18 基本上設計原理與指標 16 雷同，只是應用於不同運具而已。

4. “不同世代”指標群

不同世代類別裡共產生 3 項指標，主要是依循指標訂定原則第三條，並配合指標原則第二條來加以產生。指標訂定原則第三條係追求「世代間的公平」，同時也是「永續」的精義所在。為了讓每一世代都能夠享有足夠的資源。每一世代都應該儘量節省不可再生資源的消耗量，不斷地開發可再生或可持續性的資源，保護地球上的自然生態環境，留給下一代一個更美好的地球。

指標 19：”每人每年在城際運輸方面不可再生能源之實際消耗量與合理消耗量之差”，其計算方式如下：

每人每年不可再生能源之實際消耗量—每人每年不可再生能源之合理消費量(2)

其中不可再生能源以石化燃料為主，為便於統計，本研究建議以每年石油之消耗量作為計算依據。合理消耗量乃是為了與過去所消耗的能源相比較，本研究建議取過去 10 年之年平均石油消耗量，作為合理消耗量的基準值。指標 19 之計算結果若大於 0，則表示今年度之不可再生能源消耗量比合理之消耗量多，不符合世

代間公平的原則；反之，若小於 0，則表示符合世代間公平的原則，永續性的正負關係標示為“-”。

指標 20：“每人每年在城際運輸方面可再生能源之發展預算與合理投入預算之差”，除了考量到不可再生能源的節約，可再生能源的開發也是相當重要的課題之一。可再生能源包括太陽能、風力、磁力…等存在於大自然的能源，不會隨著使用而逐漸遞減的能源均屬於此類。據估計，全球的石油存量僅能再使用五十年，不可再生能源的開發更顯得意義非凡，本研究希望透過此項指標，瞭解政府開發可再生能源的努力。合理投入預算金額，本研究建議取過去 10 年之年平均預算額度，作為一比較之基準值。倘若預算投入額度越多，代表政府越重視開發未來的運輸資源，所以永續性的正負關係標示為“+”。

指標 21：“當地每人每年城際運輸建設消耗之土石成本與土壤復育支出之差”，由於運輸建設常常會使用到土石，不論是當作建材用的土石或是施工後的棄土，一旦處理不善，容易影響生態環境。因此，本項指標希望能夠要求消耗多少成本的土石，就應當投資這些成本來進行土壤復育的工作。此一數值若小於 0，代表土壤復育的工作越被重視；反之，若數值大於 0，代表土壤復育的工作比不上土石消耗的速度，對於後代子孫而言，將產生負面的影響，所以，永續性的正負關係標示為“-”。

2.2.3 指標篩選

1. 第一階段篩選

本階段指標篩選的原則是將“功能重複性”的指標予以刪除。根據所建立的初始指標集合，如果存在有功能相近、性質雷同的指標，本研究將先行予以刪除。

經過初步判斷，本研究將表 1 之指標 10：「無障礙運輸設施設置比例」、指標 12：「偏遠地區大眾運輸服務班次數」、指標 13：「偏遠地區道路可行天數」刪除。指標 10 就功能上可由指標 9：「殘障者的基本運輸需求滿足程度」予以涵蓋，因為廣義的基本運輸需求滿足程度應該將無障礙運輸設施納入考量，而且「無障礙運輸設施設置比例」在應用時可能會面臨缺乏統計資料的困難，所以本研究認為在沒有適當的量化資料之前，使用指標 9 來涵蓋指標 10 是比較適當的作法。

同樣地，表 1 之指標 12 與指標 13 也可以透過指標 11：「偏遠地區居民的基本運輸需求滿足程度」來加以表達，理由有三：(1) 偏遠地區屬於主觀判斷名詞，法律並沒有明文規範、定義何者為偏遠地區；(2) 當“偏遠地區”無法明確地予以判斷，所謂的“大眾運輸服務班次數”、“道路可行天數”在資料蒐集與統計時，都會引起認知上的爭議；(3) 從功能性的角度而言，廣義的“基本運輸需求滿足程度”可以包括上述兩項量化指標，在沒有進一步的統計資料之前，本研究認為使用質化指標來加以評判屬於比較客觀且合適的作法。表 2 是第一階段刪除後的初始指標集合。

表 2 初始指標集合第一階段篩選結果

總目標	對象	運具分類	初始指標項目	永續性
城際永續運輸在社會公平平面的衡量指標	不同運具	公路運輸	1.私人運具使用者實際與應該支付成本之差距程度	—
			2.公路客運使用者實際與應該支付成本之差距程度	—
			3.公路貨運使用者實際與應該支付成本之差距程度	—
		鐵路運輸	4.鐵路客運使用者實際與應該支付成本之差距程度	—
			5.鐵路貨運使用者實際與應該支付成本之差距程度	—
		航空運輸	6.航空客運使用者實際與應該支付成本之差距程度	—
		水路運輸	7.水路貨運使用者實際與應該支付成本之差距程度	—
	不同群體	—	8.老人的基本運輸需求滿足程度	+
			9.殘障者的基本運輸需求滿足程度	+
			10.偏遠地區居民的基本運輸需求滿足程度	+
			11.學童的基本運輸需求滿足程度	+
			12.一般民眾的基本運輸需求滿足程度	+
	不同地域	公路運輸	13.（東部地區每年公路運輸延座位公里/每年公路運輸延人公里）與（西部地區每年公路運輸延座位公里/每年公路運輸延人公里）之差【取絕對值】	—
		鐵路運輸	14.（東部地區每年鐵路運輸延座位公里/每年鐵路運輸延人公里）與（西部地區每年鐵路運輸延座位公里/每年鐵路運輸延人公里）之差【取絕對值】	—
		航空運輸	15.（東部地區每年航空運輸延座位公里/每年航空運輸延人公里）與（西部地區每年航空運輸延座位公里/每年航空運輸延人公里）之差【取絕對值】	—

不同世代	—	16.每人每年在城際運輸方面不可再生能源之實際消耗量與合理消耗量之差	—
		17.每人每年在城際運輸方面可再生能源之發展預算與合理投入預算之差	+
		18.當地每人每年城際運輸建設消耗之土石成本與土壤復育支出之差	—

2 第二階段篩選 (AHP)

問卷之目的在於比較初始指標集合裡，各類指標彼此間重要性的權重。此項問卷設計係針對指標篩選與關鍵指標之選擇而作。本研究擬採用分析階層程序法 (AHP)，比較各個初選指標裡彼此間重要性的相對權重。權重較低者視為重要性較低的指標，考慮其刪除之可能性；權重較高者視為重要性較高的指標，視為關鍵指標。

本次問卷一共發出了 40 份樣本，經過實際回收與一致性檢定之後，實際的有效問卷共 30 份。產業界的樣本是以交通工程顧問公司員工為調查對象；政府部門的樣本是以交通部公路局職員為調查對象；學術界的樣本是以國立交通大學交通運輸研究所的教授與交通領域研究人員為調查對象；一般民眾的樣本則是採用隨機抽樣，以一對一面談方式完成；以上四種樣本各約佔 1/4。運用 Expert Choice 軟體輔助運算之後，本研究所得到的權重計算結果如圖 10。

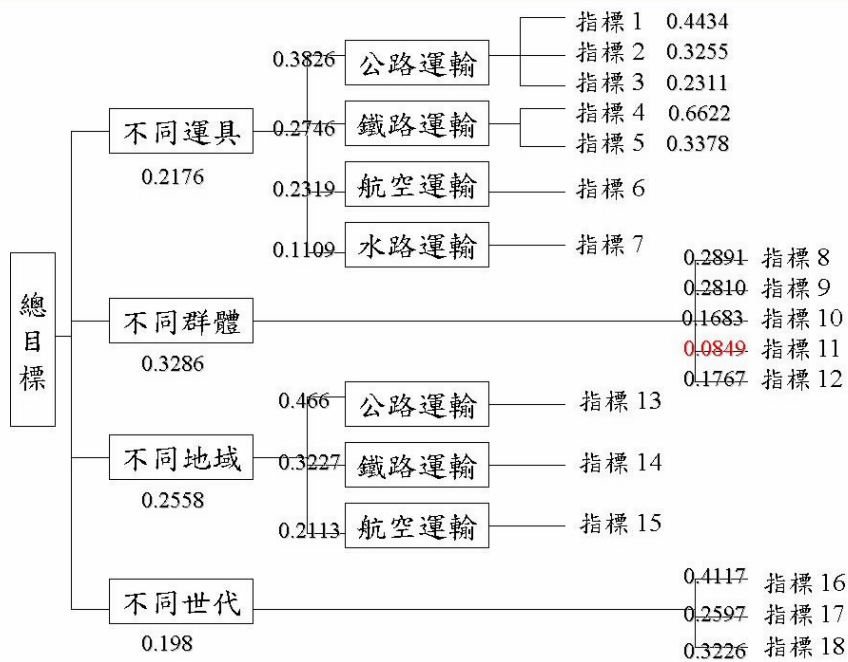


圖 10 AHP 問卷計算結果

依據 AHP 問卷實際統計的結果，本研究發現在“不同群體”指標群裡，指標

11 相對於其他指標而言，屬於權重偏低的指標。經過比較之後，本研究推斷造成此一結果的可能原因為學童的基本運輸需求滿足程度，比起老人、殘障者、偏遠地區居民等弱勢團體，比較沒有那麼重要。而且一般學童的運輸行為，多有父母陪伴，在實質意義上，不若其他的族群般弱勢。有鑑於此，本研究認為將指標 11：「學童的基本運輸需求滿足程度」予以刪除，反而有助於把焦點放在更弱勢的族群。表 3 所條列的是第二階段刪除後的指標集合。

表 3 初始指標集合第二階段篩選結果

總目標	對象	運具分類	初始指標項目	永續性
城際永續運輸在社會公平平面的衡量指標	不同運具	公路運輸	1.私人運具使用者實際與應該支付成本之差距程度	—
			2.公路客運使用者實際與應該支付成本之差距程度	—
			3.公路貨運使用者實際與應該支付成本之差距程度	—
		鐵路運輸	4.鐵路客運使用者實際與應該支付成本之差距程度	—
			5.鐵路貨運使用者實際與應該支付成本之差距程度	—
		航空運輸	6.航空客運使用者實際與應該支付成本之差距程度	—
		水路運輸	7.水路貨運使用者實際與應該支付成本之差距程度	—
	不同群體	—	8.老人的基本運輸需求滿足程度	+
			9.殘障者的基本運輸需求滿足程度	+
			10.偏遠地區居民的基本運輸需求滿足程度	+
			11.一般民眾的基本運輸需求滿足程度	+
	不同地域	公路運輸	12.（東部地區每年公路運輸延座位公里/每年公路運輸延人公里）與（西部地區每年公路運輸延座位公里/每年公路運輸延人公里）之差【取絕對值】	—

		鐵路運輸	13. (東部地區每年鐵路運輸延座位公里/每年鐵路運輸延人公里) 與 (西部地區每年鐵路運輸延座位公里/每年鐵路運輸延人公里) 之差【取絕對值】	—
		航空運輸	14. (東部地區每年航空運輸延座位公里/每年航空運輸延人公里) 與 (西部地區每年航空運輸延座位公里/每年航空運輸延人公里) 之差【取絕對值】	—
	不同世代	—	15. 每人每年在城際運輸方面不可再生能源之實際消耗量與合理消耗量之差	—
			16. 每人每年在城際運輸方面可再生能源之發展預算與合理投入預算之差	+
			17. 當地每人每年城際運輸建設消耗之土石成本與土壤復育支出之差	—

3. 第三階段篩選

透過二階段的篩選，指標集合於實際應用時，必須考量資料是否可取得，方能進行實證分析。本階段指標篩選的原則為”資料可取得性”，畢竟唯有資料能夠取得的指標，才算是可行的指標。

由於本研究以城際運輸為研究範圍，加上不同地域類的指標都必需要能夠將資料區分成東部與西部地區，所以現有的統計資料未必詳實。經過實際的資料蒐集過程，本研究發現指標 12、14、15 都需要加以修改；指標 16 與 17 在實作時，受限於資料缺乏或不完整，實例分析時並無法使用。

指標 12：「(東部地區每年公路運輸延座位公里/每年公路運輸延人公里) 與 (西部地區每年公路運輸延座位公里/每年公路運輸延人公里) 之差」。由於缺乏公路運輸延座位公里資料，所以本研究建議以”道路面積”作為運輸服務供給面的替代變數。另一方面，公路運輸延人公里的資料，據交通部運輸研究所估計，私人運具部分大約有 293138 百萬延人公里、公路客運部分約有 17568 百萬延人公里 (資料來源：交通部公路局)。然而本研究著眼於東部地區與西部地區的相互比較，實際蒐集的資料卻只有”總體”性質的資料，缺乏”個體”細部的資料。為了能夠進行分析，本研究決定使用臺灣省各民營汽車客運公司營運量之統計資料，作為東部與西部地區”個體”資料的替代變數。指標 12 也修正為：「(東部地區每年公路運輸道路面積/每年民營公路客運延人公里) 與 (西部地區每年公路運輸道路面積/每年民營公路客運延人公里) 之差」。

指標 14：「(東部地區每年航空運輸延座位公里/每年航空運輸延人公里) 與 (西部地區每年航空運輸延座位公里/每年航空運輸延人公里) 之差」。由於缺乏

航空運輸延座位公里資料，所以本研究建議以”班次數”作為運輸服務供給面的替代變數；另一方面，航空運輸延人公里的資料，本研究所蒐集的都屬於”總體”性質的統計數據，並沒有符合本研究所需的資料。為了便於分析，本研究建議改用”航空運輸服務使用（搭乘）人數”來作為”航空運輸延人公里”之替代變數。

指標 15：「每人每年在城際運輸方面不可再生能源之實際消耗量與合理消耗量之差」，由於既有的統計資料裡，只有一整體性、全國性的數據，沒有區分為城際運輸與都市運輸，所以本研究建議于實作時，將指標 15 修改為：「每人每年在運輸部門不可再生能源之實際消耗量與合理消耗量之比」，代替原先訂定的指標。

指標 16 與指標 15 問題相同，缺乏更精細的統計資料，所以本研究建議將指標 16 修改為：「每人每年可再生能源之發展預算與合理投入預算之差」，代替原先訂定的指標。然而經過本研究實際調查資料後發現：我國每年中央政府總預算與可再生能源發展有關的預算共有四項，分別為能源發展基金中的（1）能源研究發展（2）能源科技研究發展（3）能源節約服務及推廣（4）能源規劃及管理【行政院，民國八十七年】。

上述四項預算資料從過去到民國八十七年六月為止，一直都屬於中央政府總預算固定的預算編列項目。可是我國自民國八十八年更改會計制度之後，中央政府預算項目也作了部分修正與變動。本研究所需的這四項預算資料，並未出現於會計制度改變後的預算報告書裡。也由於新發佈的中央政府預算明細報告書裡，已經遍尋不著與能源開發有關的預算項目，導致本研究制訂的指標 16 並沒有辦法據以分析，實作時將不會把指標 16 納入分析。

指標 17：「當地每人每年城際運輸建設消耗之土石成本與土壤復育支出之差」，雖然土壤復育支出可由國家每年支出預算而得，但是所消耗的土石成本並沒有相關的統計資料。由於牽涉到成本項，不但沒有合適的替代變數，而且也需要確實的估算，此一指標方能使用，所以本研究建議將指標 18 予以刪除。

表 4 指標集合第三階段決選結果

總目標	對象	運具分類	初始指標項目	永續性
城際永續運	不同運具	公路運輸	1.私人運具使用者實際與應該支付成本之差距程度	—
			2.公路客運使用者實際與應該支付成本之差距程度	—

運輸在社會公平面的衡量指標			3.公路貨運使用者實際與應該支付成本之差距程度	—
		鐵路運輸	4.鐵路客運使用者實際與應該支付成本之差距程度	—
			5.鐵路貨運使用者實際與應該支付成本之差距程度	—
		航空運輸	6.航空客運使用者實際與應該支付成本之差距程度	—
		水路運輸	7.水路貨運使用者實際與應該支付成本之差距程度	—
	不同群體	—	8.老人的基本運輸需求滿足程度	+
			9.殘障者的基本運輸需求滿足程度	+
			10.偏遠地區居民的基本運輸需求滿足程度	+
			11.一般民眾的基本運輸需求滿足程度	+
	不同地域	公路運輸	12. (東部地區每年公路運輸道路面積/每年民營公路客運延人公里) 與 (西部地區每年公路運輸道路面積/每年民營公路客運延人公里) 之差【取絕對值】	—
		鐵路運輸	13. (東部地區每年鐵路運輸延座位公里/每年鐵路運輸延人公里) 與 (西部地區每年鐵路運輸延座位公里/每年鐵路運輸延人公里) 之差【取絕對值】	—
		航空運輸	14. (東部地區每年航空運輸班次數/每年航空運輸搭乘人數) 與 (西部地區每年航空運輸班次數/每年航空運輸搭乘人數) 之差【取絕對值】	—
	不同世代	—	15.每人每年在運輸部門不可再生能源之實際消耗量與合理消耗量之差	—

2.2.4 選擇關鍵指標

根據 AHP 的計算結果，本研究決定將每一群指標裡相對權重最高者視為該群指標裡的關鍵指標。

依據此項原則判斷之結果，本研究選定指標 1：私人運具使用者實際與應該支付成本之差距程度，作為不同運具類別裡，公路運輸指標群的關鍵指標。

其餘如指標 4：鐵路客運使用者實際與應該支付成本之差距程度、指標 8：老人的基本運輸需求滿足程度、指標 9：殘障者的基本運輸需求滿足程度、指標 12：（東部地區每年公路運輸道路面積/每年民營公路客運延人公里）與（西部地區每年公路運輸道路面積/每年民營公路客運延人公里）之差，均為各群指標之關鍵指標。若該群指標只有一項指標，則無須另行選擇關鍵指標來代表這一群指標。

2.2.5 指標整合

指標集合經過層層篩選之後，就成為決選指標集合。本研究將於第五章以臺灣本島為對象，進行實證分析。由於決選指標集合包括質化與量化兩種性質不同的指標，所以指標的整合也是相當重要的工作。

本研究採取「模糊邏輯」作為指標整合的主要方法，但是在應用「模糊邏輯」之前，必需先建立每一層級相對應的隸屬函數與「模糊邏輯」推論時所需的規則資料庫。

1. 設定隸屬函數

本研究採取設定每一層所需之隸屬函數，以問卷訪談專家學者，得到質化指標之模糊語意值。

本研究使用【Shu-Jen Chen, *et al*, 1992】所建議五等分隸屬函數之設定方法，將決選指標集合分隔為數區，將性質相近者分為同一區。同一區裡其隸屬函數之語意區隔均相同，共計如圖 11 之 7 區（R1、R2、R3、R4、B1、Br1、G1）：R1 是代表指標 1 至指標 7 的隸屬函數，將實際支出與應該支出的成本之間的差距程度，分成【很低、低、尚可、高、很高】五個等分；R2 是代表指標 8 至指標 11 的隸屬函數，將“基本運輸需求滿足程度”利用語意變數【很差、差、尚可、好、很好】來加以表達；R3 是代表指標 12 至指標 14 的隸屬函數，將東部地區與西部地區兩個不同地域的居民，進行“運輸服務滿足程度”的比較，不同地域若差異程度越小，代表越公平；R4 是代表指標 15 的隸屬函數，圖形大致與 R3 相同，指標 15 是衡量不可再生能源的消耗量，數值越小越好，所以指標 15 在正規化公式應採用“望小”的計算公式；B1、Br1 所使用的隸屬函數與 R4 一模一樣，同樣都是使用隸屬函數來表達公平與否；G1 的隸屬函數由於要表達永續性的程度，所以口語評估語將使用【很永續、永續、中等、不永續、很不永續】。

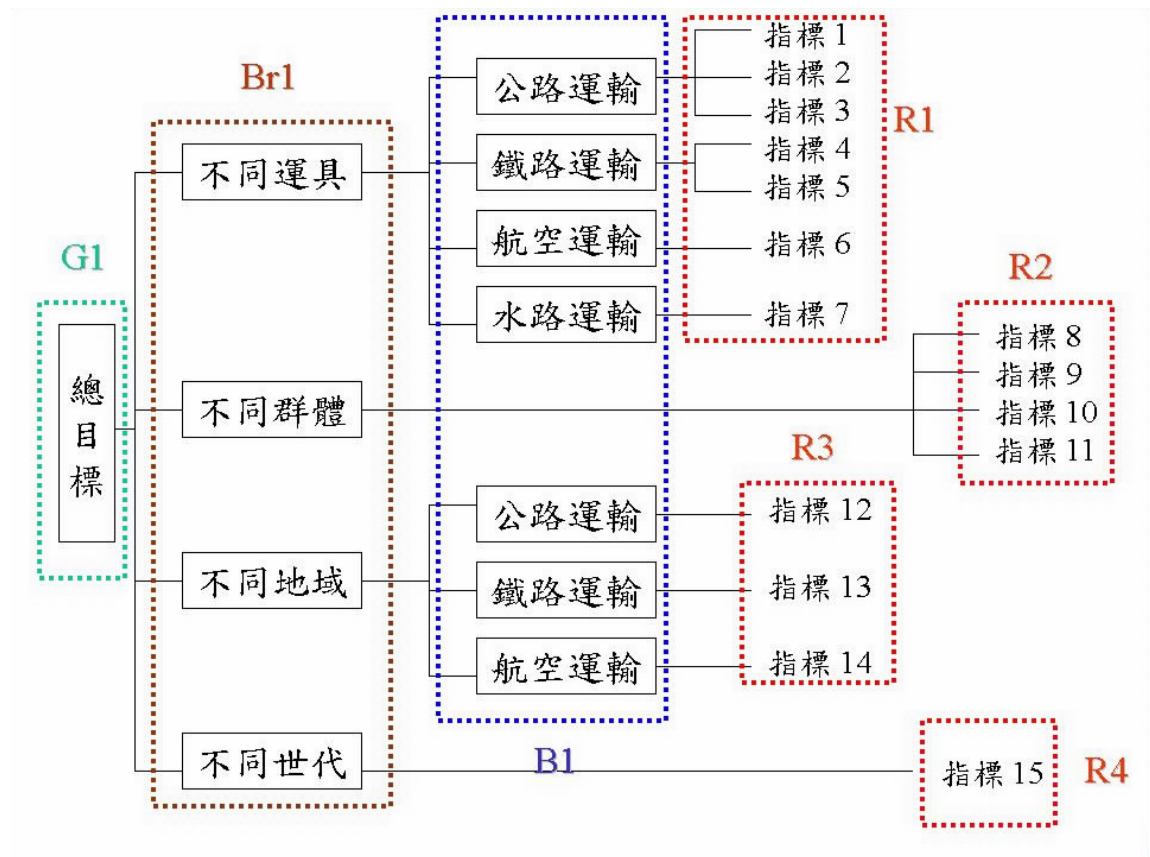


圖 11 隸屬函數代號對照圖

2. 建立模糊規則庫

模糊規則庫是由一組以 If-Then 型式的模糊規則所組成，用來描述系統的輸入/輸出關係。當模糊邏輯運作時，整個模糊推論就好比大腦在思考問題一樣，而模糊規則庫就有如大腦所習得的知識。

模糊規則庫的建立方式大致有三：(1) 由專家學者訪談而得；(2) 由一群受訪者組成一受測團體，經由反覆地訓練，使其成為一熟稔規則的群體；(3) 利用軟體 Matlab 5.3 版來幫助計算。

Matlab 5.3 版是一套模糊邏輯操作過程的應用軟體。應用時必須先把所需之隸屬函數繪製上去，再將口語評估語輸入系統，最後是把每一項指標的權重輸入。透過軟體的運作，可以計算出所需之模糊規則庫，輸出系統的最終結果。

由於本研究所應用之規則庫數目十分繁雜，若以問卷訪談專家學者，勢必會花費許多時間與人力。若以組成受測團體的方式，受限於時間與金錢，可行性也不高。倘使單純使用軟體 Matlab 5.3 版來幫助計算，其內建之資料庫未必符合問題特性，可能會產生難以估計的誤差。

有鑑於此，本研究決定仿照軟體 Matlab 的計算方式，將隸屬函數事先予以假設，配合 AHP 所計算而得的指標權重，讓模糊規則庫依據下列原則：

- 賦予口語評估語得分評點；
- 假設邊界極端值存在；
- 貼近度。

規則庫的數目與系統的輸入項目有關，若想要決定不同運具類別裡“公路運輸”的公平性程度，透過3個指標，加上5個口語評估語【很低、低、尚可、高、很高】，我們會建立出 $5^3=125$ 條IF-THEN規則。

以上述三項原則為例，本研究先賦予口語評估語得分評點，將【很低、低、尚可、高、很高】設為【5、4、3、2、1】。邊界極端值就是將最極端的情況，採取直接對應的方式，例如指標1為【很低】，指標2為【很低】，指標3為【很低】，則本研究假設此一情況下，公路運輸必為【很公平】，得分評點為【5 × 指標1的權重 + 5 × 指標2的權重 + 5 × 指標3的權重 = 5】。

同樣地，當所有指標均為【低】，則本研究假設公路運輸必為【公平】，得分評點為4，依此類推。

因此，若指標1為【很低】，指標2為【很低】，指標3為【尚可】，公路運輸的得分評點為【5 × 指標1的權重 + 5 × 指標2的權重 + 3 × 指標3的權重 = 4.5378】。配合貼近度之原則，此一計算結果距離【很公平】較近，所以歸屬於【很公平】。

由於整個系統所建立的模糊規則數目相當繁多，本報告不一一列舉。模糊規則庫建立完畢之後，本研究將依據所選定之指標集合，利用模糊邏輯的概念，加以整合，瞭解我國城際運輸系統，在社會公平方面，有沒有朝向永續的方向來發展。

2.3 實例研究

「社會公平面的城際運輸永續發展指標系統」建立完成之後，本研究以臺灣本島作為實例分析對象。考量到資料蒐集的完整性，兼顧到現況描述的功能，本研究決定以民國八十九年作為分析時間。

本研究所建立之指標系統共分為四群15項指標，其中包含兩群指標為質化指標。而質化指標之口語評估語的評估結果，係利用問卷訪問專家學者而得。

2.3.1 不同運具間

經過調查分析發現，公路運輸指標群整合結果為『尚可，0.36』與『不公平，0.19』，鐵路運輸整合結果為『公平，0.45』，航空運輸整合結果為『尚可，1.0』，水路運輸整合結果為『尚可，1.0』。本階段所使用的模糊規則庫共有 $5^4=625$ 條規則，利用「模糊邏輯」進行推論，使用了其中的2條規則，得到的結果如下所示：

- If 公路運輸為『尚可，0.36』，and 鐵路運輸為『公平，0.45』，and 航空運輸為『尚可，1.0』，and 水路運輸為『尚可，1.0』，Then 不同運具為『尚可，0.36』。
- If 公路運輸為『不公平，0.19』，and 鐵路運輸為『公平，0.45』，and 航空運輸為『尚可，1.0』，and 水路運輸為『尚可，1.0』，Then 不同運具為『尚可，0.19』。

合成結果得知，不同運具間的公平性為『尚可，0.36』。

2.3.2 不同群體間

經過調查分析發現，指標 8：老人的基本運輸需求滿足程度，其結果為『差，0.77』；指標 9：殘障者的基本運輸需求滿足程度，其結果為『差，0.865』；指標 10：偏遠地區居民的基本運輸需求滿足程度，其結果為『差，0.22』與『尚可，0.32』；指標 11：一般民眾的基本運輸需求滿足程度，其結果為『尚可，0.56』。利用本研究所建立之模糊規則庫（本群指標之模糊規則資料庫共 $5^4=625$ 條規則），透過模糊邏輯之運算，推論結果如下：

- If 指標 8 為『差，0.77』，and 指標 9 為『差，0.865』，and 指標 10 為『差，0.22』，and 指標 11 為『尚可，0.56』，Then 不同群體為『不公平，0.22』。
- If 指標 8 為『差，0.77』，and 指標 9 為『差，0.865』，and 指標 10 為『尚可，0.32』，and 指標 11 為『尚可，0.56』，Then 不同群體為『不公平，0.32』。

合成結果得知，不同群體間的公平性為『不公平，0.32』。

2.3.3 不同地域間

經過調查分析發現，公路運輸之整合分析結果為『不公平，0.39』與『尚可，0.17』，鐵路運輸之整合分析結果為『公平，0.4』與『很公平，0.4』，航空運輸之整合分析結果為『公平，0.39』與『很公平，0.41』。利用本研究所建立之模糊規則庫（本群指標之模糊規則資料庫共 $5^3=125$ 條規則），透過模糊邏輯之運算，實際使用了其中的 8 條規則，推論結果如下：

- If 公路運輸為『不公平，0.39』，and 鐵路運輸為『公平，0.4』，and 航空運輸為『公平，0.39』，Then 不同地域為『尚可，0.39』。
- If 公路運輸為『尚可，0.17』，and 鐵路運輸為『公平，0.4』，and 航空運輸為『公平，0.39』，Then 不同地域為『公平，0.17』。
- If 公路運輸為『不公平，0.39』，and 鐵路運輸為『公平，0.4』，and 航空運輸為『很公平，0.41』，Then 不同地域為『尚可，0.39』。
- If 公路運輸為『尚可，0.17』，and 鐵路運輸為『公平，0.4』，and 航空運輸

為『很公平，0.41』，Then 不同地域為『公平，0.17』。

- If 公路運輸為『不公平，0.39』，and 鐵路運輸為『很公平，0.4』，and 航空運輸為『公平，0.39』，Then 不同地域為『尚可，0.39』。
- If 公路運輸為『尚可，0.17』，and 鐵路運輸為『很公平，0.4』，and 航空運輸為『公平，0.39』，Then 不同地域為『公平，0.17』。
- If 公路運輸為『不公平，0.39』，and 鐵路運輸為『很公平，0.4』，and 航空運輸為『很公平，0.41』，Then 不同地域為『公平，0.39』。
- If 公路運輸為『尚可，0.17』，and 鐵路運輸為『很公平，0.4』，and 航空運輸為『很公平，0.41』，Then 不同地域為『公平，0.17』。

合成結果得知，不同地域間的公平性為『尚可，0.39』與『公平，0.39』。

2.3.4 不同世代間

不同世代類的指標有 1 項，屬於量化指標，然而本類指標在應用前，有一項很重要的基本假設：不同世代間的資源並不會因為科技進步產生急遽的變化。經由調查分析發現，將正規化數值配合所建立之隸屬函數，可以得知指標 15 屬於『尚可，0.74』。

2.3.5 綜合分析

由上述各節可以得知，就現況而言(民國 89 年)，不同運具的整合結果為『尚可，0.36』，不同群體的整合結果為『不公平，0.32』，不同地域的整合結果為『尚可，0.39』與『公平，0.39』，不同世代的整合結果為『尚可，0.74』。利用本研究所建立之模糊規則庫(本群指標之模糊規則資料庫共 $5^4=625$ 條規則)，透過模糊邏輯之運算，推論結果如下：

- If 不同運具為『尚可，0.36』，不同群體為『不公平，0.32』，不同地域為『尚可，0.39』，不同世代為『尚可，0.74』，Then 我國城際運輸在社會公平面的永續性程度為『中等，0.32』。
- If 不同運具為『尚可，0.36』，不同群體為『不公平，0.32』，不同地域為『公平，0.39』，不同世代為『尚可，0.74』，Then 我國城際運輸在社會公平面的永續性程度為『中等，0.32』。

顯示民國八十九年我國城際運輸在社會公平面的永續性程度為『中等』。利用”重心法”解模糊化，G 代表解模糊化之數值：

$$G = (0.3 \times 0 + 0.4 \times 0.32 + 0.5 \times 0.32 + 0.6 \times 0.32 + 0.7 \times 0) / (0 + 0.32 + 0.32 + 0.32 + 0) = 0.5$$

計算結果可作為輔助判斷永續性程度的另一項參考依據。以本研究為例，1.0 代表完全永續，0 代表完全不永續，我國正好處於中間位置。

2.4 政策敏感度分析

透過本研究所建立之「城際運輸永續發展指標系統」，配合實例分析，可以瞭解我國目前的城際運輸系統的永續發展程度屬於『中等』。

本節將參考國內外相關文獻，虛擬未來可能執行的新政策，是否會對我國城際運輸在社會公平方面，產生某種程度的影響。倘若某項政策能夠改善我國城際運輸系統的永續發展程度，亦可作為政府擬定相關政策的參考。擬定虛擬政策影響年期為現況之 5 年後(民國 94 年)，而且所有的虛擬政策彼此獨立，互不影響。由於量化指標牽涉到相關資料的預測問題，為了避免預測不當影響評估結果，本研究擬定之虛擬政策將以改善質化指標為首要之務。未來若能夠取得更詳實、更完整的數據資料，本研究將繼續針對量化指標部分來加以探討。

2.4.1 減少私人運具使用者實際與應該支付成本之差距程度（虛擬政策 1）

經過第五章實例分析之後，本研究發現指標 1：私人運具使用者實際與應該支付成本之差距程度，經過問卷訪談結果為『高，0.82』。差距程度若越小，代表越公平；反之，差距程度若為『高』，代表越不公平。

私人運具相較於其他運具，的確產生了許多額外的外部性成本。【Eran, 2002】建議了一些政策，例如加徵燃料稅、運具稅、污染稅、要求新車安裝觸媒轉化器、提高運具的廢氣排放檢驗標準等。

假設本研究制定了一項虛擬政策，仿照【Eran, 2002】的建議，讓私人運具使用者必須增加實際支出成本，以期能減少實際與應該支付成本之差距程度。

1. 差距程度由『高』→『尚可』

假設虛擬政策執行後，能夠於五年內讓私人運具使用者實際與應該支付成本之差距程度由原先的『高，0.82』→『尚可，0.82』，其他指標的績效不變時，已知指標 1 的結果為『尚可，0.82』，指標 2 的結果為『低，0.36』和『尚可，0.19』，指標 3 的結果為『高，0.6』，共使用了 2 條模糊規則，模糊推論的結果如下：

If 指標 1	And 指標 2	And 指標 3	Then 公路運輸
尚可	低	高	尚可
尚可	尚可	高	尚可

利用”最大—最小”的合成方式，本研究得到如下的推論結果：

- (1) If 指標 1 為『尚可, 0.82』, and 指標 2 為『低, 0.36』, and 指標 3 為『高, 0.6』, Then 公路運輸為『尚可, 0.36』。
- (2) If 指標 1 為『尚可, 0.82』, and 指標 2 為『尚可, 0.19』, and 指標 3 為『高, 0.6』, Then 公路運輸為『尚可, 0.19』。

合成結果得知, 公路運輸為『尚可, 0.36』。

與不同運具指標群的其他指標互相整合, 已知公路運輸指標群整合結果為『尚可, 0.36』; 鐵路運輸整合結果為『公平, 0.45』; 航空運輸整合結果為『尚可, 1.0』; 水路運輸整合結果為『尚可, 1.0』。本階段所使用的模糊規則庫共有 $5^4=625$ 條規則, 利用「模糊邏輯」進行推論, 使用了其中的 1 條規則, 得到的結果如下所示:

If 公路運輸	And 鐵路運輸	And 航空運輸	And 水路運輸	Then 不同運具
尚可	公平	尚可	尚可	尚可

利用“最大—最小”的合成方式, 本研究得到如下的推論結果:

- (1) If 公路運輸為『尚可, 0.36』, and 鐵路運輸為『公平, 0.45』, and 航空運輸為『尚可, 1.0』, and 水路運輸為『尚可, 1.0』, Then 不同運具為『尚可, 0.36』。

合成結果得知, 不同運具間的公平性為『尚可, 0.36』。此一結果與虛擬政策執行前一樣, 政策並未帶來預期的效果。

2. 差距程度由『高』→『低』

假設虛擬政策執行後, 能夠於五年內讓私人運具使用者實際與應該支付成本之差距程度由原先的『高, 0.82』→『低, 0.82』, 其他指標的績效不變時, 已知指標 1 的結果為『低, 0.82』, 指標 2 的結果為『低, 0.36』和『尚可, 0.19』, 指標 3 的結果為『高, 0.6』, 共使用了 2 條模糊規則, 模糊推論的結果如下:

If 指標 1	And 指標 2	And 指標 3	Then 公路運輸
低	低	高	公平
低	尚可	高	尚可

利用“最大—最小”的合成方式, 本研究得到如下的推論結果:

- (1) If 指標 1 為『低, 0.82』, and 指標 2 為『低, 0.36』, and 指標 3 為『高, 0.6』, Then 公路運輸為『公平, 0.45』。

0.6』，Then 公路運輸為『公平，0.36』。

- (2) If 指標 1 為『低，0.82』，and 指標 2 為『尚可，0.19』，and 指標 3 為『高，0.6』，Then 公路運輸為『尚可，0.19』。

合成結果得知，公路運輸為『公平，0.36』與『尚可，0.19』。

與不同運具指標群的其他指標互相整合，已知公路運輸指標群整合結果為『公平，0.36』與『尚可，0.19』；鐵路運輸整合結果為『公平，0.45』；航空運輸整合結果為『尚可，1.0』；水路運輸整合結果為『尚可，1.0』。本階段所使用的模糊規則庫共有 $5^4=625$ 條規則，利用「模糊邏輯」進行推論，使用了其中的 2 條規則，得到的結果如下所示：

If 公路運輸	And 鐵路運輸	And 航空運輸	And 水路運輸	Then 不同運具
公平	公平	尚可	尚可	公平
尚可	公平	尚可	尚可	尚可

利用”最大—最小”的合成方式，本研究得到如下的推論結果：

- (1) If 公路運輸為『公平，0.36』，and 鐵路運輸為『公平，0.45』，and 航空運輸為『尚可，1.0』，and 水路運輸為『尚可，1.0』，Then 不同運具為『公平，0.36』。
- (2) If 公路運輸為『尚可，0.19』，and 鐵路運輸為『公平，0.45』，and 航空運輸為『尚可，1.0』，and 水路運輸為『尚可，1.0』，Then 不同運具為『尚可，0.19』。

合成結果得知，不同運具間的公平性為『公平，0.36』與『尚可，0.19』；相較於原先的結果，似乎有所改善。

由上述結果可以得知，若虛擬政策實施後將指標 1：私人運具使用者實際與應該支付成本之差距程度，由『高』改善至『低』，則不同運具的整合結果為『公平，0.36』與『尚可，0.19』，不同群體的整合結果為『不公平，0.32』，不同地域的整合結果為『尚可，0.39』與『公平，0.39』，不同世代的整合結果為『尚可，0.74』。利用本研究所建立之模糊規則庫（本群指標之模糊規則資料庫共 $5^4=625$ 條規則），透過模糊邏輯之運算，推論結果如下：

If 不同運具	And 不同群體	And 不同地域	And 不同世代	Then 城際運輸
公平	不公平	尚可	尚可	中等

公平	不公平	公平	尚可	中等
尚可	不公平	尚可	尚可	中等
尚可	不公平	公平	尚可	中等

利用”最大—最小”的合成方式，本研究得到如下的推論結果：

- (1) If 不同運具為『公平，0.36』，不同群體為『不公平，0.32』，不同地域為『尚可，0.39』，不同世代為『尚可，0.74』，Then 我國城際運輸在社會公平平面的永續性程度為『中等，0.32』。
- (2) If 不同運具為『公平，0.36』，不同群體為『不公平，0.32』，不同地域為『公平，0.39』，不同世代為『尚可，0.74』，Then 我國城際運輸在社會公平平面的永續性程度為『中等，0.32』。
- (3) If 不同運具為『尚可，0.19』，不同群體為『不公平，0.32』，不同地域為『尚可，0.39』，不同世代為『尚可，0.74』，Then 我國城際運輸在社會公平平面的永續性程度為『中等，0.19』。
- (4) If 不同運具為『尚可，0.19』，不同群體為『不公平，0.32』，不同地域為『尚可，0.39』，不同世代為『尚可，0.74』，Then 我國城際運輸在社會公平平面的永續性程度為『中等，0.19』。

3. 分析

合成結果顯示，若實施虛擬政策，即使將指標 1 的差距程度減少，我國城際運輸在社會公平平面的永續性程度仍為『中等』。雖然指標 1 的差距程度由『高』→『低』比起『高』→『尚可』更能夠改善不同運具之間的公平性，但是一項指標所能夠影響的範圍有限，可能必須搭配其他政策一起實施，或許較有整體性的改善效果。

2.4.2 改善老人的基本運輸需求滿足程度（虛擬政策 2）

經過實例研究分析後，指標 8：老人的基本運輸需求滿足程度，經過問卷訪談結果為『差，0.77』。就現況而言，滿足程度不佳的原因，可能與大眾運輸的服務範圍、服務班次密度、駕駛員的服務態度、票價等因素有關。假設本研究考量上述因素，擬定了第二項的虛擬政策，提高老人的基本運輸需求滿足程度，對於整體城際運輸的永續性會產生何種影響？

- 滿足程度由『差』→『尚可』

若虛擬政策實施後，五年內讓指標 8：老人的基本運輸需求滿足程度，其結果由『差，0.77』改變為『尚可，0.77』；指標 9：殘障者的基本運輸需求滿足程

度，其結果為『差，0.865』；指標 10：偏遠地區居民的基本運輸需求滿足程度，其結果為『差，0.22』與『尚可，0.32』；指標 11：一般民眾的基本運輸需求滿足程度，其結果為『尚可，0.56』。利用本研究所建立之模糊規則庫（本群指標之模糊規則資料庫共 $5^4=625$ 條規則），透過模糊邏輯之運算，推論結果如下：

If 指標 8	And 指標 9	And 指標 10	And 指標 11	Then 不同群體
尚可	差	差	尚可	尚可
尚可	差	尚可	尚可	尚可

利用“最大—最小”的合成方式，本研究得到如下的推論結果：

- (1) If 指標 8 為『尚可，0.77』，and 指標 9 為『差，0.865』，and 指標 10 為『差，0.22』，and 指標 11 為『尚可，0.56』，Then 不同群體為『尚可，0.22』。
- (2) If 指標 8 為『尚可，0.77』，and 指標 9 為『差，0.865』，and 指標 10 為『尚可，0.32』，and 指標 11 為『尚可，0.56』，Then 不同群體為『尚可，0.32』。

合成結果得知，不同群體間的公平性為『尚可，0.32』；相較於原先的『不公平』，此一虛擬政策對於改善不同群體間的公平性似乎較有效果。

若第二項虛擬政策實施後將指標 8：老人的基本運輸需求滿足程度，由『差』改善至『尚可』，則不同運具的整合結果為『尚可，0.36』，不同群體的整合結果為『尚可，0.32』，不同地域的整合結果為『尚可，0.39』與『公平，0.39』，不同世代的整合結果為『尚可，0.74』。利用本研究所建立之模糊規則庫（本群指標之模糊規則資料庫共 $5^4=625$ 條規則），透過模糊邏輯之運算，推論結果如下：

If 不同運具	And 不同群體	And 不同地域	And 不同世代	Then 城際運輸
尚可	尚可	尚可	尚可	中等
尚可	尚可	公平	尚可	中等

利用“最大—最小”的合成方式，本研究得到如下的推論結果：

- (1) If 不同運具為『尚可，0.36』，不同群體為『尚可，0.32』，不同地域為『尚可，0.39』，不同世代為『尚可，0.74』，Then 我國城際運輸在社會公平面的永續性程度為『中等，0.32』。
- (2) If 不同運具為『尚可，0.36』，不同群體為『尚可，0.32』，不同地域為『公平，0.39』，不同世代為『尚可，0.74』，Then 我國城際運輸在社會公平面

的永續性程度為『中等，0.32』。

合成結果顯示，實施第二項虛擬政策之後，我國城際運輸在社會公平面的永續性程度為『中等，0.32』，與未實施前並沒有多大改變。單一政策能夠影響的對象與範圍有限，如果要獲得一整體性的改變結果，可能得將數項政策予以配合施行，方能看到一整體性的改善效果。然而有時必須視政策目標來擬定政策，並非多項政策同時改善就一定會得到最佳的效果。本研究乃假設所有的虛擬政策間彼此獨立，實際情況則未必如此，所以擬定政策時仍須依據目標，作一通盤而周全的考量。

2.4.3 改善殘障者的基本運輸需求滿足程度（虛擬政策3）

經過實例研究分析後，指標 9：殘障者的基本運輸需求滿足程度，經過問卷訪談結果為『差，0.865』。就現況而言，滿足程度不佳的原因，可能與無障礙設施的設置比例、斜坡道的設置比例、道路導盲磚的設置比例、路口音響號誌的設置比例、復康巴士的相關服務【張勝雄，民國九十一年】等因素有關。假設本研究考量上述因素，擬定了第三項的虛擬政策，提高殘障者的基本運輸需求滿足程度，對於整體城際運輸的永續性會產生何種影響？

▪ 滿足程度由『差』→『尚可』

若虛擬政策實施後，五年內讓指標 9：殘障者的基本運輸需求滿足程度，其結果由『差，0.865』改變為『尚可，0.865』；指標 8：老人的基本運輸需求滿足程度，其結果為『差，0.77』；指標 10：偏遠地區居民的基本運輸需求滿足程度，其結果為『差，0.22』與『尚可，0.32』；指標 11：一般民眾的基本運輸需求滿足程度，其結果為『尚可，0.56』。利用本研究所建立之模糊規則庫（本群指標之模糊規則資料庫共 $5^4=625$ 條規則），透過模糊邏輯之運算，推論結果如下：

If 指標 8	And 指標 9	And 指標 10	And 指標 11	Then 不同群體
差	尚可	差	尚可	尚可
差	尚可	尚可	尚可	尚可

利用“最大—最小”的合成方式，本研究得到如下的推論結果：

- (1) If 指標 8 為『差，0.77』，and 指標 9 為『尚可，0.865』，and 指標 10 為『差，0.22』，and 指標 11 為『尚可，0.56』，Then 不同群體為『尚可，0.22』。
- (2) If 指標 8 為『差，0.77』，and 指標 9 為『尚可，0.865』，and 指標 10 為『尚可，0.32』，and 指標 11 為『尚可，0.56』，Then 不同群體為『尚可，0.32』。

合成結果得知，不同群體間的公平性為『尚可，0.32』；相較於原先的『不公平』，此一虛擬政策對於改善不同群體間的公平性似乎較有效果。

若第三項虛擬政策實施後將指標 9：殘障者的基本運輸需求滿足程度，由『差』改善至『尚可』，則不同運具的整合結果為『尚可，0.36』，不同群體的整合結果為『尚可，0.32』，不同地域的整合結果為『尚可，0.39』與『公平，0.39』，不同世代的整合結果為『尚可，0.74』。利用本研究所建立之模糊規則庫（本群指標之模糊規則資料庫共 $5^4=625$ 條規則），透過模糊邏輯之運算，推論結果如下：

If 不同運具	And 不同群體	And 不同地域	And 不同世代	Then 城際運輸
尚可	尚可	尚可	尚可	中等
尚可	尚可	公平	尚可	中等

利用”最大—最小”的合成方式，本研究得到如下的推論結果：

- (1) If 不同運具為『尚可，0.36』，不同群體為『尚可，0.32』，不同地域為『尚可，0.39』，不同世代為『尚可，0.74』，Then 我國城際運輸在社會公平面的永續性程度為『中等，0.32』。
- (2) If 不同運具為『尚可，0.36』，不同群體為『尚可，0.32』，不同地域為『公平，0.39』，不同世代為『尚可，0.74』，Then 我國城際運輸在社會公平面的永續性程度為『中等，0.32』。

合成結果顯示，實施第二項虛擬政策之後，我國城際運輸在社會公平面的永續性程度為『中等，0.32』，與未實施前並沒有多大改變。

2.4.4 三項虛擬政策同時施行

假設現有三項虛擬政策，第一項虛擬政策可減少私人運具使用者實際與應該支付成本之差距程度，將差距程度由『高』→『低』；第二項虛擬政策可提高老人的基本運輸需求滿足程度，由『差』→『尚可』；第三項虛擬政策可提高殘障者的基本運輸需求滿足程度，由『差』→『尚可』。又假設三項政策彼此間相互獨立，同時施行，五年內對於我國城際運輸的永續性影響分析如下。

由於指標 8 與指標 9 屬於同一指標群，若同時改善之後，指標 8：老人的基本運輸需求滿足程度，其結果由『差，0.77』改變為『尚可，0.77』；指標 9：殘障者的基本運輸需求滿足程度，其結果由『差，0.865』改變為『尚可，0.865』；指標 10：偏遠地區居民的基本運輸需求滿足

程度，其結果為『差，0.22』與『尚可，0.32』；指標 11：一般民眾的基本運輸需求滿足程度，其結果為『尚可，0.56』。利用本研究所建立之模糊規則庫(本群指標之模糊規則資料庫共 $5^4=625$ 條規則)，透過模糊邏輯之運算，推論結果如下：

If 指標 8	And 指標 9	And 指標 10	And 指標 11	Then 不同群體
尚可	尚可	差	尚可	尚可
尚可	尚可	尚可	尚可	尚可

利用”最大—最小”的合成方式，本研究得到如下的推論結果：

- (1) If 指標 8 為『尚可，0.77』，and 指標 9 為『尚可，0.865』，and 指標 10 為『差，0.22』，and 指標 11 為『尚可，0.56』，Then 不同群體為『尚可，0.22』。
- (2) If 指標 8 為『尚可，0.77』，and 指標 9 為『尚可，0.865』，and 指標 10 為『尚可，0.32』，and 指標 11 為『尚可，0.56』，Then 不同群體為『尚可，0.32』。

合成結果得知，不同群體間的公平性為『尚可，0.32』。配合第一項虛擬政策的實施，已知不同運具的整合結果為『公平，0.36』與『尚可，0.19』，不同群體的整合結果為『尚可，0.32』，不同地域的整合結果為『尚可，0.39』與『公平，0.39』，不同世代的整合結果為『尚可，0.74』。利用本研究所建立之模糊規則庫(本群指標之模糊規則資料庫共 $5^4=625$ 條規則)，透過模糊邏輯之運算，推論結果如下：

If 不同運具	And 不同群體	And 不同地域	And 不同世代	Then 城際運輸
公平	尚可	尚可	尚可	中等
公平	尚可	公平	尚可	中等
尚可	尚可	尚可	尚可	中等
尚可	尚可	公平	尚可	中等

利用”最大—最小”的合成方式，本研究得到如下的推論結果：

- (1) If 不同運具為『公平，0.36』，不同群體為『尚可，0.32』，不同地域為『尚可，0.39』，不同世代為『尚可，0.74』，Then 我國城際運輸在社會公平面的永續性程度為『中等，0.32』。

- (2) If 不同運具為『公平，0.36』，不同群體為『尚可，0.32』，不同地域為『公平，0.39』，不同世代為『尚可，0.74』，Then 我國城際運輸在社會公平面的永續性程度為『中等，0.32』。
- (3) If 不同運具為『尚可，0.19』，不同群體為『尚可，0.32』，不同地域為『尚可，0.39』，不同世代為『尚可，0.74』，Then 我國城際運輸在社會公平面的永續性程度為『中等，0.19』。
- (4) If 不同運具為『尚可，0.19』，不同群體為『尚可，0.32』，不同地域為『尚可，0.39』，不同世代為『尚可，0.74』，Then 我國城際運輸在社會公平面的永續性程度為『中等，0.19』。

合成結果顯示，三項虛擬政策同時施行，我國城際運輸在社會公平面的永續性程度為『中等，0.32』。

2.4.5 小結

乍看之下，即使三項虛擬政策同時實施，與僅僅實施一項政策，甚至不實施任何的虛擬政策，對於我國城際運輸的永續性，效果似乎差異不大。然而這並不表示，虛擬政策都不會帶來任何的成效。根據虛擬政策分析的結果顯示，每一項虛擬政策的改善，對於所屬的指標群，均會產生某種程度的影響。然而誠如前文所言，每一項虛擬政策僅針對單一目標而擬定，影響的範圍與程度有限，縱使對於所屬的指標群有所影響，卻無法改變整體性的效果。這樣的結果也間接地說明，光靠少數的政策改善，並沒有辦法直接地對我國目前的運輸現況產生立即、重大的改變，可能需要整體性的全面改善，方能提昇我國城際運輸系統在社會公平面的永續性程度。

由於本研究假設虛擬政策的影響年期為自民國八十九年之後的五年間，所以虛擬政策的改善效果原則上以改善一至二個狀態為限，例如由『差』→『尚可』。倘若評估年期能再延長，或許這些虛擬政策的影響效果會更加地深遠。值得注意的是，本研究雖假設每一項虛擬政策均相互獨立，彼此間並不會造成任何影響，實務面上或許未必如此。以改善老人的基本運輸需求滿足程度與改善殘障者的基本運輸需求滿足程度為例，如果政府投入改善措施的總預算有限，則或許會面臨何者應該優先被照顧？預算額度應該如何分配？…等問題，屆時可能所有的虛擬政策無法追求單一目標利益最大化，而必須更改為追求總社會利益最大化的情況。另外，經由虛擬政策分析，或許能夠幫助判斷哪一項政策施行時，需要花費的成本，此即「模糊控制」的觀念。「模糊控制」就是當操作模糊邏輯模式時，改變模式的輸入項，觀察模式的輸出結果之變化。經由控制結果予以比較，或許可以協助決定政策實施的優先性。

第三章 經濟效率面指標系統

3.1 研究構想

3.1.1 理論架構

本研究的理論架構如圖 12 所示，首先釐清城際永續運輸經濟效率意義，產生各個構面，建立指標產生架構並產生永續指標，接下來進行權重的求取，最後則可以進行指標之整合與結果分析。

本研究建立城際永續運輸經濟效率面指標系統之理論架構，可從研究架構分析中的各個單元及其相互間的關係獲得整體性的瞭解。主要分為四個單元：

- 1、探討城際永續運輸經濟效率面之意義。
- 2、產生指標並分析可得之指標資料。
- 3、建立權重。
- 4、整合指標。

城際永續運輸經濟效率指標的產生，本研究先從城際永續運輸經濟效率面意義與相關指標之文獻回顧與探討來界定城際永續運輸經濟效率之各個構面，接下來建立指標產生架構，最後產生對應的永續指標並對可得之指標資料進行分析。

可用之永續指標產生之後，接下來要對每一年度的指標值進行整合，則必須先求得各個構面的相對權重以及各個構面下之指標的相對權重。權重必須要考慮每個構面與指標的重要性，本研究採用分析階層程序法（analytic hierarchy process, AHP）。分析階層程序法為常用且一般較能被大眾接受的權重求取方法，其主要特色在於能把任何複雜、多變化、多人員、多準則的決策問題透過專家集體之共識求出權重，且方法簡單、操作容易。

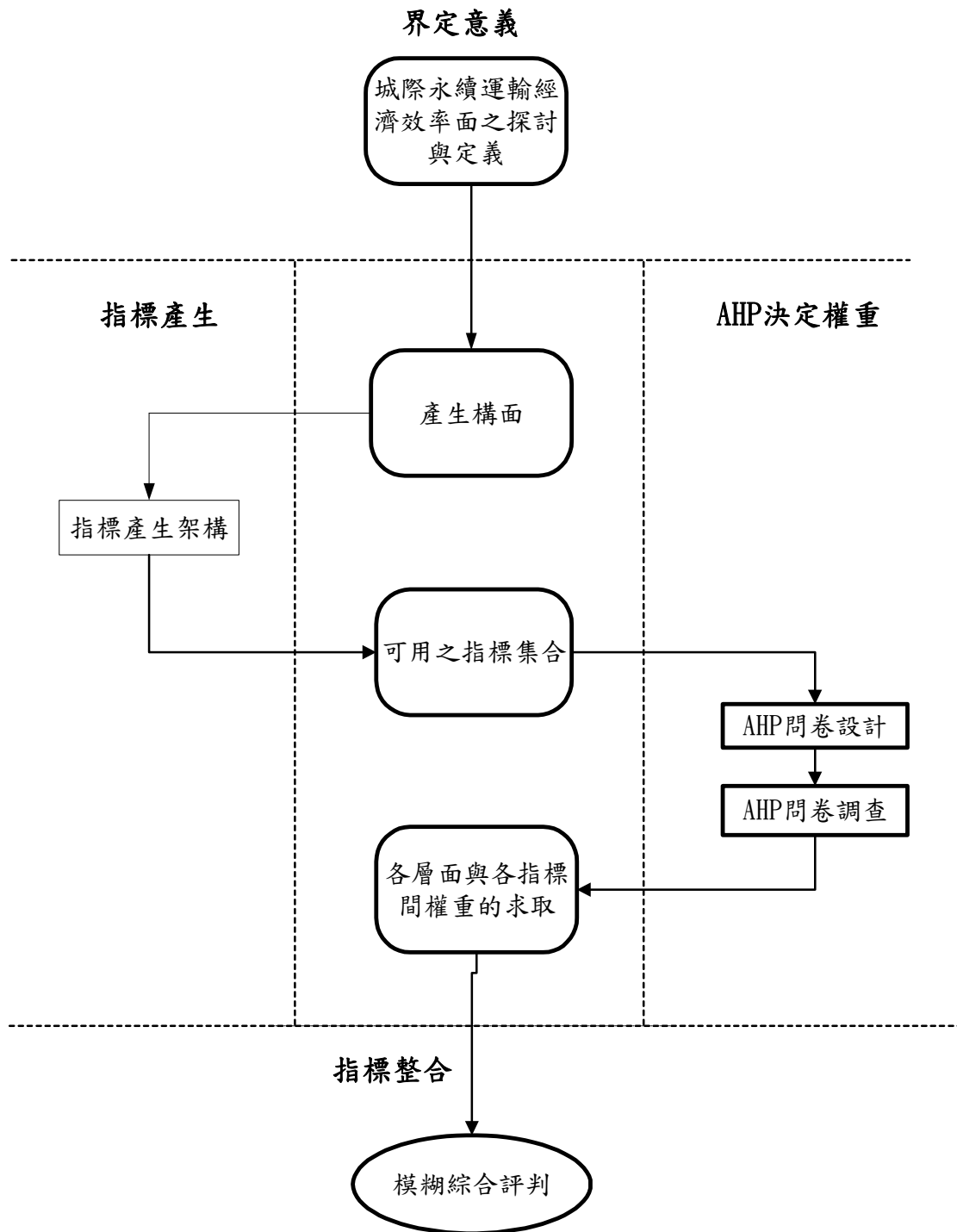


圖 12 研究架構圖

3.1.2 指標整合

除了個別指標值的觀察、探討並根據指標值結果改進，指標整合更提供一整體的資訊。指標整合的目的，為提供各相關議題之決策者一整體資訊，可比較不同年度的整體結果，以瞭解整體狀況的發展趨勢，如果是愈來愈差，則要進行改

善。另一方面，指標整合可以提供國際間的比較，以及給民眾瞭解。

在評估城際運輸經濟效率永續性時，由於各項評估指標表現的隸屬等級，如『滿意』、『尚可』或『不滿意』等，均為具有模糊性的詞語，因此要判定評估指標績效表現的隸屬等級時，不宜用二值邏輯的觀點來處理。本研究即利用模糊理論的觀念，進行指標整合。

所謂模糊理論，並非是模糊不清的理論，而是積極承認模糊的存在，而且努力達到追求精確的目標。以永續指標績效表現而言，我們常會用『滿意』、『尚可』或『不滿意』等模糊性的語詞來表現它。所謂模糊性是指客觀事物的差異，在中介過渡時所呈現的『亦此亦彼』性，此事件的發生與否是確定的，但由於概念本身沒有明確的外延，使得我們難以確定一個對象是否符合這個概念，因此若以傳統二值邏輯的觀點，來判定評估指標表現的隸屬度時，由於其忽略模糊事實的存在，累積起來是很有可能造成很大的誤差，故往往會引起爭議。

『模糊理論』是 1965 年由美國加州大學柏克萊分校 Zadeh 教授所創立。他把傳統數學從二值邏輯的基礎擴展到連續值上來，藉由 0~1 的隸屬度，來描述差異的中介過渡，因而適合用來研究及處理此類具模糊性特質的問題。

由於城際運輸經濟效率之永續性受到諸多因素影響，因而可以透過模糊綜合評判來進行評估。模糊綜合評判所要處理的主要問題是對受到多個因素影響的事物做出全面評價，且模糊綜合評判的運算並不複雜，實用性極高。因此本研究利用模糊綜合評判模式來進行指標之整合，由於模糊數學運算的方法很多，可視實際需要對模式做部分之調整，以賦予整合值意義，其中參數可作敏感度分析。

模式分為三部分說明如下：

一、模糊綜合評判模式

1、集合定義

以下就各個集合的定義做說明。

(1) A 為所欲評估年度之集合，假設有某 n 個年度的資料，比較 n 個年度中每一年城際運輸經濟效率之永續性。

$$A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\} \quad (3)$$

(2) T 為城際運輸所包含的運輸方式， T_1 ：公路大眾運輸， T_2 ：公路私人運輸， T_3 ：鐵路運輸， T_4 ：航空運輸。

$$T = \{T_1, T_2, T_3, T_4\} \quad (4)$$

(3) U 為所有永續指標之集合，包含 p 個不可分割的子集合，即代表 p 個構面下的指標集合。

$$U = \bigcup_{k=1}^p U_k, U_t \cap U_w = \emptyset, t \neq w \in \{1, 2, \dots, p\} \quad (5)$$

(4) 評價等級集分為『無法接受、尚可、可以接受』三個子集。

指標系統之層級，所有的運輸方式 (T_1 、 T_2 、 T_3 以及 T_4) 均如圖 13 所示。

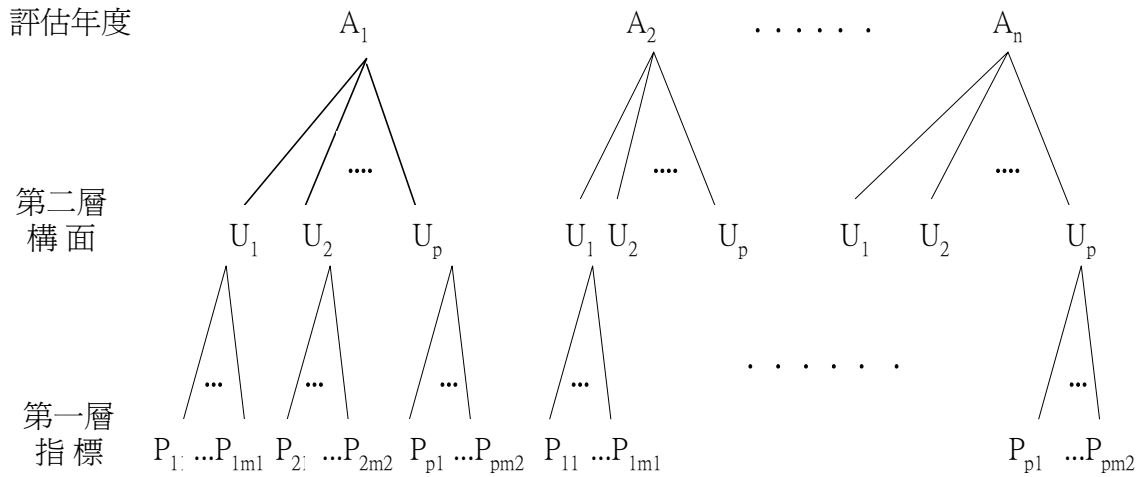


圖 13 指標系統之層級

2、第一層：指標整合

步驟一：原始指標值正規化

當該指標值愈大愈好，即效益型態，則使用(6)式，

$$E_{jk} = \frac{X_{jk} - X_{\min,k}}{X_{\max,k} - X_{\min,k}} \quad (6)$$

其中， $E_{jk} \in [0,1]$ ，為年度 j 在指標 k ，經過正規化之後的評估值， X_{jk} 為年度 j 在指標 k 的原始評估值， $X_{\min,k}$ 為各年度在指標 k 之評估值之最小值， $X_{\max,k}$ 為各年度在指標 k 之評估值之最大值。

當指標值愈小愈好，即成本型態，則使用(7)式，

$$E_{jk} = \frac{X_{\max,k} - X_{jk}}{X_{\max,k} - X_{\min,k}} \quad (7)$$

步驟二：定義語意變數

對於 A_i ，第 k 個子集合 U_k 有 n_k 個永續指標，每個永續指標賦予語意變數之意義分為『可以接受』，『尚可』，『無法接受』。

設定語意尺度所代表的模糊數，本研究採用三角模糊數，以下對三角模糊數做一說明。在模糊多屬性評估方法中，大多採用模糊數的觀念，來表示其準則達成度。若模糊數 \tilde{A} 為一模糊集，其隸屬函數為

$$\sim_{\tilde{A}} : X \rightarrow [0,1], x \in X \quad (8)$$

若滿足下列三條件者，則為三角模糊數【Dubois & Parade,1980】：

$\sim_{\tilde{A}}$ 為區段連續 (prerewise continous)。

$\sim_{\tilde{A}}$ 為一凸模糊子集 (convex fuzzy subset)。

$$\sim_{\tilde{A}}(x) \geq \sim_{\tilde{A}}(x_1) \cap \sim_{\tilde{A}}(x_2), \forall x \in [x_1, x_2] \quad (9)$$

$\sim_{\tilde{A}}$ 為正規化模糊子集 (normality of a fuzzy subset)。

$$\sim_{\tilde{A}}(x) = 1, x \in X \quad (10)$$

三角模糊數之圖形，如圖 14，三角模糊數 \tilde{A} 其 3 個端點為 (l, m, r) ，隸屬函數可定義為：

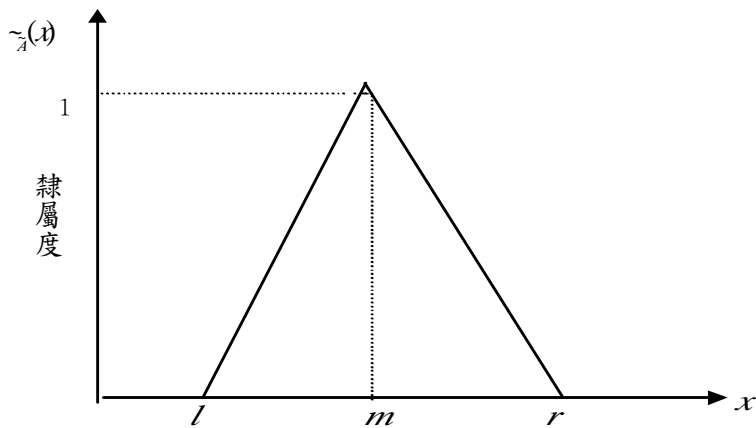


圖 14 三角模糊數圖

$$\tilde{\mu}_A(x) = \begin{cases} \frac{x-l}{m-l}, & l \leq x \leq m \\ \frac{r-x}{r-m}, & m \leq x \leq r \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (11)$$

三種評價等級之隸屬函數如圖 15 所示。可依嚴格的程度予以調整 s 並進行敏感度分析（敏感度分析說明之）。

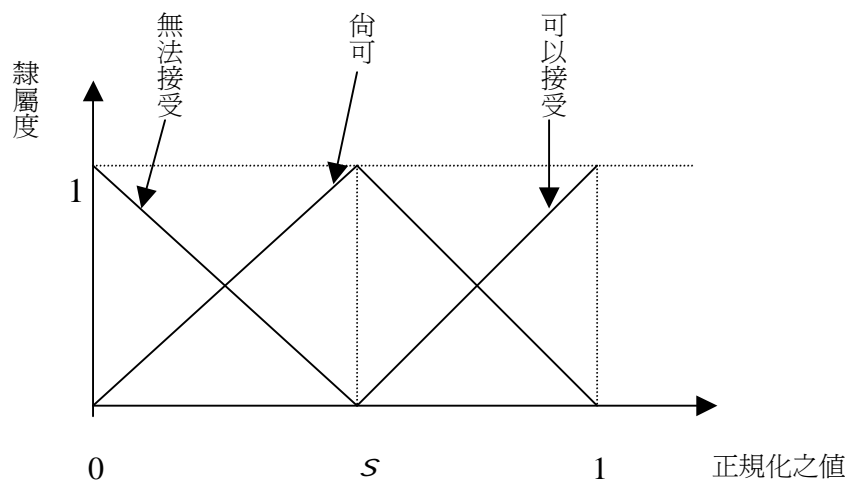


圖 15 各指標之隸屬函數圖形

步驟三：計算各永續指標所屬子集之隸屬度

正規化之值經隸屬函數轉換為各口語變數之隸屬度。第 k 個子集合 U_k 有 n_k 個永續指標，得矩陣 \tilde{R}_k 。

無法接受 尚可 可以接受

$$\tilde{R}_k = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{n_k1} & r_{n_k2} & r_{n_k3} \end{bmatrix}_{n_k \times 3} \quad (12)$$

步驟四：權重之建立

權重可由 AHP 求得。假設第 k 個子集合 U_k 中各指標之權重為 \tilde{W}_k 。

$$\tilde{W}_k = [a_{11} \quad a_{12} \quad \cdots \quad a_{in_k}]_{1 \times n_k} \quad (13)$$

步驟五：根據 $\tilde{B}_k = \tilde{W}_k \circ \tilde{R}_k$ 之模糊轉變求出綜合評語 \tilde{B}_k

$$\tilde{B}_k = \tilde{W}_k \circ \tilde{R}_k = [a_{r1} \quad a_{r2} \quad \cdots \quad a_{in_k}] \circ \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{n_k1} & r_{n_k2} & r_{n_k3} \end{bmatrix} = [u_{k1} \quad u_{k2} \quad u_{k3}] \quad (14)$$

不可接受 尚可 可以接受

, $k=1,2,\dots,p$

其中模糊運算子定義：

$$u_{k1} = \lambda \sum_{m=1}^{n_k} (a_{km} \cdot r_{m1}) + (1-\lambda) \max_m \{a_{km} \cdot r_{m1}\} \quad (0 \leq \lambda \leq 1) \quad (15)$$

$$u_{k2} = \lambda \sum_{m=1}^{n_k} (a_{km} \cdot r_{m2}) + (1-\lambda) \max_m \{a_{km} \cdot r_{m2}\} \quad (0 \leq \lambda \leq 1) \quad (16)$$

$$u_{k3} = \lambda \sum_{m=1}^{n_k} (a_{km} \cdot r_{m3}) + (1-\lambda) \max_m \{a_{km} \cdot r_{m3}\} \quad (0 \leq \lambda \leq 1) \quad (17)$$

λ 部分為強調考慮所有因素的重要性； $(1-\lambda)$ 部分為強調最重要因素。

3、第二層：構面之整合

根據第一層面整合的結果，利用同步驟五之模糊轉換 $\tilde{B} = \tilde{W} \circ \tilde{R}$ 觀念，可得到第二層之整合。

4、解模糊化

以隸屬度來表達指標績效值屬於各等級之程度，而解模糊之方式為根據不同等級予以評分。績效分數是以[可以接受=1，尚可=0.5，不可接受=0]來換算，亦即績效分數=可以接受的隸屬度 $\times 1$ + 尚可的隸屬度 $\times 0.5$ + 不可接受的隸屬度 $\times 0$ 。

二、整合績效分數之意義

所得到之整合績效分數欲評等為『可接受』、『尚可』或『不可接受』，所根據的原則為：每一個指標值至少要超過『無法接受』的區域（如圖 16 之 S 點），不超過『尚可』與『可以接受』交接點（如圖 16 之 ~ 點），即圖粗黑線的部分，每一個指標於該範圍內，其整合績效值定義為『尚可』之範圍，超過此整合績效值的上界評為『可以接受』，低於此整合績效值的下界評為『無法接受』。

以此原則判斷之，永續性指標整合績效值介於 0.5 與 0.75 間為『尚可』，永續性指標整合值小於 0.5 為『無法接受』，永續性指標整合值大於 0.75 為『可以

接受』。

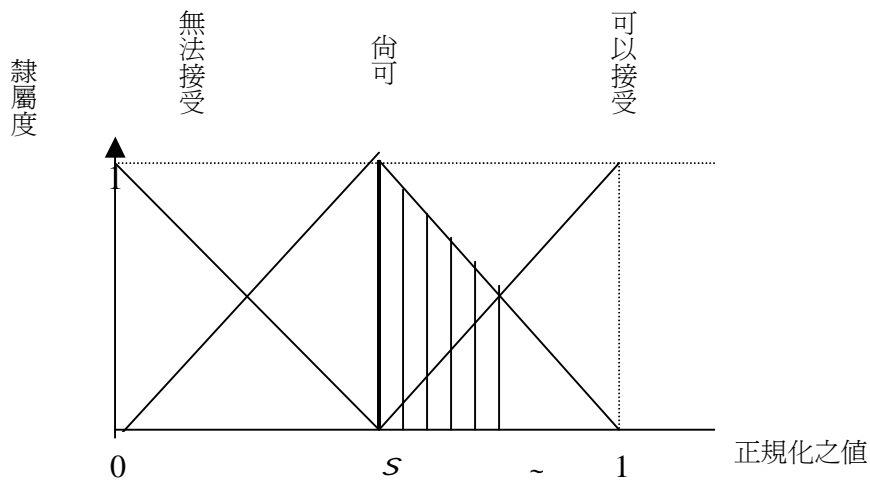


圖 16 整合值意義說明圖

三、敏感度分析

(1) S 改變

S 改變，則隸屬函數也跟著改變，計算出來的績效分數也會變動。 S 可以依嚴格的程度予以調整。如圖所示， S 往右邊移動，『尚可』或『可以接受』的範圍變得較嚴格。

(2) λ 改變

λ 部分為考慮所有因素的重要性； $(1-\lambda)$ 部分為只考慮最重要之因素。可由強調所有因素的重要性或強調最重要因素，來進行調整 λ 值。

3.1.3 永續運輸經濟效率面之意義

『經濟效率』對不同專業背景之人有不同的意義。經濟學家、政治家、法律專家、社會專家等之效率觀念各異。

就經濟學的角度而言，所謂達到經濟效率的境界，即是達到『柏拉圖最適境界』，其意義為：『一個無法在不損及任何其他人福祉之情況下提高任一個人福祉之境界就是有效率的境界』。換言之，當一個經濟系統達到柏拉圖最適境界時，若欲再改變資源配置而使某一個人之福祉增加，則必將會導致某一或某些其他人福祉之降低。

在一個完全競爭之經濟系統當中，若沒有外部性(包括外部效益或外部成本)存在的話，經由價格機能之充分發揮所達成之全面均衡，即為柏拉圖最適境界，亦即資源配置達到最高之經濟效率。但是市場不完全競爭，或有外部性存在時，則無法仰賴市場價格機能來促使資源之配置達到最高之經濟效率。因此為了要使運輸使用更能達到經濟效率的境界，理想上應該要盡量使運輸所造成的外部成本

降低，並同時讓使用者支付應付之成本，讓市場更朝向競爭發展。

就使用者應付之成本而言，要使運輸系統具有經濟效率的永續性，其本身必須具有成本效益性，且能對需求的變化做出持續性的回應與調整。經由市場機制應該包含現在與未來所有真實的社會、環境和經濟成本，這三種成本同時考慮，才是使用者從事運輸活動真正的成本。運輸系統的定價方式應該採行外部成本內部化的原則，例如，將運輸過程所產生的環境成本算入運輸成本當中，包括各種污染和環境衝擊的成本，讓使用者支付該支付的成本，較困難的是環境污染並非容易量化價算，在執行上並非易事。以小汽車為例，小汽車使用者極少支付足以支持道路基礎建設或維修所必須投資的稅額，小汽車過多造成擁擠所帶來的擁擠成本，也是目前被忽略的社會成本，私人小汽車能源使用過度浪費且造成空氣污染，每年造成極大之污染成本，這些應該反映在使用者成本上。

依永續發展常提到之觀點，能源之不當耗用會對下一代造成需求上的損害，尤其在目前運輸大部分使用石化燃料等不可再生之能源，能源的使用應更節制，城際能源消耗以公路運輸最大，航空運輸次之，鐵路則較少。但就目前私人小汽車的使用盛行，造成能源消耗過多浪費，也造成過多環境的外部成本，對未來下一代造成負面的衝擊。因此能源的使用效率應該要提升，且能源應該要多分配到能源效率高的運具。

以永續發展之觀點—『在不犧牲下一代滿足其需求之能力的條件下，追求現在人們需求之滿』，『不犧牲下一代滿足其需求之能力的條件下』，除了對於環境保育的強調以外，也隱含資源的有效使用與減少浪費，讓下一代有足夠的資源可以使用。以運輸需求策略管理的角度來看，使資源的使用不會嚴重浪費，例如使用價格手段，提高汽機車的道路使用費、燃料稅、牌照稅或是停車費，在符合公平原則下以能抑制汽機車的使用。限制車輛的持有及使用，在限制持有方面，新加坡採取嚴格限制車牌數量的方法，並對進口汽車課以重稅；在限制使用方面，新加坡採取地區通行證的措施，限制車輛進入市中心，以鼓勵民眾共乘及使用大眾運輸系統，其前提為公共運輸品質要良好、提供良好的轉乘措施，才不會有反效果出現。歐洲有一些國家都市中心禁止車輛通行，用以改善環境品質。分散尖峰時間的旅次，可以實行彈性上班、錯開工作時間等管理手段將尖峰交通量錯開或減少，擁擠成本和噪音成本可以降低。發展通訊科技，以視訊會議的方式減少部分工作旅次。欲對車輛直接採取限制的管制，都必須配合良好的措施，如提高公共運輸品質等，才會有預期的效果出現。適當的運用運輸管理手段，可以有效控制能源的過度浪費。

運輸部門之能源消耗佔我國總能源消耗的 17%，而其使用種類又以石化能源為主，鼓勵高燃料效率運具的使用以及減少低燃料效率運具的使用，將可以有效減少現有資源的消耗速度，能源效率提升亦間接降低污染物的排放。如：法國為了鼓勵高燃料效率車輛的使用，特別採行低燃料效率車輛多付費，而高燃料效

率車輛少付費的制度；可以充分將運輸需求移轉到能源效率高的水運、鐵路和大眾運輸等運輸工具。另外透過科技的研發，可以提高運輸工具之能源使用效率或發展替代能源，亦是可以提升能源效率，替代能源已在先進國家陸續研發及採用，其中包括電動車的電池等。

近年來政府對運輸事業適當的解除管制，營運者在競爭的環境之下，可以達到某種程度的經濟效率，而使消費者獲益。解除運輸市場中廠商進入以及退出管制限制，營造具競爭性的市場環境，當市場規模夠大時，則運輸服務的提供者即須以有效率的規模營運。鮮少國營事業能夠擺脫其財務特權的優惠，於是使其在競爭的市場中逐漸喪失發展的能力，國內的公路客運即是一例，在競爭的市場當中，台灣汽車客運的經營每況愈下，市場佔有率逐年下降，服務品質又無法提升，最後邁向民營化以期能降低成本、提升經營效率、提升競爭力。雖然營造一個不受干預的競爭市場，產商以最有經濟效率的方式來經營是最好的，但是運輸服務畢竟與一般的商品是不一樣的，有時候政府不可能完全不干預，某些類型的運輸供給則須受政府管制，就地方的公車市場，未予以管制的結果，將可能使班次重複及容量過剩，有些時候惡性競爭的結果，會使競爭者從事危險的行為，如：超速等，或是票價降到不合理的範圍而間接影響到安全問題。因此適當的開放競爭與適當的管制是要兼顧以保持良性的競爭是很重要的。

就運輸營運而言，大眾運輸業常常因為服務品質不佳，如：服務人員態度不佳；在高速公路上經常超速；發車不准點等，導致民眾搭乘的意願不高，因而助長了私人運具的使用。發展公路大眾運輸系統可以間接改善交通擁擠及小汽車嚴重污染等問題，但實際上能否獲得這些效果，得視大眾運輸系統營運好壞而定。除了本身營運績效外，亦可透過政府的補貼策略來降低其營運成本，以彌補收益的不足，藉此讓營運能夠繼續並提昇效率。

而運輸投資方面，政府的許多運輸投資決策，攸關未來許多資源與資金的使用，影響下一代能否有更有效率且有效的運輸供給，因此提升運輸投資效率也是重要的永續運輸議題。

城際運輸永續發展經濟效率指標系統的建立主要是在觀察其發展趨勢的良窳，如有一些上述運輸管理策略的運用，可藉以長期觀察以瞭解其改善的程度。綜合以上之探討與前兩節之相關永續議題之文獻回顧，本研究之永續運輸經濟效率指標系統的建立從社會的角度、經濟的角度以及環境的角度來探討。如圖 17 所示社會的角度考慮運輸投資；經濟的角度考慮大眾運輸營運狀況；環境的角度考慮能源消耗以及環境外部成本。永續性的一個重要觀念就是要使未來、下一代更好，城際運輸經濟效率永續指標主要可以由上述四個構面來建立，運輸投資效率以及效果期望朝向最大化、能源效率期望最大化、外部成本期望最小化、運輸營運效率以及效果期望最大化。

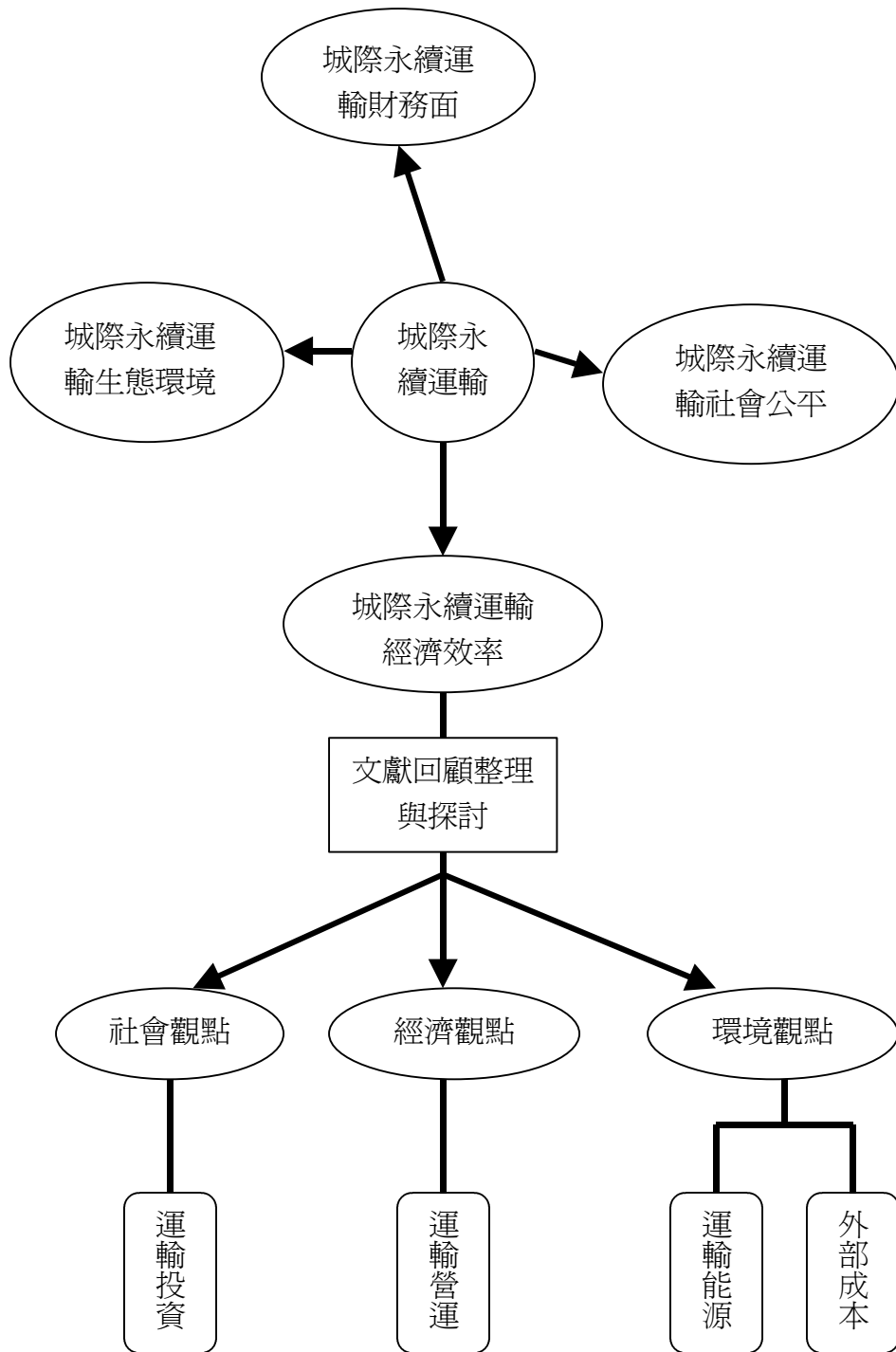


圖 17 永續運輸構面說明圖

3.2 指標系統

3.2.1 探討之構面

本研究指標研擬考慮之構面分為『運輸能源』、『環境外部性』、『運輸營運』以及『運輸投資』等四個構面，如圖 18 所示。以此四個構面來研擬城際運輸經濟效率面之永續指標。

『運輸能源』是指各種運具使用的能源，可以轉換為公秉油當量，運輸能源的投入為油當量。『運輸營運』是指各種運具的投入使用狀況，除了大眾運具以外，私人運具也包含在內，運輸營運的投入為各種運具的數量。『運輸投資』是指屬於公部門的運輸建設投資，由於年度編列的預算投入運輸計畫，其工程也不知道何時會完成，因此運輸投資將以該年度土地面積要素當作該年度主要的投入。『外部性成本』是指各種運具的使用過程當中，所造成對環境的外部成本，理想上應該包含空氣污染、噪音污染等。

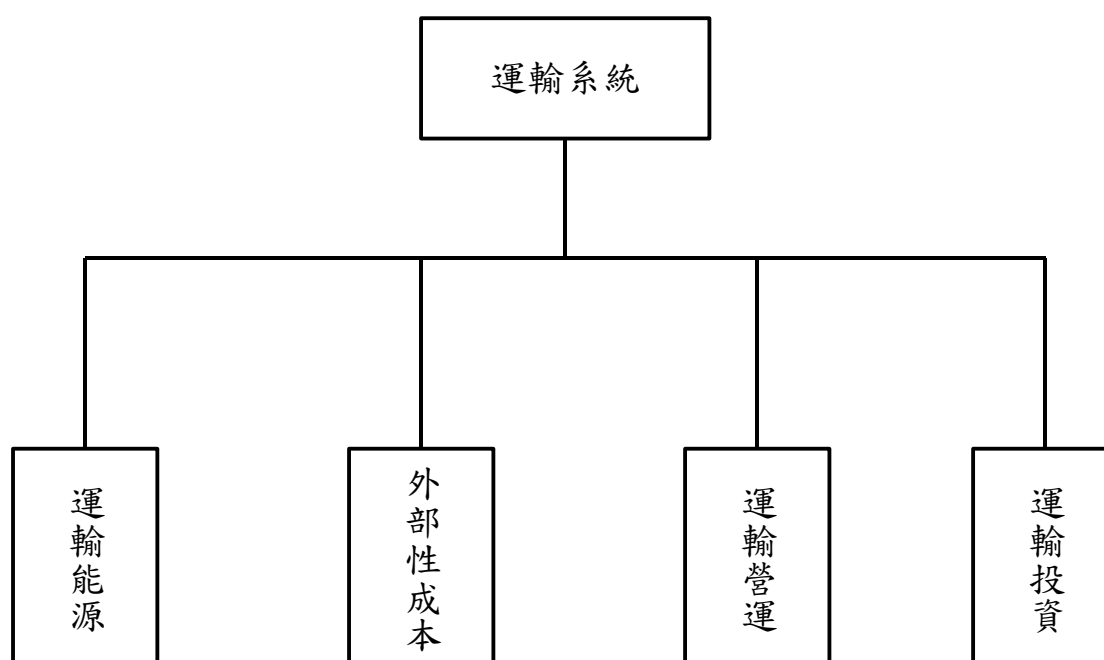


圖 18 永續運輸經濟效率考慮之四個構面

3.2.2 指標形成之概念

根據 LUBIS *et al* 所提出之投入-產出-結果-衝擊之循環架構圖，為本研究指標形成之概念，如圖 19 所示。

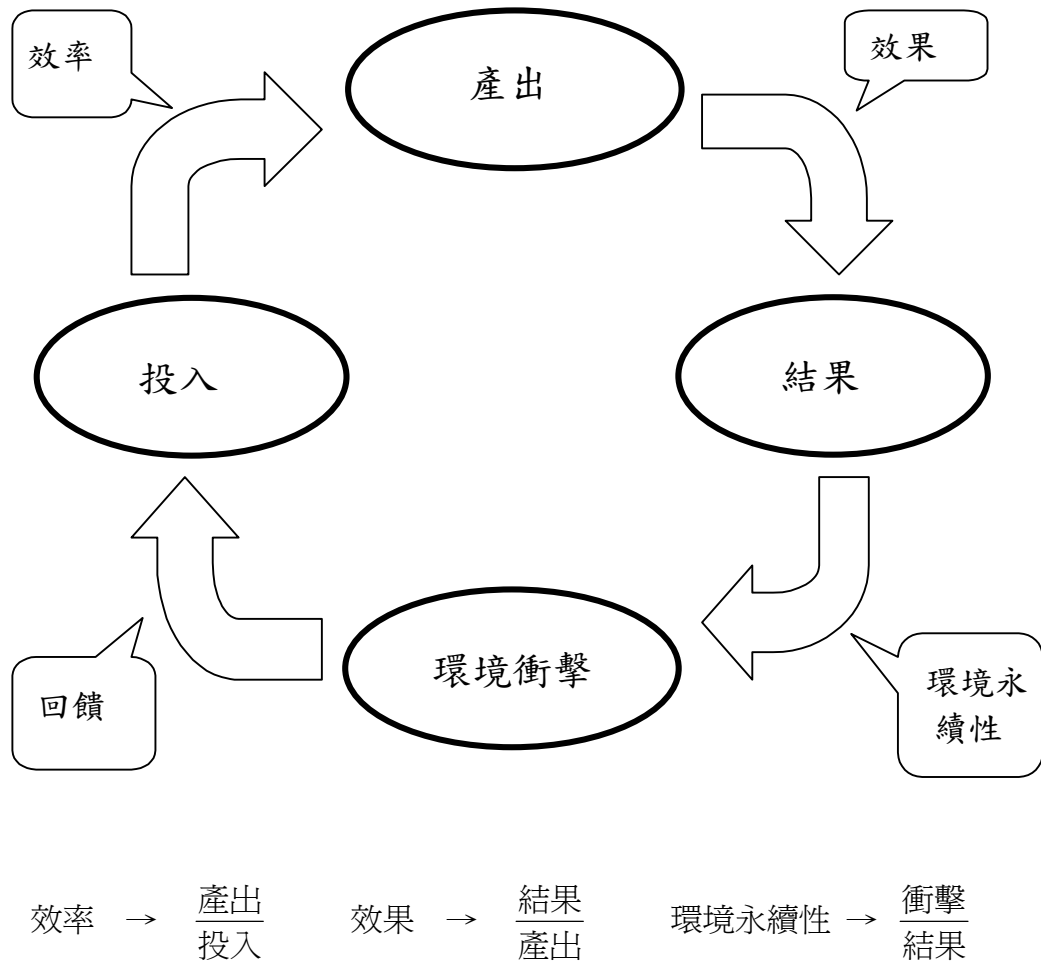


圖 19 指標產生架構圖

舉一例子，投入為道路金錢支出（元），產出為道路長度（公里），結果為交通量的產生（車-公里/年），衝擊為 CO 之排放量（噸/年），依其所定義之效率為道路長度/道路金錢支出，其意義為單位成本所能生產之道路長度愈大效率愈好；效果為交通量的產生/道路長度，其意義為單位道路長度所能服務的交通量愈大效果愈好；環境永續性為 CO 之排放量/交通量的產生，其意義為每單位交通量之產生所造成 CO 污染氣體之排放量，可很明顯的看出其值愈大愈不永續。

本研究所建立之永續運輸經濟效率指標，延伸 LUBIS *et al* 所定義之永續性（衝擊/結果），結合效率、效果以及環境外部性為運輸之經濟效率永續性衡量。也就是說，在追求效率與效果的提升同時，應該要考量環境的外部性影響，才是

永續運輸經濟效率的永續性。最後根據永續運輸經濟效率之永續指標，可進行政策性的回饋改善，而本研究重點在於指標系統的建立。

各運輸系統由此指標產生架構產生之指標，依效率公式、效果公式以及環境永續性公式，可以看出並沒有直接的相關性，且各構面有其重要性，並沒有抵觸。因此本研究在指標產生、收集資料之後，則直接進行各運輸系統每年度之指標整合。

3.2.3 指標產生

本節根據所提出的指標產生架構來產生公路大眾運輸初始永續指標，城際公路大眾運輸指標如表 5，城際公路私人運輸指標如表 6，城際鐵路運輸指標如表 7，城際航空運輸指標如表 8，

表 5 城際公路大眾運輸之指標整理

構面 永續性衡量	運輸能源	外部成本	運輸營運	運輸投資
效率 (產出/投入)	P11-總延車 公里/能源消 耗量	---	P12-客運延 車公里/車輛 數 P14-貨運延 車公里/車輛 數	P16-總延車公里/ 公路運輸使用之 總土地面積
效果 (結果/產出)	---	---	P13-延人公 里/客運延車 公里 P15-延噸公 里/貨運延車 公里	P17-公路大眾運 輸生產淨值/總延 車公里
環境衝擊性 (衝擊/結果)	---	P18-CO ₂ 當量/延 噸公里當量(包含 二氧化碳、氧化亞 氮、甲烷) P19-環境監測不 合格時段數/總延 噸公里當量 P110-交通事故發 生次數/延人公里 P111-交通擁擠嚴 重路段之長度/公 路總長度	---	---

表 6 城際公路私人運輸之指標整理

構面 永續性衡量	運輸能源	外部成本	運輸營運	運輸投資
效率 (產出/投入)	P21-總延車 公里/能源消 耗量	---	P22-客運延 車公里/車輛 數	P24-總延車公里/ 公路運輸使用之 總土地面積
效果 (結果/產出)	---	---	P23-延人公 里/客運延車 公里	---
環境衝擊性 (衝擊/結果)	---	P25-CO ₂ 當量/延 噸公里當量(包含 二氧化碳、氧化亞 氮、甲烷) P26-環境監測不 合格時段數/總延 噸公里當量 P27-交通事故發 生次數/延人公里	---	---

表 7 城際鐵路運輸之指標整理

構面 永續性衡量	運輸能源	外部成本	運輸營運	運輸投資
效率 (產出/投入)	P31-總延車 公里/能源消 耗量.	---	P32-座位公 里/車輛數 P34 貨運延 車公里/車 輛數	P36-總延車公里/ 鐵路運輸使用之 總土地面積
效果 (結果/產出)	---	---	P33-延人公 里/座位公 里 P35 延噸公 里/延車公 里	P37-鐵路運輸系 統生產淨值/總延 車公里
環境衝擊性 (衝擊/結果)	---	P38-CO ₂ 當量/延噸 公里當量(包含二 氧化碳、氧化亞 氮、甲烷) P39-環境監測不 合格時段數/總延噸 公里當量 P310-交通事故發 生次數/延人公里	---	---

表 8 城際航空運輸之指標整理

構面 永續性衡量	運輸能源	外部成本	運輸營運	運輸投資
效率 (產出/投入)	P41-營運里程/能源消耗量	---	P42-延座位公里/客機數 P44-可載運延噸公里/貨機數	P46-總營運里程/鐵路運輸使用之總土地面積
效果 (結果/產出)	---	---	P43-延人公里/延座位公里 P45 延噸公里/可載運延噸公里	P47-航空運輸系統生產淨值/總延車公里
環境衝擊性 (衝擊/結果)	---	P48-CO ₂ 當量/延噸公里當量 (包含二氧化碳、氧化亞氮、甲烷) P49-環境監測不合格時段數/總延噸公里當量 P410-交通事故發生次數/延人公里	---	---

3.3 實例研究

本節旨在依據前面章節所建立之城際運輸永續發展經濟效率面評估指標以及評估方法，運用於台灣地區之實例分析。根據資料的可得性，實例分析的指標項目為『城際公路大眾運輸』以及『城際鐵路運輸』。第一部份說明實例運用之指標，第二部份針對所產生之公路大眾運輸以及鐵路運輸經濟效率面永續指標收集各年度資料（76年~85年），進行分析比較；第三部份利用 AHP 法與模糊綜合評判進行各個年度城際公路大眾運輸以及城際鐵路運輸經濟效率永續性的整合排序，分別得到城際公路大眾運輸以及城際鐵路運輸各年度之績效排序值，並據此排列順序，以瞭解所探討年度中，何者總表現為佳；第四部分，經由隸屬函數的改變，進行敏感度分析；最後，進行分析討論。

3.3.1 實例研究使用指標

根據資料可得性，實例分析針對城際公路大眾運輸以及城際鐵路運輸，實例運用之衡量指標整理如表 9 與表 10 所示。

表 9 城際公路大眾運輸實例運用之指標

構面 永續性衡量	運輸能源	外部成本	運輸營運	運輸投資
效率 (產出/投入)	P11--總延車公里/能源消耗量	---	P12--客運延車公里/車輛數 P14--貨運延車公里/車輛數	P16--總延車公里/公路運輸使用之總土地面積
效果 (結果/產出)	---	---	P13--延人公里/客運延車公里 P15--延噸公里/貨運延車公里	P17--公路大眾運輸生產淨值/總延車公里
環境衝擊性 (衝擊/結果)	---	P18--CO ₂ 當量/延噸公里當量	---	---

表 10 城際鐵路運輸實例運用之指標

構面 永續性衡量	運輸能源	外部成本	運輸營運	運輸投資
效率 (產出/投入)	P31--總延車公里/能源消耗量	---	P32--座位公里(客運延車公里)/車輛數 P34--貨運延車公里/車輛數	P36--總延車公里/鐵路運輸使用之總土地面積
效果 (結果/產出)	---	---	P33--延人公里/座位公里(客運延車公里) P35--延噸公里/延車公里	P37--鐵路運輸系統生產淨值/總延車公里
環境衝擊性 (衝擊/結果)	---	P38--CO ₂ 當量/延噸公里當量	---	---

3.3.2 指標權重

透過「城際永續運輸經濟效率面評估指標權重問卷」調查，在所發出的問卷共 40 份中，回收 23 份，經一致性檢定後，有效問卷 15 份。而在研究中處理之

方式，為各別建立其兩兩成對比較矩陣，以 Expert Choice 9.0 套裝軟體，以求出各專家問卷之權重值，並求出一致性指標以及一致性比率，以確認兩兩成對比較是否有矛盾。

群體權重之間的整合，以幾何平均的方式進行計算如(18)式，得到幾何平均值(W'_j)後，經(19)式轉換讓其權重值(W_j)和為 1。計算結果如表 11 與表 12 所示。

$$W'_j = \left(\prod_{g=1}^m \{W_j^g\} \right)^{1/m} \quad (18)$$

$$W_j = \frac{W'_j}{\sum_j W'_j} \quad (19)$$

其中 g 表示第 g 個有效樣本， m 表示有效樣本個數， j 表示第 j 個準則或指標之權重。

表 11 權重值--公路大眾運輸

層面	權重值	指標	權重值
運輸能源	0.286	運輸能源效率指標	1.000
運輸營運	0.291	客運效率指標	0.187
		客運效果指標	0.410
		貨運效率指標	0.129
		貨運效果指標	0.274
運輸投資	0.248	運輸投資效率指標	0.294
		運輸投資效果指標	0.706
外部成本	0.175	空氣污染指標	1.000

表 12 權重值--鐵路運輸

層面	權重值	指標	權重值
運輸能源	0.148	運輸能源效率指標	1.000
運輸營運	0.440	客運效率指標	0.182
		客運效果指標	0.481
		貨運效率指標	0.113
		貨運效果指標	0.224
運輸投資	0.282	運輸投資效率指標	0.246
		運輸投資效果指標	0.754
外部成本	0.130	空氣污染指標	1.000

如表 11 與表 12 所示，公路大眾運輸四個構面的重要性，分別為運輸營運、運輸能源、運輸投資以及外部成本；鐵路運輸，分別為運輸營運、運輸投資、運輸能源以及外部成本。運輸營運皆被認為是最重要的，而外部成本則皆排最後。

3.3.4 指標整合

在上一節中，由 AHP 法求出各評估指標的相對權重值，接下來在本節當中，將上節所求得之權重值，應用於實例上之指標整合，其中 λ 設定為 1，表示依據各個權重來決定重要性，不強調最重要的因素； S 設定 0.5，表示三角模糊數依同等分割分。

1. 年度績效值之計算

首先，將指標績效值進行正規化處理，帶入隸屬函數轉換為隸屬值，接下來即可進行第一層指標整合以及第二層指標整合，最後即可解模糊化進行排序與評等。

表 13 整合結果--公路大眾運輸

年度	模糊整合值*	解模糊化	排序
76	(0.389,0.225,0.386)	0.499	2
77	(0.285,0.452,0.263)	0.489	3
78	(0.265,0.288,0.447)	0.591	1
79	(0.3,0.6,0.1)	0.400	8
80	(0.229,0.661,0.11)	0.440	6
81	(0.257,0.633,0.11)	0.427	7
82	(0.215,0.623,0.162)	0.473	4
83	(0.207,0.674,0.119)	0.456	5
84	(0.335,0.557,0.108)	0.387	9
85	(0.635,0.175,0.19)	0.278	10

*（無法接受之隸屬度,尚可之隸屬度,可以接受之隸屬度）

表 14 整合結果--鐵路運輸

年度	模糊整合值*	解模糊化	排序
76	(0.626,0.146,0.228)	0.301	10
77	(0.351,0.465,0.184)	0.417	7
78	(0.321,0.517,0.162)	0.421	6
79	(0.367,0.451,0.182)	0.408	8
80	(0.33,0.609,0.061)	0.365	9
81	(0,0.736,0.264)	0.632	2
82	(0.005,0.729,0.266)	0.631	3
83	(0,0.498,0.502)	0.751	1
84	(0.261,0.298,0.441)	0.590	4
85	(0.462,0.057,0.481)	0.510	5

*（無法接受之隸屬度,尚可之隸屬度,可以接受之隸屬度）

指標整合結果如表 13 與表 14 所示，公路大眾運輸經濟效率永續性 78 年度表現最佳，85 年度表現最差，依序為 {78,76,77,82,83,80,81,79,84,85}；鐵路運輸經濟效率永續性 83 年度表現最佳，76 年度表現最差，依序為 {83,81,82,84,85,78,77,79,80,76}。

2. 年度績效值之評等

根據評等規則進行績效值的評等，如表 15 及表 16 所示。

表 15 公路大眾運輸績效值之評等

	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85
解模糊化值	0.449	0.489	0.591	0.400	0.440	0.427	0.473	0.456	0.387	0.278
評等	無法接受	無法接受	尚可	無法接受	無法接受	無法接受	無法接受	無法接受	無法接受	無法接受

表 16 鐵路運輸績效值之評等

	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85
解模糊化值	0.301	0.417	0.421	0.408	0.365	0.632	0.631	0.751	0.590	0.510
評等	無法接受	無法接受	無法接受	無法接受	無法接受	尚可	尚可	可以接受	尚可	尚可

公路大眾運輸方面，各個年度整體表現並不是很理想，只有 78 年度表現『尚可』，其他均『無法接受』；鐵路運輸方面，各個年度整體表現 83 年度為『可以接受』，表現最佳，81、82、84 以及 85 年度均為『尚可』，其他為『無法接受』。

3.4 敏感度分析

改變隸屬函數，將 S 由 0.5 調整為 0.75，使得『可以接受』的門檻提升，重新計算，並與之前的結果作比較，如表 17 與表 18 所示。

公路大眾運輸方面，改變隸屬函數，排序變化並不大，排序第八與第九順序互換。鐵路運輸方面，則排序變化較大，除了排序第一的 83 年度與排序第七的 77 年度不變外，其他皆有改變，但前五名與後五年的年度集合則沒變。

評等方面，公路大眾運輸變化不大，只有 78 年度由『尚可』改變為『無法接受』。鐵路運輸 81 年~85 年皆改變，皆退一等級。

表 17 隸屬函數改變比較--公路大眾運輸

年度	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85
解模糊化值 ($S = 0.5$)	0.449	0.489	0.591	0.400	0.440	0.427	0.473	0.456	0.387	0.278
評等 ($S = 0.5$)	無法 接受	無法 接受	尚可	無法 接受	無法 接受	無法 接受	無法 接受	無法 接受	無法 接受	無法 接受
排序 ($S = 0.5$)	2	3	1	8	6	7	4	5	9	10
解模糊化值 ($S = 0.75$)	0.457	0.377	0.492	0.267	0.293	0.287	0.344	0.337	0.270	0.243
評等 ($S = 0.75$)	無法 接受	無法 接受	無法 接受	無法 接受	無法 接受	無法 接受	無法 接受	無法 接受	無法 接受	無法 接受
排序 ($S = 0.75$)	2	3	1	9	6	7	4	5	8	10

表 18 隸屬函數改變比較--鐵路運輸

年度	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85
解模糊化值 ($S = 0.5$)	0.301	0.417	0.421	0.408	0.365	0.632	0.631	0.751	0.590	0.510
評等 ($S = 0.5$)	無法 接受	無法 接受	無法 接受	無法 接受	無法 接受	尚可	尚可	可以 接受	尚可	尚可
排序 ($S = 0.5$)	10	7	6	8	9	2	3	1	4	5
解模糊化值 ($S = 0.75$)	0.263	0.302	0.282	0.302	0.245	0.475	0.426	0.614	0.506	0.487
評等 ($S = 0.75$)	無法 接受	無法 接受	無法 接受	無法 接受	無法 接受	無法 接受	無法 接受	尚可	尚可	無法 接受
排序 ($S = 0.75$)	9	7	8	6	10	4	5	1	2	3

進一步將不同 S 值之計算績效值結果表現出來，如圖 20 與圖 21 所示，可以發現隸屬函數愈嚴格，也就是 S 值愈大，則算出來之整合績效值愈小，反之，則愈大，可依不同的需求計算之。

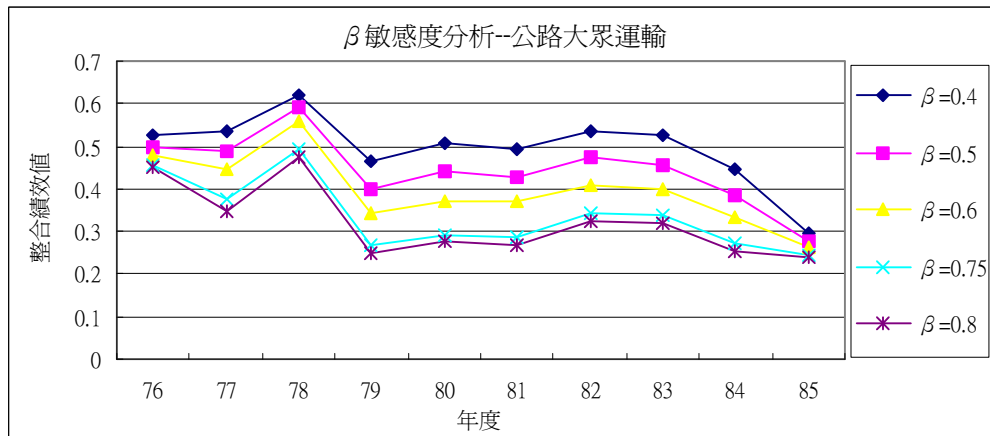


圖 20 β 敏感度分析示意圖--公路大眾運輸

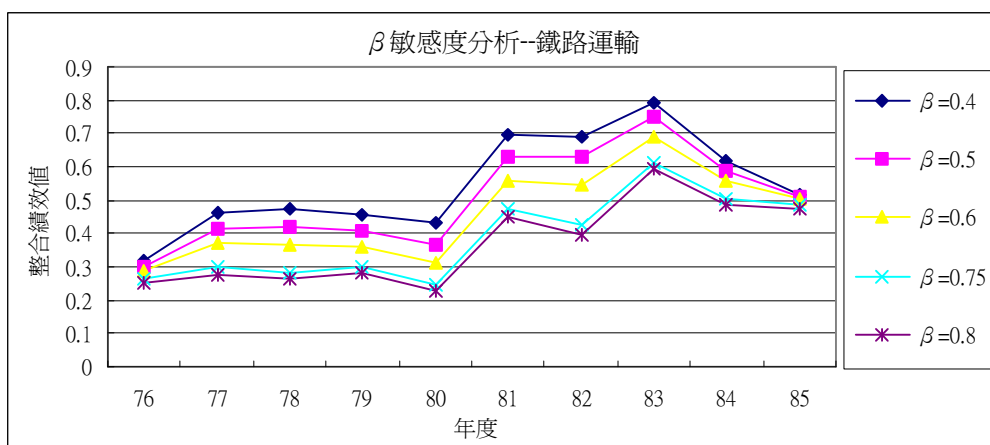


圖 21 β 敏感度分析示意圖--鐵路運輸

公路大眾運輸整合值趨勢圖如圖 22 以及圖 23 所示。以 $s=0.5$ 和 $s=0.75$ 為例做說明，雖然排序略有不同，但從圖中可以發現，整體趨勢是很相似。

由圖 22 與圖 23 之趨勢線（圖中直線），可以發現到公路大眾運輸之績效值趨勢線斜率為負的，以長期的角度來看，並沒有趨向愈來愈好的發展，因此公路大眾運輸在經濟效率方面並非朝向永續的方向發展。

究其非朝向永續的方向發展的原因為，運輸客運效果指標、運輸貨運效果指標以及環境外部性指標皆有逐年表現不佳的趨勢，且其權重亦高，再加上其他指標歷來表現平平，唯一歷年來明顯表現較好的指標為運輸投資效果指標。因此，公路大眾運輸長期而言其績效值表現，呈現較不永續的趨勢。

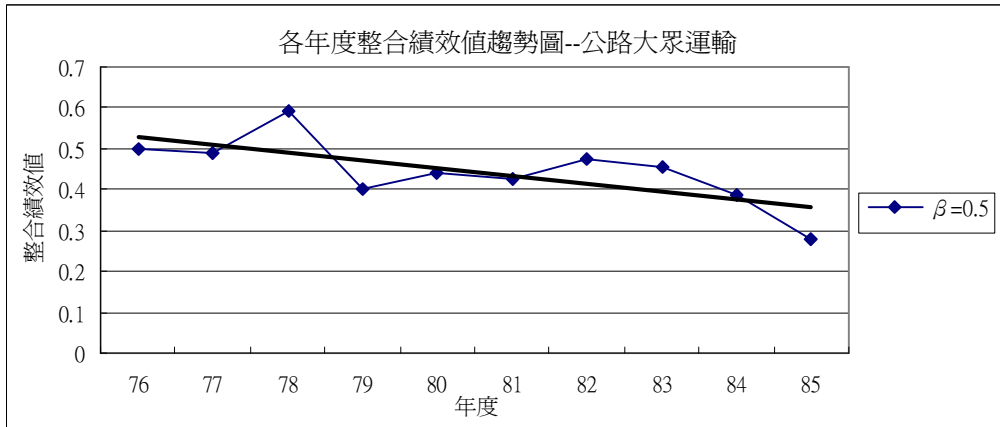


圖 22 各年度整合績效值趨勢圖($s=0.5$)--公路大眾運輸

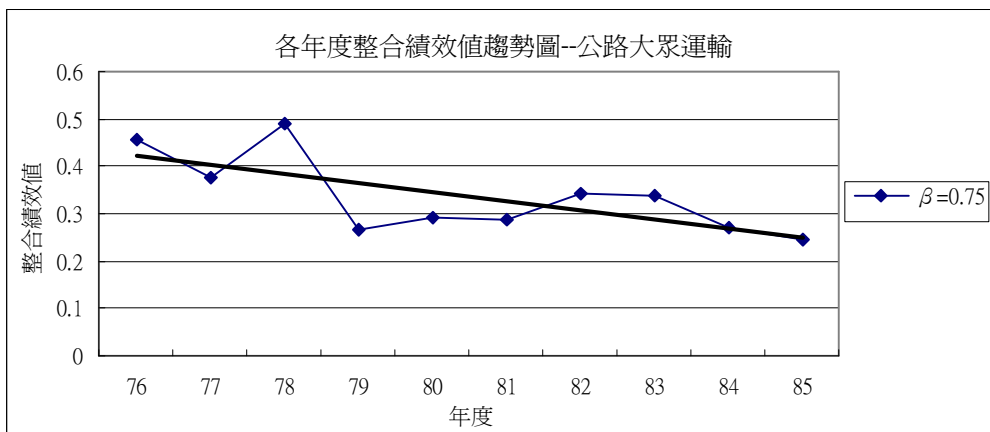


圖 23 各年度整合績效值趨勢圖($s=0.75$)--公路大眾運輸

鐵路運輸整合值趨勢圖如圖 24 ($s=0.5$) 以及圖 25 ($s=0.75$) 所示。隸屬函數改變後，雖然排序略有不同，但從圖中可以發現，整體趨勢依然是很相似的。

由圖 24 與圖 25 之趨勢線（圖中直線），可以發現到鐵路運輸之績效值趨勢線斜率為正的，雖然後面幾年有略微下滑的趨勢，但以長期的角度來看，為趨向愈來愈好的發展，因此鐵路運輸在經濟效率方面為朝向永續的方向發展。

究其朝向較永續的方向發展的原因為，運輸客運效率指標、運輸客運效果指標、運輸貨運效果指標以及運輸投資效果指標逐年表現為較佳的趨勢，且其權重亦高，其他指標歷來表現起伏不大，歷年來明顯表現較差的指標為運輸投資效率指標，而運輸能源效率指標則是最後幾年有下滑的趨勢。因此，鐵路運輸整體績效值在 84 年以及 85 年有些微下滑，但長期而言其績效值表現，呈現較永續的趨勢。

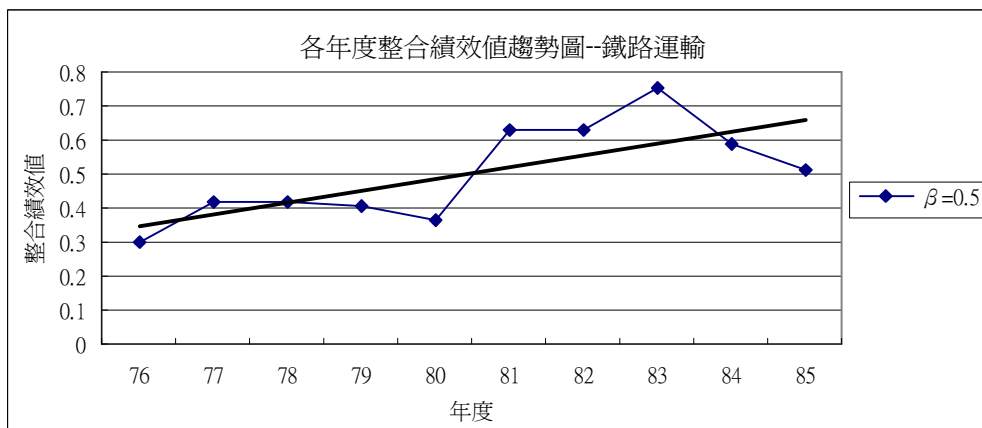


圖 24 各年度整合績效值趨勢圖 ($s=0.5$) --鐵路運輸

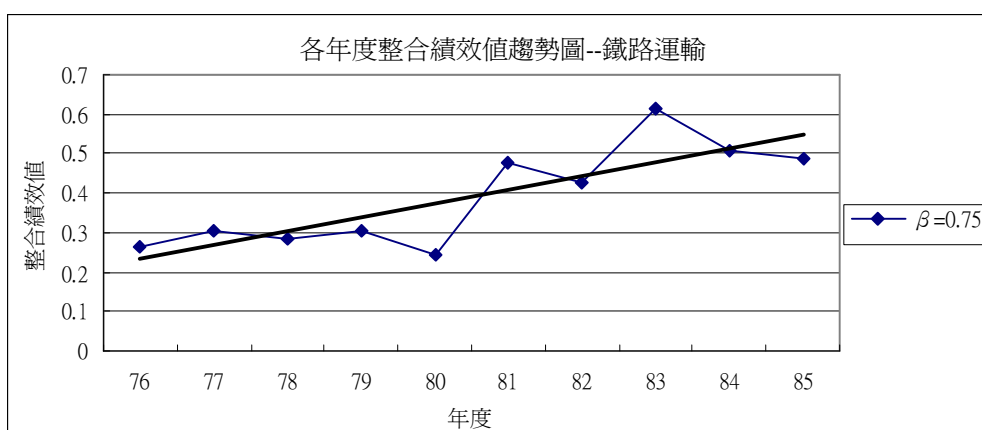


圖 25 各年度整合績效值趨勢圖($s=0.75$)--鐵路運輸

公路大眾運輸經濟效率面永續指標，由指標值趨勢圖觀察，歷年來明顯表現愈來愈差的指標有運輸營運客運效果指標、運輸貨運效果指標以及環境外部性指標。表示公路大眾運輸的利用率並不理想，雖然本研究無法收集到公路私人運輸的資料，但可以推想與小汽車的過度使用有關。另外從環境外部性指標可得知，公路運輸相對於鐵路運輸為污染性較高的運輸方式，而且歷年來有愈來愈差的趨勢，因此政府須對污染加以管制，如：加重稅金或加強排氣檢測，讓污染性太高或使用年限已久的車子予以汰換，並發展替代性之低污染能源。

鐵路運輸經濟效率面永續指標，由指標值趨勢圖觀察，歷年來明顯表現愈來愈差的指標有運輸投資效率指標以及能源效率指標後四年些微下滑。就運輸投資效率指標來看，表示其單位土地面積，產生的延車公里數愈來愈低，也就是投資的土地，其利用率並不佳。從另一個角度來看，如果單位土地面積，產生的延車公里數高到某一個程度，可能就會有擁擠與安全的顧慮，就公路運輸（包含大眾運輸與私人運輸）而言，當尖峰時段，土地的利用程度最高，但也常常造成擁擠與安全的問題。台鐵歷年來運安記錄算是良好，但其運輸投資效率指標的表現歷

年來確是愈來愈差，因此其有資源浪費的現象發生。就運輸能源效率指標來看，鐵路運輸對於能源的使用效率還應有所加強，包括對太老舊的運具進行汰換或是要注意運具的定期維修。

值得注意的是環境污染性指標，公路大眾運輸運行的污染性遠高於鐵路運輸，因此軌道運輸可以說是環境親和力較佳的運具。鐵路運輸如果能加強其接駁轉運功能，讓其可及性提升，必定更能吸引大眾的利用。另外從能源效率指標來看，鐵路運輸亦優於公路大眾運輸，但鐵路運輸在後面四年能源效率指標值有逐漸下滑的趨勢，因此鐵路運輸在能源的消耗上有浪費的現象。

第四章 結論與建議

4.1 社會公平面指標系統

透過本研究所建立之指標系統，配合現況的實例分析與虛擬政策評估，得到的結論如下：

1. 本研究參考【Maclaren, 1996】建議之六項指標建構方式，採用目標體系的方式來構建所需之初始指標系統。
2. 將構建完成的初始指標系統，利用三階段的篩選方式（階段一：將功能近似、重複性的指標予以剔除；階段二：利用 AHP 來評選指標間的相對權重，把相對權重較低的指標予以刪除；階段三：依據實際所蒐集資料的完整性，將資料不全的指標予以篩選出來），決定實際用於評估的決選指標系統。
3. 本研究的決選指標系統包含不同運具、不同群體、不同地域、不同世代共四群 15 項指標。
4. 以民國八十九年為分析年期，將決選指標系統利用 fuzzy logic 進行實例分析，得到的結果為：不同運具間的公平性為『尚可』，不同群體間的公平性為『不公平』，不同地域間的公平性為『尚可』與『公平』，不同世代間的公平性為『尚可』；我國城際運輸永續性發展程度為『中等』。此一結果顯示，我國目前的城際運輸永續性發展程度成果不錯，未來如果需要更進一步，朝向更永續的方向來發展，可能得從各方面來持續地改善。此一整合結果不但可以提供政府高層參考，亦可作為國際間比較時參考，甚至可以提供民眾更便於瞭解、簡單明瞭的資訊。
5. 運用 fuzzy logic 裡「控制」的觀念，本研究假定五年內有三項虛擬政策，評估施行後能否對我國城際運輸永續性發展程度產生影響。研究顯示：每一項虛擬政策或多或少都會對所屬的指標群產生影響，但是卻不會對整體性的評估結果造成任何影響。這也說明了短期內光靠少數政策的改善，可能無法

對整體城際運輸系統產生直接、立即的影響。不過一旦長時間的努力，不斷地朝向「永續發展」的精神來改進，一定能夠提昇我國的城際運輸永續性發展程度。

本研究受限於人力、物力的限制，僅以城際運輸為研究範圍，以臺灣本島為分析對象，從社會公平面的角度，建立了一套「城際運輸永續發展指標系統」。運用 fuzzy logic 模式進行了現況之實例分析與虛擬政策研究，但仍舊有許多不足、需要改善的地方，本研究歸納如下，以供後續研究參考：

1. 本研究所建構的指標系統，受限於資料來源不足，甚至缺乏的困難。最後部分採用了質化指標系統，部分予以刪除的方式來進行實例分析，此舉可能會造成分析結果有所誤差。建議相關單位若經過審慎評估，於指標應用前將所需之指標群組資料，進行實際蒐集，可望得到更客觀的分析結果。
2. 本研究僅從社會公平的角度切入，希望能將這部分的問題予以先行釐清。由於永續發展的經濟、社會、環境等目標可能會產生相互衝突，未來若要建立一整體性運輸系統綜合評估模式，可能得仔細思考如何妥善地處理。
3. 倘若能夠蒐集到更完整、更詳實的資料，本研究建議應成立資料管理組織，負責將相關資料予以保管，作為長期分析比較的基礎，亦可由蒐集過去歷年來的相關資料，觀察其發展趨勢。除此之外，政府部門可參考經濟景氣指標系統，定期發佈評估結果，讓民眾能更深入地瞭解「永續運輸」的意涵。
4. 規則庫的建立方式，或許可以考量從其他較具系統性或更經濟有效的方式來建立，如：類神經網路系統。再者，本研究所使用之隸屬函數與所建立的模糊推論規則庫，都應該再作更進一步地驗證。
5. 利用「模糊控制」的觀念，可以應用於概估每一項政策施行時所需要的成本。此一計算結果可作為相關單位制訂政策、評估計畫的參考依據。
6. 本研究僅以台灣本島作為研究對象，未來可將研究範圍擴展至離島，甚至與其他國家相互比較。
7. 本研究所使用的模式為「模糊邏輯」。現行雖有軟體 Matlab 可配合操作，但本研究建議可以依據我國特性，發展更適合於我國國情的軟體。

4.2 經濟效率面指標系統

本研究根據指標產生架構與經濟效率面意義之探討來研擬城際永續運輸經濟效率面評估指標，依據 AHP 之概念，將指標加以層級化、結構化。其集合定義下：

考慮之構面 = { 運輸能源，運輸能源，運輸投資，外部性成本 }

其中:

運輸能源= { 運輸能源效率指標 }

運輸能源= { 客運效率指標,客運效果指標,貨運效率指標,貨運效果指標 }

運輸投資={投資效率指標,投資效果指標}

外部性成本= { 空氣污染指標 }

城際永續發展經濟效率面評估為一多評準的問題，因此，如上所述，本文依 AHP 理論架構將準則予以分層級，使其問題結構化。而在指標擬定後，本研究以 Saaty 之 AHP 法為權重求取的方法，並使用 AHP 問卷，調查專家學者、相關單位之意見，以求得權重值。求得權重值以後，以模糊綜合評判模式進行指標整合，整合方法首先對資料正規化，接下來進行模糊轉換，利用權重進行模糊整合，最後解模糊化並進行排序與評等，隸屬函數則利用三角模糊數，並調整隸屬函數進行敏感度分析。

本文中以城際公路大眾運輸以及鐵路運輸為實例應用對象，時間為 76 年~85 年。S=0.5 的情況下，公路大眾運輸經濟效率永續性 78 年度表現最佳，85 年度表現最差，表現由高而低的年度依序為 { 78,76,77,82,83,80,81,79,84,85 }。鐵路運輸經濟效率永續性 83 年度表現最佳，76 年度表現最差，表現由高而低的年度依序為 { 83,81,82,84,85,78,77,79,80,76 }。評等方面，各個年度整體表現並不是很理想，只有 78 年度表現『尚可』，其他均『無法接受』；鐵路運輸方面，各個年度整體表現 83 年度為『可以接受』，表現最佳，81、82、84 以及 85 年度均為『尚可』，其他為『無法接受』。

敏感度分析結果(以 S=0.75 比較)在公路大眾運輸方面，排序變化並不大，排序第八與第九順序互換。鐵路運輸方面，則排序變化較大，但前五名與後五年的年度集合則沒變。評等方面，公路大眾運輸變化不大，只有 78 年度由『尚可』改變為『無法接受』。鐵路運輸 81 年~85 年皆改變，均退一等級。而隨著 S 值愈大，也就是『可以接受』的嚴格程度提升，可以發現到整合值愈小，排序亦會有些微變動。

公路大眾運輸之績效值趨勢線斜率為負的，以長期的角度來看，並沒有趨向愈來愈好的發展，因此公路大眾運輸在經濟效率方面並非朝向永續的方向發展。由鐵路運輸之績效值趨勢線斜率為正的，雖然後面幾年有略微下滑的趨勢，但以長期的角度來看，為趨向愈來愈好的發展，因此鐵路運輸在經濟效率方面為朝向永續的方向發展。

公路大眾運輸經濟效率面永續指標，由指標值趨勢圖觀察，歷年來明顯表現愈來愈差的指標有運輸營運客運效果指標、運輸貨運效果指標以及環境外部性指標。鐵路運輸經濟效率面永續指標，由指標值趨勢圖觀察，歷年來明顯表現愈來愈

愈差的指標有運輸投資效率指標，而能源效率指標則是在後四年有下滑的趨勢。

本研究之研究流程與成果，在實務上亦簡而易行，所以可應用於永續運輸發展相關的衡量。在政策參考與後續研究方向上建議如下：

1. 公路大眾運輸空氣污染指標明顯有愈來愈差的趨勢且遠高於鐵路運輸，因此，政府應發展節能公路運輸運具或替代性能源，以遏止此不良之發展趨勢。
2. 公路運輸客運營運效果指標明顯有愈來愈差之趨勢，此與私人小汽車之持續成長有關。政府應該多鼓勵公路大眾運輸的使用，並加強轉運功能，以提高可及性。
3. 鐵路運輸歷年來明顯表現愈來愈差的指標有運輸投資效率指標，應該要加強對於運具與通路的利用。
4. 雖然鐵路運輸其歷年來運輸能源效率均遠高於公路大眾運輸，鐵路運輸在後面幾年有下滑的趨勢，對於能源的使用效率還應有所加強，包括對太老舊的運具進行汰換或是要注意運具的定期維修。
5. 在資料收集方面，並非每一項指標均能有城際的分類資料，因此就目前而言，資料完整性還不夠。建議相關單位未來資料可以依城際運輸與都市運輸來分類。資料完整性夠且精確，則整合結果則更具有意義。
6. 本研究針對城際運輸永續發展經濟效率面建立評估指標，建議未來可對經濟效率面相關沒有探討到之新議題加入新指標，以及進行更完整之探討。
7. 本研究主要在建立城際運輸永續發展經濟效率面指標並以模糊綜合評判進行指標整合，並對結果進行評等，對於各個指標門檻值設定並沒有進行探論，因此無法瞭解到底指標值至少要達到多少或低於多少，才算是好的，可做為未來進一步研究的方向。建議以所得到之指標值為參考依據，進行學者專家問卷調查。
8. 在指標研擬的方法上，本文雖採用相關研究之結果為其擬定方式，本文仍建議，在研擬上可採用 Dephi 法，來求得各群組間的意見分歧能夠趨近一致。
9. 本研究雖以不同嚴格程度的三角隸屬函數進行計算，以整體趨勢來看，結果差異並非很大，然而，建議隸屬函數亦可以用問卷調查進行實際的校估，調查問卷的對象須慎選。
10. 權重值為透過國內專家學者問卷以 AHP 求得，建議可與國外之權重比較，已瞭解國內與國外認知的差別。
11. 英國已有相關套裝軟體來計算永續性整合結果，建議未來可設計一套適合國內的套裝軟體直接使用。

參考文獻

1. Atkinson, A.B. (1983), *The economics of inequality*, Oxford : Clarendon Press.
2. Atkinson, G., R. Dubourg, K. Hamilton, M. Munasinghe, D. Pearce, C. Young (1997), *Measuring sustainable development*, Edward Elgar, Cheltenham, UK.
3. Barr, N.A. (1987), *The economics of the welfare state*, London : Weidenfeld & Nicholson.
4. Bell, S. and S. Morse (1999), *Sustainability Indicators: measuring the immeasurable?*, Earth Scan Publications Ltd., London, England.
5. Bellman, R.E. and L.A. Zadeh (1970),” Decision-making in a fuzzy environment,” *Management Science*, Vol.17, pp.141-164.
6. Black W.R. (1996),” Sustainable transportation: a US perspective,” *Journal of Transport Geography*, Vol. 4, No.3, pp. 151-159.
7. Blowers, A., (1993), *Planning for a sustainable environment*, A Report by the Town and Country Planning Association Earthscan Publications, London.
8. Bonsall, P. (2000),” Legislating for modal shift: background to the UK’s new transport act,” *Transport Policy*, Vol. 7, No. 3, pp. 179-184.
9. Brindle, R. (1998),” Sustainable transport- cause or effect of a sustainable future? ,” *Road &Transport Research*, Vol. 7, No. 3, pp. 66-75.
10. Chang, I. S., Y. Tsujimura, M. Gen, T. Tozawa (1995),” An efficient approach for large scale project planning based on fuzzy Delphi method,” *Fuzzy Sets and Systems*, Vol.76, pp.277-288.
11. Chang, P. T., L. C. Huang, H. J. Lin (2000),” The fuzzy Delphi method via fuzzy statistics and membership function fitting and an application to the human resources,” *Fuzzy Sets and Systems*, Vol.112, pp.511-520.
12. Chen, C. T. (2000),” Extensions of the TOPSIS for group decision making under fuzzy environment,” *Fuzzy sets and systems*, pp1-9.
13. Cornelissen A.M.G., J. van den Berg, W.J. Koops, M. Grossman, H.M.J Udo (2001),” Assessment of the contribution of sustainability indicators to sustainable development: a novel approach using fuzzy set theory,” *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Vol. 86, pp. 173-185.

14. Davis, A. L. (1996),” Promoting sustainable transport in English: principles and practice,” *Journal of Transport Geography*, Vol. 4, No. 1, pp. 67-70.
15. Day, A. (1998),” Meeting the needs of the community: social issues in road and transport planning,” *Road &Transport Research*, Vol. 7, No. 4, pp. 64-74.
16. De Silva, H. and C. Tatam (1996),”An empirical procedure for enhancing the impact of road investments”, *Transport policy*, Vol.3, No.2, pp.210-211.
17. Dunvan, B., J. Hartman (1996),” Sustainable urban transportation initiatives in Canada”, presented in the APEC Forum on Urban Transportation, Seoul, Korea.
18. ECMT (1995), *Sustainable Transport in Central and Eastern European Cities*, Proceedings of the workshop on transport and environment in Central and Eastern European cities, Bucharest, Romania.
19. Faucheux, S. and M. O’Connor, ed. (1998), *Valuation for sustainable development*, Edward Elgar, Cheltenham, UK.
20. Feitelson, E. (2002),” Introducing environmental equity dimensions into the sustainable transport discourse : issues and pitfalls”, *Transportation research*, Part D, pp.99-118.
21. Feng, S. and D. Li (1999),“ Decision support for fuzzy comprehensive evaluation of urban development”, *Fuzzy Sets and Systems* 105, pp. 1-12.
22. Herrera, F., Herrera-Viedma, E. and Verdegay, J. L. (1996),” Direct approach processes in group decision making linguistic OWA operators,” *Fuzzy Sets and Systems*, Vol.79, pp.175-190.
23. Hinterberger, F., Luks, F. and Schmidt-Bleek, F. (1997),“ Material flows vs. ‘natural capital’: what makes an economy sustainable,” *Ecological Economics*, Vol.23, pp.1-14.
24. Huang, S. L., J. H. Wong, T. C. Chen (1998),” A framework of indicator system for measuring Taipei’s urban sustainability,” *Landscape and Urban Planning*, Vol.42, pp.15-27.
25. Hughes, P. (1993), *Personal transport and the greenhouse effect*, Earthscan Publications, London.
26. John, W. (1995), *Transport for a sustainable future: the cost for Europe*, Belhaven Press, New York, US.
27. Jones, P. and K. Lucas (2000),“ Integrating transport into ‘jointed-up’ policy

- appraisal," *Transport Policy*, Vol 7, pp. 185-193.
28. Lewis III , S. L. (1998)," Land and transportation: envisioning regional sustainability," *Transportation Policy*, Vol.5, pp.147-161.
 29. Maclaren, V. W. (1996)," Urban sustainability reporting," *Journal of the American Planning Association*, Vol.62, No.2, pp.184-202.
 30. Merbek Resource Consultants (1996)," Performance indicators for environmentally sustainable transportation," Submitted to Transport Canada.
 31. Moldon, B., S. Billharz, R. Matravers (1997), *Sustainability indicators: a report on the project on indicators of sustainable development*, John Wiley & Sons Ltd, West Sussex, England.
 32. Munasinghe, M. (1993), *Environmental economics and sustainable development*, World Bank, Washington, DC.
 33. National Round Table on the Environment & the Economy (1997), *Ottawa Ontario Canada, State of the debate on the environment and the economy: The road to sustainable transportation in Canada*, TRB-TRIS.
 34. Nijkamp, P. and J. Vleugel (1995), *In search of sustainable transport systems, European Transport and Communications Networks: Policy Evolution and Change*, Edited by D. Banister, pp. 287-299.
 35. OECD (1996), *Towards sustainable transportation*, OECD, Vancouver.
 36. OECD (1997), *Towards sustainable transportation*, Conference highlights and overview of issues, Vancouver, British Columbia, Canada.
 37. OECD (1998), *Towards Sustainable Development-Environment indicators*, OECD publications.
 38. Olsson, L. (1999)," Steps towards an environmentally sustainable transport system," *The Science of Total Environment* 235, pp. 407-409.
 39. Page, T. (1982), "Inter-generational Justice as opportunity", In Maclean, D. and Brown, P., *Energy and the future*, Ottawa : Rowan and Littlefield.
 40. Phillis, Y. A. and Andriantiatsaholiniaina, L. A. (2001)," Sustainability : an ill-defined concept and its assessment using fuzzy logic," *Ecological Economics*, Vol.37, pp.435-456.
 41. Ramanathan, R., J. K. Parikh (1999)," Transport sector in India: an analysis in

- the context of sustainable development,” *Transport Policy*, Vol. 6, pp. 35-45.
42. Ranst, E. V., H. Tang, R. Groenemans and S. Sinthurahat (1996),” Application of fuzzy logic to land suitability for rubber production in peninsular Thailand,” *Geoderma*, Vol.70, pp.1-19.
 43. Rawls, J. (1971), *A Theory of Justice*, New York : Oxford University Press.
 44. Rienstra, S.A, Stead, D., Banister, D., Nijkamp, P. (1997),” Assessing the complementarity of common transport policy objectives”, *A scenario approach. Innovation* 10, pp.273-287.
 45. Saaty, T.L. (1980), *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill, New York.
 46. Chen, S.J., C.L. Hwang, F.P. Hwang (1992), *Fuzzy Multiple Attribute Decision Making*, pp.466-468.
 47. The World Bank (1996), *Sustainable transport-priorities for policy reform*, The World Bank, Washington, D.C., US.
 48. Theil, H. (1967), *Economics and information theory*, North-Holland, Amsterdam.
 49. Tibbs, H. (1998)” Global change and the future of transport,” *Road &Transport Research*, Vol. 7, No. 2, pp. 70-83.
 50. Tietenberg, T. (1984), *Environment and natural resource economics*, Scott Foresman, Glenview.
 51. UK (1996), *Indicators of Sustainable Development for the United Kingdom*, HMSO United Kingdom London.
 52. UNCHS (1995),“ Using indicators in policy, Indicators Newsletter3: 1-8. United Nations Centre for Human Settlement (Habitat)”.
 53. Van Ranst E., H. Tang, R Groenemans, S. Sinthurahat (1996),” Application of fuzzy logic to land sustainability for rubber production in peninsular Thailand,” *Geoderma*, Vol. 70, pp. 1-19.
 54. Waters, H. R. (2000),” Measuring equity in access to health care,” *Social Science and Medicine*, Vol.51, pp.599-612.
 55. WCDE (1987), *Our common future*, Oxford University Press, Oxford, p.400.
 56. Weiss, B. E. (1990),“ In fairness to future generations,” *Environment*, Vol.32, No.3, pp.7-31.

57. WRI (1994), *Information Please Environment Almanac*.
58. 交通部統計處 (2001), 臺灣地區運輸倉儲及通信業產值報告。
59. 交通部統計處 (1996), 交通指標體系建立之研究。
60. 交通部運輸研究所 (2001), 運輸資料分析。
61. 交通部運輸研究所 (2001), 永續運輸之量化指標研究。
62. 行政院 (1998), 中央政府總預算。
63. 吳孟勳 (2001), 生態街道與城市永續發展之探討, 成功大學都市計劃研究所碩士論文。
64. 李永展 (1998), 道路規劃與城鄉永續發展: 二個案例的省思, 中華民國道路協會年會學數研討會。
65. 李金準 (2001), 中國可持續發展核算體系, 社會科學文獻出版社。
66. 於幼華、張益誠 (1999), 永續發展指標, 環境教育季刊 37 期, pp. 53-74。
67. 孫志鴻、余政達、林祥偉 (2001), 建立永續發展指標系統的指導原則。
68. 經濟部能原委員會 (1998), 能源政策白皮書。
69. 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。
70. 張有恆 (1999), 都市公共運輸, 華泰書局。
71. 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。
72. 張勝雄 (2002), 永續運輸之量化指標研究, 頁 5-6。
73. 曹壽民、游明敏 (2000), 「模糊滿意分析法應用於捷運系統營運組織型態選擇之研究—以桃園都會區捷運系統為例」, 運輸學刊, 第十二卷, 第二期, 31-46 頁。
74. 陳光華 (2001), 「群體決策模式之口語綜合評判函數建構程序」, 管理與系統, 第八卷, 第二期, 225-238 頁。
75. 馮正民, 呂秀玉 (1997), 模糊方法在質化評估準則之運用-交通建設土地徵收難易度為例-, 都市與計畫, 第二十四卷, 第二期, 第 1-21 頁。
76. 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。

77. 馮正民 (1999), 邁向永續運輸, 看守台灣, 第 1 卷, 第 2 期, 第 16-23 頁。
78. 馮正民、李穗玲 (2000), 「由決策習慣探討 AHP 之評估方法」, 中華管理學報, 第一卷第一期, 頁 21-26
79. 馮正民、林楨家 (2000), 都市及區域分析方法, 頁 7-10 至 7-14。
80. 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。
81. 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。
82. 經濟部能源委員會 (2000), 中華民國臺灣地區能源指標季報。
83. 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 88 年。
84. 臺灣鐵路管理局 (2000), 臺灣鐵路統計年報。
85. 劉欽瑜 (2001), 永續目標下都會區最適運具比例研究, 台灣大學土木研究所碩士論文。
86. 盧志明、黃啟峰 (1995), 全球永續發展的緣起與發展。