

逢 甲 大 學  
交通工程與管理學系碩士班  
碩士論文

都市輕軌興建計畫優先順序評估模式之研究

Development of an Evaluation Model to Prioritize the  
Construction Projects of Urban Light Rail Transit System

指導教授：葉名山  
研 究 生：李尚輯

中 華 民 國 九 十 五 年 七 月

## 誌謝

時光荏苒，二年之研究所生涯隨之告一段落，而在此就讀期間是我人生中最重要的一段時光，該感謝的人很多，也有因為你們，使我二年之研究所生活中，增添了許多色彩。

蒙謝交管所之師長傳道、授業、解惑，使我在為學、為人上皆有長足之進步，而這當中最感謝的是恩師，葉名山博士的悉心指導，使得本論文得以順利付梓，在論文撰寫期間，舉凡研究方向之建議、研究架構之建立及方法論之導引等，均給予學生相當多的幫助，恩師對於學生種種恩惠與教導，學生永誌於心，在此向恩師致上誠摯的謝意；在論文審查期間感謝許添本教授及周永暉教授之細心教誨，並惠予剴切指正，使得學生論文的架構與內容更趨完整；亦要感謝為我填寫問卷的各位專家們，由於您用心的填寫問卷，才能使本研就順利完成。

在研究所的求學生涯裡，感謝我的同窗好友，芋頤、耿禎、超爺、勳哥、老賴、憲哥、鵬升、阿舜、嘟嘟雁、小碧、阿維、阿彰、米奇、阿展、智淮、怡霖、小眼睛、阿球、龜翰、馬祖、庭銀、雅雯兩年來的陪伴，有了你們我的研究所生活更加多采多姿。也感謝肇事中心之銘亮學長、勳哥、益俊、詮勳在計畫案的協助及雅琄在口試時的會議紀錄，而中心其他成員，亦要謝謝有你們的陪伴。

遠在成大的阿勝、逢甲的胖胖及在當兵中的小良，謝謝你們在我無聊及心情不好的時候，伴我渡過陪並提供歡的笑聲，亦是我大學及研究所不可抹去之回憶。最後謹將此份論文獻給我最親愛的家人，由於您們一直給我支持鼓勵，讓我可以無憂無慮地專心完成學業，謝謝你們，在此將此本論文獻給最關心我、照顧我的家人。

李尚輯 謹誌于逢甲  
中華民國九十五年七月

## 摘要

政府為了改善都市交通問題，正積極在推廣發展大眾運輸系統，其中包括各都會區捷運網之計畫，其目的希望能提升大眾運輸服務品質及運能，達到紓解都會區交通擁擠。近來臺灣地區各地方政府紛紛提出引進輕軌運輸系統計畫，以改善地區交通問題，並期建立都市形象。鑑於並非所有都市具有引進發展之條件，且政府財政資源有限，如何針對未來各地方所提出欲興建輕軌運輸系統計畫申請之都市，做有效資源分配且評估都市輕軌興建計畫之優先順序，為本研究之探討課題。

本研究之目標為「都市輕軌興建計畫優先順序評估之模式」，先經由文獻回顧整理歸納出影響目標之初擬準則，並藉由層級結構將影響因素間複雜關係有系統的連結，建立「符合現有大眾運輸環境推動之條件」及「有利增進未來推動輕軌計畫之條件」二大構面及十六項評估準則之初擬層級架構，透過二階段問卷設計，先應用模糊德菲法(Fuzzy Delphi Method)，從十六項初擬準則中篩選出八項評估準則，再經由模糊層級分析法(Fuzzy Analytic Hierarchy Process, FAHP)求取準則之相對權重加以排序，其前五重要準則依序為「大眾運輸搭乘率」、「沿線人口密度」、「相關配套措施」、「經濟效益」、「財務可行性」。

本研究最後選取高雄、台中及基隆等三都市之輕軌建設計畫，作為實證研究，以模糊綜合評判(fuzzy synthetic decision method)之方式，求得各方案之優先順序。經由本研究擬定之準則，可供研擬後續各都市爭取興建輕軌之作業流程參考，以作為中央政府評選各都市爭取輕軌經費之依據。

關鍵字：輕軌運輸系統、模糊德菲法、模糊層級分析法

## Abstract

The Federal government is developing the public transportation system actively, including the project of Mass Rapid Transit (MRT) system in many cities. Its purpose is to solve the city transportation problems, and to increase the public transportation service quality and ability. Recently, there are many local governments have proposed the construction projects of the Light Rail Transit (LRT) system in order to improve their urban traffic. However, not all of cities have the suitable conditions to construct the LRT. Furthermore, due to the shortening budget, not all of cities can get enough subsidies from the Federal government. Therefore, the Federal government needs to formulate the evaluation system in order to assess the priority of LRT projects in different cities.

The goal of this study is “to build an evaluation model to prioritize the construction projects of urban light rail transit system in Taiwan”. Based on literature review, we first select the initial evaluation criteria. Then, we use the Fuzzy Delphi Method (FDM) which we select 8 evaluation criteria from 16 initial criteria. The next step, we use the Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP) to decide the weight of each criteria. The top five evaluation criteria are such as “public transport ridership” , “population density” , “population density along the line” , “relevant supplementary measures” , “economic benefits” ,and “financial feasibility”.

Finally, we use fuzzy synthetic decision method to evaluate three LRT projects such as Kaohsiung, Taichung, and Keelung as examples to find out which city has the first priority. The results of this study can be used by the relevant authorities as reference to establish the procedures which shoot for subsidies the budget to build LRT system from the Federal government.

Keywords: Light Rail Transit, Fuzzy Delphi Method, Fuzzy Analytic Hierarchy Process

## 目錄

摘要 .....	i
Abstract .....	ii
目錄 .....	iii
圖目錄 .....	v
表目錄 .....	vi
第一章 緒論 .....	1
1.1 研究動機 .....	1
1.2 研究目的 .....	2
1.3 研究範圍與限制 .....	2
1.4 研究方法與內容 .....	3
1.5 研究流程 .....	4
第二章 文獻回顧與現況分析 .....	6
2.1 輕軌運輸系統 .....	6
2.1.1 輕軌系統發展歷史 .....	6
2.1.2 輕軌運輸系統之定義 .....	9
2.1.3 輕軌運輸系統運輸服務型式 .....	14
2.2 國內輕軌計畫推動現況 .....	17
2.3 資源分配與計畫優先順序之相關研究 .....	28
2.4 軌道運輸相關評估準則之回顧 .....	32
2.4.1 輕軌運輸系統與都市特性之條件 .....	32
2.4.2 評估運輸建設考量項目 .....	33
2.4.3 運輸系統興建相關評估準則 .....	34
2.4.4 輕軌運輸系統相關規劃考慮項目 .....	38
2.4.5 小結 .....	43
第三章 研究方法 .....	46
3.1 德菲法 .....	46
3.2 模糊德菲法 .....	47
3.3 分析階層程序法 .....	49
3.4 模糊分析階層程序法 .....	56

3.5 模糊綜合評判 .....	59
3.5.1 方案績效之計算 .....	59
3.5.2 方案排序 .....	60
第四章 都市輕軌興建計畫優先順序評估模式構建 .....	62
4.1 評估模式之研擬 .....	62
4.2 建立初擬評估準則及層級架構 .....	63
4.3 初擬評估準則篩選 .....	67
4.4 準則權重之計算 .....	72
4.4.1 各專家群體之指標權重 .....	73
4.4.2 整合群體專家意見 .....	76
4.4.3 準則權重值之探討 .....	79
第五章 實例驗證 .....	82
5.1 都市興建輕軌計畫之評估方案說明 .....	82
5.1.1 基隆市輕軌運輸系統建設計畫 .....	82
5.1.2 台中捷運優先路線建設計畫-採輕軌捷運 .....	84
5.1.3 高雄都會區輕軌運輸系統建設計畫 .....	85
5.2 優先方案之評選 .....	87
5.2.1 專家之語意變數 .....	87
5.2.2 模糊績效值達成值 .....	88
5.2.3 模糊綜合評判 .....	92
5.2.4 優先方案排序 .....	93
5.2.5 本研究所延伸之問題與思考未來對策 .....	94
第六章 結論與建議 .....	96
6.1 結論 .....	96
6.2 建議 .....	97
參考文獻 .....	99
附錄一 第一階段問卷 .....	103
附錄二 第二階段問卷 .....	106
附錄三 延伸之問題與思考未來對策 .....	121

## 圖目錄

圖 1.1 研究流程圖 .....	5
圖 2.1 輕軌運輸、輕軌捷運與自動化輕軌捷運系統之間的關聯性..	13
圖 2.2 基隆市輕軌運輸系統建設優先路線圖 .....	18
圖 2.3 信義計畫區輕軌路線圖 .....	20
圖 2.4 桃園都會區輕軌路線圖 .....	21
圖 2.5 新竹輕軌捷運基礎路網圖 .....	22
圖 2.6 台中輕軌捷運基礎路網圖 .....	23
圖 2.7 台南都會區輕軌運輸系統規劃 .....	24
圖 2.8 高雄臨港輕軌規劃路線圖 .....	26
圖 2.9 運輸技術選用評估體系及與可行研究之對應關聯 .....	40
圖 3.1 模糊三角函數構成型態圖 .....	48
圖 3.2 AHP 操作流程圖 .....	50
圖 3.3 層級結構圖 .....	51
圖 3.4 層級結構圖(部分關係) .....	52
圖 3.5 比較單元 .....	52
圖 3.7 準則權重之模糊三角函數 .....	57
圖 3.8 語意變數之隸屬函數圖 .....	60
圖 4.1 評估模式研擬圖 .....	62
圖 4.2 初擬準則層級架構圖 .....	63
圖 4.3 大眾運輸搭乘率之模糊三角函數 .....	68
圖 4.4 本研究層級架構圖 .....	71
圖 5.1 基隆市輕軌運輸系統建設優先路線圖 .....	83
圖 5.2 台中捷運優先路線圖 .....	85
圖 5.3 高雄輕軌運輸系統路線圖 .....	86

## 表目錄

表 2.1 輕軌運輸系統之發展簡史表 .....	7
表 2.2 輕軌運輸系統運輸服務功能 .....	16
表 2.3 都會區輕軌系統相關建設計畫整理表 .....	27
表 2.4 資源分配與計畫優先順序之相關研究 .....	31
表 2.5 大眾捷運法中與規劃作業相關之條文 .....	34
表 2.6 都市興建捷運系統之一般條件 .....	35
表 2.7 城市軌道交通建設條件評估指標滙總表 .....	37
表 2.8 運輸建設可行性研究暨成本與效益考慮項目之比較 .....	42
表 2.9 軌道運輸相關評估準則整理表 .....	44
表 3.1 影響因子 A 之模糊三角函數 .....	48
表 3.2 比較評估準則尺度意義及說明 .....	53
表 3.3 評估矩陣隨機指標值 .....	55
表 3.4 問卷之填寫語意變數之範例 .....	59
表 4.1 初擬評估準則彙總表 .....	65
表 4.2 大眾運輸搭乘率之模糊三角函數 .....	68
表 4.3 初擬評估準則及代號 .....	69
表 4.4 初擬評估準則三角模糊函數 .....	70
表 4.5 模糊德菲法篩選後之評估準則及代碼對照表 .....	71
表 4.6 準則認同表 .....	72
表 4.7 群體模糊權重值及差異程度 .....	74
表 4.8 整合群體之未正規化模糊權重值及整體差異程度 .....	77
表 4.9 整合群體後之正規化模糊權重值 .....	78
表 4.10 去模糊化後之正規權重值 .....	79
表 4.11 層級權重之串聯 .....	80
表 5.1 專家對五種語意變數的主觀認定 .....	87
表 5.2 評選方案於各評估準則下之相關資訊彙整 .....	88
表 5.3 高雄輕軌建設計畫於各準則下之模糊績效值 .....	90
表 5.4 台中輕軌捷運建設計畫於各準則下之模糊績效值 .....	90
表 5.5 基隆市輕軌建設計畫於各準則下之模糊績效值 .....	91



表 5.6 高雄輕軌建設計畫之模糊綜合評判.....	92
表 5.7 台中輕軌捷運建設計畫之模糊綜合評判 .....	92
表 5.8 基隆市輕軌建設計畫之模糊綜合評判 .....	93
表 5.9 各評選方案之評估結果 .....	94



# 第一章 緒論

## 1.1 研究動機

政府為了改善都市交通問題，正積極在推廣發展大眾運輸系統，其中包括各都會區捷運網之計畫，為挑戰 2008 年之國家發展重點計畫中，全島運輸骨幹整建計畫之子計畫，其目的希望能提升大眾運輸服務品質及運能，達成紓解都會區交通擁擠。

目前我國各中大型都市運輸，均積極推行捷運系統之規劃，其中台北與高雄兩都會區均已相繼完成大眾捷運運輸系統規劃，其中台北捷運已陸續完工營運，高雄捷運目前正在興建中，預計於 96 年 10 月全線通車，其兩大會區主要採用高運量捷運系統，配合現有大眾運輸，構建完整之運輸路網，但在其它都會區之主要大眾運輸系統，皆以低運量公車系統為主；由於重運量捷運系統之成本高昂，一般省轄市之財政難以承擔，使其捷運建設難以推動。

根據過去研究，輕軌運輸系統具有「不斷成長或變化之可能性」及「因地制宜的彈性」二大特性，可依照建造型式之不同而產生單方向 8,000-20,000 人/時之運量範圍，較適合於人口 20 萬至 100 萬之都市，且系統建設所需投入資本較為重運量捷運系統低廉，因此在歐美等交通運輸較先進國家逐步受到重視與青睞；反觀國內中小型都市如台中、台南、桃園、新竹等，就都市結構或運量需求面而言，均非需要重運量捷運系統，但隨著地面交通日益擁擠與政府財政負擔漸逐沈重考量下，輕軌運輸系統已成為較佳選擇系統之一，雖此運輸系統，準點性、可靠性不及重運量捷運系統，但較為傳統公車高，且節約能源、低噪音及低污染等特性，亦優於傳統公車。

基於上述輕軌運輸系統之觀點，台灣地區之中、大型都市已陸續提出輕軌運輸系統之規劃構想，就台灣輕軌運輸系統而言，目前已確定將引進高雄市做為未來捷運通車後，強化大眾運輸系統整體路網及接駁運輸服務功能，亦可作為未來即將通車之高鐵車站，應用於車站與聯絡市中心之大眾運輸系統，或配合台鐵支線輕軌化，都會區中運量輕軌捷運化、區域性觀光軌道運輸建設發展來做一結合。

但鑑於政府財政資源有限下，如何針對未來各地方所提出欲興建輕軌運輸系統申請之都市，做有效資源分配，且評估優先興建輕軌運輸系統之順序，為本研究之重點，且將考量各縣市之特性和狀況，試選擇合適之方法來評估輕軌發展之適合性和優先順序。

## 1.2 研究目的

基於以上之研究背景與動機，本研究預期達到之目的為：

- 一、建立一套適合於台灣地區都市輕軌興建計畫優先順序評估方法之參考，期能達到政府資源有效分配之目的。
- 二、相關評估準則之制定，以探討運輸系統建設計畫各評估項目之影響因素，及國內適合發展輕軌運輸系統應具有那些條件及指標，利用一般可取得之社經指標，以及在進行運輸建設可行性計畫時所評估之項目之初步資料，建構出一評選各都市輕軌興建計畫優先性時，客觀合理之評估準則。
- 三、可作為未來政府在審核，都市輕軌運輸系統申請興建時之參考。

## 1.3 研究範圍與限制

本研究所建立之都市輕軌運輸興建計畫優先順序評估模式，僅適用於台灣地區，針對目前各地方所提出欲興建輕軌運輸系統申請或現有之輕軌運輸可行性報告書之都市為未來評選為範圍；但由於研究時間及經費之限制，本研究將選取北、中及南部未來可能興建輕軌運輸系統各一都市之計畫，作為實證研究。北部以「基隆市輕軌運輸系統建設計畫」、中部以「台中都會區大眾捷運系統優先路線規劃(建議採用專用路權、鋼輪鋼軌之輕軌捷運系統)」及南部「高雄都會區輕軌運輸系統」，為實證研究之範圍。

## 1.4 研究方法與內容

基於本研究目的之需要，本研究所運用的方法主要包括下列幾項：

### 1、文獻探討法

- (1)經由蒐集文獻與相關研究，以瞭解輕軌運輸系統之定義、發展及特性。
- (2)藉由回顧輕軌運輸系統與都市特性之關係、評估運輸建設所考量之因素、運輸系統興建評估準則及相關規劃項目之相關論文、期刊文獻，並以傳統分析階層程序法之層級結構方式，將這些影響興建輕軌運輸系統之優先順序因素，彙整成影響因素集，並建立其層級架構。
- (3)研究方法之回顧，包括分析階層程序法(Alytic Hierarchy Process, AHP)及德菲法(Delphi Method)之回顧，並結合「模糊理論」的內容與精神，作為都市輕軌運輸興建計畫優先順序評選方法。

### 2、模糊德菲法及模糊分析階層程序法

本研究利用專家問卷的方式，並結合「模糊理論」之方法與精神，以模糊德菲法(Fuzzy Delphi Method)來篩選出決策群體認為較為重要的評估準則，並據此建立「都市輕軌興建計畫優先順序評估模式」之層級架構；再透過分析階層程序法以求取每位專家主觀判斷所得各評估準則的相對權重，同時利用模糊數的觀念，求得各相關評估準則的模糊權重與非模糊權重值，並對其作重要性排序。

### 3、實證研究與應用分析

針對求算出的各準則權重，由專家學者以語意變數（linguistic variable）的方式，衡量各評估準則在各評選方案的績效達成值，而績效評估排序之部分，以配合模糊權重，並應用模糊綜合評判法（fuzzy synthetic decision method）及隸屬度平均積分代表法(Graded mean

integration representation method)，求得各方案之加權得點與優劣次序。

## 1.5 研究流程

本研究流程，先確定其研究動機與目的與範圍限制，進行相關文獻回顧整理，首先以回顧輕軌運輸系統之發展、定義、特性，及目前國內對於此系統之推動現況，而研究方法部分，以回顧多準則評估方法且關於資源分配與計畫優先順序研究為主，確定研究方法之適用性，最後回顧軌道運輸相關評估準則部分，以輕軌運輸系統與都市特性關係、評估運輸建設考量項目、運輸系統興建相關評估準則及運輸系統相關規劃項目，經由上述文獻回顧，初步建立評估架構及準則初擬，經第一次問卷設計與分析，採用模糊德菲法來篩選輕軌興建計畫優先順序之評估準則，再由第二次問卷寄發，以模糊層級分析法計算準則相對權重且分析其差異性並進行實證研究，最撰寫結論與建議。其流程如圖 1.1 所示。



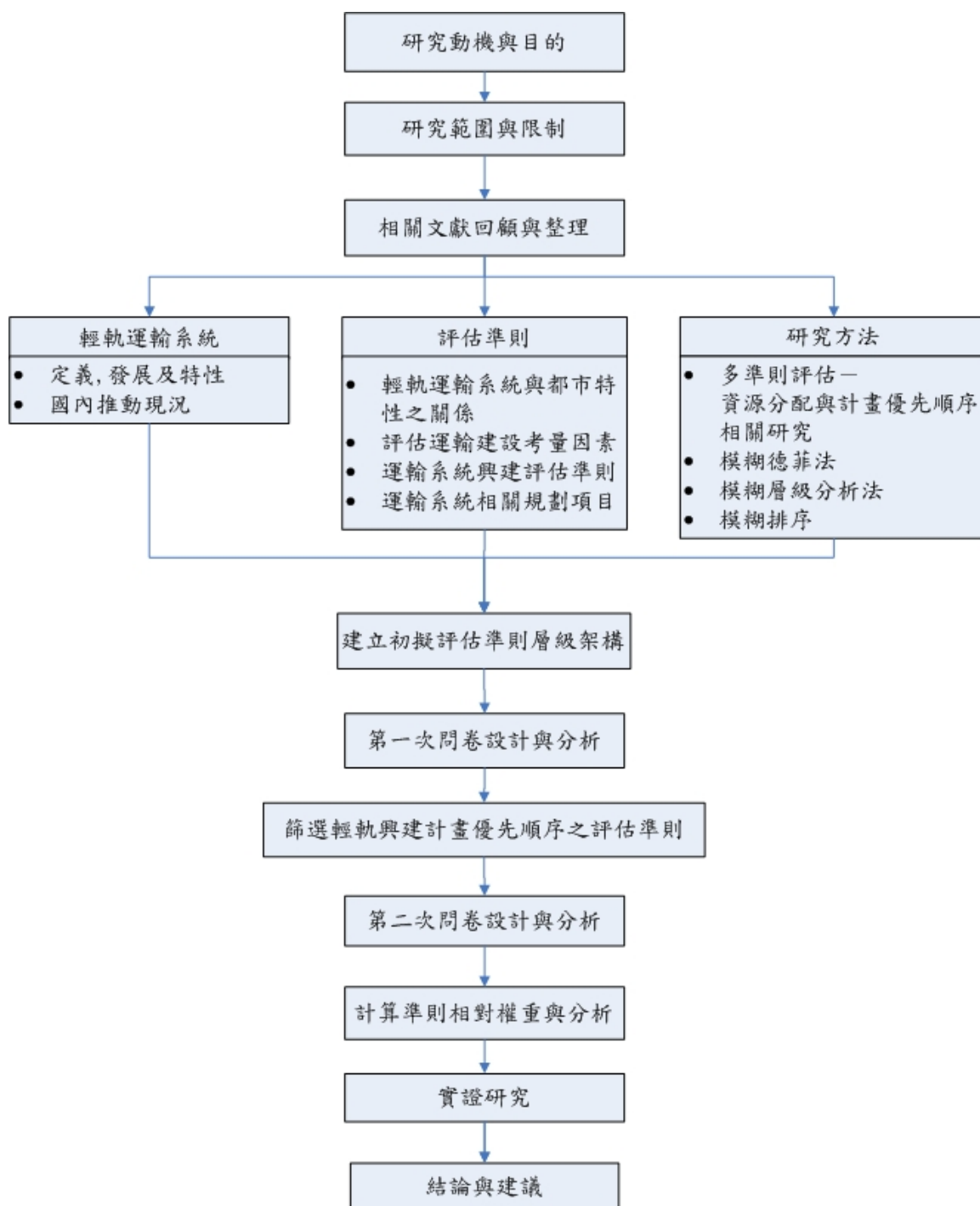


圖 1.1 研究流程圖

## 第二章 文獻回顧與現況分析

在此章節中，首先經由文獻之蒐集整理，瞭解輕軌之發展及相關之定義，之後回顧輕軌之服務型式中，更進一步知道輕軌系統運輸容量和速度極為彈性，其且有多重的運輸功能；由於目前輕軌尚未引進台灣地區，而透過收集目前國內輕軌計畫，能瞭解其推動之現況；本研究以回顧多準則評估方法且關於資源分配與計畫優先順序研究為主，確定研究方法之適用性；最後回顧相關評估準則，以回顧輕軌運輸系統與都市特性關係、評估運輸建設考量項目、運輸系統興建相關評估準則及運輸系統相關規劃項目，作為爾後擬定都市輕軌興建計畫優先順序評估準則之參考，以下為文獻回顧之收集及整理。

### 2.1 輕軌運輸系統

#### 2.1.1 輕軌系統發展歷史

「輕軌」這個名詞之出現，大約在 1960 年代的英格蘭，首度使用 Light Railway，為了跟 trolley、streetcar、tram、tramway 等用法區別，且企圖給予輕軌更高的市場形象，所以最早的 Light Railway 為電車的升級，尚未達到「捷運」之程度。而在 1978 年，國際公共運輸聯盟 (Union Internationale des Transports Publics, UITP) 在布魯塞爾召開的第一次「輕軌委員會」(Light Rail Commission) 會議上，這個名詞正式的產生，其原因為輕軌運輸車輛施加在軌道上之荷載重量，相對於傳統鐵路系統與高運量捷運系統而言明顯較低【7、8、49】。

回顧輕軌運輸系統在都市軌道系統歷史上的發展情況，此運輸系統發展至今已有百年歷史，最早期在紐約(1832)，是以馬為動力的輕便軌道街車，為最早之輕軌街車的雛型，而第一輛以電為動力之車輛，在德國(Lichterfelde, 1981)開始營運，從此開啟了路面電車和輕軌的發展，此期間至 1917 年，為地面電車的第一個全盛時期；在 1920 年代之後，因內燃機技術進步，歐美的路面電車遭到首次的沒落；而在第二次大戰之後，由於私人運具之成長，在北美之路電車的發展還不受重視而逐漸沒落，但是在歐洲，原先速度較為緩慢的路面電車則轉

變成專一化的路權、服務效率較高的輕軌運輸系統，使此系統更進一步的發展。而在亞洲的日本，在 1950 年代後期，也因為小汽車急速增加，亦導致地面電車的營運效率大幅下降，在 1955~1965 年之間，在日本各大型之都市皆廢除此運輸系統，以其他大眾捷運系統代替。

1970 年代能源危機之後，原先在北美以及日本被冷落的路面電車，則以先進的 LRT 系統的型態，重現於都市運輸系統之中。除了地面型態的 LRT 之外，也有將 LRT 的營運路權由原先的 B 型路權提升為 A 型專有路權的輕軌捷運系統(Light Rapid Rail Transit, LRRT)。從此之後，LRT 和其後續發展的 LRRT 成為了城市內設置大眾運輸系統的其中一個主要考量。現今，也有超過 400 的城市設置有 LRT 或者是 LRRT 系統為當地民眾提供便捷快速的服務。

就過去相關研究及國外文獻資料可整，理歸納主要發展年期及重要內容如表 2.1 所示。

表 2.1 輕軌運輸系統之發展簡史表

年期	重要內容	備註
1827	在美國紐約百老匯大道首先出現 12 人集乘的馬車	採集體共乘方式運輸
1832	在紐約市出現以馬車拖拉車廂並以軌道運行鋪設於街道上方式服務	以軌道方式鋪設運行
1881	世界第一條有軌電車(Streetcar)開始營運	德國利特菲德(Lichterfelde)
1886	Frank U. Sprague 發展電街車(Streetcar 或 Tram)取代了拉馬的車廂	運輸技術由馬車鐵道邁向路面電車
1917	在美國紐約有 1000 家電車公司營運大約 8000 部電街車，每年載運約一百餘億的乘客	電車發展全盛時期
1920	由於小汽車興起，維修與營運費用的增加，以及系統本身在混合交通中產生的低效能而逐漸沒落	小汽車取代路面電車
1930	為挽救營運危機，以標準化降低車輛成本進行車種性能改善	車輛以模組化生產



1946	因社會經濟不景氣之影響，導致電車業者無利可圖，終致停業	電車系統發展熱潮漸退
1950	歐洲許多城市在戰後將當時的路面電車轉化成高快速高效能之輕軌運輸系統，獲得相當大的成功	北美電車蕭條，歐洲城市興起
1960	美國對興建重軌捷運系統產生興趣，但對其投資龐大、施工期長、僅適合幾個旅運密集且高運量特質的大城市。對其他城市而言，應另有更適切且具投資經濟、施工快速、營運富彈性及高效率之大眾運輸方案，因此，輕軌運輸系統又被重新考慮	對輕軌運輸之經濟、效率、時效之重視。
1970	由於能源危機之威脅，經濟與效率之輕軌突顯此方面之優勢，因而成為地面混合路權型式之公共運輸	UMTA 與波士頓、舊金山、費城及境內其他輕軌運輸營運機構共同進行一個發展「標準輕軌車廂」(SLAV)計畫，發展 LRT 系統
1999	許多人認為輕軌不僅止於一種運輸技術型式，更是一種運輸規劃的取向 (an approach for transport planning)。	以運輸規劃的取向 (an approach for transport planning) 為思考方式。

資料來源：倪國鈞(2003)

從回顧國外輕軌運輸系統之發展史中，其有些許都市中先以電車為主，但因小汽車之興起，造成電車占用車道，使行車擁擠，故此階段將電車廢除。但因小客車成長率迅速，造成車道擁擠，行車速度緩慢，空氣污染等問題，於是在下一階段則考量以輕軌系統來取代小客車，於是輕軌運輸又重新被重視。與我國從未有輕軌建設之經驗大不相同，而我國最早是以重運量捷運為首要考量，但建造成本過於昂貴，且不適合於中小都市來營運，進而考慮以輕軌系統取而代之，其思維

與國外輕軌之發展，大不相同。

### 2.1.2 輕軌運輸系統之定義

關於輕軌之相關定義，經由文獻之蒐集整理，分別由國外學者、政府單位及研究機構提出，其採錄如下。本研究以許添本(2005)所對輕軌之定義，為本研究之定義。

#### (一)國際公共運輸聯盟(UITP)

國際公共運輸聯盟在 1979 年赫爾辛基大會中所提出輕軌委員會第一份正式報告裡的說明：「輕軌 (Light Rail, Stadtbahn, Metro Leger) 屬於軌道運輸的一種型式，它可以一步一步地在傳統街車、行駛於專用車道之運輸等不同階段中發展。每一個階段都可以是最終階段，但仍保留進化到下一個更高階段的可能性。」

#### (二)美國賓州大學教授富肯·傳其(Vukan R.Vuchic)【45】

輕軌運輸為一種「主要使用 B 型路權，有時在不同的路網路段中採 A 型或 C 型路權的運輸工具。這種電力驅動的軌道車輛以單車到四車的列車組合運轉。此類運具有其相寬廣的服務水準與績效特性區間。」此外，傳其教授也為兩種輕軌運輸的次類別下了清楚的定義：

##### (1)輕軌捷運(Light Rail Rapid Transit, LRRT)

以最高形式的輕軌運輸，它的基本條件為完全隔離式專有路權。

##### (2)先期捷運(Premetro)

為能容易地轉換升級成軌道捷運系統 (Rail Rapid Transit, RRT) 而預先特別設計過的輕軌運輸。」

#### (三)美國運輸研究委員會(Transportation Research Board, TRB)

根據美國運輸研究委員會，在 1989 年提出輕軌運輸系統之定義。輕軌運輸係指：「一種電力驅動之都會區軌道運輸系統，可以單節車廂或短列車行駛於地面、地下或高架之隔離專用車道，或行駛於街道上，

其車輛設計可允許以低月台方式在軌道平面上下乘客，或以高月台方式在車廂地板平面上下乘客。」

#### (四) 英國交通部(Department for Transport)

在 1989 年英國交通部提出針對輕軌電車廣泛之定義：「任何載運旅客的導軌運輸系統，其車輛特徵與鐵路幹線系統並不一致」，其中將 LRT 分為三類：

- (1)全部或部分的輕軌運輸系統行駛於道路上，其中輕軌運輸車輛使用的路權與其他道路使用者(包括行人)分享，為 C 型路權(無專用路權)。
- (2)全部或部分的輕軌運輸系統行駛於道路上，其中輕軌運輸系統為專用，但仍保留在交通緊急時提供其他道路交通工具使用。為 B 型路權(部份專有路權、部份共用路權)。
- (3)輕軌運輸系統軌道完全與道路交通(包括行人)隔離。為 A 型路權(全線專有路權)。

從上述之相關定義中，可發現其定義並非相當嚴謹，僅提出一個定義參考區間，適切的反映輕軌運輸最重要的兩項特性：「因地制宜的彈性」與「不斷成長或變化的可能性」。

#### (五)愛爾蘭學者麥可·貝利(Michael Barry)【39】

愛爾蘭學者麥可·貝利，在 1991 年舉出的七項特性視為普遍被接受的輕軌運輸定義：

- (1)它是一種「鐵軌支撐式」(rail-based)的都市公共運輸系統。
- (2)它具彈性，能在較小的轉彎半徑、較小的坡度上以及街道上行駛。
- (3)它以架空線供應電力而運轉。
- (4)它是一種簡單的系統，通常裝配著無閘門之收費系統、簡單的車站和一人駕駛的電聯車。

- (5)它使用現代化高運量的車輛，但載重較重軌系統為輕。它可以連結車輛的形式在街道上行駛。
- (6)當街道行駛發生時，為保有公共運輸行駛優勢，它主要是以專有路權的型式運轉，即不與其他道路使用者分享路權之「準捷運」型式提供公共運輸服務。
- (7)它也可以在郊區以隔離型態高速行駛，即以城郊通勤電聯車的型式運轉。

#### (六)中華民國公路法【2】

我國目前對於輕軌系統尚無明確的法律條文規範，但是對於輕軌系統的前身電車系統，在公路法第二條第九項中，出現了對於電車的定義為「電車：指以架空線供應電力之無軌電車，或依軌道行駛地面電車」。

#### (七)台北市政府捷運局【3】

在台北市政府捷運局所編印之捷運常用辭彙中，曾對「輕軌捷運系統」(LRRT)做了簡要之定義為「輕軌捷運系統係應用鋼軌輪式傳統鐵路車輛，但車廂容量較小，聯掛輛數較少，每小時單方向運量約在二萬人次內」。

#### (八)張志榮【20】

在張志榮所著之都市捷運—發展與應用一書中，曾以專門章節分別討論了「輕軌運輸系統」與「新型輕軌捷運系統」(Advanced Light Rapid Transit, ALRT)，為國內較為完整之著作；其中對於輕軌運輸系統之說明為「運量單方向每小時約在 8000 到 20000 人之間，是一種介於公車與重軌鐵路捷運系統的中量運輸系統，而之前「Light Rail Transit」之中的「Ligth」，主要是區分所使用之軌條重量不同，但現今所採用相同的軌條重量，則「Heavy」與「Light」之分，已轉化成以車廂大小及系統容量兩方面相互比較。而在「新式輕軌運輸系統」在此本書中作說明為「代表以線性馬達推進，使用輕量化鋁質車廂、全動化運作及列車控制的捷運系統」。

(九)張有恆【21、22】

張有恆在「都市公共運輸」之著作中，其關於輕軌運輸系統(Light Rail Transit, LRT)乃是由電力推展的鐵路車輛，以單節或列車來營運，是具有各種路權型式下營運之「半大眾捷運系統(Semi-rapid Transit)」，其運量介於每小時 6000 人到 20000 人之間。主要針對中型都市或具發展潛力的運輸走廊地帶而設計，以適當的速率和費用提供中等容量的運輸服務。由於其公里造價較其他鐵路運具低，且其具有發展潛力和擴充彈性(可逐漸提升為捷運系統)。

爾後由輕軌運輸系統所衍生出輕軌捷運系統之新名詞，在其張有恆、蘇昭旭共同著作「現代軌道運輸－放眼世界的軌道系統與管理」一書中，指出「輕軌捷運系統」(Light Rail Rapid Transit, LRRT)是使用輕軌運輸的車輛，在 A 型路權的軌道上行駛，與「輕軌運輸」LRT 系統有別。其實輕軌運輸系統主要是使用 B 型路權，而輕軌捷運系統則使用 A 型路權。

(十)交通部運輸研究所【7】

交通部運輸研究所在「台灣地區引進輕軌運輸系統之技術型式選擇之研究」，提到輕軌運輸系統，可分為廣義和狹義之二個層次之定義，在廣義之解釋，將輕軌運輸當作一個「運輸系統範疇」來審視，也就是說，它所指的是「一個運輸系統族群」。定義為：「使用鋼軌鋼輪，以傳輸電力為動力之被動導軌都會區公共運輸系統」，在這個寬鬆的定義之內，包含了「狹義的輕軌運輸」、「輕軌捷運」，以及所謂的「自動化輕軌捷運」。

「狹義的輕軌運輸」則是明確專指「一種運輸技術型式」，也就是說它將定義聚焦於「廣義的輕軌運輸」裡的某一種技術型式。為了讓其狹義的輕軌運輸在定義上不再寬鬆、模糊，而給予確切的規範。這些規範可包括如下：

狹義的輕軌運輸系統應該「可以在地面上運轉」，也可以以「混合交通」的形式在地面街道上運轉，因此它就被「軌道捷運」(RRT)這個族群排除在外了。

輕軌基於街道運輸公共安全的理由，必須使用「非地面式的供電系統」，以免造成觸電危險，傳統捷運使用的第三軌或第四軌供電型式就不適用了。

街道行駛可能發生的狀況很多，行控中心很難完全掌握處理，必須由駕駛員駕駛，因此「自動化輕軌捷運」也不屬於這個狹義的技術型式。

基本上一般討論的輕軌運輸系統(LRT)，屬於「廣義的輕軌運輸」。將輕軌運輸系統特性明確化，譬如要求其具有專用路權，就成為輕軌捷運系統(LRRT)。而將輕軌捷運系統再進一步狹義化，要求其具備列車自動控制之設計，就成為自動化輕軌捷運系統(ALRT)了。這三個不同的系統層次，在分類圖像上構成一個一層層相包容的圓形，圖2.1大致區分出輕軌運輸系統、輕軌捷運系統與自動化輕軌捷運系統之間的關聯性。

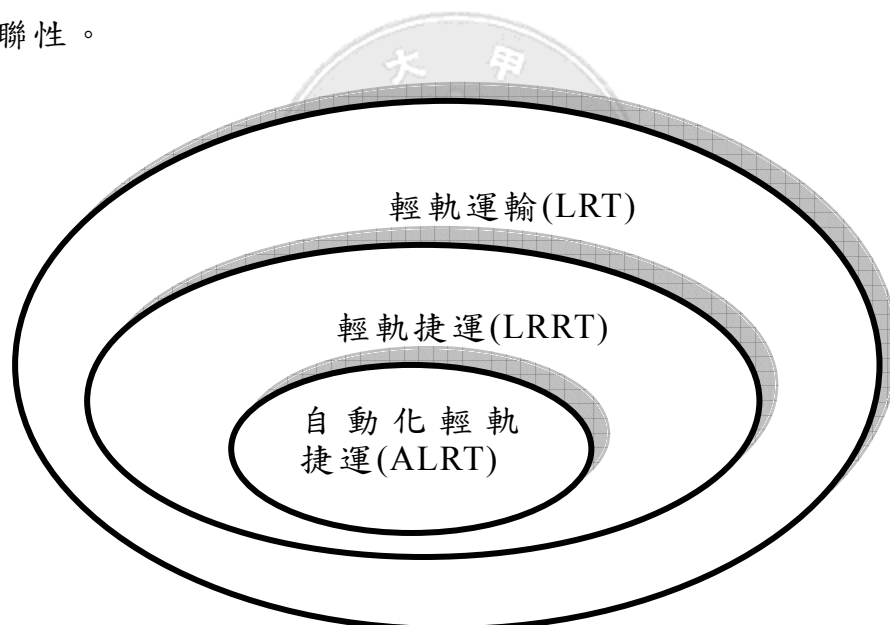


圖 2.1 輕軌運輸、輕軌捷運與自動化輕軌捷運系統之間的關聯性  
資料來源：交通部運研所(1998)

(十一)、許添本【27】

認為其輕軌定義範圍可大可小，可專就於輕軌系統在功能上之一部分，亦可廣泛對輕軌系統之特徵做簡單陳述，此作者提出在考量輕軌系統在「工程技術」、「路線容量」及「都市形象」等三方面，加以

定義如下。

1. 輕軌是一種「軌道支撐型式」的都市公共運輸系統，亦是一種目前和都市大眾最為近，且象徵環保、先進的軌道系統；
2. 具因地制宜之彈性，能在較小的轉彎半徑，較緩的坡度上及街道上行駛；亦可透過特殊設計來突破現有道路條件的限制，在必要情況下(如跨越鐵路)，亦可採立體化隔離之設計；
3. 以架空饋線供應電力而運轉為主，亦可採用其他型式和柴電力或第三軌供電；
4. 是一種簡單的系統，通常裝配著無閘門之收費系統，簡單的車站和一人駕駛的電聯車；
5. 使用現代化高運量的車輛，載重較重軌系統為輕，通常採用 1~4 節車廂型式在街道上行駛；
6. 主要行駛於街道，採用專有路權型式進行佈設，必要時於路口採用優先號誌通行；在郊區時以隔離型態高速行駛。

### 2.1.3 輕軌運輸系統運輸服務型式

輕軌運輸系統在路權上之設計極為多元，可因地制宜，充分服務不同的旅運需求，而運轉速度和運輸容量極富彈性，此特性使其可發揮多重的運輸功能。其運輸功能大約可分為主線服務、接駁性服務、環狀線服務及特定區間連絡線等四類，其整理如表 2-2 所示，說明如下【21、29、26】：

#### (1)主線服務

輕軌運輸系統作為「主線服務」時，提供主要中心間之連結，通常適用於都市人口 20 萬~100 萬的中型都市，其運輸需求量大之路廊，如市中心與主要副中心之間，提供快速便捷的主線服務，適合以輕軌運輸系統提供主線專用路權，快捷、高容量之營運服務。在車站的設計與車輛系統的選用上也可視交通的需求彈性調整。輕軌運輸系統在主線運輸尚可提供與一般重運量之大眾捷運系統十分接近之服務水準，而目前應用之城市如德國波昂、日本長崎、菲律賓馬尼拉。

## (2)接駁性服務

輕軌運輸系統作為「接駁性服務」時，主要是將各地區較分散的旅客集中至主線之少數車站，以提供地區性的集散功能。而在接駁性服務中，又可分「市中心區與市區接駁集散路線」和「市郊、市中心區之聯絡路線」與「鐵路、高鐵、捷運系統接駁線」三種。

「市中心區與市區接駁集散路線」，適合於 100 萬人以上(大型都市)，可搭配隔離式專有路權的捷運系統，作為主線之接駁性服務，將各地分散之旅客集中至主線車站，以提高轉乘可及性服務，且多採平面街走式短區間之營運型式，目前國外應用之城市有美國法蘭克福、波士頓，英國倫敦、加拿大多倫多。在「市郊與市中心區之聯絡路線」，適用於人口 20 萬人以下的小型都市，因運輸需求有限，輕軌運輸系統宜搭配公車系統，共同構成路網並作為市郊與市中心之聯絡路線，提供公共運輸服務，而目前國外應用之城市為美國法蘭克福、波士頓，英國倫敦、加拿大多倫多。「鐵路、高鐵、捷運系統接駁線」，其主要功能是讓鐵路、高鐵車站旅客能迅速與都會區捷運系統聯絡，經常利用輕軌運輸系統擔任接駁功能，而目前國外應用之城市有美國波士頓 Mattapan-Ashmont 線為 MBTA 紅線(Harvard-Ashmont)的接駁線、德國卡斯魯爾部分輕軌路線等。

## (3)環狀線服務

輕軌運輸系統作為「環狀線服務」時，其運輸功能能使都市週邊地區的旅運者，能很快到達都市另一邊，減少市中心不必要的穿越交通量，會在都市外圍建造環狀路線，因為環狀路線旅運量較低，而又要求較高的可及性、較低的投資成本，即可採輕軌運輸系統作為都市的外環路線。目前應用之國外城市，如比利時布魯塞爾 LRT 之外環線和法國巴黎等。

## (4)特定區間連絡線服務

輕軌運輸系統作為「特定區間連絡線服務」時，可以紓解些許特定地區集中的旅次，由於在多元發展的都市中，總會包含了工、商、



遊樂等各式各類產業中心，而其中若是有較大規模者，則會成為一個旅次產生及吸引的特定中心。為了紓解這些特定地區集中的旅次，必須興建特定地區的聯外路線，如在美國德州 Ford Worth 市的 M&O Subway 連接大停車場與百貨公司，香港的屯門/元朗連接六個新市鎮與屯門港口。

將上述輕軌運輸系統之服務功能整理如表 2.2 所示。不同運輸服務型態亦可應用於台灣地區，若依照上述類別之分類，則在主線運輸服務部分，可採用之城市如台南市、嘉義市、台中縣市、新竹市、桃園縣、基隆市；而在接駁性服務中，可應用於未來高雄市大眾運輸路網，以輕軌運輸系統之臨港線作為市中心區與市區接駁集散路線；台北市士林、北投、社子島地區及南港、汐止地區等，可歸類為市郊與市中心區之聯絡路線之服務型態；高鐵未來嘉義太保站聯外系統、新竹六家站聯外系統，依上述之分類，則屬於鐵路、高鐵、捷運系統接駁線。環狀線服務部分，國內可應用於台北縣三重、板橋、蘆洲地區、台北市文山區等地。特定區間聯絡線服務，則可應用於台中縣、南投縣大型遊樂區對外聯絡線、台北市信義區接駁運輸、木柵動物園到松山機場之聯絡線。

表 2.2 輕軌運輸系統運輸服務功能

類型		人口數	特性	應用城市	國內可發展之地區
主線服務		20~100 萬(中型都市)	運輸需求大的路廊，如市中心與主要副都心之間，適合以輕軌系統提供主線專用路權、快捷、高容量之營運服務	德國波昂、日本長崎、菲律賓馬尼拉	台南市、嘉義市、台中縣市、新竹市、桃園縣、基隆市
接駁性服務	市中心區與市區接駁集散路線	100 萬人以上(大型都市)	可搭配隔離式專有路權的捷運系統，作為主線之接駁性服務，將各地分散之旅客集中至主線車站，以提高轉乘可及性服務，且多採平面街走式短區間之營運型式	美國法蘭克福、波士頓，英國倫敦、加拿大多倫多	高雄市大眾運輸路網
	市郊與市中心區之聯絡	20 萬人以下(小型)	運輸需求有限，輕軌系統宜搭配公車系統，共同構成路網作為市郊	美國克里夫蘭的 Shaker Boulevard 線、英國倫敦	台北市士林、北投、社子島地區及南港、汐止地區

絡路線	都市)	與市中心之聯絡路線，提供公共運輸服務	Docklands 的 Tower/Gateway 線、菲律賓馬尼拉市的 Taft/Rizal 線	
鐵路、高鐵路、捷運系統接駁線	為了使鐵路、高鐵路車站旅客能迅速與都會區捷運系統聯絡，經常利用輕軌運輸系統擔任接駁功能		美國波士頓 Mattapan-Ashmont 線為 MBTA 紅線 (Harvard-Ashmont) 的接駁線、德國卡斯魯爾部分輕軌線	高鐵未來嘉義太保站聯外系統、新竹六家站聯外系統
環狀線服務	使都市週邊地區的旅運者，能很快到達都市另一邊，減少市中心不必要的穿越交通量，會在都市外圍建造環狀路線，因為環狀路線旅運量較低，而又要求較高的可及性、較低的投資成本，即可採輕軌系統作為都市的外環路線		比利時布魯塞爾、法國巴黎	台北縣三重、板橋、蘆洲地區、台北市文山區等
特定區間聯絡線服務	多元發展的都市中，工遊樂、產業中心常會成為旅次集中地，為了紓解這些特定地區集中的旅次，必須興建特定地區的聯外路線		美國德州 Ford Worth 市的 M&O Subway 連接大停車場與百貨公司，香港的屯門/元朗連接六個新市鎮與屯門港口	台中縣、南投線大型遊樂區對外聯絡線、台北市信義區接駁運輸、木柵動物園到松山機場之聯絡線。

文獻來源：馮堯松(2001)，許添本、賴以軒(2000)

## 2.2 國內輕軌計畫推動現況

鑑於目前政府在規劃各都會區大眾捷運系統計畫時，應考量整合地方政府所提構想與需求，因此交通部於「挑戰 2008：國家發展重點計畫」－「全島運輸骨幹整建計畫」項中納入「各都會區輕軌整體規劃」計畫，研議各都會區輕軌之整體規劃及民間投資興建營運之可行性，以供後續執行計畫參考。

台灣各都會區之輕軌運輸規劃已陸續完成，但由於政府財政困難，相關規範及配套法規尚在研擬，以致台灣地區之輕軌運輸尚未開始興建營運，而現階段多處於規劃階段。以下根據高鐵局呈報經建會之「挑戰 2008：國家發展重點計畫」資料、相關網站【46、47、48】及文獻【6、18、31】之整理，將目前現階段輕軌運輸系統，分別就以下都會區：基隆、台北、桃園、新竹、台中、雲林、嘉義、台南、高

雄和屏東之建置情形作一簡述。

## 一、基隆都會區輕軌運輸系統規劃

### (1)台灣深澳支線輕軌化之可行性暨先期規劃研究

目前此研究案已經完成報告，主要是為了紓解未來海洋科學博物館興建完成後，可能衍生之觀光需求所作之報告，並評估開發北部濱海地區豐富的觀光資源；而初步建議的路線為台鐵瑞芳車站—海科館—碧砂漁港，路線長約 7.2 公里，建議全線採平面輕軌系統，預估建造成本約 16 億元(民國 90 年幣值)。

### (2) 基隆輕軌運輸系統建設可行性研究

目前此研究案已完成報告。共規劃東一、東二、西一及西二等四條路線。東一線全長 8.8 公里，由基隆火車站經海洋大學、碧砂漁港至八斗子，主要作為海洋科技博物館聯外運輸。東二線四點二公里，由基隆火車站起沿忠一路、仁一路、台肥二廠到東明橋附近，路線總長十三公里，含蓋基隆市區精華路段。規劃建議將來東一線可進一步規畫與深澳支線銜接轉乘，配合台鐵宜蘭與深澳支線，形成基隆都會區的完整軌道運輸網絡。建議東一及東二線為優先興建路線。



圖 2.2 基隆市輕軌運輸系統建設優先路線圖

## 二、台北都會區

在台北都會區輕軌系統的研究案共有三個，台北市政府捷運局辦理的「台北都會區大眾捷運系統延伸安坑地區可行性研究」、「台北市捷運系統延伸社子地區可行性研究」，及台北市政府交通局辦理的「台北市信義計畫區輕軌系統可行性研究案」：

### (1) 台北都會區大眾捷運系統延伸安坑地區可行性研究

該案已完成報告，建議路線長約 9 公里，全線採部分高架、平面方式興建，系統型式為輕軌系統，預估總建造成本為 148 億元(民國 90 年幣值)。

### (2) 台北市捷運系統延伸社子地區可行性研究

該案已完成報告，建議路網由南北線及東西線組成，路網總長約 17.2 公里，將採平面型式輕軌運輸系統，預估建造成本為 180 億元(民國 90 年幣值)。於 94 年 10 月計畫定案全程採用高架路段。捷運局規劃，輕軌案路網呈東西線及南北線十字形架構。東西線將由社子島北側計畫道路跨越基隆河，沿北投士林科技園區銜接捷運芝山站交會，再經福國路、忠誠路到天母運動公園止，全長 8.8 公里，共設 11 座車站及 1 座主機廠。

南北線則自捷運淡水線北投車站附近經關渡跨越大度路、磺港溪經北投士林科技園區，再沿百齡橋北側轉重慶北路到民權西路，銜接捷運新莊線大橋國小站止，全長 9.1 公里，設 10 座車站及 1 座次機廠。

### (3) 台北市信義計畫區輕軌系統可行性研究案

該案已完成報告，建議優先發展路網總長 9.6 公里，規劃的系統是平面段採 B 型路權、交叉路口採號誌控制優先通過之輕軌運輸系統，預估建造成本為 90 億元(民國 88 年幣值)。

艾思博捷運股份有限公司依「促進民間參與公共建設法」93 年 01 月 08 日向台北市政府提出申請。當初興建構想由透過 BOT 模式興建信義計畫區內之巡迴運輸系統，並串聯其周邊重要活動據點的輕軌捷

運系統，以及建立捷運南港線、信義線、松山線及台鐵松山站的接駁轉乘系統。所採用的為高架路面、A 型路權、膠輪系統、第三軌供電之無人駕駛輕軌捷運運輸系統，系統容量約 5,000~15,000 人/時。估計興建總成本約新台幣 151.65 億元。

規劃路線分為三條路線和一座機廠，分別為內環線、信義環狀線、信義松山線；內環線：全長 1.9 公里，設置 5 處車站。信義環狀線：路線全長 4.1 公里，設置 8 處車站，服務信義計畫區核心商業區及提供北醫、吳興街及莊敬路地區捷運服務。信義松山線：路線全長 2.6 公里、設置 6 處車站。機廠位於信義支線東側信義苗圃及廣場用地。

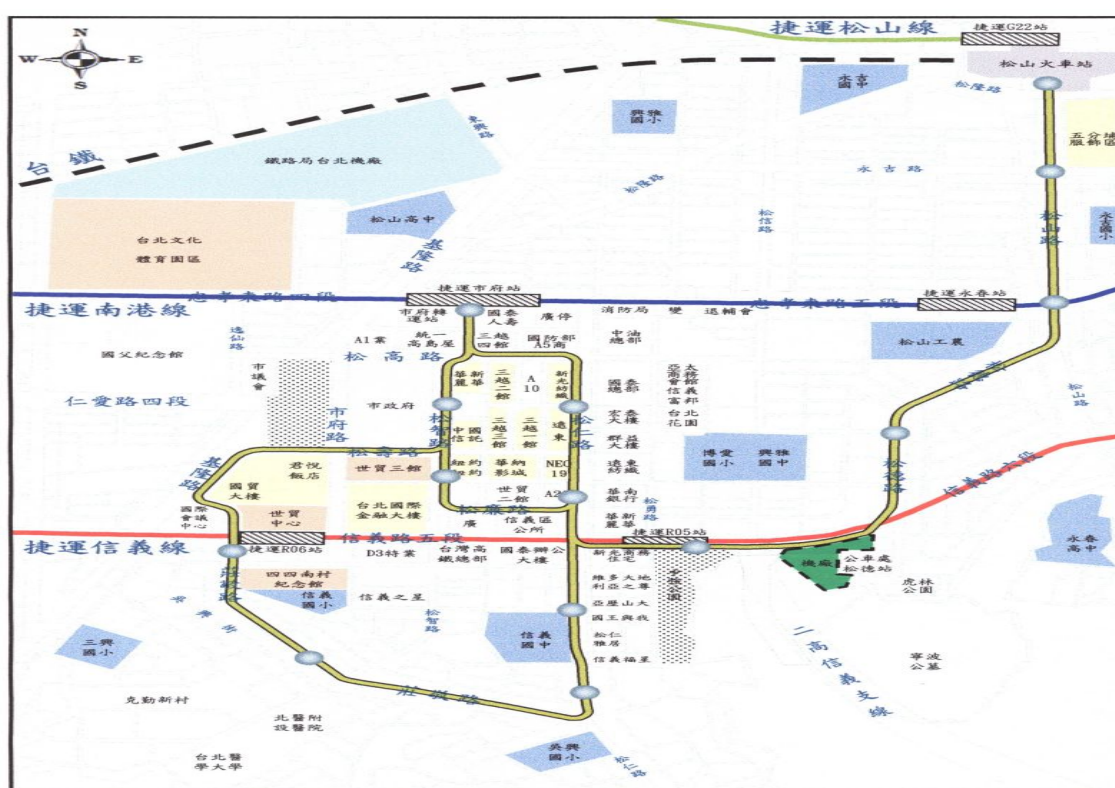


圖 2.3 信義計畫區輕軌路線圖

資料來源：【46】

### 三、桃園都會區輕軌運輸系統規劃

桃園都會區輕軌運輸系統研究案已完成報告，由桃園縣政府辦理。建議之路網分為紅、藍兩線，其中紅線乃利用台一省道及部分中壢、桃園市區道路，自平鎮市起，止於龜山鄉；藍線建議利用縣 112 號道佈設，自龍岡圓環起，至中正機場，總長約 39.8 公里，系統型式



擬採平面段採 B 型路權、交叉口採號誌控制優先通過之輕軌運輸系統，預估總建造成本為 90 億元（民國 88 年幣值）。

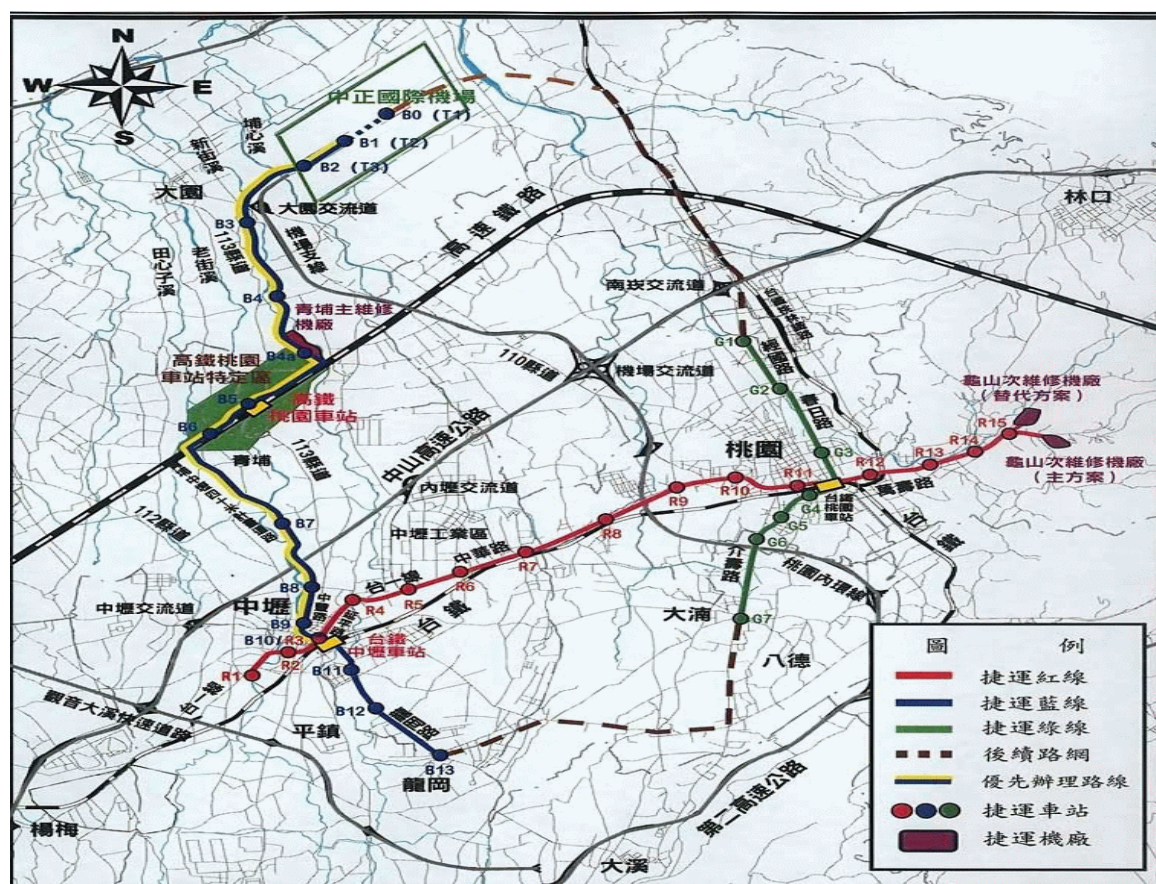


圖 2.4 桃園都會區輕軌路線圖

資料來源：【47】

#### 四、新竹市輕軌運輸系統規劃及建設執行計畫

由新竹市政府辦理，已完成規劃，建議路網分紅、綠兩線如圖 2.5 所示，總長 27.2 公里，預估尖峰小時站間最高運量達 4,800 人次，系統採輕軌運輸系統，預估總建造成本為 130 億元（民國 88 年幣值）。此案曾於 88 年及 91 年二度提報交通部審議，依交通部函覆意見，高鐵局在考量新竹都會區大眾捷運系統計畫之建設投資龐大、財務效益偏低，與地方府多次溝通協調後，推動整合性規劃方案，即現階段將以「結合新竹捷運紅線與台鐵內灣支線改善」作為優先推動方案。

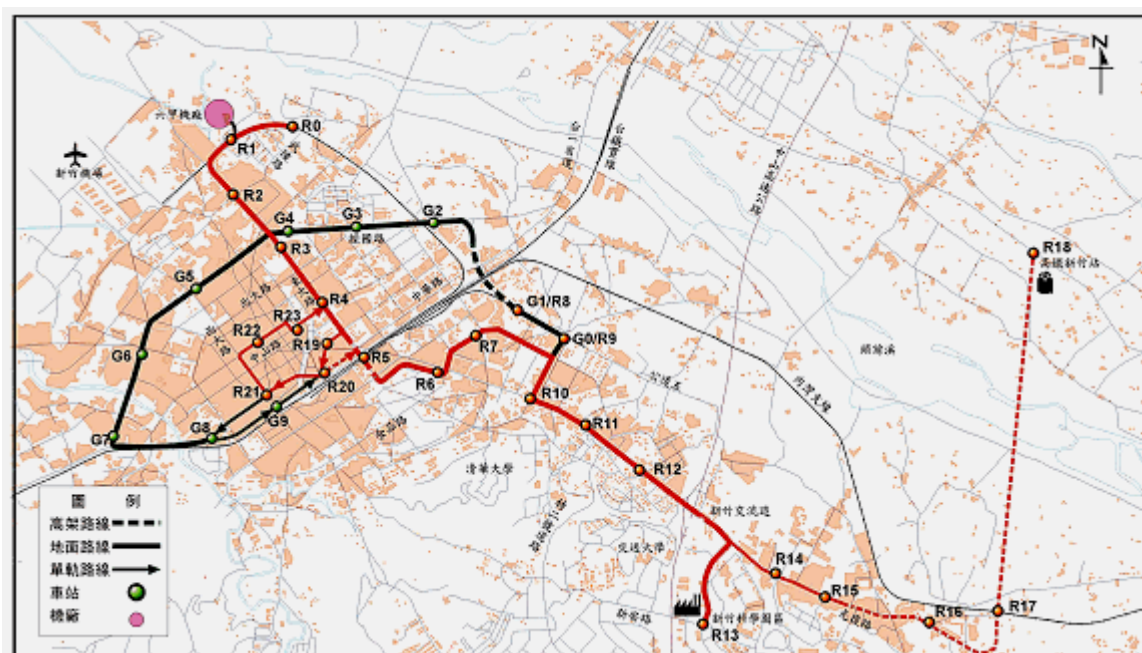


圖 2.5 新竹輕軌捷運基礎路網圖

資料來源：【31】

## 五、台中都會區輕軌運輸系統規劃

台中都會區輕軌運輸系統研究案，主要是由台中縣政府辦理之「台中縣烏日至后里間引進輕軌電聯車之研究芻議」，該案已完成報告；其建議路線（山線）長約 40 公里，從北屯經台中市文心路、文心南路至烏日高鐵車站，連接台中-北屯區及台中-烏日兩主要運輸走廊，以環狀線形通過市區。建議採 B 型或 C 型路權之輕軌系統，預估總建造成本為 120 億元。此規劃建議路線與目前「台中都會區大眾捷運系統烏日文心北屯線建設計畫」路線，大致相同。





圖 2.6 台中輕軌捷運基礎路網圖

資料來源：【47】

## 六、雲林地區

「雲林縣輕軌路網計畫」主要由雲林縣政府辦理，該案尚在構想中，路線全長約 80 公里，經費約 320 億，分四個階段完成：虎尾—斗六線、虎尾—西螺線、虎尾—北港線和虎尾—麥寮線。

## 七、嘉義輕軌運輸系統規劃

配合高鐵建設計劃所規劃的高鐵嘉義太保站聯外輕軌運輸系統，在「高鐵嘉義車站聯外輕軌運輸系統可行性研究檢討」中，建議引進專用路權之輕軌系統，規劃路線全長約 18.05 公里，西起嘉義縣政府，行經高鐵太保站，東到台鐵嘉義車站，規劃路線全長約 18 公里，其中高架段長約 12.09 公里、地面段長約 5.96 公里，預定設置 6 個車站，計有嘉義縣政府站、高鐵嘉義太保站、交流道站、世賢路站、友忠路站與台鐵嘉義車站；預測民國 126 年尖峰小時站間最高運量約為 1,800 人次，為有效縮短至嘉義市區之旅行時間，系統採專用路權之輕軌系統，預估總建造成本為 90 億元（民國 90 年幣值）。但最後建議，基於



高鐵通車初期，高鐵嘉義站與嘉義市間之大眾運輸運量不高，可先採行低成本、工期短之公車捷運化系統來滿足階段性之大眾運輸服務功能，兼以培養客源。

## 8、台南都會區輕軌運輸系統規劃

在高鐵沙崙站聯外軌道運輸系統方面，重新檢討交通部高鐵局辦理之「台南都會區大眾捷運系統」，原規劃之路網由紅、藍、綠及科學園區延伸四條路線組成，路網總長 72.3 公里，其中高架段 54.2 公里，地下段 18.1 公里，建議採用輕軌捷運系統。

目前優先辦理路段為紅線，路線規劃從既有的台鐵中洲站新闢支線岔出，向東跨越中山高速公路仁德休息站南端路段後，沿南 160 鄉道於長榮大學前，增設一座高架車站（暫稱大潭站），續向東行沿高鐵路線進入沙崙站區與高鐵平行共站（暫稱沙崙站），路線全長約 6.43 公里，所需經費約 48.31 億元，興建期程從民國 93 年至 98 年，同時為爭取時間，台南縣市政府已就都市計劃及土地取得等相關前置作業進行協商，縮短後續推動時程。



圖 2.7 台南都會區輕軌運輸系統規劃

資料來源：【47】

## 9、高雄都會區輕軌系統規劃

高雄都會區的輕軌運輸系統研究案主要是由高雄市政府捷運局辦理的「高雄都會區輕軌運輸系統臨港線建設計畫」，及高雄縣政府辦理的「鳳山軌軌」與「燕巢及佛光山輕軌」。

### (1)高雄都會區輕軌運輸系統臨港線建設計畫

路線規劃由高雄車站往東，沿既有臨港鐵路廊帶南行（凱旋一~四路）經中山三路後，便脫離第一臨港線鐵路廊帶，進入一般道路，沿凱旋四路右轉成功二路向北直行，左轉銜接五福三路、河東路橫越建國三路後，往高雄火車站方向匯入縱貫鐵路，全長約 15.2 公里，設置 26 座車站，一座機廠，總建設經費包括西臨港線改善工程計約 133.34 億元（含地價調整、物價調整費用），全線採平面方式興建。並分二階段通車：第一階段：完成河東路經成功路、中山路至凱旋路間之軌道、車站及機廠等相關工程並局部營運通車。第二階段：配合高雄市鐵路地下化工程全線完工通車。此案於民國 90 年 12 月函送先期計畫、綜合規劃報告、財務計畫書予交通部核定。民國 92 年 10 月召開工程經費及民間參與可行性研討會。同年 11 月將規劃報告修正後，函送經建會。民國 93 年 1 月行政院核定以民間參與方式辦理，目前已列入行政院新十大建設中「北中南捷運」建設計畫之一。

在經濟效益方面，可以藉由臨港輕軌系統之建立，結合沿線之大型公共建設，包括多功能經貿園區特定區、台鐵高雄機場開發、高雄車站特定區等計畫，亦可連結興建中之紅橘線捷運，可初步形成大眾運輸路網，提升運量。可構建高雄地區整體運輸路網及接駁運輸，促使提高服務水準、運輸使用率，減少對都市空間及景觀品質的負面影響。

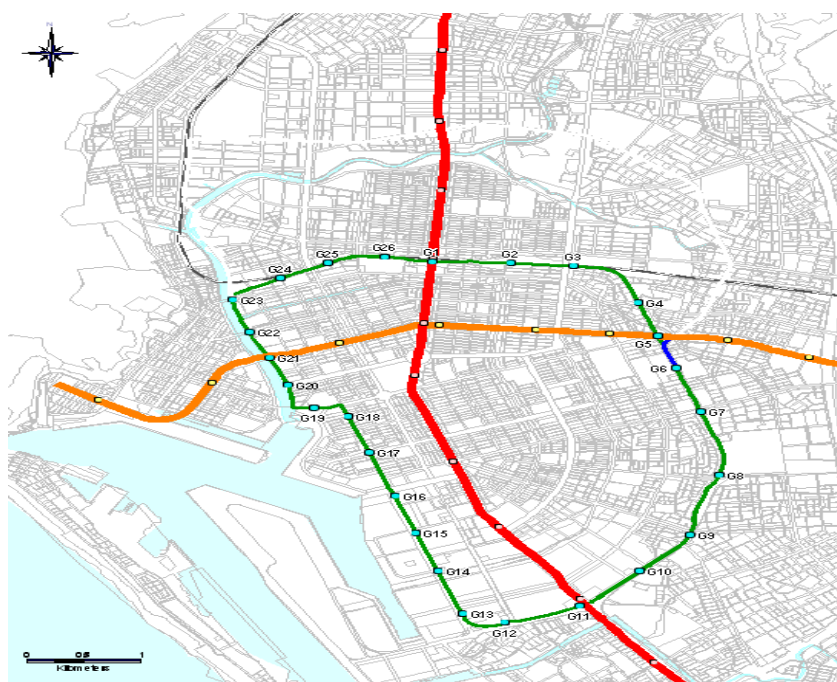


圖 2.8 高雄臨港輕軌規劃路線圖

資料來源：【48】

## (2)鳳山輕軌

該案報告已完成，其建議路線方案之路線長度約 8.1 公里(部分為單軌段)，雙向車站為 9 座，單向車站為 5 座，均為平面佈設，可銜接高雄捷運紅、橘線與高雄臨港輕軌系統，預估建設成本為 37 億元(民國 91 年幣值)。

## (3)燕巢及佛光山輕軌

預定規劃為高雄都會區大眾運輸系統的延伸長期規劃。可分為燕巢大學城和佛光山二條路線，均以輕軌系統佈設，其中燕巢大學城軌道系統路線長約 15 公里，佛光山輕軌系統路線長約 10 公里。將於今年度(95 年度)提出綜合規劃報告。

## 10、屏東大鵬灣地區

屏東地區之輕軌運輸系統研究案，主要是由交通部運輸研究所所辦理之「興建與營運屏東大鵬灣至恆春、墾丁軌道系統可行性研究」，此案已完成報告，初步建議路線包括由內獅至恆春及海生館支線新闢

鐵路(約 38.5 公里)、遠期新建墾丁地區輕軌(約 9.5 公里)，其中區域鐵路部分預估經費約 185.8 億元，輕軌段之經費約 48.5 億元，合計約 234.3 億元。

表 2.3 都會區輕軌系統相關建設計畫整理表

都會區	計畫名稱	執行現況
台北都會區	台鐵深澳支線輕軌化之可行性暨先期規劃研究	已完成規劃。94 年 8 月 30 日進行二次經費評估。
	基隆輕軌運輸系統建設可行性研究	已完成可行性研究，並於民國 95 年 1 月提報交通部高速鐵路工程局。
	台北都會區大眾捷運系統延伸社子地區可行性研究	已完成報告。94 年計畫定案以送市府備核。
	台北市信義計畫區輕軌運輸系統可行性研究	目前由民間單位，進行重新規劃初步擬定延駛至內湖科學園區。
	台北都會區大眾捷運系統安坑線綜合規劃報告	已完成報告
桃園都會區	桃園縣輕軌運輸系統可行性評估	已完成報告
新竹都會區	新竹市輕軌運輸系統規劃及建設執行計畫	已完成報告
台中都會區	台中縣烏日至后里間引進輕軌電聯車之研究芻議	已完成報告。與目前行政院核定之「台中都會區大眾捷運系統烏日文心北屯線建設計畫」路線相同。
嘉義都會區	高鐵嘉義站聯外輕軌運輸系統可行性研究	已完成可行性後續研究報告，現階段改採「高鐵嘉義站聯外 BRT 計畫」培養運量。
台南都會區	台南都會區輕軌運輸系統優先路線綜合規劃報告	已完成報告。

高雄都會區	高雄都會區大眾捷運系統長期路網規劃	長期路網，以現有紅橘兩線為主要架構，亦包含屏東及岡山、路竹等延伸線及都會核心區之輕軌路線，其路線之規劃報告、可行性研究報告已提報交通部。
	高雄台鐵臨港線發展為輕軌捷運案	行政院於民國 93 年 1 月核定同意以民間參與方式辦理。目前正由高雄市政府重新規劃路線。
	興建與營運屏東大鵬灣至恆春、墾丁軌道系統可行性研究	已完成規劃，目前交由鐵工局續辦枋山至恆春區域鐵路可行性研究及先期規劃，
	鳳山市輕軌電車系統	已完成規劃，目前正由高雄市政府配合長期發展路網作進一步的規劃。
	燕巢及佛光山輕軌	目前正由高雄市政府配合長期發展路網作進一步的規劃，將於今年度(95 年)提綜合規劃報告。

資料來源：交通部高鐵局、本研究整理

## 2.3 資源分配與計畫優先順序之相關研究

就社會資源與政府財政有限的前提下，計畫優先順序之評估和考量，能夠滿足計畫之可行性及資源分配之有效性，以下針對資源分配及計畫優先順序之相關研究回顧，對於爾後在進行都會區興建輕軌計畫之優先排序，所採用之理念與方法作一參考與運用。

林承政(2002)【15】，針對生活圈道路系統建設計畫補助之評選模式可分成兩部分，包括補助款分配與計畫評選。在補助款分配部分，利用灰關聯分析法，從十二項初擬指標中選取出七項補助分配指標，在指標權重部分，則使用結合熵權重與 AHP 權重之折衷權重法。在經由實例運算後，發現過去補助不公平之現象已獲得改善。

在計畫評選部分，本研究研擬三大標的與九項評估準則作為評選計畫的評估架構。此外，也將實務上常用之簡單加權法與模糊積分法



做一比較。理論上，以考量各準則間相關性的模糊積分來評選道路計畫應較為適當，但此個案經由運算分析後，發現兩種方法的排序結果差異不大，顯示所選取的評估準則近似獨立。

李信佑(2002)【10】，針對省、縣道公路新建及改善優先順序之課題，以宜蘭縣公路建設計畫排序之優先性為例來探討之，亦可作為宜蘭地區相關建設計畫經費核列及計畫審查之參考。

主要是依據宜蘭縣綜合發展計畫歸納分析宜蘭縣之產業、經濟、環境及交通的現況及未來發展，根據宜蘭縣之特性，研擬出評定宜蘭縣公路新建及改善之優先順序之目標、標的及準則之架構。採用 AHP 法及德菲法(Delphi Method)問卷調查的方式求得各評估準則之權重，再運用簡單加權法計算各計畫建設方案之總得分，並依據此得分高低，排定道路建設計畫方案之初步優先順序，最後採用群落分析法，以方案之得分分群，並根據分群結果試列出宜蘭縣 93 至 97 年道路新建及改善之分年經費建議，以作為宜蘭地區相關建設計畫經費核列及計畫審查之參考。

林炳松(1993)【13】，為了決解在停車空間不足的情況下，造成了嚴重的停車問題，必須適當的闢建路外停車場。而將路外停車場興建前後所影響的層面分為使用者便利性、非使用者便利性、對區域環境之影響、營運績效，等四個層面，考慮其興建前後此四層面所帶來的社會成本與經濟效益，結合分析階層程序法(AHP)與質化量化多準則評估方法構建優先順序評估模型。希望在解決停車位不足問題的同時亦能兼顧有限的社會資源與政府財政支出。最後以台北市大安區的待建路外停車場進行實例研究。由於其考量層面較以往周全，可作為主管機關訂定路外停車場闢建順序之評估工具。

林振國(2001)【14】，在「都市路外停車場設置區位評選之研究」之研究中，考量對都市地區路外停車場興建方案進行評估時，通常都是在模糊環境(fuzzy environment)下進行，為了減少各決策人員因本身的認知與立場不同，結合「模糊理論」與「多準則決策」的方法，透過專家問卷的方式，據以建立都市路外停車場設置區位評選方面之

衡量指標；在第一階段，以專家問卷進行「模糊德菲法」挑選適當的影響因素作為評估準則，以建立都市路外停車場設置區位評選之衡量指標架構；第二階段問卷應用「模糊層級分析法」求算準則權重。最後則使用「模糊綜合評判」的方式對於台南市地區三個都市路外停車場預定地點作為評選方案來從事最佳方案的評選工作。

黃碧慧(1996)【33】，依據相關法令對於國宅開發區位條件的規定，並參考相關之居住環境品質評估文獻，建立一套國宅開發優先開發順序評估準則，其方法，是以階層程序分析法(Alytic Hierarchy Process；AHP)來決定各評估因子權重，再利用地理資訊系統(Geographic Information Systems；GIS)針對 18 宗市有非公用土地進行國宅開發區位進行實證分析，作為進行國宅開發之優先順序考量之參考依據；18 宗市有非公用土地經此分析後，將開發的優先順序分成 A、B、C、D 四個等級；A 等級之宗地表示應優先開發，之後以此類推，而 D 等級之宗地較不宜開發作國宅使用。

廖宏達(2005)【35】，在進行都市軌道運輸建設計畫優先性指標之研究時，首先經由文獻回顧與探討，分析歸納影響都市軌道運輸建設計畫優先性之準則，得出可依計畫本身之表現及計畫對外在之互動影響分為「計畫本身之重要性」及「計畫支援之作用性」兩大方向。

其中與「計畫本身之重要性」較為相關之準則為「經濟效益高」、「財務能力良好」、「環境影響衝擊小」及「當地民眾意願認同」等四項準則；與「計畫支援之作用性」較為相關之準則為「促進區域均衡發展」及「配合相關重大建設計畫」等兩項。之後以 AHP 法進行專家問卷之方式以求出各準則相對之權重；同時對現有預計推動之都市軌道運輸建設進行專家問卷，以了解專家學者對不同都市軌道運輸建設優先性之考量，並與準則權重問卷中各準則之相對關係進行檢視及比較，作為優先性指標校核之依據。

表 2.4 資源分配與計畫優先順序之相關研究

作者	研究主題	內容重點	出處與日期
林承政	生活圈道路系統建設計畫補助評選模式	1. 權重部分，則使用結合熵權重與 AHP 權重之折衷權重法。 2. 計畫評選部分，本研究研擬三大標的與九項評估準則作為評選計畫的評估架構。	交通大學交通運輸研究所碩士論文(2002)
李信佑	宜蘭縣公路建設計畫優先順序之研究	採用 AHP 法及德菲法求評估準則權重，再運用簡單加權法計算各計畫方案總得分，排定初步優先順序，最後採用群落分析法，以方案之得分分群。	國立交通大學交通運輸研究所碩士論文(2002)
林炳松	路外停車場闢建優先順序評估模型	採用分析階層程序法(AHP)與質化量化多準則評估方法構建優先順序評估模型	國立台灣大學土木工程研究所碩士論文(2002)
林振國	都市路外停車場設置區位評選之研究	1. 以專家問卷進行「模糊德菲法」挑選評估準則 2. 問卷應用「模糊層級分析法」求算準則權重	國立成功大學交通管理研究所碩士論文(2000)
黃碧慧	國宅開發優先順序評估準則	1. 階層程序分析法來決定各評估因子權重。 2. 利用地理資訊系統進行實證分析	逢甲大學土地管理研究所碩士論文(1996)
廖宏達	都市軌道運輸建設計畫優先性指標之研究	1. 依文獻回顧，分析歸納影響都市軌道運輸建設計畫優先性之準則 2. 以 AHP 法進行專家問卷之方式以求出各準則相對之權重	國立交通大學交通運輸研究所碩士論文(2005)

資料來源：本研究整理

由上述文獻中可知，考量資源分配與計畫優先順序評估時多以群體決策方法進行評估模式之建立，德菲法、層級程序分析法為一般最常被採用的方法，但由於德菲法與層級程序分析法本身存在著若干缺點與限制，爾後之研究，亦有使用模糊理論應用於上述方法之中，改進原有方法所之缺點，而本研究之研究方法，以層級程序分析法為主建立評估之層級架構，且結合模糊理論應用於專家問卷權重部分之計



算。

## 2.4 軌道運輸相關評估準則之回顧

運輸設施之發展狀態與興建乃與一國之運輸需求及都市特性相關，此外，亦受限於國家政策與財務狀況。而發展軌道運輸系統所應考量之準則，迥於公路運輸與航空運輸，軌道運輸系統大體上又分為一般鐵路、捷運、高速鐵路與輕軌系統，為了解發展輕軌系統所應考量之重要準則為何，本節將針對國內外相關研究進行回顧，並加以歸納。

本節所要回顧之內容包括：輕軌運輸系統與都市特性關係、評估運輸建設考量項目、運輸系統興建相關評估準則及輕軌運輸系統相關規劃考慮項目，作為爾後擬定興建輕軌系統優先性準則之參考。

### 2.4.1 輕軌運輸系統與都市特性之條件

交通部運輸研究所(1998)【7】在臺灣地區引進輕軌運輸系統技術型式選擇之研究報告中，曾提出關於輕軌運輸系統之規劃準則中，可依都市人口特性來訂定其輕軌運輸系統服務之型態。其中輕軌運輸系統應用於「主線運輸服務」時，適用於都市人口 20-100 萬人的規模；而都市人口在 100 萬以上時，則可搭配隔離式專有路權之捷運系統，作為「接駁運輸」的角色，應用於提供公共運輸服務；都市人口在 20 萬以下，運輸需求有限，輕軌系統宜搭配公車系統，共同構成路網而提供公共運輸服務。

邱啟仁(2001)【12】，針對輕軌運輸系統路網規模與都市特性關係進行研究，以探討輕軌運輸系統路網規模與都市特性之關係。其蒐集 1997 年全世界擁有輕軌運輸系統之 62 個代表性都市之都市特性及輕軌運輸路網資料，進行模式之構建。由於代表性都市中，有 26 個都市係採用輕軌捷運系統，故再針對此 26 個都市另行構建輕軌捷運系統路網規模與都市特性之關係式。

經多元迴歸分析結果發現，在輕軌運輸系統路網長度部分，其與中心都市人口、中心都市人口密度和都市小汽車持有數等呈正向關

係，卻與都市公車車輛數呈反向關係。在另一模式中則發現，輕軌捷運系統路網長度與中心都市人口密度、都會區人口呈正向關係，而與都市公共運輸路線長度呈反向關係。之後，分別以輕軌運輸和輕軌捷運系統所建構之模式，以民國 88 年底都市社經資料為主，分別推估桃園、新竹、台中及台南等四都會區輕軌運輸系統及輕軌捷運系統之路網規模。其二者規模都以台中都會區的規模最大，依序為桃園、台南都會區及新竹都會區。

#### 2.4.2 評估運輸建設考量項目

運輸建設計畫評估之項目，先回顧其進行運輸建設計劃時，所考量之項目，可由大眾捷運法及可行性研究及報告與相關之著作，作一彙析。

王慶瑞(2001)【1】認為進行運輸建設計畫之可行性評估時，可就工程、財務、經濟與環境影響等四個層面分別考慮與評估。其中，工程層面考量之因素，主要包括：此運輸建設計畫之用地取得、施工過程等難易程度與可採行的技術，以及完工後的營運與維護技術；而財務層面，為考慮運輸建設計畫的成本負擔，以及將來完工營運後的收入、支出與合理的財務利益。而經濟層面是從整個國家的資源以及全體國民福祉的立場，計算出運輸建設計畫的經濟成本與經濟效益，以決定該計畫的淨效益是否至少相當於其他邊際效益。至於環境影響層面，則是在評估運輸建設計畫對於自然生態、人文、景觀、與生活環境可能造成的影響程度，並尋求減輕各種不良衝擊的策略。

依據大眾捷運法第十二條之規定，大眾捷運系統規劃報告書，其內容如表 2.5 所示。首先應要確定其規劃目的及規劃目標年，再對於目前運量作一分析及預測，減少在興建完捷運後，其運量不足或系統不適之窘境。也包括了工程(工程標準及技術可行性和土地取得方式及可行性評估)、財務及經濟(財務計畫、經濟效益及財務評估)、環境影響(環境影響說明書或環境影響評估報告書)等四層面。其它還包括：路網及場、站規劃，目的在於確定路網型態、路線分佈、路線型式、機廠、廠站位置等硬體項目；而興建優先次序，在同一路網中，往往

因運量需求不同或財務來源有限，需對路網或路線擬定分期建設計畫。

表 2.5 大眾捷運法中與規劃作業相關之條文

<p style="text-align: center;">第十二條</p> <p>大眾捷運系統規劃報告書，應由中央主管機關報請或核轉行政院核定，內容應包含左列事項：</p> <ul style="list-style-type: none"><li>一、規劃目的及規劃目標年。</li><li>二、運量分析及預測。</li><li>三、工程標準及技術可行性。</li><li>四、經濟效益及財務評估。</li><li>五、路網及場、站規劃。</li><li>六、興建優先次序。</li><li>七、財務計畫。</li><li>八、環境影響說明書或環境影響評估報告書。</li><li>九、土地取得方式及可行性評估。</li><li>十、依第十條第二項規定召開公聽會之經過及徵求意見之處理結果。</li><li>十一、其他有關事項。</li></ul> <p style="text-align: center;">民間自行規劃大眾捷運系統，前項規劃報告應向地方主管機關提出經層報中央主管機關核轉行政院核定。</p>
---

資料來源：大眾捷運法

#### 2.4.3 運輸系統興建相關評估準則

翁正文(1980)【25】，關於台灣地區引進捷運系統之決策分析中，建立引進捷運系統參考準則，主要針對在引進一新的捷運系統時，常需要進行可行性研究，通常先進行運量之分析預測，其次再進行技術與財務之可行性研究。但在傳統運輸規劃中，必需收集完整的社會、經濟、交通資料外，亦需經一段時間後，才能產生結論，也必需有足夠的經費和人力。

此研究考量之各項條件因素，經由問卷調查的方式加以檢核，來建立引進捷運系統之參考準則，之後研究結果顯示，影響都市引進捷運因素有人口、人口密度、所得、產業人口數及汽車持有率，判斷一

地區可能產生的旅運需求量能否滿足引進捷運系統之最低運量需求，而建議台灣地區建立捷運系統應具條件如下：

- (1). 中心都市人口 70 萬人以上，人口成長高於 1.8 %，於 20 年內完成規劃、營建。
- (2). 中心都市人口密度達 3,000 人/平方公里以上。
- (3). 家戶平均所得每年 45 萬元以上。
- (4). 小客車持有率在每 14 人 1 輛以上。
- (5). 機車持有率在每 5 人 1 輛以上。
- (6). 每 p.c.u. 佔用道路面積在 30 平方公尺以下。
- (7). 中心都市之一級產業人口比例低於 10%。
- (8). 公車系統乘運量之旅次比例高於 10%。

由於這些指標之獲得並不困難，而且所需成本不高，適合預算有限之單位作為可行性研究前之決策參考。

凌瑞賢(1997)【24】，在其捷運系統與台南都會區之發展中，以回顧國外經驗分析興建捷運系統所必備的基本條件，如表 2.6 所示，可分為都市規模、運輸需求、都市型態及其他條件等四大部分探討之，而在都市規模內之都會區及都市人口和中心都市人口密度部分，因不同學者之認知不同，因而對於興建捷運之理想條件及最低條件並不一致，但僅為參考值，因為在歐洲的都市如斯德哥爾摩（人口 75 萬），里本斯（人口 90 萬），鹿特丹（人口 70 萬）卻都建造了鐵路捷運系統(Rail Rapid Transit, RRT)；而挪威首都奧斯陸甚至在人口未達 50 萬時便建了捷運系統。

表 2.6 都市興建捷運系統之一般條件

	主 要 決 定 因 素	理 想 條 件	最 低 條 件
都 市 規 模	1. 都會人口	200 萬 , 500 萬	100 萬
	2. 中心都市人口	70 萬 , 100 萬	50 萬 , 70 萬
	3. CBD 及業數	10 萬	7 萬
	4. 中心都市人口密度 (人/平方公里)	5,400 , 3,500	3,900 , 3,500

運輸需求	5.CBD 每日旅次密度 (人次/平方公里)	12 萬	6 萬
	6.每日單向聯外走廊交通量 (所有運具)	7 萬	4 萬
	7.現有公車尖峰單向運量 (旅次/小時)		1.5 萬
	8.公車旅次比例		10%
	9.未來捷運尖峰單向運量 (旅次/小時)	2.5 萬	1.5 萬
都市型態	10.都市發展型態	線形	半圓形
	11.高密度運輸走廊	非常顯著	顯著
	12.一級產業人口比例	8%	10%
其他條件	13.國民所得(美元)		1800
	14.經濟及人口成長	高	中
	15.都市交通管理人才	非常多	多
	16.居民反對汽車意願	強烈	普通

資料來源：凌瑞賢(1997)

廖宏達(2005)【35】，在進行都市軌道運輸建設計畫優先性指標之研究時，首先經由文獻回顧與探討，分析歸納影響都市軌道運輸建設計畫優先性之準則，得出可依計畫本身之表現及計畫對外在之互動影響分為「計畫本身之重要性」及「計畫支援之作用性」兩大方向。

其中與「計畫本身之重要性」較為相關之準則為「經濟效益高」、「財務能力良好」、「環境影響衝擊小」及「當地民眾意願認同」等四項準則；與「計畫支援之作用性」較為相關之準則為「促進區域均衡發展」及「配合相關重大建設計畫」等兩項。在此研究中，關於都市軌道運輸建設計畫優先性指標之建構所建立之優先性指標如下：

經濟效益指標可分為使用者效益、非使用者效益及空間效益三類，使用者效益以該地區「人口密度」、「計畫路線長度」、「登記機動車輛數」除以「道路面積」而得；非使用者效益為該地區之「人口數」、「車輛持有率」、「登記機動車輛數」除以「道路面積」而得；空間效益則以

該地區、「登記機動車輛數」除以「道路面積」而得；三者之和即為經濟效益指標。

- (1). 財務可行性指標以該計畫「自償率」與「平均每年建造成本」之商表示。
- (2). 環境影響指標為一具門檻意義之指標，計畫對環境有重大衝擊時為 0，無重大衝擊時為 1。
- (3). 民眾意願指標具考慮門檻意義與當地民眾對計畫之歡迎程度。在門檻值部分，發生重大抗爭為 0，無重大抗爭時為 1；另可以一質化值表示當地民眾要求計畫儘速推動之程度。
- (4). 配合相關重大建設指標值以一質化值表示計畫對相關重大建設配合之程度。
- (5). 促進區域均衡指標以各地區平均每戶可支配所得之倒數表示之。

周立新、李英 (2005)【16】，在「我國城市軌道交通發展高潮中的冷思考」中，曾對於目前中國二十二個城市進行軌道交通建設之時機與發展條件作出評估，運用主成分分析法和聚類方法進行排序和分類。

在文中提出，城市軌道交通發展的影響因素較為錯綜複雜，因此一個城市軌道交通建設時機與發展條件也不相同。面對大陸些許城市，軌道交通建設的高潮，應冷靜思考軌道交通的建設時機與條件。特別是根據城市建設環境條件，從經濟可持續性、社會可持續性和管理可持續性多方面、多視角建立相關評估指標體系，確定城市之間發展軌道條件的差異。而提出一個六大類二十個指標的評價體系，從市場、投資環境、城市經濟實力和發展潛力多方面綜合評價城市軌道交通的建設條件，如下表所示。

表 2.7 城市軌道交通建設條件評估指標滙總表

類別	指標名稱	類別	指標名稱
客運市場	市區人口	土地開發	城市建成區擴張指數
	市區人口密度		城市房地產開發指數
	人均公交車出行次數		
	公交車使用率		
	公交線網密度		

經濟水平	城市 GDP 城市人均 GDP 城市地方財政收入 人均可支配收入	城軌規模	城市經濟增長指數 城市固定資產投資增長率
投資環境	城市發展度 城市建設投資率 城方政府效率指數 城市結構指數 外商直接投資額	資源配置	城軌線網增長率 城軌運量強度增長率

資料來源：周立新等人(2005)

#### 2.4.4 輕軌運輸系統相關規劃考慮項目

在此小節中，其輕軌運輸系統之相關規劃準則，包括輕軌運輸系統技術型式、路網選線之相關評估準則與大眾運輸系統經濟效益評估項目。

##### (一)交通部運輸研究所(1998)【7】

在台灣地區引進輕軌運輸系統技術型式選擇之研究(1998)中，對於，曾以都市社經特性之部分，以都市人口、都市財政狀況、期許的環境改善程度、容許的安全性及期許之營運績效等課題加以探討，並提出下列一般性的輕軌規劃準則：

##### (1)都市人口特性規劃準則

是以人口的規模來區分其輕軌服務型態，「主線運輸服務」，適用於都市人口 20-100 萬人的規模；而都市人口在 100 萬以上，輕軌系統可搭配隔離式專有路權的捷運系統，而作為「接駁運輸」的角色提供公共運輸服務。都市人口在 20 萬以下，運輸需求有限，輕軌系統宜搭配公車系統，共同構成路網而提供公共運輸服務。

##### (2)都市財政狀況規劃準則

以投資金額又區分引進之路權的形式，當計畫投資金額約在 15 億

新台幣/km（或以下）時，應引進地面 B 型或 C 型路權輕軌；計畫投資金額約在 25 億新台幣/km 時，應引進高架 A 型路權輕軌捷運或一般捷運；計畫投資金額在 45 億新台幣/km 或以上時，則可考慮引進地下 A 型路權捷運系統。

### (3)環境改善規劃準則

此項準則為一「定性準則」，很難將其量化計算。例如願意為污染改善付出的代價以及對污染問題急迫性的認定、對都市噪音問題的認定等，均會影響輕軌技術型式之選擇。

### (4)容許安全性規劃準則

輕軌技術型式與安全性有直接關聯，其以獨佔式路權的輕軌捷運安全性最高；B 型路權配合號誌控制的準輕軌捷運，相較於獨佔式路權之安全性來得低；安全性水準若可再降低，則可選擇 C 型路權街走式輕軌運輸系統。

### (5)期許營運績效規劃準則

為顧慮對道路交通的影響，地面 C 型路權的輕軌系統，其尖峰小時單方向的運量則在 5,000 人次以下；若為地面 B 型路權的輕軌尖峰小時單方向的運量則在 5,000-7,500 人次之間；A 型路權之輕軌捷運，尖峰小時單方向的運量則在 15,000-22,500 人次之間。而 25,000 人次/小時/方向的運量為輕軌系統的運量門檻，在這個數值以下，才可考慮引進輕軌系統。

而在平均商業運轉速度也是決定系統技術型式選擇的一項重要準則。平均 30 公里之時速為一重要分水嶺：B 型或 C 型路權的輕軌運輸系統，其平均商業運轉速度為 15-30 km/hr；至於 A 型路權的輕軌捷運系統，平均商業運轉速度則為 30-50 km/hr。

## (二)交通部運輸研究所(1998)【8】

在台灣地區引進輕軌運輸系統之可行性研究 (1998)中，訂定都會區運輸技術選用評估，可分為目標、標的與準則，如圖 2.9 所示，目



標為選擇最適技術，標的含提供所需運輸服務，與都市環境相容，順利推動系統建設三者。評估準則在提供所需運輸服務之標的下有系統運能與服務速率，在與都市環境相容標的下有噪音、振動、隱密性，景觀及對道路交通影響；順利推動系統建設之標的應包含建造成本與財務可行性。

之後以分析階層程序法(AHP 法)，進行問卷調查，經一致性檢定，得到各標的間與各準則間之權重值，最受重視之標的為與都市環境相容(權重值 0.534)，其次為提供所需運輸服務(權重值 0.259)，最次為順利推動系統建設(權重值 0.207)。提供所需運輸服務之準則中，以服務速率較受重視(權重值 0.567)，運能為次；與都市環境相容之準則中，以噪音、振動、隱私較受重視(權重值 0.403)，道路交通影響為次(權重值 0.323)，景觀最次(權重值 0.274)。

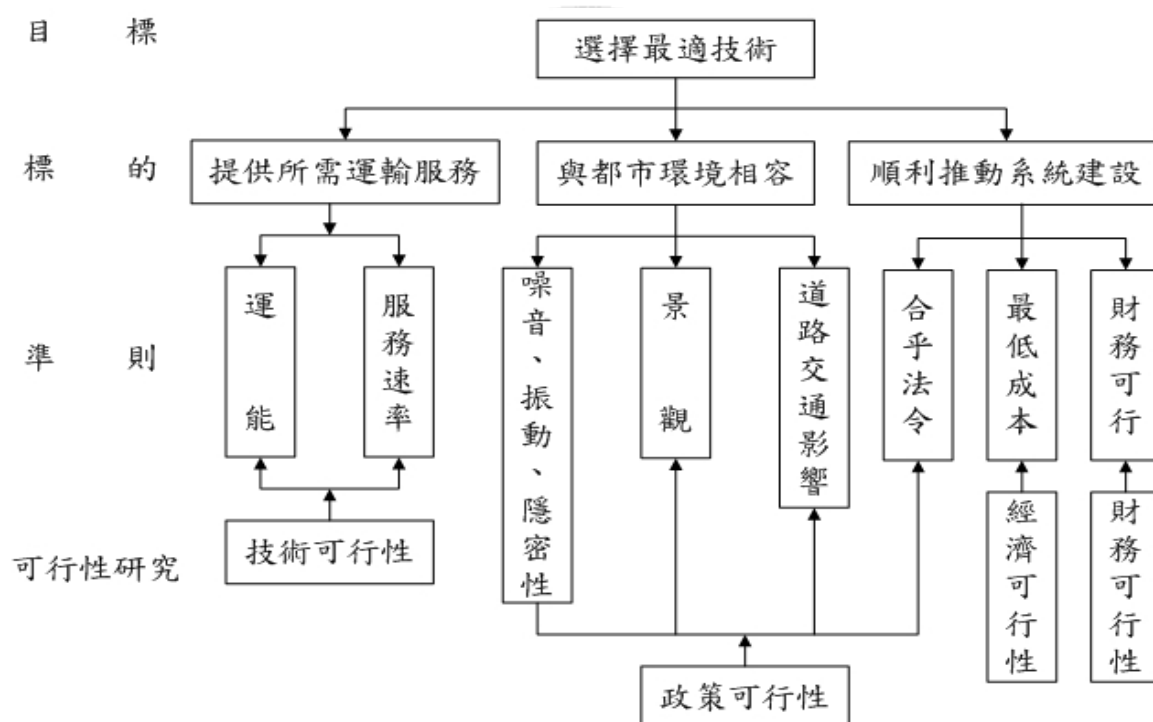


圖 2.9 運輸技術選用評估體系及與可行研究之對應關聯

資料來源：交通部運輸研究所 1998

(三)鄭志強、徐作聖(2005)【37】

認為在進行大眾運輸系統路線方案評選決策時，應同時兼顧公平與效率，且路線規劃評估作業與決策過程之正確與否，為影響大眾運輸系統發展之關鍵。此研究建立一套客觀評估方式，來評選出符合各方需要之路線；以「評選新竹都會區輕軌最優運輸路線方案」為總目標，以「交通效益層面」、「經濟效益層面」、「社會層面」為標的，以「路網服務範圍」、「旅客負效用最低」、「改善地方交通服務程度」、「搭乘方便性」、「興建與維護成本」、「營運效益」、「聯合開發潛力」、「對都市開發的影響」、「保障居民權益」與「生活環境品質」等十項為評估準則。

(四)曾國雄、李穗玲(1995)【34】

此研究為使路網方案的決策過程及其結果能符合民主社會需要，掌握使用者、經營者與社會區域發展之三度路網決策系統層面，來架構捷運路網評估體系，並從此三向度產生七大目標，十八項評估準則。

- 1、使用者層面：目標：為增進使用者效益，準則有三：(1)公眾之接受度準則(以使用者意願為代表)，(2)工作之可及性準則，(3)消費之可行性準則。
- 2、社會區域發展層面：目標有二：(1)促進地區發展目標，此目標準則有三，(a)發展腹地準則，(b)產業發展準則，(c)重大計畫配合準則；(2)減輕環境影響目標，此目標準則有：(a)自然資源保育準則，(b)距離建物遠近準則。
- 3、營運者層面：營運者考慮的目標有四：(1)強化運輸服務功能目標，此目標準則有二：(a)交通改善準則，(b)服務人口準則；(2)確保工程安全目標，此目標準則有三：(a)地面下施工準則，(b)結構物地下施工準則，(c)避免經過河川用地之準則；(3)節省建設經費目標，此目標準則有三：(a)建造費用準則，(b)維護管理費用準則，(c)用地取得、拆遷費用準則；(4)計畫執行容易目標，此目標準則有二：(a)土地取得難易準則，(b)拆遷阻力準則。

## (五)大眾運輸系統經濟效益評估項目

台灣各都會區所進行之大眾運輸之可行性研究之規劃報告中，所考量之經濟效益之項目，可分為成本與效益兩項目之比較，而在成本面與效益面，分別可分為可量化與不可量化，如表 2.8 所示，在成本面可分為建造成本和營運成本二項，一般而言，建造成本可包括，(1)設計階段作業費用(2)直接工程成本(3)間接工程成本(4)工程預備金(5)土地成本-包括用地取得成本與拆遷補償費用；而在直接工程成本中，又可分為①土木結構工程-結構、機廠，②軌道工程-直接固定、埋置式，③車站工程-高架、地面、地下車站，④電力與機械工程-包括電力、號誌與通訊系統、自動收費系統等，⑤維修機廠工程-電聯車、其他機電工程。而不可量化之項目，為施工期間之交通、噪音及景觀。

針對以下運輸建設所帶來之效益層面，一般可量化部分，可包括乘客時間之效率與肇事率之降低，搭乘大眾運輸時，由於大部分有專用路權，在行駛時，減少與車流交織，讓運具在行駛時更為安全，亦使行駛速率提昇，而班次密集，讓等候車輛之民眾時間減少；而不可量化，可分為減少空氣污染之效益、能源之節約及大眾運輸使用者其他效益(舒適度、候車滿意度、準點率)、加速經濟發展及提升國際形象等。

表 2.8 運輸建設可行性研究暨成本與效益考慮項目之比較

研究名稱	成本評估項		效益評估項	
	可量化	不可量化	可量化	不可量化
桃園都會區大眾捷運可行性研究	1.投資成本：土木工程、電力設備、貯車維修設施、準備金、路權成本等。 2.營運維修成本：人事、耗材、車輛與車站成本等。	1.施工期間交通與環境品質之惡化。 2.使用土地的機會成本	1.乘客時間節省 2.旅行成本節省 3.肇事次數減少	1.可減少空氣污染。 2.提昇國內營建水準、增加就業機會。 3.加速經濟發展。 4.鼓勵大眾運輸。
新竹都會區大眾捷運可行性研究	1.系統設施：軌道、車站、通信、車輛等相關成本。 2.相關配合項目：土地取得、配合工程、人員訓練等。 3.營運與維修成本	1.肇事與財務損失	1.降低行車成本 2.駕駛員與乘客時間節省效益	1.促進工程管理水準。 2.肇事損失的減少。 3.增進舒適及便利。 4.減少空氣污染

嘉義都會區大眾捷運可行性研究	1.營造成本 2.營運與維修成本	1.施工延滯肇事成本。 2.環境污染問題 3.景觀衝擊	1.大眾運輸使用者時間節省 2.私人運具使用時間節省 3.營運成本減少	1. 提昇工程管理水平。 2. 增益經濟發展。 3. 交通事故減少。 4. 空氣污染減少。 5. 能源節約。
台南都會區大眾捷運可行性研究	1.土木工程。 2.電器及機械設備 3.貯車與維修設施 4.購車成本、路權取得 5.工程管理及準備金	無	1.轉搭捷運費用節省 2.道路車輛成本節省 3.捷運系統營運效益 4.道路維修和交通管制成本之效益	1. 提高國際地位。 2. 增益經濟發展。 3. 提昇工程管理水平。 4. 交通事故減少。 5. 空氣污染減少。
台南都會區大眾捷運系統規劃	1.建造成本 2.營運成本	環境影響所造成的外部成本	1.捷運使用者效益 2.公車成本節省 3.私人運具者效益 4.轉移旅次成本節省 5.停車成本節省	1.環境影響 2.提高資源效率 3.減少肇事率 4.促進區域經濟發展
台北市信義計畫區輕軌運輸系統可行性研究	1.建造成本 2.營運成本	1.施工時交通與環境品質之惡化。 2.景觀衝擊	1.大眾運輸使用者時間節省 2.私人運具使用時間節省 3.公車行車成本節省 4.空氣污染減少 5.肇事成本減少效應	1.大眾運輸使用者之舒適度、候車滿意度、準點率 2.節約能源、 3.提高政府稅收、 4.加速經濟發展 5.提升國際形象等。

資料來源：凌瑞賢(2001)、本研究整理

## 2.4.5 小結

從上述文獻回顧發現，由於目前台灣地區並無輕軌運輸系統興建與營運之經驗，而以輕軌運輸系統作為研究主題之相關文獻鮮少，大都以蒐集國外目前輕軌運輸系統使用之情況及特性，加以整理及歸納，因此本研究放寬文獻蒐集範圍至軌道運輸，從中整理出與輕軌興建計畫時可考慮因素、相關之條件與興建優先順序之相關評估準則加以彙整，如表 2.9 所示，本研究初步歸納為都市特性、運輸需求及順

利推動條件三類：

1、都市特性：

人口部分(人口數、人口密度、人口成長、一級產業人口)、路網部分(路網型態、路網發展)、人民所得

2、運輸需求：

單向交通量部分(單向聯外走廊交通量、公車尖峰單向運量、未來捷運尖峰單向運量)、大眾運輸系統搭乘率、私人運具持有率

3、順利推動條件：

政策部分(政策支持、配合相關重大建設)、財務部分(財務計畫、財務可行性評估)、經濟效益、民眾支持度、土地部分(土地徵收之難易、土地開發)、環境影響。

表 2.9 軌道運輸相關評估準則整理表

作者	研究主題	研究方法/評估基準	相關準則
交通部運輸研究所 (1998)	輕軌運輸系統之規劃準則	都市人口、財政、環境改善、容許安全性、期許營運績效	都市人口量、政府經濟狀況與大眾運輸交通量
邱啟仁 (2001)	路網規模與都市特性關係	多元迴歸分析建構關係模式	都市人口 都市人口密度
王慶瑞 (2001)	評量運輸建設計畫是否可行應考慮層面	工程面、財務面、經濟面、環境面。	用地取得、施工難易程度與技術，營運與維護技術。計畫成本負擔、營運收入、支出、財務利益、經濟成本、經濟效益、其他邊際效益。環境影響評估
翁正文 (1980)	建立引進捷運系統之參考準則	問卷調查	人口、人口密度、所得、產業人口數及汽車持有率
凌瑞賢 (1997)	分析興建捷運系統所必備的基本條件(以台南為例)	文獻回顧	人口、人口密度、單向交通量(聯外走廊、公車尖峰、未來捷運尖峰)、都市發展型

			態、一級產業人口比例
廖宏達 (2005)	都市軌道運輸建 設計畫優先性指 標	文獻回顧(AHP)	經濟效益、財務能力、環境 影響衝擊、民眾意願認同、 促進區域均衡發展、配合相 關重大建設計畫
周立 新、李英 (2005)	評估中國城市進 行軌道交通建設 時機與發展條件	主成分分析法和聚 類方法	人口、人口密度、公車使用 率、地方政府與人民經濟狀 況、城市結構、城市發展與 投資、土地開發與興建狀 況、都市軌道路網成長率

資料來源：本研究整理



### 第三章 研究方法

本研究所採用之研究方法，應與主題之特性相關，而在建立「都市輕軌興建計畫優先順序之評估模式」時，本研究先經由相關文獻彙析，整理與目標相關之因素，而在重要性因素之選取及權重之計算，具有「多準則」及「群體決策」等問題特性，一般而言在進行多準則評估時，常用之評估方法為分析階層程序法(Alytic Hierarchy Process, AHP)，依據評估對象之特性，依序訂出與目標、標的及相關準則，並建立完整之層級概念；而本研究是以專家問卷方式，來取得專家學者對於準則重要性之看法，並應用模糊德菲法(Fuzzy Delphi Method)來篩選出重要評估準則，再透過模糊分析階層程序法(Fuzzy Alytic Hierarchy Process)以求得各評估準則的相對權重，並對其作重要性排序；實證研究部分，運用模糊綜合評判法(fuzzy synthetic decision method)，先由專家學者以語意變數(linguistic variable)的方式，來衡量各評估準則在各方案的達成績效值，並與模糊權重作一結合，求得各評估方案之優先順序。本研究之研究方法內容詳述如下：

#### 3.1 德菲法 (Dephi Method)

「德菲法(Dephi Method)」發展於1960年代，最早應用於軍事策略問題的預測設計，而後被政府機構及學術團體所應用，並擴及政府政策、社會環境、教育制度、科技策略、企業經營、運輸策略、研究發展及生活品質等方面的研究，是一種政策方案的預測技術。其德菲法在本質上依賴專家的專業經驗、直覺和價值判斷，為一種專家預測法，亦是一種群體決策的方法，其目的在於獲取專家共識，尋求對特定對象的一致性之意見。其應用主要原則有下列三項（李信佑，2003）：

##### 1. 匿名原則 (Anonymous responses)

進行過程中對受訪者的姓名、背景絕對保密，以減少不必要之困擾與顧慮，選擇專家組成小組，一般以10-12 人或15-20人為宜。



## 2. 複述與控制回饋原則 (Iteration and control feedback)

進行重複循環問卷，每一次均將參與者填答資料加以收集整理後，研擬下一次的問卷內容。

## 3. 團體回答統計 (Statistical group response)

針對參與者之意見予以綜合判斷，並加以統計，最後形成共識，以獲致結果。

但德菲法在實際運用時，常會因各專家意見紛歧，造成收斂效不大，導致需要以增加調查的次數的方式來得到較佳的結果，而所需成本也就越高，亦越耗時，專家的反應率也會隨之下降，而且德菲法是以平均數作為篩選評估準則的依據，在統計上易受極端值的影響，而造成扭曲專家原意的情況發生，因此本研究採取模糊德菲法進行發展策略之篩選。

## 3.2 模糊德菲法(Fuzzy Dephi Method)

「模糊德菲法(Fuzzy Dephi Method)」是在模糊理論發表之後，由上述德菲法(Dephi Method)之方法中加入模糊理論概念、精神而加以改良而成，也是專家預測的一種方法，並且「模糊德菲法」在應用上亦可使用幾何平均數作為決策群體篩選評估準則的依據，以達統計上不偏的效果，避免極端值的影響，如此可使準則的選取效果更佳。有關「模糊德菲法」之進行步驟如下所示：

### 步驟一：建立影響因素集

針對研究之總目標，廣泛地蒐集相關文獻資料，找出與目標相關之各種影響因素，彙整成影響因素集。

### 步驟二：蒐集決策群體意見

利用專家問卷的方式，蒐集決策群體的意見，請專家學者由上一步驟所得之影響因素集中，針對個別影響因素對目標之重要性予以評分，以取得決策群體對各個影響因素之評價值。

## 步驟三：建立模糊三角函數

將由專家問卷所蒐集到之專家對該影響因素評估值，依據下列(3.1)式到(3.4)式，建立每項影響因素之模糊三角函數

$$\tilde{A} = (L_A, M_A, U_A) \quad (3.1)$$

$$L_A = \min(X_{Ai}) \quad , \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3.2)$$

$$M_A = (X_{A1} \cdot X_{A2} \dots X_{An})^{1/n} \quad (3.3)$$

$$U_A = \max(X_{Ai}) \quad , \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3.4)$$

其中， $X_{Ai}$  = 第  $i$  個決策者對  $A$  影響因子之評估值

$L_A$  = 決策群體對  $A$  影響因子之評估值下限

$M_A$  = 決策群體對  $A$  影響因子之幾何平均數

$U_A$  = 為決策群體對  $A$  影響因子之評估值上限

$A$  = 影響因子

$i$  = 決策者

$\tilde{A}$  = 影響因子重要性之模糊數

表 3.1 影響因子  $A$  之模糊三角函數

評估準則	評估值		
	最小值	幾何平均數	最大值
影響因子 $A$	$L_A$	$M_A$	$U_A$

模糊三角函數之構成型態如圖 3.1 所示：

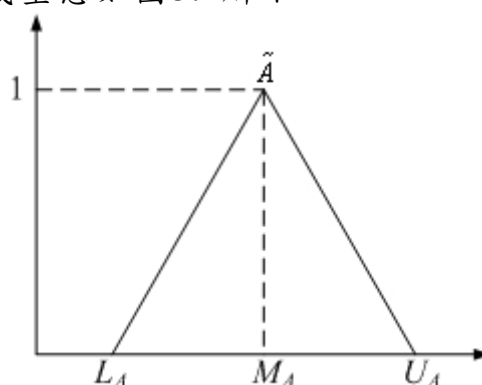


圖 3.1 模糊三角函數構成型態圖

## 步驟四：評估準則之篩選

利用前述步驟所得之模糊三角函數來篩選評估因子，但模糊三

角函數中之極大值與及小值具有極端性，而幾何平均數較能夠代表多數專家之意見，因此本研究以幾何平均數為其隸屬函數( $M_A$ )代表學者專家對此影響因子評分值之共識。最後，根據本研究所欲建立的準則建構決定適合之門檻值( $S$ )，並利用下列之數學式，從初擬之準則中篩選出專家們所共識之重要準則。

1.  $M_A \geq S$ ，接受影響因子  $A$  為評估準則
  2.  $M_A < S$ ，影響因子  $A$  拒絕成為評估準則
- 其中， $M_A$  = 專家學者對影響因子  $A$  之共識  
 $S$  = 門檻值

另外，門檻值大小之決定，會影響所篩選出來準則之數目。而根據文獻表示，門檻值之決定，全由決策者之主觀認定。若發現所篩選出來之準則過多，則可提高門檻值；反之，若篩選出來之準則過少，則可降低門檻值。而一般研究之門檻值大多設定為  $S = 0.8$ ，進而篩選出最具重要性之評估準則。

### 3.3 分析階層程序法

分析階層程序法(Analytic Hierarchy process，簡稱 AHP)，為一般在進行多準則評估時，常用的方法之一。此方法是 Thomas L. Saaty 於 1971 年所發展出來，主要應用在不確定情況下及具有數個評估準則的決策問題上，亦可處理質化資訊的評估問題。

在面臨複雜之問題時，不單僅有單一層面來決定，常有許多交互影響之因素，而決策者必須去評估及決定各因素相對之重要性；此方法透過層級架構將複雜的決策問題由高層次往低層次逐步分解，使複雜的問題以層級化、結構化和數量化，之後匯集相關決策人員來進行評估及決定各因素相對之重要性，並運用成對比較之概念，建立因素間相對之權重關係，最後經由綜合評估加以評判目標之優劣，藉此可提供決策者制定決策時之依據，並以條理化解決複雜之決策問題。

應用分析階層程序法進行決策問題的評估時，大約可分成下列幾個步驟，首先進行對問題描述，之後找出影響要素並建立層級結構，採用成對比較的方式以其比例尺度，建立成對比較矩陣，求取特徵值

與特徵向量，求取各屬性之權重，其操作流程見圖 3.2，以下茲對各步驟說明之【30、36】。

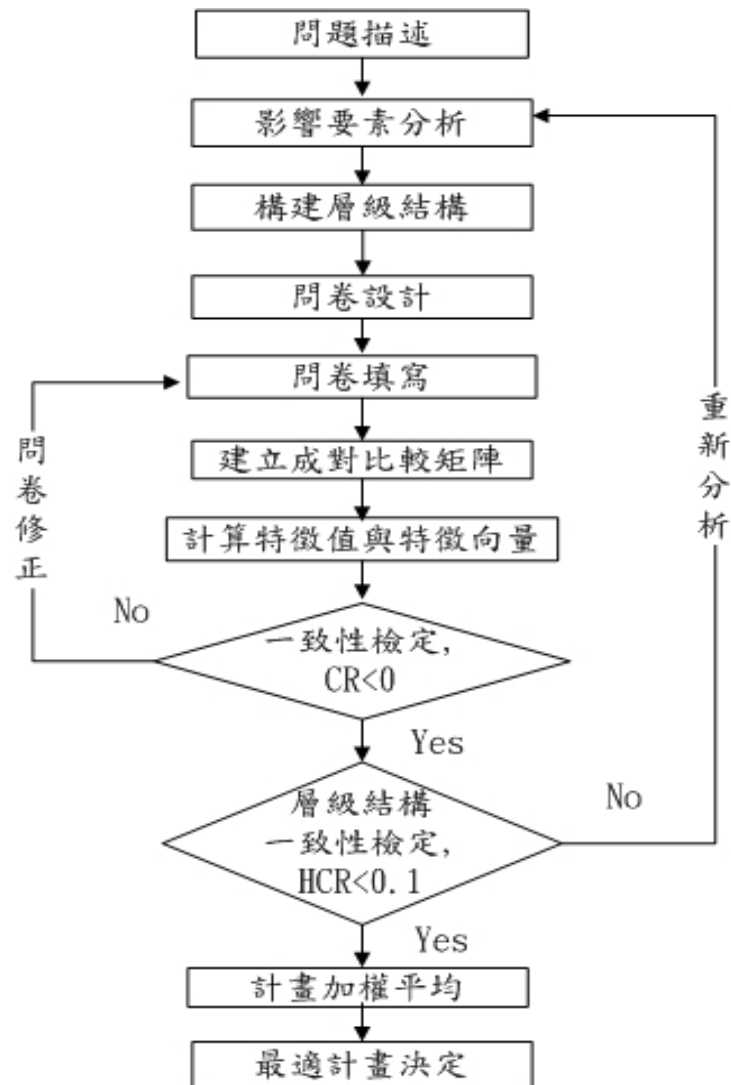


圖 3.2 AHP 操作流程圖

資料來源：鄧振源(2002)

### (1) 問題描述

在進行分析階層程序法時，根據決策問題的本質，將可能影響問題的因素均納入，同時決定所希望得到的目標，再進一步分析問題，將它的前因後果與相對關係釐清，有助於後續層級的建立以及分析工作。

## (2) 建立層級關係

先將一個複雜的評比問題分成四個層級：一是解決問題的目標(goal)，二是如何達到標的(objective)，三是衡量標的達成程度的準則(criteria)，四是擬考慮的方案(alternative)，上述為典型的層級分析，但一般而言，層級的多寡該視決策問題的複雜性而定，而準則間也應具有獨立性，同於每個層級的準則數目不宜超過七個，以免影響結果之一致性。圖 3.3 為典型的層級結構圖；其中， $w_1$  與  $w_2$  是二個標的  $O_1$  及  $O_2$  在目標(G)下所佔的權重，其和為 1； $w_{11}$  與  $w_{12}$  是標的  $O_1$  下二個評估準則  $C_1$  與  $C_2$  的準則權重，其合為 1； $w_{23}$ 、 $w_{24}$  與  $w_{25}$  是標的  $O_2$  下三個評估準則  $C_3$ 、 $C_4$ 、 $C_5$  的準則權重，其合為 1； $X_{1k}$  與  $X_{2k}$  為二方案( $A_1$  與  $A_2$ ) 在準則  $k(k=1\sim5)$  的表現優劣程度，對每個  $k$  而言，二者之和為 1。

而典型的層級關係可以加以修正為具有部分關係的層級結構，見圖 3.4。在本研究當中，所使用之層級關係，即以圖 3-4 為其基礎，構建評估的層級。

第一層級(目標)

第二層級(標的)

第三層級(準則)

第四層級(方案)

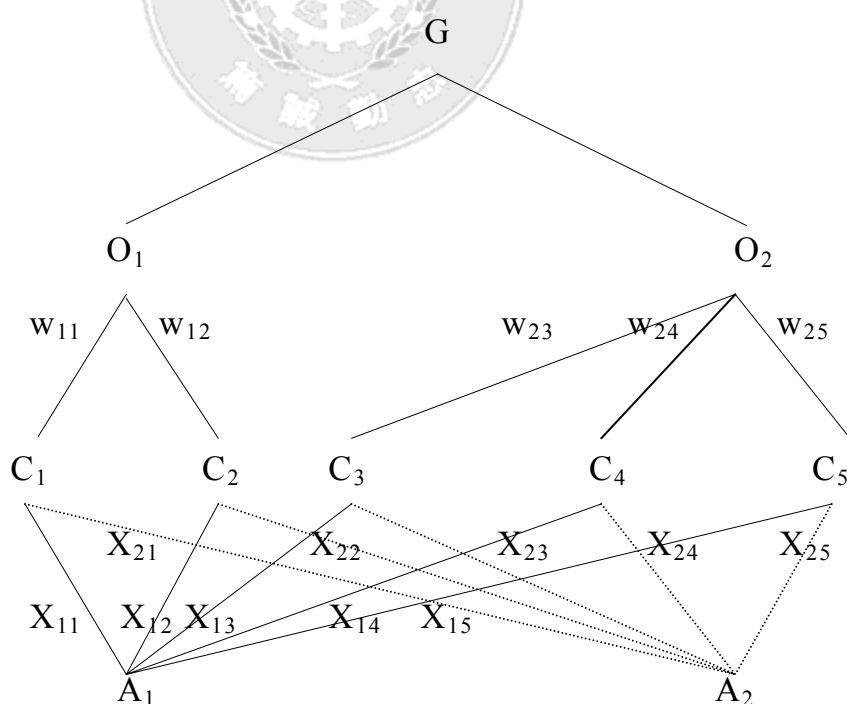


圖 3.3 層級結構圖

資料來源：馮正民、邱裕鈞(2004)

第一層級(目標)

第二層級(標的)

第三層級(準則)

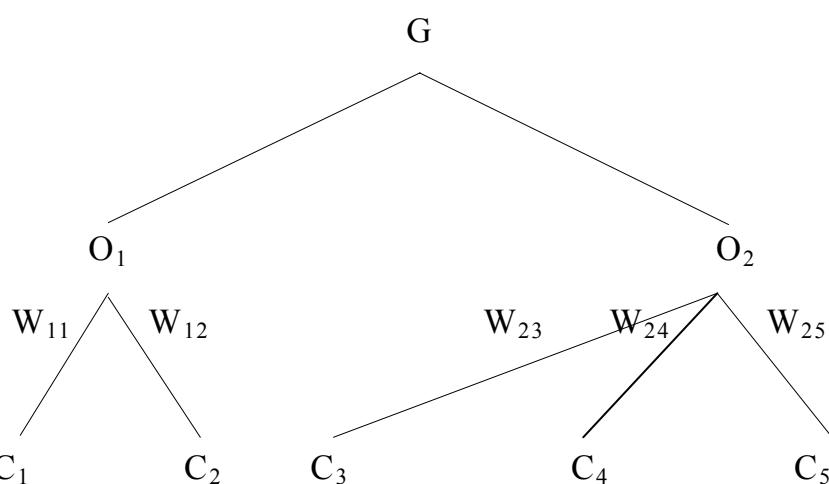


圖 3.4 層級結構圖(部分關係)

### (3) 建立各層級之成對比較矩陣

就各層級之每個單元內之評估項目進行二二比較，經由調查建立各評估項目組間優劣關係的比較矩陣。所謂「單元」系指權重和為 1 之評估項目組合，以上述完整的層級結構為例，是由 8 個成對比較單元所構成，如圖 3-5 所示，

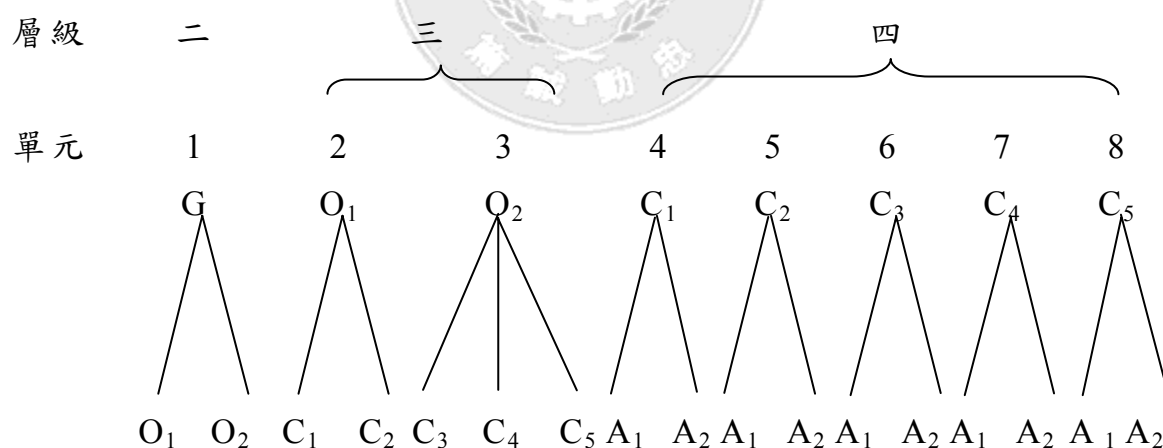


圖 3.5 比較單元

資料來源：馮正民、邱裕鈞(2004)

在層級結構圖中，某一層級要素所支配次一層的  $n$  個次要素，可透過問卷經由決策者或專家進行主觀的判斷，若有  $n$  的要素時，則須進行  $n(n-1)/2$  個成對比較。成對比較時所用的評估尺度，此外，Saaty

也建議在各個層級內的要素數目也不宜過多，最多不要超過 7 個，倘若超出者應再分層解決以免影響其一致性。而在分析階層程序法的評估尺度方面，一般可以被劃分為九個不同尺度，分別為「同等重要」、「同等重要到稍重要之間」、「稍重要」、「稍重要到頗重要之間」、「頗重要」、「頗重要到極重要之間」、「極重要」、「極重要到絕對重要」、「絕對重要」九種，並把九個尺度分別賦予 1 至 9 的評估值。由於在本研究中之主要內容，係是利用經由決策者對兩兩準則之間之相對重要性進行成對比較（pairwise comparison）的方式來求得各評估準則的權重，同時本研究也將依據 Saaty 選擇 1~9 尺度的方法，在第二階段問卷採用 1-9 的尺度衡量，比較準則間相對權重比值。其內容與說明如表 3.2 所示。

表 3.2 比較評估準則尺度意義及說明

評估尺度	定 義	說 明
1	同等重要	兩評估準則的貢獻度具相等重要性
3	稍重要	經驗與判斷稍微傾向喜好某一準則
5	重要	經驗與判斷明顯傾向喜好某一準則
7	很重要	經驗與判斷強烈傾向喜好某一準則
9	絕對重要	經驗與判斷絕對傾向喜好某一準則
2, 4, 6, 8	相鄰尺度的折衷值	須採折衷值時
倒數	$u_{ji} = 1/u_{ij}$	經驗與判斷符合一致性

資料來源：鄧振源(2002)

將  $n(n-1)/2$  個要素相對重要程度的成對比較判斷結果，用比例值 ( $1/9$ 、 $1/8$ 、... $1/2$ 、 $1$ 、 $2$ 、 $3$ 、...、 $8$ 、 $9$  當中一值)置於成對比較矩陣  $A$  的上三角形部分，而下三角部分的數值，為上三角形部分相對位置判斷值的倒數，對角線部分數值均為 1(因均為要素自身相對重要程度的比較)。成對比較矩陣的元素，如下所示：

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix}$$



## (4) 求解各層級之權重

得到成對比較矩陣  $A$  後，使用數值分析中的特徵值解法，以找出各成對比較矩陣的特徵向量(Eigenvalue)或優勢向量(Priority Vector)，即可獲得各層級評估準則之權重。其過程如下：

上述的成對比較矩陣  $A$  中， $a_{ij}$  代表評估項目  $i$  權重( $W_i$ )對項目  $j$  權重( $W_j$ )的比值，應滿足以下關係：

$$a_{ij} = w_i / w_j \text{ 、 } a_{ij} \times a_{ji} = 1 \text{ 、 } a_{ik} = a_{ij} \times a_{jk} \text{ (遞移性) 、 } a_{ij} = 1$$

將原來的成對比較矩陣，轉換成下式：

$$A = \begin{bmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \cdots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \cdots & w_2/w_n \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \cdots & w_n/w_n \end{bmatrix}, \text{ 其中 } a_{ij} = w_i / w_j \quad w_i, w_j \quad \text{各為準則 } i \text{ 與 } j$$

的權重。將成對比較矩陣  $A$  乘上權重矩陣( $W$ )：

$$W = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix}_{n \times 1}, \text{ 且 } \sum_{i=1}^n w_i = 1, \text{ 可得 } A\bar{w} = \begin{bmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \cdots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \cdots & w_2/w_n \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \cdots & w_n/w_n \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix}$$

$$A\bar{w} = n \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix}, \text{ 亦即 } (A - nI)\bar{w} = 0, \text{ 其中 } n \text{ 不僅為比較評估項目，同時}$$

亦應與成對比較矩陣( $A$ )之最大特徵值(the maximum eigenvalue,  $\lambda_{\max}$ )相等，故亦滿足下式： $(A - \lambda_{\max}I)\bar{w} = 0 \dots \dots \dots (3-5)$

利用此式、權重和為 1 的關係及調查之  $A$  矩陣，即可解得各項目的權重值。

在本研究中，採用近似最大特徵值之求法，由 (3-6)~(3-9)式求算出來，所得之最大特徵向量，即為各準則之權重。其求法如下：  
首先求取列向量的根值(即列向量的幾何平均值) $G_i(i=1,2,\dots,n)$

$$G_i = \left( \prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^{1/n}, i=1,2,\dots,n \dots \dots \dots (3-6)$$

其次求取列向量根值的總和 T：

$$T = \sum_{i=1}^n G_i = \sum_{i=1}^n \left( \prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^{1/n} \dots\dots\dots(3-7)$$

再用以下的歸一化方法求取 Ai 項目的權重  $w_i(i=1,2,\dots,n)$

$$w_i = \frac{G_i}{T}, i=1,2,\dots,n \dots\dots\dots(3-8)$$

最後依下列公式計算最大特徵值  $\lambda_{\max}$

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{(AW)_i}{nw_i} \dots\dots\dots(3-9)$$

### (5) 檢定其一致性

經由調查得到的成對比較矩陣，或多或少會違反遞移性關係，違反情形愈嚴重，表示受訪者回答愈不一致，且  $\lambda_{\max}$  值會與 n 值有更大的差距，此時經由(4)式解得的權重值，愈不具可信度。為了解調查資料之可信度，通常以一致性指標(consistence index, CI) 進行檢定，公式如下：

$$\text{一致性指標 } CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \dots\dots\dots(3-10)$$

為了檢定評估結果是否具有一致性，一致性比率 (Consistency Ratio, CR) 值則被用來判斷成對矩陣一致性的基準。一致性比率值(CR) 定義為：

$$\text{一致性比率 } CR = \frac{CI}{RI} \dots\dots\dots(3-11)$$

其中 RI 為評估矩陣的隨機指標 (Random Index)，其值隨矩陣階數增加而增加。如表 3.3 所示。

表 3.3 評估矩陣隨機指標值

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
R.I	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

資料來源：Satty，1980

CI=0 表示前後判斷具一致性，而 CI>0 則表示前後判斷不連貫，Satty 建議 CR≤0.1 為可容許的偏誤評估矩陣之一致性方能獲得保證。

### 3.4 模糊分析階層程序法

藉由分析階層程序法（AHP）可以得到決策群體中各準則的偏好結構，由於具有多準則的複雜性外，以及每位學者之主觀判斷不完全一致，其評判之權重也必不相同，將可能有其模糊性之存在，僅由平均值來表示準則之權重，將失去準則權重所含之部分訊息，故本研究加入模糊三角函數（triangular fuzzy number, TFN）的概念，以整合群體專家對各評估準則之共識。即是以該群體之 AHP 問卷中對準則權重之最小值為左界值；而以最大值為右界值；在中間值之選取，是將各群體中之準則權重，作一幾何平均，最後得到各群體之模糊權重值，再應用幾何平均整合群體之權重，其使用方式如下所述：

$$W_j^g = (LW_j^g, MW_j^g, RW_j^g)$$

$$LW_j^g = \min_h \{W_j^h \mid h = 1, 2, \dots, n\} \dots \dots \dots (3-12)$$

$$MW_j^g = \left( \prod_h \{W_j^h \mid h = 1, 2, \dots, n\} \right)^{1/n} \dots \dots \dots (3-13)$$

$$RW_j^g = \max_h \{W_j^h \mid h = 1, 2, \dots, n\} \dots \dots \dots (3-14)$$

其中  $h$  為第  $h$  位調查對象， $j$  為第  $j$  個準則， $k$  為該群體總數

$W_j^g$  為群體之評估準則  $j$  之模糊權重權重；

$LW_j^g$  為專家群體給予準則  $j$  權重的最小值；

$MW_j^g$  為專家群體給予準則  $j$  權重的幾何平均數；

$RW_j^g$  為專家群體給予準則  $j$  權重的最大值；

而各專家群體之模糊權重的隸屬函數（membership function） $\mu_w(W_j^g)$  如

圖 3.7 所示。

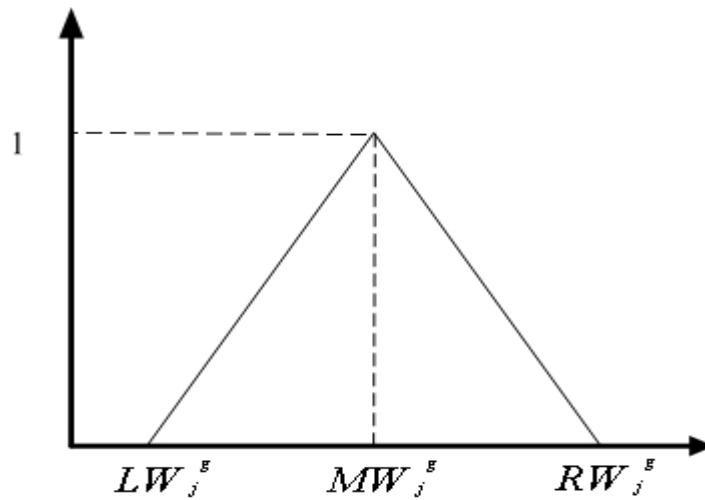


圖 3.7 準則權重之模糊三角函數

同時權重  $W_j^g$  之隸屬函數  $\mu_w(W_j^g)$  之定義說明如下：

$$\mu_w(W_j^g) = \begin{cases} 0 & , W_j^g \leq LW_j^g \\ \frac{W_j^g - LW_j^g}{MW_j^g - LW_j^g} & , LW_j^g \leq W_j^g \leq MW_j^g \\ 1 & , W_j^g = MW_j^g \\ \frac{RW_j^g - W_j^g}{RW_j^g - MW_j^g} & , MW_j^g \leq W_j^g \leq RW_j^g \\ 0 & , W_j^g = RW_j^g \end{cases}$$

在求得各專家群體之模糊權值，再以幾何平均的方式整合所有群體之權重。 $W_j = (LW_j, MW_j, RW_j)$ ，其中  $g$  為表示第  $g$  個群體， $m$  為群體個數。

$$LW_j = \left( \prod_{g=1}^m \{LW_j^g\} \right)^{1/m} \dots\dots\dots (3-15)$$

$$MW_j = \left( \prod_{g=1}^m \{MW_j^g\} \right)^{1/m} \dots\dots\dots (3-16)$$

$$RW_j = \left( \prod_{g=1}^m \{RW_j^g\} \right)^{1/m} \quad \dots\dots\dots(3-17)$$

上述之模糊權重，而非明確數值，可先將三角模糊數正規化，使其總和為 1，而在應用上有二種方式，一為 Chen & Hwang 在 1992 年所提出，另一則由 Chang & Lee 在 1995 年所提出。Chen & Hwang (1992) 正規化式為 3-10 至 3-12 式。Chang & Lee (1995) 正規化式子為 3-13 至 3-15 式。

$$NLW_j = \frac{LW_j}{\sum_j^m RW_j} \quad \dots\dots\dots(3-18)$$

$$NMW_j = \frac{MW_j}{\sum_j^m MW_j} \quad \dots\dots\dots(3-19)$$

$$RRW_j = \frac{RW_j}{\sum_j^m LW_j} \quad \dots\dots\dots(3-20)$$

$$NLW_j = \frac{LW_j}{\left[ \left( \sum_j^m RW_j \right) \times \left( \sum_j^m LW_j \right) \right]^{1/2}} \quad \dots\dots\dots(3-21)$$

$$NMW_j = \frac{MW_j}{\sum_j^m MW_j} \quad \dots\dots\dots(3-22)$$

$$NRW_j = \frac{RW_j}{\left[ \left( \sum_j^m RW_j \right) \times \left( \sum_j^m LW_j \right) \right]^{1/2}} \quad \dots\dots\dots(3-23)$$

最後需將模糊數進行解模糊化 (Defuzzification)，即將模糊集合轉為一明確值，用來代表此一集合之特性，藉以瞭解各評估準則之權重排序。

### 3.5 模糊綜合評判

一般對於模糊權重向量  $W$  與模糊績效向量  $E$  之模糊綜合評判矩陣  $R$  可表示為：

$$R = E \circ W \dots\dots\dots (3-24)$$

其中「 $\circ$ 」包含了模糊乘法 $\otimes$ 與模糊加法 $\oplus$ 之模糊運算。但因模糊乘法之運算甚為複雜，故以模糊乘積的近似乘積來替代。模糊綜合評判矩陣  $R_i$  可表示如下：

$$R_i = (LR_i, MR_i, RR_i), \forall i$$

$$LR_i = \sum_{j=1}^m (LE_{ij} \times LW_j) \dots\dots\dots (3-25)$$

$$MR_i = \sum_{j=1}^m (ME_{ij} \times MW_j) \dots\dots\dots (3-26)$$

$$RR_i = \sum_{j=1}^m (RE_{ij} \times RW_j) \dots\dots\dots (3-27)$$

#### 3.5.1 方案績效之計算

本研究在衡量準則對於方案的績效，是採用問卷之方式，求得各受訪者對於優先方案於各準則下之績效達成程度，並以模糊衡量的方式，結合語意變數「很低」、「低」、「中」、「高」、「很高」等五種尺度由受訪者依據其專業素養進行判斷，在 0~100 的整數尺度中，主觀認定並填寫各語意變數之範圍，其語意值乃為一模糊數  $(X \sim Y)$ ， $X < Y$ ；而每一個語意值之隸屬函數值可用三角函數來表示，使語意變數的範圍更能夠反應現實情況。以下為本問卷之填寫語意變數之範例及依照語意變數所繪之隸屬函數圖。

表 3.4 問卷之填寫語意變數之範例

專家	很低	低	中	高	很高
你	<u>10~30</u>	<u>20~45</u>	<u>40~65</u>	<u>60~85</u>	<u>80~100</u>

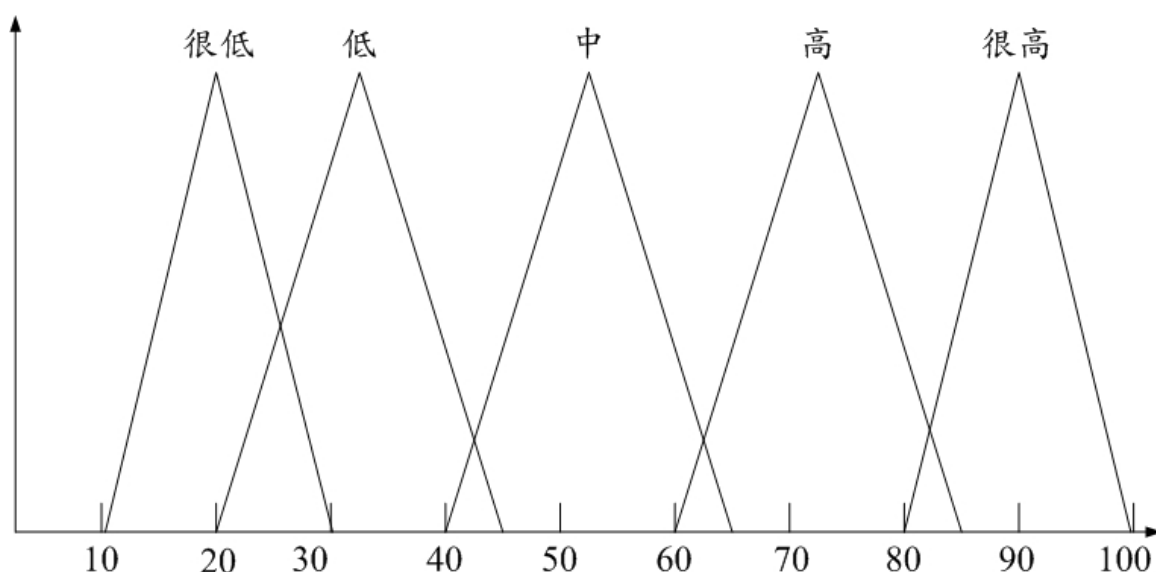


圖 3.8 語意變數之隸屬函數圖

專家群體在各準則下對各方案的「模糊績效值」如下所示：

$$E_{ij} = (LE_{ij}, ME_{ij}, RE_{ij})$$

$$LE_{ij} = (1/k) \otimes [LE_{ij}^1 \oplus LE_{ij}^2 \oplus \dots \oplus LE_{ij}^k] \dots \dots \dots (3-28)$$

$$ME_{ij} = (1/k) \otimes [ME_{ij}^1 \oplus ME_{ij}^2 \oplus \dots \oplus ME_{ij}^k] \dots \dots \dots (3-29)$$

$$RE_{ij} = (1/k) \otimes [RE_{ij}^1 \oplus RE_{ij}^2 \oplus \dots \oplus RE_{ij}^k] \dots \dots \dots (3-30)$$

$E_{ij}$  為  $k$  個專家判斷之各平均模糊數之三角模糊數；

$LE_{ij}$  為專家群體給予準則  $j$  下，第  $i$  方案績效各最小值之平均數；

$ME_{ij}$  為專家群體給予準則  $j$  下，第  $i$  方案績效各中間值之平均數；

$RE_{ij}$  為專家群體給予準則  $j$  下，第  $i$  方案績效各最大值之平均數。

### 3.5.2 方案排序

由於模糊綜合評判可得到各方案之模糊數，但因模糊數並非是明確的數值，無法直接用於方案之比較，而學者Chen and Hsieh(2000)則針對各種模糊數之排序方法加以比較後，提出一新的且能求出最佳梯形模糊數代表值之隸屬度平均積分代表法(Graded mean integration

representation method)，本研究將採用此方法來解決三角模糊數之去模糊化計算。

根據隸屬度平均積分代表法可知，若三角模糊數  $R_i=(LR_i, MR_i, RR_i)$ ，則三角形模糊數  $R_i$  之除模後代表值，以  $DF_i$  表之，為

$$DF_i = \frac{LR_i + 4MR_i + RR_i}{6} \dots\dots\dots(3-31)$$

而經由除模糊化後，則可進行優先方案之排序。





## 第四章 都市輕軌興建計畫優先順序評估模式構建

本章旨在建立都市輕軌興建計畫優先順序評估之模式，以作為後續在評估輕軌興建計畫優先順序之依據，由於在建構此模式時，影響因素眾多且複雜，因此本研採用分析階層程序法(Alytic Hierarchy process ,AHP) 為本研究之評估模式，藉由層級結構將影響因素間複雜關係有系統的連結，再與模糊理論結合，計算各準則之模糊權重；在準則篩選之部分，應用模糊德菲法(Fuzzy Delphi Method)，彙整專家學者之共識並篩選出重要之評估準則；以下為本研究之模式構建過程。

### 4.1 評估模式之研擬

本研究之目標為「都市輕軌興建計畫優先順序評估之模式」，經由文獻回顧，綜合歸納出影響目標之相關標的及準則，建立「初擬層級架構」，再進行二階段問卷之設計，而問卷施測對象共包括學術、政府及營運等三單位，以郵寄方式進行；第一階段問卷進行之目的，主要是針對準則之重要性進行評分，採用模糊德菲法篩選重要之評估準則，確定層級架構及準則，再進行第二階段問卷，利用模糊分析階層程序法(FAHP)，計算各專家學者對於標的及準則之相對權重，並加以排序；最後進行實例驗證，採用模糊衡量方式來評選優先方案，如圖 4.1 評估模式研擬圖所示。

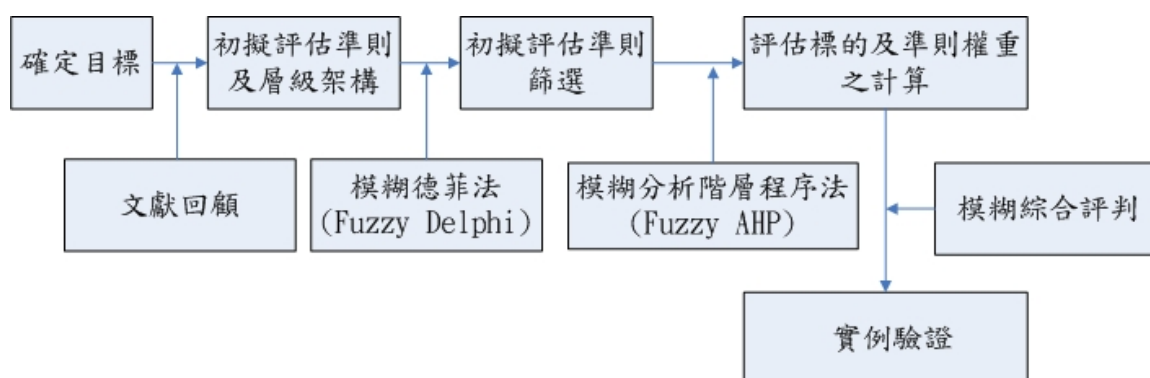


圖 4.1 評估模式研擬圖

## 4.2 建立初擬評估準則及層級架構

根據本研究之研究目的，經由回顧「輕軌運輸系統與都市特性關係」、「評估運輸建設考量項目」、「運輸系統興建相關評估準則」及「輕軌運輸系統相關規劃考慮項目」等相關文獻從中整理出，對於未來制訂有利於輕軌興建計畫優先性之相關評估準則並加以綜合歸納；而從原先文獻初步整理「都市特性與型態」、「運輸需求」及「順利推動條件」等三大類，彙整為「符合現有大眾運輸環境推動之條件」及「有利增進未來推動輕軌計畫之條件」等二大構面，再依我國運輸發展狀況，考量政府及營運之立場，建立十六項初擬評估準則。其層級架構關係如圖 4.2 所示，茲針對各構面之初擬評估準則分別說明如後。

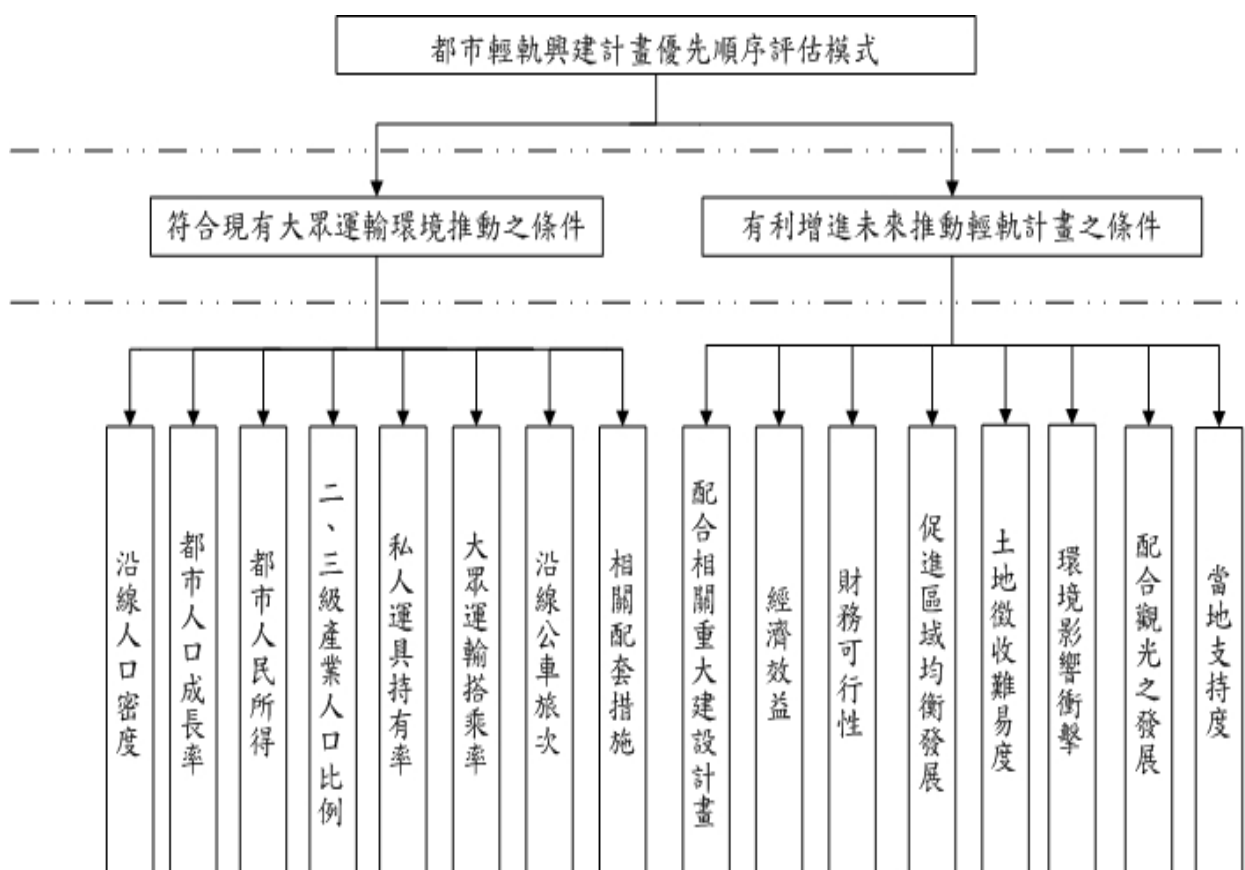


圖 4.2 初擬準則層級架構圖

(一) 符合現在大眾運輸環境推動之條件

- 1、沿線人口密度：為計畫中欲興建輕軌運輸系統之預定路線之沿線 500 公尺範圍內之人口密度，密度愈高，此線之大眾運輸需求亦會提升，更有利於輕軌之興建環境。
- 2、都市人口成長率：都市人口成長狀況，可瞭解地區人口成長趨勢，作為發展輕軌運輸系統之急迫性參考準則之一。
- 3、都市人民所得：都市人民所得狀況，所得愈高消費能力愈高，可以顯示出當地都市化之程度。
- 4、二、三級產業人口比例：非農、林、漁和畜業之人口比例，依比例之多寡，則可評斷出此都市之型態為何，其比例愈高，通勤需求旅次亦會提高。
- 5、私人運具持有率：可顯示當地私人運具(小汽車和機車)之使用狀況，私人運具持有率愈高，雖會降低使用大眾運輸之意願，但亦代表有興建大眾運輸之需求。
- 6、大眾運輸搭乘率：大眾運輸之使用狀況，此準則可得知，目前當地民眾是否習慣搭乘大眾運輸之比例，若比例愈高，愈有實施輕軌之條件，因興建輕軌後，已有足夠之大眾運輸運量會轉移至此運具，此為「面」之觀點考慮之。
- 7、沿線公車旅次：沿線公車旅次愈高，在此幹道興建輕軌，愈有興建之價值，可保有原搭乘者公車之旅次，亦可吸引潛在旅客，此為「線」之觀點考慮之。
- 8、相關配套措施：都市對於努力改善都市交通及鼓勵民眾搭乘大眾運輸所執行之相關政策(如：路邊停車收費制度、大眾運輸補貼、票證整合、免費轉乘及鼓勵民眾搭乘大眾運輸之措施)其相關配套措施愈多，愈能創造有利之輕軌運輸環境。

(二) 有利增進未來推動輕軌計畫之條件

- 1、配合相關重大建設計畫：配合相關重大建設計畫，或能與其他計畫相互配合，對計畫本身之經濟效益具有加成效果(如：輕軌運輸系統延伸至未來高鐵站將有效的提升建設的可能性)。

- 2、經濟效益：興建輕軌運輸系統後，所產生之總效益及總經濟成本為何，為效益成本比值，此值愈高，則經濟效益愈高。
- 3、財務可行性：財務可行性，是針對運輸建設計畫中之財務計畫進行審核及可行性分析，評估計畫之財務成本及財務收益中之資金需求、預估收入、現金流量等項目是否合理，自償率是否達到一可接受之標準，最終希望能自給自足。
- 4、促進區域均衡發展：興建輕軌運輸系統後，能否縮短與各地區發展之差異。
- 5、土地徵收難易度：土地取得、建物拆遷與補償費用(以金額為主)，所需費用愈高則土地徵收難度愈高，則興建輕軌運輸系統愈為困難。
- 6、環境影響衝擊：對於興建輕軌運輸系統後，造成當地環境之負面影響程度為何，可包括，噪音、震動和景觀等，避免因新運具之引入，造成當地居民之不適與反對。
- 7、配合觀光發展：此地方能否經由輕軌之建設，誘發觀光旅次，作為觀光之用途，或結合周遭景點、大型購物中心、展覽會場等，使輕軌融入並成為此地區之特色。
- 8、當地支持度：可包括當地政府、民意代表及民眾三個部分。地方政府與民意代表對推動此計畫之支持程度，有無具體企圖心、措施來配合興建之意願；民眾對此計畫之態度，在計畫進行推動時，有無重大抗議行為。

本研究將最後將整理出以下對評估準則之定義及性質，彙整如表 4.1 所示，並附於問卷中，以利於專家學者之填寫。

表 4.1 初擬評估準則彙總表

構面	初擬評估準則	定義	性質
符合現有大眾運輸環境推動之條件	沿線人口密度	距離輕軌沿線 500 公尺範圍內之人口密度	量化
	都市人口成長率	都市人口成長狀況	量化
	都市人民所得	都市人民所得狀況	量化
	二、三級產業人口比例	非農、林、漁和畜業之人口	量化

	私人運具持有率	私人運具(小汽車和機車)之使用狀況(輛/人)	量化
	大眾運輸搭乘率	大眾運輸之使用狀況	量化
	沿線公車旅次	欲興建輕軌之沿線公車旅次	量化
	相關配套措施	都市對於努力改善都市交通及鼓勵民眾搭乘大眾運輸所執行之相關政策。	質化
有利增進 未來推動 輕軌計畫 之條件	配合相關重大建設計畫	計畫是否與其他相關重大建設計畫配合，對計畫本身之經濟效益具有加成效果	質化
	經濟效益	興建輕軌運輸系統後，所產生之總效益及總經濟成本為何。	量化
	財務可行性	輕軌運輸系統興建及營運時之財務狀況	量化
	促進區域均衡發展	縮短區域發展之差異	質化
	土地徵收難易度	土地取得、建物拆遷與補償費用(以金額為主)，所需費用愈高則土地徵收難度愈高。	量化
	環境影響衝擊	是否通過環評法，對於興建輕軌運輸系統後，造成當地環境之負面影響程度為何	質化
	配合觀光之發展	沿線觀光遊憩區吸引旅客之人數	量化
	當地支持度	可包括當地政府、民意代表及民眾三個部分。地方政府與民意代表對推動此計畫之支持程度；民眾對於計畫進行推動時，有無重大抗議行為。	質化

### 4.3 初擬評估準則篩選

本小節將利用「專家問卷」的方式，結合「模糊德菲法」的理論模式，將前小節所初擬之評估準則中篩選出最後評選方法所需之評估準則，其主要內容如下所述：

#### (一) 採用問卷方式

在此階段採用專家問卷之目的，主要是希望能夠藉由學術單位、政府單位及營運單位之專業素養及其豐富的實務經驗，從上述的影響目標之初擬評估準則中，篩選出適當且具相當重要性之評估準則，以作為稍後評選方案排序之重要依據。因此，本研究之都市輕軌興建計畫優先順序評估之模式所採用的評估準則，將以本文中第 4.2 節中所陳述之 16 個初擬評估準則作為使用「模糊德菲法」篩選最後評估準則之依據；問卷之格式如附錄一所示。

#### (二) 問卷發放之對象

此階段總計共發放專家問卷 18 份，而問卷發放對象則包括政府、學術及營運等三種不同單位，其中政府單位 6 人、學術單位 6 人、營運單位 6 人，詳附錄之問卷名單，回收有效問卷共 16 份，回收率為 84.21%。

#### (三) 篩選初擬評估準則－模糊德菲法之應用

由於使用傳統德菲法具有耗時日久、問卷成本高、問卷回收率低等缺點。因此，本研究將應用模糊德菲法，以解決德菲法的缺點。有關模糊德菲法之進行步驟如下說明：

##### 步驟一：建立模糊三角函數

本研究將由專家問卷所蒐集到之專家評估值，依據下列(4.1)式到(4.4)式，建立每項初擬準則之模糊三角函數。現茲以「大眾運輸搭乘率」之初擬準則為例，其結果如下表 4.1 所示。

$$\tilde{A} = (L_A, M_A, U_A) \quad (4-1)$$

$$L_A = \min(X_{Ai}) \quad , \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (4-2)$$

$$M_A = (X_{A1} \cdot X_{A2} \cdots X_{An})^{1/n} \quad (4-3)$$

$$U_A = \text{Max}(X_{Ai}) \quad , \quad i=1,2,\dots,n \quad (4-4)$$

$X_{Ai}$  = 第  $i$  個決策者對大眾運輸搭乘率之評估值；

$L_A$  = 決策群體對大眾運輸搭乘率之評估值下限；

$M_A$  = 決策群體對大眾運輸搭乘率之幾何平均數；

$U_A$  = 為決策群體大眾運輸搭乘率評估值上限；

$A$  = 大眾運輸搭乘率

$i$  = 決策者

$\tilde{A}$  = 大眾運輸搭乘率準則之模糊數

表 4.2 大眾運輸搭乘率之模糊三角函數

初擬準則	評估值		
	最小值	幾何平均數	最大值
大眾運輸搭乘率	7	8.014	10

模糊三角函數之構成型態如圖4-3所示：

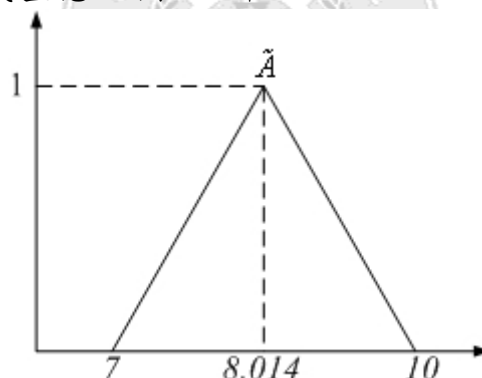


圖 4.3 大眾運輸搭乘率之模糊三角函數

## 步驟二：初擬準則之篩選

利用上一步驟所得之模糊三角函數，每個初擬準則以模糊三角函數中之幾何平均數為其隸屬函數( $M_A$ )，代表決策群體對此準則評價值之共識。最後依研究目的決定合適的門檻值( $S$ )，透過以下的方式，從眾多的評估準則中，藉以篩選出適當的評估準則。

1.  $M_A \geq S$ ，接受初擬準則為評估準則
2.  $M_A < S$ ，拒絕初擬準則為評估準則

其中， $M_A$  = 專家學者對初擬準則 A 之共識

$S$  = 門檻值

本研究採用模糊德菲法所計算出之幾何平均數的結果來作為篩選評估準則之依據，而門檻值大小的決定，則將會直接影響到篩選出來作為評估準則數目。由於門檻值的認定完全是經由主觀認定，所以門檻值設定太高，被保留的準則數目必定很少，反之則過多；一般而言，只要重要性程度高於百分之八十則會被認定為具有重要性。依據第一階段中所有評估值的表現，若將門檻值  $S$  設為 8，則會有「有利增進未來推動輕軌計畫之條件」之構面，僅剩一準則的情況產生，為了使單一構面至少保留有兩項準則以供第二階段分析階層程序法之使用，本研究遂將門檻值  $S$  設為 7。

表 4.3 初擬評估準則及代號

構面	初擬評估準則	準則代號
符合現有大眾運輸環境推動之條件	沿線人口密度	C11
	都市人口成長率	C12
	都市人民所得	C13
	二、三級產業人口比例	C14
	私人運具持有率	C15
	大眾運輸搭乘率	C16
	沿線公車旅次	C17
	相關配套措施	C18
有利增進未來推動輕軌計畫之條件	配合相關重大建設計畫	C21
	經濟效益	C22
	財務可行性	C23
	促進區域均衡發展	C24
	土地徵收難易度	C25
	環境影響衝擊	C26
	配合觀光之發展	C27
	當地支持度	C28



表 4.4 則是表示專家決策群體對各個評估準則的三角模糊函數，其中「最小值」是代表該項準則最小可能值，「最大值」則代表該項準則最大可能值，「幾何平均數」則代表該準則最有可能發生之值。

表 4.4 初擬評估準則三角模糊函數

構面	初擬評估準則	最小值	幾何平均數	最大值
符合現有大眾運輸環境推動之條件	沿線人口密度	7	8.192	10
	都市人口成長率	3	6.228	10
	都市人民所得	2	4.873	8
	二、三級產業人口比例	2	5.485	10
	私人運具持有率	4	6.619	10
	大眾運輸搭乘率	7	8.014	10
	沿線公車旅次	3	6.864	9
	相關配套措施	4	7.322	10
有利增進未來推動輕軌計畫之條件	配合相關重大建設計畫	3	7.131	10
	經濟效益	6	8.187	10
	財務可行性	5	7.890	10
	促進區域均衡發展	4	6.851	9
	土地徵收難易度	4	7.406	10
	環境影響衝擊	4	6.780	10
	配合觀光之發展	5	6.615	10
	當地支持度	6	7.538	10

經由上述『模糊德菲法』篩選初擬評估指標後，整體架構的準則數由原先的 16 個變成 8 個，共計剔除了 8 個準則。其篩選後之評估準則與層級分析架構分別如表 4.5 及圖 4.4 所示：

表 4.5 模糊德菲法篩選後之評估準則及代碼對照表

構面	評估準則	準則代號
符合現有大眾運輸環境推動之條件	沿線人口密度	C11
	大眾運輸搭乘率	C16
	相關配套措施	C18
有利增進未來推動輕軌計畫之條件	配合相關重大建設計畫	C21
	經濟效益	C22
	財務可行性	C23
	土地徵收難易度	C25
	當地支持度	C28

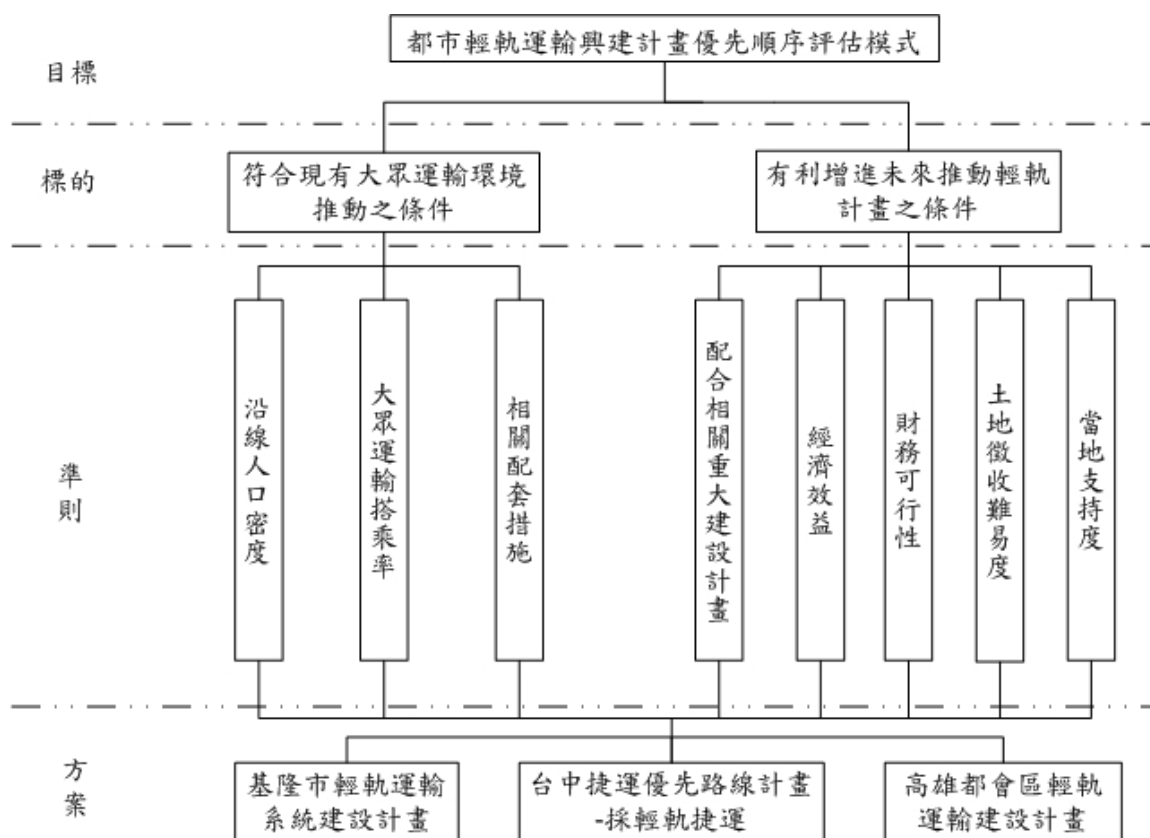


圖 4.4 本研究層級架構圖

#### 4.4 準則權重之計算

本研究經由整理相關文獻及與模糊德菲法之應用，篩選出都市輕軌興建計畫優先順序之評估準則，並確定其層級架構；而計算評估準則之相對權重部分，係採用模糊分析階層程序法(FAHP)，建立優先性評估準則之權重體系，在此階段之問卷寄發為依據第一階段有回收之問卷名單，其中學術單位 6 人、營運單位 4 人、政府單位 6 人，共計 16 人，其共回收 14 份有效問卷(CR 值均小於 0.1)，回收率為 87.5%，問卷內容詳附錄二。

問卷在調查專家對於各準則之相對權重之前，先對各準則作一認同度之勾選，來支持本研究所選出之準則，是否有得到專家之認同；整體而言除了土地徵收難易度(C25)之準則外，其餘準則均得到 85%以上認同度之支持，其結果如表 4.6 所示。

表 4.6 準則認同表

標的及準則	同意 (人)	同意百 分比	不同意 (人)	不同意 百分比
1、符合現有大眾運輸環境推動之條件				
(1)、沿線人口密度 (C11)	13	92.86%	1	7.14%
(2)、大眾運輸搭乘率 (C16)	13	92.86%	1	7.14%
(3)、相關配套措施 (C18)	12	85.7%	2	14.3%
2、有利增進未來推動輕軌計畫之條件				
(1)、配合相關重大建設計畫 (C21)	13	92.86%	1	7.14%
(2)、經濟效益 (C22)	13	92.86%	1	7.14%
(3)、財務可行性 (C23)	13	92.86%	1	7.14%
(4)、土地徵收難易度 (C25)	11	78.57%	3	21.43%
(5)、當地支持度 (C28)	13	92.86%	1	7.14%

在土地徵收難易度部分，由於部分學者認為，有時為了整體利益，有時不得不強制徵收，而以拆遷補償金額高低表示較不恰當，亦較不能反應土地徵收之真實困難狀況或程度；但此部分為了簡化其評估之難度及現有資料蒐集之困難，才以徵收、拆遷及補償金額高低(包括公

有及私有地)作為計算，但爾後資料上取得之許可，可以依私有地之徵收、拆遷之面積及補償金額為主。

#### 4.4.1 各專家群體之指標權重

本研究操作之模糊層級分析專家問卷，係為以傳統層級分析專家問卷作為專家意見詢問之工具，計算方式即以模糊數學求取指標之權重值；專家問卷目的在於求取各評估指標的權重值，以兩兩成對比較矩陣的方式，使專家依據各評估指標之相對重要性程度進行勾選，評定尺度劃分為「絕對重要」、「極重要」、「重要」、「稍重要」、「同等重要」、「稍不重要」、「不重要」、「極不重要」、「絕對不重要」等九個尺度。

專家問卷回收後，分別彙整每一專家給予之數值，再將數值以三角模糊數計算之。問卷調查對象分別為政府、學術及營運單位等三個決策群體，為避免群體決策偏重於某一層面，本研究就各專家群體之問卷作一整合，整合後之數值依 4-6 式到 4-8 式，分別建立各評估因子的三角模糊數，並以 AHP 操作軟體分別對各專家問卷之數值作一致性檢定，並建立之三角模糊數為評估準則群體權重值之最小值  $LW_j^g$ （左界值）、 $MW_j^g$ （中間值）、最大值  $RW_j^g$ （右界值），即得各群體之模糊權重值（如表 4.6）。

$$W_j^g = (LW_j^g, MW_j^g, RW_j^g) \quad (4-5)$$

其中

$$LW_j^g = \min_h \{W_j^h \mid h = 1, 2, \dots, n\} \quad (4-6)$$

$$MW_j^g = \left( \prod_h \{W_j^h \mid h = 1, 2, \dots, n\} \right)^{1/n} \quad (4-7)$$

$$RW_j^g = \max_h \{W_j^h \mid h = 1, 2, \dots, n\} \quad (4-8)$$

其中  $h$  為第  $h$  位調查對象， $j$  為第  $j$  個準則， $n$  為該群體總數。

表 4.7 群體模糊權重值及差異程度

項目 \ 單位		政府單位	營運單位	學術單位
		$LW_j^g$ $MW_j^g$ $RW_j^g$ (變異係數)	$LW_j^g$ $MW_j^g$ $RW_j^g$ (變異係數)	$LW_j^g$ $MW_j^g$ $RW_j^g$ (變異係數)
標的	符合現有大眾運輸環境推動條件( $k_1$ )	0.400 0.550 0.700 (0.2036)	0.3 0.524 0.700 (0.3149)	0.200 0.428 0.800 (0.4973)
	增進未來推動輕軌之利基條件( $k_2$ )	0.300 0.428 0.600 (0.2591)	0.3 0.428 0.700 (0.3849)	0.200 0.468 0.800 (0.4590)
$k_1$ 準則	沿線人口密度 C11	0.207 0.303 0.478 (0.3826)	0.315 0.417 0.529 (0.2060)	0.138 0.218 0.478 (0.5644)
	大眾運輸搭乘率 C16	0.315 0.445 0.598 (0.3012)	0.171 0.247 0.325 (0.3114)	0.167 0.299 0.527 (0.4969)
	相關配套措施 C18	0.156 0.209 0.315 (0.3095)	0.248 0.307 0.478 (0.3417)	0.207 0.388 0.667 (0.4666)
$k_2$ 準則	配合相關重大建設計畫 C21	0.144 0.183 0.272 (0.2767)	0.093 0.153 0.268 (0.5308)	0.067 0.095 0.150 (0.3311)
	經濟效益 C22	0.103 0.168 0.263 (0.3576)	0.138 0.214 0.324 (0.3478)	0.233 0.310 0.360 (0.1677)
	財務可行性 C23	0.182 0.291 0.443 (0.3154)	0.142 0.209 0.416 (0.5486)	0.087 0.159 0.261 (0.4534)
	土地徵收難易度 C25	0.077 0.147 0.219 (0.3926)	0.118 0.180 0.268 (0.3747)	0.098 0.152 0.187 (0.2287)
	當地支持度 C28	0.134 0.172 0.201 (0.1453)	0.109 0.174 0.281 (0.3989)	0.140 0.240 0.363 (0.3929)

群體共識度部份之差異，係以變異係數來表示各群體間對不同層面之共識程度，其變異係數之求算，是將群體層面之標準差除以群體層面權重之算數平均數值所得，其變異係數愈小表示共識度愈高。

(一)在「符合現有大眾運輸環境推動條件」及「增進未來推動輕軌之利基條件」之標的層面部分：

- 1、就政府單位而言：共識度以變異係數 0.2036 之「符合現有大眾運輸環境推動條件」高於變異係數 0.2591 之「增進未來推動輕軌之利基條件」。
- 2、就營運單位而言：共識度以變異係數 0.3149 之「符合現有大眾運輸環境推動條件」高於變異係數 0.3849 之「增進未來推動輕軌之利基條件」。
- 3、就學術單位而言：共識度以變異係數 0.4590 之「符合現有大眾運輸環境推動條件」高於變異係數之「增進未來推動輕軌之利基條件」。
- 4、就整體而言：共識度以變異係數 0.3271 之「增進未來推動輕軌之利基條件」高於變異係數 0.3667 之「符合現有大眾運輸環境推動條件」。(見表 4.8)

(二)在標的「符合現有大眾運輸環境推動條件」下之準則部分

- 1、就政府單位而言：共識度以變異係數 0.3012 之「大眾運輸搭乘率」為最高，變異係數 0.3826 之「相關配套措」為最低。
- 2、就營運單位而言：共識度以變異係數 0.2060 之「沿線人口密度」為最高，變異係數 0.3417 之「相關配套措施」為最低。
- 3、就學術單位而言：共識度以變異係數 0.4666 之「相關配套措施」為最高，變異係數 0.5644 之「沿線人口密度」為最低。
- 4、就整體而言：共識度以變異係數 0.4150 之「沿線人口密度」為最高，變異係數 0.4904 之「相關配套措施」為最低。(見表 4.8)

(三) 在標的「進未來推動輕軌之利基條件」下之準則部分

- 1、就政府單位而言：共識度以變異係數 0.1453 之「當地支持度」為最高，變異係數 0.2767 之「配合相關重大建設計畫」為次高、變異係數 0.3926 之「土地徵收難易度」為最低。
- 2、就營運單位而言：共識度以變異係數 0.3478 之「經濟效益」為最高，變異係數 0.3747 之「土地徵收難易度」為次高、變異係數 0.5308 之「配合相關重大建設計畫」為最低。

3、就學術單位而言：共識度以變異係數 0.1677 之「經濟效益」為最高，變異係數 0.2287 之「土地徵收難易度」為次高、變異係數 0.4534 之「財務可行性」為最低。

4、就整體而言：共識度以變異係數 0.3285 之「土地徵收難易度」為最高，變異係數 0.3538 之「經濟效益」為次高、變異係數 0.4576 之「配合相關重大建設計畫」為最低。(見表 4.8)

#### 4.4.2 整合群體專家意見

求得各專家群體之模糊權重值，為各專家給予之最大值、中間值與最小值統計而得，依(4-9)到(4-12)式，以幾何平均的方式整合所有群體之權重，如表 4.8 所示。

$$W_j = (LW_j, MW_j, RW_j) \dots\dots\dots (4-9)$$

其中

$$LW_j = \left( \prod_{g=1}^m \{LW_j^g\} \right)^{1/m} \dots\dots\dots (4-10)$$

$$MW_j = \left( \prod_{g=1}^m \{MW_j^g\} \right)^{1/m} \dots\dots\dots (4-11)$$

$$RW_j = \left( \prod_{g=1}^m \{RW_j^g\} \right)^{1/m} \dots\dots\dots (4-12)$$

其中  $g$  為表示第  $g$  個群體， $m$  為群體個數。

表 4.8 整合群體之未正規化模糊權重值及整體差異程度

標的/標的模糊權重 $LW_j, MW_j, RW_j$ (變異係數)	準則	指標模糊權重 $LW_j, MW_j, RW_j$ (變異係數)
符合現有大眾運輸環境 推動條件( $k_1$ )	沿線人口密度 C11	0.2079 0.3019 0.4943 (0.4150)
	大眾運輸搭乘率 C16	0.2077 0.3205 0.4680 (0.4282)
0.288 0.4980 0.7319 (0.3271)	相關配套措施 C18	0.2004 0.2918 0.4646 (0.4904)
增進未來推動輕軌之利 基條件( $k_2$ )	配合相關重大建設計畫 C21	0.0966 0.1384 0.2222 (0.4576)
	經濟效益 C22	0.1487 0.2235 0.3132 (0.3538)
	財務可行性 C23	0.1313 0.2131 0.3637 (0.4567)
	土地徵收難易度 C25	0.0959 0.1587 0.2223 (0.3285)
0.2621 0.4410 0.6952 (0.3667)	當地支持度 C28	0.1268 0.1927 0.2735 (0.3805)

由上述之模糊權重值需經由正規化加以整合，以利於將模糊權重值轉化為單一權重值。本研究採用 Chang & Lee (1995) 之正規化公式 (4-13) ~ (4-15)，其數值正規化結果如表 4.9 所示。

$$NLW_j = \frac{LW_j}{\left[ \left( \sum_j^m RW_j \right) \times \left( \sum_j^m LW_j \right) \right]^{\frac{1}{2}}} \dots\dots\dots (4-13)$$



$$NMW_j = \frac{MW_j}{\sum_j MW_j} \dots\dots\dots(4-14)$$

$$NRW_j = \frac{RW_j}{\left[ \left( \sum_j RW_j \right) \times \left( \sum_j LW_j \right) \right]^{1/2}} \dots\dots\dots (4-15)$$

表 4.9 整合群體後之正規化模糊權重值

標的正規化模糊權重 (NLW <sub>j</sub> , NMW <sub>j</sub> , NRW <sub>j</sub> )			準則	正規化模糊權重 (NLW <sub>j</sub> , NMW <sub>j</sub> , NRW <sub>j</sub> )		
符合現有大眾運輸環境 推動條件(k <sub>1</sub> )			沿線人口密度 C11	0.2217	0.3302	0.5272
			大眾運輸搭乘率 C16	0.2216	0.3506	0.4992
0.3254	0.5304	0.8257	相關配套措施 C18	0.2138	0.3192	0.4956
增進未來推動輕軌之利 基條件(k <sub>2</sub> )			配合相關重大建設計畫 C21	0.1056	0.1494	0.2430
			經濟效益 C22	0.1627	0.2413	0.3425
			財務可行性 C23	0.1436	0.2300	0.3978
			土地徵收難易度 C25	0.1049	0.1714	0.2432
0.2957	0.4696	0.7843	當地支持度 C28	0.1386	0.2080	0.2991

#### 4.4.3 準則權重值之探討

在上述準則權重之計算中，已得到標的及評估準則之相對模糊權重值集合，而因為採用三角模糊數來表示，因此，難以直接比較各準則及項目相對重要性，而為探討各群體對於評估準則及項目重要性的認知差異，因此，本研究參考 Chen and Hsieh(2000)，所提出之隸屬度平均積分代表法(Graded mean integration representation method)，如 4-16 式，來解決三角模糊數之去模糊化計算，結果列於表 4.10。

$$CW_j = (NLW_j + 4NMW_j + NRW_j) / 6 \dots\dots\dots(4-16)$$

表 4.10 去模糊化後之正規權重值

標的權重				準則	政府	營運	學術	總合
符合現有大眾運輸環境推動條件 ( $k_1$ )				沿線人口密度 C11	0.321	0.422	0.256	0.335
政府	營運	學術	整合	大眾運輸搭乘率 C16	0.457	0.250	0.326	0.344
0.558	0.533	0.486	0.525	相關配套措施 C18	0.221	0.328	0.418	0.321
增進未來推動輕軌運輸系統之利基條件 ( $k_2$ )				配合相關重大建設計畫 C21	0.196	0.165	0.103	0.153
				經濟效益 C22	0.177	0.225	0.318	0.238
				財務可行性 C23	0.304	0.237	0.171	0.236
政府	營運	學術	整合	土地徵收難易度 C25	0.150	0.188	0.154	0.167
0.442	0.467	0.514	0.475	當地支持度 C28	0.174	0.185	0.254	0.205

從上述對於各單位之模糊數值，轉換為正規單一數值權重後，從表 4.10 中可得知，各群體之整合下，各標的及準則之相對重要性；在標的權重之部分，政府及營運單位，均認為標的「符合現有大眾運輸

環境推動條件 ( $k_1$ )」重要於標的「增進未來推動輕軌運輸系統之利基條件 ( $k_2$ )」，與學術單位之認知不同。

在「符合現有大眾運輸環境推動條件 ( $k_1$ )」之標的下，各單位所認為重要準則之排序，均不一樣，政府單位認為重要之準則依序為「大眾運輸搭乘率」、「沿線人口密度」、「相關配套措施」；營運單位則以「沿線人口密度」為最重要，依序為「相關配套措施」及「大眾運輸搭乘率」；學術單位，認為「相關配套措施」之重要性，大於「大眾運輸搭乘率」及「沿線人口密度」。

以「增進未來推動輕軌運輸系統之利基條件 ( $k_2$ )」之標的下，政府單位認為「財務可行性」、「配合相關重大建設計畫」及「經濟效益」為依序前三重要準則。營運單位認為準則重要性依序為(1)「財務可行性」、(2)「經濟效益」、(3)「土地徵收之難易度」。學術單位之重要性準則依序為(1)「經濟效益」、(2)「財務可行性」、(3)「當地支持度」。從上述之比較中可得知，在此標的中三單位均認為，「經濟效益」及「財務可行性」，是未來在推動輕軌運輸系統時，較重視之評估項目。

最後將各單位之準則權重與標的權重，串聯層級並加以作整體之排序，其結果如表 4.11 所示。

表 4.11 層級權重之串聯

準則及項目		政府單位		營運單位		學術單位		總合	
		權重	各別排序	權重	各別排序	權重	各別排序	權重	整體排序
標的	符合現有大眾運輸環境推動條件 ( $k_1$ )	0.5581	1	0.5327	1	0.4864	2	0.5252	1
	增進未來推動輕軌運輸系統之利基條件 ( $k_2$ )	0.4419	2	0.4673	2	0.5136	1	0.4748	2
$k_1$ 準則	沿線人口密度 C11	0.1794	2	0.2249	1	0.1246	3	0.1759	2
	大眾運輸搭乘率 C16	0.2551	1	0.1330	3	0.1584	2	0.1805	1
	相關配套措施 C18	0.1236	3	0.1748	2	0.2035	1	0.1688	3

$k_2$ 準則	配合相關重大建設計畫 C21	0.0864	2	0.0773	5	0.0531	5	0.0727	8
	經濟效益 C22	0.0781	3	0.1049	2	0.1631	1	0.1129	4
	財務可行性 C23	0.1344	1	0.1108	1	0.0878	3	0.1123	5
	土地徵收難易度 C25	0.0664	5	0.0880	3	0.0793	4	0.0794	7
	當地支持度 C28	0.0767	4	0.0863	4	0.1303	2	0.0975	6

整體而言，標的之重要性，以「符合現有大眾運輸環境推動條件（ $k_1$ ）」大於「增進未來推動輕軌運輸系統之利基條件（ $k_2$ ）」；而串聯層級後之評估準則重要性，前 5 項依排序為，「大眾運輸搭乘率」、「沿線人口密度」、「相關配套措施」、「經濟效益」及「財務可行性」。



## 第五章 實例驗證

此章旨在驗證「都市興建輕軌計畫優先順序評估模式」之應用與實用性，本研究之驗證對象，為台灣地區有提出輕軌運輸系統興建意願之都市，並針對其可行性報告書或規畫報告等資料做一評估，但由於資料上蒐集之困難，及研究時間及經費之限制，本研究以台灣地區北、中及南部，從中選取三都市之輕軌興建計畫，作為實證研究之評選方案，由於各方案之相關內容，大部分是由可行報告書或規劃報告書中取得資訊，在考慮所取得之相關方案準則之資料時，相關之參數假設及計算所包括之內容，並未設定於同一基準上，因此，本研究之實例驗證結果，僅供參考。

### 5.1 都市興建輕軌計畫之評估方案說明

在本節中，將對本研究欲評估之方案，包括「基隆市輕軌運輸系統建設計畫」、「台中捷運優先路線(綠線)計畫-採輕軌捷運」及「高雄都會區輕軌運輸系統」，作一介紹，包括方案之路線及相關內容。

#### 5.1.1 基隆市輕軌運輸系統建設計畫

基隆市輕軌運輸系統建設計畫【32】，共規劃東一、東二、西一及西二，共四條輕軌路線，路網發展之順序，就運輸需求而言，雖然東二線及西二線之運量較高，然在考量基隆地區各項開發計畫時程(和海科館開館時程)、旅次特性、建造成本、工期、計畫推動難易度，初步建議將東一、東二線(平面案)列為優先辦理路線，而西一線及西二線則列為中長期路網。

優先辦理路線部分，是採平面設計其成本較低，總建設經費 89.61 億元(當年幣值)，基隆市輕軌東一線為基隆車站到海科館、東二線從西十一碼頭到東明橋，如圖 5.1 所示，優先路線總長度共為 12.42 公里，預估興建經費 89.61 億元，而沿線人口分佈情況(與優先興建路線 500 公尺為範圍)，本研究概估約為每平方公里 7237 人，而基隆市大眾運輸之使用狀況約為 24%，以搭乘公車之比例為多數，當地政府於

努力改善、建立都市大眾運輸良好環境所做之相關措施，除了建置 IC 智慧卡電子票證系統外，目前提議由中央補助實施免費公車搭乘，但尚未施實。

此計畫在計算經濟效益及財務評估部分，對於基本參數之假設，評估年期是以建設成本投入年(95 年)至開始營運後 30 年(民國 130 年)作為效益分析期間，以 94 年作為基期，折現率採 6%，物價上漲率假設為 1.5%，用地徵收及拆遷補償上漲率設定為 1%。經濟效益評估之經濟成本項共分為建設成本、營運成本與重置成本，效益分析部分，包括時間節省、行車成本節省、筆事成本節省及空污成本節省等四項，其計算結果以淨現值表示為 65.36 億元(94 年幣值)、益本比為 1.3，內生報酬率為 18.87%。

財務評估部分，財務成本項可包括，建造成本為 89.61 億元、營運及資產設備重置成本共計為 263.65 億元；收入則以票箱收入為主(每年 325 個營運日估算，優先路網平面案營運 30 年之收入為 295.5 億元)，附屬事業收入假設佔票箱收入之 6%(17.73 億元)，財務評估之計算若以營運益本比表示則為 1.42，淨現值為 -40.10 億，自償率為 40.35%。而此優先路線之土地取得、建物拆遷與補償費用約為 21.39 億元。



圖 5.1 基隆市輕軌運輸系統建設優先路線圖

### 5.1.2 台中捷運優先路線建設計畫-採輕軌捷運【5】

此計畫依據「台中都會區捷運路網細部規劃」，以目標年路網為基準，考量路網特性、都市運輸走廊及捷運機廠區位，共研擬 4 個優先路線方案(1. 藍線、2. 綠線、3.紅線、4.紅線及藍線)，進行優先路線評估，最後建議以綠線(烏日文心北屯線)為優先路線，此路線將與未來高鐵台中站作一連結，如圖 5.2 所示，系統型式採用專用路權(高架型式)、鋼輪鋼軌之輕軌捷運系統，路線長約 16.5 公里，預估興建經費為 287.35 億元，而沿線人口分佈情況，本研究概估約為每平方公里 7072 人，而台中市大眾運輸之使用狀況約為 8%，以搭乘公車佔為多數，台中市政府為努力改善並建立都市大眾運輸良好環境所做之相關措施，目前除實施高潛力公車，改善公車服務，亦曾推出免費搭乘公車促銷方案提升搭乘率，而已推動公車電子票證系統、公車資訊服務系統、兩小時內免費轉乘市區公車一段票等。

此計畫在計算經濟效益及財務評估部分之基本參數假設，其評估年期為施工開始年為起始年，全線完後營運後起算 30 年為評估終年，基年為民國 91 年，折現率為 7.5%，物價上漲率假設為 2%，薪資成長率以每年 3.5%調整，營運天數為 350 天；經濟效益評估可包括成本項及效益項，而此優先路線之經濟成本項，共包括建設成本、營運維修成本與重置成本，效益分析部分，由旅行時間節省、行車成本節省及肇事成本節省，三項效益之加總，其計算結果以淨現值表示為 210.83 億元(民國 91 年幣值)、益本比為 2.07，內生報酬率為 15.71%。

財務評估部份，財務成本項之建造成本為 287.35 億元、營運維修成本及重置成本預估為 634.63 億元；收入部分包括票箱收入(營運 30 年為 906.79 億元)、附屬事業收入為 1.8 億元(假設佔票箱收入之 2%)、聯合開發收入為 9.47 億。財務評估之計算，若以營運益本比表示為 1.34，淨現值為-122.21 億，自償率為 34.55%。此優先路線土地取得、建物拆遷與補償費用約為 23.39 億元。





圖 5.2 台中捷運優先路線圖

### 5.1.3 高雄都會區輕軌運輸系統建設計畫【19】

高雄都會區輕軌運輸系統，是採平面道路的輕軌設計，路線規劃由高雄車站往東沿既有臨港鐵路廊帶南行（凱旋一~四路）經中山三路後，便脫離第一臨港線鐵路廊帶，進入一般道路，沿凱旋四路右轉成功二路向北直行，左轉銜接五福三路、河東路橫越建國三路後，往高雄火車站方向匯入縱貫鐵路，如圖 5.3 所示，其路線貫穿高雄市區，與興建中的高雄捷運路網紅線及規劃中的捷運橘線，構成南北與東西向十字相交織的環狀網路，並連結多功能經貿園區、哈瑪星、愛河及柴山等觀光景點，路線全長約 17 公里，預估經費為 142.1821 億元，沿線人口分佈情況，約為每平方公里 13403 人，而高雄市現有大眾運輸使用狀況約為 4%，以公車佔為多數，高雄市政府目前已建置公車動態資訊系統，希望能建立良好之大眾運輸環境，未來亦將與捷運整合電子票證。

此計畫在計算經濟效益及財務評估部分之基本參數假設，其評估年期包括建造(民國 92 至 96 年)及營運年期(民國 96 年至 125 年)，基年為民國 91 年，折現率為 7%，物價上漲率假設為 3.5%，薪資成長率以每年 2.5%調整，營運天數為 345 天；經濟效益評估可包括成本項



及效益項，而此優先路線之經濟成本項，共包括建設成本、營運維修成本、設備增置成本及重置成本，效益分析部分，由旅行時間節省、旅行成本節省、噪音改善、空氣污染減量、肇事改善等，效益之加總，其計算結果以淨現值表示為 53.50 億元(91 年幣值)、益本比為 1.34，內生報酬率為 10.11%。

財務評估部份，財務成本項包括建造成本、營運維修成本與設備重置成本三項，收入部分，主要來自票箱收入，其次尚包括車站與車箱廣告之附屬事業收入。財務評估之計算，若以營運益本比表示為 2.68，淨現值為-60.97 億(91 年幣值)，自償率為 31.49%。此優先路線土地取得、建物拆遷與補償費用約為 49.34 億元。

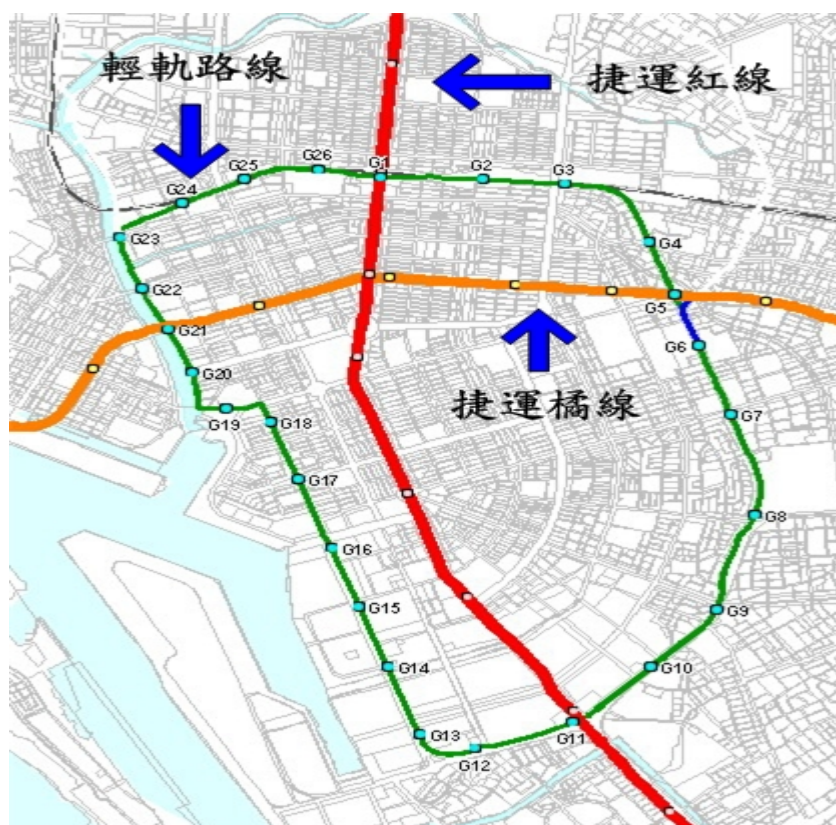


圖 5.3 高雄輕軌運輸系統路線圖

## 5.2 優先方案之評選

由前述經模糊德菲法篩選後所建立的評估準則層級架構中，總計共有 2 個評估標的及 8 個評估準則，而在這些 8 個評估準則中，其準則之屬性，分別包括質化(相關配套措施、配合相關重大建設計畫、當地支持度)及量化(沿線人口密度、大眾運輸搭乘率、經濟效益、財務可行性、土地徵收難易度)準則，本研究避免有些量化準則因資料不齊全而失真，亦希望能方便地整合評估結果，則採用語意變數來衡量準則之績效，得到各方案於不同評估準則下之模糊績效值，再透過與各評估準則之模糊權重值作一結合，分別求出整體方案之模糊綜合評判值，再進行去模糊化，即得各方案之優先順序。

### 5.2.1 專家之語意變數

本研究在進行方案績效之評估時，先對於各專家學者進行語意變數之填寫，而專家依「很低」、「低」、「中」、「高」、「很高」等語意變數，對各準則於優先方案之績效達成程度進行判斷；而語意變數之範圍，是由專家主觀認定於 0~100 的整數尺度範圍中，各語意變數的尺度範圍，表 5.1 為專家對於五種語意變數之主觀認定整彙整表。

表 5.1 專家對五種語意變數的主觀認定

專家	很低	低	中	高	很高
1	0,7.5,15	15,22.5,30	30,50,70	70,77.5,85	85,92.5,100
2	0,12.5,25	25,35,45	45,55,65	65,73.5,82	82,88.5,95
3	0,22.5,45	45,52.5,60	60,65,70	70,75,80	80,90,100
4	0,7.5,15	15,27.5,40	40,50,60	60,72.5,80	85,92,99
5	0,10,20	20,30,40	40,50,60	60,70,80	80,90,100
6	0,10,20	21,30.5,40	41,50.5,60	61,70.5,80	81,90.5,100
7	0,12.5,25	25,35,45	45,55,65	65,72.5,80	80,87.5,95
8	5,7.5,10	10,25,40	40,45,50	50,60,70	70,85,100
9	1,20,39	40,49.5,59	60,69.5,79	80,84.5,89	90,92.5,95
10	0,10,20	20,30,40	40,50,60	60,70,80	80,90,100

11	0,19.5,39	40,49.5,59	60,69.5,79	80,84.5,89	90,95,100
12	0,10,20	20,30,40	40,50,60	60,70,80	80,90,100
13	0,12.5,25	26,35.5,45	46,55,64	66,73,80	81,88,95
14	0,10,20	20,30,40	40,50,60	60,70,80	80,90,100
整體平均	0.4,12.9,24.1	24.4,34.5,44.5	44.9,54.6,64.4	64.8,73.1,81.1	81.7,90.1,98.5

### 5.2.2 模糊績效值達成值

本研究得到各專家之語意變數範圍後，即針對各評估準則在各評選方案之績效進行評估，而為了讓專家學者能瞭解各評選方案於各準則下之績效表現，本研究將所彙整之其相關資訊，隨附於問卷中，給於專家學者參考，如表 5.2 所示。而此相關資訊，是由各方案之相關可行性研究報告書或規畫報告書中取得，但當地支持度準則之相關資訊，由於在所參考之文獻中，並無此部分之相關資料，僅能從網路及相關報資中取得部分訊息，所以在填寫時，是以受訪者依自己主觀加以評量。

表 5.2 評選方案於各評估準則下之相關資訊彙整

計畫名稱與 基本介紹 標的與準則		高雄都會區輕軌運輸系統建設計畫	台中捷運優先路線建設計畫-採輕軌捷運	基隆市輕軌運輸系統建設計畫
		計畫路線全長約 17 公里，預估經費為 142.18 億元	計畫優先路線全長約 16.503 公里，預估經費 287.35 億元	優先辦理興建營運路線全長約 12.42 公里，預估經費 89.61 億元
符合 現有 大眾 運輸 環境 推動 之條 件	沿線人口密度	13403 人/平方公里	7072 人/平方公里	7237 人/平方公里
	大眾運輸搭乘率	4%	8%	24%
	相關配套措施	1、建置公車動態資訊系統。 2、實施路邊停車收費制度	1、推動公車電子票證系統 2、建置公車動態資訊系統 3、改善公車服務（高潛力公車服務，曾推出免費搭乘公車促	1、建置 IC 智慧卡電子票證系統。 2、建置公車動態資訊系統 3、實施路邊停車收費制度

			銷方案)，兩小時內免費轉乘市區公車一段票 4、實施路邊停車收費制度	
有利增進未來推動輕軌計畫之條件	配合相關重大建設計畫	高雄都會區大眾捷運系統作一連結	與高鐵台中站作一連結	與國立海洋科技博物館作一連結
	經濟效益	1、益本比：1.34 2、淨現值：53.50億元 3、內部報酬率：10.11%	1、益本比：2.07 2、淨現值：210.83億元 3、內部報酬率：15.71%	1、益本比：1.30 2、淨現值：65.36億元 3、內部報酬率：18.87%
	財務可行性	1、自償率：31.49% 2、營運收支比：2.68 3、淨現值：-60.96億	1、自償率：34.55% 2、營運收支比：1.34 3、淨現值：-122.21億元	1、自償率：40.35% 2、營運收支比：1.42 3、淨現值：-40.10億元
	土地徵收難易度	所需費用約 49.34億元	所需費用約 25.84億元	所需費用約 21.39億
	當地支持度	當地民眾對計畫無明顯之反對議題及抗爭行為。(當地政府與民意代表對推動此計畫之支持程度資料從缺，請受訪者依自己主觀加以評量)	當地民眾對計畫無明顯之反對議題及抗爭行為。(當地政府與民意代表對推動此計畫之支持程度資料從缺，請受訪者依自己主觀加以評量)	當地民眾對計畫無明顯之反對議題及抗爭行為。(當地政府與民意代表對推動此計畫之支持程度資料從缺，請受訪者依自己主觀加以評量)

資源來源：【5】、【19】、【32】及本研究整理

專家針對所給予之資訊，自行判斷各評選方案在各評估準則下之績效達成度，由於語意變數之績效達成值，並非為一明確數值，而是一模糊區間，因此本研究將採用模糊加法與模糊乘法之運算，如 (3-28) 式~(3-30) 式，整合 14 受訪者的評斷值。以求得整體決策者對於各個評估準則績效達成的平均模糊數。以下為各專家對於三個評估方案之模糊績效之彙整表。

表 5.3 高雄輕軌建設計畫於各準則下之模糊績效值

準則 專家	C11	C16	C18	C21	C22	C23	C25	C28
1	70,77.5,85	15,22.5,30	85,92.5,100	70,77.5,85	30,50,70	30,50,70	15,22.5,30	0,7.5,15
2	45,55,65	25,35,45	25,35,45	45,55,65	45,55,65	25,35,45	45,55,65	25,35,45
3	70,75,80	60,65,70	60,65,70	60,65,70	60,65,70	70,75,80	60,65,70	60,65,70
4	60,72.5,85	40,50,60	60,72.5,85	85,92,99	60,72.5,85	60,72.5,85	40,50,60	60,72.5,85
5	60,70,80	20,30,40	40,50,60	60,70,80	40,50,60	60,70,80	40,50,60	60,70,80
6	61,70,80	21,30.5,40	41,50.5,60	41,50.5,60	21,30.5,40	41,50.5,60	41,50.5,60	41,50.5,60
7	65,72.5,80	65,72.5,80	25,35,45	65,72.5,80	65,72.5,80	65,72.5,80	45,55,65	45,55,65
8	70,85,100	40,45,50	40,45,50	50,60,70	10,25,40	50,60,70	10,25,40	40,45,50
9	60,69.5,79	60,69.5,79	60,69.5,79	90,92.5,95	80,84.5,89.0	40,49.5,59	40,49.5,59	80,84.5,89
10	80,90,100	40,50,60	40,50,60	80,90,100	40,50,60	60,70,80	40,50,60	60,70,80
11	90,95,100	60,69.5,79	60,69.5,79	80,84.5,89	80,84.5,89	60,69.5,79	60,69.5,79	60,69.5,79
12	60,70,80	20,30,40	20,30,40	80,90,100	40,50,60	40,50,60	40,50,60	40,50,60
13	46,55,64	46,55,64	46,55,64	66,73,80	46,55,64	46,55,64	46,55,64	66,73,80
14	80,90,100	20,30,40	40,50,60	60,70,80	20,30,40	20,30,40	20,30,40	60,70,80
平均	65.5,74.8,84.1	38,46.8,55.5	45.9,55,64.1	66.6,74.5,82.4	45.5,55.3,65.1	47.6,57.8,68	38.7,48.4,58	49.8,58.4,67.0

表 5.4 台中輕軌捷運建設計畫於各準則下之模糊績效值

準則 專家	C11	C16	C18	C21	C22	C23	C25	C28
1	70,77.5,85	15,22.5,30	85,92.5,100	70,77.5,85	30,50,70	30,50,70	15,22.5,30	0,7.5,15
2	25,35,45	45,55,65	45,55,65	45,55,65	45,55,65	25,35,45	45,55,65	25,35,45
3	60,65,70	60,65,70	70,75,80	80,90,100	70,75,80	45,52.5,60	70,75,80	45,52.5,60
4	40,50,60	40,50,60	60,72.5,85	85,92,99	60,72.5,85	40,50,60	60,72.5,85	60,72.5,85
5	40,50,60	40,50,60	60,70,80	60,70,80	60,70,80	40,50,60	60,70,80	40,50,60
6	41,50.5,60	41,50.5,60	41,50.5,60	61,70.5,80	41,50.5,60	41,50.5,60	41,50.5,60	41,50.5,60
7	45,55,65	65,72.5,80	45,55,65	65,72.5,80	65,72.5,80	65,72.5,80	45,55,65	45,55,65

8	50,60,70	40,45,50	50,60,70	50,60,70	40,45,50	50,60,70	40,45,50	40,45,50
9	40,49.5,59	40,49.5,59	60,69.5,79	80,84.5,89	60,69.5,79	1,20,39	60,69.5,79	60,69.5,79
10	60,70,80	60,70,80	60,70,80	80,90,100	40,50,60	40,50,60	60,70,80	60,70,80
11	80,84.5,89	60,69.5,79	80,84.5,89	80,84.5,89	90,95,100	60,69.5,79	80,84.5,89	60,69.5,79
12	40,50,60	40,50,60	60,70,80	40,50,60	60,70,80	40,50,60	40,50,60	60,70,80
13	66,73,80	66,73,80	66,73,80	66,73,80	66,73,80	66,73,80	66,73,80	66,73,80
14	40,50,60	40,50,60	60,70,80	40,50,60	40,50,60	20,30,40	40,50,60	60,70,80
平均	49.8,58.6,67.4	46.6,55.2,63.8	60.1,69.1,78.1	64.4,72.8,81.2	54.8,64.1,73.5	40.2,50.9,61.6	51.6,60.2,68.8	47.3,56.4,65.6

表 5.5 基隆市輕軌建設計畫於各準則下之模糊績效值

準則 專家	C11	C16	C18	C21	C22	C23	C25	C28
1	30,50,70	30,50,70	30,50,70	70,77.5,85	30,50,70	30,50,70	15,22.5,30	30,50,70
2	25,35,45	65,73.5,82	45,55,65	45,55,65	65,73.5,82	25,35,45	65,73.5,82	25,35,45
3	60,65,70	70,75,80	70,75,80	45,52.5,60	60,65,70	60,65,70	60,65,70	45,52.5,60
4	40,50,60	60,72.5,85	60,72.5,85	85,92,99	85,92,99	85,92,99	60,72.5,85	60,72.5,85
5	40,50,60	60,70,80	40,50,60	60,70,80	40,50,60	20,30,40	60,70,80	20,30,40
6	41,50.5,60	61,70.5,80	41,50.5,60	61,70.5,80	21,30.5,40	41,50.5,60	41,50.5,60	41,50.5,60
7	45,55,65	80,87.5,95	45,55,65	65,72.5,80	65,72.5,80	65,72.5,80	65,72.5,80	45,55,65
8	50,60,70	50,60,70	40,45,50	40,45,50	10,25,40	70,85,100	40,45,50	40,45,50
9	90,92.5,95	90,92.5,95	40,49.5,59	40,49.5,59	80,84.5,89	60,69.5,79	80,84.5,89	80,84.5,89
10	60,70,80	80,90,100	40,50,60	60,70,80	40,50,60	80,90,100	80,90,100	60,70,80
11	80,84.5,89	80,84.5,89	60,69.5,79	80,84.5,89	80,84.5,89	80,84.5,89	80,84.5,89	60,69.5,79
12	40,50,60	60,70,80	20,30,40	20,30,40	40,50,60	40,50,60	40,50,60	40,50,60
13	46,55,64	66,73,80	46,55,64	66,73,80	46,55,64	66,73,80	66,73,80	66,73,80
14	60,70,80	60,70,80	60,70,80	60,70,80	20,30,40	40,50,60	80,90,100	40,50,60
平均	50.5,59.8,69.1	65.1,74.2,83.3	45.5,55.5,65.5	56.9,65.1,73.4	48.7,58,67.4	54.4,64.1,73.7	59.4,67.4,75.4	46.6,56.3,65.9

### 5.2.3 模糊綜合評判

得到上述決策群體針對各評選方案，於各準則下所判斷出之模糊績效達成值後，將其各方案於準則下所整合之平均模糊數，加以標準化，使其介於 0~1 之間，再與上一章所得到各評估準則之模糊權重值，將二者結合，進行各評選方案整體之模糊綜合評判，並分別求出其模糊綜合評判值。由於模糊綜合評判的計算過程相當地複雜，故在本研究中乃依其近似乘積加以表示，最後的計算結果如表 5.6□表 5.8 所示。

表 5.6 高雄輕軌建設計畫之模糊綜合評判

高雄輕軌建設計畫	模糊權重值			模糊績效值			模糊綜合評判		
	<i>LW</i>	<i>MW</i>	<i>RW</i>	<i>LE</i>	<i>ME</i>	<i>RE</i>	<i>LR</i>	<i>MR</i>	<i>RR</i>
沿線人口密度 C11	0.072	0.175	0.386	0.655	0.748	0.841	0.047	0.131	0.325
大眾運輸搭乘率 C16	0.072	0.186	0.365	0.380	0.468	0.555	0.027	0.087	0.203
相關配套措施 C18	0.070	0.169	0.363	0.459	0.550	0.641	0.032	0.093	0.232
配合相關重大建設計畫 C21	0.031	0.070	0.191	0.666	0.745	0.824	0.021	0.052	0.157
經濟效益 C22	0.048	0.113	0.269	0.455	0.553	0.651	0.022	0.063	0.175
財務可行性 C23	0.042	0.108	0.312	0.476	0.578	0.680	0.020	0.062	0.212
土地徵收難易度 C25	0.031	0.080	0.191	0.387	0.484	0.580	0.012	0.039	0.111
當地支持度 C28	0.041	0.098	0.235	0.498	0.584	0.670	0.020	0.057	0.157
整體							0.02523	0.07305	0.19647

表 5.7 台中輕軌捷運建設計畫之模糊綜合評判

台中輕軌捷運 建設計畫	模糊權重值			模糊績效值			模糊綜合評判		
	<i>LW</i>	<i>MW</i>	<i>RW</i>	<i>LE</i>	<i>ME</i>	<i>RE</i>	<i>LR</i>	<i>MR</i>	<i>RR</i>
沿線人口密度 C11	0.072	0.175	0.386	0.498	0.586	0.674	0.036	0.103	0.260
大眾運輸搭乘率 C16	0.072	0.186	0.365	0.466	0.552	0.638	0.034	0.103	0.233
相關配套措施 C18	0.070	0.169	0.363	0.601	0.691	0.781	0.042	0.117	0.283
配合相關重大 建設計畫 C21	0.031	0.070	0.191	0.644	0.728	0.812	0.020	0.051	0.155

經濟效益 C22	0.048	0.113	0.269	0.548	0.641	0.735	0.026	0.073	0.197
財務可行性 C23	0.042	0.108	0.312	0.402	0.509	0.616	0.017	0.055	0.192
土地徵收難易度 C25	0.031	0.080	0.191	0.516	0.602	0.688	0.016	0.048	0.131
當地支持度 C28	0.041	0.098	0.235	0.473	0.564	0.656	0.019	0.055	0.154
						整體	0.02628	0.07557	0.2007

表 5.8 基隆市輕軌建設計畫之模糊綜合評判

基隆輕軌捷運 建設計畫	模糊權重值			模糊績效值			模糊綜合評判		
	<i>LW</i>	<i>MW</i>	<i>RW</i>	<i>LE</i>	<i>ME</i>	<i>RE</i>	<i>LR</i>	<i>MR</i>	<i>RR</i>
沿線人口密度 C11	0.072	0.175	0.386	0.505	0.598	0.691	0.036	0.105	0.267
大眾運輸搭乘率 C16	0.072	0.186	0.365	0.651	0.742	0.833	0.047	0.138	0.304
相關配套措施 C18	0.070	0.169	0.363	0.455	0.555	0.655	0.032	0.094	0.238
配合相關重大 建設計畫 C21	0.031	0.070	0.191	0.569	0.651	0.734	0.018	0.046	0.140
經濟效益 C22	0.048	0.113	0.269	0.487	0.580	0.674	0.023	0.066	0.181
財務可行性 C23	0.042	0.108	0.312	0.544	0.641	0.737	0.023	0.069	0.230
土地徵收難易度 C25	0.031	0.080	0.191	0.594	0.674	0.754	0.018	0.054	0.144
當地支持度 C28	0.041	0.098	0.235	0.466	0.563	0.659	0.019	0.055	0.155
						整體	0.02711	0.07832	0.20723

### 5.2.4 優先方案排序

經由上述模糊綜合評判後，即可求算出各評選方案之個別的三角模糊數；然而，由於「三角模糊數」並非為明確的數值，故若要對各方案進行優劣比較時，則需將三角模糊數轉換成非模糊值，以利於各評選方案的優先次序之排序；本研究採用隸屬度平均積分代表法(Graded mean integration representation method)，如公式(3-31)，來解決三角模糊數之去模糊化計算，求得各方案的最佳非模糊績效值。其最後所計算之結果如下表 5.9 所示。



表 5.9 各評選方案之評估結果

	三角模糊數			去模糊化(DF)	排序
高雄輕軌建設計畫	0.02523	0.07305	0.19647	0.08565	3
台中輕軌捷運建設計畫	0.02628	0.07557	0.2007	0.08821	2
基隆市輕軌建設計畫	0.02711	0.07832	0.20723	0.09127	1

根據上述非模糊績效值(DF)之大小排序結果可以發現，在本研究所選出之三個評估方案中，「基隆市輕軌建設計畫」方案為決策群體認為最優先興建之方案，其次為「台中輕軌捷運建設計畫」方案，最後則是「高雄輕軌建設計畫」；其主要原因可能是，在群體所認知重要性之前五項準則中：大眾運輸搭乘率、沿線人口密度、相關配套措施、經濟效益、財務可行性，其「基隆市輕軌建設計畫」於大眾運輸搭乘率及財務可行性之準則之得分，相較於其他二方案下為最高，其餘三項準則之表現，評比均為次要高分，因而促使其優先排列順序較為前面；而「高雄輕軌建設計畫」，除了沿線人口密度之評點最高，財務可行性次高，其餘三項重要評估準則，得分均較於其他二方案低，雖「高雄輕軌建設計畫」能與捷運作一結合形成完整之大眾運輸路網，而此項是屬於配合相關重大建設計畫之準則，雖然於此項之得分最高，但群體認為此準則相對於其他準則而言，為最不重要之準則之一，因而沒有提升整體過多之分數。

而此部分評估結果，於去模糊化後之績效，雖然沒有顯著性差異，但可提供地方政府參考，從中可發現其應努力改善之處並加強建立有利於輕軌發展之環境及條件。

### 5.2.5 本研究所延伸之問題與思考未來對策

在評估其興建輕軌之優先性時，從此過程中發現本研究評估模式所延伸之問題及口試委員所提供之建議，尚需考慮 (1)本研究在評估此模式時，是以現有之運量作為評估基準，但此為新運量之引進，是否能納入預測運量需求，較能考量未來運量之成長性。(2)目前所評估興建輕軌之優先都市是以新建輕軌系統為主，但未來若有都市提出

輕軌後續計畫時之構想，可否一起評估。(3)對於未來評估不同之興建型式(高架及平面之每公里造價之差異)時，如何考慮在評估時，因立足點不同造成財務準則之公平性之問題。(4)當所提出興建輕軌建設計畫之目的及所提供之服務定位不同時，用此模式評估是否合適。(5)考量在優先計畫評選時，第一優先者將獲得全部資源，似乎並不公平，是否考量，依獲得補助經費之比例與其他替代方案，方能獲得補助之機制。

經由上述問題，本研究所提出想法及未來之因應對策，並於附錄三中作一說明。



## 第六章 結論與建議

### 6.1 結論

本研究先確定研究目的與範圍限制，進行相關文獻回顧整理，首先以回顧輕軌運輸系統之發展、定義、特性，及目前國內對於此系統之推動現況，最後回顧軌道運輸相關評估準則部分，以輕軌運輸系統與都市特性關係、評估運輸建設考量項目、運輸系統興建相關評估準則及運輸系統相關規劃項目，初步建立評估架構及準則初擬，經由二階段問卷之寄發，以模糊德菲法及模糊分析階層程序法，進行初擬準則之重要性篩選及準則權重之計算，而在計算方案績效部分，係採用模糊衡量方式來評選優先方案，最後本研究結論歸納如下：

- 1.在回顧輕軌運輸系統歷史中，發現軌道運輸在近代都市公共運輸發展中，扮演著重要角色，從早期都市有軌電車之繁榮至因私人運具興起，而產生有軌電車相對無效率而被拆除，最後因私人運具大量使用所產生的交通擁擠、環保和能源之問題。於是到了二十世紀，各都市重新考量輕軌運輸系統效益，將舊有有軌電車之功能更新，或興建新型輕軌運輸系統以解決交通擁擠和環保污染問題，並提供一種優質之都市大眾運輸系統，以供民眾選擇。
- 2.本研究之目標為「都市輕軌興建計畫優先順序評估之模式」，經由相關之文獻回顧，綜合歸納出「符合現有大眾運輸環境推動之條件」及「有利增進未來推動輕軌計畫之條件」二大構面及十六項初擬評估準則，經由第一階段問卷採模糊德菲法，取得群體決策人員對於準則之重要性看法，共篩選出「沿線人口密度」、「大眾運輸搭乘率」、「相關配套措施」、「配合相關重大建設計畫」、「經濟效益」、「財務可行性」、「土地徵收難易度」、「當地支持度」等八項重要評估準則。
- 3.經由第二階段專家問卷，應用模糊分析階層程序法，求出準則相對權重，在整體權重排序方面，標的以「符合現有大眾運輸環境推動之條件」之權重，高於「有利增進未來推動輕軌計畫之條件」。而準

則最優先為「大眾運輸搭乘率」，其次依序為「沿線人口密度」、「相關配套措施」、「經濟效益」、「財務可行性」、「當地支持度」、「配合相關重大建設計畫」。

4. 群體間之交叉分析，在「符合現有大眾運輸環境推動條件」標的下，各單位對於「沿線人口密度」、「大眾運輸搭乘率」及「相關配套措施」之觀點均為不一，而各單位認為最重要之準則分別為，政府單位為大眾運輸搭乘率，營運單位為沿線人口密度，學術單位為相關配套措施；在「增進未來推動輕軌運輸系統之利基條件」標的中，政府、營運均認為財務可行性為此標的下最重要之準則，但學術單位則以經濟效益之為最重要，財務可行性之重要性為第三；而政府單位以配合相關重大建設計畫為次要重要準則，與其他二單位認為此為最不重要準則，之差異最大；而學術單位認為，能增進未來推動輕軌運輸系統之利基條件中，當地支持度之重要性，僅次於經濟效益，與政府及營運之認知此項準則之重要性為最不重要之一，之差異不同。
5. 於實例驗證部分，本研究以「高雄都會區輕軌運輸系統建設計畫」、「台中捷運優先路線建設計畫-採輕軌捷運」及「基隆市輕軌運輸系統建設計畫」等三個方案來試評其興建之優先順序，並結合模糊衡量方式來評選，經由模糊綜合評判後，得到「基隆市輕軌運輸系統建設計畫」為決策群體認為最優先興建之方案。由於在前五項準則中，其大眾運輸搭乘率及財務可行性之準則之得分，相較於其他二方案下為最高，其餘三項準則之表現，評比均為次要高分，因而促使其優先排列順序為最高。

## 6.2 建議

1. 本研究所擬出都市輕軌興建計畫優先順序評估準則，可作為後續政府在研擬，評估輕軌興建計畫之優先性時參考，而在評估各方案績效部分，是以多方案來比較其優先順序，並未在針對單一方案進行評估，而後續應可對於單一方案之評估方式，及興建門檻作一探討，而較為完整之作業細則及準則評估，亦後續研究之重點。

2. 本研究在評估各方案之績效時，其資料之取得為各方案地區之輕軌可行性報告書或規劃報告書，其中各項目之計算(如效益評估、成本項目計算)或預估方式(如運量之預測、用地取得之假設)，參數之設定(折現率、物價成長率、所得成長率)，並無統一之規定，其可能導致其各資料之計算並未在同一基準之上，而產生偏差，所以未來應針對其評估之資料，應有統一及計算規則，減少評估方案時之誤差。
3. 在評估興建輕軌之優先性時，本研究以現有之運量為主，由於現有之運量較易取得且客觀，但在未來之預測運量部分，尚需考慮預估時所設定之參數、預測之方法，來避免規劃單位過於樂觀預估，所以並未單一考慮，未來可將制定其預測運量之計算方式後，納入本模式中，共同考量之。而本模式，僅對於新建輕軌系統加以評估，未來可考量當有續建輕軌時，新建與續建之間評估之優先性問題；而不同建造型式，亦影響在評估時之財務績效表現，未來可考量，是否以每公里造價來區隔，再進行比較時較為客觀。
4. 為了突顯各都市建造輕軌之目的及特殊需求，建議未來可就本研究中之「配合相關重大建設」準則，更改為「配合特殊需求」並擴大其定義為，特殊需求包括興建輕軌之目的，為通勤、觀光、作為未來其他系統之延伸，或其地區之相關重大建設作一配合等。而本研究最後所評估各方案之績效表現，僅供地方政府參考，從中可發現其應努力改善之處並加強建立有利於輕軌發展之環境及條件，未來可將各地方之替代方案併入此評估模式後，再依評估比例分配其經費。

## 參考文獻

- 【1】 王慶瑞，運輸系統規劃，正揚出版社，2001 年 2 月
- 【2】 公路法，交通部，民國九十二年七月
- 【3】 台北市捷運工程局，捷運常用辭彙，1991 年
- 【4】 台南市政府，台南都會區輕軌運輸系統優先路線綜合規劃報告，財團法人成大研究發展基金發(規劃單位)，民國九十三年十二月
- 【5】 台中都會區大眾捷運系統優先路線規劃，交通部高速鐵路工程局，中華民國九十二年十二月
- 【6】 交通部運輸研究所，台灣地區軌道系統容量研究架構暨台北捷運系統容量分析，民國 93 年
- 【7】 交通部運研所，台灣地區引進輕軌運輸系統技術型式選擇之研究，民國 87 年。
- 【8】 交通運研所，台灣地區引進輕軌運輸系統之可行性研究，民國 87 年
- 【9】 李克聰，工程經濟學，華泰出版社，1997 年
- 【10】 李信佑，宜蘭縣公路建設計畫優先順序之研究，國立交通大學運輸研究所碩士論文，民國 91 年
- 【11】 李淑惠，海運大眾運輸營運與服務績效評估---模糊多準則評估之應用，碩士論文，國立交通大學交通運輸研究所，民國 89 年
- 【12】 邱啟仁，輕軌運輸系統路網規模與都市特性關係之研究，國立交通大學交通運輸研究所碩士論文，民國九十年六月
- 【13】 林炳松，路外停車場闢建優先順序之評估研究，國立台灣大學土木工程研究所碩士論文，民國 82 年
- 【14】 林政國，都市路外停車場設置區位評選之研究，國立成功大學交通管理研究所，碩士論文，民國 89 年
- 【15】 林承政，生活圈道路系統建設計畫補助評選模式之研究國立交通大學交通運輸研究所碩士論文，民國九十一年六月

- 【16】周立新，李英，我國城市軌道交通發展高潮中的冷思考，城市交通，第三卷第二期，2005 年 5 月
- 【17】倪國鈞，台灣地區引進街走式輕軌運輸系統沿街面都市設計準則之研究－台南市輕軌計畫之初步電腦模擬，國立成功大學都市計劃研究所碩士論文，民國 92 年 6 月
- 【18】胡湘麟，高速鐵路及聯外公路簡報資料，高速鐵路工程局，民國 91 年
- 【19】高雄都會區輕軌運輸系統高雄臨港輕軌建設綜合規劃報告，高雄市政府捷運工程局，中華民國 91 年 12 月
- 【20】張志榮，都市捷運－發展與應用，1994
- 【21】張有恆，都市公共運輸，華泰出版社，民國 85 年
- 【22】張有恆、蘇昭旭，現代軌道運輸－放眼世界的軌道系統與管理，民國九十年
- 【23】凌瑞賢，運輸規劃原理與實務，民國 90 年，鼎漢國際工程顧問股份有限公司，p14-14
- 【24】凌瑞賢，“捷運系統與台南都會區之發展”，規劃學報，第二十四卷第一期，民國 86 年 6 月
- 【25】翁正文，“台灣地區引進捷運系統之決策分析”，國立成功大學交通管理科學研究所碩士論文，民國 79 年 6 月
- 【26】許添本、賴以軒，「我國引入輕軌運輸系統之規劃概念」，都市交通，第十四卷第二期，1999,06
- 【27】許添本，輕軌與公車捷運系統納管之研析(期末報告)，交通部運輸研究所委託，國立台灣大學合設工業研究中心辦理，民國九十四年十一月
- 【28】許賢成，灌溉渠道更新改善優先順序評估模式－AHP 及模糊群體決策之運用，朝陽科技大學營建工程系碩士論文，民國 90 年
- 【29】馮堯松，從香港輕鐵看臺灣輕軌運輸系統之引進，捷運技術，民國 90 年二月，頁 17-40
- 【30】馮正民、邱裕鈞，研究分析方法，民國九十三年六月，建都文化事業股份有限公司

- 【31】 陳世圯、馮正民、涂維穗，都會區捷運系統建設之現況概述，國政研究報告，2000.09
- 【32】 基隆市輕軌運輸系統建設計畫可行性研究期末報告(修正一版)，基隆市政府委託中興工程顧問股份有限公司辦理，中華民國九十四年十月
- 【33】 黃碧慧，由居住環境品質觀點探討國宅開發區位優先順序，逢甲大學土地管理研究所碩士論文，民國 85 年
- 【34】 曾國雄、李穗玲，路線方案評選多目標決策之應用-以桃園都會區捷運路線選線為例，運輸計劃季刊，民國八十四年九月，第二十四卷第三期，第 299-322 頁
- 【35】 廖宏達，都市軌道運輸建設計畫優先性指標之研究，國立交通大學交通運輸研究所碩士論文，民國九十四年六月
- 【36】 鄧振源，計畫評估方法-方法與應用，海洋大學運籌規劃與管理研究中心，民國 91 年
- 【37】 鄭志強、徐作聖，路線方案評選多準則決策之應用-以新竹都會區輕軌運輸路網選線為例，中華管理學報，第六卷第一期，第 75-104 頁，民國 94 年
- 【38】 鄭永忠，公車捷運系統發展策略之研究，國立台灣大學土木工程學研究所，民國 92 年
- 【39】 Barry, Michael, 'Through the ciites: the revolution in light rail', Frankfort Press, 1991
- 【40】 Chen S. J. and Hwang C. L. (1992), Fuzzy Multiple Attribute Decision Making, Springer-Verlag , New York
- 【41】 Chen,P.T. and Lee,E.S.(1995), "The Estimation of Normalized Fuzzy Weights," Computers Math. Applic, Vol.29, No.5, pp. 21-24
- 【42】 Chen, S. H. and Hsieh, C. H. (2000), "Representation, Ranking, Distance, and Similarity of L-R type fuzzy number and Application," Australian Journal of Intelligent Processing System, 6 (4), 217-229.
- 【43】 Satty, T.L., " The Analytic Hierarchy Process ", McGrawHill, Inc., 1980



- 【44】 Transportation Research Board (1995a), 「Seventh National Conference on Light Rail Transit」, Conference Proceedings 8. Washington D. C. : National Research Council.
- 【45】 Vukan R. Vuchic, "Urban Public Transportation—Systems and Technology", Prentice Hall, New Jersey, 1981
- 【46】 台北市政府捷運工程局 <http://www.dorts.gov.tw/>
- 【47】 交通部高速鐵路工程局全球資訊網 <http://www.hsr.gov.tw/>
- 【48】 高雄捷運工程局網站 <http://www.kcg.gov.tw/>
- 【49】 輕軌電車網站 <http://www.wice.com.tw/lrv/Default.htm>



## 附錄一 第一階段問卷

先進 您好！

這是一份有關「都市輕軌運輸興建計畫優先順序評估模式研究」之專家問卷調查。本研究問卷調查共分為二階段，此為第一階段之專家問卷，將採用模糊德菲法，目的在確立「都市輕軌運輸興建計畫優先順序評估模式」時所需考量之準則。希望藉由您專業的素養及寶貴的意見，篩選出適當之評選準則，敬請您撥冗填寫。問卷所有資料將僅作為學術研究之用，絕不會對外公開，並請於 4月7日前寄回。

再次感謝您對本研究之支持和協助，在此向您致上十二萬分之謝意！！

敬祝您 萬事如意

逢甲大學交通工程與管理學系研究所 指導教授 葉名山

研究生 李尚輯 敬啟

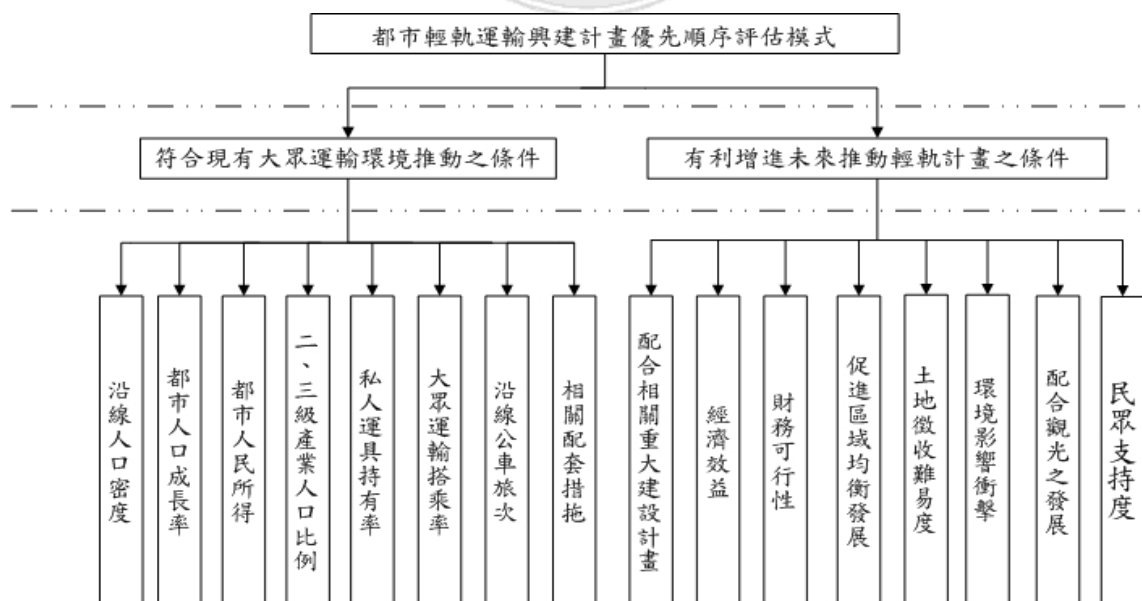
聯絡電話：0910-985474 電子信箱：M9307407@webmail.fcu.edu.tw

聯絡住址：台中市西屯區文華路 100 號逢甲大學交管研究所

### 【問卷填寫說明】

- 本研究論文的題目為『都市輕軌運輸興建計畫優先順序評估模式之研究』。
- 請您考量下列各個評估準則在評估時之重要性。
- 評定分數由1~10 分，分數越高表示越重要，請依您的專業素養主觀認定。
- 本問卷之準則若有遺漏未列之處，也請您不吝指教，將之填於各題之最後一欄之「其他」項，並對其重要性加以評分。
- 問卷中相關構面架構及指標準則之定義將於附件中說明之。
- 本研究論文將採兩階段的專家問卷，第一階段為選定評估準則，第二階段為衡量準則間之相對權重。

### 【附件】



圖一 都市輕軌運輸興建計畫優先順序評估準則構面圖

表一 都市輕軌運輸興建計畫優先順序評估模式之初擬評估準則彙總表

構面	評估準則	定義	性質
符合現有大眾運輸環境推動之條件	沿線人口密度	距離輕軌沿線 500 公尺範圍內之人口密度	量化
	都市人口成長率	都市人口成長狀況	量化
	都市人民所得	都市人民所得狀況	量化
	二、三級產業人口比例	非農、林、漁和畜業之人口	量化
	私人運具持有率	私人運具(小汽車和機車)之使用狀況(輛/人)	量化
	大眾運輸搭乘率	大眾運輸之使用狀況	量化
	沿線公車旅次	欲興建輕軌之沿線公車旅次	量化
	相關配套措施	都市對於努力改善都市交通及鼓勵民眾搭乘大眾運輸所執行之相關政策。(如：路邊停車收費制度、大眾運輸補貼、票證整合、免費轉乘及鼓勵民眾搭乘大眾運輸之措施。)	質化
有利增進未來推動輕軌計畫之條件	配合相關重大建設計畫	配合相關重大建設計畫，或能與其他計畫相互配合，對計畫本身之經濟效益具有加成效果(如：輕軌運輸系統延伸至未來高鐵站將有效的提升建設的可能性)	質化
	經濟效益	興建輕軌運輸系統後，所產生之總效益及總經濟成本為何。	量化
	財務可行性	輕軌運輸系統興建及營運時之財務狀況	量化
	促進區域均衡發展	縮短區域發展之差異	質化
	土地徵收難易度	沿線欲徵收私有土地之面積	量化
	環境影響衝擊	是否通過環評法，對於興建輕軌運輸系統後，造成當地環境之負面影響程度為何	質化
	配合觀光之發展	沿線觀光遊憩區吸引旅客之人數	量化
	民眾支持度	民眾對此計畫之態度，在計畫進行推動時，有無重大抗議行為。	質化

質化指標將以「模糊理論」進行分析

【問卷內容】

請您依序回答下列問題：

一、針對「都市輕軌運輸興建計畫優先順序評估模式」之建立，下列各個構面的重要性如何？

構面	重要性									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1、符合現有大眾運輸環境推動之條件	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2、有利增進未來推動輕軌計畫之條件	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

二、針對「都市輕軌運輸興建計畫優先順序評估模式」之建立就「符合現有大眾運輸環境推動之條件」而言，下列準則的重要性如何？

準則	重要性									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1、沿線人口密度	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2、都市人口成長率	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3、都市人民所得	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4、二、三級產業人口比例	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5、私人運具持有率	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6、大眾運輸搭乘率	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7、沿線公車旅次	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8、相關配套措施	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9、其他_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

三、針對「都市輕軌運輸興建計畫優先順序評估模式」之建立就「有利增進未來推動輕軌之利基條件」而言，下列準則的重要性如何？

準則	重要性									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1、配合相關重大建設計畫	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2、經濟效益	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3、財務能力	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4、促進區域均衡發展	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5、土地徵收難易度	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6、環境影響衝擊	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7、配合地區觀光發展	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8、民眾支持度	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9、其他_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

第一階段問卷到此結束，非常感謝您撥冗填寫。隨問卷附上回郵信封，請您將本問卷投入郵筒即可，若能盡快寄回將對本研究之進行有極大之助益。再次感謝您的協助與支持。

## 附錄二 第二階段問卷

先進 勛鑒：

首先感謝您能撥冗填答此份問卷，擔任本研究之參與評定之專家。這是一份有關於「**都市輕軌運輸興建計畫優先順序評估模式研究**」之**第二階段專家問卷**。本研究第一階段問卷採模糊德菲法，先由十六個初擬評估準則篩選出八個重要評估準則後，再進行第二階段專家問卷；本調查問卷旨在藉由層級架構評估分析，建立都市輕軌運輸興建計畫優先順序評估準則之相對權重，方案績效部分係採用模糊衡量方式來評選優先方案，以作為後續研究之基礎。

您所填答問卷一切資料，僅作為學術研究之用，絕不會對外公開，並請於**5月19日**前寄回。非常感謝您對本研究之支持與協助。謹致誠摯謝忱。敬祝 安康

逢甲大學交通工程與管理學系研究所

指導教授 葉名山

研究生 李尚輯 敬啟

聯絡電話：0910-985474 電子信箱：M9307407@fcu.edu.tw

聯絡住址：台中市西屯區文華路 100 號逢甲大學交管研究所

### 一、評估準則重要性

本研究經由第一階段利用專家問卷的方式，採用模糊德菲法，取得決策群體對於各別準則之重要性，最後依幾何平均數( $M_A$ )整合學者專家對影響準則評分之共識，在門檻值設為 7 之情況(單一構面至少保留二項準則之原則下)，所篩選出之準則如下，請專家對於所篩選出之準則同意或不同意部分進行勾選：

#### 1、符合現有大眾運輸環境推動之條件

- |             |                             |                              |
|-------------|-----------------------------|------------------------------|
| (1)、沿線人口密度  | 同意 <input type="checkbox"/> | 不同意 <input type="checkbox"/> |
| (2)、大眾運輸搭乘率 | 同意 <input type="checkbox"/> | 不同意 <input type="checkbox"/> |
| (3)、相關配套措施  | 同意 <input type="checkbox"/> | 不同意 <input type="checkbox"/> |

#### 2、有利增進未來推動輕軌計畫之條件

- |                |                             |                              |
|----------------|-----------------------------|------------------------------|
| (1)、配合相關重大建設計畫 | 同意 <input type="checkbox"/> | 不同意 <input type="checkbox"/> |
| (2)、經濟效益       | 同意 <input type="checkbox"/> | 不同意 <input type="checkbox"/> |
| (3)、財務可行性      | 同意 <input type="checkbox"/> | 不同意 <input type="checkbox"/> |
| (4)、土地徵收難易度    | 同意 <input type="checkbox"/> | 不同意 <input type="checkbox"/> |
| (5)、當地支持度      | 同意 <input type="checkbox"/> | 不同意 <input type="checkbox"/> |

※不同意部分請說明理由：

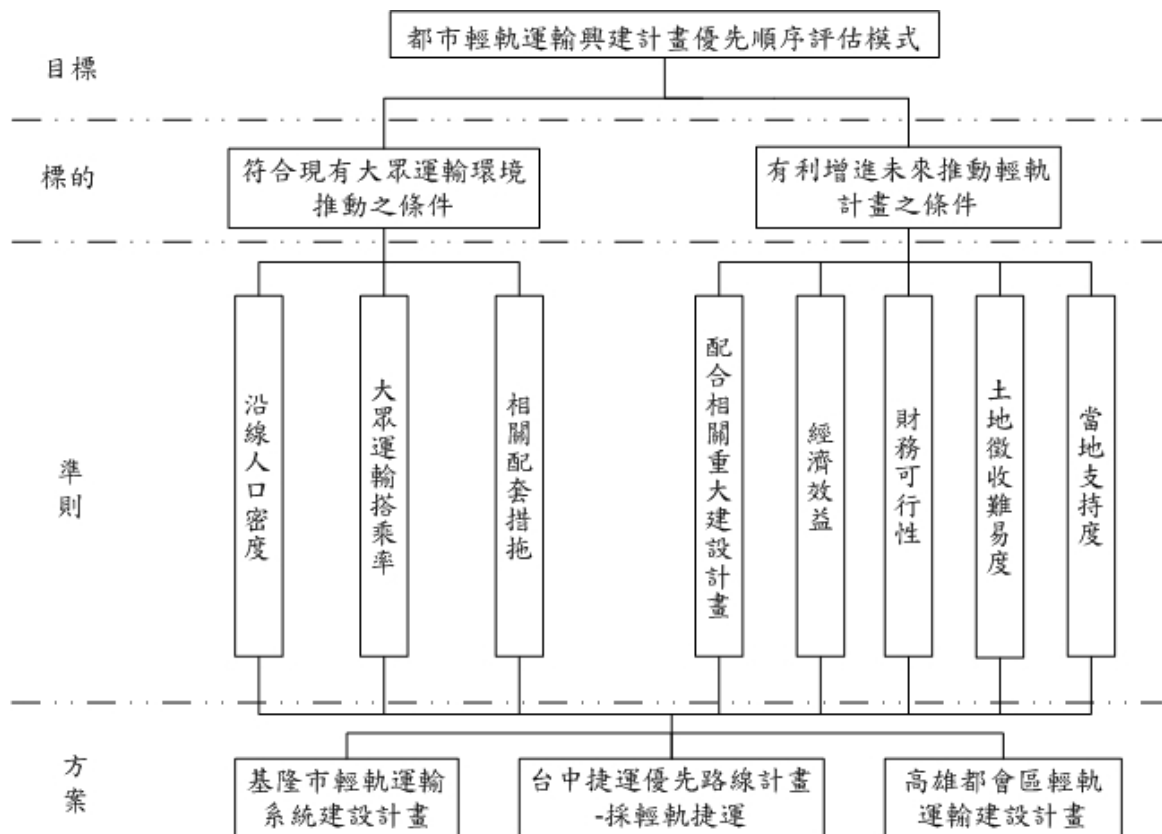
---

---

---

---

## 二、本研究架構圖



圖一 層級架構圖

## 三、本研究對準則之定義及解釋

表一 都市輕軌運輸興建計畫優先順序評估模式之評估準則彙總表

目標	標的	評估準則	定義及解釋	性質
都市輕軌運輸興建計畫優先順序評估模式	1、符合現有大眾運輸環境推動之條件	(1)沿線人口密度	距離輕軌沿線 <b>500公尺範圍內之人口密度</b> 。	量化
		(2)大眾運輸搭乘率	搭乘大眾運輸平均每日人數/(搭乘大眾運輸平均每日人數+使用私有運具之平均每日人數)。	量化
		(3)相關配套措施	地方政府對於努力改善、建立都市大眾運輸良好環境所執行之相關政策。(如：路邊停車收費制度、大眾運輸補貼、票證整合、免費轉乘及鼓勵民眾搭乘大眾運輸之措施。)	質化
	2、有利增進未來推動輕軌計畫之條件	(1)配合相關重大建設計畫	配合相關重大建設計畫，或能與其他計畫相互配合，對計畫本身之經濟效益具有加成效果(如：輕軌運輸系統延伸至未來高鐵站將有效的提升建設的可能性)	質化
		(2)經濟效益	興建輕軌運輸系統後，所產生之總效益及總經濟成本為何。 相關指標為益本比(B/C)、淨現值及內生報酬率等三項，其值愈高經濟效益愈高。	量化
		(3)財務可行性	輕軌運輸系統興建及營運時之財務狀況 相關指標為自償率、淨現值及營運收支比等三項，其值愈高財務可行性愈高。	量化
		(4)土地徵收難易度	土地取得、建物拆遷與補償費用(以金額為主)，所需費用愈高則土地徵收難度愈高。	量化
		(5)當地支持度	可包括當地政府、民意代表及民眾三個部分。地方政府與民意代表對推動此計畫之支持程度，有無具體企圖心、措施來配合興建之意願；民眾對此計畫之態度，在計畫進行推動時，有無重大抗議行為。	質化

## 四、評估準則權重部分

## 【問卷填寫說明】

- 本研究論文的題目為『都市輕軌運輸興建計畫優先順序評估模式之研究』。
- 請您考量下列各個評估準則間的相對權重（請依您的專業素養主觀認定）。
- 問卷中相關構面架構、指標準則定義及解釋於圖一、表一中說明之。
- 由於本問卷係採用層級分析法（AHP）來決定評估準則權重的訂定，因此本問卷將各評估準則均以名目尺度作「成偶比對評估」，並同時將名目尺度分別以絕強、極強、稍強、相等、稍弱、頗弱、極弱、絕弱等劃分為九個等級，再加以比較。舉例說明如下：

**範例 1**：「健康」與「財富」之重要性評比，倘若您認為「健康」的重要性稍強於「財富」，則請您在靠「健康」一方的『稍強』欄內勾選（即於稍強欄內 3:1 或 2:1 處打「V」），如下表所示：

評估準則別	絕強		極強		頗強		稍強		相等	稍弱		頗弱		極弱		絕弱		評估準則別
	9:1	8:1	7:1	6:1	5:1	4:1	3:1	2:1	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:6	1:7	1:8	1:9	
健康							V											財富

## 【問卷內容】

請您依序回答下列問題（請參考**範例1**之說明，並經仔細思考後進行填寫）：

## (一)第二層級各標的間之相對重要性

就探討「都市輕軌運輸興建計畫優先順序評估模式」目標而言，您認為(1)符合現有大眾運輸環境推動之條件(2)有利增進未來推動輕軌計畫之條件，二個標的間之相對重要性如何？請在方格內勾選

※您認為重要性之順序為 ( ) ≥ ( )

標的	絕強		極強		頗強		稍強		相等	稍弱		頗弱		極弱		絕弱		標的
	9:1	8:1	7:1	6:1	5:1	4:1	3:1	2:1	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:6	1:7	1:8	1:9	
1、符合現有大眾運輸環境推動之條件																		2、有利增進未來推動輕軌計畫之條件



## (二)第三層級各準則間之相對重要性

1.就探討「符合現有大眾運輸環境推動之條件」標的而言，您認為(1)沿線人口密度(2)大眾運輸搭乘率(3)相關配套措施等三個準則間之相對重要性如何？請在方格內勾選。

※您認為重要性之順序為 ( ) ≥ ( ) ≥ ( )

準則	絕強		極強		頗強		稍強		相等		稍弱		頗弱		極弱		絕弱		準則
	9:1	8:1	7:1	6:1	5:1	4:1	3:1	2:1	1：1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:6	1:7	1:8	1:9		
(1)沿線人口密度																			(2)大眾運輸搭乘率
																			(3)相關配套措施
(2)大眾運輸搭乘率																			(3)相關配套措施

2.就探討「有利增進未來推動輕軌計畫之條件」標的而言，您認為(1)配合相關重大建設計畫(2)經濟效益(3)財務可行性(4)土地徵收難易度(5)民眾支持度等五個準則間之相對重要性如何？請在方格內勾選。

※您認為重要性之順序為 ( ) ≥ ( ) ≥ ( ) ≥ ( ) ≥ ( )

準則	絕強		極強		頗強		稍強		相等		稍弱		頗弱		極弱		絕弱		準則
	9:1	8:1	7:1	6:1	5:1	4:1	3:1	2:1	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:6	1:7	1:8	1:9		
(1)配合相關重大建設計畫																		(2)經濟效益	
																		(3)財務可行性	
																		(4)土地徵收難易度	
																		(5)當地支持度	
(2)經濟效益																		(3)財務可行性	
																		(4)土地徵收難易度	
																		(5)當地支持度	
(3)財務可行性																		(4)土地徵收難易度	
																		(5)當地支持度	
(4)土地徵收難易度																		(5)當地支持度	

## 五、評選方案於準則下之績效表現

本研究以「基隆市輕軌運輸系統建設計畫」、「台中捷運優先路線(綠線)計畫-採輕軌捷運」、「高雄都會區輕軌運輸建設計畫」等三個方案，試評其興建計畫之優先順序，方案績效表現部分係採用模糊衡量方式作為評估基礎，其方案於各評估準則下之比較彙整如表三所示：

表三 評估準則下各方案之比較彙整表

計畫名稱與基本介紹		高雄都會區輕軌運輸系統建設計畫	台中捷運優先路線建設計畫-採輕軌捷運	基隆市輕軌運輸系統建設計畫
標的與準則		計畫路線全長約 17 公里，預估經費為 142.1821 億元	計畫優先路線全長約 16.503 公里，預估經費 287.35 億元	優先辦理興建營運路線全長約 12.42 公里，預估經費 89.61 億元
符合現大眾運輸環境推動條件	沿線人口密度	13403 人/平方公里	7072 人/平方公里	7237 人/平方公里
	大眾運輸搭乘率	4%	8%	24%
	相關配套措施	1、建置公車動態資訊系統。 2、實施路邊停車收費制度	1、推動公車電子票證系統 2、建置公車動態資訊系統 3、改善公車服務(高潛力公車服務，曾推出免費搭乘公車促銷方案)，兩小時內免費轉乘市區公車一段票 4、實施路邊停車收費制度	1、建置 IC 智慧卡電子票證系統。 2、建置公車動態資訊系統 3、實施路邊停車收費制度
有利增進未來推動輕軌計畫條件	配合相關重大建設計畫	高雄都會區大眾捷運系統作一連結	與高鐵台中站作一連結	與國立海洋科技博物館作一連結
	經濟效益	1、益本比(B/C)：1.34 2、淨現值：53.50 億元 3、內部報酬率：10.11%	1、益本比(B/C)：2.07 2、淨現值：210.83 億元 3、內部報酬率：15.71%	1、益本比(B/C)：1.30 2、淨現值：65.36 億元 3、內部報酬率：18.87%
	財務可行性	1、自償率：31.49% 2、營運收支比：2.68 3、淨現值：-60.96 億	1、自償率：34.55% 2、營運收支比：1.34 3、淨現值：-122.21 億元	1、自償率：40.35% 2、營運收支比：1.42 3、淨現值：-40.10 億元
	土地徵收難易度	所需費用約 49.34 億元	所需費用約 25.84 億元	所需費用約 21.39 億
	當地支持度	當地民眾對計畫無明顯之反對議題及抗爭行為。(當地政府與民意代表對推動此計畫之支持程度資料從缺，請受訪者依自己主觀加以評量)	當地民眾對計畫無明顯之反對議題及抗爭行為。(當地政府與民意代表對推動此計畫之支持程度資料從缺，請受訪者依自己主觀加以評量)	當地民眾對計畫無明顯之反對議題及抗爭行為。(當地政府與民意代表對推動此計畫之支持程度資料從缺，請受訪者依自己主觀加以評量)

## 【方案說明】

本研究以「基隆市輕軌運輸系統建設計畫」、「台中捷運優先路線(綠線)計畫-採輕軌捷運」、「高雄都會區輕軌運輸建設計畫」等三個方案，試評其興建計畫之優先順序，以下為方案之介紹。

### (1) 基隆市輕軌運輸系統建設計畫<sup>1</sup>

基隆市輕軌運輸系統之優先辦理興建營運路線為東一線及東二線(平面案)如圖二所示，路線長度為 12.42 公里，預估興建經費 89.61 億元，此優先路線，未來將與國立海洋科技博物館作一連結；沿線人口密度，本研究概估約為每平方公里 7237 人，而目前基隆市大眾運輸搭乘率約為 24%，大都以搭乘公車為主，基隆市政府於努力改善、建立都市大眾運輸良好環境所做之相關措施，除了建置 IC 智慧卡電子票證系統外，目前提議由中央補助實施免費公車搭乘，但尚未施實；此優先興建計畫之經濟效益部分，益本比為 1.30；財務評估部分，自償率為 40.35%、淨現值為-40.10 億元；此優先路線土地取得、建物拆遷與補償費用約為 21.39 億；由公聽會相關資料得知，當地民眾對此計畫並無明顯反對之議題或抗爭行為。



圖二 基隆市輕軌運輸系統建設優先路線圖

<sup>1</sup>參考來源：基隆市輕軌運輸系統建設計畫可行性研究期末報告(修正一版)，基隆市政府委託中興工程顧問股份有限公司辦理，中華民國九十四年十月七日

## (2) 台中捷運優先路線建設計畫-採輕軌捷運<sup>2</sup>

台中都會區大眾捷運路線以烏日文心北屯線（綠線）為優先路線，系統型式建議採用專用路權（高架型式）、鋼輪鋼軌之輕軌捷運系統，路線長約 16.5 公里，預估興建經費為 287.35 億元，此優先路線未來將與高鐵台中站作一連結；沿線人口密度，本研究概估約為每平方公里 7072 人，而目前台中市大眾運輸搭乘率約為 8%，以公車佔為多數，台中市政府努力改善、建立都市大眾運輸良好環境所做之相關措施，目前實施高潛力公車，改善公車服務，曾推出免費搭乘公車促銷方案提升搭乘率，而目前已推動公車電子票證系統、公車資訊服務系統、兩小時內免費轉乘市區公車一段票等；此優先興建計畫之經濟效益部分，益本比為 2.07；財務評估部分，其自償率為 34.55%、淨現值為-122.21 億元；此優先路線土地取得、建物拆遷與補償費用約為 23.39 億元；由公聽會相關資料得知，當地民眾對此計畫並無明顯反對之議題或抗爭行為。



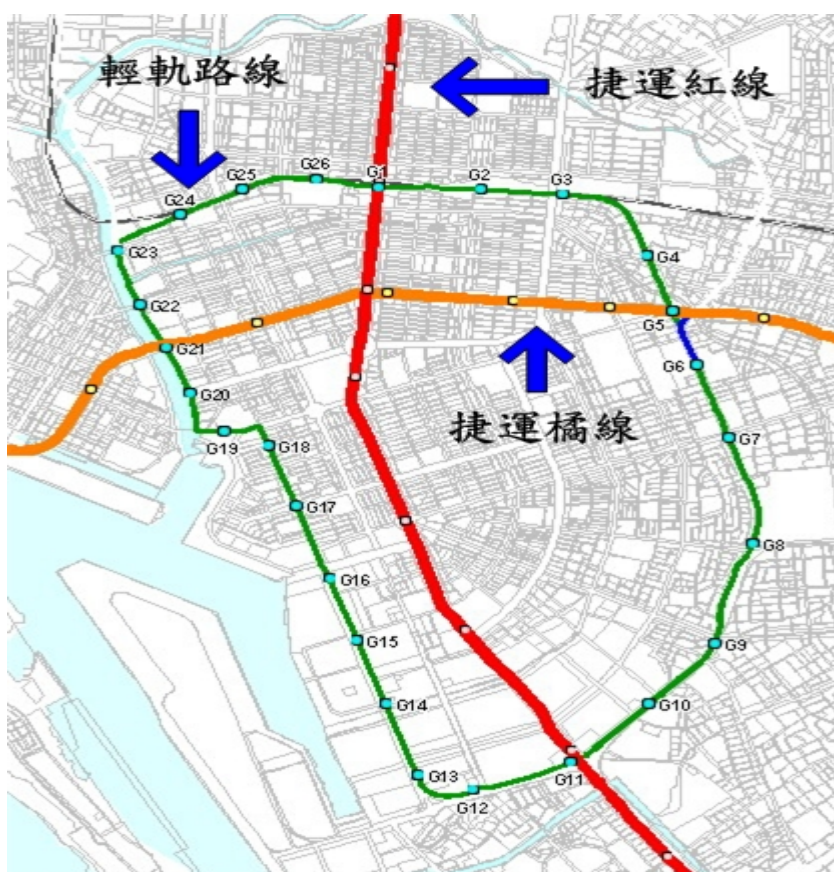
圖三 台中捷運優先路線圖

<sup>2</sup> 參考來源：台中都會區大眾捷運系統優先路線規劃，交通部高速鐵路工程局，中華民國九十二年十二月。



### (3) 高雄都會區輕軌運輸系統建設計畫<sup>3</sup>

高雄都會區輕軌運輸系統，路線全長約 17 公里，預估經費為 142.1821 億元，此路線將與未來高雄捷運路網作一連結，提供環線接駁服務；沿線人口密度，約為每平方公里 13403 人，而目前高雄市大眾運輸搭乘率約為 4%，以公車佔為多數，高雄市政府努力改善、建立都市大眾運輸良好環境所做之相關措施，目前已建置公車動態資訊系統；經濟效益部分，益本比為 1.34；財務評估部分，其自償率為 31.49%、淨現值為 -60.96；其優先路線土地取得、建物拆遷與補償費用約為 36.64 億元，由公聽會相關資料得知，當地民眾對此計畫並無明顯反對之議題或抗爭行為。



圖四 高雄輕軌運輸系統路線圖

<sup>3</sup>參考來源：高雄都會區輕軌運輸系統高雄臨港輕軌建設綜合規劃報告，高雄市政府捷運工程局，中華民國九十一年十二月

### 【問卷填寫說明】

- 本項問題之指標準則定義將於表一中說明之。
- 各個替選方案之相關參考資料，請您至方案說明部分閱讀。
- 本研究評估準則之績效達成係採用模糊衡量的方式，亦即將之區分為「很低」、「低」、「中」、「高」、「很高」等五種尺度；由於決策人員主觀的認知並不完全相同，故其對此五種尺度之認定範圍亦有所差異，因此在進行都市輕軌運輸興建計畫優先順序評估方案時，需先由決策人員決定這五種尺度的範圍，再就各個評估準則進行評斷。
- 對於此五種尺度的衡量，本研究將採用【0，100】的尺度值，尺度值越大，表示越趨近於高或很高的程度，反之，則趨近於低或很低的程度。
- 上述五種尺度屬於語意變數，其語意值乃為一模糊數（ $X \sim Y$ ）， $X < Y$ ；請您依專業主觀認定之。以下為參考範例：

範例2：

專家	很低	低	中	高	很高
1	(4~20)	(20~38)	(38~60)	(60~80)	(80~98)
2	(6~30)	(30~45)	(45~55)	(57~82)	(82~99)
3	(0~25)	(25~45)	(45~65)	(60~82)	(80~95)

在範例2中，我們可以看出三位專家對於同一尺度的判斷並不相同，這是由於「很低」...「很高」之間並沒有明確的範圍，且可能存在彼此重複的模糊地帶（如專家3 在「中」與「高」之間的交集部分），故決策人員對尺度定義的不同即會產生不同的結果。

### 【問卷內容】

請您依序回答下列問題（請參考範例2之說明，並請您經仔細思考後進行填寫）：

（一）請填寫您對上述五個尺度的判斷值。（請您在各尺度填入您主觀數字範圍）

專家	很低	低	中	高	很高
您	-----~-----	-----~-----	-----~-----	-----~-----	-----~-----

(二) 請您依據上題判斷的結果與下面各個題目中所給予的評選方案相關資訊，衡量各評選方案在**質化評估準則**下的可行達成優先程度屬於何項尺度，並且在該項中打"✓"。

### 1、相關配套措施

評選方案	相關資訊	很低	低	中	高	很高
高雄都會區輕軌運輸系統建設計畫	1、建置公車動態資訊系統。 2、實施路邊停車收費制度					
台中捷運優先路線計畫-採輕軌捷運	1、推動公車電子票證系統 2、建置公車動態資訊系統 3、改善公車服務（高潛力公車服務，曾推出免費搭乘公車促銷方案），兩小時內免費轉乘市區公車一段票 4、實施路邊停車收費制度					
基隆市輕軌運輸系統建設計畫	1、建置 IC 智慧卡電子票 證系統。 2、建置公車動態資訊系統 3、實施路邊停車收費制度					

### 2、配合相關重大建設計畫

評選方案	相關資訊	很低	低	中	高	很高
高雄都會區輕軌運輸系統建設計畫	高雄都會區大眾捷運系統作一連結					
台中捷運優先路線計畫-採輕軌捷運	與高鐵台中站作一連結					
基隆市輕軌運輸系統建設計畫	與國立海洋科技博物館作一連結					

### 3、當地支持度

可包括當地政府、民意代表及民眾三個部分；由公聽會相關資料得知，當地民眾對三評選方案並無明顯反對之議題或抗爭行為。當地政府與民意代表對推動此計畫之支持程度資料從缺，請受訪者自依自己主觀加以評量。

評選方案	相關資訊	很低	低	中	高	很高
高雄都會區輕軌運輸系統建設計畫	請受訪者自依自己主觀加以評量					
台中捷運優先路線計畫-採輕軌捷運	請受訪者自依自己主觀加以評量					
基隆市輕軌運輸系統建設計畫	請受訪者自依自己主觀加以評量					

(三) 請依據下面各個題目中所給予的評選方案**相關資訊**，衡量各個評選方案在**量化評估準則**下，可**達成優先程度**屬於何項尺度，並在該項中打 "✓"。

### 1、延線人口密度

評選方案	相關資訊	很低	低	中	高	很高
高雄都會區輕軌運輸系統建設計畫	13403人/平方公里					
台中捷運優先路線計畫-採輕軌捷運	7072人/平方公里					
基隆市輕軌運輸系統建設計畫	7237人/平方公里					

### 2、大眾運輸搭乘率

評選方案	相關資訊	很低	低	中	高	很高
高雄都會區輕軌運輸系統建設計畫	4%					
台中捷運優先路線計畫-採輕軌捷運	8%					
基隆市輕軌運輸系統建設計畫	24%					

### 3、經濟效益

評選方案	相關資訊	很低	低	中	高	很高
高雄都會區輕軌運輸系統建設計畫	1、益本比(B/C)：1.34 2、淨現值：53.50 億元 3、內生報酬率：10.11%					
台中捷運優先路線計畫-採輕軌捷運	1、益本比(B/C)：2.07 2、淨現值：210.83 億元 3、內部報酬率：15.71%					
基隆市輕軌運輸系統建設計畫	1、益本比(B/C)：1.30 2、淨現值：65.36 億元 3、內部報酬率：18.87%					



#### 4、財務可行性

評選方案	相關資訊	很低	低	中	高	很高
高雄都會區輕軌運輸系統建設計畫	1、自償率：31.49% 2、營運收支比：2.68 3、淨現值：-60.96億					
台中捷運優先路線計畫-採輕軌捷運	1、自償率：34.55% 2、營運收支比：1.34 3、淨現值：-122.21億元					
基隆市輕軌運輸系統建設計畫	1、自償率：40.35% 2、營運收支比：1.42 3、淨現值：-40.10億元					

#### 5、土地徵收難度

※土地徵收難度愈高，則達成優先程度愈低。

評選方案	相關資訊	很低	低	中	高	很高
高雄都會區輕軌運輸系統建設計畫	所需費用約 49.34 億元					
台中捷運優先路線計畫-採輕軌捷運	所需費用約 25.84 億元					
基隆市輕軌運輸系統建設計畫	所需費用約 21.39 億					

本研究問卷到此全部結束，感謝您撥冗填寫，在此隨信附上薄酬新台幣 佰元整，請您儘快將填寫完之問卷及收據裝入回郵信封袋中寄回。另外，最後再次向您致上十二萬分的謝意。

祝 順安

逢甲大學交通工程與管理學系研究所 李尚輯 敬上

單位 標的及準則		營運單位					政府單位				學術單位				
		專家 1	專家 2	專家 3	專家 4	專家 5	專家 6	專家 7	專家 8	專家 9	專家 10	專家 11	專家 12	專家 13	專家 14
符合現有大眾運輸環境 推動之條件( $k_1$ )		0.7000	0.6000	0.3000	0.6000	0.6000	0.5000	0.4000	0.6000	0.7000	0.8000	0.3000	0.5000	0.6000	0.2000
有利增進未來推動輕軌 計畫之條件( $k_2$ )		0.3000	0.4000	0.7000	0.4000	0.4000	0.5000	0.6000	0.4000	0.3000	0.2000	0.7000	0.5000	0.4000	0.8000
標 的 $k_1$	(1)沿線人口密度	0.3148	0.4263	0.5287	0.4263	0.4779	0.4263	0.2073	0.2453	0.2453	0.2161	0.1376	0.2073	0.4779	0.1667
	(2)大眾運輸搭乘率	0.2073	0.3254	0.1708	0.3254	0.3148	0.3254	0.4779	0.5983	0.5983	0.1805	0.5266	0.4779	0.3148	0.1667
	(3)相關配套措施	0.4779	0.2483	0.3005	0.2483	0.2073	0.2483	0.3148	0.1564	0.1564	0.6034	0.3358	0.3148	0.2073	0.6667
CR		0.0001	0.0158	0.0692	0.0158	0.0001	0.0158	0.0001	0.0017	0.0017	0.0279	0.0017	0.0001	0.0001	0.0000
標 的 $k_2$	(1)配合相關重大建設 計畫	0.0950	0.2317	0.2677	0.0927	0.2724	0.1537	0.2035	0.1683	0.1440	0.0675	0.1504	0.0984	0.1019	0.0743
	(2)經濟效益	0.3236	0.1970	0.1379	0.2391	0.1969	0.1960	0.2634	0.1285	0.1026	0.3467	0.3604	0.2325	0.2906	0.3404
	(3)財務可行性	0.1830	0.1425	0.1759	0.4164	0.1816	0.2711	0.2856	0.4427	0.3336	0.1166	0.2519	0.1528	0.2609	0.0874
	(4)土地徵收難易度	0.1179	0.2317	0.2677	0.1428	0.1675	0.2126	0.1137	0.0767	0.2192	0.1580	0.0976	0.1528	0.1873	0.1816
	(5)當地支持度	0.2805	0.1970	0.1507	0.1090	0.1816	0.1667	0.1337	0.1838	0.2006	0.3112	0.1397	0.3635	0.1592	0.3162
	CR	0.0687	0.0088	0.0197	0.0159	0.0044	0.0074	0.0094	0.0793	0.0379	0.0286	0.0129	0.0005	0.0130	0.0159

## 專家名單

單位	服務單位	職稱	姓名
營運 單位	台灣鐵路管理局	副局長	黃民仁
	台灣鐵路管理局	段長	朱來順
	台北市捷運公司	總經理	蔡輝昇
	統聯客運	總經理	白德存
	首都客運	董事長	李博文
	豐原客運	總經理	賴元良
學術 單位	國立成功大學交通管理科學系	教授	李治綱
	國立台灣大學土木工程研究所交通組	副教授	許添本
	交通大學交通運輸研究所	副教授	黃台生
	逢甲大學交通工程與管理學系	副教授	溫傑華
	逢甲大學交通工程與管理學系	副教授	葉名山
	高雄第一科技大學運輸與倉儲營運系	助理教授	鄭永祥
政府 單位	鐵路改建工程局	主任密書	周永暉
	鐵路改建工程局	局長	鄭賜榮
	交通部	觀光科長	賴炳榮
	交通部路政司	副司長	尹承蓬
	行政院經建會都住處	技正	張朝能
	交通部	參事	范植谷

### 附錄三 延伸之問題與思考未來對策

台灣目前大眾運輸系統發展，除了台北捷運已陸續完工營運外，高雄捷運目前正在興建中，其兩大會區主要採用高運量捷運系統，配合現有公車系統，構建完整之運輸路網；而其他縣市均以低運量公車系統作為都市主要之大眾運輸，但隨著各都市運輸需求之成長，較高效率之運輸系統之引進為未來之趨勢，不僅能改善日益擁擠之交通，並美化都市形象及減少空氣污染，雖各地方政府均有興建大眾運輸之意願，但考量未來運量負荷及政府之財政狀況，再決定興建系統之型式，根據過去輕軌運輸系統之相關研究，此系統可依照建造型式之不同而產生單方向 8,000-20,000 人/時之運量範圍，亦較適合於人口 20 萬至 100 萬之都市，且系統建設所需投入資本較為重運量捷運系統低廉，基於上述輕軌運輸系統之觀點，台灣地區之中、大型都市已陸續提出輕軌運輸系統之規劃構想，但鑑於政府財政資源有限下，並非能滿足所有提出申請興建此系統之都市，在此前題下，如何對於欲興建之都市所提出之計畫，作一優先性之評估，為本研究之目的。

但本研究所建立之評估模式，從許添本老師所提之建議中，在評估其興建輕軌之優先性時，尚需考慮 1.新運具引進時，應以預測需求為考量。2.建造型式不同下，用此模式評估是否公平。3、當興建輕軌之目的及所提供之服務定位不同時，用此模式評估是否合適。進而發現本研究之評估模式，並非如此完善，瞭解當在評估興建優先性及適合性，並不容易，但希望未來能經由此篇研究報告，達到拋磚引玉之效果，讓之後在進行相關之研究時，針對本研究考量不足之處加以修正；而此研究結果及貢獻，並非僅評估其優先名次，而是希望透過評估之過程中，發現各地方政府應努力改善並加強建立有利於輕軌發展之環境及條件。

以下為針對本研究所延伸之問題與許添本老師所提之建議，提出學生之想法與未來之因應對策。

一、本研究在評估此模式時，是以現有之運量作為評估基準，但此

為新運量之引進，是否能納入預測運量需求，較能考量未來運量之成長性。

當一新運具引進時，其現有及未來之運量，二者都要考量，但由於現有運量，最容易取得且客觀，所以本研究先以現有運量為主，但現有運量並非能完全轉移至未來輕軌興建後之運量，所以尚需考量未來輕軌興建後之預測運量；而在未來之運量，雖較能代表未來輕軌營運時，搭乘人數狀況和系統之合適性，但此部分尚需考慮預估時所設定之參數、預測之方法，來避免規劃單位過於樂觀預估；而上述之現有運量與未來預估輕軌運量，後續可歸入於大眾運輸搭乘率準則下之指標。

二、對於未來評估不同之興建型式(高架及平面之每公量造價之差異)時，如何考慮在評估時，因立足點不同造成財務準則之公平性之問題。

建造之型式(採平面或高架)系統，應為地方政府針對未來預估之需求運量，及地方與中央財務能負擔考量下所建議之最適系統。但不同之建造型式，所衍生出不同建造費用，對於本研究之評估模式，以財務可行性之準則影響較大，但為了避免因建造型式不同，減少評估時之不公平，可將財務可行性準則下，再分出為興建時之財務可行性及營運時之財務可行性；興建之財務可行性，為興建輕軌運輸系統時之財務狀況，所需要向中央政府補助額度及與地方所支付額度之比例(若刪除興建之財務可行性，則各地方所提出申請輕軌之型式，將會朝向服務水準較為高之輕軌系統(採高架或地下)，造成未來需要中運量水準之服務運具，卻使用高運輸之運輸系統，而造成浪費，所以應先檢視其採用系統之合適性)；營運之財務可行性，為營運需要向地方及中央政府要求補貼營運額度為主，若補貼愈少，則營運之財務愈可行。而未來在評估時，對於不同之建造型式之輕軌，應以其營運之財務可行性為主，而在評估相同之建造型式，則二者之財務，均要考量。

三、目前所評估興建輕軌之優先都市是以新建輕軌系統為主，但未來若有都市提出輕軌後續計畫時之構想，可否一起評估。

由於每個系統都有不同之建造目的，而在此部分，由於在本研究模式中，並無此背景之考量，僅對於新建計畫部分作一評估研究。而未來在評估時，其系統可能為新建計畫及延續計畫，而在此部分可分開作評估，其經費可先劃分為新建經費及延續經費二部分，而在分配新建經費時，是由各都市提出興建計畫及其替代之方案，來進行評比，依評分之高低來分配其經費之比例。

四、當所提出興建輕軌建設計畫之目的及所提供之服務定位不同時，用此模式評估是否合適。

未來在評估優先計畫時，可將「配合相關重大建設」之準則名稱更改為「配合特殊需求」，而此準則之意義，除了包括「配合相關重大建設」之內容外，亦可包括「輕軌與地區發展配合計畫」之意涵；而「配合特殊需求」之意義為，輕軌是否能配合地方特殊需求而發展，其特殊需求包括興建輕軌之目的，為通勤、觀光、作為未來其他系統之延伸，或其地區之相關重大建設作一配合等。

五、考量在優先計畫評選時，第一優先者將獲得全部資源，似乎並不公平，是否考量，依獲得補助經費之比例與其他替代方案，方能獲得補助之機制。

本研究於評估三方案之績效並無顯著差異，而此優先順序之排序，僅供決策者參考，並非第二優先方案無法興建，而未來可將各預評估都市之替代方案併入本模式中，綜合評估，依補助經費之比例，分配於各都市之最適興建方案之中。

## 作者簡歷



姓 名：李尚輯

籍 貫：台灣省宜蘭縣

生 日：民國七十一年一月四日

學 歷：民國 95 年 7 月逢甲大學交通工程與管理研究所碩士班畢業

民國 93 年 6 月逢甲大學交通工程與管理學系畢業

民國 89 年 6 月國立宜蘭高級中學畢業

地 址：宜蘭縣冬山鄉照安路 145 巷 1 號

電 話：(03)9591288