

國立成功大學  
交通管理科學研究所  
碩士論文

生態交通社區評估模式之建立與應用

**Evaluation and Application of Eco-mobility for Urban Cities**



研究生：陳韋任  
指導教授：胡大瀛 博士

中華民國一百零七年十二月

國立成功大學  
碩士在職專班論文

生態交通社區評估模式之建立與應用  
Evaluation and Application of Eco-mobility for Urban  
Cities

研究生：陳韋任

本論文業經審查及口試合格特此證明

論文考試委員：

胡大英 蔡東峻  
林佐鼎 李治綱

指導教授：胡大英

系(所)主管：陳勁南

中華民國 107 年 12 月 20 日

## 摘要

聯合國政府間氣候變化專門委員會（Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC）預測從 1990 年到 2100 年間，全球氣溫將升高  $1.4^{\circ}\text{C} \sim 5.8^{\circ}\text{C}$ ；而國內近來空污嚴重，相關議題亦持續發酵，各城市致力於減少空污紛紛打出「低碳城市」、「宜居城市」之口號，並提出相關減碳方案。何謂低碳城市、宜居城市，如何定義一個人本低碳社區，相關研究較少著墨，本計畫將以高雄市舉辦「2017 年生態交通全球盛典—生態交通示範區」作為研究對象，透過生態交通示範區內一個月來管制燃油汽車、外來燃油機車的使用，提供電動接駁公車、電動三輪車、電動機車、自行車等綠能運具作為替代運具，並重新調整道路配置，規劃人行空間等環境改善措施所得之成果作為研究基礎，再以層級分析法（Analytic Hierarchy Process, AHP）透過專家問卷調查人、車及環境等情境因子及量化的運算，建立生態交通社區之衡量指標，探討社區投入的各項行動方案是否達成所謂之生態交通社區之目的，預期可作為地方政府投入社區永續發展之評估依據與決策時之參考資訊。

**關鍵字：**生態交通；永續發展；層級分析法

# Evaluation and Application of Eco-mobility for Urban Cities

Wei Jen Chen

Dr. Ta-Yin Hu

Institute of Transportation & Communication Management Science

National Cheng Kung University

## SUMMARY

The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) predicts that global temperatures will rise by 1.4 °C to 5.8 °C between 1990 and 2100. The recent domestic air pollution is serious, and related issues continue to fertilize. Committed to reducing air pollution, the slogans of "low carbon city" and "livable city" have been launched, and related carbon reduction schemes have been proposed. What is a low-carbon city and a livable city? How to define a human-centered low-carbon community, and relevant research is less in-depth. The study will be held in Kaohsiung City as the "2017 Eco-mobility Global Festival Eco-mobility Demonstration Zone" as study object. In the demonstration zone, to control the fuel vehicles for one month, and use green vehicles such as electric feeder buses, electric tricycles, electric motorcycles, bikes, etc. as alternative vehicles, and road configuration will be re-adjusted to plan pedestrian space. The results of environmental improvement measures are used as the basis of study, and the Analytic Hierarchy Process (AHP) is used to analyze the situational factors such as people, vehicles and environment through expert questionnaires to establish indicators for Eco-mobility community and to explore community input. Whether the various action plans reach the goal of the Eco-mobility community is expected to serve as a reference for the assessment and decision-making of the local government's commitment to sustainable development of the community.

**Key words:** Eco-mobility; Sustainable development; Analytic Hierarchy Process

## INTRODUCTION

People have long relied on fuel vehicles, and they have always been a major carbon producer. Creating a low-carbon and sustainable transportation environment is the goal of all cities. The transportation authorities are constantly striving to improve urban transportation and reduce carbon emissions, and the car-oriented transportation environment will be changed towards a human-oriented and mass transit-oriented direction. The community is the initial point of travel, so the transportation environment in the community has affect people how to choose transportation tools. For example, the community provides a friendly pedestrian environment, and it is convenient to rent shared vehicles. When the city bus and the mass transit road network were connected in series, people did not need to use private transport. This study will collect the free mass transit system (MRT, light rail, bus) for the three-month period from December 2017 to February 2018 in Kaohsiung City, and Eco-mobility world festival held in Hamasen in October 2017. To understand the willingness of the people to choose the means of transport, the usage rate of the mass transit system, and the air quality measured before and after the festival, the number of people using the mass transit, and other data, using the Analytic Hierarchy Process (AHP), through the expert questionnaire to understand the weights of situational factors such as people, vehicles and the environment, solve multi-objective Optimization , and explore the benefits of community-invested action plans for eco-mobility community. The main results of the study were as follow :

1. The relationship between various friendly environmental improvement plans and achieving results, and establishing an important indicator for becoming an Eco-mobility community.
2. With the results of this study, it is possible to construct a model for optimizing the Eco-mobility community, which can provide reference information for the government to develop policies for eco-traffic and low-carbon transportation environment communities.

## MATERIALS AND METHODS

A framework for study process is proposed as follow (Fig.1) :

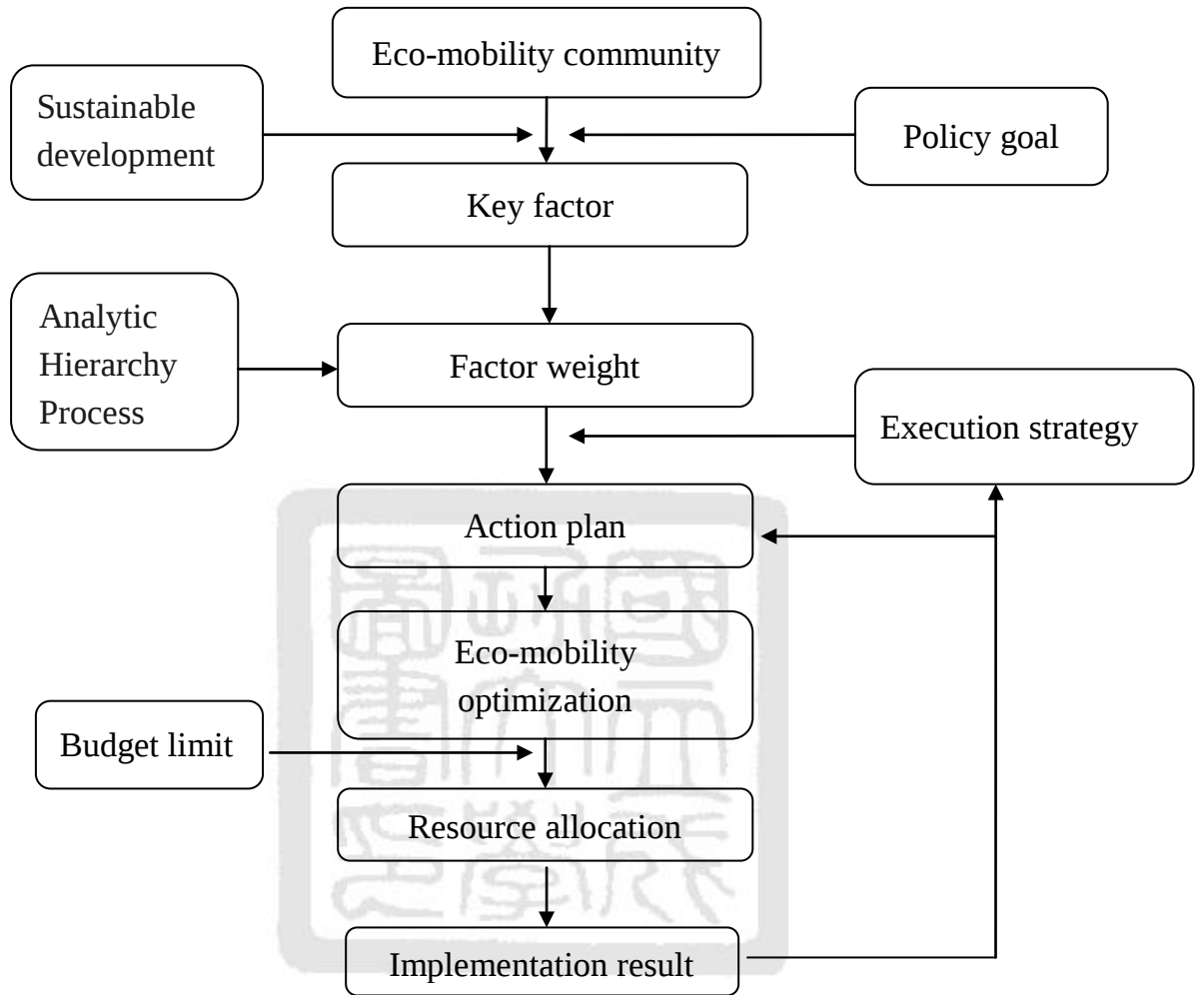


Figure 1. Study process

This study divides the Eco-mobility community into Energy saving and carbon reduction, community environment and human-oriented transportation. The three aspects are constructed by different detailed indicators. Energy saving and carbon reduction includes mass transit usage, Vehicle-sharing diversity, and The proportion of electric vehicles in the total number. community environment includes outside parking lot usage rate, per capita use of community public space, ratio of sidewalk to total road length, the human-oriented transportation includes non-motorized vehicle trips, community main road speed limit, the number of community accidents. The structure is as follow (Fig.2):

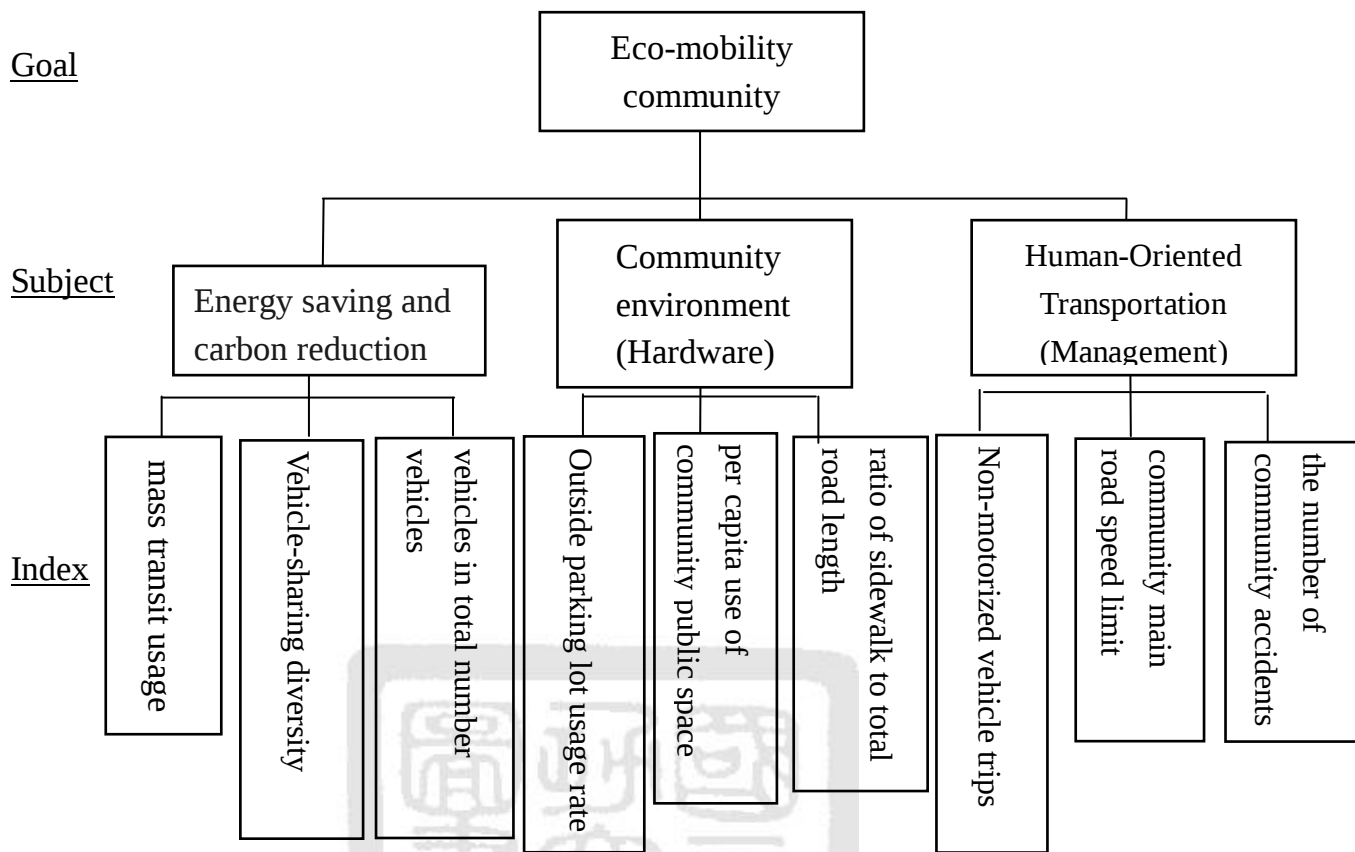


Figure 2. Eco-mobility community hierarchical architecture

In order to measure the weight among the indicators and calculate the integrated environmental indicators of the integrated ecological transportation community, this study uses the AHP expert questionnaire as a measure to find the weight distribution among the three levels of the first level and the second level. Constructing an ecological transportation community assessment model through multi-objective optimization assessment.

## RESULTS AND DISCUSSION

This study puts the results of the expert survey into AHP Analytic Hierarchy Process (K. D. Goepel Version 09.05.2013) obtains the weight relationship between each target and the evaluation index. The weight is as follow (Table1):

Table 1. Weight of each targets and indicators

| Subject                                    | weight | Evaluation index                                    | weight |
|--------------------------------------------|--------|-----------------------------------------------------|--------|
| Energy saving and carbon reduction         | 25.5%  | mass transit usage                                  | 47.7%  |
|                                            |        | Vehicle-sharing diversity                           | 26.0%  |
|                                            |        | The proportion of electric vehicles in total number | 26.3%  |
| Community environment (Hardware)           | 29.1%  | Outside parking lot usage rate                      | 17.7%  |
|                                            |        | per capita use of community public space            | 36.7%  |
|                                            |        | ratio of sidewalk to total road length              | 45.6%  |
| Human-Oriented Transportation (Management) | 45.4%  | Non-motorized vehicle trips                         | 39.6%  |
|                                            |        | community main road speed limit                     | 24.8%  |
|                                            |        | the number of community accidents                   | 35.6%  |

All sectors consider that "human-oriented transportation (management)" (45.4%) is the most important subject of the Eco-mobility community model, and focuses on suppressing the use of mobile vehicles, with non-motorized vehicles such as walking and bicycles as the main mobiles. The way to provide residents with a comfortable and friendly living environment through the transformation of the "Community Environment (Hardware)" (29.1%), and finally to encourage public transport measures to achieve the goal of "energy saving and carbon reduction" (25.5%).

## CONCLUSION

In this study, "human-oriented transportation", "community environment" and "energy saving and carbon reduction" are the targets of the Eco-mobility community. Expert surveys are conducted in three areas, including industry, government agencies and academic research circles. Human-oriented transportation is the most important core value of the Eco-mobility community. Secondly, the industry and the academic research circles think that the spirit of the Eco-mobility community is that the "community environment" is greater than the "energy saving and carbon reduction". The Government considers that "energy saving and carbon reduction" is more important than the "community

environment". As a result, "human-oriented transportation (management)" (45.4%) is the most important target for the Eco-mobility community, followed by "community environment (hard surface)" (29.1%) and "energy saving and carbon reduction" (25.5%).

It can be seen from this study that the Eco-mobility community is to create a community environment of non-motorized vehicles such as friendly walks or bicycles by means of traffic management through the practice of "people-oriented traffic", and then provide residents with comfort and sharing through community environment re-engineering. A livable environment, and finally to encourage the use of mass transportation, the use of sharing vehicles, reduce carbon footprint, improve energy efficiency, achieve energy and carbon reduction goals; and local government sustainable development council (ICLEI-Local Governments for Consistent definition of Sustainability.



## 誌謝

自大學畢業後，即於交通領域之公部門服務，在職期間深感交通專業仍有不足之處，於是為了充實自我專業能力，離開校園 7 年時間，再次以在職生的身份重拾書本，踏入校園學習。

我的論文能夠完成，首先感謝我的指導教授胡大瀛老師在這段期間的教導及鼓勵，在撰寫遇到瓶頸時，教導我正確的學術知識並給予明確的修改方向，讓我受益良多，當因工作及家庭兩頭燒時，老師的鼓勵總能再次提高我當初要踏入校園學習的初衷，看到胡老師在指導學生的要求及用心，真的很慶幸自己遇到一位這麼棒的老師；也特別感謝林佐鼎老師、蔡東峻老師在計畫書審查及學位口試審查對於我論文研究上的指導與建議，使我的論文內容及架構更加完善。

回首求學這 4 年期間，在工作、學業上交雜忙碌的日子中渡過，一路走來不如想像中輕鬆，但在許多貴人幫助下，讓我順利完成學業，萬分感謝；感謝 Lab501 的學弟妹的幫忙以及帶職求學的好同學們，大家共同努力、互相督促，讓我可以思考並解決問題，感謝育誠、筑涵兩位學弟妹，在計畫書審查及學位口試審查時協助佈置場地並幫忙記錄審查委員的建議與意見，分擔了我在準備口試時的壓力，另外要感謝又嘉學妹在我分身乏術時從旁協助，讓論文能順利產出。

感謝高雄市政府交通局的長官及同仁們的鼓勵，特別感謝主辦 2017 生態交通全球盛典活動的許乃文股長、翁敬閔技士提供相關資料與寶貴意見，給我最大的支援與協助，最後，感謝我最親近的家人，有你們的默默支持及陪伴，才能讓我在無後顧之憂下完成學業！

韋任 謹誌于  
成功大學交通管理研究所

民國 107 年 12 月

# 目錄

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| 摘要 .....                        | I  |
| 第一章 緒論 .....                    | 1  |
| 1.1 研究背景與動機 .....               | 1  |
| 1.2 研究目的 .....                  | 3  |
| 1.3 研究範圍 .....                  | 3  |
| 1.4 研究流程 .....                  | 3  |
| 第二章 文獻回顧 .....                  | 5  |
| 2.1 生態交通(Eco-mobility)之定義 ..... | 5  |
| 2.2 高雄市生態交通示範區實施成果 .....        | 7  |
| 2.3 高雄冬季大眾運輸免費搭乘執行成效 .....      | 12 |
| 2.4 人本交通與永續發展 .....             | 13 |
| 2.5 層級分析法 .....                 | 16 |
| 2.6 小結 .....                    | 18 |
| 第三章 研究方法 .....                  | 20 |
| 3.1 研究架構 .....                  | 20 |
| 3.2 層級分析法之方法與問卷 .....           | 21 |
| 3.3 問卷設計與調查 .....               | 23 |
| 3.4 資料分析與應用 .....               | 25 |
| 3.5 生態交通社區最佳化 .....             | 27 |
| 第四章 問卷資料分析 .....                | 29 |
| 4.1 生態交通社區評估模式各項指標之權重分析 .....   | 29 |
| 4.2 高雄 2017 生態交通社區執行成果分析 .....  | 35 |
| 4.3 建構生態交通社區最佳化模式 .....         | 39 |
| 第五章 模式建構與分析 .....               | 41 |
| 5.1 LINGO 軟體介紹 .....            | 41 |
| 5.2 生態交通社區最佳化模式分析 .....         | 41 |
| 5.3 小結 .....                    | 46 |
| 第六章 結論與建議 .....                 | 47 |
| 6.1 結論 .....                    | 47 |
| 6.2 建議 .....                    | 48 |
| 參考文獻 .....                      | 50 |
| 附錄一 .....                       | 53 |
| 附錄二 .....                       | 54 |

## 表目錄

|                                                 |    |
|-------------------------------------------------|----|
| 表 2-1 以車為中心與以生態交通為中心發展之城市差異.....                | 6  |
| 表 2-2 揮發性有機污染物(VOCs)日平均值(ppb).....              | 9  |
| 表 2-3 2017 年 12 月與 2016 年 12 月高雄大眾運輸系統運量比較..... | 12 |
| 表 2-4 2018 年 1 月與 2017 年 1 月高雄大眾運輸系統運量比較.....   | 12 |
| 表 2-5 2018 年 2 月與 2017 年 2 月高雄大眾運輸系統運量比較.....   | 13 |
| 表 2-6 都市環境指標一欄表.....                            | 15 |
| 表 3-1 生態交通社區之九個衡量指標說明.....                      | 23 |
| 表 3-2 AHP 問卷填答範例.....                           | 25 |
| 表 4-1 (全體)各標的與評估指標權重關係表.....                    | 29 |
| 表 4-2 (產業界)各標的與評估指標權重關係表.....                   | 30 |
| 表 4-3 (政府機關)各標的與評估指標權重關係表.....                  | 31 |
| 表 4-4 (學術研究)各標的與評估指標權重關係表.....                  | 33 |
| 表 4-5 各界各標的之權重關係表.....                          | 34 |
| 表 4-1 生態交通全球盛典期間成本效益表.....                      | 37 |
| 表 4-1 生態交通全球盛典期間成本效益表(續).....                   | 38 |
| 表 5-1 各預算下建議啟動指標.....                           | 42 |

## 圖目錄

|                                                      |    |
|------------------------------------------------------|----|
| 圖 1-1 2017 年部門別 CO <sub>2</sub> 排放占比（行政院環境保護署） ..... | 2  |
| 圖 1-2 研究流程圖 .....                                    | 4  |
| 圖 2-1 CO 日均值比較 .....                                 | 10 |
| 圖 2-2 PM <sub>2.5</sub> 日均值比較 .....                  | 11 |
| 圖 2-1 由機動力到自然力的發展過程 .....                            | 14 |
| 圖 3-1 研究架構圖 .....                                    | 21 |
| 圖 3-2 生態交通社區層級架構圖 .....                              | 22 |
| 圖 3-3 預算與方案效果之關係示意圖 .....                            | 28 |
| 圖 5-1 預算與效益關係圖 .....                                 | 45 |



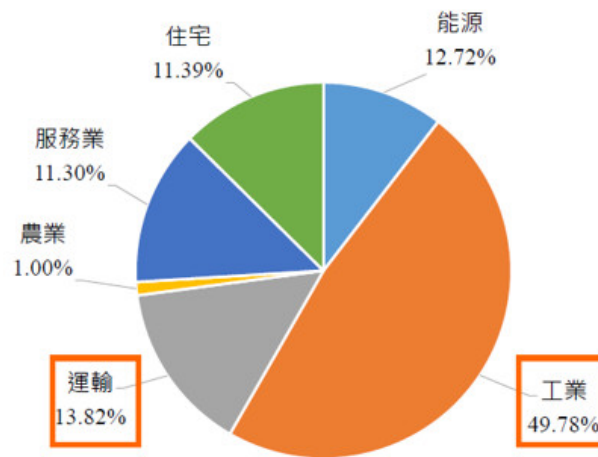
# 第一章 緒論

## 1.1 研究背景與動機

地球只有一個，環保意識持續抬頭，各國持續重視全球暖化課題，為改善全球暖化自 1997 年聯合國氣候變化應變中心的京都議定書中確定，要求參與國持續減少溫室氣體的排放，以紓緩地球暖化加劇之情形。2015 年 12 月在巴黎召開的聯合國氣候變化綱要公約(UNFCCC)第 21 屆締約方大會(COP21)中，各締約國協議把全球平均溫度控制在工業革命前之水平  $2^{\circ}\text{C}$  內，並朝更嚴苛的  $1.5^{\circ}\text{C}$  目標內努力，並將取代於 2020 年到期之京都議定書。

我國雖非聯合國之會員國，但做為地球村成員，仍應分擔溫室氣體減量責任，環保署針對氣候變遷課題，於 2006 年率先提出開發中國家第一個「溫室氣體減量法(草案)」，並於在 2015 年 6 月 15 日經立法院三讀通過「溫室氣體減量及管理法」，明定政府機關權責及各項推動策略，以控制經濟發展的同時，溫室氣體之排放，訂定 2020 年比基準年(2005 年)減量 2%、2025 年減量 10%、2030 年以減量 20% 為目標。

造成氣候暖化之主因為溫室氣體之排放居高不下，二氧化碳濃度持續上升，溫室氣體越多，吸收地球表的輻射能量則越多，造成地表溫度增加。然我國二氧化碳排放主要來源包括能源、工業與運輸，其中運輸部門約占 13.82%，為碳排放主要來源之一，為打造低碳永續的運輸環境，是現今各都市努力之目標，交通主管機關持續致力於改善都市交通，減少運輸過程中產生之碳排，減緩溫室氣體增加速度，汽車生產大國包括英國、德國、法國等歐洲國家更訂於 2040 年全面禁售汽柴油汽車，我國也朝該方向努力，包括 2030 年新購公車、公務車全面電動化、2035 年新售機車全面電動化、2040 年新售汽車全面電動化逐步推動以電動車取代燃油車輛。



2017 年部門別 CO<sub>2</sub> 排放占比 (部門分攤電力消費)

圖 1-1 2017 年部門別 CO<sub>2</sub> 排放占比 (行政院環境保護署)

人們移動所需之交通工具長期仰賴燃油運具，一直以來都是碳排放的大宗，打造低碳永續的運輸環境，是現今各都市努力之目標，交通主管機關持續致力於改善都市交通，減少運輸過程中產生之碳排，都市運輸環境則從以車為本之運輸環境改朝以人為本、以大眾運輸為導向之方向努力。社區是旅次產生的初始點，故社區之運輸環境對於民眾一趟旅行所選擇之運具，有足夠之影響力，如社區裡提供友善的人行環境、方便租用的共享運具等可與市區公車、大眾捷運路網快速串連時，民眾也沒有使用私人運具之必要。本研究將蒐集高雄市於 2017 年 10 月於哈瑪星舉辦之生態交通全球盛典、2017 年 12 月至 2018 年 2 月為期三個月之大眾運輸系統(捷運、輕軌、公車)免費搭乘政策，了解民眾選擇運具之意願、大眾運輸系統之使用率等，及盛典期間前後所測得之空氣品質、大眾運輸使用成長率轉換為燃油車輛碳排之減少量等數據，以層級分析法 (Analytic Hierarchy Process, AHP)，透過專家問卷瞭解人、車及環境等情境因子及量化的運算，建立低碳運輸社區之衡量指標，探討社區投入的各項行動方案是否達成所謂之生態交通社區之目的，預期可作為地方政府投入社區永續發展之評估依據與決策時之參考資訊。

## 1.2 研究目的

本研究將以鄰里為社區之單位，探討各項友善環境措施其相對產生之生態交通效益值，並期能達下列目的：

- 一、 各項友善環境改善計畫與獲得成效之關聯性，並建立成為生態交通社區之重要指標。
- 二、 藉由本研究結果，期能建構生態交通社區最佳化之模式，可提供政府作為打造生態交通、低碳運輸環境社區等政策擬定的參考資訊。

## 1.3 研究範圍

本研究主要以高雄市推動各項減碳政策、打造生態交通示範區為研究範圍，蒐集各項措施之推動成果，進行分析研究：2017 年 10 月份生態交通全球盛典－生態交通示範區，管制燃油汽車與外來機車通行、區內電動車接駁服務等措施之實施成效、高雄冬季大眾運輸免費搭乘執行成效。

## 1.4 研究流程

本研究主要先說明研究背景與動機，以建立研究目的，由於過去相關文獻對於生態交通議題著墨較少，故本研究將回顧何謂生態交通與其目標、推動人本運輸環境之分析、高雄市推動低碳運輸環境策略與成果、高雄市建構生態交通示範區之執行成效等，加以整理與評析。再針對研究背景及動機，透過專家問卷方式，定義生態交通社區之關鍵指標，以層級分析法（Analytic Hierarchy Process, AHP）進行分析。最後根據分析結果、高雄市推動節能減碳相關措施之成果數據，進行歸納整理，研究成果未來可提供地方政府給作為打造低碳社區環境之政策擬定及規劃參考資訊。本研究之研究流程如圖 1-2 所示。

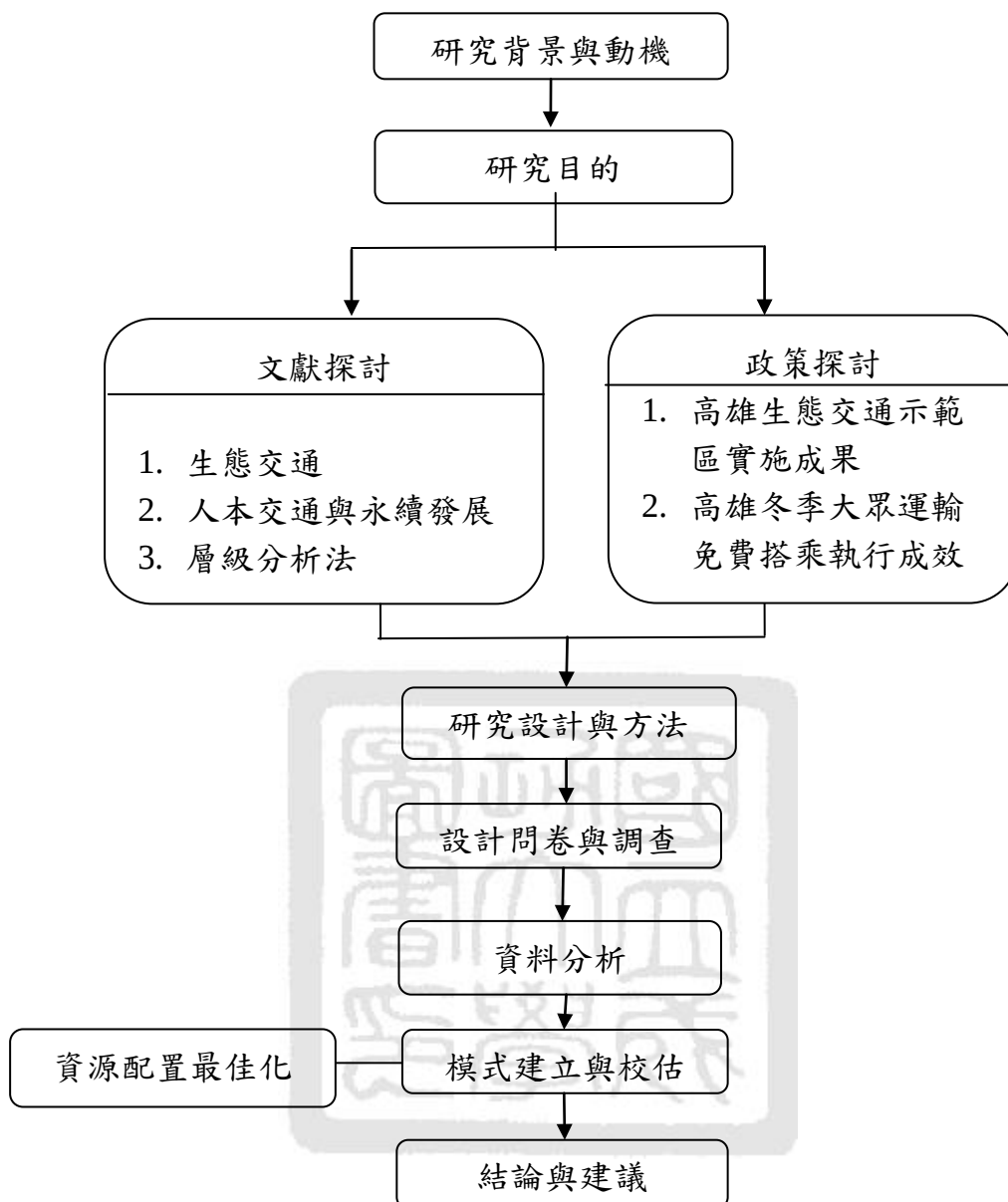


圖 1-2 研究流程圖

## 第二章 文獻回顧

本章共分為六節：第一節首先介紹生態交通（Eco-mobility）之定義，第二節回顧高雄市生態交通範區實施成果、第三節高雄冬季大眾運輸免費搭乘執行成效，第四節為人本交通與永續發展相關文獻回顧，第五節則是層級分析法，第六節做為小結。

### 2.1 生態交通(Eco-mobility)之定義

永續運輸(Sustainable Transportation)一詞，根據加拿大永續運輸中心(CST)於2005年提出之定義，永續運輸包含環境、經濟與社會三大面向的均衡發展。環境方面認為永續運輸應提升資源使用效率並減少空污之排放，同時降低對土地之衝擊與噪音影響；經濟發展方面，則主張永續運輸是以公平、有效率的營運方式，並提供多元之公共運輸選擇運具，讓大眾有能力負擔，同時促進區域經濟之協調發展；社會方面主張資源應公平分配，認為運輸系統應提供各階層與各世代人民的運輸基本需求，並塑造一個安全、健康之運輸環境。

Eco-mobility 中譯為生態交通，地方政府永續發展理事會(ICLEI-Local Governments for Sustainability)將其定義為給予步行、騎單車和使用共享運具、公共運輸系統優先之運輸環境，透過整合，讓每個旅次都能對環境友善，讓人們不再仰賴私人運具，更可由在地社區與組織，營造社區永續發展之態度，改善居民生活品質，提供居民更多元的運具選擇，以及善用社區公共空間，促進社區的凝聚力，與永續運輸之環境面、社會面之目標一致，更可謂永續運輸之行動方案。

在發展中的城市或重新規劃的都市裡，可以透過避免、移轉、提升、整合等方式，朝向生態交通社區發展。

- 一、 避免：透過更好的都市計劃或整合性的土地使用，並避免以車為導向之都市規劃。
- 二、 移轉：朝鼓勵步行、騎乘自行車、搭乘公共運輸等友善環境之移動方式發展。

三、 改善：提高私人運具車輛技術及能源使用之效率，並優化公共運輸系統之使用介面。

四、 整合：都市運輸路網與系統之整合，提供多元化之無縫運輸服務。

另「以車為中心之都市發展」與「以生態交通為中心之都市發展」，整理如表

2.1。

表 2-1 以車為中心與以生態交通為中心發展之城市差異

|      | 以車為中心之都市發展                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 以生態交通為中心之都市發展                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 現況   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 目前交通工具占全球溫室氣體之排放量約為 23%。</li> <li>2. 據估計，每分鐘約有 2.23 人死於道路交通事故。</li> <li>3. 汽車每天停放時間約為 95%，並佔據了家中與旅次目的之空間。</li> <li>4. 大多數的汽車需要 2 個以上的停車位，如：家中、辦公室、購物商場等其他非工作之相關地點。</li> <li>5. 習慣開車的人平均一生花 2,549 小時尋找停車的地方。</li> <li>6. 一個典型的燃油汽車的重量，大約為駕駛人的 12 至 35 倍重。</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 住在高密度混合使用，對於汽車依賴度較低的地區居民，其交通事故死亡率為依賴汽車地區居民的 1/5。</li> <li>2. 公共運輸系統每英哩之交通傷亡，比汽車旅次所產生之傷亡少 1/10<sup>1</sup>。</li> <li>3. 使用公共運輸系統的人，其對於生活的滿意度更高，且有更高之工作效率<sup>2</sup>。</li> <li>4. 每部共享汽車可以替代 5-15 輛車私人汽車所產生之旅次<sup>3</sup>。</li> <li>5. 利用 47 席停車位之空間，即可以做成一個足球場大小的公園</li> <li>6. 一輛自行車的重量約為騎士體重的 1/5，比燃油汽車、機車節能 60 至 175 倍。</li> </ol> |
| 執行方式 | 以車為中心之發展，特別是車道系統之規劃。                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 以人為本之發展，特別針對弱勢族群行的照顧。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|      | 以私人車輛為主。                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 提供公共運輸系統、共享式之交通基礎建設與服務。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|      | 多種車型，並以大型車為主要趨勢。                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 以小型車為主。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|      | 道路路網幾乎以私人汽車為主。                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 道路是各族群之公共空間，而                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

|  |                                   |                              |
|--|-----------------------------------|------------------------------|
|  |                                   | 非汽車專屬之設施。                    |
|  | 為了滿足尖峰車流需求所投資興建之基礎設施，是相當昂貴而且浪費空間。 | 城市是人們生活、工作和娛樂的地方             |
|  | 以移動最多車次為目標。                       | 以移動最多人次為目標                   |
|  | 以減少汽車旅行時間為目標。                     | 以提供優質、安全、宜居和實惠的移動選擇為目標       |
|  | 每一獨立的設施僅用於單一目的。                   | 整合人與人及社區間之連結，而不強調私人汽車之使用方便性。 |

<sup>1</sup> <http://www.vtpi.org/safer.pdf>

<sup>2</sup> <http://www.tandfonline.com/doi/10.1080/16078055.2014.903723>

<sup>3</sup> <http://www.transportenvironment.org/sites/te/files/publications/Does-sharing-cars-really-reduce-car-use-Jun%202017.pdf>

資料來源：EcoMobility World Congress（2017）Program Book

## 2.2 高雄市生態交通示範區實施成果

高雄市生態交通示範區 2017 年 10 月於高雄市鼓山區哈瑪星社區舉辦，示範區面積約為 13 萬平方公尺、登記人口數約 3,700 人、社區約有 1,100 輛車，活動期間提供 5 大交通服務配套，包括：社區免費接駁服務、免費搭乘公共運輸服務、社區免費替代停車場、免費綠色運具借用、免費社區物流服務等，讓當地居民親身利用綠色運具或公共運輸系統進出社區之體驗，並藉以改善社區生活品質。

為了解生態交通示範區實施期間空氣品質前後差異，高雄市政府於示範區周邊設置 4 處空氣品質微型感測器監測，針對盛典舉辦前一周，以及開始舉辦後推動生態交通運具之差異，相關實施成果依序說明。

### 2.2.1 五大交通服務配套使用情形

一、 社區免費接駁服務：提供 2 線社區定線免費接駁車、24 小時接駁中心、就醫就學定點服務車隊。

二、 免費搭乘公共運輸服務：發出 3,800 張居民濱線卡，免費搭乘公車、捷

運、輕軌及渡輪。示範區居民響應使用濱線卡搭乘大眾運輸工具達 60,000 人次。

三、 社區免費替代停車場：周邊規劃 11 處停車場，新增 889 席停車位，發出逾 800 張社區停車證，平均停車率達 90% 以上。

四、 免費綠色運具借用：提供 400 輛自行車、110 輛電動機車，共吸引約 5,200 人次使用。

五、 免費社區物流服務：規劃 2 處貨物轉運中心，並以電動汽車、電動機車提供轉運服務，每日超過 30 趟次之運輸服務，超過 40 個店家使用低碳服務。

### 2.2.2 交通減碳量及空污監測結果

因示範區內空氣品質主要的差異在於交通源，即燃油車輛移動污染源管制，汽機車主要排放污染源為有害空氣污染物揮發性有機化合物(VOCs)等，故以 VOC 作為指標污染物，比較前後的濃度變化。

表 2-2 為各站每日 VOCs 的平均值。將 VOCs 區分為盛典前(9/23~9/30)、盛典後(10/1~10/10)，分別算出總平均值，可以看出旗津輪渡站的平均值變化較小，上升了 5.4%；而西子灣站、鼓山輪渡站、濱海鼓元站、鐵道文化園區站 VOCs 測值都明顯下降。西子灣站降了 9.4%、鼓山輪渡站降了 6.0%、濱海鼓元站降了 43.2%、鐵道文化園區站降了 23.6%。顯示實施管制後，示範區周圍空氣品質 VOCs 監測值有明顯降低。

表 2-2 揮發性有機污染物(VOCs)日平均值(ppb)

| 日期        | 旗津輪渡站 | 西子灣站  | 鼓山輪渡站 | 濱海鼓元站  | 鐵道文化園區站(2) |
|-----------|-------|-------|-------|--------|------------|
| 9 月 23 日  | 104.2 | 102.7 | 101.6 | 105.2  | 243.2      |
| 9 月 24 日  | 102.3 | 100.1 | 97.4  | 106.4  | 235.2      |
| 9 月 25 日  | 94.8  | 99.5  | 99.9  | 106.0  | 212.3      |
| 9 月 26 日  | 98.9  | 98.0  | 100.4 | 154.3  | 219.4      |
| 9 月 27 日  | 97.3  | 102.0 | 98.3  | 281.9  | 214.9      |
| 9 月 28 日  | 96.8  | 109.2 | 96.7  | 282.4  | 213.6      |
| 9 月 29 日  | 97.5  | 119.7 | 88.5  | 253.6  | 173.0      |
| 9 月 30 日  | 99.7  | 121.6 | 83.1  | 247.9  | 163.0      |
| 10 月 1 日  | 95.9  | 118.6 | 82.0  | 117.6  | 159.0      |
| 10 月 2 日  | 96.5  | 116.8 | 84.3  | 107.6  | 158.5      |
| 10 月 3 日  | 102.2 | 112.1 | 82.8  | 107.0  | 158.8      |
| 10 月 4 日  | 92.5  | 111.3 | 75.0  | 108.0  | 163.2      |
| 10 月 5 日  | 103.6 | 113.8 | 78.5  | 108.1  | 166.0      |
| 10 月 6 日  | 112.0 | 82.7  | 97.3  | 108.3  | 166.7      |
| 10 月 7 日  | 111.7 | 77.8  | 101.8 | 108.8  | 165.3      |
| 10 月 8 日  | 109.6 | 79.9  | 94.3  | 107.4  | 164.1      |
| 10 月 9 日  | 109.7 | 76.4  | 101.6 | 108.8  | 141.4      |
| 10 月 10 日 | 109.3 | 76.7  | 102.4 | 109.7  | 156.6      |
| 前         | 98.9  | 106.6 | 95.7  | 192.2  | 209.3      |
| 後         | 104.3 | 96.6  | 90.0  | 109.1  | 160.0      |
| 改變幅度      | +5.4% | -9.4% | -6.0% | -43.2% | -23.6%     |

資料來源：高雄市政府（2017）

一、 盛典期間在示範社區實施生態交通運輸方式管理的情形下，每日平均減少燃油車輛使用之 CO<sub>2</sub> 排放量約 7.5 公噸，相當於 2.5 座高雄都會公園的每日減碳量。

二、 除了碳減量外，在空污監測方面，比較盛典舉辦前及盛典舉辦期間之揮發性有機污染物(VOCs)濃度，在對照組旗津站微幅升高 5.4% 的背景下，示範區周圍平均降低 24.5%，減少約四分之一，亦具有明顯改善成效。

另外 CO 與 PM<sub>2.5</sub> 濃度變化則與實施生態交通示範區無顯著關係，2017 年 9 月 23 日至 10 月 10 日濃度變化差異不大，周邊 CO 濃度維持在 0.5~0.7(ppm) 間、PM<sub>2.5</sub> 則落於 5~60(ug/m<sup>3</sup>)，最低點於生態交通示範區實施前 9 月 28 日、最高點則於實施期間之 10 月 4 日；如圖 2-1、2-2 所示。

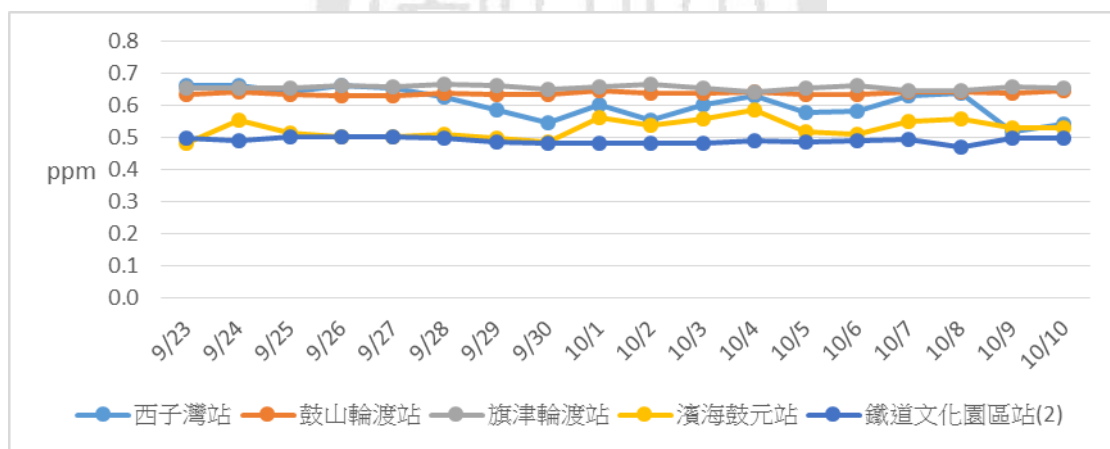


圖 2-1 CO 日均值比較

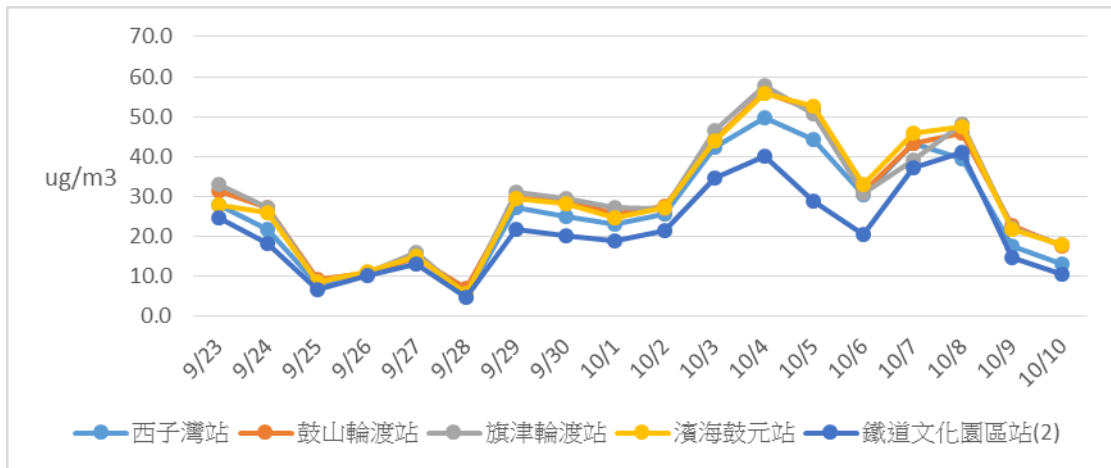


圖 2-2 PM2.5 日均值比較

### 2.2.3 周邊大眾運輸系統使用情形及交通事故件數

- 一、 捷運西子灣站運量：盛典前平均每日 3,323 人次、盛典期間平均每日 4,988 人次，上升 50.1%。
- 二、 生態交通示範區周邊公車上下客運量：盛典前平均每日 1,938 人次、盛典期間平均每日 2,208 人次，上升 13.9%。
- 三、 輕軌運量：本市環狀輕軌第一期路線於 9/26 通車至 C14 哈瑪星站，盛典期間平均每日 2,448 人次於該站上下車，以輕運量系統而言，已達重運量系統捷運近 5 成。
- 四、 旗鼓航線渡輪運量：盛典前平均每日 16,748 人次、盛典期間平均每日 19,174 人次，上升 14.5%。
- 五、 2016 年 10 月哈瑪星社區交通事故共計 4 件，2017 年 10 月社區交通事故則減至 2 件。

## 2.3 高雄冬季大眾運輸免費搭乘執行成效

高雄市位處台灣西南隅，除高雄本身之污染源與地形影響外，冬季受東北季風影響，將境外及中北部之污染物帶到南方，又東北風至華南地區風勢減弱與南邊海域轉吹西南風等因素，造成冬季常有污染物滯留之情形，嚴重影響高雄市之空氣品質。

為因應每年冬天空氣品質不良，鼓勵民眾減少私人交通工具污染排放，高雄市政府自 2017 年 12 月 1 日起連續三個月，實施大眾運輸免費搭乘措施，實施範圍包括市內公車、公路客運及輕軌使用電子票證全部免費搭乘；捷運部分則於平日上下班時段(06:30~08:30 及 16:30~18:30)使用電子票證者，亦可免費搭乘。

2017 年 12 月大眾交通運輸免費措施實施結果，除因去(2017)年 1 月份為春節連假旅遊高雄之旺季，捷運運量於今(2018)年 1 月份略為減少外，各運具運量均較去年同期成長。整理如下表 2-3~2-5。

表 2-3 2017 年 12 月與 2016 年 12 月高雄大眾運輸系統運量比較

| 運具   | 2017/12/1-2017/12/31 | 去年同期      | 與去年比較   |
|------|----------------------|-----------|---------|
|      | 運量(單位人次)             | 運量(單位人次)  | 漲幅(單位%) |
| 捷運   | 6,088,957            | 5,656,447 | +7.65%  |
| 公路客運 | 514,453              | 362,491   | +41.92% |
| 市區公車 | 4,774,260            | 4,500,183 | +6.09%  |

表 2-4 2018 年 1 月與 2017 年 1 月高雄大眾運輸系統運量比較

| 運具   | 2018/1/1-2018/1/31 | 去年同期<br>(農曆春節連假) | 與去年比較   |
|------|--------------------|------------------|---------|
|      | 運量(單位人次)           | 運量(單位人次)         | 漲幅(單位%) |
| 捷運   | 5,429,297          | 5,755,583        | -5.67%  |
| 公路客運 | 394,866            | 338,417          | +16.68% |
| 市區公車 | 4,588,723          | 4,284,277        | +7.11%  |

表 2-5 2018 年 2 月與 2017 年 2 月高雄大眾運輸系統運量比較

| 運具   | 2018/2/1-2018/2/28(農曆春節連假) | 去年同期      | 與去年比較   |
|------|----------------------------|-----------|---------|
|      | 運量(單位人次)                   | 運量(單位人次)  | 漲幅(單位%) |
| 捷運   | 5,694,681                  | 5,462,915 | +4.24%  |
| 公路客運 | 459,005                    | 323,312   | +4.20%  |
| 市區公車 | 3,666,802                  | 3,583,705 | +2.32%  |

資料來源：高雄市政府（2018），本研究整理

另高雄市政府環保局分析空氣品質監測站交通測站（鳳山站、復興站）數據，106 年 12 月交通尖峰時段一氧化碳（CO）濃度平均比 11 月下降約 5%；左營環潭路交通監測站一氧化碳（CO）濃度較實施前（10-11 月）尖峰時段降幅達 8.1%。從以上數據初步顯示，冬季搭乘大眾運輸免費措施確實提升了民眾使用大眾運輸運量之意願，並減少汽機車等私人運具之使用，進而減少交通工具空氣污染物之排放。

## 2.4 人本交通與永續發展

許添本 (2003)將人本交通定義為「以人為本」來發展交通系統，狹義的說法係指利用步行或腳踏車等「人力」且低污染、不會破壞環境的非機動運具為主的一種交通系統；廣義的看法則為不論發展機動車輛或其他大眾運輸工具，建設道路等，皆應以人本為取向，符合人類永續美好生活的價值取向。

目前現今社會所發展之交通系統，主要係以小汽車為規劃對象，屬於「以車為本」的交通系統，在此種以車為中心的發展方式，其所帶來的污染及環境的破壞與車禍傷亡等問題，皆違反「人本」的精神，故如何重新讓交通系統發展符合環保、健康、安全、效率等需要，為現今交通主管機關努力的方向，期望對交通系統進行本質上的改變，短途利於使用徒步或腳踏車等人力為主之移動方式，較長途之旅次，

則選擇高效率、高可靠度，並以電力或自然力為主的公共運輸系統為都市交通發展，此種符合永續發展且社會公平之運輸方式為永續運輸重要的一環。

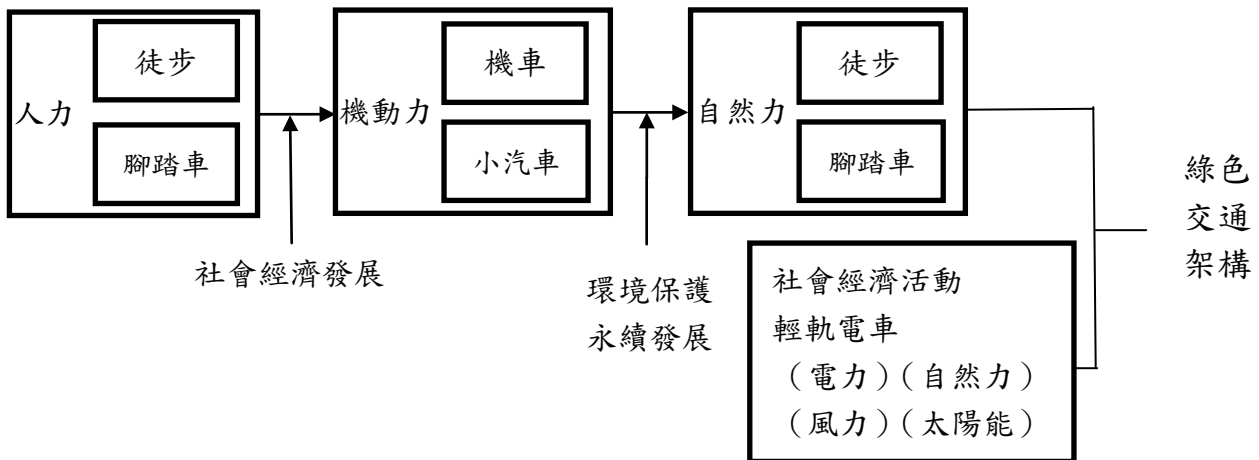


圖 2-1 由機動力到自然力的發展過程

(資料來源：Urban Traffic Quarterly Vol.18, No.3, Sep.2003, pp.41-52)

國際自然資源保育聯盟(IUCN)、聯合國環境委員會(UNEP)及世界自然基金會(WWF)(1991)共同出版之「關心地球(Caring for the Earth)」中，將可持續發展的觀念落實到環境規劃的執行層次上，強調所謂的「永續發展」是：「生存在不超出維生生態系統承載容量(carrying capacity)的情況下，改善人類的生活品質」。另外，經濟合作暨發展組織(OCED)(1990)指出都市在達成永續性的兩個原則包括：

- 一、 機能與自我調節的成長原則(the principle of functional and self regulatory growth)。
- 二、 最少廢棄物原則(the principle of minimum waste)。

Roseland(1990)認為永續都市需藉由經濟及社會的調整，已減少對環境保護之需求，對於已開發國家進行永續性都市發展時，其部門策略則應包含下列六項：

- 一、 運輸規劃與交通管理—減少機動車輛的旅次；
- 二、 土地使用與住宅規劃—抑制都市擴張；

三、 能源保護效率－減少資源消費使用，住宅能源節約；

四、 減少廢棄物與資源回收利用－減少不可回收性物品的使用；

五、 改善社區的可居性－滿足人類需求、社會公平性，亦即以生態整體性為前題之社會自主性；

六、 永續性之行政組織－開放、非部門性、地方性、以及反科技導向之環保體系。

前述六項策略均與本研究探討之生態交通之目標息息相關。另外，聯合國人類定居中心(United Nation Center for Human Settlement; UNCHS)與世界銀行在1995年的一個合作計畫中，為比較世界各都市之永續發展概況，提出一套都市發展相關之關鍵性指標，其指標係以部門為基礎而建立(參表 2-3 都市環境指標一欄表)。

表 2-6 都市環境指標一欄表

| 度量基準 0：<br>背景資料                                                                                             | 度量基準 1：<br>社經發展                                                     | 度量基準 2：<br>基礎設施                                   | 度量基準 3：<br>交通運輸                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 1. 土地使用<br>2. 都市人口<br>3. 人口成長率<br>4. 女人當家情形<br>5. 家庭平均人口數<br>6. 家庭人口成長<br>7. 所得分配<br>8. 每人都市生產<br>9. 住屋保有型態 | 1. 貧窮線下的居民<br>2. 非正式就業<br>3. 醫院床數<br>4. 幼童死亡率<br>5. 學校教室數<br>6. 犯罪率 | 1. 家庭主要設備普及率<br>2. 飲用水普及率<br>3. 水的費用<br>4. 缺水期之水價 | 1. 運具選擇<br>2. 旅行時間<br>3. 道路基礎設施支出<br>4. 汽車擁有率 |
| 度量基準 4：<br>環境管理                                                                                             | 度量基準 5：<br>地方政府                                                     | 度量基準 6：<br>購屋能力                                   | 度量基準 7：<br>住宅供應                               |
| 1. 廢水處理率<br>2. 固態廢棄物<br>3. 固態棄物之處理方式                                                                        | 1. 主要收入來源<br>2. 人均資本支出<br>3. 公債服務費<br>4. 地方政府雇用                     | 1. 房價與收入之比例<br>2. 房租與收入之比例                        | 1. 土地開發乘數(增值)<br>2. 基礎設施支出<br>3. 抵押貸款比率       |

|               |            |               |           |
|---------------|------------|---------------|-----------|
| 4. 定期固態廢棄物之清理 | 員工狀況       | 3. 每人佔有之樓地板面積 | 4. 房屋供應量  |
| 5. 住屋損壞狀況     | 5. 人事支出    | 4. 永久性資產      | 5. 房市投資狀況 |
|               | 6. 契約經常性支出 | 5. 房屋使用權之類型   |           |
|               | 7. 公共服務項目  |               |           |
|               | 8. 自主性     |               |           |

註：度量基準 1~5 屬都市整體環境指指標，6~7 則為住宅供給環境指標。

資料來源：UNCHS Indicators Programme (1995)

李永展等 (2008) 為了評估臺北的都市永續性，利用生產、生活、生態以及體制 4 個面向共 51 個永續性指標的作為評估基準，並以 1994 年到 2004 年作為評估範圍；再透過標準化以及將負向指標作整理之後，得出臺北這 11 年來在各個面向以及總體的永續性趨勢；其中在生活面的交通議題中提到以「交通事故比率」、「小汽車持有成長率」、「機車持有成長率」、「大眾運輸系統涵蓋率」、「人行街道指數」、「腳踏車道指數」、「腳踏車停車架」等作為生活面之發展指標。

Hgahshenas&Vaziri (2012) 將都市運輸系統永續性建立指標評估系統，藉由文獻回顧方式蒐集全球永續運輸指標，將指標分為環境、經濟與社會三大面向，再將各指標針對研究特性調整與標準化，建立複合性指標系統並獲得一致比較基礎，進行全球都市特性比較與分析指標間之相互關係。

賴諭佑(2017) 則以高雄舉辦生態交通盛典為基礎，探討影響居民支持生態交通發展因素。

## 2.5 層級分析法

層級分析法（Analytic Hierarchy Process, AHP）為美國匹茲堡大學沙堤教授 (T.L.Saaty)於1971年提出系統性決策模式，其方法為藉由兩兩成對比較分析其層次與層級，透過量化方式以建構各層體系，並找出兩兩之間相對重要之權重數值。

層級分析法可將複雜的決策情境區分為數個小部分，再將這些小部分組織成一層

次結後，透過專家意見取得每個小部分相對之重要性，給予權重數值建立矩陣圖，並求出特徵向量及特徵質，以該特徵向量代表每一層級中各部分的優先權，提供決策者在決策時時之評選標準，減少決策錯誤之風險。其目的即將複雜的問題系統化，褚志鵬(2009)整理之Saaty發展AHP方法的基本假設主要包括：

- 一、 一個系統可被分解成許多種類(Classes)或成份(Components)，並形成有像網路的層級結構。
- 二、 層級結構中每一層級的要素均假設具獨立性(Independence)。
- 三、 每一層級內的要素，可以用上一層級內某些或所有要素作為標準，進行評估。
- 四、 比較評估時，可將絕對數值尺度轉換成比例尺度 (Ratio Scale)。
- 五、 各層級要素進行成對比較後，可使用正倒值矩陣(Positive Reciprocal Matrix)處理。
- 六、 偏好關係滿足遞移性 (Transitivity)；不僅優劣關係滿足遞移性 (A 優於 B 優於 C 則 A 優於 C)，同時強度關係也滿足遞移性 (A 優於 B 二倍 B 優於 C 三倍則 A 優於 C 六倍)。

依據 Saaty 的說明，建立層級結構具有以下的優點：

- 一、 利用要素個體形成層級形式，易於達成工作。
- 二、 有助於描述高層級要素對低層級要素的影響程度。
- 三、 對整個系統的結構與功能面能詳細的描述。
- 四、 自然系統都是以層級的方式組合而成，而且是一種有效的方式。
- 五、 層級具有穩定性 (Stability) 與彈性 (Flexibility)，也就是說微量的改變能形成微量的影響，同時新層級的加入對一結構良好的層級而言，並不會影響整個系統的有效性。

楊永妙、賈凱傑(2006) 為探討國內航空公司第一線電話服務，即以多準則評估

方法，第一階段以德爾菲法或焦點訪談法找出服務品質評量之準則，第二階段運用 AHP 法建立各服務品質評量準則的相對權重，第三階段利用神秘客法進行服務品質調查提出另一種相對客觀以「服務及顧客為導向」的評鑑方式，建構服務業服務品質調查與評量模式。

Awasthi, et al.(2011) 提出一個結合層級分析法(Alytic Hierarchy Process, AHP)與證據理論(Dempster-Shafer Theory, DST)的方法來衡量運輸政策對都市永續性之影響，其永續性衡量方法使用 AHP 法，透過專家問卷得到各衡量指標間的權重，再計算出整合各面向之綜合指標，用以比較政策實施前後的永續性變化。

丁吉峯、程慶偉(2012) 應用模糊層級程序分析法(Fuzzy Alytic Hierarchy Process, FAHP)，評估貨櫃航商綠色航運之績效指標，經由文獻之探討與專家意見，擬定一個包含六大構面與 18 項適用於綠色航運績效指標之層級結構，建構一個模糊層級程序分析法之運算模式，並配合專家問卷評估綠色航運績效指標，提供貨櫃航商評估綠色航運競爭力之參考。

## 2.6 小結

本章節先就生態交通(Eco-mobility)之定義，分析高雄市實際操作一個月之生態交通社區所獲得之成果與冬季大眾運輸免費搭乘實施成效進行回顧，從中可得知社區管制燃油汽機車後，空氣中揮發性有機污染物(VOCs)、二氧化碳(CO<sub>2</sub>)之濃度明顯降低，且社區周邊大眾運輸系統使用率顯著

提高，社區內事故件由去年同期間之 4 件降為 2 件等；另在鼓勵大眾運輸發展之免費搭乘措施上，確實移轉了私人運具之旅次至大眾運輸系統上，減少道路交通量及廢氣排放，足顯示落實生態交通政策，確能有效提升生活品質。

另就人本交通與永續發展之都市發展研究進行回顧，確認生態交通與永續發展密不可分，且生態交通相關措施是實踐環境永續、社會永續目標之重要策略，綜上回顧，

相關文獻及成果可做為本研究 AHP 問卷設計參數之重要參考，再透過專家問卷瞭解人、車及環境等情境因子及量化的運算，建立低碳運輸社區之衡量指標，探討社區投入的各行動方案之效益。



## 第三章 研究方法

本研究的主要目的是為了解生態交通各項措施在實際運用所得之結果，是否能顯著之成果，在確定研究問題與回顧相關文獻後，建立本章研究模型之架構，說明研究設計內容、變數及其衡量方式與資料分析方法。第一節針對研究問題予以定義與描述，第二節說明本研究的模式理論，第三節本研究的問卷設計內容與調查，第四節則是說明資料分析與應用。

### 3.1 研究架構

舉凡限制燃油汽機車之使用、鼓勵搭乘大眾運輸系統、友善步行環境等均屬於生態交通之範疇，如何有效建構生態交通之環境即為本研究目標。

生態交通在環境永續、人本運輸等政策及都市永續發展之條件下訂定各關鍵因子，並透過層級分析法了解各項因子之權重；在生態交通執行策略上擬定具體行動方案，訂定生態交通最佳化之模式，在有限的預算限制下，將資源做最佳化的分配，求得最大生態交通之效益，所得之結果如未達預期，則可再重新檢討執行策略，修正行動方案，達到預期目標；研究架構如下圖3-1。

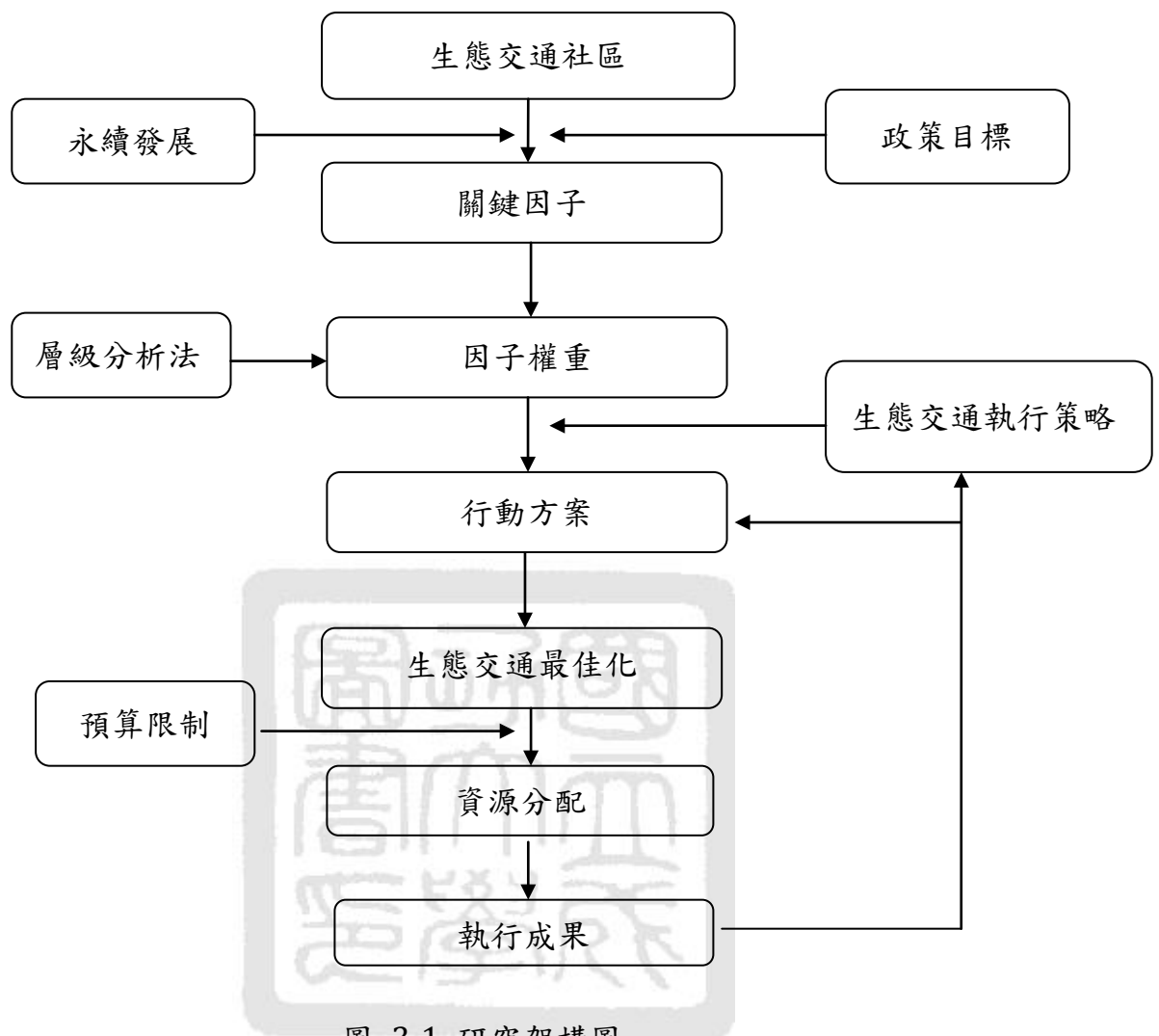


圖 3-1 研究架構圖

### 3.2 層級分析法之方法與問卷

層級分析法是美國匹茲堡大學沙堤教授(T.L.Saaty)於 1971 年提出系統性決策模式，其方法為藉由兩兩成對比較分析其層次與層級，透過量化方式以建構各層體系，並找出兩兩之間相對重要之權重數值。

本研究依第二章文獻回顧可知，生態交通之概念主要包括減碳、社區再造以及非機動的移動過程，故將生態交通社區分為節能減碳、社區環境及人本交通三面向，其中此三面向由不同的評估指標所構建而成，並將以哈瑪星生態交通示範區期間所投入

優化社區各項措施之精神，分作各標的項下之評估指標，各評估指標之定義，表列如表 3-1，節能減碳包括大眾運輸使用人次、共享運具選擇多樣性、電動車占總車輛數之比例，社區環境包括區外停車場使用率、人均使用社區公共空間面積、人行道占總道路長度之比例，人本交通包括非機動運具旅次數、社區主要道路速限、社區事故發生數等指標。

為了衡量各指標間的權重，並計算出整合各面向之綜合生態交通社區環境指標，本研究利用 AHP 專家問卷作為衡量方法，找出第一層級三大面向以及第二層級指標間的權重分配，最終得出整體永續性指標值；本研究之 AHP 層級架構如圖所示，共三個面向，九個指標：

目標

標的

指標

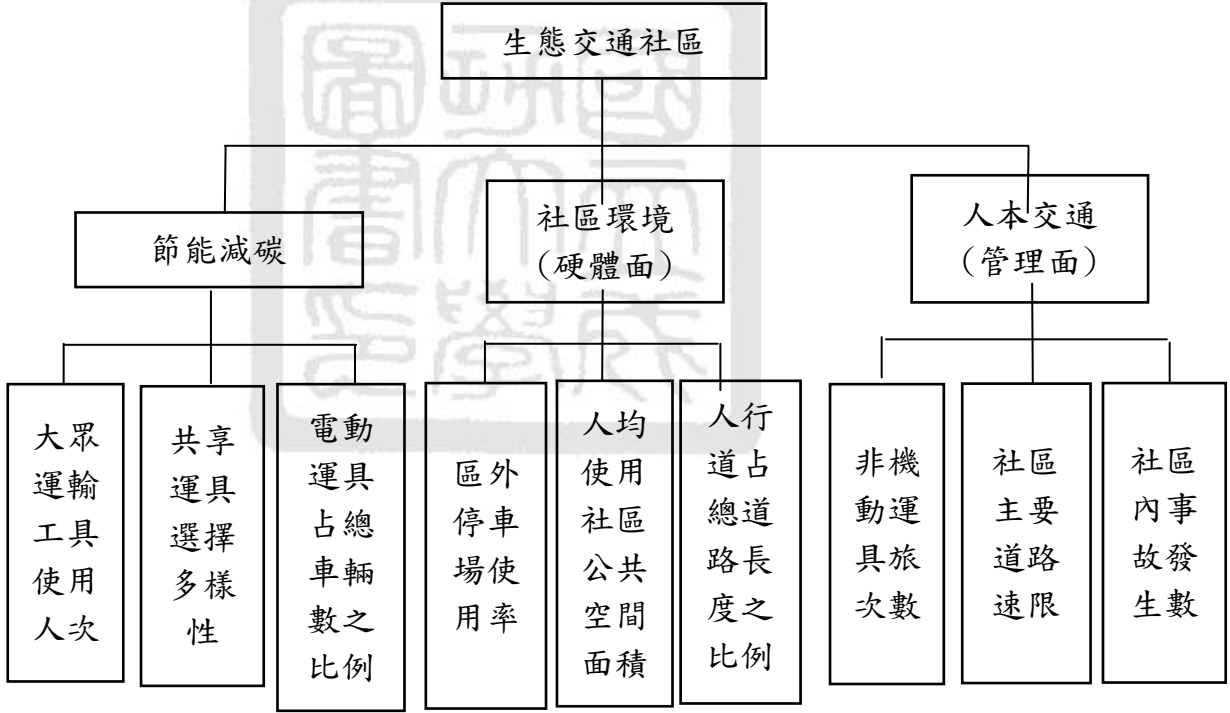


圖 3-2 生態交通社區層級架構圖

### 3.3 問卷設計與調查

本研究以層級分析法設計問卷，預計由產、官、學研等領域專家問卷蒐集各4-6份問卷，獲取各指標間之重要性，作為後續生態交通社區評估模式建立之依據。

#### 3.3.1 問卷設計與內容

「生態交通」係指給予步行、騎單車和使用共享運具、公共運輸系統優先之運輸環境，透過整合，讓每個旅次都能對環境友善，讓人們不再仰賴私人運具，更可由在地社區與組織，營造社區永續發展之態度，改善居民生活品質，提供居民更多元的運具選擇，以及善用社區公共空間，促進社區的凝聚力。根據本研究整理，與生態交通相關指標歸納如下；三項標的：節能減碳、社區環境（硬體面）、人本交通（管理面），與九項指標：大眾運輸使用人次、共享運具選擇多樣性、電動車占總車輛數之比例、區外停車場使用率、人均使用社區公共空間面積、人行道占總道路長度之比例、非機動運具旅次數、社區主要道路速限、社區事故發生數等指標，標的與指標說明整理於表3-1。

表 3-1 生態交通社區之九個衡量指標說明

| 標的       | 1. 節能減碳(Conserve energy to reduce carbon emission)                             |    |                                                                                                                                                               |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 定義       | 本標的旨在衡量各項行動方案下減少能源浪費、碳排放，提升環境品質                                                |    |                                                                                                                                                               |
| 評估<br>指標 | <ul style="list-style-type: none"><li>● 大眾運輸使用人次</li><li>● 共享運具選擇多樣性</li></ul> | 說明 | <ul style="list-style-type: none"><li>● 整體旅次大眾運輸使用人次越高，相對人們移動過程所消耗之能源越低、效率越高</li><li>● 共享運具選擇性越多，則相對提高社區居民移動之選擇，減少私人運具之使用與購買</li><li>● 電動車占社區總車輛數之比</li></ul> |

|      |                                                                                                              |    |                                                                                                                                                                        |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      | ● 電動運具占總車輛數之比例                                                                                               |    | 例越高，燃油車輛廢氣排放相對越少                                                                                                                                                       |
| 標的   | <b>2. 社區環境(Community Environment) — 硬體面</b>                                                                  |    |                                                                                                                                                                        |
| 定義   | 本標的旨在衡量各項行動方案下提供社區居民更友善之生活環境                                                                                 |    |                                                                                                                                                                        |
| 評估指標 | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 區外停車場使用率</li> <li>● 人均使用社區公共空間面積</li> <li>● 人行道占總道路長度之比例</li> </ul> | 說明 | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 社區外停車場使用率越高，則表示居民願意將私人運具停放在社區外的比例越高，社區交通環境相對安全</li> <li>● 社區休閒遊憩之公共空間越多，相對社區環境品質越高</li> <li>● 道路人行道長度越長，則相對人行環境越安全</li> </ul> |
| 標的   | <b>3. 人本交通(People Centered Mobility)— 管理面</b>                                                                |    |                                                                                                                                                                        |
| 定義   | 本標的旨在各行動方案下，以管理手段鼓勵居民使用非機動運具，限制車輛行駛於區內之速度，減少事故之發生。                                                           |    |                                                                                                                                                                        |
| 評估指標 | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 非機動運具旅次數</li> <li>● 社區主要道路速限</li> <li>● 社區內事故發生件數</li> </ul>        | 說明 | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 民眾透過步行、自行車等非機動運具之比例越高，則表示該社區越為人本交通社區</li> <li>● 社區道路速度速限越低，則越友善交通環境</li> <li>● 社區交通事故發生件數越少，則代表社區交通環境越安全</li> </ul>           |

專家問卷填答之方式為若指標項目 $A > B$ 且 $A < C$ ，則 $B < C$ 必須成立，否則將導致該份問卷無效，且邏輯之一致性是填寫AHP問卷之必要條件。重要程度之中文說明（絕強、極強...等）係以X標的項為基準來對照Y標的項，「9:1」表示X與Y標的重要程度之比值。當勾選愈靠近X標的項，表示X標的較Y標的愈重要；反之，勾選愈靠近Y標的項則表示其較X標的項愈重要，範例如表3-2。

表 3-2 AHP 問卷填答範例

| X 指標項        | 重要程度   |     |        |     |     |     |        |     |        |     |        |     |     |     |        |     | Y 指標項 |                      |
|--------------|--------|-----|--------|-----|-----|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|-----|-----|--------|-----|-------|----------------------|
|              | 絕<br>強 |     | 極<br>強 |     | 強   |     | 稍<br>強 |     | 等<br>強 |     | 稍<br>弱 |     | 弱   |     | 極<br>弱 |     |       | 絕<br>弱               |
|              | 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                  |
| 大眾運輸<br>使用人次 |        |     |        |     |     |     | V      |     |        |     |        |     |     |     |        |     |       | 共享運具<br>選擇多樣<br>性    |
| 大眾運輸<br>使用人次 |        |     |        |     |     |     |        |     |        |     |        |     |     | V   |        |     |       | 電動運具<br>占總車輛<br>數之比例 |

### 3.3.2 問卷調查

調查方式擬以郵寄、網路等方式進行專家學者問卷調查，預計訪問20位專家學者，預期回收後之問卷，可做為後續建立生態交通社區評估模式之重要依據。

## 3.4 資料分析與應用

### 3.4.1 資料分析

本研究問卷經收集後，分析方法依據如下：

#### 一、 計算特徵值與特徵向量：

建立完比較矩陣後，即可透由數值分析中常用的特徵值（Eigenvalue）解

法，找出特徵向量值，進而求出各層級要素的權重，並對該數值進行一致性檢定，並作成一致性指標（Consistency Index, C.I.），檢查所構成的成對比較矩陣，是否為一致性矩陣。

若每一成對比較矩陣的一致性程度均符合所需，則尚需檢定整個層級結構的一致性程度是否符合要求。當矩陣建立完成後，接下就需計算出其向量值，以求權重。Saaty 提出以下四種近似法求取向量值：

(一) 行向量平均值標準化法

$$W_i' = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{\alpha_{ij}}{\sum_{i=1}^n \alpha_{ij}}, \quad i, j=1, 2, \dots, n \quad (3.1)$$

(二) 列平均值的標準化法

$$W_i' = \frac{\sum_{j=1}^n \alpha_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \alpha_{ij}}, \quad i, j=1, 2, \dots, n \quad (3.2)$$

(三) 行向量和倒數的標準化法

$$W_i' = \frac{1 / \sum_{i=1}^n \alpha_{ij}}{\sum_{j=1}^n 1 / \sum_{i=1}^n \alpha_{ij}}, \quad i, j=1, 2, \dots, n \quad (3.3)$$

(四) 列向量幾何平均值標準化法

$$W_i' = \frac{(\prod_{j=1}^n \alpha_{ij})^{\frac{1}{n}}}{\sum_{i=1}^n (\prod_{j=1}^n \alpha_{ij})^{\frac{1}{n}}}, \quad i, j=1, 2, \dots, n \quad (3.4)$$

在求算在計算完向量後，欲求判斷前後之一致性時，需計算 C.I. 值，其公式為

$$C.I. = \frac{\lambda - n}{n - 1} \quad (3.5)$$

欲求算 C.I. 前需先求出  $\lambda$  值；因此運用上述所求出之權重  $w$ ，我們先求算一致性向量（Consistency vector）用  $v$  符號代表，以便求得  $\lambda$  值，其公式為：

$$v_i = \frac{\sum_{j=1}^n w_j \alpha_{ij}}{w_i}, \quad i, j=1, 2, \dots, n \quad (3.6)$$

求得一致性向量後，求其  $v$  值之算數平均數即可得  $\lambda$  值，其公式為：

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n v_i}{n}, i, j=1, 2, \dots, n \quad (3.7)$$

最後將其 $\lambda$ 值代入即可得C.I.值；C.I.=0表示前後判斷完全一致，Saaty 建議在R.I.<0.1 的情況下，皆可視為有較佳的一致性。

在不同的階層數下，產生不同的C.I.值，稱為隨機指標（Random Index；R.I.）。而C.I.值與R.I.值的比率，稱為一致性比率（Consistency Ratio；C.R.），然C.R.值在小於0.1 時，其矩陣之一致性程度是很高的。

$$C. R = \frac{C.I}{R.I} \quad (3.8)$$

### 3.4.2 資料之應用

本研究最主要的目的係為探討何謂生態交通社區之重要指標，及建構生態交通社區評估模式。長期以來，在永續發展的研究，多以探討都市或社區整體性之永續發展為主軸，在生態交通、人本交通之社區研究非常缺乏，故為定義何謂生態交通社區，以及成為生態交通社區之重要指標與模式建立，以做為政府部門打造生態交通社區投入各行動策略之參考依據。

## 3.5 生態交通社區最佳化

在預算有限以及其他條件限制下，追求最佳化之生態交通社區，是本研究最重要的目的，將茲定義為：

$$Max f(\text{生態交通社區}) = W_1f(\text{節能減碳}) + W_2f(\text{社區環境}) + W_3f(\text{人本交通})$$

*Subject to*

1. 總預算
2. 各標的間之關係
3. 行動方案（評估指標）的影響
4. 其他相關限制

透過模式的建構，可預期各行動方案可能產生之效果，期能了解在投入多少資源下，其所得之效益最大(如圖 3-3)，達到既定的目標，可作為政府機關打造生態交通

社區之參考依據。

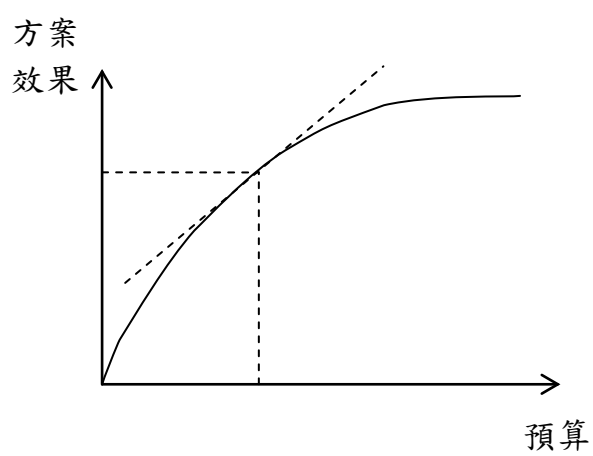


圖 3-3 預算與方案效果之關係示意圖

## 第四章 問卷資料分析

本研究的主要目的為了解生態交通各項措施在實際運用所得之結果，是否能有顯著之成果，並建立生態交通社區研究模型之架構。本章節將針對產、官、學研等領域計 18 份專家問卷進行分析，第一節為生態交通社區評估模式各項指標之權重分析，第二節為高雄 2017 生態交通社區執行成果分析，第三節為建構生態交通社區最佳化模式。

### 4.1 生態交通社區評估模式各項指標之權重分析

本小節將應用 AHP 法建立生態交通社區各項標的及評估指標進行探討與分析，俾做為建立生態交通社區模式之評估準則。

本研究將調查結果帶入 AHP Analytic Hierarchy Process(K.D.Goepel Version 09.05.2013)獲得各標的與評估指標權重關係，整理如表 4-1。

表 4-1 (全體)各標的與評估指標權重關係表

| 標的   | 權重    | 評估指標         | 權重    |
|------|-------|--------------|-------|
| 節能減碳 | 25.5% | 大眾運輸工具使用人次   | 47.7% |
|      |       | 共享運具選擇多樣性    | 26.0% |
|      |       | 電動運具占總車輛數之比例 | 26.3% |
| 社區環境 | 29.1% | 區外停車場使用率     | 17.7% |
|      |       | 人均使用社區公共空間面積 | 36.7% |
|      |       | 人行道占總道路長度之比例 | 45.6% |
| 人本交通 | 45.4% | 非機動運具旅次數     | 39.6% |
|      |       | 社區主要道路速限     | 24.8% |
|      |       | 社區內事故發生數     | 35.6% |

由上表得知，「人本交通(管理面)」(45.4%)為成為生態交通社區最重要之標的，

其次為「社區環境(硬體面)」(29.1%)，「節能減碳」(25.5%)居於末位。依各標的之重要性，依序探究該標的項下評估指標之權重：

- 一、「人本交通(管理面)」最重要之評估指標為「非機動運具旅次數」(39.6%)，其次為「社區內事故發生數」(35.6%)、「社區主要道路速限」(24.8%)。
- 二、「社區環境(硬體面)」最重要之評估指標為「人行道占總道路長度之比例」(45.6%)，其次為「人均使用社區公共空間面積」(36.7%)，最後「區外停車場使用率」(17.7%)。
- 三、「節能減碳」首要之評估指標為「大眾運輸工具使用人次」(47.7%)，其次為「共享運具選擇多樣性」(26.0%)、「電動運具占總車輛數之比例」(26.3%)，兩者權重相當。

另再就產、官、學研各界對於各項標的與評估指標權重探究，如下分析：

#### 一、產業界：

表 4-2 (產業界)各標的與評估指標權重關係表

| 標的   | 權重    | 評估指標                | 權重           |
|------|-------|---------------------|--------------|
| 節能減碳 | 26.7% | 大眾運輸工具使用人次          | 31.2%        |
|      |       | 共享運具選擇多樣性           | 23.0%        |
|      |       | <b>電動運具占總車輛數之比例</b> | <b>45.9%</b> |
| 社區環境 | 28.1% | 區外停車場使用率            | 11.9%        |
|      |       | 人均使用社區公共空間面積        | 27.0%        |
|      |       | <b>人行道占總道路長度之比例</b> | <b>61.1%</b> |
| 人本交通 | 45.1% | 非機動運具旅次數            | 10.0%        |
|      |       | 社區主要道路速限            | 21.0%        |
|      |       | <b>社區內事故發生數</b>     | <b>68.9%</b> |

- (一) 生態交通社區最重要之標的以「人本交通(管理面)」(45.1%)為重，其次依續為「社區環境(硬體面)」(28.1%)與「節能減碳」(26.7%)，後兩者權重相當。產業界認為「以人為本之社區交通環境」，為生態交通社區最重要之精神，其餘「社區環境(硬體面)」、「節能減碳」之比重相當。

(二) 依各標的向下評估指標進行下列分析：

1. 「人本交通(管理面)」項下評估指標之重要性依序為：「社區內事故發生數」(68.9%)、「社區主要道路速限」(21.0%)、「非機動運具旅次數」(10.0%)，「社區內事故發生數」指標明顯高於其他2項，由此可知產業界對於生態交通社區之知認，著重社區交通安全。
2. 「社區環境(硬體面)」項下評估指標之重要性依序為：「人行道占總道路長度之比例」(61.1%)、「人均使用社區公共空間面積」(27.0%)、「區外停車場使用率」(11.9%)，「人行道占總道路長度之比例」指標大幅領先其他2項，由此可知產業界認為有完整的人行系統，較符合友善社區環境之標的。
3. 「節能減碳」項下評估指標之重要性依序為：「電動運具占總車輛數之比例」(45.9%)、「大眾運輸工具使用人次」(31.2%)、「共享運具選擇多樣性」(23.0%)，本項標的產業界認為電動運具使用比例高，較能達節能減碳之目標，符合業者對於私人運具生產銷售之期待。

二、 政府機關：

表 4-3 (政府機關)各標的與評估指標權重關係表

| 標的   | 權重    | 評估指標                | 權重           |
|------|-------|---------------------|--------------|
| 節能減碳 | 38.8% | 大眾運輸工具使用人次          | 28.1%        |
|      |       | <b>共享運具選擇多樣性</b>    | <b>58.4%</b> |
|      |       | 電動運具占總車輛數之比例        | 13.5%        |
| 社區環境 | 16.0% | 區外停車場使用率            | 21.3%        |
|      |       | <b>人均使用社區公共空間面積</b> | <b>51.2%</b> |
|      |       | 人行道占總道路長度之比例        | 27.5%        |
| 人本交通 | 45.1% | <b>非機動運具旅次數</b>     | <b>69.5%</b> |
|      |       | 社區主要道路速限            | 23.3%        |
|      |       | 社區內事故發生數            | 7.2%         |

- (一) 政府部門亦認為「人本交通(管理面)」(45.1%)為生態交通社區最重要

之標的，其次依續為「節能減碳」(38.8%)與「社區環境(硬體面)」(16.0%)，生態交通社區應為透過管理手段，營造人本之運輸環境為重，其次才著重如何降低每趟旅次之碳排，最後輔以工程改善社區環境。

(二) 依各標的項下評估指標進行下列分析：

1. 「人本交通(管理面)」項下評估指標之重要性依序為：「非機動運具旅次數」(69.5%)、「社區主要道路速限」(23.3%)、「社區內事故發生數」(7.2%)，「非機動運具旅次數」指標顯高於其他2項，由此可知政府機關認為欲達生態交通社區目標，首要減少機動運具之旅次數，鼓勵居民使用自行車或步行等方式移動。
2. 「節能減碳」項下評估指標之重要性依序為：「共享運具選擇多樣性」(58.4%)、「大眾運輸使用人次」(28.1%)、「電動運具占總車輛數之比例」(13.5%)，政府機關認為欲達節能減碳之目標，應提供多元之運具選擇方式，提高運輸轉乘過程之便利性，進而吸引民眾使用，減少私人運具之使用，與上述「人本交通-非機動運具旅次數」之高比重，目標一致。
3. 「社區環境(硬體面)」項下評估指標之重要性依序為：「人均使用社區公共空間面積」(51.2%)、「人行道占總道路長度之比例」(27.5%)、「區外停車場使用率」(21.3%)，生態交通社區主要精神，包括社區居民良好之生活環境，居民可利用社區公共空間越多，即表示該社區可利用公園、綠地、廣場越多，居住品質相對較高。

### 三、學術研究界：

表 4-4 (學術研究)各標的與評估指標權重關係表

| 標的   | 權重    | 評估指標         | 權重    |
|------|-------|--------------|-------|
| 節能減碳 | 24.7% | 大眾運輸工具使用人次   | 71.3% |
|      |       | 共享運具選擇多樣性    | 13.6% |
|      |       | 電動運具占總車輛數之比例 | 15.1% |
| 社區環境 | 36.8% | 區外停車場使用率     | 19.9% |
|      |       | 人均使用社區公共空間面積 | 33.4% |
|      |       | 人行道占總道路長度之比例 | 46.7% |
| 人本交通 | 38.5% | 非機動運具旅次數     | 48.3% |
|      |       | 社區主要道路速限     | 18.0% |
|      |       | 社區內事故發生數     | 33.7% |

(一) 學研界對於本研究設定之三項標的權重較為平均，依序分別為「人本交通(管理面)」(38.5%)、「社區環境(硬體面)」(36.8%)、「節能減碳」(24.7%)。

(二) 依各標的項下評估指標進行下列分析：

1. 「人本交通(管理面)」項下評估指標之重要性依序為：「非機動運具旅次數」(48.3%)、「社區內事故發生數」(33.7%)、「社區主要道路速限」(18.0%)，學研單位認為「非機動運具旅次數」為人本交通標的最重要之評估準則，與政府機關之看法一致，期能透過管理方式，減少機動運具之旅次數，鼓勵居民使用自行車或步行等方式移動。
2. 「社區環境(硬體面)」項下評估指標之重要性依序為：「人行道占總道路長度之比例」(46.7%)、「人均使用社區公共空間面積」(33.4%)、「區外停車場使用率」(19.9%)，學研單位認為社區人行空間越多，則越友善人行環境，居民相對越願意以步行或騎乘自行車之方式移動，與上述「人本交通(管理面)」之方向一致。
3. 「節能減碳」項下評估指標之重要性依序為：「大眾運輸使用人次」(71.3%)、「電動運具占總車輛數之比例」(15.1%)、「共享

運具選擇多樣性」(13.6%)，大眾運輸使用人次高，相對私人運具少，反映出整體輸運總人旅次多，運輸效率高，符合資源共享、節能減碳之精神。

表 4-5 各界各標的之權重關係表

| 排序 | 全體   |       | 產    |       | 官    |       | 學研   |       |
|----|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|
|    | 標的   | 權重    | 標的   | 權重    | 標的   | 權重    | 標的   | 權重    |
| 1  | 人本交通 | 45.4% | 人本交通 | 45.1% | 人本交通 | 45.1% | 人本交通 | 38.5% |
| 2  | 社區環境 | 29.1% | 社區環境 | 28.1% | 節能減碳 | 38.8% | 社區環境 | 36.8% |
| 3  | 節能減碳 | 25.5% | 節能減碳 | 26.7% | 社區環境 | 16.0% | 節能減碳 | 24.7% |

首要評估指標之權重

|                     |                     |                     |                     |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 非機動運具旅次數(39.6%)     | 社區內事故發生數(68.9%)     | 非機動運具旅次數(69.5%)     | 非機動運具旅次數(48.3%)     |
| 人行道占總道路長度之比例(45.6%) | 人行道占總道路長度之比例(61.1%) | 共享運具選擇多樣性(58.4%)    | 人行道占總道路長度之比例(46.7%) |
| 大眾運輸工具使用人次(47.7%)   | 電動運具占總車輛數之比例(45.9%) | 人均使用社區公共空間面積(51.2%) | 大眾運輸工具使用人次(71.3%)   |

綜上，各界均認為「人本交通(管理面)」(45.4%)為生態交通社區模式最重要之標的，並著重於抑制機動運具之使用，以步行、腳踏車等非機動運具做為主要移動方式，其為透過「社區環境(硬體面)」(29.1%)之改造，提供居民舒適友善之居住環境，最後甫以鼓勵大眾運輸工具措施達「節能減碳」(25.5%)之目標。

生態交通、永續運輸與交通寧靜區三者均為改善交通，惟著重目標略有差異，生態交通以抑制機動運具之使用，營造人本運輸環境為目標、永續運輸著重移動過程中友善自然環境、交通寧靜區則為透過道路交通工程手段，減少穿越性交通及降低行車速率，三者意旨均有不同。

生態交通社區另外一個精神在於社區環境的友善，建構一個居民安全步行的環境，並提供居民安全活動之公共場域，作為社區居民之交流場所，促進社區凝聚及發展，打造真正安居的社區。

生態交通社區初步可定義為「透過交通管理策略，抑制社區機動運具旅次數，建構社區友善之人行環境，鼓勵居民使用大眾運輸工具，達生態交通社區」。

## 4.2 高雄 2017 生態交通社區執行成果分析

本節將探討 2017 生態交通全球盛典，高雄市政府投入各行動方案所花費之成本與其產出之成果(效益)，分析如下：

- 一、對於大眾運輸系統(包括捷運、輕軌、公車)之補助投入新台幣 180 萬 7,504 元，獲得於盛典期間捷運系統每日使用人次增加 50.1%、公車每日使用人次增加 13.9%之效益，捷運加公車每日增加 64.0%之使用人次；因輕軌系統於盛典期間始開通至哈瑪星(生態交通示範區)，故本研究不予討論。
- 二、2017 年補助社區汰換(新購)電動車之花費為新台幣 530 萬 3,000 元，共新購電動機車 314 輛、汰換電動機車 175 輛，總計 489 輛電動機車，平均每輛車補助新台幣 10,844.6 元；相比 2016 年補助社區汰換(新購)電動車之花費為新台幣 111,500 元，共新購電動機車 22 輛、汰換電動機車 11 輛，總計 33 輛電動機車，平均每輛補助新台幣 3,378 元。可得知，每輛電動機車補助金額增加 2.21 倍，則換購電動機車之意願提升 13.81 倍。
- 三、共享運具選擇多樣性部分，除既有公共腳踏車租賃站外，於盛典期間更新設電動共享汽車租賃站、電動共享機車之租賃站各 1 站，因屬新增設備惟各系統均僅規劃 1 站，無法達甲租乙還之便利性，使用意願受影響，故本研究假設本部分之效益比原有各增加 50%，合計 100%。
- 四、配合盛典期間限制燃油汽車進出社區，故於區外增設 889 席停車位，更造就盛典期間停車場利用率達 92.29%，停車場使用率增加 58.63%。
- 五、配合營造更舒適宜居之社區環境，新增公園綠地面積 2,623.21 平方公尺(+2.01%)，並就既有之綠地進行綠美化工程。
- 六、為友善人行環境，社區主要商業街區重新調整道路配置，並新設標線行人行道 540.27 公尺(+6.83%)，以提升居民與遊客步行之意願。
- 七、針對非機動運具旅次數部分，本研究以新增之公共腳踏車租賃站數作為評估基準，盛典期間生態交通社區內共新增 3 座公共腳踏車租賃站，配合限縮燃油汽機車之政策、鼓勵步行、自行車措施，整體使用人次每日增加 6,115 人次

(+62.7%)。

八、 盛典期間透過交通管理手段，區內道路速限 30KPH，並營造以人行、自行車為主之環境，使平均車速降至 17.19KPH，約降低 9.47%。

九、 透過限制燃油汽機車之使用，鼓勵以步行、自行車或使用公共運輸系統之社區環境，盛典期間區內事故件數較去年同期減少事故 2 件，降幅達 50%。



表 4-1 生態交通全球盛典期間成本效益表

| 標的<br>(計畫<br>類型 k) | 權重   | 指標<br>(子計畫 $a_i^k$ )          | 權重<br>( $w_i^k$ )    | 套用指標                        | 成本<br>( $c_i^k$ )                                 | 效益<br>( $e_i^k$ )                                                                                                                                 |
|--------------------|------|-------------------------------|----------------------|-----------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 節能減碳<br>K1         | 0.25 | 大眾運輸工<br>具使用人次<br>( $a_1^1$ ) | 0.477<br>( $w_1^1$ ) | 捷運運量                        | 1,807,504                                         | 盛典期間平均每日使用次 4,988 人次(+50.1%)                                                                                                                      |
|                    |      |                               |                      | 輕軌運量                        |                                                   | 盛典期間平均每日使用量 2,448 人次                                                                                                                              |
|                    |      |                               |                      | 公車運量                        |                                                   | 盛典期間平均每日使用次 2,208 人次(+13.9%)                                                                                                                      |
|                    |      | 電動車占社<br>區車輛比例<br>( $a_2^1$ ) | 0.26<br>( $w_2^1$ )  | 社區電動機車<br>比例                | 111,500<br>(2016 年)<br>/<br>5,303,000<br>(2017 年) | 2016 年社區新購電動機車 22 輛，汰換燃油機車購<br>置電動機車 11 輛；2017 年社區新購電動機車 314<br>輛(+1427%)，汰換燃油 175 輛(+2854%)。<br>合計，每輛電動機車補助金額增加 2.21 倍，則換購<br>電動機車之意願提升 13.81 倍。 |
|                    |      | 共享運具選<br>擇多樣性<br>( $a_3^1$ )  | 0.263<br>( $w_3^1$ ) | 電動汽機車租<br>賃站點、公共腳<br>踏車租賃站等 | 2,340,000                                         | 新建電動汽車租賃站 1 站、電動機車租賃站 1 站<br>(+100%)、<br>腳踏車租賃站 3 站(+300%，不採計)                                                                                    |
|                    |      |                               |                      |                             |                                                   |                                                                                                                                                   |

表 4-1 生態交通全球盛典期間成本效益表(續)

| 標的<br>(計畫<br>類型 k)  | 權重    | 指標<br>(子計畫 $a_i^k$ )            | 權重<br>( $w_i^k$ )    | 套用指標                   | 成本<br>( $c_i^k$ ) | 效益<br>( $e_i^k$ )                                   |
|---------------------|-------|---------------------------------|----------------------|------------------------|-------------------|-----------------------------------------------------|
| 社區環境<br>(硬體面)<br>K2 | 0.291 | 區外停車場<br>使用率( $a_1^2$ )         | 0.177<br>( $w_1^2$ ) | 社區區外停車場                | 3,873,277         | 增加停車位數 889 席(+ 56.24%)、盛典期間區外停車場使用率 92.29%(+58.63%) |
|                     |       | 人均使用社區公共空間<br>面積( $a_2^2$ )     | 0.367<br>( $w_2^2$ ) | 公園、廣場設置                | 2,500,000         | 新增公園 2,623.21 平方公尺 (+2.01%)                         |
|                     |       | 人行道占總<br>道路長度之<br>比例( $a_3^2$ ) | 0.456<br>( $w_3^2$ ) | 人行道長度                  | 816,593           | 新增標線行人行道 540.27 公尺(+6.83%)                          |
| 人本交通<br>(管理面)<br>K3 | 0.454 | 非機動運具<br>旅次數( $a_1^3$ )         | 0.396<br>( $w_1^3$ ) | 公共自行車使用人次              | 2,400,000         | 較去年同期新增公共腳踏車租賃站 3 站，增加 6,115 使用人次(+62.7%)           |
|                     |       | 社區主要道路<br>速限( $a_2^3$ )         | 0.248<br>( $w_2^3$ ) | 規範道路速<br>限、減速設施之<br>路段 | 100,000           | 盛典期間平均車速由 19.03KPH 降至 17.19KPH(+9.47%)              |
|                     |       | 社區內事故<br>發生數( $a_3^3$ )         | 0.356<br>( $w_3^3$ ) | 改善區內易肇<br>事地點          | 500,000           | 較去年同期減少事故 2 件(+50%)                                 |

## 4.3 建構生態交通社區最佳化模式

### 4.3.1 模式假設

在建立模式前，本研究提出下列假設：

1. 生態交通計畫分為  $K$  種類型， $K$  類計畫下有各項生態交通計畫。
2. 各項生態交通計畫產出之效益，與上位  $K$  類計畫之效益權重成正相關。
3. 各計畫之執行，須在預算內且達效益下限方能啟動，一經啟動，預算均值行完畢。
4. 各計畫為相互獨立。

### 4.3.2 模式符號說明

#### 一、模式集合符號說明

| 符號  | 定義                                              |
|-----|-------------------------------------------------|
| $k$ | 計畫類型 $k$ 。 $k \in K$ ， $K = \{1, 2, \dots, k\}$ |
| $i$ | 計畫項目 $i$ 。 $i \in I$ ， $I = \{1, 2, \dots, i\}$ |

#### 二、模式決策變數說明

| 符號      | 定義                      |
|---------|-------------------------|
| $a_i^k$ | 計畫類型 $k$ 中，執行計畫項目 $i$ 。 |
| $w^k$   | 計畫類型 $k$ 之效益權重 $w$ 。    |

#### 三、模式參數說明

| 符號      | 定義                         |
|---------|----------------------------|
| $B$     | 政府總預算上限。                   |
| $c_i^k$ | 計畫類型 $k$ 中，計畫項目 $i$ 花費之成本。 |
| $e_i^k$ | 計畫類型 $k$ 中，計畫項目 $i$ 帶來之效益。 |

### 4.3.3 預算分配規劃模式建構

本研究為零一整數規劃，在考量效益最大化及預算之分配下，各項計畫只有選擇與不選擇執行二種可能。因此， $a_i^k=1$  為選擇執行該項計畫， $a_i^k=0$  為不執行該計畫。以本研究來說，每項子計畫皆有其執行之成本與效益，將預算投入於適合執行的項目，求取這些子計畫組合帶來之效益最大化，達成該地區生態交通的目標模式。

一、茲將目標式定義如下：

$$\text{Max} \sum_k \sum_i w^k a_i^k e_i^k$$

此目標式表示生態交通計畫中之各執行計畫項目，所帶來之效益總和。

二、預算限制部分如下：

$$\sum_k \sum_i a_i^k c_i^k \leq B$$

表示在計畫類型  $k$  中，被選擇執行之項目，所對應之成本總和不得超過總預算。

三、決策變數限制： $a_i^k \in [0,1]$

計畫投入預算限制為 0、1 變數，表示政府選擇該項計畫與否。

## 第五章 模式建構與分析

本研究將欲達成生態交通社區目標，定義為節能減碳、社區環境(硬體面)、人本交通(管理面)等三項標的，並將各標的項下訂定相關評估準則，透過專家問卷方式以層級分析法獲得各變數之權重，並以 Lingo(11.0)整合盛典期間投入各行動方案之成本與成果效益，求解最佳化，探討各預算下建議之採取行動方案。

### 5.1 LINGO 軟體介紹

Lingo 是美國 Lindo 系統公司開發的一套專門用於求解最佳化問題之軟體，除了求解線性規劃和二次規劃問題外，還可求解非線性規劃問題，以及部分線性和非線性方程式的求解。

該軟體常用的函數可供使用者建立最佳化模型時調整，並提供其他應用軟體(如：Microsoft Office 工具之 Excel 等)之介面，易於調整、求解和分析大規模最佳化之問題。該軟體被廣泛應用於生產線規劃、運輸、財務金融、資源分配等，並據下列優點：

- 一、 Lingo 支援簡單邏輯運算，並允許算式中有括弧之運算。
- 二、 右式可以含有變數，限制式可以依原來的形式寫出，不必刻意去調整。
- 三、 Lingo 提供數個函式庫供使用者依需要引用。

### 5.2 生態交通社區最佳化模式分析

本研究為零一整數規劃，在考量效益最大化及預算之分配下，各項計畫只有選擇與不選擇執行二種可能。茲將之目標式加入各參數權重、效益與成本項，展開如下：

$$\begin{aligned} \text{Max } \sum_k \sum_i w^k a_i^k e_i^k = & 0.255[(0.477 \quad a_1^1 \quad 0.64)+(0.26 \quad a_2^1 \quad 13.81)+ \\ & (0.263 \quad a_3^1 \quad 1.0)]+0.291[(0.177 \quad a_1^2 \quad 0.5863)+ \quad (0.367 \quad a_2^2 \quad 0.02)+ \\ & (0.456 \quad a_3^2 \quad 0.0683)]+0.454[(0.396 \quad a_1^3 \quad 0.627)+(0.248 \quad a_2^3 \quad 0.0947)+(0.356 \quad a_3^3 \quad 0.5)] \end{aligned}$$

Subject to

$$\sum_k \sum_i a_i^k c_i^k = a_1^1 1807504 + a_2^1 5303000 + a_3^1 2340000 + a_1^2 3873277 + a_2^2 2500000 + a_3^2 816593 + a_1^3 2400000 + a_2^3 0 + a_3^3 0 \leq B, a_i^k \in [0,1]$$

將上目標式與限制式帶入 Lingo(11.0)軟體，參考之 2017 生態交通示範區投入之成本約合新台幣 1960 萬元，將以 1900 萬元為最小投入成本，再以整數倍數向上增加預算，所得投入預算其所相對應啟動之指標，整理如下表 5-1：

表 5-1 各預算下建議啟動指標

| 總預算<br>(千萬)   | 計劃<br>類型 | 建議啟動指標(子計畫 $a_i^k$ )                  | 效益值   |
|---------------|----------|---------------------------------------|-------|
| 1.9           | K3       | $(a_2^3) \cdot (a_3^3)$               | 2.47  |
| 5.7<br>(3 倍)  | K2       | $(a_3^2)$                             | 2.71  |
|               | K3       | $(a_2^3) \cdot (a_3^3)$               |       |
| 7.6<br>(4 倍)  | K1       | $(a_1^1)$                             | 4.57  |
|               | K3       | $(a_2^3) \cdot (a_3^3)$               |       |
| 9.5<br>(5 倍)  | K3       | $(a_1^3) \cdot (a_2^3) \cdot (a_3^3)$ | 5.51  |
| 11.4<br>(6 倍) | K2       | $(a_3^2)$                             | 5.76  |
|               | K3       | $(a_1^3) \cdot (a_2^3) \cdot (a_3^3)$ |       |
| 13.3<br>(7 倍) | K1       | $(a_1^1)$                             | 7.62  |
|               | K3       | $(a_1^3) \cdot (a_2^3) \cdot (a_3^3)$ |       |
| 15.2<br>(8 倍) | K1       | $(a_2^1)$                             | 25.01 |
|               | K3       | $(a_2^3)$                             |       |

| 總預算<br>(千萬)    | 計劃<br>類型 | 建議啟動指標(子計畫 $a_i^k$ )                  | 效益值   |
|----------------|----------|---------------------------------------|-------|
| 17.1<br>(9 倍)  | K1       | $(a_2^1)$                             | 27.19 |
|                | K3       | $(a_2^3) \cdot (a_3^3)$               |       |
| 19.0<br>(10 倍) | K1       | $(a_2^1)$                             | 27.44 |
|                | K2       | $(a_3^2)$                             |       |
|                | K3       | $(a_2^3) \cdot (a_3^3)$               |       |
| 20.9<br>(11 倍) | K1       | $(a_1^1) \cdot (a_2^1)$               | 29.29 |
|                | K3       | $(a_2^3) \cdot (a_3^3)$               |       |
| 22.8<br>(12 倍) | K1       | $(a_2^1)$                             | 30.23 |
|                | K3       | $(a_1^3) \cdot (a_2^3) \cdot (a_3^3)$ |       |
| 24.7<br>(13 倍) | K1       | $(a_2^1)$                             | 30.48 |
|                | K2       | $(a_3^2)$                             |       |
|                | K3       | $(a_1^3) \cdot (a_2^3) \cdot (a_3^3)$ |       |
| 28.5<br>(15 倍) | K1       | $(a_1^1)$                             | 32.34 |
|                |          | $(a_2^1)$                             |       |
|                | K3       | $(a_1^3) \cdot (a_2^3) \cdot (a_3^3)$ |       |
| 30.4<br>(16 倍) | K1       | $(a_1^1)$                             | 32.58 |
|                |          | $(a_2^1)$                             |       |
|                | K2       | $(a_3^2)$                             |       |
|                | K3       | $(a_1^3) \cdot (a_2^3) \cdot (a_3^3)$ |       |

| 總預算<br>(千萬)    | 計劃<br>類型 | 建議啟動指標(子計畫 $a_i^k$ )                  | 效益值   |
|----------------|----------|---------------------------------------|-------|
| 34.2<br>(18 倍) | K1       | $(a_1^1) \cdot (a_2^1) \cdot (a_3^1)$ | 34.15 |
|                | K3       | $(a_1^3) \cdot (a_2^3) \cdot (a_3^3)$ |       |
| 36.1<br>(19 倍) | K1       | $(a_1^1) \cdot (a_2^1) \cdot (a_3^1)$ | 34.39 |
|                | K2       | $(a_3^2)$                             |       |
|                | K3       | $(a_1^3) \cdot (a_2^3) \cdot (a_3^3)$ |       |
| 43.7<br>(23 倍) | K1       | $(a_1^1) \cdot (a_2^1) \cdot (a_3^1)$ | 34.45 |
|                | K2       | $(a_2^2)$                             |       |
|                |          | $(a_3^2)$                             |       |
|                | K3       | $(a_1^3) \cdot (a_2^3) \cdot (a_3^3)$ |       |
| 45.6<br>(24 倍) | K1       | $(a_1^1) \cdot (a_2^1) \cdot (a_3^1)$ | 34.68 |
|                | K2       | $(a_1^2)$                             |       |
|                | K3       | $(a_1^3) \cdot (a_2^3) \cdot (a_3^3)$ |       |
| 47.5<br>(25 倍) | K1       | $(a_1^1) \cdot (a_2^1) \cdot (a_3^1)$ | 34.92 |
|                | K2       | $(a_1^2) \cdot (a_3^2)$               |       |
|                | K3       | $(a_1^3) \cdot (a_2^3) \cdot (a_3^3)$ |       |
| 53.2<br>(28 倍) | K1       | $(a_1^1) \cdot (a_2^1) \cdot (a_3^1)$ | 34.98 |
|                | K2       | $(a_1^2) \cdot (a_2^2) \cdot (a_3^2)$ |       |
|                | K3       | $(a_1^3) \cdot (a_2^3) \cdot (a_3^3)$ |       |

由上述結果可知，在低預算之情境下，可先透過降低社區道路速限、社區易肇事地點的改善，達成生態交通社區之目標。當預算逐漸增加時，則優先考慮改善道路之人行環境，透過道路空間之重新配置，繪設標線型人行道，提供民眾安全之步行空間，其次為鼓勵民眾使用大眾運輸系統，透過票價補貼之方式，提高大眾運輸系統使用人次。

當預算增 7 倍(1.33 億)時，可藉由補貼大眾運輸系統之票價，提高大眾運輸使用人次、並透過增設公共腳踏車租賃站，提高非機動運具使用人次，以及社區主要道路速限降低、改善事故發生情形，可達效益 7.62。當預算由再增加至 8 倍(1.52 億)時，其效益值則由 7.62 提升至 25.01(+2.28 倍)，如圖 5-1 顯示，為實驗結果中增加最少預算，得到最多效益之區間，並建議採補貼換購電動機車之行動策略，可得最大成效。

效益值

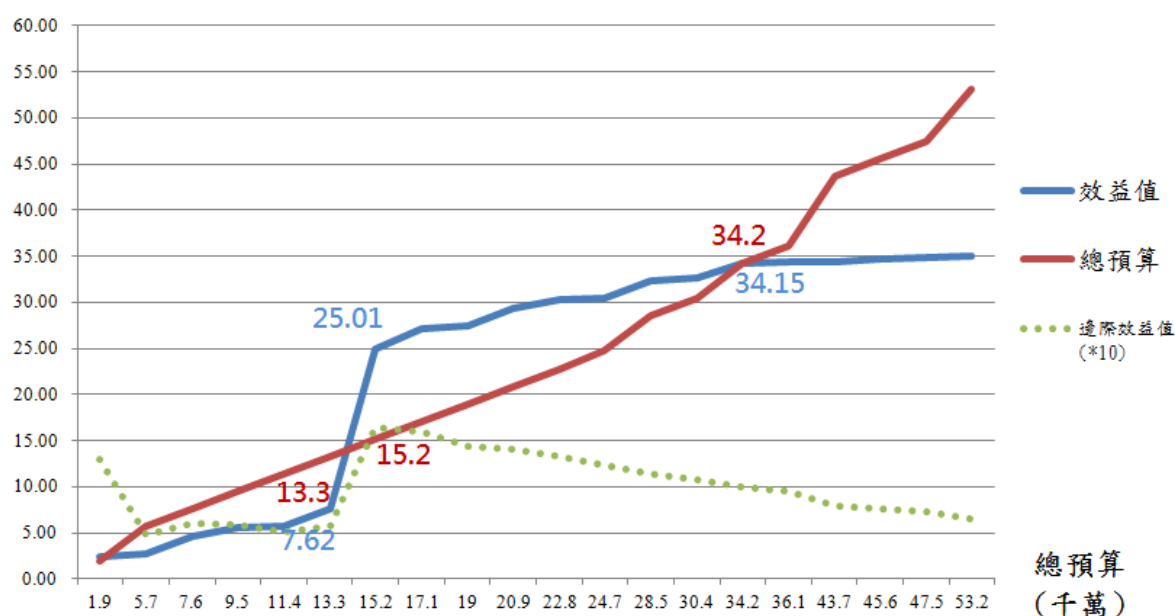


圖 5-1 預算與效益關係圖

當預算由 1.52 億(8 倍)持續增加至 34.2 億(18 倍)之情境下，效益值則由 25.01 增加至 34.15，僅增加 36.55%；再持續增加預算時，其所得之結果已無法等比例增

加，邊際效益呈現遞減之情形。

### 5.3 小結

由研究結果得知，在有限之預算限制下，欲達成生態交通社區之目標，可先由降低社區道路速限、改善交通事故發生數著手。降低道路速可透過速限牌面之設置，以及不規則或立體視覺等標線繪設方式，使駕駛人產生視覺壓迫進而減速之方式；改善交通事故則可針對社區內易肇事路口，針對主要事故態樣進行改善，以短期、低成本之「人本交通（管理面）」手段進行其成效最佳；逐步提高預算之情境下，除前述社區主要道路速降低、減少社區內事故發生數之改善方式可同步進行外，以增設「人行道占總道路長度之比例」為優先，相對於高成本之實體人行道，能同樣達到改善人行環境之效果，其次為透過大眾運輸系統票價補貼策略，吸引民眾使用大眾運輸系統，增加大眾運輸系統之使用人次，以及增設公共腳踏車租賃站之方式，鼓勵民眾以非機動方式移動。

當有較為充裕之預算時，則建議朝鼓勵淘汰燃油機車，補貼購置電動機車為主要策略，並輔以短期、低成本之「人本交通（管理面）」手段並行辦理，可獲得最適成效。

本評估模式結果，符合預期目標並與實務經驗一致。另外，在執行任何方案時，除考慮效益外，更應參考當地民意、居民之需求綜合評估，因為再好之公共政策，若無民意支持為基礎，終究無法落實。

## 第六章 結論與建議

本研究最主要的目的係為探討何謂生態交通社區之核心價值，並以 2017 年高雄市舉辦生態交通全球盛典投入各項改善社區之執行成效為基礎，建構生態交通社區最佳化。有關研究結論與後續研究建議整理如下：

### 6.1 結論

本研究結論將從專家問卷調查結果與生態交通社區模式二大部分闡述。

#### 一、 問卷歸納

(一) 本研究以「人本交通」、「社區環境」、「節能減碳」作為生態交通社區之標的，針對產業界、政府機關、學術研究界等三大領域進行專家問卷調查，各領域均認為「人本交通」為生態交通社區最重要之核心價值。其次，產業界、學研界則認為生態交通社區之精神，「社區環境」大於「節能減碳」，政府機關則認為「節能減碳」較「社區環境」更為重要；綜合結果，「人本交通(管理面)」(45.4%)為成為生態交通社區最重要之標的，其次為「社區環境(硬體面)」(29.1%)、「節能減碳」(25.5%)。

(二) 由本研究可知，生態交通社區為：透過「人本交通」之實踐，以交通管理之手段營造友善步行或腳踏車等非機動運具之社區環境，再藉由社區環境再造，提供居民舒適、共享之宜居環境，最後甫以鼓勵搭乘大眾運輸工具、使用共享運具之策略，降低碳足跡，提高能源使用效率，達到節能減碳之目標；與地方政府永續發展理事會(ICLEI-Local Governments for Sustainability)之定義一致。

#### 二、 生態交通社區模式結果

(一) 由本模式可得，預算初始值其邊際效益為 1.3，當預算增加 2 倍至 7 倍之區間，其邊際效益均未達 1，由此區間可知，欲達成生態交通社區之

目標，可透過交通管理手段將社區道路速限降低，並了解社區內易生事故之地點進行交通改善，以短期、低成本之「人本交通（管理面）」手段進行其成效最佳。

- （二）當預算由 7 倍增至 8 倍時，可得邊際效益最高 1.52，故欲達成生態交通社區之目標，建議朝補助淘汰燃油機車換購電動機車，民眾接受度最高，可達最佳邊際效益。
- （三）當預算由 8 倍增至 18 倍之區間邊其效益均大於 1，主要執行策略以補助淘汰燃油機車換購電動機車為主軸，再輔以道路速限、易肇事地點改善、改善人行環境、鼓勵使用大眾運輸系統、廣設公共腳踏車租賃站等方式搭配，作為打造生態交通社區之行動方案。
- （四）當預算由 19 倍起往上倍增，則邊際效益均小於 1 並持續遞減，其中建置區外停車場、打造社區公園廣場等方式，因成本高且獲得之效益不佳，除非預算相當充裕，否則為最不建議啟動之執行策略。

## 6.2 建議

本研究將以研究結果與高雄市生態交通全球盛典經驗中提出建議，並提供未來研究與政策執行之意見：

- （一）加入地方民意做為模式變數

本研究僅針對產官學研界調查，得出之結果符合官方之期待，惟社區環境之改造，尚需積極參酌當地居民之意見，由下而上始能持續推動，達永續發展之目標，

- （二）加強地方參與溝通

生態交通社區之新思維與傳統民眾認知與習慣落差大，在執行過程中往往遭遇反彈聲浪，建議地方政府在未來執行過程中，加強與居民溝通互動，提高方案之可行性。

- （三）確認生態交通社區執行方向

打造生態交通社區需投入大量資源與成本，像是燃油車汰換電動車補助、建置共享運具租賃站、人行環境改善、建置區外停車場等均需投入龐大成本，而且每項資源所得之成果不同，所以在有限的預算限制下，投入資源是否符合當地民眾需求，達最大效益，則需透過事前的調查、與居民之溝通協調，再編列相關預算投入，才能獲得預期之成果。

#### （四）協助地方舉辦社區活動

地方政府永續發展理事會(ICLEI-Local Governments for Sustainability)對於生態交通社區給予一重要精神指標「社區凝聚力」，社區環境的改變，除了落實環境永續之目標外，更期能提高居民生活品質，更多社區公共空間，促進社區之凝聚力，成為互助互信安居的社區。



## 參考文獻

- 胡大瀛、吳宥萱、張雅涵，李佩憶(2014)。都市運輸系統發展之永續性評估與分析——以五都為例。中華民國運輸學會 104 年年會暨學術論文研討會論文集第二冊，第 793-816 頁
- 胡大瀛、吳宥萱(2016)。災害下考量永續因素之運輸系統恢復力最佳化模型建立之研究。運輸計畫季刊，第四十五卷，第四期，第 277-300 頁
- 黃書禮、翁瑞豪、陳子淳(1997)。台北市永續發展指標系統之建立與評估。都市計畫第二十四卷，第一期，第 23-42 頁
- 許添本(2003)。人本交通與綠色交通的發展理念。都市交通季刊，第十八卷，第三期，第 41-52 頁
- 楊永妙、賈凱傑(2006)。應用神秘客調查法於服務業服務品質-以國內航空公司第一線電話服務為例。第 10 屆科際整合管理研討會，第 249-264 頁
- 褚志鵬(2009)。層級分析法(AHP)理論與實作
- 李永展、林士堅、黃慶銘(2008)。臺北市永續發展指數之建構及應用。中華民國建築學會「建築學報」第 65 期,第 1-26 頁
- 張新立、陳賓權(2011)。永續運輸政策認知之實證研究博士論文

丁吉峯、程慶偉(2012)。從貨櫃航商之觀點評估綠色航運績效指標。航運季刊，第二十一卷，第三期，第 25-43 頁

高雄市政府環境保護局(2018 年 1 月 5 日)。大眾運輸免費措施滿月 車流量及污染  
物均減少。取自 <http://www.ksepb.gov.tw/News/Show/15976>

高雄市政府交通局(2018) 。2017 盛典績效檢討報告

韓國水原市(2013) 。生態交通全球盛典成果書

Awasthi, A., & Chauhan, S. S. (2011), *Using AHP and Dempster–Shafer theory for evaluating sustainable transport solutions*, Environmental Modelling & Software, 26(6), 787-796.

Haghshenas, H., & Vaziri, M. (2012), *Urban sustainable transportation indicators for global comparison*, Ecological Indicators, 15(1), 115-121.

Iucn, U. (1991). WWF (1991) *Caring for the Earth: a strategy for sustainable living*. IUCN, UNEP, WWF, Gland.

Lee, Y. J., & Huang, C. M. (2007), *Sustainability index for Taipei*, Environmental Impact Assessment Review, 27(6), 505-521.

OECD(1990). *Environmental Policies for Cities in the 1990s*. Paris: OECD.

Roseland, M. (1991). *Toward sustainable cities*. Ecodecision, 3, 48-52.

Saaty Thomas L.(1990).*Decision Making For Leaders-the analytic hierarchy process for decisions in a complex world*,Pittsburgh, PA: RWS Publications.

Saaty Thomas L.(1994).*Fundamentals of decision making with the analytic hierarchy process*, PA: RWS Publications.

UNCHS(1995),. *Using Indicators in Policy*, Indicators Newsletter 3:1-8. United Nations Centre for Human Settlements (Habitat).



## 附錄一

### AHP 專家問卷發送名單

| 領域        | 專家服務單位及職稱            | 姓名  |
|-----------|----------------------|-----|
| 產<br>(4)  | 印可策略整合行銷有限公司<br>專案總監 | 楊○○ |
|           | 高雄捷運(股)公司資深管理師       | 班○○ |
|           | 永合工程顧問有限公司經理         | 蔡○○ |
|           | 高達能源(股)公司經理          | 王○○ |
| 官<br>(7)  | 高雄市政府交通局簡任技正         | 陳○○ |
|           | 臺中市政府交通局科長           | 林○○ |
|           | 高雄市政府交通局股長           | 許○○ |
|           | 臺中市政府交通局股長           | 蔡○○ |
|           | 高雄市政府觀光局秘書           | 胡○○ |
|           | 高雄市政府交通局技士           | 賴○○ |
|           | 高雄市政府交通局技士           | 徐○○ |
| 學研<br>(7) | 台灣大學土木所教授            | 許○○ |
|           | 成功大學交管所教授            | 鄭○○ |
|           |                      | 林○○ |
|           | 交通大學運管所教授            | 邱○○ |
|           |                      | 馮○○ |
|           | 交通部運輸研究所主任秘書         | 蘇○○ |
|           | 台灣綜合研究院-研究二所所長       | 陳○○ |
| 總計        | 共計 18 份              |     |

## 附錄二

### 生態交通社區評估模式之建立與應用

#### AHP 專家問卷

敬啟者：

您好，這是一份探討生態交通社區評估模式研究的專家問卷，主要目的為探討以人為本、並以綠色運具為導向之社區發展及重要參數與權重，並納入永續作為考量因素，且以 2017 年高雄生態交通全球慶典作為實證研究分析。期盼各領域惠賜專業卓見，作為未來政府推動生態交通社區之決策參考。

本問卷純屬學術性之調查，填答內容絕對保密，請您放心作答。為使研究順利進行，敬請在 2018 年 7 月 31 日前填寫完畢，以 e-mail 方式傳回問卷，非常感謝您的協助！問卷填答期間若有任何疑問或建議，敬請隨時指教，再次謝謝您的支持！

#### 【問卷說明】

1. 本問卷包含以下兩部分：壹、基本理念及定義說明。貳、AHP 專家問卷。
2. 請您針對成為生態交通社區三項標的與九項指標間之相對重要性進行評估。

## 壹、 基本理念說明

### (一) 生態交通(Ecomobility)概念

「生態交通」係指給予步行、騎單車和使用共享運具、公共運輸系統優先之運輸環境，透過整合，讓每個旅次都能對環境友善，讓人們不再仰賴私人運具，更可由在地社區與組織，營造社區永續發展之態度，改善居民生活品質，提供居民更多元的運具選擇，以及善用社區公共空間，促進社區的凝聚力。根據本研究整理，與生態交通相關指標歸納如下；三項標的：節能減碳、社區環境、人本交通，九項指標：大眾運輸使用人次、共享運具選擇多樣性、電動運具占總車輛數之比例、區外停車場使用率、人均使用社區公共空間面積、人行道占總道路長度之比例、非機動運具旅次數、汽車進入社區主要道路速限、社區內事故發生數，標的與指標說明整理於後表 1。

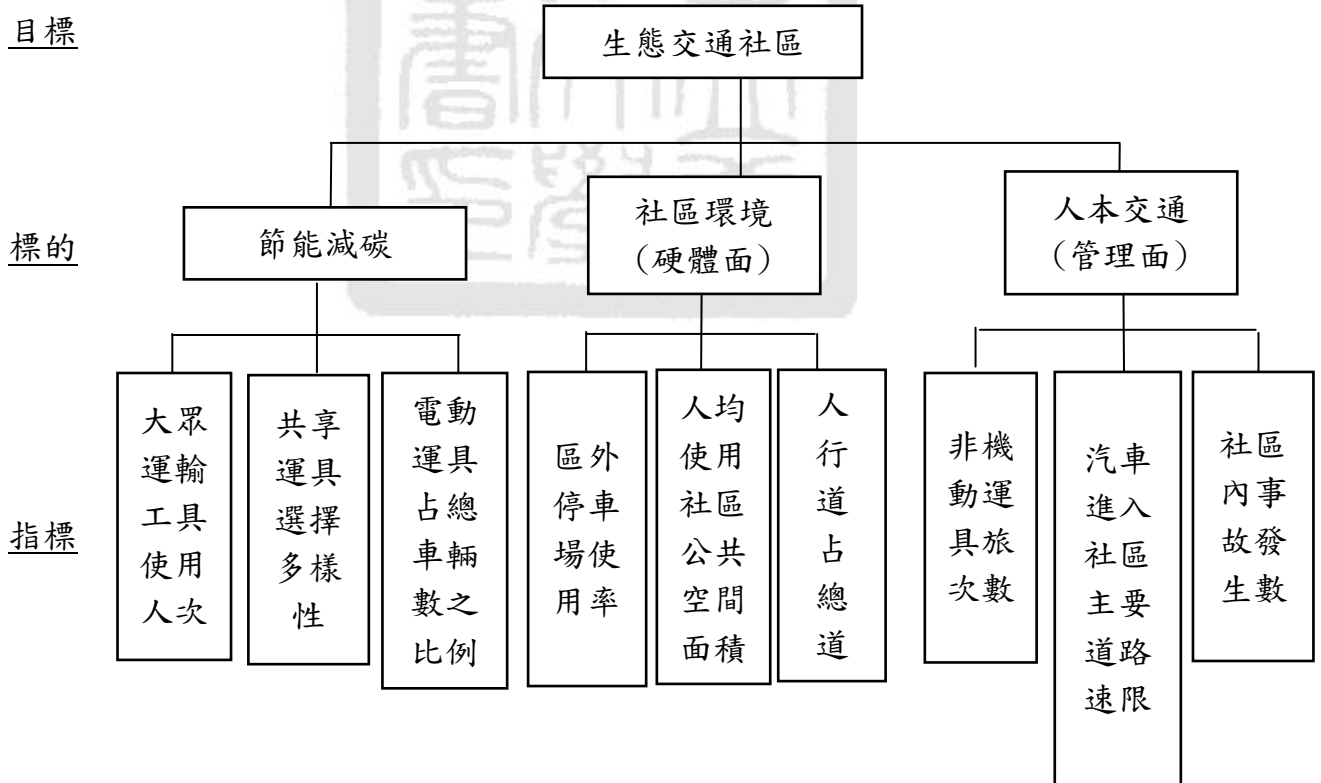


圖 1 生態交通社區層級架構圖

## （二）決策標的之定義與應用實例說明—2017 生態交通全球盛典

打造低碳永續發展之環境，為現今各都市致力之方向，行政院於 106 年底針對改善空氣品質提出-空氣污染防制行動方案，並訂定數項指標性政策目標，包括：

1. 2019 年空污紅害減半。
2. 2030 年新購公務車輛及公共運輸大巴士全面電動化。
3. 2035 年新售機車全面電動化。
4. 2040 年新售汽車全面電動化。

高雄為我國第一個加入地方政府永續發展理事會（ICLEI-Local Governments for Sustainability）的城市，該組織是一個強調以城市角度及政府層級，推廣永續、韌性、宜居及低碳環境政策，是全球最具影響力的地方政府永續發展組織之一。為落實永續、低碳、宜居的生活環境，於每兩年一次，選定一個城市，將一個社區進行環境改造提昇，透過一個月的活動，打造生態交通示範區，讓民眾親身體驗以更環保之方式移動所帶來的好處，進而影響日後的生活型態選擇。2013 年第一屆在韓國的水原市，2015 年第二屆在南非的約翰尼斯堡，2017 年 10 月則擇定臺灣高雄的哈瑪星社區舉辦。

高雄哈瑪星生態交通示範區於活動期間，透過管制燃油汽車、外來燃油機車的使用，提供電動接駁公車、電動三輪車、電動機車、自行車等綠能運具作為替代運具，並透過環境的改善，重新調整道路配置規劃人行空間，並將社區閒置空間重新再造，期能打造人本、低碳的交通運輸環境。生態交通示範區範圍為高雄市鼓山區臨海二路、臨海一路、濱海二路、濱海一路所圍之範圍，詳如下圖 2。



圖 2 生態交通示範區

表 1 生態交通社區之三項標的與九個衡量指標說明

| 標的   | 4. 節能減碳(Conserve energy to reduce carbon emission)                                                        |    |                                                                                                                                                                                    |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 定義   | 本標的旨在衡量各項行動方案下減少能源浪費、碳排放，提升環境品質                                                                           |    |                                                                                                                                                                                    |
| 評估指標 | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 大眾運輸使用人次</li> <li>● 共享運具選擇多樣性</li> <li>● 電動運具占總車輛數之比例</li> </ul> | 說明 | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 整體旅次大眾運輸使用人次越高，相對人們移動過程所消耗之能源越低、效率越高</li> <li>● 共享運具選擇性越多，則相對提高社區居民移動之選擇，減少私人運具之使用與購買。</li> <li>● 電動車占社區總車輛數之比例越高，燃油車輛廢氣排放相對越少</li> </ul> |

| 標的   | 5. 社區環境(Community Environment)－硬體面                                                                          |    |                                                                                                                                        |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 定義   | 本標的旨在衡量各項行動方案下提供社區居民更友善之生活環境                                                                                |    |                                                                                                                                        |
| 評估指標 | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 區外停車場使用率</li> <li>● 人均使用社區公共空間面積</li> <li>● 人行道占總道路長度之比</li> </ul> | 說明 | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 社區外停車場使用率越高，則表示居民願意將私人運具停放在社區外的比例越高，社區交通環境相對安全</li> <li>● 社區休閒遊憩之公共空間越多，相對社區環境品質越高</li> </ul> |

|  |   |  |                                                                          |
|--|---|--|--------------------------------------------------------------------------|
|  | 例 |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 道路人行道長度越長，則相對人行環境越安全</li> </ul> |
|--|---|--|--------------------------------------------------------------------------|

|      |                                                                                                           |    |                                                                                                                                                                   |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 標的   | 6. 人本交通(People Centered Mobility)－管理面                                                                     |    |                                                                                                                                                                   |
| 定義   | 本標的旨在各行動方案下，以管理手段鼓勵居民使用非機動運具，限制車輛行駛於區內之速度，減少事故之發生。                                                        |    |                                                                                                                                                                   |
| 評估指標 | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 非機動運具旅次數</li> <li>● 汽車進入社區主要道路速度</li> <li>● 社區內事故發生件數</li> </ul> | 說明 | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 民眾透過步行、自行車等非機動運具之比例越高，則表示該社區越為人本交通社區</li> <li>● 汽車進入社區道路速度速度限越低，則越友善交通環境</li> <li>● 社區交通事故發生件數越少，則代表社區交通環境越安全</li> </ul> |

## 貳、 AHP 專家問卷

### (一) 層級分析法(Analytical Hierarchy Process, AHP)

層級分析法是由美國匹茲堡大學沙堤教授 (T.L. Saaty) 於 1971 年所發展出的一套有系統之決策模式，其方法為藉由兩兩成對比較以分析其層次與層級關係，並透過量化判斷以建構各變項之階層體系及相對權重值。

### (二) 層級架構圖

本研究欲應用層級分析法決定各指標間之重要性，以做為後續研究建立生態交通社區模式之重要依據。本研究之系統績效主要包含三大項與九項指標，如圖 3 所示。

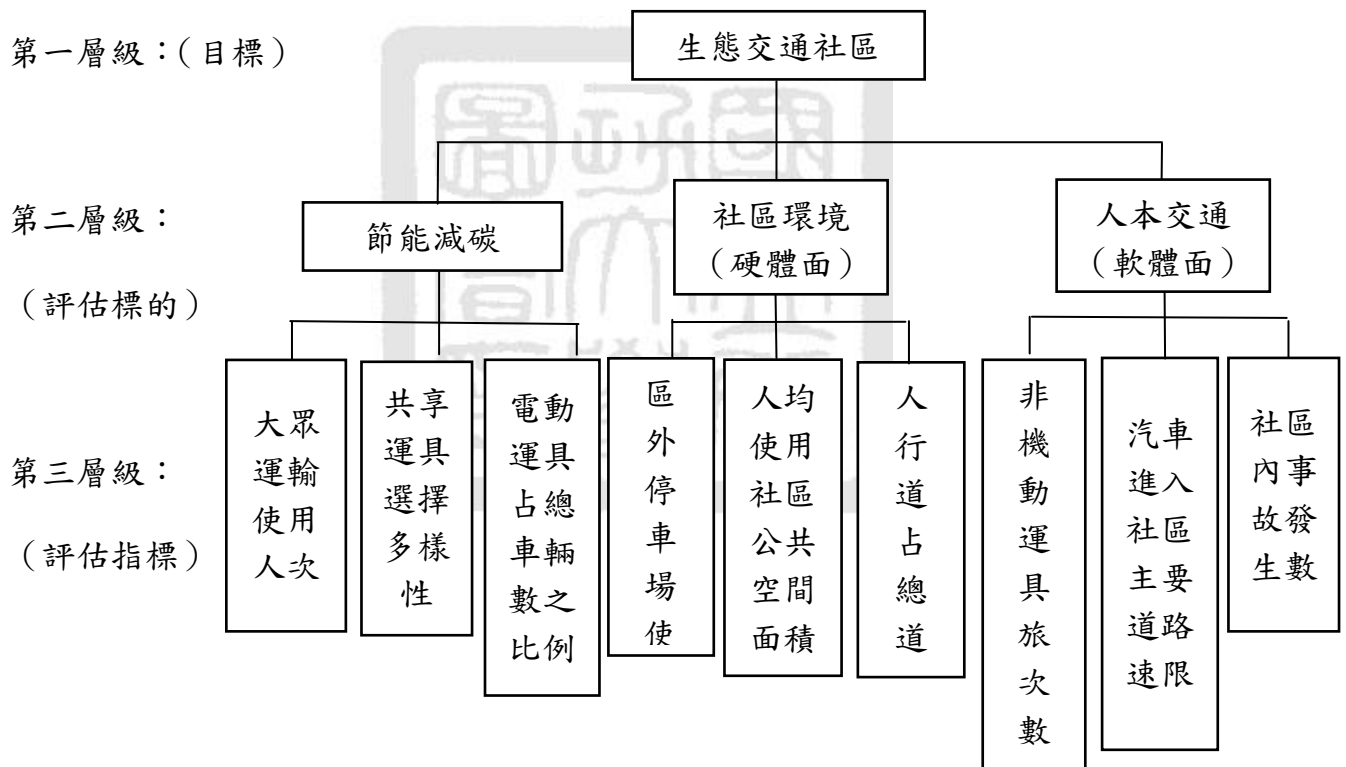


圖 3 整體問題層級架構圖

### (三) 填答方法

1. 邏輯之一致性是填寫 AHP 問卷之必要條件，若標的、指標項目  $A > B$  且  $A < C$ ，則  $B < C$  必須成立，否則將導致該份問卷無效。
2. 重要程度之中文說明（絕強、極強...等）係以 X 標的項為基準來對照 Y 標的項，「9:1」表示 X 與 Y 標的重要程度之比值。當勾選愈靠近 X 標的項，表示 X 標的較 Y 標的愈重要；反之，勾選愈靠近 Y 標的項則表示其較 X 標的項愈重要。

### (四) 填答範例

如下表 2 所示，假設您認為「大眾運輸使用人次」較「汽車進入社區流量」不重要，且其相對重要程度為 1:3，請於 1:3 之空格內打「V」；若「大眾運輸使用人次」較「區外停車場使用率」重要，且其相對重要程度為 6:1，請於 6:1 之空格內打「V」。

表 2 AHP 問卷填答範例

| X 指標項    | 重要程度 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | Y 指標項        |
|----------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------------|
|          | 絕強   |     | 極強  |     | 強   |     | 稍強  |     | 等強  |     | 稍弱  |     | 弱   |     | 極弱  |     | 絕弱  |              |
|          | 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 |              |
| 大眾運輸使用人次 |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     | V   |     |     |     |     |     |     | 共享運具選擇多樣性    |
| 大眾運輸使用人次 |      |     |     | V   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 電動運具占總車輛數之比例 |

### (五) AHP 問卷題目

請針對**建立生態交通社區**之三個標的（節能減碳、社區環境、人本交通）與九個指標（空氣污染—大眾運輸使用人次、共享運具選擇多樣性、電動運具占總車輛數之比例；社區環境—區外停車場使用率、人均使用社區公共空間面積、人行道占總道路長度之比例；人本交通—非機動運具旅次數、汽車進入社區主要道路速限、社區內事故發生件數）中，進行相對權重的判斷。

#### 1. 請判斷下列三項標的之相對重要性。

| X 指標項 | 重要程度 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | Y 指標項 |
|-------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
|       | 絕強   |     | 極強  |     | 強   |     | 稍強  |     | 等強  |     | 稍弱  |     | 弱   |     | 極弱  |     | 絕弱  |       |
|       | 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 |       |
| 節能減碳  |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 社區環境  |
| 節能減碳  |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 人本交通  |
| 社區環境  |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 人本交通  |

2. 請判斷下列各標的下之指標相對重要性。

(1) 節能減碳

| X 指標項      | 重要程度 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | Y 指標項        |
|------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------------|
|            | 絕強   |     | 極強  |     | 強   |     | 稍強  |     | 等強  |     | 稍弱  |     | 弱   |     | 極弱  |     | 絕弱  |              |
|            | 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 |              |
| 大眾運輸工具使用人次 |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 共享運具選擇多樣性    |
| 大眾運輸工具使用人次 |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 電動運具占總車輛數之比例 |
| 共享運具選擇多樣性  |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 電動運具占總車輛數之比例 |

(2) 區環境(硬體面)

| X 指標項        | 重要程度 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | Y 指標項        |
|--------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------------|
|              | 絕強   |     | 極強  |     | 強   |     | 稍強  |     | 等強  |     | 稍弱  |     | 弱   |     | 極弱  |     | 絕弱  |              |
|              | 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 |              |
| 區外停車場使用率     |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 人均使用社區公共空間面積 |
| 區外停車場使用率     |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 人行道占道總路長度之比例 |
| 人均使用社區公共空間面積 |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 人行道占道總路長度之比例 |

### (3) 人本交通(管理面)

| X 指標項        | 重要程度 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | Y 指標項        |
|--------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------------|
|              | 絕強   |     | 極強  |     | 強   |     | 稍強  |     | 等強  |     | 稍弱  |     | 弱   |     | 極弱  |     | 絕弱  |              |
|              | 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 |              |
| 非機動運具旅次數     |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 汽車進入社區主要道路速限 |
| 非機動運具旅次數     |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 社區內事故發生數     |
| 汽車進入社區主要道路速限 |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 社區內事故發生數     |

### 3. 填答者基本資料

(1) 姓名 \_\_\_\_\_

(2) 服務單位 \_\_\_\_\_

(3) 職稱 \_\_\_\_\_

(4) 填答日期 \_\_\_\_\_

(5) 聯絡 E-MAIL \_\_\_\_\_

(6) 聯絡電話 \_\_\_\_\_

(7) 寶貴建議

【請確認以上題目皆已填答】

【問卷調查到此結束，由衷感謝您的協助！】