

都市旅次總成本模式構建之研究

DEVELOPMENT OF URBAN FULL TRIP COST MODELS

張學孔 Shyue-Koong Chang¹

郭瑜堅 Yu-Jian Guo²

(95 年 6 月 14 日收稿，95 年 11 月 5 日第一次修改，95 年 12 月 25 日
第二次修改，96 年 5 月 5 日定稿)

摘 要

都市運輸相關之「基礎建設投資」、「各類運具稅費」、「公共運輸補貼」與「監督管理機制」等重大政策與措施之研訂，必須以公平合理與量化分析結果為依據，而「旅次總成本」(full trip cost) 之數量化分析，即為其中重要之基礎工作。過去對於旅次總成本之研究，大多是針對特定、局部的成本進行分析與比較，缺乏一套完整之分析方法。本研究首先透過文獻回顧，分析彙總不同運具總成本所應涵蓋之項目，並將各種運具之外部性納入分析，以作為模式構建之基礎；其次，本研究經由對運具各項成本分析與探討，依社會總成本之觀點，建立一套旅次總成本分析模式。最後以臺北都會區為例，依所建模式分析推求各種運具單位公里成本以及每旅次鏈總成本，並就數值分析結果討論其政策意涵。本研究構建之一般化旅次總成本模式，可應用分析其他都市旅次總成本，亦可作為政府制訂運輸政策及績效評估之工具。

關鍵詞：永續發展、都市運輸、政策評估、旅次總成本、外部性

-
1. 國立臺灣大學土木工程學系教授 (聯絡地址：10617 臺北市羅斯福路 4 段 1 號臺灣大學土木工程學系；電話：+886-2-23625920 轉 304；E-mail：skchang@ntu.edu.tw)。
 2. 國立臺灣大學土木工程學系博士候選人 (聯絡地址：10617 臺北市羅斯福路 4 段 1 號臺灣大學土木工程學系；電話：+886-2-23625920 轉 404，E-mail：d92521012@ntu.edu.tw)。

ABSTRACT

Urban transportation policies concerning capital investment on infrastructures, pricing and taxations of various transportation modes, subsidies for public transportation, as well as monitoring and management systems should be formulated and assessed based on fair and reasonable quantitative analyses, such as the quantitative analysis of full trip costs. Although lots of studies have examined and compared trip costs of various modes, there hasn't been a comprehensive methodology available to analyze the full trip costs. This study aims to develop full trip cost models of urban transportation modes. First, this paper identifies components of full trip costs and analyzes the externality of various modes through intensive literature reviews. Then, the paper proposes a framework of the full trip cost models for urban transportation modes. Finally, this paper applies the models to quantify full costs of trip chains in the Taipei metropolitan and discusses implications of results on transportation policies. It is concluded that methodology developed in this study can also be applied for other cities and considered as measures of effectiveness for assessing transportation policies and strategies.

Key Words: Sustainable development; Urban transportation; Policy evaluation; Full trip cost; Externality

一、緒 論

都市運輸政策之制訂，需基於公平合理基礎與永續發展思維，而運輸政策中相關之「基礎建設投資」、「各類運具稅費」、「公共運輸補貼」與「監督管理機制」等措施，必須依賴客觀量化分析與評估基礎，始能形成公平合理的方案。其中，運輸工具之「旅次總成本」(full trip cost) 量化分析，則是研擬、評估運輸政策方案重要之依據。從社會總成本的觀點，運輸行為所產生之成本，有一大部分是「外部成本」(external cost)，而外部成本未能合理予以內部化亦成為運輸系統未能符合社會永續、財務永續，並造成資源錯置之主因。根據 Litman^[1]之研究指出，機動車輛之總成本中有 1/3 為外部成本 (見表 1)，在都市區域之尖峰時段此外部成本比例更高達 46%。世界各大都市之私人機動運輸工具使用仍占相當大之比例，以臺北都會區為例，雖然在政府明確政策之推行下，大眾運輸使用率已經逐漸提高，但以目前運具使用比例觀之，大眾運輸市場占有率仍有值得大幅努力空間，而其中未合理考量各種運輸工具所產生之外部成本，是私人機動車輛使用比例居高不下的重要原因之一。就外部影響內部化理論而言，合理考量外部影響並落實外部影響內部化機制，將會使各種運具之使用率因成本結構之變化而趨於合理；但改變後之合理組成為何、因應之政策會產生何種影響，則必須透過量化工具與模式進行分析。

都市運具所產生之總成本可以歸納為「使用者金錢成本」、「基礎設施成本」、「旅行時間成本」與「外部成本」等四類^[2,3]，而 Qin 等人^[4]將其分為「道路設施」、「運具

使用」(私人機動車輛或公共運輸營運)、以及「外部成本」三項，但無論如何分類，其中「外部成本」是過去政策制訂與績效評估過程中最常被忽略或低估的重要項目；此一忽略或低估所造成之結果，即是私人機動運輸工具大量增加，而在惡性循環下，又進一步產生了更高之外部成本，如此將引發更多局部滿足私人機動車輛的基礎建設投資，因而形成更多資源錯置與誤用，使整體環境逐漸背離社會公平以及永續發展的目標，此為都市發展與交通政策必須思考的重要課題。

旅次總成本包含旅次行為中所產生之所有成本，若欲以客觀、公平之方式來計算旅次之總成本，則必須對運具之成本項目及使用方式加以分析。旅次總成本牽涉之內容廣泛，包括使用運輸工具之固定成本、變動成本，政府提供及維護之基礎設施成本、旅行時間成本，還有最具爭議性之外部成本；而旅次鏈之轉乘與接駁之問題，更是在大眾運輸旅次中必須加以探討的。本研究係從社會總成本觀點為基礎，針對各種運輸工具之「使用者金錢成本」、「基礎建設成本」、「旅行時間成本」與「外部成本」內容進行分析，並經由對旅次行為之探討，構建旅次總成本分析模式。研究中並以臺北都會區為例作實證分析，藉以了解本研究所構建模式，在運輸政策及策略分析上之應用能力與可能之限制。本文以下首先對於相關研究文獻進行回顧分析以歸納上述四項成本內涵，接著針對各種旅次之成本構建模式；其次，說明實證分析之結果，同時基於量化結果討論政策意涵，最後提出具體的結論與建議。

表 1 加拿大之運具總成本結構

成本分類	總成本	內部成本		外部成本	
單位	每英哩	每英哩	百分比	每英哩	百分比
都市尖峰	\$ 1.32	\$ 0.71	54%	\$ 0.61	46%
都市離峰	\$ 1.05	\$ 0.71	68%	\$ 0.34	32%
郊區	\$ 0.84	\$ 0.64	76%	\$ 0.20	24%
平均	\$ 0.99	\$ 0.67	68%	\$ 0.32	32%

註：「總成本」、「內部成本」與「外部成本」係指都市內各種運具之平均成本
資料來源：Litman^[1]

二、文獻回顧

對於運輸部門而言，過去對於「成本」係概分為「基本設施與運輸工具」及「營運費用」等兩大部分，運輸服務的產生必須仰賴此兩者之結合。其中，營運費用就國民生產而言，除包括運具的管理與運轉費用、營業與一般管理所稱之運送事業費用外，尚必須加入「第三者產生之外部性負擔」之外部經濟成本，如交通公害與交通事故成本，如此才能構

成交通運輸系統的總體社會成本^[5]。以下則分別回顧相關研究探討道路運輸工具以及軌道系統所應負擔的成本項目與內容。

2.1 道路運輸總成本分析

趙捷謙^[6]在考慮道路方面之成本時，假設道路為政府部門所擁有，車輛則為數量相當龐大之經濟主體所有，此假設主要是認為道路所有人不同時擁有車輛並經營之，以別於軌道運輸之營運，分類方式如表 2 所示。由表中可知在外部成本之考量上，只討論擁擠成本而未包括污染肇事等其他外部成本，而在五項成本項目中，只有第四項的行車成本會出現在使用道路者之私人成本帳。黃立國^[7]在「公路投資之成本效益分析方法」中，將公路投資成本分為「直接」與「間接」成本來探討。其中，直接成本包括計畫、行政與發展成本、建築成本、資本市場利息成本、養護與改善成本及監理成本。間接成本包括生產時間及一般自由時間損失、交通擁擠成本、環境受損成本、肇事成本及使國民經濟發生空間變動之影響。

表 2 趙捷謙的道路運輸成本分類方式

歸類	項 目	說 明
道 路 成 本	1.道路建造固定成本	長期契約支出一土地與建造之成本
	2.與交通量有關之維修成本	車輛通過所造成路面耗損包括警察成本，與交通量成正比，為變動維修成本
	3.與交通量無關之維修成本	路面經由氣候及時間所引起之維修成本
使 用 成 本	1.行車成本	行車所發生之費用
	2.擁擠成本	當車輛數過多，每增加一輛車所造成其他車輛速度之降低

資料來源：趙捷謙^[6]

李孟峰等人^[8]探討國內運具之行車成本時，將成本項目分為「固定成本」與「變動成本」兩大類。其中「固定成本」包括：牌照稅、燃料費、保險費、行車人員薪資、利息費用及折舊等六項；「變動成本」包括燃油、附屬油料輪胎維修費、板金維修費引擎維修費、其他維修費、清潔費、停車費、通行費（包括過橋費）及意外事故支出（不包括保險公司理賠）等十項。張學孔、盧曉櫻^[9]考量公車與汽車的競爭行為以求解最適公車費率時，針對公車及小汽車所考慮的使用者成本亦有所不同，就汽車而言，包括產生一旅次所需花費的直接金錢成本（out-of-pocket cost）和旅行時間成本；至於公車方面，則考量公車旅次成本只需包括時間成本，而將票價視為獲得公車業者提供服務而應有的「移轉性支付」(transfer payment)。臺北市捷運工程局^[10]在進行臺北都會區整體需求預測時，就私人運具而言，將

成本分為「直接金錢成本」、「時間金錢成本」、以及「間接成本」等三大項，如表 3 所示；而大眾運具部分，則分成業者提供服務之成本與使用者需付出之成本兩方面，其中業者方面，包括直接成本與間接金錢成本，而使用者方面則包括票價及時間成本（區分成車上及車外兩種時間成本）。

表 3 捷運局採用的私人成本分類方式

直接金錢成本	油料、輪胎、維修、清洗成本、停車費、過橋費
時間金錢成本	旅行時間價值成本
間 接 成 本	車禍支出、稅金、折舊、利息、保險費

資料來源：臺北市捷運工程局^[10]

Mayeres 等人^[11]調查了各種都市運具之邊際社會成本，包含邊際外部擁擠、空氣污染、噪音和肇事成本等。該研究認為部分之外部成本可透過空污稅之徵收、第三責任險的實行等機制而予以內部化，但大部分運輸之外部成本仍未受到應有之重視。表 4 則為 Mayeres 等人^[11]所認為之相關道路運輸之社會成本。

表 4 道路運輸的社會成本

主 題	內部成本	外部成本
私人資源成本	平均資源成本	因為額外車輛的加入而降低車流的速度，導致其他車輛資源成本的改變
時間成本	平均時間成本	因為額外車輛的加入而降低車流的速度，導致其他車輛使用者時間的損失
肇事	結合平均風險的成本 (除直接經濟成本外)	增加的肇事意外成本+結合平均意外風險的直接成本
空氣污染	—	對於社會其他人的損害
氣候變遷	—	對於社會其他人與下一代之損害
噪音	車輛駕駛人的損害	對鄰近地區所造成之損害

資料來源：Mayeres 等人^[11]

澳洲道路協會 (AUSTROADS^[12]) 在 1994 年之旅次成本 (cost of personal travel) 分析中提出，道路運輸工具所包含之成本包括「變動成本」(variable cost)、「固定成本」(fixed)、「相關成本」(correlated Cost)、「無相關成本」(uncorrelated cost) 與「感知成本」(perceived cost)、「未感知成本」(unperceived cost)，各成本項目之內容與分類如表 5 所示。

Qin 等人^[4]依照使用運輸工具種類探討其總成本內容，該研究提出運具應包括的完整成本項目如圖 1 及圖 2 所示。Qin 等人^[4]著重在確定各運具之成本內涵，並未提及此成本是應由政府、使用者或是整體社會負擔。因此為避免造成重複計算，關於稅費及大眾運輸的費率並未出現在各運具的成本項目中。另外，該研究將旅行時間成本視為外部成本，主要乃因不論是擁擠成本或非擁擠成本，對於社會而言皆為生產資源的損失。

表 5 澳洲道路協會彙整之道路運輸使用成本

成本項目	成本類型	註 解
通行費	V,C,P	
燃料	V,C,P	
機油	V,C,U	
輪胎	V,C,U	
維修保養	V,C,U	
居家庭車費	F,C,U	
停車費	V,C,U	在共用停車場之停車費
持有成本	F,C,U	
保險	F,N,U	
肇事修理	V,C,N	肇事保險所不包括之部分
登記費用	F,N,U	
運輸機構相關會員費	F,N,U	
駕照費用	F,N,U	
違規費用	V,N,U	

註：1.變動成本 (V)：隨里程增加之成本。

2.固定成本 (F)：不隨里程增加之成本。

3.相關成本 (C)：完全由使用者所負擔之成本。

4.不相關之成本 (N)：不完全由使用者所負擔之成本。

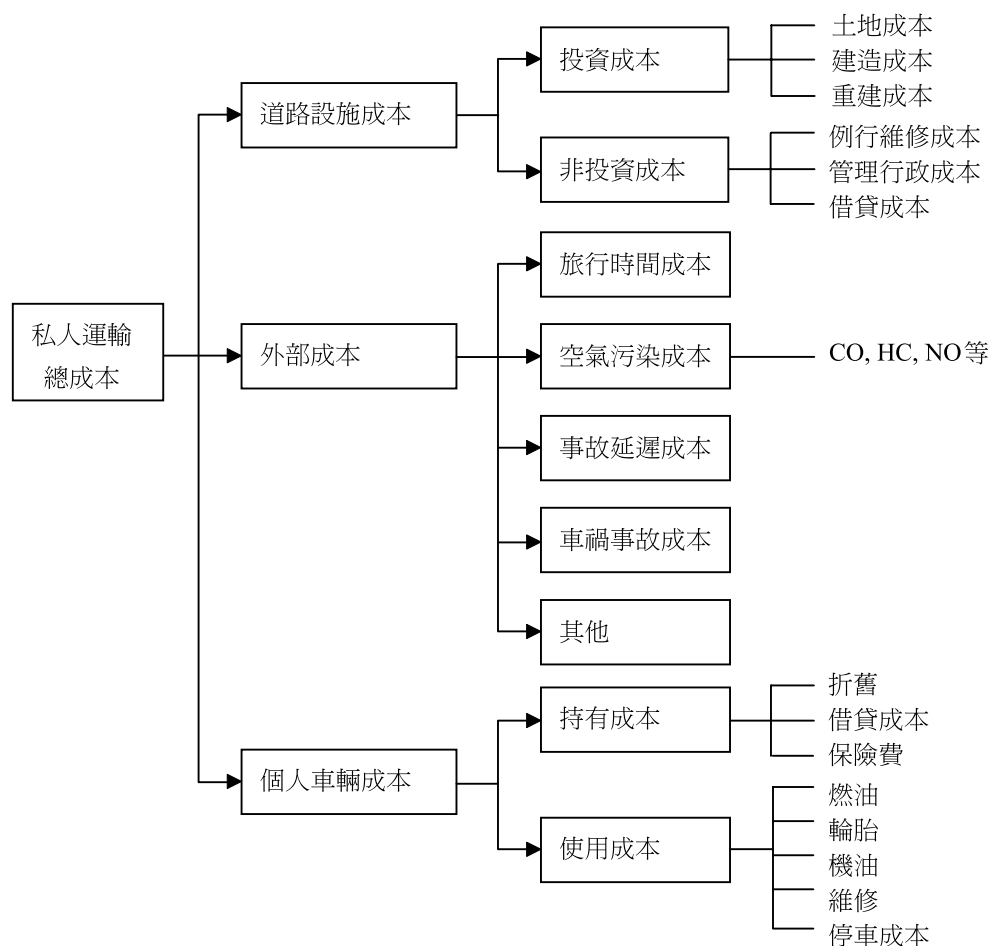
5.感知成本 (P)：使用者在使用中所能察覺之成本 (如：汽油)。

6.非感知成本 (U)：使用者在使用中不能察覺之成本 (如：保養、維修)。

資料來源：AUSTROADS^[12]

Mayeres 等人^[11]曾針對比利時進行實證分析，研究中以邊際成本決定運具最適定價。但固定成本方面並未討論，而關於變動成本部分，則按照「汽車」及「公車」分別予以考量。該研究考慮之成本項目包括下列五項：(1) 平均變動金錢成本；(2) 邊際外部擁擠成本；(3) 邊際外部空氣污染成本；(4) 邊際外部噪音成本；以及 (5) 邊際外部肇事成本。該研究在該五項邊際成本分析中，假設擁擠成本與交通量有關，其餘皆假設為固定值。另外，在

金錢成本項目，汽車及公車考慮的內容並不相同。就汽車而言，乃以使用者之觀點計算，包括：油料、輪胎維修等生產成本，而關於稅費則視為政策性工具。就公車而言，則從營運者之觀點計算人事成本、能源、材料、以及維修成本。



資料來源：Qin 等人^[4]

圖 1 私人機動運具總成本

2.2 軌道運輸總成本

張國平等人^[13]在研究臺鐵客運與貨運費率公式中，曾根據臺鐵的會計科目建議設立與公路運輸業類似之「能源」、「用人」、「維修」、「業務」、「資金」等五大成本項目，如表 6 所示。

Qin 等人^[4]強調提供及使用軌道運輸之總成本和處理道路運具成本理論相同，由於 Qin 等人^[4]之研究著重社會所付出的資源，因此其成本內容除包含提供該運具所需付出的

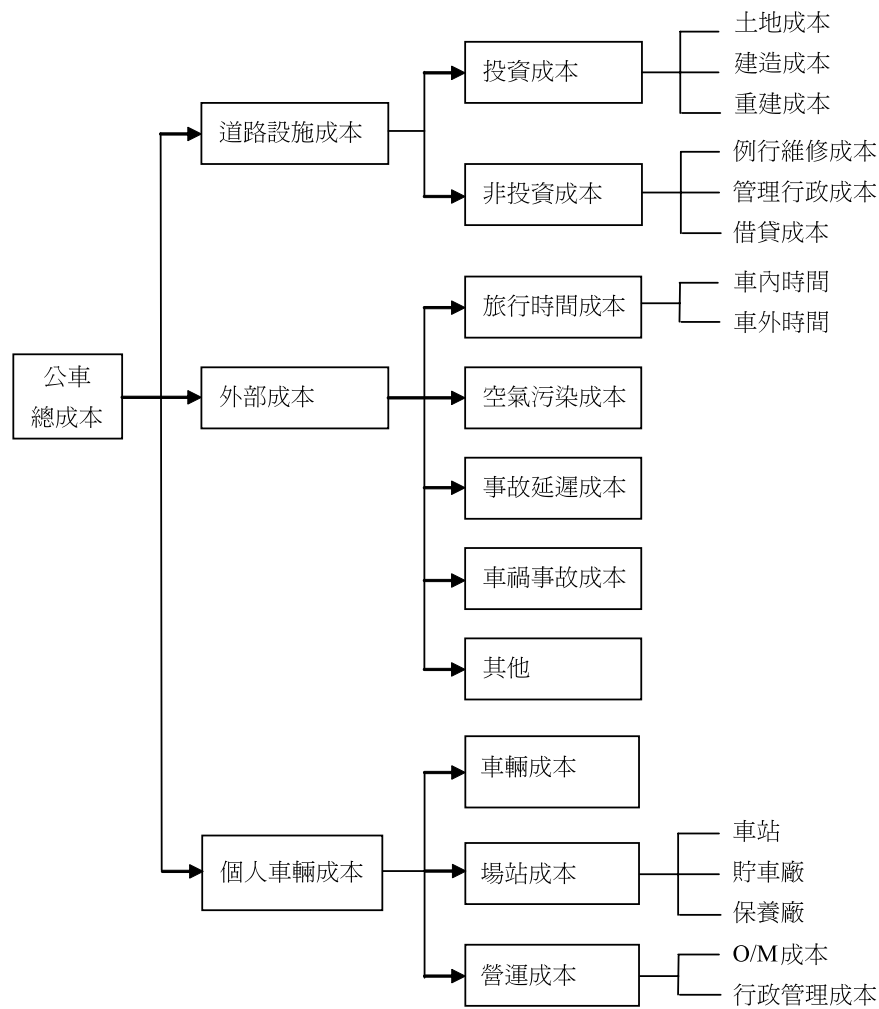
資料來源：Qin 等人^[4]

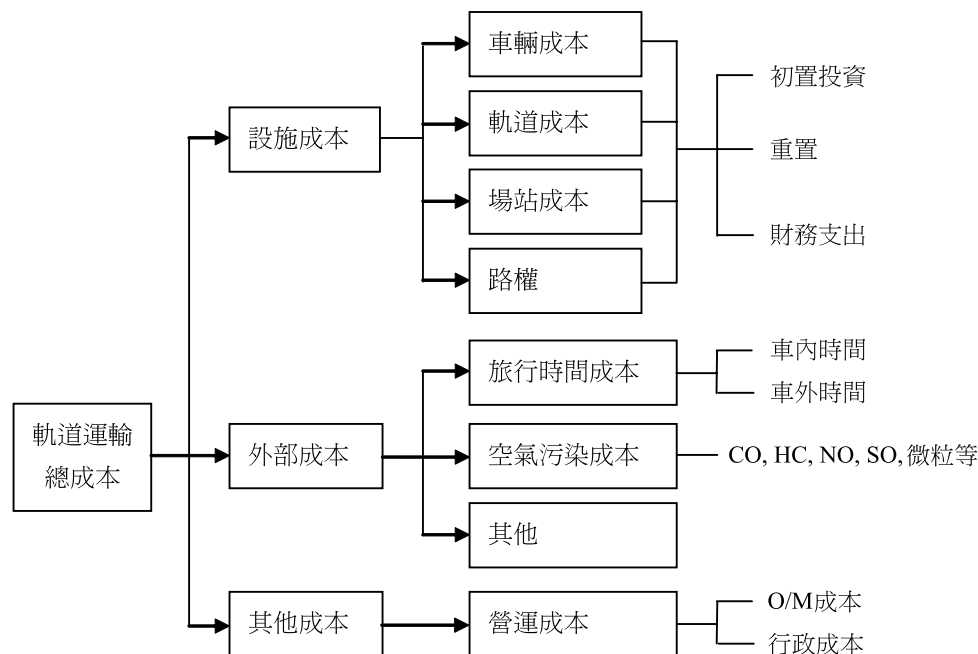
圖 2 公車運具總成本

表 6 臺鐵成本分類項目表

主要分類	包 括 項 目
1.能源費用	分成柴油及電力費用共兩項
2.用人費用	分成管理及業務員工、維修技術員工及行車員工
3.維修費用	分成工務、電務、及機務維持費用三項
4.業務費用	業務之辦公費、業務用水電費及稅捐等列在一項
5.資金成本	分成車輛折舊、房屋折舊、其他設備折舊、利息費用、租金支出及合理報酬率乘上固定資產中自有部分的資本報酬

資料來源：張國平等人^[13]

固定成本及營運成本之外，乘客的時間及外部成本也予以計入分析：至於乘客、政府與業者間的財富移轉，因為不影響社會資源的減損而未包含在總成本項目中。圖 3 即為 Qin 等人^[4]對於軌道運具總成本的分類架構。



資料來源：Qin 等人^[4]

圖 3 軌道運輸總成本及其分派項目

2.3 案例分析成果

旅次總成本之分析，牽涉之成本項目相當廣泛、分類方式亦較為複雜，同時必須完整蒐集基礎資料才能加以詳實的分析與比較。因而國內外此方面的研究並不多見，本研究就國外之相關研究案例作一回顧與分析。

Zegras^[14]曾將智利聖地牙哥市之旅次總成本分為旅行時間成本、空氣污染成本、肇事成本、噪音污染成本、小汽車使用與持有成本、基礎建設成本及土地價值等項目進行研究。研究結果發現在 1994 之運輸成本約為 57 億美金，此一規模約是該城市 GDP 之 27.5%；而其中有將近 74% 的運輸成本是由使用者負擔，而其他 26% (約 15 億美金) 則為外部成本。分析中亦顯示，當地之私人機動運具為旅次成本最高之運具，同時也具有最高之外部成本。該研究針對停車、肇事、空氣污染、噪音、土地消耗等外部成本的分析中，小汽車在各項外部成本之比例均顯著高於其他運輸工具，例如：有關停車的外部成本中，小汽車占了 96.6% 之多，而其他如肇事、空氣污染、噪音、土地消耗及擁擠等外部成本，小汽車則

分別占了 46.7%、55.3%、32.3%、53.2%及 52.8%。由該研究以及 Litman^[1]對加拿大都市機動車輛外部成本的研究均顯示，小汽車外部成本及其量化分析是相當值得關注的課題。

Zegras^[14]亦根據分析結果提出相關改善策略，在非機動車輛策略方面，認為腳踏車和行走是對環境最不具威脅之運輸工具，必須對相關設施加以補助，並且必須保證增加這些運具之服務水準；在公車系統方面，必須提高整體服務水準，興建更多有關確保公車優先的基礎設施，並採取「距離為基礎」(distance-based) 費率結構及尖離峰差別定價，以避免不公平的交叉補貼。同時，推動「交通寧靜區」(traffic calming) 及「以人為本」的社區環境，亦是有效減少外部成本的具體政策。該研究並建議推動擁擠收費以及空污費政策，期能有效達到外部成本內部化目標。

根據 AUSTROADS^[12]之研究，澳洲之社會總成本項目包括「使用者成本」、「政府提供設備成本」(基礎設施成本) 及「社會成本」。其中使用者成本包括其持有及使用之成本，提供設備成本包括建造、營運及停車成本，社會成本則包括能源、肇事、擁擠及相關污染成本，詳細之分類如表 7 所示。依據表 7 之分析，在小客車方面，使用者成本還是占

表 7 1994 年澳洲之運具總成本

單位：分／每人公里 (澳幣)

	小客車	公車	地鐵	火車
使用者成本				
持有成本／使用成本	21.87	11.46	9.01	11.30
提供設備成本				
建造、營運與維修	2.25	14.44	19.14	28.66
停車	0.64	Na	Na	Na
總補貼	2.89	14.44	19.14	28.66
社會成本				
能源	1.10	0.16	Na	Na
肇事	2.34	0.15	0.02	0.08
噪音	0.13	0.03	0.15	0.147
空氣污染	2.35	2.90	2.50	4.00
水污染	0.10	Neg	Neg	Neg
擁擠	3.89	Neg	Neg	Neg
社會成本總和	9.92	3.24	2.67	16.77
總成本	34.68	29.14	30.81	44.11

資料來源：AUSTROADS^[12]

大部分 (63%)，社會成本則占了 28%。公車方面，使用者成本占 39%，社會成本占 11%。地鐵方面：使用者成本占 29%，社會成本占 8.6%。該研究成果亦具體顯示，社會成本部分以小汽車所占之比例最高。

在 AUSTROADS^[12] 之研究中亦與美國之旅次總成本進行比較，在成本分類中，「社會總成本」包括使用者成本、政府提供設備成本及社會成本。其中使用者成本包括持有及使用之成本，提供設備成本包括建造、營運及停車成本，社會成本則包括能源、肇事、擁擠及相關污染成本，其污染之計算項目上與澳洲稍有差異，詳細之分類如表 8 所示。在都市小客車方面，使用者成本占 57%，社會成本則占了 38%，比澳洲之小客車高了许多。公車使用者成本占 35%，社會成本占 11%，成本比例和澳洲之公車相近。地鐵使用者成本占 34%，社會成本占 6.6%。小客車之社會成本折合新臺幣為每人公里 1.98 元，公車之社會成本為 0.64 元，而地鐵之社會成本為 0.34 元。

表 8 1990 年美國之運具總成本

單位：分/每人公里 (澳幣)

	小客車		公車	地鐵
	都市	郊區	—	
使用者成本				
持有成本/使用成本	24.11	24.11	14.02	8.77
提供設備成本				
建造、營運與維修	0.88	0.88	21.04	14.90
停車	0.64	0.39	0.19	0.19
總補貼	1.51	1.27	21.23	15.09
社會成本				
能源	2.85	3.47		<0.001
擁擠	1.14			
停車	1.80			
肇事	3.77	2.63	2.02	<0.001
噪音	0.14		0.04	0.14
建築物損傷	0.35			
空氣污染	5.26	5.26	2.67	1.53
水污染	1.14	1.14		
社會成本總和	16.40	12.50	4.75	1.68
總成本	42.06	37.65	40.00	25.54

資料來源：AUSTROADS^[12]

2.4 文獻評析

根據上述相關之國內外文獻回顧，可以了解對於都市地區之旅次總成本計算方式，目前尚無一套完整的分析模式。現有的分類及分析方式，都侷限於部分的運具，或是就其部分成本進行研究。當運具的種類不能完全納入分析的範疇，成本項目亦未完整考量之情況下，分析結果將會產生相當之偏誤，甚至導致政策考量不完整，讓有限的資源被誤用或是不能發揮應有之效用。基於相關文獻之運具與旅次成本分類，本研究將都市地區之運輸系統分為大眾運輸、副大眾運輸及私人運輸三大類，並依照旅次鏈的概念將都市地區之旅次分為 43 種旅次。在旅次總成本項目分類部分，本研究依據社會總成本之觀點，參考 Zegras^[14]、AUSTROADS^[12] 及國內林益民^[2] 與劉欽瑜^[3] 之研究，將各種運具之總成本分為「使用者金錢成本」、「基礎設施成本」、「旅行時間成本」及「外部成本」等四項建立模式，進行量化分析。

三、旅次總成本分析及成本模式構建

3.1 旅次成本分類

本研究依據相關文獻之分析，將運具使用所造成社會總成本分成「使用者金錢成本」、「基礎設施成本」、「旅行時間」、「外部成本」等四項，並針對都市運輸的步行、腳踏車、機車、小客車、計程車、公車、捷運等七種運輸方式之總成本進行分析。第一部分之使用者金錢成本係使用者直接付出之金錢，其中包括每年所需之固定與變動成本；在大眾運具的使用者成本方面，因為票價視為移轉性支付，不記入社會總成本之範疇，因此以營運成本作為使用者成本之計算基礎。第二部分基礎設施成本包括基礎設施使用建造、重建、例行維修成本及停車成本。第三部分為各種運輸工具所負擔的時間成本（包括車內、車外時間成本），第四部分為各運具所應負擔之外部成本，包括空氣污染、噪音、肇事、擁擠等四項。

對於各運具旅次總成本所包含更細之項目，本研究基於上述成本之分類，參考 Zegras^[14]、AUSTROADS^[12]、林益民^[2] 及劉欽瑜^[3] 之研究，將各種運輸工具社會總成本所應包含之成本項目，整理如表 9 所示，而根據上述社會總成本概念及其相關項目之分析，本研究構建總成本模式之一般化公式及其所包含的成本項目如表 10 所示，其中各運具分別以一英文代碼表示，作為旅次成本一般化模式分析基礎。

本文以下依序構建內部成本模式、基礎建設成本模式、旅行時間模式及外部成本模式，並詳述其計算方式及相關假設。

表 9 社會總成本之內涵

運具別	項 目
1.步行 (w)	1.使用步行者總旅行時間成本 2.使用步行者之基礎設施成本
2.腳踏車 (y)	1.使用腳踏車之成本 2.使用腳踏車之基礎設施成本 3.使用腳踏車者總旅行時間成本
3.機車 (m) 4.汽車 (a) 5.計程車 (t) 6.公車 (b) 7.捷運 (r)	1.運具使用者之行車成本 (不包含政府之課稅支出) 2.運具使用者之總旅行時間成本 3.運具使用者所應負擔之基礎設施成本 4.運具使用者所造成之外部成本

表 10 都市旅次總成本式

旅次總成本式	旅次總成本＝使用者金錢成本＋基礎設施成本＋旅行時間成本＋外部成本	
成本內容	使用者成本	使用者金錢成本或持有之成本
	基礎設施成本	基礎設施損壞成本、停車成本
	旅行時間成本	運具內時間成本、運具外時間成本
	外部成本	空氣污染、噪音、肇事及擁擠成本

3.2 使用者金錢成本模式構建

運具 n 之使用者金錢成本 C_n^U 為運具使用者每旅次公里直接付出之金錢成本，本研究將其設定如式 (1) 所示。

$$C_n^U = \frac{T_n}{f_n} \quad (1)$$

式中，

T_n ：運具 n 每車公里使用成本 (元／車公里)；

f_n ：運具 n 之乘載率 (人／車)。

根據上述模式推估，本研究以臺北都會區之各種運具之使用者成本為例，將運具使用者成本推估過程詳述如後。

步行與腳踏車在所有運輸工具裡是相對成本最低也對環境污染相對最少的，本研究以步行為相對比較的基礎，因此假設步行的使用成本為零，只探討其旅行所需之時間成本。一般而言，腳踏車適用於 5 公里以內之短程旅次，在市區的平均行駛速率約為 12 至 15 公

里／小時，行駛時間不超過 30 分鐘。由於腳踏車每旅次的使用與金錢成本相當小，不影響其旅次總成本，本研究假設可以將其忽略不計。因此，腳踏車與步行的總成本部分，本研究只考量其旅行時間成本。

私人機動運具部分，本研究依據鼎漢國際工程顧問股份有限公司^[15]及交通部統計處^[16]之調查資料，並依據不同排氣量之車輛數量比例，求取小汽車及機車之平均成本，並以實際付出的金錢成本扣除稅捐等移轉性支付後，計算出單位公里每旅次之成本。公車票價在社會總成本中為移轉性支出，但依現有費率與運價公式，公車票價亦反映出公車業者的營運成本，因此本研究根據臺北市政府審定聯營公車票價之每車公里營運成本分析，作為分析公車營運成本之基礎。公車之使用者成本之計算方式上，均須扣除只涉及財富移轉的成本，因此須將成本項目之「稅捐費用」項目扣除。在捷運使用者成本部分，本研究參考捷運公司年報^[17]，利用平均成本定價法的觀念，計算各種基礎下需負擔的成本。由於各種運輸工具之使用者金錢成本推導過程繁複，詳細推估過程詳見張學孔、郭瑜堅^[18]之研究。根據上述之計算原則與分析方式，本研究依據行政院主計處歷年統計資料及林益民^[2]與劉欽瑜^[3]之研究，將每年物價上漲率設定為 3% 為計算之基礎，對各種運輸工具之使用者成本加以分析。

3.3 基礎建設成本模式

在基礎建設成本模式部分，本研究將先作其參數之設定，並以臺北都會區為例，說明其分析與計算方式。

運具 n 基礎設施成本 C_n^B 為運具使用者每旅次公里應付出之基礎設施成本，本研究將其設定如式(2)所示。

$$C_n^B = \frac{\alpha_n + S_n}{f_n} \quad (2)$$

式中，

α_n ：運具 n 基礎設施成本 (元／車公里)；

S_n ：運具 n 停車費用 (元／車公里)；

f_n ：運具 n 乘載率 (人／車)。

本研究在基礎設施成本部分包括「道路使用成本」與「停車成本」兩部分。「基礎設施成本」係指政府部門對於各種運具旅次基礎設施需求之投入，包括「建造成本」、「重建成本」以及「例行維修成本」。至於關於成本分配方法，本研究採「成本歸屬法」，以使各種運具之基礎設施成本分配上能依使用之多寡來公平分配，並且依照平均成本之概念，將各種旅次所應負擔之成本，依照本研究所建立之公平合理分析原則逐一攤提。由於本研究將都市基礎設施分為「車行道路」、「人行道路」及「軌道設施」三大部分，各系統所對應之旅次及各種旅次所應分攤之相關基礎設施項目如圖 4 所示。

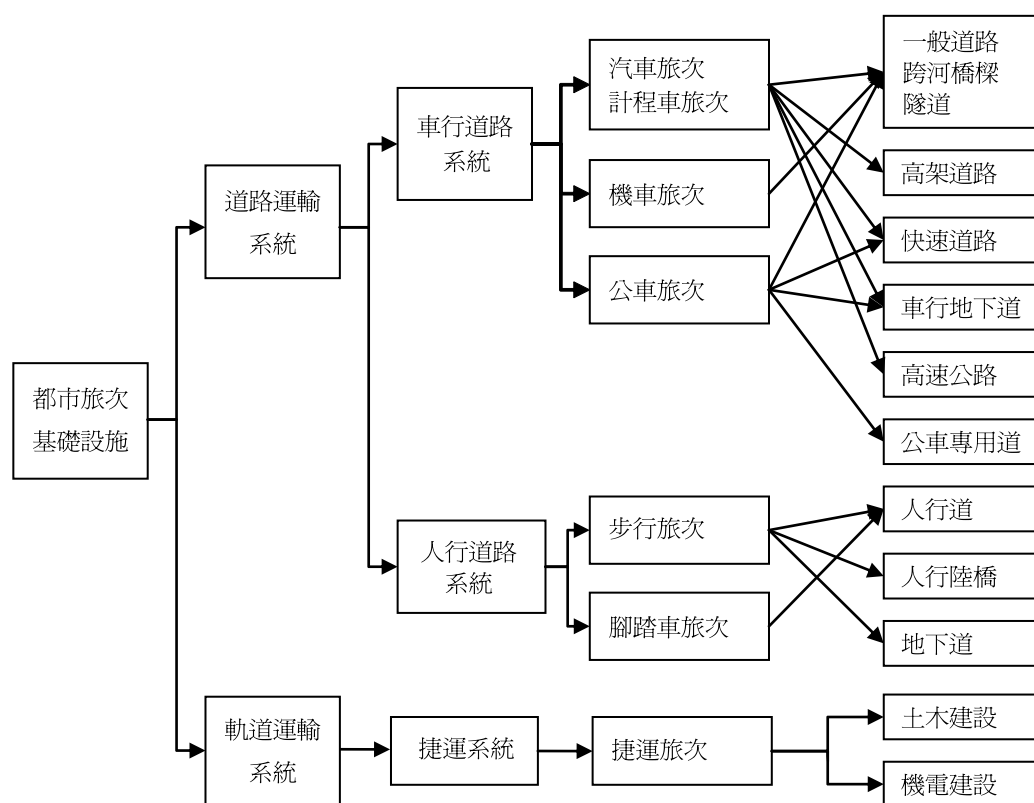


圖 4 都市旅次基礎設施分類

關於投資成本中之土地成本，根據會計法第 29 條以及政府會計準則公報可知，國內會計法則不將土地徵收成本計入平衡表。政府部門提供道路系統必須徵收道路用地，徵收之成本雖為政府部門對於道路旅次之投入，但土地一旦取得後，並不會因時間而折舊消耗；意即土地取得是對於「權」之取得，即使道路系統基礎設施壽命終了，土地依舊存在，因此，本研究分析道路系統基礎設施成本不將土地成本納入。管理行政成本方面，道路系統基礎設施係由政府部門提供，相關之行政單位必然成立以處理相關業務；基礎設施之設置及其服務品質，與相關政府機關之編制與行政成本難以判斷是否有對應關係，本研究在此不將行政管理成本列入考量。借貸成本方面，現況道路系統基礎設施投入之財務成本雖然龐大，但重大建設之規劃必有相關經濟財務規劃，並且分年編列預算，道路基礎設施由政府部門提供，借貸成本以目前國內情況而言尚不需要考慮。此外，本研究亦不將建設與維護時期之間接成本（例如交通擁擠、環境受損及肇事成本）納入考量。

有關車行道路、人行道路及軌道設施之分析原則如下，而相關成本數據皆依照政府部門分年編列預算書所提列之預算內容為基礎，並依其使用年限攤提折舊。

1. 車行道路系統

- (1) 與鋪面損害有關之道路成本：參考 AASHTO 實驗所得之單軸軸重當量公式，將運具之軸重當量乘以里程數，作為分配依據。
- (2) 與鋪面損害無關之道路成本：依車當量乘以里程數分配。例如排水、防護、景觀、交通工程等成本。
- (3) 號誌成本：所有交通號誌皆計入，號誌成本平均分配於所有旅次。

2. 人行道路系統

本研究所定義之人行道系統為滿足旅次之需求而規劃建造之人行相關公共設施，非旅次相關以及非政府部門之投入則不在研究範圍內。在步行與腳踏車旅次之基礎設施成本分析，考量號誌成本分配至所有道路系統之旅次，不考慮腳踏車之承載率，僅以每車（人）行駛（行走）距離作為成本分配依據。

3. 軌道運輸系統

關於捷運旅次基礎設施成本之範疇，本研究將土木建造與機電設備之初置成本及重置成本納入考量，且不考量土地取得成本。而相關設施之使用年限則參考行政院頒布之「固定資產耐用年數表」中對於各類別之土建與設備項目之耐用年數訂定其財務年限。

停車需求是現代都市重大交通課題，本研究將停車成本納入基礎設施成本，係考量私人運具所應付出而未付之代價，當然必須避免發生重複計算之現象。就分類原則而言，本研究將停車成本計入基礎設施部分，乃是基於停車成本相對於其他使用者成本為「未負擔成本」之一部分，並且具有基礎設施之特性。為了顯現分析之公平性，在停車成本與使用者成本有重疊部分（即已經付出之停車費部分），本研究已將其先行扣除。此一原則與方式，除了可以讓分析之結果顯現停車問題之嚴重外，亦可讓其所需基礎設施強度展現於模式之分析。而且對於許多道路資源被占用為停車位、夜間時段不收費與路邊未劃設停車位即不收費等諸多不合理現象，亦可從基礎設施成本部分顯現其嚴重性。此外，從使用者公平付費角度觀之，每一機動車輛擁有者必須合理付出停車所需費用，將已付出部分扣除並且將未付出部分納入探討，才能合理彰顯社會公平。

因此，在分析方法上，本研究先將停車成本分為「停車財務使用成本」與「停車外部成本」，而為求加入基礎設施成本之停車費具有公平性，本研究在停車費的計算上詳細將其劃分為動態行駛時間及靜態停止時間，而動態行駛時間不予計費。至於在財務成本部分，以公共停車費率為基礎進行分析。公有停車場合理營運費用係指全年必要之營業支出，也就是其財務成本；而公共停車費率公式的計算內容以平均成本法、合理報酬理論為基礎，以反應合理使用成本。故停車費率是由合理營運費用衍生，停車之使用成本可藉由停車費用計算而得。此外，從機會成本的觀點來看，政府部門在同樣之土地可選擇供作各種用途，若設置停車場並收取停車費用而不從事其他事業，則停車費用可視為停車之機會成本。本研究參考郭瑜堅^[19]之研究，每車每月停車財務成本之估算採如式(3)所示。而機車之停車財務成本則以小客車停車位當量進行換算。

$$\text{停車使用成本} = \text{停車月租費} \times \frac{\text{行車時間 (小時/月)}}{24 \times 30} \quad (3)$$

有關停車之外部成本方面，本研究假設路外停車場之外部成本可略而不計，主要因為路外停車場不占用道路面積，僅出入口可能干擾道路車流運行。然而，路邊停車之停等、交織與併流等行為，會對車流造成明顯之影響，此一部分將其歸納為停車之外部成本，其包括路邊停車因進出停車位而造成車流之延誤、路邊停車干擾車流運行導致交通事故、路邊停車新增之空氣及噪音污染成本。

本研究在此僅就車流延誤與交通事故部分等停車外部成本進行估算。過去路邊停車造成之車流延誤成本大部分用模擬方式進行分析，根據黃武昌^[20]及鼎漢顧問公司^[21]之研究，得出路邊停車造成之車流延誤之推估模式，將延誤乘以單位時間價值即得延誤成本，如式(4a)及(4b)所示。

$$\text{車流延誤} = 16.78 + 88.93 \times (V/C) - 2.15 \times (\text{平均停車延時}) \quad (4a)$$

$$\text{延誤成本} = \text{路邊停車造成車流延誤時間} \times \text{單位時間價值} \quad (4b)$$

路邊停車之肇事成本方面，根據羅孝賢等人^[22]之研究中分析，交通事故和路邊停車有關係者，約占總肇事的 20% 左右。本研究以此分析為基礎，考量交通肇事事務損失、醫療財務付出及人力資本損失計算，並將總肇事成本之 20% 作為路邊停車之肇事成本。由於基礎設施成本分析與相關外部成本推導過程相當繁複，詳細推估過程詳見鍾晟夫^[23]、張國廷^[24]以及張學孔、郭瑜堅、張國廷^[25]之研究。

3.4 旅行時間成本模式

運具 n 之旅行時間成本 C_n^D 為運具使用者每旅次公里付出之旅行時間成本，本研究將其設定如式(5)所示。

$$C_n^D = \frac{\beta_n O_n + \frac{L_n}{V_n} \times I_n}{L_n} \quad (5)$$

式中，

β_n ：運具 n 平均車外時間 (分鐘)；

O_n ：運具 n 車外時間價值 (元/分鐘)；

I_n ：運具 n 車上時間價值 (元/分鐘)；

L_n ：運具 n 平均旅次長度 (公里)；

V_n ：運具 n 平均旅行速率 (公里/分鐘)。

根據前述建立之模式，本研究以臺北都會區之各種運具之旅行時間成本為例，將運具

旅行時間成本推估過程詳述如後。

在旅行時間的部分，本研究將其分為「車外旅行時間」與「車上旅行時間」。有關車外旅行時間，亞聯工程顧問股份有限公司^[26]及劉欽瑜^[3]之研究指出臺北都會區腳踏車之平均車外旅行時間包括「步行 1.85 分鐘」與「停車 1.22 分鐘」兩部分，本研究以此研究成果作為腳踏車車外時間之分析基準。機車與汽車之車外旅行時間根據亞聯工程顧問公司^[26]及劉欽瑜^[3]等之研究，將步行時間與停車時間加總而得。計程車之車外旅行時間則假設計程車為及戶之運輸工具，所以車外旅行時間即為其等車時間。公車與捷運之車外旅行時間，則分別求取尖離峰之平均等車時間與步行時間之總和。至於車上旅行時間部分，則是根據各種運輸工具旅次之平均旅次長度除上其平均行駛速度而得。

臺北捷運工程局^[10]之相關研究顯示，在 1991 年機車及汽車等私人運具之車內平均時間價值每分鐘 0.98 元，車外平均時間價值每分鐘為 1.96 元；而大眾運輸之車內時間價值為 0.79 元，車外平均時間價值為 1.58 元。本研究參酌行政院主計處統計資料及林益民^[2]與劉欽瑜^[3]之研究，依每年物價上漲率 3% 之基礎，將前述 1991 年各種運具時間價值調整為 2002 年之時間價值。因此，各運具之時間價值分別為：私人運具車內時間每分鐘 1.13 元，車外時間價值為每分鐘約為 2.34 元；大眾運輸之車內時間價值為每分鐘 0.94 元，車外時間價值約為每分鐘 1.89 元。至於步行及腳踏車旅行時間價值之研究相當缺乏，本研究除參考劉欽瑜^[3]之分析，並引用 Goodwin 等人^[27]對步行及腳踏車時間價值依行走距離而有所差異之研究，在步行部分，假設行走距離在 2 公里以內，其時間價值為每分鐘 1.89 元；超過 2 公里其值因負效用無限大，時間價值會趨近於極大值；腳踏車部分，9 公里以下的車上旅行時間價值，介於步行時間價值及公車車上時間價值兩者之間，因此假設為上述兩者之平均值為每分鐘 1.41 元；但在超過 9 公里以上時，使用者的旅行時間負效用會趨近於無限大，此時車上時間價值為一極大值，而腳踏車車外時間價值則假設與大眾運輸相同。

3.5 外部成本模式

運具 n 之外部成本 C_n^E 為運具使用者每旅次公里所需付出之外部成本，本研究將其設定如式 (6) 所示。

$$C_n^E = \frac{A_n + N_n + D_n + G_n}{f_n} \quad (6)$$

式中，

A_n ：運具 n 之空氣污染成本 (元／車公里)；

N_n ：運具 n 之噪音污染成本 (元／車公里)；

D_n ：運具 n 之肇事成本 (元／車公里)；

G_n ：運具 n 之擁擠成本 (元／車公里)；

f_n ：運具 n 乘載率 (人／車)。

由於外部成本內部化之過程，並無一具有市場價格之經濟體，而目前亦缺乏完整之分

析模式。一般在計算缺乏市場價格之經濟體時，環境經濟學發展出了幾種評估方法，以主客觀區分可分為「客觀評價法」(objective valuation approach, OVA) 和「主觀評價法」(subjective valuation approach, SVA) 兩類。若以是否具有市場價值來區分，可分為「市場價值法」、「替代市場價值法」、「假想市場法」等三種。本研究為了讓研究結果可以作為都市運輸政策、相關稅費及價格策略與機制評估基礎，採取市場價值法進行分析，該方法之基本理念係在每一個外部成本必須實際反映市場之價格，藉以作為實質損失之分析基礎。本研究分析之外部成本包括各種旅次之「空氣污染成本」、「噪音成本」、「肇事成本」及「擁擠成本」，相關之理論分析、評估模式推估及數據分析相當繁複而龐大，本文僅依序扼要說明各種外部成本分析架構及方法，詳細架構及推演過程請參考張學孔、郭瑜堅^[18]、張國廷^[24]及張學孔、郭瑜堅、張國廷^[25]之研究。

3.5.1 空氣污染成本

本研究評估空氣污染成本採用「衝擊路徑法」(impact pathway approach, IPA)，衝擊路徑法是由歐盟組織在發展能源外部成本計畫中，為了探討能源產生大量空氣污染的外部成本而發展出來之方法^[28,29]。主要意義認為外部成本量化是經由路徑觀點達成，從污染物排放到大氣中，經由傳輸和化學之轉變擴散在大氣裡，污染物濃度對各種受體產生衝擊，將這些衝擊及福利損失之產生，以福利經濟學的概念貨幣化，而貨幣化價值就是為改善的環境品質願付價值(willingness-to-pay, WTP)。衝擊路徑法在區域上或國家應用上，需要高度之相關資料收集，以估算污染物排放或存在的總量，乃至預測排放污染物所造成之衝擊。本研究空氣污染評估模式依照衝擊路徑法的過程推估空氣污染成本，按衝擊路徑法的四個步驟，首先選定空氣污染物 PM₁₀、SO₂、NO₂、CO 後，進行各污染物之排放量推估與相關資料之蒐集，各步驟之分析原則與程序說明如後。

1. 在排放量與濃度關係方面，本研究採用迴歸分析方法，利用環保署排放資料庫以及臺北縣市各空氣品質監測站之濃度資料，建立排放量與濃度關係式。在關係式建立後，利用縣市年排放量資料以及縣市年平均濃度資料建立濃度與排放量迴歸分析式。透過迴歸分析之關係式，即可分析排放量與濃度變化之轉換關係。
2. 在污染物濃度對人體健康之影響分析部分，採用污染物之劑量反應函數進行分析。本研究採用蕭代基等人^[30]所建立之劑量反應函數，作為評估空氣污染對人體健康影響的依據。依據蕭代基等人推估之模式，可得本研究所界定之目標污染物 PM₁₀、SO₂、NO₂、CO 等各項污染物之劑量反應函數，利用此四種反應函數可求得其邊際急性與慢性罹病率。
3. 在罹病人數計算方面，利用本研究推估之污染物排放量與濃度關係式，求得機動車輛排放量變化所造成之濃度變化，再配合各污染物之邊際罹病率，求得罹病人數並進一步計算出所需之醫療成本。
4. 於貨幣化空氣污染成本方面，本研究以疾病成本法 (cost of illness approach) 量化，其主要是在計算一場疾病引起的直接和間接成本。直接成本包括疾病之醫療費用 (例如：門

診費、住院費、藥費等)，間接成本包括工作收入及相關損失。本研究為了尋求市場之實際價值，以降低在價值認定上之爭議，並讓貨幣化之價值能回饋為政策分析之基石，選擇不以假設性市場法之願付價值法，而以疾病成本法計算空氣污染造成之急性病症與慢性病症的醫療成本，作為量化空氣污染成本之評估方式。

3.5.2 噪音成本

評估噪音污染成本可以成本或以損害為基礎分別推估，惟損害之推估方法需有足夠的研究為基礎，目前臺灣地區以及國際上無足夠具代表性之研究及評估方式，因此噪音污染成本研究僅以維護成本法為基礎推估。維護成本法之理論基礎為一種為維護或降低污染所支付之「預防性支出」概念；意即人們為了預防環境品質惡化對其造成影響，會增加家庭開支並付出部分之「預防性支出」，以保有其目前所享受的環境品質等級。此種支出唯有當個體或家庭認定此項避免環境惡化損失所付出之金額，會小於其享受之效益時才會發生；因此，此項金額可以代表家計單位為了保有某種程度之環境品質所願支付的金額，此種支出亦稱為趨避成本或防禦性支出。本研究以政府之道路隔音牆設施支出及民間自行裝設之隔音設施，作為噪音之趨避成本；政府支出部分，本研究依據臺北市政府在 2006 年之相關預算資料，將隔音牆建設經費作為估計之基礎；民間部分則以裝潢所需之隔音設備，依照民眾所得分級分別估算所付之噪音防治成本。

在民間家戶噪音防治之分析方法上，本研究依據行政院主計處^[31]之臺北市家戶所得調查統計表將所得等級作區分，接著對臺北市所有家戶所得統計資料作分群，評估家戶人口、住宅壽命以及家戶之隔音工程費用。依據臺北都會區近二十年住宅拆除執照的統計，發現臺灣住宅的平均住宅壽命約為 35~40 年，而本研究設定 35 年作為民間噪音成本攤提年期。依據臺北市政府統計資料，北市居民平均每戶居住面積為 7.895 坪，平均每戶人口為 3.45 人。臺北縣平均每戶居住面積為 8.076 坪，平均每戶人口為 3.24 人。實際訪查得知臺北都會區平均每坪之裝潢費用約為 40,000 元，隔音工程支出一般皆為裝潢費用之 10%。本研究以臺北市所得區分為依據，將高所得、中所得、低所得之每坪裝潢費分別用 40,000、20,000、10,000 元代入計算，北縣之每坪裝潢費用則以 20,000 元代入計算。

3.5.3 肇事成本分析

交通事故所衍生的成本包括內部成本與外部成本，內部成本主要包括運具及相關設施的財產損失、醫療支出、受事故直接影響而減少的收入、事故處理的行政成本以及預防事故的安全投資等。外部成本主要包括因交通事故所引發的交通延滯的時間成本、受害者所遭受的痛苦、受害者殘廢所導致的不公平生活條件及其他相關的無形損害等。本研究在計算肇事成本時，採用人力資本法計算生命價值，並計算肇事所產生之醫療以及財損成本部分，其他成本項目將不列入計算。根據內政部^[32]統計，我國九十二年工業及服務業受雇員工每人每月平均薪資（含經常性與非經常性薪資）為 42,287 元，較上年增加 1.49%；因消費者物價指數較上年下降 0.28%，實質平均薪資為 42,491 元（以 90 年價格計算），每年

增加 1.77%，以此作為貼現率調整因子。依交通部肇事統計，臺北都會區之肇事死亡年齡平均為 45 歲，使用內政部之臺北市男女生命表，取 45 歲之後之生存機率作為計算，男性之自然死亡年齡為 72 歲，女性為 78 歲。利用平均薪資與生存貼現調整之資料，依照勞退新制每月提撥經常性薪資之 6% 為退休金，65 歲以後至自然死亡年齡之年所得計算，以退休金加每月老人津貼 3,000 元，計算退休後至自然死亡年齡之退休後總所得。

財損部分本研究參考陳高村^[33]之研究，針對有關財損成本僅以車輛事故損毀項目進行計算，車輛之損失成本則可區分為可修復之維護成本、不可修復之損失成本和直接賣出肇事車輛之損失成本。事故中平均每一部涉入車輛之平均車損成本為 151,242 元，機車平均損害為 15,375 元。醫療成本部分，本研究參考陳振祥^[34]之研究，其針對臺北市 1995~1996 年間交通事故傷害所作研究調查，根據臺北市交通警察大隊之肇事資料，以事故發生之日期以及事故受害人之身分證字號配合健保局資料庫，得到當事人的住院醫療費用以及其他相關資料，再配合電話訪談調查驗證，各車種駕駛人平均每人事故醫療費用機車為 5.85 萬元，小汽車 6.68 萬元，計程車 3.92 萬元，而公車約為 7 萬元。

3.5.4 擁擠成本

擁擠成本評估部分，本研究參考亞聯工程顧問股份有限公司^[26]之調查資料，使用時間價值配合公路行駛時間增加的概念求得都市尖峰時段之總擁擠成本。假設飽和速率就是擁擠開始發生時的車流速度，而尖峰時之平均速率就是擁擠速率，故當車流速率由飽和速率開始遞減時就已經有逐漸壅塞的情形發生，本研究以飽和速率與擁擠速率兩者行駛平均旅次長度所產生的時間損失計算擁擠成本，再依照車種別之年平均行駛里程以及小汽車當量分配擁擠成本。時間價值部分，本研究係以前述 3.4 節時間成本分析之相同時間價值代入模式。

3.6 總成本模式與旅次總成本模式構建

依據 3.1~3.5 節之分析，本研究依據表 10 之旅次總成本一般化模式，將所構建之內部成本、基礎設施成本、旅行時間成本及外部成本模式各部分加總，構建運具旅次總成本模式如式 (7) 所示。

$$TPPC_n = C_n^U + C_n^B + C_n^D + C_n^E \quad (7)$$

式中，

$TPPC_n$ ：運具 n 每旅次公里之總成本；

C_n^U ：運具 n 每旅次公里之使用者成本；

C_n^B ：運具 n 每旅次公里之基礎設施成本；

C_n^D ：運具 n 每旅次公里之旅行時間成本；

C_n^E ：運具 n 每旅次公里之外部成本。

在旅次總成本模式構建方式部分，本文先對臺北都會區之旅次分類及旅次使用型態作分析，再依上述之總成本模式為基礎，構建旅次總成本模式。

3.6.1 旅次行為分析

本研究依據亞聯工程顧問股份有限公司^[26]之旅次目的現況分析調查，及鼎漢國際工程顧問股份有限公司^[21]之臺北都會區歷年家訪調查運具比例及臺北都會區之現況，將所有運輸系統分為大眾運輸、副大眾運輸及私人運輸三大類（如圖 5 所示）。大眾運輸分為公車和捷運，副大眾運輸為計程車，私人運輸可分為步行、腳踏車、機車及小汽車，而本研究將步行與腳踏車歸類為私人運輸之綠色運具。本研究將上述七種運具，依實際情況分類為七種無轉乘旅次，而公車間之轉乘旅次，本研究已將其併入無轉乘公車旅次之中。捷運轉乘部分，則需要探討旅次轉乘行為，而捷運轉乘捷運旅次，本研究將其併入無轉乘捷運旅次中。在捷運轉乘部分，依據實際狀況，將步行、腳踏車、計程車、公車及小汽車等 6 種旅次，依到站及離站等加以分類，共有 36 種轉乘旅次。本研究之旅次共分為 43 種，包括步行、腳踏車及 5 種無轉乘旅次及 36 種有轉乘旅次。旅次之分類如表 11 所示。

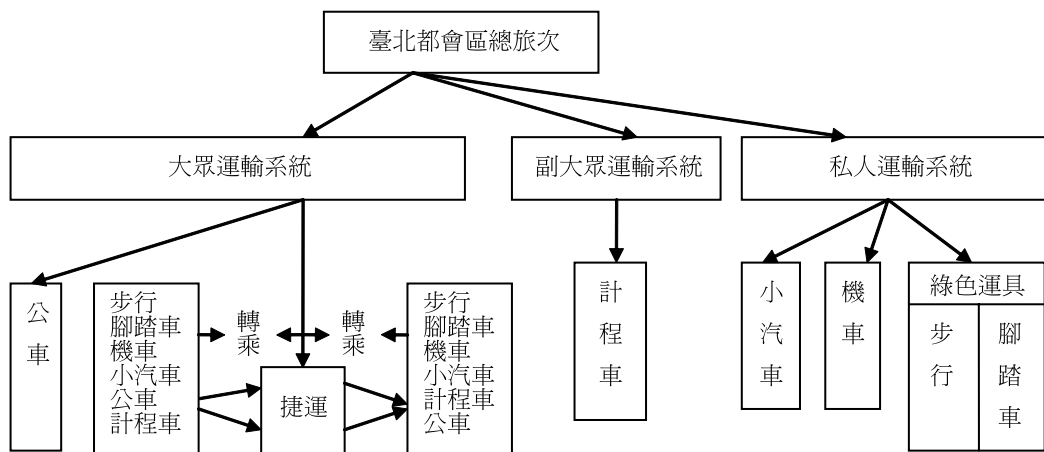


圖 5 旅次分類圖

3.6.2 無轉乘型態旅次總成本模式

構建旅次總成本模式所需之變數，各種接駁運具到離站之比例與平均到離站之時間假設如表 12 所示。

表 11 本研究之旅次分類表

(一) 無轉乘型態之旅次		
1.步行		
2.腳踏車		
3.機車旅次		
4.小汽車旅次		
5.計程車旅次		
6.公車旅次 (含公車轉公車)		
7.捷運旅次 (含捷運轉乘捷運)		
(二) 有轉乘型態之旅次—捷運		
到 站	主要運具	離 站
1.步行	捷運系統	步行、腳踏車、機車、小汽車、計程車、公車
2.腳踏車		步行、腳踏車、機車、小汽車、計程車、公車
3.機車		步行、腳踏車、機車、小汽車、計程車、公車
4.小汽車		步行、腳踏車、機車、小汽車、計程車、公車
5.計程車		步行、腳踏車、機車、小汽車、計程車、公車
6.公車		步行、腳踏車、機車、小汽車、計程車、公車

表 12 構建旅次總成本模式所需變數

比例 運具	接駁運具 n 到 離站之比例	接駁運具 n 轉 乘旅次之總 旅行時間	研究區域各運具車外時間與總旅行時間比例
運具	γ_n	u_n	ϵ_n

根據 3.1 及 3.2 參數之假設，無轉乘型態之旅次總成本 (TPC) 與每公里旅次總成本 (TPPC) 均包含七種運具，因此共有 14 個模式，本文僅將一般化模式表示如式 (8) 及 (9)。

(1) 旅次總成本 (TPC_n)

$$TPC_n = (C_n^U + C_n^B + C_n^D + C_n^E) L_n \quad (8)$$

(2) 每公里旅次總成本 ($TPPC_n$)

$$TPPC_n = C_n^U + C_n^B + C_n^D + C_n^E \quad (9)$$

3.6.3 有轉乘旅次總成本模式構建

至於有轉乘行為之運具，因牽涉到接駁運具之總成本，本研究已假設變數 ε 為各種運具旅次「車外時間」與「旅次總旅行時間」之比率，藉以作為接駁運具在各接駁旅次時間切割之依據。因接駁運具有到站與離站之分別，所以本研究分別以各種運具到離站之平均時間融入旅次成本模式，以方便運用「A 運具到站、B 運具離站」方式分析各種旅次之總成本。

因此，具有轉乘或接駁工具之旅次總成本、每公里旅次總成本模式可分別由式 (10) 及 (11) 表示：

(1) 旅次總成本 (TPC_n^T)

$$TPC_n^T = C_n^U \times u_n(1-\varepsilon_n) \times V_n + C_n^B \times u_n(1-\varepsilon_n) \times V_n + O_n u_n \varepsilon_n + \frac{u_n \times (1-\varepsilon_n) \times V_n}{V_n} \times I_n + C_n^E \times u_n(1-\varepsilon_n) \times V_n \quad (10)$$

(2) 每公里旅次總成本 ($TPPC_n^T$)

$$TPPC_n^T = C_n^U + C_n^B + \frac{O_n u_n \varepsilon_n + \frac{u_n \times (1-\varepsilon_n) \times V_n}{V_n} \times I_n}{u_n V_n} + C_n^E \quad (11)$$

式中相關符號定義同前述公式，而 u_n 為運具 n 之到離站平均時間，成本項之上標 T 代表轉乘 (Transfer) 之意。

在轉乘之旅次部分，因為上述之旅次皆已計算車內時間與車外時間，因此在捷運旅次部分必須將車外時間分為等車時間與行走時間。行走時間部分予以扣除，將轉乘運具之車外時間併入轉乘捷運之行走時間，以避免重複計算。本研究假設 λ_r 為捷運旅次之平均車外行走時間，則 $\beta_r - \lambda_r$ 為平均等車時間。因此，捷運之轉乘旅次總成本則以式 (12) 及 (13) 分析之。

(1) 旅次總成本 (TPC_r^T)

$$TPC_r^T = C_r^U \times L_r + C_r^B \times L_r + (\beta_r - \lambda_r) O_r + \frac{L_r}{V_r} \times I_r + C_r^E \times L_r \quad (12)$$

(2) 每公里旅次總成本 ($TPPC_r^T$)

$$TPPC_r^T = C_r^U + C_r^B + \frac{(\beta_r - \lambda_r) O_r + \frac{L_r}{V_r} \times I_r}{L_r} + C_r^E \quad (13)$$

因所有轉乘模式過於龐大，本研究共構建有 36 種模式。為使本研究之模式能更清晰

展現，本研究以「小客車到達捷運站、其他運具離站」之模式為例，將其中 6 種轉乘模式之成本模式列於表 13。

表 13 「小客車到站、其他運具離站」之旅次總成本與每公里旅次成本

離站運具別	成本別	成本
步 行	總成本	$TC_{arw} = TPC_a^T + TPC_w^T + TPC_r^T$
	每公里總成本	$TC_{arw}^p = \frac{TPPC_a^T + TPPC_w^T + TPPC_r^T}{L_r}$
腳踏車	總成本	$TC_{ary} = TPC_a^T + TPC_y^T + TPC_r^T$
	每公里總成本	$TC_{ary}^p = \frac{TPPC_a^T + TPPC_y^T + TPPC_r^T}{L_r}$
機 車	總成本	$TC_{arm} = TPC_a^T + TPC_m^T + TPC_r^T$
	每公里總成本	$TC_{arm}^p = \frac{TPPC_a^T + TPPC_m^T + TPPC_r^T}{L_r}$
小客車	總成本	$TC_{ara} = 2 \times TPC_a^T + TPC_r^T$
	每公里總成本	$TC_{ara}^p = \frac{2 \times TPPC_a^T + TPPC_r^T}{L_r}$
計程車	總成本	$TC_{art} = TPC_a^T + TPC_t^T + TPC_r^T$
	每公里總成本	$TC_{art}^p = \frac{TPPC_a^T + TPPC_t^T + TPPC_r^T}{L_r}$
公 車	總成本	$TC_{arb} = TPC_a^T + TPC_b^T + TPC_r^T$
	每公里總成本	$TC_{arb}^p = \frac{TPPC_a^T + TPPC_b^T + TPPC_r^T}{L_r}$

註：下標之符號如 arw 之意義為以小客車 (a) 到站、轉乘捷運 (r)、再以步行 (w) 離站。

四、臺北都會區旅次總成本分析

本研究根據所構建的旅次總成本模式，以臺北都會區為例，將各種運輸工具之旅次總成本求解，並對各項成本加以分析，以了解模式之應用能力及其分析結果在運輸政策之意涵。

4.1 基本資料之推估

根據本研究之模式求解，臺北都會區旅次總成本之若干數據已在 3.2、3.3、3.4 及 3.5

等各節中詳述，本節將說明在前述分析中尚未推導之數據。

在旅次長度部分，由於步行與腳踏車之旅次長度並無調查資料，本研究依據臺北市政府捷運工程局^[10]之研究，將距離捷運站 500 公尺範圍內之旅次轉乘方式全部規劃為步行，而 500-800 公尺規劃為 50% 步行。因此，本研究將步行之旅次長度設為 500 公尺，腳踏車之旅次長度設為 1,000 公尺。在步行速度方面，依據 2001 年臺灣地區公路容量手冊（交通部運輸研究所^[35]），將人行空間之服務水準分為 A~F 級。同時考量臺北都會區之人行空間並不順暢，除了經過路口必須停等之時間外，人行道上之相關商店的障礙物、機車及腳踏車所形成的障礙皆會降低行人行走時之速度。本研究則假設臺北都會區之人行空間服務水準為 B~C 級之間（每分鐘約 63~69 公尺），因此以步行速度約為每小時 4 公里進行分析。

有關平均行駛速率之計算方式，在汽車及機車部分是根據臺北都會區各道路之平均車流狀況進行分析；計程車與公車則是根據實際調查之資料；而捷運是依據高運量與中運量之總延車公里作為其計算之權重，再與各系統之平均行駛速度加權平均而得。此外，運輸工具成本之計算涉及「車公里」與「人公里」量測基礎，本研究將分析成本所需各類運輸工具之平均旅次長度、乘載率與平均行駛速率列於表 14。

表 14 各類運具旅次特性

運具別	步行	腳踏車	機車	小汽車	計程車	公車	捷運
平均旅次長度 (公里)	0.50	0.80	8.40	18.50	4.45	7.90	7.68
乘載率 (人/車)	1.00	1.00	1.07	1.72	1.87	25.88	651
平均速度 (公里/小時)	2.00	12.00	29.22	29.22	21.28	22.88	33.78

資料來源：本研究依據亞聯工程顧問股份有限公司^[21]、鼎漢國際工程顧問股份有限公司^[26]、周文生^[36]等研究以及臺北市政府交通局網站^[37]之資料整理推估而得。

4.2 臺北都會區旅次總成本求解

為能有效運用相關資料，本研究根據臺北市政府交通局^[38]之調查資料，先分析求解捷運轉乘旅次中前九種占轉乘量最多之旅次。由資料內容顯示，此九種旅次占有捷運轉乘旅次之 87%。依據上述之九種旅次與臺北都會區之運具使用比例之分析，可以歸納出臺北都會區發生率最高之十種旅次（含轉乘與無轉乘），如表 15 所示，而此十種旅次發生率已占有 43 種旅次之 92.92%。對於公車旅次與公車轉乘旅次之分析，本研究將有轉乘與無轉乘旅次予以分開考量，其分析方法係利用臺北都會區每日之公車旅次，扣除每日捷運旅次中有公車轉乘者進行推估。本研究將對發生率累計已達 92.92% 之十種最常發生之旅次，進行詳細之分析與比較。

表 15 臺北都會區發生率最高之十種旅次

排名	旅次別		百分比
1	機車		30.98%
2	小汽車		27.23%
3	公車		14.34%
4	計程車		8.18%
5	捷運+轉乘 ¹	步行—步行	5.80%
6		公車—公車	2.41%
7		步行—公車	1.39%
8		公車—步行	1.23%
9		機車—步行	0.75%
10		機車—機車	0.61%
總計 (占總旅次比例)			92.92%

註：1.排名第 5 之旅次為以「步行」到站搭乘捷運再以「步行」離站之旅次，排名 6~10 之表示法亦相同。

依據成本分析及旅次型態分析結果，本研究以所構建之模式，將臺北都會區之旅次每公里成本以及旅次長度納入考量之旅次成本結構逐一求解與分析。此外，本研究依照旅次成本之結構，將其分為「已負擔成本」與「未負擔成本」兩部分進行政策意涵之評估與討論，其中「已負擔成本」包括使用者成本與旅行時間成本，「未負擔成本」則包括基礎設施成本與外部成本。詳細求解與分析之結果，如表 16、17 所示，並分別予以討論如後。

4.2.1 每公里旅次成本

從表 15 及 16 中可了解，臺北都會區發生率最高之前十大旅次，仍以私人機動運具占最多，汽車與機車大約接近 58%。從單位公里成本來看，以計程車旅次最高，小汽車次之；計程車最高之原因乃因其具有高比例之空車率所致（根據臺北市政府近年調查顯示空車率約 70%^[36,39,40]），而小汽車則是因為其使用者成本與外部成本較高。在使用者成本部分，仍是以小汽車及機車最高；大眾運輸部分則是以公車與以步行及公車轉乘捷運轉乘旅次較高。基礎設施成本部分，以汽車和機車及捷運轉乘旅次較高。在外部成本部分，以計程車為最高，小汽車及機車則次之，此原因仍在於計程車旅次需要負擔高空車率所帶來之外部成本。此外，轉乘旅次中有小客車與機車接駁者，外部成本亦偏高。值得注意的是，轉乘旅次中只要以步行或是公車作為到離站之接駁運具者，旅行時間成本皆相當高。例如以步行到離站之旅次，旅行時間成本占總成本之 51.10%。以公車、步行到離站之旅次，旅行時間成本占 47.84%。在已付出代價部分，公車最高，以步行及公車轉乘捷運旅次次之；未付出代價部分，計程車及機車最高，小汽車及以小汽車及機車轉乘捷運旅次次之。從已、未

付代價可以了解，大眾運輸旅次相對而言為較公平之旅次，而私人機動運具則相對接受較多社會補貼，此一分析結果，已顯現社會資源對於各旅次投入之不合理現況，而此「已付代價比例」可以作為社會永續中公平付費之指標。

表 16 臺北都會區之旅次成本結構

單位：元／旅次／公里

排名	成本 旅次		已負擔成本			未負擔成本			應付出
			使用者金錢成本	旅行時間成本		基礎設施成本	外部成本		總成本
1	機車		2.78 (24.32%)	3.23 (28.28%)	52.60%	2.85 (24.95%)	2.57 (22.45%)	47.40%	11.43 (100%)
2	小汽車		7.55 (41.37%)	3.59 (19.67%)	61.04%	2.73 (14.98%)	4.38 (23.98%)	38.96%	18.25 (100%)
3	公車		1.82 (20.21%)	6.40 (70.96%)	91.17%	0.16 (1.75%)	0.64 (7.08%)	8.83%	9.02 (100%)
4	計程車		2.82 (10.62%)	4.33 (16.31%)	26.93%	2.71 (10.18%)	16.71 (62.89%)	73.07%	26.57 (100%)
5	捷 運 轉 乘	步行-步行	1.73 (13.83%)	6.39 (51.10%)	64.93%	3.99 (31.90%)	0.40 (3.17%)	35.07%	12.50 (100%)
6		公車-公車	2.35 (18.97%)	5.51 (44.53%)	63.05%	3.86 (31.26%)	0.65 (5.24%)	36.50%	12.36 (100%)
7		步行-公車	2.04 (16.38%)	5.95 (47.84%)	64.22%	3.93 (31.58%)	0.52 (4.20%)	35.78%	12.43 (100%)
8		公車-步行	2.04 (16.38%)	5.95 (47.84%)	64.22%	3.93 (31.58%)	0.52 (4.20%)	35.78%	12.43 (100%)
9		機車-步行	4.02 (20.29%)	7.41 (37.39%)	57.67%	6.25 (31.51%)	2.15 (10.82%)	42.33%	19.83 (100%)
10		機車-機車	6.32 (23.26%)	8.44 (31.08%)	54.34%	8.51 (31.33%)	3.89 (14.34%)	45.66%	27.16 (100%)

註：1.運具使用比例：機車 (30.98%)、小客車 (27.23%)、公車 (21.23%)、計程車 (8.18%)、捷運 (8.02%)。

2.旅次長度 (km)：機車 (8.4)、小客車 (18.5)、公車 (7.9)、計程車 (4.45)、捷運 (7.68)。

從上述分析之結果可了解，私人機動運輸工具之總成本仍較高，其未負擔部分亦較高，此或許為運輸政策制訂時缺乏公平合理分析之結果。大眾運輸旅次之成本結構則具有高比例之旅行時間成本，此結果顯示，臺北都會區之大眾運輸旅次，大部分之時間花在步行與等車，因而在檢討大眾運輸政策時，必須同時改善人行空間與環境，增加大眾運輸之班次以減少等車時間；在運行計畫必須多加規劃，以減低接駁時間，降低大眾運輸旅次之旅行時間成本。如此一來有助於移轉私人運輸旅次至大眾運輸，也有助於降低社會付出之總成本。

4.2.2 旅次成本

若將旅次長度予以合理考量，則各旅次成本與旅次成本結構百分比，如表 17 所示。

根據表 14、15 及 17 之結果，可以了解臺北都會區目前大部分之旅次不但是使用私人機動運具，而且其旅次長度皆比大眾運輸旅次顯著要長，而此情況造成一個現象，即臺北都會區之民眾使用社會成本最高之運具，在最長之旅次。因此私人機動運具造成大量之社會成本。由此觀之，要降低社會成本，首要之務，必須將私人運具旅次移轉至大眾運輸，而考量私人運具之旅次長度，主政機關應採取之策略是積極透過捷運與公車在路網及營運等方面之整合，擴增大眾運輸之服務範圍，增加大眾運輸之可及性與便利性。長期而言，

透過大眾運輸導向都市發展 (transit-oriented development) 政策而引導城市朝向更為緊密 (compact) 之發展，是一值得推動方向。

表 17 臺北都會區之旅次成本結構 (每旅次之成本)

單位：元／旅次

排名	成本 旅次	已負擔成本			未負擔成本			應付出
		使用者成本	旅行時間成本		基礎設施成本	外部成本		總成本
1	機車	23.35 (24.32%)	27.16 (28.28%)	52.60%	23.96 (24.95%)	21.55 (22.45%)	47.40%	96.02 (100.00%)
2	小客車	139.68 (41.37%)	66.40 (19.67%)	61.04%	50.58 (14.98%)	80.96 (23.98%)	38.96%	337.61 (100.00%)
3	公車	14.41 (20.21%)	50.59 (70.96%)	91.17%	1.25 (1.75%)	5.05 (7.08%)	8.83%	71.29 (100.00%)
4	計程車	12.55 (10.62%)	19.28 (16.31%)	26.93%	12.04 (10.18%)	74.35 (62.89%)	73.07%	118.22 (100.00%)
5	步行-步行	13.27 (13.83%)	49.05 (51.10%)	64.93%	30.62 (31.90%)	3.04 (3.17%)	35.07%	95.99 (100.00%)
6	捷公車-公車	18.01 (18.97%)	42.29 (44.53%)	63.50%	29.68 (31.26%)	4.98 (5.24%)	36.50%	94.96 (100.00%)
7	運步行-公車	15.64 (16.38%)	45.67 (47.84%)	64.22%	30.15 (31.58%)	4.01 (4.20%)	35.78%	95.47 (100.00%)
8	轉公車-步行	15.64 (16.38%)	45.67 (47.84%)	64.22%	30.15 (31.58%)	4.01 (4.20%)	35.78%	95.47 (100.00%)
9	乘機車-步行	30.90 (20.29%)	56.94 (37.39%)	57.67%	47.99 (31.51%)	16.47 (10.82%)	42.33%	152.30 (100.00%)
10	機車-機車	48.53 (23.26%)	64.84 (31.08%)	54.34%	65.36 (31.33%)	29.91 (14.34%)	45.66%	208.63 (100.00%)

註：1.運具使用比例：機車 (30.98%)、小客車 (27.23%)、公車 (21.23%)、計程車 (8.18%)、捷運 (8.02%)。

2.旅次長度 (km)：機車 (8.4)、小客車 (18.5)、公車 (7.9)、計程車 (4.45)、捷運 (7.68)。

4.3 綜合評析

根據 4.2.1 及 4.2.2 之求解及分析，可了解對臺北都會區前十種使用率最高之旅次成本及其相關成本項目之高低及成本負擔情況。本研究依據求解之結果，將其相關意涵分析如後。

1. 使用者成本方面，小客車與機車之使用者成本分別為每公里 7.55 元與 2.78 元，捷運與公車旅次大部分都在 2.35 元以下，相對而言，私人運輸工具所付出之金錢成本相當高，為一種較不經濟之運輸工具。因此，單就運輸工具使用者來說，應該減少使用汽機車以降低負擔。
2. 基礎設施成本部分，除了道路設施之建造成本、重置成本與例行維修成本外，還加入了停車成本，以公平計算各種運輸工具所應付出之基礎設施代價。私人機動運具之基礎設施成本介於每公里 2.73 元~2.85 元，副大眾運輸為 2.71 元，大眾運輸工具則大部分介於 0.16 元~8.51 元之間。由此看來，私人機動運輸工具在此部分之成本與部分大眾運輸旅次相近。但更進一步分析，大眾運輸之公車旅次最低，但捷運旅次偏高；此原因在於捷運旅次之土木及機電投入皆相當高，以致於讓基礎設施成本占其總成本之三分之一。此一結果代表捷旅次之高建設成本，會让其旅次成本增加之比例提高許多；因此，在都市運輸政策之系統規劃與擬定部分，運輸系統政策必須有更加公平與合理之評估機制。若

從整體運輸系統之健全與發展來分析，除了可以增加公車系統之運用外，將私人運輸工具移轉至大眾運輸，從乘載率之提升以讓每旅次分擔之基礎建設成本降低，亦是軌道運輸、捷運政策將來必須努力之目標。

3. 旅行時間成本部分，私人機動運輸工具介於每公里 3.23 元~3.59 元之間，大眾運輸則介於 5.51 元~8.44 元之間。從單位旅次每公里總成本來看，大眾運輸大部分皆高於私人運輸。而依照大眾運輸旅次成本比例來分析，其主要之成本即在於旅行時間成本，也因為此一部份成本居高不下，所以私人運輸相對而言，在感受之效用上具有一定之吸引力。要解決此問題，政府必須在大眾運輸政策由「及門」(door-to-door) 整體時間與成本進行考量，對於改善人行空間及縮短轉乘接駁步行之距離等改善外部環境措施，應有具體作為。此外，等車時間是另一個相當重要之課題，因為服務班距與乘客效益之間有一個平衡點，若欲縮短班距以增加服務水準，則營運成本亦相對增高。因此政府應考量以補貼或相關鼓勵政策來增加大眾運輸之服務水準，當運量增加，收益增多則補貼也會相對降低，此為一良性循環。此外，轉乘與接駁之時間亦不可忽視，政府主管機關應該協助業者建立更好之接駁環境，除了加強各種大眾運輸工具互相配合 (如以公車作為捷運之接駁運具)，更應對於服務班表、即時資訊之提供以及增加接駁運輸工具之種類等進行努力。如此一來，大眾運輸之服務提升，旅行時間成本降低，對於私人運輸工具也會有更強之競爭力。
4. 就外部成本而言，私人機動運輸介於每公里 2.57 元~4.38 元，副大眾運輸為 16.71 元，大眾運輸則大部分介於 0.40 元~3.89 元。從上述結果可以了解，副大眾運輸因為其高空車率造成無效率之繞行，造成其高外部成本；而私人機動運輸旅次之外部成本亦相當高，相對於大眾運輸而言約在 1.5 倍~11 倍之間；因此社會對於私人機動運具之外部成本補貼相對較多，此亦為造成社會資源分配不公平與不合理之重要原因。欲改善此問題，除了對於計程車問題必須提出有效管理方案，以降低外部成本外，對於私人機動運輸系統之外部成本問題，政府應收取空氣污染、噪音污染與擁擠之相關稅費，使得各種私人運具使用者能公平合理付出應付出之代價。如此，當此一未付出成本予以內部化，使用私人運輸工具之負擔合理增加，勢必能降低私人機動運具旅次，另一方面可以增加大眾運輸之使用者。有關機車外部成本及相關機車管理政策對於旅次成本與社會效益之分析，可進一步參酌 Chang 與 Guo^[41]之研究。
5. 有轉乘旅次部分，可以發現以步行或公車綠色運具轉乘捷運之旅次，其主要成本大部分是在旅行時間，而不論到站或離站，以私人運具轉乘的旅次，其各項成本相對會提高許多。因此以步行或公車及綠色運具轉乘捷運之旅次，大部分所花費的成本在於旅行時間成本，此一結果亦表示政府在推行大眾運輸政策時，必須注重行走空間之改善與良好轉乘接駁系統之建置，以節省大眾運輸旅次之旅行時間成本，並增加大眾運輸競爭力。此外，以私人運具轉乘之旅次，比例上雖然不高，但其所造成較高之基礎設施成本與外部成本，顯示以私人運輸轉乘並非具有社會效益之轉乘方式。因此，在制訂轉乘政策上，必須加以重視，並考慮應用相關策略，將其移轉至公車或其他綠色運輸工具轉乘。

6. 從單位公里旅次總成本看來，私人機動運輸介於 11.43 元~18.25 元，副大眾運輸為 26.57 元，大眾運輸則介於 9.02 元~27.16 元。私人運輸工具在單位總成本之部分皆高於大眾運輸，其基礎設施成本雖稍低但其外部成本遠高於大眾運輸使用者，此狀況即是私人運輸接受社會高額之補貼，造成嚴重的資源分配不公。因此，政府必須利用上述分析之各項政策與措施，對私人運輸加以管制，以降低社會資源分配之不公平性與社會總成本。
7. 影響旅次總成本之因素，在於各種運輸工具之平均旅次長度。從求解中可以發現，私人機動運具之旅次長度均顯著高於大眾運輸旅次。在各項成本分析中可以了解，私人機動運輸工具未負擔之成本遠高於大眾運輸，再加上偏高之旅次長度，則所造成之問題將更加嚴重。從單一旅次成本來看，私人機動運輸工具之外部成本介於 21.55 元~80.96 元，大眾運輸則介於 3.04 元~29.91 元，而大眾運輸低外部成本旅次比例相當高。由此看來，臺北都會區的運輸工具使用方式，造成了相當嚴重的社會補貼與資源分配不公之問題。因此，政府應該增加大眾運輸服務、讓整個大眾運輸路網更加綿密，方便各種旅次使用者。
8. 從旅次總成本之觀點來看，臺北都會區目前被使用最多之旅次與長度最長之旅次，是造成最多社會總成本之私人運具。由此結果來看，更加彰顯了私人運輸工具所造成問題之嚴重，代表私人機動運具消耗最多的社會資源，造成最多的外部性，獲得最多的補貼。從社會公平的觀點來看，外部影響越多之運輸工具，應該付出更多代價。而私人機動運具外部性大，但又使用最多，代表已付代價和應付代價差距過大，這是不公平的現象。主管機關應該採取相關稅費政策以抑制私人機動運具之使用，同時應該相對給予大眾運輸營運環境之合理補助，則對大眾運輸運量之提升有所助益。
9. 本研究以「已付出代價與未付代價」進行分析，此象徵「公平」(fairness) 之「已付代價之比例」，以公車旅次最高、計程車及機車最低，而就捷運旅次而言，以綠色運具(步行及公車)轉乘之捷運旅次有較高之已付代價。從已、未付代價可以了解，大眾運輸旅次相對而言為較符「社會公平」之旅次，而私人機動運具則相對接受較多社會補貼，此一分析結果，已顯現社會資源對於各旅次投入之不合理現況。
10. 關於計程車高旅次成本與高外部成本之問題，歸究其原因乃是過去政策所累積之過多計程車數量所衍生極高空車率。在如此高空車率下所造成的結果，必然是增加其繞行之時間與高外部成本。因此，政府及有關單位有必要詳細探討計程車之數量問題、管理問題及整體產業環境改善問題，並考量在降低社會總成本並增加其經營效率之目標下，依照現在之狀況尋求解決問題之方法。由旅次成本分析結果顯現，計程車數量合理管制，不但能降低計程車旅次之總成本，更能使其提供更優質之服務。

五、結論與建議

本研究從社會總成本與旅次鏈之觀點，針對都市各類運輸工具之使用者成本、基礎建

設成本、旅行時間成本與外部成本構建旅次成本模式。研究中並以臺北都會區為例進行實證分析，同時基於旅次成本量化結果提出改善政策。茲將本研究之具體結論彙整如後。

1. 在旅次成本模式構建部分，本研究不但包括步行、腳踏車之各類運輸工具，並將都市內以大眾捷運為幹線之轉乘旅次納入，總計所有旅次型態共 43 種，其中包含無轉乘之單一運具 7 種以及有轉乘部分共 36 種。本研究建立之模式可分析求解各類旅次之總成本與單位公里成本，而所建立之模式具有移轉性，並不會受限於城市與區域差異而降低適用性，在任何一個城市，只要蒐集模式所需之參數，皆可分析各種旅次之成本。
2. 在無轉乘旅次模式部分，本研究之模式包括所有車內與車外時間。有轉乘旅次部分，模式包括搭乘捷運前之接駁運具、捷運本身以及搭乘捷運後之接駁運具等三段旅次成本。
3. 本研究對於基礎設施成本之分析，在道路與人行設施部分，將建造、重置及例行維護成本皆納入分析，對各類運具以每車公里為基礎分配基礎設施成本。在捷運部分則將其土木建造與機電設備之初置成本及重置成本納入考量，並依設備特性合理考量使用年限。此外，本研究將停車成本計入基礎設施部分，乃是基於其為未負擔成本之一部分，並且具有基礎設施之特性；同時在計算方式上，將所有重複計算部分扣除，因而分析結果能合理凸顯停車未能合理付費之課題。但此一部分，在成本歸屬上仍有討論空間，值得未來進一步加以研究。
4. 外部成本部分採取以市場價值為基礎，並以真實價值來反映污染物之傷害進行分析。透過本研究對於各種運輸工具外部成本量化方式，可以用平均成本之方式讓各種運輸工具之外部成本公平合理量化，並且尋求一個可以讓社會大眾接受之數值。此一量化方式，對於政策之制訂及相關稅費機制與策略之應用，可以提供一較公平之基礎，亦即在市場價值下所尋求之外部成本價值，是一真實反應市場之價格機制，但也是外部成本之最低門檻值。且因貨幣化之價值來自於既有之市場，應用於真實之運輸政策分析，可以降低對於數值之爭議。
5. 根據本研究構建之旅次總成本模式求解之結果，除了可以清楚了解各種旅次各項成本的相對高低，對於各類旅次已負擔部分（使用者成本、旅行時間成本）及未負擔部分（基礎設施成本、外部成本）也可有更清楚之認知，因而可以清楚了解目前何種旅次造成相對較高之社會成本，政府在政策制訂及策略規劃上應該加以抑制。對於受社會資源補貼相對較少之大眾運輸系統，研究成果亦可據以研擬評估相關的獎勵及優惠措施以增加大眾運輸使用比例，以降低社會總成本及增加資源分配之公平性，達到增進社會及環境永續性之目標。
6. 本研究就「已付出代價與未付代價」進行分析，分析結果顯示，「已付代價之比例」以公車旅次最高、計程車及機車最低，而就捷運旅次而言，以步行、腳踏車及公車等綠色運具轉乘之捷運旅次有較高之已付代價，以小汽車及機車轉乘之捷運旅次則較低。從已付、未付代價相對關係可以了解，大眾運輸旅次為較具社會公平性之旅次，而私人機動運具則相對接受較多社會補貼，此一結果顯現社會資源對於各運具旅次投入之不合理現況，而此「已付代價相對於總旅次成本之比例」可以作為衡量運輸政策是否達到社會永

- 續與付費公平之績效評估因子，值得後續推廣應用。
7. 本研究所建立之旅次總成本模式，從各種成本項目之探討進而分析已應付代價之觀念，除了可作為探討「社會公平」(social equity) 之基礎，亦可作為分析運輸系統永續發展之評估準則。然而，從永續發展目標體系之經濟財務、社會及環境等各項目標觀之，這些永續性指標與旅次總成本各項成本所代表意涵之相關性仍需再深入分析；而已付與應付代價是否能公平與合理顯現永續指標之充分意義，值得進一步研究。
 8. 本研究所建立旅次總成本模式，已應用分析臺北都會區之現況，並據以討論運輸政策之意涵。後續研究可進一步對投資、稅費、成本、定價、補貼及管制等運輸政策進行績效評估分析。
 9. 旅次總成本之應用，除了能顯現各種運輸工具之公平性外，亦可以作為運輸政策及策略之績效評量基準。過去相關政策分析，由於缺乏量化分析之基礎，常採定性分析或以現有一般化成本為構建基礎之運輸規劃模式來分析，分析之結果造成了政策之偏誤。未來應積極將旅次總成本之概念應用於運輸規劃模式，並且建立在各種永續目標下之評估分析方法，讓運輸政策之分析能充分顯現真實之成本及效用，亦能引導運輸系統健全與永續發展。
 10. 本研究於分析方法上採用成本分擔之概念，在效用及成本變動量分析上做了適度之簡化；亦即當政策改變或新系統建立而產生旅次移轉之效果，本研究對於總成本量化結果實屬保守之估計，但顯現之政策績效趨勢與方向，仍能作為評估比較之決策依據。因此，建議在方法論上，未來可針對各項旅次成本因旅次移轉而產生之可能變量加以探討。

參考文獻

1. Litman, T., *Transportation Cost Analysis for Sustainability*, Victoria Transport Policy Institute, 2000.
2. 林益民，「大眾捷運系統費率訂定之研究」，國立臺灣大學土木工程所碩士論文，1997。
3. 劉欽瑜，「永續目標下都會區最適運具比例研究」，國立臺灣大學土木工程所碩士論文，2001。
4. Oin, J., Weissmann, J., Euritt, M. A., and Martello, M., "Evaluating Full Cost of Urban Passenger Transportation", *Transportation Research Record*, No. 1518, 1996, pp.57-64.
5. 劉慶洲，「社會成本在交通運輸上之應用」，**運輸計劃季刊**，第四卷，第四期，1997，頁 32-38。
6. 趙捷謙，「道路定價經濟學」，**運輸計劃季刊**，第四卷，第二期，1975，頁 18-33。
7. 黃立國，「公路投資之成本效益分析方法」，**運輸計劃季刊**，第七卷，第四期，1978，頁 89-102。

8. 李孟峰等人，**臺灣地區公路行車成本調查**，交通部運輸研究所委託專題研究報告，1994。
9. 張學孔、盧曉櫻，「公車外部效益與費率之最佳化」，中華民國運輸學會第 11 屆學術研討會論文集，1996。
10. 臺北市政府捷運工程局，「臺北都會區整體運輸規劃需求模式預測 (TRTS3) 校估報告 (上、下)」，1994。
11. Mayeres, I., Ochelen, S., and Proost, S., "The Marginal External Costs of Urban Transport", *Transportation Research D*, 1, 1996, pp. 111~130.
12. AUSTROADS, "Cost of Personal Travel," Australian Road Research Board, 1994.
13. 張國平等，**鐵路客運與貨運費率計算公式之研究**，交通部運輸研究所委託專題研究報告，1992。
14. Zegras, C., "The Costs of Transportation in Santiago de Chile: Analysis and Policy Implications", *Transport Policy*, Vol. 5, 1998, pp. 9~21.
15. 鼎漢國際工程顧問股份有限公司，**公路車輛行車成本調查**，交通部運輸研究所委託專題研究報告，2000。
16. 交通部統計處，**臺灣地區自用小客車使用狀況調查報告**，2000。
17. 臺北捷運公司，**捷運公司年報**，2002。
18. 張學孔、郭瑜堅，「都市旅次成本分析模式」，國立臺灣大學土木工程所專題研究報告，2005。
19. 郭瑜堅，「都市旅次成本之研究」，國立臺灣大學土木工程所碩士論文，2002。
20. 黃武昌，「路邊停車對交通流量影響之模擬研究」，國立交通大學交通運輸工程研究所碩士論文，1980。
21. 鼎漢國際工程顧問股份有限公司，「臺北都會區整體運輸規劃之研究(二)」，臺北市政府委託專題研究報告，2003。
22. 羅孝賢等人，「臺北市路邊停車場及公有路外公共停車場收費費率計算公式訂定之研究」，臺北市停車管理處委託專題研究報告，2003。
23. 鍾晟夫，「都市旅次基礎設施成本之研究」，國立臺灣大學土木工程所碩士論文，2006。
24. 張國廷，「都市旅次外部成本之研究」，國立臺灣大學土木工程所碩士論文，2006。
25. 張學孔、郭瑜堅、張國廷，「都市旅次外部成本之研究」，中華民國運輸學會第 21 屆學術研討會論文集，2006。
26. 亞聯顧問公司，「臺北都會區整體運輸規劃基本資料之調查與較驗(二)」，臺北市政府交通局委託專題研究報告，2001。
27. Goodwin, P. B., *Time Effort and Money, Three Components of the Generalised Cost of Travel*, PTRC Ltd., Warwick, 1974.
28. Bickle, P. and Friedrich, R., *Estimating Environmental Costs using Impact Pathway Approach*, Institute for Energiewirtschaft and Rationelle Energieanwendung, University Stuttgart, Germany,

- 2001.
29. European Commission, *ExternE – Externalities of Energy*, Vol.7, Methodology 1998 Update, Office for Official Publications of the European Communities, 1999.
 30. 蕭代基、傅祖壇、陳筆、李隆安、潘文函，「空氣污染對人體健康之影響的調查研究」，蔣經國國際學術交流基金會補助研究計畫報告，1993。
 31. 行政院主計處網站，<http://www.dgbas.gov.tw/mp.asp?mp=1>。
 32. 內政部網站，<http://www.moi.gov.tw/home/>。
 33. 陳高村、許志誠，「道路交通事故損害賠償成本推估之研究」，*運輸計劃季刊*，第三十二卷，第二期，2003，頁 365-390。
 34. 陳振祥，「臺北市汽車交通事故傷害住院醫療費用分析與推估」，*交通事故與交通違規之社會成本推估研討會論文集*，交通部運輸研究所，2000，頁 327-344。
 35. 交通部運輸研究所，**2001 年臺灣地區公路容量手冊**，2001。
 36. 周文生等，「九十一年度臺北地區計程車營運與情形調查」，臺北市政府交通局、臺北縣交通局委託中華民國運輸學會辦理專題研究報告，2002。
 37. 臺北市政府交通局網站，<http://www.dot.taipei.gov.tw/newch/>。
 38. 臺北市政府交通局，「捷運南港板橋線市政府至昆陽站營運後旅客問卷調查報告」，2002。
 39. 周文生等人，「九十三年度臺北地區計程車營運情形調查」，臺北市政府交通局委託中央警察大學交通學系辦理，2004。
 40. 張學孔、黃世明，「計程車最佳費率與空車率之研究」，*運輸計劃季刊*，第三十二卷，第二期，2003，頁 341-364。
 41. Chang, S. K. and Guo, Y. J., "Effects of Motorcycle Management Strategies on External Costs", *Journal of Transportation Research Board* (accepted), 2006.

附錄 參數符號與定義

符 號	說 明	單 位
w, y, m, a, t, b, r	代表運具種類：步行 (w)、腳踏車 (y)、機車 (m) 小汽車 (a)、計程車 (t)、公車 (b)、捷運 (r)	
C_n^U	運具 n 使用者每旅次公里直接付出之金錢成本	元／人公里
C_n^B	運具 n 使用者每旅次公里應付出之基礎設施成本	元／人公里
C_n^D	運具 n 使用者每旅次公里付出之旅行時間成本	元／人公里
C_n^E	運具 n 使用者每旅次公里所需付出之外部成本	元／人公里
T_n	運具 n 每車公里使用成本	元／車公里
f_n	運具 n 乘載率	人／車
α_n	運具 n 基礎設施成本	元／車公里
S_n	運具 n 停車費用	元／車公里
β_n	運具 n 平均車外時間	分鐘
O_n	運具 n 車外時間價值	元／分鐘
I_n	運具 n 車上時間價值	元／分鐘
L_n	運具 n 平均旅次長度	公里
V_n	運具 n 平均速率	公里／分鐘
A_n	運具 n 空氣污染成本	元／車公里
N_n	運具 n 噪音污染成本	元／車公里
D_n	運具 n 肇事成本	元／車公里
G_n	運具 n 擁擠成本	元／車公里
$TPPC_n$	(無轉乘) 運具 n 每旅次公里之總成本	元／旅次公里
TPC_n	(無轉乘) 運具 n 每旅次之總成本	元／旅次
$TPPC_n^T$	(有轉乘) 運具 n 每旅次公里之總成本	元／旅次公里
TPC_n^T	(有轉乘) 運具 n 每旅次之總成本	元／旅次
γ_n	接駁運具 n 到離站之比例	%
u_n	接駁運具 n 轉乘旅次之總旅行時間	分鐘
ε_n	研究區域運具 n 車外時間與總旅行時間比例	%
λ_n	捷運旅次之平均車外行走時間	分鐘