

國立交通大學

交通運輸研究所

碩士論文

台北都會區捷運與公車轉乘優惠

效益之分析

Benefit Analysis of Fare Discount for

Metro-Bus Transfer in Taipei

研究生：陳永朋

指導教授：馮正民 教授

中華民國九十六年六月

台北都會區捷運與公車轉乘優惠效益之分析

學生：陳永朋

指導教授：馮正民 教授

國立交通大學交通運輸研究所

摘要

為瞭解台北捷運與公車轉乘優惠政策對台北都會區運輸市場之影響，本研究利用個體運具選擇行為理論，構建台北都會區運具選擇模式，尋求轉乘優惠與運具選擇之變動關係。此外，本研究進行成本效益分析，找尋最適優惠額度與優惠經費分攤比例。

本研究以小汽車、機車、公車、計程車、步行搭乘捷運、公車轉乘捷運與其他運具轉乘捷運作為替選方案集合，構建多項羅吉特模式與巢式羅吉特模式。校估結果以公車、步行搭乘捷運、公車轉乘捷運與其他運具轉乘捷運四方案在同一巢的模式較佳，顯示大眾運具間之相關性較高。於彈性計算中，公車轉乘捷運方案旅行成本之直接彈性與其對其他方案之交叉彈性值均頗小，且同巢之大眾運具方案的交叉彈性大於巢外私有運具方案。其表示藉捷運與公車轉乘優惠來提升轉乘運量之成效有限，且大部分為大眾運具間的移轉，對私有運具使用者吸引力不大。

成本效益分析中，優惠額度 1 至 7 元益本比大於 1，淨效益為正。最適優惠額度 4 元下，經費分攤比例為政府 61.92%，公車業者 21.53%與台北捷運 16.55%。若僅考量公車與捷運之財務淨效益，結果顯示優惠額度 1 至 15 元之財務淨效益皆為負，隱含轉乘優惠不宜視為業者之行銷策略。

關鍵字：轉乘優惠、多項羅吉特模式、巢式羅吉特模式

Benefit Analysis of Fare Discount for Metro-Bus Transfer in Taipei

Student : Yung-Peng Chen

Advisor : Dr. Cheng-Min Feng

Institute of Traffic and Transportation
National Chiao Tung University

Abstract

To explore the effects of fare discount for Metro-bus transfer on transportation market in Taipei metropolitan area, this study employs discrete choice models to analyze how passengers respond to price changes. The ratio of financing apportionment and optimal fare discount are obtained from cost-benefit analysis.

Car, motorcycle, bus, taxi, rapid transit-walk access, rapid transit-bus transfer and rapid transit-other modes transfer are our choice sets of alternatives. This study constructs multinomial logit and nested logit models. The calibrated result shows that the nested logit model with bus, rapid transit-walk access, rapid transit-bus transfer and rapid transit-other modes transfer in a nest, is statistically superior to the multinomial logit model. The elasticity estimates demonstrate that both private and public transport users are insensitive to changes in fares of rapid transit-bus transfer. It means that the effects of fare discount for Metro-bus transfer to enhance the rapid transit-bus riders are limited.

The results of cost-benefit analysis show that the fare discount policy gains profit when one-way transfer fare discount is 1-7 NT dollars. Under the optimal fare discount, 4 NT dollars, the ratio of financing apportionment is 61.92% for the government, 21.53% for bus operators and 16.55% for the Metro. If we only consider bus operators and Metro net financial benefits, it is found that the fare discount policy for 1 to 15 NT dollars discount gains negative profit. It implies that the fare discount policy is not appropriate treated as the marketing strategy for bus operators and the Metro.

Keywords : fare discount, multinomial logit model, nested logit model

誌謝

論文撰寫的過程像跑馬拉松，很長。長到你偶爾寫著寫著開始打哈欠不寫，聽到身邊的同學嘶聲哀號，才驚覺自己什麼碗糕也沒交。長到你開始覺得模式跑錯跑不完不想跑，胡亂批評抱怨後，靠的是老師、學長耐心、用心的指導才重新起跑。直到看見終點，才慢慢發現自己的成長改變，其實不只論文薄薄一本。

寫誌謝的這個時候，想起一路懵懂跌撞，接受了好多人的幫忙，心裡滿滿的感謝。感謝恩師馮正民教授的悉心指導，研究所兩年在您麾下，學生的心性祥和不少。感謝口試委員任維廉教授與溫傑華教授的指正建議，使學生論文能更臻完整。感謝黃台生教授、承憲學長、jacky 學長多次斧正學生思考邏輯，過程有時火爆僵硬，你們總是包容。感謝同計畫案薰論，雖然妳老是怨嘆蒐集的資料對妳沒用。以及，去年大熱天裡很夠義氣幫我做問卷的金將、博彥、小慧、龍哥、kilik、mud、老師、靜宜、溫仔、傻蔣、依潔、小葉、何姐、陳姐、洪姐、柳姐等，謝謝！你們是好人。

研究所兩年，很幸運遇到一群酒肉交心皆宜的朋友，webber，謝謝你這些日子來像親兄弟一樣的甘心照料，難過的時候你貼在門口的加油打氣我都有看到。A 中，lab 同位置培養出的革命情感只有我們知道，希望我待人接物有一天也能跟你一樣好，博彥，有你這個球友很開心，但最開心的是有你這個朋友。金將，你是龜你是雕老愛 ccc，跟你聊天出去玩很靠盃很好笑，阿秋，外冷內熱認真紀錄北交點滴的會長，有你我們班才會那麼歡樂精采。大頭，做事超囉唆龜毛但成果絕對值得信賴，跟你一起剪片到天亮很愉快。菁怡，出遊最阿殺力的女性班底，最想學妳的善於規劃跟成熟思想。還有單純可愛的書婷，曾經熱血的活動長獼猴、總是笑嘻嘻的龍哥、色魚，吃麻辣鍋很有愛心幫大家煮肉的凱媽，蜘蛛襪老梗依珊老師，踏庫拉奇 5566，逛街天后芝吟，馮家師姐笛箏，常餵我吃餅的肥肥，不計形象背一大包蕃薯餅搭車運來 lab 給大家吃的大玥，唱歌一把單的歌姬宇函和歌雞 ej，已經是人妻的小慧，直接豪爽的靜宜，美妝達人大冠，好久不見的娘淵，成熟好男人 kilik，祝妳幸福怡安，我們擁抱吧 mud。

最後，感謝我的爸媽，對於兩年前突然轉變跑道的我給予最大的諒解跟支持，因為你們，我才能無憂無慮的在學業上努力，拿到碩士學位。

謹以此文獻給我的家人及我的朋友，我愛你們。

陳永朋 謹誌
民國九十六年七月

目錄

中文摘要	I
英文摘要	II
誌謝	III
目錄	IV
表目錄	VI
圖目錄	VII
第一章 緒論	1
1.1 研究背景與動機	1
1.2 研究目的	2
1.3 研究範疇	3
1.3.1 研究對象	3
1.3.2 研究空間範疇	3
1.3.3 研究時間範疇	4
1.4 研究流程與內容	5
1.5 研究方法	7
第二章 文獻回顧與評析	8
2.1 捷運與公車轉乘優惠實施情形	8
2.1.1 轉乘優惠實施之歷程	8
2.1.2 捷運、公車及轉乘運量之變化趨勢	9
2.1.3 經費編列	11
2.2 國外城市實施轉乘	12
2.3 轉乘優惠相關文獻回顧	13
第三章 研究設計	18
3.1 課題分析	18
3.2 研究架構	20
3.3 研究方法	21
3.3.1 多項羅吉特模式	24
3.3.2 巢式羅吉特模式	25
3.3.3 模式校估與檢定	25

第四章 資料調查與分析	27
4.1 問卷設計	27
4.1.1 設計方式	27
4.1.2 問卷內容	27
4.2 調查計畫	31
4.2.1 調查範圍	31
4.2.2 調查時間	31
4.2.3 調查方式	31
4.3 樣本基本特性分析	33
4.3.1 受訪者之社會經濟及旅次特性分析	33
4.3.2 受訪者之運具選擇特性	35
4.3.3 交叉分析	38
第五章 模式構建與校估	42
5.1 變數說明	42
5.2 多項羅吉特模式	43
5.3 巢式羅吉特模式	47
5.4 彈性分析	55
5.4.1 旅行成本彈性	55
5.4.2 旅行時間彈性	58
第六章 轉乘優惠效益分析	59
6.1 捷運與公車轉乘優惠效益之估算	59
6.1.1 估算方法	59
6.1.2 估算結果	61
6.2 最適優惠額度分析	64
6.3 轉乘優惠經費之分擔	68
第七章 結論與建議	70
7.1 結論	70
7.2 建議	71
參考文獻	73



表目錄

表 2.1 台北捷運與公車轉乘優惠實施歷程	9
表 2.2 國外城市實施轉乘優惠之狀況	13
表 2.3 轉乘優惠措施效益(總體效益約為 10.09 億元/年)	15
表 4.1 顯示性偏好法與敘述性偏好法優缺點比較	27
表 4.2 臺北都會區民眾運具選擇模式問卷調查表	30
表 4.3 各運具市場占有率	32
表 4.4 問卷回收統計表	33
表 4.5 受訪者社會經濟及旅次特性表	34
表 4.6 受訪者運具選擇及屬性一覽表	37
表 4.7 受訪者社會經濟及旅次特性與所選擇運具之交叉分析表	39
表 5.1 多項羅吉特模式(一)校估結果	44
表 5.2 多項羅吉特模式(二)校估結果	45
表 5.3 多項羅吉特模式(三)校估結果	47
表 5.4 巢式羅吉特模式之校估結果	54
表 5.5 模式校估之運具使用比例	55
表 5.6 旅行成本彈性矩陣	57
表 5.7 旅行時間彈性矩陣	58
表 6.1 各運具每人旅次之外部成本	61
表 6.2 各方案每旅次之外部效益值	61
表 6.3 不同轉乘優惠額度下各方案使用比率	62
表 6.4 不同轉乘優惠額度下各方案旅次變化	63
表 6.5 不同轉乘優惠額度下之效益值	64
表 6.6 不同轉乘優惠額度下之各項成本效益指標值	66
表 6.7 轉乘優惠經費分擔比例	69

圖目錄

圖 1.1 台北捷運已通車路網圖	4
圖 2.1 民國 74 年至 94 年各年度公車及捷運運量圖	10
圖 2.2 民國 88 年 7 月至 94 年 12 月轉乘運量趨勢圖	11
圖 3.1 研究架構	21
圖 4.1 台北市市民通勤交通工具使用比例	32
圖 5.1 運具選擇之多項羅吉特模式架構圖	43
圖 5.2.1 NL1 模式架構圖	48
圖 5.2.2 NL2 模式架構圖	48
圖 5.2.3 NL3 模式架構圖	49
圖 5.2.4 NL4 模式架構圖	49
圖 5.2.5 NL5 模式架構圖	50
圖 5.2.6 NL6 模式架構圖	50
圖 5.2.7 NL7 模式架構圖	51
圖 5.2.8 NL8 模式架構圖	51
圖 5.2.9 NL9 模式架構圖	52
圖 5.2.10 NL10 模式架構圖	52
圖 5.3.1 NL11 模式架構圖	53
圖 5.3.2 NL12 模式架構圖	53
圖 6.1 轉乘優惠總效益、總成本與優惠額度關係圖	67
圖 6.2 轉乘優惠益本比、邊際益本比與優惠額度關係圖	67
圖 6.3 轉乘優惠淨效益、財務淨效益與優惠額度關係圖	68

第一章 緒論

1.1 研究背景與動機

台北市與位於台北縣內的週邊衛星城市形成大型都會區，區內的交通流量十分龐大。根據民國 90 年台北都會區整體運輸規劃調查，台北市內往來旅次每日約 512.9 萬人次，台北市與台北縣、基隆市往來旅次約 801.0 萬人次/日。且隨著人口密度攀升、社經條件改善，旅運行為之必要性與發生機率皆較過去為高，合理預測現今台北都會區內交通流量已高於前述之調查量。而民眾多數使用私人運具（汽、機車），每逢尖峰時段或假日，大量車潮流動於市內與縣、市之間，經常導致各重要幹道交通阻塞，引發壅塞、噪音、行車事故、能源損耗與空氣污染等嚴重問題，耗費許多社會成本並惡化台北都會區生活品質。

為舒緩上述之負外部效應，除原有公車之大眾運輸系統外，政府另著手規劃建設捷運系統，冀能誘使私人運具使用者轉搭乘大眾運具。自民國 85 年 3 月台北捷運木柵線通車開始，截至民國 95 年 5 月，捷運已通車路網包含木柵線、淡水線、中和線、小南門線、新店線、南港線、板橋線及土城線，營運長度已達 74.4 公里。路網擴大加上許多運輸政策因應捷運的通車而採大眾運輸導向，捷運運量持續成長。民國 93 年 11 月每日平均運量首次突破 100 萬人次。

然而捷運為走廊式運輸系統，多數使用捷運民眾須配合其他運具交替轉乘方能完成整趟運輸旅次。為落實提升大眾運輸系統使用率之目標，捷運系統當與公車系統整合，使服務地區由線擴至面。整合之方式包含費率結構、票證系統、接駁路線、班次或營運組織的相互配合。其中費率整合即指兩種（含）以上之運輸系統，在費率結構上之配合，為轉乘乘客提供票價折扣，如捷運與公車轉乘優惠。

台北都會區捷運與公車轉乘優惠係由民國 85 年 11 月開始實施，優惠方式始為乘客憑捷運儲值卡購買轉乘券，於捷運下車後，逕至詢問處附近之轉乘桌，於轉乘券上加蓋當日轉乘戳印，即可持該轉乘券免費搭乘一段票之公車路程。民國 88 年 7 月，因應台北市聯營公車改以儲值卡收費，優惠方式亦由轉乘券改為公車

儲值卡，原加蓋當日轉乘戳印之程序則改以乘客於捷運下車後，至轉乘辨識機註記出站日期、時間（始有優惠時間限制）及轉乘碼。由於票證系統限制，轉乘優惠措施採捷運轉乘公車單向一段票免費方式，雖亦曾實施過雙向優惠，但無有效控管機制。直至民國 92 年 11 月悠遊卡結合原捷運儲值卡與公車儲值卡，乘客於雙向轉乘中均得以悠遊卡付費時直接扣減轉乘優惠金額，即為目前捷運與公車雙向轉乘優惠方式。

轉乘優惠雖具惠民美意，然而此政策每年耗資數億經費且逐年增加，其經濟效益為何、受益對象之釐清、經費分攤合理性及現行優惠額度是否最適等相關議題值得關切，是故，有必要深入探討台北都會區捷運與公車轉乘優惠效益，剖析其影響面向與意涵。

1.2 研究目的

本研究主要目的為透過實證方法，研究台北市政府與台北捷運公司實施之捷運與公車轉乘優惠政策，對其相關課題提出結論與建議。轉乘優惠政策以降低乘客轉乘費用之方式，鼓勵民眾搭乘大眾運具，以舒緩壅塞、噪音、行車事故、能源損耗與空氣污染等負面影響。政策構想主要為假設民眾選擇運具時具價格彈性，然而該假設未必符合現實，政策效益尚待評估。本研究將以個體選擇理論（Discrete Choice Theory）構建台北都會區民眾運具選擇模式，估擬民眾對轉乘優惠政策之反應。

另一方面，優惠經費之支出，民國 89 年以前係由台北市政府交通局編列預算向行政院環保署申請空污費支應，民國 90 年改由台北捷運公司與交通局共同負擔。然而民國 91 年起，因台北市議會但書，交通局不得再編列捷運轉乘公車相關補助經費，未來由台北捷運公司以行銷費用名義吸收。優惠政策意義原為鼓勵大眾運輸，在經費來源方面卻導以行銷意涵，由捷運公司獨力負擔，轉乘優惠政策是否為捷運公司帶來財務效益尚待評估，其中公平性與合理性值得商榷。本研究

將釐清運輸體系中，受惠於轉乘優惠之所有權益關係者，並根據各方受益情形提出合理優惠經費分攤方式。最後，本研究將模擬轉乘優惠政策在不同優惠額度情境下，對整體效益之影響，並提出最適轉乘優惠額度之建議。基於以上目的，本研究課題將包含下列四項：

1. 分析轉乘優惠之政策意涵與受益對象。
2. 分析轉乘優惠對台北都會區運輸市場之影響。
3. 估計轉乘優惠各受益者之效益，並研提優惠經費分擔之方式。
4. 研擬轉乘優惠最適之優惠額度。

1.3 研究範疇

1.3.1 研究對象

為探討捷運與公車轉乘優惠政策對台北都會區整體運輸市場之影響程度，有必要調查台北都會區旅運者各種運具使用行為。運具種類擬參考台北市政府交通局民國 90 年「台北都會區整體運輸規劃」中調查之運具別，包含汽車、機車、大眾運輸（鐵路、捷運、聯營公車、公路客運）、計程車，並排除其他占有比例低之運具（如腳踏車）。惟其中以城際運輸為主的鐵路、公路客運本研究將不予探討，另航空及水路運輸工具亦不在本研究範圍，故研究對象以汽車、機車、公車、捷運及計程車使用者為主。

1.3.2 研究空間範疇

捷運與公車轉乘優惠政策於地理空間上之合理影響範圍，應與現有之捷運路網分佈區塊有密切關聯。至民國 95 年 3 月，捷運已通車路網如圖 1.1 所示，包含木柵線、淡水線、中和線、小南門線、新店線、南港線、板橋線及土城線，營運長度已達 74.4 公里。本研究以捷運路線所行經之台北市內湖區以外 11 行政區與台北縣淡水、永和、中和、新店、板橋與土城等 6 鄉鎮市為研究空間。



圖 1.1 台北捷運已通車路網圖

1.3.3 研究時間範疇

捷運與公車轉乘優惠自民國 85 年實施至今，於優惠辦法、優惠金額及優惠時間限制上，皆歷經多次變動，惟過去民眾運具使用之行為與經驗難以掌握，為調

查資料可信度與精確性考量，本研究時間範疇僅為民國 94 年 4 月實行迄今之雙向轉乘優惠（時限一小時）歷程。並考慮民眾獲知政策訊息後，一部分人可能改變其行為，並習慣新的行為模式，歷經一段時間政策的影響才趨於穩定。因此，本研究以民國 95 年 6 月至 9 月，對研究空間範疇內之民眾進行實地抽樣調查，所得之運具使用資料，視為轉乘優惠政策實施後運輸市場之穩定現況。

1.4 研究流程與內容

本研究將整理過去對相關課題之文獻，並蒐集國外實施轉乘優惠經驗，以文獻回顧方式，對台北地區現行之轉乘優惠政策意涵與受益對象提出初步見解。繼而利用個體選擇理論構建台北地區民眾運具選擇模式，以顯示性偏好問卷調查旅運者實際使用運具之經驗，進行模式參數校估，進一步分析優惠折扣對台北地區各運具市占率之影響，並估算轉乘優惠政策之經濟效益與財務效益。最後對本研究關注之課題提出結論建議，俾為相關單位政策推行之參考。圖 1.2 為本研究之研究流程。



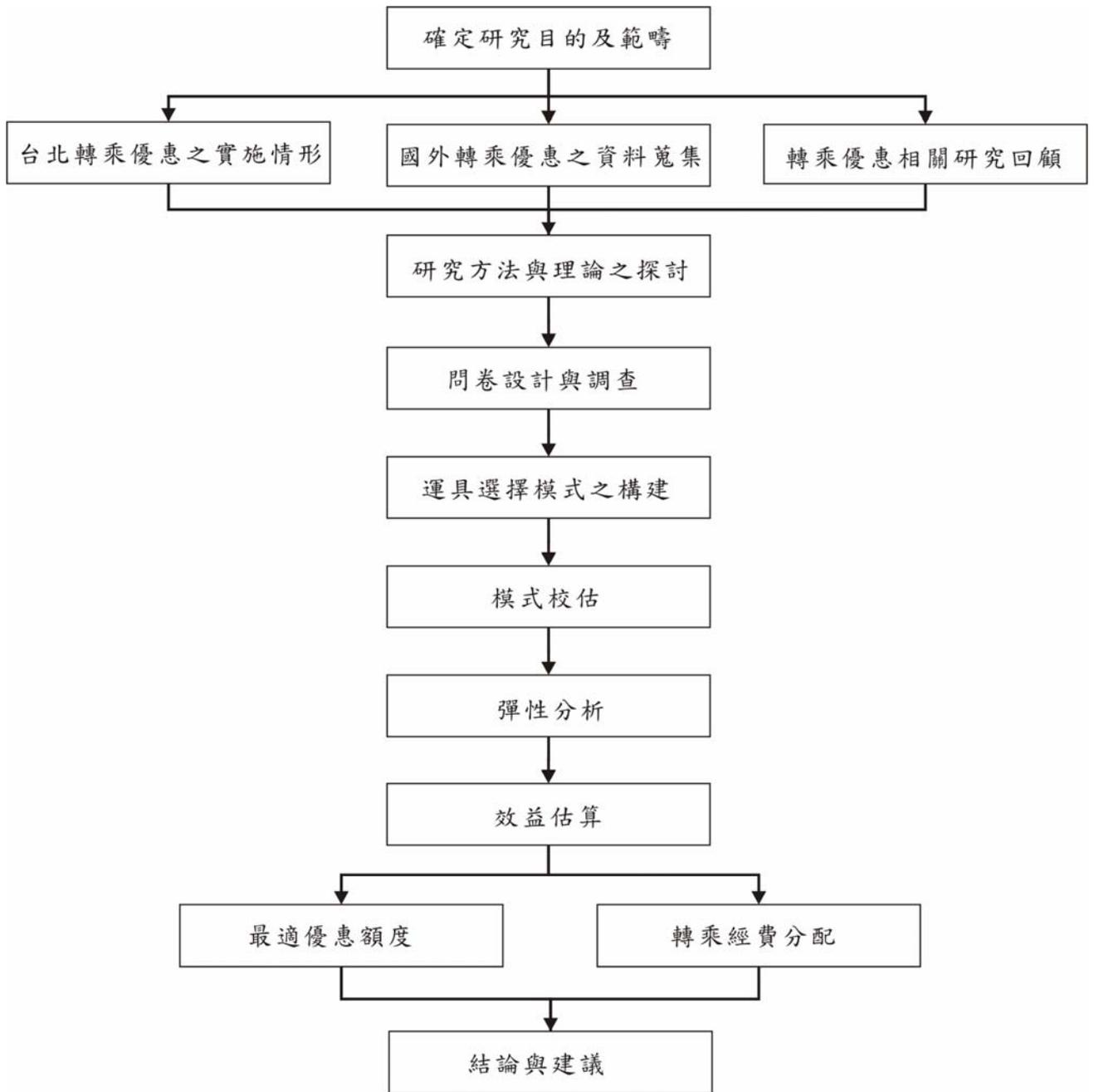


圖 1.2 研究流程圖

1.5 研究方法

本研究擬以個體選擇模式，探討台北地區民眾運具選擇行為，作為分析轉乘優惠政策對各運具使用者影響程度之工具。為了解旅運者選擇運具之偏好，本研究採用顯示性偏好方法設計問卷內容，以面訪方式進行實地調查。調查項目包括旅運者之個人社經特性、各運具方案的選擇情形及旅次特性。在運具選擇集合部分，旅運者可選擇汽車、機車、公車、捷運及計程車等主要運具。其中搭乘捷運者，可選擇步行、汽車、機車、公車及計程車等接駁方式。本研究應用 NLOGIT 軟體校估模式參數，並對建立之台北都會區民眾運具選擇模式進行檢定。



第二章 文獻回顧與評析

為探討台北都會區捷運與公車轉乘優惠政策相關課題，本章將先回顧優惠實施各歷程，配合歷史運量資料，初步了解優惠政策對大眾運輸市場之影響，繼而蒐集國外城市實施轉乘經驗與過去轉乘優惠相關文獻，作為後續研究方法與架構之參考。

2.1 捷運與公車轉乘優惠實施情形

2.1.1 轉乘優惠實施之歷程

台北市捷運與公車轉乘優惠係由民國 85 年 11 月開始，首先為公車轉乘券的形式，民國 88 年轉乘優惠改以公車儲值卡方式進行，目前則以悠遊卡實施雙向轉乘優惠。各時期轉乘優惠措施之執行方法如下：

(1) 轉乘券

民國 85 年 11 月 25 日台北市政府開始實施捷運轉公車優惠之措施，實施方式係由捷運乘客憑捷運儲值卡至車站詢問處購買轉乘券本(1 本 10 張)，乘客於捷運下車後，可逕行至詢問處附近之轉乘桌，在轉乘券上加蓋當日轉乘章戳，即可持該轉乘券搭乘一段票之公車路程，享受 4 元之優惠。民國 86 年 4 月 1 日，優惠額度增至 7 元。

(2) 公車儲值卡

民國 88 年 7 月 1 日，因臺北市公車已改以儲值卡(磁卡)收費，公車與捷運之轉乘優惠即改以捷運乘客下車後，持公車磁卡儲值票，在離開捷運站前於設於捷運車站之轉乘辨識機刷卡，註記出站日期、時間及轉乘碼，乘客即可持該公車儲值票，於二小時內免費搭乘聯營公車一段票路程，享受單向 15 元之優惠。民國 91 年 6 月 12 日至 92 年 10 月 31 日悠遊卡與公車儲值卡並行期間，仍維持捷運轉公車單向優惠 15 元之額度。

(3) 悠遊卡

92 年 11 月 1 日公車與捷運均全面使用悠遊卡，可直接於刷卡收費時減扣轉乘優惠金額。為使民眾享受更公平之優惠待遇，即將單向優惠改為雙向優惠，單向優惠之額度一般乘客之普通卡為 8 元(雙向優惠 16 元)，學生、軍警卡為 6 元(雙向優惠為 12 元)。92 年 12 月 27 日敬老卡、愛心卡、愛心陪伴卡及優待卡也實施轉乘優惠，單向優惠 4 元(雙向優惠 8 元)。94 年 4 月 1 日起，捷運公司為使資源有效應用，並符合乘客轉乘行為，將轉乘優惠之時間由原來之 2 小時縮短為 1 小時，一直迄今。

台北捷運與公車轉乘優惠措施之實行歷程如表 2.1 所示。

表 2.1 台北捷運與公車轉乘優惠實施歷程

實施日期	優惠辦法	優惠金額(元)	時間限制
85.11.25-86.03.31	轉乘券(單向)	4	
86.04.01-86.07.31	轉乘券(單向)	7	
86.08.01-88.06.30	轉乘券(雙向)	單向 5(雙向 10)	
88.07.01-91.06.11	公車儲值卡(單向)	15	2 小時
91.06.12-92.10.31	公車儲值卡與悠遊卡(單向)並行	15	2 小時
92.11.01-94.3.31	悠遊卡(雙向)	雙向各 8 元(普通卡 8 元、軍警學生卡 6 元、敬老/愛心/愛心陪伴及優待卡 4 元)	2 小時
94.4.1-迄今	悠遊卡(雙向)	雙向各 8 元(普通卡 8 元、軍警學生卡 6 元、敬老/愛心/愛心陪伴及優待卡 4 元)	1 小時

資料來源：葉嘉文（民國 93 年）、本研究整理

2.1.2 捷運、公車及轉乘運量之變化趨勢

在進行轉乘優惠對台北都會區整體運輸市場影響分析前，本研究先檢視捷運、公車及轉乘運量之變化趨勢，由捷運系統通車及實施轉乘優惠措施之時點，初步了解其對臺北都會區大眾運輸市場之影響。

(1) 捷運與公車運量之變化趨勢

台北捷運第一條線(木柵線)係於民國 85 年 3 月 28 日通車,本研究收集民國 74 年至 94 年公車系統與捷運系統各年運量變化狀況如圖 2.1 所示,可看出民國 74 年至 84 年公車系統之運量逐年減少,且減少幅度有逐漸擴大之趨勢。民國 85 年以後捷運系統陸續通車後,捷運系統運量除民國 92 年(受 SARS 影響)下降外,其餘均逐年上升。公車系統在捷運通車後,運量亦呈同步上升之趨勢,民國 89 年又轉為減少,然減少之幅度仍比捷運通車前兩年為低。公車加捷運之大眾運輸運量則至民國 90 年均為上升,91 年以後有降有升,大致呈持平狀況。這些變化趨勢顯示捷運系統對公車系統並非全然是替代作用,亦有相輔之作用;對整個大眾運輸市場而言,則確有提升之作用。

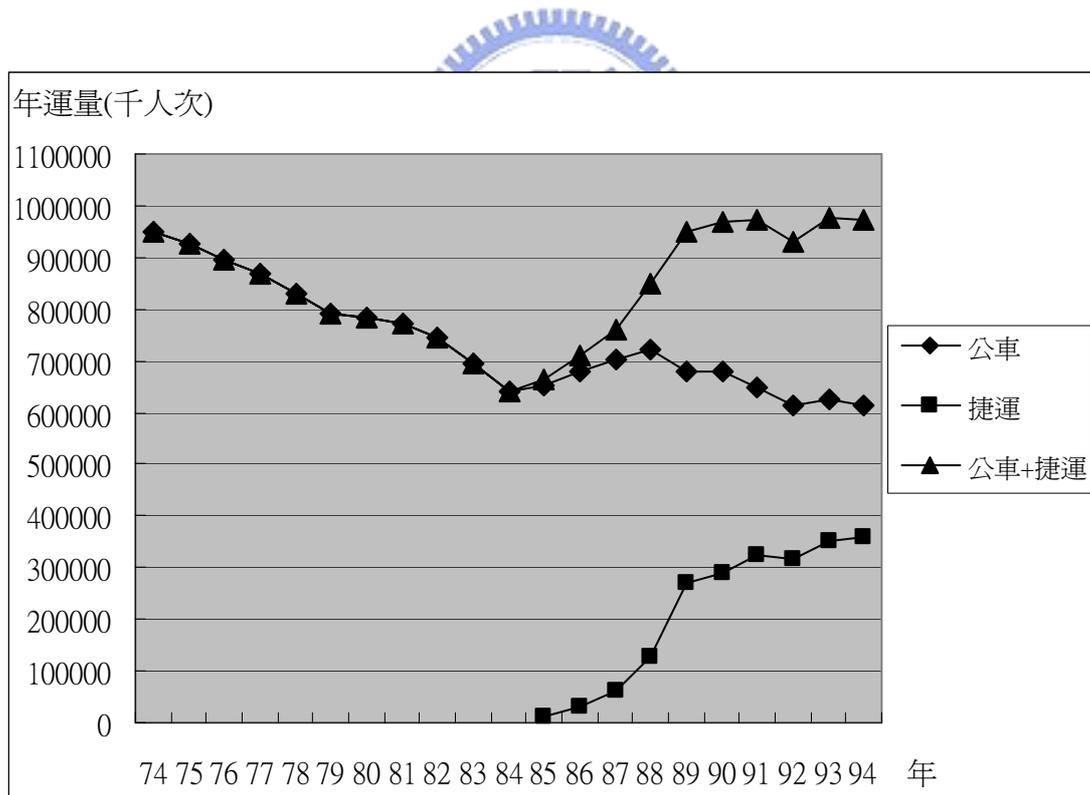


圖 2.1 民國 74 年至 94 年各年度公車及捷運運量圖

(2) 捷運與公車轉乘運量之變化趨勢

捷運與公車之轉乘運量，資料自民國 88 年 1 月始建置，本研究蒐集該月至民國 94 年 12 月之運量資料，變化狀況如圖 2.2 所示，期間轉乘優惠措施於民國 88 年 7 月 1 日後，轉乘優惠額度由單向優惠 5 元(雙向優惠 10 元)改為單向優惠 15 元；民國 92 年 11 月 1 日改為單向優惠 8 元(雙向優惠 16 元)。由圖 2.2 可看出，捷運與公車轉乘運量線型起伏，但大致仍略呈上升之趨勢，轉乘優惠額度提高時，轉乘運量亦有增加之現象。

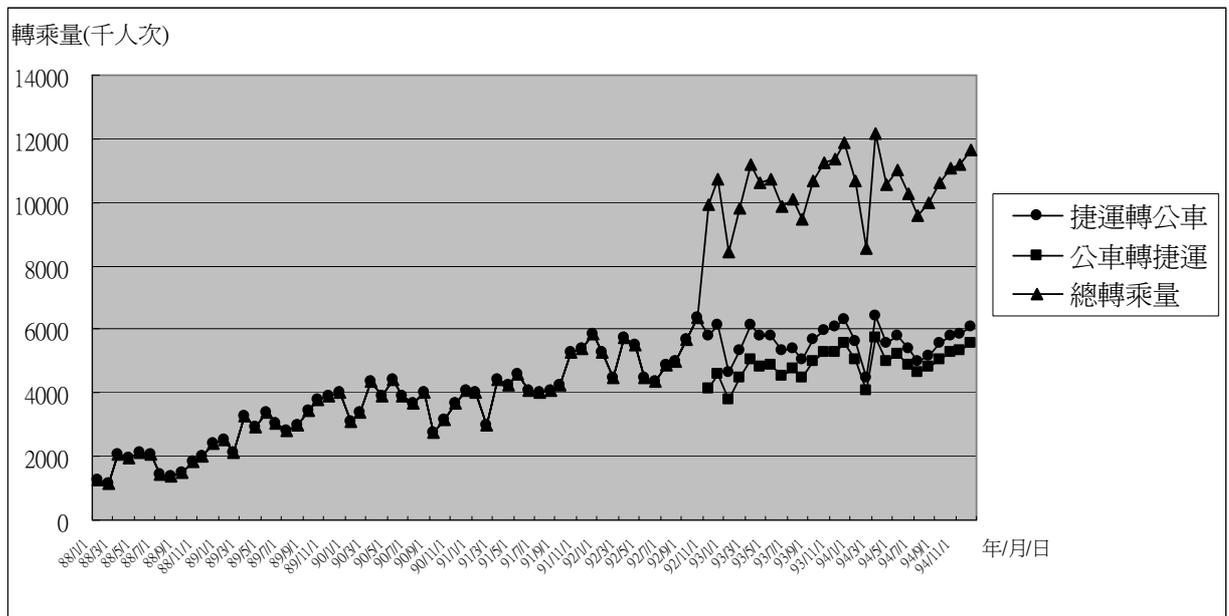


圖 2.2 民國 88 年 7 月至 94 年 12 月轉乘運量趨勢圖

2.1.3 經費編列

轉乘優惠經費來源方面，民國 89 年以前係由台北市政府交通局以編列預算向行政院環保署申請空污費支應；民國 90 年優惠總經費共新台幣 5.81 億元，由台北捷運公司負擔 3 億元、交通局 2.81 億元。然而於 90 年底，台北市議會但書，自 91 年度起交通局不得再編列捷運轉乘公車相關補助經費，該年度由台北捷運公司以行銷費用名義，編列 10.64 億元預算，實際支出 7.4 億元；92 年度則編列 8.42

億元預算，實際支付 8.59 億元；93 年度實際支出 8.52 億元，94 年實際支出 8.59 億元，95 年實際支出 8.86 億元。

2.2 國外城市實施轉乘

本研究收集歐、美及亞洲城市實施轉乘優惠之狀況如表 2.2 所示。由國外轉乘優惠實施經驗可知，大致美國城市係將其視為交通政策之一部分，優惠折扣幅度較高，均在 50% 以上，而且優惠經費完全由政府負擔。亞洲城市基本上即視為係業者之行銷措施，優惠折扣幅度較低，經費則由業者負擔。歐洲城市由於其大眾運輸整合措施非常完善，因此其或不實施轉乘優惠，或即在費率制度中包含轉乘優惠，優惠之經費自然計算於業者之營收中。

優惠可視為政府鼓勵民眾搭乘大眾運輸之策略，或者經營業者之行銷策略，各城市對轉乘優惠政策意涵之觀點不同，故優惠經費分攤作法不一。然而優惠措施於雙面意涵下各別貢獻度為何，國內外鮮有相關研究，多為政策制定單位主觀之認定。本研究後續將以成本追溯效益之作法，尋求一客觀彈性之分攤方式。

表 2.2 國外城市實施轉乘優惠之狀況

	適用範圍			優惠折扣幅度		經費來源		
	捷運 →公 車	公車 →捷 運	公車 →公 車	公車	捷運	業者自籌		政府補貼
						公車	捷運	
芝加哥	✓	✓	✓	86%	86%			✓
洛杉磯	✓	✓	✓	81%	81%			✓
紐約	✓	✓		100%	100%			✓
華盛頓	✓		✓	83%	—			✓
新加坡	✓	✓		42%	38%	✓	✓	
東京	None			—	—	—	—	—
大阪	✓	✓	✓	50%	50%	✓	✓	
仙台	✓	✓		40%	20%	✓	✓	
京都	✓	✓	✓	27%	30%	✓	✓	
香港	✓	✓	✓	20%	13%		✓	
巴黎	None			—	—	—	—	—
柏林	None			—	—	—	—	—
雅典	None			—	—	—	—	—
馬德里	None			—	—	—	—	—
里耳	✓	✓	✓	100%	100%			✓
里昂	✓	✓	✓	100%	100%			✓
布魯塞爾	✓	✓	✓	100%	100%			✓
台北	✓	✓		57%	36%		✓	

資料來源：本研究整理

2.3 轉乘優惠相關文獻回顧

溫傑華（民國 78 年）研究捷運淡水線沿線居民運具選擇情形，以增量羅吉特模式建構一能反映台北市引進捷運系統後之個體運具選擇模式。由模式估算捷運系統與公車費率整合且提供轉車折扣時，不同折扣額度下運具重分配之比例與運量，並配合捷運與公車之成本資料，求解不同政策目標下之最適折扣額。結果發現三種轉乘捷運的運具中，以步行搭捷運佔比例最多；公車轉搭捷運次之；停車轉乘及接送轉乘最少。為使乘客數最大或消費剩餘最大，宜免費轉車；為使利潤最大，以不提供轉車折扣為佳；為使社會總剩餘最大，轉車折扣額宜定在上述二

者之間。

姜榮新(民國 89 年)利用個體選擇理論，以台北市北區的通勤者為研究對象，利用顯示性偏好法蒐集資料，構建台北都會區運具選擇模式。從而了解捷運系統與其他替代運具的票價彈性與其他服務水準彈性。其多項羅吉特模式校估結果中，發現個人社經特性之性別、個人所得、機車持有數及旅次的次要目的地(接送小孩)等因素，與運具的服務水準如：車內時間、總成本/個人所得是影響都會區運具選擇的重要變數。由巢式羅吉特模式校估結果中，發現公車、捷運-以步行接駁與捷運-以公車接駁三者在同一巢中的模式較佳，表示大眾運具間之相關性較高。於彈性計算中，發現時間彈性約為費率彈性的 2 至 4 倍，表示時間的重要性大於費率。利用尖離峰來作市場區隔後，發現尖峰旅次較離峰旅次重視時間效用；而離峰旅次較尖峰旅次重視成本效用。政策分析中發現，捷運採取免費雙向公車接駁將可以提昇捷運-以公車接駁市場佔有率 1.40%。

台北市政府交通局在民國 91 年捷運板南線市政府站至昆陽站營運通車後，對乘客進行問卷調查，並分析轉乘優惠對乘客搭乘意願之影響。由其訪問之 1096 位曾使用轉乘優惠乘客之意見顯示，當轉乘優惠由單向優惠改為雙向優惠，但每次優惠額度減少，或限制每日優惠次數時，77.91%(854 位)表示不受影響，仍維持目前之通勤方式；18.79%(206 位)表示將不再搭乘捷運。隨著轉乘優惠額度減少，累計改用其他交通工具之比例愈高，但有 3.28%(36 位)表示不論如何均不再改用其他交通工具。該報告亦以建立直線迴歸方程式之方法了解轉乘優惠對捷運乘客及捷運轉公車乘客之價格彈性，結果顯示，捷運乘客之價格彈性介於-0.0347 至 -0.3072；捷運轉公車之價格彈性介於-0.0068 至-0.0497。

許哲璋(民國 92 年)利用分析性最佳化方法(Analytic Optimization Approach)考量捷運與接駁公車系統之營運成本、服務功能與需求特性，以最大社會福利為目標，選擇決策變數與系統參數，建立大眾運輸整合營運之最佳化數學模式。其模式分析結果顯示，公車服務範圍大小、路線間距、接駁公車服務區數目、潛在

需求數量等對於大眾運輸整合營運成本有相當程度影響。社會福利最大時，接駁乘客所付票價比值約僅 1.021，相當接近提供免費接駁公車服務。進一步進行敏感度分析可知，捷運系統邊際成本相對於接駁公車相當小，顯示捷運系統所收票款除可支付捷運成本外，仍有餘力負擔大部分之接駁系統成本。

台北捷運公司本身亦利用其自動收費系統之資料，進行捷運與公車雙向轉乘優惠效益分析。其基本上係利用 92 年 1 月至 94 年 6 月各月捷運與公車雙向轉乘資料分析轉乘量之變化狀況及轉乘優惠由單向優惠改為雙向優惠後之影響。分析結果顯示實施轉乘優惠且由單向優惠改為雙向優惠後，確對捷運系統與公車系統之轉乘運量有增加之作用，政策實施前公車轉捷運之平均轉乘量為每日 133,690 人次，捷運公車之平均轉乘量為每日 157,384 人次，政策實施後公車轉捷運之平均轉乘量提高為每日 152,777 人次，捷運轉公車之平均轉乘量提高為每日 182,316 人次，為捷運系統與公車系統每年分別提高 157,866,668 元及 130,132,574 元之收益，然而卻為使用者(乘客)及社會整體分別產生每年 6.18 億元及 1.03 億元之效益。使用者、社會整體、公車系統、捷運系統由轉乘優惠政策所獲得效益之比例分別為 61.25%、10.21%、12.88%、15.66%(如表 2.3 所示)，捷運公司即依此建議轉乘優惠之經費應由捷運公司、公車業者、及政府以 1:1:3 之比例分擔。

表 2.3 轉乘優惠措施效益(總體效益約為 10.09 億元/年)

優惠效益	使用者效益(乘客)		社會整體外部效益		運輸業者效益	
	旅行時間節省	私人運具行車成本減少	空氣污染減量	行車肇事成本減少	衍生票收效益 公車	捷運
效 益 (億元/年)	2.07	4.11	0.14	0.89	1.30	1.58
	6.18		1.03			
百分比	61.25%		10.21%		12.88%	15.66%

資料來源：台北捷運公司

葉嘉文（民國 93 年）透過問卷調查了解轉乘優惠對捷運旅客、公車乘客、小汽車與機車使用者之影響，研究課題為比較不同轉乘優惠實施歷程對民眾搭乘捷運次數之影響，並探究轉乘優惠之受益對象為何，且以補償觀點探討轉乘優惠之意涵。研究結果顯示轉乘優惠對公車乘客、小汽車及機車使用者並無明顯增加搭乘捷運次數，僅原捷運乘客有較明顯之影響，又轉乘優惠政策之成本效益來說，除單向轉乘優惠 7 元及雙向轉乘優惠 10 元之時期，收入大於支出外，餘均入不敷出，故轉乘優惠不應為捷運公司單方面之行銷策略，應為政府促進大眾運輸策略之一環。另轉乘優惠之影響對象以年齡愈輕者，職業為學生、公教或個人所得愈低者欲容易受轉乘優惠之影響，故轉乘優惠可視為對低所得者之補助。再者，以補償角度來看，捷運與公車轉乘優惠之實施可視為對旅客轉乘之補償。

張學孔等人（民國 94 年）採用個體選擇模式中的多項羅吉特模式，以構建捷運旅客到站運具之選擇行為模式。模式所需之資料，係由敘述性偏好法建構問卷內容，針對台北都會區之捷運通勤旅客進行調查。研究結果發現，校估建立之最佳台北捷運到站運具選擇模式，其效用函數變數之參數符號皆與先驗知識相符，且多數能在統計檢定下呈現顯著，此一成果將有助於後續政策性分析之工作。而藉由各項政策分析的探討則結論：縮短公車班距、提供公車轉乘票價優惠，以及提高汽機停車難度，皆能夠有效提升公車到站之比例，並減少使用汽機車停車轉乘之情況；然若採取調漲汽機停車費率之做法，則汽車停車轉乘量雖見大幅減少，對於提昇公車到站比例之作用卻相當有限。

趙珮君（民國 95 年）以時間序列分析之 ARIMA 模式建構轉乘優惠運量成長模式，並將轉乘優惠政策、捷運路線通車、重大災害等列為影響優惠運量之重大事件，利用介入模式分析各因素對轉乘優惠運量之影響。結果顯示短期之轉乘優惠政策有立即明顯之吸引效果，但對整體轉乘運量增加有限；而長期之轉乘優惠雖有政策延滯之效果，但其對轉乘優惠運量之增加有較顯著之效果

過去與轉乘優惠相關之研究所採用的研究方法中，以個體選擇模式之應用較為普遍，本研究將探討該研究方法與理論以作為後續應用；研究成果上，各研究

者對轉乘優惠之於轉乘運量之增量成效看法不一，部份研究者認為吸引私人運具使用者效果不大，多為原有之捷運系統內部運量轉移；另一部份則對優惠政策效果抱持肯定。而部分研究推估優惠政策對優惠運量是否有增量成效時，未提出優惠運量增量是由何種運具使用者轉移而來。惟優惠運量增量中，原為私有運具的使用者占有多少比例，攸關轉乘優惠政策能否有效降低整體社會承受之外部成本，本研究將以此要點深入探討。又經費分攤課題上，過去嘗以歷史運量資料與捷運公司營收作損益分析，但實際運量變化受多種因素影響，並非單純為轉乘優惠實施之效果，本研究將透過個體選擇模式，直接探究轉乘優惠對運量之影響，以經濟、財務效益之觀點提供不同之建議。



第三章 研究設計

為探討台北都會區捷運與公車雙向轉乘優惠實施之效益，剖析其影響面向與意涵，本章進行相關研究設計，第一節為課題分析，第二節為研究架構，第三節為研究方法。

3.1 課題分析

課題一：分析轉乘優惠之政策意涵與受益對象。

說明：

轉乘優惠可視為政府鼓勵民眾搭乘大眾運輸之策略，或者經營業者之行銷策略，國外各城市對轉乘優惠政策意涵之觀點不同，故優惠經費分攤作法不一，美國城市係將其視為交通政策之一部分，優惠經費完全由政府負擔；亞洲城市則多視為業者之行銷措施，經費由業者負擔。然而主觀認定轉乘優惠之政策意涵，有可能造成決策之錯誤，例如公部門挹注龐大經費但改善交通之成果不彰，或經營業者以行銷費用名義支付經費，實際上造成公司之虧損。較理想之作法，應先檢驗轉乘優惠政策本質：對所有權益關係者而言，優惠政策產生之經濟、財務效益為何？誰是受益對象？評估轉乘優惠對整體運輸市場之影響後，所認定之政策意涵才有實際意義。

構想：

轉乘優惠政策之實施，除轉乘使用者直接享受票價折扣外，非轉乘使用者亦獲取外部效益，例如因市區私有運具使用者部分轉乘大眾運具，噪音、壅塞、與空氣污染問題減輕而提升生活品質；另捷運公司、公車業者亦可能因轉乘運量增多而增加其票收，帶來財務效益。因此，若擬以受益者作為轉乘經費分攤之對象，則應考慮轉乘使用者、非轉乘使用者、捷運公司及公車業者。

然而經費分攤對象課題上，轉乘使用者特性殊於其他。轉乘使用者之轉乘行為可視為其他受益者之效益產生源。且若對轉乘使用者課收部分轉乘優惠分攤經費，將沖銷優惠政策予轉乘使用者之票價折扣感受，悖於轉乘優惠政策操作。基此，轉乘使用者不宜納入分攤對象之考量。又非轉乘使用者為一廣大族

群，作為分攤對象而言，缺乏一代表主體。考量非轉乘使用者獲利部分亦為全民之福祉，其應分攤之部分轉由政府部門支付亦具正當性。

故轉乘優惠鼓勵民眾搭乘大眾運輸之政策意涵下，政府部門應分攤優惠經費；行銷意涵下，捷運及公車業者有承擔部分經費支出之理由。本研究將量化各受益對象獲利情況，將分析結果應用於後續課題。

課題二：分析轉乘優惠對台北都會區運輸市場之影響。

說明：

捷運與公車轉乘優惠政策為台北都會區大眾運輸系統之費率整合，目的在於以票價折扣吸引私有運具使用者轉搭大眾運具，進而提升大眾運輸系統使用率。政策構想主要係假設大眾運具對私有運具使用者之價格交叉彈性大，然而該假設未必符合現實，轉乘優惠對台北都會區運輸市場之影響程度尚待評估。

構想：

本研究以問卷調查方式，蒐集旅運者旅次特性與基本社經資料，建立台北都會區民眾之運具選擇模式，將轉乘使用者旅行成本按優惠額度調動，模擬轉乘優惠實施後台北都會區各種運具市占率變化情形。

課題三：估計轉乘優惠各受益者之效益，並研提優惠經費分擔之方式。

說明：

轉乘優惠受益者除轉乘使用者外，非轉乘使用者、捷運公司及公車業者亦獲取經濟、財務效益。所謂經濟效益，本研究定義為轉乘優惠所引發之內部可衡量效益及外部不可衡量效益。後續本研究將設法貨幣化外部效益部份，評估轉乘優惠對社會整體之影響。優惠經費分攤方式，將以成本追溯效益之概念，由前述受益者獲取效益值之多寡，分配優惠經費。

構想：

由課題一相關受益者中所擬定之經費分攤對象，利用課題二所得之轉乘優

惠實施後台北都會區各種運具市占率變動值，經由轉換計算求得各受益者之貨幣效益，擬由效益計算結果，分配各分擔對象應分攤之額度。

效益計算過程中之外部效益部份，相關貨幣化係數係參考民國 92 年郭瑜堅「都市旅次成本之研究」。

課題四：研擬轉乘優惠最適之優惠額度。

說明：

目前轉乘優惠措施為民國 94 年 4 月實行迄今之雙向轉乘優惠（時限一小時），優惠額度為雙向各 8 元。除現況以外，因本研究所建立之台北都會區民眾運具選擇模式，可模擬運具屬性變數值（如旅行時間、旅行成本）變動對運輸市場之影響，故後續將透過該操作模擬不同優惠額度情境下，各運具市場占有率與各受益者效益變動情形。

構想：

計算各轉乘優惠額度下淨效益、益本比、邊際益本比與財務淨效益，依經濟效率與社會公平觀點提出轉乘優惠最適優惠額度之建議。



3.2 研究架構

為分析上一節課題，本研究設計之研究架構如圖 3.1 所示。本研究嘗以個體選擇理論構建台北都會區民眾運具選擇行為模式，尋求轉乘優惠額度與民眾選擇運具行為之關聯，以模擬各運具使用者價格彈性與優惠實施後轉乘運量之變化情形。繼而利用運量變化轉換計算轉乘優惠之經濟、財務效益，得到政府、台北捷運公司及公車業者之效益估算值，用以計算轉乘優惠經費分擔比例；另一方面，觀察不同優惠額度情境下淨效益、益本比、邊際益本比與財務淨效益之變動情形，由經濟效率與社會公平觀點提出最適優惠額度之建議。最後，針對四項課題提出本研究之結論與建議。

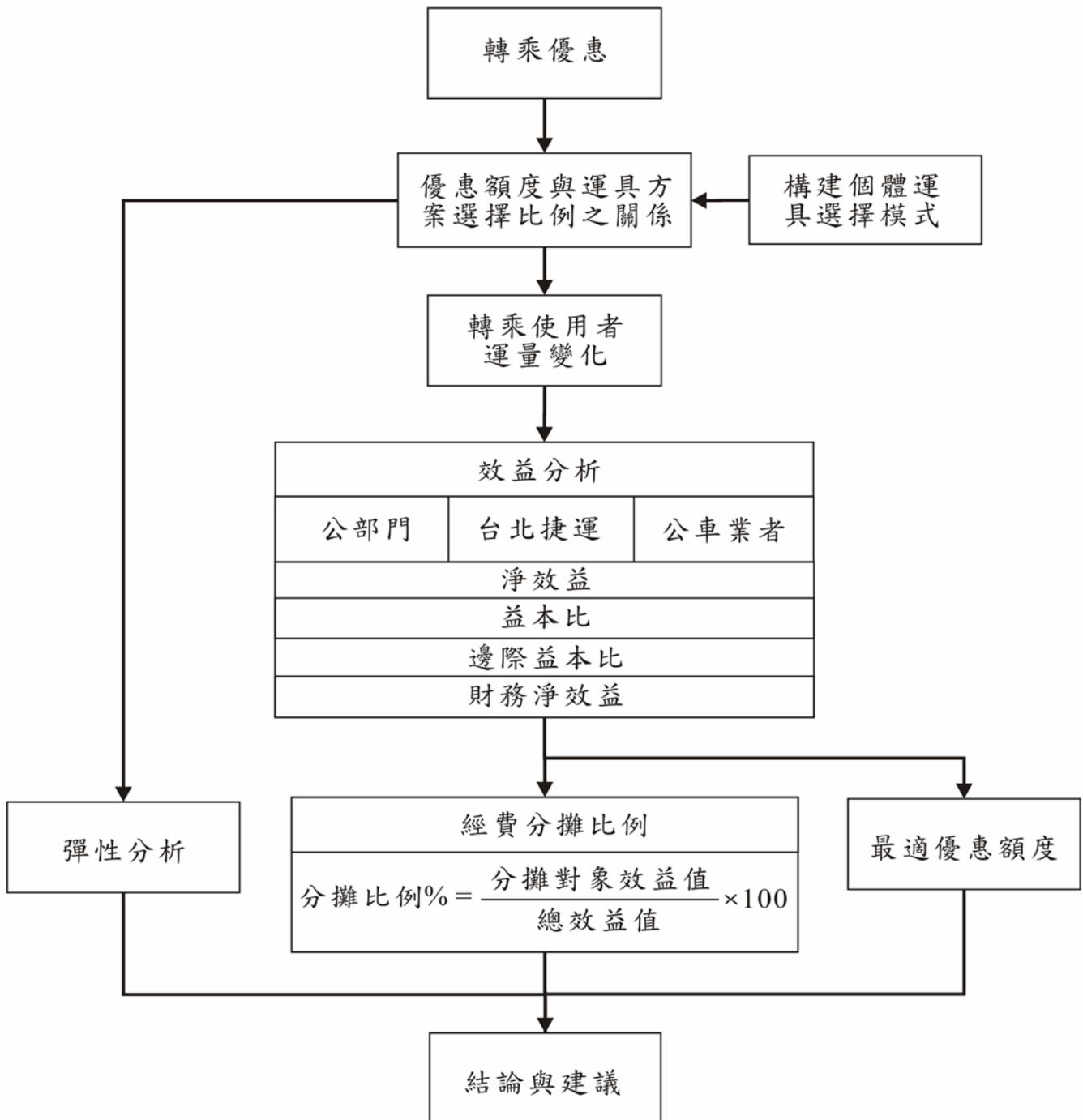


圖 3.1 研究架構

3.3 研究方法

個體選擇模式之理論基礎主要來自經濟學消費理論與心理學選擇行為理論，於運輸及都市計畫領域上廣為人所應用，如 Domencichm and McFadden(1975)、Maddala(1983)用於運具選擇研究，McFadden(1978)用於居住區

位選擇研究，Choo and Mokhtarian(2004)用於車款選擇研究等。傳統個體選擇模式是以效用（Utility）的概念來模擬決策者的選擇行為，假設消費者面臨各種替選方案時，係基於最大效用原則（Utility Maximization）選取方案，亦即此方案會帶給決策者最大的滿足感。

一般使用上，不論各效用之屬性變數是否為相同型態，皆設定各方案效用為其方案屬性之線性組合。此效用結構顯示各屬性間具有補償作用，亦即具較低效用的屬性可由具有較高效用之屬性得到補償，如旅運者願意以付出較高旅行成本以換取較短之旅行時間。由於效用為連續型可加成函數，因此任何屬性的改變，無論其值的大小均會改變方案的效用，進而改變決策者的選擇。

依據模式對決策法則之假設分類，可將個體選擇模式分成「可補償性模式」、「非補償性模式」與「混合模式」三類。所謂「可補償性模式」係假設諸屬性效用間具有相互補償之效果；「非補償性模式」則否定「可補償性模式」之基本假設，其認定諸屬性效用間不具相互補償效果；而「混合模式」則介於兩者之間，混合模式中有所謂「門檻值模式」，乃假設決策過程有門檻效應之存在。

可補償性模式是一種傳統的個體選擇模式，模式假設決策者對可行方案的偏好（Preference）可以效用函數來描述。以效用函數為評估及決策基礎，假設消費者在面對各種可行方案時，係以滿足最大效用的原則選擇方案，由於效用是一種感受，無法精確衡量，各方案的效用由可衡量（observable）的效用及不可衡量（unobservable）的誤差項（error）所組成，對效用的誤差項作不同機率分配的假設，可以推導出不同的個體選擇模式，如極端值模式（Generalized Extreme Value, GEV）、普洛比（Probit）及羅吉特（Logit）模式等。

除可補償性模式外，根據心理學及行銷學之決策準則，亦建立許多非補償性（Non-compensatory）結構的選擇模式。該模式假設決策者面臨選擇時，係分別考慮方案的屬性，而非方案總體效用，故屬性間不具補償作用。在非補償性的模式中，理論較完備者為逐步消去模式（Elimination by Aspects, EBA），EBA模式係假設最佳方案的產生是經由一連串的消除步驟而完成。決策者首先將屬性依重要程度排序，並對每一屬性設立一最低可接受水準，而後由最重要屬性開始逐一消去未達滿意水準的方案，直到僅剩一個方案為止，此決策程序下所產生之方案不必然為最大效用。

許多心理學及經濟學理論均指出，人們的選擇行為未必會隨著屬性的改變而改變，除非這項變化已經大過決策者的門檻(Thresholds)，而門檻值的理論，早已存在心理學、生物學及經濟學上的文獻。有學者認為人類係追求最小可接受的效用而非追求較高的效用；另外，人類對於很小的差異會認為沒有差別，除非這項差異已大過無異的門檻。基於上述論點，選擇模式中若沒有加入門檻值的概念，可能會高估人類決策過程的認知能力而導致預測的誤差，克服的方法就是在模式中加入門檻值。

目前一般運具選擇模式多採補償性模式，故本研究仍以效用為運具選擇的主要決策項目，可表示為式(3-1)所示。

$$U_{in} = V_{in} + \varepsilon_{in} = \sum_k \beta_k X_{ink} + \varepsilon_{in} \dots\dots\dots(3-1)$$

其中，

U_{in} ：決策者 n 選擇方案 i 的總效用。

V_{in} ：決策者 n 選擇方案 i 的可衡量效用。

ε_{in} ：為隨機誤差。

X_{ink} ：為解釋變數。

β_k ：為解釋變數之係數。



而決策者選擇各方案的機率函數如式(3-2)所示。其中， P_{in} 表示決策者 n 選擇方案 i 的機率。

$$\begin{aligned} P_{in} &= P(U_{in} \geq U_{jn}, \forall j \in C_n, j \neq i) \\ &= P(V_{in} + \varepsilon_{in} \geq V_{jn} + \varepsilon_{jn}, \forall j \in C_n, j \neq i) \\ &= P(\varepsilon_{jn} \leq V_{in} - V_{jn} + \varepsilon_{in}, \forall j \in C_n, j \neq i) \dots\dots\dots(3-2) \end{aligned}$$

效用的隨機誤差項依不同機率分配的假設，可推導出不同個體選擇模式，如假設誤差項機率分配為常態分配的普洛比模式，及 Gumbel 分配的羅吉特模式。普洛比模式的積分型式不具封閉性，且當方案愈多時，係數校估會相當複雜。而羅吉特模式選擇機率為封閉型，計算上較普洛比模式容易，亦較常為研究者所使用。本研究將以羅吉特模式進行校估。依據決策理論的組成要素，羅吉特模式之特性如下：

1. 決策者：有別於總體運輸模式，羅吉特模式假設每一個旅行者皆為旅運行為之決策者。
2. 方案：在此即可選用之車種。羅吉特模式假設決策者對可行方案之偏好可以效用來描述。
3. 方案屬性：羅吉特模式中替選方案之效用乃直接為該方案諸屬性之函數。在此即使用者對於各種交通工具之考量變數，包括旅行時間，成本等。使用者對於各種交通工具之偏好，為各設定屬性變數值乘上該係數之總和。
4. 決策法則：羅吉特模式中之決策準則（criterion）為基於效用最大原則，指個人選用特定運具乃基於這個交通工具帶給他的效用大於其它運具。
5. 可補償性模式：羅吉特模式中之效用函數以線性或非線性方式整合屬性值為替選方案之總效用，屬於其中之可補償性模式。即使用者可以用較高的成本換取較短的旅行時間。

以下介紹本研究採取之多項羅吉特模式與巢式羅吉特模式。

3.3.1 多項羅吉特模式（Multinomial Logit Model，MNL）

假設效用函數中的誤差項機率具有相同且獨立分配（Independently and Identically Distributed，IID）的特性，並服從 Gumbel 分配，透過此分配的累積機率密度函數即可推出多項羅吉特模式，機率型式可以簡潔的指數函數表達，如式(3-3)所示。 P_{in} 為受訪者 n 選擇方案 i 之機率。

$$P_{in} = \frac{e^{V_{in}}}{\sum_{j \in C_n} e^{V_{jn}}} \dots\dots\dots (3-3)$$

多項羅吉特模式的缺點，係模式具有不相關方案獨立特性（Independence from Irrelevant Alternative，IIA）的缺點，意即決策者選擇兩替選方案機率之比值，只與兩方案的可衡量效用有關，而與其他方案的效用無關，明顯不合理。但其校估容易的優點，還是讓許多研究者持續使用該模式以分析受訪者的選擇行為。為了改良 IIA 的缺點，後續亦發展出巢式羅吉特模式來克服相異的替選方案間可能具有相關性時，多項羅吉特模式校估結果有所偏誤之缺點。

3.3.2 巢式羅吉特模式 (Nested Multinomial Logit Model, NL)

巢式羅吉特模式得以克服多項羅吉特模式具有 IIA 特性之缺點，可考慮方案間之相似性，將具有相關性的替選方案放入同一巢，並以包容值 (Inclusive Value or Logsum) 參數 μ_m 的大小表示方案間相關性的高低。包容值參數 μ_m 須介於 0 與 1 間， μ_m 愈接近 0，表示巢內方案相關性愈高； μ_m 愈接近 1 表示巢內方案相關性愈低；若 μ_m 等於 1 則代表巢式羅吉特模式與多項羅吉特模式無異。

以兩層巢式羅吉特模式為例，假設模式中有 m 個巢，巢 m 有 N_m 個方案，方案 i 被選擇的機率如式(3-4)所示。

$$P_i = P_{i/m} \times P_m = \frac{e^{\frac{V_i}{\mu_m}}}{\sum_{j \in N_m} e^{\frac{V_j}{\mu_m}}} \times \frac{\left[\sum_{j \in N_m} e^{\frac{V_j}{\mu_m}} \right]^{\mu_m}}{\sum_{m'} \left[\sum_{j \in N_{m'}} e^{\frac{V_j}{\mu_{m'}}} \right]^{\mu_{m'}}} \dots\dots\dots(3-4)$$

其中，

- $P_{i/m}$ ：為在巢 m 中選擇方案 i 的條件機率。
- P_m ：為選擇巢 m 的邊際機率。
- V_i ：為方案 i 在巢 m 的效用函數。
- μ_m ：為巢 m 的包容值參數。

3.3.3 模式校估與檢定

多項及巢式羅吉特模式參數的校估方法將採全部資訊最大概似法 (Full Information Maximum Likelihood Method, FIML)，此種方法乃對所有可供選擇的集合中之每一元素加以組合，將每種組合視為一替選方案，然後找出使對數概似函數值為極大之參數值。

以下說明模式參數檢定與模式結構檢定：

1. 模式參數檢定

針對模式中所有參數做檢定，包含檢定參數之正負號是否符合先驗知識之邏輯，並檢定在某種信賴水準下是否拒絕參數值為 0 之 t 檢定。

2. 模式結構檢定

分成概似比指標 (Likelihood-Ratio Index) 檢定與概似比統計量 (Likelihood-Ratio Statistics) 二種，說明如下：

a. 概似比指標檢定

$$\rho^2 = 1 - \frac{LL(\beta)}{LL(0)} \dots\dots\dots(3-5)$$

其中

$LL(\beta)$ ：參數推估值為 β 之概似函數對數值，

$LL(0)$ ：等市場占有率 (Equal Share) 模式之概似函數對數值。

b. 概似比統計量

即以概似比檢定為基礎，檢定所有參數是否顯著。概似比定義如下：

$$-2[LL(0) - LL(\beta)] \dots\dots\dots (3-6)$$

上式為一卡方 (χ^2) 分配，故以卡方檢定檢定之，其自由度為估計模式中所有參數之總數。



第四章 資料調查與分析

本研究為實證台北都會區捷運與公車轉乘優惠之影響，將藉由個體選擇理論構建民眾運具選擇模式，以進行政策效益分析。為達此一目的，將透過問卷調查之方式蒐集模型構建所需資料，所得資料並將透過統計處理進行資料分析，以瞭解調查樣本之重要特性。本章首先針對問卷設計與調查方法進行說明，並依據所蒐集資料進行基本特性分析與交叉分析。

4.1 問卷設計

4.1.1 設計方式

問卷設計之方式可分為顯示性偏好法與敘述性偏好法，以顯示性偏好法設計之問卷，可直接獲取受訪者之實際選擇行為；以敘述性偏好法設計之問卷係設計各種不同替選方案之組合模擬真實情境，由受訪者認知後透過排序或評分的過程顯現其對方案之偏好。顯示性偏好法與敘述性偏好法優缺點比較如表 4.1 所示。

表 4.1 顯示性偏好法與敘述性偏好法優缺點比較

設計方式	顯示性偏好法	敘述性偏好法
優點	所獲得資料為實際選擇行為。	經濟、彈性、易控制
缺點	1. 屬性變數值變異程度表現較差。 2. 資料蒐集較費時。 3. 不存在之方案無法預測。	受訪者偏好非實際選擇行為。

權衡優缺後，本研究決定採用顯示性偏好法設計問卷，因研究內容不須對不存在之運具方案進行預測，雖然資料蒐集費時，但所獲得資料為受訪者實際選擇行為，無須驗證受訪者假設行為之意向與實際行為相關程度。

4.1.2 問卷內容

本研究考慮之運具，主要為在台北縣市範圍內之運具，不包含國道客運、火車等服務城際為主之運具。為了分析捷運與公車轉乘優惠之影響，本研究又將受訪者使用運具依有無使用捷運系統分為以下兩類：

1. 使用運具未包含捷運者

即當次旅次只使用汽車、機車、市區公車或計程車完成全趟旅次者。

2. 使用運具中包含捷運系統者

即使用各種運具轉乘捷運系統完成全趟旅次者，接駁捷運之運具選擇除汽車、機車、公車及計程車外，本研究亦考量步行，故到達捷運前及離開捷運後共有 25 種方式 ($C_1^5 \times C_1^5 = 25$)，為簡化模式之複雜程度，本研究假設到達與離開捷運所選擇之運具不具有方向性，如利用機車抵達捷運站，使用捷運後以步行離開捷運站，與利用步行抵達捷運站，使用捷運後騎乘機車離開者，其方案選擇沒有顯著差異。排除旅次方向性後，使用運具中包含捷運之運具組合方式減為 15 項，分別為：

- (1) 以步行方式到達並離開捷運站；
- (2) 以汽車到達（離開）捷運站，以步行離開（到達）捷運系統；
- (3) 以機車到達（離開）捷運站，以步行離開（到達）捷運系統；
- (4) 以公車到達（離開）捷運站，以步行離開（到達）捷運系統；
- (5) 以計程車到達（離開）捷運站，以步行離開（到達）捷運系統；
- (6) 到達及離開捷運站均使用公車；
- (7) 以汽車到達（離開）捷運站，以公車離開（到達）捷運系統；
- (8) 以機車到達（離開）捷運站，以公車離開（到達）捷運系統；
- (9) 以計程車到達（離開）捷運站，以公車離開（到達）捷運系統；
- (10) 到達及離開捷運系統均利用汽車；
- (11) 以機車到達（離開）捷運站，以汽車離開（到達）捷運系統；
- (12) 以計程車到達（離開）捷運站，以汽車離開（到達）捷運系統；
- (13) 到達及離開捷運系統均利用機車；
- (14) 以計程車到達（離開）捷運站，以機車離開（到達）捷運系統；
- (15) 到達及離開捷運系統均利用計程車。

問卷內容分為旅次特性調查與受訪者基本資料兩大部分：

1. 旅次特性調查

調查時請受訪者勾選當次旅次使用之運具方式後，再請受訪者提供該趟旅次乘車及車位搜尋（車內）時間、等候及步行至目的地（車外）時間、使用捷運系統轉乘時之轉乘時間、乘車費用（車資）、停車費用、每週旅次產生頻率及同行人數等。

受訪者回答完當次旅次及運具選擇資料後，再詢問受訪者過去是否有和該旅次相同出發地及目的地，但選擇與本次不同運輸工具的經驗，若受訪者有其他次經驗，則比照今日旅次的填答流程請受訪者再次填答；若受訪者無其他經驗則勾選未使用不同於本次之運輸工具，後續統計與分析將以無效問卷排除之。

2. 基本資料

受訪者的個人基本資料部份，包括性別、年齡、職業、教育程度、個人每月所得或零用金、家戶擁有汽機車駕照及持有汽機車數量等社會經濟特性變數。詳細問卷內容如表 4.2 所示。



表 4.2 台北都會區民眾運具選擇模式問卷調查表

一、旅次特性調查

1. 您此行的主要目的為：上班 上學 洽公商務 娛樂社交
購物 返家 其他

2. 您出發的時間約為：_____時_____分

3. 您出發地點在：_____鄉鎮市區_____路(街)_____段(或_____路與_____路交叉)
 目的地在：_____鄉鎮市區_____路(街)_____段(或_____路與_____路交叉)

4. 請填寫您此次與其他次使用運輸工具之經驗
 (請至少填寫一次出發地及目的地與本次相同，但使用運輸工具不同之過去經驗)
未使用不同於本次之運輸工具

(1) 旅途中使用交通工具未包含捷運者

勾選本次方式	勾選上次方式	主要使用運具	等候時間(分)	乘車時間(分)	步行至目的地時間(分)	車位搜尋時間(分)	乘車費用(元)	停車費用(元)	每週使用頻率(次)	平均共乘人數(含自己)
		汽車	X							
		機車	X							
		公車				X		X		X
		計程車				X		X		

(2) 旅次中曾利用捷運以完成旅程者 (平均每週搭乘_____次)

請勾選		到達捷運站前所用運具		離開捷運站後所用運具		請勾選		到捷運站前		轉乘時間(分)	捷運系統中		轉乘時間(分)	離開捷運站後		步行至目的地時間(分)	車位搜尋時間(分)	停車費用(元)
本次	上次			捷運		本次	上次	花費時間(分)	費用支出(元)		乘車時間(分)	乘車費用(元)		花費時間(分)	費用支出(元)			
		步行		捷運						X			X					
		汽車		捷運						X			X					
		機車		捷運						X			X					
		公車		捷運						X			X					
		計程車		捷運						X			X					

註：轉乘時間包括從公車轉搭捷運或捷運轉搭公車之步行與等待時間

二、基本資料

1. 性別：男 女

2. 年齡：20歲以下 21-30歲 31-40歲
41-50歲 51-60歲 60歲以上

3. 職業：軍公教 學生 農 工 商 自由業 家管 其他

4. 學歷：小學 國中 高中(職) 大專 研究所以上

5. 每月所得： < 10,000 10,001~20,000 20,001~30,000 30,001~40,000
 (新台幣元) 40,001~50,000 50,001~60,000 60,001~70,000 > 70,001

6. 府上持有小汽車數量_____輛，家人擁有小汽車駕照數_____張

7. 府上機車數量_____輛，家人擁有機車駕照數_____張

由於汽機車使用者較難估算使用汽車及機車完成旅次時之乘車成本，故本研究以旅次長度與單位距離汽機車耗費成本之乘積估算之。Vasconcellos (2005) 係以交通分區之中點，將機動車輛的旅行距離以 OD 距離放大 1.3 倍計算，本研究係利用電子地圖測距功能 (<http://www.urmap.com.tw>) 量測起迄點距離 (最短路徑規劃) 後放大 1.1 倍處理。汽機車耗費成本則依交通部運研所 (2000) 公路車輛行車成本調查之單位行車成本為基礎，該研究考量汽機車燃油消耗、保養、罰款、維修、保險、折舊及停車與通行規費，計算出機車單位行車成本約為每車公里 2.7 元、汽車單位行車成本約每車公里 10.7 元。本研究考量自民國 89 年至 95 年間油料及物價波動，將單位行車成本加成，其中機車修正為每車公里 3 元、汽車則修正為每車公里 12 元。

4.2 調查計畫

4.2.1 調查範圍

本研究以捷運路線所行經之台北市內湖區以外 11 行政區與台北縣淡水、永和、中和、新店、板橋與土城等 6 鄉鎮市為研究空間，亦為本研究問卷調查範圍。

4.2.2 調查時間

問卷調查期間為民國 95 年 6 月 21 日至 9 月 15 日。

4.2.3 調查方式

探討都市內或城際間之運具選擇時，抽樣調查方式一般為為簡單隨機抽樣、屬性基礎分層抽樣與選擇基礎分層抽樣。惟簡單隨機抽樣可能因私有運具抽樣困難，樣本數過少而低估私有運具使用比例；屬性基礎分層抽樣則因缺乏本研究界定之空間範疇內旅運者之相關統計資料，無適當分層依據變項。考量調查所需之時間與成本因素後，決定以較具經濟性之選擇基礎分層抽樣作為本研究的抽樣方法。選擇基礎分層抽樣是將母體按照替選方案之不同分成若干群，然後由各群中隨機抽取所需比率之樣本。然而研究範圍內之各運具市場占有率，過去並無相關調查而無法得知，權衡比較既有研究調查數據後，考量空間範疇接近程度與調查時間，本研究係參考民國 93 年台北市政府交通局年刊之台北市民通勤交通工具

使用比例（如圖 4.1），從中挑選本研究界定對象：汽車、機車、公車、捷運及計程車等都會區主要運具，進一步計算各運具市場占有率，計算結果如表 4.3 所示，之後本研究係依各運具市場占有率多寡分發問卷。

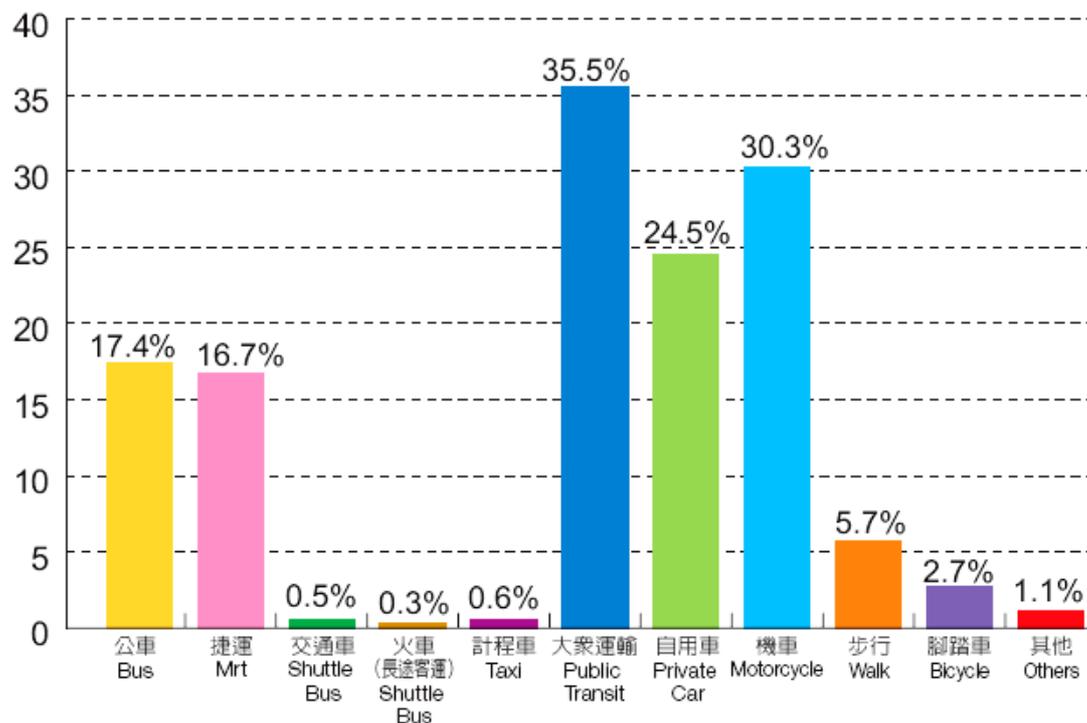


圖 4.1 台北市民通勤交通工具使用比例

表 4.3 各運具市場占有率

運具別	汽車	機車	公車	捷運	計程車
市場占有率%	27.37	33.86	19.44	18.66	0.67

為增加問卷有效性，調查的進行方式係由調查員至調查範圍內捷運站、公車站牌、路外及路邊停車場與家戶發放問卷，在詳細解說問卷內容後，才讓受訪者開始填答，並從旁協助受訪者至其填答完畢。

4.3 樣本基本特性分析

本研究共發出 1700 份問卷，回收 1545 份，扣除填答不全與受訪者相同旅次中無兩種以上之運具使用經驗者，有效樣本數為 1401 份，問卷回收率為 90.88%，問卷有效率為 90.68%，茲將問卷回收結果整理於表 4.4。

表 4.4 問卷回收統計表

問卷	總抽樣數	回收樣本數	有效樣本數	回收率	有效率
總計	1700	1545	1401	90.88%	90.68%

4.3.1 受訪者之社會經濟及旅次特性分析

1. 在受訪者男女性別比例方面，男性 624 份，佔 44.54%，女性 777 份，佔 55.46%，男女比例約為 1：1。
2. 受訪者年齡層以 21-30 歲最多，佔 36.47%，31-40 歲次之，佔 27.62%。
3. 個人每月平均所得以一萬元以下為最多，約佔 27.12%，應與受訪者職業中學生與家管人數有直接相關，其次為一萬元以上兩萬元以下、二萬元以上三萬元以下及三萬元以上四萬元以下，平均各約佔 14%。
4. 教育程度以大專為主，佔 56.67%，高中職佔 23.41%次之。
5. 受訪者職業狀況則以商業與學生居多，各佔 24.7%與 23.27%。
6. 家戶汽車持有數以一輛居多（49.32%），其次為家戶持有二部小汽車（25.84%）；家戶持有機車數量多為一部或二部（各佔 38.76%及 36.69%）。
7. 約 96%受訪者家戶成員持有汽車駕駛執照，駕照數以兩張最多（40.47%），持有一張及三張次之（分別為 22.34%及 20.2%）；超過 97%受訪者家戶成員持有機車駕駛執照，駕照數同樣以兩張為最多（35.05%）、其次為三張（25.55%）。
8. 旅次目的方面，以上班旅次佔 24.91%為最多，其次為社交娛樂旅次（20.77%），再其次為返家旅次（19.91%）。

受訪者之社會經濟及旅次特性統計如表 4.5 所示。

表 4.5 受訪者社會經濟及旅次特性表

項目		人數	百分比 (%)
性別	男	624	44.54
	女	777	55.46
年齡	20 歲以下	101	7.21
	21-30 歲	511	36.47
	31-40 歲	387	27.62
	41-50 歲	224	15.99
	51-60 歲	151	10.78
	61 歲以上	27	1.93
個人每月所得	10,000 元以下	380	27.12
	10,001-20,000 元	202	14.42
	20,001-30,000 元	209	14.92
	30,001-40,000 元	204	14.56
	40,001-50,000 元	179	12.78
	50,001-60,000 元	110	7.85
	60,001-70,000 元	64	4.57
	70,001 元以上	53	3.78
教育程度	國小以下	16	1.14
	國中	54	3.85
	高中職	328	23.41
	大專	794	56.67
	研究所以上	209	14.92
職業	軍公教	165	11.78
	學生	326	23.27
	農	15	1.07
	工	80	5.71
	商	346	24.7
	自由及服務業	210	14.99
	家管	122	8.71
	其他	137	9.78

表 4.5 受訪者社會經濟及旅次特性表 (續)

項目	人數	百分比 (%)	
家戶汽車持有數	0 部	254	18.13
	1 部	691	49.32
	2 部	362	25.84
	3 部以上	94	6.71
家戶機車持有數	0 部	107	7.64
	1 部	543	38.76
	2 部	514	36.69
	3 部	162	11.56
	4 部以上	75	5.36
家戶汽車駕照數	0 張	56	4
	1 張	313	22.34
	2 張	567	40.47
	3 張	283	20.2
	4 張	139	9.92
	5 張以上	43	3.07
家戶機車駕照數	0 張	41	2.93
	1 張	206	14.7
	2 張	491	35.05
	3 張	358	25.55
	4 張	225	16.06
	5 張以上	80	5.71
旅次目的	上班	349	24.91
	上學	95	6.78
	洽公商務	117	8.35
	社交娛樂	291	20.77
	購物	219	15.63
	返家	279	19.91
	其它	51	3.64

4.3.2 受訪者之運具選擇特性

本研究依各種運具選擇人數多寡，重新劃分與歸併運具替選方案集合。旅次未使用捷運者維持原四方案不變，而使用捷運完成旅次者中，以小汽車、機車及計程車進行接駁者數量較少，故將使用該三類運具進行轉乘或接駁之旅次歸併為使用其他運具轉乘捷運，故利用捷運完成旅次之運具選擇歸併為下列六種方式：

1. 以步行方式到達並離開捷運站；
2. 以步行到達（離開）捷運站，以其他運具離開（到達）捷運系統；
3. 以步行到達（離開）捷運站，以公車離開（到達）捷運系統；
4. 到達及離開捷運站均使用公車；
5. 以公車到達（離開）捷運站，以其他運具離開（到達）捷運系統；
6. 到達及離開捷運站均使用其他運具。

問卷統計結果中，以公車到達（離開）捷運站，以其他運具離開（到達）捷運系統及到達及離開捷運站均使用其他運具二方案無人選擇，故分析中予以剔除，而到達及離開捷運站均使用公車之受訪者僅有 11 位，無法單獨進行分析，故併入以步行到達（離開）捷運站，以公車離開（到達）捷運系統中計算。

因此，本研究最終利用以進行分析之運具選擇方案為：

方案一：使用小汽車完成旅次；

方案二：使用機車完成旅次；

方案三：使用公車完成旅次；

方案四：使用計程車完成旅次；

方案五：僅以步行轉乘捷運；

方案六：利用公車轉乘捷運；

方案七：以其他運具轉乘捷運。

受訪者之運具選擇特性如表 4.6 所示。各運具選擇方案之有效樣本比例為小汽車 18.42%、機車 29.48%、公車 26.41%、計程車 5.50%、以步行搭乘捷運 11.21%、以公車轉乘捷運 5.57%及以其他運具轉乘捷運 3.43%，與問卷調查前參考之運具市佔率比較，私人運具之有效樣本比例較低，本研究將於後續模式參數校估前，適當調整樣本權重，修正因選擇分層抽樣法所產生的參數校估偏誤。

比較各運具屬性，以公車轉乘捷運及以其他運具轉乘捷運者旅次距離最長，分別約為 12.132 公里及 12.094 公里；而計程車旅次距離最短，為 6.767 公里。旅行時間方面以機車及計程車為最低（包含車內與車外，分別為 27.571 分及

22.495 分)，旅次距離較短可能是其中一原因；旅行成本則以公車為最低（約 18.337 元），機車次之（約 24.301 元）。據此，可知機車的方便性與經濟性係成為受訪者運具選擇比例最高之因素。旅行成本最高與次高者分別為計程車與小汽車（137.650 元、85.347 元）。

表 4.6 受訪者運具選擇及屬性一覽表

運具選擇 (方案編號)	百分比 (%)	屬性	平均值
All Samples	100.00	旅次距離 (公里)	7.621
		旅行時間 (分)	34.031
		旅行成本 (元)	46.327
汽車 (1)	18.42	旅次距離 (公里)	7.864
		旅行時間 (分)	30.780
		旅行成本 (元)	85.347
機車 (2)	29.48	旅次距離 (公里)	7.001
		旅行時間 (分)	27.571
		旅行成本 (元)	24.301
公車 (3)	26.41	旅次距離 (公里)	6.951
		旅行時間 (分)	39.753
		旅行成本 (元)	18.337
計程車 (4)	5.50	旅次距離 (公里)	6.767
		旅行時間 (分)	22.495
		旅行成本 (元)	137.650
以步行搭乘捷運 (5)	11.21	旅次距離 (公里)	8.052
		旅行時間 (分)	34.887
		旅行成本 (元)	23.071
利用公車轉乘捷運 (6)	5.57	旅次距離 (公里)	12.132
		旅行時間 (分)	50.190
		旅行成本 (元)	34.469
以其他運具轉乘捷運 (7)	3.43	旅次距離 (公里)	12.094
		旅行時間 (分)	42.018
		旅行成本 (元)	38.268

4.3.3 交叉分析

利用乘客基本資料與選擇方案進行交叉分析，以說明社會經濟特性與選擇方案之關聯性，如表 4.7 所示。

1. 男性選擇小汽車與計程車之比例較女性為高，選擇機車之男女比例約 1：1，其餘運具選擇則以女性為多數。
2. 每人月所得在新台幣一萬元以下的受訪者，多使用機車與公車，亦符合該二種運具相對較低成本之先驗知識。
3. 在受訪者職業部分，學生是使用機車與公車比例最高的族群；使用計程車之客群則多從事商業、自由業與服務業等活動。
4. 在旅次目的方面，上班、洽公商務與社交娛樂等目的，使用小汽車、機車及計程車等非大眾運輸的比例較高，顯示在有時間壓力下通常不會選擇大眾運輸，反之，在較不具備時間壓力的返家旅次中，則以選擇公車為使用運具的比例為最高。



表 4.7 受訪者社會經濟及旅次特性與所選擇運具之交叉分析表

		小汽車		機車		公車		計程車		步行搭捷運		公車轉乘捷運		其他轉乘捷運	
		人數	(%)	人數	(%)	人數	(%)	人數	(%)	人數	(%)	人數	(%)	人數	(%)
性別	男	146	56.59	201	48.67	133	35.95	42	54.55	58	36.94	21	26.92	23	47.92
	女	112	43.41	212	51.33	237	64.05	35	45.45	99	63.06	57	73.08	25	52.08
年齡	20歲以下	4	1.55	22	5.33	43	11.62	1	1.30	18	11.46	11	14.10	2	4.17
	21-30歲	60	23.26	204	49.39	119	32.16	24	31.17	57	36.31	30	38.46	17	35.42
	31-40歲	75	29.07	97	23.49	106	28.65	28	36.36	42	26.75	24	30.77	15	31.25
	41-50歲	58	22.48	51	12.35	65	17.57	13	16.88	24	15.29	7	8.97	6	12.50
	51-60歲	54	20.93	34	8.23	28	7.57	11	14.29	13	8.28	5	6.41	6	12.50
	61歲以上	7	2.71	5	1.21	9	2.43	0	0	3	1.91	1	1.28	2	4.17
個人每月所得	10,000元以下	7	2.71	111	26.88	162	43.78	4	5.19	47	29.94	29	37.18	20	41.67
	10,001-20,000元	5	1.94	119	28.81	55	14.86	1	1.30	18	11.46	2	2.56	2	4.17
	20,001-30,000元	26	10.08	84	20.34	45	12.16	9	11.69	28	17.83	15	19.23	2	4.17
	30,001-40,000元	44	17.05	41	9.93	37	10.00	32	41.56	30	19.11	11	14.10	9	18.75
	40,001-50,000元	49	18.99	36	8.72	34	9.19	18	23.38	18	11.46	14	17.95	10	20.83
	50,001-60,000元	49	18.99	13	3.15	26	7.03	5	6.49	9	5.73	5	6.41	3	6.25
	60,001-70,000元	45	17.44	5	1.21	6	1.62	4	5.19	2	1.27	1	1.28	1	2.08
	70,001元以上	33	12.79	4	0.97	5	1.35	4	5.19	5	3.18	1	1.28	1	2.08
教育程度	國小以下	3	1.16	4	0.97	6	1.62	0	0	0	0	2	2.56	1	2.08
	國中	13	5.04	18	4.36	14	3.78	2	2.60	4	2.55	1	1.28	2	4.17
	高中職	66	25.58	90	21.79	100	27.03	13	16.88	37	23.57	18	23.08	4	8.33
	大專	126	48.84	237	57.38	210	56.76	50	64.94	90	57.32	50	64.10	31	64.58
	研究所以上	50	19.40	64	15.50	40	10.81	12	15.58	26	16.56	7	8.97	10	20.83

表 4.7 受訪者社會經濟及旅次特性與所選擇運具之交叉分析表 (續)

		小汽車		機車		公車		計程車		步行搭捷運		公車轉乘捷運		其他轉乘捷運	
		人數	(%)	人數	(%)	人數	(%)	人數	(%)	人數	(%)	人數	(%)	人數	(%)
職業	軍公教	31	12.02	41	9.93	45	12.16	9	11.69	18	11.46	8	10.26	13	27.08
	學生	25	9.69	136	32.93	88	23.78	4	5.19	38	24.20	29	37.18	6	12.50
	農	4	1.55	5	1.21	5	1.35	0	0	1	0.64	0	0	0	0
	工	22	8.53	25	6.05	14	3.78	6	7.79	7	4.46	2	2.56	4	8.33
	商	83	32.17	72	17.43	84	22.70	32	41.56	43	27.39	21	26.92	11	22.92
	自由及服務業	43	16.67	50	12.11	56	15.14	16	20.78	27	17.20	10	12.82	8	16.67
	家管 其他	19 31	7.36 12.02	35 49	8.47 11.86	52 26	14.05 7.03	1 9	1.30 11.69	7 16	4.46 10.19	4 4	5.13 5.13	4 2	8.33 4.17
家戶 汽車數	0 部	0	0.00	88	21.31	78	21.08	23	29.87	35	22.29	18	23.08	12	25.00
	1 部	131	50.78	178	43.10	200	54.05	33	42.86	84	53.50	40	51.28	25	52.08
	2 部	93	36.05	118	28.57	75	20.27	21	27.27	32	20.38	15	19.23	8	16.67
	3 部以上	34	13.18	29	7.02	17	4.59	0	0.00	6	3.82	5	6.41	3	6.25
家戶 機車數	0 部	21	8.14	0	0.00	35	9.46	8	10.39	28	17.83	14	17.95	1	2.08
	1 部	96	37.21	154	37.29	142	38.38	30	38.96	66	42.04	35	44.87	20	41.67
	2 部	96	37.21	165	39.95	143	38.65	19	24.68	51	32.48	16	20.51	24	50.00
	3 部	32	12.40	57	13.80	37	10.00	17	22.08	9	5.73	8	10.26	2	4.17
	4 部以上	13	5.04	37	8.96	13	3.51	3	3.90	3	1.91	5	6.41	1	2.08

表 4.7 受訪者社會經濟及旅次特性與所選擇運具之交叉分析表 (續)

		小汽車		機車		公車		計程車		步行搭捷運		其他轉乘捷運		公車轉乘捷運	
		人數	(%)	人數	(%)	人數	(%)	人數	(%)	人數	(%)	人數	(%)	人數	(%)
汽車 駕照數	0 張	0	0	22	5.33	14	3.78	2	2.60	11	7.01	4	5.13	3	6.25
	1 張	55	21.32	92	22.28	82	22.16	22	28.57	34	21.66	22	28.21	6	12.50
	2 張	96	37.21	159	38.50	169	45.68	22	28.57	70	44.59	32	41.03	19	39.58
	3 張	61	23.64	84	20.34	71	19.19	17	22.08	26	16.56	10	12.82	14	29.17
	4 張	33	12.79	44	10.65	27	7.30	10	12.99	13	8.28	8	10.26	4	8.33
	5 張以上	13	5.04	12	2.91	7	1.89	4	5.19	3	1.91	2	2.56	2	4.17
機車 駕照數	0 張	4	1.55	3	0.73	11	2.97	6	7.79	9	5.73	7	8.97	1	2.08
	1 張	35	13.57	54	13.08	54	14.59	13	16.88	28	17.83	17	21.79	5	10.42
	2 張	89	34.50	144	34.87	137	37.03	18	23.38	64	40.76	27	34.52	12	25.00
	3 張	62	24.03	115	27.85	99	26.76	21	27.27	35	22.29	13	16.67	13	27.08
	4 張	54	20.93	64	15.50	53	14.32	16	20.78	16	10.19	11	14.10	11	22.92
	5 張以上	14	5.42	33	7.99	16	4.32	3	3.90	5	3.18	3	3.84	6	12.50
旅次 目的	上班	79	30.62	87	21.07	66	17.84	22	28.57	47	30.57	26	33.33	22	45.83
	上學	7	2.71	27	6.54	33	8.92	2	2.60	13	8.28	10	12.82	3	6.25
	洽公商務	30	11.63	37	8.96	17	4.59	11	14.29	15	9.55	4	5.13	3	6.25
	社交娛樂	64	24.81	104	25.18	54	14.59	18	23.28	35	22.29	8	10.26	8	16.67
	購物	43	16.67	72	17.43	52	14.05	13	16.88	19	12.10	17	21.79	3	6.25
	返家	32	12.40	68	16.46	132	35.68	6	7.79	24	15.29	10	12.82	7	14.58
	其它	3	1.16	18	4.36	16	4.32	5	6.49	4	2.55	3	3.85	2	4.17

第五章 模式構建與校估

本章將利用問卷調查所得資料，透過 NLOGIT 套裝軟體，對模式參數進行校估，以建立台北都會區民眾運具選擇模式，並求出票價及運具服務水準彈性，以彈性之觀點對轉乘優惠政策提出初步評估。

5.1 變數說明

個體選擇模式中，各替選方案之效用函數由各種屬性變數組成，變數之種類可分為以下四種：

1. 方案特定常數 (Alternative Specific Constants)：此常數項目的在於吸收其他變數無法完全表達出來之方案差異。應用上若使用者選擇某種運具，則對該運具之常數項設定值為 1，其餘替選運具為 0，但若有 n 種運具可選擇，則至多僅能指定 $n-1$ 個方案特定常數。
2. 共生變數 (Generic Variable)：共生變數存在於所有替選方案效用函數中，且在不同方案之參數值皆一致，其假設此變數在不同方案之邊際效用完全相同。
3. 方案特定變數 (Alternative Specific Variable)：方案特定變數僅存在於某特定之替選方案效用函數中，且在不同方案之參數值不一致，其假設此變數在不同方案之邊際效用有所不同。
4. 社經特定變數：由於同一使用者在不同運具替選方案下之社經特性均相同，若將社經變數指定為共生變數，則無法顯示社經變數對於運具選擇差異之影響，因此應將其指定為方案特定變數。

本研究考慮運具服務水準（旅行時間、旅行成本）及使用者社經特性兩類變數，變數說明如下：

1. 旅行時間：旅行時間為車內旅行時間與車外旅行時間之總和，車內旅行時間為受訪者使用或搭乘運具時所花費的旅行時間，並包含受訪者搜尋停車位置所花費的時間；車外旅行時間包括受訪者候車時間、轉乘時間及離開運具後步行至目的地所花費的旅行時間。旅行時間單位為分鐘，設為所有方案的共生變數。

2. 旅行成本：定義為受訪者完成該旅次所需花費之貨幣成本，包含運具使用成本與停車費用，單位為新台幣元，亦設定為所有方案的共生變數。
3. 使用者社經變數：個人每月所得或零用金（千元）、家戶擁有汽車駕照數（張）及持有汽機車數量（輛），設定為方案特定變數。

5.2 多項羅吉特模式

本研究多項羅吉特模式之結構如圖 5.1 所示。

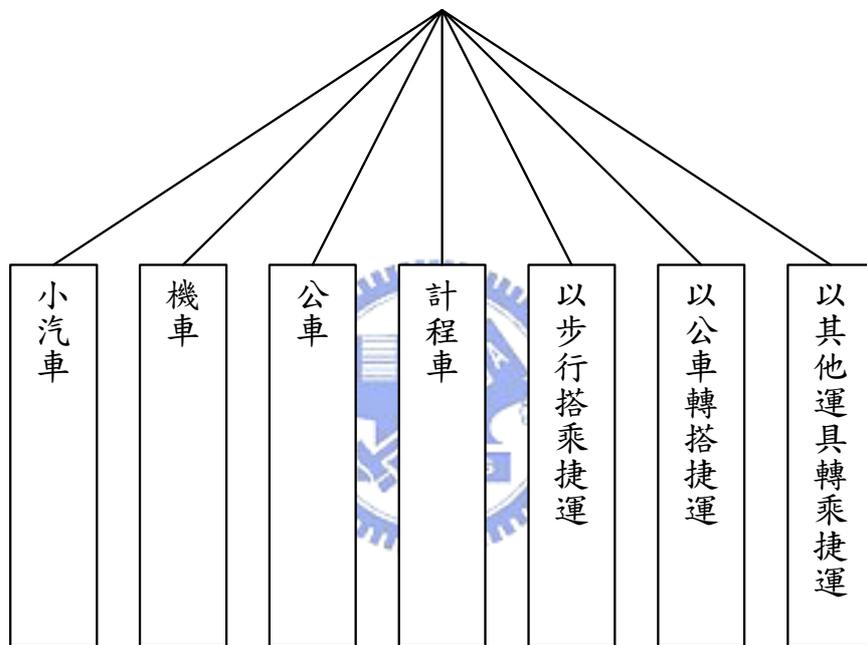


圖 5.1 運具選擇之多項羅吉特模式架構圖

為尋求一最適合之多項羅吉特基本模式，本研究將逐步為運具替選方案之效用函數置入不同變數組合。首先納入方案特定常數與旅行時間、旅行成本之共生變數，設為模式一，其結果如表 5.1 所示。共生變數均為顯著（ $p < 0.05$ 、 $|t\text{-value}| > 1.96$ ）且為負號，顯示當旅行時間與旅行成本之值增加時，對使用者產生負效用，亦即降低使用者選擇該運具之機率，與一般先驗知識相符。而其對數概似函數（Log-likelihood function）值 $LL(\hat{\beta})$ 為 -804.4718，對數概似函數值均為負值，愈接近原點表示該模式解釋能力愈高，相較於等占有率模式 $LL(0)$ 與僅考慮方案特定

常數項之市場占有率模式 $LL(c)$ ， $LL(\hat{\beta})$ 皆更接近原點，表示模式同時納入方案特定常數與旅行時間、旅行成本之共生變數後，更具解釋現實情況之能力，模式一 概似比指標 ρ^2 為 0.2596。

表 5.1 多項羅吉特模式（一）校估結果

解釋變數	參數值	t-value
小汽車方案特定常數	0.3734	1.544
機車方案特定常數	-0.2710	-1.255
公車方案特定常數	-0.0244	-0.127
計程車方案特定常數	-3.1055	-6.720
步行搭乘捷運方案特定常數	0.4359	2.041
以公車轉乘捷運方案特定常數(基準方案)	0	--
以其他運具轉乘捷運方案特定常數	-1.5561	-6.873
旅行時間	-0.0947	-7.121
旅行成本	-0.0140	-5.945
對數概似函數值		
等占有率模式之對數概似函數值 $LL(0)$	-1086.528	
市場占有率模式之對數概似函數值 $LL(c)$	-903.6970	
收斂之對數概似函數值 $LL(\hat{\beta})$	-804.4718	
概似比指標 ρ^2	0.2596	

模式二再增納個人每月所得、家戶擁有汽車駕照數及持有汽機車數量之方案特定變數，其結果如表 5.2 所示，當個人每月所得為小汽車與計程車之方案特定變數時，參數值校估結果顯著且為正，說明使用者個人所得越高，越可能使用小汽車及計程車兩種運具。模式二 $LL(\hat{\beta})$ 與 ρ^2 值表現均優於模式一，表示納入方案特定變數後，模式解釋能力提高。

表 5.2 多項羅吉特模式 (二) 校估結果

解釋變數	參數值	t-value
小汽車方案特定常數	-2.0298	-3.465
機車方案特定常數	-0.6903	-1.263
公車方案特定常數	-0.2380	-0.476
計程車方案特定常數	-5.2039	-4.494
步行搭乘捷運方案特定常數	0.4274	0.740
以公車轉乘捷運方案特定常數(基準方案)	0	--
以其他運具轉乘捷運方案特定常數	-2.0218	-3.740
旅行時間	-0.0918	-6.369
旅行成本	-0.0160	-6.091
個人每月所得		
小汽車方案特定變數	0.0653	6.566
計程車方案特定變數	-0.0053	-0.556
公車方案特定變數	-0.0032	-0.331
計程車方案特定變數	0.0535	3.040
步行搭乘捷運方案特定變數	0.0158	1.341
以其他運具轉搭捷運方案特定變數	0.0022	0.208
家戶小汽車持有數		
小汽車方案特定變數	0.1066	0.386
計程車方案特定變數	0.3990	1.546
公車方案特定變數	0.2622	1.008
計程車方案特定變數	-0.1308	-0.244
步行搭乘捷運方案特定變數	0.0749	0.256
以其他運具轉搭捷運方案特定變數	-0.3644	-1.147
家戶機車持有數		
小汽車方案特定變數	0.0005	0.002
計程車方案特定變數	-0.0570	-0.243
公車方案特定變數	-0.2088	-0.900
計程車方案特定變數	-0.0881	-0.229
步行搭乘捷運方案特定變數	-0.3016	-0.195
以其他運具轉搭捷運方案特定變數	0.1154	0.525
家戶持有汽車駕照數		
小汽車方案特定變數	-0.0508	-0.275
計程車方案特定變數	0.0060	0.034
公車方案特定變數	0.0551	0.300
計程車方案特定變數	0.3616	0.906
步行搭乘捷運方案特定變數	-0.0497	-0.237
以其他運具轉搭捷運方案特定變數	0.3029	1.427
對數概似函數值		
等占有率模式之對數概似函數值 $LL(0)$	-1086.528	

解釋變數	參數值	t-value
市場占有率模式之對數概似函數值 $LL(c)$	-903.6970	
收斂之對數概似函數值 $LL(\hat{\beta})$	-714.5854	
概似比指標 ρ^2	0.3423	

模式三為剔除模式二基本統計不顯著之方案特定變數後，重新進行校估之多項羅吉特模式，結果如表 5.3 所示，共生變數（旅行時間、旅行成本）與小汽車及計程車之方案特定變數（個人每月所得）參數校估結果顯著且正負號與一般先驗知識相符， $LL(\hat{\beta})$ 與 ρ^2 值表現與模式二接近，且對數概似統計量 χ^2 為 720.6124，通過 α 等於 5% 之卡方檢定（如式 5-1），具有相當程度之解釋能力，係最佳多項羅吉特模式。本研究後續將以最佳多項羅吉特模式校估結果為基準，建構巢式羅吉特模式。

$$\chi^2 = -2[LL(0) - LL(\hat{\beta})] = 720.6124 > \chi_{0.05}^2(10) = 18.3070 \quad (5-1)$$

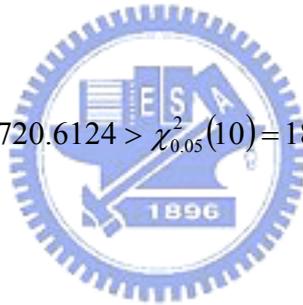


表 5.3 多項羅吉特模式（三）校估結果

解釋變數	參數值	t-value
小汽車方案特定常數	-2.0953	-6.261
機車方案特定常數	-0.3966	-1.803
公車方案特定常數	-0.2258	-1.204
計程車方案特定常數	-4.5439	-6.634
步行搭乘捷運方案特定常數	0.3232	1.516
以公車轉乘捷運方案特定常數(基準方案)	0	--
以其他運具轉乘捷運方案特定常數	-1.5176	-6.619
旅行時間	-0.0907	-6.432
旅行成本	-0.0159	-6.340
個人每月所得		
小汽車方案特定變數	0.0657	10.640
計程車方案特定變數	0.0518	3.812
對數概似函數值		
等占有率模式之對數概似函數值 $LL(0)$	-1086.528	
市場占有率模式之對數概似函數值 $LL(c)$	-903.6970	
收斂之對數概似函數值 $LL(\hat{\beta})$	-726.2218	
概似比指標 ρ^2	0.3316	
概似比檢定 χ^2	720.6124	

5.3 巢式羅吉特模式

巢式羅吉特模式同一巢中之替選方案具有相關性，本研究構建之運具選擇模式有七種替選方案，其可能之巢式結構有許多種，根據樣本特性與先驗知識嘗試組合各種模式結構，例如之於運具使用成本與使用者經濟條件，小汽車與計程車皆較高，公車與機車則較低，可考慮區別為兩巢，具轉乘行為之方案六與方案七，旅次距離與旅行時間同樣高於其他替選方案，可嘗試納為同巢，或將大眾運具置入一巢、私人運具為另一巢等構想。本研究初步建立十種巢式羅吉特模式 NL1 至 NL10，如圖 5.2 所示。

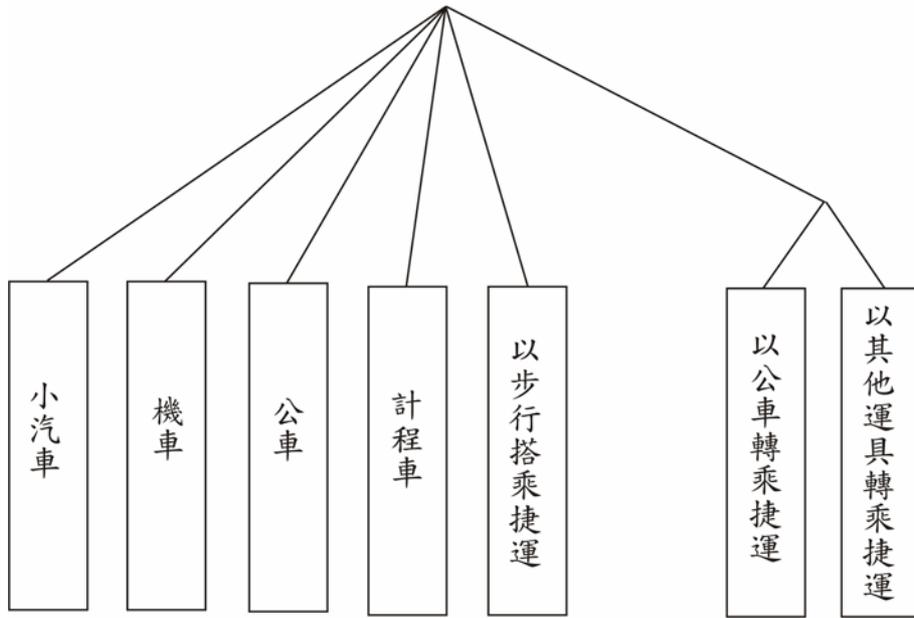


圖 5.2.1 NL1 模式架構圖

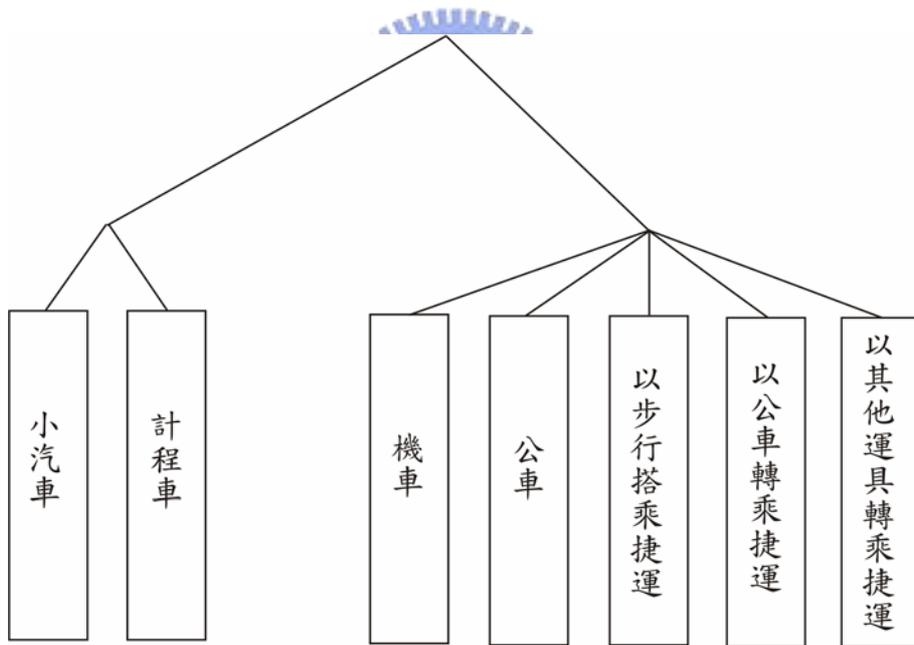


圖 5.2.2 NL2 模式架構圖

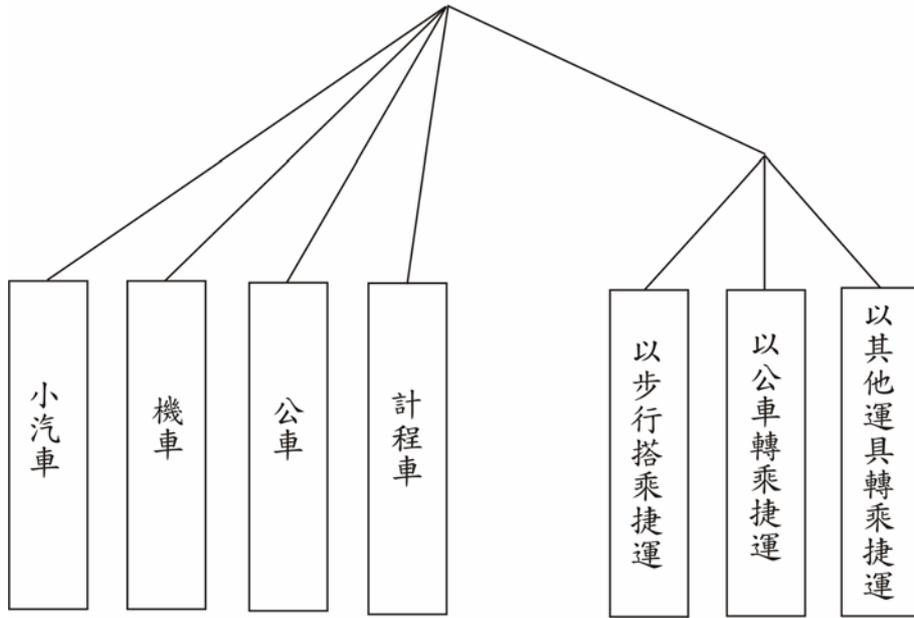


圖 5.2.3 NL3 模式架構圖

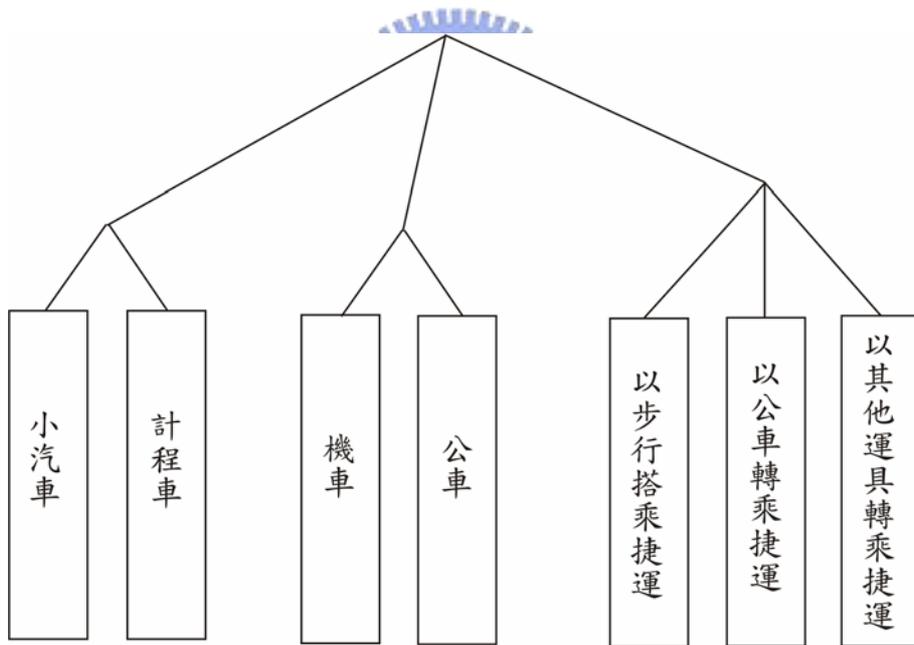


圖 5.2.4 NL4 模式架構圖

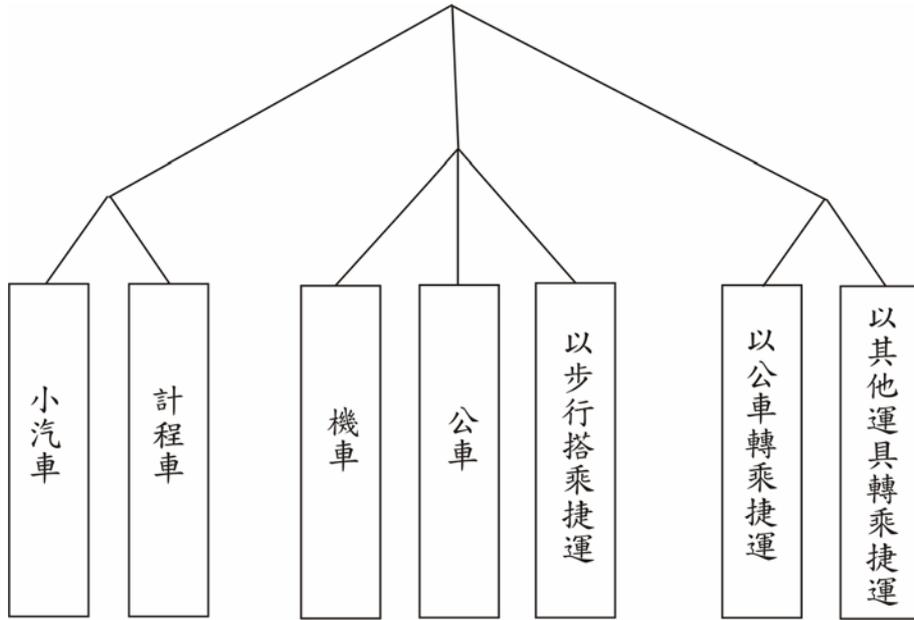


圖 5.2.5 NL5 模式架構圖

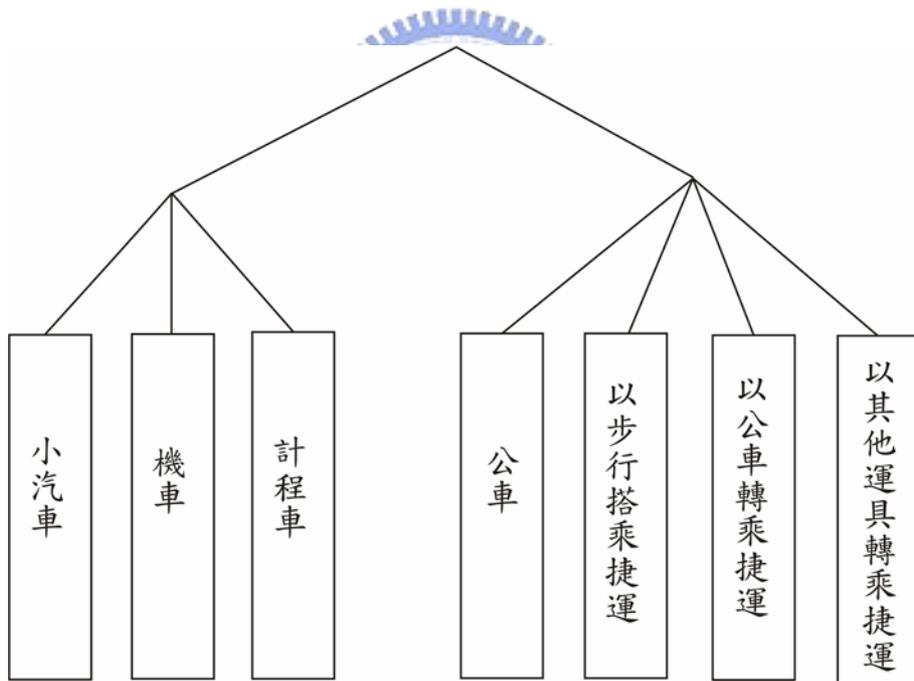


圖 5.2.6 NL6 模式架構圖

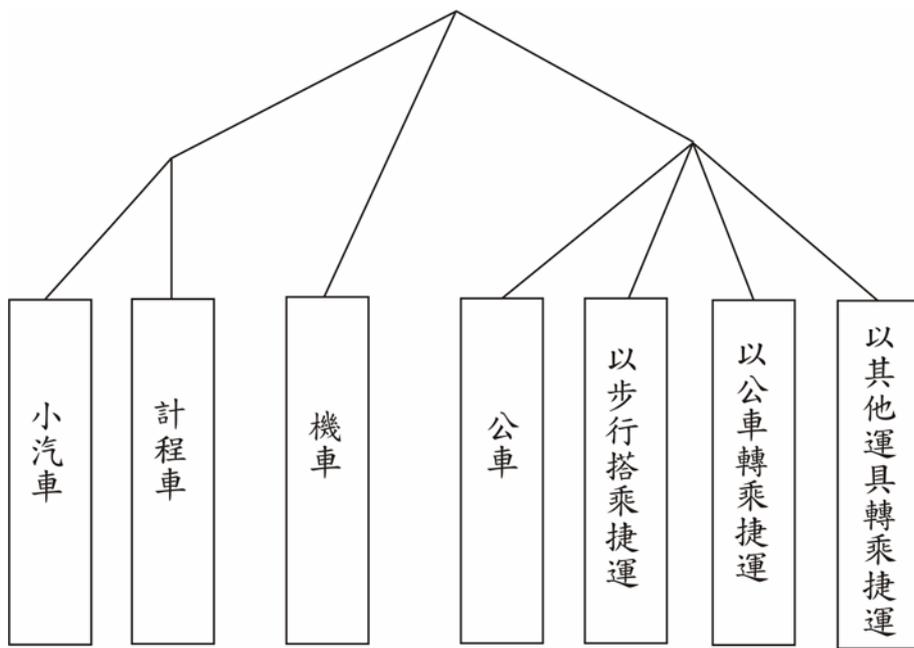


圖 5.2.7 NL7 模式架構圖

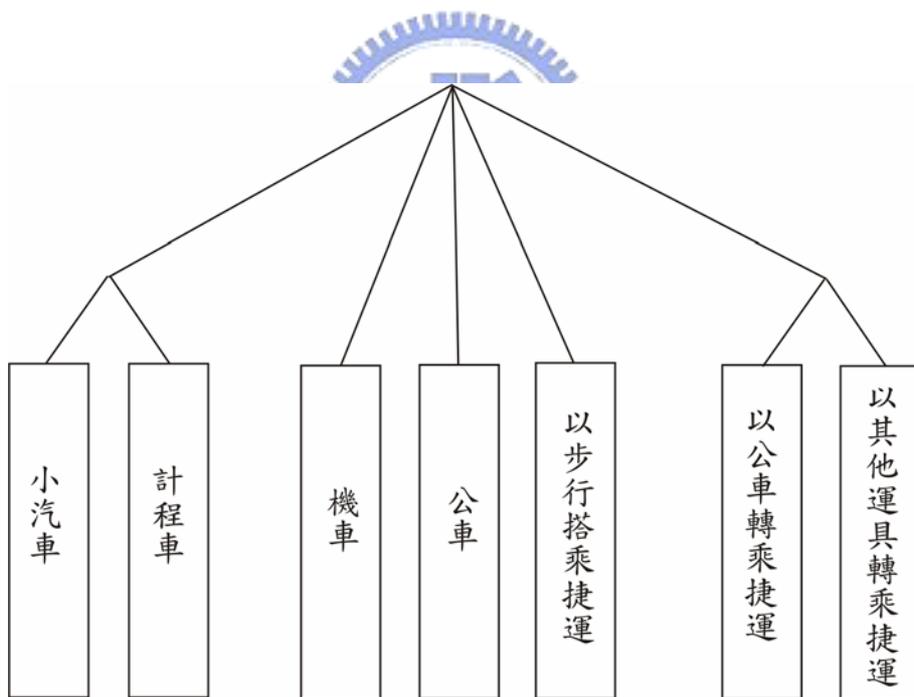


圖 5.2.8 NL8 模式架構圖

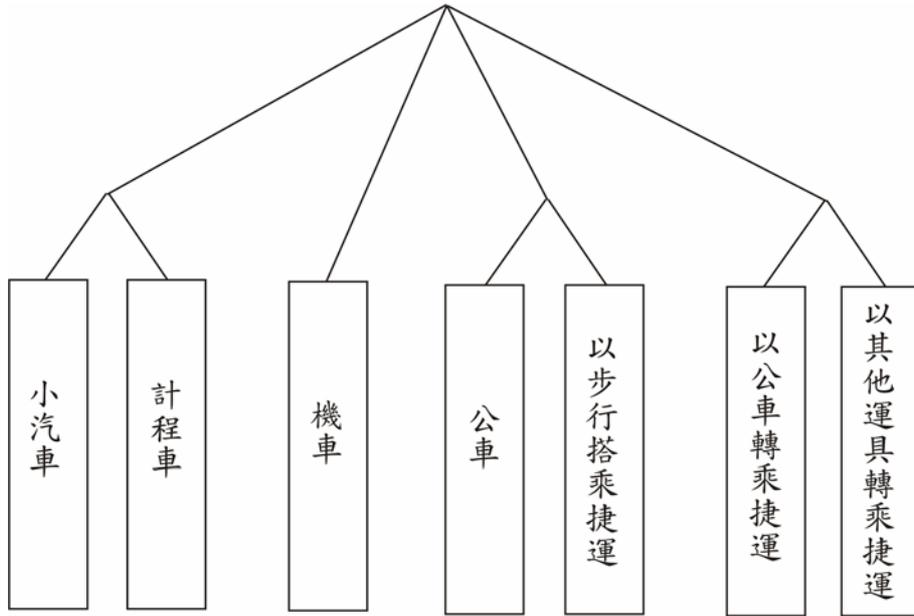


圖 5.2.9 NL9 模式架構圖

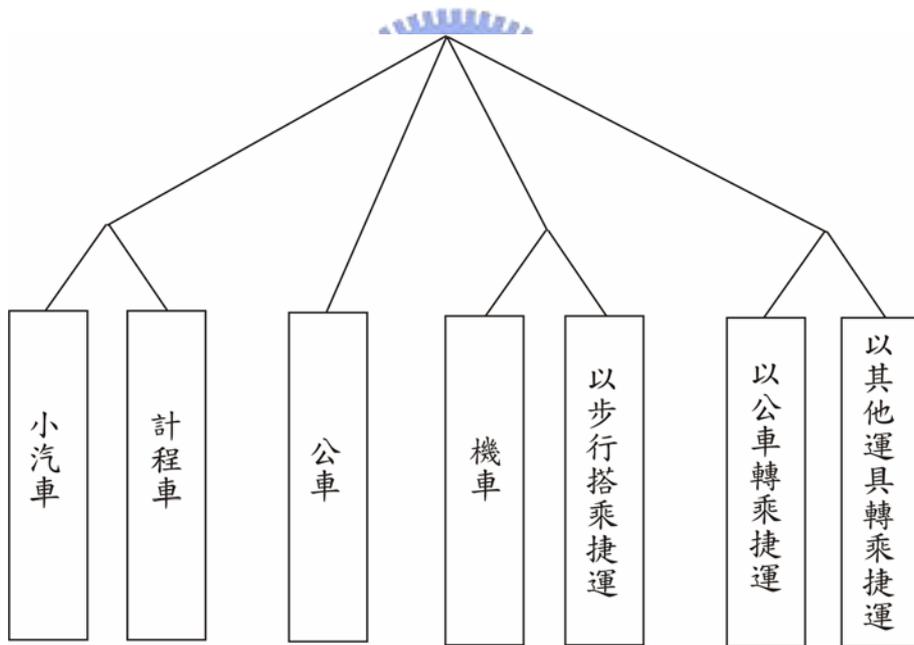


圖 5.2.10 NL10 模式架構圖

模式校估結果，NL2、NL3、NL4、NL5 及 NL10，包容值 (Logsum) 大於 1 予以剔除，其餘模式包容值雖小於 1，但 t-value 檢定結果與 1 沒有顯著差異。本研究進一步分析 NL1 至 NL10 包容值表現，發現兩巢以上之巢式結構，部份存在小於 0 且顯著不為 1 之包容值，如 NL9 之公車與步行搭乘捷運同巢，包容值 0.5997

(t-value 2.362)，NL6 與 NL7 之大眾運具同巢，包容值 (t-value) 分別為 0.6720 (2.591) 與 0.6748 (2.571)。排除包容值大於 1 或與 1 無顯著差異之巢式結構後，本研究新建公車與步行搭乘捷運同巢之 NL11 與大眾運具同巢之 NL12 (如圖 5.3)，再次進行模式參數校估，並與前一節所得之最佳多項羅吉特模式進行比較，模式校估結果列於表 5.4。

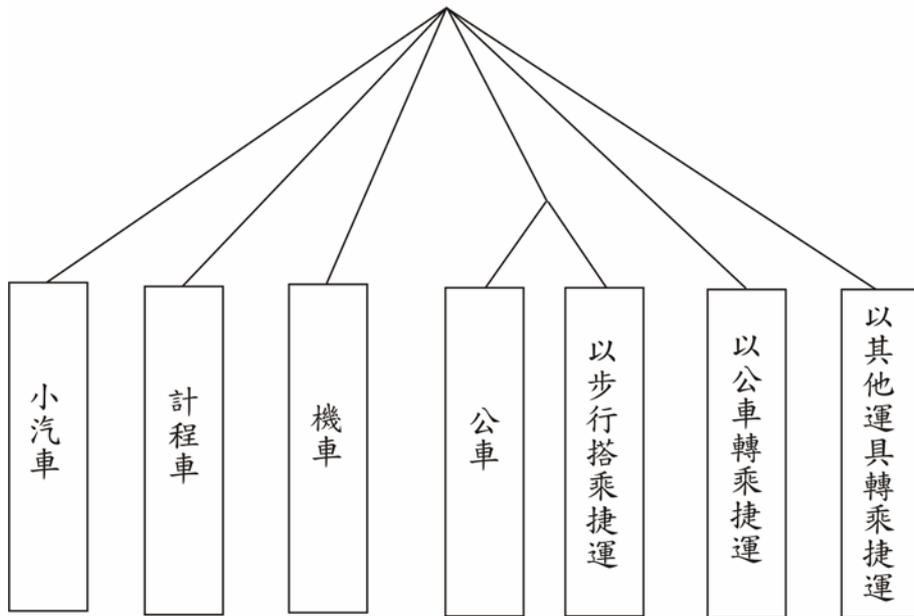


圖 5.3.1 NL11 模式架構圖

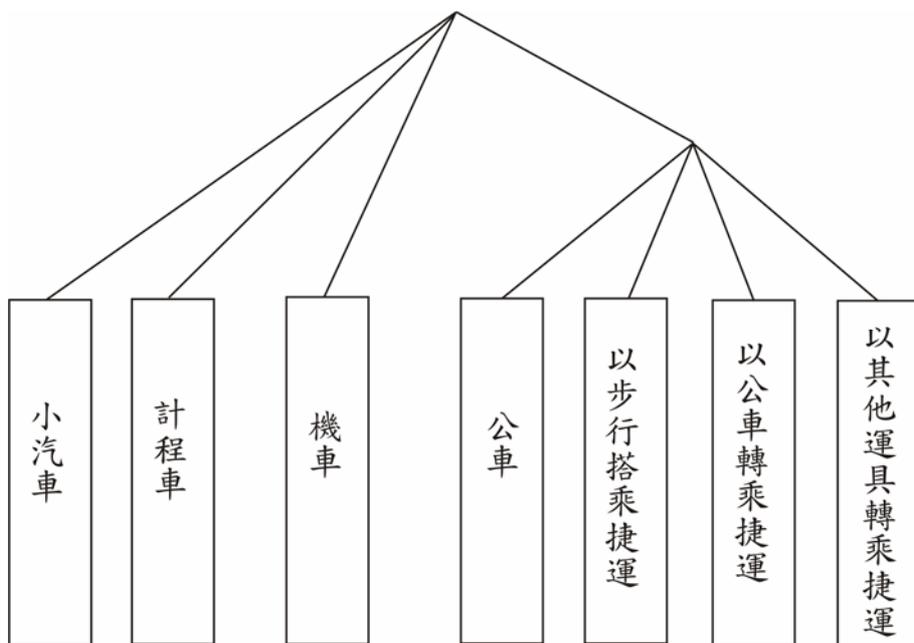


圖 5.3.2 NL12 模式架構圖

表 5.4 巢式羅吉特模式之校估結果

解釋變數	參數值 (t-value)		
	多項羅吉特模式	NL11 模式	NL12 模式
方案特定常數			
小汽車	-2.0953	-1.9970	-1.9440
機車	-0.3966	-0.3251	-0.2958
公車	-0.2258	-0.1125	-0.1208
計程車	-4.5439	-4.4069	-4.3027
步行搭乘捷運	0.3232	0.1869	0.2821
利用公車轉乘捷運(基準)	0	0	0
以其他運具轉搭捷運	-1.5176	-1.5017	-1.2175
旅行時間	-0.0907 (-6.432)	-0.0894 (-18.120)	-0.0855 (-16.998)
旅行成本	-0.0159 (-6.340)	-0.0162 (-6.493)	-0.0165 (-6.747)
個人每月所得			
小汽車方案特定變數	0.0657 (10.640)	0.0653 (10.458)	0.0650 (10.426)
計程車方案特定變數	0.0518 (3.812)	0.0514 (2.114)	0.0513 (2.106)
包容值 (t value 相對於 1)	1	0.6092 (2.274)	0.6773 (2.543)
收斂之對數概似函數值 $LL(\hat{\beta})$	-726.2218	-725.1278	-724.5923
概似比指標 ρ^2	0.3316	0.3326	0.3331

由表 5.4 中可以發現，多項與巢式模式的參數係數相當接近且顯著性不會因巢式結構而產生相當大的變化。而 NL11 與 NL12 巢式結構之包容值均小於 1 且顯著不等於 1，顯示巢式結構均屬合理。由對數概似函數值可知，兩組巢式羅吉特模式之解釋能力，均較多項羅吉特為佳，而各變數係數亦均符合常理判斷，故此兩組巢式結構均屬可行。

藉由概似比指標之比較，說明 NL12 所有大眾運具同巢，比 NL11 巢式結構及多項羅吉特模式，更能代表且接近旅運者的真實決策行為。據此，本研究以 NL12 所有大眾運具同巢之巢式羅吉特模式，作為後續應用分析。

NL12 推導所得之各運具使用比例為：小汽車 17.80%、機車 18.75%、公車 19.56%、計程車 1.12%、步行搭乘捷運 37.79%、以其他運具轉搭捷運 2.64%、及以公車轉乘捷運者 2.34%，如表 5.5 所示。

表 5.5 模式校估之運具使用比例

運具別	小汽車	機車	公車	計程車	步行搭乘捷運	公車轉乘捷運	以其他運具轉乘捷運
比例%	21.034	31.828	25.112	1.585	11.282	5.857	3.303

5.4 彈性分析

本節以前節所構建之最佳巢式羅吉特模式校估結果，計算各方案之旅行成本彈性與旅行時間彈性。

5.4.1 旅行成本彈性

旅行成本彈性表示當旅行成本提高 1% 時，對本身及對其他替選方案被選擇機率的影響程度。其中，負號代表提高旅行成本會造成樣本選擇該方案的機率下降，正號代表提高旅行成本會造成樣本選擇該方案的機率上升。另外，彈性對於方案自身被樣本所選擇的機率的影響稱為直接彈性，對於其他方案被選擇機率的影響稱為交叉彈性。

巢式之個體彈性(Disaggregate elasticity)的計算公式如式(5-2)至式(5-5)所示。

$$E_{do} = (1 - P_i) \beta_k X_{ik} \quad (5-2)$$

$$E_{dn} = \left[(1 - P_m) P_{i/m} + \left(\frac{1}{\mu_m} \right) (1 - P_{i/m}) \right] \beta_k X_{ik} \quad (5-3)$$

$$E_{co} = -P_i \beta_k X_{ik} \quad (5-4)$$

$$E_{cn} = - \left[P_i + \left(\frac{1 - \mu_m}{\mu_m} \right) P_{i/m} \right] \beta_k X_{ik} \quad (5-5)$$

其中， E_{do} 為巢外運具直接個體彈性、 E_{dn} 為巢內運具直接個體彈性、 E_{co} 為不同巢運具間接個體彈性、 E_{cn} 為同巢運具間接個體彈性； P_i 表運具 i 使用比例、 β_k 表屬性 k 校估係數、 X_{ik} 表運具 i 中屬性 k 之平均值； μ_m 表巢 m 包容值、 P_m 表示巢 m 之邊際機率、而 $P_{i/m}$ 表示巢 m 的條件下選擇運具 i 的條件機率， $P_i = P_{i/m} \times P_m$ 。

進一步將個體彈性以機率進行加權平均，克服 IIA 特性的缺點，計算總體彈性（Aggregate elasticity），總體彈性公式如下：

$$\overline{E_{X_{ik}}^{P_i}} = \frac{\sum_{n=1}^N P_{in} \times E_{X_{ink}}^{P_{in}}}{\sum_{n=1}^N P_{in}} \quad (5-6)$$

$$\overline{E_{X_{jk}}^{P_i}} = \frac{\sum_{n=1}^N P_{in} \times E_{X_{jnk}}^{P_{in}}}{\sum_{n=1}^N P_{in}} \quad (5-7)$$

$$\overline{P_i} = \frac{\sum_{i=1}^N P_{in}}{N} \quad (5-8)$$

式 (5-6) 為直接總體彈性公式，其中 $E_{X_{ink}}^{P_{in}}$ 為方案 i 第 k 個屬性的直接個體彈性；式 (5-7) 為交叉總體彈性公式，其中 $E_{X_{jnk}}^{P_{in}}$ 為方案 j 第 k 個屬性改變對方案 i 的交叉個體彈性，式 (5-8) 為總體機率公式。

表 5.6 為旅行成本彈性矩陣，表示當運具變動其旅行成本時，對本身及其他運具之影響。

表 5.6 旅行成本彈性矩陣

運具方案	下列方案改變旅行成本對其他方案之影響						
	小汽車	機車	公車	計程車	捷運系統		
					步行搭乘	公車轉乘	其他運具
小汽車	-0.332	0.046	0.024	0.011	0.010	0.012	0.007
機車	0.084	-0.115	0.040	0.006	0.012	0.009	0.004
公車	0.084	0.070	-0.120	0.062	0.025	0.014	0.006
計程車	0.103	0.026	0.169	-1.476	0.015	0.023	0.019
步行搭乘捷運	0.067	0.037	0.045	0.012	-0.135	0.029	0.010
公車轉乘捷運	0.146	0.057	0.041	0.029	0.045	-0.388	0.203
其它運具轉搭捷運	0.162	0.061	0.044	0.040	0.036	0.408	-0.682

如表 5.6 所示，直接彈性以計程車方案-1.476 最大，其他方案直接彈性則皆小於 1；交叉彈性部份，大致上當私有運具的成本發生變化時，較能影響大眾運具的運量，反之大眾運具的成本變化對私有運具運量影響則相對較小，僅計程車方案與公車方案、步行搭乘捷運方案之交叉彈性為例外。如表中小汽車方案對公車方案之交叉彈性為 0.084，而公車方案對小汽車方案之交叉彈性為 0.024，此結果隱含加重私有運具使用成本，促使民眾轉搭乘大眾運輸之政策效果，應大於提供大眾運具票價優惠，藉此吸引私有運具使用者之政策效果。

捷運與公車轉乘優惠政策，於本研究中相當於降低公車轉乘捷運方案之旅行成本，由表可知，公車轉乘捷運方案旅行成本降低 1%時，樣本選擇該方案的機率增加 0.388%，選擇小汽車方案、機車方案與計程車方案之機率分別降低 0.012%、0.009%與 0.023%，與公車轉乘捷運方案同巢之公車方案、步行搭乘捷運方案與其他運具轉乘捷運方案則各降低 0.014%、0.029%與 0.408%，相對而言，同巢之大眾運具方案的交叉彈性大於巢外私有運具方案，顯示具有相似性的四個大眾運具方案彼此間替代性較高。然而公車轉乘捷運方案旅行成本之直接彈性與其對其他方案之交叉彈性值均頗小，結果說明藉捷運與公車轉乘優惠以提升轉乘運量之成效有限，且大部分為大眾運具間的移轉，對私有運具使用者吸引力不大。

5.4.2 旅行時間彈性

表 5.7 為旅行時間彈性矩陣，表示當運具變動其旅行時間時，對本身及其他運具之影響。

表 5.7 旅行時間彈性矩陣

運具方案	下列方案改變旅行時間對其他方案之影響						
	小汽車	機車	公車	計程車	捷運系統		
					步行 搭乘	公車 轉乘	其他 運具
小汽車	-0.631	0.276	0.254	0.01	0.072	0.095	0.039
機車	0.186	-0.667	0.454	0.005	0.085	0.068	0.027
公車	0.153	0.413	-1.31	0.057	0.199	0.103	0.041
計程車	0.168	0.161	2.051	-1.326	0.128	0.183	0.088
步行搭乘捷運	0.105	0.21	0.444	0.01	-1.082	0.19	0.057
公車轉乘捷運	0.239	0.295	0.441	0.024	0.314	-2.886	1.123
其它運具轉搭捷運	0.257	0.312	0.467	0.032	0.402	3.109	-3.874

如表 5.7 所示，可發現大眾運具之直接彈性皆大於 1，以其他運具轉乘捷運方案-3.874 最大，公車轉乘捷運方案-2.886 次之，小汽車方案與機車方案分別為-0.631 與-0.667 最小。

旅行時間彈性與旅行成本彈性比較，除計程車方案時間彈性小於成本彈性外，其他方案時間彈性的絕對值均大於成本彈性，如公車轉乘捷運方案，時間彈性的絕對值約為成本彈性絕對值的 6 至 8 倍，隱含整合捷運與公車接駁路網，縮短公車轉乘捷運之旅行時間，對轉乘運量之增效應大於實施轉乘優惠。

第六章 轉乘優惠效益分析

實施捷運與公車轉乘優惠，對台北都會區大眾運輸市場之影響，將降低捷運與公車整合性大眾運輸之旅行成本，吸引民眾搭乘，進而減少小汽車、機車、計程車等個人運具之使用，產生減少交通擁塞及降低空氣污染等外部效益；但就捷運與公車本身而言，除因轉乘運量增加而增加載客外，也會減少單獨使用捷運或公車之旅次數，因此其影響係正或負，將視其總載客增加或減少而定。本研究定義實施捷運與公車轉乘優惠之效益，包含前述私有運具減少之外部效益與捷運及公車總載客數增加或減少之內部效益，因外部效益為經濟效益，內部效益係財務效益，尚須將外部效益幣值化後，才能與內部效益相加，得到總效益值。

6.1 捷運與公車轉乘優惠效益之估算

6.1.1 估算方法

為估算實施捷運與公車轉乘優惠之效益，本研究即利用前章所建立之台北都會區運具選擇模式作為分析工具，藉由此一工具，本研究可以估算出各轉乘優惠額度(包括不實施轉乘優惠，即轉乘優惠額度為零)下，各運具方案之旅次數。由實施轉乘優惠與不實施轉乘優惠各類運具使用方式旅次數之差額，進一步估算減少私有運具使用之外部效益及捷運與公車系統增加或減少載客之內部效益，其概念如下式所示。

$$\Delta T_i = T_{total} \times \Delta P_i \quad (6-1)$$

$$B_i = \alpha_i \times \Delta T_i \quad (6-2)$$

式中，

T_{total} ：為台北都會區每日總旅次數；

ΔP_i ：為方案 i 使用比例之變化；

ΔT_i ：為方案 i 每日旅次變化數；

α_i ：為方案 i 每旅次效益值；

B_i ：為方案 i 每日效益值。

1. 台北都會區每日總旅次數

台北都會區每日總旅次數依台北都會區整體運輸規劃之估算為 1,364 萬人次，唯本研究運具選擇模式建立之問卷調查均在捷運路網服務範圍內，考量此一範圍與臺北都會區之差異，本研究以目前公車加捷運運量每日 280 萬人次約占全日旅次數 45.55%計，估計捷運路網服務範圍內每日總旅次數約 615 萬人次。

2. 各方案旅次變化數

依前章模式建立，運具替選方案分別為小汽車、機車、公車、計程車、以步行搭乘捷運、以公車轉乘捷運與以其他運具轉搭捷運七類，後三類使用旅次之總和即為捷運系統之運量。在估算實施捷運與公車轉乘優惠效益時，本研究將公車轉乘捷運方案之旅次變化數，分別視為捷運與公車系統增加之運量；另依台北市政府交通局調查所得使用小汽車、機車、計程車轉搭捷運旅次之比例 2.31：9.01：1.36，本研究即依此將其他運具轉搭捷運旅次變化數分割為小汽車轉搭捷運旅次變化數、機車轉搭捷運旅次變化數、及計程車轉搭捷運旅次變化數。

3. 各方案每旅次效益值

各方案每旅次效益值可分為外部（經濟）效益與內部（財務）效益兩部份。郭瑜堅「都市旅次成本之研究」中，探討了台北都會區步行、腳踏車、機車、小汽車、計程車、公車、捷運等七種運具使用旅次之外部成本，外部成本項目包含空氣污染成本、噪音污染成本、肇事成本與擁擠成本。本研究參考郭瑜堅之研究結果，取其小汽車、機車、計程車、公車與捷運貨幣化後每人旅次需付出之外部成本值，分別為小汽車每旅次 89.725 元，機車每旅次 78.37 元，計程車每旅次 19.847 元，公車每旅次 11.77 元，捷運每旅次 0.15 元，整理如表 6.1 所示。

外部效益部份，本研究定義為運輸部門外部成本之減少，故計算時將前述外部成本值加一負號，如小汽車旅次數增 1，則外部效益增加-89.725 元。且由於本研究模式建立之運具替選方案，捷運部分包含轉乘行為，故進一步依運具別與不同運具轉乘捷運旅次比例調整，得各方案每旅次之外部效益值計算方式，如表 6.2 所示。

表 6.1 各運具每人旅次之外部成本

運具	小汽車	機車	計程車	公車	捷運
外部成本 (元/人旅次)	89.725	78.37	19.847	11.77	0.15
符號	β_c	β_m	β_t	β_b	β_r

表 6.2 各方案每旅次之外部效益值

替選方案	每旅次外部效益值
小汽車	$-\beta_c$
機車	$-\beta_m$
公車	$-\beta_b$
計程車	$-\beta_t$
步行搭乘捷運	$-\beta_r$
公車轉乘捷運	$-(0.5\beta_b + 0.5\beta_r)$
其他運具轉乘捷運	$-[0.5(0.182\beta_c + 0.711\beta_m + 0.107\beta_t) + 0.5\beta_r]$

內部效益部份，考量捷運與公車系統財務效益，捷運每旅次財務效益，本研究引用臺北捷運公司 2004 年年報資料，捷運系統平均每旅次之票價收入為 22.16 元；公車每旅次財務效益，則以交通部運輸研究所 94 年運輸資料，將臺北縣市公車系統總營收除以總載客數，得到平均每旅次之票價收入為 14.0 元。

6.1.2 估算結果

利用第五章所構建之台北都會區運具選擇模式，本研究估算出不同轉乘優惠額度下各方案使用比率(如表 6.3)及旅次變化數(表 6.4)，並計算外部成本減少之經濟效益，公車及捷運營收增加之財務效益(如表 6.5)。

表 6.3 不同轉乘優惠額度下各方案使用比率

轉乘優惠額度	小汽車	機車	公車	計程車	捷運系統		
					步行搭乘	公車轉乘	其他運具
0	21.13%	31.95%	25.23%	1.60%	11.39%	5.03%	3.67%
1	21.12%	31.94%	25.21%	1.60%	11.38%	5.13%	3.63%
2	21.11%	31.92%	25.20%	1.60%	11.37%	5.23%	3.58%
3	21.10%	31.91%	25.18%	1.59%	11.35%	5.34%	3.53%
4	21.08%	31.89%	25.17%	1.59%	11.34%	5.44%	3.49%
5	21.07%	31.88%	25.16%	1.59%	11.32%	5.54%	3.44%
6	21.06%	31.86%	25.14%	1.59%	11.31%	5.65%	3.40%
7	21.05%	31.84%	25.13%	1.59%	11.30%	5.75%	3.35%
8(現況)	21.03%	31.83%	25.11%	1.59%	11.28%	5.86%	3.30%
9	21.02%	31.81%	25.10%	1.58%	11.27%	5.96%	3.26%
10	21.01%	31.79%	25.08%	1.58%	11.25%	6.07%	3.21%
11	21.00%	31.78%	25.07%	1.58%	11.24%	6.18%	3.16%
12	20.98%	31.76%	25.05%	1.58%	11.22%	6.29%	3.12%
13	20.97%	31.74%	25.04%	1.58%	11.21%	6.40%	3.07%
14	20.95%	31.72%	25.02%	1.57%	11.19%	6.51%	3.03%
15	20.94%	31.71%	25.01%	1.57%	11.18%	6.62%	2.98%



表 6.4 不同轉乘優惠額度下各方案旅次變化

單位：人次/日

轉乘優惠額度	小汽車	機車	公車	計程車	捷運系統		
					步行搭乘	公車轉乘	其他運具
1	-677	-923	-861	-123	-800	6150	-2768
2	-1415	-1846	-1722	-185	-1600	12362	-5597
3	-2092	-2768	-2583	-308	-2461	18635	-8426
4	-2830	-3752	-3444	-431	-3260	24969	-11255
5	-3568	-4736	-4305	-492	-4121	31304	-14084
6	-4306	-5720	-5166	-615	-4982	37700	-16913
7	-5105	-6704	-6089	-738	-5843	44219	-19742
8(現況)	-5843	-7688	-7011	-800	-6704	50676	-22633
9	-6643	-8734	-7872	-923	-7627	57257	-25462
10	-7442	-9779	-8795	-1046	-8488	63837	-28291
11	-8242	-10825	-9717	-1169	-9410	70541	-31181
12	-9103	-11932	-10640	-1230	-10271	77183	-34010
13	-9902	-12977	-11562	-1353	-11194	83825	-36839
14	-10763	-14084	-12485	-1476	-12116	90651	-39730
15	-11624	-15191	-13407	-1599	-13039	97416	-42559

表 6.5 不同轉乘優惠額度下之效益值

單位：新台幣元/日

轉乘優惠額度	外部成本減少	公車營收增加	捷運營收增加	總效益
1	211865	74046	57239	343150
2	429946	148953	114479	693378
3	643373	224721	171718	1039812
4	866761	301350	231683	1399794
5	1088938	377979	290285	1757202
6	1311970	455469	350250	2117688
7	1540510	533820	412941	2487270
8(現況)	1764963	611310	472905	2849178
9	1997241	691383	535596	3224220
10	2230234	770595	599650	3600479
11	2464789	851529	663703	3980021
12	2706533	931602	729119	4367254
13	2939169	1011675	793173	4744017
14	3183328	1094331	859952	5137611
15	3425569	1176126	926731	5528426

6.2 最適優惠額度分析

為求得轉乘優惠之最適額度，本研究依成本效益分析之概念計算轉乘優惠之總成本(即實施轉乘優惠所需之經費)、以及淨效益、益本比、邊際益本比、財務淨效益等指標值，以成本效益最大之優惠額度作為最適額度。

實施轉乘優惠之總成本除包含因轉乘優惠增加旅次之優惠經費外，亦包含原有轉乘旅次優惠之經費，本研究即以運具選擇模式所估不同優惠額度下之轉乘旅次，乘以優惠額度估計之。各項成本效益指標之計算公式如下：

$$\text{淨效益} = \text{總效益} - \text{總成本} \quad (6-3)$$

$$\text{益本比} = \text{總效益} / \text{總成本} \quad (6-4)$$

$$\text{邊際效益} = \frac{\text{優惠額度}(i)\text{之總效益} - \text{優惠額度}(i-1)\text{之總效益}}{\text{優惠額}(i)\text{之總成本} - \text{優惠額}(i-1)\text{之總成本}} \quad (6-5)$$

$$\text{淨財務效益} = (\text{公車營收增加效益} + \text{捷運營收增加效益}) - \text{總成本} \quad (6-6)$$

淨效益係表達效益淨值，益本比係表達每單位成本之效益值，邊際效益係表達優惠額度每增加一元之單位成本效益，淨財務效益則是不計外部成本減少之經濟效益，只計公車與捷運營收增加之財務效益之淨效益。計算結果如表 6.6 所示，本研究亦以圖示方式呈現轉乘優惠各項成本效益指標與轉乘優惠額度之關係，如圖 6.1 至圖 6.3。

由圖表可知，轉乘優惠額度增加時，總效益與總成本亦隨之增加，然而優惠額度 8 元（含）之後，總成本漸大於總效益，僅 1 至 7 元益本比大於 1，淨效益為正。而 1 至 4 元之邊際益本比大於 1，表示優惠額度 4 元（含）之前，每 1 元之經費支出所獲效益大於 1 元，持續增加優惠額度具經濟效率，但 4 元之後邊際益本比小於 1，再增加優惠額度時，所獲得之效益將不敷成本，此結果亦與優惠額度 4 元時，淨效益達最大值呼應，故轉乘優惠最適之優惠額度應為 4 元，低於現行之優惠額度（8 元）。若不計外部效益，僅考量公車與捷運之財務淨效益，結果顯示優惠額度 1 至 15 元之財務淨效益皆為負，隱含轉乘優惠不宜視為業者之行銷策略。

表 6.6 不同轉乘優惠額度下之各項成本效益指標值

轉乘優惠額度	總效益	總成本	淨效益	益本比	邊際益本比	財務淨效益
1	343150	315618	27532	1.087	1.087	-184333
2	693378	643659	49719	1.077	1.068	-380227
3	1039812	984308	55504	1.056	1.017	-587869
4	1399794	1337748	62046	1.046	1.019	-804715
5	1757202	1703858	53345	1.031	0.976	-1035594
6	2117688	2083005	34683	1.017	0.951	-1277286
7	2487270	2475806	11465	1.005	0.941	-1529045
8(現況)	2849178	2881152	-31974	0.989	0.893	-1796937
9	3224220	3300521	-76300	0.977	0.894	-2073541
10	3600479	3733050	-132571	0.964	0.870	-2362805
11	3980021	4180094	-200072	0.952	0.849	-2664861
12	4367254	4639806	-272552	0.941	0.842	-2979085
13	4744017	5112803	-368786	0.928	0.797	-3307955
14	5137611	5601666	-464055	0.917	0.805	-3647383
15	5528426	6103260	-574834	0.906	0.779	-4000403

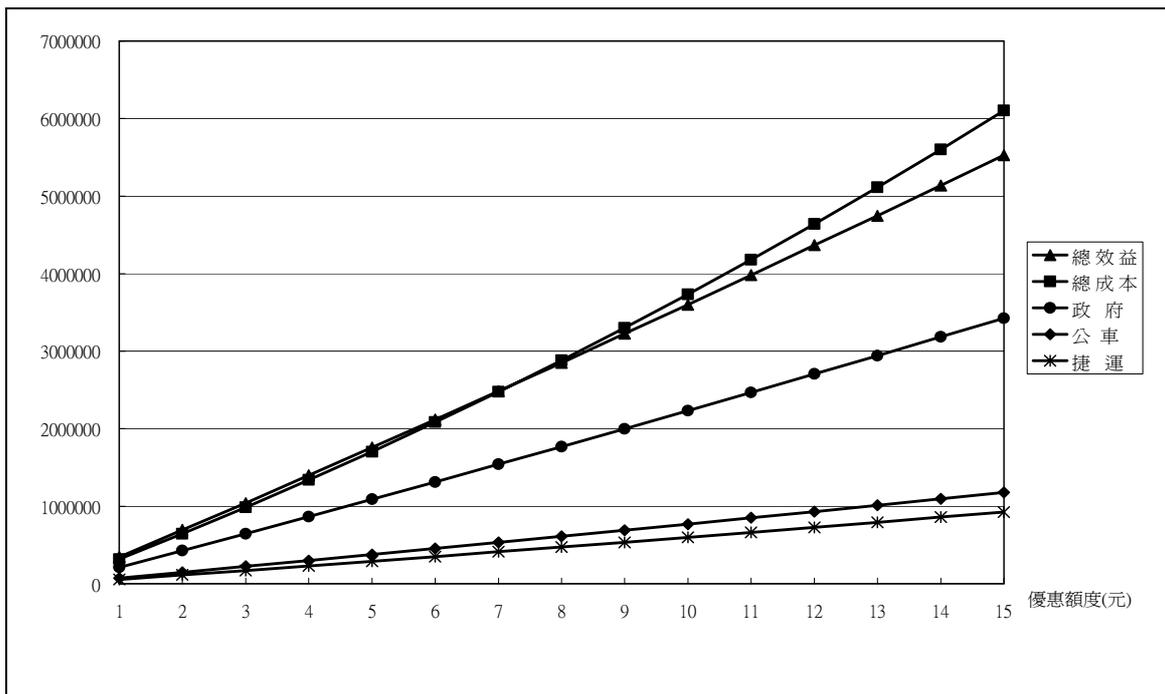


圖 6.1 轉乘優惠總效益、總成本與優惠額度關係圖

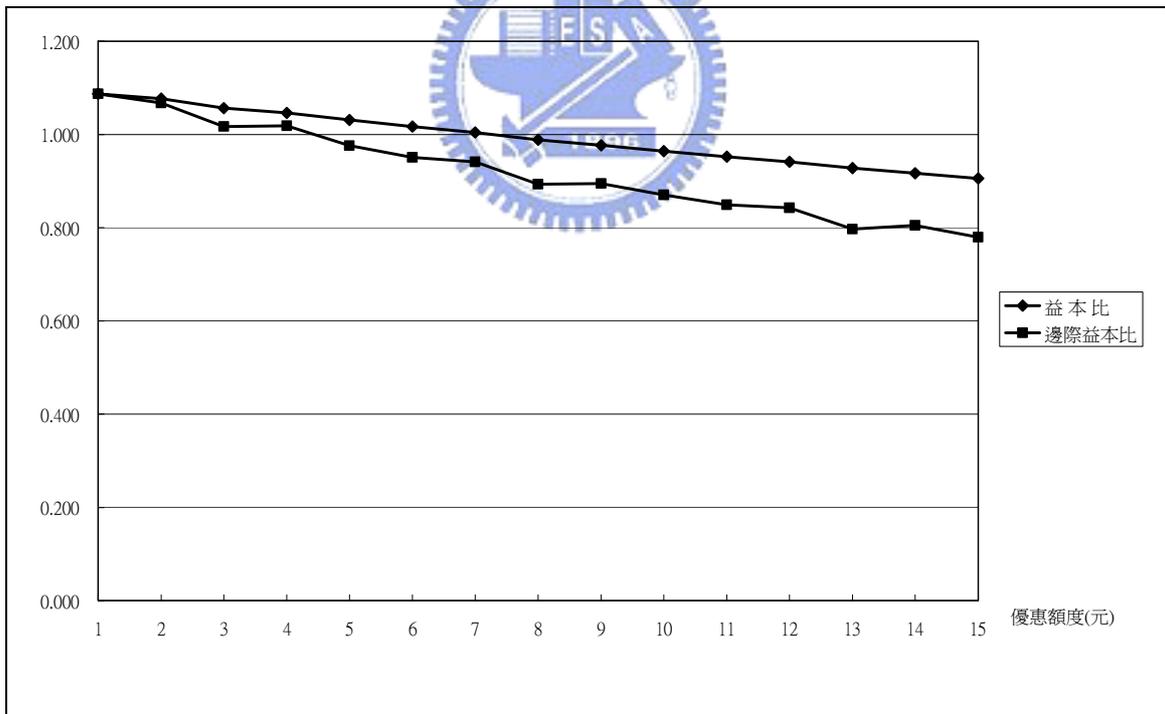


圖 6.2 轉乘優惠益本比、邊際益本比與優惠額度關係圖

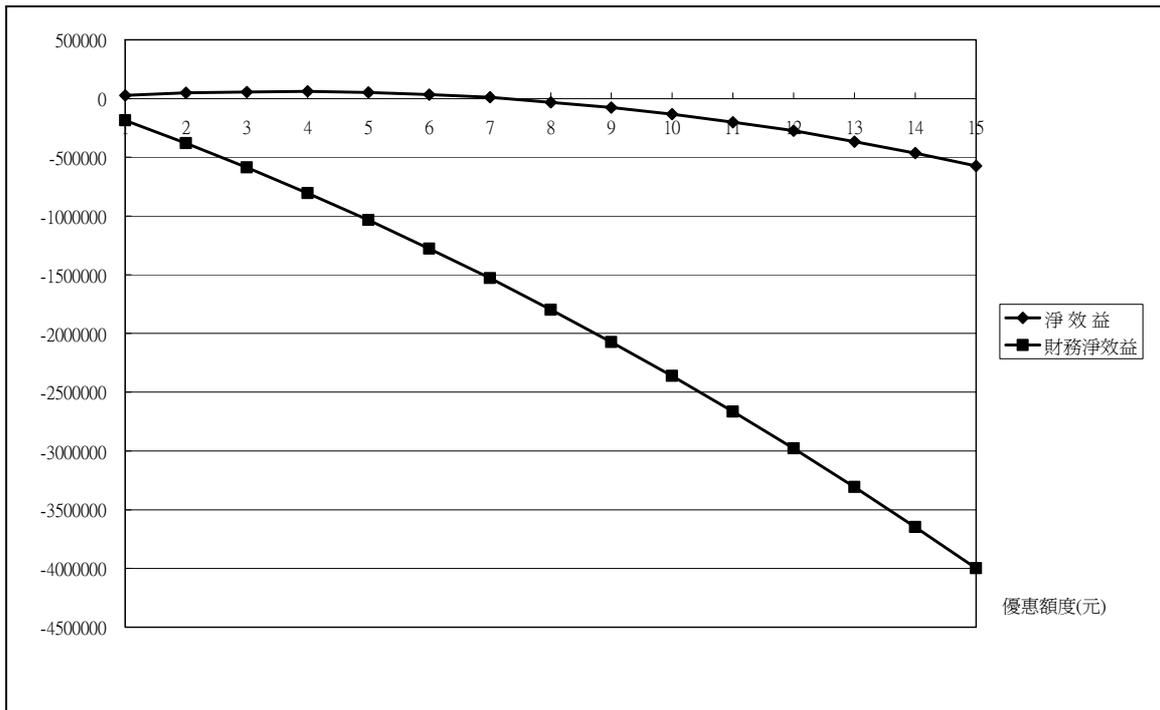


圖 6.3 轉乘優惠淨效益、財務淨效益與優惠額度關係圖

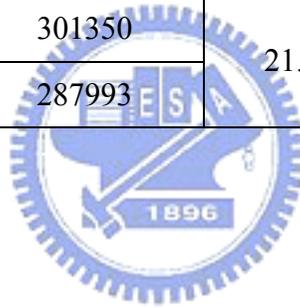
6.3 轉乘優惠經費之分擔

轉乘優惠經費之分擔，若以所獲效益為分擔之依據，並將外部成本之減少視為公部門之效益，則現況(單向優惠 8 元，雙向優惠 16 元)與最大淨效益(單向優惠 4 元，雙向優惠 8 元)時之應有分擔比例如表 6.7 所示。現行優惠額度 8 元下，公部門與公車系統、台北捷運分擔之比例為 61.95%、21.46%、16.60%，然而三方淨效益皆為負。最適優惠額度 4 元下，分擔比例與現況差異不大，但公部門之經濟淨效益與公車系統、台北捷運之財務淨效益皆為正。

上述結果說明，現行之優惠政策改善台北都會區交通品質之效果低於經費支出，外部（經濟）淨效益為負，且公車系統與捷運公司之財務淨效益為負，以業者角度，亦不宜視轉乘優惠為行銷策略。轉乘優惠政策之推行，意為鼓勵民眾搭乘大眾運具，以舒緩壅塞、噪音、行車事故、能源損耗與空氣污染等負面影響。然而結果顯示該政策收效不敷支出，建議現行之優惠政策應考慮優惠額度調整(如將現況 8 元調至淨效益值最大之 4 元)，或尋求其他更有效率之替代政策。

表 6.7 轉乘優惠經費分擔比例

情 境	效益值與轉乘優惠經費分擔比例						總效益 總經費 (新台幣元/日)
	政府		公車系統		台北捷運		
	效益值與 分攤經費 (新台幣元/日)	分擔 比例 (%)	效益值與 分攤經費 (新台幣元/日)	分擔 比例 (%)	效益值與 分攤經費 (新台幣元/日)	分擔 比例 (%)	
單向優惠 8 元	1764963	61.95	611310	21.46	472905	16.60	2849178
(雙向優惠 16 元)	1784769		618170		478212		2881152
單向優惠 4 元	866761	61.92	301350	21.53	231683	16.55	1399794
(雙向優惠 8 元)	828342		287993		221413		1337748



第七章 結論與建議

本研究針對捷運與公車轉乘優惠措施對台北都會區運輸市場之影響、轉乘優惠之經濟、財務效益、以及轉乘優惠最適額度、經費應如何分擔等課題，進行研究分析，獲得以下之結論與建議。

7.1 結論

1. 本研究蒐集民國 88 年 1 月至民國 94 年 12 月之捷運與公車轉乘運量資料，期間轉乘優惠措施於民國 88 年 7 月 1 日後，轉乘優惠額度由單向優惠 5 元(雙向優惠 10 元)改為單向優惠 15 元；民國 92 年 11 月 1 日改為單向優惠 8 元(雙向優惠 16 元)。對照各時期轉乘運量統計，大致略呈上升之趨勢，資料顯示，轉乘優惠額度提高時，轉乘運量亦有增加之現象。
2. 本研究設計顯示性問卷，蒐集台北都會區旅運者旅次特性與基本社經資料，建立台北都會區民眾之運具選擇模式，模式檢定結果以所有大眾運具同巢之巢式羅吉特模式說明性最佳，推導所得之各運具使用比例為：小汽車 17.80%、機車 18.75%、公車 19.56%、計程車 1.12%、步行搭乘捷運 37.79%、以公車轉乘捷運者 2.34%及以其他運具轉搭捷運 2.64%。
3. 最佳巢式羅吉特模式下，將捷運與公車轉乘使用者旅行成本按優惠額度調動，模擬轉乘優惠實施後台北都會區各種運具使用比例變化情形，結果發現優惠額度越大，使用捷運與公車轉乘之比例越高，但增加幅度不高，優惠額度由 0 元調至 15 元，捷運與公車轉乘使用比例僅提高 1.59%。
4. 旅行成本彈性分析結果，公車轉乘捷運方案旅行成本降低 1%時，樣本選擇該方案的機率增加 0.388%，選擇小汽車方案、機車方案與計程車方案之機率分別降低 0.012%、0.009%與 0.023%，與公車轉乘捷運方案同巢之公車方案、步行搭乘捷運方案與其它運具轉乘捷運方案則各降低 0.014%、0.029%與 0.408%，相對而言，同巢之大眾運具方案的交叉彈性大於巢外私有運具方案，顯示具有相似性的四個大眾運具方案彼此間替代性較高。然而公車轉乘捷運方案旅行成本之直接彈性與其對其他方案之交叉彈性值均頗小，結果說明藉捷運與公車轉乘優惠以提升轉乘運量之成效

有限，且大部分為大眾運具間的移轉，對私有運具使用者吸引力不大。

5. 研究結果顯示，大致上當私有運具的成本發生變化時，較能影響大眾運具的運量，反之大眾運具的成本變化對私有運具運量影響則相對較小。此結果隱含加重私有運具使用成本，促使民眾轉搭乘大眾運輸之政策效果，應大於提供大眾運具票價優惠，以此吸引私有運具使用者之政策效果。
6. 本研究依成本效益分析之概念計算轉乘優惠之總成本(即實施轉乘優惠所需之經費)、以及淨效益、益本比、邊際益本比、財務淨效益等指標值，計算結果，轉乘優惠額度增加時，總效益與總成本亦隨之增加，然而優惠額度 8 元(含)之後，總成本漸大於總效益，僅 1 至 7 元益本比大於 1，淨效益為正。而 1 至 4 元之邊際益本比大於 1，表示優惠額度 4 元(含)之前，每 1 元之經費支出所獲效益大於 1 元，持續增加優惠額度具經濟效率，但 4 元之後邊際益本比小於 1，再增加優惠額度時，所獲得之效益將不敷成本，此結果亦與優惠額度 4 元時，淨效益達最大值呼應，故轉乘優惠最適之優惠額度應為 4 元，低於現行之優惠額度(8 元)。若不計外部效益，僅考量公車與捷運之財務淨效益，結果顯示優惠額度 1 至 15 元之財務淨效益皆為負，隱含轉乘優惠不宜視為業者之行銷策略。
7. 轉乘優惠經費之分擔，若以所獲效益為分擔之依據，並將外部成本之減少視為公部門之效益，則現行優惠額度 8 元下，公部門與公車系統、台北捷運分擔之比例為 61.95%、21.46%、16.60%，然而三方淨效益皆為負；最適優惠額度 4 元下，分擔比例與現況差異不大，但公部門之經濟淨效益與公車系統、台北捷運之財務淨效益皆為正。

7.2 建議

1. 本研究構建個體選擇模式時，假設到達與離開捷運所選擇之運具不具有方向性，且一趟旅次轉乘次數超過 2 次者不予考慮，以簡化轉乘行為。轉乘運具雖考慮步行、小汽車、機車、公車及計程車，但問卷回收後，以小汽車、機車及計程車進行接駁者數量較少，故將使用該三類運具進行轉乘或接駁之旅次歸併為使用其他運具轉乘捷運。簡化假設與發現部份方案樣本

不足後所做之歸併，對於後續轉乘運量增加之轉移運具組成分析有直接影響，若人力、成本與時間足夠，能考量更複雜之轉乘行為，則研究結果應會更趨周詳。

2. 由個體選擇模式推算出的選擇彈性與經濟學上之需求彈性有所差異，但於短期時總旅次數是固定的，此時選擇彈性會近似於需求彈性。本研究模式之分析，隱含總旅次數固定之假設，雖可反映某運具價格的變動時對現有運輸市場之影響，但無法反映市場進出情形。不建議將模式結果作為長期之預測推估。
3. 現行之優惠政策改善台北都會區交通品質之效果低於經費支出，且公車系統與捷運公司之財務淨效益亦為負，以業者角度，不宜視轉乘優惠為行銷策略。轉乘優惠政策之推行，意為鼓勵民眾搭乘大眾運具，以舒緩壅塞、噪音、行車事故、能源損耗與空氣污染等負面影響。然而結果顯示該政策成效不敷支出，建議應考慮調整現行之優惠額度（如將現況 8 元調至淨效益值最大之 4 元），或尋求其他更有效率之替代政策。



參考文獻

1. 台北市政府交通局交通政策白皮書，民國 91 年。
2. 台北捷運公司 2004 年報，台北大眾捷運股份有限公司，民國 94 年。
3. 台北都會區整體運輸規劃 基本資料之調查與驗校(二)，台北市政府交通局，民國 90 年。
4. 捷運南港板橋線市政府站至昆陽站營運後旅客問卷調查報告，台北市政府交通局，民國 92 年。
5. 捷運與公車雙向轉乘優惠效益分析，台北大眾捷運股份有限公司，民國 94 年。
6. 公路車輛行車成本調查，交通部運輸研究所，民國 91 年。
7. 溫傑華，「捷運系統與公車費率整合後轉車折扣對運具選擇之影響」，國立交通大學，碩士論文，民國 83 年。
8. 江榮新，「捷運系統票價彈性之研究」，國立交通大學，碩士論文，民國 89 年。
9. 許哲璋，「都會區大眾運輸整合聯運下費率與服務水準之最佳化」，國立台灣大學，博士論文，民國 91 年。
10. 葉嘉文，「捷運與公車轉乘優惠政策意義之探討」，國立交通大學，碩士論文，民國 93 年。
11. 張學孔、歐瑋明、林卓漢，「到站運具選擇模式之建立：台北捷運之實證研究」，工商管理學刊 Vol. 1, No. 1, 67-80, July, 2005.
12. 趙珮君，「捷運與公車轉乘優惠政策對轉乘優惠運量之影響分析」，國立交通大學，碩士論文，民國 95 年。
13. 郭瑜堅，「都市旅次成本之研究」，國立台灣大學，碩士論文，民國 92 年。

14. Andrede Palma, Denis Rochat, "Mode choice for trips to work in Geneva: An empirical analysis." , Journal of Transport Geography 8, 43-51, 2000.
15. Bilbao Ubillos, J., Fernandez Sainz, A., "The influence of quality and price on the demand for urban transport: The case of university students." , Transportation Reasearch Part A: Policy and Practice 38, 607-614, 2004.
16. Choo, S., Mokhtarian, L., "What type of vehicle do people drive? The role of attitude and lifestyle in influencing vehicle type choice." , Transportation Reasearch Part A: Policy and Practice 38, 201-222, 2003.
17. Domencich, T., McFadden, D., "Urban travel demand: A behavioral analysis." , North Holland, Amsterdam, 1975(Reprinted in 1996).
18. McFadden, D., "Modelling the choice of residential location." , North Holland, Amsterdam, 1978.
19. Piyush Tiwari, Tetsu Kawakami, "Modes of commuting in Mumbai: A discrete choice analysis." , RURDS Vol. 13, No. 1, March, 2001.
20. Vasconcellos, E. A., "Transport metabolism, social diversity and equity: The case of Sao Paulo, Brazil." , Journal of Transport Geography 13, 329-339, 2005.