

淡江大學運輸管理學系運輸科學碩士班

碩士論文

指導教授：陳敦基 博士

高速公路電子收費下

尖離峰差別通行費率模式建立之研究

Establishing of the Model of Discrimination of Toll of Peak
and Off-peak Periods and the Model of Finance under
Electronic Toll Collection (ETC) of Freeway

研究生：賴庭順 撰

中華民國 95 年 6 月

校系（所）組別：淡江大學 運輸管理學系運輸科學碩士班

畢業時間及提要別：94 學年度第 2 學期碩士學位論文提要

研究生：賴庭順

指導教授：陳敦基 博士

論文提要內容：

由於智慧型運輸系統(Intelligent Transportation System, ITS)迅速發展及其相關技術之成熟，政府當前已採取 BOT 方式推動民間參與高速公路電子收費系統(Electronic Toll Collection, ETC)之建置及營運。在高速公路已全面採 ETC 哩程收費後，基於促進高速公路國道資源有效利用之目標，當積極實施高速公路通行費率之「尖離峰差別定價」。

有鑑於此，本研究將以高速公路通行費採取「尖離峰差別定價」之費率制度為研究主軸，探討以政府立場在民間參與高速公路 ETC 建置與營運後，高速公路欲達到之財務自償性目標，所應訂定之通行費率水準。因此，本研究將分別建立高速公路之需求模式、總變動成本函數，以及收益函數並進行相關需求、成本及收益之未來預測；進而再考量因 ETC 民營化所衍生之委辦服務費支出對變動成本的影響。此外，本研究將進一步探討高速公路通行費實施尖離峰差別定價後，高速公路流量發生時間上或空間上之需求轉移，結合以上模式並考量「財務收支平衡」觀點，建立尖離峰差別下之財務均衡模式。最後，將探討在社會福利最大之目標設定下之合理費率水準，與高速公路欲達到之財務自償性目標，所應訂定之通行費率水準之差異。

實證分析結果顯示，實施尖離峰差別費率時之基準費率會低於無實施尖離峰差別費率時之基準費率，而當差別費率係數倍數增加時，在相同還本年限及折現率下，其基準費率有逐漸降低的趨勢。換言之，即高速公路採取尖離峰差別定價策略時，能有效縮短對於高速公路欲達財務收支平衡之年限，此亦符合在社會福利愈大的前提下費率愈低之期待。故政府在實施此策略在政策面及社會面上有其正面效益。

在考量社會方面，由社會福利最大目標下所求算出之基準費率，以及此費率下欲達財務收支平衡之還本年期的分析結果顯示，若只考慮社會福利最大求算均衡費率，其基準費率值相當低，但若其基準費率在尖離峰差別係數高，且折現率低時，則仍可在可接受的還本年期內達到財務收支平衡。此外，研究顯示結果當尖離峰差別倍數為 2.5 倍，還本年期為 25 年(政府財務狀況良好下)，折現率為 4%(市場較低的利率)時的基準費率為 0.1682 元，而此費率可視為在財務收支平衡及社會福利最大下之最適基準費率。

在考量合理費率調整機制下，當基準費率水準因應物價指數變動而進行每五年調整一次費率時，估算結果發現在相同還本年限及折現率下，除其還本年限前期之通行費率會較低外，在相同財務條件下調整型基準費率之社會福利將會較固定基準費率之社會福利多出 3.2%，顯示合理的費率調整機制具有正面的經濟意涵。

關鍵詞：高速公路電子收費、尖離峰差別定價、財務自償、社會福利最大

Title of Thesis :

Total Pages : 142

***Establishing of Establishing of the Model of Discrimination of Toll of
Peak and Off-peak Periods and the Model of Finance under
Electronic Toll Collection (ETC) of Freeway***

Keywords : *Electronic Toll Collection (ETC) of freeway,
Discrimination of pricing on peak and off-peak,
Self-liquidating goal of financial,
Maximum Social Welfare*

Name of Institute :

Graduate Institute of Transportation Science, Tamkang University

Graduate Date : June 2006

Degree Conferred : Master Degree

Name of Student : Ting -Shnn Lai

賴庭順

Advisor : Dr. Dun-Ji Chen,

陳敦基 博士

Abstract :

As the rapid development of the Intelligent Transportation System(ITS) and the maturity of the relative technology, the government has taken BOT to encourage the private participating to the construction and operation of Electronic Toll Collection (ETC). However, after overall used ETC to be charged for the freeway toll, the “Discrimination of Pricing on Peak and Off-peak Periods”(DPPOP) should be implemented, in order to be more effectively using the resources of the highway.

Hence, this study will take the DPPOP as core of the research for the freeway toll, and explor the setting lever of freeway toll . from the position government that cooperate with the private sector for the freeway ETC construction and operation while focusing to achieve the self-liquidating goal of financial. Therefore, the research individually built up the demand model of freeway, total variable cost function, the benefit function, and the future forecast of the relative demand, the cost and the revenue. Then we also considered the influence on variable cost by the committed service charge for the privatization of ETC. Furthermore, the demand transferring in the time and space of highway after the regime of DPPOP,are combined in the above model. The point of the research is the “financial breakeven” and set up the financial balance model during the DPPOP. Moreover, we will discuss the difference of the reasonable freeway tolls set up between the target social welfare and the achieving financial self-liquidating goal of the highway.

The empirical results show that the basic toll will be lower while implementing

the DPPOP . However, under the same discounted rate and payback period the multiple coefficients is increasing, and the trend of basic rate is getting lower . Namely, while the strategy of DPPOP is adopted in the toll collection of freeway, then the period of pay-back will be shorten to balance the revenue and expenditure. This result also match the expectation of lower toll under the objective of maximization of social welfare. It means that the government implement this strategy will generate the positive benefit for the policy and the society.

In addition, we worked out the basic toll with maximum social welfare in order to balance the revenue and expenditure. The result shows that the basic toll is pretty low if we estimated the balanced rate with the maximum social welfare. However, if Peak & Off-peak's coefficient is high and the discount rate is low, the basic toll can still achieve balance the revenue and expenditure in Equity Pay-Back Period. Besides, the result of this study shows that while discrimination pricing on peak and Off-peak coefficient is 2.5 time, and the Equity Pay-Back Period is 25 years in a good financial conditions, and the discount rate is 4% which is the lower rate in the market. Consequently, the basic toll NT\$0.1682 will be generated which can be taken as the most optimal basic toll of the balance of financing and the maximum social welfare.

Under the regime of reasonable adjusted toll, while the toll is adjusted every five years according with the price' index, the estimated result shows that under the same pay-back period and discount rate, and the financial conditions, the social welfare of the adjusted toll will have more 3.2% than those of the constant toll. This indicates the regime of reasonable adjusted toll poss the positive economic meaning.

誌 謝

研究所的求學生涯總算有了收獲，在研習課業及撰寫論文的過程中，感謝恩師 陳敦基老師細心且不厭其煩的指導，使我在學習過程中其學習態度、思考邏輯與做人處世上都有成長及領悟。特別是在論文上，恩師一步一步地帶領著學生我以嚴謹的態度來撰寫論文，更讓學生覺得在過程中獲益良多。在此對恩師致上最誠摯之謝意；於口試時間，承蒙 黃台心老師與 褚志鵬老師提供寶貴意見及方向，使學生論文內容更趨完善，在此表達由衷之謝意；亦感謝 羅孝賢老師在我參與研究案時讓學生我學到很多知識與經驗，以及感謝系上所有老師在上課及論文撰寫期間，給於細心的指導，使我的知識及經驗更充實，論文內容也更完整。另感謝系上張助教與孔助教於求學生涯提供協助。在此以誠摯的謝意，謝謝各位老師、助教。

研究所求學期間感謝許多學長姐們(淑玲、尚諭、小佑、錦虹、碧琴學姐，彥章、元榜學長…等)的幫忙，給予我許多課業上的協助；同窗好友瑋琦、宏銘、禹辰、正宏、聖偉、書嫻、士傑、孟甫、啟涵、漢瑄，謝謝你們平時的鼓勵與幫助；亦感謝學弟妹誌嘉、怡蓉、文龍等，謝謝你們在我需要幫忙的時候伸出援手。當然還有我的國中(育瑞、文仁、玉珠、芳呈、栓銘..及各位兄弟們)、高中(儒兄、吉哥、JOGI、憲仔、康仔、詹仔、宗儀、大峰、瑞璽…等)、大學(欣哥、彭哥、傑哥、賢哥、190、俊宏、柏儒、宗翰、貴程、芝如、佳昀、怡青、阿釀、雅淨、立偉、中原、凱崙、onto、燕子…等)好同學們，平常謝謝你們大家的關心與鼓勵以及適時的幫忙，謝謝你們喔！特別感謝我的多年好友創霖！還有喔，F1 的各位好同伴們(阿信、長毛、鴉子、大頭、roger、阿猴、阿賢、偉真、fish、芊佩、芳誼、小六…等)感謝你們的關心與幫忙，及謝謝時常關心我的朋友(stella、tinka、佳佩、淑玲、佳玲)以及大學學妹(怡錚、惠雯、雅苓、靜宜..等)。在此，深深地感謝你們大家。

最後，謹以本論文獻給我最愛的家人，以及時常關心我的親戚，感謝父母親辛苦的栽培與照顧，使我無以匱乏得以完成碩士學位，感謝我的家人(我最敬愛的父母以及我最疼的祥弟)、親戚(表哥、表姐以及姑姑)適時給予的關心與幫助，因為有你們的支持使我能不放棄、不氣餒地一步步將學業完成，感謝，感恩喔！

賴庭順 謹誌

民國九十五年六月於淡江

目錄

中文摘要	
英文摘要	
誌謝	
目錄	I
圖目錄	III
表目錄	IV
第一章 緒論	1
1.1 研究背景	1
1.2 目的與重要性	2
1.3 研究範圍及限制	4
1.4 研究內容	6
1.5 研究流程	7
第二章 現況分析與文獻回顧	11
2.1 電子收費系統概況	11
2.1.1 國外電子收費系統發展現況	11
2.1.2 國內高速公路電子收費系統民營化推動現況	17
2.1.3 委託建置廠商之相關約定及未來規劃	18
2.1.4 國內通行費實施情形	19
2.1.5 國外擁擠費制度之現況	21
2.2 相關文獻回顧	23
2.2.1 通行費率訂定之相關文獻	23
2.2.2 尖離峰費率訂定之相關文獻	26
2.2.3 需求函數相關文獻	28
2.2.4 成本函數相關文獻	31
2.3 小結	35
第三章 理論方法與模式構建	36
3.1 高速公路需求面函數之構建	36
3.1.1 模式假設	37
3.1.2 高速公路流量關係函數構建	37
3.1.3 消費者剩餘之衡量方法	48
3.2 高速公路成本函數構建	52
3.2.1 模式假設	52
3.2.2 成本函數構建	54
3.3 高速公路收益函數構建	57
3.3.1 收益函數構建	57
3.3.2 生產者剩餘	59

3.4 財務均衡費率模式之構建及求解方法.....	59
3.4.1 財務收支平衡下基準費率模式之構建.....	60
3.4.2 社會福利最大費率模式之構建.....	62
3.4.3 財務均衡費率模式構建與求解步驟.....	63
3.5 小結.....	64
第四章 實證資料分析及預估.....	66
4.1 高速公路之營運現況分析.....	66
4.2 高速公路需求面模式變數資料分析.....	70
4.3 高速公路成本模式變數資料分析.....	78
4.4 模式其他變數.....	86
4.5 小結.....	91
第五章 實證分析.....	92
5.1 需求面函數之校估.....	92
5.1.1 高速公路需求面函數校估之結果.....	93
5.1.2 高速公路需求面函數校估結果檢定及函數建立.....	94
5.2 變動成本函數之校估.....	96
5.2.1 成本函數校估之結果.....	96
5.2.2 成本函數校估結果檢定及函數建立.....	97
5.2.3 產生流量轉移後之收益函數及成本函數.....	101
5.3 通行費率均衡模式求解.....	101
5.3.1 財務均衡費率模式求解結果.....	102
5.3.2 社會福利分析.....	110
5.3.3 考量政府財務狀況及市場利率條件下之費率水準.....	112
5.3.4 考慮通行費率調整下之費率水準.....	113
5.4 敏感度分析.....	119
5.4.1 勞務與中間要素合併價格因素之影響.....	119
5.4.2 物料價格因素之影響.....	120
5.4.3 委辦服務費率因素之影響.....	121
5.4.4 相對基本容量比例值因素之影響.....	122
5.4.5 國民所得因素之影響.....	122
5.5 小結.....	123
第六章 結論與建議.....	126
6.1 結論.....	126
6.2 建議.....	129
參考文獻.....	131
附 錄.....	136

圖目錄

圖 1-1	研究流程圖	9
圖 1-2	研究架構圖	10
圖 3-1	需求面分析架構圖	36
圖 3-2	高速公路尖離峰流量示意圖	41
圖 3-3	高速公路採尖離峰差別定價之車流轉移示意圖	43
圖 3-4	消費者剩餘示意圖	48
圖 3-5	願付價格曲線圖	50
圖 3-6	供給面變動成本分析架構圖	52
圖 5-1	財務均衡下折現率為 4%對基準費率之影響圖	105
圖 5-2	財務均衡下折現率為 6%對基準費率之影響圖	105
圖 5-3	財務均衡下折現率為 8%對基準費率之影響圖	106
圖 5-4	社會福利最大下之費率所需還本年期圖	109
圖 5-5	固定基準費率與調整型基準費率之費率比較圖	118
圖 5-6	勞務與中間要素合併價格變化對基準費率之影響圖	120
圖 5-7	物料價格變化對基準費率之影響圖	121
圖 5-8	委辦服務費率變化對基準費率之影響圖	121
圖 5-9	容量因素變化對基準費率之影響圖	122
圖 5-10	國民所得變化對基準費率之影響圖	123

表目錄

表 2-1	各國道路電子收費系統之通行費率表	16
表 2-2	各國道路採尖離峰收費費率比較表	23
表 4-1	基金收入支出項目	69
表 4-2	各年度平均旅次長度推估值	71
表 4-3	各車種之小客車當量車公里推估值	72
表 4-4	歷年平均國民所得	73
表 4-5	平減後歷年平均每人國民所得	74
表 4-6	平均每人國民所得預測值	74
表 4-7	高速公路歷年通行費調整沿革	75
表 4-8	車種別繳交之單位通行費率	76
表 4-9	高速公路路段別之通車時期	77
表 4-10	相對基本容量比例值表	78
表 4-11	國道高速公路維護管理費用之內容與說明表	80
表 4-12	電子收費利用率目標量規劃表	81
表 4-13	管理費用項目表	82
表 4-14	維護成本項目表	83
表 4-15	變動成本函數之投入要素價格表	84
表 4-16	平減後變動成本函數之投入要素價格表	85
表 4-17	單位管理與單位維護成本預測值	86
表 4-18	轉移機率模式之彈性值	88
表 4-19	汽車燃料費預測表	89
表 4-20	各年度之最大願付價格計算值	90
表 4-21	願付價格預測表	90
表 5-1	維持原費率結構之需求函數參數校估結果	93
表 5-2	考量軸重當量因子需求函數之參數校估結果	94
表 5-3	考量軸重當量因子及無自我相關函數之參數校估結果	95
表 5-4	變動成本函數之參數數值表	99
表 5-5	高速公路成本函數校估結果之特徵值及各項估計值表	100
表 5-6	成本函數之 Varain 四個正規條件檢定結果	100
表 5-7	財務均衡下無實施差別定價之費率表	103
表 5-8	財務均衡下尖離峰差別倍數 1.5 倍之費率表	104
表 5-9	財務均衡下尖離峰差別倍數 2 倍之費率表	104
表 5-10	財務均衡下尖離峰差別倍數 2.5 倍之費率表	105
表 5-11	社會福利最大目標下之費率求解	108
表 5-12	社會福利最大下之費率所需還本年期表	109

表 5-13 財務均衡下尖離峰差別係數為 1.5 之社會福利值	111
表 5-14 財務均衡下尖離峰差別係數為 2 之社會福利值	111
表 5-15 政府財務狀況及市場利率條件下之基準費率表	112
表 5-16 政府財務狀況及市場利率條件下平均旅次長度基準費率表	113
表 5-17 未調整基準費率情形下之費率表	114
表 5-18 費率與費率調整係數關係表	115
表 5-19 調整基準費率情形下尖離峰差別倍數 1.5 倍之費率表	116
表 5-20 調整基準費率情形下尖離峰差別倍數 2 倍之費率表	116
表 5-21 調整基準費率情形下尖離峰差別倍數 2.5 倍之費率表	117
表 5-22 固定基準費率與調整型基準費率尖離峰差別倍數下之比較表	117
表 5-23 勞務與中間要素合併變化對基準費率之影響	119
表 5-24 物料因素變化對基準費率之影響	120
表 5-25 委辦服務費率因素變化對基準費率之影響	121
表 5-26 容量因素變化對基準費率之影響	122
表 5-27 國民所得因素變化對基準費率之影響	123



第一章 緒論

1.1 研究背景

近年來政府陸續完成高速公路建設計畫，惟高速公路之建設及維修費用龐大，造成政府財政負擔，其為一付費使用之道路，政府乃在自償原則下於民國八十四年成立「國道公路建設管理基金」(簡稱國道基金)，期能統籌辦理其興建、營運、維護及自償部分之資金籌措、償還等事宜，以提昇高速公路服務水準。基本上，通行費係國道基金之主要充實來源(佔收入約近七成)，其他收入尚包含汽車燃料費及其他收入等。然而我國高速公路自民國六十三年通車以來，其費率並未隨著物價水準或國民所得等因素做定期調整，自民國八十年九月實施現有費率後即未再作調整。

由於智慧型運輸系統(Intelligent Transportation System, ITS)迅速發展及其相關技術之成熟，政府當前已採取 BOT 方式推動民間參與高速公路電子收費系統(Electronic Toll Collection, ETC)之建置及營運。高速公路電子收費系統民營化後，一方面對政府部門將可大幅減少高速公路之相關收費成本(如人工收費及收費站維護成本)，可明顯降低其總變動成本之支出，將有利於國道收支損益平衡之自償性。另一方面，電子收費方式之實施基本目的即為提升高速公路車流運作效率，減少行車延滯；因此，更積極之作法，應在當高速公路已全面採 ETC 哩程收費後，基於促進高速公路國道資源有效利用之目標，當積極實施高速公路通行費率之「尖離峰差別定價」，以使道路定價(Road Pricing)之精神與理念得在此被付諸實現。另外，目前國道基金之長期負債已高達二千多億元，在此龐大的負債下，國道基金欲達損益平衡之年期將會比原先所設定之年期有所延長。故政府應配合電子收費系統之實施，採行哩程收費及尖離峰差別定價，使用路人

以「走多少，付多少」的收費型式，進而使國道基金欲達損益平衡之年期早日達成。

有鑑於此，本研究將以高速公路通行費採取「尖離峰差別定價」之費率制度為研究主軸，探討民間參與高速公路 ETC 建置與營運後，針對高速公路欲達到之財務自償性目標，所應訂定之通行費率水準及自償年期。然而在 BOT 方式下，政府部門與民間業者間尚有「委辦服務費」（Committed Service Charge）之給付因素必須加以考量；因這項費率水準之高低，對政府部門將直接影響高速公路尖離差別定價下之基準費率水準及自償年期。本研究將以財務自償為追求目標，並考量民間參與下所衍生之相關財務課題（即委辦服務費），以及採取尖離峰差別通行費率後，其可能發生原高速公路流量在時間上之轉移（如由尖峰轉移至離峰），或空間上之轉移（如由高速公路轉移至替代道路）等情形，而造成高速公路流量之變動，進而影響其通行費之總收益。由此可知，本研究係由「財務收支平衡」為主體之研究觀點，試圖探討政府部門應如何訂定高速公路尖離峰差別通行費率之標準，以因應民營化 ETC 之高速公路營運體制，並能兼顧促進高速公路資源有效利用之目標。

1.2 目的與重要性

高速公路徵收通行費，係欲由使用者負擔部份或全部之公路建設、維修成本，以償還建設貸款或籌措建設基金。基於高速公路永續發展及經營之理念，透過具自償性原則，使高速公路得以統籌辦理興建、營運及維護，以確保高速公路服務水準，實有其必要性。

此外，電子收費方式實施目的之一即在於提升高速公路車流運作效率，以減少駕駛人在收費站所需停等或減速慢行所造成之行車延滯；因此，當高速公路全面採 ETC 收費後，將可排除彈性通行費率實施上所面臨之技術障礙。當實施高

速公路通行費率之尖離峰差別定價，將可使道路定價理念得以在此被實際應用與實現，並可確實促進高速公路國道資源被合理利用之目標。此外，當前我國高速公路費率訂定除無明確公式外，亦乏合理檢討及調整機制，因而造成國道基金嚴重虧損。費率之訂定在成本面需考量基金之整體運作，使資金之調配與使用可正常運作並達財務之永續；在收入面則需考量使用者之交通需求量及接受度，使收入能滿足基金之財務所需並進而抑制部分交通量，增進公路之使用效率。由此可知，高速公路通行費配合道路定價理念訂定標準及調整機制，實攸關高速公路之永續發展甚鉅，應有深入研究之迫切性及重要性。

再者，國內高速公路採取電子收費方式民營化後，由於委辦服務費之支出預估，將直接影響高速公路通行費之總收入；而人工收費成本與收費站維護成本之減少，將直接影響相關營運變動成本，進而衝擊國道基金之損益平衡與可自償年期。由此可知，在 ETC 民營化，假設國道基金其他收支比例不變，且通行費淨收入減少情形下，基金若欲在預定之回收年期內達到自償，可能需調整通行費費率，否則即需改變回收期間。惟高速公路通行費實施尖離峰差別定價後，其對通行費之總收入勢必造成淨增加或淨減少之影響效果，本研究將構建一機率模式進行需求轉移分析；此一因素亦需於通行費率訂定模式中一併考量，以確認其對高速公路財務自償目標之影響程度。因此，本研究將基於政府立場，在自償目標下考量 ETC 民營化後對國道基金收支之衝擊，從財經理論上構建一套合理通行費差別費率之訂定模式，以使訂定之費率能滿足自償部分之建設成本與維護費用，並可反映高速公路資源使用之合理性及費率訂定之公平性。

最後，民營化高速公路 ETC 實施目的之一，亦是期望能藉由民間業者長期參與，以減少政府支出、提昇收費服務效率，因此，ETC 民間業者與政府在相關委託營運條件(如委辦服務費費率、經營年限等)之設定或變動，應可提供一套可供政府部門與民間參考之通行費調整機制之同時所應兼顧之層面。綜合以上背

景及思考方向，本研究擬出以下幾個目標：

1. 本研究將先透過相關文獻中之個體選擇機率模式進行需求轉移分析，進一步基於政府立場在自償目標下考量高速公路實施 ETC 後對高速公路局收支之衝擊，從財經理論上構建一套合理通行費差別費率之訂定模式。以使訂定之費率能滿足自償部分之建設成本與維護費用，並可反映高速公路資源使用之合理性及費率訂定之公平性。
2. 當高速公路全面採 ETC 收費(即採哩程收費)後，將可排除彈性通行費率實施上所面臨之技術障礙。亦即，當實施高速公路通行費率之尖離峰差別定價，可使道路定價理念得以在此被實際應用與實現，並可確實促進高速公路國道資源被合理利用之目標。另外，本研究將針對尖離通行費率調整的幅度(尖離峰差別定價)反映在高速公路之財務模式，特別是在收益模式上之影響，由此進一步在高速公路達財務收支平衡情形下求出其基準通行費率。
3. 訂定一合理費率，在政策面，使政府在設定的年期內償還目前負債；再者，基於社會面，期望能合乎社會福利最大之目標。此外，比較兩種層面所求算之基準費率與還本年期間的變動，以及考量合理費率調整機制下，當基準費率水準因應物價指數變動而進行每五年調整一次費率，期望給予政府部門於調整費率之參考。

1.3 研究範圍及限制

本研究之主要研究範圍及限制分別說明如下：

1. 高速公路研究範圍：主要以中山高及第二高速公路為主，目前中山高之部分路段仍進行擴建，本研究並假設中山高擴建與二高之建設完工後，此兩條高速公路即不再進行擴建，僅以維修為主。
2. 研究分析期間：主要自民國 68 年至民國 120 年，並設定在民國 120 年以

前之某年期做為國道基金（僅包括一高與二高）達財務收支平衡之自償目標年，以配合民營化 ETC 特許期間(初定為二十年營運期)，而民國 68 年中山高全線通車至民國 93 年將以歷年資料為分析基礎。

3. 總體需求流量分析範圍：依高速公路通行費費率等級區分之小型車（包括小客車、小貨車）、大型車(包括大貨車、大客車)及聯結車等三車種為研究對象，惟其流量單位均以小客車當量(P.C.E)處理之；而於使用者之一般化成本中，本研究在總體需求估計模式中僅考慮使用者實際支付之費率成本，不包含其旅行成本及擁擠之外部成本。
4. 需求轉移分析範圍：高速公路通行費採取尖離峰差別費率後，其可能發生原高速公路流量在時間上之轉移（如由尖峰至離峰相互轉移），或空間上之轉移（如由高速公路至替代道路相互轉移）等情形。
5. 供給面成本分析範圍：高速公路之管理部門，本研究考量政府部門立場依國道基金自償原則估計一高與二高之建設成本及維修成本，並收集其相關要素投入歷年價格，以建立其成本函數，並以此成本函數作為高速公路未來年維運成本之預估依據，預測工作亦將配合 ETC 民營化階段建置及營運來進行，以合理反映人工收費使成本之遞減情形。至於 ETC 民營業者之剩餘不在本研究考量範圍。
6. 供給面成本分析限制：在成本模式中，因本研究著重在財務上的自償，而不是探討經濟面的問題，故假設不考慮擁擠成本方面的問題(亦即將邊際成本視為 0)；在成本模式中因尖峰時段與離峰時段之營運成本無明顯差益，故假設在尖離峰時段之平均營運成本基本上是不變的。
7. 需求面尖離峰流量分析：平常日與假日之流量轉移率是相同的；平常日中尖峰時段的費率與假日尖峰其費率是相同的。
8. 尖離峰差別費率制度：未來分析年期將分兩階段，第一階段為民國 94 年

至民國 99 年之部分 ETC 實施。此階段因未採哩程收費，故無法實施尖離峰差別費率制度；第二階段為民國 100 年至民國 120 年之全面 ETC 實施。此階段因全面實施哩程收費，故依計程費率採取尖離峰差別費率制度之設計。由於本研究目的並不在探討以「經濟效率」為分析觀點擁擠費水準之訂定，而係基於「財務收支平衡」觀點探討尖離峰差別費率水準，因此，考量費率實施之簡易基本原則，本研究對於尖峰與離峰之費率水準將參考相關文獻之研究結果，設定其相對比例值，並以固定比率值進行「基準費率」之均衡求解。

1.4 研究內容

本研究之主要研究內容與探討課題包括下列：

1. 相關文獻回顧及評述

針對國內外高速公路通行費率及尖離峰通行費率徵收現況與通行費率訂定之相關文獻做一蒐集與整理，以了解其通行費率標準及訂定方式。

2. 構建變動成本函數與使用者需求函數以及收益函數

變動成本函數方面，本研究將探討高速公路之變動成本結構，建立高速公路之 Translog 成本函數。需求函數方面，結合通行費率、國民所得、相對基年容量比例值與歷年交通流量校估出高速公路之年流量需求函數。另外，構建一需求轉移機率模式以反映尖離峰差別訂價的影響，進一步構建出收益函數。

3. 構建社會福利最大化之均衡求解模式

本研究以社會福利最大化之系統目標下，以及考量財務收支平衡下，求取高速公路小客車當量之基準費率，以及此費率水準下應訂定之還本年期。

4.數值測試與實證分析

蒐集相關使用者成本資料與現有高速公路之流量與變動成本資料進行實證分析，並進一步針對其實證結果之系統參數進行敏感度分析。

5.提出結論與建議

提出所求得之最佳通行費率與相關政策目標訂定之實證分析結果，以其作為高速公路通行費率訂定與政府施政之參考。

1.5 研究流程

本研究之研究流程依序可分為「問題研究與分析」、「理論發展與模式建構」、「實證資料蒐集及統計」、「實證模式校估及求解」及「研究結論」等五個階段，茲將各個階段之主要工作項目及預計研究時程分述如下：

1. 第一階段：問題界定與分析階段

- (1). 界定研究課題、研究範圍、研究內容
- (2). 建立研究架構與流程
- (3). 進行文獻回顧與研討
- (4). 擬定適當之研究方法及調查方法

2. 第二階段：理論發展與模式構建階段

- (1)高速公路需求轉移機率函數之構建
- (2)高速公路流量需求函數之構建
- (3)高速公路供給面成本函數之構建
- (4)高速公路財務均衡模式之構建

(5)撰寫相關計量經濟軟體(TSP)之執行程式

(6)運用非線性數學軟體(Mathematica)進行基準費率之反覆求解

3. 第三階段：實證資料蒐集及統計階段

(1)高速公路歷年相關資料收集

(2)建立資料檔案、基本統計分析

(3)求算流量需求函數所需之相關變數及參數

(4)求算總變動成本函數所需之相關變數及參數

(5)估計需求、成本、費率模式未來年所需外生變數之預測值

4. 第四階段：實證模式校估及求解階段

(1)高速公路流量需求函數之構建

(2)高速公路供給面成本函數之構建及校估

(3)考量政策面之財務收支平衡模式下基準費率之求解

(4)考量社會面之社會福利最大模式下基準費率及應還本年期之求解。

5. 第五階段：研究推論與報告撰寫階段

(1)根據實證與求解結果進行相關政策分析

(2)提出研究結論與建議

茲將研究流程圖及研究架構圖表示如圖 1-1 及 1-2：

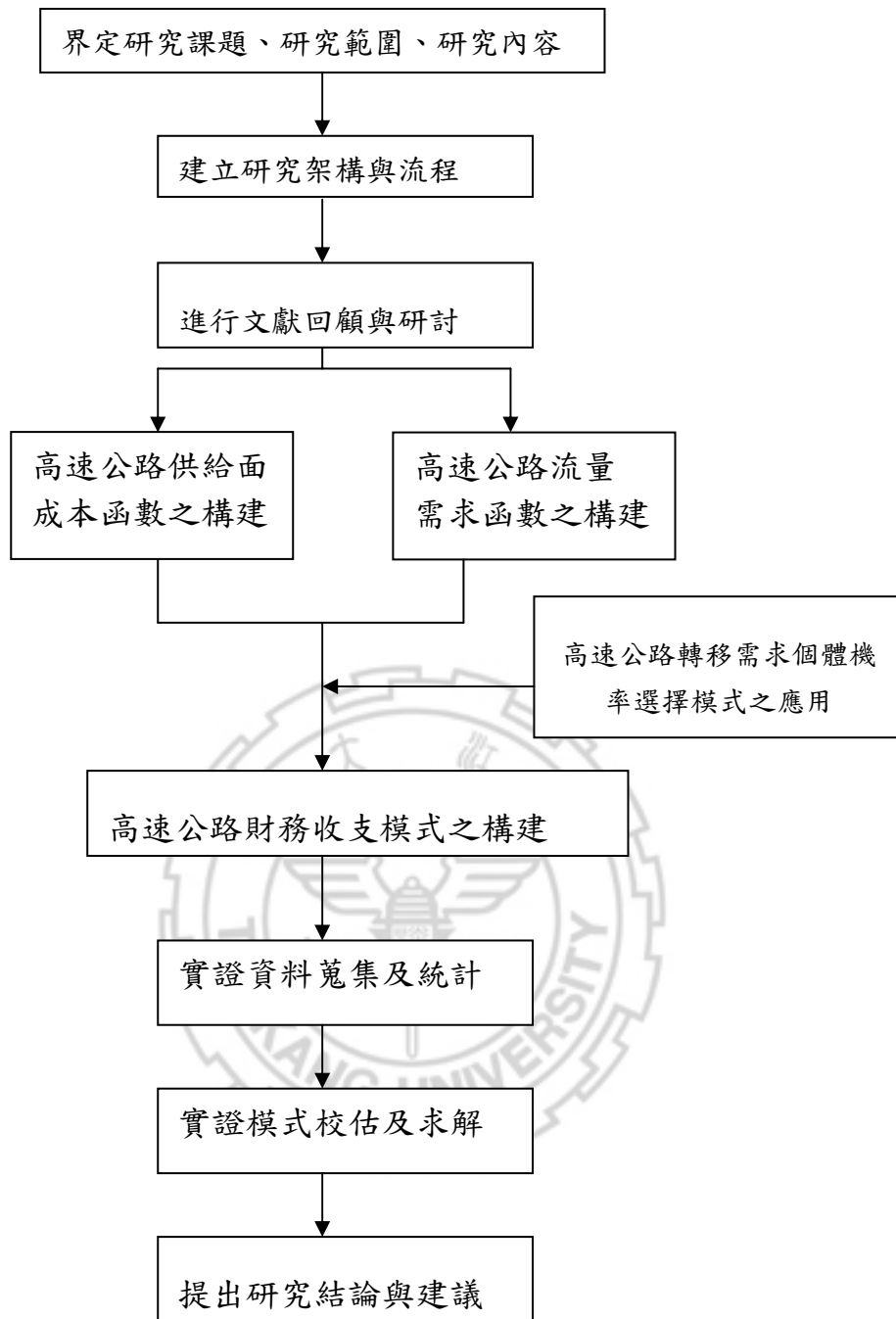


圖 1-1 研究流程圖

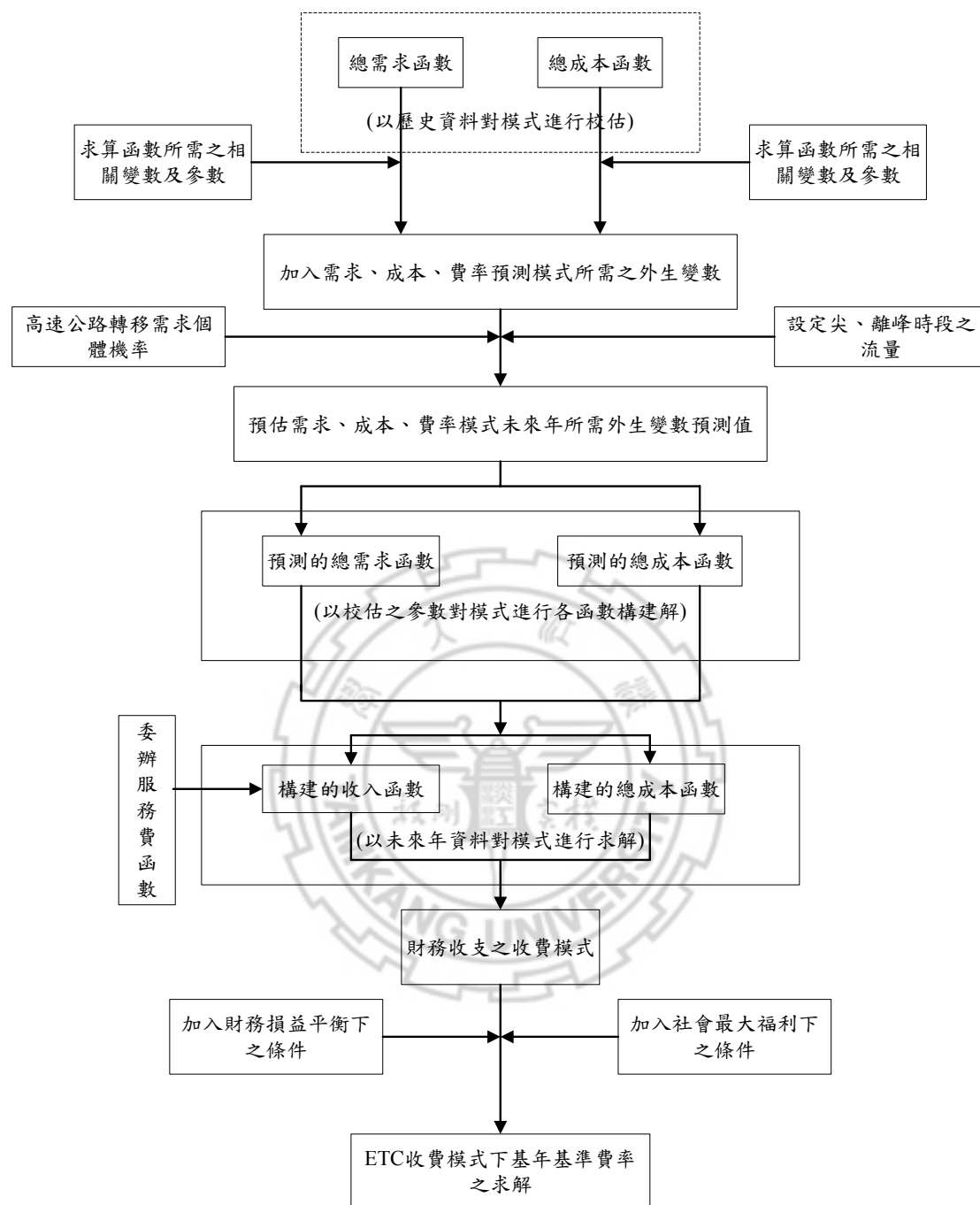


圖 1-2 研究架構圖

第二章 現況分析與文獻回顧

本章首先針對本研究所收集之國內外電子收費現況以及通行費率進行比較與探討，其次對國內外主要之高速公路定價與需求、成本函數構建等相關文獻進行回顧與評析。

2.1 電子收費系統概況

2.1.1 國外電子收費系統發展現況

國際上，美國、歐洲、日本很早就針對電子收費系統中的研發技術、工程實施、標準規範進行了深入研究，並向國際標準化組織提交了有關電子收費標準的草案，歐洲和日本提出的標準較為成熟，獲得了較廣泛的廠商支援。但各發達國家在 ETC 技術推進和實際電子收費方面都經歷了較為漫長的過程。以下參考高公局之電子收費招標資料及國外網站資料將各國的電子收費現況來做參考，探究其相關費率和收費方法能否適合台灣，並結合我國道路使用者的行為特點深入評估分析，來訂定民營化電子收費系統下高速公路通行費之訂定機制。

1. 美國紐約地區E-Zpass 系統

(1)系統概況：紐約地區E-Zpass 系統目前使用於紐約都會區大部分之橋樑、隧道與高速公路之收費站，以及附近各州的許多高速公路、橋樑與隧道。E-Zpass是由E-Zpass Interagency Group (IAG) 的組織所發起，主要目的是在統一該地區各組織發展之電子收費系統，使駕駛者能夠使用單一之車內設備單元，避免系統不相容的困擾，建立起一個通用於這些地區之橋樑、隧道與公路之電子收費系統。該組織成立於1990 年，目前包括6 個州的運輸部共12 個有關公路、港口、隧道等政府單位之收費系統，皆已納入此系統中。

(2)收費費率：依行駛里程與車輛軸數不同而計費，通行費的計算方式為，基本收費+通過收費站×US\$0.25。

2. 加拿大407 高速公路 (Canadian Highway 407)

(1)系統概況：加拿大政府為了要減輕穿越多倫多都會區HW401 之壅塞現象，急需興建一條替代道路來分擔其交通量，因此安大略省規劃興建一條六車道公路，全長69 公里，共28 交流道，128 個匝道收費點之HW407。但由於安大略省財政赤字非常嚴重，因此決定由政府與民間合力興建，其興建經費將由公路營運後之收費來負擔。由於HW407 是全世界第一個多車道自由車流之全電子收費道路，全數車道裝設電子收費設備，而且又允許所有車種均可進入使用，因此受到全世界之矚目。

(2)收費費率：尖峰時段12.95 cents/km；離峰時段12.1 cents/km。

3. 澳洲墨爾本MCL計畫

(1)系統概況：MCL (Melbourne CityLink) 是一條22 公里長的電子收費公路，連接墨爾本市三條主要高速公路，能夠改善進出市中心區之擁擠狀況。此計畫為民間參與公共建設的計畫，資金來源完全來自私部門。

(2)收費費率：收費依車輛分級收費而不根據旅行距離收費，車輛分為三級：小客車、輕型商用車及重型商用車。系統亦能對機車收費。費率水準依不同收費區段、不同時段及不同車種訂定不同費率。另有最高收費之限制，亦若通過全區，同一方向，則僅收一固定金額，而不是所有收費區金額之加總。費率調整依據Melbourne CityLink Actejo 制定，費率調整機制從提出競標書開始起15 年，每年調幅以4.5%與消費者物價指數較高者為準；之後至特許期間屆滿，則每季依物價指數調整。若只有使用Western Link 或 Southern Link 則收取\$2(美元)元，若同時使用Western Link 及 Southern Link 則收取\$3.5 元。

4. 德國整備中ETC 系統

(1)系統概況：德國聯邦交通部擬變更1995 年以來所使用之重型卡車高速公路計時收費制度(12 噸以上之卡車)，並採用區段式之電子收費系統，每區段即一處高速公路入口至下一處出口間之距離，且以公里為單位。此類系統允許更具彈性之稅收方式，有助於實現政治和經濟之政策。私人交通單位之投資擴充有其可能性。收費視卡車之輪軸數以及污染等級而定。預測未來收費將因應行程地點和時間而有差異。

(2)收費費率：平均費率為0.15 歐元/公里。

5. 奧地利LKW Mautsystem Oeseterreich 重型車輛電子收費系統

(1)系統概況：目前奧地利正研擬採用LKW Mautsystem Oeseterreich 重型車輛電子收費系統。奧地利之電子收費系統基本概念為：在不影響車流的狀況下收取通行費(車輛自由流動、高速)。

(2)收費費率：預計平均收費費率：每公里0.22 元(歐元)，詳分3 類：

- i. 第一類(二軸車輛)：每公里 0.13 元。
- ii. 第二類(三軸車輛)：每公里 0.13 元。
- iii. 第三類(四軸以上車輛)：每公里 0.27 元。

6. 法國公路電子收費系統

(1)系統概況：法國擁有建設完善的高速公路網。其路網長度目前已超過7,200 公里，預計當計畫路網全部完成時將達到8,400 公里。其交通量預期以每年5%比例成長。至2001 年7 月1 日止，所有的高速公路公司總計有1,600條車道配備了電子收費設備，約佔法國所有3,726 條收費車道的43%。

(2)收費費率：輕型車輛收費由0.05~0.08 歐元/公里不等，而重型車輛收費由0.11~0.17 歐元/公里不等。重型車輛之收費約為輕型車輛之兩倍。但是運輸業者可在申請獲得同意後，得到22%的折扣。

7. 新加坡ERP 系統

(1)系統概況：新加坡政府為了改善市中心區交通壅塞問題，於1975 年開始實施分區執照制度（Area Licensing Scheme，ALS），將市區內最壅塞的區域規劃為限制區，平常日上午7:30 至下午7:00 及週六上午7:30 至下午2:00 進行車輛管制。欲進入管制區之車輛必須先購買區域執照，為方便辨識與管理，區域執照採用不同形狀來分辨不同車種，不同顏色來區分不同月份，並由警察單位負責監督管理，未購買區域執照之車輛進入時，將予以取締。但由於ALS 計畫需要大量之人力進行監督與管理工作，而且無法有效根據駕駛人使用之次數及進入限制區的時間收取不同的費用，因此新加坡政府於90 年代初期開始著手規劃電子收費，並決定採用電子道路定價（Electronic Road Pricing，ERP）系統，加強監督管理與收費功能，其適用車種包括了機車在內。電子道路定價系統採用彈性之收費標準，使道路使用更加有效率。電子道路定價系統以行車速率規範市中心管制區道路（Central Business District，CBD）和快速道路兩種道路之收費模式。

(2)收費費率：ERP 系統之收費費率依不同道路等級（快速道路、主要幹道）、行駛時段、不同路段、車輛種類訂定不同收費標準。其中於快速道路及主要幹道部分由上午7:30 至9:30 進行收費，其餘時間將不收費用；但在限制區內之道路，進行收費時間則為上午7:30 至下午7:00。茲將依車輛種類收費情形分述如下。

- i. 機車：限制區內之道路則為 0.25—1.25 新幣。
- ii. 小轎車、計程車、小貨車：限制區內之道路則為 0.50—2.50 新幣。

iii. 大貨車、小客車：限制區內之道路則為 0.75—3.75 新幣。

iv. 聯結車、大客車：限制區內之道路則為 1.00—5.00 新幣。

8. 日本ETC 計畫

(1)系統概況：日本高速公路全長共6,000 公里，由四個道路公團管理。根據統計，高速公路的壅塞約有35%歸責於人工收費作業，有鑑於此，日本於1994年由國土建設部開始主導電子收費系統之發展。希望藉由ETC 系統將人工收費改為自動收費，降低人事成本並減少壅塞，消除收費站區走走停停之情形，提供更好之服務及增加駕駛之舒適度。

(2)收費費率：在西方發達國家中，日本是少數幾個對高速公路實行收費的國家之一，而且價格不菲：行車每100公里收費2800日元（約合25美元）。從東京到大阪如走高速公路，單程交費12000多日元，相當於飛機票的65%。這是日本國內交易成本昂貴、平均價格高於國際水平的主要原因之一。

茲將以上所蒐集之各國案例資料，依據收費方式及收費費率整理如下表 2-1 所示。由表 2-1 可知各國公路實施電子收費系統後，大部分國家皆採用里程收費方式。另外，由各國通行費率經轉換新台幣後，以里程收費方式約為 4~9 元/公里。

表 2-1 各國道路電子收費系統之通行費率表

	收費方式	收費費率(當地的幣值)	收費費率(新台幣)
美國紐約地區 E-Zpass 系統	計程	基本收費+通過收費站×US\$0.25	平均費率為 8 元/公里
加拿大 407 高速公路	計程	尖峰時段 12.95 分(加幣)/公里 離峰時段 12.1 分(加幣)/公里	尖峰 3.8 元/公里 離峰 3.5 元/公里
澳洲墨爾本 MCL 計畫	依車	使用 Western Link 或 Southern Link 收取\$2(美元) 同時使用 Western Link 或 Southern Link 收取\$3.5(美元)	平均費率為 65~114 元/次
德國 ETC 系統	計程	平均費率為 0.15 歐元/公里	平均費率為 6 元/公里
奧地利 ETC 系統	計程	預計平均收費費率：0.22 歐元/公里 第一類：(二軸車輛)：0.13 歐元/公里 第二類：(三軸車輛)：0.13 歐元/公里 第三類：(四軸以上車輛)：0.27 歐元/公里	平均費率為 9 元/公里
法國 ETC 系統	計程	輕型車輛收費 0.05~0.08 歐元/公里 重型車輛收費 0.11~0.17 歐元/公里	輕型車為 2~3 元/公里 重型車為 4~7 元/公里
新加坡 ERP 系統	計次	機車：限制區內之道路則為 0.25~1.25 新幣 小型車：限制區內之道路則為 0.50~2.25 新幣 大型車：限制區內之道路則為 0.75~3.75 新幣 聯結車：限制區內之道路則為 1.00~5.00 新幣	機車為 5~25 元 小型車為 10~50 元 大型車為 15~75 元
日本 ETC 計畫	計程/計次	平均費率為每日 28(日元/公里)	8 元/公里

資料來源：本研究整理

2.1.2 國內高速公路電子收費系統民營化推動現況

1. 高速公路電子收費系統民營化之規劃時程

高速公路電子收費系統 BOT 案的興建營運期 20 年，投資額約 40 至 60 億元，廠商需繳交 5,000 萬元保證金。廠商建置期為 22 個月，95 年 2 月起廠商必須在中山高及二高所有收費站，至少提供南、北向大、小車輛收費車道各一個電子收費道，車流量較大的泰山、樹林收費站，則提供兩個電子收費車道。未來目標是採「計程收費」，得標廠商必須於 97、98 年著手準備轉換，至民國 100 年時所有高速公路收費方式全部轉換為計程收費，如果廠商有能力提前完成計程收費系統裝置，高公局也會同意提前實施。而高速公路電子收費系統還須與未來的智慧型運輸系統（ITS）結合。

2. 政府對委託廠商之相關規定

- (1). 委辦服務費率訂定相關規定：建置營運公司需在委辦服務費計價方式規範下做其系統財務之主要參數設定，在財務試算年期方面，從簽約日起，含建置期為 20 年。建置營運公司需了解影響委辦服務費費率主要因素，其因素有置成本；資產汰換成本；營運成本費用；利息收入；利息支出以及其他因素。委辦服務費費率上限在計次電子收費階段時為 3.500000 元/車次；在計程電子收費階段時為 0.087000 元/延車公里，以上費率均含 5% 營業稅。且上述委辦服務費率不分車種，民間申請人需提至小數點六位。
- (2). 合理報酬率之相關規定：建置營運公司使用電子收費系統經營所獲得委辦服務費收入是依固定之專案內部投資報酬率，以目標搜尋之方式，反推委辦服務費費率，再將其乘上電子收費通行量預估值所得出。將專案內部投資報酬率訂為 12%。

2.1.3 委託建置廠商之相關約定及未來規劃

1. 建置營運期間：建置營運公司與高公局所簽屬契約期間自契約簽訂日開始起算，包括「建置期間」及「營運期間」，合計二十年。
2. 系統建置及營運工作範圍公局以民間參與方式，由遠東電子收費公司公司先行籌措資金，負責高速公路電子收費系統之建置、營運、維護、操作及行銷服務，再依議定之委辦服務費用及支付方式，於遠東電子收費公司將電子收費通行費收入繳交高公局後，再由高公局支付委辦服務費用予建置營運公司，俟經營期限屆滿時，遠東電子收費公司移轉高速公路電子收費系統營運權，及與營運權有關之必要設施所有權予高公局。
3. 計畫路線範圍
 - a. 高公局既有已接管營運之國道路線範圍。
 - b. 於契約期間，高公局未來預定接管營運之興建中及規劃中國道路線，配合完工通車高公局接管營運收費時程納入規劃建置及營運。
4. 建置時程：應於22個月內完成建置國道一號及國道三號之計次電子收費系統，其路線各收費站單向各建置至少一個小型車電子收費車道、一個大型車電子收費車道及一個小型車電子收費備援車道。
5. 建置營運公司未來規劃
 - a. 時程規劃：遠東聯盟規畫，95 年 1 月起，國道一號（中山高）、國道三號（二高）沿線收費站，都將有一大車、一小車兩條收費車道開始實施電子收費，預定 94 年底完工的國道五號（北宜高），也會在通車後立即加入電子收費範圍。這項時程比高公局的規畫提早 1 個月。駕駛人一上高速公路就要開始付費的「計程」收費部分，遠東聯盟規畫於 99 年 7 月實施，比高公局訂定的 100 年提早 5 個月；收費範圍除了國一、國三及國五外，還

要納入橫向的國道二號 (機場聯絡道)、國道四號 (台中環線)、國道八號 (台南支線)及國道十號 (高雄支線)。屆時，駕駛人走多少、付多少，目前收不到通行費的 45%短途旅次也都將繳費。

- b. 財務規劃：目前遠東聯盟已完成「遠東電子收費股份有限公司」之設立電子收費公司，資本總額 28.5 億，未來二十年系統建置、汰換、更新成本、營業費用將投入新台幣 200 億以上，必將依契約計畫書中所規劃的規定建置及營運高速公路電子收費系統各項方案確實執行，以提供用路人最便利的行車環境，進而帶動國內 ITS 產業發展。另外，為保障政府國庫收入，遠東電子收費公司亦承諾以高於招商文件要求之可收費成功率支付高公局通行費。
- c. 收費方式轉換之規劃：另為考慮到用路人對電子收費方式的接受意願，將以兩階段轉換方式逐步推出。初期，以人工與單車道電子收費方式並存，廣泛推行後，電子收費車道依利用率逐步開增；未來市場到達成熟階段，再依招商文件及契約規定推出由計次轉換計程電子收費方式，以達到「走多少、付多少」之公平付費方式。故於民國 95 年 1 月 1 日開始施行電子收費系統，不過還是人工與電子收費並行，以過站計次來收費；民國 99 年起將全面實施電子收費後，將改按里程收費。

2.1.4 國內通行費實施情形

我國通行費自高速公路開放通車起主要有三次費率之訂定(民國 63 年、民國 70 年及民國 80 年)，分別說明如下。

1. 民國63年之費率訂定：

國內高速公路早期通行費率之擬定，係由高速公路局委託美國帝力凱撒國際工程顧問公司研究，經比較主線欄柵式與匝道閉闔式兩種收費方式之成本、財務及經濟效益後，確定採主線欄柵式之收費方式。為達到高速公路預期回收投資，計算各車種行車成本節省之效益，訂定小型車每通過一個收費站需徵收 15 元之受益費，大貨車 22.8 元，大客車 80.4 元。但基於鼓勵大眾運輸及作業便利等因素，於民國 63 年 7 月開始徵收通行費，小型車為 15 元、小貨車 15 元、大貨車 20 元及大客車(聯結車)30 元。

2. 民國70年之費率訂定：

因當時物價大幅度上漲，高速公路之建設成本與維護成本大幅增加，相對通行費收入因通貨膨脹而降低；另一方面，交通量自高速公路全線通車後急速增加，嚴重影響高速公路之服務水準，因此為反應高速公路實質成本，政府決定重新擬定通行費率。蕭德貞(民 81 年)提及費率之調整係由國道高速公路局按民國七十年之預估交通量及各型車種獲益情形而定，並依照立法院審查中央 71 年度通行費預算收入限為 30 億元，並在擬欲二十年內償還高速公路實支成本原則下，調整各車種通行費。其費率為各車種之原有費率增加 10 元，即小型車 25 元、大貨車 30 元、客聯車 40 元，自民國七十年七月起實施。

3. 民國80年之費率訂定：

為滿足交通量需求並促進台灣整體區域發展，陸陸續續許多重大交通建設計劃相繼推行，鑒於所需經費相當龐大，若由全體國民分擔則有所不公，且因物價上漲通行費率相形偏低。因此交通部運研所以償本、效益及公平合理三項原則，將高速公路所提供服務成本視為費率訂定下限，而使用者使用效益則視為費率訂定之上限，研擬通行費率。其計算方式為以折現率 8%與 10%，分別將中山高速

公路歷年總興建工程費自 64 年度至 98 年度以年平均成本法分攤到各年度，再將 64 年度至 79 年度之興建工程費換算為 80 年度之幣值。同時，也將歷年維護管理費用及通行費收入亦折算至 80 年度。經累計後，分別計算兩種折現率下之歷年總成本與通行費收入之比值，乘上民國 70 年之通行費率即為所訂定之費率。分別為折現率 8%，小型車 50.9 元、大貨車 61.1 元、客聯車 81.5 元；折現率為 10% 時，小型車 71.4 元、大貨車 85.7 元、客聯車 114.3 元。基於鼓勵大眾運輸、抑制小汽車成長及作業便利等政策目標，將通行費率調整為小型車 40 元、大貨車及大客車 50 元，聯結車 65 元，於民國八十年九月起實施迄今。

2.1.5 國外擁擠費制度之現況

新加坡是全世界相當早實施擁擠收費的國家之一，Goh(2002)【19】與 Phang (1997)【30】的研究指出，大約 16% 的用路者在尖峰時段不使用高速公路，部分用路人轉移至替代道路，而其他用路者改變旅運時間於早上 7:30 前或 9:30 以後才出發或轉乘大眾運輸。自從實施擁擠收費後，市中心區行駛較為順暢，高速公路行駛的速度也增加。新加坡是從 1975 年開始實施擁擠通行費，分為 2 個階段，第一階段是採用人工收費，而通行證分為三種，(1) 全天票 (2) 半天票 (3) 月票；第二階段則進一步使用電子收費系統，車輛駕駛人必須裝設車上單元 (color-coded in-vehicle unit, IU)，並購買 CashCard，經由銀行或是 ATM 儲值，以用於進入市區時扣款。而自從開始實施擁擠通行費之後交通量減少了 45%，成功地解決了交通壅塞的問題。

漢城南山隧道位於市中心高度擁擠區域之中心，在未實施擁擠收費前私人車輛占通過隧道 90% 的交通量，其中有 78% 僅承載單人 (SOV)。因此，自 1996 年 11 月起漢城針對南山隧道進行擁擠收費制度的實施，並配合高承載 (3 人以上) 免費行駛隧道的政策，於平日上午 7:00~下午 9:00，及週六上午 7:00

～下午 3：00 收取 2000 圓（約 1.7 美金，新台幣 57 元）的擁擠通行費。實施一年後結果顯示，該區域整體路網交通量減少了 3.9%，且平均速率明顯增加許多。【34】

英國政府於 2003 年 2 月起，針對倫敦都會區實施擁擠定價的制度，實施範圍約 21 平方公里，共設有 174 處進出管制點，擁擠通行費收取時間為每天上午 7：00 至下午 6：30，以每日計收費的方式收取 5 英鎊（約新台幣 303 元），允許多次進出。【34】

美國之變動定價（Variable Pricing）。DeCorla-Souza（2002）【15】採行的方式可能有「尖峰時段收取較高通行費率」、「在目前的免付費道路徵收通行費」、「在新擴建的道路徵收通行費」，以及「在高承載車道允許低承載車輛進入並徵收通行費」。Hultgren 與 Kawada（1999）【21】研究中，Orange County SR91 公路為首先採用變動收費概念的計畫，並在 1995 年 12 月施行。變動收費的費率結構分為 8 個水準，費率介於美金 0.7 元到 3.5 元之間。原先為支持共乘制度，三人以上共乘不徵收通行費，但至 1998 年 7 月止則採減半徵收通行費。收費系統全面採用電子收費，並規定車輛必須裝設電子收費記錄器才能行駛高速公路。

茲將上述各國道路所採行尖離峰收費之費率進行比較，如表 2-2。美國乃是依據交通量不同而擁擠通行費率會隨之變動，加拿大及新加坡更以不同車種訂定不同的費率。

表 2-2 各國道路採尖離峰收費費率比較表

國家	離峰費率	尖峰費率	倍率
美國 加州 SR91	---	彈性費率 0.7~3.5 美元	---
英國 倫敦市中心	---	固定費率 每日五英鎊	---
加拿大 407 高速公路	小型車：12.1 cent/km 大型車：24.2 cent/km 聯結車：36.3 cent/km	小型車：12.95 cent/km 大型車：25.9 cent/km 聯結車：38.85 cent/km	1.07
新加坡 ERP	小型車：0.5 新幣/次 大型車：0.75 新幣/次 聯結車：1 新幣/次	小型車：1.5~2.5 新幣/次 大型車：0.75~3.75 新幣/次 聯結車：3~5 新幣/次	3~5
漢城 南山隧道	---	固定費率 每次 2000 韓元	---

資料來源：本研究整理

2.2 相關文獻回顧

2.2.1 通行費率訂定之相關文獻

高速公路通行費定價之相關文獻，在運研所(民 87 年)【49】針對高速公路通行費調整方案中提出高速公路訂定需考量之三項原則：

①償本原則：高速公路通行費收入必需足夠償付道路建造、維修及管理所需之成本。換言之，高速公路提供服務之成本應做為訂定通行費之下限。

②效益原則：高速公路通行費費率應依據用路人因使用高入公路所獲得的效益來計算。所謂效益，乃指使用高速公路較使用其他道路所節省之成本而言。此項效益應做為高入公路訂定通行費之上限。

③公平合理原則：高速公路通行費之訂定不僅應公平對待各型車輛，同時亦需考量競爭運具間的費率結構及其使用高速公路所獲得之效益，以決定合理之通行費。

藍武王(民 81 年)【37】提出高速公路之收費目標應有五項原則：1.合理自償、2.稅費公平、3.資源使用效率、4.易於執行與 5.配合政策。而在通行費擬定有以下六項原則：1.反映自償部分之成本、2.公平分攤、3.反映使用效益、4.合理報酬、5.費率一致性及 6.透明化、制度化。

更進一步擬定高速公路通行費率計算公式如下：

i. 全年應有通行費收入=全年營運成本+全年自償費用+投資報酬基礎 x 合理投資報酬率-全年其他補助

ii. 各車種通行費之計算公式如下：

①閉闔式(匝道)—依里程收費：各車種通行費(元)=固定費率 x 通過收費站次數+各車種里程費率 x 行駛里程

②欄柵式(含主線、匝道及主線/匝道)—依通過收費站次數收費

其中，

$$\text{固定費率(元/車次)} = \frac{\text{全年收費站營運成本}}{\text{全年通過收費站總車次}}$$

$$\text{各車種里程費率(元/車公里)} = \frac{\text{全年應有通行費收入} - \text{全年收費站營運成本}}{\text{全年總延車公里數}} \times \text{該車種里程費率乘數}$$

iii. 各車種之費率乘數定義如下：

$$\text{里程費率乘數(元/車公里)} = \frac{\text{全年總延車公里數}}{\text{該車種全年延車公里數}} \times \frac{\text{共同成本} \times \text{該車種延車公里比} + \text{路面成本} \times \text{該車種軸重當量比} + \text{橋樑成本} \times \text{該車種車軸重公里比}}{\text{全年應有通行費收入} - \text{全年收費站營運成本}}$$

$$\text{車次費率乘數(元/車公里)} = \frac{\text{全年通過收費站總車次}}{\text{該車種全年通過收費站車次}} \times \frac{\text{共同成本} \times \text{該車種延車公里比} + \text{路面成本} \times \text{該車種軸重當量比} + \text{橋樑樑成} \times \text{該車種車軸重公里比}}{\text{全年應有通行費收入} - \text{全年收費站營運成本}}$$

運研所【49】【38】針對高速公路之收入與成本項目做一詳細分析，對於高速公路通行費之費率因子包括費率公式、成本面、收入面及成本分攤四部分進行探討，並針對主線欄柵式人工收費及匝道閉閘式自動收費擬定費率計算公式。其費率公式分述如下：

(a). 主線欄柵式(一段式結構)

每車通行費 = 車種 i 費率 × 該車通過收費站次數

$$\text{其中，車種}i\text{費率} = \frac{\text{共同成本} \times \frac{\text{車種}i\text{車公里}}{\sum \text{車種}i\text{車公里}} + \text{歸屬成本} \times \frac{\text{車種}i\text{車公里} \times \text{車種}i\text{軸重當量}}{\sum \text{車種}i\text{車公里} \times \text{車種}i\text{軸重當量}}}{\text{車種}i\text{通過收費站次數}}$$

(b). 匝道閉閘式(一段式結構)

通行費 = 車種 i 費率 × 車公里

$$\text{其中，車種}i\text{費率} = \frac{\text{共同成本} \times \frac{\text{車種}i\text{車公里}}{\sum \text{車種}i\text{車公里}} + \text{歸屬成本} \times \frac{\text{車種}i\text{車公里} \times \text{車種}i\text{軸重當量}}{\sum \text{車種}i\text{車公里} \times \text{車種}i\text{軸重當量}}}{\text{車種}i\text{車公里}}$$

Hendrikson 與 Kana(1983)【12】提出合理之成本配置需滿足下列四項特性：
(1)配置於各車種之成本和等於總成本、(2)各車種所配置之成本不為負值、(3)成本配置程序需具有可加性、(4)成本配置需具有一致性，與配置順序無關且車種間存在一等值因子。文中針對均一剔除法做一詳細介紹並以數值進行分析。

Hendrikson 與 McNeil(1984)【13】更以美國俄亥俄收費道路為例，利用成本配置法計算不同車種之通行費率。其將高速公路成本分為管理成本、員工保險及退休金、道路維修成本、收費站作業成本、交通控制及安全成本及公債利息支出等七項成本，並針對成本項目進行共同成本與歸屬成本之分類。將其針對匝道閉閘式費率計算公式表示如下：

車種*i*通行費=固定費率×通過收費站車次數+車種*i*里程費率×行駛里程

$$\text{其中，車種}i\text{固定費率} = \frac{\frac{\text{通過收費站車種}i\text{車次數}}{\text{通過收費站總車次數}} \times \text{收費站營運成本}}{\text{通過收費站車種}i\text{車次數}}$$

$$= \frac{\text{收費站營運成本}}{\text{通過收費站總車次數}}$$

$$\text{車種}i\text{里程費率} = \frac{\text{共同成本} \times \frac{\text{車種}i\text{延車英哩數}}{\text{總延車英哩數}} + \text{歸屬成本} \times \frac{\text{車種}i\text{延噸英哩數}}{\text{總延噸英哩數}}}{\text{車種}i\text{車英哩數}}$$

Mekky(1997) 【2】以多倫多地區之 407 號高速公路進行研究，探討四種收費方式下(匝道閉闔式、主線欄柵式、主線/匝道欄柵式里程或以次計費)設定不同通行費率訂定下延車公里、使用量、總收入等之變化。

Herabat 與 Naewphanassawa(2001) 【27】比較兩條高速公路分別為主線欄柵式及匝道閉闔式之收費方式，在不同收費策略下面對車種需求函數所反映出之財務效益與經濟效益。

2.2.2 尖離峰費率訂定之相關文獻

在尖峰時段中道路往往因需求量超過其容量，而造成車輛在高速公路大排長龍的現象，此情況下決策者可採尖離峰差別費率收費之方式以減少車輛在尖峰時段使用高速公路的需求量。而尖峰採高費率方式類似於所謂擁擠定價的觀念，乃是因尖峰時段道路產生的擁擠，對用路者收取額外的費用。

Vickrey (1969) 【33】，Cohen (1987) 【14】，Braid (1989) 【8】，Arnott et al. (1990) 【3】等人先後推導出了無擁擠最佳收費模式，其隨著車輛到達擁擠路段時間之不同而不斷地變動擁擠收費之費率結構，以完全消除通勤車輛所造成之擁擠現象。

Arnott et al. (1990) 【3】有鑑於無擁擠最佳收費之費率過於複雜且多變，發展出最佳單階段擁擠收費模式以簡化無擁擠最佳收費模式。其乃是在一天中截取一段擁塞時間作為擁擠收費時段（其餘時間則採正常收費），藉此分散所有通勤者之出發時間。此種收費模式雖無法完全地消除擁擠之現象，但卻可減少一定程度上的擁擠。

Adler (1999) 【1】描述州政府在未來將採用擁擠定價來改善交通擁擠與空氣的品質，在此研究所設計問卷中，擁擠收費的實施會造成民眾有路線、出發時間、運具及是否放棄此旅次 4 類選擇方案。收入及工作的型式，此兩項變數對費率的結構反應較為敏感；收入高的旅運者由於時間價值較高，故於尖峰收取較高的費用並不會改變旅運者的行為，而工作型式屬於學校教職員或政府工作人員也較不容易改變旅運時間，其它的影響因素在校估的過程都不顯著。

Burris (2003) 【9】調查不同的擁擠通行費率對於交通需求的彈性，他分別收集總體的交通資料及個體駕駛人的行為反應資料，用以計算可能的通行費彈性範圍，得出通行費率對於交通流量的彈性範圍介於-0.076~-0.15 之間，且在此彈性範圍內將造成旅行時間減少 8.8%~13.3%。在 Burris 另一篇研究 (2003) 中，分別計算出擁擠定價實施在不同的地點，其旅行時間及通行費率對於旅運需求之影響。通行費率彈性則介於-0.03~-0.36 之間。

陳榮明，張淑娟，沈瑄瑄【34】探討高速公路未來若採用匝道收費對都會區道路交通之影響；研究中假設高速公路匝道收費對用路人運具使用行為不變，而僅係路徑選擇的交通影響。依國外實施匝道收費的評析，此種收費方式會轉移管制範圍內約 40% 的交通旅次使用非收費的道路，而此種轉移現象對於國內高速公路未來若將現行主線人工收費改採用匝道收費下，初估其於交通尖峰小時將有 4522 輛之車旅次會轉移到台北市市區道路，因此提出相對應之配套措施，期以

供都會區應用交通管理策略上及減輕對市區道路交通衝擊的思考。

葉崑陞（1999）【53】提出一考慮異質旅次特性之道路擁擠定價模型，此模型將同時考慮不同道路、不同時段與不同用路者（從彈性來區分）間之關係，探討異質旅次其於政府採取不同收費政策（不收費政策、最佳道路定價政策及次佳道路定價政策）下，其選擇道路的旅次變化情形及福利增減情況。在其研究中收費政策下之總旅次量均較不收費政策為低，而最適道路定價政策下之總旅次量又較次佳道路定價政策下之總旅次量為低。就擁擠費額而言，因尖峰時段之旅次量較離峰時段之旅次量為高，故尖峰時段之擁擠費額較離峰時段為高。

陳敦基（2002）【36】針對國內高速公路通行費實施現況進行回顧，並與我國國情相近國家（如日、韓、新、港等）之費率標準及徵收方式進行比較，發現我國各車種費率標準均比我國標準高。此研究根據通行費之徵收屬性與檢討結果研擬出通行費調整方案，並進一步針對產、官、學專家進行調查，結果顯示，若實施尖離峰收費方式，則以「尖離峰費率 1.5：1，如小汽車尖峰 60 元、離峰 40 元」之費率方案為最佳。此外，且經過民眾的問卷調查顯示，民眾大多能接受「以里程計費」之收費方式，亦贊成實施「尖、離峰差別費率」以達交通管理之功效，但在費率調高方面卻普遍傾向反對之意見。

2.2.3 需求函數相關文獻

需求函數為價格與消費量之關係，即在其他情形不變下，當消費者在特定的時間下面對某一價格時，願意而且能夠購買的數量。許多相關研究將其概念應用於運輸定價上，以探討費率與使用量之關係，希能訂定一最適之費率。另外，在高速公路流量移轉方面將以個體選擇之羅吉特模式求出其移轉比例，故也研究有關個體選擇相關文獻，以下將相關文獻概述如下：

Koppelman(1983) 【22】以增量羅吉特模式，預測新運具之需求或探討改善某運具之服務水準對現有運具之影響。

溫惠美(1992) 【44】設定不同運具具有不同效用函數，進而有不同之需求函數，以實施地區通行證為例進行道路定價策略分析，研擬在不同目標下考慮之不同通行費標準。顏上晴(1994) 【45】構建「短期均衡」模式，考慮成本與需求函數，行車成本方面分為行駛成本與時間成本(時間價值/行駛速率)，需求函數以羅吉特模式為出發點，以效用函數作為消費者之選擇。利用經濟學上使用付費之觀念，對擁擠情形加以訂定其所應負擔之費用，藉以提高高速公路使用效率並緩和其擁擠程度。鄭淑穎(1996) 【46】研究討論多組起迄目的之使用者，分析比較不同擁擠稅課徵之收費策略，對被課稅道路與平行道路車流所造成之影響以及兩路上之全體用路者福利變化情形。

黃世明(2001) 【63】利用分析性最佳化方法，同時考量需求面與供給面，分別建立需求函數與成本函數，在損益兩平下社會福利最大的目標下，求解最適之計程車費率與空車率。結果發現，在 Cobb-Douglas 需求函數型態下，最適空車率僅和價格彈性、等車時間彈性以及空車里程對等車時間的敏感度有關，而和需求函數之常數項及單位營運成本無關。

張亦寬(2004) 【65】即針對高鐵定價問題，利用雙層次數學規劃之概念來建構。來建立一套以旅客需求為導向之票價設計公式。在雙層次票價設計模式裡，旅客需求模式即為下層問題，將旅客選擇之行為轉換成一巢式羅吉特指派模式，其他市場競爭的影響可利用旅客彈性需求函數表示，列車服務之容量就為下層問題的限制式。營運者之里程訂價模式為上層問題，以高鐵所提供的不同的列車服務來做差別定價，而交通部的費率規定做為主要限制式，並將敏感度分析求得票價改變對旅客需求量的影響關係，代入訂價模式做為次要限制式，以確保滿

足最佳票價下之旅客需求量也滿足下層問題之限制式。

賴禎秀、吳志仁(2002)【47】研究中，此篇研究利用匝道電子收費政策實施後所預估減少之社會成本的數據，求出政府或相關單位每年應合理分攤之成本上限(含投資及維修成本)。故高速公路當局若欲實施匝道電子收費時，則可依據本研究之討論方式，計算出每年可接受之軟硬體設備的投資及養護維修成本，作為成本控制上的參考。此研究同時評估高速公路在實施匝道電子收費後可能帶來之經濟效益，該經濟效益指標乃是考量最佳費率實施後所預期減少與增加之社會成本後所得之結果，以供政府相關單位參考。假設有替代路徑之前提下進行階梯式擁擠收費之推導與求解。另外，有關匝道電子收費實施後可能帶來之經濟效益評估將以該政策實施後所預估減少與增加之社會成本作一比較，該比較之結果將提供政府相關單位作為政策施行前之參考。

蔡政霖(2004)【64】在高速公路實施電子計程收費及擁擠定價後，「離峰時段使用高速公路但提早出發」的通勤者最多。當尖峰時段通行費率大幅調升時，「尖峰時段使用高速公路且不改變出發時間」的選擇機率會大幅度地減少，使用平行替代道路的機率大增，顯示高速公路通勤者對通行費率相當敏感。

陳筱葳(2002)【66】研究中探討如何結合顯示性偏好數據與敘述性偏好數據模式。其研究中校估結果顯示結構整合模式能夠有效捕捉無法衡量的心理感受之隱藏變數，且能夠透過模式中之選擇模式得到隱藏變數對旅運者運具選擇效用的影響。

Lam(2001)【23】在 Orange County 和 California 間的 Stat Route 91 (SR91) 的通勤公路上，利用問卷調查與偵測器(loop-detector)進行資料收集，並將 San Diego 同樣的資料拿來做比較分析。在比較中，分別對其路線選擇(免費車道、收費車道)、時間週期(每 30 分鐘為一間隔)、模式選擇(SOV、HOV2、HOV3)

以及車上感應器裝設與否進行分析，變數選取上則採用，性別、年齡、工作旅次、教育程度、語言、旅次距離等資料。Lam 根據上述蒐集到之資料，經羅吉特模式校估結果發現，較常使用 FasTrak 者傾向於（1）通勤者（2）家戶所得高於 10 萬元（3）女性（4）年紀介於 35~45 歲之間（5）高教育程度（6）戶長等特質；而當家戶中工作者多於 2 位及行駛距離較長時，則使用 Carpool 的機率會提高；同時也發現使用 I-15 之旅運者多數偏向較富裕及長程之通勤旅次。

Burris (2002) 【10】以個體選擇模式探討在橋上道路做尖峰費率調整計劃實施時，其高所得用路人及無彈性上班時間的通勤者有較高的比例會參與此計劃，而低所得用路人、退休人士，以及擁有彈性上班時間的用路人會改變其行駛路徑，或改變其出發時間至此道路(離峰時段至此道路)。

2.2.4 成本函數相關文獻

早期之學者多利用生產函數進行運輸產業結構之研究，但由於生產函數假設生產要素價格間成一固定比例，即要素價格不會影響生產組合，但實際上要素價格應該會影響生產組合。另外生產函數在實證上常面臨資料蒐集之困難與模式設定之問題，再加上 Diewert (1974) 【17】指出生產函數與成本函數間之對偶關係，而由成本函數可找出原來之產業結構，且成本函數可利用聯立校估方式增加效率，以及在研究運輸產業結構時解析變數與誤差項獨立（生產函數其解析變數與誤差項可能不獨立），復加資料蒐集方便等因素，故晚進之學者多利用成本函數進行相關產業之分析。

早期之成本函數多具有函數形式簡單、估計參數容易之優點，如 Cobb-Douglas 函數，將函數取對數後參數估計非常便利。但其卻對技術結構特性隱含許多嚴格之假設，如要素替代彈性為一、投入產出分離性等，而非預設限制之彈性（flexible）成本函數即可克服早期所用函數之缺點。超越對數函數

(translog)、二次函數(Quadratic)、一般化 Cobb-Douglas 函數、一般化 Leontief 函數等，即為此種函數。而其中最常用者當推 translog 函數，translog 函數具有簡單、規則性結構、及可作其他函數型態的二階近似函數等優點，在近代實證分析之應用上廣被重視。國內對於高速公路構建成本函數之相關文獻較為缺乏，因此本節主要針對蒐集之相關運輸產業構建成本函數文獻做一回顧與探討。

1. 公車產業

林華新(1986)【42】利用超越對數(Translog)函數、二次(Quadratic)函數及一般化里昂鐵夫(Generalized Lenotief)函數分別估計台北市公車處之成本函數，其結果顯示(1)三種函數型式中以超越對數函數之估計結果最佳；(2)台北市公車處於六十八年至七十四年間生產技術有所改良，因此其平均成本成下降之趨勢；(3)台北市公車處處於規模經濟之生產階段；(4)公車處主要以追求最低成本之方式提供服務。

楊元彬(1985)【59】以台汽公司為實證研究對象，利用 Translog 函數型式建立其成本函數，分析其平均成本、邊際成本、規模經濟及要素替代彈性。其結果顯示台汽公司之營運處於遞增規模報酬，產出特性對成本結構具有顯著性影響，在生產要素之使用方面，資本與人工及資本與物料為替代品，人工和物料為互補品，且各項要素需求價格彈性都相當低，其中以人工需求價格彈性最低。

林慧菁(1986)【43】以 Translog 成本函數研究台北市六家公車業(公車處、欣欣、大有、大南、光華、首都)之規模經濟與生產力。其結果顯示公車處呈現規模報酬遞增，且規模越大競爭力越強。

張俊明(1996)【57】以 Translog 成本函數研究台北市十家聯營公車，探討公車業者之成本函數、生產要素彈性與生產力變化情形。並透過最小有效規模(MES)之研究，提出業者增減規模之建議。結果顯示公車業者生產力呈現下降之

趨勢，主要因生產技術衰退，規模經濟效果不明顯。

李明彥(2000)【58】以 Translog 函數構建台北市聯營公車近三年之受補貼路線成本函數，並以總要素生產力研究方法，剖析補貼對業者生產力變化之影響效果。實證分析發現，補貼實施之前三期使得公車處營運成本小幅下降，而近三期則造成營運成本之增加。生產力分析結果顯示，公車處之受補貼路線在分析期間內技術變動效果會造成總要素生產力略為下降，且補貼對生產力之影響有每下愈況之趨勢。

Kakimoto 等人(2005)【31】研究以運輸密度、收支率和費用在經營的服務路線於評估政府補助。研究目標將每個公共汽車路線為了提高效率地以區別各公共汽車路線給予津貼。在 Kumamoto 市利用 translog 建構成本函數，並運用評估 45 條公共汽車路線，研究中以車公里、旅行時間、平均速率、公車站牌數、公車站牌間距、首末公車發車時間及發車頻率和總運行長度為輸入主要變數。結果顯示每條公共汽車路線被分類在 16 個類別以下。大略地說，20 條公共汽車路線是低廉和有益的，6 條公共汽車路線是低廉和無利益的，2 條公共汽車路線是昂貴和有益的，17 條公共汽車路線是昂貴和無利益的。

2. 道路系統

Heike Link(2005)【20】在高速公路重建成本分析研究中主要有兩大重點，1)分析高速公路”重建”經濟過程和確認是否具有經濟規模，2)驗證車流量在重建成本上的影響及導出最適道路價格的邊際基礎建設成本。此篇研究根據 1980 到 1999 期間，以具有代表性的高速公路重建成本和車流量資料為基礎，並以兩種 translog 模式估算，之中皆包含勞務、物質和資本為主要投入價格要素，另以重建用之 material used 區域性虛擬變數。第一種 translog 模式除了以上的變數外，還有其餘解釋變數，而第二種模式則是以重建成本和車流量關係建構 translog 模

式，其中以重車和小客車的平均年日流量為獨立變數。研究最後得到兩個結果，一是以經濟規模表示高速公路的重建工程；二是以成本彈性來表示重建成本和車流量的關係，其邊際和平均成本比率介在 0.05 和 1.17 間。

Kim and Shin(2002) 【18】使用 translog 成本函數於估算南韓區域道路投資利益，主要四大範圍包括 Seoul Metropolitan Area、South-Western Area、South-Eastern Area、和 Central Area。此研究表示道路資本對製造工業的生產力，在於生產成本的道路彈性，其在全國水平為- 0.0124。另所有地區的淨社會回報率高於公司債券出產量，其隱含南韓道路資本的供應不足。1986 到 1991 年，真實道路資本股最適比率皆呈下跌趨勢，而從 1992 年起除了 Seoul Metropolitan Area，則轉為上升狀態。為了達成經濟效率和地方平等，增加路資本投資在韓國的欠發達的地區是必要的，例如西南區域和中心地區。

Deller 等人(1988) 【32】旨在以服務當地更高技術效率下，於農村的低流量道路中可以節成本以加入更大的龐大系統中，並以 midwestern 小鎮為一對象和多種產品輸出入的 translog 價值函數建構函數。另在輸入變數方面一共有六項價格，分別為小鎮勘測雇員實際計時工資率(W1)、每年每公里維護及營運所需的物資和成本(W2、W3、W4)和平地機及卡車價格(W5、W6)。最後在經濟性的差別下，整頓小鎮道路，可成本節省並融入更龐大的體系。

Mancuso 等人(2003) 【28】意將義大利鐵路局(Ferrovie dello Stato, FS)的短期可變成本以 translog 估計之，並取 1980-1995 的資料數據為主。此研究顯示：(a)translog 結果可代表 FS 部門下的技術的好估計值；(b)總產量因素要求是無彈性的；(c) FS 在替代的輸入變數間，具有有限的能力；(d) FS 經營不具密度經濟。在研究結果為軌道網路並非被善加選擇，因此裁減火車頻率或提高資本投資似乎顯而易見的。

2.3 小結

綜合上述文獻內容回顧與探討後，可歸納出以下幾點小結：

1. 許多國家在實施道路電子收費系統後，即積極實施道路採尖離峰定價，以解決其交通擁塞問題。而國外道路採尖離峰定價之費率約為 1.1~5 倍。
2. 國內相關高速公路訂價文獻，多以成本配置法之概念進行成本項目分類，以及考量償本原則下，訂定費率公式進行費率之試算。且多由成本面作考量，使通行費收入滿足高速公路之總成本。
3. 於需求與成本之預測方面，多以迴歸模型或成長率方式進行預估，並無針對使用者之使用需求變化與成本面構建模式深入探討。
4. 對於成本函數構建方法，相關研究中顯示多以 Translog 函數型式構建，並進一步利用函數構建後產業經濟特性分析之合理性與便利性，分析產業之生產力與規模經濟。

第三章 理論方法與模式構建

本章主要針對高速公路之需求面與供給面進行分析，找出其主要相關變數進行需求函數與變動成本函數之構建，並求得其收益函數，進而構建財務均衡費率模式，以求得財務均衡下的基準費率，以及尖峰的差別費率。

3.1 高速公路需求面函數之構建

本研究高速公路需求面之流量關係函數考慮小客車當量車公里、國民所得、高速公路通行費率以及相對基年容量比例值等變數，進一步以各變數之歷年資料進行相關參數之校估，以求得高速公路使用者年流量關係函數。以下為針對使用者需求面之分析架構：

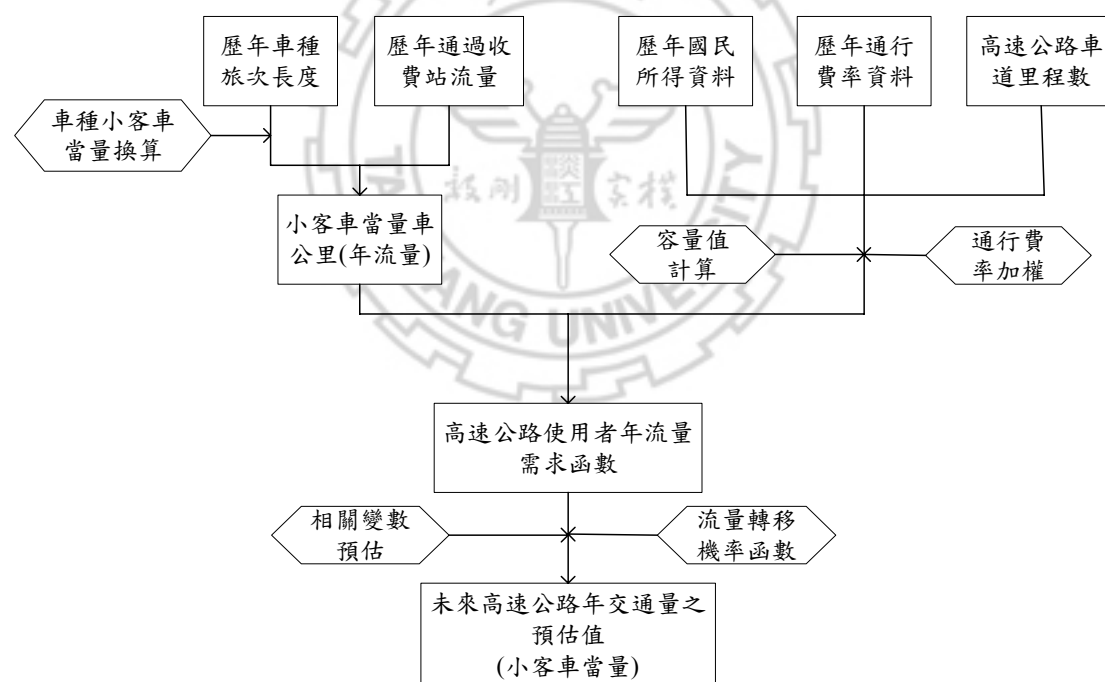


圖 3-1 需求面分析架構圖

3.1.1 模式假設

為簡化分析並進一步探討變數對高速公路流量之影響，本研究做以下基本假設以做為模式構建之基礎：

1. 高速公路以服務流量觀點界定小客車當量為基本分析單位。
2. 考慮平常日尖峰、離峰以及假日情況，將高速公路總流量分為尖峰流量以及離峰流量。尖峰流量包括假日全天流量以及平常日尖峰小時佔全天 24 小時的比率流量。
3. 因本研究以巨觀的觀點去探究整個高速公路的財務模式，而考慮擁擠之外部成本情形屬於微觀模式的觀點，故本研究不予以探討。

3.1.2 高速公路流量關係函數構建

經相關文獻回顧與探討後，可知影響運輸系統使用需求之相關變數包含有使用成本、行駛或搭乘時間、所得、系統服務水準....等。就高速公路之使用而言，當使用成本越高則使用者考量到本身之負擔能力會影響其行駛高速公路之使用量；行駛時間越長則使用者會轉移至替代道路以減少旅行時間，系統服務水準高低亦會影響使用者之使用意願。其中，旅行時間由於牽涉使用者之擁擠外部成本之計算，本研究之需求函數設定為使用者之年流量需求函數，因此不針對短時間之使用者外部成本進行探討，在使用成本部分僅考量使用者之實際支付成本，即其現金付出成本(out of pocket cost)，為其通行費率。由於高速公路之容量大小影響其可服務之流量，而可服務流量之高低亦對其服務水準造成影響，因此在系統服務水準之衡量方面，本研究以容量因素作為系統服務水準之替代變數。

1. 高速公路需求面之流量關係函數建立

高速公路需求面之流量關係函數建立，經相關變數探討後，將其函數表示為：

$$Q = f(\text{通行費率}, \text{國民所得}, \text{服務水準} \dots)$$

當通行費率、所得及服務水準以外因素不變時，其流量關係函數可表示為：

$$Q = f(P, M, k)$$

其中， P ：通行費率

M ：國民所得

k ：服務水準變數

目前國內針對高速公路使用需求預測方面，相關研究大多以成長比率進行預測，並無特定之函數型式。因此本研究參考經濟學上常使用需求函數型式，並參考相關研究之函數型式比較結果，將函數型式設定為 Cobb-Douglas(雙邊取對數)型式，進行模式構建與求解。

依照 Cobb-Douglas 函數之形式可知，利用彈性分析可瞭解函數中某屬性產生變化後，對消費者消費量之影響程度，即函數中某變數值變化百分之一時，消費量變化之百分比。

使用者對高速公路之需求主要受到使用成本即其所需負擔之票價所影響，當使用成本降低時使用者在效用不變下其通行量必定相對地增加，因此本研究將使用者之通行費率與其平均所得做為影響消費水準之變數。

除通行費率與所得變數外，本研究亦考量服務水準對需求之影響。隨著運輸系統服務水準高低使用者之使用意願亦會隨之改變，高速公路在二高尚未通車前，因經濟發展快速使得運輸需求大於供給，造成運輸系統之服務水準降低，近年來隨著高速公路路網陸續通車，容量擴張可提昇高速公路之可服務流量，在需

求不變之情形下其服務水準亦可相對提昇，勢必對運輸需求造成影響，因此本研究引進相對基本容量比例值(k)做為系統服務水準之替代變數，以探討容量擴張對需求量之影響。

因此，本研究之高速公路使用者需求函數(流量關係函數)可表示為：

$$\ln Q = \alpha + \beta \ln P + \gamma \ln M + d \cdot k$$
$$\Rightarrow Q = e^{\alpha} P^{\beta} M^{\gamma} e^{d \cdot k} \dots\dots\dots (3-1)$$

其中， Q ：小客車當量延車公里(當量車公里/年)

M ：平均國民所得(元/年)

P ：通行費率(元/小客車當量車公里)

k ：相對基本容量比例值

d 、 α 、 β 、 γ ：待校估參數

(1). 小客車當量延車公里值(Q)：為考量各車種於行駛間之相互干擾及其佔道路使用面積與頻率等因素，本研究除以小客車當量為分析之基本單位外，並乘上其車種之平均旅次長度求得小客車當量車公里值，以做為國道高速公路之交通量計算。其主要考慮因素有二：

- a. 將各型車種轉換成小客車當量進行分析，可基於一相同衡量基準分析車種間之相對影響，且高速公路之可服務流量明顯受容量所限制，利用小客車當量進行分析亦可適當反應車流之均衡狀態。
- b. 由高速公路之歷年流量與維護成本之變化趨勢發現，流量每年皆有固定之成長比例，但維護成本歷年資料變異大並無一規則之變化趨勢，因此本研究以小客車當量車公里為分析單位探討各車種使用高速公路對於其變動成本之影響，而對於車輛軸重之影響本研究將於車種之費率結構進行探討。

(2). 通行費(P)：計算車種之每公里通行費率，並以各車種間之相對比例進行加權，以求得每當量車公里之通行費率。

由於本研究進行函數校估之通行費率為一利用車種比例之加權值，其比例因子考量不同所計算之費率加權值亦不相同，當求得均衡費率後欲計算各車種之通行費率即以此比例因子進行費率之還原。本研究所考量之比例因子計算方式主要有兩種，分別說明如下：

a. 以原費率結構加權之小客車當量費率

主要以現有之車種費率比例為基礎，由歷年之車種費率結構可知車種間之費率比例為小型車：大型車：聯結車=1：1.25：1.625，以歷年之通行費率計算每車公里費率並乘上車種之當量車公里比例進行加權，做為需求函數之通行費率變數。

b. 以軸重當量因子加權之小客車當量費率

除以現有之車種費率結構為基礎外，並加入車種間之軸重當量因子考量，其計算方式參考運研所(民 87)訂定之費率分配方法如下式：

$$\text{車種}i\text{費率} = \frac{\text{共同成本} \times \frac{\text{車種}i\text{當量車公里}}{\sum \text{車種}i\text{當量車公里}} + \text{歸屬成本} \times \frac{\text{車種}i\text{車公里} \times \text{車種}i\text{軸重當量}}{\sum \text{車種}i\text{車公里} \times \text{車種}i\text{軸重當量}}}{\text{車種}i\text{當量車公里}} \quad \dots\dots\dots (3-2)$$

其中，車種之軸重當量參考運研所(民 87)使用之數值分別為小型車=0.0002、大客車=0.2、大貨車=0.88 及聯結車=7.561，經計算後車種間之相對比例為小型車：大型車：聯結車=1：1.191：1.675。本研究將此軸重當量比例與車種之當量車公里比例進行費率之加權，以做為需求函數之通行費率變數。

(3). 國民所得(M)：參考行政院主計處之歷年平均每人國民所得資料，以其做為使用者負擔能力之衡量。

(4). 相對基年容量比例值(k)：將高速公路增(擴)建所增加之車道里程數(即車道數乘以里程數)做為其服務水準提升之衡量。

2. 尖離峰流量之訂定：

因本研究在探討高速公路採行尖離峰差別訂價，故對於尖峰時段及離峰時段的流量分別做說明，由以下示意圖說明：

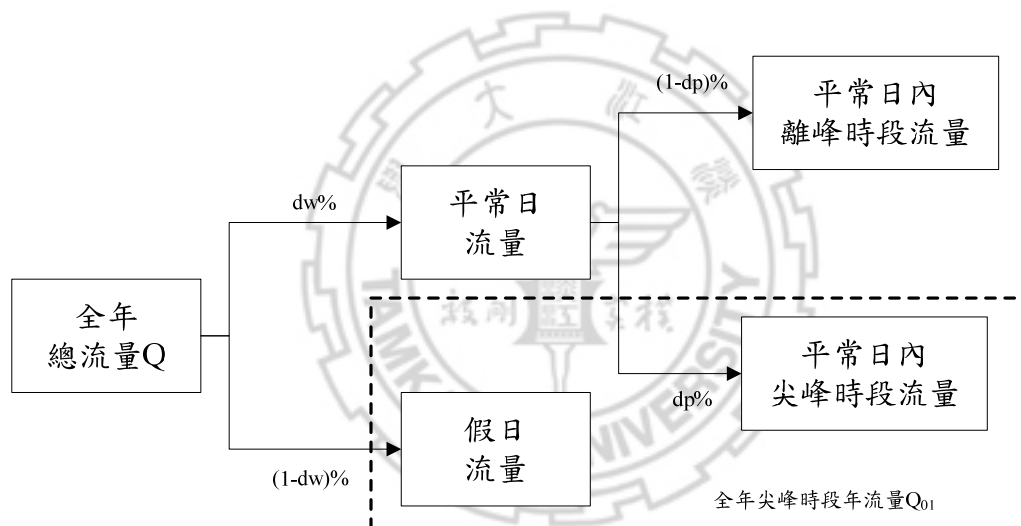


圖 3-2 高速公路尖離峰流量示意圖

故本研究將尖峰、離峰流量分別以下列數學式表示：

$$\begin{aligned} Q_{o2} &= Q(1 - d_p) \times d_w \\ Q_{o1} &= Q \times d_p \times d_w + Q(1 - d_w) \end{aligned} \dots\dots\dots(3-3)$$

其中： Q ：高速公路全年總年流量

Q_{o1} ：全年尖峰時段年流量

Q_{o2} ：全年離峰時段年流量

d_w ：平常日佔全年天數比例

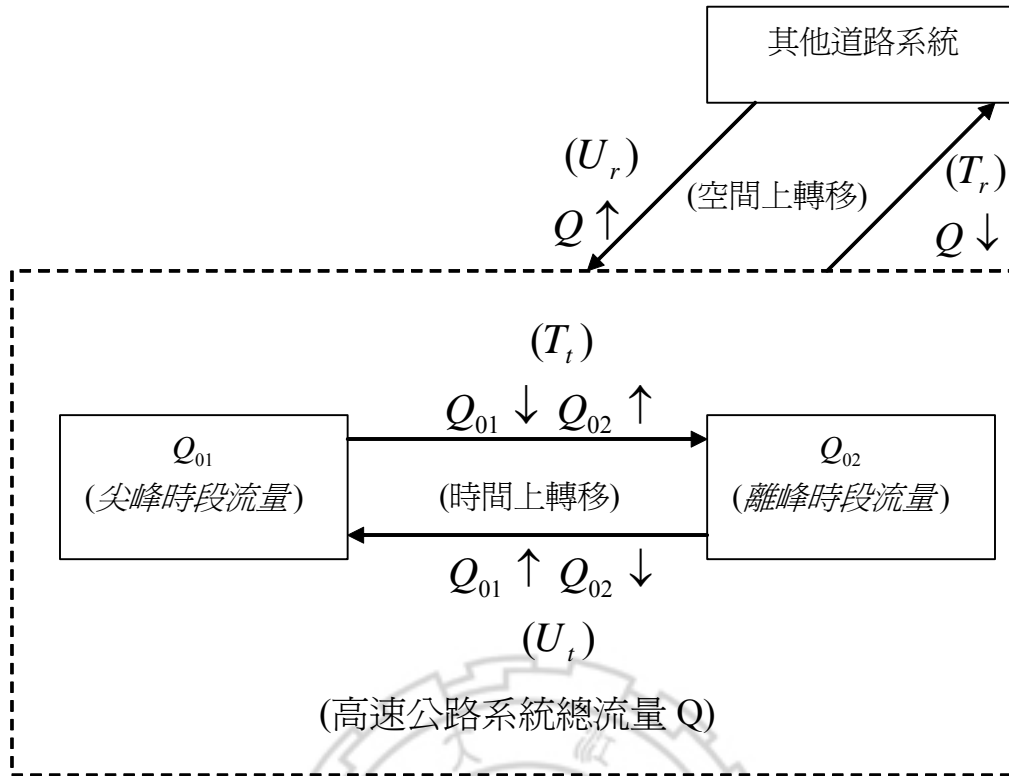
d_p ：尖峰時段佔平常日一天比例

因本研究以平均日交通量的觀點來假設尖、離峰的年流量，故可分為平常日之平均日交通量佔全年天數之平均日交通量的比例，以及平常日之尖峰時段(6小時)流量佔平常日整天(24小時)流量的比例。故將假設如下： $d_w=225/360=0.625$ ； $d_p=6/24=0.25$

3. 流量轉移機率模式

本研究之轉移流量函數構建其對象係針對使用自小客車且行駛路徑涵蓋高速公路的用路人。本研究運用個體選擇模式中選擇方案彈性與選擇方案機率的相關性公式，依參考文獻(蔡政霖,2004)【64】之研究內容，進而構建出一旅運者從高速公路上做時間及空間轉移行為的機率之模式。期望瞭解當高速公路實施電子收費及尖、離峰差別定價時，用路人在「改變路線」及「改變時間」的決策行為，進而將此轉移(空間及時間上的轉移)的流量反映在本研究所構建的財務均衡模式中。

在高速公路採行尖離峰差別費率時欲使用高速公路之旅運者有以下可能情形：尖峰時段使用高速公路、離峰時段使用高速公路，以及尖峰時段使用替代道路。由此情形我們假設高速公路流量會有下列幾種流量轉移情形，以圖 3-3 說明：



註：

T_r : 空間上轉出, U_r : 空間上轉入

T_t : 時間上轉出, U_t : 時間上轉入

圖 3-3 高速公路採尖離峰差別定價之車流轉移示意圖

由圖 3-3 可看出在本研究中，尖峰時段的流量會因差別定價策略實施後產生空間上的轉移 T_r 、 U_r (高速公路總流量減少或增加) 以及時間上的轉移 T_t 、轉移 U_t (尖峰流量減少或增加，離峰流量增加或減少；高速公路總流量不變)。以下為本研究構建流量轉移模式的基本理論與模式：

(1). 轉移機率模式基本理論：依據 Ben-Akiva 【4】所述個體選擇機率之函

數特性，可得知透過彈性分析，而瞭解效用函數中某屬性產生變化後，對消費者選擇機率之影響程度。

a. 個體直接彈性 ($E_{X_{ik}}^P$)：某一選擇方案效用函數中之屬性值變化百分之一時，該方案選擇機率變化之百分比。例如，當高速公路通行費

調漲 1% 時，通勤者選擇高速公路且不改變出發時間的機率可能變化的百分比。如式 3-4 所示：

$$E_{x_{ik}}^{P_i} = \frac{\partial P_i}{\partial x_{ik}} \times \frac{x_{ik}}{P_i} \dots\dots\dots (3-4)$$

$$\Rightarrow E_{x_{ik}}^{P_i} = (1 - P_i) \times X_{ik} \times \beta_K$$

$$\Rightarrow P_i = 1 - \left(\frac{E_{x_{ik}}^{P_i}}{X_{ik} \times \beta_k} \right)$$

其中 P_i ：選擇 i 方案的機率

X_{ik} ：方案 i 之效用函數中第 k 個屬性之變數值

β_K ：第 k 個屬性變數之參數值

- b. 個體交叉彈性：某方案效用函數中之屬性值變化百分之一時，對另一方案選擇機率變化之百分比。例如，當高速公路通行費調漲 1% 時，通勤者選擇替代道路機率的變動百分比。

(2). 流量轉移機率模式建立

本研究的機率轉移模式由個體機率模式型式建立，其中屬性變數(費率)之參數值及選擇方案與屬性變數間之彈性值為依據參考文獻(蔡政霖,2004)【64】及本研究所推估之已知數值，故本研究所設定機率模式之選擇機率與屬性變數(費率變數)為未知數，如式 3-5。

另外，在機率轉移模式下會同時考慮轉移出去及轉移進入的機率，如圖 3-3 所示，本研究假設流量轉移出去的情況為實施差別費率後因費率提昇而發生；但在本研究財務均衡模式中其費率會因回收年期增加及物價膨脹等相關因素影響

而有降低的情形，故在費率降低至某一門檻時反而會有流量轉移進入的情形發生，故本研究將一併考慮其流量轉移出去及流量轉移進入的情形，如下式所示：

$$T_i = 1 - \frac{E_i}{P \times \mu} \quad (\text{當 } T_i \geq 0) \dots\dots\dots (3-5)$$

其中 T_i ：流量轉移出去的機率

P ：方案之效用函數中之屬性變數(費率)值

μ ：屬性變數(費率)之參數值

E_i ：選擇 i 方案之機率與屬性變數間之彈性值

$$U_i = -T_i = -(1 - \frac{E_i}{P \times \mu}) \quad (\text{當 } T_i < 0) \dots\dots\dots (3-6)$$

其中 U_i ：流量轉移進入的機率

P ：方案之效用函數中之屬性變數(費率)值

μ ：屬性變數(費率)之參數值

E_i ：選擇 i 方案之機率與屬性變數間之彈性值

a. 空間的轉移

圖 3-3 中當實施差別訂價時會有尖峰流量轉移出去至非高速公路系統之替代道路，此為空間上的轉移出去(T_r)；當費率會因回收年期增加及物價膨脹等相關因素影響而有降低的情形進而產生非高速公路系統之替代道路流量轉移進入高速公路系統，此為空間上的轉移進入(U_r)。

$$T_r = 1 - \frac{E_r}{P \times \mu} \dots\dots\dots (3-7)$$

$$U_r = -T_r = -(1 - \frac{E_r}{P \times \mu})$$

其中 T_r ：空間轉移出去的機率

U_r ：空間轉移進入的機率

P ：方案之效用函數中之屬性變數(費率)值

μ ：屬性變數(費率)之參數值

E_r ：空間轉移的機率與屬性變數間之彈性值

b. 時間的轉移

圖 3-3 中當實施差別訂價時會有尖峰流量轉移出去至離峰流量，此為時間上的轉移出去(T_t)；當費率會因回收年期增加及物價膨脹等相關因素影響而有降低的情形進而產生離峰流量轉移進入尖峰流量，此為時間上的轉移進入(U_t)

$$T_t = 1 - \frac{E_t}{P \times \mu} \dots\dots\dots (3-8)$$

$$U_t = -T_t = -\left(1 - \frac{E_t}{P \times \mu}\right)$$

其中 T_t ：時間轉移出去的機率

U_t ：時間轉移進入的機率

E_t ：時間轉移的機率與屬性變數間之彈性值

(3). 考量在轉移機率上 P (費率)值的調整

因考量每年的物價水準的變動，進而使費率所影響的轉移機率也會隨之不同，故每年費率應隨物價水準變動做一調整，如下式：

$$P_i = \frac{P_0}{(1+\phi)^i}$$

其中， P_i ：第 i 年調整後的費率

P_0 ：基年的基準費率； ϕ ：物價膨脹率

(4). 透過轉移機率的發生所產生之高速公路新流量

高速公路流量關係函數中之總需求量經轉移機率模式所求得之流量轉移比率予以增減，而進一步求得實施「尖離峰差別訂價」後高速公路的尖峰流量、離峰流量以及總流量，可由以下數學式表示。

$$Q'_{01} = Q_{01}(1 - T_r - T_t)$$

$$Q'_{02} = Q_{02} + Q_{01}T_t$$

$$Q' = Q_{01}(1 - T_r) + Q_{02} \dots \dots \dots (3-9)$$

其中， Q' ：高速公路新流量

Q_{01} ：原高速公路尖峰流量

Q_{02} ：原高速公路離峰流量

Q'_{01} ：新高速公路尖峰流量

Q'_{02} ：新高速公路離峰流量

高速公路的原流量關係函數在未來年受轉移模式之影響，其新的流量關係函數即為將式 3-7 與 3-8 代入 3-9 後所得，如式 3-10。

$$Q' = \frac{e^{a+d \times k} \times M^r \cdot P^{\beta-1} \left(E_r \left(1 + d_w \left(-1 + d_p \right) \right) - P \times \mu \times d_w \left(-1 + d_p \right) \right)}{\mu} \dots \dots \dots (3-10)$$

有關上述需求面各函數之相關變數詳細數值資料，將於下章進行分析。

3.1.3 消費者剩餘之衡量方法

依照經濟學上之定義，消費者剩餘為：「消費者為某一已知量之消費所願意付的最高支出與實際支出之差」。由圖 3-4 可知，當消費者在消費 Q_0 單位時，所願意付的最高價格為 P_0 ，但市場均衡時，市場價格為 P^* ，總消費量為 Q^* ，此時不論消費幾單位都需付出 P^* 的價格，將每單位之消費者剩餘相加，當消費量為 Q^* 時，其消費者剩餘即為 ΔacP^* 之三角形面積。

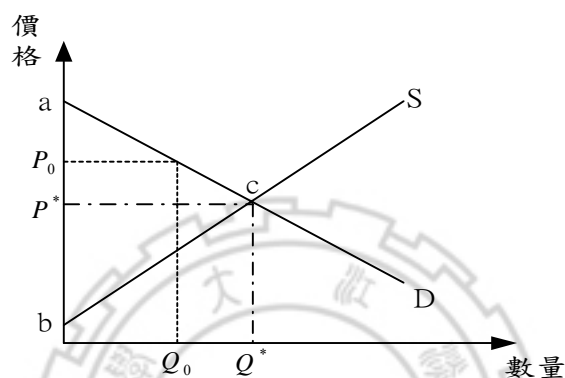


圖 3-4 消費者剩餘示意圖

1. Cobb-Douglas 形式高速公路需求面關係函數之估計式

消費者剩餘變動(ΔCS)即為對需求函數之價格變動進行積分所得之值，以式 3-1 高速公路流量關係函數為基礎，可推導出消費者剩餘函數(CS)表示為式 3-11。

$$CS = \int_{P^*}^{\infty} Q dx = \left(\frac{1}{\beta+1}\right) \alpha x^{\beta+1} M^{\gamma} e^{dk} \Big|_{P^*}^{\infty} \dots\dots\dots (3-11)$$

其中， P^* ：市場之均衡價格

由上式 3-11 可知其積分結果可有下列兩種情況：

- (1). $|\beta| > 1$ 時，其積分結果可收斂
- (2). $|\beta| < 1$ 時，其積分結果為發散

在 Cobb-Douglas 的需求函數型態下，消費者剩餘在價格彈性絕對值小於 1 的情況下無法得到收斂值得原因在於：當需求對價格不夠敏感時，即使價格上漲至一相當大的數值時，需求量仍然不會等於 0，使得需求函數在需求量大為 0 時，無法形成一封閉區間而求得消費者剩餘；若將需求函數型態改為直線型(linear)。則不會產生此種問題，因直線形之需求函數，超過需求曲線中點的部分，其價格彈性大於一，且彈性值越來越大，所以不會出現消費者剩餘數值發散的情況，但在線型需求函數設定下，則失去固定彈性的特性，亦無法看出價格彈性對決策變數的影響。因此本研究仍以 Cobb-Douglas 型態之需求函數來構建高速公路之使用者需求函數並進行變數求解與相關的分析。

2. 當 $|\beta| < 1$ 時消費者剩餘之估計方法—最大願付價格之估計

由式 3-11 可知其消費者願付價格理論值設定為 ∞ ，然而若由實務面探討，消費者之願付價格並非為無限大，消費者之消費量皆為其「願意且能夠支付」的，因此消費者之消費能力受制於環境(如財貨價格)及其消費能力(如所得)，換言之其消費量與消費金額有一定之限制，並在此限制下做選擇以達其效用最大，因此消費者之願付價格必定亦以其消費能力做為考量。

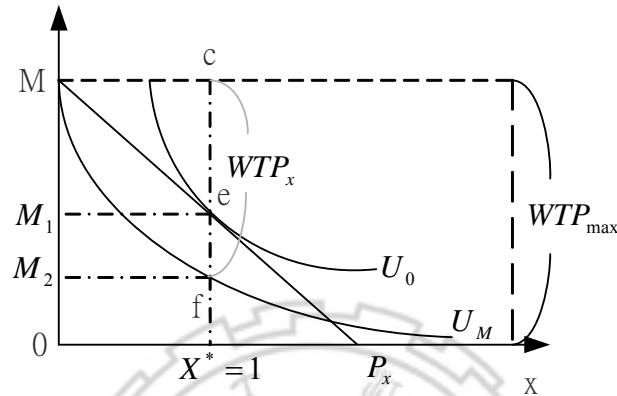
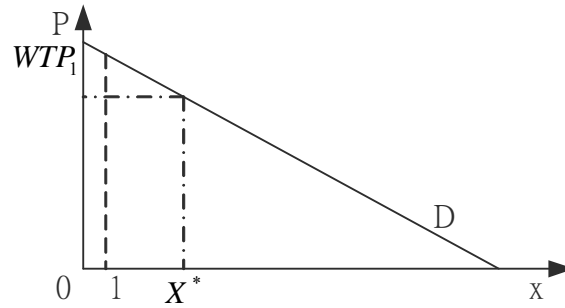


圖 3-5 願付價格曲線圖

假設消費者消費 x 此種財貨，其價格為 P_x ，其所得為 M 可視為購買財貨可用之支出，圖 3-5 中 U_0 為消費 X^* 數量後所獲得之效用水準(即其無異曲線)，經由無異曲線與預算線 P_x 之變化可求得下圖之需求曲線 D ，亦即消費者面對不同價格時所反應之需求量變化。假設 M 為消費者僅有之所得預算時，則在所得 M 之水準下不消費時之效用水準為 U_M ，為在擁有所得 M 下之願付價格曲線，亦為其邊際願付價格曲線，消費 X^* 後提昇效用至 U_0 ，其所付出之成本為 ce 以換取 X^* 之消費量，而當效用為 U_M 時，其所願意付出之成本為 $\overline{MM_2}$ ，因此 ef 即為消費 X^* 下之消費者剩餘。

然而當消費量為 1 時，其實際支付金額恰等於財貨之最高價格(P_{\max})，由圖 3-5 中可看出，亦可約等於消費者之第一個願付價格(WTP)。本研究針對此一發現做以下之推論：

當 $Q_d = 1$ 時，則 $P_d(Q=1) \cong WTP(Q=1)$ (購買第一各單位即等於最大願付價格)；

當 P 很大時， $WTP(Q=1) \cong WTP_{\max}$ ，且 $WTP_{\max} \rightarrow M$ (最大願付價格趨近於 M)，
則 $WTP_{\max} < M$ 。

因此，消費者願付價格之上限必小於或等於其所得，亦即消費者之最大 WTP 可以其所得(或該類消費預算)為其極值。對高速公路之使用者而言，其願付價格即可定義為其行駛高速公路每公里之願付價格，亦為使用者行駛高速公路之機會成本，其可由使用者之旅運時間價值求得。運研所(民 77)【50】針對城際旅運者之研究發現，其旅運時間價值可以工資率之 95% 來計算。綜上所述，本研究將行駛高速公路每公里願付價格之計算方式表示如下式 3-12 所示：

$$\begin{aligned} WTP_{km} &= VOT_{\min} * TT_{km} \\ &= (W_{hr} * 0.95) / S \end{aligned} \quad \dots\dots\dots(3-12)$$

其中， WTP_{km} ：願付價格(元/公里)
 VOT_{\min} ：時間價值(元/分鐘)
 TT_{km} ：行駛時間(分鐘/公里)
 W_{hr} ：工資率(元/小時)
 S ：高速公路之行駛速率(公里/小時)

因此本研究則將消費者剩餘之費率上限改變為下式 3-13，並忽略其所得效果。

$$CS = \int_{p^*}^{\bar{M}} Q dx = \left(\frac{1}{\beta+1} \right) \alpha x^{\beta+1} M^{\gamma} e^{dk} \Big|_{p^*}^{\bar{M}} \quad \dots\dots\dots(3-13)$$

其中， \bar{M} ：為每公里之最大願付價格。

3.2 高速公路成本函數構建

本研究係於政府部門（如高公局）之立場估計影響生產者剩餘之變動成本，至於 ETC 業者之建置及維運成本將併入 ETC 業者之服務費（合理報酬率）收益分析，本節僅就其可能影響高速公路管理單位之成本及物料成本部分進行構建成本函數，以及未來年之勞務價格及物料價格變動下進行預測，以供未來年生產者剩餘推估之用。本節主要探討成本函數型式，並構建高速公路之變動成本函數。茲將變動成本函數之分析架構表示如下圖 3-6 所示：

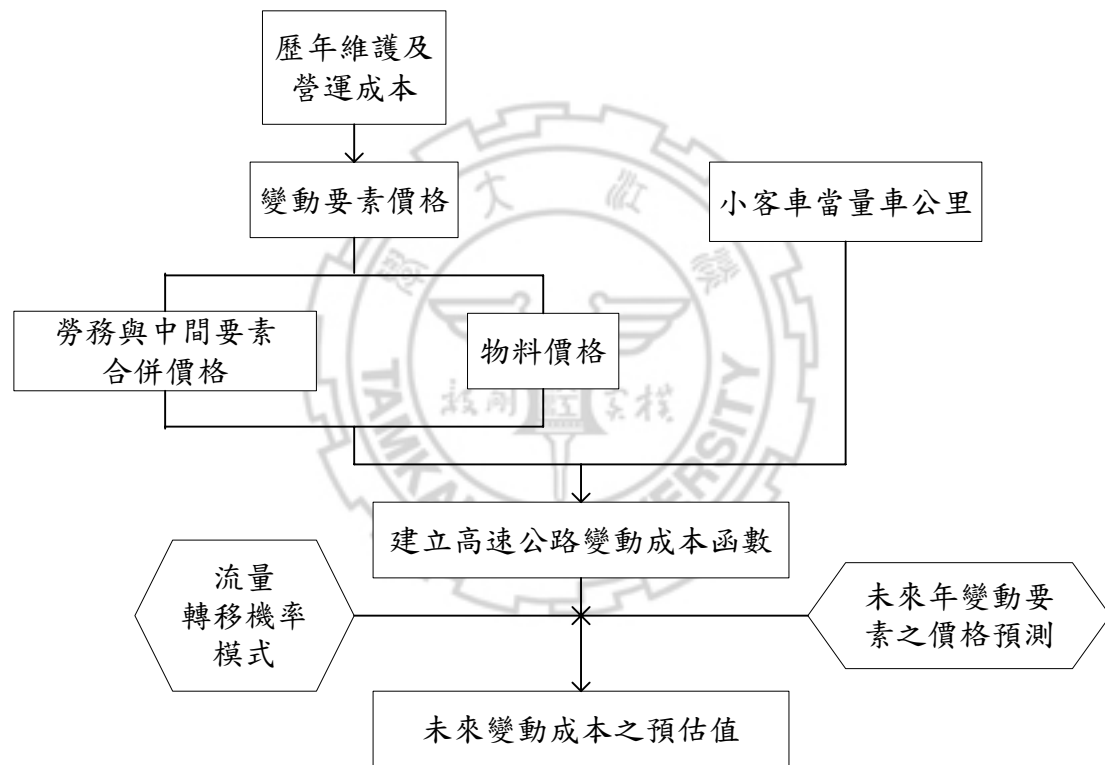


圖 3-6 供給面變動成本分析架構圖

3.2.1 模式假設

在成本函數構建方面，本研究主要選用 Translog 函數型式。在運輸產業結構相關研究中，學者大多利用生產函數或彈性成本函數進行分析，但其函數型式與特性無法像 Translog 函數易於計算與分析，Translog 函數可滿足要素價格一階齊次條件，其成立系統方程進行聯立校估者為成本份額函數而非生產要素需求函

數，故 Translog 函數構建所需蒐集的資料，只包括各項生產要素價格、生產要素費用支出及產量，不需蒐集生產要素使用量資料。本研究考慮模式分析之便利性與經濟分析之合理性故決定選用 Translog 函數型式。

成本函數之一般型式為：

$$C = C(Y, W)$$

其中， C ：總成本

Y ：產出

W ：投入要素價格

多元產出成本函數基本結構在有 n 種投入與 m 種產出時可表示為：

$$\begin{aligned} \ln C = & A_0 + \sum_{i=1}^n A_i \ln W_i + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n A_{ij} \ln W_i \ln W_j + \sum_{j=1}^m B_j \ln Y_j \\ & + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m B_{ij} \ln Y_i \ln Y_j + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m AB_{ij} \ln Y_i \ln W_j \end{aligned}$$

其模式之校估方法如下所述：

1. Translog 成本函數進行參數較估時，加入成本份額(cost share)方程式，系統方程式組成聯立方程組，即可由聯立方程組校估未知參數，以獲得成本函數。由 Shephard Lemma 得成本份額方程式如下：

$$\frac{\partial \ln C}{\partial \ln W_i} = \frac{W_i}{C} \cdot \frac{\partial C}{\partial W_j} = \frac{W_i \cdot X_i}{C} = S_i$$

由 Translog 成本函數求算之成本份額方程式為：

$$S_i = A_i + \sum_{j=1}^n A_{ij} \cdot \ln W_j + \sum_{j=1}^m AB_{ij} \cdot \ln Y_j$$

2. 需滿足要素價格之一階齊次條件，其 $m+n+1$ 個限制式如下：

$$\sum_{j=1}^n A_j = 1 \quad j = 1, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^m A_{ij} = 0 \quad j = 1, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^n AB_{ij} = 0 \quad j = 1, \dots, m$$

3. 需滿足非負條件，亦既成本函數為要素價格之非遞減函數，當要素價格上漲，成本亦隨之上漲。因此其條件為要素之成本份額必需為正值。
4. 需滿足單調性條件，亦即產出成本彈性必需為正值(產出邊際成本大於零)。
5. 需滿足凹性條件，即要素價格之 Hessian 矩陣為一負半定矩陣(negative semi-definite matrix)，而其特徵值(eigen value)均為負或零乃為其充要條件。本研究設定之投入要素有二項，其 Hessian 矩陣如下所述：

$$\begin{bmatrix} H_{11} & H_{12} \\ H_{21} & H_{22} \end{bmatrix} \quad \text{其中, } H_{ij} = \frac{\partial^2 C}{\partial W_i \partial W_j}$$

由前述之 Translog 成本函數求算則

$$H_{ij} = \frac{C \cdot (S_i S_j + A_{ij})}{W_i \cdot W_j} \quad i \neq j$$

$$H_{ii} = \frac{C \cdot (S_i^2 + A_{ii} - S_i)}{W_i \cdot W_j} \quad i = j$$

3.2.2 成本函數構建

高速公路之總成本可分為自償部份與非自償部分成本；自償部分即為車種所需負擔之成本，其中含有須自償部分之建設成本與公路之營運、維護費用，而非自償部分則為政府補貼之特別預算。構建成本函數前，須先釐清其產出項與投入項，本研究經探討後將其特性說明如下：

1. 產出項目：主要為高速公路之服務產出，即為通過收費站之車輛數，本研究將各車種皆折算為小客車當量。此外，為反應車輛使用頻率對維修成本之影響，本研究以其旅次長度為代表因子，因此將高速公路之產出以小客車當量車公里為其主要產出項目。
2. 投入要素：本研究經探討其成本項後，設定其變動投入要素主要包含有勞務與中間要素合併價格(W_1)與物料價格(W_2)。由於 ETC 民營化後高速公路管理局之人工收費成本及收費設施維運成本均將有所改變，故宜於未來年預測中另行估計之。
3. 勞務與中間要素合併價格(勞務價格)主要為總管理成本，因在高速公路成本分析中，無法明確分割出員工薪資的成本，故總管理成本內會涵括員工薪資成本，而將此價格視為勞務與中間要素合併價格，此價格亦以單位管理成本表示之。其計算方式可分為以下所示：
 - a. ETC 實施前勞務與中間要素合併價格

$$W_1 = \frac{\text{總管理成本}}{\text{總員工數}}$$
 - b. ETC 實施後勞務與中間要素合併價格

$$W_1' = \frac{\text{ETC實施後總管理成本}}{\text{未來年ETC實施後員工數}}$$

(僅在未來年預測，不用於模式校估)
4. 物料價格方面，本研究主要考量其路面維護成本，以每單位公里之維護成本表示。
 - a. ETC 實施前物料價格

$$W_2 = \frac{\text{總物料成本}}{\text{高速公路總車道里程數}}$$

b. ETC 實施後物料價格

$$W_2' = \frac{\text{ETC實施後總物料成本}}{\text{高速公路總車道里程數}}$$

(僅在未來年預測，不用於模式校估)

至於，資本價格方面因其係屬建設(固定)成本之要素價格，而本研究主要在構建變動成本函數，故不加以考慮。

5. 原流量下的變動成本函數

本研究考量在民國 95 年至民國 99 年底高速公路收費方式為計次收費，即無法實施差別訂價，故高速公路上的流量無因差別定價而產生的轉移流量。本研究以 Translog 成本函數進行實證模型之構建，將產出項 Y 設定為高速公路年流量 Q，其基本模式為下式 3-14。

$$\begin{aligned} \ln TVC &= A_0 + \sum_i A_i \ln W_i \\ &+ \frac{1}{2} \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 A_{ij} \ln W_i \ln W_j + B_1 \ln Q + \frac{1}{2} B_{11} \ln Q \cdot \ln Q + \sum_i A_i B_i \ln W_i \ln Q \\ \Rightarrow TVC &= e^{A_0} W_1^{A_1} W_2^{A_2} e^{\frac{1}{2} A_{11} \ln W_1 \ln W_1} e^{\frac{1}{2} A_{12} \ln W_1 \ln W_2} e^{\frac{1}{2} A_{21} \ln W_2 \ln W_1} \\ &\times e^{\frac{1}{2} A_{22} \ln W_2 \ln W_2} Q^{B_1} e^{\frac{1}{2} B_{11} \ln Q \ln Q} e^{\frac{1}{2} A_1 B_1 \ln W_1 \ln Q} e^{\frac{1}{2} A_2 B_1 \ln W_2 \ln Q} \dots\dots(3-14) \end{aligned}$$

其中，TVC：高速公路總變動成本

W_i ：投入要素價格(1 表勞務與中間要素合併，2 表物料要素)

Q：產出項(即小客車當量延車公里)

A_i 、 B_j ：待校估參數 $i, j = 1, \dots, n$

6. 產生流量轉移情形下的變動成本函數

因民國 100 年後底高速公路收費方式為計程收費，即能夠實施差別定價，故高速公路上的流量會因差別訂價而產生轉移的流量。另外，因「時間上的轉移」

並不會影響其高速公路總流量，又假設其在尖離峰時段之平均營運成本基本上是不變的，故本研究在變動成本函數構建中並不考慮其「時間上的轉移」。其流量轉移下的變動成本函數型為式 3-15：

$$TVC = e^{A_0} W_1^{A_1} W_2^{A_2} e^{\frac{1}{2} A_{11} \ln W_1 \ln W_1} e^{\frac{1}{2} A_{12} \ln W_1 \ln W_2} e^{\frac{1}{2} A_{21} \ln W_2 \ln W_1} \times e^{\frac{1}{2} A_{22} \ln W_2 \ln W_2} \\ \times \left(\frac{e^{a+d \times k} \times M^r \cdot P^{\beta-1} \left(E_r \left(1 + d_w (-1 + d_p) \right) \right) - P \times \mu \times d_w (-1 + d_p)}{\mu} \right)^{B_1} \dots (3-15) \\ \times e^{\frac{1}{2} B_{11} \ln Q \ln Q} e^{\frac{1}{2} A_1 B_1 \ln W_1 \ln Q} e^{\frac{1}{2} A_2 B_1 \ln W_2 \ln Q}$$

3.3 高速公路收益函數構建

營運者收入即為通行費之總收益，惟 ETC 民營化後，因通行費之一定比例將做為 ETC 民營業者之委辦服務費(報酬)，於通行費總收益應扣除委辦服務費以淨值計算之。另外，因高速公路的收益主要來源為通行費和汽燃稅費用的收入，本研究暫不考慮其他收入來源(如政府補助金)，由此將由尖離峰差別基準費率乘上高速公路系統流量再加上汽燃稅費用的收入以及扣除委辦服務費用為總收益。

3.3.1 收益函數構建

其中在處理總流量函數過程中會有依基準費率的倍數而設定的尖峰費率(基準費率的倍數)以及等同於基準費率的離峰費率(基準費率)項，故會分為原流量下之收益函數及因差別訂價而產生流量轉移的收益函數。

1. 原流量下的收益函數

$$TR = P \times Q + N - F_p \times Q \times \varphi \\ = P \times (e^{\alpha+dk} \times P^{\beta} \times M^r) + N - F_p \times Q \times \varphi \dots (3-16)$$

其中，TR：高速公路總收益

N：汽車燃料費收入

F_p ：委辦服務費率

φ ：電子收費使用率

2. 產生流量轉移情形下的收益函數

因民國 100 年後高速公路收費方式為計程收費，即能夠實施差別訂價，故高速公路上的流量會因差別訂價而產生轉移的流量。另外，因本研究考慮在計程收費開始實施後就會有流量轉移的情形發生，但若未實施尖離峰差別訂價時並不會有產生時間上轉移的情形。故本研究在收益函數構建中分為兩種情形，一為實施計程收費但不採「尖離峰差別訂價」，此情形僅考慮空間上的轉移而不考慮其「時間上的轉移」；另一為實施計程收費也採行尖離峰差別訂價，將一併考慮兩種轉移的情形，其兩種流量轉移情形下的收益函數型為下式。

(1)實施計程收費但不採「尖離峰差別訂價」之收益函數

$$TR = \frac{-e^{a+h \cdot k \cdot M^r \cdot P^b} \left((1 + d_w(-1 + d_p)) - (Z1 + P \times Z2) \right)}{\mu} + N - F_p \times Q' \times \varphi \dots (3-17)$$

$$\text{令 } (E_r)(d_w - 1 - d_w \cdot d_p) = Z1$$

$$\mu \times (-1 - d_w + d_w \times d_p) = Z2$$

(2)實施計程收費也採「尖離峰差別訂價」之收益函數

$$TR = \frac{e^{a+h \cdot k \cdot M^r \cdot P^b} \left(-E_p \left(1 + d_w(-1 + d_p) \right) - C_1(Z3 + P \times Z4) \right)}{C_1 \times \mu} + N - F_p \times Q' \times \varphi$$

.....(3-18)

$$\text{令 } (E_r + E_p)(d_w - 1 - d_w \cdot d_p) = Z3$$

$$\mu \times (C_1 - 1 - C_1 \times d_w + C_1 \times d_w \times d_p) = Z4$$

其中， C_1 為尖離峰差別係數。

3.3.2 生產者剩餘

民營化 ETC 實施後，至於高公局營運者總變動成本因受人工收費成本減少之影響，其總行政管理成本亦有所變動，進而將分別改變其勞務價格，故此時其總變動成本函數及成為預測的勞務與中間要素合併價格(W_1')和預測的物料價格(W_2')兩種要素價格及流量(Q)之函數。而在收益方面，其高公局總收益通行費中有一定比例費額將做為 ETC 業者之委辦服務費，則其總收益亦將因而減少一定比例。

生產者剩餘(PS)之求算，即為營運者收入(TR)減去營運者總變動成本(TVC)，如下式 3-19 所示：

$$\begin{aligned} PS &= TR - TVC \\ &= \frac{1}{P} \times (N \times P - e^{(A_0 + 0.5 \times A_{11} \times \ln[W_1]^2 + 0.5 \times A_{22} \times \ln[W_1]^2 + B A_2 \times \ln[W_2] \times \ln[e^{\alpha + d \times k} \times M^r \times P^{\beta-1} \times (X1)] + 0.5 \times B_{11} \times \ln[e^{\alpha + d \times k} \times M^r \times P^{\beta-1} \times (X1)^2])}) \\ &\quad \times W_1^{A_1 + A_{12} \times \ln[W_2] + B A_1 \times \ln[e^{\alpha + d \times k} \times M^r \times P^{\beta-1} \times (X1)]} \times P \\ &\quad \times W_2^{A_2} \times (e^{\alpha + d \times k} \times M^r \times P^{\beta-1} \times (X1))^{B_1} + e^{\alpha + d \times k} \times M^r \times P^{\beta-1} \\ &\quad \times ((X2 + P \times d_w \times (1 - d_p) \times (P - F_p \times \phi)) \times (P + (C_1 - 1) \times E_t \times \mu - F_p \times \phi))) \dots \dots \dots (3-19) \end{aligned}$$

令

$$E_r \times \mu \times (1 - d_w + d_w \times d_p) - P \times d_w \times (d_p - 1) = X1$$

$$E_r \times \mu \times (1 - d_w + d_w \times d_p) = X2$$

3.4 財務均衡費率模式之構建及求解方法

本研究分別構建財務收支平衡下基準費率模式及社會福利最大費率模式，其中考量社會福利最大下之基準費率模式中，也一併考量此費率水準下欲達財務收支平衡所需之還本年期。

3.4.1 財務收支平衡下基準費率模式之構建

本研究依據「財務收支平衡」觀點將其財務收支模式設定為其訂定年期之淨收益(總收益-總變動成本)需滿足於目前高速公路借款部分之未償餘額，以求得訂定財務收支平衡年期下之基準費率。

1. 財務收支平衡分析及模式求解之基本理論

在確定建設之財務成本與財務收益之內容後，即可依資金之需求面與供給面進行成本與收益分析，以探討財務收支平衡的情形。判斷的財務指標則有淨現值、內生報酬率、回收年期、自償能力等。另外，因所求解的模式為一非線性之數學問題，故採用數值方法求方程式的解。

2. 財務指標分析

a. 淨現值(Net Present Value ,NPV)

淨現值法是評估公共建設投資最簡便且使用最廣的一種方法。將某建設中各年度之淨現金流量以適當之折現率折現後加總，若加總所得之淨現值大於零，即表示本建設具有財務可行性，亦即有獲利之狀態。其公式為：

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{(TR_t - TC_t)}{(1+i)^t}$$

其中， TR_t = 第 t 期收益

TC_t = 第 t 期成本

i = 折現率

n = 目標年限

b. 回收年期(Payback Period)

係指可將投資成本回收之年數。回收年期愈短，投資可行性愈高，一般亦需將貨幣之時間價值列入考慮，其公式為：

$$\sum_{t=1}^n \left[\frac{TR_t}{(1+i)^t} - \frac{TC_t}{(1+i)^t} \right] > 0 \dots\dots\dots (3-20)$$

其中， t =還本年期

c. 敏感度分析

敏感度分析為財務規劃中甚為重要的一環，相關變數如建造成本、營運成本、營業收入、市場利率、通貨膨脹率、折現率等均會影響此公共設施之財務效益。

3. 財務收支平衡下基準費率模式

本模式將考慮以淨現值的觀點，將財務成本及財務收益在設定的回收年期內使其生產者剩餘之淨現值等同於高速公路系統之未償餘額，在此條件下求出基準費率。因所推算出之模式為非線性的數學問題，故以牛頓法求解，求算出基準費率(P)。

$$f(p) = \frac{TR_i - TVC_i}{AM} = 1 \dots\dots\dots (3-21)$$

其中， $f(p)$ ：財務收支平衡模式

TR_i ：高速公路 i 年期總收益

TC_i ：高速公路 i 年期總變動成本

p ：尖離峰差別基準費率

AM ：高速公路借款部分之未償餘額

3.4.2 社會福利最大費率模式之構建

若只以社會福利最大為目標之定價方式，常會造成業者之虧損，基於永續經營與社會公平之考量，需加入損益兩平之限制，以確保業者有正常之利潤。本研究將考量通行費率於社會面的反映，在社會福利最大下求出之基準費率，進而以此費率推算在達財務收支平衡下的還本年限。

1. 考慮社會福利最大之基準費率模式

社會福利為消費者剩餘加上生產者剩餘，而在此條件下構建社會福利之費率模式，如式 3-22。在社會福利費率模式下求社會福利最大下之基準費率，首先在式 3-22 中對 P(基準費率)做一階導數微分，如式 3-23。再者，令式 3-23 等於零，求出變數 P(基準費率)。

$$\begin{aligned}
 CS + PS = & \frac{1}{(\beta-1) \times \beta \times (1+\beta) \times C_1 \times P} \times (C_1 \times e^{\alpha+d \times k} \times E_r \times M^r \times P \times \mu \times (1-d_w + d_w \times d_p) \times (P^\beta - Y^\beta) \\
 & - \beta^2 \times e^{\alpha+d \times k} \times M^r \times (E_r \times E_t \times (C_1 \times P)^\beta \times \mu^2 \times (1-d_w + d_w \times d_p) \\
 & + C_1 \times (E_r \times \mu \times (1-d_w + d_w \times d_p)) \times (P^\beta \times (P - E_t \times \mu) - P \times Y^\beta) + P \times d_w \times (d_p - 1) \times (Y^{1+\beta} - P^{1+\beta})) \\
 & + \beta^3 \times C_1 \times (N \times P - e^{(A_0 + 0.5 \times A_{11} \times \ln[W_1]^2 + 0.5 \times A_{22} \times \ln[W_1]^2 + B A_2 \times \ln[W_2] \times \ln[e^{\alpha+d \times k} \times M^r \times P^{\beta-1} \times (X1)] + 0.5 \times B_{11} \times \ln[e^{\alpha+d \times k} \times M^r \times P^{\beta-1} \times (X1)^2])} \\
 & \times W_1^{A_1 + A_{12} \times \ln[W_2] + B A_1 \times \ln[e^{\alpha+d \times k} \times M^r \times P^{\beta-1} \times (X1)]} \times P \times W_2^{A_2} \times (e^{\alpha+d \times k} \times M^r \times P^{\beta-1} \times (X1)))^{B_1} \\
 & + e^{\alpha+d \times k} \times M^r \times P^{\beta-1} \times ((X2 + P \times d_w \times (1-d_p) \times (P - F_p \times \varphi)) \times (P + (C_1 - 1) \times E_t \times \mu - F_p \times \varphi))) \\
 & + \beta \times (-C_1^2 \times e^{\alpha+d \times k} \times E_r \times E_t \times M^r \times P^\beta \times \mu^2 \times (1-d_w + d_w \times d_p) - e^{\alpha+d \times k} \times E_r \times E_t \times M^r \times (C_1 \times P)^\beta \\
 & \times \mu^2 \times (1-d_w + d_w \times d_p) \\
 & + C_1 \times (N \times P - e^{(A_0 + 0.5 \times A_{11} \times \ln[W_1]^2 + 0.5 \times A_{22} \times \ln[W_1]^2 + B A_2 \times \ln[W_2] \times \ln[e^{\alpha+d \times k} \times M^r \times P^{\beta-1} \times (X1)] + 0.5 \times B_{11} \times \ln[e^{\alpha+d \times k} \times M^r \times P^{\beta-1} \times (X1)^2])} \\
 & \times W_1^{A_1 + A_{12} \times \ln[W_2] + B A_1 \times \ln[e^{\alpha+d \times k} \times M^r \times P^{\beta-1} \times (X1)]} \times P \times W_2^{A_2} \times (e^{\alpha+d \times k} \times M^r \times P^{\beta-1} \times (X1)))^{B_1} \\
 & + e^{\alpha+d \times k} \times M^r \times (E_r \times P^\beta \times \mu \times (1-d_w + d_w \times d_p) \times (2E_t \times \mu + F_p \times \varphi - P) \\
 & + P \times d_w \times (d_p - 1) \times (Y^{1+\beta} - F_p \times P^\beta \times \varphi))) \dots \dots \dots (3-22)
 \end{aligned}$$

令

$$E_r \times \mu \times (1-d_w + d_w \times d_p) - P \times d_w \times (d_p - 1) = X1$$

$$E_r \times \mu \times (1-d_w + d_w \times d_p) = X2$$

$$\frac{\partial(CS + PS)}{\partial P} = 0 \dots \dots \dots (3-23)$$

2. 社會福利最大下費率之還本年期模式

以社會福利最大下求出之基準費率推算在達財務收支平衡下的還本年限，如式 3-24。式 3-24 在已知的 P(社會福利最大下之基準費率)下，求出其需還本年期(n)。

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n PS_i &= TR_i - TVC_i = AM_i \\ &= \frac{1}{P} \times (N \times P - e^{(A_0 + 0.5 \times A_{11} \times \ln[W_1]^2 + 0.5 \times A_{22} \times \ln[W_1]^2 + BA_2 \times \ln[W_2] \times \ln[e^{\alpha+d \times k} \times M^r \times P^{\beta-1} \times (X1)] + 0.5 \times B_{11} \times \ln[e^{\alpha+d \times k} \times M^r \times P^{\beta-1} \times (X1)^2])} \\ &\quad \times W_1^{A_1 + A_{12} \times \ln[W_2] + BA_1 \times \ln[e^{\alpha+d \times k} \times M^r \times P^{\beta-1} \times (X1)]} \times P \times W_2^{A_2} \times (e^{\alpha+d \times k} \times M^r \times P^{\beta-1} \times (X1)))^{B_1} \\ &\quad + e^{\alpha+d \times k} \times M^r \times P^{\beta-1} \times ((X2 + (P \times d_w \times (1 - d_p) \times (P - F_p \times \phi)) \times (P + (C_1 - 1) \times E_i \times \mu - F_p \times \phi))) \\ &= AM \dots \dots \dots (3-24) \end{aligned}$$

令

$$E_r \times \mu \times (1 - d_w + d_w \times d_p) - P \times d_w \times (d_p - 1) = X1$$

$$E_r \times \mu \times (1 - d_w + d_w \times d_p) = X2$$

3.4.3 財務均衡費率模式構建與求解步驟

由於前述之費率模式為非線性模式，本研究無法直接求得最佳費率之封閉解。因此於實際使用此模式時，主要利用數值方法(如牛頓法)反覆進行求解以達模式之均衡收斂。

本研究之模式構建與求解主要可分為下述主要步驟：

01. 分析高速公路之變動成本結構，並估計變動要素價格(勞務與中間要素合併及物料)，結合小客車當量流量值，建立高速公路之 Translog 變動成本函數。
02. 計算當量值之通行費率與容量比例值，並結合國民所得與歷年交通流量校估出高速公路需求面之年流量關係函數。
03. 在需求面函數結構中加入機率轉移函數，建立因實施 ETC 及尖離峰差別訂價後之高速公路需求面之年流量關係函數。

04. 本研究經需求面與供給面分析，以及結合尖離峰差別訂價之費率倍數設定後，構建收益函數及變動成本函數，並由其函數求得消費者剩餘與生產者剩餘。
05. 構建 ETC 實施後財務收支平衡下之模式以及財務自償率限制之社會福利最大化模式，進行均衡求解。由於此兩種模式皆為一非線性模式，本研究將運用數學軟體(MATHEMATIC)來編寫程式以便利利用數值方法進行求解，最後經由模式求解後可得小客車當量車公里之基準費率(P)。
06. 本研究將設定不同還本年期及基準尖離峰差別費率的倍數，在此兩種設定條件下求解出不同的基準費率。

3.5 小結

本章主要構建需求函數與變動成本函數，並結合消費者剩餘與生產者剩餘，進一步構建財務收支平衡下基準費率模式及社會福利最大費率模式，茲將本章之研究結果整理如下：

1. 於需求面利用 Cobb-Douglas 函數形式構建高速公路之使用者需求面函數，其考量之相關變數包括國民所得、通行費率、相對基本容量比例值及小客車當量車公里等。
2. 在需求面考慮在實施差別訂價後產生流量轉移配合個體轉移與彈性關係之公式，進而設定一轉移機率模式，以反映高速公路流量因差別定價變動之情形。
3. 經供給面分析後以 Translog 函數形式構建高速公路之變動成本函數，其投入變數包含勞務與中間要素合併價格及物料價格，並以小客車當量車公里為其產出項目。

4. 在收益函數將考慮在尖峰時段採增加倍數的基準費率，而在離峰時段採基準費率，以合理反映收益函數因差別定價及流量轉移後的變動情形。
5. 本研究將構建二財務均衡費率模式，一為 ETC 實施後高速公路財務收支平衡下基準費率模式，二為結合消費者剩餘與生產者剩餘之估算方式，在社會福利最大化且財務收支平衡下之均衡費率模式(社會福利最大費率模式)，並進行兩模式之推導以及基準費率與還本期求解。
6. 關於通行費率之結構，本研究主要有兩種主要加權方式，一為以原有車種費率比率加權，二為以軸重當量因子進行加權。



第四章 實證資料分析及預估

本章主要依據高速公路歷年之交通流量與維護、營運成本資料及使用者通行費率資料進行模式之校估與實證分析，礙於資料蒐集之完整性，模式構建之分析年期主要以民國 68 年全線通車後至民國 93 年間之資料進行模式參數之校估，之後並進行民 94~120 年之相關變數預測。

4.1 高速公路之營運現況分析

目前高速公路之收入及支出係統籌由國道基金管理與支應。而國道基金係根據民國 84 年 7 月行政院核定之「交通部國道公路建設管理基金收支保管及運用辦法」運作。其設置目的即在於促進自償性國道公路之建設、維護及管理，以達成整體國道公路系統興建之目的。交通部運研所(民 87)【49】之研究中針對國道基金之支出與收入來源做一詳細之探討，以下針對其內容概要陳述。

1. 收入方面

基金之主要收入來源主要可分為三方面：(1)基金部分，主要為自償性國道公路建設計劃屬非自償比例部分之國庫撥充款項，即辦法中之政府循預算程序之撥款。(2)負債部分，自償性國道公路建設計劃屬自償比例部分之乙類公債，及向金融機構或民間機構之融資款項。(3)營運收入，辦法中明定之收入項包含 a.於國道公路向車輛徵收之通行費收入、b.經分配於國道公路建設用之汽車燃料使用費收入、c.服務性設施有關之收入、d.辦理區段徵收取得可建土地處分或有償撥用價款收入、e.本基金之孳息收入、f.受贈收入及 g.其他有關收入等。

2. 支出方面

支出部份可分為三部分，分別為國道建設之資本成本、財務支出與維護管理費用，其概述如下：(1)資產部分(即新建工程費用)，辦法中之支出項目屬資產部分為 a.具自償性國道公路之建設及其設施之擴充、改良支出、b.辦理區段徵收取得可建土地等開發成本支出及 c.基金融資之利息及手續費支出。(2)負債部分(財務支出)，負債部分主要包含償還負債之支出。(3)支出部分(即管理維護費用)，辦法中之主要費用支出包含 a.國道公路維護管理支出、b.國道公路業務之宣導、推廣、訓練及研究發展支出及 c.管理及總務支出及 d.其他有關支出等。

3. 收支概況

國道公路自民國八十三年後轉為以國道基金運作，通行費約佔總收入之 67.27%；其次為汽燃費收入佔 29.41%，其他收入項目包含服務收入、受贈收入及利息收入等，只佔總收入之 3.32%。由上述可知通行費及汽燃費收入為基金之兩大主要收入來源。基金之支出部分主要為新建工程之投資成本與營運維護之營運費用，投資成本所佔比例最重約 90.4%，而營運費用只佔約 9.6%。其中投資成本即包含了公路之建設及其設施之擴充改良支出、土地開發成本等支出，而營運成本方面則為維護管理、及其他有關之支出。

4. 負債概況及預測

截至民國 91 年八月底止之未償餘額尚有 1,715 億元，其詳細資料請參照附錄 A-4。另外，為反映未來年所增加之未償餘額，本研究依據高速公路 93 年年報，基金截至 93 年止長期負債達 1852 億元；另 91 年 11 月「國道公路建設管理基金財務計畫草案」【67】顯示，基金負債於 98 年將高達 3129 億元。因中山高及北二高之建設至民國 96 年底完成，故本研究考慮至 96 年底之高速公路建設經費，

以及其國道基金負債，至民國 96 年底為約 2500 多億元。

故本研究將負債分擔至分析年 95~120 間。再者，以 96 年負債 2500 多億元之金額，試算出其每年的利息費用(以公債利率計算)，以做為每年未償餘額之增加金額。

因政府對於高速公路之建設，其資金給付多以發行公債方式，故本研究以公債償還本金方式中之到期一次還本的方式來處理。此公債償還方式為至到期年才將本金一次還清，而未還債款期間，則每年給付固定之利息費用。而在此期間無須償還本金，因借貸者需收取約定年間之利息費用。另外，在財務模式中，則需考慮在償還負債期間，其每年淨收益所產生之利息收入。

針對國道基金運作之收入與支出項目彙總與整理如表 4-1 所示：



表 4-1 基金收入支出項目

國道基金之項目	交通部運研所(民 87)
收 入 項 目	
一、基金部分	
政府循預算程序之撥款	罰金及過怠金、賠償收入
二、負債部分	
乙類公債撥充款項	建設公債收入
融資款項	借款收入
三、營運收入	
通行費收入	通行費收入
汽車燃料使用費收入	汽車燃料費收入
服務設施收入	特許費收入(服務區之服務特許費、服務區之權利金)
可建土地處分或有償撥 用價款收入	財產收入(財產售價收入、場地設備租金收入)
基金利息收入	
受贈收入	
其他收入	雜項收入
支 出 項 目	
一、資產部分	
公路之建設及其設施之 擴充、改良支出	新(擴)建工程費(含路面及非路面工程費)、建築物設 備費、交通設備費、養護及其他設備費、建設籌辦 及規劃設計費
融資之利息及手續費支 出	公債與借款利息
區段徵收取得可建土地 等開發成本支出	--
二、負債部分	
償還基金之負債	--
三、支出部分	
維護管理支出	路面維護費用、非路面維護費用(維護管理費、維護 作業費、美化作業費)、整建工程費(路面及非路面整 建工程費)
業務之宣導、推廣、訓練 及研究發展支出	國際活動費
管理及總務支出	收費站營運費用、管理費用(行政管理費、交通管理 費、服務區休息站管理維護及設備費)
其他有關支出	--

資料來源：本研究整理自交通部運輸研究所(民 87)

基金設置之主要目的為有效推展與管理自償性及具特定財源之交通建設計畫(自償性國道建設計畫)，並統籌辦理其興建、營運、維護及自償部分之資金籌措、償還等事宜，並於其管理辦法之規定下其主管機關需達其設定之財務自償比例。

4.2 高速公路需求面模式變數資料分析

本研究之需求面函數構建所需變數包含高速公路使用量、通行費率、國民所得及容量因子等資料。除現況資料之分析外，為進行目標年之需求預測，須針對相關變數進行預估，其預估方式主要以現況資料為基礎以成長率方式進行預估，進而求得未來年之變數資料，以下將針對各所需變數進行資料之收集與分析方式說明。

1. 交通量分析

為考量各車種於行駛間之相互干擾及其佔道路使用面積與頻率等因素，本研究所定義之交通流量主要為小客車當量車公里，即將各車種折算為小客車當量後乘上其旅次長度，茲將其變數所收集之資料與處理方式說明如下：

- (1). 通行車輛數：本研究主要參考國道高速公路全線通車後之歷年通過收費站次數，相關資料請見附錄 A-1，經分析後可知除民國 86 年外每年皆有成長之趨勢，年平均成長率為 8.14%，其中小客車所佔比例最高(約 72.61%)，其次為大型車(約 16.23%)，而聯結車所佔之比例最低(約 11.16%)。
- (2). 延車公里：參考民八十四年交通動態調查資料中之民國 71、76、78 及 83 年各車種平均旅次長度資料，如附錄 A-2 所示，利用外插與內插法以求得歷年之平均旅次長度資料，如表 4-2 所示，其中為求得大型車之平均旅次長度資料，本研究以其當年度登記車輛數所佔之比例為權重進行加權計算。
- (3). 小客車當量延車公里：將附錄 A-1 中各車種之歷年通過車輛數參考運輸資料分析之計算方式，將大型車與聯結車之小客車當量設定為 2，折算為小客車當量數並乘上表 4-2 中各年度車種之旅次長度，即可求得歷年之小客車當量延車公里，其結果如表 4-3 所示。

表 4-2 各年度平均旅次長度推估值

年 度	小型車 旅次長度	大型車 旅次長度	聯結車 旅次長度	年 度	小型車 旅次長度	大型車 旅次長度	聯結車 旅次長度
68	46.12	67.62	70.00	81	30.56	46.94	60.00
69	43.78	64.68	68.10	82	31.38	47.82	60.00
70	41.44	61.74	66.20	83	32.20	48.70	60.00
71	39.10	58.80	64.30	84	33.02	49.58	60.00
72	36.76	55.86	62.40	85	33.84	50.46	60.00
73	34.42	52.92	60.50	86	34.66	51.34	60.00
74	32.08	49.98	58.60	87	35.48	52.22	60.00
75	29.74	47.04	56.70	88	36.30	53.10	60.00
76	27.40	44.10	54.80	89	37.12	53.98	60.00
77	27.75	44.20	57.40	90	37.94	54.86	60.00
78	28.10	44.30	60.00	91	38.76	55.74	60.00
79	28.92	45.18	60.00	92	39.58	56.62	60.00
80	29.74	46.06	60.00	93	40.40	57.50	60.00

註：大客車與大貨車之加權值依台灣地區機動登記數計算，分別為民 71 年 0.27 與 0.73、民 76 年 0.19 與 0.81、民 78 年 0.21 與 0.79 及民 0.24 與 0.76



表 4-3 各車種之小客車當量車公里推估值

年度	小型車	大型車	聯結車	總計
68	2,414,475,070	2,995,801,994	1,498,347,760	6,908,624,824
69	2,407,424,024	3,114,040,850	1,915,425,955	7,436,890,828
70	2,512,917,083	2,840,089,269	1,917,716,289	7,270,722,640
71	2,634,791,974	2,595,237,842	1,931,840,903	7,161,870,719
72	2,844,357,530	2,650,844,902	1,999,166,957	7,494,369,389
73	3,041,658,949	2,656,024,001	2,204,130,918	7,901,813,868
74	3,006,379,574	2,512,411,233	2,347,090,330	7,865,881,137
75	3,187,760,919	2,590,786,988	2,639,942,021	8,418,489,928
76	3,620,534,894	2,675,904,827	3,004,869,772	9,301,309,493
77	4,547,984,519	2,837,982,462	3,569,100,660	10,955,067,640
78	5,398,103,376	2,924,776,283	3,813,264,600	12,136,144,260
79	6,314,461,456	3,144,617,818	3,905,291,160	13,364,370,434
80	6,725,977,344	3,306,595,076	4,027,472,640	14,060,045,060
81	7,028,985,896	4,612,579,566	2,780,363,280	14,421,928,742
82	7,646,295,501	4,695,547,178	3,228,761,280	15,570,603,960
83	8,532,112,826	4,798,119,871	3,653,361,600	16,983,594,297
84	9,478,748,937	4,966,946,909	3,720,259,320	18,165,955,166
85	10,262,460,697	5,309,560,553	3,721,555,920	19,293,577,170
86	10,390,352,756	5,312,897,208	3,685,907,640	19,389,157,604
87	11,766,221,330	5,227,714,643	3,907,853,760	20,901,789,734
88	12,590,512,268	5,626,371,924	4,098,838,440	22,315,722,632
89	13,560,716,745	5,861,130,263	4,104,027,120	23,525,874,128
90	14,256,982,719	6,071,475,356	4,030,651,920	24,359,109,995
91	15,337,704,871	6,221,128,022	4,125,932,520	25,684,765,413
92	17,231,059,116	6,125,707,834	4,192,839,840	27,549,606,790
93	18,902,200,985	6,584,279,116	4,564,501,920	30,050,982,021

註：單位：小客車當輛車公里/年

2. 平均每人國民所得

(1). 現況：參考行政院主計處之歷年平均國民所得資料，並希以其做為使用

者負擔能力高低之衡量標準，其資料如表 4-4 所示，由表可知其平均成長率為 4%。

(2). 平減：以金額表示的時間數列指標，其名目變動都包含物價上升部分，

因此如欲顯示純粹數量或品質的變動，必須剔除物價變動部分，而僅表

示實質變動部分者，這種剔除的計算程序稱為平減。平減所依據的價格指標稱為平減指數。亦即實質值＝名目值÷平減指數。平減指數為價格數列之一，在作各類基本項目平減時，多直接採用與其相對應之消費者物價或躉售物價之細類指數作為平減指數。故本研究在校估模式中有關金額的輸入數值，皆有做平減的處理程序。其每人平均國民所得平減後的資料如表 4-5 所示。

- (3). 預測：為進行需求之預測，需估計目標年之所得水準，本研究以歷年之所得資料成長率為 4% 為基礎，並假設每年之成長率會因社經狀況或物價上漲等因素而有遞減情形，其遞減率民國 91~100 年每年皆為 2%、民國 101~110 年每年皆為 2.5%，以及民國 111~120 年每年為 3%，平均每入國民所得之預測結果如表 4-6 所示。

表 4-4 歷年平均國民所得

年 度	國民所得 (元)	年 度	國民所得 (元)
68	63,275	81	241,307
69	77,575	82	264,196
70	89,868	83	286,191
71	94,647	84	308,086
72	103,093	85	333,948
73	114,511	86	356,624
74	119,272	87	376,910
75	137,992	88	387,708
76	154,229	89	399,154
77	166,758	90	387,250
78	184,267	91	398,248
79	199,340	92	403,056
80	219,637	93	413,786

資料來源：行政院主計處

表 4-5 平減後歷年平均每人國民所得

年 度	國民所得 (元)	年 度	國民所得 (元)
68	101784	81	299678
69	124787	82	328104
70	144561	83	301368
71	152249	84	324424
72	165835	85	351657
73	163144	86	375536
74	169927	87	396898
75	196598	88	392536
76	219731	89	399114
77	237581	90	387250
78	228841	91	399046
79	247560	92	405000
80	272766	93	409162

資料來源：本研究整理

表 4-6 平均每人國民所得預測值

年度	國民所得 預測值	成長率	年度	國民所得 預測值	成長率
94	424,092	--	110	706,265	2.32%
95	439,772	--	111	721,944	2.22%
96	457,363	4.00%	112	737,032	2.09%
97	475,429	3.95%	113	751,552	1.97%
98	493,543	3.81%	114	765,456	1.85%
99	511,656	3.67%	115	778,774	1.74%
100	529,768	3.54%	116	791,391	1.62%
101	548,628	3.56%	117	803,420	1.52%
102	567,281	3.40%	118	814,748	1.41%
103	585,775	3.26%	119	825,421	1.31%
104	603,992	3.11%	120	835,409	1.21%
105	621,931	2.97%	121	844,682	1.11%
106	639,594	2.84%	122	853,213	1.01%
107	656,863	2.70%	123	861,745	1.00%
108	673,744	2.57%	124	870,363	1.00%
109	690,251	2.45%	125	879,066	1.00%

註：單位：元

3. 通行費

本項目為使用者每年平均每延車公里之通行費率，高速公路之通行費率自民國 64 年開始徵收通行費以來，僅分別於民國 70 年與 80 年調整過兩次，其費率如表 4-7 所示，目前之收費方式仍以主線欄柵式為主，其平均站距約為 38 公里，將其費率換算為每公里通行費率，並以各年度車種之小客車當量車公里所佔比例與 3.1 節中模式設定之費率結構予以加權，即可得小客車當量之每公里通行費率，如表 4-8 所示。其加權方式主要有以下二種方式：

(1)維持現有費率結構比例，即小型車：大型車：聯結車=1：1.25：1.625。

(2)考量軸重當量因子比例予以加權，即小型車：大型車：聯結車=1：1.191：1.675。

表 4-7 高速公路歷年通行費調整沿革

調整日期	小型車	客貨車	聯結車
63.07.30	15	20	30
70.07.26	25	30	40
80.09.01	40	50	65

資料來源：交通部運研所(民 87)

註：單位：元

表 4-8 車種別繳交之單位通行費率

年度	小型車	大型車	聯結車	原有費率結構加權	軸重當量因子加權
68	0.4021	0.2681	0.4021	0.3440	0.4251
69	0.4021	0.2681	0.4021	0.3460	0.4374
70	0.6702	0.4021	0.5362	0.5302	0.6556
71	0.6702	0.4021	0.5362	0.5369	0.6624
72	0.6702	0.4021	0.5362	0.5397	0.6634
73	0.6702	0.4021	0.5362	0.5427	0.6695
74	0.6702	0.4021	0.5362	0.5446	0.6771
75	0.6702	0.4021	0.5362	0.5457	0.6828
76	0.6702	0.4021	0.5362	0.5498	0.6888
77	0.6702	0.4021	0.5362	0.5571	0.6949
78	0.6702	0.4021	0.5362	0.5635	0.6957
79	0.6702	0.4021	0.5362	0.5680	0.6918
80	1.0724	0.6702	0.8713	0.9202	1.1188
81	1.0724	0.6702	0.8713	0.9050	1.0593
82	1.0724	0.6702	0.8713	0.9094	1.0700
83	1.0724	0.6702	0.8713	0.9155	1.0782
84	1.0724	0.6702	0.8713	0.9213	1.0767
85	1.0724	0.6702	0.8713	0.9229	1.0716
86	1.0724	0.6702	0.8713	0.9240	1.0709
87	1.0724	0.6702	0.8713	0.9342	1.0762
88	1.0724	0.6702	0.8713	0.9341	1.0744
89	1.0724	0.6702	0.8713	0.9371	1.0716
90	1.0724	0.6702	0.8713	0.9389	1.0681
91	1.0724	0.6702	0.8713	0.9427	1.0682
92	1.0724	0.6702	0.8713	0.9524	1.0703
93	1.0724	0.6702	0.8713	0.9537	1.0711

註：單位：元/當量-公里

4. 相對基本容量比例值(k)

- (1). 現況：本變數主要考量高速公路擴建後可增加之服務流量，主要以中山高全線通車後所提供之容量為基本容量，計算其擴建後所增加之容量比例值。其計算方式如下：本研究參考中山高速公路與第二高速公路主線里程與車道數資料計算高速公路之車道與里程數，並將高速公路拓寬或

增建之路段完工通車時間與路段資料整理如表 4-9 所示，本研究對照表 4-9 之路段通車資料計算其增加之車道里程數，並代入(4-1)式求得其相對基本容量比例值如表 4-10 所示。

$$\text{相對基本容量比例值}(k_i) = \frac{\text{既有車道里程數}(c_0) + \text{擴建車道里程數}(c_i)}{\text{既有車道里程數}(c_0)} \dots\dots\dots(4-1)$$

(2). 預測：本研究之研究範圍主要為中山高及第二高速公路，因此假設於中山高目前擴建部分與第二高速公路完工後即不再擴建，僅以維修與營運為主，因此其容量亦不再擴張。

表 4-9 高速公路路段別之通車時期

年度	公路別	通車路段	通車時期
67	中山高	全線通車	--
82	二高	中和--新竹	82.8
84	汐止五股段	環河--五股	84.6
85	汐止五股段	堤頂--環河	85.8
85	二高	新竹--竹南	--
86	汐止五股段	汐止--五股	86.10
88	一高	楊梅--新竹(拓寬路段)	88.12
89	二高	新化--關廟,燕巢--九如	89.2
89	北宜	南港--石碇	89.1
89	二高	基隆--汐止	89.1
89	二高	關廟--燕巢	89.1
90	二高	斗六--新化	90.11
91	二高	中港--龍井	91.10
92	二高	後龍--中港,快官--草屯	92.1
92	二高	九如--麟洛	92.9
93	二高	麟洛--林邊	93.1
93	一高	員林--高雄(拓寬路段)	93.12

資料來源：本研究整理自各年度高速公路年報

表 4-10 相對基本容量比例值表

年度	里程數	車道數	增加車道里程數	容量因子 (k_t)
68~81	373.2	4.45	1662.31	1
82~83	64.8	6.56	425.60	1.26
84	7.4	6	44.40	1.28
85	25.7	6.52	167.56	1.38
86~87	6.4	4	25.60	1.40
88	31.0	2	62.00	1.44
89~90	52.5	6	315.00	1.59
91	86.9	6	521.40	1.90
92	61.3	6	367.80	2.24
92	15.7	8	125.6	
93	23.2	8	185.6	2.47
93	158	2	197.72	

資料來源：本研究整理自各年度高速公路年報 註：單位：公里

4.3 高速公路成本模式變數資料分析

本研究之變動成本函數型式為：

$$TVC = e^{A_0} W_1^{A_1} W_2^{A_2} e^{\frac{1}{2} A_{11} \ln W_1 \ln W_1} e^{\frac{1}{2} A_{12} \ln W_1 \ln W_2} e^{\frac{1}{2} A_{21} \ln W_2 \ln W_1} \\ \times e^{\frac{1}{2} A_{22} \ln W_2 \ln W_2} Q^{B_1} e^{\frac{1}{2} B_{11} \ln Q \ln Q} e^{\frac{1}{2} A_1 B_1 \ln W_1 \ln Q} e^{\frac{1}{2} A_2 B_1 \ln W_2 \ln Q}$$

其中， TVC ：高速公路總變動成本

W_i ：投入要素價格(1 表勞務與中間要素合併，2 表物料要素)

Q ：產出項(即小客車當量延車公里)

A_i 、 B_j ：待校估參數 $i, j = 1, \dots, n$

其相關變數包含總變動成本、勞務及行政管理成本、物料成本(即其維修成本)及小客車當量延車公里。以下即針對其主要變數進行說明與分析，並將現況資料以成長率做為其變數之預估方式，做為成本預測之基礎。

總變動成本主要為高速公路維護與營運成本之總和，參考運研所(民 87)針對高速公路變動成本之分類項目，包含收費站營運費用、行政管理費、交通管理費、休息站維護與設備費、維護管理費、維護作業費、美化作業費、路面維護費、路面整建工程費及房屋、設備之折舊費等。其內容與說明如表 4-11 所示。

1. 勞務與中間要素合併價格(即單位管理成本)

因在高速公路成本分析中，無法明確分割出員工薪資的成本，故總管理成本內會涵括員工薪資成本，而將此價格視為勞務與中間要素合併價格，其計算方式為總管理成本除以總員工數，此價格亦以單位管理成本表示之。如式 4-2 所示。

$$\text{勞務與中間要素合併價格} = \frac{\text{總管理成本}}{\text{總員工數}} = W_1 \dots\dots\dots(4-2)$$

其中，

總管理成本項目：包含收費站營運費用、行政管理費、交通管理費、休息站維護費與設備費。

總員工數：包含其局本部、各區與收費站編制之職員、約聘職員、約僱人員及約僱職工等。

表 4-11 國道高速公路維護管理費用之內容與說明表

細項名稱	說明
收費站營運費用	1.收費站收費業務費用，含收費站之人事、事務、業務、維護、旅運及設備費
管理費用	1.行政管理費：即一般性行政管理工作之費用，包含人事、事務、業務、維護、旅運及設備費。 2.交通管理費：即交通控制系統及安全設施等管理費用，含人事、事務、業務、維護及設備費。 3.服務區休息站管理維護費及設備費：服務區休息站之管理維護費，含人事、事務、業務、維護及設備費。
路面維護費用	全線路面之維護及設備費用，含維護人員、材料及機具費用等。
非路面維護費用	包括維護管理費、維護作業費、美化作業費等。
整建工程費	1.路面整建工程費 2.非路面整建工程費

資料來源：運研所(民 87) 【49】

2. 物料價格(即單位維護成本)

其計算方式為總維護成本除以總車道里程數，此價格亦以單位維護成本表示之。如下式 4-3 所示。

$$\text{物料價格} = \frac{\text{總維護成本}}{\text{總車道里程數}} = W_2 \dots\dots\dots(4-3)$$

其中，

維護成本項目：包含維護管理費、維護作業費、美化作業費、路面維護費用、非路面維護費用、整建工程費及建物與設備費。

總車道公里數：包含中山高及二高之總里程數乘以其車道數。

3. 現況

其成本項目整理如表 4-13~4-14 所示，由表 4-15 可知單位管理成本以 7%之比例成長，而單位維護成本以 6%之比例成長。因管理及維護成本之資料為多年之長期資料，為考慮物價變動之影響，本研究將管理與維護成本進行成本金額之平減處理，以反映基年金額的現值。其原始數值資料如表 4-15 所示，其平減後數值資料如表 4-16 所示。

4. 勞務與中間要素合併價格預測：為進行民 94~120 年間之總變動成本預測，需針對總管理成本資料進行預估，本研究以歷年之成本資料，其中管理成本之平均成長率為 7% 成長。另外，將考慮因實施電子收費後所減少的人事成本(收費站之約聘人員)。而至民國 100 年後全面實施計程收費後，員工數將設定為一定值。在 95 年開始實施電子收費後在 95 年~103 年底間每年有預估之電子收費使用率(如表 4-12)，而減少的人事成本將配合此比率進行試算每年總管理成本的減少值。至民國 104 年後，因已全面實施計程收費，又員工數已為一定值且電子收費使用率也達 90%，故民國 104 年後之勞務與中間要素合併價格將依一定的成長率及通貨膨脹率做改變，其成本之預測結果如表 4-17 所示。

表 4-12 電子收費利用率目標量規劃表

民國(年)	95	96	97	98	99	100	101	102	103	~契約終止
利用率(%)	15	30	45	60	65	70	75	80	85	90

資料來源：高公局提供

5. 物料價格預測：為進行民 94~120 年間之總變動成本預測，需針對維護成本資料進行預估，本研究以歷年之成本資料，其中維護成本之成長率 6% 為基礎，並假設每年之成長率會因社經狀況或物價上漲等因素而有遞減情形，其成本之預測結果如表 4-17 所示。

表 4-13 管理費用項目表

年 度	管理費用				
	收費站營運費用	行政管理費	交通管理費	休息站維護與設備	總計
68	64,659,963	21,807,010	49,944,428	--	136,411,401
69	97,355,838	56,725,951	--	--	154,081,789
70	117,774,222	66,238,915	--	--	184,013,137
71	132,565,617	77,388,142	--	--	209,953,759
72	148,716,891	85,377,293	--	--	234,094,184
73	152,809,792	85,643,392	--	--	238,453,184
74	162,083,774	115,144,674	--	--	277,228,448
75	174,592,985	116,726,393	--	--	291,319,378
76	181,410,950	125,884,312	--	--	307,295,262
77	195,921,451	120,536,983	41,994,689	67,686,180	426,139,303
78	240,814,290	313,486,430	51,505,934	70,965,385	676,772,039
79	252,044,699	333,017,252	58,073,308	82,764,360	725,899,619
80	283,740,671	432,469,004	69,379,666	70,531,365	856,120,706
81	361,955,650	508,198,817	74,575,032	93,285,038	1,038,014,537
82	353,073,631	548,719,382	89,484,212	83,813,337	1,075,090,562
83	426,155,995	603,697,054	71,881,570	97,995,198	1,199,729,817
84	520,238,007	766,514,796	100,680,964	106,275,016	1,493,708,783
85	521,750,093	725,343,059	110,892,592	111,329,034	1,469,314,778
86	585,071,677	768,493,191	122,143,428	110,742,346	1,586,450,642
87	631,850,420	755,628,119	145,297,152	125,551,498	1,658,327,189
88	677,754,000	782,775,000	176,167,000	132,583,000	1,769,279,000
89	694,273,088	832,555,500	180,460,768	135,814,483	1,843,103,839
90	799,460,874	934,412,000	207,801,981	156,391,436	2,098,066,291
91	876,065,875	960,034,000	227,713,739	171,376,992	2,235,190,606
92	933,027,284	1,006,923,000	242,519,583	182,519,847	2,364,989,714
93	996,425,007	1,054,129,000	258,998,404	194,921,781	2,504,474,192

資料來源：本研究整理自高速公路年報(民 68~93)

註：單位：元

表 4-14 維護成本項目表

年度	維護費+美化作業費	路面整建工程費	非路面整建工程費	財務支出	維護管理費	道路維護作業	總計
68	--	--	--	--	--	--	--
69	127,699,652	94,950,648	23,737,662	--	--	297,965,854	544,353,816
70	144,830,269	328,800,000	82,200,000	--	--	337,937,295	893,767,564
71	197,068,441	342,400,000	85,600,000	--	--	459,826,363	1,084,894,804
72	193,729,968	440,000,000	110,000,000	--	--	452,036,592	1,195,766,560
73	196,950,643	440,000,000	110,000,000	--	--	459,551,500	1,206,502,143
74	201,239,470	486,294,204	121,573,551	--	--	469,558,764	1,278,665,989
75	209,684,017	456,000,000	114,000,000	--	--	489,262,707	1,268,946,724
76	207,524,226	48,000,000	12,000,000	--	--	484,223,193	751,747,419
77	--	199,586,603	49,896,651	--	596,881,458	--	846,364,712
78	--	67,507,826	16,876,957	--	464,045,204	--	548,429,987
79	424,525,942	781,252,000	633,650,000	--	145,552,016	--	1,984,979,958
80	438,781,506	2,663,296,256	1,229,854,610	--	154,529,833	--	4,486,462,205
81	465,602,625	772,035,992	287,628,917	--	167,428,588	--	1,692,696,122
82	444,953,377	837,955,229	221,300,000	--	171,618,462	--	1,675,827,068
83	417,784,843	--	--	--	209,985,549	847,244,470	1,475,014,862
84	461,060,726	--	--	--	656,011,983	572,044,349	1,689,117,058
85	459,738,754	--	--	--	425,727,703	564,889,977	1,450,356,434
86	499,573,964	--	--	--	472,977,000	396,262,000	1,368,812,964
87	491,020,539	--	--	--	456,246,000	280,557,000	1,227,823,539
88	531,082,000	--	--	3,000,000,000	421,062,000	686,156,000	4,638,300,000
89	512,549,249	--	--	--	431,324,662	662,211,753	1,606,085,664
90	563,617,393	--	--	--	496,673,711	728,191,608	1,788,482,712
91	724,246,358	--	--	1,000,000,000	544,265,396	935,723,643	3,204,235,397
92	777,107,700	--	--	--	579,653,288	1,004,020,302	2,360,781,290
93	933,772,434	--	--	--	619,039,809	1,206,430,567	2,759,242,810

資料來源：本研究整理自高速公路年報(民 68~93)

註：單位：元

表 4-15 變動成本函數之投入要素價格表

年度	總變動成本	單位管理成本	單位維護費用
68	136411402	115018	0
69	698435605	129917	327468
70	1077780701	155154	537666
71	1294848563	177027	652643
72	1429860744	197381	719340
73	1444955327	199710	725799
74	1555894437	232185	769210
75	1560266102	243578	763363
76	1059042681	203238	452231
77	1272504015	193260	509150
78	1225202026	300654	329920
79	2710879577	322479	1194109
80	5342582911	412588	2698932
81	2730710659	505609	1018279
82	2750917630	477606	802634
83	2674744679	530385	706455
84	3182825841	661519	792154
85	2919671212	640503	630625
86	2955263606	692773	588618
87	2886150728	706874	527989
88	6407579000	752564	1942768
89	3449189503	736652	594303
90	3886549003	850797	661796
91	5439426003	829077	993910
92	4725771004	860622	635085
93	5263717002	898627	672889

資料來源：本研究整理

註：單位：元

表 4-16 平減後變動成本函數之投入要素價格表

年度	總變動成本	單位管理成本	單位維護費用
68	219430881	185018	0
69	1123500957	208984	526764
70	1733714090	249581	864888
71	2082888658	284765	1049839
72	2300068758	317507	1157128
73	2058634174	284527	1034048
74	2216689610	330794	1095897
75	2222917940	347027	1087567
76	1508822740	289554	644295
77	1812942036	275339	725388
78	1521574260	373381	409727
79	3366632196	400485	1482960
80	6634935683	512392	3351795
81	3391260350	627914	1264598
82	3416355319	593137	996788
83	2816588053	558511	743919
84	3351613075	696599	834162
85	3074503193	674470	664068
86	3111983074	729511	619833
87	3039205097	744360	555989
88	6487373696	761936	1966961
89	3448844619	736579	594243
90	3886549003	850797	661796
91	5450326656	830738	995901
92	4748564112	864773	638148
93	5204901614	888586	665371

資料來源：本研究整理

註：單位：元

表 4-17 單位管理與單位維護成本預測值

年度	管理成本	維護成本
94	992463	740060
95	1105137	769663
96	1242135	800449
97	1411238	832467
98	1676224	865766
99	1968884	900396
100	2041677	931910
101	2133553	964527
102	2229563	998286
103	2329893	1033226
104	2434738	1069389
105	2544301	1106817
106	2658795	1145556
107	2778441	1185650
108	2903471	1227148
109	3034127	1270098
110	3155492	1314552
111	3281712	1353988
112	3412980	1394608
113	3549499	1436446
114	3691479	1479539
115	3839138	1523926
116	3992704	1569643
117	4152412	1616733
118	4318509	1665235
119	4491249	1715192
120	4670899	1766647

註：單位：元

4.4 模式其他變數

本研究所構建之模式中尚包含財務自償率、總固定成本、願付價格、委辦服務費率，以及轉移機率之彈性值等變數，以下將針對其變數進行說明。

1. 財務自償率：係指工程興建年期內之建設總經費，由計畫評估年期內分年淨收入回收之比例。而淨收入係指營運收入扣除營運支出後之金額。其計算方式如式 4-4 所示，其自償率之高低即表示使用者所需負擔總固定成本比例之高低，不同自償率下使用者所需負擔之費率高低亦有所不同，因此為探討不同自償比率下，對於費率變動之影響，本研究將自償率設定在完全自償及不同的還本年期下，使用者所需負擔之通行費率。

$$\text{財務自償率}(FLR) = \frac{TR - TVC}{TFC} \dots\dots\dots(4-4)$$

2. 總固定成本：高速公路之固定成本主要包含兩大部分，一為其建設總經費，另一部分則為建設經費不足時所需借款部分，由於本研究對於負債的償還是採一次還清的設定，因此屬於負債(公債與借款)之利息支出，本研究將列入固定成本之計算。以下即針對其成本包含部份進行說明。
 - (1). 建設成本：主要為高速公路規劃興建所需支付之成本，其包含中山高、二高、東湖五股段及二高後續等所投資之建設成本。其詳細之計劃路段經費表請參照附錄 A-3。
 - (2). 借款部分：目前高速公路之借款部分主要為：1.基金承接成立前之重大建設之公債部分與 2.基金資金不足舉借部分。此部份本研究僅考量其負債部分，已償還之借款部分不列入考量。截至民國 91 年八月底止之未償餘額尚有 1,715 億元，其詳細資料請參照附錄 A-4。另外，為反映未來年所增加之未償餘額，本研究依據高速公路 93 年年報，基金截至 93 年止長期負債達 1852 億元；另 91 年 11 月「國道公路建設管理基金財務計畫草案」【67】顯示，基金負債於 98 年將高達 3129 億元。因中山高及北二高之建設至民國 96 年底完成，故本研究考慮至 96 年底之高速公路建設經費，以及其國道基金負債，至民國 96 年底為約 2500 多億元。

3. 轉移機率模式之彈性值：本研究參考文獻(蔡政霖,2004)【64】之研究內容以及依據 Ben-Akiva【4】所定義，其效用函數中某屬性產生變化後，對消費者選擇機率之影響程度，如下式 4-5。在通行費改變引起高速公路使用者對於空間上轉移及時間上轉移的機率兩方案分析中，透過個體選擇方案之機率與彈性的公式(式 4-5)，推算出空間上的轉移彈性及時間上的轉移彈性，如下表 4-18 所示。另外，在屬性變數(通行費率)之參數值為-0.7。

$$E_{X_{ik}}^{P_i} = (1 - P_i) \times X_{ik} \times \beta_K \dots\dots\dots(4-5)$$

表 4-18 轉移機率模式之彈性值

	空間上的轉移	時間上的轉移
彈性值	-0.24	-0.57

4. 折現率：一般財政學上用於公共建設投資計畫評估的折現率有下列四種：(1)社會機會成本率 (Social opportunity Cost rate)，所謂社會機會成本，是指若資金不用於此項公共投資，而用於其他生產途徑，所能創造的最大社會價值；(2)政府借款利率，代表政府取得資金的成本；(3)資金的邊際生產力，在資本市場為完全競爭之情況下，資金的邊際生產力是一個優良的公共投資計劃分析的折現率，但在資本市場不完全競爭的情況下，其無法表示實際的資本邊際生產力；(4)社會時間偏好率，社會時間偏好即表示全社會的未來消費對目前消費的邊際替代率，代表社會上未來消費 1 元相當於現在消費多少元。

5. 汽車燃料費之預測：因過去統計資料顯示，近年來高速公路通行費收入約佔總收入之 60%以上，而汽車燃料費收入約佔 30%。故將汽燃費收入與高速公路通行費收入一併納入總收入做財務模式之平衡計算。本研究將以國民所得與汽燃費之歷史資料建立一迴歸模式，模式解釋能力有 92%，故以此預測模式推算出汽燃費未來年的值，如表 4-19 所示。

表 4-19 汽車燃料費預測表

年度	汽燃費收入(單位：元)	年度	汽燃費收入(單位：元)
94	8747776779	110	15081903991
95	9099756828	111	15433863240
96	9494631751	112	15772568212
97	9900168297	113	16098498496
98	10306782338	114	16410604868
99	10713377916	115	16709584216
100	11119964410	116	16992787763
101	11543322481	117	17262814304
102	11962047398	118	17517106825
103	12377181133	119	17756695647
104	12786124281	120	17980894271
105	13188804025	121	18189052688
106	13585294161	122	18380560494
107	13972944242	123	18572087262
108	14351892297	124	18765529297
109	14722430506	125	18960905752

6. 願付價格之估計值及預測值：本研究主要以工資率計算其時間價值，進而以高速公路之行駛速率轉為使用者行駛每單位長度之價值，並以其作為行駛每單位長度之願付價格，由於高速公路之行駛車種包含小客車、小型車、大貨車、大客車及聯結車等，不同車種之使用者其時間價值亦不相同，如小客車及大客車包含駕駛者與乘客之時間價值，而小貨車、大貨車與聯結車除駕駛者外亦包含貨物之價值。本研究以文獻(蕭德貞，民 81 年)【39】之受益比(小客車：小貨車：大客車：大貨車：聯結車=1：0.5：16：1：1.22)為基礎並參考八十四年之交通動態調查之車種比例進行加權，得其受益比加權值為 1.3938 做為車種願付價格之加權值，將其加權值乘以工資率代入願付價格計算公式(式 3-12)，可得

民 68~93 年各年度使用者每單位長度之願付價格如表 4-20 所示，工資率方面本研究參考行政院主計處公佈受僱員工之每人每月薪資資料。求得最大願付價格之現況值後即針對民 94~120 年之願付價格資料進行預測，以其平均成長率 8% 為其增加比例，並假設每年之成長率會因社經狀況或物價上漲等因素而有遞減情形，其預測結果如表 4-21 所示。

表 4-20 各年度之最大願付價格計算值

年度	願付價格 (元/公里)	年度	願付價格 (元/公里)
68	0.6027	81	2.4100
69	0.6996	82	2.4453
70	0.7988	83	2.6390
71	0.8422	84	2.7602
72	0.8942	85	2.8525
73	0.9894	86	2.9813
74	1.0511	87	3.1275
75	1.1308	88	3.2174
76	1.2346	89	3.3029
77	1.3918	90	3.4922
78	1.5606	91	3.7659
79	1.8034	92	4.0553
80	2.0394	93	4.3606

表 4-21 願付價格預測表

年度	願付價格 (單位：元/公里)	年度	願付價格 (單位：元/公里)
94	4.6824	108	10.7526
95	5.0210	109	11.2843
96	5.3768	110	11.8284
97	5.7502	111	12.3275
98	6.1416	112	12.8321
99	6.5513	113	13.3416
100	6.9795	114	13.8555
101	7.4021	115	14.3731
102	7.8391	116	14.8939
103	8.2904	117	15.4174
104	8.7557	118	15.9431
105	9.2348	119	16.4704
106	9.7275	120	16.9988
107	10.2336	121	17.0000

7. 委辦服務費率：因委辦服務費費率之上限應大於目前人工收費成本，而電子收費系統於初期固定成本比例相對較大之情況下，每單位分攤之成本亦會較高，之後則可配合調整機制進行調整。故本研究所設定之委辦服務費率乃參考高公局【52】之委辦服務費費率上限，其為 0.087 元/延車公里。另外，考量政府與民間營運公司之 20 年契約到期後，不論由政府之相關單位自行營運或由委託其他民間公司營運，其電子收費系統運作仍需其維運成本。故本研究在高速公路電子收費系統營運 20 年後之財務收支平衡模式中仍會考慮加入委辦服務費項目，以反映 20 年契約到期後，未來營運年營運單位之維運成本。

4.5 小結

本章主要將模式構建所需之相關變數資料進行蒐集與分析，並由現況之成長趨勢進行數值之預估，其詳細內容如下：

1. 成本函數所需之變數包含勞務價格及物料價格變數，由歷年資料分析發現勞務價格平均以 7% 之比例成長，而勞務價格平均以 6% 之比例成長。另外，對於金額變數之歷史資料會受其物價指數變動所影響，故此類金額變數皆經過平減程序之處理。
2. 相關變數預測方面，如國民所得、勞務與中間要素合併價格與物料價格等，本研究以目前變數之成長比例為基礎，並假設每年之成長率會因物價上漲等因素而有遞減情形，其遞減率民國 94~100 年每年皆為 2%、民國 101~110 年每年皆為 2.5%，以及民國 111~120 年每年為 3%。
3. 基金截至 93 年止長期負債達 1852 億元。因中山高及北二高之建設至民國 96 年底完成，故本研究考慮至 96 年底之高速公路建設經費，以及其國道基金負債，至民國 96 年底為約 2500 多億元。

第五章 實證分析

本章節主要針對第三章所構建之需求與成本函數進行實證校估，並針對目標模式在相關設定條件下(如還本期期，尖離峰差別費率倍數等)進行求解，以求得最適通行費率。此外，更進一步對相關變數作敏感度分析，以間接了解相關參數對於基準費率之關係。

5.1 需求面函數之校估

由第三章模式構建可知本研究之高速公路需求面流量關係函數(需求函數)形式如下式：

$$Q = e^{\alpha} P^{\beta} M^{\gamma} e^{d \cdot k} \dots\dots\dots(5-1)$$

其中， Q ：小客車當量延車公里(當量延車公里/年)

M ：平均國民所得(元/年)

P ：小客車當量通行費率(元/公里)

k ：相對基年容量比例值

d 、 α 、 β 、 γ ：待校估參數

其所需資料包含小客車當量延車公里、小客車當量通行費率、平均國民所得及相對基年容量比例值等，本研究將上式取 \ln 後可得變數取 \ln 之迴歸模式如下所示：

$$\ln Q = \alpha + \beta \ln P + \gamma \ln M + d \cdot k + \varepsilon \dots\dots\dots(5-2)$$

將第四章所蒐集與整理之資料代入以進行參數之校估，其函數之校估結果以下將說明之。

5.1.1 高速公路需求面函數校估之結果

1. 維持原通行費率結構函數之校估結果

此函數中之通行費率變數主要以原有之通行費率比例結構進行加權而得，其校估結果如下表 5-1 所示，各變數之係數符號皆符合先驗知識。但於顯著性方面，因現有資料僅有民國 68-93 年之變數資料且歷年費率僅調整兩次並無太大之改變，因此通行費率係數值有較不顯著之情形，而其函數之 $r^2 = 0.9676$ 。

表 5-1 維持原費率結構之需求函數參數校估結果

參 數	係 數	t 統 計 量
截距項 (α)	13.8183	13.6012
通行費率 (P)	-0.1584	-1.2004
國民所得 (M)	0.7437	9.0573
相對基年容量比例值 (k)	0.2840	5.2878
Durbin-Watson 值：0.6923；0.6923 < D _L = 0.9		

將表 5-1 變數之係數值代入(5-1)式，可得其函數為

$$Q = e^{-13.8183+0.284k} P^{-0.158} M^{0.743} \dots\dots\dots(5-3)$$

由上表之校估結果，本研究推論以下幾個特性。

- (1). 通行費率(P)之係數值為負值，即表示當通行費率增加時與使用者之需求量成反向變化，由 Cobb-Douglas 函數之特性如式 5-4 所示，其係數值亦為其彈性值，顯示其價格彈性小，高速公路對於使用者而言為一必需品，即使通行費率調漲至某一程度其使用量亦不為 0。

$$\frac{\partial \ln Q}{\partial \ln P} = \frac{\frac{\partial Q}{Q}}{\frac{\partial P}{P}} = \varepsilon_{Q^P} = -0.1584 \dots\dots\dots(5-4)$$

- (2). 國民所得(M)之係數值為正值，所得與需求量成正向變化，顯示當所得增加國民之負擔能力增加時，其對高速公路使用之需求

量亦會增加。

- (3). 相對基年容量比例值(k)之係數值為正值，容量與需求量呈正向變化，顯示當高速公路容量增加時其需求量亦會隨之增加，其增加之需求量為提高運輸績效後而吸引之新的需求，此即衍生需求。

2. 考量軸重當量因子函數之校估結果

此需求函數中之通行費率變數主要參考運研所(民 87) 【49】之費率計算公式，計算各車種考量軸重當量因子之費率分配比例為小型車：大型車：聯結車=1：1.191：1.675 進行加權而得，其校估結果如下表 5-2 所示，各變數之係數符號皆符合先驗知識，且其 $r^2 = 0.9685$ 。

表 5-2 考量軸重當量因子需求函數之參數校估結果

參 數	係 數	t 統 計 量
截距項 (α)	10.3314	11.2199
通行費率 (P)	-0.3798	-2.5381
國民所得 (M)	1.0158	12.8544
相對基年容量比例值 (k)	0.2915	4.4566
Durbin-Watson 值：0.6818；0.6818 < D_L = 0.9		

5.1.2 高速公路需求面函數校估結果檢定及函數建立

1. 函數校估結果之相關檢定

在函數是否產生自我相關的檢定上，本研究採 Durbin-Watson 檢定法。D-W (Durbin-Watson) 統計量，係用以檢定其校估模式之資料是否有一階自身迴歸誤差之問題。由表 5-1 與 5-2 之 **D-W** 值經檢定結果顯示：高速公路流量關係函數之 **D-W** 值為 0.6923 及 0.6818，其值皆小於 D-W 臨界值之下限值(0.9)，故拒絕虛無假設，亦即有一階自身迴歸誤差。

為降低產生自我相關對函數的影響，本研究在原函數中，將加入一虛擬變數，而其變數為落後一期之流量變數。此新函數再以最小平方迴歸方式進行校估可得其高速公路流量關係函數之 **D-W** 值為 0.9758，其值大於 D-W 臨界值之下限值(0.9)，如表 5-3。故並無拒絕虛無假設，亦即無一階自身迴歸誤差。

表 5-3 考量軸重當量因子及無自我相關函數之參數校估結果

參 數	係 數	t 統 計 量
截距項 (α)	9.7814	11.8625
通行費率 (P)	-0.2777	-2.0531
國民所得 (M)	1.0650	14.9965
相對基年容量比例值 (k)	0.2662	4.6143
Durbin-Watson 值：0.9758；0.9758>D _L =0.9		

其重新校估結果如表 5-3 所示，各變數之係數符號皆符合先驗知識，且其 $r^2 = 0.9761$ 。另外，由表 5-3 之校估結果所推論之特性與考慮原費率結構之函數大致相同。當中其通行費率之係數值有更顯著之情形。

將上表 5-3 之係數值代入(5-1)式可得其函數為

$$Q = e^{9.7814+0.2662k} P^{-0.2777} M^{1.065} \dots\dots\dots(5-5)$$

2. 建立高速公路需求面之預測函數

因考量軸重當量因子之費率結構其 $r^2 = 0.9761$ ，顯示其解釋能力比維持原通行費率結構下之解釋能力($r^2 = 0.9676$)更好。另外，檢視無自我相關特性之新預測模式與有自我相關特性之原模式的誤差範圍，其誤差範圍約為 0.001~0.003，而對其整體高速公路流量之影響，本研究視為可接受之誤差範圍。故本研究將以考量軸重當量因子費率結構情形下及無自我相關特性之預測函數，為所構建之高速公路流量關係函數，如式 5-5，進行財務均衡費率模式之求解。

5.2 變動成本函數之校估

5.2.1 成本函數校估之結果

由第三章可知變動成本函數型式為：

$$TVC = e^{A_0} W_1^{A_1} W_2^{A_2} e^{\frac{1}{2}A_{11} \ln W_1 \ln W_1} e^{\frac{1}{2}A_{12} \ln W_1 \ln W_2} e^{\frac{1}{2}A_{21} \ln W_2 \ln W_1} \times e^{\frac{1}{2}A_{22} \ln W_2 \ln W_2} Q^{B_1} e^{\frac{1}{2}B_{11} \ln Q \ln Q} e^{A_1 B_1 \ln W_1 \ln Q} e^{A_2 B_1 \ln W_2 \ln Q} \dots\dots\dots(5-6)$$

其中，

TVC ：高速公路總變動成本

W_i ：投入要素價格(1 表勞務與中間要素合併，2 表物料要素)

Q ：產出項(即小客車當量延車公里)

A_i 、 B_j ：待校估參數 $i, j = 1, 2$

本研究利用 TSP 軟體依 Zellner(1962)所提出之「近似無關聯迴歸(Seemingly Unrelated Regression)」方法撰寫程式進行模式參數之校估，其方法為將 OLS 法應用到一組近似無關聯之方程組上，這些方程組之誤差項間之共變異數並不為零。我們可透過反覆估計此方程組之殘差共變異矩陣至收斂為止，因此本研究將成本函數、要素價格一階齊次條件、對稱性條件限制式及勞務與物料成本份額方程式聯立估計，以求得成本函數。

本研究之高速公路成本函數校估結果各項變數之參數估計值、 t 統計量如表 5-4 所示。成本函數之校估結果，由參數估計值 t 統計量之觀察可知：高速公路成本函數中，10 個參數之 t 值皆顯著；在解釋能力方面，由複判定係數 R^2 值來看，高速公路成本函數之 R^2 值為 0.9031，表示其迴歸式之解釋能力甚佳。

5.2.2 成本函數校估結果檢定及函數建立

由於本研究乃假設高速公路之成本為追求成本最小之建設事業單位，因此成本函數必須滿足 Varain(1984)所提出之四個成本特性，即：具一次齊次性及對稱性、非負性、單調性以及凹性。

亦即，構建完成之成本函數須通過四個正規條件之檢定。以本研究之 Translog 成本函數而言，各項正規條件之檢定結果說明如下：

1. 一次齊次性及對稱條件檢定 (homegenous of degree one in input prices and symmetry constraints)：由於 Translog 成本函數之聯立體系是直接限制校估參數符合一階齊次及對稱性條件之估計方式，亦即一次齊次及對稱條件之限制式已納入聯立系統方程組中，故本模式滿足「一次齊次性及對稱條件檢定」。
2. 非負條件檢定 (non-decreasing in input prices)：本研究之成本函數經參數估計結果，高速公路成本函數之各項投入要素之成本份額估計值皆為正數，此顯示成本函數均滿足「非負條件檢定」，如表 5-5 所示。
3. 單調性條件檢定 (monotonicity condition)：。本研究之成本函數經參數估計結果，高速公路成本函數之產出成本彈性估計值皆大於零，故成本函數可滿足「單調性條件檢定」，如表 5-5 示。
4. 凹性條件檢定 (concave in input prices)：本研究以二項投入要素之成本函數為例，其 Hessian Matrix 之數學式如下：

$$H = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 C}{\partial W_1 \partial W_1} & \frac{\partial^2 C}{\partial W_1 \partial W_2} \\ \frac{\partial^2 C}{\partial W_2 \partial W_1} & \frac{\partial^2 C}{\partial W_2 \partial W_2} \end{bmatrix} \dots\dots\dots (5-7)$$

若以高速公路成本函數為本研究所構建之二項投入要素
(W_1 = 勞務與中間要素合併價格； W_2 = 物料價格) 之 Tranlog 成本函數型態，則
Hessian Matrix 應轉換為：

$$H = \begin{bmatrix} \frac{C}{W_1^2}(S_1^2 + B_{11} - S_1) & \frac{C}{W_1 W_2}(S_1 S_2 + B_{12}) \\ \frac{C}{W_1 W_2}(S_1 S_2 + B_{12}) & \frac{C}{W_2^2}(S_2^2 + B_{22} - S_2) \end{bmatrix} \dots\dots\dots(5-8)$$

表 5-5 之後兩欄所表示之值，即是經由式 5-8 式所求算之 Hessian Matrix 特徵值。求算結果發現高速公路成本函數均有部份樣本無法滿足凹性條件檢定，而以樣本平均數而言，因非負之特徵值趨近於零，故成本函數可謂之為「近似於直線的凹函數」。

綜上所述，本研究所構建之高速公路成本函數之 Varain 四個正規條件檢定結果如表 5-6 所示。

在高速公路成本函數是否產生自我相關的檢定上，經檢定結果顯示：高速公路成本函數之 **D-W** 值 1.4764，故並無拒絕虛無假設，亦即無一階自身迴歸誤差。

表 5-4 變動成本函數之參數數值表

參數項	對應變數項	係 數	t 統計量
A0	常數項	140.653	5.4469
A1	lnW1	-1.1475	-1.8222
A2	lnW2	2.1475	3.4101
B1	lnQ	-12.1308	-5.3917
A11	lnW1*lnW1	0.1674	8.8343
A22	lnW2*lnW2	0.1674	8.8464
B11	lnQ*lnQ	0.5421	5.6497
A12	lnW1*lnW2	-0.1674	-8.8517
A1B1	lnW1*lnQ	0.0690	2.5983
A2B1	lnW2*lnQ	-0.0690	-2.5909

將上表 5-4 之數值代入式 5-6 可得變動成本函數為：

$$\begin{aligned}
 TVC = & e^{140.653} W_1^{-1.1475} W_2^{2.1475} e^{\frac{1}{2}(0.1674) \ln W_1 \ln W_1} e^{(-0.1674) \ln W_1 \ln W_2} \\
 & \times e^{\frac{1}{2}(0.1674) \ln W_2 \ln W_2} Q^{(-12.1308)} e^{\frac{1}{2}(0.5421) \ln Q \ln Q} e^{\frac{1}{2}(0.069) \ln W_1 \ln Q} e^{\frac{1}{2}(-0.069) \ln W_2 \ln Q} \\
 & \dots\dots\dots(5-9)
 \end{aligned}$$

故本研究以上述之成本函數為所構建之高速公路變動成本函數，如式 5-9，以進行財務均衡費率模式之求解。

表 5-5 高速公路成本函數校估結果之特徵值及各項估計值表

N	產出成本 彈性	勞務要素 成本份額	物料要素 成本份額	特徵值 1	特徵值 2
1	0.019778	0.26282	0.73688	-0.002873	4.24092×10^{-7}
2	0.023085	0.20792	0.79165	0.005859	1.68085×10^{-7}
3	0.024547	0.19648	0.80302	0.005851	9.75782×10^{-19}
4	0.033706	0.20152	0.79795	0.004207	1.0842×10^{-18}
5	0.036133	0.20567	0.79386	0.000718	1.2486×10^{-18}
6	0.040192	0.22081	0.77867	0.000428	1.84603×10^{-19}
7	0.04839	0.23478	0.7647	0.000272	1.45389×10^{-19}
8	0.042313	0.29904	0.70059	0.001519	1.02831×10^{-7}
9	0.055924	0.28207	0.71759	0.000441	1.50521×10^{-19}
10	0.056889	0.43567	0.56403	-0.003272	1.867362×10^{-19}
11	0.1064	0.2387	0.76079	-0.003745	-0.0014380
12	0.19386	0.14688	0.85243	-0.001053	0
13	0.1189	0.34579	0.65363	-0.000903	1.89735×10^{-19}
14	0.12279	0.38139	0.6181	-0.000850	1.76183×10^{-19}
15	0.10327	0.42632	0.57325	-0.000813	1.25261×10^{-19}
16	0.12298	0.44872	0.55079	-0.000836	1.10842×10^{-19}
17	0.11357	0.48565	0.51391	-0.001376	1.542101×10^{-19}
18	0.11644	0.51065	0.48891	-0.001425	1.539483×10^{-8}
19	0.1127	0.5374	0.46219	-0.001507	1.57146×10^{-8}
20	0.21085	0.3343	0.66509	-0.001041	1.384225×10^{-8}
21	0.12225	0.53266	0.46694	-0.001112	1.412233×10^{-8}
22	0.13647	0.54113	0.45843	-0.000942	1.358368×10^{-8}
23	0.18128	0.47239	0.52713	-0.000895	1.16263×10^{-19}
24	0.15955	0.55844	0.44115	-0.000841	1.314624×10^{-8}
25	0.16832	0.56198	0.43761	-0.001010	1.400614×10^{-6}

表 5-6 成本函數之 Varain 四個正規條件檢定結果

	高速公路成本函數
一次齊次及對稱性檢定	✓
非負性檢定	✓
單調性檢定	✓
凹性檢定	○

註：✓：表示所有樣本點均滿足檢定條件；○：表示樣本平均值滿足

5.2.3 產生流量轉移後之收益函數及成本函數

由表 5-3，5-4 之校估結果可得知構建收益及成本函數之參數數值，並考量高速公路因尖離峰差別訂價產生流量轉移後之新的流量關係函數，由這些參數及函數進一步構建出收益函數及變動成本函數，如式 5-10 及 5-11：

$$TR = N + \frac{1}{P^{1.38}} (2248.97 \times M^{1.01} \times (-1 + C_1 - 2.50 \times F_p \times \phi + P(2.50 + 12.96 \times P - 12.96 \times F_p \times \phi) \dots (5-10)$$

$$TC = \frac{1}{\left(\frac{M^{1.01}(0.19+P)}{P^{1.38}}\right)^{12.13}} (1.68 \times 10^8 \times (e^{0.08 \log[W_1]^2 + 0.27 \times \log\left[\frac{29160.8 \times M^{1.01}(0.19+P)}{P^{1.38}}\right]^2 - 0.069 \log\left[\frac{29160.8 \times M^{1.01}(0.19+P)}{P^{1.38}}\right] \times \log[W_2] + 0.08 \text{LOG}[W_2]^2} \times W_1^{-1.14 + 0.08 \log[W_1] + 0.069 \log\left[\frac{29160.8 \times M^{1.01}(0.19+P)}{P^{1.38}}\right] - 0.16 \log[W_2]} \times W_2^{2.14}) \dots (5-11)$$

5.3 通行費率均衡模式求解

由於本研究之目標方程式為一非線性方程式，因此需藉助數學規劃軟體來求解最佳解。本研究主要利用 Mathematic 軟體中之非線性規劃求解功能，以牛頓法逼近求得一收斂之均衡解。由於本研究之模式主要以高速公路電子收費民營化之期間做區隔，其年期設定民國 94~120 年，其中民國 95~115 年為民營化電子收費期間。主要希望能了解在電子收費民營化期間為 15 年、20 年時需達到財務目標時其費率設定之變化，所求解之基準費率為計劃年期財務目標設定下之均一費率。而於財務目標之設定方面本研究針對完全自償($\theta=1$)之情形及配合需還本年期(15 年、20 年、25 年)，另外，也將加入尖離峰差別係數一併作探討。

5.3.1 財務均衡費率模式求解結果

1. 財務收支平衡下基準費率求解

依據第三章財務之收支平衡之式(3-21)，將收益函數(式 3-17；3-18)、成本函數(式 3-15)代入式(3-21)。另外，由需求函數及成本函數校估結果之參數，所得式 5-12。由此財務收支平衡模式在基準費率下訂定差別費率係數為 1 倍、1.5 倍、2 倍以及 2.5 倍下進行模式之基準費率求解。

財務收支平衡下基準費率模式：

$$\begin{aligned}
 PS &= AM \\
 \Rightarrow N - \frac{1}{\left(\frac{M^{1.01}(0.19+P)}{P^{1.38}}\right)^{12.13}} & (1.68 \times 10^8 \times e^{0.08 \log[W_1]^2 + 0.27 \times \log\left[\frac{29160.8 \times M^{1.01}(0.19+P)}{P^{1.38}}\right]^2 - 0.069 \log\left[\frac{29160.8 \times M^{1.01}(0.19+P)}{P^{1.38}}\right] \times \log[W_2] + 0.08 \text{LOG}[W_2]^2} \\
 & \times W_1^{-1.14 + 0.08 \log[W_1] + 0.069 \log\left[\frac{29160.8 \times M^{1.01}(0.19+P)}{P^{1.38}}\right] - 0.16 \log[W_2]} \times W_2^{2.14}) + \\
 & M^{1.01} \left(\frac{14832.9}{P^{0.38}} + (-17872.8 \times P^{0.62} + \frac{1629.69}{(C_1 \times P)^{1.38}} - \frac{14832.9}{Y^{0.38}} + 47033.6 \times Y^{0.62}) + \right. \\
 & \left. \frac{5636.51 - 29160.8 \times F_p \times \phi}{P^{0.38}} + \frac{-3878.65 + 2248.97 \times C_1 - 5636.51 \times F_p \times \phi}{P^{1.38}} \right) = AM \dots\dots\dots(5-12)
 \end{aligned}$$

(1). 尖離峰差別係數設定

在新加坡對於道路在尖離峰差別費率的倍數，尖峰費率約為離峰費率的 3~5 倍【52】。而考量台灣高速公路之平均旅程約為 49.75 公里【68】，即約為經過兩次收費站。就平均旅程而言，其已多收一倍的費率，相較於新加坡若以平均旅程收一次的費用，台灣的高速公路應可設定為 1.5~2.5 倍。

另外，尖離峰差別係數設定乃考慮一般高速公路使用者的接受程度，因從使用者角度不可能給定一浮動的倍數，故在經過調查及相關文獻【36】【52】之經驗下，從實施的可行性上及綜合上述考量，本研究在差別費率倍數下設 1.5 倍為下限；設 2.5 倍為上限，而以 1.5 倍、2 倍，以及 2.5 倍情況下做探討。

(2). 折現率設定

公共投資計畫評估的折現率替代值，就理論而言，以社會時間偏好率較佳，但實務上無法取得此比率，故大多數公共投資折現率都是以政府借款利率為折現率的代表值，本研究即是以政府發行公債的利率作為投資計畫的折現率。

由近十年的公債利率資料來看，約為 6%；再者考慮物價膨脹率約為 2%，故本研究將設折現率 6%為基本模式的假設；進而探討折現率在 4%以及 8%對財務模式之最適費率變動程度；及對社會福利最大模式下之應還本年期變動之程度。

(3). 實施哩程收費，維持基準費率(差別費率係數=1)

本研究考慮在實施哩程收費時便有轉移機率，但僅考慮空間上的轉移，而並無考慮時間上的轉移。以下為差別費率係數等於 1 時，考量還本年限及折現率變動求解完全自償下之基準費率，如表 5-7 所示：

表 5-7 財務均衡下無實施差別定價之費率表

$\begin{matrix} n \\ r \end{matrix}$		還 本 年 限(年)		
		15	20	25
折 現 率 (%)	4	1.1003	0.9592	0.8278
	6	1.2094	1.1684	1.1096
	8	1.4758	1.4304	1.3959

註:單位:元/小客車當量公里

(4). 實施哩程收費，加入差別費率 (差別費率係數=1.5、2、2.5)

本研究考慮在實施哩程收費時加入尖離峰差別費率，故不僅考慮空間上的轉移，也一併考慮時間上的轉移。另外，在收益函數方面(如式 3-18)，基準費率會乘上差別費率係數再乘以尖峰流量；而基準費率則乘上離峰流量。以下為差別費率係數等於 1.5、2 以及 2.5 時，考量還本年限及折現率變動求解完全自償下之基準費率，如下表 5-8、5-9 及 5-10 所示。

表 5-8 財務均衡下尖離峰差別倍數 1.5 倍之費率表

$\frac{n}{r}$		還 本 年 限(年)			
		尖峰費率倍數(1.5 倍)	15	20	25
折現率 (%)	4	基準費率(離峰費率)	0.9086	0.7189	0.6341
		差別費率(尖峰費率)	1.3629	1.0784	0.9512
	6	基準費率(離峰費率)	1.161	0.9809	0.8971
		差別費率(尖峰費率)	1.7420	1.4714	1.3457
	8	基準費率(離峰費率)	1.4523	1.3082	1.2645
		差別費率(尖峰費率)	2.1785	1.9623	1.8968

註:單位:元/小客車當量公里

表 5-9 財務均衡下尖離峰差別倍數 2 倍之費率表

$\frac{n}{r}$		還 本 年 限(年)			
		尖峰費率倍數(2 倍)	15	20	25
折現率 (%)	4	基準費率(離峰費率)	0.7540	0.4281	0.3377
		差別費率(尖峰費率)	1.5080	0.8562	0.6754
	6	基準費率(離峰費率)	1.0570	0.7981	0.6392
		差別費率(尖峰費率)	2.1140	1.5962	1.2784
	8	基準費率(離峰費率)	1.3777	1.1928	1.1154
		差別費率(尖峰費率)	2.7554	2.3856	2.2308

註:單位:元/小客車當量公里

表 5-10 財務均衡下尖離峰差別倍數 2.5 倍之費率表

$\frac{n}{r}$		還 本 年 限(年)			
		尖峰費率倍數(2.5 倍)	15	20	25
折現率(%)	4	基準費率(離峰費率)	0.5381	0.2921	0.1682
		差別費率(尖峰費率)	1.3453	0.7303	0.4205
	6	基準費率(離峰費率)	0.9158	0.4824	0.3242
		差別費率(尖峰費率)	2.2895	1.2060	0.8105
	8	基準費率(離峰費率)	1.2910	1.0382	0.8762
		差別費率(尖峰費率)	3.2275	2.5955	2.1905

註:單位:元/小客車當量公里

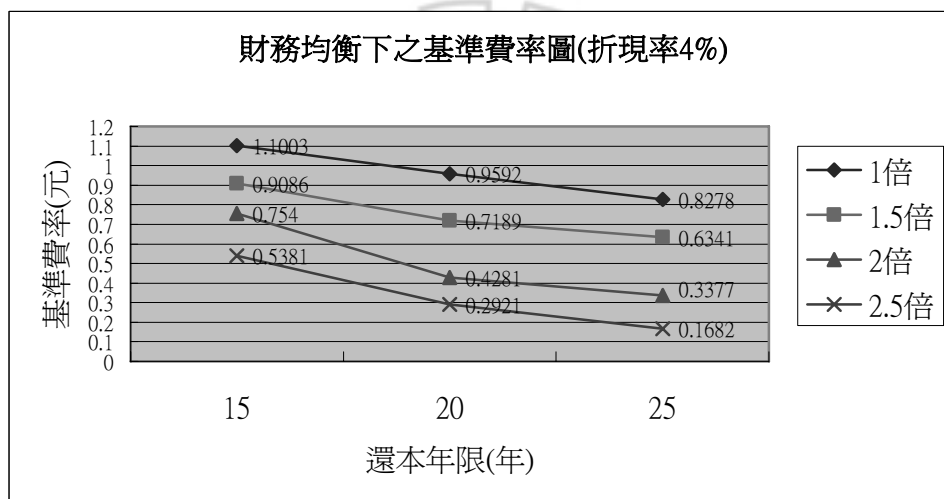


圖 5-1 財務均衡下折現率為 4%對基準費率之影響圖

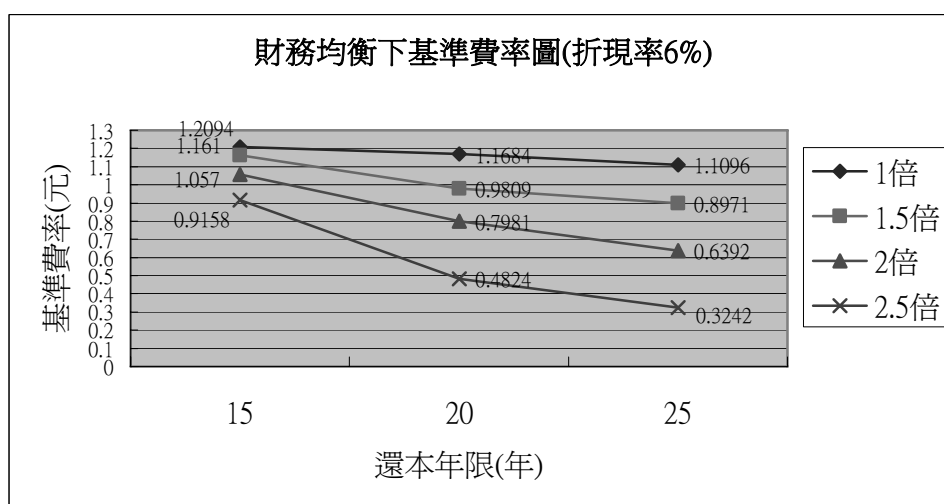


圖 5-2 財務均衡下折現率為 6%對基準費率之影響圖

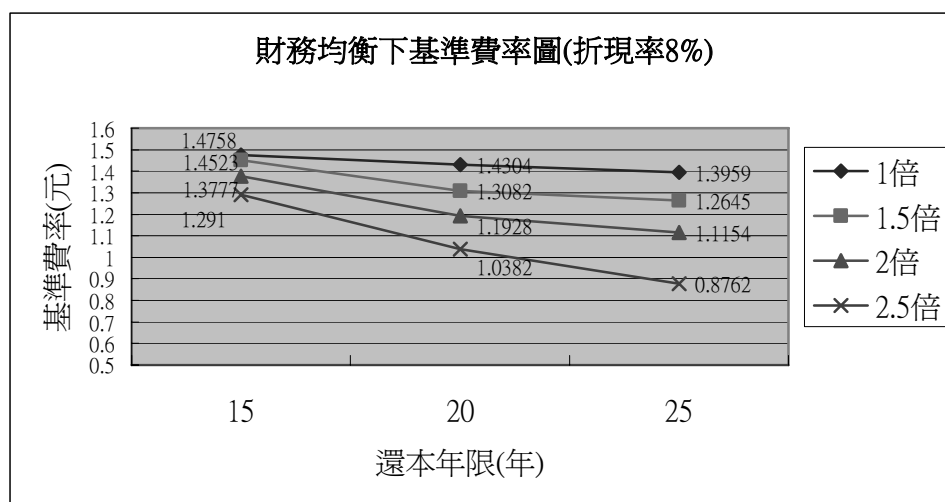


圖 5-3 財務均衡下折現率為 8%對基準費率之影響圖

由表 5-7、5-8、5-9，及 5-10 可看出其財務支出平衡模式下所求算出之費率，會隨著設定之還本年限愈大則基準費率會愈低。而且當折現率愈低時，其基準費率會愈低。

另外，在表 5-9，5-10 中可了解當差別費率係數為 2 倍及 2.5 倍時，因尖峰費率倍數增加使收益增加率更大；而在轉移機率反映上，因費率降低致使流量有轉移進入的情形，使整體流量有增加之趨勢。而在尖峰費率提高以及整體流量增加影響下，進而使收益在還本年限後期增加幅度增大，故分擔至還本年限間，其每年的基準費率更為降低。

由圖 5-1、5-2 以及 5-3 可得知，比較其差別費率係數設定不同下所得之結果，可了解當差別費率係數倍數增加時，在相同還本年限及折現率下，其基準費率有逐漸降低的趨勢。再者，考量以原基準費率水準下實施尖離峰差別定價時，以及還本年限大於 15 年情形下，其自償年限可縮短約 4~8 年。故當高速公路採取尖離峰差別定價策略時，亦能有效縮短對於高速公路欲達財務收支平衡之年限。因此，在符合一般大眾在社會福利愈大的前提下希望費率更低，以及政府期望自償年期更短下，政府在實施此策略於政策面及社會面上具有其正面效益。

2. 社會福利最大費率求解

考量通行費率於社會面的反映，本研究將在社會福利最大下求出其通行費率，進而以此費率推算在達財務收支平衡下的還本年限。

本研究考量一般高速公路使用者之願付價格下構建之消費者剩餘函數。其中，包含在尖離峰差別定價時，在尖離峰各有不同的費率及流量(如式 5-13)。

$$\int_P^{Y_i} Q_i dx = \int_{C_1 \times P}^{Y_i} Q_{o1i} + \int_P^{Y_i} Q_{o2i} \dots\dots\dots(5-13)$$

其中， Y_i : i 年之願付價格

C_l : 差別費率係數

(1)社會福利最大下之基準費率模式

依據第三章社會福利最大模式(如式 3-22)，將消費者剩餘函數(式 5-13)及生產者剩餘函數(式 3-19) 代入(式 3-22)，以(式 3-23)進行模式之費率求解。另外，由需求面函數及成本函數校估結果之參數，可得社會福利下之費率模式，如式 5-14。此外，將考量不同的尖離峰差別係數在設定的營運年期及折現率下，由求解模式(式 5-15)求解社會福利最大目標下之基準費率，如下表 5-11 所示：

社會福利模式：

$$\begin{aligned} CS + PS = & F - \frac{1}{\left(\frac{M^{1.01}(0.19+P)}{P^{1.38}}\right)^{12.13}} (1.68 \times 10^8 \times (e^{0.08 \log[W_1]^2 + 0.27 \times \log\left[\frac{29160.8 \times M^{1.01}(0.19+P)}{P^{1.38}}\right]^2 - 0.069 \log\left[\frac{29160.8 \times M^{1.01}(0.19+P)}{P^{1.38}}\right] \times \log[W_2] + 0.08 \log[W_2]^2} \\ & \times W_1^{-1.14 + 0.08 \log[W_1] + 0.069 \log\left[\frac{29160.8 \times M^{1.01}(0.19+P)}{P^{1.38}}\right] - 0.16 \log[W_2]} \times W_2^{2.14}) + \\ & M^{1.01} ((29160.8) \times P^{0.62} + \\ & \frac{5636.51 - 29160.8 \times F_P \times \phi}{P^{0.38}} + \frac{-3878.65 + 2248.97 \times C_1 - 5636.51 \times F_P \times \phi}{P^{1.38}}) \dots\dots\dots(5-14) \end{aligned}$$

社會福利最大下之基準費率求解式：

$$\begin{aligned}
 & \frac{\partial(CS + PS)}{\partial P} = 0 \\
 \Rightarrow & -\frac{3103.57 \times C_1 \times M^{1.01}}{P^{2.38}} + \frac{29160.8 \times M^{1.01}}{P^{0.38}} - \frac{2248.97 \times C_1 \times M^{1.01}}{(C_1 \times P)^{2.38}} + \\
 & \frac{5636.51 \times M^{1.01} \times (-0.399 + P)}{P^{2.38}} + \frac{5352.54 \times M^{1.01} (P^{3.76} - 1.45321 \times P^{4.76} - 2.07 \times P^{5.76})}{P^{6.14}} \\
 & \frac{111940 \times M^{1.01} (0.034 + P(-0.31 + P))}{P^{2.38}} - \frac{141101 \times M^{1.01} (0.011 + P(-0.21 + P))}{P^{2.38}} - \\
 & [5.44 \times 10^8 \times e^{\frac{0.27 \times \log[\frac{29160.8 \times M^{1.01} (0.19 + P)}{P^{1.38}}]}^2} \times W_1^{-1.14 + 0.08 \log[W_1] + 0.069 \log[\frac{29160.8 \times M^{1.01} (0.19 + P)}{P^{1.38}}]} \times \\
 & M^{1.01} (P^{2.38} + 1.42 \times P^{3.38}) \times W_2^{2.14 - 0.16 \log[W_1] - 0.069 \log[\frac{29160.8 \times M^{1.01} (0.19 + P)}{P^{1.38}}] + 0.083 \log[W_2]}] / \\
 & \left(P^{4.76} \left(\frac{M^{1.01} (0.19 + P)}{P^{1.38}} \right)^{13.13} \right) + M^{1.01} \times F_P \left(\frac{7778.38}{P^{2.38}} + \frac{11081.1}{P^{1.38}} \right) \times \phi + \\
 & (3.09 \times 10^6 \times e^{\frac{0.27 \times \log[\frac{29160.8 \times M^{1.01} (0.19 + P)}{P^{1.38}}]}^2} \times W_1^{-1.14 + 0.08 \log[W_1] + 0.069 \log[\frac{29160.8 \times M^{1.01} (0.19 + P)}{P^{1.38}}]} \times \\
 & W_2^{2.14 - 0.16 \log[W_1] - 0.069 \log[\frac{29160.8 \times M^{1.01} (0.19 + P)}{P^{1.38}}] + 0.083 \log[W_2]} (P^{2.76} + 1.42 \times P^{3.76}) \log[W_1] + (7.85 \times P^{2.76} + 11.19 \times P^{3.76}) \\
 & \times \log[\frac{29160.8 \times M^{1.01} (0.19 + P)}{P^{1.38}}] + (-P^{2.76} - 1.42 \times P^{3.76}) \times \log[W_2]) / \\
 & (P^{3.76} (\frac{M^{1.01} (0.19 + P)}{P^{1.38}})^{12.13} (0.19 + P) = 0 \dots \dots \dots (5-15)
 \end{aligned}$$

表 5-11 社會福利最大目標下之費率求解

營 運 年 期(25 年)				
c r		尖離峰差別係數		
		1.5	2	2.5
折現率 (%)	4	0.5487	0.3208	0.2101
	6	0.5335	0.3106	0.2030
	8	0.5185	0.3086	0.1963

註:單位:元/小客車當量公里

由表 5-11 可了解當只考慮社會福利最大下去求算基準費率，其費率值相較於財務收支平衡模式下之基準費率值大多數為低。故本研究將考慮以此社會福利最大下所求之費率，反映在財務收支平衡模式，以便了解在此費率水準下欲達財務收支平衡所需之還本年期。

(2)社會福利最大下之基準費率所需還本年期求解

將社會福利最大下之基準費率代入財務模式(式 3-24)，推算出達財務收支平衡下的所需還本年期。本研究以分析年期為 25 年之基準費率值代入財務模式(式 3-24)以進行求解。另外，考慮求算社會福利最大下之基準費率因折現率的變化而有所不同，故此還本年期也會反映在不同折現率情況下有不同的求解結果，如表 5-12。

表 5-12 社會福利最大下之費率所需還本年期表

c r		尖離峰差別係數		
		1.5	2	2.5
折現率 (%)	4	30	27	25
	6	48	35	27
	8	79	50	32

註:單位:年

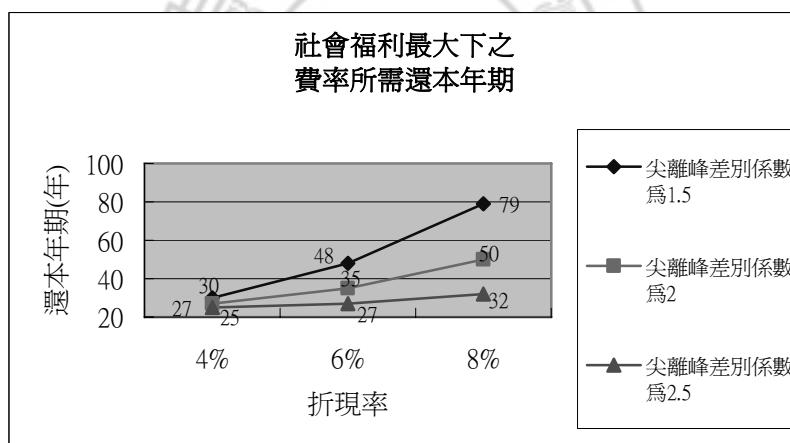


圖 5-4 社會福利最大下之費率所需還本年期圖

由表 5-12 及圖 5-4 可得知以社會福利最大下所求之費率，反映在財務收支平衡模式下時，其欲達財務收支平衡所需之還本年期。而在不同的折現率下，當折現率提高時其還本年期也隨之改變而增加。另外，在尖離峰差別係數為 2.5、折現率為 4%時之基準費率，其欲達財務收支平衡所需之還本年期為 25 年。顯示在社會福利最大之基準費率，當折現率低，且尖離峰差別係數高時，則仍可在政府(25 年)可接受的還本年期內達到財務收支平衡。

5.3.2 社會福利分析

利用 5.3.1 節求解出之基準費率，可進一步計算其社會福利，茲將其結果表示如表 5-13 及 5-14 所示。

1. 消費者剩餘之估計

經由第三章模式構建步驟可知計算消費者剩餘時，需先求得使用者之願付價格以做為費率價格變動之上限。經上述方法求得最大願付價格與基準費率後，即可代入(式 3-13)、(式 5-13)求得消費者剩餘。

2. 生產者剩餘之估計

其計算方式主要為生產者之總收入扣除總變動成本，即可求得其生產者剩餘，如式 5-16 所示。

生產者剩餘：

⇒ PS

$$\begin{aligned}
 &= N - \frac{1}{\left(\frac{M^{1.01}(0.19+P)}{P^{1.38}}\right)^{12.13}} \left(1.68 \times 10^8 \times e^{0.08 \log[W_1]^2 + 0.27 \times \log\left[\frac{29160.8 \times M^{1.01}(0.19+P)}{P^{1.38}}\right]^2 - 0.069 \log\left[\frac{29160.8 \times M^{1.01}(0.19+P)}{P^{1.38}}\right] \times \log[W_2] + 0.08 \log[W_2]^2}\right) \\
 &\times W_1^{-1.14 + 0.08 \log[W_1] + 0.069 \log\left[\frac{29160.8 \times M^{1.01}(0.19+P)}{P^{1.38}}\right] - 0.16 \log[W_2]} \times W_2^{2.14} + \\
 &M^{1.01} \left(\frac{14832.9}{P^{0.38}} + (-17872.8 \times P^{0.62} + \frac{1629.69}{(C_1 \times P)^{1.38}} - \frac{14832.9}{Y^{0.38}} + 47033.6 \times Y^{0.62}) + \right. \\
 &\left. \frac{5636.51 - 29160.8 \times F_p \times \phi}{P^{0.38}} + \frac{-3878.65 + 2248.97 \times C_1 - 5636.51 \times F_p \times \phi}{P^{1.38}} \right) \dots\dots\dots (5-16)
 \end{aligned}$$

3. 總社會福利之估計

社會福利之計算為消費者剩餘加上生產者剩餘。將不同還本年限及折現率下之基準費率代入社會福利模式(如下式 5-17)，可得社會福利變化結果如下表 5-13 及表 5-14 所示。

社會福利模式：

$$\Rightarrow CS + PS =$$

$$F - \frac{1}{\left(\frac{M^{1.01}(0.19+P)}{P^{1.38}}\right)^{12.13}} \left(1.68 \times 10^8 \times \left(e^{\frac{0.08 \log[W_1]^2 + 0.27 \times \log\left[\frac{29160.8 \times M^{1.01}(0.19+P)}{P^{1.38}}\right]^2 - 0.069 \log\left[\frac{29160.8 \times M^{1.01}(0.19+P)}{P^{1.38}}\right] \times \log[W_2] + 0.08 \log[W_2]^2}{P^{1.38}}} \right) \right. \right. \\ \left. \times W_1^{-1.14 + 0.08 \log[W_1] + 0.069 \log\left[\frac{29160.8 \times M^{1.01}(0.19+P)}{P^{1.38}}\right] - 0.16 \log[W_2]} \times W_2^{2.14} \right) + \\ M^{1.01}((29160.8) \times P^{0.62} + \\ \frac{5636.51 - 29160.8 \times F_p \times \phi}{P^{0.38}} + \frac{-3878.65 + 2248.97 \times C_1 - 5636.51 \times F_p \times \phi}{P^{1.38}} \dots\dots\dots(5-17)$$

表 5-13 財務均衡下尖離峰差別係數為 1.5 之社會福利值

n r		營 運 年 期(年)		
		15	20	25
折 現 率 (%)	4	2067.49	3110.47	4369.70
	6	2024.04	3049.66	4307.21
	8	1977.51	2973.20	4195.60

註:單位:億元

表 5-14 財務均衡下尖離峰差別係數為 2 之社會福利值

n r		營 運 年 期(年)		
		15	20	25
折 現 率 (%)	4	2133.34	3281.93	4589.79
	6	2065.84	3159.72	4516.05
	8	2005.83	3037.84	4308.92

註:單位:億元

由表 5-13 及 5-14 可得知，當還本年期愈長其社會福利值將會愈大，而當折現率增加時，其社會福利會有遞減的趨勢。另外，對應於相同還本年限及折現率下之基準費率，可得知當基準費率愈高時其社會福利值將會愈小。

5.3.3 考量政府財務狀況及市場利率條件下之費率水準

由上述求解結果可得知，當政府定訂通行費率時應考慮其財務狀況及市場利率的變動。以下視其財務狀況及市場利率下提出的基準通行費率水準，如下表 5-15；另外，也一併考量以高速公路平均旅次長度(49.75 公里)下之基準通行費率水準，以供政府及社會一般大眾參考，如下表 5-16：

在政府財務狀況的情境下，若財務狀況良好則表示所需還本年期能為長期(25 年)；反之，若財務狀況不良則表示所需還本年期需為短期(15 年)。

表 5-15 政府財務狀況及市場利率條件下之基準費率表

尖離峰 差別倍數	市場利率	財 務 狀 況	
		良好 (還本年期為 25 年)	不良 (還本年期為 15 年)
1.5 倍	低 (折現率 4%)	0.6341	0.9086
	高 (折現率 8%)	1.2645	1.4523
2 倍	低 (折現率 4%)	0.3377	0.7540
	高 (折現率 8%)	1.1154	1.3777
2.5 倍	低 (折現率 4%)	0.1682	0.5381
	高 (折現率 8%)	0.8760	1.2910

註：單位：元/小客車當量公里

表 5-16 政府財務狀況及市場利率條件下平均旅次長度基準費率表

尖離峰 差別倍數	市場利率	財 務 狀 況	
		良好 (還本年期為 25 年)	不良 (還本年期為 15 年)
1.5 倍	低 (折現率 4%)	31.5465	45.2029
	中 (折現率 6%)	44.6258	57.7598
	高 (折現率 8%)	62.9089	72.2519
2 倍	低 (折現率 4%)	16.8006	37.5115
	中 (折現率 6%)	31.7903	52.5858
	高 (折現率 8%)	55.4912	68.5406
2.5 倍	低 (折現率 4%)	8.3680	26.7705
	中 (折現率 6%)	16.1290	45.5611
	高 (折現率 8%)	43.5810	64.2273

註：單位：元/平均旅次長度(49.75 公里)

由表 5-15 可得知當尖離峰差別倍數為 2.5 倍(為社會大眾可接受程度)；還本年期為 25 年(政府財務狀況良好下)；折現率為 4%(市場較低的利率)時。所求算出之基準費率為 0.1682 元。此費率相較於在社會福利最大下(尖離峰差別倍數為 2.5 倍；還本年期為 25 年；折現率為 4%)所求之基準費率(0.2101 元)為低。故此基準費率(0.1682 元)可視為在財務收支平衡及社會福利最大下之最適基準費率。

5.3.4 考慮通行費率調整下之費率水準

國道基金自成立以來陸續納入二高及二高後續等建設計劃，並依原有財務規劃執行，然而重要建設的計劃支出陸續增加，通行費的增加卻有限，致使國道基金目前財務虧損嚴重。因此，調整高速公路通行費顯然成為高速公路財務主要開源方式之一，且從民國八十年九月到現在，高速公路通行費已經將近十五年沒有變動，但物價指數卻年年上漲，如果不調漲，將造成無法達成財務計畫之自償率，使得不足部分需仰賴國庫，也就是由全體納稅人負擔高速公路的維護建設，而不

是使用者付費，有失公平及合理性。為落實「使用者付費」觀念，且使費率反應成本，進而減少高速公路財務負擔，故本研究將在高速公路財務收支模式中考量以每五年調漲高速公路之費率為原則，在未來年不同條件下所求出之基準費率能合理的反映其公平性。另外，其費率調整之幅度將以每五年物價指數之平均成長率為依據做其假設。

本研究將以無調整基準費率之情況及每五年實施調整費率之情況兩種情境做一比較說明。

1. 情境一：無考慮基準費率調整之情形

依據第三章所構建之財務收支平衡進行求解，所求得之基準費率如第 5.3.1 節之求解結果，其整理如表 5-17 所示，而此情境下求算之費率亦稱為固定基準費率。

表 5-17 未調整基準費率情形下之費率表

尖離峰 差別倍數	市場利率	還本年期		
		15 年	20 年	25 年
1.5 倍	低 (折現率 4%)	0.9086	0.7189	0.6341
	中 (折現率 6%)	1.1610	0.9809	0.8970
	高 (折現率 8%)	1.4523	1.3082	1.2645
2 倍	低 (折現率 4%)	0.7540	0.4281	0.3377
	中 (折現率 6%)	1.0570	0.7980	0.6390
	高 (折現率 8%)	1.3777	1.1928	1.1154
2.5 倍	低 (折現率 4%)	0.5381	0.2921	0.1682
	中 (折現率 6%)	0.9158	0.4824	0.3242
	高 (折現率 8%)	1.2910	1.0380	0.8760

2. 情境二：考慮基準費率每五年調整一次之情形

依據第三章構建之財務收支模式中，在費率變數項增加一費率調整係數(C_2)，如式 5-18。以每五年改變其調整變數數值如表 5-18。調整變數值則依過去每五年的物價指數成長率，以及表 4-7 歷年來調整通行費率之情形，故本研究假設其調整值為每五年調漲 15%。

$$P_n = P_0 \times (C_2)^i \dots\dots\dots(5-18)$$

其中， P_n ：民國 n 年間之通行費率

P_0 ：基年之基準費率

表 5-18 費率與費率調整係數關係表

P_n	$P_{100\sim104}$	$P_{105\sim109}$	$P_{110\sim114}$	$P_{115\sim118}$
i	1	2	3	4

本研究考慮在基準費率調整的情形下，依然以實施哩程收費後加入尖離峰差別費率之方式進行通行費率求解。另外，在民國 95 年至民國 100 年不考慮調整其費率，因此期間仍為計次收費，並考慮社會大眾接受程度，故在民國 101 年後之每五年才實施通行費率調整。以下就不同還本年期、折現率以及不同差別費率係數下，求算出基準費率調整後之費率，如下表 5-19 所示。而此情境下求算之費率亦稱為調整型基準費率。

表 5-19 調整基準費率情形下尖離峰差別倍數 1.5 倍之費率表

n r		還 本 年 限(年)												
		尖峰 費率倍數 (1.5 倍)	15			20				25				
			民國 94~ 99	民國 100~ 104	民國 105~ 108	民國 94~ 99	民國 100~ 104	民國 105~ 109	民國 110~ 113	民國 94~ 99	民國 100~ 104	民國 105~ 109	民國 110~ 114	民國 115~ 118
折 現 率	4%	離峰 費率	0.744	0.856	0.984	0.481	0.553	0.636	0.732	0.369	0.424	0.488	0.561	0.645
		尖峰 費率	1.116	1.284	1.476	0.722	0.830	0.954	1.097	0.554	0.637	0.732	0.842	0.968
	6%	離峰 費率	0.989	1.137	1.308	0.711	0.818	0.941	1.081	0.539	0.620	0.713	0.820	0.943
		尖峰 費率	1.484	1.706	1.962	1.067	1.226	1.411	1.622	0.809	0.929	1.070	1.229	1.414
	8%	離峰 費率	1.271	1.462	1.681	1.020	1.173	1.349	1.551	0.864	0.994	1.143	1.314	1.511
		尖峰 費率	1.907	2.192	2.521	1.530	1.760	2.023	2.327	1.296	1.491	1.714	1.971	2.267

註:單位:元/小客車當量公里

表 5-20 調整基準費率情形下尖離峰差別倍數 2 倍之費率表

n r		還 本 年 限(年)												
		尖峰 費率倍數 (2倍)	15			20				25				
			民國 94~ 99	民國 100~ 104	民國 105~ 108	民國 94~ 99	民國 100~ 104	民國 105~ 109	民國 110~ 113	民國 94~ 99	民國 100~ 104	民國 105~ 109	民國 110~ 114	民國 115~ 118
折 現 率	4%	離峰 費率	0.448	0.515	0.592	0.286	0.329	0.378	0.435	0.178	0.205	0.235	0.271	0.311
		尖峰 費率	0.672	0.773	0.889	0.429	0.493	0.567	0.652	0.267	0.307	0.353	0.406	0.467
	6%	離峰 費率	0.835	0.961	1.104	0.437	0.503	0.578	0.665	0.297	0.342	0.393	0.452	0.520
		尖峰 費率	0.253	1.440	1.656	0.656	0.754	0.867	0.997	0.446	0.512	0.589	0.678	0.779
	8%	離峰 費率	1.170	1.346	1.547	0.812	0.934	1.074	0.235	0.381	0.438	0.504	0.579	0.666
		尖峰 費率	1.755	2.018	2.321	1.218	1.401	1.611	1.852	0.572	0.657	0.756	0.869	0.999

註:單位:元/小客車當量公里

表 5-21 調整基準費率情形下尖離峰差別倍數 2.5 倍之費率表

n r		還 本 年 限(年)												
		尖峰 費率倍數 (2.5 倍)	15			20				25				
			民國 94~ 99	民國 100~ 104	民國 105~ 108	民國 94~ 99	民國 100~ 104	民國 105~ 109	民國 110~ 113	民國 94~ 99	民國 100~ 104	民國 105~ 109	民國 110~ 114	民國 115~ 118
折 現 率	4%	離峰 費率	0.315	0.362	0.417	0.158	0.182	0.209	0.240	0.123	0.141	0.163	0.187	0.215
		尖峰 費率	0.473	0.543	0.625	0.237	0.273	0.313	0.361	0.184	0.212	0.245	0.281	0.323
	6%	離峰 費率	0.623	0.716	0.824	0.302	0.347	0.399	0.459	0.221	0.254	0.292	0.336	0.387
		尖峰 費率	0.935	1.074	1.236	0.453	0.521	0.599	0.689	0.332	0.381	0.438	0.504	0.581
	8%	離峰 費率	1.039	1.195	0.374	0.531	0.611	0.702	0.808	0.330	0.380	0.436	0.502	0.577
		尖峰 費率	1.559	1.793	0.561	0.797	0.917	1.053	1.212	0.495	0.570	0.654	0.753	0.866

註:單位:元/小客車當量公里

3. 情境比較:比較未調整基準費率(固定基準費率)與調整基準費率(調整型基準費率)之情形。

茲將未調整基準費率與每五年調整一次基準費率之情形整理如表 5-22, 由表 5-22 可了解在未來 25 年內, 高速公路每年通行費在不同情境設定下之情形。

表 5-22 固定基準費率與調整型基準費率尖離峰差別倍數下之比較表

折 現 率	情 境 別	尖離峰 差別倍數 (1.5 倍)	還 本 年 限(年)											
			15			20				25				
			民國 94~ 99	民國 100~ 104	民國 105~ 108	民國 94~ 99	民國 100~ 104	民國 105~ 109	民國 110~ 113	民國 94~ 99	民國 100~ 104	民國 105~ 109	民國 110~ 114	民國 115~ 118
4%	情境 (一)	基準 費率	0.909	0.909	0.909	0.719	0.719	0.719	0.719	0.634	0.634	0.634	0.634	0.634
	情境 (二)	基準 費率	0.744	0.856	0.984	0.481	0.553	0.636	0.732	0.369	0.424	0.488	0.561	0.645
6%	情境 (一)	基準 費率	1.161	1.161	1.161	0.981	0.981	0.981	0.981	0.897	0.897	0.897	0.897	0.897
	情境 (二)	基準 費率	0.989	1.137	1.308	0.711	0.818	0.941	1.081	0.539	0.620	0.713	0.820	0.943
8%	情境 (一)	基準 費率	1.452	1.452	1.452	1.308	1.308	1.308	1.308	1.264	1.264	1.264	1.264	1.264
	情境 (二)	基準 費率	1.271	1.462	1.681	1.020	1.173	1.349	1.551	0.864	0.994	1.143	1.314	1.511

註:單位:元/小客車當量公里

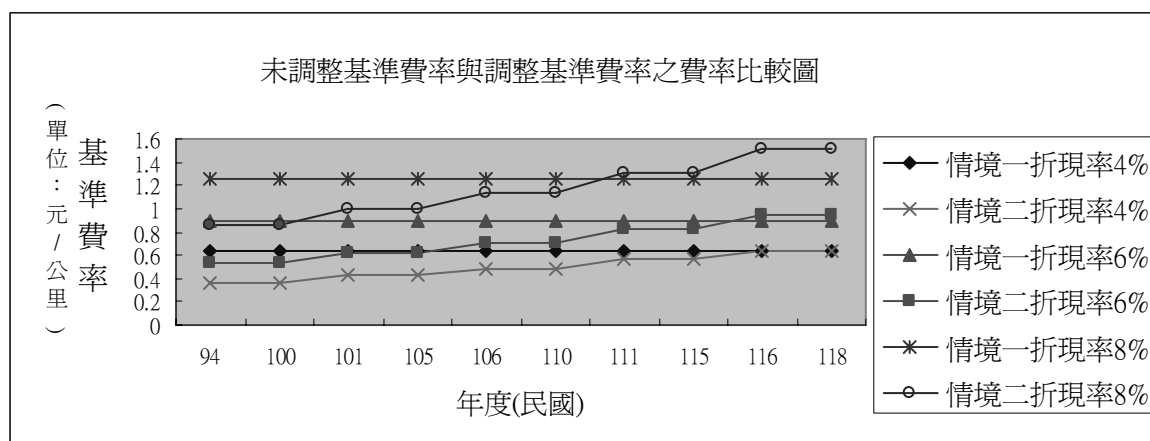


圖 5-5 固定基準費率與調整型基準費率之費率比較圖

當基準費率水準因應物價指數變動而進行每五年調整一次費率時，其估算結果由表 5-22 及圖 5-5 可發現在相同還本年限及折現率下，其還本年限前期之通行費率會較低。此外，在相同財務條件下(還本年限為 15 年、折現率 6%，以及尖離峰差別倍數為 1.5 倍)求算固定基準費率與調整型基準費率之社會福利值，固定基準費率之社會福利值為 2024.04 億元；調整型基準費率之社會福利值為 2088.88 億元，由其結果可發現調整型基準費率之社會福利將會較固定基準費率之社會福利多出 3.2%，顯示合理的費率調整機制具有正面的經濟意涵。

5.4 敏感度分析

由於本研究對於財務費率模式中之相關變數進行預測以估計未來年之基準費，然變數之預測值不同其相對結果亦會不同，因此本研究針對相關變數進行敏感度分析，以了解相關變數對於分析年期預測模式結果之影響程度。因尖離峰差別倍數的不同並不會影響其基準費率變動趨勢，故本研究僅以尖離峰差別倍數為1.5 倍及折現率為 6%時進行分析探討。

5.4.1 勞務與中間要素合併價格因素之影響

由表 5-23 可知勞務與中間要素合併價格變化對基準費率之影響。1.當勞務與中間要素合併價格增加時，基準費率隨之提高 2.隨還本年期增加，其變化率增加，顯示還本年期愈長對於勞務與中間要素合併價格之變化愈趨敏感。其變化如圖 5-6 所示。

表 5-23 勞務與中間要素合併變化對基準費率之影響

還本年期	基準費率值(元/小客車當量車公里)				變化率(%)		
	0%	+10%	+20%	+30%	+10%	+20%	+30%
15	1.1610	1.1927	1.2240	1.2554	2.73%	5.43%	8.13%
20	0.9809	1.0228	1.0642	1.1053	4.27%	8.49%	12.68%
25	0.8970	0.9544	1.0106	1.0662	6.40%	12.67%	18.86%

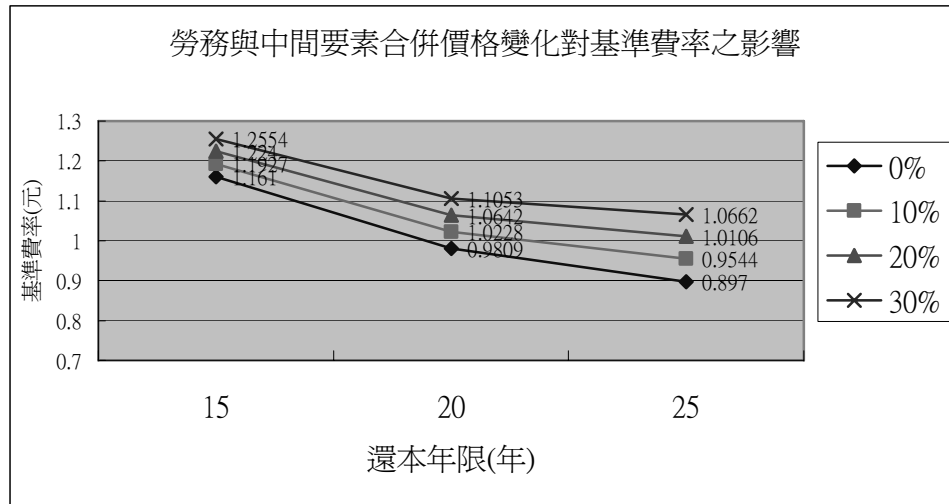


圖 5-6 勞務與中間要素合併價格變化對基準費率之影響圖

5.4.2 物料價格因素之影響

由表 5-24 可知物料價格變化對基準費率之影響。1.當物料價格增加時，基準費率隨之提高 2.隨還本年期增加，其變化率增加，顯示還本年期愈長對於物料價格之變化愈趨敏感。其變化如圖 5-7 所示。

表 5-24 物料因素變化對基準費率之影響

還本年期	基準費率值(元/小客車當量車公里)				變化率(%)		
	0%	+10%	+20%	+30%	+10%	+20%	+30%
15	1.1610	1.1773	1.1933	1.2093	1.40%	2.78%	4.16%
20	0.9809	1.0010	1.0208	1.0404	2.05%	4.07%	6.07%
25	0.8970	0.9227	0.9482	0.9735	2.87%	5.71%	8.53%

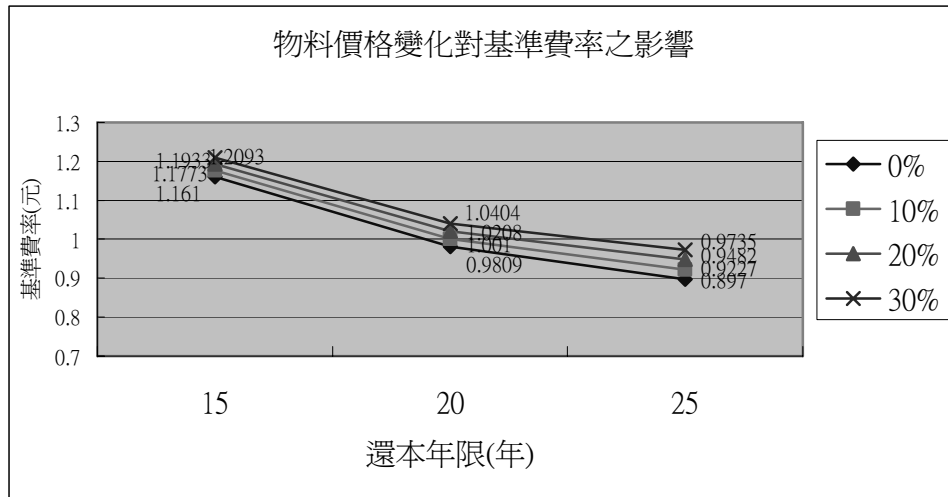


圖 5-7 物料價格變化對基準費率之影響圖

5.4.3 委辦服務費率因素之影響

由表 5-25 可知委辦服務費率變化對基準費率之影響。1.當委辦服務費率增加時，基準費率隨之提高。其變化如圖 5-8 所示。

表 5-25 委辦服務費率因素變化對基準費率之影響

還本年期	基準費率值(元/小客車當量車公里)			變化率(%)	
	-50%	0%	+50%	-50%	+50%
15	1.1160	1.1610	1.2048	-3.88%	3.77%
20	0.9171	0.9809	1.0414	-6.50%	6.17%
25	0.8182	0.8970	0.9688	-8.78%	8.00%

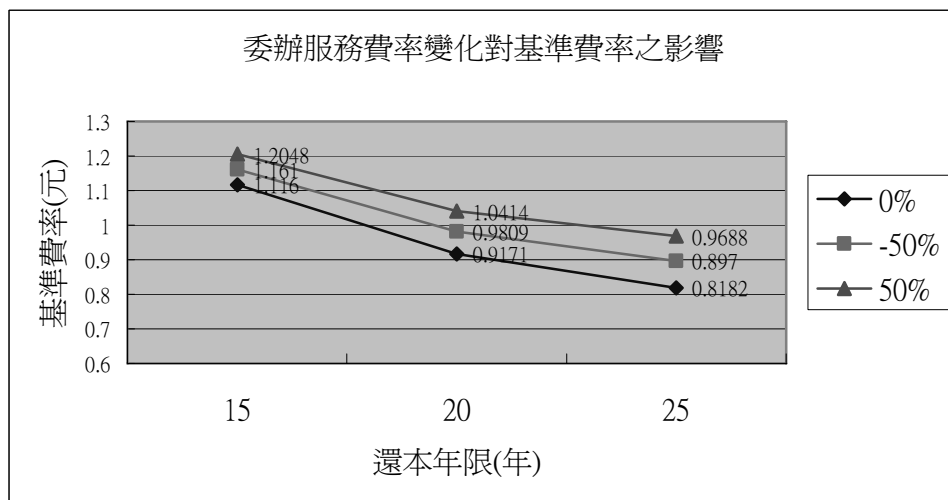


圖 5-8 委辦服務費率變化對基準費率之影響圖

5.4.4 相對基本容量比例值因素之影響

由表 5-26 可知相對基本容量比例值變化對基準費率之影響。1.當相對基本容量比例值增加時，基準費率隨之降低 2.隨還本年期增加，其變化率增加，顯示還本年期愈長對於相對基本容量比例值之變化愈趨敏感。其變化如圖 5-9 所示。

表 5-26 容量因素變化對基準費率之影響

基準費率值(元/小客車當量車公里)					變化率(%)		
還本年期	0%	+10%	+20%	+30%	+10%	+20%	+30%
15	1.1610	1.0244	0.8954	0.7732	-11.77%	-22.88%	-33.40%
20	0.9809	0.8306	0.6850	0.5412	-15.32%	-30.17%	-44.83%
25	0.8970	0.7057	0.4986	0.3489	-21.33%	-44.41%	-61.10%

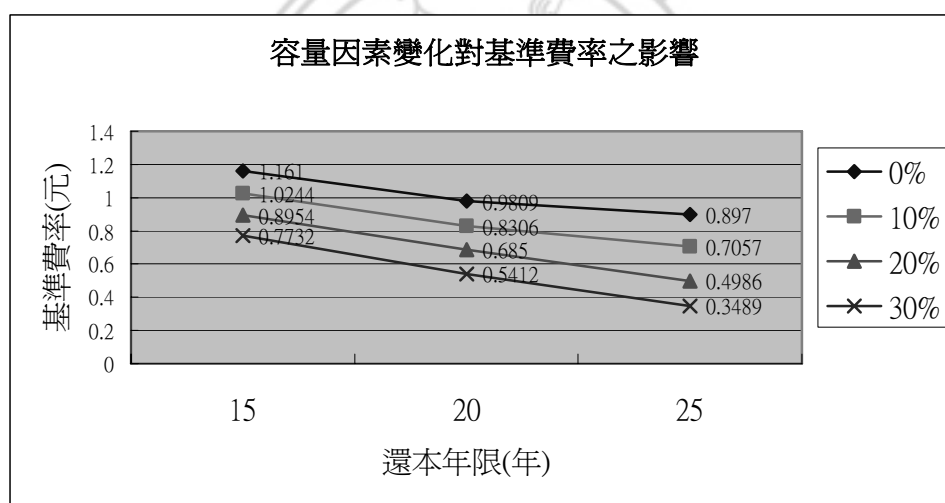


圖 5-9 容量因素變化對基準費率之影響圖

5.4.5 國民所得因素之影響

由表 5-27 可知國民所得變化對基準費率之影響。1.當國民所得增加時，基準費率隨之降低 2.隨還本年期增加，其變化率增加，顯示還本年期愈長對於國民所得之變化愈趨敏感。其變化如圖 5-10 所示。

表 5-27 國民所得因素變化對基準費率之影響

基準費率值(元/小客車當量車公里)					變化率(%)		
還本年期	0%	+10%	+20%	+30%	+10%	+20%	+30%
15	1.1610	1.0130	0.8856	0.7743	-12.75%	-23.72%	-33.30%
20	0.9809	0.8180	0.6738	0.5426	-16.61%	-31.31%	-44.68%
25	0.8970	0.6888	0.4807	0.2926	-23.21%	-46.41%	-67.38%

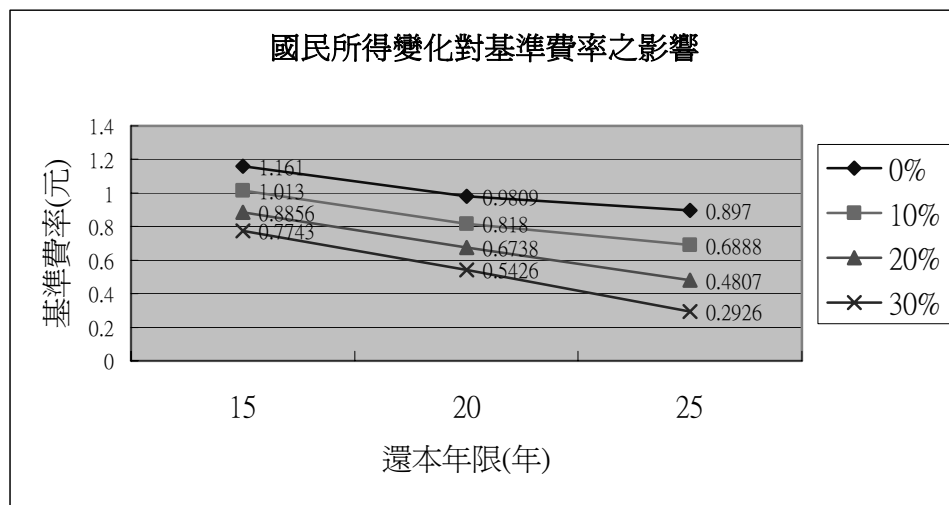


圖 5-10 國民所得變化對基準費率之影響圖

5.5 小結

本章主要針對不同之尖離峰差別係數與還本年限，進行財務收支平衡模式下之基準費率求解，並進一步分析在設定還本年限之基準費率下其社會福利變化。

針對本章之研究內容可歸納出下列幾點小結：

1. 經相關變數探討與分析後，本研究求得高速公路之使用者需求面函數與變動成本函數以及收益函數，進一步由這些函數構建出一套高速公路財務均衡之通行費率模式。

2. 經基準費率求解後發現，其財務支出平衡模式下所求算出之基準費率，會隨著設定之還本年限愈大則費率會愈低。另外，比較其差別費率係數設定不同下所得之結果，可了解當差別費率係數倍數增加時，在相同還本年限下，其基準費率有逐漸降低的趨勢。
3. 若只考慮社會福利最大下去求算基準費率，其費率值相較於財務收支平衡模式下之基準費率值大多數為低。而且在不同的營運年期條件及折現率下，其費率之變動很小。另外，以社會福利最大下所求之費率，其欲達財務收支平衡所需之還本年期，與本研究所設定之年期相比較時，會延長其年期。但若社會福利最大之基準費率，當折現率低，且尖離峰差別係數高時，則仍可在政府可接受的還本年期內達到財務收支平衡。
4. 社會福利分析方面，當基準費率愈高時其社會福利值將會愈小。另外，當還本年限愈長其社會福利值將會愈大；折現率愈低時其社會福利值將會愈大。
5. 經本研究實證求解分析之結果，可得知欲達社會福利最大及財務收支平衡下之最適基準費率，需尖離峰差別倍數愈大、還本年期愈長，以及市場利率愈低。本研究所求出的費率水準(0.1682 元)，為尖離峰差別倍數 2.5 倍(為社會大眾可接受程度)；還本年期為 25 年(政府財務狀況良好下)；折現率為 4%(市場較低的利率)時的基準費率。而此基準費率(0.1682 元)可視為在財務收支平衡及社會福利最大下之最適基準費率。
6. 在考量合理費率調整機制下，當基準費率水準因應物價指數變動而進行每五年調整一次費率時，估算結果發現在相同還本年限及折現率下，除其還本年限前期之通行費率會較低外，在相同財務條件下調整型基準費率之社會福利將會較固定基準費率之社會福利多出 3.2%，顯示合理的費

率調整機制具有正面的經濟意涵。

7. 於敏感度分析方面，與需求函數相關之國民所得與相對基年容量比例值變數增加時，基準費率降低，隨還本年期越長其影響程度亦會逐漸增加；與成本函數相關之勞務價格與物料價格變數增加時，基準費率提高。且隨還本年期越長其影響程度亦會逐漸增加之趨勢；在委辦服務費率方面，其委辦服務費率增加時，基準費率隨之提高。



第六章 結論與建議

本研究主要分別分析需求與供給面因素校估高速公路需求與變動成本函數，特別是在需求面上，考慮因採尖離峰差別訂價而產生的高速公路流量轉移。故結合需求模式、流量轉移模式、成本模式及收益模式，進而構建高速公路財務收支平衡模式與社會福利最大費率模式分別進行基準費率之求解與探討。以下僅根據本研究所獲得之成果，提出具體結論與建議。

6.1 結論

1. 本研究利用 Cobb-Douglas 形式之函數型態構建高速公路使用者之需求函數，並以 Translog 函數形式構建高速公路變動成本函數，再者，加入個體選擇機率與彈性相關性函數(流量轉移函數)，最後結合高速公路之收益函數與變動成本函數構建出均衡費率模式，可用以探討不同財務目標與變動需求下之通行費率。
2. 本研究所構建之基準通行費率理論模式，可根據不同目標(如尖離峰差別係數、還本年限)，估算生產者之剩餘(利潤)、消費者剩餘、社會福利與求解財務收支平衡及社會福利最大下之基準費率，並顯示其相互關係，使政府與民眾可清楚地了解實施尖離峰差別費率政策所隱含之意義。
3. 由高速公路需求面函數之校估結果顯示，其價格彈性皆小於 0，顯示高速公路對於使用者而言為一必需品，亦即當費率調漲至某一程度時其需求量亦不為 0。
4. 相對基年容量比例值之係數值為正值，容量與需求量呈正向變化，顯示當高速公路容量增加時其需求量亦會隨之增加，其增加之需求量为提高運輸績效後而吸引之新的需求，此即衍生需求。

5. 本研究於消費者剩餘之分析中，發現其最大願付價格必定為小於或等於所得，且經推導後證明可以消費者之所得或該費消費預算為最大願付價格之極值。因此在其上限值之設定方面，本研究以其工資率作為其實質所得衡量，並進一步求得其單位距離之時間價值以做為使用者行駛高速公路最大願付價格水準之參考。
6. 經基準費率求解後發現，其財務收支平衡模式下所求算出之基準費率，會隨著設定之還本年限愈大則費率會愈低。而在折現率愈低時，其基準費率會愈低。
7. 比較其差別費率係數設定不同下所得之結果，可了解當差別費率係數倍數增加時，在相同還本年限及折現率下，其基準費率有逐漸降低的趨勢。此外，高速公路採取尖離峰差別定價策略時，亦能有效縮短高速公路財務自償之年限 4~8 年。因此，當高速公路採取尖離峰差別訂價策略時，不但能符合一般大眾在社會福利愈大的前提下希望費率能更低，亦能有效縮短對於高速公路欲達財務收支平衡之年限，故政府在實施此策略在政策面及社會面上有其正面效益。
8. 若就不同還本年期及尖離峰差別係數下之費率：
 - (a). 尖離峰差別係數為 1(折現率為 6%)：此時尖峰費率等於離峰費率(基準費率)，還本年限為 15 年時，其基準費率為 1.2094 元/公里；還本年限為 20 年時，其基準費率為 1.1684 元/公里；還本年限為 25 年時，其基準費率為 1.1096 元/公里。
 - (b). 尖離峰差別係數為 1.5(折現率為 6%)：此時尖峰費率為離峰費率(基準費率)的 1.5 倍，還本年限為 15 年時，其離峰費率為 1.161 元/公里、尖峰費率為 1.742 元/公里；還本年限為 20 年時，其離峰費

率為 0.9809 元/公里、尖峰費率為 1.4714 元/公里；還本年限為 25 年時，其離峰費率為 0.8971 元/公里、尖峰費率為 1.3457 元/公里。

(c). 尖離峰差別係數為 2(折現率為 6%)：此時尖峰費率為離峰費率(基準費率)的 2 倍，還本年限為 15 年時，其離峰費率為 1.057 元/公里、尖峰費率為 2.114 元/公里；還本年限為 20 年時，其離峰費率為 0.7981 元/公里、尖峰費率為 1.5962 元/公里；還本年限為 25 年時，其離峰費率為 0.6392 元/公里、尖峰費率為 1.2784 元/公里。

(d). 尖離峰差別係數為 2.5(折現率為 6%)：此時尖峰費率為離峰費率(基準費率)的 2.5 倍，還本年限為 15 年時，其離峰費率為 0.9158 元/公里、尖峰費率為 2.2895 元/公里；還本年限為 20 年時，其離峰費率為 0.4824 元/公里、尖峰費率為 1.206 元/公里；還本年限為 25 年時，其離峰費率為 0.3242 元/公里、尖峰費率為 0.8105 元/公里。

9. 考慮社會福利最大下去求算基準費率，其費率值相較於財務收支平衡模式下之費率值大多數為低。而且在不同的營運年期條件及折現率下，其費率之變動比率很小。另外，以社會福利最大下所求之費率，其欲達財務收支平衡所需之還本年期，與本研究所設定之年期相比較時，會延長其年期。但若社會福利最大之基準費率，當折現率低，且尖離峰差別係數高時，則仍可在政府可接受的還本年期內達到財務收支平衡。

10. 社會福利分析方面，當基準費率愈高時其社會福利值將會愈小。在社會福利變動方面，當還本年限愈長其社會福利值將會愈大；當折現率增加時，其社會福利值會有遞減的趨勢。

11. 經本研究實證求解分析之結果，可得知欲達社會福利最大及財務收支平衡下之最適基準費率，需尖離峰差別倍數愈大、還本年期愈長，以及市場利率愈低。本研究所求出的費率水準(0.1682 元)，為尖離峰差別倍數 2.5 倍(為社會大眾可接受程度)；還本年期為 25 年(政府財務狀況良好下)；折現率為 4%(市場較低的利率)時的基準費率。而此基準費率(0.1682 元)可視為在財務收支平衡及社會福利最大下之最適基準費率。
12. 在考量合理費率調整機制下，當基準費率水準因應物價指數變動而進行每五年調整一次費率時，估算結果發現在相同還本年限及折現率下，除其還本年限前期之通行費率會較低外，在相同財務條件下調整型基準費率之社會福利將會較固定基準費率之社會福利多出 3.2%，顯示合理的費率調整機制具有正面的經濟意涵。
13. 於敏感度分析方面，與需求函數相關之國民所得與相對基年容量比例值變數增加時，基準費率降低，隨還本年期越長其影響程度亦會逐漸增加；與成本函數相關之勞務價格與物料價格變數增加時，基準費率提高。且隨還本年期越長其影響程度亦會逐漸增加之趨勢；在委辦服務費率方面，其委辦服務費率增加時，基準費率隨之提高。

6.2 建議

1. 本研究之研究內容主要以小客車當量將各車種折算為同一單位進行費率之運算，並未針對各型車種進行各別費率之模式構建與求解，後續研究應可針對個別車種之使用型態進行更深入之研究，以求得滿足各車種個別需求並符合高速公路財務狀況之最佳費率。

2. 本研究是以巨觀方式處理高速公路電子收費後之整體流量的改變，並非以微觀的觀點去看待，也就是不考慮個別旅行者因旅行時間的減少而造成的流量變動，亦即本研究無探討系統之擁擠成本，因此建議後續研究可進一步探討高速公路系統使用之擁擠成本，以確實反映其社會成本。
3. 小客車當量隨著道路狀況與車流混合之型態不同，其計算方式亦隨之不同，本研究並無考慮不同車流混合型態之小客車當量轉換值之差異，因此後續研究可針對此一費率折算因子做更進一步之探討，以減少費率折算時之誤差。
4. 本研究主要針對高速公路之服務流量進行探討，針對軸重當量對維修成本之影響並無一明確之定義，因此建議後續研究可進一步探討其相互關聯，以做為相關研究之參考。



參考文獻

1. Adler, T., Ristau, W. and Falzarano, S. (1999). Traveler Reactions to Congestion Pricing Concepts for New York' s Tappan Zee Bridge. *Transportation Research Record*, Vol.1659, pp. 87-96.
2. Ali, M. (1997). Comparison of tolling strategies for highway 407 in the Greater Toronto Area. *Transportation Research Record*, Vol.576, pp.28~36.
3. Arnott, R.J., De Palma, A., and Lindsey, R. (1990a). Economics of a Bottleneck,. *Journal of Urban Economics*, Vol. 27, pp. 111-130.
4. Ben-Alive,M and Lerman,S. (1985). Discrete Choice Analysis. pp. 111-113
5. Berechman.J and Giuliano.G (1984). Analysis of the Cost Structure of an Urban us Transit Property. *Transportation Research*, Vol.18B, No.4/5, pp.273-287.
6. Berechman.J. (1983, January). Economies of Scale and Factor Demand in bus Transportation. *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 17, No1, pp.7-24.
7. Billera. L.J. and D.C.Heath. (1982). Allocation of Shared Cost: A Set of Axioms That Yield a Unique Procedure. *Mathematics Oper. Res.* 7(1), pp.32-39.
8. Braid, R.M. (1989). Uniform Versus Peak-load Pricing of a Bottleneck with Elastic Demand. *Journal of Urban Economics*, Vol. 26, No. 3, pp.320-327.
9. Burris, M.W. (2003, July). Application of Variable Tolls on Congestion Toll Road. *Journal of Transportation Engineering*, Vol. 129, No. 4, pp. 354-361.
10. Burris, M.W. (2002). Discrete choice models of traveler participation in differential time of day pricing programs. *Transportation Policy*, No.9, pp. 241-251.
11. Charles, S. and Gary, Q. (1997). The Catch-22 of Congestion Pricing. *Transportation Quarterly*. Vol. 51, No. 4, pp.117-133.
12. Chris, H. and Anthony, K. (1983). Cost allocation uniform traffic removal: theoretical discussion and example highway cost applications. *Transportation Research*, 17B(4), pp.265-274.
13. Chris, H. and Sue M.(1984). An illustration of allocated costs for turnpike toll design. *Transportation Quarterly*, 38(4), pp.575-592.
14. Cohen, Y. (1987). Commuter welfare under peak-load congestion tolls : who gains and who loses ? *International Journal of Transport Economics*,

Vol. 14, pp.239-266.

15. DeCorla-Souza, P.(2002). The Long-Term Value of Value Pricing in Metropolitan Areas. *Transportation Quarterly*, Vol. 56, No. 3, pp. 19-31.
16. Darren Torbic et al.(1997). Passenger car equivalents for highway cost location. *Transportation Research Record*.
17. Diewert.W.E. (1992). The Measurement of Productivity. *Bulletin of Economic Research*, Vol.44, No.3, 1992, pp.163-198.
18. Euijune, K. and Myungsoo, S. (2002). Estimate on Regional Benefit and Optimal Level of Road Capital Stock. *J.Infrastruct. System.*, Vol. 8, Issue 3, pp.96-102.
19. Goh, M.(2002). Congestion management and electronic road pricing in singapore. *Journal of Transport Geography*, Vol. 10, No. 1, pp. 29-38.
20. Heike, L. (2005). An econometric analysis of motorway renewal costs in Germany. *Transportation Research Part A*.
21. Hultgren, L., and Kawada, K.(1999, June). San Diego' s Interstate 15 High-Occupancy / Toll Lane Facility Using Value Pricing. *ITE Journal*, pp. 22-27.
22. Koppelman, F. S. (1983). Predicting transit ridership in Response to Transit Service Change. *Journal of Transportation Engineering*, Vol. 109.
23. Lam, T.C., and Small, K.A.(2001). The Value of Time and Reliability:Measurement from a Value Pricing Experiment. *Transportation Research Part E*, Vol. 37, No. 2/3, pp. 231-251.
24. Liu, L.N. (2004). Multi-period Congestion Pricing Models and Efficient Tolls in Urban Road Systems. *Review of Network Economics*, Vol.3, Issue 4.
25. Morrison (1986). A Survey of Road Pricing. *Transportation Research Part A*, Vol. 20, o. 2, pp. 87-97.
26. Mun, S. (1999). Peak-Load Pricing of a Bottleneck with Traffic Jam. *Journal of Urban Economics*, Vol. 46, 323-349
27. Pannapa, H. and Apiphan, N.(2001, October). Optimal Toll Collection Strategies For Inter-City Route : A Case Study Of New Bangkok-Chonburi Motorway And Bangna-Chonburi Elevated Expressway. *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol.3, No.3.
28. Paolo, M. and Pierfrancesco, R.(2003). Operating costs and market organization in railway services. The case of Italy, 1980 – 1995. *Transportation Research Part B*.

29. Paolo, F. (1995). Road Pricing and Network Equilibrium. *Transportation Research Part B*, Vol. 29, No. 5, pp.357-372.
30. Phang, S. Y. and Toh, R. S. (1997). From Manual to Electronic Road Congestion Pricing : The Singapore Experience and Experiment. *Transportation Research Part E*, Vol. 33, No. 2, pp. 97-106.
31. Ryuji, K. and Shoshi, M. (2005). Bus Industry Evaluation Method Peroute. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol. 6, pp. 519-528.
32. Steven, C.D., David, L.C., and Norman, W. (1988). Economies of size and scope in rural low-volume roads. *The Review of Economics and Statistics*.
33. Vickrey, W.S. (1969). Congestion Theory and Transport Investment. *American Economic Review*, Vol. 59, pp. 251-261.
34. 陳榮明，張淑娟，沈瑄瑄，「高速公路匝道收費對地區交通之影響-以台北市為例」，中華民國運輸學會第十八屆論文研討會，民國 92 年 12 月。
35. 褚志鵬，「主線收費及匝道收費政策下之擁擠定價分析」，運輸計劃季刊，第三十卷，第三期，頁 513-538，民國 90 年 7 月。
36. 陳敦基，曾淑玲，「國道高速公路通行費及徵收方式之檢討」，中華民國運輸學會第十七屆論文研討會，頁 1143-1150，民國 91 年 12 月。
37. 藍武王，交通部運輸研究所委託，「高速公路通行費率計算公式之研究」，民國 81 年 7 月。
38. 林繼國、邱裕鈞、陳佩棻，交通部運輸研究所委託，「高速公路匝道收費系統通行費率之研擬與試算」，民國 91 年 6 月。
39. 蕭德貞，中山高速公路通行費率擬定之研究，交通大學交通工程運輸研究所碩士論文，民國 81 年 6 月。
40. 國道高速公路局，「高速公路年報」，民國 71-93 年。
41. 交通部運輸研究所，「高速公路出售與經營管理權出租之可行性研究」，民國 88 年 7 月。
42. 林華新，公車業成本函數及規模經濟之研究，國立成功大學交通管理科學研究所，碩士論文，民國 75 年 6 月。
43. 林慧菁，台北市公共汽車業之成本、規模經濟與生產力之實證研究，國立台灣大學經濟學研究所，碩士論文，民國 75 年 7 月。
44. 溫惠美，道路定價策略之研究--以實施地區通行證為例，交通大學交通運輸工程研究所碩士論文，民國 81 年 7 月。
45. 顏上晴，高速公路課徵擁擠稅與可行性之研究，成功大學交通管理(科學)學系碩士論文，民國 83 年 7 月。
46. 鄭淑穎，高速公路擁擠稅課徵之分析，東吳大學經濟學系碩士論文，民國 85 年 7 月。

47. 賴禎秀，吳志仁「高速公路實施匝道電子收費下最佳費率與經濟效益評估研究」運輸計劃季刊 第 31 卷 第一期。
48. 康熙宗 馮正民「BOT 計畫自償率之再檢討」中華民國運輸學會第 16 屆論文研討會中華民國 90 年 11 月。
49. 交通部運輸研究所，「研擬高速公路通行費率公式及徵收辦法」，民國 87 年 7 月。
50. 交通部運輸研究所，「城際客運時間價值之研究」，民國 77 年 10 月。
51. 「民間參與高速公路電子收費系統建置及營運契約簽定事宜」，交通部新聞稿 93.04.27。
52. 「民間參與高速公路電子收費系統建置及營運」案招商規劃報告，國道高速公路局網站(<http://www.freeway.gov.tw>)，民國 92 年 7 月。
53. 葉豈陞，褚志鵬，「異質旅次之道路擁擠定價研究」，東華大學國際經濟研究所碩士論文，民國 88 年。
54. 康熙宗、馮正民、王思綺「構建 BOT 計畫權利金模式-固定式收取方式為例」中華民國運輸學會第 17 屆論文研討會。
55. 陳天賜、徐榮崇，「交通建設之財務自償率探究」，中華民國運輸學會第 9 屆學術研討會。
56. 曾淑玲，考量財務自償率之國道高速公路通行費率訂定之研究淡江大學運輸管理學系運輸科學碩士班碩士論文 民國 92 年 6 月。
57. 張俊明，台北市公車業規模經濟與生產力之研究，淡江大學土木工程研究所，碩士論文，民國 85 年 6 月。
58. 李明彥，營運虧損補貼對台北市聯營公車成本與生產力影響之研究，淡江大學運輸管理學系運輸科學碩士班，碩士論文，民國 89 年 6 月。
59. 楊元彬，運輸業之成本函數—台汽之實證研究，台灣大學土木工程研究所碩士論文，民國 74 年 7 月。
60. 邱穀工程顧問公司，「高速公路交通動態資料調查報告」，民國 84 年。
61. 許凱翔，汽車貨物運輸業成本函數之研究，成功大學交通管理學系，碩士論文，民國 89 年 6 月。
62. 吳貞瑩，國籍航空公司成本結構之研究，國立交通大學交通運輸研究所，碩士論文，民國 90 年 7 月。
63. 黃世明，計程車最適費率與空車率之研究，國立臺灣大學土木工程學研究所，碩士論文，民國 90 年 6 月。
64. 蔡政霖，高速公路實施擁擠定價對用路人旅運行為影響之研究，逢甲大學交通工程與管理學系碩士班，碩士論文，民國 93 年 7 月。
65. 張亦寬，以雙層次數學規劃建構旅客需求導向之票價模式—以台灣高鐵為例國立成功大學交通管理科學研究所，碩士論文，民國 93 年 7 月。

66. 陳筱葳，城際旅運者運具選擇行為之研究，逢甲大學交通工程與管理學系碩士班，碩士論文，民國 91 年 7 月。
67. 交通部，國道公路建設管理基金財務計畫草案，行政院，民國 91 年 11 月。
68. 中華顧問工程司，「中山高速公路匝道收費系統規劃」之研究，國道高速公路局，民國 81 年 6 月





附錄 A-1 歷年各車種通過收費站次數

單位：輛

年度	小客車		大型車		聯結車		總計	成長率
	通過次數	%	通過次數	%	通過次數	%		
68	52,352,018	61.44%	22,151,745	26.00%	10,702,484	12.56%	85,206,247	--
69	54,989,128	59.05%	24,072,672	25.85%	14,063,333	15.10%	93,125,133	9.29%
70	60,639,891	61.80%	23,000,399	23.44%	14,484,262	14.76%	98,124,552	5.37%
71	67,385,984	64.50%	22,068,349	21.12%	15,022,091	14.38%	104,476,424	6.47%
72	77,376,429	66.06%	23,727,577	20.26%	16,018,966	13.68%	117,122,972	12.10%
73	88,368,941	67.11%	25,094,709	19.06%	18,215,958	13.83%	131,679,608	12.43%
74	93,715,074	67.48%	25,134,166	18.10%	20,026,368	14.42%	138,875,608	5.46%
75	107,187,657	67.84%	27,538,127	17.43%	23,279,912	14.73%	158,005,696	13.77%
76	132,136,310	69.58%	30,339,057	15.98%	27,416,695	14.44%	189,892,062	20.18%
77	163,891,334	72.17%	32,103,874	14.14%	31,089,727	13.69%	227,084,935	19.59%
78	192,103,323	74.78%	33,011,019	12.85%	31,777,205	12.37%	256,891,547	13.13%
79	218,342,374	76.43%	34,800,994	12.18%	32,544,093	11.39%	285,687,461	11.21%
80	226,159,292	76.50%	35,894,432	12.14%	33,562,272	11.35%	295,615,996	3.48%
81	230,006,083	76.08%	49,132,718	16.25%	23,169,694	7.66%	302,308,495	2.26%
82	243,667,798	76.22%	49,096,060	15.36%	26,906,344	8.42%	319,670,202	5.74%
83	264,972,448	76.88%	49,262,011	14.29%	30,444,680	8.83%	344,679,139	7.82%
84	287,060,840	77.97%	50,090,227	13.61%	31,002,161	8.42%	368,153,228	6.81%
85	303,264,205	78.39%	52,611,579	13.60%	31,012,966	8.02%	386,888,750	5.09%
86	299,779,364	78.43%	51,742,279	13.54%	30,715,897	8.04%	382,237,540	-1.20%
87	331,629,688	80.06%	50,054,717	12.08%	32,565,448	7.86%	414,249,853	8.37%
88	346,846,068	79.92%	52,979,020	12.21%	34,156,987	7.87%	433,982,075	4.76%
89	365,321,033	80.50%	54,289,832	11.96%	34,200,226	7.54%	453,811,091	4.57%
90	375,777,088	80.86%	55,336,086	11.91%	33,588,766	7.23%	464,701,940	2.40%
91	395,709,620	81.44%	55,804,880	11.48%	34,382,771	7.08%	464,701,940	2.40%
92	435,347,628	83.02%	54,094,912	10.32%	34,940,332	6.66%	485,897,271	4.56%
93	467,876,262	83.08%	57,254,601	10.17%	38,037,516	6.75%	524,382,872	7.92%

註：民國 80 年以前客貨車欄為大貨車交通量，聯結車欄為客聯車交通量資料

資料來源：高速公路年報

附錄 A-2 平均旅次長度統計表

單位：公里

年 度		方向	小型車	大客車	大貨車	聯結車
71	平均旅次長度	北上	40.6	59.7	54.3	62.2
		南下	37.6	76.2	56.8	66.9
		合計	39.1	67.7	55.5	64.3
76	平均旅次長度	北上	28.2	56	47.2	56.5
		南下	26.6	48.1	37.3	53.1
		合計	27.4	51.7	42.3	54.8
78	平均旅次長度	北上	27.1	60.4	39.6	63.8
		南下	29.1	57.3	41.3	56.2
		合計	28.1	58.8	40.5	60
83	平均旅次長度	北上	31.7	61.1	44.6	62.1
		南下	32.8	59.2	45.6	58
		合計	32.2	60.1	45.1	60

註：小型車為小客車、小貨車合併計算

大貨車係將其他車種併入大貨車計算

資料來源：高速公路動態資料調查報告(民 84)

附錄 A-3 高速公路各計劃之分年經費表

單位：百萬元

工程名稱	楊梅高雄段	東湖五股段	五股交流道	北二高	二高後續
年度	82-96	78-91	90-96	76-92	79-96
76	--	--	--	267.48	--
77	--	--	--	2804.51	--
78	--	5.15	--	3760.13	--
79	--	126.60	--	2058.43	395.41
80	--	284.49	--	36124.15	1004.50
81	--	1286.31	--	18438.03	270.09
82	72.60	3577.01	--	32145.21	5724.18
83	60.63	6123.95	--	10936.38	5782.41
84	360.04	5669.85	--	8857.88	8851.83
85	897.45	3160.33	--	7427.02	10366.42
86	1502.09	1873.00	--	5710.80	19730.40
87	2952.20	1314.06	--	3446.92	22579.03
88	6442.70	425.52	--	2738.12	60324.46
89	5601.95	597.97	--	2435.21	49129.62
90	3412.37	74.06	15.42	903.1	27942.77
91	3061.14	116.51	3.76	1041.75	16234.22
92	4309.99	0.00	0.00	1271.14	8136.01
93	5659.77	0.00	0.00	0.00	2507.65
94	8695.03	0.00	295.00	0.00	1172.30
95	6511.57	0.00	139.55	0.00	1321.71
96	6008.67	0.00	968.47	0.00	27696.34

資料來源：高速公路局會計室

附錄 A-4 國道公路建設管理基金承接公債名義表

單位:新台幣億元

債券名稱	債券性質	訂定借款額度	利率	借款期間	截至 90 年 8 月底止未償餘額	備 註
中央政府興建台灣北部區域第二高速公路建設公債第一期債票	乙類公債	60 億元	5.750%	76.12.21~83.12.20		1.原編列於中央政府興建台灣北部區域第二高速公路第一、二期工程特別預算 2.已清償完畢
中央政府興建台灣北部區域第二高速公路建設公債第二期債票	乙類公債	190 億元	10.750%	78.6.28~85.6.27		1.原編列於中央政府興建台灣北部區域第二高速公路第一、二期工程特別預算 2.已清償完畢
中央政府興建台灣北部區域第二高速公路建設公債第三期債票	乙類公債	250 億元	9.750%	80.6.14~87.6.13		1.原編列於中央政府興建台灣北部區域第二高速公路第一、二期工程特別預算 2.已清償完畢
中央政府興建台灣北部區域第二高速公路建設公債第四期(乙類)債票	乙類公債	180 億元	8.000%	83.3.25~90.3.24		1.原編列於中央政府興建台灣北部區域第二高速公路第一、二期工程特別預算 2.已清償完畢
八十七年度乙類第一期中央政府建設公債(北二高特別預算)	乙類公債	100 億元	6.875%	87.2.20~102.2.19	100 億元	原編列於中央政府興建台灣北部區域第二高速公路第一、二期工程特別預算
八十九年度乙類第一期中央政府建設公債(北二高特別預算)	乙類公債	100 億元	5.875%	89.4.21~109.4.20	100 億元	原編列於中央政府興建台灣北部區域第二高速公路第一、二期工程特別預算
中央政府重大交通建設公債乙類第一期債票	乙類公債	100 億元	7.750%	84.7.21~99.7.20	100 億元	原編列於中央政府興建重大交通建設第一、二、三期工程特別預算
中央政府重大交通建設公債乙類第二期債票	乙類公債	150 億元	7.300%	85.3.22~100.3.21	150 億元	原編列於中央政府興建重大交通建設第一、二、三期工程特別預算
中央政府重大交通建設公債乙類第三期債票	乙類公債	300 億元	6.900%	86.3.11~101.3.10	300 億元	原編列於中央政府興建重大交通建設第一、二、三期工程特別預算
八十七年度乙類第一期中央政府建設公債(重大交建特別預算)	乙類公債	200 億元	6.875%	87.2.20~102.2.19	200 億元	原編列於中央政府興建重大交通建設第一、二、三期工程特別預算
八十八年度乙類第一期中央政府建設公債	乙類公債	160 億元	5.875%	88.4.23~108.4.22	160 億元	基金承接二高後續及北宜等工程資金不足舉借數
八十九年度乙類第一期中央政府建設公債	乙類公債	235 億元	5.875%	89.4.21~109.4.20	235 億元	基金承接二高後續及北宜等工程資金不足舉借數
九十年度乙類第一期中央政府建設公債	乙類公債	370 億元		90.9~110.9	370 億元	基金承接二高後續、北宜及頭蘇段等工程資金不足舉借數
合 計		2,395 億元			1,715 億元	

資料來源：高公局會計室

附錄A-5 程式碼

? 成本函數校估法

OPTIONS MEMORY=12,CRT;

SET NOBS;

SMPL 1,NOBS;

? 載入資料

LOAD tc w1 w2 q s1 s2;

? 設定成本函數

LT = LOG(tc);

FRML CF2EQ1

LT=A0+A1*LOG(w1)+A2*LOG(w2)+0.5*A11*LOG(w1)*LOG(w1)+A12*LOG(w1)
*LOG(w2)+0.5*A22*LOG(w2)*LOG(w2)+B1*LOG(q)+0.5*B11*LOG(q)*LOG(q)
+BA1*LOG(w1)*LOG(q)+BA2*LOG(w2)*LOG(q);

? 設定成本份額函數及限制式

FRML CF2SW1 s1=A1+A11*LOG(w1)+A12*LOG(w2)+BA1*LOG(q);

FRML CF2SW2 s2=A2+A22*LOG(w2)+A12*LOG(w1)+BA2*LOG(q);

FRML CF2SQ1 1=A1+A2;

FRML CF2SQ2 0=A11+A12;

FRML CF2SQ3 0=A12+A22;

FRML CF2SQ4 0=BA1+BA2;

? 設定校估參數

PARAM A0 A1 A2 A11 A12 A22 B1 B11 BA1 BA2;

? 校估聯立方程組

SUR(HETERO,ROBUST) CF2EQ1 CF2SW1 CF2SW2 CF2SQ1 CF2SQ2 CF2SQ3 CF2SQ4;

? 計算數值

ES1=A1+A11*LOG(w1)+A12*LOG(w2)+BA1*LOG(q);

ES2=A2+A22*LOG(w2)+A12*LOG(w1)+BA2*LOG(q);

ETC=EXP(LT);

ECY=B1+B11*LOG(q)+BA1*LOG(w1)+BA2*LOG(w2);

EAC=ETC/q;

EMC=ECY*EAC;

SMPL 1,25;

? 顯示計算之數值

PRINT ETC;

PRINT ES1;

PRINT ES2;

PRINT EMC;

end;

? 一般函數校估法

OPTIONS MEMORY=12,CRT;

SET NOBS=26;

? 設定樣本數

SMPL 1,NOBS;

? 載入資料

LOAD Q P M k;

? 設定函數

LQ = LOG(Q);

FRML CF2EQ LQ=A0+A1*LOG(P)+B1*LOG(M)+C1*k;

? 設定校估參數

PARAM A0 A1 B1 C1 ;

? 校估函數

LSQ CF2EQ;

end;

? 減少自我相關影響之校估法

OPTIONS MEMORY=12,CRT;

SET NOBS;

SMPL 1,NOBS;

? 以Q前一期資料設定一虛擬變數S

LOAD Q S P M k;

? 設定函數

LQ = LOG(Q);

FRML CF2EQ LQ=A0+A1*LOG(P)+B1*LOG(M)+D1*LOG(S)+C1*k;

? 設定校估參數

PARAM A0 A1 B1 C1 D1;

? 校估函數

LSQ CF2EQ;

end;

