

## 中英文摘要

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時所應訂定之通行費率水準。本研究首先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。再者，本研究並探討高速公路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，在「財務收支平衡」觀點下建立尖離峰差別定價之財務均衡模式，以推估其對應之費率水準。最後，則進一步探討在社會福利最大目標下，所對應之最適費率水準及其還本年期。

實證分析結果顯示，實施尖離峰差別費率之基準費率(即離峰定價)將相對於無實施差別費率情況降低 13%~28% 之幅度，且當差別費率係數擴大(1.5-2.0)時，其基準費率會隨還本年期增加而有顯著降低趨勢。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。在社會福利最大分析方面，發現其基準費率值遠低於財務收支平衡所對應之費率水準，惟基準費率在折現率低且尖離峰差別係數高時，仍可在合理的還本年期(25 年)內達到財務自償。另一方面，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每五年進行一次費率調整時，發現在相同財務條件下除其通行費率水準可降低 8.5%~25% 外，此一調整型基準費率所對應之社會福利水準將會較固定型基準費率高出 3.2%~8.6% 之多，顯示合理的費率調整機制甚具有正面經濟意涵。

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

This study will take the “Discrimination of Pricing on Peak and Off-peak Periods”(DPPOP) as core of the research for the freeway toll to explore the setting level 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. First of all, 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 the variable cost influenced by the committed service charge for the privatization of ETC is also considered. Furthermore, the demand transferring in the time and on space of highway after the regime of DPPOP, are combined in the above model. The point of this study is the “financial breakeven” and set up the financial balance model during the DPPOP. Finally, the optimal freeway tolls and the payback periods are further estimated under the objective of maximum social welfare.

The empirical results show that the basic toll (i.e. the off-peak period pricing) with implemented the DPPOP will be lower 13%~28% than those without implemented the DPPOP. However, the multiple coefficients of the DPPOP are increasing with 1.5-2.0 times, and the trend of basic rate is gradually getting lower significantly with increasing of the periods of back-pack. Namely, while the strategy of DPPOP is adopted in the toll collection of freeway, then the period of pay-back will be shorten by 4-8 years to balance the revenue and expenditure. In the analysis of maximum social welfare, the result shows that the basic tolls are pretty lower than those of balancing the revenue and expenditure. However, while the Peak & Off-peak's coefficient is high and the discount rate is low, the basic toll can still achieve self-liquidating in equity pay-back Period of 25 years. 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 financial conditions, the level of social welfare of the adjusted toll will have more 3.2%-8.6% than those of the constant toll. This indicates the regime of

reasonable adjusted toll posses the positive economic meaning.

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

## 一、緣由與目的

由於智慧型運輸系統(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。而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)之精神與理念得以在此被付諸實現。另外，政府應配合電子收費系統之實施，採行按哩程及尖離峰差別定價之收費型式，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。故本研究將以財務自償為追求目標，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。

綜合以上背景，本研究擬出以下幾個目標：

1. 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. 將針對尖離峰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高速公路基準通行費率。
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。

## 二、模式構建

本研究高速公路電子收費下尖離峰差別通行費率之財務均衡模式，顧及政策面之財務收支平衡基準費率模式及社會面之社會福利最大費率模式。財務均衡模式中則包括高速公路需求模式、成本模式、收益模式及社會福利最大模式。本研究以財經理論的基礎，在不同政策條件及市場情況下，求解高速公路財務均衡模式之通行費率。以下分就各模式之構建及推導內容說明之。

### (一)需求模式之建立

本研究高速公路需求模式包含需求函數形式之建立、高速公路尖離峰流量之訂定，以及流量轉移函數之建立。再者，進一步以需求函數各變數結合尖離峰流量及流量轉移函數相關變數設定，以求得高速公路因尖離峰差別訂價產生流量改變之需求函數。

#### 1. 需求函數建立

當通行費率、所得及服務水準以外因素不變時，需求函數可表示為：

$$Q = f(P, M, k) \quad (1)$$

參考經濟學上常使用需求函數型式，及相關函數型式之比較結果，將函數型式設定 Cobb-Douglas(雙邊取對數)型式，進行模式構建與求解。另外，依照 Cobb-Douglas 函數形式可知，由彈性分析可瞭解函數中某屬性產生變化對需求量之影響程度，故高速公路使用者需求函數可表示為如下：

$$Q = e^{\alpha} P^{\beta} M^{\gamma} e^{d \cdot k} \quad (2)$$

其中， $Q$ ：小客車當量延車公里(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， $d$ 、 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ ：待校估參數

## 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，故須對於高速公路尖峰時段及離峰時段的流量分別做說明。

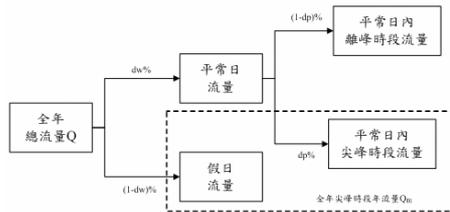


圖 1 尖離峰流量示意圖

由圖 1 可得知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)流量佔平常日一天(24 小時)流量的比例。故假設如下：平常日佔全年天數比例( $dw=225/360$ )為 0.625；尖峰時段佔平常日一天比例( $dp=6/24$ )為 0.25。故本研究將尖峰、離峰流量分別以下列數學式表示：

$$Q_{01} = Q \times d_p \times d_w + Q(1 - d_w) \quad (3)$$

$$Q_{02} = Q(1 - d_p) \times d_w \quad (4)$$

其中， $Q$ ：高速公路全年總年流量

$Q_{01}$ ：全年尖峰時段年流量

$Q_{02}$ ：全年離峰時段年流量

## 3. 流量轉移機率模式建立

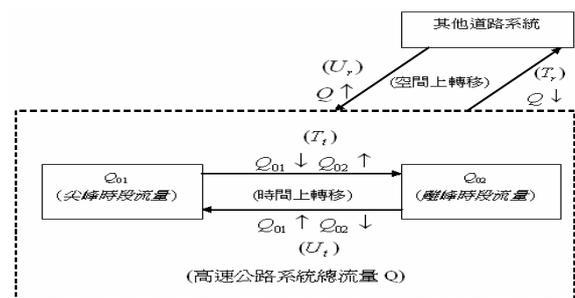
本研究的流量轉移機率模式係參考 Ben-Akiva(1985)個體選擇模式中選擇方案彈性與選擇方案機率的相關性公式，進而構

建出一旅運者因尖離峰差別定價而在高速公路上做時間及空間轉移行為(如圖 2)之機率模式。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)所推估之已知數值，故設定機率模式之選擇機率與屬性變數(費率變數)為未知數。此外，在機率轉移模式中同時考慮轉移出去及轉移進入的機率，如圖 2 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情形，故在費率降低至某一門檻時反而會有流量轉移進入情形發生，本研究將一併考慮流量轉出及移入情形，如下式所示：

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

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

其中， $T_i$ ：流量轉移出去的機率( $i=r$ ，為空間上的轉移； $i=t$ ，為時間上的轉移)， $U_i$ ：流量轉移進入的機率( $i=r$ ，為空間上的轉移； $i=t$ ，為時間上的轉移)， $P$ ：選擇方案之屬性變數(費率)值， $\mu$ ：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( $i=r$ ，為空間上的轉移方案； $i=t$ ，為時間上的轉移方案)



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 2 尖離峰流量轉移示意圖

## 4. 透過轉移機率發生所產生之高速公路新流量

需求函數中之總需求量經個體模式所得之流量轉移比率以予增減後，而得「實施尖離峰差別訂價」後高速公路的新流量，可由下列式子所示：

$$Q_{01}' = Q_{01}(1-T_r) - Q_{01}(1-T_r)T_i \quad (7)$$

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

高速公路的需求函數在未來年受流量轉移機率模式之影響，其新的需求函數如式(12)所示。

$$Q = \frac{e^{\alpha+dk} \times M^\gamma \cdot P^{\beta-1} (E_r(1+d_w(-1+d_p)) - P \times \mu \times d_w(-1+d_p))}{\mu} \quad (8)$$

## (二) 變動成本模式之建立

本研究係從政府部門(如高公局)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，本研究僅就其可能影響高速公路管理單位之成本(勞務價格)及維護成本(物料價格)部分，在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。

### 1. 成本函數建立

本研究以高速公路勞務成本(管理成本)及物料成本(維護成本)部分並結合高速公路流量，依所探討之成本函數型式構建高速公路之變動成本函數。

#### (1) 成本函數型式

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：

$$C = C(Y, W) \quad (9)$$

其中， $C$ ：總成本， $Y$ ：產出，

$W$ ：投入要素價格

另外，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，故不以考慮。

#### (2) 高速公路原流量下之變動成本函數

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，即無實施差別訂價，故高速公路上的流量無因差別訂價而產生的轉移流量。本研究以 Translog 成本函數進行實證模型構建，將產出項  $Y$  設定為高速公路年流量  $Q$ ，其基本模式為下式。

$$TVC = e^{A_0} W_1^{A_1} W_2^{A_2} e^{\frac{1}{2} A_{11} \ln W_1 \ln W_1} e^{\frac{1}{2} A_{22} \ln W_2 \ln W_2} e^{\frac{1}{2} A_{21} \ln W_2 \ln W_1} \times e^{\frac{1}{2} A_{22} \ln W_2 \ln W_2} Q^{B_1} e^{\frac{1}{2} B_{11} \ln Q \ln Q} e^{\frac{1}{2} A_1 B_1 \ln W_1 \ln Q} e^{\frac{1}{2} A_2 B_1 \ln W_2 \ln Q} \quad (10)$$

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

(3) 產生流量轉移形下之變動成本函數

當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「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下式。

$$TVC = e^{A_0} W_1^{A_1} W_2^{A_2} e^{\frac{1}{2} A_{11} \ln W_1 \ln W_1} e^{\frac{1}{2} A_{22} \ln W_2 \ln W_2} e^{\frac{1}{2} A_{21} \ln W_2 \ln W_1} \times e^{\frac{1}{2} A_{22} \ln W_2 \ln W_2} \times \left( \frac{e^{\alpha+dk} \times M^\gamma \cdot P^{\beta-1} (E_r(1+d_w(-1+d_p)) - P \times \mu \times d_w(-1+d_p))}{\mu} \right)^{B_1} \times e^{\frac{1}{2} B_{11} \ln Q \ln Q} e^{\frac{1}{2} A_1 B_1 \ln W_1 \ln Q} e^{\frac{1}{2} A_2 B_1 \ln W_2 \ln Q} \quad (11)$$

## (三) 收益模式之建立

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)，於通行費總收益宜扣除委辦服務費以淨值計算之。另外，在處理總收益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下之收益函數。

### 1. 原流量下之收益函數

$$TR = P \times Q + N - F_p \times Q \times \phi \\ = P \times (e^{\alpha+dk} \times P^\beta \times M^\gamma) + N - F_p \times Q \times \phi \quad (12)$$

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， $\phi$ ：電子收費使用率

## 2. 產生流量轉移情形下的收益函數

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」，此情形儘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，其流量轉移情形下的收益函數型為下列兩式。

(1) 實施計程收費但不採「尖離峰差別訂價」之收益函數

$$TR = \frac{-e^{a+hb}kM^{\beta}P^{\beta} \left( (1+d_w(-1+d_p)) - (Z1+P \times Z2) \right)}{\mu} + N - F_p \times Q \times \varphi \quad (13)$$

$$\text{令 } (E_r)(d_w - 1 - d_w \cdot d_p) = Z1 ; \mu \times (-1 - d_w + d_w \times d_p) = Z2 \quad (14)$$

(2) 實施計程收費也採「尖離峰差別訂價」之收益函數

$$TR = \frac{e^{a+hb}kM^{\beta}P^{\beta} \left( -E_p(1+d_w(-1+d_p)) - C_1(Z3+P \times Z4) \right)}{C_1 \times \mu} + N - F_p \times Q \times \varphi \quad (15)$$

$$\text{令 } (E_r + E_p)(d_w - 1 - d_w \cdot d_p) = Z3 ; \mu \times (C_1 - 1 - C_1 \times d_w + C_1 \times d_w \times d_p) = Z4$$

其中， $C_1$  為尖離峰差別係數。

## (四) 社會福利模式之建立

本研究在訂定高速公路通行費率之財務模式時，為顧及一般大眾對通行費率之接受程度以及社會公平性，故將社會福利觀念在本研就做一探討與分析。因社會福利為消費者剩餘加上生產者剩餘，其中生產者剩餘之計算方式，為前述之高速公路總收益減高速公路總變動成本，故在此僅就消費者剩餘之函數構建及計算做說明。

1. 考量消費者之最大願付價格下之消費者剩餘(CS)之函數

本研究將消費者剩餘之費率上限改變為願付價格，且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。故本研究之社會福利最大模式下以

下列數學式為其消費者剩餘估算。

$$CS = \int_{P^*}^Y Q dx = \left( \frac{1}{\beta+1} \right) \alpha x^{\beta+1} M^{\gamma} e^{dk} \Big|_{P^*}^Y \quad (16)$$

其中，Y 為願付價格

## (五) 財務均衡費率模式之建立

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，也一併考量此基準費率水準下欲達財務收支平衡所需之還本年期。

1. 財務收支平衡下基準費率模式構建

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，在此條件下求出最適之基準費率(P)。如下式

$$f(p) = \frac{TR_i - TVC_i}{AM} = 1 \quad (17)$$

其中， $f(p)$ ：財務收支平衡模式

P：基準費率， $TR_i$ ：高速公路 i 年期總收益， $TVC_i$ ：高速公路 i 年期總變動成本，AM：高速公路借款部分之未償餘額。

## 2. 社會福利最大費率模式之構建

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，如下式。由此模式求出社會福利費率模式下之基準費率(P)。

$$\frac{\partial(CS + PS)}{\partial P} = 0 \quad (18)$$

(2) 考慮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，而在已知社會福利最大時之基準費率下，求出其需還本年期(n)。

$$\sum_{i=1}^n PS_i = TR_i - TVC_i = AM_i \quad (19)$$

#### 四、實證分析

##### (一)需求函數校估結果

###### 1.校估需求函數相關檢定結果說明

本研究需求函數中之通行費率變數主要參考運研所(民 87) 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。其原需求函數校估結果顯示，各變數之係數符號皆符合先驗知識，且其 t 統計量都為顯著，其他檢定值如  $r^2 = 0.9685$ ，Durbin-Watson 值為 0.6818。另外，因原需求模式有一階自身迴歸誤差。為降低產生自我相關對需求函數的影響，本研究在原需求函數中，將加入一虛擬變數，而其虛擬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新高速公路需求函數之 D-W 值為 0.9758，其值大於 D-W 臨界值之下限值 (0.9)，如表 1。故並無拒絕虛無假設，亦即無一階自身迴歸誤差。

表 1 需求函數之參數校估結果

參數	係數	t 統計量
截距項 ( $\alpha$ )	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
D-W 值：0.9758；0.9758 > DL=0.9		

其重新校估結果如表 1 所示，各變數之係數符號皆符合先驗知識，且其  $r^2 = 0.9761$ 。將上表係數值代入需求模式可得其新需求函數為：

$$Q = e^{9.7814+0.2662k} P^{-0.2777} M^{1.065} \quad (20)$$

###### 2.建立高速公路需求函數

檢視無自我相關特性之新需求函數與有自我相關特性之原需求函數的誤差範圍，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模式，所構建之高速公路流量關係函數，以此函數進行均衡費率模式之求解。

##### (二)成本函數校估結果

成本函數之校估結果由表 2 可顯示出，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均甚佳。

表 2 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

將表 2 之數值代入成本模式可得高速公路變動成本函數為：

$$TVC = e^{140.653} W_1^{-1.1475} W_2^{2.1475} e^{\frac{1}{2}(0.1674) \ln W_1 \ln W_1} e^{(-0.1674) \ln W_1 \ln W_2} \times e^{\frac{1}{2}(0.1674) \ln W_2 \ln W_2} Q^{(-12.1308)} e^{\frac{1}{2}(0.5421) \ln Q \ln Q} e^{\frac{1}{2}(0.069) \ln W_1 \ln Q} e^{\frac{1}{2}(-0.069) \ln W_2 \ln Q} \quad (21)$$

校估函數相關檢定方面，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。另外，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，而本研究之高速公路成本函數亦皆有符合一次齊次性及對稱條件、非負條件、單調性條件以及凹性條件之四項條件檢定。

(三)通行費率之財務均衡模式求解

本研究之模式主要探討電子收費民營化期間為 15、20 以及 25 年時需達到財務目標時其通行費率之變化，而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。對於財務目標之設定方面，本研究針對完全自償之情形下配合需還本年期與市場利率條件以及尖離峰差別係數作探討。

1.財務收支平衡下基準費率求解

依據財務收支平衡之式，結合由需求函數及成本函數校估結果之參數，進一步在此財務收支平衡模式下訂定差別費率係數為 1 倍、1.5 倍、2 倍，以及折現率為 4%、6%，以及 8%，以進行模式之基準費率求解。

(1)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 3 所示。

表 3 財務收支平衡下無實施差別定價之費率表

n r	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

(2)實施哩程收費，加入差別費率 (差別費率係數=1.5、2)

本研究考慮在實施哩程收費時加入尖離峰差別費率，故不僅考慮空間上轉移，亦考慮時間上轉移。差別費率係數等於 1.5 及 2 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 4 所示。由表 3、表 4 可知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。此外，比較其尖離峰差別費率係數設定不同下所得之結果，其顯示實施尖離峰差別費率之基準費率(即離峰定價)將相對於無實施差別費率情況降低 13%~28%，且當尖離峰差別費率係數擴大(1.5 與 2.0)時，

在相同折現率下，其基準費率會隨還本年期增加而有顯著大幅降低趨勢(19%~42%)。再者，考量以原基準費率水準下實施尖離峰差別定價時，在還本政策大於 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。

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。

表 4 不同尖離峰差別係數之費率表

尖 離 峰 差 別 係 數	折 現 率 (%)	費 率 別	還 本 年 限		
			15 年	20 年	25 年
1.5	4	基準	0.9086	0.7189	0.6341
		差別	1.3629	1.0784	0.9512
	6	基準	1.1610	0.9809	0.8971
		差別	1.7420	1.4714	1.3457
	8	基準	1.4523	1.3082	1.2645
		差別	2.1785	1.9623	1.8968
2.0	4	基準	0.7540	0.4281	0.3377
		差別	1.5080	0.8562	0.6754
	6	基準	1.0570	0.7981	0.6392
		差別	2.1140	1.5962	1.2784
	8	基準	1.3777	1.1928	1.1154
		差別	2.7554	2.3856	2.2308

註:1. 單位:元/小客車當量公里, 2. 基準費率即離峰費率, 3. 差別費率即尖峰費率

(1)社會福利最大下之基準費率模式

此模式亦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，由求解模式求解社會福利最大目標下之基準費率，如表 5 所示。由表 5 可知，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。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。

表 5 社會福利最大所對應之基準費率

營 運 年 期 (25 年)	
c	尖 離 峰 差 別 係 數

		尖離峰差別係數	
		1.5	2
現率 (%)	4	0.5487	0.3208
	6	0.5335	0.3106
	8	0.5185	0.3086

註：單位：元/小客車當量公里

## (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社會福利最大下費率之還本年期模式，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還本年期模式以進行求解。另外，考慮求算社會福利最大下之基準費率有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 6。

表 6 社會福利最大下所需還本年期

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

註：單位：年

由表 6 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。另外，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。

## 3. 社會福利分析

利用前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 7 所示。

- (1) 消費者剩餘(CS)之估計：經由需求模式構建可知以最大願付價格與基準費率代入消費者剩餘式，即可求得消費者剩餘。
- (2) 生產者剩餘(PS)之估計：其計算方式主要為高速公路總收益扣除總變動成本，即可求得其生產者剩餘。
- (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(CS+PS)，可得社會福利變化結果如下表 7 所示。

表 7 尖離峰差別係數之社會福利水準

尖離 差別 係數	現率 (%)	運 年 期 (年)		
		15	20	25
1.5	4	67.49	10.47	69.70
	6	24.04	49.66	07.21
	8	77.51	73.20	95.60
2.0	4	33.34	81.93	89.79
	6	65.84	59.72	16.05
	8	05.83	37.84	08.92

註：單位：億元

由表 7 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。

## 4. 考慮通行費率調整下之費率水準

國道基金目前財務虧損嚴重，使得負債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。另外，高速公路通行費已經近十五年都沒有變動，故本研究將在高速公路財務收支平衡模式中考量以每五年調漲高速公路之費率為原則，期望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。

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情形

依據本研究所構建之財務收支平衡進行求解，所求得之基準費率如前節表 4 之求解結果，而此情境下求算之費率亦稱為「固定型基準費率」。

### (2) 情境二：考慮基準費率每五年調整一次之情形

依據財務收支模式中，在費率變數項增加一費率調整係數，以每五年改變一次其調整變數。而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。而本研究假設其調整值為每五年調漲 15%。以下就不

同還本年期、折現率以及每五年調整一次基準費率下，求算出基準費率調整後之費率，如表 9 之情境二，而此情境下求算之費率亦稱為「調整型基準費率」。

### (3) 情境比較分析

為比較未調整基準費率(固定型基準費率)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 8，由表可知在未來 25 年內，高速公路每年通行費在不同情境設定下之情形。

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 8 可知，在相同折現率下，其調整型基準費率在還本年限前期會較低。再者，當還本年期為 15、20，及 25 年時，調整型基準費率相較於固定型基準費率其通行費率水準可降低 8.5%~25%。

表 8 固定型基準費率與調整型基準費率之費率比較表

還本年限年	市場利率	4%		6%		8%	
		情境一	情境二	情境一	情境二	情境一	情境二
	尖離峰差別係數 1.5						
15	民國 94~99	0.909	0.744	1.161	0.989	1.452	1.271
	民國 100~104	0.909	0.856	1.161	1.137	1.452	1.462
	民國 105~108	0.909	0.984	1.161	1.308	1.452	1.681
20	民國 94~99	0.719	0.481	0.981	0.711	1.308	1.02
	民國 100~104	0.719	0.553	0.981	0.818	1.308	1.173
	民國 105~109	0.719	0.636	0.981	0.941	1.308	1.349
	民國 110~113	0.719	0.732	0.981	1.081	1.308	1.551
25	民國 94~99	0.634	0.369	0.897	0.539	1.264	0.864
	民國 100~104	0.634	0.424	0.897	0.62	1.264	0.994
	民國 105~109	0.634	0.488	0.897	0.713	1.264	1.143
	民國 110~114	0.634	0.561	0.897	0.82	1.264	1.314
	民國 115~118	0.634	0.645	0.897	0.943	1.264	1.511

註：單位：元/小客車當量公里

此外，由表 9，在相同財務條件下(還本年限為 15 年、折現率 6%，以及尖離峰差別係數為 1.5)求算固定基準費率與調整型基準費率之社會福利值，其固定型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型基準費率之社會福利多出 3.2%。此外，在還本年期為 20 年、25 年時，可發現調整型基準費率之社會福利將會較固定型基準費率之社會福利分別多出 5.8%與 8.6%，因此當政府訂定之還本年期越長時，其合理的費率調整機制更能反映社會福利的增加(3.2%~8.6%)。顯示合理的費率調整機制具有正面的經濟意涵。

表 9 固定型與調整型基準費率之社會福利水準比較表

市場利率	離峰差別係數 1.5 情境別	還本年期(年)		
		15	20	25
4%	情境一	2067	3110	4369
	情境二	2134	3292	4732
6%	情境一	2024	3049	4307
	情境二	2088	3226	4676
8%	情境一	1977	2973	4195
	情境二	2042	3143	4550

## 五、結論

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定價而產生的高速公路流量轉移。故結合成本模式、收益模式及流量轉移模式，進而構建高速公路財務收支平橫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。本研究獲得之主要成果及建議謹歸納如下。

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 函數形式構建變動成本函數，再者加入個體選擇機率與彈性相關之函數

構建流量轉移函數，最後將其結合為高速公路之收益函數與變動成本函數，以進一步構建財務均衡費率模式，來探討不同財務目標與變動需求下之基準通行費率。

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。而在折現率愈低時，其基準費率會愈低。比較其差別費率係數設定不同下所得之結果，其顯示實施尖離峰差別費率之基準費率(即離峰定價)將相對於無實施差別費率情況降低13%~28%，且當差別費率係數擴大(1.5與2.0)時，其基準費率會隨還本年期增加而有顯著大幅降低趨勢(19%~42%)。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。
3. 在社會福利最大下求算之基準費率，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，且其欲達財務收支平衡所需之還本年期將會延長。但在折現率低且尖離峰差別係數高時，此一費率則仍可在政府財務狀況可接受的還本年期(25年)內達到財務自償。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。
4. 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財務條件下，其調整型基準費率相較於固定型基準費率其通行費率水準可降低8.5%~25%。此外，當政府訂定之還本年期越長時，調整型基準費率所對應之社會福利水準將會較固定型基準費率多出3.2%~8.6%。因此，合理的費率調整機制具有正面的經濟意涵，並可給予政府實施此一合理調整機制的有力支持。

## 六、參考文獻

曾淑玲(民92)，「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。

蔡政霖(民93)，「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。

國道高速公路局(民93)，「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。Ben-Akiva, M. and Lerman, S. (1985). *Discrete Choice Analysis*. pp. 111-113

Burris, M.W. (2003). Application of Variable Tolls on Congestion Toll Road. *Journal of Transportation Engineering*, Vol. 129, No. 4, pp. 354-361.

Kwang, S.K. and Hwang, K. (2005). An application of road pricing schemes to urban expressways in Seoul. *Cities*, Vol. 22, No. 1, pp. 43-53.