導入社經指數下之計程車市場最佳化研究

Optimization of a taxi market with socioeconomic indicator

運輸經營管理組　陳志岳 張朝能 張贊育

研究期間：民國 106 年 1 月至 106 年 12 月

摘要

近年來我國人口結構受長期出生率下降、平均餘命增加之影響，幼年人口比率逐年下降，老年人口比率逐年上升，於 106 年 2 月底平均每百位工作年齡人口扶養之老年人口數為 18.2 人（扶老比），首次超過扶養幼年人口數之 18.1 人（扶幼比，較 96 年減少 6.2 人），亦即人口老化指數（即老年人口（65 歲以上）對幼年人口（14 歲以下）人口數之比）首次大於 100，而且呈現逐年上升的趨勢，對運輸業者而言，相關的營運策略、運輸設備皆必須因應高齡社會加以調整，其中計程車屬於副大眾運輸，相較於其他公共運輸而言，能提供更高的機動性、可及性與私密性，在高齡社會來臨之際，配合高齡人口之旅運需求，規劃適宜之運輸服務與延伸之接駁服務為計程車市場未來可能之方向。

對於計程車市場之研究，國內外研究多以巡迴計程車市場為主，建構經濟理論模式來探討供需、費率、服務品質及管制等議題，尚未有提及導入社經指數（如人口結構）等相關研究，爰此，本研究期望透過導入各項相關社經指標建構社會的需求函數，藉以求取社會的最適化數量，以提供相關主管機關做為決策之參據。

關鍵詞：

計程車、人口結構、最適化。

導入社經指數下之計程車市場最佳化研究

一、前言

交通管理部門往往為維護既有計程車業者利益,同時為減少計程車空車率，而對計程車進行數量管控，並且單純地以城市靜態的人口規模為基準配置計程車數量，而沒有充分考量城市人口結構、經濟與消費水平、流動人口組成等因素,因此計程車數量往往不能與民眾之需求相符,本研究期望透過導入各項相關社經指標建構數學函數,以求取社會的最適化計程車數量。

我國近年來人口結構受長期出生率下降、平均餘命增加之影響，幼年人口（0-14 歲）比率逐年下降，老年人口（65 歲以上）比率逐年上升，根據內政部統計，106 年 2 月底平均每百位工作年齡人口扶養之老年人口數為 18.2 人（扶老比，較 96 年增加 4.0 人），首次超過扶養幼年人口數之 18.1 人（扶幼比，較 96 年減少 6.2 人），亦即人口老化指數（每百位幼年人口所當老年人口數）首次大於 100，我國人口扶養結構轉變為以扶老為主，扶幼次之。

106 年 2 月底我國老化指數（即老年人口（65 歲以上）對幼年人口（14 歲以下）人口數之比）為 100.18，較已開發國家之 112.50 低，但較全世界之 30.77 及開發中國家之 25.00 為高；就主要國家觀察，我國較日本 207.69、德國 161.54 為低，但比加拿大、法國及南韓 100.00、英國 94.44、新加坡 80.00、美國及澳洲均 78.95、紐西蘭 75.00、中國大陸 58.82、馬來西亞 24.00、菲律賓 15.63 均為高。前揭數據皆顯示我國正面臨人口老化情形嚴重的問題,政府該如何制定各種政策來因應人口結構改變的問題，是為持續努力的重要目標。

對運輸業者而言，相關營運策略、營運設備必須因應高齡社會加以調整，而計程車屬於副大眾運輸，相較於其他公共運輸而言，能提供更高的機動性、可及性與私密性，在高齡社會來臨之際，配合高齡人口之旅運需求、規劃適宜之運輸服務與延伸之接駁服務為計程車市場未來可能之方向。

國內外研究多以巡迴計程車市場為主,建構經濟理論模式來探討供需、費率、服務品質及管制等議題，尚未有提及導入社經指數（如人口結構）等相關研究，爰此，本研究期望透過導入各項相關社經指標建構社會的需求函數，並且藉以求取社會的最適化數量，以提供相關主管機關做為決策之參據。

二、文獻回顧與評析

本節首先針對計程車市場特性與供需問題相關研究進行文獻回顧；其後，針對國內外計程車市場最佳化相關研究進行彙整與評析，以瞭解其發展歷程與計程車特性，俾作為本研究建立巡迴計程車市場導入社經指數下最佳化模型之理論基礎與應用參考。

2.1 計程車市場特性與供需問題

Orr(1969)[7]從 Friedman(1962)的價格理論中關於計程車執照的習題，開始探討計程車市場的問題，並首且先提出等待時間的外部性問題，且指出需求並不只與價格有關，還與乘客等待時間相連。

郭宗生(1985)[2]以合理的乘客等車時間為基礎，並考量大眾運輸競爭情況與服務水準，利用羅吉特模式建立計程車需求函數，配合模擬計程車營運過程，訂出以「駕駛收入及消費者的等車時間是否合理」做為該模擬過程結束與否的依據，並求得在一定費率水準下，計程車合理供給數量。

張家祝(1986)[1]指出計程車的管理，不應僅以凍結牌照來控制數量，必須輔以其他配套措施，如訂定總數量上限、限制經營型態等直接管制的方式，依人口比例調整數量、由供需研究決定數量等彈性管制形式，限制經營對象或條件等間接管制形式，以及完全開放經過較長時間經過自然調整方式以達到供需之均衡，而不加以管制。

張堂賢(1992)[3]以經濟學的角度，探討計程車運輸市場及其定價方法，認為計程車運輸市場近似於完全競爭市場，但由於屬副大眾運輸，因此以社會福利最大來定價最為合理。

Morisugi 等人(1997)[11]利用個體經濟學的方法，設定考量費率與載客率的準線性間接效用函數（quasi-linear indirect utility function）推導出印尼雅加達的計程車需求函數，成本函數則由固定成本和變動成本組成，再透過線性迴歸方式來校估參數，並以社會福利最大為目標，求算最適的計程車費率及車隊規模。

2.2 計程車市場最佳化模型

計程車市場的供給與需求組成相當複雜，所牽涉的層面相當廣泛，由 Manskiand 和 Wright(1976)[9]所建立之架構圖(如圖 1 所示)可瞭解計程車市場供需與管制的互動情形。探討計程車供需架構可大致分為兩類相互影響之變數所組成，一者為計程車可得性(availability)，由計程車之服務水準決定(如消費者所預期之等候時間)；另一者則為計程車利用率

(utilization)，通常指計程車在營運時間內的載客時間比例。另外，市場的管制情形以及相關的外生變數(如所得、大眾運具費率、營運成本、失業率…等)亦將影響計程車市場供需互動結果。Yang 等人(2002)[13]後續許多計程車理論研究也大多參考此一架構建立其假設模型。

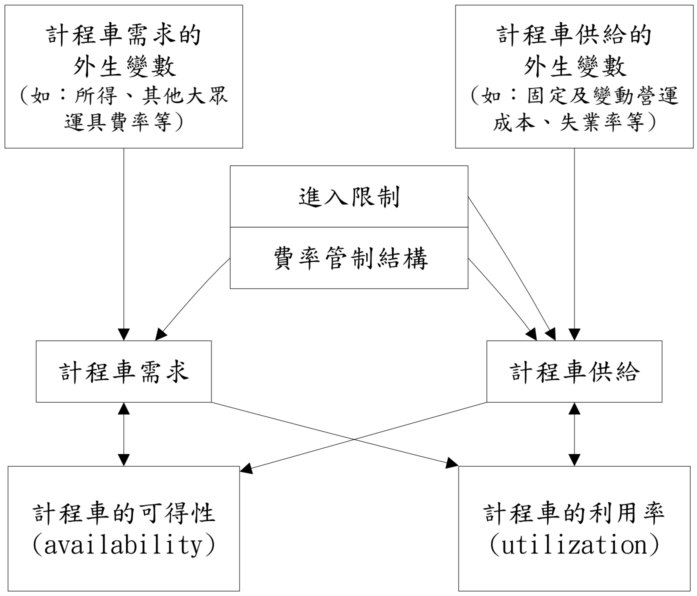

圖 1 計程車供需與管制架構

資料來源：Manski and Wright

在計程車相關研究中，Douglas(1974)[8]建立計程車市場理論模型，巡迴計程車市場之需求函數為雙邊取對數函數(Log-linear)，此類函數指定方式具有函數形式簡單、校估容易等優點，爾後張堂賢(1992)、Schaller(1999)[12]、張學孔與黃世明(2003)[4]、張學孔與朱純孝(2008)[5]、沈大維(2008)[6]等人均曾採用此類函數型態進行分析與研究。

張學孔與黃世明(2003)以 Douglas 之模型為基礎，建立計程車供給需求經濟模型，在社會福利最大之最佳情況及損益平衡之次佳情況下，求取最適費率、最適載客里程及空車里程，並進而可得到市場最適空車率。其研究結果指出，最適空車率與價格彈性、等車時間彈性、空車里程對等車時間彈性相關；最佳解之價格等於單位營運成本(單位里程)，次佳解之價格則與價格彈性、等車時間彈性、空車里程對等車時間彈性以及單位營運成本相關。

張學孔與朱純孝(2008)認為實際的使用者選擇搭乘運輸工具與否會受到預算限制的影響，以張學孔與黃世明(2003)的模型為基礎，導入「最大願付價格」(maximum willingness-to-pay)概念，解決價格彈性小於或等於 1 時，雙邊取對數需求函數積分發散之特性。另外，張學孔、

朱純孝(2008)認為計程車與私有運具替代性高，其移轉效果對於社會具有正面外部效果，而計程車空車繞行時造成的社會負面外部效果亦不可忽視，於是在模式中加入外部性函數，探討在計程車外部函數對最佳化模式之影響。

三、模式建構與求解

3.1 模型假設

為簡化分析以及能更清楚看出費率與人口結構對計程車市場的影響，本研究做如下的基本假設以做為模型構建的基礎：

1. 市場皆為巡迴計程車且在營業範圍內均勻分布。
2. 計程車需求決定於費率與人口結構，且人口結構決定計程車式場上的總空車里程，其中人口結構以老化指數（老年人口對幼年人口之比）來衡量。
3. 不考慮尖峰、離峰的情況，以及夜間加成。
4. 所有計程車業者之成本結構均為相同。
5. 載客與空車計程車之單位里程營運成本相同。

3.2 需求函數

透過文獻回顧可知，影響計程車需求之因素大致為：費率、等車時間、公車/捷運費率、所得水準、其他替代運具服務水準等，本研究為近一步探究人口結構對計程車需求之影響，導入人口結構此一變數，利用我國主計總處公佈之老化指數為衡量變數。為合理簡化模式分析之複雜性，本研究假設主要影響因素為費率與人口結構，其餘影響因素則視為固定。

以 Dogulas 所建立的計程車市場模型為基礎，可將需求函數表為：Q = f(計程車費率,人口結構,等車時間,公車/捷運費率,所得,其他服務水準,…)當費率和人口結構以外的因素設為固定不變時，可將計程車的需求函數進一步表示為：

$$Q = f(P, H) \tag{1}$$

其中，P 為計程車費率、H 為人口結構（老化指數）；$\frac{\partial f}{\partial P} < 0$，$\frac{\partial f}{\partial H} > 0$。

而人口結構將會影響計程車市場的總空車里程，以函數型態可表示為$V = q(H)$，本研究為簡化分析，則以反函數的形式表現，可表示為：

$$H = g(V) \tag{2}$$

其中，V 為計程車市場上的每日總空車里程；且$\frac{\partial H}{\partial V} < 0$

合併(1)(2)式可得需求函數：

$$Q = f(P, g(V)) \tag{3}$$

因此，計程車的需求函數可表示為：

$$Q = A_1 P^{\alpha_1} H^{\beta_1}，\alpha_1 < 0，\beta_1 > 0 \tag{4}$$

$$H = A_2 V^{\alpha_2}，\alpha_2 < 0 \tag{5}$$

其中，

Q：計程車市場上每日總載客里程（公里/日）

P：計程車費率（元/車－公里）

H：人口結構（老化指數）

V：計程車市場上每日總空車里程（公里/日）

$A_1, A_2, \alpha_1, \alpha_2, \beta_1$：參數

3.3 成本函數

本研究在供給函數部分，以成本的概念來表示；由於本研究假設單位營運成本固定，所以總成本函數可表示為：

$$TC = c(Q + V) \tag{6}$$

其中，

TC：計程車市場的每日總成本（元/日）

c：單位營運成本（元/公里）

3.4 目標函數

由於計程車亦屬運輸業的一種，其費率及數量皆受到政府管制，為顧及消費者的權益，不可能採用以利潤最大為目標的定價方式；因此本研究將以社會福利最大以及損益兩平下社會福利最大為目標，求解各項決策變數。

3.4.1 社會福利最大

依據經濟學之定義，社會福利(W)為消費者剩餘(CS)加上生產者剩

餘(PS)，分別計算如下：

將(5)式代入(4)式中，

$$\mathrm{Q} = A_1 P^{\alpha_1} H^{\beta_1}$$
$$= A_1 P^{\alpha_1} A_2^{\beta_1} V^{\alpha_2 \beta_1} \tag{7}$$

將(7)式移項得需求函數之反函數：

$$\boldsymbol{P} = \left(\frac{\boldsymbol{Q}}{\boldsymbol{A_1 A_2^{\beta_1} V^{\alpha_2 \beta_1}}}\right)^{\frac{1}{\alpha_1}} \tag{8}$$

- **消費者剩餘(CS)**

$$\mathrm{CS} = \int_0^Q \left(\frac{X}{A_1 A_2^{\beta_1} V^{\alpha_2 \beta_1}}\right)^{\frac{1}{\alpha_1}} dX - PQ$$

$$= \left(\frac{1}{A_1 A_2^{\beta_1} V^{\alpha_2 \beta_1}}\right)^{\frac{1}{\alpha_1}} \int_0^Q X^{\frac{1}{\alpha_1}} dX - PQ$$

$$= \begin{cases} \left(\frac{1}{A_1 A_2^{\beta_1} V^{\alpha_2 \beta_1}}\right)^{\frac{1}{\alpha_1}} \left[\left.\frac{X^{\frac{1}{\alpha_1}+1}}{\frac{1}{\alpha_1}+1}\right|_0^Q\right] - PQ, if\ \alpha_1 \neq -1 \\ \left(\frac{1}{A_1 A_2^{\beta_1} V^{\alpha_2 \beta_1}}\right)^{\frac{1}{\alpha_1}} \left[lnx|_0^Q\right] - PQ, if\ \alpha_1 = -1 \end{cases}$$

$$= \begin{cases} \left\{\left(\frac{\boldsymbol{1}}{\boldsymbol{A_1 A_2^{\beta_1} V^{\alpha_2 \beta_1}}}\right)^{\frac{\boldsymbol{1}}{\boldsymbol{\alpha_1}}} \frac{\boldsymbol{Q^{\frac{1}{\alpha_1}+1}}}{\boldsymbol{\frac{1}{\alpha_1}+1}} - \boldsymbol{PQ}, \boldsymbol{if\ \alpha_1 < -1} \right. \\ \boldsymbol{\text{積分發散}，if 0 > \alpha_1 > -1} \\ \boldsymbol{\text{積分發散}，if \alpha_1 - 1} \end{cases}$$

(9)

- **生產者剩餘(PS)**

生產者剩餘(PS)為總收入(T)減去總成本(TC)

$$\mathrm{PS} = \mathrm{TR} - \mathrm{TC}$$
$$= \mathrm{PQ} - \mathrm{c}(\mathrm{Q} + \mathrm{V}) \tag{10}$$

- **社會福利(*W*)**

社會福利(W)為消費者剩餘(CS)與生產者剩餘(PS)相加：

$$W = CS + PS$$

$$= \left(\frac{1}{A_1 A_2^{\beta_1} V^{\alpha_2 \beta_1}}\right)^{\frac{1}{\alpha_1}} \frac{Q^{\frac{1}{\alpha_1}+1}}{\frac{1}{\alpha_1}+1} - PQ + [PQ - c(Q+V)], if\ \alpha_1 < -1$$

$$= \left(\frac{1}{A_1 A_2^{\beta_1} V^{\alpha_2 \beta_1}}\right)^{\frac{1}{\alpha_1}} \frac{Q^{\frac{1}{\alpha_1}+1}}{\frac{1}{\alpha_1}+1} - c(Q+V), if\ \alpha_1 < -1 \tag{11}$$

欲使社會福利為最大之一階條件（first-order condition）為：

$$\frac{\partial W}{\partial Q} = \left(\frac{1}{A_1 A_2^{\beta_1} V^{\alpha_2 \beta_1}}\right)^{\frac{1}{\alpha_1}} - c = 0 \tag{12}$$

$$\frac{\partial W}{\partial V} = \left(\frac{1}{A_1 A_2^{\beta_1}}\right)^{\frac{1}{\alpha_1}} \frac{Q^{\frac{1}{\alpha_1}+1}}{\frac{1}{\alpha_1}+1} \left(-\frac{\alpha_2 \beta_1}{\alpha_1}\right) V^{\left(-\frac{\alpha_2 \beta_1}{\alpha_1}-1\right)} - c = 0 \tag{13}$$

要保證社會福利為最大需再滿組二階條件（second-order condition）：

$$|H_1| = \left|\frac{\partial^2 W}{\partial Q^2}\right| < 0 \tag{14}$$

$$|H_2| = \begin{vmatrix} \frac{\partial^2 W}{\partial Q^2} & \frac{\partial^2 W}{\partial Q \partial V} \\ \frac{\partial^2 W}{\partial V \partial Q} & \frac{\partial^2 W}{\partial V^2} \end{vmatrix} > 0 \tag{15}$$

求得每日總空車里程、每日總載客里程的最佳解V^*、Q^*：

$$V^* = \left(-\frac{c^{\alpha_1} A_1 A_2^{\beta_1} \alpha_2 \beta_1}{1+\alpha_1}\right)^{\frac{1}{1-\alpha_2\beta_1}}$$
$$= A_1^{\frac{1}{1-\alpha_2\beta_1}} A_2^{\frac{\beta_1}{1-\alpha_2\beta_1}} c^{\frac{\alpha_1}{1-\alpha_2\beta_1}} \left(-\frac{\alpha_2\beta_1}{1+\alpha_1}\right)^{\frac{1}{1-\alpha_2\beta_1}} \tag{16}$$

$$Q^* = \left(-\frac{1+\alpha_1}{\alpha_2 \beta_1}\right)\left(-\frac{c^{\alpha_1} A_1 A_2^{\beta_1} \alpha_2 \beta_1}{1+\alpha_1}\right)^{\frac{1}{1-\alpha_2\beta_1}}$$
$$= A_1^{\frac{1}{1-\alpha_2\beta_1}} A_2^{\frac{\beta_1}{1-\alpha_2\beta_1}} c^{\frac{\alpha_1}{1-\alpha_2\beta_1}} \left(-\frac{\alpha_2\beta_1}{1+\alpha_1}\right)^{\frac{\alpha_2\beta_1}{1-\alpha_2\beta_1}} \tag{17}$$

依據定義，空車率(R)為每日總空車里程除以每日總營業里程：

$$R^* = \frac{V^*}{V^*+Q^*} = \frac{\alpha_2\beta_1}{\alpha_2\beta_1 - \alpha_1 - 1} \tag{18}$$

將(16)式及(17)式代入(8)式

$$P^* = \left(\frac{Q^*}{A_1 A_2^{\beta_1}(V^*)^{\alpha_2\beta_1}}\right)^{\frac{1}{\alpha_1}} = c \tag{19}$$

由前式可知,「最適空車里程」與「最適載客里程」和需求函數之常數項(A_1)成$\frac{1}{1-\alpha_2\beta_1}$次方關係、和常數項$(A_2)$成$\frac{\beta_1}{1-\alpha_2\beta_1}$次方關係、而與單位成本成$\frac{\alpha_1}{1-\alpha_2\beta_1}$次方關係。如前所述,計程車市場達到穩定均衡的條件為$0 < \alpha_2\beta_1 < 1$;在此條件成立下,可得知「最適空車里程」與「最適載客里程」和需求函數之常數項(A_1)成正向關係、而與等車時間函數之常數項(A_2)成正向關係、和單位成本成反向關係。

3.4.2 損益兩平下社會福利最大

以社會福利為目標的定價方式,常會造成業者虧損,基於永續經營及社會公平的考量下,通常必須加上損益兩平的限制,以確保業者有正常利潤。以下利用拉氏乘數(Lagrange Multiplier)進行求解,可表示為:

$$L = W + \theta(TR - TC)$$

$$= \left(\frac{1}{A_1 A_2^{\beta_1} V^{\alpha_2\beta_1}}\right)^{\frac{1}{\alpha_1}} \frac{Q^{\frac{1}{\alpha_1}+1}}{\frac{1}{\alpha_1}+1} - c(Q+V) + \theta\left[\left(\frac{Q}{A_1 A_2^{\beta_1} V^{\alpha_2\beta_1}}\right)^{\frac{1}{\alpha_1}} Q - c(Q+V)\right] \tag{20}$$

欲使損益兩平下社會福利最大之一階條件(first-order condition)為:

$$\frac{\partial L}{\partial Q} = 0$$

$$=> \left(\frac{Q}{A_1 A_2^{\beta_1} V^{\alpha_2\beta_1}}\right)^{\frac{1}{\alpha_1}} - c + \theta\left[\left(\frac{1}{\alpha_1}+1\right)\left(\frac{Q}{A_1 A_2^{\beta_1} V^{\alpha_2\beta_1}}\right)^{\frac{1}{\alpha_1}} - c\right] = 0 \tag{21}$$

$$\frac{\partial L}{\partial V} = 0$$

$$=> \left(\frac{1}{A_1 A_2^{\beta_1}}\right)^{\frac{1}{\alpha_1}} \left(-\frac{\alpha_2\beta_1}{\alpha_1}\right) V^{\left(-\frac{\alpha_2\beta_1}{\alpha_1}-1\right)} \frac{Q^{\frac{1}{\alpha_1}+1}}{\frac{1}{\alpha_1}+1} - c +$$

$$\theta\left[\left(\frac{1}{A_1 A_2^{\beta_1}}\right)^{\frac{1}{\alpha_1}} \left(-\frac{\alpha_2\beta_1}{\alpha_1}\right) V^{\left(-\frac{\alpha_2\beta_1}{\alpha_1}-1\right)} Q^{\frac{1}{\alpha_1}+1} - c\right] = 0 \tag{22}$$

$$\frac{\partial L}{\partial \theta} = 0$$

$$=> \left(\frac{Q}{A_1 A_2^{\beta_1} V^{\alpha_2\beta_1}}\right)^{\frac{1}{\alpha_1}} Q - c(Q+V) = 0 \tag{23}$$

且須滿足二階條件(second-order condition)：

$$|\bar{H}| = \begin{vmatrix} \frac{\partial^2 L}{\partial Q^2} & \frac{\partial^2 L}{\partial Q \partial V} & \frac{\partial \pi}{\partial Q} \\ \frac{\partial^2 L}{\partial V \partial Q} & \frac{\partial^2 L}{\partial V^2} & \frac{\partial Q}{\partial V} \\ \frac{\partial \pi}{\partial Q} & \frac{\partial \pi}{\partial V} & 0 \end{vmatrix} > 0 \tag{24}$$

其中，$\pi(Q,V) = TR - TC$

解聯(21)式、(22)式與(23)式之聯立方程式，及驗證符合(24)式條件後，即可解得損益兩平下社會福利最大之每日最適載客里程Q^*、每日最適空車里程V^*

$$V^* = A_1^{\frac{1}{1-\alpha_2\beta_1}} A_2^{\frac{\beta_1}{1-\alpha_2\beta_1}} c^{\frac{\alpha_1}{1-\alpha_2\beta_1}} \left(1 - \frac{\alpha_2\beta_1}{1+\alpha_1}\right)^{\frac{\alpha_1}{1-\alpha_2\beta_1}} \left(-\frac{\alpha_2\beta_1}{1+\alpha_1}\right)^{\frac{1}{1-\alpha_2\beta_1}} \tag{25}$$

$$Q^* = A_1^{\frac{1}{1-\alpha_2\beta_1}} A_2^{\frac{\beta_1}{1-\alpha_2\beta_1}} c^{\frac{\alpha_1}{1-\alpha_2\beta_1}} \left(1 - \frac{\alpha_2\beta_1}{1+\alpha_1}\right)^{\frac{\alpha_1}{1-\alpha_2\beta_1}} \left(-\frac{\alpha_2\beta_1}{1+\alpha_1}\right)^{\frac{\alpha_2\beta_1}{1-\alpha_2\beta_1}} \tag{26}$$

$$\theta = \frac{\alpha_1\alpha_2\beta_1}{1-\alpha_1+\alpha_2\beta_2+\alpha_1\alpha_2\beta_1} \tag{27}$$

$$R^* = \frac{V^*}{V^*+Q^*} = \frac{\alpha_2\beta_1}{\alpha_2\beta_1-\alpha_1-1} \tag{28}$$

將(25)及(26)式代入(8)式：

$$P^* = \left(\frac{Q^*}{A_1 A_2^{\beta_1}(V^*)^{\alpha_2\beta_1}}\right)^{\frac{1}{\alpha_1}} = c\left(1 - \frac{\alpha_2\beta_1}{1+\alpha_1}\right) = \frac{c}{1-R^*} \tag{29}$$

由(25)及(26)式可知，「最適空車里程」與「最適載客里程」和需求函數之常數項(A_1)、常數項(A_2)及單位成本間的關係和社會福利最大下相同。

比較(16)、(17)式和(25)、(26)式可發現，在損益兩平下社會福利最大的最載客里程與最適空車里程皆為社會福利最大化的$\left(1 - \frac{\alpha_2\beta_1}{1+\alpha_1}\right)^{\frac{\alpha_1}{1-\alpha_2\beta_1}}$倍。

由(28)式可知，最適空車率僅和各項彈性值有關，且在社會福利最

大及損益兩平下社會福利最大的情況下皆相等。此結果顯示：不論在哪一種目標之下，最適的空車率是相同的；但是最適載客里程和空車里程則不相同。而最適費率$P^*=c\left(1-\frac{\alpha_2\beta_1}{1+\alpha_1}\right)=\frac{c}{1-R^*}$亦和常數項無關，但和各彈性值以及成本有關，且和單位成本及最適空車率成正向關係。

因此，政府在訂定最適空車率後，當費率訂在 c 時，於市場達到均衡時會使社會福利達到最大，但業者可能會有虧損；若將費率訂在$P^*=\frac{c}{1-R^*}$，則均衡時可達到在損益兩平下，社會福利最大的狀態。

綜合以上各式，分別列出不同目標下之決策變數最佳化結果，如表 1 所示。

表 1　不同目標之決策變數最佳化結果

社會福利最大	損益兩平下社會福利最大
$Q^*=A_1^{\frac{1}{1-\alpha_2\beta_1}}A_2^{\frac{\beta_1}{1-\alpha_2\beta_1}}c^{\frac{\alpha_1}{1-\alpha_2\beta_1}}\left(-\frac{\alpha_2\beta_1}{1+\alpha_1}\right)^{\frac{\alpha_2\beta_1}{1-\alpha_2\beta_1}}$	$Q^*=A_1^{\frac{1}{1-\alpha_2\beta_1}}A_2^{\frac{\beta_1}{1-\alpha_2\beta_1}}c^{\frac{\alpha_1}{1-\alpha_2\beta_1}}\left(1-\frac{\alpha_2\beta_1}{1+\alpha_1}\right)^{\frac{\alpha_1}{1-\alpha_2\beta_1}}\left(-\frac{\alpha_2\beta_1}{1+\alpha_1}\right)^{\frac{\alpha_2\beta_1}{1-\alpha_2\beta_1}}$
$V^*=A_1^{\frac{1}{1-\alpha_2\beta_1}}A_2^{\frac{\beta_1}{1-\alpha_2\beta_1}}c^{\frac{\alpha_1}{1-\alpha_2\beta_1}}\left(-\frac{\alpha_2\beta_1}{1+\alpha_1}\right)^{\frac{1}{1-\alpha_2\beta_1}}$	$V^*=A_1^{\frac{1}{1-\alpha_2\beta_1}}A_2^{\frac{\beta_1}{1-\alpha_2\beta_1}}c^{\frac{\alpha_1}{1-\alpha_2\beta_1}}\left(1-\frac{\alpha_2\beta_1}{1+\alpha_1}\right)^{\frac{\alpha_1}{1-\alpha_2\beta_1}}\left(-\frac{\alpha_2\beta_1}{1+\alpha_1}\right)^{\frac{1}{1-\alpha_2\beta_1}}$
$R^*=\frac{\alpha_2\beta_1}{\alpha_2\beta_1-\alpha_1-1}$	$R^*=\frac{\alpha_2\beta_1}{\alpha_2\beta_1-\alpha_1-1}$
$P^*=c$	$P^*=c\left(1-\frac{\alpha_2\beta_1}{1+\alpha_1}\right)=\frac{c}{1-R^*}$

四、結論與建議

本研究建立能反映在導入社經指數下之計程車市場最佳化模型，歸納本研究成果獲致結論與建議如下。

4.1 結論

1. 本研究突破過去相關理論模型僅考量費率、等車時間或是尖離峰時段之情境，當今人口結構逐漸老化，將人口結構的老化指數納入考量，使模式更貼近實際情況。
2. 在 Cobb-Douglas 需求函數型態的假設下，各目標函數下的最適空車率僅由各項彈性值組成，與其他常數項無關。
3. 在損益兩平下社會福利最大的最適費率和單位營運成本、各彈性值

有關，和其他常數項無關。經由模型推導後可得，最適費率等於單位營運成本除以（1-最適空車率）。

4. 計程車相關主管機關在訂定最適空車率時，僅須透過價格彈性、人口結構彈性值以及人口結構對空車里程的敏感度，即可得知最適的空車率。

4.2 建議

1. 近年來我國人口結構受長期出生率下降、平均餘命增加之影響，已逐漸步入高齡化社會，過去在計程車市場管理尚未考量到人口結構因素，如何因應高齡化社會而制訂適當的計程車數量，建議交通部門未來必須正視此一課題。
2. 計程車成本結構相當複雜，在本研究的模式中係以單位營運成本與總營運里程進行分析，建議後續研究可探討不同成本函數之設定對於模式最佳化的影響結果。
3. 本研究建立之導入社經指數之計程車市場最佳化模型，未來可進一步應用於實際案中進行數值分析，並藉以進行後續研析。因應高齡化社會來臨，未來如何實務推動與規劃適當的計程車數量，建議後續研究可深入探討。
4. 本研究假設計程車為巡迴攬客的營運模式，建議後續研究可朝不同營運型態以及不同派遣技術應用的計程車市場進行探討。

參考文獻

1. 張家祝，「計程車合理供需數量之調查研究」，交通大學交通運輸研究所，1984 年 12 月。
2. 郭宗生，「計程車供需平衡之研究」，國立交通大學交通運輸研究所，碩士論文，1985 年 6 月。
3. 張堂賢，「都會計程車運輸市場及其定價研究」，運輸計劃季刊，第 21 卷，第 1 期，1992 年 3 月，頁 63-94。
4. 張學孔、黃世明，「計程車最佳費率與空車率之研究」，運輸計劃季刊，第 32 卷，第 2 期，2003 年 6 月，頁 341-364。
5. 張學孔、朱純孝，「考量最大願付價格下巡迴計程車市場最佳空車率與費率之研究」，運輸計畫季刊，第三十七卷，第 1 期，2008 年 3 月，頁 1-38。
6. 沈大維，「巡迴計程車市場多時段費率與空車率最佳化之研究」，台灣大學土木工程學研究所碩士論文，2008 年 6 月。

7. Orr, D., "THE TAXICAB PROBLEM：A PROPOSED SOLUTION," *JOURNAL OF POLITICAL ECONOMY*, VOL.77, PP.141-147, 1969.
8. Douglas, G. W., "PRICE REGULATION AND OPTIMAL SERVICE STANDARDS: THE TAXICAB INDUSTRY", *JOURNAL OF TRANSPORT ECONOMICS AND POLICY*, VOL. 20, 1972, PP. 116-127.
9. Manski, C. F. & Wright, J. D., "NATURE OF EQUILIBRIUM IN THE MARKET FOR TAXI SERVICES", *TRANSPORTATION RESEARCH RECORD*, VOL. 619, 1976, PP. 11-15.
10. Beesley, M. E. &Glaister, S., "INFORMATION FOR REGULATION: THE CASE OF TAXIS", *THE ECONOMIC JOURNAL*, VOL. 93, 1983,PP. 594-615.
11. Morisugi, H. Arintono, S. Parajuli, B. P.(1997).FARE LEVEL AND FLEET OPTIMIZATION OF TAXI AND BUS OPERATION IN YOGYAKARTA, *INDONESIA. JOURNAL OF THE EASTERN ASIA SOCIETY FOR TRANSPORTATION STUDIES*,2(5)
12. Schaller, B., "ELASTICITIES FOR TAXICAB FARES AND SERVICE AVAILABILITY", *TRANSPORTATION*, VOL. 26,1999, PP. 283-297.
13. Yang, H., Wong, S. C. & Wong, K. I., "DEMAND-SUPPLY EQUILIBRIUM OF TAXI SERVICES IN A NETWORK UNDER COMPETITION AND REGULATION", *TRANSPORTATION RESEARCH-B*, VOL. 36, 2002, PP. 799-819.