

# 混合模糊隨機資訊在倒推起訖表之研究

## A Study of Hybrid Information on O-D Trip Table Estimation

計畫編號：NSC-90-2415-H032-002

執行期限：90/8/1-91/7/31

主持人：劉士仙

私立淡江大學交通管理學系暨運輸科學研究所副教授

### 一、中文摘要（關鍵詞：起訖表、 $\alpha$ 截集）

車輛起訖表是運輸規劃程序中最重要之基本資料，O-D 表在運輸規劃中，說明了交通需求與求的資訊。因此 O-D 表的正確性，對於規劃未來交通運輸系統之服務品質，扮演了極重要的角色。

目前由路段流量倒推旅次起訖表的方法中，經常假設用路人已掌握相當資訊，據此，用路人將會選擇最佳路徑到達目的地。然而在實際路網上，駕駛人往往憑藉個人經驗，猜測路線的可能時間並選擇最佳路徑，因此用路人於路網上具備了接收模糊測度交通資訊的特性，加上路徑時間的不確定性原因，亦會產生隨機選線的結果，所以具有事前未知之元素，及事後發生可能的臆測現象。

因此，本文提出修正之模式，在假設條件上捨棄了以往之事後資訊分析，利用 Dubois 之一維轉換映射之隨機與模糊資訊，以  $\alpha$  截集探討可靠度路徑集合，探討推估隨機擁擠路網之旅次起訖表。

英文摘要:

(key words : O-D Table、 $\alpha$ -cut)

This study examines Dubois's mapping of fuzzy possibility index versus one dimension route choice probability distribution. This concept is thus applied to an O-D estimation model. To evaluate the modified model's performance, a local network is tested, with the results compared to those from some well-known models.

### 二、計畫緣由與目的

傳統的車輛起訖資訊調查方法，由於有費時、短時間須要大量的人力投入，以及成本高的缺點，目前國外先進國家多已捨棄傳統的家庭訪問、路邊調查、車牌追蹤調查等方式，進而改採數學規劃最佳化理論，俾能以快速的時間及節省金錢的情形下，來預測車輛起訖的資訊。近年來，智慧型運輸系統已引入電子收費的概念、結合通訊科技，雖可動態追蹤個別車輛資訊，然而由於涉及用路人隱私權，且需要普及化的交通科技基礎建設予以配合，目前應用時機可說尚未成熟，因此以路段車流量反推車輛起訖資訊的相關模式，應仍為目前最具實用價值的方法。

本研究主要目的在嘗試建構新的倒推起訖表模式，引進模糊測度與機率測度轉換映射關係，以模糊資訊排序與隨機選擇路線結果的概念，進一步評估不確定之交通資訊在實務應用面上的適用特性。

### 三、研究方法與成果

#### (一)研究方法

##### 1.可能性分配與機率分配之可轉換程序

Dubois[1]以一個不公平的硬幣的正反面出現，描述機率測度、必然性測度與可能性測度三者之關係。假設出現正面的機率  $p_1$ ，出現反面的機率為  $p_2$ ，其中  $1/2 < p_1 < 1$ ，則出現正面的必然性( $\zeta_1$ )可定義為  $\zeta_1 = p_1 - p_2$ ，表示出現正面與反面的機率差，

或解釋為出現反面之不可能性。是以出現反面之可能性 $\pi_2$ 即為出現正面必然性之對偶機率，定義為

$$f_2 = 1 - \mathcal{Y}_1 = 1 - (p_1 - p_2) = 2p_2, \text{ 或 } \pi(A) = 1 - \zeta(A^c).$$

若將元素依機率值出現大小排列且定義全集  $X = \{x_i / i=1, \dots, n\}$ ，其中

$$p_1 \quad p_2 \quad \dots \quad p_n,$$

$p_i = P(\{x_i\})$ ， $\sum_{i=1}^n p_i = 1$ ， $P$ 表機率測度，令  $A_i = \{x_1, x_2, \dots, x_i\}$ ，則子集  $A$  之必然性可定義為其所有元素必然性之總合，而各元素之必然性則定義為該元素機率與補集  $A^c$  元素最大機率之差額機率，表示為

$$\mathcal{Y}(A) = \sum_{x_j \in A} \max(p_j - \max_{x_k \in A^c} p_k, 0)$$

當  $A = A_i$ ，則依其定義推論可知

$$\mathcal{Y}(A_i) = \sum_{j=1}^i (p_j - p_{i+1}) = \sum_{j=1}^i p_j - \sum_{j=1}^i p_{i+1} \leq \sum_{j=1}^i p_j = P(A_i)$$

，機率測度與必然性、可能性測度之關係可表為  $0 \leq \mathcal{Y}(A) \leq P(A) \leq f(A) \leq 1$ ，稱之為機率分配與可能性分配之一致性關係(Consistency Relation)；根據上式定義，可得下式：

$$P \neq \sum_{j=i}^n (p_j - p_{j+1}) = \sum_{j=i}^n \frac{1}{j} (r_j - r_{j+1})$$

，其中  $r_1 \quad r_2 \quad \dots \quad r_n \quad r_{n+1} = 0$ 。

## 2. $\alpha$ -cut 截集與路徑可靠度

模糊數之  $\alpha$ -cut 截集說明不確定資訊發生之可能性， $\alpha$  值介於  $[0, 1]$  間，而模糊數則說明在此可能性之下，事件發生之可能範圍，如圖 1 之三條路徑時間， $L$  路徑時間在  $\alpha$ -cut 截集之下，被認為時間範圍在  $[7, 14]$  之間，當  $\alpha$  值為一正值時，表示資訊的接收者，能更縮小不確定的範圍，因此對可能發生的事件的出象，事前可能有更精準的判讀，所以  $\alpha$ -cut 截集在具有模糊旅行時間成本之路徑而言，可反應出資訊可靠之程度。

另外，可能性指標說明兩模糊集合之相似性，根據上式之模糊與機率轉換映射，三條路徑在  $\alpha$ -cut 截集等於 0 時，因為路徑時間具有重疊現象，因此三條路徑皆有被認為是最短路徑之可能，選擇機率分別為  $p_L = 0.625$ ，

$p_M = 0.225$ ， $p_R = 0.15$ ，當  $\alpha$ -cut 截集等於 0.45 時，由於路徑  $R$  與最短路徑  $L$  已明顯不同，兩者無任何相似性，因此路徑  $R$  不再可能被認為最佳路徑，選擇機率為  $p_R = 0$ 。根據上述之  $\alpha$ -cut 截集特性，當  $\alpha$  值逐漸增加時，資訊之不確定性相對減少，換言之，對路徑資訊的可靠程度相對增加，當  $\alpha = 1$  時，表示已掌握準確之資訊，不確定特性已排除。如圖 2 當  $\alpha > 0.6$  時，用路人已可判別三條路徑之差異性，只選擇路徑  $L$ 。

## 3. 模式

目前在倒推 O-D 模式中，最普遍被採用的目標函數為最小平方法，本研究以最小平方法建構目標函數，以事前駕駛人具有模糊之旅行時間，事後選線具有之隨機結果，即模糊與隨機轉換方式設定限制條件，並期望在預測與觀測誤差最小情境下，探討最佳之車輛起迄表資訊。

$$\mathcal{L}(q^{rs}) = \text{Min} \sum_a \left( \sum_{rs} q^{rs} * \left( \sum_k p_k^{rs} * u_{ak}^{rs} \right) - x_a^{obs} \right)^2$$

$$\text{st. } q^{rs} \geq 0 \quad (1)$$

$$x_a^{est} = \sum_{rs} (q^{rs} * \sum_k p_k^{rs} * u_{ak}^{rs}) \quad (2)$$

$$\tilde{c}_k^{rs} = \sum_a \tilde{c}_a^{rs} * u_{ak}^{rs} \quad (3)$$

$$\text{sup } R_k^{rs} = 1 \quad (4)$$

$$f_k^{rs} = \max R_k^{rs} (\tilde{c}_k^{rs}, \min(\tilde{c}_l^{rs})) \quad (5)$$

$$\sum_k p_k^{rs} = 1 \quad \forall k \in K \quad (6)$$

$$p_k^{rs} = \sum_{j=k}^n \frac{1}{j} (f_j^{rs} - f_{j+1}^{rs}) \quad \forall (r, s), k \in K$$

目標函數以誤差最小為求解最佳化問題之基礎，(1)式說明起迄車輛非負限制，式(2)則表示路段與路徑流量間轉換關係，式(3)表示路段旅行時間與路徑模糊旅行時間關係，限制式(4)至(6)，說明 Dubois 一維向度空間模糊與隨機結果之轉換方式。

## 4. 資料調查

淡水地區的人口分佈大部分集中在街道狹小的舊市區、沿英專路兩旁

的新市區、淡江大學、淡水工商及淡水國小周圍的住宅區等，其中新舊市區為本區中最主要的商業區，自捷運通車後，老街的商業活動更趨頻繁。另外，本區主要的公路系統主要有狹小且貫穿淡水舊市區的中正路；淡水地區分為可充份代表淡水地區旅次型態的十八個交通分區，並藉此構建可代表淡水地區實際路網之路網圖（圖3），淡水地區的旅次起迄型態以下的幾項特徵：

1. 從各交通分區到臺北的旅次佔有45%。可見得臺北都會區對於淡水、三芝、沙崙及北新庄地區的旅次有相當高的吸引力。
2. 穿越旅次佔有總旅次的38%。位於淡水地區外的交通分區彼此間經由淡水地區來往的旅次數，對淡水地區的旅次分佈型態影響相當大，這些穿越旅次即是造成淡水地區交通擁擠的重要因素之一。由於使用都會區域網路的駕駛人常受路況干擾，而影響其行駛時間，除需透過問卷調查駕駛人內在的感知外，亦需利用車牌追蹤方式，以了解實際駕駛行為，從而界定駕駛人選線行為之心理感受與行為間之因果關係，或感知及實況之差異，進一步架構適當的動態交通量指派模型。
3. 根據車牌抄錄調查資料，利用車牌號碼在時間方向移動位置，進行電腦程式的搜尋與比對，因此實際的車輛路徑旅行觀測時間可以獲得，另外，若以路段為決策變數之演算法，以路段時間加總代替路徑時間，其旅行時間範圍較實際觀測旅行時間長，且兩者有固定倍數的關係，如圖4。

## （二）研究成果

1. 對經常行駛且熟悉的路網，用路人的駕駛經驗常提供了可靠的判斷，因此不確定的交通資訊較其他的用路人更加可靠與精準，若以 $\alpha$ 截集之可靠度概念來看，當 $\alpha$ 截集顯著大於零時，用路人對路徑的選擇較能明顯區別其時間長短的差異。

2. 根據調查顯示，觀測之路徑旅行時間範圍隨著路徑距離長度增加，其時間範圍的不確定有擴大的現象。
3. 若以路段時間加總來預測路徑旅行時間，則預測之模糊範圍比實際觀測範圍較大，且兩者之間呈現固定比值的正向關係，模糊範圍的左右端值修正約15-20%可以近似實際觀測結果。
4. 在平方和誤差最小情形下，淡水地區起迄表預測最佳解之 $\alpha$ 截集約0.82時，如圖5，表示地區內之用路人對路網旅行時間能有效掌握。
5. 模糊測度轉為機率測度時，Dubois之轉換定理對連續型態模糊數的假設條件存在有侷限性，需進一步修正。

## 四、結論

根據資料初步分析，最後可得到下列具體結論。

1. 確定性路網之均衡解為隨機均衡模式解之特例。
2.  $\alpha$ 截集大於0.82時，各路徑之時間已明顯區隔，解集合已符合Wardrop第一定律之均衡特性，因此本研究預測結果較均衡模式為佳。
3. 模糊隨機模式在本範例中，比Logit模式有更佳之預測結果。
4.  $\alpha$ 截集在路徑的辨識上，能有效區隔可靠路徑。
5. 模式結果說明駕駛人選線具有隨機模式之特性。然旅行時間則以模糊測度描述應用於處理隨機動態路網問題更具一般性且更適用於實際路網分析，因此後續研究可以模糊數描述旅行時間，較符合實際車流環境。

## 五、參考文獻

1. 劉士仙，「倒推起迄表模式評估與其區間推定之研究」，國科會專題研究計畫，編號 NSC84-2211-E032-11，民國84年7月。

- 2.Liu, Shih sien, 1995, "Model Performance of OD-Theta for Calibrating an O-D Trip Table in a Stochastic Congested Network -- A Case Study in the Tamshui Area," 1995 Pacific Rim TransTech Conference, Seattle, pp. 346-351.
- 3.Liu, Shih sien, 1999, "A Study of Stochastic Dynamic Assignment Model with Fuzzy Measures Traffic Information," IFORS'99, Proceedings of 1995 VNIS, Beijing.

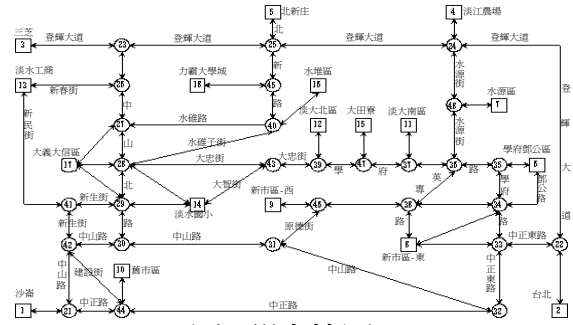


圖3 研究範圍

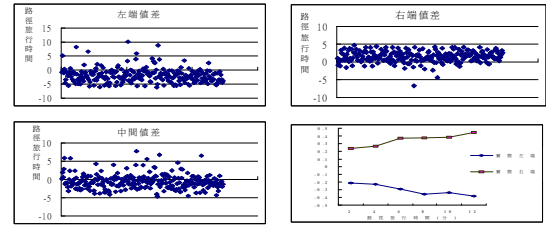


圖4 路徑觀察時間與路段時間加總比較

六、圖表

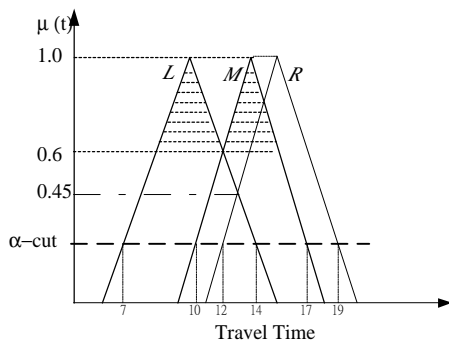


圖1.  $\alpha$  截集與路徑選擇之可能性

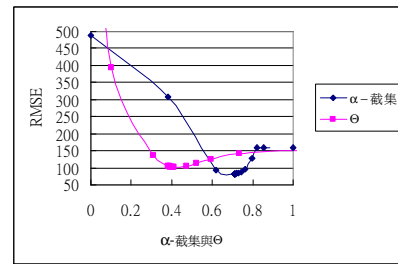


圖5. 模式較估結果

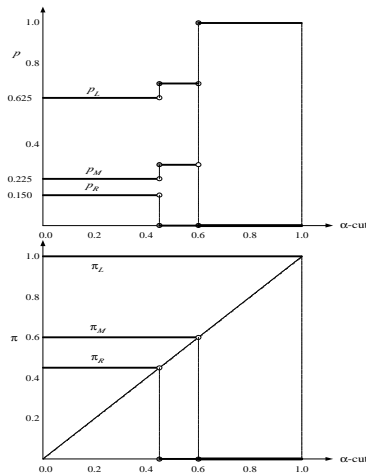


圖2.  $\alpha$  截集、可能性指標與選擇機率