

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

路網旅行時間預測模型之比較研究(II)

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC92-2211-E-032-025-

執行期間：92年08月01日至93年07月31日

執行單位：淡江大學運輸管理學系

計畫主持人：董啟崇

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 93 年 11 月 1 日

國家科學委員會專題計畫精簡報告

路網旅行時間預測模型之比較研究(II)

計畫編號：NSC 92-2211-E-032-025

執行期限：2003/8/1-2004/7/31

執行機關：淡江大學

計畫主持人：董啟崇

摘要

本研究以模擬分析(Paramics)為基礎，依據不同路況資料蒐集之偵測器佈設原則，推估都會區號誌路口之路段旅行時間。旅行時間估算模式乃採用 Oh, Jayakrishnan 及 Recker[1]之研究，是以車流之時空關係推倒，利用上、下游迴路線圈估算路段旅行時間獲得相當準確的結果。停等延滯公式乃利用 1985 HCM 求得路口平均延滯時間。估算結果將與模擬之真實旅行時間進行驗證，真實旅行時間係每時區內隨機抽取六輛追蹤車輛之平均旅行時間，經模擬實驗結果顯示，最佳佈設策略下，其平均誤差範圍大約為 6%。

Abstract

In this study, we accessed the possibility to utilize Paramics simulation program as a tool to explore various placement strategies of dual-loop vehicle detectors in urban arterials for gathering traffic flow data to estimate link travel times. The travel time estimation procedure was adopted and modified from a set of equations defining average traffic density of a road section for their robustness in traffic flow theory and excellent results demonstrated in freeway sections. To compensate the delay at the intersection, a 1985 HCM delay equation was employed. The estimation results were evaluated against average simulated "true" travel time obtained by randomly drawn (observed) probe vehicles and the absolute error of estimation for the best detector placement scenario is about 6%.

一、前言

利用偵測器蒐集交通資料以瞭解交通的全貌乃目前最常使用之方法，其可應用在交通工程、規劃或操作（控制）等用途上，亦作為可提供交通用路人即時資訊的重要基礎。尤其，以旅行時間作為重要資訊之指標。目前回顧相關文獻中，

無論研究對象為市區、郊區、快速道路、高速公路或虛擬路網，大多是利用已知路段（已偵測或歷史資料）資料，進行旅行時間之估算或預測，並無特別提及所謂號誌化路口的因素。本研究將以 Oh, Jayakrishnan 及 Recker[1]模式探討都會區號誌化路口之旅行時間，雖此法乃針對高速公路特定地點進行實驗，無全面性進行實測，但是，因考慮演算模式乃基於車流理論所衍生，且具簡單與準確性，因此，將採此模式進行研究議題之探討。

二、方法論

本研究主要以模擬程式為基礎，結合旅行時間估算模式，詳細結果如下列所示。另外，因國內目前係以固定式偵測器佈設為主，因此，本研究將以固定式偵測器作為獲取交通資料之基本假設。

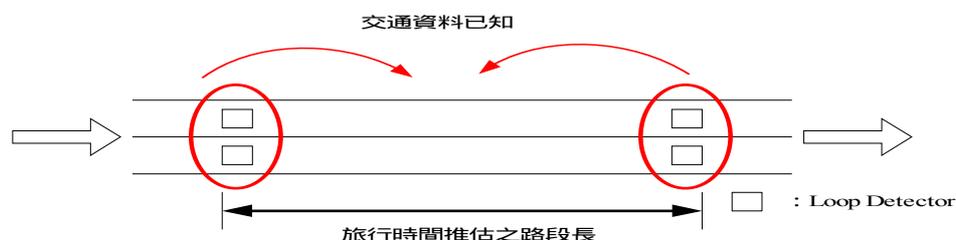
1、模擬程式(Microsoft Traffic Simulation)

本研究課題相關資料蒐集在現實狀況中受到諸多限制，因目前國內都市地區無足夠且完整之偵測器資料可提供研究利用，若以現有偵測器測得不完整的時空分佈資料來推估交通狀況將會產生極大之誤差。因此，本研究選擇 PARAMICS 微觀車流模擬軟體作為交通資料產生器，以完整的模擬架構進行研究議題之探討與驗證。選擇 PARAMICS 係因探討比較之模擬軟體中，其偵測器佈設功能彈性最佳。Thomas[2]亦有相似方法之研究，係以 CORSIM 模擬模式分析美國 Tempe 及 Mesa 市的號誌化幹道。

另外，為確認模擬器產生之交通情境與實際交通現況相近，需進一步對路網系統參數進行校估。

2、旅行時間估算模式(Oh, Jayakrishnan and Recker Model)

推估路段之總旅行時間係由路段旅行時間與延滯時間所構成，旅行時間之估算本研究乃引用 Oh, Jayakrishnan 及 Recker[1]之模式，利用上、下游迴路線圈估算兩偵測器間之路段旅行時間(如圖一所示)，並依據各路口之號誌週期作為求算旅行時間之時區，且匝道部分將忽略不計。另外，延滯時間乃採用 1985 HCM 之停等延滯公式，以求得號誌化路口平均延滯時間。



圖一 以兩偵測器推估段路密度

(1) 旅行時間估算模式

Oh, Jayakrishnan 及 Recker 模式[1]實際上係平均路段密度模式，乃基於車流理論所衍生，利用上、下游迴路線圈估算兩偵測器間之路段旅行時間。其最終估

算公式如下所示：

$$tt(hr) = \frac{\Delta x[k(t) + k(t+1)]}{[q_u + q_d]}$$

式中， tt = 路段旅行時間

Δx = 路段長 (即兩偵測器組之間距離)

$$k(t+1) = k(t) + \left[\frac{\Delta t}{l \cdot \Delta x} \right] \left[\{l \cdot q_u(t) + l_{on} \cdot q^{on}(t)\} - \alpha \cdot \{l \cdot q_d(t) + l_{off} \cdot q^{off}(t)\} \right]$$

式中， $k(t)$ ：在 t 時間的路段密度

l ：路段的車道數

$q_u(t)$ ：時間區間內通過上游的車輛數

$q_d(t)$ ：時間區間內通過下游的車輛數

$q^{on}(t)$ ：進入路段的車流數

$q^{off}(t)$ ：離開路段的車流數

其中，參數值 (α) 係為避免偵測器系統產生誤差，以長期觀測車輛流進流出，來校估總體偵測器之參數，其公式如下所示：

$$\alpha = \frac{\sum_t \{l \cdot q_u(t) + l_{on} \cdot q^{on}(t)\}}{\sum_t \{l \cdot q_d(t) + l_{off} \cdot q^{off}(t)\}}$$

式中， α ：校估總體偵測器之參數值

l_{on} ：路段途中流入的車道數

l_{off} ：路段途中駛出的車道數

(2) 延滯之求算

本研究利用停等延滯公式 (HCM, 1985) 求得路口平均延滯時間，而停等延滯公式如下列所示：

$$d_s = 0.38 \frac{[1 - g/C]^2}{[1 - (g/C)(X)]} + 173X^2 \left[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + (16X/c)} \right] \quad (4)$$

其中， C ：週期長度 (秒)

g/C ：有效綠燈所佔週期之比率

X ： v/c ，車道流率對應車道容量之比值

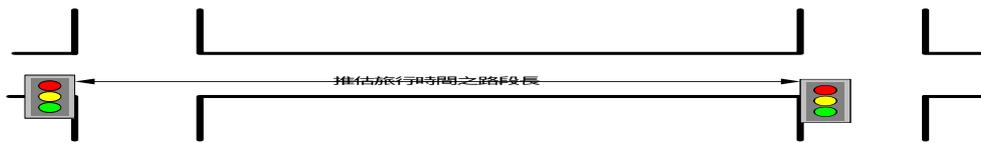
c ：容量 (veh/hr)

s ：平均每車輛停等延滯 (s/veh)

3、評估

本研究乃以「路段平均絕對誤差百分比」(Mean Absolute Percentage Error)作為評估之衡量準則，將觀測值與估算值進行比較，而觀測值乃於模擬軟體每時區

內隨機抽取追蹤車輛而得。另外，推估旅行時間之路段長度，如圖二所示。



圖二推估旅行時間之路段長度

(1) 研究範圍

本研究希望探討不同線形與車流型態對旅行時間之推估是否會造成影響。因此據以選擇路網上不同之幾何條件與車流狀態，所篩選出三個都會區路網，包括淡金路、大度路以及重慶北路，其各路網之特徵如表一所示。

表一 都會區模擬路網篩選彙整表

	線形直截	線形複雜
車流行為單純	大度路路網	淡金路路網
車流行為複雜	重慶北路路網	---

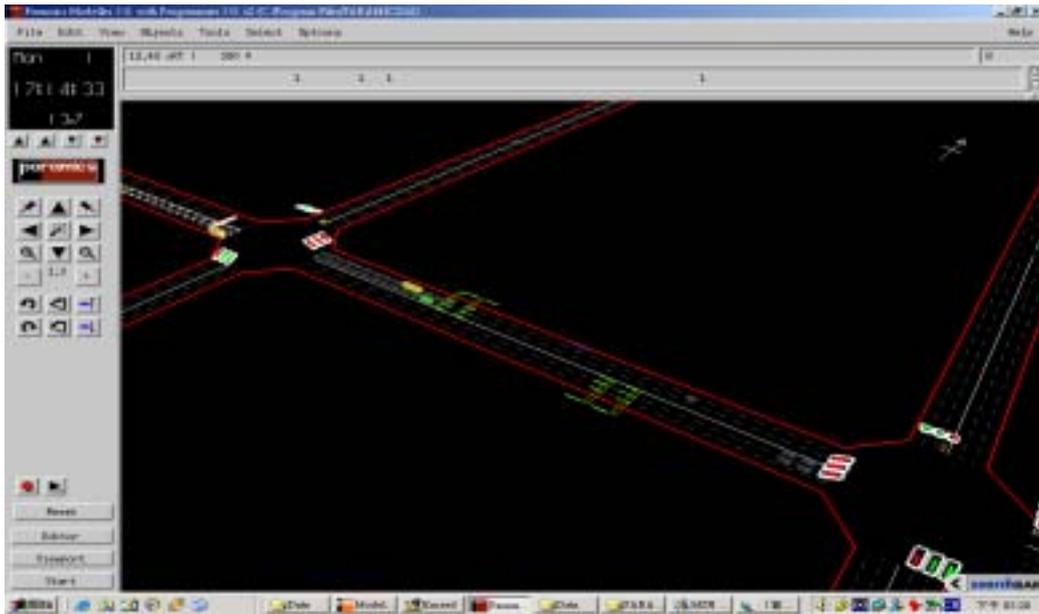
(2) 偵測器佈設策略

本研究依據不同實驗路段長度歸納出下列四種不同佈設策略，其詳細內容如下所示。

- 策略一：僅佈設上、下游路口。
- 策略二：佈設上、下游路口，以上游路口為基準每跨 250 公尺增設一組。
- 策略三：佈設上、下游路口，以下游路口為基準每跨 250 公尺增設一組。
- 策略四：佈設上、下游路口中段增設一組偵測器。

(3) 路網的構建與校估

PARAMICS 之路網建構工作內容包括有路網幾何特性建構、交通號誌系統之時制設定、以及路網交通分區與旅次起迄點資料之設定三部分。另外，為模擬真實情境，亦派遣調查員至現場做路口流量調查(跨尖離時間共 3 小時)作為資料來源。本研究參考運輸研究所委託之研究[]，台灣本土環境下之 PARAMICS 參數預設值之適用性，其結果得知 Headway 與 Reaction Time 此兩項參數較不適合直接引用，故本研究主要校估 Mean Headway 與 Mean Reaction Time 兩項主要車流與人因參數，而其他參數值則採用其模式預設值，如旅行成本、路網熟悉度、干擾度等。此外，所採用的驗證指標為平均絕對誤差百分比 (MAPE)，係依據各偵測器之車輛行駛速率作為整個路段之評估指標，故能客觀地估計模擬值與實際值之差異程度。模擬路網之構建如圖三所示(以重慶北路為例)。



圖三 模擬路網構建—以重慶北路為例

(4) 探針車之樣本數

市區幹道追蹤車輛之樣本數乃參考 NCHRP Report 398. (1997) [4]，根據每英哩（約 1.6 公里）號誌密度設定（如表二），如以淡金路段為例中僅含兩個主要號誌路口，因此，需於每時區內隨機抽取六輛追蹤車輛，觀測及記錄其通過上游路口至下游路口前之路段旅行時間，計算追蹤車輛之平均路段旅行時間，將其視為真值。

表二市區幹道探偵車樣本數

交通號誌密度 (每 1.6 公里之號 誌數)	平均變異係數 (%)	樣本數		
		90%信賴區間 ±10%容許誤差	95%信賴區間 ±10%容許誤差	95%信賴區間 ±5%容許誤差
小於 3	9	5	6	15
3 至 6	12	6	8	25
6 以上	15	9	12	37

資料來源：[4]

(5) 資料平滑化

PARAMICS 偵測器輸出資料中，因瞬間車流率（flow rate, vph）高低反應時區之連續車流狀況並不適當，透過統計分析顯示車流量（flow）是呈現高低起伏震盪之趨勢，因此，需將資料做平滑化之處理，使資料趨於平緩並接近真實連續流率，本研究採用平滑化公式，如下式所示，利用平滑參數之不同，使資料震盪幅度和緩。由於 PARAMICS 之流率輸出並未如一般真實偵測器以定時累計輸出，故震盪較大並選定平滑參數為 0.1 的資料進行推估。

$$V_{S|m} = V_{S|m-1} + K_V [V_m - V_{S|m-1}]$$

其中， $V_{s|m}$ = 在 m th time interval 的平滑流量

$V_{s|m-1}$ = 在 $m-1^{st}$ time interval 的平滑流量

V_m = 在 m th time interval 的原始流量

K_v = 平滑參數，其值在 0-1 之間

三、評估結果

3.1 基本評估

依本次模擬實驗路網之結果顯示，其平均絕對誤差 (MAPE) 範圍大體介於 6% 至 50% 之間，其中有一最差為 175% (重慶北路，民族西路口至酒泉路間)。本研究乃以「路段平均絕對誤差百分比」(Mean Absolute Percentage Error) 作為評估不同佈設策略間之衡量準則，其公式如下所示：

表三 長、短街廓之多組偵測器佈設策略之比較

		資料整理	多組策略一	多組策略二	多組策略三	多組策略四
長街廓 (大於 600 公尺)	淡金路 (670m)	未平滑	9.822951	18.12737	16.39194	21.33923
	水源街-忠愛街	已平滑	6.871026	8.140296	6.964747	49.60392
	淡金路 (1350m)	未平滑	46.956	9.647	9.218	12.754
	忠愛街-坪頂路	已平滑	68.097	22.311	17.216	19.908
	大度路 (2250m)	未平滑	9.045	9.389	9.489	7.472
	立德路-洲美	已平滑	9.820	7.193	7.537	6.105
	大度路 (700m)	未平滑	18.145	19.493	17.212	22.082
	洲美-承德路	已平滑	18.192	26.015	22.494	28.442
短街廓 (小於 600 公尺)	淡金路 (400m)	未平滑	23.39358	-	-	-
	坪頂路-中正東路	已平滑	49.60392	-	-	-
	重慶北路 (380m)	未平滑	45.320	-	-	-
	民權西路-昌吉街	已平滑	18.936	-	-	-
	重慶北路 (405.8m)	未平滑	175.38	-	-	-
	民族西路-酒泉街	已平滑	29.11	-	-	-

註 1：表格內之值為絕對誤差百分比 (%)

註 2：表格中以黑粗體顯示，是其誤差百分比小於 15%，表示轉換結果甚佳。

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^N \left| \frac{P_f - P_M}{P_f} \right|}{N} \times 100\%$$

其中，

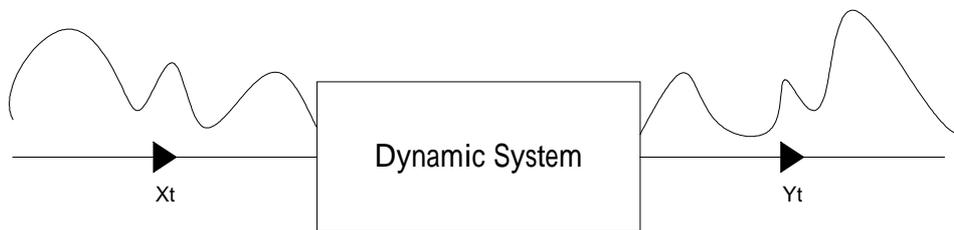
P_f = 實際值

P_M = 模擬值

N = 模擬樣本總數

3.2 進階模型

於進階研究中進一步探討轉換函數模式(Transfer Function Model)[5]估算與預測旅行時間之運用。為降低影響模式準確度之因素，本研究選定國道高速公路北部路段，林口至內壢交流道南方向，約 43 公里處至 55 公里處，以達驗證演算模式之效果，並以「平均絕對誤差百分比」作為評比之指標。線性轉換函數，通常可用來描述具有時間序列之單變量 (univariate) 或雙變量 (bivariate) 之關係。本研究以固定式偵測器獲取動態系統 (Dynamic System) 下成對觀察變量 (X_t, Y_t) 之交通資料，其中 X 變量為密度 (density) 可視為輸入 (Input)，而 Y 變量為速率 (speed) 輸出，如圖四所示：



圖四 動態系統轉換模式圖

另外，基本轉換函數表示形式如下所示：

$$y_t = \frac{\omega_s(B)}{\delta(B)} x_{t-b} + \frac{\theta(B)}{\phi(B)} a_t$$

其初步結果顯示，靜態模式為 15.30%，轉換函數模式為 10.74%，動態轉換函數在旅行時間推估上是有顯著改善單純路段密度模式，如表四所示。

表四 路徑旅行時間模式驗證之總表

模式	平均絕對誤差百分比(%)
靜態模式推估 (Oh, Jayakrishnan 及 Recker 模式)	15.30
轉換函數模式推估	10.74
轉換函數模式預測	12.21

四、結論與建議

從研究過程與結果本研究歸納出下列主要三項結論與論點：

第一，偵測器佈設於長街廓（大於 600 公尺，以大度路為例）時，在推估路段旅行時間之準確度上，以上、下游成對佈設為最基本考量。若於道路中段增設一組偵測器，建議道路長度大於 1000 公尺時，增設效果較為顯著，若在街廓更長且經費許可下，可以多組偵測器（即策略二、三）作為佈設策略，其準確度較高（如表三所示）。

第二，本研究以 PARAMICS 偵測器之資料輸出視為演算法之輸入值，經詳細比對後發現，不僅輸出格式與實際偵測器之輸出值差異甚遠，且時區亦不固定，資料在處理上易產生誤差進而影響模式之準確度。若能透過 PARAMICS 模擬軟體內的 API 功能修改偵測器之輸出檔，必能提升演算模式之準確度。而目前淡江大學以胡守任博士為首之研究團隊，正在進行此研究計畫。

最後，轉換函數之平均絕對誤差百分比為 10.74%優於靜態模式(OJR 模式)之 15.30%，此亦顯示動態轉換函數在旅行時間推估上是有顯著改善靜態模式。

五、參考文獻

1. Oh, J.-S., R. Jayakrishnan, and W. Recker. Section Travel Time estimation from Point Detection Data, Presentation at the 82nd Annual Meeting of the *Transportation Research Board*, Washington, D.C., 2003.
2. Thomas, G. B. The Relationship between Detector Location and Travel Characteristics on Arterial Streets, *ITE Journal*, Vol. 69, No. 10, Oct 1999, pp. 36-42.
3. Evaluation Report on the Application of Paramics in Taiwan Area, Institute of Transportation, 2001. (in Chinese)
4. Lomax, T., S. Turner, G. Shunk, H.S. Levinson, R.H. Pratt, P.N. Bay, and G.B. Douglas. *Quantifying Congestion: User's Guide*. NCHRP Report 398, Volume II. Transportation Research Board, Washington, DC, 1997.
5. Tavana , H., Mahmassani , H.S.,”Estimation and Application of Dynamic Speed-Density Relations by Using Transfer Function Models.”, *Transportation Research Record* ,pp.47-57., 2000.