

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

子計畫二：動態交通量指派(I)

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC93-2218-E-009-044-

執行期間：93年08月01日至94年07月31日

執行單位：國立交通大學運輸科技與管理學系(所)

計畫主持人：黃寬丞

報告類型：精簡報告

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 94 年 10 月 31 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 成果報告
 期中進度報告

以車流模型為基礎之交通動態預測技術平台開發-子計畫

二：動態交通量指派(I)

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 93-2218-E-009-044-

執行期間：93年08月01日至94年07月31日

計畫主持人：黃寬丞

共同主持人：

計畫參與人員：

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- 赴國外出差或研習心得報告一份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、
列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：交通大學運輸科技與管理學系

中 華 民 國 94 年 10 月 30 日

中文摘要

本計畫在智慧型運輸系統運作情境下，提出一個新的「動態路網模式理論架構(theoretic framework of dynamic network model)」，這個理論架構整合了「動態旅次起迄推估與預測(dynamic origin-destination estimation and prediction)」、「動態行前路網流量演變模式(dynamic pre-trip network flow model)」、「動態行旅中路網流量演變模式(dynamic en-route network flow model)」及「車流模擬(traffic flow simulation)」等四大理論模組。

其中並依本子計畫目標，基於「追求最小旅行時間行為假設」，及過去研究中曾實際被觀察到的通勤性用路人「逐日學習與適應的旅運決策行為假設(day-to-day learning and adaptive behavioral assumption)」，分別提出「動態行前路網流量演變模式」與「動態行旅中路網流量演變模式」的一般式(general function form)，以數學觀點而言這兩個一般式必須是一個動態系統(dynamical system)，它討論的內生(endogenous)變數為路徑流量(path flow)與旅次起訖點間的預測最小旅行時間(predictive minimal travel time of an origin-destination pair)，與這兩個變數在不同時間維度下的學習演變函數(learning and adaptive function)，此外，模式中還包括兩個外生(exogenous)變數，分別為旅次起迄點間之需求，以及實際路徑旅行時間推估。

這些架構將有助於各子計畫間理論模式的整合，以及本子計畫後續的模式構建與理論分析。

英文摘要

A new theoretic framework of dynamic network model is provided in this study under the scenario of Intelligent Transportation Systems services. The proposed structure is an integration of dynamic origin-destination estimation and prediction, dynamic pre-trip network flow model, dynamic en-route network flow model, and traffic flow simulation.

In addition, two general function forms are presented in this subproject for the dynamic pre-trip network flow model and the dynamic en-route network flow model based on the behavioral assumptions of minimal travel time seeking and daily learning and adaptive travel-decision-making process. In mathematical sense, dynamical system would be a well candidate for the further constructions of detailed structures in these two general models.

The concerned endogenous variables are path flows and predictive minimal travel time of an origin-destination pair. The other key component in the general model is the corresponding learning and adaptive function for the endogenous variable. It will dominate the results of the daily learning and adaptive travel-decision-making process. Two exogenous variables, demand of an origin-destination pair and calculating the actual travel time, are also necessary in the suggested models.

These theoretic framework and general models will help to integrate the theoretic analysis among the subprojects and to formulate and analysis the exact models.

壹、前言

智慧型運輸系統(Intelligent Transportation Systems, ITS)是目前先進國家為改善交通擁擠與安全問題所大力支持與投入的領域，在運輸研究領域裡 ITS 亦須以動態的方法論來建立方法論與模式，是近十年來相當重要的主流研究領域，因此，本計畫不管是在實務應用或理論研究角度，均具有其具體目的與時代背景。其中動態交通量指派更是這個研究領域最被廣為探討的課題之一，因為，動態交通量指派是預測旅運資訊的主要機制，動態旅次起訖(子計畫 1)可以作為動態交通量指派的輸入，動態旅次起訖亦可以接收交通量指派的結果，同時進行動態旅次起訖(子計畫 1)與動態交通量指派結果的互動，此外，在動態交通量指派模式中，必須藉由動態車流理論(子計畫 2 與子計畫 4)計算旅運成本，藉以掌握車流在路網中的時空移動，因此整個系統是相互影響且具有互動的關係。

貳、研究目的

本計畫的目的(第一年)即是希望藉由文獻回顧，了解傳統動態交通量指派的旅運行為理論基礎及其發展現況，以作為本研究建立「動態路網旅運行為理論」之基礎。此外，並提出整體動態交通量指派的系統架構，未來(第二、三年期)將藉以建立「路徑行為與資訊提供情境的互動關係」的理論模式。動態交通量指派的重點問題，在於如何描述「路徑行為與資訊提供情境的互動關係」，這個互動的關係在時間維度上可劃分為「逐日的(Day-to-day)路徑決策行為」與「即時的(Within-day)的路徑決策行為」，而資訊提供的情境亦可劃分為「行前資訊(Pre-trip information)」與「行旅中資訊(En-route information)」兩類。本計畫亦由文獻的回顧、分析與歸納，分別提出「動態行前路網流量演變模式」與「動態行旅中路網流量演變模式」的一般式。

參、文獻探討

本計劃內容係屬於動態交通量指派(dynamic traffic assignment, DTA)研究領域，依這個領域既有文獻的方法論可將其分為「非均衡(disequilibrium)交通量指派」與「均衡(equilibrium)交通量指派」兩大類，第一類方法論顧名思義可知，這類方法在行為理論及模式構建過程均沒有隱含旅行成本均衡的意義，而且其在時間維度上亦同時涵蓋「逐日(day-to-day)」與「即時(within day or time of day)」兩種情境。相對的，均衡指派方法則強調「旅行成本」依循「使用者均衡(user equilibrium, UE)或使用者最佳化(user optimal, UO)」或其他類似的路徑選擇行為假設，作為其構建理論及模式之依據，而且這類研究只限定在「即時(within day or time of day)」的時間維度上。這兩個方法論最明顯的差別在於：「非均衡指派法可以描述路網交通量隨時間演變的轉移過程，而均衡指派法基於均衡交通量型態存在之假設，著重於建立滿足均衡性質之解析模式並進而求解，但是其所求得之解僅在於當路網滿足均

衡狀態下之交通量型態」。接著就依此分類簡要說明本計劃目前已蒐集相關重要研究文獻的研讀評析。

(3-1) 非均衡交通量指派

這類研究方法又可依其構建模式的方法細分為三個子集，(1)模擬指派法(simulation assignment)、(2)確定性演變模式(deterministic adjustment process)與(3)隨機性演變模式(stochastic adjustment process)。

(3-1-1) 模擬指派法

Chang and Mahmassani's (1988), Mahmassani, Chang, and Herman (1986), Mahmassani (1990)等一系列研究，以模擬指派的方式實際觀察一百位通勤性的私人運具用路人每日的旅運決策行為，實驗觀察結果顯示用路人經由旅運資訊提供，其逐日的旅運決策確實存在「學習與適應」的特質。這些研究成果陸續於後續 ITS 的應用過程中發展軟體、評估方案績效等等，例如 Mahmassani and Peeta (1993), Jayakrishnan et al. (1994), Hu and Mahmassani (1995, 1997)。此外，Mahmassani (2001)將此方法論作一完整回顧，並介紹著名的軟體 DYNASMART 已發展成具備 ITS 應用的先進交通管理軟體。

(3-1-2) 確定性演變模式

Smith (1979)針對使用者均衡(Wardrop, 1952)提出一個新的概念，他認為用路人每天可能會依循與前一天相同的路徑，然而如果用路人決定更改路徑，他必定會選擇一條路徑成本比他當日實際行走的路徑更低者。這個觀念是以「逐日」的演變為時間分析維度，而且隱含逐日「學習與適應演變」的行為架構，這是目前學術研究文獻上最早提出有關「逐日」交通量演變的觀念。

Friesz et al. (1994)則將 Smith (1979)與 Mahmassani 系列研究的交通量逐日演變行為，導入個體經濟學中的 tatonnement process，並藉以模式化為一個動態系統(dynamical system)，經由一些變分不等式(variational inequality)與固定點(fixed point)理論性質，可以證明這個動態系統的均衡解滿足使用者均衡(Wardrop 1952)，並引用 Lyapunov 的穩定性定理證明該均衡解是漸進穩定的(asymptotic stable)。這個研究有兩個主要的缺點，第一：其模式的演變機制與路徑的擁擠程度無關；第二：這個動態系統解的存在性與唯一性(existence and uniqueness)尚未得到證明。

Hwang (2004)與 Cho and Hwang (2005a)依循 Smith (1979)與 Mahmassani 系列研究的交

通量逐日演變行為假設，建立一個新的常微分方程組的連續性動態系統，除了改善 Friesz et al. (1994)的兩個缺點之外，這個系列研究並針對異質性用路人(multi-class users)以及不同資訊提供策略兩種情境進行解析性(analytical)的分析。Cho and Hwang (2005b)及 Cho, Hwang and Chiu (2004)在相同的逐日「學習與適應演變」的行為架構下導入刺激反應模式(stimulus-response model)，並特別考慮不連續反應(discontinuous response)下的均衡解性質，據以提出更一般性的 Quasi User Equilibrium(QUE)觀念與定義，並證明 QUE 包含 Wardrop's User Equilibrium 之條件。

(3-1-3) 隨機性演變模式

這類模式的主要特性有兩個，第一：構建一個隨機性機制作為路徑選擇機率決定之依據；第二：以一個較為簡化的旅行成本計算方式，考慮加全過去的旅行成本用以推估預測性旅行成本。Horowitz (1984)首先提出隨機性演變模式，在一個兩條路徑的簡單路網情境下，這個研究證明流量的演變情況可能會收斂於均衡解或形成震盪的情況，這兩種結果端賴其路徑選擇機制之特性使然。

另外在 Cascetta and Cantarella (1991)、Cantarella and Cascetta (1995)與 V. Astarita et al. (1999)的系列研究中，則建立一般性路網的隨機性演變模式，同時考慮「逐日與即時」兩種時間維度，並證明該隨機性模式存唯一的穩定機率分配(an unique stationary probability distribution)及均衡機率向量(an equilibrium probability vector)。

Watling (1999)針對一個簡單路網，考慮三種異質性用路人情境，分別為(1)以提供資訊、(2)以用路人過去經驗、(3)習慣領域，同時數值模擬比較三種最適情境下的流量演變解，分別為(1)使用者均衡、(2)隨機性使用者均衡、(3)系統最佳化(路網總成本最小化，system optimal)。

(3-2) 均衡交通量指派

這類型方法可不同的模式化技巧分為(1)數學規劃法、(2)最佳化控制、與(3)變分不等式三種。雖然模式化的技巧不同，但其解均滿足均衡條件(或其他最適化準則)之交通量型態。

(3-2-1) 數學規劃法

Merchant 與 Nemhauser (1978a; 1978b)在動態模型發展的早期，以數學規劃方法構建了動態交通量指派模型，簡稱 M-N 模型。其模型為一離散型、單一迄點、非線性且非中凸(nonconvex)的動態系統最佳化(Dynamic System-Optimal, DSO)路徑選擇模型。Carey (1986)

繼續延伸 M-N 模型，證明 M-N 模型之限制式滿足線性獨立的條件，使 M-N 模型之 K-K-T 條件確實成立。Carey (1987)則將 M-N 模型重新建構為中凸(Convex)非線性數學規劃模型，並證明其模型具有解的存在性與唯一性。此模型不管在分析性及易求解性上皆較 M-N 模型良好。

Janson (1991)則提出一時間離散化之動態用路人均衡問題(Dynamic User Equilibrium, DUE)的模型。該模型假設在同一時區中，用路人動態路徑選擇行為與靜態用路人均衡行為相同，且可透過流量轉換關係加入路徑流量在時間向度上必須連續的額外限制。故一般稱此模型為準動態(Quasi-Dynamic)路徑選擇模型。原則上，其建構動態用路人均衡模型可視為靜態用路人均衡路徑選擇模型加上流量傳導限制後的一般化問題。由於限制式含有 0-1 整數變數，為非中凸性問題。而 Boyce et al. (1997)則採用 Janson 的動態用路人均衡路徑選擇模型，針對美國芝加哥北西郊區路網進行大型路網測試。

Ziliaskopoulos (2000)將動態交通量指派問題以系統最適化之準則模化成一個線性規劃(linear programming)問題，H.K. Lo and W.Y. Szeto (2002) 將以使用者最適化(user optimal)準則模化動態交通量指派問題，這兩個研究最主要的貢獻在於其旅行成本的計算並不適用傳統的路段旅行成本函數(link cost function)，而是將以細胞傳導模式(cell transmission model)(Daganzo, 1994)導入數學規劃模式，而使旅行成本之計算具有車流傳導之特性。

(3-2-2) 最適化控制

Luque 與 Friesz (1980)首先以最適化控制理論構建動態系統最佳化(Dynamic System Optimal, DSO)路徑選擇模型。其後，陸續有學者如 Matsui (1987)、Ran 與 Shimazaki (1989a)、Friesz et al. (1989)、Wie (1989)、Wie et al. (1990) 亦採用最適化控制理論進行 DSO 及 DUO(Dynamic User-Optimal)模型的研究。以上所提之研究所構建的最適化控制模型，皆將路段流入率視為控制變數，而將路段流出率視為路段車輛數的函數。但是若此函數形態為非線性函數時，則無法建構一包括多對旅次起迄對之路網。Ran 與 Shimazaki (1989b)將路段流出率簡化為控制變數，並建立相對應的 DUO 模型，此項改善大幅降低模型的運算複雜度。其後，Ran et al. (1993)則將流量傳導限制式加入最佳化控制模型，提出一有別於前的 DUO 路徑選擇模型。Ran 與 Boyce (1994)針對上述模型加以改善而分別提出瞬時性及理想性的 DUO 模型，並陸續發展動態系統最適化、動態用路人最適化出發時間/路徑選擇、動態用路人最適化運具/出發時間/路徑選擇選擇、機率型動態用路人最適化路徑選擇等模型。Wei (1993, 1995)則應用最適化控制理論與非合作 N 人非零和微分賽局理論(Non-Cooperative N-Person Nonzero-Sum Differential Game Theory)來檢核動態均衡問題中的動態混合選擇行為。

最適化控制問題較難求解，尤其是在如此複雜的動態路網上，至今雖已有學者發展出不同的演算法，如 Ran 與 Shimazaki (1989b)所提出的時間分解演算法(Time Decomposition Algorithm, TDA)、Boyce et al. (1991)所應用的 Frank-Wolfe 演算法、Cordina 與 Barcelo (1991)所提出的時間分解演算法、Wie et al. (1994)提出之擴張拉氏法(Augmented Lagrangian Algorithm, ALA)以及 Wei et al. (1995)所提出的離散型巢化成本運算子法(Discrete Nested Cost Operator Approach)等等。但是因為在這些演算法中皆包括若干的簡化過程，皆不盡完善，仍有相當的改善空間。

(3-2-3) 變分不等式

Friesz et al. (1993)以變分不等式構建一個連續型的動態用路人均衡之出發時間/路徑選擇問題。Smith (1993)亦以變分不等式、不動點理論、極小化問題等構建動態用路人均衡之交通量指派模型，文中著重在先進先出的限制，並證明在路徑流量集合為中凸、路徑成本函數為連續之下，存在動態用路人均衡解。上述兩者因其模型皆以路徑變數為基礎，求解時必須窮舉各起迄對所有可能的路徑，在實際應用上有其困難之處。

Ran 與 Boyce (1996)也應用變分不等式構建一路徑基礎式 DUO 模型，其中包括瞬時性(Instantaneous)與理想性(Ideal)兩類，因為在其分析架構下，無法建構出與其對等的路段基礎式 DUO 模型，故其引入更多的變數，以另外構建一個路段基礎式 DUO 模型。故其路段基礎式的變分不等式模型中的函數型式及變數數目多且複雜，以其理想性模型為例，其函數除了路段成本外尚包含了該路段與旅次起點的最短距離，而其欲求解的路段流量變數尚須區分來自那一旅次起迄對，變數數目增加，在利用計算機求解時可能需要龐大的記憶體空間。以此為中心，Ran 與 Boyce (1996)陸續發展出動態用路人最佳化出發時間/路徑選擇(Ran et al., 1996)、動態用路人最適化運具/出發時間/路徑選擇、機率型動態用路人最適化路徑選擇等模型。

Chen and Hsueh (1996, 1998a)提出一時空路網建構方式，成功的界定動態流量形態中的路段流入率與路段流出率、路段車輛數之間清楚的轉換關係。故決策變數被簡化為路段流入率。在此基礎下，並證明動態路徑選擇問題，因成本函數具非對稱性，故無相對應的最佳化模型存在。之外，進一步以變分不等式構建一路徑基礎的動態用路人最佳化路徑選擇模型，並更將其對等轉換為路段基礎的動態用路人最佳化路徑選擇模型。嚴謹的數學證明更證實其所提出模型與用路人最佳化條件之間的對等性。此變分不等式模型不管是函數型式或決策變數都較簡化，可以視為靜態交通量指派問題增加時間向度上之流量傳導限制的一般化問題。之後，Chen 與 Hsueh 並以此為基礎，繼續發展路段基礎的出發時間/路徑選擇模型(Chen 與 Hsueh, 1998b)、動態系統最適化路徑選擇、變動需求之動態用路人最適化路徑選擇、動態用路人最適化旅次路徑選擇、動態用路人最適化運具/路徑選擇以及整合交

通號誌時制設計之動態路徑選擇模型等，進而完成一套較完整的預測型動態用路人均衡旅運選擇之網路均衡理論(Chen, 1999)。

Chen 與 Hsueh (1998a)則應用巢化對角法(Nested Diagonalization Method, NDM)求解其所提出之時間離散化/路段基礎式動態用路人最適化路徑選擇變分不等式模型。巢化對角法是透過逐層固定路網中的交互影響，來求解變分不等式模型。第一層運算乃固定實際旅行時間，第二層運算則固定其他時空路段流入率之影響，即可獲得非線性規劃動態用路人最佳化路徑選擇模型，第三層則以 Frank-Wolfe 求解第二層運算所獲得之模型。其與 Ran 與 Boyce (1996)所提出的方法相較起來，最根本的差異性在於模型使用變數種類，Ran 與 Boyce (1996)所建構的時空路網因為必須包括路段流入率、路段流出率、路段車輛數等三類變數，時空路網相當複雜，且求解變數數目最少是 Chen 與 Hsueh (1998a, 1998b)演算法的三倍以上。

張佳偉(1997)利用梯度投影法與個體單形分解法兩種路徑演算法，求解 Chen 與 Hsueh (1996, 1998a)所提出之動態用路人均衡路徑選擇模型。並透過數值例測試結果證實梯度投影法的求解速度比個體單形分解法及 Frank-Wolfe 演算法更快。Chen et al.(1999)則以中型路網之中壠—平鎮路網進行測試，係應用梯度投影法求解動態用路人均衡路徑選擇模型。王中允(1999)將梯度投影法與個體單形分解法兩種路徑演算法，與拉氏法及擴張拉氏對偶法結合，求解含路段容量限制之動態用路人均衡路徑選擇模型。結果發現；結合拉氏法、擴張拉氏對偶法與梯度投影法之演算法的求解績效較高。

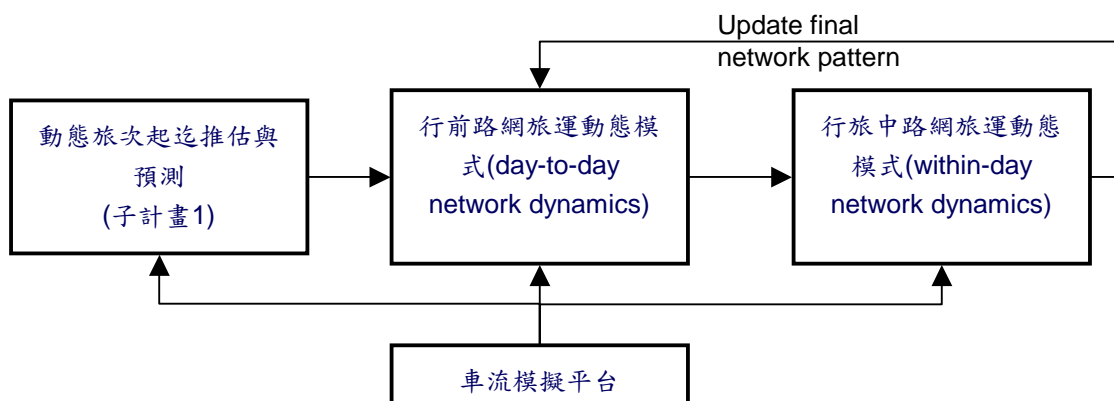
肆、研究方法及研究成果

(4-1) 動態路網模式理論架構

承如本計畫研究目的所言，本計畫係以文獻回顧成果以及本研究團隊多年的研究經驗，據以提出一個新的「動態路網模式理論架構(theoretic framework of dynamic network model)」，如圖 4-1 所示。這個理論架構整合了「動態旅次起迄推估與預測」、「動態行前路網流量演變模式」、「動態行旅中路網流量演變模式」及「車流模擬」等四大理論模組。

在目前相關路網模擬軟體中，均無法將這四大領域的理論模組同時考量，最常看見的是動態旅次起迄流量為一外生變數。本研究所提之理論架構則從「動態旅次起迄推估與預測」開始，配合即時旅行時間推估(車流模擬)，同時產生「動態行前路網流量演變模式」所需的外生變數，再進入「動態行前路網流量演變模式」產生行前路流量，並依此作為「動態行旅中路網流量演變模式」的總量控制外生變數後，再進入「動態行旅中路網流量演變模式」計算在行旅中提供旅運資訊情境下的「即時的(Within-day)」路徑流量演變，最後並

據以紀錄新的路徑旅運經驗，回饋至「逐日的(Day-to-day)」路徑流量演變。而車流模擬平台必須能因應各類論模式的需求，計算所對應的實際旅行時間。



(4-2) 動態行前路網流量演變模式

本計畫另一重要的研究成果為，基於「追求最小旅行時間行為假設」，及過去研究中曾實際被觀察到的通勤性用路人「逐日學習與適應的旅運決策行為假設(day-to-day learning and adaptive behavioral assumption)」，分別提出「動態行前路網流量演變模式」與「動態行旅中路網流量演變模式」的一般式。

「動態行前路網流量演變模式」可表示如下：

$$\begin{cases} h_{t,td}^p = OD_{t,td}^w F(C_{T,td-1}^{P_w}, c_{t,td-1}^w) & , \quad \forall p \in P_w, t, td \\ c_{t,td}^w = G(OD_{t,td-1}^w, \sum_{p \in P_w} h_{t,td-1}^p) & , \quad \forall w, t, td \end{cases}$$

其中

- $h_{t,td}^p$: 第(td)天第(t)時段的路徑p流量
- $OD_{t,td}^w$: 第(td)天第(t)時段的起迄w流量，由子計畫1預測
- $F(\bullet)$: 路徑流量逐日學習演變函數
- $C_{T,td-1}^{P_w}$: 第(td-1)天所有時段(T)，起迄w所有路徑(P_w)實際旅行時間向量
- $c_{t,td-1}^w$: 第(td-1)天第(t)時段起迄w預測最小旅行時間
- $G(\bullet)$: 預測最小旅行時間逐日學習演變函數

內生變數為「路徑流量」、「旅次起迄點間的預測最小旅行時間」；「旅次起迄流量」與「實際旅行時間向量」則為外生變數；函數F與G則分別為路徑流量「逐日學習演變函數」

與預測最小旅行時間「逐日學習演變函數」。這兩學習演變函數的定性意義在於，當函數中的變量產生差異時，會經由逐日學習演變的行為假設產生學習演變作用，進而造成內生變數的逐日學習演變行為結果。

(4-3) 動態行旅中路網流量演變模式

「動態行旅中路網流量演變模式」可表示如下：

$$\begin{cases} \hat{h}_t^p = OD_t^w f(C_t^w, \hat{c}_t^w) & , \quad \forall p \in P_w, t \\ \hat{c}_t^w = g(OD_t^w, \sum_{p \in P_w} \hat{h}_t^p) & , \quad \forall w, t \end{cases}$$

其中

- \hat{h}_t^p : 第(t)時段的路徑p流量
- OD_t^w : 第(t)時段的起迄w流量，由子計畫1即時預測
- $f(\bullet)$: 路徑流量即時學習演變函數
- C_t^w : 第(t)時段起迄w所有路徑(P_w)實際旅行時間向量
- \hat{c}_t^w : 第(t)時段起迄w預測最小旅行時間
- $g(\bullet)$: 預測最小旅行時間即時學習演變函數

內生變數為「路徑流量」、「旅次起迄點間的預測最小旅行時間」；「旅次起迄流量」與「實際旅行時間向量」則為外生變數；函數f與g則分別為路徑流量「即時學習演變函數」與預測最小旅行時間「即時學習演變函數」。這兩學習演變函數的定性意義在於，經由即時預測資訊的提供，當函數中的變量產生差異時，學習演變的行為假設會產生學習演變作用，進而造成內生變數的即時學習演變行為結果。

伍、結論與討論

本計畫依照計畫書進度提出「動態路網模式理論架構」，這個架構同時整合了「動態旅次起迄推估與預測」、「動態行前路網流量演變模式」、「動態行旅中路網流量演變模式」及「車流模擬」等四大理論模組，可作為一更完整的路網模擬理論架構。

此外，本計畫依照計畫書進度提出「動態行前路網流量演變模式」與「動態行旅中路網流量演變模式」的一般式。這兩個模式可以描述在智慧型運輸系統運作情下，路網流量與資訊提供的互動關係及系統狀態的演變行為。這兩個一般性模式將作為本計畫在後續年

度構建詳細模式與理論分析的基礎。

本研究進行至今，在「逐日」與「即時」的學習演變行為，及其所將要衍生的學習演變函數，應該有更明確的差異性存在，因為即時的學習演變行為，其在每個時間點上的旅次起迄點均有可能不同，因此在學習行為的經驗比較上，如何決定出一個比較的時間基準點，是可以再更進一步深入探討的。

陸、參考文獻

- Astarita, V., V. Adamo, G.E. Cantarella and E. Cascetta, "A doubly dynamic traffic assignment model for planning applications," *Proceedings of 14th International Symposium on Transportation and Traffic Theory*, (Edited by A. Ceder), pp. 373-386, Pergamon Press, London, (1999).
- Cantarella, G.E., and E. Cascetta, "Dynamic processes and equilibrium in transportation networks: towards a unifying theory," *Transportation Science* 29, 305-329, (1995).
- Carey, M., "Stability of competitive regional trade with monotone demand/supply functions," *Journal of Regional Science* 20, 489-501, (1980).
- Cascetta, E., and G.E. Cantarella, "A day-to-day and within day dynamic stochastic assignment model," *Transportation Research* 25A, 277-291, (1991).
- Chang, G.L., and H.S. Mahmassani, "Travel time prediction and departure time adjustment behavior dynamics in a congested traffic system," *Transportation Research* 22B, 217-232, (1988).
- Chen, H.K., and C.F. Hsueh, "A model and an algorithm for the dynamic user-optimal route choice problem," *Transportation Research* 32B, 219-234, (1998).
- Daganzo, C.F., "The cell-transmission model: A simple dynamic representation of highway traffic," *Transportation Research* 28B, 269-287, (1994).
- Friesz, T.L., D. Bernstein, N.J. Mehta, R.L. Tobin and S. Ganjalizadeh, "Day-to-day dynamic network disequilibria and idealized traveler information systems," *Operations Research* 42, 1120-1136, (1994).
- Friesz, T.L., D. Bernstein, N.J. Mahta, R.L. Tobin and S. Ganjalizadeh, "Dynamic network traffic assignment considered as a continuous time optimal control problem," *Operations Research* 37, 893-901, (1989).
- Friesz, T.L., D. Bernstein, T.E. Smith, R.L. Tobin and B.W. Wie, "A variational inequality formulation of the dynamic network user equilibrium problem," *Operations Research* 41, 179-191, (1993).
- Friesz, T.L., "Transportation network equilibrium, design and aggregation," *Transportation Research* 19A, 413-427, (1985).
- Friesz, T.L., D. Bernstein and R. Stough, "Dynamic systems, variational inequalities and control theoretic models for predicting time-varying urban network flows," *Transportation Science* 30, 14-31, (1996).
- Horowitz, J.L., "The stability of stochastic equilibrium in a two link transportation network," *Transportation Research* 18B, 13-28, (1984).
- Hu, T.Y., and H.S. Mahmassani, "Evolution of network flows under real-time information: a day-to-day dynamic simulation-assignment framework," *Transportation Research Record* 1493, 46-56, (1995).

- Hu, T.Y., and H.S. Mahmassani, "Evolution of network flows under real-time information and responsive signal control systems," *Transportation Research* 5C, 51-69, (1997).
- Janson, B.N., "Dynamic traffic assignment for urban road networks," *Transportation Research* 25B, .143-161, (1991).
- Jaykrishnan, R., H.S. Mahmassani, and T.Y. Hu, "An evaluation tool for advanced traffic information and management systems in urban networks," *Transportation Research* 2C, 129-147, (1994).
- Lo, H.K., and W.Y. Szeto, "A cell-based dynamic traffic assignment model: Formulation and properties," *Mathematical and Computer Modelling* 35, 849-865, (2002).
- Mahmassani, H.S., "Dynamic network traffic assignment and simulation methodology for advanced system management applications," *Networks and Spatial Economics* 1(3/4), 267-292, 2001
- Mahmassani, H.S., G.L. Chang, and R. Herman, "Individual decisions and collective effects in simulated traffic system," *Transportation Science* 20, 258-271, (1986).
- Mahmassani, H.S., "Dynamic models of commuter behavior: experimental investigation and application to the analysis of planned traffic disruptions," *Transportation Research* 24A, 465-484, (1990).
- Mahmassani, H.S., and S. Peeta, "Network performance under system optimal and user equilibrium dynamic assignment: implications for ATIS," *Transportation Research Record* 1408, 83-93, (1993).
- Merchant, D. K., and G.L. Nemhauser, "A model and an algorithm for the dynamic traffic assignment problems," *Transportation Science* 12, 183-199, (1978).
- Peeta, S., and A.K. Ziliaskopou;os, "Foundations of dynamic traffic assignment: the past, the present and the future," *Networks and Spatial Economics* 1(3/4), pp.233-266, 2001.
- Ran, B., D. Boyce and L. LeBlanc, "Toward a new class of instantaneous dynamic user-optimal traffic assignment models," *Operations Research* 41, 192-202, (1993).
- Ran, B., R.W. Hall, and D. Boyce, "A link-based variational inequality model for dynamic departure time/route choice," *Transportation Research* 30B, 31-46, (1996).
- Smith, M.J., "The existence, uniqueness, and stability of traffic equilibria," *Transportation Research* 13B, 295-304, (1979).
- Wardrop, J.G., "Some theoretical aspects of road traffic research," *Proceedings of the Institute of Civil Engineers* Part II, pp. 325-378, (1952).
- Watling, D., "A stochastic process model of day-to-day traffic assignment and information," *Behavioural and Network Impacts of Driver Information Systems*, (Edited by R. Emmerink and P. Nijkamp), pp. 115-139, Ashgate Publishing Ltd., (1999).
- Wei, B.W., R.L. Tobin, T.L. Friesz, and D. Bernstein, "A discrete time, nested cost operator approach to the dynamic network user equilibrium problem," *Transportation Science* 29(1), pp.79-92, (1995).
- Ziliaskopoulos, A.K., "A linear programming model for the single destination system optimum dynamic traffic assignment problem," *Transportation Science* 34, 37-49, (2000).