

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

多準則決策方法應用於構建全動態交通號誌控制模式之研究

研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型
計畫編號：NSC 97-2221-E-168-037-
執行期間：97年08月01日至98年07月31日
執行單位：崑山科技大學不動產經營系

計畫主持人：何志宏

計畫參與人員：講師級-兼任助理人員：石家豪
講師級-兼任助理人員：蔣封文

報告附件：赴大陸地區研究心得報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 98 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

多準則決策方法應用於構建全動態交通號誌控制模式之研究

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號： NSC97-2221-E-168-037

執行期間： 97年8月1日至 98年7月31日

計畫主持人： 何志宏 教授

共同主持人：

計畫參與人員： 石家豪、蔣封文

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：崑山科技大學

中 華 民 國 98 年 10 月 28 日

多準則決策方法應用於構建全動態交通號誌控制模式之研究

摘 要

處身於「智慧型運輸系統 (Intelligent Transportation Systems, ITS)」在全球蓬勃發展的今日，其中的「先進交通管理系統 (Advanced Transportation Management System, 簡稱ATMS)」已成其首要的發展基礎；而ATMS核心之交通號誌控制策略的研發與應用，現階段係以具有逐秒決策功能與即時控制潛力的全動態（或稱為適應性或實時自適應）號誌控制模式成為最新之發展趨勢。有關此領域之研究國內最早係始於民國78年間由成大自主性之研究發展與實測，新近則為由交通部主導於民國92年起至95年為止，為期四年的研發與實測計畫；其中已陸續完成了全動態控制邏輯模式之開發、路口設備整合實測以及運作績效驗證與成本效益評估等作業，在在證明其具有優良的運作效益。惟現有之全動態交控模式仍受原設系統控制目標之影響，而呈現出系統停等延滯下降但停等百分比提升的交互損益現象。

故為求能進一步提升模式運用之彈性並因得以地制宜，以求符合用路人之習慣與各地方政府主管單位之需求起見，本研究係針對全動態交控模式之系統控制目標進行深入探討，亦即在原有的停等車隊總延滯為最小的單一目標外，再納入不同的控制決策評量要素(如：停等百分比、燃油消耗、空污排放等)，並應用多準則決策方法中的層級分析法 (Analytic Hierarchy Process, 簡稱為AHP法) 及TOPSIS、ELECTRE法進行各決策準則權重之制訂及評估標準化作業，藉以發展出更能兼顧各方需求的即時性號誌控制模式，如此將可大幅提昇交控模式對於不同交通環境與用路人需求的適應性與可靠度，俾利於我國後續在全動態交控模式領域之應用與推廣空間。

本研究經模擬分析結果後發現，全動態控制模式在納入多準則評估指標後，各項評估指標將呈現一定程度的交互損益，原本模式所考量之路段平均旅行延滯時間將會有所提昇，而在平均路段停等百分比、燃油消耗及空污排放方面，則會適度的下降。此外，本研究所提出之多準則綜合績效指標，其各項評估準則權重值亦可依應用上之不同需要，按其重要程度由使用者自行做適度的配置，藉以獲得更為符合實際需要的運作成效。

關鍵字：全動態號誌控制、多準則決策、智慧型運輸系統、交通控制

The Building of Traffic-adaptive Signal Control Model by Applying Multi-Criteria Decision Method

Abstract

In recent years, the Intelligent Transport Systems (ITS) were developed all over the world and the Advanced Transportation Management Systems (ATMS) has become its core part. In Taiwan, traffic congestion phenomena are often occurred at traffic peak hour because of the excess traffic demand. To resolve these traffic congestion and safety problems, traffic-adaptive signal control strategy is then appeared and is worked by using advanced technologies, such as computer and wireless communication, to enhance the transport function of existing road capacities. In current very complicated traffic environments, the traffic-adaptive signal control system has demonstrated it's intelligence and capability through previous multi-year R&D and validation projects. By using advanced detector technologies, traffic-adaptive signal control model can take traffic flow information as basic input data to optimize the intersection signal timing plan online real time for a short near future period. It can adjust the green phase length and therefore reduce the congestion due to unreasonable green phase allocations, and achieve several objectives, such as efficient road use, minimum stopped time and minimum delays, etc.

This research aims to apply the "Multi-Criteria Decision Method" (such as AHP, TOPSIS, ELECTRE etc.) to revise the existing single objective, i.e. average vehicle delay, of the domestic traffic-adaptive signal control model and try to introduce no. of stops and fuel consumption or even gas emission for any signal system, as a whole, as new control targets. Statistical analysis has been done following six simulation runs in order to find out the most appropriate set of control objectives for improving the control performance of current version of traffic-adaptive signal control system. All the research findings can be served as control strategy alternatives by local government officials to further implement said control system in the near future.

Key words: Traffic-adaptive Signal Control, Multi-Criteria Decision, ITS, Traffic Control

壹、報告內容

(一) 前言

近年來隨著機動車輛的快速成長，使得都市道路交通狀況變得十分擁擠、混亂與複雜，因此，世界各大先進國家莫不積極發展智慧型運輸系統(ITS)，期能藉助電腦與通訊等尖端科技，來提昇車輛、道路、交通環境及運輸系統營運的功能，改善運輸安全以及效率。而ITS的發展係以「先進交通管理系統(Advanced Transportation Management System, 簡稱ATMS)」為首要基礎，其中交通號誌控制策略的研發與應用係為其相當重要的一環。國際上如今已提出之都市交通控制邏輯之種類與數量極為繁多，例如：各種定時式、觸動式、動態式、全動態式等模式，而在ITS普遍深受國際交通運輸界的重視而全力配合推動的今日，如何能夠進一步研發具有逐秒決策與控制潛力的全動態號誌控制模式，使其能與通訊與即時控制技術發展之水平加以緊密結合，使交通控制更趨智慧化與即時性，已成為國際間交通運輸界在發展ITS時即開始長期投注資源的重點項目，未來亦將繼續此項趨勢。

我國在全動態號誌控制策略的發展與應用最早始於民國78年間的COMDYCS-III系統，並於民國82年在台南市正式進行策略模式與設備的建置與實測，相較於定時控制策略確實具有相當不錯之運作績效。接著至民國92年開始，由交通部運輸研究所與成大合作推動一系列全動態控制邏輯模式之研究，經考量實務上的系統建置成本與運作效率後，乃提出較傳統COMDYCS-III具有更為精簡的COMDYCS-3e系統架構，而可使的偵測器佈設成本與工程施工成本大為降低；歷經92、93年度計畫案之持續研究後，此模式先由邏輯的研發與模擬測試開始，然後於台南市東豐-勝利路口與東豐-林森路口兩處陸續完成獨立路口COMDYCS-3e的軟、硬體實地運作測試，且證實確實具有良好的運作效能。接著又分別於94、95年度分別將研究範圍拓展至幹道(包括三處路口)以及網路(包括四處路口)來進行實地驗證；經實驗證明多路口群組實施全動態交控模式同樣能夠藉由接收各鄰近路段與上游路口的車流資訊，從而做出正確、有效且即時的控制決策，達到提昇路口交通號誌之整體運作水準的目的，並且在成本效益的衡量方面，亦顯現出相當可觀的投資報酬。

然而探討全動態交控模式所呈現之運作績效變化可發現，無論是由總延滯、每一臨近車輛平均延滯或是每一停等車輛平均延滯等指標，全動態交控模式均可較最佳化定時時制具有顯著較佳之表現，符合在交通繁忙與擁擠的都市道路當中，一般用路人對於道路系統能夠提供於較短的時間內到達目的地之期望；但在車流停等百分比方面，實施全動態交控策略相較於最佳化定時時制卻普遍出現增長的趨勢，而與平均停等延滯下降的表現呈現交互損益的狀況。深究其因有二，一為全動態交控模式之目標函數乃以系統內的停等車隊總延滯最小化為主，故能有效地降低系統延滯，其次為模式本身主要係以路口等候車隊數目做為號誌決策之重要因子，於求提高模式之運作效率，故當等候車隊紓解完畢後，隨即進行時相切換，因此對於未即時加入等候車隊之零散車輛或車隊，即有可能因此被阻擋下來，而需等候至下一週期再進行紓解，因此容易造成系統停等百分比反向微幅上升的狀況。

有鑑於此，為能夠提供實務運用上的彈性並求因地制宜，本研究乃針對全動態交控模式之控制目標函數進行深入探討，亦即在原有停等車隊總延滯最小化的目標外，再納入不同的

決策評量要素；另基於目前世界各國對於能源消耗以及溫室氣體排放管制方面的重視趨勢，本研究亦將此部分指標納入模式中，並應用多準則決策方法加以適度的整合，期能研提出更能兼顧各方需求的即時號誌模式，並大幅提昇模式對於不同交通環境與用路人需求的全動態與可靠度，俾利於我國後續於全動態交控模式方面之應用潛力與推廣機會。

（二）研究目的

本研究之研究目的包括：

- (1)回顧多準則決策理論之相關文獻與研究成果。
- (2)回顧國內外全動態交控模式之相關研究與發展。
- (3)針對我國近年來所發展之全動態交控邏輯模式的運作架構與決策流程進行探討，擬定系統控制目標函式之調整方式，並加以程式化。
- (4)藉由多準則決策分析方法，研訂出適當且符合模式運作條件之系統控制目標。
- (5)應用系統模擬與實驗設計方法，於研究時程內完成實驗室模擬測試與控制績效評估。

（三）文獻探討

一、國內全動態交通控制邏輯之研究成果回顧

國內對於全動態控制策略的研發活動係始於民國78年，當時係由交通部運輸研究所委由本計畫主持人進行「引進全動態時制法交通策略應用於國內都市交通號誌設計」之專題研究；該計畫首次自國外引進此一新的號誌控制概念，持續至今已有約17年的歷史。爾後我國在全動態號誌控制系統領域近期最為重要的一系列研究，乃始於民國92年起，由交通部運輸研究所與成大合作開始推動的四年期全動態控制邏輯模式之研究^[23,24,25,26]，經考量實務上的系統建置成本與運作效率後，乃提出較傳統COMDYCS-III具有更為精簡的COMDYCS-3e系統架構，而可使的偵測器佈設成本與工程施工成本大為降低；歷經92、93年度計畫案之持續研究後，此模式先由邏輯的研發與模擬測試開始，然後於台南市東豐-勝利路口與東豐-林森路口兩處陸續完成獨立路口COMDYCS-3e的軟、硬體實地運作測試，且證實確實具有良好的運作效能。

接著又於94年度進一步將研究範圍拓展至台南市東豐路幹道的三處路口進行實地驗證，該研究團隊針對不同的全動態控制模式學理，分別提出兩套理論模式進行實測，分別為週期內模式（ACTs-T）與週期性模式（ACTs-C）；其中ACTs-T係以個別路口獨立運作COMDYCS-3e模式為路口控制基礎，並在多路口車流模式之功能強化後，復於路口決策過程中進一步考量上游路口之車輛到達資訊，從而制訂出最佳之號誌決策。而針對ACTs-C模式則採幹道系統整體之連鎖控制，並以一個完整週期時制作為實施全動態控制決策之基本控制單位，時制決策過程中同時決定幹道群組內之週期、時比與時差等號誌控制要素，並自動納入整體幹道連鎖控制及車流續進等考量，俾能提供幹道雙向更多之續進機會。

經過實地驗證後發現，兩類幹道群組的全動態控制模式均較定時時制具有顯著較佳

之運作績效，其中尤以ACTs-T模式具有顯著優異之表現，因而證明幹道群組實施全動態控制模式確能藉由接收各鄰近路段與上游路口的車流資訊，做出正確、有效且即時的控制決策，從而提昇路口交通號誌之整體運作水準。

該系列研究至民國95年持續推動網路群組模式之研發與軟、硬體之實測工作，發現同樣能夠獲致優良的運作績效，故此系列研發成果已提供我國未來於全動態控制模式領域之全功能施作方案。

二、國外全動態交通控制邏輯之研究成果回顧

綜觀國際上有關全動態交通控制模式之重要發展與研究成果相當繁多，本研究主要就其偵測器之佈設方式與其決策方式加以整理歸納如表1所示。

表1 國外全動態交控模式比較一覽表

國家	模式	偵測器佈設方式	決策方式	應用群組
英國	Miller's Algorithm (米勒演算法)	距路口停止線 80 公尺	使路口車輛旅行延滯最小化	路口
英國	SCOOT 模式	距上游路口 10-20 公尺	平均等候線最小；績效指標最小	路口、幹道、網路
澳洲	SCATS 模式	下游停止線之處	降低停等次數及旅行時間最小	路口、幹道、網路
瑞典	TOL 邏輯	停止線上游處	二元決策	路口
瑞典	LHOVRA 邏輯	距停止線 20、85、140、200 與 300 公尺	增進路口交通安全、減少將通成本及車輛停等次數	路口
美國	OPAC 模式	路口上游 400-600 呎	OPAC-1、OPAC-2 (程序性最佳化) 與 ROPAC (水平推移法)	路口、幹道、網路
英國	MOVA 模式	停止線上游 40 與 100 公尺	數學最佳化及啟發式方法的混合	路口
法國	PRODYN 模式	停止線上游處	前向動態規劃法求解	路口、幹道、網路
美國	SAST 模式	路段上、下游均設	二元決策	路口
美國	SCII-II 模式	路口上游處	知識庫專家系統	路口
美國	ARTC 模式	路段進入點與路口停止線	使綠燈及紅燈方向的總延滯達最小化	路口、幹道
美國	Minnesota Intersection Laboratory 系統	路段上游界線處或停止線處	擁擠指標	路口
美國	NSCS 模式	停止線上游	類神經網路架構	路口

美國	RHODES 模式	停止線上游	分為路網旅次載入、路網流量控制與路口控制三部分	路口、幹道、網路
----	-----------	-------	-------------------------	----------

資料來源：本研究整理

由前文回顧可瞭解，全動態號誌控制邏輯自1963年米勒演算法開始，已有將近40年的歷史，其間已研創出十數種控制邏輯，包含了以週期為計算基礎的控制邏輯理論以及以動態規劃技術為基礎的控制邏輯理論；有些控制邏輯持續納入新的功能，並發表了多種版本，使其可應用的範圍更廣泛，並配合都市交控系統進行了實際測試運作，藉由實際運作的經驗加強了該模式的實用性。

另本研究亦彙整近年來國外相關系統與研究之實作經驗，亦分別說明如下：

1. 舊金山灣區全動態控制的實作經驗^[34]

全動態控制主要於2003年Santa Clara郡與Sunnyvale市進行實地測試來有效降低Lawrence Expressway尖峰與非尖峰龐大的交通量，其中包含9處路口及其構成的幹道型態路網系統，在此系統中建構Lawrence Expressway與相交的市區主要3條道路的號誌連鎖控制。

此系統係採用RHODES全動態控制系統，針對現有的設備及號誌現況在有限的經費下，去減少車輛偵測器數量與其佈設距路口停止線之距離、號誌控制器改善及無線通訊網路之架設與連結，使兩個都市之全動態系統得以串接，目前此全動態測試結果尚在實作階段，待實作完成後，其事前與事後績效評估結果將會完整地呈現出來。

2. 溫哥華市多準則式全動態控制之應用^[35]

此系統係採用多準則全動態控制演算法，針對交通流量預測模式及號誌時制最佳化模式進行改進。在交通流量預測模式方面，主要係考慮路段交通流量之三部分共同組成交通流量預測模式，分別為（1）目前流量趨勢：控制週期間之流量趨勢；（2）歷史流量趨勢：日與日間之流量趨勢；（3）流量方向關係。

而在號誌時制最佳化模式中，乃係依其飽和度來界分其交通狀態，並選取其所對應之控制準則，使其所計算出之號誌時制即為最佳化之控制策略，其控制準則係如下表2所示。

表2 溫哥華市多目標全動態控制準則^[35]

交通狀況	飽和度	控制準則	輸入參數
輕微交通	0-0.5	綠燈帶寬最大	速率
中等交通	0.5-0.75	最小停等次數	停等次數/時差
高度交通	0.75-0.9	延滯最小	延滯/時差
過飽和交通	0.9-1.0+	延滯最小/停等長度	車隊長度，佔率
全面壅塞交通	1.0++	最小停等長度，最大空間使用	車隊長度，空間使用

目前此系統亦已整合至溫哥華市交通控制管理系統之中，並持續在進行測試與評估作業。

三、多準則決策分析方法之應用

本研究所應用之多準則評估決策方法主要是為了整合全動態交控模式的目標函式，並對於所選定之評估準則給予適當的權重值，以求獲致能夠合理評估系統運作績效之嶄新目標函式。

多準則決策方法 (**Multi-criteria Evaluation Method**) 或稱多屬性決策 (**Multiple Attribute Decision Making ; MADM**) 乃是常被應用於管理決策領域之評估技術。其主要可分為四大階段，分別是：**構建決策問題、評估方案可能影響、找出決策者偏好、以及進行方案評估比較**。換言之，即是要找出目標與準則，計算方案績效值，決定準則權重，透過綜合評判，依序排定方案之等級。隨著方法論及電腦科技之發展，多準則評估方法論之發展與應用已相當多，適用之情況也各有所不同，依據評估特性區份，有些適用於質化準則的評估，有些則適用於量化準則的評估，有些又可兼顧質化及量化準則的評估。多準則決策可以幫助決策者在數目有限的可行方案中，根據每一方案的各個屬性 (attribute) 的特徵下，從可行的方案之中，將各個方案做一優劣排序，評估和選擇一符合決策者理想的方案 (Yoon及Hwang, 1985)。^[36]

在決策問題中，吾人通常以屬性來描述某一實體之現象，當描述與衡量各屬性之後，決策者必須決定欲使那些屬性為最大或最小。因此，將有方向性 (最大或最小) 的屬性稱之為目標 (objective)。由於決策實體之屬性與目標往往均多於一個 (單一屬性或單一目標)，所以此種決策又或稱之為「多屬性決策」與「多目標規劃」(**Multiple Objective Programming ; MOP**)。此外，結合屬性與目標後設定的決策標準統稱為「準則」 (criteria)。故一般所稱的「多準則決策」 (**Multiple Criteria Decision Making ; MCDM**) 應包括多屬性決策 (MADM) 與多目標規劃 (MOP)。

此外，多準則決策方法種類繁多，每個方法所依據的理論亦不盡相同。在Hwang和Yoon所提出的多屬性決策方法分類圖中，共包括簡單加權法 (Simple Additive Weight, SAW)、線性指派法 (Linear Appoint Method, LAM)、層級分析法 (Analytic Hierarchy Process, AHP)、ELECTRE (Elimination et Choice Translating Reality Method) 和TOPSIS法 (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution Method)，均彙整於表3之中。

表3 常見的多屬性決策方法比較

方法	評估原理	決策過程
簡單加權法	最大效用法	由決策者或其他方式獲得合理的各評估屬性項目之間相對重要性（權重），再與各別的屬性績效值相乘，可以得到每個替代方案的加權評估值，選擇分數最高的方案為決策的最適方案。
層級分析法	最大效用法	係簡單權法的延伸。將關心的問題利用層級化的方式展開，每個層級的項目各自獨立，由下而上求算各層的相對權重而加以綜合，選擇權重值最高的方案為決策的最適方案。
線性指派法	最能滿足一致性測量	找出各替代方案對於各評估屬性的優劣順序，並利用各評估屬性的權重得出各替代方案的機率矩陣，與最佳線性指派結果相乘，則可以得到各替代方案的優劣順序。
ELECTRE	最能滿足一致性測量	合理產生各評估屬性項目的權重，經由計算一致性與非一致性集合，利用布林矩陣（boolean matrix）總合的優勢矩陣，可以得到兩兩替代方案之間的優劣關係，經由優勢圖的表達可以得到各替代方案之間的優劣關係。
TOPSIS	與理想解有最大關係和接近性	合理產生各評估項目的權重，找出各評估做屬性的最佳績效值作為理想解，與最差的績效值作為負理想解，求出各替代方案與負理想解與理想解的距離，以排出其優先順序，可以得出其最適的替代方案。

資料來源：[36,37]

其中，簡單加權法並不易解釋加權平均值的意義，並且在相依性的評估準則無法使用此法；一般而言，若要證明屬性間的獨立性也是非常困難的；線性指派法則在無適當的指派方案時無法使用；而層級分析法是在決策領域中最常被使用的方法，但若替選方案數過多時，評比次數相對較多，決策者容易混淆、易產生反感，故難以獲得令人滿意的評估結果；因此，才需要做一致性檢定，且層級關係必須在四層以上尤佳，否則層級分析法將接近於簡單加權法；至於ELCTRE法的缺點則為不易掌握決策者的偏好。

經前文針對多準則評估方法中處理準則權重問題的作法進行回顧後，本研究乃決定採用較具合理性與實用價值的層級分析法（AHP）來進行模式多目標函式之構建，而在不同屬性評估準則資料的單位標準化作業方面，則採用TOPSIS及ELECTRE法的資料正規化程序，以期能獲得最為符合學理與實務需求之交控模式目標。

（四）研究方法

一、模擬環境之建立

考量模擬平台的運用，本研究先將國際上的主要車流模擬模式其軟體功能整理如表4所示。由表中可看出，係以PARAMICS所提供之功能較為完整，而其不足之處亦可透

過其整合介面，視其實際需要來擴充模式之功能。

表4 國際主要車流模擬工具之軟體功能比較表

軟體名稱	AIMSUM	CORSIM	PARAMICS	VISSIM
程式功能				
幹道連鎖號誌	✓	✓	✓	✓
全動態交通號誌	✓	✓	✓	✓
大眾運輸車輛優先通行		✓	✓	✓
匝道儀控	✓	✓	✓	✓
主線車流控制		✓	✓	✓
事件管理	✓	✓	✓	
進出區域控制	✓		✓	
多樣化訊息	✓		✓	
區域交通資訊			✓	
靜態路線指引	✓		✓	
動態路線指引	✓		✓	
停車指引				
大眾運輸資訊				✓
自動收費與市中心收費	✓		✓	
道路擁擠稅			✓	
全動態巡行控制				
自動化高速公路系統			✓	
自主性車輛				
支援行人與腳踏車使用者				✓
偵測用車輛			✓	✓
車輛偵測器	✓		✓	✓

資料來源：[2,3]

再經回顧國內的相關研究成果後，乃決定以PARAMICS軟體做為全動態交控軟體之模擬分析與測試平台，其理由可歸納如下：

- 1.PARAMICS模擬模式本身除具有傳統車流微觀模擬模式之功能及特性外，對於基本交通系統所構成之要件，包括人、車、路等，均提供完善之參數設定介面與相關模擬模式，讓使用者僅需透過適當的參數設定及校估，即可模擬近似實境之交通系統。
- 2.PARAMICS模組中，對於幾個較重要的車流變數，如等候線長度、延滯、及旅行時間等，係以具體之數學模式加以預測，因而在模擬交通壅塞之情形下，其系統模擬績效較之傳統的模擬模式更為準確。

- 3.在PARAMICS模擬過程中，其模擬實體，如車輛、道路等均可藉由「圖示使用者介面」所提供之功能，將之立體化呈現，故使模擬情境更趨逼真。
- 4.PARAMICS模式所提供之應用程式介面 (Application Programmer Interface, API) 可提供使用者自行撰寫程式，並將之轉換為PARAMICS模式可接受之外加功能。
- 5.PARAMICS模擬模式已能大幅改善一般模擬程式必須將所有車輛一律轉換為小客車當量之缺點；其對於機車的處理係採取依照機車之長度、寬度及駕駛人之高度(約為1.5、1及1.2公尺)，設定後每輛機車仍會遵循跟車及變換車道行為，並可利用其API介面結合所發展之駕駛行為模式，以求符合國內之交通環境，未來仍將具有甚大的改進空間。
- 6.國內目前已有許多學術、研究與實務單位逐步引用PARAMICS做為模擬分析與評估之工具，諸如交通部運輸研究所、國道高速公路局、國立成功大學、國立交通大學、國立高雄第一科技大學、淡江大學、鼎漢國際工程顧問公司、台灣世曦工程顧問公司等均已陸續引進並投入研究，在在證明PARAMICS確實具有本土化研究發展之潛力。
- 7.交通部運輸研究所先前曾進行「先進式微觀車流模擬模式—PARAMICS應用於台灣地區發展ITS模擬網路之模式校估測試研究」與「PARAMICS模擬軟體應用於高速公路與市區道路交控系統整合策略研究」之專案計畫，該計畫亦曾就全觸動號誌控制進行模擬實作與測試，結果顯示出PARAMICS確實能夠應用於號誌決策分析之領域。
- 8.國內亦曾應用PARAMICS做為交控策略以及ITS功能測試之模擬平台，並順利結合PASSER—II幹道號誌時制設計軟體進行運作，足以顯示PARAMICS確實能夠應用於各類交控策略之測試、模擬及分析等用途。
- 10.國際上對於PARAMICS於交通控制領域之應用更是不勝枚舉；如新加坡大學土木工程學系即曾利用API程式成功的將PARAMICS與TRANSYT號誌時制設計軟體進行結合於模擬實作。

因此之故，本研究乃決定採用PARAMICS模式來構建路網環境，至於車流環境則係採用事先經過校估且較適合國內使用的車流參數來進行設定，而使車輛於控制路網內的車流行為能夠更近似交通現況。

本研究利用設定編修PARAMICS內部之模擬設定檔的方式，來實現前述車流需求量之變化，以產生吾人所預期之交通環境與效果；需求量水準可區分為高、中、低三種類型流量資料，並以路網中的各個號誌化路口之路口平均飽和度 (V/C) 來作為區分不同流量類型之依據；又於PARAMICS中的configuration檔中，以調整影響旅次需求矩陣之需求權重參數 (demand weight) 來控制釋放旅次之多寡，藉以達成路網需求之不同環境。

為便於實驗案例之設計，本研究之模擬路網係採用隨機虛構的方式來進行組構，其基本架構及參數如下：

- 1.研究路網為一4x4路口之結構。
- 2.各路段長度範圍介於230m至300m之間。

3.各路段均設計為單向2車道。

本研究之模擬路網係如圖1所示，共包含16個交通分區，其中有12個外部交通分區與4個內部交通分區。

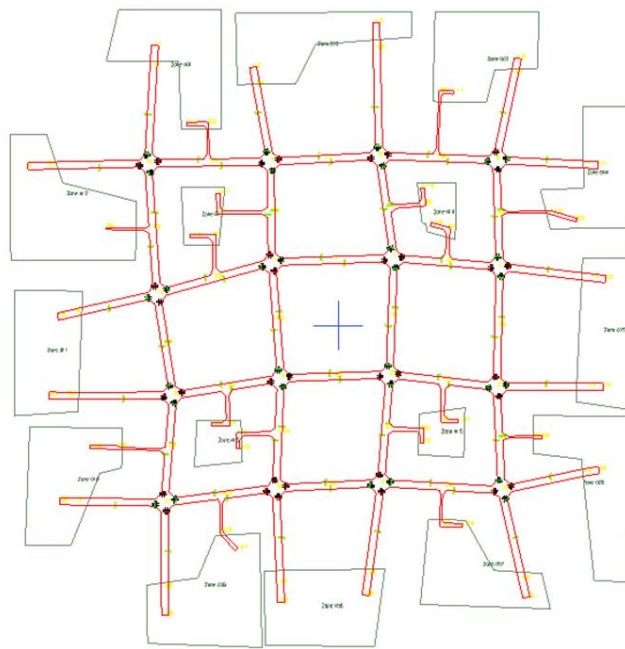


圖1 模擬路網圖

各分區之OD流量設計原則以外部分區至外部分區為最多，而外部至內部、內部至外部則次之，又內部至內部為最少；各分區之初始OD旅次數佔總旅次之比率，則透過程式設計隨機予以分配與調整。另考量到本研究之研究區域屬於都市地區，故研究地區內的穿越性旅次與區內之旅次差異應不至於過大，因此乃設定最大旅次數約為最小旅次數的2倍；依此原則，即可設計出各分區間之路網旅次分配率。接著本研究可自行預設一組初始資料後再進行調整，於調整過後進行測試模擬，並產生資料，如此便可取得各路口之轉向交通量，再將該流量資料透過知名的號誌時制最佳化設計軟體SYNCHRO進行分析；透過分析，除可獲得各路口運作之平均飽和度（V/C）外，並可得到該流量類型交通環境下之最佳定時時制計畫，以供後續進行不同控制方式下，運作績效之比較與分析。若飽和度不符預設環境之條件，則可重新微調模擬路網之旅次OD表後，再利用SYNCHRO模式進行路口飽和度分析，直至符合預期條件為止，此時即可視為完成案例條件之設置；其運作流程係如下圖2所示。

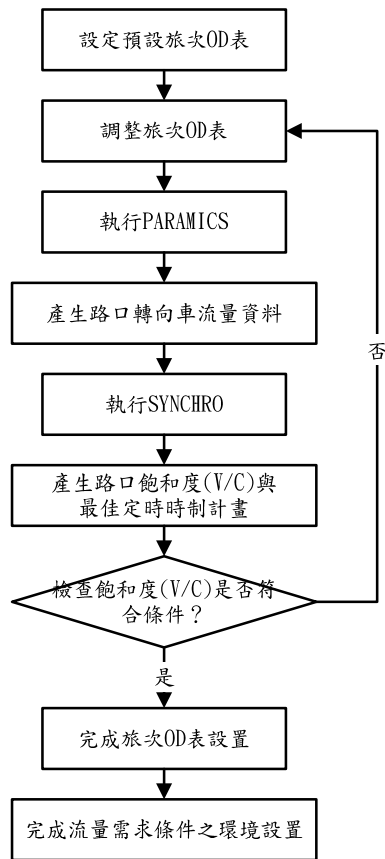


圖2 路口平均飽和度之檢測流程

以下將對各類案例之設計門檻值以及設計結果分別加以說明：

1. 低流量案例：路網之路口平均飽和度（V/C）介於0.00~0.50之間；此時PARAMICS中之demand weight參數設定為90，其表示旅次釋放率為初始旅次需求矩陣之90%，而路網總旅次為平均7,133（旅次/小時）。
2. 中流量案例：路網之路口平均飽和度（V/C）介於0.51~0.80之間；PARAMICS中之demand weight參數設定為130，其表示旅次釋放率為初始旅次需求矩陣之130%，而路網總旅次為平均10,304（旅次/小時）。
3. 高流量案例：路網之路口平均飽和度（V/C）在0.81以上；PARAMICS中之demand weight參數設定為150，其表示旅次釋放率為初始旅次需求矩陣之150%，而路網總旅次為平均11,889（旅次/小時）。

另因路網產生號誌後，對於原有的旅次路徑選擇將有所影響，各路口之轉向交通量亦會產生改變，故由號誌時制設計軟體所得之最佳化路網時制，需再返回交通模擬軟體PARAMICS去重新模擬，經反覆上述程序3至5次後，路網交通量將可收斂至一均衡收斂狀態，此時最佳化之路網時制將可同時獲得。

上述確認路網收斂達一均衡狀態之判定條件有二：

1. 各別「路段旅次絕對誤差百分比」 $< 5\%$ ，其判斷式為：

$$VE_{ij}^n = \left| \frac{P_{ij}^{n+1} - P_{ij}^n}{P_{ij}^n} \right| \times 100\% \quad \text{。其中，}$$

- i ：路網內之路口編號； j ：路口之臨近路段編號。
- n ：路網旅次遞迴模擬之次數。
- P_{ij}^n ：路網內路口 i 之臨近路段 j 其第 n 次遞迴模擬所得之路段流量。
- VE_{ij}^n ：路網內路口 i 之臨近路段 j 其第 n 次及第 $n+1$ 次遞迴模擬比較所得之路段旅次絕對誤差百分比。

2. 「路網平均路段旅次絕對誤差百分比」 $< 10\%$ ，其判斷式為：

$$MAPE^n = \frac{\sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^L VE_{ij}^n}{K \times L} \quad \text{。其中，}$$

- K ：路網內之路口數。
- L ：路網內各路口之臨近路段數；本研究假設各路口之臨近路段數皆相同。
- $MAPE^n$ ：路網所有路口之臨近路段其路段旅次絕對誤差百分比的平均值。

二、全動態號誌決策模式之應用

有關全動態號誌控制策略部分，本研究係以目前國內已研發完成並可適用於實際道路交通環境之ACTs-T模式^[14]做為全動態號誌控制之決策模式基礎，並將模式中的事前交通資訊長度由上游偵測器行駛至路口停止線之平均旅行時間延伸至號誌策略績效運算所需之時間長度，並提供全動態號誌控制決策模式進行決策時所需的交通量資訊，藉以運算出適切的時相長度。

而在實作上，係如圖3所示，全動態號誌控制模式係透過通訊技術連接外部環境（利用PARAMICS構建）之車輛偵測器及號誌控制器，以獲得即時的車流資訊及目前的號誌運作狀況。在接收外部所傳入之資料後，全動態號誌控制模式內部將由車流推進與預測子模式進行系統內部車流狀態之掌握與重現，俾能提供號誌決策子模式足夠的決策資訊，以期作成正確而及時的號誌決策。

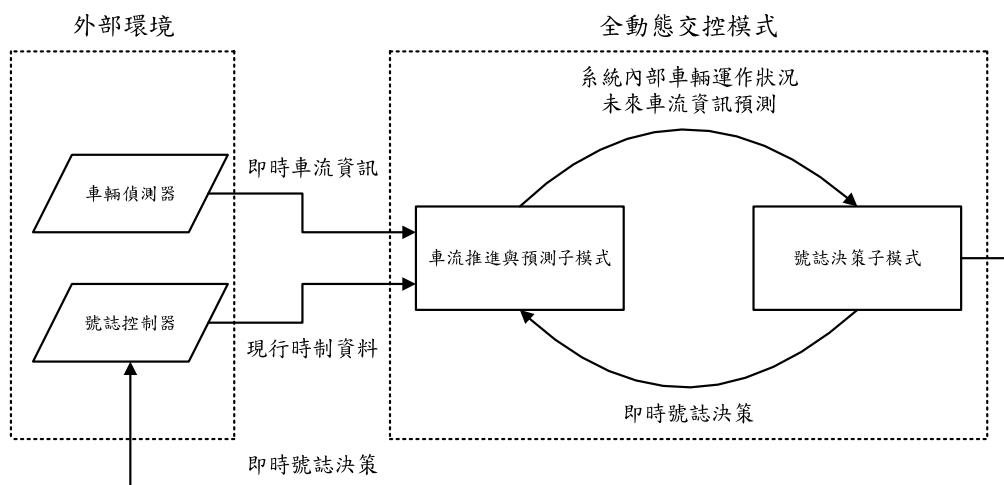


圖3 全動態交控模式之運作概念圖

三、模式決策目標函式之探討與修改

本研究所採用之全動態交控模式係以「網路型決策」模式為主；其決策模式之基本概念目前係沿用單一路口COMDYCS-3e全動態交控模式作為基礎，並針對網路多路口車流連鎖之特性進行模式控制邏輯之改良。其決策制訂之基本概念係值基於「多個各別路口獨立運作的全動態控制邏輯」，但於任一個別路口之決策過程中，將進一步考量控制路口各臨近方向上游路口的車輛轉向到達資訊，如此便可依據路口各方向車流之運作狀況，給予適當之即時決策控制；亦即在最佳化個別路口號誌下，將可進一步均衡路網內各路口之整體運作績效。其決策流程方面，共分為六個決策步驟，即如圖4所示，茲分別說明如下。

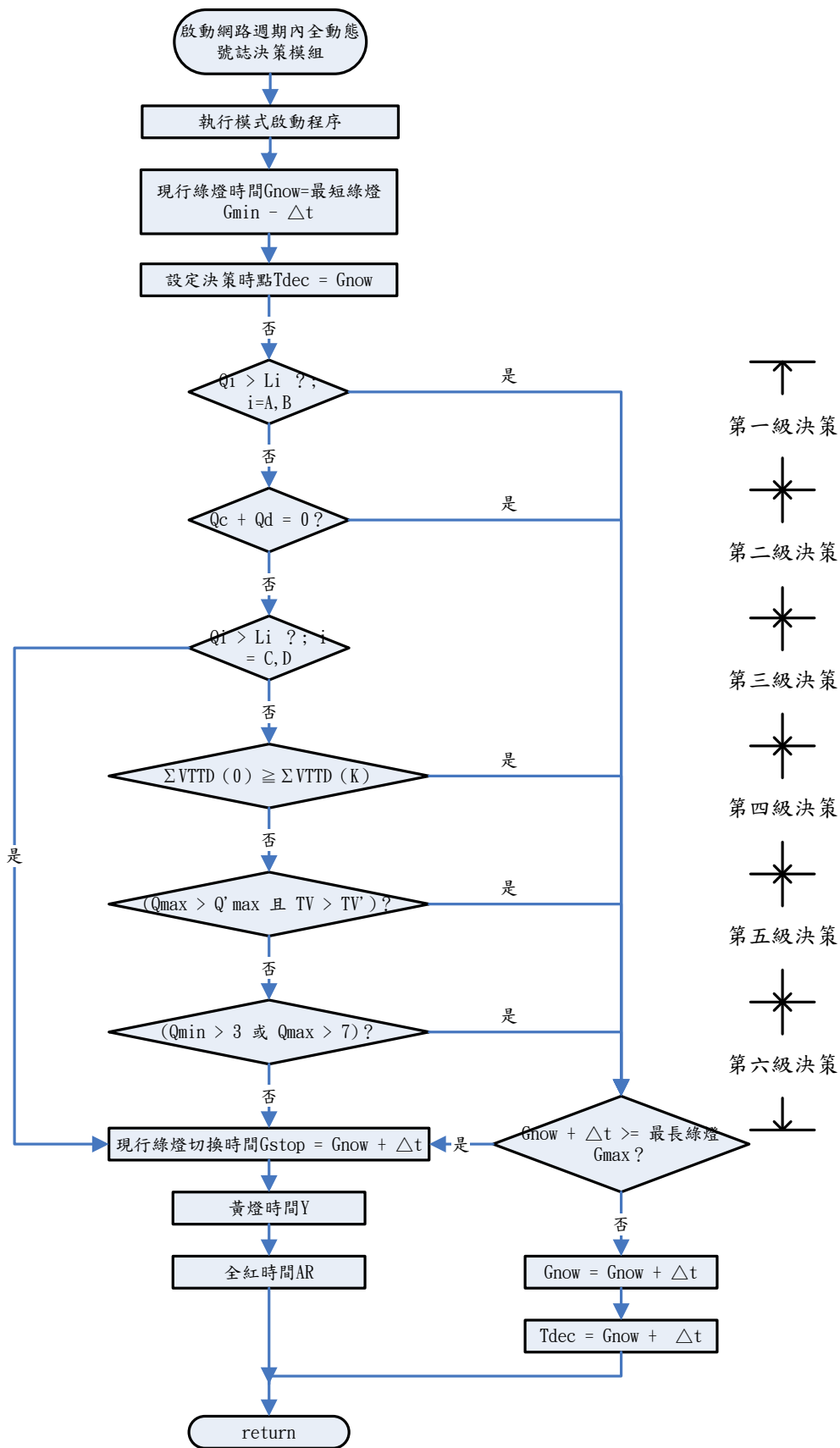


圖4 COMDYCS-3e 之六級決策流程圖

每一級決策均以不超過最大綠燈長度為限，茲將各級決策依序說明如下：

1. 第一級決策

若現行綠燈時相I下的A、B方向中，任一方向之最長等候車隊長度，超過其預設的臨界車隊長度時；為避免車輛溢流而堵塞至上游路口，乃於現行決策時點的一個 Δt 時階後，無條件再延長一個 Δt 時階的綠燈時間。

2. 第二級決策

若現行競爭時相中並無競爭需求，則於現行決策時點的一個 Δt 時階後，無條件再延長一個 Δt 時階的綠燈時間。

3. 第三級決策

若現行競爭時相中，任一方向的等候車隊長度，超過其預設的臨界車隊長度時，為避免車輛溢流之情形發生，乃於現行決策點執行一個 Δt 後，隨即切換時相。

4. 第四級決策

若以不延長任何綠燈長度所計算出的總車輛延滯時間作為第0方案之績效值，而以延長K個 Δt 綠燈長度所計算出的總車輛延滯時間作為第K方案之績效值，逐次比較第0方案與第1方案、第0方案與第2方案、...、至第N方案，若然其中第K方案較第0方案績效為佳，即在決策點Tdec執行一個 Δt 之後，再延長一個 Δt 秒之綠燈；若到第K+1方案之綠燈長度已大於或等於最大綠燈長度，或是K值已大於預先設定的比較方案數目N中之一種狀況產生時，即可停止比較工作。

至於方案數目N之決定方式為：

$$N = (I - Y - \Delta t) / \Delta T$$

$$I = \min(I_a, I_b, \dots)$$

其中，

I_a, I_b, \dots ：現行綠燈時相下，各方向的事前資訊長度

Y：黃燈時間

5. 第五級決策

若現行綠燈時相下的最長等候車隊長度(Qmax)，超過競爭時相下的最長等候車隊長度(Q'max)，並且現行綠燈時相下的總等候車輛數(TV)，超過競爭時相下的總等候車輛數(TV')時，則於現行決策點執行一個 Δt 後，無條件再延長一個 Δt 秒的綠燈時間。

6. 第六級決策

若現行綠燈時相下的最短等候車隊長度(Qmin)超過3輛車，或是最大等候車隊長度(Qmax)超過7輛車時，則於現行決策點執行一個 Δt 後，無條件再延長一個 Δt 秒的綠燈時間。此一決策的設立目的在於保護同一車隊中的車輛，均能於第一次綠燈時段內通過該路口。

由前文之探討可知，COMDYCS-3e 的六級決策步驟主要有兩大重點，首要為針對路口各方向車隊溢流狀況進行管控（亦即考慮最長等候車隊長度的控制），其餘步驟多為依據即時車流資料的統計並進行門檻值之比較，進而達成決策的制訂；而其次則為模式主要智慧化核心的**第四級得失比決策程序**；故本研究乃於第四級決策過程中，於替選方案的推估評選過程時，納入除了總車輛延滯時間以外的其他重要決策因子，做為計算替選方案績效指標之考量要素，藉以實現多目標交控運作之目的，並使模式本身具備可選擇不同控制目標函式的功能，以求進一步強化模式的適用性。

三、評估指標之選擇

對於模式系統目標式評估指標之選擇，本研究除了考量系統運作效率外，亦針對近來相當受到重視的能源消耗以及溫室效應氣體排放等指標進行探討。

在系統運作效率方面，依據模式運作特性以及相關之研究成果可知，全動態控制確實能夠有效地降低路口車輛延滯時間；但在車輛停等次數或比率上所呈現出之績效明顯較差；是故，本研究乃在系統原有的“平均車輛旅行延滯時間”指標外，再納入“平均停等百分比”來進行評估；此兩項指標目前均能經由現有的全動態交控模式運作過程中取得相關數據，再透過函數型態的組合與權重分配，納入新目標函式之中。

另一方面，有鑑於運輸部門所使用的能源種類共包括：電、石油、天然氣等，而溫室氣體也包含二氧化碳(CO₂)、甲烷(CH₄)、氧化亞氮(N₂O)等六種不同氣體，為符合分析對象的一致性，依據交通部運研所「智慧型運輸系統(ITS)對節約能源及減少溫室氣體排放之效益評估(第二年期)」^[39]研究報告之內容，對於「能源」係以「石油產品」作為能源分析的對象，而「溫室氣體」則以CO₂為準。又在能源消耗與溫室氣體排放之推估方面，就目前國際上車輛溫室氣體排放推估方法、國內相關文獻參數之建立狀況觀之，本研究針對車輛溫室氣體排放推估方法決定引用交通部運研所研究報告^[38,39]所提出之方法，先進行能源使用量及各措施節能量之推估，再進一步利用單位燃料溫室氣體排放係數乘上能源耗用量得出溫室氣體排放量及減量，其推估公式如下所示：

1. 能源使用量推估公式

$$E_i = \sum_i L_i \times K_i$$

其中，

E_i = 個別車種在某路段行駛時的燃油量

L_i = i 車種耗油率(l/km)，並依車速而異

K_i = i 車種之總行駛里程(km)

i = 車種別

路段中之車輛總燃油量可由下列公式計算出：

$$E_t = \sum_{i=1}^{i=n} (N_i E_i)$$

其中，

E_t = 車輛在路段行駛時的總燃油量

N_i = 個別車種的數量

車種之耗油率 L_i 可針對不同車速之耗油變化來推估，研究報告^[39]中利用國內之相關研究所調查的各車種平均耗油率當做平均車速為40公里/小時下之耗油率，再引用文獻資料中不同車速下的耗油變化率修正後得出各車速下的耗油率；其中汽油小客車之耗油率可經由下式進行推估。

$$L = 0.001784842 * V^2 - 0.256157175 * V + 17.94117582$$

其中，

V = 車速，公里/小時

L = 耗油率，l/100km

2. 溫室氣體排放推估公式

一般在計算溫室氣體排放量時，應將燃料使用量與計算溫室氣體排放量共同考量，因此本研究乃將兩者一併計算，以得出較為精確的溫室氣體排放量值。當車輛行駛時，最大量的溫室氣體燃燒產物為二氧化碳(CO₂)，其它產物的排放量極少，因此決定僅用CO₂的排放量作為溫室氣體的指標。CO₂產量與燃料中含碳的關係式為：

$$CO_2 = f \times F \times 1000$$

其中，

CO_2 = 為溫室氣體CO₂的產生量，單位：g。

F = 燃料需求量，單位：公升。

f = CO₂產生係數。

而CO₂產生係數， f ，的計算方式如下：

$$f = 0.036667 \times \%C, \text{ g CO}_2/\text{g 燃料}$$

其中，

$\%C$ = 燃料中的碳含量，重量百分比。

而典型的汽油CO₂產生係數 f 值為2.241公斤/公升^[38]，因此CO₂的排放量計算公式可再簡化為：

$$\text{CO}_2\text{排放量(公斤)} = 2.241 \times \text{總耗油量(公升)}$$

但若再深入考量汽油在開採、製造的過程中所產生的CO₂排放量時，則上述公式應參考GREET 1.5 Transportation Fuel-Cycle Model去乘上一燃料生命週期CO₂調節係數k，其中汽油的 k 值為1.26，故其計算公式可修正為：

$$\text{CO}_2\text{排放量(公斤)} = 2.824 \times \text{總耗油量(公升)}$$

最後在分析系統總車輛溫室氣體排放量時，則計算行駛於系統中的所有車輛溫室氣體排放量的總和(TC)為：

$$\text{TC} = \sum (\text{CO}_2)_i, i = 1 \dots n。$$

四、多準則決策評估方法之應用

1. 建立各層級準則權重值（層級分析法）

所謂「層級分析法（Analytic Hierarchy Process）」，可簡稱為AHP法，乃是由美國學者Thomas L. Saaty所發展出之一套系統決策方法，其方法論係利用1, 2, 3, …, 9的比例尺度來對各評估準則(指標)進行成對比較分析，同時建立比較矩陣，並計算其特徵值及特徵向量，最後由最大特徵向量進行一致性檢定後，即可得到各評估準則(指標)間相對權重之大小。而AHP法之分析程序如下：

(1) 建立層級架構

首先必須依據決策問題之整體目標、次目標、評估準則等來建立整個決策之層級架構。而層級之多寡則視該決策問題的複雜程度與需要而定，另準則間也應具有獨立性，使得評估準則間彼此沒有相關性，同時每個層級的準則也不宜超過七個，以避免影響結果之一致性。依據前文說明，本研究之最佳化目標係由「交通運作效率提昇」、「減少能源消耗」及「降低環境污染」等三大次目標所組成；其中「交通運作效率提昇」可包含「路段平均旅行延滯時間」及「路段平均停等百分比」等兩項評估準則，而「減少能源消耗」及「降低環境污染」則分別包含「燃油消耗」及「空污(CO₂)排放」等評估準則；上述層級架構係如圖5所示。

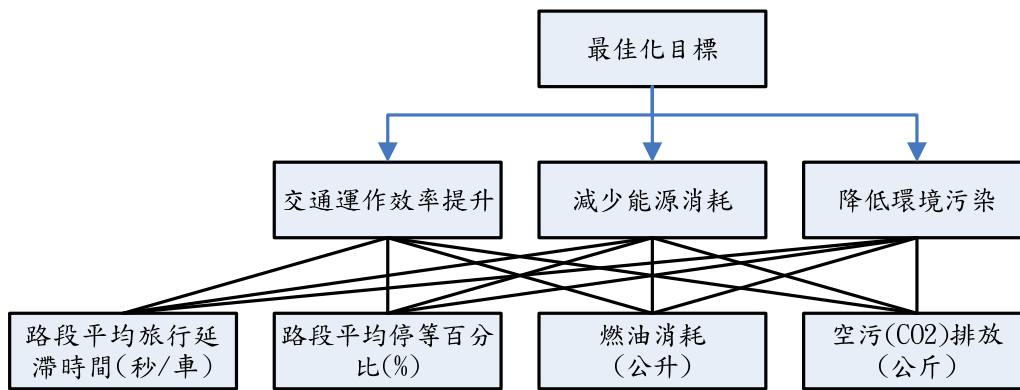


圖5 決策目標層級架構

(2) 建立成對比較矩陣

某一層級的要素，應以上一層級所對應的要素作為評估基準，來進行要素間的成對比較；若某一層級中，共有n個準則時，則決策者必須進行 $n(n-1)/2$ 次的成對比較，此部分可透過問卷設計及統計調查來取得成對比較資料。成對比較所採用的數值分別為1/9, 1/8, ..., 1/2, 1, 2, ..., 8, 9(尺度意義與說明如表6)，而比較之結果，即成為比較矩陣A之元素。

(3) 計算最大特徵值及所對應之特徵向量

利用數值分析中的特徵值解法，來求得各比較矩陣之最大特徵值及其所對應之特徵向量或優勢向量。

表6 AHP相對重要性程度評估值表(九等尺度)

尺度衡量值	相對的名目尺度	說明
1	同等重要 (Equal Importance)	A 因素與 B 因素之重要性一樣
3	稍重要 (Weak Importance)	有理由支持：A 因素比 B 因素重要，但並非有決定性
5	頗重要 (Essential or Strong Importance)	有足夠的理由及合理的準則支持 A 因素比 B 因素重要
7	極重要 (Demonstrated Importance)	有很確定的理由或根據支持：A 因素比 B 因素重要
9	絕對重要 (Absolute Importance)	有最高程度的確定性支持：A 因素比 B 因素重要
2,4,6,8	中間程度的重要 (介於相鄰的尺度間)	當兩相鄰因素的尺度需要折衷時使用
倒數	$U_{ij}=1/U_{ji}$	B 對 A 比較或劣勢比較時

資料來源：[41]

(4)判斷一致性(一致性檢定)

由於決策者在層級分析法中進行成對比較時，很難達到前後完全一致，故必須進行一致性檢定(Consistency Test)，即利用一致性指標(Consistency Index, C.I.)及一致性比率(Consistency Ratio, C.R.)來瞭解決策過程中是否有不一致的現象發生，其檢定所採用的公式為：

$$CI=1/n-1(\lambda_{\max}-n)$$

$$CR=CI/RI$$

其中，

n：準則個數

λ_{\max} ：最大特徵根

RI：評估矩陣之隨機指標值，其值隨矩陣階數之增加而增加

一般當 $CR \leq 0.1$ 時，評估矩陣的一致性才能獲得保障；而RI值係如下表7所示：

表7 AHP評估矩陣的隨機指標值

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

資料來源：[41]

(5)合成各層級準則權重值

依據上述所求得各層級間的相對權重，便可計算得到整體評估準則之AHP權重，其計算結果係如下表8所示。

表8 各層級準則權重值

決策目標	決策目標權重	評估準則	評估準則權重
交通運作效率提昇	0.579	路段平均旅行延滯時間	0.640
		路段平均停等百分比	0.320
減少能源消耗	0.202	燃油消耗	1.000
降低環境污染	0.218	空污(CO2)排放	1.000

依據計算所得之各層級準則權重值，可進一步將綜合績效指標組成如下，各評估準則數值於應用前則需進行單位標準化作業。

$$PI = (0.579 \times 0.640) \times TD + (0.579 \times 0.320) \times NS + 0.202 \times FC + 0.218 \times EP$$

其中，TD：路段平均旅行延滯時間（秒/車）

NS：路段平均停等百分比（%）

FC：燃油消耗（公升）

EP：空污(CO₂)排放（公斤）

2. 決策準則評估值之標準化作業（TOPSIS、ELECTRE法）

由於模式決策目標函式納入不同屬性及單位之評估準則，因此不宜直接納入目標函式中進行運算，而需事先經過單位標準化之處理，以便取得合理的評估數據。此部分本研究係參酌TOPSIS及ELECTRE法的資料正規化程序，即如下式所示；其中每次決策計算綜合績效指標時所需的m組決策準則評估值，將於COMDYCS-3e模式的第四級決策邏輯運作期間，以模式所記錄之前(m-1)組決策準則評估值及本決策時段所產出之第m組評估值資料，一併進行標準化作業。

$$D = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix}$$

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}$$

$$R = [r_{ij}]_{m \times n}$$

其中，

D：決策準則評估值矩陣，其中有m組方案、n個決策準則， x_{ij} 代表各方案中的決策準則評估值。

r_{ij} ：標準化之決策準則評估值。

R：標準化之決策準則評估值矩陣。

五、統計分析方法

本研究共設定了高、中、低等三種流量水準案例，分別就其最佳化定時控制策略、原始全動態控制策略以及多準則全動態控制策略從事模擬，再針對其控制績效進行統計檢定、比較與分析。唯因研究資源之有限，故每種案例本研究僅能模擬6次，並將所得之績效以95%的信心水準，進行小樣本的t分配檢定工作；藉以瞭解不同號誌時制下，評估指標之間是否存有顯著的差異，以便進行後續的統計檢定推論。

首先針對各種不同號誌控制策略所呈現之數據，利用統計方法檢定其是否存在顯著性之差異。其中，C1：表定時最佳控制策略；C2：表全動態控制策略；而 t_{12} 代表 $H_0: \mu_{C1} = \mu_{C2}$ 之檢定統計量； F_{12} 代表 $H_0: \mu_{C1} = \mu_{C2}$ 之檢定統計量。本研究係以母體變異數未知，各案例樣本數相同下（ $n_{C1} = n_{C2} = n_{C3} = 6$ ），先以信賴係數 $\alpha = 0.05$ 進行各樣本變異

數均一假設之檢定；以低流量案例路段之平均旅行延滯時間為例，其檢定程序如下所示：

1. 計算各控制方式模擬所得資料樣本標準差

各控制方式均模擬6次所得之樣本標準差分別為1.06與1.03。

2. 檢定定時最佳控制策略(C1)/全動態控制策略(C2)之平均旅行延滯時間樣本標準差是否一致

$$H_0 : \sigma_{C1}^2 = \sigma_{C2}^2$$

$$H_1 : \sigma_{C1}^2 \neq \sigma_{C2}^2$$

$$\alpha = 0.05, \quad v_{C1} = v_{C2} = 5$$

計算所得F統計量為 $F^0 = \frac{\hat{S}_{C1}^2}{\hat{S}_{C2}^2} = 1.06$ ，左尾 $F_1 = F_{(0.025, 5, 5)} = 0.14$ ，右尾

$F_2 = F_{(0.975, 5, 5)} = 7.15$ ， $F_1 \leq F^0 \leq F_2$ 之差異並不顯著，故接受 H_0 ，表示C1與C2下平均旅行延滯時間樣本資料變異數均一之假設成立。

3. 檢定後接受 $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma^2$ ，為兩獨立小樣本，共同變異數係以下式進行計算。

$$S_p^2 = \frac{\sum_{i=1}^K (n_i - 1) S_i^2}{\sum_{i=1}^K (n_i - 1)}, \quad v = \sum_{i=1}^K (n_i - 1)$$

在完成變異數均一的檢定後，再以信賴係數 $\alpha = 0.05$ 下進行t分配檢定工作，其統計量計算方式如下；而檢定結果係如下列各表所述。

$$t^0 = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{\sqrt{\frac{S_p^2}{n_1} + \frac{S_p^2}{n_2}}}, \quad v = \sum (n_i - 1)$$

; 決策法則： $t(\frac{\alpha}{2}; v) \leq t^0 \leq t(1 - \frac{\alpha}{2}; v)$ Accept H_0

六、模擬成果之統計分析與推論

● 低流量案例（飽和度0.00~0.50）

1. 低流量案例檢定結果彙整表

評估準則	統计量	\bar{X}	\hat{S}	RH ₀ / NRH ₀
	策略別			
平均旅行時間	定時最佳	37.40	1.06	Reject
	全動態	27.91	1.03	Reject
	全動態(多準則)	33.80	1.01	Reject
停等%	定時最佳	58.97	1.40	Reject
	全動態	54.00	1.46	Reject
	全動態(多準則)	51.01	1.03	Reject
總油耗(L)	定時最佳	16.77	1.04	Accept
	全動態	17.03	1.60	Accept
	全動態(多準則)	16.34	1.05	Reject
溫室排放(Kg)	定時最佳	47.34	1.10	Accept
	全動態	48.09	1.69	Reject
	全動態(多準則)	46.13	1.15	Reject

2. 低流量案例統計結果分析

由統計結果顯示，在低流量案例下全動態控制與多準則全動態控制之各項評估準則運作績效大致上均優於定時最佳控制；而全動態控制除了在路段平均旅行延滯時間方面顯著地優於多準則全動態控制，以及油耗方面不具顯著差異外，其餘指標皆表現較差。

● 中流量案例（飽和度0.51~0.80）

1. 中流量案例檢定結果彙整

評估準則	統计量	\bar{X}	\hat{S}	RH ₀ / NRH ₀
	策略別			
平均旅行時間	定時最佳	39.44	1.15	Reject
	全動態	28.26	1.06	Reject
	全動態(多準則)	33.99	1.07	Reject
停等%	定時最佳	60.03	1.41	Reject
	全動態	54.51	1.48	Reject
	全動態(多準則)	51.14	1.22	Reject
總油耗(L)	定時最佳	19.23	1.10	Accept
	全動態	19.10	1.24	Accept
	全動態(多準則)	18.72	1.05	Reject
溫室排放(Kg)	定時最佳	54.29	1.27	Accept
	全動態	53.93	1.38	Accept
	全動態(多準則)	52.85	1.15	Reject

2. 中流量案例統計結果分析

由統計結果顯示，在中流量案例下，全動態控制與多準則全動態控制之各項評估準則運作績效大致上均優於定時最佳控制；而全動態控制同樣僅在路段平均旅

行延滯時間方面顯著地優於多準則全動態控制，路段停等百分比方面，則以多準則全動態控制表現較佳，而油耗與溫室氣體排放方面，則皆不具顯著差異。

● 高流量案例（飽和度0.81~ ）

1.高流量案例檢定結果彙整

評估準則	統計量	\bar{X}	\hat{S}	RH ₀ / NRH ₀
	策略別			
平均旅行時間	定時最佳	45.75	1.40	Reject
	全動態	28.51	1.18	Reject
	全動態(多準則)	34.26	1.14	Reject
停等%	定時最佳	60.56	1.58	Reject
	全動態	54.13	1.53	Reject
	全動態(多準則)	51.28	1.25	Reject
總油耗(L)	定時最佳	22.38	1.37	Accept
	全動態	22.26	1.11	Accept
	全動態(多準則)	22.16	1.08	Reject
溫室排放(Kg)	定時最佳	63.20	1.03	Accept
	全動態	62.85	1.31	Accept
	全動態(多準則)	62.58	1.23	Reject

2.高流量案例統計結果分析

由統計結果顯示，在高流量案例下，全動態控制與多準則全動態控制之各項評估準則運作績效大致上均優於定時最佳控制；又全動態控制同樣僅在路段平均旅行延滯時間方面顯著地優於多準則全動態控制，而路段停等百分比方面，則以多準則全動態控制表現較佳，而油耗與溫室氣體排放方面，皆不具顯著差異。

(五) 結論與建議

由前文分析可歸納出幾項重要結論，茲分別說明如下：

1. 全動態控制策略在時制調配方面，具有高度的靈活性，因此在運作績效方面均優於定時最佳控制策略。
2. 原有之全動態控制策略係以路段平均旅行延滯時間做為時制決策最佳化之唯一評估準則，本研究則考量實務運作上之需求，進一步納入不同的評估準則，構建出多準則綜合績效指標。
3. 由模擬分析之結果可知，各流量水準案例下，全動態控制與多準則全動態控制之各項評估準則運作績效，大致上均優於定時最佳控制；而全動態控制因以路段平均旅行延滯時間做為時制決策最佳化的唯一評估準則，因此在此項評估準則方面，均可取得最佳運作績效，而多準則全動態控制因適度考量到多項評估準則，故除路段平均旅行延滯時間外，其餘指標均表現較為優異。
4. 由模擬分析結果可知，流量水準愈高，各類控制策略在燃油消耗及空污排放方面愈不

具有顯著差異，推論其成因主要應為此兩項指標所配置之權重相對較低，且當路網流量水準提昇時，隨著各路段之停等車輛快速累積，其車輛速率亦普遍大幅下降，是故難以藉由不同的控制策略來加以顯現差異性。

5. 全動態控制模式在納入多準則評估指標後，經模擬分析顯示出各項評估指標呈現一定程度的交互損益，原本模式所考量之路段平均旅行延滯時間將有所提昇，又在平均路段停等百分比、燃油消耗及空污排放方面則將適度下降。
6. 本研究所提出之多準則綜合績效指標，其各項評估準則權重值可依實際應用上之需要，按其重要性自行做適度的配置，藉以取得較為貼近預期之運作成效。

貳、參考文獻

1. 張明惠，「四種現代化適應性號誌控制邏輯 (OPAC、MOVA、SAST、COMDYCS-III) 之比較研究」，國立成功大學交通管理科學系碩士論文，民國82年6月。
2. 「先進式微觀車流模擬器-PARAMICS模擬軟體應用於高速公路與市區道路交控系統整合策略研究」，交通部運輸研究所、財團法人成大研究發展基金會合作辦理，民國91年11月。
3. 「先進式微觀車流模擬器-PARAMICS應用於臺灣地區發展ITS模擬網路之模式校估測試研究」，交通部運輸研究所、財團法人成大研究發展基金會合作辦理，民國90年9月。
4. 「多路口適應性號誌控制理論及其應用之研究」，行政院國家科學委員會專題研究計畫，國立成功大學交通管理科學系執行，民國81年。
5. 李樑堅，「建立微觀車流模擬模式以發展交通適應性號誌控制邏輯之研究」，國立成功大學交通管理科學系博士論文，民國82年6月。
6. 徐國鈞，「構建自學式適應性交通號誌控制模式之研究」，國立成功大學交通管理科學系博士論文，民國92年1月。
7. 「國內全動態交通控制策略與車流模式之整合研究」，行政院國家科學委員會專題研究計畫，國立成功大學交通管理科學系執行，民國80年。
8. 劉耀欽，「國內混合車流行為模式與彈性號誌控制策略之研究」，中央警察大學警政研究所碩士論文，民國80年6月。
9. 「最新全動態交通號誌控制技術開發計畫 規劃報告」，臺灣省政府住宅與都市發展局委託，國立成功大學交通管理科學研究所辦理，民國80年6月。
10. 邱素文，「最適化控制理論應用於構建獨立路口適應性號誌時制決策邏輯之分析研究」，國立成功大學交通管理科學系碩士論文，民國81年6月。
11. 李月仙，「微觀車流模擬模式與適應性交通控制策略之整合研究」，國立成功大學交通管理科學系碩士論文，民國78年6月。

- 12.黃泰林，「構建智慧型適應性網路號誌控制模式之研究」，國立成功大學交通管理科學系博士論文，民國83年6月。
- 13.陸立德，「適應性號誌控制策略運用於幹道連鎖之研究」，國立成功大學交通管理科學系碩士論文，民國79年6月。
- 14.朱松偉，「適應性號誌控制邏輯之微觀分析」，國立臺灣大學土木工程學系碩士論文，民國80年6月。
- 15.陳建德，「獨立路口交通號誌控制方式之模擬研究」，國立成功大學交通管理科學系碩士論文，民國78年6月。
- 16.張崇智，「獨立路口適應性號誌控制策略之比較研究」，國立成功大學交通管理科學系碩士論文，民國80年6月。
- 17.蔣封文，「應用車隊擴散理論於構建網路型適應性號誌控制模式之研究」，國立成功大學交通管理科學系碩士論文，民國89年6月。
- 18.張智華，「應用智慧型號誌控制器執行適應性控制之研究」，國立臺灣大學土木工程學研究所碩士論文，民國91年6月。
- 19.王雅南，「應用模糊理論於適應性號誌決策邏輯(COMDYCS-III)之車流模式研究」，國立成功大學交通管理科學系碩士論文，民國81年6月。
- 20.交通部運輸研究所，「引進全動態時制法交通策略應用於國內都市交通號誌設計」，民國79年4月。
- 21.康志福，「路口等候線長度推估與適應性控制之整合研究」，國立成功大學交通管理科學系碩士論文，民國79年6月。
- 22.林良泰，「發展適用於臺灣都市幹道系統之適應性號誌控制邏輯」，中華民國運輸學會第七屆論文研討會論文集，民國81年12月。
- 23.交通部運輸研究所，「都市交通號誌全動態控制邏輯模式之研究」，民國93年11月。
- 24.交通部運輸研究所，「都市交通號誌全動態控制邏輯模式之研究(II)-單一路口實例研究」，民國94年11月。
- 25.交通部運輸研究所，「都市交通號誌全動態控制邏輯模式之研究(III)-幹道路口實例研究(期末報告修訂稿)」，民國94年12月。
- 26.交通部運輸研究所，「都市交通號誌全動態控制邏輯模式之研究(IV)-網路路口實例研究(期末報告修訂稿)」，民國95年12月。
- 27.邱裕鈞，「應用遺傳演算法建構適應性模糊邏輯控制系統」，長榮大學航運管理學系行政院國家科學委員會專題研究，民國91年7月。
- 28.邱裕鈞、藍武王、賴建華，「獨立路口之適應性基因模糊邏輯號誌控制」，第十八屆運輸學會論文研討會論文集，民國92年12月。

- 29.交通部運輸研究所，「2001公路容量分析手冊」，民國90年。
30. Bretherton, D (1996), "Current developments in SCOOT: version 3", Transportation and Research Record 1554, pp 48-52.
31. Jiuyi Hua; Ardeshir Faghri, "Development of Neural Signal Control System--Toward Intelligent Traffic Signal Control", Transportation Research Record, 1995, (1497), pp53-61.
32. S.Manzur Elahi, A. Essan Radwan, and K. Michael Goul, "Knowledge-Based System for Adaptive Traffic Signal Control", Transportation Research Record No.1324, 1991, pp115-122.
33. Mashrur A. Chowdhury & Adel Sadek 2003 Artech House, Inc., "Fundamentals of Intelligent Transportation Systems Planning".
34. Kevin G. Aguiqui, Tong Hong, "A demonstration Adaptive Signal System: The San Francisco Bay Area Experience", 10th World Congress on ITS, 2003.11.
35. Joseph K. Lam, Perry Craig, "Multi-Criteria Traffic Adaptive Control", 11th World Congress on ITS, Nagoya, Japan, 2004.10.
- 36.陳冠傑，「應用近似最佳解績效排序法於多目標設計決策之研究」，國立成功大學工業設計學系碩士論文，民國93年7月。
- 37.周宏彥，「考慮屬性門檻與變異資料之多屬性效用方案評選模式」，國立成功大學交通管理科學系博士論文，民國92年7月。
- 38.交通部運輸研究所，「智慧型運輸系統(ITS)對節約能源及減少溫室氣體排放之效益評估(第一年期)」，民國94年7月。
- 39.交通部運輸研究所，「智慧型運輸系統(ITS)對節約能源及減少溫室氣體排放之效益評估(第二年期)」，民國95年5月。
- 40.交通部運輸研究所，「運輸部門能源節約及溫室氣體減量潛力評估與因應策略規劃」，民國95年5月。
- 41.林振國，「都市路外停車場設置區位評選之研究」，國立成功大學交通管理科學系碩士論文，民國90年7月。

參、計畫成果自評

本研究將全動態號誌控制模式納入多準則評估指標後，各項評估指標均呈現出一定程度的交互損益，原本模式所考量之路段平均旅行延滯時間將有所提昇，但在平均路段停等百分比、燃油消耗及空污排放等方面，則可適度的下降。而本研究所提出之多準則綜合績效指標，其各項評估準則權重值可依實際應用上之需要，依其重要性自行做適度的配置，藉以取得較為符合預期之運作成效。故於實務應用上將可更進一步提昇此最高階交控策略之實作可行

性，並增進其在實務面上的應用價值，故此建議可推廣至國內各縣市進行進一步之實測與應用，以求實際驗證其運作績效。

肆、可供推廣之研發成果資料表

可申請專利

可技術移轉

日期：98年10月28日

國科會補助計畫	計畫名稱：多準則決策方法應用於構建全動態交通號誌控制模式之研究 計畫主持人：何志宏 計畫編號：NSC97-2221-E-168-037 學門領域：交通運輸
技術/創作名稱	全動態號誌控制軟體
發明人/創作人	何志宏等
技術說明	<p>本研究所採用之全動態號誌控制軟體係為國內現今已發展至成熟階段之全動態交通控制模式，其係利用足夠的先期交通車流資訊使控制模式獲得臨近路口上游的交通資訊，並且在極短的時間內，作出最適切之即時號誌時制決策。此外，此套全動態號誌控制軟體中亦擁有計算路段旅行延滯、路段車輛停等百分比、燃油消耗及空污排放等數值，故可對路網交通之運作績效進行評估。</p> <p>The traffic-adaptive signal control software used in this research is a mature and practical model developed in Taiwan. It applies the advanced traffic arrival information to obtain upstream traffic data in order to optimize the online real time signal timing plan in very short near future period. Beside, it contains performance indexes, such as travel delay, stopped percent, fuel consumption, air pollution (CO₂), so that it can evaluate the performances of signal control of the traffic network.</p>
可利用之產業及可開發之產品	<p>本研究之成果可應用於都市路口號誌控制器或搭配國內各縣市之交控中心軟體，適用於國內號誌控制器廠商，以及研發智慧型運輸系統中先進交通管理系統功能之相關學術或研究單位。</p> <p>本研究之核心成果為一應用軟體模組，可搭配其他相關之軟、硬體設備來合併使用，以控制都市路網中各路口之號誌控制器。</p>
技術特點	<p>本研究之全動態號誌控制軟體可依據佈設於路段上游之車輛偵測器來建構控制路網，以模擬真實路網之交通運作狀況。</p> <p>本研究之全動態號誌控制軟體可於一極短時間內迅速分配適當之綠燈長度，使路網之交通運作績效維持在一較佳的狀態下。</p> <p>本研究之全動態號誌控制軟體可考量多種評估準則來進行時制決策，並可依各地方之實際需求來自行配置評估準則權重。</p>

推廣及運用的價值	可大幅提升都市交通環境中路口號誌控制之運作效率，同時獲得降低油耗與空污排放等多重效果。
----------	---

- 1.每項研發成果請填寫一式二份，一份隨成果報告送繳本會，一份送 貴單位研發成果推廣單位（如技術移轉中心）。
- 2.本項研發成果若尚未申請專利，請勿揭露可申請專利之主要內容。
- 3.本表若不敷使用，請自行影印使用。

國科會專題研究計畫

支用整體獎補助款 (←報告表須上傳, 其餘不必) 學校經費 其它

赴大陸出差或研習心得報告

請填寫教職員工編號：(10碼，由出差報告系統取得)		填寫日期		98 年 3 月 20 日	
請填寫表單序號：(14碼，由出差報告系統取得)					
姓名	何志宏	單位	崑山科技大學 不動產經營系	職稱	教授 兼研究中心主任
出差事由 (會議、研習名稱)	赴大陸福建廈門參加姊妹校「廈門大學」學術交流與專業研習				
出差期間	98 年 2 月 20 日 ~ 98 年 2 月 25 日，共 6 日				
出差地點	中國大陸福建省廈門市	主辦單位	崑山科大商管學院不動產經營系		
參與人員	廈門大學「EDP 房地產總裁班」師長、學員與崑山不動產經營系師生群，共二十餘人參加				
主席或貴賓 致詞摘要	由廈門大學管理學院戴亦一院長與崑山科大譚伯群院長擔任共同主席聯合主持海峽兩岸之學術交流與研習會。				
會議或研習 內容概述	崑山科大學術代表團經小三通抵達廈門後，次日早上即趕赴廈門大學管理學院，由戴亦一院長針對中國房地產市場及其發展趨勢發表演講，戴教授表示中國房地產的發展分為五個階段，期間因為中國房地產價格上揚，政府進行多項調控措施出台，精闢分析未來發展趨勢。下午輪由我方本校不動產系陳淑美主任以台灣房地產市場概況與景氣分析為題發表演講，陳主任比較兩岸房地產市場，對於台灣房地產市場景氣的分析獲得總裁班學員的熱烈迴響，同時表示當地資料蒐集不若台灣容易；會中另由高雄市不動產代銷公會黃炯輝理事長針對台灣房市投資機會提出分析報告。				
會議或研習 心得與建議	敝人於大陸廈門大學參訪期間，承蒙廈大的戴亦一院長細心講授大陸房地產的歷年發展與未來重大計畫，以及廈門聯發集團房地產公司之張文木先生專題介紹廈門房地產專業經營模式，使對大陸房地產尚非十分了解的崑山科大師生，收獲極為豐碩。在在顯示出大陸房地產產學師資與業界人士知識與實務之專精，著實讓我方師生欽佩萬分。EDP 房地產總裁班之學員十分優秀，對於本校不動產經營系未來畢業後欲從事房地產之學生而言，無非是一良好之典範。該總裁班在廈大管理學院之用心帶領下，培養出房地產界高素養的「專業素養」人才，其產學合作的用心辦學模式良值我方學習與效法。				
附註	出差人須先上人事室網頁下載「出差情形報告表」填妥後，至學校網頁首頁之使用者登入後點選「出差報告管理系統」，再點選「上傳出差報告」會出現「出差報告作業系統」頁面。將此頁面中的教職員工編號與表單序號填入出差人所填寫「出情形報告表」中之教職員編號與表單序號，並填妥「出差報告作業系統」的頁面（主旨說明須與出差事由一致），上傳出差報告表等資料後點選確定送出。				