

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

## 應用裴氏網模擬汽車貨運業動態車輛指派問題之研究 研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型  
計畫編號：NSC 96-2221-E-216-040-  
執行期間：96年08月01日至97年07月31日  
執行單位：中華大學科技管理學系(所)

計畫主持人：賀力行

計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理人員：蔡鳳珊  
碩士班研究生-兼任助理人員：涂淵典  
博士班研究生-兼任助理人員：鍾政偉

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 97年10月09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

應用裴氏網模擬汽車貨運業動態車輛指派問題之研究

計畫類別： 個別型計畫  整合型計畫  
計畫編號：NSC96-2221-E-216-040-  
執行期間： 96年08月01日至 97年07月31日

計畫主持人：賀力行  
共同主持人：  
計畫參與人員：鍾政偉、蔡鳳珊、涂淵典

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：

中 華 民 國 97年 09月 27日

## (一) 中文摘要

汽車貨運業多場站動態車輛指派與路線規劃模式主要在解決國內汽車貨運業在多場站、多車種與時間窗限制環境下，如何指派車輛給每一訂單使總成本(總旅行距離)最少，本研究所謂動態車輛指派是指客戶所下的訂單並非是已知的，而會呈現某一種機率分配發生，例如波松分配等。目前多數汽車貨運業者使用的派車方式為人工經驗法則，行車路線亦依駕駛人過去經驗自行決定，此種派車方式非常不經濟、沒有效率且耗時，更容易出錯與產生不公平的指派。裴氏網路圖(Petri Net)主要運用於離散事件系統的分析與模擬，對於動態系統模擬有顯著的成效與優勢，因此本研究應用裴氏網路圖(Petri Net)建立動態模擬模式，測試不同的智慧化派車模式，並以實際公司的歷史訂單資料與指派策略進行評估，成果顯示動態模擬模式產生的指派策略較原指派策略，在訂單服務延遲、車輛使用率與行駛路徑方面皆有顯著改善，並將總運輸成本最少的派車模式提供業者參考，使其確信智慧化與e化之重要。

**關鍵詞：**動態車輛指派、汽車貨運業、裴氏網

## (二) Abstract

In this research we propose a dynamic multi-depot multi-vehicle truck assignment and routing algorithm for a real life full truck load carrier dispatching problem. Since the stochastic demand is taken into account, the dispatching algorithm will be built as a sub-model in a Petri net simulation model. Petri nets are widely used in system modeling, simulation, and analysis, especially for discrete event systems. However, since a ticket-guarded Petri net can overcome the difficulty of a complex transportation network simulation problem, we build a modified ticket-guarded Petri net truck dispatching simulation model to evaluate our proposed dynamic truck dispatching algorithms. The real life full truck load carrier order data will be used to analyze the feasibility and effect of our proposed dynamic truck dispatching algorithms. Finally, the better algorithm will be suggested to be built in a carrier's truck dispatching system.

**Keywords:** Dynamic Multi-Depot Vehicle Dispatching, Full Truck Load Carriers, Petri Net

### 1.計畫之背景及動機

汽車貨運業作業型態為點對點運輸，客戶提供貨物資訊要求貨運公司派車至某處收貨再送至另一處，該需求的出現大部分需要即時服務，意即客戶對貨運公司所下訂車單的要車時間極為短暫，若當時公司內並沒有閒置車輛時，派車人員則需立即判斷當天已派出之車輛是否有可以提供服務的車，以便立即回覆客戶是否可以服務該要求，部分較具規模的貨運公司在營運與派遣作業與管理上結合全球衛星定位系統(GPS)、地理資訊系統(GIS)與先進通訊技術，以輔助派遣人員執行車輛指派作業，但是派車作業員仍必須同時手機與派出的司機進行溝通後再指派，這類指派方式完全依據派車人員的派車經驗法則人工指派車輛給訂單，行車路線則依駕駛人自行決定。簡言之，其車輛指派方式可分為已知訂單與新發生訂單指派二類：對已知訂單(例如前一天晚上之前客戶已下的訂單)則先將車輛與訂單排序，以一對一方式進行指派；對當日新發生的訂單，派車員利用手機依據個人經驗來判斷那些車輛可能已完成運輸任務或即將完成運輸任務，進行聯絡駕駛員，確認某輛車可以提供服務，便利用手機進行新訂單指派。此種派車方式非常不經濟且耗時，更容易出錯與產生不公平的指派。

汽車貨運業多場站動態車輛指派與路線規劃模式(以下簡稱動態車輛指派模式)主要在解決國內汽車貨運業在多場站環境下如何指派車輛給每一訂單使總成本最少，本研究所謂的動態派車是指客戶所下的訂單並非是已知的，而會呈現某一種機率分配發生，例如波松分配

等；然而業者只要願意投資一些成本，利用資訊與通訊的新科技將公司整體作業視實際需求逐步進行智慧化與 e 化。本研究團隊長期從事研究車輛派遣系統建置計畫，認為國內汽車貨運業者所採用的車輛派遣系統有太多的瑕疵，若本研究能提出更佳之車輛派遣系統，對汽車貨運業者一定有所幫助。當然國外也有學者提出相關研究【2, 3, 4, 5, 10, 11, 12, 13, 14】，經分析認為國外模式提供許多寶貴觀念，但不完全解決國內汽車貨運業者之問題。本研究即假設在一已智慧化與 e 化的汽車貨運業公司，建立其不同的智慧化派車模式，利用裴氏網建立動態模擬模式，針對不同的智慧化派車模式以實際公司的訂單資料進行評估，將總運輸成本最少的派車模式提供業者參考，不但可大大提升派車作業效率，亦可縮短新進司機與派車人員教育訓練時間。使業者確信智慧化與 e 化之重要，也可提供同業參考。

## 2. 相關文獻回顧

本研究探討國內、外近年與本計劃相關之重要參考文獻，針對車輛途程問題，與裴氏網技術之發展現況、應用領域及研究成果等方面之評述分別詳述於後續章節。

### 2.1 車輛途程問題

車輛途程問題 (Vehicle Routing Problem, VRP) 的研究發展已經超過 30 年，且 VRP 是網路模式中相當重要的問題型態，在物流配送之車輛途程問題也常用 VRP 物流配送的作業方式。傳統上 VRP 的定義為「考慮單一場站，單一車種 (相同容量)，固定的節線成本與顧客需求，路線總成本最小化目標，有車輛容量限制但無最大路線時間或時間窗限制之 VRP」【23】。但隨著實務上應用的需要與限制，VRP 衍生出許多更複雜的問題。例如多場站車輛途程問題 (Multiple Depot Vehicle Routing Problem, MDVRP)、多車種車輛途程問題 (Fleet Size and Mix Vehicle Routing Problem, FSMVRP)、時窗限制車輛途程問題 (Vehicle Routing Problem with Time Windows) 等許多相關的車輛途程問題【24】。

### 2.2 動態車輛指派模式

一般認為動態的意義較廣，不同的研究者對於動態的定義亦有不同，通常該問題或模式有關於時間變動，多半皆以動態稱之。從問題、模式及應用三方面來說明動態，如下所列【11】：

- (1) 動態問題是指其參數具有一個或以上為時間的函數者
- (2) 動態模式是允許直接結合不同事件隨著時間變動的互相影響者
- (3) 動態應用是指接收新進資訊時，模式即被重複求解者

Powell【10】亦指出所謂的動態指派問題多運用於運輸與物流等領域，例如指派計程車服務旅客、指派警察出巡緊急狀況、指派卡車司機接送貨物等。這類問題的需求特性在一天內是持續且隨機出現的，且須有一調度員去指派司機服務顧客需求。

另外，運具指派的分類上，在陳春益【20】的研究中，將運具指派問題詳細分為 16 個類型，其分類原則是以前述運具指派問題本身作業特性來區分，包括有時間要素(考量單一規劃期或是多規劃期)、空間要素(考量運具的起迄點相同及不同)、運具型式要素(考量運具型式為唯一或是多元)及運輸任務要素(考量運具指派任務為單一或是多份任務)，陳君更進一步將這 16 (24) 個運具指派問題，歸納出 8 個主要類型，有助於對實務界運具指派問題及其特性之了解與區別。

翁大哲【17】建立了一套多場站的動態車輛指派，此系統之核心是以投標系統(Bidding

System)為其演算法，再加上所提出之車輛路徑規劃模組，來作為此研究的車輛指派後之路徑規劃的機制。翁君之『投標系統』運用在製造系統之動態排程與無人搬運車之指派上；投標的定義是指彼此間建立契約與協定的活動。但是投標系統之運作是由智慧個體以網路的型式，透過契約(Contract)的方式而達成決策的制定，契約是指通過雙向的資訊交流而彼此選擇對方而為立，其間亦可能經過談判(Negotiate)過程【16】，對於業界實際派車情形有很大的落差，故較不適用於本計畫之研究類型。

在 Bausch【3】等人的研究中，詳述了一個美國車用機油公司(Mobil Oil Corporation)油品運送的車輛派遣問題並指出運輸業的成本是依車輛裝載大小、場站的數量、和車輛繞行的路徑及時間而決定。其公司的經營型態為從油品製造工廠配送產品到各個顧客，該公司在全國有設有十個油品製造工廠，意謂每張訂單的起點皆為這十個點的其中一個，訂單的迄點則遍及全國各地。文中指出該公司導入一個輔助派遣系統且該系統每年為公司節省了約一百萬美元。該公司的油品配送車隊為混合車隊(多車種)，設有一派遣中心採統一式的派遣。此公司所導入之輔助系統是依所需派遣資料(Dispatch Data)如訂單來源、卡車特性及數量、地理位置的參考及配送作業的工作天數等等的資料輸入後，進行系統運算而產生結果後由調派員進行人工的判別來進行檢查，最後再進行車輛的指派。

在 Rego【14】的研究中，針對一實務問題，使用兩階段(Two-Phase)的演算法(Two-Phase)來求解箱形卡車(Tank Truck)的派遣問題，所提出之演算法核心為塔布搜尋(Tabu Search)的應用。此研究之演算法，在第一個階段(First Phase)先利用分解法(Decomposition)對一連串的運輸問題(Transportation Problem)來決定一組可行路徑並求得路線的順序，其 First Phase 的目標函數為最小化的路線成本。在求得一組可行路徑順序後，第二個階段(Second Phase)則是利用塔布搜尋(Tabu Search)來改善第一階段的初始路徑。

### 2.3 裴氏網研究回顧

裴氏網路圖是 1962 年由 Carl Adam Petri 博士【22】，依據自動裝置理論及正規語言所發展出來的，主要運用於離散事件系統的分析與模擬，對於動態系統之控制策略設定、效率評估、線上控制與系統模擬有顯著的成效與優勢，目前已廣泛的應用於電腦整合製造、彈性製造系統、製造控制單元、資料庫設計、資料傳輸及電子電路設計等方面的系統模型設計、分析與構建。張光復與宮大川【18】研究中提到，裴氏網有別於一般圖形構模工具，除具備一種適用於表現平行與分散式系統之動態行為的圖形表示法外，同時也提供了一種良好的代數語法以支援系統特性的分析。在實際應用上較令人詬病處為其複雜性較高且不易學，儘管如此國內外關於裴氏網之研究與應用卻持續增加，主要是其對於動態系統之控制策略設定、效率評估、線上控制與系統模擬，確實有顯著的成效與優勢。由於研究與應用之學者漸增，目前已有許多裴氏網的構模結構與模擬工具相繼備研發出來，且漸漸的實用與商業化了。

在運輸領域中，國內學者應用裴氏網構建路網模型模擬以模擬動態車輛指派、尖、離峰車流控制等之研究並不普遍，其主要原因在於裴氏網圖對於具有固定硬體佈置但載具行程為動態調派的運輸系統處理效率並不顯著，且路網模型構建複雜度過高。在黃啟祥【21】研究中提出一套票允式裴氏網圖(Ticket-Guarded Petri Net, TGPN)，可應用於系統結構固定但是作業型態高度變動的物料動態搬運作業系統，在基礎裴氏網中引入彩色標記、允行票、票允式態變、派票線與圖程規劃模組，以支援運輸系統建模及分析工作，以減少整各網圖的複雜度，增加塑模效率，而本研究將引用並改良該票允式裴氏網圖，構建簡化式交通路網模型，並應用於模擬智慧型動態派車系統，期望該研究結果對於動態派車問題之派車方式與派車結果驗證方式與效率能有顯著的改進與助益。

由於裴氏網的應用範圍非常廣泛，因此也造成裴氏網圖應用於不同領域中某些特殊狀況時的複雜性相對升高，一般而言，如果系統本身的複雜度較低，應用裴氏網圖可以快速建模分析與進行評估作業，但是在實際應用方面，所需構建的系統為符合實際狀況，往往存在較高的複雜性，因此，過去學者在應用裴氏網圖於不同領域與不同狀況時，多針對該領域中的特殊需求以修正或增加裴氏網圖的構模結構與方法，一方面為符合實際需求，同時亦可降低裴氏網圖的複雜度，但相對的，修正過的裴氏網應用範圍也相對縮小。裴氏網的修正與延伸多以其結構、圖示即符號著手進行，例如針對系統模擬在模式描述上的需要而發展出的模擬網(Simulation Nets)，適用於物件導向設計的物件導向裴氏網(Object-Oriented Petri Nets)，以及可以顯著所小裴氏網圖結構大小的彩色裴氏網(Colored Petri Nets)等。

根據 Zhou與Venkatesh【15】以及張忠民【19】研究指出，裴氏網具備以下優點：

- a. 容易構建系統模型。
- b. 可直接利用圖形之表示來產生控制碼。
- c. 用來檢查系統執行時是否產生相斥與矛盾邏輯，或有限與無限資源使用控制。
- d. 可直接利用模式進行系統模擬。
- e. 不需要模擬許多系統即可作績效分析。
- f. 可利用即時監控來擷取狀態資訊。
- g. 非常適用於系統分析、驗證與績效評估。

裴氏網性質【1】【6】【8】【9】【15】有別於一般圖形構模工具，除具備一種適用於表現平行與分散式系統之動態行為的圖形表示法外，同時也提供了一種良好的代數語法以支援系統特性的分析。由於裴氏網的應用範圍非常廣泛，因此也造成裴氏網圖應用於不同領域中某些特殊狀況時的複雜性相對升高，一般而言，如果系統本身的複雜度較低，應用裴氏網圖可以快速建模分析與進行評估作業，但是在實際應用方面，所需構建的系統為符合實際狀況，往往存在較高的複雜性，在張光復、宮大川【18】文中提及一個典型的裴氏網應用模式通常包括約 50~1000 個基態與激態，以及 10~200 種的符記型態，如此龐大且複雜的模式在構建、偵錯、修改與維護方面皆是非常耗時耗例的，有鑑於此，過去學者在應用裴氏網圖於不同領域與不同狀況時，多針對該領域中的特殊需求以修正或增加裴氏網圖的構模結構與方法，一方面為符合實際需求，同時亦可降低裴氏網圖的複雜度，但相對的，修正過的裴氏網應用範圍也相對縮小，目前較常見的裴氏網圖有階層式裴氏網、時間裴氏網(Timed Petri Net)【7】、隨機性裴氏網(Stochastic Petri Net)、彩色裴氏網(Colored Petri Net)【9】、物件導向裴氏網(Object-Oriented Petri Net)與票允式裴氏網(Ticket-Guarded Petri Net, TGPN)【21】。

近年來研究與應用裴氏網之學者漸增，目前已有許多裴氏網的構模結構與模擬工具相繼備研發出來，且漸漸的實用與商業化，常用的工具如下所述【18】：

- a. Pose++：適用於模擬高階裴氏網，Predicate/Transition 網以及時間裴氏網。
- b. Design/CPN：適用於對高階裴氏網及時間裴氏網提供圖形編輯器、模擬、動畫和積較分析等功能。
- c. StrobeScope：對時間裴氏網具有圖形編輯器、模擬、不變性分析和績效分析能力。

### 3. 動態車輛指派法則

本研究動態車輛指派法則(Rule)架構在即時資訊的取得上(利用 GPS 相關技術)，如圖 1 所示。當訂單產生時，系統藉由訂單屬性資料的輸入，利用 GPS 相關技術將訂單的起、迄(OD) 點的地址資料轉成實際的經緯度座標。另一方面，當訂單產生時即依訂單的需求量大

小進行 可用車輛的篩選，再依訂單的時窗限制再次篩選出符合時窗限制的可用車輛，最後系統依據 起點之座標、經由符合容量、時窗限制而篩選出之車輛及動態指派模組進行車輛指派成本運算，依運算結果即可進行最適車輛之指派。服務該筆訂單之車輛決定後，即進行該車輛及系統內所有車輛狀況更新。

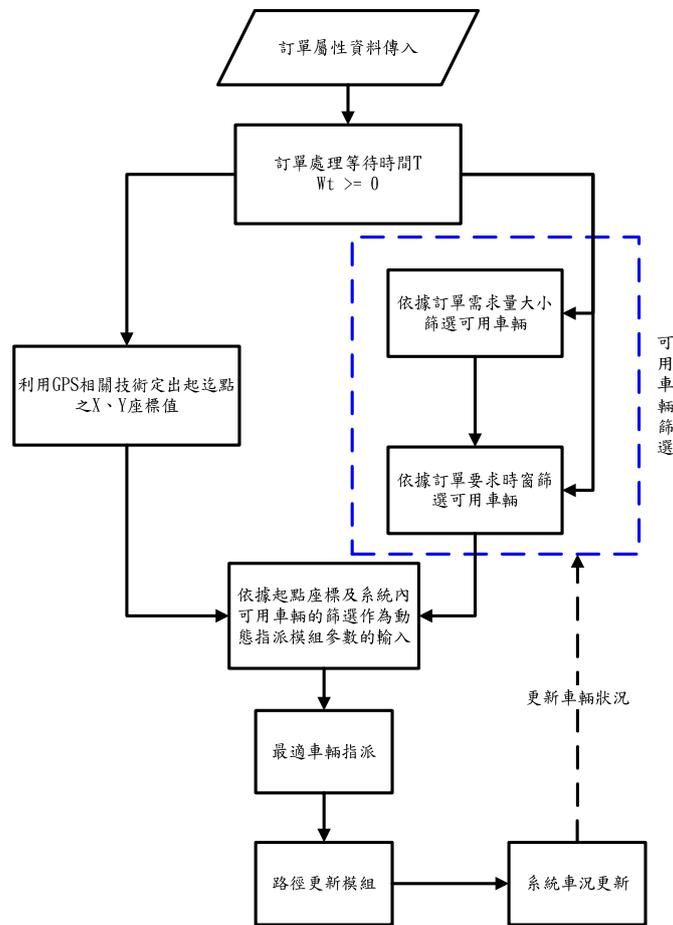


圖1 動態指派整體架構流程圖

在動態指派模組中，由於車輛在系統中狀況可分為閒置及任務中兩種，而在訂單處理方式上可分為即時處理、批次處理及臨界處理，因此共可歸納出 6 個指派法則，再加上由訂單交換機制及需求預測觀念所衍生的 2 個法則，共 8 個指派法則，分別說明於表 1。

表7 各類指派法則分析

指派法則	考慮車輛狀況方式	訂單處理方式	說明
1	閒置優先	即時處理	一筆訂單產生時，訂單等待處理時間 $Wt=0$ ，計算閒置車輛的指派成本最小者，立即將指派車輛進行訂單服務。
2	閒置優先	批次處理	此法則為訂單等待處理時間 $Wt > 0$ ，將一段時間後累積訂單(多筆)做批次處理，計算閒置車輛的指派成本後，即指派車輛進行訂單服務。
3	閒置優先	臨界處理	當一筆訂單產生時，判斷其訂單處理最晚時間及在此時間進行計算閒置車輛的指派成本並指派成本最小之車輛服務訂單。
4	同時考慮所有車輛	即時處理	此法則為一筆訂單產生時，訂單等待處理時間 $Wt=0$ ，計算閒置及任務中的車輛中指派成本最小者，立即將指派車輛進行訂單服務。

5	同時考慮所有車輛	批次處理	訂單等待處理時間 $W_t > 0$ 時，將一段時間後累積訂單(多筆)做批次處理，計算閒置及任務中車輛指派成本後，即指派車輛進行訂單服務。
6	同時考慮所有車輛	臨界處理	當一筆訂單產生時，判斷其訂單處理最晚時間及在此時間進行計算閒置及任務中車輛的指派成本並指派成本最小之車輛服務訂單。
7	最適換單指派		最適換單指派是指訂單指派出去之後，在過了 $t$ 時間時，系統狀況的改變使得原本的指派車輛與訂單的組合並不是一最佳化的指派。此時管理者再依當時的狀況將原本的訂單轉指派給 $t$ 時間時最佳的車輛。此法則是依時間變動而不斷運算，進而更改車輛與訂單的組合來達到最佳的效益。但是，此法則須架構於溝通協調十分合協之下。
8	需求預測指派		需求預測指派是指針對某一業者，藉由訂單歷史資料的推估，可得某個時間訂單產生的分配、某個區地域訂單產生的分配等等資料，當我們得知分配產生情形後，進行需求預測的指派。此法則意謂訂單尚未產生時，我們藉由需求預測來進行車輛指派，原則上此法則挑選車輛是以當時狀況為閒置的車輛為主。

訂單處理的三種法則(即時、批次及臨界)上各有優缺之處，本計畫擷取此三種法則之優點而研擬出『依訂單臨界時間的批次處理法則』，此法則運作方法為先判斷訂單必需指派的臨界時間，再採用批次處理的方式進行車輛指派，即將作業時間區分為數個時間區隔( $t^*$ )，每次指派訂單臨界時間在  $t^*$  時間區間中的訂單。此法則的運作將可增加併車的機率、減少停等時間及延遲服務所產生的成本。此方式作法流程如圖2所示。

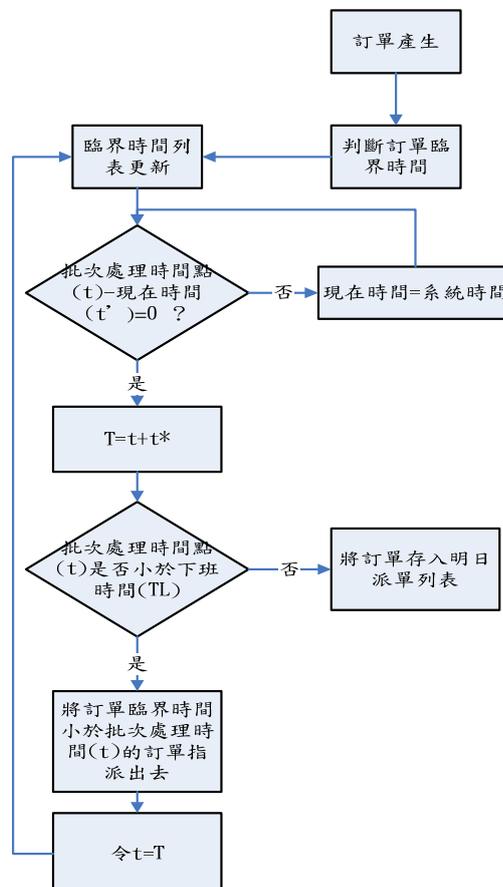


圖2 綜合處理法則運作流程圖

另一方面，批次間隔時間( $t^*$ )的決定亦會影響整個系統的效益，計畫中使用兩種 $t^*$ 時間區間大小決定方式，分述如下：

方法一： 利用訂單歷史資料進行訂單發生時間機率分配分析，進而決定最適的  $t^*$  的大小，當訂單產生機率頻繁時段，擬採用較小的區間，反之，訂單產生機率較低時段，擬採用較大的區間。

方法二： 同時考慮訂單累積量與所有車輛之狀況，由於訂單的產生並不是呈現均一 (Uniform)分配，而是可能在某些時段內的出現頻率較高，因此利用訂單累積量來決定最適的  $t^*$ 的間隔時間。

本計畫為增加系統的對於實務的實用性，擬採用加入需求預測的動態指派方式，在可指派車輛中首先考慮指派閒置車輛，而訂單處理方式將採用本計畫所研擬出之綜合法則指派方式。如圖 3 所示，期望考量需求預測之動態指派可有效降低車輛的閒置時間。

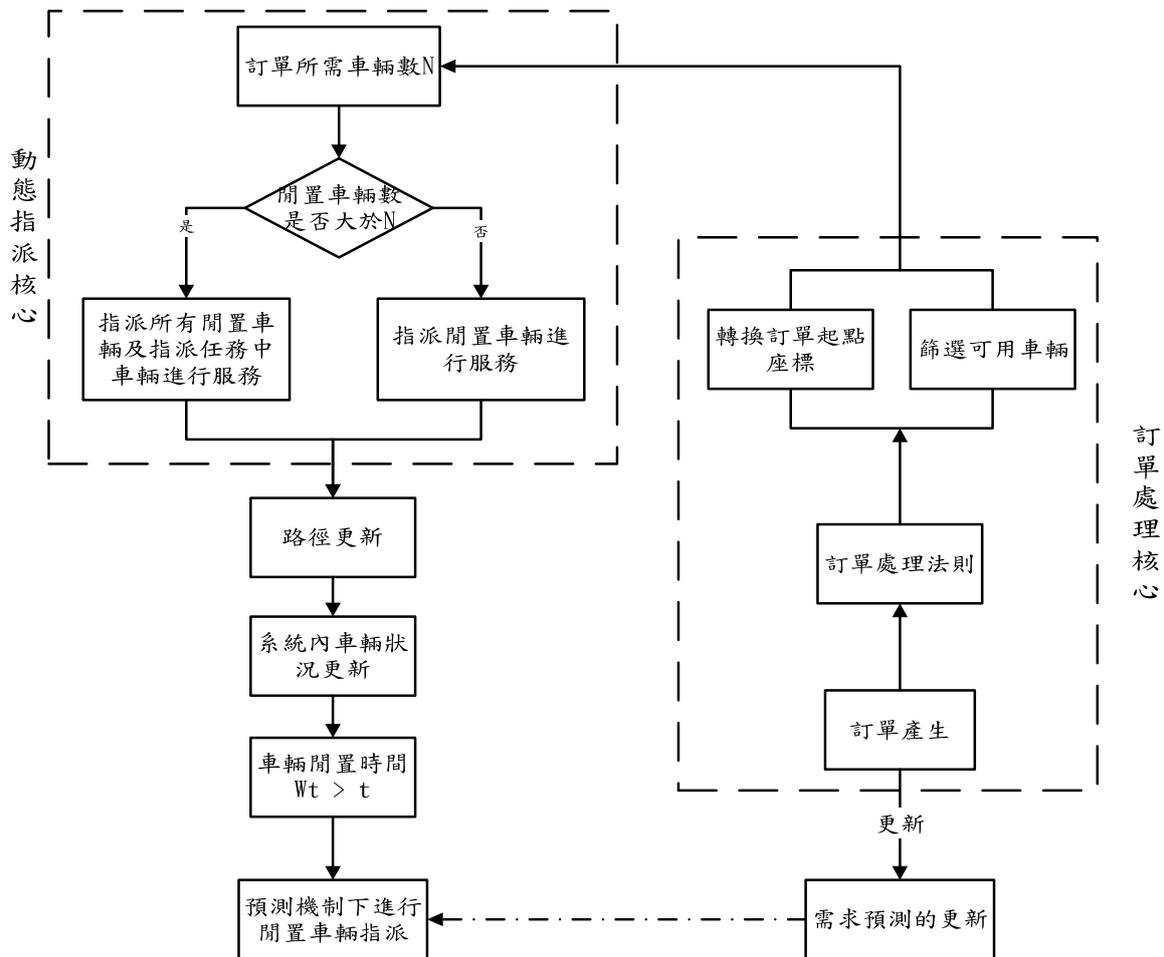


圖3 考量需求預測之動態指派流程圖

圖 7 中，考量需求預測之動態指派主要有訂單處理及動態指派兩大核心及需求預測的指派機制為其三大重點。訂單處理核心中，當訂單產生時，依據訂單的處理法則(臨界處理)，再加上訂單起點座標的實際運算及依訂單內容進行容量、時間窗等限制的車輛篩選所

得之資訊傳入動態指派核心，當資訊進入動態指派核心時，即依訂單需求量的大小(N)進行閒置車輛的優先指派，若訂單需求量(N)大於現況閒置車輛數時，再進行任務中可用車輛的指派以滿足 訂單需求。當車輛指派完成後，即進行被指派車輛的路徑更新及系統內車輛狀況的更新。在 需求機制的運作下，當車輛的閒置時間( $Wt$ )大於系統所設定之時間( $t$ )時，即依據預測所得之 訂單時間、地點及區域的分配進行需求預測之指派，將閒置狀況為( $Wt > t$ )的車輛指派前往將來訂單可能產生的區域。

#### 4. 裴氏網圖模擬建模

本研究擬利用裴氏網圖構建虛擬交通路網模型，進行動態指派系統模擬與績效分析，構建交通路網圖模組時，採用轉換模組搭配抽象式交通路網方式表現，並不依據真實路網進行網圖建置，因為貨運業車輛指派作業乃點對點間之運輸型態，運輸路徑亦由各收貨點與送貨 點所組成，因此交通路網圖模組主要功能即在表現出各個收、卸貨點位置、場站位置、車輛 所在位置、行駛路線，以及彼此間之距離關係，而本研究所採用之轉換模組搭配抽象式交通 路網即可有效且明確的表現出交通路網圖應有之功能，且構建方式較實際交通路網圖之構建之困難度降低極多。

在動態指派系統模擬方面，本研究擬採用票允式裴氏網中允行票之觀念，新增駐標允行票，進行不同車種與車輛行駛方向與路線的表現，再加入階層式裴氏網較具結構化與模組化之觀念，構建各模組間串聯與並聯之關係圖，接著利用彩色裴氏網中利用不同顏色與形狀符 記的方式簡化裴氏網之控制網圖，以不同形狀之符記表示各式車種，符記編號為車輛編號，而符記顏色則表現出各車輛之狀況，例如閒置、車容量未滿、車容量全滿、任務執行中或事 故等，最後採用時間裴氏網中激發時間機制，編製各個激態的激發時間註標集合，以表現各車輛的服務時間。

##### a. 抽象交通路網裴氏圖結構

本研究中貨運業動態指派系統裴氏網圖的塑模與模擬，是由距離轉換模組(Distance Transform Module, DTM)、需求產生模組(Demand Occurrence Module, DOM)、車輛指派模組(Truck Assignment Module, TAM)、註標允行票更新模組(Renew Routing Module, RRM)、激態 註標更新模組(Renew Noted Transition Module, RNTM)、需求符記、註標允行票、註標激態、一般基態、資訊弧與方向弧所組成，各組成元素圖示與意義說明如下，各模組與路網模型間 關係如圖 4 所示，架構網圖之圖示與說明詳述於表 2 中。

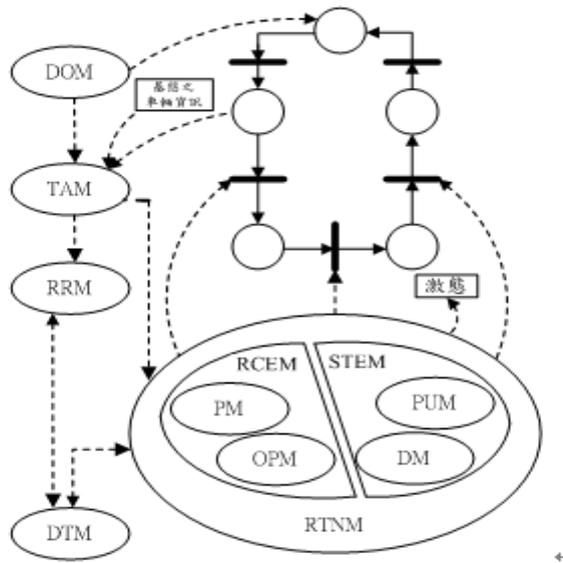


圖4 裴氏網圖路網模型與各模組間關係圖

表2 抽象式交通路網裴氏圖示意義說明

名稱	圖示	說明
基態(Places)	○	表示各區域的狀況，包括例：車輛資訊
彩色符號 (Colored Tokems)		車編為 N 號的大型貨車，車容量未滿 車編為 N 號的大型貨車，車容量全滿 車編為 N 號的小型貨車，車容量未滿 車編為 N 號的小型貨車，車容量全滿 一個新需求的收貨點，尚未指派服務車輛  一個新需求的卸貨點，尚未指派服務車輛 一個需求，已指派車編為 N 號的大型貨車去服務，尚未服務完成 一個需求，已指派車編為 N 號的小型貨車去服務，且已經服務完成了
標註允行票 (Noted Tickets)		車編為 N 號大型車的第 n 張允型票，n 的數值與註標允型票所在位置，由註標允行票更新模組決定，所在位置僅能存在於註標基態內，對同一輛車而言，註標允型票的 n 值較小者，表示必須先被激發，如圖 12 所示。車編為 N 號小型車的第 n 張允型票。

<p>標註激態 (Noted Transitions)</p>		<p>激態上標時間集合元素的各數，絕對與激態盒中註標允型票各數相同，且對應順序亦相同，時間表示激態被激發的時間，時間點排列順序一定是由小到大，即在 t1 時間時，註標激態激發一次，將順位第一的駐標允型票激消，再 t2 時間時，註標激態激發一次，將順位第一的駐標允型票再激消，以此類推。 激消表示將註標允型票刪除，即車輛已通過，如圖 12 所示，註標激態 T2 被激發後，編號 1 的註標允行票被激消，車輛從 P1 移動至 P2。 當新的駐標允型票加入註標激態時，必須執行激態註標更新模組，以更新註標允型票的排列順序，以及相對應的激發時間集合。</p>
<p>方向弧(Arcs)</p>		<p>表示符記的行進方向</p>
<p>資訊弧 (Information Arcs)</p>		<p>表示各模組與路網模型中各元素資訊交流狀況</p>
<p>需求生產模組 (DOM)</p>		<p>表示顧客對貨運公司下訂車單，訂車資訊包括收、卸貨地點、貨物容積與訂車時間。需求產生方式有兩種，一為統計貨運公司過去歷史資料，以產生收、卸貨地點、貨物容積與訂車時間之機率分配，以符合各機率分配之方式隨機產生一筆筆的訂單列表(需求列表)，丟入模式中進行模擬。另依種產生方式則是利用貨運公司實際發生之訂單列表，丟入模式中進行模擬。</p>
<p>車輛指派模組 (TAM)</p>		<p>車輛指派模組主要是應用本研究所設計之動態車輛指派模式，選定服務需求之車輛，並重新規劃該車輛之行駛路徑。</p>
<p>標註允行票更新模組(RRM)</p>		<p>由於車輛行駛路徑改變，因此會影響該車輛在模式中之助標允型票分佈位置與編號順序，因此，需利用該模組重新設置標註允行票。</p>
<p>激態標註更新 模組 (RTNM)</p>		<p>該模組旨在產生註標激態上標的激發時間集合，激態被激發表示車輛位置的移動，會影響車輛移動時間因素有車輛行駛路徑狀況，以車輛在顧客處的服務時間，因此，該模組內又細分道路狀況評估模組(Road Condition Expected Module, RCEM)，以及服務時間評估模組(Service Time Expected Module, STEM)。道路狀況主要受到交通尖峰時間與離峰時間所影響，因此，RCEM 又可在細分為尖峰模組(Peak Module, PM)與離峰模組(Off-Peak Module, OPM)。貨運業車輛服務狀況只有兩種，收貨與卸貨，因此，STEM 可在細分為收貨(Pickup Module, PUM)模組與卸貨模組(Delivery Module, DM)。</p>
<p>距離轉換模組 (DTM)</p>		<p>該模組功能在於將實際交通路網的狀況，反應至模擬系統中。</p>

註標激態上標激發時間集合 $\{t_1, t_2, \dots, t_x\}$ 的產生方式首先紀錄需求產生後完成該需求指派作業時的系統模擬時間點  $t^*$ ，然後利用允行票更新模組、激態註標更新模組與距離轉換模組產生相對應於實際運輸時間之系統模擬時間，步驟如下所示：

- 步驟一： 紀錄完成該需求指派作業時的系統模擬時間點 $t^*$ ，並令 $T=0, i=1$
- 步驟二： 利用允行票更新模組重新規劃型車路線，重新設置註標允行票位置，並統計更新後註標允行票票數( $m$ )
- 步驟三： 利用距離轉換模組產生激發標準間隔時間( $t'$ )= $\text{時速 } 60 \text{ 公里下之旅運時間}/m$
- 步驟四： 利用激態註標更新模組，首先針對註標允行票  $i$  之註標激態進行變異時間( $t''$ )的計算，若該註標激態屬於收貨基態或卸貨基態之後至作業時，繼續執行步驟五，否則則執行步驟六。
- 步驟五： 利用激態註標更新模組中之道路狀況評估模組，以及服務時間評估模組，產生變異時間( $t''$ )，該註標允行票之激發時間  $T=T+t^*+t'+t''$ ，接步驟七
- 步驟六： 利用激態註標更新模組中之道路狀況評估模組，產生變異時間( $t''$ )，該註標允行票之激發時間  $T=T+t^*+t'+t''$ ，接步驟七
- 步驟七： 利用激態註標更新模組將新增之激發時間與集合中原本存在之時間點，由小到大重新排列，同時也更新註標允行票在註標激態盒中的順序， $i=i+1$ ，若  $i>m$  則結束，否則回到步驟四

#### b. 抽象式交通路網裴氏圖模型

本研究擬利用裴氏網圖構建虛擬交通路網模型，進行動態指派系統模擬與績效分析。構建交通路網圖模型時，採用轉換模組搭配抽象式交通路網方式表現。網圖構建概念是將實際地圖依據鄉、鎮與市等行政區域作畫分，每區域為虛擬交通路網圖之一個基態。客戶對貨運業者下單訂車時必會提供收、卸貨位置地址，即可清楚快速悉知應屬於虛擬交通路網圖中哪一基態中所產生之新需求。在距離轉換方面，TAM 模組將配合 RTNM 模組，依據客戶所提供之收、卸貨位置進行實際旅運時間之計算，再反應至模擬路網中符記移動速率，即註標基態的激發時間。

抽象式交通路網裴氏圖模型構建方式首先需區分出愈構建地區之各鄉、鎮與市等行政區域之地理位置關係，以及彼此間相聯接道路狀況，以圖 5 所示，為台灣省北區某縣之部份行政區域分佈狀況圖，各行政區域間相聯接之道路當然不只一條，但在構建抽象式交通路網裴氏圖模型時，為簡化網圖之複雜度，任兩行政區域間所有相聯接之道路皆以兩條方向弧以及一個註標激態代表，註標激態之激發僅表示車輛由 A 區移動至 B 區，但是並無法由網圖上區分出車輛是利用哪一條道路由 A 區移動至 B 區。其行駛時間之計算是經由 TAM 與 RTNM 模組計算後反應至模擬系統，並利用註標式激態配合上標之激發時間集合表示，因此，儘管實際車輛在各行政區域間之移動所使用之道路不同，但是移動時間卻可以依據實際行駛狀況反應在模擬系統之激發時間集合中。

圖 5 中各行政區域間之道路連接狀況以實線表示，各實線所代表之意義並非是行政區域間之實際道路，僅在反應各行政區域間實際道路的連接狀況。例如車輛若要由 F 鄉行駛至 C 鄉，必定會經過 B 鄉或 D 鄉或 E 鄉其中之一，因為 F 鄉與 C 鄉間，在實際狀況下並沒有直接相連之道路，意即若要從台北開車到新竹，是不可能不跨越其他縣市就直接到達的。但是除 C 鄉與 J 市外，其他行政區域 F 鄉皆可不必穿越任何行政區域直接到達。

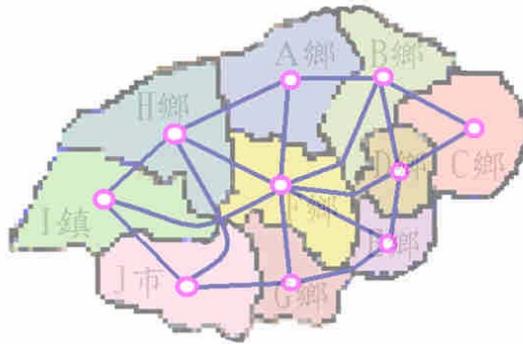


圖5 各行政區域間相連道路示意圖

網圖構建時將實際地圖依據鄉、鎮與市等行政區域作畫分，每區域為虛擬交通路網圖之一個基態，任兩行政區域間所有相連接之道路皆以兩條方向弧以及一個註標激態代表，因此，利用裴氏網圖構建圖 5 之抽象式交通路網裴氏圖模型如圖 6 所示，圖中各基態與激態所態表意義如表 3 所述。

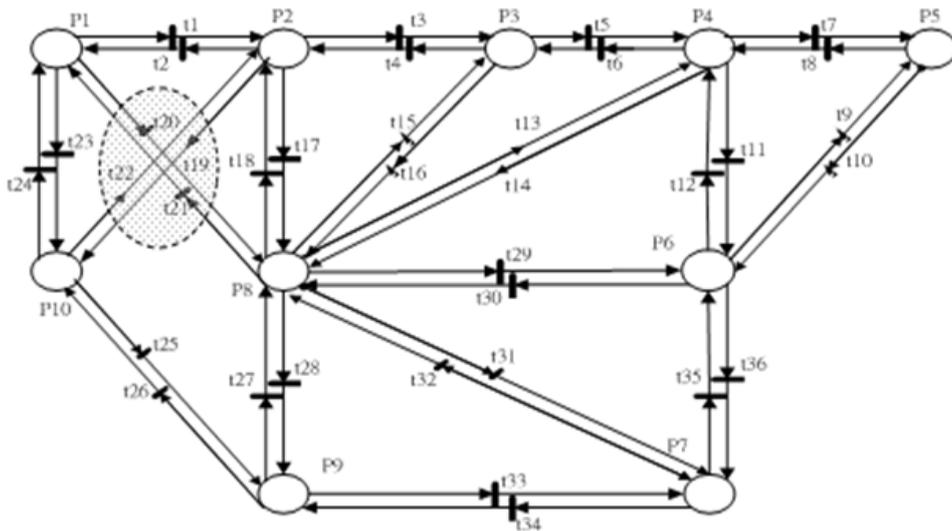


圖6 抽象式交通路網裴氏圖模型圖

表3 抽象式交通路網裴氏圖基態與激態圖示意義說明

圖示	意義說明
P1	I 鎮行政區域狀況
P2	H 鄉行政區域狀況
P3~P9	A~G 鄉行政區域狀況
P10	J 市行政區域狀況
t1	t1 被激發表示車輛已經由I 鎮之起點行駛至H 鄉之迄點(已經到達H 鄉之迄點)
t2	t2 被激發表示車輛已經由H 鄉之起點行駛至I 鎮之迄點(已經到達I 鎮之迄點)

在圖 6 中橢圓型網狀區域中出現交叉狀況，由於圖 5 中個行政區域之區分較為單純，在實際設計大範圍區域時，網圖極可能出現許多交叉與重疊的狀況，造成網圖複雜與混亂，因此，本研究將利用階層式裴氏網之概念，將圖 6 中橢圓型網狀區域設計為第二階層之網圖，如圖 7 所示，以減低網圖在呈現上的複雜度，修正後之抽象式交通路網裴氏圖如圖 8 所示。

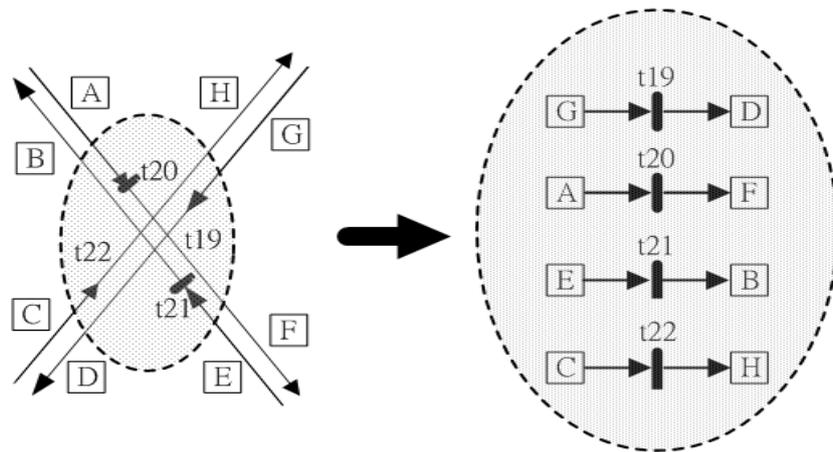


圖7 交通路第二階層網裝氏圖

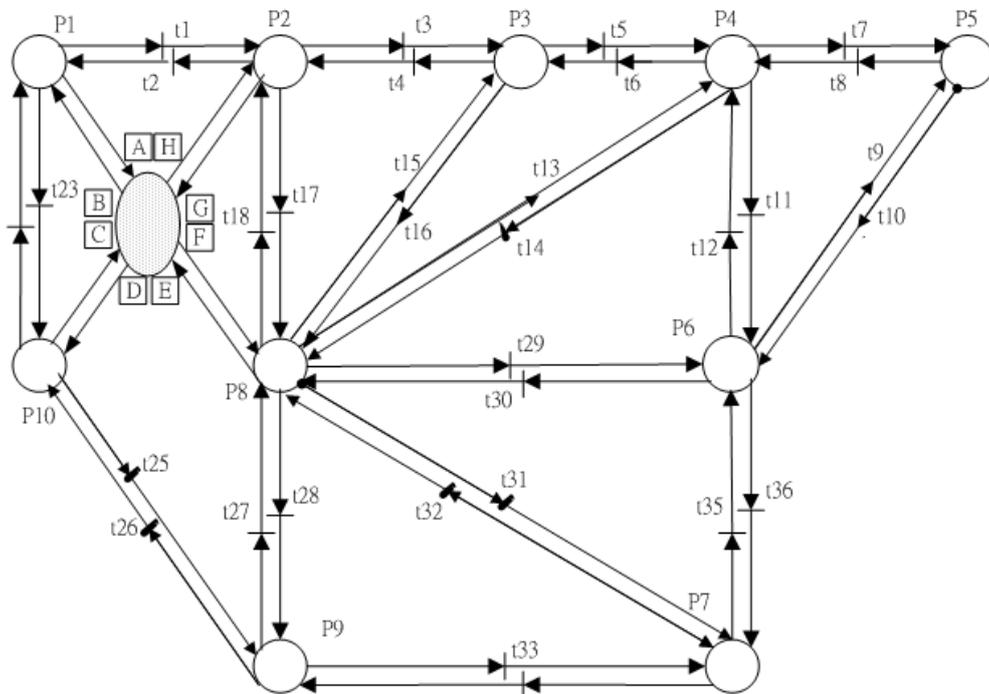


圖8 階層式抽象式交通路網裝氏圖

### 5.實案測試結果

本研究訪談位於桃園縣某貨運業(以下簡稱 A 公司)，A 公司所承攬業務包括進出口海、空運運輸、及內陸調撥和配送運輸，其中約有 80%的運輸量以高科技電子產品居多，平均服務家數，大廠約有 30 家、小廠約有 600 多家，屬於國內中大型的汽車貨運業公司。2002 年委託天下航太科技股份有限公司(以下簡稱天下航太)進行 GPS 系統之架設及車機購置，使公司成立車隊衛星監控中心，有效的掌握車隊的狀況，便於車隊的管理與派遣；同時也委託時訊電腦股份有限公司(以下簡稱時訊電腦)規劃網路訂單系統，對公司的訂單作業進行資訊化的作業。2005 年時完成「物流服務全方位 e 化」計畫，公司所有物流服務作業系統之使用者(例如公司主管、員工、顧客或有興趣者)均可很容易利用 Internet 進行資料輸入與輸出、取得所需的即時資訊、執行車輛調派與監控及管理績效評估等功能，使物流服務品質提昇至最高境界。

A 公司營運作業範圍約 90%位於台北與桃園縣市區域，因此，本研究在系統模擬中建構台北與桃園地區各鄉鎮區域擬真交通路網圖，各以一個基態呈現，而位於台北以北區域以及桃園以南區域，另各以一個基態表示，各區域間主要連接道路以國道一號、三號以、省道與重要縣市道路相連，不同車輛與車輛狀況以不同形狀與顏色之浮記表示，而車輛於各道路上的行駛狀況與進度，則擬以註標激態與註標允行票分佈狀況呈現，意即在系統模擬路網上可以一目了然所有車輛行進狀況，以及各需求之服務進度。

研究首先針對 A 公司之客戶訂單資料庫，針對訂單發生時間、收卸貨區域、待送貨物容積重量，以及客戶下單頻率進行無母數統計分析配合假設檢方式，探究 A 公司在各區域中需求發生之機率分配函數，以及該需求所運載之貨物可能發生的容積與重量機率分配函數，並應用於本研究所設計之動態指派模式，以及模擬時 TAM 與 RRM 模組中。其次，運用 A 公司近年度任何 3 個月之實際營運資料進行測試分析，測試動態指派系統之效率以及模擬系統之可行性，藉著評估測試結果，逐步修正本研究之動態指派系統參數以及運作邏輯，使該系統功能更符合台灣貨運業實際需求，以及實地應用之可行性。

測試結果顯示本研究設計之動態模擬模式，以實際公司的歷史訂單資料與指派策略進行評估，測試不同的智慧化派車模式，成果顯示動態模擬模式產生的指派策略較原指派策略，在訂單服務延遲、車輛使用率與行駛路徑方面皆有顯著改善，與公司員使用之智慧化派車模式相較，亦可產生總運輸成本最少的派車模式提供業者參考。

## 6. 結論與建議

- (1) 本研究提出一智慧型動態車輛指派系統，解決多場站、多車種、及時間窗、車輛容積與容量限制之需求隨機發生動態車輛指派問題，在最短旅行距離考量下，提供指派人員最適指派的車輛，同時產生最短距離路徑供司機作為收、送貨時的參考，即以智慧型指派系統取代人工經驗法則的車輛指派，最後再利用實際貨運公司一季之營運作業資料，配合應用裴氏網(Petri net)模擬來驗證所發展模式之指派效率。
- (2) 本研究所設計之動態指派模式中有加入考慮需求預測，經由訂單的歷史資料推估可得到訂單產生的時間分配、訂單的需求量分配及訂單的產生區域分配。藉由訂單產生分配資料，加上不要求閒置的車輛回到場站，而指派閒置車輛前往將來訂單可能產生的區域。藉由此機制將可有效降低車輛的行駛距離成本及提高車輛的使用率。
- (3) 隨機所產生之需求資訊包括需求時間、收、送貨地點與貨物容積等資料，而為符合實際需求發生狀態，隨機產生需求之機率分配將以該公司過去幾年內各月份或各季之訂單與指派資料進行無母數統計分析而得，由於需求分佈特性在一年中各月份或各季會有顯著不同之差異，因此，統計樣本資料之取得應與系統實施公司實地訪談後方可決定，而本計畫所選擇之桃園縣某貨運公司服務對象約 80%為高科技產業，無月份與季節之差異，因此，擬依據該公司過去一年內所有訂單與派車資料進行統計分析，以作為系統模擬時需求產生時間、地點與容積之機率分配。
- (4) 裴氏網模式使用方面，本研究將引用並改良票允式裴氏網圖，構建簡化式交通路網模型，使其適合模擬運輸領域中動態車輛指派問題，並可以有效快速構建路網模型，以進行動態的車輛指派作業系統模擬，來評估本研究所提之動態車輛指派模式，以提供國內貨運業者參考之用。
- (5) 本研究設計之動態車輛指派模擬模式，以實際公司的歷史訂單資料與指派策略進行評估，測試不同的智慧化派車模式，成果顯示動態模擬模式產生的指派策略較原指派策

略，在訂單服務延遲、車輛使用率與行駛路徑方面皆有顯著改善，與公司員使用之智慧化派車模式相較，可產生總運輸成本最少的派車模式提供業者參考，亦可以用來評估供應鏈管理中不同企業策略聯盟程度之效益差異，因此本研究之動態車輛指派模擬模式亦可成為企業策略聯盟的評估模式。

### 參考文獻

1. Agerwala, T., "Putting Petri Net to Work", Computer, pp.85-94, December (1979).
2. Arunapuram, S., Mathur, K., and Solow, D., "Vehicle Routing and Scheduling with Full Truckloads", Transportation Science, Vol. 37, No. 2, pp. 170-182, (2003).
3. Bausch, D. O., Brown, G. G., and Ronen, D., "Consolidating and Dispatching Truck Shipments of Mobil Heavy Petroleum Products", INTERFACES, Vol. 25, No. 2, pp. 1-17, (1995).
4. Godfrey G. A., and Powell, W. B., "An Adaptive Dynamic Programming Algorithm for Dynamic Fleet Management, I : Single period Travel Times", Transportation Science, Vol. 36, No. 1, pp. 21-39, (2002).
5. Godfrey G. A., and Powell, W. B., "An Adaptive Dynamic Programming Algorithm for Dynamic Fleet Management, II : Multiperiod Travel Times", Transportation Science, Vol. 36, No. 1, pp. 40-54, (2002).
6. Murata, T., "Petri Nets: Properties, Analysis and Applications", Proceeding of the IEEE, Vol. 77, No. 4, pp.541-580, April (1989).
7. Pamchandani, C., "Analysis of Asynchronous Concurrent System by Petri Nets", Ph.D. dissertation, Department of Electrical Engineering, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts, (1973).
8. Peterson, J. L., "Petri Net", Computing Survey, Vol. 9, No. 3, pp. 223-252, (1977).
9. Peterson, J. L., "Petri Net Theory and The Modeling of System", Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, (1981).
10. Powell W. B., "A Stochastic Formulation of The Dynamic Assignment Problem, with an Application to Truckload Motor Carriers", Transportation Science, Vol. 30, No. 3, pp. 195-219, August (1996).
11. Powell W. B., Jaillet P., and Odoni A., "Stochastic and Dynamic Networks and Routing", Elsevier Science B. V. Handbooks Chapter3 in OR & MS, Vol.8, pp. 141-295, (1995).
12. Powell, W. B., Snow, W., and Cheung, R. K., "Adaptive Labeling Algorithms for The Dynamic Assignment Problem", Transportation Science, Vol. 34, No. 1, pp. 50-66, (2000).
13. Powell, W. B., Towns, M. T., and Marar, A., "On the Value of Optimal Myopic Solutions for Dynamic Routing and Scheduling Problems in The Presence of User Noncompliance", Transportation Science, Vol. 34, No. 1, pp. 67-85, (2000).
14. Rego, C., and Roucairol; C., "Using Tabu Search for Solving a Dynamic Multi-Terminal Truck Dispatching Problem", European Journal of Operational Research, Vol. 83, pp. 411-429 (1995).
15. Zhon, M. C. and Venkatesh, K., "Modeling, Simulation and Control of Flexible Manufacturing System: A Petri Net Approach", World Scientific, pp. 41-82, (1998).
16. 林宏益，「以投標法則分析無人搬運車指派問題」，交通大學工業工程研究所碩士論文，民國 81 年。
17. 翁大哲，「多場站物流配送系統之動態車輛指派與路徑規劃」，雲林科技大學工業工程與管理技術研究所碩士論文，民國 87 年。
18. 張光復、宮大川，「裴氏網基本理論探討」，Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers, Vol. 16, No. 1, pp. 63-83, (1999)。
19. 張忠民，「百貨量販業供應鏈管理動態模式之研究」，台北科技大學商業自動化與管理研究所碩士論文，民國 89 年。
20. 陳春益、邱明琦，「運具指派問題之探討」，中華民國第三屆運輸網路研討會論文集，第 359-374 頁，民國 87 年。

21. 黃啟祥，「具標記動態途程指派功能的票允式裴氏網圖」，國立台灣大學工業工程學研究所碩士論文，民國 90 年。
22. 賀力行、張靖、翁汗青，「網路聯合貨運撮合模式之探討」，中華民國第七屆運輸網路研討會，新竹市，民國 91 年。
23. 韓復華、卓裕仁，「混合型啟發式解法在多車種車輛路線問題之應用」，國立交通大學運輸工程與管理學系學術研究報告，民國 87 年。
24. 韓復華、卓裕仁，「TSP 與 VRP 問題回顧」，中華民國第四屆運輸網路研討會（1999）。