

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

多場站大眾運輸車輛與駕駛員排班決策支援系統之研究 研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型
計畫編號：NSC 96-2221-E-216-017-
執行期間：96年08月01日至97年07月31日
執行單位：中華大學運輸科技與物流管理學系

計畫主持人：蘇昭銘

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 97年10月29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

多場站大眾運輸車輛與駕駛員排班決策支援系統之研究

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 96-2221-E-216-017-

執行期間：96年8月1日至97年7月31日

計畫主持人：蘇昭銘博士

共同主持人：

計畫參與人員：張志鴻、鄭佳珮、游舜年

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：中華大學運輸科技與物流管理學系

中華民國九十七年十月二十九日

一、前言

自台灣地區經濟環境蓬勃發展且工商業發展迅速後，國民所得提高，導致私人運具逐年增加，而台灣地區之公路客運業又於公路運輸市場開放後，感受劇烈的同業競爭壓力，使得業者面臨客源拓展困難及市場競爭壓力之營運窘境；而今年高速鐵路於西部地區通車，且台鐵為因應運輸環境轉變而將營運目標轉為中短途旅客，勢必對區域旅客運輸市場造成重大衝擊。近年來社會經濟變遷，油價不斷上漲成為客運業者之一大隱憂，而本身之客源開發不易、收益又逐年短缺，在自由競爭的公路汽車客運市場中，僅仰賴政府補助已無法負荷龐大的營運虧損，因此經營業者應設法調整內部工作效率來降低其營運成本，並且提出順應外在環境變遷之辦法，以改善營運績效。

以乘客的觀點看來，業者於各路線之尖峰時段所提供的班次愈密集愈佳，而較短的行車時間亦是旅客所期望的；但相對於營運者而言，則必須考慮沿途行經路線之乘客需求差異，且在提供足夠服務之情況下，透過降低車輛之使用、減少司機員數量、縮短車輛閒置時間、控制無營收之司機員勤務時間...等營運方式以節省成本；而根據勞基法及大眾運輸補貼辦法等相關法規內容規範，業者於進行車輛與人員規劃作業時，必須考慮司機員工作量公平性與相關人性化管理，如：各路線營運狀況、車輛行駛時間、載客情形、交通壅塞狀況、司機員勤務公平分配與補貼路線等規則。在滿足乘客需求且必須兼顧司機員工作環境下，期望可以透過管理策略來降低變動的營運成本，因此謹慎縝密地進行客運業車輛與人員排班作業對於公路客運業之營運是相當重要的。

一般大眾運輸業者制定營運計畫時，可區分為路線服務計畫、班次產製、車輛排班、司機員排班及人員輪班等五項作業，其中路線服務計畫及班表規劃主要考量運輸需求、公司及競爭對手之營運策略，且路線服務計畫的制定大都在運輸需求有極劇變化時才須加以修訂，故目前多由公司有經驗之專家依據專業判斷加以規劃；而由於車輛排班及司機員排班，乃指在路線、車輛行駛時間及班表已知情況下，進行車輛及人員最小化之指派作業，因此該項作業需考量多場站、不同路線服務時間、尖離峰之班距差異等不同因素，甚至部分公司為增加車輛使用效率，尚需考慮校車等非固定班次，致使車輛及司機員排班作業更形複雜(1988)。目前國內客運業經營者為節省作業成本，常採取縮編場站作業人員、簡化營運路線等改善辦法，甚至進行區域資源統一調度管理之措施，致使車輛與人員規劃內容變更頻繁，且排班作業問題亦由傳統之單場站單路線問題衍伸為多場站多路線及複合式多路線問題，其中複合式多路線問題亦包含單場站與多場站等型態；而目前處理多場站車輛與人員規劃問題除需考量原本單場站問題之管理資源有效利用及駕駛員公平性等因素外，尚需納入同場站收發車限制，及無營收之司機員勤務時間最小化兩因素，其中為符合同站收發車條件所需額外增加之空駛里程(Deadhead trip)應越小越好，在有效利用多場站資源下且達到控制成本之目的。另一方面，現行客運經營者對於場站、路線與班次管理資料仍處於紙本處理或電子試算表方式，少數業者雖結合場站座標與電腦化系統管理，但仍無一套有效率之管理系統，可由場站資料建置，路線建置，班次輸入與班次產製作業有連貫及整合性的支援系統。管理者仍需由不同形式或系統中取資料，再利用經驗法則進行排班作業。綜合前述可知，如何透過兼具品質與效率的方法進行車輛與人員排班建置與規劃作業，並同時涵蓋所有考慮條件，實有深入研究之必要。

本研究之目的包括下列四點：

1. 透過文獻之彙整，了解國內外有關大眾運輸營運作業之發展演變及趨勢，以為發展決策支援系統中車輛排班與司機員排班數學模式庫之依據。
2. 藉由實際客運公司之訪談，了解目前國內大眾運輸業者之排班作業現況，以確認系統需求及模式構建範圍。

3. 結合理論與實務之專業知識，發展整合車輛排班與司機員排班之數學模式，並依據模式特性，參酌螞蟻演算法之演算法特性，發展車輛與司機員排班之巨集啟發式演算法(meta heuristic algorithm)。
4. 結合網際網路地理資訊系統，構建一套本土化之大眾運輸車輛與司機員排班決策支援系統，透過彈性化之系統設計，以提供國內大眾運輸業者能迅速反應快速之內外環境變化。

二、文獻探討

2.1 運輸業排班問題

探究運輸業排班問題之起源，茲就 1960 年提出啟發式解法用於求解客運或鐵路業之實務上的車輛或人員排班問題開始，後續更有多位專家學者投入客運業司機員排班問題之研究；根據 Wren 學者於 1998 年針對運輸排班問題所提出之文獻整理顯示(1998)，於 1967~1978 年間，始有研究利用啟發式解法求解客運司機員排班問題；而 1970~1984 年間，發現排班問題具有多場站及多車種等不同型態，因此相對增加了排班問題的複雜程度；1978~1986 年間，以數學規劃方式定義司機員排班問題並利用整數規劃法進行求解；1988~1993 年間利用 TRACS II 和 IMPACS 等軟體產製排班結果；而由 1990 年迄今，則隨著電腦科技進步而多方試利用巨集啟發式演算法，期以更快速的方式求解客運業排班問題，以滿足實務上之需求。

現今要解決的排班問題屬於 NP-hard 或 NP-complete 時，將無法在有限的時間內使用傳統的精確解法(Exact solution)求解大規模之問題，而傳統的啟發式解法能在短時間內先獲得一個近似解，並利用鄰域交換法或局部搜尋法改善該近似解；然而，此類方法係依循某一特定邏輯進行尋優之步驟，往往容易陷入局部解而無法找到真正的全域最佳解。因此，近數十年來有學者開始利用人工智慧(Artificial Intelligence)設計更具彈性的巨集啟發式演算法，使演算過程中能在適當的時機思考是否跳脫出區域最佳解，進而有機會找到更好的解。目前最著名且常用之巨集啟發式演算法包括：遺傳演算法(Genetic Algorithms, GAs)、模擬退火法(Simulated Annealing, SA)、禁制搜尋法(Tabu Search, TS)，以及螞蟻演算法(Ant System, AS)。夏萬春(2001)利用時空網路之概念來描述公車車輛活動的情形，並建構車輛排班模式；其中，研究模式將多項排班作業之工作實務規定列為問題求解目標而非限制條件，此方式可透過較為彈性的方式來處理實務上客運業排班工作規定，盡量滿足目標條件，但未滿足時給予一定懲罰值來控制求解結果趨近於目標。考慮之工作規定包含：工作時數最接近 8 小時、班表中的總班距最小、每組勤務以中退一次為原則、連續工作時間不超過 5 小時、中退與午餐時間配合、連續班次起迄站相同、首末班次場站相同等總成本最小，並透過權重值控制來增加各目標模式之彈性。該問題主要透過禁制搜尋法來求解，其禁制串列之設計採用先進先出(first-in and first-out)方式，演算法首先建構初始班表，然後進行班表之改善。最後以金門公車進行實例驗證，結果顯示可在短時間內有效率地完成排班作業，所得結果較人力排班方式為佳，然以電腦自動化排班作業與人工作業相比較之基準稍嫌粗略，且求解結果並未有大幅度之改善，更何況金門地區社經活動較簡樸，因此班表較為簡易，若以此直接套用於台灣地區之客運業可能較不適合。游文松(2004)之研究範圍界定於單場站多路線客運人員與車輛排班問題，並同時考量經營者與勞工權益，設定為多目標之客運人員與車輛問題。其以基因演算法為求解方法，勤務為染色體，染色體長度為總班次數，故染色體 i 之第 j 位置基因值為 1，則表示第 i 勤務執行 j 班次任務。編碼後利用貪婪法產生起始解，經由交配、突變等過程逐步改善解結果，其中利用尋偶式交配來修正傳統交配

方式產生時間衝突之問題。然以班次數為染色體長度，容易於問題規模增加時，染色體長度亦必須隨之延長，而增加記憶體且影響求解速度；且以班次為單位之編碼方式，於交換過程中容易造成時間衝突，雖利用尋偶式交配法改善衝突問題，但增加尋找可交配點、可交配對象之過程，求解時間亦有受影響之可能。陳惠筑(2006)則亦是以基因演算法來求解多場站多路線客運人員與車輛排班問題，其中包含單場站與多場站等兩類形式，而在排班過程中須將兩型態混合考慮。排班問題最重要的限制即為不可違反時間衝突，並同時考慮班次銜接是否於相同場站；而多場站排班問題相較於單場站則是增加另一收發車同站之限制，並且可考慮利用空駛機制銜接不同場站之班次，以有效利用現有資源。劉雙火(2005)以求解台鐵乘務人員排班為目標，並於研究中考慮整體工作負荷均衡、合乎勞資協商規約之工作時間、休息時間及最小的人力成本等因素，透過遺傳演算法及螞蟻演算法來進行人員排班及輪班問題之求解，並配合電腦快速之演算效率，來改善現有以人工作業之排班效率。求解結果顯示較目前人工排班方式更具效率，亦表示以基因演算法及螞蟻演算法來求解台鐵乘務人員排班問題，是可行且有效。

2.2 螞蟻演算法

螞蟻演算法的概念最早係由 Dorigo 等人於 1991 年所提出，並且運用於 TSP 問題上，當時稱為螞蟻系統(Ant Systems, AS)，其基本概念係利用螞蟻外出覓食時，在巢穴與食物所行經的路徑上，遺留下一種被稱為「費洛蒙」(pheromone)的化學物質，延續前隻螞蟻出發的後者，會依據費洛蒙的濃度決定是否依循此路徑前進。因此，螞蟻演算法是仿造真實世界的螞蟻尋找食物的行為衍生成為最佳化方法，而 1996 年經由 Dorigo 之分析與證明，螞蟻系統確實能有效率地處理最佳化問題的演算法。螞蟻演算法最初被提出時，稱之為螞蟻系統 (AntSystem, AS)，此演算法是藉由自然界螞蟻尋找食物的精神所發展出的一套法則，來求解旅行銷售員問題。當此方法被發表後，被廣泛的應用在許多組合最佳化問題上，並且不斷進行改良以強化螞蟻系統。近年來隨著螞蟻演算法之蓬勃發展，越來越多研究利用螞蟻群分工合作、多點尋優之概念，應用於求解複雜的排程問題，且螞蟻演算法具有快速收斂至近似最佳解的能力，有助於處理大規模問題之求解效率。Krzysztof(2002)提出以 max-min 螞蟻系統利用分割區域搜尋的程序來解決具有著色問題及排程問題特性之大學課程編排問題，並順利將其化為 QAP 形式求解。由於時間必須分派給許多項目，例如：一般課程、演講、輔導課程，且讓所有的學生都能參加，若課程有重疊，必須將其時間錯開，因此大學課程編排問題是屬於 NP-Hard 問題，如同是被許多次要的限制所組合的子問題；其研究結果證明螞蟻系統能比反覆之區域搜尋更能有效地編排課程。黃任由(2005)以螞蟻群最佳化方法為基礎，並且利用螞蟻群最佳化方法易於平行處理之特性，結合平行處理技術，將捷運系統運行路線與相關場站結合時間概念轉換成網路型態，並考量尖離峰列車班次銜接、衝突調整以及不同機廠之收發車平衡等特性，構建一個整合基礎班表產製及衝突調整兩個階段之班表產製演算法。Wren(1998)學者於 1998 年應用傳統螞蟻系統(Ant System)演算法中各隻螞蟻獨立搜尋的特性，平行求解司機員排班問題。文章中描述複雜的司機員排班問題如何轉化為螞蟻演算法的各項重要機制，如：節點與節線的代表、路網能見度的定義、費洛蒙矩陣的設置、路網中的螞蟻路徑，以及費洛蒙更新規則。此外，更針對了螞蟻演算法應用於求解司機員排班問題所產生的缺點，提出啟發式方法試圖改善求解品質。雖然其研究結果與排班軟體 TRACS II 產製的排班內容相比較，無較明顯的優勢，但其所提出的啟發式方法解決演算法特性問題，以及將螞蟻演算法應用於客運司機員排班作業上皆對於後續研究具有一定程度之幫助。

2.3 大眾運輸排班決策支援系統

王晉元等人(2001,2002,2003)曾透過台灣地區十多家公路汽車客運業者，運用決策支援系統架構，以建築元件(building block)觀念，建立大眾運輸車隊管理系統之核心模組，該系統包括班表產生模組、營運管理模組、與預估車輛到站時間模組及管理資訊模組，為目前國內有關車隊管理最完整之研究。其中以本研究有關之模組即為班表產生模組，模組中包括自動排班與手動排班兩種元件，由於該研究偏重於未來實務單位之可操作性，因此在自動排班元件方面透過簡單之啟發式解法迅速產生班表，再由各公司之排班人員依據經驗進行調整，故對於所產生班表之品質並未加以深入探討。蘇昭銘(2001)曾整合整數規劃求解軟體，發展捷運系統列車排班之決策支援系統，該研究主要以產製捷運系統之列車班表為主，並著重在列車衝突之調整，然由於該研究缺乏一套啟發式演算法，故未能應用在大規模之問題。Freling 等人(2001)曾利用彈性分支定價法(Flexible branch-and-price algorithm)構建一套旅客運輸之人員規劃決策支援系統，該系統可處理司機員排班(crew scheduling)及人員輪班(crew rostering)問題，該研究並以荷蘭之航空客運業及鐵路客運業之人員規劃分別做為實例測試對象，研究結果顯示該決策支援系統可提升人員規劃效率，並降低人事成本。Lin 等人(2006)曾建立一套大眾運輸單場站車輛運轉整理問題(single-depot vehicle rescheduling problem,SDVRSP)之決策支援系統，以營運與延滯成本(operation and delay costs)最小化為分析目標，進行車輛發生意外事件後之即時調度作業，該系統之模式庫係將 SDVRSP 轉換成準指派問題(quasi-assignment problem)，並整合前後雙向逼近演算法(forward-backward auction algorithm)進行模式求解工作，應由模式之調整，該系統亦可應用於單場站車輛排班問題。而在已商業化之系統方面，加拿大的 GIRO 公司所發展的 HASTUS 系統已被新加坡及香港等國家之大眾運輸業者所採用，該系統在排班方面，區分為 HASTUS-Vehicle 及 HASTUS-Crew 兩個子系統分別處理車輛排班及司機員排班問題。

2.4 綜合討論

從文獻回顧中可了解國外的客運業之營運成本結構基本上包含車輛成本與固定薪資的人員成本，因此多數的研究皆以勤務數量或使用車輛數最小作為其目標函數，藉由控制人員或車輛勤務數量來減少營運成本；然本研究透過與台灣地區客運業者的實務訪談結果得知，目前業者所考量的因素除了車輛成本以外，在處理人員薪資部份係以基本底薪，另加上各項標準之績效獎金，而可納入作為績效考量之項目則包含：實際勤務時間、行駛里程，以及載客數等；除此之外，雖然政府以法律明定工作時間有 8 小時之限制，但往往因為排班作業疏失或其他交通環境影響(如：雨天容易塞車)而導致超時駕駛之情況發生，此時則需另額外計算加班薪資給予司機員作為補償，而使業者於負擔人員薪資之變動成本亦增加。

由過去的研究中也可發現因為營業面積之差異，國外客運的營運路線較長，因此在求解車輛與人員排班問題的過程中，需考慮司機員於外地過夜之額外住宿成本，而多以人車分離之情況進行排班作業，先規劃可銜接班次之連結成為一車輛勤務，再將司機員指派於駕駛車輛來執行勤務，在車輛服務於當日勤務的過程中，司機員可於特定位置之交班點進行人員勤務之更替(1988)，而出現駕駛 AB 班共同使用一部車輛的情況。反觀國內的營運環境，行駛路線短且將車輛交由司機員負責較方便於業者管理，因此過去台灣地區之業者多採用人車合一之作業方式共同處理車輛與人員勤務；然此方式雖符合台灣客運業之經營特性，但受限於司機員工作時間之限制，將導致車輛無法達到最有效之利用，且目前的實務狀況指出單日的尖峰時段對班次之需求明顯，若欲滿足乘客之搭乘需求則將面臨尖峰加車及離峰收車需求車輛數量差距過大之窘境。因此，台灣地區客運業究竟適合何種處理方式進行排班作業，仍有待相關研究進行探討。除了目標函數與排班方式差異之外，國外與國內研究中面對相關工作限制的方式亦有所不同，國內多利用目標函數來處理工作限制以考量實務上彈性運用的情況，而國外則將各項規則設為限制條件，不可違反之。示在研究客

運業排班問題之求解方法的演進歷程一開始係利用啟發式解法求解，後以數學規劃方式定義排班問題並利用整數規劃法進行求解，其過程亦有 TRACS II 和 IMPACS 等軟體被開發用來產製排班結果，迄今則隨著科技進步而利用人工智慧之巨集啟發式演算法快速求得複雜問題之近似最佳解。而本研究欲求解之公路汽車客運業車輛與人員排班問題主要是在路線、車輛行駛時間及班表已知情況下，考慮班次銜接於時間與空間上的限制，進行車輛及人員最小化之指派作業，此可視為一組合最佳化問題；期望提出螞蟻演算法之概念，設計出適合用於處理客運車輛與人員排班問題特性的演算法；並利用系統化觀念，將場站建置，路線設計，班次設定、車輛與人員排班規劃作業及輸出結果驗證能作整合規劃，並結合地理資訊系統，最後利用友善的人機介面，讓排班作業時間減至最低。

三、車輛人員排班問題求解演算法與系統建置

本研究針對公路汽車客運業車輛人員排班問題提出螞蟻演算法來求解車輛人員勤務，以多場站多路線作為研究範圍，求解範圍包含三個(含)以上的場站為多場站型態，而在任兩場站之間擁有兩條(含)以上的不同路線，即使起、迄點相同，但其行駛距離或行駛時間有所差距時，則視為多路線型態，並求解過程中就使用車輛數、空駛機制(Deadhead)等各方面進行考量。最後利用 H 客運公司之實際營運路線及其需求班次測試演算法效能，由於本研究探討為多場站多路線之車輛人員排班問題，因此場站與場站之間的需求班次將可能產生起、迄點相同，但行駛路線相異、行駛里程與時間不同的情況。

3.1 演算法基本假設

車輛人員排班問題提出下列之基本假設：

- 一、由於各家客運業之場站以及營運環境皆有所差異，因此暫不將發車站位置、場站容量或其他硬體設施之問題納入考量。
- 二、延續上述限制，本研究假設發車位置等同於場站位置，且不限定各場站中可使用之車輛數。
- 三、於營運上，汽車客運實為經營於複雜的公路環境中，因此產生多場站及多路線的情況。
- 四、雖為多場站多路線排班問題，但各場站間之路線接為固定，且已知其行駛里程與時間。
- 五、由於考量人員必須回到原發車場站才能進行下班的動作，因此限制每日各場站所發出的車輛在結束當日勤務後應回到原發車位置。
- 六、需求班次數、場站數、路線數，以及空駛路線之相關資訊，包含路線編號、班次起迄點時間、行駛里程與時間，以及班次起迄站位置...等，皆為已知條件。
- 七、一班次僅能被一車輛勤務執行，且所有班次需求皆必須指派給車輛勤務。
- 八、班次銜接過程需符合時間衝突規定，下一班次起始時間必須大於前一班次結束時間。
- 九、班次銜接過程需合乎起迄點同場站之規定，下一班次起點必須與前一班次迄點相同；若發生前述狀況，尚可利用空駛班次進行起迄點衝突問題之排解。

3.2 演算法建置

螞蟻演算法於大眾運輸上之發展，如：將台鐵乘務人員排班及輪班問題轉化為點與點串接之 TSP 問題，利用乘務抵達與下一乘務開車時間之間隔時間作為費洛蒙之參考依據，進行乘務銜接之作業(2005)；另有應用平行處理之螞蟻演算進行列車發車時間點之班次銜接，研究結果產製列車基礎班表並排解捷運列車班表之衝突問題(2006)。本研究參考大眾運輸排程或其他排班問題之應用方式後發現客運車輛人員排班問題的主要班次銜接過程與螞蟻演算法用於求解旅行推銷員問題(TSP)中，選擇下一到達節點的方式相近，因此可將螞蟻演算法中的轉換規則在班次銜接處加以利用。此外，客運車輛人員排班主要在於班次銜接的過程中仍須考量多項成本因素，例如：車輛停等於場站中等待銜接下一班次的無營收閒置時間、人員工作時間超過法定工作時間 480 分鐘之超時工作的薪資成本，以及公路客運具有多場站多路線之特性，可利用空駛機制來達成不同場站之班次接續目的，而這些考慮要素皆存在著彼此權衡、相互牽制的複雜關係，因此本研究應用上述之特性，試利用螞蟻演算法來求解公路汽車客運業車輛人員排班問題。但其實際應用上仍存在多項限制，包含：(1)螞蟻演算法目前仍多用於組合最佳化問題上，因此若希望以螞蟻演算法來求解實務上之問題，則必須轉換為網路問題，才能適於螞蟻演算法的求解特性；(2)透過螞蟻演算法所求得之解，並不一定為最佳解，若希望能有更好的求解效果，則必須配合其他的區域搜尋規則，來強化其深度搜尋。有鑑於此，本研究擬採用螞蟻演算法為基礎，利用啟發式方法處理班次銜接與空駛里程之特性，以插入、交換以及重組等三種類型之區域搜尋方法來改善巨集啟發式演算法容易陷入區域最佳解之缺點，進而發展一套合適於客運車輛人員排班之求解演算法，期望能在短時間之內產製品質良好之車輛人員勤務工作清單，以降低公路汽車客運業之營運成本

求解演算法流程如圖 1 所示，先針對求解問題規模之場站數量、班次需求並輔以時間進行時空網路圖之建構，依各場站於班次起迄時間點繪製班次需求節線，爾後進行車輛人員勤務之排班作業。在排班的過程中，係利用螞蟻演算法之轉換規則與排班規則逐步進行車輛人員勤務之建構，且於求得完整解後，計算適應度函數值來評估其優劣，然後進行費洛蒙區域更新；當所有螞蟻皆完成求解任務後，於此群螞蟻中選出目前適應度最佳的車輛人員勤務結果，再以目前最佳解進行費洛蒙全域更新，並檢查迭代次數是否已經達到預定迭代數，若結果為是，則輸出最佳解；結果為否，則繼續進行螞蟻群車輛人員勤務建構與費洛蒙更新等程序。

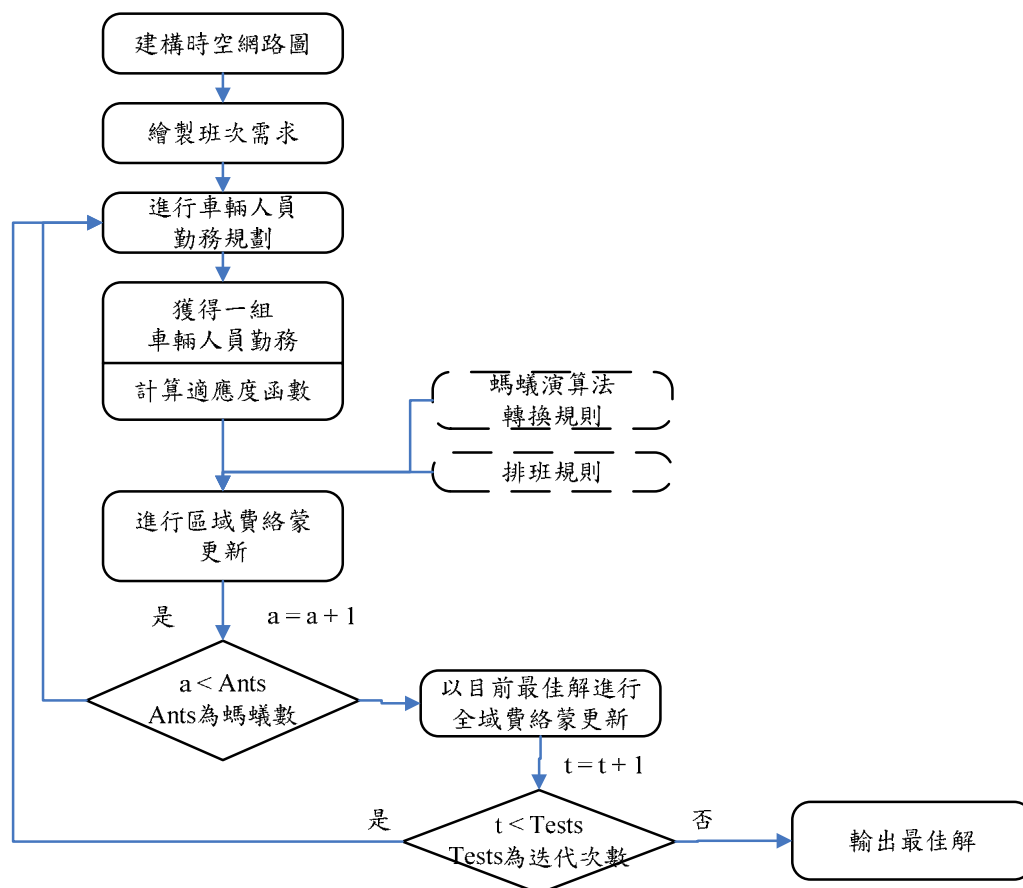


圖 1 車輛人員排班問題求解演算法

3.2.1、勤務建構

本研究演算法中，每一個勤務解則係由一隻螞蟻負責產製，產製流程如圖 2 所示，茲就詳細步驟說明如下：

- (一) 將所有需求班次資料(包含：班次發車時間與到達時間、起迄站位置)固定於時空網路圖之基礎下，首先以亂數選取任一班次作為首要勤務之起始班次，爾後進行該班次是否有可銜接班次，若為否則進行收車動作，並考慮車輛勤務之收發車是否為同場站，並考慮是否給予返回發車場站之空駛班次。
- (二) 若該班次仍有可銜接之班次，則利用螞蟻演算法之轉換規則進行下一嫌接班之選擇，選取後則判斷加入該勤務後是否使勤務時間超過工作時間限制，若超過者返回步驟一之是否仍有可銜接班次之動作；若未超過工時限制則進行班次銜接是否同場站之判斷後決定是否給予班次間空駛班次，然後持續進行班次銜接之動作，並返回步驟一之是否仍有可銜接班次之判斷。
- (三) 若為否則進行收車動作，並考慮車輛勤務之收發車是否為同場站，並考慮是否給予返回發車場站之空駛班次；於收車後判斷是否所有需求班次皆備勤務所執行完畢，若判斷結果為否，則選取需求班次中未被指派之最早班次作為新增車輛勤務之起始班次。
- (四) 爾後持續進行班次銜接之作業，直至所有需求班次皆被執行完畢，獲得一組勤務解後再利用適應度函數值來評估其勤務工作之優劣。

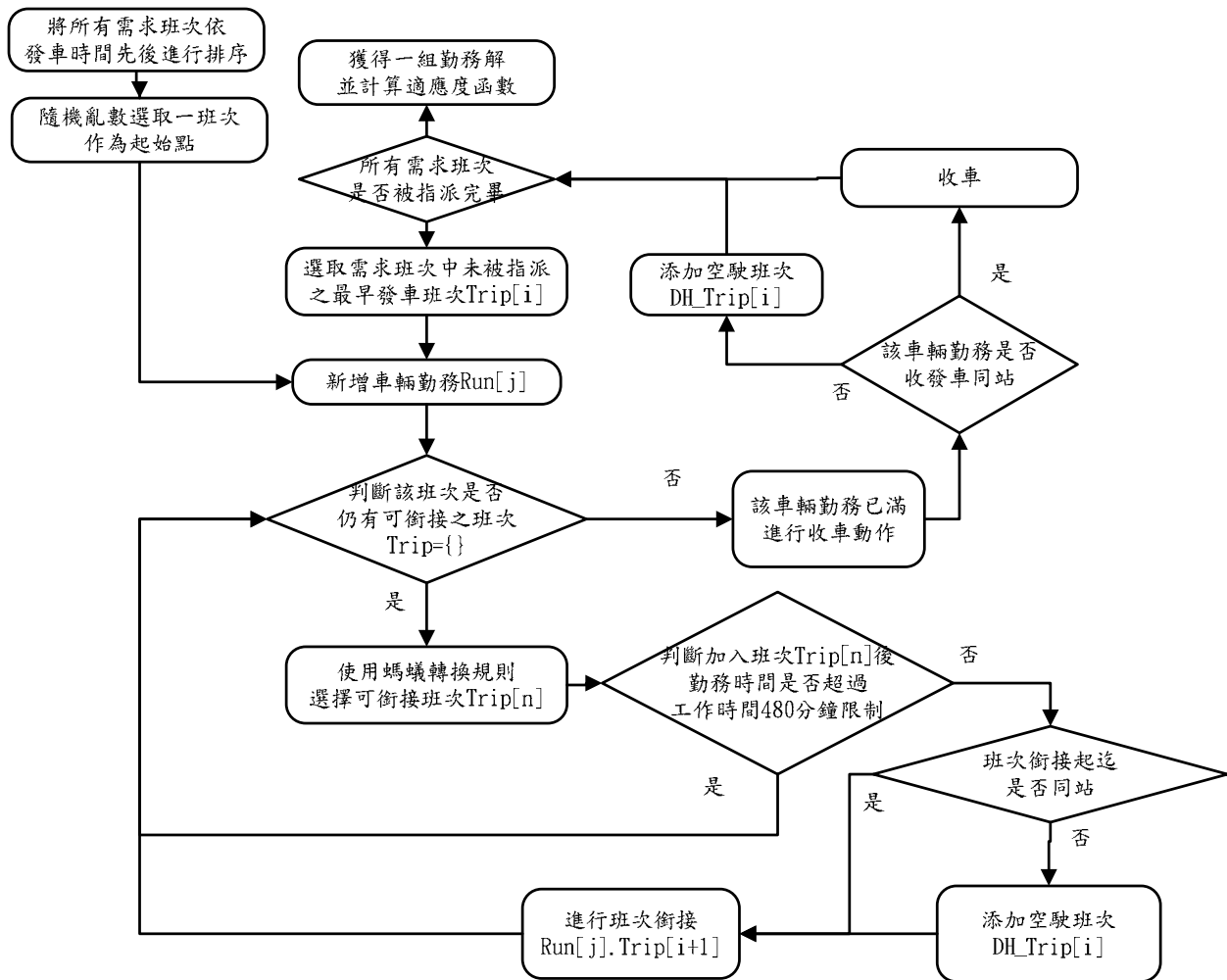


圖 2 勤務建構流程圖

3.2.2 適應度函數

建構完客運車輛人員勤務工作後，必須進行勤務之評估，以作為後續費洛蒙更新之基礎，而評估勤務解結果係使用適應度函數如式 1 所示，其中意涵詳細說明如下：

$$L = \text{勤務數} \times \text{車輛行車成本(元/分鐘)} + \text{總超時時間} \times \text{超時薪資乘數} \\ \times \text{車輛行車成本(元/分鐘)} + \text{總空駛時間} \times \text{車輛行車成本(元/分鐘)} + \text{車輛閒置時間} \times \text{車輛行車成本(元/分鐘)} \quad (1)$$

由於客運車輛人員排班問題主要在於控制總成本最低，因此本研究考慮了勤務數、無營收時間包含空駛時間與車輛閒置時間，而人員工作時間亦會增加薪資成本，因此於適應度函數中於以加入考量。

3.2.3 費洛蒙更新機制

費洛蒙更新機制最主要之目的在於將車輛人員勤務品質反應至時空路網上，品質較佳的勤務解所遺留的費洛蒙濃度較高；反之，品質較差的勤務解遺留費洛蒙則較低，而後續螞蟻進行搜尋時便以此費洛蒙做為建構車輛人員勤務的輔助資訊。費洛蒙更新機制的方式與使用時機可分為在同一迭代中的區域更新與不同迭代的全域更新，詳細說明如下：

(一)區域更新

在同一個迭代每建構一次車輛人員勤務後，針對班次與班次可能銜接之節線進行費洛蒙區域更新，主要目的在於降低費洛蒙過高的節點，減少拜訪過節線對後續螞蟻

的吸引力，最後導引螞蟻偏向發掘新路線，增加螞蟻搜尋時跳脫目前最佳解之機率，更新方式如式 2 所示，說明如下：

$$\tau_j(t+1) = (1 - \rho)\tau_j(t) + \rho\tau_j^0 \quad (2)$$

其中， $\tau_j(t)$ ：代表可銜接班次 j 在第 t 次迭代中費洛蒙值；

ρ ：代表費洛蒙揮發速度($0 \leq \rho \leq 1$)；

τ_j^0 ：代表班次 j 的費洛蒙初值($0 < \tau_j^0 \leq 1$)。

(二)全域更新

當每次完成一個迭代之後，以目前表現最佳的車輛人員勤務組合進行費洛蒙全域更新，針對此勤務解中所銜接的班次連結節線進行強化，以利後續螞蟻搜尋，更新方式如式 3 與式 4 所示，說明如下：

$$\tau_j(t+1) = (1 - \rho)\tau_j(t) + \rho\Delta\tau_j \quad (3)$$

$$\Delta\tau_j = \begin{cases} \frac{Q}{L^+} & \text{if } j \in T^+ \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

其中， $\Delta\tau_j$ ：代表目前最佳銜接組合之費洛蒙濃度；

Q ：係一常數，代表一隻螞蟻費洛蒙總量；

T^+ ：代表目前表現最佳之班表組合；

L^+ ：代表目前表現最佳之適應度函數值

費洛蒙更新方式與更新時機如圖 3 所示，當每一次車輛人員勤務產製完必後計算適應度函數，隨即進行區域更新，並且重覆此車輛人員勤務與區域更新步驟，直到每次迭代中的螞蟻皆執行完畢。爾後以目前表現最佳的車輛人員勤務組合進行全域費洛蒙更新，以強化目前最佳勤務解組合，重複迭代直到預先設定之迭代數，最後輸出最佳車輛人員勤務。

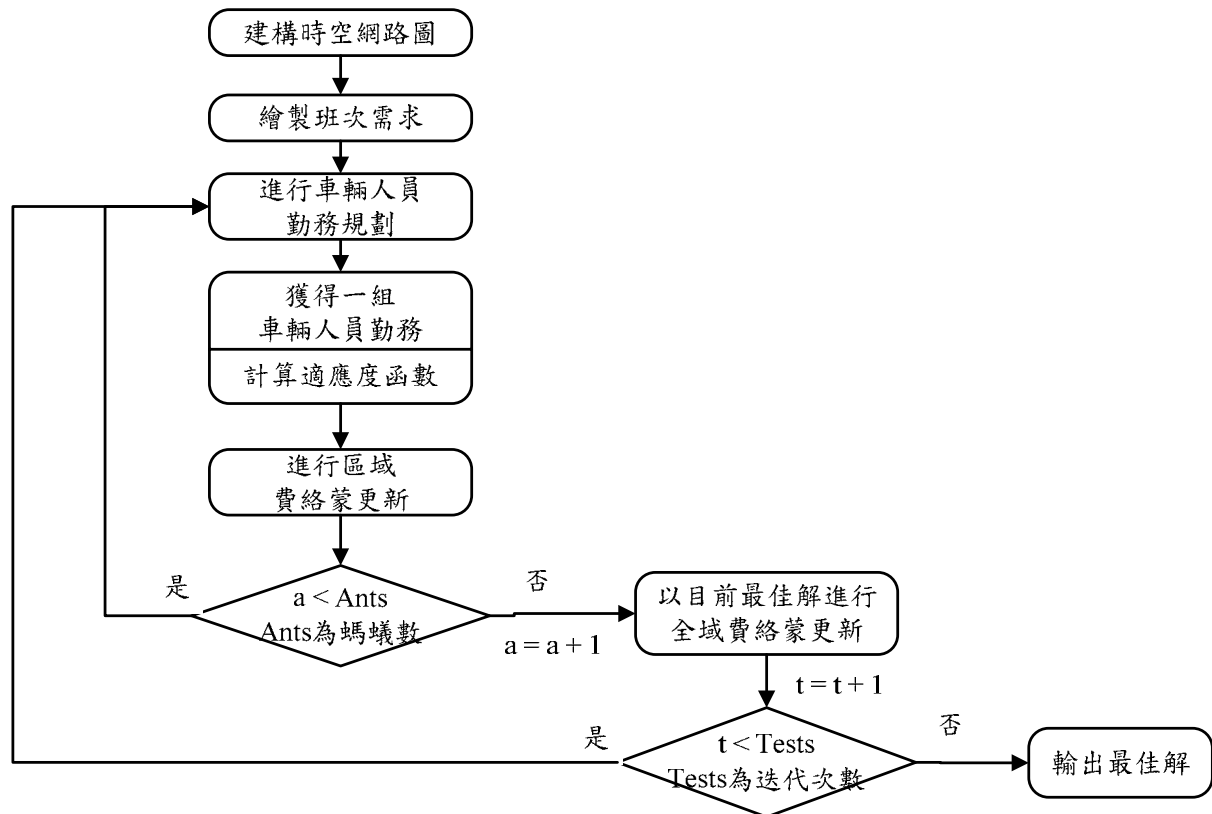


圖 3 費洛蒙更新流程圖

3.2.4 區域搜尋

本研究以螞蟻演算法為基礎進行客運業車輛人員勤務之建構，然而產製車輛人員勤務的過程中須考慮的因素與限制多，且於考量業者營運之實務情況下係屬於大規模之排班問題；除此之外，巨集啟發式演算法中的螞蟻演算法具有廣度搜尋之特性，且近年來利用螞蟻演算法所進行的研究大多加入區域搜尋方法進行解結果之改善，故嘗試採用適合客運業車輛人員排班規則之區域搜尋方法，期望進一步改善螞蟻演算後所產製出的勤務解結果。

在建構車輛勤務解的過程中，每一迭代裡的每一隻螞蟻均會依據排班規則與建構勤務之方法重新產生一組新的勤務解，而本研究所提出之區域搜尋方法即當所有螞蟻建構完勤務解後，針對每一組解進行改善。本研究所提出之區域搜尋方法係根據客運車輛人員排班規則之多場站多路線特性所設計，分別包含：班次間插入、勤務間交換及班次重組等三種不同類型之方法：

- (一) 班次間插入：本研究提出區域搜尋之班次間插入法係參考車輛排程問題之鄰域搜尋中的 Reduction 所加以改良而成，將執行班次數量最少之勤務工作內容打散後儲存於插入暫存區，爾後針對其他勤務進行探索搜尋之動作，尋找適當插入空間，將暫存區之班次分別插入其他勤務內；而此方式包含兩部分之動作，其一為暫存區班次取代其他勤務內之空駛班次後，插入適當勤務中；另一方式為搜尋其他勤務之執行工作內容是否仍有插入班次之空間，若滿足插入條件則將暫存區班次插入適當勤務中。
- (二) 勤務間交換：本研究提出區域搜尋之勤務間交換法係如同基因演算法之單點交換，取出成對之勤務工作而基於客運業車輛人員排班特性，則必須取出收發車同

站之成對勤務，否則交換後將造成勤務工作收發車場站之異動而產生不可行解；取出成對勤務後，同時搜尋可交配點位置，其中判斷是否可進行交換時必須衡量班次銜接時間不可衝突以及班次銜接起迄同站之限制；當兩勤務皆有可行之交換點則進行組間 1-1 交換；交換後仍須進行勤務工作時間是否超過法定工作時間限制，確認所有限制皆不違反之狀況下才得以進行勤務間之交換改善。

- (三) 班次重組：本研究所提出區域搜尋之班次重組法則如同基因演算法的交配池概念，將勤務解內較差的勤務拆解後，將需求班次放入重組暫存區中等待進行重組；而判斷較差勤務之標準可由使用者依據營運成本自行決定，本研究暫定為單一勤務執行班次數少於 5 個班次者與空駛班次佔勤務內所有班次數之比例大於 30%。而將班次進行重組的方法係根據客運車輛人員排班規則結合空駛機制，考慮班次銜接時的限制以及考慮加入空駛班次進行不同起迄站之班次銜接，排班的過程中考慮班次銜接限制並滿足勤務時間不得超過法定工作時間。

3.3 系統建置

由文獻回顧可知，國內尚無系統可以同時處理場站資料建置與求解排班問題，因此本研究建置之多場站大眾運輸車輛與駕駛員排班決策支援系統，除提出以巨集啟發式演算法求解車輛與人員排班問題外，並利用現行 Google 所提供之網際網路地理資訊系統應用模組，在場站建置過程中可以快速的設定場站所在位置，並儲存座標值；另一方面，管理者在求解排班問題時，可自行選擇場站及路線，並可設定求解模式與品質，最後管理可針對所求得之個別勤務，利用時空圖審視其結果是否符合需求；因此本系統包含有資料建置、排班規劃及資料輸出等三大功能，下列分別就各功能進行說明。

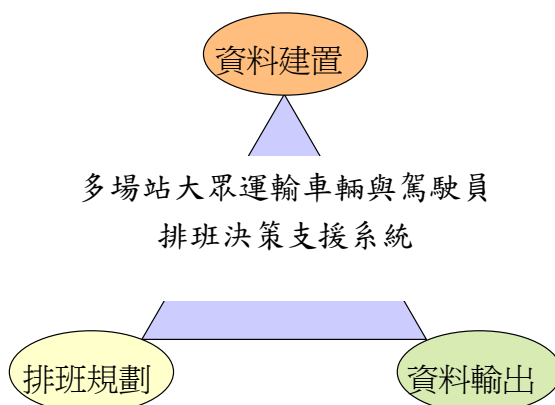


圖 4 系統架構圖

- (一) 資料建置：使用者點選「資料建置」頁籤後進入資料建置畫面(圖 5)，首先，使用者可自行選擇資料庫與班次資料表，做為資料建置的基礎；其次，管理者即可針對場站或班次進行編修作業。在場站方面，使用者可透過系統介面新增、修改或修改場站資料，並且結合 Google 所提供之網際網路地理資訊系統應用模組，因此使用者可以直接在系統中點選場站所在位置，即可得使場站座標。使用者可不需以手動輸入座標值或利用全球定位系統方式儲存場站座標，對於場站週邊環境與道路等資料均可直接掌握，對於使用者在設定場站或規劃路線時有很大的幫助。而在班次資料方面，使用者亦可透過系統介面進行新增、修改與刪除班次之基本操作，並提供全部班次列表讓使用者可以全盤審視已存之班次資料。



圖 5 資料建置畫面

(二) 排班規劃：本系統所提供之排班規劃功能可分為兩部份，首先使用者點選「資料輸入」頁籤後，先選擇資料庫與班次資料表，系統即可自動篩選班次資料表內場站與路線資料，本研究考量現行排場作業常因為場站或路線的增減，而使現行班次有所異動，因此，系統提供選擇場站與路線之功能，讓使用者可依當時之需求條件自行選擇所需的場站與路線，而系統即可依使用者所選擇之條件篩選準備進行排班規劃之基本資料。當使用者選定資料後，再點選「運算條件設定」頁籤，其中包含有：下列幾項設定功能：

- 可選擇排班過程中，班次與班次間是否可利用空駛班次進行銜接。
- 目標式設定，本研究考慮勤務數、空駛時間、超時時間，以及車輛閒置時間等成本加以計算。
- 基本限制設定，可由使用者自行輸入車輛司機員最大工作時間上限值、勤務開始之前置時間與勤務結束後之整備時間、班次與班次間銜接之休息時間，以及司機員中退時間。
- 螞蟻演算法參數設定，包含：費洛蒙濃度指數、空駛時間指數、車輛閒置時間指數、螞蟻數量、程式演算迭代次數、費洛蒙揮發參數以及轉換模式參數。
- 使用者可選擇單純以螞蟻演算法進行問題之求解，或者利用螞蟻演算法結合插入法、交換法以及重組法等不同的區域搜尋法，並依不同順序來求解車輛人員排班問題。

使用者可有多項設定選擇，並可依不同條件的產出結果，其中包含：場站與路線數量、勤務數、勤務時間標準差、總超時時間、空駛個數與總空駛時間以及程式求解時間等，使用者可利用各項參數結果做為排班的參考。最後，系統可將每次排班運算成果輸出成文字檔格式，讓使用者可彈性使用排班成果，而並會受限於資料格式造成使用上的困難。



圖 6 資料輸入畫面



圖 7 運算條件設定畫面

(三) 資料輸出：本系統除可提供整體排班運算成果分析數據外，亦可提供個別勤務之分析數據(圖 8)，可讓使用者可快速的獲得各勤務的排班成果，其中包含有總班次數、空駛次數、首班車時間、末班車時間、總勤務時間、總工作時間、總空駛時間、工作時間勤務時間比及收發車站，亦提供該勤務之詳細資料及圖形化之服務勤務時空圖。使用者可透過不同的參數了解每個勤務的執行效率，並可經由圖形化之服務勤務時空圖，對於正常班次(實線)、空駛班次(虛線)、班次銜接等情況均可立即明瞭，讓使用者不再需要憑空想像或自行繪製時空圖以檢視班次是否符合需求及效率。

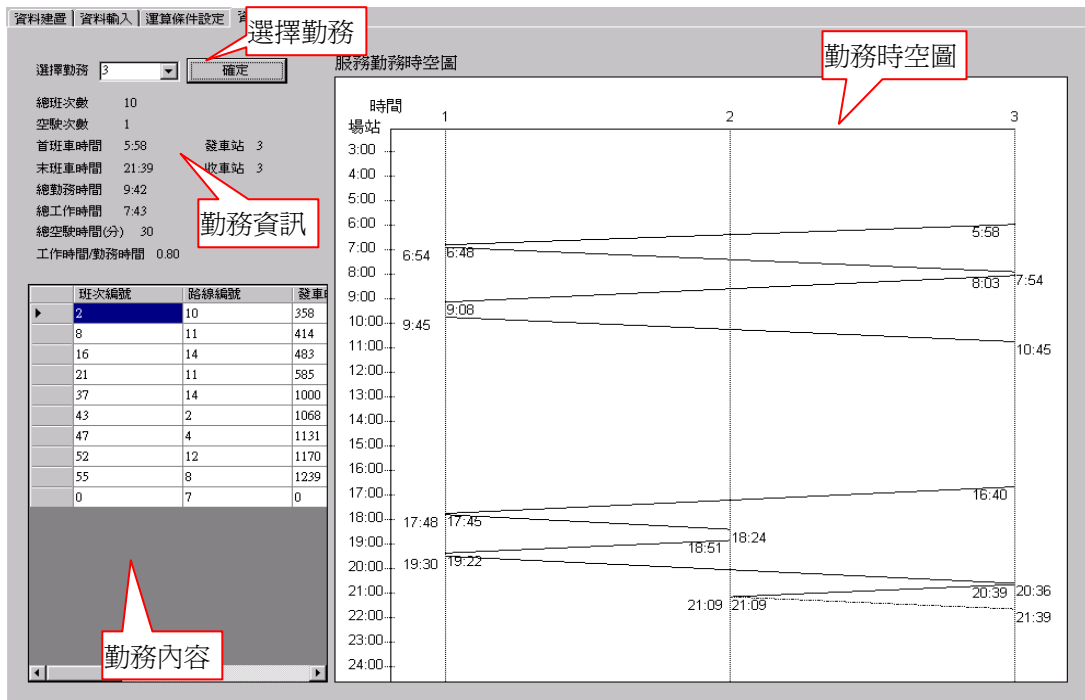


圖 8 運算條件設定畫面

四、 實例研究

4.1 演算法測試

為驗證本研究建構演算法應用於客運業車輛人員排班問題之正確性與效率性，將以 H 客運「新竹－竹東－內灣」營運路線與「新竹－竹東－關西」之需求班次為實例進行測試。其中「新竹－竹東－內灣」路線之緣起乃因應台鐵新竹內灣線鐵路將採高架化設計，暨時施工需全線停駛，因而產生通勤族接駁之一大問題，故台鐵與 H 客運進行協商，依據鐵路局所提供內灣線現行時刻表與單位小時運量，規劃一「內灣－新竹」客運接駁路線，包括 3 個場站、15 條行經路線，每日約有 60 個班次進行服務，其營運服務內容如圖 4.1 所示，發車場站為新竹、竹東與內灣，共計有「新竹-竹東」、「竹東-內灣」、「新竹-內灣」與「新竹-竹東-內灣」四條營運路線。透過訪談結果，得知業者在進行排班作業中，首要目標為總成本最小，即代表在固定成本與行駛里程數不變下，業者會在允許範圍內增加司機員之執勤時間，以設法降低須派遣車輛數，故本研究擬以勞基法所規定之標準工作時間八小時作為測試基準，進而將標準工作時間放寬至實務最大勤務時間，以期達到貼近實務求解結果。

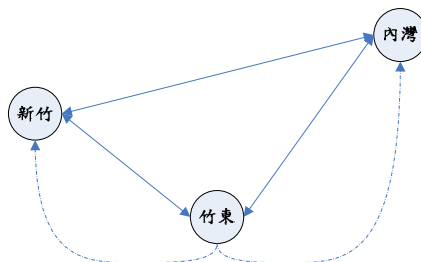


圖 8 「新竹－竹東－內灣」路線示意圖

為測試執行不同演算法之先後順序差異是否對於求解結果產生影響，因此將螞蟻演算法與三種區域搜尋法進行排列組合，其目的分別為：勤務間交換法則為了解降低勤務時間標準差，班次間插入與班次重組則是期望能減少勤務數量並使勤務成本達到最大效益。並藉以獲得各種求解策略規劃，對螞蟻演算法進行提高機率選擇班次銜接可能性，及客運業車輛人員排班目標值與求解時間之影響。此外，根據排班規則亦可將班次銜接過程設定為班次間是否得以使用空駛班次進行銜接，在過去的排班作業方式大部分係將多場站車輛人員排班問題簡化為單場站之型態進行排班，因此並無將空駛班次納入車輛人員勤務中；但近年來藉由學術研究及實務上對於車輛人員排班作業之改進，已多將空駛機制納入公路汽車客運車輛人員排班作業中，期望能利用空駛班次來提高班次間銜接之可能性，然而空駛班次畢竟需耗費額外的人員及油耗成本，並且容易使乘客對客運業者造成心理層面上的影響，因此本研究研提兩種方案進行空駛班次相關測試分析，其方案一為DH，於演算法產製車輛勤務時，將空駛班次加入班次銜接過程中以及勤務結束時透過空駛機制使車輛得以返回原發車場站；另一方案為NDH，僅於勤務結束時加入空駛班次，以滿足收發車同站之排班規則。

為評估螞蟻演算法應用於客運車輛人員排班問題所求得勤務工作之優劣性，本研究選擇評估指標之重要性排序如下，依次為：勤務數、空駛時間、超時工作時間、勤務時間標準差等四項評估指標，評估指標定義如下：

- ◆ 勤務數：由於車輛購置成本遠大於營運成本，因此對於車輛勤務數之權重必須在衡量其他標準之上。
- ◆ 空駛時間：車輛空駛的過程屬於無營收時間，且仍需負擔油耗等營運成本，因此在非必要情況下，盡量避免車輛產生空駛的狀況；然適當的空駛得以幫助起迄非同站之班次進行銜接，因此仍可允許空駛班次產生。
- ◆ 超時工作時間：人員之工作時間超過法定工時限制 8 小時者，其薪資乘數亦產生變動，將導致人員薪資成本增加；然適當的超時工作時間可有助於減少車輛勤務數量，因此在車輛數與超時工時之權衡下，仍應以車輛數為主。
- ◆ 勤務時間標準差：基於人員工作之公平性原則，期望所得各勤務之勤務時間長度差異不要過大，以維持各員工之工作量均等。

詳細測試過程及分析結果於鄭佳珮(2008)中有詳細敘述，而所求得的最佳解與實務排班結果進行比較後發現，雖然能在短時間內獲得與實務解結果相同的最小勤務數，顯示本研究演算法之正確性及效率，然而在其他次要目標部份，如：空駛個數及總時間、總超時工作時間等皆無法低於實務解結果，因此提供下列幾項經驗作為未來可進行之研究方向：

- (一) 簡化螞蟻演算法參數設定：雖然螞蟻演算法兼具廣度與深度搜尋之特性，因此能迅速收斂成一可行解，對於需要快速求解的問題而言，是一種具有效率又能快速求得近似最佳解的演算法，但在演算法設計過程中必須制定的參數值過多，且參數值設定值又無法確保能完全反映至求解問題上，此外參數之設定僅能以試誤法來測試，將耗費研究者許多時間與精神，因此建議後續研究者應對螞蟻演算法之參數設定部份應多加著墨，參考得以改良參數設定之方法如：田口法等，尋找更能合乎求解問題之參數設定方式並準確設定符合問題特性之參數值。

- (二) 使用班次群組(Block)方式縮小求解範圍：將實務解內容與本研究求得最佳解內容相比較結果發現有部分的班次組合重複出現於實務解與本研究最佳解中，顯示特殊的班次組合容易產生較低成本之解結果，因此未來若進行排班作業時，可考慮以班次群組之方式先將適當的班次組合進行串聯，後僅需要針對班次組合間的銜接過程進行求解，不僅可能產生較佳解結果，更能縮小求解範圍進而減少求解時間。
- (三) 改善區域搜尋之暫存區內容挑選方式：區域搜尋屬於啟發式改善法，因此可產生許多不同的變化，本研究中針對三種方法皆提出不同的方式挑選勤務置入暫存區內，其內容分別為：班次間插入法僅挑選螞蟻解結果之最短勤務；勤務間交換為挑選最短勤務以及與最短勤務發車站相同之最長勤務進行成對交換；班次重組則是將較差勤務皆放入暫存區內。以下為根據三種區域搜尋法建議未來研究者可改良之方式：
- 班次間插入：可參考重組法將解結果中較差之勤務內容皆挑選至插入暫存區內，進而提高填補班次間車輛閒置時間之機會。
 - 勤務間交換：不僅使用成對交換法，亦可將所有同發車場站之勤務皆置入交換暫存區內進行多組群組間交換，使各勤務時間長度更為平均。
 - 班次重組：本研究中將單一勤務執行班次數少於 5 個班次以及空駛班次佔勤務內所有班次數之比例大於 30%者視為較差勤務，此部分可依使用者分析成本效益後進行修正。基於空駛成本考量，故本研究建議單一勤務內擁有兩個以上的空駛班次即可視為較差勤務。
- (四) 四、改善區域搜尋進行方式：除暫存區之選擇方式可改變外，進行區域搜尋的內容亦可有所變化，如：插入點的選擇、交換點的選擇，以及重組時所使用的排班方式皆可再進行不同的測試，以驗證最佳區域搜尋方式。
- (五) 五、空駛時間與勤務時間標準差之關係：由於求解目標中不僅包含勤務個數、超時工作時間、空駛時間以及勤務時間標準差，因此在演算法測試過程裡發現求解結果出現一特殊現象，即為空駛時間增加而使得勤務時間標準差下降，但整體解結果卻不見明顯改善之情況。因此未來在求解多目標問題中，使用單一成本函數求解時，必須審慎注意目標之間是否產生交互影響作用，避免求解結果不甚理想。

在區域搜尋過程中設定改善的條件越嚴格，將更能顯現區域搜尋法之效益，亦能獲得更好的求解結果，但也將耗費更多的時間於改善巨集啟發解結果上，因此在求解時間與解結果品質之間的權重仍依靠使用者針對成本效益進行衡量。

4.2 人機介面測試

本系統之人機介面設計理念係以簡單明瞭的直覺式操作為準則，並在不增加額外成本為條件下加入網路網路地理資訊系統，讓使用者可以直接於系統中之電子地圖點選場站所在位置後，即可將場站座標儲入資料庫中。並在新增場站後可立即進行班次編修作業，使

用者無需切換不同系統即可完成相關作業。使用者設定排班運算條件及演算法執行參數後，即可經演算法做排班運算後，系統可提供運算成果相關參數供使用者參考，並提供圖形化之勤務時空圖，讓使用者由時空圖即可明瞭個別勤務之執行效率，最後並將運算成果輸出為單純文字檔，使用者將不受檔案格式限制可進行其他分析或應用。由人機介面測試結果可知，使用者之輸入資料如場站座標、班次資料等，可將資料正確的儲存至資料庫中，並提供正確資料進行排班運算，而在排班運算後所產出之結果，透過人工驗證後可得其分析數據及勤務時空圖均能正確提供使用者做決策參考。

五、 結論與建議

過去學者曾利用傳統 AS 螞蟻系統進行客運車輛排班，然因可選擇銜接點過多而產生結果較不如預期；近年來，已有許多針對螞蟻演算法進行改良之策略，因此本研究提出以螞蟻演算法求解客運業車輛人員排班問題。將客運業車輛人員排班問題結合時間與空間概念，換成時空網路型態，並利用螞蟻演算法能快速求解組合最佳化問題之特點，提出一適用於建構車輛勤務工作內容之螞蟻演算法。其演算法主要係以轉換規則結合多場站多路線特性之空駛機制進行班次銜接時的選擇，使班次銜接過程中可持有機率性之選擇方式，並且利用費落蒙更新機制提高適應度函數較佳之班次組合其被選取的機率，經過多次迭代之後收斂至近似最佳解。而根據客運業車輛人員排班規則提出適用於改善車輛勤務解結果之區域搜尋方法，包含：班次間插入、勤務間交換以及班次重組；其中班次間插入與班次重組可有效減少勤務數與空駛班次個數，並降低勤務時間標準差；勤務間交換則改善勤務時間標準差之缺點，透過實例方案測試後證實此三種方法對於改善螞蟻演算法所產生之解結果具有降低勤務時間標準以及減少勤務數量、空駛個數與時間之效益。經實例測試驗證結果顯示，本研究所提出之演算法能快速求解車輛人員排班問題，能於短時間內即求出與實務排班結果相同之車輛勤務數量；且提出之區域搜尋改善法亦有效改善螞蟻演算法之求解深度不足之缺點，進而獲得更好的解。

本研究亦提出整合式人機介面之決策支援系統概念，將場站建置、班次管理、排班運算及分析結果整合於同一系統中，使用者無須再利用全球定位系統、地理資訊系統等各種不同軟硬體設備即，並且可在不增加額外成本情況下完成相關作業，讓客運業者在成本高漲的環境中，可以快速及低成本的情況下完成場站及班次管理作業。

由於螞蟻演算法具有快速收斂至近似解與能跳脫區域最佳解等特性，因此本研究利用該法進行車輛勤務工作之建構，故建議未來後續研究亦可利用有類似特性之演算法(如：粒子演算法)進行演算法之建構，由於螞蟻演算法之參數相當多，而面對求解不同的問題亦應該提出其適合的參數組合，因此對於求解前置作業之參數設定部份之工作甚為繁複，故應後續研究者尋找更能合乎求解問題之參數設定方式並準確設定符合問題特性之參數值。

參考文獻

1. 夏萬春(2001)，「禁制搜尋法於車輛排班之探討」，高雄第一科技大學機械與自動化工程系碩士論文。
2. 陳家和、丁慶榮(2006)，「應用多蟻群演算法求解 P-中位問題之研究」，中華民國運輸學會第二十一屆學術論文研討會，第 1574~1588 頁。
3. 陳惠筑(2006)，「公路汽車客運多場站人員與車輛排班問題」，中華大學運輸科技與物流管理學系碩士班論文。

4. 游文松(2004),「公路客運人員與車輛排班之研究」,中華大學科技管理研究所碩士論文。
5. 黃任由(2005),「應用平行螞蟻演算法求解捷運列車班表問題之研究」,中華大學科技管理研究所碩士論文。
6. 劉雙火(2005),「結合基因演算及螞蟻最佳化系統於台鐵乘務人員排班問題之研究」,明新科技大學企業管理學系碩士論文。
7. 鄭佳珮(2008),「螞蟻演算法求解公路汽車客運業車輛人員排班問題」,中華大學運輸科技與物流管理學系碩士班論文。
8. 蘇昭銘、郭旻鑫、程培倫(2001),「捷運系統列車排班決策支援系統」,運輸計劃季刊,第三十卷,第二期,第409-438頁。
9. Freling, R., J. M. Pinto Paixao, and A. P. M. Wagelmans(2001), "Models and algorithms for vehicle scheduling", *Transport. Sci.*, 35, 165~180.
10. Krzysztof, S., Joshua, K., and Michael, S.(2002),"A max-min ant system for the university course timetabling problem", Springer-Verlag Berlin Heidelberg , CS 2463, pp. 1-13.
11. Lin-Yu, Tseng and Shih-Chieh, Chen(2006), "A hybrid metaheuristic for the resource-constrained project scheduling problem," *European Journal of Operational Research* 175:pp.707~721. (2006)
12. Transit Cooperative Research Program (TCRP) Report 30: Transit Scheduling: Basic and Advanced Manuals(1988).
13. Wren, A.(1998), "Heuristics ancient and modern: Transport scheduling through the ages", *J. Heuristics*, 4, 87-100.

計畫成果自評

本研究經由實際客運業者訪談後所得到之車輛人員排班需求條件，利用螞蟻演算法結合多種區域搜尋法則進行求解，並透過參數分析與測試所得之最佳運算參數，可知螞蟻演算法於車輛人員排班作業中已可在短時間內求得最佳解，並且利用友善之人機介面將車輛人員排班問題由場站建置、班次設定、排班運算至成果分析，皆整合於同一套系統內，可增加使用者在處理車輛人員排班作業之效率。其成果已實際發表一篇碩士論文，並已被中華民國運輸學會2008年年會暨學術論文國際研討會所接受，而研究成果亦符合預期目標，而後續仍可針對螞蟻演算法及人機介面做深入研究。

出席國際學術會議心得報告

計畫編號	NSC 96-2221-E-216 -017 -
計畫名稱	多場站大眾運輸車輛與駕駛員排班決策支援系統之研究
出國人員姓名 服務機關及職稱	張志鴻 中華大學科技管理研究所博士候選人
會議時間地點	97年4月6日至97年4月8日中國海南島三亞市
會議名稱	2008 IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control
發表論文題目	Development of Trip Planning Systems on Public Transit in Taiwan

一、參加會議經過

本次會議是在中國海南島三亞市舉辦的 2008 IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control 國際研討會。本次會議的時間為 2008 年 4 月 6 日至 4 月 8 日，內容包含三十二個大主題，分別如下：

1. Control theory and application
2. Embedded systems
3. Emergency response and homeland security
4. Formal methods and application
5. Fuzzy modeling and control
6. Grid and cluster computing
7. Image processing
8. Mobile networks
9. Multi-agent systems
10. Networked control
11. Networks and applications
12. Neural networks
13. Novel system design and development
14. Pattern recognition
15. Robotics and control
16. Routing
17. Security
18. Sensor design and application
19. Collaborative product development
20. Intelligent multimedia information system
21. Analysis of neural data
22. Biomedical signal analysis
23. Computational intelligence in robotics

24. Humanized systems
25. New ideas and new challenges for business
26. Recurrent neural networks
27. Service oriented computing
28. Ubiquitous computing
29. System performance and optimization
30. Target tracking systems
31. Web services
32. Wireless sensor networks

本次會議提供了一個相當好的知識交流平台，提供與會的研究者交換最新的研究成果，並討論無線網路、感測器與智慧車控制等在未來的研究方向與趨勢。整體而言，會議所涵蓋的範圍包含了控制理論和應用、嵌入系統、模糊模型化和控制、生物訊號分析，類神經網路、無線網路等等，各領域的學者一堂共同討論各種不同領域的最新研究成果與應用，對於未來在智慧化系統、自動控制與類神經系統的研究也有很大的助益。本次會議的投稿論文約為1000餘篇，總共錄取的篇數為355篇，約為30%。總共的作者人數為1223人，分佈在十八個不同的國家，被錄取的文章中，數量最多的是中國大陸，其次為美國，台灣僅四篇，其餘國家如挪威、越南、法國篇數皆少於四篇。與其他與會人員討論的結果，認為主要的原因可能是與本次會議的地點與籌備會人員國籍有關，造成非籌備人員國籍參與作者較少的情況。

此行最大的收穫為獲得各個國家在智慧化偵測與控制相關研究上最新的發展趨勢，雖目前研究方向並非偏向於硬體研究，但對智慧化偵測與控制有深入了解，對於今後研究計畫中，有關大眾運輸系統技術中需配合的各項新技術能整合於未來研究計劃中，對於研究方向的規劃將有莫大的助益。本次會議由於主題眾多，但會議時間僅為三天，因此需將論文發表議程多數整合於同一時段中發表，這在一般國際會議中是較為少見的，因為通常的會議時間多為三天，但是也因為大會將時間拉長，因此在會議議程時間重疊的情況。僅能參於有興趣或未來可能應用之論文進行聆聽。

二、與會心得

論文心得

1. A wireless network based on the combination of Zigbee and GPRS(Shen Lin, Shi xiangquan Ling Ming): 文章結合 GPRS 和 ZigBee 建立在開闊地區利用 GPRS 作為數據傳輸設備的一個多模式的網路架構，而在局部地區使用 ZigBee，此網路架構，提供在安裝無線網路於終端設備，遠端設備與個人配件之間，簡單與自由的使用。
2. Capacity, Delay and Mobility in Hybrid Wireless Networks(Qinyun Dai, Lu Rong, Honglin Hu):在本文作業建立一個靜止的節點和移動的節點的新混合的網路模型，此相較於之前研究較為實際。而作者提出新鋪設政策基於延遲，將可在某種程度上做為實時輸送保證。
3. Genetic Particle Swarm Optimization Based on Multiagent Model for Combinatorial Optimization Problem(Yalan Zhou, Jiahai Wang and Jian Yin):此篇文結合多代理人系統和遺傳粒子蜂群最優化(GPSO)，並提出建立於多代理人之遺傳粒子蜂群最優化(MAGPSO)，在 MAGPSO 裡，代理人對 GPSO 和候選解最佳化問題的方法以描述一個粒子。為了迅速獲得最佳的解決辦法，代理人彼此競爭並與結合鄰近結。為證明求解效率，作者利用

組合最佳化問題，將兩部分解構成的 subgraph 問題上進行。測試結果顯示 MAGPSO 可與代理人相互作用，其演化機制更優於其他分離的粒子群算法有性能優越。

自行報告心得：

此次參於報告題目為 Development of Trip Planning Systems on Public Transit in Taiwan，並於4/6日下午14:45進行報告，由於為首次參與國際研討會並上台報告，雖在報告前已進行多次練習，但在報告完畢後，仍當時心情相當緊張且因水土不服而身體不適，因此忘記當時報告過程。事後檢討自己仍需加強心理建設，以面對在各種不同場合中可自在的進行報告及回答問題。

其他心得：

此次為學生首次個人單獨出國參加國際研討會，雖然前往地點為同文同種的中國大陸地區，但心情仍是緊張多於興奮。但由於在第二天因水土不服而發生嚴重腹瀉，所以並無法完整的參與研討會，這是此行最遺憾的地方。

出席國際學術會議心得報告

計畫編號	NSC 96-2221-E-216 -017 -
計畫名稱	多場站大眾運輸車輛與駕駛員排班決策支援系統之研究
出國人員姓名	張志鴻
服務機關及職稱	中華大學科技管理研究所博士候選人
會議時間地點	97年4月6日至97年4月8日中國海南島三亞市
會議名稱	2008 IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control
發表論文題目	Development of Trip Planning Systems on Public Transit in Taiwan

一、參加會議經過

本次會議是在中國海南島三亞市舉辦的 2008 IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control 國際研討會。本次會議的時間為 2008 年 4 月 6 日至 4 月 8 日，內容包含三十二個大主題，分別如下：

1. Control theory and application
2. Embedded systems
3. Emergency response and homeland security
4. Formal methods and application
5. Fuzzy modeling and control
6. Grid and cluster computing
7. Image processing
8. Mobile networks
9. Multi-agent systems
10. Networked control
11. Networks and applications
12. Neural networks
13. Novel system design and development
14. Pattern recognition
15. Robotics and control
16. Routing
17. Security
18. Sensor design and application
19. Collaborative product development
20. Intelligent multimedia information system
21. Analysis of neural data
22. Biomedical signal analysis
23. Computational intelligence in robotics
24. Humanized systems

25. New ideas and new challenges for business
26. Recurrent neural networks
27. Service oriented computing
28. Ubiquitous computing
29. System performance and optimization
30. Target tracking systems
31. Web services
32. Wireless sensor networks

本次會議提供了一個相當好的知識交流平台，提供與會的研究者交換最新的研究成果，並討論無線網路、感測器與智慧車控制等在未來的研究方向與趨勢。整體而言，會議所涵蓋的範圍包含了控制理論和應用、嵌入系統、模糊模型化和控制、生物訊號分析，類神經網路、無線網路等等，各領域的學者一堂共同討論各種不同領域的最新研究成果與應用，對於未來在智慧化系統、自動控制與類神經系統的研究也有很大的助益。本次會議的投稿論文約為1000餘篇，總共錄取的篇數為355篇，約為30%。總共的作者人數為1223人，分佈在十八個不同的國家，被錄取的文章中，數量最多的是中國大陸，其次為美國，台灣僅四篇，其餘國家如挪威、越南、法國篇數皆少於四篇。與其他與會人員討論的結果，認為主要的原因可能是與本次會議的地點與籌備會人員國籍有關，造成非籌備人員國籍參與作者較少的情況。

此行最大的收穫為獲得各個國家在智慧化偵測與控制相關研究上最新的發展趨勢，雖目前研究方向並非偏向於硬體研究，但對智慧化偵測與控制有深入了解，對於今後研究計畫中，有關大眾運輸系統技術中需配合的各項新技術能整合於未來研究計劃中，對於研究方向的規劃將有莫大的助益。本次會議由於主題眾多，但會議時間僅為三天，因此需將論文發表議程多數整合於同一時段中發表，這在一般國際會議中是較為少見的，因為通常的會議時間多為三天，但也因為大會將時間拉長，因此在會議議程時間重疊的情況。僅能參於有興趣或未來可能應用之論文進行聆聽。

二、與會心得

論文心得

1. A wireless network based on the combination of Zigbee and GPRS(Shen Lin, Shi xiangquan Ling Ming): 文章結合 GPRS 和 ZigBee 建立在開闊地區利用 GPRS 作為數據傳輸設備的一個多模式的網路架構，而在局部地區使用 ZigBee，此網路架構，提供在安裝無線網路於終端設備，遠端設備與個人配件之間，簡單與自由的使用。
2. Capacity, Delay and Mobility in Hybrid Wireless Networks(Qinyun Dai, Lu Rong, Honglin Hu):在本文作業建立一個靜止的節點和移動的節點的新混合的網路模型，此相較於之前研究較為實際。而作者提出新鋪設政策基於延遲，將可在某種程度上做為實時輸送保證。
3. Genetic Particle Swarm Optimization Based on Multiagent Model for Combinatorial Optimization Problem(Yalan Zhou, Jiahai Wang and Jian Yin):此篇文結合多代理人系統和遺傳粒子蜂群最優化(GPSO)，並提出建立於多代理人之遺傳粒子蜂群最優化(MAGPSO)，在 MAGPSO 裡，代理人對 GPSO 和候選解最佳化問題的方法以描述一個粒子。為了迅速獲得最佳的解決辦法，代理人彼此競爭並與結合鄰近結。為證明求解效率，作者利用組合最佳化問題，將兩部分解構成的 subgraph 問題上進行。測試結果顯示 MAGPSO 可與代理人相互作用，其演化機制更優於其他分離式的粒子群算法。

自行報告心得：

此次參於報告題目為Development of Trip Planning Systems on Public Transit in Taiwan，並於4/6日下午14:45進行報告，由於為首次參與國際研討會並上台報告，雖在報告前已進行多次練習，但在報告完畢後，仍當時心情相當緊張且因水土不服而身體不適，因此忘記當時報告過程。事後檢討自己仍需加強心理建設，以面對在各種不同場合中可自在的進行報告及回答問題。

其他心得：

此次為學生首次個人單獨出國參加國際研討會，雖然前往地點為同文同種的中國大陸地區，但心情仍是緊張多於興奮。但由於在第二天因水土不服而發生嚴重腹瀉，所以並無法完整的參與研討會，這是此行最遺憾的地方。