

國立交通大學
運輸科技與管理學系
碩士論文

計程車招呼站服務範圍劃分之研究

Partitioning Service Areas of Taxi Stations



研究生：陳威豪

指導教授：王晉元

中華民國 九十五年 六月

計程車招呼站服務範圍劃分之研究
Partitioning Service Areas of Taxi Stations

研究生：陳威豪

Student：Wei-Hao Chen

指導教授：王晉元

Advisor：Jin-Yuan Wang

國立交通大學
運輸科技與管理學系
碩士論文



Submitted to Department of Transportation Technology and Management

College of Management

National Chiao Tung University

in partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master

in

Transportation Technology and Management

June 2006

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十五年六月

計程車招呼站服務範圍之研究

學生：陳威豪

指導教授：王晉元

國立交通大學運輸科技管理學系碩士班

摘 要

招呼站派遣為計程車業者主要的派遣方式。為減少空車營運成本、提高派遣效率，車行人員逐漸重視招呼站服務範圍的規劃，並使得各招呼站之間的差異能夠縮小；因此對於管理者而言，如何劃分招呼站服務分區是個重要的課題。

本研究旨在提出一個規劃招呼站服務分區之方法，根據計程車業者之需求，考量(1)總載客量；(2)招呼站之間的載客差異；(3)招呼站之間的乘客平均等候時間差異；(4)分區形狀等因素，設計一個符合使用者自行設定偏好之分區模式。研究中應用禁忌搜尋演算法(tabu search)，提出鄰近搜尋、禁忌名單、解禁規則、終止條件等四大模組進行求解，分區模式引入決策支援之觀念，讓使用者能自行修正劃分後之結果。

經車行所提供之需求資料實例求解，所獲結果可驗證此分區模式之可用性，並且優於目前車行所使用之方式，在實務上確實能發揮其效用。此外，透過彈性分析，本研究證實模式具有足夠之彈性以滿足使用者自行調整期望之分區，並利用 GIS 工具加以檢視輸出之結果，供車行管理者作為參考。

關鍵字：招呼站、計程車派遣、禁忌搜尋法

Partitioning Service Areas of Taxi Stations

Student : Wei-Hao Chen

Advisor : Jin-Yuan Wang

Department of Transportation Technology and Management
National Chiao Tung University

Abstract

Station dispatching is an important operation model for taxi companies. A good station partition strategy can increase the operation efficiency, increase total income, and reduce customer waiting time.

This research proposes a model to partition service areas of taxi stations while considering total demands, passengers for each depot, customer waiting time and the shape of each area. Tabu search algorithm is adopted to solve the proposed model. Moreover, a decision support system based operation environment is provided for users to evaluation different partition strategies.

This research use both real world and simulation data for our evaluation purpose. The simulation data testing shows that our model provides adequate flexibility for accommodation various decision styles. The real work data testing demonstrates that the proposed model can improve the exiting stations partition.

Keywords : Depot, Taxi dispatching, Tabu Search

誌 謝

本篇論文能夠順利完成首先要感謝的是指導教授 王晉元老師，帶領學生從懵懂無知到能夠獨立瞭解問題的本貌，窺視研究的真諦。在研究與課業外，老師也都能提供生活上的幫助，使得學生得以從中獲得啟發以及寶貴的經驗。更感謝老師在研究所兩年的生涯中，不厭其煩地指正、耐心地教導學生，對於老師無私的付出，永誌在心，感謝溢於筆墨，僅此致上最誠摯的謝意。

感謝成功大學交通管理科學系 胡大瀛老師與中華大學運輸科技與物流管理學系 蘇昭銘老師，最後在論文口試時給予細心審閱並加以指正，使得本論文更臻完整；感謝交大運管系 謝尚行老師、運輸研究所 吳東凌學長在論文進度報告期間對於學生的建議與指正，在此表達由衷的謝意。

感謝實驗室學長大師兄、小松、彥佑、hoho 在研究遭遇挫折期間給予諸多協助與討論；感謝實驗室夥伴思文、瑞豐、嘉英、小翔、至浩、思敏、韻佳、文誠、亞蘭在研究所生活上的協助與陪伴；感謝我的同學柏廷、建元、新隆、妮臻、郁凱、子長、承軒、家銘陪我渡過在交大學習的快樂時光；感謝我的室友蔚震、仲賢、懋勳在七舍生活了兩年，陪我歡笑了兩年，能與各位一起相處是非常值得高興的事情，也從你們身上得了不少快樂的回憶。

感謝我的家人們，感謝一直支持我並供我唸書的父母親，讓我無後顧之憂將學業完成，感謝老弟威儒能在我未能陪伴家人的時候抽空回家，有你們的支持，我才能打起精神堅持下去，真誠地感謝這個家庭給我的愛。

在交大的六年其實轉眼間就過了，經歷過的事物也讓我從中成長不少。兩年研究所的時光，除了學習如何學習，也更期許自己在面對事物，能夠以更宏觀的態度面對。如今論文的完成，要感謝的人實在太多了，僅以此獻給大家。

陳威豪
風城交大
2006/07/11

目 錄

	頁次
中文摘要	i
英文摘要	ii
誌 謝	iii
目 錄	iv
圖 目 錄	v
表 目 錄	vi
第一章、緒論	1
1.1 研究背景與動機	1
1.2 研究目的	2
1.3 研究範圍	2
1.4 研究流程	3
第二章、文獻回顧	5
2.1 分區問題之類型	5
2.2 區域合併問題	6
2.3 區位分派問題	8
2.4 小結	10
第三章、模式建立	11
3.1 問題特性描述	11
3.2 基本假設	11
3.3 目標式說明	12
3.4 求解方法	15
3.5 簡例說明	24
第四章、系統測試	31
4.1 測試目的	31
4.2 資料來源說明	31
4.3 系統彈性分析	35
4.4 實例測試分析	40
4.5 小結	45
第五章、結論與建議	46
5.1 結論	46
5.2 建議	47
參考文獻	48
簡 歷	49

圖目錄

圖 1.1 研究流程架構圖	4
圖 3.1 禁忌搜尋法之流程圖	18
圖 3.2 路段轉移示意圖	20
圖 3.3 簡例路網示意圖	24
圖 4.1 新竹市路網基本資料圖	34
圖 4.2 新竹市路網架構圖	34
圖 4.3 招呼站空間分布示意圖	35
圖 4.4 招呼站服務分區示意圖(1)	37
圖 4.5 招呼站服務分區示意圖(2)	37
圖 4.6 招呼站服務分區示意圖(3)	39
圖 4.7 目標值變化與收斂情形示意圖	43



表目錄

表 3.1 禁忌名單紀錄表.....	22
表 3.2 簡例測試結果統計資料.....	30
表 4.1 金立計程車業者各招呼站經緯度座標.....	33
表 4.2 招呼站服務分區統計資料表.....	38
表 4.3 各權重值對於分區結果之影響說明.....	40
表 4.4 金立現況與本模式結果統計資料比較表.....	41
表 4.5 金立現況與本模式結果各決策項值比較表.....	41
表 4.6 本模式實測輸入資料表.....	42
表 4.7 目標函數值比較表.....	42
表 4.8 禁忌長度敏感度分析表.....	44
表 4.9 禁忌長度敏感度分析估算值對照表.....	44



第一章、緒論

1.1 研究背景與動機

計程車乃都市中主要的副大眾運輸工具，同時在人們從事旅次活動中扮演重要之角色。目前國內之無線電計程車行在乘客叫車服務上所使用的派遣作業可分為兩類，分別是空中派遣 (radio dispatching) 以及招呼站派遣 (station dispatching) 等，空中派遣又可細分為兩種方式，一種是傳統上透過無線電廣播與司機員進行線上呼叫，另一種方式則是利用衛星定位系統得知每輛計程車目前行駛的位置後，當乘客叫車時，派車人員便利用 GPS 回傳資訊尋找距離顧客最近之車輛後予以指派；招呼站派遣則是透過車行人員事先規劃好的招呼站服務範圍，依據每個招呼站所劃分之服務範圍為界線，當發生需求時，可直接指派給所屬招呼站內的計程車去完成載客服務，而司機員可以自行決定是否想在招呼站內等候派遣或是在招呼站附近巡迴攬客。

招呼站為車行所擁有，派車人員以指派招呼站內的空車到達乘客指定的乘車地點載客為主要工作，而劃分服務範圍則是用以決定需求產生時將由哪個招呼站進行服務，可以提升派遣效率、節省乘客等車時間等，從車行經營者的角度來看，儘可能服務越多的乘客為其主要目標，而增加效率與減少乘客等候時間也確實能夠達到此目的；此外，計程車司機員可在各招呼站內等候派遣，藉此減少因為載不到乘客而耗費燃料之情況，對車行派車人員而言，透過事先規劃好的招呼站服務範圍，也可以平均分配各招呼站內的載客服務量，更突顯招呼站對於車行的重要性。因此，招呼站服務範圍之劃分以及研究該如何劃分將值得被深入討論。

為了減少空車巡迴成本以及讓派車人員有效掌握可派遣空車之情況，車行管理者有必要設置招呼站供司機員進行等候派遣。國內現有計程車行所設立的招呼站乃位置固定，而每個招呼站涵蓋之服務範圍更進一步界定了當需求產生時，該派那一輛空車去進行服務，服務範圍之擬定可能需要考量許多因素，例如時間、

需求等。但是，在過去的研究中較少有研究在探討此議題，且以往在劃分招呼站服務範圍時，管理者也多參考經驗後再予以規劃之，此種方式說明了兩項重點，一是現有的劃分方式缺乏效率；其次是劃分招呼站服務範圍之方式並沒有特定標準，唯有滿足使用者偏好之劃分結果才是能夠被接受的。因此，不同的管理者具有不同之觀點及偏好，也就會產生不同之招呼站服務分區結果。

綜合上述，本研究重點在於研究劃分招呼站服務範圍之方法，發展相關的求解演算法，並希望能藉由管理者決策支援之觀點進行模式之設計，讓使用者可根據本身之偏好來進行服務範圍的規劃，最後再透過實務上的例子來說明模式求解之彈性。

1.2 研究目的

本研究之目的包括下列幾點：

1. 提出招呼站服務範圍劃分之方式，建立相關求解演算法。
2. 評估計程車行在界定招呼站服務範圍時之重要考量之因素，納入模式中以作為實務問題求解時之依據。
3. 服務範圍劃分模式能涵蓋決策支援之觀念，分區結果能提供給管理者作為決策之參考。

1.3 研究範圍

本研究在發展分區劃分之方法，而分區問題所涵蓋的議題甚廣，因此本研究僅以招呼站的服務分區問題作探討。此外，本研究僅針對國內無線電計程車，且具有固定分區形式之招呼站為主要討論之對象，招呼站的位置、個數決定不在本研究的討論範圍內。

而固定分區乃是指招呼站在一定的營運期間內，各自擁有特定區域之服務範圍，管理者可考量多項因素予以規劃之。

1.4 研究流程

本研究之研究流程架構如圖 1.1 所示，說明如下：

1. 確立研究問題與範圍：瞭解本研究之背景，並確定研究問題與範圍。
2. 文獻回顧：收集國內外有關分區問題、計程車招呼站派遣、服務範圍劃分等相關研究，了解相關問題發展之現況。
3. 模式建立：以相關合適之求解方法為基礎，建立招呼站服務範圍劃分之求解演算法與模式架構。
4. 程式撰寫：以求解演算法為基礎，透過相關程式語言的撰寫，發展一求解工具程式，作為系統測試之用。
5. 系統測試與分析：測試分區模式是否具有足夠之彈性做分區之調整，以實務之例子做為測試對象，檢驗其是否優於現有之分區情形。
6. 結論與建議：提出本研究結果之結論與建議。



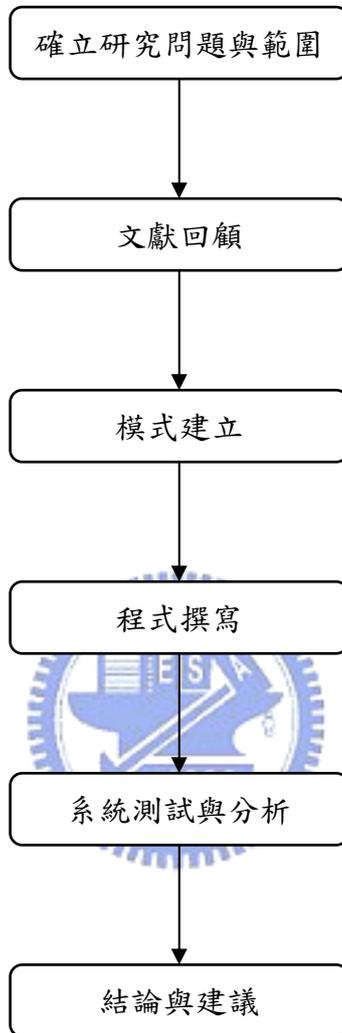


圖 1.1 研究流程架構圖

第二章、文獻回顧

本研究欲探討之招呼站服務範圍乃屬於分區問題的一種，其特性與分析方法常因研究課題的不同而有所差異。因此，本研究將針對分區問題的類型及其特性與相關研究進行文獻回顧，以了解現有之分析方法及應用。

2.1 分區問題之類型

就廣義而言，分區問題主要可分為兩種類型，一種為區域合併（Zone Aggregation）問題，另一種為區位分派（Location-Allocation）問題[1]。區域合併問題主要考慮區域的同質性與區域的位相關係（相鄰性、外型等），此類型的問題可將其定義為「如何因應決策者的需要，依其準則及限制，將研究範圍內的基本空間單元（Basic Spatial Unit, BSU）合併成若干個區域」問題，這裡所指的基本空間單元乃是指在研究區域內的區域單元（area unit），如研究區域為某一縣市時，則基本空間單元可以是該縣市的鄉鎮行政界或村里行政界等。區位分派類型之問題則是屬於作業研究中的設施區位問題（Facility Location Problem），可將其定義為「如何在找尋最佳設施位置（Location of Facilities）的同時，以最佳的方式將所有需求點分派給最適合的設施。」，此問題所涵蓋的因素常因各式問題的不同而有極大的差異，即規劃者必須在供給者成本（營運成本）、使用者利益（時間花費或距離）、環境等多重考量下，尋求一最佳的解。

由上述可知，區域合併與區位分派類型的問題具有相當之差異，在有限的時間下欲探討所有類型的問題實屬不易，因此本研究以下就針對上述兩種類型之問題作理論回顧，探討其特性與相關之研究，作為後續模式建立之參考。

2.2 區域合併問題

區域合併問題最早由 Keane(1975)所提出，他將此類問題以一數學函數 E 來表示，其數學形式如下，所示：

$$E = f(S, R, A, F)$$

式中：

E =合併結果

S =有限且彼此無重疊的基本空間單元

R =一套合併的準則

A =合併的程序

F =可能的合併組合

由上式可知，假設研究區域內有 n 個基本空間單元，並希望將 n 個基本空間單元合併成 k 個分區 ($1 \leq k \leq n$)，則可能的合併組合 F 的數目將取決於合併的準則與限制。

此外，從朱良浩(1995)的研究中可知，將 n 個基本空間單元合併成 k 個分區時，區域合併問題在最小限制下的可能組合數目將會滿足以下兩個數學式：

$$S(n, k) = \frac{1}{K!} \sum_{i=0}^k (-1)^i \binom{k}{i} (k-i)^n \quad (2.1)$$

$$C(n-1, k-1) = \frac{(n-1)!}{(k-1)!(n-k)!} \quad (2.2)$$

2.1 式代表一種完全沒有限制的區域合併狀況，此時基本空間單元可以任意的與其它基本空間單元合併。2.2 式代表具有最大限制的區域合併情況，此時驗救區域內的基本空間單元的空間分佈呈鏈狀，且基本空間單元只允許與其相鄰的基本空間合併。因此，就一般實際的區域合併問題而言，可能合併組合的數目就會介於 2.1 式與 2.2 式的數值之間。

一般而言，區域合併問題通常具有兩種特性，一是區域合併問題通常是依照

相似性的關係將具有相同性質的基本空間單元合併在一起；另一特性是通常要考慮到基本空間單元間的空間關係(如相鄰性、合併後的形狀等)。

在區域合併的時候，往往會產生無法同時滿足所有合併準則的困難，如運輸規劃中的交通分區的劃分，必須同時考量劃分區域的同質性與分區內基本空間單元必須要能形成單一的區域，而在真實世界裡具有同質性的基本空間單元未必全部能夠成單一的區域。因此，若必須在這些彼此衝突的劃分準則間找到一個平衡點，就會增加了此類問題的複雜性。

區域合併問題在國外已有相關應用課題的分析模式，而在國內的研究例子較為少見。以下針對一些相關的研究進行回顧，以了解目前已有的區域合併方法。

Ward(1963)曾利用階層式的聚類分析來分類資料單元，其分類的方法乃是依照資料單元間的屬性變數平方差最小原則，將 k 個資料單元分類成 2 到 $k-1$ 個聚類。Ward 所提出的方法是以最小平方差為目標函數，然而只要選擇與應用課題分類準則相關的目標函數來代替原本的目標函數，此法仍可適用，不過此法所得的解並不保證是最佳解。

Batty(1974)曾以 Ward 的模式來合併空間單元，不過該研究的目標函數乃是以空間熵函數來代替 Ward 的最小平方差函數。在每個分類階段中，該研究嘗試將未分類的空間單元與相鄰的空間單元集合合併，使得合併後的熵最大。雖然此法比 Ward 的方法較有效率，但是該方法所劃分出來的分區容易產生不規則的形狀。

Wayne and Wende(1993)曾針對模糊聚類分析與 GIS 疊圖分析應用在交通分區劃分的可行性做研究。該研究提出結合 GIS 空間分析的工具，以分區的同質性與外型 (shape) 為限制條件來決定交通分區劃分的概念。文中提出了劃分交通分區的準則，這些準則除了傳統上的準則外，以說明了再結合空間分析後應考慮之因素，如分區形狀必須是規則的，避免產生分區內包含另一分區的情況等。

朱良浩(1995)曾以模糊聚類分析結合 GIS 空間分析工具來合併研究區域內的基本空間單元。該研究強調以決策支援系統(DSS)的功能輔助決策者決策，就分區同質性、外型與平均規模等綜合考量，其所構建的區域合併模式比傳統的分析方法(如聚類分析)，更可以產生較佳的分區結果，並可以透過模式中的細部修改來進行區域的劃分，該研究所發展的區域合併 DSS 具有相當大的彈性。

綜合以上的相關文獻發現，傳統上區域合併的問題可利用 GIS 疊圖分析與聚類分析為分析方法，且從以往的研究中也可得知，區域合併的分析模式已趨向於發展能讓使用者自行修正分區結果的決策支援系統，使得模式具有較大的劃分彈性。而從朱良浩學者的研究中可知，區域合併問題可視為組合最佳化問題的一種，此類問題通常不易在一合理的時間內應用傳統的數學規劃法求得最佳解，因此一般皆採用能迅速求得近似最佳解的啟發式(heuristics)解法。

2.3 區位分派問題



區位分派問題最早是由區位理論發展而來，而區位理論是由 Weber 於 1909 年所提出，其主要目的在於解釋生產活動在空間分佈的情形；至 1960 年代，區位理論的發展更為迅速，且延伸至不同的領域(ReVelle,1989;Thisse,1987)。為了更符合實際問題的需要，後續研究者發展了適用於一般問題的區位模型，可處理較複雜的情況且不侷限於單一設施之問題，此類模型乃所謂的區位分派模型(Location-Allocation Model)，不僅可決定設施的最佳區位，同時也可決定各設施服務範圍之分配。

應用設施區位模型應先建立目標函數，而後依各項限制條件求得最佳解。傳統的區位問題依形態之不同，所建立之區位模式亦有所不同，其中最大的差異在於所使用的績效衡量指標不同，而常見的指標如總旅行距離最小、最長旅行距離最小化、設施數目最小化、服務人數最大化以及最短旅行距離最大化等。在過去

的研究當中，亦有學者指出區位分派問題之定義常依問題特性不同而異，從不同的觀點出發會有不同的目標與限制，因此此類問題在本質上已趨向多目標決策的分析方法求解。

發展區位分派問題的求解模型時，通常必須定義適當之數學方程式，就目前已發展的模型而言，所定義的數學方程式可分為三類：(1)中位問題(median problem)，主要用來為設施尋求最佳區位，使交通成本(旅行時間)最小並滿足服務之需求。(2)中心問題(center problem)，求解已知數量之設施尋求最佳區位，計算最長旅行距離最短。(3)涵蓋問題(covering problem)，分為全面性涵蓋與部分性涵蓋問題，前者在使所需的設施數量最少而又滿足所有需求，後者則在為已知 K 個設施尋求最大的服務範圍。

Pangiotis and Armstrong(1993)曾以區位分派模式重新劃分行政分區。該研究將較小的行政區域轉化為需求點，並將該區的人口視為需求量，藉由決策者指定新行政中心的數量與位置後，求解所有需求點至新行政中心的轉換距離（兩點間最短距離、分區間社會經濟、環境差異性的函數）最小的目標式。由於該研究提出的方法僅考慮到行政區域間的同質性與相鄰性，因此劃分後的行政分區有可能不甚規則或是行政分區的規模（面積、人口數）具有較大的差異。

綜合上述可知，區位分派問題主要在針對一群已知空間分佈的需求，決定所需之設施數量(兩個以上)及其最佳空間分佈，以求服務水準為最高。而決定設施位置與個數並非在本研究欲討論的範圍內，因此將不須再進一步探討此類型之問題，只需了解其基本之理論與特性即可。

2.4 小結

綜合上述對於分區問題與相關研究的回顧，可歸納出下列幾項重點：

1. 區域合併問題一般採用的分析方法乃是依照基本空間單元的相似性與空間關係(相鄰性、形狀規則等)將基本空間單元合併在一起。
2. 區域合併可視為組合最佳化的問題，此類問題可以應用相關的啟發式解法來求解，而區域合併的分析模式已逐漸發展能讓使用者自行修正分區結果的決策支援系統，使得模式具有較大的劃分彈性。
3. 傳統的聚類分析與 GIS 疊圖分析方法雖然可以應用於區域合併的分析上，不過本研究欲探討的議題不需要將資料進行分類，因此將考慮用其他可行之方式進行分析。
4. 從文獻中可知，決定設施的區位及個數並不在本研究所想要探討的範圍內，因此本研究課題較趨近於區域合併而非區位分派類型之問題。

由上述的討論可知，研究分區劃分的方法時應考慮每個問題不同的特性。對於劃分後的分區結果必須能符合使用者的需求，並通常須保證分區間的相鄰性、分區內的各單元能構成單一的服務分區等條件。因此，本研究將在第三章針對欲求解之問題特性做探討，並提出一適合區域劃分問題之分析方法。

第三章、模式建立

本章先就分區劃分之特性做一簡單說明，再依此問題特性構建一適用之模式，並提出求解方法與過程，最後應用小範例對於分區模式加以驗證。

3.1 問題特性描述

在劃分招呼站服務範圍的過程中，主要可分為兩個部分，首先是建立目標函式，將所需考量的因素予以加入；另一則是選擇合適的求解方法。招呼站本身必須能夠進行服務範圍的劃分，而計程車招呼站的服務範圍又會受到招呼站個數、載客量以及車隊規模等諸多因素影響。在劃分招呼站服務範圍的過程中，需考慮分區間具有相鄰性、劃分結果必須滿足車行營運目標以及服務品質（如乘客等候時間）等因素。

經由與計程車業者訪談後得知，招呼站具有明確、固定形式之服務範圍，目的是協助車行人員進行派遣的工作，且各個招呼站的服務範圍通常不得重複，而在劃分上也具有以下幾點特性：(1)盡量達到總載客量最大，(2)各個招呼站所服務的載客量差異越小越好，(3)各招呼站所產生的乘客平均等候時間差異越小越好，(4)服務範圍盡可能是規則形狀。

針對上述課題的特性進行描述後，接著便希望能透過有效的方法完成服務範圍的劃分，在說明求解方法與步驟之前，下一節將先對於問題的基本假設與目標函式做一詳細說明。

3.2 基本假設

藉由上述的問題描述後，本研究首先對問題的定義作基本的條件設定：

1. 假設計程車招呼站的個數及位置皆為已知。
2. 本研究以研究範圍內的「單一路段」作為最小基本空間單元(BSU)，定義為兩相鄰路口間所連接而成的道路均屬之。

3. 假設顧客需求點歷史資料可取得之情況下，將每筆需求資料指派給所屬的路段，以表示每條路段上之載客量資料數。
4. 乘客的等候時間會與需求點、招呼站兩者間的距離有關，為了簡化計算上的複雜性，本研究假設乘客的等候時間與上述之距離成正比關係，即說明當乘客與招呼站的距離越遠，則等候時間就會越長，估算方式將於下一節中說明。

3.3 目標式說明

本節主要針對分區模式做一詳細的說明，首先藉由 3.2 節的問題假設構建出欲求解的目標函數，接著結合一啟發式解法來達到分區劃分之目的。

根據 3.1 節的問題描述中可知，決策目標之建立會影響分區後之結果，本研究希望在選擇決策目標時可依循下列條件進行考量，(1)各招呼站分區範圍內可滿足的載客量越多越好，(2)各招呼站分區內的載客量、乘客等候時間需盡可能相近，(3)同個分區所涵蓋的路段需連續且範圍不得重複，(4)分區結果盡可能是規則的形狀。

在目標函數中，為了讓分區的範圍盡可能滿足最多的顧客需求，所以本研究在目標函數中將給定一決策項目如下所示：

$$TD = \sum_{i \in L} \sum_{j \in S-d} X_{ij} K_i \quad (3.1)$$

式中：

TD = 總招呼站服務範圍內之載客量(單位：人)。

X_{ij} = 二元決策變數。($X_{ij} = 1$: i 路段指派給 j 招呼站服務；

$X_{ij} = 0$ 則否)

K_i = 編號 i 路段上之載客需求量。

L=所有路段集合。

S=欲劃分之招呼站服務分區 ∪ 虛擬招呼站服務分區。

d=虛擬招呼站服務分區(dummy station)。

3.1 式中，d 代表研究範圍內沒被指派給任何招呼站之路段集合，即屬於一個虛擬的招呼站服務分區(虛擬招呼站於 3.5 節簡例中另有介紹)。此外，本研究希望得到的分區結果，要盡可能滿足各個分區間的差異性最小，這裡所指的差異分別是「載客服務量」以及「乘客等候時間」兩因素。所以，將另外於目標式中加入兩決策項目，用以評估分區間的差異程度，決策項目數學形式如下所示：

$$DW = \sum_{j \in S-d} \sum_{\substack{x \in S-d \\ x < j}} |W_x - W_j| \quad (3.2)$$

$$DC = \sum_{j \in S-d} \sum_{\substack{x \in S-d \\ x < j}} |R_x - R_j| \quad (3.3)$$

式中：

DW = 各分區間乘客平均等候時間之差異總和(單位：分鐘)。

DC = 各分區間載客服務量之差異總和(單位：人)。

$W_x - W_j$ = 任兩分區間乘客平均等候時間差異。乘客平均等候

時間之數學式為 $W_j = \frac{\sum_{i \in L} (X_{ij} \times K_i \times \frac{D_{ij}}{\bar{V}})}{\sum_{i \in L} (X_{ij} \times K_i)}$ ，式中 W_j ：j

招呼站分區內的乘客平均等候時間； W_x ：x 招呼站分區內的乘客平均等候時間。 K_i ：編號 i 路段上之載客需求量， D_{ij} ：j 招呼站與 i 路段之距離， \bar{V} ：平均車速。

$R_x - R_j$ = 任兩分區間的載客服務量差異。載客服務量之數學

式為 $R_j = \sum_{i \in L} X_{ij} \times K_i$ ，式中 R_j ：j 招呼站分區內的載

客服務量； R_x ：x 招呼站分區內的載客服務量。

3.2 式與 3.3 式主要用來評估各招呼站分區間之差異程度，以各考量因素相減後之絕對值加總作為估算之依據。從上述的決策項目可知，目前尚未考量到分區結果的形狀，而在第二章文獻回顧中曾提到，區域合併問題一般採用的分析方法乃是依照基本空間單元(BSU)的相似性與空間關係(相鄰性、形狀規則等)將基本空間單元合併在一起，因此為了讓目標式的考量更趨於完整，本研究在合併 BSU 的同時，加入一形狀因子的條件作為滿足此形狀規則的依據，形狀因子數學式如下：

$$S = \sum_{j \in S-d} D_j^* \quad (3.4)$$

式中：

S = 各分區產生之形狀因子總和(單位：公里)。

D_j^* = j 招呼站與其服務分區內最遠路段之距離。

形狀因子是用來限制分區形狀的決策項目，主要以各個分區內最遠路段距離作為評估之標準，實際上由於我們先前已假設此距離與乘客等候時間成正比關係，因此在形狀因子的考量上僅用距離加以估算即可。在計算上由於採計的路段是最遠的服務路段為主，乘客平均等候時間則是將分區內所有路段均納入計算，因此在目標值的計算上兩者並不會相互影響。

經由上述可知，考慮各個決策因素以後，接下來就透過各個決策項的整合來完成目標函式的設定。在此須介紹本研究整合的方式，主要是給予權重值作為每個決策項目對於目標值貢獻程度之說明，由於各個決策項目的單位有所不同，因此乘上權重後將可視為向量值的加總，即把所有的單位加以抵銷後再予以計算，而 Lin(2003)學者也曾經以數學推導方式證明了採用權重值加乘後確實可進行求解，這樣做並不會造成求解上的影響，因此本研究乃採上述的方式將目標函式構建如 3.5 式所示，並取其 Maximum 值：

$$\text{Max} \quad \gamma TD - \alpha DW - \beta DC - \delta S \quad (3.5)$$

$$= \gamma \sum_{i \in L} \sum_{j \in S-d} X_{ij} K_i - \alpha \sum_{j \in S-d} \sum_{\substack{x \in S-d \\ x < j}} |W_x - W_j| - \beta \sum_{j \in S-d} \sum_{\substack{x \in S-d \\ x < j}} |R_x - R_j| - \delta \sum_{j \in S-d} D_j^*$$

Subject to :

$$\sum_{j \in S} X_{ij} = 1, \text{ for all } i \in L$$

$$X_{ij} = \{0,1\} \text{ for all } i \text{ and } j$$

上述目標函式即代表本研究欲進行的分區劃分假設，其中 γ 、 α 、 β 及 δ 分別代表四個決策項目的權重值， γ 代表分區範圍會隨著合併新的路段(BSU)而使得目標值有所改善，單位是 1/人； α 與 β 分別表示當分區間的載客量、乘客平均等候時間差異越大時，對目標值產生負向之影響，單位是 1/人、1/分鐘； δ 則代表當分區形狀越不規則時，對目標值產生之負向影響將越大，單位是 1/公里。藉由上述可知，目標函式中各決策項乘上對應之權重後，就可以解決單位不統一之情形，所以目標值實際上為一向量值加總後之結果，且無特定之單位。下一節將進一步介紹求解之方法與步驟，爾後再應用一簡例來進行驗證。

3.4 求解方法

由第二章文獻回顧可知，區域合併可視為組合最佳化之問題，此類問題通常不易在一合理的時間內應用傳統的整數規劃方式求得最佳解，且此問題規模會隨著研究範圍的擴大而讓求解效率變差，因此一般皆採用能迅速求得近似最佳解的啟發式(heuristics)解法，在可接受的時間內得到不錯的解。禁忌搜尋法(tabu search)是種高階的萬用啟發式方法，專門用來解決組合最佳化問題，因此本研究希望能利用此方法來發展分區劃分的求解模式，以下先針對此方法進行回顧。

禁忌搜尋法是 Fred Glover 於 1977 年所提出，目前已經應用的領域有排程、

TSP、字元辨識、積體電路設計與類神經網路等組合最佳化問題。禁忌搜尋法的求解流程如圖 3.1 所示，作法是先建立一起始解，接著找尋最優的鄰近解或是符合解禁規則的解作為移步的依據，也就是在現行解的鄰近區域搜尋優解，其中有一個重要的觀念就是禁忌名單(tabu list)的記憶機制，原理是將已經搜尋過的解記錄下來，以避免重複或無意義的搜尋，等待將所有鄰近區域搜尋完畢後，選擇一個最佳的方向來進行解現行解的變更，若出現比目前最佳解還要好的解，則將更新目前最佳解，一直到符合終止條件才停止。

禁忌搜尋法所搜尋的解與一般區域搜尋最大的差別是可以接受比目前最佳解還差的解，這樣的方式可以讓搜尋跳出區域最佳解，能夠有更廣的搜尋區間。而解禁規則如果是候選之解移步方式在禁忌名單中，但是卻較目前最佳解來的好，則允許此移動進行。終止條件是用來停止演算法的條件，為了在可接受時間內搜尋出好的解，通常會使用預設搜尋次數、目標值持續未改善次數、預設允許 CPU 最長之執行時間或是預設可接受的目標函數值來當作之。

由上述可知，禁忌搜尋法主要由(1)鄰近搜尋，(2)禁忌名單，(3)解禁規則，(4)停止條件等四項模組所構成，以下針對此四個模組加以介紹。

1. 鄰近搜尋(neighborhood search)

就是從一個解改變到另一個解，此改變是鄰近的，而在每次的反覆中，搜尋最優的鄰近解來作為新的接受解。假如新的接受解優於目前最好的解，則將目前最好的解更新為新的接受解，反之則保留目前的最好解；不斷反覆此步驟直到搜尋終止。而本研究所使用的方式將在之後討論。

2. 禁忌名單(tabu list)

用來記錄過去搜尋中每次發生解改變時的屬性，為一個提供禁忌限制的記憶體結構。一般而言，禁忌名單越大則陷入區域最佳解的發生機率將越低，但所需的記憶體空間也將越大，且電腦每次所需的偵測時間將越長，相對之下，可提供鄰近搜尋的空間亦將縮小，這些現象將降低求解的效率。雖然如

此，現階段並無一套固定的方法來決定禁忌名單尺寸的大小，通常要根據問題本身的特性來決定。Glover 建議使用魔術數字 7 作為禁忌名單尺寸。

3. 解禁規則(aspiration rule)

用來釋放一個被列為禁忌的移動方向，但此禁忌移動若被允許，將可獲得比目前最佳目標值還好的值。解禁規則像是一個門檻，當所挑選出的鄰近最佳解屬於禁忌狀態時，解禁規則能提供一個機會取消對它的禁忌限制。

4. 停止條件(stopping criterion)

用來終止搜尋進行的條件，較常見的大約有下列四種方式：(1)預設可允許之最大搜尋次數，(2) 預設目標值持續未改善次數，(3)預設之 CPU 最長允許處理時間，(4)預設可接受之目標函數值。一旦搜尋達到這些預設值，則停止搜尋，取當時最好的解作為最終解。目前大部分使用禁忌搜尋法的研究學者所使用的停止條件為第(1)種，因為使用此種方法保證在一段搜尋後會終止搜尋，且不因所使用電腦系統不同而有所影響。



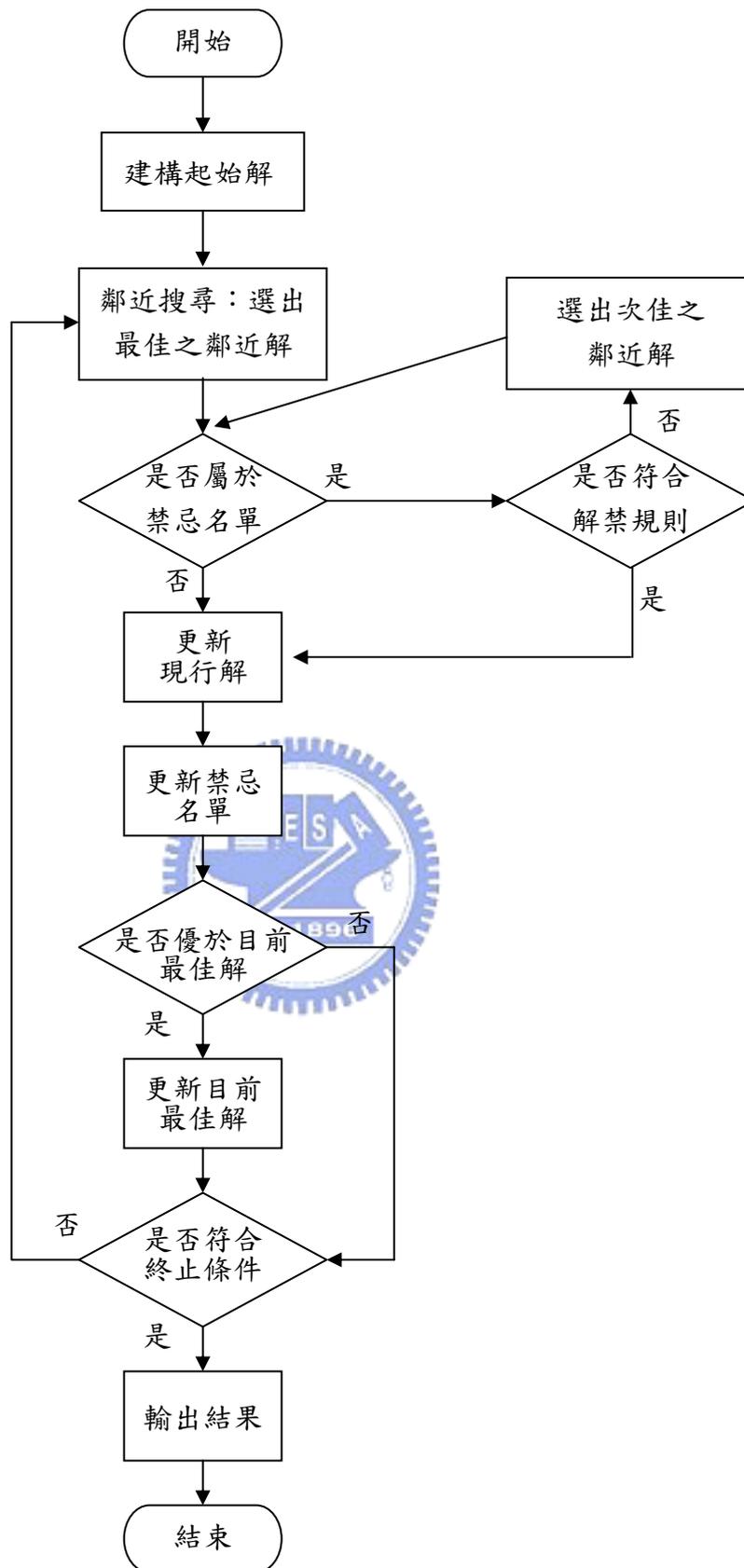


圖 3.1 禁忌搜尋法之流程圖

本研究所建立的分區劃分模式乃是結合禁忌搜尋法(tabu search)來進行目標函式之求解，根據之前的介紹後已清楚了解此方法的流程，以下再進一步針對本研究問題中重要之模組與求解演算方法進行說明。

1. 起始解建構：

禁忌搜尋法為屬於改善式的啟發式解法，在求解動作開始前，必須先行產生一組起始解，以作為求解過程的基礎。所以本研究假設一開始給定各招呼站鄰近之路段作為起始之服務分區，設為一百公尺以內所涵蓋之路段集合。再給定目標函式中各決策項的權重值之後，將 BSU(單一路段)逐漸合併至不同招呼站服務分區中，這樣的起始解設定計算方式能確保之後每路段將只會被指派給某一特定的招呼站分區服務，並可避免在選擇鄰近解(neighborhood)時可能造成分區不連續的情形。

2. 鄰近搜尋：

在起始解建構完成後，接著就是開始禁忌搜尋法的求解改善。此模式之目的在使得各個招呼站服務分區內之載客服務量、乘客等候時間的差異最小之外，並期望能夠最大化載客需求以及確保分區為規則形狀；因此，在搜尋鄰近最佳解時，以目標值改善最大之方式作為更新現行解的目標值變更方向，而搜尋的過程中則以路段轉移作為判斷鄰近解的方法，即透過不同分區間路段重新指派，或是將路段指派給空集合(不屬於任何服務分區)等過程，以達到縮小差異性之目的，以下就針對路段轉移過程作相關說明。

路段轉移是依據現行解，利用路段重新指派給招呼站之方式來找出鄰近最佳解的概念，其方法為將路段從原招呼站服務分區中除去，在考量上述諸多限制條件下，將該路段重新指派給另一個招呼站服務分區，亦或將路段指派給空集合，視其能否改善現有之目標函數值。此外，每條可重新進行指派之路段將服從下列幾點準則：

- (1) 只有邊界路段(與其餘分區或空集合相鄰者)才能作為鄰近解搜尋之對象。
- (2) 只允許重新指派給相鄰之招呼站服務分區或空集合。
- (3) 重新指派結果須維持各服務分區具有連續性之假設。

以下用圖 3.2 來說明路段轉移之過程：

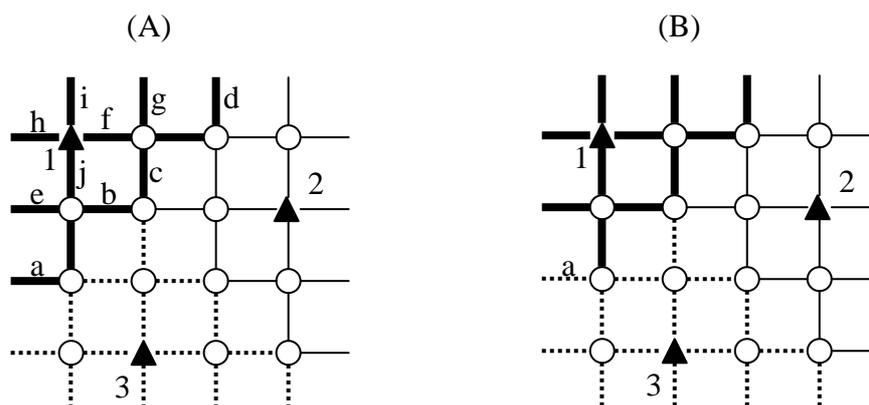


圖 3.2 路段轉移示意圖

於圖 3.2(A)中，假設路網範圍內有三個招呼站，分別為編號 1、2 及 3，以黑色三角形代表之，並將現行解中三個招呼站之服務路段分別以粗線、細線與虛線表示。以 1 號招呼站之服務分區為例，可重新被指派之路段共有 a、b、c、d、e、f、g、h、i、j 等，代表需從這些路段的轉移中，挑選能讓目標值改善最多且能滿足先前假設下之鄰近解。在 1 號招呼站之路段集合中，能夠進行路段轉移之內容下所示：

鄰近解 編號	候選 路段	原所屬 招呼站	可重新指派 給招呼站
1	a	1	3
2	a	1	dummy
3	b	1	2
4	b	1	3
5	b	1	dummy
6	c	1	2

鄰近解 編號	候選 路段	原屬於 招呼站	可重新指派 給招呼站
7	c	1	3
8	c	1	dummy
9	d	1	2
10	d	1	dummy
11	e	1	dummy
12	f	1	dummy
13	g	1	dummy
14	h	1	dummy
15	i	1	dummy
16	j	1	dummy

以上為 1 號招呼站之情形；同理可知，招呼站 2、招呼站 3 也同樣具有可被重新指派之路段集合。因此，假設各個鄰近解之運算均完成後，便可以進行各個鄰近解與現行解之目標值比較，令圖 3.2(B)中之路段 a 為最終挑選之變更對象，即從 1 號招呼站重新指派給 3 號招呼站服務(改善目標值最多者)，如此便完成一次鄰近解之搜尋並更新現行解之狀態。若上述變更後之目標值優於目前最佳解，則更新最佳解並進行下一次鄰近解之搜尋。

3. 禁忌名單：

在前一小節路段轉移步驟中，最後必須將最後選擇的路段轉移方式記錄於禁忌名單中，主要是將過去曾重新指派過的路段記錄下來，而在未來的一段鄰近解搜尋時間內，這些方案將被視為是禁忌的，這樣的做法是為了跳脫區域最佳解的限制。

本研究所假設的禁忌名單裡，內容主要是記錄該路段原先所屬招呼站編號以及重新被指派到的招呼站編號，禁忌長度為記錄前 N 個曾變更過的路段轉移方案，且 N 必須小於鄰近解個數。禁忌名單如表 3.1 所示：

表 3.1 禁忌名單紀錄表(Tabu List)

	路段編號	原所屬招呼站	轉移至招呼站
禁忌 名單 長度 (N)	AAA	1	3
	BBB	2	4
	⋮	⋮	⋮

禁忌條件：若鄰近最佳解存在於禁忌名單中，且其「原指派招呼站」與「轉移至招呼站」兩項目為彼此對調之情況時，則予以禁忌。

4. 解禁規則：

本研究考量之解禁規則如下：若該路段轉移後對目前的最佳解有所改善時，則仍然進行現行解的變更，並且繼續禁忌搜尋法的求解流程。

5. 停止條件：

過去大部分使用禁忌搜尋法的研究學者所使用的方式多為假設允許最大搜尋次數，因為此種方法能保證在一段搜尋後會終止搜尋，所以本研究也將依據此假設，給定模式中允許最大搜尋次數作為停止條件。

上述內容已將禁忌搜尋法各個模組之設計方式介紹完畢後，接下來進行禁忌搜尋演算法步驟之說明：

步驟一：輸入各路段的與招呼站的相對距離、最大搜尋次數、禁忌名單大小、禁忌名單，以起始解建構方式給定起始路段集合並計算目標函數值。

步驟二：根據鄰近搜尋機制進行評估，選出最佳之鄰近解。

步驟三：更新禁忌名單的紀錄。採用先紀錄先刪除的更新方式。

步驟四：更新現行解。

步驟五：判斷選出之鄰近最佳解是否比目前最佳解還好，若是則更新最佳解。

步驟六：檢驗最大允許搜尋次數是否已經達到，若是則輸出最佳的分區結果與各招呼站的統計資料，終止搜尋的進行；否則更新計數器之值，然後返回步驟二。



3.5 簡例說明

此節將用一簡單路網來說明禁忌搜尋法應用的概念與求解的過程。首先假設路網中共有四十條路段、十六個節點(路口)且招呼站個數為三個。在載客需求量方面，為簡化题目的複雜性將假設顧客需求均以非零整數值表示，且路段與招呼站的距離為路段中點與招呼站座標的直線距離，路網的結構如圖 3.4 所示。

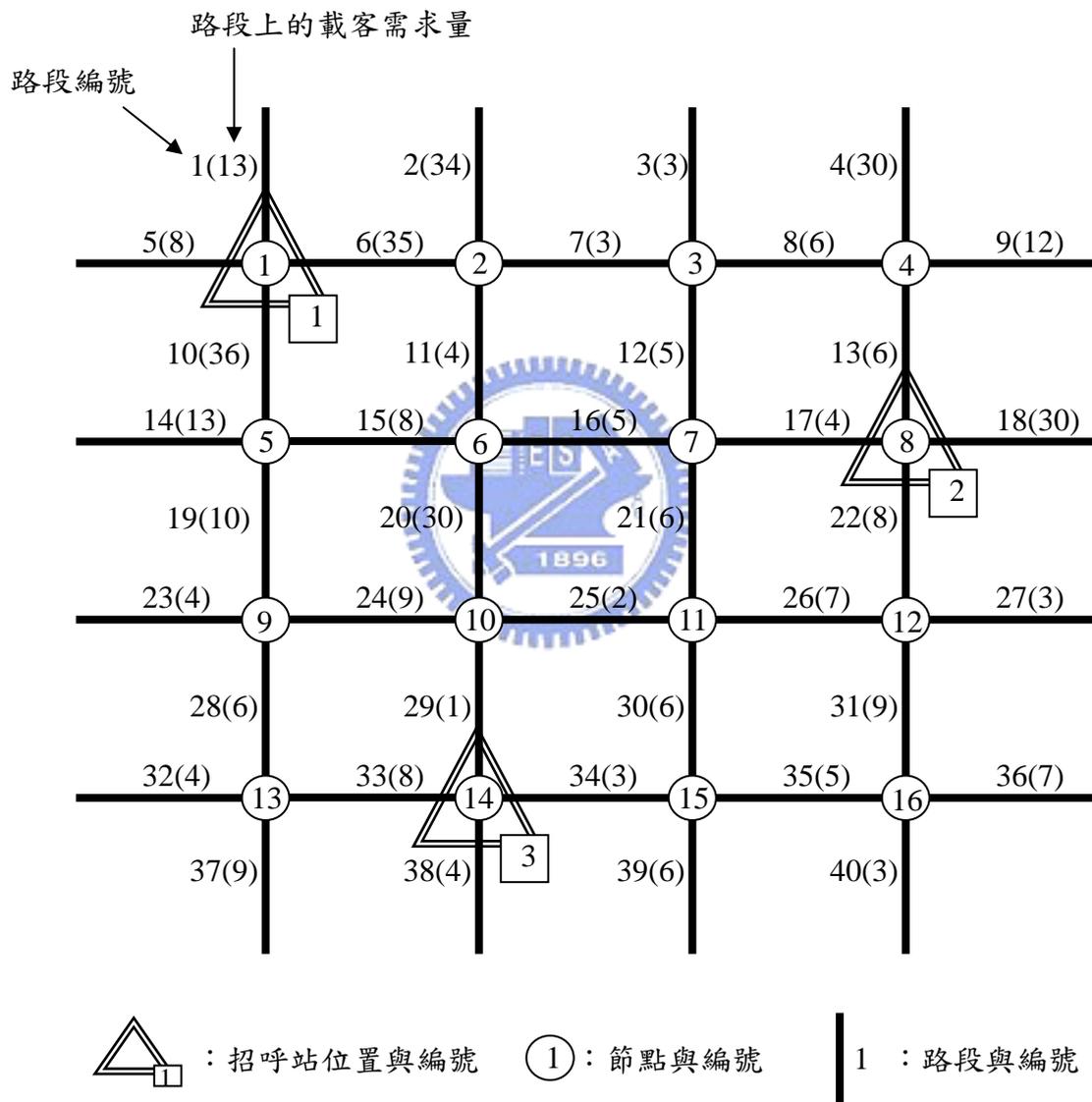


圖 3.3 簡例路網示意圖

招呼站服務分區之求解流程如圖 3.1 所示，各步驟說明如下：

步驟一：起始解建構

本範例共有三個已知的招呼站與進行服務範圍的劃分，從第一次目標值進行改善時即需要起始解的建構，所以首先給定一單位路段範圍內為起始解所涵蓋的道路集合，如下所示：

招呼站編號	起始解路段集合
1	1、5、6、10
2	13、17、18、22
3	29、33、34、38

步驟二：求算目標函數值

從步驟一中的起始解資料中，以 3.1~3.4 式計算現行解的目標值以及各招呼站的載客服務量與乘客等候時間，計算如下所示：

1. 招呼站服務範圍內之總載客量：

$$TD = \sum_{i \in L} \sum_{j \in S-d} X_{ij} K_i = 92 + 78 + 16 = 186$$

2. 載客服務量： $R_j = \sum_{i \in L} X_{ij} \times K_i$

$$R_1 = 92, R_2 = 78, R_3 = 16$$

3. 乘客平均等候時間：

$$W_j = \frac{\sum_{i \in L} (X_{ij} \times K_i \times \frac{D_{ij}}{\bar{V}})}{\sum_{i \in L} (X_{ij} \times K_i)}, \text{ 假設 } \bar{V} = 30(\text{km/hr})$$

$$W_1 = 0.0167, W_2 = 0.0167, W_3 = 0.0167$$

4. 形狀因子： $\sum_{j \in S-d} D_j^* = D_1^* + D_2^* + D_3^* = 0.5 + 0.5 + 0.5 = 1.5$

5. 計算目標值：

$$\text{Max } \gamma \sum_{i \in L} \sum_{j \in S-d} X_{ij} K_i - \alpha \sum_{j \in S-d} \sum_{\substack{x \in S-d \\ x < j}} |W_x - W_j| - \beta \sum_{j \in S-d} \sum_{\substack{x \in S-d \\ x < j}} |R_x - R_j| - \delta \sum_{j \in S-d} D_j^*$$

$$\text{令 } \gamma = 10, \alpha = 10, \beta = 1, \delta = 10$$

$$\begin{aligned} \text{目標值} &= 10(186) - 1(0) - 10\{(92 - 78) + (92 - 16) + (78 - 16)\} - 10(1.5) \\ &= 1693 \end{aligned}$$

上述各項計算結果整理如下：

	招呼站(1)	招呼站(2)	招呼站(3)	目標值
載客服務量	92	78	16	1693
平均等候時間	0.0167	0.0167	0.0167	

步驟三：搜尋鄰近最佳解

由步驟二結果可知，各招呼站間之載客服務量尚有增加之空間，因此，接下來將進行現行解之改善，改善方式即透過路段間的轉移來完成。以招呼站(3)為例，其服務之路段包括：29、33、34、38等共四條路段，再根據3.4節鄰近解搜尋的規則加以篩選，又得到可作為候選之路段有：29、33、34、38、20、24、25、28、32、37、30、35、39等十三條路段，根據上述招呼站(3)之路段集合進行鄰近解之計算如下：

鄰近解編號	候選路段	原所屬招呼站	可重新指派給招呼站	轉移後之目標值	與原目標值的差異
1	20	dummy	3	2042.56	349.56
2	24	dummy	3	1794.67	101.67
3	25	dummy	3	1713.15	20.15
4	28	dummy	3	1764.35	71.35
5	29	3	dummy	1695.67	2.67

6	30	dummy	3	1764.35	71.35
7	32	dummy	3	1737.00	44.00
8	33	3	dummy	1609.33	(83.67)
9	34	3	dummy	1671.00	(22.00)
10	35	dummy	3	1748.00	55.00
11	37	dummy	3	1798.11	105.11
12	38	3	dummy	1658.67	(34.33)
13	39	dummy	3	1764.35	71.35

同理可知，招呼站(1)、(2)可被重新指派之路段集合及鄰近解計算如下：

鄰近解 編號	候選 路段	原所屬 招呼站	可重新指派 給招呼站	轉移後的 目標值	與原目標值 的差異
14	4	dummy	2	1931.00	238.00
15	8	dummy	2	1752.35	59.35
16	9	dummy	2	1807.88	114.88
17	12	dummy	2	1743.09	50.09
18	13	2	dummy	1336.00	(357.00)
19	16	dummy	2	1738.00	45.00
20	17	2	dummy	1666.67	(26.33)
21	18	2	dummy	1398.00	(295.00)
22	21	dummy	2	1752.35	59.35
23	22	2	dummy	1625.33	(67.67)
24	26	dummy	2	1761.60	68.60
25	27	dummy	2	1724.58	31.58
26	31	dummy	2	1774.00	81.00

27	1	1	dummy	1599.67	(93.33)
28	2	dummy	1	1943.48	250.48
29	5	1	dummy	1641.33	(51.67)
30	6	1	dummy	1374.33	(318.67)
31	7	dummy	1	1714.00	21.00
32	10	1	dummy	1364.00	(329.00)
33	11	dummy	1	1725.84	32.84
34	14	dummy	1	1791.13	98.13
35	15	dummy	1	1754.86	61.86
36	19	dummy	1	1763.00	70.00

在鄰近最佳解的搜尋過程中，候選路段可以選擇重新被指派給相鄰的招呼站，或是指派給虛擬招呼站(以 dummy 表示)；虛擬招呼站假設之目的是用來說明研究範圍內的路段並非全數都要被指派給車行的招呼站，也可以選擇不屬於任何的招呼站服務範圍。當發現指派給虛擬招呼站後所得到之目標值比目前最佳解來得好，那麼即挑選其為鄰近最佳解以進行改善。

此外，在計算新目標值時需納入 3.4 式形狀因子的決策項目，以上路段轉移後之目標值乃是經過形狀因子修正過後之結果。可知，鄰近解搜尋後共有 36 種路段轉移方式，經由目標值改善程度之比較後，鄰近解最佳解即是將第 20 號路段重新指派給招呼站(3)所服務，由於其目標值改善最多，故選擇此方案作為現行解之變更方式。

步驟四：更新禁忌名單

由步驟三所得結果，根據 3.4 節所設定之禁忌條件與記錄方式可知，目前的禁忌名單長度為 1(假設禁忌長度為 7)，且禁忌內容如下：

路段編號	原指派招呼站	轉移至招呼站
20	dummy	3

步驟五：更新最佳解

由上述結果可知，目標值從 1693 更新為 2042.56，且目前最佳解乃從起始解中，將第 20 號路段所屬的招呼站編號為招呼站(3)，其餘路段維持不變。

步驟六：重新計算載客服務量、乘客平均等候時間

重新計算各招呼站的載客服務量以及乘客平均等候時間，以進行下一次的鄰近解搜尋，更新結果如下：

	招呼站(1)	招呼站(2)	招呼站(3)	目標值
載客服務量	92	78	46	2042.56
平均等候時間	0.0167	0.0167	0.0384	

步驟七：停止條件

根據 3.4 節所說明，本範例假設其終止條件為：允許最大搜尋次數為 200 次。所以，在求解過程未達到停止條件時，將重複步驟二至步驟六的求解過程，直到滿足最大搜尋次數為止。

經由上述的範例假設及求解步驟的說明，可以較清楚了解整個分區劃分的實際流程，測試結果及各數據整理如下，簡例測試結果資料如表 3.2 所示。可以發現在每個分區內的顧客服務量與等候時間上趨於均衡，且分區形狀無明顯不規則的情形發生。

由於本研究所設定的各個決策項目對於目標函數的影響，是由決策者所自行設定，如同本範例測試所設定的顧客服務量之權重值較大，因此對於分區後的結果，可明顯看出分區內的顧客服務量比總等候時間來得均衡。所以，決策者在分區階段改變決策項目的相對權重大小時，將會導致不同的劃分結果，甚至可決定

分區的滿意與否自行做調整。

表 3.2 簡例測試結果統計資料

招呼站 編號	涵蓋之路段集合	載客服務量	平均等候時間
1	1、2、3、5、6、7、10、11、15	144	0.025
2	4、8、9、12、13、16、17、18、21、 22、25、27	147	0.0297
3	14、19、20、23、24、26、28~40	144	0.0508



第四章、系統測試

本章內容主要分為兩個部份，首先是進行系統彈性之測試，主要衡量分區模式是否具有彈性調整之功能；另一部分是實例測試，本研究將挑選營運中的計程車業者之招呼站做為實測之對象，利用第三章所建立之分析方法進行招呼站服務範圍的劃分；上述結果最後會以合適之 GIS 工具加以表示，而實測部分將與金立計程車業者的分區現況做比較，希望相關結果能為管理者帶來決策上之幫助。

4.1 測試目的

由以上之說明，本研究希望達到下列兩項測試目的，(1)驗證分區模式之彈性，(2)實測結果與車行現有之招呼站服務分區做比較，視其是否優於現況。

4.2 資料來源說明

為了方便資料的取得，本研究將以新竹地區的計程車業者為研究之對象。金立計程車為新竹地區正常營運的計程車業者之一，車隊規模約 250 輛車，目前所知在新竹地區之招呼站共有 35 個。在招呼站選擇上，以新竹市範圍內的招呼站為服務範圍劃分之對象，本研究將不考量此範圍以外之招呼站，表 4.1 為符合上述條件之各招呼站與其經緯度座標位置。

若考慮整個研究範圍內之乘客搭乘需求，在資料收集上較為困難，因此，本研究只針對打電話叫車的乘客作為需求資料收集的對象，以上數據均可從金立計程車業者本身所記錄之資料中取得。乘客資料型態為歷史叫車需求之經緯度座標點位置，在納入模式前需進行資料分布之說明。以第三章說明的路段需求強度進行顧客需求點之指派，即是將各個乘客點指派給空間基本單元(BSU)，也就是該需求發生之路段。把每筆收集到的乘客需求發生的位置指派到每條單一路段後，便可計算每條路段上乘客需求。由於採用金立計程車業者一個月的歷史資料，可能會有需求為零之情形，就現實層面而言需求為零之機率相對較低，故本研究將

數據為零之資料給定一小於 1 的數值，用來表示需求極小之情形，此方式也比較能符合現況。

在路網資料庫的建立上，主要記錄研究範圍內各路段與節點之位向關係，其中包括各路段編號、長度、載客需求量、路段相鄰節點編號、路段與招呼站間之空間距離等，以上資料的紀錄主要在協助分區模式的計算，根據本章測試所採用的計程車業者資料，建立出之路網資料共包括 9353 條路段以及 7646 個節點。

空間資料分析部分，本研究希望用 GIS 工具做為分區結果的表示。美國 ESRI 公司所開發的 ArcView 是目前最普遍使用的 GIS 軟體之一，不但具有圖形數位化、存儲管理、查詢檢索、分析運算與多種輸出等功能之套裝軟體，且在資料管理與操作效率上較為實用，因此本研究將選用 ArcView 3.2 版作為圖形化空間資料的輸出之表示方式，路網資料與基本架構可參考圖 4.1、圖 4.2 所示。



表 4.1 金立計程車業者各招呼站經緯度座標

ID	NAME	X 座標	Y 座標
1	金石	120.9711	24.80321
2	民生	120.9748	24.81097
3	大潤發	120.9704	24.81844
4	武陵	120.9627	24.81609
5	國光	120.9624	24.81146
6	北大	120.965	24.80769
7	金世紀	120.9612	24.80549
8	公園	120.977	24.8013
9	亞太	120.9838	24.80361
10	清華	120.9984	24.7964
11	建中	120.9925	24.80119
12	埔頂	121.0054	24.79037
13	長春	121.0138	24.78438
14	介壽	121.0199	24.77969
15	園區	121.0021	24.77826
16	高峰	120.987	24.77993
17	師院	120.9653	24.79473
18	湖濱	120.9679	24.77447
19	中華	120.9525	24.7572
20	香山	120.9445	24.79625
21	三姓橋	120.9287	24.78832
22	南寮	120.9373	24.84065

Attributes of Oroad.shp

Shape	Tag	Fullname	Type	MID	Oroad
PolyLine				9503	N
PolyLine				9504	N
PolyLine	海墘路518巷	海墘路518巷		9505	N
PolyLine				9506	N
PolyLine				9507	N
PolyLine				9508	N
PolyLine				9509	N
PolyLine				9510	N
PolyLine				9511	N
PolyLine				9512	N
PolyLine	西濱快速道路	西濱快速道路	61	9513	N
PolyLine				9514	N
PolyLine				9515	N
PolyLine	長興街100巷	長興街100巷		9516	N
PolyLine				9517	N
PolyLine				9518	N
PolyLine	中華路六段205巷	中華路六段205巷		9519	N
PolyLine				9520	N
PolyLine				9521	N
PolyLine	中華路六段 經費公路	中華路六段 經費公路	1	9522	N
PolyLine				9523	N
PolyLine	長興街	長興街		9524	N
PolyLine				9525	N
PolyLine	中華路六段 經費公路	中華路六段 經費公路	1	9526	N
PolyLine	長興街273巷	長興街273巷		9527	N
PolyLine				9528	N
PolyLine	雪山交流道 第二高速公路	雪山交流道 第二高速公路	3	9529	N
PolyLine	中華路六段 經費公路	中華路六段 經費公路	1	9530	N
PolyLine	長興街	長興街		9531	N
PolyLine				9532	N
PolyLine	西濱快速道路	西濱快速道路	61	9533	N
PolyLine	西濱快速道路	西濱快速道路	61	9534	N

圖 4.1 新竹市路網基本資料圖

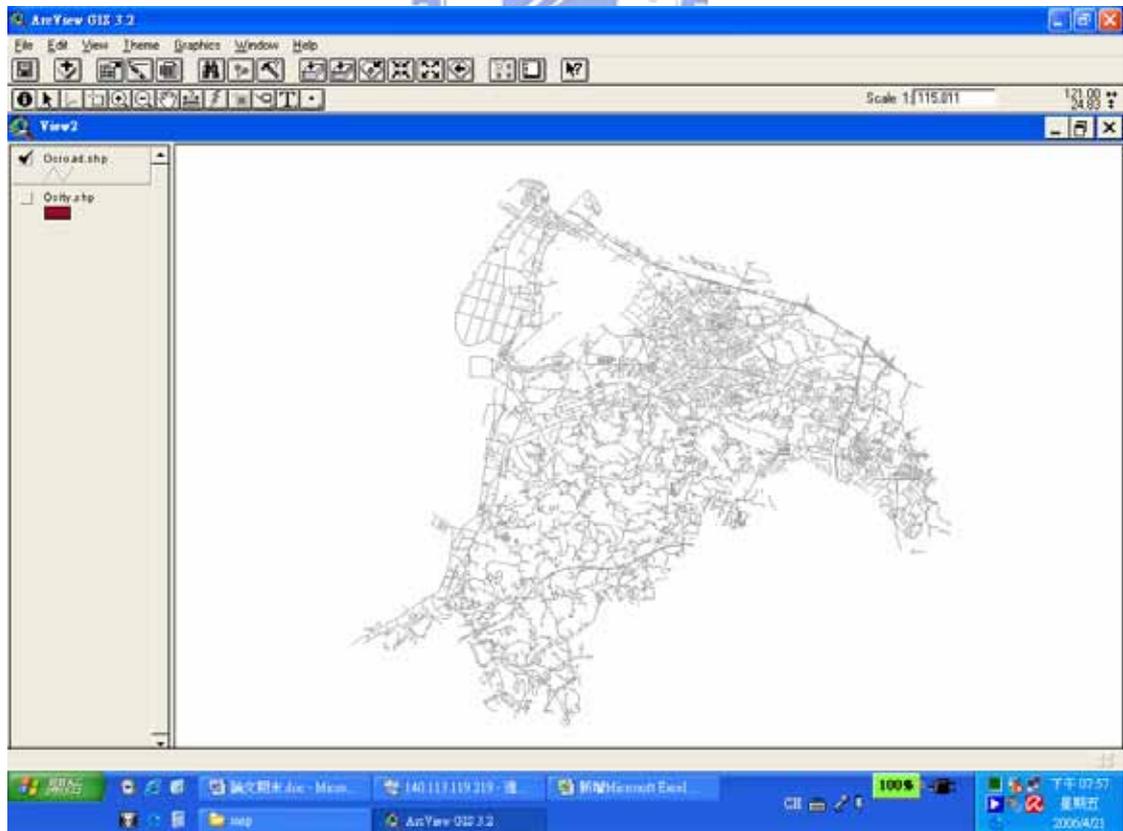


圖 4.2 新竹市路網架構圖

4.3 系統彈性分析

暨資料收集與建立後，本研究將進行系統彈性之測試，一些系統假設及限制之說明如下，在目標函數 3.5 式中，起先各決策項目的權重係由本研究自行設定，因此在分區模式求解的階段，假設各個決策項的權重值均可視分區的結果而做後續的大小調整，以改變各因素對決策目標的影響，以驗證分區模式之彈性，視其能否規劃出符合使用者偏好的分區形式。

在起始解方面，本研究為了簡化測試的複雜性，所以直接指定招呼站附近的路段作為起始解，接著再經由目標值的改善方式將尚未被劃分的路段作合併。各招呼站空間分佈與起始解設定如圖 4.3 所示：

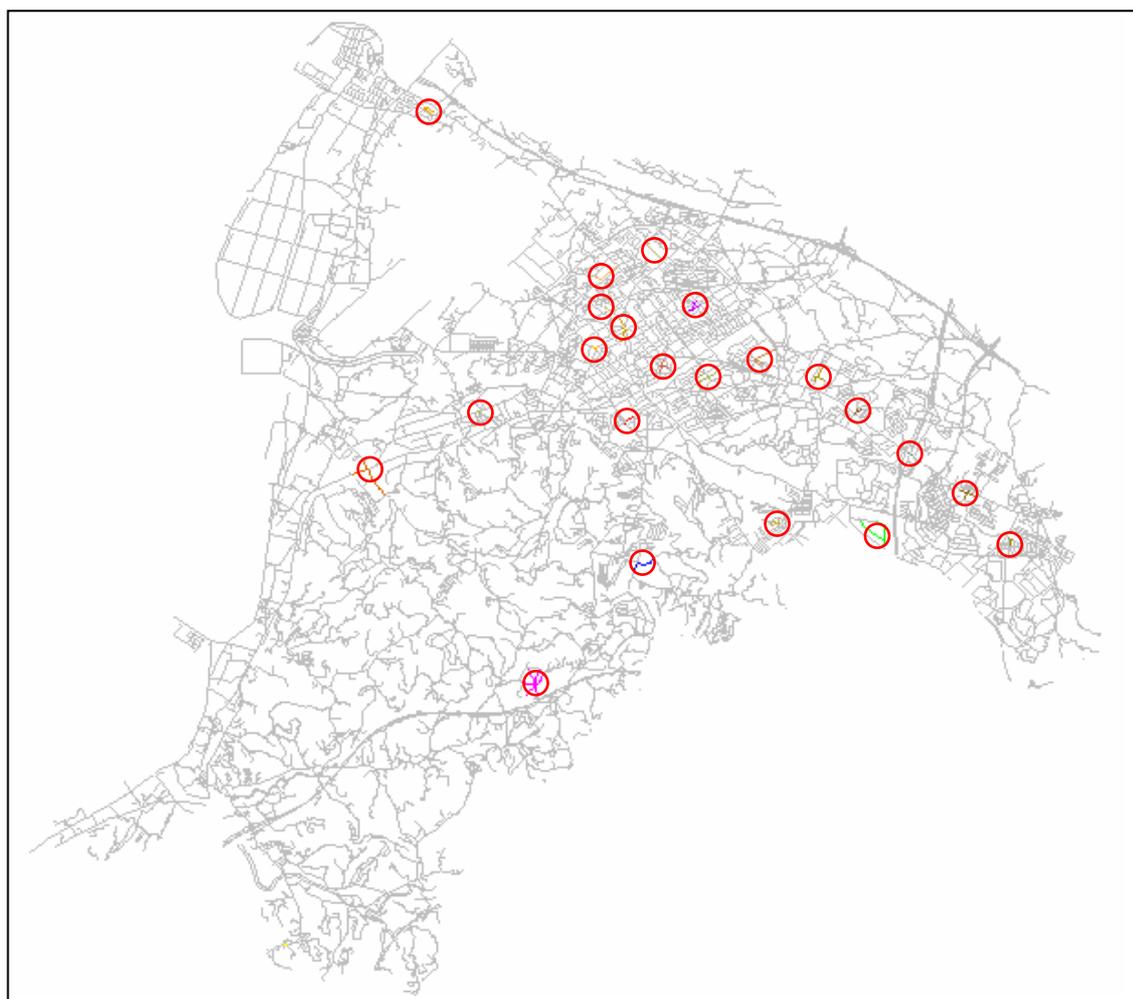


圖 4.3 招呼站空間分布示意圖

在剛開始設定權重大小時，以滿足各分區最大載客量為路段合併的優先考量，因此在目標函數 3.5 式中，給定權重值 γ 較大的數值，使得各分區包含的範圍能夠持續擴大；而代表分區間差異程度的權重值 α 與 β ，則分別給予較小的數值；此外，在決策項目中為了加強形狀因子的限制程度，則給予目標函式中的權重值 δ 較大數值，以確保得到的分區形狀較具規則。在選擇候選路段方面則是考慮整個路網範圍的路段，即尋找對目標值改善最大的路段合併方式作為鄰近最佳解的挑選方案。根據上述的說明後，本研究即可利用先前的分區模式並結合禁忌搜尋法求得招呼站之服務分區結果，以下就以測試的結果進行分析。

初步測試結果如圖 4.4，各個招呼站的統計資料如表 4.2 所示。從圖 4.4 中可發現被虛線所框起來的分區，對應表 4.2 中編號第 19 個招呼站，在乘客平均等候時間的統計資料上明顯高於其他招呼站，此現象說明該分區的結果不甚理想，就現況而言，圖 4.4 中招呼站 K 的所在位置能服務的範圍過大，對於範圍邊界所產生的需求較不可能予以派遣，原因是乘客所需等待的時間過長，車行人員則會以最近空車作為派遣任務的優先考量。

因此，本研究必須對現有的分區結果進行調整，而採取的方式為調整目標函式中 γ 的大小，重新給予其較小的數值，並將 α 值加大，增強乘客平均等候時間差異對於目標值的影響程度，使得路段可以重新合併或指派給虛擬招呼站服務，並假設其餘條件不變。改變上述權重值後的分區結果如圖 4.5 所示。由圖 4.5 可知，修正後的權重值對於分區的結果會有所改變，從圖 4.5 中可以明顯看出原本較不合理的招呼站服務分區有得到改善。

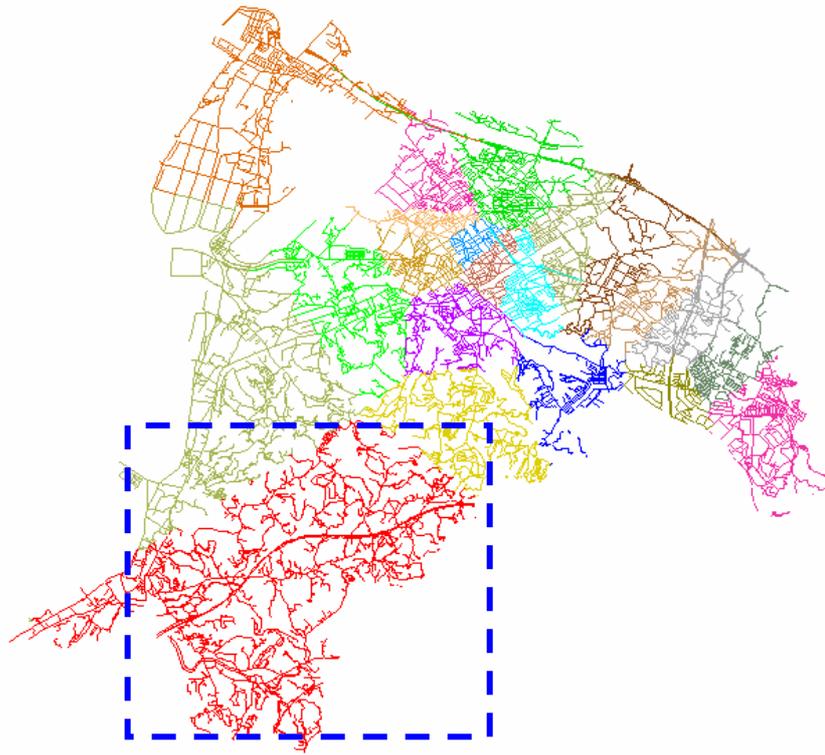


圖 4.4 招呼站服務分區示意圖(1)

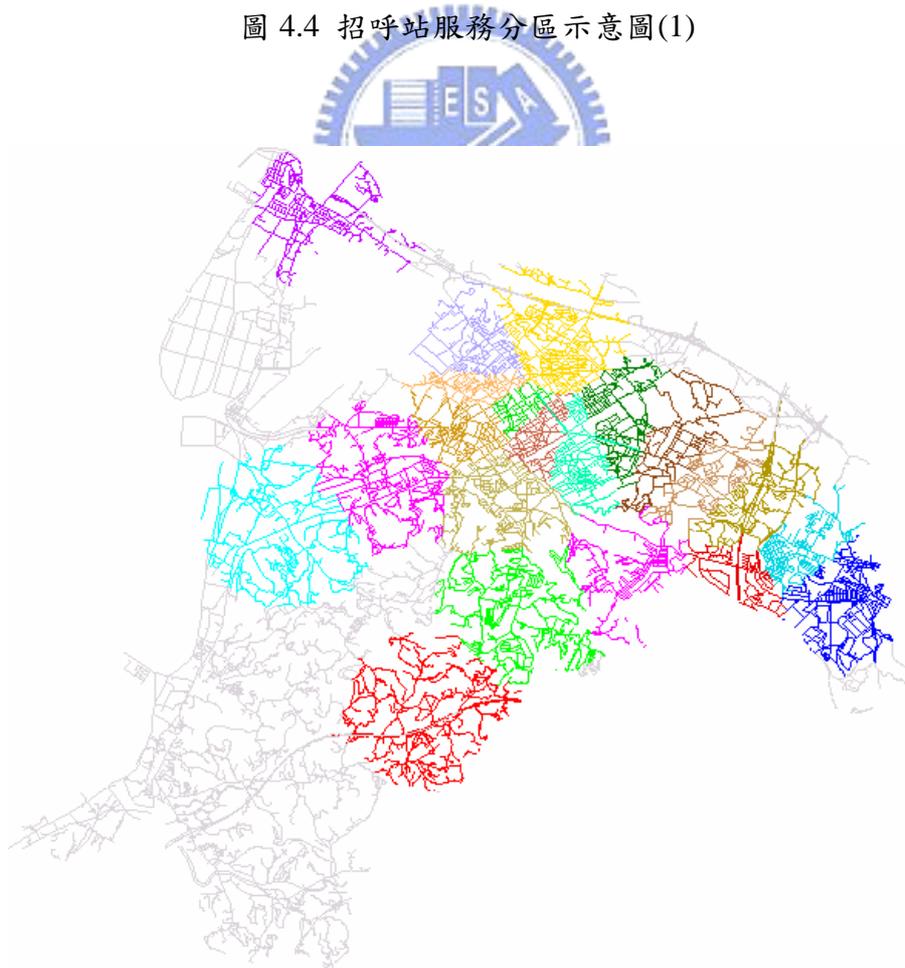


圖 4.5 招呼站服務分區示意圖(2)

表 4.2 招呼站服務分區統計資料表

ID	NAME	載客量	乘客平均 等候時間
1	金石	1650.45	1.2348
2	民生	2789.94	2.0331
3	大潤發	1427.99	1.7626
4	武陵	1647.56	1.2001
5	國光	1871.93	1.3401
6	北大	3539.97	1.4452
7	金世紀	476.51	3.8188
8	公園	1100.53	1.5299
9	亞太	1143.85	3.4644
10	清華	2589.34	2.7615
11	建中	1166.34	3.5716
12	埔頂	873.83	2.7477
13	長春	409.41	3.1099
14	介壽	426.12	4.2553
15	園區	356.02	2.4216
16	高峰	388.29	4.8566
17	師院	728.10	4.6486
18	湖濱	238.82	6.1050
19	中華	316.94	23.7646
20	香山	231.74	4.7533
21	三姓橋	164.99	17.9774
22	南寮	148.25	20.4633

然而，上述的服務分區結果是針對目標式中 γ 與 α 兩個權重值作調整後的劃分結果，所以，本研究需進一步考慮將權重值 β 加大後，增強分區間的載客服務量差異對於目標值的影響程度，使得分區結果又可以重新將路段合併或是從服務範圍中移除，才能再次檢視其能否產生合理的服務分區。因此，在假設其餘條件不變之下，藉由上述的權重值更動以檢視其相對應分區結果，改變 β 值後的分區如圖 4.6 所示。

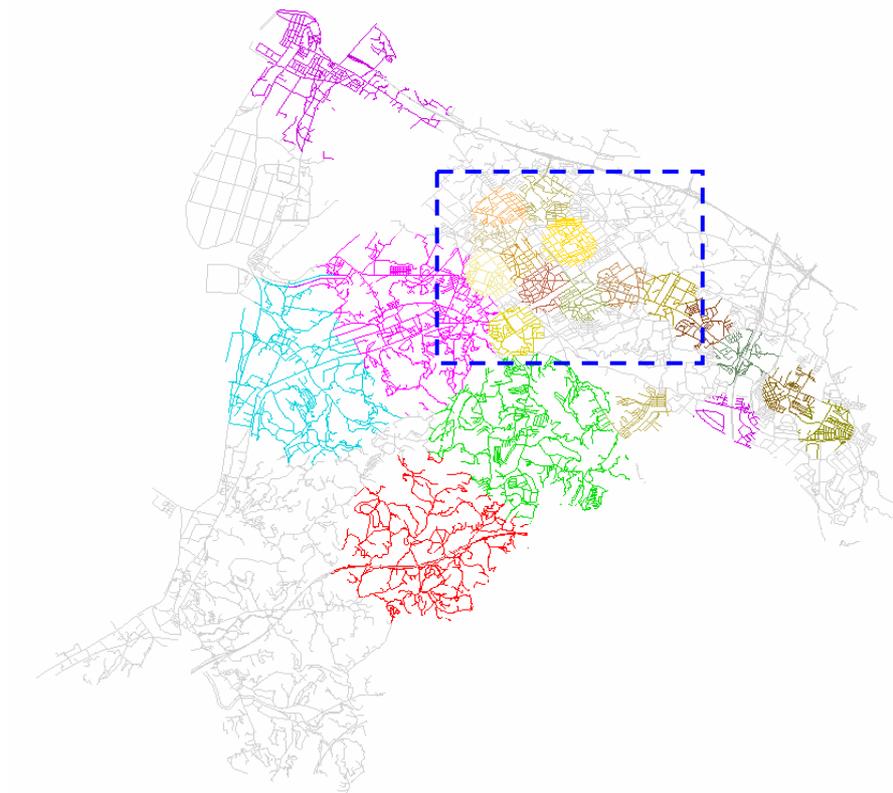


圖 4.6 招呼站服務分區示意圖(3)



從圖 4.6 可知，將需求權重值加大後，虛線部分代表市區附近的招呼站分區明顯縮小了，由於市區附近的顧客需求較為密集，其路段上的顧客需求強度明顯高於其他的招呼站分區範圍，因此，為了避免各個招呼站分區內的載客服務量差異太大，各分區會經由模式中路段的重新合併來進行改善。

招呼站的服務分區劃分並無統一的標準，完全經由管理者自行決定需要的分區結果，而目前的分區方式多是經由人工方式劃分，較缺乏一客觀的方法。經由上述的測試結果可知，本研究提供使用者可以利用調整權重值的方式，讓使用者設定以產生期望之分區結果，權重值的調整將會影響到服務分區的劃分結果，本研究整理相對應的說明如表 4.3 所示。

表 4.3 各權重值對於分區結果之影響說明

權重值	影響之決策項目	調整結果
γ	招呼站之總載客服務量	增加此值對應之分區服務範圍會擴大，如圖 4.4 所示。
α	分區間乘客平均等候時間差異	增加此值會使得分區間乘客平均等候時間差異縮小，如圖 4.5 所示。
β	分區間的載客服務量差異	增加此值將改善各分區間之載客服務量差異，如圖 4.6 所示。
δ	招呼站服務分區之形狀因子	增加此值將使得分區結果更趨近於規則形狀(方形或圓形)。

4.4 實例測試分析

金立車行目前使用的劃分方式乃透過人工方式產生，為了驗證測試結果是否能優於金立車行之劃分情形，本研究將以目標函式中的兩個決策項目進行評估，計算各招呼站之間的載客服務量以及乘客平均等候時間差異，作為驗證測試結果能否優於現況之依據。

首先，我們挑選 22 個招呼站作為現況分析之對象；而現有各招呼站之服務範圍由金立車行所提供，經由統計後可得知其所涵蓋之路段集合，接著可計算出每個招呼站的載客服務量以及乘客平均等候時間，將上述資料帶入 3.2 式、3.3 式後，便可以獲得各招呼站服務範圍間的差異，即各分區間乘客平均等候時間的差異總和、各分區間載客服務量的差異總和以及招呼站之總載客服務量。

接著我們以 4.3 節中相同的方式給定起始解，但是在利用模式開始進行服務範圍劃分之前，為了希望分區結果之總載客服務量能比金立現況來得多，因此，本研究在此測試中將儘可能把招呼站之總載客量進行增加(利用權重值調整之方式)。各招呼站的乘客平均等候時間、載客服務量、總等候時間統計資料如表 4.4 所示，各決策項值之比較如表 4.5 所示，實測輸入資料、目標值之比較如表 4.6、表 4.7 所示。

表 4.4 金立現況與本模式結果統計資料表

ID	NAME	金立現況統計			本模式結果		
		載客量	乘客平均 等候時間	總等候 時間	載客量	乘客平均 等候時間	總等候 時間
1	金石	1162.22	1.0453	1214.87	1204.71	1.1123	1340.00
2	民生	2775.50	1.8628	5170.20	2036.45	1.7812	3627.32
3	大潤發	690.53	1.6608	1146.83	1042.33	1.6933	1764.98
4	武陵	1242.60	1.0585	1315.29	1202.6	1.0001	1202.72
5	國光	1121.46	1.1209	1257.04	1366.37	1.1584	1582.80
6	北大	3319.28	1.4558	4832.21	2583.92	1.3335	3445.66
7	金世紀	292.01	3.3143	967.81	347.82	3.3207	1155.01
8	公園	824.42	1.5926	1312.97	803.31	1.5043	1208.42
9	亞太	496.51	3.7140	1794.39	834.93	3.0125	2515.23
10	清華	1967.48	1.4746	2901.25	1890.03	2.4013	4538.53
11	建中	896.26	3.3733	3023.35	851.34	3.1057	2644.01
12	埔頂	482.47	2.4262	1170.57	637.83	2.3893	1523.97
13	長春	201.98	2.0193	407.86	298.84	2.7043	808.15
14	介壽	265.99	3.7293	991.96	311.04	3.7003	1150.94
15	園區	129.08	3.2832	423.80	259.87	2.1057	547.21
16	高峰	145.37	5.2598	764.62	283.42	4.2231	1196.91
17	師院	385.54	4.8214	1858.84	531.46	4.0423	2148.32
18	湖濱	85.69	5.1703	443.04	174.32	5.3087	925.41
19	中華	10.34	9.0103	93.17	231.34	12.3823	2864.52
20	香山	82.91	3.7284	309.12	169.15	4.1333	699.15
21	三姓橋	14.26	12.4963	178.20	120.43	15.6325	2003.05
22	南寮	28.03	15.7040	440.18	108.21	17.7942	1925.51

表 4.5 金立現況與本模式結果比較表

決策項目	金立現況	本模式結果
總載客量	16619.93	17289.72
各分區間平均等候時間的差異總和	842.4132	998.76
各分區間載客量的差異總和	211176.59	173343.82
乘客平均等候時間(分鐘)	4.06	4.41

表 4.6 本模式實測輸入資料表

項目	調整範圍
γ	15~25
α	10~15
β	1
δ	50
預設搜尋次數	15000

表 4.7 目標值比較表

說明	目標值求算結果
金立車行現況	112797.87
本模式結果	162462.89

由表 4.4 與表 4.5 可知，模式求得的分區結果，在各招呼站服務分區的差異方面，載客量明顯較現有的服務分區來得均衡，對於乘客的平均等候時間來說卻是相差甚小，且車行能夠服務之乘客也明顯變多了。目標值在計算後亦發現較金立現況來的好，如表 4.7 所示。因此，可得到本模式之測試結果能夠改善現況之結論，且藉由上述之說明可知，使用者可以透過本研究之分區模式來規劃差異程度較小的招呼站服務範圍分區。

此外，在求解過程中目標值的變化與收斂情形如圖 4.7 所示，在給定最大搜尋次數的停止條件之下(預設值為 15000 次)，目標值於 p 點位置時達到收斂(約 12000 次)。由圖 4.7 可知，從 p 點開始直到停止條件發生之間的搜尋中，並無繼續改善目前之最佳解，因此本研究最後是以 p 點對應之求解結果進行輸出。

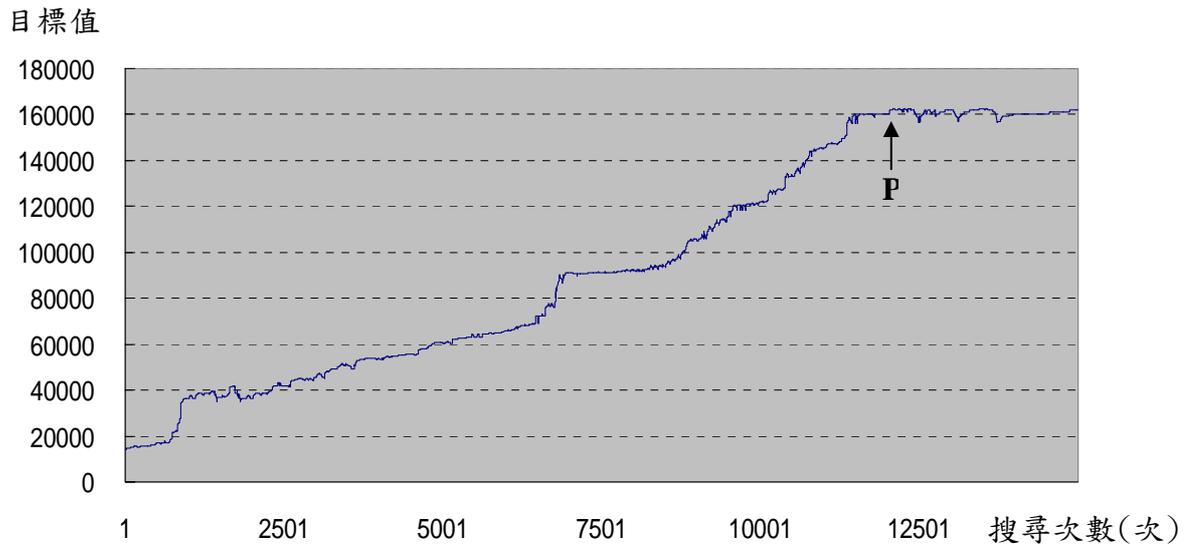


圖 4.7 目標值變化與收斂情形示意圖

在上述的實例分析中我們假設禁忌長度為 7，為了進一步探討若以不同的禁忌名單長度 (tabu length) 是否會對求解結果造成影響，因此，本研究參考過去的學者在使用禁忌搜尋時多採用之給定方式，將以 5、10 等禁忌長度做為測試之對象，重新求算後之結果如表 4.8 所示，相對應之目標值如表 4.9 所示。

由表 4.8、4.9 可知，以不同的禁忌長度進行的敏感度分析後，從目標值差異甚小之情況來看，說明了禁忌長度的改變對於最終結果的變化影響不大，可知此項參數對於結果之敏感度較低。因此，禁忌長度的不同設定將對得到之服務分區結果影響不大，所以使用者可直接以本研究採用之禁忌長度 7、停止條件假設最大搜尋次數為 12000 次。

表 4.8 禁忌長度敏感度分析資料統計表

ID	NAME	Tabu length=5		Tabu length=7		Tabu length=10	
		載客量	乘客平均 等候時間	載客量	乘客平均 等候時間	載客量	乘客平均 等候時間
1	金石	1107.48	1.1001	1204.71	1.1123	1110.80	1.1018
2	民生	2041.13	1.7720	2036.45	1.7812	2047.26	1.7747
3	大潤發	1034.73	1.5797	1042.33	1.6933	1037.83	1.5820
4	武陵	1225.37	1.0511	1202.6	1.0001	1229.04	1.0527
5	國光	1369.51	1.2175	1366.37	1.1584	1373.62	1.2193
6	北大	2537.86	1.4015	2583.92	1.3335	2545.48	1.4036
7	金世紀	348.62	3.3901	347.82	3.3207	349.67	3.3951
8	公園	805.16	1.5810	803.31	1.5043	807.57	1.5834
9	亞太	836.85	3.0661	834.93	3.0125	839.36	3.0707
10	清華	1950.38	2.5238	1890.03	2.4013	1956.23	2.5276
11	建中	853.30	3.2641	851.34	3.1057	855.86	3.2690
12	埔頂	639.30	2.4112	637.83	2.3893	641.21	2.4148
13	長春	301.53	2.7322	298.84	2.7043	302.43	2.7363
14	介壽	320.76	3.8890	311.04	3.7003	321.72	3.8948
15	園區	260.47	2.2131	259.87	2.1057	261.25	2.2164
16	高峰	284.07	4.2385	283.42	4.2231	284.92	4.2448
17	師院	532.68	4.1485	531.46	4.0423	534.28	4.1547
18	湖濱	183.72	5.3294	174.32	5.3087	184.27	5.3374
19	中華	231.87	12.6138	231.34	12.3823	231.57	12.4327
20	香山	168.54	4.1341	169.15	4.1333	169.04	4.1403
21	三姓橋	122.71	16.0808	120.43	15.6325	123.08	16.1049
22	南寮	111.46	18.2017	108.21	17.7942	111.79	18.1290

表 4.9 禁忌長度敏感度分析決策值估算表

決策項目	Tabu length=5	Tabu length=7	Tabu length=10
總載客量	17267.49	17289.72	17318.29
各分區間平均等候時間的差異總和	1000.69	998.76	996.69
各分區間載客量的差異總和	172390.28	173343.82	172836.45
乘客平均等候時間(分鐘)	4.40	4.41	4.45
目標值	162952.88	162462.89	163078.06

4.5 小結

服務分區基本上是由使用者所設定之偏好來決定，透過本研究之彈性測試發現，分區模式確實具有足夠之彈性來符合使用者的要求，藉由上述調各權重值的方式便可達到調整分區之目的。而在實例測試方面，本研究將模式結果與現有的招呼站服務分區做比較，測試結果發現依據本研究發展的模式確實可以得到比現況來得好，在可以滿足更多的載客服務量之條件下，能縮小各招呼站之間載客量差異，顯示本研究設計的方式確實有用。



第五章、結論與建議

5.1 結論

本研究構建招呼站服務範圍之劃分方式，目的是希望將服務分區的劃分方式能根據使用者的偏好來進行規劃，使得分區結果能滿足使用者的需求，達到決策支援之目的。在研究中主要歸納以下幾點心得與結論：

1. 分區問題可分為兩種類型，即區域合併問題以及區域分派問題。在文獻回顧中發現，區域合併問題主要考量區域的同質性及區域的位相關係，如相鄰性、分區形狀等，而區位分派問題乃屬於設施區位問題，規劃者必須考量多重因素，如供給者成本、使用者利益等，並尋求一最佳解。
2. 招呼站服務範圍的劃分屬於區域合併類型之問題，而區域合併可視為組合最佳化問題的一種，可以利用相關的啟發式解法來進行求解。而禁忌搜尋法通常是用來解決組合最佳化問題的一種方式，因此本研究提出應用此方法來進行招呼站服務範圍的劃分方式。
3. 禁忌搜尋法主要由四個重要的模組所構成，包括鄰近搜尋、禁忌名單、解禁規則與停止條件等。本研究依據上述四大模組加以設計相關之求解演算步驟，並透過簡例加以說明求解之流程。
4. 本研究所構建之分區模式，探討了分區時可能納入之決策因素，包括總需求、載客量差異、平均等候時間差異以及分區形狀規則等，然後結合了禁忌搜尋法的求解方式進行分區的規劃。
5. 在系統測試方面，包括系統之彈性與實測分析。彈性分析主要在驗證此模式具有足夠之彈性以滿足使用者偏好，產生符合使用者預期之分區結果；實測分析則說明測試結果能夠改善現有之分區情形，主要在縮小招呼站間載客量與等候時間之差異，上述測試均顯示模式確實能解決實務之問題。

5.2 建議

針對之後的研究提出以下幾項建議：

1. 在時間的限制下，本研究所討論的範圍僅侷限在固定招呼站分區的問題，在未來的發展方面可以繼續探討招呼站之區位選擇問題，以改善目前的分區劃分模式。
2. 在分區模式的決策因素方面，本研究僅以總需求、載客量以及乘客等候時間作為考量，若未來能考慮研究範圍內之人口分佈或提供有效之需求預測模式，將使得分區模式更趨近於完善。
3. 在禁忌搜尋法的設計上，未來的研究可持續使用不同之起始解、鄰近解搜尋方式等，以歸納出更合適之求解方式，甚至改善現有之求解效率與分區結果。



參考文獻

1. 朱良浩，「地理資訊系統在區域合併問題上之應用」，國立交通大學土木工程研究所，碩士論文，民國 84 年。
2. 蔡麗敏，「廢輪胎處理場區位指派問題與運送路線選擇之研究」，國立交通大學交通運輸研究所，碩士論文，民國 88 年。
3. 王存國、季延平、范懿文，「決策支援系統」，三民，民國 85 年。
4. ESRI ArcView 3.2 版使用手冊。
5. Antonio G.N. Novaes, Jose E. Souza de Cursi, Odacir D. Graciolli, “A continuous approach to the design of physical distribution systems,” *Computers & Operations Research*, 27, 2000, pp.877-893.
6. Antonio G.N. Novaes, Odacir D. Graciolli, “Designing multi-vehicle delivery tours in a grid-cell format,” *European Journal of Operational Research*, 119, 1999, pp.613-634.
7. Panagiotis Lolonis, Marc P. Armstrong, “Location-allocation Models as Decision aids in delineating Administrative Regions,” *Comput. Environ. And Urban Systems*, 17,1993, pp.153-174.
8. M. Wayne Bennion and Wende A. O'Neill, “Building Transportation Analysis Zones Using Geographic Information Systems,” *Transportation Research Record* 1994, pp.49-56.
9. H. Wang, D. Xue, “An intelligent zone-based delivery scheduling approach,” *Computers in Industry*, 48, 2002, pp.109-125.
10. Michael G.H. Bell, K.I. Wong, “A rolling horizon approach to the optimal dispatching of taxi,” , *International Symposium on Transportation and Traffic Theory*, 2005.
11. Hai Yang, S. C. Wong, “A network model of urban taxi services,” *Transportation Research part B*, vol. 32, No. 4, 2003, pp.235-246.
12. Jian Zhou, Baoding Liu, “New stochastic models for capacitated location-allocation problem,” *Computers and Industrial Engineering*, 45, 2003, pp.111-125.
13. Wende A. O'Neill, “Developing optimal transportation analysis zones using GIS,” *ITE Journal*, DEC, 1991, pp. 33-36.
14. M. Keane, “The size of the region-building problem,” *Environment and planning A*, Vol. 7, 1975, pp.575-577.
15. JiGuan G. Lin, “On min-norm and min-max methods of multi-objective optimization,” *Math. Program., Ser. A*, 2003.

簡 歷



姓 名：陳威豪

籍 貫：台灣省桃園縣

出生日期：民國 70 年 11 月 03 日

聯絡地址：台北市光復南路 13 巷 36 號 1 樓

E-mail：whchen.tem93g@nctu.edu.tw

學歷：

民國 95 年 6 月 國立交通大學運輸科技與管理學系碩士班畢業

民國 93 年 6 月 國立交通大學運輸科技與管理學系畢業

民國 89 年 6 月 台北市立成功高級中學畢業

民國 85 年 6 月 台北市立西松國民中學畢業

民國 82 年 6 月 台北市立光復國民小學畢業