

逢甲大學
交通工程與管理學系碩士班
碩士論文

宅配路線規劃應用禁制搜尋法
之研究

A Study on the Vehicle Routing Planning with Tabu Search
Algorithm for Home Delivery

指導教授：林大傑

研 究 生：賴志豪

中 華 民 國 九 十 五 年 七 月

誌謝

本論文承蒙我的指導老師 林大傑博士的細心指導，從研究方向的建立、問題的剖析、程式的撰寫，經過老師的循循善誘，問題都能迎刃而解而有所啟發，論文因此有所突破，學習到更多知識與技巧，經過兩年的努力始得開花結果，在學期間收穫良多，在老師的指導下，經過計畫案的洗禮學習到處理事務以及獨立解決問題的能力，此外亦感謝我的論文輔導老師 李克聰博士從旁細心指教，適時的給予寶貴的意見，口試期間感謝嘉義大學運輸與物流工程研究所 林振榮博士給予寶貴的意見與指正，使我的論文更臻完美。

在學期間，感謝系上所有老師的諄諄教誨，各位老師授課的用心，兩年的研究所生涯學習到許多寶貴的知識。同時我要感謝我的同窗好友鵬升、阿舜、欣憲、尚輯、怡霖、雅博、宗勳、姿雁、耿禎、韻珏、欣翰、阿彰、米奇、堂展、妍菁、阿維、阿裘、芋頌、小雅、超哥、庭銀、智淮，在學期間大家一起學習、一起歡樂，遇到困難彼此鼓舞打氣，一起努力，在研究所的生涯，有了美好而彩色的回憶。論文寫作期間，感謝怡芳學姊的不吝指教與協助，以及其他協助過我的人；還有同 Lab 的學弟妹，智建與靜怡，在計畫案期間共同奮鬥以及論文口試時給予協助等等。謝謝各位，在生命的旅程認識了各位真好，你們都是我最好的朋友。感謝這兩年多來一直陪伴我的孜穎，在我生病住院的時候一路陪伴著我，給予我最大的支持，研究所期間，不論我多忙碌都能體諒我，支持著我讓我順利完成論文。

最後我要感謝我的爸爸 賴運土、媽媽 謝玉春以及我所有的家人，在我的求學生涯一路相挺，給我無比的支持，讓我能夠無憂無慮的完成我的學業，有了你們當我的精神支柱，我充滿了感謝，也因為有了你們，才有今天的我，促使我完成論文，順利完成學業，期許未來能有更高的成就給予回報。

賴志豪 謹誌于逢甲
中華民國九十五年七月

摘要

近年來，隨著電子商務與電視購物等虛擬通路的蓬勃發展，以網際網路與電話為主要交易媒介之方式，逐漸成為現代人之主流購物型式，使得貨物運送的方式由傳統將大量的成品運送至固定的大賣場或零售商等銷售點鋪貨的型式，逐漸轉型成將小量的貨物直接運送至顧客手中，因此國內的宅配市場逐漸的受到重視，使得傳統的運輸產業紛紛轉型成宅配之運輸產業以配合市場的脈動，然而，在宅配業者彼此激烈的競爭下，如何有效降低營運成本，提升服務品質，使業者能維持其競爭之優勢將是一重要的課題。

本研究將探討宅配車輛之路線巡迴問題(VRP)，並且考慮時窗限制下之路線規劃研究，規劃求解設計是利用已知資訊先進行靜態車輛路線規劃問題解，依已知需求點規劃車輛行駛路線，藉由禁制搜尋法(Tuba Search, TS)改善路線起始解，進而獲得最佳車輛配送路線，而在車輛開始巡迴後針對動態的需求以及臨時取消的需求進行即時規劃，在符合時窗限制下以最短的巡迴路徑營運來節省營運路線成本、提升服務績效。

由於實際宅配配送由宅配工程師所屬之責任分區負責規劃，因此本研究只考慮單一場站及單一責任分區來規劃配送路線，研究方法在時窗限制為軟性時窗限制(Soft Time Windows)，而在設計上一般客戶採上、下午兩大時段規劃而契約客戶則賦予個別特定時窗限制，以符合實際之配送方式，而路線規劃求解採三階段設計，前兩階段為靜態路線規劃，第三階段為動態路線規劃，第一階段初始解建構階段先利用最近鄰點法(Nearest Neighbor Heuristics, NNH)將需求點作初始可行解的規劃，此方法類似宅配工程師規劃之經驗法則，以此方法快速取得初始解，再於第二階段之路線改善階段利用禁制搜尋法(TS)作為改善解的規劃，而交換法分別利用 Swap 交換法及 Or-Opt 交換法擬出四種混合策略模式作為禁制搜尋法之核心交換法做測試比較，評選出為兩次改善策略最佳決策模式，而第三階段則在有即時需求產生時進行動態規劃，實驗證實透過此模式路線成本節省可達到約 40%之改善效果，最後將最佳模式以實際路網進行實證分析仍可獲得約 20%的成本節省改善效果。

關鍵詞：宅配、路線規劃、啟發式解法、禁制搜尋法

Abstract

Recently, as the virtual approach is developing, such as electric business and TV shopping, etc. The form of product transfer is changing from traditional way into Home delivery. The traditional transportation transfers a large number of products to specific selling places or retailers, etc. And Home delivery is transfer a small number of products to customer. It is getting important to Home Delivery of domestic market, and it makes traditional transportation industry transfer to keep up with the market changes.

The study discusses the Vehicle Routing Problem (VRP) of home delivery car and Consider the constraint of Time Window to offer a Home Delivery assignment model. The design of planning is using known information to solve static VRP and improve initial solution by Tabu Search algorithm to obtain optimal delivery path. After operating car start delivery, we focus dynamic or canceling demands to start real time planning. We plan the shortest path Under Time window to save the routing cost and operate efficiently.

The practical Home Delivery is planning by sales driver whose duty area, so the study only consider one depot and one duty area to plan the delivery path. The method of research in time constraint is soft time windows and separate in morning and afternoon two times to fit in practical operation. In route planning, we design three stage planning. First two stages plan static demands and the third stage plans dynamic demands. Stage 1: Using the Nearest Neighborhood Heuristics to construct initial solution. Stage 2: Using Tabu Search algorithm to improve initial solution. The local search engine we use swap and op-opt interchange methods to make four alternatives and test in experimental design. After test, we choose the optimal alternative which is two times improving method to improve initial solution. Stage 3: As the real time demands occur, we start dynamic route planning improving.

After experimental design test, we find out in this way it can be almost reached 40% cost down improving effect. We put the optimal model into actual network to analyze and it also can be reached 20% cost down improving effect.

Key Words: Home Delivery, Route Planning, Heuristics, Tabu Search

目錄

第一章 緒論	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究動機	3
1.3 研究範圍	4
1.4 問題描述	4
1.5 研究目的	6
1.6 研究流程	6
第二章 問題定義與文獻回顧	8
2.1 問題定義	8
2.2 文獻回顧	12
2.2.1 車輛途程規劃問題	12
2.2.2 旅行者銷售員問題	19
2.2.3 啟發式解法	22
第三章 研究方法	36
3.1 DPDTSPWT之解題架構	36
3.2 建構數學模式	37
3.2.1 基本假設	38
3.2.2 決策變數與參數定義	38
3.2.3 PDTSPWT數學模式	39
3.2.4 DPDTSPWT數學模式	40
3.3 啟發式解法之設計	42
3.3.1 起始路線規劃階段	42
3.3.2 路線改善階段與改善策略	43
3.3.3 動態路線規劃階段	44
第四章 實驗設計與測試分析	46
4.1 實驗設計與說明	46
4.1.1 實驗設計流程	46
4.1.2 簡易範例設計	46
4.1.3 相關參數設定與假設說明	48
4.2 實驗設計測試	48
4.2.1 路線建構階段	49

4.2.2 路線改善階段	53
4.2.3 動態路線規劃階段	61
第五章 實證分析	66
5.1 實證範例說明	66
5.2 靜態求解結果分析	67
5.2.1 上午時段求解分析	67
5.2.2 下午時段求解分析	70
5.2.3 上、下午時段合併分析	72
5.3 動態求解結果分析	73
5.3.1 動態資料說明	73
5.3.2 動態需求求解分析	74
第六章 結論與建議	82
6.1 結論	82
6.2 建議	83
參考文獻	85
附錄一	89
附錄二	104
附錄三	111



圖目錄

圖 1.1	傳統配銷方式.....	2
圖 1.2	宅配配銷方式.....	2
圖 1.3	宅配業營運網路輸配送系統.....	3
圖 1.4	研究流程圖.....	7
圖 2.1	分群服務之動態收送貨旅行銷售員問題示意圖	9
圖 2.2(a)	VRP 示意圖.....	10
圖 2.2(b)	TSP 示意圖	10
圖 2.3	宅配工程師一天作業排程示意圖.....	10
圖 2.4	PDTSPWTW 問題架構圖	11
圖 2.5	含收送貨車輛途程之兩種型態問題.....	15
圖 2.6	離線型與線上型演算法求解方式之比較	17
圖 2.7	轉向策略求解法示意圖.....	19
圖 2.8	常見 TSP 解法分枝說明圖.....	21
圖 2.9	模擬退火法流程圖.....	25
圖 2.10	SA 與 TA 接受交換新解之機率比較圖	26
圖 2.11	噪音擾動法求解流程.....	27
圖 2.12	搜尋空間平滑法求解流程.....	28
圖 2.13	基因演算法求解流程.....	30
圖 2.14	禁制搜尋法流程圖.....	32
圖 2.15	2-opt 交換法解題概念圖	33
圖 2.16	Or-opt 解題概念圖	33
圖 2.17	Swap 解題概念圖.....	34
圖 3.1	車輛路線規劃問題求解流程圖.....	36
圖 3.2	演算法流程圖.....	37
圖 3.3	上、下午路線合併示意圖.....	43
圖 4.1	上午時段一般客戶路線初始解.....	50
圖 4.2	上午時段插入契約客戶路線初始解.....	51
圖 4.3	下午時段一般客戶路線初始解.....	51
圖 4.4	下午時段插入契約客戶路線初始解.....	51
圖 4.5	上、下午時段合併之路線初始解.....	52
圖 4.6	50 需求點測試結果分析統整表.....	55
圖 4.7	70 需求點測試結果分析統整表.....	56
圖 4.8	100 需求點測試結果分析統整表.....	57
圖 4.9	120 需求點測試結果分析統整表.....	58
圖 4.10	150 需求點測試結果分析統整表.....	59
圖 4.11	求解節點數趨勢圖.....	61

圖 4.12 動態路線規劃圖示.....	64
圖 5.1 需求點分佈圖.....	67
圖 5.2 上午需求點分佈圖.....	69
圖 5.3 上午需求點最佳解路線圖.....	69
圖 5.4 下午需求點分佈圖.....	71
圖 5.5 下午需求點最佳解路線圖.....	71
圖 5.6-1 上、下午需求點最佳解路線合併圖解.....	72
圖 5.6-2 上、下午需求點最佳解路線合併套疊圖.....	73
圖 5.7 實證動態需求求解圖解.....	79



表目錄

表 4.1	簡易範例(25 需求點).....	47
表 4.2-1	路線建構初始解	49
表 4.2-2	路線建構初始解	50
表 4.3	測試資料表.....	53
表 4.4	全範例 ANOVA 分析表.....	54
表 4.5	全範例平均改善率分析統整表.....	59
表 4.6	動態需求點資料.....	62
表 4.7	逐一輸入動態需求解.....	62
表 5.1	實證範例資料.....	66
表 5.2	上午時段求解分析表.....	68
表 5.3	下午時段求解分析表.....	70
表 5.4	上、下午時段解合併分析表.....	72
表 5.5	實證動態需求點資料.....	74
表 5.6	實證動態需求解.....	75



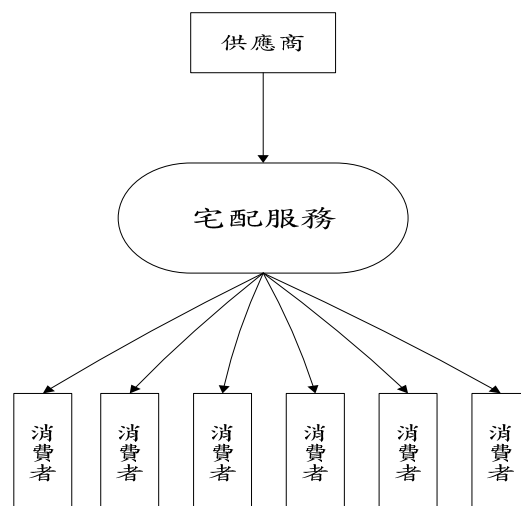
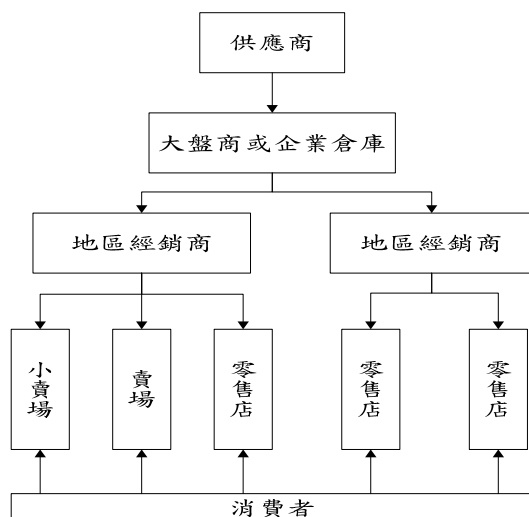
第一章 緒論

近年來，隨著電子商務與電視購物等虛擬通路的蓬勃發展，以網際網路以及電話為主要媒介之交易方式，逐漸成為現代人之主流購物型式，使得貨物運送的方式由傳統將大量的成品運送至固定的大賣場或零售商等銷售點鋪貨的型式，逐漸轉型成將小量的貨物直接運送至顧客手中，因此國內的宅配市場逐漸的受到重視，使得傳統的運輸產業紛紛轉型成宅配之運輸產業以配合市場的脈動，然而，在宅配業者彼此激烈的競爭下，如何有效降低營運成本，提升服務品質，使業者能維持其競爭之優勢將是一重要的課題。

1.1 研究背景

在台灣の宅配市場，已有多家業者營運，諸如：國內最大家電與 3C 專業物流廠商東源儲運之台灣宅配通、台灣零售業龍頭統一速達之宅急便，此外傳統貨運業者大榮貨運、新竹貨運等公司也積極加入宅配市場的營運。因此在宅配市場競爭激烈下，業者開始著重服務品質的提升。

近來在傳統企業對企業(Business to Business, B2B)的通路方式，如圖 1.1，經由大盤、中盤、小盤，最後才到消費者手中的配銷方式，隨著電子商務的發展已不符需求，國內流通業面對通路的轉型，因此紛紛投入宅配業的發展，而所謂的宅配是指在指定的時間內，將顧客所交付的貨物，安全地送達顧客指定之地點，其通路結構有企業對消費者(Business to Consumer, B2C)的商品配送，消費者對消費者(Consumer to Consumer, C2C)的個人包裹配送，如圖 1.2；有別於傳統的 B2B，宅配配送省去中間盤商層層運送的過程，直接由企業配送給消費者，節省中間繁雜之轉運程序，因而增加貨品流通的效率。

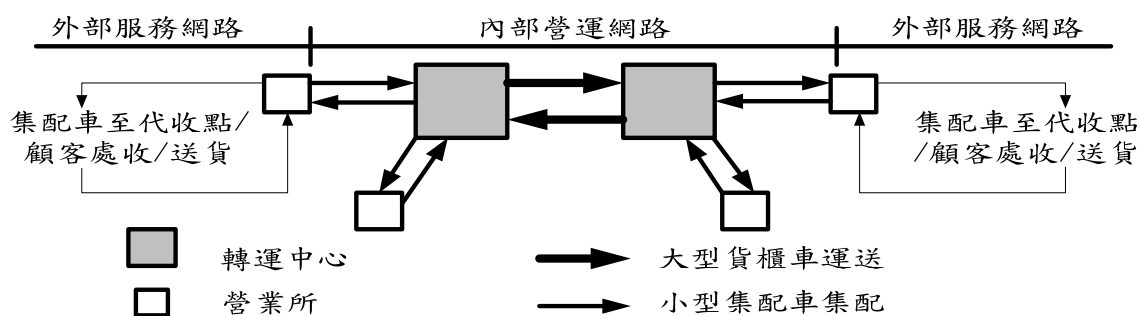


資料來源：【物流技術與戰略，第 16 期，頁 62-69】

圖 1.1 傳統配銷方式

圖 1.2 宅配配銷方式

宅配業可指定時間地點送達，因此是具備時效性之貨運業，而其基本營運模式分為「內部營運路網(Local Service Network)」與「外部服務路網(Line-haul Operations Network)」，如圖 1.3；以宅配內部營運網路而言，採軸幅式路網(Hub-and-Spoke)為內部架構，轉運中心間之貨物運送多採用整車運輸，與路線貨運業者之營運方式類似。然就外部服務網路而言，營業站所之貨物配送由宅配工程師(Sales Driver, SD)即配送司機負責經營其責任分區，包括貨物之收取與配送、顧客之開發等作業，營業所多會事先將其所應負責配送的區域進行分區，但配送分區之劃分，並不是每天進行，而是視各分區之業務量是否超過負責該分區司機的負荷量而定，即宅配業者會定期檢視，並依檢視結果決定是否調整配送分區。



資料來源：【運輸計畫季刊，27(3)，頁 371~406】

圖 1.3 宅配業營運網路輸配送系統

宅配業貨物運送的作業流程為：由宅配工程師從代收地點、顧客處收集貨物，然後於規定之時間集中到營業所進行集貨作業，而營業所則進行整貨作業處理，之後再將貨物送往轉運中心，若宅配業者設有兩個以上不同區域之轉運中心，則轉運中心間將以大型長途車輛進行換貨工作，於次日凌晨轉運中心則進行分貨作業，各營業所之車輛再從轉運中心提取所負責區域之貨物，而宅配工程師於上班時間至營業所取貨，此後便開始進行宅配配送服務。

宅配業有別於傳統運輸業，其提供一種及戶 (Door-to-Door) 的服務，藉由送貨到府的方式，將貨運服務精緻化，因此配送貨物具有小量、多點配送的特性，因此貨物配送路線成本的增加，進而使得車輛配送路線規劃的好壞將影響顧客服務品質與營運成本，而貨物路線規劃問題是營業所每天必須面對的問題，通常宅配工程師會根據營業所每日所獲得的貨物資訊，了解當日責任區內必須配送的所有顧客位置，以方便進行配送路線規劃的工作。

綜合以上，有效的巡迴路徑可以降低營運成本與送達貨物之準確性，提升貨物配送的效率與服務水準，若能建立一套有效率的車輛貨物配送路線規劃系統，改變以往宅配工程師以經驗法則規劃而採更有效率之配送方式，藉此系統將宅配路線有效率的規劃，以降低宅配車輛營運成本，將是一值得探討的實務性問題。

1.2 研究動機

目前宅配業所採取的營運方式主要是藉由「內部營運路網」與「外部服務路網」來組成基本服務網路，「內部營運路網」通常是利用軸幅式路網來營運，將不同物流中心作貨物交換處理，藉由簡化的路網將路線成本降至最低，而行駛道路通常為高快速公路，路線安排也較為簡單，因此在內部路網的規劃上較為固定；而在「外部服務路網」通常是宅配工程師依據其當日所獲得之貨物資訊，將不同顧客所需進行收貨與配送活動之地點，利用其經驗法則進行配送路線之規劃，然每一位宅配工程師所負責之

區域需求點眾多，且需求點之出現並非完全相同，除契約客戶外，一般均為不固定的，而整體所獲得之貨物資訊是很複雜的，因此若僅藉由經驗法則規劃，將產生多餘無謂的成本，導致成本的增加。

宅配業所提供的主要服務為及戶運輸服務，若能有效率的到達客戶所在地進行服務，必能提高公司之服務品質與顧客的服務滿意程度，因此本研究欲建立一套有效的宅配路線規劃模式，以達到本研究預期之目標。

1.3 研究範圍

本研究主要以研究台灣地區宅配業為主，宅配業主要配送系統包含「內部營運路網」與「外部服務路網」兩種，由於「內部營運路網」採軸幅式路網運作，一般運送過程都是點對點直接運送，因此較為簡單且不需要太複雜之規劃，因此本研究不考慮「內部營運路網」僅考慮「外部服務路網」作為本研究主要研究對象。

由於各營業站所在安排路線規劃時，皆事先將其服務範圍分為數個責任分區，每一分區再由宅配司機自行進行路線規劃，由於分區間之路線規劃相互獨立，且規劃方式多半類似，因此，本研究將縮小範圍僅針對單一營業站所，單一責任分區之貨物配送路線規劃問題加以探討。

1.4 問題描述

1. 宅配服務(問題說明)

貨物之路線規劃與業者之營運型態、需求點之需求特性以及對顧客之服務型式相關，因此要了解宅配之路線規劃問題特性之前須先了解此三種型態，以下就此三種型態分別描述：

(1)服務型態

宅配業者對於營業所之貨物配送方式是先劃分配送區域，在指派司機與車輛至各分區進行收、送貨作業與擴展客源，故此路線規劃問題是依各分區分別進行路線規劃。因此，就此營運型態而言，各分區之車輛路線規劃問題與旅行銷售員問題（Traveling Salesman Problem, TSP）頗為類似。

(2)需求點之需求特性

當車輛欲離開營業所時，司機已知應服務的契約客戶數及其所處的區位，所以可事先規劃車輛行駛路線。但代收點（或部分不定期的契約客戶）之需求，通常是車輛已離開營業所後，才會逐漸出現，因此，針對此需求特性而言，此車輛路線規劃問題應具有動態性質。

(3)對顧客所提供之服務型式

主要是業者提供早上、下午、以及晚上三個時段，並可讓顧客指定貨物到達之時段，因此，就各分區而言，車輛於此三個時段均需執行送貨作業。此外，依業者之營運型態知，車輛仍需執行收貨作業，故此車輛路線規劃問題應具備同時收、送貨（Pickup-Delivery）之特性。

2. 宅配業車輛規劃問題之特性

綜合上述，則可將宅配業車輛規劃問題之特性分為下列四點特性，詳述如下：

(1)單一性

由於是由各分區自行規劃該分區之車輛路線且僅單一車輛服務，故此車輛路線規劃問題類似旅行銷售員問題，並稱其具有單一性。

(2)順序性

由於業者對契約客戶是採先送貨再收貨之營運方式，故分區內之部分需求點（送貨）必須先服務，而需求為取貨物的需求點則待車輛送完貨後，及回程時再服務，因此，各分區需求點之服務，應有順序性。

(3)動態性

由於車輛進行送貨或收貨時，代收點或新開發顧客之需求可能會隨時出現，故此路線規劃應具有動態性質。

(4)收送性

即表示各分區之車輛進行路線規劃時，需同時考量收、送貨之特性，並以收送性稱之。

1.5 研究目的

綜合本研究範圍的界定與問題的描述，本研究的目的可歸納如下：

- 1.深入了解宅配業貨物路線規劃問題之作業方式，針對其問題之所在，加以深入探討分析問題之解決方式。
- 2.藉由搜集國內外相關之文獻，了解目前車輛路線規畫問題之求解技術、適用範圍，藉此歸納整合出合適的求解技術。
- 3.研究藉由有效率之啟發式解法設計加以改善宅配車輛之巡迴路徑，進而提升巡迴的效率與服務品質。
- 4.利用人工智慧方法輔助車輛途程規劃，並設計出合適之宅配路線規劃模組。
- 5.配合實驗設計與實例驗證，建構出路線規畫模式，以供國內宅配輸配送系統參考利用。

1.6 研究流程

本研究之流程，首先確立研究動機與目的，並且設定本研究之範圍，而後依本研究所探討之課題，分別以車輛途程問題 (Vehicle Routing Problem, VRP)、旅行者銷售問題 (Travel Salesperson Problem, TSP) 與啟發式解法，此三方向進行文獻回顧與探討，再綜合歸納宅配業車輛路線規劃之單一性、同時收送性、動態性等營運特性加以設計建構規劃模式。擬定之具時窗限制下之宅配路線規畫問題，以較符合宅配業現況需求之特性加以設計，本研究利用禁制搜尋法 (Tabu Search, TS) 作為求解之核心演算法，並輔以不同核心交換法擬出最適近似解之策略，並利用實驗設計模擬之數據加以分析其求解效率與演算品質，評選出路線規劃最適方案，最後透過實證分析，了解實際求解之效率，並以地理資訊系統 (GIS) 圖形化介面，輔助系統模式演算結果之展現，最後依據本研究所產生之結果提出結論與建議，其研究流程如圖 1.4 所示。

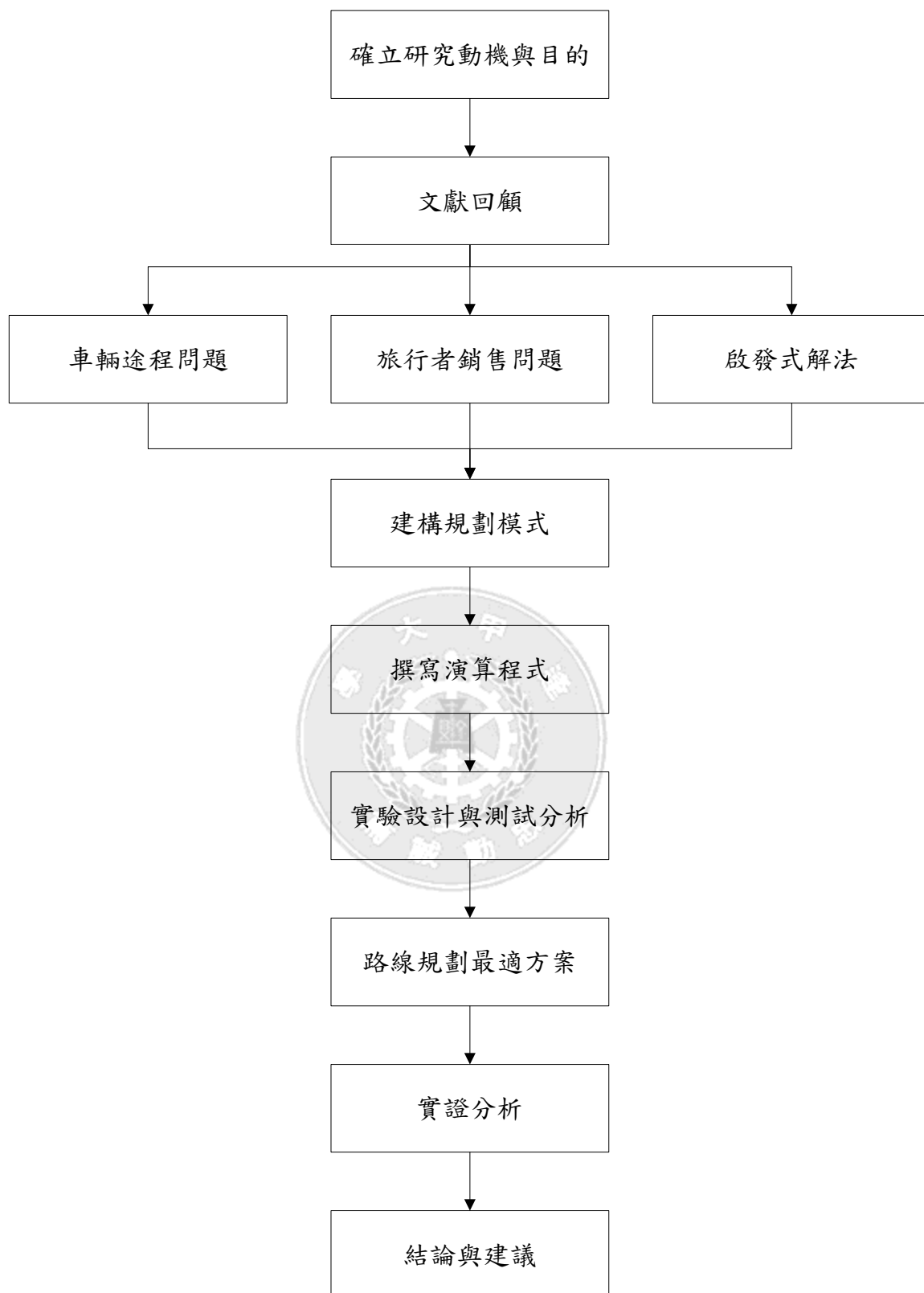


圖 1.4 研究流程圖

第二章 問題定義與文獻回顧

本研究欲探討宅配業貨物配送之路線規畫問題，屬於車輛途程規劃問題，而此類問題已持續被探討數十年以上，但討論層面大都集中在物流中心、貨運業者及快遞業者為主要研究對象，而針對宅配的路線規劃問題為主要探討對象之研究又較為少，因此本研究將針對此類問題加以研究，以下將針對研究之問題做定義，文獻回顧車輛途程規劃問題、旅行者銷售員問題與啟發式解法加以探討。

2.1 問題定義

宅配業貨物配送路線規劃問題，相關之研究如蘇昭銘【20】於應用 GIS 分析宅配業車輛路線排程作業之研究中將宅配車輛路線排程問題定義為回程取貨車輛路線問題(Vehicle Routing Problem with Backhauls, VRPB)，由於考量此作業型態無法滿足業者需求，因此採用混合策略進行宅配車輛之路線規劃，本研究將利用地理資訊系統來構建路線，再利用禁制搜尋法改善路線起始解以有效縮短路線總距離長度。

林志鴻等人【3】於宅配業貨物配送路線規劃問題之研究中提出宅配路線規劃問題具備單一性、順序性、收送性與動態性，而形成分群服務之動態收送貨旅行者銷售問題(Dynamic Pickup-Delivery TSP with order cluster, DPDTSP-OC)型態，如圖 2.1。需求點因服務不同分為上午與下午兩個分區，且由圖 2.1 可知宅配工程師須先完成上午分區的服務才可開始進行下午分區之服務，而每一分區之需求點依其服務類型，包含有收貨及送貨服務，此外，部分會隨時間經過逐一出現之新需求點，因無法事先預測，僅能依已知之需求點特性來進行路線規劃作業。

宅配業實際營運需求分為一般客戶及契約客戶兩種，以一般客戶而言其所提供的服務為白天上下午時段為收、送貨時段，晚上則純為送貨時段；而契約客戶所提供的服務主要是提供 B2C 的服務型態，即宅配工程師需向契約客戶收取貨物，隔日與一般客戶之貨物依指定

的時間送達，因此宅配工程師通常與客戶約定收貨時間，並於約定時間內到府收貨；至此本研究僅考慮上下午時段收送貨。

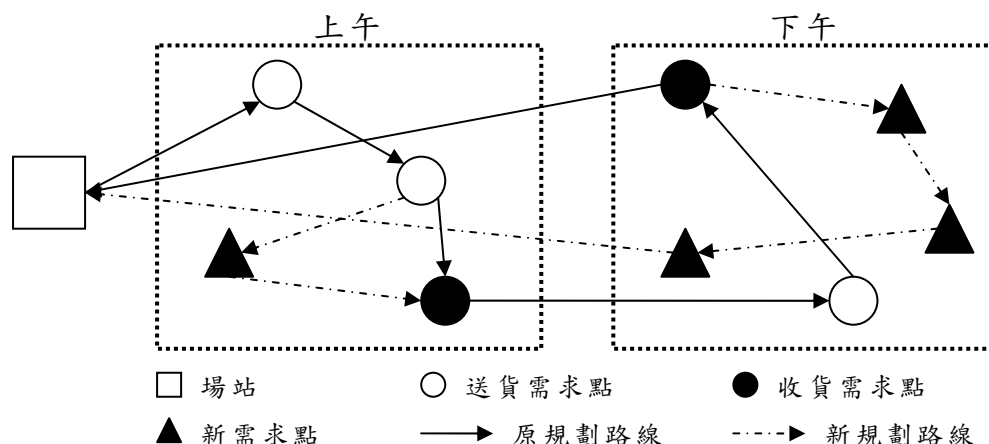


圖 2.1 分群服務之動態收送貨旅行銷售員問題示意圖

為描述問題，需求點設為不完全已知，且具有隨時間逐一出現之動態需求點，另外若將宅配客戶所指定之收、送貨時段視為具備一個時窗，則宅配業路線配送便是一個具時窗限制的路線規劃問題，因此宅配貨物配送路線規畫問題可定義為具時窗限制之動態收送貨車輛途程問題 (Dynamic Pickup-Delivery VRP with time window, DPDVRPTW)，而實際服務形態無法在準確的時間送達，大都以大約的時間內送達即可，以緩和無法準確送達之情況，因此本研究將透過軟性之時窗限制 (Soft Time Window)，在數學模式納入適當的懲罰值，來進行時窗限制之規劃，以避免違反時窗限制的發生。

傳統研究車輛途程規劃問題 (VRP) 所考量之路線規畫具備子巡迴 (Subtour) 之模式，由單一場站配合多組路線組合之子迴路，即營業車在容量限制下，必須回到營業所進行換貨的工作在進行下一次巡迴，並考慮車隊規模進行規劃；而在宅配的服務上，由於每一個分區由一位宅配工程師負責，而每一分區皆如此，因此問題可簡化至考量單一場站，單一分區，此問題則形成旅行者銷售員問題 (Traveling Salesperson Problem, TSP)，由於只考慮單一場站，單一分區，因此本研究將不考慮車隊規模，僅考慮單一車輛巡迴問題。

簡單的說明車輛途程問題 (VRP) 與旅行者銷售問題 (TSP) 之差

別：VRP 問題由於考慮車輛容量限制，因此車輛巡迴必須回到場站進行換貨的工作，因此產生子迴路的問題，即成為多路線組合之問題，如圖 2.2(a)；而 TSP 問題則無車輛容量限制，考慮單一路線巡迴，即從場站出發後，即巡迴所有需求點，服務完成後回到場站即結束，如圖 2.2(b)。

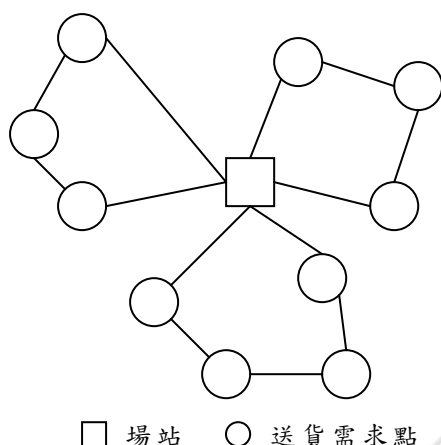


圖 2.2(a)VRP 示意圖

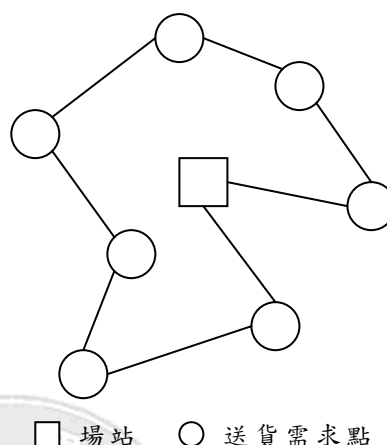


圖 2.2(b)TSP 示意圖

本研究宅配業之需求點分為一般客戶點與契約客戶點，對一般客戶所提供的服務為上、下午兩種收、送貨時段，即一般客戶可指定宅配工程師中午前(8:00~12:00)收、送貨，或是下午(12:00~17:00)收、送貨。而對契約客戶所提供的服務主要為 B to C 的服務型態，即宅配工程師需向契約客戶收取貨件，隔天，貨件便依一般客戶的服務方式在指定的時段內送達，因此，宅配工程師通常與契約客戶自行約定收貨時間，並於約定的時間內到府收貨，如圖 2.3 所示。

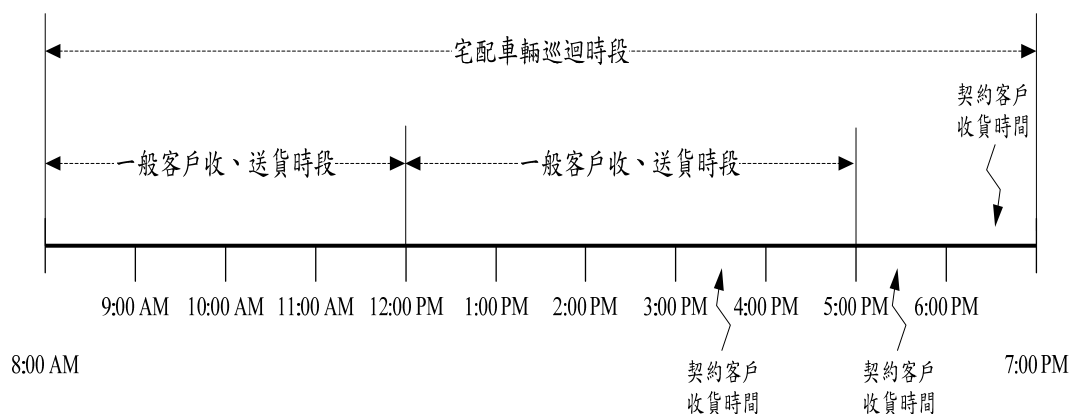
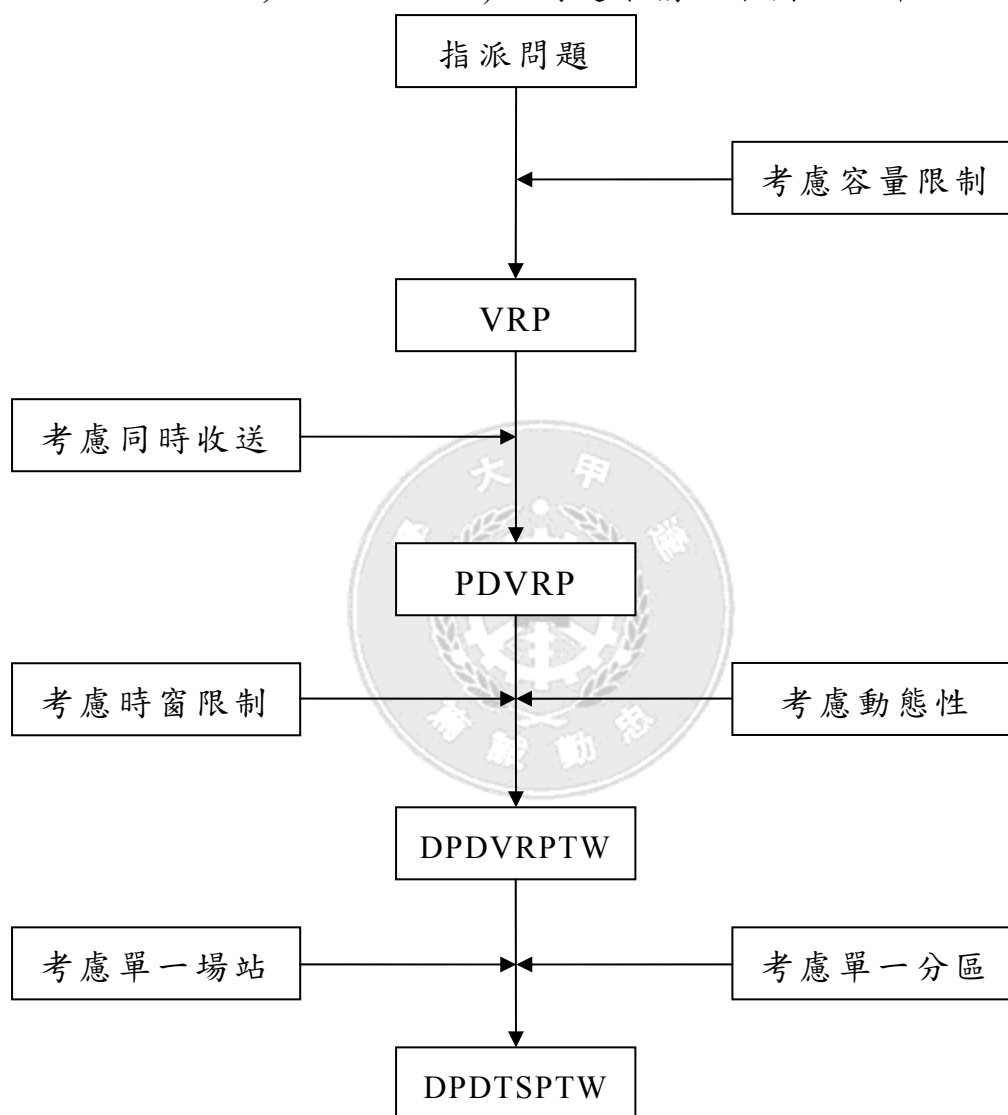


圖 2.3 宅配工程師一天作業排程示意圖

綜合以上，本研究所研究之宅配路線規畫屬 TSP 問題，所有指派任務皆由同一部宅配車輛完成，在不違反容量限制的情況下同時進行收送貨的服務，並配合軟性時窗的限制，因此本研究問題便形成具時窗限制之動態收送貨旅行者銷售問題(Dynamic Pickup-Delivery TSP with Time Window, DPDTSPTW)，問題架構如下圖 2.4 所示。



資料來源：【自行整理】

圖 2.4 DPDTSPTW 問題架構圖

2.2 文獻回顧

本章節將針對車輛途程規劃問題、旅行者銷售問題及啟發式解法三大方向進行文獻回顧與探討。

2.2.1 車輛途程規劃問題

車輛途程規劃問題(VRP)最早由 Dantzig 和 Ramser 兩位學者於 1959 年提出，他們稱這種問題為派車問題 (Vehicle Dispatching Problem)，並利用線性規劃的方式發展出一套啟發式解法，而 VRP 基本目標規劃是求解所有路線的總成本最低或是總距離最短。最單純的 VRP 乃指一車隊，從一個場站(depot)載送貨物到一群已知需求的顧客處，且在完成任務之後必須回到場站。在配送過程中，每位顧客僅能被服務一次，任一條行駛路線的顧客總需求量不得超過行駛該路線車輛的承載量。其基本數學模式如下【13】：

$$\text{Minimize } \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N \sum_{k=0}^M c_{ij} x_{ij}^k \quad (1)$$

Subject to

$$\sum_{i=0}^N \sum_{k=1}^M x_{ij}^k = 1 \quad (j=1, 2, \dots, N) \quad (2)$$

$$\sum_{j=0}^N \sum_{k=1}^M x_{ij}^k = 1 \quad (i=1, 2, \dots, N) \quad (3)$$

$$\sum_{i=0}^N x_{ih}^k - \sum_{j=0}^N x_{hj}^k = 0 \quad (h=0, 1, \dots, N ; k=1, 2, \dots, M) \quad (4)$$

$$\sum_{i=0}^N d_i \left(\sum_{j=0}^N x_{ij}^k \right) \leq Q \quad (k=1, 2, \dots, M) \quad (5)$$

$$\sum_{j=1}^N x_{oj}^k \leq 1 \quad (k=1, 2, \dots, M) \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^N x_{io}^k \leq 1 \quad (k=1, 2, \dots, M) \quad (7)$$

$$y_i - y_j + N \cdot \sum_{k=1}^M x_{ij}^k < N - 1 \quad (i \neq j=1, \dots, N) \quad (8)$$

$$x_{ij}^k = 0 \text{ or } 1 \quad \text{for all } i, j, k \quad (9)$$

其中，決策變數 x_{ij}^k 表示車輛 k 是否行經節線 (i, j) ，亦即 $x_{ij}^k = 1$ 表示使用車輛 k 從顧客 i 服務到顧客 j ，否則 $x_{ij}^k = 0$ ，參數變數 c_{ij} 表示節線 (i, j) 之一般化成本； d_i 表示顧客節點 i 之需求量，而顧客節點共有 N 個，節點 0 代表場站； Q 表示車輛之容量，共有 M 輛車可使用。

此外，限制式(2)，(3)表示每一顧客點由一部車也只能由一部車進行配送，限制式(4)表示車輛到達一顧客點後，必須再離開不可停留，限制式(5)表示每一車輛有承載量限制，限制式(6)(7)表示每一個顧客只能被一輛車服務，限制式(8)表示防止迴路狀況的產生，限制式(9)表示變數 x_{ij}^k 為 0 或 1 的整數。

車輛途程問題之求解方法、問題型態及動態路線規劃，說明如下：

一、車輛途程問題(VRP)之求解方法

1.傳統的VRP 問題的解法，Bodin 等學者【26】依策略分為七類求解方法：

(1)先分群再排路徑 (Cluster-first/Route-second)

先將需求點區分為數個群組，再分別對各群組進行路線規劃。

(2)先排路徑再分群 (Route-first/Cluster-second)

此方法是先求出一條通過所有需求點之最小成本路線，然後依車輛之容量分割為各車輛之路線。

(3)節省與插入法 (Savings/Insertion)

此類方法主要事先建立一路線起始解，然後設計各個節點插入後的節省值，而最大的節省值就是插入後之依據，根據以上步驟反覆進行，以產生一條可行的路線。

(4)改善與交換法 (Improvement/Exchange)

即首先產生一可行之起始解，然後經由交換改善路線距離，直到無法進行路線的改善為止。

(5)數學規劃基礎解法 (MP-based)

針對原始複雜度高的問題，利用數學方法求解將限制條件鬆弛後的模式。

(6)人機互動法 (Interactive Optimization)

主要是藉由決策者過去的經驗，根據相關知識及直覺的判斷，以進行模式內參數的設定與修正，作為評估與選擇的過程。

(7)正確解解法 (Exact Algorithm)

此法包括有動態規劃法、整數規劃法及分枝界限法等方式來進行求解，但由於車輛路線問題求解難度的限制，所以此法求解之問題規模往往不大，但都能保證求得最佳解。

2. Fisher【29】將VRP問題求解方法的發展分為以下三個階段：

(1)簡單啟發式解法 (Simple Heuristics)

係利用貪心法則、局部改善的概念，設計出簡單、易執行的啟發式解法。節省法、交換法及掃描法均屬此類。

(2)數學規劃基礎解法 (MP-based Heuristics)

將VRP問題放鬆為較簡單的數學規劃模式，將需求點分群，再針對各群求解旅行推銷員子問題。

(3)人工智慧演算法 (AI Algorithm)

由於電腦運算能力精進，使VRP問題之求解朝向更有效率之解題工具發展。

二、車輛途程問題型態與相關文獻回顧

車輛途程問題(VRP)即為旅行銷售員問題(TSP)加入了容量限制，同樣地，當車輛路線問題加入服務時窗限制、考量回程取貨或是多場站(depot)等條件，則可衍生成不同型態之車輛路線問題，而此節將回顧含收送貨之車輛途程規劃問題 (Vehicle Routing Problem with Backhaul, VRPB)、動態性路線規劃問題(Dynamic Vehicle Routing Problem, DVRP)，以及具時窗限制車輛途程問題(Vehicle Routing Problem with Time Window, VRPTW)。

1. 含收送貨之車輛途程規劃問題 (Vehicle Routing Problem with Backhaul, VRPB)

所謂VRPB即是指所有需求點依服務類型，可分為送貨(Linehaul)及收貨(Backhaul)兩種服務類型，且需求點所配送之貨物皆由配送中心提供，而車輛至需求點所收取之貨物則皆送回配送

中心，在滿足車輛容量限制下，求取最短運送距離。然依收貨及送貨之服務順序，其好處在可提升車輛容積利用率。含收送貨之車輛途程規劃問題可分傳統型及混合型兩類(圖2.5)：

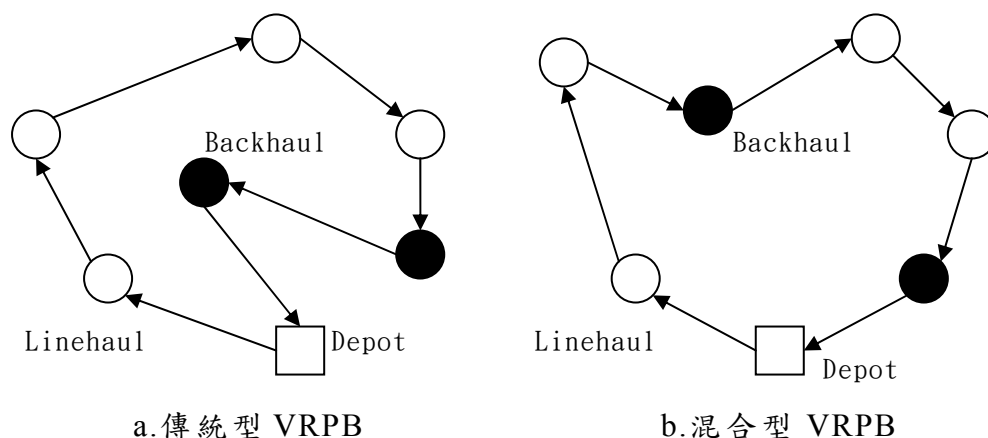


圖 2.5 含收送貨車輛途程之兩種型態問題

2. 動態性路線規劃問題(Dynamic Vehicle Routing Problem, DVRP)

動態性路線規劃問題是指輸入問題資訊是於路線決定的同時，才同步更新或被告知決策者，反之，所有的輸入資訊在路線決定前就已全部曉得，且之後不再改變，則此問題稱為靜態(static)問題。

3. 具時窗限制車輛途程問題(Vehicle Routing Problem with Time Window, VRPTW)

具時窗限制車輛途程問題為齊一性車隊(Homogeneous Fleet)服務一群已知需求量的客戶，而某些客戶對於車輛到達的時間有其限制，此時間限制稱為時窗，在車輛容量與時間限制下找出封閉型網路，而其起始點與終點皆為場站，並使旅行成本最小。

三、動態路線規劃

Psaraftis【39】清楚地將靜態與動態路線規劃問題定義為：若問題的資訊在路線決定的同時才更新或告知決策者，此問題稱為動態，反之，所有的資訊在路線決定前就已知且不再變更，則此問題稱為靜態。此外，Psaraftis又將所輸入的資訊依照不同屬性區分為以下四種：

1. 資訊延展屬性 (Evolution of Information)：分為靜態與動態兩種，當資訊在路線決定前已被取得且不再改變為靜態，如果隨著時間推進而更新，則稱為動態。
2. 資訊本質屬性 (Quality of Information)：主要分為已知確定 (Known-Deterministic)、預測 (Forecast)、機率 (Probabilistic)、未知 (Unknown) 四種。
3. 資訊效力屬性 (Available of Information)：分為局部性 (Local) 與全域性 (Global) 兩種；局部性的資料侷限於特定範圍內的使用者才能獲得，而全域性的資料可藉由外力 (如無線廣播) 使區域範圍外的使用者獲得相關的資訊。
4. 資訊處理屬性 (Processing of Information)：分為集中 (Centralized) 與分散 (Decentralized) 兩類；集中是指所有的資訊由特定單位集中處理，若將問題分割交由不同單位處理，則稱為分散。

一般求解路線規劃問題因研究對象或環境因素限制而無法反應真實情況，包括隨機或未知的需求量、新客戶的產生、交通狀況等，但這些因素會隨著時間推進而顯現或可預測，為考量隨時間推進而變更的變數，進而延伸出動態路線規劃問題，近年來動態車輛路線問題逐漸受到重視，胡大瀛等人【6】將此問題區分為以下兩種型態：

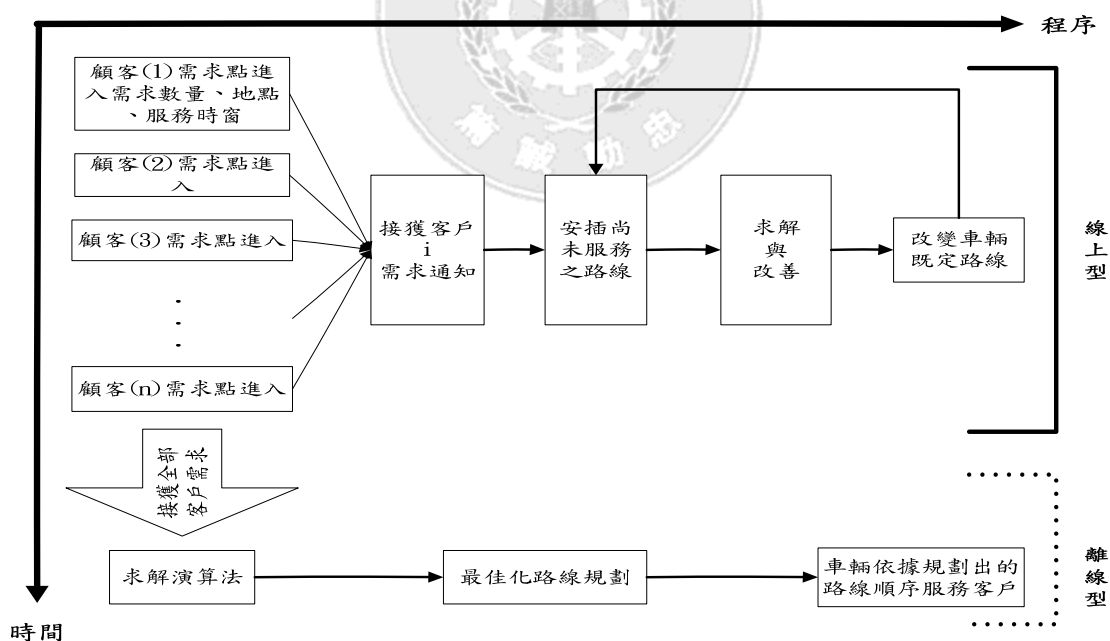
1. 線上型車輛路線問題 (On-line VRP)

線上型主要是指問題中事件的資訊隨著時間的順序，逐一由未知變為已知，且資訊出現時，不能改變之前的結果，亦不預測未知資訊，只考慮當時所獲得的部分資訊，以反應當時最新一筆資料進入的變化及影響。而線上型應用則是隨著所關注事件的發生同步進行，不斷進行模式求解並且在事件時效之內立即提供回應，因此具有即時性要求，事件發生的順序，也會影響求解的結果。相對而言，離線型應用 (Off-line Application) 則是在事件結束之後，從事後的觀點重新審視整個問題，沒有時效性且事件發生的順序也與求解無關。線上型問題通常不考慮旅行時間的動態變化，而僅考慮需求點、需求量不確定等動態變化的情況下，進行問題的求解。

2. 即時資訊下車輛路線問題(VRP under real-time information)

即時資訊下車輛路線問題與線上型問題最大的差別在於，各項資訊都是隨時間變動而改變，而非一固定值，且路線的旅行時間並無法事先獲得，因此較能符合現實的交通狀況，如Brown and Graves【27】探討即時資訊下油罐車配送問題。

而梅明德等【17】將線上型演算法定義為，當一筆資料進來後在不影響以前所做的決策條件下立即處理該筆資料，並經適當的運算之後，在執行過程中輸出計算結果以達成立即派遣；而離線型演算法為在需求皆已知的情況下，利用適當的最佳化模式找出最佳配送路線；因此線上型演算法結果並非最佳解，若欲找出最佳路線解則需等到所有客戶需求皆進入系統後，利用離線型演算法，而此方法適合應用在事件結束之後，從事後的觀點重新審視整個問題，以尋求最佳的派遣策略方法；線上型與離線型演算法之比較如圖2.6所示。因此線上型演算法較符合實際營運狀況之特性。



資料來源：【運輸學刊，13(2)，頁73~111】

圖2.6 離線型與線上型演算法求解方式之比較

Ichoua et al.【33】則將動態車輛路線規劃求解方法分為以下幾種：

1. 採用靜態求解法

即隨著需求的產生，進行路線的重新安排，其可分為兩種求解類型：

- (1)針對完整的問題進行求解，即當獲得新資訊時，馬上進行求解動作以求得一最適路線，但其最大缺點為須大量的電腦處理時間。如Bell【24】利用拉氏鬆弛法求解天然氣車輛配送問題，Psaraftis【39】以貨船的動態調度為例，提出一啟發式解法。
- (2)針對局部的問題進行求解，即資訊出現時，僅針對局部快速求解，做部分的路線變更，其較容易執行，因此較適用於動態情境。如插入法即是當有需求產生時，找尋與此需求距離最接近的插入位置，做合理的路線調整，Madsen et al.【35】即利用此方法求解撥招車輛路線問題。

2. 隨機求解法

可反應配送時所發生的一些不確定情況，其可分為兩種求解方法：

(1)馬可夫決策過程(Markov decision processes)

馬可夫決策過程是根據隨機過程演變而來，其主要的目的是提供決策者在面對隨機變動的狀態時，如何從決策集合中，挑選出其最佳的決策。也就是告知決策者每當面臨到某狀態 i 時，即選擇以 $d(i)$ 方案作為決策方法。但其求解複雜的實際問題須面臨兩個重要的限制：

- a.隨著問題的擴大，求解時間會快速增加。
- b.為使模式更易於處理，須作簡化問題的假設。

(2)隨機規劃(Stochastic programming)

隨機規劃法是數學規劃中用來探討參數不確定的方法。Powell et al.【37】提出一混合馬可夫決策過程及傳統數學觀念之模式進行求解。

3. 轉向策略求解法

Regan et al.【41】首先提出具轉向之求解方法，如圖2.7所示，在不考慮轉向因素下，即當需求點 D 產生時，以車輛目前之目的地 B 為起點進行路線的重新規劃；而考慮轉向因素時，則以車輛目前

所在位置A為起點進行路線規劃。Ichoua et al.【33】除利用該觀念，並配合平行式禁制搜尋法提出一新啟發式解法。

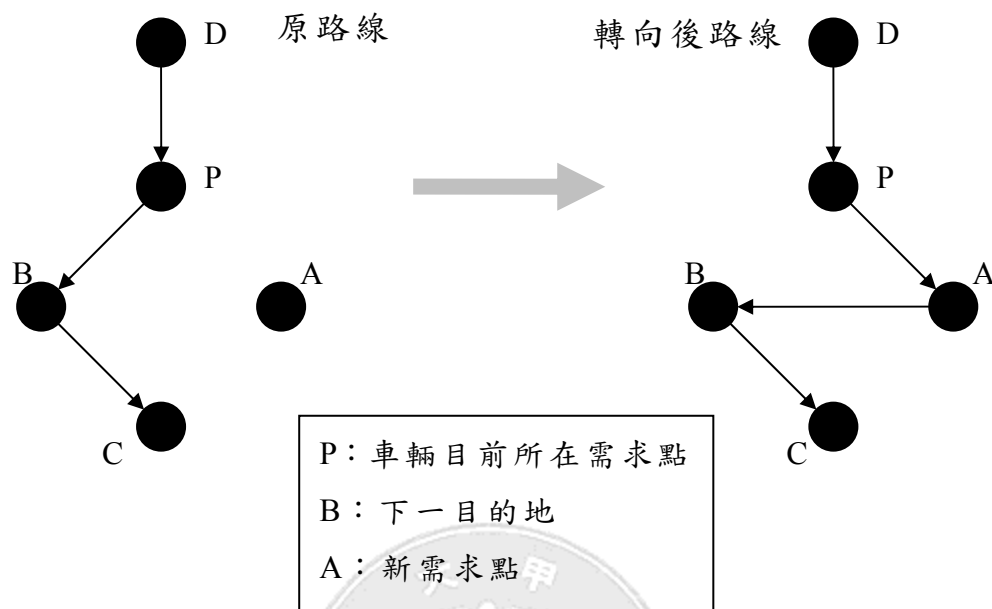


圖 2.7 轉向策略求解法示意圖

4. 人工智慧方法

人工智慧方法是以專家經驗為基礎自動進行分析與推理，並產生結果供決策者參考。Shen and Potvin【42】利用類神經網路之理論設計一套專家諮詢系統(Expert Consulting System)輔助快遞業者解決車輛配送問題，此外，Benyahia and Potvin【25】則利用基因演算法來求解快遞業之車輛配送問題。

2.2.2 旅行者銷售員問題

旅行者銷售員問題(TSP)由一路網G中由節點(Vertexes, V)與節線(Edges, E)所組成，即為 $G=(V,E)$ 。其中 $V=\{\text{該路網中所有節點(Vertexes)}\}$ ， $E=\{\text{該路網中所有節線(Edges)}\}$ 。旅行推銷員問題之目標函數為在總距離最短之情況下，求得在此路網中連接所有節點之順序。其基本數學模式如下：

$$\text{Minimize } \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N c_{ij} x_{ij} \quad (10)$$

Subject to

$$\sum_{i=1}^N x_{ij} = 1 \quad (j=1,2,\dots,N) \quad (11)$$

$$\sum_{j=1}^N x_{ij} = 1 \quad (i=1,2,\dots,N) \quad (12)$$

$$X = (x_{ij}) \in S \quad (13)$$

$$x_{ij} = 0 \text{ or } 1 \quad \text{for all } i, j \quad (14)$$

其中，決策變數 x_{ij} 表示是否行經節線 (i, j) ，等於1時，代表有節點 i 連接節點 j ，等於0時，代表路網中不含 (i, j) 路線。其中 C_{ij} 代表由節點 i 至節點 j 的成本或時間， N 為節點個數。限制式(10)為數學規劃模式之目標函式，即總路線總成本極小化。限制式(11)、(12)為限制每節點只能經過一次。限制式(14)為二元整數限制式。至於限制式(13)中之 S 則為避免產生子迴路的限制式， S 通常可以從下列三種形式中擇一使用：

$$S = \left\{ (x_{ij}) : \sum_{i \in Q} \sum_{j \notin Q} x_{ij} \geq 1 \text{ for every nonempty proper subset } P \text{ of } V \right\} \quad (15)$$

$$S = \left\{ (x_{ij}) : \sum_{i \in k} \sum_{j \in k} x_{ij} < |k| \text{ for every nonempty subset } R \text{ of } R \text{ of } V \setminus I \right\} \quad (16)$$

$$S = \left\{ (x_{ij}) : y_i - y_j + Nx_{ij} \leq N - 1, \text{ for } 2 \leq i \neq j \leq N, y_i \text{ 與 } y_j \text{ 皆為實數} \right\} \quad (17)$$

限制式(15)為在TSP之解集合 X 集合中，每個節點子集合 Q 內至少有一節點與 Q 外的某一節點相連，以避免產生子迴路。限制式(16)中， $|k|$ 為節點集合 V 之非空子集合 k 的節點個數。由於 k 中所有節點若要形成一個迴路，需要 $|k|$ 條節線，因此限制式(16)限制 k 中的節線個數不得超過 $|k|-1$ 條，以避免子迴路的產生。限制式(17)則需要 N^2-3N+2 條限制式，其中 $y_i = t$ ，表示節點 i 在TSP路線的第 t 站被經過。

而求解TSP之方式可分為最佳解解法(Exact Solution)以及近似解解法(Approximation)兩大類。最佳解是追求正確解，其缺點為沒有效率執行。近似解是追求有效率且能逼近正確解為目標，當問題特性不同時，所設計出之啟發式解法便有所差異。下圖2.8為常見最佳解解法以及近似解解法之演算法。

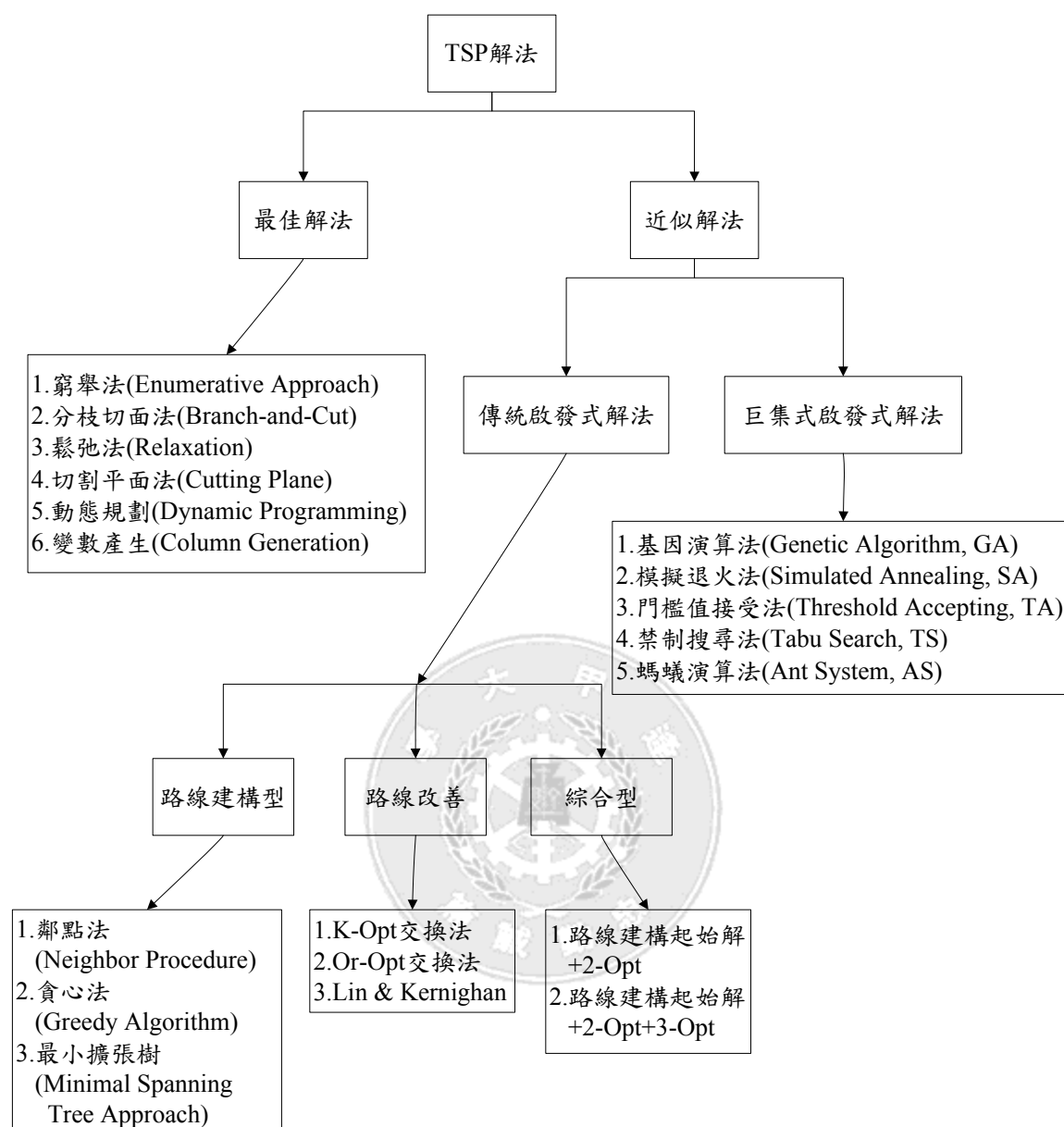


圖 2.8 常見 TSP 解法分枝說明圖

由圖2.8所示，近似解解法又可分為傳統啟發式解法與巨集啟發式解法，而單用傳統啟發式解法求解TSP已被證實會陷入局部解，所以近年來才有巨集演算法之興起。因此下一節本研究將針對近年來所興起之常見啟發式解法做一簡單之介紹。

2.2.3 啟發式解法

車輛途程問題(VRP)同旅行銷售員問題(TSP)其複雜度屬於NP-complete，至今尚未發現有效率的最佳解解法(Exact Solution)，因此，多數研究在面對各種型態之車輛途程問題，皆採用啟發式演算法以尋求局部最佳解(Local Optimum)，Bodin et al.【26】將啟發式解法之架構歸納為以下三種：

1. 路線構建型(Tour Construction)：係隨機選定一點做為起點，並根據路網之距離或成本矩陣所給定的訊息，按照某一法則去搜尋下一個點，直接產生較佳的TSP可行解，常見的方法如：最近鄰點法(Nearest Neighbor)、插入法(Insertion Method)、節省法(Savings Method)、貪心法(Greedy Algorithm)、最小擴張樹法(Minimal Spanning Tree Approach)等。下面就常用的最近鄰點法及插入法說明如下：

(1)最近鄰點法(Nearest Neighbor；NN)

最近鄰點法的原理是任選一個起始點，將距離起始點最近的節點相連接，接著再找出與前一次剛加入之節點距離最近的節點再與之相連，然後反覆進行此一動作，直到所有節點皆加入為止，再將路線的頭尾相連形成一個封閉的網路。

(2)插入法(Insertion Method)

a.最遠插入法(Farthest Insertion；FI)

最遠插入法是任選三個節點形成原始路線，在尚未插入路線的所有節點中，選擇插入成本最大的節點插入路線中，形成新的未完成路線，接著反覆進行此一動作，直到所有節點皆加入為止。

b.最近插入法(Nearest Insertion；NI)

最近插入法是任選三個節點形成原始路線，在尚未插入路線的所有節點中，選擇插入成本最小的節點插入路線中，形成新的未完成路線，接著反覆進行此一動作，直到所有節點皆加入為止。

2. 路線改善型(Tour Improvement)：係針對任意一個起始可行解，以鄰域搜尋法(Local Search Engines)改善路線成本，求得更好的解，路線改善法有節線交換法如：K-Opt交換法、Lin-Kernighan交換法、Or-Opt交換法、CROSS交換法；節點交換法如： λ -interchange、Swap Exchange。
3. 綜合型(Composite)：係將路線構建和路線改善合併執行，或一面構建路線一面改善路線，常見的方法如：節省法與交換法(Savings & Exchange Algorithm)、插入法與交換法(Insertion & Exchange Algorithm)等。傳統之啟發式解法在求解過程中，因陷入局部最佳解(Local Optimum)而無法繼續尋找其他較佳的解。為了克服傳統啟發式解法的缺點，近年來已逐漸發展出可求解組合最佳化問題之主流方法，將這些方法命名為「巨集啟發式解法(Meta-Heuristics)」巨集啟發式解法係以傳統的啟發式解法為基礎，並根據一些高階的搜尋策略(Meta-Strategies)指導下層的啟發式解法，以避開局部最佳解的束縛並增加其搜尋空間。常用之巨集啟發式解法 (Meta-Heuristic) 包括模擬退火法 (Simulated Annealing)、門檻接受法 (Threshold Accepting Method)、噪音擾動法 (Noising Method)、搜尋空間平滑法 (Search Space Smoothing)、基因演算法(Genetic Algorithm, GA)與禁制搜尋法 (Tabu Search) 等。而巨集啟發式解法其求解工具的核心是以鄰域搜尋法(Local Search Engines)為主，也就是每一種方法是以不同策略來指導鄰域搜尋法跳脫局部最佳解的束縛，而鄰域搜尋法包括K-opt交換法、Or-opt交換法、Swap交換法等。

以下分別就巨集啟發式解法及鄰域搜尋法詳細說明：

一、巨集啟發式解法(Meta-Heuristics)

巨集啟發式解法其發展重點就是著重於如何跳脫局部解，而一般在求解最小化問題時都會企圖嘗試尋找最小值，而傳統式解法經常會有陷入局部最佳解而無法跳脫之窘境，因此如欲得到全域最佳解之前題下就是必須跳脫局部解，以下就針對常用的啟發式解法作一回顧：

1. 模擬退火法(Simulated Annealing, SA)

SA是由Kirkpatrick(1983)等人提出。SA原理源自當固體加熱至一定溫度後，會由固態結構瓦解變為液態結構，當完全冷卻時能重新排列成預期的穩定晶體型態。在最小化目標函數問題中，根據一個與其溫度序列有關的機率決定是否接受成本較差的新解，克服區域搜尋會陷入次佳解的缺陷。其基本程序如下：

以求解最小化問題之前題下，在尋優過程中如果K狀態高於前一之狀態(K-1)時，則SA會以下列公式產生一機率值：

$$P(\Delta E) = e^{-\Delta E/T_k}$$

$P(\Delta E)$ ：是否接受K狀態之機率

ΔE ：K狀態之目標值－K-1狀態之目標值

T_k ：K狀態時之溫度

此時，利用亂數產生器產生一個介於0,1之數值R，以判斷是否接受該狀態。當 $R > P(\Delta E)$ 時，則放棄狀態K。反之，當 $R \leq P(\Delta E)$ 時，則接受狀態K。因此， $P(\Delta E)$ 值愈高，狀態K被接受的機率也愈高。

SA的操作步驟如下(求解最小化問題)：

步驟1：產生起始狀態：產生一個起始可行解 x_0 、狀態值 $f(x_0)$ 、起始溫度 T_0 。令最佳狀態 $x_b = x_0$ 、最佳狀態值 $f(x_0) = f(x_b)$ 、現有溫度 $T_c = T_0$ 、尋優次數 $k=0$ 。

步驟2：執行鄰域搜尋(傳統節線交換法)。

步驟3：判斷是否接受劣解。當 $f(x_k) \leq f(x_b)$ 時，令 $x_b = x_k$ 、 $f(x_b) = f(x_k)$ 。當 $f(x_b) > f(x_k)$ 時，則利用亂數產生器產生一個介於0,1之數值R，以判斷是否接受該狀態。若 $R > P(\Delta E)$ 則放棄狀態K。若 $R \leq P(\Delta E)$ 則接受狀態K， $x_b = x_k$ 、 $f(x_b) = f(x_k)$ 。

步驟4：執行降溫：令 $T_{k+1} = \alpha T_k$ 或 $T_{k+1} = T_k - \delta(\alpha, \delta$ 為一係數)。

步驟5：測試停止條件：(1)運算次數已達設定遞迴次數。(2)最佳狀態為 x_b 及 $f(x_b)$ 。

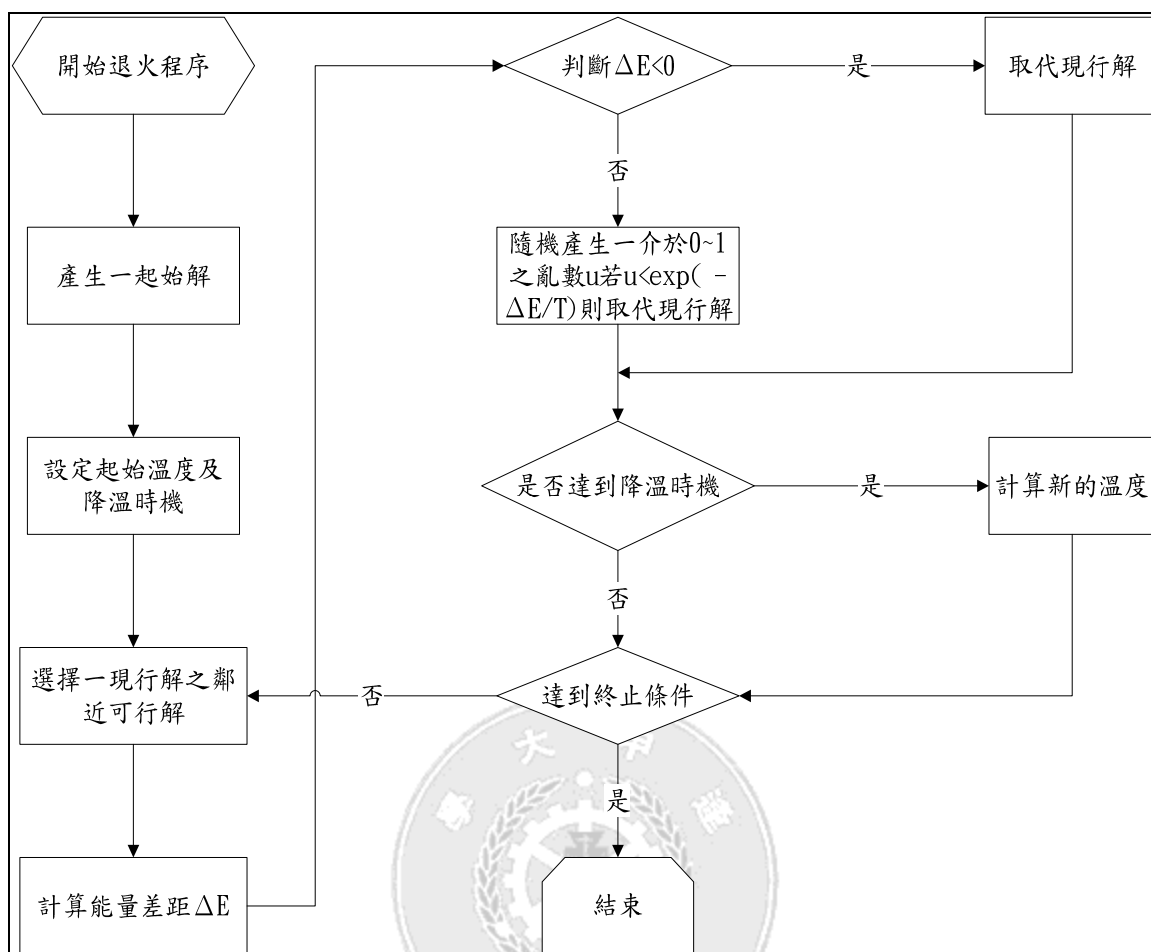


圖 2.9 模擬退火法流程圖

2. 門檻接受法(Threshold Accepting, TA)

TA是由Dueck and Scheuer(1990)所提出，其解題概念來自於SA，兩者不同之處在於SA採用機率接受法，而TA採用確定性接受法則，其方式為在每次搜尋中給予一個門檻值，即使所搜尋鄰近解之成本比目前最優解高，但只要值不高過門檻值都將接受。

接受機率=1

若 $C(j) - C(i) \leq T_k$

接受機率=0

若 $C(j) - C(i) > T_k$

其中，門檻數列 $(T_k)_{k=0}^k$ 是由非負實數組成的非遞增數列。

當有鄰域搜尋解被接受時，隨即檢視其是否優於目前最佳解，若是，取代目前最佳解，若否，則不予取代，當鄰域搜尋完畢時，門檻值會按設定比例降低，並由目前所得之鄰域解繼續搜尋所有可能解，直到門檻值縮減為負值時停止。

TA的操作步驟如下(求解最小化問題)：

步驟1：產生起始狀態：產生一個起始可行解 x_0 、狀態值 $f(x_0)$ ，設定起始門檻值 T_k 。並令最佳狀態 $x_b = x_0$ ，最佳狀態值 $f(x_b) = f(x_0)$ 。

步驟2：選定核心交換法(例如2-Opt、3-Opt)。

步驟3：判斷是否接受劣解。當 $f(x_k) \leq f(x_b)$ 時，令 $x_b = x_k$ 、 $f(x_b) = f(x_k)$ 。當 $f(x_b) > f(x_k)$ 時，則判斷是否接受劣解。若 $f(x_k) - f(x_{k-1}) < T_k$ 則接受劣解，即 $x_b = x_k$ 、 $f(x_b) = f(x_k)$ 。

步驟4：執行降低門檻值：若 $f(x_k) \leq f(x_b)$ 則降低門檻值並令 $x_b = x_k$ 、 $f(x_b) = f(x_k)$ 。

步驟5：測試停止條件：檢查門檻數列是否已用盡。若非符合停止條件則繼續執行步驟二。

在起始解與交換法方面，TA與SA的架構皆相似，而其中最大不同之處在於其接受法則。SA是根據一個與其溫度序列有關的機率決定是否接受成本較差解，而TA是根據門檻數列中門檻值大小來決定是否接受成本較差解。SA與TA接受劣解不同之處如圖2.10所示。

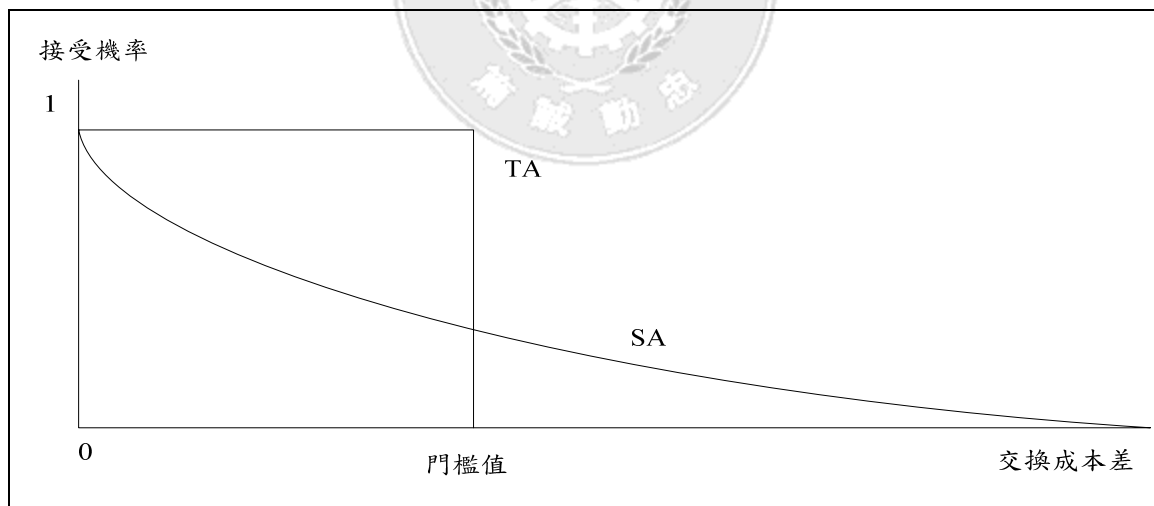


圖 2.10 SA 與 TA 接受交換新解之機率比較圖

3. 噪音擾動法(Noising Method, NM)

NM是由Charon and Hudry(1993)首先提出，NM藉由隨機產生之噪音量來擾動原始成本函數，即利用隨機產生具有正負值的噪音量並加之於原來的成本上，將實際成本空間改變成擾動成本空間，進而改變搜尋路徑以期望跳脫區域最佳解。其求解品質與執

行效率取決於噪音擾動的方式與大小。NM的組成架構包含擾動幅度、擾動週期數、擾動重覆次數及擾幅遞減函數四項。

- (1) 擾動幅度：擾動值之可由最大擾幅與最小擾幅間以某一機率分配隨機產生，擾動值亦可為包含正、負之數值。
- (2) 擾動週期數：擾動週期數為啟動擾動機制之次數，對於求解品質與程式運算時間有直接之影響。
- (3) 擾動重覆次數：再執行擾動機制時，藉由重覆產生擾動值的次數期望在擾動過後之成本曲線上跳脫區域最佳解之束縛。
- (4) 擾幅遞減函數：擾幅遞減函數為一算術函式。每完成一擾動週期則降低擾動。

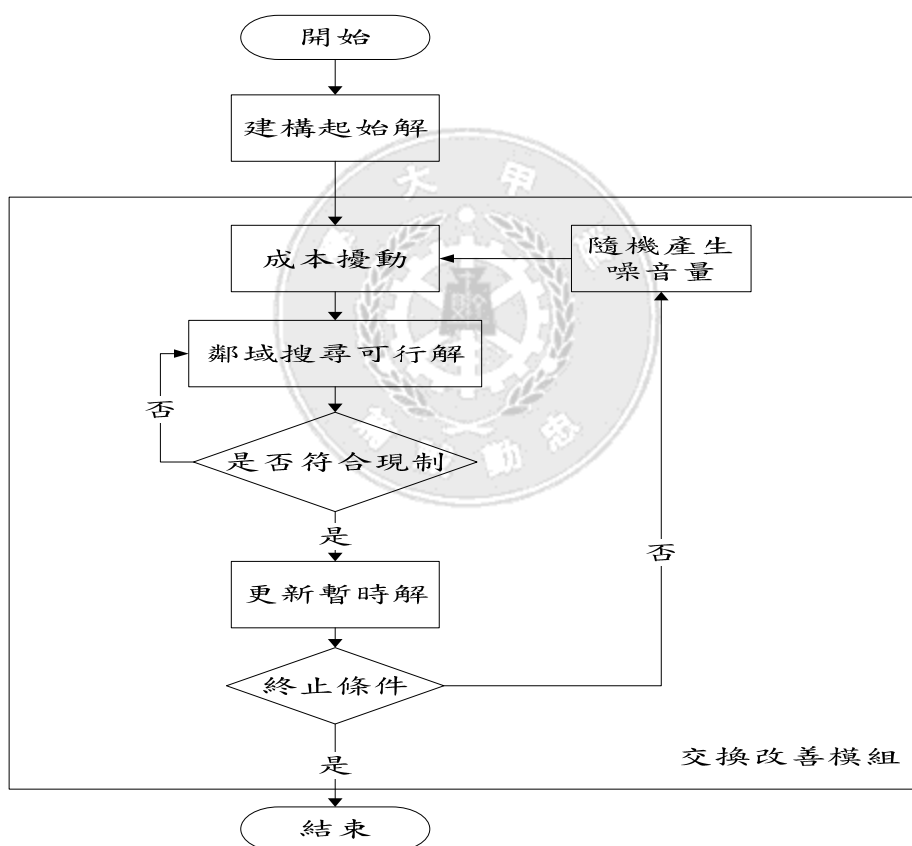


圖 2.11 噪音擾動法求解流程

4. 搜尋空間平滑法(Search Space Smoothing, SSS)

SSS由Gu and Huang(1994)提出，其基本理念是希望透過一個標準化的轉換機制，將原本高低起伏的搜尋空間加以平滑化，利用起始解在實際成本空間之位置點投射到經過平滑因子($\alpha \gg 1$)平滑後的成本空間上，在此平滑成本空間執行區域搜尋得到局部

最佳解，若縮減平滑因子(α 變小)可產生另一個新的成本空間，並將前一個在平滑成本空間搜尋到的局部解位置點投射到新的成本空間，並再次執行區域搜尋，重複縮減 α 值及搜尋局部最佳解動作直到 $\alpha = 1$ 。

SSS的操作步驟如下(求解最小化問題)：

步驟1：設定參數 α_0 (起始平滑因子；並令 $\alpha := \alpha_0$ 。

步驟2：建構可行的起始解 X_0 ，並令現有解 $X := X_0$ ，暫優解 $B := X_0$ 。

步驟3：若 $\alpha \geq 1$ ，則對原始成本空間 $C(\cdot)$ 平滑，得到新的成本空間 $C'(\cdot)$ ，到步驟四；否則停止，暫優解即為最終解。

步驟4：在 $C'(\cdot)$ 上對 X 進行鄰域搜尋，並得到局部最佳解 X' 。令現有 $X := X'$ 。

步驟5：若 $C(X) < C(B)$ ，則更新暫優解 $B := X$ 。

步驟6：降低平滑因子 $\alpha := \alpha - 1$ ；回到步驟三。

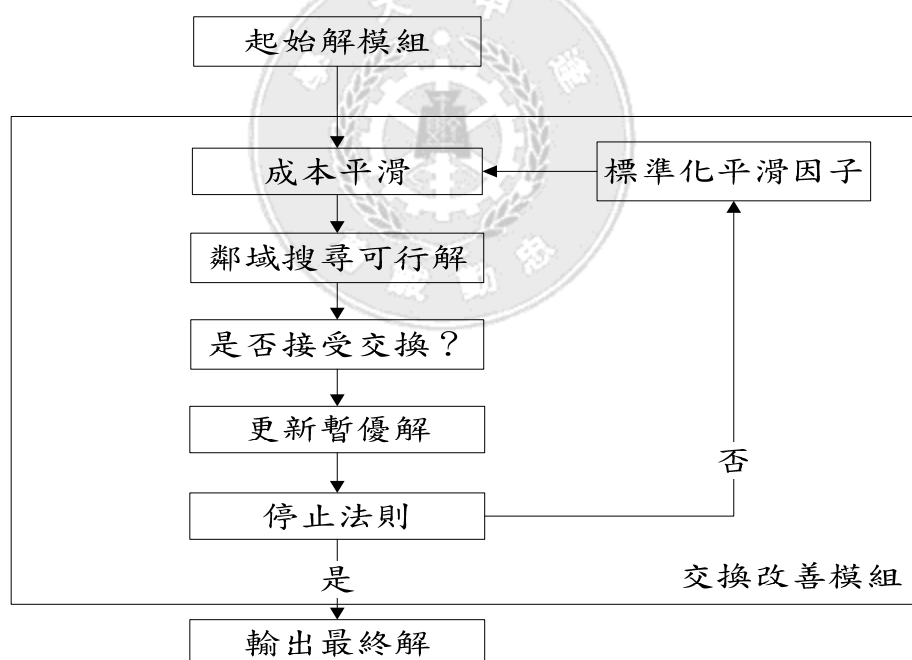


圖 2.12 搜尋空間平滑法求解流程

5. 基因演算法(Genetic Algorithm, GA)

基因演算法(Genetic Algorithm, GA)最早是由Holland於1975年所研究出來。其基本理論是模擬達爾文所提出之「物競天擇，適者生存」的生物進化搜尋法則為基根，選擇族群中環境適應能力較強之個體，當作繁殖下一代之種子，經過複製、交配、突變

等演化過程，產生新的下一代；如此反覆進行，最後得到適應環境最強的一代。

基因演算法之基本單位為染色體(Chromosome)，而染色體則由許多遺傳基因(Genes)組成，每個基因對應著此物種某些特性。因此，染色體會因遺傳基因組合方式不同，而對環境產生不同適應度。基因演算法以適者生存的法則，讓環境適應性越強之染色體產生越多子代，運用特殊交配方式交換優良的基因片段，並以突變方式增加世代間的變異性，最後獲得對環境適應性最佳之物種。

基因演算法主要三個遺傳法則如下：

(1)選擇或稱複製(Selection)

從族群中選出染色體予以交配，且適合度較高之染色體被選中用來產生下一代的機率亦較高，故使得較「優良」之遺傳因子得以流傳與繼承。

(2)交配(Crossover)

交配乃是將經過複製過程篩選出之成對染色體以一設定機率(交配率)決定是否進行配對，再經由彼此間所進行之基因交換行為產生子代。

(3)突變(Mutation)

突變乃是針對子代之遺傳基因以一定機率，更動某一基因值，以防止染色體於複製及交配過程中，落入局部最佳解，亦即預防族群內各染色體僵化。

GA的操作步驟如下(求解最小化問題)：

步驟1：產生初始族群：利用亂數產生器或其他方式產生初始族群，以作為演化基礎。

步驟2：評估：計算族群中每一條染色體之適合度值。如果該染色體為不可行解，一般會降低其適合度值。

步驟3：選擇：隨機選擇成對染色體，如符合交配率則進行交配產生子代，否則將置回母代族群。

步驟4：交配：將兩母代染色體利用隨機產生之交配點進行交配，

以產生子代。計算子代的適合度值後，置回族群。

步驟5：突變：隨機改變子代某一基因值，且計算突變後子代適合度。

步驟6：測試停止條件：測試是否符合停止條件。如已達停止條件，完成尋優動作，若否，則回至步驟3。

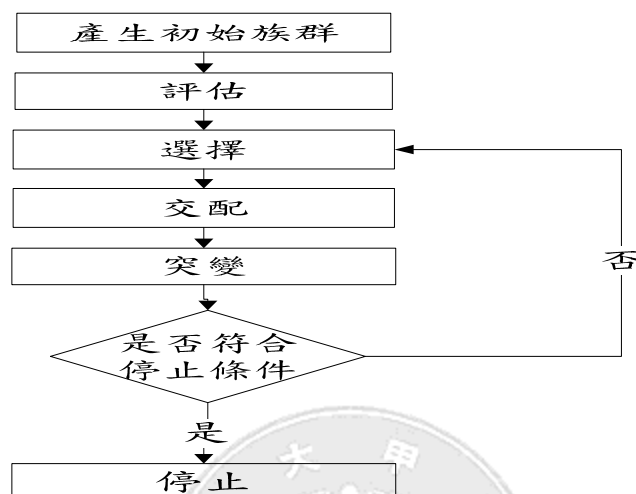


圖2.13 基因演算法求解流程

早期GA應用範圍多在人工智慧領域，從1985年開始Brady才首次將GA應用於組合最佳化TSP問題。從GA發展至今，已被證明為一有效最佳化搜尋方法，且目前已有數種改良式的衍生方法被發展出來。將GA技術應用於TSP時，染色體將被視為求解TSP之任一可行路線，且在求解過程中必須先確定下列事項：(1)路線表現方式。(2)初始解產生方式。(3)基本三個步驟：複製、交配、突變。

6. 禁制搜尋法(Tabu Search, TS)

禁忌搜尋法是由Glover於1989年所發表，第一位將禁忌搜尋法應用在求解車輛途程問題是Willard(1989)，禁忌搜尋法的方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，也就是說在現行解的鄰近區域搜尋最優解，有個重要的觀念即是禁忌名單(Tabu List)的記憶機制，原理是將已經搜尋過的解紀錄下來，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移步(Move)，若

有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。以下針對禁制搜尋法中五個模組進行說明：

(1)移步 (Move)：移步是指由目前解移動到另一個解的過程。

禁制搜尋法首先藉由隨機或是其他方式產生一起始解，藉由各種移步方式搜尋其鄰近解 (Neighborhood)，並選擇最好的鄰近解進行移步的動作，而目前常用的方式為2-opt/3-opt。

(2)候選名單 (Candidate List)：候選名單即為可以進行移步屬性的集合，候選名單內的每一個被允許的移步皆對應一鄰近解，禁制搜尋法中的移步，即是由這些名單中挑選最好的鄰近解，進行移步的動作。

(3)禁制名單 (Tabu List)：在進行移步的同時，禁忌名單會將其移步的屬性記錄下來，以作為未來進行移步時參考依據；而禁忌名單的大小，決定該移步被禁制的期間，當禁制的期間愈長時，愈能避免在求解過程中可能發生的循環，因此較不容易陷入區域的最佳解。此外，禁制名單係採用先進先出制(FIFO)，亦即下一個移步列入時，會將名單中保留最久的移步去除。

(4)渴望準則 (Aspiration Level)：當某一移步被禁制時，但其所獲得的解優於目前搜尋而的最佳解時（設定為當目標函數值獲得改善），則透過渴望準則將其禁制的狀態解除，使該移步可以進行。

(5)搜尋停止準則 (Stopping Criterion)：搜尋停止準則通常分為下列幾種：a.預設運算過程中，最大允許遞迴數；b.預設目標函數值持續未改善之最大允許遞迴數；c.預設允許CPU計算時間；d.預設達到可接受目標函數值範圍；一但達到預設的範圍即停止搜尋，而所搜尋的最佳尋獲解即為最佳解。

TS的操作步驟如下(求解最小化問題)：

步驟1：設定起始狀態：由其他方法找到一起始解 x_0 ，並令 x_0 為目前最佳解 x^* ，目標值為 $f(x^*)$ 。設定起始遞迴次數 $k=0$ ，禁忌名單 $T=\varnothing$ 。

步驟2：移步：選取能使目標值最低之鄰近解 x_k 。如果鄰近解集合

與禁止名單中(T集合)相同時則跳至步驟4。

步驟3：更新：當 $f(x_k) < f(x^*)$ 時，則目前最佳解由 x_k 所取代，並列入禁忌名單中(T集合)。反之，當 $f(x_k) > f(x^*)$ 時，也需列入禁忌名單中(T集合)。

步驟4：測試停止條件：若符合搜尋停止準則測試停止。

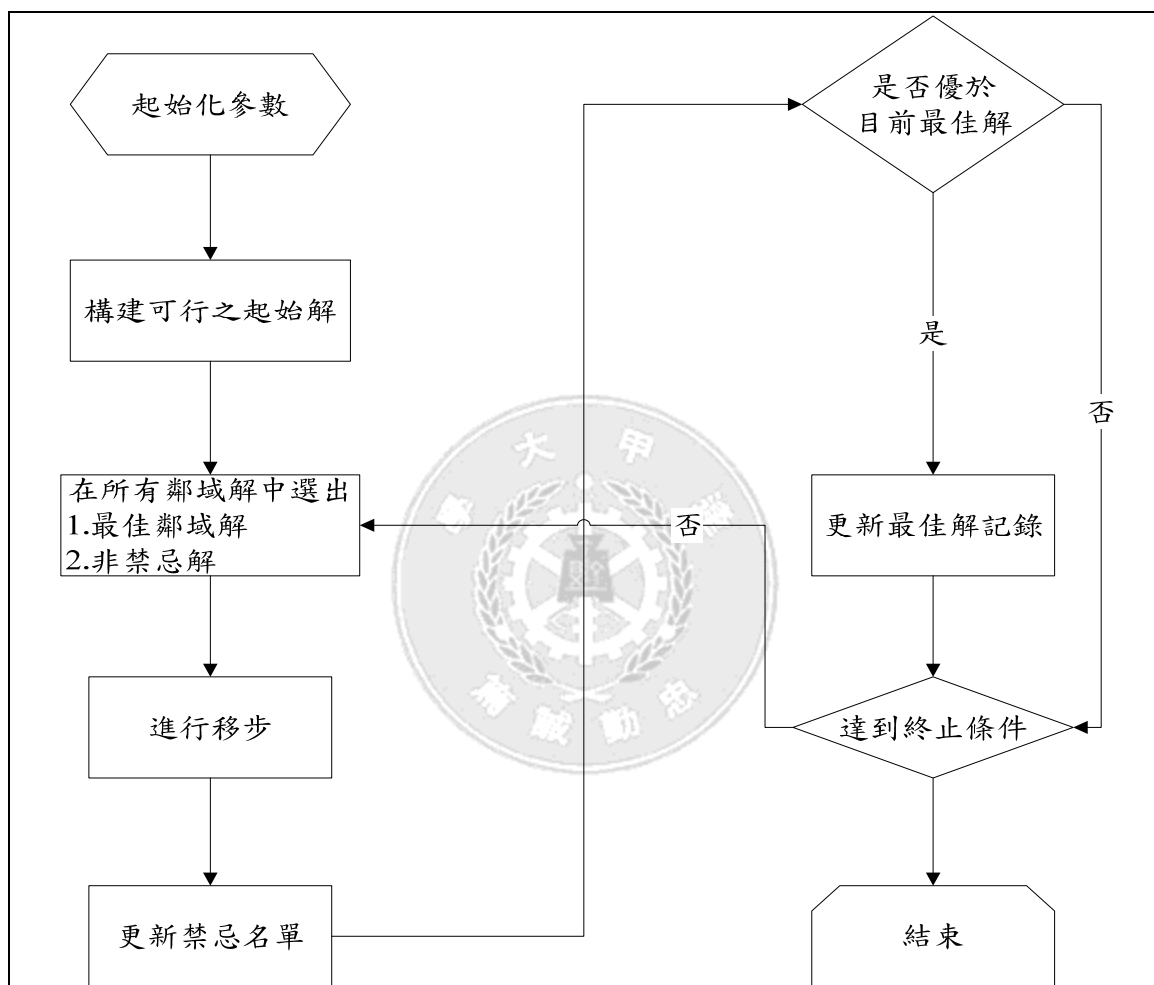


圖 2.14 禁制搜尋法流程圖

二、鄰域搜尋法(Local Search Engines)

K-opt交換法由Lin於1965年提出【34】，而2-opt表示 $K=2$ ，即每次交換的節線數為2條，基本概念為在一個完整的路線解中，節線 $(i, i+1)$ 與 $(j, j+1)$ 分別被新的節線 $(i, j+1)$ 與 $(j, i+1)$ 代替，從圖2.15中明顯可知，將節線 $(1,2)$ 、 $(3,4)$ 予以刪除後，再連結新的節線 $(1,3)$ 與 $(2,4)$ 形成另一個完整路線解，之後進行檢視作業，若此新的路線解優於原最佳路線解則更新Optimum solution，若無則維持原路線解，這個檢視

作業會持續進行直到所有可能交換的節線對都檢視完畢。

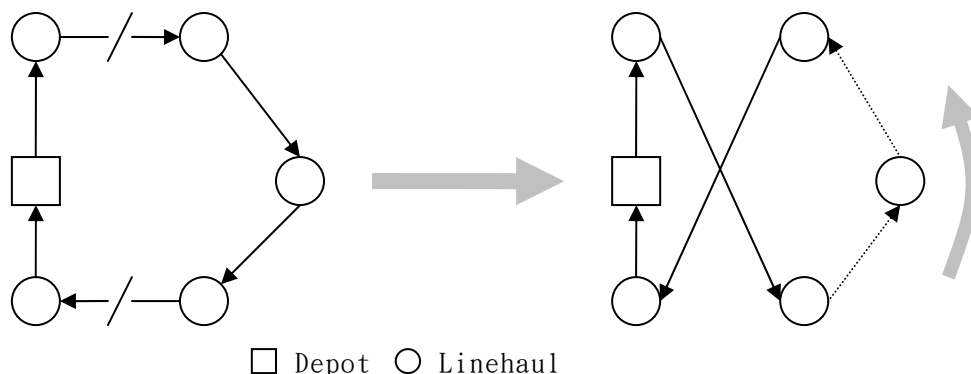


圖 2.15 2-opt 交換法解題概念圖

由於K-opt交換法會造成部分節線連接方向需要反轉，而增加計算上的負擔，因此Or在1976年【36】提出一個新的交換法，稱為Or-opt交換法，此方式為3-opt的變形並且有移動1個顧客點、2個以及3個連續顧客點順序位置之解題方式，以移動1個顧客點為例，其作法為將顧客*i*之順序位置移至顧客*j*與*j+1*之間，如圖2.16所示，將顧客點3的順序位置移至場站點0與顧客點1之間，形成一個新的路線解，同樣地，若此新的路線解優於原最佳路線解則更新Optimum Solution，若無則維持原路線解，而檢視作業會持續進行直到所有可能交換的節線對都檢視完畢。

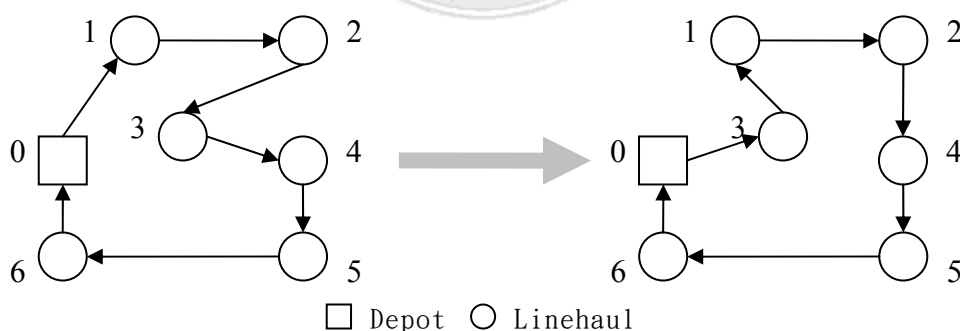


圖 2.16 Or-opt 解題概念圖

而Swap交換法為節點交換法(Node Interchange)，即選取不同的兩點進行順序位置互換，如圖2.17將顧客點1與顧客點2之順序位置互換，形成另一個路線解，若此路線解優於原最佳路線解則更新Optimum Solution，若無則維持原路線解，而檢視作業會持續進行直到所有可能互換的節點對都檢視完畢。

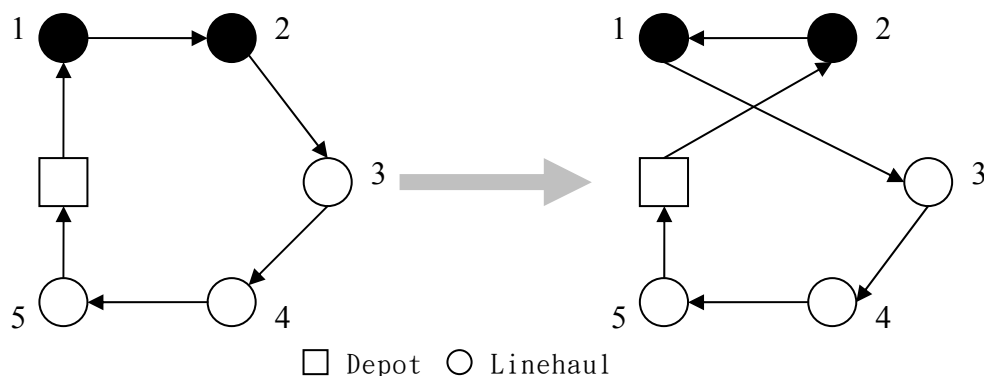


圖 2.17 Swap 解題概念圖

小結

在 D.T. Pham 等人所著「Intelligent Optimisation Techniques」【28】書中將基因演算法(GA)、禁制搜尋法(TS)、模擬退火法(SA)及類神經網路(NN)四種人工智慧解法測試 50 個城市之旅行者銷售員問題，目標將巡迴的路線成本最小化，以四種方法之測試結果做演算效果之比較，結果顯示 $GA > TS > SA > NN$ ，其中 SA 與 NN 明顯不佳，而 GA 雖比 TS 之解佳，但結果相近，而在書中之演算反覆尋優次數(Evaluation Number)，各測試 10000 次，GA 約 5000 次達到收斂的效果，而 TS 在 500 次即達到收斂的效果；而在潘忠昱、李洪鑫所著「含時間窗車輛途程問題各演算法適用範圍之探討」【1】中測試包含基因演算法、禁制搜尋法等 10 種演算法，測試結果發現禁制搜尋法在此種問題上之應用效果最佳，因此本研究基於節省演算時間求得最佳近似解，將採用禁制搜尋法為求解工具。

由於車輛途程問題與旅行者銷售問題同屬 NP-complete, NP-Hard 的問題，無法立即求得最佳解，需要冗長的計算時間，而本研究探討之問題雖只看單一責任分區，但仍屬旅行者銷售問題，因此本研究將進行改良式之啟發式解法求解宅配業貨物配送路線規劃問題。另外，宅配工程師所負責之責任區塊，一般分配一天大約 70 個需求點上下，載演算的過程中，禁制搜尋法在此範圍內具有不錯的改善最佳解的效果，因此本研究欲將宅配業車輛途程問題，利用禁制搜尋法作為尋優

的方式，並利用 Or-opt 交換法與 Swap 交換法作為輔助工具，以此做為核心演算法的架構。



第三章 研究方法

3.1 DPDTSPW 之解題架構

本研究求解具時窗限制動態之收送貨旅行者銷售問題(Dynamic Pickup-Delivery TSP with Time Window, DPDTSPW)，是利用已知資訊求解靜態(Static)車輛路線規劃問題，作為起始的巡迴路徑，而後進行(Dynamic)動態車輛路線規劃問題，整體車輛路線規劃問題求解流程如圖3.1圖右，首先在車輛出發前，依已知需求點規劃車輛行駛路線，藉由禁制搜尋法(Tuba Search, TS)改善路線起始解，進而獲得最佳車輛路線，而後隨動態需求點之逐一浮現進行即時規劃。

路線規劃模組如圖3.1圖左，先利用最近鄰點法(Nearest Neighbor Heuristics, NNH)將需求點作初始可行解的規劃，目的在於快速取得一組初始可行解而後進行改善，改善階段利用禁制搜尋法(Tabu Search, TS)作為改善解的規劃，而交換法分別利用Swap交換法及Or-Opt交換法擬出四種混合策略作為禁制搜尋法之核心交換法做測試比較，最後利用範例驗證的方式，找出最佳改善方案模式，最後將此模式匯入路線規劃階段進行路線規劃。

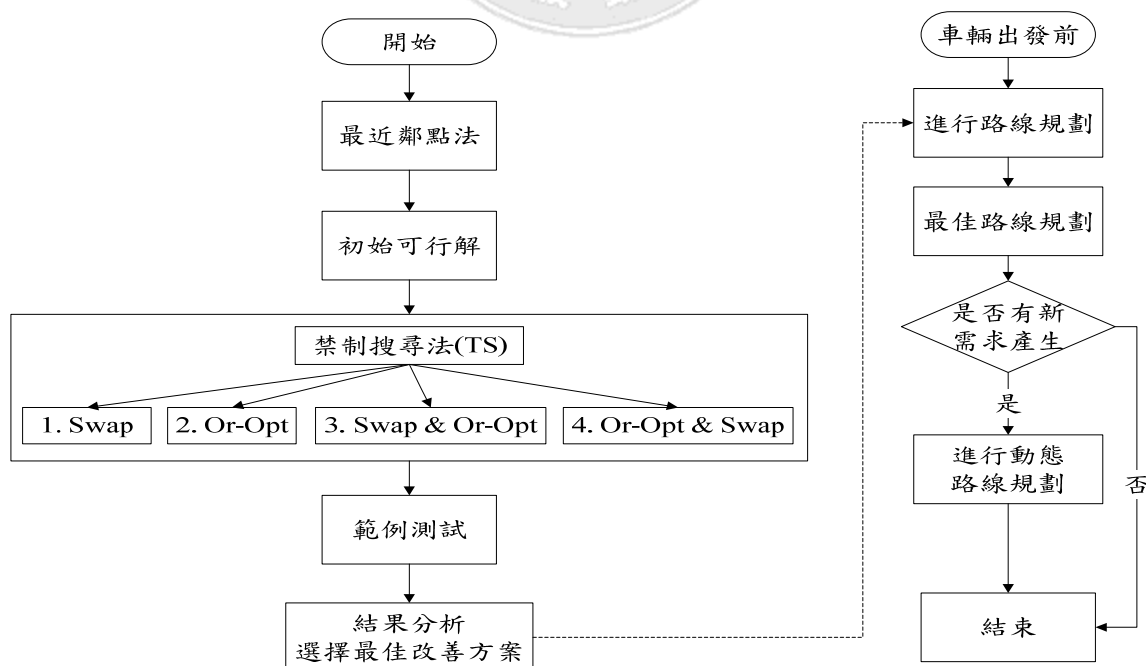


圖3.1 車輛路線規劃問題求解流程圖

3.2 建構數學模式

宅配業者貨物配送路線規劃必須考量單一性、動態性、同時收送性、軟性時窗限制性以及路線網路之整體成本，除此之外，還需考量因違反時窗限制而產生的懲罰成本，依其規劃作業方式，主要可區分為兩部分，包括車輛出發前，針對所有已知需求之資訊，進行路線之規劃，以及車輛出發後，有即時需求產生時，便對原規劃但尚未服務路線進行重新規劃。因此，為期能確實掌握路線規劃問題，本研究將分別構建兩個子模式，首先針對車輛出發前，依據具時窗限制之動態收送貨旅行者銷售問題(DPDTSP_{TW})之特性，建構靜態具時窗限制之收送貨旅行者銷售問題(PDTSP_{TW})數學模式；其次針對未服務需求建構DPDTSP_{TW}數學模式進行改善，即動態的部分，刪除已服務過之需求點，以宅配車輛當時位置作為新的動態場站與未服務之需求點加以演算規劃，演算法流程圖如圖3.2所示。

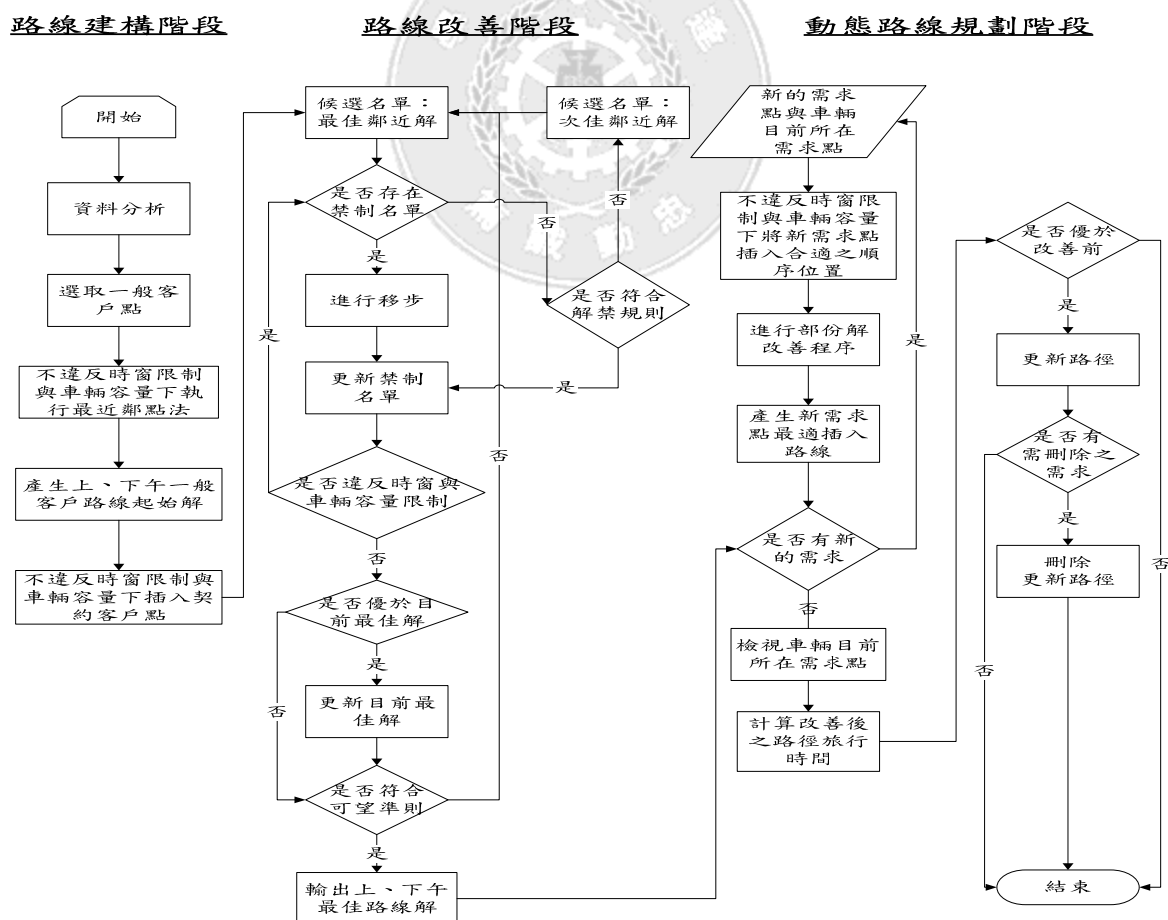


圖3.2 演算法流程圖

3.2.1 基本假設

本研究在建構數學模式之前，先針對即具時窗限制之動態收送貨旅行者銷售問題(DPDTSPWTW)，設定問題研究之基本假設：

1. 單一場站。
2. 單一宅配車輛。
3. 需滿足所有需求點之收送服務。
4. 每一需求點只能被服務一次。
5. 宅配車輛出發起點為場站，且最終回到場站。
6. 宅配車輛在途程的過程中，載運量不可超出車輛容量限制。
7. 各時窗限制屬軟性時窗。
8. 靜態需求點之位置、收送貨量、時窗皆為已知資訊。
9. 動態需求點於車輛從場站出發後才產生。
10. 動態需求點之位置、收送貨量、時窗皆為明確值。
11. 進行動態規劃時，設定車輛當時所在需求點為起點，終點仍為場站。
12. 道路之型態已知，且所有可行路徑皆可掌控。
13. 各路段的行車速度為已知。
14. 駕駛者的行車行為模式均相同，不同駕駛者之性別、年齡、駕駛速度、習慣、教育程度等，對行車並無差異。

3.2.2 決策變數與參數定義

決策變數：

X_{ij} 表示是否行經節線 (i, j) ，亦即 $X_{ij}=1$ 表示行經節線 (i, j) ，否則 $X_{ij}=0$ 。

參數變數：

C_{ij} 表示節線 (i, j) 之一般化成本。

Y_{ij} 表示節線 (i, j) 之收物流量。

Z_{ij} 表示節線 (i, j) 之送貨流量。

P 表示收貨節點之集合。

P_i 表示節點 i 之收貨量。

D 表示送貨節點之集合。

d_i 表示節點 i 之送貨量。

N 表示需求節點個數，其中節點0代表營業所。

Q 表示車輛之容量。

T_{ij} 從需求點 i 到需求點 j 的旅行時間。

b_j 到達需求點 j 的時刻。

s_i 需求點 i 所需的服務時間。

T 為一個極大值。

$[e_j, l_j]$ 需求點 j 之時窗限制。

$P_j(b_j)$ 需求點 j 之懲罰成本。

P_e 宅配車輛早到之懲罰係數， $P_e \geq 0$ 。

P_l 宅配車輛晚到之懲罰係數， $P_l \geq 0$ 。

3.2.3 PDTSPW 數學模式

$$\text{Minimize } \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N c_{ij} x_{ij} + \sum_j P_j(b_j) \quad (18)$$

Subject to

$$\sum_{i=0}^N x_{ij} = 1 \quad (j=1, 2, \dots, N) \quad (19)$$

$$\sum_{j=0}^N x_{ij} = 1 \quad (i=1, 2, \dots, N) \quad (20)$$

$$\sum_{\substack{i=0 \\ i \neq j}}^N x_{ij} - \sum_{\substack{j=0 \\ j \neq i}}^N x_{ji} = 0 \quad (21)$$

$$\sum_{\substack{j=0 \\ j \neq i}}^N Y_{ij} - \sum_{\substack{j=0 \\ j \neq i}}^N Y_{ji} = \begin{cases} P_i & i \in P \\ -\sum_{i=1} P_i & i \in 0 \\ 0 & i \in D \end{cases} \quad (22)$$

$$\sum_{\substack{j=0 \\ j \neq i}}^N Z_{ij} - \sum_{\substack{j=0 \\ j \neq i}}^N Z_{ji} = \begin{cases} -d_i & i \in D \\ \sum_{i=1} d_i & i \in 0 \\ 0 & i \in P \end{cases} \quad (23)$$

$$Y_{ij} + Z_{ij} \leq Q \times x_{ij} \quad \forall i, j \in N \quad (24)$$

$$b_j \geq b_i + S_i + T_{ij} - (1 - X_{ij}) \times T \quad (25)$$

$$P_j(b_j) = p_e \{ \text{Max}(e_j - b_j, 0) \} + p_l \{ \text{Max}(b_j - l_j, 0) \} \quad (26)$$

$$x_{ij} = 0, 1 \quad \forall i, j \in 1, 2, \dots, n \quad (27)$$

目標式(18)為求取最小化之車輛旅行距離與懲罰成本之和。限制式(19)、(20)表示每個節點只能經過一次；限制式(21)表示車輛到達一需求點後，必須再離開不可停留；限制式(22)、(23)分別表示收、送貨物流量守恆限制，而此二限制式表示當相同需求點同時有收、送貨之情形，收、送貨分別處理；限制式(24)表示先有車流才有貨流，以及車輛容量限制；限制式(25)表示車輛到達下一個需求點時刻至少大於車輛在前一需求點時刻加上服務時間與旅行時間，限制式(26)將到達時間不在時窗區間的客戶點給予一個懲罰值，最後限制式(27)則為二元整數限制。

關於懲罰函數 $P_j(b_j) = p_e \{ \text{Max}(e_j - b_j, 0) \} + p_l \{ \text{Max}(b_j - l_j, 0) \}$ ，其設計不同於硬性時窗限制式 $e_j \leq b_j \leq l_j$ ，此方程式可以允許車輛到達時間 b_j 不在 $[e_j, l_j]$ 區間內，原則上，需求點被服務的時間 S_j 等於車輛到達該點的時間 b_j ，但考慮契約客戶在約定時間前尚未將貨物準備完成之情形，若宅配車輛提早到達則需等待至貨物準備完畢後方可執行服務，因此 S_j 可設為 $S_j = \text{Max}\{e_j, b_j + s_i + T_{ij}\}$ ，表示車輛提早到達需等至開始時間 e_j 才可進行服務，此等待成本便為車輛早到之懲罰成本；若到達時間超過結束時間 l_j 則無法達成對客戶的承諾，而給予一個懲罰值，因此本研究將懲罰成本作為違反時窗限制時之交換條件，而在懲罰係數上則設定為10，即違反1單位時窗則限制懲罰10單位旅行距離成本。

3.2.4 DPDTSPW 數學模式

新的需求點隨時間經過逐一由未知變為已知，當系統接獲一筆客戶需求通知後，必須在不影響之前所做的路線規劃下，馬上處理該筆資料，也就是依據當時行駛中車輛的需求點位置與未服務需求點資訊，立即將新的需求點安插在適當的路線中。以下則為考慮動態需求點之數學模式：

$$\text{Minimize } \sum_{i \in M} \sum_{j \in M} c_{ij} x_{ij} + \sum_{j \in M} P_j(b_j) \quad (28)$$

Subject to

$$\sum_{j \in M \cup \{d\}} x_{cj} = 1 \quad (29)$$

$$\sum_{i \in M \cup \{c\}} x_{id} = 1 \quad (30)$$

$$\sum_{\substack{i \in M \cup \{d\} \\ i \neq j}} x_{ij} - \sum_{\substack{j \in M \cup \{c\} \\ i \neq j}} x_{ji} = 0 \quad \forall i \in M \quad (31)$$

$$\sum_{j \in M \cup \{d\}} Y_{cj} = \sum_{i \in N-M} P_i \quad (32)$$

$$\sum_{j \in M \cup \{c\}} Y_{jd} = \sum_{i \in N} P_i \quad (33)$$

$$\sum_{\substack{j \in M \cup \{d\} \\ i \neq j}} Y_{ij} - \sum_{\substack{j \in M \cup \{c\} \\ i \neq j}} Y_{ji} = \begin{cases} P_i & i \in M_p \\ 0 & i \in M_D \end{cases} \quad (34)$$

$$\sum_{j \in M \cup \{d\}} Z_{cj} = \sum_{i \in N-M} d_i \quad (35)$$

$$\sum_{j \in M \cup \{c\}} Z_{jd} = 0 \quad (36)$$

$$\sum_{\substack{j \in M \cup \{d\} \\ i \neq j}} Z_{ij} - \sum_{\substack{j \in M \cup \{c\} \\ i \neq j}} Z_{ji} = \begin{cases} -d_i & i \in M_D \\ 0 & i \in M_p \end{cases} \quad (37)$$

$$Y_{ij} + Z_{ij} \leq Q \times x_{ij} \quad \forall i, j \in M \cup \{c, d\} \quad (38)$$

$$b_j \geq b_i + S_i + T_{ij} - (1 - X_{ij}) \times T \quad \forall i, j \in M \cup \{c, d\} \quad (39)$$

$$P_j(b_j) = p_e \{ \text{Max}(e_j - b_j, 0) \} + p_l \{ \text{Max}(0, b_j - l_j) \} \quad \forall i \in M \quad (40)$$

$$x_{ij} = 0, 1 \quad \forall i, j \in M \cup \{c, d\} \quad (41)$$

其中， M 表示新需求點產生時，未服務需求點之集合； M_p 表示新需求點產生時，未服務收貨需求點之集合； M_D 表示新需求點產生時，

未服務送貨需求點之集合； N 表示新需求點產生時，所有節點之集合； c 表示新需求點產生時車輛所在之需求點位置，而 d 代表營業所。

目標式(28)對未服務之需求點，求取最小化之車輛旅行距離與懲罰成本之和。限制式(29)表新需求點產生時，車輛所在需求點之離開節線等於1；限制式(30)表示營業所之進入節線等於1；限制式(31)表示新需求點產生時，未服務需求點之進入節線等於離開節線；限制式(32)~(34)及(35)~(37)分別表示收、送貨流量守恒限制，且可避免子迴路之產生，而此限制式表示當相同需求點同時有收、送貨之情形，收、送貨分別處理；限制式(38)表示要先有車流才有貨流，以及車輛容量限制；限制式(39)表示車輛到達下一個需求點時刻至少大於車輛在前一需求點時刻加上服務時間與旅行時間，限制式(40)將到達時間不在時窗區間的客戶點給予一個懲罰值；限制式(41)則為二元整數限制。

3.3 啟發式解法之設計

本研究啟發式解法之設計，分為三個階段進行，分別是第一階段起始路線規劃階段，以建構初始可行解；第二階段為路線改善階段，將初始可行解進行改善；第三階段為動態路線規劃階段，在新需求匯入後進行改善，依序說明如下：

3.3.1 起始路線規劃階段

利用最近鄰點法(Nearest Neighbor Heuristic)先建構一般客戶之起始路線解，其方法之邏輯概念為自場站(Depot)開始，將最接近的客戶納入途中，之後在每一步驟皆插入最接近前次納入途程之客戶，直到所有客戶均已納入途程為止，詳細步驟如下。

步驟一 由場站為起點開始出發，選取離場站最近之需求點並納入途程中。

步驟二 將選取進來之需求點為起點，計算該點與其他需求點之相對位置，並選取最近之需求點。

步驟三 檢視是否違反車輛容量限制，若有則進行步驟四，若無則確定將此需求點納入途程。

步驟四 檢視是否所有的需求點皆納入途程，若是則執行結束，若否則回至步驟二。

依據已途程之一般客戶點的服務時間，逐筆將契約客戶安插在最低懲罰成本之順序位置，計算過程中若有兩個以上適當順序位置，則選擇插入後所增加距離成本最少之順序位置。

3.3.2 路線改善階段與改善策略

即利用禁制搜尋法(TS)指導鄰域搜尋法跳脫局部最佳解的束縛，而禁制搜尋法(TS)參數與其他相關設定如下：

- 1.移步(Move)：選擇 Swap 交換法與 Or-opt 交換法為核心求解工具。
- 2.禁制名單(Tabu List)：採用Glover【30】【31】建議之魔術數字7作為禁制名單長度。
- 3.搜尋停止準則(Stopping Criterion)：搜尋停止準則將設最大允許遞迴數Max1=50與無法改善最佳解次數Max2=20。

宅配業之客戶服務時窗可分為上午與下午兩大時段，且有先服務上午時段之客戶，待服務完成後才進行下午時段配送服務之特性，因此起始解與路線改善程序皆採取上、下午時段分開建構，圖3.2a表示經起始解與路線改善程序所建構之上午時段路線解，下午時段從上午最後一個配送點開始建構(圖3.2b)，最後則進行後兩時段之最佳路線解合併(圖3.2c)。

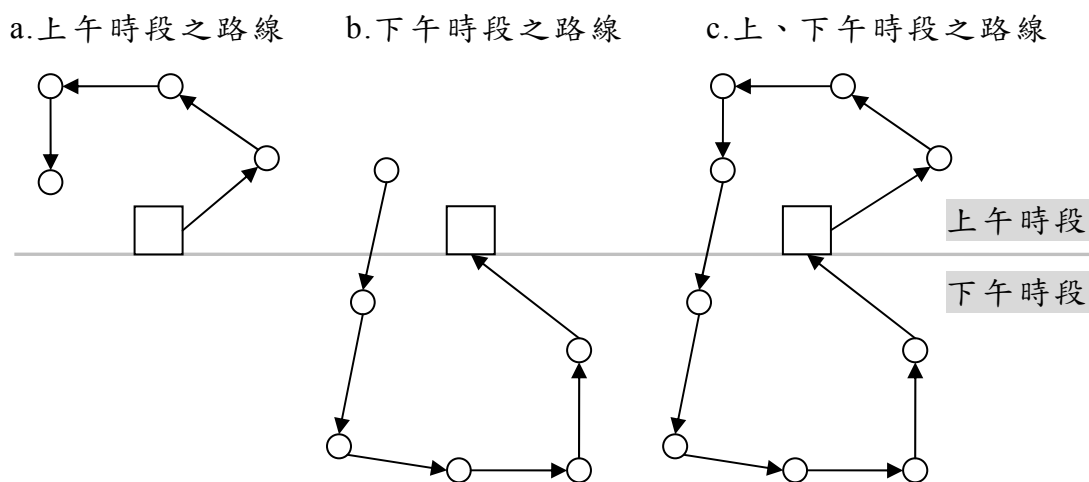


圖 3.3 上、下午路線合併示意圖

本研究擬在路線改善階段將Swap及Or-Opt兩種交換法模擬出四種改善策略之演算模組進行分析，以了解在不同演算模組下的改善效率，透過實驗設計在比較分析之後，選擇最佳之策略為本研究之最佳模式，其四種改善策略如下：

策略一：交換法以Swap為核心演算模組。

策略二：交換法以Or-opt為核心演算模組。

策略三：設計兩次路線改善程序，第一次是以Swap交換法為核心演算模組，第二次則以Or-opt交換法為核心演算模組。

策略四：設計兩次路線改善程序，第一次是以Or-opt交換法為核心演算模組，第二次則以Swap交換法為核心演算模組。

此四種策略皆利用禁制搜尋法指導此兩種交換法跳脫區域解之束縛，已達到改善出該策略下之最佳路徑。

3.3.3 動態路線規劃階段

即車輛出發後才產生新的需求點 u ，並在不違反時窗與車輛容量限制下將新需求點插入合適順序位置。其步驟如下：

步驟一 檢視車輛目前所在需求點，以及未服務之需求點。

步驟二 計算新需求點 u 所有可能插入順序位置之懲罰成本

$$P_u(b_u)。P_u(b_u) = p_e \{ \text{Max}(e_u - b_u, 0) \} + p_l \{ \text{Max}(o, b_u - l_u) \}$$

步驟三 挑選產生最小懲罰成本之順序位置。

步驟四 若有相同懲罰成本之順序位置則進行步驟五，若無則跳至步驟七。

步驟五 計算新需求點 u 插入該順序位置後所需增加的旅行距離

$$d(i, u, j)。d(i, u, j) = d_{iu} + d_{uj} - d_{ij}$$

步驟六 挑選最小增加旅行距離之順序位置。

步驟七 將新需求點 u 插入此順序位置獲得一個初始解。

步驟八 透過鄰域搜尋法，改善步驟七所得之初始解，此改善解即為宅配車輛依循之配送順序。

另外，如發車準備後，有臨時取消之服務需求點，則依訊息匯入後，將其刪除並將未服務之需求點重新規劃求解。

小結

彙整以上所述，本研究將整套啟發式解法分為三個階段，初始路線建構階段係利用最近鄰點法(Nearest Neighbor Heuristic)將已知的一般客戶點排序，再插入已知的契約客戶點以建立起始路線解，之後進入路線改善階段，此階段係利用禁制搜尋法(Tabu Search)跳脫區域解進而得到整體最佳解，最後則檢視是否有新的需求點，若有則進行動態路線規劃階段，將新的需求點插入合適的配送順序，而以上每個階段皆不違反時窗限制與車輛容量限制。

而路線改善階段上午與下午起始路線，同樣採取上、下午時段分開進行，本研究擬採用 Swap 與 Or-opt 兩種交換法依序作為禁制搜尋法之核心求解工具，搜尋停止準則預先設定最大允許遞迴數 50 與無法改善最佳解次數 20，而禁制名單長度設為 7；而路線改善策略將於下一章節進行測試評選。



第四章 實驗設計與測試分析

4.1 實驗設計與說明

本研究將研究方法所論述的各個規劃階段，以及假設條件下，有系統的將所設定的演算法做一程式設計，並先設計一組 25 個隨機需求點之簡易範例進行測試，並做為驗算程式之範例測試，以測試程式之效果；另外再設計約 50、70、100、120、150 個節點等五種範例，每組以隨機方式產生 10 筆服務需求點，共 50 筆資料，進行測試比較，並歸納出最佳的路線規劃模組，以此設計出完整的操作介面。最後於下一章實證分析以台中市西屯區路網隨機抽取 70 節點之需求點，相當於宅配工程師一天所需服務之需求點數，進行實證分析，以了解實際路網下演算之效果。

4.1.1 實驗設計流程

本研究將利用 Microsoft Visual Studio .NET 2003 之 Visual C# 程式語言設計，Visual C# 是一套視窗化程式設計工具，在應用程式的開發上具有相當優異的效能，而透過開發使用者介面的設計，未來可延伸在實際的應用上，因此利用此套程式語言設計；本研究所有程式皆由 Visual C# 撰寫，在整體演算法設計分為三個階段，根據第三章所建構之數學模式以及演算法流程，撰寫一套路線規劃程式，以瞭解本研究所設計起始路線建構步驟之適用性，其流程如第三章所述，首先進行路線建構階段求出起始解，而後進行路線改善階段，以禁制搜尋法進行改善，並分別設計四種策略進行比較分析，以尋求最佳路徑改善策略，而後進行動態路線規劃階段之求解。

4.1.2 簡易範例設計

本研究參考陳怡芳【7】與許晉嘉【15】之範例及相關設定設計測試範例，第一步先行設計一組 25 個需求點之簡易範例進行測試，在上、下午需求點設計比例約 1.2:1，因經訪談後實務上上午需求會

比下午多，而搜尋停止準則預先設定最大允許遞迴數 50 與無法改善最佳解次數 20，而禁制名單長度設為 7，懲罰係數則為 10，在設計之簡易範例中場站也視為一需求點，其所有設定均為 0，因此簡易範例資料表僅展示 24 筆資料，相關資訊如下表 4.1 及所示：

表 4.1 簡易範例(25 需求點)

需求點	X 座標	Y 座標	需求量	開始時間	結束時間	服務時間
A01	41.68189	1237.924	1	800	2000	10
A02	-1335.088	-1481.05	3	800	2200	10
A03	556.3723	-1809.802	6	0	800	10
A04	-645.2748	810.1689	7	0	800	10
A05	-1550.941	-1434.582	4	0	2200	10
A06	-1202.46	1424.818	1	0	800	10
A07	1158.692	1679.875	4	0	2200	10
A08	-1386.244	-1878.381	6	800	2200	10
A09	611.2723	1205.98	1	0	800	10
A10	-1798.031	764.4896	-3	0	800	10
A11	-73.43473	-428.891	-6	800	2200	10
A12	-365.9014	461.5755	-2	800	2200	10
A13	-1899.771	1595.23	-2	0	2200	10
A14	-1510.706	405.385	-2	0	800	10
A15	271.1472	-1385.068	-2	0	600	10
A16	-1780.155	-1590.718	-8	0	800	10
A17	146.7834	1838.852	-6	800	2200	10
A18	-270.3981	-1743.603	-7	800	2200	10
A19	229.1371	1613.112	-4	0	2200	10
A20	1296.465	313.692	-17	0	800	10
A21	-244.5173	1396.215	-13	800	2200	10
A22	115.7316	1457.893	14	1600	1700	20
A23	1719.477	-352.341	14	1500	2000	20
A24	-1388.34	1654.391	18	600	700	20

4.1.3 相關參數設定與假設說明

本研究之需求點位置座標設定為 X 軸及 Y 軸在平面正負 2000 之範圍內，以此範圍設定為單一責任分區之負責範圍，因此需求點必須在這平面之間才會納入求解，而場站位置設定為軸心(0,0)位置；由於本研究將服務客戶分為一般需求客戶及契約需求客戶，因此本研究將需求量 8 單位以上之需求點設定為契約需求客戶。

在車輛服務巡迴時間設定上，服務時間為上午 8 點開始至下午 7 點為止，總服務時間為 11 小時，本研究將宅配車輛總服務巡迴時間設定為 2200 單位時間，上午時窗設定為 0~800 單位時間，而下午時窗設定為 800~2200 單位時間；服務時窗的設定上，一般客戶僅分為上午時段(0~800)、下午時段(800~2200)或是上下午時段皆可(0~2200)之服務時窗區分，而契約客戶則給予一特定時窗間隔。服務時間的設定上，宅配工程師於一般客戶點收、送貨時所需花費之服務時間為 10 單位時間，而契約客戶點則需花費 20 單位時間，此設定基於契約客戶需求點之服務量大於一般客戶，因此給予兩倍的服務時間處理。

其他相關設定，收貨點需求量为正，送貨點需求量为負，而車輛容量限制設定在簡易範例中設定為 250，之後在 50 節點以上之大規模測試則設定為 500，以符合實際的車容量，而車行速度設定為 30 節點以下均速 20 公里，以上均速則為 40 公里，以方便計算車輛到達每個需求點的時間，另外，求解過程中旅行成本則只考慮兩需求點之間直線距離來計算，而不考慮街廓距離；藉由以上設定所設計之範例進行演算測試，以此驗證本研究所建構之求解模型是否能有效求解具時窗限制之動態收送貨旅行者銷售問題(DPDTSPWT)。

4.2 實驗設計測試

本研究演算程式之測試環境在 CPU：Intel Pentium M 1.5G、記憶體 512MB 之個人筆記型電腦上進行範例測試，本小節先以小規模之簡易範例進行測試，以測試起始路線建構階段、路線改善階段以及動態路線規劃階段是否能有效求解問題，並在路線改善階段測試不同策略之求解效果，最後評選出最佳之求解演算模式。

4.2.1 路線建構階段

此階段主要為展示初始路線解，根據第三章所建構之PDTSPW數學模式以及演算法流程計算出初始解，本研究首先針對規模25個需求點之簡易範例進行測試，採取上、下午時段分開建構起始路線，其中下午時段車輛的出發點與起始載運量必須參照上午時段最後一個配送點位置與車輛在該點的載運量。起始路線建構階段之演算步驟是先以最近鄰點法為原則安排一般客戶，並計算出每個一般客戶之服務時間(即宅配車輛到達時間)，再利用已途程需求點的服務時間一一將契約客戶插入在最低懲罰成本之順序位置，計算過程中若有兩個以上適當的順序位置，則選擇插入後所增加距離成本最少之順序位置，初始解建構測試結果如下表4.2及圖4.1至圖4.5所示：

表 4.2-1 路線建構初始解

初始解	上午時段				下午時段			
	一般客戶	服務時間	插入契約客戶	服務時間	一般客戶	服務時間	插入契約客戶	服務時間
配送順序	R00	0	R00	0	A24	800	A24	800
	A04	25.893	A04	25.893	A12	858.751	A12	858.751
	A06	56.634	A06	56.634	A11	876.108	A11	876.108
	A05	75.349	A05	75.349	A01	906.538	A01	906.538
	A16	92.283	A16	92.283	A21	924.714	A21	924.714
	A13	105.275	A13	105.275	A18	943.423	A18	943.423
	A10	136.199	A10	136.199	A17	964.121	A17	964.121
	A14	157.696	A14	157.696	A02	1012.232	A02	1012.232
	A15	218.532	A15	218.532	A08	1032.248	A08	1032.248
	A19	234.329	A19	234.329			A23	1500
	A03	253.874	A03	253.874			A22	1600
	A09	279.032	A09	279.032				
	A07	307.133	A07	307.133				
	A20	351.461	A20	351.461				
			A24	600				

表 4.2-2 路線建構初始解

初始解	上午時段		下午時段	
	一般客戶	插入契約客戶	一般客戶	插入契約客戶
距離成本	9258.423	12259.365	6489.901	11898.173
總成本	9258.423	12259.365	6489.901	11898.173
客戶數	13	1	8	2

備註：1.總成本 = 距離成本 + 懲罰成本

2.網底的部份為契約客戶

3.R00 為場站

在簡易範例 25 個需求點中，上午時段一般客戶 13 個，初始解建構順序為從場站(R00)開始依序為 R00→A04→A06→...→A07→A20，之後再納入上午時段契約客戶 1 個，初始解則為 R00→A04→...→A20→A24，在一般需求安排完之後計算之後將契約客戶納入最後處理，A24 其服務時間為 600，落在其服務時窗(600,700)之間，符合服務需求；在下午時段一般客戶 8 個，初始解建構起點參考上午時段最後一個需求點，因此初始解順序為 A24→A12→...→A02→A08，之後再納入下午時段契約客戶 2 個，初始解則為 A24→A12→...→A08→A23→A22，A22 及 A23 契約客戶，服務時窗分別為(1600,1700)及(1500,2000)，其服務時間分別為 1600 及 1500，也落在其服務時窗之間，亦符合服務需求；在本範例契約客戶之服務時窗均在一般需求服務完之後才需服務，因此皆放在最後才服務，服務時間皆為其服務時窗之開始即到達。

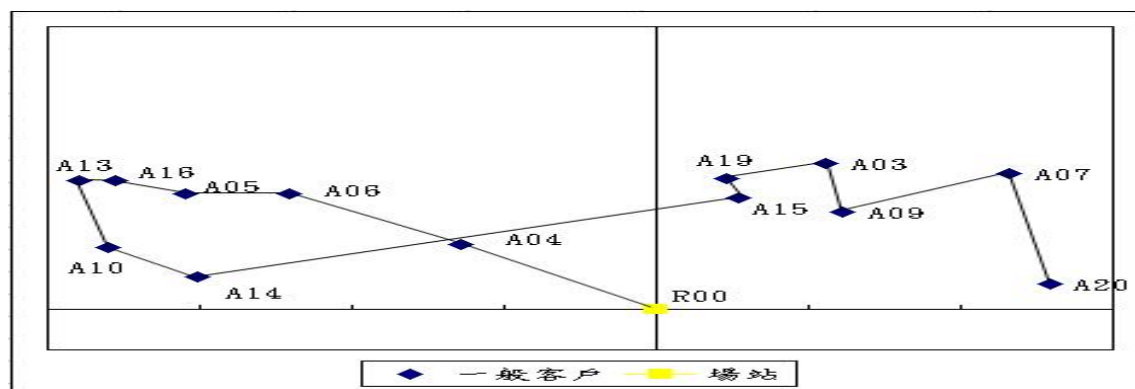


圖 4.1 上午時段一般客戶路線初始解

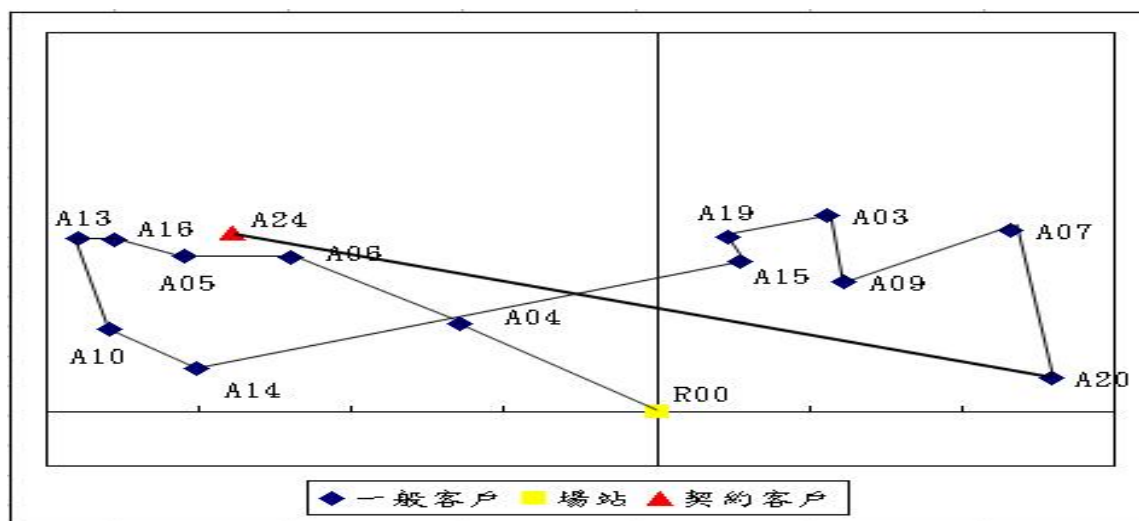


圖 4.2 上午時段插入契約客戶路線初始解

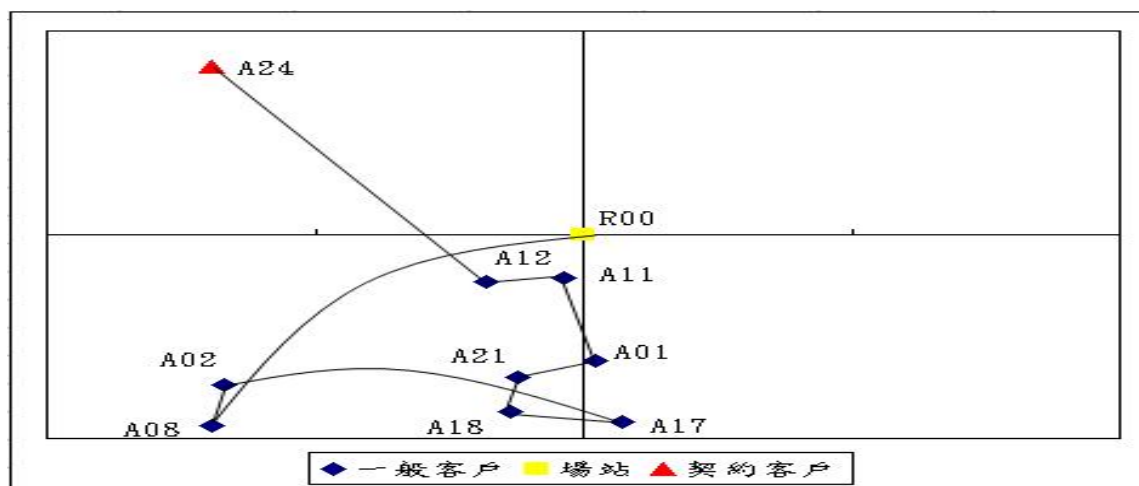


圖 4.3 下午時段一般客戶路線初始解

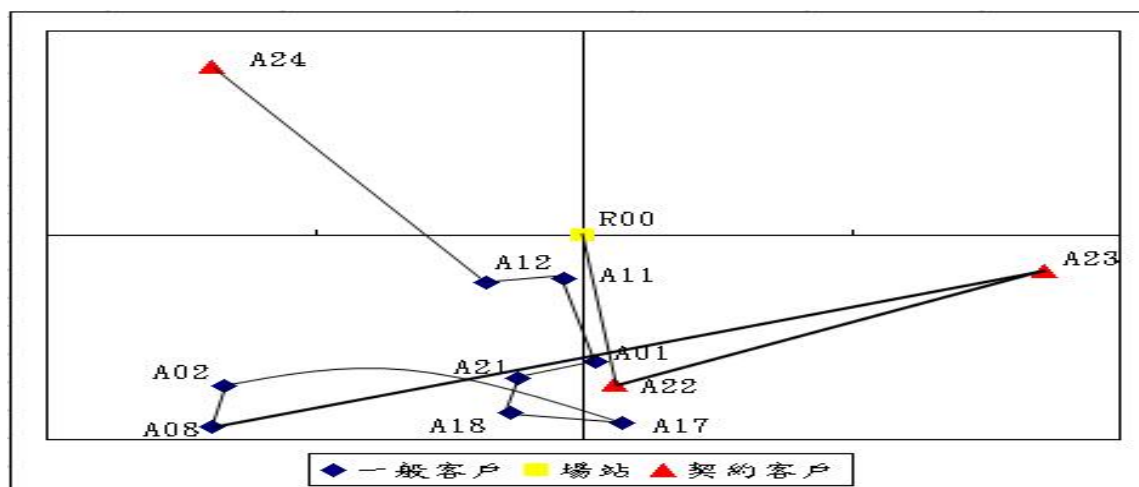


圖 4.4 下午時段插入契約客戶路線初始解

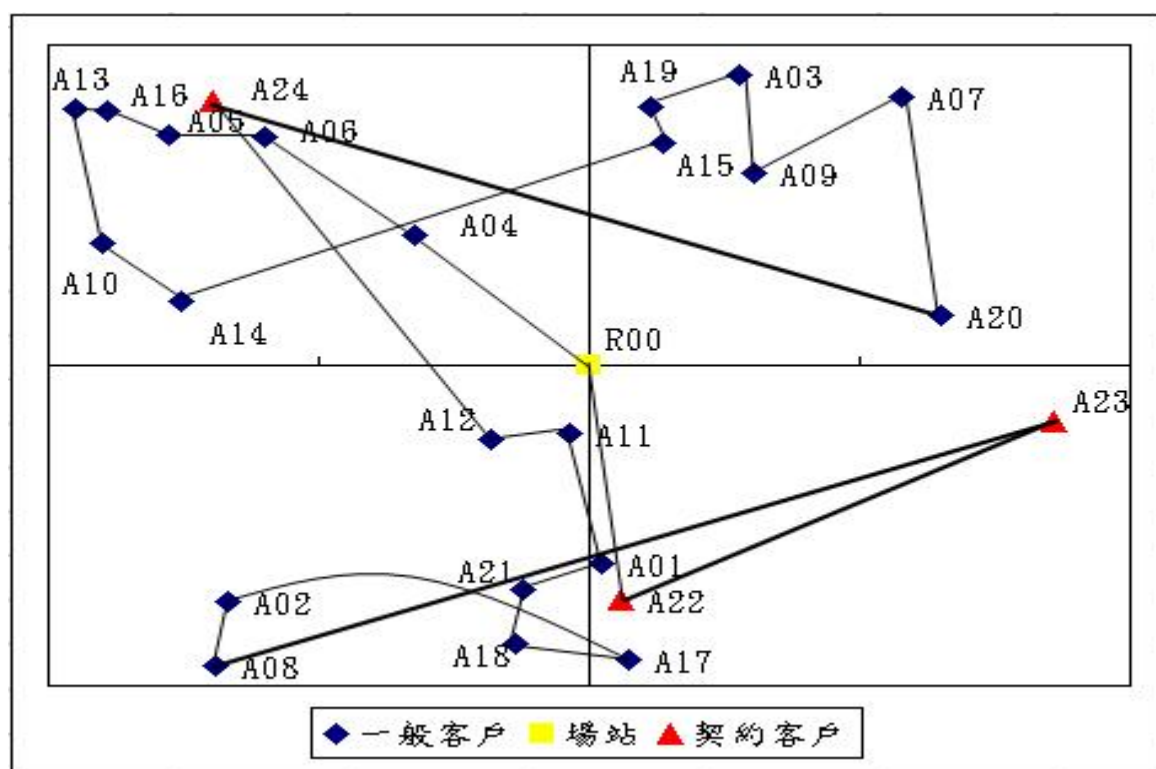


圖 4.5 上、下午時段合併之路線初始解

圖4.1至圖4.5為展示路線建構階段之初始解建構過程，本範例圖示之第一、二象限，即X軸之上方為上午時段，第三、四象限，X軸下方為下午時段，座標軸(0,0)為場站位置，由於宅配車輛巡迴過程，場站為起站亦為終點站，且上、下午時段之巡迴過程中間不回場站，因此形成一個封閉的路網，宅配車只做一次巡迴，形成本研究之問題模型，而由於上、下午時段分開規劃，因此下午時段的出發參考點為上午時段之最後一個服務需求。

在服務順序的部份，由一般客戶先逐步規劃，而後插入契約客戶，以上午時段為例，一般客戶所規劃出之服務順序如圖4.1為R00→A04→A06→...→A20，而後插入契約客戶，由於契約客戶的服務時窗限制，無法將契約客戶需求點A24，插入A05及A06之間，如圖4.2，因服務時間尚未到達，因此安排在最後服務，以致無法最小化距離成本，最後將上、下時段所建構出來之初始解合併，如圖4.5，其建構出來之結果證實本研究所設計之初始解演算法確實能作為本研究具時窗限制之動態收送貨旅行者銷售問題(DPDTSPW)。

4.2.2 路線改善階段

本階段為改善路線建構階段之上、下午初始解，同樣採取上、下午時段分開進行，本研究擬將禁制搜尋法以Swap及Or-Opt兩種交換法作為核心求解工具擬出四種改善策略之演算模組進行分析，並評選出最佳核心模組為本研究路線改善階段之主要改善解方法，測試範例設計50、70、100、120、150個節點等五種範例，而每種範例需求點採隨機(Random)之方式各產生10筆服務資料，共五十筆隨機資料，測試方法為將每筆資料以此四種策略分別各測試一次，並將輸出結果進行分析，其測試之隨機資料相關資訊如下表4.3所示：

表 4.3 測試資料表

節點數	組數	送貨需求點	收貨需求點	上午時段		下午時段	
				一般需求點	契約需求點	一般需求點	契約需求點
50	10	27	22	25	3	19	2
70	10	37	32	37	3	26	3
100	10	52	47	55	3	37	4
120	10	61	58	67	4	44	4
150	10	78	71	84	5	55	5

本研究將四種策略在相同之資料、參數設定及測試環境下依序測試五種範例資料各10筆數據，共兩百組測試結果進行分析，本研究為評估改善效率，因此將上午時段與下午時段分別計算出之上、下午初始解成本加總與上、下午改善解成本加總做改善效果分析比較，五組範例之測試結果詳細統計數據請參閱附錄一，而其改善率之計算公式如下所示：

$$\text{改善率} = \left(\frac{\text{初始解總成本} - \text{改善解總成本}}{\text{初始解總成本}} \right) \times 100\% \quad (42)$$

1. 四決策ANOVA分析

本研究之實驗設計將四種策略依不同節點各測試10筆數據，全部測試完畢每個策略各有50組輸出數據，為證明四種改善方案改善效果不同，因此將全部總和兩百組數據進行變異數分析(ANOVA)，本研究假設虛無假設 H_0 為四種方案改善效果相等，對立假設 H_1 為四種方案改善效果不相等，顯著水準 $\alpha=0.05$ 下進行檢定，輸出結果如下表4.4所示：

表 4.4 全範例 ANOVA 分析表

摘要						
組	個數	總和	平均	變異數		
策略一	50	10.71464	0.214293	0.013833		
策略二	50	15.2649	0.305298	0.020493		
策略三	50	15.52239	0.310448	0.017507		
策略四	50	15.46651	0.30933	0.019143		
ANOVA						
變源	SS	自由度	MS	F	P-值	臨界值
組間	0.332548	3	0.110849	6.247127	0.000452	2.650677
組內	3.477832	196	0.017744			
總和	3.81038	199				

分析報表得到在F值大於臨界值($F=6.247127 > 2.650677$)，P值小於0.05的情況下，檢定為顯著拒絕虛無假設 H_0 ，因此本研究所擬定之四種策略，彼此改善效果不相同，不同方案有不同之改善結果輸出，以下針對個別設定節點情境進行分析，並歸納出本研究最適改善方案做為路線改善階段之改善方案。

2. 50需求點測試結果分析

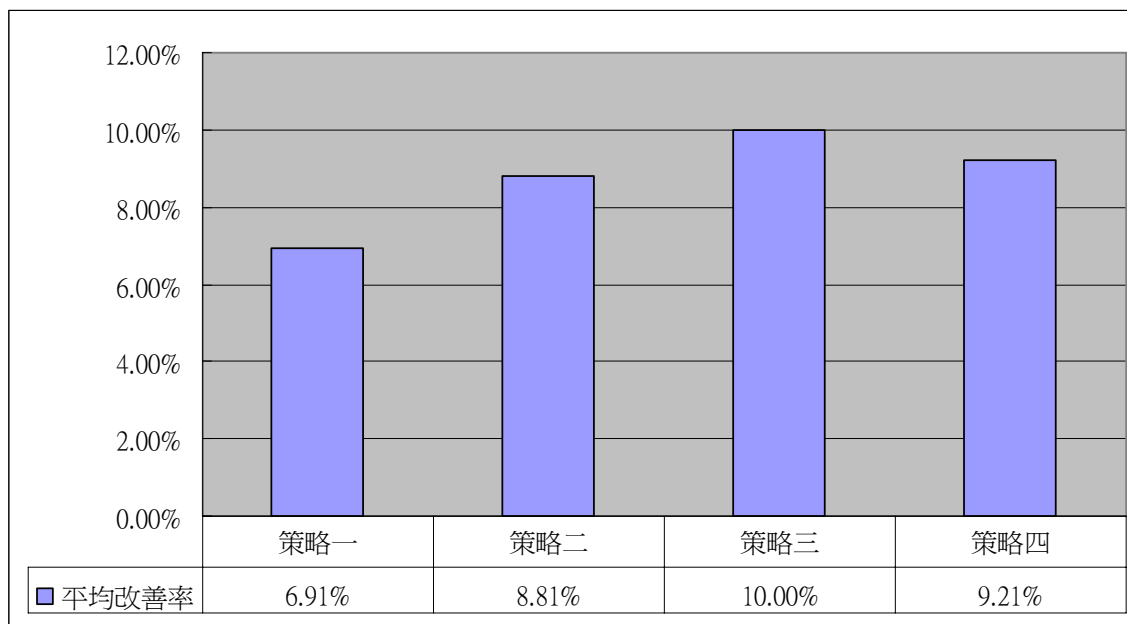


圖 4.6 50 需求點測試結果分析統整表

分析測試結果，在50需求點之10筆測試資料共四十組測試結果顯示，四種策略之整體平均改善率為9%，因此在50需求點下，初始解的建構，已有相當不錯的解，因此在路線改善階段，能獲得之改善有限，但透過路線改善仍能獲得較佳之改善解，而在個別策略之比較下，改善最佳之策略分別是(資料1，策略四)、(資料2，策略二、三、四)、(資料3，策略四)、(資料4，策略三)、(資料5，策略三、四)、(資料6，策略四)、(資料7，策略二、三、四)、(資料8，策略二、三、四)、(資料9，策略二、三、四)及(資料10，策略三)，歸納改善最佳策略，策略三及策略四，同樣獲得8次改善最佳解，為改善最多之策略，但在整體平均改善率來看，策略三之平均改善率10%比策略四之平均改善率9.21%為高，故策略三為最佳之改善策略，因此策略三之兩階段改善方案，第一次是以Swap交換法為核心演算模組，第二次則以Or-opt交換法為核心演算模組，為在需求點為50的情況下測試之最佳之改善策略。

3. 70需求點測試結果分析

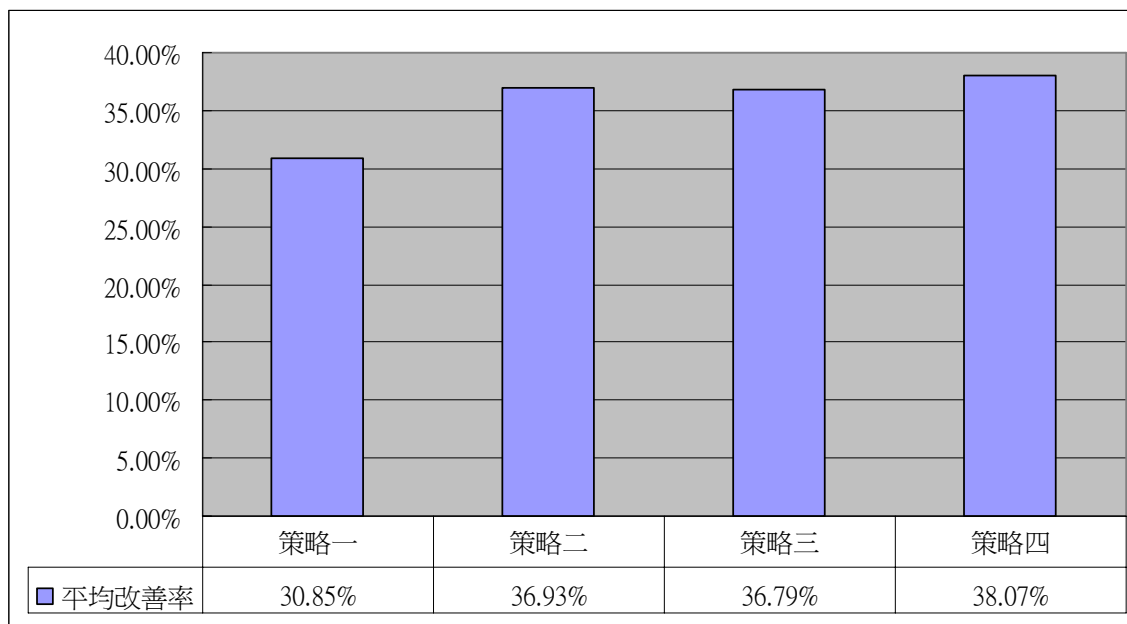


圖 4.7 70 需求點測試結果分析統整表

分析測試結果，在70需求點之10筆測試資料共四十組測試結果顯示，四種策略之整體平均改善率為36%，因此在70需求點下，透過路線改善階段獲得之改善解証實能達到相當不錯的效果，而在個別策略之比較下，改善最佳之策略分別是(資料1，策略二)、(資料2，策略四)、(資料3，策略四)、(資料4，策略四)、(資料5，策略一)、(資料6，策略四)、(資料7，策略三)、(資料8，策略四)、(資料9，策略四)及(資料10，策略三)，歸納改善最佳策略，策略四獲得7次改善最佳解，為改善最多之策略，而以整體平均改善率來看，策略四之平均改善率38.07%為最佳，兩者結果一致，故證實的確是最佳之改善策略，因此策略四為最佳之改善策略，故策略四之兩階段改善方案，第一次是以Or-opt交換法為核心演算模組，第二次則以Swap交換法為核心演算模組，為在需求點為70的情況下測試之最佳之改善策略。

4. 100需求點測試結果分析

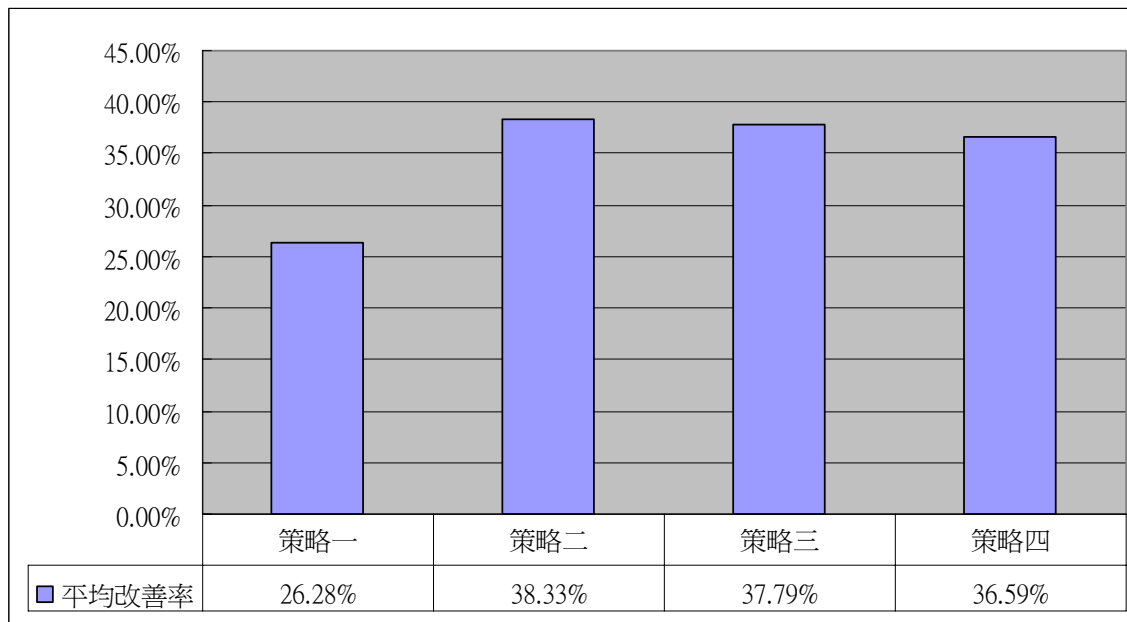


圖 4.8 100 需求點測試結果分析統整表

分析測試結果，在100需求點之10筆測試資料共四十組測試結果顯示，四種策略之整體平均改善率為35%，因此在100需求點下，透過路線改善階段獲得之改善解隨著需求點增加改善效果開始有些微下降的趨勢，但仍能達到相當不錯的效果，而在個別策略之比較下，改善最佳之策略分別是(資料1，策略二)、(資料2，策略二、四)、(資料3，策略二、四)、(資料4，策略二)、(資料5，策略二、四)、(資料6，策略三)、(資料7，策略二、四)、(資料8，策略三)、(資料9，策略三)及(資料10，策略三)，歸納改善最佳策略，策略二獲得7次改善最佳解，為改善最多之策略，而以整體平均改善率來看，策略二之平均改善率38.33%為最佳，但由改善數據來看策略三平均改善率亦有37.79%相當接近(相差<1%)，因此在100需求點範例中策略三與策略二改善效果相當接近，唯在四十組測試結果上，策略二改善之結果改善最佳次數最多，因此在兩種分析角度下，策略二為最佳之改善策略，故策略二之一階段改善方案，交換法以Or-opt為核心演算模組，為在需求點為100的情況下測試之最佳改善策略。

5. 120需求點測試結果分析

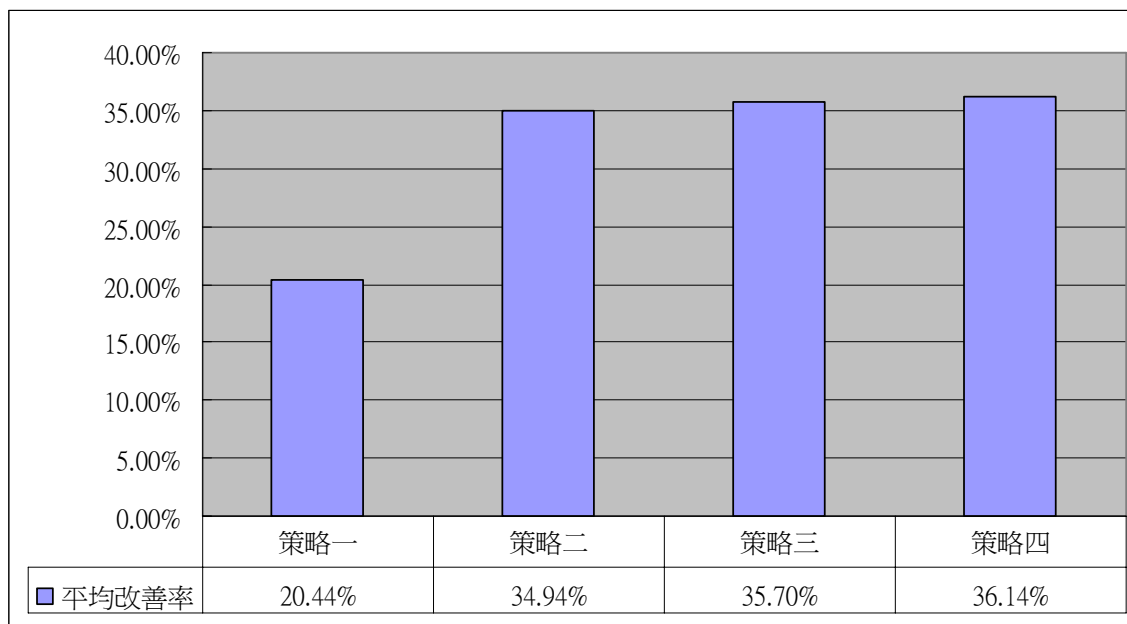


圖 4.9 120 需求點測試結果分析統整表

分析測試結果，在120需求點之10筆測試資料共四十組測試結果顯示，四種策略之整體平均改善率為32%，因此在120需求點下，透過路線改善階段獲得之改善解隨著需求點增加改善效果仍然有下降的趨勢，但仍能達到相當不錯的效果，而在個別策略之比較下，改善最佳之策略分別是(資料1，策略三)、(資料2，策略四)、(資料3，策略四)、(資料4，策略四)、(資料5，策略四)、(資料6，策略四)、(資料7，策略二、三、四)、(資料8，策略三)、(資料9，策略四)及(資料10，策略二、四)，歸納改善最佳策略，策略四獲得9次改善最佳解，為改善最多之策略，而以整體平均改善率來看，策略四之平均改善率36.14%為最佳，但由改善數據來看策略三平均改善率亦有35.7%相當接近(相差<1%)，因此在120需求點範例中策略三與策略四改善效果相當接近，唯在四十組測試結果上，策略四改善之結果改善最佳次數最多且相當突出，因此在兩種分析角度下，策略四為最佳之改善策略，故策略四之兩階段改善方案，第一次是以Or-opt交換法為核心演算模組，第二次則以Swap交換法為核心演算模組，為在需求點為120的情況下測試之最佳改善策略。

6. 150需求點測試結果分析

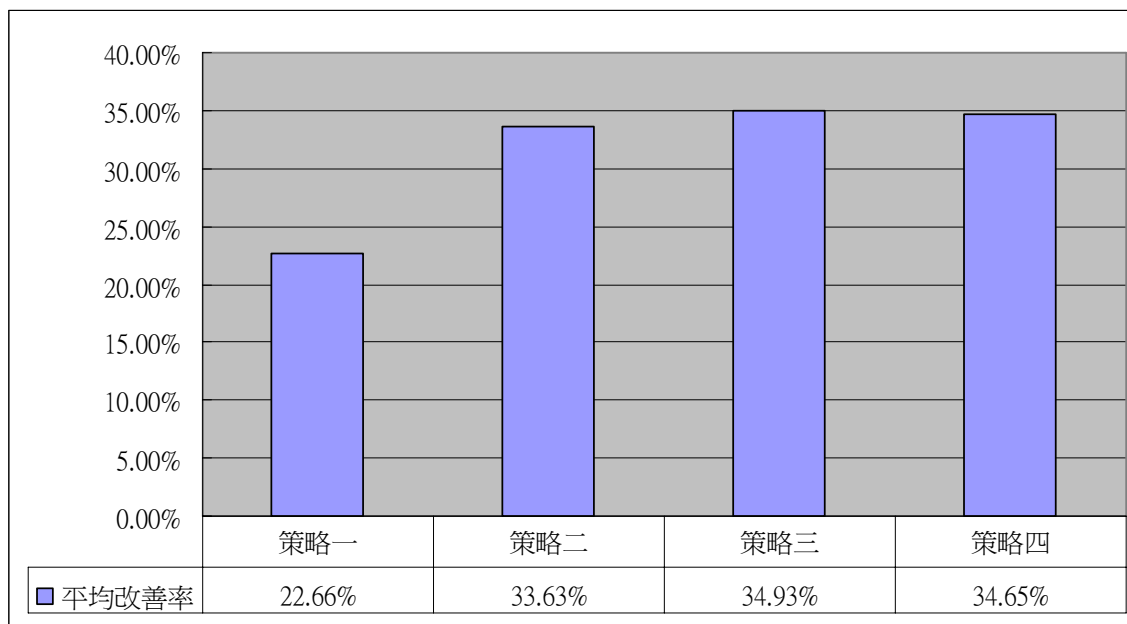


圖 4.10 150 需求點測試結果分析統整表

分析測試結果，在150需求點之10筆測試資料共四十組測試結果顯示，四種策略之整體平均改善率為31%，因此在150需求點下，透過路線改善階段獲得之改善解隨著需求點增加改善效果仍然有些微下降的趨勢，但仍能維持在3成以上之整體改善效果，而在個別策略之比較下，改善最佳之策略分別是(資料1，策略三)、(資料2，策略三)、(資料3，策略二)、(資料4，策略一)、(資料5，策略四)、(資料6，策略二、四)、(資料7，策略三)、(資料8，策略三)、(資料9，策略二、四)及(資料10，策略四)，歸納改善最佳策略，策略三及策略四同樣各獲得5次改善最佳解，為改善最多之策略，但在整體平均改善率來看，策略三之平均改善率34.93%比策略四之平均改善率34.65%為高，雖然兩者改善率相當接近(相差<1%)，但在四十組測試比較下，策略三為最佳之改善策略，因此策略三之兩階段改善方案，第一次是以Swap交換法為核心演算模組，第二次則以Or-opt交換法為核心演算模組，為在需求點為150的情況下測試之最佳之改善策略。

7. 全範例平均改善率綜合評析

表 4.5 全範例平均改善率分析統整表

範例 策略	50 節點 平均改 善率	70 節點 平均改 善率	100 節 點平均 改善率	120 節 點平均 改善率	150 節 點平均 改善率	全範例 平均改 善率
策略一	6.91%	30.85%	26.28%	20.44%	22.66%	21.43%
策略二	8.81%	36.93%	38.33%	34.94%	33.63%	30.53%
策略三	10.00%	36.79%	37.79%	35.70%	34.93%	31.04%
策略四	9.21%	38.07%	36.59%	36.14%	34.65%	30.93%
改善最佳	三	四	二	四	三	三

圖表顯示了四種策略在不同節點數量下的平均改善率。Y軸為平均改善率，範圍從0.00%到45.00%。X軸分別為50節點、70節點、100節點、120節點、150節點以及全範例。圖例顯示：策略一（藍色）、策略二（深紅色）、策略三（黃色）、策略四（淺藍色）。數據如下：

節點數	策略一	策略二	策略三	策略四
50節點	6.91%	8.81%	10.00%	9.21%
70節點	30.85%	36.93%	36.79%	38.07%
100節點	26.28%	38.33%	37.79%	36.59%
120節點	20.44%	34.94%	35.70%	36.14%
150節點	22.66%	33.63%	34.93%	34.65%
全範例	21.43%	30.53%	31.04%	30.93%

註：全範例平均改善為該策略之全部測試結果之平均。

將5種範例之平均改善率統整分析，目的在於不考慮節點數之情況下，尋找出適用各種需求點組合之全域路線改善策略，而不侷限於在50、70、100、120及150五種節點(需求點)組合下分別採取各別最佳策略求解，因此透過全範例之平均改善率來評選之。

回顧各種節點組合下之個別決策，評選之最佳策略分別是(50節點，策略三)、(70節點，策略四)、(100節點，策略二)、(120節點，策略四)、(150節點，策略三)，綜合以上，在5組範例中改善最多之策略為策略三與策略四各兩次，因此暫時將兩者評為目前最佳策略。

將個別策略五種範例測試結果改善率加以平均比較，如表4.5所示，在五種範例之全範例平均改善率下，策略三之改善率為31.04%，相較於其他策略為最高。

因此整合規納下，適用各種需求點組合之全域路線改善策略，以策略三為整體路線改善階段之最佳策略，禁制搜尋法採策略三之兩階段改善方案，第一次是以Swap交換法為核心演算模組，第二次則以Or-opt交換法為核心演算模組，為路線改善階段全域最佳之改善策略。

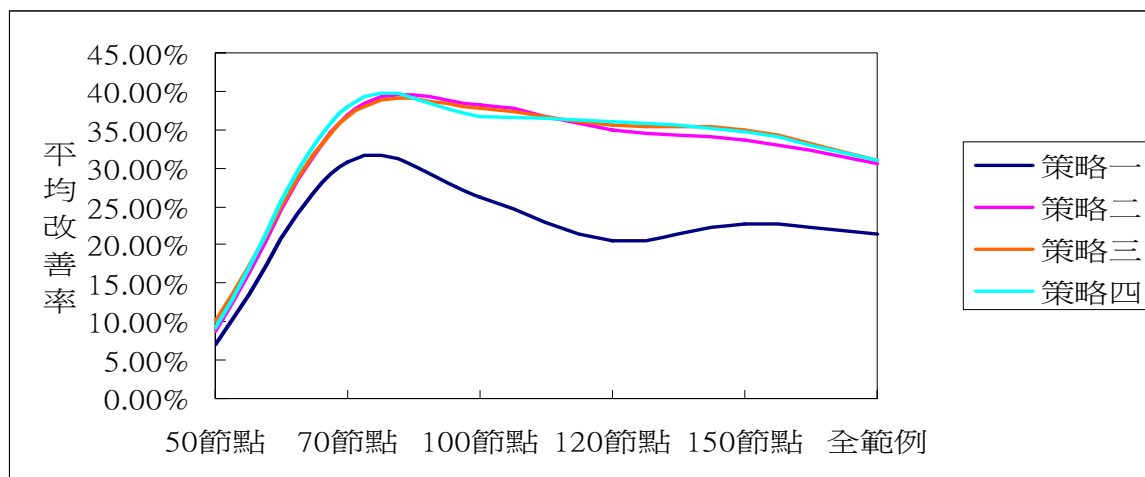


圖4.11 求解節點數趨勢圖

在節點數改善趨勢方面，其節點數從50、70、100、120到150節點之改善趨勢，如圖4.11所示，50~70節點改善率開始上升至70節點達到最高，而後開始下降，結果顯示70節點以前隨需求點數增加，需求點服務數尚未達到飽和，因此初始解經過改善，其改善效率逐漸提升，而到達70節點時，服務需求量達到飽和，之後因服務需求及巡迴路線長度的增加，使得違反時窗限制的需求點增加，改善率因而開始下降，而四種方案測試結果趨勢均一致，此結果證實本研究所設計之啟發式解法於70節點情況下改善最佳，符合本研究欲探討之服務需求量範圍，而從50至150節點之間仍能有效改善，能適度應付宅配業每日需求量之彈性變化，因此本研究之演算法能有效處理具時窗限制之宅配路線規劃問題。

4.2.3 動態路線規劃階段

本研究在此階段採用線上型演算法之邏輯概念，當宅配車輛出發後，部分需求點會隨著時間經過逐一出現，而本研究所設計動態路線規劃演算邏輯主要是當系統接獲一筆新的或臨時取消的客戶需求

後，依當時車輛所在需求點位置以及尚未服務之需求點集合，立即將新的需求點安插在適當的順序位置中或做即時刪除的動作。為考慮新需求點時窗可能跨越上、下午兩時段，即出現時間在上午時段，但其時窗結束時間卻在下午時段，在動態路線規劃階段將不以上、下午分開規劃之策略來進行，而是依上、下路線合併後之路線解來檢視新需求點出現時之尚未服務需求點。以下將簡易範例25需求點之結果(表4.2)經過路線改善階段最適改善方案的改善之後，模擬3筆動態需求點，逐步匯入2組新需求點及1組刪除之需求點，資料如下表4.6所示，其新需求點依其出現順序逐一規劃至適當之服務順序位置中，結果如下表4.7所示：

表4.6 動態需求點資料

新需求點							
需求點	X 座標	Y 座標	需求量	開始時間	結束時間	服務時間	車輛位置
A30	316.9367	1471.2432	1	0	2200	10	A10
A40	880.0865	-1775.6098	3	800	2100	10	A12
刪除之需求點							
A08	-1386.244	-1878.381	6	800	2200	10	A01

表4.7-1 逐一輸入動態需求解

靜態 路線解				匯入A30 之路線解			
配送 順序		到達 時間		配送 順序		到達 時間	
R00	A12	0	917.502	R00	A13	0	682.961
A14	A11	78.206	942.216	A14	A12	78.206	821.250
A10	A01	111.203	993.076	A10	A11	111.203	845.964
A04	A21	178.886	1019.428	A04	A01	178.886	896.824
A15	A18	242.977	1046.846	A15	A21	242.977	923.176
A09	A08	272.197	1113.044	A30	A18	257.856	950.594
A20	A02	338.447	1143.074	A09	A08	287.668	1016.792
A07	A17	417.103	1229.297	A20	A02	353.919	1046.822
A03	A23	457.912	1500	A07	A17	432.574	1133.045
A19	A22	487.002	1617.394	A03	A23	473.383	1500
A06		569.198		A19	A22	502.473	1617.394
A24		600		A06		584.669	
A05		633.671		A24		609.439	
A16		657.538		A05		643.109	
A13		673.523		A16		666.976	

表 4.7-2 逐一輸入動態需求解

匯入 A40 之路線解				刪除 A08 之路線解			
配送 順序		到達 時間		配送 順序		到達 時間	
R00	A13	0	682.961	R00	A13	0	682.961
A14	A12	78.206	926.053	A14	A12	78.206	926.053
A10	A11	111.203	950.767	A10	A11	111.203	950.767
A04	A01	178.886	1001.626	A04	A01	178.886	1001.626
A15	A21	242.977	1027.979	A15	A21	242.977	1027.979
A30	A18	257.856	1092.672	A30	A18	257.856	1092.672
A09	A08	287.668	1122.703	A09	A08	287.668	——
A20	A02	353.919	1188.901	A20	A02	353.919	1157.502
A07	A17	432.574	1220.297	A07	A17	432.574	1188.897
A03	A40	473.383	1267.098	A03	A40	473.383	1235.699
A19	A23	502.473	1500	A19	A23	502.473	1500
A06	A22	584.669	1617.394	A06	A22	584.669	1617.394
A24		609.439		A24		609.439	
A05		643.109		A05		643.109	
A16		666.976		A16		666.976	

簡易範例初始解經過改善之後，將上、下午之最佳解合併完成靜態路線最佳解，而後完成發車準備，宅配車輛開始巡迴，當有新的需求發生後則開始進入動態路線規劃階段，並將以服務過需求點予以刪除以增加演算效率，在範例中當車輛到達需求點 A10 時，出現第一個新的即時需求點 A30 需要納入服務，因此在不違反容量限制的情況下則納入規劃，而由於該需求時窗彈性較大，上、下午送達均可，因此經過即時的插入改善路徑之後，安排在 A15 及 A09 之間服務(即 A15→A30→A09→...)，為懲罰成本最小的位置，並且在規定的時窗內完成服務，而能達到最佳的服務效果；隨著時間的流動，車輛到達 A12 時，同樣的在不違反容量限制的情況下，將新需求點 A40 插入懲罰成本最小的位置，因此經過演算將其安排在 A17 及 A23 之間服務(即 A17→A40→A23→A22)，為最佳的服務順序；當車輛來到需求點 A01 時，發現有臨時需要取消的需求點 A08，因此將其刪除後，將受於未服務的需求點重新規畫，而得到新的一組解，其解為 A01→A21→A18→A02→A17→A40→A23→A22，使路線的巡迴更有效

率，而不至於產生無謂的巡迴，詳細圖示如下圖4.12所示。

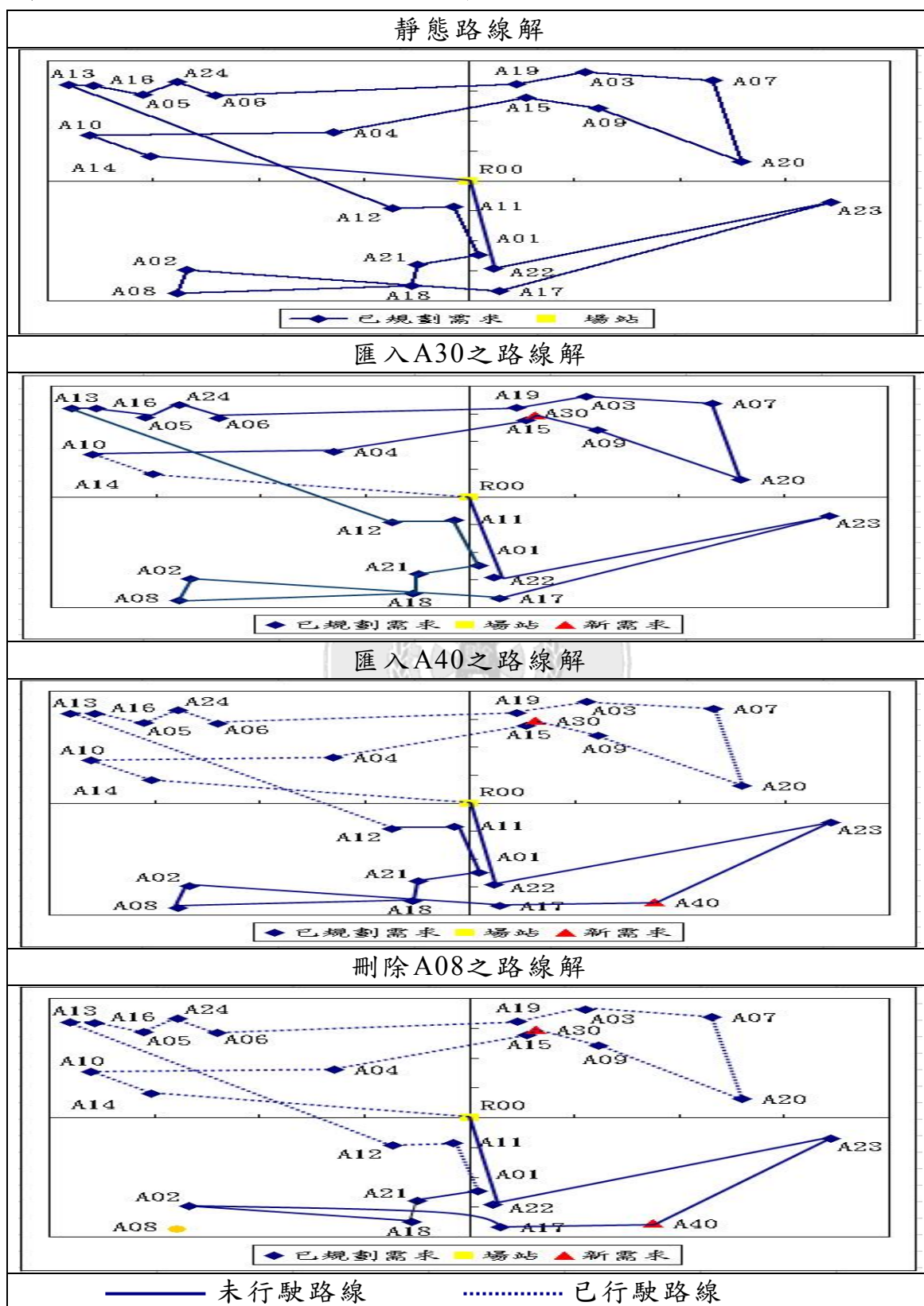


圖4.12 動態路線規劃圖示

小結

彙整以上，本研究所設計之三階段處理步驟啟發式解法，在靜態路線規劃解上，起始路線規劃階段採最近鄰點法以快速獲得起始可行解，而後在路線改善階段經測試後採用兩階段改善方案，第一次是以Swap交換法為核心演算模組，第二次則以Or-opt交換法為核心演算模組，為路線改善階段全域最佳之改善策略，以獲得靜態最適解；動態路線規劃解上，將即時匯入之資訊刪除已服務過之路線，將尚未服務之需求與動態需求納入求解，以能及時反應動態需求。

總體來看，在已知需求的處理透過起始路線規劃階段以及路線改善階段兩階段之處理，在靜態路線規劃解能有效率的獲得不錯的最適解，而在隨時間逐一出現之增減動態需求中均能有效的處理規劃出即時的最適路線規劃解，因此本研究所設計之啟發式解法的確能有效處理具時窗限制之動態收送貨旅行者銷售員問題(DPDTSP_{TW})。



第五章 實證分析

本研究實證分析，以單一責任分區為研究範圍，以台中市西屯區路網隨機抽取70節點之需求點，而收、送貨及上、下午需求比例，參考許晉嘉【15】文中實證資料永安區一日配送計畫之比例設計，作為宅配工程師一天之配送作業計劃，進行實證分析，配合上一章之演算法進行配送路線之規劃，以了解實際演算規劃之效果，並利用地理資訊系統GIS將成果展示。

5.1 實證範例說明

本研究以逢甲大學為營業所(場站)，依問題設定，場站為出發起點亦為終點，而西屯區則為其負責之責任分區，該分區具備70個需求點(包含場站)，總送貨需求點37個，總收貨需求點32個，以時段分，上午時段一般需求點37個，契約客戶3個，下午時段一般需求點26個，契約客戶3個，一般客戶之時窗限制只分上、下午時段，而契約客戶則賦予各別時窗限制；在宅配車輛設定上面，車輛之總承載量設定為500單位，即一部宅配車輛最多可裝載500件貨物，車行巡迴速度則設定為平均時速為30公里，以符合實際配送過程之旅行時間，相關實證資料如表5.1所示，而完整操作介面與詳細實證資料請參照附錄二及附錄三，另外本研究將利用地理資訊系統Arcview GIS 3.2輔助展示相關地理位置如下圖5.1所示：

表 5.1 實證範例資料

節點數	送貨需求點	收貨需求點	上午時段			下午時段		
			一般需求點	契約需求點		一般需求點	契約需求點	
70	37	32	37	3		26	3	
時窗限制			[0,800]	F65 F66 F69	[250,750] [600,700] [100,800]	[800,2200]	F64 F67 F68	[1850,1950] [1600,1700] [1800,2200]
總承載量			500 單位					
行駛速率			平均時速 30 公里					

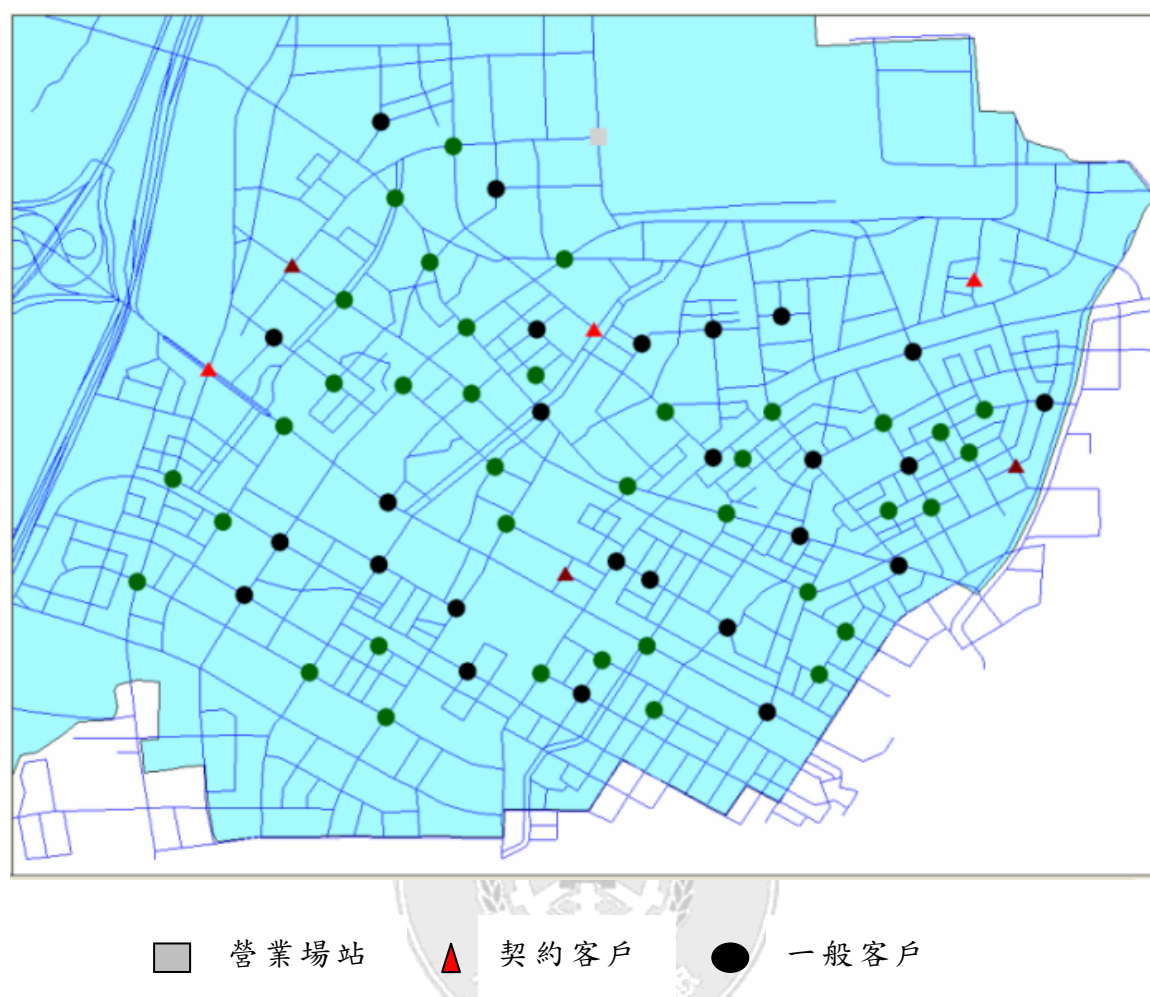


圖 5.1 需求點分佈圖

5.2 靜態解求解結果分析

5.2.1 上午時段求解分析

實證分析靜態解求解依先前章節所述分上、下午時段依本研究之演算法分別求解，上午時段建構之初始解與改善解如表5.2所示，在總成本方面，經過改善之後，上午時段改善率達25%，係因初始解建構完成後，契約客戶之時窗限制無法滿足，使得懲罰值加重，如F66時窗[600,700]換算成標準時間即必需在11:00至11:30之間到達，而初始解無法滿足此條件，到達時間為12:07，以違反契約客戶時窗限制，經過改善之後F66在11:26到達服務，滿足時窗限制，而其他2個契約客戶亦在其個別時窗限制內服務完成，因此改善效果有明顯提升，此

外不論初始解或是改善解，均有兩個超出上午時窗12:00過後服務，乃由於上午時段服務需求點較多，因此經過排程之後，仍無法完全於上午時窗內完成，但由於本研究設定為軟性時窗限制，因此允許在滿足總成本最佳的情況下，部分違反時窗限制，而在此實例驗證下，至多違反10分鐘，因此仍可接受此結果發生，在距離成本的改善上節省1901.213的距離，有13%之改善率，因此在上午時段之改善有相當之效果，相關上午時段需求點及最佳路徑圖示如下圖5.2及圖5.3所示：

表 5.2 上午時段求解分析表

	上午時段							
	初始解		到達時間		改善解		到達時間	
配送順序	R00	F13	08:00	10:31	R00	F51	08:00	10:25
	F34	F63	08:04	10:38	F33	F29	08:05	10:30
	F52	F35	08:11	10:43	F32	F65	08:10	10:38
	F38	F06	08:16	10:48	F62	F46	08:16	10:50
	F22	F51	08:22	10:53	F09	F16	08:22	10:57
	F62	F29	08:27	10:57	F23	F10	08:28	11:02
	F32	F46	08:33	11:04	F47	F25	08:33	11:07
	F33	F16	08:38	11:11	F69	F05	08:39	11:14
	F09	F10	08:48	11:16	F07	F43	08:49	11:19
	F23	F25	08:54	11:21	F24	F66	08:55	11:26
	F47	F05	08:59	11:27	F60	F34	09:01	11:35
	F69	F43	09:05	11:33	F03	F52	09:11	11:42
	F24	F19	09:16	11:43	F42	F22	09:17	11:48
	F07	F15	09:22	11:48	F50	F53	09:22	11:54
	F60	F53	09:29	11:57	F26	F38	09:30	12:00
	F03	F66	09:38	12:07	F04	F19	09:36	12:05
	F42	F65	09:44	12:26	F44	F15	09:40	12:10
	F50		09:49		F28		09:46	
	F26		09:58		F14		09:55	
	F04		10:03		F55		09:56	
	F44		10:08		F13		10:04	
	F28		10:13		F63		10:11	
	F14		10:22		F35		10:16	
	F55		10:27		F06		10:21	
距離成本	14378.569				12477.356			
總成本	17018.373				12836.474			

備註：1.到達時間已將單位時間換算成標準時間。

2.總成本 = 距離成本 + 懲罰成本

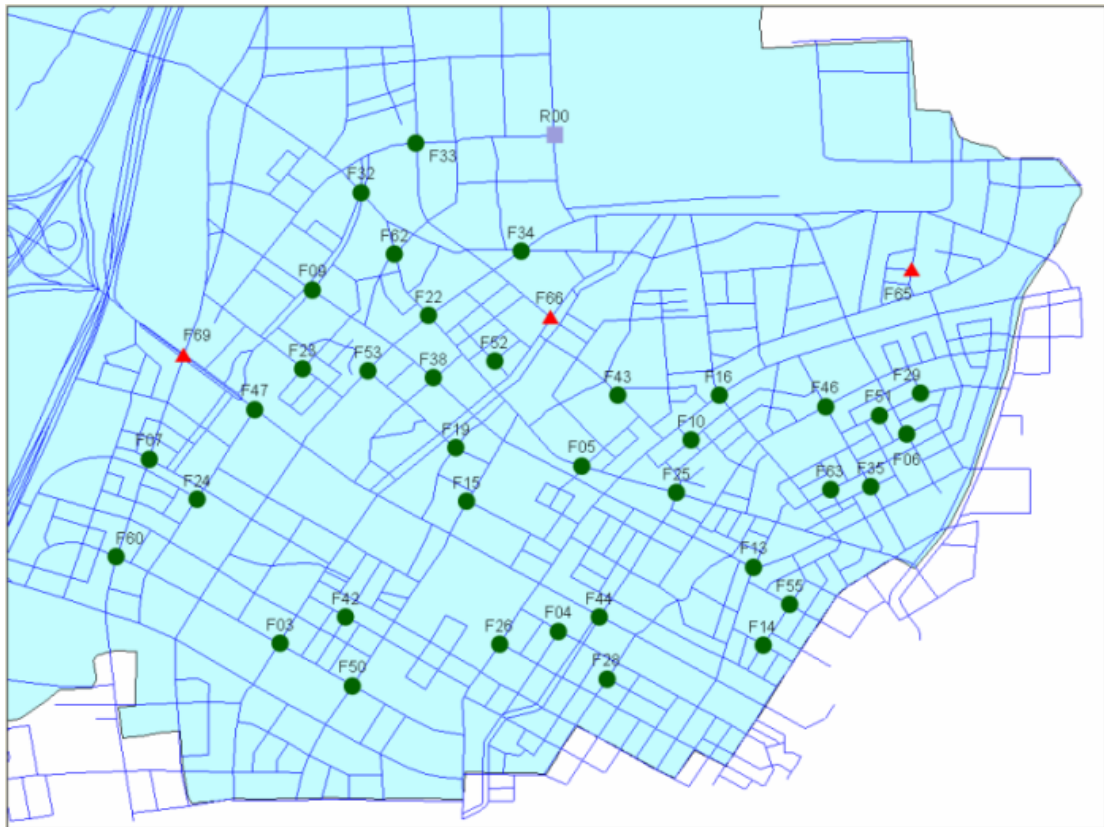


圖 5.2 上午需求點分佈圖

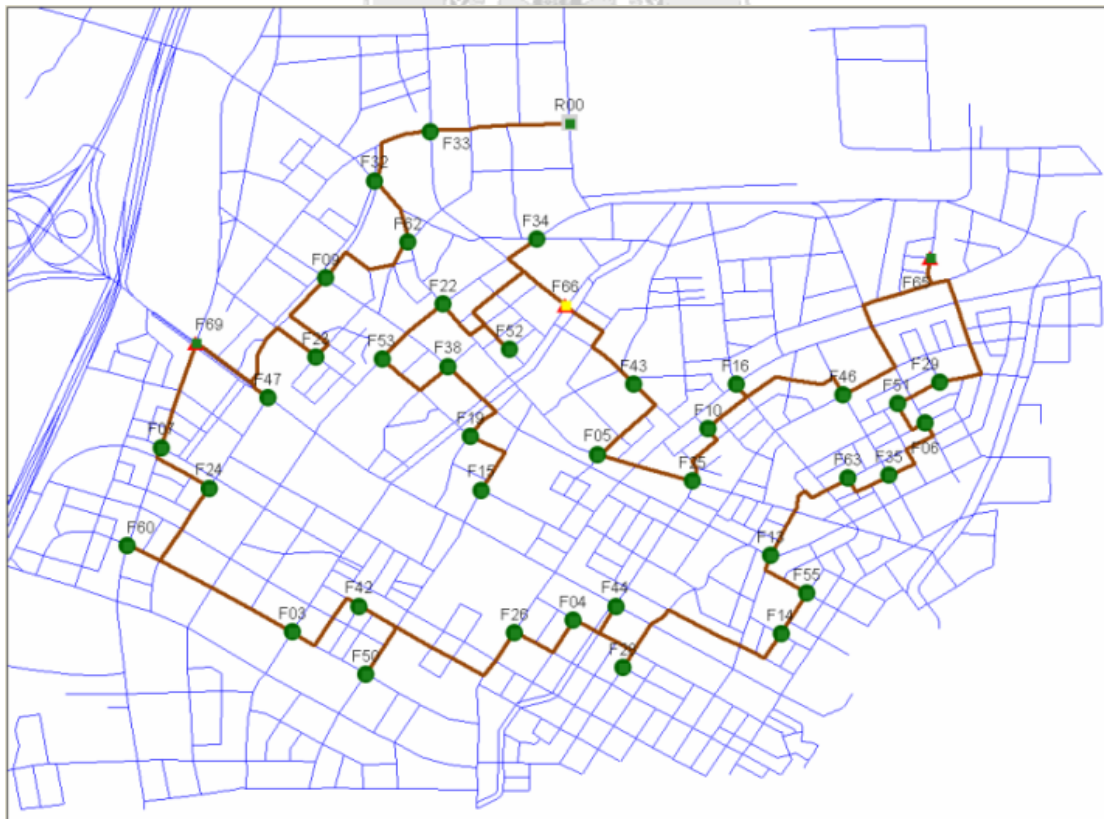


圖 5.3 上午需求點最佳解路線圖

5.2.2 下午時段求解分析

下午時段建構之初始解與改善解如表5.3所示，在總成本方面，經過改善之後，下午時段改善率達13%，同樣的，契約客戶之時窗限制無法滿足，使得懲罰值加重，因此透過改善階段，使得契約客戶均滿足其個別時窗限制，由於契約客戶必須先行服務，因此契約客戶有優先服務的權利，如到達一般客戶F40時，時間為14:21，而至契約客戶F67時，時間為16:00，兩者之間等待時間長，乃因為滿足優先服務契約客戶，先服務其他客戶可能會違反其時窗限制，因此選擇等待，待服務完之後再服務其他客戶，而在距離成本來看，改善後節省5202.209，改善率達29%，因此在下午時段之改善上亦有相當之效果，相關下午時段需求點及最佳路徑圖示如下圖5.4及圖5.5所示：

表 5.3 下午時段求解分析表

	下午時段							
	初始解		到達時間		改善解		到達時間	
配送順序	F15	F30	12:13	14:12	F15	F31	12:13	14:13
	F41	F12	12:16	14:19	F58	F40	12:20	14:21
	F21	F37	12:26	14:25	F48	F67	12:25	16:00
	F08	F31	12:31	14:34	F08	F21	12:33	16:12
	F20	F01	12:37	14:49	F20	F41	12:39	16:22
	F59	F40	12:42	15:12	F59	F68	12:44	17:00
	F49	F61	12:49	15:20	F49	F57	12:51	17:11
	F11	F58	12:57	15:38	F54	F56	12:59	17:19
	F54	F48	13:01	14:43	F11	F01	13:04	17:27
	F36	F68	13:09	17:00	F36	F61	13:10	17:38
	F27	F67	13:15	17:20	F27	F02	13:16	17:44
	F18	F64	13:25	17:42	F18	F64	13:25	17:54
	F02		13:30		F45		13:32	
	F17		13:36		F17		13:38	
	F45		14:43		F39		13:47	
	F39		13:53		F30		13:55	
	F56		14:01		F12		14:02	
	F57		14:07		F37		14:08	
距離成本	17741.059				12538.850			
總成本	19420.259				16909.375			

備註：1.到達時間已將單位時間換算成標準時間。

2.總成本 = 距離成本 + 懲罰成本

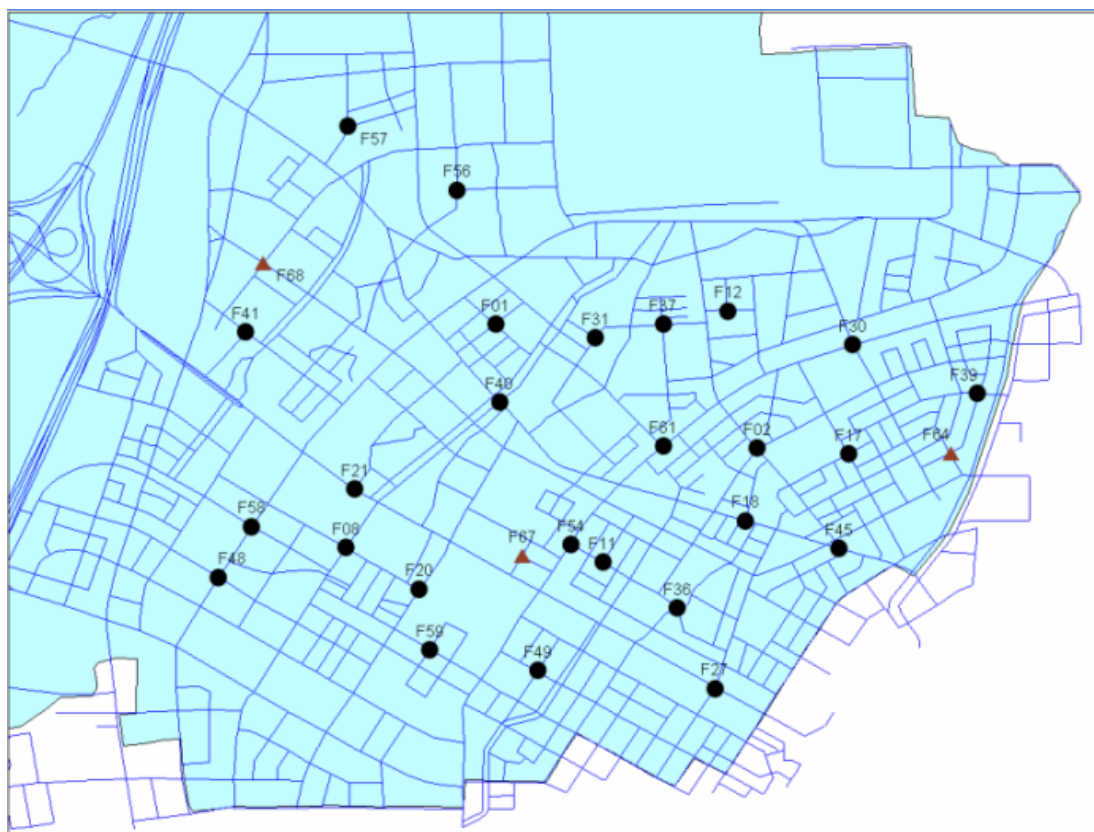


圖 5.4 下午需求點分佈圖

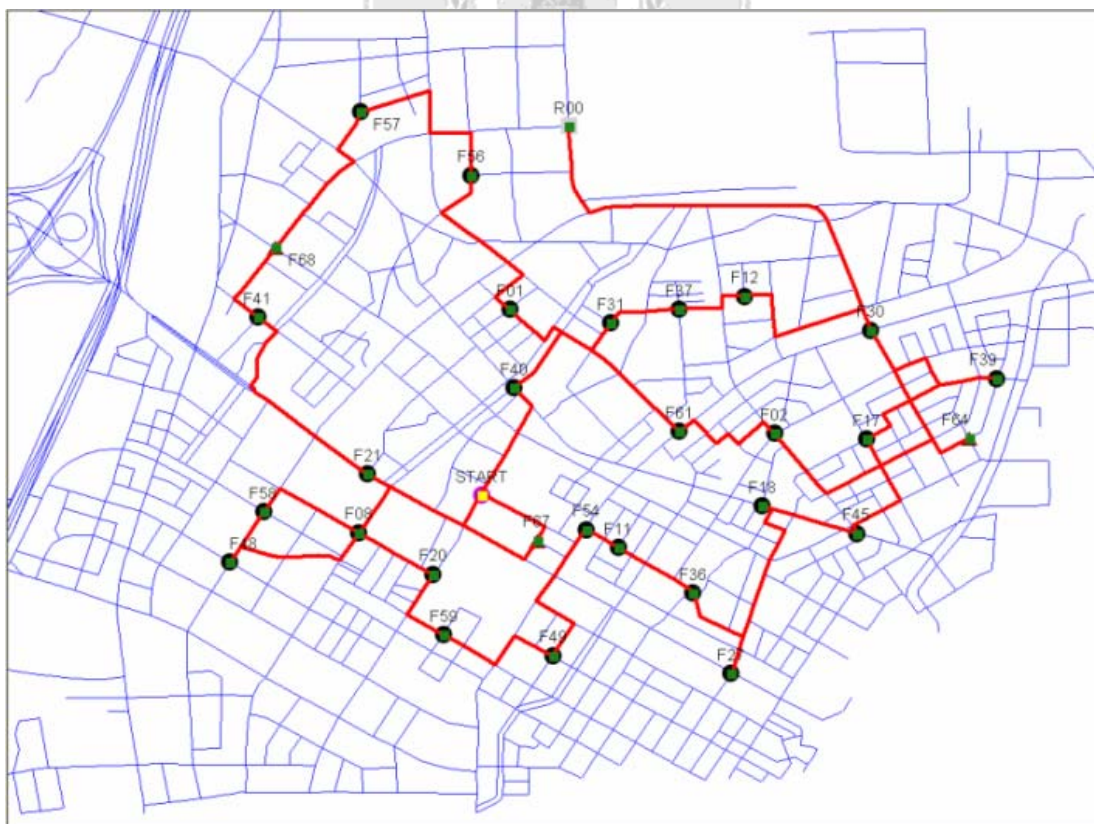


圖 5.5 下午需求點最佳解路線圖

5.2.3 上、下午時段合併分析

本研究先規劃上午時段完成之後，再規劃下午時段，而後合併上、下午最佳解即為本研究之最佳規劃解，因此本節將上、下午時段合併分析，在總成本方面，改善率達18.37%，不及實驗設計之平均改善率31.04%，乃因契約客戶點較分散且受到特定時窗限制，因此必須採取等待或提前前往服務契約客戶，而造成改善率不如實驗設計之效果，但以實證資料之改善率來看，仍然有相當不錯的效果，而在路徑距離成本改善上，整體路徑巡迴減少22.12%，因此在實證上，本模式之演算法證實能在實際之路網上運作並達到改善路徑巡迴之效果，相關分析表及最佳解路徑展示，如表5.4及圖5.6所示：

表 5.4 上、下午時段解合併分析表

	上午時段		下午時段		總成本		改善率 (E-F)/E
	初始解 路徑(A)	改善解 路徑(B)	初始解 路徑(C)	改善解 路徑(D)	初始解 E=(A+C)	改善解 F=(B+D)	
距離 成本	14378.57	12477.36	17741.06	12538.85	32119.63	25016.21	22.12%
總成 本	17018.37	12836.47	19420.26	16909.38	36438.63	29745.85	18.37%

備註：總成本 = 距離成本 + 懲罰成本

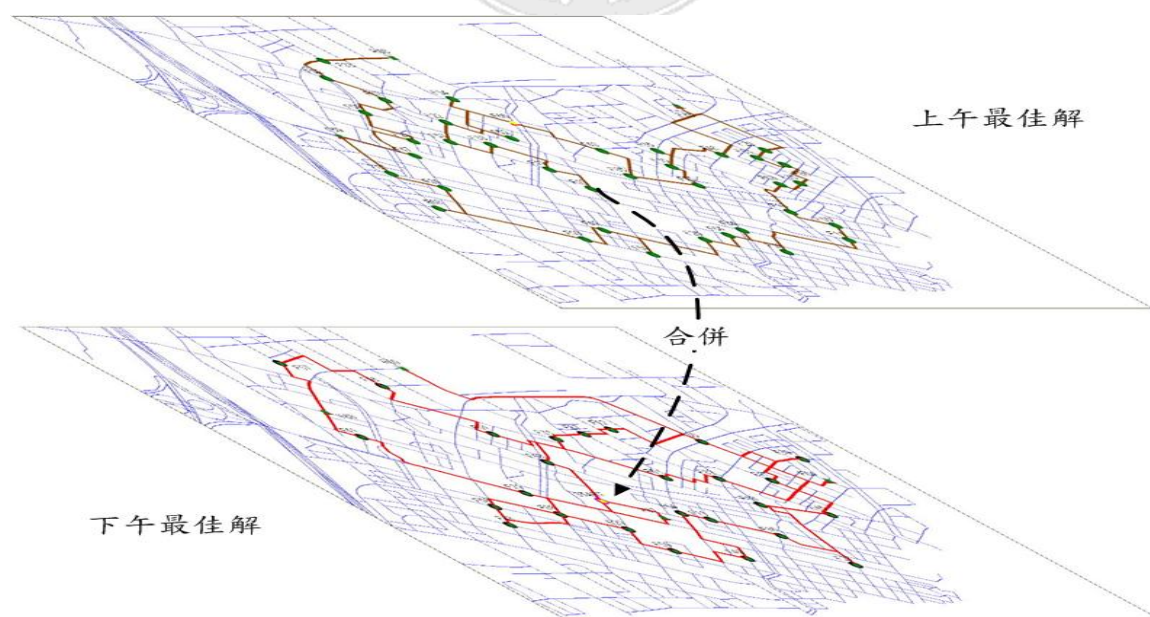


圖 5.6-1 上、下午需求點最佳解路線合併圖解

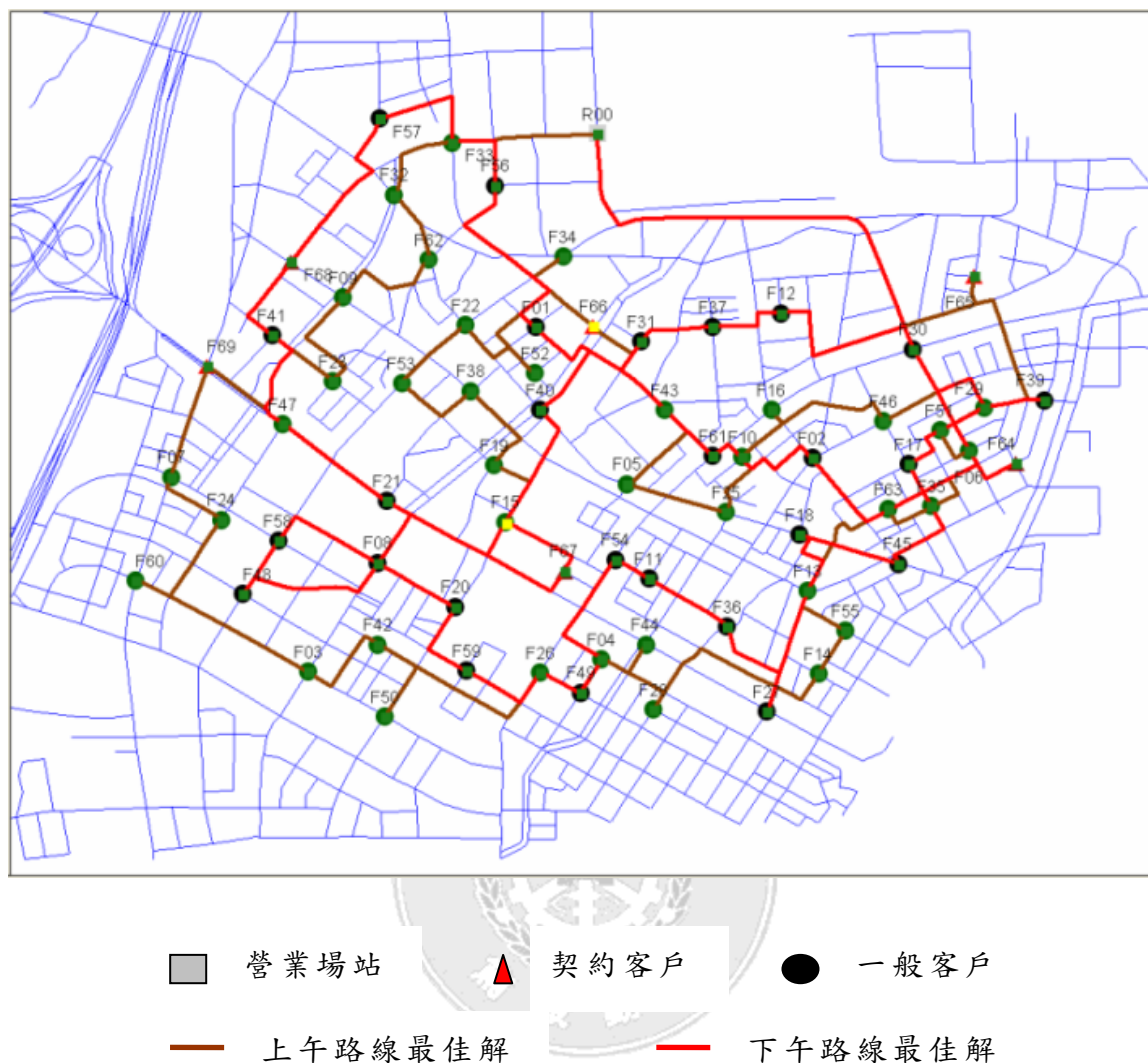


圖 5.6-2 上、下午需求點最佳解路線合併套疊圖

5.3 動態解求解結果分析

5.3.1 動態資料說明

本範例依前節所述之特性，動態需求為依時間的流動而逐一出現，因此將動態需求之設定為當車輛到達某一需求點後，則浮現出新的需求點或臨時取消之需求點，其實證動態資料設定F70至F74為新增之需求點，而F26及F56則為臨時取消之需求點，除F74為臨時新增之契約客戶需求點外，其餘均為一般客戶，而車輛位置即表示該需求點浮現時車輛所在位置，詳細如下表5.5所示：

表5.5 實證動態需求點資料

新需求點							
需求點	X 座標	Y 座標	需求量	開始時間	結束時間	服務時間	車輛位置
F70	-924.9	-1133.6	1	0	800	10	F32
F71	-194.5	-1115.8	4	0	1500	10	F44
F72	977.6	-460.2	3	800	2200	10	F15
F73	-59.2	-1632.4	7	1000	2000	10	F08
F74	446.7	-2052.8	12	1500	2200	20	F45
刪除之需求點							
F26	-199.9	-1862.3	3	0	2200	10	F60
F56	-351.7	-171	-5	800	2200	10	F31

5.3.2 動態需求求解分析

動態需求求解方式為在完成靜態需求解之後，合併上、下午時段最適解並採線上型演算法邏輯概念依本研究設計之演算法將動態需求點納入求解，實證分析設計5組新增需求，2組臨時取消需求，依車輛所在位置逐步浮現納入求解。因此當車輛到達F32時，出現第一個新增需求F70，因此刪除之前行走過之需求點，將尚為服務的需求點納入求解，經過改善之後，將F70需求點排在F23及F47之間，由於新需求在F23及F47的路徑上，因此服務時間並未增加太多，整體約後推1分鐘服務時間；而後車輛通過F60需求點時得到第一個臨時取消之需求點訊息，因此在刪除後，將尚未服務之需求點加以規劃，因此在刪除後服務時間約提前6分鐘，由於下午契約客戶F67必須等待服務，因此之後之需求服務時間並未減少；而之後依序匯入F72、F73、F4，由於巡迴路徑增加，因此整體服務時間增加，而最後刪除F56之後，迴路徑減少，因此服務時間減少，而提前結束，其整體輸出結果如下表5.6及圖5.7所示，結果顯示，本研究之模式可以應付即時動態之需求增減，而即時規劃路徑。

表 5.6-1 實證動態需求解

靜態解				匯入 F70 之路線解			
配送 順序	到達 時間	配送 順序	到達 時間	配送 順序	到達 時間	配送 順序	到達 時間
R00	08:00	F15	12:10	R00	08:00	F15	12:16
F33	08:05	F58	12:20	F33	08:05	F58	12:27
F32	08:10	F48	12:25	F32	08:10	F48	12:33
F62	08:16	F08	12:33	F62	08:16	F08	12:40
F09	08:22	F20	12:39	F09	08:22	F20	12:47
F23	08:28	F59	12:44	F23	08:28	F59	12:52
F47	08:33	F49	12:51	F47	08:34	F49	12:59
F69	08:39	F54	12:59	F69	08:39	F54	13:07
F07	08:49	F11	13:04	F07	08:46	F11	13:11
F24	08:55	F36	13:10	F24	08:56	F36	13:17
F60	09:01	F27	13:16	F60	09:01	F27	13:24
F03	09:11	F18	13:25	F03	09:07	F18	13:33
F42	09:17	F45	13:32	F42	09:17	F45	13:40
F50	09:22	F17	13:38	F50	09:23	F17	13:46
F26	09:30	F39	13:47	F26	09:28	F39	13:54
F04	09:36	F30	13:55	F04	09:37	F30	14:02
F44	09:40	F12	14:02	F44	09:42	F12	14:10
F28	09:46	F37	14:08	F28	09:46	F37	14:16
F14	09:55	F31	14:13	F14	09:52	F31	14:21
F55	09:56	F40	14:21	F55	10:01	F40	14:29
F13	10:04	F67	16:00	F13	10:05	F67	16:00
F63	10:11	F21	16:12	F63	10:10	F21	16:12
F35	10:16	F41	16:22	F35	10:17	F41	16:22
F06	10:21	F68	17:00	F06	10:22	F68	17:00
F51	10:25	F57	17:11	F51	10:27	F57	17:12
F29	10:30	F56	17:19	F29	10:32	F56	17:20
F65	10:38	F01	17:27	F65	10:36	F01	17:28
F46	10:50	F61	17:38	F46	10:44	F61	17:38
F16	10:57	F02	17:44	F16	10:56	F02	17:45
F10	11:02	F64	17:54	F10	11:03	F64	17:55
F25	11:07			F25	11:08		
F05	11:14			F05	11:13		
F43	11:19			F43	11:20		
F66	11:26			F66	11:26		
F34	11:35			F34	11:32		
F52	11:42			F52	11:41		
F22	11:48			F22	11:48		
F53	11:54			F53	11:54		
F38	12:00			F38	12:00		
F19	12:05			F19	12:06		
					12:11		
車輛目前位置				新增之需求點		刪除之需求點	

表 5.6-2 實證動態需求解

刪除F26之路線解				匯入F71之路線解			
配送 順序	到達 時間	配送 順序	到達 時間	配送 順序	到達 時間	配送 順序	到達 時間
R00	08:00	F15	12:09	R00	08:00	F15	12:01
F33	08:05	F58	12:15	F33	08:05	F08	12:09
F32	08:10	F48	12:23	F32	08:10	F48	12:17
F62	08:16	F08	12:29	F62	08:16	F58	12:22
F09	08:22	F20	12:34	F09	08:22	F20	12:31
F23	08:28	F59	12:41	F23	08:28	F59	12:37
F70	08:34	F49	12:49	F70	08:34	F49	12:44
F47	08:39	F54	12:53	F47	08:39	F54	12:51
F69	08:46	F11	12:59	F69	08:46	F11	12:56
F07	08:56	F36	13:06	F07	08:56	F36	13:02
F24	09:01	F27	13:15	F24	09:01	F27	13:08
<u>F60</u>	09:11	F18	13:22	F60	09:11	F13	13:16
F03	09:17	F45	13:27	F03	09:17	F18	13:21
F42	09:22	F17	13:34	F42	09:22	F45	13:28
F50	09:28	F39	13:42	F50	09:28	F17	13:34
F26		F30	13:29	F04	09:30	F39	14:42
F04	09:30	F12	14:05	<u>F44</u>	<u>09:35</u>	F30	13:50
F44	09:35	F37	14:12	F28	09:40	F12	13:58
F28	09:44	F31	14:21	F14	09:49	F37	14:04
F14	09:48	F40	14:29	F55	09:54	F31	14:09
F55	09:54	F67	16:00	F63	10:01	F40	14:16
F13	10:01	F21	16:12	F35	10:06	F71	14:21
F63	10:05	F41	16:22	F06	10:11	F67	16:00
F35	10:11	F68	17:00	F51	10:16	F21	16:13
F06	10:15	F57	17:12	F29	10:20	F41	16:22
F51	10:20	F56	19:19	F65	10:28	F68	17:00
F29	10:28	F01	17:28	F46	10:40	F57	17:12
F65	10:40	F61	17:38	F16	10:47	F56	17:20
F46	10:46	F02	17:45	F10	10:52	F01	17:28
F16	10:51	F64	17:54	F25	10:57	F61	17:38
F10	10:57			F05	11:04	F02	17:45
F25	11:03			F43	11:10	F64	17:55
F05	11:09			F66	11:17		
F43	11:20			F34	11:25		
F66	11:24			F52	11:33		
F34	11:31			F22	11:39		
F52	11:37			F53	11:44		
F22	11:43			F38	11:50		
F53	11:49			F19	11:56		
F38	11:54						
F19	12:00						
<u>車輛目前位置</u>		新增之需求點		刪除之需求點			

表 5.6-3 實證動態需求解

匯入F72之路線解				匯入F73之路線解			
配送 順序	到達 時間	配送 順序	到達 時間	配送 順序	到達 時間	配送 順序	到達 時間
R00	08:00	F08	12:08	R00	08:00	F08	12:08
F33	08:05	F48	12:17	F33	08:05	F48	12:16
F32	08:10	F58	12:22	F32	08:10	F58	12:22
F62	08:16	F20	12:32	F62	08:16	F20	12:32
F09	08:22	F59	12:37	F09	08:22	F59	12:37
F23	08:28	F49	12:44	F23	08:28	F49	12:44
F70	08:34	F54	12:52	F70	08:34	F73	13:00
F47	08:39	F11	12:56	F47	08:39	F54	13:05
F69	08:46	F36	13:02	F69	08:46	F11	13:10
F07	08:56	F27	13:09	F07	08:56	F36	12:16
F24	09:01	F13	13:16	F24	09:01	F27	13:22
F60	09:11	F18	13:21	F60	09:11	F13	13:29
F03	09:17	F45	13:28	F03	09:17	F18	13:34
F42	09:22	F17	13:34	F42	09:22	F45	13:41
F50	09:28	F39	17:42	F50	09:28	F17	13:47
F04	09:30	F30	13:50	F04	09:30	F39	13:55
F44	09:35	F72	13:56	F44	09:35	F30	14:04
F28	09:40	F12	14:03	F28	09:40	F72	14:10
F14	09:49	F37	14:09	F14	09:49	F12	14:16
F55	09:54	F31	14:14	F55	09:54	F37	14:22
F63	10:01	F40	14:21	F63	10:01	F31	14:27
F35	10:06	F71	14:26	F35	10:06	F40	14:34
F06	10:11	F67	16:00	F06	10:11	F71	14:39
F51	10:16	F21	16:12	F51	10:16	F67	16:00
F29	10:20	F41	16:22	F29	10:20	F21	16:13
F65	10:28	F68	17:00	F65	10:28	F41	16:22
F46	10:40	F57	17:12	F46	10:40	F68	17:00
F16	10:47	F56	17:19	F16	10:47	F57	17:12
F10	10:52	F01	17:27	F10	10:52	F56	17:20
F25	10:57	F61	17:38	F25	10:57	F01	17:28
F05	11:04	F02	17:44	F05	11:04	F61	17:38
F43	11:10	F64	17:55	F43	11:10	F02	17:45
F66	11:17			F66	11:17	F64	17:55
F34	11:25			F34	11:25		
F52	11:33			F52	11:33		
F22	11:39			F22	11:39		
F53	11:44			F53	11:44		
F38	11:50			F38	11:50		
F19	11:56			F19	11:56		
F15	12:01			F15	12:01		
車輛目前位置		新增之需求點		刪除之需求點			

表 5.6-4 實證動態需求解

匯入F74之路線解				刪除F56之路線解			
配送 順序	到達 時間	配送 順序	到達 時間	配送 順序	到達 時間	配送 順序	到達 時間
R00	08:00	F15	12:01	R00	08:00	F15	12:01
F33	08:05	F08	12:08	F33	08:05	F08	12:08
F32	08:10	F48	12:16	F32	08:10	F48	12:16
F62	08:16	F58	12:22	F62	08:16	F58	12:22
F09	08:22	F20	12:32	F09	08:22	F20	12:32
F23	08:28	F59	12:37	F23	08:28	F59	12:37
F70	08:34	F49	12:44	F70	08:34	F49	12:44
F47	08:39	F73	13:00	F47	08:39	F73	13:00
F69	08:46	F54	13:05	F69	08:46	F54	13:05
F07	08:56	F11	13:10	F07	08:56	F11	13:10
F24	09:01	F36	12:16	F24	09:01	F36	12:16
F60	09:11	F27	13:22	F60	09:11	F27	13:22
F03	09:17	F13	13:29	F03	09:17	F13	13:29
F42	09:22	F18	13:34	F42	09:22	F18	13:34
F50	09:28	F45	13:46	F50	09:28	F45	13:46
F04	09:30	F17	13:52	F04	09:30	F17	13:52
F44	09:35	F39	14:01	F44	09:35	F39	14:01
F28	09:40	F30	14:09	F28	09:40	F30	14:09
F14	09:49	F72	14:15	F14	09:49	F72	14:15
F55	09:54	F12	14:21	F55	09:54	F12	14:21
F63	10:01	F37	14:27	F63	10:01	F37	14:27
F35	10:06	F31	14:32	F35	10:06	F31	14:32
F06	10:11	F40	14:40	F06	10:11	F40	14:40
F51	10:16	F71	14:44	F51	10:16	F71	14:44
F29	10:20	F67	16:00	F29	10:20	F67	16:00
F65	10:28	F21	16:13	F65	10:28	F21	16:13
F46	10:40	F41	16:22	F46	10:40	F41	16:22
F16	10:47	F68	17:00	F16	10:47	F68	17:00
F10	10:52	F57	17:12	F10	10:52	F57	17:12
F25	10:57	F56	17:20	F25	10:57	F56	
F05	11:04	F01	17:28	F05	11:04	F01	17:20
F43	11:10	F61	17:38	F43	11:10	F61	17:30
F66	11:17	F02	17:45	F66	11:17	F02	17:37
F34	11:25	F64	17:55	F34	11:25	F64	17:47
F52	11:33	F74	18:14	F52	11:33	F74	18:06
F22	11:39			F22	11:39		
F53	11:44			F53	11:44		
F38	11:50			F38	11:50		
F19	11:56			F19	11:56		
車輛目前位置		新增之需求點		刪除之需求點			

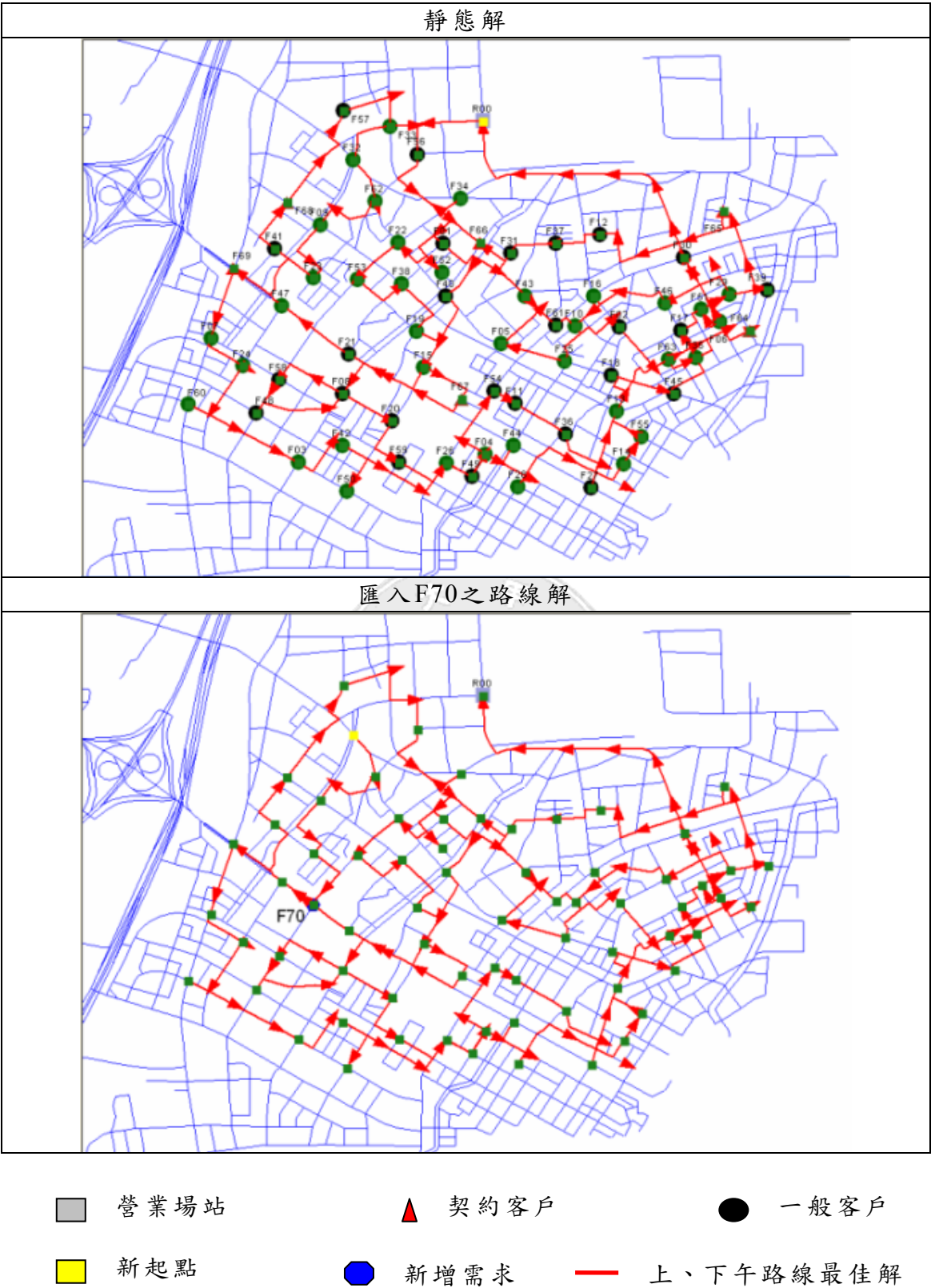


圖5.7-1 實證動態需求解圖解

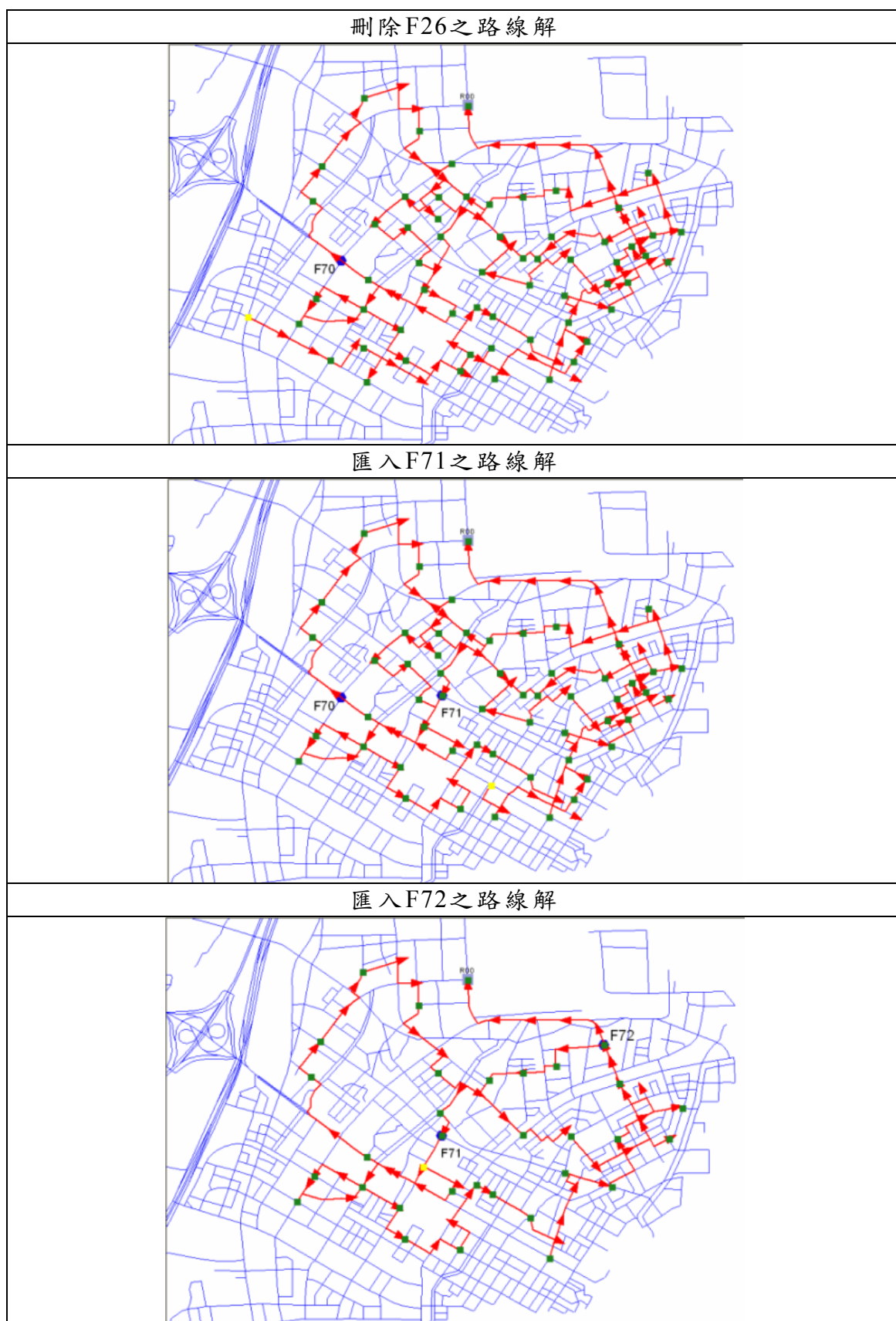


圖 5.7-2 實證動態需求解圖解

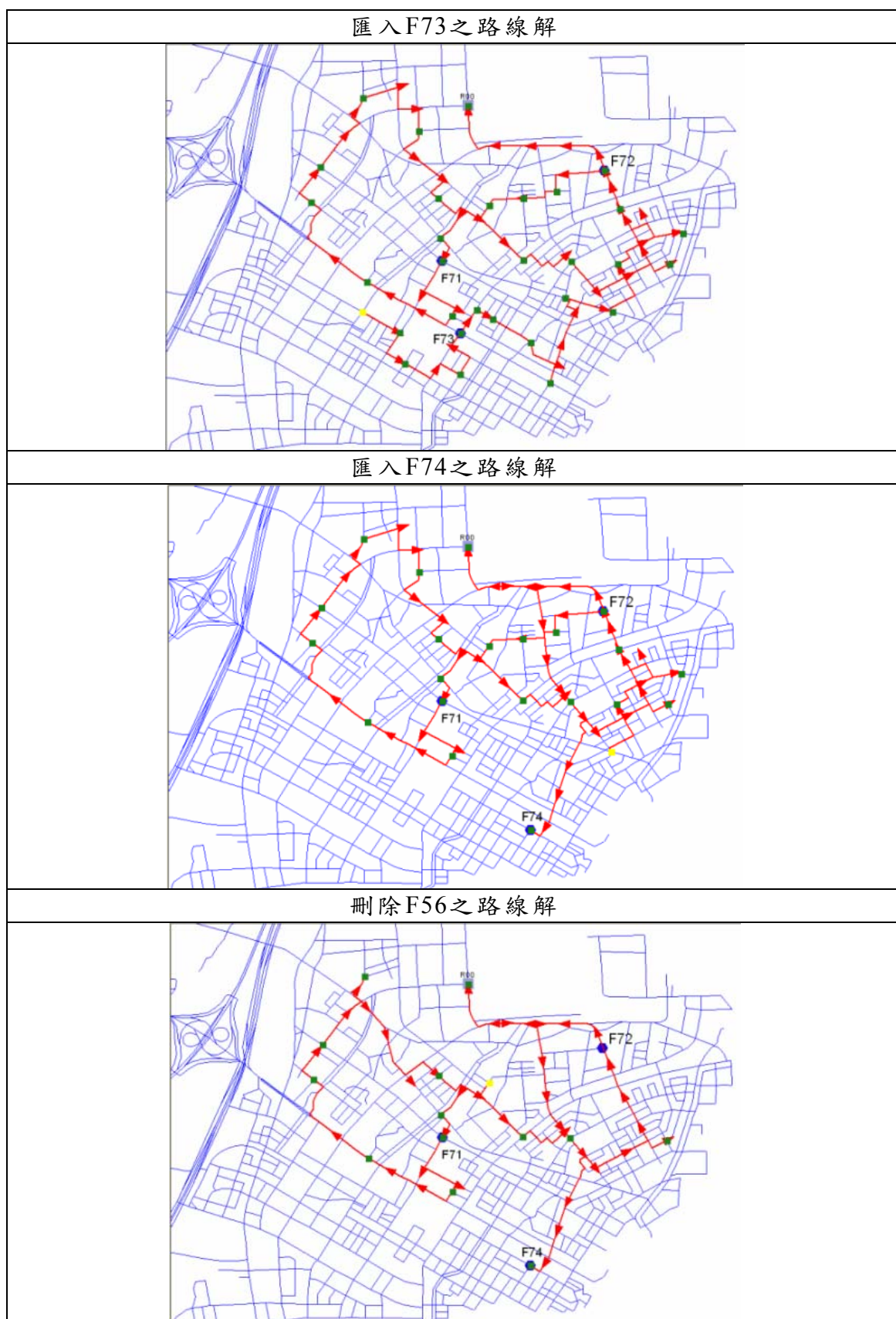


圖5.7-3 實證動態需求解圖解

第六章 結論與建議

本研究針對宅配貨物配送路線規劃之問題特性，設計一套宅配路線規劃配送系統，以期能有效率的規劃配送順序，並有效處理動態需求的產生，以下針對本研究分析之結果，提出結論與建議，分別列於6.1節及6.2節。

6.1 結論

1. 宅配業者將責任分區區分出來之後，將該區域內之服務需求交由宅配工程師配送，而一般宅配工程師皆依經驗法則來完成配送，當面對之服務需求增多時，經驗法則可能就無法有效處理，而使服務品質下降，此時為提升服務效率就必須發展出一套有效率之配送路線規劃系統，因此本研究擬設計一套宅配貨物路線規劃系統，目的減少運送成本獲取最大效益，以期能有效增加配送效率，減少不必要的旅行距離，提升服務品質。
2. 宅配服務面對一般需求客戶之上、下午服務時窗限制以及契約服務客戶特定之服務時窗限制，增加了規劃的難度，因此本研究將路線規劃分為上、下午兩大時窗分別規劃，而在上、下午時窗中契約客戶之特定服務時窗，則必須優先滿足，而車輛配送過程不得違反車輛最大容量限制，在此假設下，路徑規劃透過個別時段路線建構而後合併上、下午最佳解而完成完整巡迴路徑，另外規劃路徑途中不回場站，以增加巡迴效率，因此下午時段之起站為上午時段最後一個服務需求點，而此路徑規劃設計概念為本研究演算法之主要假設。
3. 本研究路線規劃採啟發式解法設計，以期能快速且有效率的進行規劃，並設計兩階段改善程序，第一階段路線建構階段採用最近鄰點法，目的在於快速得到一組初始解，而後在第二階段路線改善階段利用禁制搜尋法引導跳脫區域解，實驗結果的確能在短時間內規劃完畢，以利宅配業者能處理數個責任分區之規劃排程，第三階段動態路線規劃階段，乃當有即時動態的增減需求能及時

反應處理，而本研究的确能有效處理。

4. 本研究在路線改善階段將Swap及Or-opt交換法利用禁制搜尋法引導跳脫局部最佳解，並擬出一次改善及兩次改善之四種改善策略，於設計之五種服務需求點規模範例進行實驗測試，並將測試結果整合歸納，結果顯示，第一次以Swap交換法，第二次以Or-opt交換法為核心演算模組之兩次路線改善程序之策略為最佳之改善方案，其總體改善之效果達31.04%，因此將此方案作為本研究路線改善階段之演算法進行路線規劃。
5. 本研究將設計之啟發式解法進行實證分析，隨機規劃70個需求點相當宅配工程師一日所需之服務量，結果證實，此演算法對於宅配貨物配送路線規劃問題的确能獲得不錯之改善，行駛距離及總成本約有20%之改善效果，因此本研究所設計之兩階段啟發式解法能實際應用於宅配路線規劃上。

6.2 建議

1. 在服務範圍及宅配業之責任分區設計上，研究中採X軸及Y軸正負2000的平面上進行規劃，而未考慮更大範圍之規劃，且服務需求點之離散程度及數量之大小均會影響整體服務之績效，尤其在時窗限制上，因此建議後續之研究可以就需求點之離散程度及數量大小對責任分區範圍之影響，以提供最適之責任分區劃分。
2. 本研究路徑規畫模式並未考慮實際派車之後，所產生之尖離峰時段及道路狀況等阻礙之影響，因此建議後續研究能納入實際交通狀況，配合智慧型運輸系統(ITS)以及交通模擬軟體做驗證，發展出合適之動態路徑規劃模式，於做好發車準備後能即時反應車輛延滯等突發狀況，而做路徑改善，以達到最佳之服務巡迴效率。
3. 本研究採用禁制搜尋法作為改善階段之核心演算法，以求能跳脫局部解，建議相關之研究者可以考慮其他人工智慧演算法，例如基因演算法，來做規劃求解，研究在此問題上是否有更佳之效果，待後續研究之學者加以驗證。
4. 宅配業之規劃採責任分區之劃分，宅配工程師必須將該分區內所

有之需求點服務完畢，當需求量或需求點數量突然增加之情況下，規定時間可能無法時間內可能無法服務完畢，因此建議後續研究考慮跨分區支援策略來規劃車輛途程問題。

5. 地理資訊系統TransCAD在運輸規劃上之應用有不錯之成效，建議後續研究將演算模組輸出之結果，配合TransCAD做規劃，進行宅配車輛途程問題之研究，亦可延伸配送中心區位選擇之研究。



參考文獻

- 【1】 李洪鑫，2000，含時間窗車輛途程問題各演算法適用範圍之探討，東海大學工業工程研究所，碩士論文。
- 【2】 林正章，1998，「The Load Planning of Time Definite Freight Distribution Common Carriers」，運輸計劃季刊，27(3)，頁371~頁406。
- 【3】 林志鴻、陳春益、許晉嘉，2003，宅配業車輛路線規劃問題之啟發式解法，中華民國運輸學會第十八屆學術論文研究會論文集。
- 【4】 周淑蓉，2004，以群聚及禁制搜尋法求解含時窗限制之車輛巡迴路線問題，朝陽科技大學資訊管理系，碩士論文。
- 【5】 柯景文，2002，禁制搜尋法於動態車輛巡迴路線問題之研究，逢甲大學交通工程與管理學系，碩士論文。
- 【6】 胡大瀛、呂英志、陳仲強、陳佳貝，2001，「動態車路線問題之研究」，中華民國運輸學會第十六屆學術論文研究會論文集，頁133-142。
- 【7】 陳怡芳，2005，單一宅配車輛路線規劃之研究，逢甲大學交通工程與管理學系，碩士論文。
- 【8】 陳建良，2002，以啟發式演算法求解時窗限制車輛途程問題，中原大學工業工程學系，碩士論文。
- 【9】 陳建緯，2001，大規模旅行推銷員問題之研究：鄰域搜尋法與巨集啟發式解法之應用，交通大學運輸工程與管理學系，碩士論文。
- 【10】 陳隆熙，2002，「一個解決TSP問題最佳解的穩定方法——以TA演算法為例」，大葉大學工業工程學系，碩士論文。
- 【11】 陳振，2000，「風起雲湧-台灣宅配戰國元年」，物流技術與戰略，第16期，頁62-69。
- 【12】 陳致元，2001，單一物流中心車輛途程問題求解模式之空間分析研究，台灣大學地理環境資源研究所，碩士論文。
- 【13】 陳蕙國等人合著，2001，運輸網路分析，五南圖書出版有限公

司，頁203-221。

- 【14】許再豐，2004，即時資訊下動態車輛途程規劃研究，朝陽科技大學工業工程與管理學系，碩士論文。
- 【15】許晉嘉，2003，宅配業貨物配送路線規劃問題之研究，成功大學交通管理科學研究所，碩士論文。
- 【16】莊英群，2003，應用禁忌搜尋法於混合送收貨之車輛途程問題，逢甲大學工業工程研究所，碩士論文。
- 【17】梅明德、謝浩明，2001，「時窗限制動態車輛路線問題之線上型路線建立啟發式解」，運輸學刊，13(2)，頁73~頁111。
- 【18】曾惠鈺，2003，即時行車資訊下物流配送作業規劃之研究，淡江大學運輸管理學系運輸科學碩士班，碩士論文。
- 【19】盧步雲，2002，應用塔布搜尋法於含軟性時窗限制之動態需求撿取配送途程規劃問題，中原大學工業工程學系，碩士論文。
- 【20】蘇昭銘、張志鴻、莊子駿，2001，「應用GIS分析宅配業車輛路線排程作業之研究」，中華民國運輸學會第十六屆學術論文研討會論文集，頁411-420。
- 【21】馮正民、邱裕鈞，2004，研究分析方法，建都文化事業股份有限公司，頁53-81&頁369-384。
- 【22】韓復華、卓裕仁，1996，「門檻接受法、噪音擾動法與搜尋空間平滑法在車輛路線問題之應用研究與比較分析」，運輸學刊第9卷第3期，頁113-144。
- 【23】Beimcorn, E.A., Peng, Z.R., Octania, S., & Zygowicz, R.J. 1999.Evaluation of the Benifuts of Automated Vehicle Location Systems in Small and Medium Sized Transit Agencies. Center for Urban Transportation Studies.
- 【24】Bell, W. J., Dalberto, L. M., Fisher, M. L., Greenfield, A. J., Jaikumar, R., Kedia, P., Mack, R. G. and Prutzman, P. J., 1983, “Improving the distribution of industrial gases with and on-line computerized routing and scheduling optimizer,” Interfaces, Vol.13, pp.4-23.
- 【25】Benyahia, I., Potvin, J. Y., 1995, “Decision Support for Vehicle

- Dispatching Using Genetic Programming,” Publication CRT-95-23, Centre de recherche sur les transports, Universite de Montreal, Montreal, Canada.
- 【26】 Bodin, L., Golden, B., Assad, A. and Ball, M., 1983, “Routing and scheduling of vehicles and crews: the state of the art,” Computers and Operations Research, Vol.10, pp.63-211.
- 【27】 Brown, G. G., Graves, G. W., 1981, “Real-time dispatch of petroleum tank trucks,” Management Science, Vol.27, No.1, pp.19-32.
- 【28】 D.T. Pham and D. Karaboga, UK, 2000, “Intelligent Optimisation Techniques ” Springer.
- 【29】 Fisher M. L. 1995. Vehicle Routing. Network Routing, Handbooks in Operation Research and Management Science, 8, 1-33.
- 【30】 Glover, F., 1990, “Tabu search: A tutorial,” Interfaces, Vol.20, pp.74-94.
- 【31】 Glover, F., 1990, “Tabu Search-Part II ” ORSA Journal on Computing, Vol.2, pp.4-32.
- 【32】 Horbury, A.G., 1999. Using non-real-time Automatic Vehicle Location data to improve bus services. Transportation Research Part B. 33. pp.559-579.
- 【33】 Ichoua, S., Gendreau, M., Potvin, J. Y., 2000, “Diversion issues in real-time vehicle dispatching,” Transportation Science, Vol.34, No.4, pp.426-438.
- 【34】 Lin. S., 1965, “Computer Solutions of Traveling Salesman Problem” Bell System Tech. J., 44, pp.2245-2269.
- 【35】 Madsen, B. G., Ravn, H. f. and Rygaard, J. M., 1995, “A heuristic algorithm for a dial-a-ride problem with time windows, multiple capacities and multiple objectives”, Annals of Operations Research, Vol.60, pp.193-208.
- 【36】 Or, I., 1976, Traveling salesman-type Combinatorial Problems

- and Their Relation to the Logistics of Regional Blood Banking.
Ph. D Dissertation, Northwestern University, Evanston, IL.
- 【37】 Powell, W. B., Jaillet, P. and Odoni, A., 1995, “Stochastic and dynamic networks and routing,” in Network Routing, Handbooks in Operations Research and Management Science, Vol.8, eds. Ball M. O., Magnanti T. L., Monma C.L., and Nemhauser G. L., Vol.8, North Holland:Amsterdam.
- 【38】 Psaraftis, H. N., 1988, “Dynamic vehicle routing problems”, in Vehicle Routing: Methods and Studies, eds. Golden B. L. and Assad A. A., North Holland: Amsterdam.
- 【39】 Psaraftis, H. N., “Dynamic vehicle routing : Status and Prospects”, Annals of Operations Research, Vol.61, pp.143-164, 1995.
- 【40】 Psaraftis, H. N., “Dynamic vehicle routing: Status and Prospects”, Annals of Operations Research, Vol.61, pp.143-164, 1995.
- 【41】 Regan, A. C., Mahmassani, H. S., Jaillet, P., 1994, “Improving efficiency of commercial vehicle operations using real-time information: potential uses and assignment strategies,” Transportation Research Record, Vol.1493, pp.188-198.
- 【42】 Shen, Y., Potvin, J. Y., 1995, “A Computer Assistant for Vehicle Dispatching with Learning Capabilities,” Annal Operations Research, Vol.61, pp.189-211.

附錄一

範例測試輸出結果

表 1 50 需求點測試結果分析統整表

資料 策略	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均改 善率
策略一	0.24%	3.70%	13.20%	0.00%	10.51%	14.77%	2.96%	5.81%	9.60%	8.34%	6.91%
策略二	0.24%	5.30%	13.20%	2.50%	8.36%	16.44%	3.22%	13.75%	13.61%	11.51%	8.81%
策略三	0.24%	5.30%	13.46%	10.84%	11.12%	15.77%	3.22%	13.75%	13.61%	12.69%	10.00%
策略四	0.36%	5.30%	13.46%	2.50%	11.12%	17.28%	3.22%	13.75%	13.61%	11.51%	9.21%

表 2 50 需求點總成本分析表-1

節 點	資 料	策 略	上午時段		下午時段		總成本		改善率
			初始解成本	改善解成本	初始解成本	改善解成本	初始解	改善解	
50	1	一	20084.289	19991.235	18232.233	18232.23	38316.52	38223.47	0.24%
	1	二	20084.289	19991.235	18232.233	18232.23	38316.52	38223.47	0.24%
	1	三	20084.289	19991.235	18232.233	18232.23	38316.52	38223.47	0.24%
	1	四	20084.289	19947.457	18232.233	18232.23	38316.52	38179.69	0.36%
改善最佳：策略四									
50	2	一	18498.257	17143.246	18087.752	18087.75	36586.01	35231	3.70%
	2	二	18498.257	16559.453	18087.752	18087.75	36586.01	34647.21	5.30%
	2	三	18498.257	16559.453	18087.752	18087.75	36586.01	34647.21	5.30%
	2	四	18498.257	16559.453	18087.752	18087.75	36586.01	34647.21	5.30%
改善最佳：策略二、三、四									

表 2 50 需求點總成本分析表-2

節點	資料	策略	上午時段		下午時段		總成本		改善率
			初始解成本	改善解成本	初始解成本	改善解成本	初始解	改善解	
50	3	一	24530.874	18394.17	21945.401	21945.4	46476.28	40339.57	13.20%
	3	二	24530.874	18394.17	21945.401	21945.4	46476.28	40339.57	13.20%
	3	三	24530.874	18274.793	21945.401	21945.4	46476.28	40220.19	13.46%
	3	四	24530.874	18274.793	21945.401	21945.4	46476.28	40220.19	13.46%
改善最佳：策略三、四									
50	4	一	18193.867	18193.867	20486.133	20486.13	38680	38680	0.00%
	4	二	18193.867	17225.713	20486.133	20486.13	38680	37711.85	2.50%
	4	三	18193.867	17225.713	20486.133	17262.39	38680	34488.1	10.84%
	4	四	18193.867	17225.713	20486.133	20486.13	38680	37711.85	2.50%
改善最佳：策略三									
50	5	一	23688.983	20050.712	23293.916	21995.04	46982.9	42045.75	10.51%
	5	二	23688.983	19761.408	23293.916	23293.92	46982.9	43055.32	8.36%
	5	三	23688.983	19761.408	23293.916	21995.04	46982.9	41756.45	11.12%
	5	四	23688.983	19761.408	23293.916	21995.04	46982.9	41756.45	11.12%
改善最佳：策略三、四									
50	6	一	24649.258	19831.407	23892.734	21538.68	48541.99	41370.09	14.77%
	6	二	24649.258	18703.537	23892.734	21859.5	48541.99	40563.03	16.44%
	6	三	24649.258	19349.513	23892.734	21538.68	48541.99	40888.2	15.77%
	6	四	24649.258	18703.537	23892.734	21450.4	48541.99	40153.94	17.28%
改善最佳：策略四									

表 2 50 需求點總成本分析表-3

節點	資料	策略	上午時段		下午時段		總成本		改善率
			初始解成本	改善解成本	初始解成本	改善解成本	初始解	改善解	
50	7	一	21254.559	20049.628	19406.529	19406.53	40661.09	39456.16	2.96%
	7	二	21254.559	19943.799	19406.529	19406.53	40661.09	39350.33	3.22%
	7	三	21254.559	19943.799	19406.529	19406.53	40661.09	39350.33	3.22%
	7	四	21254.559	19943.799	19406.529	19406.53	40661.09	39350.33	3.22%
改善最佳：策略二、三、四									
50	8	一	25388.177	23005.567	15605.624	15605.62	40993.8	38611.19	5.81%
	8	二	25388.177	19752.303	15605.624	15605.62	40993.8	35357.93	13.75%
	8	三	25388.177	19752.303	15605.624	15605.62	40993.8	35357.93	13.75%
	8	四	25388.177	19752.303	15605.624	15605.62	40993.8	35357.93	13.75%
改善最佳：策略二、三、四									
50	9	一	22138.617	18510.327	15674.002	15674	37812.62	34184.33	9.60%
	9	二	22138.617	16993.567	15674.002	15674	37812.62	32667.57	13.61%
	9	三	22138.617	16993.567	15674.002	15674	37812.62	32667.57	13.61%
	9	四	22138.617	16993.567	15674.002	15674	37812.62	32667.57	13.61%
改善最佳：策略二、三、四									
50	10	一	26886.734	23103.915	18466.351	18466.35	45353.08	41570.27	8.34%
	10	二	26886.734	21666.53	18466.351	18466.35	45353.08	40132.88	11.51%
	10	三	26886.734	21132.317	18466.351	18466.35	45353.08	39598.67	12.69%
	10	四	26886.734	21666.53	18466.351	18466.35	45353.08	40132.88	11.51%
改善最佳：策略三									

表 3 70 需求點總成本分析表

資料 策略	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均改 善率
策略一	44.80%	34.83%	51.02%	46.86%	26.69%	12.99%	20.00%	25.24%	24.82%	21.29%	30.85%
策略二	52.59%	39.30%	63.08%	53.09%	19.24%	27.82%	26.72%	33.49%	27.64%	26.38%	36.93%
策略三	48.67%	39.76%	57.18%	52.21%	19.24%	27.71%	29.10%	34.92%	29.38%	29.76%	36.79%
策略四	52.58%	40.34%	63.34%	53.81%	19.25%	27.83%	28.59%	35.12%	30.37%	29.46%	38.07%

表 4 70 需求點總成本分析表-1

節 點	資 料	策 略	上午時段		下午時段		總成本		改 善 率
			初始解成本	改善解成本	初始解成本	改善解成本	初始解	改善解	
70	1	一	119883.1	32687.81	78602.54	76868.74	198485.7	109556.5	44.80%
	1	二	119883.1	26797.23	74027.2	65129.72	193910.3	91926.95	52.59%
	1	三	119883.1	30397.28	87774.19	76200.09	207657.3	106597.4	48.67%
	1	四	119883.1	26797.23	74077.3	65170.71	193960.4	91967.94	52.58%
改善最佳：策略二									
70	2	一	76662.72	29933.75	97704.83	83709.85	174367.5	113643.6	34.83%
	2	二	76662.72	25039.78	97177.82	80477.78	173840.5	105517.6	39.30%
	2	三	76662.72	26375.98	99026.13	79461.54	175688.8	105837.5	39.76%
	2	四	76662.72	25039.78	97177.82	78676.76	173840.5	103716.5	40.34%
改善最佳：策略四									

表 4 70 需求點總成本分析表-2

節點	資料	策略	上午時段		下午時段		總成本		改善率
			初始解成本	改善解成本	初始解成本	改善解成本	初始解	改善解	
70	3	一	129394.1	37396.66	166875	107728.9	296269.1	145125.6	51.02%
	3	二	129394.1	29639.57	167823.5	80106.25	297217.6	109745.8	63.08%
	3	三	129394.1	32323.85	166167.5	94243.99	295561.6	126567.8	57.18%
	3	四	129394.1	29639.57	167823.5	79318.54	297217.6	108958.1	63.34%
改善最佳：策略四									
70	4	一	112019.3	31891.07	100895.4	81259.78	212914.7	113150.8	46.86%
	4	二	112019.3	26770.51	112887.9	78743.12	224907.2	105513.6	53.09%
	4	三	112019.3	25894.33	88121	69754.1	200140.3	95648.43	52.21%
	4	四	112019.3	26549.81	112546.4	77185.32	224565.7	103735.1	53.81%
改善最佳：策略四									
70	5	一	40198.15	35431.46	39531.41	23017.01	79729.56	58448.47	26.69%
	5	二	40198.15	29928.66	24336.64	22192.4	64534.8	52121.06	19.24%
	5	三	40198.15	29928.66	24336.64	22192.4	64534.8	52121.06	19.24%
	5	四	40198.15	29928.66	24336.64	22186.17	64534.8	52114.84	19.25%
改善最佳：策略一									
70	6	一	36796.31	29224.23	21510.61	21510.61	58306.93	50734.84	12.99%
	6	二	36796.31	23694.93	28252.27	23256.54	65048.58	46951.47	27.82%
	6	三	36796.31	23510.5	28155.06	23443.96	64951.38	46954.46	27.71%
	6	四	36796.31	23694.93	28256.6	23252.21	65052.91	46947.14	27.83%
改善最佳：策略四									

表 4 70 需求點總成本分析表-3

節點	資料	策略	上午時段		下午時段		總成本		改善率
			初始解成本	改善解成本	初始解成本	改善解成本	初始解	改善解	
70	7	一	44688.98	35238.7	22424.81	18453.32	67113.79	53692.02	20.00%
	7	二	44688.98	29986.03	22424.81	19195.16	67113.79	49181.19	26.72%
	7	三	44688.98	28140.55	22424.81	19443.46	67113.79	47584.01	29.10%
	7	四	44688.98	29925.74	22424.81	17999.65	67113.79	47925.38	28.59%
改善最佳：策略三									
70	8	一	42988.59	30163.42	25898.4	21338.61	68886.98	51502.03	25.24%
	8	二	42988.59	25123.74	25898.4	20694.8	68886.98	45818.54	33.49%
	8	三	42988.59	23689.73	25898.4	21141.93	68886.98	44831.66	34.92%
	8	四	42988.59	23820.39	25898.4	20874.73	68886.98	44695.12	35.12%
改善最佳：策略四									
70	9	一	45219.18	33599.99	28543.75	21853.15	73762.93	55453.14	24.82%
	9	二	45219.18	29075.55	25505.52	22099.19	70724.7	51174.73	27.64%
	9	三	45219.18	27991.84	25505.52	21955.77	70724.7	49947.61	29.38%
	9	四	45219.18	28652.04	25505.52	20593.15	70724.7	49245.2	30.37%
改善最佳：策略四									
70	10	一	29610.28	23875.27	29184.16	22402.43	58794.44	46277.7	21.29%
	10	二	29610.28	22460.64	31601.12	22605.98	61211.41	45066.62	26.38%
	10	三	29610.28	22460.64	31601.12	20533.47	61211.41	42994.11	29.76%
	10	四	29610.28	22460.64	31601.12	20716.38	61211.41	43177.01	29.46%
改善最佳：策略三									

表 5 100 需求點總成本分析表

資料 策略	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均改 善率
策略一	36.35%	32.60%	34.61%	35.73%	17.42%	25.69%	21.95%	16.12%	29.10%	13.26%	26.28%
策略二	50.98%	45.41%	39.56%	46.39%	42.99%	40.21%	28.55%	29.87%	37.80%	21.55%	38.33%
策略三	44.23%	45.10%	39.25%	43.46%	41.86%	41.26%	28.32%	31.61%	41.28%	21.55%	37.79%
策略四	50.21%	45.41%	39.56%	30.21%	42.99%	39.80%	28.55%	29.88%	37.80%	21.54%	36.59%

表 6 100 需求點總成本分析表-1

節 點	資 料	策 略	上午時段		下午時段		總成本		改善率
			初始解成本	改善解成本	初始解成本	改善解成本	初始解	改善解	
100	1	一	197644.4	56320.24	234805.4	218938.5	432449.8	275258.7	36.35%
	1	二	197644.4	30781.61	186024.5	157301.3	383668.9	188082.9	50.98%
	1	三	197644.4	36114.82	206364.1	189183.8	404008.5	225298.7	44.23%
	1	四	197644.4	30458.94	184411.1	159779.1	382055.6	190238	50.21%
改善最佳：策略二									
100	2	一	203467.5	46186.39	308882.1	299114.4	512349.5	345300.8	32.60%
	2	二	203467.5	31865.07	222647.2	200739.7	426114.6	232604.7	45.41%
	2	三	203467.5	33954.51	233493.5	205922.7	436961	239877.2	45.10%
	2	四	203467.5	31865.07	222647.2	200739.7	426114.6	232604.7	45.41%
改善最佳：策略二、四									

表 6 100 需求點總成本分析表-2

節點	資料	策略	上午時段		下午時段		總成本		改善率
			初始解成本	改善解成本	初始解成本	改善解成本	初始解	改善解	
100	3	一	162666.8	38153.86	206583.3	203310.5	369250	241464.4	34.61%
	3	二	162666.8	31655.78	189551.3	181213.3	352218.1	212869.1	39.56%
	3	三	162666.8	30666.8	189712	183406.7	352378.7	214073.4	39.25%
	3	四	162666.8	31655.78	189551.3	181213.3	352218.1	212869.1	39.56%
改善最佳：策略二、四									
100	4	一	176423	66795.99	309140.7	245289.4	485563.7	312085.4	35.73%
	4	二	176423	36203.77	185030.2	157579.9	361453.2	193783.7	46.39%
	4	三	176423	34112.25	195996.3	176452.8	372419.3	210565.1	43.46%
	4	四	176423	36234.22	423827.4	382699.8	600250.4	418934	30.21%
改善最佳：策略二									
100	5	一	83139.18	76151.47	42457.65	27567.98	125596.8	103719.4	17.42%
	5	二	83139.18	45082.67	50425.79	31057.71	133565	76140.38	42.99%
	5	三	83139.18	45082.67	50425.79	32566.89	133565	77649.55	41.86%
	5	四	83139.18	45082.67	50425.79	31057.71	133565	76140.38	42.99%
改善最佳：策略二、四									
100	6	一	71792.33	65257.97	65394.7	36689.15	137187	101947.1	25.69%
	6	二	71792.33	46475.7	64901.44	35252.83	136693.8	81728.53	40.21%
	6	三	71792.33	44502.09	74099.17	41199.5	145891.5	85701.59	41.26%
	6	四	71792.33	46377.01	66691.49	36987.84	138483.8	83364.85	39.80%
改善最佳：策略三									

表 6 100 需求點總成本分析表-3

節點	資料	策略	上午時段		下午時段		總成本		改善率
			初始解成本	改善解成本	初始解成本	改善解成本	初始解	改善解	
100	7	一	61434.71	48998.11	36369.89	27341.4	97804.6	76339.51	21.95%
	7	二	61434.71	45224.46	36369.89	24661.18	97804.6	69885.64	28.55%
	7	三	61434.71	45643.03	36920.43	24859.9	98355.14	70502.93	28.32%
	7	四	61434.71	45224.46	36369.89	24661.18	97804.6	69885.64	28.55%
改善最佳：策略二、四									
100	8	一	60045.14	50352.62	32260.23	27075.1	92305.36	77427.72	16.12%
	8	二	60045.14	44282.24	32260.23	20447.14	92305.36	64729.39	29.87%
	8	三	60045.14	42005.89	32260.23	21118.39	92305.36	63124.28	31.61%
	8	四	60045.14	44282.24	32260.23	20445.88	92305.36	64728.12	29.88%
改善最佳：策略三									
100	9	一	68694.92	56621.64	50323.66	27760.72	119018.6	84382.36	29.10%
	9	二	68694.92	48041.48	52811.35	27538.8	121506.3	75580.28	37.80%
	9	三	68694.92	44033.79	53345.58	27628.71	122040.5	71662.49	41.28%
	9	四	68694.92	48041.48	52811.35	27538.8	121506.3	75580.28	37.80%
改善最佳：策略三									
100	10	一	70591.21	58472.09	33517.8	31830.68	104109	90302.77	13.26%
	10	二	70591.21	48400.29	44079.77	41558.94	114671	89959.23	21.55%
	10	三	70591.21	48400.29	44079.77	41558.94	114671	89959.23	21.55%
	10	四	70591.21	48400.29	44167.82	41640.7	114759	90040.99	21.54%
改善最佳：策略二、三									

表 7 120 需求點總成本分析表

資料 策略	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均改 善率
策略一	34.92%	24.03%	31.25%	28.94%	9.52%	17.39%	16.39%	9.52%	19.33%	13.07%	20.44%
策略二	23.14%	38.54%	39.74%	38.74%	30.48%	36.30%	30.83%	30.86%	38.12%	42.65%	34.94%
策略三	42.04%	35.00%	35.96%	38.18%	31.03%	36.35%	30.83%	36.60%	38.02%	33.04%	35.70%
策略四	32.69%	38.59%	40.23%	39.34%	31.18%	36.53%	30.85%	30.86%	38.45%	42.65%	36.14%

表 8 120 需求點總成本分析表-1

節 點	資 料	策 略	上午時段		下午時段		總成本		改善率
			初始解成本	改善解成本	初始解成本	改善解成本	初始解	改善解	
120	1	一	241976.3	45255.41	335866.2	330820.5	577842.5	376075.9	34.92%
	1	二	241976.3	107746.2	550215.7	501114.9	792192	608861.1	23.14%
	1	三	241976.3	32776.99	331031.3	299354.1	573007.6	332131.1	42.04%
	1	四	241976.3	56657.35	355402.7	345410.6	597379	402068	32.69%
改善最佳：策略三									
120	2	一	226918.7	107711.8	559180.4	489456.5	786099.1	597168.3	24.03%
	2	二	226918.7	39734.07	331060.7	303176.9	557979.4	342910.9	38.54%
	2	三	226918.7	44867.56	372504.3	344753.8	599423	389621.3	35.00%
	2	四	226918.7	38865.08	332833.9	304860.6	559752.6	343725.7	38.59%
改善最佳：策略四									

表 8 120 需求點總成本分析表-2

節點	資料	策略	上午時段		下午時段		總成本		改善率
			初始解成本	改善解成本	初始解成本	改善解成本	初始解	改善解	
120	3	一	249126.6	73254.34	361204.6	346359.7	610331.2	419614.1	31.25%
	3	二	249126.6	37819.07	337127.4	315445.1	586254	353264.2	39.74%
	3	三	249126.6	50918.32	362130.4	340515.7	611257	391434	35.96%
	3	四	249126.6	37768.81	336700.2	312405.6	585826.8	350174.4	40.23%
改善最佳：策略四									
120	4	一	224140.7	67091.66	342188.3	335370	566329	402461.6	28.94%
	4	二	224140.7	35310.72	273818.8	269736.5	497959.5	305047.2	38.74%
	4	三	224140.7	37359.75	283985.1	276785.2	508125.8	314144.9	38.18%
	4	四	224140.7	35310.72	273818.8	266747.1	497959.5	302057.8	39.34%
改善最佳：策略四									
120	5	一	134091.1	119398	99096.77	91580.73	233187.9	210978.7	9.52%
	5	二	134091.1	78358.06	111431.8	92339.63	245522.9	170697.7	30.48%
	5	三	134091.1	77084.93	117269.5	96282	251360.6	173366.9	31.03%
	5	四	134091.1	78358.06	111431.8	90620.82	245522.9	168978.9	31.18%
改善最佳：策略四									
120	6	一	124370.1	108668.9	75981.48	56837.42	200351.6	165506.4	17.39%
	6	二	124370.1	81015.35	141633.7	88436.78	266003.7	169452.1	36.30%
	6	三	124370.1	80761.79	132430.8	82692.1	256800.8	163453.9	36.35%
	6	四	124370.1	80494.62	140397.9	87563.31	264768	168057.9	36.53%
改善最佳：策略四									

表 8 120 需求點總成本分析表-3

節點	資料	策略	上午時段		下午時段		總成本		改善率
			初始解成本	改善解成本	初始解成本	改善解成本	初始解	改善解	
120	7	一	125093.7	103572.2	80824.68	68586.7	205918.4	172158.9	16.39%
	7	二	125093.7	73323.58	97378.24	80555.25	222471.9	153878.8	30.83%
	7	三	125093.7	72666.81	99366.55	82585.78	224460.2	155252.6	30.83%
	7	四	125093.7	73307.1	97287.61	80464.61	222381.3	153771.7	30.85%
改善最佳：策略二、三、四									
120	8	一	128722	114313.4	73736.24	68865.24	202458.2	183178.7	9.52%
	8	二	128722	68075.89	84829	79567.99	213551	147643.9	30.86%
	8	三	128722	67334.54	111828.9	85175.33	240550.9	152509.9	36.60%
	8	四	128722	68075.89	84829	79567.99	213551	147643.9	30.86%
改善最佳：策略三									
120	9	一	132876.8	104466.3	87911.51	73642.72	220788.3	178109	19.33%
	9	二	132876.8	69343.18	98431.57	73798.69	231308.3	143141.9	38.12%
	9	三	132876.8	67077.06	106410.9	81225.37	239287.6	148302.4	38.02%
	9	四	132876.8	68753.51	97782.94	73209.02	230659.7	141962.5	38.45%
改善最佳：策略四									
120	10	一	129703.1	106865.2	89343.22	83562.11	219046.3	190427.3	13.07%
	10	二	129703.1	71680.68	163242.6	96320.78	292945.7	168001.5	42.65%
	10	三	129703.1	75545.98	91201.54	72377.23	220904.7	147923.2	33.04%
	10	四	129703.1	71680.68	163218.1	96300.29	292921.3	167981	42.65%
改善最佳：策略二、四									

表 9 150 需求點總成本分析表

資料 策略	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均改 善率
策略一	24.25%	20.30%	25.79%	32.29%	13.98%	16.96%	31.52%	19.09%	27.13%	15.29%	22.66%
策略二	13.24%	29.74%	28.66%	30.05%	37.04%	43.60%	44.64%	32.33%	40.30%	36.70%	33.63%
策略三	26.56%	51.27%	27.17%	25.25%	29.00%	42.16%	46.21%	34.43%	36.22%	31.09%	34.93%
策略四	26.29%	25.30%	28.66%	30.22%	37.20%	43.60%	44.64%	32.35%	40.37%	37.89%	34.65%

表 10 150 需求點總成本分析表-1

節 點	資 料	策 略	上午時段		下午時段		總成本		改善率
			初始解成本	改善解成本	初始解成本	改善解成本	初始解	改善解	
150	1	一	322796.6	73281.09	806498.6	782151.1	1129295	855432.2	24.25%
	1	二	322796.6	208695.2	852711.4	811229.8	1175508	1019925	13.24%
	1	三	322796.6	51286.31	837258.6	800643.9	1160055	851930.2	26.56%
	1	四	322796.6	67871.31	797065.8	757552.1	1119862	825423.4	26.29%
改善最佳：策略三									
150	2	一	290567	91699.51	789982	769505.1	1080549	861204.7	20.30%
	2	二	290567	81481.71	957394	795371.9	1247961	876853.6	29.74%
	2	三	290567	91816.95	1279962	673579.9	1570529	765396.9	51.27%
	2	四	290567	79751.63	719422.5	674697.1	1009990	754448.8	25.30%
改善最佳：策略三									

表 10 150 需求點總成本分析表-2

節點	資料	策略	上午時段		下午時段		總成本		改善率
			初始解成本	改善解成本	初始解成本	改善解成本	初始解	改善解	
150	3	一	284350	85720.68	1039246	896518.2	1323596	982238.9	25.79%
	3	二	284350	39017.91	684846	652367.5	969196	691385.4	28.66%
	3	三	284350	45675.05	733770.3	695837.6	1018120	741512.6	27.17%
	3	四	284350	39017.91	684846	652367.5	969196	691385.4	28.66%
改善最佳：策略二、四									
150	4	一	286134.1	74196.43	1165072	908449.4	1451206	982645.8	32.29%
	4	二	286134.1	50941.3	869419.5	757339.1	1155554	808280.4	30.05%
	4	三	286134.1	73017.12	660376.2	634489.8	946510.3	707506.9	25.25%
	4	四	286134.1	50617.68	863999	751999.5	1150133	802617.2	30.22%
改善最佳：策略一									
150	5	一	205508.8	153726.5	246729.7	235271.1	452238.5	388997.5	13.98%
	5	二	205508.8	109201.9	404665.6	274960.7	610174.3	384162.6	37.04%
	5	三	205508.8	104057.1	297306.9	252935.7	502815.6	356992.8	29.00%
	5	四	205508.8	109150.2	399074.7	270522.4	604583.5	379672.6	37.20%
改善最佳：策略四									
150	6	一	229090.4	194530.1	376352.9	308222.6	605443.3	502752.7	16.96%
	6	二	229090.4	104116.7	453498.7	280890.7	682589.1	385007.4	43.60%
	6	三	229090.4	102967.3	437824.2	282754.7	666914.6	385721.9	42.16%
	6	四	229090.4	104116.7	453498.7	280878.4	682589.1	384995	43.60%
改善最佳：策略二、四									

表 10 150 需求點總成本分析表-3

節點	資料	策略	上午時段		下午時段		總成本		改善率
			初始解成本	改善解成本	初始解成本	改善解成本	初始解	改善解	
150	7	一	365622.8	198477.2	233722.8	211936.7	599345.6	410413.9	31.52%
	7	二	365622.8	118789.9	430213.2	321751.8	795836	440541.7	44.64%
	7	三	365622.8	124309.4	468586.3	324450.5	834209.1	448759.9	46.21%
	7	四	365622.8	118789.9	430213.2	321751.8	795836	440541.7	44.64%
改善最佳：策略三									
150	8	一	192190.4	147231.9	383205.5	318335.1	575395.9	465567	19.09%
	8	二	192190.4	125369.1	472592.3	324483.9	664782.7	449853	32.33%
	8	三	192190.4	115088.7	437434.6	297765.1	629625	412853.8	34.43%
	8	四	192190.4	125327	471887.1	323896.2	664077.5	449223.2	32.35%
改善最佳：策略三									
150	9	一	207275.7	177169.3	317170.9	204993.4	524446.5	382162.7	27.13%
	9	二	207275.7	112796.8	426077.4	265314.2	633353.1	378111	40.30%
	9	三	207275.7	114490.8	461004.9	311738.8	668280.5	426229.6	36.22%
	9	四	207275.7	112772.3	424119.3	263721.2	631395	376493.4	40.37%
改善最佳：策略四									
150	10	一	190939.5	157748.7	237546	205202.6	428485.5	362951.3	15.29%
	10	二	190939.5	104676.9	416633.1	279922.3	607572.6	384599.2	36.70%
	10	三	190939.5	105392.1	350770.6	267923	541710.1	373315.2	31.09%
	10	四	190939.5	103876.4	430380.9	282044.4	621320.4	385920.8	37.89%
改善最佳：策略四									

附錄二

宅配路線規劃系統介面操作說明

Vehicle Routing Planning for Home Delivery Program - With Tabu Search

Date: 2006年 7月 4日

Initial Setting

Data Source: D:\WINCEN\node25.mdb

Data Sheet: node2_info

Tabu List Length: 7

Tabu Tenure: 50

Improve Times: 20

Speed: 20 KM

Max Load: 250 Units

Time and Business Setting

Time Cut: pm

Business Service: pmBusiness

Stage 2: Path Improve

Two Stage Improve

1. Swap

2. Or-opt

Stage 3: Real Improve (If necessary)

1. Accident Event

2. Real Time Demands

3. Remove Demands

4. Swap Improve

5. Or-opt Improve

6. Show The Result

Stage 1: Initial Solution

1. General Demand

2. Business Demand

Illustration of Solution

1. Service Demands' Position

2. The Planning Service Path

3. Combination of AM and PM

Original Service Demands

A01 pm 800 2000 1
A02 pm 800 2200 3
A08 pm 800 2200 6
A11 pm 800 2200 -6
A12 pm 800 2200 -2
A17 pm 800 2200 -6
A18 pm 800 2200 -7
A21 pm 800 2200 -13
A22 pmBusiness 1600 1700 14
A23 pmBusiness 1500 2000 14

Solutions

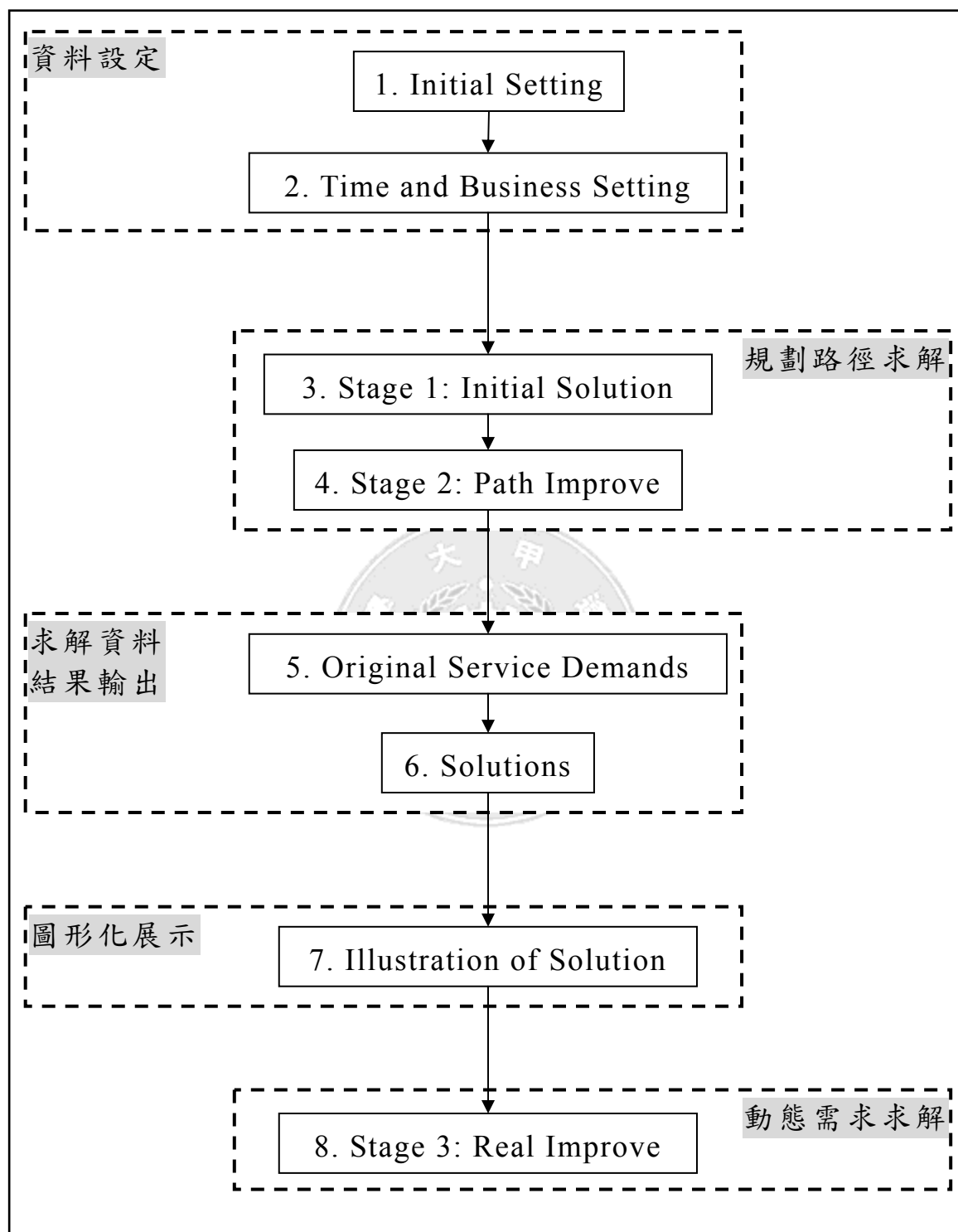
Load	Arrive Time	Order	Optimal
75	800	A13	A13
73	917.502073597578	A12	A12
68	942.216439842946	A11	A11
67	993.075534035342	A01	A01
68	1019.42836383921	A21	A21
55	1046.84590086031	A08	A18
48	1113.04370290432	A02	A08
54	1143.07423334518	A18	A02
57	1229.29701729693	A17	A17
51	1500	A23	A23
65	1617.39410316756	A22	A22
79			

Travel Distance: 11898.1734522056 Total Cost: 11898.1734522056

AM & PM Illustration

Reset

一、操作流程



備註：系統介面使用必須按照操作流程，逐步輸入執行，以達到系統完整效果。

二、操作說明

2.1 資料設定

1. 初始設定(Initial Setting)

此部份為設定資料來源、禁制搜尋法求解參數設定、車輛相關資料設定，說明如下：

<i>Initial Setting</i>	
Data Source D:\WINCEN\mode25.mdb	1. Data Source 設定資料檔案位置。
Data Sheet node1_info	2. Data Sheet 設定資料表名稱。
Tabu List Length 7	3. Tabu List Length 設定禁制名單長度，預設為 7。
Tabu Tenure 50	4. Tabu Tenure 設定迭代次數，預設為 50。
Improve Times 20	5. Improve Times 設定改善次數，預設為 20。
Speed 40 KM	6. Speed 設定車行速度。
Max Load 500 Units	7. Max Load 設定車量最大承載量。

2. 時窗設定(Time and Business Setting)

此部份為不同時窗限制內之一般客戶及契約客戶之輸入設定，說明如下：

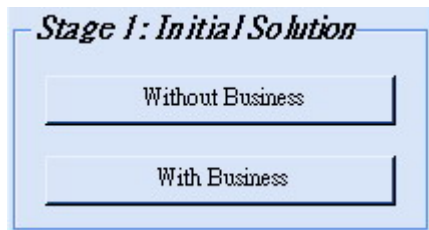
<i>Time and Business Setting</i>	
Time Cut am	1. Time Cut 設定服務之時窗。
Business Service amBusiness	2. Business Service 設定契約客戶服務之時窗。

備註：1，2 項之時窗必須相同。

2.2 規劃路徑求解

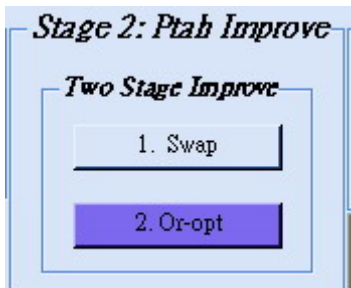
1. 階段一、初始解(Stage 1: Initial Solution)

此部份為初始解之建構階段，說明如下：

 <p>Stage 1: Initial Solution</p> <p>Without Business</p> <p>With Business</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Without Business 求解一般需求之初始解。 2. With Business 將契約客戶納入求解。
--	--

2.階段二、路徑改善(Stage 2: Path Improve)

此部份為進入路線改善階段，說明如下：

 <p>Stage 2: Path Improve</p> <p>Two Stage Improve</p> <p>1. Swap</p> <p>2. Or-opt</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Swap Improve 第一次改善：Swap 求解。 2. Or-opt improve 第二次改善：Or-opt 求解。
---	--

2.3 求解資料結果輸出

1.原始資料列表(Original Service Demands)

 <p>Original Service Demands</p> <p>A03 am 0 800 6 A04 am 0 800 6 A05 am 0 2200 5 A06 am 0 800 6 A07 am 0 2200 5 A09 am 0 800 7 A10 am 0 800 -8 A13 am 0 2200 -8 A14 am 0 800 -4 A15 am 0 600 -3 A16 am 0 800 -5 A19 am 0 2200 -9 A20 am 0 800 -4 A24 amBusiness 600 700 8</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Original Service Demands 此輸出視窗，為顯示在資料庫裡符合演算時窗限制之需求點資料。
--	---

2. 輸出結果(Solutions)

此部份為將演算之結果輸出，說明如下：

Solutions

Load	Arrive Time	Order	Optimal
82	0	R00	R00
73	11.18646061649	A19	A19
70	68.0385595757183	A15	A15
76	98.0169210068113	A06	A06
81	136.799712948916	A05	A05
87	158.367428877743	A03	A03
79	186.260047250809	A13	A13
74	224.412678286012	A16	A16
66	266.549556881324	A10	A10
73	329.157131697314	A09	A09
79	350.658059991261	A04	A04
75	414.040213672107	A14	A14

Travel Distance: 14911.6944422867 Total Cost: 15883.770831715

1. Load

車輛到達每個需求點之承載量。

2. Arrive Time

車輛到達每個需求點之時間。

3. Order

演算結果排序。

4. Optimal

宅配路線規劃排程最佳解。

5. Travel Distance

計算之總旅行距離。

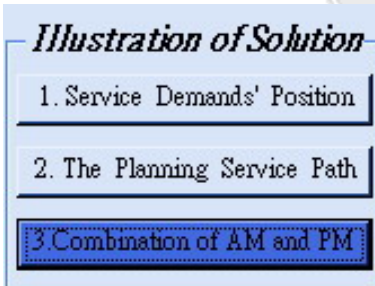
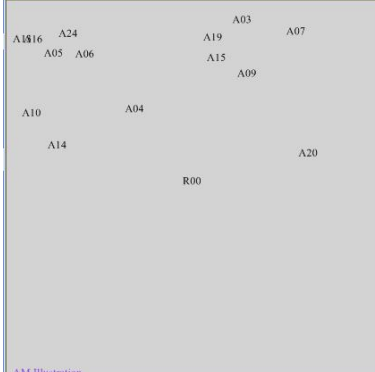
6. Total Cost

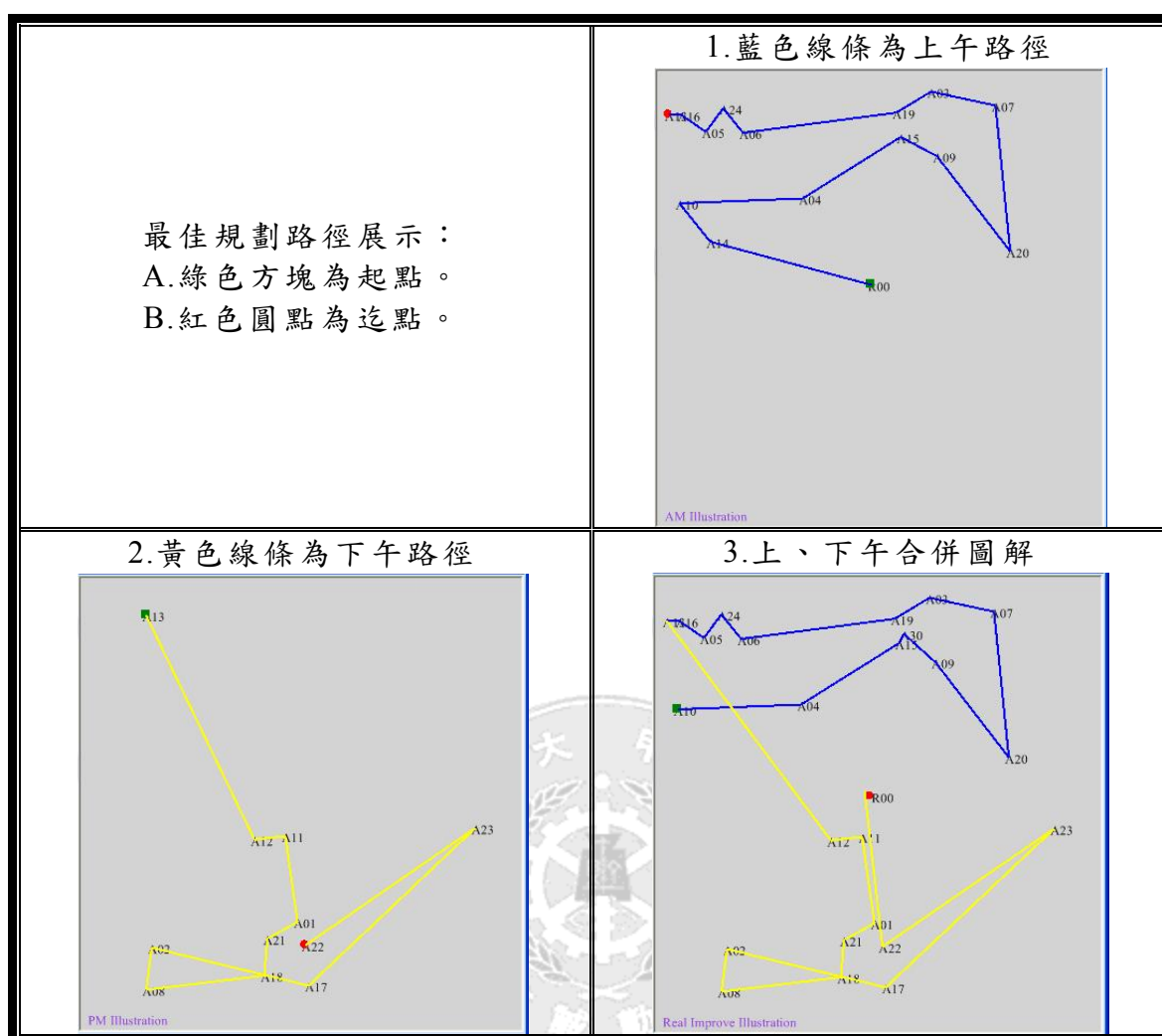
計算之總成本：

總旅行距離+違反時窗限制之懲罰值。

2.4 圖形化展示

1. 圖形化結果展示(Illustration of Solution)

 <p><i>Illustration of Solution</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Service Demands' Position 2. The Planning Service Path 3. Combination of AM and PM 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Service Demands' Position 需求點所在位置展示。 2. The Planning Service Path 最佳規劃路徑展示。 3. Combination of AM and PM 合併上、下午最佳解展示。
 <p>AM Illustration</p>	<p>需求點所在位置展示。</p>




2.5 動態需求求解

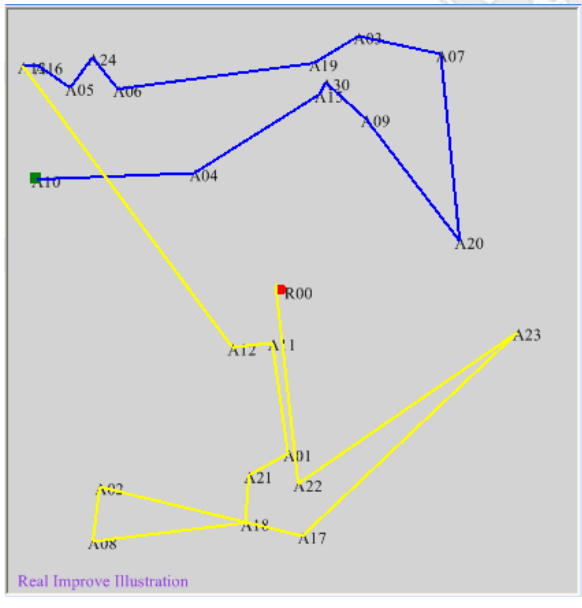
1.階段三、即時求解(Stage 3: Real Improve)

Stage3:Real Improve (If necessary)	
1. Accident Event	2. Real Time Demands
3. Remove Demands	4. Swap Improve
5. Or-opt Improve	6. Show The Result
1. Accident Event 即時事件處理輸入。	4. Swap Improve 進行第一階段 Swap 即時改善。
2. Real Time Demands 新需求產生處理。	5. Or-opt Improve 進行第二階段 Or-opt 及時改善。
3. Remove Demands 刪除臨時取消需求。	6. Show The Result 將即時改善之結果圖形化展示。

2.即時事件處理選擇視窗

 <p>The 'Condition Choose' dialog box has a blue title bar and contains two sections. The first section, 'Condition 1: Insert New Demands', has a button labeled 'Add New Demands'. The second section, 'Condition 2: Remove Demands', has a button labeled 'Remove Demands'. At the bottom right is an 'Exit' button.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Add New Demand 選項啟動新增需求視窗。 2. Remove Demands 選項啟動刪除需求視窗。
<p>Condition 1: 即時新增需求視窗。</p>  <p>The 'Add New Demands' dialog box has a green background and a blue title bar. It contains input fields for Name, Setit_Time, Coord_X, Close_Time, Coord_Y, Operation Car Position, and Quantity. At the bottom are 'Send', 'Clear', and 'Exit' buttons.</p>	<p>Condition 2: 臨時取消需求視窗。</p>  <p>The 'Remove' dialog box has a light green background and a blue title bar. It contains input fields for 'Operation Car Position' and 'Name'. At the bottom are 'Send', 'Clear', and 'Exit' buttons.</p>

3.即時處理圖形化展示

 <p>The 'Real Improve Illustration' graph shows a network of nodes and edges. Nodes are labeled with IDs like A01, A02, A03, A04, A05, A06, A07, A08, A09, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22, A23, and R00. The graph is divided into two main clusters: a blue cluster at the top and a yellow cluster at the bottom. The text 'Real Improve Illustration' is at the bottom left.</p>	<p>Show The Result 控制項：</p> <p>將即時改善之結果圖形化展示，只展現出尚未服務之需求點排程。</p>
---	--

附錄三

實證範例完整資料

需求點	X 座標	Y 座標	需求量	開始時間	結束時間	服務時間
F01	-210.8	-653.4	2	800	2200	10
F02	754.1	-1125.1	1	800	2200	10
F03	-1013.1	-1862.3	1	0	800	10
F04	22.3	-1824.3	1	0	800	10
F05	109	-1200.9	4	0	2200	10
F06	1296.2	-1103.4	2	0	800	10
F07	-1484.7	-1173.8	6	0	2200	10
F08	-763.7	-1477.4	1	800	2200	10
F09	-877.5	-566.7	7	0	800	10
F10	493.9	-1108.8	1	0	800	10
F11	190.4	-1531.6	6	800	2200	10
F12	634.9	-604.7	3	800	2200	10
F13	732.4	-1580.4	3	0	2200	10
F14	765	-1856.9	1	0	800	10
F15	-313.8	-1347.3	3	0	800	10
F16	596.9	-946.2	1	0	800	10
F17	1068.5	-1135.9	6	800	2200	10
F18	710.8	-1379.8	3	800	2200	10
F19	-362.6	-1146.7	4	0	2200	10
F20	-487.2	-1629.2	2	800	2200	10
F21	-725.8	-1260.6	1	800	2200	10
F22	-471	-658.9	5	0	800	10
F23	-920.9	-859.4	5	0	800	10
F24	-1311.2	-1320.2	4	0	2200	10
F25	445.1	-1309.4	3	0	800	10
F26	-199.9	-1862.3	3	0	2200	10

需求點	X 座標	Y 座標	需求量	開始時間	結束時間	服務時間
F27	591.5	-1997.8	-5	800	2200	10
F28	195.8	-1992.4	-3	0	800	10
F29	1345	-940.7	-4	0	800	10
F30	1101.1	-734.8	-3	800	2200	10
F31	152.4	-696.8	-2	800	2200	10
F32	-704.1	-198.1	-4	0	2200	10
F33	-519.8	-30.1	-6	0	800	10
F34	-124	-409.5	-6	0	800	10
F35	1166.1	-1298.5	-7	0	800	10
F36	439.7	-1705.1	-6	800	2200	10
F37	396.3	-669.7	-7	800	2200	10
F38	-438.5	-892	-8	0	2200	10
F39	1561.8	-919.1	-8	800	2200	10
F40	-205.4	-946.2	-6	800	2200	10
F41	-1132.3	-696.8	-4	800	2200	10
F42	-758.3	-1764.7	-8	0	800	10
F43	250	-940.7	-7	0	800	10
F44	163.3	-1748.4	-6	0	800	10
F45	1046.8	-1477.4	-1	800	2200	10
F46	1003.5	-1000.4	-6	0	800	10
F47	-1099.8	-1000.4	-2	0	800	10
F48	-1240.7	-1591.2	-3	800	2200	10
F49	-53.6	-1932.8	-3	800	2200	10
F50	-736.6	-1997.8	-2	0	800	10
F51	1193.2	-1022.1	-2	0	800	10
F52	-216.2	-816.1	-1	0	800	10
F53	-677	-859.4	-8	0	800	10
F54	60.3	-1461.1	-2	800	2200	10
F55	857.1	-1721.3	-2	0	800	10

需求點	X 座標	Y 座標	需求量	開始時間	結束時間	服務時間
F56	-351.7	-171	-5	800	2200	10
F57	-752.9	78.4	-5	800	2200	10
F58	-1116.1	-1396.1	-14	800	2200	10
F59	-449.3	-1851.4	-7	800	2200	10
F60	-1593.1	-1537	-5	0	800	10
F61	390.9	-1103.4	-7	800	2200	10
F62	-584.8	-409.5	-9	0	800	10
F63	1008.9	-1298.5	-2	0	800	10
F64	1448	-1135.9	14	1850	1950	20
F65	1307	-469.1	17	250	750	20
F66	-15.6	-669.7	15	600	700	20
F67	-129.5	-1520.8	11	1600	1700	20
F68	-1067.3	-431.2	13	1800	2200	20
F69	-1354.6	-799.8	8	100	800	20