

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

局部動態車輛路線問題與派遣策略之研究

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC94-2211-E-009-029-

執行期間：94年08月01日至95年07月31日

執行單位：國立交通大學運輸科技與管理學系(所)

計畫主持人：韓復華

共同主持人：卓裕仁

計畫參與人員：朱政威； 賴育廷

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 95 年 8 月 31 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

不同需求特性下動態車輛派遣策略之研究 Strategies for Dynamic Vehicle Dispatching under Different Demand Patterns

計畫編號：94-2211-E-009-029

執行期限：94年8月1日至95年7月31日

計畫主持人：韓復華 國立交通大學運輸科技與管理學系 教授

共同主持人：卓裕仁 中華大學運輸科技與管理學系(所) 助理教授

計畫參與人員：朱政威 賴育廷 國立交通大學運輸科技與管理學系 研究生

中文摘要

有關動態車輛路線問題的現有文獻尚未有提出在不同的需求特性下，選擇最合適之車輛派遣策略。本研究針對動態旅行推銷員問題，在不同需求特性下建立一快速即時之派遣策略。本研究中動態派遣策略以兩種路線構建原則(NN與FCFS)結合5種即時之派遣方式(Basic、Reposition、Diversion、DDR、DFR)，利用C++程式語言來構建整個研究之模擬程式，並測試各策略於不同情境下之績效表現。

測試結果顯示，對於不考慮有臨時插單之情況下，DDR策略較Reposition策略可節省更多的回應時間，且也可降低移動距離增加的程度。另外對於考慮有臨時插單之情況下，Diversion與DFR兩種策略均優於其他策略。當純粹以服務為主要考慮時，DFR策略可提供最佳之回應時間；若要兼顧成本，則宜考慮Diversion策略。

關鍵詞：動態旅行推銷員問題、車輛派遣、派遣策略、模擬模式

Abstract

In this research, we considered the Dynamic Traveling Salesman Problem (DTSP) with single vehicle as the basis for investigating optimal strategies for dynamic vehicle dispatching under different demand patterns.

Two kinds of basic route plans, NN (Nearest Neighborhood) and FCFS (First Come First Service) are considered in our dynamic dispatching strategies. In combination with the route plans, five real-time dispatching concepts (Basic, Reposition, Diversion, DDR, and DFR) are proposed. We used the C++ programming language to construct a simulation model for generating different scenarios of patterns and testing various strategies.

Results showed that when a vehicle cannot accept another order after dispatched, the DDR strategy would reduce the response time with less increased travel costs than the Reposition strategy. When there are no restrictions on the sequences of demand pickups, Diversion strategy is the only one which could simultaneously save both the response time and travel cost, under all demand patterns tested. The DFR strategy would require higher travel cost, but it could achieve the lowest service response time among all proposed strategies.

Keywords: Dynamic Traveling Salesman Problem, Vehicle Dispatching, Dispatching Strategy, Simulation

一、緒論

隨著電腦、通訊科技的快速進步，與商業活動的活絡，供應鏈競爭對物流配送要求更快速的服務，過去有關靜態車輛路線與派遣問題，已無法在這多變動的社會中有效地運用，因為在現實的情況下，大部份的顧客需求在規劃期間都是未知的，往往是在營運的期間才陸續接收到；所以說目前大部份的研究，已由先前的靜態車輛路線問題，轉變成為一動態的車輛路線問題(Dynamic Vehicle Routing Problems, DVRP)。然而，在動態車輛路線與派遣問題中，雖有不少學者提出不同的車輛派遣策略，但大部份研究僅針對某特定之需求情境下測試策略之優劣，仍未有文獻提出在不同需求特性下，選擇最合適之車輛路線派遣策略。故，本研究係針對不含時間窗之動態旅行推銷員問題，在考慮空間與時間不同需求特性下，以車輛回應時間最小或是達到一定服務水準下使車輛旅行成本最小為目標，來建立一快速即時之派遣策略；並在不同動態情境下，以系統模擬的方式來比較不同即時派遣策略的績效表現，以做往後實務上動態車輛派遣策略決策參考之依據。

二、 文獻回顧

2.1 動態車輛路線問題之定義

有關動態車輛路線問題的文獻在 1980 年代出就有人提出，如 Brown 等學者(1981)[2]。但對「動態車輛路線」的這複雜的問題，提出一個較完整的架構與共通名詞，應屬是 Psaraftis 在 1988 年與 1995 年[10][11]所提出，他在文章中對動態車輛路線做一個簡介，並將靜態(Static)問題與動態(Dynamic)問題做一個描述，指出靜態車輛路線問題即為「若結果型式輸出為一預先規劃之路線組合，它無法經由即時輸入之資料進行計算或者重新最佳化」，另外指出其動態問題即為「若結果型式輸出是一個策略型式而非路線組合，其策略可以經由即時輸入之資料指示路線該如何變更、改善」。在這篇文章發表後，引起許多學者朝向動態車輛路線問題這方向研究[5]。

2.2 動態車輛路線問題之不同假設

動態車輛路線問題可分成確定性與隨機性的；確定性之動態車輛路線問題為事先均已知未來規劃期間內隨時間變化產生之資料，如航班、船期與預定之訂單等。另外傳統含時間窗之車輛路線問題(VRPTW)，顧客的時間窗會隨時間改變其可以接受服務的可行性，故亦可屬於確定性的動態車輛路線問題的類型。

隨機性之車輛路線問題，亦可稱為即時性(Real-Time)之問題[3]，含有不確定的資料，在作業開始後才陸續揭露，而決策者再依據這些即時資訊，進行車輛派遣。

2.3 動態度之定義

由於動態車輛路線問題有分為確定性與隨機性之問題，表示其實問題中的資料是分為確定性與隨機性兩種，所以在 1996 年 Lund 等人[8]提出另一種動態程度的問題，指出動態車輛路線問題會因為其擁有不同程度之事先資訊比例，造成不同程度的動態性；文中定義「動態度」(Degree of Dynamism, DOD)， δ ，其定義如下所示[6]：

$$\delta = \frac{n_d}{(n_d + n_s)} \quad (1)$$

n_d ：動態客戶(即時產生之客戶)

n_s ：靜態客戶(事先已知之客戶)

在上述(1)式中， δ 所表示的意思為，所有的顧客數中事先無法預知顧客的比例，其範圍為 $0 \leq \delta \leq 1$ 。在本研究中針對一百之百動態之情形，即所有需求皆即時產生，在車輛營運前皆無需求已知，動態度為 $\delta = 1$ 。

2.4 動態派遣策略之模式與應用

目前有關動態車輛路線問題之文獻中已有提出不少動態的派遣策略，下面將介紹近幾年間不同學者主要的研究方向與其方法架構。

當車輛在作業時間內服務時，可能會有下面的情況產生：一種是目前已知的所有顧客已服務完畢，且沒有任何新產生之顧客需要被服務；另外一種是針對含時間窗之問題，當車輛服務完時間窗在當時時刻附近的顧客後，剩餘(已知)之顧客時間窗範圍與當時時刻相差很遠；在上述這種情形下，車輛在等待下一個顧客出現前，將會有一段閒置的時間，Larsen 等學者(2004)[7]提出一種策略，可以有效運用此閒置的時間，他們提出多種重新定位(Reposition)的策略，使車輛當它在閒置的狀態時，可以移動到一個較有利的位置。

當新的需求點出現，而被決定要插入到既有路線時，若車輛目前正在前往服務顧客的路途中，在一般的情況下，不允許該台車輛去服務此新產生的顧客，只能在服務完當前的顧客之後，才能去服務此新產生的顧客。Ichoua 等學者(2000)提出[4]，當新的需求點出現，允許車輛立即轉向(Diversion)服務此新需求；測試結果指出轉向策略優於傳統的方法，可以有效減少總旅行距離與延誤(Lateness)之成本。

Mitrović-Minić 與 Laporet(2004)[9]以及 Branke(2005)[1]分別提出類似的等待策略(Waiting Strategy)的概念，此策略主要是允許車輛在作業時間內進行適當地等待，等待新的需求出現，而後再進行路線規劃，以降低車輛的旅行成本；測試結果顯示適當地分配等待時間可有效降低旅行成本，也增加服務新產生需求之機率。

三、 不同需求特性與動態派遣策略

3.1. 需求特性

在本研究中顧客之需求特性除了一般所考慮到顧客需求在空間上的分佈外，也考慮時間軸上需求密度之分佈，下面將介紹不同時間與空間的分佈特性。

3.1.1 時間分佈特性

在本研究中，假設顧客需求之產生符合波氏過程(Poisson Process)，且各顧客需求互為獨立事件，彼此沒有關聯且互不影響。在時間分佈之特性上，除了考慮均勻連續產生之需求外，另外加入有尖峰時段之情形進行討論。圖1則為其時間關係圖。

在系統模擬中運用需求產生之間隔時間(headway)，並配合負指數分配來建立各需求之產生時間。其平均間隔時間與需求密度 λ 有關，其關係為：

$$h = \frac{1}{\lambda} \quad (2)$$

3.1.2 空間分佈特性

在本研究中除了考慮一般常見的均勻分佈外，另外考慮有需求密集區域之情況；均勻分佈指的是空間中每一個區域、每一個位置之顧客產生機率相同，而有需求密集區域之情形則是在空間中某個區域有較高之需求密度，就好比市中心或是人口密集之區域，其顧客產生之機率一定較郊區或人煙稀少之區域來得高；若是此需求密集區域搭配上所述之尖峰時段之情況，就好比飛航班機到達機場後，造成機場之中須要被服務的旅客瞬間的增加，成為尖峰的狀態。圖2所示即為空間分佈之示意圖。

3.2. 動態派遣策略

在本研究中動態車輛路線問題可分為兩部份，一種是對已知需求之基本路線構建原則(Routing)，另一種則是指即時的車輛派遣方式(Dispatching)。分述如下：

3.2.1 路線構建原則

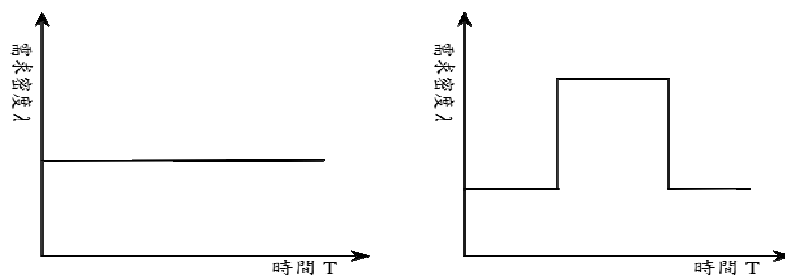
本研究中考慮兩種不同方式的路線構建，一是以需求先產生則先服務(FCFS)的方式，另一則是採最近鄰點法(NN)進行路線插入與調整；兩策略構建原則分述如下：

1. FCFS：車輛服務依循需求產生之順序，且車輛不允許臨時變更其服務順序。
2. NN：當服務完一顧客後對已知點進行搜尋，選擇最近需求當成下一服務顧客。

3.2.2 車輛派遣方式

本研究中動態派遣策略考慮五種不同的即時派遣方式，分述如下：

1. Basic策略：僅考慮基本之路線構建原則，做為其他策略之比較基準。
2. Reposition策略：已知顧客服務完畢且無新需求產生時，移動至需求重心位置。



a. 均勻連續型之需求 b. 尖峰型之需求
圖 1 不同時間特性之需求



圖 2 空間分佈之示意圖

均勻分佈：

$$\tau_i = 1, \quad i \in \{1, 2, \dots, 9\}$$

中心尖峰：

$$\tau_i = 1, \quad i \in \{1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9\}$$

$$\tau_k = N, \quad k \in \{5\}$$

邊緣尖峰：

$$\tau_i = 1, \quad i \in \{1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$$

$$\tau_k = N, \quad k \in \{2\}$$

角落尖峰：

$$\tau_i = 1, \quad i \in \{2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$$

$$\tau_k = N, \quad k \in \{1\}$$

3. Diversion策略：車輛於服務途中允許插單，轉向服務較靠近之新客戶。
4. DDR策略：車輛於重新定位途中，若有需求產生，不管需求遠近立即轉向服務此顧客。此策略可寫成 Diversion During Reposition，簡稱 DDR。
5. DFR策略：車輛服務以轉向策略為主，僅在所有已知顧客服務完畢時才採用重新定位之策略；而且在重新定位途中若有新需求出現，也考慮轉向策略。所以此策略可以稱為 Diversion First Reposition Second，簡稱 DFR。

表1針對不同動態派遣策略之差異列表整理。

四、 均勻需求分佈之情境測試

4.1. 基本路線構建原則之比較

一開始先針對 FCFS 與 NN 兩種路線構建原則進行比較分析。測試結果顯示：FCFS與NN在相同策略下，不論車速為何NN之移動距離與回應時間皆較FCFS低，且其差距隨車速之增加而降低。由此結果表示NN在路線規劃上是優於FCFS的。下面的部份則分別測試不同路線原則下，各策略之績效比較。

4.2. 先產生先服務(FCFS)路線原則下之策略比較

下面的部份表示同樣在FCFS的路線原則下，以各策略相對於Basic策略之節省百分比關

係來比較不同即時派遣之效果。從圖3中可以觀察到在車速低($s \leq 0.5$)的情況下，Reposition與DDR策略之效果不顯著，這就表示重新定位之策略僅在需求密度較低的情況下，才有明顯的表現；而在車速高($s > 0.5$)的情況下，兩策略隨著車速 s 的增加時間節省百分比跟著提升而距離花費的比例也隨之增加。而觀察在相同車速的情況下，DDR策略能比Reposition策略節省更多的回應時間，而且也可降低距離之增加程度；顯示DDR策略可以減少Reposition策略在需求產生後仍要先移動至等待點再去服務此需求所花費多餘之移動距離，故也能節省時間。

4.3. 最近臨點(NN)路線原則下之策略比較

最後測試同樣在NN之路線原則下，以各策略相對於Basic策略之節省百分比關係來比較不同即時派遣之效果。由圖3與圖4可以觀察到，就即時派遣策略而言，Reposition與DDR策略在FCFS與NN兩路線原則下，其效果差異並不大。而Diversion與DFR策略為兩個相對較優秀的策略，在車速 $s \geq 0.3$ 時就有明顯效果。Diversion策略能同時節省回應時間與移動距離；而DFR策略是所有策略中，回應時間節省最多之策略。而觀察Diversion策略，它在車速 $s \cong 0.5$ 與 $s \cong 0.6$ 時有較佳的效果，車速再增加的話，回應時間之節省值反而降低。

表 1 不同動態派遣策略之差異整理

| | 尚有顧客 | | 服務完已知顧客 | |
|------------|-----------|---------|---------|---------|
| | 途中無需求 | 途中有需求 | 途中無需求 | 途中有需求 |
| Basic | FCFS / NN | — | 停留原地 | — |
| Reposition | FCFS / NN | — | 重新定位 | — |
| Diversion | NN | 轉向服務新需求 | 停留原地 | — |
| DDR | FCFS / NN | — | 重新定位 | 轉向服務新需求 |
| DFR | NN | 轉向服務新需求 | 重新定位 | 轉向服務新需求 |

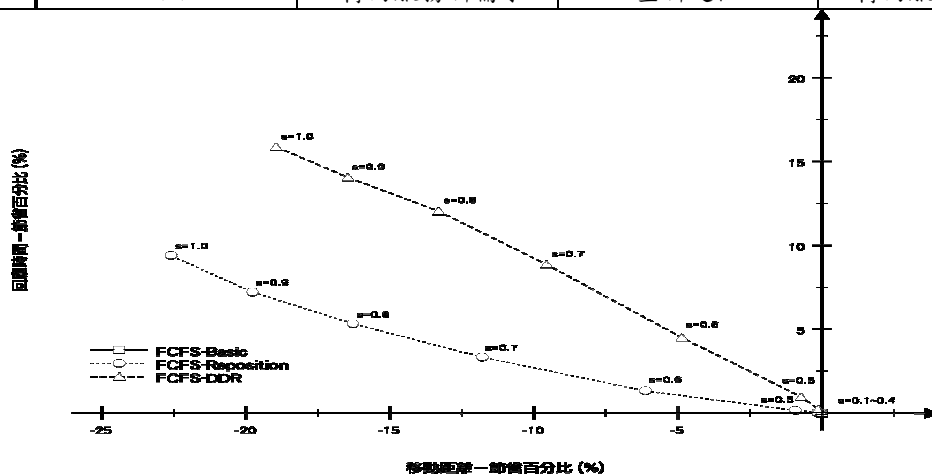


圖 3 FCFS 路線原則下，各策略效果比較圖

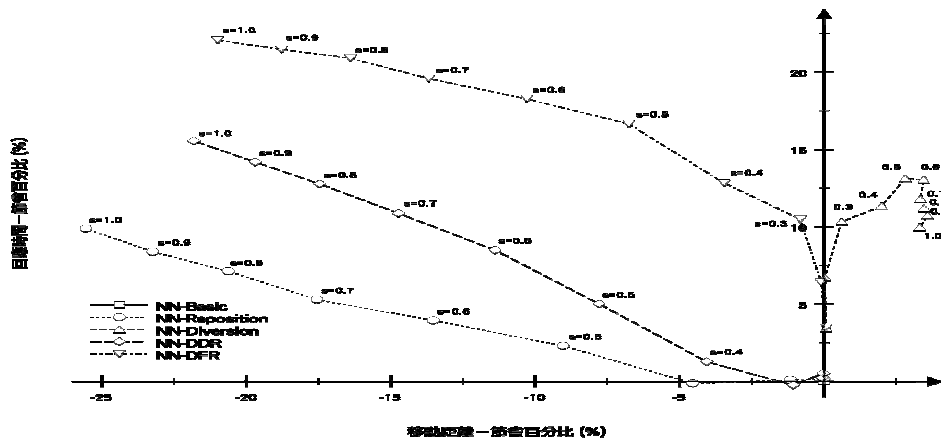


圖 4 NN 路線原則下，各策略效果比較圖

五、非均勻需求分佈之情境測試

上述之測試，先產生則先服務(FCFS)策略效果不佳，且路線順序會被限制住，後續測試的路線構建原則採用最近鄰點法(NN)進行。

5.1. 需求重心之位置

前章節是針對均勻需求分佈之情境進行測試，需求重心則是整個服務範圍之中心點；而以下測試考慮有不同的需求密集區域之情境，所以需求重心之位置會隨需求密集區域與其權重值之不同而改變，其重心偏移如圖5所示：

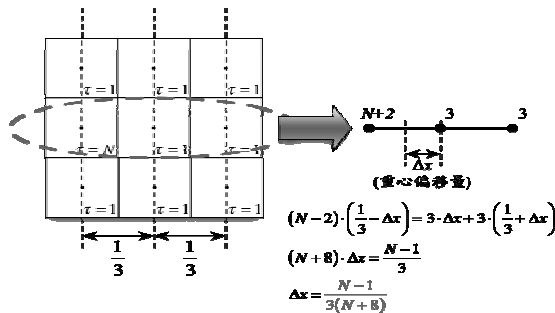


圖5 重心偏移示意圖與其計算方式

下面則測試高、中、低三種不同需求密度與三種不同密集區域權重值之策略比較。

5.2. 高需求密度(非均勻需求分佈)

下面的關係圖中，(中)代表求密集於中心區域之情境，以十字圖標之線段表示；(邊)代表需求密集於邊緣區域之情境，以空心圖標之線段表示；(角)代表需求密集於角落區域之情境，以實心圖標之線段表示。由圖6中可以觀察到，在高需求密度的情況下，各策略於不同需求密集區域之效果差異不大，差距皆在 1% 以內。在此情境下Diversion與DFR策略之效果較明顯，回應時間節省百分比約在 8%~17% 間；其中Diversion策略可同時降低回應時間與移動距

離。反觀Reposition與DDR策略效果不佳，移動距離增加 1~9% 但回應時間節省卻低於 5%，在需求密集區域權重值高的情況下，還會有負值的情形發生。

5.3. 中需求密度(非均勻需求分佈)

由圖7中觀察Diversion策略，隨著需求密集區域權重值之增加，其回應時間節省比例隨之提升，而且可以發現在需求密集於角落區域之情境下，回應時間高於需求密集於邊緣區域之情境，更高於需求密集於中心區域之情境。這個現象是因為Basic策略在需求密集偏離中心區域之情況下，會造成回應時間有明顯劇增之情形，而Diversion較不受需求密集偏離中心區域之影響，故Diversion策略在需求密集偏離中心區域時更有突出的表現。不同於 Diversion策略的是，其餘策略之回應時間節省比例是隨著需求密集區域權重值之增加而降低的，且受需求密集區域偏離中心之影響；以 DDR與DFR策略來講，回應時間節省比例是在需求密集區域於中心最高，邊緣及角落之情況略低，但其差距僅在 2% 以內。但對於 Reposition策略來講，其偏移影響程度是所有策略中最多的，效果差距有 7%~9% 之多。

5.4. 低需求密度(非均勻需求分佈)

由圖8中可以發現大部份的策略效果與中需求密度之情境相似，但不同密集區域之影響程度增加至 4~6%。明顯地可以發現隨著需求密度的降低，其不同需求密集區域之影響程度愈大。僅考慮重新定位之Reposition策略最受其影響，而策略中加入轉向的策略(DDR與 DFR策略)可降低其影響程度；而僅考慮轉向策略之Diversion策略最不受其影響，反而在此情境下更有突出表現。

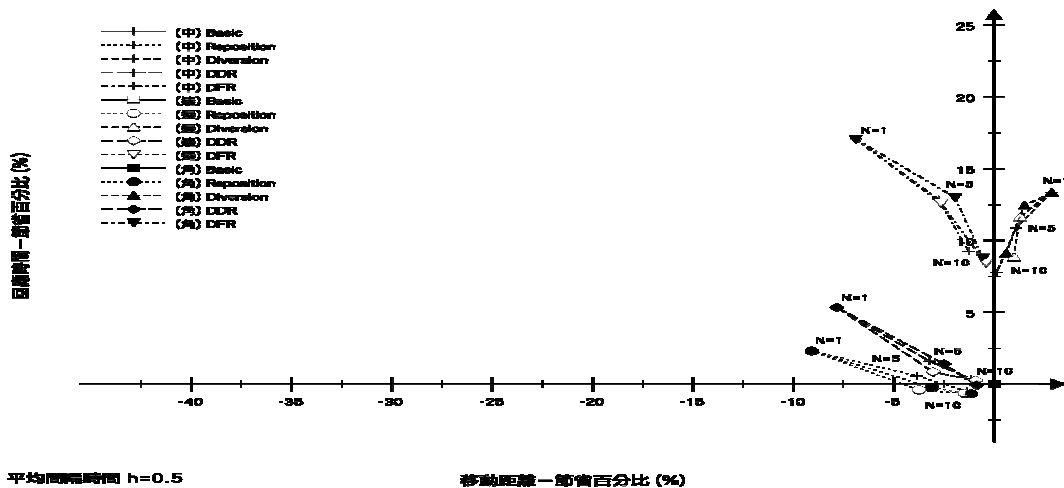


圖 6 需求密集於不同區域且高需求密度下之測試結果 (節省百分比)

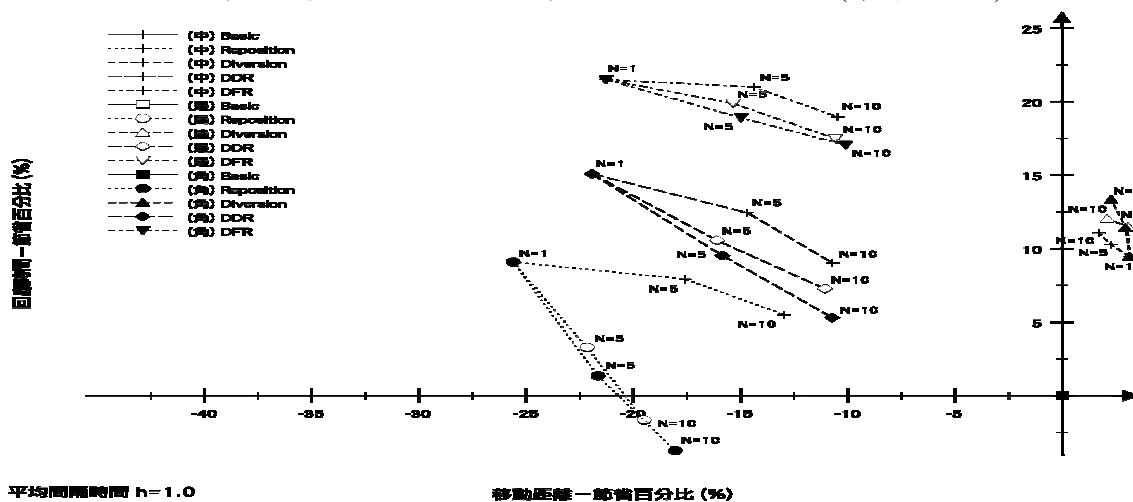


圖 7 需求密集於不同區域且中需求密度下之測試結果 (節省百分比)

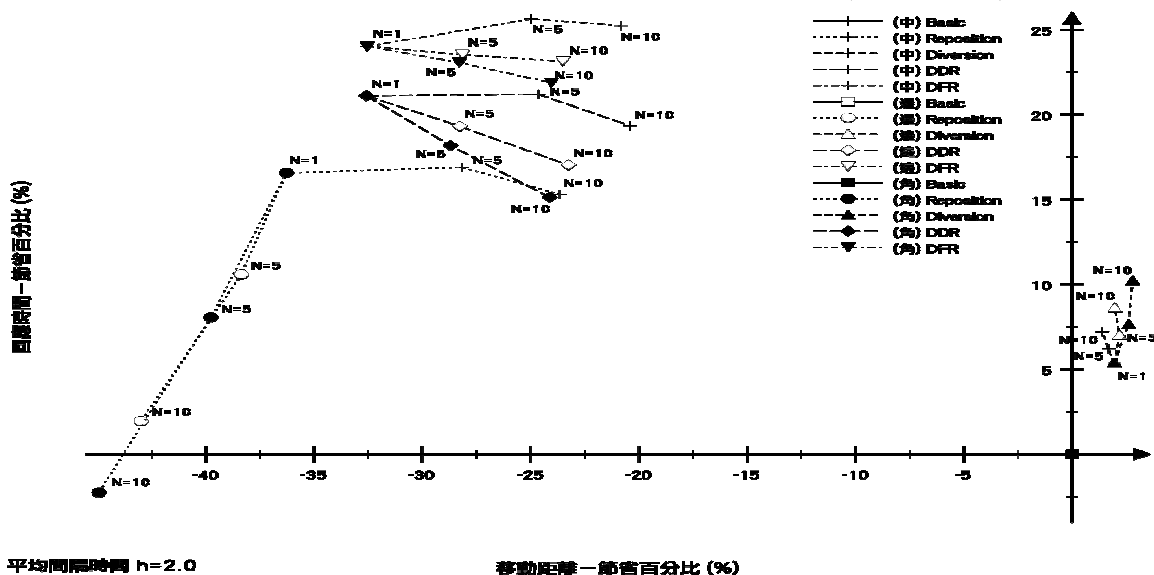


圖 8 需求密集於不同區域且低需求密度下之測試結果 (節省百分比)

六、 非均勻需求分佈且有尖峰時段策略比較

下面針對時間軸上有尖峰之情境，測試三種不同的需求密集之區域。其情境為：在非尖峰時段時，其空間為均勻分佈之需求；而在尖峰

時段時則是考慮需求密集於中心、邊緣、角落區域三種情形；在本研究中尖峰時段假定在100的單位時間開始，200的單位時間結束。

6.1. 高需求密度(尖峰時段且需求密集不同區)

由圖9可以發現在高需求密度情況下，DFR策略與Diversion策略效果較突出，Diversion策略可同時降低移動距離與回應時間；而當需求權重增加時，DFR策略之效果愈佳，可同時節省回應時間與減少移動距離，無尖峰時段情況下無此現象。Reposition與DDR策略效果明顯不佳，回應時間節省比例低於 2%。

6.2. 中需求密度(尖峰時段且需求密集不同區)

由圖10可以發現各策略大致效果與無尖峰時段之情境類似，但各策略於回應時間節省之效果較無尖峰時段之情境來得低，且需求密集區域之權重值影響也降低。而Diversion策略仍可同時降低移動距離與回應時間；DFR策略雖仍為回應時間節省最多之策略，但其節省比

例低於無尖峰時段情境之效果。而Reposition 策略與DDR策略之效果仍是不明顯，回應時間節省比例低於 4%。

6.3. 低需求密度(尖峰時段且需求密集不同區)

由圖11中可以發現，DFR策略雖然仍究是節省比例最高之策略，但回應時間節省比例不如在無尖峰時段之情境，其回應時間與Diversion策略相差僅在 3% 之內。Diversion 策略仍同時降低移動距離與節省回應時間，但回應時間節省比例低於中、高需求密度下之情況。而Reposition與DDR策略在有尖峰時段之情境下，策略效果完全不顯著，回應時間節省之比例不管在哪種需求密度下，皆低於 4%。

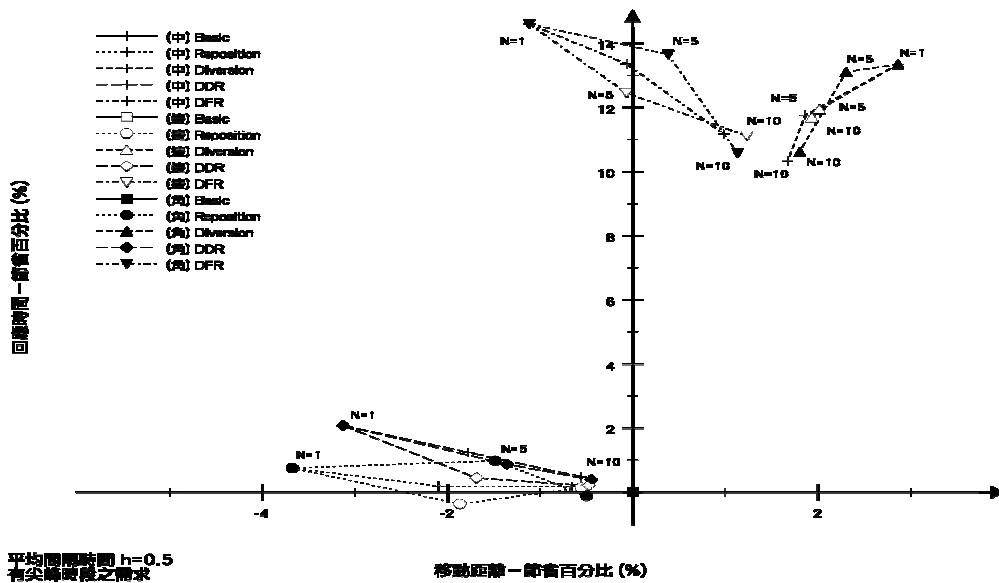


圖 9 有尖峰時段需求密集於不同區域且高需求密度下之測試結果 (節省百分比)

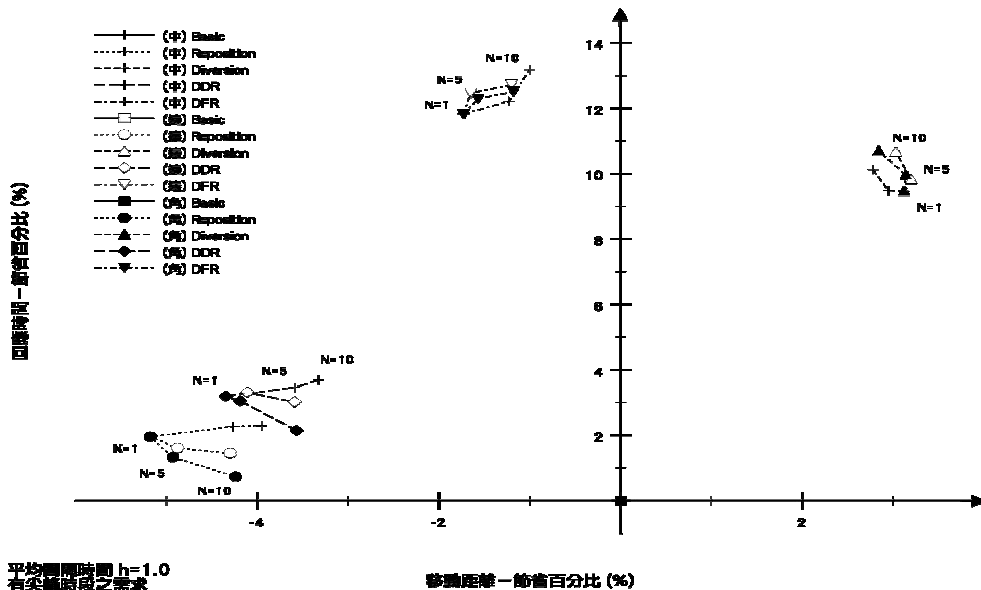


圖 10 有尖峰時段需求密集於不同區域且中需求密度下之測試結果 (節省百分比)

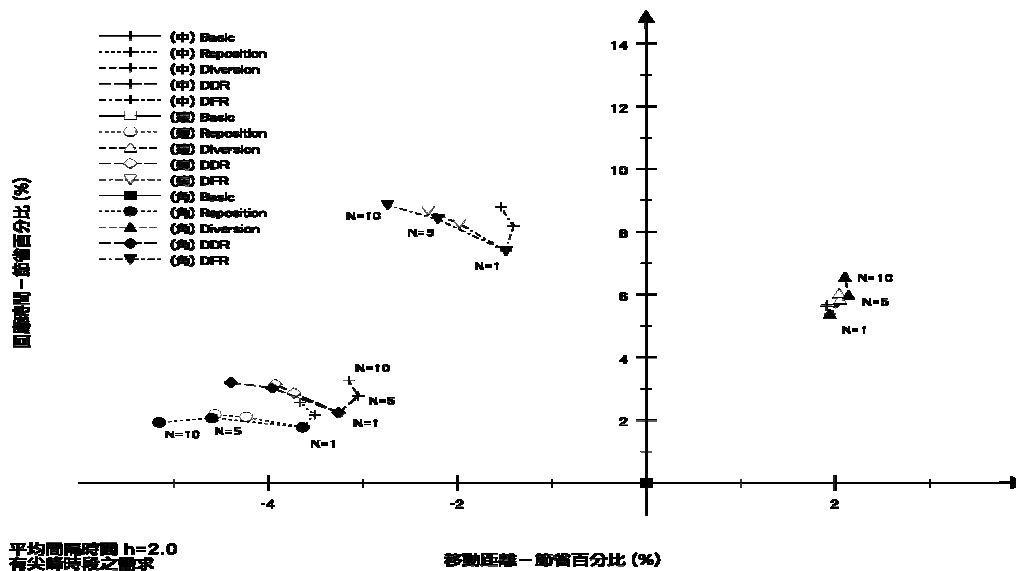


圖 11 有尖峰時段需求密集於不同區域且低需求密度下之測試結果 (節省百分比)

七、 結論與建議

7.1. 結論

本研究為首次針對一動態旅行推銷員問題進行策略探討，並比較不同動態派遣策略 (Reposition、Diversion、DDR、DFR) 在不同需求特性下之策略表現。分析結果發現：對於不考慮有臨時插單之情況，Reposition 策略雖可降低車輛之回應時間，但相對會增加許多的移動距離，而其移動距離增加的程度高於回應時間節省之比例；而 DDR 策略與 Reposition 策略效果類似，但此策略可節省更多回應時間，且也可降低移動距離增加的程度。故，若以服務水準為重，則選擇採用 DDR 策略；若以成本為重時，則選擇不採用任何即時派遣策略。但若有考慮臨時插單之情況，Diversion 策略在所有情境下皆能同時降低移動距離與節省回應時間；而就 DFR 策略來講，雖然相對會花費移動成本，但回應時間節省之比例卻是所有策略中最高的，為服務水準最高的策略。而在有尖峰時段高需求密度且高密密集區域權重值的情況下，此策略能同時降低移動距離與回應時間。故，若以服務水準為重，則選擇採用 DFR 策略；若以成本為重時，則選擇採用 Diversion 策略。

在所有策略中，有考慮「重新定位」之策略，包括有 Reposition、DDR、DFR，會受需求密集偏離中心區域之影響，所以其策略於回應時間之節省效果是當需求密集於中心區域時為最佳，其次為邊緣，最後為角落，以 Reposition 策略最為明顯；加入「轉向策略」可降低其影響

程度，就如 DDR 與 DFR 策略所示，其差距約在 1 ~ 4% 之內。另外僅考慮「轉向策略」之策略 (Diversion 策略)，其不受需求密集偏離中心區域之影響，而且在此情況下，策略效果更為突出；其策略於回應時間之節省效果是當需求密集於角落區域時為最佳，其次為邊緣，最後為中心。而對於需求密集於非中心區域之情境下，重新定位之策略不要盲目地移動至需求密集之區域中心或是整個服務範圍之幾何中心，在大部份的情況下，最佳的等待區域應該是整個需求之重心位置。這個概念在先前的文獻中尚未提及，希望本研究此項發現能對後續之研究有所幫助。

7.2. 建議

因為本研究針對的是一旅行推銷員問題，故為單一車輛在一服務範圍內服務所有顧客，所以在高需求密度的情況下，僅究單一車輛的服務水準無法顧及產生之需求，造成許多的顧客形成等候的現象，後續的研究可進一步針對動態之車輛路線問題，在一固定車隊大小下，決定最適之服務車輛數與派遣策略，以達到一定之服務水準及降低總體旅行與車輛使用成本。後續研究之方向可針對含時間窗之動態旅行推銷員、車輛路線問題進行策略適用性之測試與研討；或是加入不同動態度特性進行探討。

参考文献

1. Branke, J., M. Middendorf, G. Noeth and M. Dessouky (2005), "Waiting strategies for dynamic vehicle routing," *Transportation Science*, Vol. 39, No. 3, pp. 298-312.
2. Brown, G. and B. L. Golden (1981), "Real-Time Dispatch of Petroleum Tank truck," *Management Science*, Vol. 27, pp. 19-21.
3. Ghiani, G., F. Guerriero, G. Laporte and R. Musmanno (2003), "Real-time vehicle routing: solution concepts, algorithms and parallel computing strategies," *European Journal of Operational Research*, Vol. 151, pp. 1-11.
4. Ichoua, S., M. Gendreau and J. Y. Potvin (2000), "Diversion issues in real-time vehicle dispatching," *Transportation Science*, Vol. 34, No. 4, pp. 426-438.
5. Larsen, A. (2000), "The dynamic vehicle routing problem," Ph. D. dissertation, Technical University of Denmark, Kongens Lyngby, Denmark.
6. Larsen, A., O. Madsen and M. Solomon (2002), "Partially dynamic vehicle routing-models and algorithms," *Journal of Operational Research Society*, Vol. 52, pp. 637-646.
7. Larsen, A., O. Madsen and M. Solomon (2004), "The a priori dynamic traveling salesman problem with time windows," *Transportation Science*, Vol. 38, No. 4, pp. 459-472.
8. Lund, K., O. B. G. Madsen and J. M. Rygaard (1996), "Vehicle routing problems with varying degrees of dynamism," Technical Report, Institute of Mathematical Modeling, Technical University of Denmark.
9. Mitrović-Minić, S. and G. Laporte (2004), "Waiting Strategies for the dynamic pickup and delivery problem with time windows," *Transportation Research Part B*, Vol. 38, pp. 635-655.
10. Psaraftis, H. N. (1988), "Dynamic vehicle routing problems," in B. L. Golden, A. A. Assad (Eds.), *Vehicle Routing: Methods and Studies*, Elsevier Science, Amsterdam, pp. 223-248.
11. Psaraftis, H. N. (1995), "Dynamic vehicle routing: status and prospects," *Annals of Operations Research*, Vol. 61, pp. 142-164.