

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※

※ 動態指派演算法應用於物流配送作業規劃之研究 ※

※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※

計畫類別：個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 90-2416-H-032-015

執行期間：90年8月1日至91年7月31日

計畫主持人：邱顯明

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- 赴國外出差或研習心得報告一份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

執行單位：淡江大學運輸管理學系

中 華 民 國 91 年 7 月 31 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

動態指派演算法應用於物流配送作業規劃之研究

A study on the Application of the Dynamic Assignment Algorithm on the Logistics Delivery Operation Planning

計畫編號：NSC 90-2416-H-032-015

執行期限：90年8月1日至91年7月31日

主持人：邱顯明 淡江大學運輸管理學系

計畫參與人員：張世峰、曾惠鈺 淡江大學運輸管理學系

一、 中文摘要

本研究的主要目的在於探討電子商務出現後，即時訂貨資訊對於物流配送作業的影響，並釐定出配送作業所應具備與過去較為不同的特性。藉由這些特性的釐清，構建出符合此一物流配送特性的問題模式，並結合即時的訂貨資訊與車輛派遣，建立一套能夠處理此一模式的作業規劃方法。最後經由此一方法的應用，幫助物流業者決定出最適的車隊規模，以降低其營運成本。本研究中加入動態的觀點，設計出適用於本研究的演算流程，配合禁忌搜尋法(Tabu Search)與基因演算法(Genetic Algorithm)用以構建路線與作路線的改善，並藉由持續更新的各項資訊，如需求資訊、車輛屬性資料等，不斷的改善車輛繞行路徑，最後以C語言自行撰寫程式以求解本問題。

案例的測試部分，以三種不同的機率分配產生亂數，作為各時段新加入的訂貨數量，加入於各點原有的需求量上，用以比較本研究所提出的演算法於不同情形下的表現情形。最後據模擬出的最大車輛次數分佈情形，幫助決策者決定出其最適的車隊規模。

關鍵字：物流配送、隨機性車輛路線問題、禁忌搜尋法、基因演算法、動態指派

Abstract

The purpose of this study is to develop a dynamic delivery operation plan, which can deal with the real time demand and traffic information in the design of the delivery operation. Due to the dynamic nature of this planning process, the introduction of the robust optimization into

the process should be able to reach the most suitable optimization of the process. Based on the characteristics of the electronic commerce, a dynamic route assignment structure will be developed to reach the robust optimization of the delivery operation, which should provide the competition edge for the firm under consideration.

Two types of solution procedures were applied in this study, i.e., Genetic Algorithms (GA) and Tabu Search. A series of case studies with different characteristics such as demand density, demand size were used to test the solution capability of the proposed algorithms. Several versions of revised algorithms were developed in these studies. Based on the result of the case studies, a revised GA was identified as the most suitable solution procedure for the problem addressed in this study. The proposed procedure can be used to develop a suitable vehicle routing operations with real-time demand information. In addition, it also provides suitable vehicle requirement information for the decision maker to determine the optimal fleet size.

Keywords: Delivery Operation, Stochastic Vehicle Routing, Tabu Search, Genetic Algorithm, Dynamic Assignment.

二、 緣由與目的

環顧現今的物流業者，通常以固定時間及固定路線在服務範圍內做繞行的服務，對於臨時出現的需求導致需求量變動的情況，也只能依據調度人員的經驗指揮車輛做反應。由於傳統的調度方式缺乏一套完整的數理分析基礎，相當缺乏效率，故本

研究除了希望能夠建立一套隨時處理即時訂貨需求的調度規劃方式，更希望利用此一規劃方式，決定出各車輛調度中心的最適車隊規模，以供營運者做參考。

本研究的主要目的在：

1. 探討利用即時訂貨資訊下，物流配送作業所應具有的特性。
2. 構建符合此一物流配送特性的問題模式，並結合即時的訂貨資訊與車輛派遣，建立一套能夠處理此一模式的作業規劃方法。

經由此一方法的應用，幫助物流業者決定出最適的車隊規模，以降低其營運成本。

三、 結果與討論

本研究將問題定義如下：於 $G=(V, E)$ 的地理範圍上，其中 $V=\{v_0, v_1, \dots, v_n\}$ 為節點的集合， $E=\{(v_i, v_j): i < j\}$ 代表節線的集合。在這地圖上， v_0 代表場站，剩餘的點代表需服務的顧客。每個點均有時窗限制 $[e_i, l_i]$ ，還有一個對稱的距離矩陣

$D=(d_{ij})$ 。在假設需求點固定不變的情況下，針對不斷變動的需求量，可能會出現車輛上的貨物量無法滿足需求點的需求量。此時調度人員必須隨時掌握路網上的車輛與各需求點的需求狀況，變更部分車輛的行駛路徑。在必須服務所有需求的考量下，追求最小的營運成本。

由於需求量的變動是假設具隨機性的，故可將此問題視為隨機性的車輛路徑問題。本研究將以動態的觀點，著重隨時更改車輛的行車路徑，期望對於場站中所有車輛做最有效率的調度。故若增加的需求量超出車輛剩餘貨物量，則此需求可能會改由其他車輛服務，造成車輛的行車路徑可能會不斷更改。依此資訊求取最佳路徑指派，並與每輛車進行通訊，以確認下一個目的地。

本計畫之架構概括整理如下：

輸入：路網基本資料、需求資訊、車輛資訊。

目標：總運送成本最小化。

限制：總服務時間的限制、路網基本條件。

輸出：需求點服務順序、最適車隊規模。

本計畫目標式如下：

(一)符號說明

N = 物流中心與所有需求點之集合。

R = 所有路徑之集合。

M = 所有車輛之集合。

Q = 車輛之容量限制。

T = 每日最大工作時數。

F = 使用車輛之固定成本。

r_{ij} = 不足的貨物每單位之懲罰成本。

$$x_{ijm} = \begin{cases} 1, & \text{車輛 } m \text{ 經由需求點 } i \text{ 到需求點 } j。 \\ 0, & \text{其他。} \end{cases}$$

$$y_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{若發生繞徑失敗的情況。} \\ 0, & \text{其他。} \end{cases}$$

$$D_m = \begin{cases} 1, & \text{代表使用車輛 } m。 \\ 0, & \text{未使用車輛。} \end{cases}$$

q_i = 需求點 i 之需求量。

c_{ij} = 需求點 i 到需求點 j 之旅行成本。

e_i = 顧客 i 之時窗開始時間。

p_e = 違反時窗開始限制之懲罰係數。

l_i = 顧客 i 之時窗結束時間。

p_l = 違反時窗結束限制之懲罰係數。

b_i = 車輛到達顧客 i 時間。

s_i = 顧客 i 的服務時間。

t_{ij} = 需求點 i 到需求點 j 之旅行時間。

$P_i(b_i)$ = 在時間 b_i 對顧客 i 之處罰成本。

(二)模式構建

(二)目標式

$$\text{Min} \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} \sum_{m \in M} c_{ij} x_{ijm} + \sum_{m \in M} FD_m + \sum_{i \in N} P_i(b_i) + r \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} y_{ij} \left[\left(\sum_i q_i \right) - Q \right]$$

限制式

限制式方面，流量包含基本的流量限制、時間限制與變數的限制等，將分別敘述如下：

流量守恆限制

$$\sum_{i \in N^o} x_{ip} - \sum_{j \in N} x_{pj} = 0, \forall p \in N \dots \dots \dots (1)$$

此式代表若車輛進入需求點 p ，則仍會由需求點 p 離開。

工作時間限制

$$\sum_{i \in N} \sum_{j \in N} x_{ijm} (s_i + t_{ij}) \leq T, \forall m \dots \dots \dots (2)$$

上式表示每輛車行駛總路徑所需之時間，不得超過每日最大工作時數。

$$\sum_{i,j \in S} x_{ijm} = |S| - 1, \text{ for all } S \subseteq N \dots \dots \dots (3)$$

上式在避免子迴路限制。

$$P_i(b_i) = \begin{cases} f_a + p_e(b_i - e_i)^2, & \text{if } b_i < e_i \\ 0, & \text{if } e_i \leq b_i \leq l_i \\ f_b + p_l(l_i - b_i)^2, & \text{if } l_i < b_i \end{cases} \quad (4)$$

上式在計算違反時窗限制之懲罰函數。

其他限制

$$x_{ijm} \in \{0,1\}, \forall (i,j) \in N, \forall m \in M \dots \dots \dots (5)$$

$$y_{ij} \in \{0,1\}, \forall (i,j) \in N \dots \dots \dots (6)$$

$$D_m \in \{0,1\}, \forall m \in M \dots \dots \dots (7)$$

(三) 求解過程

本研究的求解流程主要有兩大部分，包含路線建構與路線改善，並配合適時的時間更新機制，不斷的將新增加的訂貨資訊納入演算中，以求得能夠反映即時訂貨需求的最佳路徑指派，並藉由最佳指派的產生，協助業者能夠決定出最適的車隊規模。

接著，現在將針對此一求解過程作進一步的說明。首先，依據之前已經確定的需求，在不考慮未來是否會有新的需求產生的情況下，規劃出一能夠服務所有需求點需求的路線集合，並指派車輛到適當的路線上。所有車輛便依循此一規劃出的路線進行繞行。直到所有車輛將全部的需求點服務完畢後，若未產生繞徑失敗的情況，則車輛當然不必返回倉庫補充貨物，如此不會產生超出預估的行駛路線，對於先前所規劃出的路線也不至於產生影響，更無須進行路線改善的步驟。但若訂貨的資訊在中途加入，而導致車輛無法對於準備進行服務的需求點或者接續的需求點提供充足的貨物，則形成繞徑失敗，此時必

須返回倉庫補充貨物，再繼續繞行。不同於過去的研究，由於本研究是假設調度中心能夠掌握所有相關資訊，包含各需求點即時的需求總量，與能夠掌握車輛所在位置並加以調派，故對於發生繞徑失敗的處理方式就能夠以較具彈性的方式來處理，不必一味的只是往返倉庫與服務失敗的需求點，而能夠較有效率的解決此一問題。

當發生繞徑失敗後，接著將進行路線改善的步驟。這裡所謂的繞徑失敗，明確一點的講就是發生車輛上的貨物量無法滿足該需求點的需求量。依據本研究的演算流程，檢查是否會發生繞徑失敗的時間點，為每個單位的更新時間點。所謂的更新時間點，即是將整個總工作時間做固定比例的切割，並在這些切割的時間點更新所有的資訊，如需求量、車輛位置、車上的貨物量等。若在這些時間點當中發生繞徑失敗，就開始進行路線改善的步驟，亦即做重新計算路線之處。

在每個更新的時間點，我們會判斷車輛上的貨物是否能夠滿足後續需求點的總需求，當無法滿足時，便將這些需求點標記成為尚未指派的點，並於進行路線改善的步驟時，便可以指派給其他車輛或者新增車輛加以服務。

由於本研究中，假設當車輛在確定前往下一顧客處後，也就是當車輛在兩需求點之間行駛時，並無法在中途改變其行駛路線，轉而去服務其他需求點，故研究中為避免車輛進行無必要的旅程，將以下列方法作處理。首先，由於車輛在行駛到下一需求點時，可能會橫跨數個時間區段，所以可能會因為資料的更新，造成需求量超出車上的貨物量，直到到達該點後才發現繞徑失敗，所以為避免發生此一情況時，當需求點已經被指派由某一車輛進行服務後，即不再更新需求資訊，亦即不會再有新的需求產生，如此便可避免車輛到達後才發現車上貨物量無法滿足該需求點。

而在演算流程中，主要可分為兩大部分，包含起始路線構建與路線的改善，針對這兩部分，本研究將此用過去發展較為成熟的一些搜尋方法，例如禁忌搜尋法、基因演算法等，並做適度的修正，以作為

在個別時段最佳路線排程的搜尋工具。在本研究中，不論運用何種搜尋技術，在此一演算流程中，對於初始路線的構建將不會有太大幅度的變化，仍可依照過去處理靜態車輛路線問題的方法求得一最佳的車輛繞徑排程。對於本研究的求解流程來說，此一建構出的路線可視為整個流程的起始解。由於車輛在演算的初期大致上仍是會依據此一初始路線進行繞徑，故此一路線的優劣便會影響到最後的求解結果，故以一優良的搜尋方法來求取此一靜態的車輛繞徑問題會是一件相當重要的工作。

當完成起始路線的構建後，此時便啟動演算法中的時間計算。當判斷出發生繞徑失敗時，則進入路線的改善程序，在此一步驟中，我們首先將因發生繞徑失敗而無法被服務到的需求點標記出來，並由調度中心指派廠站中新的車輛加以服務，在不違反限制條件下，服務所有需求點的需求量。接著再以原先安排的路徑在配合上新增加的這些路徑，當作起始解，繼續做搜尋的動作，如此在時間不斷演進的情況下，反覆利用前一階段求解的結果作為這一階段的起始值，期望能夠增加搜尋的速度與提高求解的品質。最後再完成所有顧客的服務或到達最大的工作時數後結束整個演算程序，並輸出最後的行駛路線與所需的車輛數。

(四)結果探討

在大型案例的測試上，以兩種不同的方法：基因演算法與禁忌搜尋法作為起始路線的構建方法，並同樣利用禁忌搜尋法作為演算中路線改善的方法。配合上述兩種求解方法，面對三種不同機率分配的訂貨需求資訊，各進行 30 次模擬，並利用此一次數分佈情況幫助決策者決定出其最適的車隊規模。由結果可以發現，以基因演算法建構起始路線方法，其求解結果與靜態解有較小的誤差，可見其解比單純以禁忌搜尋法求解更可以得到較好的解答品質。

四、計畫成果自評

本計畫以應用動態指派演算的觀念於物流配送作業規劃之研究，完成研究內容和原計畫提送之預期工作項目，並達成預期之目標。有關演算法之應用，未來將進行其他測試項目，於學術期刊中發表。

有關詳細內容，可參考和本計畫相關著作，列於參考文獻中，供進一步查考。

五、參考文獻

1. 張世峰，即時訂貨資訊下物流配送作業規劃之研究，淡江大學運輸科學研究所碩士論文，2002。
2. 張立偉，災後工程緊急搶修作業排程之研究，淡江大學運輸科學研究所碩士論文，2001。
3. 廖亮富，「含時窗限制多部車輛途程問題解算之研究」，元智大學工業工程研究所碩士論文，1998 年。
4. 敖君瑋，「禁忌搜尋法於軟性時窗限制之車輛途程問題研究」，元智大學工業工程研究所碩士論文，1999 年。
5. 黃金智，「隨機性車輛途程問題解法之研究」，大業大學工業工程所碩士論文，1999 年 7 月。
6. 廖田華，「需求不確定下物流中心車輛路線問題之研究」，國防管理學院資源管理研究所碩士論文，2000 年。
7. 梅明德，「線上型時窗限制車輛路線問題之模式與求解演算法」，國立中央大學土木工程學系博士論文，1999 年 6 月。
8. 洪仲林，「含時窗限制之動態需求車輛途程規劃問題」，中華大學經營管理研究所碩士論文，2000 年 6 月。
9. 陳勝男，「禁忌搜尋法應用於車輛路線問題之研究」，大業工學院工業工程研究所碩士論文，1996 年 6 月。
10. W. Powell, P. Jaillet, and A. Odoni. Stochastic and dynamic networks and routing.(1993)
11. Powell, W. B, A stochastic formulation of the dynamic assignment problem with an application to truckload motor carriers, *Transportation Science* (1996), Vol. 30, No. 3, pp. 195-219.
12. Psaraftis, H. N., Dynamic vehicle routing problems, In B.L. Golden and A.A.

Assad, Eds. *Vehicle Routing: Methods and Studies* (1988), Elsevier Science Publishers, North-Holland, pp. 223-248.

13. H. N. Psaraftis, Dynamic vehicle routing - status and prospects. *Annals of Operations Research* (1995), Vol. 61, pp. 143-164.

14. Stewart, W. R. Jr. and B. L. Golden, Stochastic vehicle routing : a comprehensive approach, *European Journal of Operational Research* (1983), 14 , 371-385.