

以兩階段法求解即時需求物流配送問題之研究

廖彩雲

朝陽科技大學資訊管理系 副教授
tyliao@cyut.edu.tw

黃琬淑

朝陽科技大學資訊管理研究所 研究生
s9414643@cyut.edu.tw

摘要

近年來，隨著企業經營策略的改變，貨物配送型態也轉向為配合消費者需求，然而，除了滿足一般性的需求外，也需考量即時產生的顧客需求，即為線上型車輛巡迴路線問題(on-line vehicle routing problem, on-line VRP)。本研究解決線上型車輛巡迴路線問題，以二階段法構建求解模式，先使用動態 FCM 分群法針對變動的顧客資料進行分群，並將分群結果應用成本函數求得可行的初始解，再採用禁制搜尋法結合交換法改善初始解，使其趨近最佳解。當有新需求產生時，則先採用評估準則，判斷應重新分群或調整群聚結構，並規劃出最佳路徑提供給正在進行服務的配送車。最後並以 Soloman 提出之題庫測試，結果顯示本研究提出之方法可有效的求解線上型車輛巡迴路線問題。

關鍵詞：線上型車輛巡迴路線問題、FCM 分群法、禁制搜尋法

1. 前言

近年來，物流產業逐漸興起，有許多的物流公司紛紛成立，除了著名的國際物流業者外，國內也有許多知名的物流業，如：大榮貨運、新竹貨運、捷盟、光泉等。然而，目前國內物流業僅提供貨運、倉儲、貨運承攬等本業服務，皆為小型企業，無法與國際物流業者相抗衡，因此，惟有採取水平整合或垂直整合，並加上資訊科技，發展成第四方物流(Forth Party Logistics, 4PL)，才能提升競爭力順應時代變遷。第四方物流是美國 Accenture 管理顧問公司[14]於 1996 年首先提出的，其定義 4PL 提供者應具備複合物流服務能力、資訊技術能

力、跨國服務能力、物流規劃管理能力及供應鏈整合能力。

對於物流業者而言，運輸成本為其主要成本，而如何降低運輸成本以獲取利潤為其所致力的目標，因此，物流業者應具備規劃良好路徑，以避免運輸成本過高的能力，而運輸成本受許多因素影響，包括商用車大小、最大裝載量、派出的車輛數等，過去有許多國內外學者針對相關的因素做探討，大多以車輛巡迴路線問題(Vehicle Routing Problem, VRP)為主軸，再考量其它相關因素。隨著生活水準提升，顧客越來越重視貨品準時送達，因此，加入顧客服務時窗限制的考量，延伸為時窗限制下車輛巡迴路線問題(Vehicle Routing Problem with Time Windows, VRPTW)，然而，除了滿足顧客一般性需求外，也應考量即時性的因素產生，即為動態車輛巡迴路線問題(Dynamic Vehicle Routing Problem, DVRP)。

由於靜態車輛巡迴路線問題，無法確實呈現車輛配送的實際情形，也無法快速回應即時顧客需求，因此動態車輛巡迴路線問題逐漸受到重視。求解動態車輛巡迴路線問題，主要可分成線上型車輛巡迴路線問題(on-line VRP)及即時資訊下車輛巡迴路線問題[3]，兩種之差別在於線上型車輛巡迴路線問題，只考慮需求點及需求量的變化情況，而不考慮旅行時間的動態變化。

國內外關於線上型車輛巡迴路線問題已有許多的研究，Montemanni 與 Gambardella 等人[13]使用蟻聚系統(ant colony system)，利用主要事件管理訊息解決 DVRP 問題。其將曾經發生新顧客需求而且已經服務完成的經驗記錄下來，再透過事件的引發與蟻聚系統的特

性，將走訪策略提供給目前正在配送的物流車。此方法在固定的顧客組合中可得到不錯的結果，但是無法解決隨機產生的大量顧客需求。Du 與 Li 等人[8]解決 DVRP 時採用兩階段式的方法先分群求出初始解，再作改良解。利用 first-fit-nearest 或 best-fit-nearest 方法求出初始解，再經由 Or-opt 或 2-exchange 方法做路徑改善。由模擬實驗結果得知可以解決動態車輛巡迴問題，使巡迴總距離縮短、成本減少。但求解初始解並無分群方法之討論，且並沒有即時回應顧客需求。周蘇江[2]解決即時環境下，動態車輛途程問題，主要著重在求得即時需求最佳解，而不考慮即時環境的動態模式。提出一動態演算法分成三個階段，第一階段採用掃描法、first fit nearest 及 best fit nearest 求得初始解，在第二階段途程間改善使用插入法和交換法，而在第三階段途程內改善則用 Or-opt 法及 2-Swap 法。實驗結果對於插單顧客的反應時間改善了 74%，證實此動態演算法對即時插單的顧客有較佳的反應能力。許晉嘉[4]以數學規劃方法求解宅配業之車輛路線規劃問題，依即時需求點產生與否，分別構建先期路線規劃模式與即時路線規劃模式。所規劃配送路線之行駛距離較實際配送路線距離節省約 20.64%，且亦能在合理的時間範圍內完成求解動作。但其假設車輛在途中接受即時資訊後，以下一需求點為起點重新進行路線規劃，未能結合即時資訊，讓車輛於途中進行路線的調整。陳昱廷[5]求解顧客需求不確定下，即時車輛派遣問題，其將問題分成兩個部份，第一個部分為靜態路線規劃，利用最鄰近法求得初始解，分別利用途程內 swap、途程間 swap 與 2-opt*節線交換等方法進行路線的改善，並結合禁制演算法；第二個部分屬動態路線規劃，先用最適插入法，再使用貪婪演算法與蟻群最佳化演算法重新規劃路徑。實驗結果證明其系統架構確實可行，顧客可以透過網路傳遞其服務需求，系統可針對立即的顧客需求進行動態路線規劃，且

能在合理的系統運算時間內求得答案。

上述線上型車輛巡迴路線問題的研究中，鮮少以先對客戶分群再求解路線規劃。因此楊家豪[6]提出二階段法之求解模式，於第一階段針對顧客資料利用分群技術進行分群並求得可行初始路徑，在第二階段則使用禁制搜尋法為核心結合交換法，以改善初始路徑。本研究針對楊家豪[6]提出之求解模式，改良其在線上型車輛巡迴路線問題中新需求產生之回應及改良解之求解過程。本研究於第一階段針對變動的顧客資料利用 Fuzzy C-Mean (FCM) 動態分群技術進行分群的動作，並依據分群結果採用成本函數求得可行初始路徑，在第二階段則使用禁制搜尋法為核心結合交換法，以改善初始路徑，進而求得趨近最佳解。最後並以 Solomon 提出之題庫測試，結果顯示本研究所提出之方法可有效的求解線上型車輛巡迴路線問題。

本文在第二節中說明即時需求導向物流配送問題之求解，在第三節以 Solomon 題庫進行驗證，說明實驗結果並與其他相關研究之成果進行分析比較，最後提出本研究之結論。

2. 即時需求導向物流配送之求解

2.1 即時需求物流配送問題之求解架構

本研究應用兩階段啟發式架構解決即時需求導向之物流配送問題，其架構如圖 1 所示，採用先分群再排路徑的求解方式。第一階段採用動態 FCM 分群技術針對變動的顧客進行分群，依據每個顧客與每群之群心的隸屬程度高低來決定顧客應歸屬於那一個群聚中，意即將每位顧客歸屬到隸屬值最大的分群中，並判斷插入後是否會超出車容量，若超出則加派車輛進行服務，完成分群後應用成本函數求算路徑初始解。第二階段以禁制搜尋法結合 Or-opt 和 2-opt*交換法改善初始解，藉此提供較佳解給物流車進行配送。

當有新需求產生時，則進行顧客資料更新，將已服務完成的顧客資料刪除，加入新產

生的顧客資料，更新完資料後，使用兩項評估準則來評估分群結構，分別為準確率和最短距離。若兩者皆成立，則表示新顧客點離舊群聚很近，因此可直接將新顧客歸屬到隸屬值最大的群聚中，反之即表示將新顧客自組成一新群聚，另加派車輛服務。完成分群動作後，即安排初始路徑並予以改善，以確保每次資料變動後，所求得的路徑皆為最佳解，使得總成本與總路徑亦為最佳結果。

雖然每當有新需求產生，即重新規劃原有路線，可以達到快速回應顧客需求之目的，但因新需求是逐一產生的，有可能每次只出現少數幾個，若只針對少數的需求重新規劃路線，似乎不符合經濟效益也很浪費時間，且較無效率，因此，本研究加入新需求量的考量，意即所產生的新需求總量須達到或累積至預設最小變動量才可允許進行規劃路線的動作，即採用批次處理的觀念。

本研究在求解問題中，考量三個限制條件，分別為：(1)車容量限制：將客戶依隸屬值歸屬於某一群聚時，需考量納入該群聚，是否會超過車容量。(2)停止更新時間：當有新需求產生時，需判斷產生時間，是否在可接受更新的時間內。(3)新需求量限制：新需求總量須達到預設之最小變動量，才允許進行規劃路線。

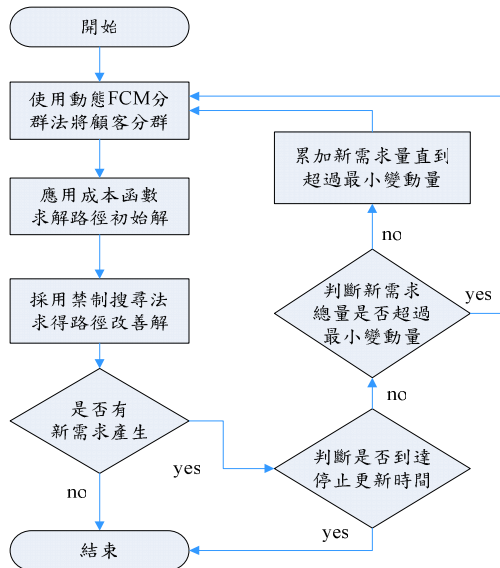


圖 1 即時需求物流配送問題之求解架構

2.2 動態 FCM 分群模式

群聚分析(clustering analysis)為資料探勘領域中重要的技術之一，其主要目的為將資料集合中的資料記錄，加以分群成數個群聚(cluster)，也就是將性質相近的資料分配在同一個群聚。因此群聚分析的主要功能為分析資料彼此間的相似程度，除此之外，也能找出群聚與群聚之間的差異性。群聚分析技術有許多種不同類型的群聚演算法，Han 和 Kamber[11]兩位學者將其分成五類，包括：切割式群聚演算法、階層式群聚演算法、密度基礎群聚演算法、網格基礎群聚演算法、模式基礎群聚演算法，上述五大類均屬於傳統硬式分群方式，其缺點為較難處理多維度的語意資料，且對即時需求產生時做動態分群的求解效果也較差，因此，近年來發展出模糊分群法。

模糊分群屬於軟式分群技術，考慮存在真實世界中模糊不明確的變動因素，利用隸屬值的大小代表資料點與群聚之間的關係。在模糊分群中最具有代表性的軟式切割分群方法為 FCM。Fuzzy C-Mean (FCM)，是由 Bezdek[7]於 1981 年根據 Dunn[9]的硬 C 平均分類法(Hard C-Means Clustering Method)修正而來，其主要目的是利用模糊理論的方法來解決最佳群聚的問題。FCM 在資料集合中以 c 為參數，將 n 個元素切割成 c 個群聚，其中分群方式是依據元素與重心之間的隸屬程度的高低來決定 x 隸屬於那一個群聚中，主要目的是使得目標函數最小，目標函數的意義為各資料點到各群聚中心的加權平方和，如式(1)所示。

$$J_{FCM} = \sum_{i=1}^c \sum_{j=1}^n (\mu_{ij})^m \|x_j - v_i\|^2 \quad (1)$$

其中，

x_j ：表第 j 個資料點的向量特徵，

v_i ：表第 i 個群聚的群心，

μ_{ij} ：表第 j 個資料點對第 i 個群聚的隸屬程度。

隸屬程度為使用調合平均數(harmonic mean)的方法計算而得。其中，每個隸屬值介於 0 到 1 之間，而且每一群的隸屬值加起來必須等於 1。其值越接近 1，就表示第 j 個資料點屬於第 i 個群聚的程度越高。當 $\mu_{ij}=1$ 就是上限，表示資料點 j 完全屬於群聚 i 。反之，若 μ_{ij} 的值越接近 0，就表示資料點 j 屬於群聚 i 的程度越低。當 $\mu_{ij}=0$ 就是下限，表示資料點 j 完全不屬於群聚 i 。對於 $\mu_{ij}=0.5$ 來說，距離「完全屬於」與「完全不屬於」最遠，所以它的模糊度也最高。

FCM 分群結果佳、誤差率低且可以處理多維度的資料。由於採用隸屬程度作為分群的考量，因此較具彈性，適合用來處理變動性高的資料上，例如：顧客市場切割、即時性需求變動、醫療病因分析等。而本研究即是利用動態 FCM 分群法針對即時性的顧客需求資料做分群，並應用評估準則判斷群聚結構是否需重新分群。動態 FCM 分群法之演算流程如圖 2 所示。其主要步驟如下所示：

Step 1 初使化設定：

設定初使群心與新群心差距之最小誤差值(ε)、準確率門檻值(α)、分群結構門檻值(β)、停止更新時間(T_s)及更新時間預設為零($T_u=0$)。

Step 2 決定分群數：

在做分群之前，必須先決定分群數，在此將目前需要服務的顧客總需求量除以每台車的車容量得到基本的配送車輛數，將其當作初始分群數，如式 2 所示。

$$c = \sum_{i=1}^n dem_i / cap(v) \quad (2)$$

其中，

c ：分群數(群心個數)；

$\sum_{i=1}^n dem_i$ ：需服務的顧客總需求量；
 $cap(v)$ ：每台車之車容量限制。

Step 3 設定初使群心：

決定 c 個分群數後，預先設定 c 個平均值當作群聚的初始群心， $v_j=\{v_1, v_2, \dots, v_c\}$ 。

Step 4 計算隸屬值：

計算目前顧客與群心之間的隸屬值(μ_{ij})，如式 3 所示。

$$\mu_{ij} = \frac{1}{\sum_{p=1}^c \left(\frac{\|x - v_j\|^2}{\|x - v_p\|^2} \right)^{\frac{1}{m-1}}} \quad (3)$$

其中，

m ：表物件收斂參數值，用於調整隸屬程度的權重，為任何大於 1 的數，值愈高收斂速度越快，值越小收斂速度越慢，一般設為 2。

Step 5 重新計算群心：

將 Step 4 求得的隸屬值代入式 4，求出新的群心(v_j^*)。

$$v_j^* = \frac{\sum_{x \in X} (\mu_{ij})^m \times x}{\sum_{x \in X} (\mu_{ij})^m} \quad 1 \leq j \leq c \quad (4)$$

Step 6 判斷群心誤差：

設立條件為判斷更新後的群心(v_j^*)是否滿足預先設定的最小誤差值(ε)，如式 5 所示，若滿足此條件則進行 Step 7；否則將新群心設為初使群心(v_j)，並重覆 Step 3~6，直到滿足最小誤差值為止。

$$\sum_{j=1}^c \|v_j^* - v_j\| \leq \varepsilon \quad (5)$$

Step 7 依隸屬值將顧客分群：

檢查每個顧客的隸屬值，選出隸屬值最高的群聚，將此顧客分配至該群聚中，此時，需判斷是否符合車容量限制(式 6)。若是，則此顧客需求累加至該群聚之車容量(式 7)，並進行下一個顧客，直到全部的顧客均有其隸屬的群聚為止，接著執行 Step 9；否則，執行 Step 8。

$$\sum_{j=1}^c cap_j \leq cap(v) \quad (6)$$

$$cap_j = \sum_{i=1}^{n+k} dem_{ij} \quad 1 \leq j \leq c \quad (7)$$

其中，

cap_j ：表第 j 台車所累計的車容量；
 dem_{ij} ：表由第 j 台車所服務的顧客 i 之需求量。

Step 8 判斷是否還有群心：

先將車容量已滿的車輛刪除不予考慮，再判斷是否還有群心存在，若是，則返回 Step 7；反之，則加派車輛進行服務。

Step 9 新需求產生：

在實際物流環境進行配送時，新需求產生的時間應不固定，因此，為符合實務要求，本研究採取隨機產生需求的更新時間間隔 (RT_i)，並加上前次更新時間，做為本次新需求產生的更新時間 (T_u)，如式 8 所示。

$$T_u = T_u + RT_i \quad (8)$$

Step 10 判斷更新條件：

判斷需求更新的時間，是否到達預設停止更新時間 (T_s)，如式 9 所示。若是，則結束，完成分群動作；反之，則進行 Step 11。

$$T_u \geq T_s \quad (9)$$

Step 11 評估分群架構：

首先，定義新顧客 (k) 與各群心 (v_j) 的距離 $\hat{d}_{jk} = d(x_k, v_j)$ 。並且計算新顧客 k 與各群聚的隸屬程度 $\hat{u}_{ik}$ 。據此，建立兩種條件以做為新分群的評估準則，分別為準確率與最短距離兩種條件：

1. 準確率：評估新顧客點與群心間的緊密程度。藉由新顧客和群心的隸屬值 ($\hat{u}_{ik}$) 及群數 (c) 來求算，並判斷是否超過預設準確率門檻值 (α)，如式 10。

$$\left| \hat{u}_{ik} - \frac{1}{c} \right| \geq \alpha \quad (10)$$

2. 最短距離：評估新顧客是否與原有群聚相近。判斷新顧客到各群心之間的距離 ($\hat{d}_{ik}$)，是否小於等於兩相近群心距離的一半，如式 11。

$$\hat{d}_{ik} \leq \frac{1}{2} \min \{ d(v_i, v_j) \} \quad (11)$$

Step 12 決定分群結構：

藉由上述所求得的準確率與最短距離，來決定新加入的顧客是否需要重新分群，或者將其插入至原有群聚中。將以 $IC(x_k)$ 來累計每位新顧客分群後的狀況，若新加入之顧客同時符合準確率和最短距離兩個條件時，將 $IC(x_k)$ 計次為 1；否則，計次為 0 (式 12)。並將累計的 $IC(x_k)$ 除以新顧客總數 (r)，判斷是否有超過事先預設的分群結構門檻值 (β)，如式 13 所示。若是，則跳至 Step 4 計算新顧客與原有群聚群心的隸屬值，並依據所求得的隸屬值將新顧客歸屬於原有群聚中；否則，跳至 Step 3 新增群聚並重新分群。

$$IC(x_k) = \begin{cases} 1 & x_k \text{ 符合條件1和2,} \\ 0 & \text{else.} \end{cases} \quad (12)$$

$$\frac{\sum_{k=n+1}^{n+r} IC(x_k)}{m} \geq \beta, \quad 0 \leq \beta \leq 1 \quad (13)$$

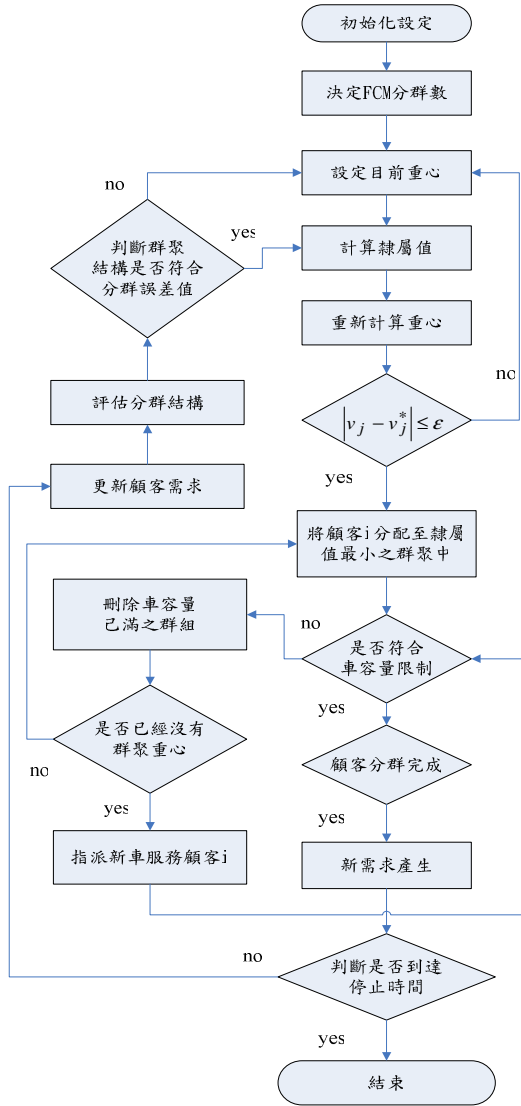


圖 2 動態 FCM 分群法之演算流程

2.2 路徑規劃模式及路徑改善模式

完成分群之後，將分群結果進行路徑規劃與改善的動作，本研究使用由 Koskosids 等人 [12] 所提出的成本函數法建構初始路徑，其數學模式如下：

目標函數

$$\min \bar{F}(x, y, t) = \sum_i \sum_j \sum_k \bar{c}_{ij} x_{ijk} \quad (14)$$

$$\bar{c}_{ij} = w_D d_{ij} + w_T u_{ij} \quad (15)$$

$$u_{ij} = \frac{1}{2} \left[(a_i - t_i)^+ p_e + (t_i - b_i)^+ p_l \right] + \frac{1}{2} \left[(a_j - t_j)^+ p_e + (t_j - b_j)^+ p_l \right] \quad (16)$$

$$(a_i - t_i)^+ = \max\{0, (a_i - t_i)\}$$

$$(t_i - b_i)^+ = \max\{0, (t_i - b_i)\}$$

其中，

d_{ij} ：顧客 i 與 j 之間的距離；

w_D 、 w_T ：距離權重、時間權重；

p_e ：車子早到顧客點時等待的懲罰值；

p_l ：車子晚到顧客點時遲到的懲罰值；

μ_{ij} ：配送顧客 i 與 j 時，若違反時窗的罰鍰，除以 2 是為了避免顧客 i 與 j 的違反時窗罰鍰被重覆計算；

上述式 14 為目標函數，考量空間與時間因素的最小總巡迴路徑成本；式 15 為考量距離與時間權重之成本；式 16 在計算早到及罰到的懲罰值。

由於初始路徑只是區域解並非最佳解，因此，再以禁制搜尋法(Tabu Search, TS)予以改善，以跳脫區域解趨近最佳解。TS 最早是由 Glover 於 1989 年所提出[10]，其概念是想構建一個智慧型的問題求解程式：在現在解的鄰域進行搜尋，並應用人工智慧的記憶機制，將已經搜尋過的解及其特徵記錄在禁制名單中，以避免重複性或毫無目標的搜尋；等到整個鄰域都搜尋完畢後，再選擇一個最佳的方向進行移動，以逐漸逼近最佳解。禁制搜尋法中主要包含移步(move)、禁制名單(tabu list)、渴望準則(aspiration level)、候選名單(candidate list)及搜尋停止準則(stopping criterion)五種組成要素。本研究在路徑改善階段是參考周淑蓉[1]之改善模組，以禁制搜尋法為核心結合 2-opt* 和 Or-opt 交換法，將 2-opt* 交換法進行路線間的改善，而路線內的改善則採用 Or-opt 交換法。演算流程如圖 3 所示。主要步驟如下所示：

- Step 1：將成本函數所求得之巡迴路徑，設定為初始解與目前最佳解。
- Step 2：判斷是否有車子只有服務少量的客戶。若是，則跳至 Step 3；若否，則跳至 Step 4。
- Step 3：是否可將只有服務少量客戶的車子之客戶分配給其它台車，且不違反限制條件。若是，則執行路線間插入改善的 Or-opt 交換法；若否，則跳至 Step 4。
- Step 4：執行 2-opt* 交換法和禁制搜尋法進行兩途程之間的路段交換，若交換後的解優於目前最佳解，則更新目前最佳解並繼續進行交換，直到到達最大允許未改善次數，則執行 Step 5。
- Step 5：判斷是否有車子只有服務少量的客戶。若是，則跳至 Step 6；若否，則跳至 Step 7。
- Step 6：是否可將只有服務少量客戶的車子之客戶分配給其它台車，且不違反限制條件。若是，則執行路線間插入改善的 Or-opt 交換法；若否，則跳至 Step 7。
- Step 7：執行 Or-opt 交換法及禁制搜尋法進行單一路線內的交換，藉由交換以變更客戶服務順序。
- Step 8：目前的最佳解是否有改善，若是，則將 2-opt* 及 Or-opt 交換法的連續失敗次數歸零且更新初始解，將初始解改為由 Or-opt 交換法進行多次改善最後得到的最佳鄰近解，並執行 Step 9；若否，則將 2-opt* 及 Or-opt 交換法的連續失敗次數+1，並執行 Step 10。
- Step 9：運算次數+1，並判斷連續失敗次數是否已達最大允許持續未改善次數，若是，則結束此流程；若否，則執行 Step 10。
- Step 10：判斷是否已達到最大允許運算遞迴圈數，若是，則結束此流程；若否，則返回 Step 4。

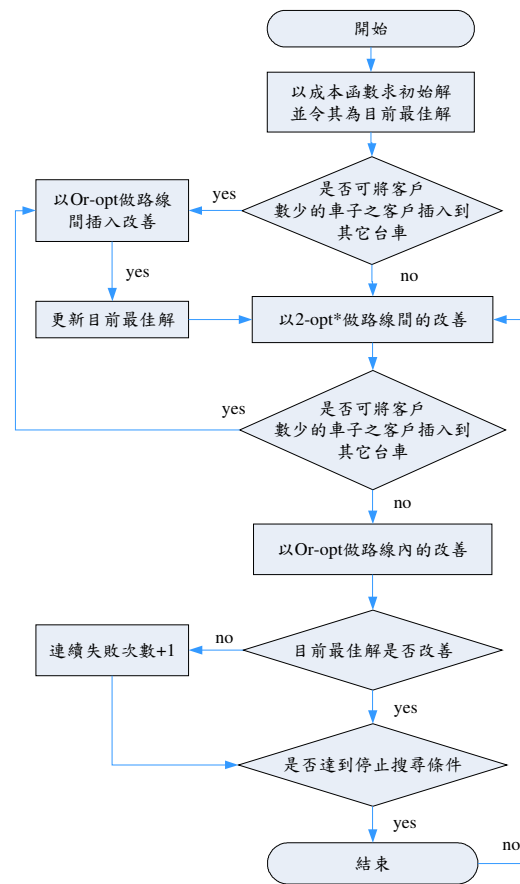


圖 3 結合 2-opt*、Or-opt 交換法及禁制搜尋法的演算流程

3. 實驗結果與分析

本研究以 Solomon 在 1983 年所設計的 VRPTW 標準測試問題題庫進行實驗，隨機取 100 筆資料當實驗數據，取其前 50 筆做為靜態求解的部份，即為已知的顧客需求點；先採用 FCM 分群法將顧客歸屬於隸屬程度大的群聚中，第一次 FCM 分群結果如表 1 所示。完成分群動作後，依分群結果使用成本函數排列出各群聚中顧客服務順序，即求得巡迴路徑之初始解，如表 2 所示。並利用禁制搜尋法結合 2-opt* 和 Or-opt 交換法改善初始解，進而求得巡迴路徑之改善解，如表 3 所示。

完成第一次分群時，將 50 個顧客點分成 6 群，並進行求算初始路徑，由於分群僅考慮距離因素而未考慮時窗因素，以致於無法完全服務完群聚中的所有顧客點，因此，需增加 3 台車來服務其它顧客，完成初始路徑之總距離為

1736.82，總成本為 1066.2164。進行改善後總 距離為 1697.7292，而總成本減少為 1019.3295。

表 1 第一次動態 FCM 分群結果

第幾群	包含的顧客點
1	1,3, 8, 12, 13, 16, 20, 23, 26, 32
2	2, 5, 10, 18, 22, 25, 30, 35, 41
3	4, 6, 14, 17, 24, 27, 34, 37, 44
4	7, 11, 15, 21, 28, 29, 31, 36, 42, 46
5	9, 19, 39, 45, 49
6	33, 38, 40, 43, 47, 48, 50

表 2 第一次分群後的巡迴路徑之初始解

目標 結果	車輛數	總路線距離	總成本
實驗結果	9	1736.82	1066.2164
路線編號	經過節點順序		
1	0-1-3-12-13-16-26-32-0		
2	0-2-5-10-18-25-35-41-0		
3	0-4-14-17-27-34-37-44-0		
4	0-7-11-15-21-29-31-36-42-46-0		
5	0-9-19-39-49-0		
6	0-33-40-50-0		
7	0-6-8-22-23-38-45-0		
8	0-20-24-30-43-47		
9	0-28-48-0		

表 3 第一次分群後的巡迴路徑之改善解

目標 結果	車輛數	總路線距離	總成本
實驗結果	7	1697.7292	1019.3295
路線編號	經過節點順序		
1	0-4-8-19-16-23-25-35-40-38-45-0		
2	0-2-3-12-13-17-22-26-32-33-39-49-0		
3	0-1-5-10-18-27-34-37-44-41-46-0		
4	0-9-14-0		
5	0-6-7-11-15-21-29-31-36-42-50-0		
6	0-20-24-30-43-0		
7	0-28-48-0		

完成靜態求解部份後，即進行動態求解部份，首先，判斷是否到達停止更新時間 (T_e)= 1000 及新顧客需求量是否到達所設定之最小變動量=10，而即時產生新顧客配送需求之更新時間單位=50，並採隨機的方式產生新需求數量，最後判斷群聚結構依據準確率=0.5 與群聚結構誤差值=0.5。首次動態產生 17 個新顧客需求，並刪除已服務之 9 個顧客需求，進行第二次的動態 FCM 分群。當有新需

求產生時，因未到達停止更新時間且符合最小變動量，利用評估準則判斷群聚結構，發現只需將此 17 個新顧客需求加入舊有群聚中即可，因此，進行完第二次動態 FCM 分群後，指派 7 台車進行服務 58 個顧客，並且對每台車輛進行初始路徑規劃，其初始路徑解之總距離為 2161.067，總成本為 1884.657，並將初始路徑進行改善後，總距離縮短為 1845.06，而總成本減少為 1111.21，如表 4 所示。

表 4 第二次求解結果

分群結果				初始解			改善解		
已服務的顧客數	新加入的顧客數	現有顧客數	分群數	車輛數	總路線距離	總成本	車輛數	總路線距離	總成本
9	17	58	7	12	2161.067	1884.657	8	1845.06	1111.21

隨後，又產生 15 個新顧客需求，並刪除已服務之 11 個顧客需求。此次新需求產生，也未到達停止更新時間且符合最小變更量，而利用評估準則判斷群聚結構，發現只需將此 15 個新顧客需求加入舊有群聚中即可，因此，進行完第三次的動態 FCM 分群後，指派 8 台

車進行服務 62 個顧客，並且對每台車輛進行初始路徑規劃，其初始路徑解之總距離為 2123.488，總成本為 2173.555，再將初始路徑進行改善後，總距離縮短為 2043.18，而總成本減少為 2019.49，如表 5 所示。

表 5 第三次求解結果

分群結果				初始解			改善解		
已服務的顧客數	新加入的顧客數	現有顧客數	分群數	車輛數	總路線距離	總成本	車輛數	總路線距離	總成本
11	15	62	8	12	2123.488	2173.555	9	2043.18	2019.49

隨後，又產生 10 個新顧客需求，並刪除已服務之 10 個顧客需求。此次新需求產生，也未到達停止更新時間且符合最小變更量，而利用評估準則判斷群聚結構，發現只需將此 10 個新顧客需求加入舊有群聚中即可，因此，進行完第四次的動態 FCM 分群後，指派 9 台

車進行服務 62 個顧客，並且對每台車輛進行初始路徑規劃，其初始路徑解之總距離為 2356.192，總成本為 2568.575，再將初始路徑進行改善後，總距離縮短為 2039.34，而總成本減少為 2431.302，如表 6 所示。

表 6 第四次求解結果

分群結果				初始解			改善解		
已服務的顧客數	新加入的顧客數	現有顧客數	分群數	車輛數	總路線距離	總成本	車輛數	總路線距離	總成本
10	10	62	9	12	2356.192	2568.575	9	2039.34	2431.302

最後產生 8 個新顧客需求，並刪除已服務之 9 個顧客需求。此次新需求產生，未到達停止更新時間但其不符合最小變更量之條件，原本應該累積新需求量直到符合條件為止，但因後續無新顧客需求產生，所以即利用這 8 個新顧客需求進行判斷群聚結構的動作，發現只需將此 8 個新顧客需求加入舊有群

聚中即可，最後進行第五次的動態 FCM 分群後，指派 9 台車進行服務 61 個顧客，並且對每台車輛進行初始路徑規劃，其初始路徑解之總距離為 2023.81，總成本為 2785.661，再將初始路徑進行改善後，總距離縮短為 1941.68，而總成本減少為 2776.576，如表 7 所示。

表 7 第五次求解結果

分群結果				初始解			改善解		
已服務的顧客數	新加入的顧客數	現有顧客數	分群數	車輛數	總路線距離	總成本	車輛數	總路線距離	總成本
9	8	61	9	12	2023.81	2785.661	10	1941.68	2776.576

據此結果，驗證本研究所提出針對即時需求導向物流配送問題之求解模式，具有可行性，未來將進行多次題庫模擬實驗，並採用實際案例資料進行測試，以期符合實際應用之需求。而本研究主要延續楊家豪[6]之求解模式，除了延續其可處理即時顧客需求與求解新顧客分群過程較簡單並具速率之優點外，本研究加入最小變動量之考量，可避免因少數的新需求產生即重新規劃路線所造成的成本，所以較符合經濟效益，並且於每次新需求產生時，進行重新規劃路徑，所求得之路徑皆為改善解而非初始解，以確保每次資料變動後，所獲得之總距離及總成本為最佳解。

本研究之成果與其他研究之比較分析如下：

1. 兩階段法求解法

線上型車輛巡迴路線問題的研究中，鮮少以先對客戶分群再求解路線規劃。本研究考量即時需求之線上型車輛巡迴路線問題，應用以 FCM 動態分群法先針對即時產生的顧客資料進行分群，再依分群結果利用成本函數安排路線規劃。

2. 改善解之求解過程

楊家豪[6]在求解線上型車輛巡迴路線問題上，先採用動態 FCM 方法將即時顧客需求重新分群，再利用成本函數求得可行之初始解，當有新需求產生時，利用動態 FCM 重新分群或調整分群結果並求得初始路徑，最後再藉由禁制搜尋法結合交換法改善。而本研究同樣是採用動態 FCM 方法進行分群，並利用成

本函數求得初始解，但不同之處在於，每求得一次初始解，即進行改善解的求算，並判斷是否有新需求產生，若有則利用動態 FCM 重新分群或調整分群結果，並進行路徑初始解與改善解的求算。此部份的改良，主要是考量求得初始解後，立即進行改善，以確保每次資料變動後，所求得的路徑皆為最佳解，使得總成本與總路徑亦為最佳結果。

3. 新需求產生之回應

雖然每當有新需求產生，即重新規劃路線，可以快速回應顧客需求，但因新需求是逐一產生的，因此，有可能每次只出現少數幾個，若只針對少數的需求重新求算，需花費較多時間求解較無效率，因此，本研究加入了最小變動量的考量，即當有新需求產生時，需先判斷新需求總量是否滿足最小變動量的門檻值，如果符合條件即針對新需求進行求解，反之，則累積至預設最小變動量為止。

綜合上述，本研究改良了改善解的求解過程並加入了最小變動量的考量因素，使得在構建線上型車輛巡迴路線問題之求解模式上更加完善，以期符合實務上的需求。透過本研究之求解模式，除了可達到快速回應顧客需求之目的，且可規劃出最佳路徑，以降低運輸成本滿足企業利益。

4. 結論

本研究採用兩階段法求解考量即時需求之線上型車輛巡迴路線問題，應用 FCM 動態分群法針對即時產生的顧客資料進行分群，並將分群結果利用成本函數求得路徑初始解，再藉由禁制搜尋法結合路線交換法，改善初始解求得最佳解，此外，若有新需求產生時，需先判斷新需求總量是否超過最小變動量，再運用兩項評估準則，調整群聚結構重新分群並安排路徑。如此，即可快速回應顧客需求，並規劃出最佳路徑。經由 Solomon 題庫，測試本研究所提出方法之可行性，由實驗結果獲得以下結果：

1. 考量即時顧客需求部份，採用 FCM 動態分群技術處理變動的顧客資料，可簡化傳統分群技術之繁雜的求算過程，再利用成本函數求得各群聚之初始解。
2. 將初始解運用禁制搜尋法結合 Or-opt 與 2-opt* 交換法進行改善，以期跳脫區域最佳解，進而求得趨近最佳解，以規劃出最佳路徑提供車輛進行服務。
3. 利用上述方法，構建一快速回應顧客需求之求解模式，達到將顧客安排至適當的車輛進行服務，及滿足最小總旅行成本之最終目標。

參考文獻

- [1] 周淑蓉，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研究所碩士論文，2004。
- [2] 周蘇江，含時窗限制的動態車輛途程問題之研究，中原大學工業工程學系碩士論文，2001。
- [3] 柯景文，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研究所碩士論文，2001。
- [4] 許晉嘉，宅配業貨物配送路線規劃問題之研究，國立成功大學交通管理科學研究所碩士論文，2002。
- [5] 陳昱廷，顧客需求不確定下，即時車輛派遣系統之研究，國立高雄第一科技大學運籌管理系碩士論文，2005。
- [6] 楊家豪，應用模糊分群技術於需求導向之物流配送問題之研究，朝陽科技大學資訊管理研究所碩士論文，2006。
- [7] Bezdeck J. C., *Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algorithms*, Kluwer Academic Publishers Norwell, MA, USA, 1981.
- [8] Du, T. C., Li, E. Y., and Chou D., "Dynamic Vehicle Routing for Online B2C Delivery," *Omega*, Vol. 33, pp. 33-45,

- 2005.
- [9] Dunn, J. C., "A Fuzzy Relative of the ISODATA Process and Its Use in Detection Compact Well-Separated Clusters", *Journal of Cybernetics*, Vol. 3, pp. 32-57, 1973.
 - [10] Glover F., "Future Paths for Integer Programming and Links to Artificial Intelligence," *Computers & Operations Research*, Vol. 13, pp. 533-549, 1986.
 - [11] Han, J., and Kamber, M., *Data Mining: Concepts and Techniques*, Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, 2002.
 - [12] Koskosidis, Y. A., Powell, W. B., and Solomon M., "An Optimization – Based Heuristic for Vehicle Routing and Scheduling with Soft Time Window Constraints," *Transportation Science*, Vol. 26, pp. 69-85, 1992.
 - [13] Montemanni, R., Gambardella, L. M., Rizzoli, A. E., and Donati, A. V., "A New Algorithm for a Dynamic Vehicle Routing Problem based on Ant Colony System," Technical Report, IDSIA-23-02, Galleria 2, CH-6928 Manno, Switzerland, 2003.
 - [14] Accenture(2006), http://www.accenture.com/Global/About_Accenture/default.htm, Access time 2006/12/29