

以空間群聚分析探討 單一物流中心車輛途程問題

A Clustering Analysis of the Vehicle Routing Problem with a Single Depot

陳致元*

Chih-Yuan Chen

朱子豪**

Tzu-How Chu

Abstract

In the last few years, many researches have studied the vehicle routing problem (VRP) in logistics studies, which is a NP-Complete problem that can only be solved heuristically. The most frequently used methodology is the "two-step method." The first step is to generate several unimproved solutions, and the second step is to improve the results generated in the first step. Although many studies have focused on the algorithms of the second step, little is known about the influences of the result of the first step. The purpose of this research is to compare the dispatching costs calculated by the application of the VRP models with the costs obtained by traditional algorithms. The study shows that the VRP models yield better results when the demand points are clustered. We also show two clustered patterns of demand points under which the dispatching of goods is cost effective.

Keywords: logistics, dispatch, clustering analysis, VRP.

* 國立台灣大學地理環境資源研究所博士候選人

Ph. D. Candidate, Department of Geography, National Taiwan University.

** 國立台灣大學地理環境資源系教授

Professor, Department of Geography, National Taiwan University.

摘 要

在物流業中，配送問題可說是影響成本最重大的空間問題，近年來許多學者致力於車輛途程問題 (vehicle routing problem, VRP) 演算法的發展，以求改善物流配送的距離與時間成本，由於 VRP 問題是屬於非完全多項式 (NP-Complete) 的問題，故學者大多致力於啟發式演算法的開發及改良，而在 VRP 求解模式當中，一般大多使用二階段法，以往學者們多致力於第二階段求解的改善，對於第一階段起始解的產生，則較少以空間的角度切入研究。

本研究嘗試發展一具空間分析理論基礎的車輛配送途程的規劃模式，並針對不同的需求點空間分佈形態 (pattern)，與傳統演算方法進行配送成本之比較。實驗結果發現本研究提出之群聚 VRP 演算法在需求點分佈較為群聚的條件下，可得到較傳統演算法為佳的結果，同時本研究也針對需求點的空間分佈，歸納出兩種有利於群聚配送的型態。

關鍵字：物流配送、群聚分析、車輛途程問題

緒 論

近年來由於商業市場的擴大以及競爭的激烈，管理系統在空間特性問題上處理能力不足的問題已慢慢浮現，管理者在面對顧客空間的分佈、消費區域的特性，以及管理區位的選擇上，對於空間決策與分析的需求，已日漸提高，例如在貨物運送方面，如何克服空間阻隔，以達到最大經濟效益，是共同一致的目標，空間資訊技術在相關的研究課題當中，過去較少有相關的探討，因此，若能將空間分析方法引入與空間高度相關的產業技術發展當中，將能有效的克服空間阻隔，達到節省成本的目的。但是目前相關產業使用空間資訊技術的普遍性仍低，未來在此領域的發展仍有待專家學者的共同努力。

而隨著交通以及通路的發展，市場的需求也有逐漸多樣化的趨勢，而在這樣的環境下，一種新的集散中心 - 物流中心 - 便應運而生，在這樣的通路當中，產生的活動除了實體配銷外，還有商流、資訊流、金流等 (張有恆, 1998)。實體配銷是指在產銷過程中將產品運送到客戶手中的過程，在這樣的過程中，運輸成本往往佔了總運銷成本的大部分，故近年來許多企業無不致力於運輸成本的降低，以提高自我的競爭力。在運輸成本中主要又以貨品在運銷通路裡移動所產生的成本為最，如此便產生了配送以及車輛途程問題 (Vehicle Routing Problem, VRP)。由於車輛途程問題求解演算是屬於 NP-Complete¹ 的問題，故學者大多致力於啟發式演算法² 的開發及改良。物流業之配送問題可視為一種空間活動，就過去的文獻進行分析，可以發現下列兩點問題；首先在 VRP 求解模式當中，一般研究大多使用二階段法，將問題切割為初始解的產生和解的改善，而多數學者致力於解的改善，對於初始解的產生，較少以空間的角度切入。其次則是物流配送整合進入 GIS 系統後可當作一空間分析的問題，但以往研究較少考量空間分佈差異對配送所產生的影響。

基於以上兩點問題，本研究嘗試將空間分析中群聚分析方法 (Clustering Analysis) 引入車輛途程問題 (VRP) 模式當中，已改善以往 VRP 演算法未加入空間考量的問題。同時比較分析不同的空間分佈型態 (Pattern)，對不同 VRP 求解模式的影響。

過去關於 VRP 的定義，已有許多學者作了相關定義的回顧，而根據 Golden 與 Assad (1988) 所做的研究，VRP 的求解策略大致上可分為以下七種類型：

1. 先分群再排路線 (Cluster First-Route second)
就是先將所有的節點分為幾個小群，然後再個別解決子問題，最常見的方法為 1974 年 Gillett 與 Miller 所提出的掃描法。
2. 先排路線再分群 (Route First-cluster Second)
此法剛好和前一種相反，先建構一條全區的 TSP 路線，然後再依限制條件分割成數個子路線，此法可以用來求解不同車隊大小的問題。
3. 節省法或插入法 (Saving or Insertion)
在求解的過程中，不斷地使用節省成本最大來建構途徑，直到不能再節省為止，是在 1964 年由 Clarke and Wright 所提出。
4. 改善與交換 (Improvement or exchange)
必須先建立一可行途徑，然後利用此法對此途徑作不斷地改善，直到無法在改善為止。
5. 數學規劃法 (Mathematical Programming Approaches)
應用數學模式來求解，例如拉格蘭津解除法等。
6. 人機互動法 (Interactive Optimization)
人機互動法是一種結合使用者的直覺、經驗、以及專業能力，納入求解過程的一種方法，這種方法可以讓決策者在電腦產生途徑的中間階段，因應真實世界情況而加以修正，使得規劃的結果更能符合實際的需要。
7. 最佳解法 (Exact Procedures)
最佳解是指目標函數之值在整個可行域中為最有力的解，最佳解法主要又可以分為分之定界法、整數規劃法與動態規劃法三種，此類方法僅能適用於較小的問題規模上。

由於最佳解法無法在合理時間內求解，故近年來學者皆致力於啟發式解法，上述 1、2、3、4 即屬於此類，在過去的研究中，以掃描法在各種啟發式解法中，在距離成本上表現較佳 (徐吉田，1993)。而關於啟發式解法，一般多使用二階段法，敘述如下：

1. 第一階段
初始解的產生：即先利用一快速的求解方法，求出一初始解，
2. 第二階段
進行路線的改善：利用相關啟發式解法，進行求解值的改善。

在改善解的部分，一般可分為路線內的改善求解方法以及路線之間的改善求解方法，路線內的改善方法如 2-opt, 3-opt 交換法³ (Russell, 1977)，其作法是將路線內任意兩或三個需求點做配送順序的交換，來減少配送距離，路線間的改善方法如莊志諒 (1987) 提出路線間的節點交換方法，以不同路線間的需求點交換來改善路線距離成本。

研究方法

由於過去研究大多著眼於第二階段改善演算法，對於初始解的產生，並未考慮不同空間分佈型態差異所造程的影響，故本研究透過空間分析相關技術的引入，對於 VRP 問題初始解的產生，使用群聚分析的原理來產生一合理解，再配合不同的改善解模式，能夠達到配送距離成本的最小化。

本研究引入空間群聚分析技術，建構群聚分析 VRP 求解模式，針對以隨機或群聚方式產生之測試例題，與傳統之 VRP 求解模式進行配送距離成本之比較，在利用本研究所提出之空間度量指標，將物流配送空間群聚型態作一歸納，其核心架構見圖 1。

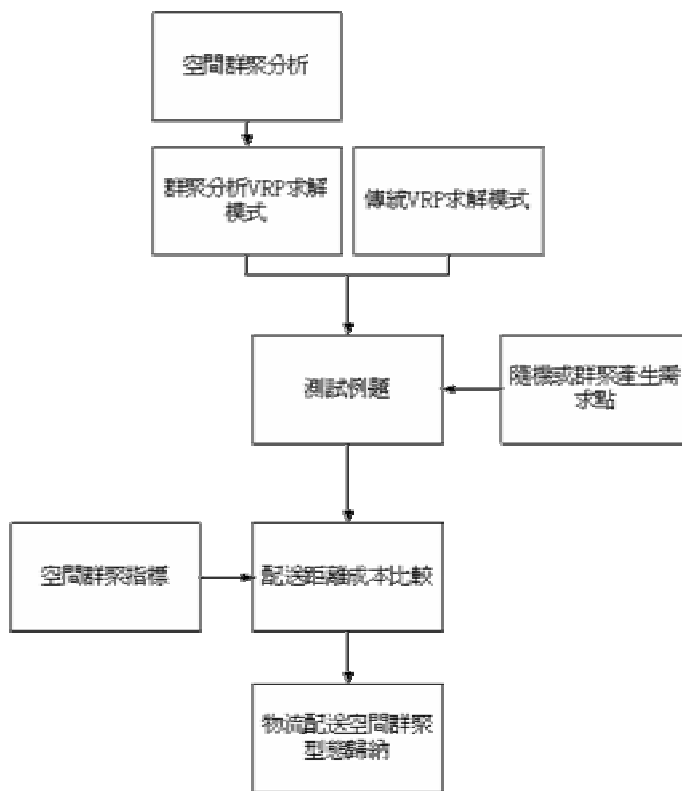


圖 1 研究核心架構

(一) 研究假設

本研究考量單一物流中心作業方式，以及理論測試之可行性，初步有以下假設：

1. 本研究之物流中心為單一物流中心，多部車輛配送
2. 需求點所構成之路網為對稱性路網，即假設路網皆為雙向行進。

3. 每個需求點由一部車服務，每個點需求量不超過一部車之總容量。
4. 車輛為單一車種，即視為同一容量，每輛車輛裝載有容量限制。
5. 本研究為無時窗限制⁴的配送問題。
6. 客戶的區位為已知，且需求量也為已知。
7. 需求皆以同一種商品之數量考慮，車輛容量視為同一種商品之裝載量。

(二) 群聚分析 VRP 求解模式

若要將空間中不同的點資料予以歸納分類，則必須要使用空間分析中的群聚分析技術 (Cluster Analysis)，本研究 VRP 規劃模式的概念，主要是利用群聚分析技術將位在路網上的需求點加以分群，將空間分析中群聚分析模組應用於 VRP 初始解的求得，由於其具有空間群聚的概念，使得各分群內可得到一較小的配送距離成本，由於不同的空間型態對於集群分析的結果會有不同的影響，如此也將影響到分群後的配送路線成本，所以本研究也將根據不同的空間分佈型態，引入空間度量參數，以做為空間度量，來評定不同演算法在不同空間度量上的成本的優劣。

關於本研究所採用之群聚分析方法，在考慮分群以距離最短為原則之前提下，選擇不含其他權重值而以歐氏距離為群聚指標的群聚演算法，作為群聚的主要演算法，本研究將採用 SLINK (single linkage clustering method) 以及 CLINK (complete linkage clustering method) 兩種群聚分析方法，配合先分群再解路線的演算方式求解。以下將兩種方法敘述如下：

1. SLINK (single linkage clustering method)

在 Clustering Analysis 方法中是屬於一種非監督性分類，一開始所有點皆視為相互獨立的一群，然後依照群與群之間的距離取最小的兩個群合併為一新的群在本研究測試資料中，距離乃指點與點之間的歐氏距離，若在真實世界中，則指的是最短路徑距離，若群與群之間含有多個點時，則以群與群之間各點相互距離最小者訂為為群組間距離，取群組間距離最小之兩群合併，直到滿足事先給定的群組數 K ，由於本研究中車輛有裝載量的限制，故當車輛滿足裝載容量時即不再與其他群做合併，當無新的群組產生合併時即代表分群演算結束 (圖 2)。

2. CLINK (complete linkage clustering method)

和 SLINK 一樣，CLINK 在 Clustering Analysis 方法也是屬於一種非監督性分類，和 SLINK 不同之處，則是以群與群之間點距離最大者為群組間距離，取群組間距離最小之兩群合併。

本研究採用 SLINK 與 CLINK 演算法進行分群，分群後的各子群可視為個別單獨的旅行推銷員問題 (Travel Salesman Problem, TSP)⁵，過去的研究以最遠內插法為優 (徐吉田, 1993)，將分群法與最遠內插法結合變成為本研究之 (三) 群聚分析 VRP 求解模式。

(三) 與無空間分析概念求解模式之比較

過去關於 VRP 的研究文獻中，對於初始解產生，發現掃瞄法在總距離成本考量時，一般皆有不錯的結果。Boding 等人 (1983) 在研究中也建議初始解可採用掃瞄法掃瞄法，掃瞄法在 VRP 求解模式中屬先分群再解路線的演算法，其演算法原理為先以物流中心為原點，將所有需求點的極座標訂出，然後依角度大小以逆時鐘或順時鐘方向掃瞄，若滿足車輛裝載容量即劃分為一群，將所有點掃瞄完畢後計算出行駛距離，然後以角度次小的點與原點的連線為新極軸開始掃瞄，當所有的皆作為極軸計算過

後找出最小行駛距離的結果即完成演算。故本研究在模式驗證時，也納入掃描法 (Sweep) 與本研究所題之群聚分析法 (Slink, Clink) 做一相對性的比較。另外在改善解的部分，本研究加入路線內改善模式 2-opt (2opt)、3-opt (3opt) 方法及路線間的一對一節點改善方法 (Ex)，以及以上三種方法所組合的綜合法 (23E)，來比較改善後的配送結果。

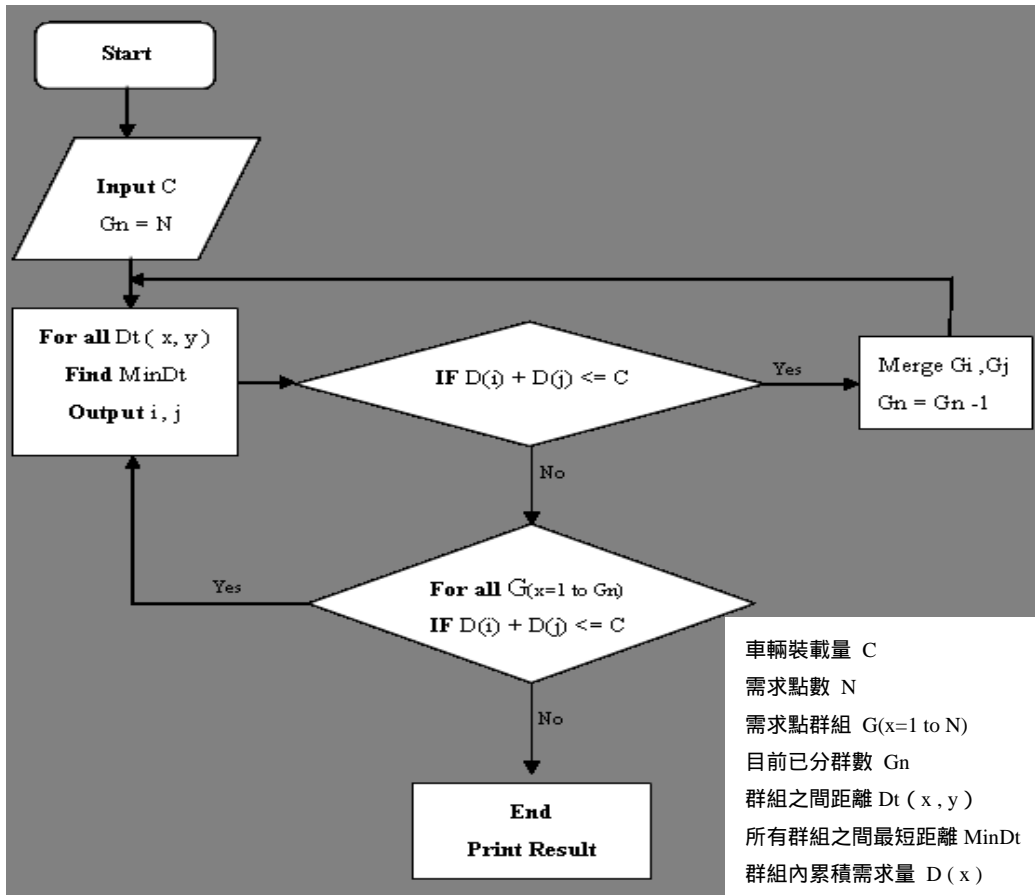


圖 2 Cluster Analysis 演算法流程

(四) 測試資料產生方式

本研究測試資料的產生可分為隨機產生與群聚產生兩種，隨機空間點資料的產生以電腦隨機亂數產生，其範圍是以 100×100 的區域方格內，以中心點作為物流中心。而為比較不同的空間群聚型態下的配送結果，另外設計了分群產生配送點的方式，先以亂數取數個群落中心，以設定的最大半徑下，用亂數決定角度及半徑來產生配送點。本研究依照以上兩種不同方式，產生 50、75、100 等三種不同之求點數目，作為本實驗研究之測試例題。需求量的產生則使用 Poission 分佈，先給定一個平均值 E ，然後產生合乎 Poission 分佈的需求值，本研究使用 15 單位為平均需求量來產生本研究實驗之需求量。關於車輛裝載的容量，本研究設計四種不同的車輛裝載量為 150、200、250 及 300 單位裝載量上限。根據以上四點原則，產生 12 個測試題 (表 1)，配合不同之演算策略來進行資料的測試。

表 1 測試資料列表

	需求產生方式	需求點數	車輛裝載量
例題 1	群聚	50	150
例題 2	群聚	50	150
例題 3	群聚	50	150
例題 4	隨機	50	150
例題 5	群聚	100	250
例題 6	群聚	100	250
例題 7	群聚	100	300
例題 8	隨機	100	300
例題 9	群聚	75	200
例題 10	群聚	75	200
例題 11	群聚	75	150
例題 12	隨機	75	150

(五) 空間群聚指標的描述

由於不同之群聚型態可能影響配送演算法之結果，故需要一分析之指標作為演算之參考，指標的產生主要是希望對於不同的空間分布狀況加以說明，一般地理空間描述指標常用最近鄰指數，但由於他僅描述空間中所有的點之群聚與離散程度，對於空間分布相對於物流中心之關係，並沒有辦法進行區隔，故本研究另外納入兩種關於物流配送空間描述的量度方法，來進行空間型態的描述與測量；

1. 固定角度容量變化 (FACV)

此法乃是先將顧客需求點的需求量加總，然後再除以車輛的裝載容量，得到的是最少使用車輛數，再將需求點依照極座標切割成與最少車輛數相同等分，在計算每等分裡面之容量，如此可得到一容量的變化表，此法可以測量當需求點較為群聚時，代表容量可能較高，此時便需要多台車配送方能滿足需求，若需求點較為離散時，則代表需求為均勻分布，每個掃描範圍約為一台車之容量 (圖 3)。

2. 固定容量之角度變化 (FCAV)

此法和掃描法類似，先以任一點為出發點，以車輛容量為限至開始掃描，如此可得到角度的變化，當每一點皆當作出發點掃描後，取角度累加最小的那次掃描作為角度掃描的結果，當需求點較為群聚時，掃描的角度較小，當需求點較為離散時，則掃描的角度較大且規律 (圖 3)。

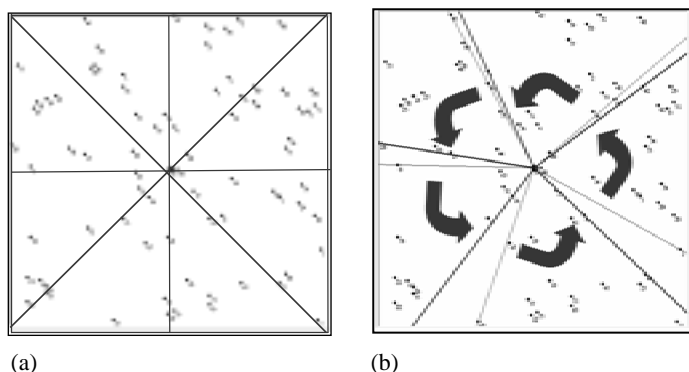


圖 3 空間群聚指標；(a) 固定角度容量變化，(b) 固定容量之角度變化。

研究結果與討論

本研究經測試的結果發現，在 12 個測試題中，本研究所發展之群聚演算法在需求點分佈為群聚時，初始解皆有較佳的距離配送成本，其中 SLINK、CLINK 各占 5 題，符合本研究之預期目標。在改善解的部分，一般來說較佳的初始解配合改善法也會獲得較佳的改善解，綜合改善方法可以得到最佳的距離成本改善，但在測試題 2、9、10 當中，以路線間節點交換法得到之改善解優於群聚演算法之改善結果，但差距最大只在 3% 左右，其餘測試題則群聚演算法配合改善法則優於掃描法最多則可達 15%，SLINK、CLINK 在不同的例題當中皆有不錯的配送初始成本及改善解，證明群聚演算法在需求點為群聚分佈時，可用來作為初始解的有效產生演算法。在車輛使用方面，群聚演算法在需求點點數增加的情形下，會因為群聚間合併超過車輛容量導致無法合併的現象，故在車輛的使用上較掃描法為多，但每台車輛的裝載量較為平均且合理。掃描法在最後的分群可能會產生需求點只有少數幾點的，使得車輛裝載量偏低的情形。詳細的車輛使用及配送成本見表 2、表 3。

表 2 不同演算法配送車輛數

	掃描法車輛數	SLINK 車輛數	CLINK 車輛數
例題 1	6	6	6
例題 2	6	6	6
例題 3	6	6	7
例題 4	6	6	7
例題 5	11	11	11
例題 6	7	8	8
例題 7	6	6	6
例題 8	6	6	7
例題 9	6	6	7
例題 10	7	7	7
例題 11	9	9	9
例題 12	8	10	11

在空間指標的描述方面，本研究針對測試例題進行固定角度容量掃描 (FACV) 的結果見圖 4，結果發現在需求量越密集的地方則容量越高，如例題 2 可見角度分區中容量最多可達 2.27 車 (見圖 4 (b))，顯示在此角度範圍內有較多需求點聚集，配送結果也顯示 CLINK 演算法在總距離成本上表現最佳。固定容量角度掃描 (FCAV) 則在需求點較為群聚的時候，角度會較小，如例題 11 可見容量分區大多為角度較小之分區 (圖 5 (k))，顯示需求點在空間分佈上多為群聚型態，配送結果顯示 SLINK 法在總距離成本上表現較佳，以上結果皆顯示當需求點分佈較為群聚時，本研究所提出之群聚演算法在配送總距離成本上，優於傳統掃描演算法，當需求點分佈為隨機時，容量及角度的分佈則較為平均，此時則應該使用掃描法進行求解。

表 3 各種不同演算策略路線總成本 (粗體數字為同一測試題中各種演算方法的最佳結果)

	Test1	Test2	Test3	Test4	Test5	Test6	Test7	Test8	Test9	Test10	Test11	Test12
Sweep	711.04	663.43	790.13	890.18	1359.84	867.66	811.15	1014.97	762.17	907.96	992.09	1151.95
Slink	648.84	630.31	762.94	936.89	1257.49	840.38	678.68	1047.89	775.48	868.89	917.44	1306.76
Clink	693.37	614.42	784.56	919.81	1265.19	832.30	678.68	1138.39	759.35	867.54	935.96	1334.37
Sw2opt	711.04	663.38	787.77	890.18	1356.47	863.66	805.64	1009.53	761.71	906.38	987.64	1147.93
Sk2opt	647.96	629.55	753.68	935.57	1250.96	834.22	676.26	1039.19	773.36	868.47	910.33	1302.44
Ck2opt	692.48	613.62	775.05	919.19	1256.27	826.67	676.26	1126.55	759.20	864.24	930.71	1334.37
Sw3opt	711.04	663.43	787.77	890.18	1356.05	863.09	805.64	1011.67	760.40	906.38	987.64	1147.93
Sk3opt	647.96	629.55	753.68	935.57	1250.51	834.13	672.99	1037.58	773.36	866.77	912.23	1302.50
Ck3opt	692.48	613.62	775.42	919.19	1255.82	826.58	672.99	1126.08	759.20	861.73	932.61	1334.37
SwEx	706.26	607.21	783.43	890.18	1354.91	865.63	807.01	1014.97	755.77	856.02	947.74	1151.95
SkEx	648.84	626.04	762.94	936.89	1252.66	829.45	678.68	1045.32	775.48	860.74	900.95	1306.76
CkEx	693.37	613.68	784.56	919.81	1264.83	832.30	678.68	1138.39	759.35	858.40	920.57	1334.37
Sw23E	703.68	604.29	781.07	890.18	1350.50	856.60	792.82	1009.53	757.10	834.12	926.16	1147.93
Sk23E	647.96	624.19	743.49	935.57	1244.82	834.13	672.99	1037.58	773.36	854.78	876.76	1302.44
Ck23E	692.48	613.62	775.05	919.19	1255.78	826.58	672.99	1126.08	759.20	839.10	909.93	1334.37

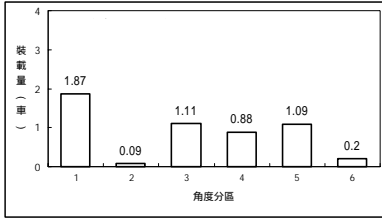
本研究根據測試結果，歸納出兩種特殊情形的空間群聚型態，來分析其對掃描法與群聚分析演算法結果之影響。

(一) 重疊型態

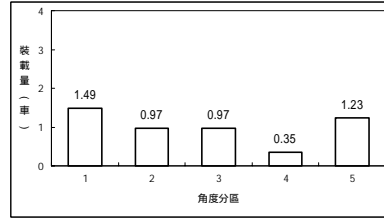
此種型態乃是以物流中心為中心點向外輻射一角度範圍內，若有兩個群聚現象在不同的距離位置發生(圖 6)，且一群距離物流中心距離較近，而另一群距離較遠時，而在這種情況下，掃描法採用的策略是利用角度大小進行切割，而群聚分析方法則是將需求分為接近物流中心群與較遠離物流中心群，進行個別的配送，其配送結果如圖 7 (a)，而此時群聚分析方法由於只進行了一次偏遠地區的配送故在總距離成本下得到的結果較佳。

(二) 孤立型態

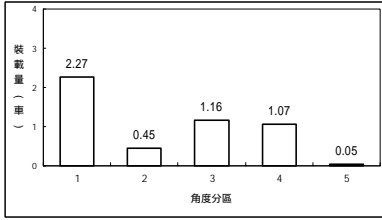
此種型態乃發生在若兩個群聚在空間上屬孤立狀態，其配送結果如圖 8 (a)，但由於掃描法若不滿足車輛容量，會繼續將需求點併入，而最後造成一車滿足裝載量而另一車裝載較少的情況，而群聚分析方法則會以空間中較為接近的需求點進行合併，對於偏遠地點之需求點則較不考慮。配送模式的結果如圖 9 (a)。



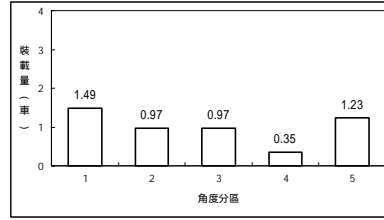
(a) 測試題 1



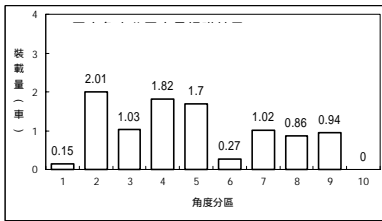
(b) 測試題 2



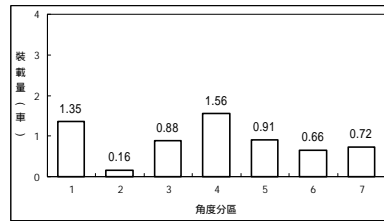
(c) 測試題 3



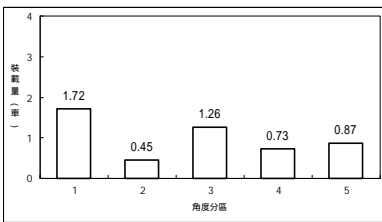
(d) 測試題 4



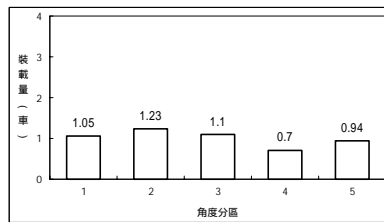
(e) 測試題 5



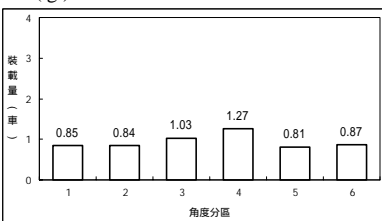
(f) 測試題 6



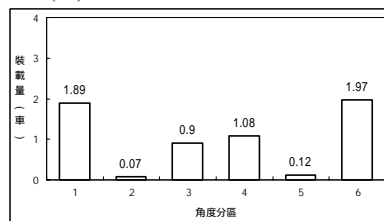
(g) 測試題 7



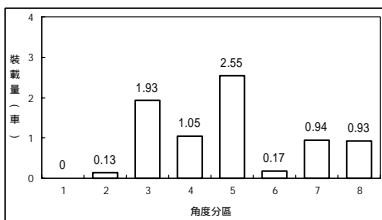
(h) 測試題 8



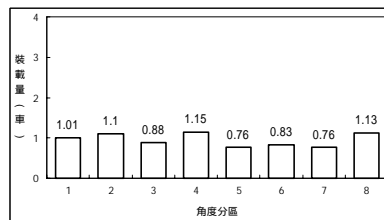
(i) 測試題 9



(j) 測試題 10

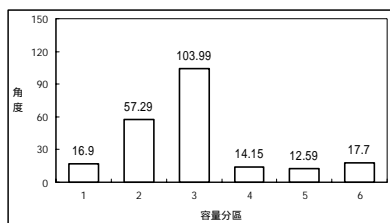


(k) 測試題 11

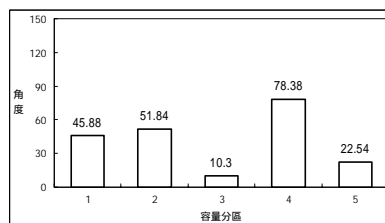


(l) 測試題 12

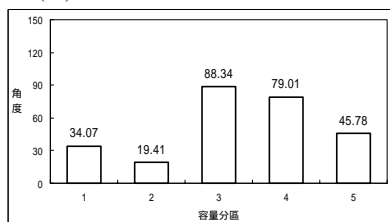
圖 4 固定角度掃瞄之需求量計算結果



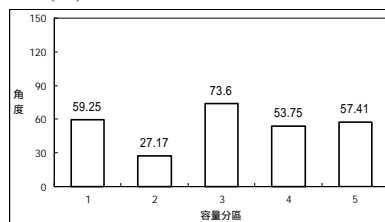
(a) 測試題 1



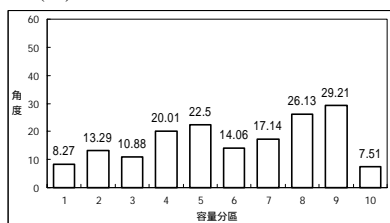
(b) 測試題 2



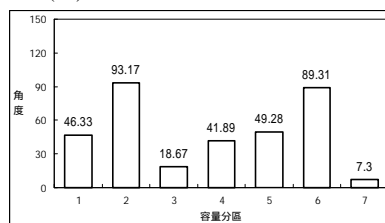
(c) 測試題 3



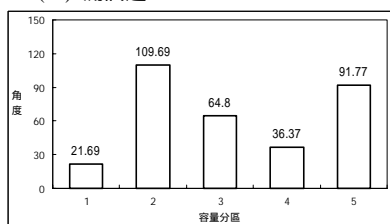
(d) 測試題 4



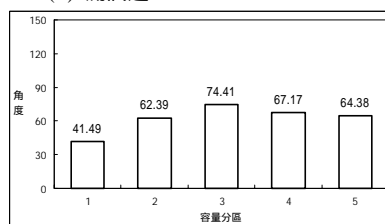
(e) 測試題 5



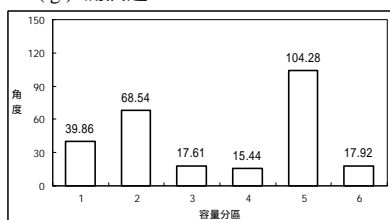
(f) 測試題 6



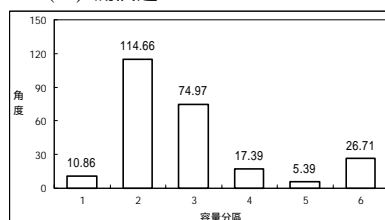
(g) 測試題 7



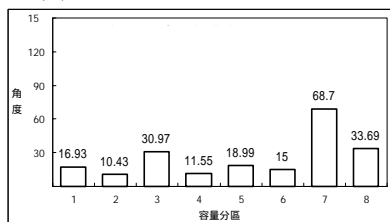
(h) 測試題 8



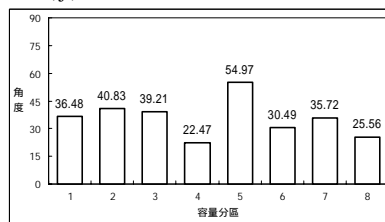
(i) 測試題 9



(j) 測試題 10



(k) 測試題 11



(l) 測試題 12

圖 5 固定容量分區之角度計算結果

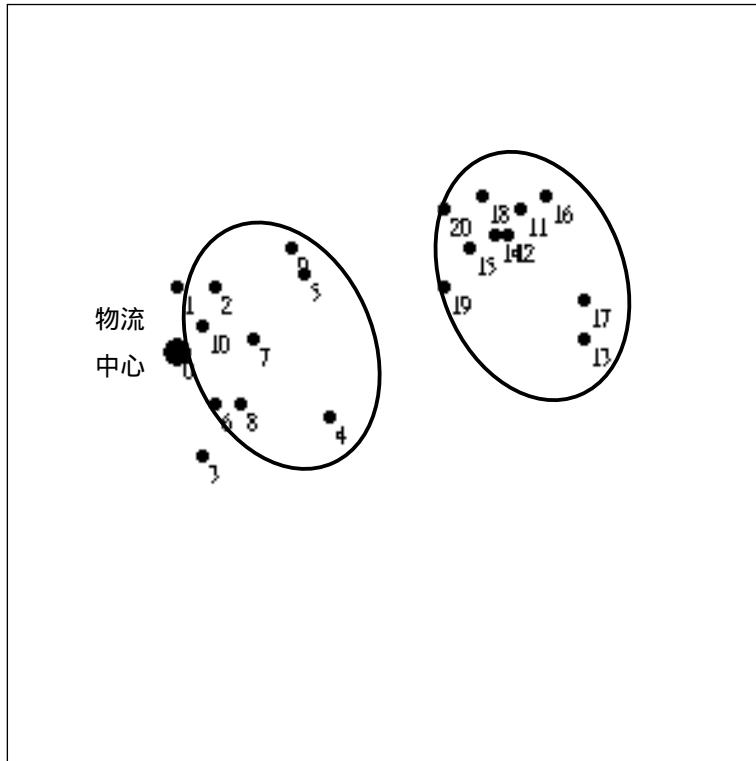
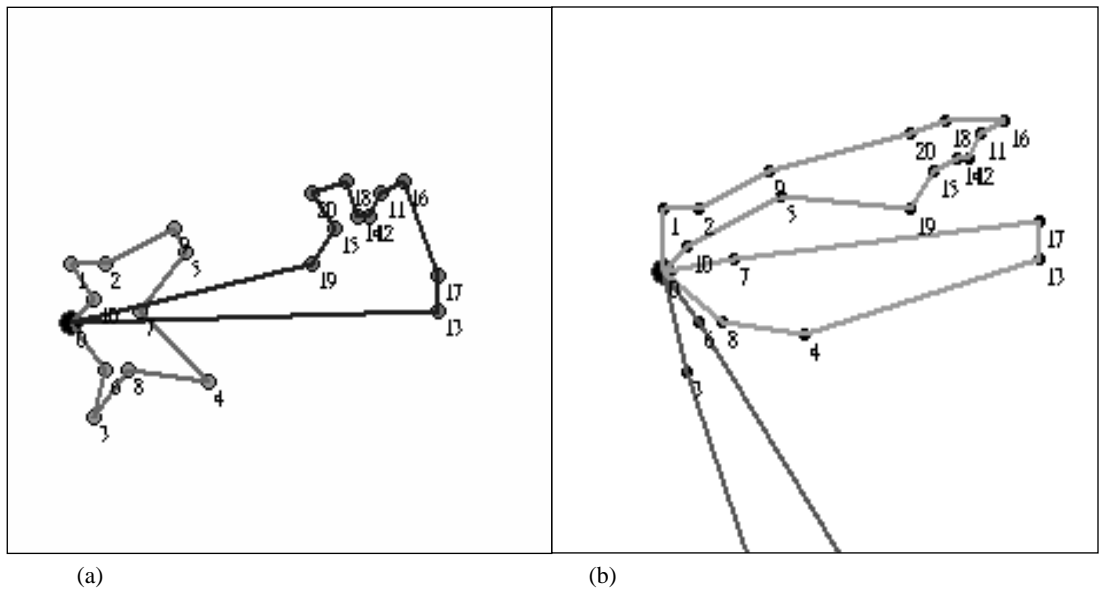


圖 6 重疊型態需求點分佈情形



(a)

(b)

圖 7 重疊型態之群聚分析法與掃描法之比較；(a) SLINK，(b)掃描法

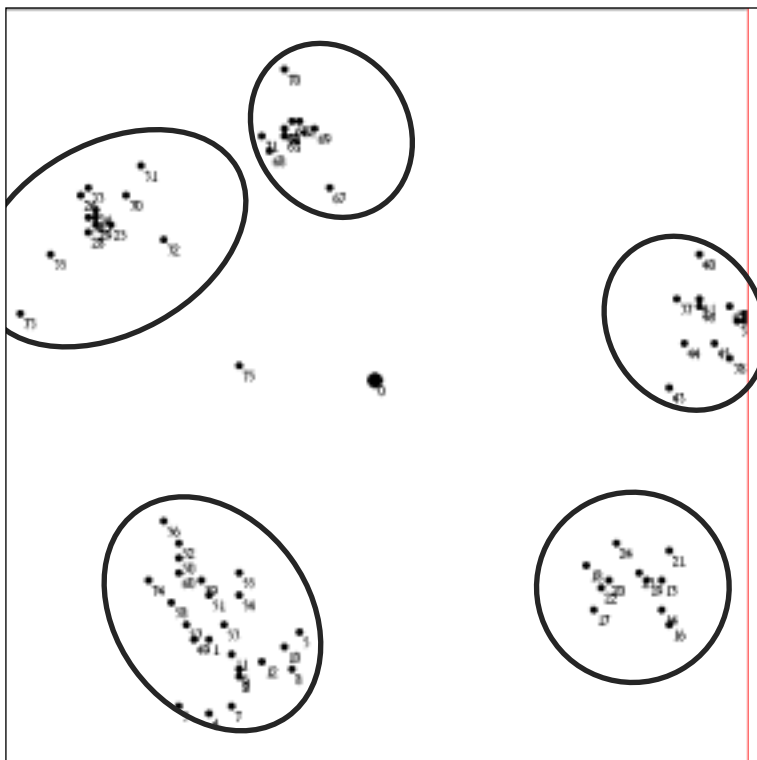
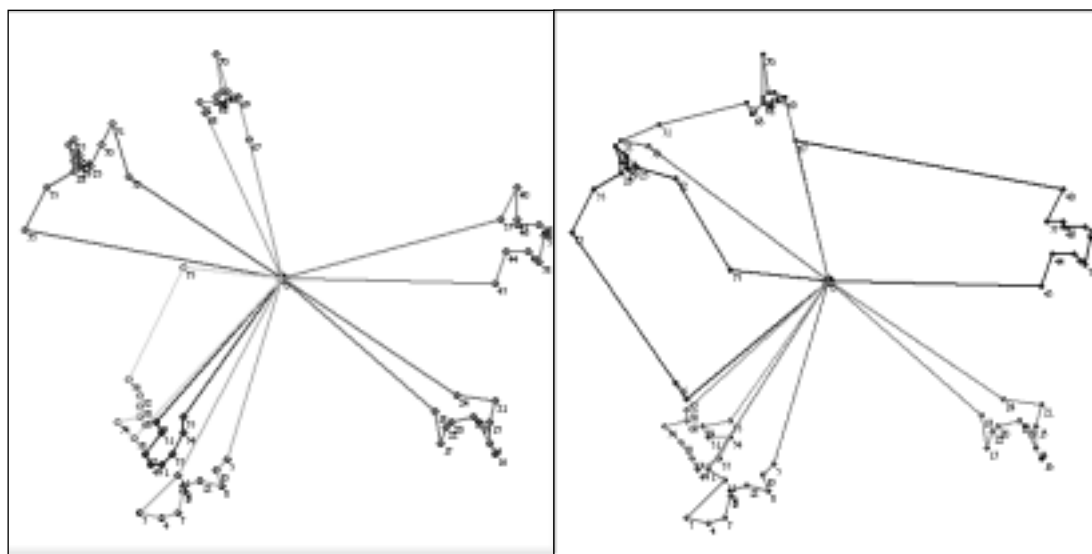


圖 8 孤立型態需求點分佈情形



(a)

(b)

圖 9 孤立型態之群聚分析法與掃描法之比較；(a) CLINK，(b)掃描法

結 論

根據本研究的實驗結果，得知以下結論：

1. 本研究所提出之群聚 VRP 演算法在需求點為群聚的條件下，可得到較傳統演算法為佳的配送總距離結果，證明地理空間分析技術有可作為物流配送領域演算模式之輔助工具之潛力。
2. 固定角度容量掃描結果若在需求量越密集的地方則容量越高，其所代表之意義為發生重疊型態的機率也越高，固定容量角度掃描的方式在需求點較為群聚的時候會反映在角度大小上，若需求點群落的角度皆為較小的狀況時，發生孤立型態的機率也較高，在重疊型態與孤立型態發生較多的需求點分布情況下，SLINK 與 CLINK 演算法比掃描法較容易產生優勢。
3. SLINK 與 CLINK 演算法雖然可以有效的減少群組內需求點到需求點的距離，但也由於其演算法本身未考慮到群落與物流中心的距離，故其演算法雖減少了群落的內部距離，但卻可能因為群落與物流中心距離過遠而增加了更多的外部距離。
4. 在例題 2、10、11 當中可發現掃描法配合路線間節點交換法後產生較佳之結果，經分析發現例題 2 的交換路線當中因裝載量因素只有 2 個需求點，經由交換之後可換到距離物流中心叫接近之需求點，例題 10、11 當中也發現距離物流中心較近的需求點，經由交換後有較大的改善率發生。
5. 群聚演算法考慮空間聚集，越接近之需求點越先合併，故可能產生兩分群超過容量限制而不能合併之現象，增加了車輛的使用，但在距離成本上，仍較掃描法為優，故 VRP 問題最終還是必須要界定目標函數，針對車輛使用及配送距離成本，以不同的求解策略進行求解，本研究僅考慮在距離總成本方面達到節省。
6. 本研究並非要建立適用於任何條件下的通用模式，而是將過去研究的模式對於空間型態變化的適用能力不足的問題，提出一新的解決方案，同時希望建立一個輔助機制，能夠利用空間描述指標，評估演算法的適用情形，最後提供演算法的使用建議，以彌補單一演算法在不同空間群聚條件上並不能完全得到最佳結果的缺失。

註 解

1. NP 是英文 nondeterministic polynomial 的縮寫，意指非確定性的多項式時間，通常此類問題很難在合理時間內求解，NP-Complete 在 NP 問題中屬於最難解決者，故科學家退而求其次取其近似解，NP 問題的代表問題之一是旅行推銷員問題 (Traveling Salesman Problem, TSP)，VRP 問題又比此類問題更為複雜。
2. 啟發式演算法指的是在求解的過程中，並未真正搜尋所有問題空間，為的是希望縮短計算的時間，但為了確保所得到的問題解是較佳的，此類演算法會依照一定的邏輯方式進行搜尋，故稱為啟發式演算法。例如蟻群最佳化演算法 (Ant Colony Optimization, ACO) 便是觀察自然界中螞蟻建立覓食路徑的行為所發展的一種路徑搜尋模式。
3. 2-opt 法為配送路線內的節點交換方法，其作法為任選路線當中的兩個結點，將其配送順序交換，若可以達到改進則將改善後的路線再進行交換，直到無法再得到改善為止，3-opt 法作法亦同，但

其複雜度及演算時間皆較 2-opt 複雜及費時。

4. 含時窗限制之車輛途程問題是指在配送的過程中，必須在指定時間內通過特定的需求點，以滿足其配送需求，其求解複雜程度較無時窗限制配送問題更為複雜。
5. 旅行推銷員問題 (Travel Salesman Problem, TSP) 是指推銷員在每個城市皆只拜訪過一次的條件下，最後再回到出發點，希望求得最短的旅行路徑組合。

引用文獻

- 王木坤 (1997) 時間限制下配銷系統路徑與途程問題之研究，私立中原大學工業工程研究所碩士論文。
- 林修竹 (1999) 包容性啟發式解法在 VRPTW 問題上之應用，國立交通大學運輸工程與管理研究所碩士論文。
- 徐吉田 (1993) 單一物流中心配送車輛途程問題之研究，國立台灣工業技術學院管理技術研究所碩士論文。
- 徐明輝 (1997) 多部車一般性車輛途程解算法之研究，私立元智工學院工業工程研究所碩士論文。
- 張有恆 (1998) 物流管理，台北：華泰書局。
- 梅明德 (1994) 地理資訊系統輔助物流中心及時配送系統之研究，國立中央大學土木工程學研究所碩士論文。
- 莊志諒 (1987) 配送網路之設計研究，國立交通大學交通運輸工程研究所碩士論文。
- 黃建智 (1994) 物流中心與需求點配送指派之研究，國立台灣大學商學研究所碩士論文。
- 黃思明 (1994) 臺灣物流業者的類型與核心管理技術，物流管理系列研討會論文集，124-135。
- 廖亮富 (1994) 含時窗多部車車輛途程問題解算之研究，私立元智大學工業工程研究所碩士論文。
- 劉浚明 (1994) 物流業管理：如何從廠商至物流中心至零售店之配送效率化，物流管理系列研討會論文集，49-80。
- Boding, L., Golden, B. L., Assad, A. A. and Ball, M. (1983) The state of the srt in the routing and scheduling of vehicles and crews, *Computers and Operations Research*, 10 (2) : 63-211.
- Clarke, G. and Wright, J. W. (1964) Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points, *Operations Research*, 12: 568-581.
- Gillett, B. E. and Miller, L. R. (1974) A heuristic algorithm for the vehicle dispatchproblem, *Operations Research*, 22: 240-349.
- Golden, B. L. and Assad, A. A. (1988) *Vehicle Routing: Methods and Studies*, Amsterdam: North-Holland.
- Igbaria, M. and Sprague, R. H. (1996) The impact and benefits of DSS: the case of fleet manager, *Information and Management*, 31: 215-225.
- Keenan, P. B. (1998) Special decision support systems for vehicle routing, *Decision Support Systems*, 22: 65-71.
- Russell, R. A. (1977) An effect heuristic for the M-tour traveling salesman problem with some side conditions, *Operations Research*, 25: 517-524.

92 年 9 月 25 日 收稿

93 年 4 月 23 日 修正

93 年 7 月 15 日 接受