人文及管理學報　第三期
2006年11月　頁191~212
宜蘭大學人文及管理學院

模糊推論方法於決策之應用－以航運業者港口選擇為例

王昱傑

蘭陽技術學院國貿系助理教授

摘要

近年來，國內航運業者在面臨世界性的經濟衝擊，無不調整其營運策略，以求強化其自身的競爭力，特別是對泊靠港口選擇之調整，因為這是一項影響整體營運甚鉅的因素。以經營遠洋定期貨櫃航線的航運業者而言，泊靠港口之選擇尤須審慎。在本文中，將以航運業者港口選擇為例，提出一啓發式方法，建立相對路徑成本矩陣，來快速的搜尋出貨櫃船初步的航線，而後再應用模糊推論，輔助航運業者對港口選擇進行決策，冀望在彈性及時效性的要求下，達到決策的目的，藉以提昇我國海運業的競爭力，並達到企業永續經營的目標。

關鍵詞：啓發式方法、相對路徑成本矩陣、模糊推論、港口選擇決策

Applying fuzzy reasoning in decision-making for shipping on the ports selection

Yu-Jie Wang

Assistant Professor, Department of International Trade, Lan Yang Institute of Technology

Abstract

Recently, the shipper must to change their competitive strategies for enhancing their competition ability on the economics impact of all over the world. In many strategies, the selection of ports being parked is very important one for influencing the survival of shipping, especially in the operation of liner shipping. In this paper, we propose a heuristic method to construct relative path-cost matrix for finding the preliminary line for shipping. Then, fuzzy reasoning is applied to select the appropriate ports for parking. By applying fuzzy reasoning, the decision-making of shipping for the selection of ports would be effective and efficient.

Key Words：Decision-making, Fuzzy reasoning, Heuristic method, Relative path-cost matrix

一、前　言

在國際貿易興盛的今日，國與國之間的往來，皆需仰賴各式各樣的交通工具[1]，如飛機、船舶、火車、汽車等以進行運輸，這樣將構成所謂的複合運送。在此複合運送過程中，貨櫃化運輸可算是一項極為重要的部分，而定期貨櫃運輸為首重航線與泊靠港口的選擇，因此有關航線之開闢與泊靠港口選定事宜，航運業者都應謹慎地加以考量，以此提高企業本身的競爭力。

近年來，全球的經濟正面臨著衝擊，而一向對國際貿易發展有極大貢獻的航運業者，更應該彈性調整其營運策略，特別是對經營遠洋定期貨櫃航線的航運業者而言，在泊靠港口的選擇上尤須審慎，因為其所使用的運具── 貨櫃船具有大型化、造價高、營運成本高等特性。是以基於成本及效益之考量，需要考慮僅泊靠少數較具重要性的國際港，至於其餘未泊靠港之貨物，則通常是以小型集貨船進行轉運接駁。基於此種理由，航運業者宜審慎考量下列因素[3]：

- 選擇那些港口為泊靠港？
- 非泊靠港應由那一個對應的泊靠港進行轉運接駁？

此二因素為航運業者在進行貨櫃船航線之規劃時，所必須考量的重點。因此為了提昇航運業者的競爭力，有必要建立一個方法使航運業者能夠選出需要的泊靠港，讓成本降低並提高營運績效（performance），以期得到企業永續經營之目的。為了達成上述之目的，本文欲應用模糊推論（fuzzy reasoning）以解決航運業者泊靠港口選擇之問題。因此首先進行回顧過去的一些相關研究。

從過去的研究了解，在航運業者對於泊靠港的選擇考量因素方面，陳春益[3]認為可分為下述的兩大項：

(一)　航運成本因素：航運成本可分成港埠成本與時間成本兩項，

前項包括了港灣及棧埠費用，後項則包括了船舶與貨櫃的資本成本、營運成本及燃油費用等。

(二) 定期定港泊靠因素：定期貨櫃航線為目前航運業者經營貨櫃運輸的主要方式，所謂的定期貨櫃航線是表示該航線之泊靠港固定，同時又定期泊靠，此即是一般所說的「定期定港泊靠」。

上述的兩項因素，可作為航運業者進行船舶泊靠港口決策時考量的重點[2]。至於顏進儒[4]則認為航運業者在繞航時需考量下列的諸項因素：

- 沿途貨源之數量及流向
- 成本
- 港埠的位置與條件
- 法令政策
- 當時經濟的因素
- 未來的趨勢

此外，他還將繞航的方式分成下列三項：

(一) 環繞式：在一些特定的航點(港口)中，由其中的某一個港口出發之後，依序且不重複的繞過每一個港口之後，在回到原來的出發點。

(二) 直去直回式：在一些特定的航點(港口)中，選定一個港口為起始港口，並選擇另一個港口為終點港口，在起始港口出發，依序地繞過每一個港口到終點港之後，再由終點港依反向之順序回到出發港。

(三) 蛙跳模式：乃是前面兩種方式的結合，亦可以說是選擇一些較有利的港口停靠，同時捨棄貨運量較少之港口。

這些過去研究所提出的看法，對吾人在問題基本設定的陳述上助益頗大，因為藉由過去研究的說明，可使本文的問題更加地清

楚，而以下便對問題的細節部分進行說明：

一般來說，基於載貨上的考量，航運業者在貨櫃船運輸航線上有許多的港口均有貨物，但是由於成本及利益上的考量，航運業者不可能也不必要經過每一個港口，所以在評估許多的政治及經濟的因素之後，航運業者必須要決定那些港口其貨櫃船需要泊靠，而那些不泊靠但有貨物的港口，又由那一個泊靠港進行接駁，根據這樣的想法吾人開始對問題作基本設定：

(一) 吾人假設可能經過的港口個數共有n個，分別以編號1,2,…,n來代表，其中1則代表起始港口，至於2至n僅是可能經過的港口，尚未依路程之遠近而依序排列。

(二) 貨櫃船其航行方式是採前述之直去直回式，因爲一旦確立了直去直回式的航行方式之後，可加上其他組織本身特定的考量因素，再經過取捨及修正之後，而成爲環繞式，亦或是蛙跳模式，在此僅陳述直去直回式。

從過去的航行資料可推測出港口與港口之間的距離，所以在此設定l_{ij}爲從港口i與港口j之間的距離，然而從實際的資料中了解，過去常以貨櫃船航行的港口之間的航程時數以表示距離，由於貨櫃船之間大小不同有所差異，再加上其他因素如天候、海象等影響，因此速度自然也有所不同，爲了避免爭議的情形產生，在此將以距離表之，也就是次級資料若是以時數呈現時，只要經過下述的運算即可：航行距離=航行速度×航行時數，就可以轉換成距離數據。根據上述的敘述，吾人便可依此建立港口與港口間相關的矩陣。

二、相對路徑成本矩陣

吾人在此建立港口與港口間相關的矩陣，名之爲相對路徑成本矩陣(relative path-cost matrix)M，這矩陣如下所述：

$$M = \begin{bmatrix} a_{11}/l_{11} & a_{12}/l_{12} & \bullet & \bullet & a_{1n}/l_{1n} \\ \bullet & \bullet & a_{ij}/l_{ij} & \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet & \bullet & \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet & \bullet & \bullet & \bullet \\ a_{n1}/l_{n1} & a_{n2}/l_{n2} & \bullet & \bullet & a_{nn}/l_{nn} \end{bmatrix}$$

其中，

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, \text{表示從港口}i\text{到港口}j\text{有航線可直通} \\ 0, \text{表示從港口}i\text{到港口}j\text{無航線可直通} \end{cases}$$

$$i = 1,2,\ldots,n \qquad j = 1,2,\ldots,n$$

且

l_{ij}表示從港口i港口j的距離路徑

$i= 1,2,\ldots,n$　　　$j= 1,2,\ldots,n$

在此矩陣中，當$i=j$時可以視爲是一個特殊的情況，因爲兩者相等時表示是在同一個港口，因此l_{ij}=0，自然沒有所謂的航線選擇的問題，是以主對角線之點（即i與j相等之點），在對此相對路徑成本矩陣決策選擇時，可以事先加以剔除，另外將無航線可直通的兩個港口視爲不考慮路線。故矩陣可改成：

$$M'=\begin{bmatrix} - & a_{12}/l_{12} & \bullet & \bullet & a_{1n}/l_{1n} \\ \bullet & - & a_{ij}/l_{ij} & \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet & - & \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet & \bullet & - & \bullet \\ a_{n1}/l_{n1} & a_{n2}/l_{n2} & \bullet & \bullet & - \end{bmatrix}$$

－：表示已剔除或不考慮之路線

由於本文所探討的航行方式爲直去直回式，因此其前半段，亦即是從起始港口至終點港口之部分，便是一個漢彌頓路徑（Hamiltonian path）[5,7]，所謂的漢彌頓路徑是指在一個有許多點的圖形（graph）中，從一點出發後到最後一點，每一點恰只經過一次，因此直去直回航行方式的前半段，自然可以視爲是一個漢彌頓路徑。以下便提出一啓發式方法（heuristic method），利用相對路徑成本矩陣爲資料，找出貨櫃航線的漢彌頓路徑，此演算法（algorithm）如下所述：

步驟一：在相對路徑成本矩陣M'上，在第一列以港口1（起始港口）爲出發點，將其同一行之點加以剔除，而後由第一列中搜尋與起始港口可以直通，同時相對路徑最小的港口i，形成一集合$\{1,i\}$，將其選定後，成爲新的出發點i，並將矩陣中的點a_{1i}/l_{1i}所在的同一行、同一列的其他點加以剔除。

步驟二：在第i列中，以港口i爲新的出發點，搜尋在此第i列中與港口可以直通，同時相對路徑最小的港口j，並將j加入集合之中，形成新的集合$\{1,i,j\}$，待其選定後，成爲新的出發點j，並將矩陣中的點a_{ij}/l_{ij}所在的同一行、同一列的其他點加以剔除。

步驟三：重複步驟二，直到所有的港口均加入集合之中，同

時進入該集合之順序即爲直去直回航行方式之前半段（漢彌頓路徑）。

在此演算法中需要注意的是，在步驟一與步驟二中常有剔除之動作，這是利用離散數學中的城將（rook）棋盤的觀念[5]，進行事先剔除不必要的點（因爲這些點的存在會使重複的情況產生），同時確保漢彌頓路徑的產生，另外該應注意的是，若是無政治因素或法令因素的考量，港口與港口之間應該都是可以直接通行，亦即是通常在i不等於j的情況下時$a_{ij}=1$，應該可以確保漢彌頓路徑的產生。如果因爲某些因素造成$a_{ij}=0$，只要在矩陣中顯示不考慮的路線”－”，再利用上述的演算法，就可找出漢彌頓路徑，有了漢彌頓路徑後，便可以找出直去直回航行方式的航線，而這也就是選定港口的初步依據。

三、模糊推論方法

在初步選定港口後，就可對泊靠港口進行選擇決策，以便找出所需要經過的港口，並剔除不必要經過的港口。本文以模糊推論方法進行決策，其方法詳述如下：

先前曾經提及，對泊靠港口之選擇有許多的考量，諸如貨源之數量、航運成本、港埠的位置與條件、法令政策與當時經濟的因素及未來的趨勢等，因此當這些條件都納入考量時，所制定的決策將是有有效且合理的，但是在這些條件之中，有些是能直接以貨幣單位加以衡量，如航運成本等；有些則用貨幣單位評估似有所困難，如港埠位置、法令政策等。此外，各航運公司的財務結構不盡相同，對成本的感受度自然也有所不同，再加上前述的考量因素大多是從舊資料獲取後，再進行預測及評估，這些可能都是很難以明確的數值表示，所以在如此諸多情況不確定（uncertain）下，以模糊

推論方法進行決策應該是一個較適合的選擇。是以本文便在此提出一模糊方法以解決泊靠港口決策之問題。

在模糊推論的方法中，首先僅考慮貨幣成本因素，就如同前一段所述，對每一個貨櫃船航線可能泊靠的港口而言，用貨幣加以衡量的成本大致包括了港埠及棧埠的費用、貨櫃與船舶的資本成本、營運成本與燃油費用等等，其中有些成本經常因某些情況而調整，諸如港口費率的變動、石油價格的變動與人工薪資結構的改變，所以估算出的貨幣成本僅是一約略的數值，既然是一個大概的數值，那使用模糊數來表示並加以計算，應該是一個合理且有效的方法，所以設定對港口i的每單位貨幣成本以三角模糊數C_i來表示，

$C_i = (C_{1i}, C_{2i}, C_{3i})$, i =1,2,⋯,n,

其中，

C_{1i}爲模糊數的左邊界限值(left boundary)

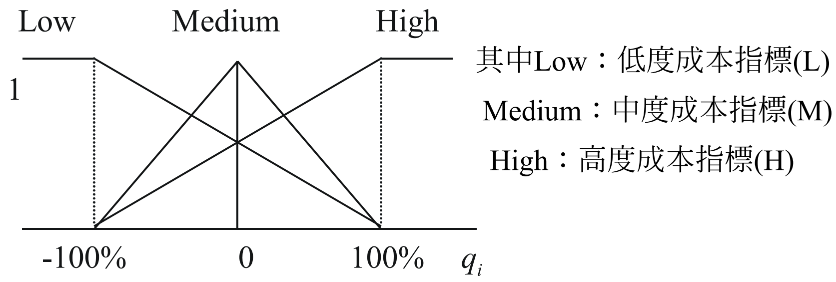
C_{2i}爲模糊數隸屬度爲1之數值

C_{3i}爲模糊數的右邊界限值(right boundary)

並且在此設定臨界成本值C*，所謂C*是指航商在經過估算後，每單位的貨物所能承擔的最大成本，亦即是單位成本小於C*時，總成本會小於總收益，反之，超過C*時將會造成營運上虧損，在此令成本指標

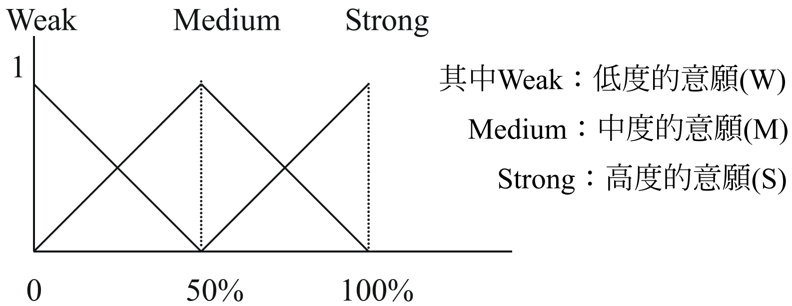
$$q_i = \frac{C_i - C^*}{C^*} = \left(\frac{C_{i1} - C^*}{C^*}, \frac{C_{2i} - C^*}{C^*}, \frac{C_{3i} - C^*}{C^*}\right), \quad i = 1,2,\ldots,n \qquad (1)$$

而且定義S_1={Low, Medium, High}是定義在成本指標上的模糊集合，且隸屬度如圖一所示：



圖一　定義在成本指標之模糊集合的隸屬度函數

由於對每一個港口皆需作一泊靠與否的決策，因此在此處設定對港口i的泊靠決策偏好（the preference of the decision）爲P_i，而且定義S_2={Weak, Medium, Strong}爲定義在泊靠決策偏好之模糊集合，其圖形如圖二所示：



圖二 定義在泊靠決策偏好之模糊集合的隸屬度函數

在實際的情況下，吾人可知某港口泊靠的成本低時，泊靠的意願就高；反之，成本高時則泊靠的意願自然就低，這是顯而易見的，因此根據如此的推論，可以利用模糊推論訂定下述的規則：

Algorithm 1:

Rule1: If q_i=L Then p_i=S

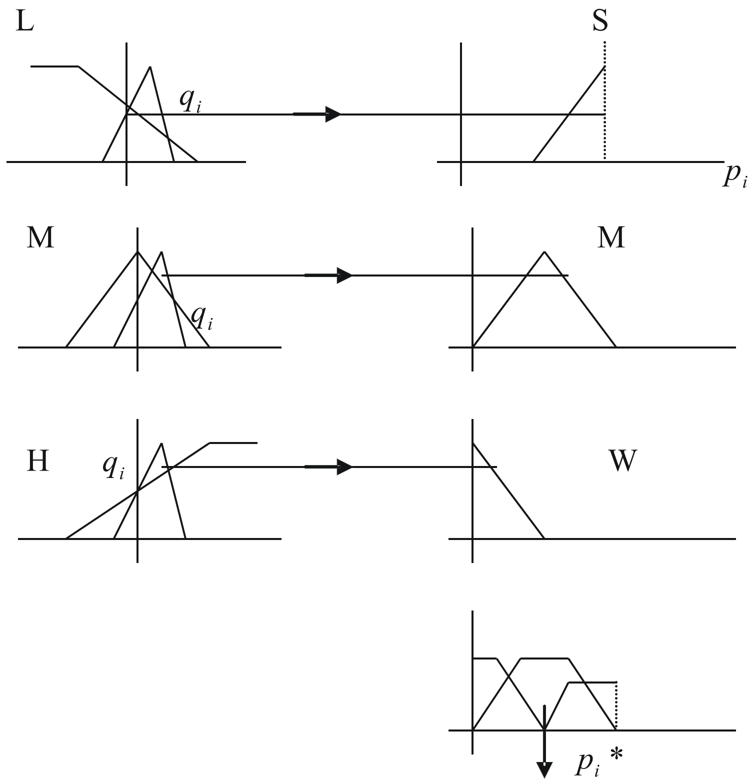
Else

Rule2: If q_i=M Then p_i=M

Else

Rule3: If q_i=H Then p_i=W

依此演算法可算出對港口i之泊靠意願的p_i*值，而值p_i*的運算方法利用重心法則(the center of gravity)[6,8,9]如下所述：



圖三 在已知q_i的情況下決定p_i*

令一考慮成本指標與泊靠偏好之擴展運算（extended operator) 爲$\alpha(t)$，t可能爲Strong、Medium或Weak，則$\alpha(t)$的計算方式爲：

$$\alpha(S) = \max\{\min(\mu_{qi}(x), \mu_{Low}(x))\} \quad (2)$$

$$\alpha(M) = \max\{\min(\mu_{qi}(x), \mu_{Medium}(x))\} \quad (3)$$

$$\alpha(W) = \max\{\min(\mu_{qi}(x), \mu_{High}(x))\} \quad (4)$$

其中$\mu_{qi}(x)$, $\mu_{Low}(x)$, $\mu_{Medium}(x)$, $\mu_{High}(x)$分別表示q_i, Low, Medium, High的隸屬度。至於p_i*的計算方法則爲：

$$p_i^* = \frac{\int A(x)xdx}{\int A(x)dx} \quad (5)$$

在此

$$A(x) = B(S) \cup B(M) \cup B(W) \quad (6)$$

其中

$$B(t) = \int_0^{\alpha(t)} U(\alpha(t)) - L(\alpha(t))da, \text{ t爲Strong, Medium或Weak} \quad (7)$$

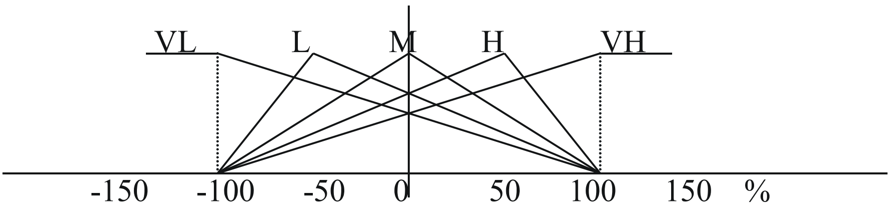
且

$$U(\alpha(t)) = Sup_{\mu_{p_i(Z)\le\alpha(t)}}(Z) \quad (8)$$

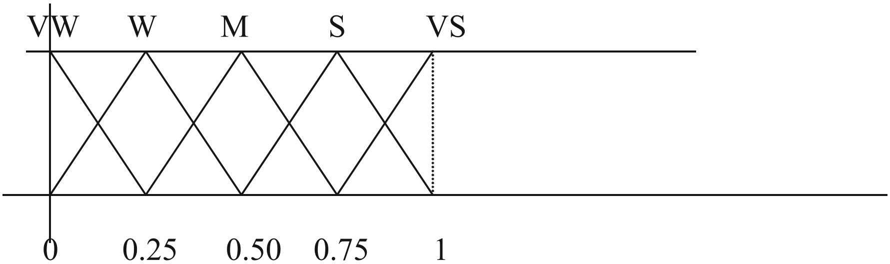
$$L(\alpha(t)) = Inf_{\mu_{p_i(Z)\le\alpha(t)}}(Z) \quad (9)$$

如此便能算出P_i*的值。在現實的情況下，P_i*值常用於支援決策，因爲各航商的經營策略不盡相同，對風險的偏惡自有不同，因此如果策略上訂定出一決策標準值p**，在P_i*≥ p**時，港口便決定爲納入航線的泊靠港之中，反之，P_i*<p**時，港口i便爲航線中不泊靠之港口，以上便是利用模糊推論方法以輔助決策之進行。

先前曾將成本指標定義在模糊集合{Low, Medium, High}中，同時以模糊集合{Weak, Medium, Strong}來定義泊靠決策的偏好，而現今可將其擴展，那就是擴展定義成本指標所在的模糊集合為{Very Low(VL), Low(L), Medium(M), High(H), Very High(VH)}如圖四，另外擴展定義在泊靠決策偏好所成的模糊集合為{Very Weak(VW), Weak(W), Medium(M), Strong(S), Very Strong(VS)}如圖五，此時又可以發展出更精細的決策法則：



圖四 定義擴展後成本指標之模糊集合{VL, L, M, H, VH}的隸屬度函數



圖五 定義擴展後泊靠決策偏好之模糊集合{VW, W, M, S, VS}的隸屬度函數

Algorithm 2:

Rule1:　If q_i=VL　　Then　p_i =VS

Else

Rule2:　If　q_i=L　　Then　p_i=S

Else

Rule3:　If q_i =M　　Then　p_i=M

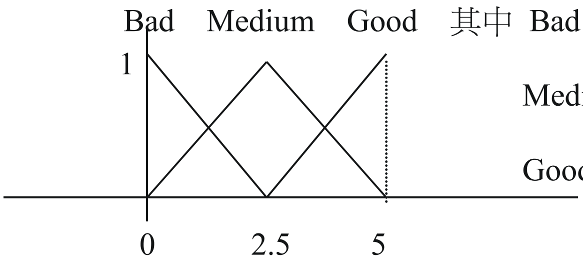
Else

Rule4:　If　q_i=H　　Then　p_i=W

Else

Rule5:　If q_i =VH　　Then　p_i=VW

上述的考量都是僅考慮可量化的貨幣成本因素，但是在實際的問題中，非貨幣性因素諸如法令政策與當時經濟的因素及未來的趨勢等，也是有其考量的必要性，基於這樣的原因，在於此處將非貨幣性、不能量化的成本一併納入考量，一般來說，非貨幣性因素大致可分爲港埠的位置與條件、當地政府的法令政策、當時的經濟變化、未來的發展趨勢[4]等要項，而這些要項是可用一條0到5的線段（0______5），由航商在線段上加以勾選評比，而後將各要項加總再行平均得到一數值UC，若以港口i而言則稱爲，並對此港口非貨幣成本定義成模糊集合如圖六所示：



其中 Bad　　：狀況不佳(B)

Medium：狀況中等(M)

Good　　：狀況很好(G)

圖六　定義非貨幣成本之模糊集合{Bad, Medium, Good}的隸屬度函數

而其演算法如下所述：

Algorithm 3:

Rule1:　If q_i=VL　and　UC_i=G　Then　p_i=VS

Else

Rule2:　If q_i=VL　and　UC_i=M　Then　p_i=S

Else

Rule3:　If q_i=VL　and　UC_i=B　Then　p_i=W

Else

Rule4:　If q_i=L　and　UC_i=G or M　Then　p_i=S

Else

Rule5:　If q_i=L　and　UC_i=B　Then　p_i=W

Else

Rule6:　If q_i=M　and　UC_i=G or M　Then　p_i=M

Else

Rule7: If q_i=M and UC_i=B Then p_i=W

Else

Rule8: If q_i=H and UC_i=G Then p_i=M

Else

Rule9: If q_i=H and UC_i=M or B Then p_i=W

Else

Rule10: If q_i=VH and UC_i=G or M or B Then p_i=VW

再利用前面決策判定的計算法則（如重心法等），便可以將非貨幣因素一併並入考量了。

經過上述一連串的運作，航商便能找出貨櫃船在運輸所經過的路線與泊靠港口，至於那些有需要運載貨物但在決策中沒有泊靠的港口，可利用相對路徑成本矩陣重新審視，藉由其相對路徑成本找出這些非泊靠港和那些泊靠港相對路徑爲最短，以便從這些泊靠港派散裝船或小型貨櫃船去裝載貨物，如此已成一個完整的決策了。

四、航運業者之港口選擇

爲了更清楚地描述本文所應用的方法，在此以航運業者的港口選擇爲例加以說明：

現有一貨櫃運輸航線，因運載貨物需要而考慮的港口爲港口，i=1,2,⋯,n。其中港口1爲起始港，所有從港口1開始出發，同時建立一相對路徑成本矩陣如表一（在此假設所有的港口均能相通，同時爲了方便說明，所有值均以簡單數值表示，然而事實上與實際數值之運算並無不同）。

表一 相對路徑成本矩陣之路徑成本資料表

港口	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	—	15	23	17	38	9	36	27	36	16
2	15	—	45	28	6	48	37	40	22	31
3	23	45	—	7	45	12	11	5	28	26
4	17	28	7	—	48	9	20	11	33	37
5	38	6	45	48	—	47	32	43	27	35
6	9	48	12	9	47	—	26	18	42	51
7	36	37	11	20	32	26	—	7	16	23
8	27	40	5	11	43	18	7	—	23	30
9	36	22	28	33	27	42	16	23	—	9
10	16	31	26	37	35	51	23	30	9	—

此時利用前面所述的演算法，搜尋此一航線的漢彌頓路徑，可得到如下的情況：

步驟1.以港口1爲起始港，開使搜尋同一列上路徑成本最小的港口，並將港口1同一行其餘數值加以刪除，搜尋的結果得到的港口爲6，使其加入航線的集合中，形成集合{1,6}後，並將選定值所在位置（格中灰色部分）之同一行同一列的數值加以刪除。

步驟2.從港口6之列搜尋剩餘路徑成本最小的港口，得到的港口爲4，將其加入航線的集合中，形成新的集合{1,6,4}，並將選定值所在位置之同一行同一列的數值加以刪除。

步驟3.重複步驟2，形成新的集合{1,6,4,3}。

步驟4.重複步驟2，形成新的集合{1,6,4,3,8}。

步驟5.重複步驟2，形成新的集合{1,6,4,3,8,7}。

步驟6.重複步驟2，形成新的集合{1,6,4,3,8,7,9}。

步驟7.重複步驟2，形成新的集合{1,6,4,3,8,7,9,10}。
步驟8.重複步驟2，形成新的集合{1,6,4,3,8,7,9,10,2}。
步驟9.重複步驟2，形成新的集合{1,6,4,3,8,7,9,10,2,5}，已完成工作。
由此所建立的漢彌頓路徑如下表所示：

表二 航線之順序及其之間的距離

港口	(1,6)	(6,4)	(4,3)	(3,8)	(8,7)	(7,9)	(9,10)	(10,2)	(2,5)
距離	9	9	7	5	7	16	9	31	6

在決定航線的順序之後，便能開始計算決策的依據，因此以下又設定這些港口的成本模糊值，C2=(3,4,5)，C3=(17,19,20)，C4=(6,8,10)，C5=(12,15,16)， C6=(7,9,11)，C7=(14,15,17)，C8=(2,4,7)，C9=(15,18,19)，C10=(10,13,14)與C*=10，而後便開始運算港口i的q_i及α_i之值。其中應用式(1)，(2)，(3)，(4)可得結果如表三：

表三 港口i的q_i之值

港口	Ci	q_i	q_i(L,M,H)
2	(3,4,5)	(-0.7,-0.6,-0.5)	(17/21,5/11,5/21)
3	(17,19,20)	(0.7,0.9,1)	(3/22,1/4,20/21)
4	(6,8,10)	(-0.4,-0.2,0)	(7/11,5/6,,5/11)
5	(12,15,16)	(0.2,0.5,0.6)	(8/23,8/13,16/21)
6	(7,9,11)	(-0.3,-0.1,0.1)	(13/22,11/12,1/2)
7	(14,15,17)	(0.4,0.5,0.7)	(2/7,6/11,17/22)
8	(2,4,7)	(-0.8,-0.6,-0.3)	(9/11,7/13,7/23)
9	(15,18,19)	(0.5,0.8,0.9)	(5/23,5/13,19/21)
10	(10,13,14)	(0,0.3,0.4)	(10/23,10/13,2/3)

q_i(L,M,H)：表示q_i分別在成本指標L, M, H之值

依表三再進一步運算可得到表四：

表四 P*之計算值

港口	Ci	q_i(L,M,H)	$\int A(x)dx$	$\int A(x)xdx$	Pi*
2	(3,4,5)	(17/21,5/11,5/21)	0.482	0.283	0.586
3	(17,19,20)	(3/22,1/4,20/21)	0.414	0.164	0.395
4	(6,8,10)	(7/11,5/6,5/11)	0.630	0.330	0.525
5	(12,15,16)	(8/23,8/13,16/21)	0.567	0.251	0.433
6	(7,9,11)	(13/22,11/12,1/2)	0.642	0.329	0.512
7	(14,15,17)	(2/7,6/11,17/22)	0.529	0.228	0.430
8	(2,4,7)	(9/11,7/13,7/23)	0.533	0.304	0.571
9	(15,18,19)	(5/23,5/13,19/21)	0.485	0.207	0.427
10	(10,13,14)	(10/23,10/13,2/3)	0.618	0.289	0.468

因此若P**=0.45（在此P**由決策者主觀設定， P**之値愈小，泊靠的港口愈多，此外，剔除某些港口之後，航行路徑便不再是漢彌頓路徑。），則依表四可知港口3、港口5、港口7與港口9爲不泊靠之港，而再依表二可知，當不泊靠港口3與港口7時，可以在港口8以船隻接駁貨物（因距離較近），此時由港口4直達港口8，同理港口9則由港口10加以接駁，而港口5則由港口2加以接駁，若是決策者對去除這四個港口後的航線並不滿意，可依啓發式方法再對其餘再進行航線順序選擇，相信一定可以得到滿意的結果。

爲了方便說明起見，以上的決策分析僅是應用演算法1。因爲僅考慮成本一項因素，所以成本低者自然泊靠意願將較高，而成本高者則泊靠意願較低，藉由演算法一可以看出此項法則的明確性，至

於演算法2的計算方法完全與演算法1相同，便不再贅述，演算法3多了一個非貨幣因素，此乃由於現實的情況中所要考量的因素通常還要加上非貨幣因素，一般說來，貨幣成本較低之港口，其非貨幣成本通常會比較高，反之，貨幣成本較高之港口，其非貨幣成本大概會比較低，若是兩者皆較低或較高，進行決策時便一目瞭然，不必再去制定所謂的決策法則了。以下是用上述的資料，加上非貨幣成本因素後，利用模糊推論所得到的結果如表五所述：

表五 加上非貨幣成本（UC）後P*之計算值

港口	Ci	UCi	$q_i(VL,L,M,H,VH)$	UC_i(B,M,G)	Pi*
2	(3,4,5)	2.2	(17/21,5/6,5/11,5/16,5/21)	(3/25,22/25,－)	0.425
3	(17,19,20)	4.5	(3/22,3/32,1/4,3/7,20/21)	(－,1/5,4/5)	0.379
4	(6,8,10)	2.5	(7/11,7/16,5/6,10/17,5/11)	(0,1,0)	0.483
5	(12,15,16)	3.6	(8/23,8/33,8/13,1,16/21)	(－,14/25,11/25)	0.450
6	(7,9,11)	2.6	(13/22,13/32,11/12,11/17,1/2)	(－,24/25,1/25)	0.471
7	(14,15,17)	3.5	(2/7,6/31,6/11,1,17/21)	(－,3/5,2/5)	0.426
8	(2,4,7)	2	(9/11,7/8,7/13,7/18,7/23)	(1/5,4/5,－)	0.531
9	(15,18,19)	4.6	(5/23,5/33,5/13,5/8,19/21)	(－,4/25,21/25)	0.506
10	(10,13,14)	4	(10/23,10/33,10/13,7/8,2/3)	(－,2/5,3/5)	0.528

－：表示無交點

$q_i(VL,L,M,H,VH)$：表示q_i分別在成本指標VL,L,M, H,VH之值

UC_i(B,M,G)：表示分別在非貨幣成本指標B, M, G之值

算出Pi*後，再依泊靠偏好決策選出所要泊靠的港口，而這如同前面演算法一之情況，因此不再重述，如此便可對港口泊靠進行選擇決策，並藉以達到輔助決策的目的。

五、結論

本文設定貨櫃船航線是以直去直回的方式繞航，至於另外兩種繞航方式只要將本文的方法加以修正亦可以應用，因爲相對路徑成本矩陣可找出直去直回航線的前半段（而後半段只要反向依序而行即可），此時若將起始港與終點港相連即成爲環繞式的航線，再以成本面來考量，若去時與回程在某些港口的成本不一樣時（可能是貨量多與少之因素），決策時就必須考量某些港口只能單程經過（去時或回程），而這即是蛙跳模式，這樣便能將所有的情況皆納入考量了。總言之，在現實的生活中，對問題進行決策時一定會牽涉到時效性與不確定性，而模糊推論方法提供了吾人一些較簡易的思考方式以解決問題，因爲有些問題在建立模型時常須花上許多時間，而後處理問題雖然有電腦幫助亦是十分複雜，因此在時效方面可說是不經濟的，此外，其模式代表性雖佳，但終究是以過去爲藍本，未來的變化情況還是不可知，如此代表性將再降低，同時亦缺乏彈性，而模糊推論方法則可以避免以上的缺失，同時又具備彈性調整的優點，已成爲目前解決許多方法的極佳工具，因此航商若能善用此工具進行決策，相信必能提昇競爭力，而獲得較高的利潤。

參考文獻

林光，海運學，華泰書局，民國80年2月。

卓武繩譯，多重準繩決策，曉園出版社，民國81年4月。

陳春益，網路分析應用在航商營運管理之研討，航貿文化，民國88年10月。

顏進儒、陳弘輝，航商繞航模式之分析，航貿文化，民國88年10月。

劉涵初，離散與組合數學，華泰書局，民國80年10月。

蘇木村，張孝德，機器學習，全華書局，民國86年。

S.S. Epp, Discrete Mathematics with Applications, Wadsworth, Canada, 1990.

D. Teodorovic and P. Lucic, “A fuzzy set theory approach to the aircrew rostering problem,” Fuzzy sets and systems 95(1998) 261-271.

D. Teodorovic and G. Pavkovic, “The fuzzy set theory approach to the vehicle routing problem when demand at nodes is uncertain,” Fuzzy sets and systems 82(1996) 307-317.