

# 模糊樹狀風險評估模式之關鍵路徑搜尋

徐煥智 博士

淡江大學資訊管理所

shyur@mail.im.tku.edu.tw

黃敬元

淡江大學資訊管理所

698630570@s98.tku.edu.tw

## 摘要

在全球化的環境之下，科技高度的發達，各地的經濟上也是緊緊的相互關聯，對於交通的高度需求之下，每天的飛航班次也是數以萬計。隨著飛航運量的提升，飛安事故的發生次數也是不斷在上升，如何降低飛安事故的發生率，成為了很重要的議題。國內一家知名的國際航空公司，開發了一套飛航操作風險評估系統(Flight Operations Risk Assessment System, FORAS)，以模糊推論(Fuzzy Inference)的方式，對航班飛航安全的風險進行評估，運算出飛航安全係數，提供飛行員以及安管人員作參考。影響一航班的飛航安全因素有很多，如果能找出其中影響力較大的關鍵因素與路徑，對其進行資料的統計與分析，無疑對於航空公司在飛航的安全上，未來的規劃上都有很大的幫助。本研究以 Branch and bound 演算法為基礎，開發出可在 FORAS 推論架構下，搜尋可讓飛航安全係數變得更好或是變得更差的關鍵因素與路徑的演算方法，並進行系統實作的驗證，使得推論產生的結果具有參考價值。

**關鍵詞：** 飛航操作風險評估系統、模糊推論、Branch and bound。

## 一、緒論

在文化高度發展的現代，便利而迅速的交通早已成為生活中不可或缺的一部分，飛安事件的預防與事故發生率的降低，成為各大航公業者都很關注的研究項目。國內一家國際航空公司，使用一套飛航操作風險評估系統(Flight Operations Risk Assessment System, FORAS)，用以在起飛前評估單一航班在起飛以及降落的安全係數，供飛行員、飛航安全單位參考。此系統歸納各方面的飛航風險，分別在機組人員、航線狀況、飛航設備三方面，制定出來總共約 100 個可由現行的資料庫中取得數據，可對最終飛航安全係數產生影響的風險因素，用以推論航班最終的風險值。

推論的架構是一個完整的樹狀結構(範例如圖一)，風險相關因素大致分為機組人員、航線狀況、飛航設備三部分。節點種類分為三種，R 節點是樹狀結構的根部(Root)，R 點的值就是模糊推論系統產生的最終風險係數；中間節點則是連結上下層關係的節點，T 節點的數值是由資料庫中直接取得的航班風險因素，位於樹狀結構的最底層。每航班都會有一組風險因素值，經由預先設定的規則不斷向上層節點進行推論，最後到達根節點 R 點即可計算得到最終飛航安全係數。每一節點經推論生成或由資料庫所產生的數值大小，所代表的實質意義一般而言是模糊的，於是此系統在每個節點乃至整個樹狀的數值計算採用了模糊推論(Fuzzy Inference)的機制。

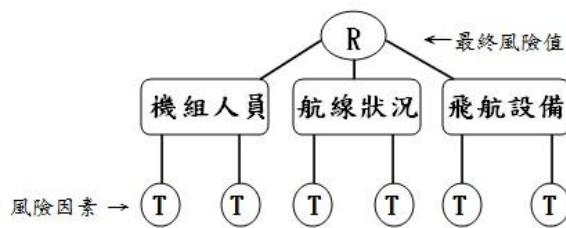


圖 1 樹狀結構示意圖

依照 FORAS 系統的設定，飛航安全係數越低表示航班狀況越好，目前系統將安全的範圍設定為風險係數小於 3。當這個推論航班飛行風險係數的系統，推論出一筆航班的飛航安全係數過高，表示這筆航班有安全上的疑慮。由於各風險因素對飛航安全係數的影響程度是不固定的，風險係數的推估是採用模糊推論所產生的，使用者只會知道最終風險係數過高，卻沒有辦法知道是因為那些風險因素異常而造成的。如果使用者可以知道是哪一些風險因素出了狀況，造成最終風險係數過高，或者是針對哪些因素做調整，可以讓最終風險係數恢復到安全的範圍，就有機會避免飛安事件的發生。風險因素分可以調整或是無法進行調整的類型，例如機組人員、飛航設備這一類的因素，可以對其進行調整，以便降低航班的風險係數，直到回到安全的範圍之內。而部分因素則是無法進行人為調整的，例如天氣狀況。整體而言，如果可以針對有問題的航班，找出影響力較大的風險因素，不論是在當下的調整上或在未來的趨勢統計上都會有所助益。

本研究的重點在於找出一種演算方法可以在 FORAS 系統中，推算出各風險因素對於最終風險係數的影響程度。並建構出尋找關鍵因素的運算系統，最後產生關鍵因素與關鍵路徑的指標。

本研究使用 Branch and bound 演算方法來搜尋關鍵路徑(Critical Path)，從樹狀結構的最頂點(R 點)往下進行推論，對其所

有的子節點，以其對最終風險值(R 點的值)影響力最大的數值取代原始節點數值，再進行模糊推論的運算，定義界值(Bound Value)，對已定義出界值的節點，以 Lower Bound 決定分枝節點，並對新延伸出的節點進行界值的定義，再與剩餘的節點進行比較，重複進行挑選，直到選擇到影響力最大的節點是風險因素為止。

本文在第二章探討了一些在飛航安全的領域中關於風險評估，關鍵因素的分析之研究文獻。第三章對本研究運行的推論方法進行了詳細的解說；第四章則是實作的範例；第五章是結論。

## 二、相關文獻

本章節整理了關於全球飛航環境現況、飛安事故分析，以及飛航風險評估的一些理論與研究重點。

隨著科技越來越發達，全球飛航事故的發生率在近 30 年間已經不再上下波動，趨於平緩，未再顯著下降。但隨著運量逐年的成長，相較 30 年前幾乎是 3 倍的比例 [11]，如此看來，失事次數也是逐年的上升，如何致力於飛安事故的預防，有效的降低事故發生率，將會是未來研究的重點。

根據美國飛行安全基金會(Flight Safety Foundation, FSF)的統計 [13]，最常發生事故的飛行階段為進場與落地時，從 1996 年到 2005 年發生的飛航意外事故裡，發生在進場與落地階段的就佔了 52% [14]。因此本文的 FORAS 系統也是優先支援航班降落時的風險評估。

關於飛航安全的相關理論，較為出名的有三種 [10]，分別是骨牌理論 [20]、乳酪理論以及事故鏈理論 [15]，這三種理論

在講述飛航安全的事故時，不管是形成的原因，或是在事故的預防上，都有各自不同的觀點及看法，但有一點大致上是相同的，就是對於飛航事故發生的原因，不管是在大自然的變化，或是人為的失誤方面，都有明確的定義，因素與因素之間的界線也都定義的很明白，這在比較簡單的事故發生過程中的確是適用的。但是現在飛航設備越來越先進，操作也越來越複雜，不管是在飛機上，地面的塔台，設備的維修，分工也都越來越細，相互關係也越來越緊密，形成事故的原因也逐漸的無法輕易的做區分了[18]。

張國政將風險定義為各種不良因素發生的可能性，以及其造成的嚴重程度的綜合指標[9]。故風險是可以被量化，可以用數值來表示的。

現行的飛航風險評估系統中，絕大部分都是採用層級分析法(Alytic Hierarchy Process Theory, AHP)搭配樹狀結構來作為系統的架構，層級分析法的運用，在行為科學、行銷管理、投資組合等領域都非常的普遍，是將複雜的問題加以系統化的一種方法。利用層級分析法可以很直覺的看出各風險因子之間的關係，有利於決策者進行判斷，且容易與各種數學演算法搭配衍伸出各種模型進行運算；但是如果階層太複雜，越下層的風險因子對最終結果的影響程度會大幅度的降低，可能造成各風險因子之間沒有鑑別度[7]。樹狀結構因此而過於複雜時，也會因為自由度(Free Degree)過大以及偏誤(Bias)的狀況，產生過度配適的情形，影響其準確度。推算各別因素數據時也容易因為結構過於複雜，導致運算時間過長，占據過多的記憶體資源，造成效能低下[6]。

目前的飛航安全相關研究中，已經有應用模糊故障模型(Failure modes)來進行

飛航本身的風險評估模型的建構，以及利用因素影響程度及嚴重程度(Effects and Criticality Analysis)來進行風險評估的推論[3][4]。這項研究，可以將找出來的風險因子，依照影響程度來進行量化排序，提供飛行員以及航安主管進行參考，進行實際上的調整，以達到降低飛航風險的目的。

風險評估的方式一般來說，對歸類出來的風險因素項目，對其脆弱程度、危害程度、潛在的影響力、可採用的防護措施及需求、商業衝擊等，進行個別分析，而後經過推算產生出總體風險值，依據風險評估屬性的性質，可分成定量(Quantitative)或定性(Qualitative)兩種分析方法。「定性風險分析」是對風險進行界定，評估其發生率及危害衝擊程度，產生出對企業單位營運影響程度的順序等級；「定量風險分析」則是以數值化的方式計算每一個風險因素對整體的危害程度，帶入風險模型，產生各別風險數值=發生機率\*危害程度，加總之後成為整體的風險數值。最常被採用的風險分析方法有專家的經驗法則、使用德菲法進行群體決策、敏感度分析、決策樹分析，以及使用模型進行模擬推算等[1]。

近年來，基因演算法逐漸被廣泛運用到各領域求取最佳化的問題上，尤其在大型且複雜的系統架構中，可以有效的搜尋出接近全域的最佳解，而不至於落在局部的最佳解上，造成解答的偏頗及不準確。主要過程為模仿自然界「物競天擇」的環境，利用人為的再生、交配、突變三種機制，不斷重複，產生最接近的全域最佳解，呈現出「適者生存」的效果。但在運算過程中所花費的時間較為龐大，如何提升演算法的效率也是近年來的一個研究重點[2]。

### 三、飛航安全關鍵路徑之推論演算法

#### 3-1 FORAS 系統的基本架構

FORAS 對最終風險係數可產生影響的風險因素約有 100 個，分成機組人員(Crew Functionality)、航線狀況(Sector)、飛航設備(Aircraft Functionality)三部分。向上延伸之後，組成了一個約有 160 個節點的樹狀結構。節點種類分為三種，R 節點是樹狀結構的根部(Root)，R 點的值就是模糊推論系統產生的最終風險係數；中間節點，連結上下層關係的節點，可接收下一層節點的值，經過運算之後成為本身的數值，依此方式運算至 R 點(例如 A1、A2、S1、S2、C1、C2)；T 節點的數值是由資料庫中直接取得的航班風險因素，位於樹狀結構的最底層，同時也是推論結構的輸入資料項目。(如圖 2)

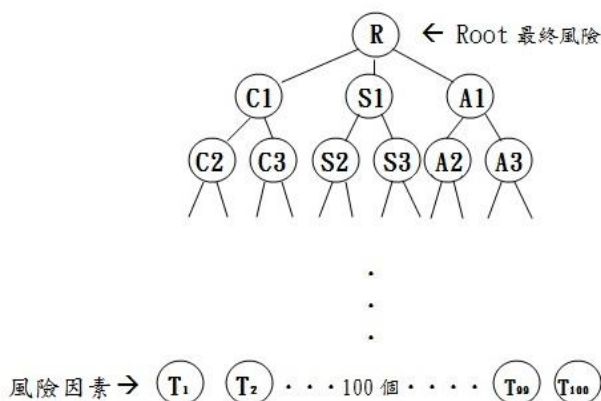


圖 2 推論結構示意圖

由於飛航安全的各種因素的影響權重是模糊的，無法給予明確的定義，例如機組人員的休息時間(C8 節點-Rest)，便難以明確的界定，因此在模糊推論的架構上，對於數值的權重利用了 Membership Function 來描述。

圖 3 是 C8 節點-Rest 的 Membership

Function 設定，x 軸是機組人員休息的時數，Y 則是權重，最高為 1(100%)，Low 表示休息時間不足，若低於 2 小時表示完全不足(100%

Low)，高於六小時便不算不足(0% Low)；High 表示休息時間充足，低於 4 小時不能算作充足(0% High)，高於 9 小時則是完全充足(100% High)。如果此節點的值是 5，那權重在 Low 方面就是  $(6-5)/(6-2)=25\%$ ，在 High 方面的權重則是  $(5-4)/(9-4)=25\%$ 。

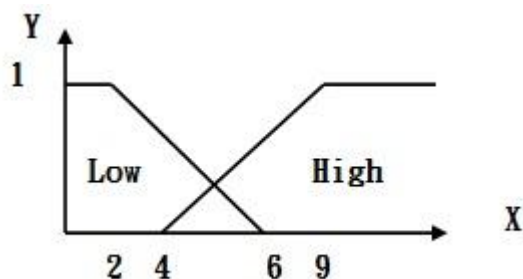


圖 3 Membership Function

在模糊推論的架構裡，節點接收經由 Membership Function 產生的權重之後，利用事先設定的 Rule Table 運算產生出此節點的數值(實際計算過程以圖 4 為例加以說明)。

如圖 4，假設  $X_1$  的權重是 Low=0.3，High=0.6， $X_2$  的權重是 Low=0.5，High=0.2。那 Rule Table 的運算就會呈現：

$$W_1=0.3*0.5, W_2=0.3*0.6, W_3=0.5*0.6, W_4=0.2*0.6。此節點的數值 = (W_1*3+W_2*5+W_3*6+W_4*9)/W_1+W_2+W_3+W_4$$



Rule Table			
		X <sub>2</sub>	
		Low	High
X <sub>1</sub>	Low	3	5
	High	6	9

If X<sub>1</sub> is Low and X<sub>2</sub> is Low Then y is 3  
 If X<sub>1</sub> is Low and X<sub>2</sub> is High Then y is 5  
 If X<sub>1</sub> is High and X<sub>2</sub> is Low Then y is 6  
 If X<sub>1</sub> is High and X<sub>2</sub> is High Then y is 9

圖 4 Rule Table

### 3-2 演算法

在樹狀的模型結構之下，結合模糊推論與 Branch and bound 演算法來搜尋關鍵路徑，

FORAS 系統的风险係數設定是越小越好，本研究分兩個步驟，第一個步驟是找出可以讓最終風險係數降低最多的關鍵因素與路徑，第二個步驟則是找出會讓最終風險係數提升最多的關鍵因素與路徑。

#### 第一步驟-LowerBound(找尋使最終風險係數最好的關鍵路徑):

演算法的內容主要分兩個部分，第一部分是對節點計算界值(此結點可讓最終風險係數最低降低多少, LB<sub>i</sub>)，以便作為比較用；第二部分則是對定義出界值的節點進行比較及挑選，進行分枝後，再繼續對所有的節點界值進行比較及挑選，如此反覆動作，直到產生出關鍵風險因素為止。

計算節點的界值，對單一個節點 i，取可以使得最終風險係數改善程度最大(降低最多)的值(LV<sub>i</sub>)，也就是此節點最良好的狀況，來代替原本的值，其餘節點值不變，從當下階層的節點開始，向 R 點進行模糊風險推論，計算出來新的最終風險係數，便是此節點的變異風險係數(R<sub>i</sub>)，以原始的

最終風險係數(R<sub>0</sub>)減去 R<sub>i</sub>，便得到此節點可使最終風險係數降低多少的數值，即是此節點的界值。

對結點進行界值的比較及挑選，從樹狀結構的最頂點(R 點)開始，開始向下層查找，並為這些節點計算其界值，對其所有的子節點，進行界值的比較，挑選界值較大的節點繼續往下層進行分枝，並對新延伸到的節點進行界值的計算，再與剩餘的節點進行比較，如此重複挑選及分枝，直到當下界值最大的節點是位於樹狀結構最底層的风险因素節點。這個風險因素就是此航班的關鍵因素，這個風險因素節點到 R 點的路徑就是此航班的關鍵路徑。(詳細演算法如圖 5 所示)。

```

G: 要繼續向下搜索的節點。
i: 當下搜尋到的節點。
R: 此航班的原始最終風險係數。
Max: 對目前延伸的所有葉節點進行界值的比較，取最大的節點 i。
LBi: Nodei 的界值(Bound Value)。
LVi: 用在本身範圍內對最終風險係數改善程度最大的值。
Ri: Nodei 值使用 LVi 替換，推論過後的變異風險係數。
Vi: i 節點使用來計算的值。
Wi: 節點的權重。
C(y): 權重經由 Rule Table 的運算後產生的結果。
C*(y): 將 C(y) 運算後產生此節點的數值。
F: Nodei 的上一層節點。
演算方法如下:
Input: 航班經過計算的最終風險係數、根本因素的數據、樹狀推論結構。
CriticalSearch(){
  G=Root
  For(i is not Terminal Node){
    從 G 往下延伸, LBi = R-RISK(i)
    G= Max(LBi, i=目前延伸的所有葉節點)
  }
  Nodei = 影響最終風險值的關鍵因素(CPI)。
}
Risk(i){
  Vi = LVi, 其他值不變。
  For(F is not Root){
    Wi = μ1(x1) ∧ μ2(x2) = min { μ1(x1), μ2(x2) } i=1, 2, 3, 4
    C(y) = min{wi · C(y) } i=1, 2, 3, 4
    C*(y) = max{ C(y), C*(y) } i=1, 2, 3, 4
    i=F, 往 F 的上一層繼續算
  }
  Ri = C*(y)
  Return Ri
}
Output: 可使最終風險係數最好的關鍵因素與路徑。

```

圖 5 Lowerbound 演算法

## 第二步驟-UpperBound(找尋使最終風險係數最差的關鍵路徑):

演算法的內容主要分兩個部分，第一部分是對節點計算界值(此結點可讓最終風險係數最高提高多少,  $UB_i$ )，以便作為比較用；第二部分則是對定義出界值的節點進行比較及挑選，進行分枝後，再繼續對所有的節點界值進行比較及挑選，如此反覆動作，直到產生出關鍵風險因素為止。

計算結點的界值，對單一個節點  $i$ ，取可以使得最終風險係數惡化程度最大(提升最多)的值( $UV_i$ )，也就是此結點最糟糕的狀況，來代替原本的值，其餘節點值不變，從當下階層的節點開始，向  $R$  點進行模糊風險推論，計算出來新的最終風險係數，便是此節點的變異風險係數( $R_i$ )，以  $R_i$  減去原始的最終風險係數( $R_0$ )，便得到此節點可使最終風險係數提升多少的數值，即是此節點的界值。

對結點進行界值的比較及挑選，從樹狀結構的最頂點( $R$  點)開始，開始向下層查找，並為這些節點計算其界值，對其所有的子節點，進行界值的比較，挑選界值較大的節點繼續往下層進行分枝，並對新延伸到的節點進行界值的計算，再與剩餘的節點進行比較，如此重複挑選及分枝，直到當下界值最大的節點是位於樹狀結構最底層的风险因素節點。這個風險因素就是此航班的關鍵因素，這個風險因素節點到  $R$  點的路徑就是此航班的關鍵路徑。(詳細演算法如圖 6 所示)。

```

G: 要繼續向下搜索的節點。
i: 當下搜尋到的節點。
R: 此航班的原始最終風險係數。
Max: 對目前延伸的所有葉節點進行界值的比較，取最大的節點 i。
UBi: Nodei 的界值(Bound Value)。
UVi: 使用在本身範圍內對最終風險係數惡化程度最大的值。
Ri: Nodei 值使用 UVi 替換，推論過後的變異風險係數。
Vi: i 節點使用來計算的值。
Wi: 節點的權重。
C(y): 權重經由 Rule Table 的運算後產生的結果。
演算方法如下:
Input: 航班經過計算的最終風險係數、根本因素的數據、樹狀推論結構。
CriticalSearch(){
    G=Root
    For(i is not Terminal Node){
        從 G 往下延伸,  $UB_i = RISK(i) - R_0$ 
         $G = \text{Max}(UB_i, i \text{ 目前延伸的所有葉節點})$ 
    }
    Nodei = 影響最終風險值的關鍵因素(CPI)。
}
Risk(i){
     $V_i = UV_i$ , 其他值不變。
    For(F is not Root){
         $W_i = \mu_i(x_i) \wedge \mu_i(x_i) = \min \{ \mu_i(x_i), \mu_i(x_i) \} \quad i=1, 2, 3, 4$ 
         $C_i(y) = \min \{ w_i, C_i(y) \} \quad i=1, 2, 3, 4$ 
         $C^*(y) = \max \{ C_i(y), C_i(y) \} \quad i=1, 2, 3, 4$ 
         $i=F$ , 往 F 的上一層繼續算
    }
     $R_i = C^*(y)$ 
    Return R_i
}
Output: 可使最終風險係數最差的關鍵因素與路徑。

```

圖 6 Upperbound 演算法

範例:

以下是一筆推論過的飛航風險值(如圖 7)，目前  $T2$  節點=3，而  $T2$  節點狀況最好的值是 4，圖 8 則是  $T1$ 、 $T2$  的 Membership 以及  $C1$  的 Rule Table，求  $T2$  節點可使得最終風險值改善的界值？

為推論界值，故取 4 來代替  $T2$  節點的值進行推論計算， $T1$  則是採原始值 3，經模糊推論後得出  $C1$  的新值為 3.65，其他節點值皆不變， $S1=2$ 、 $A1=5$ ，算出新的  $R$  節點值=1.5，再使用原始  $R$  值 2.2 減去新的  $R$  值  $1.5=0.7$ ，成為  $T2$  節點的界值。

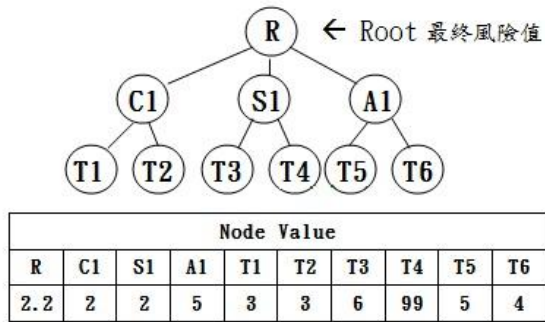
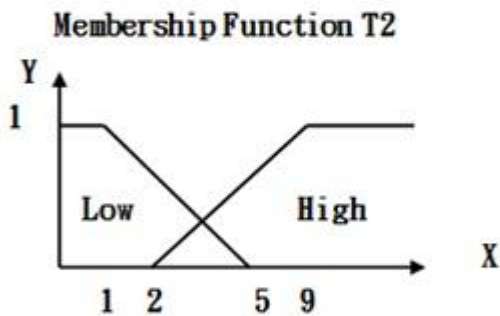
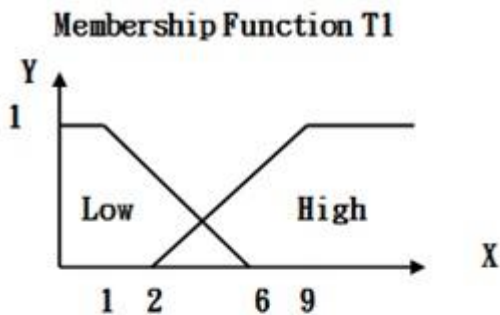


圖 7 樹狀結構及各節點數值



Rule Table			
		T2	
		Low	High
T1	Low	2	4
	High	5	7

圖 8 T1、T2、C1 的設定

#### 四、系統實例

實做系統開發環境為 ASP.NET(VB)、資料庫為 Oracle，作業系統為 Windows7。一組航班降落的風險因素經過 FORAS

推論計算之後，此航班的最終風險係數是 3.33，超過安全範圍，其中的 TS01(飛行員對此機場操控飛行器降落的能力，ATC CONTROL)節點值為 1，明顯比平常較低，表示此飛行員在此機場操控飛行器進行降落並不熟悉，系統會列出此航班的各項風險因素及最終風險係數(如圖 9)。

ALRV - ALA Risk: 3.33

NodeID	Description	Value		
TA01	Approach and Landing Related MEL items	3		
TC01	Experience Rating	4		
TC02	Rank Composition	1		
TC03	English Proficiency	5		
TC04	Nationality	4		
TC05	A/P Recency	18	18	18
TC06	Special A/P	0	0	0
TC07	Previous Visits	0	0	0
TC08	In-type experience	3873.60	4108.70	1724.20

圖 9 風險因素與最終風險係數

對航班進行運算，尋找可以讓最終風險係數更好(降低)的關鍵因素，系統經過演算推論後，產生關鍵因素及關鍵路徑，並對其排序(如圖 10)。由圖見排名第一的是 TS01(ATC CONTROL)，可見由於 TS01 過低，影響了 S4(降落能力，ATC Functionality)，S2(航空站狀況，Airport)，S1(航線狀況，Sector Threat)到最終的 ALRV(降落風險係數)這些節點的數值，導致安全係數過高。

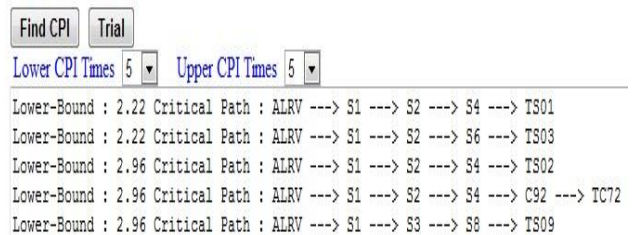


圖 10 關鍵因素與路徑



由圖片可見排名第一的關鍵因素是 TS01，到 TS01 那一欄可以看到這個風險因素的趨勢是(+)，表示數值越大越好，所以提升飛行員在此機場操控飛機進行降落的能力，或是換一個對於在此機場操控飛機降落比較專門的飛行員將可以改善飛航安全係數(如圖 11)。

(+) TC72	Previous Visits	0
(+) TS01	ATC Control	1
(+) TS02	ATC English Proficiency	4
(-) TS03	Runway Configuration	4

圖 11 關鍵因素趨勢

將 TS01 的係數從 1 改成 10 之後，表示飛行員對於在此機場操控飛機降落很擅長，對這筆航班的最終安全係數進行試算，試算出來的風險值是 2.22，回到了安全的範圍內，與推論的結果相符合，因此推論產生的關鍵路徑可供決策者參考。

## 五、結論

分析飛航安全關鍵因素的許多研究，都有其獨特的演算法或是分析方式，來求出各風險因素的重要性。現在飛航的分工越來越細，飛航設備也越來越發達，一個航班的飛行，所關係到的因素越來越多，彼此之間關係也是錯綜複雜，互相產生影響。

本研究利用 Branch and bound 演算法，建構了關鍵路徑搜尋系統，分析了風險因素對飛航安全係數的影響程度，找出對各航班飛航安全係數的關鍵因素及路徑，並進行試算驗證了結果的有效程度。

雖然現在飛航的事故發生率已經很低，但隨著交通運輸量越來越大，飛航安全的

重要性也是不斷的提升，因此找出航班飛航的關鍵因素，加以改善，應該能夠有效的提高飛航的水準，對飛航的事故作更有效的預防。

## 參考文獻

- [1] 王平，羅濟群，黃俊傑，王宇文《風險評估方法》崑山科技大學資訊管理系，國立交通大學資訊管理研究所
- [2] 王順德，《應用基因演算法於多層甲板結構物之最佳化設計》，碩士論文，國立成功大學造船暨船舶機械工程研究所，民 91
- [3] 李文魁，張有恆，〈模糊 FMECA 應用在飛安風險評估模式之研究〉，民航季刊，第七卷第一期，pp. 1-22，民 94
- [4] 李文魁，張有恆，〈飛航安全風險評估模式之建構〉，運輸計畫季刊，第三十四卷第一期，pp. 145-176，民 94
- [5] 涂瑋君，《一個有效率之基於樹狀結構的動態可自我修復藍芽散網形成演算法》，碩士論文，國立成功大學資訊工程研究所，民 95
- [6] 崔德鴻，《以 GPS 路徑資料探勘最佳且較短路徑之研究》，碩士論文，南台科技大學資訊管理研究所，民 97
- [7] 陳奕翔，《飛行操作風險評估系統 (FORAS) 之風險因素權重分析》，碩士論文，國立成功大學民航研究所，民 96
- [8] 張有恆，萬怡灼，〈航空公司經營管理對飛航安全水準之影響〉，民航季刊，第三卷第一期，pp. 81-106，民 93
- [9] 張國政，《航空運輸專論》，交通部民用航空局，p126，民 94
- [10] 〈飛安新思維〉，科學月刊 346 期，



民國 87. 10

- [11] 盧衍良，劉震苑，王興中，「我國近十年飛安改善建議概況分析」，民 98
- [12] Bonnett C.,Rick C.,Alex S.,  
**“Development Of An Aircraft Performance Risk Assessment Model”**,AIAA 18<sup>th</sup>DASC,1999
- [13] Flight Safety Foundation,**”Approach-and-landing Safety Demands Improvement”**,  
<http://flightsafety.org/cfit1.html>
- [14] Flight Safety Foundation,**”Crntrolled Flight Into Terrain And Approach-and-landing Accident education”**,  
<http://flightsafety.org/cfit4.html>
- [15] **“Flight Safety and Accident Investigation”**, Workshop by Boeing Company,Institute of Aeronautics and Astronautics, NCKU, Tainan, Taiwan, R. O.C, 1994.
- [16] Michael H.,Osborne D.M.,Ross D.,Boyd D.,and Brown B.G.,**”The Flight Operations Risk Assessment System”**,Proceedings of the SAE Advances Safety Conference.Society of Automotive Engineers,1999
- [17] Saaty T.L.et al.,**”The Hierarchon:A Dictionary of Hierarchies Expert Choice”**,RWS Publication,1992
- [18] Mecham, M.,**“Antopilot Go-Around Key to CAL Crash”**, AviationWeek & Space Technology, p.31, 1994.May.
- [19] Alex S.,Rick C.,Eric Y.Y.,Ben S.,Bonnett C., **“Feasibility Demonstration Of An Aircraft Performance Risk Assessment Model”**,AIAA 19<sup>th</sup>DASC,2000
- [20] Heinrich, H.W..**“Industrial Accident Prevention.”** McGraw-Hill, New York, 1950, pp.10-3