

# 基於雲端運算的飛航作業風險評估架構

徐煥智

淡江大學資訊管理學系碩士班  
shyur@mail.im.tku.edu.tw

葉鎰維

淡江大學資訊管理學系碩士班  
brian90191@gmail.com

## 摘要

本研究之目的在於建置一個以雲端為基礎的飛航作業風險評估架構，透過雲端架構的風險推論服務，可以找出高風險的航班且進一步找出影響航班的關鍵風險因素。並且透過制訂飛航作業風險評估的資料交換標準來協助整個雲端運算架構的運作。而本研究和國內知名的國際航空公司合作，透過實際的航班資料來進行本研究系統的驗證和性能的評估，以確保在實務上具有可行性。

關鍵詞：飛航作業風險評估系統(FORAS)、模糊推論、雲端運算、XML

# 基於雲端運算的飛航作業風險評估架構

## 壹、緒論

### 一、研究背景與動機

根據國際民航組織(International Civil Aviation Organization, ICAO)的預測,2011年國際航空客運量較前一年增長了6.4%,未來每年也可能會以4.5%的幅度上升,而2010年飛機的起降架次(包括客運和貨運的航班)有2479萬,預測2030年將會達到一年5171萬,比起2010年約略成長一倍,顯示出未來國際的航班量將會有大幅的成長(ICAO, 2012)。在國際航空客運量增加的趨勢下,飛航安全相關的議題也更被重視,根據Aviation Safety Network的飛安統計,近十年(2002~2011)全球發生的重大飛航事故有301件,共造成7590人傷亡,而根據ICAO近十年事故率的趨勢統計,每百萬個航班中有發生重大事故的航班約有3.49至4.47個。美國國家運輸安全委員會(National Transportation Safety Board, NTSB)針對飛航事故發生的原因分成人員相關、環境相關及航空器相關三大類,其中在人員相關之飛航事故所佔比例最高,環境相關次之,航空器相關最少。因此除了透過民航局的規劃、督導與查核之外,航空公司本身也要主動找出飛航作業中各方面的風險因素並加以控管,以降低飛航風險、促進飛安之目標。

飛航安全風險評估的目的在於事先將飛航風險做有效的控制和處理,並採取適當的避險動作,而目前針對飛航風險評估也有許多系統、工具或方法(李文魁,張有恆,民94),藉以找出影響飛航安全的風險,然而目前多為在封閉式系統下所建置,較不容易分享或適用於其他組織、單位,且在建置上所花費的成本的也較高。所以為了提高飛航風險評估的彈性,且容易整合並分享各航空公司的飛航風險推論模型,一方面對於資源較缺乏、規模較小的航空公司能節省其建置飛航風險評估系統的成本,盼能透過雲端的系統建構方式來達到以上目的,並制訂飛航風險評估的資料交換標準以提高整合性、相容性及擴充性。

### 二、研究目的

本研究 and 國內一家知名國際航空公司合作,進行飛航作業風險評估的雲端架構建置,主要欲達成的目的可分成以下幾個部分:

- 1.透過飛航風險模型的建模工具建置各航空公司的飛航風險推論模型,並可透過網路平台進行維護。
- 2.提供飛航風險推論和關鍵因素搜尋的雲端服務。
- 3.提出飛航風險推論資料交換標準,供航空公司交付航班資料以進行雲端推論服務。
- 4.建立航空公司本身的客戶端系統架構,用以處理推論前後的航班資料,並用以檢視飛航風險推論結果、趨勢、關鍵影響因素等。

## 貳、文獻探討

### 一、雲端運算(Cloud Computing)

雲端運算是近幾年資訊產業很熱門的用語,不論是政府組織、學術研究單位或相關的科技產業,紛紛表達對雲端運算發展的高度重視,並積極進行相關的研究與推動。依據美國國家標準與技術研究院(National Institute of Standards and Technology, NIST)對於雲端運算的定義(Mell & Grance, 2009),雲端運算是一種服務模式,能便利地隨需要而透過網路存取共享運算資源(如網路、伺服器、儲存裝置、應用程式與各類服務),可以最少的管理資源或服務供應商互動,進行資訊系統的快速配置和發佈。而知名分析公司

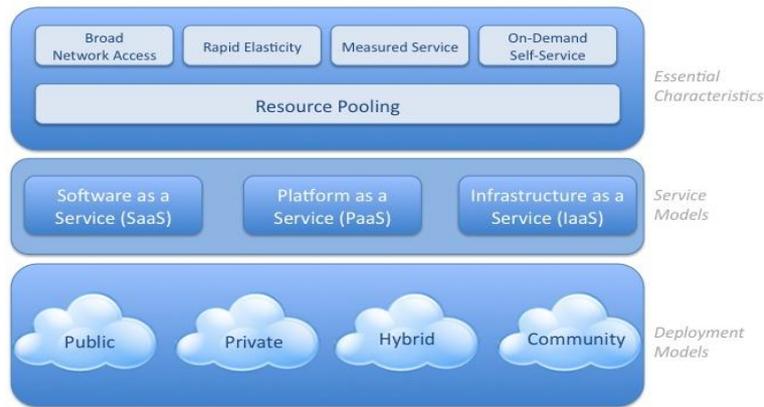


圖 1 雲端運算模型

資料來源：Cloud Security Alliance [10]

Gartner(2009)則定義雲端運算為一種運算模式，它透過大量的資訊科技化能力，利用網際網路技術將服務交付給外部的客戶，使客戶能夠快速的取得服務。

NIST 定義雲端運算模型包含五個基本特徵、三個服務模式及四個部屬模式(圖 1)。部屬模式分為：公有雲(Public Cloud)、私有雲(Private Cloud)、混和雲(Hybrid Cloud)及社群雲(Community Cloud)。服務模式有基礎架構即服務(Infrastructure as a Service, IaaS)、平台即服務(Platform as a Service, PaaS)、軟體即服務(Software as a Service, SaaS)。由 NIST 所提出的雲端運算的標準定義中，「五個基本特徵」是普遍為大家所接受的，這五個特徵是：隨需自助服務(On-Demand Self-Service)、隨時隨地用任何網路裝置存取(Broad Network Access)、多人共享資源池(Resource Pooling)、快速重新部署靈活性(Rapid Elasticity)和被監控與量測的服務(Measured Service)。

雲端運算發展至今提供了相當多的優點及效益，Subashini & Kavitha (2011)指出在各種風險都被了解的狀況下雲端運算所能提供的好處，包括：快速部屬、按使用付費、降低成本、更具延展性及彈性、快速供應、不間斷的網路存取、更好的適應能力、低成本的災難復原和資料儲存、即時的安全控制和系統損害偵測、服務快速重建。然而許多組織、企業在投入雲端運算的發展時也面臨了一些挑戰和困境，Armbrust (2009)指出在發展雲端運算時將會面臨一些阻礙，若能有效的解決雲端運算所產生的問題和障礙，讓潛在的使用者感受到這項技術的優勢，雲端運算則能將其特徵和優點發揮出來，為使用者帶來明顯的效益。

## 二、 XML(eXtensible Markup Language)

網路服務經常在網路上透過 XML 來交換資料和訊息以交付服務(Amer-Yahia & Kotidis, 2004)，而透過雲端運算來交付軟體服務，用戶只要透過網路就可使用雲端的服務資源，同樣的雲端上的各種應用服務能夠透過處理雲端上的 XML 文件來交付服務。本研究提出的雲端架構，即為一個採用 XML 這個資料交換標準格式來交付應用服務的架構。

XML 是用於呈現具有結構性資訊的電子文件標記語言，全球資訊網發展協會 (World Wide Web Consortium, W3C) 於 1998 年 2 月 10 日將其列為網際網路發展的建議標準，可以用來為不同電腦系統或網路裝置之間訂定文件的型式、規定訊息的格式，以建立自動交換資料的標準，並提供一個資料容易整合及使用的平台。Houlding(2001)指出 XML 的優點在於能夠減少網路的流量和負荷、更有效率的網路搜尋功能和網路連結、有意義且容易理解的資料標準，而 XML 也具有以下特性：(1)結構性、(2)可擴展性、(3)可驗證性及(4)跨平台相容性。

以上優點及特性使得 XML 成為了一個理想的資料交換格式，在 W3C 提出了 XML 的標準之後，許多產業標準的相關研究和應用也相繼而出(表 1)，也有許多產業發展了屬於他們自己的資料交換格式，例如 RosettaNet(資訊與電子)、AIA(航太業)、SWIFT(金融業)、ACORD(保險業)、OTA(旅遊業)以及 HL7(醫藥業)等。

表 1 XML 在各領域的相關研究

產業	作者
地球科學	Houlding (2001)
農作物經銷	Lua, Tsaia, Choub (2001)
金融	Boritz, No (2005)
會計	Murthya, Groomerb (2004)
醫療保健	Sokolowski, Dudeck (1999)
旅遊	Dogac, Kabak, Laleci, Sinir, Yildiz, Kirbas, Gurcan (2004)

資料來源：本研究整理

### 三、飛航風險評估方法、技術

飛航風險評估即針對所篩選出來的飛航風險因素，利用量化風險衡量的技術和方法來推導出風險水準指標值，並界定可容忍和不可容忍之界限門檻(Threshold)作為風險分析之依據的過程。風險水準指標值即根據日常安全檢查和查核工作的執行結果所計算出來的，並嚴格且持續地監控各項安全風險因素的風險現況，使能快速反應出其發生異常狀況的訊息而採取適當的避險動作(李文魁，張有恆，民 94)。本研究採用飛航風險評估系統(FORAS)此建構方法來進行系統的建置，FORAS 將會在第參章進行介紹，而目前也有其他應用在飛航風險評估上的風險衡量技術和方法，以下將介紹及比較。

航空安全風險模型(Aviation Safety Risk Model, ASRM) 是由 Luxhøj(2003)所提出並採用，是一個以風險決策支援系統為雛形的模型，用來計算當有新的安全技術加入或有其它干擾時會對飛航安全所造成的影響，整個模型的建立會先找具有代表性的案例作為架構，例如：重大的飛安意外。ASRM 是利用人為肇因分析與分類系統(Human Factors Analysis & Classification System, HFACS)來找出飛航案例的人為風險因素，透過 HFACS 可以將要評估的意外類型中的人為風險因素做有系統化的整理以及分類(Wiegmann & Shappell, 2000)。最後再利用貝氏信任網路(Bayesian Belief Networks, BBNs)建立飛航事件模型的因素結構，連結、處理各個風險因素之間的關係，並比較加入新的安全技術或危險干擾後，和原風險機率有何差別(James & David, 2006)。

故障形式、效應和嚴重度分析(Failure mode, effects, and criticality analysis, FMECA)是由故障形式和效應分析(FMEA)所發展而來的，FMEA 及 FMECA 大部分是用在產品設計、製造的故障分析。FMEA 是一種由下而上(零件至成品)的歸納式系統式分析方法，用來評估潛在性的錯誤，包含找出什麼會造成錯誤，以及會發生錯誤的方法(失效模式)，故障之後對其他零件或整個系統會產生怎樣的影響。FMEA 和 FMECA 差別在於 FMECA 中加入量化資訊，即故障發生的嚴重程度、發生故障的機率和故障發生後的危害度等，來分析零件的故障狀態並提出改善措施，以達到零件正常運作之標準。若零件很多就必須依賴風險優先數(Risk Priority Number, RPN)來進行故障處理的先後順序，RPN 是經由故障之嚴重度、發生機率及危害度等相乘所得(李文魁，張有恆，民 94)。

回顧以上飛航風險評估方法的文獻，這些方法及技術主要目的是希望可以找出目前在飛航操作風險評估上，模型建置的方式、走向，並找出更嚴謹的數學計算模型來達到量化風險的目的，以找出風險因素並實施改善措施及控管，達到主動預防的效果。然而

飛航風險評估方法在建置或實施時也有其各自的適用情況，表 2 為這幾個方法的優點和其限制的比較，可作為在建置飛航風險評估相關系統、工具時的參考。

表 2 飛航風險評估方法優缺點比較

方法	優點	限制
FORAS	1.階層結構有助於各項風險的了解。[18] 2.為量化的風險衡量工具。[18] 3.能找出風險較高的因素，並先和相關人員進行溝通和準備，以提升安全程度。[3] 4.系統上線後，能做風險的趨勢分析。[3]	1.採用階層結構和模糊推論，會受限於每個階層所能存在的風險個數為三個，但實務上各個因素有可能會受到更多的子因素影響。[3]
ASRM	1.可以找出發生機率較低，但發生時卻會造成重大傷害的風險因素。[16] 2.使用 BBNs 此模型建構方式能夠評估單一或多個因素的交互影響。[16]	1.無法針對單一風險因素作量化的分析，只能比較加入安全技術，其風險下降的程度。[16]
FMECA	1.以量化的方式處理風險衡量的問題。[1] 2.可將找到的風險因子量化排序，再依重要程度將所需的資源分配在重要的風險因子中。[1]	1.利用 RPN 原理來計算風險值，會存在相乘效應、風險衡量因子互相稀釋的問題。[1] 2.資料的獲得採用專家問卷方式，信度和效度無其驗證的方式。[3]

資料來源：本研究整理

## 參、風險評估架構

### 一、系統架構

本研究所提出的風險評估架構為一個以社群雲(Community Cloud)為部屬模式的雲端架構，NIST(2009)定義社群雲是由許多利益相仿或互相結為同盟的組織掌控及使用，例如特定安全要求、共同宗旨等，社群成員共同使用雲端資料及應用程式。本研究以社群雲為部屬模式，透過雲端提供給各航空公司或航空同盟進行飛航風險評估的服務，此服務的雲端架構如圖 2。Client Suggested Architecture 為一個建議的客戶端系統架構，代表的是雲端服務的用戶，Data Processing Server 專門處理需要運算的航班資料，將航班資料封裝成 XML 文件提供給 Cloud Architecture 架構下各項雲端服務來進行運算服務，並於接收 XML 文件的運算結果後進一步作資料的處理及儲存，Control Monitor 為其操作介面。而服務用戶則能透過 FORAS Work Station 來針對航班推論結果作詳細的檢視或分析，包括航班各項因素的風險值、航班趨勢、關鍵影響因素等。雲端服務的用戶可以透過此雲端架構，利用網路的方式存取 Cloud Architecture 下的飛航風險推論機(FORAS Inference Engine)、關鍵路徑評估推論機(CPI Evaluation Engine)以及飛航風險評估系統試算機(FORAS Trial Engine)等資源及服務，這三項服務功能將會在本章節後面加以詳述。

模式庫(Model base)為一個儲存模式的資料庫，而模式是在處理資料、產生資訊時的依據，例如統計的方法、數學分析的模式資料，也可以是建立好的條件模式、分析資料與支援決策。在此架構中，模式庫內儲存的推論模型是由飛航風險模式建構核心(FORAS Model Construction Center)建構而成，該推論模型的資料、數值可以由各航空公司自行定義。本研究的模式庫是以模糊推論(Fuzzy Inference)為基礎，並訂定其中的模糊規則(Fuzzy Rule)，而三個推論機會透過模式庫中推論模型的規則、數值及資料來進行所需要的運算服務。在第三小節將會針對模糊推論的推論方法做進一步的介紹。

在此架構中，除了透過飛航風險模式建構核心來建構航空公司的推論模式之外，用

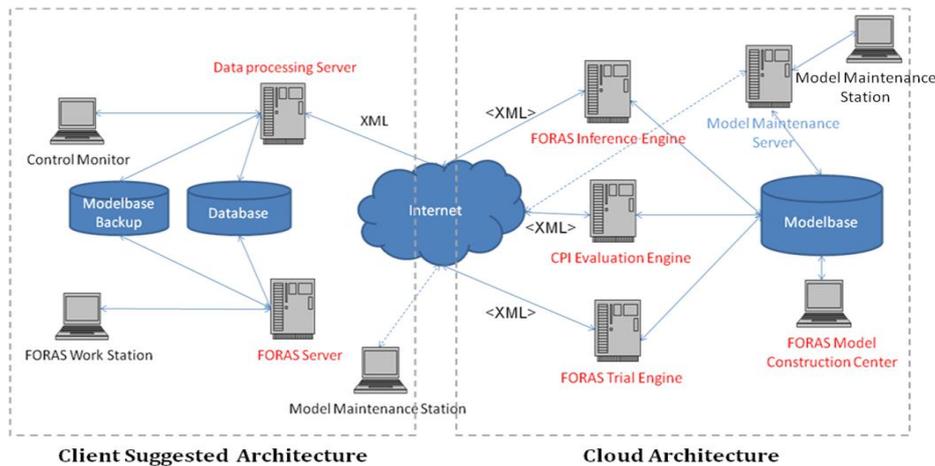


圖 2 雲端架構圖

戶也能夠透過模型維護平台(Model Maintenance Station)這個網路平台來針對模式庫中的推論模型進行維護，而使得用戶在使用雲端服務時能夠為了符合他們的需求，隨時地對模式庫的資料或數值進行一些變更。

雲端用戶透過這個雲端系統架構，將所要進行推論的航班資料以 XML 格式封裝後，透過網路的方式將資料交付給雲端服務來進行運算，並於運算完畢後將結果以 XML 格式的文件回傳給雲端用戶，利用這樣的資料交換方式以取得他們所需要的飛航風險推論決策風險以及關鍵的風險因素，能夠將他們本身所需要的運算服務快速地建置起來，並且在這樣的標準架構之下，在成本、延展性方面都能帶來顯著的效益。

## 二、 飛航作業風險評估系統(FORAS)

飛航作業風險評估系統(Flight Operations Risk Assessment System, FORAS)是一套用於飛航風險的量化管理工具，由美國飛航安全基金會(Flight Safety Foundation, FSF)所發展(Michael, 1999)，提供給飛安相關的管理人員在飛航作業上的風險評估，透過識別意外或事件的前兆來預防意外的發生，針對影響航班的風險因素及關係架構所設計出來的方法和模型架構，可有效的掌握每一航班可能影響飛航安全的風險因子，並加以防範。在 FORAS 的系統建構方法中，會先將飛航風險因素進行分類，並以樹狀結構的形式區分風險因素層級，而 FORAS 的評估運算數學模型是採用模糊推論系統(Fuzzy Inference System, FIS)，並訂定其中的模糊規則，以供後續進行飛航風險推論(Schwartz, 1998)。

## 三、 飛航風險推論機(FORAS Inference Engine)

各航空公司的風險因素樹狀結構和模糊推論系統會有所不同，透過飛航風險模式建構核心能針對不同航空公司的需求，建置其風險因素的樹狀結構和模糊推論系統，並將所建立的模型資料存入模式庫。當飛航風險推論機接收到欲進行運算的航班資料後，會針對航班進行飛航風險推論的運算，並將運算結果回傳給使用者。

飛航風險推論機其風險的運算推論是採用模糊推論系統，圖 3 為本研究模糊推論的樹狀結構，節點主要分成兩種類型，T(Terminal)節點位於樹狀的最底層，是推論結構的輸入資料項目；R(Risk)節點是連接上下層關係的風險節點，其值為下層節點經過模糊運算後所產生的風險值，而樹狀結構的根部為航班最終的決策風險值。飛航風險推論機在航班風險推論完成後會將這些節點資料、數值回傳給提出服務的航空公司、使用者，其資料的交換標準將會在第四章加以詳述。

在飛航風險因素的分類中，通常可以分為人為因素(Crew)、機具因素(Aircraft)、航路因素(Sector)等三個類別(陳奕翔，民 96)，其中比較特別的部分為影響人為因素的子因

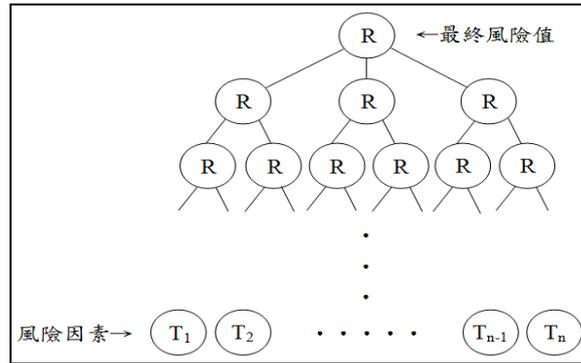


圖 3 風險因素樹狀結構

素，包括內部人員溝通(Intercrew Communication)、飛行員的經驗(Pilot Experience)及飛行員的疲勞程度(Pilot Fatigue)，根據航空公司的需求，後兩項在進行風險評估時需要將正、副駕駛分開進行處理，在原有的FORAS架構中會由一節點類型為Aggregate的節點來接收兩部分的數值，再透過權重的運算將兩部分合併成單一值(圖4)。在本研究的架構，則將正駕駛和副駕駛的子樹直接分開處理，飛航風險推論機會針對不同的副駕駛作不同的推論，而同時取得不同的結果，而在實務上航空公司給予的T節點資料並無法知道其中正副駕駛安排為何人，故在推論時並無法知道起飛及降落時是由哪位副駕駛與正駕駛搭配，在這樣的情況下必須將所有正副駕駛所搭配出來的數值全部列出，因此最後顯示的風險值並非單一數值，而是由正駕駛搭配各個副駕駛所運算出來的數值(圖5)。

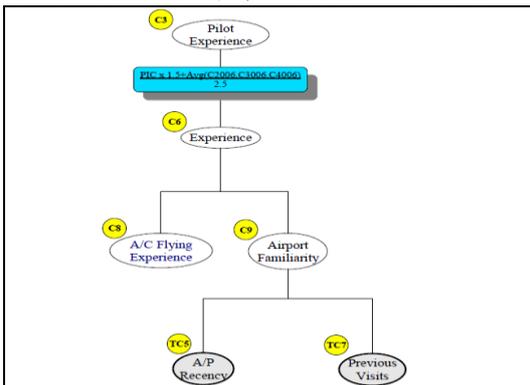


圖 4 原 FORAS 架構 Pilot Experience 節點之處理

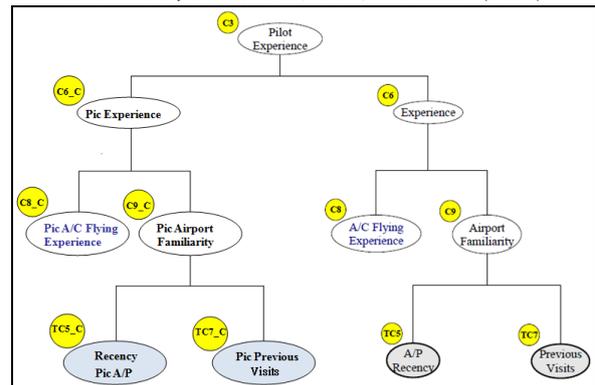


圖 5 本架構 Pilot Experience 節點之處理

#### 四、關鍵路徑評估推論機(CPI Evaluation Engine)

航班的風險推論完畢後，若有航班之最終風險值過高或不符合航空公司期待的情況發生時，能夠針對風險因素樹狀結構來搜尋出影響最終風險值的關鍵因素，本研究關鍵路徑評估推論機尋找關鍵因素的方式是採用 Branch and Bound 搜尋演算法，並透過原有的模糊推論方法，用以搜尋出影響一航班風險值的關鍵因素，即經過調整後可使決策風險值明顯下降的風險因素(黃敬元，民 100)

關鍵路徑評估推論機能夠針對航空公司給定的風險門檻作為關鍵因素搜尋的依據和判斷，當發現某一航班的決策風險值高於所設定的風險門檻時，就會針對該航班的風險因素樹狀進行 Branch and Bound 搜尋演算法來搜尋關鍵因素，直到決策風險值低於風險門檻，而這些關鍵因素即為能夠對此航班有良好改善的關鍵因素集合。

因本架構需要處理多個派遣(Pilots)，故在節點的比較及挑選上要考量到由正駕駛搭配各個副駕駛所運算出來的風險值，並將各個配對的風險值獨立進行向下的關鍵因素節

點搜尋，其演算法如圖 6 所示。當發現有派遣配對的數值高於風險門檻值的情況就會進行 CPI 的演算，當派遣配對的風險數值改善至低於風險門檻值就會結束而進入下一個需要運算的派遣配對來進行運算，直到所有的配對均處理完畢就會結束整個 CPI 的演算。

```

Input: 航班經過計算的決策風險值、根本因素的數據、樹狀推論結構。
Output: 關鍵風險因素。

Pilots: 正駕駛搭配副駕駛的風險值個數。
Risk: 目前風險值。
Threshold: 風險門檻值。
S: 目前候選節點集合。
X: 目標節點。
RVi: 調整節點 i 後的航班風險值。
R 節點: 樹狀結構的根節點(Root)。
T 節點: 樹狀結構的葉節點(Leaf Node)，即為風險因素節點。
P: 計算得出的關鍵因素集合。

LowerCriticalSearch() { // 節點進行比較及挑選
  for(all Pilots)
    X = R 節點(Root)
    while( Risk > Threshold ){
      while(X not T 節點){
        S = S + X 的下層節點
        for(all S){
          RVi = LowerRisk(i), i ∈ S
        }
        X = j where RVj ≤ RVi for all i, j in S
        S = S - j
      }
      P (n) = X
      Risk = RVX
    }
  Return P
}

i: 目標節點。
F: Node i 在樹狀結構裡的父層節點。
C: 節點 i 為葉節點時同個父節點的其它子節點。
LVi: 節點 i 在本身範圍內最佳狀態數值。
RV: 節點 i 的值使用 LVi 替換，推論過後的變異風險值。
Vi: 節點 i 使用來計算的風險值，由計算產生。

LowerRisk(i) { // 計算調整節點後的航班風險值
  Vi = LVi
  While( i not 根節點 ){
    If( i = 葉節點 and C ∈ P ){
      VC = LVC
    }
  }
  // 使用 Vi 代替 i 節點原值，向 F 節點進行運算。
  i = F
  Vi = F 節點算出來的值。
}
RV = Vi
Return RV
}

```

圖 6 節點的比較、挑選及航班風險值計算流程

## 肆、FORAS 資料交換標準

### 一、XML 文件分類

本系統架構會透過 XML 資料交換標準來交付雲端架構中的各項服務，就服務功能可區分成飛航風險推論的 XML 資料交換標準以及 CPI 推論的 XML 資料交換標準。為了運作各項服務，要將系統所需要的輸入資料傳遞給服務進行運算，此部分為輸入的 XML 文件；另一部分則為服務運算完畢後所輸出的 XML 文件。

XML 文件中，其資料類型主要可以分成飛機航班的基本資料(Base Information)，以及推論機在進行推論運算時所需要的系統需求資料，此系統需求資料為推論模型中節點的資料(Model Related Information)，將推論時所需要的各個節點數值提供給推論機以進行後續的飛航風險推論以及 CPI 推論等運算服務。

以下將利用 XML Schema 來描述本系統架構各項服務所需要的 XML 文件。

### 二、飛航風險推論 XML

圖 7 為飛航風險推論所輸入(Input)的 XML 文件其 XML Schema，<BASE\_INFO> 為航班的基本資料標籤，其中包括航空公司代號(Airline Designator Code)、航班編號(Flight Number)、專案名稱(Project Name)、航班日期(Flight Date)、起飛機場代號(Departure Airport Code)、降落機場代號(Arrival Airport Code)、機隊待號(Fleet Code)、區域代號(Region Code)、派遣人員數(Crew Size)等航班資料。<MODEL\_RELATED\_INFO>為推論模型資料的標籤，由於在進行飛航風險推論的運算時，會由樹狀結構的葉節點往上層層推論至根節點而產生最終的決策風險值，故在模型資料的部分要提供欲進行推論之航班的所有風險因素節點(T 節點)及其數值(T-Value)，這些風險因素的節點資料及其數值會搭配預先建立好的模式庫資料來進行運算服務。

當航班的風險推論完成後，系統會產生另一份輸出(Output)的 XML 文件給雲端服務的用戶，其中<BASE\_INFO>此標籤仍為該航班的基本資料，但會多一個<STATUS>標籤來記錄航班的推論完成的狀態，而<MODEL\_RELATED\_INFO>標籤下的模型資料將會記錄該航班所有 T 節點、T-Value、R 節點以及經過推論結構運行之後各個 R 節點的風險值(圖 8)，雲端服務的用戶可以針對這份輸出的 XML 文件做進一步的操作和處理。

### 三、CPI 推論 XML

當某一航班欲進行 CPI 的服務運算時，其輸入的 XML 與圖 7 大致相同，但會在<Flight>標籤下，多加入一個風險門檻值作為關鍵路徑評估推論機在執行關鍵因素搜尋時的依據和判斷，此風險門檻值的 XML Schema 如下：

```
<xsd:element name="DESCISION_INFO">
  <xsd:complexType>
    <xsd:sequence>
      <xsd:element name="THRESHOLD" type="xsd:string" />
    </xsd:sequence>
  </xsd:complexType>
</xsd:element>
```

CPI 推論完成後，輸出給使用者的 XML 其 XML Schema 如圖 9 所示，<BASE\_INFO> 為航班的基本資料，而<MODEL\_RELATED\_INFO>會記錄航班經過 CPI 推論後找到的關鍵風險因素節點。<RUN >代表正駕駛搭配副駕駛所運算出來的風險值次序，其屬性 NO 會記錄正副駕駛配對的順序，若搭配的風險值均超過風險門檻值而進行 CPI 推論，則 XML 文件會記錄所有配對的運算結果。<RUN >標籤內為航班的關鍵風險因素集合，<RANK>為各關鍵因素影響航班的優先順序，Rank 越前面代表該節點能改善最終風險

值的程度就越大。<ORIGINAL\_VALUE >和<ADJUSTED\_VALUE >分別代表該關鍵因素的原始值及該節點調整過後的值，而<ORIGINAL\_RISK >和<ADJUSTED\_RISK >則分別代表該航班原始的決策風險值以及調整該節點至最佳情況後所推論出來的決策風值。

```

<?xml version="1.0" encoding="utf-16"?>
<xsd:schema attributeFormDefault="unqualified" elementFormDefault="qualified" version="1.0" xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">
  <xsd:element name="FORAS">
    <xsd:complexType>
      <xsd:sequence>
        <xsd:element name="FLIGHT">
          <xsd:complexType>
            <xsd:sequence>
              <xsd:element name="BASE_INFO">
                <xsd:complexType>
                  <xsd:sequence>
                    <xsd:element name="DESIGNATOR_CODE" type="xsd:string" />
                    <xsd:element name="FLIGHT_NUMBER" type="xsd:int" />
                    <xsd:element name="PROJECT_NAME" type="xsd:string" />
                    <xsd:element name="FLIGHT_DATE" type="xsd:dateTime" />
                    <xsd:element name="DEPARTURE_AIRPORT" type="xsd:string" />
                    <xsd:element name="ARRIVE_AIRPORT" type="xsd:string" />
                    <xsd:element name="FLEET_CODE" type="xsd:string" />
                    <xsd:element name="REGION_CODE" type="xsd:string" />
                    <xsd:element name="CREW_SIZE" type="xsd:int" />
                  </xsd:sequence>
                </xsd:complexType>
              </xsd:element>
              <xsd:element name="MODEL_RELATED_INFO">
                <xsd:complexType>
                  <xsd:sequence>
                    <xsd:element name="TC1" type="xsd:string" />
                    <xsd:element name="TC2" type="xsd:string" />
                    :
                    :
                  </xsd:sequence>
                </xsd:complexType>
              </xsd:element>
            </xsd:sequence>
          </xsd:complexType>
        </xsd:element>
      </xsd:sequence>
    </xsd:complexType>
  </xsd:element>
</xsd:schema>

```

圖 7 飛航風險推論輸入的 XML Schema

```

<?xml version="1.0" encoding="utf-16"?>
<xsd:schema attributeFormDefault="unqualified" elementFormDefault="qualified" version="1.0"
xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">
  <xsd:element name="FORAS">
    <xsd:complexType>
      <xsd:sequence>
        <xsd:element name="FLIGHT">
          <xsd:complexType>
            <xsd:sequence>
              <xsd:element name="BASE_INFO">
                <xsd:complexType>
                  <xsd:sequence>
                    <xsd:element name="AIRLINE_DESIGNATOR_CODE" type="xsd:string" />
                    <xsd:element name="FLIGHT_NUMBER" type="xsd:int" />
                    <xsd:element name="PROJECT_NAME" type="xsd:string" />
                    <xsd:element name="FLIGHT_DATE" type="xsd:dateTime" />
                    <xsd:element name="DEPARTURE_AIRPORT_CODE" type="xsd:string" />
                    <xsd:element name="ARRIVAL_AIRPORT_CODE" type="xsd:string" />
                    <xsd:element name="FLEET_CODE" type="xsd:string" />
                    <xsd:element name="REGION_CODE" type="xsd:string" />
                    <xsd:element name="CREW_SIZE" type="xsd:int" />
                    <xsd:element name="STATUS" type="xsd:int" />
                  </xsd:sequence>
                </xsd:complexType>
              </xsd:element>
              <xsd:element name="MODEL_RELATED_INFO">
                <xsd:complexType>
                  <xsd:sequence>
                    <xsd:element name="T1" type="xsd:string" />
                    <xsd:element name="T2" type="xsd:string" />
                    <xsd:element name="R1" type="xsd:string" />
                    <xsd:element name="R2" type="xsd:string" />
                    :
                    :
                  </xsd:sequence>
                </xsd:complexType>
              </xsd:element>
            </xsd:sequence>
          </xsd:complexType>
        </xsd:element>
      </xsd:sequence>
    </xsd:complexType>
  </xsd:element>
  <xsd:attribute name="TYPE" type="xsd:string" />
</xsd:schema>

```

圖 8 飛航風險推論輸出的 XML Schema

```

<?xml version="1.0" encoding="utf-16"?>
<xsd:schema attributeFormDefault="unqualified" elementFormDefault="qualified" version="1.0" xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">
  <xsd:element name="FORAS">
    <xsd:complexType>
      <xsd:sequence>
        <xsd:element name="FLIGHT">
          <xsd:complexType>
            <xsd:sequence>
              <xsd:element name="BASE_INFO">
                <xsd:complexType>
                  <xsd:sequence>
                    <xsd:element name="AIRLINE_DESIGNATOR_CODE" type="xsd:string" />
                    <xsd:element name="FLIGHT_NUMBER" type="xsd:int" />
                    <xsd:element name="PROJECT_NAME" type="xsd:string" />
                    <xsd:element name="FLIGHT_DATE" type="xsd:dateTime" />
                    <xsd:element name="DEPARTURE_AIRPORT_CODE" type="xsd:string" />
                    <xsd:element name="ARRIVAL_AIRPORT_CODE" type="xsd:string" />
                    <xsd:element name="FLEET_CODE" type="xsd:string" />
                    <xsd:element name="REGION_CODE" type="xsd:string" />
                    <xsd:element name="CREW_SIZE" type="xsd:int" />
                  </xsd:sequence>
                </xsd:complexType>
              </xsd:element>
              <xsd:element name="MODEL_RELATED_INFO">
                <xsd:complexType>
                  <xsd:sequence>
                    <xsd:element maxOccurs="unbounded" name="RUN">
                      <xsd:complexType>
                        <xsd:sequence>
                          <xsd:element name="T1">
                            <xsd:complexType>
                              <xsd:sequence>
                                <xsd:element name="RANK" type="xsd:int" />
                                <xsd:element name="ORIGINAL_VALUE" type="xsd:string" />
                                <xsd:element name="ADJUSTED_VALUE" type="xsd:string" />
                                <xsd:element name="ORIGINAL_RISK" type="xsd:string" />
                                <xsd:element name="ADJUSTED_RISK" type="xsd:string" />
                              </xsd:sequence>
                            </xsd:complexType>
                          </xsd:element>
                          <xsd:element>
                            <xsd:complexType>
                              <xsd:sequence>
                                <xsd:element name="NO" type="xsd:int" />
                              </xsd:sequence>
                            </xsd:complexType>
                          </xsd:element>
                          <xsd:element>
                            <xsd:complexType>
                              <xsd:sequence>
                                <xsd:element name="NO" type="xsd:int" />
                              </xsd:sequence>
                            </xsd:complexType>
                          </xsd:element>
                        </xsd:sequence>
                      </xsd:complexType>
                    </xsd:element>
                  </xsd:sequence>
                </xsd:complexType>
              </xsd:element>
            </xsd:sequence>
          </xsd:complexType>
        </xsd:element>
      </xsd:sequence>
    </xsd:complexType>
  </xsd:element>
</xsd:schema>

```

圖 9 CPI 推論 XML 的 XML Schema

### 伍、系統實作

本研究的目的是在於建立一個飛航風險評估的雲端架構，以提供給雲端用戶進行飛航風險推論及關鍵因素搜尋的運算服務，透過表 3 的系統執行環境來進行本研究的系統實作，主要分成客戶端的系統架構以及雲端的運算服務架構兩大部分來進行實作。

表 3 系統執行環境

作業系統	Windows 7 SP1
CPU	Intel® Core™ i3 CPU M370 @2.40GHz
記憶體	3.00 GB
資料庫	Oracle Database 10g Express Edition

#### 一、客戶端系統架構

此系統架構所代表的是雲端服務的用戶，此為本研究所建議的一個系統架構，在開發是利用 ASP.NET 網頁平台，程式語言為 VB.NET。就功能而言本架構分成 Control Monitor 及 FORAS Work Station。Control Monitor 為系統管理者的使用者介面(圖 10)，功能包含航班的風險推論、風險試算、推論結果的檔案輸出、CPI 推論的臨界值設定、航班自動運算的間隔時間及使用者管理。在航班風險推論的部分，系統管理者可以手動勾

選航班或將系統設定成自動的方式將所需推論的航班從資料庫取出，並利用 XML 文件物件模型(DOM)的方法將航班資料包裝成 XML 文件，透過存取網路服務(Web Service)的方式將 XML 文件提供給雲端架構的運算服務進行運算。而 FORAS Work Station 主要作為航班風險及詳細資訊的檢視(圖 11)，提供給雲端用戶檢視各航班推論結果(飛航風險值、風險警示燈號)、飛航風險樹狀結構、飛航風險趨勢圖、關鍵影響因素、推論錯誤之航班，並可產生各航班風險推論結果的報表。

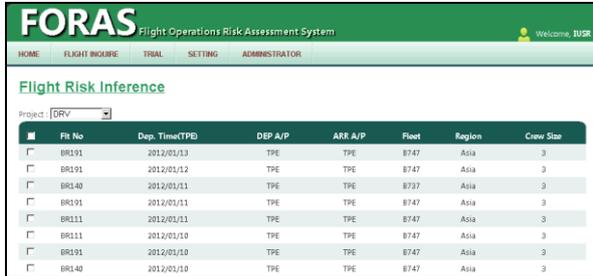


圖 10 Control Monitor 使用者介面



圖 11 FORAS Work Station 使用者介面

## 二、雲端系統架構

此系統架構所代表的是雲端運算服務本身，包含飛航風險推論機、飛航風險試算推論機、關鍵路徑評估推論機服務以及風險推論模型的建構和維護。此雲端架構的運作流程和建置方式為：

1. 利用飛航風險模式建構核心(FORAS Model Construction Center)建構雲端用戶需要的風險推論模型(圖 12)。此系統利用 C++程式語言開發，用來建置樹狀結構的風險模型，並設定各節點的歸屬函數(Membership Function)和模糊規則表(Fuzzy Rule Table)，並於發布後會將資料存放至指定的資料庫，以供後續推論機服務使用。
2. 可透過模型維護平台(Model Maintenance Station)對風險推論模型進行維護(圖 13)。此系統利用 ASP.NET 網頁平台開發，程式語言為 VB.NET，為一網頁介面，可存取資料庫的資料，針對各服務用戶的風險樹狀模型進行模型資料和數值的更改。
3. 各項推論機服務接收來自雲端用戶的航班資料後，會搭配模式庫的模型資料進行運算處理，然後返回各航班的運算結果給雲端用戶。本研究在推論機的實作上，採用 ASP.NET 的 Web Service 進行開發，程式語言為 VB.NET，推論機可接收來自雲端用戶的 XML 資料，並透過 XML 文件物件模型(DOM)的各種方法來存取、操作 XML 文件中的資料，並將讀取出來的風險節點資料透過模糊推論(Fuzzy Inference)進行層層向上的風險推論，最後將推論結果封包裝成 XML 文件返回給提出服務的雲端用戶。

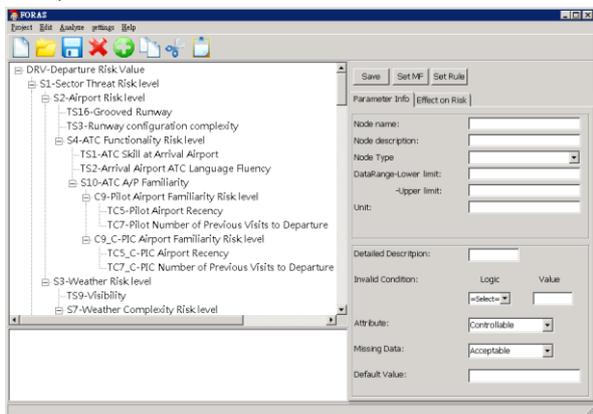


圖 12 飛航風險模式建構核心



圖 13 模型維護平台

雲端服務的用戶欲進行推論機服務時，一次所需要推論的航班數量是不一定的，視用戶本身的需求而定，而本研究合作的航空公司在尖峰時段會有將近一百個航班，經過本研究實驗，航班風險推論運算所需花費的時間如表 4 所示，而運算時間會因為風險模型其複雜度的不同而有所差異，但在相同專案底下的各個航班，平均的推論時間則不會有太大的差別。在 CPI 推論的部分，由於各個航班其風險值超過臨界值的程度不一定一樣，找到的關鍵風險因素和風險因素的數量也有所差異，且不是每個正副機長搭配的風險值均需要進行 CPI 推論，故在各個航班的 CPI 推論上，所需花費的時間就會有很大的差異。

表 4 飛航風險推論運算時間

航班數量	總運算時間(秒)	平均運算時間(秒)
10	21.913	2.191
30	66.082	2.203
50	109.268	2.185
100	222.254	2.223

## 陸、結論與建議

本研究主要目的在於建置一個比現有的飛航作業風險評估系統更具有彈性的飛航風險評估架構，透過雲端架構的推論機服務，資源較少、規模較小的小型航空公司或子航空公司，在於風險的推論方法、技術上可以省下不少的建置成本和建置時間，各家航空公司存在於雲端的風險模型資料也更容易整合和分享。而透過訂定飛航風險評估的 XML 資料交換標準，未來各航空公司在航空安全方面也能夠遵循這套標準來交換飛航風險的資料，因為 XML 的資料交換對於跨平台的資料處理是很適合的。本研究也和所合作的航空公司實際進行系統實作，就該航空公司的需求設計了一個以客戶端為基礎的系統架構，透過雲端架構下的各種運算服務，該航空公司在整個飛航操作風險評估系統的運作上也能夠達到預期的運作。

而本研究在雲端架構的推論服務部分是以模糊推論為基礎來進行風險推論和關鍵因素搜尋的實作，但評估風險的方法和技術有很多，未來在飛航風險推論的方法上，建議可以嘗試採用如貝氏信任網路、層級分析法等其他方法，並可以將各種方法其推論的結果在實務上進行比較，以找出實務上更適合的飛航風險推論方式。

## 參考文獻

1. 李文魁，張有恆，民94，『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。
2. 李文魁，張有恆，民94，『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.1-12。
3. 陳奕翔，民96，『飛行操作風險評估系統(FORAS)之風險因素權重分析』，國立成功大學民航研究所碩士論文。
4. 黃敬元，民100，『基於FORAS之高飛航風險航班關鍵因素搜尋』，淡江大學資訊管理學系碩士論文。
5. Airport International. Review of Risk Assessment Techniques for Flight Operations. Retrieved February 2, 2012, from the World Wide Web:  
<http://www.airport-int.com/article/review-of-risk-assessment-techniques-for-flight-operations.html>
6. Amer-Yahia, S., Kotidis, Y., “Web-services architecture for efficient XML data exchange”, In Proceedings of the IEEE International Conference on Data Engineering (ICDE) 2004.

- IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, CA, pp. 523–534.
7. Armbrust, M., Fox, A., Griffith, R., Joseph, A.D., Randy Katz, R., Konwinski, A., Lee, G., Patterson, D., Rabkin, A., Stoica, I., and Zaharia, M., “Above the Clouds: A Berkeley View of Cloud Computing”, Technical Report UCB/EECS-2009-28, EECS Department, University of California, Berkeley, Feb 2009.
  8. Aviation Safety Network. Statistics information. Retrieved March 9, 2012, from the World Wide Web: <http://aviation-safety.net/statistics/>
  9. Boritz, J. E., No, W. G., “Security in XML-based financial reporting services on the Internet”, *Journal of Accounting and Public Policy* 24 (2005) pp. 11–35.
  10. Cloud Security Alliance. Cloud Computing Architectural Framework. Retrieved November 20, 2011, from the World Wide Web: [https://wiki.cloudsecurityalliance.org/guidance/index.php/Cloud\\_Computing\\_Architectural\\_Framework](https://wiki.cloudsecurityalliance.org/guidance/index.php/Cloud_Computing_Architectural_Framework)
  11. Dogac, A., Kabak, Y., Laleci, G., Sinir, S., Yildiz, A., Kirbas, S., Gurcan, Y., “Semantically Enriched Web Services for Travel Industry”, *ACM Sigmod Record*, Vol. 33, No. 3, September 2004.
  12. Houlding, S.W., “XML — an opportunity for <meaningful> data standards in the geosciences”, *Computers & Geosciences* 27 (2001) pp.839–849.
  13. International Civil Aviation Organization. Global Accident Rate. Retrieved March 9, 2012, from the World Wide Web: <http://www2.icao.int/en/ism/iStars/Pages2/Global%20Accident%20Rate.aspx>
  14. James, T.L., David W.C., “Modeling Low Probability/High Consequence Events : An Aviation Safety Risk Model”, *Reliability and Maintainability Symposium*, 2006.
  15. Lua, E., Tsaia, R., Choub, S., “An empirical study of XML/EDI,” *The Journal of Systems and Software* 58 (2001) pp. 271-279.
  16. Luxhøj, J.T., “Probabilistic Causal Analysis for System Safety Risk Assessments in Commercial Air Transport”, in *Proceedings of the Workshop on Investigating and Reporting of Incidents and Accidents (IRIA)*, Williamsburg , VA, Sep 2003.
  17. Mell, P., Grance, T. “NIST Definition of Cloud Computing”, National Institute of Standards and Technology, 2009.
  18. 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.
  19. Micheal, H., John, M., “Flight Operations Risk Assessment System (FORAS)”, *International Air Safety Seminar*, Flight Safety Foundation, 2002.
  20. Murthya, U.S., Groomerb, S.M., “A continuous auditing web services model for XML-based accounting systems”, *International Journal of Accounting Information Systems* 5 (2004) pp.139–163.
  21. Schwartz, D., “Flight Operations Risk Assessment System (FORAS): A Metric-Based Approach to Flight Operations Risk management”, *International Air Safety Seminar*, Flight Safety Foundation, 1998.
  22. Sokolowski, R., Dudeck, J., “XML and its impact on content and structure in electronic health care documents”, *JAMIA (Symposium Supplement)* 6 (1999) pp.147–151.
  23. Subashini, S., Kavitha, V., “A survey on security issues in service delivery models of cloud computing”, *Journal of Network and Computer Applications* 34 (2011) pp.1–11.
  24. Wiegmann, D.A., Shappell, S.A., “The Human Factors Analysis and Classification System (HFACS)”, U.S. Department of Transportation, Office of Aviation Medicine, Washington, DC (2000).

# **A flight operation risk assessment system based on cloud computing framework**

Huan-Jyh Shyur

Department of Information Management, Tamkang University

shyur@mail.im.tku.edu.tw

Yi-Wei Ye

Department of Information Management, Tamkang University

brian90191@gmail.com

## **Abstract**

This study presents the implementation of a Flight Operations Risk Assessment System (FORAS) based on cloud computing framework. Based on a developed cloud fuzzy inference engine, high risk flight and the critical factors that contribute the most to the flight can be identified. The data exchange standards for flight operation risk assessment are also developed to support the cloud computing framework. Experiments based on practical data are conducted for system validation and performance evaluation.

**Keywords:** FORAS, Fuzzy Inference, Cloud Computing, XML