

## 應用灰色關聯模型探討飛機危險事件肇因之研究

### — 以空軍戰機為例

Using Grey Relation to Analyze the Causes of Dangerous Incidents— An Example of Air Force Fighters

郭東昇<sup>1</sup> 王忠民<sup>2</sup>

(Received: Nov. 14, 2007 ; First Revision: Dec. 20, 2007 ; Accepted: Dec. 28, 2007)

#### 摘要

現代飛機具高科技、高造價、結構繁雜、系統複雜與品質要求高標準之特色，有關維修作業規劃，將直接影響飛機成軍服役期間之妥善情況。本文利用灰色關聯模型，嘗試從飛機危險事件中找出影響飛行安全之因素。灰色關聯模型能將系統內各因素間灰色關聯清晰化，找出影響目標值的重要因素。實證結果顯示在人為因素中影響最大為停機線人員檢查疏忽、修護人員操作不當及地面管制不當等；在機械因素中影響最大為材料疲勞、設計不良、機械磨損、腐蝕或銹蝕及燃油系統等；在環境因素中影響最大為助航設施、天候氣象及鳥擊意外等。研究結果將提供機隊管理及後勤維修管理階層決策之參考。

**關鍵詞：**灰色關聯模型、危險事件、飛行安全。

#### Abstract

The modern aircrafts are characterized with high-technology, high-price, sophisticated structure, complex system and high-quality requirements. The maintenance planning is the crucial factor that affects the combat readiness ratio of the aircrafts during the service life. This paper attempts to find the causes of flight safety from the dangerous incidents using Grey Relation Model. Grey Relation Analysis is able to clear up the grey relations between each factor and find the most important one toward the target object.

The result shows that maintenance personnel negligence, repair personnel non-standard operation, and ground controller improper controls are the most important factors among human factors. Material fatigue, improper design, mechanic wearing, corrosion, and rusty are the most important factors among mechanic factors. Navigation-aid, weather, and bird-strike are the most important factors among environmental factors. The result provides the authority with a reference for making right decisions in logistics and maintaining fields.

**Keywords:** Grey Relation Analysis、Dangerous Incident、Flight Safety

<sup>1</sup>南華大華企業管理系助理教授

<sup>2</sup>南華大華企業管理系管理科學研究生

## 1. 緒論

飛行原本只是人類想圓一個想飛的夢，自從飛機發展的主導權由純粹的飛行，轉變為戰場的需求，為因應戰場需求進而引領各種飛機的發展，飛機的演進改寫戰爭形態，更成為主導戰場成敗的關鍵角色。現代飛機具高科技、高造價、結構繁雜、系統複雜與品質要求高標準，有關維修作業規劃，將直接影響飛機成軍服役期間後勤維修度之妥善率。台灣是一個島嶼國家，海峽在空權時代已不構成天險，台海兩岸對峙，海峽寬度僅90餘哩，若以共軍飛機每小時450哩(0.9馬赫)的速度飛行僅需10至12分鐘即兵臨台灣上空，而M族地對地飛彈僅需5至7分鐘即可達台灣全境(周定國&熊厚基，2004)，在面臨強大的外敵時，最直接且有效的防衛，就是在空中阻止敵人跨海來犯，空軍是台海防衛作戰的決勝軍種，因此空軍是過去半世紀以來共軍無法渡海攻台最重要的原因。目前兩岸關係尚未建立和平穩定的局勢前，空防是維護我國領土安全的重要基石，空軍在掌握「制空權」的主要任務下，如何增強空防確保持續戰力，其中有效維持飛機妥善為重要手段之一；所謂「空飛出英雄，地勤一半功」，後勤維修人員的努力以赴確保飛機的妥善，能夠讓飛機順利升空，方能有效發揮作戰能力。

### 1.1 研究目的

近年來，空軍新一代飛機陸續成軍服役，本國研發IDF經國號飛機、美製F-16飛機及法製M-2000幻象飛機開始成軍服役，我國空軍已展現出前所未有之戰力，而人員的換裝培訓，整體後勤支援管理的建立，正是空軍飛力提昇的憑藉，以現有武器裝備為基礎下，就現有飛機架數發揮武器裝備性能及特性，期能突破飛機數量上之限制，提高妥善率、出擊率，以捍衛台海領空之空優。本研究的目的即在建立較精準之灰色關聯模式，建立灰色關聯序列排列出其影響因素之大小，作為提供機隊管理與後勤維修管理決策之參考。歸納而言，本研究所欲達成之目的有下列三項：

- 1.透過相關飛機歷史資料之整理，歸納飛機飛危事件各項因素發生次數之現況與特性。
- 2.針對各型飛機飛危事件各項因素發生次數，按灰色關聯模型建立灰色關聯序列排列出其影響因素之大小。
- 3.針對各項因素對各型飛機飛危事件，按灰色關聯模型建立灰色關聯序列排列出其影響因素之大小。

### 1.2 研究範圍

目前進行各類分析時，主要分為定性及定量兩個方向，在進行定量分析時將蒐集的歷史資料，分析未來發展趨勢，作為提供決策階層進一步參考。最近幾年，灰色系統理論廣泛地應用在各領域上，並獲得相當好的研究結果，依據灰色理論過去的相關研究顯示其特性適用於短期分析，只要四筆歷史資料即可獲得令人滿意的預測結果(鄧聚龍，1996)。本研究試圖以灰色理論中之灰色關聯方法做為 F-16 飛機、M-2000 飛機及 IDF 飛機之危險事件各項因素項目分析，並找出影響因素與其關聯性，作為機隊管理及後勤維修主管決策之參考。本研究係選定灰色系統理論之灰色關聯模式做為研究方法，再由

人為因素、機械因素及環境因素等項目，逐一統計飛機每年發生危險事件量之資料，進行資料之處理與分析，最後歸納出本研究之結論及提出相關建議。

## 2. 文獻探討

### 2.1 灰色理論

在控制學中，常以顏色的深淺來代表訊息(Information)的完整程度。黑色代表對訊息內部結構、特性等一無所知；相反的，白色表示所知的訊息完整，對系統完全確知。而灰色則介於白色與黑色之間，表示訊息不完全性或不確定性，故稱之為「灰色系統」(Grey System)，1982年大陸學者鄧聚龍教授根據此類系統的特點，提出「灰色系統理論」(Grey System Theory)簡稱「灰色理論」。(鄧聚龍&郭洪，1996)。灰色系統從結構、模型及關係上逐漸由灰變白，使不明確的因素逐漸明確。分析各因素間的相關程度，據此判斷其影響程度和範圍，進而獲得對系統量的認識，用於預測、決策和控制。由於「灰色理論」能對事物或系統之「不確定性」(Not Certainty)、「多變量輸入」(Multi-Input)、「離散的數據」(Discrete Data)及「數據的不完整性」(Not Enough)做有效的處理。灰色理論發展至今雖只有二十幾年時間，在許多學者不斷的提出修正及改進下，近年來已被廣泛的應用在各領域中，如經濟、農業、生態、氣象、教育、運動訓練、工業控制、醫療、地質與管理等數十個領域中，且獲得良好的效果。

### 2.2 灰色關聯分析

灰色關聯分析(Grey Relational Analysis)的目的是在分析離散(Discrete)序列之間相關程度的一種測度方法，是根據序列曲線幾何形狀的相似程度來判斷其關聯是否密切，故透過灰色關聯度的推求，可分析各序列間相關性的高低。而統計迴歸(Regression)是處理變數與變數之間關係的一種常用數學方法，其有下列幾個的限制(溫坤禮等，2003)：

1. 變數與變數之間必須存在著“相互影響”的關係。
2. 要求大量的數據。
3. 數據的分佈必須為典型的：例如常態(Normal Distribution)分佈。
4. 變化因素不能太多。

因此在某些場合中可能無法很容易的求出答案，而灰色關聯分析具有少數數據及多因素分析的特點，剛好可以彌補一般統計迴歸之缺點。

### 2.3 灰色關聯模型之特點

灰色關聯模型，係「影響測度」的模型，對兩個系統之間的因素，其隨時間或不同對象而變化的關聯性大小之度量，稱為關聯度。在系統發展過程中，若兩個因素變化的趨勢具有一致性，即同步變化程度較高，即可謂二者關聯程度較高；反之，則較低。因此，灰色關聯分析方法，係根據因素之間發展趨勢的相似或相異程度，亦即「灰色關聯度」，做為衡量因素間關聯程度之一種方法(Deng,1988)，對於灰色關聯分析而言，由結果中可以得知是做系統的輸出與輸入之綜合研究。因此在灰色關聯分析中的各個子因子

之間的關係，也可以視為是對系統做灰色關聯分析，是關聯分析的一種方式。灰色關聯分析是將系統內各因素間灰色關聯清晰化，找出影響目標值的重要因素。灰色關聯分析模型具有下列優點(吳怡燁，2003)：

1. 建立模型可屬於非函數型之序列模型。
2. 計算方法簡單。
3. 不需要大量數據，且數據不需符合常態分配。
4. 不會產生和定量分析衝突之結果。

## 2.4 灰色關聯模型之應用

灰色關聯模型之應用根據林士彥&黃宗成(2005)的研究以台灣軟體產業為對象，應用灰色關聯分析軟體業聲望評價，提供消費者選擇之依據。根據顏靖斌(2004)的研究利用灰色關聯模型方法，將模擬國軍組織人員選派時各項決策因素，建立各因素間關聯性進行分析，並建立最佳化模型選用適當人選，提供最佳決策參考。根據陳仕倫(2000)的研究以世界飛機失事(WAAS)資料進行事故發生次數之關聯研究後，以積極的改善策略，減少飛安事故的發生，期能改善飛行安全有所助益。根據王麗玲(2004)的研究運用灰色關聯分析法，以其性能諸元等屬性為評估準則評選出最佳初級教練機，在眾多教練機中，挑選出最佳之初級教練機。

## 3. 研究方法

### 3.1 研究架構

本研究撇開軍事機密的範疇，而以工程科技的觀點來審視，以飛機飛危事件發生數據來加以分析，首先將飛危事件各項因素視為獨立因素，按灰色關聯建模後探討對飛危事件之影響狀況。本研究之灰色關聯模型以 Office 軟體及 IE 4.0 以上的版本，安裝 Grey Relation 程式後，將五筆數據輸入灰色關聯模型執行程式，依建模關聯值數據資料分析。

### 3.2 研究資料蒐集與準備

本研究自空軍後勤資訊管理系統(Logistic Information Management System, LIMS)內之基地修護管理系統(Base Maintenance Management System, BMMS)模組中(葉忠&馮咸丰，2005)，蒐集飛機成軍服役期間操作維修工作之資訊資料，擷取飛機飛危事件各項因素數據資料，故將以飛機飛危事件數據作為建模之原始資料並加以分析。惟基於國防安全避免觸及機敏資料之考量，本研究僅選取現今飛機相通性之系統並刪除具有重要機密及武器系統之資料，且本研究將飛機飛危事件之數據作資料轉換，以防軍事機密外洩之慮。本研究區分各因素項目如下，並就各因素分項分類彙整如表 1，以利本研究後續建模。

#### 1. 人為因素：

- (1) 飛行人員因素：飛行人員操作不當及疏忽大意。

- (2)地勤人員因素：停機線人員檢查疏忽、週檢修護工作疏忽、修護人員操作不當及地面管制不當。
- 2.機械因素：
- (1)機械主要系統因素：
- (a)動力系統：發動機系統、燃油系統及液壓系統。
- (b)操控系統：飛行操控系統、起落架系統及電力系統。
- (c)航行系統：導航系統、儀表系統及環控系統。
- (2)機械其他因素：機械磨損、腐蝕或銹蝕、材質(品質)不良、設計不良及材料疲勞。
- 3.環境因素：
- (1)天然環境因素：天候氣象及鳥擊意外。
- (2)人為管理環境因素：外物損傷及助航設施。

表 1 飛機危險事件分析因素分析項目

主要因素	因素項目	分析項目
1.人為因素	1.1 飛行人員因素	1.1.1. 飛行人員操作不當
		1.1.2 飛行人員疏忽大意
	1.2 地勤人員因素	1.2.1 停機線人員檢查疏忽
		1.2.2 週檢修護工作疏忽
		1.2.3 修護人員操作不當
		1.2.4 地面管制不當
2.機械因素	2.1 主要系統因素	2.1.1 發動機系統
		2.1.2 燃油系統
		2.1.3 液壓系統
		2.1.4 飛行操控系統
		2.1.5 起落架系統
		2.1.6 電力系統
		2.1.7 導航系統
		2.1.8 儀表系統
		2.1.9 環控系統
	2.2 其他因素	2.2.1 機械磨損
		2.2.2 腐蝕或銹蝕
2.2.3 材質(品質)不良		
2.2.4 設計不良		
2.2.5 材料疲勞		
3.環境因素	3.1 天然環境因素	3.1.1 天候氣象
		3.1.2 鳥擊意外
	3.2 人為管理環境因素	3.2.1 外物損傷
		3.2.2 助航設施

本研究之飛機飛危事件各因素數據詳如表2統計，按 $k=1,2,3,4,5$ 並以 $X_1、X_2、\dots、X_{72}$ 等代號區分各因素，以利本研究模型計算分析及後續實證結果分析作業。

表 2 飛機危險事件各項因素之統計數據

分析項目	F 型機						M 型機						I 型機					
	代號	k=1	k=2	k=3	k=4	k=5	代號	k=1	k=2	k=3	k=4	k=5	代號	k=1	k=2	k=3	k=4	k=5
1.1.1	X <sub>1</sub>	10	13	3	4	3	X <sub>25</sub>	3	1	5	1	1	X <sub>49</sub>	8	12	7	2	3
1.1.2	X <sub>2</sub>	6	3	3	2	0	X <sub>26</sub>	1	1	2	1	0	X <sub>50</sub>	6	5	3	1	2
1.2.1	X <sub>3</sub>	3	3	4	2	1	X <sub>27</sub>	1	2	2	1	1	X <sub>51</sub>	1	4	5	2	2
1.2.2	X <sub>4</sub>	2	0	1	0	1	X <sub>28</sub>	1	0	0	1	1	X <sub>52</sub>	1	1	1	0	0
1.2.3	X <sub>5</sub>	4	2	1	1	0	X <sub>29</sub>	1	1	1	0	1	X <sub>53</sub>	2	1	3	1	1
1.2.4	X <sub>6</sub>	1	1	0	0	1	X <sub>30</sub>	1	0	1	1	1	X <sub>54</sub>	1	2	2	0	1
2.1.1	X <sub>7</sub>	26	18	42	22	10	X <sub>31</sub>	3	9	15	13	4	X <sub>55</sub>	13	64	72	42	16
2.1.2	X <sub>8</sub>	10	9	19	11	6	X <sub>32</sub>	5	8	7	5	3	X <sub>56</sub>	9	49	55	22	14
2.1.3	X <sub>9</sub>	6	16	41	24	9	X <sub>33</sub>	2	11	18	6	5	X <sub>57</sub>	6	62	31	35	14
2.1.4	X <sub>10</sub>	12	15	44	17	9	X <sub>34</sub>	8	7	16	7	5	X <sub>58</sub>	13	47	39	26	13
2.1.5	X <sub>11</sub>	22	42	67	48	18	X <sub>35</sub>	11	19	26	28	9	X <sub>59</sub>	23	76	77	56	24
2.1.6	X <sub>12</sub>	7	13	36	16	9	X <sub>36</sub>	7	7	13	5	3	X <sub>60</sub>	9	47	36	29	18
2.1.7	X <sub>13</sub>	11	17	29	15	7	X <sub>37</sub>	3	11	21	9	6	X <sub>61</sub>	3	45	28	19	10
2.1.8	X <sub>14</sub>	6	11	26	15	6	X <sub>38</sub>	2	9	11	7	4	X <sub>62</sub>	6	36	49	16	11
2.1.9	X <sub>15</sub>	8	11	34	26	7	X <sub>39</sub>	1	7	6	8	3	X <sub>63</sub>	8	44	49	18	12
2.2.1	X <sub>16</sub>	3	2	4	3	1	X <sub>40</sub>	1	1	2	1	1	X <sub>64</sub>	3	4	1	6	1
2.2.2	X <sub>17</sub>	4	3	5	5	2	X <sub>41</sub>	3	7	3	2	1	X <sub>65</sub>	2	2	3	4	1
2.2.3	X <sub>18</sub>	3	6	2	2	1	X <sub>42</sub>	1	4	2	2	0	X <sub>66</sub>	1	5	4	3	1
2.2.4	X <sub>19</sub>	1	1	0	1	0	X <sub>43</sub>	1	2	1	1	1	X <sub>67</sub>	2	9	2	3	1
2.2.5	X <sub>20</sub>	2	5	2	3	1	X <sub>44</sub>	1	1	1	1	1	X <sub>68</sub>	4	8	6	2	0
3.1.1	X <sub>21</sub>	13	8	5	8	4	X <sub>45</sub>	1	4	5	4	3	X <sub>69</sub>	4	3	9	5	3
3.1.2	X <sub>22</sub>	35	38	29	26	17	X <sub>46</sub>	26	24	18	11	7	X <sub>70</sub>	18	39	26	22	11
3.2.1	X <sub>23</sub>	2	7	4	4	2	X <sub>47</sub>	5	3	2	2	1	X <sub>71</sub>	7	6	3	1	2
3.2.2	X <sub>24</sub>	2	2	2	3	1	X <sub>48</sub>	1	1	2	1	1	X <sub>72</sub>	2	2	1	0	0

### 3.3 灰色關聯模型

灰色關聯模型(Grey Relational Model)透過灰色關聯分析可將系統內眾多因素，依個別對系統影響的強弱程度，篩選出的那些因素是主要的，那些是次要的；那些是明顯的，那些是潛在的；那些是值得發展的，那些又是需要捨棄的(林永吉，2003)。在幾何意義上，灰色關聯分析是將參考函數與比較函數，在直角座標平面上作動態曲線圖。然後比較函數幾何形狀與參考函數形狀，越接近者其關聯性就越大(翁慶昌等，2001)。關聯度亦稱函數相似程度，也就是離散函數接近的測度。

步驟一、原始數據的處理：在灰色關聯空間  $\{P(X); \Gamma\}$  中，有一序列：

$$x_i = \{x_i(1), x_i(2), x_i(3), \dots, x_i(n)\} \in X$$

其中  $i = 0, 1, 2, \dots, m$

令

參考序列(Reference Sequence)

$$x_0 = \{x_0(1), x_0(2), x_0(3), \dots, x_0(n)\}$$

比較序列(Compared Sequence)

$$\begin{aligned} x_1 &= \{x_1(1), x_1(2), x_1(3), \dots, x_1(n)\} \\ x_2 &= \{x_2(1), x_2(2), x_2(3), \dots, x_2(n)\} \\ &\vdots \\ x_m &= \{x_m(1), x_m(2), x_m(3), \dots, x_m(n)\} \end{aligned} \quad (1)$$

系統中若因素的物理意義不同，因而數據的單位也不同，在進行分析比較時很難得到正確的結果。因此原始數據必須先經過特殊的處理，將其原始序列化為無因次且為無單位之數據，經常使用之處理方法有下列三種方式：

- 1.初值化處理：分別用原始序列的第一個原始數據去除後面的各個數據，得到其倍數數列，也就是初值化序列。在一般情形下，對於穩定的社會經濟系統進行發展態勢的分析時，多採用初值化處理。

$$x_i^*(k) = \frac{x_i(k)}{x_i(1)} \quad (2)$$

- 2.最大值化處理：找出序列中的最大值，再用最大值去除比較序列中每個數據，可以得到新的數據數列，即為最大值化序列。

$$x_i^*(k) = \frac{x_i(k)}{\max\{x_i(k)\}} \quad (3)$$

- 3.最小值化處理：找出序列中的最小值，再以比較序列中每個數據去除以最小值，可以得到新的數據數列，即為最小值化序列。

$$x_i^*(k) = \frac{x_i(k)}{\min\{x_i(k)\}} \quad (4)$$

步驟二、計算灰色關聯差序列：經過上述原始數據處理後設  $x_0(k)$  為參考序列， $x_i(k)$  為一特定之比較序列。下列方程式所示為比較序列與參考序列之絕對差：

$$\Delta_{0i} = \|x_0^*(k) - x_i^*(k)\| \quad (5)$$

步驟三、計算灰色關聯係數： $\Delta_{\min}$ 與 $\Delta_{\max}$ 分別是所有比較序列中，在各個點的絕對差之最小值和最大值。

$$\Delta_{\min} = \min_i \min_k \Delta_{0i}(k) \quad (6)$$

$$\Delta_{\max} = \max_i \max_k \Delta_{0i}(k) \quad (7)$$

$\zeta$  稱為辨識係數(Distinguished Coefficient)，在灰色關聯係數中辨識係數的功能是作為背景值和待測物之間的對比，數值的大小可根據實際需要做調整，目的在控制灰色關聯係數的大小以利判斷(Deng,1989)；但是決策者也可根據權重的不同來選擇不同的  $\zeta$  值來進行計算，辨識係數之間的差異顯著性， $\zeta$  值介於0與1之間；Wong & Laih(2000) 提了新的灰色關聯測度方法解決灰色關聯係數分布不均情形，一般而言辨識係數取  $\zeta=0.5$  (Tzeng & Tsaur, 1994)。

步驟四、計算灰色關聯值：灰色關聯分析實質上是對序列進行幾何空間關係的比較，若兩比較序列在各個點都重合在一起，即關聯係數處處是1，則關聯度也必為1。因此比較序列與參考序列的關聯度，可用這兩個序列各個時刻的關聯數之平均值來量化，如(3.17)式表示。

$$\gamma(x_0(k), x_i(k)) = \frac{\Delta_{\min} + \zeta \Delta_{\max}}{\Delta_{0i}(k) + \zeta \Delta_{\max}} \quad (8)$$

步驟五、計算灰色關聯度

$$\Gamma_{0i}(k) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \gamma(x_0(k), x_i(k)) \quad (9)$$

步驟六、比較排列灰色關聯順序：在關聯分析中，各因素關聯度數值的大小，其實際意義並不十分重要，而序列之間的關聯次序將是分析問題的關鍵。將各  $\Gamma_{0i}$  值由大到小排列。本研究將飛機主要系統失效總次數執行局部性灰色關聯數據化並找出影響目標值的重要因素。

$$\Gamma(x_0, x_n) \gg \Gamma(x_0, x_m) \gg \dots \gg \Gamma(x_0, x_p) \quad (10)$$

## 4. 研究實證結果與分析

### 4.1 灰色關聯模型各因素影響飛機建模

利用灰色關聯模式實證影響飛機飛危事件之人為因素、機械因素及環境因素等三項因素發生數據與各型機之資料來加以處理分析，並針對實證結果加以討論分析，以為後續飛機機隊管理與修維護工作之參考。

4.1.1 灰色關聯模型人為因素影響飛機建模

將擷取飛機危險事件分析人為因素數據，依灰色關聯模型進行步驟如下列說明。

- 1.原始數列建立：首先建立序列如表 2 所列並採 2 式初值化處理後計算之。
- 2.建立差序列：按 5 式建立模型差序列如表 3。
- 3.選取最大值=4.0000 與最小值=0.0000。
- 4.取  $\zeta$  值=0.5000 後依 8 式計算灰色關聯值如表 3 所列。

表 3 飛機危險事件分析人為因素之建模數據

差序列值	k=1	k=2	k=3	k=4	k=5	灰色關聯值	k=1	k=2	k=3	k=4	k=5
$\Delta_{01}(k)$	0.0000	0.3000	0.7000	0.6000	0.7000	$\gamma(x_0(k),x_1(k))$	1.0000	0.8696	0.7407	0.7692	0.7407
$\Delta_{02}(k)$	0.0000	0.5000	0.5000	0.6667	1.0000	$\gamma(x_0(k),x_2(k))$	1.0000	0.8000	0.8000	0.7500	0.6667
$\Delta_{03}(k)$	0.0000	0.0000	0.3333	0.3333	0.6667	$\gamma(x_0(k),x_3(k))$	1.0000	1.0000	0.8572	0.8572	0.7500
$\Delta_{04}(k)$	0.0000	1.0000	0.5000	1.0000	0.5000	$\gamma(x_0(k),x_4(k))$	1.0000	0.6667	0.8000	0.6667	0.8000
$\Delta_{05}(k)$	0.0000	0.5000	0.7500	0.7500	1.0000	$\gamma(x_0(k),x_5(k))$	1.0000	0.8000	0.7273	0.7273	0.6667
$\Delta_{06}(k)$	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0.0000	$\gamma(x_0(k),x_6(k))$	1.0000	1.0000	0.6667	0.6667	1.0000
$\Delta_{025}(k)$	0.0000	0.6667	0.6667	0.6667	0.6667	$\gamma(x_0(k),x_{25}(k))$	1.0000	0.7500	0.7500	0.7500	0.7500
$\Delta_{026}(k)$	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000	$\gamma(x_0(k),x_{26}(k))$	1.0000	1.0000	0.6667	1.0000	0.6667
$\Delta_{027}(k)$	0.0000	1.0000	1.0000	0.0000	0.0000	$\gamma(x_0(k),x_{27}(k))$	1.0000	0.6667	0.6667	0.1000	0.1000
$\Delta_{028}(k)$	0.0000	1.0000	1.0000	0.0000	0.0000	$\gamma(x_0(k),x_{28}(k))$	1.0000	0.6667	0.6667	1.0000	1.0000
$\Delta_{029}(k)$	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	$\gamma(x_0(k),x_{29}(k))$	1.0000	1.0000	1.0000	0.6667	1.0000
$\Delta_{030}(k)$	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	$\gamma(x_0(k),x_{30}(k))$	1.0000	0.6667	1.0000	1.0000	1.0000
$\Delta_{049}(k)$	0.0000	0.5000	0.1250	0.7500	0.6250	$\gamma(x_0(k),x_{49}(k))$	1.0000	0.8000	0.9412	0.7273	0.7619
$\Delta_{050}(k)$	0.0000	0.1667	0.5000	0.8333	0.6667	$\gamma(x_0(k),x_{50}(k))$	1.0000	0.9231	0.8000	0.7059	0.7500
$\Delta_{051}(k)$	0.0000	0.3000	4.0000	1.0000	1.0000	$\gamma(x_0(k),x_{51}(k))$	1.0000	0.4000	0.3333	0.6667	0.6667
$\Delta_{052}(k)$	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	$\gamma(x_0(k),x_{52}(k))$	1.0000	1.0000	1.0000	0.6667	0.6667
$\Delta_{053}(k)$	0.0000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	$\gamma(x_0(k),x_{53}(k))$	1.0000	0.8000	0.8000	0.8000	0.8000
$\Delta_{054}(k)$	0.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.0000	$\gamma(x_0(k),x_{54}(k))$	1.0000	0.6667	0.6667	0.6667	1.0000

- 5.按 9 式計算灰色關聯度如表 4 所列。

表 4 飛機危險事件分析人為因素之灰色關聯度及排序

灰色關聯度	排序	
$\Gamma(x_0,x_1)$	0.8241	12
$\Gamma(x_0,x_2)$	0.8033	13
$\Gamma(x_0,x_3)$	0.8929	3
$\Gamma(x_0,x_4)$	0.7867	16
$\Gamma(x_0,x_5)$	0.7842	17
$\Gamma(x_0,x_6)$	0.8667	6
$\Gamma(x_0,x_{25})$	0.8000	15
$\Gamma(x_0,x_{26})$	0.8667	5
$\Gamma(x_0,x_{27})$	0.8667	4
$\Gamma(x_0,x_{28})$	0.8667	8
$\Gamma(x_0,x_{29})$	0.9333	1
$\Gamma(x_0,x_{30})$	0.9333	2
$\Gamma(x_0,x_{49})$	0.8461	9
$\Gamma(x_0,x_{50})$	0.8358	11
$\Gamma(x_0,x_{51})$	0.6133	18

灰色關聯度		排序
$\Gamma(x_0, x_{52})$	0.8667	7
$\Gamma(x_0, x_{53})$	0.8400	10
$\Gamma(x_0, x_{54})$	0.8000	14

經灰色關聯模型進行建模後得知飛機危險事件分析人為因素發生數據為 M 型機之修護人員操作不當及地面管制不當、F 型機之停機線人員檢查疏忽及 M 型機之停機線人員檢查疏忽等四項因素影響最大，其他影響排序如表 4 所列。

#### 4.1.2 灰色關聯模型機械主要系統因素影響飛機建模

將擷取飛機危險事件分析機械主要系統因素數據，依灰色關聯模型進行步驟如下列說明。

- 1.原始數列建立：首先建立序列如表 2 所列並採 2 式初值化處理後計算之。
- 2.建立差序列：按 5 式建立模型差序列如表 5。
- 3.由資料中選取最大值=14.000 與最小值=0.0000。
- 4.取  $\zeta$  值=0.5000 後依 8 式計算灰色關聯值如表 5 所列。

表 5 飛機危險事件分析機械主要系統因素之建模數據

差序列值	k=1	k=2	k=3	k=4	k=5	灰色關聯值	k=1	k=2	k=3	k=4	k=5
$\Delta_{07}(k)$	0.0000	0.3077	0.6154	0.1538	0.6154	$\gamma(x_0(k), x_7(k))$	1.0000	0.9579	0.9192	0.9785	0.9192
$\Delta_{08}(k)$	0.0000	0.1000	0.9000	0.1000	0.4000	$\gamma(x_0(k), x_8(k))$	1.0000	0.9859	0.8861	0.9859	0.9459
$\Delta_{09}(k)$	0.0000	1.6667	5.8333	3.0000	0.5000	$\gamma(x_0(k), x_9(k))$	1.0000	0.8077	0.5455	0.7000	0.9333
$\Delta_{010}(k)$	0.0000	0.2500	2.6667	0.4167	0.2500	$\gamma(x_0(k), x_{10}(k))$	1.0000	0.9655	0.7241	0.9438	0.9655
$\Delta_{011}(k)$	0.0000	0.9091	2.0455	1.1818	0.1818	$\gamma(x_0(k), x_{11}(k))$	1.0000	0.8851	0.7739	0.8556	0.9747
$\Delta_{012}(k)$	0.0000	0.8571	4.1429	1.2857	0.2857	$\gamma(x_0(k), x_{12}(k))$	1.0000	0.8909	0.6282	0.8448	0.9608
$\Delta_{013}(k)$	0.0000	0.5455	1.6364	0.3636	0.3636	$\gamma(x_0(k), x_{13}(k))$	1.0000	0.9277	0.8105	0.9506	0.9506
$\Delta_{014}(k)$	0.0000	0.8333	3.3333	1.5000	0.0000	$\gamma(x_0(k), x_{14}(k))$	1.0000	0.8936	0.6774	0.8235	1.0000
$\Delta_{015}(k)$	0.0000	0.3750	3.2500	2.2500	0.1250	$\gamma(x_0(k), x_{15}(k))$	1.0000	0.9492	0.6829	0.7568	0.9825
$\Delta_{031}(k)$	0.0000	2.0000	4.0000	3.3333	0.3333	$\gamma(x_0(k), x_{31}(k))$	1.0000	0.7778	0.6364	0.6774	0.9545
$\Delta_{032}(k)$	0.0000	0.6000	0.4000	0.0000	0.4000	$\gamma(x_0(k), x_{32}(k))$	1.0000	0.9211	0.9459	1.0000	0.9459
$\Delta_{033}(k)$	0.0000	4.5000	8.0000	2.0000	1.5000	$\gamma(x_0(k), x_{33}(k))$	1.0000	0.6087	0.4667	0.7778	0.8235
$\Delta_{034}(k)$	0.0000	0.1250	1.0000	0.1250	0.3750	$\gamma(x_0(k), x_{34}(k))$	1.0000	0.9825	0.8750	0.9825	0.9492
$\Delta_{035}(k)$	0.0000	3.9231	4.5385	2.2308	0.2308	$\gamma(x_0(k), x_{35}(k))$	1.0000	0.9059	0.8370	0.8191	0.9747
$\Delta_{036}(k)$	0.0000	0.0000	0.8571	0.2857	0.5714	$\gamma(x_0(k), x_{36}(k))$	1.0000	0.1000	0.8909	0.9608	0.9245
$\Delta_{037}(k)$	0.0000	2.6667	6.0000	2.0000	1.0000	$\gamma(x_0(k), x_{37}(k))$	1.0000	0.7241	0.5385	0.7778	0.8750
$\Delta_{038}(k)$	0.0000	3.5000	4.5000	2.5000	1.0000	$\gamma(x_0(k), x_{38}(k))$	1.0000	0.6667	0.6087	0.7368	0.8750
$\Delta_{039}(k)$	0.0000	0.7273	1.3636	1.5455	0.1818	$\gamma(x_0(k), x_{39}(k))$	1.0000	0.5385	0.5833	0.5000	0.7778
$\Delta_{055}(k)$	0.0000	0.4444	5.1111	1.4444	0.5556	$\gamma(x_0(k), x_{55}(k))$	1.0000	0.6408	0.6067	0.7583	0.9681
$\Delta_{056}(k)$	0.0000	2.6154	2.0000	1.0000	0.0000	$\gamma(x_0(k), x_{56}(k))$	1.0000	0.6117	0.5780	0.8290	0.9265
$\Delta_{057}(k)$	0.0000	9.3333	4.1667	4.8333	1.3333	$\gamma(x_0(k), x_{57}(k))$	1.0000	0.4286	0.6269	0.5916	0.8400
$\Delta_{058}(k)$	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	$\gamma(x_0(k), x_{58}(k))$	1.0000	0.7280	0.7778	0.8750	1.0000
$\Delta_{059}(k)$	0.0000	2.3043	2.3478	1.4348	0.0435	$\gamma(x_0(k), x_{59}(k))$	1.0000	0.7523	0.7488	0.8299	0.9938
$\Delta_{060}(k)$	0.0000	4.2222	3.0000	2.2222	1.0000	$\gamma(x_0(k), x_{60}(k))$	1.0000	0.6238	0.7000	0.7590	0.8750
$\Delta_{061}(k)$	0.0000	14.000	8.3333	5.3333	2.3333	$\gamma(x_0(k), x_{61}(k))$	1.0000	0.3333	0.4565	0.5676	0.7500
$\Delta_{062}(k)$	0.0000	5.0000	7.1667	1.6667	0.8333	$\gamma(x_0(k), x_{62}(k))$	1.0000	0.5833	0.4941	0.8077	0.8936
$\Delta_{063}(k)$	0.0000	4.5000	5.1250	1.2500	0.5000	$\gamma(x_0(k), x_{63}(k))$	1.0000	0.6087	0.5773	0.8485	0.9333

5.按 9 式計算灰色關聯度如表 6 所列。

表 6 飛機危險事件分析機械主要系統因素之灰色關聯度及排序

灰色關聯度		排序
$\Gamma(x_0, x_7)$	0.9550	5
$\Gamma(x_0, x_8)$	0.9608	2
$\Gamma(x_0, x_9)$	0.7973	16
$\Gamma(x_0, x_{10})$	0.9198	7
$\Gamma(x_0, x_{11})$	0.8978	9
$\Gamma(x_0, x_{12})$	0.8649	14
$\Gamma(x_0, x_{13})$	0.9279	6
$\Gamma(x_0, x_{14})$	0.8789	10
$\Gamma(x_0, x_{15})$	0.8743	12
$\Gamma(x_0, x_{31})$	0.8092	15
$\Gamma(x_0, x_{32})$	0.9626	1
$\Gamma(x_0, x_{33})$	0.7353	24
$\Gamma(x_0, x_{34})$	0.9578	3
$\Gamma(x_0, x_{35})$	0.7831	21
$\Gamma(x_0, x_{36})$	0.7774	22
$\Gamma(x_0, x_{37})$	0.9073	8
$\Gamma(x_0, x_{38})$	0.9552	4
$\Gamma(x_0, x_{39})$	0.6799	26
$\Gamma(x_0, x_{55})$	0.7948	17
$\Gamma(x_0, x_{56})$	0.7890	20
$\Gamma(x_0, x_{57})$	0.6974	25
$\Gamma(x_0, x_{58})$	0.8762	11
$\Gamma(x_0, x_{59})$	0.8650	13
$\Gamma(x_0, x_{60})$	0.7916	19
$\Gamma(x_0, x_{61})$	0.6215	27
$\Gamma(x_0, x_{62})$	0.7558	23
$\Gamma(x_0, x_{63})$	0.7936	18

經灰色關聯模型進行建模後得知飛機危險事件分析機械主要系統因素發生數據為 M 型機及 F 型機之燃油系統、M 型機之飛操系統及電力系統等四項因素影響最大，其他影響排序如表 6 所列。

#### 4.1.3 灰色關聯模型機械其他因素影響飛機建模

將擷取飛機危險事件分析機械其他因素數據，依灰色關聯模型進行步驟如下列說明。

1. 原始數列建立：首先建立序列如表 2 所列並採 2 式初值化處理後計算之。
2. 建立差序列：按 5 式建立模型差序列如表 7。
3. 由資料中選取最大值=4.0000 與最小值=0.0000。
4. 取  $\zeta$  值=0.5000 後依 8 式計算灰色關聯值如表 7 所列。

表 7 飛機危險事件分析機械其他因素之建模數據

差序列值	k=1	k=2	k=3	k=4	k=5	灰色關聯值	k=1	k=2	k=3	k=4	k=5
$\Delta_{0\ 16}(k)$	0.0000	0.3333	0.3333	0.0000	0.6667	$\gamma(x_0(k),x_{16}(k))$	1.0000	0.8572	0.8572	1.0000	0.7500
$\Delta_{0\ 17}(k)$	0.0000	0.2500	0.2500	0.2500	0.5000	$\gamma(x_0(k),x_{17}(k))$	1.0000	0.8889	0.8889	0.8889	0.8000
$\Delta_{0\ 18}(k)$	0.0000	1.0000	0.3333	0.3333	0.6667	$\gamma(x_0(k),x_{18}(k))$	1.0000	0.6667	0.8572	0.8572	0.7500
$\Delta_{0\ 19}(k)$	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000	$\gamma(x_0(k),x_{19}(k))$	1.0000	1.0000	0.6667	1.0000	0.6667
$\Delta_{0\ 20}(k)$	0.0000	1.5000	0.0000	0.5000	0.5000	$\gamma(x_0(k),x_{20}(k))$	1.0000	0.5714	1.0000	0.8000	0.8000
$\Delta_{0\ 40}(k)$	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	$\gamma(x_0(k),x_{40}(k))$	1.0000	1.0000	0.6667	1.0000	1.0000
$\Delta_{0\ 41}(k)$	0.0000	1.3333	0.0000	0.3333	0.6667	$\gamma(x_0(k),x_{41}(k))$	1.0000	0.6000	1.0000	0.8572	0.7500
$\Delta_{0\ 42}(k)$	0.0000	3.0000	1.0000	1.0000	1.0000	$\gamma(x_0(k),x_{42}(k))$	1.0000	0.4000	0.6667	0.6667	0.6667
$\Delta_{0\ 43}(k)$	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	$\gamma(x_0(k),x_{43}(k))$	1.0000	0.6667	1.0000	1.0000	1.0000
$\Delta_{0\ 44}(k)$	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	$\gamma(x_0(k),x_{44}(k))$	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
$\Delta_{0\ 64}(k)$	0.0000	0.3333	0.6667	1.0000	0.6667	$\gamma(x_0(k),x_{64}(k))$	1.0000	0.8572	0.7500	0.6667	0.7500
$\Delta_{0\ 65}(k)$	0.0000	0.0000	0.5000	1.0000	0.5000	$\gamma(x_0(k),x_{65}(k))$	1.0000	1.0000	0.8000	0.6667	0.8000
$\Delta_{0\ 66}(k)$	0.0000	4.0000	3.0000	2.0000	0.0000	$\gamma(x_0(k),x_{66}(k))$	1.0000	0.3333	0.4000	0.5000	1.0000
$\Delta_{0\ 67}(k)$	0.0000	3.5000	0.0000	0.5000	0.5000	$\gamma(x_0(k),x_{67}(k))$	1.0000	0.3636	1.0000	0.8000	0.8000
$\Delta_{0\ 68}(k)$	0.0000	1.0000	0.5000	0.5000	1.0000	$\gamma(x_0(k),x_{68}(k))$	1.0000	0.6667	0.8000	0.8000	0.6667

5.按 9 式計算灰色關聯度如表 8 所列。

表 8 飛機危險事件分析機械其他因素之灰色關聯度及排序

灰色關聯度	排序	
$\Gamma(x_0,x_{16})$	0.8929	5
$\Gamma(x_0,x_{17})$	0.8933	4
$\Gamma(x_0,x_{18})$	0.8262	10
$\Gamma(x_0,x_{19})$	0.8667	6
$\Gamma(x_0,x_{20})$	0.8343	9
$\Gamma(x_0,x_{40})$	0.9333	3
$\Gamma(x_0,x_{41})$	0.8414	8
$\Gamma(x_0,x_{42})$	0.6800	14
$\Gamma(x_0,x_{43})$	0.9333	2
$\Gamma(x_0,x_{44})$	1.0000	1
$\Gamma(x_0,x_{64})$	0.8048	11
$\Gamma(x_0,x_{65})$	0.8533	7
$\Gamma(x_0,x_{66})$	0.6467	15
$\Gamma(x_0,x_{67})$	0.7927	12
$\Gamma(x_0,x_{68})$	0.7867	13

經灰色關聯模型進行建模後得知飛機危險事件分析機械其他因素發生數據為 M 型機之材料疲勞及設計不良、M 型機之機械磨損及 F 型機之腐蝕或銹蝕等四項因素影響最大，其他影響排序如表 8 所列。

4.1.4 灰色關聯模型環境因素影響飛機建模

擷取飛機危險事件分析環境因素數據，依灰色關聯模型進行步驟如下列說明。

1. 原始數列建立：首先建立序列如表 2 所列並採 2 式初值化處理後計算之。
2. 建立差序列：按 5 式建立模型差序列如表 9。
3. 由資料中選取最大值=4.0000 與最小值=0.0000。
4. 取  $\zeta$  值=0.5000 後依 8 式計算灰色關聯值如表 9 所列。

表 9 飛機危險事件分析環境因素之建模數據

差序列值	$k=1$	$k=2$	$k=3$	$k=4$	$k=5$	灰色關聯值	$k=1$	$k=2$	$k=3$	$k=4$	$k=5$
$\Delta_{0\ 21}(k)$	0.0000	0.3846	0.6154	0.3846	0.6923	$\gamma(x_0(k),x_{21}(k))$	1.0000	0.8387	0.7647	0.8387	0.7429
$\Delta_{0\ 22}(k)$	0.0000	0.0857	0.1714	0.2571	0.5143	$\gamma(x_0(k),x_{22}(k))$	1.0000	0.9589	0.9211	0.8861	0.7955
$\Delta_{0\ 23}(k)$	0.0000	2.5000	1.0000	1.0000	0.0000	$\gamma(x_0(k),x_{23}(k))$	1.0000	0.4444	0.6667	0.6667	1.0000
$\Delta_{0\ 24}(k)$	0.0000	0.0000	0.0000	0.5000	0.5000	$\gamma(x_0(k),x_{24}(k))$	1.0000	1.0000	1.0000	0.8000	0.8000
$\Delta_{0\ 45}(k)$	0.0000	3.0000	4.0000	3.0000	2.0000	$\gamma(x_0(k),x_{45}(k))$	1.0000	0.4000	0.3333	0.4000	0.5000
$\Delta_{0\ 46}(k)$	0.0000	0.0769	0.3077	0.5769	0.7308	$\gamma(x_0(k),x_{46}(k))$	1.0000	0.9630	0.8667	0.7761	0.7324
$\Delta_{0\ 47}(k)$	0.0000	0.4000	0.6000	0.6000	0.8000	$\gamma(x_0(k),x_{47}(k))$	1.0000	0.8333	0.7692	0.7692	0.7143
$\Delta_{0\ 48}(k)$	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	$\gamma(x_0(k),x_{48}(k))$	1.0000	1.0000	0.6667	1.0000	1.0000
$\Delta_{0\ 69}(k)$	0.0000	0.2500	1.2500	0.2500	0.2500	$\gamma(x_0(k),x_{69}(k))$	1.0000	0.8889	0.6154	0.8889	0.8889
$\Delta_{0\ 70}(k)$	0.0000	1.1667	0.4444	0.2222	0.3889	$\gamma(x_0(k),x_{70}(k))$	1.0000	0.6316	0.8182	0.9000	0.8372
$\Delta_{0\ 71}(k)$	0.0000	0.1429	0.5714	0.8571	0.7143	$\gamma(x_0(k),x_{71}(k))$	1.0000	0.9333	0.7778	0.7000	0.7368
$\Delta_{0\ 72}(k)$	0.0000	0.0000	0.5000	1.0000	1.0000	$\gamma(x_0(k),x_{72}(k))$	1.0000	1.0000	0.8000	0.6667	0.6667

5. 按 9 式計算灰色關聯度如表 10 所列。

表 10 飛機危險事件分析環境因素之灰色關聯度及排序

灰色關聯度		排序
$\Gamma(x_0,x_{21})$	0.8370	7
$\Gamma(x_0,x_{22})$	0.9123	3
$\Gamma(x_0,x_{23})$	0.7556	11
$\Gamma(x_0,x_{24})$	0.9200	2
$\Gamma(x_0,x_{45})$	0.5267	12
$\Gamma(x_0,x_{46})$	0.8676	4
$\Gamma(x_0,x_{47})$	0.8172	10
$\Gamma(x_0,x_{48})$	0.9333	1
$\Gamma(x_0,x_{69})$	0.8564	5
$\Gamma(x_0,x_{70})$	0.8374	6
$\Gamma(x_0,x_{71})$	0.8296	8
$\Gamma(x_0,x_{72})$	0.8267	9

經灰色關聯模型進行建模後得知飛機危險事件分析環境因素發生數據為 M 型機之助航設施、F 型機之助航設施及鳥擊意外、M 型機之鳥擊意外等四項因素影響最大，其他影響排序如表 10 所列。

#### 4.2 灰色關聯模型各因素建模分析

本研究將各因素影響各型飛機飛危事件建立灰色關聯模型後，得知影響數據如表 11 所列，針對各因素區分建立為重大影響、關鍵影響及輕度影響等分析如下：

1. 建模人為因素分析：建模後得知重大影響為 M 型機之修護人員操作不當及地面管制不當，關鍵影響為 F 型機及 M 型機之停機線人員檢查疏忽，輕度影響為 M 型機之飛行人員疏忽大意及 F 型機之地面管制不當，餘項目為一般影響。
2. 建模機械主要因素分析：建模後得知重大影響為 M 型機及 F 型機之燃油系統，關鍵影響為 M 型機之飛操系統及電氣系統，輕度影響為 F 型機之發動機系統及導航系統，餘項目為一般影響。
3. 建模機械其他因素分析：建模後得知重大影響為 M 型機之材料疲勞及設計不良，關鍵影響為 M 型機之機械磨損及 F 型機之腐蝕或銹蝕，輕度影響為 F 型機之機械磨損及設計不良，餘項目為一般影響。
4. 建模環境因素分析：建模後得知重大影響為 M 型機及 F 型機之助航設施，關鍵影響為 F 型機之外物損傷及 M 型機之鳥擊意外，輕度影響為 I 型機之天候氣象及鳥擊意外，餘項目為一般影響。

表 11 飛機危險事件各型機相關因素之灰色關聯序列影響統計表

分析項目	F 型機	M 型機	I 型機
1.1.1	*	*	*
1.1.2	*	**	*
1.2.1	***	***	*
1.2.2	*	*	*
1.2.3	*	****	*
1.2.4	**	****	*
2.1.1	**	*	*
2.1.2	****	****	*
2.1.3	*	*	*
2.1.4	*	***	*
2.1.5	*	*	*
2.1.6	*	***	*
2.1.7	**	*	*
2.1.8	*	*	*
2.1.9	*	*	*
2.2.1	**	***	*
2.2.2	***	*	*
2.2.3	*	*	*
2.2.4	**	****	*
2.2.5	*	****	*
3.1.1	*	*	**
3.1.2	***	*	**
3.2.1	*	*	*
3.2.2	****	****	*

註：\*\*\*\* 表重大影響，\*\*\* 表關鍵影響，\*\* 表輕度影響，\* 表一般影響。

## 5. 結論

我國空軍現雖可保持台海的局部空優戰力，但是歷史上很多戰敗的一方，原因都發生在本身而非來自於敵人，我們必須及時未雨綢繆，找出影響飛機戰力因素並訂出良好策略以解決潛在的危機。本研究提出的灰色關聯方法經實證分析結果，推斷那個因素項目將影響程度較高，可提供較完整的分析結果，讓機隊管理及後勤維修管理階層可瞭解，再加上智慧的判斷及管理解釋，方可洞察飛機未來管理趨勢方向。根據本研究過程與結果，可歸納為下列結論：

1. 經灰色關聯模型分析後得知在人為因素中影響最大項目為停機線人員檢查疏忽、修護人員操作不當及地面管制不當等三項。
2. 經灰色關聯模型分析後得知在機械因素中影響最大項目為材料疲勞、設計不良、機械磨損、腐蝕或銹蝕及燃油系統等五項。
3. 經灰色關聯模型分析後得知在環境因素中影響最大項目為助航設施、天候氣象及鳥擊意外等三項。
4. 灰色關聯模型在飛機危險事件歷史資料中建立精準之分析模式，對現行後勤管理執行與維修工作之備料將能提供優先參考之順序，以提供後勤零附件補給管理決策之應用。

歸納而言，從各因素項目中找出飛機危險事件發生次數之最大影響因素，期能在管理方面排列出較優先計劃工作，並能綜合歷史資料中建立計劃性維修項目或人員訓練計劃，期能提供後勤維修管理階層決策參考，相對提昇飛機戰力與維持高妥善率。

空軍飛機價格之昂貴，人員訓練之不易，實在不容許飛機發生飛安事件。我空軍面臨的難題除了引進飛機的硬體，完成操作及維修人員的訓練之外，其飛行安全管理的實務運作也同樣值得重視。各專業修護階層在維修工作之整體運作，佔極重要的角色，當基層工作者責任日漸加重，高階層管理者的授權自然也相對增加。唯有分清權責才能確保飛機維修的周全與妥善。依據研究結論，本文對國軍未來維修組織管理階層提出下列三點改進方向：

1. 訂定後勤維修策略：近年來國防預算逐漸緊縮，此一趨勢恐危及國軍戰機飛航安全。建議後勤維修決策應以飛機全系統觀念之角度危險事件趨勢，掌握後勤維修管理政策方向，適時調整維修能量與人力，以成本觀念結合後勤零附件補給及軍事投資財務資源，統籌運用以發揮最大效益。
2. 建立策略性多元維修管道：近年國軍人力精簡已逐漸對空軍各階層人員與任務造成影響，為避免此一變革對未來國軍戰力造成衝擊，建議維修管道應同時考量任務及財務資源等組織內外環境因素，並對維修管理與能量重新評估與規劃。另外，為因應人力役期縮短及考量修護技術層面，配合軍機商修政策觀念，空軍後勤維修應開闢多元維修管道以凝聚國防資源焦點，進而吸取全球更先進技術。
3. 重視後勤管理能力，培養修護人才：空軍後勤維修的成功，管理與修護人才缺一不可。在人力精簡的趨勢下，維持修護人才之素質甚為重要。另一方面，亦應同時培養具管理專長之人才，以作為執行修護作業規劃、計劃性維修分析、品質檢驗管理與督導之任務，期能有效支援軍事作戰任務。

### 參考文獻

1. 王麗玲(2004),「以灰關聯評選初級教練機之研究」,義守大學資訊管理學系碩士論文。
2. 吳怡燁(2003),「國內產險公司經營績效評估模式之建立-灰關聯分析法之應用」,朝陽科技大學保險金融管理學系碩士論文。
3. 林士彥&黃宗成(2005),「應用灰關聯分析軟體業聲望評價之研究」,管理科學研究,第二卷第一期,17-33頁。
4. 林永吉(2003),「金融控股公司經營績效關聯因素之研究—以灰關聯分析應用」,朝陽科技大學企業管理系,碩士論文。
5. 周定國&熊厚基(2004),「展望未來空權之掌控與國軍戰略思維」,空軍學術月刊,第577期,14-18頁。
6. 翁慶昌、陳嘉懺&賴宏仁(2001),「灰色系統基本方法及其應用」,台北:高立圖書有限公司。
7. 陳仕倫(2000),「飛安事故之灰預測與灰關聯分析」,淡江大學航空太空工程學系碩士論文。
8. 葉忠&馮咸丰(2005),「知識管理運用於後勤管理資訊系統之研究」,運籌研究集刊,第七期,59-91頁。
9. 溫坤禮、黃宜豐、張偉哲、張廷政、游美利&賴家瑞(2003),「灰色關聯模型方法與應用」,台北:高立圖書有限公司。
10. 鄧聚龍(1996),「灰預測原理與應用」,台北:全華科技圖書公司。
11. 鄧聚龍&郭洪(1996),「灰色原理與應用」,台北:全華科技圖書公司。
12. 顏靖斌(2004),「應用灰關聯模型方法於國軍人員選派之研究」,中華大學科技管理研究所碩士論文。
13. Deng, J. L. (1988), "Essential Topics on Grey System: Theory and Application," China Ocean Press.
14. Deng, J. L. (1989), "Introduction to Grey Systems," The Journal of Grey System, 1(1), pp. 1-24.
15. Tzeng, G. H. & Tsaor, S. H. (1994), "The Multiple Criteria Evaluation of Grey Relation Model," The Journal of Grey System, 6(3), pp. 87-108.
16. Wong, C. C., Liang, W. C., Feng, H. M. & Chiang, D. A. (1998), "Grey Prediction Controller Design," The Journal of Grey System, 10(2), pp.123-131.