

國防部 113 年度「補助軍事院校教師(官)從事學術研究」

成果報告

應用文字探勘、類神經網路及人為因素歸類調查軍用飛機失事之人為肇因

執行單位：空軍軍官學校

計畫主持人：王心靈(一般教學部航空管理系副教授)

中華民國 113 年 11 月 15 日

論文摘要

任何軍用航空器的事故，雖然有嚴謹的失事調查報告，但因為涉及國防機密(系統參數分析、人為操作、武器操作系統、航戰管通話等)，並不適合由民間研究機構來進行數據分析與探討。因此，如何應用 HFACS，結合文字探勘(Text Mining)與生成式 AI(Artificial Intelligence)所提供之大型語言模型(LLM)，使用經過大量資料訓練的深度學習演算法來識別語言中的模式和上下文。經過訓練後，找出失事調查報告中，人為因素的因果關係，以期找出失事調查報告中，所隱含之人為因素並提出相對應的作為並減低人為因素所造成的疏失與錯誤損失。提出與組織的飛安改善的相關建議，以期能與現行之安全管理思維接軌，以追求飛航安全為終極目標。

關鍵詞：失事調查、人為因素歸類系統(HFACS)、文字探勘、大數據資料庫深度學習、大型語言模型、安全文化。

目 錄

論文摘要	2
目 錄	3
圖目錄	6
表目錄	7
1、緒論	8
1.1 前言	8
1.2 研究目的	12
1.3 研究限制	13
2、文獻探討	13
2.1 文字探勘	13
2.1.1 萃取重點	14
2.1.2 探索潛在資訊	14
2.1.3 飛航事故調查實例	14
2.2 大數據分析相關文獻	16
2.2.1 大數據介紹	16
2.2.2 大數據分析工作	16
2.2.3 大數據應用實例	16
2.3 Power BI 應用於文字探勘	17
2.4 中文斷詞系統簡介	19
2.5 文字探勘運用於失事調查分析	20
2.5.1 可能肇因	20
2.5.2 與可能肇因有關之調查結果	21
2.5.3 可能肇因結果分析	21
2.5.4 與風險有關	22
2.5.5 與風險有關之調查發現	22
2.5.6 與風險有關結果分析	23
2.5.7 其他調查發現	23
2.5.8 其他調查發現結果分析	24
2.5.9 飛安改善建議	25
2.5.10 飛安改善建議結果分析	26
2.5.11 建議	27
2.6 HFACS 應用於民航失事案例	28
2.6.1 層級一「不安全的操作行為」:	28

2.6.2 層級二「不安全行為之前置條件」	30
2.6.3 層級三「不安全的督導」	33
2.6.4 層級四「組織(管理)的影響」	35
3、研究方法	38
3.1 研究方法	38
3.1.1 類神經網路架構與訓練程序 ANN Architecture and Training Procedures	38
3.2 研究對象	41
3.3 分析方法	42
3.3.1 研究資料	42
3.3.2 GE543 失事報告 (92 劫字第 19 號監察院公告) [80]	42
3.3.3 GE222 失事報告 (105 交正 0009 號監察院公告) [82]	45
3.3.4 F16 失事報告 (109 年劫字第 2 號 監察院公告)[84]	48
3.3.5 UH-60M 事故(109 國正 0008 監察院公告)[85]	51
4、分析結果	55
4.1 AI 深度學習分類結果-運輸安全委員會之失事報告	55
4.2 AI 大數據語言(LLM)分類結果-監察院失事報告	59
4.2.1 GE543 案例分析-AI 大數據語言深度學習分類結果	59
4.2.2 GE222 案例分析-AI 大數據語言深度學習分類結果	60
4.2.3 F16 案例分析-AI 大數據語言深度學習分類結果	60
4.2.4 UH-60M 案例分析-AI 大數據語言深度學習分類結果	60
4.2.5 專家與 AI HFACS 分類之總結	61
5、結論與建議	67
5.1 可能遭遇之困難與解決途徑	68
6、參考文獻	69
附件 1. 生成式 Python 原始程式碼	75
附件 2. 專家與生成式大數據資料庫語言分析結果	81
附件 2.1 GE543 失事報告	81
附件 2.1.1 專家分析:	81
附件 2.1.2 AI 分析結果:	83
附件 2.2 GE222 失事報告	90
附件 2.2.1 專家分析:	90
附件 2.2.2 AI 分析結果:	91
附件 2.3 F16 失事報告	96
附件 2.3.1 專家分析:	96

附件 2.3.2 AI 分析結果:.....	98
附件 2.4 UH-60M 失事報告	103
附件 2.4.1 專家分析:.....	103
附件 2.4.2 AI 分析結果:.....	104

應用文字探勘、類神經網路及人為因素歸類調查軍用飛機失事之人為肇因

圖目錄

圖 1-1：萊特兄弟第一次飛行及掠奪者 Predator.....	8
圖 2-1：本國籍遊客對黃金博物館的文字雲「旅遊環境」之正評文字雲.....	19
圖 2-2：本國籍遊客對黃金博物館的文字雲「旅遊環境」之負評文字雲.....	19
圖 2-3：可能肇因-名詞.....	20
圖 2-4：可能肇因-動詞.....	20
圖 2-5：與風險有關-名詞.....	22
圖 2-6：與風險有關-動詞.....	22
圖 2-7：其他調查發現-名詞.....	24
圖 2-8：其他調查發現-動詞.....	24
圖 2-9：飛安改善建議-名詞.....	25
圖 2-10：飛安改善建議-動詞.....	25
圖 2-11：HFACS 理論架構(王心靈 2020).....	37
圖 2-12 A three-layered feed-forward NN (15-16-1).....	41

表目錄

表 2-1：可能肇因發生頻率最多前五項.....	21
表 2-2：與風險有關發生頻率最多前五項.....	22
表 2-3：其他調查發現發生頻率最多前五項.....	24
表 2-4：飛安改善建議發生頻率最多前五項.....	25
表 2-5：名詞出現頻率分析最多前五項.....	27
表 2-6：動詞出現頻率分析最多前五項.....	28
表 2-7：GE543 HFACS 分類.....	45
表 2-8：GE222 HFACS 分類.....	48
表 2-9：F16 HFACS 分類.....	51
表 2-10：UH-60M HFACS 分類	54
表 4-1：GE543 HFACS 分類(專家 vs. AI)	62
表 4-2：UH-60M HFACS 分類(專家 vs. AI)	63
表 4-3：UH-60M HFACS 分類(專家 vs. AI)	64
表 4-4：UH-60M HFACS 分類(專家 vs. AI)	65
表 4-5：四件軍航失事之 HFACS 分類(專家 vs. AI).....	66

1、緒論

1.1 前言

百年以來，飛航事業由萊特兄弟於 1903 年 12 月 7 號，在美國北卡羅來納州小鷹鎮的 120 呎長，滯空 12 秒的飛行為開端，到 2011 年美軍無人載具 Predator 在美軍中東反恐戰爭的彪榜戰績，飛航已經成為人類歷史上，標示著不同階段，科學頂尖之成就。

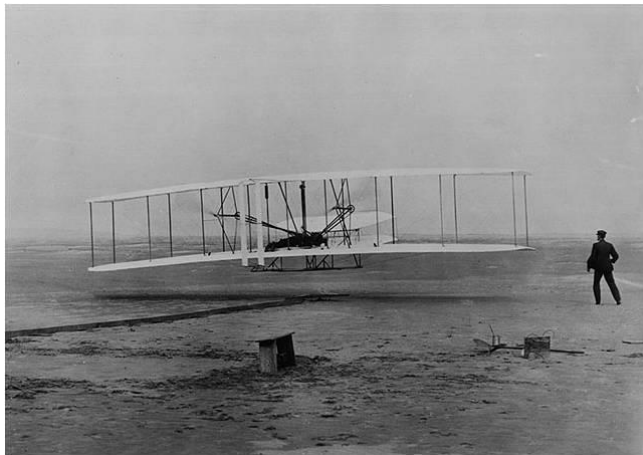


圖 1-1：萊特兄弟第一次飛行及掠奪者 Predator

然而過去一世紀以來，航空事業如果沒有同步地在飛航安全領域，經由控制與降低危險(Hazards)的發生，是不可能得到現在所擁有的長足進展。如同前言，飛航載具由載人飛行到無人飛行，再再顯示人為因素在飛航事件中所扮演的關鍵角色。隨著科技的進步，飛航安全經由飛行員的選用、人機介面的改善(數位化飛航整合系統- Integrated Flight Management System (FMS)； Glass Cockpit)、自動偵測潛在的飛航威脅(例如：空中防撞系統- Traffic Collision Avoidance System- TCAS、近地警告系統- Ground Proximity Warning System- GPWS、氣象雷達- Weather Radar 等)，已經大幅降低飛行員在飛行計畫中，因缺乏資訊所做的不良決策而導致失事/意外事件的發生機率。而目前飛航安全的最大挑戰，還是在於人為因素所扮演的角色。從 1980 年第一代座艙資源管理 (Cockpit Resource Management- CRM)，組員資源管理(Crew Resource Management- CRM)，演變到現在的企業資源管理(Corporation Resource Management- CRM) [1, 2]。管理面的決策角色，已經漸次地將人為因素予以制度化，以期創造更優質的飛航安全環境。

飛航安全分為兩部分：「失事預防」與「失事調查」。理論上，若失事預防得法，預防工作完美無缺，飛機失事應可避免，確保飛安之目標亦可直接達成。唯因可變因素太多，此目標不易達到，以致飛機失事事件仍繼續不斷發生。飛航安全在一個社會公共安全的領域中，是最具有其指標性意義，因為飛機失事必造成的社會衝擊，所以全體相關人員都應該以戒慎恐懼的態度來面對它。失事預防的最好方法是能在失事發生之前，找出可能原因進而加以改善。但這項工作的完成，則有賴於組織內飛安部門與其他所有成員的共同合作。飛航安全管理概念，必須接受“絕對安全”幾乎是無法達成的，然而“適度的安全”在各方努力下卻是可以預期的。早期飛機重大意外事件之肇因，機械因素往往占絕大部分。隨著科技發展與工程設計的進步，此肇因已逐年改進。由近年飛機重大失事、意外與飛安危險事件發生因素的統計分析中，可明顯看出失事肇因約有 70% 以上可歸屬於人為因素。航空安全領域中，雖然經由學者、專家所深入廣泛探討並提出諸如組員資源管理(Crew Resource Management, CRM)或是維修資源管理(Maintenance Resource Management, MRM)等防禦網，但人為肇因所導致的飛航事故卻仍一再發生。這使得近年來對於飛航安全管理的研究，逐漸由顯性的人為因素，跨入至深層不易見隱性的組織文化中進行探討 [3-5]。在任何一項系統中，當人們與科技相緊接合時，疏失或過失被視為一整個系統中的組成要素(特別是在航空業)，且由於犯錯不可被消除的特性，任何管理的作為，必須採取有效的處置來減少它對飛航安全所造成的影響 [6]。安全風險管理 (Safety risk management) 是指該航空機構所具備，評估與減輕安全風險的程序，以降低該威脅到實際可被接受的安全等級。(ALARP- as low as reasonably practicable 實際可被接受) 因此，飛航事故調查在確認可能肇因與相關風險因子與其他因素，並提出飛安建議以防範下一次的故事再次發生。但是如何從複雜的失事調查證據中，分析出與人為疏失有關之因素，對調查人員來說要確實是一項挑戰。特別是涉人為疏失的失事案例，更需專業理論與調查工具輔助，始能正確、清楚的確認事件肇因。[3, 7-14] 各國飛航安全調查組織，均依照 ICAO ANNEX 13 的建議，制訂各國之調查程序與標準繕寫失事調查報告。就錯綜複雜的失事報告中，如何整理出其中對飛航失事因素之根本因素(可能肇因、與風險有關、其他調查以及改善建議)，歸納出一套有系統的方式，並對症下藥，徹底解決冰山下的潛在因子，以預防下次失事的再度發生，就顯得十分重要。由於飛機失事調查涉及專業認定、調查及原因鑑定，也為防範政治力的干擾。行政院於 1998 年 3 月 23 日發布《航空器飛航安全委員會組織規程》。並於同年 5 月 25 日成立「航空器飛航安全委員會」。2001 年 5 月 23 日，改

名為「行政院飛航安全委員會- Aviation Safety Council- ASC，簡稱飛安會」，接手以往由交通部民用航空局掌管的飛航安全方面業務。運輸事故調查法於 2019 年 4 月 24 日公告並設立國家運輸安全調查委員會(簡稱運安會: Taiwan Transportation Safety Board- TTSB)。其成立宗旨在避免運輸事故之再發生，不以處分或追究責任為目的。(運輸事故調查法，第 5 條) [15]。依照運輸事故調查法，我國飛航器之失事調查之報告格式，調查報告依據調查期間所蒐集之事實資料以及綜合分析分為以下三類之調查發現：『與可能肇因有關』、『與風險有關』、『其他』以及根據調查發現所提出的『改善建議』。

■ 可能肇因有關之調查發現

此類調查發現係屬已經顯示或幾乎可以確定與本次事故發生有關之重要因素。其中包括：不安全作為、不安全狀況或造成本次事故之安全缺失等。

■ 與風險有關之調查發現

此類調查發現係涉及飛航安全之風險因素，包括未直接導致本次事故發生之不安全作為、不安全條件及組織與整體性之安全缺失等，以及雖與本次事故無直接關連但對促飛安有益之事項。

■ 其他調查發現

此類調查發現係屬具有促進飛航安全、解決爭議或澄清疑慮之作用者。其中部分調查發現為大眾所關切，且見於國際調查報告之標準格式中，以作為資料分享、安全警示、教育及改善飛航安全之用。

■ 飛安改善建議

對於飛航事故發生後提出建議及改進辦法，對發生錯誤的部分進行檢視及修正且提出實質上之訂正辦法，不論是人員訓練、機體零件、或溝通的方式及通訊品質，甚至是對天氣的解讀及預報做更準確的判斷。[1, 15, 16]

任何一次飛機失事的調查結論，均表示失事預防工作有所缺失。不僅嚴重的作業缺失將造成飛機重大失事，微小之疏失亦可能肇致重大失事。所以彌補失事預防缺失的另一個方向，為找出缺失所在設法改進，藉失事

調查發掘導致失事之真正原因，針對各種原因，逐一予以改正，以防止類似失事事件再度發生，使失事預防工作之疏漏得以彌補。因此失事預防可說是事先預防，而失事調查實為事後的預防，二者不可分割的相互關係方能構成確保飛安的交叉防護網。[1, 2, 16]由此足見失事調查在飛安領域中的重要性，然而從安全管理角度觀之，失事預防與調查雖是互為因果，但事前預防要重於事後改進[17]。

為探討飛航安全管理中的顯性人為因素以及深層不易見隱性組織文化，美國航空心理學家 Dr. Wiegmann 及 Dr. Shappell 依照三項飛行員常犯的誤失(Errors)- 包含：資訊處理(Information Processing)、人為內在失效(internal human malfunction)以及不安全的行為(unsafe acts)，對美國海軍及海軍陸戰隊(U.S. Navy, U.S. Marine) 4,279 件飛安誤失事件(Human Errors- HEs)進行人為因素分類[18]。研究總結，飛安誤失(HEs)，80.63%與飛行員資訊處理、88.43%與人為內在失效和 84.27%不安全的行為(unsafe acts)有關。依此資料庫的分析結果並根據 James Reason [19-21]「顯性與隱性的人為失誤」理論模型(Cheese Model)，Dr. Wiegmann 及 Dr. Shappell 發展出一架構完整(包含組織管理層級到個別的操作者決策模式)飛安事件之「人為因素分析與歸類系統(Human Factors Analysis and Classification System, HFACS)」來分類相關涉及人為錯誤事故報告分析。HFACS 並成功地應用於軍事(美國陸軍 U.S. Army, 美國空軍 U.S. Air Force 以及加拿大國防軍 Canadian Defense Force)、商業和通用航空部門(美國聯邦航空總署 Federal Aviation Administration 美國航空太空總署 National Aeronautics and Space Administration- NASA 美國運輸安全委員會 National Transportation Safety Board- NTSB)，以系統地檢查潛在的人為因果因素並改進航空事故調查。[5, 18, 22-27] 因為 HFACS 包含了「顯性失效」與「顯性失效」，從組織管理階層到第一線的飛行員都可以歸類於飛安人為因素的範疇中。由於飛安人為誤失事件通常都是複合式的意外，一連串的事件環環相扣才導致人為之飛安事件。然而，當航空事故是許多原因所導致的結果時，飛安事故調查者的挑戰是如何更精確地鑑定出「人為因素」問題的癥結「人為因素分析與歸類系統」理論乃以人因觀點，將飛安事件中的人為因素區分為四個層級、18 子項目，且依 Wiegmann 與 Shappell 研究，每一較高層級均會直接影響下一層級的各個子項目。[3, 8, 10, 11, 14, 28-31]

以下分類及說明，本研究將參考王心靈[1]、Wiegmann and Shappell [27]、Embry-Riddle Aeronautical University [32]、王明陽[33]以及對於

HFACS 的細項分類作為說明。

1.2 研究目的

本校設立宗旨為培養空軍之飛行及地勤領導軍官幹部。航空管理系畢業生除飛行結訓之學生分發飛行聯隊外，其餘專才生之派職，主要分發至資訊技術（資訊作業督導官、電腦軟硬體官）、飛航管理、(攔截管制督導官、航行管制督導官)、後勤補給(補給督導官)之相關專長單位。有鑑於此，本系秉承國軍軍事教育「為用而育」之概念並配合本校之教育目標，訂定本系教育目標如下：

- 奠定航空管理與飛航安全領域專業知識之基礎，以符合本軍航空管理人才之需求。
- 奠定資訊管理領域知識理論之基礎，以符合本軍資訊管理人才之需求。
- 奠定後勤管理領域知識理論之基礎，以符合本軍後勤管理人才之需求。
- 提昇學生持續進修與學習之能力，以培養國軍優秀領導人才。

[34]

本系課程主要分為三個模組，包含航管、資訊與後勤模組。而航管模組之核心課程包括『航空運輸管理、飛航安全學、機場管理實務、座艙資源管理、失事調查、航空品質管理』。飛航安全與失事調查為本系發展之特色課程之一，也是本部(空軍軍官學校一般教學部)五系(航空太空系、航空機械系、航空電子系、航空管理系、應用外語系)的核心必修課程。飛航安全，又分為兩大探討的主軸，一為「飛機失事預防」，二為「飛機失事調查」。失事預防的目的在於建立正確的失事預防觀念，並運用失事預防的基本法則、方法與技術，落實飛安工作，期使飛機事故減至最低程度，強調防患未然，在事故未發生前即將事故的肇因排除。而飛機失事調查之主要目的，是鑑定造成失事之各種因素、狀況與失事有關之情況，確定失事之可能原因，俾能採取適當的步驟，以消除導致事故之各項因素，防止事故再度發生。強調從失事事件中蒐集資料，發展預防的方法，以防止同樣或類似的失事再度發生。

理論上，失事預防可說是事先預防，而失事調查實為事後的預防[35]，二者不可分割的相互關係方能構成確保飛安的交叉防護網。由此足見失事

調查在飛安領域中的重要性[2]。然而從安全管理角度觀之，失事預防與調查雖是互為因果，但事前預防要重於事後改進 [17]。在影響飛行安全的主要原因中，一般可歸納為以下四種主要原因，第一是人為因素；第二是機械因素；第三是環境因素；第四是軟體因素。而「人為因素」對飛航安全的影響最難掌控，也是最難防範的。因此，在歷次飛航失事統計中，人為因素總是佔最高比例的原因。以本軍而言，任何軍用航空器的事故，一般而言，雖然有嚴謹的失事調查報告，但因為涉及國防機密(系統參數分析、人為操作、武器操作系統、航戰管通話等)，並不適合由民間研究機構來進行數據分析與探討。因此，如何應用 HFACS，結合類神經網路(Neural Network Analysis- NNA)、文字探勘(Text Mining)與大型語言數據(LLM)分析，找出失事調查報告中，人為因素的因果關係，並提出與組織的飛安改善的相關建議，將是本研究之重要議題。。

1.3 研究限制

本軍飛安組與飛行指揮部督察室均有年度失事調查報告(空軍飛行安全事件統計分析藍皮書)。各機種與聯隊均有不同之失事原因探討與改善建議。目前均未建立以 HFACS 結合大數據資料庫分析來了解失事事故中的人為因素之因果關係。因此，建立本軍失事調查人為因素的分析資料庫，更有助於日後融入教學情境中。透過大學部學生於學習階段以及本軍回流教育的在職課程之教授，以期建立飛航安全與人為因素預防理論之正確概念，扎根並融合本軍的安全文化，以期建立本軍更優質之安全防護網，達成零事故的飛安目標。經由研究成果共享，以期建立本軍更優質之安全防護網。然而由於事故之機敏性，事故調查報告件數不多，因此，將以現有公布之失事調查報告(運輸安全委員會以及監察院報告)，來進行先期之研究，大數據深度學習與 LLM 的程式分析，以期後續有大量失事報告可公開時，做及時之分析的依據。

2、文獻探討

2.1 文字探勘

隨著網路的快速發展與資訊取得容易，大數據資料庫讓人們生活更加方便，但也帶來資訊的氾濫，因為資訊量過於龐大導致無法在合理時間內完成人工解讀，大數據分析重點在於探討如何從資料中萃取出未知且有價

值的潛在資訊，作為預測未來或現況調整與優化。近年來，各種類型的企業紛紛投入大數據的研究，例如 twitter、facebook 以及 instagram 等社群軟體，能觀察和統整使用者在平台上搜尋喜歡的事物、關鍵字、商品類型和頻率，經過計算後在平台上由上往下依照使用者喜好程度呈現顧客的興趣與嗜好、輿情等，期望能提升企業效率並帶來新的契機。Google、PTT、wikipedia 和 Blog 則是讓使用者自由上傳、分享、更新資訊，這些網站的特色是使用者能申辦帳號且擁有權限更改自己所獲得的最新資訊，使用者同時擁有管理者的身分，也能上網搜尋所需資料。應用大數據概念於文字探勘分析上，以探討我國相關失事調查案件，並透過視覺化圖表方式分析其結果。

2.1.1 萃取重點

藉由斷詞系統及文字探勘技術，在廣大的資訊中找到重點及所需內容，去除不必要資訊。

2.1.2 探索潛在資訊

蒐集運輸安全委員會所提供多項失事調查報告，運用大數據資料庫、文字探勘及斷詞系統分析，找到事故發生之潛在原因。

2.1.3 飛航事故調查實例

以內政部空中勤務總隊 UH-60M 型機編號 NA-706 自蘭嶼機場起飛後墜海為例[36]：

I. 摘要報告

107 年 2 月 5 日，內政部空中勤務總隊一架 UH-60M 型直昇機，執行由蘭嶼機場至臺東豐年機場之病患後送任務，機上共計 6 人。事故機約於 2348 時自蘭嶼機場起飛約 81 秒後，與航管失去聯絡，事故機雷達光點亦自航管雷達銀幕上消失。經水下偵搜結果，由水下遙控無人載具發現及認定確係事故機殘骸，並於 4 月 12 日將其打撈上岸。經檢視事故機殘骸，駕駛艙及尾段遺失，機上 2 人罹難，4 人失蹤。

II. 可能肇因

- 飛航組員對事故當時飛航環境之威脅管理、狀況警覺及溝通決策能

力不夠充分，且對航機系統瞭解程度不足。於夜間、風向不定狀況下，未使用適當起飛模式起飛，於起飛過程中亦未能維持安全之爬升姿態及速度、且於遭遇亂流時未能即時判讀高度及速度之變化而採行正確之修正操作，並可能伴隨有空間迷向現象，最後於低高度狀況下，推機頭改正過低之空速時，因未注意當時高度且使用過當之馬力及俯角，致造成航機於可操控之狀態下墜海。

III.與風險有關

- 事故機自蘭嶼起飛後約 23 秒即遭遇順風，並逐漸增強，瞬間最大曾達 40 浬 /時，並兼具有風切與亂流現象，但仍在航機安全操作限制範圍內，且相關操控數據亦未顯示航機有異常現象。
- 事故當時之飛航環境存在暗適應及空間迷向之條件。
- 空勤總隊未編撰該型機完整之標準作業程序；事故飛航中飛航組員亦未完全依照現行相關規定執行應有之檢查程序及呼叫，容易遺漏相關操作之程序。
- 空勤總隊未能完整規畫相關飛航組員之訓練，影響飛航組員之資格能力及飛航安全。

IV.其他調查發現

- 空勤總隊未依照該航務手冊之規定裝置水上浮具。
- 夜間飛航時目的地機場夜間跑道邊燈對飛航中跑道之識別、障礙物隔離、進場及落地均大有助益。

V.飛安改善建議

- 加強飛航組員威脅管理、狀況警覺、溝通決策能力、航機系統瞭解程度之訓練，並訂立儀器飛航及夜航訓練需求及標準。
- 檢視 UH-60M 型機飛航組員訓練計畫之完整性及訓練資源，以落實相關飛航組員之訓練成效。
- 重新考量蘭嶼機場夜間緊急醫療起降需求，強化跑道燈光辨識及引導功能。如未能改善跑道建設需求，則應強化夜間直昇機停機坪之規劃及作業程序。[36]

2.2 大數據分析相關文獻

2.2.1 大數據介紹

大數據 (Big data) 或稱為巨量資料、海量資料、大資料，是指所包含的資料量規模龐大到無法在合理時間內透過人工來擷取、管理、處理、並整理成可供人類解讀的資訊，其具有資料量大 (Volume)、資料產生與變化快速 (Velocity)、資料種類多樣性 (Variety) 及需注意資料品質 (Veracity) 等特點。[37]

近年來隨著各類不同應用的使用，使得資料量的大量化與半結構化、非結構化等多樣化資料的增加，造成大數據的流行。而大數據之所以可以這麼流行，是因為它可以從一堆看似無用或難以分類觀察的大量資料中，取出有價值的資料，並讓其有新的用途。大數據分析概念如雨後筍生的影響學術、產業與管理思維，吸引許多專家投入研究其資料化與相關性，同時應用在產業發展上，能夠獲得更精準的資訊，領先競爭者一步[38]。

2.2.2 大數據分析工作

大數據分析的工作可以簡單分為 4 個步驟，數據取得、儲存、運算及視覺化。首先數據取得是根據大數據分析的目的蒐集有用資訊，舉例來說，內衣品牌想要了解顧客的產品使用體驗，就必須從買過內衣的顧客身上獲取資訊，而不是蒐集陌生客源的數據。接著儲存數據是選擇合適的工具儲存大量數據，將數據分割及備份，減輕記憶體負擔並提升資訊的安全性。第三步驟運算數據是使用分析工具將數據分類、排序、關聯分析，找出其中有用的資訊，解讀數據代表的意義，作為決策的重要依據。最後在完成大數據分析之後，將數據分析的結果以簡單明瞭的方式呈現，讓顧客可以更容易理解及判讀，去選擇進一步提升大數據分析的價值。[38]

2.2.3 大數據應用實例

Facebook 和 Google 擁有非常相似的業務和數據模型。兩家都在公司形象中突出大數據這一方面，尤其是其擅長的業務。對於 Google 來說，就是線上的資訊和數字。對於 Facebook 來說，就是用戶，因為讓使用者與家人和朋友之間的溝通變的更方便和更高效，這使得 Facebook 在短短數十年的時間內成為全球最大的公司之一[39]。同時，這也意味著 Facebook 從使用者身上蒐集大量的數據，並且使用者本身也可以利用這

些數據。具體應用的場景包括，搜索老朋友、與使用者搜索的結果進行匹配。Facebook 研究的先進技術還包括圖像識別：通過訓練機器學習幾百萬張圖像後，該技術可以識別圖片或視頻中的物體或細節[39]。這也是為什麼在使用者說出照片中人物名字前，為何機器先說出了答案。以及如何它發現使用者喜歡嬰兒或貓咪照片，以後使用將看到更多的類似照片。對於用戶以及他們喜好細緻入微的瞭解，使得 Facebook 可以向任何企業出售精準的廣告，也可以根據詳細的人口數據以及興趣數據，幫助企業主找到潛在的消費者。或者也可以讓 Facebook 使用大數據分析，尋找那些與公司目前消費者類似的人群[39]。

Google 與 Facebook 的收入來源皆屬於眼球經濟，意思是只要把使用者的注意力賣給廣告主，網路平台就能賺大錢。Google、Facebook 的主要業務是收集使用者的線上活動資料，以便出版和行銷商提供針對性的個人化廣告[9]。107 年時，Facebook 與 Google 兩家公司佔中國以外數位廣告業務高達 84% 的市場大餅。Google 母公司 Alphabet 的收入有 85% 來自數位廣告營銷，其中近 70% 的收入源自於 Google 自家產品刊登的廣告，如 Google 搜尋和 YouTube。一般人常覺得 Facebook 是「社群網路」，但它其實是家廣告公司。Facebook 挾每月高達 23.2 億名活躍用戶的傲人威力，利用在動態消息投放廣告的模式，創造出逾 550 億美元的營業額，其營收貢獻度超過 98.5%。剩下的 1.5% 營收則是來自 Facebook 上販售的遊戲及其他應用與產品。由此得知大數據技術對於大企業經營影響甚大[40]。

2.3 Power BI 應用於文字探勘

「文字探勘」指的是蒐集的特定巨量文件、執行編輯、組織與分析的過程，發現其間隱含的特徵關聯或新穎有趣的模式，提供分析師或決策者特定的訊息[41]。如同當前資訊科學所積極推動的語意網與人工智慧，文字探勘技術背後是一個急速發展、體系龐大的資訊科學領域，然而，真正的問題還來自於不同領域對於新技術方法的疑慮，這種疑慮雖也有來自知識的隔閡。[41]

文字探勘有幾點優勢。首先，其分析對象多半屬電子化文本，透過線上取得極為方便，更重要的是，若具備即時更新功能，文字探勘可以處理動態資料；文字探勘對於龐大資料的處理能力，使得此前無法觀察的訊息與知識可以獲得論證；再次，由於可處理的資料形式多元豐富，且歷時穩定，可提供更完備的論證效力；而自動化技術不僅能克服主觀判斷的失誤，

更能加快處理速度，大大節省時間與人力成本；最後，它有當前蓬勃發展的資訊學科支持，技術得以不斷精進，目前已有許多成熟的技術可適用於不同類型的文件分析，尤其是從非監督進展到監督式學習，可以就小量資料執行特徵萃取後，預測並描述巨量資料的意義，極具應用潛力[10]。簡略來說，文字探勘演算是以文件的特徵表現為基礎，而非文件中的敘事內容，主要特徵包含字母、字、詞、概念等層次。就尋求文件意義價值來說，詞語與概念層次的效果會更好，這通常是藉由複雜的統計、語法，或者混合二者的分類器來達成。[41]

Power BI 是軟體服務、應用程式和連接器的集合，它們將不相關的資料轉換成相關、視覺上的互動剖析。不論資料是簡單的 Excel 試算表，或是一組雲端和內部部署混合式資料倉儲，Power BI 可連線到資料來源、以視覺化方式檢視及探索重要資料，以及與任何人或想要的任何人共用該資料[42]。Power BI 的優點在於，用戶可以簡易地將數據轉成影像，亦可以將分析結果分享給其他用戶，簡化了以往拼圖拼報告的時間，讓用戶能夠投放更多時間於分析中。不單只能把數據上載，更可以連接其他數據庫，直接抽取數據進行分析。而 Power BI 內的其中一項工具：文字雲(Word Cloud)，是針對使用者輸入的文章或部落格，分析其文字詞出現的頻度值，以「詞彙地圖」的方式展示[43]。這種由不同字詞組合成如雲一般的圖形，可以常在各種社交新聞網站中看到這樣類似的圖形，而文字雲的存在目的在於能讓閱讀者在不閱讀所有文章的前提下，快速聚焦在大批文章中的主要內容[43]。

江岳倫於 108 年 6 月發表健康產業管理研究所碩士論文當中，利用文字探勘之意見挖掘方式，從 TripAdvisor 社群網站台收集有關新北市立黃金博物館之線上評論來進行解析，藉由國際知名社群平台網站 TripAdvisor 搜尋與新北市立黃金博物館相關之關鍵字，資料收集自 105 年 1 月 1 日起至 107 年 12 月 31 日止於各國籍遊客對黃金博物館「旅遊環境」、「消費經驗」及「展示服務」等三大構面之留言評論，再進行以中央研究院中文斷詞系統與 Power BI 整合工具之文字雲 Wordclouds 軟體程式進行視覺化呈現。共收集了 402 名遊客對新北市立黃金博物館留言評論，選擇三大構面進行相關留言評論分類後，共取出 656 條有關對黃金博物館旅遊服務評價之評論，經統計分析，「旅遊環境」共有 255 條評論、「消費經驗」共有 147 條、「展示服務」則共有 254 條，再區分為正評、負評與非正負評價，透過文章斷詞與文字雲視覺化呈現，顯示本國籍與非本國籍遊客對黃金博物館旅遊環境之周邊景點。[41]。



圖 2-1：本國籍遊客對黃金博物館的文字雲「旅遊環境」之正評文字雲

圖 2-2：本國籍遊客對黃金博物館的文字雲「旅遊環境」之負評文字雲

2.4 中文斷詞系統簡介

行政院國家科技部於其執行的數位典藏國家型科技計畫中，已研發出研究運用及篩選關鍵字的中文斷詞系統，另依中研院中文斷詞系統首頁簡介說明：「詞是最小有意義且可以自由使用的語言單位。任何語言處理的系統都必須先能夠分辨出文中的詞才能進行進一步的處理。」[44] 本研究於運輸安全委員會所收集、分類之報告，利用中研院中文斷詞系統以簡易自動斷詞處理後，將斷詞結果轉貼於 Word 進行篩選後，再將其所得資料透過 Excel 進行分詞排列。最後經過濾結果可得到所有失事報告中的字詞出現頻率，就能將其字詞統整結果進行文字探勘分析研究。

以內政部空中勤務總隊 UH-60M 型機編號 NA-706 自蘭嶼機場起飛後，墜海之可能肇因首句：

「飛航組員對事故當時飛航環境之威脅管理、狀況警覺及溝通決策能力不夠充分，且對航機系統瞭解程度不足。」為例，經由中文斷詞系統斷詞處理以及手動篩選與可能肇因有關之相關字詞及詞性，得到：

- 組員(Na 普通名詞)
- 事故(Na)
- 環境(Na)
- 威脅(Na)
- 狀況(Na)
- 決策(Na)

- 能力(Na)
- 系統(Na)
- 程度(Na)
- 管理(VC 動作及物動詞)
- 溝通(VC)
- 警覺(VH 狀態不及物動詞)
- 不足(VH) [36]

本研究收集 88 年至 109 年運輸安全委員會 92 件失事調查報告內「可能肇因」、「與風險有關」、「其他調查發現」和「飛安改善建議」，以中央研究院中文斷詞系統與 Power BI 整合工具之文字雲 Wordclouds 軟體程式進行影像呈現。透過此方式來了解歷年來失事案件與上述四種因素中最有連性的為那些並進行探討。

2.5 文字探勘運用於失事調查分析

2.5.1 可能肇因

有關失事調查報告「可能肇因」分析，經由中文斷詞系統進行自動分詞及完成相關字詞頻率後，我國運輸安全委員會於 92 件失事調查報告中，相關詞性之「名詞」出現高低為跑道(123 次)、駕駛員(112 次)、組員(62 次)、發動機(35 次)、程序(30 次)等；相關詞性之「動詞」出現頻率依序為落地(72 次)、進場(55 次)、操作(44 次)、滑行(33 次)、顯示(31 次)等。



圖 2-3：可能肇因-名詞



圖 2-4：可能肇因-動詞

表 2-1：可能肇因發生頻率最多前五項

名詞(共 1932 項)		動詞(共 1526 項)	
跑道	123	落地	72
駕駛員	112	進場	55
組員	62	操作	44
發動機	35	滑行	33
程序	30	顯示	31

2.5.2 與可能肇因有關之調查結果

✧ 以遠東航空公司 EF182 班機 MD-82 機型於 93 年 8 月 24 日，於松山機場落地後偏出跑道事件為例[45]：

該機於進場時遭遇風切效應及落地前順風影響，造成於距 28 跑道頭約 2500 呎處觸地，加以跑道濕滑，影響減速效能，且距 28 跑道頭約 5500 呎至約 8000 呎處有抗滑值偏低及跑道面濕滑現象，可能產生部分黏滯性水飄作用而無法控制方向及有效減速。期間該機飛航組員因依使用煞車踏板角度及飛機減速情況判斷，懷疑煞車系統未正常運作，駕駛員為達減速目的，使用超過廠商建議之最大反推力值減速，降低該機方向控制之能力，因而於約距 28 跑道頭 7800 呎處偏出跑道。

當航機落地時，該機之自動駕駛及導航系統受到遭地面干擾之地面導航訊號負面影響，致航機降落過程偏離跑道中心線。駕駛員於落地過程中未能積極控制航機，未保持警覺於自動駕駛出現不預期操作時，立即解除自動駕駛，改以手控方式操作航機，致使航機落地後偏出跑道。

2.5.3 可能肇因結果分析

透過文字雲視覺化呈現顯示，於事故發生有關之重要因素，人為因素為導致最頻繁出現事故之原因，為駕駛員及飛航組員在落地及進場時操作不當，導致飛機於跑道上偏離甚至衝出跑道，發生之肇因除人為操作，其複合導因本研究歸納可能有 1.跑道側風 2.落地時不穩定之操作造成偏離跑道中心線 3.進場高度過高造成落地時操作不當，衝出跑道等。其次為發動機因素不論人為或自然原因產生問題時，駕駛員及飛航組員在處理程序上操作不當，因而造成飛航事故發生。

2.5.4 與風險有關

有關失事調查報告「與風險有關」分析經由中文斷詞系統進行自動分詞及完成相關字詞頻率後，我國運輸安全委員會於 92 件失事調查報告中，相關詞性之「名詞」出現頻率依序為駕駛員(104 次)、組員(103 次)、跑道(70 次)、手冊(68 次)、作業(67 次)等；相關詞性之「動詞」出現頻率依序為進場(58 次)、執行(57 次)、操作(51 次)、落地(48 次)、檢查(40 次)等。



圖 2-5：與風險有關-名詞



圖 2-6：與風險有關-動詞

表 2-2：與風險有關發生頻率最多前五項

名詞(共 1528 項)		動詞(共 1312 項)	
駕駛員	104	進場	58
組員	103	執行	57
跑道	70	操作	51
手冊	68	落地	48
作業	67	檢查	40

2.5.5 與風險有關之調查發現

◇ 以漢翔航空工業股份有限公司 ASTRA SPX 型機 國籍標誌及登記號碼 B-20001 於臺中清泉崗國際機場落地時短暫偏出跑道事件為例[46]：

飛航組員面對不可靠空速狀況，未發揮組員資源管理精神，未透過合作交互比對兩邊空速表及備用空速表等資訊，亦未相互討論仰角與動力設定之操作方式，或對外尋求協助；操控駕駛員於尚未識別出可信賴之空速來源前，即貿然決定以數值較高之左系空速顯示作為後續飛行之參考依據，

以致該機進場時實際空速未能保持於設定之進場速度，最後進場階段更低於落地參考速度。此一狀況使該機暴露於不易維持正常下降率之風險，進而導致後續進場低於下滑道及重落地之結果。

● 與風險有關之調查發現之第七項：

本次事故載重平衡、吊掛重量管制及紀錄之完整性，與業務處在職訓練相關之項目均已納入該公司之自我督察檢查表，惟該公司之自我督察檢查表設計與執行方式，可能無法有效發現人員在遵守規定上之缺失與辨識影響安全之作業風險因子。

● 與風險有關之調查發現之第七項：

華航相關手冊未明確訂定於自動駕駛模式下是否可以強制取代方式操作航機之內容及落地偏離跑道中心線之標準，對航機落地過程中偏離跑道之防制有影響

2.5.6 與風險有關結果分析

透過文字雲視覺化呈現顯示，於事故發生有關之未直接導致因素但對促進飛安有益之事項，文字探勘中出現最頻繁為駕駛員及飛航組員操作進場及落地時遭遇狀況處置操作不當。發生風險有關之結果，其複合導因本研究歸納可能有未有明確之程序登載於手冊或訓練之中，以致駕駛員遭遇天氣、空速、目視等狀況時，無標準可處置或檢查航機狀態以及處置不當，進而造成可能產生事故之風險。

2.5.7 其他調查發現

有關失事調查報告「其他調查發現」分析，經由中文斷詞系統進行自動分詞及完成相關字詞頻率後，我國運輸安全委員會於 92 件失事調查報告中，相關詞性之「名詞」出現頻率依序為組員(236 次)、駕駛員(218 次)、跑道(200 次)、客艙(94 次)、系統(94 次)等；相關詞性之「動詞」出現頻率依序為落地(98 次)、起飛(86 次)、進場(72 次)、操作(53 次)、下降(46 次)等。



圖 2-7：其他調查發現-名詞



圖 2-8：其他調查發現-動詞

表 2-3：其他調查發現發生頻率最多前五項

名詞(共 2089 項)		動詞共 1606 項)	
組員	236	組員	236
駕駛員	218	駕駛員	218
跑道	200	跑道	200
客艙	94	客艙	94
系統	94	系統	94

● 其他調查發現之第五項

✧ 以空中巴士直升機 AS365 N3 機型於 105 年 3 月 11 日，於新北市石門區外海執行人員吊掛時墜海為例[47]：

空中勤務總隊相關手冊無不同吊掛方式之操作程序，不利任務之執行；於遭遇緊急狀況時，海上逃生訓練課程未能讓直昇機共勤人員熟習使用逃生艇及其求生設備的功能。

✧ 以遠東航空公司 EF066 班機 MD-83 型機於 95 年 7 月 14 日，於台北松山機場落地時右主輪曾偏出跑道為例[48]：

該機進場落地情況，符合遠東航務手冊所列「穩定進場」、「下降低於 DA/MDA 條件」、「標準操作程序」有關落地等之要求。

2.5.8 其他調查發現結果分析

其他調查包含對駕駛員、客艙組員於落地、起飛、下降、進場等相關操作是否符和程序與系統之顯示是否出現異常等因子有關，其次為飛機之

維修，如發動機、艙壓是否異常做出其他之調查發現。因此「其他調查發現」於失事調查報告中做為資料分享、安全警示、教育及改善飛航安全之用，故具有促進飛航安全、解決爭議或澄清疑慮之作用。

2.5.9 飛安改善建議

失事調查報告「飛安改善建議」分析，經由中文斷詞系統進行自動分詞及完成相關字詞頻率後，我國運輸安全委員會於 92 件失事調查報告中，相關詞性之「名詞」出現頻率依序為組員(224 次)、程序(223 次)、跑道(164 次)、系統(119 次)、手冊(109 次)等；相關詞性之「動詞」出現頻率依序為訓練(156 次)、管理(132 次)、督導(119 次)、執行(97 次)、改善(91 次)等。



圖 2-9：飛安改善建議-名詞



圖 2-10：飛安改善建議-動詞

表 2-4：飛安改善建議發生頻率最多前五項

名詞(共 1997 項)		動詞(共 1324 項)	
組員	224	組員	224
程序	223	程序	223
跑道	164	跑道	164
系統	119	系統	119
手冊	109	手冊	109

✧ 以中華航空公司 CI025 班機 BOEING 737-800 型機國籍標誌及登記號碼 B-18609 於 105 年 4 月 17 日，於關島西北方約 150 海哩上空艙壓異常返航為例[49]：

● 致中華航空公司飛安改善建議第一項：

加強故障排除手冊之相關訓練課程及考驗機制，熟悉故障排除程序；

要求維修人員須依據故障排除手冊執行故障排除作業，於遭遇疑似故障排除手冊內容不完整之問題時，必須洽詢飛機製造廠意見並據以實行；遭遇故障排除手冊維修困難事件時，須積極查詢釐清故障排除過程造成故障之原因，並落實執行維修管理規則。

◇ 以立榮航空公司（以下簡稱立榮）B7 695 班機，機型 DASH-8-300，國籍標誌及登記號碼 B15235，於 90 年 1 月 15 日 1035 時由台南機場起飛，鼻輪、兩主輪與機腹觸地後彈起，右輪艙門脫落，在 1,300 呎處再次觸地後，機身後段底部在跑道上拖行至 3,380 呎處停止為例[50]。

● 致立榮航空公司飛安改善建議第五項：

重行檢視遭遇緊急狀況時之規定、程序及訓練，如駕駛艙與客艙間緊急狀況之通聯、駕駛艙緊急裝備之運用、緊急脫離駕駛艙程序、駕駛員及客艙組員對「緊急撤離」之認知、決心下達、宣告時機及執行程序等。

● 致交通部民用航空局飛安改善建議之第七項：

機場範圍內禁限建及超高障礙物、跑道地帶及滑行道地帶內之無覆蓋壕溝、機場界圍及阻絕設施等不符規範者進行改善。上述情形中無法改善或尚未完成改善及機場管制台與跑道間之視障情況，應列入「台北飛航情報區飛航指南」中公告。

◇ 以日本航空公司 JAL 653 班機 B767-300ER 型機日本國登記號碼 JA613J 桃園國際機場進場階段客艙冒煙起火為例[51]：

● 致日本民用航空局飛安改善建議之第二項：督導日航依所提出有關客艙組員之飛安改善建議確實執行。

2.5.10 飛安改善建議結果分析

透過文字雲視覺化呈現顯示，飛安改善建議是對於飛航事故發生後提出建議及改進辦法，而改善層面最頻繁為人員的訓練、管理及程序與手冊的制定，其次為跑道與系統層面的管理及規定，此飛安改善建議支複合之導因本研究歸納可能有 1.在航空公司管理層面，加強機組員、維修人員之訓練，並確實遵守 SOP 以排除人因疏失。在駕駛艙、客艙在執行相關操作作業時，亦有因為能遵守 SOP 而導致風險之疑慮。 2.在飛航監管單位(交通部民航局)不分，在機場相關設施安全作業，應加強檢查以確保系統能夠安全運作，對於非國籍航空公司、運安會也應有非安建議之責。因此「飛

安改善建議」用於失事調查中發生錯誤的部分進行檢視及修正且提出實質上之訂正辦法。

2.5.11 建議

根據圖表得知

- (1) 可能肇因方面，跑道、駕駛員、落地及進場有較高的出現比率，由此可見駕駛員操作飛機降落在跑道上（例如：跑道濕滑、側風、視線不佳）造成落地或進場時發生事故為飛機失事的多數原因。
- (2) 與風險有關方面，組員出現的次數明顯上升，由此可以推斷飛航組員遭遇機件故障或天氣不穩定造成飛機發生狀況時，未能依照手冊指示執行程序或憑藉自身想法操作而未遵照標準作業程序，導致不安全情況出現。
- (3) 其他調查發現中組員、駕駛員以及跑道仍佔非常大比例，可見不論在直接或間接影響飛航安全的元素中這三點仍不可忽視。根據出現之客艙及起飛，客艙設計及逃生動線是經常被提出探討及改進之事項，能使飛機在失事後飛航組員疏散乘客時有更具效率之表現；飛行組員在班機起飛前是否飲用酒精飲料或服用藥物，也是間接影響飛航組員作業時的因素之一，或者起飛前是否有充分休息，航空公司對機組人員排班之密集程度也可能導致人員工作時精神狀態不佳。
- (4) 飛安改善建議方面則多為提出對飛航程序、人員訓練、系統改善、跑道妥善率或品質做出修正或加強，該層面主要是給民航局或航空公司對上述要點進行訓練或提升人員管理及督導之建議，進而去從「預防」層面來避免事故發生。

表 2-5：名詞出現頻率分析最多前五項

可能肇因 (共 1932 項)		與風險有關 (共 1528 項)		其他調查發現 (共 2089 項)		飛安改善建議 (共 1997 項)	
跑道	123	駕駛員	104	組員	236	組員	224
駕駛員	112	組員	103	駕駛員	218	程序	223
組員	62	跑道	70	跑道	200	跑道	164
發動機	35	手冊	68	客艙	94	系統	119
程序	30	作業	67	系統	94	手冊	109

表 2-6：動詞出現頻率分析最多前五項

可能肇因 (共 1526 項)		與風險有關 (共 1312 項)		其他調查發現 (共 1606 項)		飛安改善建議 (共 1324 項)	
落地	72	進場	58	落地	72	進場	58
進場	55	執行	57	進場	55	執行	57
操作	44	操作	51	操作	44	操作	51
滑行	33	落地	48	滑行	33	落地	48
顯示	31	檢查	40	顯示	31	檢查	40

2.6 HFACS 應用於民航失事案例

HFACS 是 1990 年代由美國航空心理學家 Wiegmann 和 Shappell 根據 James Reason 的「顯性與隱性的人為失誤」理論模型，發展出飛安事件之人為因素歸類系統，針對影響飛安之問題做有效的處置，因此美軍於 2007 年正式以「人為因素分析與歸類系統，HFACS」做為飛安事件失事調查之主要工具。從組織管理階層到飛行員都是在分析與歸類飛安人為因素的範圍，因為飛安事件往往都是一連串的事件環環相扣才導致失事。

HFACS 理論是以人為因素為主軸，分析飛安事故中的人為因素，有四個層級、18 子項目，且依 Wiegmann 與 Shappell 研究，每一較高層級均會直接影響下一層級的各個子項目。[1-2, 22-25]

2.6.1 層級一「不安全的操作行為」：

- ◆ 技術的錯誤(Skill-base Error- 歸類代碼: AES): 技術操作乃為飛行安全中人為因素所直接面對的顯性因子，由於記憶不正確或是操作程序錯誤而造成危安事件。

- 1.不注意飛控系統
- 2.操作技術不成熟
- 3.過度操控飛機
- 4.目視不充分
- 5.過度依賴自動系統

- ◇ 案例: 民國 105 年 5 月 5 日，安捷飛航訓練中心股份有限公司，Diamond DA-40NG 型機，國籍標誌及登記號碼 B-88002，於臺東豐年機場落地彈跳後航機受損。事故機學習駕駛員於落地平飄階段，未建立適當仰角及減速，使航機以有俯角之姿態觸地，造成航機彈跳，且未於彈跳初期立即重飛，使該機產生海豚跳，導致鼻輪折斷。

[52]

◇ HFACS 分類: (AES-操作技術不純熟)

駕駛員於落地平飄階段，未建立適當仰角及減速，使航機以有俯角之姿態觸地導致意外發生(可能肇因)

- ◆ 決策的錯誤(Decision Error- 歸類代碼:AED): 飛行員根據自身經驗判斷所面臨之狀況並採取行動，此作為並沒有使狀況獲得改善，甚至更加惡化。

- | | |
|----------------|-------------|
| 1.不適當的演練 | 4.程序不瞭解 |
| 2.對飛機各系統的知識不充分 | 5.信心超過能力 |
| 3.對緊急狀況的處置不恰當 | 6.不適當的操作或程序 |

◇ 案例: 民國 107 年 8 月 22 日，華信航空一架 ATR72-212A 型客機，國籍標誌及登記號碼 B-16852，航班編號 AE788，於臺中清泉崗機場，該機於 36 跑道進場落地，滾行過程中偏出跑道道面並擦撞跑道邊燈，造成航機及 3 盞跑道邊燈損壞，機上人員均安。[53]

◇ HFACS 分類: (AED-不適當的操作或程序)

事故航機飛航組員未遵守華信航空航務手冊規定，於航機進場能見度不符合副駕駛員操控落地標準條件下，由副駕駛員操控航機進場落地。(可能肇因)

- ◆ 知覺(感官)的錯誤(Perception Error- 歸類代碼: AEP): 飛行過程中，經由飛行員的感官判斷後，出現與實際情況不符合現象，對外界訊息產生錯誤的解讀。

- | | |
|----------------------|--------|
| 1.空間迷向 | 3.視覺幻象 |
| 2.誤判距離/高度/姿態/空速/跑道狀況 | |

◇ 案例: 民國 89 年 10 月 31 日，新加坡航空公司 006 班機，BOEING 747-400 型機，國籍登記號碼 9V-SPK，於中正國際機場起飛時撞毀在部分關閉跑道上。事故當時，中正機場處於象神颱風外圍之強風豪雨中。因為大雨造成的能見度不佳、機組人員因專注於側風而忽略跑道標誌的疏忽與塔台方面的溝通不良以及中正機場的指示設施不清晰，因而誤闖了正在施工維修而暫時關閉的 05R 跑

道。[54]

✧ HFACS 分類: (AEP-誤判距離/高度/姿態/空速/跑道狀況)

溝通不良及機場指示不清晰，誤闖已關閉的跑道(可能肇因)

◆ 違規錯誤(Violations- 歸類代碼: AVR):蓄意不理會為飛行安全所制定的法規之行為

1.不充分之飛行操作

3.不遵照航站管之指示

2.違反規定與 SOP

4.操作未經授權之課目

✧ 案例: 民國 94 年 7 月 19 日，復興 GE 028 班機，機型 ATR 72，B-22805，於松山機場 10 號跑道進場落地，在滑行道提前右轉進入勤務車道，右機翼前緣撞及停機坪照明燈柱後停止。駕駛員未依訓練手冊之滑行技術要求,保持於滑行道黃色中心線上滑行;當滑行道中心線辨識不清時,未依航務手冊規定停止滑行,尋求協助。 [55]

✧ HFACS 的分類: (AVR-違反規定與 SOP)

駕駛員未依訓練手冊之滑行技術要求,保持於滑行道黃色中心線上滑行(風險有關)

2.6.2 層級二「不安全行為之前置條件」

◆ 自然環境(Physical Environment- 歸類代碼: PEP): 指飛行活動中飛機所處的外部環境。

1.天氣

4.高度

2.地形

5.燈光

3.震動

6.座艙之環境

✧ 案例: 民國 100 年 6 月 28 日，立榮航空公司 DH8-300 型機，國籍標誌及登記號碼 B-15231，執行 B7 642 航班由澎湖馬公機場飛往台南機場之載客任務，進場過程中台南機場附近有中度降雨，該機原計畫於台南機場 18L 跑道落地，結果於 0922 時，降落於未經指定之 18R 跑道上。[56]

✧ HFACS 分類: (PEP-天氣)

飛機進場時因氣候不佳，影響飛行(可能肇因)

◆ 技術環境(Technological Environment- 歸類代碼: PET): 飛行員經常置身於對其作業績效有巨大影響的環境因素。

- | | |
|--------------|------------------|
| 1. 裝備與控制器的設計 | 3. 顯示器與人機界面的各種特性 |
| 2. 檢查表的編排與設計 | 4. 各式作業因素與自動化。 |

◇ 案例: 民國 107 年 2 月 5 日，內政部空中勤務總隊一架 UH-60M 型直昇機，編號 NA-706，執行由蘭嶼機場至臺東豐年機場之病患後送任務，於 2348 時自蘭嶼機場起飛約 81 秒後，與航管失去聯絡，事故機雷達光點亦自航管雷達銀幕上消失。[47]

◇ HFACS 分類: (PET -檢查表的編排與設計)

空勤總隊未編撰該型機完整之標準作業程序；事故飛航中飛航組員亦未完全依照現行相關規定執行應有之檢查程序及呼叫，容易遺漏相關操作之程序(風險有關)

◆ 不佳的生理狀況(Adverse Physiological Status-歸類代碼: PCP): 指妨礙安全操作的用藥或生理狀態。

- | | |
|---------|--------|
| 1. 生病 | 4. 缺氧 |
| 2. 生理缺乏 | 5. 動暈症 |
| 3. 興奮 | |

◇ 案例: 民國 106 年 6 月 10 日凌天航空公司 BELL-206B 型機國籍標誌及登記號碼 B-31118。正常人血中抗組織胺藥物濃度超過 17 ng/mL 以上即易產生嗜睡及肌肉虛弱，正駕駛員甲血液抗組織胺藥物濃度顯示為 24 ng/mL。此藥物殘留應屬正常用藥累積所致，惟未能確切判斷正駕駛員甲血液中抗組織胺藥物殘留濃度對航機操作能力影響之程度。[57]

◇ HFACS 分類: (PCP-生理缺乏)

服用藥物可能會影響駕駛員的生理狀況(風險有關)

◇ * 齊柏林導演事件

◆ 不佳的心智狀況(Adverse Mental Status- 歸類代碼: PCM): 指心理的認知或注意力影響到個人的理解能力或是工作績效，導致失事。

- | | |
|-------------|------|
| 1.喪失狀況警覺 | 4.自滿 |
| 2.過度注意集中於某點 | 5.分心 |
| 3.精神缺乏 | |

◇ 案例: 民國 104 年 2 月 4 日，復興航空公司 GE235 班機，ATR72-212A 型機，國籍標誌及登記號碼 B-22816，於臺北松山機場東方 8 哩處失去控制，墜毀於基隆河。操控駕駛員於發生主警告聲響後即解除自動駕駛，不但增加操控駕駛員後續之工作負荷，且降低其評估與處置緊急狀況之能力。[58]

◇ HFACS 分類: (PCM-自滿)

飛行員解除自動駕駛，增加工作負荷，更影響到評估與處置各種緊急狀況的能力(可能肇因)

◆ 心理或心智的極限(Personal Readiness- 歸類代碼: PCL): 當操作要求超出個人所能控制的能力。

- | | |
|----------|------------|
| 1.視覺限制 | 4.反應時間不充分 |
| 2.經驗不足 | 5.訊息過多無法處理 |
| 3.缺乏飛行性向 | |

◇ 案例: 民國 104 年 2 月 4 日復興航空公司 GE235 班機 ATR72-212A 型機國籍標誌及登記號碼 B-22816 於臺北松山機場東方 3 哩處失去控制，墜毀於基隆河。[59]

◇ HFACS 分類: (PCL-訊息過多無法處理)

駕駛員於發生主警告聲響後即解除自動駕駛，不但增加操控駕駛員後續之工作負荷，且降低其評估與處置緊急狀況之能力(可能肇因)

◆ 組員資源管理(Crew Resource Management- 歸類代碼:PPC):缺乏合作，溝通不良或任務提示不足。

- | | |
|-------------|------------|
| 1.飛行前任務提示不足 | 3.缺乏團隊協調能力 |
| 2.缺乏自信 | |

◇ 案例: 民國 107 年 3 月 15 日, 漢翔公司一架 ASTRA SPX 型機, 國籍標誌及登記號碼 B-20001, 於 1726 時自 臺中清泉崗機場起飛, 預計前往 RCR-34 目標區, 執行編號 H-335 拖靶任務。飛航組員間存在過度傾斜駕駛艙權力梯度之狀況, 事故過程中正駕駛員出現權威式領導、副駕駛員於決策過程中未勇於提出疑義, 以及組員間存在無效溝通等行為表現, 影響飛航組員於遭遇不可靠空速顯示、低於下滑道與落地後航機左偏情況時, 未能做出正確決策與處置。[46]

◇ HFACS 分類: (PPC-缺乏團隊協調能力)正駕駛太過威嚴, 導致副駕駛無法提醒(風險有關)

◆ 個人準備狀況(Personal Readiness- 歸類代碼: PCR): 個人的準備狀況不足, 泛指個人對執行任務時所需的體能或心智準備不足。

1.休息時間不足

3.不充分之訓練

2.未按規定服藥

◇ 案例: 民國 99 年 9 月 2 日 長榮航空公司 BR 701 班機 B747-400 型機 國籍標誌及登記號碼 B-16410 桃園機場落地時短暫偏出跑道事故[60]

◇ HFACS 分類: (PCP-不充分之訓練)

著陸前軌跡未穩定保持與跑道中心線平行之方向並呈左偏之趨勢, 以不正確的姿態著陸(可能肇因)

2.6.3 層級三「不安全的督導」

◆ 不充分的督導(Inadequate Supervision- 歸類代碼:SI): 未能提供適切的指導、訓練、督導及激勵以確保工作安全有效完成。

1.未能提供適當之訓練

3.未能提供專業之指導

2.未能提供最新之技術與資訊

4.未能提供足夠之休息時間

◇ 案例: 民國 104 年 4 月 16 日大鵬航空公司 B-68802 機起飛後左發動機失效返航回航豐年機場。[61]

◇ HFACS 分類: (SI-未能提供專業之監督)

- ✧ 事故發生後檢查 3 號氣缸 8 根螺栓固定螺帽共有 5 個不在安裝位置, 左發動機於進廠翻修作業安裝 3 號氣缸時可能已存在扭力不足狀況, 使 3 號氣缸與曲軸合不緊密(可能肇因)

◆ 未計畫周詳之飛行任務(Planning Inappropriate Operations- 歸類代碼: SP): 飛行計畫的時間或規畫不充分影響任務。

1. 未能提供足夠之督導
2. 任務過於繁重
3. 風險大於利潤

✧

- ✧ 案例: 民國 104 年 2 月 5 日, 德安航空公司 DA7507 航班, Dornier-228 型機, 國籍標誌及登記號碼 B-55563, 於蘭嶼機場落地滾行時因側風落地及偏側修正操作不適當, 導致右主輪偏出跑道外側。[62]

✧ HFACS 分類: (SP-任務過於繁重)

民航局因檢查員高工作負荷, 對於德安之監理未進行實地查核; 核准事故正駕駛員訓練計畫與首次術科考驗, 以及執行訓練紀錄查核與自我督察工作項目摘要報告時, 未發現事故正駕駛員航路訓練航段與公司飛航組員訓練手冊之規定不符、航務訓練專責人力不足現象及該公司風險評估之執行方式不適當等多項航務安全缺失(風險有關)

◆ 未修正已知的問題(Failure to Correct Known Problem- 歸類代碼: SF): 指對飛行員個人、裝備、訓練或任何有關飛安問題已經發現有缺失而未主動改正。

1. 未能修正不適當之行為
2. 未能針對不安全行為趨勢提出報告
3. 未能創立正確之行動方略

- ✧ 案例: 民國 103 年 3 月 31 日 中華航空公司 CI 6416 航班 BOEING 747-400F 型機 國籍標誌及登記號碼 B-18721 於桃園機場使用自動駕駛落地時, 該機之自動駕駛及導航系統受到遭地面干擾, 致航機降落過程偏離跑道中心線。[63]

✧ HFACS 分類: (SF-未能創立正確之行動方略)

華航相關手冊未明確訂定於自動駕駛模式下是否可以強制取代方式操作航機之內容及落地偏離跑道中心線之標準, 對航機落地過程中偏離跑道之防制有影響 (風險有關)

◆ 違規的督導(Supervisor Violations- 歸類代碼: SV): 主管本身未確實管理好組織內資源，違反指導、守則、法規及現行規定等。

- | | |
|---------------|--------------|
| 1. 准許不適當之組員飛行 | 4. 未能制訂適當之法規 |
| 2. 違反規定 | 5. 核准不必須之風險 |
| 3. 不適當之證件 | 6. 偽照證件 |

✧ 案例: 民國 105 年 10 月 1 日中華航空公司 CI704 班機 Airbus 330-300 型機 國籍標誌及登記號碼 B-18307 於桃園機場，該機於桃園機場 23 跑道落地，滾行重飛時，機尾擦撞跑道。 [64]

✧ HFACS 分類: (SV-違反規定)

教師駕駛員接手後雖隨即進行重飛操作，但遲於主輪離地後始呼叫重飛，致升訓正駕駛員未能瞭解教師駕駛員之操作意圖，而未發揮監控駕駛員職責，及時對教師駕駛員不符合程序規範之重飛決策提出質疑，或協助其於外型、動力、姿態與速度等操作上之監控與呼叫（風險有關）

2.6.4 層級四「組織(管理)的影響」

◆ 資源管理(Resource Management- 歸類代碼:OR): 資源管理為從組織最高層級對組織資產作整體性的分配和維護的決策。

- | | |
|---------|---------|
| 1. 人力資源 | 3. 財力資源 |
| 2. 物力資源 | |

✧ 案例: 民國 98 年 7 月 10 日，0419 時，中興航空股份有限公司所屬一架 BK-117 型直升機，國籍標誌及登記號碼為 B-77088。該機於金門尚義機場實施 NDB/DME 儀器進場時，在距離尚義南方海面約 1 哩處墜海，正駕駛員生還，副駕駛員及救護技術員死亡，航空器全毀。[65]

✧ HFACS 分類: (OR-人力資源)

中興之駕駛員飛操中墜地事故預防、夜間視覺限制、視錯覺及疲勞相關訓練仍待加強；又組員資源管理複訓教材內容與飛航操作相關手冊不一致，未能確保訓練教材之正確性、適當性及因應任務需求持續強化訓練(風險有關)

◆ 組織氣候/文化(Organizational climate- 歸類代碼: OC): 指組織中各種影響人員績效的各項變數。

1.組織管理結構

3.政策訂定

2.失事調查原則

◇ 案例:民國 107 年 3 月 15 日漢翔航空工業股份有限公司一架 Astra-SPX 型機，國籍標誌及登記號碼 B-20001，執行編號 H-335 拖靶任務，作業結束返航臺中機場落地。於臺中機場 36 跑道降落時偏出跑道並撞到跑道邊燈，航機輕微損害。[47]

◇ HFACS 分類: (OC-組織管理結構)

飛航組員面對不可靠空速狀況，未發揮組員資源管理精神，未透過合作交互比對兩邊空速表及備用空速表等資訊，亦未相互討論仰角與動力設定之操作方式，或對外尋求協助(風險有關)

◆ 組織運作(Organizational Process- 歸類代碼: OP): 用來管理與支配組織內部日常例行活動的整體決定與規則。

1.運作方式

3.工作程序

2.監督管制

◇ 案例: 民國 105 年 5 月 6 日，威航航空公司 ZV252 班機，Airbus A321-200 型機，國籍標誌及登記號碼 B-22610，於巡航階段發生乘客行動電源冒煙起火。督導國籍民用航空運輸業各航空公司，強化含鋰離子電池之行動電源與備用鋰電池不得放置於航空託運行李中，以及須手提及隨身攜帶規定之安全教育及宣導措施。[66]

◇ HFACS 分類: (OP-監督管制)

事故前一年期間，內政部警政署航空警察局自桃園機場航空託運行李中查獲約 15 萬件含鋰離子電池之行動電源及備用鋰電池，顯示乘客對於鋰離子電池須手提及隨身攜帶規定並不清楚或疏於注意，相關文宣教育及臨櫃提醒等安全宣導措施仍有強化空間(風險有關)

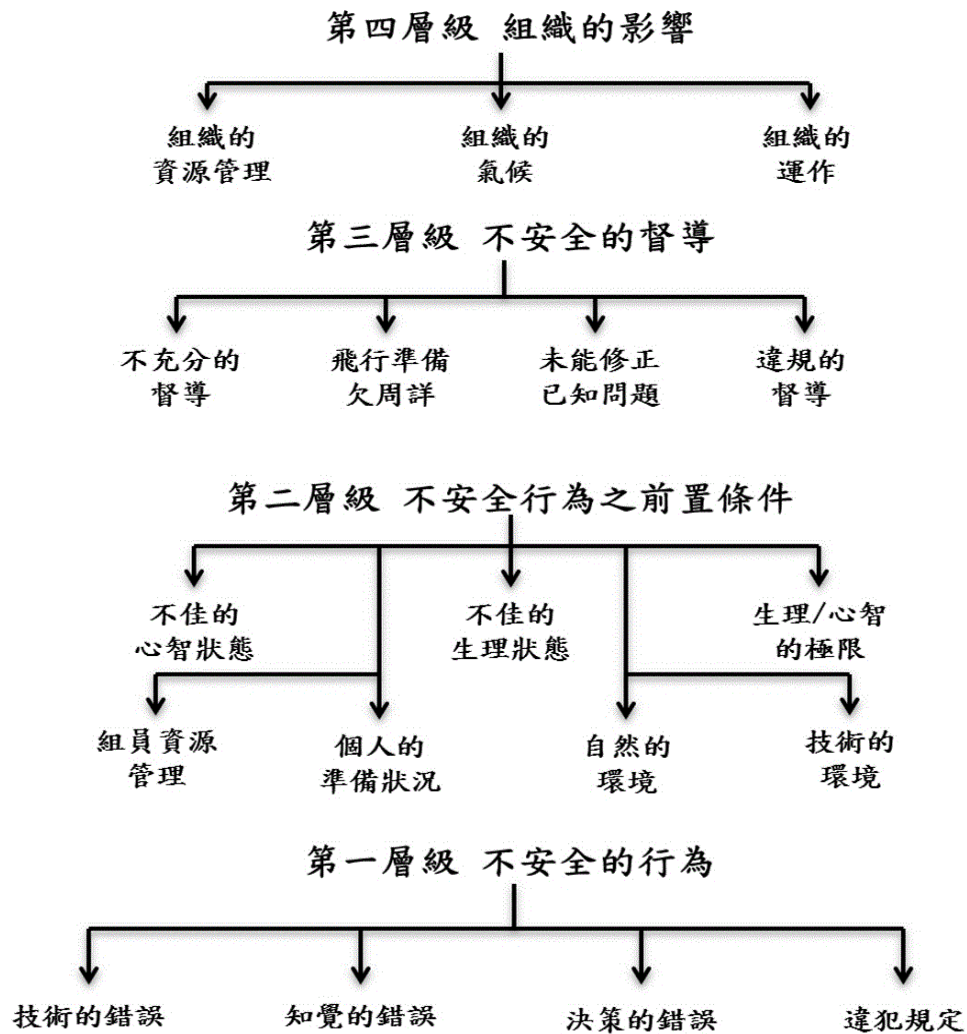


圖 2-11：HFACS 理論架構

文字探勘技術正在從給定的大規模飛機事故數據集合中發現各種模型、摘要及其衍生數值。從數據中發現、估算或發現新數據與事故相關性，可應用其標準步驟來總結大規模飛機數據的人所使用的一般實驗程序的一部分。[67-74]適用於文字探勘問題的一般實驗程序包括以下步驟。

- 1.問題陳述
- 2.航空器事故數據收集
- 3.飛機事故數據的預處理
- 4.模型的估計，以及
- 5.模型的解釋和結論的形成[75]

為了提高數據探勘技術的效率和準確性，特徵值選擇方法對於評估高維度的數據相關性以及透過並減少所分析特徵的體量來提高分類器效率至關重要。[75] 此外，基於相關性的特徵選擇（Correlation Feature

Selection) 和振盪搜尋技術用於選擇突出屬性的數量，這些屬性是導致飛機事故數量最多的潛在因素。這項工作旨在找到實用的屬性來減少航空業的事故數量。所選特徵的準確性、運行時間和可靠性在真陽性率、假陽性率、精度、召回率、F 測量和準確性方面進行了測試。

結合本研究應用 HFACS 於飛機失事調查分類之專業性，結合大數據概念並透過中文斷詞系統以及 Power BI 文字雲，來探討我國相關失事調查案件的視覺化圖表等文字探勘技術。再輔以人工神經網絡 (ANN)，依據飛機事故報告的 HFACS 分類來進行學習與精準度訓練，以利日後對於事故人為因素之預測分析。本計畫擬通過 HFACS 模型構建文字探勘以及類神經網路技術，從運輸安全委員會 (TTSB) 事故/事件數據系統數據庫以及空軍第一、二級飛安事故中對飛機事故調查或危險報告的人為因素進行分類。經由文字探勘以及類神經網路技術，以增加準確性及效率，來分類飛機事故調查的主動/潛在原因。在資源有限的情況下，預測結果有助於管理部門通過避免/捕獲/減輕風險因素來分配資源以實現最大收益，以協助飛行督導管理系統進行更精準的人為失事因素預測分類，以建造更安全飛航安全[75-76]。

3、研究方法

3.1 研究方法

3.1.1類神經網路架構與訓練程序 ANN Architecture and Training Procedures

在眾多對於應用 HFACS 於飛航安全的文字探勘研究中，[8, 11, 12, 14, 46, 70, 72-73, 75-76]下列數種分析工具廣為運用，如決策樹(decision trees)、購物籃分析(market-basket analysis)、K 平均值模型(K-means models)、貝氏決策網路(Bayesian network)以及類神經網路(neural networks-NN)。以 NN 為例，使用特徵值分類演算法(Feature Selection Classification- FSC algorithm)，可以將失事調查報告資料分類如下：

1. 將一組失事調查文字報告輸入。
2. 將報告以 FSC 分類。
3. 剔除不相關的 FSC 屬性。
4. 將不相關的屬性消去，以減少群集(set of attributes)。

5. 評估分類器的性能。
6. 更新原始訓練文字報告中，各項的類值為“risk”或“safety”。(以本研究為例，可以分類成四項 HFACS 層級或是 18 子項目)
7. 刪除干擾(conflict)和冗餘(Redundant)分類。
8. 再使用各種分類算法分析數據。(以本研究為例，將使用 NN)

依據 Harris and Li 之研究，NN 可以同時輸入，並預測上下文信息之間相關聯的結果，特別數據具有干擾(Noise)、缺失(missing data)、重疊(Overlapping)、非線性(Non-Linear)和非連續性(Non-continueous)等資料的應用，也可以處理高度非結構化的資料。NN 也提供了建構輸入(事故資料)和輸出(HFACS 分類)之間的關連性及可驗證模型的方式。[8]

本計畫將使用三層類神經網路 15-16-1(包含輸入層、隱藏層與輸出層)前饋式神經網路架構(feed-forward neural network structure)作為預測模型並使用 Sigmoid function 作為神經元之間的轉移函數。(圖 6) 再以誤差倒傳遞法(error back-propagation (BP) algorithm)進行訓練與學習法則。其訓練步驟如下所述: [14、15]

Step 1: 將所有權值分派自 [-0.5~0.5] 的隨機值(包含輸入-隱藏: ω_{ij} , $i:1-15, j:1-16$, 以及隱藏-輸出: ω_{jk} , $j:1-16, k:1$).

Step 2: 輸入型態與指定所需之輸出形式。

Step 3: 經由預定之權值 ω_{ij} 及 ω_{jk} 計算實際輸出值 O_k 。如果預設輸出值出現: $dk=1$ 以及 $O_k \geq CBGO$ 或 $dk=0$ and $O_k \leq CBNG$, 則回到 Step 2, 其餘持續計算。(CBGO 呈現允收之收斂邊界值, CBNG 則是拒收之收斂邊界值)

Step 4: 對所有隱藏神經元，計算其誤差項 δ_{jk} 。 dk , O_k , 及 Y_j 分別標示第 K 項預定(dk)、實際(O_k)神經元輸出值以及第 j 隱藏層之計算值，則誤差項可由下列方式估算:

$$\text{對任一輸出神經元, } \delta_k = (d_k - O_k)O_k(1 - O_k) \quad (1)$$

$$\text{對任一隱藏層神經元, } \delta_j = Y_j(1 - Y_j) \sum_k \omega_{jk} \delta_k \quad (2)$$

K 及 J 分別表示輸出與隱藏層。

Step 5: 依下列公式調整權重值

$$\omega_{jk}(n+1) = \omega_{jk}(n) + \alpha \delta_k Y_j + \zeta(\omega_{jk}(n) - \omega_{jk}(n-1)) \quad (3)$$

$$\omega_{ij}(n+1) = \omega_{ij}(n) + \alpha \delta_j X_i + \zeta(\omega_{ij}(n) - \omega_{ij}(n-1)) \quad (4)$$

$n+1$, n , 及 $n-1$ 分別表示下一步、現在以及前一步的遞迴累加值。 X_i 為第 i 神經元輸入訊號。 α 是依累算梯度決定的學習速率， ζ 是介於 $[0,1]$ 之間的常數，決定過去權重變化對權重空間中，影響前饋值的計算方向。也提供穩定的能量，可以有效地濾除高頻變化對誤差的分布空間。

Step 6: 提供另一個輸入值並回復到 Step 2。所有神經元的訓練，經由迭代計算，直到權重值穩定收斂。[77-78]

通常，ANN 分類器的分類百分比（校正分類後的 HFACS 18 子項目個數與類別總數的比率）取決於所選擇的分類特徵。當所有權重收斂達到所需精度（指定的收斂邊界 - CBGO 或 CBNG）時，ANN 學習過程的訓練隨即停止。依據 HFACS 分類器，ANN 首先被分類為“Go”或“No-Go”，因為所需的輸出 Ok 限定在“1”或“0”（CBGO = 1 和 CBNG = 0，如 Step3 所示）。收斂邊界對樣本事故報告（100% 分類百分比）上，可以對所有經過訓練的 HFACS 進行了專家分類，但是大量的計算時間和測試數據的低驗證率（閾值在訓練後確定）則必須被判定不可接受。當分類百分比在訓練數據中達到可接受的水平而驗證率在測試數據中很差時，這種情況被稱為“過度訓練”ANN 分類器。需要對 NN 分類器的收斂邊界（CBGO 和 CBNG）進行適當的限制(proper constraint)，以在訓練時間、訓練階段的分類百分比和驗證階段的驗證率之間取得令人滿意的折衷。例如，最佳化的收斂邊界設定為 (0.20, 0.90)時，當迭代輸出 Ok 等於或高於“Go”（CBGO = 0.9，Step2）的收斂邊界時，HFACS 子項目被歸類為“Go”項目。當迭代的收斂輸出是等於或低於“No-Go”（CBNG= 0.2）的收斂邊界，則被歸類為 No-Go”項目。[79]

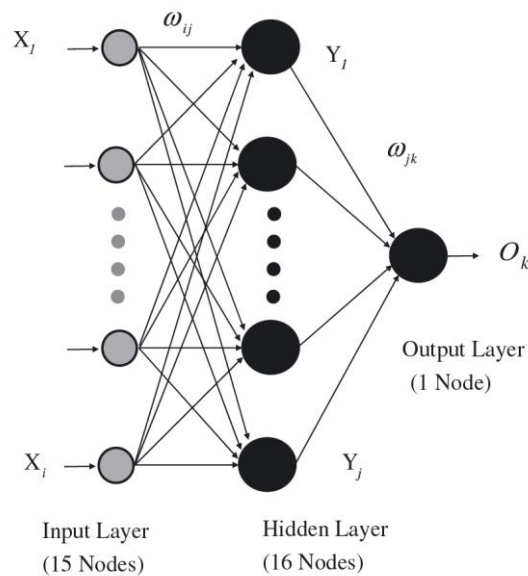


圖 2-12 A three-layered feed-forward NN (15 – 16 – 1)

由於目前的人工智慧(Artificial Intelligence- AI)與大型語言模型語言開發(Large Language Model- LLM)，可以辨識和產生文字以及完成其他任務。LLM 接受大量資料的訓練。LLM 建立在機器學習的基礎上：具體來說，是一種稱為 Transformer 模型的神經網路。由於 LLM 已經收集了大量的文字訊息及應用範例，因此，在辨識和解釋人類語言或其他類型的複雜資料，表現更為精準的判讀。因此，本研究將以 LLM 來理解字元、單字和句子如何協同工作。深度學習涉及非結構化資料的機率分析，讓此深度學習模型能夠在無需人工干預下識別內容片段之間的差異。

本研究程式分析分為四步驟：

1. 從文字中提取所有 HFACS 代碼
2. 將它們分為四個主要級別
3. 產生統計資料和視覺化
4. 提供一個總表，顯示不同等級的因素分佈狀況

3.2 研究對象

本研究將先以飛安委員會所公布之失事調查為探討主體，輔以人為因素分析與歸類系統(HFACS)來進行人工分類，以此樣本，輸入類神經網路來比對後段學習效果並增進分析之準確率。待精準度到達 90%之後，再將空軍之督察室的失事調查之資料庫內，挑選 70%件重大人為因素的飛航失事事件，進行再一次的 HFACS 的人工分類並輸入類神經網路來作後段比對

與學習。相對應軍方的失事調查報告，本研究將邀請相關飛行員對事故報告進行分析，並將其分為四個層次的上述 18 類。每起事故都將由 12 名空軍現役飛行員進行編碼。相關軍銜擬包括兩名上校、兩名中校、兩名上尉和六名中尉。在評估之前，向這些飛行員簡要介紹了 HFACS 的理論。並挑選具有明顯 HFACS 類別的事件促使這些飛行員評估他們是否完全理解 HFACS 的內容。每個事故都可能涉及 HFACS 的幾個類別，這些飛行員用代碼 1（存在）或代碼 0（不存在）指定每個類別。這樣，計數表明了 18 類事故中每類事故的存在與否。將以上的分類輸入 NN，據以提高演算法的準確性。待類神經網路分析模型確定，再來進行其餘 30% 相關失事調查失事報告之後續數據分析與分類，以期找出失事調查報告中，所隱含之人為因素並提出相對應的作為並減低人為因素所造成的疏失與錯誤損失。

3.3 分析方法

3.3.1 研究資料

目前空軍飛行安全案例已有的公開資訊以監察院與運輸安全委員會公布的四案例為輸入資訊，來進行大數據分析。案例與 HFACS 分析如下：

3.3.2 GE543 失事報告 (92 劫字第 19 號監察院公告) [80]

民國九十二年三月二十一日，復興航空公司(以下簡稱復興航空)GE543 班機，機型 A321-131，國籍標誌及登記號碼 B22603，執行由台北松山機場飛往台南機場之定期載客任務。該航班原定離場時間為台北時間 2110 時，預計抵達台南機場時間為 2200 時，當日因該機執行前一班飛行任務時延誤，松山離場時間改為 2150 時，預計抵達台南機場時間為 2240 時，實際落地時間為 2235 時。依據座艙語音記錄器抄件與飛航資料記錄器解讀結果，GE543 於 2201:21 時由台北松山機場 10 號跑道起飛，約 2231:20，該機於距台南機場 7 哩時，CM2 與台南塔台第一次通話，請求實施 36 右跑道 LOC/DME 非精確進場。2231:28 時，台南塔台頒發落地許可。2234:59 該機撞擊車輛並請求地面支援。該機載有飛航組員 2 人，客艙組員 4 人，乘客 169 人，合計 175 人。落地滾行中撞及停在跑道上正準備施工的工程車。工程車駕駛骨折住院，隨車人員二人受輕傷，機上全部組員及乘客均未受傷。航空器嚴重受損，工程車及車上裝備全毀。[80-81]

● 事故分析-

依時間順序分析監察院的彈劾報告，GE543 事故的 HFACS 分類如下：

➤ **Time: 1800**

監造單位並未依照標準作業程序(SOP)，應於每日 1800 向台南航空站呈報夜間進場施工 **(AVR, SI, SV)**。

➤ **Time: 2130**

復興航空通知台南航空站航運組，GE543 可能延誤於 2230 落地。台南航空站航運組值班人員於 2135 年轉告台南空軍作戰組作指中心(作指中心)，作指中心同意 GE543 於 2140 著陸許可。

➤ **Time: 2200**

台南基地大門警衛沒有接到上級通知，也沒有查證無航空站人員、監造單位人員或聯隊飛行管制室(飛管室)人員沒有隨行陪同，逕自放行施工人員和車輛進入空軍基地管制區，大門警衛沒有履行職責，允許施工隊進入空軍基地。 **(AVR, SI, SV, OP)**。

➤ **Time: 2205**

台南塔台(機場管制席)以無線電構連高雄近場台，了解 GE543 預計抵達時間。當機場管制席擔心，如果 GE543 的到達時間晚於航行通告中的 2230，則應更新落地許可。當近場台回覆預計著陸時間為 2234 時，作指中心核准 GE543 繼續進場，這違反了民航通告(NOTAM)。根據過去 20 個月的資料，有 7 個航班在 2230 點之後降落台南機場。 **(AVR, SI, SF, SV)**。

➤ **Time: 2210**

三輛工程車中，其中有一輛工程車車頂未配備警示燈，導致台南機場塔台地面席或機場管制席均無法核實是否有工程車在跑道上。 **(AVR, SI, SV)**。

➤ **Time: 2223**

飛管室值班人員(中尉 A 及一兵 B)已收到塔台確認回復，台南機場仍有飛航活動(GE543 進場)。他們應該更加謹慎地監控任何場面活動，以防範跑道侵入 **(PPC, SI, SV)**。

➤ **Time: 2230**

空軍基地大隊設施中隊工管分隊上兵在飛管室辦公桌登入進入跑道，但未通知飛管室值班人員。 **(AVR, SI)**。

➤ **Time: 2230**

在上兵 C 未表達反對的情況下，三輛施工車輛沒有按預定路線從 36R/18L 跑道頭進入，而是抄近路(經由 4 號滑行道進入主跑道)前往工地。 (AVR, SV). 上兵 C 應遵守 SOP 攜帶無線電通訊設備，以便在進入跑道時與塔台或飛管室保持雙向通訊。 **(AVR, SI)**。

➤ **Time: 2231**

2 號飛行組員 (CM2) 於 2231:20 聯絡台南塔台，要求透過 LOC/DME 在 36R 跑道非精密進場降落。機場管制席於 2231:28 核准 GE543 落地。然而，機場管制席沒有注意到 36R 跑道上施工活動，他們應該負責監控正在使用的跑道上的任何活動，以防止跑道入侵。 **(AVR, SI, SV)**。

● **GE543 HFASC 分析小結**

監察院彈劾台南飛行作戰聯隊聯隊長與副聯隊長的管理失誤導致這次事故，其彈劾原因如下：

1. 警衛崗哨既無上級通知，亦未查證何以無航空站人員、監造單位人員或軍方管制人員陪同，即率爾准予營造公司人車進入基地管制區，肇致事故之發生。 **(OR, OP)**
2. 由於缺乏標準作業程序訓練和無線電通訊設備，上兵 C 作為軍方施工督導人員，在未取得飛管室或塔台地面管制席充分確認與準許的情況下，陪同施工隊進入 36R 跑道。 **(OR, OP)**
3. 由於缺乏專業紀律，飛管室人員對於在 36R 跑道上的活動監視不充分。 **(OR, OP)**
4. 本次事故是典型的機場管理失誤。台南機場是軍民合用機場。所有基礎設施—包括跑道設計、維護、照明系統和航站管理—均由民航局 (CAA) 監管。然而，機場安全和航空管制則受到台南飛行作戰聯隊監督。軍民合用機場管理模式就是安全管理潛在風險的根源所在。表 2-7 顯示 GE543 事故共發生 31 件 HFACS 事項。 54.8%

(17/31) 為第三層級 (不安全的督導)。彈劾報告和 TTSB 調查表明，台南飛行作戰聯隊、民航局和承包商之間的協調會議 (從 2001 年 7 月 9 日開始) 已經討論了六次 (從 2002 年 4 月 11 日到 2003 年 3 月 14 日)。然而，缺乏訓練、專業紀律、設備以及未能遵守書面協議的作業標準程序，是導致這起事故的可能肇因 (7/31 22.6% 為第一層級：違規 - 操作人員的不安全行為)。組織的運作錯誤和資源管理也是導致 GE543 事故的原因之一。

表 2-7：GE543 HFACS 分類

		GE543	subtotal
Level.1 不安全的操作行為 Unsafe Acts of Operators	AES	0	22.6%
	AED	0	
	AEP	0	
	AVR	7	
Level 2 不安全行為的前置狀況 Preconditions for Unsafe Acts	PEP	0	3.2%
	PET	0	
	PCM	0	
	PCP	0	
	PCL	0	
	PPC	1	
	PCR	0	
Level 3 不安全的監督 Unsafe supervision	SI	9	54.8%
	SP	0	
	SF	1	
	SV	7	
Level 4 組織影響 Organizational Influences	OR	3	19.4%
	OC	0	
	OP	3	
	Total	31	100%

3.3.3 GE222 失事報告 (105 交正 0009 號監察院公告) [82]

2014 年 7 月 23 日，一架復興航空(TNA) 航班(GE222) ATR72-212A (ATR72) 飛機，註冊編號 B-22810，載有 2 名飛行員、2 名機組人員和 54 名乘客，經由儀器飛行規則 (IFR)，由高雄小港機場航行到澎湖列島的馬公機場。在台北當地時間 1906，飛機撞擊馬公機場 20 跑道頭前東北方約

850 公尺處的地障。隨後，又與初始撞擊點之東南方約 200 公尺處的西溪村郊外一處民宅相撞。事件發生期間，機組人員在颱風馬特莫期間，正對準 20 跑道進行了特高頻全向導航台 (VOR) 之非精確進場。撞擊力量和撞擊後的火災摧毀了飛機，造成 4 名機組人員和 44 名乘客死亡。10 名乘客倖存，5 名地面居民輕傷。

● 事故分析-

依時間順序分析監察院的彈劾報告，GE222 事故的 HFACS 分類如下：

➤ Time: 1740-1940

儘管颱風「麥德姆」天氣警報已解除，但暴雷雨帶來的低能見度和強降水仍對馬公機場的所有航班活動造成潛在危害。 **(PEP.)**

➤ Time: 1837

高雄近場台與馬公空軍基地高勤官就 GE222 採用 02 跑道精確進場起降權限爭論不休，顯示飛機起降決策優先權，民航和軍航文化的標準操作程序存在較大認知差異。 **(OC, SF, SP)**

此外，民航局 (CAA) 或空軍合用機場的飛機起降跑道許可決策沒有具體的標準作業程序 (SOP)，特別是在軍事演習期間。 **(OR, OP)**

➤ Time: 1837 [83]

跑道視程(RVR)與和自動天氣觀測系統(AWOS)之間的資訊差異使機場管制席對 AWOS 和 RVR 數據的可靠性的感到困惑。 **(OC, SF, SP)**

提供即時天氣數據的兩套系統 (馬公機場定時天氣報告(METAR)及特別天氣報告(SPECI)) 到自動終端資訊系統 (ATIS) 的效率應該提高以增加飛行員決策品質。 **(OR, SI, SP)**

➤ Time: 1840

20 跑道能見度由 800 米升高至 1600 米，滿足 20 跑道最低 VFR (目視飛行規則) 的起降標準。高雄近場台因此批准立榮航空 B7 647 航班，一架 ATR72-600 飛機降落在 20 跑道。B7 647 成功進行了 20 號跑道 RNAV 進場並於 18 點 57 分著陸 [82-83]

➤ Time: 1842

當 GE222 機組人員仍在等待 02 跑道 ILS 進場許可時，高雄近場台廣播稱 20 跑道能見度已改善至 1,600 公尺。

➤ **Time: 1845**

GE222 機組員隨後請求 20 跑道 VOR 落地進場。高雄近場台隨即向機組人員頒發雷達向量，並導引 GE222 到較低的高度。

➤ **Time: 1901-06**

馬公機場機場管制席在 GE222 最後進場時發現 AWOS 跑道視程資料有變化，並於 18:06 向第七天氣中心天氣預報官確認；然而，因為機場管制席沒有更新 AWOS 訊息，也沒有向 GE222 的飛行員提供有效的飛行安全建議。然而，機場管制席仍然依賴第七天氣中心的數據。**(AVR, SF)**

馬公機場的強降雨，導致跑道視程(RVR)降低，因此增加 GE222 降落的難度。**(PEP)**

第七天氣中隊預報中心的值班人員沒有隨時監測瞬息變化的機場氣象，也未將即時資訊轉達給 GE222 機師。**(PPC, SF)**

➤ **Time: 1906**

兩位飛行員高度 72 英尺時，喊“重飛”，並增加兩具發動機動力。兩秒後，飛機撞上了跑道東北 850 公尺，距離跑道入口 20 公尺處的樹木。飛機引擎吸入異物(樹木)，遭受嚴重損壞以至於喪失動力並最終撞擊住宅。強大的衝擊力和撞擊後的火災，飛機全毀。[82-83]

● **GE222 HFASC 分析小結**

與 GE543 事故類似，GE222 事故的可能肇因源於機場管理模式與飛行員決策失誤的雙重結合。依據監察院彈劾和 TTSB 事故調查最終報告顯示，GE222 事故的風險原因歸結為空軍例行天駒演習規則與飛行員要求儀器導航飛行(ILS)落地之間的任務衝突所導致的。[82-83] 在進場階段，馬公機場受到麥特莫颱風外圍環流的影響，機場的氣象條件為大雨及雷暴活動，能見度與風向、風速有明顯的變化。作為必須掌握天氣資訊和提供航管服務的實際決策者，空軍高勤官因天氣數據過時導致決策效率不彰，加上不熟悉民航法規規定，民航飛行員在惡劣天氣條件下，有請求更精確的導航

跑道落地的優先權。(OC:2, OR:2) 依據 HFACS 事故分類, 表 2-8 顯示了 GE222 事故中, 共有 17 起 HFACS 事故分類。歸類於第三層級 (不安全監管; 47.1%- 8/17) 和 第四層級 (組織影響; 29.4%- 5/17) 的導因, 共佔 GE222 事故的 76.5%。急遽惡化的天氣條件 (PEP; 2/17) 和 空軍高勤官獲取過時的天氣資訊 (PPC; 1/17) 佔 HFACS 總體事件的 17.6%。

表 2-8 : GE222 HFACS 分類

		GE222	subtotal
Level.1 不安全的操作行為 Unsafe Acts of Operators	AES	0	5.9%
	AED	0	
	AEP	0	
	AVR	1	
Level 2 不安全行為的前置狀況 Preconditions for Unsafe Acts	PEP	2	17.6%
	PET	0	
	PCM	0	
	PCP	0	
	PCL	0	
	PPC	1	
	PCR	0	
Level 3 不安全的監督 Unsafe supervision	SI	1	47.1%
	SP	3	
	SF	4	
	SV	0	
Level 4 組織影響 Organizational Influences	OR	2	29.4%
	OC	2	
	OP	1	
	Total	17	100%

3.3.4 F16 失事報告 (109 年劾字第 2 號 監察院公告)[84]

2018 年 6 月 5 日, 中華民國空軍第五作戰聯隊兩架 F16 在「萬安第 41 號演習」中, 受命對基隆港進行模擬戰術攻擊。空軍戰術管制聯隊戰術管制中心 (Tactical Air Traffic Control Center- TATCC) 的攔截管制官 (Intercept Controller- IC: 史員) 在任務完成後, 應引導這兩架 F16 轉向 090 方向並爬升到 15,000 英尺高度飛向太平洋。然而, TATCC 於任務整備, 未查看或未注意演練要旨命令:「整個過程不得低於絕對地面高度

(AGL)，而不是 2000 英尺的絕對海上高度 (ASL)」。由於 2018 年 5 月 25 日民航通報(Notice to Airman- NOTAM)所通報的演習禁制區的緯度輸入錯誤(標記 E 點，應為 N25°06'N、121°59'E 而錯誤輸入 24°06'N、121°59'E - 相當於禁制區往東限縮 F16 演習區域)。導致演習限制區 (Exercise Restricted Zoon- ERZ) 與民航局台北航空交通進場中心 (Taipei Air Traffic Approach Center) 監測的民用航線重疊。因此，軍方 IC 要求 F16 領隊轉向至 140°並保持高度 2000 英尺 (ASL，應為 AGL)。在等待 TATCC 任務戰協官(Mission Coordinator- MC: 賴員)與 TATAC 協調時，由於雲高突然變低，F16 進雲導致撞擊標高 2484 英尺的五份山。(撞擊高度: 2357 英尺處)。[84]

● 事故分析-

依時間順序分析監察院的彈劾報告，F16 事故的 HFACS 分類如下:

May 25, 2018

TATAC 公告 NOTAM A1682/18 號，為配合「萬安第 41 號演習」，當日 2000 至 17,000 英尺 ASL 禁止區，因軍事演習禁止任何飛行器進入。然而，因為 TATAC 輸入的緯度錯誤 (從 25°06' N 到 24°06' N) 使 ERZ 與民用航線重疊。莊員擔任協調攔截管制官 (Intercept Controller Air Traffic- ICAT) 沒有檢查演習計劃 (包括打字錯誤和 2000 英尺 AGL (而非 ASL) 的飛行高度限制。) **(AVR, SF)**

Date: June 4, 2018

➤ Time: 0830

TATAC 值班人員 (輸入錯誤 ERZ 的人) 詢問 ICAT(莊員)今天是否有演習? 由於 ICAT(莊員) 回應稱沒有演習進行，因此，TATAC 錯過了再次檢查 ERZ 錯誤輸入座標的機會。 **(AVR, SF)**

IC(賴員)和 ICAT(莊員)應在任務準備階段之前重新審查實施計畫以及演習區域飛行路徑，可能遇到的潛在地形地貌障礙。F16 事故的可能原因之一可能是路線區域重疊和過時的現地圖資。 **(AVR, SF, OR)**

北部攔管長(The chief command of Northern (CCN) TATCC: 盧員)，同時也擔任萬安 41 演習的空中協調官。身為攔管長應對準備任務熟稔。但盧員忽略了重新檢查 ERZ 和 NOTAM 之間的潛在衝突，並要求 F16 保持 AGL 2,000 英尺。要求史員下令 F16 轉向 140 方向採取避

讓動作，以避免與民航機上海航空班機 HS820 發生空中相撞。該引導指令違反了軍用戰機在該管制空域演習應享有的空域優先使用權的規定。作為 TATCC 指揮官，盧員應該對這次演習負全部責任。 **(SF, OR)**

➤ **Time: 1338**

演習原定之 ERZ 與錯誤公告的 NOTAM 區域重疊；因此，當 TATAC 向 ICAT(莊員)轉達了潛在的航路衝突及避讓建議後，史員要求 F16 轉向 140 並維持 2000 呎高度，並與 ATATC 協調。由於 ICAT(莊員)沒有審查相關避讓航路之地形地障 (AGL 2000 英尺) 的演習計劃和規定，ICAT(莊員)仍指示 F16 飛行員將航向更改為 140，即海拔超過 2000 英尺的山區。(五分山高 2484 英尺。) **(AVR, SF)**

➤ **Time: 1341**

當 F16 領隊接近基隆港並兩次呼叫「因雲層要求爬升」時，ICAT(莊員)命令 F16 保持 2000 英尺高度並等待進一步指令。 **(PET)**

TATCC (CCN: 盧員)擔任攔管長，忽視 AGL 2000 英尺的規定，亦無監控整個演習航路可能遭遇的地形地障。如果 CCN(盧員)會能夠接管 IC(史員)的疏失，這場意外本來是可以避免的。 **(SI, SF)**

➤ **Time: 1343**

由於能見度低，F16 終於獲得爬升許可，但為時已晚，F16 依然發生了飛控中撞地 (Control Flight Into Terrain) 的一級事故，F16 全毀並導致飛行員死亡。 **(PPC, PCR, PEP, PET, SF, SP)**

● F16 HFASC 分析小結

F16 事故提供了一個教科書等級的案例研究，證明了起司模型的適用性。CAA 的 NOTAM、TATAC 的座標錯誤輸入與 TATCC 的軍事演習的 ERZ 重疊，也未被 ICAT(戰管協調管制官)與 TATCC 檢查出錯。(1.決策者- Decision Maker, 2. 管理疏失- Line Management) 這個錯誤輸入引發了松山國際機場起飛的上航 HS820 定期航班與 F16 演習的飛行計劃發生潛在航路衝突。(3. 僥倖心理- Precondition) 不明地形地障、突然啟動的 TATCC 航線偏離命令 (航向從 090 到 140) 以及低雲使 F16 轉向未知的飛行危險環境 (3. 僥倖心理- Precondition 及 4. 操控不當- Unsafe

Acts)。TATCC 與 TATAC 的溝通延誤 F16 領隊拉高以躲避地形的寶貴時間（5.防衛不當- Inadequate Defense），最終導致了這起飛控中撞地（CFIT）事故。根據監察院彈劾報告，此次事故共有 18 件 HFACS 事故分類。其中，27.8%（5/18）屬於第二層級：不安全行為的前置條件；50.0%（9/18）屬於第三層級：不安全監管。（表 2-9）

表 2-9：F16 HFACS 分類

		F-16	subtotal
Level.1 不安全的操作行為 Unsafe Acts of Operators	AES	0	22.2%
	AED	0	
	AEP	0	
	AVR	4	
Level 2 不安全行為的前置狀況 Preconditions for Unsafe Acts	PEP	1	27.8%
	PET	2	
	PCM	0	
	PCP	0	
	PCL	0	
	PPC	1	
Level 3 不安全的監督 Unsafe supervision	PCR	1	50.0%
	SI	1	
	SP	1	
	SF	7	
Level 4 組織影響 Organizational Influences	SV	0	0.0%
	OR	0	
	OC	0	
	OP	0	
	Total	18	100%

3.3.5 UH-60M 事故(109 國正 0008 監察院公告)[85]

2020 年 1 月 2 日，國防部空軍一架救護大隊所屬公務 UH-60M 黑鷹直升機載著春節慰問部隊官兵的參謀總長，於 0700 從松山機場起飛。07:54，該直升機依循 C10 目視飛行規則（VFR）航線，經新店、坪林飛往蘇澳中正港。由於天氣變化快，山區低雲、濃霧，這些突發情況迫使直升機飛行員降低高度以維持目視飛行規則。由於雲層不斷降低，飛入雲層時副駕駛兩次提醒正駕駛高度。然而，由於執行儀表飛行規則（IFR）的決策猶豫，

使得直升機無法及時爬升到適當的高度，墜毀於新北市烏來與宜蘭交界處烘爐地山桶後溪溪谷。包括參謀總長沈一鳴將軍在內的 13 名機組員中有 8 人喪生。

- 事故分析-

依時間順序分析監察院的彈劾報告，UH-60M 事故的 HFACS 分類如下：

Date: January 1, 2020;

➤ **Time: 1018**

飛行員在嘉義空軍基地（AFB）待命。

➤ **Time: 2030**

飛行組員飛往松山空軍基地執行飛行任務。

Date: January 2, 2020;

➤ **Time: 0530**

飛行員完成飛行體能適航自我評估表。

➤ **Time: 0551**

飛行員雖然通過了酒精殘留測試，上述值班時間也符合每天最長不得超過 14 小時的規定，但可能會增加飛行員的身體疲勞。 (**PCP, PCR, OP, OR**)

➤ **Time: 0710**

空軍氣象聯隊第八中隊氣象主任未使用「即時天氣預報網站 Instant Weather Forecast Website- IWWF」的天氣資料（更新間隔 10 分鐘，延遲約 25 分鐘）；相反，他使用了 6 點發布的軍事網站數據（Military Weather Data- MWD），對於這次任務來說，這些數據可能已經過時了。（每 30 分鐘更新一次，延遲約 50 分鐘） (**AVR, SV, PET**)

執行公務直升機飛行員的 SOP 必須遵循 VFR 航線，除非能見度降低。根據攔管長(李員)的飛行前簡報，飛行員選擇 C10（VFR，跨越山區）而不是 C2（VFR，沿著北部海岸），認為雲高適合這次任務。

(PEP, SF)

簡報室應設在 IFWF 資料更精確的天氣預報室（二樓），而不是在 VIP 室（一樓），那裡的天氣預報資料晚了 50 分鐘。 **(PET, AVR)**

攔截管制員（IC）沒有徹底檢查 C10 VFR 航線沿線地形，也沒有將飛行座標輸入飛控儀表；這樣的錯誤使得航管員無法監控動態，錯過了發現直升機航線偏離的機會。 **(AED, SF, SI)**

➤ **Time: 0754**

UH-60M 黑鷹直升機，從松山機場起飛

➤ **Time: 080351**

直升機經過坪林時，飛行員對雲層迅速增長的情況毫無準備，驚呼“雲長得真快”，以為雲下還能目視飛行。儘管如此，他還是猶豫了一下，決定從目視飛行改變儀器飛行。

➤ **Time: 080605**

副機師：建議教官再爬升，繼續爬升高度

➤ **Time: 080651**

副機師呼叫：教官，高度。

➤ **Time: 080656**

副機師再次呼叫：教官，現在高度。教官(正駕駛)回覆：知道。

儘管意識到高度過低的風險，副駕駛沒有接管直升機的控制權，因為他的飛行時數只有 220 小時 S70-S 及 UH-60M 的飛行時數為：38.5 小時，低於可操控本型飛行直升機認證的最低 300 小時。飛行組員的派遣需要更加謹慎挑選。 **(AES, AED, PPC, SF, SP, OR)**

➤ **Time: 080701**

因能見度低加上喪失高度，UH-60M 墜毀於新北市烏來與宜蘭交界處烘爐地山桶後溪溪谷 **(AES, AED, PEP, PPC, SF, SP)**

調查顯示，空軍 UH-60M 模擬器訓練時數遠低於美國空軍要求。UH-60M 機組人員中只有 19.7%（包括副駕駛、飛行飛行員、指導飛行員和主試飛行員）符合訓練要求。 **(OP, OR)**

正機長自 2018 年 6 月以來就沒有訓練紀錄。 **(OP, OR)**

● UH-60M HFASC 分析小結

UH-60M 事故是一場悲劇，空軍失去了三名高階將領、兩位飛行員、一名少校和兩名士官長。空軍司令部於 2020 年 2 月 15 日召開記者會，督察長表示，根據收集到的證據，因為機組員沒有預料到目視航路經過山頂後，雲層會迅速累積。因此，UH-60M 事故調查的可能肇因可歸因於山區天氣突變與人為因素等複合事故。在環境因素有厚雲和霧的航路。人為因素則為飛行員決定爬升高度的時機太晚，以至於無法避開地形地障。督察長總結說，這起事故是天氣、地形、人為因素綜合的結果。[21] 從監察院的彈劾報告來看，25 件 HFACS 事件平均分為四個不同的級別，證明了事故記者會的結論。

表 2-10：UH-60M HFACS 分類

		UH-60M	subtotal
Level.1 不安全的操作行為 Unsafe Acts of Operators	AES	2	28.0%
	AED	3	
	AEP	0	
	AVR	2	
Level 2 不安全行為的前置狀況 Preconditions for Unsafe Acts	PEP	2	20.0%
	PET	1	
	PCM	0	
	PCP	0	
	PCL	0	
	PPC	2	
	PCR	0	
Level 3 不安全的監督 Unsafe supervision	SI	1	28.0%
	SP	2	
	SF	4	
	SV	0	
Level 4 組織影響 Organizational Influences	OR	4	24.0%
	OC	0	
	OP	2	
	Total	25	100%

- 28.0% (7/25) 屬於第一層級：不安全行為
- 20.0% (5/25) 第二層級：不安全行為的前置條件
- 28.0% (7/25) 第三層級：不安全監管
- 24.0% (6/25) 第四層級：組織影響

4、分析結果

由於目前空軍失事調查報告樣本數過少，本研究先經由運輸安全委員會之失事調查報告，將可能肇因、與風險有關、其他調查與飛安建議等四項，依照前述分析工具，將 HFACS 已經分類之飛行失事調查案例為輸入學習資料，以生成式 AI 撰寫 Python 程式碼(附錄 1)並利用大數據資料庫語言生成式 AI 深度學習，以監察院與運安會的失事調查報告，分析上述四件軍航失事案例加以比對，並分析與專家學者之異同之處。

4.1 AI 深度學習分類結果-運輸安全委員會之失事報告

層級一. 不安全的操作行為 (Unsafe Acts)

✧ 技述的錯誤 (Skill-based Errors- AES)

➤ 安捷飛航 B-88002：

- ◆ 落地平飄階段未建立適當仰角
- ◆ 未能正確控制減速

➤ 長榮航空 BR701：

- ◆ 未能保持與跑道中心線平行
- ◆ 以不正確姿態著陸

➤ 德安航空 B-55563：

- ◆ 側風落地時的操作技術不當
- ◆ 偏側修正控制不當

✧ 決策的錯誤 (Decision Errors- AED)

➤ 復興航空 GE235：

- ◆ 操控駕駛員在發生主警告時就解除自動駕駛的決策錯誤
- ◆ 此決策增加工作負荷並降低處置緊急狀況能力

➤ 中華航空 CI704：

- ◆ 教師駕駛員遲於主輪離地後才呼叫重飛的時機選擇錯誤

✧ 知覺(感官)的錯誤 (Perceptual Errors- AEP)

➤ 復興航空：

- ◆ 滑行時對滑行道中心線辨識不清
- ◆ 未能正確判斷位置

- 立榮航空 B7642 :
 - ◆ 在降雨條件下誤判跑道位置
 - ◆ 降落在未經指定的跑道上
- ✧ 違規錯誤- (Violations- AVR)
 - 華信航空 AE788 :
 - ◆ 在不符合標準條件下由副駕駛操作落地
 - 復興航空 :
 - ◆ 未遵守滑行道中心線滑行要求
 - ◆ 當中心線不清時未依規定停止尋求協助
 - 新航 006 :
 - ◆ 在颱風天氣下忽視跑道標誌
 - ◆ 誤闖已關閉的施工跑道

層級二. 不安全行為的前置條件 (Preconditions for Unsafe Acts)

- ✧ 環境因素 (Environmental Factors)
- ✧ 自然環境 (Physical Environment- PEP)
 - 立榮航空 B7642 :
 - ◆ 中度降雨影響能見度
 - ◆ 天氣條件影響判斷
 - 新航 006 :
 - ◆ 颱風造成強風豪雨
 - ◆ 能見度極度不佳
 - ◆ 跑道標誌可見度受限
- ✧ 技術環境 (Technological Environment- PET)
 - 中華航空 CI6416 :
 - ◆ 自動駕駛系統受地面干擾
 - ◆ 導航系統受影響
 - 漢翔航空 B-20001 :
 - ◆ 面臨不可靠空速顯示情況
 - ◆ 儀表系統問題
- ✧ 人員條件 (Condition of Operators)

- ✧ 不佳的生理狀況 (Adverse Mental States- PCP)
 - 凌天航空 B-31118 :
 - ◆ 駕駛員血中抗組織胺藥物濃度過高
 - ◆ 可能影響警覺性和操作能力
- ✧ 不佳的心智狀況 (Adverse Mental Status- PCM)
 - 無。
- ✧ 生理或心智限制 (Physical/Mental Limitations- PCL)
 - 中興航空 B-77088 :
 - ◆ 夜間視覺限制
 - ◆ 疲勞影響
- ✧ 個人因素 (Personnel Factors)
- ✧ 組員資源管理 (Crew Resource Management- PPC)
 - 漢翔航空 B-20001 :
 - ◆ 駕駛艙存在過度傾斜權力梯度
 - ◆ 副駕駛未能提出疑義
 - ◆ 組員間無效溝通
 - 中華航空 CI704 :
 - ◆ 升訓正駕駛員未發揮監控職責
 - ◆ 未能對教師駕駛員決策提出質疑
- ✧ 個人準備狀況 (Personal Readiness- PCR)
 - 德安航空 :
 - ◆ 正駕駛員航路訓練不符規定
 - ◆ 訓練準備不足

層級三. 不安全監督 (Unsafe Supervision)

- ✧ 不充分的監督 (Inadequate Supervision- SI)
 - 德安航空 :
 - ◆ 民航局未進行實地查核
 - ◆ 未發現訓練記錄問題
 - ◆ 未察覺人力不足問題
 - 中興航空 :

- ◆ 夜航訓練不足
- ◆ 組員資源管理訓練待加強
- ✧ 未計畫周詳之飛行任務 (Planned Inappropriate Operations- SP)
 - 空勤總隊：
 - ◆ 未編撰完整標準作業程序
 - ◆ 作業規範不完備
 - 華航：
 - ◆ 自動駕駛操作程序規範不明確
 - ◆ 缺乏明確的偏離標準
- ✧ 未修正已知的問題 (Failed to Correct Known Problems- SF)
 - 威航航空 ZV252：
 - ◆ 未能有效強化行動電源安全管理
 - ◆ 未改善安全宣導效果
- ✧ 違規的監督 (Supervisory Violations- SV)
 - 德安航空：
 - ◆ 核准不符規定的訓練計畫
 - ◆ 忽視訓練規範要求

層級四. 組織影響 (Organizational Influences)

- ✧ 資源管理 (Resource Management- OR)
 - 德安航空：
 - ◆ 航務訓練專責人力不足
 - ◆ 人員配置問題
 - 民航局：
 - ◆ 檢查員工作負荷過重
 - 大鵬航空 B-68802：
 - ◆ 維修品質管理問題
 - ◆ 發動機螺栓安裝不當
- ✧ 組織氣候/文化 (Organizational Climate- OC)
 - 華航：
 - ◆ 缺乏明確的自動駕駛操作政策

- ◆ 程序規範不完整
- 漢翔航空：
 - ◆ 存在威權式領導文化
 - ◆ CRM 文化待改善
- ✧ 組織運作 (Organizational Process- OP)
 - 空勤總隊：
 - ◆ 標準作業程序制定不完善
 - ◆ 檢查程序執行不確實
 - 威航航空：
 - ◆ 安全教育宣導機制不足
 - ◆ 行李檢查程序待加強

4.2 AI 大數據語言(LLM)分類結果-監察院失事報告

針對四項空軍失事調查事故，專家分析比對 AI 大數據語言深度學習分類結果詳見於附錄 2。本節就各事故，做一總結式的分析與討論。

4.2.1 GE543 案例分析- AI 大數據語言深度學習分類結果

分析結果(表 4-1)，經由 AI 大數據資料庫分析所提供的分類項目，比專家分析的結果，多出 3 倍以上(專家: 31 vs. AI: 99, **3.19 倍**)。AI 分析 GE543 失事調查事故，乃綜合文字表象之意涵，例如，GE543 發生時間為 2236，夜間飛航當然牽涉環境的危安因素(PEP- 物理環境: 黑夜)。作為 GE543 的機組員，雖然是夜間落地，但依其飛航時數與技術，應不構成威脅，因此，專家分析並未將機組員的操作環境問題為肇因。但不可諱言，如果事故發生的時間為日間，也許這項跑道入侵事件，應可大幅度的減低其發生事故的機率。在 LEVEL 3 不安全的督導，專家與 AI 分析結果均為 9 項，可以顯而易見此事件的人為因素，聯隊與民航局的整個管理督導均發生嚴重的疏失。而 AI 將 LEVEL 4 的組織影響，共列舉了 34 項歸類。**(34/99=34.3%)** 屬於管理面的疏失(**LEVEL3+LEVEL4, 專家: (17+6) / 31 = 69.7% vs. AI: (34+27) / 99 = 61.6%**) 均高於 6 成以上，顯見管理階層的管理疏失，實為失事之主要肇因，亦須從管理階層方面修正其管理的程序與監督責任。

4.2.2 GE222 案例分析- AI 大數據語言深度學習分類結果

分析結果(表 4-2)，AI 經由大數據資料庫分析所提供的分類項目，比專家分析的結果，亦多出 3 倍以上(專家: 18 vs. AI: 66，**3.66 倍**)。由於監察院報告僅對馬公勤務隊所屬軍職人員(基地高勤官，天氣中隊預報官與機場管制席)提出糾正，因此專家分析結果，多數歸類於 LEVEL 3 的不安全的督導，亦比 AI 分類的比例為高。**(LEVEL3+LEVEL4，專家: (10+4) / 18 = 77.8%。AI: (12+18) / 66 = 45.5%)** AI 的分類，因結合運輸安全委員會的失事調查報告與雲端資料庫的蒐集，因此，歸因於人為因素的不安全操作行為 (LEVEL 1)，有 28.8%。**(19/66=28.8%，高於專家的分類比例: 1/18=5.6%)**。與 GE543 事件類似，AI 分析 GE222 失事調查事故，也綜合了運安會失事報告的文字表象之意涵，例如，天氣因素，AI 分類就高達 8 項。包含：天氣條件 (颱風外圍環流影響、持續性大雨、雷暴活動、能見度急劇變化、風向風速顯著變化) 以及機場條件 (跑道視程(RVR)變化、夜間運作限制、地形限制等設施環境問題)。這些均為飛航之危安因子，在監察院報告並無顯著之著墨。

4.2.3 F16 案例分析- AI 大數據語言深度學習分類結果

分析結果(表 4-3)，AI 經由大數據資料庫分析所提供的分類項目，比專家分析的結果，也是在 3 倍以上(專家: 18 vs. AI: 68；**3.78 倍**)。AI 分析 F16 失事調查事故，AI 分類結果，在 LEVEL4 組織影響部分，共列舉 19 項，佔**(19/68=27.9%)** 的高比例。分別有：組織資源 (OR): 1. 人員訓練不足、2. 人員配置問題、3. 地形圖資老舊、4. 缺乏現代化的地形警示系統、5. 未建置自動化的座標檢核系統力、6. 缺乏完善的地形顯示設備、7. 管制中心設備配置未能支援完整地形監控。組織氣候/文化(OC): 1. 組織架構、2. 政策 (Policies)、3. 安全文化、以及組織運作(Organizational Process-OP): 1. 作業程序管理 (Operations Management)、2. 管理監督體系 (Oversight)、3 風險管理 (Risk Management)等疏失。這些分類，均由雲端大數據資料庫分析得知。均未列於監察院報告之中。可見以 AI 大數據資料庫以及深度學習分析，可以提供本軍對失事人為因素的導因，有更深入的了解與應對之策略。

4.2.4 UH-60M 案例分析- AI 大數據語言深度學習分類結果

分析結果(表 4-4)，AI 經由大數據資料庫分析所提供的分類項目，比專

家分析的結果，大約是 2 倍左右(專家: 25 vs. AI: 58, **2.32 倍**)。AI 分析 UH-60M 失事調查事故，與專家分析結果，在 LEVEL 1. 不安全操作行為，比例雷同(**LEVEL1, 專家: 7 / 25 = 28.0% vs. AI: 16 / 58 = 27.6%**) 可以總結本事故與機組員的操作有相當的關連。此外，LEVEL 2 的不安全行為的前置狀況，AI 與專家分析結果，比例差異較大(**LEVEL2, 專家: 5 / 25 = 20.0% vs. AI: 18 / 58 = 31.0%**)。本分析結果與 GE543 事件亦同，以軍機操作而言，天氣突變雖然會對與機組員的操作有潛在的風險，但是卻是作戰應變訓練的一環，AI 所列之天氣狀況，如：天氣因素：山區低雲、能見度不足、濃霧；地形因素：複雜的山區地形、高度起伏的地形特徵等危安因素，對成熟的軍職飛行組員而言，均是作戰訓練的一部分。但對於飛航安全而言，無法持續監控這些風險因子與不佳的組員資源管理，很容易穿透防禦網而造成 UH-60M 的失事發生。AI 分類有其保守之全面分析與評量，其分類之結論，也應對空軍日後的作戰訓練，有正面的幫助。

4.2.5 專家與 AI HFACS 分類之總結

表 4-5 列舉四件監察院對空軍飛機失事之 HFACS 案例分析。專家共舉出 92 項事故分類，而 AI，因結合已公開之失事報告大數據資料庫以及運輸安全委員會之報告，其分類項目高達 291 項，是專家分類的 **3.16 倍**。各階層(LEVEL 1~4) AI 分類之數量與品質，均與專家分類的百分比類似，但也有將危安因子詳細列出。本軍飛航安全雖然必須比照民用航空的世界準則操作，但畢竟本軍作業均有其作戰之需求與想定，在軍事訓練與日常操作的交替運作中，確實有角色轉換(文化轉化)的危險存在。本研究建議在軍用航空的失事調查的報告中，更應納入 AI 大數據資料庫的分析，以了解軍民飛航安全規則轉換時之操作障礙及其困境，讓所有軍航的飛航事件與事故，找出其冰山一隅，以避免事故的再次發生，以期達成更優質之飛航安全環境及符合作戰需求之平衡點。

表 4-1：GE543 HFACS 分類(專家 vs. AI)

		GE543	
		專 家	AI
Level.1 不安全的 操作行為	AES	0	3
	AED	0	3
	AEP	0	3
	AVR	7	6
Level.2 不安全行為 的前置狀況	PEP	0	6
	PET	0	3
	PCM	0	2
	PCP	0	6
	PCL	0	0
	PPC	1	6
	PCR	0	0
Level.3 不安全的 督導	SI	9	9
	SP	0	6
	SF	1	6
	SV	7	6
Level.4 組織影響	OR	3	13
	OC	0	12
	OP	3	9
Total		31	99

表 4-2：GE222 HFACS 分類(專家 vs. AI)

		GE222	
		專 家	AI
Level.1 不安全的 操作行為	AES	0	6
	AED	0	5
	AEP	0	0
	AVR	1	8
Level.2 不安全行為 的前置狀況	PEP	1	8
	PET	1	3
	PCM	0	0
	PCP	0	0
	PCL	0	0
	PPC	1	3
	PCR	0	3
Level.3 不安全 的督導	SI	1	6
	SP	4	0
	SF	5	6
	SV	0	0
Level.4 組織影響	OR	2	6
	OC	2	6
	OP	0	6
	Total	18	66

表 4-3：F16 HFACS 分類(專家 vs. AI)

		F-16	
		專 家	AI
Level.1 不安全的 操作行為	AES	0	3
	AED	0	3
	AEP	0	3
	AVR	4	6
Level.2 不安全行為 的前置狀況	PEP	1	3
	PET	2	3
	PCM	0	3
	PCP	0	3
	PCL	0	0
	PPC	1	3
	PCR	1	3
Level.3 不安全 的督導	SI	1	6
	SP	1	4
	SF	7	4
	SV	0	2
Level.4 組織影響	OR	0	7
	OC	0	6
	OP	0	6
	Total	18	68

表 4-4：UH-60M HFACS 分類(專家 vs. AI)

		UH-60	
		專家	AI
Level.1 不安全的 操作行為	AES	2	4
	AED	3	6
	AEP	0	3
	AVR	2	3
Level.2 不安全行為 的前置狀況	PEP	2	5
	PET	1	2
	PCM	0	2
	PCP	0	0
	PCL	0	3
	PPC	2	4
	PCR	0	2
Level.3 不安全 的督導	SI	1	4
	SP	2	4
	SF	4	2
	SV	0	2
Level.4 組織影響	OR	4	4
	OC	0	4
	OP	2	4
	Total	25	58

表 4-5：四件軍航失事之 HFACS 分類(專家 vs. AI)

		subtotal	
		專家	AI
Level.1 不安全的 操作行為	AES	2	16
	AED	3	17
	AEP	0	9
	AVR	14	23
Level.2 不安全行為 的前置狀況	PEP	4	22
	PET	4	11
	PCM	0	7
	PCP	0	9
	PCL	0	3
	PPC	5	16
	PCR	1	8
Level.3 不安全 的督導	SI	12	25
	SP	7	14
	SF	17	18
	SV	7	10
Level.4 組織影響	OR	9	30
	OC	2	28
	OP	5	25
	Total	92	291

5、結論與建議

本研究就監察院之公開資訊來進行本軍四項失事案例做 AI 大數據資料庫深度學習分析。本研究就其關鍵發現與建議，提出下列幾點：

1. 系統性問題

- 組織層面的缺失往往導致多層面的連鎖反應。
- 標準作業程序的制定和執行需要系統性改善。
- 監督機制的有效性需要加強。

2. 人為因素重點

- CRM 問題在多次事故中反覆出現。
- 駕駛艙權力梯度問題需要特別關注。
- 訓練體系的完整性和有效性需要提升。

3. 改善建議

1. 強化組織層面：

- 完善標準作業程序
- 建立有效的監督機制
- 改善安全文化

2. 加強人員訓練：

- 提升 CRM 訓練效果
- 強化技術操作訓練
- 改善溝通協調能力

3. 優化監督系統：

- 建立有效的查核機制
- 確保及時發現和改正問題
- 加強跨部門協調

4. 改善安全文化：

- 降低權力梯度
- 鼓勵開放性溝通
- 建立正向的安全報告文化

5.1 可能遭遇之困難與解決途徑

由於本研究將以飛安委員會之失事調查報告作為 HFACS 以及 NN 分析之文本依據。目前網路資訊均為 PDF 加密格式，資料轉換成為 word 檔案格式需要時間與比對，前期之預備工作至為重要。

本軍督察室與飛安組均備有完整的失事調查報告及失事分類(第一到第四級)。由於各項資料均存放於國軍網路資料庫且由於機敏性的性質不同，是否能夠取得完整資訊以利後續分析，端賴上層長官對於飛航安全之觀念與做法而有所決斷。本研究雖獲得國防部補助，但因時效問題，在爭取軍方長官之認可與核准查閱相關資訊時，仍然無法得到充分的資訊來進行細項分析。其次，本軍各聯隊均因任務、編組、機型不同，而有不同之失事原因探討與改善建議。文字敘述、技令、失事肇因與原因，亦因牽涉原廠機敏性與譯文差異，亦須先期以人為判定(HFACS)，方能執行後續分析工作。

應用文字探勘、類神經網路及人為因素歸類調查軍用飛機失事之人為因素

6、參考文獻

1. 王心靈，飛航安全管理與人為因素. 2nd ed. 2022, 高雄: 凱林國際教育股份有限公司.
2. 崔海恩、王心靈，飛航安全. 4th ed. 2021, 高雄: 凱林國際教育股份有限公司.
3. 徐華君, et al., 應用 [人為因素分析與歸類系統] 與 [飛安自願報告] 分析空軍運輸機隊潛在飛行風險. 危機管理學刊, 2010. 7(2): p. 59-68.
4. Wang, H.-L., Perception of safety culture: Surveying the aviation divisions of Ministry of National Defense, Taiwan, Republic of China. Safety science, 2018. 108: p. 104-112.
5. Wiegmann, D.A. and S.A. Shappell, A human error approach to aviation accident analysis: The human factors analysis and classification system. 2017: Routledge.
6. Pidgeon, N., Safety culture: Key theoretical issues. Work & Stress, 1998. 12(3): p. 202-216.
7. Du Du, K., T.L. Lyu, and W.S. Song, Human Factors Analysis of Air Traffic Safety Based on HFACS-BN Model. 2019.
8. Harris, D. and W.-C. Li, Using Neural Networks to predict HFACS unsafe acts from the pre-conditions of unsafe acts. Ergonomics, 2019. 62(2): p. 181-191.
9. Li, W.-C., The Causal Factors of Aviation Accidents Related to Decision Errors in the Cockpit by System Approach, in Decision Making in Aviation. 2019, Routledge. p. 363-370.
10. Li, W.C., D. Harris, and C.S. Yu, Routes to failure: analysis of 41 civil aviation accidents from the Republic of China using the human factors analysis and classification system. Accid Anal Prev, 2008. 40(2): p. 426-34.
11. Liu, S.-Y. and H.-C. Tang, Flight Crew error: Analysis of 84 Helicopter Incidents and Accidents from Taiwan, ROC using HFACS. International Journal of Crisis Management, 2016. 6(1): p. 38-44.
12. Lyu, T., W. Song, and K. Du, Human factors analysis of air traffic safety based on HFACS-BN model. Applied Sciences, 2019. 9(23): p. 5049.
13. Yıldırım, U., E. Başar, and Ö. Uğurlu, Assessment of collisions and grounding accidents with human factors analysis and classification system (HFACS) and statistical methods. Safety Science, 2019. 119: p. 412-425.
14. 楊慧華 and 劉穎儒，應用 HFACS 探討跑道安全相關事故之人為失誤. 運輸計劃季刊, 2017. 46(1): p. 85-116.
15. 運輸事故調查法. 2019; Available from: <https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?pcode=K0090057>.
16. 王心靈、王承宗、崔海恩，飛機失事調查. 2014, 高雄: 凱林國際教育股份有限公司.
17. 許德英，失事預防理論與實務. 2003, 空軍官校航空安全教育中心: 高雄.
18. Shappell, S.A. and D.A. Wiegmann, A human error approach to accident investigation: The taxonomy of unsafe operations. The International Journal of Aviation Psychology, 1997. 7(4): p. 269-291.
19. Reason, J., Managing the risks of organizational accidents. 1997: Burlington, VT: Ashgate

Pub Ltd.

20. Reason, J., The human contribution: unsafe acts, accidents and heroic recoveries. 2017: CRC Press.
21. Reason, J. and A. Hobbs, Managing maintenance error: a practical guide. 2017: CRC Press.
22. Shappell, S. and D. Wiegmann, A human error analysis of general aviation controlled flight into terrain (CFIT) accidents occurring between 1990-1998. Federal Aviation Administration, Office of Aerospace Medicine Technical Report No. DoT/FAA/Am-03/4. office of Aerospace medicine, Washington, DC, 2003. 20591.
23. Wiegmann, D.A. and S.A. Shappell, Human error perspectives in aviation. The International Journal of Aviation Psychology, 2001. 11(4): p. 341-357.
24. Wiegmann, D.A. and S.A. Shappell, Human error analysis of commercial aviation accidents using the human factors analysis and classification system (HFACS). 2001, United States. Office of Aviation Medicine.
25. Wiegmann, D.A. APPLYING THE HUMAN FACTORS ANALYSIS AND CLASSIFICATION SYSTEM (HFACS) TO THE ANALYSIS OF COMMERCIAL AVIATION ACCIDENT DATA. 2001.
26. Shappell, S.A. and D.A. Wiegmann, Applying Reason: The human factors analysis and classification system (HFACS). Human Factors and Aerospace Safety, 2001.
27. Shappell, S.A. and D.A. Wiegmann, The human factors analysis and classification system--HFACS. 2000.
28. 劉穎儒, 應用 HFACS 探討跑道事故之人為失誤, in 航運管理學系 2016, 長榮大學 台南.
29. Wang, H., Priliminary Study On Human Errors Categorized by HFACS for Air Force Academy Cadets. International Journal of Crisis Management, 2015. 5(1): p. 14-21.
30. Li, W.-C. and D. Harris, Identifying training deficiencies in military pilots by applying the human factors analysis and classification system. International journal of occupational safety and ergonomics, 2013. 19(1): p. 3-18.
31. Li, W.-C. and D. Harris, Pilot error and its relationship with higher organizational levels: HFACS analysis of 523 accidents. Aviation, space, and environmental medicine, 2006. 77(10): p. 1056-1061.
32. McCune, D., HFACS Codes. 2012, Transportation Safety Institute, Department of Transportation: Oklahoma City, USA.
33. 王明揚, 以深化之人為因素分析與歸類系統發展人為失誤根本原因分析技術. 2011, 行政院國家科學委員會: 台北.
34. 王心靈、徐錫聰、李添誠(2010), 系所評鑑之畢業生表現問卷設計探析：以空軍官校航空管理系畢業生為例, 空軍軍官雙月刊,V155, p72-84
35. 劉泰珩 (1993). 飛機失事預防 中正理工學院 航空安全管理進修班.
36. 國家運輸安全調查委員會(2018). ttsb-aor-19-09-001 內政部空中勤務總隊 UH-60M 型

- 機 編號 NA-706 自蘭嶼機場起飛後墜海，行政院國家運輸安全調查委員會，新北市。
37. 林甘敏、郭欣怡 (2016). “運用大數據分析檢視科技大學系所就業面之培育成果”中
科大學報.臺中市.
38. 林寬裕、鎮明常、李慶華 (2015). “淺談巨量資料之分析與應用-以臺灣市場為例,”資
訊科技國際期刊.臺中市
39. 氬 (2017). “Google、Facebook 和亞馬遜如何運用用戶數據資料?” 2021 年 11 月 1 日
取自, <https://buzzorange.com/techorange/2017/08/18/how-google-amazon-facebook-use-our-data/>
40. Mozilla Taiwan (2019). “網路龍頭靠什麼賺錢?” 2021 年 11 月 3 日, 取自
<https://medium.com/@moz2000tw/%E7%B6%B2%E8%B7%AF%E9%BE%8D%E9%A0%AD%E9%9D%A0%E4%BB%80%E9%BA%BC%E8%B3%BA%E9%8C%A2-954eae32383b>
41. 江岳倫 (2019).“運用文字探勘技術進行博物館旅遊服務評價之探討---以新北市立黃
金博物館為例,”經國管理暨健康學院健康產業管理研究所碩士論文, 基隆市.
42. Michele Hart (2021). “Power BI 是什麼,” 2021 年 11 月 5 日, 取自
<https://docs.microsoft.com/zh-tw/power-bi/fundamentals/power-bi-overview>
43. SOS (2019). “Power BI 教學+介紹：三個步驟速成法,” 2021 年 11 月 8 日, 取自
<https://sos-website.azurewebsites.net/zh-hant/blog/power-bi%E6%95%99%E5%AD%B8%E4%BB%8B%E7%B4%B9/>
44. 中文斷詞系統 (2011).“中文斷詞系統簡介,” 2021 年 11 月 7 日, 取自
<http://ckipsvr.iis.sinica.edu.tw/>
45. 國家運輸安全調查委員會(2019). ASC-AOR-05-10-001,遠東航空公司 EF182 班機
MD-82 型機 國籍標誌及登記號碼 B-28021 於松山機場落地後偏出跑道, 行政院國
家運輸安全調查委員會, 新北市.
46. 國家運輸安全調查委員會(2019). ASC-AOR-19-02-001,漢翔航空工業股份有限公司,
ASTRA SPX 型機, 國籍標誌及登記號碼 B-20001, 於臺中清泉崗國際機場落地時
短暫偏出跑道., 行政院國家運輸安全調查委員會, 新北市.
47. 國家運輸安全調查委員會(2014). ASC-AOR-17-04-001,內政部空中勤務總隊 空中巴士
直昇機 AS365 N3 型機 編號 NA-107 於新北市石門區外海執行人員吊掛時墜海, 行
政院國家運輸安全調查委員會, 新北市.
48. 國家運輸安全調查委員會(2007). ASC-AOR-07-12-001,遠東航空公司 EF066 班機
MD-83 型機 國籍標誌及登記號碼 B-28031 於臺北／松山機場落地時右主輪曾偏出
跑道, 行政院國家運輸安全調查委員會, 新北市.
49. 國家運輸安全調查委員會(2017). ASC-AOR-17-06-001,中華航空公司 CI025 班機
BOEING 737-800 型機 國籍標誌及登記號碼 B-18609 於關島西北方約 150 海哩上空
艙壓異常返航, 行政院國家運輸安全調查委員會, 新北市.
50. 國家運輸安全調查委員會(2011). ASC-AOR-12-07-001,“立榮航空公司 B7642 班機,
DASH-8-300 型機, 國籍標誌及登記號碼 B-15231, 於臺南機場降落於未經指定之

跑道。”行政院國家運輸安全調查委員會，新北市。

51. 國家運輸安全調查委員會(2017). ASC-AOR-10-12-001, 日本航空公司 JAL 653 班機 B767-300ER 型機 日本國登記號碼 JA613J 桃園國際機場進場階段客艙冒煙起火, 行政院國家運輸安全調查委員會, 新北市。
52. 國家運輸安全調查委員會(2016). ASC-AOR-17-05-001, “安捷飛航訓練中心, Diamond DA-40NG 型機, 國籍標誌及登記號碼 B-88002, 於臺東豐年機場落地彈跳後航機受損。行政院國家運輸安全調查委員會, 新北市。
53. 國家運輸安全調查委員會(2018). TTSB-AOR-19-08-001, “華信航空股份有限公司 AE788 班機, ATR72-212A 型機, 國籍標誌及登記號碼 B-16852, 於臺中/清泉崗機場落地時偏出跑道。”行政院國家運輸安全調查委員會, 新北市。
54. 國家運輸安全調查委員會(2000). asc-aar-02-04-002, “新加坡航空公司 006 班機, BOEING 747-400 型機, 國籍登記號碼 9V-SPK, 於中正國際機場起飛時撞毀在部分關閉跑道上。”行政院國家運輸安全調查委員會, 新北市。
55. 國家運輸安全調查委員會(2005). asc-aor-07-08-002, “復興航空公司 GE028 班機, ATR-72 型機, 國籍標誌及登記密碼 B-22805, 台北松山機場滑行階段撞及停機坪照明燈柱。”行政院國家運輸安全調查委員會, 新北市。
56. 國家運輸安全調查委員會(2011). asc-aor-12-07-001, “立榮航空公司 B7 642 班機, DASH-8-300 型機, 國籍標誌及登記號碼 B-15231, 於臺南機場降落於未經指定之跑道。”行政院國家運輸安全調查委員會, 新北市。
57. 國家運輸安全調查委員會(2017). asc-aor-18-10-001. , “凌天航空公司一架 BELL-206B3 型直昇機, 國籍標誌及登記號碼 B-31118, 執行台灣阿布電影公司於南臺灣及花東地區之空中拍攝作業。該機於臺北時間約 1045 時自臺東縣池上鄉法林寺臨時起降場起飛, 約於 1154 時, 該機墜落於花蓮縣豐濱鄉協進農場內, 飛機起火焚毀, 機上 3 名人員死亡。”行政院國家運輸安全調查委員會, 新北市。
58. 國家運輸安全調查委員會(2015). asc-aor-18-10-001, “復興航空, 班機 GE235, ATR72-212A 型機, 登記號碼 B-22816, 於初始爬升階段失去控制, 墜毀於距臺北松山機場 10 號跑道約 3 哩處之臺北市南港區基隆河段。行政院國家運輸安全調查委員會, 新北市。
59. 國家運輸安全調查委員會(2015). asc-aor-17-04-001, “內政部空中勤務總隊一架空中巴士 AS365 N3 型直昇機, 編號 NA-107, 墜毀於該擱淺貨輪船身左側之海面上。”行政院國家運輸安全調查委員會, 新北市。
60. 國家運輸安全調查委員會(2010). asc-aor-11-12-001, “長榮航空公司 BR 701 班機 B747-400 型機, 國籍標誌及登記號碼 B-16410, 桃園機場落地時短暫偏出跑道事故。”行政院國家運輸安全調查委員會, 新北市。
61. 國家運輸安全調查委員會(2015). asc-aor-16-05-001, “大鵬航空公司 BN-2B-20 型機, 國籍標誌及登記號碼 B-68802, 起飛後左發動機失效返航豐年機場。”行政院國家運輸安全調查委員會, 新北市。
62. 國家運輸安全調查委員會(2015). asc-aor-15-12-001, “德安航空公司 DA7507 航班,

- Dornier-228 型機，國籍標誌及登記號碼 B-55563，於蘭嶼機場落地時偏出跑道。”行政院國家運輸安全調查委員會，新北市。
63. 國家運輸安全調查委員會(2014).asc-aor-15-03-002, “中華航空公司 CI 6416 航班，BOEING 747-400F 型機，國籍標誌及登記號碼 B-18721，於桃園機場落地時偏出跑道。”
64. 國家運輸安全調查委員會(2016).asc-aor-18-01-002, “中華航空公司 CI704 班機，Airbus 330-300 型機，國籍標誌及登記號碼 B-18307，於桃園機場 23R 跑道落地重飛時機尾觸地。”行政院國家運輸安全調查委員會，新北市。
65. 國家運輸安全調查委員會(2009).asc-aor-11-03-001, “中興航空公司，機型 BK-117，編號 B-77088，金門尚義機場墜海事故。行政院國家運輸安全調查委員會，新北市。
66. 國家運輸安全調查委員會(2009). asc-aor-17-04-002, “威航航空公司 ZV252 班機，Airbus A321-200 型機，國籍標誌及登記號碼 B-22610，於巡航階段發生乘客行動電源冒煙起火。”行政院國家運輸安全調查委員會，新北市。
67. Chen, Z., et al., Relational Graph Convolutional Network for Text-Mining-Based Accident Causal Classification. *Applied Sciences*, 2022. 12(5): p. 2482.
68. Ahadh, A., G.V. Binish, and R. Srinivasan, Text mining of accident reports using semi-supervised keyword extraction and topic modeling. *Process Safety and Environmental Protection*, 2021. 155: p. 455-465.
69. Huang, C., Further improving general aviation flight safety: analysis of aircraft accidents during takeoff. *The Collegiate Aviation Review International*, 2020. 38(1).
70. Srinivasan, P., V. Nagarajan, and S. Mahadevan. Mining and classifying aviation accident reports. in *AIAA aviation 2019 forum*. 2019.
71. Nakata, T. Text-mining on incident reports to find knowledge on industrial safety. in *2017 Annual Reliability and Maintainability Symposium (RAMS)*. 2017. IEEE.
72. Anderson, C. and M.O. Smith, Qualitative Analysis of Loss of Control Aircraft Accidents Using Text Mining Techniques. *International Journal of Aviation, Aeronautics, and Aerospace*, 2017. 4(4): p. 2.
73. Li, J. and X. Guo. Knowledge distribution and text mining of international aviation safety research. in *International Conference on Man-Machine-Environment System Engineering*. 2015. Springer.
74. Kim, H.-j., N.-o. Jo, and K.-s. Shin, Text mining-based emerging trend analysis for the aviation industry. *Journal of intelligence and information systems*, 2015. 21(1): p. 65-82.
75. Christopher, A.A., et al., Large-scale data analysis on aviation accident database using different data mining techniques. *The Aeronautical Journal*, 2016. 120(1234): p. 1849-1866.
76. Shi, D., et al., A data-mining approach to identification of risk factors in safety management systems. *Journal of Management Information Systems*, 2017. 34(4): p. 1054-1081.
77. Khotanzad, A., et al., An adaptive modular artificial neural network hourly load forecaster and its implementation at electric utilities. *IEEE Transactions on Power Systems*, 1995. 10(3):

p. 1716-1722.

78. Rumelhart, D.E., G.E. Hinton, and R.J. Williams, Learning internal representations by error propagation. 1985, California Univ San Diego La Jolla Inst for Cognitive Science.
79. Wang, H., Quality verification of a riveting process by statistical analysis and neural network. Experimental Techniques, 2012. 36(1): p. 34-42.
80. 監察院彈劾案（2003 年）92 年劾字第 19 號 監察院公告 台北，台灣，中華民國
81. 國家運輸安全調查委員會(2019). ASC-AOR-04-10-001,復興航空公司 GE543 班機 A321-131 型機 國籍標誌及登記號碼 B-22603 於臺南機場落地滾行中撞擊施工車輛, 行政院國家運輸安全調查委員會, 新北市.
82. 監察院糾正案（2016 年）105 交正 0009 監察院公告 台北，台灣，中華民國
83. 國家運輸安全調查委員會(2019). ASC-AOR-16-01-002,復興航空公司 GE222 班機 ATR72-212A 型機 國籍標誌及登記號碼 B-22810 於馬公機場 20 跑道進場時撞擊地障墜毀於住宅區, 行政院國家運輸安全調查委員會, 新北市.
84. 監察院彈劾案（2018 年）109 年劾字第 2 號 監察院公告 台北，台灣，中華民國
85. 監察院彈劾案（2020 年）109 國正 0008 監察院公告 台北，台灣，中華民國

應用文字探勘、類神經網路及人為因素歸類調查軍用飛機失事之八種方法

附件 1. 生成式 Python 原始程式碼

```
import re
from collections import defaultdict
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt

class HFACSAalyzer:
    def __init__(self):
        # Define HFACS levels and their codes
        self.hfacs_levels = {
            1: "Unsafe Acts of Operators",
            2: "Preconditions for Unsafe Acts",
            3: "Unsafe Supervision",
            4: "Organizational Influences"
        }

        # Define HFACS codes and their corresponding levels
        self.hfacs_codes = {
            # Level 1: Unsafe Acts
            "AES": (1, "Errors - Skill Based"),
            "AED": (1, "Errors - Decision"),
            "AEP": (1, "Errors - Perceptual"),
            "AVR": (1, "Violations - Routine"),
            "AVE": (1, "Violations - Exceptional"),

            # Level 2: Preconditions
            "PEP": (2, "Environmental Factors - Physical"),
            "PET": (2, "Environmental Factors - Technological"),
            "PCP": (2, "Condition of Operators - Physical"),
            "PCM": (2, "Condition of Operators - Mental"),
            "PCR": (2, "Personnel Factors - Crew Resource Management"),
            "PPC": (2, "Personnel Factors - Personal Readiness"),

            # Level 3: Unsafe Supervision
```

```

"SI": (3, "Inadequate Supervision"),
"SP": (3, "Planned Inappropriate Operations"),
"SF": (3, "Failed to Correct Known Problems"),
"SV": (3, "Supervisory Violations"),

# Level 4: Organizational Influences
"OR": (4, "Resource Management"),
"OC": (4, "Organizational Climate"),
"OP": (4, "Organizational Process")
}

```

```
def extract_codes(self, text):
```

```
    """Extract HFACS codes from text."""
```

```
    # Find all occurrences of HFACS codes in parentheses
```

```
    codes = []
```

```
    # Look for patterns like (AVR, SI, SV) or similar
```

```
    pattern = r'\(((?:[A-Z]+(?:\s*)?)++)\)'
```

```
    matches = re.finditer(pattern, text)
```

```
    for match in matches:
```

```
        codes_group = match.group(1)
```

```
        individual_codes = [code.strip() for code in codes_group.split(', ')]
```

```
        codes.extend(individual_codes)
```

```
    return codes
```

```
def analyze_case(self, text, case_name):
```

```
    """Analyze a specific case and return statistics."""
```

```
    codes = self.extract_codes(text)
```

```
    # Count occurrences by level
```

```
    level_counts = defaultdict(int)
```

```
    code_counts = defaultdict(int)
```

```
    for code in codes:
```

```

        if code in self.hfacs_codes:
            level, description = self.hfacs_codes[code]
            level_counts[level] += 1
            code_counts[code] += 1

    return {
        'case_name': case_name,
        'level_counts': dict(level_counts),
        'code_counts': dict(code_counts),
        'total_codes': len(codes)
    }

def plot_analysis(self, analysis_result):
    """Create visualizations for the analysis results."""
    # Create level distribution pie chart
    plt.figure(figsize=(12, 5))

    # Level distribution
    plt.subplot(1, 2, 1)
    level_counts = analysis_result['level_counts']
    labels = [f"Level {level}: {self.hfacs_levels[level]}" for level in
level_counts.keys()]
    values = list(level_counts.values())
    plt.pie(values, labels=labels, autopct='%1.1f%%')
    plt.title(f"HFACS Level Distribution\n{analysis_result['case_name']}")

    # Code frequency
    plt.subplot(1, 2, 2)
    code_counts = analysis_result['code_counts']
    codes = list(code_counts.keys())
    frequencies = list(code_counts.values())
    plt.bar(codes, frequencies)
    plt.title('HFACS Code Frequency')
    plt.xticks(rotation=45)
    plt.ylabel('Frequency')

```

```

plt.tight_layout()
return plt

def analyze_document(text):
    """Analyze the entire document and separate cases."""
    analyzer = HFACSAalyzer()

    # Split document into cases (you may need to adjust this based on your
    document structure)
    cases = {
        'GE543': text[text.find('3.1 GE543'):text.find('3.2 GE222')],
        'GE222': text[text.find('3.2 GE222'):text.find('3.3 F16')],
        'F16': text[text.find('3.3 F16'):text.find('3.4 UH-60M')],
        'UH-60M': text[text.find('3.4 UH-60M'):]
    }

    # Analyze each case
    results = {}
    for case_name, case_text in cases.items():
        results[case_name] = analyzer.analyze_case(case_text, case_name)

    return results

# Example usage
def main(document_text):
    results = analyze_document(document_text)

    # Create summary DataFrame
    summary_data = []
    for case_name, analysis in results.items():
        row = {
            'Case': case_name,
            'Total Codes': analysis["total_codes"]
        }

```

```

        for level, count in analysis['level_counts'].items():
            row[f'Level {level}'] = count
            row[f'Level {level} %'] = round(count / analysis['total_codes'] * 100,
1)
            summary_data.append(row)

summary_df = pd.DataFrame(summary_data)

return results, summary_df

# Test with sample text
if __name__ == "__main__":
    # Sample usage (replace with actual document text)
    sample_text = """
    [Your document text here]
    """

    results, summary = main(sample_text)
    print("\nSummary Statistics:")
    print(summary)

...

```

This code provides a comprehensive HFACS analysis system with the following features:

1. ****HFACS Code Recognition****:
 - Identifies all standard HFACS codes (e.g., AVR, SI, SV, etc.)
 - Maps codes to their respective levels and descriptions
2. ****Analysis Capabilities****:
 - Extracts HFACS codes from text using regex
 - Calculates frequencies of different levels and specific codes
 - Generates statistics for each accident case
3. ****Visualization****:

- Creates pie charts showing the distribution of HFACS levels
- Generates bar charts showing code frequencies
- Produces a summary DataFrame with statistics for each case

To use this code with your document:

```

```python
Read your document text
with open('your_document.txt', 'r') as file:
 document_text = file.read()

Run the analysis
results, summary_df = main(document_text)

View results
print(summary_df)

Create visualizations for a specific case
analyzer = HFACSAnalyzer()
for case_name, analysis in results.items():
 plt = analyzer.plot_analysis(analysis)
 plt.savefig(f'{case_name}_analysis.png')
 plt.close()
...

```

## 附件 2. 專家與生成式大數據資料庫語言分析結果

### 附件 2.1 GE543 失事報告

#### 附件 2.1.1 專家分析：

監造單位並未依照標準作業程序(SOP)，應於每日 1800 向台南航空站呈報夜間進場施工 **(AVR, SI, SV)**。

##### ➤ **Time: 2200**

台南基地大門警衛沒有接到上級通知，也沒有查證無航空站人員、監造單位人員或聯隊飛行管制室(飛管室)人員沒有隨行陪同，逕自放行施工人員和車輛進入空軍基地管制區，大門警衛沒有履行職責，允許施工隊進入空軍基地。 **(AVR, SI, SV, OP)**。

##### ➤ **Time: 2205**

台南塔台(機場管制席)以無線電構連高雄近場台，了解 GE543 預計抵達時間。當機場管制席擔心，如果 GE543 的到達時間晚於航行通告中的 2230，則應更新落地許可。當近場台回覆預計著陸時間為 2234 時，作指中心核准 GE543 繼續進場，這違反了民航通告(NOTAM)。根據過去 20 個月的資料，有 7 個航班在 2230 點之後降落台南機場。 **(AVR, SI, SF, SV)**。

##### ➤ **Time: 2210**

三輛工程車中，其中有一輛工程車車頂未配備警示燈，導致台南機場塔台地面席或機場管制席均無法核實是否有工程車在跑道上。 **(AVR, SI, SV)**。

##### ➤ **Time: 2223**

飛管室值班人員(中尉 A 及一兵 B)已收到塔台確認回復，台南機場仍有飛航活動(GE543 進場)。他們應該更加謹慎地監控任何場面活動，以防範跑道侵入 **(PPC, SI, SV)**。

##### ➤ **Time: 2230**

空軍基地大隊設施中隊工管分隊上兵在飛管室辦公桌登入進入跑道，但未通知飛管室值班人員。(AVR, SI).

➤ **Time: 2230**

在上兵 C 未表達反對的情況下，三輛施工車輛沒有按預定路線從 36R/18L 跑道頭進入，而是抄近路(經由 4 號滑行道進入主跑道)前往工地。(AVR, SV). 上兵 C 應遵守 SOP 攜帶無線電通訊設備，以便在進入跑道時與塔台或飛管室保持雙向通訊。(AVR, SI).

➤ **Time: 2231**

2 號飛行組員 (CM2) 於 2231:20 聯絡台南塔台，要求透過 LOC/DME 在 36R 跑道非精密進場降落。機場管制席於 2231:28 核准 GE543 落地。然而，機場管制席沒有注意到 36R 跑道上有任何活動，他們應該負責監控正在使用的跑道上的任何活動，以防止跑道入侵。(AVR, SI, SV).

● **GE543 HFASC 分析小結**

5. 警衛崗哨既無上級通知，亦未查證何以無航空站人員、監造單位人員或軍方管制人員陪同，即率爾准予營造公司人車進入基地管制區，肇致事故之發生。(OR, OP)
6. 由於缺乏標準作業程序訓練和無線電通訊設備，上兵 C 作為軍方施工督導人員，在未取得飛管室或塔台地面管制席充分確認與準許的情況下，陪同施工隊進入 36R 跑道。(OR, OP)
7. 由於缺乏專業紀律，飛管室人員對於在 36R 跑道上的活動監視不充分。(OR, OP)

## 附件 2.1.2 AI 分析結果：

這個 HFACS 分析顯示 GE543 事故是一個典型的系統性失誤案例，涉及從組織層面到個人行為的多重因素。主要問題包括：

- 組織層面的權責不清
- 監督機制的失效
- 標準作業程序的執行不力
- 人員訓練與專業能力的不足

建議優先改善的項目：

- 明確劃分軍民合用機場的管理權責
- 強化人員培訓和專業能力建設
- 建立有效的跨單位協調機制
- 完善標準作業程序並確保其執行

## **GE543 事故 HFACS 細部分類分析**

### **Level 1 不安全的操作行為 (Unsafe Acts)**

#### **A. 錯誤 (Errors)**

##### **1) 技術的錯誤 (Skill-based Errors-AES)**

操作失誤

- ◆ 值班人員工作疏忽
- ◆ 監控注意力不足
- ◆ 程序執行錯誤

##### **2) 決策錯誤 (Decision Errors-AED)**

判斷失誤

- ◆ 塔台發出不當落地許可
- ◆ 未正確評估情況
- ◆ 處置方式不當

##### **3) 知覺錯誤 (Perceptual Errors-AEP)**

觀察失誤

- ◆ 未發現跑道異常
- ◆ 未及時發現風險

- ◆ 情境評估錯誤

## **B. 違規 (Violations)**

### **4-1) 例行性違規 (Routine Violations-AVR)**

程序性違規

- ◆ 未按規定路線行駛
- ◆ 未經許可進入跑道
- ◆ 未執行必要確認

### **4-2) 特殊違規 (Exceptional Violations-AVE)**

重大違規行為

- ◆ 警衛未經查證放行
- ◆ 擅自改變作業方式
- ◆ 不當使用通訊設備

## **Level 2. 不安全行為的前提條件層面 (Preconditions for Unsafe Acts)**

### **A. 環境因素 (Environmental Factors)**

#### **5) 自然環境 (Physical Environment- PEP)**

自然環境影響

- ◆ 夜間能見度低
- ◆ 光線條件不足
- ◆ 天氣影響因素

設施環境問題

- ◆ 跑道照明系統效能不足
- ◆ 警示標識不明顯
- ◆ 場地管制設施不足

#### **6) 技術環境 (Technological Environment- PET)**

設備因素

- ◆ 通訊設備不足
- ◆ 監控設備缺失
- ◆ 警示系統不完備

### **B. 人員狀況 (Condition of Operators)**

## **7) 生理因素 (Physiological State-PCM)**

疲勞因素

- ◆ 夜間工作疲勞
- ◆ 精神狀態不佳

## **8) 認知因素 (Cognitive Factors- PCP)**

知覺問題

- ◆ 視覺知覺受限
- ◆ 情境意識不足
- ◆ 注意力分散

決策判斷問題

- ◆ 風險評估能力不足
- ◆ 應急處置能力不足
- ◆ 判斷失誤

## **C. 人員因素 (Personnel Factors)**

### **10-1) 溝通協調問題 (Communication Issues-PPC)**

信息傳遞問題

- ◆ 單位間溝通不暢
- ◆ 信息傳達不及時
- ◆ 信息確認不足

### **10-2) 團隊合作問題 (Teamwork Issues-PPC)**

協作配合問題

- ◆ 部門間配合不足
- ◆ 團隊協作不當
- ◆ 任務分工不明確

## **Level 3. 不安全的督導 (Unsafe Supervision)**

### **A. 不充分的督導 (Inadequate Supervision- SI)**

#### **12-1) 監督領導問題 (Leadership Issues)**

直接監督缺失

- ◆ 飛管室未有效監控場面活動
- ◆ 塔台未確認跑道使用狀況

- ◆ 施工現場缺乏有效監督

管理決策問題

- ◆ 未及時處理異常情況
- ◆ 風險控制措施不當
- ◆ 決策程序執行不當

## **12-2) 指導培訓問題 (Training Issues)**

培訓計劃缺失

- ◆ 人員專業培訓不足
- ◆ 安全意識培訓缺乏
- ◆ 應急處置能力培訓不足

## **B. 未計畫周詳之飛行任務 (Planned Inappropriate Operations-SP)**

### **13-1) 任務計劃問題 (Mission Planning)**

作業規劃缺失

- ◆ 夜間施工風險評估不足
- ◆ 施工計劃協調不足
- ◆ 應急預案準備不足

### **13-2) 風險管理問題 (Risk Management)**

風險評估缺失

- ◆ 未完整評估施工風險
- ◆ 未建立風險控制機制
- ◆ 風險應對措施不當

## **C. 未修正已知問題 (Failed to Correct Known Problems- SF)**

### **14-1) 問題識別與處理**

問題追蹤缺失

- ◆ 既往問題未及時改正
- ◆ 改善建議未有效執行
- ◆ 問題追蹤機制不完善

### **14-2) 改善措施執行**

改善計劃問題

- ◆ 改善方案執行不力
- ◆ 改善效果評估不足
- ◆ 持續改善機制缺乏

#### **D. 違規督導 (Supervisory Violations- SV)**

##### **15-1) 程序性違規**

管制程序違規

- ◆ 違反 NOTAM 規定
- ◆ 未按程序確認跑道狀態
- ◆ 放行管制不當

##### **15-2) 管理性違規**

監督責任違規

- ◆ 未履行監督職責
- ◆ 違反管理規定
- ◆ 未執行必要檢查

### **Level 4. 組織影響層面 (Organizational Influences)**

#### **A. 資源管理 (Resource Management- OR)**

##### **16-1) 人力資源管理 (Human Resources)**

人力配置問題

- ◆ 台南航空站夜間人力不足
- ◆ 缺乏專職安全監督人員
- ◆ 關鍵崗位人員配置不足

訓練資源問題

- ◆ 缺乏標準作業程序培訓
- ◆ 專業技能訓練不足
- ◆ 安全意識教育缺乏

##### **16-2) 設備資源管理 (Equipment Resources)**

硬體設備不足

- ◆ 工程車警示設備缺失
- ◆ 通訊設備不完備
- ◆ 監控設備不足

設備維護問題

- ◆ 設備定期檢查制度不完善
- ◆ 設備更新計畫執行不力

### **16-3) 財務資源管理 (Financial Resources)**

預算分配問題

- ◆ 安全設備投資不足
- ◆ 人員培訓經費不足

## **B. 組織氣候/文化 (Organizational Climate- OC)**

### **17-1) 組織結構 (Structure)**

權責劃分問題

- ◆ 軍民合用機場管理權責不明
- ◆ 各單位職責界限模糊
- ◆ 跨部門協調機制缺乏

指揮系統問題

- ◆ 缺乏統一指揮體系
- ◆ 決策層級過多
- ◆ 命令傳達鏈不明確

### **17-2) 政策與文化 (Policies and Culture)**

政策制定問題

- ◆ 安全管理政策不完善
- ◆ 獎懲制度不健全
- ◆ 標準作業程序不完整

組織文化問題

- ◆ 安全文化意識薄弱
- ◆ 專業紀律性不足
- ◆ 責任意識不強

## **C. 組織運作 (Organizational Process- OP)**

### **18-1) 作業程序管理 (Operations Management)**

標準作業程序問題

- ◆ SOP 未及時更新

- ◆ 程序執行監督不力
- ◆ 程序合規性審查不足

#### 風險管理問題

- ◆ 風險評估制度不完善
- ◆ 預防機制不健全
- ◆ 應急預案不足

### **18-2) 管理監督體系 (Oversight)**

#### 監督機制問題

- ◆ 監督職責不明確
- ◆ 監督執行不力
- ◆ 監督效果評估缺失

應用文字探勘、類神經網路及人為因素歸類調查軍用飛機失事之人為肇因

## 附件 2.2 GE222 失事報告

### 附件 2.2.1 專家分析：

#### ➤ Time: 1740-1940

儘管颱風「麥德姆」天氣警報已解除，但暴雷雨帶來的低能見度和強降水仍對馬公機場的所有航班活動造成潛在危害。 **(PEP.)**

#### ➤ Time: 1837

高雄近場台與馬公空軍基地高勤官就 GE222 採用 02 跑道精確進場起降權限爭論不休，顯示飛機起降決策優先權，民航和軍航文化的標準操作程序存在較大認知差異。 **(OC, SF, SP)**

此外，民航局（CAA）或空軍合用機場的飛機起降跑道許可決策沒有具體的標準作業程序（SOP），特別是在軍事演習期間。 **(OR, OP)**

#### ➤ Time: 1837 [83]

跑道視程(RVR)與和自動天氣觀測系統(AWOS)之間的資訊差異使機場管制席對 AWOS 和 RVR 數據的可靠性感到困惑。 **(OC, SF, SP)**

提供即時天氣數據的兩套系統（馬公機場定時天氣報告(METAR)及特別天氣報告(SPECI)）到自動終端資訊系統（ATIS）的效率應該提高以增加飛行員決策品質。 **(OR, SI, SP)**

#### ➤ Time: 1901-06

馬公機場機場管制席在 GE222 最後進場時發現 AWOS 跑道視程資料有變化，並於 18:06 向第七天氣中心天氣預報官確認；然而，因為機場管制席沒有更新 AWOS 訊息，也沒有向 GE222 的飛行員提供有效的飛行安全建議。然而，機場管制席仍然依賴第七天氣中心的數據。 **(AVR, SF)**

馬公機場的強降雨，導致跑道視程(RVR)降低，因此增加 GE222 降落的難度。 **(PEP)**

第七天氣中隊預報中心的值班人員沒有隨時監測瞬息變化的機場氣象，也未將即時資訊轉達給 GE222 機師。 **(PPC, SF)**

## 附件 2.1.2 AI 分析結果:

根據 HFACS 分析，這起事故涉及了所有四個層級的問題，從組織層面的系統性缺失，一直到第一線人員的不安全行為。特別值得注意的是：

- 組織層面存在嚴重的安全文化問題，包括對違規行為的容忍和安全管理系統的功能不彰。
- 監督層面未能有效糾正已知的問題，特別是在氣象資訊系統和訓練方面。
- 環境條件（颱風天氣）與人為因素（溝通協調不良）的交互作用。
- 第一線人員的違規行為已形成一種組織文化。

這些發現顯示，事故的根本原因不僅是單純的人為錯誤，而是整個系統中多層面因素的綜合結果。要預防類似事故，需要從組織文化、管理制度到作業程序等多個層面進行改善。

## **GE222 事故 HFACS 細部分類分析**

### **Level 1 不安全的操作行為 (Unsafe Acts)**

#### **A. 錯誤 (Errors)**

##### **1) 技術的錯誤 (Skill-based Errors-AES)**

操作失誤

- ◆ 未正確執行 20 跑道非精確儀器進場程序
- ◆ 未能維持正確的進場剖面
- ◆ 高度警告後的重飛操作不當值班人員工作疏忽

程序執行錯誤

- ◆ 未按規定確認跑道燈光系統
- ◆ 未依程序執行進場前檢查單

未按標準呼叫程序執行

##### **2) 決策錯誤 (Decision Errors-AED)**

程序性決策錯誤

- ◆ 在 IMC 條件下繼續下降至 MDA 以下

- ◆ 在缺乏充分天氣資訊的情況下決定更改落地跑道
- ◆ 未在惡劣天氣條件下及時決定重飛或轉降備降場判斷失誤

- ◆ 低於 MDA 高度仍未獲得目視參考卻繼續進場
- ◆ 在 RVR 不足的情況下仍選擇繼續進場

## **B. 違規 (Violations)**

### **4-1) 例行性違規 (Routine Violations-AVR)**

標準作業程序違規

- ◆ 反覆違反 SOPs 的進場規定
- ◆ 忽視天氣最低限度要求
- ◆ 未遵守標準通訊程序

### **4-2) 特殊違規 (Exceptional Violations-AVE)**

重大違規行為

- ◆ 警衛未經查證放行
- ◆ 擅自改變作業方式
- ◆ 不當使用通訊設備

緊急狀況下的違規

- ◆ 在極端天氣條件下強行落地
- ◆ 違反最低天氣標準的特殊決定

## **Level 2. 不安全行為的前提條件層面 (Preconditions for Unsafe Acts)**

### **A. 環境因素 (Environmental Factors)**

#### **5-1) 自然環境 (Physical Environment- PEP)**

天氣條件

- ◆ 颱風外圍環流影響
- ◆ 持續性大雨
- ◆ 雷暴活動
- ◆ 能見度急劇變化
- ◆ 風向風速顯著變化

機場條件

- ◆ 跑道視程(RVR)變化
- ◆ 夜間運作限制
- ◆ 地形限制設施環境問題

## **5-2) 技術環境 (Technological Environment- PET)**

設備因素

- ◆ 氣象觀測系統可靠性問題
- ◆ RVR 測量設備準確性問題
- ◆ AWOS 系統資訊延遲

## **B. 人員狀況 (Condition of Operators)**

### **人員因素 (Personnel Factors)**

#### **10-1) 組員資源管理 (CRM-PPC)**

溝通協調問題

- ◆ 高雄近場台與馬公空軍基地溝通不良
- ◆ 軍民航管制單位協調失效
- ◆ 飛航組員間溝通不足

#### **10-2) 人員準備狀況 (Personnel Readiness-PCR)**

訓練準備

- ◆ 非精確進場程序訓練不足
- ◆ 惡劣天氣操作經驗不足
- ◆ 緊急程序應變能力不足

## **Level 3. 不安全的督導 (Unsafe Supervision)**

### **A. 不充分的督導 (Inadequate Supervision- SI)**

#### **12-1) 訓練監督**

訓練系統缺失

- ◆ 模擬機訓練監督不足
- ◆ 教師駕駛員未及時糾正違規行為
- ◆ 標準作業程序訓練不足

#### **12-2) 作業監督 (Training Issues)**

日常監督缺失

- ◆ 航務管理部門監督不足
- ◆ 飛行品質保證計畫執行不力
- ◆ 未有效監控飛行操作標準

## **B. 未修正已知問題 (Failed to Correct Known Problems- SF)**

### **14-1) 設備問題**

#### 氣象系統問題

- ◆ AWOS 與 METAR/SPECI 系統不一致問題未解決
- ◆ 即時天氣資訊傳遞效率問題持續存在
- ◆ 設備維護與更新不足

### **14-2) 人員問題**

#### 違規處理

- ◆ 未有效處理重複性違規行為
- ◆ 未建立有效的改正措施
- ◆ 缺乏違規追蹤機制

## **Level 4. 組織影響層面 (Organizational Influences)**

### **A. 資源管理 (Resource Management- OR)**

#### **16-1) 人力資源 (Human Resources)**

#### 人力配置

- ◆ 航務部門人力不足
- ◆ 安管部門專業人才缺乏
- ◆ 關鍵職位人員素質不足

#### **16-2) 設備資源管理 (Equipment Resources)**

#### 設備維護與更新

- ◆ 氣象觀測系統效能問題
- ◆ FOQA 系統功能不全
- ◆ 設備更新計畫執行不力

### **B. 組織氣候/文化 (Organizational Climate- OC)**

#### **17-1) 安全文化**

#### 管理層面

- ◆ 高層安全承諾不足

- ◆ 容忍違規行為的組織文化
- ◆ 安全意識薄弱

### **17-2)工作氛圍**

#### 組織運作

- ◆ 安全會議形式化
- ◆ 安全宣導不到位
- ◆ 跨部門合作不足

## **C. 組織運作 (Organizational Process- OP)**

### **18-1) 作業程序管理 (Operations Management)**

#### 標準作業程序問題

- ◆ 軍民航共用機場標準作業程序不完善
- ◆ 風險管理程序缺失
- ◆ 安全指標系統不健全

### **18-2) 管理監督體系 (Oversight)**

#### 管理系統

- ◆ 安全管理系統(SMS)功能不彰
  - ◆ 品質保證系統效能低
  - ◆ 內部稽核機制失效
-

## 附件 2.3 F16 失事報告

### 附件 2.3.1 專家分析：

#### May 25, 2018

TATAC 公告 NOTAM A1682/18 號，為配合「萬安第 41 號演習」，當日 2000 至 17,000 英尺 ASL 禁止區，因軍事演習禁止任何飛行器進入。然而，因為 TATAC 輸入的緯度錯誤（從 25°06' N 到 24°06' N）使 ERZ 與民用航線重疊。莊員擔任協調攔截管制官 (Intercept Controller Air Traffic- ICAT) 沒有檢查演習計劃（包括打字錯誤和 2000 英尺 AGL（而非 ASL）的飛行高度限制。）(AVR, SF)

#### Date: June 4, 2018

##### ➤ Time: 0830

TATAC 值班人員（輸入錯誤 ERZ 的人）詢問 ICAT(莊員)今天是否有演習？由於 ICAT(莊員) 回應稱沒有演習進行，因此，TATAC 錯過了再次檢查 ERZ 錯誤輸入座標的機會。(AVR, SF)

IC(賴員)和 ICAT(莊員)應在任務準備階段之前重新審查實施計畫以及演習區域飛行路徑，可能遇到的潛在地形地貌障礙。F16 事故的可能原因之一可能是路線區域重疊和過時的現地圖資。(AVR, SF, OR)

北部攔管長(The chief command of Northern (CCN) TATCC: 盧員)，同時也擔任萬安 41 演習的空中協調官。身為攔管長應對準備任務熟稔。但盧員忽略了重新檢查 ERZ 和 NOTAM 之間的潛在衝突，並要求 F16 保持 AGL 2,000 英尺。要求史員下令 F16 轉向 140 方向採取避讓動作，以避免與民航機上海航空班機 HS820 發生空中相撞。該引導指令違反了軍用戰機在該管制空域演習應享有的空域優先使用權的規定。作為 TATCC 指揮官，盧員應該對這次演習負全部責任。(SF, OR)

##### ➤ Time: 1338

演習原定之 ERZ 與錯誤公告的 NOTAM 區域重疊；因此，當 TATAC 向 ICAT(莊員) 轉達了潛在的航路衝突及避讓建議後，史員要求 F16 轉向 140 並維持 2000 呎高度，並與 ATATC 協調。由於

ICAT(莊員)沒有審查相關避讓航路之地形地障 (AGL 2000 英尺) 的演習計劃和規定，ICAT(莊員)仍指示 F16 飛行員將航向更改為 140，即海拔超過 2000 英尺的山區。 (五分山高 2484 英尺。) **(AVR, SF)**

➤ **Time: 1341**

當 F16 領隊接近基隆港並兩次呼叫「因雲層要求爬升」時，ICAT(莊員)命令 F16 保持 2000 英尺高度並等待進一步指令。 **(PET)**

TATCC (CCN: 盧員) 擔任攔管長，忽視 AGL 2000 英尺的規定，亦無監控整個演習航路可能遭遇的地形地障。如果 CCN(盧員)會能夠接管 IC(史員) 的疏失，這場意外本來是可以避免的。 **(SI, SF)**

➤ **Time: 1343**

由於能見度低，F16 終於獲得爬升許可，但為時已晚，F16 依然發生了飛控中撞地 (Control Flight Into Terrain) 的一級事故，F16 全毀並導致飛行員死亡。 **(PPC, PCR, PEP, PET, SF, SP)**

應用文字探勘、類神經網路及人為因素歸類調查軍用飛機

## 附件 2.3.2 AI 分析結果:

本事故展現典型的 HFACS「起司模型」失效鏈，從組織層面的制度缺失，經由監督層面的管理疏失，再到前置條件中的環境與人員因素，最終導致第一線人員的不安全行為。各層級的防護機制皆出現漏洞，最終造成嚴重的飛安事故。這提醒我們在飛安管理中需要建立多重防護機制，並確保各層級都能有效運作，避免類似事故再次發生。

### **F16 事故 HFACS 細部分類分析**

#### **Level 1 不安全的操作行為 (Unsafe Acts)**

##### **A. 錯誤 (Errors)**

##### **1) 技術的錯誤 (Skill-based Errors-AES)**

- ◆ 未能正確判讀地形圖
- ◆ 協調程序執行不當
- ◆ 管制指令 timing 不當

##### **2) 決策錯誤 (Decision Errors-AED)**

程序性決策錯誤

- ◆ 史青年誤判 2000 呎高度可行
- ◆ 錯誤評估地形風險
- ◆ 延遲允許爬升請求

##### **3) 知覺錯誤 (Perceptual Errors-AEP)**

- ◆ 誤認前方無地障
- ◆ 對地形高度認知錯誤
- ◆ 低估天候影響

##### **B. 違規 (Violations)**

##### **4-1) 例行性違規 (Routine Violations-AVR)**

標準作業程序違規

- ◆ 違反最低飛行高度規定
- ◆ 未遵守任務整備程序
- ◆ 忽視安全檢查規定

##### **4-2) 特殊違規 (Exceptional Violations-AVE)**

- ◆ 臨時更改航路未經完整評估
- ◆ 違反儀器飛行最低高度限制
- ◆ 未經授權的程序變更

## **Level 2. 不安全行為的前提條件層面 (Preconditions for Unsafe Acts)**

### **A. 環境因素 (Environmental Factors)**

#### **5) 自然環境 (Physical Environment- PEP)**

- ◆ 低雲影響能見度
- ◆ 複雜地形（五分山 2484 英尺）
- ◆ 天候條件不佳

#### **6) 技術環境 (Technological Environment- PET)**

- ◆ 航路規劃系統不足
- ◆ 地形警示功能缺乏
- ◆ 通訊系統延遲

### **B. 人員狀況 (Condition of Operators)**

#### **7) 心理狀態 (Psycho-Behavioral Factors- PCM)**

- ◆ 過度自信
- ◆ 警覺性不足
- ◆ 壓力影響

#### **8) 認知因素 (Cognitive Factors- PCP)**

- ◆ 地障認知錯誤
- ◆ 情境意識不足
- ◆ 判斷能力受限

#### **10) 組員資源管理 (CRM-PPC)**

##### **溝通協調問題**

- ◆ TATCC 內部溝通不良
- ◆ 跨單位協調失效
- ◆ 指揮鏈運作不順暢

#### **11) 人員準備狀況 (Personnel Readiness-PCR)**

- ◆ 任務前準備不足

- ◆ 未完整檢視任務要求
- ◆ 安全規定認知不足

### **Level 3. 不安全的督導 (Unsafe Supervision)**

#### **A. 不充分的督導 (Inadequate Supervision- SI)**

##### **12-1) 領導/監督失當 (Failed to Provide Guidance)**

- ◆ 區劍飛未督導所屬使用地圖等輔助工具
- ◆ 盧易舜未全程守聽掌握狀況

##### **12-2) 訓練不足 (Lack of Training)**

- ◆ 未確保人員熟悉地形識別
- ◆ 缺乏緊急情況處置訓練

##### **12-3) 機會喪失 (Lost Opportunity for Training)**

- ◆ 未利用過往經驗進行教育訓練
- ◆ 未進行定期模擬演練

#### **B. 未計畫周詳之飛行任務 (Planning Inappropriate Operations- 歸類代碼: SP):**

##### **13-1) 風險評估失當 (Poor Risk Assessment)**

- ◆ 未評估航路與地形的衝突風險
- ◆ 低估天候影響

##### **13-2) 任務派遣失當 (Poor Crew Pairing)**

- ◆ 未考慮人員經驗程度進行任務分配
- ◆ 監督人力配置不當

#### **C. 未修正已知問題 (Failed to Correct Known Problems- SF)**

##### **14-1) 未改正不安全行為 (Failed to Correct Inappropriate Behavior)**

- ◆ 未糾正錯誤的地障認知
- ◆ 未即時處理座標輸入錯誤

##### **14-2) 未報告安全問題 (Failed to Report Unsafe Tendencies)**

- ◆ 未回報航路衝突問題

- ◆ 未通報座標輸入錯誤

#### **D. 違規督導 (Supervisory Violations- SV)**

##### **15) 執行不當授權 (Authorized Unnecessary Hazard)**

- ◆ 允許違反最低安全高度規定
- ◆ 授權不當的航路變更

### **Level 4. 組織影響層面 (Organizational Influences)**

#### **A. 資源管理 (Resource Management- OR)**

##### **16-1) 人力資源 (Human Resources)**

- ◆ 人員訓練不足：未確保管制人員具備充分的地形識別能力
- ◆ 人員配置問題：值勤人力安排未能確保充分監督

##### **16-2) 技術資源 (Technological Resources)**

- ◆ 地形圖資老舊
- ◆ 缺乏現代化的地形警示系統
- ◆ 未建置自動化的座標檢核系統力

##### **16-3) 設備/設施資源 (Equipment/Facility Resources)**

- ◆ 缺乏完善的地形顯示設備
- ◆ 管制中心設備配置未能支援完整地形監控

#### **B. 組織氣候/文化 (Organizational Climate- OC)**

##### **17-1) 架構 (Structure)**

- ◆ TATCC 與 TATAC 之間缺乏明確的協調機制
- ◆ 指揮鏈未能有效運作

##### **17-2) 政策 (Policies)**

- ◆ 未建立明確的最低安全高度政策
- ◆ 缺乏明確的天候限制標準

##### **17-3) 安全文化**

- ◆ 安全文化意識薄弱
- ◆ 未形成主動發現與報告問題的文化氛圍

#### **C. 組織運作 (Organizational Process- OP)**

### **18-1) 作業程序管理 (Operations Management)**

- ◆ 未建立標準化的地障檢查程序
- ◆ 缺乏明確的任務整備檢查表全

### **18-2) 管理監督體系 (Oversight)**

- ◆ 未建立有效的跨單位監督機制
- ◆ 缺乏定期的程序審查制度

### **18-3) 風險管理 (Risk Management)**

- ◆ 未進行完整的風險評估
- ◆ 缺乏系統性的風險管理程序

應用文字探勘、類神經網路及人為因素歸類調查軍用飛機失事之人為肇因

## 附件 2.4 UH-60M 失事報告

### 附件 2.4.1 專家分析：

#### ➤ Time: 0551

飛行員雖然通過了酒精殘留測試，上述值班時間也符合每天最長不得超過 14 小時的規定，但可能會增加飛行員的身體疲勞。 (PCP, PCR, OP, OR)

#### ➤ Time: 0710

空軍氣象聯隊第八中隊氣象主任未使用「即時天氣預報網站 Instant Weather Forecast Website- IWWF」的天氣資料（更新間隔 10 分鐘，延遲約 25 分鐘）；相反，他使用了 6 點發布的軍事網站數據（Military Weather Data- MWD），對於這次任務來說，這些數據可能已經過時了。（每 30 分鐘更新一次，延遲約 50 分鐘） (AVR, SV, PET)

執行公務直升機飛行員的 SOP 必須遵循 VFR 航線，除非能見度降低。根據攔管長(李員)的飛行前簡報，飛行員選擇 C10（VFR，跨越山區）而不是 C2（VFR，沿著北部海岸），認為雲高適合這次任務。 (PEP, SF)

簡報室應設在 IWWF 資料更精確的天氣預報室（二樓），而不是在 VIP 室（一樓），那裡的天氣預報資料晚了 50 分鐘。 (PET, AVR)

攔截管制員（IC）沒有徹底檢查 C10 VFR 航線沿線地形，也沒有將飛行座標輸入飛控儀表；這樣的錯誤使得航管員無法監控動態，錯過了發現直升機航線偏離的機會。 (AED, SF, SI)

儘管意識到高度過低的風險，副駕駛沒有接管直升機的控制權，因為他的飛行時數只有 220 小時 S70-S 及 UH-60M 的飛行時數為：38.5 小時，低於可操控本型飛行直升機認證的最低 300 小時。飛行組員的派遣需要更加謹慎挑選。 (AES, AED, PPC, SF, SP, OR)

#### ➤ Time: 080701

因能見度低加上喪失高度，UH-60M 墜毀於新北市烏來與宜蘭交

界處烘爐地山桶後溪溪谷 **(AES, AED, PEP, PPC, SF, SP)**

調查顯示，空軍 UH-60M 模擬器訓練時數遠低於美國空軍要求。UH-60M 機組人員中只有 19.7%（包括副駕駛、飛行飛行員、指導飛行員和主試飛行員）符合訓練要求。**(OP, OR)**

正機長自 2018 年 6 月以來就沒有訓練紀錄。**(OP, OR)**

#### 附件 2.4.2 AI 分析結果：

這份 HFACS 分析顯示，這起事故涉及多個層面的問題，從直接的飛行操作失誤到深層的組織管理問題。最關鍵的問題包括：

- 決策層面：飛行員在天氣惡化時的判斷與決策延遲
- 訓練層面：飛行員訓練時數不足，特別是模擬器訓練嚴重不足
- 監督層面：對飛行前準備和天氣掌握的督導不足
- 組織層面：安全文化和標準作業程序的執行不夠徹底

#### 失事預防建議

- 短期改善措施
  1. 強化天氣監測和通報機制
  2. 提升飛行前準備作業品質
  3. 改善組員配置標準
- 中期改善措施
  1. 增加模擬器訓練時數和質量
  2. 建立更完善的緊急應變程序
  3. 優化飛行安全檢查機制
- 長期改善措施
  1. 建立系統性的安全管理體系
  2. 強化組織安全文化
  3. 完善人員訓練體系

### **UH-60M 事故 HFACS 細部分類分析**

#### **Level 1 不安全的操作行為 (Unsafe Acts)**

##### **A. 錯誤 (Errors)**

##### **1) 技術的錯誤 (Skill-based Errors-AES)**

### **1-1 注意力失誤**

- ◆ 未持續監控並維持安全飛行高度

### **1-2 記憶失誤**

- ◆ 忽略先前相似情境（F-16 撞山事故）的經驗教訓

### **1-3 技術失誤**

- ◆ 未能及時執行爬升操作
- ◆ 對雲層變化的反應不足

## **2) 決策錯誤 (Decision Errors-AED)**

### **2-1 程序性決策錯誤**

- ◆ 未依規定在天氣惡化時改變飛行方式
- ◆ 未按程序在能見度降低時立即改變航線或提升高度

### **2-2 選擇性錯誤**

- ◆ 選擇 C10 航線而非較安全的 C2 沿海航線
- ◆ 選擇繼續 VFR 飛行而非轉換為 IFR

### **2-3 判斷性錯誤**

- ◆ 錯誤評估當時的天氣狀況適合執行任務
- ◆ 低估山區天氣變化速度的風險

## **3) 知覺錯誤 (Perceptual Errors-AEP)**

### **3-1 空間定向錯誤**

- ◆ 在低能見度條件下對空間位置的誤判

### **3-2 視覺錯誤**

- ◆ 誤判雲下仍可維持目視飛行
- ◆ 對雲層密度和分布的錯誤判讀響

## **B. 違規 (Violations)**

### **4-1) 例行性違規 (Routine Violations-AVR)**

標準作業程序違規

- ◆ 未確實執行天氣評估程序
- ◆ 未遵守最低安全高度規定

### **4-2) 特殊違規 (Exceptional Violations-AVE)**

緊急狀況處置違規

- ◆ 在天氣驟變時未採取適當的緊急處置措施

## **Level 2. 不安全行為的前提條件層面 (Preconditions for Unsafe Acts)**

### **A. 環境因素 (Environmental Factors)**

#### **5) 自然環境 (Physical Environment- PEP)**

天氣因素

- ◆ 山區低雲
- ◆ 能見度不足
- ◆ 濃霧

地形因素

- ◆ 複雜的山區地形
- ◆ 高度起伏的地形特徵

#### **6) 技術環境 (Technological Environment- PET)**

設備因素

- ◆ 氣象資訊系統更新延遲
- ◆ 飛行監控系統未充分利用

### **B. 人員狀況 (Condition of Operators)**

#### **7) 心理狀態 (Psycho-Behavioral Factors- PCM)**

注意力狀態

- ◆ 可能因前日值勤造成的疲勞影響

情境意識

- ◆ 對天氣變化的情境認知不足

#### **9) 心理或心智的極限(Personal Readiness- PCL):**

生理限制

- ◆ 飛行員可能存在疲勞問題

資格限制

- ◆ 副駕駛總飛行時數不足（220 小時）
- ◆ UH-60M 型機飛行時數嚴重不足（38.5 小時）

#### **10) 組員資源管理 (CRM-PPC)**

溝通協調

- ◆ 組員間對天氣狀況的溝通不足
- ◆ 副駕駛雖提醒但未能有效傳達危險

#### 決策過程

- ◆ 組員未能共同參與關鍵決策
- ◆ 資源運用不當

### **11) 人員準備狀況 (Personnel Readiness-PCR)**

#### 訓練準備

- ◆ 模擬器訓練時數不足
- ◆ 特殊天候應變能力不足

## **Level 3. 不安全的督導 (Unsafe Supervision)**

### **A. 不充分的督導 (Inadequate Supervision- SI)**

#### **12-1) 訓練督導**

- ◆ 未確保正駕駛完成必要訓練
- ◆ 未督導模擬器訓練執行

#### **12-2) 作業督導**

- ◆ 未妥善督導飛行前準備
- ◆ 未確保天氣 briefing 品質

### **B. 未計畫周詳之飛行任務 (Planning Inappropriate Operations-**

**歸類代碼: SP):**

#### **13-1) 風險評估失當 (Poor Risk Assessment)**

- ◆ 未充分評估航線風險
- ◆ 未要求完整地形檢查

#### **13-2) 任務規劃失當**

- ◆ 簡報地點選擇不當
- ◆ 飛行組員搭配不當

### **C. 未修正已知問題 (Failed to Correct Known Problems- SF)**

#### **14-1) 安全管理**

- ◆ 未吸取 F-16 撞山事故教訓
- ◆ 未解決訓練時數不足問題

### **D. 違規督導 (Supervisory Violations- SV)**

### **15-1) 規範執行**

- ◆ 未依規定執行飛行前準備
- ◆ 未確實執行氣象資訊傳遞

## **Level 4. 組織影響層面 (Organizational Influences)**

### **A. 資源管理 (Resource Management- OR)**

#### **16-1) 人力資源 (Human Resources)**

- ◆ 訓練資源配置不足
- ◆ 專業人員編制不足

#### **16-2) 設備資源 (Equipment Resources)**

- ◆ 氣象設備更新不足
- ◆ 訓練設施不足

### **B. 組織氣候/文化 (Organizational Climate- OC)**

#### **17-1) 組織文化**

- ◆ 安全文化建立不足
- ◆ 未形成主動預防的文化氛圍

#### **17-2) 政策執行**

- ◆ 對安全規範的執行力度不足
- ◆ 未建立有效的獎懲機制

### **C. 組織運作 (Organizational Process- OP)**

#### **18-1) 作業程序管理 (Operations Management)**

- ◆ 標準作業程序執行不確實
- ◆ 安全管理系統執行不完善

#### **18-2) 管理監督體系 (Oversight)**

- ◆ 未建立有效的監督機制
- ◆ 缺乏系統性的改善流程