

應用「人為失誤預測模組（HET）」 分析戰機座艙「人—機介面」潛在風險因素

李倫文^{1*} 李文進² 許悅玲³ 林國彬¹

國防部^{1*}

國防大學心理研究所²

開南大學航空運輸管理研究³

摘 要

本研究應用國際上最新發展之「人為失誤預測模組（Human Error Template, HET）」，分析 IDF 戰機在降落階段時可能會誘發飛行員犯錯的潛在人為失誤之模式。HET 是以檢查表形態，包含十二項錯誤模式，做為預測人為失誤之方法，並應用「階層任務分析（Hierarchical Task Analysis, HTA）」，將每一個任務所需執行的步驟分析到最底層，分析者必須辨認出每一任務步驟潛在錯誤模式發生之機率，與對飛行安全影響程度之嚴重性。有 44 位飛行員參與本次研究，結果顯示 HET 檢查表具有良好的內部一致性信度， α 係數分別介於.60 至.85 之間；另外，發現影響上述兩個任務步驟最大潛在風險因素為「忘記執行」、「任務執行不完整」、「重複執行任務」及「太晚執行任務」等 4 項錯誤模式，最後本研究以「V1.1.1 檢查起落架指示器」之「重複執行任務」的錯誤模式為範例，以風險矩陣為概念，利用事件肇發可能性、嚴重度及風險水準（可能性與嚴重度相乘），嘗試建構軍事飛行風險評估指標，將 HET 導入飛安管理實務中，以確保飛行安全。

關鍵詞：人為因素預測模組、人為失誤、風險評估

應用「人為失誤預測模組（HET）」分析戰機座艙「人—機介面」潛在風險因素

The Investigation of Potential Risk for Human-Computer Interaction in the Cockpit of Military Aircraft by Human Errors Template (HET)

Lun-Wen Li^{1*}, Wen-Chin Li², Yueh-Ling Hsu³, Kau-Bin Lin¹

Ministry of National Defense R.O.C^{1*}, the Department of Psychology National Defense University², the Department of Air Transportation Management Kainan University³

Abstract

This research applies the latest formal technique for human error prediction - Human Error Template (HET) - to evaluate the potential risks of human errors in the IDF flight operations during approach and landing. HET is a checklist style approach to error prediction that comes in the form of an error pro forma containing twelve error modes. HET is applied to each bottom level task step in a hierarchical task analysis (HTA) of the task in question. The technique requires the analyst to indicate which of the HET error modes is credible for each task step, the probability of error and the criticality of error, based upon their judgment. A total of 44 fighter pilots participated in this study. This research finds that there was high reliability with α value between .60 and .85. The high likelihood of error modes committed by pilots during performing approach and landing include 'Fail to execute'; 'Task execution incomplete'; 'Task repeated' and 'Task executed too late'. There is a rising need to investigate further impact to flight safety for such errors caused by understanding its criticality and likelihood for risk assessment. The research aims are to control the potential risks of human errors in the military operations and provide a basis for improving software and hardware design and tactic training to enhance flight safety.

Key Words : Human Errors, Human Error Template, Risk Assessment

壹、緒論

由於現代航空器皆配置高度電腦化與自動化的系統，機械因素的可信度也相對地大幅提昇，但是人類操作飛行器的可靠度並未有相同程度的增加，人為因素仍是造成航空器意外事件發生的主要原因之一，高居飛安事件百分之七十五的比例（CAA, 1998）；因此，有關人為失誤所造成的飛安事件，已逐漸成為航空安全領域關注的重點。

人為失誤的根本原因是多方面的，這些原因與現代飛機的設計之間有著非常複雜的互動關係。最近十年間，有關人為失誤之議題已成為國際上對飛機「適航性」認證當局關注的重點，尤其針對新一代高度自動化的飛機。Chapanis（1999）認為 1940 年代許多被認為是「飛行員錯誤」的案例，實際是「設計錯誤」所造成的飛安事件。這種論述在當時的飛安研究領域來說是一大挑戰，但卻極符合現代「飛行人因工程學」領域的研究精神，顯示出完善的設計對降低人為失誤是極其重要的。Chapanis（1999）在當時特別對那些飛行員在落地後，因要收襟翼而誤將起落架收上的意外事件感到好奇，並指出這樣的意外之所以會發生是因為「設計不當」造成的人為失誤，而非「飛行員操作錯誤」，因為兩個分別操控襟翼與起落架的肘型電門併列在座艙面板上，而且大小、外型與顏色均相似，這就是典型的「設計誘發的人為失誤」，改進此類飛安事件的方法是將相關控制電門予以分隔與編號。由於當時人因工程學專家努力不懈之研究成果，喚醒了飛行員、航空工程人員與系統設計人員，現今電門的分隔與編號，已是人因工程學標準化的常規。因此，座艙「人—機介面」問題的改善，已成為當代提升飛航安全重要的議題。但有關座艙「人—機介面」的問題，所牽涉的層面相當複雜廣泛，其中並非只是單純的操作介面實體設計或飛行員知覺與注意力的問題，同時也涉及組織與文化的因素，在如此龐雜的問題類型下，如何發掘影響座艙「人—機介面」可能誘發的人為失誤因素，除了是當前歐洲與美國航空管理機構（FAA & EASA）在飛機適航認證上的重要關鍵外，同時也是本研究亟欲探討的課題。

近年來由於科技的進步，高度自動化座艙系統（Glass Cockpit）的飛機，相較傳統機械性的座艙產生重大的變革，就飛行員而言，最大的改變是從「操作者」變成「監控者」，也因為這樣角色的改變，飛行員與座艙自動化系統互動（人—機介面）的人為因素議題，一直受到國際航空界的關注，就國外的資料整理來看（Funk & Lyall, 1999; Funk, Lyall & Suroteguh, 1999），座艙自動化的人因議題有：對自動化系統的理解不當、飛行員對自動化有高度的信心、視覺與聽覺的呈現顯示設計不良、顯示的訊息量不足、失去手動技巧、缺乏系統的狀態覺知（mode

應用「人為失誤預測模組（HET）」分析戰機座艙「人—機介面」潛在風險因素

awareness）、情境覺知（situational awareness）降低、介面設計不良、資料的輸入與程式（data entry and programming）困難且費時等，多數涉及座艙介面設計的問題，因為飛安事件大都是由於「人」與「軟、硬體設備」之介面設計不佳而誘發的「人為因素」，例如老式的三指針高度表之設計，經常誘導飛行員誤讀了所處之高度；飛機複雜的儀表系統之配列不當，干擾飛行員擷取重要訊息之反應；戰鬥機座椅之設計不當，導致飛行員下背疼痛等，都會影響飛行員之操作行為，而導致錯誤之發生；又如戰鬥機座艙中，由於起落架替用深放手柄與阻力傘手柄相類似，曾經造成機腹著陸及進場五邊失速的失事記錄。

因此，本研究的目的，將運用國際上最新的「人為失誤預測模組（HET）」方法，探討 IDF 戰機座艙中「設計不佳」所可能誘發的飛安事件，包括標準操作程序、軟體系統、人機介面、自動駕駛系統、及座艙儀表板之排列方式等，以有效提昇飛行員之狀況警覺並預防人為因素的發生。

貳、文獻探討

在各國的飛安調查報告中，多數都可以發現有關操控系統規劃不當、座艙儀表排列錯置、緊急操作程序（SOP）設計不佳或電門使用混淆的飛安事件（Stanton & Baber, 2002）。根據 Li 與 Harris（2006 & 2007）的研究發現，飛安事件中有 30% 是與「違規（例行、特殊）錯誤」的人為因素有關，其中包括故意違反標準操作程序（SOPS）、忽略標準操作程序（SOPS）、應用不適用的標準操作程序（SOPS）、以及執行標準操作程序（SOPS）時分心等。另外，國外學者 Dekker（2001）也認為人為失誤的發生與操作者（飛行員）的工具（飛機之機型）及所執行之任務（軍事戰鬥任務或民航客運任務）間有相當的關聯，而錯誤因子則是在不同的環境系統中逐漸擴大，單獨人為失誤或者系統錯誤的問題可能導致嚴重的飛安事件。事實上，人為因素調查的重點是要試著去理解事故發生時為何飛行員在當時會有那樣的操作反應，而非僅是下結論說飛行員操作錯誤、違反標準作業程序、或判斷錯誤。

美國航空管理局（FAA, 1996）研究發現，在飛機設計的過程中，有多項駕駛艙儀器設計與排列的缺點，包括飛行員自動飛行模式察覺／顯示器的界面問題、動力察覺、令人混淆的顯示符號，以及缺乏一致的飛行管理系統（FMS）界面等，例如 Airbus A300-600 在名古屋的空難，由於自動化系統對整體狀況缺乏理解，致使飛行員無法解除重飛模式，以及自動落地系統在操作邏輯上存在著設計不良問題；在法國東北的 Strasbourg A320 空難，因組員不慎設定過大的下降率，造成控制界面與附屬系統顯示不良；以及哥倫比亞 Cali 的 Boeing 757 因為

不良的飛行管理電腦界面造成操控中撞地等三起意外事件都是因為人—機介面設計不佳所造成的飛安事件。其根源是在整個飛機設計的過程缺乏人因工程學專家參與，以及在認知人體工學上的考量不足。事實上，人為失誤的發生與飛機各系統的設計有著非常複雜的互動關係，儘管新一代高度自動化的飛機具備眾多優點，但新型態的「人為失誤」亦相繼在座艙中被激發出來 (Woods & Sarter, 1998)。

「人為失誤預測模組, Human Error Template, HET」是為預測座艙中人為失誤所發展出的新技術，特別是針對系統發展初期有關設計誘發的人為因素。

本研究將應用國際上最新發展之「人為失誤預測模組 (Human Error Template, HET)」方法，發掘 IDF 在降落階段時，在座艙中可能會誘發飛行員犯錯的潛在人為失誤模式。HET 是以檢查表的型態，包含十二項人為操作錯誤模式，都是從真實的飛安事件中所選定的，做為發掘飛行員在座艙中飛行操作的人為失誤之方法，這十二項錯誤模式如下 (Stanton, Salmon, Walker, Baber & Jenkins, 2005)：1.忘記執行、2.任務執行不完整、3.任務執行方向錯誤、4.執行錯誤任務、5.重複執行任務、6.執行錯誤介面、7.太早執行任務、8.太晚執行任務、9.任務執行過多、10.任務執行過少、11.錯讀訊息及 12.其它。

表內計有 12 個錯誤模式，每個模式各有 4 個評量項目 (1.有或無此項錯誤模式【包含操作方式、結果等開放式題項】、2.該項錯誤模式的可能性有多高 (①為非常低、②為較低、③為中等、④為較高、⑤為非常高之五點量尺)、3.該項錯誤模式的嚴重性有多高 (①為非常低、②為較低、③為中等、④為較高、⑤為非常高之五點量尺)、4.評定該項任務步驟是否通過或不通過，由於 HET 的主要優點是易學且使用簡單，無需太多訓練，而且執行快速，採用這種錯誤分類法是可以理解的，因為它是根據眾多人為錯誤鑑別法 (HEI) 當中的現存錯誤分類而來的。HET 方法亦具查核容易之優點，因為它是以錯誤模式的表格呈現 (表 1 為「人為因素預測模組」的範例)。例如「V1.1.1 檢查起落架指示器」這個任務步驟執行過程中，有關人為失誤的 12 種類型中可能會同時出現好幾種，如忘記程序、遺漏程序、檢查過多、專注目視跑道飛行、進場無線電干擾忽略、假訊息判斷錯誤等，當這些人為失誤發生後，可能導致之後果為起落架未放妥、不確定 L/G 位置、落地外型可能不正確、危險落地、重飛、其它項目檢查變少、浪費時間、壓縮操作時間、單位時間內增加工作負荷、無法判定起落架申放是否正常等，之後再評估這些操作錯誤可能發生的機率有多高與嚴重性有多大，再據以決定此行動要項通過或不通過；若評量結果此類型的人為失誤可能性及嚴重性均高的情況下，此一項目的人為失誤模式就無法通過檢核，飛安管理或教育訓練單位就必須加強特定該任務步驟的訓練課程、重新設計硬體或軟體、或更新 SOP 流程，方能有效預防人為失誤的發生。

應用「人為失誤預測模組（HET）」分析戰機座艙「人—機介面」潛在風險因素

HET 目前已成為航太界用來做為研究「設計誘發人為失誤」的鑑別工具，同時也運用在飛行艙面設計與檢定過程中有關人為因素議題的驗證。美國運輸安全委員會(NTSB)於 1999 年 7 月要求「航空立法諮詢委員會(Aviation Rulemaking Advisory Committee)」研究 FAR/JAR 25 法規對相關標準、諮詢文件等，以歸納出與「系統設計」有關的飛行組員之人為因素及其預防策略；歐洲聯合航空局(European Joint Aviation Authorities)，亦致力於適航法規的修訂工作，並依此程序發展相關規則與諮詢文件，以應用在檢定大型運輸機的認證程序中，並於 2001 年發表了一份以 JAR 25 號法規為主的新人為因素法規；另外，從歐洲與美國的航空管理機構(FAA & EASA)最新的適航認證標準有關「設計誘發之人為因素的預防策略」之研究也是以 HET 為基礎，然而國內的產、官、學界迄今未曾有展開相對應之研究，這更突顯出本研究之重要性與執行本研究之迫切需要。

本研究之直接效應是可將國際上最新之研究方法引進國軍，用來修訂各種標準操作程序及飛行訓練之設計，以符合國際上對飛行人因工程學之認證制度。研究成果將可提供空軍從事飛行訓練之參考，甚至可提供航空器製造公司研發更有效率的「人—機介面」之座艙設計與標準操作程序，以有效提升飛行安全。

參、研究方法

一、研究設計：

本研究區分兩階段進行，第一階段以階層任務分析(Hierarchical Task Analysis, HTA)方法，邀請三位飛行時數超過 2000 小時的 IDF 戰機飛行教官、飛安領域學者及具飛行經驗的人因工程學專家組成「主題專家小組(SME)」，研究者運用專家系統面談技巧，融合資深 IDF 飛行教官之飛行專業、飛安管理領域學者之意見、以及參與發展「人為因素預測模組」之飛行人因工程學專家的實際經驗，並參考現有之 IDF 標準作業程序，以檢驗此「階層任務分析」是否能有效發展出 IDF 戰機安全降落的「標準作業程序」，以精進空軍從事飛訓任務並提昇飛行安全。本階段係屬前導性研究，研究結果發現要完成主目標「IDF 戰機安全落地」的任務，必須依序執行 11 個次要目標(第二階層)，例如完成「1.1 五邊外形檢查」次要目標後，接續執行「1.2 調整五邊速度」、「1.3 目視跑道」……「1.11 停妥飛機在安檢區」等；然而要完成此 11 個第二階層的次要目標，必須再執行 28 個次要目標(第三階層)，例如「1.11.2 落地後檢查」等；而要完成此 28 個第三階層的次要目標，必須再執行 16 個次要目標(第四階層)，例如「1.11.2.6 關閉助導航裝備」等；而要完成此 16 個第四階層的次要目標，必須再

執行 6 個次要目標（第五階層），例如「1.11.2.6.1 關閉 TACAN」與「1.11.2.6.2 關閉 ILS」；只有上述這 61 個次要目標（第二、三、四、與五階層的任務）都依序被完成後，第一階層「IDF 安全返降落地」的主要目標才會安全達成（如圖 1 IDF 戰機安全降落標準作業程序圖例）。為節省本研究篇幅，宜請參考李文進、許悅玲、Don Harris、林國斌（2008）研究報告內容。

第二階段為本研究部份，採國際最新發展「人為失誤預測模組（HET）」檢查表，運用錯誤分析方法鑑別「IDF 戰機安全落地」潛在風險因素，計有 43 個任務步驟評量項目（如圖 2 劃底線部份），參與者依序對每一個任務步驟做 HET 檢查表的評量。首先評量是否有無此錯誤模式發生，若無則可能性及嚴重性的評量為 0，結果為通過，並進行下一個錯誤模式的評量；若有則在錯誤操作方式及操作結果欄位中做開放式描述，並接續評估錯誤的可能性及嚴重性（量尺為 1 至 5，分數愈高表示其程度愈高），然後參與者再根據可能性及嚴重性的結果，據以判斷此一任務步驟是否通過。本研究總計蒐集 1964 個變項（43*12*4）量化數據及 1032 個（43*12*2）質性資料，由於資料訊息量相當龐大，僅以「V1.1.1 檢查起落架指示器及 V1.1.2 檢查減速板指示器」任務步驟為範例進行量化及質性資料分析。

二、受試來源：

本研究樣本以國軍飛行員為對象，計有 IDF 戰機飛行員 35 位，佔 79.5%，其它機種飛行員 9 位，佔 20.5%，合計 44 位空軍飛行員參與本研究。

三、資料編碼與統計分析：

檢查表中「有或無此項錯誤模式」及「通過或不通過」採類別量尺「1、0」方式編碼，另錯誤模式發生的可能性及嚴重性，採等距量尺「0 至 5」方式編碼，最後以統計方式分析 HET 檢查表的內部一致性信度（Cronbach α 係數）」、檢驗「HET12 個錯誤模式在每一任務步驟中肇發可能性、嚴重性之差異比較（相依樣本 ANOVA）及相關分析（Pearson 積差相關）」、及「通過與不通過組別間可能性與嚴重性差異比較（獨立樣本 MANOVA）」。

肆、研究結果

一、人為失誤預測模組（HET）檢查表之信度考驗：

應用「人為失誤預測模組 (HET)」分析戰機座艙「人—機介面」潛在風險因素

為瞭解 HET 檢查表評量工具的信度水準，從表 2 信度摘要表可知，在「V1.1.1 檢查起落架指示器」及「V1.1.2 檢查減速板指示器」的任務步驟中，受試者在 HET 錯誤模式發生的可能性及嚴重性的評量上，其內部一致性 Cronbach α 係數分別介於.60 至.85 之間；Guilford (1978) 認為 Cronbach α 係數若高於.70 則可視為高信度，若低於.35 則應拒絕，也就是 Cronbach α 係數愈高，題項 (12 個錯誤模式) 間的一致性愈高，雖本研究「V1.1.1 檢查起落架指示器」信度考驗未達到.70 的高信度水準，但仍在可接受的範圍內，顯示人為失誤預測模組 (HET) 仍具有相當不錯的穩定性及內部一致性。

二、人為失誤預測模組 (HET) 肇發可能性、嚴重性差異比較及相關分析

為發掘每一個任務步驟中潛在風險因素，本研究以相依樣本變異數分析統計方式，探討 HET12 個錯誤模式間肇發危安的可能性及嚴重性之差異，以發掘 HET12 個錯誤模式何者是影響該任務步驟的最大潛在危因。從表 3 結果可知，在「V1.1.1 檢查起落架指示器」任務步驟項目上，HET12 個錯誤模式肇發可能性的平均數介於.00 至 1.64 之間， $F=11.63$ ， $P<.000$ ，經事後比較發現，「忘記執行」、「重複執行任務」及「太晚執行任務」均顯著高於其它錯誤模式，其中以「忘記執行」肇發的可能性最高；其次，HET12 個錯誤模式肇發嚴重性的平均數介於.00 至 2.74 之間， $F=20.50$ ， $P<.000$ ，經事後比較發現，同樣以「忘記執行」、「重複執行任務」及「太晚執行任務」顯著高於其它錯誤模式，仍以「忘記執行」所造成的嚴重性為最高。另外，就「V1.1.2 檢查減速板指示器」任務步驟項目上，HET12 個錯誤模式肇發可能性的平均數介於.07 至 1.86 之間， $F=12.33$ ， $P<.000$ ，經事後比較發現，「忘記執行」、「任務執行不完整」及「重複執行任務」均顯著高於其它錯誤模式，其中以「忘記執行」肇發的可能性最高；其次，HET12 個錯誤模式肇發嚴重性的平均數介於.07 至 1.39 之間， $F=11.21$ ， $P<.000$ ，經事後比較發現，同樣以「忘記執行」、「任務執行不完整」及「重複執行任務」顯著高於其它錯誤模式，仍以「忘記執行」所造成的嚴重性為最高。

綜上顯示，在「V1.1.1 檢查起落架指示器」及「V1.1.2 檢查減速板指示器」兩個任務步驟中，飛行員極可能肇生「忘記執行」、「任務執行不完整」、「重複執行任務」及「太晚執行任務」的錯誤行為，且所造成的嚴重性亦為最大。

就參與者質性資料分析，在「V1.1.1 檢查起落架指示器」任務步驟上，「忘記執行」錯誤的操作方式多數為未執行檢查、忘記程序、忘記再確認及忽略等項，其操作錯誤的結果為不確定 L/G 是否定位、起落架未放妥、危險落地及重飛；「重

複執行任務」錯誤的操作方式多為重複檢查指示器、檢查過多，操作錯誤結果多為浪費時間、工作負荷、其它項目檢查變少等；「太晚執行任務」錯誤的操作方式多為太晚伸放 L/G、過度專注目視跑道或操作飛機、程序遺漏、忘記檢查等，操作錯誤結果多為影響進場操作分心、壓縮操作時間、造成工作及心理負荷、未按制式操作造成前後距離變近、未能調整進場空速等。

其次，在「V1.1.2 檢查減速板指示器」任務步驟上，「忘記執行」錯誤的操作方式多數為未執行檢查、忘記程序、習慣不佳等項，其操作錯誤的結果為可能會小攻角大速度、進場 RPM 較低、未放或收 S/B、進場空速大油門收低於 75% 等項；「任務執行不完整」錯誤的操作方式多數為 S/B 電門未持續後扳、沒看清楚、因後座電門位置錯誤、未完全申放、雙座權跨越造成 S/B 收上或電門卡於 S/B 全開位置等項，其操作錯誤的結果為減速慢，速度大，油門配置小、S/B 落地時收上、減速板角度未到定位、未開 S/B 或全開等項；「重複執行任務」錯誤的操作方式多數為重複檢查指示器、檢查後 S/B 又收上、重複 C.K 等項，其操作錯誤的結果為進場 A/S 上升、S/B 落地時收上、減速板未放、減速板角度過大、進場油門配置較大等。

另外，為瞭解「V1.1.1 檢查起落架指示器」及「V1.1.2 檢查減速板指示器」兩個任務步驟中，其所肇發風險的可能性與嚴重性間的關係，從表 4 相關分析結果顯示，除「V1.1.1 檢查起落架指示器」之執行界面錯誤与其它等二個錯誤模式無法計算外，其餘錯誤模式均達顯著正相關，相關係數 $r=.73$ 至 1.00 之間， $P<.000$ ，顯示 HET 每一個錯誤模式肇發的可能性愈高，其所造成的嚴重性也將愈高。

三、不同組別間的可能性、嚴重性差異比較

從表 5 多變量變異數分析摘要表顯示，「V1.1.1 檢查起落架指示器」任務步驟之不同組別（通過與不通過）在 HET12 個錯誤模式中，Hotelling's T 整體考驗達顯著差異者計有忘記執行、任務執行不完整、太早執行任務、太晚執行任務、任務執行過多、任務執行過少及錯讀訊息等七個錯誤模式，其 Hotelling's T 值整體考驗介於 .50 至 3.82， $P<.000$ ，顯示上述七個錯誤模式平均數的向量組合，在不同組別間達顯著差異。其次，在主要效果方面，從單變量變異數考驗結果來看，任務執行不完整、任務執行過多及錯讀訊息等三個錯誤模式，在肇發可能性及嚴重性的向度上， F 值介於 13.65 至 75.07 之間， $P<.000$ 均達顯著水準，顯示不通過組別認為上述三個錯誤模式所肇發的可能性（ $M=1.83$ 、 3.00 及 2.71 ）及嚴重性（ $M=3.83$ 、 4.50 及 3.43 ）顯著高於通過組別（可能性 $M=.21$ 、 $.17$ 及 $.22$ 、嚴重性

$M=.18$ 、 $.19$ 及 $.22$)；另外，忘記執行及太晚執行任務等二個錯誤模式，在肇發可能性的向度上， $F=4.04$ 及 1.88 ， $P>.05$ 均未達顯著水準，在嚴重性向度上， $F=22.13$ 及 15.95 ， $P<.000$ ，顯示不通過組別 (M 均為 4.43) 認為「忘記執行」及「太晚執行任務」所造成的嚴重性顯著高於通過組別 ($M=1.87$ 及 $.93$)；再者，太早執行任務及任務執行過少等兩個錯誤模式，在造成嚴重性的向度上， $F=3.51$ 及 2.98 ， $P>.05$ 未達顯著水準，在肇發可能性向度上， $F=10.97$ 及 9.07 ， $P<.000$ ，顯示不通過組別 ($M=3.00$ 及 3.50) 認為「太早執行任務」及「任務執行過少」所肇發的可能性顯著高於通過組別 ($M=.25$ 及 $.60$)。

另從表 6 多變量變異數分析摘要表顯示，「V1.1.2 檢查減速板指示器」任務步驟之不同組別 (通過與不通過) 在 HET12 個錯誤模式中，Hotelling's T 整體考驗達顯著差異者計有忘記執行、任務執行不完整、重複執行任務、執行錯誤介面、太早執行任務、太晚執行任務及錯讀訊息等七個錯誤模式，其 Hotelling's T 值整體考驗介於 $.24$ 至 1.78 ， $P<.05$ ，顯示上述七個錯誤模式平均數的向量組合，在不同組別間達顯著差異。其次，在主要效果方面，從單變量變異數考驗結果來看，任務執行不完整、重複執行任務、太早執行任務及錯讀訊息等四個錯誤模式，在肇發可能性及嚴重性的向度上， F 值介於 5.07 至 38.80 之間， $P<.05$ 均達顯著水準，顯示不通過組別認為上述四個錯誤模式所肇發的可能性 ($M=3.60$ 、 4.00 、 3.00 及 2.00) 及嚴重性 ($M=2.60$ 、 2.00 、 2.00 及 3.00) 顯著高於通過組別 (可能性 $M=.64$ 、 $.98$ 、 $.30$ 及 $.21$ 、嚴重性 $M=.64$ 、 $.52$ 、 $.16$ 及 $.21$)；另外，忘記執行、執行錯誤介面及太晚執行任務等三個錯誤模式，在肇發可能性的向度上， $F=1.76$ 、 2.23 及 2.57 ， $P>.05$ 均未達顯著水準，在嚴重性向度上， $F=17.94$ 、 21.34 及 13.27 ， $P<.000$ ，顯示不通過組別 ($M=3.40$ 、 5.00 及 2.67) 認為「忘記執行」、「執行錯誤介面」及「太晚執行任務」所造成的嚴重性顯著高於通過組別 ($M=1.13$ 、 $.51$ 及 $.49$)。

伍、討論

一、人為失誤預測模組 (HET) 檢查表的信度

信度是指評量工具一致性的程度，一致性愈高，表示信度水準愈高，在所有信度當中，Cronbach α 信度是最受到青睞 (黃芳銘, 2007)，從表 2 結果顯示，HET 檢查表的 Cronbach α 係數介於 $.60$ 至 $.85$ 之間，雖「V1.1.1 檢查起落架指示器」未達 $.70$ 以上高信度水準，但也在可接受的範圍內。由於 α 係數受到評量題數多寡 (Reinhard, 1994) 及樣本數大小等因素所影響；因此，本研究在有限的

評量題數（僅 HET12 個錯誤模組）及樣本數（44 個受試者）的限制下，HET 檢查表已具有不錯的信度水準。另外，影響本研究信度尚有受試者作答時間因素，由於每位受試者必須評量 1964 個變項資料，其所花費的時間短則 2 小時，長則必須由受試者攜回分次填答，同時也影響回收率；因此，如何減化 SOP 程序並提高參與者的動機，係本研究亟待思考的重要課題。

二、發掘影響飛行安全潛在風險因素

人為失誤預測模組（HET）主要探討座艙中「設計不佳」所可能誘發飛安事件的潛在風險因素，從表 3 結果顯示，運用 HET 檢查表可明確發掘在「V1.1.1 檢查起落架指示器」任務步驟中，「忘記執行」、「重複執行任務」及「太晚執行任務」為最大的潛在風險因素，其錯誤操作行為多為忘記程序、忘記再確認、忽略、檢查過多、太晚伸放 L/G、過度專注目視跑道或操作飛機、程序遺漏、忘記檢查等，然而在這些人為失誤發生後，其可能導致的後果為起落架未放妥、危險落地及重飛、浪費時間、其它項目檢查變少、影響進場操作分心、壓縮操作時間、造成工作及心理負荷、未控制式操作造成前後距離變近、未能調整進場空速等。另外，在「V1.1.2 檢查減速板指示器」任務步驟上，「忘記執行」、「任務執行不完整」及「重複執行任務」為最大的潛在風險因素，其錯誤操作行為多為未執行檢查、忘記程序、習慣不佳、S/B 電門未持續後扳、沒看清楚、因後座電門位置錯誤、未完全申放、雙座權跨越造成 S/B 收上或電門卡於 S/B 全開位置、重複檢查指示器、檢查後 S/B 又收上、重複 C.K 等項，其可能導致的後果為小攻角大速度、進場 RPM 較低、未放或收 S/B、進場空速大油門收低於 75%、減速慢，速度大，油門配置小、S/B 落地時收上、減速板角度未到定位、未開 S/B 或全開、進場 A/S 上升、減速板未放、減速板角度過大、進場油門配置較大等。

從上述「V1.1.1 檢查起落架指示器」及「V1.1.2 檢查減速板指示器」兩個任務步驟中發現，「忘記執行」及「重複執行任務」係為最大可能發生之人為失誤因素，由於上述為戰機降落前飛行員必須優先執行的任務步驟，其操作執行是否確實，將影響「五邊外型檢查」的任務目標能否順利完成，由於每個任務步驟、任務目標彼此間均必須環環相扣，且前一個任務步驟（或目標）均將影響下一個任務步驟（或目標）能否順利執行，因此，在發現最大可能發生的人為失誤因素後，飛安管理與飛行教育訓練單位應即思考如何改善，例如加強飛行員教育訓練、操作手冊與 SOP 的修訂、或是儀表介面的重新設計等（必須投入龐大的人力、物力及財力資源），方能確保飛航安全。

另外，HET 檢查表中同時包含了量化及質性的分析資料，飛安管理單位可

應用「人為失誤預測模組（HET）」分析戰機座艙「人—機介面」潛在風險因素

從量化數據中判定飛行員最可能發生的潛在風險危因及所造成的嚴重性，另外再依據質性資料分析所有可能的錯誤操作行為及操作錯誤結果，做為未來訓練課程規劃、重新設計軟硬體、或更新 SOP 流程等重要參考，有效預防人為失誤的發生。此一評量方法（工具）已有學者 Stanton 等人（2006）運用在預測及發掘座艙中人為失誤的效度研究上，並證實優於「SHERPA」、「Human Error HAZOP」及「HEIST」等三項當代廣為運用的飛安人為失誤調查技術。

三、應用不同組別差異建立飛安風險評估指標

本研究主要應用不同組別（通過與不通過）肇發風險的可能性及嚴重性的差異，初探在風險矩陣（risk matrix）中建立飛安風險評估指標。所謂安全（Safety），在韋伯辭典（Webster's, 2002）的解釋，即遠離危險（out of danger）或不受傷害威脅（not threatened by harm）。Wood（1996）則認為安全就是可接受的風險。Braithwaite, Caves, & Faulkner,（1998）則提出為了達到安全，風險必須量化以作為安全之檢測。

近年來風險管理是現代企業組織中，主要目的希望利用「有限之資源」，透過辨認分析、衡量評估、防範抑制與復原學習等程序，使「風險減低」。簡言之，此轉化過程實際上是利用系統模式「在組織各階層」運作的系統方法，避免企業風險再現，進而提昇企業競爭能力。在ICAO SMM（ICAO,2006）指出：「安全的狀態是須經由持續的危害辨識和改善的風險管理程序，將會造成人員傷害或損害的風險，維持或降低至可接受的標準」。因此安全即是接受可接受的風險，並排除非必要的風險。換言之，欲提升安全則須找出導致危安之因子，將潛在的風險事前預防並加以改善。

有關台灣航空界風險分析技術的運用，交通部民航局於民國 88 年首先將飛安風險管理制度運用於航空管理實務上（交通部, 2001），另外中華航空公司同年即引進一套飛行操作風險評估系統（FORAS），利用事件嚴重度及可能性兩個向度構成的風險矩陣，來分類出飛行操作上所發生的飛安事件次數和計算風險指標（risk index），再作為分析飛行操作風險的基礎（中華航空公司, 2002）；之後，交通部民航局在 2007 年民航通告中，介紹風險矩陣用以提供航空業者作為風險分析及管理之指引，風險接受度可使用圖 2 中之風險對照表評估，以顏色區分，紅色為不能接受，綠色為可接受，黃色為有條件接受（交通部, 2007）。

在此概念下，本研究嘗試建構軍事飛行風險評估指標，僅以「V1.1.1 檢查起落架指示器」任務步驟之「任務執行不完整」錯誤模式為例（如圖 3），從表 5 所示，不同組別（通過與不通過）在可能性及嚴重性的程度上達顯著差異，顯示

不通過組別認為在任務執行不完整的任務步驟上，其肇發危安的可能性及嚴重性顯著高於通過組別，以平均數(M)為風險指標截點(cut point)，當可能性 $M > 1.83$ 、嚴重性 $M > 3.83$ ，即為不通過，若可能性 M 介於 1.83 及 .18 之間，則為有條件通過，如可能性 $M < .21$ 、嚴重性 $M < .18$ 則為通過，但統計上仍須考量標準差(SD)離散情形的影響，不同組別的可能性與嚴重性 SD 介於 .11 至 .32 之間，顯見不同組別參與者的評量結果尚呈集中趨勢；另外，再以風險水準線(可能性乘以嚴重性)分析，大於 6.19 即為不通過，介於 6.19 及 .04 為有條件通過，小於 .04 則為通過，然為避免交乘效應存在，如高可能性($M = 3.0$)低嚴重性($M = .50$)相乘結果和低可能性($M = .50$)與高嚴重性($M = 3.0$)相乘結果相同而造成判斷混淆，從表 4 相關分析結果顯示，其可能性與嚴重性相關係數 $r = .78^{***}$ 為正相關，證實並無交乘效應存在。

綜上分析所述，建構正確、有效的風險評估指標除了必須考量上述條件外，同時，本研究均屬受試者自評方式，其可能性與嚴重性的評量結果，是否與實際飛行風險表現的可能性、嚴重性相等，仍待進一步研究檢驗；目前類似相關研究已有學者以風險梯度及風險強度的概念，建構飛安風險評估模式(李文魁、張有恆, 2005)。

陸、結論

本研究應用國際上最新發展之 HET 方法，透過量化及質性資料分析，發掘 IDF 在預降落階段時可能會誘導飛行員犯錯的潛在人為失誤之模式，並配合「階層任務分析(HTA)」之理論與技術重新審視「標準作業程序(SOP)」之流程，透過改善「軟體設計」及「硬體裝備」效率，使整個「操作環境」更適合「人」之操作為主，確保整個系統在人—機器—環境之間的介面沒有代溝，飛行安全才有保障。因此，未來除了有系統的提供飛行員應具之飛行專業技術與知識之外，應教導飛行員診斷人為失誤之來源與標準作業程序之設計邏輯，使飛行員具備當突發狀況發生後，在初始失誤與終端失誤之間有改正之能力，並充分運用所有軟、硬體及人力資源，以安全地完成各項戰鬥飛行任務。

由於本研究係屬初探性研究，且資料訊息相當龐大，僅以「IDF 返場降落階段」中「V1.1.1 檢查起落架指示器」及「V1.1.2 檢查減速板指示器」任務步驟為研究範例，各項研究結果仍須進一步深入探討，期藉由本研究拋磚引玉，將 HET 導入國軍飛安管理實務中，以確保飛行安全，提升空優戰力。

參考文獻

- 中華航空公司（2002）。員工教育訓練教材。
- 交通部民用航空局（2001）。機場風險管理參考手冊。
- 交通部民用航空局民航通告（2007）。安全管理系統，AC 120-32B，頁 10-15。
- 李文魁、張有恆（2005）。飛航安全風險評估模式之構建，*運輸計劃季刊*，1，145-175。
- 李文進、許悅玲、Don Harris、林國斌（2008）。飛安人為失誤預測模組（HET）：從階層任務分析（HTA）到標準作業程序（SOP），*空軍學術月刊*，607，3-27。
- 黃芳銘（2007）。結構方程模式理論與應用（初版），頁 333-338，台北市：五南書局。
- Braithwaite, G. R., Caves, R. E., & Faulkner, J. P. E. (1998). Australia Aviation safety-Observations from the lucky country. *Journal of Air Transport Management*, 4 (1), 55-62.
- Civil Aviation Authority (1998). *Global Fatal Accident Review 1980-96 (CAP 681)*, Civil Aviation Authority, London.
- Chapanis, A. (1999). *The Chapanis Chronicles: 50 years of Human Factors Research, Education, and Design*, Aegean Publishing Company, Santa Barbara, CA.
- Dekker, S. (2001). The Re-invention of Human Error. *Human Factors and Aerospace Safety*, 1 (3), 247-266.
- Federal Aviation Administration. (1996). *Report on the Interfaces between Flightcrews and Modern Flight Deck Systems*, Federal Aviation Administration, Washington DC.
- Funk K., & Lyall B. (1999). Flight deck automation issues. *International Journal of Aviation Psychology*, 9, 109-123.
- Funk K., Lyall B., & Suroteguh, C. (1999). Meta-Analysis. (<http://flightdect.ie.orst.edu/FDAI/Meta-Analysis.html>)
- Guilford, J.P. (1978). *Fundamental statistics in psychology and education* (6th ed.). New York: McGraw-Hill.
- ICAO (2006), Line Operations Safety Audit (LOSA)
- Li, W.C., & Harris, D. (2006), 'Pilot error and its relationship with higher organizational levels: HFACS analysis of 523 accidents', *Aviation Space*

- Environmental Medicine*, Vol. 77 (10) , p.1056-1061.
- Li, W.C., & Harris, D. (2007), 'Eastern Minds in Western Cockpits: Meta-analysis of human factors in mishaps from three nations', *Aviation Space and Environmental Medicine*, Vol. 78 (4) , p.420-425.
- Reinhard, B.(1994). Factor affecting coefficient alpha: A mini Monte Carlo study. In B. Thompson (Ed.) , *Advanced in social science methodology.*, 4, pp. 3-20.Greenwich, CT: JAI Press.
- Stanton, N.A., & Baber, C. (2002) . Error by design: methods for predicting device usability. *Design Studies*, 23, pp. 363-384.
- Stanton, N.A., Salmon, P.M., Walker, G.H., Baber, C., & Jenkins, D.P. (2005) . *Human Factors Methods: A Practical Guide for Engineering and Design*. Ashgate, London.
- Stanton, N.A., Harris, D. Salmon, P.M., Demagaiski, J.M., Marshall, A., Young, M.S., Dekker, S.W.A., & Waldmann, T. (2006) Predicting design induced pilot error using HET- A new formal human error identification method for flight decks. *The Aeronautical Journal*.
- Webster's. (2002) . *Random House Webster's Everyday Thesaurus* (2nd ed., p. 459) . New York, Random House, Inc.
- Wood, R. H. (1996) . *Aviation safety management programs : A management handbook* (2nd) . England, Colorado : Jeppeson.
- Woods, D., & Sarter, N. (1998) . *Learning from Automation Surprises and Going Sour Accidents*. Institute for Ergonomics, Report ERGO-CSEL-98-02, NASA Ames CA.

應用「人為失誤預測模組（HET）」分析戰機座艙「人—機介面」潛在風險因素

表 1 IDF 返場落地階段 HET 檢查表範例

想定：「 IDF 於 CCX 返場落地階段」		任務步驟：「 1.1.1 檢查起落架指示器」												
錯誤模式	請 打 勾 √	請描述錯誤的 操作方式	請描述操作錯誤的 結果	可能性				嚴重性					不 通 過	通 過
				非 常 低	較 低	中 等	較 高	非 常 高	非 常 低	較 低	中 等	較 高	非 常 高	
				1.	2.	3.	4.	5.	1.	2.	3.	4.	5.	
1. 忘記執行	☒ 有 ☐ 無	忘記程序	起落架未放妥、不確定 L/G 位置	√										√
2. 任務執行 不完整	☒ 有 ☐ 無	程序遺漏	落地外型可能不正確 、危險落地、重飛	√										√
3. 任務執行 方向錯誤	☐ 有 ☒ 無													√
4. 執行錯誤 任務	☐ 有 ☒ 無													√
5. 重複執行 任務	☒ 有 ☐ 無	檢查過多	其它項目檢查變少、浪 費時間、工作負荷	√										√
6. 執行錯誤 界面	☐ 有 ☒ 無													√
7. 太早執行 任務	☐ 有 ☒ 無													√
8. 太晚執行 任務	☒ 有 ☐ 無	專注目視跑道飛行	壓縮操作時間、單位時 間內增加工作負荷	√										√
9. 任務執行 過多	☐ 有 ☒ 無													√
10. 任務執行 過少	☒ 有 ☐ 無	進場無線電干擾忽 略	可能壓縮操作時間、增 加工作負荷	√										√
11. 錯誤訊息	☒ 有 ☐ 無	假訊息判斷錯誤	無法判定起落架伸放 是否正常	√										√
12. 其他	☐ 有 ☒ 無		I											√

表 2 人為失務預測模組 (HET) 信度分析摘要表

HET 評量向度 IDF 安全降落任務步驟	可能性 Cronbach α	嚴重性 Cronbach α
1.1.1 檢查起落架指示器	.60	.64
1.1.2 檢查減速板指示器	.80	.85

表 3 人為失誤預測模組 (HET) 12 個錯誤模式肇發可能性及嚴重性—相依樣本變異數分析摘要表

HET 評量向度 任務步驟		任務 任務 忘記 執行 執行 執行 重複 執行 太早 太晚 任務 任務執 錯讀 執行 不完 方向 錯誤 執行 錯誤 執行 執行 執行 行過少 訊息 其他 整 錯誤 任務 任務 介面 任務 任務 過多 (1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10) (11) (12)											
		M	SD	F 值	df	事後比較							
V1.1.1 檢查起落架指示器 (可能性)	M	1.64	.43	.09	.02	1.11	.05	.32	1.16	.30	.73	.61	.00
	SD	1.35	.95	.60	.15	1.83	.30	.91	1.55	.82	1.45	1.30	.00
	F 值	11.63***											
	df	4.757/204.546											
	事後比較	1>2、3、4、6、7、9、12； 5>4、6、12 8>3、4、6、7、12											
V1.1.1 檢查起落架指示器 (嚴重性)	M	2.74	.70	.12	.07	.43	.00	.26	1.12	.40	.58	.74	.00
	SD	2.04	1.46	.76	.46	.73	.00	.85	1.65	1.12	1.24	1.50	.00
	F 值	20.50***											
	df	4.624/194.188											
	事後比較	1>2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12 5>6、12； 8>4、6、12											
V1.1.2 檢查減速板指示器 (可能性)	M	1.86	.98	.14	.23	1.11	.55	.36	.77	.20	.20	.25	.07
	SD	1.69	1.47	.63	.74	1.69	1.00	1.04	1.36	.77	.80	.69	.45
	F 值	12.33***											
	df	4.463/191.908											
	事後比較	1>3、4、6、7、9、10、11、12 5、2>3、12											
V1.1.2 檢查減速板指示器 (嚴重性)	M	1.39	.86	.09	.20	.59	.61	.20	.64	.11	.16	.27	.07
	SD	1.33	1.37	.42	.67	.95	1.17	.63	1.08	.49	.61	.76	.45
	F 值	11.21***											
	df	3.943/169.565											
	事後比較	1>3、4、6、7、9、10、11、12 2、5、8>12； 2、5>3； 2>9											

BONFERRONI 事後比較，***表 $P < .000$

應用「人為失誤預測模組（HET）」分析戰機座艙「人—機介面」潛在風險因素

表 4 人為失誤預測模組（HET）12 個錯誤模式肇發可能性與嚴重性相關分析摘要表

任務步驟 \ HET 評量向度	忘記執行	任務執行不完整	任務執行方向錯誤	執行錯誤任務	重複執行任務	執行錯誤介面	太早執行任務	太晚執行任務	任務執行過多	任務執行過少	錯讀訊息	其他
V1.1.1 檢查起落架指示器	.85***	.78***	1.00***	1.00***	.84***	NC	.92***	.86***	.95***	.95***	.97***	NC
V1.1.2 檢查減速板指示器	.73***	.77***	1.00***	.98***	.86***	.86***	.91***	.86***	.86***	.94***	.98***	1.00***

NC 表無法計算，***表 P<.000

表 5 HET「1.1.1 檢查起落架指示器」不同組別間多變量單因子變異數分析 (MANOVA) 摘要表

HET	忘記執行		任務執行不完整		任務執行方向錯誤		執行錯誤任務		重複執行任務		執行錯誤介面	
DV	可能性	嚴重性	可能性	嚴重性	可能性	嚴重性	可能性	嚴重性	可能性	嚴重性	可能性	嚴重性
IV	通 過	不通 過	通 過	不通 過	通 過	不通 過	通 過	不通 過	通 過	不通 過	通 過	不通 過
M	1.37	2.21	1.87	4.43	.21	1.83	.18	3.83	.09	0	.11	0
SD	.24	.35	.31	.45	.13	.32	.11	.29	.60	0	.75	0
Hotelling's T	.96***		3.82***		NC		NC		.14		NC	
F 值	4.04	22.13***	13.65***	60.00***	NC	NC	NC	NC	2.63	5.43*	NC	NC
df	1/42	1/42	1/42	1/42	0/43	0/43	1/42	1/42	1/42	1/42	0/43	0/43
HET	太早執行任務		太晚執行任務		任務執行過多		任務執行過少		錯讀訊息		其他	
DV	可能性	嚴重性	可能性	嚴重性	可能性	嚴重性	可能性	嚴重性	可能性	嚴重性	可能性	嚴重性
IV	通 過	不通 過	通 過	不通 過	通 過	不通 過	通 過	不通 過	通 過	不通 過	通 過	不通 過
M	.25	3.00	.28	2.00	1.07	2.33	.93	4.33	.17	3	.19	4.50
SD	.82	0	.91	0	1.57	.58	1.42	1.56	.58	0	.63	.71
Hotelling's T	.50***		.99***		2.36***		.63***		2.48***		NC	
F 值	10.97***	3.51	1.88	15.95***	46.53***	87.72***	9.07***	2.98	43.22***	75.07***	NC	NC
df	1/42	1/42	1/42	1/42	1/42	1/42	1/42	1/42	1/42	1/42	0/43	0/43

NC 表示無法計算；*表 P<.05 **表 P<.01 ***表 P<.001

表 6 HET 「1.1.2 檢查減速板指示器」不同組別間多變量單因子變異數分析 (MANOVA) 摘要表

HET	忘記執行				任務執行 不完整				任務執行 方向錯誤				執行錯誤 任 務				重複執行 任 務				執行錯誤 介 面			
DV	可能性	嚴重性	可能性	嚴重性	可能性	嚴重性	可能性	嚴重性	可能性	嚴重性	可能性	嚴重性	可能性	嚴重性	可能性	嚴重性	可能性	嚴重性	可能性	嚴重性	可能性	嚴重性	可能性	嚴重性
IV	通 過	不通 過	通 過	不通 過	通 過	不通 過	通 過	不通 過	通 過	不通 過	通 過	不通 過	通 過	不通 過	通 過	不通 過	通 過	不通 過	通 過	不通 過	通 過	不通 過	通 過	不通 過
M	1.74	2.80	1.13	3.40	.64	3.60	.64	2.60	.14	0	.09	0	.23	0	.20	0	.98	4	.52	2	.51	2	.51	5
SD	1.73	1.10	1.11	1.34	1.34	1.14	1.27	.89	.63	0	.42	0	.74	0	.67	0	1.60	0	.92	0	.99	0	.96	0
Hotelling's T	.61***				.73***				NC				NC				.17*				1.78***			
F 值	1.76	17.94***	38.80***	17.01**	NC				NC				NC				6.98*	5.07*	2.23	21.34***				
df	1/42	1/42	1/42	1/42	0/43	0/43	0/43	0/43	0/43	0/43	0/43	0/43	1/42	1/42	1/42	1/42	1/42	1/42	1/42	1/42	1/42	1/42	1/42	1/42
HET	太早執行 任 務				太晚執行 任 務				任務執行 過多				任務執行 過少				錯讀訊息				其 他			
DV	可能性	嚴重性	可能性	嚴重性	可能性	嚴重性	可能性	嚴重性	可能性	嚴重性	可能性	嚴重性	可能性	嚴重性	可能性	嚴重性	可能性	嚴重性	可能性	嚴重性	可能性	嚴重性	可能性	嚴重性
IV	通 過	不通 過	通 過	不通 過	通 過	不通 過	通 過	不通 過	通 過	不通 過	通 過	不通 過	通 過	不通 過	通 過	不通 過	通 過	不通 過	通 過	不通 過	通 過	不通 過	通 過	不通 過
M	.30	3	.16	2	.71	1.67	.49	2.67	.20	0	.11	0	.20	0	.16	0	.21	2	.21	3	.07	0	.07	0
SD	.96	0	.57	0	1.38	.58	.95	.58	.77	0	.49	0	.80	0	.61	0	.64	0	.64	0	.45	0	.45	0
Hotelling's T	.24*				1.37***				NC				NC				.18**				NC			
F 值	7.65**	10.00**	2.57	13.27***	NC				NC				NC				7.69**	18.68***	NC	NC				
df	1/42	1/42	1/42	1/42	0/43	0/43	0/43	0/43	0/43	0/43	0/43	0/43	1/42	1/42	1/42	1/42	1/42	1/42	0/43	0/43	0/43	0/43	0/43	0/43

NC 表示無法計算；*表 P<.05 **表 P<.01 ***表 P<.001

應用「人為失誤預測模組 (HET)」分析戰機座艙「人—機介面」潛在風險因素

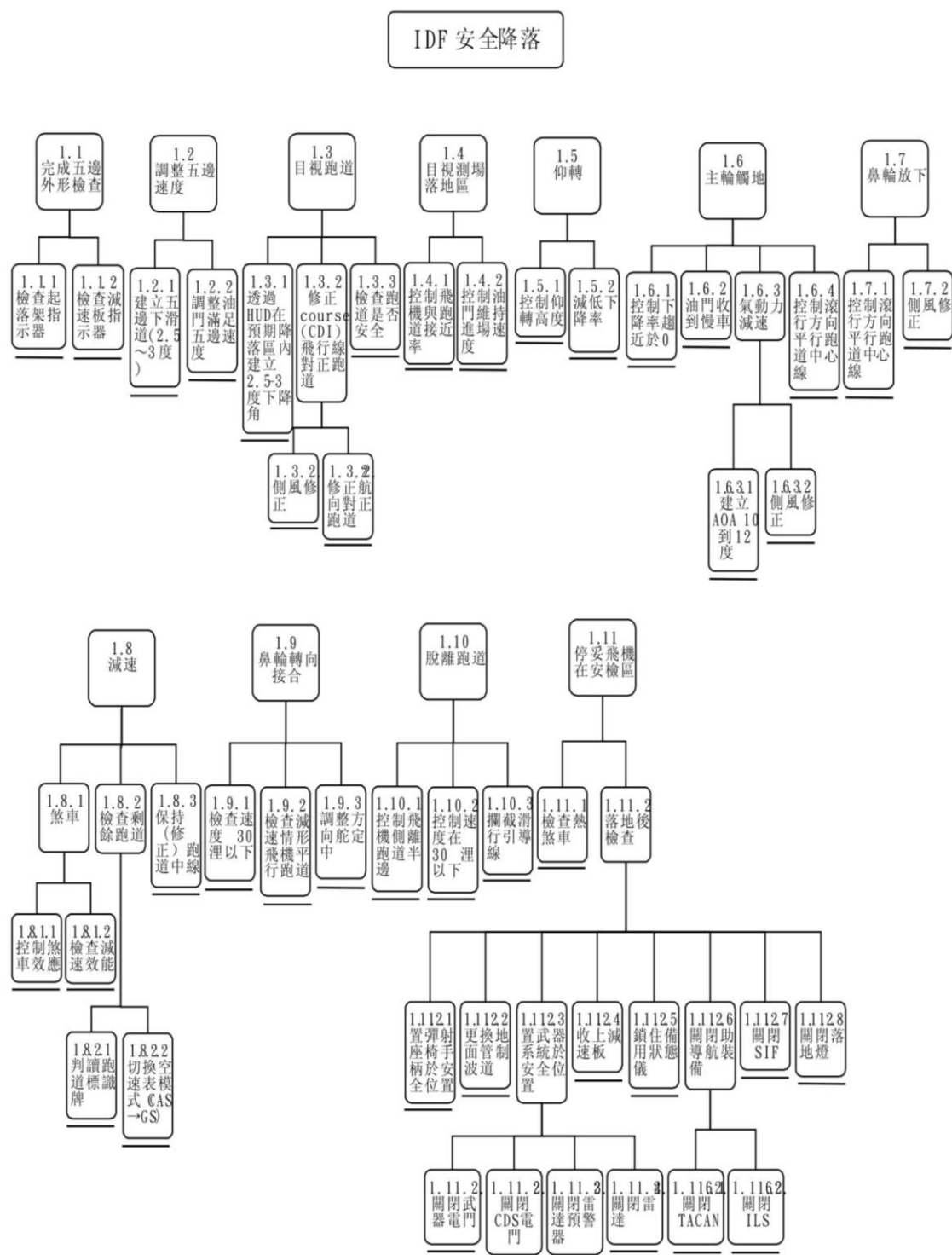


圖 1 IDF 戰機安全降落標準作業程序圖例

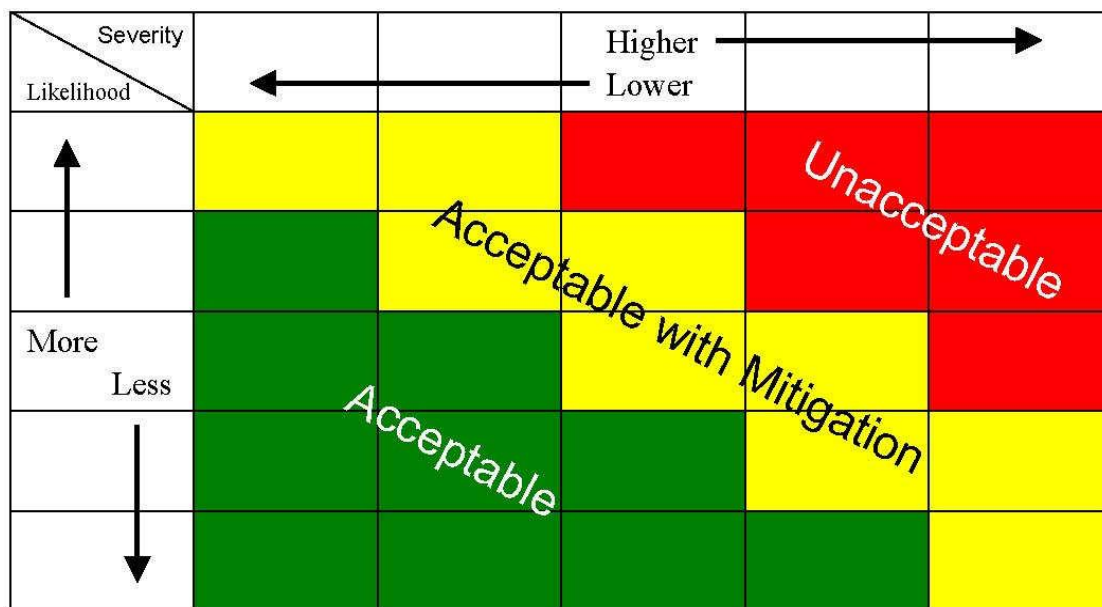


圖 2 安全風險矩陣圖

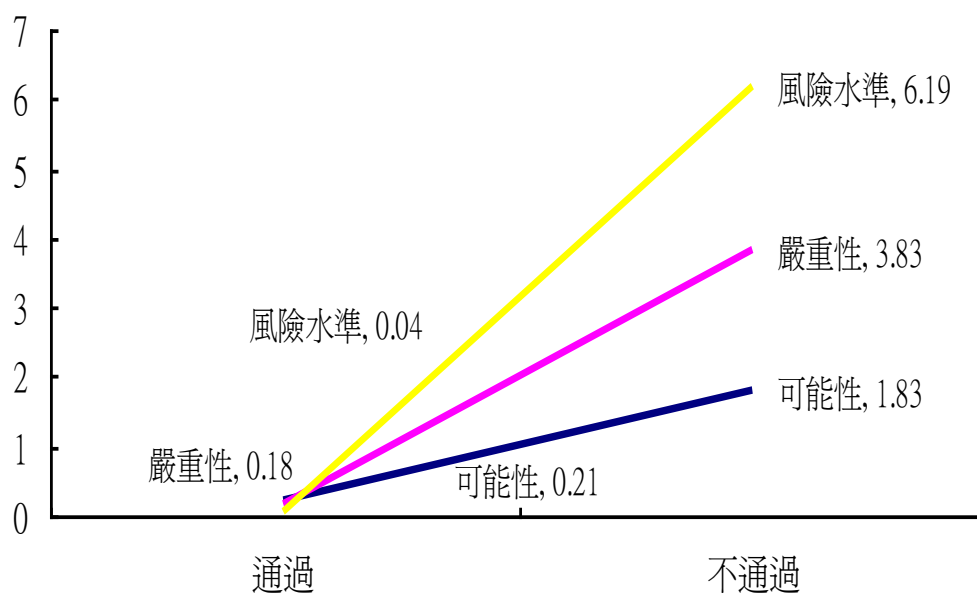


圖 3 HET 任務執行不完整錯誤模式風險評估指標

(投稿日期：98 年 6 月 1 日；採用日期：98 年 7 月 7 日)

應用「人為失誤預測模組（HET）」分析戰機座艙「人—機介面」潛在風險因素