

消防無人機應用之風險評估 與管控量化淺析

A Preliminary Quantitative Analysis of Risk Assessment and Control in Firefighting UAV Applications

圖、文：臺南市政府消防局 陳錦樺、張崇賓 救災救護指揮中心主任 陳明辰



圖 1、都市救災等不利起降作業環境



圖 2、工廠救災光線不足起降作業環境

壹、前言

隨著無人機技術日益成熟，其於消防的應用已逐步擴展至火場勘查、熱源偵測、災害監控與搜救輔助等任務。特別是在救災高風險及複雜環境中執行任務，若無完善的風險評估機制，極可能導致設備毀損、人員傷害或法律上的責任。如何保障任務的安全合法性，已成為消防飛手必須關注的重點。

貳、無人機操作風險分類，並作為判斷起飛與否的依據

近幾年各縣市應用無人機亦發生多起墜毀或丟失意外，因此應建立一套無人機飛行風險評估系統，針對消防任務常見的風險來源，進行分類及量化，提供現場人員在出勤前可快速執行評估，本局根據多年訓練及實際操作的經驗，將無人機操作風險分類為 1. 環境因素 2. 干擾源 3. 飛手作業能力 4. 其他風險等四大類，分述如下：

一、環境因素：

- (一) 天候條件：強風、降雨、濃霧、突發天氣變化。
- (二) 飛行空域：禁飛區、軍事基地、機場。
- (三) 地形複雜性：建築物密集地、山谷、水面等。
- (四) 光線狀況：黃昏、夜間等視線不良情況
- (五) 起降區條件：空間狹小、障礙物、樹枝或電線。

二、干擾源：

- (一) GPS 訊號穩定性：山區、都會高樓間易有訊號不穩及遮蔽。
- (二) 電磁干擾：高壓電塔、基地臺、雷達站等。
- (三) 無線電干擾：同頻段的其他無人機或設備。

三、飛手作業能力：操作經驗：初學者、新機型的操作。

項目分類	評估項目	描述	風險等級	備註
環境因素	天氣狀況	強風、降雨、濃霧、突發天氣變化	高	強烈建議避免飛行，應查閱即時氣象資料
	飛行空域	禁飛區、限制區（如機場、軍事基地）	高	應事前查明空域，避免進入違規空域
	地形複雜性	懸崖、山谷、水面、建築物密集地	中	增加飛行操控難度，需提高警覺
	光線狀況	黃昏、夜間、逆光等視線不良情況	中	視線不佳易導致判斷錯誤或迷航
	起降區條件	空間狹小、有障礙物如樹枝電線	中	應確認空曠安全，避免起降失敗
干擾源	GPS 訊號穩定性	山區、都會高樓間易有訊號不穩	中	可開啟輔助模式手動操作
	電磁干擾	高壓電塔、基地台、雷達站等	高	可能導致失控或訊號中斷
	無線電干擾	同頻段的其他無人機或設備	中	多機飛行時須確認頻道區隔
飛手作業能力	操作經驗	初學者、剛接觸新機型	高	初學建議模擬器訓練及旁人協助
	對軟硬體不熟悉	未熟悉遙控器、App 功能	中	須事前完整測試與熟悉控制系統
	事前檢查是否完善	未進行飛行前檢查（電量、螺旋槳、GPS等）	高	建議列清單逐項確認
	心理與身體狀況	緊張、疲勞、視力不佳、酒後操作	高	操作需精神集中，禁止酒駕
其他風險	人/鳥群密度	飛越或靠近大型聚會、遊客、車流密集區、鳥群	高	應避開人、鳥群，保持安全距離應避開人群，保持安全距離
	路人干擾	好奇靠近、干擾操作或未注意行為	中	可設置警告標語或拉出安全範圍
	法規遵循	是否持有必要執照、飛行許可	高	違法操作恐造成法律風險

圖 3、風險等級評估表

（一）對軟 / 硬體不熟悉：未熟悉遙控器及 APP 功能。

（二）事前檢查是否完善：未進行飛行前檢查（電量、螺旋槳、GPS 等）。

（三）心理與身體狀況：緊張、疲勞、視力不佳、酒後操作。

四、其他風險：

（一）人、車、鳥群風險：飛越或靠近大量民眾上空、車流密集區、鳥群棲息處。

（二）外在人為干擾：好奇靠近、干擾操作者或未注意行為。

（三）法規遵循：是否持有必要證照及飛行許可。

參、務實分級評估

值得一提的是，行政院已正式核定「建構國家安全化學與韌性永續計畫」（114 年至 118 年），自 114 年起將陸續協助地方

無人機飛手風險評估自檢表						日期:
地點:		機型:				
案件類別:		☐ 火場	☐ 山域	☐ 水域		
評估類別	項目	高風險	中風險	低風險	備註	
環境因素	天氣狀況(風、雨、霧)	☐	☐	☐	避免惡劣天氣	
	飛行空域合法性	☐	☐	☐	使用航空地圖確認	
	地形複雜(崖、谷、障碍物)	☐	☐	☐	預設飛行高度	
	光線與視野	☐	☐	☐	避免/關閉閃光燈	
干擾源	GPS訊號穩定	☐	☐	☐	開機前確認訊號強度	
	電磁/無線電干擾	☐	☐	☐	遠離電訊基地台	
飛手作業能力	飛手經驗與熟練度	☐	☐	☐	無經驗者需陪飛	
	軟體/機型熟悉度	☐	☐	☐	事前模擬與測試	
其他風險	身心狀況是否適合	☐	☐	☐	禁止酒後、疲勞飛行	
	事前檢查是否完整	☐	☐	☐	電量/GPS/視能器	
	飛手人群/車流密度/鳥	☐	☐	☐	應關閉或減低功率/避免飛近	
	他人可能靠近干擾	☐	☐	☐	可改警用區域	
總風險評估	法規遵循	☐	☐	☐	相關法規與標準	
	高風險項目共: ____項 中風險項目共: ____項 相關風險危害指數無法排除時: 高風險 0、中風險 5-6 安全可飛行, 風險可控 高風險 7、中風險 7-8 應停止飛行, 需立即停飛。 高風險 1、中風險 4-5 應停止飛行, 需立即停飛。 高風險 0、中風險 2-3 建議不飛, 屬極低風險 高風險 2-3 一律不建議起飛 高風險 1、中風險 2-3 綜合風險較高, 建議不飛行					

圖 4、風險評估自檢表

消防單位購置紅外線熱顯像無人機及救災機器人，預算總額達 4 億 6,080 萬元。屆時，全國無人機與救災機器人配置數量將大幅提升，達到紅外線熱顯像無人機 421 臺、救災機器人 155 臺的規模。整體計畫總投入超過 11 億元，顯示政府對於強化災害應變科技、提升前線救援能力的高度重視，也為消防科技化鋪設堅實基礎。

肆、災後檢討與風險評估表的價值

除任務前的風險管控外，風險評估表在任務後也具備重要價值，特別是當飛行發生異常、失事墜毀或任務中段時重要的檢討依據，以此來考量飛手的風險評估管控。

(一) 當任務無法執行的合理依據：

可透過已填寫的風險評估表具體紀錄無法執行任務的原因，讓決策具備透明依據，減少事後爭議。

(二) 飛手的保護機制：

若任務中發生墜毀或飛丟，已完成的風險紀錄表能清楚顯示飛行前是否進行風險

評估、當時是否屬於可接受的任務風險、飛手是否依據標準程序操作。

這不僅能有助於釐清責任歸屬，也能讓管理單位理解當下飛行的困難與風險，而非單純規責於個人操作失誤。

伍、無人機事故案例經驗分享，並建立評估風險資料庫

無人機屬高價格救災設備，以近期各縣市國產雙光熱顯像無人機為例，每臺採購價格近百萬元，發生各類意外後可比照消防人員搶救意外事故案例報告，分析原因並轉知各縣市供參，除可建立單位內部的飛行風險評估資料庫，亦可追溯不同任務類型、地點、環境與設備，成為未來教育訓練與裝備選擇的重要依據。

陸、結語

消防救災任務的場景複雜且高風險，不同於一般農噴、航拍，在無人機的安全運用除了仰賴設備性能，更取決飛手的風險意識與事前規劃。透過數據化的風險評估，能提升操作安全與任務順遂，為飛手提供一份保障。