

DOI:10.53106/230674382025111144002

## 戰時機動補給運用無人載具系統成功關鍵因素之研究

作者/蕭孟哲、藍碧玲

審者/蘇盈嘉、賀增原、徐禮睿

### 提要

- 一、為因應現代戰爭環境複雜性及敵方威脅升級，國軍以「防衛固守，重層嚇阻」為戰略，致力提升野戰後勤作業及機動補給韌性。隨著無人載具系統的快速發展，如何有效應用技術成為提升戰場後勤效能的核心議題。
- 二、本研究採用層級分析法（以下簡稱AHP），針對技術與系統可靠性、戰術運用整合及政策資源支持三大主準則進行分析，並提出政策與技術建議，以支持國軍未來戰時機動補給的智慧化與效能化發展。
- 三、研究顯示成功關鍵因素依重要性排序為：技術與系統可靠性（0.623）、戰術與運用整合（0.265）、政策與資源支持（0.112），其中技術與系統可靠性最為關鍵，代表無人載具在戰時補給任務中，需具備穩定運作、精確感測與快速應變等能力，方能確保物資準時、安全送達，提高作戰支援效能。鑑此建議逐步整合無人載具技術至戰時機動補給作業。此外亦可應用於救災與平時任務，進一步解決人力短缺，提升國防應變力，實現戰備與民生需求兼顧的目標。

**關鍵詞：**野戰後勤、機動補給、無人載具

圖片來源：shutterstock



## 壹、前言

後勤補給是作戰部隊運作與戰場勝敗的關鍵。隨著戰場環境日益複雜，傳統補給方式面臨挑戰。<sup>1</sup> 國軍後勤體系現況雖完善，惟運輸補給現行仍受限以公、鐵路運輸為主，<sup>2</sup> 且由於過於依賴公路與鐵路運輸，在現代戰場上極易受到敵方攻擊。從最新烏俄戰爭借鏡，隨著空域爭奪的複雜性，無人機和人工智慧（Artificial Intelligence，以下簡稱AI）在後勤和戰術應用中的價值顯著提升；烏軍成功利用無人載具結合AI進行精準打擊和物資運輸，增強戰場適應能力和作戰靈活度。<sup>3</sup> 因此如何藉由無人載具系統提升戰時機動補給效能，成為國軍後勤現代化的核心議題。

鑒於無人載具系統能有效提升運補效率、降低人員風險，對於強化戰場持續作戰能力具有關鍵作用，惟在實際導入過程中，仍面臨技術成熟度、協同作業

機制與資源整合等挑戰。本研究聚焦於「戰時機動補給」任務，系統性分析影響無人載具系統導入成功的關鍵因素，並以無人飛行載具（UAV）為探討主體，透過AHP整合專家意見，建構評估架構與優先排序，並提出具體建議，期能為未來政策推動與技術導入提供策略參據，強化我國後勤支援體系的智慧化與韌性。

為回應國防現代化與戰場後勤挑戰，本研究設定以下兩項目標：

- 一、探討影響戰時機動補給導入無人載具系統之關鍵成功因素，建構符合作戰需求的評估架構。
- 二、依據各關鍵因素之相對權重排序，提出強化技術導入與政策規劃之策略建議，以支援國軍建軍備戰任務。

本研究探討無人載具系統，經文獻蒐整分析，大多聚焦於空中無人飛行載具（UAV），僅少部分提及地面無人車（UGV）、水面無人艇（USV）或水下無人載具（UUV）之應用；且本文所提及之物

1 王臻明（2021 Jan 29），戰場上的AlphaGo：人工智慧帶來的軍事革命已悄然展開，鳴人堂，聯合新聞網，<https://opinion.udn.com/opinion/story/120873/5213045>（檢索日期：民國114年9月30日）

2 謝秉昇、藍碧玲（2022），〈無人飛行載具運用於動員軍需物資運輸之研究〉，《後備半年刊》，105，97。

3 張凱銘（2023），〈俄烏戰爭中人工智慧科技之應用態勢及其戰略意涵〉，《歐亞研究》，23，11-12。

聯網、AI及大數據等技術，多係參考民間應用趨勢進行概念性探討，並未涉及軍用資安制度與支援之技術細節，上述均為本研究限制。

## 貳、無人載具在軍事領域的最新發展趨勢

### 一、無人載具在軍事領域的應用與挑戰

根據近年來國外軍事應用案例，無人載具的導入可有效提升軍事運補效率與資源配置靈活性。例如美軍與烏克蘭軍隊即透過無人機實現高風險地區的補給任務，展現出其在戰場應用的潛力與優勢。以下分別從無人載具的分類與特點、協同作戰模式，以及其在不同地理環境中的應用挑戰進行探討。

#### (一)無人載具的用途分類與特點

無人載具根據其操作空間和用途區分多種類型，包括UAV、UGV、USV及UUV

等，各類性能特點概述說明如表一。

#### (二)挑戰

雖然無人載具技術日益成熟，然依據近年國內外軍事應用觀察與相關研究分析結果，其在實際部署上仍面臨若干挑戰，包括：

1. 技術瓶頸：感測器精度、導航穩定性不足。
2. 應用測試：缺乏動態威脅模擬的實驗場景。
3. 法規限制：目前法規主要集中於民用領域，對軍事應用支持不足。

#### (三)我國現役無人載具概述(僅限於UAV)

##### 1. 紅雀微型無人機<sup>4</sup>

為中科院發展之手持無人機，可支援營、連級（單兵或小部隊）執行偵察任務的便攜型無人機，不需跑道，僅以手擲方式即可起飛、亦可回收，具備飛控電腦，可透由數據鏈路、導航儀及光電攝影等裝備執行任務，具有自動飛行、即時

表一 無人載具分類與特點

| 分類             | 用途           | 特點            |
|----------------|--------------|---------------|
| 空中無人飛行載具 (UAV) | 偵察、物資運輸、電子戰  | 高機動性、廣泛作戰範圍   |
| 地面無人車 (UGV)    | 地面偵察、排雷、物資運輸 | 良好越野能力，適應複雜地形 |
| 水面無人艇 (USV)    | 海上偵察、巡邏、物資運輸 | 長航時、高機動性與隱蔽性  |
| 水下無人載具 (UUV)   | 水下偵察、海底探測    | 隱蔽性強，適合深海作業   |

資料來源：本研究整理

4 王乃文、邱志典、何修竹(2022)，〈我國無人機跑道選擇與發展之研究：以大型無人機為例〉，《空軍學術雙月刊》，691，108-111。

影像、全球定位導航與航資傳輸作業能力，除軍事行動外，也可用於交通及環境的監測，及災區空照調查等民生用途。

## 2. 銳鳶無人機<sup>5</sup>

銳鳶為中科院研製的戰術型無人機，具有快速部署具有快速部署、電子反干擾、目標監視定位與即時影像傳輸等功能，並可長時滯空巡偵。目前以支援旅級以上實施戰場偵蒐與提供天然災害救災資訊為主，原配屬陸軍部隊，2017年9月1日起移交海軍海上戰術偵蒐大隊。

## 3. 劍翔無人機<sup>6</sup>

劍翔無人機是中科院研製之反輻射無人機，具有自動歸向能力和雷達電子參數分析，可在偵獲敵雷達訊號後進行自殺攻擊，僅需單向航程的飛行能力，

無需考量回收問題。預計在2025年交付104架給空軍，由防空部隊擔負制壓敵防空網的重責大任，就上述內容歸納及整理如表二。

## 二、AI在軍事領域的發展現況與趨勢

美國軍方在作戰系統中引入AI來進行「觀察、調整、決策、行動」(OODA)迴圈的全自動化支持。<sup>7</sup>這樣的應用，通過統計數據並結合歷史模式，能預測敵方的可能行動，讓指揮官在最短時間內制定合適的策略。此類AI系統，已經在指揮與控制(C2)系統中廣泛應用，使作戰更具敏捷性。

AI正以前所未有的速度改變著戰爭的面貌，作者綜合國內學者文獻論述分析結果，發現AI在軍事領域的應用已逐

表二 我國現役無人載具概述表

| 無人載具名稱  | 主要功能    | 特色                  | 主要使用者           |
|---------|---------|---------------------|-----------------|
| 紅雀微型無人機 | 偵察      | 便攜、手擲起飛、自動飛行、即時影像傳輸 | 營、連級部隊          |
| 銳鳶無人機   | 戰場偵蒐、救災 | 快速部署、電子反干擾、長時滯空     | 海軍海上戰術偵蒐大隊(原陸軍) |
| 劍翔無人機   | 反輻射攻擊   | 自動歸向、雷達電子參數分析、自殺攻擊  | 空軍防空部隊          |

資料來源：本研究整理

5 同註4。

6 同註4。

7 遠見好讀(2020年9月4日)，〈用「深度思考型」成長！一窺美國空軍OODA策略，及時解決問題〉，遠見，<https://www.gvm.com.tw/article/74314> (檢索日期：民國114年9月30日)



步從決策支援延伸至訓練模擬與野戰後勤，並提供士兵更逼真的訓練環境。同時協助指揮官即時掌握戰場態勢，做出更明智且有效的決策，提升整體指揮效能與反應速度。然而，隨著AI技術應用於自主武器系統，其在軍事決策過程中的角色逐漸擴大，亦引發諸如倫理困境與責任歸屬等問題。例如當AI系統誤判而導致誤傷，究竟應由誰負責，程式設計者、操作人員或決策單位？此類問題亟需透過制度與法律加以規範。因此，如何在推動技術應用的同時，建立完善的法規與倫理框架，確保AI的運用符合人道與國際規範。<sup>8</sup> 爰此，在推動AI在軍事領域的应用時，我們必須兼顧技術發展與倫理規範，以確保AI為人類帶來福祉，而非帶來災難。未來無人載具系統與AI的整合應用，將可能是傳統軍事與非傳統軍事行動發展的主流，亟需要建立一完善的國際法規，俾以規範AI在軍事領域的應用。

### 三、無人載具在戰時機動補給與AI的結合

無人載具系統在AI技術的支援下，實現即時戰場數據分析與路徑優化，顯著提升補給效率。<sup>9</sup> 同時，AI對載具自主導航與載重配置的調整功能，使其能有效應對多樣化戰場威脅，確實達到降低風險、提升補給精準度的效果。AI結合物聯網與大數據技術進一步提升戰時機動補給的智慧化水平。物聯網透過感測器網路實時監控物資狀態與環境參數，並將數據傳輸至AI系統分析；大數據則處理大量戰場信息，為AI提供決策支持。AI基於感測器數據，分析物資需求與消耗趨勢，實現精準補給與需求預測。<sup>10</sup>

### 四、烏俄戰爭中無人載具應用經驗及對臺灣的啟示

烏俄戰爭為戰時機動補給帶來革命性的變革，顯示無人載具結合AI技術透過分析戰場數據、優化運補路線，並與物聯網、大數據技術相結合，實現對運補過程的精準監控與智慧調度。<sup>11</sup> 綜合烏俄戰爭學者相關文獻中無人載具應用情境與

8 鍾心豪(2020)，〈軍事武器人工智慧(AI)化對戰爭倫理影響之研究〉，《陸軍學術雙月刊》，56(572)，34-39。

9 周暉程(2024年10月22日)，〈運用無人機強化交通設施與運補韌性〉，IEKTOPICS，[https://ieknet.iek.org.tw/iekrpt/rpt\\_open.aspx?rpt\\_idno=294087654](https://ieknet.iek.org.tw/iekrpt/rpt_open.aspx?rpt_idno=294087654) (檢索日期：民國114年9月30日)

10 同註9。

11 同註3，頁17-20。

專家訪談意見所歸納，<sup>12</sup>說明無人載具在不同地形條件下展現的應變能力與機動性，對臺灣國土防衛作戰具參考意涵。無人載具在AI的引導下，能對臺灣多樣化地理環境的機動補給具有參考價值。例如針對高山地區、海島補給及都市作戰環境開發適配的無人載具解決方案，採用多旋翼無人機應對山區補給，或結合AI實時計算最佳補給路徑以降低補給線暴露風險等。

## 五、成功導入無人載具系統的關鍵因素

成功導入無人載具系統需要成熟的技術可靠性，並能提升整體任務效能，以維護其安全，相對於高標準之安全要求，相關法規及其規範應蘊而生。依目前軍民領域中無人載具系統之技術能力、操作模式與國外應用實例及相關文獻內容，整理出主要層面包含「感測與判斷精確度」、「網路穩定與資安防護」、「故障應變能力」、「資源分配效率」、「多載具協同作業」、「人機協同運作」、「實戰演練與驗證」、「彈性戰術部署」、「法規與倫理架構」、「人才與資源培訓」、「跨界技術合作」、「穩定經費支持」等12項，聚焦於目前具備可行性或已被驗證之功能

特性，兼顧未來軍用無人載具可能導入之發展趨勢，建構具實務性與前瞻性之評估準則架構。(重要參考文獻資料如表三)

考量戰時機動補給、無人載具與AI系統運作的現況及綜整相關文獻後，歸納文獻因子計「感測與判斷精確度」、「故障應變能力」、「網路穩定與資安防護」及「資源分配效率」等4項。由於無人載具的可靠性在於感測器的精準運作、通資系統的穩定性，以及突發狀況的快速應變能力，因此，技術與系統的穩定性與可靠性至關重要。基此，歸納出主準則「技術與系統可靠性」。

其二，歸納文獻因子計「多載具協同作業」、「彈性戰術部署」、「人機協同運作」及「實戰演練與驗證」等4項。現代戰爭環境要求無人載具與其他系統的高度協同作業，人機之間需要在自動化與人工決策間保持平衡。此外，透過實戰演練可驗證載具系統的穩定性與效能，而彈性戰術部署則可快速適應多變的作戰需求。綜合以上因子，歸納出主準則「戰術與運用整合」。

其三，歸納文獻因子計「法規與倫理架構」、「跨界技術合作」、「人才與資

12 同註3，頁17-21及羅裕耀(2023)。〈烏俄戰爭之俄羅斯後勤作戰失敗能否歸咎於後勤補給？〉，《陸軍後勤季刊》，(112年5月)，92-108。

表三 重要文獻相關因子統計表

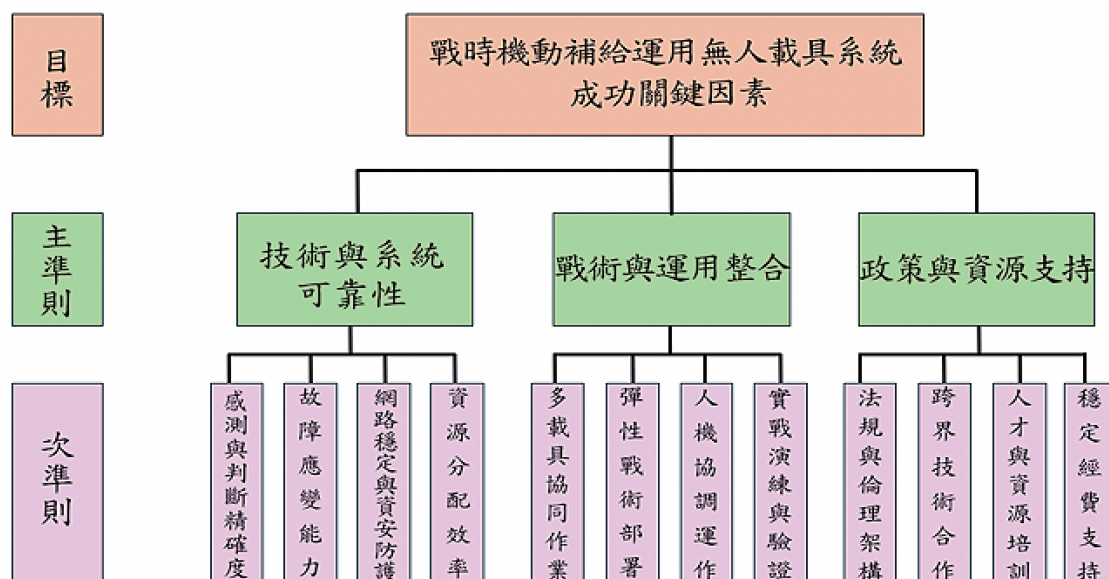
| 學者                   | 文獻名稱                           | 文獻摘要                                                           | 相關因子                            |
|----------------------|--------------------------------|----------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| 蘇紫雲<br>(2020)        | 國防科技趨勢評估報告                     | 探討未來國防科技的發展，包括多領域戰爭、不對稱作戰及跨域科技運用，強調人機協同與感測技術的重要性。              | 感測與判斷精確度、人機協同運作                 |
| 朱凱麟<br>(2020)        | 建構AI、VR、AR及MR—保修部隊後勤能量科技強軍肇新之路 | 探討混合實境技術於軍事訓練中的應用，強化部隊後勤能量與訓練效益，並提出低成本高效益的技術實戰化模型。             | 實戰演練與驗證、人機協同運作                  |
| 鍾心豪<br>(2020)        | 軍事武器人工智慧(AI)化對戰爭倫理影響之研究        | 探討AI武器化對戰爭倫理的影響，強調需平衡AI軍事應用與倫理準則，並提出國際規範的重要性。                  | 法規與倫理架構                         |
| 王臻明<br>(2021)        | 戰場上的ALPHA GO：人工智慧帶來的軍事革命已悄然展開  | 探討無人載具早已經在使用人工智慧技術，對世界出現巨大的變革，未來勢必引發新一波的軍事革命。                  | 感測與判斷精確度、人機協同運作、人才與資源培訓、多載具協同作業 |
| 范薰彥<br>(2022)        | 強化聯兵營戰術偵蒐效能-無人飛行載具運用作為之研究      | 研究無人飛行載具在營級部隊戰術運用中的影響，包括提升偵蒐效能與戰場透明度，強調實戰操作的驗證。                | 實戰演練與驗證、人機協同運作、多載具協同作業          |
| 謝秉昇<br>藍碧玲<br>(2022) | 無人飛行載具運用於動員軍需物資運輸之研究           | 分析無人載具在軍需物資運輸的應用，強調克服地形限制與增加運輸安全的能力，並提出不對稱作戰的策略意涵。             | 彈性戰術部署、實戰演練與驗證、穩定經費支持、人才與資源培訓   |
| 羅裕耀<br>(2023)        | 烏俄戰爭之俄羅斯後勤作戰失敗能否歸咎於後勤補給        | 探討俄羅斯在烏俄戰爭中後勤失敗對作戰的影響，分析應急計畫與戰場後勤的整體性問題。                       | 故障應變能力、穩定經費支持、人才與資源培訓           |
| 李華強<br>(2023)        | 後勤韌性攸關北約援烏戰局成敗                 | 探討烏俄戰爭後勤韌性的重要性，包括能源供應、設施韌性和聯合後勤建設對於戰爭勝負的關鍵影響。                  | 資源分配效率、故障應變能力                   |
| 宋磊<br>(2023)         | 無人載具導入AI 重塑作戰模式                | 探討AI如何提升無人載具的性能，包括自主學習、精確打擊、情報與協同作戰，並提到AI軍事應用的倫理挑戰。            | 感測與判斷精確度、人機協同運作、法規與倫理架構         |
| 李繼成<br>(2024)        | AI技術在無人機配送場景中的運用               | 討論AI技術在物流配送中的應用，包括路徑規劃、避障、數據分析和飛行控制。案例如美團的實踐展示了AI對城市物流效率提升的潛力。 | 感測與判斷精確度、人機協同運作                 |
| 楊富森<br>(2024)        | 無人機的演進：跨世代的飛行                  | 介紹無人機的歷史發展與技術進步，從第一代到第五代的演進過程，特別是AI與自主飛行技術的應用及其在軍事與商用領域的角色。    | 感測與判斷精確度、法規與倫理架構                |

資料來源：本研究整理

源培訓」及「穩定經費支持」等4項。無人載具與AI技術的廣泛應用需依賴完善的法規與倫理架構，確保技術的合法性與道德性；同時，專業人才的培養與技術訓練也是關鍵基石。此外，跨界合作可促進技術整合與資源共享，而穩定經費支持則是系統發展的長期保障。基於上述分析，歸納出主準則「政策與資源支持」。綜上，最後歸納出「技術與系統可靠性」、「戰術與運用整合」及「政策與資源支持」等3項主準則（初擬架構圖如圖一，說明如表四）。

無人載具技術於臺灣的發展，主要分為國防與民用兩大領域。國防層面，國軍現役的紅雀微型無人機、銳鳶無人機與劍翔無人機在偵察、攻擊與物資運輸上已具備一定技術能力。然而，相較於國際先進國家如美國的「灰鷹」無人機或以色列的「赫茲爾」無人機，臺灣無人載具在自主導航、長時滯空能力及多功能協同作業等方面仍有顯著差距。<sup>13</sup>

民用領域方面，臺灣物流業已開始探索無人載具的應用，如物流公司導入配送無人機進行短程物資運輸。<sup>14</sup>雖然現



圖一 初擬AHP層級架構圖

資料來源：本研究繪製

13 財團法人中技社（2023），〈台灣無人機技術與產業發展之挑戰〉《專題報告》，2，71-76。

14 黃郁婷（2022年9月19日），〈台灣無人機物流計畫啟動，未來如何發揮關鍵作用？〉，公視新聞網，<https://news.pts.org.tw/article/600515>（檢索日期：民國114年9月30日）



表四 主準則說明表

| 文獻因子      | 歸納說明                                       | 歸納後主準則   |
|-----------|--------------------------------------------|----------|
| 感測與判斷精確度  | 無人載具與AI應用的基石，確保在多變環境下具備高度精確性與穩定性有一定的關聯性。   | 技術與系統可靠性 |
| 故障應變能力    |                                            |          |
| 網路穩定與資安防護 |                                            |          |
| 資源分配效率    |                                            |          |
| 多載具協同作業   | 無人載具的多元協同作戰能力，與增強戰場靈活性與任務效率有一定的關聯性。        | 戰術與運用整合  |
| 彈性戰術部署    |                                            |          |
| 人機協同運作    |                                            |          |
| 實戰演練與驗證   |                                            |          |
| 法規與倫理架構   | 確保無人載具應用的合法性與可持續性，需完善法規架構並提供穩定資源支持有一定的關聯性。 | 政策與資源支持  |
| 跨界技術合作    |                                            |          |
| 人才與資源培訓   |                                            |          |
| 穩定經費支持    |                                            |          |

資料來源：本研究整理

行民用無人載具並非以軍事任務為設計導向，然其於物流配送、路徑規劃、自主避障與多點協同等功能構想，對於軍事機動補給任務中無人載具系統的設計開發，具有高度參考價值。未來國軍可借鏡其模組化應用經驗，發展符合戰場需求之軍規化無人補給平台。

為能全面掌握無人載具系統在戰時機動補給中成功導入的可行性，除前述關鍵構面與評估準則外，尚須進一步考量實際應用過程中可能面臨的限制與外部挑戰。包含技術成熟度、法規配套及未來發展趨勢等因素，皆會直接或間接影響其導入效益與推動進程。以下彙整三項主要挑戰面向，以補足本研究於策略應用層面的整體考量。

(一)技術瓶頸與挑戰

- 1.感測器精度不足：現役無人載具的感測器性能在複雜地形環境下易受限制，例如高山地區和都市密集區的目標識別準確率較低。
- 2.自主導航能力有限：臺灣無人載具在自主導航方面的能力尚未達到國際水準，特別是在GPS訊號薄弱或無信號的環境中，導航系統易受干擾。
- 3.應用測試與驗證不足：無人載具系統的穩定性與可靠性在戰時條件下尚未充分測試，現有測試場景多集中於靜態環境，缺乏動態威脅模擬。

(二)法規限制

針對無人載具的法規主要集中在民航管理領域，對軍事無人載具應用的規

範尚屬空白，特別是在飛行區域、數據安全與作戰環境應用等方面。

(三)未來發展方向

持續推進無人載具系統與AI技術之整合應用，聚焦於高精度感測器、網路通訊穩定性、自主導航演算法與載具協同機制的優化，並結合本研究建議中「強化技術研發」、「完善系統整合」及「模擬實戰演練」等策略，逐步提升系統在戰場機動補給任務中的可行性與效能。

參、研究方法

一、研究設計

本研究主要探討影響戰時機動補給採用無人載具系統之成功關鍵因素，藉由蒐整國內外學者及研究者研究之相關文獻，獲得重要理論基礎，再結合專家訪談意見，以確立本研究之層級結構。透過AHP歸納並判定影響無人載具系統成

功導入的重要關鍵因素，並提出相關策略建議，以提升戰時機動補給的效能及系統穩定性。

二、問卷設計

本研究問卷發放對象涵蓋軍方、業界與學術界專家，具有代表性，詳見表五。

三、AHP層級架構

本研究初始問卷所擬定之3項主準則及12項次準則，經問卷資料彙整與分析結果顯示，專家普遍認為本研究設定的主準則與次準則具有較高的適切性與必要性，能確實切合研究主題，影響戰時機動補給採用無人載具導入成功的核心要素。但部分次準則的表述需要進一步明確定義與適用範圍，修正名稱使其具體化，並根據專家意見進一步修訂問卷內容。主準則專家均表認同，另於次準則部分，經統計問卷結果12項次準則，勾選須修正名稱計5項（感測與判斷精確度、故障應變能力、多載具協同作業、

表五 專家問卷發放說明表

| 人員類別 | 人數 | 百分比 | 挑選說明                                                        | 專業特徵            |
|------|----|-----|-------------------------------------------------------------|-----------------|
| 軍方人員 | 6  | 60% | 業務主管職*2（年資20年以上）<br>幕僚職*2（補給業務15年以上）<br>從事補給人員*2（補給資歷15年以上） | 熟悉國軍後勤運作與作戰需求   |
| 業界人士 | 2  | 20% | AI、無人機廠商（銷售資歷達10年以上）                                        | 精通無人載具技術研發與應用   |
| 學者   | 2  | 20% | AI、無人機領域研究專家（研究年資20年以上）                                     | 具備國際無人載具與AI研究經驗 |
| 合計   | 10 |     |                                                             |                 |

資料來源：本研究整理

人機協同運作、實戰演練與驗證)，刪除1項(跨界技術合作)，新增1項(技術標準統一性)，餘6項次準則，專家大多認為須納入關鍵成功要項，故依專家問卷結果，確認本研究正式問卷採3項主準則及12項次準則可滿足其成功關鍵因素(如圖二)。

## 肆、研究結果分析

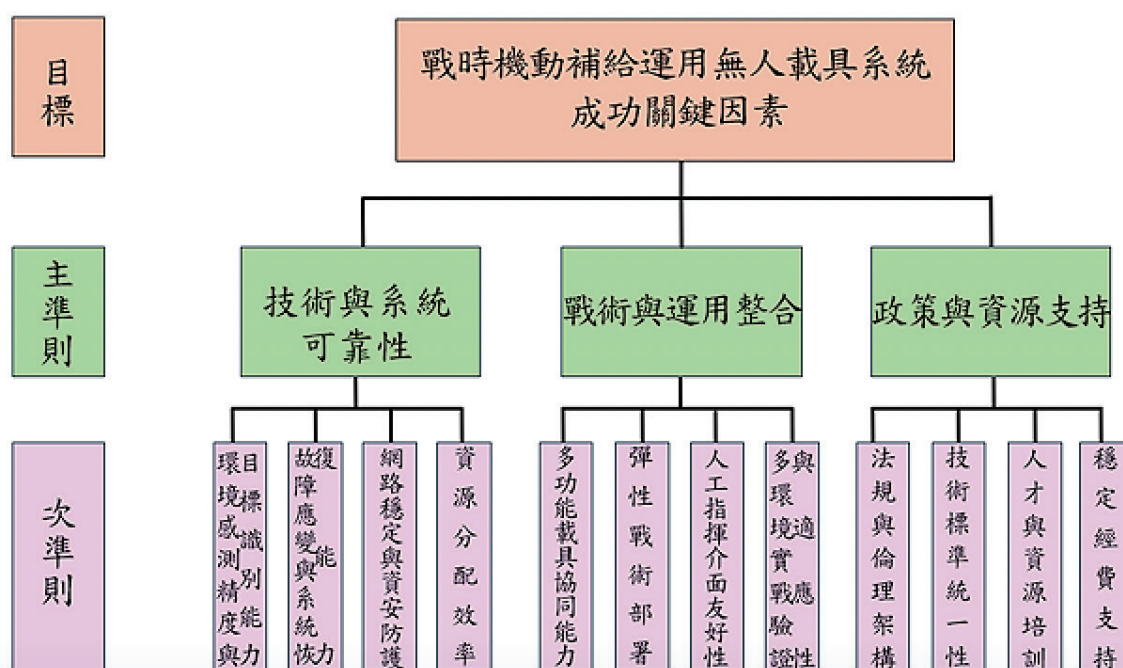
### 一、問卷資料分析

本研究問卷發放對象以國防部、陸勤部及相關單位等決策部門與實務督管執行人員，問卷發放時間為113年12月10

日至12月27日(共計18日)，採網路問卷方式實施發放，問卷發放數為22份，實際回收20份(業務主管6份、業務幕僚8份及補給作業人員6份，如圖三)，皆為有效問卷，回收率為90%。

### (一)主準則權重比序

依回收問卷結果進行資料分析，運用統計軟體(Expert Choice 11)，可得各主準則權重值，為本研究主準則整體評估狀況；經計算一致性指標C.I.值為0.03，C.R.值為0.05，符合一致性比率之要求，其評估項目的權重結果分別為技術與可靠性0.623，戰術運用與整合0.265，政策與資源支持0.112，整體結果如圖四所示。



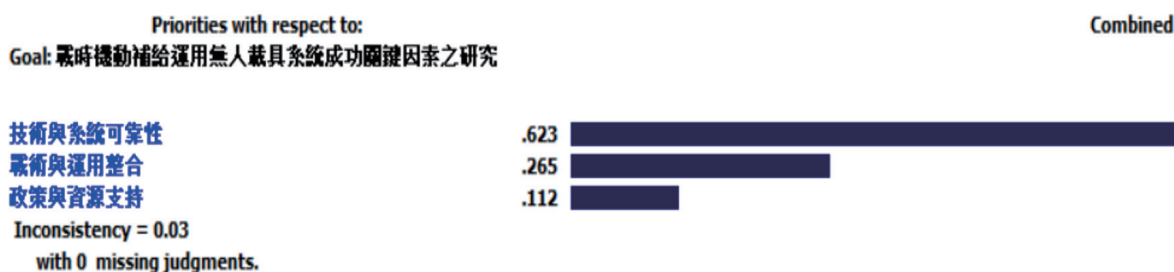
圖二 修正後AHP層級架構圖

資料來源：本研究繪製



圖三 問卷調查人員統計圖

資料來源：本研究繪製



圖四 主準則權重分析表

資料來源：本研究繪製

## (二)次準則權重比序

經計算一致性指標C.I.值為0.04，C.R.值為0.03，符合一致性比率之要求，分析權重前5項，分別為環境與感測精度與目標識別能力0.357、多功能載具協同能力0.152、網路穩定與資安防護0.134、故障應變與系統恢復能力0.074及人工指揮介面友好性0.066，整體結果如圖五。(圖五所示為各次準則之總權重，係以主準則權重乘以各次準則局部權重所得，僅作整體比較使用，非局部層級內之比例。)

## 二、綜合分析

整體權重排序如表六所示，針對主、次準則分析說明如下：

### (一)主準則分析

研究結果顯示技術與系統可靠性為成功之關鍵因素，其權重值達0.623，而戰術與運用整合(權重值為0.265)又比政策與資源支持(權重值為0.112)為重要，亦與學者蘇紫雲在2020年及楊富森2024年研究中得知技術與系統可靠性與無人載具系統具有正向顯著影響結果相





圖五 次準則權重分析表

資料來源：本研究繪製

表六 整體層級因素權重排序表

| 目標層                                  | 評估主準則            |            |    | 評估次準則         |              |    | 整體<br>權重 | 整體<br>排序 |
|--------------------------------------|------------------|------------|----|---------------|--------------|----|----------|----------|
|                                      | 項目               | 各構面<br>權重值 | 排序 | 項目            | 權重值各<br>評選指標 | 排序 |          |          |
| 戰時機動<br>補給採用<br>無人載具<br>系統成功<br>關鍵因素 | 技術與<br>系統可<br>靠性 | 0.623      | 1  | 環境感測精度與目標識別能力 | 0.597        | 1  | 0.357    | 1        |
|                                      |                  |            |    | 網路穩定與資安防護     | 0.225        | 2  | 0.134    | 3        |
|                                      |                  |            |    | 故障應變與系統恢復能力   | 0.124        | 3  | 0.074    | 4        |
|                                      |                  |            |    | 資源分配效率        | 0.054        | 4  | 0.033    | 9        |
|                                      | 戰術與<br>運用整<br>合  | 0.265      | 2  | 多功能載具協同能力     | 0.544        | 1  | 0.152    | 2        |
|                                      |                  |            |    | 人工指揮介面友好性     | 0.238        | 2  | 0.066    | 5        |
|                                      |                  |            |    | 多環境實戰驗證與適應性   | 0.137        | 3  | 0.038    | 7        |
|                                      |                  |            |    | 彈性戰術部署        | 0.081        | 4  | 0.023    | 10       |
|                                      | 政策與<br>資源支<br>持  | 0.112      | 3  | 法規與倫理架構       | 0.524        | 1  | 0.064    | 6        |
|                                      |                  |            |    | 人才與資源培訓       | 0.274        | 2  | 0.034    | 8        |
|                                      |                  |            |    | 技術標準統一化       | 0.134        | 3  | 0.016    | 11       |
|                                      |                  |            |    | 穩定經費支持        | 0.068        | 4  | 0.008    | 12       |

資料來源：本研究整理

符。<sup>15、16</sup>

在軍事組織的運作中，無人載具系統的引入需考量技術與戰場需求的整合性，包括系統穩定性、戰場環境適應能力及快速部署的彈性。在國軍的組織文化中，重視效率、規範與安全性，因此引入AI技術於無人載具系統，需全面考量系統穩定性與資源分配效率，特別是在戰時機動補給中。

然無人載具系統的優勢在於自動化程度高、反應迅速，能減少人員投入並提升作業效率。對於不同的任務環境，需根據作戰需求進行適應調整，如實施多環境實戰驗證與快速部署，以確保系統的可靠性。此外，整體而言，無人載具系統的導入能有效提升國軍野戰後勤能力，對於未來作戰效率及成功率將產生深遠影響。

## (二)次準則權重分析

分析結果顯示，「技術與系統可靠性」主準則中的「環境感測精度與目標

識別能力」被專家認為是影響無人載具系統成功導入的最重要關鍵因素，權重值為0.357。強調無人載具在作戰中必須具備精準的目標識別能力和環境感知能力，以應對多變的戰場需求，確保作戰任務的有效執行。

權重排序第二為「戰術與運用整合」主準則中的「多功能載具協同能力」，權重值為0.152，與學者范薰彥在2022年提到多載具協同作業能有效提升情報蒐集範圍與作戰效能結果相符合。<sup>17</sup>反映多載具間協同作業在聯合作戰和多樣化任務中的應用價值，特別是多功能載具協同運作能顯著提升整體作戰效率，並有效應對各種戰場挑戰。

權重排序第三為「技術與系統可靠性」構面中的「網路穩定與資安防護」，權重值為0.134，與學者李繼成在2024年提到強化網路穩定性與資安防護，能避免通訊中斷及數據被惡意篡改的風險結果相符合。<sup>18</sup>

- 
- 15 蘇紫雲(2020)，〈國防科技趨勢評估報告〉，《國家安全研究院年度報告》，97-99(檢索日期：民國114年9月30日)
- 16 楊富森(2024)，〈無人機的演進：一場跨世代的飛行與通訊傳播革命〉，《NCC NEWS》，18(1)，<https://newsweb.ncc.gov.tw/202403/ch1.html>(檢索日期：民國114年9月30日)
- 17 范薰彥(2022)，〈強化聯兵營戰術偵蒐效能：無人飛行載具運用作為之研究〉，《陸軍步兵季刊》，283，5-14。
- 18 李繼成(2024年5月4日)，AI技術在無人機配送場景中的運用，人工智能金融科技實驗室，<https://reurl.cc/ekYqyx>(檢索日期：民國114年9月30日)

權重排序第四為「技術與系統可靠性」主準則中的「故障應變與系統恢復能力」，權重值為0.124，與學者李華強在2023年提到建立完善的故障應變能力不僅能縮短恢復時間，還能提高應對突發事件的能力結果相符合。<sup>19</sup>強調無人載具在突發狀況下的應急能力和恢復能力，對於戰場環境下的持續作業具有關鍵作用。

權重排序第五為「戰術與運用整合」構面中的「人工指揮介面友好性」，權重值為0.066，與學者宋磊在2023年提到在自動化與人工指揮間取得平衡，確保決策準確性與執行靈活性結果相符合。<sup>20</sup>顯示操作員與無人載具之間的協同效率和操作便捷性對於整體作戰效能的重要性，能顯著提升任務執行的精確度與效率。

根據本研究的問卷資料分析，專家背景對主準則與次準則的重要性評估具有顯著影響，這反映專家職業屬性和專業經驗的不同對結果的導向性影響。以下針對專家背景對權重結果的影響進行綜合討論：

#### 1. 軍方專家

佔專家組成的60%，軍方專家對「技術與系統可靠性」的重視程度最高（平

均權重值0.643），特別強調：

- 「環境感測精度與目標識別能力」（次準則權重值0.357）：視為戰場快速偵查與目標鎖定的核心能力。
- 「網路穩定與資安防護」（次準則權重值0.134）：認為穩定的通訊與數據安全是保障作戰連續性的關鍵。

#### 2. 業界專家

業界專家佔20%，偏重「政策與資源支持」（平均權重值0.148），主要聚焦於「穩定經費支持」與「法規與倫理架構」，認為穩定的資金與清晰的法規是技術商業化與規模化應用的基石。

#### 3. 學術專家

學術專家佔20%，更關注「戰術與運用整合」（平均權重值0.284），主要關切：

- 「多功能載具協同能力」（次準則權重值0.152）：視為提升無人載具系統效能的核心因素。
- 對「人工指揮介面友好性」（次準則權重值0.066）：認為高效的人機協同可顯著增強作戰靈活性與準確性。

綜上分析，專家背景的多樣性使本研究結論具有更廣泛的視角，然而，由於軍方專家占比相對較高，可能在結果中形

19 李華強（2023年8月4日），後勤韌性 攸關北約援烏戰局成敗（上），青年日報，<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1605134>（檢索日期：民國114年9月30日）

20 宋磊（2023年8月26日），無人載具導入AI？重塑作戰模式，青年日報，<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1610420>（檢索日期：民國114年9月30日）

成對「技術與系統可靠性」的偏重，而對「政策與資源支持」的相對重要性低估，這進一步說明專家組成對研究結論的全面性與可靠性具有重要意義。

### (三)小結

綜上所述，在主準則中，專家選擇「技術與系統可靠性」為首要準則，顯示其對於無人載具系統成功導入的關鍵性；其次為「戰術與運用整合」，而「政策與資源支持」構面則排在第三位，說明其輔助支持的角色。在次準則分析中，專家指出「技術與系統可靠性」中的「環境感測精度與目標識別能力」是無人載具系統中最重要的關鍵因素，這主要因應無人載具在戰場環境中需要快速適應複雜地形與多變威脅的特性。環境感測精度直接影響目標識別的準確性，能提升無人載具的自主導航與威脅偵測能力。在應用場景中，這些能力可用於偵查任務（如快速發現敵方位置）、精準物資投送（如彈藥、醫療用品）及危險區域穿越等。此外，環境感測與目標識別的準確性也會影響其他次準則的表現，如網路穩定性及多載具協同作業的效率，顯示其在整體系統中的關鍵地位。

## 伍、結論與建議

隨著戰場型態與科技的快速演進，無人載具系統結合AI技術逐步成為現代軍事後勤的重要利器。為強化我國戰時機動補給作業的韌性與效率，本研究運用AHP，系統性探討導入無人載具系統於戰時機動補給作業之關鍵成功因素，藉以提供決策機關與實務部隊未來推動之參據。就本研究結果提出以下結論與建議：

### (一)結論

#### 1. 主準則評選結果

研究結果顯示，「技術與系統可靠性」為無人載具成功導入的最核心構面（權重0.623），代表系統的環境感測能力、通訊穩定性與故障應變能力是任務能否順利執行的根本基礎。其次為「戰術與運用整合」（權重0.265），反映無人載具在多樣化戰場場景中的協同能力與人機介面設計之重要性；「政策與資源保障」（權重0.112）則雖權重較低，但對整體系統之持續推動與規劃發展仍具關鍵支撐作用。

#### 2. 次準則評選結果

- **技術與系統可靠性：**在此構面中，專家一致認為「環境感測精度與目標識別能力」為最關鍵準則，具備準確感知與識別目標的能力，是任務成功的第一步。「網路穩定與資安防護」反映



出指揮通聯不中斷及資訊安全的重要性；而「故障應變與系統恢復能力」則為系統在突發狀況下能否快速重啟與持續作業的關鍵。

- **戰術與運用整合：**以「多功能載具協同能力」為最重要因素，說明未來作戰中無人載具須具備多載具間任務分工與協作能力；而「人工指揮介面友好性」則關係到指揮官能否迅速判讀並有效下達指令，是戰術應用成功與否的重要關鍵。
- **政策與資源保障：**「法規與倫理架構」居此構面首位，表示需有合規合法的操作依據，避免誤用或濫用風險。「人才與資源培訓」是維持系統可長可久運行之基礎，而「技術標準統一性」與「穩定經費支持」則攸關系統整合性與推動持續性。

### 3. 綜合結果而言

總體而言，「技術與系統可靠性」構面下的各項準則均屬任務執行的根本要素，具備感測精度、穩定連網與系統應變能力的無人載具，方能於戰場中發揮最大價值；「戰術與運用整合」與「政策與資源保障」兩構面則提供操作便利與後勤支援，有效協助系統之部署與使用。

## (二)建議

隨著現代戰場型態快速演變，無人

載具系統在補給作業中的應用需求日益明確，尤其在地形複雜、風險較高的作戰環境下，更能發揮其高效率與低風險之優勢。根據本研究彙整專家經驗與關鍵準則權重結果，提出以下幾項具實務參考性的建議：

1. 強化技術基礎與應用驗證，提升系統可靠性
- **技術突破方向：**聚焦「環境感測精度」與「多載具協同」，優化自主導航與感測器性能，適應臺灣多樣地形需求。
- **模擬與測試：**開展多場景模擬演練與技術試行，針對物資運輸、戰場偵察及後勤補給等多場景應用，逐步驗證無人載具在各種任務中的穩定性與適應性，收集運行數據，優化系統設計與操作流程。
- **模擬實戰測試：**定期舉行模擬演練，針對高風險區域與複雜地形進行性能優化，確保無人載具於實際戰場環境下的可靠性與實效性。
2. 優化系統整合與戰術運用，推動協同作業
- **多型載具協同：**發展不同型號無人載具之協同作業模式，實現任務分工與互補，提高作戰執行效率。
- **指揮介面便捷化：**設計直觀友善的人機指揮介面，降低操作門檻，提升指揮

與操作效能。

- **模擬訓練系統建置：**建立逼真的模擬訓練環境，加強操作人員技能培訓，提升系統的可靠性與熟練度。
- 3. **建構政策與資源支援體系，推動發展與法規完善**
- **政策扶持與法規建置：**加大對無人載具研發與應用的政策支持力度，建立完整的無人載具應用法規，明確責任歸屬與運用規範。
- **資源穩定投入：**設立專案專款基金，穩定支持無人載具技術之持續研發與升級，並制定長期發展藍圖，涵蓋測試、部署及整合進後勤體系的進程。
- **國際合作：**積極參與國際合作與交流，引進國外先進技術與經驗，縮短我國無人載具技術成熟週期。
- 4. **推動專才培育與軍民合作，提升整體應用效能**
- **專業人才培養與持續培訓：**加強無人載具操作、維護、研發專業人才的培育，並針對不同層級人員開展系統性持續教育與訓練。
- **建立軍民合作模式：**與民間物流企業建立合作機制，借助民間配送網路與數據分析技術，優化無人載具補給路線，提升戰場應急能力。

無人載具系統的發展是未來軍事現

代化的重要方向，同時在救災與平時任務中也具有廣泛應用潛力。通過強化技術研發、完善系統整合、加強政策支持、人才培育及實戰演練，無人載具不僅能在戰時機動補給中發揮優勢，提升我軍整體作戰能力，還可有效應對國內救災與緊急應變需求。在面對平時人力短缺的挑戰時，無人載具能執行高風險或高負荷的運輸與偵查任務；在重大災害中，無人載具則可快速部署至災區，進行物資投送、生命探測及情報收集等關鍵任務，為國家提升應變效率與救援能力提供有力支持。

### 作者簡介

蕭孟哲少校，陸軍官校98年班畢業。通訓中心正規班102年班、國防大學指參班114年班。曾任排長、連長、後勤參謀官，現為國防大學戰研班115年班學員。

### 作者簡介

藍碧玲上校，國防大學管理學院85年班，國防大學空軍指揮參謀學院99年班，戰略與國際事務研究所104年班，曾任補給官、化兵官、科長、中隊長、副指揮官，現任職國防大學管理學院國管中心主任教官。