

——黃澤維、呂宗翰——

武器系統效能導入「作戰需求文件」統合分析之研究—— 以攻擊直升機為例

提要

- 一、現行武器系統採購決策程序，由單位於「作戰需求文件」階段，僅依作戰任務需求考量分析後，直接提出武器系統品項採購建議，後續「整體獲得規劃書階段」才將武器系統效能納入綜合評析，恐將影響後續武器系統妥善率、零附件備料或預算支出等後勤維保問題。
- 二、本研究以採購攻擊直升機為例，經文獻蒐集建立美國陸軍裁判準則相關構面，導入WSEIAC模型架構MTBF（平均故障間隔時間）、MTTR（平均維修時間）、武器系統效能等後勤維保因素，運用客觀的熵值權重法求出各構面間的權重值，將獲得的數據由TOPSIS方法排序出較優方案。
- 三、武器系統效能先期導入作需文件之統合分析模式，排序結果可提供作戰需求單位或政策指導單位作為決策判斷的參考依據，以降低軍購程序疏失與弊端，可如期獲致適質適量之武器裝備，並達成國防資源分配與運用最佳化。

關鍵詞：作戰需求文件、WSEIAC、美國陸軍裁判準則、TOPSIS、攻擊直升機

圖片來源：DoD





壹、前言

國軍依「防衛固守，重層嚇阻」之軍事戰略，思考與強化「創新／不對稱」戰力，武器系統發展將以「機動、隱匿、快速、價廉、量多、損小、效高」為方向，作為未來軍事投資重點，檢討各項軍備獲得優序，遏止中共武力犯臺。¹ 當臺海戰事進行到國土防衛作戰階段，尤以遂行反登陸作戰任務時，陸軍常在海、空劣勢狀況下遂行獨立作戰，故「民國98年國防報告書」中初次揭櫫「籌購新型攻擊直升機及新型通用直升機，強化立體作戰能力」為建軍規劃目標。

攻擊直升機具有速度快、火力強大、不受地型限制、易隱匿等特性，可以瞬間瓦解敵方的地面裝甲部隊攻勢，同時可兼任前進觀測的任務，為我方砲兵或地面部隊提供敵方的最新位置與情報，在戰術運用上遠比傳統的主力戰車或裝甲部隊靈活，² 因此，國軍依據安全威脅、軍事戰略構想及未來聯合作戰需求等考量，向美國籌購獲得AH-64攻擊直升機，以有效提升聯合作戰能力。

現行武器系統採購決策程序，由單位於「作戰需求文件」階段，僅依作戰任務需求

考量分析後，直接提出武器系統品項採購建議，後續「整體獲得規劃書階段」才將武器系統效能納入綜合評析，恐將影響後續武器系統妥善率、零附件備料或預算支出等後勤維保問題。將武器系統效能先期導入「作戰需求文件」，並運用科學方法進行統合分析，要如何能完成「作戰任務需求」及「後勤維保能力」同時兼顧的決策，是值得深思及探討的問題。

貳、文獻回顧與現況檢視

一、AH-64攻擊直升機採購案例

陸軍準備引進AH-64攻擊直升機時，曾引起諸多爭議，例如陸軍已擁有AH-1W攻擊直升機，何需引進另一款完全不同型式的攻擊直升機等；另在陸軍宣布將增購新型攻擊直升機時，美國貝爾直升機公司也提出AH-1Z新型攻擊直升機參與競逐，其與本國現役UH-1Y及AH-1W攻擊直升機，在後勤維修與零組件共通性較高，可大幅減化後勤系統的複雜度與費用。³

雖然AH-64攻擊直升機在波灣戰爭中大出風頭，但是在經歷實戰後，也曝露出這款

- 1 中華民國106年國防報告書編纂委員會，〈中華民國106年國防報告書〉（臺北：國防部，民國106年12月），頁74。
- 2 紀永添，〈淺談臺灣購買阿帕契攻擊直升機的軍事價值與問題！〉，臺灣新社會智庫，<http://www.taiwansig.tw/index.php>，檢索日期：西元2018年10月5日。
- 3 同註2。



精密攻擊直升機的後勤維修不易、在前線常有妥善率不佳的問題。爰此，該型機籌獲後的維保能力問題，使社會輿情對此採購案議論紛紛。再者，AH-64E攻擊直升機自2013年11月起分批交運返臺後，陸續發生尾齒輪箱生鏽及使用料件超出預估數量的問題，一度造成妥善率低落的窘境，另本國又未取得美方授權的高等級維修能力，必須將多批裝備回送美國原廠維修，費用高達9億2千多萬元新臺幣，顯見此項武器系統採購決策備受爭議。

對於任何國家來說，武器裝備的採購都是為了滿足國防建設的需要，長期以來武器裝備的戰術、火力性能一直受到人們的高度重視，性能優良的裝備成了採購的主要目標。可是隨著新技術的不斷出現和應用，妥善率低落嚴重影響著武器裝備的作戰效能，人們逐步認識到只追求性能先進是不夠的，裝備必須具有一定的可靠度，且便於維修和維護，不僅要買的起，還必須要用的起。

二、妥善率定義

妥善率 (Availability) 是一種以比率或機率形式來評估系統可正常運作之一種度

量，也表示機隊在任何時間能安全飛行飛機數量的比例，而妥善率也是衡量武器裝備作戰能力的指標，表示可執行作戰任務之能力。⁴

依美國陸軍航空保養規範，⁵ 裝備狀態區分為全妥善 (Fully Mission Capable, FMC) 及非妥善 (Not Mission Capable, NMC) 兩類型。在全妥善狀態下，可以派遣執行各項作戰及訓練任務，非妥善狀態可區分因計畫性維護停飛造成之非妥善 (Not Mission Capable Maintenance, NMCM)，與因非計畫性維護造成之非妥善 (Not Mission Capable Supply, NMCS)，如：臨機故障、接獲緊急飛安訊息、技術通報、修改工作命令等狀況使飛機處於停飛狀態。

Blanchard & Fabrycky (2011)⁶ 將妥善率分3種：

- (一) 固有妥善率 (Inherent Availability, A_i)：當系統僅考慮非計畫性維護的理想支援環境，即它不考慮預防、定期維護動作、後勤的延遲時間及管理的延遲時間，而能滿足在某特定時間下，系統可正常功能運作的機率，

4 Oliver, S. A., Johnson, A. W., White E. D., & Arostegui, M. A, "Forecasting readiness: Regression analysis techniques," Air Force Journal of Logistics (Gunter AFS), Vol. 25, No. 3 (2001) , p. 1.

5 Department of the Army Pamphlet 738-751: Functional Users Manual for the Army Maintenance Management System— Aviation (TAMMS-A). (Washington, DC: Department of the U. S. Army Headquarters, 1999) , p. 3-13 .

6 Blanchard, B. S., & Fabrycky, W. J., Systems engineering and analysis. (Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 2011).

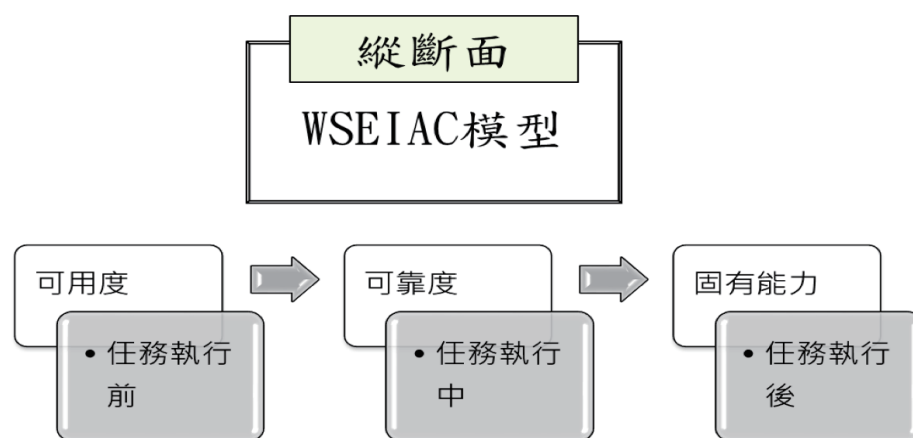


稱之固有妥善率。

- (二) 可達妥善率 (Achieved Availability, A_a)：當系統在同時考慮計畫性維護及非計畫性維護的理想支援環境，而能滿足在某特定時間下系統可正常功能操作的機率，稱為可達妥善率。
- (三) 操作妥善率 (Operational Availability, A_o)：當系統在實際運作環境及指定狀況條件，因任務需要而能滿足在某特定時間下，系統可正常功能操作的機率，稱為操作妥善率。

因各國戰備任務與環境狀況均不同，考慮非計畫性維護的理想支援環境，其不考慮預防、定期維護動作、後勤的延遲時間及管理的延遲時間較符合，故本研究以固有妥善率算法來求取武器系統可用度。

三、WSEIAC系統效能模型



圖一 WSEIAC系統效能模型圖

(資料來源：本研究繪製)

WSEIAC模型係美國工業界裝備效能諮詢委員會 (The Weapon System Effectiveness Industry Advisory Committee, WSEIAC) 於1960年代協助美國空軍所建立，是目前應用最廣泛的系統效能模型，它將系統的可靠性、維修性、保障性和固有能等要素綜合為可用度 (A)、可靠度 (D) 和固有能 (C) 等3個指標效能，如圖一所示；系統效能 $E=A*D*C$ 。⁷

本研究運用WSEIAC系統效能模型評選武器系統，該模型主要針對武器系統執行任務前 (可用度)、中 (可靠度)、後 (固有能) 狀態實施度量，從不同的時間點中實施評估，符合縱斷面探討連續過程所展現能力評估的考量。且解析法是應用解析式去求解數學模型的方法，適用於不考慮對抗條件下的武器系統效能評估和簡化條件下的宏

觀作戰效能評估，優點為計算公式簡單、易於了解，方便運用於各國攻擊直升機平均故障間隔時間 (Mean Time Between Failure, MTBF) 和平均維修時間 (Mean Time To Restoration, MTTR) 相關數據計

7 王玉泉，《裝備費用—效能分析》(北京：國防工業出版社，西元2010年12月)，頁59-60。



算出武器系統可用度(A)和可靠度(D)，另以作戰毀傷效能指數(Operational Lethality Index, OLI)算法求出各國攻擊直升機綜合戰力指數為固有能力(C)，最後代入 $E=A*D*C$ 模型求出系統效能值。

四、美國陸軍裁判準則

裁判基準包括部隊戰力評定、接觸裁定、傷亡、損害、人員軍品鹵獲、障礙設置、勤務支援效能等評定之要領，為裁判各種演習之準據。演習中火力計算，賦予每一種武器量化數值，稱為武器效能評分。武器效能評分也引用美國陸軍裁判準則，分別以火力、機動力及生存力三者求得武器的指數，⁸如圖二所示。

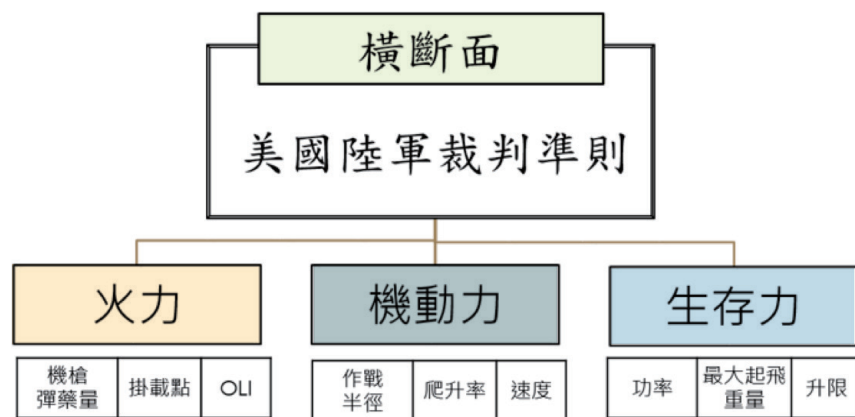
本研究運用美國陸軍裁判準則評選武器系統，該準則主要針對單一型武器系統在戰

場上現有狀況實施度量，如同一時間點武器系統表面所顯示資料實施評估，符合橫斷面探討同一武器同時能力評估的考量。

五、國防武器系統獲得作法

國防部為發展有效因應未來作戰之武器系統與裝備，依《國防法》第22條規範，結合民間產、學、研技術能力，積極建立武器研發、生產與全壽期支援能量，增進國防自主科技能力，並藉向國外採購，進行工業合作及技術移轉，以達成振興國防產業及國防自主目標，⁹我國武獲方式係以外購及研發兩種方式並重的型態，依《政府採購法》採購國家均非共產國家為主，研發部分則以中科院為主要研發設計單位，由於本研究主要探討武器系統效能導入作需文件之影響，有關研發部分不予討論，僅置重點於外購型態模式。

武器系統獲得流程，主要考量「十年建軍構想」、敵情威脅及政府財力等條件下，訂定「五年兵力整建計畫」，隨後再依「國軍武器裝備獲得建案作業規定」，分別依序完成作戰需求文件、整體獲得規劃書等二階段，如圖



圖二 美國陸軍裁判準則模型圖

(資料來源：本研究繪製)

8 蘇恆生，〈作戰區野戰防空武器數量需求模式建構〉（臺北：國防大學資源及決策管理研究所碩士論文，西元2009年），頁13。

9 同註1，頁93。



三所示。所有的軍事投資建案於完成全案及分年工作計畫後，交付立法院審議，通過後依計畫執行武器獲得作業，並在完成採購作業後，賡續辦理專案管理、履約管理及成軍部署等作業。關於武器系統獲得，從徐作聖、陳仁帥（2004）及潘東豫、王文祥、費吳琛（2003）等學者針對國軍主要武器裝備獲得策略之研究可知，武器獲得於作戰需求階段應考量多元因素及問題，才能在可獲財力下編列合理國防預算，籌獲所需防衛性武器。^{10、11}

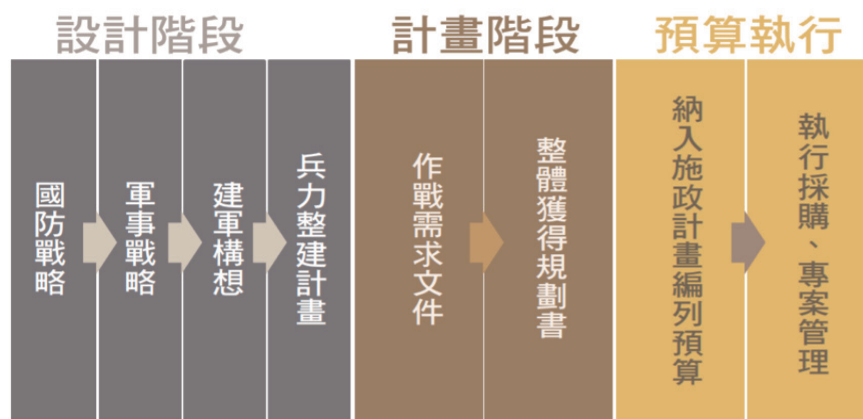
參、研究方法

本研究武器系統以攻擊直升機為例，而攻擊直升機依用途可分運輸、反潛、偵查等機型，考量國防戰略構想為達成平、戰時三軍聯合作戰機制，提升三軍聯合作戰效能目的，需具有對地、對空聯合作戰性能，且受限於採購法排除共產國家，符合

機型共計AH-64E、AH-1Z、CSH-2、A-129、PAH-2等5架為本研究對象，各國攻擊直升機任務與武器性能如表一所示，並應用本研究方法，整合「美國陸軍裁判準則」與「WSEIAC模型」等兩觀點，運用TOPSIS之方法進行攻擊直升機評估。

一、WSEIAC模型

WSEIAC模型屬於解析法，此模型是美國工業界武器系統效能諮詢委員會建立的，是目前應用最廣泛的系統效能之模型，它將系統的可靠性、維修性、保障性和固有能力等因素綜合為可用度（A）、可靠度（D）和固有能力（C）等3個指標效能，其模型為 $E=A*D*C$ ，方程式如下：



圖三 國軍武器獲得流程圖

（資料來源：中華民國106年國防報告書）

- 10 徐作聖、陳仁帥，〈我國武器系統自力研發策略之探討〉《國家政策季刊》（臺北市），第3卷第3期，行政院研究發展考核委員會，西元2004年9月，頁203-218。
- 11 潘東豫、王文祥、費吳琛，〈我國武器獲得方式影響因素研究〉《科技管理學刊》（新竹市），第8卷第4期，中華民國科技管理學會，西元2003年12月，頁24-25。



表一 攻擊直升機分析表

生產國		美國	美國	南非	義大利	德法合作
軍種		陸軍	海軍陸戰隊	空軍	陸軍	陸軍
機種						
		AH-64E (阿帕契)	AH-1Z (蝰蛇)	CSH-2 (石茶隼)	A-129 (貓鼬)	PAH-2 (虎式)
任務		聯合作戰指揮管制、目標獲得、戰場管理、對敵縱深地區目標打擊	空中、海上巡邏、火力搜索、火力支援、地面重要目標攻擊	空中支援和反坦克、反火炮作戰，以及為直升機護航	執行反裝甲、對地攻擊、武裝偵察、火力支援和護航	執行反裝甲、對地攻擊、武裝偵察、火力支援和護航
武器	固定	30公釐鏈砲	20毫米機砲	20毫米機砲	20毫米機砲	30公釐鏈砲
	選掛	1. 地獄火飛彈 2. 刺針飛彈 3. 佩槍式反輻射飛彈 4. 響尾蛇飛彈 5. 火箭彈	1. 地獄火反戰車飛彈 2. 地獄火反艦飛彈 3. 響尾蛇飛彈	1. 火箭彈 2. ZT-3反坦克導彈 3. V3B空對空導彈	1. BGM-71拖式導彈 2. 非制導火箭 3. 刺針飛彈 4. 西北風空對空導彈	1. PARS 3 LR反坦克導彈 2. 非制導火箭 3. 刺針飛彈 4. 西北風空對空導彈

資料來源：本研究整理

可用度(A)：

$$A_i = \frac{MTBF}{MTBF + M_{ct}} \quad (1)$$

式中：MTBF：平均故障間隔時間；

M_{ct} ：平均維修時間

可靠度(D)：

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} \quad (2)$$

$$D = \exp(-\lambda)$$

式中： λ =故障率

固有能(C)：

$$TLI = RF * R * A * C * RN \quad (3)$$

$$C = OLI = \frac{TLI}{DI}$$

式中：RF為射擊速度(次/小時)、R為可靠性(擊發數/次)、A為精度(擊中數/擊發數)、C為殺傷效能(傷亡數/擊中數)、RN為射程因子、TLI：理論殺傷效能指數、OLI：作戰殺傷效能指數、DI：為疏散因子。

二、美國陸軍裁判準則分析

本研究運用美國陸軍裁判準則建立層級架構，以往各層級準則主要採用以問卷方式



求出相關數據，專家學者之人數及人選為其主要限制，若受訪專家人數過多或人選認定標準的偏差，將影響分析結果的一致性。所以為避免人為主觀判斷造成武器系統評選偏差，本研究以實際客觀數據評估武器系統，首先以美國陸軍裁判準則中的火力、機動力、生存力建立層級架構，再由文獻探討中整理武器系統性能建立次準則，相關次準則定義如下：

- (一) 火力：機槍彈藥量、掛載點、OLI值。
- (二) 機動力：作戰半徑、爬升率、速度。
- (三) 生存力：功率、最大起飛重量、升限高度。

三、準則權重計算—熵值權重法

首先經由每一屬性對各替選方案之衡量值所求算出的熵值，來說明該屬性對整個決策狀況所能傳遞之決策資訊的程度，此程度表示決策資訊傳遞的不確定性。然後再比較各個準則的熵值，計算出彼此間的相對重要性，即相對權重。由於熵值權重是利用評估矩陣表中的資訊求得，故屬於客觀權重，有關熵值權重法的計算步驟如下：¹²

步驟一：依原始資料建構評估矩陣D

考慮n個評估準則， $C_j (j=1,2,\dots,n)$ ，m個備選方 $A_i (i=1,2,\dots,m)$ ，依其第m個方案在第n個準則下之績效值 x_{mn} ，建構原始矩陣：

$$D = \begin{bmatrix} X_{11} & \cdots & X_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{m1} & \cdots & X_{mn} \end{bmatrix}_{m \times n} \quad (4)$$

步驟二：建構標準化原始評估矩陣

運用矩陣標準化，歸一各項準則之不同評估屬性，以使各準則兼具客觀比較之基準，求取其準則單位之一致性與可比較性，標準化之評估矩陣如後：

$$R = [r_{ij}], r_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}} \quad (5)$$

其中， $i = 1, 2, \dots, m$
 $j = 1, 2, \dots, n$

步驟三：計算各評估準則之熵值

設定目標屬性的熵(e_j)測度結果，要注意此處的熵(e_j)值範圍應介於 $0 \leq e_j \leq 1$ ，k值為正值常數，而 $k = \frac{1}{\ln m}$ (m為決策方案數)。

$$e_j = -k \sum_{i=1}^m r_{ij} \ln r_{ij} \quad (6)$$

其中， $i = 1, 2, \dots, m$
 $j = 1, 2, \dots, n$

步驟四：預期比較均等權重

$$W_j = \frac{1 - e_j}{\sum_{j=1}^n 1 - e_j} \quad (7)$$

其中， $i = 1, 2, \dots, m$
 $j = 1, 2, \dots, n$

12 陳文亮、陳姿樺，〈應用熵值權重法與TOPSIS法於布料摺飾設計評估決策模式之研究〉《設計學研究》(桃園)，第11卷第1期，中原大學設計學院，西元2008年7月，頁29。



四、武器系統評選—理想解類似度順序偏好法

理想解類似度順序偏好法 (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution Method, TOPSIS) 的基本觀念在於界定正理想解與負理想解，根據設定好的幾個評價對象與理想化目標的接近程度近排序，對於多準則決策分析而言是一種很有效的方法。TOPSIS是由Hwang & Yoon¹³於1981年提出，所謂正理想解乃是由各替選方案效益性評估值最大者，成本性評估值最小者所構成之解，反之負理想解乃是由各替選方案效益性評估值最小者，成本性評估值最大者所構成之解。然後以距正理想解最近，且距負理想解最遠的方案為最佳的選擇方案。¹⁴

理想解類似度順序偏好法的計算步驟如下：

步驟一：建立正規化 (Normalization) 的評估矩陣

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^s x_{ij}^2}} \quad (8)$$

步驟二：建立具有權重的評估矩陣

已知權重值總和為一的權重向量 $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ ，並將權重向量乘上經過標準化之評估矩陣，取得方案的評估矩陣。

$$V = \begin{bmatrix} v_{11} & \cdots & v_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{m1} & \cdots & v_{mn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & \cdots & w_n r_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ w_1 r_{m1} & \cdots & w_n r_{mn} \end{bmatrix} \quad (9)$$

步驟三：決定正理想解 (A^+) 與負理想解 (A^-)

$$\begin{aligned} A^+ &= \{ (\max_i v_{ij} | j \in J), (\min_i v_{ij} | j \in J) | i = 1, 2, \dots, m \} = \{v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+\} \\ A^- &= \{ (\min_i v_{ij} | j \in J), (\max_i v_{ij} | j \in J) | i = 1, 2, \dots, m \} = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\} \end{aligned} \quad (10)$$

步驟四：計算分離度

方案間的分離度依據歐基里得距離方程式，將各個替選方案中的每一項評估矩陣值與理想解、負理想解的值作運算，則每一方案距離理想解的分離度 S_i^+ 與負理想解的分離度 S_i^- 分

13 Hwang, C. L. and Yoon, K., Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications. (New York: Springer -Verlag, 1981).

14 簡志郎，〈模糊理論與TOPSIS法於失效模式與效應分析之應用〉（臺中：逢甲大學工業工程學系碩士論文，西元2003年）。



別為：

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2}, i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2}, i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n$$
(11)

步驟五：計算與理想解之相對接近程度

根據下式計算理想解相對接近度，若相對接近度越趨近於1時，表示該項預設方案距離理想解越近，同時表示該方案為相對於其他可供選擇方案中之較佳方案，反之，若相對接近度距離1越遠時，則為較差的方案。

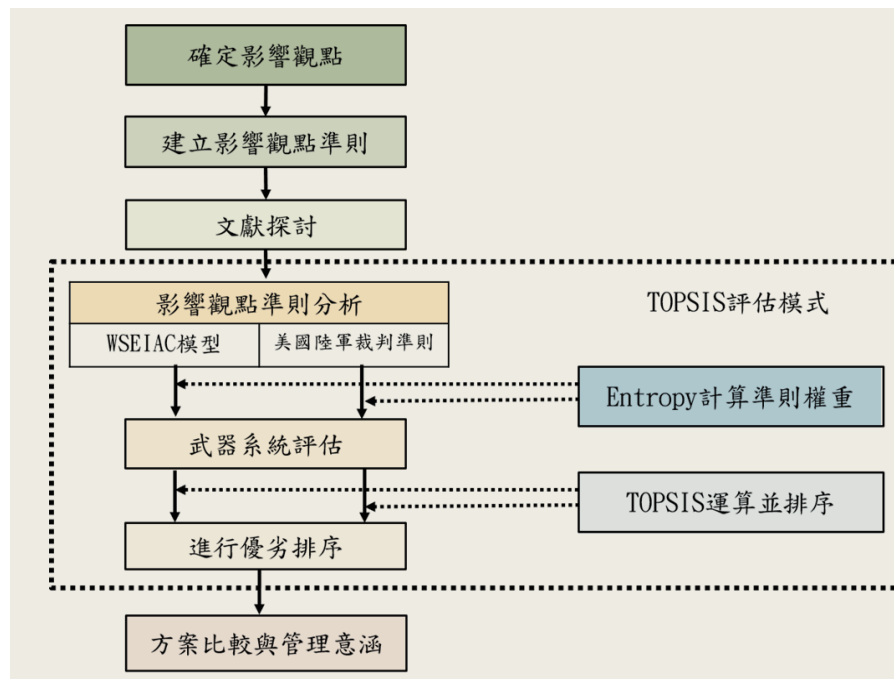
$$C_i = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-} \quad (12)$$

步驟六：替選方案排序

根據各方案距離理想解的相對接近值的大小來決定優先順序，值越大表示該方案越優。此方法可避免產生某一方案距正理想解最近，同時也距負理想解最近，以及距正理想解最遠，又距負理想解最遠而無法比較的窘境。¹⁵

五、武器系統研究模式架構

本研究首先針對全世界攻擊直升機篩選出符合研究範圍共計5架，由上揭式(4)至式(7)係「熵值法」之運算程序與式(8)至式(12)係「理想解類似度順序偏好法」之運算程序，針對「WSEIAC模型」與「美國陸軍裁判準則」等兩觀點實施評估分析，其研究模式架構圖如圖四所示。



圖四 研究模式架構圖 (資料來源：本研究繪製)

15 學威寧，〈結合AHP與TOPSIS法於供應商績效評估之研究〉《科學與工程技術期刊》(彰化)，第1卷第1期，大葉大學，民國94年6月，頁75-83。



肆、實例驗證

本章節旨在根據WSEIAC模型與美國陸軍裁判準則兩套觀點探討與攻擊直升機性能數據相關因素，運用熵值法與TOPSIS進行排序結果分析。本章總計包含三階段：第一階段，攻擊直升機WSEIAC分析；第二階段，攻擊直升機美國陸軍裁判準則分析；第三階段，結合兩套觀點綜合分析。

一、攻擊直升機WSEIAC分析

WSEIAC模型是將系統的可靠性、維修性、保障性和固有能力的因素綜合為可用度(A)、可靠度(D)和固有能力的(C)等3個指標效能，其模型為 $E=A \times D \times C$ 。本研究MTBF與MTTR參數的取值以詹氏年鑑、官方網站為主，另各國攻擊直升機執行任務與裝備性能均不相同，故採用固有妥善率代入(1)式求得可用度(A)，代入(2)式求得可靠度(D)，代入(3)式求得固有能力的(C)，攻擊直升機WSEIAC分析如表二所示。

二、攻擊直升機美國陸軍裁判準則分析

美國陸軍裁判準則構面區分為火力、機動力、生存力等3個效能進行研究，常是被廣泛引用於判斷武器系統效能的重要指標，並為部隊軍事演習與訓練測考之依據。本研究以美國陸軍裁判準則建立層級架構，再依武器系統性能建立次準則，並代入相關武器性能諸元客觀參數，攻擊直升機主構面之關係矩陣如表三所示。

三、攻擊直升機TOPSIS分析

本階段是將上述WSEIAC模型與美國陸軍裁判準則兩觀點進行TOPSIS分析，求出最佳方案。本研究採用熵值權重法經由公式(6)、(7)運算，可得WSEIAC模型與美國陸軍裁判準則各評估準則之權重。

整體評估結果將正規化之評估矩陣分別乘上其權重根據公式(9)計算，即可求得WSEIAC模型與美國陸軍裁判準則具有權重之評估矩陣。根據加權後之決策矩陣，以公式(10)求出本次美國陸軍裁判準則評選與

表二 攻擊直升機WSEIAC分析表

直升機	可用度	可靠度	能力	系統效能
AH-64E	0.992226795	0.997698505	570.16	564.4260091
AH-1Z	0.999156506	0.999232835	428.30	427.6104320
CSH-2	0.992226795	0.997698505	403.09	399.0362003
A-129	0.996022032	0.998465081	384.47	382.3528077
PAH-2	0.999337212	0.999263352	306.66	306.2309986

資料來源：本研究整理



WSEIAC模型之一組正負理想解，詳如表四、五所示。

根據公式(11)計算各方案與正負理想解之距離，詳如表六所示。最後，依據公式

(12)計算各方案之相對接近度(即 C_i 值)，並據以排列方案之優劣次序。相對接近度值越大，表示距正理想解越近，同時距負理想解最遠，即為備選方案中最好之選擇。

表三 攻擊直升機主構面之關係矩陣

構面	火力			機動力			生存力		
次準則	機槍彈藥量	掛載點	OLI	作戰半徑(km)	爬升率(m/s)	速度(km/h)	功率(s)	最大起飛重量	升限(m)
AH-64E	1,200	6	570.16	480	12.7	293	1,490	10,433	6,400
AH-1Z	750	6	428.30	416	14.2	411	1,300	8,390	6,100
CSH-2	750	4	403.09	292	12.0	309	1,356	8,750	6,000
A-129	600	4	384.47	250	10.2	280	750	4,600	4,725
PAH-2	600	4	306.66	200	6.4	322	1,285	6,000	2,000

資料來源：本研究整理

表四 裁判準則正負理想解

構面	火力			機動力			生存力		
次準則	機槍彈藥量	掛載點	OLI	作戰半徑(km)	爬升率(m/s)	速度(km/h)	功率(s)	最大起飛重量	升限(m)
正理想解	0.3131	0.1439	0.1577	0.3432	0.1208	0.0377	0.0995	0.1833	0.2703
負理想解	0.1565	0.0959	0.0848	0.1430	0.0544	0.0257	0.0501	0.0808	0.0844

資料來源：本研究整理

表五 WSEIAC模型正負理想解

	平均故障時間(MTBF)	平均維修時間(MTTR)	武器系統效能
正理想解	0.295868950	0.074666896	0.0448906
負理想解	0.094625737	0.282074940	0.0243555

資料來源：本研究整理



從表七評估之方案排序結果可知，依美國陸軍裁判準則評選出之最佳攻擊直升機為AH-64E，其相對接近度值為0.9543，是所有方案中數值最大者；PAH-2是相對接近度值最小的（即 C_i 值=0.1127）；另依WSEIAC模型評選出之最佳攻擊直升機為AH-1Z，其相對接近度值為0.9210，是所有方案中數值最大者；CSH-2是相對接近度值最小的（即 C_i 值=0.0248）。

四、TOPSIS綜合分析

為達成本研究目的，精進武器系統需求獲得建案作業效率與品質，籌獲最符合作戰任務需求及後勤維保效益的武器系統，將MTBF、MTTR、武器系統效能等後勤維保因素，結合美國陸軍裁判準則形成綜合分析構面之關係矩陣，如表八所示。

同上述算法採用熵值權重法經由公式（6）、（7）運算，可得各評估準則之權重，如表九所示。

表六 攻擊直升機正負理想解距離

	美國陸軍裁判準則		WSEIAC模型	
	S^+	S^-	S^+	S^-
AH-64E	0.016749	0.350113	0.288993	0.020535
AH-1Z	0.137957	0.262960	0.023072	0.269077
CSH-2	0.194879	0.210591	0.289292	0.007381
A-129	0.275247	0.126625	0.209274	0.081733
PAH-2	0.342756	0.043562	0.020535	0.288993

資料來源：本研究整理

表七 攻擊直升機排序結果

	美國陸軍裁判準則		WSEIAC模型	
	C_i	排序	C_i	排序
AH-64E	0.954344984	1	0.066343113	3
AH-1Z	0.655897060	2	0.921025012	1
CSH-2	0.519375559	3	0.024879513	5
A-129	0.315088148	4	0.280861135	4
PAH-2	0.112761953	5	0.833656887	2

資料來源：本研究整理



表八 綜合分析構面之關係矩陣

構面	火力			機動力			生存力			WSEIAC模型		
次準則	機槍 彈藥量	掛載點	OLI	作戰半徑 (km)	爬升率 (m/s)	速度 (km/h)	功率 (s)	最大 起飛重量	升限 (m)	MTBF (h)	MTTR (h)	系統 效能
AH-64E	1,200	6	570.16	480	12.7	293	1,490	10,433	6,400	434	3.4	564.42
AH-1Z	750	6	428.30	416	14.2	411	1,300	8,390	6,100	1,303	1.1	427.61
CSH-2	750	4	403.09	292	12.0	309	1,356	8,750	6,000	434	3.4	399.00
A-129	600	4	384.47	250	10.2	280	750	4,600	4,725	651	2.6	382.35
PAH-2	600	4	306.66	200	6.4	322	1,285	6,000	2,000	1,357	0.9	306.23

資料來源：本研究整理

表九 綜合分析加權後之決策矩陣

構面	火力			機動力			生存力			WSEIAC模型		
次準則	機槍 彈藥量	掛載點	OLI	作戰半徑 (km)	爬升率 (m/s)	速度 (km/h)	功率 (s)	最大 起飛重量	升限 (m)	MTBF (h)	MTTR (h)	系統 效能
AH-64E	0.6621	0.5477	0.5968	0.6243	0.4974	0.4016	0.5280	0.5897	0.5399	0.2083	0.6020	0.5947
AH-1Z	0.4138	0.5477	0.4483	0.5410	0.5561	0.5633	0.4607	0.4743	0.5146	0.6255	0.1948	0.4506
CSH-2	0.4138	0.3651	0.4219	0.3798	0.4700	0.4235	0.4805	0.4946	0.5062	0.2083	0.6020	0.4205
A-129	0.3310	0.3651	0.4024	0.3251	0.3995	0.3838	0.2658	0.2600	0.3986	0.3125	0.4603	0.4029
PAH-2	0.3310	0.3651	0.3210	0.2601	0.2507	0.4413	0.4554	0.3392	0.1687	0.6514	0.1593	0.3227
權重值	0.4729	0.2628	0.2643	0.5499	0.2173	0.0671	0.1885	0.3108	0.5006	0.4551	0.4695	0.0755

資料來源：本研究整理

表十 綜合分析正負理想解

	火力			機動力			生存力			WSEIAC模型		
	機槍 彈藥量	掛載點	OLI	作戰半徑 (km)	爬升率 (m/s)	速度 (km/h)	功率 (s)	最大 起飛重量	升限 (m)	MTBF (h)	MTTR (h)	系統 效能
正理想解	0.313	0.143	0.157	0.343	0.120	0.037	0.099	0.183	0.270	0.296	0.074	0.044
負理想解	0.156	0.095	0.084	0.143	0.054	0.025	0.050	0.080	0.084	0.094	0.282	0.024

資料來源：本研究整理



根據加權後之決策矩陣，以公式(10)求出本次評選之一組正負理想解，詳如表十所示。

根據公式(11)計算各方案與正負理想解之距離，詳如表十一所示。最後，依據公式(12)計算各方案之相對接近度(即 C_i 值)，並據以排列方案之優劣次序。相對接近度值越大，表示距正理想解越近，同時距負理想解最遠，即為備選方案中最好之選擇。

從表十二評估之方案排序結果可知，結合了美國陸軍裁判準則與WSEIAC模型兩種觀點，評選出之最佳攻擊直升機為AH-1Z，

其相對接近度值為0.7292，是所有方案中數值最大者，AH-64E變為排序第2；A-129排序最後。

五、小結

本研究以採購攻擊直升機為例，經文獻蒐集建立美國陸軍裁判準則相關構面，導入WSEIAC模型架構MTBF、MTTR、武器系統效能等後勤維保因素，運用客觀的熵值權重法求出各構面間的權重值，將獲得的數據由TOPSIS方法排序出較優方案，研究結果分述如后：

(一) 橫段面觀點分析

表十一 綜合分析正負理想解距離

	S^+	S^-
AH-64E	0.290021576	0.350714743
AH-1Z	0.139878314	0.376594256
CSH-2	0.349260223	0.210720382
A-129	0.346007103	0.150795079
PAH-2	0.343371085	0.043562000

資料來源：本研究整理

表十二 綜合分析排序結果

	C_i	排序
AH-64E	0.547362047	2
AH-1Z	0.729166035	1
CSH-2	0.376299429	4
A-129	0.303531435	5
PAH-2	0.460250352	3

資料來源：本研究整理



依現行武器系統採購決策程序，由單位位於「作戰需求文件」階段，僅就「任務」、「敵情威脅」、「武器火力與機動力」等因素實施橫斷面的評估，直接而提出武器系統品項採購建議，本觀點運用美國陸軍裁判準則評選武器系統，主要該準則針對單一型武器系統在戰場上現有狀況實施度量，符合橫斷面探討同一武器同時間能力評估的考量，經TOPSIS排序結果以AH-64E之相對接近度（即 C_i 值）0.9543均高於其它機種排序第1，與現行採購政策僅考量AH-64E火力強大而未納入後勤維保因素結果相符。

（二）縱斷面觀點分析

依本研究目的將武器系統效能納入決策評選準則，以提供作需單位進行決策判斷之參據，本構想運用WSEIAC模型架構導入MTBF、MTTR、武器系統效能等因素，主要該模型針對武器系統執行任務前（可用度）、中（可靠度）、後（固有能力）狀態實施度量，符合縱斷面探討連續過程所展現能力評估的考量，避免武器系統妥善率低落、零附件備料短缺或預算不敷使用等後勤維保問題發生，經TOPSIS排序結果以AH-1Z之相對接近度（即 C_i 值）0.9210均高於其它機種排序第1，反而AH-64E排序降為第3，與本研究背景陸軍準備引進AH-64攻擊直升機時，曾引起諸多爭議，因AH-1Z與本國現役UH-1Y及AH-1W攻擊直升機，在後勤維修與零組件共通性較高，可大幅減化後勤系統的複雜度與費用狀

況結論相符。

（三）結合兩套觀點分析

由兩套觀點分析均求出不同機種的攻擊直升機，如結合兩套觀點是否能完成「作戰任務需求」及「後勤維保能力」同時兼顧的決策，經TOPSIS排序結果以AH-1Z之相對接近度（即 C_i 值）0.7292均高於其它機種排序第1，而AH-64E排序第2。

綜上述分析可知，如僅考量作戰需求因素以採購AH-64E為主，另以後勤維保為考量因素以採購AH-1Z為主，而結合兩種因素建議採購AH-1Z較符合作戰需求與後勤維保效益。

伍、結論與建議

由上述的研究結果與分析可知，不同的觀點與因素往往會造成武器系統選購上的差異，如橫段面觀點分析時AH-64E的 C_i 值0.9543與AH-1Z的 C_i 值0.6558有些許落差，在縱斷面觀點分析時AH-64E的 C_i 值0.0663與AH-1Z的 C_i 值0.9210有10倍的差距，而結合兩套觀點分析時AH-64E的 C_i 值0.5473與AH-1Z的 C_i 值0.7291有明顯的落差，顯示單一觀點分析的不足與輕忽，應結合不同觀點與因素，才能使武器系統採購更加嚴謹與完善。

現行的武器系統採購項目，由單位透過「軍事裝備作戰需求文件」提出申請，該文



件內容以威脅評估、任務、需求為主，是以橫段面觀點來進行武器系統的選購，造成一開始武器系統選購時考量不周全，使後續整體獲得規劃書無法有效完成系統效益、整後支援分析，降低整體後勤支援整合程度，這也是本研究將WSEIAC縱斷面觀點分析導入作戰需求文件的主要關鍵因素與目的。

考量現今國際情勢多變，加上武器系統日新月異，為避免對外軍購延誤時機，國防部已修訂軍購建案程序為「作戰需求文件」與「整體獲得規劃書」等二階段，以縮短作業流程，加快武器系統獲得速度，建議將「作戰需求文件」納入橫斷面與縱斷面觀點考量，使武器獲得整體規劃更趨完善。

另本研究武器系統效能先期導入作需文件之統合分析模式，排序結果可提供作戰需求單位或政策指導單位作為決策判斷的參考依據，期望降低軍購程序疏失與弊端，以如期獲致適質適量之武器裝備，並達成國防資源分配與運用最佳化。

陸、未來展望

一、根據武器系統，運用適合觀點

本研究所運用之「WSEIAC」和「美國陸軍裁判準則」，其主要分別包含橫斷面與縱斷面的觀點，建議後續研究者在進行武器系統篩選時，針對各軍種所需採購的武器系統，應用於不同的作戰環境下並考量相關後勤整備需求，故根據作戰任務需求運用適合

的觀點，以利獲取效能較優且性能更完備的武器系統。

二、利用專家問卷，多重比較分析

本研究主要以武器系統性能諸元數據為參數，運用客觀的熵值權重法求出權重，最後利用TOPSIS方法計算評比各方案優劣次序，建議後續研究者可進行群體決策想法蒐整，建立專家群時可考量納入作戰專長人員、政策規劃人員、後勤維保人員，使專家評分求出的數據及權重，經TOPSIS方法計算評比出的結果與本研究相互比較，以利獲取更多且更完備的評估分析。

作者簡介

黃澤維少校，指職軍官94年班，聯合後勤學校正規班101年班，國防大學資源管理及決策研究所106年班，國防大學陸軍學院108年班，曾任後勤官、彈補官、考核官、編裝官，現任職陸軍北測中心後勤官。

作者簡介

呂宗翰中校，國管院企管科87年班，國管院指參班103年班，國管院戰略班105年班，曾任經理官、補給官、後參官、分庫長，現任職國防大學管理學院國管中心研究教官。