

——張珈進、黃澤維——

應用熵值權重法與TOPSIS 於武器系統採購評估 ——以攻擊直升機為例

提要

- 一、武器獲得向來是實現國防戰略的重要途徑之一，而武器系統評選則是武器獲得決策的主要依據。
- 二、本研究旨在整合熵值權重法與TOPSIS理論進行「攻擊直升機」採購方案之選優作業。評估面向計分有三大構面及七項評選準則，構面部分計有戰備要求構面、成本需求構面、科技與合作構面，另評估過程及結果亦可提供幕僚單位及決策者於執行相關類案時之參考。
- 三、經權重分析後發現，七項評選準則中，採購成本與培訓成本分別獲得最高權重，顯示國防預算供給及飛行人員養成對此一採購案之成本需求面影響最大；另機動戰力之權重相對較小，則顯示在攻擊直升機之採購考量上，性能與戰力之主要考量是以滿足作戰需要為主，而非一味追求武器系統之戰力值。

關鍵詞：武器獲得，成本效益，武器系統

圖片來源：軍聞社



壹、前言

從國民政府遷臺至今，曾發生多次「臺海危機」，而最近一次係發生於1995年7月至1996年3月期間，我國李前總統前往美國康乃爾大學發表公開演說以及中華民國第一次直接民選總統之雙重背景下，對岸共軍舉行了大規模的軍事演習。而為因應當時共軍實施的東山島兩棲登陸演習事件，國防部亦相對應的舉行了「精實十一號演習」，也是首次國軍舉行的三軍聯合兵推。而藉由操演數據顯示，為有效防範共軍之兩棲登陸作戰，我國之陸軍需搭配相應之攻擊直升機方能有效提升陸軍人員之戰力與機動力，同時也才能配合海、空軍進行支援作戰。¹ 此演習過後，後續國防部每年均會參考年度三軍聯合實兵操演之相關結果數據，進行國防武器系統相關採購和研發項目之規劃，以有效發揮嚇阻力量。

相較於對岸國防預算的逐年提升，在我國現行國防資源相對有限的條件下，國軍

如何滿足建軍備戰需求且在考量成本效益下，達成國防戰力最大化，² 無疑是當前國軍關鍵且急迫的議題。故未來的國軍必須更加妥適的配置與運用國防資源，使其創造出可能的最大效益。因此，本研究之目的係針對已確認需求的武器系統採購案，運用多準則決策評估中之理想解類似度偏好順序評估法 (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution Method, TOPSIS) 及熵 (Entropy) 值權重法之權重衡量方式，進行該武器系統採購案的選優作業；並以現階段各國現役之攻擊直升機為研究對象，經專家訪談及國情考量後評選建構出了五個攻擊直升機採購案進行評估與選優工作。

貳、評選方法簡介

在多準則決策及評選的領域當中，許多學者專家曾提出不同的武器系統評估方法，³ 其中多數學者⁴ 運用了層級分析法與指數法進行武器系統評估，而在作戰效能上，

- 1 卮樂義，《捍衛行動：1996臺海飛彈危機風雲錄》（臺北：黎明文化事業股份有限公司，民國95年10月），頁1-271。
- 2 傅澤偉、葉育辰，〈多國國防需求滿足度及國防預算使用效率之研究〉《國防雜誌》，第22卷第5期，民國96年10月，頁36-50。
- 3 郭齊勝、袁益民、鄧志剛，〈軍事裝備效能及其評估方法研究〉《裝甲兵工程學院學報》（北京），第18卷第1期，西元2004年3月，頁1-5。
- 4 Jaiswal, N., "Threat Assessment: Static and Dynamic Analyses," Military Operations Research, Springer: (1997), p. 311-353.

建構打擊力評估模型與模糊整合評估模型等亦曾受多位學者⁵採用。以下本研究先就武器系統評選方法進行文獻探討，並分別介紹本研究應用的方法—TOPSIS及熵值權重法之相關概念，分述如後：

一、武器系統評選方法

武器系統效能評估的方法⁶主要分為二類，第一類是根據主客觀程度，可分為主觀評估法（專家調查法、德爾菲法、層級分析法…等）、客觀評估法（例如熵值法、TOPSIS等）。另一類根據評估出來的基本途徑，大致可分為統計法、解析法、模擬法。統計法是應用數理統計的方法，依照實戰、演習或試驗獲得的大量統計資料以找出評估效能指標，但前提是所獲得的統計數據其隨機特性可以清楚的用模型表示並加以利用。解析法是根據解析式（例如藍徹斯特方程、指數法、美國工業界裝備效能諮詢委員會評估模型等）計算，比較適用於不考慮對抗條件下的武器效能評估和簡化條件下的宏觀作戰效能評估。最後，模擬法是通過仿真試驗得到關於作戰過程和結果數據，進而得出效能指標估計值；主要有作戰模擬法和分布交互仿真法。因此，本研究希望可結合主客觀之評估方法，針對

武器採購方案進行綜合考量，故將專家評估的數值結果應用了TOPSIS及熵值權重法的結合來排序出最優方案。

二、熵值權重法

「熵」在希臘文中原意即為「改變」或「轉換」之意，最初主要應用於物理學範疇，係指系統在某一狀態下分子紊亂程度或紊亂機率的標度。若熵值愈低則分子排列愈整齊，愈趨近完美結晶熵；熵值愈高，分子排列愈不規則，即系統中分子的亂度愈大。直至學者Shannon and Weaver (1948)才將「熵」值的概念應用於「資訊理論」，⁷也才使得「熵」值概念開始在社會科學中迅速發展。其中，「熵值權重法」就是利用評估資訊的獲取，引用熵值觀念來求取各評估屬性間的相對權重值，屬於客觀的權重決策方法。故本研究採用熵值權重法來計算TOPSIS分析中各評選準則的權重。在運用上，首先經由每一屬性對各評估方案之衡量值所算出的熵值，來說明該屬性對整個決策過程中，所能傳遞決策資訊的程度，而後比較各熵值，計算出彼此的相對重要性，即相對權重。另關於熵值⁸之概念說明如下：

（一）視熵值為某一事件發生的「驚訝程

5 Luo, L., Zhu, X., and B Jiang. "Combat Capability Evaluation Model of Tank Weapon System," Fire Control & Command Control, Vol. 28, No. 4 (2003), p. 68-70.

6 同註3。

7 Shannon, C. E, "The mathematical theory of communication," Bell System Technical Journal, Vol. 27 (1948), p. 379-423.

8 馮正民，〈熵（Entropy）在交通運輸上之意義與應用〉《交通運輸》（臺北），第10卷，民國77年，頁71-74。

度」，熵值愈大，表示該事件發生之機率愈小，即該事件發生令人驚訝程度愈大。

(二)視熵值為衡量某一事件所需「資訊」的多少或其所能傳遞的資訊多少，熵值愈大，表示需要愈多的資訊量去說明該事件的發生，或代表其傳遞的資訊愈少。

(三)以熵值為衡量事件發生的「不確定性」，熵值愈大，表示該事件發生之不確定性愈大。

(四)以熵值來衡量N個事件的發生「機率分配」，熵值愈大，表示愈傾向於「均一分配」，或「隨機亂度」愈大。

三、理想解類似度偏好順序評估法 (TOPSIS)

TOPSIS在處理多準則決策的問題上已被多數學者認定是一種有用的技術。⁹此方法在資料繁雜的現實世界中有助於決策者分析出偏好的理想解，並據此針對現有方案進行分析比較與排名，進而選擇一個接近理想解的替代方案作出妥協。因此，TOPSIS的基本

概念相當簡單明瞭，它的概念源自於妥協解是一個可用來解決屬性之間的衝突且協助決策專家完成最後決策的途徑。¹⁰學者Hwang and Yoon (1981)¹¹明確指出了替選方案的排序可由以「距離理想解最近，且距離負理想解最遠」的方案為最佳方案。故TOPSIS同時考慮到正理想解與負理想解的距離，並且偏好值的順序係由其相對距離來做排序，也同時是兩個距離間的結合。根據Kim (1997)¹²的研究發現指出，TOPSIS有下列四項優點：

(一)可以用來代表人類理性選擇的健全邏輯。

(二)同時算出最好與最壞的替選方案之數值。

(三)可以在簡易的電腦試算表中編程的簡單計算過程。

(四)可以在所有替選方案屬性上的衡量績效。

參、研究方法

本研究主要針對「攻擊直升機」這個武

9 Hwang, C. L., & Yoon, K. Multiple Attribute Decision Making, vol. 186 of. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, 1981, p. 1-15.

10 Shih, H. S., Shyur, H. J., & Lee, E. S, "An extension of TOPSIS for group decision making," Mathematical and Computer Modelling, Vol. 45, No. 7 (2007), p. 801-813.

11 同註9。

12 Kim, G., Park, C. S., & Yoon, K. P., "Identifying Investment Opportunities for Advanced Manufacturing Systems with Comparative-integrated Performance Measurement," International Journal of Production Economics, Vol. 50, No. 1 (1997), p. 23-33.

器系統進行採購方案的選優作業，故在戰鬥力指數與戰鬥性能兩個指標上須特別突出，且須排除已退役或尚在研發中之直升機。此外，由於在共軍兩棲登陸作戰的過程中，我方攻擊直升機之主要任務係為支援地面部隊進行聯合攻擊，故在攻擊直升機的採購評選上主要以適合地面作戰的攻擊直升機類型為主，並從目前現役之機型中進行上述條件的篩選，經篩選後符合之攻擊直升機全球共計有11個機型；復經專家訪談後，最後本研究挑選綜合性能排序靠前且採購數量符合國情與作戰需求的五個機型作為採購方案及評選對象，並將專家問卷評估結果運用TOPSIS與熵值權重法進行方案選優。

一、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：

步驟一：依原始資料建構評估矩陣D

考慮n個評選準則， 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：

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

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：

$$R = [r_{ij}], r_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}} \quad (2)$$

其中， $i = 1, 2, \dots, m$

$j = 1, 2, \dots, n$

步驟三：計算各評選準則之熵值

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 為正值常數，而 $k = \frac{1}{\ln m}$ (m 為決策方案數)。

$$e_j = -k \sum_{i=1}^m r_{ij} \ln r_{ij} \quad (3)$$

其中， $i = 1, 2, \dots, m$

$j = 1, 2, \dots, n$

步驟四：預期比較均等權重

$$W_j = \frac{1 - e_j}{\sum_{j=1}^n 1 - e_j} \quad (4)$$

其中， $i = 1, 2, \dots, m$

$j = 1, 2, \dots, n$

二、武器系統評選：TOPSIS之應用

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。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。^{13、14}

TOPSIS的計算步驟如下：

步驟一：建立正規化 (Normalization) 的評估矩陣

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^s x_{ij}^2}} \quad (5)$$

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。

$$V = \begin{bmatrix} v_{11} & \cdots & v_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{m1} & \cdots & v_{mn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & \cdots & w_n r_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ w_1 r_{m1} & \cdots & w_n r_{mn} \end{bmatrix} \quad (6)$$

步驟三：決定正理想解 (A^+) 與負理想解 (A^-)

$$A^+ = \{ (\max_i v_{ij} | j \in J), (\min_i v_{ij} | j \in J) | i = 1, 2, \dots, m \} = \{v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+\} \quad (7)$$

$$A^- = \{ (\min_i v_{ij} | j \in J), (\max_i v_{ij} | j \in J) | i = 1, 2, \dots, m \} = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\}$$

步驟四：計算分離度

方案間的分離度依據歐基理得距離方程式，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^- 分別為：

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2}, i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (8)$$

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

13 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），頁42-44。

14 同註10。

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。

$$C_i = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-} \quad (9)$$

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

三、武器系統採購方案選優作業流程

本研究針對預先選定的採購方案（包含機型及採購數量）進行方案選優，主要由「熵值權重法」及「TOPSIS」之運算程序，即上式（1）至（4）及式（5）至（9）結合後即可求出備選採購方案中何者最接近理想解，完成選優作業。

肆、實例驗證

由於現行我國防之戰略指導，係以「防衛固守、重層嚇阻」為戰略構想。故當敵人執意進犯，戰爭不可避免時，國軍將統合三軍聯合戰力，遂行國土防衛作戰，以維護我領土主權，確保國家安全。而先前國軍藉由各項聯合作戰演訓之數據分析，顯示陸軍需搭配攻擊直升機方能有效提升戰力與機動力，協助支援對地防衛作戰。故本研究針對五個研究選定之攻擊直升機採購備選方案進行方案選優作業，其機型分別為：阿帕契（AH-64E）、蝰蛇（AH-1Z）、黑鯊（Ka-50）、短吻鱷（Ka-52）及雌鹿（Mi-24），相關採購資訊並列舉如表一所示。¹⁶

本階段遍採近期有關武器系統評選之文獻，建構出完整的「戰備要求」、「成本需求」、「科技與合作」等三大類構面方案評選因素，並運用TOPSIS法處理多項評選方案，邀請十位實務專家針對構面準則實施評分，另由熵值權重法求出專家評分準則間的權重，^{17、18}最後求出準則下較優方案希冀以提供

- 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》，第1卷第1期，民國94年6月，頁75-83。
- 16 方案中採購數量及作戰毀傷效能指數算的計算方式請參閱：徐學文、王壽云，〈現代作戰模擬〉（北京科學出版社，西元2001年5月），頁150；王希星、尹健、康建設，〈陸戰主戰武器作戰效能指數等效分析方法〉（北京理工大學機電工程學院論文，西元2006年），頁270-272。
- 17 洪國馨，〈武器系統循「軍售」或「商購」決策關鍵因素研究-以空軍直升機採購案為例〉（臺北：國防大學運籌管理碩士論文，西元2010年），頁1-89。
- 18 潘東豫、費吳琛、王文祥，〈我國武器獲得方式影響因素之研究〉《科技管理學刊》（新竹），第8卷第4期，民國92年12月，頁24-25。

表一 攻擊直升機採購方案彙整

採購方案	採購方案一	採購方案二	採購方案三	採購方案四	採購方案五
機型	阿帕契 (AH-64E)	蝰蛇 (AH-1Z)	短吻鱷 (Ka-52)	雌鹿 (Mi-24)	黑鯊 (Ka-50)
架數	98	157	132	129	178
生產國	美國	美國	俄羅斯	俄羅斯	俄羅斯
					

資料來源：本研究整理

國軍相關武器評選依據與參考。

一、專家樣本分析

學者Dalkey等人(1969)¹⁹指出，十人以上的專家小組，所得的誤差值最低，群體可信度最高。若為同質性高的團體大約15-30人就足夠，異質性高的團體為5-10人。Isaac and Michael(1984)²⁰建議參與成員應考量其背景，最好包含不同理念或學術領域之專家，強化參與者之代表性。故本研究之專家選取要求為在相關領域均有五年以上工作經驗，並分三大面向共十位專家：(1)政策規劃，人員單位包括國防部戰規司及司令部計畫處等，計四位；(2)學者專家，包括國防大學教授及國管教育訓練中心武獲組教官等，計三位；(3)執行單位(陸航)，包括陸軍航空特戰指揮部後勤處之主官及直升機管制官等計

三位。專家樣本分析部分整理如表二。

二、分析結果

經參卓有關採購武器系統評選之文獻²¹與考量各方案因素，其綜合指標概分為「戰備要求」、「成本需求」與「科技與合作」等三項主要構面及七項評選準則，各評選準則之說明整理如表三所示；另各攻擊直升機採購方案之基本資料介紹詳如表四，亦同時提供予各專家填寫問卷時參卓。另本問卷調查係採用一至六尺度衡量，共計發放十份問卷，現場說明後請專家提問及填答，最後回收十份，回收率為100%。經專家評分後各方案得分加總結果如表五所示。

準則權重部分，本研究採用熵值權重法將正規化矩陣經由公式(3)及(4)式運算，即求出各項評選準則之客觀權重(正規化矩陣

19 Dalkey, N. C., Brown, B. B., & Cochran, S. (1969). The Delphi method: An experimental study of group opinion (Vol. 3): Rand Corporation Santa Monica, CA.

20 Isaac, S., and W. Michael (1984). Handbook in Research and Evaluation. San Diego, CA: Edits Publishing.

21 同註9、10、12。

表二 專家樣本分析

項次	構面	單位	人數	職稱	業務年資
1	政策規劃	國防部戰規司	2	上校政策施政計畫官	5
2		國防部戰規司		中校企劃管制官	7
3		陸軍司令部計畫處	2	中校計畫官	5
4		陸軍司令部計畫處		少校計畫官	5
5	學者專家	國防大學運籌所	1	副教授 (專長:軍售合約、委商)	18
6		國防大學法治武獲組	2	主任教官(武獲組)	10
7		國防大學法治武獲組		教官(武獲組)	8
8	執行單位	航特部後勤處	3	上校處長	13
9		航特部後勤處		中校科長	10
10		航特部後勤處		少校飛機管制官	10

資料來源：本研究整理

表三 採購案主要構面及評選準則說明

構面	評選準則	說明
戰備任務	機動戰力	為了提升我陸軍部隊攻擊力與機動能力，攻擊直升機之採購應考量其性能及戰力（請參考表四所列各型機之性能與作戰對地毀傷效能指數值），以避免採購到不符戰備需求的武器裝備。
	戰備支援度	為了滿足全天候戰備任務執行需求，攻擊直升機之採購應考量固有可靠度與維修平均時間（請參考表四所列各型機之平均間隔故障時間值與平均維修時間值）是否能滿足於戰備任務之需求。
成本需求	採購成本	為了有效管控採購成本，攻擊直升機造價不同、採購數量不同（請參考表四所列各型機之造價成本），是否能在有限的預算內達到國防戰力需求，採購所需成本為重要的影響因素之一。
	培訓成本	為了有效管控採購成本，由於各攻擊直升機所需之飛行人員操作數量與採購數量（請參考表四所列各型機之造價成本、採購數量）均不相同，將直接影響飛行員訓練成本及人事維持成本。
	採購議價	因軍購案之金額龐大且時程冗長，因此匯率變動將嚴重影響實際採購之成本（請參考表四所列各型機之造價成本、採購數量）。再者，軍購案之總價與採購數量為影響我方議價空間之主要因素，評選時應予考量。
科技與合作	科技先進度	攻擊直升機之科技先進度（請參考表四所列各型機之特色）除有助於武器本身戰力與戰場生存力外，亦對我軍事科技發展有間接影響，故應納入決策時之考量因素之一。
	工業合作	工業合作額度主要依採購契約總價而定（請參考表四所列各型機之造價成本、採購數量）。工業合作模式可使我國獲得採購回饋資源，其目的是為了達成國內產業升級、提高國際競爭力可間接影響我國國防工業及經濟的發展，應納入決策時之重要指標。

資料來源：本研究整理

表四 攻擊直升機採購方案之基本資料介紹

採購方案	方案一	方案二	方案三	方案四	方案五
機型	阿帕契	蝰蛇	黑鯊	短吻鱷	雌鹿
需求數量	(AH-64E)/98架	(AH-1Z)/157架	(Ka-50)/132架	(Ka-52)/129架	(Mi-24)/178架
生產國	美國 	美國 	俄羅斯 	俄羅斯 	俄羅斯 
造價成本	2,600萬美元/架	3,100萬美元/架	1,600萬美元/架	2,900萬美元/架	1,200萬美元/架
總成本(US\$)	254,800萬元	486,700萬元	211,200萬元	374,100萬元	213,600萬元
一般資料	1.飛行員：2名 2.長度：17.73m 3.高度：3.87m 4.旋翼直徑：14.63m 5.旋翼面積：168m ² 6.空重：5,165kg 7.最大載重：8,000kg 8.最大起飛重量：10,433kg	1.飛行員：2名 2.長度：17.8m 3.高度：4.37m 4.旋翼直徑：14.6m 5.旋翼面積：168m ² 6.空重：5,580kg 7.最大載重：8,200kg 8.最大起飛重量：8,390kg	1.飛行員：1名 2.長度：13.5m 3.高度：5.4m 4.旋翼直徑：14.5m 5.旋翼面積：330m ² 6.空重：7,800kg 7.最大載重：9,800kg 8.最大起飛重量：10,800kg	1.飛行員：2名 2.長度：15.9m 3.高度：5.4m 4.旋翼直徑：14.5m 5.旋翼面積：330m ² 6.空重：8,300kg 7.最大載重：10,400kg 8.最大起飛重量：11,400kg	1.飛行員：3名 2.長度：17.5m 3.高度：5.5m 4.旋翼直徑：17m 5.旋翼面積：235m ² 6.空重：7,000kg 7.最大載重：8,300kg 8.最大起飛重量：12,000kg
性能	1.最高速度：393km/h 2.航程：1,900km 3.實用升限：6,400m	1.最高速度：411km/h 2.航程：685km 3.實用升限：6,100m	1.最高速度：390km/h 2.航程：1,160km 3.實用升限：5,500m	1.最高速度：310km/h 2.航程：1,100 km 3.實用升限：5,500m	1.最高速度：335km/h 2.航程：450km 3.實用升限：4,500m
作戰（對地） 毀傷效能指數 (OLI)	707.74	428.30	535.21	535.21	395.97
平均維修時間 (MTTR)	3.4hrs	1.7hrs	4.2hrs	3.0hrs	4.2hrs
平均間隔故障 時間 (MTBF)	80hrs	160hrs	70hrs	80hrs	70hrs
武器 概述	固定	30公釐鏈砲	20毫米機砲	30公釐鏈砲	23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.反坦克飛彈 2.空對空飛彈 3.火箭	1.火箭 2.反戰車飛彈
特色說明	1.主要的改良在於大幅提升數位資訊的連結能力(AN/APG-78長弓公釐波雷達系統)，可與聯合戰術情報分配系統相容。 2.換裝輸出更高的T700-GE-701D發動機。	1.以完全現代化的攻擊和通用直升機為設計原則，並大量使用原有零件以降低操作成本。 2.加入新的旋翼技術與升級的軍用航電、武器系統，和光學感測器。加強生存力。	1.設計成小型輕快靈活之餘且有強大生存力和攻擊力的直升機。採用同軸反轉雙旋翼系統，整體輪廓也較小，減低被打中機率。 2.在零力距效應完全免疫側風，且在任何速度下都有極高原地迴轉效率。	1.有85%的零附件與已經批量生產的ka-50直升機通用。 2.飛行性能比ka-50差，但機身右下方裝有帶雷射測距儀和目標指示器的大功率瞄準頭，為全天候、全天時、超低空攻擊地面目標而設計的。	1.機身重裝甲和鈦質旋翼可以直接抵檔12.7mm口徑武器的射擊，起落架採用輪式伸縮。 2.兼具攻擊與運輸的直升機。可以執行混合任務：反戰車、空中支援、空戰、運兵。

資料來源：本研究整理

及準則權重詳如表六)。再將正規化後之評估矩陣乘上各準則之權重值，即可求得具有權重之評估矩陣(詳如表七)。

接著，計算正負理想解。步驟為利用公式(7)計算即可求得各評選準則之正負理想解(詳如表八)。其中，有四個準則，分別為機

表五 專家評分加總結果彙整

構面	評選準則	方案一	方案二	方案三	方案四	方案五
戰備要求	機動戰力	56	42	38	34	41
	戰備支援度	47	52	31	34	31
成本需求	採購成本	41	23	32	51	52
	培訓成本	51	32	42	32	59
	採購議價	35	51	42	59	50
科技與合作	科技先進度	52	47	40	30	38
	工業合作	49	46	31	30	34

資料來源：本研究整理

表六 正規化矩陣及準則權重

構面	戰備要求		成本需求			科技與合作	
準則	機動戰力	戰備支援度	採購成本	培訓成本	採購議價	科技先進度	工業合作
方案一	0.58444	0.525772	0.443691	0.512725	0.351870	0.522778	0.492618
方案二	0.43833	0.581705	0.248900	0.321710	0.512725	0.472511	0.462458
方案三	0.39658	0.346786	0.346295	0.422244	0.422244	0.402137	0.311656
方案四	0.35484	0.380346	0.551908	0.321710	0.593152	0.301603	0.301603
方案五	0.42789	0.346786	0.562730	0.593152	0.502671	0.382030	0.341816
權重值	0.09034	0.150764	0.250006	0.182173	0.093083	0.103546	0.130085

資料來源：本研究整理

表七 加權後之評估結果

構面	戰備要求		成本需求			科技與合作	
準則	機動戰力	戰備支援度	採購成本	培訓成本	採購議價	科技先進度	工業合作
方案一	0.052800	0.079267	0.110925	0.093404	0.032753	0.054132	0.064082
方案二	0.039600	0.087700	0.062226	0.058607	0.047726	0.048927	0.060159
方案三	0.035829	0.052283	0.086576	0.076921	0.039304	0.041640	0.040542
方案四	0.032057	0.057342	0.137980	0.058607	0.055213	0.031230	0.039234
方案五	0.038657	0.052283	0.140686	0.108056	0.046790	0.039558	0.044465

資料來源：本研究整理

動力、後勤支援、先進科技及工業合作，為代表效益面屬性之評選準則；反之，另外三個準則，分別為採購成本、人員培訓及採購議價，則代表成本面屬性之評選準則。

最後，根據公式(8)計算各方案與正負理想解之距離，而正理想解及負理想解的距離，整理如表九所示。

依據表九計算之結果，若距負理想解之

距離越遠表示離正理想解之距離越近，因此，可依據公式(9)計算出各方案之優劣(參考點為正負理想解)，並作為排序依據。若所計算出的 C_i 評估值越大，表示距正理想解越近，距負理想解最遠，即為所評估方案中最好的選擇。因此，由表十之評估排序結果可知，方案二是評選出的最佳方案，其 C_i 值為0.8633是數值最大者。研究結果也指出方案

表八 正負理想解

	機動戰力	戰備支援	採購成本	培訓成本	採購議價	科技先進	工業合作
正理想解	0.052800	0.087700	0.062226	0.058606	0.055212	0.054131	0.064082
負理想解	0.032057	0.052282	0.140685	0.108056	0.032753	0.031229	0.039233

資料來源：本研究整理

表九 正負理想解距離

	S^+	S^-
方案一	0.0645	0.0583
方案二	0.0165	0.1043
方案三	0.0586	0.0638
方案四	0.0907	0.0546
方案五	0.1036	0.0184

資料來源：本研究整理

表十 採購方案排序結果

採購方案	C_i	排序
方案一	0.4749	3
方案二	0.8633	1
方案三	0.5211	2
方案四	0.3757	4
方案五	0.1506	5

資料來源：本研究整理

五是 C_1 值最小，在所有方案中排名最後。

伍、結論與建議

本研究以「攻擊直升機」採購案評選為例，進行採購方案評選模式之選優研究。首先，彙整目前全世界現役且未列入汰除規劃之攻擊直升機，共計11種機型；接著，經專家訪談後，本研究最後挑選綜合性能排序靠前且採購數量符合我軍作戰需求之五個「攻擊直升機」機型為採購方案及評選對象，並運用TOPSIS與熵值權重法進行方案選優。

此外，透過學者文獻的探討，並根據各攻擊直升機性能諸元、造價、數量以及作戰（對地）毀傷效能指數值等，本研究將評估指標概分為「戰備要求」、「成本需求」與「技術與合作」等三項主要構面，並下轄七項評選準則，以作為專家問卷之評分項目，再透過熵值權重法將評選準則之權重與專家評分結果相結合，最後再透過TOPSIS方法排序出最優方案，提供採購單位作為軍購之參考依據。

在權重分析中發現，七項評選準則中，採購成本與培訓成本分別獲得最高權重，顯示國防預算供給與飛行人員之養成對採購案之成本效能影響最大；相對於機動戰力之權重為最小，顯示在攻擊直升機之採購考量上，性能與戰力方面的考量主要是以滿足作戰需要為主，並非一味要求擁有極高之機動戰力。最後，採購方案二是本次方案選

優中最接近理想解的攻擊直升機，其值高達0.8633，是五項採購案中數值最大者。

綜上所述，本研究係提出一套武器系統採購案之評估選優流程，應用理想解類似度偏好的理論基礎，透過專家群體共識性之專業觀點，結合熵值權重法衡量準則權重，最後進行備選方案之選優作業。故此一評選過程整合了主、客觀之觀點，並經由陸軍「攻擊直升機」採購作為案例選優之流程示範。結果顯示，若未來我軍方有不同國防武器採購需求議題時，亦可依上述流程進行方案選優，僅須依個別案件特性稍加修訂即可應用。此外，未來可進行其他系統評選方法之比較，則更可提升評估流程之廣泛性與決策之精準性。

作者簡介

張珈進上校，中正理工學院87年班、國立中央大學管理學博士；曾任修護官、管制官、教官；現任職國防大學資源管理及決策研究所專任副教授。

作者簡介

黃澤維少校，指職軍官93年班，國防大學資源管理及決策研究所106年班，現任職陸軍司令部計畫處研究發展官。