

國防管理學報

第四十三卷 第一期

JOURNAL OF NATIONAL DEFENSE MANAGEMENT

Volume 43, No. 1



創辦人：果 芸

發行人：林 振 裕

出版者：國防大學管理學院

總編輯：張珈進 國防大學資源管理及決策研究所
(02)28986771
nduemailtw@gmail.com

技術編輯：鍾秉正 國防大學法律學系
王中允 國防大學運籌管理學系
劉憲明 國防大學財務管理學系
蘇品長 國防大學資訊管理學系
賴智明 國防大學資源管理及決策研究所

編輯委員：張應中 國防部整合評估司效益評估處
齊立平 國家中山科學研究院航空研究所

陳海雄	國家發展委員會檔案管理局
陳宥杉	國立臺北大學企業管理學系
董澤平	國立臺灣師範大學全球經營與策略研究所
郭財吉	國立臺灣科技大學工業管理學系
張譯尹	國立臺灣科技大學企業管理學系
蔡君明	國立臺北護理健康大學高齡健康照護系
孟昭宇	國防大學資源管理及決策研究所
陳勁甫	元智大學社會暨政策科學學系
盧文民	文化大學國際企業管理學系
羅新興	健行科技大學企業管理系

副總編輯：張臺衛 國防大學資源管理及決策研究所
臺北市北投區中央北路2段70號
(02)28986771
taiwei661105@gmail.com

副總編輯：嚴國晉 國防大學資源管理及決策研究所
臺北市北投區中央北路2段70號
(02)28986771
kuochingyen@gmail.com

行政助理：陳正忠 國防大學管理學院教學支援中心
臺北市北投區中央北路2段70號
(02)28986771
journalofndm@gmail.com

【發行宗旨】

為因應學術期刊專業化導向之發展趨勢，並提升學術界對「國防管理」專業學術領域之認定與重視，形成專業特色與重點，樹立「國防管理」專業學術權威，並配合國防管理教育訓練與研究發展需要，提升國軍學術水準與研究風氣，增進軍事院校與民間院校及研究機構學術交流，以「國防管理」相關議題為範疇，對外公開徵稿與發行。

國防管理學報第 43 卷第 1 期「總編輯的話」

《國防管理學報》於今年 2 月迎來編輯團隊的轉換，感謝前主編劉培林老師、執行編輯吳勝富老師及方崇懿老師先前的付出，新的團隊除沿續前人優點外，本期開始新增兩項改變，一是期刊投稿範疇的擴大，增加科技管理及國防法制，以提升學報稿件性質之多元性；二是改變現行投稿作法，修訂為系統投稿與信箱投稿之雙軌制，爾後作者完成系統投稿後，須將 word(含作者資訊)稿件再寄至「國防管理學報信箱」journalofndm@gmail.com，主要在系統不穩定時可提供備份使用及加速審稿時效。

此外，為有效提升期刊實務性與學術品質，本年度新加入之編輯委員計有：實務委員 3 位 國防部整合評估司效益評估處 張應中 處長、國家中山科學研究院航空研究所 齊立平 所長、國家發展委員會檔案管理局 陳海雄 副局長，及學術委員 3 位 國立臺灣師範大學全球經營與策略研究所 董澤平 特聘教授、國立臺灣科技大學工業管理學系 郭財吉 副院長及國立臺北護理健康大學高齡健康照護系 蔡君明 系主任。在此，再次感謝歷任總編輯、執行編輯及編輯委員們為本刊辛勤的付出、所有審查人的協助、以及所有投稿作者的支持，本刊才得以順利出刊與各位進行知識分享！

隨著國防議題重要性的提升與學術環境的轉變，《國防管理學報》的審查政策及原則也在適度地進行調整。我們認為給予具發展潛力的論文有調整改善的機會應該是重要的。審查人主要扮演協助作者改善論文的角色，因此若研究議題具有亮點及貢獻力，將盡量給予作者修改機會。另一方面，考量學術環境的艱辛，本學報不收取刊登費用，同時還對接受刊登的稿件支付作者稿酬，並贈送作者當期學報乙冊，另審查人亦給予相當之審查費用。本學報在新團隊的努力下，稿件審查速度已提升許多，並以平均 35 天內完成稿件初審為目標，期望更多作者能考慮本刊投稿。

本期共刊出四篇文章。第一篇〈於雲端環境設計可提升國軍決策參考之機制研究〉一文，係分析利用雲端運算環境、橢圓曲線密碼學及盲簽章等理論基礎，設計具安全性之網路投票機制，得以使參謀統計彙整各方專業意見，利用具體且客觀的數據資料，軍隊而言，可提供領導者評估決策方向是否正確，避免發生「官大學問大」的老舊思維，有助提升國軍決策品質。

第二篇〈應用 TensorFlow 深度學習機制於影像辨識之研究—以中共軍機影像辨識為例〉一文，係主要探討應用 TensorFlow 平台於物件影像辨識中的辨識率，運用現行 Object Detection 演算法 Faster R-CNN 建立深度學習模型，辨識標的為中共常見戰機圖片，並研究所訓練之模型於物件影像辨識中的辨識率，探究可以提升辨識率的機器學習模型。

第三篇〈國軍職安衛管理再進化：運用 ISO45001 重構軍中職安衛管理績效評估模型〉一文，係透過修正式模糊德菲法將相關文獻篩選建構職安衛管理績效評估準則，以利幫助國軍單位評估自身職安衛管理績效，進而提升管理缺陷不足之處。另外以 DANP 法評估各構面與準則間相互關聯度、因果關係並量化產生權重，可求出國軍單位職安衛管理之優先排序，作為評估單位改善及精進方向之重要參考建議。

第四篇〈結合資料包絡分析及截斷式迴歸探討軍事大學系所辦學績效及非投入產出因素之影響〉一文，係分析評估軍事大學所屬系所間辦學績效，資料擷取時間為 2011 年至 2015 年。首先運用多階段資料包絡分析法，以瞭解其辦學過程中內部教學、研究及服務工作之連結性。其次，運用截斷式迴歸探究非投入產出因素與系所辦學績效之關聯性，使系所明瞭自我之優勢。

總編輯 空軍上校 張珈進

國防大學管理學院資源管理及決策研究所 專任教授

111 年 5 月

第四十三卷 第一期

目 錄

<u>篇次</u>	<u>篇 名</u>	<u>作 者</u>	<u>頁次</u>
1.	基於雲端環境設計可提升國軍決策參考之機制研究 Design a Mechanism to Promote Military Decision Reference under the Cloud Computing Environment	蘇品長 潘詩婷	1
2.	應用 TensorFlow 深度學習機制於影像辨識之研究－ 以中共軍機影像辨識為例 A Study on Image Detection with TensorFlow Deep Learning Mechanism-a Case of P.R.O.C. Fighters Recognition	傅振華 齊立平 莫雅婷	23
3.	國軍職業安全生衛管理再進化：運用 ISO 45001 重構 軍中職業安全生衛管理績效評估模型 Re-Evolutionary the Military Occupational Safety and Health Management: Using ISO 45001 to Construct the Performance Evaluation Model of Military OSHM	羅文棟 侯宏誼	51
4.	結合資料包絡分析法及截斷式迴歸探討軍事大學系 所辦學績效及非投入產出因素之影響 A Discussion on Performance of Military Universities Management and Non-Input and Output Factors by Combination of Data Envelopment Analysis with Truncated Regression	陳建源 柯君諺	71

基於雲端環境設計可提升國軍決策參考之機制研究

蘇品長 潘詩婷*

國防大學資訊管理學系

論文編號：NM42-02-01

來稿2021年3月8日→第一次修訂2021年8月12日→第二次修訂2022年2月20日→

同意刊登 2022 年 2 月 26 日

摘要

現今數位化時代，網路服務發展快速，人們利用雲端環境可自由地發表個人意見及分享專業知識，或是利用以網路投票方式調查及統整結果，可輔助決策者準確掌握方向，作為決策的重要依據；然而就軍隊而言，領導者的決策方向是否正確，攸關了整個團隊的成敗，參謀可有效提供正確且具信服力的參考建議，成為引導決策之重要關鍵，反觀現今國軍有部分的領導者，卻仍有官大學問大的老舊思維，許多參謀因為官階壓力，不敢提出具體且專業的意見，導致決策品質不佳，進而影響整個部隊的發展及戰力；本研究將利用雲端運算環境、橢圓曲線密碼學、盲簽章等理論基礎，設計具足夠安全性之網路投票機制，使參謀可統計彙整各方專業意見，利用具體且客觀的數據資料，提供領導者之決策參考，以期能提升國軍決策品質。

關鍵詞：雲端環境、橢圓曲線、多重文件盲簽章、電子投票

* 通訊作者：潘詩婷 email: t102292000@gmail.com

Design a Mechanism to Promote Military Decision Reference under the Cloud Computing Environment

Su, Pin-Chang Pan, Shih-Ting *

Department of Information Management, National Defense University.

Abstract

In the digital age, internet services are developing rapidly. People can freely express their personal opinions and share professional knowledge using the cloud environment, or use online voting to investigate and aggregate the results, which can assist decision makers to accurately grasp the direction and serve as an important basis for decision-making. In the military, whether the leader's decision-making direction is correct is critical to the success or failure of the entire team. The subordinate officers can effectively provide correct and convincing reference suggestions, which becomes an important key to guide decision-making. On the other hand, some leaders in the current army still have the old thinking that grade is greater than knowledge. Many subordinate officers are afraid to put forward specific and professional opinions due to the pressure of the ranks. This results in poor decision-making quality and affects the development of the entire army. This research will use cloud computing environment, elliptic curve cryptography, blind signature and other technologies to design a secure online voting mechanism, so that subordinates can collect professional opinions from all parties to provide leaders' decision-making reference, so as to improve the quality of military decision-making.

Keywords: Cloud Computing, Elliptic Curves, Multiple File Blind Signature, Electronic Voting

一、前言

美國社會學家戴伊言：「正確的決策來自眾人的智慧」，在現代民主社會國家，生活中充斥著許多不同的意見和聲音，來自大眾的意見與聲音，往往也是許多領導者可以藉以參考及輔助決策的依據，而正確的決策方可帶領團體走向成功的道路，國內證券企業曾發表借專家意見提升董事會決策品質(宋佩璇，2020)，企業管理中董事並非全才，需視需求諮詢法律、財務、會計及產業等各領域專家意見，以提升其決策專業及品質；然而以團體為主的軍隊，領導幹部更是左右軍隊的靈魂角色，各主官幾乎每日都會遇到大大小小的決策，小至修正生活規定或大至戰爭時指揮部隊往正確方向進攻等，但領導幹部亦不是全才，依據我國陸軍指參作業程序之定義為指揮官藉參謀人員之協助，共同發揮思維力、判斷力與軍事素養，集思廣益，將其政策、決心透過分工作業方式，轉化為具體行動的一個過程，藉由專業的參謀及部屬，提供相關意見綜合判斷及考量後，引導領導者下達決策命令，我國海軍亦曾研究統計我國中階軍官決策風格對其決策行為之影響(陳明正與吳家純，2015)，該研究中在個人變項敘述統計分析數據顯示決策模式有 62.3%為召集幕僚個人決策，19.9%則以幕僚意見為主，因此多數領導軍官均會參考幕僚相關意見後，再行決策行為，但仍有部分的領導者，有官大學問大的老舊思維，亦或是有許多參謀因為官階，不敢提出具體且專業的意見，導致決策品質不佳，進而影響整個部隊的發展及戰力。

在現今網路雲端發展快速，人們之間的距離不再只是侷限在實體的距離，許多年輕人會利用社群軟體交流，討論表決一些需要群體決定或提供之意見，甚至統計出來的意見可以利用雲端上的資源，實施數據分析及整理，公共管理的學者提出資訊技術對政府的決策品質的影響研究(劉勇與徐曉林，2006)，研究中指出資訊技術可以改善決策者的有限理性，提升政府決策的質量並增強決策過程的公開性及公眾參與性，資訊技術與網路技術可改變傳統的訊息傳遞模式，透過網路技術可將公眾訊息傳遞至決策層，消除資訊傳遞與決策層間的人為阻滯和時空限制，有效避免資訊傳遞失真及延遲帶來的決策失誤；於國軍近年來也陸續將雲端的環境概念帶入軍中，許多軍隊的公事也都漸漸利用網路提高作業的時效，因此在不違反國軍決策體系之階層關係為前提下，各專業參謀如果利用雲端環境讓團體中的成員，透過電子投票的方式表達專業意見，再藉由雲端的資源收集、整理或分析更科學理性的數據及意見，可打破僅單一單位的時空限制，針對特定專業領域範圍之參考意見彙整，提供主官可以更清楚有效的參考依據找到決策的方向。

然而利用電子投票方式雖可解決資訊傳遞的人為阻礙、時空限制及傳遞時間等問題，但網路投票存在許多安全性問題，包含如何確保投票者的身分隱私，破除身分的成見使投票者可無後顧之憂表達自身意見，以及防止有心人士破壞或干擾投票過程，甚至竄改結果等，若能設計出安全性高的網路投票機制，對於國軍的各項事務推動與決策品質，相信會有更多的改善及發揮專業參謀更大的效益；另本研究亦可應用於群體決策或企業、董事會決議投票等時機實施，協助企業公司統整表決方針，爭取團體最大利益。

本研究將利用雲端運算、橢圓曲線密碼學、盲簽章等理論基礎，設計具足夠安全性與實用性之網路投票機制，具備以下優點：

- 1.設計藉由網路身分認證與投票機制，讓各專業參謀可以利用電腦網路實施投票。
- 2.將橢圓曲線密碼學理論應用在電子投票系統，利用較短位元長度的金鑰可達到與 RSA 相同等級的安全強度，降低系統負荷；另藉由多文件一次盲簽章理論，提升電子投票系統效率，縮短多餘流程；兩者使電子投票系統更具實用性，有助降低紙本與人力花費及系統運作開銷。
- 3.利用橢圓曲線密碼學理論與盲簽章技術達到機密性、完整性、鑑別性及不可否認性等資安特性，強化電子投票安全度。

二、文獻探討

本章節分類整理、歸納分析與本研究相關聯之文獻，並針對電子投票及密碼學等與本研究有關的技術，加以彙整作為本研究的基礎。分述如後：

2.1 電子投票機制介紹

電子投票，顧名思義即是利用電子設備完成投票動作，也就是不透過紙本方式實施，電子投票依投票之電子設備形式不同又可分為兩類(羅子惟，2012)，一類是 Electronic-voting (E-voting)，俗稱資訊亭投票，一類是 Internet-voting (I-voting)，俗稱網路投票：

2.1.1 資訊亭投票(E-voting)

凡是以電子投票機進行投票行為者均為此類投票，此類投票，投票日前會要求投票人事先登記要在哪個投票所實施投票，投票當天投票人不須攜帶身分證、印章及選舉通知單等東西，只須親赴投票所。投票人主要透過電子投票機輸入相關身分證號與密碼，由系統核對身分，在確認沒有重覆投票後，即出現選票畫面，投票人則以按鍵或觸控的方式操作電子投票機進行圈選，完成後，電子選票即直接燒錄在光碟，最後送至開票中心利用電腦進行計票。此類投票方式為針對較正式之人員選拔，且需付出較高之成本購買設備，對本研究僅針對決策參考機制提升不適用。

2.1.2 網路投票(I-voting)

此類投票與 E-voting 最大差異就是所有資訊傳輸都是透過網路來完成，投票日前要求投票人事先上網向選務中心註冊登記要實施網路投票，投票當天投票人不須攜帶身分證、印章及選舉通知單等東西，也不須親赴投票所，只要利用桌上型或筆記型電腦、平板電腦、手機等資訊設備，透過網路連上投票系統，輸入相關身分證號與密碼，由系統核對身分，在確認沒有重覆投票後，一樣出現選票畫面，投票人亦以按鍵或觸控的方式操作電腦、平板或手機等設備進行圈選，完成後，電子選票即直接加密傳輸到開票中心，俟投票時間結束後開票中心利用電腦統一計票。由於投票人不需至投票所即可完成投票過程，以軍人為例，即可在營區利用有連接網際網路之電腦等相關設備完成投票。

由於此類投票須透過網路傳輸所有資訊，故有保密之安全顧慮，如該投票人的投票內容不能被知曉，投票內容不能被竄改等。為達成這些基本要求，愛沙尼亞行之有年的郵寄投票流程(GQ 網，2012)，即可實現，其流程如下：

- (1)投票人須事先向選務中心註冊身分，合格選民會在投票日之前預先收到選票與兩個信封。
- (2)投票人只須將填好的選票密封進其中一個信封，上面不寫任何個人資料，然後將此裝有選票的信封，再裝入另一個標有合法身分的信封並寄給投票所。
- (3)投票所收到後，於投票當天驗證外層信封上的身分資料，核實身分無誤並登錄已投票後，即將外層信封拆開，把內層信封投入票櫃。

此流程後來被該國用以設計網路投票安全機制，投票人事先用電腦下載由選舉委員會提供的軟體，該軟體可將選票的電子檔編碼加密，其作用就如同郵寄投票的內信封，然後再附上選舉委員會提供的電子簽章在該加密檔上，以利確認身分，其作用就有如外信封。近年有相關學者研究基於 SEAL 庫的同態加權電子投票系統(楊亞濤，2020)、基於區塊鏈的可追蹤匿名電子投票方案(孫萌，2019)及基於區塊鏈技術的匿名電子投票協議設計(周振興與嚴廣樂，2020)，即以密碼學等技術，實現電子投票最基本安全性條件，以電子檔加密及電子簽章等方式強化安全性，惟該研究未針對軍中規範及環境設計，故本研究將相關辦法設計於適用軍中環境用以輔助領導者提升決策參考之機制。此外，本研究設計除適

用於軍中環境外，亦可將此研究機制導入企業或政府團體等決策所需，2020 年學者提出 Say-on-Pay 投票頻率對經理人獎酬之影響(呂明諺，2020)，可體現企業管理人亦頻繁使用投票方式，用以收整員工或是經理人之意見，進而影響獎酬等方案政策之修正，由此可見一個安全且實用的網路投票機制之重要性。

2.2 電子投票相關研究

本節主要描述 Song 和 Cui、陳淵順及周振與嚴廣樂等學者所提出之網路電子投票相關研究。

2.2.1 Song 和 Cui 電子投票機制

由 Song, F. and Cui, Z.(2012)提出，為一個利用 RSA 及 ElGamal 盲簽章建構之電子投票機制，其中 ElGamal 是由 ElGamal, T. (1985)提出，其為基於解決離散對數的難題。F. Song and Z. Cui 提出的電子投票機制主要由產生金鑰、確認身分、將票盲化、投票、計票等五個階段構成，其研究方法主要是利用 RSA 來產生金鑰，並利用 ElGamal 盲簽章機制來進行選票盲化，投票與計票則是運用 XML 文件檔傳送來完成。

(1)產生金鑰

利用 RSA 機制產生投票者的公、私鑰。

(2)確認身分

投票者向選務中心具有申請投票資格的簽章，選務中心確認人員身分後，發給投票者的公開金鑰及選務中心簽署的數位簽章。

(3)盲化選票

選務中心將票盲化後，製作成 XML 檔傳給投票者。

(4)投票

投票者將公鑰及投票內容利用 XML 檔傳回選務中心。

(5)計票

選務中心驗證選票的有效性、簽章以及是否被竄改，若皆符合，則計入票數。

2.2.2 陳淵順的電子投票機制

由陳淵順(2011)提出，為一個利用離散對數難題身分認證方法(Schnorr, C. P., 1991)及有效率的模糊簽章機制(Tso, R. et al., 2008)建構之電子投票機制，其中利用模糊簽章取代盲簽章之目的，主要是為了讓選務中心確保所簽的選票中，投票人圈選結果一定是所有候選人的其中一位(但無法得知其到底圈選哪一位)，而利用盲簽章應用於電子投票時，簽章者無法得知簽章內容為何而進行簽章，會有不確定感。各階段要點如下：

(1)準備階段

投票者至政府機構申請可證明身分之 ID-card，政府機構透過憑證中心利用離散對數難題身分認證方法製作 ID-card，內含投票者的 ID 與公、私鑰。

(2)註冊登入階段

投票者利用 ID-card 登入投票系統，投票系統確認身分正確後，傳送身分證明給投票者。

(3)驗證階段

投票者選擇候選人後，透過投票系統將身分證明及候選人名單傳給憑證中心，憑證中心驗證投票者的身分證明無誤後，對投票者所選的候選人名單做模糊簽章，並傳回給投票者。

(4)投票階段

投票者將選票利用開票中心的公鑰加密，並透過投票系統將加密選票傳送給開票中

心儲存。

(5) 計票階段

開票中心待全部投票結束後，將所有選票解開，並驗證憑證中心的模糊簽章，計算票數並公布結果。

(6) 爭議驗證階段

開票完成後，投票人可比對選票是否有被計票，若有疑慮即向選務中心要求驗票。

2.2.3 周振與嚴廣樂提出之基於區塊鏈技術的匿名電子投票協議設計

由周振與嚴廣樂（2020）提出，其結構是使用盲簽章及時間釋放加密演算法，結合運行在以太坊上的智能合約完成電子投票的過程，智能合約將取代傳統可信第三方的工作，擺脫信任依賴，保證投票過程的完整性與安全性。流程圖如圖 1。

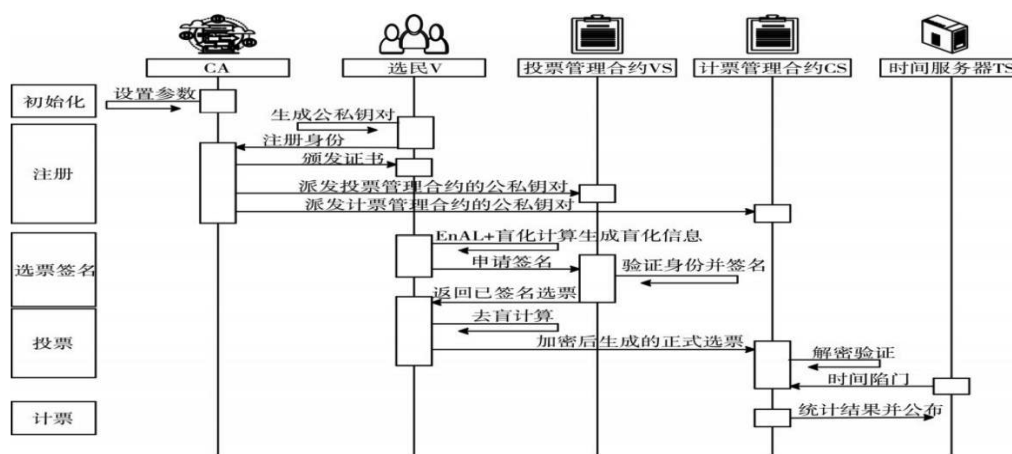


圖 1 周振與嚴廣樂提出的區塊鏈電子投票流程

2.3 密碼學理論

將進一步說明本研究將應用之密碼學理論。

2.3.1 對稱式密碼系統

對稱式密碼系統亦稱為私密金鑰密碼系統，主要將傳送方的明文利用金鑰加密處理後變成密文，接收方收到密文後經過解密處理還原成原來的明文，因為其加、解密為同一把金鑰，如何安全的把金鑰分配給通訊對方即是重要問題，且若傳遞訊息的人數增多，管理的金鑰也會變多， n 個人傳遞訊息就需要 $n(n-1)/2$ 把密鑰(梁榮哲，2012)，管理十分不易。但其優點是加、解密之運算速度快，仍有實用價值，目前常用的對稱式加密技術有 DES、3DES、AES、Blowfish、IDEA、RC5、RC6 等。

2.3.2 非對稱式密碼系統

非對稱式密碼系統又稱為公開金鑰密碼系統(Diffie, W., and Hellman, M., 1976)，主要使用兩把相對應的金鑰進行加解密，一把是可以公開的加密金鑰 (Public Key)，一把為私人擁有的解密金鑰(Private Key)。在此系統中，接收者可將加密金鑰公開，提供給所有可能與其通信的傳送者，當傳送者要將訊息傳送給接收者時，可將訊息利用接收者的加密金鑰進行加密，再傳給接收者。該加密訊息只有該接收者相對應的解密金鑰才能解密，故此系統可讓通信雙方不需事先交換金鑰即可從事秘密通訊，此加密技術可解決「對稱式加密技術」中金鑰分配與管理問題，並可達到「不可否認性」需求，但具有加、解密運算速度較慢之缺點(梁榮哲，2012)。目前較著名的非對稱式密碼系統為 RSA 公開金鑰密碼系統，

該系統由美國麻省理工學院的 Rivest、Shamir 與 Adleman 等三人於 1978 年提出，該密碼系統迄今仍是世界公認安全且仍在大量運用之非對稱式密碼系統，惟隨電腦計算能力提升，其安全強度須靠加長金鑰長度，來抵抗暴力破解法(郭文雄，2011)。故學者們希望找出以較小密碼長度就能達到相同安全性之密碼系統，橢圓曲線密碼系統即為最有希望替代方案之一(陳文彬，2012)，並已被制定為 ANSI X9.62(American Bankers Association., 1998)、FIPS PUB 186-3 (Gallagher, P., and Director, C. F., 2009)、IEEE Std 1363-2000 (Jablon, D, 2001)等多個國際或國家標準。另非對稱密碼系統還常被應用在電子簽章，主因簽章者用自己的私鑰簽章，只有相關應的公鑰能解開，故只要簽章被解開，就表示該簽章是由擁有相對應私鑰的人所簽署的。以下將針對橢圓曲線密碼系統及電子簽章進行介紹。

2.3.3 橢圓曲線密碼系統

橢圓曲線在代數學和幾何學上有超過百年的廣泛研究，其理論非常豐富且深奧(高嘉言，2009)，橢圓曲線首次應用在密碼學上是由 Miller(1985)及 Koblitz(1987)兩位學者分別提出，主要是利用橢圓曲線可以找出反元素的特性，將其運用在公開金鑰加密系統上。

依照密碼學加密演算法之橢圓曲線密碼，其橢圓曲線一般方程式為： $y^2 + axy + by = x^3 + cx^2 + dx + e$ ，其中 a 、 b 、 c 、 d 、 e 為實數。通常以 $y^2 = x^3 + ax + b$ 來表示，在密碼學應用上，則主要關心在有限域 $GF(q)$ 中取質數 p ($p > 3$) 同餘的橢圓曲線群，以 $E : y^2 = x^3 + ax + b \pmod{p}$ 來表示，其中 a 、 b 為小於 p 之正整數，且 $4a^3 + 27b^2 \neq 0 \pmod{p}$ 。另在橢圓曲線的定義中存在一個元素 O ，稱為無窮遠點或零點，一般可視為在 Y 軸上方無窮遠處(Darrel .et.al, 2004)。令 $P(x_1, y_1)$ 與 $Q(x_2, y_2)$ 為 E 上的點，其具有以下規則：

(1) $P + O = O + P = P$ 。

(2) 若 $P = -Q$ ，則 $P + Q = (x_1, y_1) + (x_1, -y_1) = O$ 。

(3) 若 $P \neq -Q$ ，則 $P + Q = (x_3, y_3)$ ，且 $x_3 = (\lambda^2 - x_1 - x_2)$ ， $y_3 = \lambda(x_1 - x_3) - y_3$ ，此處

$$\lambda = \begin{cases} \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} & \text{if } A \neq B \\ \frac{3x^2 + a}{2y_1} & \text{if } A = B \end{cases}$$

註：橢圓曲線運算中，大寫參數表示點，小寫參數表示數值。

(4) 橢圓曲線中的乘法運算是透過加法運算達成的。為了加快速度，可以用 doubling 運算來進行。例如： $4P = 2P + 2P$ ，再計算 $2P = P + P$ 即可。

(5) 反元素運算

點 $A = (x, y)$ 的反元素為 $-A = -(x, y) = (x, -y)$ 。(因 $A + (-A) = O$ ， O 為乘法單位元素)

(6) 橢圓曲線優點

橢圓曲線密碼系統第一個優點是加密金鑰長度較短，如表 1(蘇品長，2007)，與 RSA 相比，橢圓曲線密碼系統在 224 位元金鑰長度的安全性與 RSA 的 2048 位元金鑰長度相當，在相同金鑰長度下，橢圓曲線密碼系統的安全性較 RSA 高。

表 1 橢圓曲線密碼系統與 RSA 在相同安全度下金鑰長度之比較表

橢圓曲線密碼系統與 RSA 金鑰長度在相同安全度下之比較					
項目 \ 長度	金鑰長度				
橢圓曲線密碼系統	112	163	224	256	384
RSA	512	1,024	2,048	3,072	7,680
金鑰長度比	1 : 5	1 : 6	1 : 9	1 : 12	1 : 20

橢圓曲線密碼系統第二個優點是：假設一屬於 F_q 之橢圓曲線，而橢圓曲線 E 上一點為 P ，給定一個橢圓曲線 E 上的點 Q ，假設要找到一個整數 k 使得 $kP = Q$ ，因橢圓曲線的點加法運算，必須逐一窮舉所有可能的點才有可能遭破密。此問題至今尚無法於多項式時間內求得解答。

2.3.4 電子簽章

電子簽章最主要的功能就是確認文件傳送的過程中，內容沒有被第三人破壞或竄改(林明慶，2009)，其原理類似公開金鑰密碼系統，惟不同點是發送者利用私鑰簽章，接收者利用發送者相對應的公鑰驗證；其原理主要是發送者利用單向雜湊函數對訊息運算，獲得訊息摘要，並利用私鑰對訊息摘要進行加密認證，產生簽章，發送者將訊息及簽章傳給接收方；接收方收到後，將訊息透過單向雜湊函數產生另一個訊息摘要，並利用發送者相對應的公鑰對簽章解密取得原本的訊息摘要，比對兩個訊息摘要若相同，則確保收到的訊息是完整的，未經竄改。

此過程中，利用單向雜湊函數運算之目的，主要是因為一般傳送的文件內容都很龐大，公開金鑰長度若要大於文件內容，則加解密運算將無法負荷，故先將訊息透過單向雜湊函數轉換成固定長度之小塊訊息後再進行運算，可提升簽章效率(徐凡，2006)。本研究將用到盲簽章及基於橢圓曲線密碼系統之多重文件盲簽章技術。

2.3.4.1 盲簽章

盲簽章是由 Chaum(1983)所提出的一種電子簽章，在盲簽章協定中主要有使用者、簽章者及驗證者三個角色，使用者將要簽章的訊息利用盲因子(亂數)盲化後，傳給簽章者利用私鑰進行簽名，由於簽章者收到的是盲化過的訊息，故無法得知訊息內容，僅盲目的進行簽名動作，然後將盲簽章傳給使用者。使用者收到後從中取出真正的簽章。而驗證者可利用簽章者的公鑰驗證簽章的正確性。使簽章者無法得知投票者是將票投給哪位候選人，以達到秘密投票的特性。Chaum 的演算法區分 5 個階段：

- (1) 簽章者隨機選取兩個大質數 p 、 q ，計算

$$n = p \times q \text{ 及 } \phi(n) = (p-1)(q-1) \quad (2-1)$$

簽章者另選取兩個很大的數 e 、 d ，使得

$$ed \equiv 1 \pmod{\phi(n)} \text{ 及 } \gcd(e, \phi(n)) = 1 \quad (2-2)$$

則 e 、 n 作為簽章者的公鑰， d 為私鑰。然後公開 e 、 n ，留著 p 、 q 、 d 。

- (2) 若使用者希望簽章者對訊息 m 進行簽章，則隨機選取一個亂數 r 當作盲因子，將訊息 m 盲化成

$$m' = r^e \times m \pmod{n} \quad (2-3)$$

並將 m' 傳給簽章者。

- (3) 簽章者收到訊息 m' 後，用其私鑰 d 計算

$$s' = m'^d \pmod{n} \quad (2-4)$$

然後將 s' 回傳給使用者。

- (4) 使用者收到 s' 後，計算

$$s = s' \times r^{-1} \pmod{n} \quad (2-5)$$

- (5) s 即為 m 的盲簽章，任何人可以用簽章者的公鑰 e 檢查

$$s^e \equiv m \pmod{n} \quad (2-6)$$

是否成立，來驗證此簽章正確性。

2.3.4.2 基於橢圓曲線密碼系統之多重文件盲簽章

由梁榮哲(2012)提出，透過運用橢圓曲線密碼系統金鑰長度短特點，設計基於可以一次多重盲簽章之演算法，系統處理速度較快，演算法如下：

(1)開始階段

- 系統首先選取一條在有限域 F_q 上之安全的橢圓曲線 $E(F_q)$ ，並在 $E(F_q)$ 上選一基點 G 其階數(order)為 n ，使得 $n \cdot G = O$ (無窮遠點)。
- 從 $y^2 = x^3 + ax + b \pmod{p}$ 及 $4a^3 + 27b^2 \not\equiv 0 \pmod{p}$ 建立 $E_p(a, b)$ ， p 為一個 160bit 以上的大質數，選一個 order 極大的 n 基點 $G = (x, y)$ 在 $E_p(a, b)$ 上 $n \cdot G = O$ ，送簽者 $\{R_i | 1 \leq i \leq n, n \in N\}$ 。
- 送簽者選擇私鑰 $n_i \in Z_n^*$ ；產生公鑰 $P_i \equiv n_i \cdot G \pmod{p}$ 。
- 簽章者隨機選擇私鑰 $n_s \in Z_n^*$ ；產生公鑰 $P_s \equiv n_s \cdot G \pmod{p}$ 。

(2)盲化階段

- 訊息分成數個區塊且定義 $m_{ij} = m_{11}, m_{12}, \dots, m_{n1}, m_{n2}$ ， $1 \leq i \leq n$ ，其中每份文件各切割為兩塊，並雜湊明文 m_{ij} ，以明文轉點的方式將明文轉為點座標。

$$\overline{m}_{ij} = \{m_{11}, m_{12}, \dots, m_{n1}, m_{n2}\} \quad (2-7)$$

$$h_1(\overline{m}_{ij}) = m \quad (2-8)$$

$$f_{m2p}(m) = P_1, P_2, \dots, P_n \quad (2-9)$$

$$\overline{P}_i = \{P_1, P_2, \dots, P_n\} \quad (2-10)$$

$$h_2(\overline{P}_i) = M \quad (2-11)$$

- 接著送簽者選擇一個盲因子 b 將多個訊息盲化，計算

$$m' = b \boxtimes M \boxtimes n_i \quad (2-12)$$

之後將 m' 傳給簽章者。

(3)簽章階段

簽章者收到 m' 後，利用自己的 n_s (私鑰)對盲化訊息 m' 簽章，再用私鑰 n_s 加密於送簽者公鑰 P_i ，計算

$$s_{m'} = m' \cdot n_s \quad (2-13)$$

$$s_s = n_s \cdot P_i \quad (2-14)$$

將 $s_{m'}$ 與 s_s 傳送給送簽者。

(4)解盲階段

送簽者用盲因子與自己私鑰 n_i 解盲，計算

$$s_m = b^{-1} \cdot n_i^{-1} \cdot s_{m'} \quad (2-15)$$

(5)驗證階段

將簽章者送來之 s_s 進行驗證簽章值是否正確，計算

$$s_s = s_m \cdot P_i \cdot M^{-1} \quad (2-16)$$

是否成立，若成立，則將 $\overline{m}_i'$ 所得到的多重訊息集合實施一次雜湊

$$h_2(\overline{m}_i') = m' \quad (2-17)$$

驗證：

$$m' \stackrel{?}{=} m \quad (2-18)$$

三、系統設計

本研究提出一種利用雲端環境於軍中建置安全電子投票機制，結合梁榮哲(2012)所提之基於橢圓曲線多重文件盲簽章原理的優點，將投票文件加密後實施盲簽章來強化其安全性，透過多份投票文件內容一次盲簽密機制，可縮短系統重覆簽章之程序，提升執行效率，並可使各承辦參謀在簽署過程中，不知道投票內容為何，以確保投票者身分隱蔽及投票內容不被偷窺，使各階層人員可不受身分階級影響投票意願及結果，以下將說明本研究所提出之電子投票系統架構及其運作流程。

3.1 系統架構

系統整體運作架構如圖 2 所示，投票人 A 向保防部門 D 註冊，取得公私鑰和簽章，與承辦單位 C 確認身分，將多張選票進行一次加密，選票密文除直接傳給承辦單位 C，另並產生一份密文摘要，盲化後傳給監察部門 B 做簽章；監察部門 B 對盲化密文摘要簽章，傳給承辦單位 C，由承辦單位 C 進行最後的解盲化、驗證與解密開票。

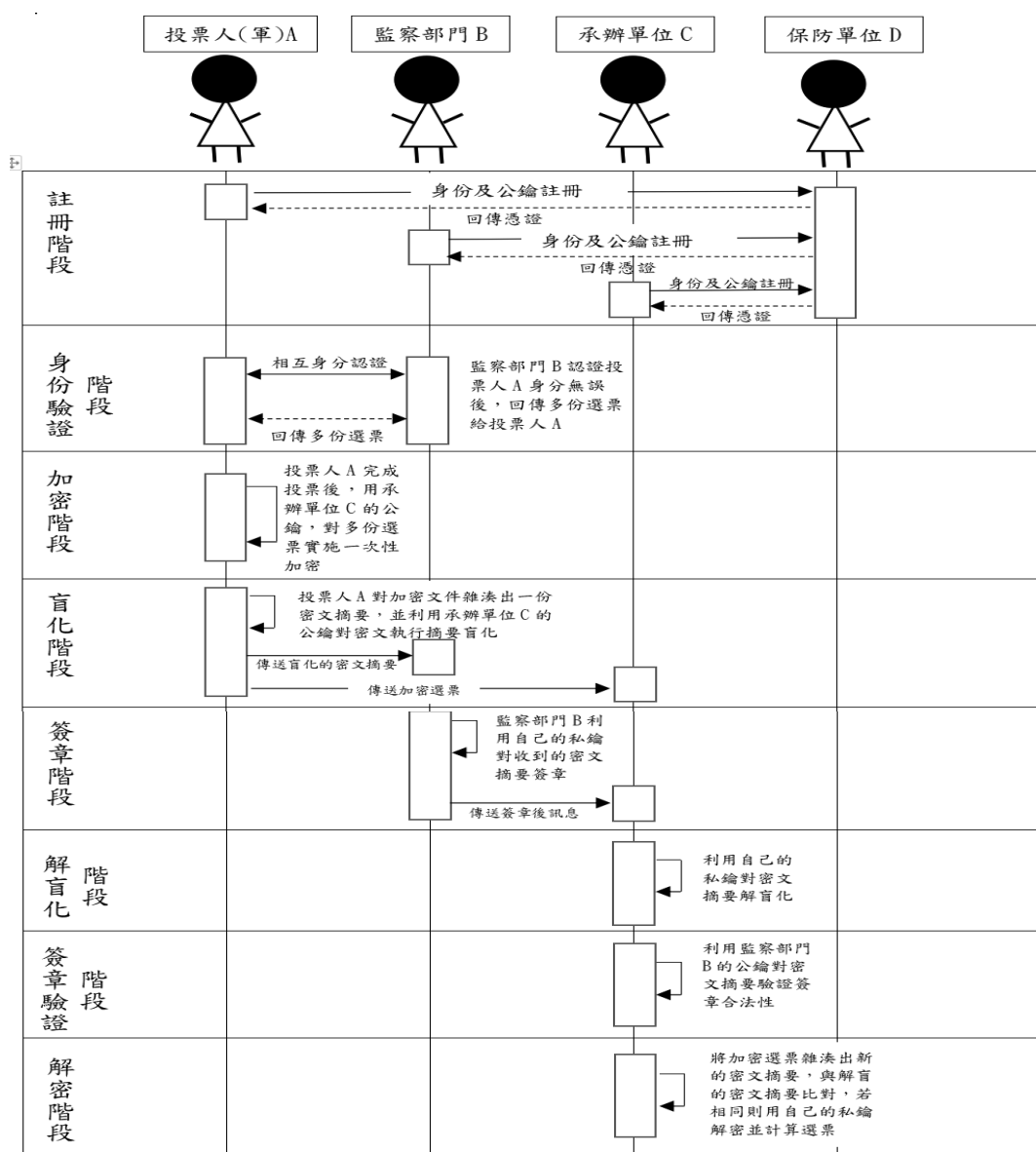


圖 2 系統整體運作架構圖

3.2 系統運作流程及演算法

系統運作流程區分系統初始、身分驗證、加密、盲化、簽章、解盲化、簽章驗證、解密等八階段，各階段說明如下。

3.2.1 系統初始階段

系統初始時會針對密碼系統進行參數選定，本研究中各參數說明如表 2 所示。

表 2 系統各參數說明

項目	符號	說明
1	G	為橢圓曲線內之基點
2	$E(F_q)$	有限域 F_q 中之橢圓曲線
3	n	橢圓曲線上基點的階數(order)
4	q	$q > 2^{160}$ 的大質數
5	id_A, id_B, id_C	投票人 A、監察部門 B、承辦單位 C 的 ID 資訊
6	$PK_A, PK_B, PK_C, PK_{AS}$	投票人 A、監察部門 B、承辦單位 C、保防部門 D 之公鑰
7	n_A, n_B, n_C, n_{AS}	投票人 A、監察部門 B、承辦單位 C、保防部門 D 之私鑰
8	e_A, e_B, e_C	投票人 A、監察部門 B、承辦單位 C 之公鑰與 ID 資訊的關聯值
9	l_A, l_B, l_C	憑證中心為投票人 A、監察部門 B、承辦單位 C 計算關聯值時所隨機選取的值
10	ca_A, ca_B, ca_C	投票人 A、監察部門 B、承辦單位 C 之憑證
11	$h_1()$	值轉值的雜湊函數
12	$h_2()$	點序列轉值的雜湊函數
13	$f_{mp}()$	將訊息 m 轉化為橢圓曲線點 p 的函數
14	$f_{pm}()$	將橢圓曲線點 p 轉化為訊息 m 的函數
15	w	選票訊息之 0、1 背包值
16	b	盲因子
17	m	選票訊息
18	m_{ij}	選票訊息之分解區塊
19	M	將選票訊息雜湊函數後的值

系統選取一條安全的橢圓曲線 $E(F_q)$ （在有限域 F_q 上且 $q > 160\text{bit}$ 以上之大質數），並且在 $E(F_q)$ 上選一基點 G 其階數(order)為 n ，使

$$n \cdot G = O \quad (3-1)$$

此橢圓曲線之無窮遠點(O)；另選擇兩個為單向且無碰撞的雜湊函數 $h_1()$ 及 $h_2()$ 。

投票人 A、監察部門 B、承辦單位 C、保防部門 D 分別選擇 n_A, n_B, n_C, n_{AS} (n_A, n_B, n_C

、 $n_{AS} \in Z_n^*$ 且 $\in [2, n-2]$) 作為私鑰，則公鑰

$$PK_A = n_A \boxtimes G \quad (3-2)$$

$$PK_B = n_B \boxtimes G \quad (3-3)$$

$$PK_C = n_C \boxtimes G \quad (3-4)$$

$$PK_{AS} = n_{AS} \boxtimes G \quad (3-5)$$

投票人A、監察部門B、承辦單位C利用一個絕對安全的通道將自己的公鑰及身分 id_A 、 id_B 、 id_C 送至保防部門D計算出關聯值

$$e_A = h_1(id_A, PK_A) \quad (3-6)$$

$$e_B = h_1(id_B, PK_B) \quad (3-7)$$

$$e_C = h_1(id_C, PK_C) \quad (3-8)$$

保防部門D為投票人A、監察部門B、承辦單位C分別選擇 l_A 、 l_B 、 l_C (l_A 、 l_B 、 $l_C \in Z_n^*$ 且 $\in [2, n-2]$)，使

$$Z_A = l_A \boxtimes G = (x_{Z_A}, y_{Z_A}) \quad (3-9)$$

$$Z_B = l_B \boxtimes G = (x_{Z_B}, y_{Z_B}) \quad (3-10)$$

$$Z_C = l_C \boxtimes G = (x_{Z_C}, y_{Z_C}) \quad (3-11)$$

產生憑證

$$ca_A = l_A (e_A + (x_{Z_A}, y_{Z_A})) \quad (3-12)$$

$$ca_B = l_B (e_B + (x_{Z_B}, y_{Z_B})) \quad (3-13)$$

$$ca_C = l_C (e_C + (x_{Z_C}, y_{Z_C})) \quad (3-14)$$

保防部門D分別將 (ca_A, e_A, Z_A) 、 (ca_B, e_B, Z_B) 、 (ca_C, e_C, Z_C) 傳回投票人A、監察部門B、承辦單位C，最後公開 $E(F_q)$ 、 G 、 q 、 PK_A 、 PK_B 、 PK_C 、 PK_{AS} 、 $h_1()$ 及 $h_2()$ 。

3.2.2 身分驗證階段

當監察部門B收到投票人A傳過來的 (ca_A, e_A, Z_A) 之後，先行驗證身分，計算如下：

$$u_1 = ca_A^{-1} \bmod n \quad (3-15)$$

$$u_2 = e_A \boxtimes u_1 \bmod n \quad (3-16)$$

$$u_3 = x_{Z_A} \boxtimes u_1 \bmod n \quad (3-17)$$

接著以保防部門D的公開金鑰 PK_{AS} 來驗證投票人A身分之正確性，計算：

$$u_2 \boxtimes G + u_3 \boxtimes PK_{AS} = (v_x, v_y) \quad (3-18)$$

驗證：

$$x_{Z_A} \stackrel{?}{=} v_x \quad (3-19)$$

同理，投票人A也驗證監察部門B的身分：

$$x_{Z_B} \stackrel{?}{=} v_x \quad (3-20)$$

雙方驗證無誤後，監察部門B將 n 份選票傳給投票人A。

3.2.3 加密階段

投票人A收到選票並勾選後，將多份投票文件內容的明文，區分成多個區塊且定義

$$m_{ij} = m_{11}, m_{12}, \dots, m_{n1}, m_{n2}, 1 \leq i \leq n \quad (3-21)$$

其中每份文件各切割為兩塊，並雜湊明文 m_{ij} ，以將明文轉換為點座標，其計算如下：

$$\overline{m_{ij}} = \{m_{11}, m_{12}, \dots, m_{n1}, m_{n2}\} \quad (3-22)$$

$$h_2(\overline{m_{ij}}) = m \quad (3-23)$$

$$f_{mp}(m) = p_1, p_2, \dots, p_n \quad (3-24)$$

定義：

$$\bar{x} = \{x_1, x_2, \dots, x_i\} \in (0,1) \quad (3-25)$$

其中對應1及右邊對應0，代表右移一個區塊，對應0及右邊對應1，代表左移一個區塊，對應1及右邊對應1，則右移三個區塊，對應0及右邊對應0，則左移三個區塊：

$$\text{if } x_i = 1; x_{i+1} = 0 \gg 1 \quad (3-26)$$

$$x_i = 0; x_{i+1} = 1 \ll 1 \quad (3-27)$$

$$\text{if } x_i = 1; x_{i+1} = 1 \gg 3 \quad (3-28)$$

$$x_i = 0; x_{i+1} = 0 \ll 3 \quad (3-29)$$

計算二進位值 w ：

$$w = \{x_1 \boxtimes 2^{1-1}, x_2 \boxtimes 2^{2-2}, \dots, x_n \boxtimes 2^{n-n}\} \quad (3-30)$$

隨選一個值 $k \in Z_n^*$ 且 $b \in [2, n-2]$ ，計算：

$$K = k \boxtimes G \quad (3-31)$$

利用承辦單位C的公鑰及隨選值 k 對實施密文加密計算：

$$C_0 = [f_{mp}(w, m) + k \boxtimes PK_C] \quad (3-32)$$

$$C_1 = [P_1 + x_1 \boxtimes C_0 + k \boxtimes PK_C] \quad (3-33)$$

$$C_2 = [P_2 + x_2 \boxtimes C_1 + k \boxtimes PK_C] \quad (3-34)$$

$$C_n = [P_n + x_n \boxtimes C_{n-1} + k \boxtimes PK_C] \quad (3-35)$$

$$\bar{C} = \{C_0, C_1, C_2, \dots, C_n\} \quad (3-36)$$

密文 $\bar{C}$ 利用 $h_2()$ 運算，產生 M (密文摘要)：

$$h_2(\bar{C}) = M \quad (3-37)$$

3.2.4 盲化階段

投票人A利用承辦單位C的公鑰 PK_C 及隨選值 k 對密文摘要 M 進行盲化，計算：

$$X = [f_{mp}(k) + n_A \boxtimes PK_C] \quad (3-38)$$

$$Y = k \boxtimes M \boxtimes PK_C \quad (3-39)$$

運算後將密文 $\bar{C}$ 及隨選值 k 、 K 及 X 傳給承辦單位C，盲化後密文摘要 Y 傳給監察部門B簽章

3.2.5 簽章階段

監察部門B收到投票人A傳來 Y 後，並利用自己的私鑰 n_B 對 Y 運算，產生簽章文件 S ：

$$S = n_B \boxtimes Y \quad (3-40)$$

隨後將簽章 S 傳給承辦單位C。

3.2.6 解盲化階段

承辦單位C收到投票人A傳來密文 $\bar{C}$ 、 k 、 K 、 X ，以及監察部門B傳來的簽章文件 S 後，先對投票人A傳來之密文 $\bar{C}$ 利用 $h_2()$ 做運算，產生第二份 M' 密文摘要，再用自己的私鑰 n_C 及投票人A的公鑰 PK_A 對簽章文件 S 解盲化，計算如下：

$$h_2(\bar{C}) = M' \quad (3-41)$$

$$f_{m2p}(k) = X - n_C \boxtimes PK_A \quad (3-42)$$

3.2.7 簽章認證階段

承辦單位C接著利用監察部門B的公鑰 PK_B 對 S' 進行簽章認證，計算如下：

$$k = f_{p2m}[f_{m2p}(k)] \quad (3-43)$$

$$S' = k \boxtimes M' \boxtimes n_C \boxtimes PK_B \quad (3-44)$$

承辦單位C比對 S' 及 S ：

$$S' \stackrel{?}{=} S \quad (3-45)$$

若 S' 與 S 相同，除表示未被竄改以外，也代表承辦單位C的簽章是有效的。

3.2.8 解密階段

承辦單位C以自身私鑰 n_C 及 K 對密文 $\bar{C}$ 運算解密：

$$f_{mp}(w, m) = C_0 - n_C \boxtimes K \quad (3-46)$$

$$(w, m) = f_{pm}[f_{mp}(w, m)] \quad (3-47)$$

將 w 還原成 $\bar{x}$ 數列，在二進位所表示的值中，對應0及右邊對應1，代表右移一個區塊，對應1及右邊對應0，代表左移一個區塊，對應0及右邊對應0，則右移三個區塊，對應1及右邊對應1，則左移三個區塊：

$$w = \{x_1 \boxtimes 2^{1-1}, x_2 \boxtimes 2^{2-2}, \dots, x_n \boxtimes 2^{n-n}\} \quad (3-48)$$

$$\text{if } x_i = 1; x_{i+1} = 0 \ll 1 \quad (3-49)$$

$$x_i = 0; x_{i+1} = 1 \gg 1 \quad (3-50)$$

$$\text{if } x_i = 1; x_{i+1} = 1 \ll 3 \quad (3-51)$$

$$x_i = 0; x_{i+1} = 0 \gg 3 \quad (3-52)$$

$$\bar{x} = \{x_1, x_2, \dots, x_n\} \quad (3-53)$$

依序解開密文 $\bar{C}$ ：

$$P_1' = [C_1 - x_1 \boxtimes C_{1-1} - n_C \boxtimes K] \quad (3-54)$$

$$P_2' = [C_2 - x_2 \boxtimes C_{2-1} - n_C \boxtimes K] \quad (3-55)$$

$$P_i' = [C_i - x_i \boxtimes C_{i-1} - n_C \boxtimes K] \quad (3-56)$$

$$\bar{P}' = \{P_1', P_2', P_3', \dots, P_n'\} \quad (3-57)$$

$$f_{p2m}(\bar{P}') = \overline{m_{ij}'} \quad (3-58)$$

$\overline{m_{ij}'}$ 即為多重選票的集合，此時可利用 $h_2()$ 對 $\overline{m_{ij}'}$ 再進行一次雜湊，取得 m' ：

$$h_2(\overline{m_{ij}'}) = m' \quad (3-59)$$

利用比對 m 與 m' ，便可以再次驗證選票內容的正確性，如果無誤則計入投票結果。

四、安全性及效益分析

4.1 安全性分析

以橢圓曲線密碼系統理論為基礎，結合多重文件盲簽章機制，達到安全分配金鑰、投票人身分保密及選票內容安全傳輸效果，本研究預期達到以下安全性：

4.1.1 機密性

機密性是指文件不可以被未經授權之實體、個人或程序取得，亦或是遭揭露的特性，且文件在傳遞過程中，內容都是被保密的，不被傳送及接收雙方以外的人獲知內容之特性，在本研究中投票人A對選票訊息利用自己的私鑰 n_A 及承辦單位C的公鑰 PK_C 加密，如式(3-35)， $C_n = [P_n + x_n \cdot C_{n-1} + k \cdot PK_C]$ ，若第三方想要竊取加密資訊，因無法獲得其公鑰及私鑰，須面對的是以暴力破解方式解決橢圓曲線離散對數難題，因此本機制在實際安全上可確保選票機密性。

4.1.2 完整性

完整性是指確保文件完整且正確的特性，在傳遞時不被干擾或破壞，即內容不能被任意增減或修改。在本研究中，監察部門B簽章之密文摘要是由投票人A利用單向雜湊函數 $h_2()$ 雜湊出來的，如式(3-23)， $h_2(\overline{m}_{ij}) = m$ ，如果有第三方中途攔截投票人A發送的密文並且進行竄改或偽造發送給承辦單位C，因為單向雜湊函數具不可逆推特性，若密文被竄改，則簽章驗證時，其衍生出的密文摘要勢必無法相同，將不被通過，故若承辦單位C最後驗證通過，則可代表選票內容是正確且完整的(因為可以雜湊出相同的密文摘要)，本系統可以確保選票內容之完整性。

4.1.3 鑑別性

鑑別性是指接收方可利用公開的參數用以驗證合法的訊息來源，確保訊息是由宣稱的傳送方所傳來的。在本研究中，傳送方為投票人A，接收方為監察部門B，在身分驗證階段時，監察部門B可用式(3-18)、(3-19)， $u_2 \cdot G + u_3 \cdot PK_{AS} = (v_x, v_y)$ 、 $x_{Z_A} \stackrel{?}{=} v_x$ ，來驗證投票人A的身分，如有第三人意圖偽冒身分，須面對的是以暴力破解方式解決橢圓曲線離散對數難題，故本機制在實際安全上可確保身分鑑別性。

4.1.4 隱匿性

隱匿性是指簽署人無法獲知其簽署的文件內容訊息，本研究中，透過生成密文摘要方式，讓監察部門B僅對密文摘要簽屬，無法直接得知選票內容，且利用盲簽章技術，使投票人A盲化其密文摘要，如式(3-38)、(3-39)， $X = [f_{mp}(k) + n_A \cdot PK_C]$ 、 $Y = k \cdot M \cdot PK_C$ ，透過亂數 k ，不會生成固定的密文摘要，使監察部門B無法比對何種選票內容會生成何種密文摘要，投票人A不必擔憂在簽章過程中造成文件曝光。

4.1.5 不可否認性

不可否認性指的是在證明已發生的事件或行為，發生之後不可以被否認。由於投票人A的相關憑證只有投票人A擁有，其與監察部門B相互認證後領取選票，即無法否認其已

領票，以防重複領票，至於領票後是否要投票則是投票人A自由的權利，但已能確保投票人A只能投一次票；另在盲簽章方面，監察部門B簽署文件後，如式(3-40)， $S = n_B \otimes Y$ ，因其私鑰只有其擁有，承辦單位C可以用公式(3-44)， $S' = k \otimes M' \otimes n_C \otimes PK_B$ ，驗證其有效性，防止監察部門B否認簽章。

4.1.6 不可追蹤性

不可追蹤性是指選票內容不可被任何人知道是誰投的，本機制中，由於設計了密文摘要機制，讓監察部門B僅知道簽署的是選票密文摘要Y，如式(3-39)， $S = n_B \otimes Y$ ，無法知道投票人A投給誰；另承辦單位C解開選票是用他自己的私鑰 n_C 解開，如式(3-56)， $P_i' = [C_i - x_i \otimes C_{i-1} - n_C \otimes K]$ ，所以即使他最後得知選票內容，也與投票人A無關，可確保投票人A身分不被追蹤。

4.2 效益分析比較

將區分兩部分來進行效益比較，其一是現行決策制度與本研究設計機制之效益比較；其二是本研究與其他電子投票機制之效益比較。

4.2.1 現行軍中決策投票制度與本研究設計機制之效益比較

表3係針對現行軍中傳統投票決策制度與本研究設計之利用雲端環境於軍中建置安全電子投票機制進行各項效益比較，可發現本機制在便利性、實用性均占優勢，在安全性的完整性上亦可避免人工開票出錯情況。

表3 軍中傳統投票決策制度與本研究設計機制之效益比較表

比較項目		軍中傳統投票決策制度	本研究設計機制
便利性		承辦單位需透過各單位幹部調查統計所屬意見，並統整討論後編訂建議方案。	利用雲端環境，設計出網路電子投票機制，各單位投票人可利用個人電腦實施投票，具便利性，有助提升投票率。
實用性	時間	承辦單位須將相關議題製作投票單後，發放單位調查後，需耗時發放及收整時間。	操作網路電子投票時間一般，惟承辦單位無須印製紙本選票，可節省不少時間；此外計票係利用電腦運算統計，速度較快；另本研究機制應用橢圓曲線密碼學理論，利用較短金鑰長度即具高安全強度，縮短選票加解密時間，可降低系統負荷；而多選票一次盲簽章亦有助降低簽章次數，減少時間浪費。
	成本	需要龐大紙本花費，成本高。	網路電子投票毋須紙本，花費成本低。
承辦安全性	機密性	選票可無須註記姓名，具機密性，惟如單位幹部以統一調查表決，則人員須公開表達意見，或不表達真實專業意見。	本機制運用橢圓曲線金鑰系統，破解選票須面臨離散對數問題，可確保選票機密性。
	完整性	無法確保人工統計不發生誤失，將選票內容錯看，導致計票錯誤。	運用簽章機制，選票內容若被竄改，則簽章將不被驗證通過，可用以檢驗選票內容的完整性。
		選票為統一印製，有印製單位之浮水印及承辦單位用印，不易被偽造。	第三方若欲模仿監察部門B的簽章，須面臨單向雜湊函數無法逆推之特性。

	鑑別性	選票為統一印製，有印製單位之浮水印及承辦單位用印，可鑑別為有效選票。	本機制運用簽章機制，簽章若被驗證通過，即為有效選票。
	隱匿性	選票上無須記名，惟如單位幹部以統一調查表決，則人員須公開表達意見，無隱匿性。	本機制設計將選票內容盲化，監察部門 B 簽章時無法知悉選票內容，可達到無法由資訊內容追蹤到投票人 A 身分的效果，具隱匿性。
	不可否認性	無確切發放選票或名冊登載，導致結果容易被竄改。	投票者的憑證只有投票人 A 擁有，其與監察部門 B 相互認證後領取選票，即無法否認其已領票。
	不可追蹤性	選票可無須註記姓名，具不可追蹤性，惟如單位幹部以統一調查表決，則人員須公開表達意見，人員身分將被公開。	設計密文摘要機制，讓監察部門 B 僅知道簽署的是選票密文摘要，無法知道選票內容；另承辦單位 C 用其私鑰解開選票，也與投票人 A 無關，具不可追蹤性。

4.2.2 本研究與其他電子投票機制之效益比較

表4係針對本研究與其他電子投票機制進行各項效益比較，可發現Song和Cui的電子投票機制不具隱匿性，選票會被知道是何人所投，另本研究具有較快速之運算速度或較高之機密性。

表4 本研究設計機制與其他電子投票機制之效益比較表

比較項目		Song, F. and Cui, Z. 電子投票機制	陳淵順的電子投票機制	本研究設計機制
便利性		為網路電子投票機制，具便利性。	為網路電子投票機制，具便利性。	為網路電子投票機制，具便利性。
實用性	時間	運用 RSA 公開金鑰系統，相較於私密金鑰系統，加解密時間較長。	運用基於離散對數難題之公開金鑰系統，相較於私密金鑰系統，加解密時間較長。	應用橢圓曲線密碼學理論，利用較短金鑰長度即具備同等級之安全強度，縮短選票加解密時間；而多選票一次盲簽章亦有助降低簽章次數，減少時間浪費。
	成本	毋須紙本，也不須聘用投票所選務人員，成本低。	毋須紙本，也不須聘用投票所選務人員，成本低。	毋須紙本，也不須透過單位幹部統計或收整，成本低。
安全性	機密性	運用 RSA 公開金鑰系統，具機密性。	運用基於離散對數難題之公開金鑰系統，具機密性。	本機制運用橢圓曲線公開金鑰系統，在同樣的金鑰長度下，具備比 RSA 等其他公開金鑰系統更高之安全強度。
	完整性	運用簽章機制，選票內容若被竄改，則簽章將不被驗證通過，具完整性。	運用簽章機制，選票內容若被竄改，簽章將不被驗證通過，具完整性。	運用簽章機制，選票內容若被竄改，則簽章將不被驗證通過，具完整性。

	鑑別性	運用簽章機制，簽章若被驗證通過，即為有效選票，具鑑別性。	運用簽章機制，簽章若被驗證通過，即為有效選票，具鑑別性。	運用簽章機制，簽章若被驗證通過，即為有效選票，具鑑別性。
	隱匿性	經羅子惟(2012)研究指出，該機制可被查出選票為何人所投，不具備隱匿性。	另添加亂數機制，具隱匿性。	設計將選票內容盲化，監察部門B簽章時無法知悉選票內容，具隱匿性。
	不可否認性	具備憑證驗證機制，投票人不可否認其領過票，具不可否認性。	具備憑證驗證機制，投票人不可否認其領過票，具不可否認性。	具備憑證驗證機制，投票人不可否認其領過票，具不可否認性。
	不可追蹤性	選務中心對選票簽章時，可知悉投票內容，不具不可追蹤性。	設計模糊簽章機制，簽章時不知所選何人，具不可追蹤性。	本機制設計了密文摘要機制，讓監察部門B僅知道簽署的是選票密文摘要，無法知道選票內容；另承辦單位C用其私鑰解開選票，也與投票人A無關，具不可追蹤性。

4.2.3 運算成本效益分析及比較

美軍重大軍事決策鏈條之一環為美軍智庫，其採軍民融合方式打造龐大的智庫方陣，以科學的分析、精準的研判和巨大的社會影響力，廣泛影響著美國政治、經濟、外交等各方面的重大決策，因此精進我國軍中現行決策投票制度，參謀可透過本研究機制統整相關數據及意見，用以提升決策品質，本研究機制採多選票一次盲簽密方式，針對選票文件份數越來越多，經過運算成本效益的計算及比較，可凸顯本研究提出之多選票盲簽密機制之效益；運算成本計算量分析方式及相互關係如表5(Wang et al, 2008)，於2017年所提之新型態電子投票機制設計中(蘇品長與葉昱宗，2017)，該設計以代理簽章為主軸設計，與本研究為符合軍隊環境提出之多文件盲簽密機制不同，故本研究將與其所提之各系統盲簽章及2012年梁榮哲所提之多重文件盲簽章階段進行運算成本效益比較，多文件盲簽章運算成本效益比較如表6及圖3。

表5 運算成本參考表

符號	定義
T_{ECMUL}	進行一次ECC乘法運算所需時間 $\approx 29 T_{MUL}$
T_{ECADD}	進行一次ECC加法運算所需時間 $\approx 5 T_{MUL}$
T_{INVS}	進行一次模式乘法反元素運算所需時間 $\approx 240 T_{MUL}$
T_{EXP}	進行一次模式指數運算所需時間 $\approx 240 T_{MUL}$
T_{ADD}	進行一次模式加法運算時間(可忽略不計)
T_{MUL}	進行一次模式乘法運算時間
t_h	進行一次hash(SHA-1)所需時間 $\approx 0.4 T_{MUL}$
T_h	進行一次點hash所需時間 $\approx 23 T_{MUL}$

表6 各系統盲簽章運算成本效益比較表

演算法	Pradhan et al.(2011)		梁榮哲(2012)		Sadat et al.(2016)		本研究機制	
階段	運算成本	概估	運算成本	概估	運算成本	概估	運算成本	概估
盲簽 運算	$3 T_{ECMUL}$ $+ 2 T_{ECADD}$ $+ 1 T_{MUL}$ $+ 5 T_{ADD}$ $+ 1 t_h$	$\approx 98 T_{MUL}$	$4 T_{ECMUL}$ $+ 1 t_h$ $+ 1 T_h$	$\approx 140 T_{MUL}$	$4 T_{ECMUL}$ $+ 2 T_{ECADD}$ $+ 1 T_{MUL}$ $+ 4 T_{ADD}$ $+ 1 T_{INVS}$	$\approx 367 T_{MUL}$	$3 T_{ECMUL}$ $+ 1 T_{ECADD}$ $+ 1 T_{MUL}$	$\approx 93 T_{MUL}$
文件 數量	運算成本概估		運算成本概估		運算成本概估		運算成本概估	
1	$\approx 98 T_{MUL}$		$\approx 140 T_{MUL}$		$\approx 367 T_{MUL}$		$\approx 93 T_{MUL}$	
2	$\approx 196 T_{MUL}$		$\approx 140 T_{MUL}$		$\approx 734 T_{MUL}$		$\approx 93 T_{MUL}$	
3	$\approx 294 T_{MUL}$		$\approx 140 T_{MUL}$		$\approx 1101 T_{MUL}$		$\approx 93 T_{MUL}$	
4	$\approx 392 T_{MUL}$		$\approx 140 T_{MUL}$		$\approx 1468 T_{MUL}$		$\approx 93 T_{MUL}$	
5	$\approx 490 T_{MUL}$		$\approx 140 T_{MUL}$		$\approx 1835 T_{MUL}$		$\approx 93 T_{MUL}$	

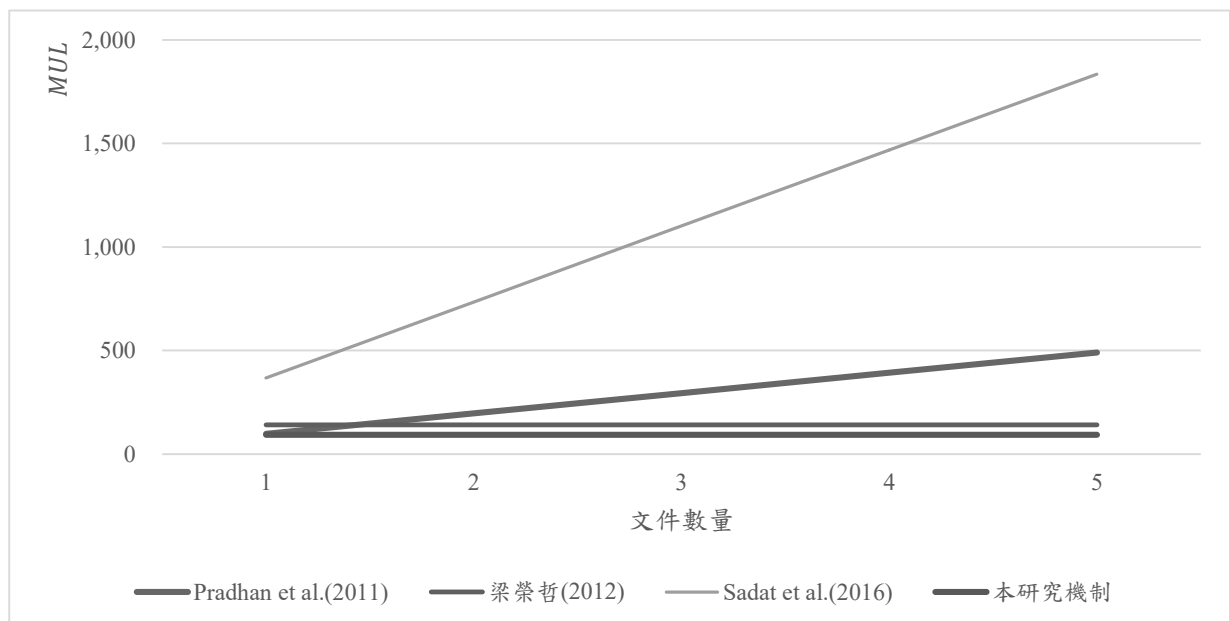


圖3 多文件盲簽(密)章運算成本效益比較圖

五、結論

本研究設計之具足夠安全性之網路投票機制，運用橢圓曲線密碼系統可以以較短長度之金鑰，達到與現行 RSA 及 ElGamal 等方法相同安全度之特性，亦使系統執行加解密效率更快；另採用多選票一次盲簽密機制，可應用於多項議題同時表決時機，有助於降低多合一投票時之大量簽章次數，可減少投票系統負荷；本研究基於雲端環境建構此電子投票機制除具便利性與實用性，在安全性上滿足機密、完整、鑑別、隱匿、不可否認、不可追蹤等特點，可便於快速掌握及統整投票結果，提供具體且客觀的數據資料，輔助決策者執行決策，實務上之應用亦能適合於現行民主社會中特定電子投票型態，例如國家定期及不定期之選舉、公投、政府施政方案、企業與客戶滿意度調查等屬數據蒐整單向性的決策程序，若相關單位須採雙向性決策回饋，例如企業決策評鑑、產品測試意見調查等相關之實務應用需求，可滿足現今社會及企業未來許多實際應用。

5.1 國防領域之應用

本研究可在不違反國軍決策體系之階層關係為前提下，應用於對軍中相關制度意見表決時機，參謀利用此網路投票機制，打破原時空之限制，向各領域之專業部隊及幹部，統整專業意見或表決方案，以提供指揮官作為下達決策之依據；另針對國防裝備之可用性、適用性及維修狀況等議題執行調查，有效掌握現行所屬部隊裝備現況及妥善率，進而研擬精進方案，同步修正國軍現行之後勤維護等系統，提升國防武器裝備整體戰力，而在國軍人事評議及採購招標廠商評鑑等場景，亦可考量運用本研究機制，以利縮短參謀人員作業時效；另本研究設計在安全性部分具有機密、隱匿及不可追蹤等特性，可使投票之官兵無需顧慮官階文化組織，表達其專業且真實之意見，作為領導者執行決策之參考依據，有效提升國軍決策品質。

5.2 未來運用方向

本次研究設計著重於網路投票機制之便利性及安全性，可應用於我國現行民主社會選舉投票利用，並能解決我國多合一選舉造成選務工作耗時且繁重之問題，未來運用則可針對選票內容及投票族群，探討加入權重概念，藉此方式以強化專業的意見部分，增加決策參考議題之多元化及可靠性，有利未來軍隊、企業及社會實務應用；另現在生物特徵認證之技術也已漸漸普及社會各行業機構，若未來國軍及各企業配合相對應政策與規定，以本研究提出認證方式來強化身分認證安全性，亦可針對較敏感之決策議題增加其實務運用的可能性。

參考文獻

- 丘昌泰，2004，從各國電子投票經驗看我國選務的改革方向，*研考雙月刊*，第 28 卷第 4 期，25-35。
- 朱近之主編，2010，智慧的雲端運算-成就物聯網的未來基石，博碩文化，37-45。
- 宋佩璇，2020，借專家意見提升董事會決策品質，*證券服務*第 677 期，26-27。
- 呂明諺，2020，*Say-on-Pay* 投票頻率對經理人獎酬之影響，國立台灣大學管理學院會計學研究所碩士論文。
- 林明慶，2009，隱匿技術應用於國軍網路申訴制度之研究，國防大學資訊管理學系研究所碩士論文。
- 周振、嚴廣樂，2020，基於區塊鏈技術的匿名電子投票協議設計，*軟件導刊*，229-233。
- 徐凡，2006，跨領域之匿名行動付款機制，世新大學資訊管理學系研究所碩士論文。
- 孫萌，2019，基於區塊鏈的可追蹤匿名電子投票方案，*網路空間安全*，85-91。
- 高嘉言，2009，植基於背包型態之橢圓曲線數位簽章系統設計，國防大學資訊管理學系研究所碩士論文。
- 梁榮哲，2012，多重文件盲簽章機制之設計，國防大學資訊管理學系研究所碩士論文。
- 郭文雄，2011，設計具有自我認證之國軍網路申訴制度安全機制探討，國防大學資訊管理學系研究所碩士論文。
- 陳淵順，2011，基於模糊簽章之電子投票系統，國立政治大學資訊科學系研究所碩士論文。
- 陳文彬，2012，運用動態存取控制方法於雲端服務之研究，國防大學資訊管理學系研究所碩士論文。
- 陳明政、吳佳純，2015，決策風格對中階軍官決策行為之影響，*海軍學術雙月刊*，68-86。
- 張鈞富，2014，具自我認證之安全並存簽章方法，國防大學資訊管理學系研究所碩士論文。
- 楊亞濤，2020，基於 SEAL 庫的同態加權電子投票系統，*計算機學報*，711-723。
- 劉勇、徐曉琳，2006，信息技術對政府決策品質的影響研究，*湖北社會科學* 2006 卷 4 期，36-38。
- 羅子惟，2012，有關 Song 和 Cui 的電子投票機制匿名性之探討，*企業架構與資訊科技研討會*，德明財經科技大學主辦。
- 蘇品長、黃俊傑，2015，適用於網路電子投票之安全機制設計—以不在籍投票為例，*國防管理學術暨實務研討會*。
- 蘇品長，2007，植基於 LSK 和 ECC 技術之公開金鑰密碼系統，長庚大學電機工程系研究所博士論文。
- 蘇品長、葉昱宗、黃俊傑，2015，跨軍種服務之國防雲設計，*中正嶺學報*。
- 蘇品長、葉昱宗，2017，新型態之電子投票機制設計，*電子商務學報*，29-50。
- American Bankers Association., 1998 Public key cryptography for the financial services industry: The elliptic curve digital signature algorithm (ECDSA). ANSI X9, 62
- Chaum, D., 1983. Blind signatures for untraceable payments. *In Advances in cryptology*. Springer, Boston, MA., 199-203.
- Diffie, W., and Hellman, M., 1976. New directions in cryptography. *IEEE transactions on Information Theory*, 22(6), 644-654.
- ElGamal, T., 1985. A public key cryptosystem and a signature scheme based on discrete logarithms. *IEEE transactions on information theory*, 31(4), 469-472.

- Gallagher, P., and Director, C. F., 2009. FIPS PUB 186-3 federal information processing standards publication digital signature standard (DSS).
- Hankerson, D., Menezes, A. J., and Vanstone, S., 2006. Guide to elliptic curve cryptography. Springer Science & Business Media.
- Jablon, D., 2001. IEEE P1363 standard specifications for public-key cryptography. In CTO Phoenix Technologies Treasurer, IEEE P1363 NIST Key Management Workshop.
- Koblitz, N., 1987. Elliptic curve cryptosystems. *Mathematics of computation*, 48(177), 203-209.
- Miller, V. S., 1985. Use of elliptic curves in cryptography. In *Conference on the theory and application of cryptographic techniques*. Springer, Berlin, Heidelberg. 417-426.
- Pradhan, S., and Mohapatra, R. K., 2011. Proxy blind signature scheme based on ECDLP. *International Journal of Engineering Science & Technology*, 3(3), 2,244-2,248.
- Sadat, A., Ullah, I., Khattak, H., and Ullah, S., 2016. Proxy blind signcryption based on elliptic curve. *International Journal of Computer Science and Information Security*, 14(3), 257-262.
- Schnorr, C. P., 1991. Efficient signature generation by smart cards. *Journal of cryptology*, 4(3), 161-174.
- Song, F., and Cui, Z., 2012. Electronic voting scheme about Elgamal blind-signatures based on XML. *Procedia Engineering*, 29, 2,721-2,725.
- Tso, R., Okamoto, T., and Okamoto, E., 2008. 1-out-of-n oblivious signatures. In *International Conference on Information Security Practice and Experience*. Springer, Berlin, Heidelberg. 45-55
- Wang, R. C., Juang, W. S., and Lei, C. L., 2008. A web metering scheme for fair advertisement transactions. In *2008 International Conference on Information Security and Assurance (isa 2008)*. IEEE., 53-456.
- 美國在臺協會，美國選舉程序，下載於
<http://www.ait.org.tw/infousa/zhtw/PUBS/USElection2004/procedure.htm>. (2015/01/20)
- 美軍智庫:重大軍事決策鏈條的重要一環
<http://military.people.com.cn/BIG5/n/2015/1120/c1011-27836286.html>. (2015/11/20)
- GQ 網，愛沙尼亞超先進，網路投票、手機投票都通！，下載於
http://wired.tw/posts/electronic_election. (2015/01/20)
- See Gartner Inc., Cloud Computing, GARTNER.COM <http://www.gartner.com/it-glossary/cloudcomputing/> (last visited Jun. 21, 2019).
- 淺談雲端 <https://www.catespotr.com/2010/07/introduction-cloud-computing.html>。
- NIST，“The NIST Definition of Cloud Computing”，2010，
<http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-145/SP800-145.pdf>。
- iThome 電腦報，吳其勳，<https://www.ithome.com.tw/article/93006>(2011 年 6 月 21 日)

應用 TensorFlow 深度學習機制於影像辨識之研究－ 以中共軍機影像辨識為例

傅振華^{1*} 齊立平² 莫雅婷¹

¹ 國防大學管理學院資訊管理學系

² 國家中山科學研究院航空研究所

論文編號：NM43-01-01

來稿2021年12月8日→第一次修訂2022年1月25日→第二次修訂2022年2月22日→

同意刊登2022年3月3日

摘要

本研究使用 Faster R-CNN 物件偵測演算法，在 TensorFlow 平臺上構建深度學習模型，用以識別中共戰鬥機；在這項研究中，我們試圖探究 Faster R-CNN 物件偵測演算法運用數種神經網路層級對於中共戰鬥機辨識的效能。研究結果發現，使用 ResNet-101 神經網路層的 Faster R-CNN 物件偵測演算法優於使用 Inception V2 神經網路層的 Faster R-CNN 物件偵測演算法。此外，Faster R-CNN 物件偵測演算法使用 ResNet-101 神經網路層的中共戰鬥機辨識效能優於使用 ResNet-50 神經網路層；最後，本研究發現，增加 Faster R-CNN 物件偵測演算法的訓練次數可以提高單一型別中共戰鬥機的識別率；然而，這可能不會提高多型別中共戰鬥機的識別率。

關鍵詞：機器學習、深度學習、TensorFlow、中共戰機辨識

通訊作者：傅振華 email: fchemail@gmail.com

A Study on Image Detection with TensorFlow Deep Learning Mechanism – a Case of P.R.O.C. Fighters Recognition

Fu, Chen-Hua^{1*} Chi, Li-Pin² Mo, Ya-Ting¹

¹Department of Information Management, College of Management, National Defense University

²Aeronautical System Research Division, National Chung-Shan Institute of Science and Technology

Abstract

This study used the Faster R-CNN object detection algorithms to build a deep learning model on a TensorFlow platform to identify P.R.O.C. fighters. We tried to explore the PROC fighter identification performance of the Faster R-CNN object detection algorithm with several neural network layers in this study. Regarding the P.R.O.C. fighter identification, the study results found that the Faster R-CNN object detection algorithm with the ResNet-101 neural network layer outperforms the Faster R-CNN object detection algorithm with the Inception V2 neural network layer. Also, the Faster R-CNN object detection algorithm with the ResNet-101 neural network layer receives better performance than the Faster R-CNN object detection algorithm with the ResNet-50 neural network layer. Finally, this study found that increasing the training times of the Faster R-CNN object detection algorithm can improve the identification rate of a single type PROC fighter; however, it might not improve the identification rate of multiple type PROC fighters.

Keywords: Machine Learning, Deep Learning, TensorFlow, P.R.O.C Fighters Identification

一、緣起

時代轉變，人工智慧（Artificial Intelligence; AI）取代人們相關作業的議題逐漸受到大眾的關注，從家庭到社會，從校園到企業，甚至於躍上軍事戰備的舞台。美軍發佈的《2013-2017 年國防部科學技術投資優先項目》，將「從數據到決策」專案列為第一，表明在指揮決策上對於人工智慧應用於大數據技術的重視程度。Ashley, K., and Gordon, T. (2005) 認為機器學習是屬於弱人工智慧（Weak AI），它嘗試透過資料中找出其間的關聯性，加以學習，然後建構演算方法（或關聯規則），並利用所建構的演算方法／關聯規則進行預測。Michalski et al. (2013) 將其廣泛定義如下：在電腦學習的過程中，會根據與其有關的資訊分門別類，並在分類的過程中累積經驗，並產生執行分類的方法。電腦系統在持續進行分類的過程當中會運用到其執行方法，並且會根據經驗去不斷修正分類的行為。而在機器學習中，模仿大腦的類神經網路（Artificial neural network）所建構出的數學模型，訓練了多層的神經網路，又稱為深度學習（Deep learning）。深度學習將藉由許多處理層所組成的運算模型來學習多種抽象級別的數據。深度學習大大地改進了語音識別、視覺對象辨識、物體偵測、藥物開發和基因組學等許多其他領域的最新技術。人工智慧、機器學習與深度學習此三者之間的關係如圖 1 所示。

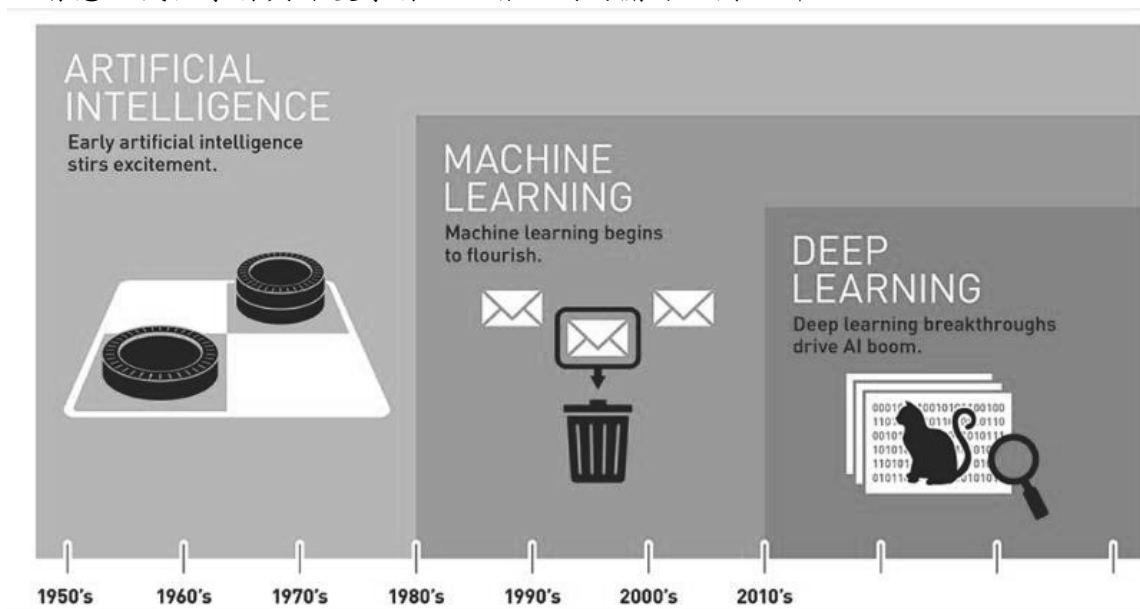


圖 1 人工智慧、機器學習與深度學習的關係

資料來源：林敬恆（2019）

從西元 1980 年到西元 2010 年這三十年間，開發出許多不同層級、架構和初始化設定的類神經網路類型，如卷積類神經網路（Convolutional Neural Network; CNN）、遞歸神經網路（Recurrent Neural Network; RNN）等。其相對應的建置平台也獲得許多重要學者的投入與研究，獲得突破性的進展。TensorFlow 就是目前最知名的機器學習平台，它可以支援許多種神經網路算法（郭利敏，2017）。TensorFlow 是由 Google 研發團隊於西元 2015 年 11 月開發的第二代開放原始碼的機器學習平台，它可以廣泛應用於自然語言處理、語音辨識、影像處理等不同領域。深受到世界各國深度學習學者的歡迎，Google、Uber、OPenAI、eBay 等大型科技公司的研發團隊均應用它進行深度學習相關的研究。與其他深度學習框架（如：Torch、Caffe、MXnet、Theano 及 Keras 等），Tensorflow 具備下列幾個優點：可透過 Python 程式語言進行開發、提供良好視覺化效果、高運算效能、強大運算功能、高度靈活性。

本研究將以 TensorFlow Object Detection API 所提供的物件影像辨識模型為基礎，運

用 TensorFlow 平台建立計算圖，設計張量運算流程，研究模型於物件影像辨識中的辨識率，並建構可以提升辨識率的機器學習模型。藉以探究 TensorFlow 現有物件影像辨識模型應用於軍事飛行器辨識之可行性，並透過相關物件影像辨識模型建構軍事飛行器辨識的機器學習模型；並能建構研究所提軍事飛行器辨識機器學習模型所需的實作環境，期望瞭解應用圖形處理硬體裝置加速機器學習模型訓練與辨識效能；最後能深入探究訓練資料特性對於研究所提軍事飛行器辨識機器學習模型辨識效能之影響。

二、文獻探討

本研究主要探討應用 TensorFlow 平台於物件影像辨識中的辨識率，發展出一套提升辨識率的影像辨識模型，因此本章節針對本篇研究所應用之相關技術及發展做介紹，以便後續實驗探討。

2.1 人工智慧、機器學習與深度學習

2.1.1 人工智慧

「人工智慧」係由美國科學家 John McCarthy 於西元 1955 年提出此一想法與概念，人工智慧主要的目標為了讓電腦能夠具備類似人類具有的能力，如：學習及解決複雜問題、抽象思考、展現創意等能力，能夠進行推理、規劃、學習、交流、感知和操作物體。早年受限於電腦硬體技術的限制，電腦硬體裝置體積十分巨大且電腦硬體計算能力有限，因此，需要高速運算能力的人工智慧，其發展在早年面臨了發展的瓶頸，因而日漸式微。

後來因為電腦硬體效能的突破，高速運算性能與儲存空間的大幅提升，使得人工智慧在沉寂一陣子之後，得以成為資訊技術的重點發展項目之一，並開展「機器學習」這塊新興的人工智慧範疇，並獲得相當不錯的成果；最近數年因資訊技術與相關演算法的持續精進，藉由機器學習的根基，人工智慧又朝向「深度學習」這個領域邁進。

近年來，人工智慧應用的範疇十分地廣泛，最近相當火紅的人工智慧應用：1. 個人語音助理，如：蘋果公司的 Siri 與微軟公司的 Cortana；2. 打敗人類西洋棋的 IBM Deep Blue；3. 勝過人類圍棋高手的 Google DeepMind AlphaGo，這些都是近年來人工智慧領域的研究成果。

2.1.2 機器學習

機器學習 (Machine Learning; ML) 係指經由蒐整以往大量的資料及分析處理經驗中，嘗試搜尋相關事務處理法則，加以學習，進而能夠藉由資訊技術達到具備人工智慧的方法。通常，機器學習包含透過所蒐整的樣本進行訓練，進而能夠發掘其運作模式；機器學習不是依據特定的處理規則撰寫程式。一般而言，機器學習的樣本是可以藉由彙整大量的資料中發現。簡而言之，機器學習將以弱人工智慧 (Narrow AI) 的形式呈現，它藉由彙整大量資料，進而能夠找出複雜的處理法則 (或是訓練樣本)，加以學習，以期能創造處理的演算法或一組規則，並可以利用它來進行後續的預測。

機器學習可以區分成三大類：監督式學習 (Supervised learning)、非監督式學習 (Unsupervised learning) 及半監督式學習 (Semi-supervised learning)。

1. 監督式學習是指在機器學習過程中，藉由人工的方式將資料貼上標籤 (Label)，告訴機器相對應的值，像是告訴機器正確的答案，以協助機器學習於輸出處理時做為評斷誤差的依據 (Chapelle et al., 2009)。這種機器學習方法對於電腦而言相對簡單，但對人們的事先處理作業卻是相對辛苦，但是正確性相對較高。例如：要訓練機器辨識貓和狗，任意選出 100 張貓和狗的照片，然後透過「標註」(Labeling) 的方式說明哪些是貓的照片與哪些是狗的照片，經標註的貓狗照片輸入電腦，讓電腦學習辨識貓及狗的外觀特徵，電腦會依據先前標註的照片去偵測貓和狗的「特徵」(Feature)，然後依照所學

習的特徵即可辨識出貓和狗，並能夠進行後續的預測工作。

2. 非監督式學習是指在機器學習過程中，不以人工方式將資料貼上標籤，所有機器學習的資料都不具特定的標準答案，不能做為機器學習成果輸出時評斷誤差的依據，機器必須透過其他的方式加以判斷尋找答案，因此非監督式學習的預測結果相對地比較不準 (Hastie et al., 2009)。此一機器學習方法因其不必經由人工，得事先處理，進行標註分類，對於人類而言，相對簡單，但是對於電腦的學習處理而言，卻是相對困難，而且此種機器學習結果的誤判可能性較大。舉例來說：隨機挑選出 100 張照片，讓電腦辨識出照片中的貓狗，因沒有事前對照片進行人工判別標註，電腦必須自行嘗試將照片中的特徵加以萃取，然後加以分類處理，以期能辨識出照片中的貓與狗。
3. 半監督式學習係將資料區分為二大部份，一部分資料具有標準答案，可做為機器學習輸出時評斷誤差的依據，另一部分的資料則不具備標準答案，電腦必須藉由已具標準答案的資料，評斷出這些資料的答案；因此，半監督式學習是等於監督式學習與非監督式學習優點的結合。舉例來說，隨機選出 100 張照片，將其中的 30 張照片加以標註，說明這 30 張照片中那些是貓的照片及那些是狗的照片，然後讓電腦學習貓與狗的外觀特徵；當電腦獲得貓狗外觀的特徵資訊後，即可對剩餘未經標註的照片進行辨識分類，找出 70 張照片中具有貓與狗的照片。半監督式學習只須經由是前少量的人工分類處理，即能讓機器學習預測的成果較為準確，使目前機器學習最常使用的方式。

2.1.3 深度學習

在以往的機器學習機制中，資料的特徵多經由人為演算法加以萃取出來的，此一方式需經由相關領域專家對標的資料進行多次的研析探究，瞭解標的資料的特殊性質後，方能萃取出有效良好的特徵，此一處理過程即所謂的特徵工程 (Feature engineering) (Cheng et al., 2016)。以往的機器學習演算法會遭遇所謂的天花板效應，亦即當處理的資料超過某一數量時，其機器學習就會遭遇瓶頸，學習的正確率就無法再提升。

深度學習此一概念於西元 2006 年由加拿大多倫多大學的 G. E. Hinton, et al 學者提出，深度學習為機器學習領域的一個分支，屬於機器學習演算法的一種，也是機器學習領域一個新興的研究範疇；深度學習係指一個機器學習過程，其將學習的樣本資料經由相關的訓練方法，藉以獲得一個包括多個階層深度的網路結構；通常，以往的類神經網路會隨機地初始化類神經網路單元的設定權值，此一方式將容易造成類神經網路收斂為局部最小值的結果，為了避免產生是類結果，Hinton, et al 提出使用非監督式預先訓練模式，對類神經網路的網路權值進行初始值設定，然後再利用權值微調方式加以優化處理。「深度學習」相對於「淺層學習」方法（如：最大熵方法、支撐向量機 (Support Vector Machine; SVM) (Noble, 2006) 及 boosting (Schapire, 2003) 而言，深度學習模型所學習獲得的非線性處理層級的數量更多，經由原始資料過逐一層級的特徵轉換處理方式，將樣本資料在既有空間的特徵轉換至新的特徵空間中，逐層地自動學習特徵的表示方法，進而能夠更便於後續分類處理或特徵視覺化處理。

深度學習的運作原理系植基於人類大腦的神經網路連接構造，藉由多個階層的類神經網路對各類型資料（如：文字、影像及語音）訊息進行特徵描述處理，並對所處理的資料進行解釋說明；希望將樣本資料經由多個處理層 (Layer) 中的線性轉換 (Linear transform) 或非線性轉換 (Non-linear transform)，自動萃取出足以呈現資料特性的特徵；同時藉由序列映射模型，將一個一個輸入序列映射到另一個輸出序列，此一序列映射模型稱之為序列到序列 (Sequence-to-sequence) 的模型 (Nallapati et al., 2016)。以影像資料為例，人們在處理此類的資料，通常會找出簡單物件的外型，然後逐漸地建構出複雜的物件視覺圖像；深度學習亦是透過此一處理模式，首先經由底層原始特徵資訊逐次地形成高層的抽象特徵及屬性類別，進而顯示資料分層的特徵資訊。

深度學習是一種用於監督式與非監督式特徵表示的演算法，它可用於處理多重線性或非線性轉換的問題，透過多個神經網路處理層，對資料進行相關處理，藉以對資料建立高層抽象模式，達到監督式與非監督式的特徵學習及分層特徵萃取，取代人工取得特徵，因此它具有能夠自動萃取特徵（Feature extraction）的功能，可以被當成是一種特徵學習（Feature learning）。它能在底層對非標籤的資料進行非監督式學習的預先訓練，如此一來能有助於後續監督式學習進行微調（楊宗恩，2017）。

深度學習可以取代專家在樣本資料特徵萃取所耗費的時間，藉由超強的資料自動特徵萃取的能力，深度學習能夠突破以往機器學習應用的瓶頸，進而能夠獲得許多令人驚訝的研究成果。深度學習可成功地克服天花板效應，因此已經在許多領域帶來了顯著的效果，著名的應用包括機器翻譯（Machine translation）、語音識別（Speech recognition）（Chorowski, et al., 2015）及圍棋程式 AlphaGo 等。

甚麼是深度學習？簡而言之，深度學習是一種應用需要整合具有多個深層的類神經網路的學習模型，其中，應用了需多不同類型與層級的類神經網路，如卷積類神經網路、遞歸類神經網路等。因此，某些深度學習架構多被稱為深度類神經網路（Deep Neural Network; DNN）。

2.2 類神經網路、深度類神經網路與卷積類神經網路

2.2.1 類神經網路

類神經網路（Neural Network; NN）是植基於生物神經系統運作方式的數學模型；通常一個類神經網路會有數個層級，而每個層級理會包含數量不一（數十到數百）的神經元（Neuron），每一層級上的神經元會將上個層級神經元的輸出做為其輸入，然後予以加總處理，並經由激活函式的運算處理，加以轉換，做為此一神經元的輸出；此外，在二個不同層級之間的神經元節點，它們之間需透過權值（Weight）做為記憶強度的設定。類神經網路透過一定層級的神經元節點深度運算後，可以獲得一系列的輸出結果，此一輸出結果將與預期結果進行比較，以做為調整類神經網路應用函式與權重值設定的依據，期使類神經網路的運算結果能夠更趨近期望的結果。如此一來，即可將經由學習過程所獲得的類神經網路模型應用於新的資料樣本，進行相關的預測；由於，所獲得的類神經網路模型往往能夠得到近似預期的預測結果，進而能夠達到機器學習的效果與目的。

經由上述得知，類神經網路的輸出主要是依據類神經網路的層級數、各層之間神經元連接方式、權值與激活函式的差異而有不同結果。其中，類神經網路的模型架構會涉及神經網路層級的數量、每一層級中神經元的數量、各個層級中神經元與鄰近層級中神經元連接的方式及激活函式種類的設定等；這些設定參數必須於類神經網路使用之前以人為方式完成，而類神經網路參數設定的適當與否會大大地影響其運作效能，簡而言之，類神經網路即藉由多次的訓練與學習過程，嘗試找出最佳的參數設定組合，進而能發揮類神經網路的最佳功效。

2.2.2 深度類神經網路

深度類神經網路（DNN）係指至少具有一個隱藏層以上的類神經網路；深度類神經網路架構與淺層類神經網路架構相似，深度類神經網路因其較多且具深度網路層級所以能夠針對較為複雜問題，建構非線性的系統模型，透過其所具備多且具深度的網路層級為所建模型提供較高的抽象表達方式，進而能夠提升類神經網路模型的處理能力。相較於一般淺層類神經網路（NN），深度類神經網路具備較佳的特徵表達和複雜映射建模的能力。通常，深度類神經網路結構中會包含數量龐大的神經元，在深度神經網路中的每個層級中的神經元會與其他層級中的數量眾多的神經元相互連接，在進行學習過程中，連接神經元之間的權值會經由修訂的方式，進而修訂類神經網路的功能；通常，經過深

度學習之後，深度類神經網路將會得到符合類神經網路特徵的深度網路結構，此一深度網路結構就是深層類神經網路，即所謂深度類神經網路（DNN）。通常，深度類神經網路係利用許多個單一層級的非線性網路堆疊建構而成的，而深度類神經網路分為以下三種類型（孫志軍等，2012）。

1. 前饋式深度類神經網路（Feed-Forward Deep Neural Networks; FFDNN）由多個層級的神經元網路層堆疊而成，常見前饋式深度網路種類包括：多層級感知機（Multi-Layer Perceptrons, MLP）及卷積類神經網路（Convolutional Neural Networks; CNN）等。
2. 反饋式深度類神經網路（Feedback Deep Neural Networks; FBDNN）由多個層級的神經元網路層堆疊而成，常見反饋式深度類神經網路的種類包括：反卷積網路（Deconvolutional Networks; DN）及階層式稀疏編碼網路（Hierarchical Sparse Coding; HSC）等。
3. 雙向式深度類神經網路（Bi-Directional Deep Neural Networks; BDDNN），透過多個層級的神經元網路層及神經元堆疊而成，其中每層神經元網路可以是獨立的編碼或解碼過程，常見的雙向式深度類神經網路類型包括：深度波爾姿漫機（Deep Boltzmann Machines; DBM）、深度信念網路（Deep Belief Networks; DBN）及推疊式自動編碼器（Stacked Auto-Encoders; SAE）等。

一般而言，深度類神經網路多應用前饋式類神經網路，但在與語言相關的建模應用研究，則將其應用於遞迴類神經網路（Mikolov et al., 2010），另外卷積類神經網路（CNN）於電腦影像與視訊領域獲得成功的應用（Lecun et al., 1998）；由上所述對於深度類神經網路的應用範疇，可以發現深度類神經網路（DNN）已成為機器學習領域中一種重要的方法，廣泛應用於許多的領域。

2.2.3 卷積類神經網路

卷積類神經網路多以英文縮寫 CNNs 或 ConvNets 加以表示，它是目前深度類神經網路領域的發展與應用主流，卷積類神經網路主要是由用於資料樣本特徵提取的卷積層和用於資料樣本特徵處理的池化層組成的多層神經網路，典型卷積類神經網路的主要組成份子包括：1.輸入層、2.卷積層、3.池化層（下採樣層）、4.完全連接層及 5.輸出層等五個部分（李彥冬等，2016），如圖 2 所示。

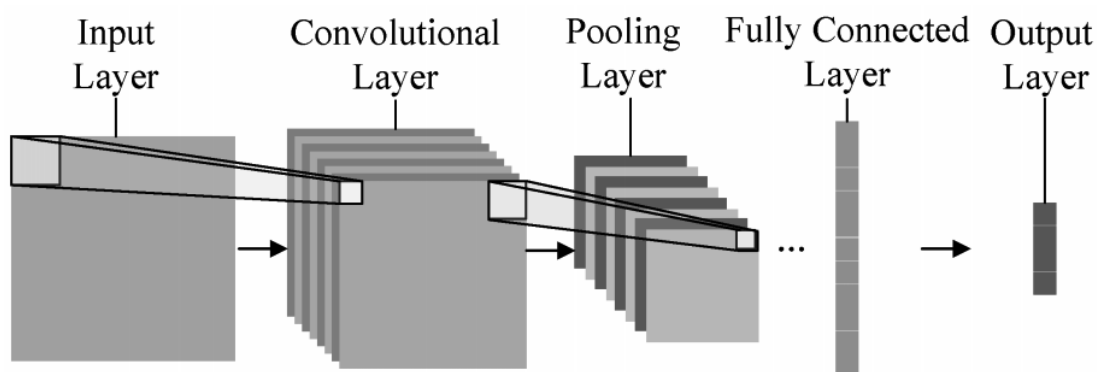


圖 2 卷積類神經網路架構示意圖

資料來源：JYRoy (2020)

影像特徵的萃取與分類一直是人工智慧領域一個基礎且重要的研究方向，卷積類神經網路提供了端點到端點的機器學習模型，卷積類神經網路透過傳統梯度下降的方式進行模型訓練與相關參數調整；經由相當次數訓練過的卷積類神經網路將能夠學習影像中的特徵，並能加以萃取與分類，以利後續的影像的辨識與分類。卷積類神經網路的特點

是網路中每一個層級的網路特徵係經由上一層局部區域的共享權值的卷積核激活 (Activate) 而得到，此一特點使得卷積類神經網路比其他類神經網路更加適用於影像特徵辨識等相關的應用 (李彥冬等, 2016)。

卷積類神經網路中的卷積層 (Convolutional layer) 係由若干個特徵影像組合而成，它將藉由將不同的卷積核在輸入影像上滑動並進行一定的運算處理組合而成。通常，每個特徵影像上的全部神經元將共用同一個卷積核所設定參數數值，該卷積核參數設定係經由前一層輸入影像進行卷積運算處理而獲得。卷積核中每一個神經元都有權值參數，與輸入影像相對應的區塊影像元素值進行相乘運算，然後將各項乘積進行加總處理，並透過啟動函數運算得到輸出影像元素值；此一運算處理模式實際等同於在一個神經元上將多個影像輸入信號予以加權處理，然後進行加總運算處理後並啟動輸出的過程 (李彥冬等, 2016)。

卷積類神經網路裡面的池化層 (Pooling layer) 亦稱為「採樣」層，其運作方式是基於局部相關性原理進行池化採樣處理，期望能藉由此一方式減少資料量的處理運算同時能夠保留有用資訊，池化層實際是一種降階採樣處理，其多透過非線性形式進行處理。池化處理過程係利用採樣函式運算進行處理，而採樣函式則為多種各式各樣的非線性函式，常用的採樣函數包括最大值採樣和平均值採樣。其中，最大值採樣函數輸出值係採用影像區塊中元素的最大值，做為提取局部影像區塊特徵的回應值，通常多用於低層影像區塊特徵的提取；因此，對輸入影像而言，會選取最顯著的值做為特徵值。而均值採樣函數則是計算影像區塊元素的算術平均值做為函數的輸出值，做為提取局部影像區塊特徵的回應值。池化採樣的處理過程與卷積處理過程類似，它們都使用不帶加權參數的採樣函數，從輸入特徵影像的左上角開始按一定順序向右 (或向下) 滑動，對視窗相應區塊的影像元素進行採樣處理然後輸出其特徵值 (李彥冬等, 2016)。透過池化層持續的運作，卷積類神經網路會持續地降低其所處理資料空間的大小，進而使得參數處理數量及資料處理運算量亦隨之下降，此一處理模式在某種狀況之下也避免因過度的機器學習，造成過度擬合問題的產生。池化層的主要功能是將一張影像或一定數量的影像透過池化處理將其轉換成相對較小的影像，進而能夠得到一樣數量的影像，此一池化處理有助於改善大量資料處理運算耗時的問題。

卷積類神經網路裡面的完全連接層 (Fully Connected Layer; FCL)，其連接位置通常是位於卷積層與池化層的後面，其連接數量可以為一個或是多個全連接層；卷積類神經網路的完全連接層的結構與一般常見完全連接型態類神經網路的隱藏層構造相同，完全連接層中的所有神經元都會與下一個層級的完全連接層中的全部神經元連接 (李彥冬等, 2016)。

卷積類神經網路結構中的最後層級是輸出層，如果卷積類神經網路是邏輯回歸層時，其輸出層的每個節點將會顯示出輸入影像是屬於某一種類別的機率；一般卷積類神經網路多會應用誤差反向傳播 (Error back propagation) 演算法進行學習訓練，在學習訓練過程中，卷積層中每個特徵影像的所有神經元都是使用相同的連接權值，透過這樣的連接權值的設定可以大幅減少卷積類神經網路訓練所需要的參數數量 (張順等, 2019)。

2.3 TensorFlow 與物件影像辨識

2.3.1 Tensorflow

TensorFlow 是由 Google 開發的開源機器學習工具。TensorFlow 運算係植基於張量 (Tensor) 圖，藉由形象化的方式來表示類神經網路的模型，然後進行相關的計算處理，進而獲得運算成果。TensorFlow 此一命名係源自於其運算方式，張量 (Tensor) 係指多個維度的數據組合，而 Flow 則是指所要運算處理的數據將依據所律定的順序及相關法則進行的運算流程，此一運算流程可以藉由圖形 (Graph) 的方式呈現，意即可以利用圖

形中的元素－節點 (Nodes) 與邊 (Edges)，將資料運算處理流程以一個具方向性的圖形予以表達，清楚地顯示資料張量將從圖形的起點流向終點的情形；其中，圖形中的節點將用來表示處理運算資料所使用的計算函式（包括處理資料的讀寫操作）、資料輸入 (Input) 的起點及運算結果輸出 (Output) 的終點，而圖形中的邊則用來表示處理資料的流動方向，說明各個節點之間的輸入／輸出關係，透過邊的設定可以用於動態調整傳送大小不一的多維度資料。故當使用者應用 TensorFlow 建構完成深度學習的模型後，即可透過模型的起點輸入所需處理的資料張量，同時模型中的各個節點將被分配至相關的運算裝置以非同步分散平行處理的方式，執行節點運算功能，資料張量藉由模型中的各個節點的處理後，將可獲得模型的輸出結果。

Google 為 TensorFlow 建構一套完整深度學習的開發環境，可以提供使用者進行深度學習相關演算法與應用的開發研究，TensorFlow 具備提供使用者簡易的使用環境與交互性設計的特性，使得學術研究與產業應用的各類使用者均可藉由其容易使用與交互性設計的開發特性，進行各式各樣有關深度學習的學術研究與產業應用，進而使得使用者能夠獲得其在深度學習方面所需的成果。

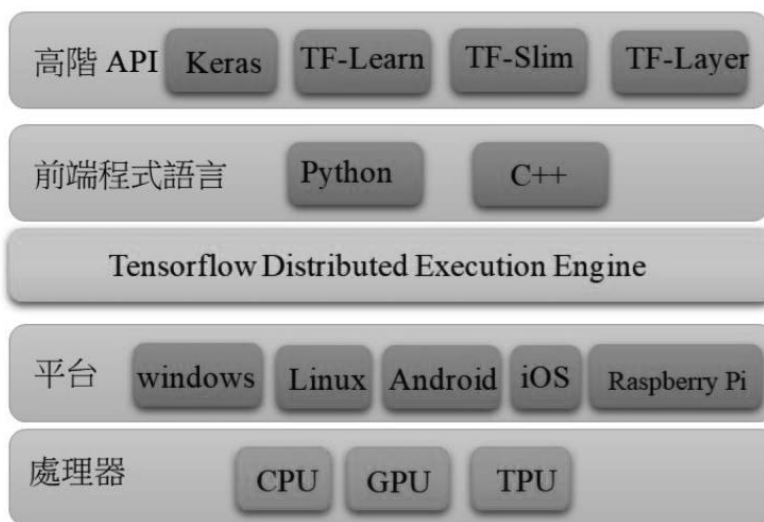


圖 3 TensorFlow 架構圖
資料來源：林大貴 (2017)

TensorFlow 吸收先前許多類似處理平台的相關作法與應用優點，透過層級式架構建構其所需的運作環境，如圖 3 所示；TensorFlow 能夠透過多種的硬體裝置執行其運算作業，支援 TensorFlow 運算的硬體裝置包括：中央處理器 (CPU)、圖形加速處理器 (GPU) 及 TensorFlow 運算處理器 (TPU)，TensorFlow 能夠運用這些硬體裝置的運算功能特性，藉由分散式處理的方式進行深度學習，使其能夠具備深度學習模型建構與運用的能力。TensorFlow 可以透過相關的應用程式介面 (API) 能夠與其他平台的模型進行構聯，支援其所需的運算處理；此外，TensorFlow 可以支援常用機器學習開發程式語言 (如 C++、Python)，建構進行深度學習所需的模型。因此本研究採用 TensorFlow 建構可以提升辨識率的機器學習模型，做為深度學習框架。

TensorFlow 雖然可使用多種前端程式語言，但對 Python 的支援是最佳的，且 Python 是一種物件導向且具有豐富函式庫支援的程式語言，其具有程式碼精簡、容易學習及生產力高等特性，應用非常廣泛。在深度學習應用程式介面 (API) 方面，TensorFlow 是屬於較低階 (Zaccone et al., 2017)，所以在設計模型時，必須自行設計：張量乘積、卷積

等底層操作，其優點是可自行設計深度學習模型；缺點為開發需要更多程式碼及時間，所以開源社群開發了許多進階的深度學習應用程式介面 (API)，如：TF-Slim、TF-Layer、TF-Learn 及 Keras 等，可以讓開發者使用更易讀、簡潔的程式碼。而 Google 在 2017 年 6 月首度釋出了 TensorFlow Object Detection API 的開放原始碼，以 TensorFlow 為基礎所開發的物件偵測程式開發架構，讓所有想要開發以深度學習自動辨識物件程式的人，都可以利用這套架構發展自己的系統。故本研究以 TensorFlow Object Detection API 所提供的物件影像辨識模型為基礎，建構物件影像辨識模型。

2.3.2 物件影像辨識

透過卷積類神經網路 (CNN) 模型，判斷標的圖片是歸屬於何種類別，此一辨識過程稱為分類 (Classification) (Krizhevsky et al., 2012)。但要在一張標的圖片中進行所有出現物件的辨識，同時能夠清楚地標示出辨識物件的位置 (Object localization)，就要框出影像中每個物件、辨識出物件的類型、偵測出物件移動的方向與距離，最簡單的方式就是應用滑動視窗 (Sliding windows) 的作法：可以使用一個視窗，其大小必須固定，對標的圖片進行全面性的掃描，每次應用滑動視窗所框列的圖像內容將利用卷積類神經網路進行類別的判斷。此種處理方式屬於暴力運算作法，會耗用龐大的運算處理時間與資源，且其處理速度相對慢。

為了達成快速又有效率地目的，應用深度學習方式的許多物件辨識 (Object detection) 演算法因應而生且持續精進，為深度學習領域中不斷成長的一支；其中，最知名的演算法是 R-CNN 系列、YOLO 家族及 SSD (Liu et al., 2017)，在這些知名的物件辨識演算法中，以 Faster R-CNN、YOLOv3 (Redmon & Farhadi, 2018) 及 SSD 為三個最常使用的物件辨識演算法，Faster R-CNN 對小目標檢測效果最佳，但速度最慢；SSD 辨識速度雖然是最快的，但對小目標檢測的效果較差；YOLOv3 吸取了前二個演算法的特點，加以改進。本研究之影像辨識模型主要應用於中共軍機的影像辨識，由於軍用飛機的基本構型相對於其他物件的差異較小，因此能夠提供中共軍機辨識的精準度，確保中共軍機辨識的正確性，故使本研究採用 R-CNN 系列演算法中的 Faster R-CNN 演算法建構物件影像辨識模型。

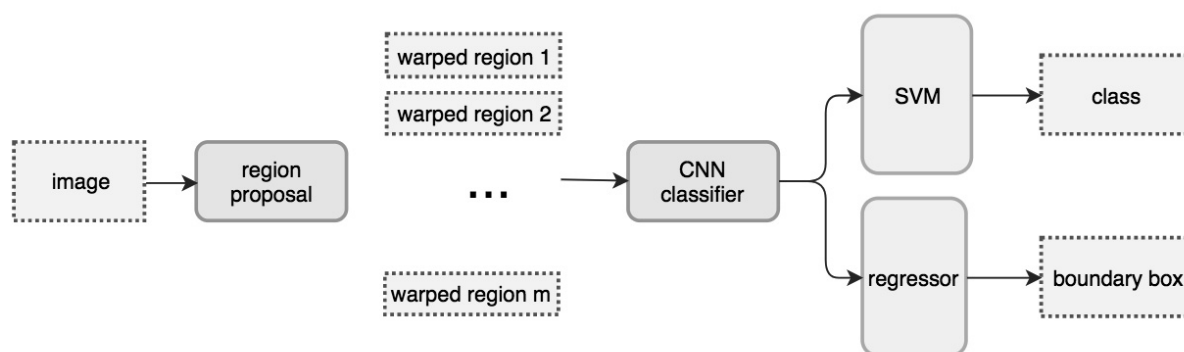


圖 4 R-CNN 運算處理流程

資料來源：Jonathan (2018)

R-CNN 係由 Zeiler 等學者於西元 2014 年提出，R-CNN 演算法的處理流程是：1.就標的物件選定建議區域 (Region proposals)、2.利用 CNN 針對建議區域萃取特徵、3.再應用 SVM 分類器進行分類處理、4.最後再進行邊框迴歸 (Bounding box regression) 運算處理；R-CNN 演算法的處理流程如圖 4 所示。它利用標的物件圖像中的邊緣、紋理

及顏色等資訊加以辨識，預先判斷出圖像中辨識目標可能出現的位置，此一預判的位置即為建議區域，然後再將這些區域個別去進行分類（Zeiler & Fergus, 2014），如圖 5 所示。

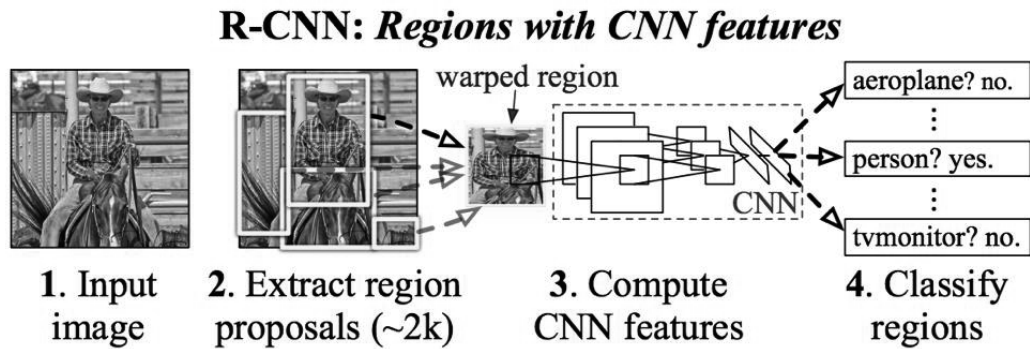


圖 5 R-CNN 模型運作示意圖
資料來源：Girshick, et al. (2014)

Girshick et al. (2014) 提出 Fast R-CNN 演算法，它共享卷積層，全部只進行一次卷積層運算即可，透過卷積層提取出來的特徵即可達到如 R-CNN 演算法所需約 2,000 多個萃取區域運算的結果，並在最後一層的卷積層後面增加一個 ROI (Region of Interest) 池化層，然後將經池化處理後的資料輸入完全連結網路層 (FCL) 進行分類 (Classification) 與區域化 (Localization) 運算處理，處理流程如圖 6 所示。Fast R-CNN 演算法不是將所有建議區域都當做卷積層的輸入資料，而是它會輸入一張完整的影像內容，然後於第五層卷積層處理運算時才針對每個建議區域進行特徵的萃取，所以 Fast R-CNN 演算法只做一次卷積層運算處理，如圖 7 所示；ROI 池化是池化層的一種，而且是針對候選區域在特徵圖上的位置 (ROI) 的池化，它可以輸入大小不一的特徵圖，但可以輸出固定大小的特徵圖，因此執行完卷積層最後一層的運算處理時，會獲得一張 $L \times W$ 長寬的特徵圖，同時也將建議區域對應至此一 $L \times W$ 長寬的特徵圖上，之後將在特徵圖上取得各自區域的最大池化 (Max pooling) 結果，因此每個區域會得到一個相同大小的矩陣。

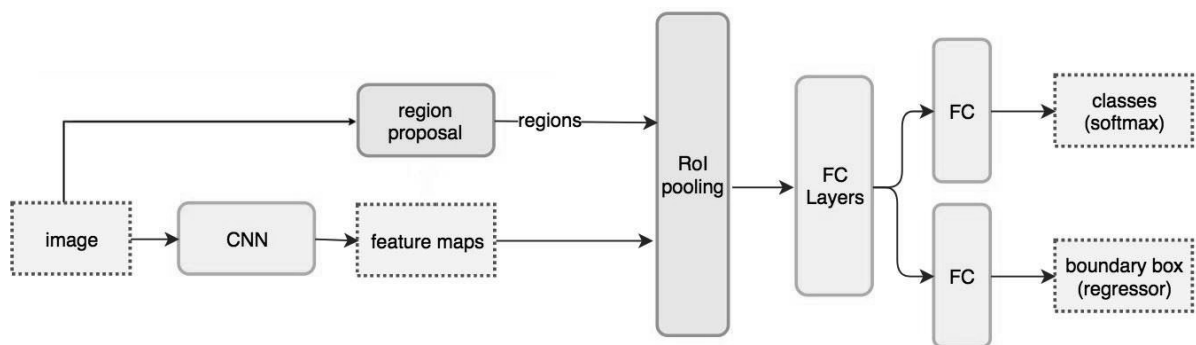


圖 6 Fast R-CNN 運算處理流程
資料來源：Jonathan (2018)

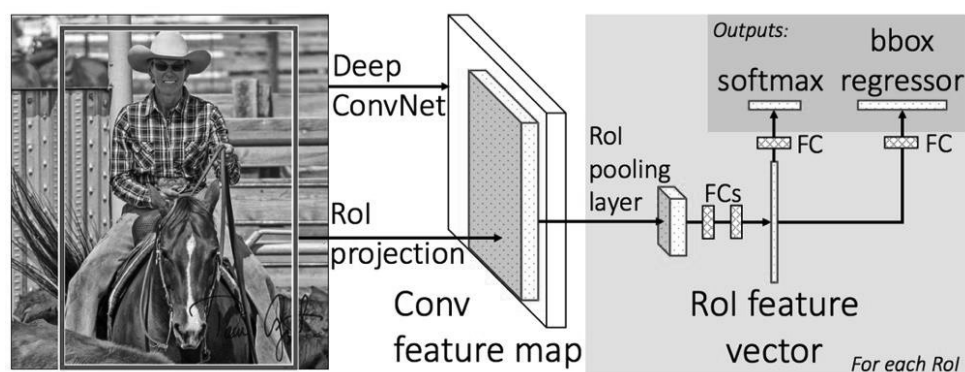


圖 7 Fast R-CNN 架構

資料來源：Girshick (2015)

相較於 R-CNN 演算法，Fast R-CNN 演算法能夠提升運算處理速度的主要原因是：它不如同 R-CNN 演算法一樣，對所有建議區域都透過深度網路進行特徵萃取運算處理，而是將整張影像圖進行一次特徵萃取運算處理，透過空間金字塔池化（Spatial Pyramid Pooling; SPP）處理，只需要進行一次特徵萃取運算處理，然後再將候選框映射到第五個卷積層上，剩下的運算處理只需要在第五個卷積層上進行即可。Fast R-CNN 演算法運算處理效能讓使用者看到了應用建議區域+卷積類神經網路（Region proposal + CNN）這一模型框架實際應用於物件辨識的效能，確認了可以針對多種類型的物件進行辨識，同時亦能確保辨識的準確率又能夠提升物件辨識處理運算速度，這是 Fast R-CNN

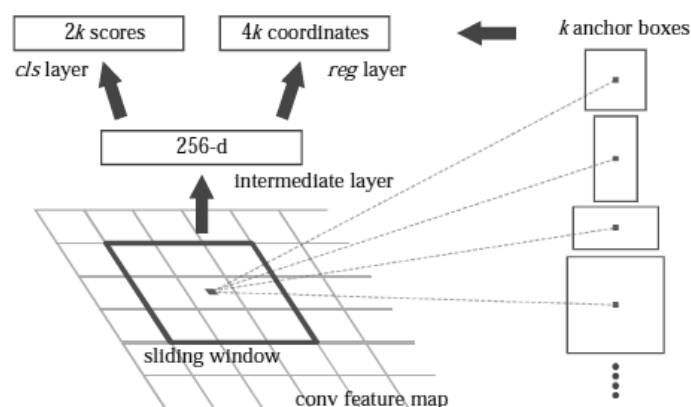


圖 8 Region proposal network

資料來源：Ren et al. (2015)

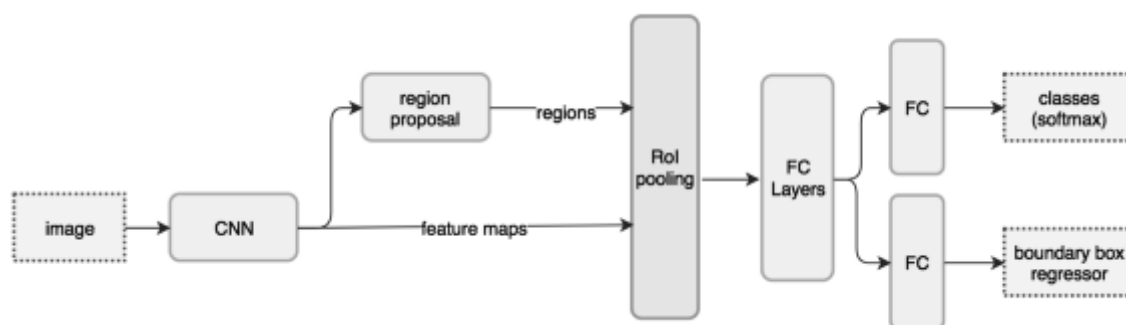


圖 9 Faster R-CNN 運算處理流程

資料來源：Jonathan (2018)

演算法相當重要的貢獻，也為之後一系列的 Faster R-CNN 演算法奠定深厚的基礎；但不管是 R-CNN 演算法還是 Fast R-CNN 演算法都需要先藉由預先選擇性搜尋(Selective search)的處理，此一處理需要耗費大量的運算處理時間，這是造成此二類演算法運算處理緩慢的主要原因。

Ren et al. (2015) 又提出一個植基於 R-CNN 演算法的 Faster R-CNN 演算法，其運算處理速度比其他 R-CNN 演算法更快，二者主要的不同在於建議區域的生成方法，Fast-RCNN 使用的是選擇性搜索，而 Faster R-CNN 演算法用的是 RPN (Region Proposal Network) (如圖 8 所示) 替代選擇性搜索，直接從卷積層網路的特徵圖 (Feature map) 上選取候選區域。並透過 Fast R-CNN 演算法的 ROI pooling (Region of interest pooling)，提升了辨識的速度及準確率，Faster R-CNN 演算法運算處理流程如圖 9 所示，其架構如圖 10 所示。Faster R-CNN 演算法因其設計了萃取建議區域的網路 RPN，取代需要費時大量運算處理的選擇性搜索，使得物件辨識的時間大幅降低，此即為 Faster R-CNN 演算法的主要貢獻，Faster R-CNN 演算法。在本研究中亦將植基於 Faster R-CNN 演算法，運用 TensorFlow 深度學習平台建構中共軍機影像辨識訓練模型，藉由訓練過後的中共軍機影像辨識模型針對中共戰機影像進行機型辨識。

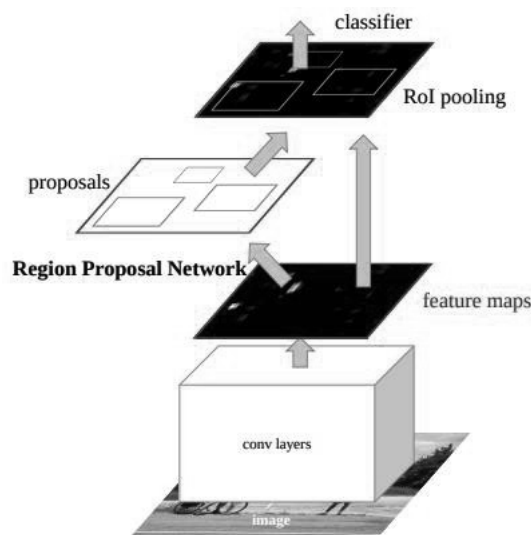


圖 10 Faster R-CNN 架構
資料來源：Ivan (2019)

三、植基於faster R-CNN建構中共戰機影像辨識機器學習訓練模型

本研究以TensorFlow Object Detection API所提供Faster R-CNN物件影像辨識模型為基礎，藉由中共戰機影像資料之整理分類並運用TensorFlow張量運算，建構中共戰機影像辨識機器學習訓練模型，藉以針對中共戰機影像辨識中共戰機機型；中共戰機影像辨識機器學習訓練模型建構詳如下列個小節說明。

3.1 中共戰機影像辨識機器學習訓練模型建構流程

中共戰機影像辨識機器學習訓練模型建構流程主要分為五個階段，分別為資料準備、建立模型、建立TensorFlow計算圖、訓練模型、測試模型，並說明每個階段所做的處理方式，運用TensorFlow框架進行張量運算，建構出影像辨識模型，如圖11所示。

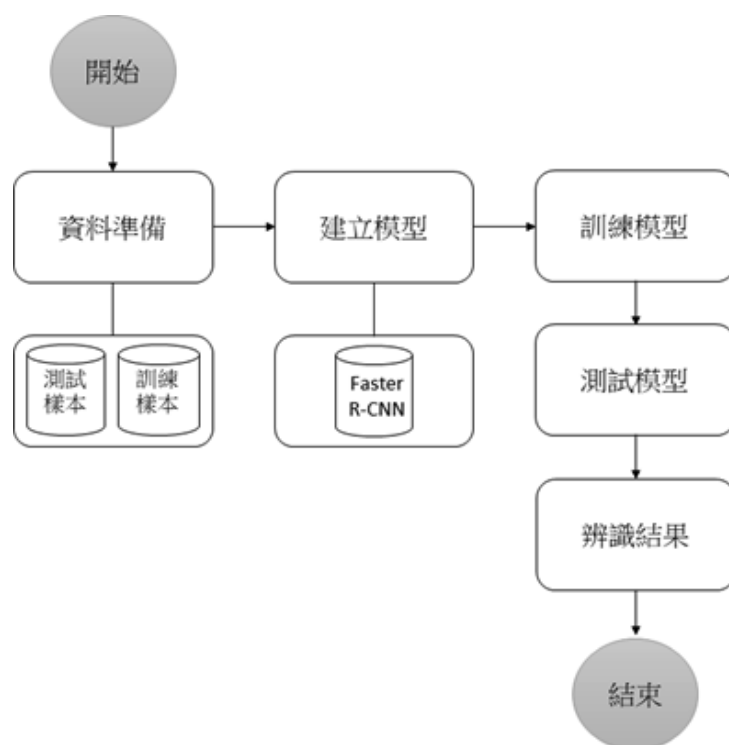


圖11 中共戰機影像辨識機器學習訓練模型建構流程

3.2 資料準備

本研究使用Google Chrome擴充功能中的圖片助手（ImageAssistant）批量圖片下載器，經由Google網頁搜尋並下載建構中共戰機影像辨識機器學習訓練模型所需之圖片，做為建構研究所提影像辨識機器學習訓練模型所需的資料集。透過Google網頁搜尋並下載，計有700張中共各式戰機JPG圖檔，其中包含J-10A/B/C/S、J-11A/B、J-15、J-16/Su-30MKK、J-20、J-31、Su-35等七種機型的戰鬥機（詳如圖12所示）各100張，並將其80%（每個機型各80張）放入訓練資料夾，20%（每個機型各20張）放入測試資料夾，每個資料集計有560個訓練樣本，140個測試樣本。

3.3 建立模型

一般而言，訓練一個的植基於多層次類神經網路的高效能深度學習模型，縱使有多張具高運算效能的圖形處理顯示卡（GPU）通常也需要非常久的時間，而使用預訓練模型（Pre-trained model）為初始值來進行訓練，可以加速深度學習模型訓練的過程，降低模型訓練所需的時間。有鑑於此，本研究將應用 TensorFlow Object Detection 模型三種機器學習模型：faster_rcnn_resnet101_coco、faster_rcnn_resnet50_coco 及 faster_rcnn_inception_v2_coco，本研究應用這三種模型做為預先訓練的模型，透過相同的中共戰機圖片 jpg 檔案做為訓練樣本與測試樣本，藉以建構三種中共戰機影像辨識機器學習訓練模型，並比較此三種中共戰機影像辨識機器學習訓練模型對於中共戰機影像辨識的效能。

本研究所採用的三種機器學習模型均植基於 Faster R-CNN 演算法，其中，faster_rcnn_resnet101_coco 與 faster_rcnn_resnet50_coco 模型係以深度殘差網路（Deep Residual Network, Deep ResNet）做為 Faster R-CNN 演算法中各個卷積層的網路結構基礎，faster_rcnn_resnet101_coco 模型使用 101 層的深度殘差網路，而 faster_rcnn_resnet50_coco 模型則使用了 50 層的深度殘差網路。而 faster_rcnn_inception_v2_coco 模型係以 Inception 模組做為 Faster R-CNN 演算法中各個卷積層與池化層的網路結構基礎。

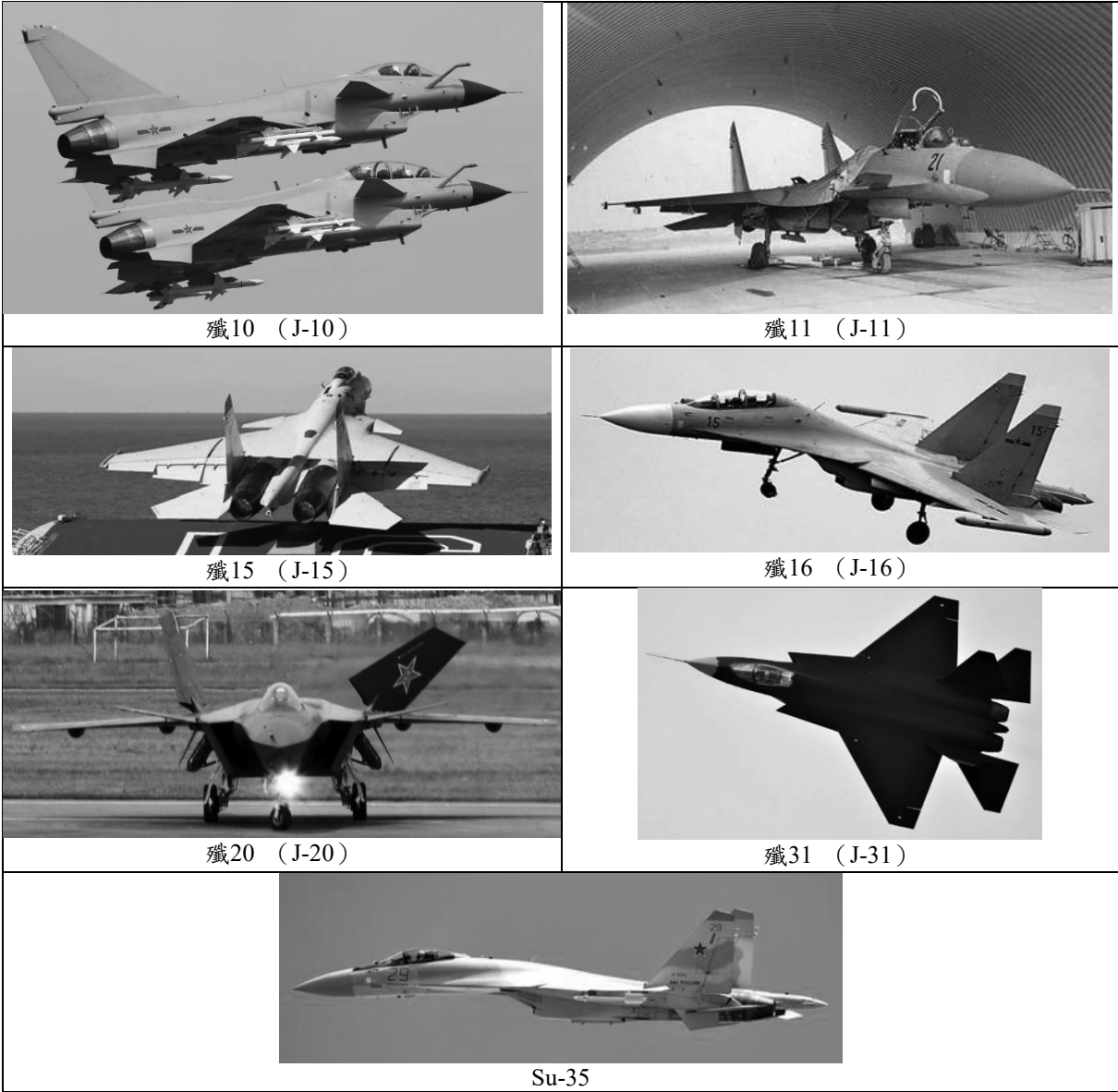


圖12 中共七種戰鬥機機型

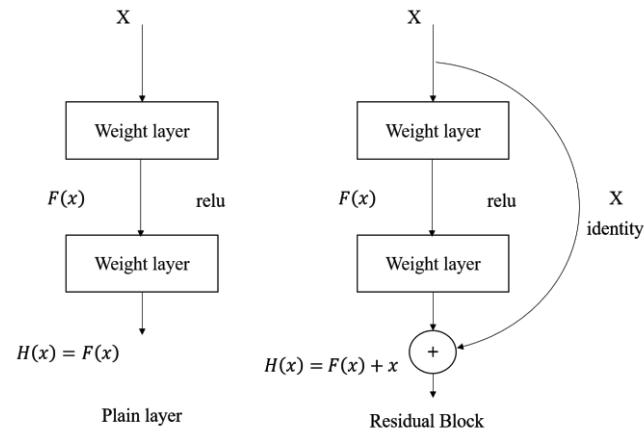


圖13 殘差網路與一般網路輸出處理函式示意圖

資料來源：He, et al. (2016)

經研究發現非常深度網路會出現退化問題 (Degradation problem)，通常深度學習模型中網路層數的增加能夠有效地提升物件辨識的準確率，但是當深度學習模型中網路層

數到達一定層數之後，其準確率物件辨識的出現飽和現象，甚至出現下降情形，因此，提出深度殘差網路（Deep Residual Network, Deep ResNet）。對一般的網路而言， $H(x)$ 是期望輸出，所以最後運算的結果 $H(x)$ 就相當於是 $F(x)$ ；而殘差網路則加入變數 x 此一處理捷徑，故當 $F(x)$ 加上先前輸入的 x 之後，因此 $H(x) = F(x) + x$ ，此時如果 $F(x) = 0$ 時， $H(x)$ 會等於 x ；由此可知殘差網路的功能就是要讓 $F(x)$ 盡量接近於零，如此方能使得網路持續深化，其準確率才不會飽和或是下降。殘差網路與一般網路輸出處理函式示意圖如圖 13 所示。

Inception 模組主要處理思維是將不同層級的卷積層經由並聯處理加以結合，透過不同層級卷積層的處理結果，藉以產生矩陣，並在深層維度矩陣中加以串接，進而產生一個更深層維度的矩陣；Inception 模組能夠透過此一方式反覆地串接處理方式，進而能以高效能的處理方式，將網路的深度與寬度進行擴充，藉以建構更大的網路，同時亦能避免深層網路學習所可能造成過度擬合的現象。透過 Inception 模組可以先將較大的矩陣進行降低維度的運算處理，然後再將不同大小的矩陣進行聚合運算處理，如此可經由對不同大小的矩陣進行特徵值的萃取，方便後續的運算處理，此為 Inception 模組的主要優點。Inception-v1 模組採用 3 種不同大小的卷積核，包括：1*1、3*3、5*5 等三種卷積核和一個 3*3 大小的最大池化核，提升了網路對不同大小尺度的適應能力（osc_zc54ocuh, 2021）。Inception 模組架構示意圖如圖 14 所示。

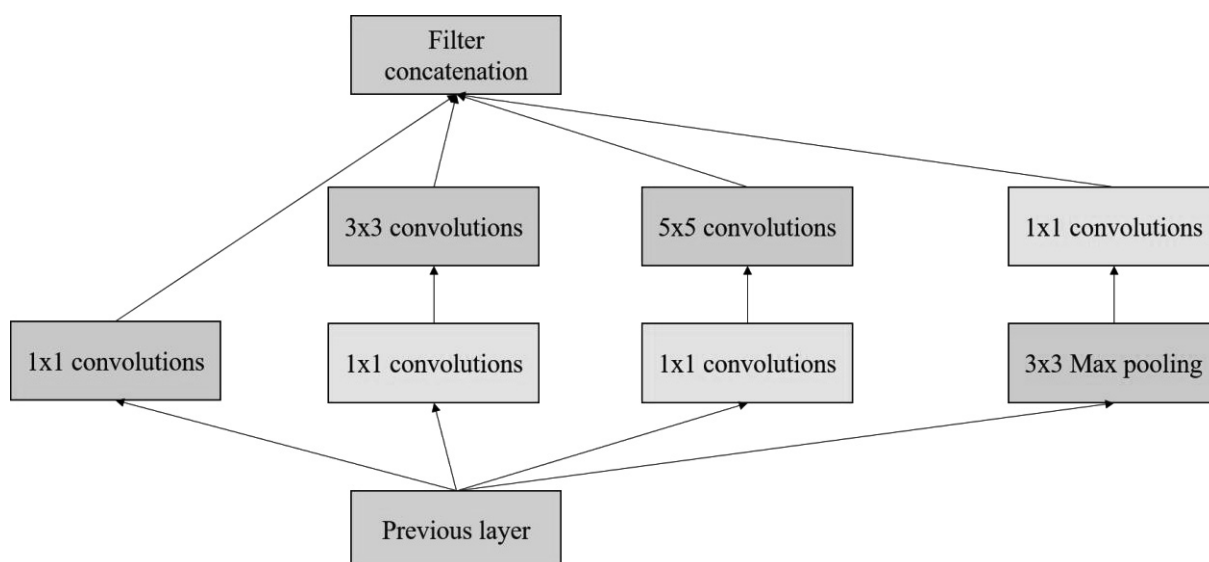


圖14 Inception模組架構示意圖

資料來源：Szegedy et al. (2015)

由於，在深度學習類神經網路的訓練過程往往相當地繁雜，通常當前面幾個層級的網路產生微小的差異，這些差異經過後面數個層級的網路處理與傳遞之後，這些微小差異會產生放大現象。通常，類神經網路在進行訓練時所使用的參數會持續地變更，前面網路層所使用訓練參數的變化將會造成之後網路層資料輸入的分佈會產生變化，此一現象如發生在深度學習類神經網路中間網路層的訓練過程，此一現象被稱為內協變數移位（Internal covariate shift）。Inception-v2 應用批量標準化（Batch Normalization; BN）方法解決深度學習類神經網路中間網路層的內協變數移位此一問題，批量標準化演算法的主要原理係在每一層網路的前面，插入一個標準化網路層，意即將前一層網路輸出的資料進行標準化處理後，再將經標準化處理的資料做為下一層網路的輸入資料。批量標準化演算法對於每個使用函式所產生的數值都可以進行學習，它利用 γ 、 β 這二個參數進行縮放與平移的處理，使得經標準化處理後的輸入資料均能透過此二參數進行縮放與平移

處理 (osc_zc54ocuh, 2021)。

3.4 模型訓練與測試

本研究將應用 TensorFlow Object Detection 模型中三種機器學習模型：faster_rcnn_resnet101_coco、faster_rcnn_resnet50_coco及faster_rcnn_inception_v2_coco做為預先訓練的模型來加速訓練的過程，訓練模型使用研究從網際網路所蒐集的七種中共戰機影像圖資料集，包括：J-11A/B、J-15、J-16/Su-30MKK、Su-35、J-10A/B/C/S、J-20、J-31等七種中共戰機，共計700張JPG圖檔，其中560張JPG圖檔做為訓練樣本，140張JPG圖檔做為測試樣本。本研究將執行至少200,000次訓練使誤差降低，並提高準確率，流程圖如圖15所示。

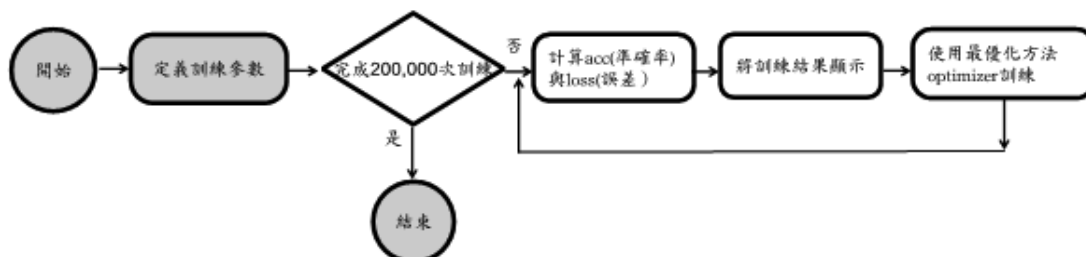


圖15 模型訓練流程圖

當研究所提中共戰機影像辨識機器學習模型完成模型訓練之後，將匯入測試樣本，進行辨識率分析。本研究共準備兩個測試資料集，一個測試樣本共21筆，包含J-11A/B、J-15、J-16/Su-30MKK、Su-35、J-10A/B/C/S、J-20、J-31七種機型的戰鬥機各3張；另一個測試樣本共10筆，每張圖片含一架飛機以上，流程圖如圖16所示。

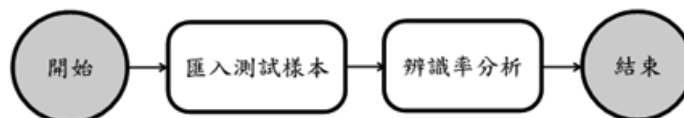


圖16 模型測試流程圖

四、模型建置、訓練與測試

本節將依據建構中共戰機影像辨識機器學習訓練模型建置、訓練與測試之所需，首先進行實作環境建構，完成實作環境建構後即進行準備模型訓練所需的資料集，並應用 faster_rcnn_resnet101_coco、faster_rcnn_resnet50_coco 及 faster_rcnn_inception_v2_coco 等預先訓練模型做為中共戰機影像辨識機器學習訓練模型的基礎，完成相關的模型訓練設定，然後再進行中共戰機影像辨識機器學習訓練模型的訓練工作，最後，訓練完成的中共戰機影像辨識機器學習訓練模型進行中共戰機影像識別測試，藉以瞭解植基於三種不同預訓練模型的中共戰機影像辨識機器學習訓練模型對於中共戰機辨識準確率的高低。下面小節將針對前述相關實作工作進行詳實的說明。

4.1 實作環境建構

中共戰機影像辨識機器學習訓練模型建構與測試將藉由 TensorFlow 運算平台進行，因此，首先將建置 TensorFlow 運算平台，簡化 TensorFlow 運算平台建置作業，本研究藉由安裝 Anaconda 套裝載台的方式完成 TensorFlow 運算平台的建置。首先，本研究透過瀏覽器連網至 Anaconda 官網下載 64 位元版本的 Anaconda 套裝載台安裝程式，並進行 Anaconda 套裝載台安裝工作，如圖 17 所示。

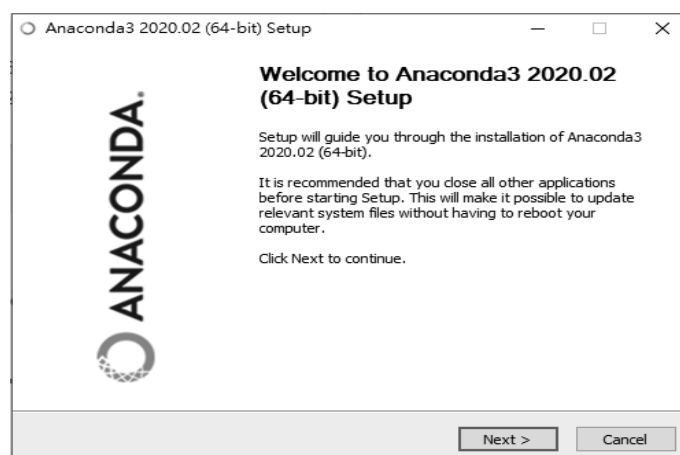
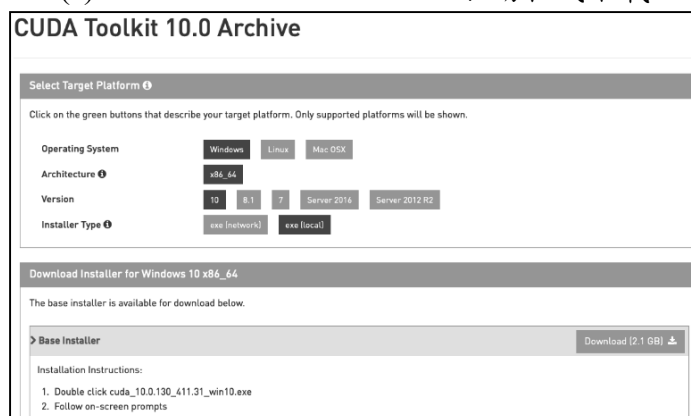


圖17 Anaconda套裝載台安裝作業圖



(a) Nvidia GTX GeForce 1660驅動程式下載



(b) Nvidia CUDA工具軟體下載



(c) Nvidia CuDNN深度學習程式庫下載

圖18 Nvidia圖形加速處理軟體下載

為了能夠加快TensorFlow運算平台的處理速度，本研究將安裝支援GPU運算能力的

TensorFlow運算平台，而具支援GPU運算能力的TensorFlow運算平台需要針對電腦的圖形加速處理器安裝相關的驅動程式與支援高速圖形加速處理運算所需的工具軟體；而本研究使用電腦的圖形加速處理器的型號為Nvidia GTX GeForce 1660，因此，需至Nvidia官網下載Nvidia GTX GeForce 1660的驅動程式，並下載Nvidia支援支援高速圖形加速處理運算所需的工具軟體CUDA，且為搭配TensorFlow運算平台的版本，本研究選擇CUDA 10.0版工具軟體下載，然後進行安裝CUDA及Nvidia GTX GeForce 1660驅動程式，如圖18 (a)(b)所示。由於，TensorFlow運算平台的運算涉及深度學習，為了能夠支援工具軟體CUDA在深度學習方面的運算，Nvidia提供了cuDNN深度學習程式庫，本研究亦選擇支援CUDA 10.0工具軟體深度學習運算所需的cuDNN 7.5版深度學習程式庫下載並執行安裝動作，如圖18 (c)所示。

完成Nvidia圖形加速處理相關軟體安裝之後，即可依據下列步驟完成支援建構中共戰機影像辨識機器學習訓練模型所需的軟體載台安裝；圖19為安裝支援建構中共戰機影像辨識機器學習訓練模型所需軟體的操作指令。

```
步驟一：建立TensorFlow-GPU虛擬環境
#conda create -n tensorflow_gpu pip python=3.6

步驟二：安裝支援GPU運算的TensorFlow運算平台及Keras API
#activate tensorflow_gpu //啟用TensorFlow-GPU虛擬環境
#pip install tensorflow_gpu //在TensorFlow-GPU虛擬環境中安裝TensorFlow
#pip install keras //在TensorFlow-GPU虛擬環境中安裝Keras

步驟三：從GitHub下載TensorFlow Object Detection API
#git clone https://github.com/tensorflow/models.git

步驟四：編譯Protobuf函式庫
#cd models/research
#protoc object_detection/protos/*.proto --python_out=.
```

圖19 安裝支援建構中共戰機影像辨識機器學習訓練模型所需軟體的操作指令

- 步驟一：建立TensorFlow-GPU虛擬環境。
在先前安裝的Anaconda套裝載台中建立TensorFlow-GPU虛擬環境。
- 步驟二：安裝支援GPU運算的TensorFlow運算平台及Keras API。
在Anaconda套裝載台啟用TensorFlow-GPU虛擬環境，完成TensorFlow-GPU虛擬環境開啟之後，即可在此一開啟的虛擬環境中安裝支援GPU運算的TensorFlow運算平台及Keras API。
- 步驟三：下載TensorFlow Object Detection API的原始碼，複製於特定的目錄之中。
進入官網<http://git-scm.com/>安裝Git後，從GitHub上面下載TensorFlow Object Detection API的原始碼並複製於特定的目錄之中。
- 步驟四：編譯 Protobuf 函式庫。
使用Tensorflow Object Detection API之前，需先編譯Protobuf函式庫；ProtoBuf是由Google所推出跨平台的語言的「可擴展的序列化資料結構」，它具有資料體積小及傳輸快等優點，提供各種編譯器讓使用者可以把檔案編譯成所需要的語言格式可用於不同的語言上，例如：Python、Go、Java、C++等其他語言。

4.2 資料集準備

為了能夠進行中共戰機影像辨識機器學習訓練模型的訓練工作，本研究準備了中共各式戰機資料集共有700張JPG圖檔，並確保每架機型的每個角度都包含在裡面，其中包含J-11A/B、J-15、J-16/Su-30MKK、Su-35、J-10A/B/C/S、J-20、J-31、七種機型的戰鬥

機各100張，並將其80%（每個機型各80張）放入訓練資料夾，20%（每個機型各20張）放入測試資料夾，每個資料集計有560個訓練樣本，140個測試樣本。

訓練資料的準備需經過三道處理程序，第一道處理程序，首先，需要標註所有中共戰機影像於圖片檔案中相對應的位置及其標籤（此一標籤為中共戰機機型），並產生模型訓練時所需的XML格式檔案，為能順利執行此一處理程序，研究使用LabelImg此一軟體工具，經由使用LabelImg工具軟體標註每個影像檔案中中共戰機影像所在的位置，同時產生中共戰機影像於整張影像圖片中所在位置的XML的標註檔案，LabelImg工具軟體的使用如圖20所示。

第二道處理程序需把所有已經LabelImg工具軟體標註過的中共戰機影像圖片檔XML檔案，依照訓練集與測試集分別放置到兩個目錄下，利用Tensorflow Object Detection API提供的xml_to_csv.py指令碼，把對應的xml格式轉換成csv格式，同時在存放中共戰機影像圖片檔案的目錄下（如：D:\images）分別建立train_labels.csv和test_labels.csv二個文件檔案。接下來，開啟Tensorflow Object Detection API提供的generate_tfrecord.py文件，將本研究所需辨識七種中共戰機機型的代碼（中共戰機機型代碼需與先前經LabelImg工具軟體標註的中共戰機代碼相同）寫入其中，如圖21所示。然後，執行generate_tfrecord.py文件（執行指令如圖22所示），以產生訓練用途及測試用途所需的二個檔案：train.record與test.record。

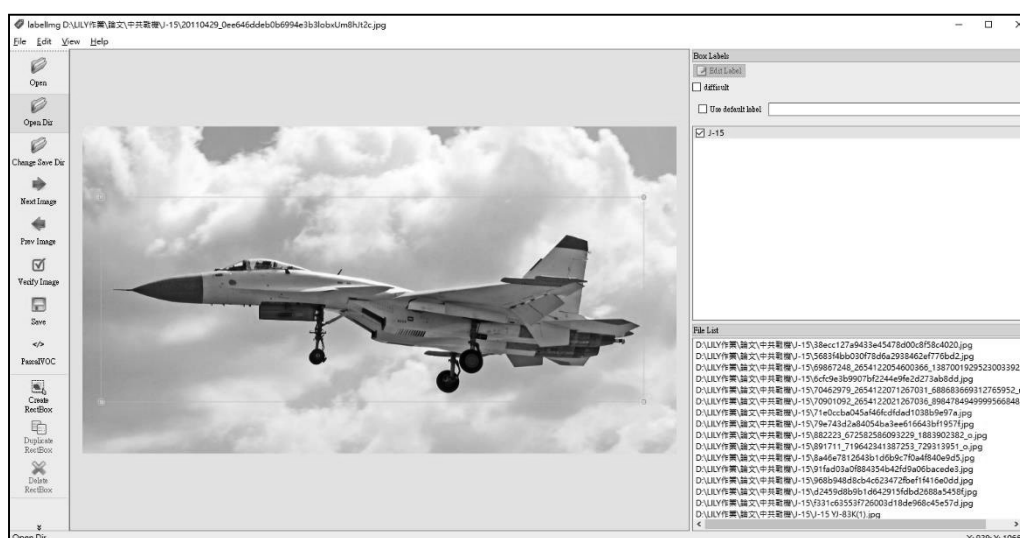


圖20 LabelImg工具軟體使用畫面

```

1  # TO-DO replace this with label map
2  def class_text_to_int(row_label):
3      if row_label == 'J-10':
4          return 1
5      elif row_label == 'J-11':
6          return 2
7      elif row_label == 'J-15':
8          return 3
9      elif row_label == 'J-16':
10         return 4
11     elif row_label == 'J-20':
12         return 5
13     elif row_label == 'J-31':
14         return 6
15     elif row_label == 'su-35':
16         return 7
17     else:
18         return None

```

圖21 generate_tfrecord.py代碼編輯

```
1 (tensorflow_gpu) D:\>python generate_tfrecord.py --  
2 csv_input=data/train_labels.csv --output_path=data/train.record  
3  
4 (tensorflow_gpu) D:>python generate_tfrecord.py --  
5 csv_input=data/test_labels.csv --output_path=data/test.record
```

圖22 generate_tfrecord.py執行指令

第三道處理程序則是建立標籤地圖 (Label map)，研究利用文本編輯器建立一個新的本文文件檔案，並將此一檔案命名為fighter_labelmap.pbtxt，其中，此一檔案名稱可由使用者命名設定，但檔案類型（即附檔名）須為.pbtxt，fighter_labelmap.pbtxt檔案內容詳如圖23所示。

```
1 item {  
2   id: 1  
3   name: 'J-10'  
4 }  
5 item {  
6   id: 2  
7   name: 'J-11'  
8 }  
9 item {  
10  id: 3  
11  name: 'J-15'  
12 }  
13 item {  
14  id: 4  
15  name: 'J-16'  
16 }  
17 item {  
18  id: 5  
19  name: 'J-20'  
20 }  
21 item {  
22  id: 6  
23  name: 'J-31'  
24 }  
25 item {  
26  id: 7  
27  name: 'su-35'  
28 }
```

圖23 fighter_labelmap.pbtxt檔案內容

4.3 模型訓練

進行中共戰機影像辨識機器學習訓練模型的訓練工作前，需在TensorFlow Object Detection API中，將所有使用預先訓練的模型參數、訓練參數與驗證參數都定義在一個.config設定檔中，在object_detection/samples/configs/目錄下有許多範例設定檔；由於，本研究將使用TensorFlow Object Detection API所提供三種預先訓練模型，分別為：faster_rcnn_resnet101_coco、faster_rcnn_resnet50_coco及faster_rcnn_inception_v2_coco，因此將修改faster_rcnn_resnet101_coco.config、faster_rcnn_resnet50_coco.config及faster_rcnn_inception_v2_coco.config這三個範例設定檔，並使用一般的文字編輯器編輯對這三個設定檔進行修改編輯，圖24及圖25為修改faster_rcnn_resnet101_coco.config檔案內容，僅將要修改部分以黃色表示。

```

1 # Faster R-CNN with Resnet-101 (v1), configuration for MSCOCO Dataset.
2 # Users should configure the fine_tune_checkpoint field in the train config as
3 # well as the label_map_path and input_path fields in the train_input_reader and
4 # eval_input_reader. Search for "PATH_TO_BE_CONFIGURED" to find the fields that
5 # should be configured.
6
7 model {
8   faster_rcnn {
9     num_classes: 7 #將num_classes更改為分類器檢測的不同對象的數量。
10    image_resizer {
11      keep_aspect_ratio_resizer {
12        min_dimension: 600
13        max_dimension: 1024
14      }
15    }
16  }
17 }

```

圖24 修改faster_rcnn_resnet101_coco.config檔案設定（一）

```

105 gradient_clipping_by_norm: 10.0
106 fine_tune_checkpoint: "config/faster_rcnn_resnet101_coco_2018_01_28/model.ckpt"
107 from_detection_checkpoint: true
108 data_augmentation_options {
109   random_horizontal_flip {
110   }
111 }
112 }
113
114 train_input_reader: {
115   tf_record_input_reader {
116     input_path: "train.record"
117   }
118   label_map_path: "fighter_labelmap.pbtxt"
119 }
120
121 eval_config: {
122   num_examples: 700 #將num_examples更改為\images\test目錄中的圖像數。
123   # Note: The below line limits the evaluation process to 10 evaluations.
124   # Remove the below line to evaluate indefinitely.
125   max_evals: 10
126 }
127
128 eval_input_reader: {
129   tf_record_input_reader {
130     input_path: "data/train.record"
131   }
132   label_map_path: "data/fighter_labelmap.pbtxt"
133   shuffle: false
134   num_readers: 1
135 }

```

圖24 修改faster_rcnn_resnet101_coco.config檔案設定（二）

完成使用預先訓練模型的訓練參數與驗證參數設定之後，本研究將透過TensorFlow Object Detection API所提供的模型訓練程式對中共戰機影像辨識機器學習訓練模型進行訓練的工作，依據先前的設定，本研究將針對faster_rcnn_resnet101_coco、faster_rcnn_resnet50_coco及faster_rcnn_inception_v2_coco三種預先訓練模型分別執行至少200,000次訓練，期使搭配這三種預先訓練模型的中共戰機影像辨識機器學習訓練模型的影像辨識損失（Loss）值降低於0.05以下，以提高中共戰機影像機型辨識的準確率；在執行中共戰機影像辨識機器學習訓練模型訓練時，本研究亦透過TensorFlow Object Detection API所提供的模型訓練監看工具（TensorBoard）瞭解模型訓練情況。圖25為執行模型訓練的指令（以應用faster_rcnn_inception_v2_coco預先訓練模型為例），圖26為TensorBoard監看畫面。

```

python C:\Tensorflow\models\research\object_detection\legacy\train.py
--logtostderr --train_dir=training/
--pipeline_config_path=D:\LILY\thesis\project\config\
faster_rcnn_inception_v2_coco_2018_01_28\training\faster_rcnn_inception_v2_coco.config

```

圖25 應用faster_rcnn_inception_v2_coco預先訓練模型執行模型訓練指令

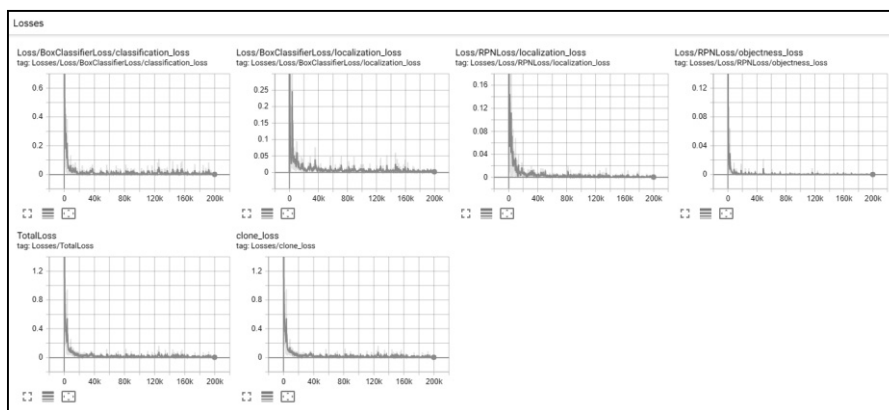


圖26 TensorBoard監看畫面

當訓練模型完成訓練工作後，即可透過TensorFlow Object Detection API所提供的訓練模組匯出程式將完成訓練的模型匯出，匯出的模型將會被TensorFlow Object Detection API儲存於「model」這個特定資料夾中；當訓練模組的完成匯出後，即完成訓練模組的訓練工作。圖27顯示TensorFlow Object Detection API匯出訓練模組程式

```
python C:\Tensorflow\models\research\object_detection\export_inference_graph.py
--input_type image_tensor --pipeline_config_path training/faster_rcnn_inception_v2_coco.config
--trained_checkpoint_prefix training/model.ckpt-200000 --output_directory model
```

圖27 TensorFlow Object Detection API匯出訓練模組程式

4.4 測試結果

完成中共戰機影像辨識機器學習訓練模型的訓練之後，本研究利用TensorFlow Object Detection API所提供的影像物件偵測程式（位於TensorFlow Object Detection API目錄下的object_detection/object_detection_tutorial.ipynb），加以複製並使用一般的文字編輯器進行編輯，修改相關設定，如圖28所示。

本研究共準備兩組中共戰機影像測試資料集，其中一組的測試樣本共計21筆，包含J-11A/B、J-15、J-16/Su-30MKK、Su-35、J-10A/B/C/S、J-20、J-31七種機型的戰鬥機各3張；另一組的測試樣本共10筆，每張測試圖片將有一架以上不同機型的中共戰機。由於，本研究應用三種預先訓練模型（faster_rcnn_resnet101_coco、faster_rcnn_resnet50_coco及faster_rcnn_inception_v2_coco）做為中共戰機影像辨識機器學習訓練模型的預先訓練模型，故將針對這三種預先訓練模型所訓練出的中共戰機影像辨識機器學習訓練模型進行中共戰機影像測試，以瞭解植基於此三種預先訓練模型的中共戰機影像辨識機器學習

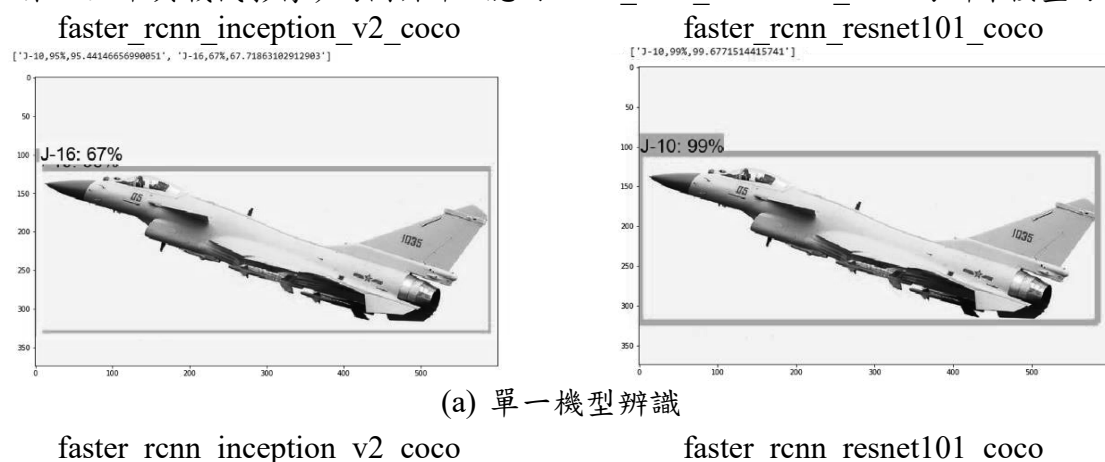
```
320     },
321     "outputs": {},
322     "source": [
323         "PATH_TO_TEST_IMAGES_DIR = 'D:/LILY/thesis/project/config/faster_rcnn_resnet101_coco_2018_01_28/images/test_single'\n",
324         "TEST_IMAGE_PATHS = [ os.path.join(PATH_TO_TEST_IMAGES_DIR, 'image{}.jpg'.format(i)) for i in range(11, 22) ]\n",
325         "\n",
326         "# Size, in inches, of the output images.\n",
327         "IMAGE_SIZE = (12, 8)\n",
328     ]
329 },
330 {
331
332     "outputs": {},
333     "source": [
334         "# What model to download.\n",
335         "MODEL_NAME = 'D:/LILY/thesis/project/config/faster_rcnn_resnet101_coco_2018_01_28/model'\n",
336         "\n",
337         "# Path to frozen detection graph. This is the actual model that is used for the object detection.\n",
338         "PATH_TO_FROZEN_GRAPH = MODEL_NAME + '/frozen_inference_graph.pb'\n",
339         "\n",
340         "# List of the strings that is used to add correct label for each box.\n",
341         "PATH_TO_LABELS = os.path.join('D:/LILY/thesis/project/config/faster_rcnn_resnet101_coco_2018_01_28/training', 'fighter_labelmap.pbtxt')\n",
342     ]
343 }
```

圖28 影像物件偵測程式修改內容

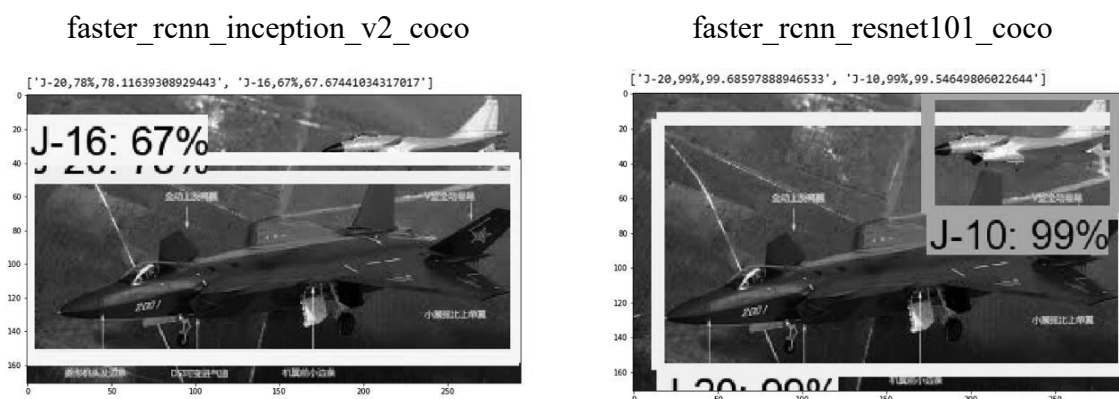
訓練模型對於中共戰機機型辨識的準確度；本研究透過戰機辨識率比較的方式來探究植基於三種不同預先訓練模型的中共戰機影像辨識機器學習訓練模型對於中共戰機影像辨識的效能。

- 應用faster_rcnn_resnet101_coco及faster_rcnn_inception_v2_coco訓練模型中共戰機影像辨識測試比對的結果

從單一機型辨識率來看，在各別機型的圖片中，應用faster_rcnn_inception_v2_coco的訓練模型會多辨識出J-16中共戰機的錯誤結果，如圖29(a)所示；在多種中共戰機（含一架以上中共戰機影像）的圖片中，應用faster_rcnn_resnet101_coco的訓練模型可以正



(a) 單一機型辨識



(b) 多種機型辨識

圖29 應用faster_rcnn_inception_v2_coco及faster_rcnn_resnet101_coco訓練模型中共戰機影像辨識測試結果

確辨識出J-20以及J-10二種中共戰機，應用faster_rcnn_inception_v2_coco的訓練模型則沒有辨識出J-10中共戰機，且會將J-20中共戰機影像辨識為J-20及J-16二種中共戰機，如圖29(b)。

- 應用faster_rcnn_resnet101_coco及faster_rcnn_resnet50_coco訓練模型中共戰機影像辨識測試比對的結果

從單一機型辨識率來看，在各別機型的圖片中，應用faster_rcnn_resnet50_coco的訓練模型會多一個辨識目標框的判斷結果，將部分中共戰機影像判斷為另一架中共戰機影像，如圖30(a)所示；在多種中共戰機（含一架以上中共戰機影像）的圖片中，應用faster_rcnn_resnet101_coco的訓練模型可以正確辨識出J-20以及J-10二種中共戰機，應用faster_rcnn_resnet50_coco的訓練模型則雖正確辨識出J-10中共戰機，但會將J-20中共戰機影像誤判為J-16中共戰機，如圖30(b)所示。綜合以上兩點，faster_rcnn_resnet101_coco的辨識率較faster_rcnn_resnet50_coco高。

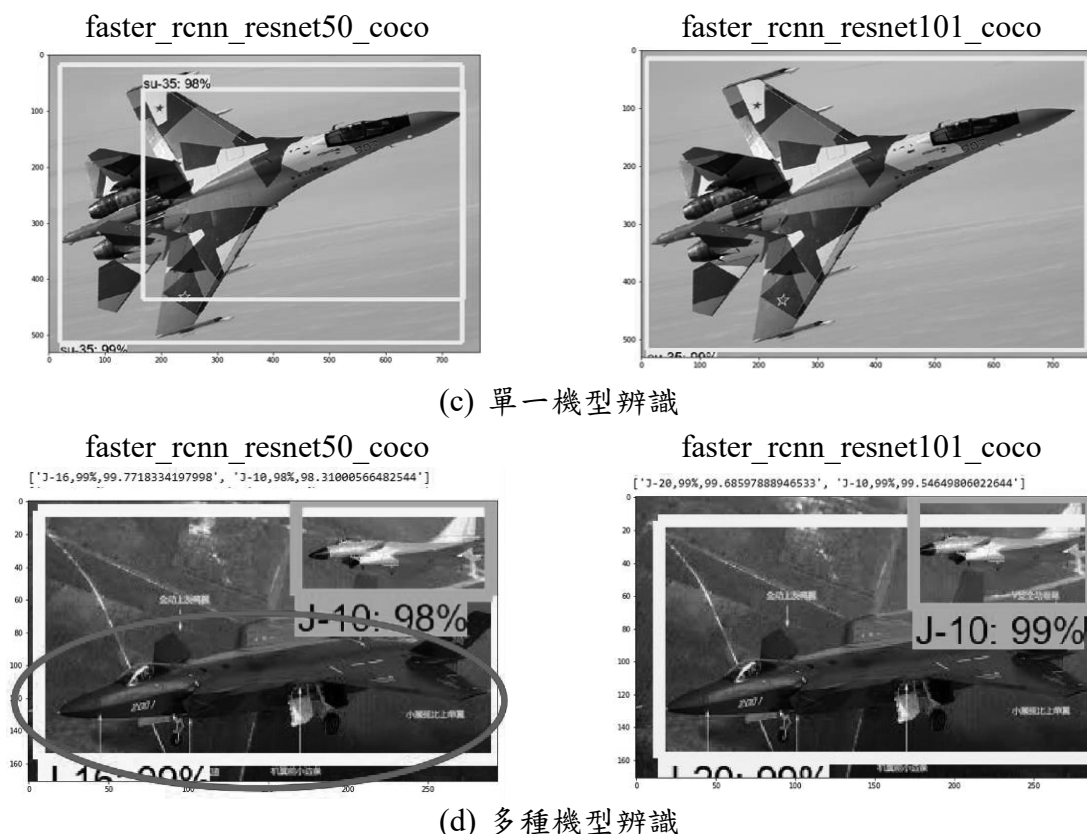


圖30 應用 faster_rcnn_resnet50_coco 及 faster_rcnn_resnet101_coco 訓練模型中共戰機影像辨識測試結果

● 應用 faster_rcnn_resnet101_coco 及 faster_rcnn_resnet50_coco 訓練模型中共戰機影像辨識測試比對的結果

從單一機型辨識率來看，在各別機型的圖片中，應用 faster_rcnn_resnet50_coco 的訓練模型會多一個辨識目標框的判斷結果，將部分中共戰機影像判斷為另一架中共戰機影像，如圖30 (a) 所示；在多種中共戰機（含一架以上中共戰機影像）的圖片中，應用 faster_rcnn_resnet101_coco 的訓練模型可以正確辨識出J-20以及J-10二種中共戰機，應用 faster_rcnn_resnet50_coco 的訓練模型則雖正確辨識出J-10中共戰機，但會將J-20中共戰機影像誤判為J-16中共戰機，如圖30 (b) 所示。綜合以上兩點，faster_rcnn_resnet101_coco 的辨識率較 faster_rcnn_resnet50_coco 高。

由上面對於中共戰機影像辨識的結果可以發現：應用 faster_rcnn_resnet101_coco 訓練模型所建構的中共戰機影像辨識機器學習訓練模型對於中共戰機影像辨識可以獲得較為正確且高的辨識結果。

五、結論

隨著資訊技術的進步，人工智慧（AI）應用的範疇逐漸的增加，也日漸受到人們的關注，從民間到政府、從家庭到產業、從民生到科技，各項應用不斷地推陳出新，人工智慧的應用甚至於躍上軍事戰備的領用。從西元1980年到西元2010年這三十年之間，人工智慧的學者提出許多不同階層、架構和初始化方式的類神經網路，而TensorFlow就是當前十分著名的深度學習平台，它能夠支援各類型的類神經網路演算法。

本研究主要探討於TensorFlow平台，發展出一套應用於飛機機型的影像辨識模型，並提升辨識率。以Tensorflow Object Detection API所提供的物件影像辨識模型為基礎，運用現行Object Detection演算法Faster R-CNN建立深度學習模型，再以TensorFlow設計

張量運算流程，調整其張量、參數，並研究所訓練之模型於物件影像辨識中的辨識率，建構可以提升辨識率的機器學習模型。

從實驗結果得知以下幾點：

- 運用Faster R-CNN演算法搭配ResNet-101神經網路層，不論單一機或多種機型辨識率皆較搭配inception V2神經網路層高。
- 運用Faster R-CNN演算法搭配ResNet-101神經網路層，不論單一機或多種機型辨識率皆較搭配ResNet-50神經網路層高。

本研究在實作部分於Anaconda平台運用虛擬環境，以TensorFlow所提供之物件辨識API，並使用自製資料集，建構提升辨識率的機器學習模型，預期所發展之物體辨識技術可應用於軍事領域（軍用武器裝備）、土地利用（都市規劃、商業分佈）、交通傳輸（停車場分析、汽車監控）、醫療領域等。

未來期望能朝以下以幾點做精進與改良：

1. 本研究所自製之資料集僅含有700張圖片，飛機機型的各個角度並不全面，期盼可以搜集更多張不同角度的圖片，以精進辨識率。
2. 本研究所使用之Faster R-CNN演算法僅搭配兩個神經網路層做比較，未來可使用不同神經網路層做為探討。
3. 本研究所建構之物件影像辨識模型僅針對辨識率，盼望後續可對訓練時間效率進行提升。

國防領域相關應用

本研究提應用Tensorflow 深度學習機制於中共軍機影像辨識，透過研究所建構中共戰機影像辨識機器學習訓練模型，可以協助國軍人員對於中共戰機機型之辨識；且此一深度學習機制環境與訓練模型之建立，將有助於國軍相關專業人員對於人工智慧與深度學習領域的熟悉與相關應用，可逐步提升國軍對於人工智慧與深度學習技術應用能量，強化國軍於人工智慧與機器學習領域的應用與探索。

參考文獻

- 李彥冬，郝宗波，雷航（2016）。卷積類神經網路研究綜述。《電腦應用》，36（9），2,508-2,515。
- 林大貴（2017）。《TensorFlow + Keras 深度學習人工智慧實務應用》。博碩出版社。
- 林敬恆（2019）。AI 來襲！三分鐘看懂人工智慧。下載於 <https://makerpro.cc/2019/05/introduction-to-ai/>（2021年7月15日）。
- 孫志軍，薛磊，許陽明，王正（2012）。深度學習研究綜述。《電腦應用研究》，29（8），2,806-2,810。
- 郭利敏（2017）。基於卷積類神經網路的文獻自動分類研究。《圖書與情報》，6，96-103。
- 張順，龔怡宏，王進軍（2019）。深度卷積類神經網路的發展及其在電腦視覺領域的應用。《電腦學報》，42（3），453-482。
- 楊宗恩（2017）。以 LSTM 深度神經網路語言模型建構英文課程重點摘要。國立屏東大學資訊管理學系碩士班碩士論文，屏東縣。
- Ivan(2019)。[物件偵測] S3: Faster R-CNN 簡介。下載於 <https://ivan-eng-murmur.medium.com/object-detection-s3-faster-rcnn-%E7%B0%A1%E4%BB%8B-5f37b13ccdd2>（2021年7月20日）。
- JYRoy(2020)。深度學習三：卷積神經網路。下載於 <https://iter01.com/537205.html>（2021年7月20日）。

- Ashley, K. & Gordon, T. (2005). An Introduction to Artificial Intelligence and Law. *Tutorial Handout of Introduction to AI and Law at ICAIL*.
- Chapelle, O., Scholkopf, B., & Zien, A. (2009). Semi-supervised learning (chapelle, o. et al., eds.; 2006)[book reviews]. *IEEE Transactions on Neural Networks*, 20(3), 542-542.
- Cheng, H. T., Koc, L., Harmsen, J., Shaked, T., Chandra, T., Aradhye, H., ... & Shah, H. (2016, September). *Wide & deep learning for recommender systems*. In Proceedings of the 1st workshop on deep learning for recommender systems (pp. 7-10).
- Chorowski, J., Bahdanau, D., Serdyuk, D., Cho, K., & Bengio, Y. (2015). Attention-based models for speech recognition. *arXiv preprint arXiv:1506.07503*.
- Girshick, R., Donahue, J., Darrell, T., & Malik, J. (2014). *Rich feature hierarchies for accurate object detection and semantic segmentation*. In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition (pp. 580-587) .
- Girshick, R. (2015). *Fast r-cnn*. In Proceedings of the IEEE international conference on computer vision (pp. 1440-1448) .
- Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J. (2009). Unsupervised learning. In *The elements of statistical learning* (pp. 485-585). Springer, New York, NY.
- He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J. (2016). *Deep residual learning for image recognition*. In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition (pp. 770-778).
- Jonathan Hui. (2018). What do we learn from region based object detectors (Faster R-CNN, R-FCN, FPN)? download from <https://jonathan-hui.medium.com/what-do-we-learn-from-region-based-object-detectors-faster-r-cnn-r-fcn-fpn-7e354377a7c9> (retrieved on July 18, 2021)
- Krizhevsky, A., Sutskever, I., & Hinton, G. E. (2012). Imagenet classification with deep convolutional neural networks. *Advances in neural information processing systems*, 25, 1097-1105.
- LeCun, Y., Bottou, L., Bengio, Y., & Haffner, P. (1998). *Gradient-based learning applied to document recognition*. Proceedings of the IEEE, 86 (11) , 2,278-2,324.
- Liu, W., Wang, Z., Liu, X., Zeng, N., Liu, Y., & Alsaadi, F. E. (2017). A survey of deep neural network architectures and their applications. *Neurocomputing*, 234, 11-26.
- Michalski, R. S., Carbonell, J. G., & Mitchell, T. M. (Eds.). (2013). *Machine learning: An artificial intelligence approach*. Springer Science & Business Media.
- Mikolov, T., Karafiát, M., Burget, L., Černocký, J., & Khudanpur, S. (2010). *Recurrent neural network based language model*. In Eleventh annual conference of the international speech communication association.
- Nallapati, R., Xiang, B., & Zhou, B. (2016). Sequence-to-sequence rnns for text summarization.
- Noble, W. S. (2006). What is a support vector machine?. *Nature biotechnology*, 24(12), 1,565-1,567.
- Redmon, J., & Farhadi, A. (2018). Yolov3: An incremental improvement. *arXiv preprint arXiv:1804.02767*.
- Ren, S., He, K., Girshick, R., & Sun, J. (2015). Faster r-cnn: Towards real-time object detection with region proposal networks. *Advances in neural information processing systems*, 28, 91-99.
- Schapire, R. E. (2003). The boosting approach to machine learning: An overview. *Nonlinear estimation and classification*, 149-171.
- Szegedy, C., Liu, W., Jia, Y., Sermanet, P., Reed, S., Anguelov, D., ... & Rabinovich, A. (2015). *Going deeper with convolutions*. In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition (pp. 1-9).
- Zaccone, G., Karim, M. R., & Menshaw, A. (2017). *Deep learning with TensorFlow*. Packt Publishing Ltd.

Zeiler, M. D., & Fergus, R. (2014, September). *Visualizing and understanding convolutional networks*. In European conference on computer vision (pp. 818-833). Springer, Cham.

國軍職業安全衛生管理再進化：運用 ISO 45001 重構 軍中職業安全衛生管理績效評估模型

羅文棟^{1*} 侯宏誼²

¹ 衛生福利部雙和醫院職業安全衛生室

² 仁德醫護管理專科學校職業安全衛生科

論文編號：NM43-01-02

來稿2022年2月18日→第一次修訂2022年3月9日→同意刊登2022年4月6日

摘要

國際標準組織 (International Organization for Standardization; ISO)於 2018 年 3 月份發布新世代的職業安全衛生標準 (ISO 45001)，取代原先 OHSAS 18001 國際標準，兩標準間差異在於 ISO 45001 注重組織與其內外環境間之互動，而 OHSAS 18001 則僅專注於組織內部管理之職業安全衛生危害及其他內部議題，基此 ISO 45001 將可有效提高組織職業安全衛生管理績效，幫助組織替工作者以及相關利害關係人提供更安全及健康之工作環境。依我國職業安全衛生法所釋，國軍各單位須提供所有工作者安全且健康之工作環境，因此本研究將國際職業安全衛生管理標準導入國軍安全衛生體系，期望能提升國軍職業安全衛生之管理績效。

本研究主要探討如何建構國軍職業安全衛生管理之績效準則以降低職業災害發生率。首先，藉由文獻歸納以及參考現行國際推行之職業安全衛生管理標準建構績效評估初步準則，再以修正式模糊德菲法確認評估準則計七大構面和 29 項績效準則，接著運用 DEMATEL 法分析準則間之影響關係程度，進而結合 DANP 法求取各準則之相對權重值與重要性排序，所得結果將提供國軍單位未來安全衛生管理績效評估使用之參考。

關鍵詞：ISO 45001、職業安全衛生管理、績效評估、網絡分析法

*通訊作者：羅文棟 email: robertung1029@gmail.com

Re-Evolutionary the Military Occupational Safety and Health Management: Using ISO 45001 to Construct the Performance Evaluation Model of Military OSHM

Lo, Weng-Tung^{1*} Hou, Hung-Yi²

¹ Ministry of Health and Welfare Shuang-Ho Hospital,
Occupational Safety and Health Office,
Taiwan, R.O.C.

² Jen-Teh Junior College of Medicine, Nursing and Management,
Department of Occupational Safety and Health,
Taiwan, ROC.

Abstract

The International Standards Organization (ISO) has released a new generation of Occupational Safety and Health (OSH) standards (i.e. ISO 45001) in March 2018, replacing the original OHSAS 18001 international standard. The difference between the two standards is that ISO 45001 focuses on the interaction between the organization and its internal and external environment. OHSAS 18001 only focuses on the management of OSH hazards and other internal issues within the organization. Based on this, ISO 45001 can effectively improve the performance of an organization's OSH management, and help the organization to provide a safer and healthier working environment for workers and related stakeholders. According to R.O.C. OSH Law, all units of the National Army must provide a safe and healthy working environment for all workers. Therefore, this study introduces international OSH management standards into the National Army's security system, and improves the management of the National Army's OSH Performance.

This study mainly discusses how to construct the performance criteria of OSH management of the national army to reduce the incidence of occupational disasters. First of all, based on the literature summary and reference to the current internationally adopted OSH management standards, construct preliminary performance evaluation indicators, secondly using the modified fuzzy Duffy method to confirm the seven indicators of the evaluation indicators and 29 performance criteria, finally using the DEMATEL method to analyze the degree of influence relationship between the indicators, and then combined with the DANP method to obtain the relative weight value and importance ranking of each indicator. The results will provide a reference for the performance evaluation of the safety and health management of the national military units.

Keywords: ISO 45001, OSH Management, Performance Evaluation, DANP

一、前言

1960 年代後期至 1980 年間，全球經濟發展逐步進入到後工業時代，各先進國家人民的生活水平提升且權利意識亦逐漸抬頭；然而，隨著工業化快速成長，各地工廠紛紛成立，許多工人因缺乏經驗與知識，進入工廠後面對各種有害物質及危險機具時常缺乏安全意識，再加上雇主亦未能善盡責任保護勞工，故時常導致員工發生職業災害與職業疾病，成為社會上嚴重問題。因此，各國政府為落實雇主責任及確保勞工權益，也開始紛紛頒訂各項職業安全衛生相關法規及訂定各種保護勞工法規及措施(倪福成、黃建平、楊憲仁，2015)。

然而隨著世界工業迅速發展，全球產業結構隨之改變，新的製程作業及方法，引進了新的機械及設備，並且大量地使用化學物質，導致越來越多的物理性、化學性及生物性的危害產生，造成勞工暴露在新的危害之中，各事業組織為改善職場安全衛生問題，以及維持公司競爭力及事業形象，均積極找尋降低職場安全衛生危害之方法，以提升經營效率，達成永續經營之目標(吳俊衛，2018)。雖然世界各國對於職業安全衛生管理(以下簡稱職安衛管理)之基本措施，已於法令中要求事業實施，但事業單位對於職業安全衛生之管理，若只是依照法令規範實施，而未將職業安全衛生納入營運管理之中，將導致職業災害問題不斷持續發生，故為將安全衛生納入企業永續發展的策略之中，相關的職安衛管理系統開始蘊育而生，並成為當今各事業組織積極推動及努力之重要管理政策(洪健容、陳俊勳、于樹偉，2019)。

近幾十年來，職安衛管理系統的應用使得許多開發中之國家得以有效控制其國內職災的發生率(Dalrymple et al., 1998; Ghahramani & Salminen, 2019)。然現代國軍乃科技軍種，操作裝備均屬各式新式尖端之科技武器，亦如民間事業廠商，隨著工業發展迅速，科技日新月異，但也伴隨著意外事件及職業疾病，因此國軍對於職業安全衛生工作之重視程度，應依循法規之精神執行。觀察國軍 2014 年至 2018 年職業災害事件統計(如圖 1)，2015 年至 2017 年雖然發生件數有稍微下降，但 2018 年起卻又有攀升之跡象，鑒此本研究認為欲降低國軍職業災害事件的發生，必須從落實職安衛管理工作做起，因此建構國軍職安衛管理績效評估指標及準則，從評估結果進而分析管理績效，以提出具體改善建議，有其相當之需求性與重要性。

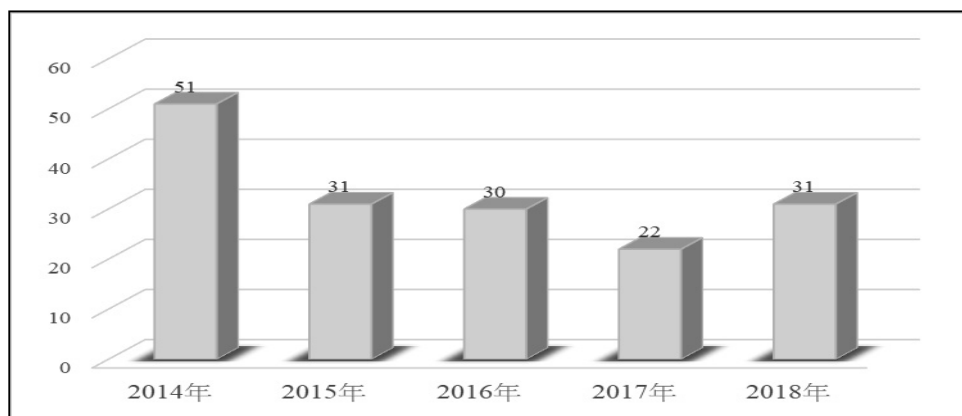


圖 1 國軍 2014 至 2018 年職業災害發生事件統計圖

過去研究指出良好的績效管理可使組織快速達成目標，其控制步驟主要區分四個步驟，依序為確立標準、衡量績效、檢測績效及修正偏差 (Gray & Smeltzer, 1989)，而績效評估則是改善組織經營狀況的重要方法，對於職安衛管理來說，亦是如此(Tremblay & Badri, 2018)。因此本研究主要探討如何建構國軍職安衛管理績效指標與評估，其最終之目的希冀能幫助並提升國軍於職安衛管理上，能充分展現優異的管理績效，從而降低職業災害發生率。

二、文獻探討

2.1 職業安全衛生管理

職業安全衛生管理(Occupational Safety and Health Management; OSHM)就廣義來說即是讓工作者的安全及健康更有保障，而狹義來說即是防止一切職業會產生的災害。另外職業安全衛生可區分兩個領域，分別為職業安全與職業衛生，職業安全即是透過各種防護措施來避免、消除或降低因職業災害所導致人員的傷亡與機器、設備的損失。而職業衛生則是藉由分析、評估工作環境中影響工作者身心健康的因子，並採取因應措施來預防、減少或消除工作場所中潛在的危害因子。但原則上職業安全與衛生的基本目標是一致的，皆為維護工作者的安全與健康，避免意外事故的傷害。

根據國際勞工組織(International Labour Organization; ILO)統計顯示，全球每天有超過 7,600 人因職業事故或與工作有關的職業疾病而死亡，每年有超過 278 萬人死亡。此外，每年大約有 3 億 7,400 萬人遭受非致命的職業災害，導致超過 4 天以上的工作缺勤。這些日常的職災累積而成巨大的人力成本，且不良的職業安全和衛生管理造成的經濟負擔，估計每年佔全球國內生產總值的 3.94% (ILO, 2019)。由此可知，世界各國經濟活動不斷持續成長，產業間職業災害與疾病的問題未曾衰減，甚而隨著環境的變化抑或新興產業崛起，衍生出新的職業災害或疾病。因此若一個組織想減少或消除職業造成之傷害或疾病，良好的職安衛管理則是必要的 (Tremblay & Badri, 2018)。

因應新世代工業發展迅速，各企業致力研發新的機械和設備，進而大量使用化學物質，原物料及機械設備之使用亦日趨複雜，導致越來越多物理性、化學性及生物性之危害因子產生，其危害程度也日趨嚴重，造成工作者暴露在高風險之作業環境危害中。企業為改善職場安全衛生，保持競爭力及提升企業形象，均積極尋找管理方法以降低安全衛生危害所造成的風險及財物損失，俾利提升企業經營效率，以達到永續經營之理念。因此一個組織需建立職安衛管理要求已成為時勢所需 (洪健容等，2019)。

國軍各單位依「職業安全衛生法」可區分為國防事業及國防事務業兩大類，其差異在於國防事業單位依職業安全衛生法第 23 條必需設置職業安全衛生組織及人員，而國防事務業單位則無需設置。然現代國軍乃科技軍種，操作裝備均屬各式新式尖端之科技武器，亦如民間事業廠商，隨著工業發展迅速，科技日新月異，但也伴隨著意外事件及職業疾病，因此國軍對於安全衛生工作之重視程度，亦以優於法規之精神執行。

2.2 績效評估

績效評估(Performance Appraisal)可以定義為量化行動的效率和有效性的過程(Neely

et al., 1995)。而績效評估的過程即是將組織的關鍵資源分配與使用狀況進行分析，並將資源使用效率訊息傳遞給組織管理者進行決策參考(Wonnia & Yawson, 2015)。所以績效評估更強調於系統評估過程中，以系統化的方式來執行。簡單來說績效評估就是以事先訂定的相關準則，來審查企業或組織系統化之效能是否達到預期水準的一套程序(陳澤義等，2012)。

績效評估之重要性有以下兩點，一為評估組織過往的資源是否有效率的被使用，二則是對於未來規畫之影響力(鄭友超，1980；劉永宏，2004)。績效評估可以使組織變得更靈敏、更具創新精神，而且可以不斷追求變革，以利永續經營(吳聰智，2000)。更有學者曾經說過，若能做好績效評估工作，可以增強員工的工作動機，以及提升員工的自尊心，使員工更清楚自己與工作間的關係定位，更有利於主管與員工間相互建立溝通管道，雙方均能獲得重要訊息，使組織的目標更明確的讓組織成員瞭解，而更容易被接受(鄭伯璫，1983；劉永宏，2004)。

歷年來各研究常用來使用績效評估之方法，計有比例分析法、迴歸分析法、層級分析法、生產前緣法、隨機性前緣法及資料包絡分析法等，其中比例分析法、迴歸分析法及層級分析法等均屬指標權重評估法，然多假設指標間具獨立性，與實務多不符合(Saaty, 1996)；而生產前緣法、隨機性前緣法及資料包絡分析法等分析均需大量次級資料支撐，然軍中並無建立相關資料庫，故為考量指標間關連性並避開無次級資料之缺陷，故本研究藉由國內外職安衛管理條文來建立指標及準則，並採用 Modified Delphi Method 進行指標之確認，同時輔以 DEMATEL based ANP 法確認準則及指標間的影響程度，並計算權重值，藉以探討國軍職安衛管理上業管單位應優先注重之指標事項，並作為後續改善及資源投注之重要參考。

2.3 法規影響評估理論

法規影響評估(RIA)一詞，係因政府管制其所頒佈實施的法令規範所致，而其涉及之內涵主要與管制措施的成本效益，以及其績效、影響有關，所以也有學者將其直接視為是一種管制政策的績效分析途徑及方法(張其祿，2008)。而法規影響評估(RIA)之制度係依據經合組織(OECD)之作法，涵指其會員國於法規制定時，藉分析法規而評估可能影響層面所涉及效益與成本，達到提高法規品質的目的。

法規影響評估(RIA)雖未有固定形式之運作模式，作業流程及方法亦因各使用國而異，惟其提高法規品質之目的均相同，皆期待 RIA 可以作為法規制定決策之輔助工具，使法制作業可以有系統且統一性的分析方法，評估法規可能造成社會經濟的影響，藉以促進公共意見參與、強化政府透明化及提高政府責任性(林桓，2002)。鑒於今日管制革新的目標係為追求「最佳的管制」，因此 RIA 亦早已不再侷限於管制措施結果的評估，而是針對管制政策的整體改革進行全面的整體評估(張其祿，2008)。

鑒於本研究後續擬探討 ISO 45001 職安衛管理系統，其後欲採用其準則建構評估指標，來探討使用單位究竟會受新系統之影響層面有多少，而這研究目的正好與本章節所探討法規政策影響評估(RIA)之理論相契合，也就是政策的推動結合法制作業，而政策與法制執行一段期間後，接著展開績效評估。也就是從「政策評估→法規影響評估→績效

評估」之過程，因此本研究後續擬採用法規政策影響評估(RIA)之理論，探討使用單位受 ISO 45001 職安衛管理系統之影響績效層面多寡。

2.4 國際標準 ISO 45001 職業安全衛生管理系統

科技日新月異的迅速發展，過往的重工業時代已逐漸轉變為行政作業以及服務業，再加上全球化與自動化，因此過去的職安衛管理的觀念與做法，已不適用在許多的企業組織。ISO 45001 為全球第一個職安衛管理領域的國際標準，不僅要滿足過往的傳統產業，也要能適用於現今的新興行業，亦須考量國際各地不同國情與組織環境(Neag et al., 2020; Noryani et al., 2020; Purwanto et al., 2021; Malinda, A., and Soediantono, D., 2022)。所謂預防更勝治療，ISO 45001 採用風險導向之管理思維，讓管理者根據組織情況，廣泛思考可能影響工作者之組織環境內外部因素，再行界定管理之範圍與程度，可使不同事業單位、規模大小、營運方式的組織，都能適用 ISO 45001 職安衛管理系統。

ISO 45001 職安衛管理系統標準採用的是高階管理架構(Annex SL, High Level Structure)之要求。此架構乃是國際標準組織(ISO)所開發給各項管理系統標準使用的共通架構，其主要目的可使各組織整合不同領域的管理系統，提升組織系統之運作效能(丁心逸，2019)。而有關 ISO 45001 職安衛管理系統架構及條文之章節可參考圖 2。

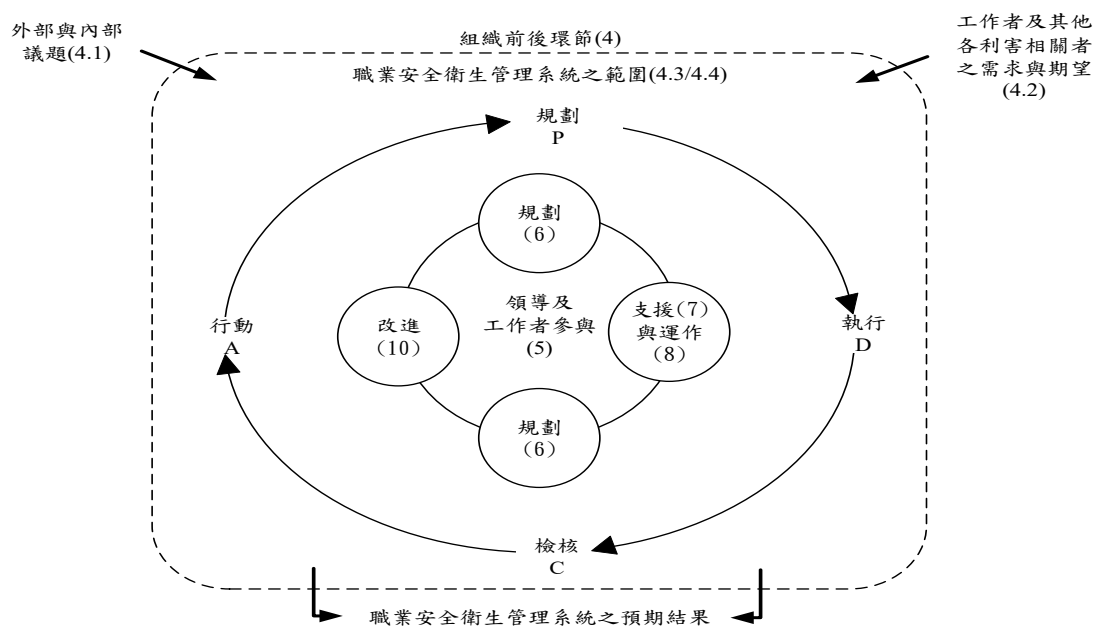


圖 2 ISO 45001 職業安全衛生管理系統架構

三、研究方法

本研究之基礎理論係依據英國 HS(G)65「成功的安全衛生管理」為，其理論說明要瞭解安全衛生管理是否成功，於量測安全衛生績效時必須先瞭解一、目前執行現況；二、未來達成目標；三、現況與未來目標差異分析(行政院經濟部工業局，2006)。雖現階段我國軍各國防事務業單位，並未明定需執行職安衛管理系統，惟本研究以先期導入之理念，以期瞭解各單位如引進職安衛管理系統，對單位職安衛管理績效影響情況，為本研

究之目的。

其次，鑒於國際標準 ISO 45001 職安衛管理系統將於 2021 年後取代 OHSAS 18001，因此本研究進而執行法規影響評估，探討國軍單位如引進使用 ISO 45001 職安衛管理系統，績效受影響情況為何，以期能瞭解單位與 ISO 45001 職安衛管理系統落差為何。

本研究欲探討如何建構國軍職安衛管理績效評估指標及準則，首先透由文獻探討、蒐集及整理，以法規影響評估為理論基礎，並藉由 ISO 45001 管理系統條文內容使用修正式模糊德菲法(Modified Fuzzy Delphi Method)建構國軍職安衛管理績效評估準則，以評估績效受新世代管理系統影響情況，最後將現況績效與影響評估績效進行差異分析，以提供使用單位及業管單位實質改善建議。

3.1 修正式模糊德菲法

德菲法(Delphi Method)最早起源於 1950 年美國蘭德公司接受美國國防部委託，預測蘇聯若癱瘓美國最佳的攻擊目標群和攻擊所需要的原子彈數量，而利用專家群研究溝通發展形成，專家群對未發生的未來共同進行預測，經由一系列的過程，最終形成一致性的結論，以供決策者參考的一種分析方式(張紹勳, 2012)。而本研究採用修正式模糊德菲法(Modified Fuzzy Delphi Method)，其中修正式德菲法(Modified Delphi)是由 Murry and Hammons (1995) 所提出，其施行流程與德菲法大致相同，其差異是先以文獻探討形成第一回合之問卷，可減少問卷發放次數，可補足德菲法多回合問卷的缺點，同時兼顧專家群的合議精神(Hill & Fowles, 1975)。另將模糊語意引入修正式德菲法之優點，在於改善專家群對於語意的不確定性，或難以精確數值來描述等缺點。因此，葉晉嘉等(2007)指出，修正式模糊德菲法可使受訪專家群的偏好及判斷，更正確地被描述出來，並且有較佳的共識程度。

本研究受訪之專家群來自軍方及民間有關職安衛管理之產業、官方、學術及驗證機構等單位所組成，人數共計 15 位，屬於異質性專家小組。符合異質性專家 5 至 10 位成員之組成要求(Murry & Hammons, 1995)。

本研究對於異質性專家對象標準定義為：

- 1.在軍方為實際從事職安衛管理相關業務之督導、管理及執行單位等三方面之職業安全衛生資深管理人員。
- 2.在民方為實際從事職安衛管理相關業務之施政、驗證、教育訓練及管理等方面的之產官學界單位之職安衛管理專家。

有關本研究專家之對象為軍方 6 位及民間 9 位專家，均為實際從事職安衛管理工作領域，並且從事相關業務年資至少 15 年以上，為維持研究嚴整性，緊接之 DEMATEL 問卷專家亦為相同之專家群。

有關修正式模糊德菲法篩選步驟如下：

- 1.收集專家群決策意見：

由問卷中模糊語意，找出每位專家對各評估準則之重要程度。

- 2.建立三角模糊模式：

計算每位專家對每項評估準則之三角模糊數評估值，以 Klir and Yuan (1995) 提出

平均數一般化模式之幾何平均數作為模糊德菲法求算群體決策共識的方法。其計算方法如公式(1)所示。

$$w_i = (\alpha_i, \beta_i, \gamma_i), i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

其中， $\alpha_i = \min(\alpha_{ki})$ ， $\beta_i =$ ， $\gamma_i = \max(\gamma_{ki})$ ， k ：專家， i ：準則處理平均數標準化時，採用 Saaty (1980) 所提出的幾何平均數作為三角模糊數的中間值 β_i 來代表專家們的決策共識，可以得到較佳的結果。

3.解模糊化篩選重要性準則：

利用 Chen and Hsieh (1999) 提出之階級平均積分(Graded Mean Integration)法計算最佳去模糊績效值(Best Non-fuzzy Performance Value; BNP)之方式，將每位專家模糊權重值 W_i 解模糊化，如公式(2)所示。

$$T_i = \frac{\alpha_i + 4\beta_i + \gamma_i}{6} \quad (2)$$

4.建立門檻值：

設定門檻值(Threshold Values)為 u ，篩選出較為重要之準則，篩選方式如下：若 T_i ，則接受 k 準則為評估項目；反之則刪除。

3.2 DEMATEL-based on ANP (DANP)法

DEMATEL-based on ANP(DANP)是將決策實驗室分析法(DEMATEL)以及網絡分析程序法(ANP)結合所發展出的混合式多評準決策模型(Multi-Criteria Decision Making; MCDM)。其中，決策實驗室分析法(DMATEL)是 Battelle 協會於 1971 年所提出，主要發掘準則與指標間相互影響程度關係，透過矩陣為基礎的數學運算而建立出視覺化的因果關係圖，藉以找出核心問題與改善方向。而分析網路程序法(Antalytic Network Process;ANP)是 Saaty (1996) 提出以網路型態的非線性結構式呈現，改進自己所提出之線性結構式層級分析法(Analysis Hierarchy Process; AHP)，並考量回饋(feedback)的概念，以解決準則及指標間相互依存的問題。DANP 法係以 DEMATEL 確認準則及指標間的影響程度，並求得總影響關係矩陣後應用於 ANP 的超級矩陣中，可將問卷調查中準則間成對比較步驟簡單化，同時確認準則及指標間的影響程度與權重。

DANP 法的計算步驟是由部分之 DEMATEL 與 ANP 法組成，介紹如後：

(一) 透過專家問卷方式取得準則及指標之間影響關係並建立直接影響矩陣：

由專家問卷方式取得各指標之間影響關係程度的評分值，取其平均值並建立直接影響矩陣。其中，評估影響關係程度的方式，是以數值 0 至 4 之量測尺度作為判別方法，代表無影響、低影響、中影響、高影響、極高影響等五種程度直接影響矩陣 X ， X_{ij} 表示指標 i 影響指標 j 的程度，而矩陣之對角線為各項指標對自身之影響程度，因無影響故為 0， X 表示如公式(3)所示：

國軍職業安全生衛管理再進化：
運用 ISO 45001 重構軍中職業安全生衛管理績效評估模型

$$X = \begin{pmatrix} 0 & X_{12} & \cdots & X_{1n} \\ X_{21} & 0 & \cdots & X_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{n1} & X_{n2} & \cdots & 0 \end{pmatrix} \quad (3)$$

(二) 計算正規化影響矩陣：

將正規化影響矩陣代號設定為 D ，正規化基準值設定為 k ，則 D 與 k 的計算方式如公式(4)與(5)所示：

$$D = k \cdot X \quad (4)$$

$$k = \frac{1}{\max \left[\max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n X_{ij}, \max_{1 \leq i \leq n} \sum_{i=1}^n X_{ij} \right]} \quad (5)$$

(三) 計算總影響矩陣：

將總影響矩陣代號設定為 T ，可透過以下公式(6)求得：

$$T = D(I - D)^{-1} \quad (6)$$

$$f_i = \sum_{i=1}^n t_{ij} \quad (7)$$

$$Tc^* = \begin{pmatrix} t_{11}/f_1 & t_{12}/f_1 & \cdots & t_{1n}/f_1 \\ t_{21}/f_2 & t_{22}/f_2 & \cdots & t_{2n}/f_2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ t_{n1}/f_n & t_{n2}/f_n & \cdots & t_{nn}/f_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} t_{11}^* & t_{12}^* & \cdots & t_{1n}^* \\ t_{21}^* & t_{22}^* & \cdots & t_{2n}^* \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ t_{n1}^* & t_{n2}^* & \cdots & t_{nn}^* \end{pmatrix} \quad (8)$$

(四) 將正規化總影響矩陣轉置後即獲得未加權矩陣，以 W 表示，計算如公式(9)：

$$W = (Tc^*)' = \begin{pmatrix} t_{11}^* & t_{12}^* & \cdots & t_{1n}^* \\ t_{21}^* & t_{22}^* & \cdots & t_{2n}^* \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ t_{n1}^* & t_{n2}^* & \cdots & t_{nn}^* \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} W_{11} & W_{12} & \cdots & W_{1n} \\ W_{21} & W_{21} & \cdots & W_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ W_{n1} & W_{n2} & \cdots & W_{nn} \end{pmatrix} \quad (9)$$

(五) 計算加權超級矩陣：

先將構面總影響矩陣進行正規化運算，即可得到各項準則的加權數值，將構面總影響矩陣設定為 T_D ，正規化基準設定為 v_i ，正規化構面總影響矩陣設定為 T_D^* ，計算公式如公式(10)、(11)、(12)所示：

$$T_D = \begin{pmatrix} t_D^{11} & t_D^{12} & \cdots & t_D^{1n} \\ t_D^{21} & t_D^{22} & \cdots & t_D^{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ t_D^{n1} & t_D^{n2} & \cdots & t_D^{nn} \end{pmatrix} \quad (10)$$

$$v_i = \sum_{j=1}^n t_D^{ij} \quad (11)$$

$$T_D^* = \begin{pmatrix} t_D^{11} / v_1 & t_D^{12} / v_1 & \cdots & t_D^{1n} / v_1 \\ t_D^{21} / v_2 & t_D^{22} / v_2 & \cdots & t_D^{2n} / v_2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ t_D^{n1} / v_n & t_D^{n2} / v_n & \cdots & t_D^{nn} / v_n \end{pmatrix} \quad (12)$$

接著將正規化構面總影響矩陣轉置後，依據各構面於未加權超級矩陣中的相對關係乘上加權數，即得加權超級矩陣 S ，其計算方式如公式(13)所示：

$$S = W (T_D^*)' = \begin{pmatrix} S_{11} & S_{12} & \cdots & S_{1n} \\ S_{21} & S_{22} & \cdots & S_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ S_{n1} & S_{n2} & \cdots & S_{nn} \end{pmatrix} \quad (13)$$

(六) 計算極限化超級矩陣，取得各項準則之權重值：

藉由加權超級矩陣各行向量總和為 1 的特性，做極限運算時會使矩陣趨向穩定的狀態，利用此特性來計算各項準則之權重值。將極限化超級矩陣設定為 L ，其計算方式如公式(14)所示：

$$L = S^m = \begin{pmatrix} l_{11} & l_{12} & \cdots & l_{1n} \\ l_{21} & l_{22} & \cdots & l_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ l_{n1} & l_{n2} & \cdots & l_{nn} \end{pmatrix} \quad (14)$$

3.3 國軍職安衛管理績效評估準則彙整

本研究以國際職安衛管理系統標準 ISO 45001 為理論架構，結合文獻整理歸納。首先經由分析比較目前國內外重要推行之職安衛管理系統，如國外 OHSAS 18001 職安衛管理系統，以及國內 TOSHMS 職安衛管理系統等，深入研究其內容與架構篩選出重要結構條文，接著再與 ISO 45001 職安衛管理系統分析比較，以其條文內容為理論基礎為主軸，並以 RIA 及相關職安衛文獻為輔，最後篩選出發展出「國軍職安衛管理效評估準則」，建構初步模型計有七大構面三十一項準則，如圖 3：

國軍職業安全衛生管理再進化：
運用 ISO 45001 重構軍中職業安全衛生管理績效評估模型

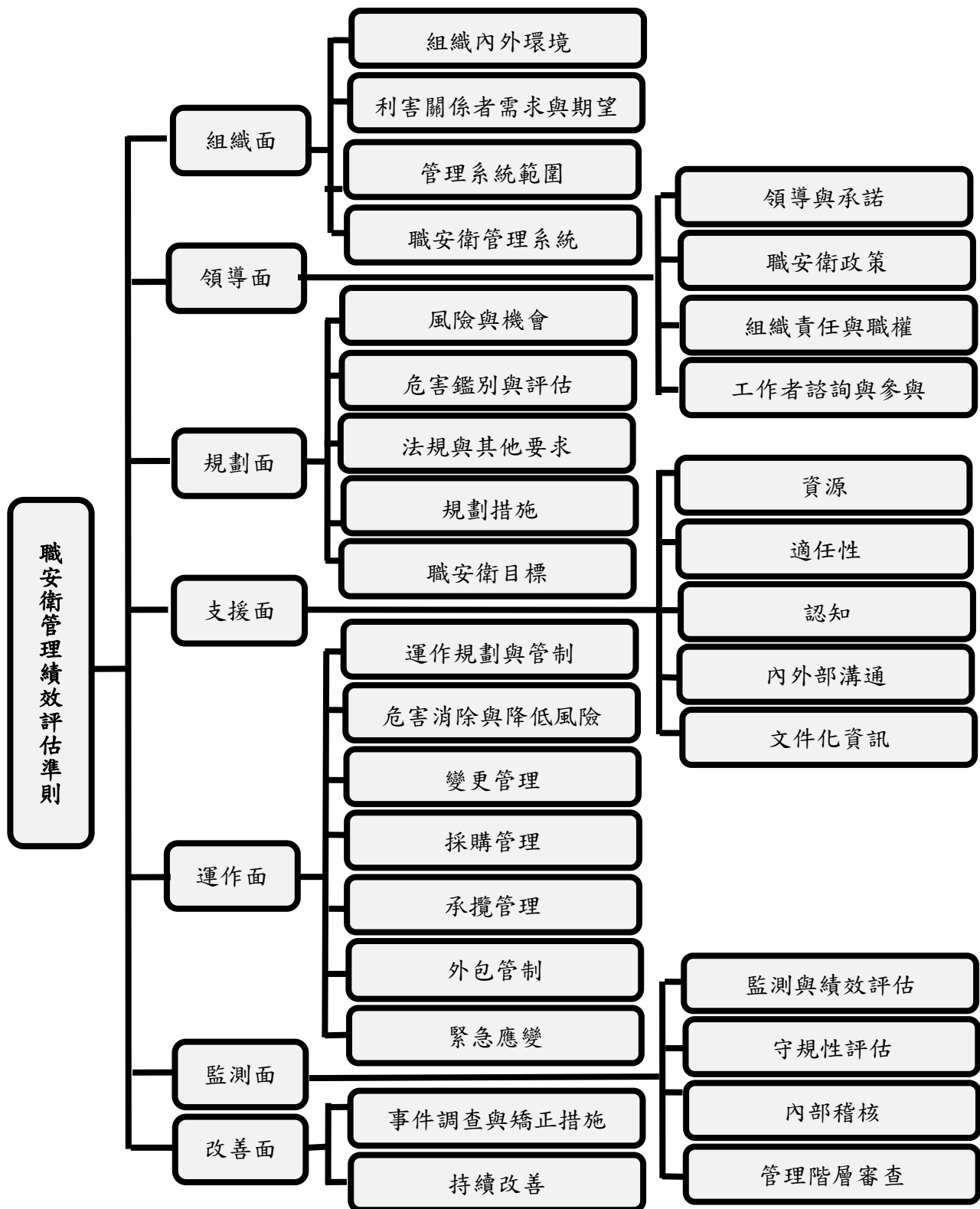


圖 3 國軍職業安全衛生管理績效評估指標及準則

四、實證分析

4.1 修正式模糊德菲法分析

本研究藉由文獻回顧及專家訪談等方式，初步歸納出七大構面 31 項評估準則，並

據以發展出修正式模糊德菲法問卷，問卷以李克特尺度量表(Likert Scale)，再由專家群以模糊語意衡量其重要性(10 代表非常重要、0 代表非常不重要)。重要性的判斷是將所得評估值經由解模糊化後，由決策者主觀設定門檻值，藉以篩選出較適當的因素。一般標準值範圍為量表極大值之 60%~80%(梁連文、李桐豪、黃博怡，2010)，考量本研究評估準則建立於 ISO 45001 管理系統之理論上，為避免專家認同之高度一致性，而無法篩選出重要之準則，因此選擇標準之中間值 70%為門檻值，問卷量表極大值為 10，故得以 7 做為門檻值篩選條件。

重要性分析是藉修正式模糊德菲法施行問卷發放後，將專家群各項準則模糊語意經公式(2)解模糊化後，重要性結果彙整如表 1 所示。經過篩選將「文件化資訊」及「外包管制」予以刪除。經過第一階段修正式模糊德菲專家問卷，已透過分析結果，確認評選準則後為 29 項。而另依專家群在問卷中對於準則名稱及定義所給予之修正建議，經過修正後準則定義如表 2 所示，並賦予準則編號 A 至 G 及準則編號 1 至 29，以利後續研究標示之用。

表 1 專家群以修正式模糊德菲法對準則項目填答彙整情況

準則名稱	專家群意見			解模糊化方法	結果 (>7)
	下限	平均	上限	期望值積分法	
組織內外環境	5	7.5	10	7.5	保留
利害關係者需求與期望	5	7.7	10	7.57	保留
管理系統範圍	5	7.15	10	7.38	保留
職安衛管理系統	5	7.23	10	7.41	保留
領導與承諾	5	8.44	10	7.81	保留
職安衛政策	5	7.7	10	7.57	保留
組織責任與職權	5	7.73	10	7.58	保留
工作者諮詢與參與	5	7.92	10	7.64	保留
風險與機會	5	7.78	10	7.59	保留
危害鑑別與評估	5	7.99	10	7.66	保留
法規與其他要求	5	7.82	10	7.61	保留
規劃措施	5	7.75	10	7.58	保留
職安衛目標	5	7.73	10	7.58	保留
資源	4	7.42	10	7.14	保留
適任性	5	7.65	10	7.55	保留
認知	5	7.76	10	7.59	保留
內外部溝通	4	7.11	10	7.04	保留
文件化資訊	4	6.89	10	6.96	刪除
運作規劃與管制	5	7.53	10	7.51	保留
危害消除與降低風險	5	8.17	10	7.72	保留
變更管理	5	7.77	10	7.59	保留
採購管理	5	7.21	10	7.4	保留
承攬管理	5	8.06	10	7.69	保留
外包管制	3	7.39	10	6.8	刪除
緊急應變	5	7.91	10	7.64	保留
監測與績效評估	5	7.68	10	7.56	保留
守規性評估	5	7.73	10	7.58	保留
內部稽核	5	7.48	10	7.49	保留
管理階層審查	5	7.52	10	7.51	保留
事件調查與矯正措施	5	8.01	10	7.67	保留
持續改善	5	8.1	10	7.7	保留

國軍職業安全生衛管理再進化：
運用 ISO 45001 重構軍中職業安全生衛管理績效評估模型

表 2 職安衛管理績效評估準則定義及說明表

構面	準則	定義及說明
A 組織面	1.組織內外環境	單位應明確識別及瞭解可能會衝擊或影響職安衛管理系統預期結果的內部與外部議題。(如法規要求、環境改變或其他守規義務等)
	2.利害關係者需求與期望	單位應明確辨識和考慮工作者及利害關係人對於職安衛管理系統的需求和期望。(如生命安全、財產損失或環境衝擊等)
	3.管理系統範圍	單位應明確律定職安衛管理系統的邊界和適用性，以確立範圍。
	4.職安衛管理系統	單位依據 ISO 45001 的原則建立、執行、維持和持續改善職安衛管理系統。
B 領導面	5.領導與承諾	最高主管階層必須展現領導統御和承諾，並概括承擔所有責任與擔當，保護工作者與工作相關的安全與健康，並需發展、提升與領導一個支持職安衛管理系統的文化。
	6.職安衛政策	最高主管階層必須確保相關要求被整合至組織的流程中，同時職安衛政策與目標和組織的策略方向兼容，也須建立職安衛政策與標準。
	7.組織責任與職權	最高主管階層必須指派、溝通責任與當責，以及授權相關人員，並確保相關人員瞭解職安衛管理系統的責任與授權。
	8.工作者諮詢與參與	在與所有層級工作者諮詢後，最高主管階層應建立、實施和維持下列特性的職安衛政策，包括承諾提供安全、衛生的工作條件，預防因工作引起的傷害和不健康，並確保單位營運目的、規模和背景與職安衛風險與機會特性相稱。
C 規劃面	9.風險與機會	將單位環境因素列入考量，且涵蓋風險與機會的鑑別，以確保系統達成預期目標、預防和減少不良影響，以及持續改善。
	10.危害鑑別與評估	危害鑑別與評估為關鍵，應包含定期與非定期活動，及非組織直接控制的工作者、承攬商、訪客等。
	11.法規與其他要求	單位應建立流程，以決定和更新因法規和職安衛狀態改變的風險。
	12.規劃措施	單位必須建立及維持一個流程，來評估風險與機會的鑑別，以及有系統的主動管理風險。
	13.職安衛目標	單位需建立安全衛生目標，目標要可量測或單位至少要有能力去評估達成的程度。職安衛目標需能維持及持續改善職安衛管理系統。
D 支援面	14.資源	單位需提供必要的資源去建立、執行、維持及持續改善職安衛管理系統。包含人力資源、自然資源、基礎設施及財務資源，簡單來說，涵蓋所有職安衛的資源需求。
	15.適任性	單位需決定工作者必要的的能力，能力指可影響職安衛績效，並確保工作者接受適當教育與訓練。
	16.認知	單位需確保所有工作者瞭解職安衛政策，職安衛危害與風險。
	17.內外部溝通	單位需決定相關職安衛管理系統內外部資訊和溝通的流程。
E 運作面	18.運作規劃與管制	單位應規劃、實施、管制並維持相關運作流程，相關應對風險的管控措施及準則需達到職安衛管理系統的要求。
	19.危害消除與降低風險	單位需消除危害及降低職安衛風險程度，其控制可運用多種方式，如工程控制、行政管制等，或提供及確保使用個人防護具等。
	20.變更管理	單位需應對會影響職安衛績效之臨時性或永久性之變更，包括工作人力及設備變更，法規變更、知識及技術變更等，藉由採取必要措施，以消滅任何可能風險與機會。
	21.採購管理	單位應建立管制商品與服務採購的流程，以確保其符合職安衛管理系統的要求。
	22.承攬管理	單位應確保承攬商及其工作者符合職安衛管理系統要求，也就是承攬商的管理必須和單位控制下的工作者遵守相同的職安衛規範，並於採購過程中界定及篩選承攬商的職安衛準則。
	23.緊急應變	單位應準備並鑑別潛在緊急狀況，並建立緊急應變計畫並教育訓練，以及定期實施緊急應變演練。

表 2 職安衛管理績效評估準則定義及說明表(續)

構面	準則	定義及說明
F 監測面	24.監測與績效評估	單位應建立、實施並維持監督量測、分析及績效評估之流程，以達成單位職安衛管理目標及職安衛管理系統有效性。
	25.守規性評估	應建立、實施並維持評估法規要求及其他要求事項，使單位於職安衛管理系統運作符合各項法規要求。
	26.內部稽核	單位應規劃、建立及實施內部稽核，以確保符合職安衛政策與職安衛目標。
	27.管理階層審查	最高主管階層應在規劃期間內審查單位之職安衛管理系統，確保其持續的適合性、充分性及有效性。
G 改善面	28.事件調查與矯正措施	單位應建立、實施並維持決定及管理事故及不符合事項之過程，包括通報、調查及應對措施，以達成職安衛管理系統之預期結果。
	29.持續改善	單位應藉由促進安全績效、提升安全文化、與工作者持續溝通改進、提升全員參與改進等方式，以達持續改進職安衛管理系統之適合性、充分性及有效性。

本表引用來源：OSASA 18001 (2007)、TOSHMS (2007)、ISO 45001 (2018)

4.2 DEMATEL 法分析

經由修正式模糊德菲法確定評估準則後，考量實務中構面及準則間具有相當程度的相依性，因此本研究藉由 DEMATEL 探討構面及準則間之相互影響程度及關聯性，針對專家群填答之問卷回收進行分析，透過方程式(3)-(6)我們首先可以獲得構面及準則總影響關係矩陣 T 如表 3、4 所示，再計算列與行的總合可得到中心度 ($D+R$) 與原因度 ($D-R$) 的結果。中心度 ($D+R$) 表示準則間關係的強度，其中心度之值越大，表示該準則影響其他準則以及被其他準則影響的程度越大。原因度 ($D-R$) 表示準則間影響或被影響的差異程度，可顯示在問題中歸屬的因果程度。其原因度若為正值，表示該準則較偏向為原因類；若為負值則表示較偏向為結果類。

以中心度 ($D+R$) 值為橫軸、原因度 ($D-R$) 值為縱軸，便可將各構面與準則之中心度與原因度以座標形式繪製出四個象限的因果關係圖，藉以辨別出核心、驅動、獨立、被影響等四項準則，其目的是將複雜之關係簡化，能瞭解問題並提供管理意涵。

職安衛管理績效評估構面影響關係如圖 4 所示，就中心度而言，以「領導面」的總影響程度最強，顯示位於問題的核心位置，而「組織面」、「支援面」、「監測面」的總影響程度最弱。從原因度分析，「領導面」屬原因類（因），「規劃面」、「運作面」、「改善面」屬結果類（果）。因此，提升職安衛管理績效，以提升「領導」構面為佳，進而達成影響「規劃」、「運作」、「改善」構面表現之目的。

表 3 構面總影響關係矩陣

構面	A	B	C	D	E	F	G
A	0.567	0.657	0.722	0.673	0.720	0.647	0.715
B	0.843	0.642	0.864	0.815	0.883	0.792	0.873
C	0.700	0.656	0.620	0.706	0.768	0.688	0.754
D	0.665	0.616	0.701	0.540	0.713	0.634	0.706
E	0.687	0.649	0.726	0.669	0.610	0.660	0.734
F	0.650	0.611	0.693	0.639	0.702	0.523	0.712
G	0.706	0.662	0.741	0.683	0.753	0.669	0.618

國軍職業安全衛生管理再進化：
運用 ISO 45001 重構軍中職業安全衛生管理績效評估模型

表 4 準則總影響關係矩陣

準則	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
2	91	31	21	31	27	42	27	25	32	35	26	40	40	27	08	19	32	35	35	23	25	28	33	26	20	26	30	32	39
3	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2
4	00	73	94	04	04	15	02	01	03	06	02	13	13	01	84	93	08	08	05	98	00	03	05	96	95	98	04	05	12
5	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
6	13	19	82	25	21	34	23	14	22	25	21	33	34	19	01	09	20	27	26	18	18	19	22	19	14	22	23	24	33
7	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
8	24	29	23	02	30	45	32	27	31	36	32	47	44	30	12	21	34	40	39	30	30	30	34	31	25	31	33	37	48
9	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
10	58	66	55	65	32	83	71	64	65	68	64	83	81	71	46	57	70	73	73	61	63	65	68	66	59	69	72	75	85
11	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
12	45	50	44	56	55	32	53	48	53	58	51	69	70	53	32	43	57	61	60	48	50	51	55	53	45	54	57	60	70
13	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
14	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
15	45	49	40	51	53	65	19	49	51	53	49	66	64	52	33	42	53	60	59	47	50	51	55	52	45	52	55	57	68
16	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
17	40	50	36	51	50	61	52	14	52	57	50	66	63	47	32	46	58	57	59	45	47	48	55	48	42	51	51	58	67
18	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
19	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
20	29	35	25	38	37	49	37	33	08	45	38	54	51	38	18	28	38	46	49	36	36	37	41	37	31	38	38	43	54
21	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
22	33	36	31	42	38	51	41	37	45	15	42	60	57	40	22	34	43	52	56	41	48	43	47	42	36	42	43	49	61
23	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
24	23	29	22	35	32	43	33	27	33	34	03	50	43	31	14	24	33	42	42	32	32	34	37	32	33	35	37	37	46
25	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
26	21	26	20	33	31	43	34	27	32	35	32	16	46	34	15	25	36	43	44	32	33	35	37	34	29	35	35	39	50
27	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
28	21	27	20	33	31	44	28	23	29	31	28	44	10	30	10	19	30	36	36	26	26	28	29	30	24	30	33	33	43
29	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2

而領導構面下之準則間影響關係如圖 5 所示，「領導與承諾」為核心準則屬影響類，「組織責任與職權」為被影響類，可見領導階層的重視以及全力的支持與承諾，才能明確的定位及授予組織的責任與職權的分工，關於這點，亦可充分的說明及驗證為何 ISO 45001 職安衛管理系統，特別重視及強調領導階層的參與與功能，進而提供承諾與支持；另「工作者諮詢與參與」及「職安衛政策」屬獨立準則，較適合單獨控管。

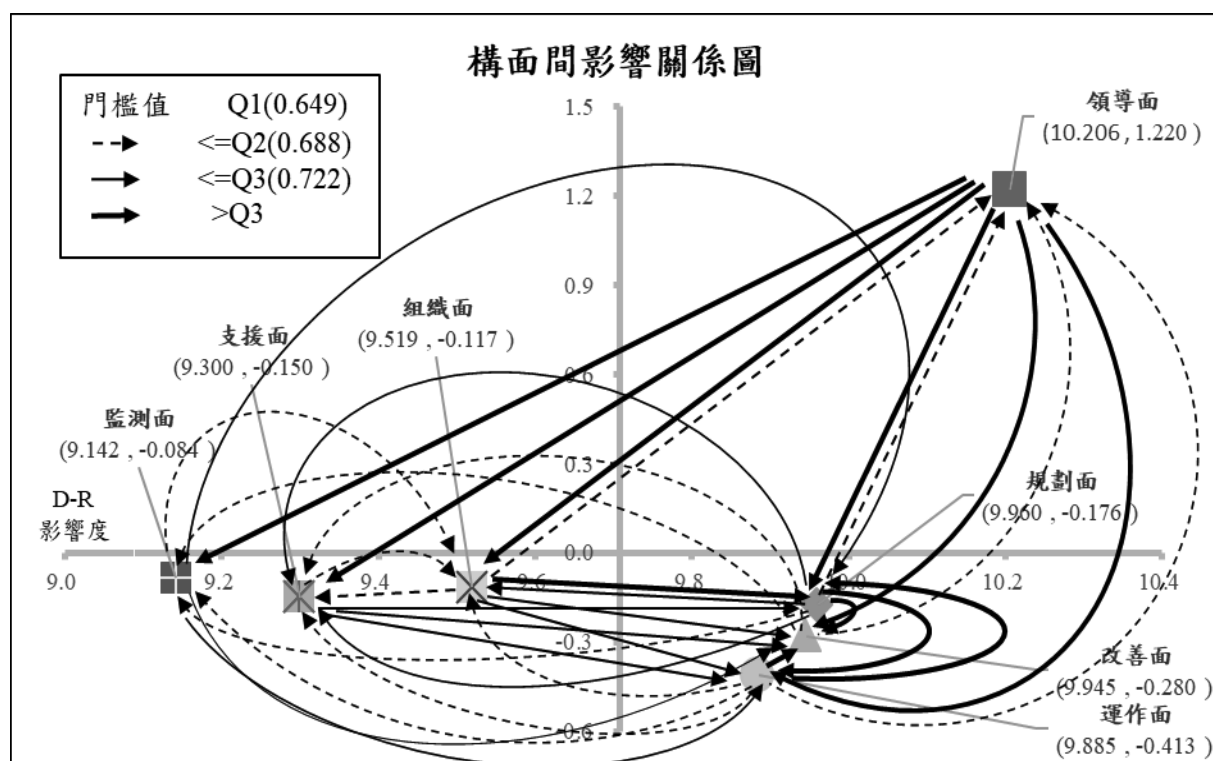


圖 4 職安衛管理績效評估各構面影響關係圖

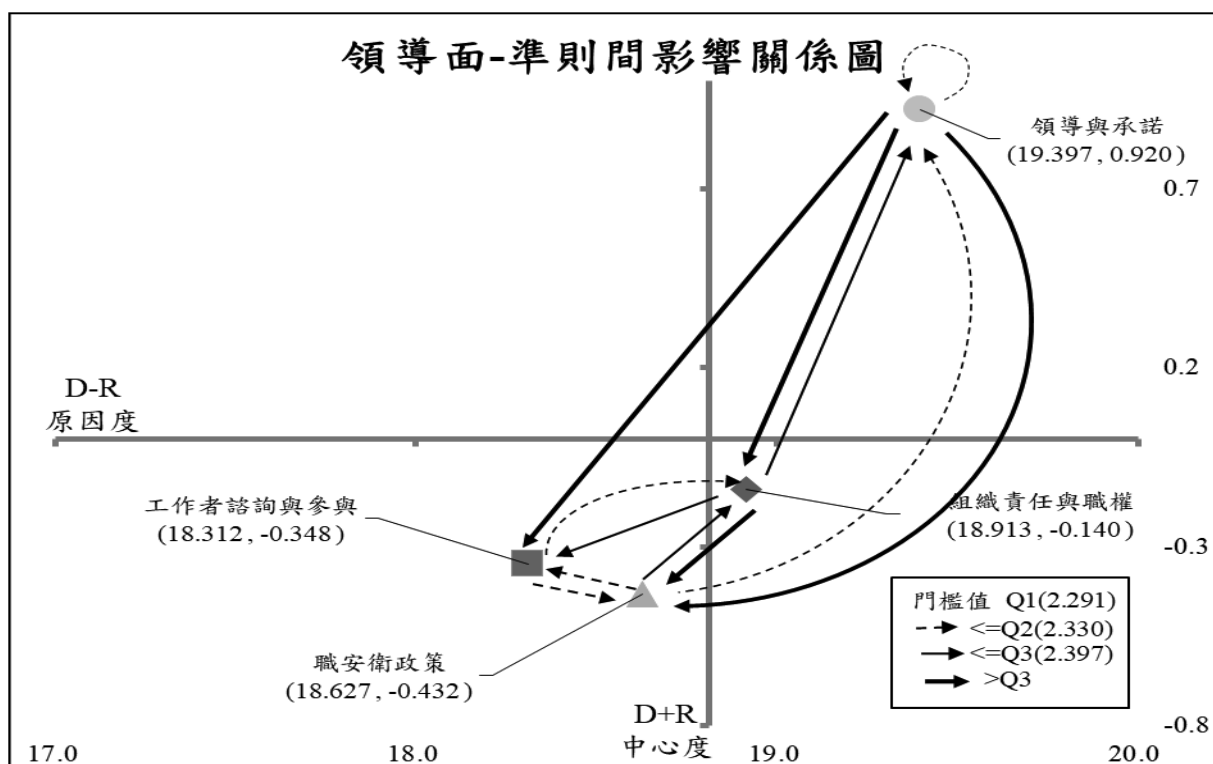


圖 5 領導構面準則間影響關係圖

4.3 DANP 法分析

本研究以 DEMATEL 分析法所得之總影響關係矩陣，納入 DANP 運算所獲得之權重，經公式(7)至(14)計算，可求得準則之未加權的超級矩陣、加權的超級矩陣、極限化的超級矩陣、準則之 DANP 整體權重及準則權重值，如表 5 所示。

國軍職業安全生衛管理再進化：
運用 ISO 45001 重構軍中職業安全生衛管理績效評估模型

經由專家確立之權重排序，我們可以發現改善構面下之準則最具關鍵性，因此賦予相當之權重，而此一現象可驗證在實務工作上，欲改善及增加管理系統之績效，需透過持續不斷地矯正與改善措施，此項工作亦為組織最為不易持續執行，且需耗費相當之人力與心力；而運作構面下之準則，屬於維持管理系統運作之基本工作，故賦予之權重較低。由此我們可以得到以下結論，本研究所建構之權重排序與實務上之運作情況相吻合，極具參考與重要價值。

表 5 DANP 準則權重排序

評估準則	構面權重	整體權重	排序
A.組織面	0.142		
1.組織內外環境	0.249	0.035	8
2.利害關係者需求與期望	0.250	0.035	7
3.管理系統範圍	0.232	0.033	14
4.職安衛管理系統	0.269	0.038	4
B.領導面	0.133		
5.領導與承諾	0.248	0.033	13
6.職安衛政策	0.261	0.035	9
7.組織責任與職權	0.248	0.033	12
8.工作者諮詢與參與	0.243	0.032	15
C.規劃面	0.149		
9.風險與機會	0.195	0.029	22
10.危害鑑別與評估	0.198	0.030	21
11.法規與其他要求	0.194	0.029	23
12.規劃措施	0.207	0.031	18
13.職安衛目標	0.205	0.031	20
D.支援面	0.139		
14.資源	0.273	0.038	5
15.適任性	0.221	0.031	19
16.認知	0.239	0.033	11
17.內外部溝通	0.267	0.037	6
E.運作面	0.151		
18.運作規劃與管制	0.175	0.026	25
19.危害消除與降低風險	0.175	0.027	24
20.變更管理	0.156	0.024	29
21.採購管理	0.156	0.024	28
22.承攬管理	0.170	0.026	26
23.緊急應變	0.168	0.025	27
F.監測面	0.136		
24.監測與績效評估	0.237	0.032	16
25.守規性評估	0.232	0.031	17
26.內部稽核	0.247	0.033	10
27.管理階層審查	0.284	0.039	3
G.改善面	0.150		
28.事件調查與矯正措施	0.490	0.074	2
29.持續改善	0.510	0.077	1

五、結論與建議

國軍單位推行職安衛管理，除可有效的消除危害及降低風險外，亦可大幅度地減少職業災害或工作失慎的發生，然而鑒於國軍尚有許多單位或組織尚未健全職安衛管理系統，因此本研究透過修正式模糊德菲法將相關文獻篩選建構職安衛管理績效評估準則，以利幫助國軍單位評估自身職安衛管理績效，進而提升管理缺陷不足之處。另外以 DANP 法評估各構面與準則間相互關聯度、因果關係並量化產生權重，可求出國軍單位職安衛管理之優先排序，作為評估單位改善及精進方向之重要參考建議。

5.1 建構職安衛管理七大構面 29 項之績效評估模型

經由相關文獻整理歸納以及修正式模糊德菲法的篩選結果，確立出職安衛管理績效評估準則為組織、領導、規劃、支援、運作、監測、改善等七項主要構面，以及構面下的 29 項準則，可作為國軍單位管理績效驗證亦可作為職安衛管理改善及精進參考依據。

5.2 「持續改善」及「領導與承諾」為管理績效關鍵項目

運用 DANP 分析結果可知，「改善構面」下之「持續改善」及「事件調查與矯正措施」等 2 項準則，分別為準則權重之一、二名，代表專家群認為該兩項目在管理績效上具有相當重要程度。以上三項，亦為國軍於實際推行管理系統過程中，必須透過持恆不斷地檢討改善，在管理執行上實屬不易，但唯有透過不間斷地精進改善，才可使國軍職安衛管理績效向上提升，因此國軍各單位可依循此評估準則之權重結果，做為日後執行管理之參考，或做為提升管理績效之重要目標參考。

另從 DEMATEL 分析結果發現，「領導構面」及其構面下之「領導與承諾」均位處第一象限，是原因度高、核心程度高的關鍵因子，顯示領導階層的參與與重視，進而提供承諾與支持，才能使國軍在未來推動職安衛管理系統工作時，透過其影響力達到事半功倍之目的，此結果可作為國軍單位於推行職安衛管理時應列入優先考量，或管理資源分配時首要考量之項目。

由於本研究所建構之評估準則項量過多，研究過程中容易產生不易收斂、權重值不易區辨等情形，因此建議後續研究，可深入精簡評估準則，期能聚焦準則方向，亦使決策能更佳精準。

參考文獻

- 丁心逸，2019。淺談 ISO 45001 職業安全衛生管理系統標準在營建產業的應用，工業安全衛生，第 357 期，31-36。
- 行政院經濟部工業局，2006。安全衛生績效管理實務手冊，臺北市：經濟部工業局。
- 吳聰智，2000。安全績效及其相關研究。工業安全衛生，第 137 期，21-30。
- 吳俊衛，2018。導入職安衛管理系統與安全衛生績效指標相關性之研究，工業安全衛生，第 343 期，44-63。
- 洪健容、陳俊勳、于樹偉，2019。職業安全衛生管理系統標準發展與影響探討。工業安全衛生，第 355 期，31-60。
- 陳澤義、陳啟斌，2018。企業診斷與績效評估：策略觀點，第五版，臺北市：華泰。
- 葉晉嘉、翁興利與吳濟華，2007。德菲法與模糊德菲法之比較研究，調查研究—方法與應用，第 21 期，31-58 頁。
- 張紹勳，2012。模糊多準則評估法及統計，臺北市：五南。
- 倪福成、黃建平、楊憲仁，2015。職業安全衛生及 ISO 45001 之國際與國內發展趨勢，工業安全衛生，第 314 期，10-29。
- 張其祿，2008。法規（管制）影響評估理論與實務之初探，研考雙月刊，第 32 卷 2 期，50-58。
- 鄭友超，1980。工職機設科與職訓機構所辦職類配合調整之規劃研究，師範大學工教所碩士論文。
- 鄭伯璦，1983。領導行為與部屬績效：補足模式，復興崗學報，第 30 期，399-434。
- 劉永宏，2003。建築工地安全衛生管理績效指標之建構—以台灣高速鐵路公司建築工地

為例，國立高雄第一科技大學環境與安全衛生工程研究所碩士論文。

- Chen, S. H. and C. H. Hsieh, 1999. "Ranking Generalized Fuzzy Number with Graded Mean Integration Representation," *Proceedings of the Eighth International Conference of Fuzzy Sets and Systems Association World Congress*, 2, 551-555.
- Dalrymple, H., Redinger, C., Dyjack, D., Levine, S., and Mansdorf, Z., 1998. Occupational Health and safety management system: Review and analysis of international, national, and regional systems; and proposal for a new international document.
- Gray, E. R., and Smeltzer, L. R., 1989. *Management: The competitive edge*. Macmillan Publishing Company.
- Ghahramani, A., and Salminen, S., 2019. Evaluating effectiveness of OHSAS 18001 on safety performance in manufacturing companies in Iran. *Safety science*, 112, 206-212.
- Hill, K. Q. and Fowles, J., 1975. The methodological worth of the Delphi forecasting technique. *Technological forecasting and social change*, 7(2), 179-192.
- ISO 45001, 2018. Occupational health and safety management systems-Requirements with guidance for use.
- Klir, G., and Yuan, B., 1995. Fuzzy sets and fuzzy logic (Vol. 4, pp. 1-12). New Jersey: Prentice hall.
- Murphy Jr, J. W., and Hammons, J. O., 1995. Delphi: A versatile methodology for conducting qualitative research. *The Review of Higher Education*, 18(4), 423-436.
- Malinda, A., and Soediantono, D., 2022. Benefits of Implementing ISO 45001 Occupational Health and Safety Management Systems and Implementation Suggestion in the Defense Industry: A Literature Review. *Journal of Industrial Engineering and Management Research*, 3(2), 35-47.
- Neely, A., Gregory, M., and Platts, K., 1995. Performance measurement system design: a literature review and research agenda. *International journal of operations and production management*, 15(4), 80-116.
- Neag, P. N., Ivascu, L., and Draghici, A., 2020. A debate on issues regarding the new ISO 45001: 2018 standard adoption. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 305, p. 00002). EDP Sciences.
- Noryani, Y. B. G., Sari, W. I., Rosini, I., Munadjat, B., Sunarsi, D., and Mahnun Mas' adi, G., 2020. Did ISO 45001, ISO 22000, ISO 14001 and ISO 9001 Influence Financial Performance? Evidence from Indonesian Industries. *PalArch's Journal of Archaeology of Egypt/Egyptology*, 17(7), 6,930-6,950.
- Purwanto, A., Asbari, M., Novitasari, D., Fahmi, K., Mustofa, A., Rochmad, I., and Wahyuni, I. S., 2021. Peningkatan Keselamatan Kerja Melalui Pelatihan ISO 45001: 2018 Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja Pada Industri Manufaktur di Tangerang. *Journal of Community Service and Engagement*, 1(02), 1-6.
- Saaty, T. L. , 1980. *The Analytic Hierarchy Process*, New York: McGraw-Hill.
- Tremblay, A., and Badri, A., 2018. Assessment of occupational health and safety performance evaluation tools: state of the art and challenges for small and medium-sized enterprises. *Safety science*, 101, 260-267.
- Wonnia, L. K., and Yawson, M. D. T. A., 2015. An Assessment of the Performance Appraisal System of the University for Development Studies. *measurement*, 7(17).

結合資料包絡分析法及截斷式迴歸探討軍事大學系所辦學績效及 非投入產出因素之影響

陳建源¹ 柯君諺^{2*}

¹ 國防大學教務處中校計畫參謀官

² 國防大學資源管理及決策研究所研究生

論文編號：NM43-01-03

來稿2022年2月18日→第一次修訂2022年3月9日→第二次修訂2022年3月21日→

同意刊登2022年4月6日

摘要

相較於過去績效表現的研究多以單階段投入產出為評量模式，本研究基於智慧資本之觀點，運用網絡資料包絡分析（Network Data Envelopment Analysis; NDEA）模式來評估，評估主要聚焦在系所主要從事之教學、研究與服務等三項工作進行多階段之投入產出績效探討，並以截斷式迴歸探討其它非投入產出因素對辦學績效之影響。分析結果發現：第一、系所績效間落差較大者主要在研究及服務工作上，亦顯示出該學校在研究及服務工作應該要精進及加強。再者、生師比對系所辦學績效具有正向之影響、系所座落非都會區辦學績效優於都會區以及師資規模對辦學具有負向之影響。

關鍵詞：資料包絡分析法、截斷式迴歸、績效評估、系所辦學

*通訊作者：柯君諺 email: km108kimo3296@gmail.com

A Discussion on Performance of Military Universities Management and Non-Input and Output Factors by Combination of Data Envelopment Analysis with Truncated Regression

Chen, Jian-Yuan ¹ Ke, Jun-Yan ²

¹ Lieutenant Colonel Planning Staff Officer, Academic Affairs Office, National Defense University, Taiwan, R.O.C.

² Graduate School of Resources Management and Decision Science, National Defense University, Taiwan, R.O.C.

Abstract

Compared with the previous performance studies that mostly measured the input-output model in a single stage, this study is based on the perspective of Intellectual capital and uses the Network Data Envelopment Analysis model to evaluate, the evaluation mainly focuses on the three main work of the department in teaching, research and services to explore the input-output performance of multi-stage, and to explore the impact of non-input-output factors on the performance by truncated regression. The analysis results found that: Firstly, the stage with a large efficiency gap mainly falls on research and service work, which also showed that the department should improve and strengthen its research and service work. In addition, the student-teacher ratio has a positive impact on the performance of the department, Departments located in non-metro areas outperform metropolitan areas, and the scale of the teachers has a negative impact on the performance of the department.

Keywords: Data Envelopment Analysis, Truncated Regression, Performance Evaluation, Intellectual Capital

一、前言

現今國內的大學面對著全球化的競爭趨勢及少子化的衝擊等兩大威脅，在經營管理上要永續經營，則需經得起社會、家長及學生等多方面的檢視與考驗。其中，在辦學的優劣及教育品質的確保是首要之課題（牟宗燦，2003；詹盛如與楊家榆，2014；周穎利與梁淑菁，2017）。因此，如何強化辦學績效，藉以保有良好的教育品質，進而提升學校競爭力之重要性則顯而易見（謝亞恆與林俊瑩，2007）。再者，系所的辦學績效評估可使各大學瞭解辦學現況及有效改善及精進，而其績效評估機制可從近年來全面展開的高等教育評鑑探討。

目前臺灣大學大多藉由大學評鑑活動來彰顯及改善其辦學績效，主要係因教育部頒大學評鑑辦法第五條指出：「各大學應接受本部或本部委託之學術團體或專業評鑑機構定期辦理之大學評鑑。但符合下列條件之一者，得向本部申請免接受評鑑：一、已建立完善自我評鑑制度，其自我評鑑機制及結果經本部認定通過。二、已經本部認可之其他國內外專業評鑑機構評鑑通過。」而大學的教育評鑑歷經 1975 年的學門評鑑以及 1988 年校務評鑑(教育部試辦)，直至 2004 年教育部委託台灣評鑑協會(Taiwan Assessment and Evaluation Association; TWAEA)評鑑才開始對台灣各大學進行全面性綜合校務評鑑（江東亮，2016），並且於 2005 年正式成立財團法人高等教育評鑑中心基金會（以下簡稱高教評鑑中心），辦理國內大學系所評鑑，並自 2006 年起迄今已實施二個週期。此期間評鑑結果通過率均達 90%以上，顯見多數大學院校均已建立一套有效自我評鑑的機制與作為。

然而，由於國內各大學在過去系所評鑑兩個週期中狀況普遍良好；再者，未來高等教育評鑑勢必要朝多元化及專業化發展，以配合系所特色及朝差異性發展。因此，教育部於 2017 年宣布大幅簡化大學校務評鑑項目，並全面停辦系所評鑑，改由各校自行決定是否辦理及其辦理方式，此一作法大多學者及大學均表示肯定，但亦引發學界諸多爭議。其中，認同主因係認為有助學校特色發展，也能減輕教授人員與行政人員之負擔；但亦有持保留之觀點，認為若要走向國際化，則仍需建立具公信力的評鑑指標，仍要自辦評鑑或是透過教育部或國際認可的機構進行外部評鑑，為系所辦學品質把關，這樣才有公信力，讓學校在國際化道路上逐步獲得認可。

學者侯永琪等（2017）將教育部不再主動辦理系所評鑑原因歸納為以下三點：（1）高等教育評鑑政策逐步朝向多元及專業品保調整；（2）「自願型」評鑑符應國際趨勢及發展；（3）回應兩週期系所評鑑結果。

雖然教育部宣布停辦系所評鑑，但由於各大學之校務評鑑仍定期辦理，而且研究指出大學校務評鑑全部項目是否通過與系所評鑑通過率之間存在高度相關（江東亮，2016），因此系所評鑑雖宣布停辦，台灣各大學院校仍需負起確保系所辦學品質之社會責任（侯永琪等，2017）。

因高教評鑑中心之評鑑採認可制，雖然可使系所根據參考效標，就本身實際狀況及因應性質差異自主舉證說明，作為評鑑通過門檻及依據，但因未進行系（所）際間資源運用之相互比較，故無法瞭解所屬各系所間辦學之相對績效，從而進行改善與提供未來精進方向；再者，自 2017 年後，各大學仍須辦理校務評鑑，而系所績效優劣仍會反映至各大學之校務評鑑內容當中，故各大學如何在停辦系所評鑑後，建立一套融合系所辦學績效的內部評估模式，此為研究動機之一。

本研究之對象為北部某軍事大學，其下轄系所計 17 個，其中包含 1 個獨立系、3 個獨立所及 13 個系所合一單位，考量系所辦學的績效沒有絕對的好與壞，只能從相對績效的觀點去探討；且以往國內外研究多以 DEA 之相對效率概念來作辦學的績效評估，

因此本研究將運用 DEA 探討系所辦學之模式；有鑒於以往在辦學績效的相對效率評估中，所採用的 DEA 評估模式多以單階段為主，而傳統單階段模式，忽略了內部工作的連結性，無法充分反映系所辦學內部運作的相關過程；此外，大學教育屬於無形資產的產出及擴散，主要聚焦在教職人員平時所執行的工作上，因此我們運用智慧資本的觀點結合多階段模式來探討系所辦學績效，藉以解決單階段中所忽略的內部工作連結性及造成之影響。

此外，以往學者在探討系所辦學績效時，多以系統之觀點來探討在投入與產出間之關係，但對於非投入產出變數而言，屬於系所本身無法主導變更或短時間無法改變的變數，對辦學績效是否存在著影響則付之闕如；因此，瞭解非投入產出變數是否對系所辦學績效產生影響，此為研究動機二。

對應前述研究動機，提出兩點研究目的：（1）建立自我管理標準，提升整體辦學績效：為使管理單位在系所評鑑停辦後，仍可建立一個自主評鑑方法，保有一套自我管理之標準，有效掌握各系所辦學狀態及績效。（2）探討非投入產出變數對系所辦學績效之影響：過去文獻主要系統觀點內之投入產出來做績效評估，而影響辦學績效因素諸多，不應侷限於此，故本研究加入師資質量、師資年資、優良教師比、生師比、都會區以及師資規模，加以探討非投入產出變數對系所辦學績效關聯性之影響。

二、文獻探討

2.1 組織績效評估

評估的主要目的不是對已經取得的成效做肯定，而是找出存在於各自的問題與差距，並提出改善措施（阮孟禹，2006）；績效是指組織為了內、外部環境之整體目標達成程度，以及在組織願景和經營策略的達成情形（蔡秀華，2002），因此績效評估之目的，乃是積極檢測，進而給決策者正確的資訊，供作參考，據以改善，進而提升單位管理績效，而非僅消極判斷某個受評單位之優劣（汪漢英等，2007）。

正因組織可藉由績效評估來檢視其成果，所以評鑑制度相對重要。舉凡人類的行為及組織的管理在其汰舊換新、考核及競爭力的提升，均可視為評鑑的活動。美國著名的評鑑學者 Scriven（1991）指出評鑑的目的並不是在證明什麼，而是在求改進，因此，對於人的行為或是組織的行動來看，評鑑是不可或缺的一項要素（江靜穎，2007）。

2.2 教育評鑑制度與辦學績效

教育會影響個人發展及社會風氣，長久以來，教育也被視為人力資本素質的重要因素，其中高等教育背負著提升學術專業及培育高等人材之使命（秦夢群與陳遵行，2012）。各國為了提高人力素質和提升國家經濟實力，對教育發展均極為重視，而高等教育即為影響整體發展的關鍵，因此高等教育品質之確保為各國之重點，且建構一套品質控管之相關措施，維持學術水準，對大學定期進行之評鑑已然成為檢視辦學品質之重要策略。

臺灣高等教育院校數量逐年擴增，且少子化與國際化趨勢所衍生供過於求現象，導致高等教育品質下降，亦直接將教育資源稀釋，間接影響各校院辦學品質（秦夢群與陳遵行，2012）。

為了大學教育水準的提升和維持，「大學法」賦予教育部辦理大學評鑑之責，也確立了大學評鑑的法源依據。在大學法第五條第一項規定『大學應定期對教學、研究、服務、輔導、校務行政及學生參與等事項，進行自我評鑑；其評鑑規定，由各大學定之』，以及第二項『教育部為促進各大學之發展，應組成評鑑委員會或委託學術團體或專業評鑑機構，定期辦理大學評鑑，並公告其結果，作為政府教育經費補助及學校調整發展規模之參考；其評鑑辦法，由教育部定之』。根據此兩項規定，大學評鑑應分為自我評鑑與外部評鑑兩類，前者有「自我管制」的概念，由學校自行規劃及辦理的評鑑活動；後者則由

學校以外的人員或團體所實施的評鑑活動，可包括政府、學術團體及同僚等（江靜穎，2007），而自我管制之自我評鑑是整個評鑑機制所強調之核心要素。

現今教育評鑑機制中，獲教育部認可之國內專業評鑑機構分別是社團法人台灣評鑑協會、社團法人中華工程教育學會(Institute of Engineering Education Taiwan; IEET)以及社團法人中華民國管理科學學會之華文商管學院認證(Accreditation of Chinese Collegiate School of Business; ACCSB)；而認可的國外專業評鑑機構為國際商學院促進協會(The Association to Advance Collegiate Schools of Business; AACSB)，其中主要評鑑是委託台灣評鑑協會之高教評鑑中心辦理。

目前高教評鑑中心辦理之校務評鑑及系所評鑑係採取「認可制」，以教學評鑑為主軸，根據系所自訂的目標，分別就各評鑑項目進行同儕評鑑，透過「做什麼」、「如何做」、「結果如何」及「如何改善」四個步驟，檢視系所是否投入適切的資源，在課程、師資、教學等方面符合並達成自訂的預期目標，並未訂定通過與否的「統一」標準。

而學者侯永琪（2017）指出在系所評鑑停辦後，各大學因應之道有以下四點：

- 1.不舉辦系所評鑑，僅採內部品保機制於校務評鑑中呈現。
- 2.採自費方式洽高教中心辦理。
- 3.採自費方式洽國內、外獲教育部認可之專業評鑑機構辦理。
- 4.系所辦理自我評鑑後，向高教中心申請評鑑結果認定。

究其原因，主要是系所辦學品質若不佳，該校整體教學及教育品質相對受到影響，因此系所品質的確保仍是大學院校須面對之重要課題。

教育評鑑主要針對大學院校辦學實施績效評估，然以往針對辦學成效實施評估者，概以提出研究可就辦學成效三構面：教學、服務、研究，考量教學與研究品質，選擇適當投入與產出組合進行分析（孫遜，2003）。

學者張國保（2009）指出大學教師具有教學、研究、服務、輔導的任務。在此以評鑑中心訂頒的國防學門系所評鑑內涵為例，包含五大項目、46項參考效標，其中僅1-1、3-11、3-12、5-2及5-3等五個參考效標與教師的教學、研究及服務工作較無明顯關係，其餘效標均與教師息息相關。

2.3 智慧資本觀點

智慧資本(Intellectual Capital)概念最早是於1969年由Kenny寫給經濟學人主編Michael的信件中出現(Masoulas, 1998)。Stewart(1994)則首先提出較具體主張，將其定義為每個人能為公司帶來競爭優勢的一切知識、能力的加總。

學者Johnson(1999)指出財務資本與智慧資本為創造企業的市場價值來源，且智慧資本的價值常高於財務資本。他並將智慧資本分為三類：「人力資本」為構思資本和領導資本；「結構資本」為創新資本和流程資本；「關係資本」為企業所有對外關係網絡。

學者張乃仁（2011）將「智慧資本」定義為：能為企業創造價值、帶來競爭優勢之無形資產的總和。其三個構面分別定義為：「人力資本」為企業員工所擁有的知識、經驗、學習活動與創新能力；「結構資本」為企業解決問題與創造價值之整體系統與程序；「關係資本」為企業與重要顧客的關係，與上下游廠商及利害關係人的互動關係。

學者Huang(2014)則主張人力資本為服務提供者的能力、知識及經驗；結構資本為機構內的層級及人員編制狀況；關係資本為服務提供者與所有利害關係人。

學者張幼華（2003）探討智慧資本觀點對軍事教育指標研究後，將「人力資本」分析為人才培育、工作效能及專業學識能力等三個指標項目；「結構資本」是創新及持續改善文化、知識分享與績效管理及資訊化環境等三個指標項目；「關係資本」則是外部認同與評價與內部服務品質等兩個指標項目。

學者方佳梅（2007）探討小學智慧資本衡量指標，將「人力資本」定義為學校中校

長及教職員之知識與能力的總合，也就是學校內所有人員發揮能力所產生的無形價值；「結構資本」是學校組織運作的機制和程序，其來自於人力資本的具體化與組織化，可以複製、保存與分享；「關係資本」是泛指學校對外的所有關係網絡。

對一個組織而言，智慧資本是一項非常重要的要素，而智慧資本以較全面的觀點探討組織的無形資產，因此亦適用於不以財務面為發展標準且專注於非實體價值的非營利組織。其中智慧資本又包含人力、結構及關係資本，相關學者對其定義整理如表 1：

表 1 國內外學者對智慧資本之定義

區分	人力資本	結構資本	關係資本
Johnson (1999)	構思資本和領導資本	創新資本和流程資本	企業所有對外關係網絡
Huang (2014)	服務提供者的能力、知識及經驗	機構內的層級及人員編制狀況	服務提供者與所有利害關係人
張幼華 (2003)	人才培育、工作效能及專業學識能力	創新及持續改善文化、知識分享與績效管理及資訊化環境	外部認同與評價與內部服務品質
方佳梅 (2007)	學校中校長及教職員之知識與能力的總合，也就是學校內所有人員發揮能力所產生的無形價值	學校組織運作的機制和程序，其來自於人力資本的具體化與組織化，可以複製、保存與分享	泛指學校對外的所有關係網絡
張乃仁 (2011)	企業員工所擁有的知識、經驗、學習活動與創新能力	企業解決問題與創造價值之整體系統與程序	企業與重要顧客的關係，與上下游廠商及利害關係人的互動關係

高等教育屬於高知識之傳遞及產出之產業，屬於無形價值，如教育發展價值的三大主軸：教職員、組織流程、學生與對外關係與智慧資本所提之人力資本、結構資本及關係資本三個構面亦相當符合。然而，教育機構與企業追求的價值不同，本質亦有相異處。因此，本研究以智慧資本的理論觀點出發，融入軍事大學系所環境特色，並結合教育相關理論，將軍事大學系所智慧資本分為人力資本、結構資本與關係資本三大構面，其定義分別如下：

「人力資本」，是指系所中教職員知識與能力的總和也就是系所內所有教職人員發揮能力所產生的無形價值。

「結構資本」，是泛指將教學之投資及學校資源有效利用與配置以創造價值之程序，以及教師把知識與技能傳授給學生之過程與績效管理。

「關係資本」，則是指系所對內及對外的所有關係網絡。

綜合上述，在本研究中，人力資本此無形資產可以應用到軍事大學系所辦學且與教學、研究及服務三個工作相呼應，另外結構資本則可以應用到教學及研究，而關係資本則是應用在研究及系所活動的服務工作。此外，參考相關文獻及學者研究，歸納出本研究所探討之系所辦學績效主要落在教職人員所執行之教學、研究及服務工作上，在此將其定義如下：

教學工作定義：「在現有之經費運用的條件下，評估系所間知識傳授效益較大，及學生對老師有更高的教學滿意度之教學工作效率。」

研究工作定義：「在現有之經費運用條件下，並且加入教學效率中所產出之畢業人數的條件下，評估系所可創造更多之研究成果及著作之研究工作效率。」

服務工作定義：「在現有之經費運用的條件下，評估系所間擔任或執行更多校內與

校外的學術服務之服務工作效率。」

三、研究設計

3.1 決策單位與投入產出項選取

(一) 決策單位之選取：

本研究係以某軍事學校為研究對象，以符合同質性且扣除投入產出項資料不全之系所後，將每系所視為一個決策單位 (Decision Making Unit; DMU)，共計獲得 13 個可進行 DEA 模式評估之系所；然為合乎 Bowlin (1987)、Golany and Roll (1989) 所提出之 DMU 經驗法則 (DMU 個數至少必須為投入項與產出項個數和的兩倍以上)，本研究採用視窗分析之概念，樣本期間使用 2011 至 2015 年計 5 個年度，將 13 個系所分別以 A-M 為代號，再以年度劃分，例如 2011 年○○系，即標示為 A-100。

(二) 投入產出項之選取：

參考國內外文獻有關學校績效評估所使用之變數，以及考量軍事大學與民間大學之差異性以及獨有之特色，如經費來源、管理及輔導方式等，從三個工作階段找出適切之變數作為投入產出項運用於 DEA 模型中，敘述如下：

1.教學工作其投入項為：人員維持費、作業維持費、軍事投資；產出項為：授課時數、教學滿意度、大學生人數、研究生人數。

2.研究工作其投入項為：人員維持費、作業維持費、軍事投資、大學生人數、研究生人數；產出項為：成果著作、專案計畫。

3.服務工作其投入項為：人員維持費；產出項為：校外服務、校內服務。

本研究計採用 65 個 DMU 進行評估，而上述使用之投入、產出與連結之變數計 11 項，符合 DMU 經驗法則，相關變數定義說明如表 2：

表 2 軍事大學系所辦學績效評估變數定義

項目	變數代號 (單位)	定 義	參考文獻
投 入 項	人員維持費 (仟元)	專任教師薪俸 + 專任教員超支鐘點費 + 助教兼助理薪俸	McMillan and Datta(1998)、Flegg et al. (2004)、Kempkes and Pohl(2010)
	作業維持費 (仟元)	包括業務費、設施維護費、旅運費、材料費、獎勵金、郵電費及其他	
	軍事投資 (仟元)	係指投入教育工程及教育設備之軟硬體經費，包括充實電腦、圖書、視聽、輔助教學與研究設備等經費	
投 入 ／ 產 出 項	研究生人數 (人)	當年度系所畢業之研究生人數	Kipesha and Msigwa(2013)、Katharaki and Katharakis(2010)、Wongchai et al. (2012)
	大學生人數 (人)	當年度系所畢業之大學生人數	
產 出 項	授課時數 (時)	當年度系所教師授課時數總和	呂怡璇 (2004)
	教學滿意度 (五尺度)	當年度學校所調查學生對課程設計及教師教學滿意度之統計	張德勝 (2003)、莊惠文 (2000)

成果著作（篇）	1.包含刊載於國內期刊和 SCI、SSCI 等知名期刊內之論文篇數 2.在國內及國外之專利總數之和 3.當年度譯書及著書數為主	Bangi et al. (2014)、Wongchai et al. (2012)
專案計畫（仟元）	國防部、科技部、行政院等年度核定專案研究計畫件數	沈艷雪（2002）、汪漢英等（2007）
校外服務次數（次）	應邀校外演講、政府各部門專案計劃委員、校外學術文化刊物之編輯或審查委員，及經內政部登記之學術文化、社會服務及慈善、其他公益團體之理事、幹事相關職務以上為計算標準	黃文聰（2003）、汪漢英等（2007）
校內服務次數（次）	擔任各級委員會委員、學術或行政主管，以及校內各項入學考試之試務工作、學報主編等為計算標準	

參酌相關文獻，綜整出辦學績效主要探討內容，分別為系統投入以及教學、研究及服務工作產出，且綜合以上學者研究與論述，本研究架構中三個主要工作之權重，將以教學工作及研究工作為主，其中主要以教學及研究為重，且兩者相輔相成，再以服務工作次之，因此權重概以 0.4、0.4 及 0.2 區分；另參考汪漢英等（2007）相關指標結合軍事大學現況，找出投入項以及上述工作階段之產出項及架構（架構圖之數據計算方式：P 代表使用算術平均法、S 代表使用直接加總法、A 代表使用層級分析予以權重、D 代表該工作階段運用資料包絡分析法之指標），分述如後：

（一）投入項：

經文獻及學者研究綜整出在教育相關的生產投入要素為人事投入、空間投入及設備投入等三項，本研究持以相同概念，以軍事大學特有之資源運用與其對應。其中人員維持費即為人事投入；而作業維持費及軍事教育投資則同時涵蓋空間及設備投入，如圖 1。

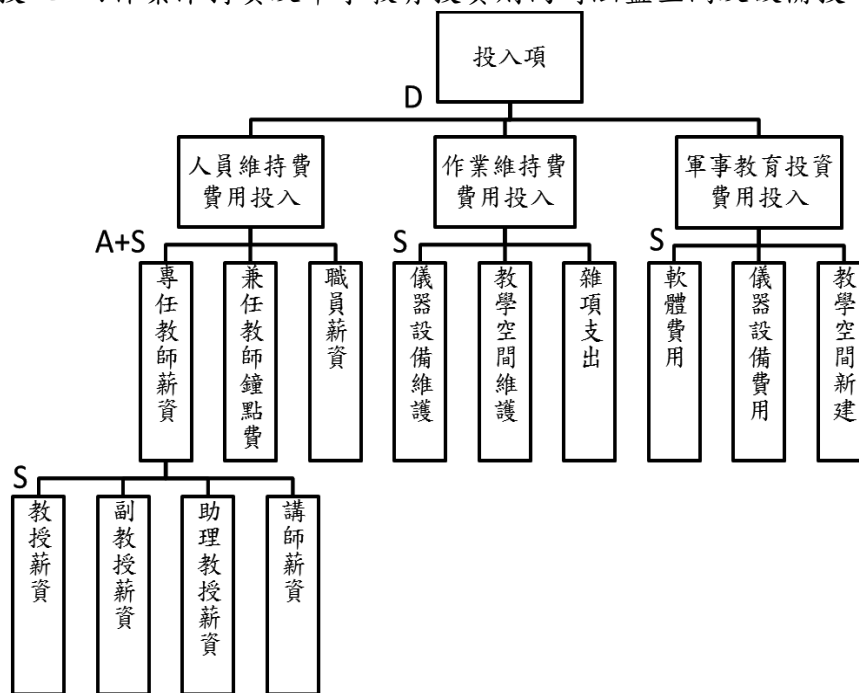


圖 1 軍事大學系統投入層級架構

（二）產出項：

在教學工作產出項方面，保留學生人數及授課時數等項，並加入課程教學滿意度，共四項指標(如圖 2)，指標未納入之考量及新增指標主因如下：

結合資料包絡分析法及截斷式迴歸探討軍事大學系所辦學績效及
非投入產出因素之影響

- (1)外部捐贈—軍事大學無校務基金，故亦無外部捐贈。
- (2)推廣教育—軍事大學無推廣教育等學分班。
- (3)新增指標為課程教學滿意度，是一種以學生的觀點來看教師教學表現的例證，從形成性評鑑而言，學生評鑑教師的教學可以提供教師教學的改進，因此將其納入教學產出指標之一（張德勝，2003）。

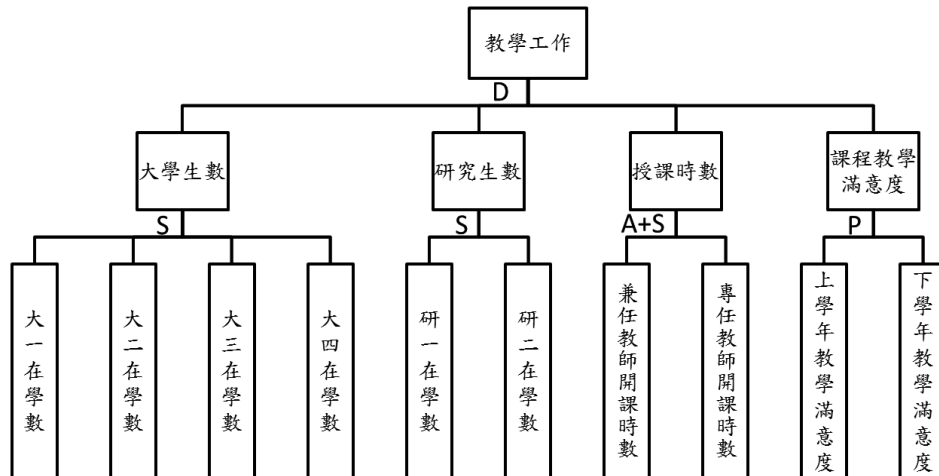


圖 2 軍事大學教學產出層級架構

在研究工作產出項方面，保留專案計畫，並將論文發表數納入成果著作此項指標，共二項指標。而教師獲獎主因亦是建立在成果著作及專案計畫上，考量其相關性過高，在此不納入評估指標，如圖 3。

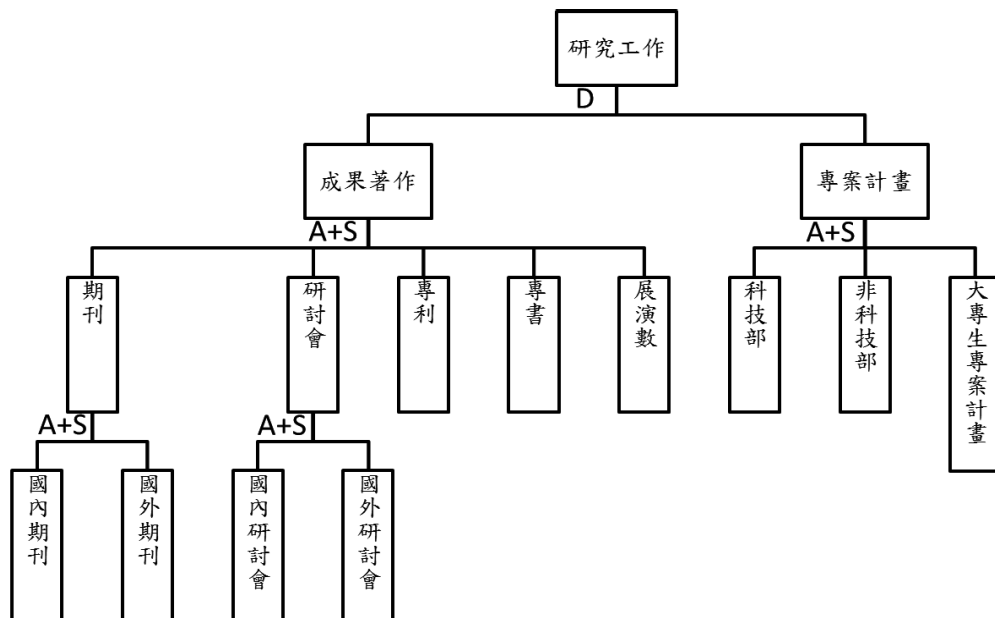


圖 3 軍事大學研究產出層級架構

在服務工作產出項方面，保留校外服務，並將行政服務指標改為校內服務，共兩項指標，如圖 4。

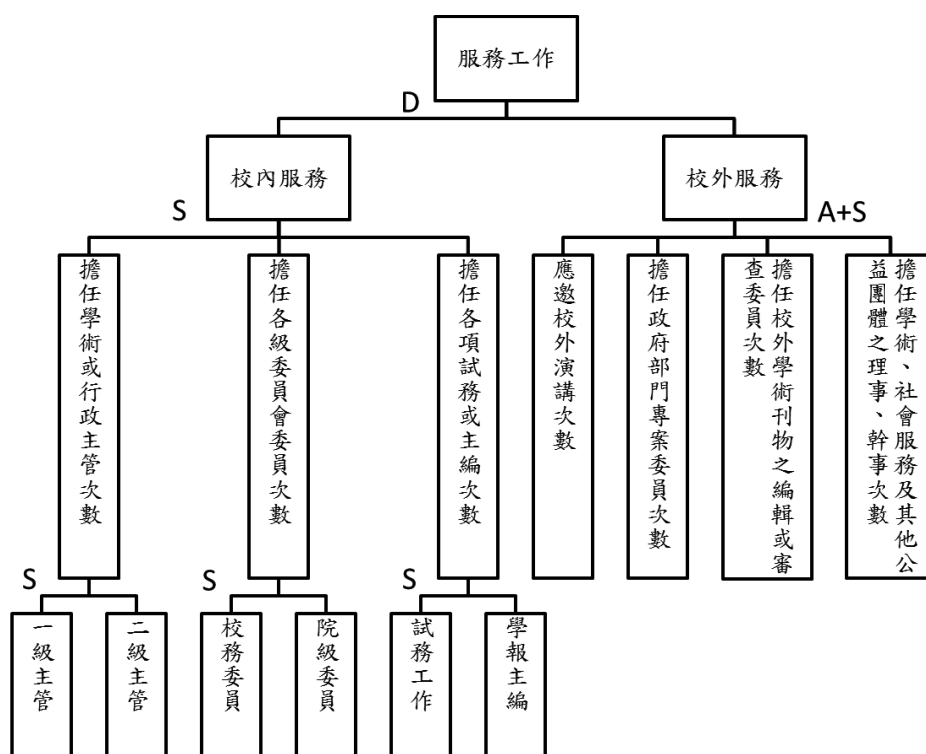


圖 4 軍事大學服務產出層級架構

3.2 研究架構

結合上述之層級架構，分別建構教學、研究與服務三大工作之投入產出模型，詳如圖 5 至圖 7。

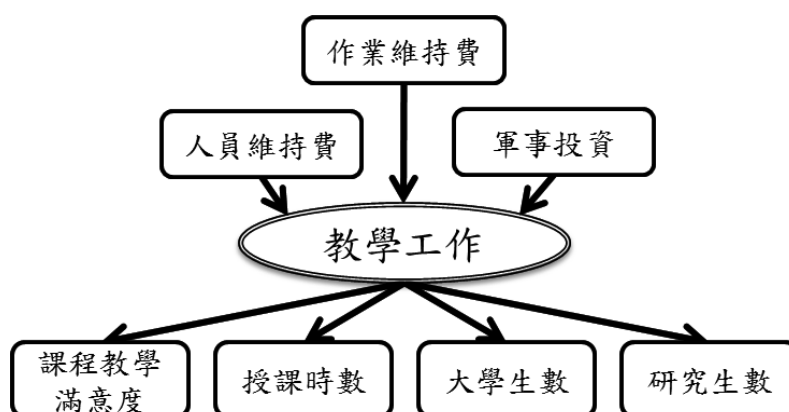


圖 5 教學工作之投入產出模型圖

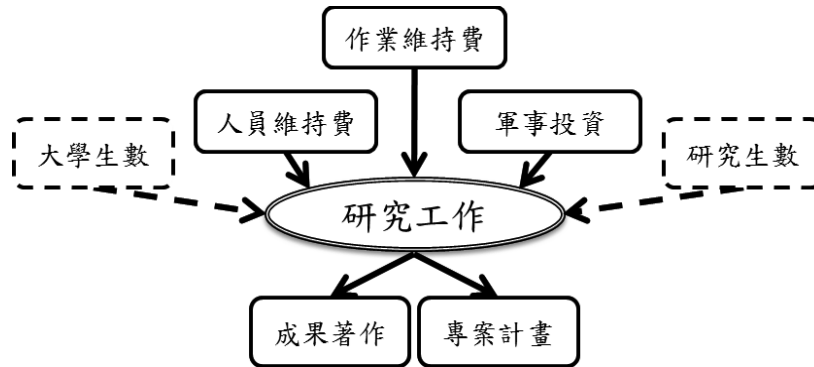


圖 6 研究工作之投入產出模型圖

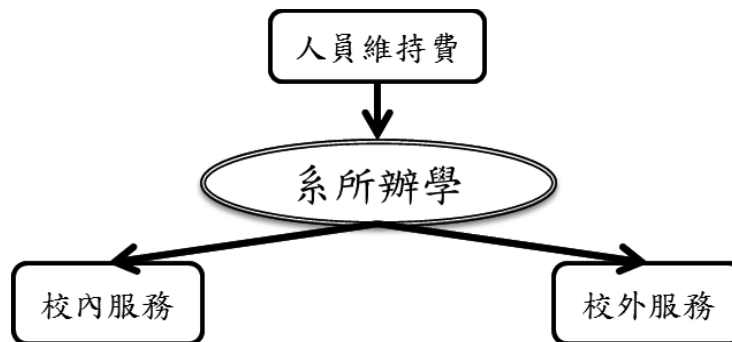


圖 7 服務工作之投入產出模型圖

國外學者 Monfared 等(2013)以 Network DEA 建構系所教學和研究活動績效評估模型，教學階段以教師人數投入，產出大學生數及研究生數，研究階段則以教師人數及教學階段產出之研究生數投入，進而獲得研究活動之產出，所得之辨別力比起單階段模型更有效；依此概念運用 DEA 方法結合三個工作階段建構系所辦學績效模型，如圖 8 所示：

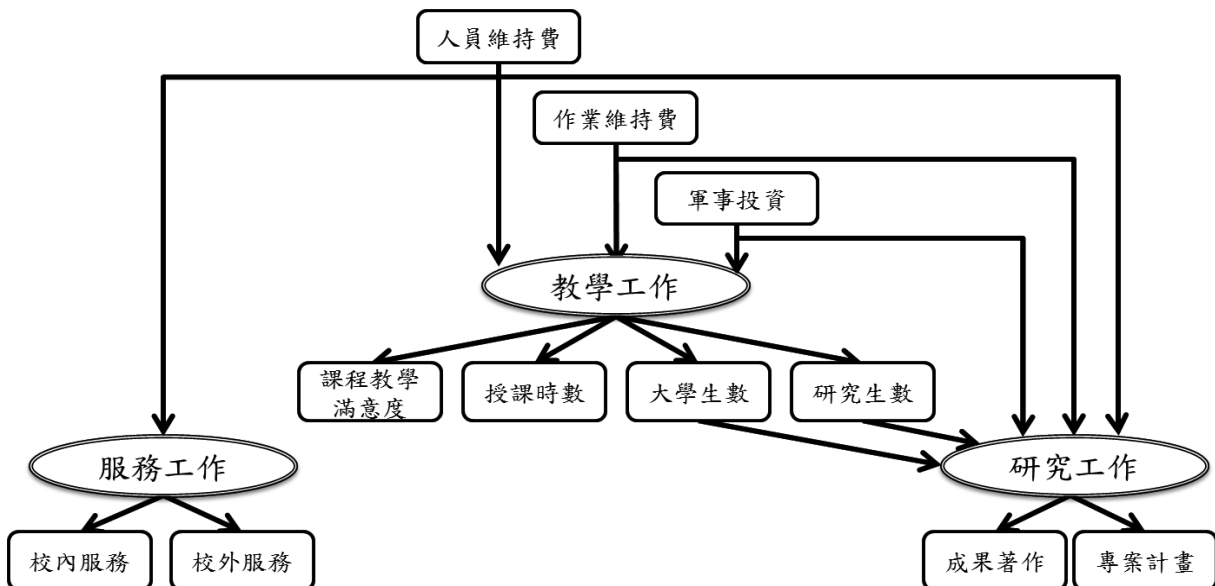


圖 8 Network SBM 模式之投入產出模型圖

本研究為探討軍事大學內系所辦學整體績效，文中藉由教師主要執行之三大工作「教學」、「研究」及「服務」三個主要工作效率來建立評估系所辦學績效，希冀藉由分

析結果可提供學校、學院及系所對各工作是否需加強之參考，以提升教學品質及辦學成效。經文獻探討整理，國內外學者在評估辦學績效時多採用 DEA 方法。再者，辦學績效沒有絕對的好與壞，只有透過一個相對效率的概念，來評估與比較，因此使用 DEA 為主軸。此方法之基礎建立在以生產邊界 (product frontier) 作為衡量效率，而生產邊界由設立之變數關係模式求得，無需預設生產函數型式，其透過線性規劃 (linear programming) 的方法，同時對多投入及多產出實施衡量，進而求出生產邊界，並客觀的計算出各決策單位(Decision Making Unit; DMU)之整體效率。

3.3 資料包絡分析法

DEA 具有多種模式，而影響力最深遠的即是 CCR 模式 (Charnes et al., 1978) 及 BCC 模式 (Banker et al., 1984)，但此兩種模式主要用來衡量射線效率，此兩種模式假設建立在投入或產出可等比率調整，而這項假設在投入之間若存在替代效果的情況下並不適用，作為評估則會導致不符實際情況或產生效率值高估之問題，有鑑於此，本研究採用 Network SBM 模式，以差額變數為衡量基礎之模式來評估在智慧資本觀點下系所辦學相對績效，衡量各系所在工作階段間之效率值，除可修正 CCR 及 BCC 模式射線效率衡量的缺失，亦可對於缺乏單位不變性 (units invariance) 此缺點加以改正。

對於效率評估及衡量，可就現況選擇投入導向(input-oriented efficiency)或產出導向(output-oriented efficiency)其中一個角度切入分析。投入導向是如何在一定的產出水準下，將投入值極小化；而產出導向則是如何在一定的投入水準下，將產出值極大化以達到效率邊緣。就軍事大學系所辦學績效而言，礙於經費投入受限於國防預算，且師資員額受限，而各年度預計招生員額亦非系所可掌控情況下，各系所如何在有限的教學資源投入下，調整或改善教學、研究及服務成效，進而產出最大的績效值，是值得探討之議題，因此符合採用產出導向衡量效率來評估組織績效。

3.4 截斷式迴歸變數說明

為瞭解影響系所辦學績效之相關因素，除了本研究網絡資料包絡分析模型所列之投入產出因素外，為驗證非投入產出因素對辦學成效之影響力，進一步採用 Simar and Wilson(2007)之截斷式迴歸分析模式，其依變數及自變數選取方式如下：

(一) 依變數：本研究分別以 Network SBM 共同邊界所得出之整體辦學及三個工作之整體效率值(Technich Efficiency; TE)做為依變數。

(二) 自變數：本研究探討可能影響系所辦學績效之非投入產出因素，計以下六點：

1. 師資質量(Teacher Quality; TQ)

在大學法第四章教師分級及聘用第 17 條指出「大學教師分教授、副教授、助理教授、講師，從事授課、研究及輔導」。教師本身的分級係透過在教學、研究及服務的歷練過程中逐漸提升，非一蹴可及，其建立在紮實且長期的教學經驗及研究成果累積。故本研究推論系所內教師等級高者越多，對於系所辦學績效則越佳，因此建立假設一如下：

H1：系所內高等級教師比例越高其辦學績效越佳。

2. 師資年資(Teacher Years; TY)

年資主要分為組織及工作年資。員工所在的組織服務時間稱為組織年資，而員工在現職工作的時間則稱為工作年資(Gentry et al., 2012; Harris et al., 2006)。再者，年資的累積亦即提升了智慧資本觀點中的人力資本，在某個組織服務時間越長，對組織目標、結構以及組織裡各個職位的價值將較為瞭解，所擁有的知識與經驗將會更高，可有效採用較有效率之方法運用於實務工作上。而師資年資主要是任教時間累積，意義上等同工作年資，標示教師之任教時間越長，在教學上的知識與經驗水準相較於任教時間短者會更高，因此建立假設二如下：H2：系所內師資平均年資對其辦學績效具有正向之影響。

3.優良教師比(Outstanding Teacher Ratio; OTR)

優良教師選拔的目的，是發揚尊師重道傳統精神，藉選拔方式以慰勉敬業教師，鼓勵其精研學術，勵志教學，增進教育成果，提升師資素質，並可對其他教師達到激勵作用。每年度的優良教師的選拔，是經過初選、複選及聯合總評層層把關後產出，選拔條件涵蓋教學、研究及服務等優良事蹟，具有成效或足以表揚者。本研究認為獲選優良教師多寡，對系所的辦學績效會有一定的正向影響，因此建立假設三如下：H3：系所內獲選年度優良教師比例對其辦學績效有正向之影響。

4.生師比(Student and Teacher Ratio; STR)

根據教育部於 106 對「專科以上學校總量發展規模與資源條件標準」修訂後與 98 相較之下，以大學而言，其全校師生比基準從 32 調降為 27，日間學制生師比由 25 調降至 23，而研究生生師比則由 12 調降至 10。其比例越高，代表著教師運用在所有學生的時間平均相對越少，對於學生知識吸收及技能培養較為不利（盧永祥，2012），且生師比越高損害到學生的受教權，對於教師也增加其教學負荷（林萬億，2010）。綜合學者論點，運用在系所內，生師比越高，教學上會受到一定影響，整體績效應會降低。因此建立假設四如下：H4：系所的生師比對其辦學績效具有負向之影響。

5.都會區(Metro Area; MA)

宋曜廷等（2009）研究發現學生成績會隨著學校座落地區之都市化程度高低而產生分別，而吳毓瑩與蔡振洲（2014）提出在都會區中之外在條件較優異且資源充足，例如藝文活動、同儕競爭及補習文化等等。此外在交通方面，都會區教師在參與研習、進修與處理公務上，以及學生課餘在自我進修及參與藝文活動充實涵養方面，均較非都會區為優（蘇珍慧，2017），教師與學生的自我提升，皆為影響學生學習成效之相關因素。因此本研究認為在都會區之系所，在條件較佳之狀態下，其辦學績效應較佳。因此建立假設五如下：H5：系所座落位置於都會區者，其辦學績效較非都會區之系所為高。

6.師資規模(Teacher Scale; TS)

在研究團隊績效時，團隊的規模一直被視為一個重要因素(Smith et al., 1994)。團隊的規模較大，其組成成員均來自不同背景，在執行任務時可有較多不同觀點及解決問題的能力，此為規模較大團隊之優勢。Haleblian and Finkelstein (1993)指出在處理問題時，規模較大的團隊，因能提出更多資訊，在解決方案上會更多元化；在面對問題時，考慮層面較廣，其分析、判斷及除錯能力也相對提升，因此，與規模較小團隊相比，皆可有較佳之表現。因此本研究預測師資規模與辦學績效成正向關係。因此建立假設六如下：H6：系所之師資規模對其辦學績效有正向影響。

四、實證分析

本研究以北部地區某軍事大學內 13 個系所為分析單位，進行系所辦學效率之評估，評估期間為 2011 年至 2015 年，合計五年資料。資料來源系所自評報告、科技部網站、系所網站、國軍人才招聘中心網站(含招生簡章)，以及校、院相關承辦參謀及系所助教資料查詢提供。

4.1 敘述性統計分析

對於多投入及多產出項的處理上，從 DEA 之經驗法則(rule of thumb)來看，在決策單位之個數，至少要大於或等於其投入項與產出項個數加總後之和的兩倍(Golany and Roll, 1989)，甚至有學者提出需達三倍(Cooper et al., 2001)，一般而言，在分析上鑑別力高低取決於受評單位個數，個數越多，高效率受評單位在形成效率前緣的機會較大。

在本研究中投入及產出之總和為 11 項，DMU 個數上總計 65 個，而 $65 > 22$ (即 2×11)，

符合 DEA 經驗法之個數要求，敘述統計分析如表 3：

表 3 投入產出變數之敘述統計分析

變數	平均數	標準差	最小值	最大值
教學工作階段				
投入變數				
人員維持費(仟元)	9486.21	2558.10	5217.40	14086.44
作業維持費(仟元)	1034.85	667.64	201.60	3201.36
軍事教育投資(仟元)	742.21	1210.99	0.05	4000.00
產出變數				
授課時數(小時)	1023.52	458.23	430.00	1898.00
教學滿意度(五尺度)	4.64	0.09	4.44	4.78
*大學生數(人)	116.42	40.48	61.00	218.00
*研究生數(人)	44.18	20.33	10.00	96.00
研究工作階段				
投入變數				
人員維持費(仟元)	9486.21	2558.10	5217.40	14086.44
作業維持費(仟元)	1034.85	667.64	201.60	3201.36
軍事教育投資(仟元)	742.21	1210.99	0.05	4000.00
*大學生數(人)	116.42	40.48	61.00	218.00
*研究生數(人)	44.18	20.33	10.00	96.00
產出變數				
成果著作(件)	5.52	4.03	0.00	18.90
專案計畫(千元)	3022.43	2787.90	100.00	12089.00
服務工作階段				
投入變數				
人員維持費(仟元)	4743.11	1279.05	2608.70	7043.22
產出變數				
校外服務(次數)	12.00	4.65	3.00	23.00
校內服務(次數)	8.80	3.27	2.00	19.00

附記：*代表此變數係產出變數亦是投入變數(65 個 DMU)

4.2 效率值分析

(一) Network DEA 模式：

本研究以 DEA 方法 Network SBM 模式直接對各系所（100 年至 104 年）進行效率值分析，當 DMU 的整體技術效率值為 1，則代表該決策單位具有效率。在以往研究多以單階段模式探討，但系所績效應考慮其時間遞延及工作階段直接或間接的影響，因此本研究直接以 DEA 的 Network SBM 模式產出導向實施探討，藉以解決單階段中所忽略的內部工作連結性及造成之影響，如表 4 分析如下：

表 4 Network DEA 模式效率值分析

No.	甲學院				乙學院				丙學院			
	整體	教學	研究	服務	整體	教學	研究	服務	整體	教學	研究	服務
1	0.824	1.000	0.999	0.483	0.354	0.667	0.206	0.712	0.777	1.000	1.000	0.410
2	0.470	0.869	0.350	0.380	0.628	0.798	0.567	0.517	0.656	0.687	1.000	0.369
3	0.180	0.805	0.088	0.401	0.684	1.000	1.000	0.302	0.747	0.825	1.000	0.440
4	0.216	0.884	0.103	0.664	0.416	0.635	0.286	0.539	0.759	0.971	1.000	0.396

結合資料包絡分析法及截斷式迴歸探討軍事大學系所辦學績效及
非投入產出因素之影響

No.	甲學院				乙學院				丙學院			
	整體	教學	研究	服務	整體	教學	研究	服務	整體	教學	研究	服務
5	0.079	1.000	0.034	0.449	0.942	0.999	0.992	0.775	0.737	0.984	1.000	0.363
6	0.826	0.732	1.000	0.754	0.354	0.623	0.250	0.342	0.824	1.000	1.000	0.483
7	0.705	0.607	0.716	1.000	0.605	0.677	0.656	0.444	0.770	1.000	1.000	0.401
8	0.843	0.682	1.000	1.000	0.329	0.663	0.268	0.213	0.863	1.000	1.000	0.558
9	0.790	0.639	1.000	0.833	0.406	0.686	0.292	0.390	0.719	0.868	0.831	0.445
10	0.498	0.550	0.395	0.741	0.405	0.735	0.282	0.393	0.679	0.873	0.686	0.464
11	1.000	1.000	1.000	1.000	0.627	1.000	1.000	0.251	0.449	0.816	0.278	0.678
12	0.785	0.868	1.000	0.483	0.619	1.000	1.000	0.245	0.595	0.749	0.495	0.589
13	0.655	1.000	1.000	0.275	0.483	0.918	0.452	0.267	0.416	0.718	0.276	0.502
14	0.998	1.000	1.000	0.990	0.532	0.947	0.571	0.265	0.317	0.897	0.228	0.211
15	0.718	1.000	0.505	1.000	0.404	1.000	0.237	0.515	0.623	1.000	1.000	0.248
16	1.000	1.000	1.000	1.000					0.676	0.707	0.859	0.446
17	0.921	1.000	1.000	0.699					0.612	0.640	0.596	0.590
18	0.635	0.648	0.595	0.701					0.544	0.671	0.529	0.411
19	0.523	0.652	0.366	0.981					0.538	0.695	0.641	0.304
20	0.984	1.000	1.000	0.923					0.582	0.731	0.631	0.372
21									0.698	0.953	0.652	0.500
22									0.495	0.777	0.368	0.479
23									0.662	1.000	1.000	0.281
24									0.742	1.000	1.000	0.365
25									0.698	0.808	0.802	0.456
26									0.622	1.000	0.558	0.407
27									0.769	1.000	0.833	0.476
28									0.745	0.842	0.917	0.464
29									0.660	0.880	0.577	0.546
30									0.790	1.000	1.000	0.429
平均值	0.682	0.847	0.707	0.738	0.519	0.823	0.537	0.411	0.659	0.870	0.759	0.436
標準差	0.272	0.162	0.356	0.244	0.161	0.154	0.307	0.166	0.124	0.124	0.253	0.100
最大值	1	1	1	1	0.942	1	1	0.775	0.863	1	1	0.678
最小值	0.079	0.550	0.034	0.275	0.329	0.623	0.206	0.213	0.317	0.640	0.228	0.211
有效率	2	9	10	5	0	4	3	0	0	10	12	0
無效率	18	11	10	15	15	11	12	15	30	20	18	30
	整體效率			教學效率			研究效率			服務效率		
平均值	0.634			0.852			0.692			0.523		
標準差	0.201			0.146			0.315			0.225		
最大值	1			1			1			1		
最小值	0.079			0.550			0.034			0.211		
有效率	2			23			25			5		
無效率	63			42			40			60		

註：整體效率值為教學工作、研究工作及服務工作之調和平均數，權重分別為 0.4、0.4 及 0.2

首先從整體效率而言，僅 2 個決策單位達到有效率，分別是 C 系所 100 年度及 D 系所 100 年度，且均落在甲學院，無效率單位共有 63 個，整體效率平均值為 0.634，而該模式整體效率值主要由教學(0.852)、研究(0.692)及服務(0.523)等三個工作效率值之調和平均數所獲得，而其權重分別為 0.4、0.4 及 0.2，所得結果可看出整體效率值要有效提升，應從相對表現較差的研究及服務工作來加強。

若以各學院來作比較，整體平均值以甲學院(0.682)最高，丙學院(0.659)次之，乙學院(0.519)最低，顯示出在整體辦學績效以甲學院較佳。

此外，在教學工作階段平均值分別為 0.847、0.823 及 0.870，因此丙學院較優，甲

學院次之，乙學院則有待加強；而達到有效率之決策單位比例分別為 $9/20=0.45$ 、 $4/15=0.27$ 及 $10/30=0.33$ ，因此甲學院在有效率系所比例較高，丙學院次之，乙學院則最少；在此階段雖然甲學院有效率系所比例高於丙學院，但平均值卻不如丙學院，可以得知甲學院系所之間效率值落差較大，丙學院效率單位比例雖少於甲學院，但其普遍效率值較為接近。

研究工作階段平均值分別為 0.707、0.537 及 0.759，因此丙學院較優，甲學院次之，乙學院相較之下落差甚大；而達到有效率之決策單位比例分別為 $10/20=0.5$ 、 $3/15=0.2$ 及 $12/30=0.4$ ，因此在排序上與教學工作同。

服務工作階段平均值分別為 0.738、0.411 及 0.436，此階段甲學院較優，其餘兩學院在服務工作均不盡理想；而達到有效率之決策單位比例分別為 $5/20=0.25$ 、 $0/15=0$ 及 $0/30=0$ ，說明乙和丙學院在此階段還有很大精進空間。

在 Network SBM 模式的分析上，可瞭解學院間或系所間之整體辦學及三個工作的效率值，在此以 C 系所 100 年度(C-100)及 D 系所 100 年度(D-100)為例，其整體辦學效率值為 1，即在 65 個決策單位中屬於有效率單位，也就是標竿單位，其教學、研究及服務工作效率值均為 1 呈現有效率；另外以整體效率值最低的 A 系所 104 年度(A-104)為例，其教學工作效率值為 1 呈現有效率，表示其教學工作在 65 的決策單位中是標竿單位，但在研究工作效率值 0.034 卻在決策單位中呈現最無效率，且服務工作效率值 0.449 呈現之相對效率亦不高，因此該決策單位在教學上雖然表現優異，但研究與服務工作成效不佳，導致整體辦學效率值最差僅 0.079。文中上述效率值分析，可供各系所參考其工作成效較薄弱處，進而改進以提升整體辦學效率。

4.3 截斷式迴歸分析

學者 Hair 等人 (1998) 研究提到，若變項間相關係數值高於 .70 時，變項間可能存在嚴重共線性問題。雖然本研究各變項間均未達 .70 以上，然為求嚴謹，本研究透過變異數膨脹因子 (Variance Inflation Factor, VIF) 實施檢定，結果顯示各變項的 VIF 值介於 1.077~3.669 間，低於標準值 10 以下，表示所有變項間不存在明顯的共線性 (Greene, 2000)。各變項之 Pearson 相關係數與 VIF 值，整理如表 5 所示。

表 5 Pearson 相關係數與 VIF 值檢定表

自變項	1	2	3	4	5	6	允差	VIF
1 師資質量(TQ)	1						.273	3.669
2 師資年資(TY)	.672**	1					.345	2.896
3 優良教師比(OTR)	.158	.042	1				.929	1.077
4 生師比(STR)	-.050	.267*	.025	1			.485	2.063
5 都會區(MA)	-.596**	-.287*	-.032	.210	1		.638	1.568
6 師資規模(TS)	.503**	.021	.247*	-.217	-.010	1	.435	2.301

註：n=65，***P<0.01，**P<0.05

本研究探討系所辦學績效與非投入產出因素之關聯，我們預期非投入產出因素會影響決策單位的整體效率值，其非投入產出因素分別以師資質量(TQ)、師資年資(TY)、優良教師比(OTR)、生師比(STR)、都會區(MA)及師資規模(TS)等共計六個代理變數，我們以某軍事大學 13 個系所為分析單位，樣本時間為 100 年至 104 年，合計 65 筆資料，在此探討非投入產出因素對整體辦學效率之影響，分析結果如表 1 所示：

結合資料包絡分析法及截斷式迴歸探討軍事大學系所辦學績效及非投入產出因素之影響

表 1 非投入產出因素對系所辦學績效之截斷式迴歸分析結果

代理變數	係數	標準差	Z 檢定	P 值	顯著性
截距	0.7635	0.2034	3.7542	0.0002	
師資質量(TQ)	0.0050	0.0063	0.7916	0.4286	
師資年資(TY)	-0.0002	0.0009	-0.1912	0.8484	
優良教師比(OTR)	0.0050	0.0047	1.0595	0.2894	
生師比(STR)	0.0261	0.0102	2.5529	0.0107	**
都會區(MA)	-0.1171	0.0685	-1.7112	0.0870	*
師資規模(TS)	-0.0300	0.0175	-1.7120	0.0869	*

註：*** $P < 0.01$ ，** $P < 0.05$ ，* $P < 0.1$ ， $R^2 = 0.096$ Adj $R^2 = 0.002$

在「師資質量」假設結果顯示，在辦學效率中呈現不顯著影響，表示師資質量對辦學效率無顯著影響。

在「師資年資」假設結果顯示，在辦學效率中呈現不顯著影響，表示師資年資對辦學效率無顯著影響。

在「優良教師比」假設結果顯示，在辦學效率中呈現不顯著影響，表示優良教師比對辦學效率無顯著影響。

在「生師比」假設結果顯示，在辦學效率中呈現正向且顯著影響(P 值為 $0.011 < 0.05$)，以近期數據顯示，生師比較高相對辦學校率較為提升，此結果與假設預期迥異，在此推論影響學生受教權及教師教學負荷難以實質評估，且因辦學效率係由教學、研究及服務等工作組成，整體來看，生師比越高，對辦學效率反而有顯著正向影響。

在「都會區」假設結果顯示，在辦學效率中呈現負向顯著影響(P 值為 $0.087 < 0.1$)，表示座落在都會區之系所與座落在非都會區相較之下績效較差，此結果與假設預期迥異，在此推論因現今資訊發達，相關資源在都會區與非都會區均取得容易。而導致負向結果之原因，可能係受周遭環境所影響，在都會區交通便利，並存在著外界五光十色且多采多姿的誘惑，課餘時間將消磨於此，進而減少學習時間，導致辦學效率低於在非都會區之系所。

在「師資規模」假設結果顯示，在辦學效率中呈現負向顯著影響(P 值為 $0.087 < 0.1$)，表示師資規模對辦學效率有顯著影響，師資規模越大，整體辦學效率越差。此結果與假設預期迥異。在此推論可能是因為規模越大，在觀念、理念上不同，或者是有限理性的限制上，導致在意見上整合不易，且容易產生不同派系，進而使效率降低(葉銀華等，2002；廖秀梅等，2006)。

伍、結論與建議

本研究評估軍事大學所屬系所間辦學績效，資料擷取時間為 2011 年至 2015 年。首先運用多階段資料包絡分析法，以瞭解其辦學過程中內部教學、研究及服務工作之連結性。其次運用截斷式迴歸探究非投入產出因素與系所辦學績效之關聯性，使系所了解其優勢，最後，本研究依據實證結果提供管理意涵，做為學校及決策者在策略規劃上的衡量參考。

5.1 研究結論

(一) 藉網絡模式瞭解系所工作效率需改善方向：

藉由本研究評估模式，可評估系所整體辦學績效，亦可檢視在教學、研究及服務的

績效及其精進改善方向，以本研究為例，在教學效率 0.852、研究效率 0.692 及服務效率 0.523 狀況下，應該從研究及服務工作來著手，方能有效提升及改善整體辦學績效。

(二) 生師比高低、都會區與非都會區及師資規模對系所辦學績效有顯著之影響：

截斷式迴歸分析之結果，生師比越高對於辦學效率具有正向且顯著之影響，與本研究假設相反，在此推論原因如下：第一、生師比較高也隱含當學生人數較多，教育經費依照學生人數而補助進而增加，而行政組織也能擁有較多資源進而提升辦學效率（徐秀鈴，2018）；其次，由於少子化衝擊及國防部近年來對招生員額之控管，使國防大學基礎學院之學生數與教育部 106 年修訂後「專科以上學校總量發展規模與資源條件標準」所訂之標準日間學制生師比 23 相差甚遠，如日間學制生師比最大僅達 17 最小則為 5，故而趨向精緻化教學，導致辦學品質與績效有所提升。另外，在生師比的提升上，可藉由增加學生招生人數亦或檢討教師數兩方面來進行，而教師數的精減與否，對每個系所在課程規劃及人員調配均是一大考驗。由於少子化現象未來將持續，其對於教育體系的影響主要來自於學生來源減少與教育資源閒置的問題（行政院經濟建設委員會，2008），然而少子化減班後，如何有效應用閒置資源以提升辦學績效，已有不少案例值得推廣，例如將閒置教室改為英語情境教室、音樂教室、特殊資源教室等專業教室，營造為具創意且多元發展的教育環境，使學校辦學更趨精緻化（吳啟綜，2008），再者為增進招生與疏緩少子化浪潮對於辦學之影響，許多學校與產業界共同攜手合辦教育專班或策略聯盟，此策略藉由資源共享與強化業界實習，兼顧學生「就學」與「就業」之教育模式，藉以打造學習與實習之合作平台，以提升教育能見視野水準與學術成果（葉富鈞等，2020）。

就都會區與非都會區而言，座落在都會區之系所與座落在非都會區之系所相較之下績效較差，與本研究假設相反，在辦學效率以及教學和研究工作均呈現負向顯著相關，在此推論因現今資訊發達，相關資源在都會區與非都會區均取得容易。而導致負向結果之原因，可能係受周遭環境所影響，在都會區交通便利，並存在著外界五光十色且多采多姿的誘惑，課餘時間將消磨於此，進而減少學習時間，導致辦學效率低於在非都會區之系所。

就師資規模而言，規模越大對於辦學效率具有負向且顯著之影響，此結果與生師比呈現相呼應的結果，在學生人數未增加以及教學、研究及服務工作之產出未增加的同時，系所的師資規模越大，導致的結果就是相對效率越差，因此系所可適度考量在專任教師及兼任教師人數上之比例及取捨。

5.2 未來研究建議

本研究缺口在於對非系所合一之獨立系及獨立所，因考慮其可比性而未納入評估，對於管理者來說，在資源分配運用考量上將產生影響，因此是否有一套可以將所有系所納入或一般大專院校而又不影響績效評估之可比性，可作為未來研究方向。

本研究中在未超過教育部總量標準前提下，生師比對辦學績效產生正向之影響，但不同系所在教學上大班制及小班制可能有不同成效，因此生師比在不同系所中人數上是否有最適之比例，可做為後續研究方向。

參考文獻

- 彭杏珠，2009。少子化，少掉的不只是孩子。遠見雜誌，第 282 期 12 月號。
- 方佳梅，2007。國民小學智慧資本衡量指標之建構，中華民國品質學會第 43 屆年會暨第 13 屆全國品質管理研討會論文集，臺北市。
- 江東亮，2016。第一，二週期系所評鑑結果的啟示，評鑑雙月刊，第 62 期，14-16。
- 江靜穎，2007。以資料包絡分析法(DEA)評估國內醫院相關管理研究所之效率，中國醫藥大學醫務管理學系碩士班學位論文。
- 牟宗燦，2003。大學評鑑的實踐與挑戰，通識教育季刊，第 10 卷 3/4 期，151-161。
- 行政院經濟建設委員會，2008。中華民國臺灣 97 至 145 年人口推計，台北市。
- 吳啟綜，2008。北市 4 年改造千間閒置教室，國語日報，2008 年 10 月 2 日。
- 吳毓瑩、蔡振洲，2014。東南亞裔新移民女性之子女的學業成就真的比較差嗎？與本地對照比較之三年追蹤探究，教育研究集刊，第 60 卷 1 期，77-113。
- 呂怡璇，2004。私立大學校院經營績效與教育部獎補助款之關聯性研究，中原大學會計學系碩士論文。
- 宋曜廷、邱佳民、劉欣宜、曾芬蘭、陳柏熹，2009。以國中基本學力測驗成績探討班級規模效應，教育科學研究期刊，第 52 卷 2 期，59-83。
- 汪漢英、黃文聰、黃開義、畢威寧，2007。應用資料包絡分析法之大學學系績效評估實證研究，Journal of Humanities and Social Sciences，第 3 卷 2 期，55-66。
- 沈艷雪，2002。校務基金績效評估—以某大學個案為例。國立成功大學會計學研究所碩士論文。
- 阮孟禹，2006。圖書館評估的意義與缺失。圖書館建設，第 2 期，102-103。
- 周穎利、梁淑菁，2017。評鑑 2.0 時代大學如何確保系所品質，評鑑雙月刊，第 67 期，52-53。
- 林萬億，2010。我國社會工作教育的發展：後專業主義的課題，臺大社會工作學刊，第 22 期，153-196。
- 侯永琪、林劭仁、池俊吉，2017。教育部停辦系所評鑑與各大學因應之道。評鑑雙月刊，第 67 期，7-10。
- 孫遜，2003。軍事院校辦學績效評估之研究—以國防管理學院為例，中山管理評論，第 11 卷 2 期，219-250。
- 徐秀鈴、孫國華，2018。少子化現象對國民教育的衝擊與因應，臺灣教育評論月刊，第 7 卷 2 期，75-79。
- 秦夢群、陳遵行，2012。臺灣高等教育評鑑制度與實施之分析研究，教育資料與研究。
- 張乃仁，2011。企業智慧資本、綠色創新與環境績效關聯性之研究，遠東學報，第 28 卷 4 期，367-384。
- 張幼華，2003。應用智慧資本觀點於軍事教育指標之研究—以國防大學為例，國防管理學院國防財務資源研究所未出版碩士論文。
- 張國保，2009。大學教師在系所評鑑中的角色與任務，評鑑雙月刊，第 17 期，19-22。
- 張德勝，2003。「學生評鑑教師教學」之結果：教師態度有關嗎？，教育心理學報，第 35

卷 2 期，183-200。

莊惠文，2000。大學教學評鑑指標建構之研究，國立台北師範學院國民教育研究所博士論文。

黃文聰，2003。知識產業之生產力管理與決策支援模式建構—教學系統實證研究。大葉大學工業工程學系碩士論文。

葉富鈞、王盛時、張嘉惠，2020。應用產學攜手合作計畫精進招生策略及提升學生航空素質，萬能學報，第 42 期，24-34。

葉銀華、李存修、柯承恩，2002。公司治理與評等系統，台北，周商文化。

詹盛如、楊家瑜，2014。面對少子化與全球化的挑戰：高等教育組織的發展策略，評鑑雙月刊，第 52 期，19-22。

廖秀梅、李建然、吳祥華，2006。董事會結構特性與公司績效關係之研究—兼論台灣家族企業因素的影響，東吳經濟商學學報，第 54 期，117-160。

蔡秀華，2002。大學體育館營運績效指標之個案研究—以國立台灣大學綜合體育館為例，國立台灣師範大學體育學系未出版碩士論文。

盧永祥，2012，臺灣高等技專校院效率評估與生產力指數之分析，應用經濟論叢，第 2012 期，205-239。

謝亞恆、林俊瑩，2007。學校教學品質與學校滿意度之關聯性：以台灣地區大學生為例，臺東大學教育學報，第 18 卷 1 期，107-139。

蘇珍慧，2017。偏鄉師資的問題 迷思與解決途徑，臺灣教育評論月刊，第 6 卷 9 期，137-143。

Bangi, Y., Sahay, A., NCR, G. N., and Pradesh, U. 2014. Efficiency Assessment of the Tanzanian Universities. *Journal of Education and practice*, 5(14), 130-143.

Banker, R. D., Charnes, A., and Cooper, W. W. 1984. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management science*, 30(9), 1078-1092.

Bowlin, W. F. 1987. Evaluating the efficiency of US Air force real-property maintenance activities. *Journal of the Operational Research Society*, 38(2), 127-135.

Charnes, A., Cooper, W. W., and Rhodes, E. 1978. Measuring the efficiency of decision making units. *European journal of operational research*, 2(6), 429-444.

Cooper, W. W., Li, S., Seiford, L. M., Tone, K., Thrall, R. M., and Zhu, J. 2001. Sensitivity and stability analysis in DEA: some recent developments. *Journal of Productivity Analysis*, 15(3), 217-246.

Flegg, A., Allen, D., Field, K., and Thurlow, T. 2004. Measuring the efficiency of British universities: a multi-period data envelopment analysis. *Education Economics*, 12(3), 231-249.

Gentry, W. A., Gilmore, D. C., Shuffler, M. L., and Leslie, J. B. 2012. Political skill as an indicator of promotability among multiple rater sources. *Journal of Organizational Behavior*, 33(1), 89-104.

Golany, B., and Roll, Y. 1989. An application procedure for DEA. *Omega*, 17(3), 237-250.

Haleblian, J., and Finkelstein, S. 1993. Top management team size, CEO dominance, and firm

- performance: The moderating roles of environmental turbulence and discretion. *Academy of management journal*, 36(4), 844-863.
- Harris, K. J., Kacmar, K. M., and Carlson, D. S. 2006. An examination of temporal variables and relationship quality on promotability ratings. *Group & Organization Management*, 31(6), 677-699.
- Huang, Y.-H. 2014. Exploring Information Service Models for Corporations in Taiwan from the Intellectual Capital Perspective. *Journal of Library & Information Science Research*, 8(2).
- Johnson.1999.An integrative taxonomy of intellectual capital: measuring the stock and flow of intellectual capital components in the firm. *International Journal of Technology Management*.18(5-8),562-575.
- Katharaki, M., and Katharakis, G. 2010. A comparative assessment of Greek universities' efficiency using quantitative analysis. *International journal of educational research*, 49(4-5), 115-128.
- Kempkes, G., and Pohl, C. 2010. The efficiency of German universities—some evidence from nonparametric and parametric methods. *Applied economics*, 42(16), 2,063-2,079.
- Kipsha, E. F., and Msigwa, R. 2013. Efficiency of higher learning institutions: Evidences from public universities in Tanzania. *Journal of Education and practice*, 4(7), 63-73.
- McMillan, M. L., and Datta, D. 1998. The relative efficiencies of Canadian universities: A DEA perspective. *Canadian Public Policy/Analyse de Politiques*, 485-511.
- Monfared, M. A. S., and Safi, M. 2013. Network DEA: an application to analysis of academic performance. *Journal of Industrial Engineering International*, 9(1), 15.
- Scriven, M. 1991. Evaluation thesaurus: Sage.
- Simar, L., and Wilson, P. W. 2007. Estimation and inference in two-stage, semi-parametric models of production processes. *Journal of econometrics*, 136(1), 31-64.
- Smith, K. G., Smith, K. A., Olian, J. D., Sims Jr, H. P., O'Bannon, D. P., and Scully, J. A. 1994. Top management team demography and process: The role of social integration and communication. *Administrative science quarterly*, 412-438.
- Wongchai, A., Liu, W.-B., and Peng, K.-C. 2012. DEA metafrontier analysis on technical efficiency differences of national universities in Thailand. *International Journal on New Trends in Education and their implications*, 3(3), 3.
- Smith, K. G., Smith, K. A., Olian, J. D., Sims Jr, H. P., O'Bannon, D. P., and Scully, J. A. 1994. Top management team demography and process: The role of social integration and communication. *Administrative science quarterly*, 412-438.

「國防管理學報」徵稿與評審辦法

壹、目的與範圍

「國防管理學報」係為國防大學管理學院發行之學術期刊，凡舉人力資源、財務管理、物流管理、科技管理、資訊管理、資源決策、國防法制、採購管理、戰場管理等學術領域，尤為與軍事結合之論述，或能闡明其軍事管理意涵之稿件，竭誠歡迎專家學者投稿。凡來函稿件以原創性及回顧性論文為主，已發表在其他期刊或審稿中的文章將不接受刊登，稿件文章力求精簡嚴謹，本學報支付稿酬，不收取刊登費用，贈送作者當期學報乙冊，來稿採隨到隨審方式全年徵稿。

稿件篇幅不得超過 20 頁（約 2 萬字）。本學報不收取刊登費用，來稿採隨到隨審、雙向匿名方式進行審查，全年徵稿；自第四十卷第一期起，來稿一經刊載，即依本刊規定奉致稿酬。

貳、投稿方式與格式

本學報為半年刊，每年五、十一月出刊，為便利本學報編審及出版作業，採系統投稿與信箱投稿之雙軌制，來稿敬請將 word 檔逕寄「國防管理學報信箱」journalofndm@gmail.com，並同時於國防大學網站報名（步驟：國防大學首頁左下角→雜誌期刊專區內之雜誌期刊投、審稿作業→報名投稿→送出），以利加速審稿時效。

若有相關問題請洽詢國防大學管理學報 承辦人（陳正忠先生 電話 02-28986771）。

參、評審辦法

評審作業方式由主編推薦兩位相關領域審查人員擔任稿件審查工作，審查意見共分四級，分別為拒絕、修改後再審、修改後主編審閱（原審者不須過目）、刊登，凡經審查接受者始得刊登本學報，審查結果處理方式如下表：

		第二位評審意見			
		拒絕	修改後再審	修改後主編審閱(原審者不需過目)	刊登
第一位評審意見	拒絕	不宜刊登	不宜刊登	送第三人審	送第三人審
	修改後再審	不宜刊登	修改後再審	修改後送第一位原審者再審	修改後送第一位原審者再審
	修改後主編審閱(原審者不需過目)	送第三人審	修改後送第二位原審者再審	修改後刊登	修改後刊登
	刊登	送第三人審	修改後送第二位原審者再審	修改後刊登	刊登

作者須自負文責，並請注意不得違反國軍保密與著作權等相關規定，對審查人員所建議刊登之文章，將隨即進行保密安全查核，凡經查核有疑慮者仍將無法刊登，且編審委員對來稿有刪改或建議修正權，不願刪改時應於稿件上預先註明，不適合刊登之稿件則退還原作者，並附專家學者審查意見供投稿人參考，如有未盡事宜，得經本校編輯委員會補充訂定之。

國防管理學報論文格式範例

王曉明¹ 李大華^{2*}

¹ 國防大學資源管理及決策研究所

² 國防大學財務管理學系

摘要

本文舉例說明國防管理學報所採用之排版格式，供投稿人編排論文參考之用。首先稿件全文中文部分皆使用標楷體，英文的部分則使用 Times New Roman 字型，論文可以中〈英〉文方式書寫，中〈英〉文論文必須加附英〈中〉文題目、作者姓名、單位、摘要及關鍵詞於中〈英〉關鍵詞(Keywords)之後，中文關鍵詞分隔符號以頓號「、」進行分隔，英文關鍵詞分隔符號以半形逗號「,」進行分隔，關鍵詞後均不加句號。英文姓名依護照外文姓名書寫方式，姓在前，名在後，姓之後加逗點，名與名之間加短劃「-」連結。中〈英〉題目為粗體 16 點字，作者姓名粗體 14 點，單位粗體 11 點，摘要標題粗體 12 點，摘要本文 12 點，關鍵詞標題粗體 12 點。當題目過長無法以一行表示時，必須以倒三角的方式排列。題目、作者姓名、單位、摘要標題與摘要本文之間必須間隔一行來表示。

關鍵詞：國防大學、管理學院、國防管理學報(3-5 個為宜)

English Title

Wang, Siao-Ming¹ Li, Da-Hua^{2*}

¹Graduate School of Resources Management and Decision Science, National Defense University,
Taiwan, R.O.C.

²Department of Financial Management, National Defense University,
Taiwan, R.O.C.

Abstract

Please provide the English abstract in 300 words and keywords.

Keywords: National Defense University, Management College, Journal of National Defense Management (3-5 keywords)

* 聯絡作者:李大華 email:wsf@gmail.com 聯絡作者之 email 請以*註腳方式列示於首頁

¹ 註腳部不論中英文，請附註在當頁下方，且儘可能少用並以參考文獻代之。任何編排上的問題
請電 02-28986600-604813 軍線：604813 E-mail：journalofndm@gmail.com 陳先生。

一、內容格式（大段落標題一律置中）

文章用 A4 大小的紙張，每頁上下緣及左右側各留 2.5 公分，文章以單欄方式打字且左右對齊，內文字型均採 12 點標楷體，採單行間距。

文章內容依序包含中〈英〉文標題、中〈英〉文作者、中〈英〉文摘要、中〈英〉文關鍵詞、英〈中〉文題目，英〈中〉作者姓名、英〈中〉服務單位、英〈中〉摘要、英〈中〉關鍵詞，本文、誌謝、參考文獻、附錄等順序書寫。文稿以不超過學報 20 頁為原則，並請以清晰之印表機列印，應避免使用有保密標號之浮水印影本，減少影響文稿內容之呈現。

1.1 段落編碼方式（中小段落標明靠左對齊）

段落編碼區分中文與英文兩種文稿。中文段落編排分別依一、1.1、1.1.1 順序排列(如圖 1 所示)，英文段落編排則依 1.、1.1、1.1.1 順序排列(如圖 2 所示)。

一、前言（14 級粗黑標楷體，置中）

1.1 設計量度(12 級粗黑標楷體)

1.1.1 可信度(12 級標楷體)

圖 1 中文段落編碼範例

2. Literature Review (14-pt bold Times New Roman, centered)

2.1 Corporate Governance (12-pt bold Times New Roman)

2.1.1 Board structure (12-pt Times New Roman)

圖 2 英文段落編碼範例

1.2 段落

每一段落開始，均需空兩字元，文內所出現之數字部分請使用 Times New Roman 字型文稿，中文稿中之英文詞及括號內之英文對照，除專有名詞外一律小寫表示，文稿經審查被接受時，作者不得擅自於校稿過程中增減內容，僅能就審查委員建議及排版錯誤修正。

二、圖表及方程式格式

2.1 圖片

不論是圖或表必須著名圖（表）號、圖（表）稱以及資料來源，若資料來源字研究者本身時則不需註明，文中所用之圖表、照片力求清晰，皆應以雷射列表機印出，其圖標題必須置於圖片下方。若圖標題僅使用一行，則必須置中，否則應靠左對齊。圖（表）必須用阿拉伯數字加以編號，之後不需要加任何標點符號如「：」，直接註明圖（表）稱即可。如文中引用時應指出圖號與表號來指引讀者，避免使用「如下圖所示」來表示。

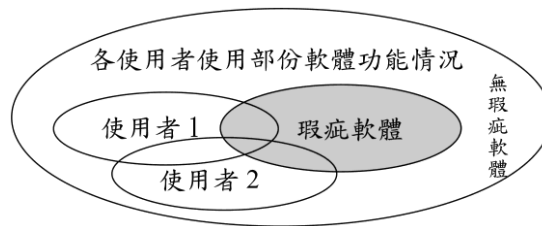


圖 3 軟體使用模式

2.2 表格

表標題必須置於表格上方且置中。如下例：

表 1 模組轉換機率表

--	--	--	--

2.3 方程式

方程式應於上下各留一行空白，方程式應編號，編號靠右對齊並從(1)開始。如下例：

$$Q_{ij} = R_i p_{m_{ij}} \quad (1)$$

三、內文引述格式

3.1 內文引述文獻

內文引述文獻應依中、英文稿之不同，遵循不同的格式要求。請同時注意以下範例之字體、斜體、底線、標點符號等規定。

3.1.1

內文中引用文獻需含作者及出版年份，出版年份置於半形括號中，例如：A（年度）。若引用文獻有兩位作者，請用「與」或「and」字連接，例如：A 與 B（年度）或 A and B（年度）。若引用文獻有三人以上時，中文為 A 等（年度）而英文為 A et al.（年度）。

3.1.2

引述文獻的括號內包含參考文獻之作者與出版年份時，請以「逗號」連接，

例如：中文為（A 與 B，年度）而英文為(A and B,年度)。若文獻有三人或以上時，中文為（A 等，年度）而英文為(A et al.,年度)。

3.1.3

英文專有名詞字首以大寫書寫並與縮寫之間用半形分號隔開。例如資料包絡分析法(Data Envelopment Analysis; DEA)。

3.1.4

括號內同時有多筆文獻時，中文引述文獻不同作者之間請用全形分號隔開，相同作者不同年代之文獻請用全形逗號隔開；英文引述文獻不同作者之間用半形分號加空格隔開，相同作者不同年代之文獻用半形逗號加空格隔開。

四、參考文獻

參考文獻標題不須編碼，參考文獻必須以本文引用才能列出，文獻必須區分中文與英文部分，先列出中文的參考文獻再列出英文的參考文獻，中文文獻依姓氏筆劃順序排列，筆劃較少的優先出現，英文則依字母順序排列。當不同文獻出自同一作者時，應依年代排序，年代較早的文獻先出現。不論中文與外文參考文獻均採西元年代，中文期卷、頁數均採阿拉伯數字，勿用國字表示。英文文獻作者姓名會依人數多寡編排方式有所不同，當作者一人時一律採縮倒寫格式（姓氏在前，名字在後，並用逗號隔開）。當作者不只一人時，只有第一作者採縮倒寫格式，以後作者採縮寫格式（名字在前，姓氏在後，並將名字縮寫）。出版地以總公司所在之程式為準，出版地與出版者之間須以冒號隔開，英文書籍出版地須以城市名或州名方式處理，在出版公司之後不需加上「書局」或「出版社」等字，英文則如 Publishing Co.或 Book Company 等字，並請注意英文的標點符號全部為半形，而且在標點符號之後需空一格半形，中文則全部為全形，標點符號之後則不需空格。頁數部分則直接註明頁碼不須以「p.」或「pp.」方式，但英文報紙則須加註以表明版頁。參考文獻以凸排方式編排。所有中英文之期刊、書籍、研討會議、論文集、報告、學位論文、編輯書、翻譯書、報紙與網路之編排格式範例，請參照參考文獻部份範例，若有不足部分，請參考 APA 第六版格式相關規範。

五、國防領域之應用

本段乃鼓勵作者以 500 字以內簡述本論文於國防相關事務之可能性應用；舉凡人力資源、財務管理、物流管理、資訊管理、資源決策、軍事法律、採購管理、戰場管理等皆可。特別是鼓勵無法直接以軍事單位或國防事務為研究對象之專家學者，依其專業，提出於國防事務應用之價值與可能性，以拓展學刊之多元性，也讓實務工作者可以明瞭此論文於實務之應用與價值。

誌謝

若需要於本文末段簡短表達無則可免。

參考文獻

- 王文義，1983。談國內百貨公司專櫃制度，經濟日報，1983年4月12日，第16版。
- 毛宣崇，傅敬群，1999。決策理論在軟體使用模式上之應用，陸軍官校七十五年週年校慶綜合學術研討會論文集，33-38。
- 林彩梅，1986。多國籍企業，台北：五南。
- 留忠賢譯，1997。軟體工程，第3版，台北：松崗，譯自 Ian Sommerville。
- 張文貴，1997。從產品使用型態談軟體品質的認證，品質學報，第3卷2期，26-29。
- 許牧彥，2001。從知識經濟的特質談台灣專利，收錄自吳思華編，知識資本在台灣，台北：遠流，297-352。
- 楊國隆，1997。模糊多屬性決策分析評估武器系統，國防管理員院資源管理研究所碩士論文。
- 經濟部投資業務處編印，1993。泰國投資環境簡介，20-30。
- 楊國隆，1999。模糊統計之可靠度分析模式，陸軍官校八十一週年校慶綜合學術研討會，鳳山。
- 楊國隆，2000。模糊多屬性決策分析評估武器系統，下載於 <http://www.ndu.edu.tw/articles.htm> (2003年8月23日)。
- 楊壽仁，動態決策理論之研究，國科會補助研究報告，NSC86-2417-H-224-001。
- Baron, R.A., 1993. Affect and Organizational Behavior: When and Feeling Good Matter. In J. K. Murnighan (Ed.) Social Psychology in Organization (66-68) Chichester, England: John Wiley & Sons.
- Kao, C. and Yang, Y. C., 1992. Reorganization of forest districts via efficiency measurement, *European Journal of Operational Research*, 58 (2), 356-362.
- Kotler, P., 1991. *Marketing Management*, trans. John Glueck, 1993.
- Kurtenbach, E., 1995. *Housing Crisis is Real Life Drama*, The China Post, July 11 1995, 12.
- Liang, S. K., Yang, K. L. and Chu, P., 2003. Fuzzy multi-object programming application for time-cost trade-off of CPM in project management, *Portland International Conference on Management of Engineering and Technology'03*. U.S.A.
- Mills, H. D., 1992. *Software Productivity*, 10th ed, NJ: Prentice Hall.
- Shih, Y. C., M. J. Wang, and C. H. Chang, 1996. The effects of handle angle on maximum acceptable weight of lifting, *Proceedings of the 4th Pan-Pacific Conference on Occupational Ergonomics*, 260-263.
- Hock, D. W., 2004. Method for Measuring Intangible Asserts. From <http://www.sveiby.com/articles/Intangiblemethods.htm> (retrieved on May 18, 2005)

- Rosenwein, M., 1986. Design and Application of Solution Methodologies to Optimize Problems in Transportation Logistics, Ph. D. Dissertation, Department of Decision Sciences, University of Pennsylvania, Philadelphia.
- Simpson, B. H., 1975. Improving the Measurement of Chassis Dynamometer Fuel, Society of Automotive Engineers Technical Paper Series 750002.

附錄

和本文無直接關係或太過冗長內容請放置附錄，其內容以單欄方式放置文章之最後。

國防管理學報

JOURNAL OF NATIONAL DEFENSE
MANAGEMENT

創辦人：果 芸

發行人：林振裕

出版者：國防大學管理學院

網址：<https://www.ndmc.ndu.edu.tw/p/412-1000-402.php?Lang=zh-tw>

地址：臺北市北投區中央北路2段70號

電話：(02)228986771

登記證字號：行政院新聞局局版台誌第3853號

中華郵政台字第1112號執照登記為雜誌交寄

創刊日期：73年元月

承印者：國防部軍備局生產製造中心第401廠北部印製所

TEL：(03)4801145，4801456

發行量：350本

展售處：五南文化廣場 網址：<http://www.wunanbooks.com.tw>

地址：400臺中市中山路6號 電話(04)22260330

國家書店：網址：<http://www.govbooks.com.tw>

地址：104臺北市松江路209號1F 電話(02)25180207

定價：新台幣350元／本

GPN：2007300059

ISSN：1022-4858

中華民國一一一年五月



本刊內容採「姓名標示—非商業性—禁止改作」
創用授權條款 3.0 臺灣版

