

國防管理學報

第四十五卷 第二期

JOURNAL OF NATIONAL DEFENSE MANAGEMENT

Volume 45, No. 2



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：陳良駒 國防大學管理學院資訊管理學系
(03)3801126#604971
ndmchorse@gmail.com

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

編輯委員：古政元 國立陽明交通大學資訊管理研究所
胡秀華 銘傳大學國際企業學系

胡雅涵	國立中央大學資訊管理學系
高瑞新	國立金門大學海洋與邊境管理學系
張益誠	國立東華大學會計學系
陳育亮	世新大學資訊管理學系
陳勁甫	元智大學社會暨政策科學學系
賀增原	國防安全研究院網路安全與決策推演研究所
黃啟祐	國立臺灣科技大學科技管理研究所
蔡宗憲	國立金門大學觀光管理學系
盧文民	文化大學國際企業管理學系
羅新興	健行科技大學室內設計與管理系

副總編輯：劉興漢
國防大學管理學院資訊管理學系
臺北市北投區中央北路2段70號
(03)3801126#604410
liu.hansh@gmail.com

副總編輯：林杰彬
國防大學管理學院資訊管理學系
臺北市北投區中央北路2段70號
(03)3801126#604976
cplin.ndu@gmail.com

編輯助理：潘敬元
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
(03)3801126#604833
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 45 卷第 2 期「編輯的話」

本次的順利出刊感謝新聘編審委員國立陽明交通大學資訊管理研究所古政元教授、國立中央大學資訊管理學系胡雅涵教授、世新大學資訊管理學系陳育亮教授，以及學報技術編輯委員們在編審會議中提出許多具體且寶貴的建議，對於未來學報品質的提升有很大的助益。同時也感謝國立臺灣科技大學科技管理研究所黃啟祐教授、國立東華大學會計學系張益誠教授加入編審團隊，共同為學報的發展而努力。相信新聘委員的熱情參與及現任委員的持續投入，將會使本學報的內容更為多元，同時對於國防相關事務更具政策影響力。期待學報能夠持續的惕勵精進，以達高學術水準及高國防應用的發展目標。

本期共刊出四篇文章，內容涵蓋資訊安全技術、作戰防衛規劃、軍校招募策略與主財數據分析等多面向的發展，值得讀者細細理解與品味。

第一篇〈區塊鏈技術於國防人事文件保存與驗證可行性研究-以國軍軍士官任官令為例〉一文，作者探討區塊鏈技術的發展，同時運用該技術具有去中心化、不可篡改且資料永久保存等特性，建構更為安全的國軍軍士官任官令數位作業機制。該機制除具有持有關係驗證性與原始檔上鏈儲存性外，在安全性上亦可滿足機密、隱匿、不可否認、不可篡改等特點。該篇研究所提方案，可有效解決傳統紙本文件所產生之保存與換（補）發輔助驗證、查詢等問題。若能有效導入國軍部隊，將增進人事文件處理行政效益，並提升身分驗證之安全性。

第二篇〈國土防衛地面兵力部署最佳化—最短路徑網路攔截問題之應用〉一文，作者以持久性戰略的國土防衛作戰為研究規劃之目標，提出在最短路徑網路攔截問題的基礎上，建構新型態的雙層規劃「防禦者-侵略者」數學模型防衛作戰策略，探討如何以國土防衛軍建構第四道防線，同時求解我軍兵力部署最佳化問題及侵略者在此部署情況下的最佳進攻路徑。作者提出簡群演算為基的巢式序列架構求解方法，並加入伏擊最短路徑的區域搜索機制以強化演算法性能。此外，作者也透過多個隨機問題及實例問題設計，進行演算法參數調適及編碼驗證，以模擬國土防衛策略的可行性與有效性。

第三篇〈粉絲專頁訊息策略與軍校招生之研究〉一文，作者以刺激-機制-反應模型為基礎，同時整合訊息溝通及知覺價值的理論，來探討粉絲專頁貼文特質與分享意願之關係。該研究以國防大學臉書粉絲專頁為標的，針對年度新進學生實施問卷調查及數據統計分析。研究結果顯示貼文訊息之資訊性、時事性及有趣性等內容特質顯著影響閱聽人之知覺價值，進而對於分享意圖具有顯著的影響效果。作者建議該粉絲專

頁可增加訊息的互動性，以觸發閱聽者之知覺價值列為首要改善項目；藉由針對粉絲專頁訊息貼文內容的管理與經營策略調整，可強化軍事院校未來行銷及招生之作為。

第四篇〈多類型頻繁樣態探勘應用於國軍雲端主財系統數據分析之研究〉一文，作者認為以人工方式進行的財務數據內控程序，具有不易及時反應內部作業之漏洞及適時預警財務業務之風險。該研究嘗試以國軍主財資訊雲端服務系統下的人員申領休假補助費退件缺失數據集為範例，透過合併為基、樹狀為基及樣型成長等多類型的頻繁樣態關聯規則探勘方法，來分析不同演算機制下的缺失樣態關聯及差異性。研究成果可納入相關系統防呆檢核，或是內部稽核第一線人員之訓練教案，可有效提升主財人員在內部稽核作業之效率。

總編輯 陳良駒

國防大學管理學院資訊管理學系 專任教授

113 年 11 月

國防管理學報

第四十五卷 第二期

目 錄

<u>篇次</u>	<u>篇 名</u>	<u>作 者</u>	<u>頁次</u>
1.	區塊鏈技術於國防人事文件保存與驗證可行性研究-以 國軍軍士官任官令為例 The Feasibility Study on Blockchain Technology for Preservation and Validation of National Defense Personnel Documents: Commission Certificate of ROC Armed Forces Officer/NCO	蘇品長 王永志	1
2.	國土防衛地面兵力部署最佳化—最短路徑網路攔截問題 之應用 Optimizing Ground Forces Deployment for National Defense – Application of Shortest Path Network Interdiction Problem	賴智明 陳秀靜	21
3.	粉絲專頁訊息策略與軍校招生之研究 A Study on Fan Page Messaging Strategies and Military Academy Recruitment	陳詩宜 劉憲明	49
4.	多類型頻繁樣態探勘應用於國軍雲端主財系統數據分析 之研究 The Study on the Application of Multi-Class Frequent Pattern Mining to the Data Analysis of the National Defense Comptroller Cloud Information System	陳良駒 傅祖銘	75

中華民國一一三年十一月

區塊鏈技術於國防人事文件保存與驗證可行性研究 —以國軍軍士官任官令為例

蘇品長 王永志*

國防大學資訊管理學系

論文編號: NM-44-01-07

DOI: 10.29496/JNDM.202411_45(2).0001

來稿 2023 年 1 月 5 日→第一次修訂 2023 年 2 月 7 日→同意刊登 2023 年 2 月 26 日

摘要

區塊鏈為一種結合密碼學、數學與共識機制的劃世代技術。當「智慧合約」出現後，區塊鏈應用有了爆炸性突破，一舉飛躍至其他領域。各國亦開始針對國防的區塊鏈進行研究，如無人機管理等。目前國防人事文件仍多以紙本呈現，易因各種因素導致遺損，造成後續補發、查驗困難。本研究以國軍軍官士官任官令為例，提出以區塊鏈技術特性，設計將任官令導入區塊鏈後的作業流程，有效解決前述紙本文件產生之保存與換(補)發輔助驗證等問題，節省國防預算、增進人事文件處理效益並提升便民效益與國軍形象。

關鍵詞：區塊鏈、任官令、密碼學、智慧合約

*聯絡作者：王永志 email: yjwang980204001@gmail.com

The Feasibility Study on Blockchain Technology for Preservation and Validation of National Defense Personnel Documents: Commission Certificate of ROC Armed Forces Officer/NCO

Su, Pin-Chang Wang, Yeong-Jyh *

Department of Information Management, National Defense University, *Taiwan, R.O.C.*

Abstract

Blockchain is a groundbreaking technology that combines cryptography, mathematics, and consensus mechanisms. With the emergence of "smart contracts", blockchain applications have made an explosive breakthrough and leapt into other fields. Countries are also starting to research blockchain for defense, such as drone management. At present, most of the national defense personnel documents are still presented in paper form, which are easily lost due to various factors, making it difficult to reissue and check them later. In this study, we propose a blockchain technology to design the operation flow of the blockchain after the commission certificate of ROC Armed Forces officers/NCOs, which can effectively solve the problems of preservation and replacement of paper documents, saving on national defense budget, improving the efficiency of the national defense personnel documents processing, and enhancing the image of ROC Armed Forces.

Keywords: Blockchain, Commission Certificate, Cryptography, Smart Contract

* Corresponding Author: Wang, Yeong-Jyh email: yjwang980204001@gmail.com

一、前言

近幾十年來，隨著電腦資訊科技快速發展，不論是有形的硬體設備及有無線網路裝置、線路，抑或是無形的軟體系統及程式語言，均呈現爆炸性的速度增長，可謂「一日千里」。上開技術的成長，亦帶動了網際網路的發展，許多可在網際網路上直接操作的應用軟體與系統也如雨後春筍般地出現，而這更帶動了「主從式架構 (Client-Server Model)」、「多層式架構 (N-Tiers)」等線上系統架構的發展。這些系統通常會有「應用程式伺服器」、「中央資料庫」等特色，所有資訊均須透過一個中心角色來處理、儲存，形成一個「中心化」的樣態。

隨著網際網路持續發展，有別於使用者只能被動瀏覽網頁、透過中心化的角色來存取、搜尋資料，慢慢有人開始針對「中心化」進行反思。因為都要透過一個中介的角色來進行處理，如果說每一台電腦（或其他設備）就是一個節點，這樣就不需要只向單一個中心化節點存取、查詢，達到「資料共享」、「去除中心化的限制」等目的。在這樣的情形下，點對點 (Peer-to-Peer; P2P) 型式的網路架構便應勢而生。點對點特性簡言之，即「沒有一個固定的中心節點」，任何節點都能當做「中心節點」，交易結束後即變回一般的節點。點對點可應用在資料傳輸、共享，如著名的 FOXY 等。而點對點的概念，亦對後來的區塊鏈 (Blockchain) 發展，奠下一定的基礎。2008 年爆發的金融海嘯，對於全球金融體系帶來了巨大的衝擊，也讓「區塊鏈」的概念，正式誕生於世人眼前。經過十餘年的發展，區塊鏈應用從原始的加密貨幣領域，擴展到其他領域，如供應鏈、證書證明、電子投票等。而區塊鏈除在民間應用上大放異彩外，國防實務運用上亦有部分國家已開始進行相關研究。如軍用補給品供應鏈、作戰無人機管理、軍事文件證明資料保存等。由於國防軍事上產製的表單、訊息、文件等資料，多半涉及軍事行動與機敏性，甚至可能有個人隱私資料 (如身分證字號等)，在選擇區塊鏈的種類時，更要慎加考量與評估。

我國人事證明文件種類繁多，舉凡獎懲令、任官令、退伍令均屬其一環。相關法規律定，國軍軍 (士) 官於初任、晉任官等時，應依法給予任官令以茲證明，其樣式、署名長官均有特別規定。任官令除可輔助人事單位辦理俸級登載錯誤更正，計算其正確現役年資、俸級數據以外，於退伍後應部分公職、學業考試尚有加分優待外，另再任公職時亦可充作「比 (提) 敘」公職俸級時的證明文件，提升起始薪資，效益極其龐大。惟現行任官令仍以紙本型式發給受領人自行存管，容易因自然與人為因素而導致破損或遺失，加上前述業務仍須以繳驗紙本資料，尚未有一整合平台讓各方驗證機關得以直接查驗申請人相關任官證明資料，造成當事人需奔波往返各地申領，浪費寶貴時間與金錢，同時對政府施政印象打上不便民的負面觀感。而區塊鏈的特性，正能有效解決上開所述之問題。因此，如何利用區塊鏈的特性，構建一套能夠整合發證、保存、驗證、查詢的數位任官令平台，為本研究之動機。

本研究將以國軍軍官士官任官令為範例，探討運用區塊鏈導入國防人事文件之可行性研究，其餘人事文件部分，後續可參考本研究之架構，進行套用與結合。本研究探討將容易遺失的紙本任官令，轉化成為「永久保存」、「快速驗證」的「數位化任官令」，除

可提供當事人查詢，及作為任官令換（補）發、軍職資料查註、再任公職辦理比（提）敘時的重要、快速取得之輔助依據外，針對發證、受領、驗證等不同用戶執行作業時，以數位簽章方式實施驗證，防止非授權節點參與及無效交易影響系統，並結合智慧合約設計完整的發、驗證流程，不同用戶即給予不同權限的資訊查詢功能。透過強化區塊鏈技術與改進，使系統更加自動化、資訊化與更加安全可信，有效解決現行紙本任官令管理、換（補）發等問題，提升便民效益。

二、區塊鏈基礎知識暨相關研究領域應用

針對區塊鏈技術相關知識進行說明，分段詳述如下：

2.1 區塊鏈概述

本節將介紹區塊鏈定義、特性、類型，並針對相關內容進行細部說明與區塊鏈類型差異進行分析。

2.1.1 區塊鏈定義

區塊鏈，可被視為新的「記帳方式」（林佳賢，2018）。起源於由中本聰（Nakamoto Satoshi）於2008年提出之論文。文中提及之電子貨幣即「攜帶加密作用」的「比特幣」，而比特幣的源頭核心技術，即為「區塊鏈」。區塊鏈也可說是一種分散式帳本技術（Distributed Ledger Technology, DLT），由密碼學、數學、演算法、經濟模型，以及共識機制結合而成的（Lin and Liao, 2017），提供使用者一套具有「安全」、「穩定」、「可被稽核」且「具有高效率」的紀錄與資訊交換機制（黃步添與蔡亮，2020）。每個區塊均含有前一個區塊的雜湊資料、時戳以及交易資料。

2.1.2 區塊鏈特性

從比特幣開始，區塊鏈均有下列特性：去中心化、共識機制、不可篡改、公開透明，而後續提出的區塊鏈亦遵循著這些特性。現就上開特性進行細部說明：

2.1.2.1 去中心化：

相對於「中心化」的觀念，區塊鏈因其為運用「點對點」技術的開放式系統，並沒有「集中化管理」的「中央伺服器」或「資料庫」，而是每個節點來共同實現系統的維護、資料運算與維持資訊傳遞的「真確性」、「不可否認性」，這消除了中介機構的干預並降低交易的成本。

2.1.2.2 資訊透明化：

所有存在區塊鏈上的資訊，除了交易方的私有訊息有透過各種方法加密之外，餘下的資訊均能在系統的公開平台查詢，且任何人都可以透過公開的介面查詢區塊鏈資料及開發相關之應用（如智慧合約等），因此整個區塊鏈系統資訊係屬於高度透明化。

2.1.2.3 共識機制：

區塊鏈最顯而易見與彰顯「民主」的特性，非「共識機制」莫屬。因區塊鏈節點分散各處且均為平行，沒有上下隸屬關係，此時必須設計一套制度，來維持運作與公正，以及在一定時限內對交易進行驗證與確認；而該筆交易若能得到其他多數節點認可，即視為全網節點達成共識。共識機制的提出，係為解決「去中心化」後，各節點之間的信任問題，因為每個節點互不相識，亦彼此之間互不信任，且並不知道對方是否故障或是

遭到惡意入侵。各類型的區塊鏈系統均有「共識機制」的演算法，常見的有「工作量證明（Proof-of-Work, PoW）」、「權益證明（Proof-of-Stake, PoS，或稱「持有量證明」）」、「代理權益證明（Delegated Proof-of-Stake, DPoS，或稱「代理持有量證明」）」、「股份授權證明」」、「權威證明（Proof-of-Authority, PoA）」、實用拜占庭容錯機制（Practical Byzantine Fault Tolerance, PBFT）等（匯商君，2021）。

2.1.2.4 不可篡改：

區塊鏈另一個顯而易見的特性即「不可篡改」，其核心在於它的加密方法採取「密碼學」的「雜湊函數（Hash）」。該函數具「單向不可逆」特性，即運算完畢後無法反向推導，因此存於鏈上的資料是無法被更改，以及永久被保存於鏈上的。意圖要單方面更改節點生成的資料並被承認，幾近於「不可能達成」，除非有辦法控制鏈上 51% 的節點。

2.1.3 區塊鏈類型：

區塊鏈可依照「去中心化」、「參與者」、「節點身分」、「編寫或閱覽權限」等程度差異，劃分為三種類型（蘇品長與蘇泰昌，2021）：

2.1.3.1 公有鏈：

向全世界完全公開，所有使用者均可在鏈上執行瀏覽其規則與機制，及發送、接收與交易認證。其特點為所有交易過程均為透明、去中心化程度最高，但交易速度相對較慢。

2.1.3.2 私有鏈：

不開放給一般人使用，只有獲得預先授權才能成為節點，進行發送、接收與交易認證。其特點為交易速度最快、隱私保障程度最高，但去中心化程度最低、較容易受到駭客攻擊。

2.1.3.3 聯盟鏈：

本質上與私有鏈接近，去中心化程度介於公有鏈與私有鏈之間，對特定的組織團體開放。參與區塊鏈的節點是事先決定好的，節點間可能有很好的網路連接、結算或清算等「企業對企業（Business to Business, B2B）」架構，其發送、接收、讀寫、記帳等權利，均由管理組織決定，適用於機構間的交易行為。三種區塊鏈類型之差異表如表 1 所示。

表 1 區塊鏈類型差異表

類型	去中心化程度	參與者	節點身分	安全性	認證速度	規格變更	成本	權限 (編寫或閱覽)
公有鏈	高	任何人	匿名	低	慢	難	高	完全開放
私有鏈	低	單一組織	可識別	高	快	易	低	須經授權
聯盟鏈	中	多個機構	可識別	中	中	易	高	須經授權

資料來源：參考自蘇品長與蘇泰昌（2021）

2.2 區塊鏈發展歷程

區塊鏈自比特幣問世以來，打破原有金融與科技「中心化」局面，形成最早期的「區塊鏈 1.0」。然而，原有的區塊鏈技術，限制了其應用與發展，一開始僅侷限於加密貨

幣領域、專門電腦科學和密碼學社群討論 (Sillaber and Treiblmaier, 2021)。直至「智慧合約 (Smart Contracts)」、「智慧資產 (Smart Assets)」、「以太坊 (Ethereum)」、「分散式應用程式 (Distributed App, DApp)」等機制的問世，使得區塊鏈技術從「加密貨幣領域 (幣圈)」的「區塊鏈 1.0」，跳脫至加密貨幣與其他領域結合的「區塊鏈 2.0」。而近期區塊鏈更是與其他技術集合，如人工智慧 (Artificial Intelligence, AI)、物聯網 (Internet of Things, IoT) 等，形成「區塊鏈 3.0」(學界亦有稱之為「區塊鏈 2.5」，因「完全第三方公證人 DApp 技術」尚未成熟)。由於區塊鏈特性，可將蒐集到的資料經過整理、分析後進行上鏈，這使得資料得以保持透明、公開，且永遠不消失與被篡改，對於某些行業或工作亦有莫大幫助，如司法機關、農林漁牧業界、藥品供應鏈事業、非同質化代幣 (Non-Fungible Token, NFT) 市場等。區塊鏈發展簡史，如圖 1 所示。



圖 1 區塊鏈發展歷程簡圖

2.3 區塊鏈其他相關技術介紹

如前節所述，由於「比特幣區塊鏈」特性只可進行記帳，導致其運用於僅限加密貨幣領域，無法真正使用其技術進行其他領域的應用。而以太坊與智慧合約的問世，改變了此一問題，使區塊鏈不但可以記帳，還能記錄與執行程式指令碼，等於將程式寫在區塊鏈上，實現加密貨幣外的應用目的。以下為以太坊與其相關技術介紹：

2.3.1 以太坊

以太坊最早現於由俄裔加拿大籍程式設計師維塔利克·布特林 (Vitalik Buterin) 於 2013 年所提出的「以太坊白皮書 (Ethereum White Paper)」，前者後於 2014 年與英國籍科學家加文·伍德 (Gavin Wood) 等人共同創立「以太坊」。

以太坊是一個基於區塊鏈分散式帳本技術的開放源碼平台，其與比特幣相同，將區塊鏈技術作為其運作的底層紀錄，是當前被廣泛利用之基於區塊鏈的開放源碼智慧合約應用平台，通過提供圖靈完備的編程語言，使用者可以便利的在鏈上構築去中心化應用。

2.3.2 智慧合約

智慧合約的概念，於 1994 年由美國電腦科學家暨法學家 Nick Szabo 提出，以一套數位型式定義的認可，包含合約參與者可在合約上執行這些認可的協議。同時，將相關協議用程式碼編纂呈現，交由電腦運作，經過交易會自動執行合約內所預設的定義與規

則。與傳統簽約方法相較，智慧合約更具安全性，因此可降低與合約相關的交易成本。另所有智慧合約均為公開資料，任何人都能查閱。首個將「智慧合約」納入大量應用的區塊鏈的平台為「以太坊」。

2.3.3 星際檔案系統

星際檔案系統（Inter-Planetary File System, IPFS），是一種「點對點」的分散式檔案儲存與共享系統。其旨在建立永久且分散式儲存和共用檔案的網路傳輸協議，取代現行運作的「超文字傳輸協定（HyperText Transfer Protocol, HTTP）」。

2014 年，IPFS 利用比特幣區塊鏈技術和網路基礎設施的優勢來儲存不可更改的資料，移除網路上的重複檔案，以及取得儲存節點的位址資訊，資料是以「檔案內容」作為其獨一無二的位址儲存，在其全球網路相連的裝置當中，每上傳一個檔案到 IPFS 網路上，系統將會為檔案分配一個永久不變的地址（一個與內容關聯的唯一加密雜湊值），IPFS 會將這個地址寫在不可篡改的區塊鏈主鏈上，解決了現行網路上存在許多重複性檔案的問題（蘇品長與潘詩婷，2021）。

IPFS 整合了 P2P、BitTorrent、GIT 等技術，具有可靠、容錯高、擴展性佳、快速等特點，其主要大部分資料都是以默克爾有向無環圖（MerkleDag）結構存在，使達到內容定址、防篡改及去重複等功能，用以解決將所有資料都存在區塊鏈上，導致主鏈區塊空間浪費及效能降低等問題，同時亦可達成檔案分散儲存及共享的功用（潘詩婷，2022）。

2.3.4 超級帳本

超級帳本，英文全名為「Hyperledger」，是一個旨在推動區塊鏈能夠跨業界應用「開放源碼專案」，以及改進原本僅能適用比特幣、以太坊等加密貨幣應用的主流區塊鏈技術，最早於 2015 年 12 月由 Linux 領銜發起，成員囊括了製造、金融、科技、物聯網、物流、供應鏈的大型國際企業。Hyperledger 推出至今已有多達 9 個以上正式專案在使用中，框架與專案工具架構如圖 2 所示，其中以 Burrow、Fabric、Indy、Iroha、Sawtooth 較廣為知曉與應用（洪嘉隆，2018）。

主流區塊鏈技術，因其「無需許可（Permissionless）」、「排序-執行模型（Order-Execute Model）」及「主動複製（Active Replication）」等特性，以致有「缺乏效率、隱私」的情形產生，在企業的應用上較不利。而企業網路通常為「半開放至封閉」的架構，除了參與者固定、採取實名認證之外，還帶有權限控管，形成天生的「許可制」環境。而一個採用「許可制」的網路具有比較寬鬆的信任模型。換句話說，參與者不作惡的機率是比較大的，這帶給了共識機制模型更大的設計彈性。基於上述的背景，超級帳本被設計出一種「執行-排序-驗證」模型（Execute-Order-Validate Model），流程敘述如下：

- I. 交易會交由一部分預先指定的節點各自「執行」，執行結果一致就可形成共識，未形成共識的交易會被捨棄。
- II. 接著來自不同節點、已形成共識的交易會經由一個特定服務進行「排序」並打包至區塊中。
- III. 最後，這個特定服務再將區塊傳播給所有節點，收到區塊的節點僅需對交易進行少量「驗證」，若驗證結果無誤便可以更新自身狀態。

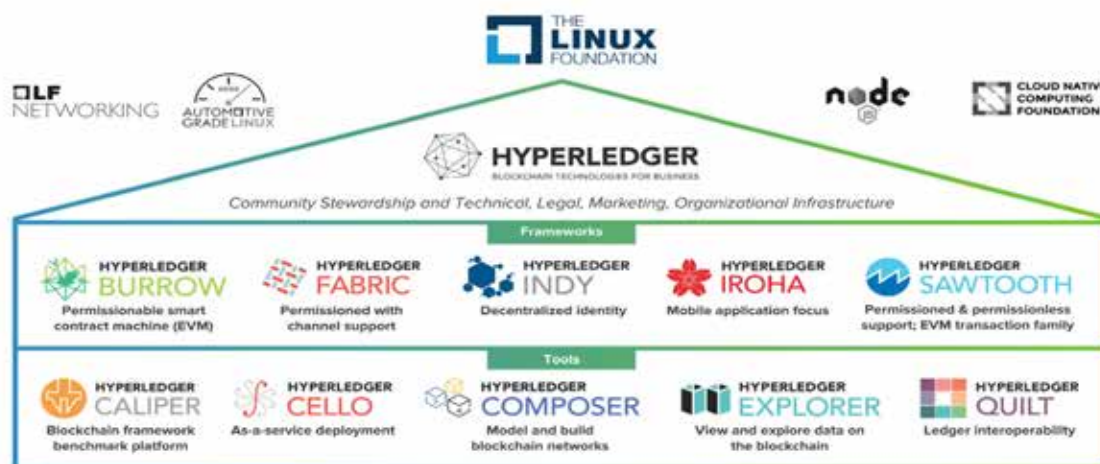


圖 2 超級帳本框架與專案工具架構簡圖

資料來源：參考自洪嘉隆（2018）

2.4 區塊鏈於學歷（專業技能）與證明文件領域相關應用

當吾人有任何疑難雜症時，都會尋求解方來處理。此時，具有該問題方面知識的權威人士就會被視為專家，可以替人來處理與解決問題（葉羅堯，2017）。然而，隨著時代的進步，人們為追求「一眼便知是否專業」，此時專家就需要拿出更有公信力的方式來證明自己的專長或技能，因此，證書與證明文件的需求油然而生（葉羅堯，2017）。而吾人在學習任何知識或技能時，必脫離不了各式各樣的考核，以檢視所學是否融會貫通或熟練專精，如能通過考核，亦有相對的證明文件發給，以昭公信與告訴其他人自己已具備文件上所載之知識或技能。

然而，現行的學歷或專業技能證明文件多數仍以紙本樣式發給，雖有各種防偽措施，如傳統的「證書號碼」、「鋼印」、「關防（印信）」到現代的「防偽標籤」、「特殊油墨印刷」、「管制用紙」等，在網際網路發達下，取得上開技術破解方式並非難事，加上紙本證明文件驗證不易，有心人士仍可藉此漏洞蒙混過關。以學校發放畢業證書流程為例，教務處首先依畢業生名冊進行編碼，印製紙本證明與逐張黏貼相片後，鈐蓋鋼印與關防（印信）並裝入證書夾，於畢業典禮上由校長頒發給畢業生，上述過程需要耗費大量的時間、金錢與人力（葉羅堯，2017），但對於畢業生來說，卻是屬於一種榮耀的表現，彰顯學術研究、課業上努力的成果。但在前述發證過程中，有部分人士為一己私利，從中協助不法份子製造假學歷的案件出現（葉羅堯，2017）。有鑑於此，如何運用科技來達到有效防偽與檢驗證書的真實性與持有人之間的關係，便成了一個許多專家學者研究與實驗的目標。

而區塊鏈技術「不可篡改」、「公開透明」的特性，正好能對前述問題進行有效的處理。現行國內外已有學術機關採行運用區塊鏈技術來頒發學歷證明文件的案例，如美國麻省理工學院運用區塊鏈技術開發的「Blockcerts」（邱珮嘉，2019）、我國臺中市政府的「具 QR Code 驗證之區塊鏈證書檢測平台」（葉羅堯，2017）、國立清華大學「區塊鏈畢業證書」（清華大學秘書處，2021）以及法務部「律師證書區塊鏈驗證系統」（Hsu, 2020）等。另亦有提出區塊鏈於戶籍謄本申辦（曾郁翔，2022）、以達到雙重辨識真偽保險、

防杜矇騙與損害他人權益，以及提升建築履歷與電子執照檔案商業價值等領域的應用（方成楓，2021）。

然軍事證明資料（如人事派令、軍事技能專長簽證書表、各類補給品撥補憑單等）亦不例外，除了容易衍生造假的問題外，也可能產生保存與保全的問題。傳統上，因軍隊組織分官設職、分層授權，以及閱讀習慣與「蓋印驗證」等文化，紙本迄今仍在軍事證明資料中佔有一定比例，而要保存這些紙本，就需有大型的空間來儲存，且紙本型式的「檔案」存管亦需要保持一定的溫、濕度，否則容易產生泛黃、蟲蛀等自然損毀情形。依據我國相關法規律定，除永久保存的檔案外，其餘均有保存年限，期滿必須依規定執行銷毀（國防部，2016），常見銷毀作業方式有水銷與火銷。但無論是哪種方式，均需要耗用大量時間與精力來作業，且需要額外經費來添購相關設備，如碎紙機、火銷爐等。目前雖已實施公文電子化方式儲存，大幅減低紙本存管成本與節省儲存空間，然數位設備的維運與舊有紙本轉檔至儲存媒體的工作，對機關單位來說亦是一個新的挑戰。

而前述之區塊鏈技術特性，對於資料保存上提供了極佳的契機。由於資料寫入區塊鏈後，即會永久留存在該區塊上。對於惡意破壞者來說，除非有極大資源掌握鏈上 51% 的節點，否則將無法修改。以公有鏈如比特幣、以太坊等來說，現行網路與硬體技術而言，目前尚無人能做到修改已產生既定區塊的資料，這對某些個人、團體或組織想要保存相關紀錄而言，不失為一個極佳的良方。從求婚內容、私人訊息，到學校、政府事件紀實，上鏈保存的資料可謂五花八門、無奇不有。而這種資料保存方式，對於某些「有言論管制的國家、政體」，更是突破封鎖的一道密鑰。如 2018 年中國大陸北京大學發生的「申訴事件」（李忠謙，2018），當事人將其揭發之事件始末，以中、英文方式寫入以太坊區塊鏈上，任何人均可查詢與閱讀，校方或當局均無法消除與封禁，而該事件始末紀錄，迄今仍留存於區塊上（李忠謙，2018）。

由上開案例可知，區塊鏈在資料保存上，擁有極佳的優勢，只要電力與網路不斷，資料就能一直存在且永遠不會消失，既可省下大量印製紙張的金錢與紙本儲存空間，又能隨時進行資料的查驗。然而，目前區塊鏈技術雖能解決前述紙本證明文件「防偽」與「驗證」的問題，但對於「證書與持有人關係驗證」、「原始數位發證資料檔案保存」，以及軍事證明資料機敏性等問題，目前尚無一套完整與標準的作法，仍由產官學界持續研究與開發中。

三、國軍軍士官任官令導入區塊鏈研究

國軍軍士官任官令（以下簡稱任官令），為我國政府依據「陸海空軍軍官士官任官條例」與其施行細則等法規，授予因具備各級軍官、士官任官之學、經歷與條件，而經審查並核准獲得官階的軍人之證書。依據相關規定，任官業務範圍可分為初任、晉任、轉任、敘任、追晉（贈）、免（復）官、俸級晉支及降階改敘等（國防部，2022），本研究提之任官令以「初任」、「晉任」為限。任官令於早期為 B5 紙張尺寸，現則修正為與一般人事命令相同，為 A4 紙張尺寸。同時依類型可區分為軍官任官令與士官任官令兩大類，作業權責劃分、最高層級長官署名亦有不同，軍官任官令為「總統署名」、士官任官令為「國防部部長署名」。惟相同處在於任官令上均會有「任官令字號」、「區分」、「姓

名」、「兵籍號碼」、「軍種」、「官科」、「晉任官階」、「原任官階」、「生效日期」、「服務單位」、「備考」等欄位，詳實記載當事人的任官紀錄資料。

3.1 發給流程暨應用

依據前揭所提規定，國防部或司令部對於各層級單位呈報候任人員進行審查、核覆（閱）後，除依權責發布相關任官命令公文或呈報 總統核定後再行發布外，尚需另行製頒紙本型式任官令，發給相關當事人收執，以昭當事人獲得新任官階殊榮與布達他人週知，相關發給作業流程示意詳如圖 3 所示。



圖 3 任官令發給作業流程示意圖

任官令之應用，除可證明當事人所獲之官階，在早期國軍兵籍資料尚未電子化前，為人事作業上用以計算官階停年、薪俸俸級正確與否的一項重要佐證資料。雖現代均已完成兵籍資料電子化、資訊化，部分極少數人員仍有發生因單位人事承辦人員晉任換敘計算錯誤，導致俸級與同條件晉任之人員產生不一致現象，造成權益損失問題，此時即需要人工資料進行輔助認定，修正錯誤。而在退役後，任官令亦有其特別用處，即為後備軍人轉任公務人員「考試優待」、「任用比（提）敘」。

依照我國「後備軍人轉任公職考試比敘條例」等相關規定，依法退伍之軍、士官參加公務人員考試時，如有相關任官證明文件，在應考資格、成績加分、體格檢驗及應繳規費等方面，可酌予優待。而考取公務人員各官等任用資格後，可優先任用及依照比敘該官等內相當職等，亦即在職位核定上，將高於其他於同一時間任公職的同梯考生。

另我國「公務人員俸給法」、「公務人員曾任公務年資採計提敘俸級認定辦法」等相關法規亦提及，公務人員如有「曾任依法令任官有案之軍職年資」，並符合「與現任職務職等相當」、「性質相近且服務成績考核列乙等或七十分或相當乙等以上，繳有證明文件」之情形，得按年核計加級提敘至其所銓敘審定職等之本俸最高級；如尚有積餘年資，且其年終（度）考績（成、核）合於或比照合於「公務人員考績法」晉敘俸級之規定，得按年核計加級，再提敘至其所銓敘審定職等之年功俸最高級。換句話說，在薪俸等級上將遠亦高於其他於同一時間任公職的同梯考生。

由於律法的明文規定，政府對於後備軍人再任公職的權益保障上有一定的水準。然而，前提是必須要繳交前述的「依法令任官有案的證明文件」，而蒐整這些證明文件，對於部分當事人來說容易遇到麻煩與阻礙，如遺失、損毀，而要申請補發，又必須向國防部或原屬司令部提出，公文往返亦耗費當事人時間與精力，如有一個能資料登錄後即不可篡改、可公開查詢有無此任官紀錄、透過需許驗證即可以特殊方法讀取此紀錄的詳細資訊的系統，對於當事人、任官令發證方（國防部等），以及第三驗證方（其他公務機關或事業單位）來說，將是一大福音。

3.2 導入後流程與業務說明

上節說明任官令作業流程與應用，可得知任官令與國軍其他人事證明文件相同（如勳獎章證書等），仍以紙本型式發給當事人收執，而任官令在收藏上的重要性不比勳獎

章證書，可能會與其他紙本人事證明文件混儲，僅有部分人士會分門別類，存放於不同的檔案卷夾，但仍脫離不了紙本文件的普遍性問題：自然或人為因素的遺失或損毀。

本節將說明以區塊鏈技術導入任官令作業流程，並將資料加密、透過智慧合約上傳至鏈上進行保存之研究與探討。該作業流程除可確保作業中雙方身分得被安全驗證，縮短作業執行時間，並運用區塊鏈底層技術及智慧合約執行交易流程，後再納入數位簽章技術保證數位任官令交付流程可驗證性。另針對不同參與者（發證方、受領人）制定不同的資訊查詢功能，令參與者得完整查詢權限內可得的數位任官令相關資料。另對於驗證方則提供「臨時任官令檔」驗證方式，可驗證原始任官令檔與受領人持有關係。另當任官令驗證出現問題時，可快速掌握狀況與通報主管機關進行處置。以下將說明本研究所提出之數位任官令作業架構及其運作流程。

本文之研究運作架構如圖 4 所示，線條顏色分別表示各階段流程（紅色：身分註冊、藍色：智慧合約部署、黃色與綠色：任官令資料製作與上鏈、棕色：任官令資料驗證、紫色：查詢任官令狀態及部分公開資訊等）。

作業流程部分，依照順序分別為：身分註冊、智慧合約部署、任官令資料製作與上鏈、任官令資料驗證、查詢任官令狀態及部分公開資訊等 5 大階段。

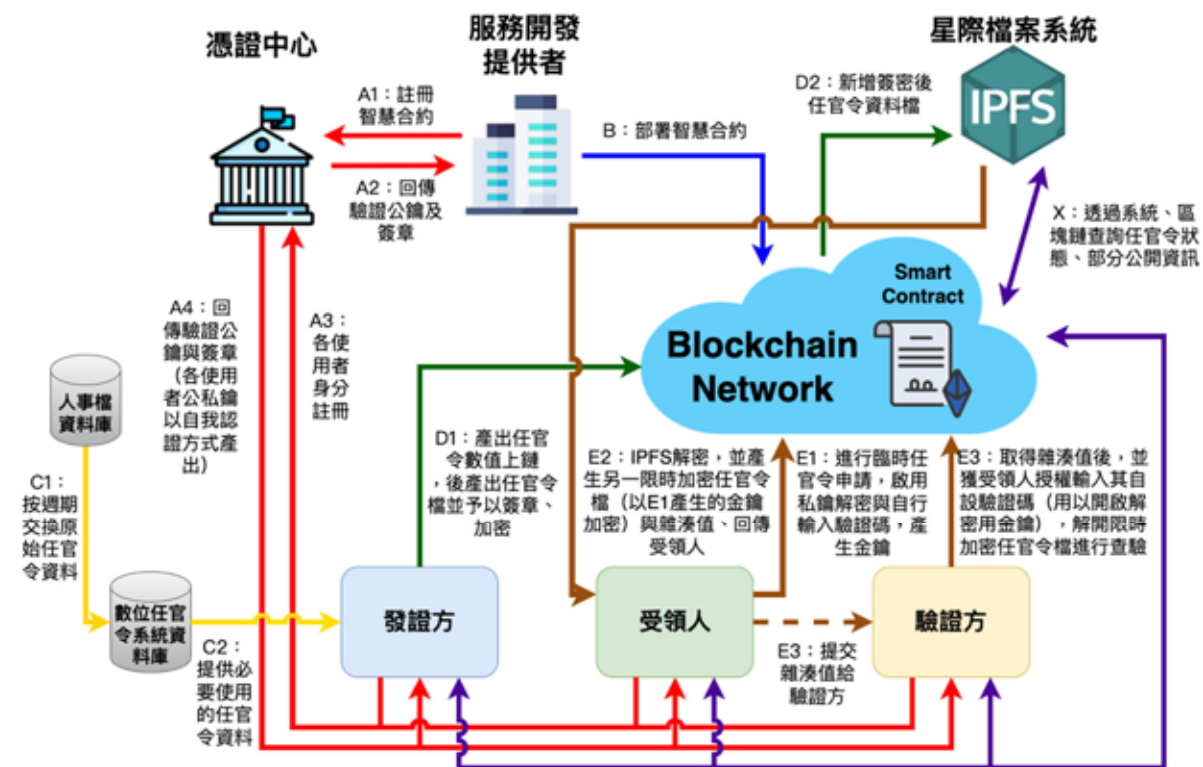


圖 4 區塊鏈技術導入任官令作業流程圖

此研究設計數位任官令作業流程參與者有「發證方」、「受領人」、「驗證方」等，參數說明表如表 2。

詳細作業流程暨各階段運作虛擬碼分述如下：

- I. 身分註冊：首先所有參與者（發證方、受領人、驗證暨服務受理方）分別向憑證中心提交位址與簽名檔，進行註冊作業，以便取得驗證公鑰及憑證簽章，後各自

表 2 數位任官令作業流程參數符號說明表

項次	參數代碼	說明
1	CA、SD、IS、RC、VD、BN	憑證中心、服務開發提供者、發證方、受領人、驗證方、區塊鏈網路
2	SC	服務開發提供者編製的智慧合約
3	ID_i	參與者身分 ID，其中 $i \in CA、SD、IS、RC、VD、SC$
4	S_i	參與者簽名檔，其中 $i \in CA、SD、IS、RC、VD、SC$
5	$voSig_i$	參與者簽章，其中 $i \in CA、SD、IS、RC、VD、SC$
6	$addr_i$	參與者區塊鏈位址，其中 $i \in CA、SD、IS、RC、VD、SC$
7	$VPBK_i$	參與者驗證公鑰，其中 $i \in CA、SD、IS、RC、VD、SC$
8	$PBK_i、pvk_i$	參與者獲取的公鑰和私鑰，其中 $i \in CA、SD、IS、RC、VD、SC$
9	psw_{tempcc}	臨時任官令自設驗證碼
10	K_{tempcc}	臨時任官令驗證用金鑰
11	$data_{cc}$	任官令原始資料
12	$searchData_{cc}$	查詢所需資料（如身分證字號、姓名、任官令種類等）
13	$code_{cc}、code_{nullcc}$	任官令數值、原任官令「註銷資訊」
14	$file_{cc}、enFile_{cc}$	原始任官令檔、簽密後任官令檔
15	$tempFile_{cc}、enTempFile_{cc}$	臨時任官令檔、簽密後臨時任官令檔
16	$vdHash_{cc}$	任官令驗證用雜湊值
17	t_{stamp}	時間戳記
18	reg ()	使用者向憑證中心註冊的過程
19	Calculate ()	計算各自公私鑰過程
20	createCode ()	產出任官令數值過程
21	createBlock ()	送出任官令數值上鏈過程
22	createFile ()	製作任官令檔過程
23	createNullifiedCode ()	產出任官令「註銷資訊」數值過程
24	createNullifiedBlock ()	送出原任官令「註銷資訊」數值上鏈過程
25	createIPFS ()	新增任官令檔至 IPFS 過程
26	createTempKey ()	製作驗證用臨時任官令金鑰過程
27	createTempFile ()	製作驗證用臨時任官令檔過程
28	encrTempFile ()	加密、簽章臨時任官令檔過程
29	decrTempFile ()	驗證、解密臨時任官令檔過程
30	msg ()	智慧合約回傳事件是否成功執行等相關訊息
31	search ()	查詢任官令資料過程
32	dnld ()	下載與解密任官令過程
33	$DB_{mip}、DB_{dcs}$	人事檔資料庫、數位任官令系統資料庫

執行公私鑰 (PBK_i, pvk_i) 計算，確保後續各階段流程中，流程參與者均為合法授權的使用者，得獨立進行身分上的自我認證。

A1：服務開發提供者 SD 向憑證中心 CA 提交智慧合約 SC 的簽名檔 S 、位址 $addr$ 進行註冊。

A1'：SD→CA: Reg ($ID_{SC}, S_{SC}, addr_{SC}$)

A2：憑證中心 CA 回傳智慧合約 SC 的驗證公鑰 $VPBK$ 與簽章 $voSig$ 給服務開發提供者 SD，並計算出智慧合約 SC 之公鑰 PBK 。

A2'：CA→SD (SC) : ($VPBK_{SC}, voSig_{SC}$)、SD: Calculate (SC ($VPBK_{SC}$)) → (PBK_{SC})

A3：各參與者 (發證方 IS、受領人 RC、驗證方 VD) 向憑證中心 CA 提交簽名檔 S 、位址 $addr$ ，進行註冊。

A3'：IS, RC, VD→CA: reg ($S_i, addr_i$) , $i \in IS, RC, VD$

A4：憑證中心 CA 回傳驗證公鑰 $VPBK$ 與簽章 $voSig$ ，並由各使用者自行計算出公、私鑰。

A4'：CA→IS, RC, VD: ($VPBK_i, voSig_i$)、IS, RC, VD: Calculate ($VPBK_i$) → (PBK_i, pvk_i) , $i \in IS, RC, VD$

II. 智慧合約部署：服務開發提供者將製作完成的智慧合約部署至區塊鏈上，接著依照數位任官令作業流程由各參與者執行。

B：服務開發提供者 SD 將智慧合約 SC 部署至區塊鏈網路 BN 上。

B'：SD→BN: (SC)

III. 任官令資料製作與上鏈：發證方負責任官令資料處理與數位任官令檔製作，並透過合約將原始任官令資料產出任官令數值，並以發證方私鑰簽密後，新增至區塊鏈 (任官令數值) 及 IPFS (任官令檔) 上。

C1：人事檔資料庫 DB_{mip} 定期轉錄任官令原始資料 $data_{cc}$ 至數位任官令系統資料庫 DB_{dcs} 。

C1'： $DB_{mip} \rightarrow DB_{dcs}$: ($data_{cc}$)

C2：發證方 IS 登錄系統，取用任官令原始資料 $Data_{cc}$ 。

C2'： DB_{dcs} : ($data_{cc}$) → IS

D1：發證方 IS 透過系統，將任官令原始資料 $data_{cc}$ 轉換成任官令數值 $code_{cc}$ 、原始任官令檔 $file_{cc}$ ，並以自身私鑰 pvk_{IS} 將原始任官令檔 $file_{cc}$ 簽章、受領人公鑰 PBK_{RC} 加密為簽密後任官令檔 $enFile_{cc}$ ，觸發智慧合約 SC 將任官令數值 $code_{cc}$ 、時間戳記 t_{stamp} 傳送至區塊鏈網路 BN。

D1'：IS: createCode ($data_{cc}$) → IS: ($code_{cc}, file_{cc}$)、IS: ($file_{cc}, pvk_{IS}, PBK_{RC}$) → ($enFile_{cc}$)、IS: createBlock($code_{cc}, t_{stamp}$) (via SC) → BN

D2：發證方 IS 將簽密後的簽密後任官令檔 $enFile_{cc}$ 傳送至星際檔案系統 IPFS。

D2'：IS: createIPFS ($enFile_{cc}, t_{stamp}$) → IPFS

IV. 任官令資料驗證：驗證方則可透過「臨時任官令檔驗證」功能，由受領人主動提交申請，並輸入自設驗證碼產生金鑰，後由 IPFS 解密原始任官令檔並產生一個新的「限時任官令檔」並用前述之金鑰加密，併同「雜湊值」回傳給受領人，驗證

方取得受領人授權後，將其「雜湊值」與輸入「自設驗證碼」開啟金鑰解密，即可解開「限時加密任官令檔」進行驗證。

E1：受領人 RC 發起發起「驗證用臨時證書」申請，並送出自行輸入的臨時任官令自設驗證碼 psw_{tempcc} ，啟用受領人私鑰 pvk_{RC} 與製作臨時任官令驗證用金鑰 K_{tempcc} 。

E1'：RC: createTempKey (psw_{tempcc}, pvk_{RC}) $\rightarrow$ RC: (K_{tempcc})

E2：IPFS 解密 $enFile_{cc}$ ，同時產生有存在時間限制的臨時任官令檔 $tempFile_{cc}$ 後再行加密，並利用 K_{tempcc} 產生任官令驗證用雜湊值 $vdHash_{cc}$ 並回傳給 RC。

E2'：IPFS: createTempFile ($K_{tempcc}, pvk_{RC}, enFile_{cc}$) $\rightarrow$ IPFS: ($tempFile_{cc}$)、IPFS: encrTempFile ($tempFile_{cc}$) $\rightarrow$ IPFS: ($enTempFile_{cc}$)、RC: ($vdHash_{cc}$)

E3：驗證方 VD 自受領人 RC 處取得任官令驗證用雜湊值 $vdHash_{cc}$ ，並由受領人 RC 親自或授權驗證方 VD 輸入 K_{tempcc} ，下載與解開 $enTempFile_{cc}$ 進行查驗。

E3'：RC: ($vdHash_{cc}$) $\rightarrow$ VD、VD: decrTempFile ($vdHash_{cc}, K_{tempcc}, enTempFile_{cc}$) $\rightarrow$ VD: ($tempFile_{cc}$)

V. 查詢任官令狀態及部分公開資訊：另其他參與者可於系統查詢介面輸入相關資訊，如身分證字號、任官令字號等進行比對，並回傳驗證結果（任官令狀態、部分公開資訊等）。另受領人可透過系統下載與解密任官令檔進行閱覽。

X：發證方 IS、受領人 RC、驗證方 VD 透過系統，輸入「查詢所需資料」 $searchData_{cc}$ ，透過智慧合約 SC 啟用 search ()，查詢鏈上有無相符資訊，再由系統回傳結果。如有，受領人 RC 可進行下載 $enFile_{cc}$ ，並以受領人私鑰 pvk_{RC} 解密與發證方公鑰 PBK_{IS} 驗證，一致即可解開閱覽。

X'：IS, RC, VD: Search ($searchData_{cc}$) (via SC) $\rightarrow$ BN: msg (success or fail)、RC: (pvk_{RC}, PBK_{IS}) $\rightarrow$ IPFS: dnld ($enFile_{cc}$) $\rightarrow$ RC: ($file_{cc}$)

四、安全性分析

本章將針對上節所述基於區塊鏈技術加上智慧合約設計之任官令作業流程，依據國際標準組織 (International Standard Organization, ISO) 所頒定之 ISO/IEC: 27001: 2018 文件「資訊安全管理需求」、區塊鏈技術特性所可能面臨的安全挑戰 (Stephen and Alex, 2018)，並與現行國軍人事系統之任官令作業流程比對，進行安全性分析，計有「機密性」、「隱匿性」、「不可否認性」、「不可篡改性」、「系統可擴展性」、「持有關係驗證性」、「原始檔上鏈儲存性」等 7 項，結果如表 3 所示，分述如下：

4.1 機密性

機密性是指文件、資料不得被未經授權之個人、實體或程序所取得或揭露的特性，且文件在傳遞過程中，內容都是被加密的，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，模擬可能遇到惡意使用者意圖攔截任官令檔並窺視其中內容之情境，而解決方法為發證方將任官令檔透過受領人的公鑰加密與自己的私鑰進行簽章，如無相對應的私鑰與公鑰而想要解開加密檔案，則須面臨暴力破解非對稱式金鑰的問題，故本

研究機制在實際安全上可確保任官令檔機密性。

4.2 隱匿性

「隱匿性」係於區塊鏈中非執行當筆交易的參與者，僅能證明此筆交易存在，無法獲知其交易內容，本研究以區塊鏈技術為基礎，參與者透過智慧合約執行交易程序，區塊與區塊之間是以雜湊值相互鏈結。另因雜湊函數為單向與不可逆，且傳送方將交易明文資訊以接收方公鑰加密，接收方取得密文後以私鑰解密還原為明文，因此除了接收方可以知道交易訊息，其他鏈上的參與者僅可知該筆交易確實存在，以確保鏈上資料的隱匿性。

4.3 不可否認性

「不可否認性」係為每一筆數位任官令資料與檔案的製作、傳送與頒授等「資料製作程序」，發證方不能否認其「行為」。在本研究中，模擬可能遇到某機關因承辦人疏失，登錄任官令數據錯誤導致後續俸級換算脫漏情事，引起受領人怨懟與申訴，某機關推諉不願處理之情境，而解決方法為在「發證階段」時，發證方於每筆任官令資料與檔案上鏈前均完成簽章，故受領人能以「驗證」方式確認其簽章的有效性，發證方無法否認其簽章，達到不可否認性。

4.4 不可篡改性

「不可篡改性」係指所有的紀錄及資料均不可被任何人篡改。在本研究中，模擬可能遇到惡意使用者意圖篡改鏈上紀錄，並將篡改後的資料強行上鏈之情境。本研究基於區塊鏈技術與智慧合約建構任官令作業流程，鏈上所有紀錄均採行區塊鏈技術之特性，以雜湊函數將每一區塊串接鏈結，因此若有任何參與者篡改內容，原有的雜湊值也會改變，進而影響整個鏈且被發現與棄用重算，且所有使用者執行作業前均需交由智慧合約驗證是否經過合法授權，否則將無法進行，故具有不可篡改性。

4.5 系統可擴展性

區塊鏈技術雖有資料透明公開，且記錄不可變之特性，然現行法規規定，所有的人事紀錄均必須留存用以驗證，在區塊大小有限的情況下，將會產生區塊容量變小導致交易被延遲或收取更高的交易手續費，因此本研究提出之方案運用 IPFS 分散式檔案儲存系統，將發證方發行之原始數位任官令檔完整記錄在 IPFS，於鏈上僅留存任官令數值等紀錄，可減少大量資料留存在鏈上的造成系統效能降低，亦可達到任官令紀錄可被驗證之優點，增加了系統的可擴展性。

4.6 持有關係驗證性

部分區塊鏈數位證書系統對於「證書與持有人關係」的驗證方式尚無統一作法，造成數位區塊鏈證書持有人不易，衍生「冒用證書」的問題。在本研究中，模擬可能遇到惡意使用者意圖冒用非屬於當事人之任官令進行不法行為之情境，而解決方法為採用「臨時任官令檔驗證」功能，由受領人主動提交申請，輸入自設驗證碼產生金鑰，後由 IPFS 解密原始任官令檔並產生一個新的「限時任官令檔」並用前述之金鑰加密，併同「雜湊值」回傳給受領人，驗證方取得受領人授權後，將其「雜湊值」與輸入「自設驗證碼」開啟金鑰解密，即可解開「限時加密任官令檔」進行驗證，可有效驗證「證書與持有人關係」。

4.7 原始檔上鏈儲存性

現行區塊鏈數位證書系統因區塊所能儲存空間仍有一定限制，加上其「公開透明」特性，多半不會將原始明文資料寫入區塊，而是一串經過雜湊函數或其他演算法處理後的數值，雖然可達到保密效果，但亦只能證明曾有寫入過這筆交易資訊，如需加驗原始證書檔案，就會衍生「無實體檔案可驗證」之問題。本研究提出將發證方產出之原始數位任官令檔案經過簽密後，上傳至「IPFS」儲存，受領人如需下載閱覽必須輸入私鑰方能開啟；驗證方則可透過前開項次「臨時任官令檔驗證」功能，進行驗證原始數位任官令資料檔，可有效解決前述「無實體檔案可驗證」之問題。

表 3 本研究與國軍人事系統之安全性分析比較表

比較項目	國軍人事系統（任官令作業）	本研究
機密性	△	○
隱匿性	△	○
不可否認性	△	○
不可篡改性	△	○
系統可擴展性	△	○
持有關係驗證性	X	○
原始檔上鏈儲存性	X	○

註：○表完全符合、△表部分符合、X表不符合、-表無相關

本研究設計之區塊鏈技術導入任官令作業流程之研究，在安全上的挑戰與資訊安全要求規定之範圍內，可滿足「機密性」、「隱匿性」、「不可否認性」、「不可篡改性」、「系統可擴展性」、「持有關係驗證性」、「原始檔上鏈儲存性」等特性，同時與現行國軍人事系統（任官令作業）機制進行比較。現行國軍人事系統（任官令作業）機制雖於封閉式內網進行，然僅使用帳號、密碼等進行使用者管控，傳輸資料時亦以明文逕行，無透過加解密金鑰；資料來源無法有效驗證，且任何人均能更改、觀看，造成部分專業人士得以運用技術與工具進行相關資料的窺探、竊取，形成資安漏洞，如上開人員帶有進一步之惡意目的，更有造成國家安全風險疑慮（錢利忠，2020）。再來所有資料均集中儲存於國防部的本地端資料庫，資料量日益龐大造成維護成本增加，且現行驗證任官令仍須以紙本為主，造成當事人保存負擔，以及因遺失或毀損所衍生之申辦時間、精力與金錢浪費。本研究除運用區塊鏈特性，將紙本任官令轉為數位檔案，改善保存、管理與資料整合問題，另採用橢圓曲線簽密法與自我認證機制，可有效達到機密性等特性，強化任官令管理與作業機制之安全性，解決區塊鏈技術中之節點權限控管等問題。

五、結論、國防領域應用與未來研究方向

區塊鏈自誕生迄今，無論在民用或是軍用領域上，各方勢力或團隊無不投入大量的重金來進行研究，逐漸脫離其初始創造目的。利用其去中心化、不可篡改且資料永久保存等特性，以及與其他諸如人工智慧、物聯網等技術結合，讓區塊鏈在各領域上有了更深、更廣的應用。而在國防實務上，區塊鏈應用的研究也未曾缺席，除民間的各式證書（明）、履歷資料等文件、投票（投標）等領域可直接或經過適當的修正後變成軍事上應

用的方案外，另諸如無人機等軍事裝備也能運用區塊鏈進行註冊、運用智慧合約輸入指令，降低敵方篡改、破壞資料的可能性，保護我方裝備不為敵所摧毀或虜獲。

另在軍事證明資料保存上，由於區塊鏈之特性，對於紙本文件的保存空間與成本政策考量上，有了顛覆性的變革。除可直接減少紙本儲存空間、購置相關設備的成本外，資料也能永久存在區塊鏈上，不需擔心保存年限、銷毀、轉檔的問題，也能隨時進行查詢，惟在開發前仍需進行相關的機敏性、限閱性等機制進行評估、增設。

本研究設計之區塊鏈技術數位任官令作業機制，運用區塊鏈技術具有去中心化、不可篡改且資料永久保存等特性，將發證方等各參與者交易過程及資訊完整保留，紀錄永久保存、可追溯且不可更改，並且運用密碼學簽章技術及非對稱金鑰加解密方式，解決發證、受領、驗證等流程上機密、隱匿性問題，並結合智慧合約設計完整的發、驗證流程，不同用戶即給予不同權限的資訊查詢功能；另採用 IPFS 分散式檔案儲存與共享系統方案，將完整的原始核發數位任官令檔保存，除可供使用者透過智慧合約隨時查詢外，亦可減輕鏈上區塊儲存空間，確保系統運作效能；本研究基於區塊鏈技術建構數位任官令作業機制除具持有關係驗證性與原始檔上鏈儲存性，在安全性上滿足機密、隱匿、不可否認、不可篡改等特點。透過強化區塊鏈技術與改進，使系統更加自動化、資訊化與更加安全可信，有效解決現行任官令換（補）發、軍職年資查註輔助驗證、查詢等問題，提升便民效益。

本研究近程於可應用於國防人事領域，在人事勤務方面，可應用在「國軍軍官士官任官業務」上。在「任官令管理」方面，任官令保存主管機關可以利用該系統進行原始核發任官令檔保存，多一處「存放位置」且可永久保存。在「任官令查詢與取得」方面，受領人可透過系統進行任官令的查詢、亦可隨時下載任官令原始檔進行閱覽，毋需擔心因自然或人為因素導致紙本任官令損毀或遺失的問題。而在「任官令換（補）發作業」及「作為軍職資料查註與審核輔助驗證」上，則可多一道快速查驗當事人是否曾有「依法令任官有案」紀錄，加速後續相關申請作業，提升便民效益與國軍單位形象。

另本研究設計著重於任官令發證、原始令狀數位檔案保存與驗證等資訊作業流程與安全，解決紙本任官令容易遇到的相關問題。於未來研究與運用方向上，則可結合政府部門公開金鑰基礎建設（Government Public Key Infrastructure, GPKI）、國軍現有憑證卡（國軍智慧卡）、內政部戶政系統數位身分識別證（New eID），強化金鑰與身分認證的機制，並可提供其他政府機關進行更多的運用，如提供其他公家機關人事部門針對「再任公職辦理比（提）敘」時加速查驗的依據、典試單位可用以快速審查退伍軍官士官考生之條件，並判定是否給予特別待遇（如可加若干分數等），有利未來軍隊、政府部門及社會實務應用。

參考文獻

- 方成楓 (2021)。運用區塊鏈技術於建築履歷暨電子證照管理之可行性研究。天主教輔仁大學資訊管理學系未出版碩士論文，臺灣，新北市。
- 李忠謙 (2018 年 4 月 26 日)。被寫進「區塊鏈」的北京大學醜聞：無視教授性侵、說謊迫害聲援學生。取自 2023 年 5 月 29 日 <https://www.storm.mg/article/429991?page=1>
- 林佳賢 (2018 年 7 月 3 日)。不懂技術沒關係！圖解告訴你區塊鏈可以這樣用。取自 2023 年 5 月 29 日 <https://www.cw.com.tw/article/5090842>
- 邱珮嘉 (2019)。以區塊鏈技術建構畢業證書系統之研究。銘傳大學資訊管理學系碩士論文未出版碩士論文，臺灣，桃園市。
- 洪嘉隆 (2018 年 10 月 17 日)。Hyperledger 技術介紹與 Fabric、Sawtooth 對比。取自 2023 年 5 月 29 日 <https://ithelp.ithome.com.tw/articles/10202324>
- 清華大學秘書處 (2021 年 6 月 24 日)。清華發出全國首張區塊鏈加密數位畢業證書。取自 2023 年 5 月 29 日 <https://www.nthu.edu.tw/hotNews/content/1028>
- 曾郁翔 (2022)。適用於區塊鏈資料存儲機制於戶籍謄本之可行性研究。天主教輔仁大學資訊管理學系未出版碩士論文，臺灣，新北市。
- 國防部 (2022)。陸海空軍軍官士官任官作業程序。臺灣，臺北市：國防部。
- 國防部 (2016)。國軍文書檔案作業手冊。臺灣，臺北市：國防部。
- 黃步添、蔡亮 (2020)。區塊鏈改變未來的倒數計時，臺北市：清文華泉事業有限公司。
- 匯商君 (2021 年 9 月 22 日)。一文讀懂區塊鏈的共識機制 PoW, PoS, DPoS, PoA 有何不同。取自 2023 年 5 月 29 日 <https://www.toutw.com/crypto/powsa/>
- 葉羅堯 (2017 年 5 月 22 日)。智慧校園區塊鏈應用。取自 2023 年 5 月 29 日 <https://da.taichung.gov.tw/media/207141/712816251671.pdf>
- 潘詩婷 (2022)。以區塊鏈技術強化供應鏈產品履歷機制之研究。國防大學管理學院資訊管理學系未出版碩士論文，臺灣，臺北市。
- 錢利忠 (2020 年 5 月 27 日)。駭客分黑白灰 3 類 軍方電軍 5 士官從「白帽」變「黑帽」。取自 2023 年 5 月 29 日 <https://news.ltn.com.tw/news/society/breakingnews/3178726>
- 蘇品長、潘詩婷 (2021)。強化區塊鏈技術建構供應鏈產品生產履歷系統。國防大學管理學院 2021 第二十九屆國防管理學術暨實務研討會，35-49，臺灣，臺北市。
- 蘇品長、蘇泰昌 (2021)。基於區塊鏈技術設計且強化安全之多樣化電子投票機制。國防大學管理學院 2021 第二十九屆國防管理學術暨實務研討會，50-68，臺灣，臺北市。
- Jenny, H. (2020 年 2 月 3 日)。杜絕《無照律師》真實上演，法務部 2020 年元旦推出「律師證書查驗系統」的下一步是什麼？。取自 2023 年 5 月 29 日 <https://medium.com/kryptogo/杜絕《無照律師》真實上演，法務部 2020 年元旦推出「律師證書查驗系統」的下一步是什麼-16584f707a93>
- Lin, I. C., & Liao, T. C. (2017). A survey of blockchain security issues and challenges. *International Journal of Network Security*, 19(5), 653-659.
- Nakamoto, S. (2008). *Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system*. Retrieved on October 24, 2022, from <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>

- Sillaber, C., & Treiblmaier, H. (2021). The impact of blockchain on e-commerce: A framework for salient research topics. *Electronic Commerce Research and Applications*, 48(101054), 1-14
- Stephen, R., & Alex, A. (2018). A review on blockchain security. *Proceedings of the IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 396, 1-7

國土防衛地面兵力部署最佳化—最短路徑網路攔截問題之應用

賴智明^a 陳秀靜^{b*}

^a 國防大學資源管理及決策研究所

^b 陸軍第四地區支援指揮部補給油料庫

論文編號: NM-44-01-09

DOI: 10.29496/JNDM.202411_45(2).0002

來稿 2023 年 1 月 15 日→第一次修訂 2023 年 2 月 27 日→第二次修訂 2023 年 4 月 22 日→
同意刊登 2023 年 5 月 12 日

摘要

本研究以國土防衛的角度切入，採用網路攔截問題，建構第四道防線，以增加敵軍進攻的困難性，並提高戰略持久的效果。假設敵軍的作戰目標是尋求從登陸點至首都之間最小總時長的進攻路徑，因此以最短路徑網路攔截問題作為基礎，透過雙層規劃建構「防禦者-侵略者」模型，模型的上層是我軍伏擊點選擇的最佳化問題，下層是敵軍進攻的最短路徑問題。為提高求解效率與品質，本研究提出巢式序列架構的求解方法，採用簡群演算法，並加入伏擊最短路徑的區域搜索機制以提高演算法性能。最後，本研究以 20 個隨機問題及 24 個實例問題進行演算法參數設定、演算法驗證與實證分析。

關鍵詞：網路攔截、雙層規劃、巢式序列、簡群演算法、Dijkstra 演算法

* 聯絡作者：陳秀靜 email: chenshioujing14@gmail.com

Optimizing Ground Forces Deployment for National Defense – Application of Shortest Path Network Interdiction Problem

Lai, Chyh-Ming^a Chen, Shiou-Jing^{b*}

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

^b Supply Oil Depot, Army 4th Regional Support Command, *Taiwan, R.O.C.*

Abstract

This study applies the network interception problem to the construction of the fourth line of defense for national security from the perspective of national defense. The enemy's objective is to seek the shortest total time attack path from the landing point to the capital city, and the interception actions are taken to increase the difficulty of achieving this objective for strategic endurance. Therefore, the shortest path network interception problem is adopted as the basis to construct the "defender-attacker" model using game theory. The top layer of the model is an optimization problem for choosing the ambush points for the military, and the bottom layer is the shortest path problem for enemy attack, which belongs to a two-layer binary integer programming problem. To balance solution efficiency and quality, this study proposes a nested sequence architecture based on simplified swarm optimization for solving the problem. To improve algorithm performance, a local search mechanism for the shortest ambush path is also proposed. Finally, algorithm parameter settings, verification, and empirical analysis are conducted on 20 random problems of different sizes and 24 example problems.

Keywords: Network Interdiction, Bi-level Programming, Nested Sequential, Simplified Swarm Optimization, Dijkstra Algorithm

* Corresponding Author: Chen, Shiou-Jing email: chenshioujing14@gmail.com

一、緒論

1.1 研究背景

當臺海戰爭爆發時，軍事戰略的指導原則是「防衛固守，重層嚇阻」，依此制定「戰力防護、濱海決勝、灘岸殲敵」的防衛作戰構想（Hsi-min and Lee, 2020）。該構想旨在離岸90海哩內的海峽地區建立多層次的防禦系統，透過聯合火力的逐層攻擊，削弱敵軍的作戰能力，直至在敵軍到達海岸線前擊敗之，以達到戰略持久的效果，最終實現「迫敵奪島任務失敗」的作戰目標。

在國土防衛戰爭中，中共的目標是「迅速佔領臺灣，不讓第三方有機會介入」。一旦登陸成功，其作戰目標將以政治和經濟中心為主要目標，指揮和管轄情報系統為次要目標，逐一佔領臺灣各地，實現對臺灣全島政局和民眾治理權的掌控。為了阻止中共的計劃，我方軍隊可以試圖將防禦深度從原本的灘岸延伸至臺灣本島上，並通過由近250萬後備軍人組成的國土防衛軍，形成防空、濱海和灘岸之後的第四道防線。我軍可以利用小群多點的原則，在敵軍可能的進攻路線上設置多個伏擊點，逐步削弱敵軍的戰鬥力。這不僅從空間上實質增加了敵軍奪島的戰術難度和傷亡成本，更從精神上鼓舞全民共同防禦的決心和凝聚總體戰力，使其無法輕易掌控臺灣（Hunzeker et al., 2018）。

縱深作戰中的第四道防線，是指將國土防衛軍部署在敵軍必經之處，例如交通樞紐、城鎮、叢林和山區等，採用高機動、小規模的伏擊方式，以阻擋或遲滯敵軍長驅直入奪取關鍵目標（如臺北市），從而實現游擊戰的目的。此舉可以將戰場推延至本島，發揮主場優勢，對敵軍造成最大的阻礙和威脅，以空間換取時間，爭取國際支援的寶貴時間。透過主場優勢和軍民同心的整體戰力，這並不是一個新的防禦概念（陳勝昌，2013），而游擊戰的效果已在近年伊拉克戰爭和阿富汗戰爭中得到了充分驗證。伊拉克和阿富汗都在戰局不利的情況下，整合非正規軍力，採用游擊戰的方式對抗美軍的入侵，使美軍陷入城鎮、山區等局部戰鬥的泥淖之中，體現了非正規軍隊採取游擊戰對抗正規軍的驚人效果（Ricks, 2007; Strachan, 2019）。

1.2 研究動機與目的

本研究旨在探討如何在敵軍登陸後的情況下，透過建構第四道防線，延續國土防衛作戰，發揮全民整體戰力並展現護國意志。雖然許多學者已就此議題發表研究，然而從軍事作業研究的角度，仍缺乏量化模型來探討第四道防線的建構相關議題（吳傳國，2009；葉紘胥，2017；Sheng and Gao, 2016），為本研究動機之一。此外，臺海情勢具有作戰縱深淺、反應時間短的特殊性，且地理環境錯綜複雜、變化多端，使得國軍需進行龐大的計算才能制定適當的戰爭預防、前置準備和作戰策略等，已超出一般作戰參謀的能力和負荷（蔡宗憲，2020）。因此，本研究動機之二在於建構適當的量化工具，以加速參謀的戰場情報分析並協助作戰指揮官做出決策。

網路攔截（network interdiction）主要探討如何利用有限的兵力，透過游擊戰的方式在路網中阻擋敵軍，避免其進攻並奪取目標（Wollmer, 1964）。在軍事防禦中，攔截行動是指先發制人，限制敵軍的作戰行動，使其無法發揮預期的戰鬥能力。攔截的方式包

括拘束其增援部隊、遲滯其補給鏈或截斷其通訊網路等。過去相關的研究主要著重在網路結構方面，根據網路的種類、攔截的標的（如路網中的城市、橋樑或路段）以及通訊網路中的訊號鏈或轉接器等，來進行攔截（Bidgoli and Kheirkhah, 2018; Smith and Song, 2020; Wood, 2010）。通常的做法是先識別需要攔截的目標，例如關鍵邊緣（arc）或節點（nodal），再進行有限的攔截行動，以阻斷敵軍的進攻路線、補給鏈或通訊網路等，以達到限制或降低其作戰能力的目的。

本研究聚焦於國土防衛作戰中應用網路攔截的概念，將遏止敵軍登陸的作戰範圍擴大至臺灣本島，透過國土防衛軍中近250萬後備軍人組成的第四道防線，以小群多點的原則，在敵軍潛在攻擊路線上設置有限的伏擊點，逐步削弱敵軍戰力（Hunzeker et al., 2018），並基於網路攔截問題透過雙層規劃建構數學模型。模型中，我方軍隊扮演上層領導者的角色，負責攔截敵軍的進攻行動，而敵方軍隊則扮演下層追隨者的角色，依據我方軍隊的攔截行動來計劃進攻策略。敵方軍隊的目標是尋找從登陸點至首都之間的最短入侵路徑，而我方軍隊的目標則是透過攔截行動增加敵軍入侵的困難度（例如使用伏擊方式拖延敵軍前進或迫使其繞路），從而建構出「防禦者-侵略者」雙層二元整數規劃模型。在此模型中，上層問題為我方軍隊選擇最佳的伏擊點組合，下層問題則為敵方軍隊選擇最短路徑問題。此為本研究目的之一。

Wood (1993) 證明即使在所有邊成本相同的情況下，網路攔截問題仍是NP-complete問題，而雙層規劃也被證實屬於NP-hard問題。因此，求解網路攔截問題的最佳解是一項極具挑戰的任務。自1970年以來，學者提出了多種雙層規劃的求解方法，包括分支定界法（branch-and-bound）（Bard and Falk, 1982）、Karush-Kuhn-Tucker方法（Bard and Moore, 1990）、懲罰函數法（penalty function）（White and Anandalingam, 1993）和班德氏分解法（Benders decomposition）（Pan et al., 2003）。然而，雙層規劃問題的內在複雜性使傳統的解法耗時費力（Israeli, 1999）。因此，學者們陸續提出了基於進化式演算法的求解架構，包括巢式序列、協同進化、單層轉換和多目標轉換等，力求在合理時間內求得近似最佳解。與其他三種方法相比，巢式序列的求解架構是當前的主流趨勢之一（Said et al., 2022; Sinha et al., 2017; Talbi, 2013）。巢式序列的特點是在上、下層問題中採用適當的求解方法（精確演算法或進化式演算法），以巢狀方式求解雙層規劃的上、下層問題。在求解過程中，需要為上層問題的每個候選解給予下層最佳化後的解，因此其運算效率主要取決於下層問題的複雜度。

大量研究的結果顯示，簡群演算法（Simplified Swarm Optimization, SSO）在參數調整、運算效率等方面具有顯著優勢，使其在組合最佳化問題的求解方面表現優異（Lai and Yeh, 2016）。本研究希望通藉由本議題，擴展簡群演算法的應用領域，推廣國內演算法的發展（Yeh, 2009）。因此，本研究以群演算法為基礎，設計並開發一個巢式求解架構，以求解本研究提出的雙層二元整數規劃問題，以協助決策者在可接受的運算時間內制定適當的國土防禦策略，是為本研究目的之二。

二、文獻探討

2.1 網路攔截問題

網路攔截問題 (network interdiction problem) 最早源自於1950年代所建立的最大流最小割定理 (Ford and Fulkerson, 1956)。網路攔截問題早期的應用側重於防禦策略，主要被定義為通過掌握當前對手的決策來最佳化自身的網路系統安全，進而阻止蓄意攻擊引起的事件，是尋找網路系統漏洞的共通議題之一。在求解最佳化網路攔截問題的文獻中，通常會以雙層規劃的架構建模，視為領導者與追隨者之間的賽局 (leader-follower game) (Smith and Lim, 2008)。

發展至今，網路攔截問題衍生多種型態，以目標函數可區分為三種類型：(一) 最大流量網路攔截問題、(二) 最大可靠路徑網路攔截問題與 (三) 最短路徑網路攔截問題 (Smith and Song, 2020; Xiang and Wei, 2020)。無論何種類型，領導者通常先採取行動，攔截網路中部份的邊或節點，追隨者再依據攔截後的網路連通狀況，最佳化其目標函數，此目標函數則決定了該問題屬於何種類型的網路攔截問題。例如，最小化起點與終點之間的路徑距離 (最短路徑網路攔截)。按照問題建模方式則可區分為兩種：(一) 確定性與 (二) 隨機性 (Ramirez-Marquez, 2010)。也可依議題的具體要求加以定義網路中起點與終點是否固定及其數量，發展不同的模型。

其中，最短路徑網路攔截問題由Israeli and Wood (2002) 首次提出，該問題中追隨者的目標是尋找一條從來源節點 s 到匯集節點 t 之間最短長度 (或最短時間、最低成本等) 的路徑，而領導者則是使用有限的資源攻擊網路，破壞某些邊或增加其長度，進而增加追隨者的最短路徑長度，與本研究之議題最為貼近。

2.2 雙層規劃

雙層規劃問題 (bilevel programming problem) 可以追溯到1934年，Stackelberg在關於市場經濟的專著中首次提出 (Von Stackelberg, 1934)。其基本模型中，是假設在不平衡的經濟背景條件下，兩個決策者如何控制決策變數，以尋求最佳化各自的收益 (目標函數)，但其決策內容皆會影響另一方。其中所謂的領導者 (leader) 是根據追隨者 (follower) 最佳化後的決策結果，使其目標函數最小化，且領導者的決策會影響追隨者問題的可行解和目標函數，而追隨者的決策對領導者的收益同時具有相當的影響力 (Bard, 2013)。

雙層規劃問題涉及兩個層次的最佳化問題，其中一個嵌套在另一個最佳化問題之中。外部最佳化問題通常稱為領導者 (上層) 的最佳化問題，而內部最佳化問題則被稱為跟隨者 (或下層) 的最佳化問題。兩個層次都有自己的目標和限制條件，並且有其各自決策變數：領導者 (上層) 決策變數和跟隨者 (下層) 決策變數。下層最佳化時，是針對其下層決策變數進行求解，而上層決策變數則充當參數。當上層求解時，下層的最佳化問題是上層最佳化問題的限制式之一，換句話說，只有那些使下層達到最佳解且滿足上層限制式的解，才可視為可行解 (Sinha et al., 2017)。通常雙層規劃問題可以數學式表示如下，其中 $x \in \mathbb{R}^{n_1}$ 與 $y \in \mathbb{R}^{n_2}$ ：

$$\min_{x \in X, y} F(x, y) \quad (1a)$$

$$s. t. G(x, y) \leq 0 \quad (1b)$$

$$\min_y f(x, y) \quad (1c)$$

$$s. t. g(x, y) \leq 0 \quad (1d)$$

雙層規劃問題的決策變數分屬上、下層，即上層變數 $x \in \mathbb{R}^{n_1}$ 和下層變數 $y \in \mathbb{R}^{n_2}$ ；相同的，函數 $F: \mathbb{R}^{n_1} \times \mathbb{R}^{n_2} \rightarrow \mathbb{R}$ 和 $f: \mathbb{R}^{n_1} \times \mathbb{R}^{n_2} \rightarrow \mathbb{R}$ 分別是上層和下層的目標函數；函數 $G: \mathbb{R}^{n_1} \times \mathbb{R}^{n_2} \rightarrow \mathbb{R}^{m_1}$ 和 $g: \mathbb{R}^{n_1} \times \mathbb{R}^{n_2} \rightarrow \mathbb{R}^{m_2}$ 則分別是上層和下層限制條件。上層限制條件涉及兩個層級的決策變數（亦即 x 與 y ），並且扮演特定的角色，必須透過間接的方式（例如上層的決策變數）影響下層的決策內容，因為上層無法直接採取約束的方式，限制下層決策者的決策內涵（Colson et al., 2005）。

2.3 簡群演算法

在簡群演算法中，每組解 $X_i^t = (x_{i,1}^t, x_{i,2}^t, \dots, x_{i,j}^t, \dots)$ 都被編碼為一組可計算適應函數值的向量，在更新迭代的過程中，每組解就其過去歷程中，具有最佳適應函數值的解稱為 $pBest$ ，以 $P_i = (p_{i,1}, p_{i,2}, \dots, p_{i,j}, \dots)$ 表示；在所有解群體中，具有最佳適應函數值的解稱為 $gBest$ ，以 $G = (g_1, g_2, \dots, g_j, \dots)$ 表示。與其他進化式演算法最不同之處在於其特殊的更新機制（update mechanism），其基本概念是，每組解向量中的變數 $x_{i,j}^t$ 是依據一個介於 $(0, 1)$ 之間的隨機數 $\rho_{i,j}^t$ 位於參數 C_g 、 C_p 與 C_w 所定義的機率區間決定，從當前 $gBest$ （作為全局搜索）、 $pBest$ （作為區域搜索）、解本身及一組隨機可行解所調和構成，以保持解群體的多樣性（Lai, 2019; Yeh, 2009, 2012a, 2012b），其更新機制數學模式如公式（2）所示，其中 $x_{i,j}^t$ 為第 t 次迭代，第 i 組解的第 j 個變數， x 是介於上、下界限制的隨機變量。

$$x_{i,j}^t = \begin{cases} g_j & \text{if } \rho_{i,j}^t \in [0, C_g] \\ p_{i,j} & \text{if } \rho_{i,j}^t \in [C_g, C_p] \\ x_{i,j}^{t-1} & \text{if } \rho_{i,j}^t \in [C_p, C_w] \\ x & \text{if } \rho_{i,j}^t \in [C_w, 1] \end{cases} \quad (2)$$

另針對求解連續變數，Yeh在2015年提出改進的簡群演算法（improved simplified swarm optimization, iSSO），修改後的更新機制如公式（3）所示（Yeh, 2015），其中 u_j 如公式（4）所示， $Nvar$ 是變數數量， x_j^{min} 及 x_j^{max} 則是第 j 個變數的上、下界。

$$x_{i,j}^t = \begin{cases} g_j + \rho_{[-0.5, 0.5]} \cdot u_j & \text{if } \rho_{i,j}^t \in [0, C_g] \\ x_{i,j}^{t-1} + \rho_{[-0.5, 0.5]} \cdot u_j & \text{if } \rho_{i,j}^t \in [C_g, C_w] \\ x_{i,j}^{t-1} + \rho_{[-0.5, 0.5]} \cdot (x_{i,j}^{t-1} - g_j) & \text{if } \rho_{i,j}^t \in [C_w, 1] \end{cases} \quad (3)$$

$$u_j = \frac{x_j^{min} - x_j^{max}}{2 \cdot Nvar} \quad (4)$$

簡群演算法的更新機制是以 c_g 、 c_p 、 c_w 與 c_r 分別表示解更新到全域最佳解、區域最佳解、解本身與隨機變數等四種結果的機率參數，並定義 $C_g = c_g$ ，表示解更新到全域最佳解之機率區間的設定參數； $C_p = c_g + c_p$ ，表示解更新到區域最佳解之機率區間的設定參數； $C_w = c_g + c_p + c_w = 1 - c_r$ ，表示解更新到解本身之機率區間的設定參數。以 $Nsol$ 及 $Nitr$ 分別表示群體大小及總迭代次數，完整演算步驟如表1所示。

表 1 簡群演算法的演算步驟

SSO Procedure	
Initialization Phase:	
Step 0.	Randomly generate X_i^0 , calculate $F(X_i^0)$, define $pBest$ P_i and $gBest$ G , and let $t = 1$ for $i = 1, 2, \dots, Nsol$.
Evolution Phase:	
Step 1.	Let $i = 1$.
Step 2.	Update X_i^{t-1} to X_i^t based on Eq. (2) and calculate $F(X_i^t)$.
Step 3.	If $F(X_i^t)$ is better than $F(P_i)$, let $P_i = X_i^t$; otherwise, go to Step 5 .
Step 4.	If $F(P_i)$ is better than $F(G)$, let $G = P_i$.
Step 5.	If $i < Nsol$, let $i = i + 1$ and go to Step 2 .
Step 6.	If $t < Nitr$, let $t = t + 1$ and go to Step 1 . Otherwise, halt and $gBest$ is the final solution.

2.4 Dijkstra 演算法

Dijkstra演算法是求解最短路徑問題的精確演算法之一，由荷蘭計算機科學家Edsger Dijkstra於1956年構思、1959年發表，旨在找到任何起始節點和終止節點之間的最短路徑，可解決加權圖中不包含負權重邊的最短路徑問題（Dijkstra, 1959），其時間複雜度為 $O(V^2)$ ，演算效率優於其他精確演算法，如Floyd-Warshall演算法（ $O(V^3)$ ）與Bellman-Ford演算法（ $O(V \cdot E)$ ）等（Di Caprio et al., 2022）。

當圖中起點 $s \in V$ 與終點 $t \in V$ 定義後，Dijkstra演算法不但可以求解兩點之間權重最低的路徑（即最短路徑）及其長度，亦可進一步查找從起點 s 到其他節點 $v \in V$ 的最短路徑長度 $L(v)$ 。在有向加權圖 $G = (V, E, \omega)$ 中，有一個關於權重（即長度或成本）的函數 $\omega: E \rightarrow N$ ，表示圖中每個邊 $(u, v) \in E$ 具有一個非負整數的權重值 $\omega(u, v) \in N$ 。當 $\omega(u, v) = 0, u \in V$ 及 $\omega(u, v) = \infty, (u, v) \notin E$ 時，可將該函數擴展為 $\omega: V \times V \rightarrow N \cup \{\infty\}$ 。Dijkstra演算法的計算程序如表2所示（Deepa et al., 2018）。

表 2 Dijkstra 演算法的計算程序

Dijkstra Algorithm Procedure
Input: Edge-weighted graph, $G = (V, E, \omega)$ with (extended) weight function $\omega : V \times V \rightarrow N$, and a source vertex $s \in V$.
Output: Function $L : V \rightarrow N \cup \{\infty\}$, such that for all $v \in V$, $L(v)$ is the length of the shortest path from s to v in G .
Algorithm:
Initialize $S \leftarrow \{s\}$; $L(s) \leftarrow 0$;
Initialize $L(v) \leftarrow \omega(s, v)$, for all $v \in V - \{s\}$;
while ($S \neq V$) do
$u \leftarrow \arg \min_{z \in V - S} \{L(z)\}$
$S \leftarrow S \cup \{u\}$
for all $v \in V - S$ such that $(u, v) \in E$ do
$L(v) \leftarrow \min\{L(v), L(u) + \omega(u, v)\}$
end for
end while
Output function $L(\cdot)$.

資料來源：Deepa et al. (2018)

三、模型建構

3.1 問題描述

本研究採用最短路徑網路攔截問題作為基礎，考慮伏擊效果對路徑選擇之影響，以節點為攔截標的，探討單一固定起點與終點的網路，透過雙層規劃建構「防禦者-攻擊者」模型（如圖 1 所示），發展適合國土防衛作戰之網路攔截模型。模型中，上層結構為我軍伏擊點選擇的最佳化問題，下層結構為敵軍進攻的最短路徑問題。

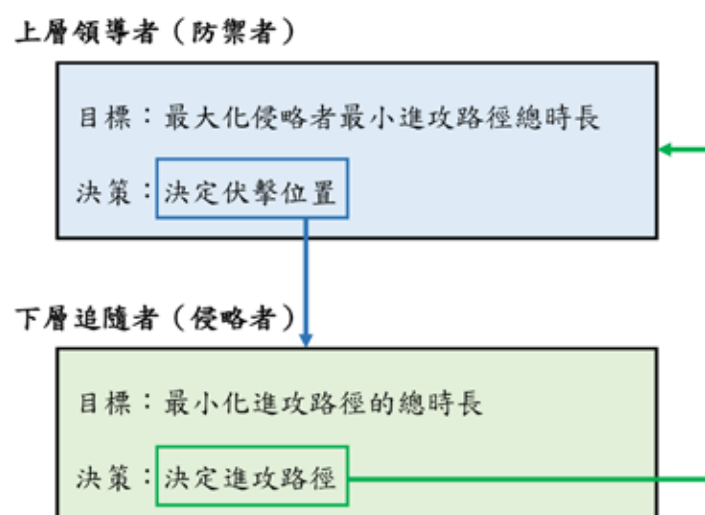


圖 1 本研究建構之「防禦者-攻擊者」模型

3.2 符號說明

本研究提出之數學模型所需符號定義如下：

- nCt 可選擇伏擊的地點總數，在圖上以節點表示可伏擊點。
- I' 所有節點的集合。 $I' = \{s, 1, 2, \dots, nCt, t\}$
- I 除了起點 s 跟終點 t 以外所有節點的集合。 $I = I' / \{s, t\}$
- A 鄰接矩陣，是 $|I'| \times |I'|$ 大小的 $(0, 1)$ 矩陣，0 表示節點之間沒有邊相連，1 表示節點之間有邊相連。
- nEg 鄰接矩陣中邊的總數。
- $D(i)$ 離開節點 i 所有邊的集合。 $\forall i \in I'$
- $E(i)$ 進入節點 i 所有邊的集合。 $\forall i \in I'$
- m 可供我軍部署的部隊總數。
- coe 依網路的節點數給定部隊總數 m 之規則參數。
- d_{ij} 節點 i 與 j 之間的距離。 $\forall i, j \in I'$
- α 敵軍的行軍速度，單位為公里/小時。
- λ 遲滯時長，表示敵軍經過伏擊點所延遲的時間，單位為小時。
- w_{ij} 節點 i 與 j 之間邊的權重，代表時間，單位為小時。 $\forall i, j \in I'$
- δ 敵軍進攻路徑的總時長。
- $x_i = \begin{cases} 1, & \text{部隊於節點 } i \text{ 伏擊。} \\ 0, & \text{則否。} \end{cases} \quad \forall i \in I$
- $y_i = \begin{cases} 1, & \text{敵軍進攻路徑包含節點 } i。 \\ 0, & \text{則否。} \end{cases} \quad \forall i \in I$
- $a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{敵軍進攻路徑包含節點 } i \text{ 到 } j \text{ 的邊。} \\ 0, & \text{則否。} \end{cases} \quad \forall i, j \in I'$

3.3 模型說明

行軍是軍隊機動的基本方法，意旨沿著想定的路線進行有組織的移動，其形式（徒步、乘車或兩者結合）與強度（常行軍、急行軍或強行軍）會依據任務、敵情、地形、部隊規模及能力而定。敵軍在進攻途中，遭遇我軍游擊部隊伏擊時，其作戰態勢由行軍轉為遭遇戰，將嚴重遲緩其行軍速度，為簡化問題，以 α 表示敵軍的行軍速度，以 λ 表示敵軍經過伏擊點所致之延遲時間。

本研究假設敵軍登陸後的作戰目的是迅速抵達終點，因此，將選擇最小總時長之路徑做為進攻路線，故本研究將邊 (i, j) 的權重 w_{ij} 定義為途經邊 (i, j) 所需的總時長，計算如公式（5）所示。其中 d_{ij}/α 是依據邊 (i, j) 的距離 d_{ij} 及敵軍的行軍速度 α 所計算的行軍時長； λ 是遲滯時長，表示部署伏擊點於節點 j 所造成的遲滯效果。敵軍進攻路徑所需的總時長 δ 可以公式（6）計算。

$$w_{ij} = d_{ij}/\alpha + \lambda \cdot x_j, \forall i, j \in I' \quad (5)$$

$$\delta = \sum_{i=1}^{|I'|} \sum_{j=1}^{|I'|} a_{ij} w_{ij} \quad (6)$$

本研究提出國土防衛第四道防線兵力部署最佳化問題，並以網路攔截問題建構雙層規劃模型，數學模型說明如下：

$$\max f \quad (7)$$

s. t.

$$\sum_{i=1}^{|I|} x_i \leq m \quad (8)$$

$$x_i \in \{0,1\}, \forall i \in I \quad (9)$$

$$f = \min \delta \quad (10)$$

s. t.

$$\sum_{(i,j) \in D(i)} a_{ij} - \sum_{(k,i) \in E(i)} a_{ki} = \begin{cases} 1, & \text{if } i = s \\ -1, & \text{if } i = t \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}, \forall i, j, k \in I' \quad (11)$$

$$\sum_{j=1}^{|I|} a_{ij} = y_i, \forall i \in I \quad (12)$$

$$y_i \in \{0,1\}, \forall i \in I \quad (13)$$

$$a_{ij} \in \{0,1\}, \forall i, j \in I' \quad (14)$$

上層目標函數(7)為藉由伏擊點的選擇最大化敵軍最小進攻路徑總時長。限制式(8)為資源限制，限制所有部隊進駐的節點數不超過可供部署的部隊總數 m 。限制式(9)定義上層決策變數為二元變數。公式(10)是下層目標函數，可解釋為敵軍依上層的決策(伏擊點的位置)，最小化其進攻路徑的總時長。限制式(11)限制路徑需從起點 s 開始至終點 t 結束，且途中不重複任一節點。限制式(12)限制敵軍進攻路徑不可經過未包含在路徑上的節點，且該路徑所包含的節點皆僅有一個進入的邊。限制式(13)定義下層決策變數為二元變數。限制式(14)則定義輔助決策變數為二元變數。

四、研究方法

本研究依據問題提出三種求解方法，第一種是兩階段的精確解法，命名為Enumeration-Dijkstra Algorithm (EDA)，目的在驗證模型的數學式是否正確、評估模型的時間複雜度與驗證第二種方法在求解小問題的精確程度。EDA 的上層是以隱舉法列

舉所有伏擊點的組合，下層則以 Dijkstra 演算法依據各伏擊點組合，求解最短路徑問題。第二種是基於簡群演算法與 Dijkstra 演算法所發展的求解方法，在彌補精確解法運算成本過高的缺點，稱之 SSO-Dijkstra Bilevel Evolutionary Algorithm (SDBEA)。第三種是為了提高 SDBEA 的運算能力，依據問題性質設計特定的伏擊最短路徑之區域搜索機制，該機制命名為 Shortest-path-based Ambushing Scheme (SAS)，以加速簡群演算法收斂與提高求解品質，稱之 SDBEA_{SAS}。三種方法的上、下層之間的差異，請見表 3。

表 3 求解方法

名稱	EDA	SDBEA	SDBEA _{SAS}
上層結構	Enumeration	SSO	SSO + SAS
下層結構	Dijkstra Algorithm	Dijkstra Algorithm	Dijkstra Algorithm

4.1 Enumeration-Dijkstra Algorithm

EDA 為兩階段的精確解法，第一階段是以隱舉法列舉出上層所有可行解集合（伏擊點選擇策略）；第二階段，將上層解集合逐一透過 Dijkstra 演算法求解下層最短路徑問題，再依上層的目標函數從所有解集合中找出最佳解，求解流程如圖 2 所示，其中上層可行解的總數為 $nsol$ ， X_i 及 Y_i 分別表示上層第 i 組解及該組解所對應的下層精確解， $X = \{X_1, X_2, \dots, X_i, \dots, X_{nsol}\}$ 則表示上層伏擊點選擇最佳化問題的所有可行解集合。

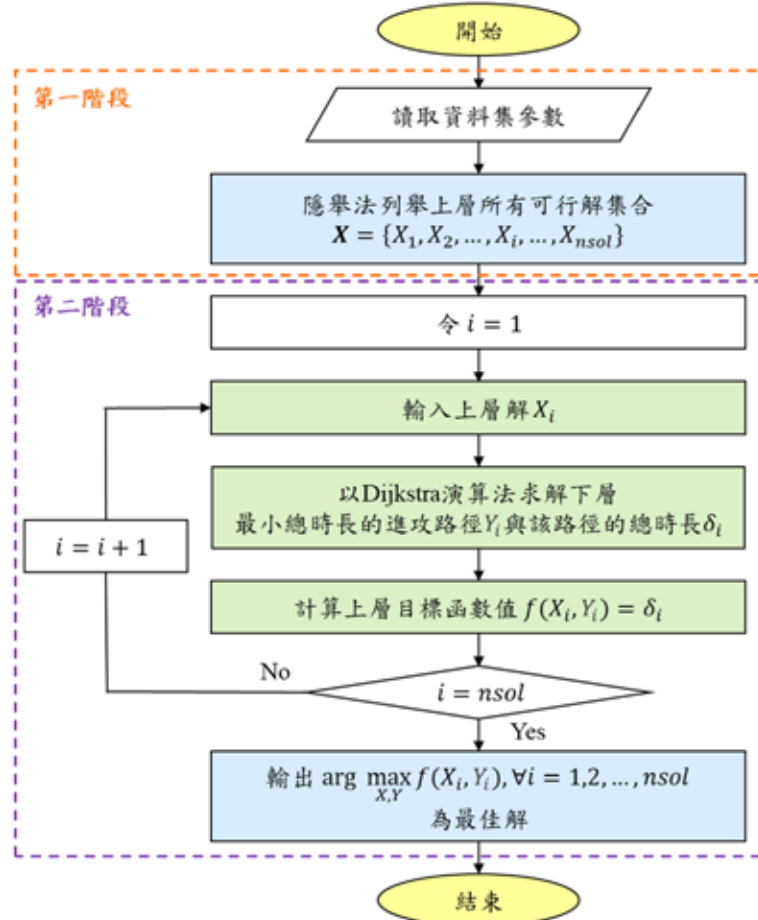


圖 2 EDA 之求解流程圖

4.2 SSO-Dijkstra Bilevel Evolutionary Algorithm

SDBEA 的上層結構是以簡群演算法求解我軍伏擊點選擇的最佳化問題，上層解代表防禦者的伏擊決策。在演算法初始時，會隨機產生一群數量為 $Nsol$ 的解 X^0 ，群體中每組解 X_i 的編碼是以向量方式編成， X_i 的向量長度為 nCt ，是可選擇伏擊的地點總數， $X_i = (x_{i,1}, x_{i,2}, \dots, x_{i,nCt})$ 。向量中任一元素 $x_{i,j}$ ， $j = 1, 2, \dots, nCt$ ，是介於 $[0, 1]$ 的隨機實數，其數值大小代表該節點被選為伏擊點的優先順序（如圖 3 上半部，數值越大、順序越優先），依可供我軍部署的部隊總數 m ，從順序中選取前 m 個節點設置伏擊點，續將每組解 X_i 解碼為 $X'_i = (x'_{i,1}, x'_{i,2}, \dots, x'_{i,nCt})$ （如圖 3 下半部），其中 X'_i 內各元素 $x'_{i,j}$ 為二元整數， $x'_{i,j} = 1$ 表示部隊於節點 j 設置伏擊點， $x'_{i,j} = 0$ 表示節點 j 無設置伏擊點。假設可供我軍部署的部隊總數 $m = 3$ 時，選取前兩個優先順序的節點設置伏擊點，分別為節點 4、5 及 8，故 $x'_{i,4} = 1$ 、 $x'_{i,5} = 1$ 及 $x'_{i,8} = 1$ ，其餘為 0。

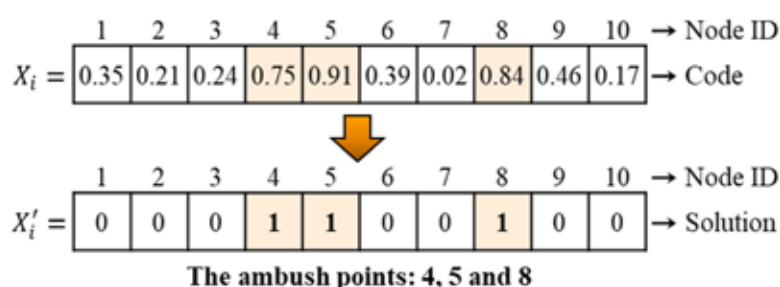


圖 3 上層解編碼方式

完成初始解編碼後，進入巢式序列的下層結構，透過下層結構的 Dijkstra 演算法求解最短路徑問題。當上層簡群演算法的任一組解 X_i^t 在計算適應函數值時，會先啟動下層 Dijkstra 演算法求解相對應之最小總時長的進攻路徑 Y_i^* 與該路徑的總時長 δ_i ，故適應函數值可以 $F(X_i^t, Y_i^*)$ 表示。Dijkstra 演算法的計算程序如第二章的表 2 所示，輸入一個網路圖 $G = (V, E, \omega)$ ，圖中每個邊 $(u, v) \in E$ 具有一個非負數的權重值 $w_{uv} \in \omega$ ， w_{uv} 是依上層 X_i^t 伏擊點選擇的位置，由公式（4）計算途經邊 (u, v) 所需的總時長，再透過表 2 程序求解出該網路圖中起點 s 到終點 t 的最小進攻路徑總時長 δ_i ，定義如公式（5），並令 $F(X_i^t, Y_i^*) = \delta_i$ ，回傳至上層結構，以評估解 X_i^t 的優劣。完整 SDBEA 演算流程如圖 4 所示。

4.3 區域搜索機制

本研究所提出的巢式序列架構之求解方法，其上層結構是以簡群演算法求解組合最佳化問題，為了提高演算法的性能，可在更新階段加入區域搜索機制，其目的是在針對具有潛力或特定的決策空間，依據問題性質進行局部的解搜索，試圖找到更好的解（Pirlot, 1996）。以巢式序列架構求解雙層規劃時，上層每組解 X 會對應到一組下層的最佳解 Y^* ，即在該組伏擊點部署策略下，敵軍所選擇最小總時長的進攻路徑，以 $Path$ 表示。此時，若能在敵軍的當前進攻路徑上設置伏擊點，必能對其構成更大的遲滯效果，因此，本研究提出伏擊最短路徑的區域搜索機制，命名為 Shortest-path-based Ambushing Scheme（SAS）。SAS 的核心概念是，在上層簡群演算法更新階段時，解 X 會從下層所回饋最小總時長的進攻路徑 $Path$ 上，選擇一個節點 v_{new} 成為新的伏擊點，再從原來的伏擊點 Apt

中選擇一個伏擊點 v_{old} ，無論 v_{new} 或 v_{old} 皆透過隨機方式選擇，最後將被選中的兩個節點之編碼作互換，將 v_{new} 取代 v_{old} 成為新的伏擊點，即完成該組解的更新。完整 SAS 步驟如表 4 所示。

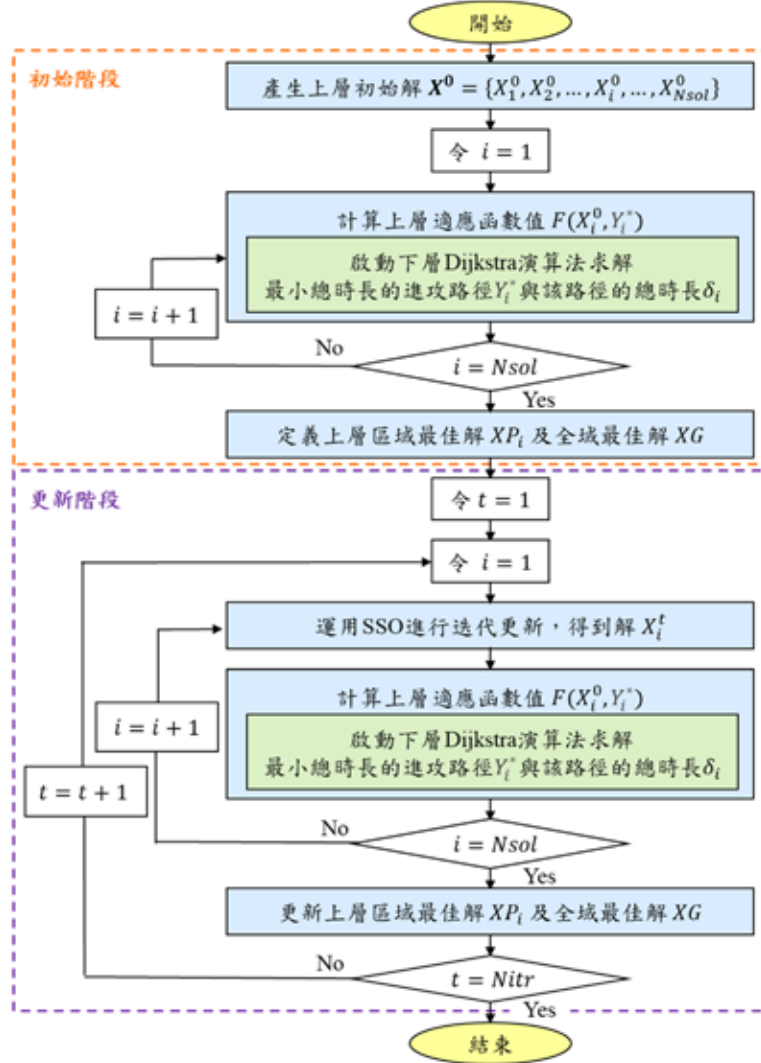


圖 4 SDBEA 之演算流程圖

表 4 伏擊最短路徑的區域搜索機制之步驟

Shortest-path-based Ambushing Scheme Procedure	
Step 1.	Let Apt_i be the ambush point set selected by $X_i^t = [x_{i,j}^t]_{1 \times Nvar}$, and $path_i$ be its corresponding shortest path found by lower-level method.
Step 2.	Randomly select v_{new} and v_{old} from $Path_i$ and Apt_i respectively.
Step 3.	Copy X_i^t to X_i^{t+1} , let $x_{i,v_{new}}^{t+1} \leftarrow x_{i,v_{old}}^t$ and $x_{i,v_{old}}^{t+1} \leftarrow x_{i,v_{new}}^t$.
Step 4.	Output $X_i^{t+1} = [x_{i,j}^{t+1}]_{1 \times Nvar}$.

五、實證與分析

本研究設計不同規模的 20 個隨機問題及 24 個實例問題，進行模型驗證、實證分析、演算法參數設定與演算法之間的比較。首先，以 EDA 及 SDBEA 求解隨機問題驗證本研究所提出的模型，並將 SDBEA 的求解結果與 EDA 求得的精確解作比較，驗證 SDBEA 在小規模問題上找到精確解的能力。再透過實驗設計定義 SDBEA 的參數，最後求解大量實例問題進行演算法的比較，並以統計檢定驗證本研究所提出的求解方法與其他演算法之間在效能上的差異程度，最後基於結果的分析綜整我軍的部署策略。本章所有演算法的運算均使用 Matlab(R2021a)語言撰寫，電腦硬體規格為 Intel Core i5-1035G1 CPU @ 1.19GHz 處理器，搭配 8G 記憶體及 Windows 10 作業系統。

5.1 問題說明

5.1.1 隨機問題

本研究提出之最短路徑網路攔截問題的複雜程度取決於網路規模，例如（網路的節點數，邊的數量），可以表示為 $(|I'|, nEg)$ ，與部隊總數 m 的大小等數量因子。因此以 $(|I'|, nEg) = (28, 72)$ 與 $m = 0 \sim 9$ ，設計 10 個隨機問題。此外，為了分析特殊情形「隘道」，對決策之影響，刻意刪除上述問題中的部分邊成為具有隘道路網，形成另外 10 個對照問題（無隘道路網 vs. 有隘道路網，如圖 5 所示）。其他參數定義如下：敵軍的行軍速度 $\alpha = 10$ 、敵軍每經過伏擊點的遲滯時長 $\lambda = 5$ 。

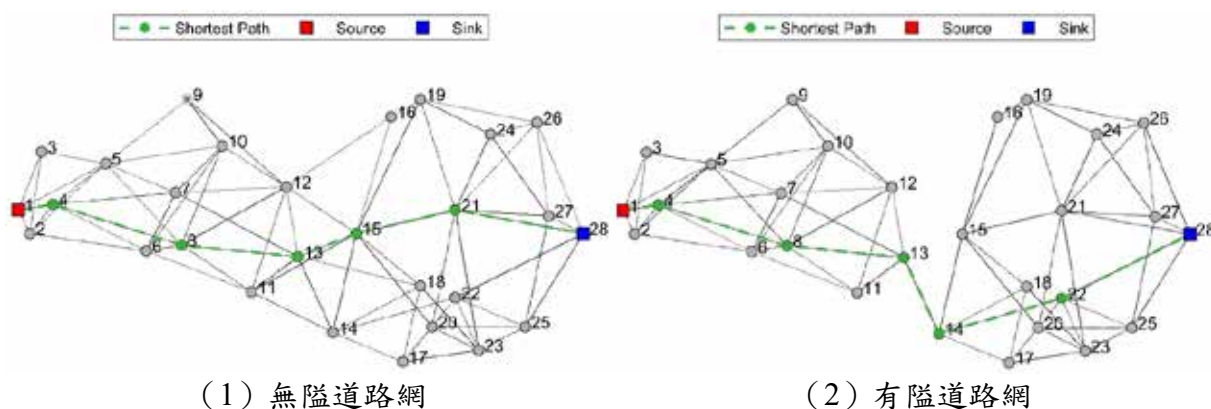


圖 5 隨機問題示意圖

5.1.2 實例問題

實例題組是參考 WGS84 座標系統（World Geodetic System 1984），取臺灣本島重要的城鎮與交通要道，以敵軍登陸點區分 6 種規模的題組（如圖 6 所示），登陸點分別是金山、林口、壯圍、鹿港、布袋及加祿堂，揮軍北上直指總統府（終點），隨登陸點越往南移，題組包含的節點與邊越多。此外，每一個題組給定 4 個不同的部隊總數 m ，形成 24 個實例問題，資料集細節如表 5 所示。

表 5 實例問題之資料集

題組 編號	起點 s	終點 t	網路的節點數 $ I' $	邊的數量 nEg	部隊總數 m
1	金山	總統府	45	68	5, 6, 8, 9
2	林口		90	159	9, 13, 16, 18
3	壯圍		180	323	18, 25, 32, 36
4	鹿港		270	477	27, 38, 49, 54
5	布袋		360	643	36, 50, 65, 72
6	加祿堂		500	879	50, 70, 90, 100

*部隊總數 m 給定規則說明：

$$coe = \left[\frac{1}{10}, \frac{1.4}{10}, \frac{1.8}{10}, \frac{2}{10} \right], m = |I'| \times coe$$

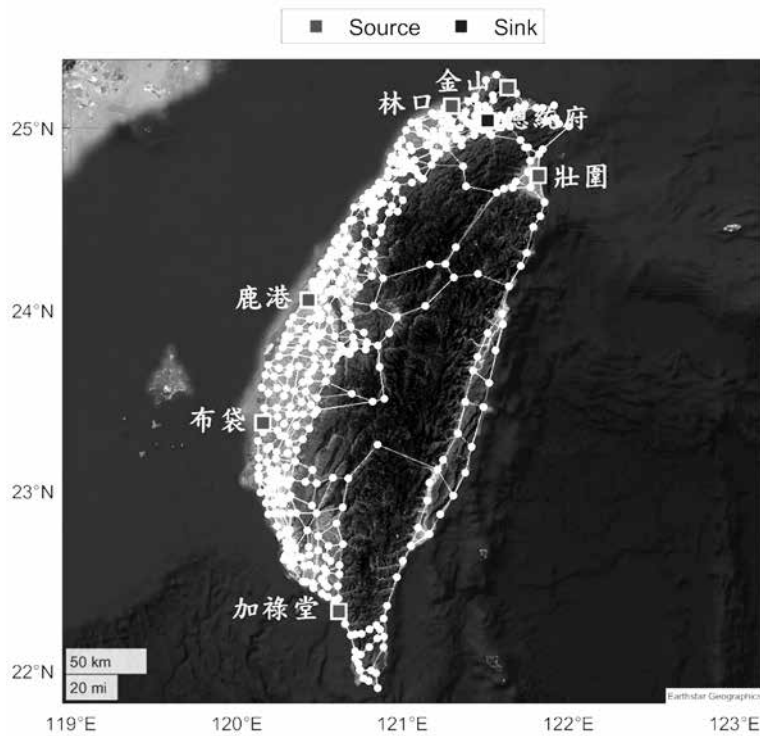


圖 6 實例問題示意圖

5.2 演算法參數設定

為了有效發揮本研究所提出之演算法 $SDBEA_{SAS}$ 的求解效果，針對其上層簡群演算法更新機制及區域搜索機制（SAS）的參數進行全因子實驗。簡群演算法的更新機制參數包括 C_g 、 C_p 與 C_w ，分別定義 3 個水準， $C_g = (0.4, 0.5, 0.6)$ 、 $C_p = (0.75, 0.8, 0.85)$ 與 $C_w = (0.9, 0.95, 0.99)$ 。另本研究提出的 SAS，則以參數 C_s 表示解群體進入該機制的比例，當一組解所擲出的隨機數 $nr < C_s$ 時，才以 SAS 更新該組解，否則不進入 SAS 程序。經過本研究前測結果給定 5 個水準， $C_s = (0, 0.1, 0.4, 0.7, 1)$ ，0 代表演算法沒有啟用 SAS，0.1 至 1 代表演算法解群體啟用 SAS 的比例。依據上述四種參數定義的水準，共有 135 個實驗組合，每一種實驗組合以 $SDBEA_{SAS}$ 演算法各別執行 10 次，實驗次數共計 1350 次，求解實例資料集各規模題組中 m 分別為 10、20、40、60、80 及 100 的問題，其他演

算法相關參數定義如下： $Nsol = 30$ 、 $Nitr = 300$ 。

以 $SDBEA_{SAS}$ 求解 6 個問題，為檢視各因子在求解效能與效率上是否具有差異，使用 ANOVA 分析，顯著水準設定為 0.05，分析結果如表 6 所示（粗體字表示具顯著性）。每個問題執行 1350 次實驗的平均適應函數值及平均運算時間分別以 F_{avg} 及 T_{avg} 表示，為利於觀察實驗結果，將 F_{avg} 及 T_{avg} 標準化至 $[0, 1]$ 尺度，並繪製成主效果圖（圖 7），結果分析如下：

（一）從 ANOVA 分析結果顯示，四個因子（ C_g 、 C_p 、 C_w 與 C_s ）對適應函數值 F 皆有顯著影響，單從主效果圖（圖 7）來看，初步認定四個因子的最佳組合為 $(C_g, C_p, C_w, C_s) = (0.5, 0.85, 0.99, 0.4)$ 時，可達到較好的求解效果。其中， $C_s = 0.4$ 與 0.7 之間，效果沒有顯著差異。

（二）簡群演算法更新機制的參數 C_g 、 C_p 與 C_w 對運算時間 T 皆不顯著，僅區域搜索機制的 C_s 有顯著差異，從主效果圖（圖 7）來看，運算時間 T 會隨著 C_s 的數值越大而顯著增加，顯然選擇 $C_s = 0.4$ 有利於降低演算時間。

（三）ANOVA 分析結果亦顯示，四個因子之間對適應函數值 F 具有顯著的交互作用，因交互作用圖不易辨識，另繪製所有因子對適應函數值 F 的組合績效圖，如圖 8 所示，其最佳組合為 $(C_g, C_p, C_w, C_s) = (0.5, 0.85, 0.99, 0.4)$ ，此結果與上述分析一致，故本研究的 $SDBEA_{SAS}$ 採用此參數組合進行求解。

表 6 ANOVA 分析結果

Group	F					T				
Source	DF	SS	MS	F value	P value	DF	SS	MS	F value	P value
C_g	2	0.0062	0.0031	4.17	0.0157	2	0.13	0.067	0.11	0.9003
C_p	2	0.0219	0.0110	14.69	0.0000	2	1.81	0.907	1.42	0.2424
C_w	2	4.2719	2.1360	2863.13	0.0000	2	1.01	0.504	0.79	0.4547
C_s	4	0.6782	0.1695	227.25	0.0000	4	1434.50	358.625	561.20	0.0000
$C_g * C_p$	4	0.0032	0.0008	1.08	0.3650	4	4.88	1.220	1.91	0.1065
$C_g * C_w$	4	0.0245	0.0061	8.21	0.0000	4	4.80	1.200	1.88	0.1120
$C_g * C_s$	8	0.1078	0.0135	18.06	0.0000	8	2.87	0.358	0.56	0.8106
$C_p * C_w$	4	0.0044	0.0011	1.48	0.2053	4	2.35	0.588	0.92	0.4513
$C_p * C_s$	8	0.0088	0.0011	1.48	0.1596	8	3.75	0.469	0.73	0.6620
$C_w * C_s$	8	1.8204	0.2276	305.02	0.0000	8	5.44	0.680	1.06	0.3857
$C_g * C_p * C_w$	8	0.0049	0.0006	0.82	0.5843	8	8.27	1.033	1.62	0.1154
$C_g * C_p * C_s$	16	0.0060	0.0004	0.50	0.9468	16	13.10	0.819	1.28	0.2006
$C_g * C_w * C_s$	16	0.0469	0.0029	3.93	0.0000	16	11.96	0.747	1.17	0.2857
$C_p * C_w * C_s$	16	0.0082	0.0005	0.69	0.8064	16	5.47	0.342	0.54	0.9296
$C_g * C_p * C_w * C_s$	32	0.0314	0.0010	1.31	0.1138	32	18.52	0.579	0.91	0.6199
Error	1215	0.9064	0.0008			1215	776.43	0.639		
Total	1349	7.9512				1349	2295.29			

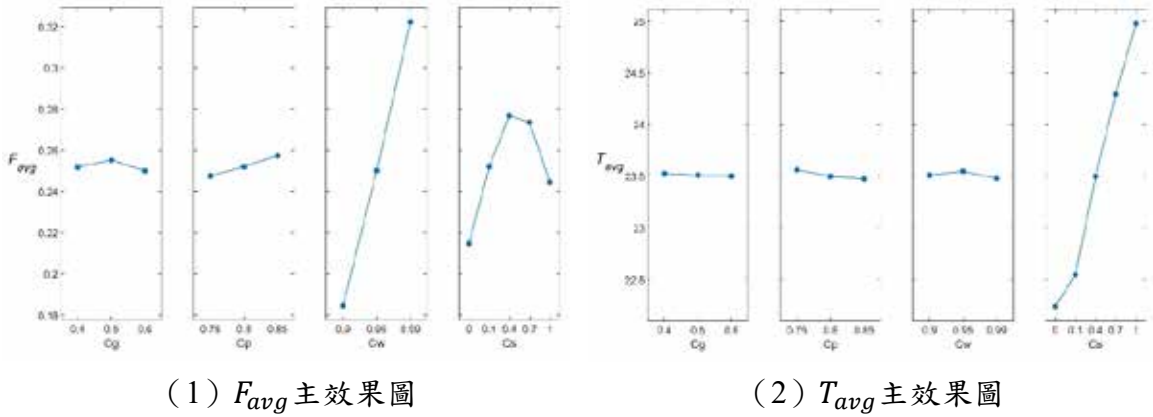


圖 7 主效果圖

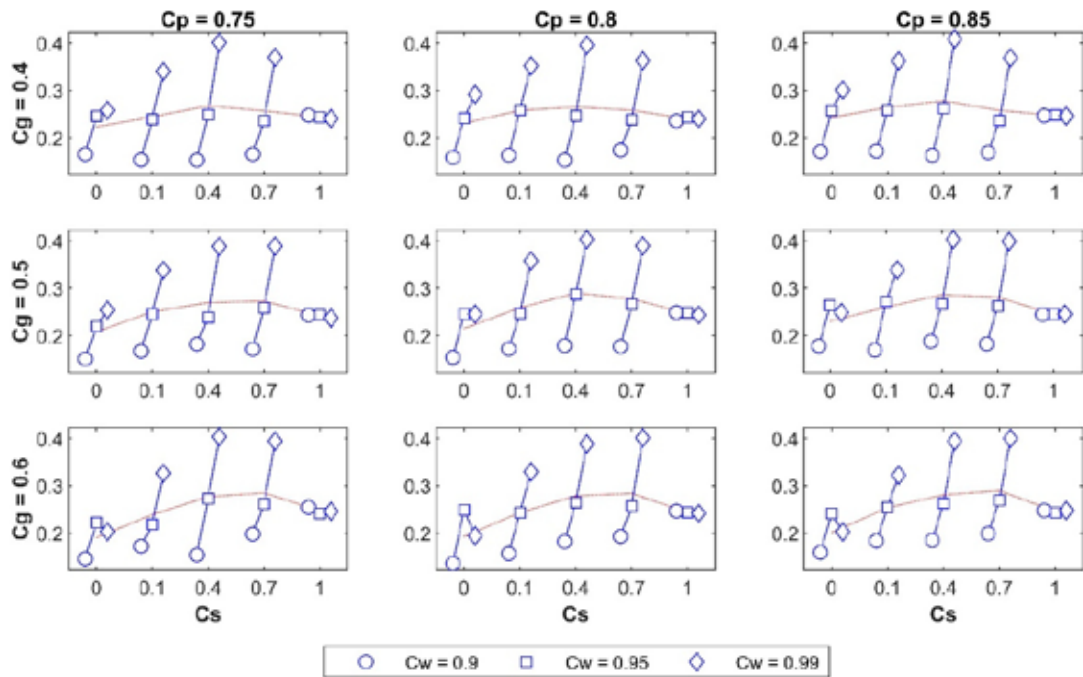


圖 8 因子的組合績效圖

5.3 隨機問題求解與比較

為了驗證本研究所提出的模型及演算法的效能，以 EDA 及 SDBEASAS 分別求解 20 個隨機問題，其中 SDBEASAS 具有隨機性因此每個問題運算 10 次，並定義 $Nsol = 30$ 、 $Nitr = 100$ 。由於 EDA 求得之解為精確解，因此將目標函數值 δ 及運算時間 T 做為驗證之基準，供驗證 SDBEASAS 之用。SDBEASAS 的績效指標包括運算 10 次後的最佳適應函數值 (f_{best})、平均適應函數值 (f_{avg})、標準差 (f_{std})、平均運算時間 (T_{avg})、成功找到精確解的機率 $Rate = (\text{成功次數}/10) \times 100\%$ 及與精確解間的差距值 $Gap = (f_{best} - \delta) \times 100/\delta$ 。求解結果如表 7 及圖 9 所示。

從表 7 及圖 9 的運算時間 T 可發現，EDA 的求解效率會隨著可供我軍部署的部隊總數 m 越大、複雜程度增加時，使上層隱舉出的決策組合成指數增長，大幅增加整個雙層規劃問題求解所需的時間 (0.1053~497.7393 秒)，如果問題持續擴大，EDA 的求解效率將不符合運算成本，也無法應用在實務上。反觀 SDBEASAS 的求解結果發現，其平均

運算時間為 4.5139 秒，比 EDA 的 86.4404 秒減少 95% 的時間成本。更進一步分析發現，SDBEA_{SAS} 的平均適應函數值與精確解相比僅差 3.75%，且其中 19 個問題 Gap 均為 0，表示該方法在 10 次運算中都能找到最佳解，足以證明本研究提出的 SDBEA_{SAS} 在尋解能力及效率上有一定的優異程度。比較無隘道（1~10 題）與有隘道（11~20）的結果，可以發現有隘道設計的網路得到的解優於無隘道問題，有此可知隘道的形成有利於防禦者的伏擊，可用較少的部隊數量即可達到直接攔截的效果。

表 7 隨機問題求解結果

問題 編號	EDA		SDBEA _{SAS}				
	δ	T	f_{avg}	f_{std}	T_{avg}	Gap	Rate (%)
1	9.9865	0.1205	9.9865	0.0000	4.3144	0	100
2	10.5374	0.1053	10.5374	0.0000	4.2190	0	100
3	14.9865	0.1823	14.6232	1.1489	4.4859	0	90
4	15.5681	0.4735	15.4635	0.2205	4.6692	0	80
5	16.3535	1.9311	16.2719	0.2581	4.5798	0	90
6	20.0451	8.9713	17.7390	1.2348	4.6464	0	10
7	20.5681	32.6112	20.5620	0.0130	4.5555	0	80
8	21.3535	95.8146	21.0838	0.4582	5.2651	0	20
9	25.0451	228.7507	21.9983	0.7711	4.6418	-11	0
10	25.5681	474.9763	24.0483	1.7387	4.3398	0	10
11	11.0024	0.1739	11.0024	0.0000	4.2599	0	100
12	16.0024	0.1058	16.0024	0.0000	4.4343	0	100
13	21.0024	0.1579	21.0024	0.0000	4.4988	0	100
14	21.7552	0.5312	21.6369	0.2494	4.4912	0	80
15	22.0876	2.3702	22.0715	0.0509	4.4772	0	90
16	26.0024	9.9672	23.9242	1.4392	4.4679	0	20
17	26.7552	34.8553	25.8318	1.3156	4.5221	0	40
18	27.0876	96.8860	26.6849	0.4882	4.4952	0	50
19	29.3876	242.0848	27.8692	1.3349	4.4870	0	40
20	31.0024	497.7393	28.3167	1.7822	4.4277	0	20
平均	20.6049	86.4404	19.8328	0.6252	4.5139	-1	61



(1) 適應函數值比較圖



(2) 運算時間比較圖

圖 9 隨機問題求解結果比較圖

5.4 實例問題求解與比較

5.4.1 演算法比較

為驗證 SDBEA_{SAS} 的運算效能，另外以基因演算法 (GA) 與粒群演算法 (PSO) 分別撰寫 GDBEA 與 PDBEA，再加上未加入區域搜索機制 SAS 的 SDBEA，透過實例問題的求解進行比較。四種演算法上、下層結構與參數設定如表 8 所示。

表 8 各演算法求解架構及參數表

演算法名稱	GDBEA	PDBEA	SDBEA	SDBEA _{SAS}
上層結構	GA	PSO	SSO	SSO + SAS
下層結構	Dijkstra Algorithm			
相關參數	$Nsol = 30$	$Nsol = 30$	$Nsol = 30$	$Nsol = 30$
	$Nitr = 300$	$Nitr = 300$	$Nitr = 300$	$Nitr = 300$
	$Pc = 0.7$	$w = 1$	$Cg = 0.5$	$Cg = 0.5$
	$Pm = 0.3$	$c1 = 5$	$Cp = 0.85$	$Cp = 0.85$
	$gamma = 0.4$	$c2 = 5$	$Cw = 0.99$	$Cw = 0.99$
	$mu = 0.05$			$Cs = 0.4$

四種演算法分別求解 24 個實例問題，每個問題均獨立運算 30 次，紀錄的求解結果，包括最差適應函數值 (F_{worst})、平均適應函數值 (F_{avg})、最佳適應函數值 (F_{best})、適應函數值的標準差 (F_{std}) 及平均運算時間 (T_{avg})，並將 24 個問題求解的績效指標繪製成折線圖 (圖 10，圖中 SDBEA_{SAS} 以 SDBEA* 表示)，結果分析詳述如下：

(一) 最差適應函數值 (F_{worst}): 即各演算法運算 30 次中最小的適應函數值。SDBEA_{SAS} 表現最佳，SDBEA 次之，PDBEA 與 GDBEA 表現最差。

(二) 平均適應函數值 (F_{avg}): 即各演算法運算 30 次平均的適應函數值。SDBEA_{SAS} 表現最佳，SDBEA 次之，PDBEA 僅第 21 及 24 題略差於 GDBEA，餘均排序第三，而 GDBEA 表現最差。

(三) 最佳適應函數值 (F_{best}): 即各演算法運算 30 次中最大的適應函數值。在第 1 至 12 題的結果中，四種演算法的結果幾乎一致，隨著問題複雜度越大 SDBEA_{SAS} 及 SDBEA 逐漸與 PDBEA 及 GDBEA 拉開差距，SDBEA_{SAS} 的表現又優於 SDBEA，而 PDBEA 與 GDBEA 平分秋色。

(四) 適應函數值的標準差 (F_{std}): 在求解所有問題中，SDBEA_{SAS} 的標準差均最小，可見其求解的穩健性相較其他三種演算法高。

(五) 平均運算時間 (T_{avg}): 從前一小節可知，本研究設計之區域搜索機制 SAS，會給演算法帶來額外的運算成本，因此有加入區域搜索機制的 SDBEA_{SAS}，運算時間皆大於其他三種演算法，但其運算時間與最快的演算法相比，差距均不超過 2 秒鐘，從求解的效率上來看，其增加的運算成本是可接受的。

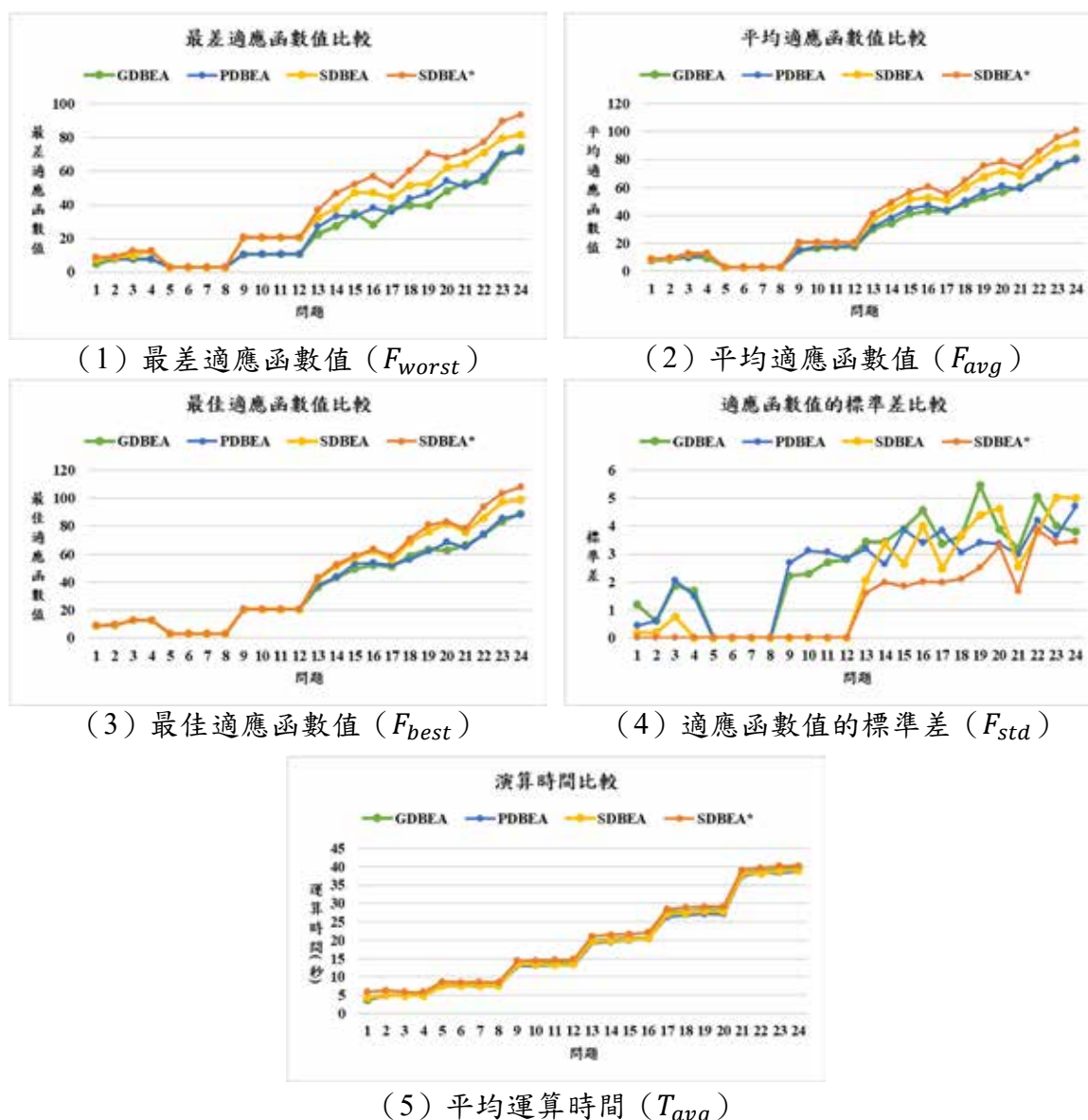


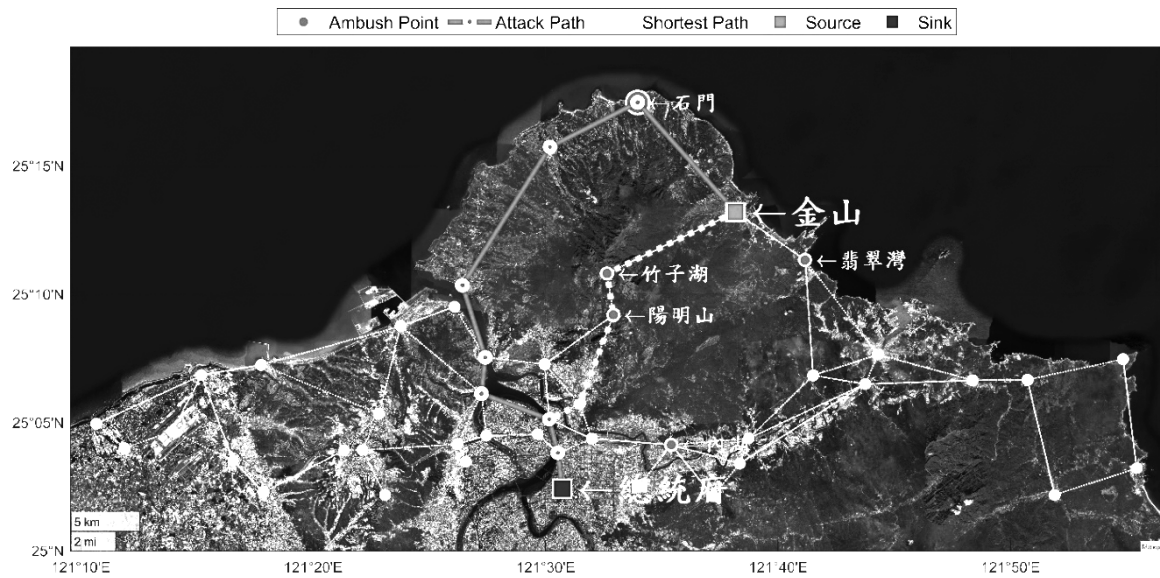
圖 10 各演算法求解實例問題之績效指標

綜合以上比較結果，本研究提出的 $SDBEA_{SAS}$ 求解的效能與穩健性方面，相較其他三種演算法(GDBEA、PDBEA 與 SDBEA)突出，同時 SDBEA 的求解效能也優於 PDBEA 與 SDBEA。推估其效能較為優異的原因，可能是 SDBEA 的參數是經過實驗設計定義，其他則無。PDBEA 的求解效能在大部分問題中都優於 GDBEA，推測是本研究採實數編碼，相較於基因演算法，粒群演算法更適於求解連續最佳化問題。 $SDBEA_{SAS}$ 的求解品質優於 SDBEA 則證明了本研究提出的區域搜索機制能確實發揮作用，有效提高演算法的求解品質。

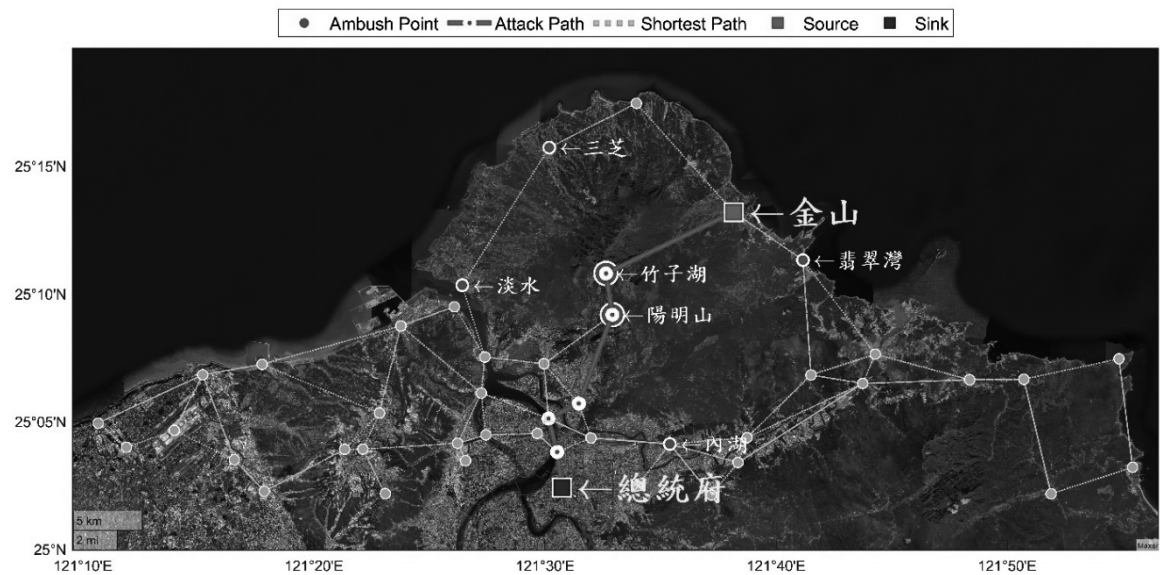
5.4.2 結果分析

前述比較結果說明， $SDBEA_{SAS}$ 優於其他三種演算法，因此，以 $SDBEA_{SAS}$ 的最佳解進行分析，並將求解結果以圖像呈現。因全數實例問題共有 24 個，受限於篇幅，考量邊與節點的數量，因此以挑選地圖範圍有利於說明的題組，故以「金山」為登陸點的第 1 至 4 題進行分析，如圖 11 所示。

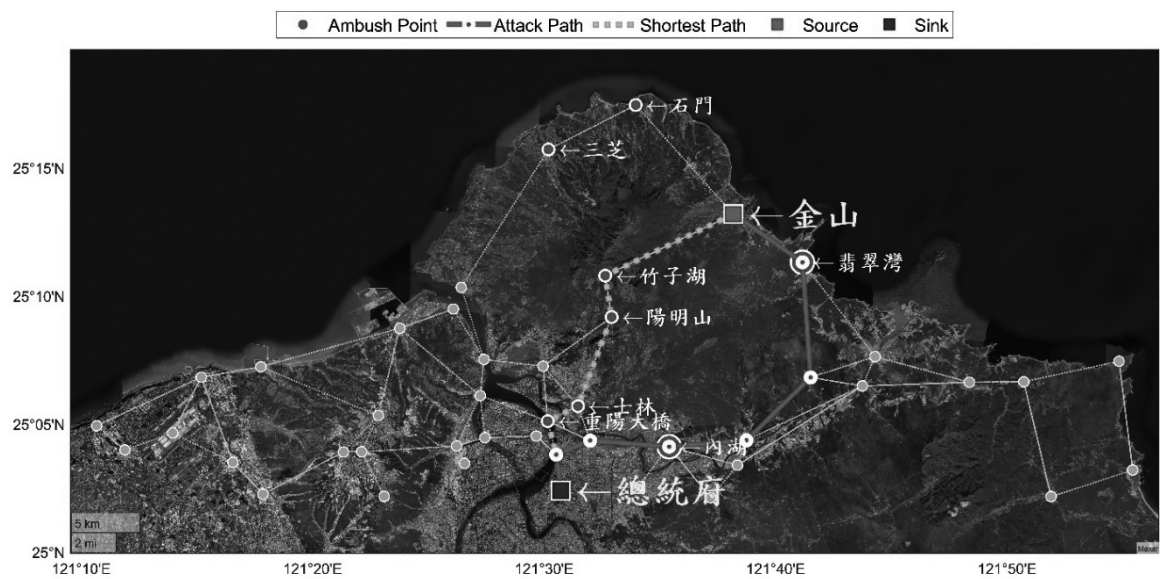
國土防衛地面兵力部署最佳化—最短路徑網路攔截問題之應用



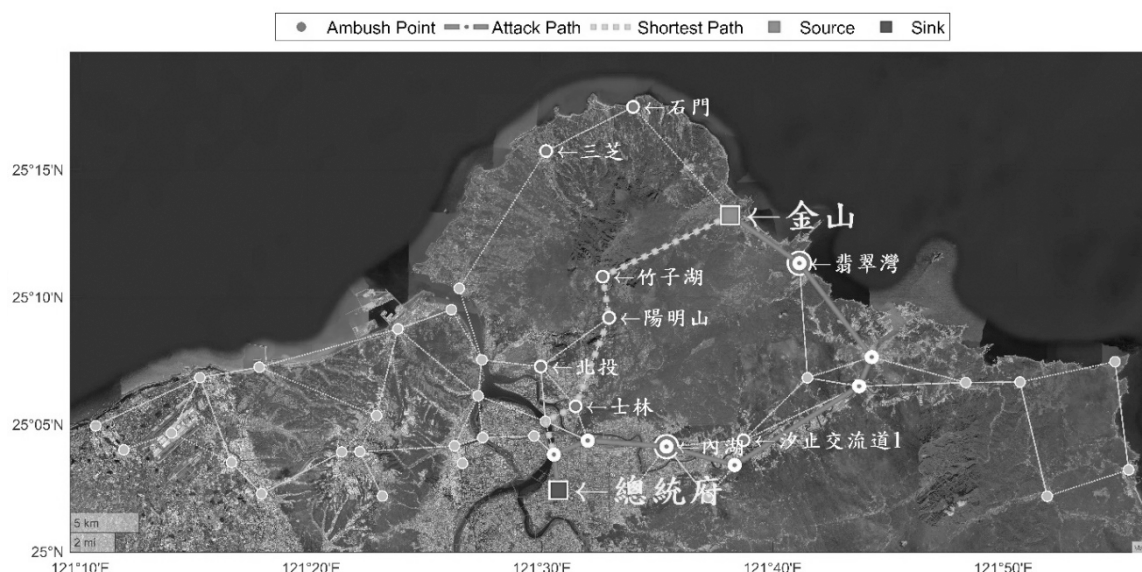
(1) 第 1 題



(2) 第 2 題



(3) 第 3 題



(4) 第 4 題

圖 11 實例問題求解結果示意圖 (第 1 至 4 題)

從圖 11 (1) 可知，當 $m = 5$ 時，最短路徑上已設置兩個伏擊點，其他所有可行路徑上則設置至少一個伏擊點，敵軍為減少與我軍正面交鋒的次數，選擇相對較長的路徑 ($\delta = 9.7929$)。當部隊數量增加至 $m = 6$ 時 (圖 11 (2))，此時不論敵軍選擇哪條進攻路徑，都會遭受至少兩次的伏擊，故敵軍會選擇以最短路徑進攻。當部隊數量持續增加時 ($m = 8$ 或 $m = 9$)，比較圖 11 (3) ($\delta = 13.7614$) 與圖 11 (4) ($\delta = 14.3915$) 的求解結果發現，隨著部隊數量 m 的增加，造成敵軍繞路的效果越趨明顯。

5.4.3 關鍵節點分析

另外在圖 11 中，羅列第 1 至 4 題我軍的部署位置，將各題重複設置伏擊點的節點，定義為關鍵節點。透過此實例的求解與分析可知，當敵軍從金山登陸直取台北地區時，我軍部署的關鍵節點為「竹子湖」、「陽明山」、「翡翠灣」及「內湖」等節點，這些關鍵節點在建軍備戰上有其特殊意涵。戰時，應優先集結可用兵力於上述節點上設置伏擊點，方可對敵軍的有生力量造成最大傷害或遲滯其奪取首都；平時，可針對上述關鍵節點，考量伏擊戰術作為與可用地形，建構有利於我軍伏擊的堅固工事，並納入國軍固安作戰計畫於每年漢光演習中實施實兵操演。

5.4.4 部署策略分析

同樣採用從「金山」登陸的第 1 個規模之題組，重新定義部隊總數 $m = 0 \sim 11$ ，設計 12 個實例問題。相關參數定義如下：敵軍的行軍速度 $\alpha = 10$ 、敵軍每經過伏擊點的遲滯時長 $\lambda = 5$ 。透過 SDBEASAS 的求解不同 m 值之下，我軍與敵軍的最佳決策，並觀察求解結果並分析，綜整第四道防線的部署模式如下：

(一) 在沒有設置伏擊點的情況下 ($m = 0$)，敵軍會選擇起點與終點之間的最短路徑為其進攻路徑，可在最短時間內抵達最終目標 (如圖 12 (1))。

(二) 當部隊數量不足以直接攔截敵軍時，我軍會選擇在最短路徑上設置伏擊點，迫使敵軍為躲避伏擊而選擇繞道而行 (如圖 12 (2))，遲滯進攻所需的時間。

(三) 當部隊數量增加至足以直接攔截敵軍時，伏擊點的選擇會傾向在每條可行路徑上

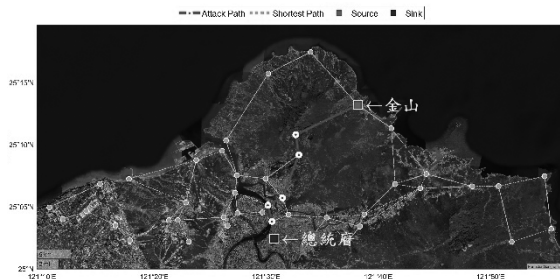
國土防衛地面兵力部署最佳化—最短路徑網路攔截問題之應用

皆設置一個伏擊點(如圖 12(2)至(4))，使敵軍無法透過繞路來躲避與我軍正面交鋒，進而給予最大的遲滯效果。

(四) 假設敵軍當前所選擇的路徑上已設置 N 個伏擊點(如圖 12(7))，我方每新增一個可供我軍部署的部隊時，通常會部署在敵軍當前所選擇的路徑上(如圖 12(8)與(10))，或部署在僅有 $N - 1$ 個伏擊點的路徑上(如圖 12(11))，使敵軍不論選擇哪條路徑進攻，都會遭受至少為 N 的伏擊次數。

(五) 所有可行路徑上皆設置相同數量之伏擊點時，敵軍最終會選擇以最短路徑奪取最終目標(如圖 12(4)與(7))。

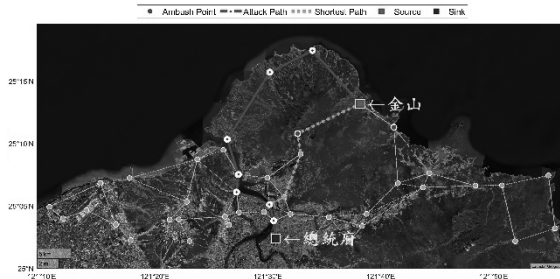
從上述分析可知，當可用於伏擊的部隊數量不足時，應優先部署於最短路徑上，再依可行路徑長度逐一部署伏擊點，迫使敵軍為躲避與我軍正面交鋒而選擇更長的路徑；當我兵力充裕時，應將所有可行路徑上皆設置相同數量之伏擊點，不論敵軍選擇哪條進攻路徑，均可對其造成最大的遲滯效果。



(1) $m = 0, \delta = 2.7783$



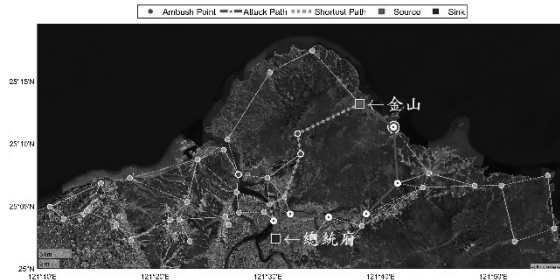
(2) $m = 1, \delta = 3.7614$



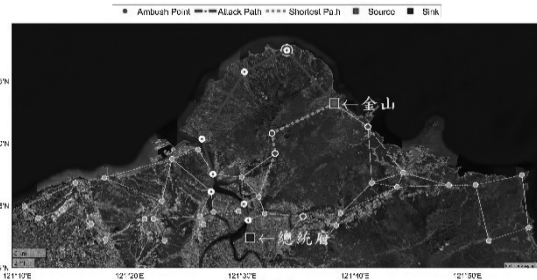
(3) $m = 2, \delta = 4.7929$



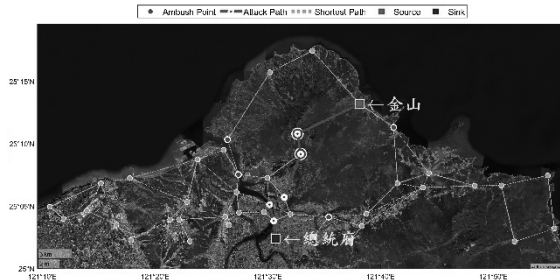
(4) $m = 3, \delta = 7.7783$



(5) $m = 4, \delta = 8.7614$



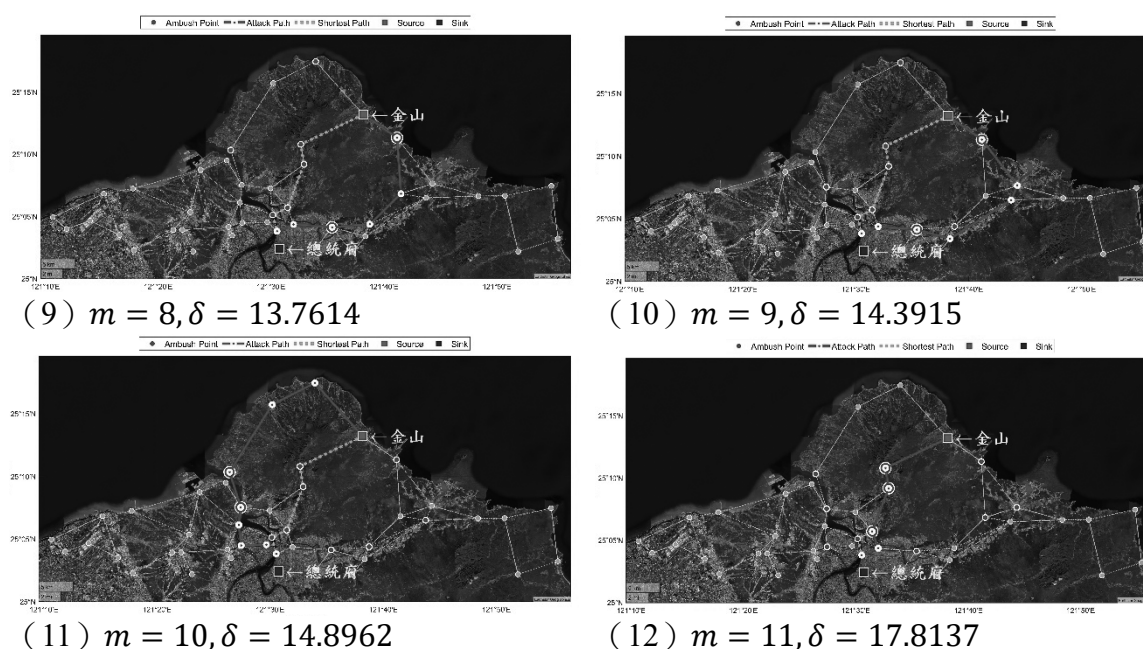
(6) $m = 5, \delta = 9.7929$



(7) $m = 6, \delta = 12.7783$



(8) $m = 7, \delta = 12.8542$

圖 12 實例問題求解結果示意圖 ($m = 0 \sim 11$)

5.4.5 統計檢定

為檢視 $SDBEA_{SAS}$ 是否顯著優於其他演算法，採用 Friedman's test 及 Holm's test，對所有演算法在相同迭代次數 $Nitr$ 及解群體 $Nsol$ 的參數設定下，運算 30 次的平均適應函數值 F_{avg} 進行差異檢定，兩種檢定的顯著水準均設置為 0.05，檢定結果整理如表 9 所示（**粗體字**表示具顯著性），詳述如下：

（一）Friedman's test 結果顯示， $SDBEA_{SAS}$ 求解 24 個問題得到的平均排序值 Rank 最小，表示 $SDBEA_{SAS}$ 是求解效果最佳的演算法，其次為 $SDBEA$ ，再次之為 $PDBEA$ ，最差為 $GDBEA$ ，檢定結果顯示各演算法之間的數值存在顯著差異（ $p\text{-value} < 0.05$ ）。

（二）進一步實施 Holm's test 事後檢定，結果顯示 $SDBEA_{SAS}$ 的平均適應函數值顯著優於 $GDBEA$ 及 $PDBEA$ 等兩種演算法，惟與 $SDBEA$ 無顯著差異。

表 9 平均適應函數值統計檢定表

Method	Friedman's test			Holm's test	
	Rank	Statistic	$p\text{-value}$	Statistic	$p\text{-value}$
GDBEA	3.6667	46.0125	<0.0001	6.2051	<0.0001
PDBEA	3.0000			4.4162	<0.0001
SDBEA	1.9792			1.6771	0.0935
$SDBEA_{SAS}$	1.3542				

六、結論與建議

6.1 結論與貢獻

2022 年 2 月俄羅斯兵分三路閃電入侵烏克蘭，堪稱二戰以來歐洲最大規模的戰爭。戰力居劣勢的烏克蘭將兵力分散避免決戰，利用主場優勢創造局部有利條件，以游擊戰、以打帶跑的原則對敵軍進行襲擾，藉由零碎的攻勢發揮滴水穿石的效果，在精神上打擊

敵人士氣，物質上消耗其軍資，時至九月重新奪回超過 8000 平方公里的失土，不僅重創俄羅斯經濟，並影響全球經濟秩序，其守勢策略可為之借鏡（Mbah and Wasum, 2022; Armour et al., 2022）。

基於當前國土防衛作戰為達到戰略持久的效果，本研究提出新型態的防衛作戰策略，探討如何以國土防衛軍建構第四道防線，將國土防衛作戰由灘岸延續至國土上，以空間換取時間。採用最短路徑網路攔截問題為基礎，以防禦者的角度建構雙層規劃之量化模型，可同時求解我軍兵力部署最佳化問題及侵略者在此部署情況下的最佳進攻路徑。因此，提出之模型可協助情報部門研判侵略者在登陸之後奪取最後目標的最大可能行動方案；作戰部門則可藉由此模型獲得相應的最佳部署方案，作為戰場整備與兵力部署之決策參考，提高國土防衛的成功公算，為本研究貢獻之一。為加速戰場情報分析，以協助戰場指揮官決心下達，在兼顧求解效率與品質的前提下，本研究提出之模型發展出求解方法 SDBEASAS，此為本研究貢獻之二。

6.2 研究發現

從本研究綜整以下研究發現：

- （一）透過隨機及實例問題進行求解，並分析綜整出國土防衛第四道防線兵力部署的模式與策略，請參閱第五章。
- （二）透過戰前整備（地雷鋪設、橋樑破壞）將我國土之路網刻意形成隘道，有助於強化第四道防線。
- （三）雙層規劃的求解過程同作戰部門與情報部門在研擬作戰方案時的情境，凸顯兩個決策者間對弈時拉扯之現象。因此可將雙層規劃嵌入國軍的軍事決策程序中，透過最佳化過程研擬相關之軍事決策。

6.3 未來研究方向

網路攔截問題是軍事作業研究中極為重要的研究議題，未來研究方向可針對問題類型、建模方式、攔截的標的與端點的特性加以延伸，例如敵軍採多點登陸，且不同時序發起進攻的可能性，或多個可能登陸點，但不確定起點為何的狀況，依議題發展適切的網路攔截模型，探討在不同登陸想定下的兵力部署策略。本研究發展之 SDBEASAS 是首個以簡群演算法為基底的雙層進化式演算法，未來仍能將 SDBEASAS 之架構應用在適當之問題，嘗試發揮其巢式求解架構，更進一步驗證其求解效能。

參考文獻

- 吳傳國 (2009)。嚇阻在國家安全戰略上的運用與實踐——兼論小國嚇阻之道。《國防雜誌》，24 (2)，7-17。
- 陳勝昌 (2013)。游擊戰理論研究及對國軍之啟示。《國防雜誌》，28 (6)，69-91。
- 葉紘胥 (2017)。丙種城鎮守備旅在防衛作戰時期任務之研究。《後備動員軍事雜誌半年刊》，103，86-108。
- 蔡宗憲 (2020)。人工智慧與軍事作戰模擬發展。《前瞻科技與管理》，10 (1&2)，1-6。
- Armour, P. G., Berghel, H., Charette, R. N., & King, J. L. (2022). Ukraine aftershocks. *Computer*, 55(11), 85-93.
- Bard, J. F. (2013). *Practical Bilevel Optimization: Algorithms and Applications*. NJ: Springer Science & Business Media.
- Bard, J. F., & Falk, J. E. (1982). An explicit solution to the multi-level programming problem. *Computers & Operations Research*, 9(1), 77-100.
- Bard, J. F., & Moore, J. T. (1990). A branch and bound algorithm for the bilevel programming problem. *SIAM Journal on Scientific and Statistical Computing*, 11(2), 281-292.
- Bidgoli, M. M., & Kheirkhah, A. (2018). An arc interdiction vehicle routing problem with information asymmetry. *Computers & Industrial Engineering*, 115, 520-531.
- Colson, B., Marcotte, P., & Savard, G. (2005). Bilevel programming: A survey. *4OR*, 3, 87-107.
- Deepa, G., Kumar, P., Manimaran, A., Rajakumar, K., & Krishnamoorthy, V. (2018). Dijkstra algorithm application: Shortest distance between buildings. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(4.10), 974-976.
- Di Caprio, D., Ebrahimnejad, A., Alrezaamiri, H., & Santos-Arteaga, F. J. (2022). A novel ant colony algorithm for solving shortest path problems with fuzzy arc weights. *Alexandria Engineering Journal*, 61(5), 3403-3415.
- Dijkstra, E. W. (1959). A note on two problems in connexion with graphs. *Numerische Mathematik*, 1(1), 269-271.
- Ford, L. R., & Fulkerson, D. R. (1956). Maximal flow through a network. *Canadian Journal of Mathematics*, 8, 399-404.
- Hsi-Min, L., & Lee, E. (2020). Taiwan's overall defense concept, explained. *The Diplomat*, 3.
- Hunzeker, M. A., Lanoszka, A., Davis, B., Fay, M., Goepner, E., Petrucelli, J., & Seng-White, E. (2018). *A question of time: Enhancing Taiwan's conventional deterrence posture*. Center for Security Policy Studies.
- Israeli, E. (1999). *System interdiction and defense*. Unpublished master's thesis, Naval Postgraduate School, Monterey, CA.
- Israeli, E., & Wood, R. K. (2002). Shortest-path network interdiction. *Networks: An International Journal*, 40(2), 97-111.
- Lai, C. M. (2019). Integrating simplified swarm optimization with AHP for solving capacitated

- military logistic depot location problem. *Applied Soft Computing*, 78, 1-12.
- Lai, C. M., & Yeh, W. C. (2016). Two-stage simplified swarm optimization for the redundancy allocation problem in a multi-state bridge system. *Reliability Engineering & System Safety*, 156, 148-158.
- Mbah, R. E., & Wasum, D. F. (2022). Russian-Ukraine 2022 War: A review of the economic impact of Russian-Ukraine crisis on the USA, UK, Canada, and Europe. *Advances in Social Sciences Research Journal*, 9(3), 144-153.
- Pan, F., Charlton, W. S., & Morton, D. P. (2003). A stochastic program for interdicting smuggled nuclear material. In *Network interdiction and stochastic integer programming* (1-19). Boston, MA: Springer.
- Pirlot, M. (1996). General local search methods. *European Journal of Operational Research*, 92(3), 493-511.
- Ramirez-Marquez, J. E. (2010). A bi-objective approach for shortest-path network interdiction. *Computers & Industrial Engineering*, 59(2), 232-240.
- Ricks, T. E. (2007). *Fiasco: the American military adventure in Iraq*. UK: Penguin.
- Said, R., Elarbi, M., Bechikh, S., & Said, L. B. (2022). Solving combinatorial bi-level optimization problems using multiple populations and migration schemes. *Operational Research*, 22(3), 1697-1735.
- Sheng, Y., & Gao, Y. (2016). Shortest path problem of uncertain random network. *Computers & Industrial Engineering*, 99, 97-105.
- Sinha, A., Malo, P., & Deb, K. (2017). A review on bilevel optimization: From classical to evolutionary approaches and applications. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 22(2), 276-295.
- Smith, J. C., & Lim, C. (2008). Algorithms for network interdiction and fortification games. In *Pareto optimality, game theory and equilibria* (60-644). New York, NY: Springer.
- Smith, J. C., & Song, Y. (2020). A survey of network interdiction models and algorithms. *European Journal of Operational Research*, 283(3), 797-811.
- Strachan, H. (2019). Learning lessons from Afghanistan: Two imperatives. *The US Army War College Quarterly: Parameters*, 49(3), 3.
- Talbi, E.-G. (2013). A taxonomy of metaheuristics for bi-level optimization. In Talbi, E. G. 3(Eds), *Metaheuristics for bi-level optimization* (1-39). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Von Stackelberg, H. (1934). *Marktform und gleichgewicht*. Berlin, Germany: Springer-Verlag.
- White, D. J., & Anandalingam, G. (1993). A penalty function approach for solving bi-level linear programs. *Journal of Global Optimization*, 3(4), 397-419.
- Wollmer, R. (1964). Removing arcs from a network. *Operations Research*, 12(6), 934-940.
- Wood, R. K., 1993. Deterministic network interdiction. *Mathematical and Computer Modelling*, 17(2), 1-18.
- Wood, R. K. (2010). Bilevel network interdiction models: Formulations and solutions. *Network*, 174, 175.

- Xiang, Y., & Wei, H. (2020). Joint optimizing network interdiction and emergency facility location in terrorist attacks. *Computers & Industrial Engineering*, 144, 106480.
- Yeh, W.-C. (2009). A two-stage discrete particle swarm optimization for the problem of multiple multi-level redundancy allocation in series systems. *Expert Systems with Applications*, 36(5), 9192-9200.
- Yeh, W.-C. (2012a). Novel swarm optimization for mining classification rules on thyroid gland data. *Information Sciences*, 197, 65-76.
- Yeh, W.-C. (2012b). Simplified swarm optimization in disassembly sequencing problems with learning effects. *Computers & Operations Research*, 39(9), 2168-2177.
- Yeh, W.-C. (2015). An improved simplified swarm optimization. *Knowledge-Based Systems*, 82, 60-69.

粉絲專頁訊息策略與軍校招生之研究

陳詩宜^{a,b} 劉憲明^{c*}

^a 國防大學資訊管理學系

^b 國立臺北大學企業管理學系

^c 國防大學財務管理學系

論文編號: NM-44-01-08

DOI: 10.29496/JNDM.202411_45(2).0003

來稿 2023 年 1 月 12 日→第一次修訂 2023 年 5 月 5 日→第二次修訂 2023 年 5 月 18 日→
同意刊登 2023 年 6 月 21 日

摘要

我國少子化之問題已對各級學校之生源造成衝擊，軍事院校之招生亦復如此。軍事院校是國軍幹部主要的培育搖籃，如何降低少子化的影響，吸引年輕學子就讀滿足國軍組織之人力需求，已成為各軍事院校招生事務中最刻不容緩的課題。相較於傳統行銷方式，社群網路及媒體具有不受時間及空間的行銷特性，更能發揮軍事院校之訊息行銷。因此，基於刺激-機制-反應（Stimulus-Organism-Response, SOR）之理論框架，本研究以 Facebook 粉絲專頁訊息特質作為刺激因素，知覺價值與分享意圖分別作為機制因素與反應因素，探討何種特質之粉絲專頁貼文，具有較佳的溝通效果，能夠誘發粉絲分享之意圖，進而達到大量傳播、病毒式行銷之效果。研究結果顯示貼文訊息之資訊性、時事性及有趣性等特質對閱聽人之知覺價值有顯著之影響效果，更者，貼文訊息之資訊性、時事性及有趣性使得閱聽人產生知覺價值進而對分享意圖之效果。因此，結合訊息特質與行為意圖之探討，期望為學校及網站管理者提供粉絲專頁之經營策略，以強化學校行銷及招生之作為。

關鍵詞：刺激-機制-反應理論、粉絲專頁訊息策略、知覺價值、分享意圖

* 聯絡作者：劉憲明 email: hsiamin.liu@gmail.com

A Study on Fan Page Messaging Strategies and Military Academy Recruitment

Chen, Shih-Yi ^{a,b} Liu, Hsian-Ming ^{c*}

^a Department of Information Management, National Defense University, *Taiwan, R.O.C.*

^b Business Administration, National Taipei University, *Taiwan, R.O.C.*

^c Department of Financial Management, National Defense University, *Taiwan, R.O.C.*

Abstract

The issue of declining birth rates in Taiwan has significantly impacted student recruitment across all levels of education, and military academies are no exception. As the primary training grounds for military officers, these academies face the urgent challenge of mitigating the effects of low birth rates to attract young students and meet the personnel demands of the armed forces. Compared to traditional marketing methods, social media and networks offer marketing advantages that transcend temporal and spatial limitations, making them particularly effective for disseminating information about military academies. This study, grounded in the Stimulus-Organism-Response (SOR) theoretical framework, examines the messaging strategies of Facebook fan page as stimulus factors, with perceived value and sharing intention serving as the organism and response factors, respectively. The research aims to identify which messaging strategies on fan pages yield better communication outcomes, specifically in terms of eliciting users' intention to share, thereby achieving broad dissemination and viral marketing effects. The findings indicate that message strategies such as informativeness, timeliness, and entertainment significantly influence users' perceived value. Moreover, these attributes not only enhance perceived value but also positively affect users' intention to share. By exploring the relationship between message strategies and behavioral intentions, this study seeks to provide military academy and web administrators with strategic insights for managing fan pages, thereby strengthening school marketing and recruitment efforts.

Keywords: Stimulus-Organism-Response Model, Fan Page Messaging Strategy, Perceived Value, Share Intention

* Corresponding Author: Liu, Hsian-Ming email: hsiamin.liu@gmail.com

一、前言

少子化是現今全球之趨勢，台灣也同樣面臨少子及高齡化的問題，兩者將會造成社會結構改變、社會勞動力不足，進而影響經濟生產力及降低國家競爭力的主要原因。因此，少子化已成為我國認定為肇生國家安全的主要問題之一。依據內政部公告之統計資料顯示，我國出生人口數逐年下降，2020 年新生兒出生數僅 16.5 萬人、創史上新低，且死亡人數較出生人數多了近 8,000 人，首度發生人口負成長，並已逐漸進入所謂的「養不起」時代。人口負成長不僅對社會結構造成改變，亦造成各級學校生源不足及募兵制的兵源短缺之問題，已使部份大專院校退場及募兵制度面臨瓦解（陳志祥，2017）。此外，我國自 1994 年起，在「廣設高中、大學」的政策指導下，使得各級院校林立，早已使得就學市場產生供需失衡之現象，各校招生均面臨巨大挑戰，而此壓力在少子化的問題加乘下，更加使得招生情況雪上加霜，成為壓垮我國高教體系經營的最後一根稻草，其嚴峻情勢不容小覷（余通權，2021），亦連帶影響各學校未來經營的策略與方向（張憲庭，2005）。在面臨學校運作困難及生源爭取的經營策略上，徐明珠（2008）指出建立學校特色，建立功能區隔，提升辦學水準才是維持學校經營的積極作為。洪淑君（2005）認為若要減緩學校退場時間或避免被淘汰，應以多元豐富的行銷招生策略來展現學校特色，以保持學校的市場競爭力。黃怡雯（2007）指出學校行銷策略有助於降低學校招生壓力。現今大專院校之招生已成為另類的市場化競爭，在面對教育環境的改變，如何行銷學校的辦學理念、推廣學校獨特之亮點，將是各大專院校及軍事院校面對少子化問題的轉折契機。因此，為了提高招生效果，各大學校嘗試利用各種經營與招生行銷策略，期望能落實學校永續經營之目標。

相較於大專院校，軍事院校因學生有住校及團體生活之要求及畢業後缺乏職場選擇之自由度，導致學校對學生吸引力上較為弱勢（王佳文與蔡登晉，2018）。此外，軍事院校之招生同時兼具軍士官人力的儲備之目的，在現今兩岸關係日趨緊張之際，使得軍事院校之招生更具挑戰性。為了克服少子化影響及提升軍事院校之吸引力，國軍除已運用既有實體宣傳通路進行招生行銷，例如，在校生返回高中職母校招生、大學博覽會人員駐點、高中職教官（校安人員）協助招生說明外，亦透過國軍人才招募網站及軍事院校粉絲專頁進行招生資訊的傳遞。然而，根據近 105-106 年的招募數據顯示，各軍事院校正期班 105 年度、106 年度招生名額，分訂為 1320 人及 1,848 人，但入學人數僅 993 人及 1195 人，學生獲得率均較往年下降，招募成效並不如預期（徐政璿，2018）。在後續國軍人才招募策略的研究中，李曾豐（2022）指出網路宣傳作法曝光度不足且未依使用族群調整策略，致招募資訊無法有效傳遞，使適齡青年接觸率有限，亦即，雖然相較於傳統行銷通路，網路平台具有不受時間及空間上限制之重要性，但仍可以透過調整訊息內容及其呈現方式，來強化與適齡學子的對話使得學校行銷更具效果。Berger and Milkman（2012）指出當貼文訊息內容具備讓人驚豔及有趣因子的訊息時，非常容易進行病毒式傳播。黃宇君等（2020）指出粉絲專頁上若能達成互動、資訊、有趣、即時、分享目標行銷規劃及有效的發文策略，能讓貼文資訊藉由民眾之間的分享，更有效的將訊息散播出去。劉暉晟（2016）學校粉絲專頁中所發佈的貼文內容，將會吸引未來可能成為學校學生或未來學生家長之潛在閱聽者。因此，就國軍人才招募及教育行銷而言，若能依目標客群之需求規劃貼文訊息內容，使其特性符合閱聽者之需求及價值，不僅能提升訊息貼文的能見度，加速訊息貼文被轉傳播的效率，使得相關資訊獲得更廣大的流通網絡（Muntinga et al., 2011; Nosko et al., 2010），使相關訊息貼文能吸引多學生族群及其對同學與同儕之推薦，進而能達成人才招募與教育行銷之效。

社群媒體如「Facebook」、「Dcard」、「WT.Social」，已成為現代人溝通及互動最普遍的管道之一（創市際雙週刊，2020）。許多企業、品牌、公部門與學校機構均藉由經營 Facebook 粉絲專頁，來增加與其客群、粉絲間的互動，進而提升自身的曝光程度與增加訊息流通效率。國防大學亦於 2013 年建立臉書粉絲專頁，期望將國防大學品牌化，並透過臉書粉絲專頁進行資訊傳遞與軍校行銷，以提升國防大學品牌形象及影響力，並藉以提升民眾對於國軍組織的認同與瞭解。因此，結合前述訊息內容與呈現方式之策略可以強化溝通之效，本研究欲探討訊息內容策略是否能夠有效將軍事院校的辦學理念、活動、課程特色等訊息傳遞給目標客群，建立正面形象，吸引認同並增加潛在目標群關注，增加分享意願，以強化軍校行銷，為本研究所欲探討之研究問題之一。更者，社群平台是消費者與企業溝通的平台（De Vries et al., 2012），雖然藉由 Facebook 的分享功能及演算法會增強貼文的觸及率與曝光率，有利訊息的擴散產生病毒式行銷之效果。然而，訊息內容與分享意圖之間並不見得有直接的因果關係，可能需要進一步瞭解訊息內容所產生的心理反應機制。Mehrabian and Russell（1974）提出「刺激-機制-反應（Stimulus-Organism-Response, SOR）」模型，解釋了當人們在接收到外部環境的刺激時，會影響個體心理對於刺激所產生的內在情緒，進而影響個體的行為反應。SOR 模型被廣泛應用於探討訊息廣告、貼文對人們知覺價值與行為意圖之研究，例如，Xu and Chen（2006）研究發現，若貼文中若具有時事性、新穎性、可靠性、可理解性、範圍等特質時，該份文件將有助於提升使用者的實用價值與情感價值。Cvijikj and Michahelles（2013）指出生動或有趣的貼文較容易被粉絲分享，發現貼文的有趣性正向影響按讚與分享行為。因此，本研究參考 Kent and Taylor（1998）溝通理論之觀點，將研究主軸聚焦於訊息內容屬性上，探討何種特質之粉絲專頁貼文，可以有較佳的溝通效果，能夠誘發粉絲分享之意圖，進而達到大量傳播、病毒式行銷之效果，為本研究研究問題之二。

綜上所述，因應時代的變遷，社群媒體的崛起，軍校也須適切調整現有的機制，善用社群媒體進行行銷，以塑造軍校正面形象及品牌。雖然既有文獻已有探討運用臉書粉絲專頁作為招生推廣行銷的通路（王佳文與蔡登晉，2018；李曾豐，2022）及軍校臉書經營對陸軍專科學校報考意願影響（朱華垣，2022），然而現有研究對臉書上的貼文訊息應該如何呈現、需具備何種特質等之經營策略卻鮮少有人著墨，致使粉絲專頁的訊息內容經營策略仍尚未健全。為落實國防管理分析支援實務決策作為，本研究以 SOR 模型為框架，並結合訊息溝通及知覺價值之理論架構來探討貼文特質與分享意願之關係，並以國防大學臉書粉絲專頁為例，期望能提供粉絲專頁訊息貼文內容之經營策略，以強化軍事院校行銷及招生之作為。

二、文獻回顧

2.1 刺激-機制-反應理論

刺激-機制-反應理論（Stimulus-Organism-Response model）是由 Mehrabian and Russell（1974）所，最早是由環境心理學領域發展而來的研究理論模型。SOR 理論模型解釋了當人們在接收到外部環境的刺激（Stimulus, S）時，會影響機制（Organism, O）心理對於刺激所產生的內在情緒的心理機制，進而影響個體的趨近或規避的行為反應（Response, R）。Belk（1975）針對消費者行為的探討，並據以對 SOR 理論做出了修正，主要是將刺激（Stimulus）再細分為「情況」和「產品/服務」，因為產品或服務對象的行為在消費者行為中是具有重要的意義，使得 SOR 理論更貼切消費者行為相關的研究，使企業能更了解顧客的消費行為，並掌握消費者心理的依據。

許多研究刺激-機制-反應理論框架來探討消費者的反應。例如，Mummalaneni（

2005) 以 SOR 理論來詮釋網站的特性、消費者的認知與感情反應對消費者的回應行為之間的關係，網站設計是網路零售商成功的關鍵因素，並進一步驗證 SOR 理論的適用性，並從研究結果得知外部環境的刺激會影響消費者的內部情緒狀態，進而影響消費者的反應 (Thang and Tan, 2003)。Park et al. (2012) 的研究探討網路環境下服裝產品的屬性，網路瀏覽和衝動購買之間的關係，以「產品屬性—網路瀏覽—購買衝動」為其架構基礎，最後研究結果顯示產品屬性對網路購買衝動有顯著的影響。Peters et al. (2013) 以行銷、心理學和社會學理論為基礎的社群媒體指標的整體架構，此架構有動機、內容、網路結構及社會角色與互動四大要素，在所有的社群媒體中，四大要素持續互動、影響 (機制體)，同時對於行銷投入是即時、多向的反應。Mhamed and Belkhir (2018) 的研究中指過去的研究顯示，內容行銷策略在產生點擊數量和品牌貼文受歡迎度方面具有重要作用，並利用 SOR 模型將內容行銷策略的特徵 (刺激)，透過特定消費者的動機 (中介) 與品牌互動來驗證此的交互作用 (反應)。綜合以上各學者的研究，本研究探討 Facebook 粉絲專頁的訊息內容，參考陳亭羽等人 (2006) 所提的對行動廣告訊息內容研究及 Xu and Chen (2006) 提出訊息相關性之研究，在本研究情境中將貼文訊息之資訊性、時事性、互動性及有趣性作為刺激因素。機制的部分，當消費者在網路購物的同時，會帶來功利性及享樂的回饋，且會反映消費者潛在的娛樂與情感價值，與網站的成功有很高的相關性 (Liu and Arnett, 2000)，而 Xu and Chen (2006) 研究提出四個訊息之時事性、新穎性、可靠性、可理解性與情境有高度的相關性。粉絲專頁可視為與閱聽者一個得到訊息的重要管道，對於不同特質的貼文訊息，會使閱聽者產生內心潛在的認知及價值，故在本研究框架中將知覺價值作為機制因素。最後，在反應的部分，Chen et al. (2014) 研究發現旅遊部落格文章內容的新穎性、可靠性、可理解性及有趣性會透過使用者感知享受，去影響個人的行為意圖；當粉絲對粉絲專頁的貼文產生認知及情感的價值時，會讓粉絲有分享的行為出現，藉此將粉絲專頁所要傳達的資訊傳播給更多社群使用者，而更能達到病毒行銷的效果。因此，本研究以訊息的分享意圖作為 SOR 的反應因素。

2.2 訊息內容特質

Waters et al. (2009) 的研究指出非營利組織可以透過 Facebook 作為平台並運用「組織的揭露」、「訊息傳播」、「參與程度」等三種公共關係策略吸引利害關係者，來達到行銷效果及目標，研究結果並指出由於非營利組織與粉絲互動率相對較低、訊息傳播的方式也較為簡單，所以最常使用「組織揭露」策略，即透過在社群平台公開資訊可以增加公眾對組織的信用度。關於組織揭露策略所揭露的貼文應具備何種的特質來可以達到更好的溝通效果，過去許多研究聚焦於貼文訊息的面向，並依對接收者的效果，區分別是訊息呈現方式 (De Vries et al., 2012; Fortin and Dholakia, 2005)、訊息呈現的內容 (Cauberghe and De Pelsmacker, 2010; Kamins, 1990) 以及訊息呈現的時間 (Rutz and Bucklin, 2011) 等三個面向。更者，Berger and Milkman (2012) 主張，當訊息內容具備讓人驚豔及有趣因子的訊息時，非常容易進行病毒式傳播。上述觀點也在實務經驗與實證研究上獲得回應。例如，統一超商整合行銷部部長劉鴻徵從實務的觀點指出臉書粉絲團的經營就像企業跟顧客耳語，不能太過商業性，必須賦予新話題，否則，「只有商品、沒有話題，很難被轉載」，故最大關鍵點在於內容；另吳富傑 (2009) 的研究透過深度訪談三家經營粉絲專頁的企業，其中提到粉絲專頁經營者訊息的寫法與內容同等重要，會影響粉絲分享的動力，利用粉絲專頁可為企業帶來新的消費者，建立品牌，且讓企業更了解顧客想法，與顧客建立良好的長期關係。De Vries et al. (2012) 研究指出品牌在社群媒體行銷活動中所發布的貼文內容其有趣性、資訊性、生動性、更新速度及網友口碑皆會影響品牌在市場上受歡迎的程度。陳昀彤 (2016)

透過內容分析法，研究南部私立大專院校臉書粉絲專頁之溝通效果，發現資訊透明化、有趣的訊息內容和趨勢、粉絲參與的溝通策略能吸引粉絲關注。洪淑玲（2020）研究驗證專責經營之粉絲專頁追蹤人數會高於其他經營方式，如輪流經營管理之型態；此外，亦指出貼文呈現的內容與呈現的方式也會影響粉絲分享及互動的行為，例如，實用性及有趣性的貼文內容會使粉絲有較高的轉載意願；具有趣性、實用性、高顏值代言人等特質之貼文內容，會增加粉絲回應互動及分享、舉辦抽獎活動類型的貼文，粉絲的互動分享最高，可加強貼文宣傳效果。陳安婕（2017）探討台灣前五名銀行業粉絲專頁之經營方式與互動程度，研究指出以影片類型和抽獎活動主題為主軸並搭配其他貼文模式可以提升粉絲的總反應程度，粉絲人數越多並不代表粉絲反應越好，貼文內容的吸引力才是成功的關鍵因素。

基於貼文內容特質有助訊息的傳播（Berger and Milkman, 2012），陳亭羽等（2006）所提的消費者在不同行動廣告特性之下，對廣告價值和廣告效果的影響研究，衡量廣告價值和對行動廣告效果之影響中之變數為資訊性、有趣性、可信性、互動性，其研究結果發現，行動廣告的特性會透過廣告價值間接影響廣告效果，而行動廣告的資訊性、可信性皆會直接影響廣告效果。Xu and Chen（2006）依據訊息獲得與訊息攸關性的觀點，提出一份文件或貼文中若具有時事性、新穎性、可靠性、可理解性、範圍等特質時，將有助於訊息使用者提升該份文件對使用者的實用價值與情感價值。綜觀上述研究所提出的貼文訊息特質，由於本研究的主體是以國防大學所成立的粉絲專頁為主體，由於國防大學為國內軍事院校最高學府，其貼文具有其權威性及高度可信度，且其訊息貼文範圍聚焦於軍事事務為主，具因訊息內容變異性且具有可理解性。其次，本研究認為資訊性及新穎性因素之定義，皆為對於使用者看到訊息內容是否得到有用且新的資訊，可將兩因素歸為訊息資訊性。因此，在本研究將採用貼文之資訊性、互動性、有趣性及時事性等訊息特質作為刺激因素，來探討粉絲專頁訊息貼文對於使用者價值與行為面的影響效果，相關內容分述如後。

2.2.1 訊息資訊性

訊息資訊性係指以清楚並合邏輯的方式陳述實際資訊及產品相關資料，也就是藉由提供有意義的事實描述資訊來吸引消費者，使消費者在接收訊息後有信心購買該品牌產品（Bridges et al., 2000）。De Vries et al.（2012）指出資訊性訊息內容能給予使用者對於品牌的產品價格、樣式等資訊。Chen et al.（2013）指出使用者加入 Facebook 粉絲專頁的主要原因是為了獲得更多關於企業提供的產品訊息，而不是結識新朋友和擴大社交圈，並針對粉絲專頁將資訊性訊息內容分為評價訊息、產品/品牌訊息、利益訊息。此外，Rotzoll et al.（1996）指出而訊息接收者願意搜尋訊息的最大動機是為了滿足對資訊的需求。因此，資訊有用性是亦可反映使用者對訊息是否提供欲解決問題的答案，以及訊息是否符合使用需求的來進行評估（Sussman and Siegal, 2003）。Kim and Ko（2012）認為使用者會因為想要瞭解、學習或跟隨流行趨勢，而去尋求最新資訊與知識。眾多的消費者會為了獲取某些特殊資訊、最新資訊或有關品牌之相關問題之答案等等，而加入社群網路及虛擬社群媒體，主要原因是為了滿足對該品牌資訊的需求，消費者會對資訊性較高的貼文產生更多的正面態度，透過閱讀來了解有關品牌及產品的相關資訊，使得網路參與的動機獲得滿足（翁蕊，2014）。Sussman and Siegal（2003）發現資訊有用性會影響資訊採用，若消費者認為資訊有用性越高時，則採用此資訊的行為圖就會越高，且資訊採用是消費者利用線上意見進行購買行為之依據。

2.2.2 訊息有趣性

Davis et al.（1992）認為個體在使用某項產品或從事某項活動時，感到愉快的程度就是有趣性。Singhal and Rogers（2012）認為有趣性是當受眾在觀看具有吸引力且

能夠引發其興趣的表演時，從中獲得歡樂或消遣的感受。Moon and Kim (2001) 研究探討有趣性對於個人使用網際網路的影響，認為有趣性可分成趣味性、好奇度和專注程度三大構面。當個體在進行一個特定的行為，如使用網路的過程中，個體所感受的愉悅感即為有趣性。Atkinson and Kydd (1997) 於網路使用行為中的研究發現，以有趣性為主的網路使用行為通常會有較高的行為意圖，說明知覺有趣性對使用者使用網站的意願是顯著的，使用者在感受較正向的娛樂經驗下，會產生較正向的態度，對於再訪網站之意願也會提高。Moon and Kim (2001) 發現個人在使用網路的過程中如越感到愉悅有趣及享受，其投入網路及使用的意願也會越高。Muntinga et al. (2011) 指出有趣價值是吸引使用者持續使用網站的關鍵因素，使用者會因為網站所提供的有趣內容獲得滿足需求，高有趣性的訊息能提供使用者放鬆、愉悅及情緒抒發的需求。在眾多的訊息中，網路使用者對於個體情感具有連結的訊息接受程度較一般訊息高，對於感知有趣性強的訊息內容，具有較高及頻繁的分享意願 (Alhabash et al., 2013)。因此，訊息的有趣性在增強用戶使用網站的態度和行為意圖具有顯著的效果，是影響使用者再次回訪網站的重要因素 (Ahn et al., 2007)。

在社群媒體的運用上，游子賢 (2018) 探討影響使用者對於 Facebook 粉絲專頁貼文分享意圖的研究指出知覺有用性及有趣性是影響粉絲分享貼文意圖的重要因素，其中以有趣性影響最顯著，當使用者在接收訊息時所感受到的樂趣越高時，對其資訊分享的態度也會越高。因此，有趣的價值是消費者使用社群媒體的重要因素之一，當品牌或企業發布的貼文訊息越有趣及豐富時，越能娛樂粉絲，對於關注品牌的潛在粉絲就很有可能因為趣味的內容而對品牌產生更多的正面態度，如產生購買動機及提升回應及分享貼文的意願 (翁蕊，2014)。

2.2.3 訊息互動性

現今社會隨著網路技術的蓬勃展，使用者可透過電腦設備與其他人互動溝通傳遞訊息，克服了傳統媒體只能單向傳遞資訊，無法即時直接得到回饋的問題。網際網路改變了大眾訊息的傳播方式，個人不只可透過媒體接收，藉由網路連結也可與企業組織進行雙向溝通，企業可得到個人資料，回饋意見及特殊需求等資訊。Stewart and Pavlou (2002) 認為網路媒體之所以相較其他傳統媒體，可以與使用者有更多的互動性。因此，互動性是網路社群媒體和傳統媒體之間最主要的差異點 (Hoffman and Novak, 1996)。Selnow (1988) 定義知覺互動性為特定訊息發送者與訊息接收者之間有雙向的資訊溝通管道，雙方可以根據訊息和回應的內容，相互交換訊息而產生回饋的過程。尤其是在社群網路中提供許多互動溝通介面，包含訊息交流、即時互動及視聽數位匯流等功能，使得訊息的接受者也可當訊息的傳遞者，並加強對於接受訊息的主動性，也提升了訊息傳播速度及內容豐富度 (Abdullah et al., 2016)。Song and Zinkhan (2008) 進一步將消費者在網路情境中所感受到的網路互動性，區分為控制性、回應性及溝通性等三個面向，其中控制性為使用者能操作與控制網站的程度、回應性為網站回應使用者需求的速度，與溝通性為可與他人在網站溝通交流等。

關於訊息互動性對使用者之態度與行為的影響，Coyle and Thorson (2001) 研究也回應上述的論點並指出互動性較強的網站，能夠提升訊息接受者積極的正向態度及互動意願。Macias (2003) 指出互動性是影響使用者對互動廣告的理解程度及使用態度直接的重要因素，相較於無互動性的訊息，具有互動性質的訊息更能夠激發使用者高度的興趣與渴望，且會進一步影響正向的使用態度及較強的購買意圖。Wang (2010) 認為藉由使用者與網站間的互動過程，除了可以增加使用者利用網站獲得資訊的意願，也會增加使用者對網站提供訊息的信賴程度。Lin and Lee (2012) 認為在社群網路中，藉由與其他使用者互動，互相交換社群網路的經驗與訊息，致使使用者產生歸

屬感，會產生更高的品牌忠誠度品牌信任。楊謹綺（2019）運用內容分析法分析中華民國海軍臉書粉絲專頁之發文，探討貼文訊息對閱聽人按讚、留言及分享之影響，研究結果發現若訊息貼文具有互動性，如「雙向對話模式」及「抽獎活動」，可提升閱聽人互動意願。

2.2.4 訊息時事性

在新媒體時代社群媒體經營者的挑戰不再是如何接觸用戶，而是要以什麼內容來吸引使用者。用戶對訊息內容的需求比以前的標準更高，但關注度更少。在五花八門及包羅萬象的訊息中，只有具有特色的訊息才能吸引用戶。用戶喜好的訊息內容具有趣味性、故事性、時事性，而「時事性」是社群媒體平台可以隨時隨地緊跟著時事、議題等發布動態消息，並根據用戶的回應、答覆等作回饋及響應。因此，社群媒體平台的內容是可以立即修正以滿足用戶的個性需要及未來需要（杜一凡，2017）。劉淑薇（2016）探討政府機關運用 Facebook 粉絲專頁傳播健康資訊或政策之經營方式及策略，研究結果指出，民眾對於即時新聞、流行事務最為關切，具貼近民眾生活的時事性貼文內容並結合時下流行「梗」，將有助於吸引粉絲互動及提高貼文觸及率，且多元題材會增加資訊的豐富性、舉辦活動則可增加凝聚力。黃宇君等（2020）研究指出運動粉絲專頁行銷規劃要將互動、資訊、有趣、即時、分享五項因素運用在粉絲專頁上，粉絲專頁貼文類型需跟上潮流，才能與時事結合引發共鳴，提高粉絲喜愛進而增加按讚人數。

2.3 知覺價值

過去有關知覺價值之定義主要以 Zeithaml（1988）從消費者所得到的與所付出的觀點來對產品效用的整體評價。此外，Woodruff（1997）定義知覺價值為消費者對產品屬性或使用產品後對於期望目標的達成，所產生結果的知覺偏好和評價。由於 Zeithaml（1988）所提的價值觀點同時考量的整體所得及整體所失，因此負面的損失與成本概念會對消費者的價值評估會有負向影響。然而，在社群媒體訊息效果的知覺價值的應用上，考量訊息的閱聽人在蒐集或使用訊息過程中所需付出的、成本風險或犧牲損失較少，故對於訊息的知覺價值部分，則參考 Woodruff（1997）所提知覺價值的定義，從對獲得貼文訊息後所產生知覺偏好或評價來評估。

關於機制對於外部訊息刺激的反應性之探討時，Babin et al.（1994）指出知覺價值是影響訊息接受者的重要因素，會對消費者購買產品前至購買產品後這一連串過程中的產生影響（Mathwick et al., 2002; Ryu et al., 2010）。根據 Wang et al.（2007）的研究，將價值觀點從實體的購物環境延伸到虛擬的購物環境，觀察消費者於互動性高的線上零售網站購物經驗，發現知覺價值是消費參與者網站意圖的決定因素。由此可以看出，消費者在實體的購物環境中會受到知覺價值的影響，且在虛擬的網路環境中亦會受到影響，消費者在互動性較高的線上零售網站之購物經驗，會因為知覺價值而影響消費者參與網站的行為意圖。Kim and Park（2019）基於 SOR 模型，以探討機場自助服務特徵對旅客知覺價值進而對滿意度和行為意向的影響效果，發現功能性、享受性、定制化和便利性會通過知覺價值和客戶滿意度對行為意圖產生顯著影響。Aslam and Luna（2021）以 S-O-R 模型為框架，探討品牌 Facebook 網頁特徵透過知覺價值影響顧客參與行為之間的關係，研究結果 Facebook 網頁內容品質會導致品牌學習價值和享樂價值進而引發客戶參與行為。因此，本研究參考先前研究（Aslam and Luna, 2021; Kim and Park, 2019），採用知覺價值作為 SOR 模型內「機制」之設定，接受外部訊息刺激及產生後續反應行為之中介變數。

2.4 分享意圖

線上內容最大的特點之一在於可以在任何時間、任何地點，將資訊即時地與他人

分享，而社群網路的發展又使分享內容的行為更加普及化。線上之閱聽人傾向於分享自身經歷的喜悅或正面的情緒給他人 (Phelps et al., 2004)。依內容被分享的程度，若線上內容的觀看數與傳播程度以倍數增加，而短時間內得到大量的分享則被定義為病毒式傳播 (Tellis et al., 2019; Tucker, 2015)。在社群媒體上，當使用者對於分享行為是感到正面態度時，會增加使用者分享知識的意圖 (Bock et al., 2005)。

既有研究已指出觀眾會透過強烈喚起的情緒，例如：歡樂、驚奇、憤怒、厭惡等，和感知有趣或教育價值，促進線上病毒式的分享行為 (Brown et al., 2010; Eckler and Bolls, 2011; Guadagno et al., 2013)。本研究欲探討當粉絲對於國防大學粉絲專頁所發佈的內容感到正面價值時，會讓粉絲出現分享行為，而達到病毒行銷的效果。綜合上述研究及文獻探討，本研究採用 Bock et al. (2005) 之論點，將分享意圖定義為：「閱聽者會願意向他人分享國防大學粉絲專頁」，當閱聽者受到國防大學粉絲專頁發佈貼文的影響，會觸發個人之知覺價值，再藉由粉絲專頁所舉辦的投票、抽獎等活動方式，使閱聽者得到利益的轉發誘因，能夠間接將所要傳達的內容分享給其他潛在閱聽者。

2.5 研究假說

本研究主要以 SOR 理論為基礎架構，探討當閱聽人受到訊息內容的資訊性、有趣性、互動性與時事性等的环境外部刺激 (S) 時，會影響機制 (O) 使用者內心所產生的價值，進而產生分享行為之反應 (R)，藉由這些因素而達到病毒行銷式的傳播之效果，相關研究假說論述如下：

2.5.1 訊息資訊性對知覺價值之關聯性探討

Chen et al. (2013) 研究指出使用者加入 Facebook 粉絲專頁的主要是為了獲得更多關於企業提供的產品訊息。Rotzoll et al. (1996) 指出訊息接收者願意搜尋訊息的最大動機是為了滿足對資訊的需求。由於資訊有用性是反映使用者對訊息是否提供欲解決問題的答案，以及訊息是否符合使用需求的來進行評估 (Sussman and Siegal, 2003)。當粉絲專頁上所呈現的訊息，包括產品評價訊息、產品/品牌訊息、利益訊息等等具有較高的資訊性時，會使消費者會對這類貼文產生較高的正面態度 (翁蕊, 2014) 及資訊採用的行為意圖 (Sussman and Siegal, 2003)。此外，訊息的資訊性的提升，越有助於解決資訊使用者的問題或產生需求被滿足的效益 (Bettman, 1979)。因此，當使用者接受到資訊豐富的訊息或貼文時，會刺激使用者感知訊息的有用性與實用性，進而對其產生訊息的實用性之價值 (Voss et al., 2003)。在本研究情境中，當閱聽者接收到國防大學粉絲專頁所發布具資訊性之貼文內容時，將滿足閱聽者對軍事院校及軍事教育訓練之資訊需求，進而會觸發知覺價值。基於上述觀點，提出研究假說 1 如下：

假說 1：訊息資訊性對閱聽者之知覺價值有正向之影響效果

2.5.2 訊息時事性對知覺價值之關聯性探討

Boyce (1982) 研究指出使用者首重在文件是否具有時事性，才會再考慮其他的相關性因素，例如，一個即將高中職畢業的學生，有關大學招生或職場類相關的廣告，對於他而言是最能吸引注意的。Greisdorf (2003) 研究使用者對檢索訊息的評價反應，發現五個相關的特徵：是否符合主題、是否對使用者有意義、對目前的問題是否有用、訊息檢索系統是否以正確的形式返回訊息，最後為檢索到的訊息是否允許使用者對其採取進一步的行動。Xu and Chen (2006) 研究訊息獲得與攸關性的觀點，發現當一份文件或貼文中具有時事性特質時，代表文件內有使用者感興趣的話題。因此，當閱聽者在粉絲專頁上檢索貼文訊息，發現其資訊內容的主題有助於解決其問題或滿足需求時，會進而觸發其攸關性及知覺實用價值。除了產生對實用性之知覺價值外，訊息的時事性亦可能對閱聽者產生情感性之知覺價值。訊息的時事性會影響使用者關

注的程度，更具時事性的訊息貼文會引發讀者更高的興趣及產生更多的閱讀樂趣。根據 Stein et al. (1996) 所提出的情緒的動態理論指出個體的情緒反應取決貼文內容與個體所需資訊的相關程度。當訊息貼文的主題性與使用者檢索的動機契合時，將會使得使用者產生更高程度的滿足感。Saracevic (1996) 認為動機滿足感與使用者情感性具有高度的相關性。因此，當閱聽者在粉絲專頁上檢索貼文訊息，發現其資訊內容的主題符合其檢索需求時，會進而觸滿足感及其情感攸關性。基於上述觀點，提出研究假說 2 如下：

假說 2：訊息時事性對閱聽者之知覺價值有正向之影響效果

2.5.3 訊息互動性對知覺價值之關聯性探討

Meyer and Zack (1996) 指出訊息互動性可協助使用者進行資訊的選擇，以滿足其使用者自身的需求。Wang et al. (2007) 認為藉由使用者與網站間的互動過程，除了可以增加使用者利用網站獲得資訊的意願，也會增加使用者對網站提供訊息的信賴程度。楊謹綺 (2019) 研究發現，若臉書專頁經營者可藉由發布抽獎、票選等互動性貼文，將有助於提升閱聽人的互動意願。由於在網路環境下缺乏實體的接觸，透過互動性的過程可協助使用者有效率的獲得符合自身需求的資訊時，進而將影響其訊息內容的知覺價值 (De Wulf et al., 2006)。Teo et al. (2003) 指出互動性對消費者知覺價值會產生正向的影響、以及對於平台的整體評價有積極正向的影響，此外，訊息的使用者會訊息互動的過程中因為需求獲得滿足或是互動過程具有效率性及有效性，使得過程中產生更多的樂趣、愉悅感與認同感，進而使得訊息使用者產生情感上的滿足 (Batra and Ahtola, 1991)。De Wulf et al. (2006) 以線上購物為例說明消費者若可以透過互動性獲取即時資訊，當資訊可以滿足實用需求時，會產生快樂的情緒，進而影響消費者的知覺價值。因此，由於互動性過程中隱含潛在的實用性及情感性效益，並且會形成閱聽人的知覺價值。基於上述觀點，提出研究假說 3 如下：

假說 3：訊息互動性對閱聽者之知覺價值有正向之影響效果

2.5.4 訊息有趣性對情感價值之關聯性探討

在眾多的訊息中，網路使用者對於感知有趣性強的訊息內容，具有較高的分享意願，且在增強用戶使用網站的態度和行為意圖具有顯著的效果 (Alhabash et al., 2013; Ahn et al., 2007)。有趣性係指當個體在進行一個特定的行為，在其使用過程中個體所感受的愉悅感 (Davis et al., 1992)。Singhal and Rogers (2012) 認為有趣性是當受眾在觀看具有吸引力且能夠引發其興趣的訊息或表演，從中感到愉快的程度。Lieberman (2014) 認為當訊息內容若具有有趣、活潑的特質，可以吸引閱聽者的注意並觸發好奇心，且在過程中使其感到愉悅的情感感受。翁蕊 (2014) 指出貼文的趣味價值是消費者使用社群媒體的重要因素之一，當品牌或企業發布的貼文訊息越有趣及豐富時，相關的閱聽人會因為趣味的內容而對訊息提供者及品牌產生更多的正面態度。Muntinga et al. (2011) 表示使用者會因為網站所提供的有趣內容而得到情感上的滿足，高有趣性的訊息能提供使用者放鬆、愉悅及情緒抒發的需求，將吸引使用者持續使用網站。此外，Atkinson and Kydd (1997) 認為知覺有趣性對使用者使用網站的意願是具顯著性的，亦即當使用者感受到較正向的體驗經驗時，會產生正向的態度，對於再訪網站之意願也會提高。崔雅安 (2018) 指出社群媒體訊息之有趣性、時尚性與口碑會正向影響情感性價值。在本研究情境中，當閱聽者接收到國防大學粉絲專頁發布的訊息時，讓閱聽者對於貼文內容感到樂趣、興奮及愉悅的情緒感受，有助於觸發訊息貼文之知覺價值。基於上述觀點，提出研究假說 4 如下：

假說 4：訊息有趣性對閱聽者之知覺價值有正向之影響效果

2.5.5 知覺價值對分享意圖之影響效果之探討

消費者對產品的知覺價值是影響行為意圖的重要指標，既有研究指出知覺價值對購買意圖會產生積極影響，消費者會更願意分享具有特殊或有價值的體驗（Grewal et al., 1998）。此外，Hsu and Lu（2004）、Moon and Kim（2001）、Van der Heijden（2003）和 Wang et al.（2007）研究均認為有趣性或享受性的知覺，對於個體行為意向會產生的顯著的影響。兩者之間的影響關係，亦在不同研究議題中被廣泛探討。例如，Liu and Jang（2009）研究結果顯示，消費者的正、負面情緒及知覺價值會影響顧客的用餐後行為意圖；Liu and Arnett（2000）發現消費者在網路購物的同時，情感性及實用性的回饋，將會增加消費者的活動；Wang et al.（2007）將價值觀點從實體的購物環境延伸到虛擬的購物環境，觀察消費者於互動性高的線上零售網站購物經驗，發現知覺價值是消費參與者網站意圖的決定因素；Yang and Lin（2014）研究社會價值和情感價值對使用 Facebook 的黏著性產生顯著影響；謝自筠（2017）探討文章內容的關鍵特質如何促進或阻礙社群網站資訊分享意圖，研究發現不同的貼文特質、情感及實用等價值對社群網路使用者的互惠規範與分享意圖均有不同程度影響效果；崔雅安（2018）在探討消費者受到社群媒體行銷刺激後所造成知覺信任之變化，進而對其知覺價值與後續之分享意圖及購買意圖之影響，結果亦顯示知覺價值對分享意圖有顯著的正向影響。基於上述觀點，提出研究假說 5 如下：

假說 5：閱聽者之知覺價值對於分享意圖有正向之影響效果

知覺價值除了作為個體行為意圖之前因變量外，亦扮演中介傳遞的角色，且已被運用於探討消費者在產品購買前至產品購買後這一連串過程中的影響效果（Mathwick et al., 2002; Ryu et al., 2010）。Hovland and Weiss（1951）指出訊息的可信度會強化使用者對於信息內容及來源的信任度，引發正向的態度與使用經驗，進而知覺該訊息使用者具有知覺價值並且會對使用意圖及分享行為具有顯著的影響。Liu and Jang（2009）指出知覺價值不僅為個體行為意圖的前因變量，而且在情緒反應和行為意圖的關係具有中介效果。Mummalaeni（2005）以 SOR 理論來詮釋網站商店的設計特性、線上購物者的樂趣與體驗對消費者的回應行為之間的關係，認為網站商店設計是網路零售商成功的關鍵因素，並進一步驗證 SOR 理論的適用性；Thang and Tan（2003）以消費者對於零售商形象做為外部環境刺激因子，得知外部環境的刺激會影響消費者的認知與偏好，進而影響消費者的反應。Mhamed and Belkhir（2018）內容行銷策略在產生點擊數量和品牌貼文受歡迎度方面具有重要作用，並利用 SOR 模型將內容行銷策略的特徵（刺激），透過特定消費者的動機（中介）與品牌互動來驗證此的交互作用（反應）。因此，基於 SOR 理論所提刺激-機制-反應之關係，Facebook 粉絲專頁訊息內容特質會透過知覺價值影響閱聽者之分享意圖。因此，結合上述之論述，提出假說 6 項如下：

假說 6：訊息內容特質（資訊性、時事性、互動性及有趣性）會創造閱聽者之知覺價值進而形成其分享意圖具有正向之影響效果

本研究之研究架構圖如圖 1 所示：

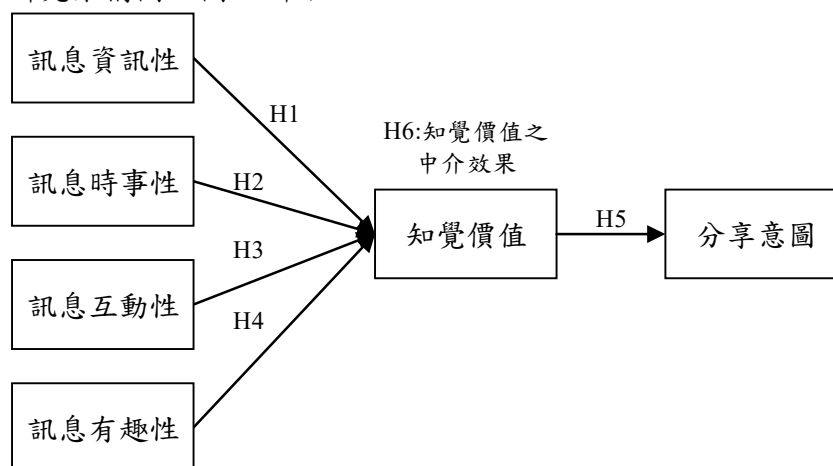


圖 1 研究架構圖

三、研究方法

3.1 研究構面之測量

本研究所探討之構面包含訊息資訊性、時事性、互動性、有趣性、知覺價值與分享意圖，以既有文獻與定義為依據，延伸出各構面之操作型定義及衡量問項，並使用李克特五點量表來進行資料的測量，相關定義及題項信度陳述如下：

訊息資訊性 訊息資訊性的操作型定義為「國防大學粉絲專頁透過社群媒體平台所發佈的訊息內容，提供閱聽者有用及新資訊的程度」。參考Davis et al. (1989)、游子賢 (2018) 所提出的衡量題項，發展出訊息資訊性的衡量題項，共計4題，測量模型的Cronbach's α 為 0.883。

訊息時事性 訊息時事性的操作型定義為「國防大學粉絲專頁透過社群媒體平台所發佈的訊息內容，對閱聽者具有感興趣及引發共鳴的程度」。參考Xu and Chen (2006) 所提出的衡量題項，發展出訊息時事性的衡量題項，共計4題，測量模型的Cronbach's α 為 0.920。

訊息互動性 訊息互動性的操作型定義為「國防大學粉絲專頁與閱聽者在社群媒體平台上，與他人相互溝通及回應的程度」。參考Selnow (1988) 所提出的衡量題項，發展出訊息互動性的衡量題項，共計5題，測量模型的Cronbach's α 為 0.913。

訊息有趣性 訊息有趣性的操作型定義為「國防大學粉絲專頁透過社群媒體平台所發佈的訊息內容，對閱聽者感到有趣好玩、享受、令人感興趣的程度」。參考Kim and Ko (2012) 所提出衡量題項，發展出訊息有趣性的衡量題項，共計4題，其測量模型之Cronbach's α 為 0.906。

知覺價值 知覺價值的操作型定義為「粉絲對於閱讀國防大學臉書專頁貼文內容時，所感知到獲得實質性及情感上之效益」。參考Overby and Lee (2006)、Batra and Ahtola (1991) 與Crowley et al. (1992) 所提出的衡量題項，發展出知覺價值衡量題項，共計9題，其測量模型之Cronbach's α 為 0.960。

分享意圖 分享意圖的操作型定義為「閱聽者會願意向他人分享國防大學粉絲臉書專頁」。參考Bock et al. (2005) 所提出衡量題項，共計5題，其測量模型之Cronbach's α 為 0.935。

3.2 調查對象與資料蒐集

本研究以國防大學粉絲專頁為研究對象。為了獲得對國防大學有瞭解的受訪者，本研究以曾瀏覽過國防大學粉絲專頁之閱聽者作為調查樣本，另因國防大學主要以招生為目的，為了能探討目標群對粉絲專頁之貼文特質產生反應，本次以國防大學管理學院 110 學年新進的一年級新生做為主要調查對象。為了節省成本並方便受訪者，問卷發放方式以實體紙本發放為主，問卷共計發出 144 份，實際回收 117 份問卷，回收率為 81.2%，用以檢驗研究模型。

四、實證分析

4.1 敘述統計分析

本研究透過敘述性統計方法，以瞭解受訪學生之樣本結構及基本特性，主要包括性別、社群媒體使用、網路使用習慣等，相關樣本資料分析陳述如下：

- (一) 性別：在性別方面，女性樣本數佔 18%，男性的樣本數佔 82%，男性多於女性。
- (二) 社群媒體使用：針對現行普遍使用的社交通訊軟體包括 Facebook、Instagram、Dcard、Youtube、Line、Twitter 等六種實施複選調查，其中同時擁有三種以上的人佔 68.1%、三種以下者則為 31.9%。在社交通訊軟體個別的使用情形而言，主要以使用 Instagram (89.7%)、Line (89.7%) 的較高、其次為 Youtube (85.5%)、Facebook (63.2%)，Dcard (55%) 與 Twitter (13.7%) 使用百分比相對較低。
- (三) 網路使用習慣：本研究使用衛生福利部網路使用習慣自我篩選量表來分析受訪者網路使用習慣。此量表包含「想上網而無法上網的時候，我就會感到坐立不安」、「我發現自己上網休閒的時間越來越長」、「我習慣減少睡眠時間，以便能有更多時間上網休閒」及「上網對我的學業已造成一些不好的影響」等四題，每題採 5 點評分，若構面分數加總後高於 11 分，則有高使用沉迷傾向。在本次受調查學生中，高度使用者佔 53.8%、中度使用者佔 46.2%。
- (四) 各研究構面之平均值、標準差及構面相關係數詳如表 1 所示。

表 1 各構面敘述性統計及相關係數表

構面	平均值	標準差	1	2	3	4	5	6	CR	AVE
1. 訊息資訊性	3.652	0.792	0.883						0.884	0.655
2. 訊息時事性	3.421	0.799	0.661	0.920					0.919	0.741
3. 訊息互動性	3.333	0.847	0.689	0.733	0.913				0.914	0.680
4. 訊息有趣性	3.251	0.919	0.590	0.817	0.722	0.906			0.914	0.728
5. 知覺價值	3.448	0.766	0.674	0.792	0.686	0.779	0.943		0.960	0.730
6. 分享意圖	3.316	0.893	0.593	0.744	0.687	0.778	0.817	0.935	0.937	0.748

附註：位於對角線粗體數據為 Cronbach's α

為避免共線性疑慮，本研究透過變異數膨脹因子 (Variance Inflation Factor, VIF) 進行檢定，結果顯示 VIF 值介於 2.923 ~ 4.807 間，皆小於 10，表示本研究所有變項間不存在嚴重的多元共線性問題 (溫福星，2013)。

4.2 測量模式分析

本研究使用調查研究作為研究方法，資料蒐集過程中使用自陳式量表來協助獲得評估者之資料。惟此方法論通常會產生共同方法變異之問題 (Common Method Variance, CMV)。本研究遵循 Lindell and Whitney (2001) 所建議採用 CFA 模型來檢測 CMV 的影響效果，並進一步比較研究構面多因子 CFA 模型及 CMV 單一構面

CFA 模型之配適度差異值。分析結果顯示，多因子模型卡方值 (χ^2) = 934.364、自由度 (df) = 449；CMV 單因子模型卡方值

(χ^2) = 1295.824、自由度(df) = 464，兩模型配適度之卡方差異值為 361.46 大於 $\chi^2_{0.05}(15)$ = 24.96，代表研究構面所形成之多因子模型顯著優於 CMV 單因子模型，表明 CMV 的影響不嚴重，不會干擾分析結果。

測量模式的分析主要包括了信度分析、效度分析及模型配適度等。本研究運用驗證型因素分析，檢測 Cronbach's α 、潛在變項的組合信度 (Composite Reliability, CR) 及平均變異萃取量 (Average Variance Extracted, AVE) 等指標，以評估問卷構面之信度。如表 1 所示，各構面之組合信度介於 0.884-0.960、平均變異萃取量介於 0.655-0.748，均大於 0.7 及 0.5 之門檻值，符合 Nunnally (1978) 之建議，代表各構面題項具有內部一致性，且能夠準確衡量欲評估之潛在構面，亦反應整體量表具有可接受之信度水準。

在效度評估部分，主要針對理論模型中的潛在構面之收斂效度與區別效度進行檢測。在收斂效度部分，各題項之標準化因素負荷量介於 0.75-0.972，且達統計上之顯著，另每個究構面的平均變異萃取量值均大於 0.5，表示各構面與測量題項間具有良好之收斂效度。在區別效度部分，採取卡方差異值檢定法來進行評估。在卡方差異值檢定法中，其分析原理係假設欲比較之兩兩構面間的相關係數為 1，並評估設定前後模型適配度的差異值。若該差異值大於 3.84，則表示設定前後的模型具有差異性，代表比較的兩兩構面具有顯著的區別性。根據表 2 的數據顯示，本研究兩兩構面的差異值介於 5.775 至 23.442 均大於 3.84，表示本研究各構面間具有良好的區別效果，亦代表各潛在構面之測量題項內容彼此無涵蓋到其他構面所代表之涵義，可有效區別衡量各個構面的狀況。

表 2 區別效度分析—卡方差異值檢定法

衡量構面	1	2	3	4	5
1. 訊息資訊性	-				
2. 訊息時事性	15.525**				
3. 訊息互動性	14.262**	12.337**			
4. 訊息有趣性	14.611**	7.238**	9.966**		
5. 知覺價值	23.442**	16.485**	19.782**	13.849**	
6. 分享意圖	17.951**	9.11**	11.573**	5.775*	12.689**

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

在路徑分析之模型配適度部分，卡方值 (χ^2) = 22.315、自由度 (df) = 4；配適度指標 (GFI) = 0.945；另比較配適度指標 (CFI) = 0.973、非正規化適配指標 (NNFI) = 0.90，均大於或等於建議標準值 0.90；其餘評估指標 SRMR = 0.034、皆小於建議標準值 0.08。整體而言，綜合各項指標之判斷，本研究模式配適度達可接受水準。

4.3 假說檢定

確認各構面衡量量表之信效度與整體資料與模式的適配程度後，進一步對建立之路徑分析進行研究假說之檢定。

4.3.1 直接效果分析

路徑係數可以得知自變數對依變數因果關係的強度與方向，倘若係數為正，代表因果關係呈現正向影響，則表示研究假說成立，若為負值，則表示因果關係呈現負向影響，分析結果如表 3。首先，檢驗訊息特質對知覺價值之影響效果，在四項訊息特質之中，訊息資訊性、訊息時事性及訊息有趣性對知覺價值之路徑係數分別為 0.190、0.342 及 0.277；95%的信賴區間分別為[0.063, 0.315]、[0.167, 0.536]及[0.082, 0.457]，均未包含零，均達顯著之水準，因此，假說 1、2、4 獲得支持；另訊息互動性的效果值分別為 0.150、95%的信賴區間為[-0.033, 0.333]，具有統計上之顯著性，故假說 3 未獲得支持。其次，在對分享意圖之影響效果部份，知覺價值對分享意圖之路徑係數分別為 0.821、95%的信賴區間為[0.746, 0.882]未包含零，達顯著之水準，假說 5 獲得支持。

表 3 直接效果分析

路徑	標準化係數	標準誤	95%信賴區間
訊息資訊性→知覺價值	0.190***	0.064	[0.063, 0.315]
訊息時事性→知覺價值	0.342***	0.094	[0.167, 0.536]
訊息互動性→知覺價值	0.150	0.090	[-0.033, 0.333]
訊息有趣性→知覺價值	0.277**	0.094	[0.082, 0.457]
知覺價值→分享意圖	0.821***	0.034	[0.746, 0.882]

** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$

4.3.2 間接效果分析

本研究以「知覺價值」作為傳遞粉絲專頁訊息內容特質與分享意圖影響效果之中介變數。中介效果之檢測多數均依據 Baron and Kenny (1986) 提出之檢測條件進行，然由於 Baron and Kenny (1986) 所建議之檢驗程序中並直接未提供間接效果的檢定統計量，為強化中介效果之檢測，部分研究會搭配使用 Sobel (1982) 所提出之檢定統計量作為中介效果檢測之輔助指標，然而 Sobel 的 Z 檢定量存在有偏誤 (Hayes, 2009)，故本研究進一步使用 Hayes (2013) PROCESS macro (Model 4) 來衡量直接效果與中介效果之估計值及相關之信賴區間，並使用自助法所建構之 95% bias-corrected 信賴區間，用以判斷間接效果之顯著性。

依據表 4 的數據顯示，知覺價值對於訊息資訊性、訊息時事性及訊息有趣性與分享意圖之中介效果分別為 0.176、0.313 及 0.221，其 95%的信賴區間分別為[0.058, 0.306]、[0.158, 0.486]及[0.062, 0.379]，均未包含零，代表知覺價值會中介傳遞訊息資訊性、訊息互動性及訊息時事性與分享意圖之關係，訊息資訊性等三項特質確實會使閱聽者產生知覺價值進而有分享訊息之意圖。另訊息互動性所產生的直接與間接效果是不顯著的，說明在本研究樣本；資料中訊息互動性對於知覺價值與分享意圖無影響關係。然而，在構面題項之重要績效分析中有針對題項重要性及表現程度進行分析，針對訊息互動性的測量題項，受訪的閱聽者均認為互動性很重要，但也都認為目前粉絲專頁的互動程度尚有改善的空間，由此進一步排除其不顯著性可來源自於閱聽者認為互動性對招生不重要所致，故推論其原因為本校粉絲專頁的互動性的特質較少，閱

聽者無法透過互動性的過程有效率地獲得符合自身需求的資訊時，因而降低其對該粉絲專頁內所傳遞訊息的知覺價值，當然也不利於推動或影響其分享意圖。

表 4 中介效果分析

路徑	係數	標準誤	95%信賴區間
訊息資訊性→知覺價值→分享意圖	0.176 ^{***}	0.062	[0.058, 0.306]
訊息時事性→知覺價值→分享意圖	0.313 ^{***}	0.083	[0.158, 0.486]
訊息互動性→知覺價值→分享意圖	0.130	0.081	[-0.026, 0.301]
訊息有趣性→知覺價值→分享意圖	0.221 ^{***}	0.080	[0.062, 0.379]

*** $p < 0.001$

五、討論與結論

因應社群媒體的普遍運用，軍事院校也須適切調整現有溝通機制，善用社群媒體進行行銷，以塑造軍校正面形象及品牌。本研究以 SOR 模型為框架，並結合訊息溝通及知覺價值之理論來探討貼文特質、知覺價值與分享意願之關係，並以國防大學臉書粉絲專頁為例，期望能提供粉絲專頁的經營策略，以強化學校行銷及招生之作為。實證結果支持 Facebook 粉絲專頁的「資訊性」、「時事性」及「有趣性」等訊息內容確實對閱聽者知覺價值具有顯著之影響效果。亦即若閱聽者能在粉絲專頁上獲得他們所感興趣的即時、獨家資訊會正向影響閱聽者對資訊性及時事性的訊息內容產生知覺價值之觸動，並進而有助於影響其之行為意圖。此結果與 Stein et al. (1996)、Voss et al. (2003) 及 De Wulf et al. (2006) 的研究相互呼應，表示當訊息貼文的主題性與使用者檢索的動機契合，並能得到豐富的資訊訊息，將讓使用者獲得高滿足感，而刺激其感知訊息的有用性與實用性，也會提高閱聽者對貼文的分享意圖。更者，粉絲專頁的有趣性亦會對於知覺價值具有顯著性之效果，反應粉絲專頁訊息內容若能結合閱聽者感興趣的主題，以有趣、生動的元素呈現，會吸引閱聽者注意並觸發好奇心，並使其瀏覽過程中使其感到愉悅的感受，當然會顯著地觸發閱聽者之知覺價值及其行為意圖，此結果與 Saracevic (1996)、Lieberman (2014) 及崔雅安 (2018) 的研究成果相互呼應。然而，互動性訊息內容對知覺價值的效果卻不具有顯著性，此結果無法與既有文獻認為社群平台可透過訊息互動性之特色增加訊息使用者的知覺價值及行為意圖相互呼應（楊謹綺，2019；De Wulf et al., 2006; Teo et al., 2003）。此項研究假說不顯著之原因可引用 De Wulf et al. (2006) 成果來提出解釋。De Wulf et al. (2006) 指出在網路環境下缺乏實體的接觸，透過互動性的過程可協助使用者有效率的獲得符合自身需求的資訊時，進而將影響其訊息內容的知覺價值。由於本研究之研究標的係以國防大學粉絲專頁之閱聽者為研究對象，國防大學本身為軍事院校且為公務單位，故在粉絲專頁的經營上較偏向訊息內容的呈現與設計，較少取用互動式貼文或與閱聽者的互動性不足，導致閱聽者在瀏覽粉絲專頁後無法產生較強之知覺價值及誘發出後續分享行為。因此，粉絲專頁經營的改善可將增加訊息的互動性來觸發閱聽者之知覺價值列為首要改善項目。

5.1 研究貢獻

本研究證實可以運用「刺激-機制-反應（SOR）」模型來探討軍校招生訊息傳遞效果之研究框架，透過溝通理論與知覺價值之結合，探討訊息貼文特質與分享意願之關係，並以國防大學臉書粉絲專頁為例，期望能提供粉絲專頁的經營策略，以強化學校行銷及招生之作為。本研究實證結果支持了粉絲專頁訊息內容特質確實會影響閱聽者的知覺價值及後續的分享意圖。此研究結果為軍事院校運用社群媒體進行招生行銷的研究提供更進一步觀點，亦除了運用社群平台作為行銷管道之外，對其呈現之訊息內容必須更加重視且需要有其經營策略，如此才能訊息傳播效果擴增達到病毒式行銷之效。另此結果亦對軍事院校經營粉絲專頁進行學校行銷及提升招生宣傳提供訊息內容經營上之參考。在分享意圖之刺激因素探討部分，本研究針對曾瀏覽過國防大學粉絲專頁之閱聽者所做的研究顯示，Facebook 粉絲專頁不同的訊息內容特質確實會影響知覺價值，粉絲專頁的訊息資訊性、時事性及有趣性為其顯著因素且會進而影響分享意圖。研究結果指出訊息時事性的作用最高，是所有訊息特質中最重要的因素、其次為有趣性及資訊性。因此，粉絲專頁管理者必須要去了解閱聽者感興趣的訊息內容為何，針對閱聽者想了解的的主題或議題，發佈相關的資訊貼文。例如，就時事性而言，可以從閱聽者感興趣的事物切入到粉絲專頁所要發佈的訊息內，洞察其日常生活的情境與軍校做連結，像是發布生活化的時事貼文（如地震文、母親節），引起關心議題的閱聽者注意，就能快速提升貼文討論度及擴散力。更者，訊息貼文的設計應著重在於將有趣好玩的特質與結合時事的訊息上，使閱聽者擁有愉快的閱讀經驗，才能觸發其實用性與情感性之知覺價值，而有分享行為意圖的出現。雖然軍校本身並不是擅長呈現有趣性之貼文，但管理者可藉由發想創意的議題，於設計貼文時加入有趣好玩的元素，加強其對軍校的記憶點，進而觸發其分享行為。

5.2 國防領域之貢獻與應用

1. 利用經營社群媒體平台，達到病毒行銷效果

在台灣民眾使用社群媒體的高使用率下，大部分的企業品牌將經營 Facebook 粉絲專頁社群平台做為重要行銷方式之一，且非營利組織及公部門等也紛紛加入經營社群網路平台。然而，對於經營粉絲專頁的管理者來說，如何接觸更多的潛在閱聽者是一大學問，而病毒行銷（Viral Marketing）即是經營社群最重要的行銷方式，又稱為基因行銷、核爆式行銷。病毒行銷早期用在電子郵件行銷中，透過收件人的人際網路，用戶間彼此之間的接觸，如同病毒感染傳播。通常以網路化社群和各種媒體管道發布不尋常的訊息來吸引大眾對品牌、產品或活動的關注。本研究探討粉絲專頁於訊息呈現的內容為主軸，發現訊息內容特質的呈現能夠誘發閱聽者分享之意圖，進而達到大量傳播。此結果與 Dafonte-Gómez (2014) 及 Berger and Milkman (2012) 學者觀點一致，情感是觸發用戶共享訊息內容的重要因素，不論正面或負面只要喚醒的情緒是強烈的，都可能讓訊息產生病毒式傳播，透過網路或社群平台的方式快速傳遞給另一個人，而廣為流行（Wilson, 2000）。而一個病毒影片的片段病毒行銷有兩個不同的因素，首先是繁殖率大於一，意思是每個接收者將訊息傳遞給一個以上的人。第二個特徵是病毒式行銷是透過社交媒體進行的，例如事實、笑話、訊息等會在社群媒體間分享，但在社群媒體中圖片、照片、影片等會以高效的速度被傳播在民眾中（Kaplan and Haenlein, 2011; Mills, 2012; Swanepoel et al., 2009）。因此，若能善用社群平台發佈高分享意圖之特質的貼文訊息，將有助於提升品牌的能見度，藉由大量的分享，達到病毒式行銷之效果。

2. 結合時事及閱聽人感興趣的訊息內容話題

本研究結果顯示，粉絲專頁發佈時事性訊息，會影響閱聽者知覺價值，進而影響其分享意圖，因此，首要了解閱聽者感興趣、想知道的主題內容為何是非常重要的，而可以藉由於粉絲專頁上投票或問答的活動方式找尋答案。以國防大學來說，其軍校最大的目標是招生並培養未來之軍官，相較於一般民間大學，軍校生活的資訊是較少的，因此，貼文內容可以多增加有關軍校的生活、活動、生涯等資訊，像是國防大學理工學院於2022年在Youtube平台上推出有一支名為「什麼叫軍校生？」的影片，將軍校生一天的生活利用影片方式呈現，影片上傳僅短短4個月，已近6萬觀看次數，然而於現今的社群平台已能互相連結，像是Youtube平台上的影片也能發佈在Facebook及Instagram等平台上，因此，若能運用粉絲專頁等平台加以宣傳分享，將有助於觸發閱聽者之實用價值，而增加分享貼文之機會。另外近年來，在社群平台上，即時行銷成了熱門的行銷方式，在討論度高的新聞或事件剛出來時，即利用圖文或影片等方式搭配時事內容跟風，而話題除了講求快速之外，最重要的是其與品牌的連結度，就是即時行銷的最大特點，像是於2019年全球掀起一波裝備「開箱照」熱潮，國內軍警單位等以「開箱」視角呈現勤務裝備、載具特性，藉以拉近與民眾的距離，展現護衛國境的強大戰力，國防大學管理學院學生也自行籌劃拍攝「管院開箱」，有別於平日嚴肅的一面，藉此讓民眾更了解軍校的不同處，同樣令人眼睛為之一亮。因此，粉絲專頁管理者必須時刻洞察時事，並發揮創意與軍校做連結，創造與粉絲的共同話題來引發討論與互動，並透過轉發分享，達到免費的宣傳成效，使軍校讓更多人看見。

3. 增加有趣的訊息內容類型，有助於觸發閱聽者情緒

在網路使用行為中，以有趣性為主的網路者有較高的行為意圖（Atkinson and Kydd, 1997），即會加入社群平台的參與者，將平台視為與朋友互動、分享生活的娛樂管道，大多追求有趣性質的內容，也傾向分享這些內容給更多的人知道。雖然國防大學粉絲專頁的訊息呈現並不是以有趣性為主要特質，但本著以軍生招生的行銷目的，為了向大眾傳達招生資訊，希望招生類的貼文能讓更多人觸及到，因此，可藉由創意好玩的議題結合軍校招生的資訊內容，讓閱聽者有興趣點開閱讀，並在不知不覺中看完整篇內容，若滿足閱聽者的有趣性需求，將觸發其知覺價值，而願意有分享之行為發生。

4. 增加互動性的貼文內容及回覆，有助於觸發閱聽者知覺價值

雖然在國防大學的樣本資料中，訊息互動性並未如假說所推論具有顯著效果。然而，受訪者在題項重要性及表現程度評估上認為訊息的互動性很重要，但同時也都認為目前粉絲專頁的互動程度尚有改善的空間。因此，結合研究假設及先前文獻結果的觀點，即粉絲專頁發佈互動性訊息會影響閱聽者之知覺價值及分享意圖仍具有實務價值（楊謹綺，2019；De Wulf et al., 2006; Teo et al., 2003），亦可供作為國防大學提升粉絲專頁經營之參考建議。因此，在互動性的經營上，粉絲專頁管理者可以舉辦各種抽獎、問答、投票等活動來吸引參與者留言互動，將所要傳達的資訊融入文案中，藉由與參與者互動的方式不僅能夠誘發閱聽者，也能讓貼文的資訊在無形中傳達至閱聽者。因此，在軍校形象與活動的辦理上，也可以利用互動性來辦理欲舉辦之活動，透過有來有往的互動性有效帶動閱聽者對軍校的認識，達到正面的雙向溝通效果，而透過粉絲及朋友的傳播，將可使社群媒體的快速傳播的行銷優勢發揮到最大。

5.3 研究限制與未來研究方向

本研究基於時間及經費有限之情況下，雖已致力符合研究的嚴謹與原則，但仍有受限制之處。首先，本研究主要針對 Facebook 之社群平台為標的，而研究對象為曾瀏覽過國防大學粉絲專頁之閱聽者，並未考慮其他國防大學經營的社群平台是否具有相同的影響，因此無法代表其他社群平台之全貌。其次，本研究使用紙本問卷，以曾瀏覽過國防大學粉絲專頁之閱聽者為主要研究對象，惟因資料蒐集不易，雖符合研究方法要求之樣本數量，仍無法保證足夠涵蓋研究社群網站之全貌。其次，問卷填答方面，受測者可能受到個人主觀認知差異、對國防大學粉絲專頁瞭解程度較低等因素，因而影響本研究之完整性，造成樣本資料內不可避免之誤差。另本研究的樣本都來自學生，然而國防大學粉絲專頁內之閱聽者也有許多不同年齡層之粉絲，若能收集更多樣性的樣本將有助於不同的研究發現。再者，研究探討的標的物為國防大學所創立的 Facebook 粉絲專頁，然而一般民間大學與軍校雖皆為大學，且都以招生為目標，但其軍校與公、私立學校的大學生活方式、課程內容及未來生涯等皆大不相同，會因為不同性質的大學所創立粉絲專頁所舉辦的活動不同而有些不一樣的影響因素與效果。最後，本研究應用 SOR 理論來建立研究架構，對於影響閱聽者的行為意圖可能會因為不同的因素受到不同程度的影響，本研究的模型解釋能力因此受到限制，建議未來可探討其他訊息內容特質及其他情緒作為等研究變數及中介變數，來延展本研究架構或亦可以使用不同理論作為研究架構之延伸，以多元方式來探討社群之發展性與結果。

參考文獻

- 王佳文、蔡登晉 (2018)。人才招募策略與意願之研究-以空軍官校為例。國立虎尾科技大學學報, 34 (1), 1-19。
- 朱華垣 (2022)。軍校臉書經營對報考意願的影響-以陸軍專科學校為例。國立政治大學行政管理碩士學程未出版碩士論文, 臺灣, 臺北市。
- 余通權 (2021 年 1 月 28 日)。人口負成長的警訊。2023 年 6 月 22 日取自 <https://news.housefun.com.tw/news/article/204198284883.html>
- 李曾豐 (2022)。國軍人才招募策略及工作之探討。國立政治大學行政管理碩士學程未出版碩士論文, 臺灣, 臺北市。
- 杜一凡 (2017)。新媒體營銷完全攻略, 北京: 人民郵電出版社。
- 洪淑君 (2020)。探究因應少子化之科技大學招生策略—從校務研究觀點。大仁學報, 54, 1-20。
- 洪淑玲 (2020)。警政自媒體行銷策略之研究—以臺北波麗士臉書粉絲專頁為例。國防大學運籌管理學系未出版碩士論文, 臺灣, 臺北市。
- 徐明珠 (2008 年 8 月 30 日)。大學經營規模不足少子風暴考驗大學。2023 年 6 月 22 日取自 <https://www.npf.org.tw/1/4606>
- 徐政璿 (2018 年 2 月 9 日)。缺兵! 軍校 2 年就下部隊? 國防部: 不會破壞體制。2023 年 6 月 22 日取自 <https://www.ettoday.net/news/20180209/1111312.htm>
- 翁蕊 (2014)。探索社群媒體行銷之品牌及社群效益。國立臺北大學企業管理學系未出版碩士論文, 臺灣, 臺北市。
- 陳安婕 (2017)。銀行業社群媒體行銷模式之訊息策略探究-以 FACEBOOK 粉絲專頁為例。國立政治大學金融學系未出版碩士論文, 臺灣, 臺北市。
- 陳志祥 (2017)。少子化衝-高級中等學校的因與策略。臺灣教育評月刊, 6 (6), 134-137。
- 陳昀彤 (2016)。台灣南部私立大專院校臉書粉絲專頁溝通效果之研究。義守大學管理碩博士班未出版碩士論文, 臺灣, 高雄市。
- 陳亭羽、陳美慧、朱雅筠 (2006)。多媒體簡訊特性對廣告價值與廣告效果之影響研究。行銷評論, 3 (3), 279-309。
- 崔雅安 (2018)。應用 S-O-R 架構探討社群媒體行銷、知覺信任、知覺價值、分享意圖與購買意圖之關係: 以 YouTube 中的開箱影片為例。中國文化大學國際企業管理學系未出版碩士論文, 臺灣, 臺北市。
- 張憲庭 (2005)。少子化現象對學校經營管理之衝擊與因應之道。學校行政雙月刊, (36), 87-93。
- 創市際雙週刊 (2020 年 7 月 15 日)。社群服務篇與台灣兩大社群式經營網路媒體使用概況。2023 年 6 月 22 日取自 <https://www.ixresearch.com/reports/創市際雙週刊第一五八期-20200715>
- 游子賢 (2018)。Facebook 粉絲專頁貼文對使用者分享意圖之影響—以國防部發言人 Facebook 粉絲專頁為例。國防大學政治作戰學院新聞碩士班未出版碩士論文, 臺灣, 臺北市。
- 黃宇君、牟鍾福、陳天賜 (2020)。運動社群媒體行銷—以桃園運動城運動 i 臺灣粉絲專頁為例。運動知識學報, (17), 175-184。
- 黃怡雯 (2007)。面對少子化現象學校行銷的涵義與因應策略。學校行政, (49), 272-287。
- 楊謹綺 (2019)。溝通新方法! 國軍社群網站經營策略之研究—以中華民國海軍臉書

- 粉絲專頁為例。國立高雄科技大學資訊管理系未出版碩士論文，臺灣，高雄市。
- 溫福星 (2013)。社會科學研究中使用迴歸分析的五個重要觀念。《管理學報》，30(2)，169-190。
- 劉淑薇 (2016)。政府運用社群媒體進行健康傳播之研究—以 1922 防疫達人臉書粉絲專頁為例。世新大學公共關係暨廣告學研究所未出版碩士論文，臺灣，臺北市。
- 劉暉晟 (2016)。探討學校經營與社群行銷關係之研究：以屏科南風粉絲專頁為例。國立屏東科技大學企業管理研究所未出版碩士論文，臺灣，屏東縣。
- 謝自筠 (2017)。文章內容的關鍵特質如何促進或阻礙社群網站資訊分享意圖之研究。國立澎湖科技大學行銷與物流管理系服務業經營管理學系未出版碩士論文，臺灣，澎湖縣。
- Abdullah, D., Jayaraman, K., & Kamal, S. B. M. (2016). A conceptual model of interactive hotel website: The role of perceived website interactivity and customer perceived value toward website revisit intention. *Procedia Economics and Finance*, 37, 170-175.
- Ahn, T., Ryu, S., & Han, I. (2007). The impact of Web quality and playfulness on user acceptance of online retailing. *Information & Management*, 44(3), 263-275.
- Alhabash, S., McAlister, A. R., Hagerstrom, A., Quilliam, E. T., Rifon, N. J., & Richards, J. I. (2013). Between likes and shares: Effects of emotional appeal and virality on the persuasiveness of anticyberbullying messages on Facebook. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 16(3), 175-182.
- Aslam, W., & Luna, I. R. D. (2021). The relationship between brand Facebook page characteristics, perceived value, and customer engagement behavior: An application of Stimulus-Organism-Response (SOR). *Revista Brasileira de Gestão de Negócios*, 23(1), 43-62.
- Atkinson, M., & Kydd, C. (1997). Individual characteristics associated with World Wide Web use: an empirical study of playfulness and motivation. *ACM SIGMIS Database: the DATABASE for Advances in Information Systems*, 28(2), 53-62.
- Babin, B. J., Darden, W. R., & Griffin, M. (1994). Work and/or fun: measuring hedonic and utilitarian shopping value. *Journal of Consumer Research*, 20(4), 644-656.
- Baron, R. M., & Kenny, D. A. (1986). The moderator–mediator variable distinction in social psychological research: Conceptual, strategic, and statistical considerations. *Journal of Personality and Social Psychology*, 51(6), 1173-1182.
- Batra, R., & Ahtola, O. T. (1991). Measuring the hedonic and utilitarian sources of consumer attitudes. *Marketing Letters*, 2(2), 159-170.
- Belk, R. W. (1975). Situational variables and consumer behavior. *Journal of Consumer Research*, 2(3), 157-164.
- Berger, J., & Milkman, K. L. (2012). What makes online content viral?. *Journal of Marketing Research*, 49(2), 192-205.
- Bettman, J. R. (1979). *Information processing theory of consumer choice*. MA: Addison-Wesley Publishing Company.
- Bock, G. W., Zmud, R. W., Kim, Y. G., & Lee, J. N. (2005). Behavioral intention formation in knowledge sharing: Examining the roles of extrinsic motivators, social-psychological forces, and organizational climate. *MIS Quarterly*, 29(1), 87-111.
- Boyce, B. (1982). Beyond topicality: A two stage view of relevance and the retrieval process. *Information Processing & Management*, 18(3), 105-109.
- Bridges, S., Keller, K. L., & Sood, S. (2000). Communication strategies for brand extensions: Enhancing perceived fit by establishing explanatory links. *Journal of Advertising*, 29(4), 1-11.

- Brown, M. R., Bhadury, R. K., & Pope, N. K. L. (2010). The impact of comedic violence on viral advertising effectiveness. *Journal of Advertising*, 39(1), 49-66.
- Cauberghe, V., & De Pelsmacker, P. (2010). The effectiveness of telescopic ads delivered via interactive digital television: The impact of the amount of information and the level of interactivity on brand responses. *Journal of Interactive Marketing*, 24(4), 297-308.
- Chen, C. Y., Chen, T. H., Chen, Y. H., Chen, C. L., & Yu, S. E. (2013). The spatio-temporal distribution of different types of messages and personality traits affecting the eWOM of Facebook. *Natural Hazards*, 65(3), 2077-2103.
- Chen, Y. C., Shang, R. A., & Li, M. J. (2014). The effects of perceived relevance of travel blogs' content on the behavioral intention to visit a tourist destination. *Computers in Human Behavior*, 30, 787-799.
- Coyle, J. R., & Thorson, E. (2001). The effects of progressive levels of interactivity and vividness in web marketing sites. *Journal of Advertising*, 30(3), 65-77.
- Crowley, A. E., Spangenberg, E. R., & Hughes, K. R. (1992). Measuring the hedonic and utilitarian dimensions of attitudes toward product categories. *Marketing Letters*, 3(3), 239-249.
- Cvijikj, I. P., & Michahelles, F. (2013). Online engagement factors on Facebook brand pages. *Social Network Analysis and Mining*, 3(4), 843-861.
- Dafonte-Gómez, A. (2014). The key elements of viral advertising. From motivation to emotion in the most shared videos. *Education Research Journal*, 43(12), 199-206.
- Davis, F. D., Bagozzi, R. P., & Warshaw, P. R. (1989). User acceptance of computer technology: A comparison of two theoretical models. *Management Science*, 35(8), 982-1003.
- Davis, F. D., Bagozzi, R. P., & Warshaw, P. R. (1992). Extrinsic and intrinsic motivation to use computers in the workplace. *Journal of Applied Social Psychology*, 22(14), 1111-1132.
- De Vries, L., Gensler, S., & LeeFlang, P. S. (2012). Popularity of brand posts on brand fan pages: An investigation of the effects of social media marketing. *Journal of Interactive Marketing*, 26(2), 83-91.
- De Wulf, K., Schillewaert, N., Muylle, S., & Rangarajan, D. (2006). The role of pleasure in web site success. *Information & Management*, 43(4), 434-446.
- Eckler, P., & Bolls, P. (2011). Spreading the virus: Emotional tone of viral advertising and its effect on forwarding intentions and attitudes. *Journal of Interactive Advertising*, 11(2), 1-11.
- Fortin, D. R., & Dholakia, R. R. (2005). Interactivity and vividness effects on social presence and involvement with a web-based advertisement. *Journal of Business Research*, 58(3), 387-396.
- Greisdorf, H. (2003). Relevance thresholds: a multi-stage predictive model of how users evaluate information. *Information Processing & Management*, 39(3), 403-423.
- Grewal, D., Krishnan, R., Baker, J., & Borin, N. (1998). The effect of store name, brand name and price discounts on consumers' evaluations and purchase intentions. *Journal of Retailing*, 74(3), 331-352.
- Guadagno, R. E., Rempala, D. M., Murphy, S., & Okdie, B. M. (2013). What makes a video go viral? An analysis of emotional contagion and internet memes. *Computers in Human Behavior*, 29(6), 2312-2319.
- Hayes, A. F. (2009). Beyond Baron and Kenny: Statistical mediation analysis in the new millennium. *Communication Monographs*, 76(4), 408-420.
- Hayes, A.F. (2013). *Introduction to mediation, moderation, and conditional process analysis: A regression-based approach*. NY: Guilford Press.
- Hoffman, D. L., & Novak, T. P. (1996). Marketing in hypermedia computer-mediated

- environments: Conceptual foundations. *Journal of Marketing*, 60(3), 50-68.
- Hovland, C. I., & Weiss, W. (1951). The influence of source credibility on communication effectiveness. *Public Opinion Quarterly*, 15(4), 635-650.
- Hsu, C. L., & Lu, H. P. (2004). Why do people play on-line games? An extended TAM with social influences and flow experience. *Information & Management*, 41(7), 853-868.
- Kamins, M. A. (1990). An investigation into the “match-up” hypothesis in celebrity advertising: When beauty may be only skin deep. *Journal of Advertising*, 19(1), 4-13.
- Kaplan, A. M., & Haenlein, M. (2011). Two hearts in three-quarter time: How to waltz the social media/viral marketing dance. *Business Horizons*, 54(3), 253-263.
- Kent, M. L., & Taylor, M. (1998). Building dialogic relationships through the World Wide Web. *Public Relations Review*, 24(3), 321-334.
- Kim, A. J., & Ko, E. (2012). Do social media marketing activities enhance customer equity? An empirical study of luxury fashion brand. *Journal of Business Research*, 65(10), 1480-1486.
- Kim, J. H., & Park, J. W. (2019). The effect of airport self-service characteristics on passengers’ perceived value, satisfaction, and behavioral intention: Based on the SOR model. *Sustainability*, 11(19), 5352. <https://doi.org/10.3390/su11195352>
- Lieberman, J. N. (2014). *Playfulness: Its relationship to imagination and creativity*. NY: Academic Press.
- Lin, M. Q., & Lee, B. C. (2012). The influence of website environment on brand loyalty: Brand trust and brand affect as mediators. *International Journal of Electronic Business Management*, 10(4), 308-321.
- Lindell, M. K., & Whitney, D. J. (2001). Accounting for common method variance in cross-sectional research designs. *Journal of Applied Psychology*, 86(1), 114-121.
- Liu, C., & Arnett, K. P. (2000). Exploring the factors associated with Web site success in the context of electronic commerce. *Information & Management*, 38(1), 23-33.
- Liu, Y., & Jang, S. S. (2009). The effects of dining atmospherics: An extended Mehrabian-Russell model. *International Journal of Hospitality Management*, 28(4), 494-503.
- Macias, W. (2003). A preliminary structural equation model of comprehension and persuasion of interactive advertising brand web sites. *Journal of Interactive Advertising*, 3(2), 36-48.
- Mathwick, C., Malhotra, N. K., & Rigdon, E. (2002). The effect of dynamic retail experiences on experiential perceptions of value: An Internet and catalog comparison. *Journal of Retailing*, 78(1), 51-60.
- Mehrabian, A., & Russell, J. A. (1974). *An approach to environmental psychology*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Meyer, M. H., & Zack, M. H. (1996). The design and development of information products. *MIT Sloan Management Review*, 37(3), 43-59.
- Mhamed, R., & Belkhir, M. (2018). The role of content marketing strategies in traffic generation: A conceptual model development. In *Digital Economy. Emerging Technologies and Business Innovation: Third International Conference, ICDEc 2018, Brest, France, May 3-5, 2018, Proceedings 3* (pp. 3-15). Springer International Publishing.
- Mills, A. J. (2012). Virality in social media: the SPIN framework. *Journal of Public Affairs*, 12(2), 162-169.
- Moon, J. W., & Kim, Y. G. (2001). Extending the TAM for a World-Wide-Web context. *Information & Management*, 38(4), 217-230.
- Mummalaneni, V. (2005). An empirical investigation of web site characteristics, consumer emotional states and on-line shopping behaviors. *Journal of Business Research*, 58(4), 526-532.

- Muntinga, D. G., Moorman, M., & Smit, E. G. (2011). Introducing COBRAs: Exploring motivations for brand-related social media use. *International Journal of Advertising*, 30(1), 13-46.
- Nosko, A., Wood, E., & Molema, S. (2010). All about me: Disclosure in online social networking profiles: The case of FACEBOOK. *Computers in Human Behavior*, 26(3), 406-418.
- Nunnally, J. (1978). *Psychometric methods*. NY: McGraw-Hill.
- Overby, J. W., & Lee, E. J. (2006). The effects of utilitarian and hedonic online shopping value on consumer preference and intentions. *Journal of Business Research*, 59(10-11), 1160-1166.
- Park, E. J., Kim, E. Y., Funches, V. M., & Foxx, W. (2012). Apparel product attributes, web browsing, and e-impulse buying on shopping websites. *Journal of Business Research*, 65(11), 1583-1589.
- Peters, K., Chen, Y., Kaplan, A. M., Ognibeni, B., & Pauwels, K. (2013). Social media metrics-A framework and guidelines for managing social media. *Journal of Interactive Marketing*, 27(4), 281-298.
- Phelps, J. E., Lewis, R., Mobilio, L., Perry, D., & Raman, N. (2004). Viral marketing or electronic word-of-mouth advertising: Examining consumer responses and motivations to pass along email. *Journal of Advertising Research*, 44(4), 333-348.
- Rotzoll, K. B., Haefner, J. E., & Hall, S. R. (1996). *Advertising in contemporary society: Perspectives toward understanding*. IL: University of Illinois Press
- Rutz, O. J., & Bucklin, R. E. (2011). From generic to branded: A model of spillover in paid search advertising. *Journal of Marketing Research*, 48(1), 87-102.
- Ryu, K., Han, H., & Jang, S. S. (2010). Relationships among hedonic and utilitarian values, satisfaction and behavioral intentions in the fast-casual restaurant industry. *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, 22 (3), 416-432
- Saracevic, T. (1996). Relevance reconsidered. In *Proceedings of the Second Conference on Conceptions of Library and Information Science (CoLIS 2)* (pp. 201-218).
- Selnow, G. W. (1988). Using interactive computer to communicate scientific information. *American Behavioral Scientist*, 32(2), 124-135.
- Singhal, A., & Rogers, E. (2012). *Entertainment-education: A communication strategy for social change*. NY: Routledge.
- Sobel, M. E. (1982). Asymptotic confidence intervals for indirect effects in structural equation models. *Sociological Methodology*, 13, 290-312.
- Song, J. H., & Zinkhan, G. M. (2008). Determinants of perceived web site interactivity. *Journal of Marketing*, 72(2), 99-113.
- Stein, N.L., Liwag, M.D., & Wade, E. (1996). A goal-based approach to memory for emotional events: Implications for theories of understanding and socialization. In Kavanaugh, R. D., Zimmerberg, B., & Fein, S. (Eds.). *Emotion: Interdisciplinary perspectives* (91-118). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Stewart, D. W., & Pavlou, P. A. (2002). From consumer response to active consumer: Measuring the effectiveness of interactive media. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 30(4), 376-396.
- Sussman, S. W., & Siegal, W. S. (2003). Informational influence in organizations: An integrated approach to knowledge adoption. *Information Systems Research*, 14(1), 47-65.
- Swanepoel, C., Lye, A., & Rugimbana, R. (2009). Virally inspired: A review of the theory of viral stealth marketing. *Australasian Marketing Journal*, 17(1), 9-15.
- Tellis, G. J., MacInnis, D. J., Tirunillai, S., & Zhang, Y. (2019). What drives virality (sharing) of online digital content? The critical role of information, emotion, and brand

- prominence. *Journal of Marketing*, 83(4), 1-20.
- Teo, H. H., Oh, L. B., Liu, C., & Wei, K. K. (2003). An empirical study of the effects of interactivity on web user attitude. *International Journal of Human-computer Studies*, 58(3), 281-305.
- Thang, D. C. L., & Tan, B. L. B. (2003). Linking consumer perception to preference of retail stores: an empirical assessment of the multi-attributes of store image. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 10(4), 193-200.
- Tucker, C. E. (2015). The reach and persuasiveness of viral video ads. *Marketing Science*, 34(2), 281-296.
- Van der Heijden, H. (2003). Factors influencing the usage of websites: the case of a generic portal in The Netherlands. *Information & Management*, 40(6), 541-549.
- Voss, K. E., Spangenberg, E. R., & Grohmann, B. (2003). Measuring the hedonic and utilitarian dimensions of consumer attitude. *Journal of Marketing Research*, 40(3), 310-320.
- Wang, E. S. T. (2010). Internet usage purposes and gender differences in the effects of perceived utilitarian and hedonic value. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 13(2), 179-183.
- Wang, L. C., Baker, J., Wagner, J. A., & Wakefield, K. (2007). Can a retail web site be social?. *Journal of Marketing*, 71(3), 143-157.
- Waters, R. D., Burnett, E., Lamm, A., & Lucas, J. (2009). Engaging stakeholders through social networking: How nonprofit organizations are using Facebook. *Public Relations Review*, 35(2), 102-106.
- Wilson, R. F. (2000). The six simple principles of viral marketing. *Web Marketing Today*, 70(1), 232.
- Woodruff, R. B. (1997). Customer value: the next source for competitive advantage. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 25(2), 139-15
- Xu, Y., & Chen, Z. (2006). Relevance judgment: What do information users consider beyond topicality? *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 57(7), 961-973.
- Yang, H. L., & Lin, C. L. (2014). Why do people stick to Facebook web site? A value theory-based view. *Information Technology & People*, 27(1), 21-37.
- Zeithaml, V. A. (1988). Consumer perceptions of price, quality, and value: A means-end model and synthesis of evidence. *Journal of Marketing*, 52(3), 2-22.

附錄

衡量構面	衡量題項
訊息資訊性	1.透過國防大學粉絲專頁的貼文，能使我對軍校有更多的了解 2.透過國防大學粉絲專頁的貼文，讓我得到很多最新的相關資訊 3.我認為國防大學粉絲專頁的貼文，對於軍校相關問題的瞭解，能提供很多我不曾知道的資訊 4.我認為國防大學粉絲專頁的貼文，能得到獨一無二的資訊
訊息時事性	1.我認為國防大學粉絲專頁的貼文，與我感興趣的議題有關 2.我認為國防大學粉絲專頁的貼文主題，有觸及到我感興趣的議題 3.我認為國防大學粉絲專頁的貼文內容，是我感興趣的議題內容 4.我認為國防大學粉絲專頁的貼文，能引發我的共鳴
訊息互動性	1.我能透過國防大學粉絲專頁與參與者互動 2.我認為國防大學粉絲專頁的互動，能夠得到即時回應 3.我認為國防大學粉絲專頁的互動，會增強對軍校的了解 4.我認為國防大學粉絲專頁，可以很輕易地表達我的意見 5.我認為國防大學粉絲專頁能夠增強閱聽者與管理者的溝通
訊息有趣性	1.觀看國防大學粉絲專頁的貼文時，會讓我忘記時間的流逝 2.我認為國防大學粉絲專頁的貼文，對我來說是生動活潑的 3.對於我而言，觀看國防大學粉絲專頁的貼文是一件有趣的事 4.對於我而言，觀看國防大學粉絲專頁的貼文讓我感到開心
知覺價值	1.我認為國防大學粉絲專頁貼文，有助於取得瞭解軍事事務（or 報考軍校）所需的資訊 2.我認為國防大學粉絲專頁貼文，可以增加我在軍事事務上的相關知識 3.我認為國防大學粉絲專頁貼文，可節省對瞭解軍校相關問題所需要花費的時間 4.我認為國防大學粉絲專頁貼文，增加了我對軍事事務的興趣 5.我認為國防大學粉絲專頁貼文，可以增加我軍事事務的見解 6.我認為瀏覽國防大學粉絲專頁的貼文的過程是令人享受的 7.我非常願意閱讀國防大學粉絲專頁的貼文 8.我認為瀏覽國防大學粉絲專頁的貼文，會令人擁有愉快的閱讀經驗 9.我認為瀏覽國防大學粉絲專頁貼文能讓我感到輕鬆和愉快
分享意圖	1.我願意與我的 Facebook 好友分享國防大學粉絲專頁貼文 2.我願意分享國防大學粉絲專頁貼文到我個人的 Facebook 頁面上 3.未來我願意持續分享國防大學粉絲專頁貼文 4.相較於其他國軍粉絲專頁貼文(陸、海、空軍等)，我會比較想分享國防大學粉絲專頁的貼文 5.我會向朋友推薦這個粉絲專頁

多類型頻繁樣態探勘應用於國軍雲端主財系統數據分析之研究

陳良駒^{a*} 傅祖銘^b

^a 國防大學資訊管理學系

^b 國防部主計局財務中心

論文編號: NM-44-02-03

DOI: 10.29496/JNDM.202411_45(2).0004

來稿 2023 年 6 月 5 日→第一次修訂 2023 年 12 月 13 日→同意刊登 2023 年 12 月 27 日

摘要

在全球化及網際化演進的趨勢下，企業組織及政府機關均仰賴管理制度及資訊系統來協助組織各項業務之推展。在面臨組織多元系統整合及多樣數據分析的複雜環境下，組織內部控制與稽核等機制之有效運作，將提昇作業流程服務之效能。然而，傳統以人工方式進行的內部控制程序及作業，恐不易及時反應內部作業之漏洞及適時預警財務業務之風險。因此，資料探勘及數據分析技術將有助於組織內部控制與稽核領域之發展。

本研究植基於多類型的關聯規則演算方法，以國軍主財資訊雲端服務系統下的人員申領休假補助費退件缺失數據集為範例，探索不同缺失樣態的連結關係，除揭露不同演算機制下的缺失樣態關聯外，也嘗試進行樣態處理之差異性分析。相關成果可納入系統防呆檢核，或是內部稽核第一線人員之訓練教案，應可有效提升各項稽核作業之效率。

關鍵詞：內部稽核、國軍雲端主財系統、休假補助費、頻繁樣態探勘、關聯規則

* 聯絡作者：陳良駒 email: ndmchorse@gmail.com

The Study on the Application of Multi-Class Frequent Pattern Mining to the Data Analysis of the National Defense Comptroller Cloud Information System

Chen, Liang-Chu ^{a*} Fu, Tsu-Ming ^b

^a Department of Information Management, National Defense University, *Taiwan, R.O.C*

^b Finance Center, Comptroller Bureau Ministry of National Defense, *Taiwan, R.O.C*

Abstract

In the era of globalization and the rapidly evolving digital landscape, businesses and government agencies increasingly rely on management and information systems to support their diverse operations. Within the complex environment of integrating multiple systems and analyzing heterogeneous data, the effective functioning of internal control and auditing mechanisms is crucial for optimizing operational efficiency. However, traditional manual internal control procedures often fail to address operational vulnerabilities or provide timely warnings for financial risks. As a result, leveraging data mining and analysis techniques can empower organizations to enhance their internal control and auditing processes.

This study focuses on employing multi-type association rule calculation methods to analyze a dataset containing erroneous data from vacation subsidy and refund applications within the National Defense Comptroller Cloud Information System. The primary objective is to investigate the association patterns among various types of errors in the dataset. In addition to identifying these patterns using different algorithmic approaches, the study aims to conduct a differential analysis of the discovered associations. The findings are expected to offer valuable insights for developing system-level error-proofing mechanisms and designing targeted training programs for frontline internal audit personnel. Ultimately, these efforts are intended to improve the overall efficiency of audit operations.

Keywords: Internal Audit, Comptroller Cloud Information System, Vacation Subsidy and Refund Applications, Frequent Pattern Mining, Association Rule

* Corresponding Author: Chen, Liang-Chu email: ndmchorse@gmail.com

一、前言

網際網路及大數據發展的時代趨勢下，企業組織與政府部門面臨諸多內、外在環境的挑戰，對於組織內部流程設計、資源管理配置、財務稽核管控等作業均需要有適度的管理規範及完善的制度機制來提升組織服務效能。其中內部稽核（internal audit）係以風險管理為基礎的審查機制，藉由獨立、客觀及系統化的方法來協助企業組織評估業務流程及認知管理風險，以及早進行營運改善之作為（王威智，2004），內部稽核是維持組織穩定運作的重要機制。

然而，資訊科技的快速發展已造成企業組織的內外部環境發生巨大的變化，組織各項事務若以傳統人工方式進行內部控制與稽核作業，恐不易及時反應內部作業之漏洞與適時預警財務業務之風險（孫嘉明等，2017）；同時，企業面對來自內、外部網際資訊系統的龐大數據，想要快速發現組織內部業務中的可能疑點，已成為當前稽核作業的困難之處（Yan et al., 2019; Nan, 2022）。因此，為提升組織營運價值及作業流程效率，應加強內部稽核及控制的應用與發展（傅祖銘，2020）。其中，資料探勘（data mining）技術及演算法的應用有助於稽核人員從事業務風險的評估，並提升流程稽核之效能（Bose et al., 2022），該技術係從大量複雜數據中進行結構化的歸納分析，以挖掘未知的潛在資訊，做為組織決策或業務改善之參考。然而，儘管學術界對資料探勘及分析已有諸多討論，但在內部控制與稽核領域中運用數據分析的實證研究仍處於起步階段（Earley, 2015）。

國軍為因應全球網際化的發展，分別以電子郵件、國軍智慧卡為基礎來建置及整合國軍雲端之應用服務。「國軍主財資訊雲端服務網」係彙整各類主財業務資訊系統來提供雲端化的作業介面與資訊服務，以支援各預算支用單位、財務單位、業務單位及支薪單位進行國軍官兵個人給與撥戶等服務（林永能，2015）。其中薪餉次系統包含月支薪給、年終工作獎金、考績獎金及各項補助（結婚、生育、喪葬、殮葬、教育及休假）等費用給與核結與發放作業；此外，另有薪資所得稅、軍人保險費、退休撫卹基金、強制執行等代扣款項計算及系統檔案維護作業等，可有效提供各單位作業承辦人依實際業務辦理即時薪餉發放或資料異動等作業（傅祖銘，2020）。各項補助費發放係為國軍人員受理臨櫃案件數量最多的業務，其中休假補助費須填製內容資料相較其他補助費要求更多，因此發生缺失退件之情形佔各項補助費之冠，也是近年 1985 申訴專線重點檢討項目。故本研究即以國軍休假補助費缺失頻繁項為數據探勘與分析之標的。

而頻繁樣式資料探勘技術，包括分類（classification）、分群（clustering）、關聯規則及循序樣態等方法（Tsai et al., 2013），其中關聯規則目標係為發現非循序性的事件樣態（Angeline, 2013），適合挖掘國軍財務數據的潛在關聯，以利組織內部稽核之參照。而關聯規則演算模式一般可分合併為基演算法（join-based algorithms）、樹狀為基演算法（tree-based algorithms）及樣型成長演算法（pattern growth algorithms）三大類（Chee et al., 2019）。因此，本研究目的即藉由多類型的關聯規則演算方法，探索及分析國軍休假補助費缺失頻繁項在不同演算模型中的樣態關聯性，以實證為基礎來瞭解各項缺失樣態間之問題，進而精煉內部稽核效率，亦可避免類似案例的持續發生。

二、文獻探討

2.1 內部稽核

內部稽核概念起源自歐美國家的內部控制作業機制，我國政府的內部稽核發展原則亦在其影響下，逐步建立制度。相關概念及方法最早見於 1968 年訂頒之「加強政治經濟工作效率計劃綱要」所列改進會計審計職能，以會計人員執行事前審核，控制收支等事項（陳浚明，2009）。內部稽核係以獨立、客觀的諮詢及審查活動，協助企業組織透過系統化的方法來評估作業流程及管理風險，以增加業務價值並改善營運流程，達成組織內部管控的目標（王威智，2004）。近年來，以風險為基礎之持續性稽核與監控受到許多學者的關注，持續性稽核的概念包括持續性風險評估、持續性控制監督模組及持續性異常偵測模組等三面向（石淑媛，2016）。

譚家蘭（2015）認為持續性稽核係各項查核作業資訊化，以減輕企業稽核人員工作負擔，並提升稽核作業效率，同時減少企業營運或決策上錯誤的損失。石淑媛（2016）探討主計資訊系統導入持續性稽核技術研究成果的運用，認為持續性稽核係以自動化的資訊科技進行組織業務風險評估或監控，以及早發現可能的風控問題，並適時修正相關作業流程。一般具有強化內部控管機制、提升稽核成效、提供即時預警、避免風險等效益。

在資訊科技的快速發展下，企業的內外部環境發生了巨大的變化，以傳統人工方式將個人經驗和判斷進行內部控制與稽核作業，較不易檢測內部稽核之錯漏問題及潛在風險（孫嘉明等，2017）。而在資訊網路高速發展的時代下，企業面對來自內、外部單位的龐大數據，想要快速發現財務會計業務中的疑點，已成為當前稽核作業的困難之處（Yan et al., 2019; Nan, 2022）。

然而，資訊技術的發展給審計作業帶來了契機，資料探勘技術的應用和演算法的改良有助於審計風險評估過程的順利進行。隨著大數據議題的興起，學者 Earley（2015）認為在稽核作業中使用數據分析有四個主要好處：（1）可增加稽核證據的充分性，亦即可以測試比現在更多的交易資料；（2）可以通過更深入地了解客戶的交易來提高稽核品質；（3）稽核人員利用工具和技術來分析數據，可改進稽核作業中潛在的欺詐檢測問題；（4）稽核人員可以使用非財務數據或外部資料，為稽核作業提供更多的訊息；同時藉由數據可以建立預測模型，以提供業務處理問題的解決建議。Bose et al.（2022）則認為數據分析可以提供稽核人員處理下列工作事項：（1）深入分析公司的總賬系統以提供稽核證據；（2）檢測財務欺詐並進行法務會計的修正；（3）協助檢測異常和趨勢，以及在風險評估中比較行業數據；（4）通過整合外部數據，可以為客戶提供超出其當前能力範圍的服務和解決方案。

因此，資料探勘與數據分析技術可協助稽核人員辨識出感興趣的異常態樣，並透過數據關聯性發現其他類似的異常資料，以利及早採取因應作為並可大幅度改善內部稽核的工作效率（Capriotti, 2014）。

2.2 資料探勘技術應用於內部稽核之研究

資料是組織中的關鍵資產，也是協助企業決策的重要依據，因此資料探勘或資料庫知識發現（Knowledge Discovery in Databases, KDD）技術扮演著企業各項服務或應用的

重要角色 (Frawley et al., 1992)；其目的係針對組織數據資料庫中挖掘隱含、未知、潛在或具有關聯性的有用訊息 (Keyvanpour et al., 2011)。迄今為止，資料探勘已經被廣泛應用於製造業品質改善 (Köksal et al., 2011)、金融詐欺偵測 (Ngai et al., 2011)、犯罪行為預測 (Hassani et al., 2016)、醫療保健服務 (Islam et al., 2018) 及教育學習分析 (Romero and Ventura, 2020) 等領域作業。然而，雖然已經有部分研究利用資料探勘與人工智慧相關技術於財務報表審查、業務流程及內部控制檢測、政策遵循及舞弊/詐欺偵查等面向之研究 (Shabani et al., 2021)，但在內部控制與稽核領域中運用數據分析的實證研究卻仍處於起步階段 (Earley, 2015)。

Kirkos et al. (2007) 探討了決策樹、神經網絡和貝葉斯信念網絡等三種資料探勘分類技術在檢測已發布的財務數據中，發現欺詐性財務報表的有用性。Bai et al. (2008) 蒐集國際虛假財務報表 (False Financial Statements, FFS) 事件之技巧、指標等資訊，同時檢視 10 家中國有 FFS 歷史的公司，從其中萃取特徵，並使用分類和迴歸樹 (Classification and Regression Tree, CART) 技術進行學習及虛假財務報表之預測。

黃士銘等 (2012) 學者認為電腦稽核領域常使用班佛法則 (Benford Law)、二階班佛法則 (Second-order Benford Law)、齊普夫定律 (Zipf's Law) 與串相似度算法 (Levenshtein Distance) 等文字探勘規則與技術來協助查核財務舞弊事件，並以電子業製造商重複付款查核為例進行說明。Albashrawi (2016) 回顧 2004-2015 年間使用資料探勘工具檢測金融欺詐的研究文獻，發現財務報表欺詐和銀行欺詐是該領域正在調查的兩個最大的金融應用，而其探勘工具較常使用監督式學習工具，其中邏輯迴歸模型 (logistic regression model) 是檢測金融欺詐最常使用的方法。Al-Hashedi and Magalingam (2021) 透過文獻蒐整與回顧來探索植基於資料探勘技術的財務詐欺偵測 (financial fraud detection) 研究，發現多數文獻聚焦於銀行及保險的詐欺研究，而 SVM、Naive Bayes 及 Random Forest 是前三項最常使用的資料探勘技術。

Saglar and Kefe (2021) 介紹多項資料探勘技術應用於財務稽核流程之研究，包括類神經網路 (Artificial Neural Networks, ANN)、邏輯迴歸 (Logistic Regression, LR)、決策樹 (Decision Trees, DT)、支援向量機 (Support Vector Machines, SVM)、基因演算 (Genetic Algorithms, GA) 及文字探勘 (txt mining) 等，同時強調對於財務稽核之目的著重於預測。Boskou et al. (2018) 蒐集 133 家希臘公司財報，分別以文字探勘、SVM/PCA/Regression 等方法進行分析，發現職責分離 (separation of duties and responsibilities) 等 11 項內部稽核的重要因素。Ren and Chen (2021) 以聚類分析方法進行公務差旅費用數據之探勘，發現 20 組不合法及 75 違規的差旅使用情形。Shan et al. (2022) 針對某商業銀行的 1500 個客戶信貸資料下的 24 項屬性，以多隨機決策樹方法建立財務稽核 (financial audit) 預測之模型，驗證該方法優於傳統 C4.5 的決策演算。Xuanyuan et al. (2022) 蒐整中國壽險公司財務資訊，以 C4.5 決策樹演算方法挖掘影響保險金融的關鍵因素，協助建立決策模式的優化。

而 Tsai et al. (2013) 依據問題特性 (classify pattern/ find events)、分類標籤 (labeled data/ unlabeled data) 及樣態循序性 (sequential/ nonsequential) 等指標來區分不同的頻繁樣式資料探勘技術，包括分類、分群、關聯規則及循序樣態；其中關聯規則目標係為發

現非循序性的事件樣態，適合挖掘國軍財務數據的潛在樣態。

傅祖銘（2020）嘗試以結構式的概念範例來說明導入 FP-growth 資料探勘演算法至國軍人員休假補助費之數據分析可能解決方案，該研究雖宣稱可透過演算流程發現數據中缺失態樣、錯誤樣本及可能風險等關聯性，但並未具體呈現數據來源及關聯分析之成果。陳良駒與傅祖銘（2022）則企圖蒐整國軍人員休假補助費之歷年數據，藉由 Apriori 演算規則的特性來發現缺失態樣的相關性，雖然挖掘出部分缺失規則，但其方法與數據的完整度並不足夠。本研究將擴展關聯規則之特性，以進行更為全面性的解析。

2.3 頻繁樣式探勘：關聯規則

資料探勘與分析是智慧型社會發展的重要技術，許多學者也積極開發不同領域之應用；在多種資料探勘技術中，頻繁樣式探勘（Frequent Pattern Mining, FPM）是其中一種重要的發展模式。頻繁樣式（frequent pattern）是指在特定支持度門檻下所頻繁共同出現的項目集合（Agrawal et al., 1993）。Yun and Ryu（2011）發現頻繁樣式探勘也運用於許多不同類型的組織數據，包括關聯規則（association rules）、相關性（correlations）、循序樣態（sequential patterns）、串流資料（stream data）、圖形樣態（graph patterns）等，其中關聯規則目標係為發現非循序性的事件樣態，是應用最廣並受到關注的一項技術（Angeline, 2013）。

頻繁樣式探勘能夠挖掘資料庫中不同項目之間的重複樣態，並透過關聯（association）形式來表達；藉由迭代的逐次掃描並計算資料庫中每個頻繁項目集，在滿足設定條件的最小支持度下，直到不可能再掃描出更多的 k 個項目集為止（Chee et al., 2019）。其運作基本概念如圖 1 所示。

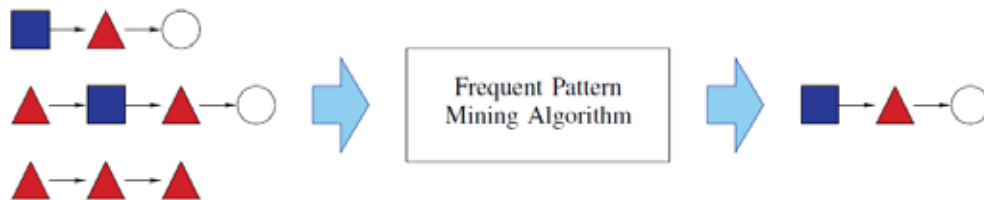


圖 1 頻繁樣式探勘運作流程概念

資料來源：Tsai et al.（2013）

關聯規則主要目的是從龐大交易記錄資料庫中，以產生大量規則以尋找未知項目組合與關聯性（Agrawal et al., 1993）；亦即藉由適當的邏輯或規則找出同時發生的項目或事物。相關分析已展現於客戶關係管理、網站入侵偵測、醫學病歷紀錄、氣象預報分析、財務服務推薦、教學現場分析、基因定序關聯性等多樣性的應用（Pruengkarn et al., 2017）。

一般來說，關聯規則演算模式可以分為 3 大類（Chee et al., 2019）：（1）合併為基演算法（join-based algorithms）是以不斷將標的加入項目集中掃描並得出那些滿足相關聯之最小支持閾值；（2）樹狀為基演算法（tree-based algorithms）是將探勘標的以樹狀圖方式不斷排序及逐次修剪，並得出相關聯之最小支持閾值；（3）樣型成長演算法（pattern growth algorithms）以 FP-growth 演算法為基礎演化而來，主要是先建構條件 FP 樹及以後綴模式對資料庫的串聯掃描生成的，而因頻繁項目集（frequent itemsets）都是掃描在

頻繁模式的對應路徑中的樹，並以此得出那些滿足相關聯之最小支持閾值。各項關聯類型及代表性演算法如圖 2 所示。

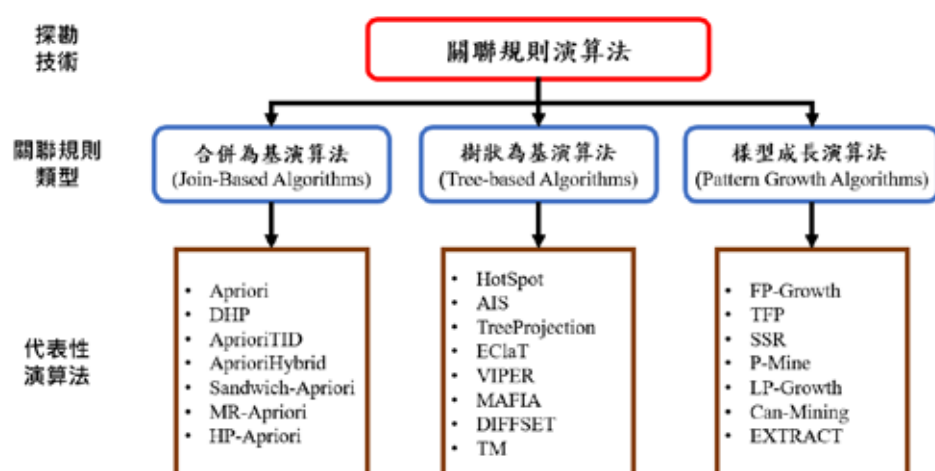


圖 2 關聯演算法的分類圖

資料來源：改繪自 Chee et al. (2019)

合併為基演算法 (join-based algorithms) 利用項目組合來生成頻繁項目集中的候選者集合，進而發現項目間的關聯性 (Agrawal et al., 1993)。其演算法包含 Direct Hashing and Pruning (DHP) 及 Apriori 的各式改良演算法，例如：AprioriTID、AprioriHybrid、Sandwich-Apriori、MapReduce-Apriori (MR-Apriori)、Horizontal Parallel-Apriori (HP-Apriori) 等。其中最具有代表性且運用最廣泛的演算法即為 Apriori 演算法。

樹狀為基演算法 (Tree-based Algorithms) 基於集合概念列舉並假定多面向策略 (如以深度或廣度為優先搜尋方式) 探索候選項目集的樹狀結構資料，而為了識別此候選項目集之關聯性，進一步生成字典樹或列舉樹等點陣式圖型；樹狀為基演算法以生成中的項目間的排列順序及建構方式，來推論得出隱藏的關聯性 (Borah et al., 2019)。樹狀為基演算法包含 Hotspot、Artificial Immune System (AIS)、TreeProjection、Equivalence CLAss clustering and bottom-up lattice Traversal (EClaT)、VIPER、MAFIA、DIFFSET 及 Transaction Mapping (TM) 等多個演算法。

樣型成長演算法 (pattern growth algorithms)：在現有的樣型成長演算法中，大部分是由 FP-growth 模型算法演變而來的。這是因為 FP-growth 僅使用對數據集進行兩次掃描，用壓縮樹結構表示整個數據集，並通過消除生成候選項目集的需要來減少執行時間 (Mittal et al., 2015)。樣型成長是透過條件 FP 樹及以後綴模式對資料庫的串聯掃描生成的，而由於全部頻繁項目集都是掃描在頻繁模式的對應路徑中，此模式保證了樹的完整性結果 (Chee et al., 2019)。

三、研究方法與架構

3.1 研究架構與流程設計

本研究以次級資料分析方法為基礎，參照相關學者觀點，並融合本研究標的之設計，將分析步驟區分為資料蒐集/彙整、關聯探勘演算運用、成果分析與建議三大階段 (詳如

圖 3)，並簡述研究步驟如下：

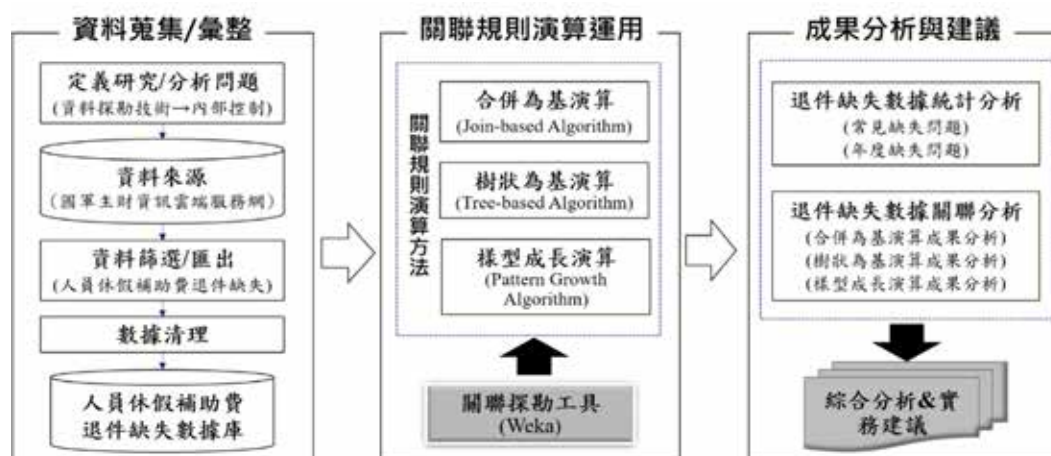


圖 3 主財資訊數據探勘架構與流程

- 一、資料蒐集/彙整：以國軍主財資訊雲端服務網的薪餉次系統為主要目標，蒐集其中的休假補助費發放數據中的退件缺失態樣，並將資料匯出準備分析。
- 二、關聯規則演算運用：根據本研究缺失態樣的研究標的資料型態，分別以 Chee et al. (2019) 提出的合併為基演算法 (join-based algorithms)、樹狀為基演算法 (tree-based algorithms)、樣型成長演算法 (pattern growth algorithms) 等三類關聯規則探勘方法，並選取代表性演算法進行探勘分析，關聯運算則以開源探勘軟體 Weka 為主要分析工具。
- 三、成果分析與建議：分別針對休假補助費退件缺失數據進行統計分析及關聯分析作業，並提出綜合分析與實務建議。

3.2 研究流程說明

一、資料蒐集/彙整

本研究以國軍主財資訊雲端服務網為研究標的，該平台係以國軍雲端服務為基礎整合各類主財業務資訊系統，提供全國各財務、業務及支薪等單位使用。然鑒於國軍主財資訊雲端服務網系統相關資料涉及個人隱私且具機敏性，同時考量數據分析的清晰度，本研究僅蒐集薪餉次系統下之休假補助費退件缺失態樣為探勘範例資料集，並將部分資料轉換為流水代碼進行後續分析。然而，因休假補助費資料於民國 105 年 1 月才逐步建置，故將篩選民國 105 年迄 111 年 12 月間，經查核具有缺失項而遭退件之資料紀錄，總計蒐集 20,033 件。休假補助費缺失共分為代碼 A (申請名冊)、代碼 B (申請表)、代碼 C (憑證) 三大類，同一大類代碼均以連續編號表示之。休補費缺失代碼摘要如表 1。

休假補助費缺失相關樣態數據，係由日常辦理申領作業所檢附之紙本資料轉置並記錄，形成休假補助費退件缺失態樣檢核紀錄，同時透過代碼及布林值型態之轉換，形成休補費退件缺失的二元邏輯關係，以利後續探勘分析。

表 1 休假補助費缺失資料摘要說明

缺失項目類別	缺失項目個數	缺失代碼	缺失態樣（範例）
申請名冊（A）	15	A01~A15	名章不符、階級不符、身份證字號不符、申請金額不符、檢附單據張數/金額不符等缺失
申請表（B）	20	B01~B20	名章不符、身分證字號不符、申請日期不符、休假日期不符、塗改漏蓋主官章、年度內已超支等缺失
憑證（C）	17	C01~C17	收據買受人地址漏填、申領人單據未簽名、單據數量、單價與總價不符、單據日期非休假日等缺失

二、關聯規則演算運用

關聯規則演算通常植基於兩項重要的指標：支持度(support)與信賴度(confidence)。若 X,Y 被視為交易資料庫中的物件項目，則支持度係指在所有交易數據紀錄中，同時出現{X,Y}物件項目所佔的比率；而信賴度是定義此關聯法則可以信賴的程度，也就是在發生 X 物件項目的條件下，也會發生 Y 物件項目所佔的比率 (Harikumar and Dilikumar, 2016)。計算公式分別如 (1) (2) 所示 (Lin and Tseng, 2006; Manimaran and Velmurugan, 2015)：

$$\text{Support} (X \rightarrow Y) = P (X \cup Y) \quad (1)$$

$$\text{Confidence} (X \rightarrow Y) = \text{Support} (X \cup Y) / \text{Support} (X) \quad (2)$$

接著說明演算規則的共通性術語 (陳垂呈, 2017)：(1) 滿足最小支持度的項目集，稱為頻繁項目集 (frequent itemset)；(2) 若一個項集包含 k 個項目，則稱之為 k-項目集 (k-itemsets)；(3) 若某 k-項集滿足最小支持度，則稱之為頻繁 k-項目集 (frequent k-itemsets)。

本研究參採學者 Chee et al. (2019) 提出的合併為基、樹狀為基、樣型成長等三類型的關聯演算模式進行探勘分析，並嘗試以休補費退件缺失項目為範例，分別說明不同演算機制之探勘流程，同時介紹代表性演算法。

(一) 合併為基演算法：Apriori

Apriori 演算法涉及挑選出未知的相互依存關係數據並找出這些項目之間的規則，以萃取出各種記錄的關聯，其係為合併為基關聯規則的代表性探勘方法。Apriori 關聯規則演算的探勘流程如下 (曾憲雄等, 2007; Agrawal and Srikant, 1994)，同時以範例呈現相關運算邏輯 (如圖 4)。

1. 計算各缺失項目的支持度及信賴度，同時給定關聯規則的最小支持度 (minimum support) 與最小信賴度 (minimum confidence) 數值。本範例以缺失項目若出現 2 次 (含) 以上 (Min_Support = 2) 為支持度的門檻值。
2. 讀取資料集中所有的記錄，分別以 1-項目計算支持個數所形成的項目集列為候選項目集合 (candidate itemset)，若候選項目集合的支持度高於設定的最小支持度 (即刪

除個數少於最小支持度的項目集)，則該候選項目集合視為頻繁項目集合 (frequent itemset)。本範例資料集數據均符合標準，故候選 C1 即視為頻繁項目集合 L1。

3. 進行頻繁項目集合 L1 的結合，產生候選集合 C2；接著掃描資料集並計算每一個候選 2-項目集的支持度，刪除支持個數少於最小支持度的項目集，產生頻繁項目集 L2。
4. 持續利用 L2 的結合來產生候選集合 C3，並重覆掃描資料集計算候選 3-項目集的支持度，依條件產生新的頻繁項目集，直到沒有新的候選項目集合為止。
5. 計算 頻繁 k-項目集所形成的關聯規則，若滿足最小信賴度，則關聯規則成立。

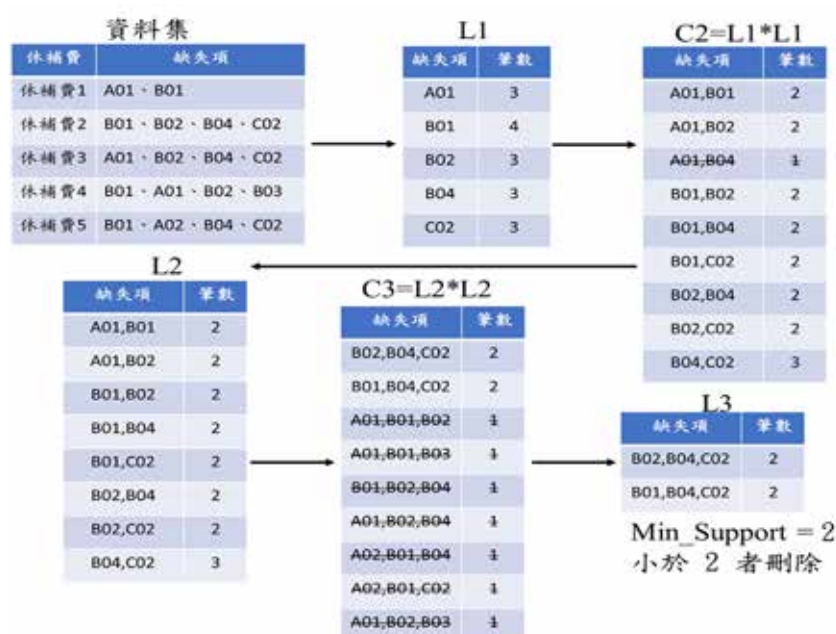


圖 4 Apriori 演算運用於休補費之執行流程 (範例)

資料來源：陳良駒與傅祖銘 (2022)

(二) 樹狀為基演算方法：Hotspot

HotSpot 演算法係參照 Friedman and Fisher (1999) 的理論所開發的 Weka 關聯規則擴充套件，其可針對離散或類別數據進行探勘以滿足最小支持度的關聯區間，並將探勘結果以樹狀結構的形式進行規則的呈現 (Qing-dao-er-ji et al., 2020)。HotSpot 演算法可依據使用者感興趣的目標項目 (target item) 為根節點，在最小支持度的限制下搜尋機率最大的其他項目，依序列出與目標項目中出現頻率最高的相關項目做為第一層的项目節點，接著透過最大分支度 (Max Branching Factor, MBF) 的演算產生最大化或最小化的分支，以發掘與目標項目對應的前提規則集 (Left Hand Side, LHS)，同時建立一套樹狀結構的規則。

本研究將對 Hotspot 演算法中樹狀節點的 MBF 設到最大，並以支持度及信賴度排序得出頻繁關聯程度。其簡易執行流程如圖 5 所示。



圖 5 Hotspot 演算運用於休補費之執行流程（範例）

(三) 樣型成長為基演算方法：FP-growth

FP-growth 是樣型成長為基關聯規則中最常見的演算類型(Borgelt, 2005)，FP-growth 分為兩個演算過程(Kumar et al., 2010)：首先根據原始資料建構 FP 樹 (FP-Tree)，然後在 FP 樹上擷取頻繁關聯模式。該方法只需要掃描資料庫兩次，可改善 Apriori 演算法在執行時需不斷掃描資料庫以產生大量候選項目集，而導致探勘效率不佳之問題。相關演算探勘流程如下說明(Han et al., 2004)，同時以圖 6 為範例進行簡易說明。

1. 建構 FP-tree：將資料集壓縮成一個緊湊的頻繁模式樹結構。

- (1). 設定資料集及最小支持度後，掃描該資料集，並獲得頻繁 1-項目集和支持度。
- (2). 對頻繁 1-項目集按支持度排序，並將支持度小於最小支持度的項目刪除，獲得頻繁項表來建立一個以 null 值為根節點的 FP-tree。

2. 從 FP-tree 挖掘關聯規則：開發一種基於 FP-tree 的高效頻繁模式探勘方法。

- (1). 第二次掃描整個資料庫，並依照先前排序的順序建立成 FP-tree 的資料結構。
- (2). 之後演算法即可透過 FP-tree 反覆運算找出所有的大型項目集。

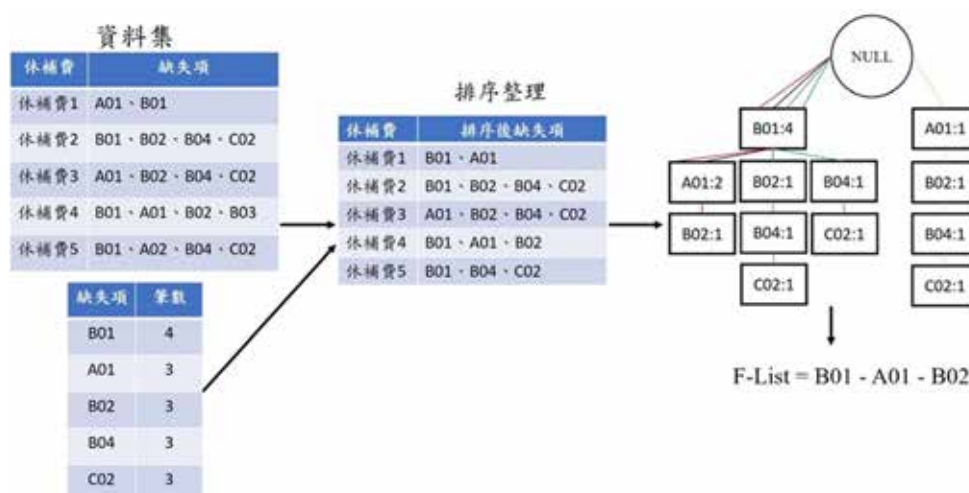


圖 6 FP-growth 演算運用於休補費之執行流程（範例）

三、成果分析與建議：

研究成果主要涵蓋「退件缺失數據統計分析」及「退件缺失數據關聯分析」兩大類。前者包括常見缺失問題研討與年度缺失問題統計，後者則聚焦合併為基、樹狀為基、樣型成長等三種關聯規則演算之成果，最後透過綜合分析並提出實務建議。

四、研究成果與分析

4.1 缺失態樣年度統計資訊

本研究之缺失態樣係由 105 年開始累計迄 111 年底，相關缺失次數統計如表 2 及圖 7 所示。年度內常見缺失態樣數量多無太大變化，僅申請名冊 (A) 部分略有逐年增加隨後持穩的情形，申請表部分 (B) 及憑證部分 (C) 則有逐年下降的趨勢；此外，申請表部分 (B) 缺失問題數量普遍高於其他類型缺失；而總缺失筆數則以申請表部分 (B) 之問題最多，其次為憑證部分 (C)，申請名冊部分 (A) 的缺失數量相對較少。

表 2 年度缺失項目之樣態數量統計表

缺失項目	缺失態樣年度合計筆數						
	105	106	107	108	109	110	111
申請名冊部分 (A)	25,351	25,318	27,820	28,227	28,819	27,714	27,277
申請表部分 (B)	37,141	35,642	34,348	34,827	33,617	32,531	32,480
憑證部分 (C)	29,992	29,643	29,389	28,842	28,284	27,343	26,121
合計	190,526	240,586	199,614				

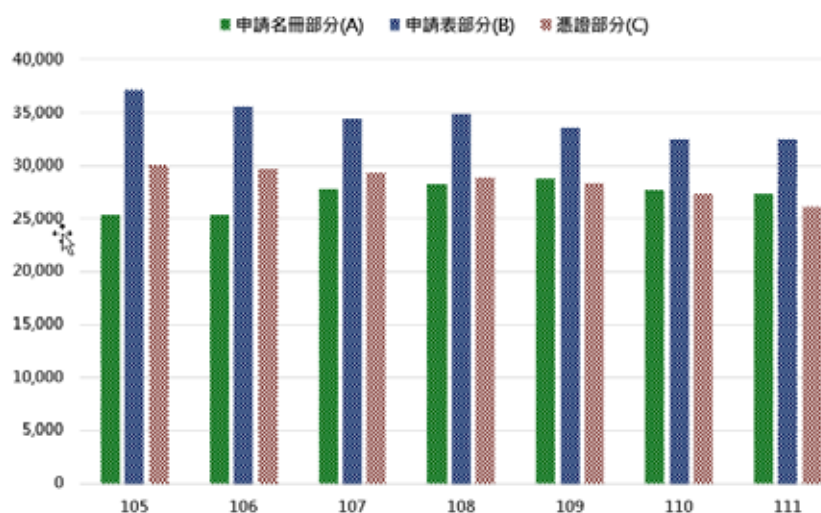


圖 7 年度缺失項目之樣態數量統計圖

經統計彙整歷年最常見的前 20 項樣態缺失相關數據 (詳如表 3)，發現休假日數不符 (申請名冊部分) (A05)、休假日為國定休假日 (B14)、收據買受人、買受人地址漏填 (C01) 分別為發生頻率最高的前三項缺失。若以缺失代碼來看，A 類申請名冊部分的缺失問題最多 (8 項)，B 類申請表部分 (6 項) 及 C 類憑證部分 (6 項) 的缺失數量相當，綜合來看各類的缺失分布較為平均；若以缺失態樣來觀察，休假日數不符、名章

不符及其他等缺失問題在 A 類申請名冊與 B 類申請表均同時出現，顯示這些項目確實為經費申請人及業務承辦者極為容易忽略之問題。此外，C 類憑證部分則主要發生於資料漏填、單據金額及發票日期不符規定等缺失問題。相關缺失應要求各單位注意此缺失樣態之發生。

表 3 歷年常見之前十項缺失態樣

排名	缺失代碼	缺失態樣	合計筆數
1	A05	休假日數不符（申請名冊部分）	18,846
2	B14	休假日為國定休假日	17,672
3	C01	收據買受人、買受人地址漏填	17,256
4	B04	休假日數不符（申請表部分）	17,130
5	A04	申請金額不符	17,111
6	B01	名章不符（申請表部分）	16,576
7	C05	單據金額未達申領數二分之一	16,567
8	A01	名章不符（申請名冊部分）	16,503
9	A15	其他（申請名冊部分）	15,841
10	A09	合計大寫金額不符	15,802
11	A02	階級不符	15,560
12	A03	身分證字號不符	15,085
13	C11	收據未註明負責人姓名	15,069
14	C08	一次開立多聯發票有缺漏	14,876
15	B20	其他（申請表部分）	14,841
16	C13	發票日期非當期之月份	14,784
17	B03	申請日期不符	14,402
18	C02	申領人單據未簽名	13,757
19	B09	申領破月人員未註明原因及加蓋私章	13,663
20	A07	檢附單據金額不符	13,521

4.2 缺失態樣探勘分析

因配合研究期程，本論文以民國 105-110 間的年度缺失項目為基礎，透過不同演算模型進行缺失樣態探勘分析，並進行各項缺失關聯規則之說明，分述如下。

一、合併為基 Apriori 演算成果：

透過前述的樣態格式轉換及 Apriori 關聯規則算法之流程，探勘相關成果總計有 56 組配對規則。其中前三組經常出現之規則為 B12（申請年度、日期不符）→ C14（電子發票不得有統一編號）、C15（買受人非當事人）→ B19（申領金額錯誤）及 B19（申領金額錯誤）→ C15（買受人非當事人）。第一組顯示規則型態為當 B12 出現時，有較高機率出現 C14 的錯誤缺失樣態；而第二、三組則呈現雙向之規則，顯示這兩種錯誤經常共同發生。

此外，觀察並彙整所有配對組之關聯規則，發現有 7 組頻繁項目集的缺失組合（信賴度均為 95% 以上），表 4 呈現各項缺失組合的形式與說明，其中除項次 6 為同類型（A）缺失樣態外，其餘規則組均為跨類型的關聯規則型態。

表 4 Apriori 頻繁群集彙整

項次	缺失代碼及規則 (前 3 項)	關聯說明
1	B12、B18、C14 ● B12→C14 ● B18→C14 ● (B12, B18) →C14	「申請年度、日期不符」、「檢附單據張數錯誤」及「電子發票不得有統一編號」具高度關聯性，由此可知申請表申請日期錯誤容易伴隨申請表檢附單據張數錯誤及發票憑證錯誤。
2	B09、C08、C09 ● B09→C09 ● B09→C08 ● (B09, C08) →C09	「申領破月人員未註明原因及加蓋私章」、「一次開立多聯發票有缺漏」及「未依規定開立發票」具高度關聯性，可知申請表申領破月人員未加註原因及未加蓋私章容易伴隨憑證發票檢附錯誤。
3	A14、C16 ● A14→C16 ● C16→A14	「支薪單位全銜或代號錯誤」及「未註明中文品名」具高度關聯性，由此可知申請名冊支薪單位全銜或代號錯誤容易伴隨憑證空白發票未註明中文品名。
4	B11、B19、C15 ● C15→B19 ● B19→C15 ● B11→B19	「支薪單位全銜錯誤」、「申領金額錯誤」及「買受人非當事人」具高度關聯性，由此可知申請表支薪單位全銜或申領金額錯誤容易發生憑證買受人非當事人。
5	A07、B06、B07 ● B06→A07 ● B07→A07 ● (B06, B07) →A07	「檢附單據金額不符」、「合計大寫金額不符」及「服役年資請重新計算」具高度關聯性，由此可知申請名冊造冊金額錯誤容易發生申請表服役年資計算錯誤。
6	A06、A12 ● A06→A12 ● A12→A06	「檢附單據張數不符」及「造列之表冊份數不足」具高度關聯性，由此可知申請名冊填製單據張數錯誤容易發生申請名冊檢附份數不足情事。
7	A13、C07 ● A13→C07 ● C07→A13	「非為在職期間發生之事實」及「發票未附收執聯」具高度關聯性，由此可知申請名冊在職事實錯誤容易發生憑證發票未附收執聯情事。

二、樹狀為基 Hotspot 演算成果

由於 Hotspot 演算法係以目標項目為探勘標的，並以此找出目標項目對應的最常出現的對應前提規則。因此，本研究分別以時間缺失 B12（申請年度、日期不符）及人員缺失 C15（買受人非當事人）為範例，進行 Hotspot 演算之成果分析，其成果如下說明。

（一）目標項目：時間缺失 B12（申請年度、日期不符）

圖 8 自葉節點 B18 往上看，退件單含有 B18 缺失項有 100%（9696/9696）會有 C06 缺失項，而進一步看同時含 B18、C06 及 B12 缺失項共有 9696 筆，另外父節點的部分以 C06 為例，退件單含 C06 缺失項者有 82.07%（9698/11817）會有 B12 缺失項，綜上可知「B12 申請年度、日期不符」、「B18 檢附單據張數錯誤」及「C14 電子發票不得有統一編號」具有高度關聯性，建議做為爾後內部稽核重點檢核項目。

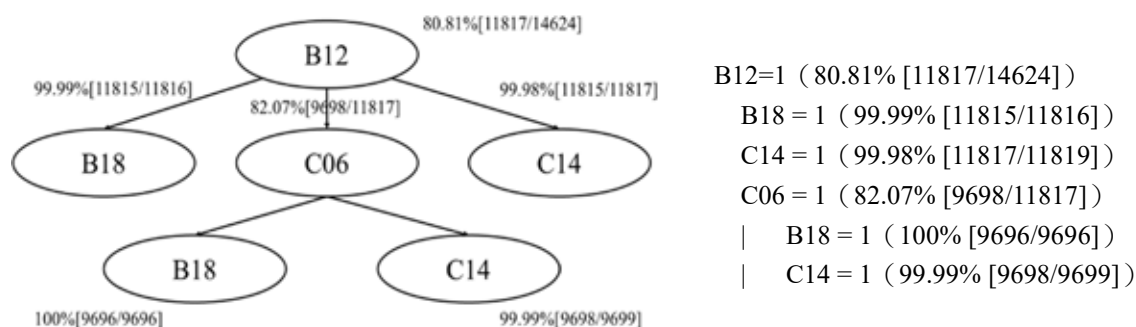


圖 8 B12 關聯 (a) 樹狀結構圖 (b) 數據邏輯呈現結果

(二) 目標項目：人員缺失 C15 (買受人非當事人)

根節點以 C15 為例，退件單含有 B19 缺失項有 100% (9693/9693) 會有 A02 缺失項，而進一步看同時含 B19、A02 及 C15 缺失項共有 9693 筆，另外父節點的部分以 A02 為例，退件單含 A02 缺失項者有 82.07% (9693/11811) 會有 C15 缺失項，綜上可知「C15 買受人非當事人」、「B19 申領金額錯誤」及「B11 支薪單位全銜錯誤」具有高度關聯性，成果展現如圖 9，建議做為爾後內部稽核重點檢核項目。

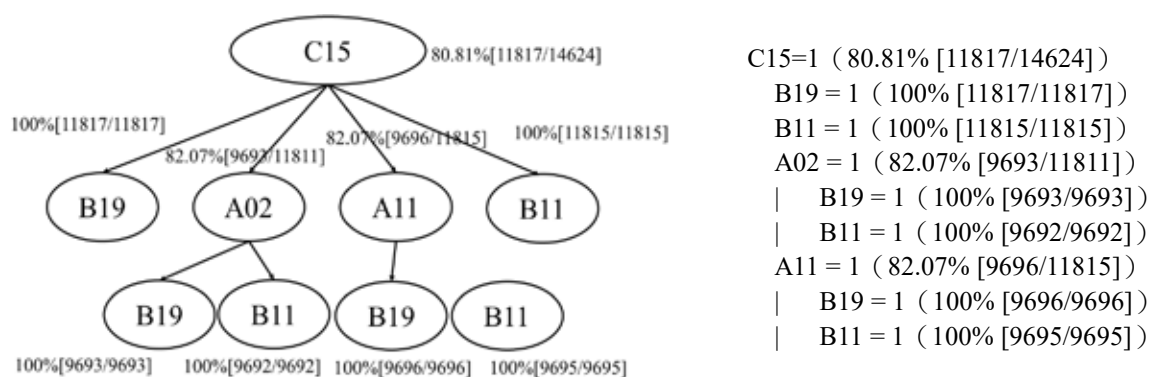


圖 9 C15 關聯 (a) 樹狀結構圖 (b) 數據邏輯呈現結果

三、樣型成長為基演算法：FP-growth

依據演算步驟建構 FP 樹，並從其中擷取頻繁關聯規則後，發現符合 FP-growth 演算模型探勘之關聯規則計有 60 項，表 5 呈現前 10 項的重要關聯，分別代表前提規則集 (Left Hand Side, LHS) 的出現會同時出現結果規則集 (Right Hand Side, RHS) 的關聯。以前三項關聯規則為例，分別出現申請年度/日期不符 (B12) → 電子發票不得有統一編號 (C14)、檢附單據張數錯誤 (B18) → 電子發票不得有統一編號 (C14)、一次開立多聯發票有缺漏 (C08) → 未依規定開立發票 (C09) 等關係，顯示若前提規則集 LHS (B12, B18, C08) 之缺失發生時，結果規則集 RHS (C14, C14, C09) 的缺失項目同步發生的機率極高。因此，在執行內部稽核作業時，可注意同步檢查各項具關聯性的缺失項目，以確認休補費紀錄的正確性，同時提升各項作業的執行效率。

表 5 FP-growth 模型執行結果彙整表（前 10 項）

項次	LHS	RHS	關聯性
1	B12	C14	申請年度/日期不符 → 電子發票不得有統一編號
2	B18	C14	檢附單據張數錯誤 → 電子發票不得有統一編號
3	C08	C09	一次開立多聯發票有缺漏 → 未依規定開立發票
4	B09	C09	申領破月人員未註明原因及加蓋私章 → 未依規定開立發票
5	A14	C16	支薪單位全銜或代號錯誤→未註明中文品名
6	C15	B19	買受人非當事人→申領金額錯誤
7	B19	C15	申領金額錯誤→買受人非當事人
8	B11	C15	支薪單位全銜錯誤→買受人非當事人
9	B11	B19	支薪單位全銜錯誤→申領金額錯誤
10	A02	A11	階級不符→塗改漏蓋主官章

4.3 綜合分析

一、頻繁規則成果比較

研究結果通過關聯規則分析（Apriori 及 FP-growth）執行頻繁項目集分析，並分別綜合出 7 組及 9 組頻繁項目集（信賴度均為 95% 以上），其中兩個關聯規則所挖掘的頻繁項群集有 7 組相同，而差異出現於（A02、A11）及（B10、B15）兩組關聯規則，分別呈現「階級不符」及「塗改漏蓋主官章」具高度關聯性、「年度內已超支」及「休假日數合計不符」具高度關聯性的特性。究其原因係為 FP-growth 演算法在第一階段 FP 樹中即完成此兩項組合的編排，隨後第二階段的掃描是依據第一階段的 FP 樹來形成；而 Apriori 掃描資料的過程中則是不斷重複掃描直至頻繁項目集出現，造成頻繁項次規則的差異。兩類關聯規則探勘結果之差異如表 6 所示。

表 6 Apriori 與 FP-growth 挖掘頻繁項差異比較

項次	缺失代碼及規則	關聯規則類型	
		合併為基演算 (Apriori)	樣型成長為基演算 (FP-growth)
1	B12、B18、C14	V	V
2	B09、C08、C09	V	V
3	A14、C16	V	V
4	B11、B19、C15	V	V
5	A07、B06、B07	V	V
6	A06、A12	V	V
7	A13、C07	V	V
8	A02、A11	-	V
9	B10、B15	-	V

二、頻繁樣式探勘演算法比較

依據國軍主財資訊雲端服務網的資料量及伺服器運算效能及研究探勘的過程，以 FP-growth 演算法來探勘頻繁項效果最佳，其執行速度快，對比 Apriori 演算法對資料型態要求更低，減少探勘目標事前的清洗及彙整時間，另外 Hotspot 演算法則適用於針對已知單一探勘標的來做頻繁程度分析，可用於特殊任務及個案需求上，最後就各演算法研究分析後發現的特點實施說明，相關資料如表 7。

表 7 各演算法成果與優缺點分析

類型	合併為基演算	樹狀為基演算	樣型成長演算
代表性演算法	Apriori	Hotspot	FP-growth
發現規則組數	56 組	依目標項目之頻繁關聯程度而定	60 組
特性	廣度優先（建立 K 項目集→掃描資料庫）	-	深度優先（掃描資料庫→發現頻繁項目集）
優點	執行邏輯簡單，適用於大量資料庫	● 可以處理多維度/數值型的連續資料 ● 聚焦研究標的執行關聯規則分析技術	● 不需要產生候選集 ● 只需對資料庫掃描 2 次來產生並壓縮至 FP-Tree ● 執行速度快
缺點	● 過程產生大量候選集，執行效率較慢 ● 複雜的資料型態，運算效果較差	只針對單一目標項目關聯性做分析，對大量或複雜的資料型態較難處理，侷限性大	● 利用 FP-Tree 壓縮數據階段，內存記憶體負載消耗大 ● 建立 FP-Tree 壓縮數據階段對效能要求高

資料來源：Singh et al. (2014)；本研究整理

- (一) 合併為基演算的特性：代表演算法為 Apriori。透過該方法探勘出的關聯計有 7 大類 56 組規則，由上述成果分析結論可知因該演算法邏輯程序簡單，較適用在純文字或標準化數值型態的資料下執行探勘運算，但因需產生大量候選集進行篩選，故執行效率相對較差。若未來採用該演算法執行探勘任務，可將重點放在探勘標的資料型態之數據清洗及態樣呈現等階段。
- (二) 樹狀為基演算的特性：代表演算法為 Hotspot。該演算法僅針對單一目標關聯性作分析，可針對多維度的連續數值進行探勘，故較適合想要探索特定品項關聯之情境。若以此演算方法執行關聯探勘分析，重點與合併為基演算雷同，唯可發揮其探勘優點，聚焦在感興趣的探勘標的來實施關聯分析，同時結合樹狀圖展現其相關程度，對於關聯的呈現能力強。
- (三) 樣型成長演算的特性：代表演算法為 FP-growth。本研究探勘出的關聯計有 9 大類 60 組規則，由上成果分析結論可知雖然內存記憶體負載大，但因其執行速度快且非常適用於特徵關聯探勘的特性，故相當適合執行本研究資料探勘任務。建議未來針對國軍主財資訊雲端服務網相關數據分析，可利用該演算法來進行各項探勘分析。

五、結論與建議

本研究針對不同類型之探勘方法應用於休假補助費退件數據進行關聯規則之探索，並分別比較各類型演算規則及探勘成果之差異。經數據分析後有數點綜合性的發現：

(一) 以缺失類型而言，申請表(B)問題的缺失數量最多，普遍高於申請名冊(A)及憑證(C)等問題的缺失量；若以缺失態樣來看，則主要以休假日期或天數等問題發生錯誤的頻次較高。(二) 合併為基及樣型成長兩類演算方法所挖掘出的重要規則大致趨於一致，但樣型成長探勘技術在類似條件下，可以發現較多的關聯規則。(三) 樹狀為基的演算方法可聚焦於興趣或特定項目之規則挖掘，適合針對特定缺失項目進行關聯分析。

國軍預算支用單位及支薪單位主財資訊雲端服務系統執行各項財務業務任務，其資料處理所產生之業務數據量龐大，若能藉由數據探勘及分析技術之運用，進行交叉比對，應可有效了解國軍財務各項作業之實況，據以協助財務單位各項管控任務及審查發放等作業之遂行。綜上所述，分別提出值得進一步探討的數點建議。

一、演算機制運用之建議：

- (一) 雲端主財業務所產生的數據量極為龐大，建議應針對不同子系統之數據，利用合併為基與樣型成長為基等演算方法進行定期性的數據分析，以發掘不同時期的關聯特性，了解缺失項目的樣態變化。
- (二) 而若發現某些缺失項目頻繁產生，或因數據可處理時間有限等狀況，則可聚焦於興趣或重點目標之缺失問題，以樹狀為基的演算方法進行稽核規則之探索。

二、實務操作運用之建議：

- (一) 由缺失問題關聯性來看，大致上可以區分為發票內容缺失(例如：電子發票不得有統一編號)、行政業務缺失(例如：檢附單據金額不符、合計大寫金額不符等)、承辦人員缺失(例如：身份證字號或階級等資料不符)等面向之問題。其衍生的共現關聯多半呈現跨行政/承辦及發票內容的現象。故除積極訓練業務承辦人熟悉相關規定外，也要主動制定結報發票內容注意事項供申請單位(人)參照，以事前避免發票開立缺失等現象，進而降低各項申報作業之缺失問題。
- (二) 由數據所挖掘出來的各項缺失規則、分類特性等問題，可做為爾後內部稽核教育訓練之重點宣教項目，或依據國軍財務單位特性，建立填表流程及檢附資料須知等檢查機制，協助財務收支、會計帳務或資訊稽核人員快速發現財務行政之缺失。

三、未來建議：

- (一) 雲端主財業務與國軍部隊維運有著重要的連結關係，國軍主財資訊雲端服務網的資料庫仍然在成長階段，其所涉及的系統類型與數據量，均可能隨著部隊運作的複雜性而需要大幅增加。本研究僅聚焦於關聯規則的探勘與分析，如何運用不同的資料探勘或人工智慧相關技術來探索多元的數據分析服務，以強化內部稽核作業，是未來可持續投入研究的議題。
- (二) 未來國軍主財資訊雲端服務網相關子系統將陸續建置及整合，建議針對主財資訊雲端服務系統建立自動化的稽核程序，同時運用電腦系統進行智慧型防呆及檢核服務之設計，以期能有效預警執行單位，避免違失案件產生。

六、國防領域之實務應用

在數據科技發展的時代，針對大量資料的分析與自動化的稽核程序就相當重要。國軍主財資訊雲端服務網係提供國軍各單位便利性化的主財作業介面與資訊服務，目前系統資料正不斷的成長中。主財系統數據可透過各式資料探勘技術，挖掘資料間的潛在特性，進而協助稽核人員有效分析數據或查察異狀，以利及時而有效的提供預警，避免違失案件產生。本研究從合併為基、樹狀為基、樣型成長等三類關聯規則進行國軍休補費數據之挖掘，經實證可發現多組相關聯的缺失態樣。本論文為應用實務研究，成果可提供單位進行休補費申請時之參照，亦可擴展至主財雲端平台的其他系統數據進行全方位的分析，提供稽核單位進行缺失檢核之依據。

誌謝

感謝匿名審查委員的諸多寶貴意見，使本論文之內容更臻完善；本研究承蒙行政院國科會專題研究計畫經費支持（計畫編號：MOST 109-2410-H-606-008-MY2），謹致謝忱。

參考文獻

- 王威智 (2004)。內部稽核、內部控制與採購作業之關聯性研究-以我國公務機關為例。國防大學資源管理研究所未出版碩士論文，臺灣，臺北市。
- 石淑媛 (2016)。主計資訊系統導入持續性稽核技術研究成果之應用。主計月刊，726，94-99。
- 林永能 (2015)。國軍主財資訊雲端服務網整合發展現況，主計季刊，56 (1)，60-67。
- 黃士銘、周玲儀、黃秀鳳 (2012)。最新文字探勘技術於稽核上的應用。會計研究月刊，(323)，112-119。
- 陳浚明 (2009)。國軍管理階層影響主計人員執行內部審核因素之研究。輔仁大學應用統計學研究所未出版碩士論文，臺灣，新北市。
- 陳垂呈 (2017)。高效率 Apriori 演算法探勘關聯規則。資訊與管理科學，10 (2)，21-29。
- 陳良駒、傅祖銘 (2022)。國軍人員休假補助費缺失樣態之探勘與分析。第30屆國防管理學術暨實務研討會，臺灣，臺北市。
- 傅祖銘 (2020)。內部稽核運用資料探勘 FP-growth 演算法之研究-以國軍人員申領休假補助費缺失態樣為例。主計季刊，61 (4)，61-73。
- 孫嘉明、邱靜宜、林宜隆 (2017)。持續性稽核技術整合架構-以主計資訊系統為例。電腦稽核，(35)，80-95。
- 曾憲雄、蔡秀滿、蘇東興、曾秋蓉、王慶堯 (2007)。資料探勘。臺北市：旗標。
- 譚家蘭 (2015)。風險為基礎之持續性稽核與監控。主計月刊，(719)，36-40。
- Agrawal, R., & Srikant, R. (1994). Fast algorithms for mining association rules in large database. *Proceedings of the 20th International Conference on Very Large Data Bases*, 487-499.
- Agrawal, R., Imielinski, T., & Swami, A. (1993). Mining association rules between sets of items in large databases. *Proceedings of the 1993 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data*, 207-216.
- Albashrawi, M. (2016). Detecting financial fraud using data mining techniques: A decade review from 2004 to 2015. *Journal of Data Science*, 14(3), 553-569.
- Al-Hashedi, K. G., & Magalingam, P. (2021). Financial fraud detection applying data mining techniques: A comprehensive review from 2009 to 2019. *Computer Science Review*, 40, 100402.
- Angeline, D. M. D. (2013). Association rule generation for student performance analysis using apriori algorithm. *The SIJ Transactions on Computer Science Engineering & its Applications (CSEA)*, 1(1), 12-16.
- Bai, B., Yen, J., & Yang, X. (2008). False financial statements: characteristics of China's listed companies and CART detecting approach. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 7(2), 339-359.
- Borah, A., & Nath, B. (2019). Tree based frequent and rare pattern mining techniques: a comprehensive structural and empirical analysis. *SN Applied Sciences*, 1(9), 1-18.

- Borgelt, C. (2005). An implementation of the FP-growth algorithm. *Proceedings of the 1st International Workshop on Open Source Data Mining: Frequent Pattern Mining Implementations*, 1-5.
- Bose, S., Dey, S. K., & Bhattacharjee, S. (2022). Big data, data analytics and artificial intelligence in accounting: An overview. In Akter, S. & Wamba, S. F. (Eds.). *Handbook of big data methods* (1-34). United Kingdom: Edward Elgar Publishing.
- Boskou, G., Kirkos, E., & Spathis, C. (2018). Assessing internal audit with text mining. *Journal of Information & Knowledge Management*, 17(2), 1850020.
- Capriotti, R. J. (2014). Big Data bringing big changes to accounting. *Pennsylvania CPA Journal*, 85(2), 36-38.
- Chee, C. H., Jaafar, J., Aziz, I. A., Hasan, M. H., & Yeoh, W. (2019). Algorithms for frequent itemset mining: A literature review. *Artificial Intelligence Review*, 52(4), 2603-2621.
- Earley, C. E. (2015). Data analytics in auditing: Opportunities and challenges. *Business Horizons*, 58(5), 493-500
- Frawley, W. J., Piatetsky-Shapiro, G., & Matheus, C. J. (1992). Knowledge discovery in databases: An overview. *AI Magazine*, 13(3), 57-57.
- Friedman, J. H., & Fisher, N. I. (1999). Bump hunting in high-dimensional data. *Statistics and Computing*, 9(2), 123-143.
- Han, J., Pei, J., Yin, Y. & Mao, R., (2004). Mining frequent patterns without candidate generation: a frequent-pattern tree approach. *Data Mining and Knowledge Discovery*, 8(1), 53-87.
- Harikumar, S., & Dilipkumar, D. U. (2016). Apriori algorithm for association rule mining in high dimensional data. In *2016 International Conference on Data Science and Engineering (ICDSE)*, 1-6.
- Hassani, H., Huang, X., Silva, E. S., & Ghodsi, M. (2016). A review of data mining applications in crime. *Statistical Analysis and Data Mining: The ASA Data Science Journal*, 9(3), 139-154.
- Islam, M. S., Hasan, M. M., Wang, X., & Germack, H. D. (2018). A systematic review on healthcare analytics: application and theoretical perspective of data mining. *Healthcare*, 6(2), 54.
- Keyvanpour, M. R., Javideh, M. & Ebrahimi, M. R. (2011). Detecting and investigating crime by means of data mining: A general crime matching framework. *Procedia Computer Science*, 3, 872-880.
- Kirkos, E., Spathis, C., & Manolopoulos, Y. (2007). Data mining techniques for the detection of fraudulent financial statements. *Expert Systems with Applications*, 32(4), 995-1003.
- Köksal, G., Batmaz, I., & Testik, M. C. (2011). A review of data mining applications for quality improvement in manufacturing industry. *Expert Systems with Applications*, 38(10), 13448-13467.
- Kumar, B. S., & Rukmani, K. V. (2010). Implementation of web usage mining using Apriori

- and FP growth algorithms. *International Journal of Advanced Networking and Applications*, 1(6), 400-404.
- Lin, W. Y., & Tseng, M. C. (2006). Automated support specification for efficient mining of interesting association rules. *Journal of Information Science*, 32(3), 238-250.
- Manimaran, J., & Velmurugan, T. (2015). Analysing the quality of association rules by computing an interestingness measures. *Indian Journal of Science and Technology*, 8(15), 1-12.
- Mittal, A., Nagar, A., Gupta, K., & Nahar, R. (2015). Comparative study of various frequent pattern mining algorithms. *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, 4(4), 550-553.
- Nan, N. (2022). Integration and development of enterprise internal audit and big data based on data mining technology. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2023, 9825603.
- Ngai, E. W., Hu, Y., Wong, Y. H., Chen, Y., & Sun, X. (2011). The application of data mining techniques in financial fraud detection: A classification framework and an academic review of literature. *Decision Support Systems*, 50(3), 559-569.
- Pruengkarn, R., Wong, K. W., & Fung, C. C. (2017). A review of data mining techniques and applications. *Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics*, 21(1), 31-48.
- Qing-dao-er-ji, R., Pang, R., & Chang, Y. (2020). An improved HotSpot algorithm and its application to sandstorm data in Inner Mongolia. *Mathematical Problems in Engineering*, 2020, 4020723.
- Ren, L., & Chen, Y. (2021). Research on the application of data mining technology in military audit. *Proceedings of the 2021 International Conference on Education, Information Management and Service Science (EIMSS)*, 277-283.
- Romero, C., & Ventura, S. (2020). Educational data mining and learning analytics: An updated survey. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, 10(3), e1355.
- Saglar, J., & İlker, K. E. F. E. (2021). A review on data mining methods used in internal audit and external audit. *Ekev Akademi Dergisi*, 88, 259-274.
- Shabani, N., Munir, A., & Mohanty, S. P. (2021). A study of big data analytics in internal auditing. *Proceedings of the 2021 Intelligent Systems Conference*, 362-374. Springer International Publishing.
- Shan, R., Xiao, X., Che, J., Du, J., & Li, Y. (2022). Data mining optimization software and its application in financial audit data analysis. *Mobile Information Systems*, 2022, 6851616.
- Singh, A. K., Kumar, A., & Maurya, A. K. (2014). An empirical analysis and comparison of Apriori and FP-growth algorithm for frequent pattern mining. *Proceedings of the 2014 IEEE International Conference on Advanced Communications, Control and Computing Technologies*, 1599-1602.
- Tsai, C. W., Lai, C. F., Chiang, M. C., & Yang, L. T. (2013). Data mining for internet of things:

A survey. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 16(1), 77-97.

- Xuanyuan, S., Xuanyuan, S., & Yue, Y. (2022). Application of C4.5 algorithm in insurance and financial services using data mining methods. *Mobile Information Systems*, 2022, 670784.
- Yan, J., Wang, X., Wang, B., & Zhang, Y. (2019). Research on application of data mining technology in risk assessment process of audit. *Proceedings of the 2019 International Conference on Economic Management and Model Engineering (ICEMME)*, 487-491.
- Yun, U., & Ryu, K. H. (2011). Approximate weighted frequent pattern mining with/without noisy environments. *Knowledge-Based Systems*, 24(1), 73-82.

「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，尤為與國防結合之論述，或能闡明其國防管理意涵之稿件，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。

稿件篇幅以不超過 20 頁（約 2 萬字）為原則。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(潘敬元先生 03-3801126 轉 604833)。

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，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(Journal of National Defense Management)

著作權授權同意書

茲聲明投稿《國防管理學報》(Journal of National Defense Management) 之著作：

(稿件名稱)

(下稱「本著作」) 中所有內容之著作權均為立書人及本著作共同作者所擁有，並擔保本著作係立書人之原創性著作，有權依本授權書內容進行各項授權，且未侵害任何第三人之智慧財產權，若發行人(代表人及發行單位)因使用本著作，致遭第三人提起侵權之請求或訴訟，立書人應即出面承受該項請求或訴訟，並聲明與發行人(代表人及發行單位)無涉，且願承擔一切法律責任。

另本著作一經《國防管理學報，Journal of National Defense Management》(以下簡稱貴學報)刊登，其著作財產權屬於貴學報所有；貴學報得不限次數自行或授權第三人(例如：國家圖書館、華藝數位股份有限公司…等)，在不違反作者著作人格權之情況下，行使本著作之著作財產權，包括但不限於進行重製、發行、改作、公開傳輸、透過紙本、廣播、網際網路方式散佈等，提供讀者基於個人非營利性質之線上檢索、閱覽、下載或列印，以利學術資訊交流，且為符合典藏及網路服務之需求，並得進行格式之變更。

立書人並聲明本著作為全新著作，未於任何期刊發表，一經發行人通知接受刊登，立書人不得再另行投稿、自行或授權第三人為任何本著作財產權之行使。

立書人(作者):

親簽

身分證字號：

連絡電話：

電子郵件：

地址：

中 華 民 國 年 月 日

※敬請郵寄至 112 臺北市北投區中央北路二段 70 號

國防大學管理學院 潘敬元先生 收(03-3801126 轉 604833)，謝謝您的支持！

國防管理學報論文格式範例

王曉明^a 李大華^{b*}

^a 國防大學資源管理及決策研究所

^b 國防大學財務管理學系

摘要

本文為國防管理學報投稿格式說明，請您依照說明完成稿件排版，以利編審及出版作業。本學報採系統投稿與信箱投稿之雙軌制，來稿敬請於國防大學網站報名投稿（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），並同時將 word 檔逕寄「國防管理學報信箱」journalofndm@gmail.com 給編輯助理，以加速審稿時效。摘要內容不超過 300 字。

關鍵詞：國防大學、管理學院、國防管理學報（3-5 個）

* 聯絡作者：李大華 email: wsf@gmail.com

¹ 聯絡作者（Corresponding Author）之 email 請以*號標示註腳方式，各別列示於中（英）文封面頁

² 註腳不論中英文，請附註在當頁下方，且儘可能少用並以參考文獻代之。

³ 任何編排上的問題請電(03)3801126#604833 軍線：604833 email: journalofndm@gmail.com 潘先生。

English Title

Wang, Siao-Ming ^a Li, Da-Hua ^{b*}

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

^b Department of Financial Management, National Defense University, *Taiwan, R.O.C.*

Abstract

This example is a description of the submission format for the Journal of National Defense Management. Please provide the English abstract in 300 words and keywords.

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

* Corresponding Author: Li, Da-Hua email: wsf@gmail.com

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，文章以單欄方式且左右對齊、採單行間距編排。稿件可以中文或英文方式撰寫，中文稿件必須加附英文封面頁資訊，英文稿件則加附中文封面頁資訊。文章內容依序包含封面頁（標題、作者、服務單位、摘要、關鍵詞）、本文、國防領域之應用、誌謝、參考文獻、附錄等順序書寫。

中文稿件請使用標楷體，及全形標點符號，英數則使用 Times New Roman 字型。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。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。作者英文姓名依護照外文姓名書寫方式，姓在前，名在後，姓之後加半形逗點，名與名之間加一半形連字號「-」連結，作者姓名後請使用「註腳（^a,^b...及*號）」以標示服務單位及通訊作者，聯絡作者（Corresponding Author）之 email 請以*號標示註腳方式，各別列示於中、英文封面頁。

中文關鍵詞以頓號「、」分隔，英文關鍵詞所有字首皆大寫，以半形逗號「,」分隔，關鍵詞後皆不加句號。文稿力求精簡，以不超過 20 頁為原則（含封面頁、本文、參考文獻），全文應能以印表機清晰列印，且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 本文段落編碼方式（中小段落標題靠左對齊）

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）。

1.2 段落

每一段落開始，縮排兩字元。文內所出現之英數使用 Times New Roman 字型，中文稿中之英文詞於標楷體全形括號內對照，英文專有名詞字首以大寫書寫並與縮寫之間用半形逗號隔開。例如資料包絡分析法（Data Envelopment Analysis, DEA）、分析層級程序法（Analytic Hierarchy Process, AHP）。普通名詞字首則以小寫表示，例如：組織文化（organizational culture）、網路協定（network protocol）。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。

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

1. Introduction (14-pt bold Times New Roman, centered)

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

1.1.1 Board structure (12-pt Times New Roman)

圖 2 英文段落編碼範例

二、圖表及方程式格式

2.1 圖片

不論是圖或表必須註明圖（表）號、圖（表）稱以及資料來源，來源格式請參考內文引用格式，若資料來源自研究者本身時則不需註明，文中所用之圖表、照片力求能以雷射列表機清晰印出，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。

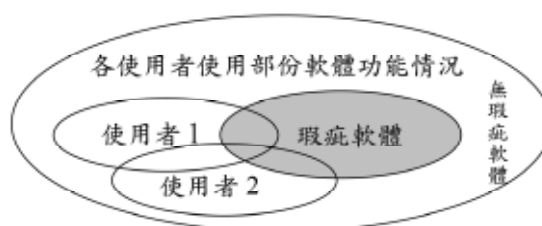


圖 3 軟體使用模式

資料來源：王曉明與李大華（2004）

2.2 表格

表標題必須置於表格上方且置中。如表 1：

表 1 模組轉換機率表

預測工具	序列間距	序列長度	使用的模型
MEME	X	V	PWM
Dyad Analysis	X	V	PWM

資料來源：Wang and Li（2004）

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，括號使用標楷體全形。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

內文引用文獻需含作者及出版年份，中文引用文獻要列出作者全名，出版年份為西

元年 Times New Roman 半形字型，引用英文文獻時除了少數情形，例如同姓的英文作者外，只需列出作者姓氏，中英文引用文獻年份皆使用標楷體全形括號。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）。

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）。

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。

3.2 參考文獻

參考文獻須於本文引用才得列出，內文引用的文獻也必須列於參考文獻中。參考文獻不須編碼以凸排方式編排，區分中文與英文，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，筆劃較少的排優先，英文文獻則依字母順序排列。英文參考文獻須列出姓氏以及名字字首，中文參考文獻要列出所有作者全名。當不同文獻出自同一作者時，依年代排序，年代較早的文獻先列出。不論中文與英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。中文參考文獻全部使用全形標點符號。英文參考文獻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。請參照參考文獻部份範例，如表 2，若有不足部分，請參考 APA 格式相關規範或洽編輯助理。

表 2 參考文獻格式

類別	範例
書籍	一般書籍
	林彩梅（1986）。 <i>多國籍企業</i> ，臺北市：五南。
	Mills, H. D. (1992). <i>Software productivity</i> (10th ed.). NJ: Prentice Hall.
	英文中譯書
	陳玄玲（譯）（2018）。 <i>軟體工程－軟體開發技術與軟體專案管理</i> （10 版）。臺北市：高立圖書。（Sommerville, I., 2015）
書籍	編輯書中之章節
	許牧彥（2001）。從知識經濟的特質談台灣專利。載於吳思華（主編）， <i>知識資本在台灣</i> （297-352）。臺北市：遠流。
	Baron, R. A. (1993). Affect and organizational behavior: When and feeling good matter. In Murnighan, J. K. (Ed.), <i>Social psychology in organization</i> (66-68). Chichester, England: John Wiley & Sons.

表 2 參考文獻格式 (續)

類別	範例
期刊論文	彭台光、高月慈、林鈺琴 (2006)。管理研究中的共同方法變異：問題本質、影響、測試和補救。 <i>管理學報</i>, 23 (1), 77-98。 Chen, L. C., Shih, I. C., & Liu, J. S. (2020). Identifying the main paths of knowledge diffusion in the voice over internet protocol. <i>Journal of Internet Technology</i>, 21(1), 85-98.
學術研討會論文	張可軒 (2007)。混合式無線區域網路即時入侵偵測機制之設計。第 18 屆國際資訊管理學術研討會，臺灣，臺北市。 Herculano-Houzel, S., Collins, C. E., Wong, P., Kaas, J. H., & Lent, R. (2008). The basic nonuniformity of the cerebral cortex. <i>Proceedings of the National Academy of Sciences</i>, 105(34), 12593-12598.
博碩士論文	蔡育菁 (2023)。以眼動追蹤結合放聲思考法評估優化數位學習平臺之效益。國防大學管理學院資訊管理學系未出版碩士論文，臺灣，臺北市。 Rosenwein, M. (1986). <i>Design and application of solution methodologies to optimize problems in transportation logistics</i>. Unpublished doctoral dissertation, University of Pennsylvania, Philadelphia, Pennsylvania.
報告	楊壽仁 (1997)。動態決策理論之研究 (國科會計畫編號 NSC86-2417-H-224-001)。臺灣，臺北市：行政院國家科學委員會。 Simpson, B. H. (1975). <i>Improving the measurement of chassis dynamometer fuel</i>. SAE Transactions, 1-16.
報紙	邱祖謙 (1980 年 2 月 24 日)。鼓勵私人投資加速觀光建設。 <i>經濟日報</i>, 9 版。 Kurtenbach, E. (July 11, 1995). Housing crisis is real life drama, <i>The China Post</i>, 12.
網路文獻	洪嘉隆 (2018 年 10 月 17 日)。Hyperledger 技術介紹與 Fabric、Sawtooth 對比。取自 2022 年 10 月 24 日 https://ithelp.ithome.com.tw/articles/10202324 Sveiby, K. E., & Lloyd, T. (April 27, 2010). <i>Method for measuring intangible asserts</i>. Retrieved on May 18, 2014, from https://harisportal.hanken.fi/sv/publications/methods-for-measuring-intangible-assets

四、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

- 林彩梅（1986）。*多國籍企業*，臺北市：五南。
- 邱祖謙（1980 年 2 月 24 日）。鼓勵私人投資加速觀光建設。*經濟日報*，9 版。
- 洪嘉隆（2018 年 10 月 17 日）。Hyperledger 技術介紹與 Fabric、Sawtooth 對比。取自 2022 年 10 月 24 日 <https://ithelp.ithome.com.tw/articles/10202324>
- 張可軒（2007）。混合式無線區域網路即時入侵偵測機制之設計。第 18 屆國際資訊管理學術研討會，臺灣，臺北市。
- 許牧彥（2001）。從知識經濟的特質談台灣專利。載於吳思華（主編），*知識資本在台灣*（297-352）。臺北市：遠流。
- 陳玄玲（譯）（2018）。軟體工程—軟體開發技術與軟體專案管理（10 版）。臺北市：高立圖書。（Sommerville, I., 2015）
- 彭台光、高月慈、林鉦琴（2006）。管理研究中的共同方法變異：問題本質、影響、測試和補救。*管理學報*，23（1），77-98。
- 楊壽仁（1997）。動態決策理論之研究（國科會計畫編號 NSC86-2417-H-224-001）。臺灣，臺北市：行政院國家科學委員會。
- 蔡育菁（2023）。以眼動追蹤結合放聲思考法評估優化數位學習平臺之效益。國防大學管理學院資訊管理學系未出版碩士論文，臺灣，臺北市。
- Baron, R. A. (1993). Affect and organizational behavior: When and feeling good matter. In Murnighan, J. K. (Ed.), *Social psychology in organization* (66-68). Chichester, England: John Wiley & Sons.
- Chen, L. C., Shih, I. C., & Liu, J. S. (2020). Identifying the main paths of knowledge diffusion in the voice over internet protocol. *Journal of Internet Technology*, 21(1), 85-98.
- Herculano-Houzel, S., Collins, C. E., Wong, P., Kaas, J. H., & Lent, R. (2008). The basic nonuniformity of the cerebral cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(34), 12593-12598.
- Kurtenbach, E. (July 11, 1995). Housing crisis is real life drama, *The China Post*, 12.
- Mills, H. D. (1992). *Software productivity* (10th ed.). NJ: Prentice Hall.
- Rosenwein, M. (1986). *Design and application of solution methodologies to optimize problems*

in transportation logistics. Unpublished doctoral dissertation, University of Pennsylvania, Philadelphia, Pennsylvania.

Simpson, B. H. (1975). *Improving the measurement of chassis dynamometer fuel*. SAE Transactions, 1-16.

Sveiby, K. E., & Lloyd, T. (April 27, 2010). *Method for measuring intangible asserts*. Retrieved on May 18, 2014, from <https://harisportal.hanken.fi/sv/publications/methods-for-measuring-intangible-assets>

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.mnd.gov.tw/PublishMPPeriodical.aspx?title=軍事刊物&id=22>
(連結軍事出版品／軍事刊物／國防管理學報)
地 址：臺北市北投區中央北路 2 段 70 號
電 話：(03)380-1126#604833
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 廠北部印製室
TEL：(03)4801145，4801456
發 行 量：300 本
展 售 處：五南文化廣場 網址：<http://www.wunanbooks.com.tw>
地 址：403 臺中市西區臺灣大道二段 85 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

DOI：10.29496/JNDM

中華民國一一三年十一月

▲著作權資訊



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

