



地面部隊訓練導入合成化模擬戰場關鍵成功因素之研究

作者／許芥鉸

提要

- 一、目前部隊建置訓練模擬器解決「三高一難」的問題，而「合成化模擬戰場」藉由高階連網架構、光纖網路等資訊傳輸，將不同用途實兵裝備、訓練模擬器及電腦兵棋系統實施整合，使其能跨系統及擴大訓練範圍，強化訓練成果
- 二、以文獻蒐集、準則歸納、問卷調查及數據分析等客觀方式，實施層級分析程序法進行問卷調查，產出相關準則權重，建立「地面部隊訓練導入合成化模擬戰場關鍵成功因素」決策評估模式。
- 三、「強化骨幹鍊路，提升模擬器關鍵能量」、「異質系統整合，建立雲端資料庫」及「建置專屬模擬器網路，提供精準戰場環境」等建議作法，冀提供「地面部隊訓練導入合成化模擬戰場」之運用參據。

關鍵詞:訓練模擬器、合成化模擬戰場、層級分析、關鍵成功因素

前言

隨著科技技術日新月異及各類型模式模擬系統逐步建置完成，如何以現今技術連結實兵裝備、訓練模擬器、電腦兵棋系統，以資訊網路科技建置「合成化模擬戰場(Live-Virtual-Constructive, LVC)」的概念因應而生，除更有效解決部隊訓練危安高風險、高油彈、高裝備損耗及場地難以獲得等「三高一難」的問題外，並提升協同作戰訓練成效。

陸軍為強化教育訓練、降低裝備耗損等因素，各訓部(中心)皆有教學使用的訓練模擬器，如輕兵器射擊訓練模擬器、戰甲車模擬器等，皆為單一獨立模擬系統，而「合成化模擬戰場」的訓練環境結合「實兵裝備系統(Live)」、「虛擬模擬系統(Virtual)」和「建構式模擬系統(Constructive)」等3個部分組成，藉由傳輸協定(Protocol)及高階連網架構(High Level networking Architecture, HLA)等標準鏈結每一個程式及場景編輯，以利構成合成化模擬戰場訓練環境(Synthetic Training Environment, STE)，即將不同性質的單一模擬系統完成整合鏈結，進而融入戰場訓練環境(如圖1)。

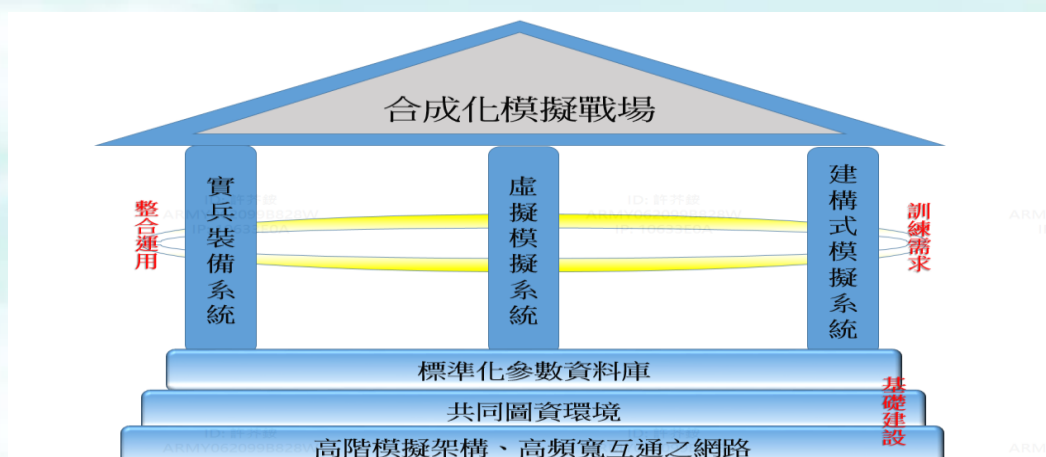


圖1 合成化模擬戰場關係圖

資料來源：〈國軍模式模擬與電腦兵棋要綱〉，《國防部》2022，(檢索日期：2024/11/29)。

目前導入合成化模擬戰場尚有相關軟、硬體及專管人員等問題，本文冀探討「地面部隊訓練導入合成化模擬戰場關鍵成功因素」之研究，藉由層級分析法(Alytic Hierarchy Process, AHP)¹執行評估，以提供目前陸軍強化教育訓練效能之運用參據。

現今模擬器運用現況

一、國內外模擬器運用

(一)模擬器 (Simulator) 定義

模擬器為使用者提供仿真的環境，讓計算機可以去模擬特定需求，達成逼真實況，滿足使用者條件；而美國國防部對「模擬」一詞定義為：模型描述在時間軸上的活動和互動，可在假想條件下事件和過程之動態描述；²在訓練方面，模擬器總是運用在訓練個人或一個團體的操作技能，這些模擬器可仿造出某個裝備之主要部位，如戰甲車駕駛艙，代替真實裝備，使人員掌握到該裝備技能且安全使用。

(二)民間模擬器運用現況

民間已經把模擬系統納入擴增實境(Augmented Reality,AR)應用，係將虛擬的影像擴增到真實空間中，讓使用者看到一個虛擬與真實交織之世界(如圖2)，在道路安全方面，駕訓班為使學員能更熟悉實際道路臨場感，而不是熟記口訣

1 層級分析法(Alytic hierarchy process, AHP)為美國匹茲堡大學教授Thomas,L.Saaty，於1971年替美國國防部從事應變計畫問題的研究中所提出，應用於不確定性(uncertainty)情況下、具有多個評估準則的決策問題上；經由專家學者的意見，把複雜評估問題分析成簡明的因素層級架構，並藉由評量表衡量，將所得資料予以量化，有助於決策者減少錯誤的發生機率。王興國，《科學工業園區開發工程分標原則之研究》，(國立交通大學營建技術管理碩士論文，2006)，頁24。

2 胡曉峰等編譯，《美軍訓練模擬-US Army Training With Simulations》(北京:中國國防大學，2001年3月)頁1-7



就能通過考試，使用車載模擬平台 **PreScan** 製作類似真實的交通環境，期能讓新手駕駛更可察覺道路上潛在風險；³在醫療應用方面，培養外科醫師除了需要長期扎實的專業知識外，也需要累積大量實際經驗來進行困難手術，可運用醫療模擬器進行教育訓練及三維列印模仿器官，增加訓練擬真性；⁴在教育方面可運用在語言學習、高價值裝備器材熟裝教育訓練、資訊化線上模擬平台，且針對公共安全、消防災害防處等，亦有虛擬實境火災緊急應變系統，有效在災害發生時，將影響降至最低，⁵民間模擬系統已發展各項多領域建置。



圖2 風險訓練模擬環境示意圖

資料來源：歐晏均，2018，〈駕駛模擬器訓練駕駛之風險感知信效度分析〉碩士論文，（檢索日期：2024/10/11）。

爰上述為因應大眾需求，民間模擬器系統發展多樣化，增配擴增實境應用等功能(如表1)；而軍事方面，在軍、民科技合作之下，隨著國防政策調整，對教育訓練類的模擬器更加重視，如何鏈結各項訓練模擬器，俾能有效強化陸軍部隊訓練成效，是值得討論研究之課題。

表1 模擬器應用範圍

項次	類別	應用範圍
1	教育	科學實驗室、語言教學等專業教育。
2	訓練	操作儀器(飛行、滑雪、火災救災等)、專業設備(一般車輛吊車、挖土機等)。
3	娛樂	電腦、電動遊戲及虛擬電影。
4	醫學	外科手術、復健、遠程遙控手術、牙齒校正、手術模擬。
5	設計	室內、建築、景觀、機械人輔助設計。

資料來源：傅志豪，〈「虛擬實境」技術導入軍事教育訓練之研究-以美國陸為例〉《中華大學碩士論文》（臺北），2010年7月，頁22。

3 歐晏均，〈駕駛模擬器訓練駕駛之風險感知信效度分析〉，（嘉南藥理大學應用空間碩士論文，2018年），頁17
4 楊喻雯，〈開發仿生腦模擬器以及即時回饋式仿生脊椎模擬器-用於訓練臨床腦神經外科醫師手術教育訓練〉，（國立臺灣科技大學機械工程碩士論文，2022年7月），頁1-3。
5 董明智，〈虛擬實境火災緊急應變〉《勞工安全季刊》，（臺北），第18期，勞動部，2010年4月，頁393。



(三)陸軍模擬器運用

2014年初步整合O訓練指揮部現有雷射接戰系統(L)、組合型戰車模擬器(V)及JCATS電腦兵棋系統(C)等訓練平台，運用高階連網架構(HLA)及參數轉換技術，建構「合成化戰場(LVC)」的雛型；於2019年由中科院承製「合成化模擬戰場資訊整合圖台」系統，目前建案完成初步功能整合與硬體擴增，並同步評估及檢討系統運用現況與修正參數，期符合未來運用需求。

俟建案完成後，結合基地測考想定，可提供進訓部隊各階層戰鬥教練及期末戰術對抗演練等鑑測，透過模擬對抗訓練，完成戰技、戰鬥、戰術之合成化模擬戰場模擬訓練，達成「異地同時、分教合練」之目標。然為降低訓練風險與提升基礎能力，各兵科訓練指揮部(中心)目前皆建置各自訓練模擬器，以滿足教學上需求，分述如下：

1.步訓部

輪型戰鬥車模擬器：八輪甲車(CM34)車型陸續撥交部隊，由中科院航空所建造，內含駕駛與30機砲模訓教室，由具動感平台的模擬器仿真戰場，可磨練學員在惡劣天候環境下執行駕駛訓練，並可實施靜、動態射擊訓練，或增加戰術想定，使訓練更能貼近實況，並進行多車協同作戰，⁶考驗車長、駕駛及射手利用車內通話系統實施協調合作(如圖3)。



圖3 30機砲射擊模擬圖

資料來源：〈科技練兵，步訓部輪型戰鬥車模訓館展示成效〉，《今媒體》，2022，〈<https://focusnews.com.tw/2022/08/449598>〉(檢索日期：2024/11/13)。

6 莊全成，〈科技練兵，步訓部輪型戰鬥車模訓館展示成效〉，《今媒體》，2022年8月3日，〈<https://focusnews.com.tw/2022/08/449598/>〉(檢索日期：2024年11月13日)。



2.砲訓部

砲兵觀測訓練模擬器：於2004年砲訓部與中科院合作開發完成，提供前進觀測官執行不同火炮種類之射擊觀測模擬訓練，並可同時在不同環境變化下(能見度、天候、風速等)進行交會觀測，前進觀測官能將目標情資傳到射擊指揮所，俟分析完畢後即下達射擊命令至砲陣地，各陣地展開火力打擊等；投影機負責提供4部射擊場景視效畫面，音效系統提供環場聲效，⁷使訓練環境更為逼真(如圖4)。



圖4 砲兵射擊觀測訓練模擬圖

資料來源：國家中山科學研究院，〈產品介紹-支援技術與服務-模擬器〉，〈<https://www.ncsist.org.tw/csistdup/products/>〉(檢索日期:2024/11/13)。

3.裝訓部

戰車訓練模擬器：於2001年由中科院承製，2003年完成測試並量產，爾後為滿足學校戰術模擬演訓需求，2009年間開始建置CM11戰車射擊模擬器，2011年撥交裝訓部使用。本模擬器藉由視效電腦配合動感平臺功能，模擬M60A3及CM11戰車乘員實施單項、組合射擊訓練，增加訓練射擊頻次及減少裝備損耗。Linux開放式作業系統，可同時執行15套模擬系統操控，訓練科目選擇、乘員監控及通話等功能；乘員艙採模組化設計(如圖5)，具備動感平台、同尺寸操作空間及儀表板面，同時提供戰車基礎駕駛、多車連網戰鬥演練之訓練組合。⁸

⁷ 羅添斌，〈陸軍建置實兵模擬接戰系統，達到科學練兵成效〉，《中央社》，2022年1月6日，〈<https://www.cna.com.tw/news/aip/202201060145.aspx>〉(檢索日期：2024年9月20日)。

⁸ 同註7。



圖5 戰車訓練模擬圖

資料來源：國家中山科學研究院，〈產品介紹-支援技術與服務-模擬器〉，〈<https://www.ncsist.org.tw/csistdup/products/>〉（檢索日期:2024/11/18）。

4.各訓練指揮部、測考中心

因應現代化戰爭轉變，「實兵模擬接戰系統」於2020年啟用，且建置於步訓部、南、北測中心等3個單位，加裝高科技感測儀器，提供小部隊攻防戰鬥模擬訓練使用，落實單兵戰鬥動作並可實施演訓後分析檢討，有效改進部隊訓練缺失(如圖6)，藉以獲得高正確性之各項作戰參數，提升單兵及部隊整體戰力。⁹

聯合對抗戰術模擬(JCATS)系統運用於學校教育、部隊訓練、基地測考等，使指揮官瞭解如何實施指揮程序，方能完成作戰整備，另磨練營級幕僚依指參作業程序(MDMP)，完成相關計畫作為，以支撐作戰整備各項作為。



圖6 實兵模擬接戰系統訓練示意圖

資料來源：中央社，〈陸軍建置實兵模擬接戰系統，達到科學練兵成效〉，〈<https://www.cna.com.tw/news/aip/202201060145.aspx>〉（檢索日期:2024/9/20）。

⁹ 同註7。



(四)國外模擬器運用現況

1.新加坡

首次實施模式模擬(Modelling and Simulation, M&S)於1980年代，運用「模式」透過圖形、圖像技術及計算機與顯示等方式，並以二維圖形促進海軍岸基戰術訓練中心發展，合成三維環境為空軍開發和交付各種類型飛行模擬器，而對陸軍來說，砲兵火控訓練系統是第一個訓練系統。¹⁰

1990年代，由於寬頻網路及分散式互動模擬架構(Distributed Interactive Simulations, DIS)出現，重點從獨立訓練環境轉移到團隊及聯合作戰訓練，使地理上分開的模擬器能夠連網，以便在共同合成環境中進行施訓，形成是一個單一整體之模擬器。也因此催生分散式互動模擬架構及模擬實體的智能自動化行為，國防部了解到這股潛力，於1995年制訂一項名為「SAF模擬2000願景」在聯合訓練、操作規劃及測試評估方面加以著墨，主要讓部隊在聯合模擬操作系統中進行培訓，如陸軍實施一個名為陸戰模擬兵棋推演系統，該系統為促進營到師級指揮、參謀層級的訓練。陸軍將團隊訓練中駕駛員訓練模擬系統、裝甲射擊戰術模擬器、聯合戰術訓練，透過關鍵技術不僅可以模擬戰場環境，亦提供仿真的駕駛訓練平台。在2003年成立武裝部隊軍事實驗中心，與該國國防科技局發展新世代模式模擬總體規劃(代號VSS21)，利用各項技術整合所有系統，發展沉浸式虛擬系統，以實現三軍能跨軍種共同訓練的目標。

2.中共

中越戰爭後，共軍長期缺乏實際作戰機會，故模擬演訓對解放軍日趨重要，於各作戰區、各軍種均建置程式模擬訓練系統；70年代末期由錢學森引進，80年代解放軍軍事科學院、國防大學及科研單位，先後開發不同層次和用途的作戰模擬系統，如多種武器平台仿真系統(包括飛彈、船艦、戰車等)及指揮模擬訓練系統，¹¹90年代共軍模擬訓練獲得進展，有航天科工系統仿真科技、北京神舟智匯科技、南京睿辰網絡科技及華如科技等公司利用模擬仿真、人工智慧、虛擬實境和大數據等技術，為軍事模擬、訓練、智能運用等應用，以有效提升訓練成效；在陸軍方面有兵棋推演系統、合成部隊指揮對抗演練系統、合同戰鬥方案推演實驗系統、合成營戰術模擬訓練系統、陸軍分隊虛擬對抗訓練系統、學員專業技能模擬訓練系統、武器裝備作戰運用仿真實驗系統。

(五)小結

¹⁰新加坡國防科技局，〈<https://www.dsta.gov.sg/home>〉(檢索日期：2022年11月22日)。

¹¹華長劍，《作戰模擬訓練效能評估》，(北京:中國國防工業出版社，2014年6月)，頁88-89。



爰上述各國已經認識、了解到合成化模擬戰場訓練環境(STE)應用的優點，不管在裝備研發前效能評估的模擬、電腦兵棋推演、實兵對抗系統、裝備操作模擬等，與各自國家科研單位合作下，在技術突破、接踵模仿及延續發展運用，對於兵科協同作戰模擬的合成化戰場模擬器，相繼於90年代開發完成，並陸續實施研改；對我陸軍而言，目前訓部及測考中心將模擬訓練、實兵及合成化戰場演訓任務整合，¹²並於近期完成戰術戰傷救護訓練系統，藉以提升數位化戰訓能力，惟朝軍種聯戰模擬目標發展仍需賡續努力。

二、美軍模擬器應用趨勢探討

維持一支訓練良好，可以迅速作戰的部隊是其特點，模擬訓練於1970年開始發展，先採用人工模擬，利用大量沙盤、木塊去仿造作戰目標地形、地貌、城鎮等，隨後因計算機技術發展，美國有關部門開始利用其技術去計算各單位的戰損、油料及彈藥消耗及部隊機動速度等參數狀態。

(一)電腦兵棋

該系統將標準軍用地圖與指揮所作戰圖結合，在同一臺顯示器上顯現的模擬系統，「協同戰術訓練模擬系統」是「陸軍戰鬥訓練模擬系統」原型版本，該系統於1986年首次在美國陸軍部隊運用。¹³

續由美國陸軍研究實驗室主導擴增實驗沙盤(ARES)計畫，命名為「戰神」系統，內容包括投影設備、個人行動裝置及頭戴式裝置(虛擬、擴增實境及混合實境)，主要透過開放式架構、資料可交換互通性，藉由擴增實境可視化，戰場共同圖像(Common Operational Picture, COP)、地圖及影片投影，創造戰場環境，利用擴增實境創造各式地形，導入模擬應用程序，並利用軍事符號及圖標、戰術圖形於計畫場景中，適合各平台、各類型所需之戰場共同圖像(COP)，進而提升戰場知覺及決策能力(如圖7)。

(二)實兵模擬系統

這是一款美國陸軍與民間廠商合作的訓練工具，運用加裝雷射裝置、全球衛星定位系統(GPS)於實兵裝備上，可模擬軍種協同作戰等模式，該系統可在美國本土、動員站、前沿部署之作戰地點，提供該區域作戰訓練中心訓練能力，因此是一個完全獨立套件系統，可針對高度移動性、定點應用進行配置，它可從班擴展到旅級的訓練，以確保做好戰備準備，是一個支持聯兵旅(戰鬥群)之全方位訓練。¹⁴

12立法院，《立法院議案關係文書-合成化戰場資訊整合圖台系統》，(臺北:立法院，2020年9月)，頁373-377。

13胡曉峰，〈美軍訓練發展概況〉，(北京:中國國防大學出版社，2005年6月)，頁19-20。

14CUBIC Defence，〈https://www.cubic.com/sites/default/files/11738_025%20I-HITS%20ds%20hr_Updated.pdf〉，(檢索日期：2024年11月24日)。



圖7美戰神擴增實境沙盤(ARES)圖

資料來源：NATO field school and simulation program，〈Augmented reality sandtables〉，〈<https://paxsims.wordpress.com/augmented-reality-sand-tables/>〉(檢索日期:2024/11/27)。

(三)虛擬模擬系統

網路化模擬訓練及使用分散式互動模擬架構(DIS)，如裝甲車輛、旋翼機、定翼機飛行員等模擬訓練，並以三維(3D)仿真提供戰場環境，運用網路資訊鏈結，使各站互相交換模擬數據，系統也包括艾布蘭主力戰車(M1A2)裝備武器模擬操作，並可機動、套件式至各基地提供訓練；另外部署的聯合火力訓練器為新一代可支持數據鏈路消息傳遞，根據當前聯合戰術、技術和程序執行Link16和數字輔助近距離空中支援，在為聯合終端攻擊控制員和前方觀察員提供快速部署能力，以便在完全身臨其境之聯合訓練環境中與固定翼、旋轉翼和機組人員一起訓練。軟體包括Android戰術工具包和Windows操作系統等工具，硬體由3個可攜式物件箱組成，內有計算機、圓形地球地形服務器、模擬物理仿真設備，模擬GPS接收器和通信設備含耳機等，並可設定白天、夜晚等虛擬現實場景生成器運行，進行聯合訓練(如圖8)，右邊為聯合火力訓練器觀察站(Observer Station)，通過耳機、無線電及GPS接收器觀看模擬場景，中間為教官控制臺(Instructor Station)，左邊為飛行員控制臺(Role Player Station)¹⁵，因此，此套設備能運用在前進聯絡官去指引空軍定翼機、陸航部隊將火力適時投入到目標區，以利爾後任

15 MVR美商模擬公司，〈產品介紹-模擬器〉〈<https://www.mvrsimulation.com/products/deployable-joint-fires-trainer.html>〉，(檢索日期：2024年11月24日)



務之遂行。



圖8可部署的聯合火力訓練器(DJFT)圖

資料來源：MVR美商模擬公司，〈產品介紹-模擬器-可部署聯合火力訓練器〉，〈<https://www.mvrsimulation.com/products/deployable-joint-fires-trainer.html>〉（檢索日期:2024/11/27）

(四)趨勢探討

因應全球兵力部署關係，須建構大範圍跨區域網路以滿足各部隊聯戰訓練需求，並在科技進步下，發展出分散式互動模擬技術，可實兵或電腦產生的虛擬部隊共同訓練，於夏威夷任務訓練中心(MTC-Hawaii)以合成化模擬戰場訓練環境為主，整合實兵裝備系統(L)訓練、虛擬模擬系統(V)及建構式模擬系統(C)的合成化模擬戰場（LVC）之訓練環境(STE)，為系統允許鄰兵連接到合成化模擬戰場平台，與其他小組共同在「全景式模擬」進行演練，模擬出可能面對的場景，尤其是不利於軍事展開之城市內進行巷道戰鬥訓練，進而分析最佳行動方案；合成化模擬戰場(LVC)訓練環境(STE)提供開放式架構，內含小隊沉浸式虛擬訓練，具有綜合視覺增強系統(Integrated Visual Augmentation System, IVAS)，而 IVAS 是一種全新 AR 頭戴式顯示裝置，能為士兵提供更好戰場視野、感知能力，同時還能顯示關鍵戰鬥訊息及訓練內容，及世界地形測繪資料庫(One World Terrain, OWT)¹⁶，提供部隊任務規劃、演練及複製當地地形，讓部隊在各種複

¹⁶世界地形測繪資料庫(One World Terrain, OWT)為現代武器系統系統皆仰賴 GPS 定位系統，美軍為預防戰爭時 GPS 遭敵干擾導致武器無法精準命中，人員載具無法到達正確位置，故開發 OWT 為全球三維地形圖係 GPS



雜作戰環境中，模擬戰鬥地貌；參照各國作法，我國合成化模擬戰場訓練基本架構如表2。

表2 LVC訓練環境描述

項目	Live	Virtual	Constructive
類別	實裝、實兵模擬系統	虛擬模擬系統	建構式模擬系統
用途	射擊訓練	各式地面、飛航 模擬訓練	戰場軍事行動、電腦 兵棋推演
目標	實兵訓練	戰鬥事件模擬	指參作業與指揮程序 訓練
模型	實兵接戰系統	直升機、戰車、 甲車模擬系統	電腦兵棋系統

資料來源：作者自行整理

評估準則歸納

地面部隊訓練導入合成化模擬戰場關鍵成功因素(主要評估、次要因素)，為參考各界針對各類型模擬器技術運用研究之著作，期於導入合成化模擬戰場能滿足部隊訓練所需；彙整學者專家文獻及意見，得出基礎通資建設規劃等主、次要評估層面，俾後續層級架構探討。

一、基礎通資建設規劃

為促進資訊傳遞迅速，通訊架構也是發展智慧醫院的重要基礎建設，並導入數位網路交換機，多面向使用語音、視訊通話及多媒體運用，為未來智慧型載具、遠距醫療、儀器或人員定位管理追蹤、物聯網(IOT)整合通資系統之基礎架構；¹⁷而合成化戰場模擬器需要獨立於軍網之建立，包含頻寬需求、異質性系統整合、用戶端接收須同步進行及連線安全機制等規劃作業，故將「基礎通資建設規劃」列入主層面運用。

(一)異質性系統共通性技術架構：

系統輔助，協助人員、武器、載具定位及導引、定時等作用。

17姜禮煒，〈資通訊整合平台設計與研究〉，《臺灣醫療資訊雜誌》，(新北)，第27卷，臺灣醫學會，2018年12月，頁23。



高階模擬架構(High Level Architecture, HLA)可提供異質環境間互動模擬，將不同模擬單元做有效之連結，即將不同屬性系統加以整合而獲得最大效益，達成資源分享效果，其中整合異質性系統技術是多元的，如網路互動協定制訂、克服系統彼此差異性、模擬時間協調及分散式同步機制等研究，¹⁸因此將「異質性系統共通性技術架構」列入次要因素。

(二)穩定系統傳輸容量：

複雜環境中所產生龐大數據，要靠穩定的傳輸容量去運載，進而推動系統執行，¹⁹故將「穩定系統傳輸容量」列入次要因素。

(三)各類型模擬器資料庫導入：

現今美陸軍經過模擬訓練後，在戰場上生存機率提高到70%以上，故建議國軍可參考美軍綜合演練系統將各類模擬器資料庫藉由網路整合，透過想定設計，使演練人員能適應各項突發戰況，²⁰因此「各類型模擬器資料庫導入」列入次要因素。

(四)模擬器系統連線安全：

因應共軍武力威脅，提出馬賽克作戰概念，將原本單一載台所承擔之作戰任務去分散數個成本較低的單元，並發展系統連線安全防護架構，利用資訊安全加密技術傳輸，形成系統連線安全防護，²¹故將「模擬器系統連線安全」列入次要因素。

二、建立模式模擬能量

運用模擬訓練系統透過擬真的訓練環境，如人員裝備戰傷參數、天氣變化等狀況，強化學員應變處置能力，²²故「建立模式模擬能量」列入主層面運用。

(一)線上教學模擬平台：

網路科技越來越方便後，可提供上傳、下載數位學習課程內容，並統整線上各種學習資源，發展出學習管理系統，對學習者有很大幫助，²³相較之下，各兵科教育在2017年起陸續完成教學影片的數位化，以輔助教學能量之不足，尤其在疫情時代，學員除上模擬器及實體裝備施訓前，需藉由線上數位教學資源、電腦模擬輔助教學來提升訓練強度、效益，降低教育成本，故以「線上教學模擬

18馬忻浙，《異質性電腦兵棋系統整合之研究》，(淡江大學資訊工程碩士論文，2005年6月)，頁3。

19李曉暉等員，〈大場域工業物聯網〉，《電腦與通信》，(臺北)，第175期，工研院，2018年10月，頁49-52。

20馮秋國，〈步兵類模擬訓練系統運用與我未來精進方向-以步兵學校為例〉，《陸軍學術雙月刊》，(龍潭)，第44卷第498期，陸軍司令部，2009年4月，頁88-100。

21謝沛學，〈從近期美陸軍兵推看「馬賽克作戰概念」〉，《國防安全雙週報》，(臺北)，第80期，國防院，2020年1月，頁27-28。

22林敬翔、盧衍良、范元基，〈建置飛航管制模擬訓練系統實施國軍航管人員訓練之初步成效評估研究〉，《航空安全及管理季刊》，(臺北)，第5卷第1期，飛安會，2018年1月，頁81-82。

23蔡瓊卉，《以整合型科技接受理論探討大學教師學習管理系統採用行為之研究》，(元培科技大學企管所碩士論文，2000年6月)，頁12。



平台」列入次要因素。

(二)完整圖資整合系統：

藉由圖資整合及萃取模擬，運用於軍事戰備決策、戰場環境分析及後勤管理，並為滿足仿真作戰環境需求，以完整空間圖資資料建立三維作戰場景，以符訓練實需，²⁴因此以「完整圖資整合系統」列入次要因素。

(三)訓後回顧及裁決能力：

實兵模擬接戰系統在人員、武器及裝備方面皆裝設發射、偵測模組，可在城鎮攻防對抗戰鬥演練中，教官可藉由電腦查知演練人員傷損狀況，判別勝負，及演練後實施事件回顧檢討，使學員能夠更精進自我本職學能，達到科技練兵之成效，²⁵故將「訓後回顧及裁決能力」列入次要因素。

(四)結合擴增虛擬實境技術運用：

擴增實境（AR）與虛擬實境（VR）技術運用在軍事方面的優點，如互動教學導入裝備操作、戰術戰法之教學用途，真實場景虛擬化，給使用者帶來沉浸式感官體驗，所以此技術相當適合兵棋推演、裝備操作等訓練科目，²⁶因此將「結合擴增實境技術運用」列入次要因素。

三、系統運作支援需求

美軍於2018年由未來司令部(United States Army Futures Command, USAFC)朝合成化模擬戰場訓練環境發展，使部隊在空中、地面、海洋甚至在太空中進行兵種訓練，讓戰鬥員在發生戰爭前，部隊能在相同地形先進行大規模演練，瞭解出美軍持續透過高強度擬真訓練，依部隊層級大小、需求，彈性實施系統擴充、人機互動性，符合部隊所需，²⁷故將「系統運作支援需求」列入主層面運用。

(一)系統擴充介面預留：

美陸軍採用更先進無線電機，以符合區域性小部隊作戰，發揮其戰術指揮、控制等項目，並需要符合隨插即用等系統擴充介面預留的技術避免日後通信裝備升級需要大改造才能整合，²⁸故將「系統擴充介面預留」列入次要因素。

(二)軟硬體設備模組化：

合成化模擬戰場訓練模擬器各組成元件可實施單體抽換，朝零件模組化

24張聖傑《相關數值圖資整合運用於戰場地形分析模式化研究》，(國防大學理工學院軍事工程所碩士論文，2004年6月)，頁50-51。

25陳建江，〈機步排藉模擬接戰系統提升訓練成效之研究〉，《步兵季刊》，(鳳山)，第282期，陸軍步訓部，2021年1月，頁9-15。

26李蒼昱，〈擴增技術運用於軍事訓練之研究〉，《陸軍通資半年刊》，(平鎮)，第134期，陸軍通訓中心，2010年1月，頁50。

27邱雁熙、蘇遂龍，〈美軍當前訓練體系暨科技化訓練〉，《陸軍學術雙月刊》，(龍潭)，第56卷第571期，陸軍司令部，2020年6月，頁33-34。

28李書全，〈聯合戰術無線電機發展與運用之研究〉，《陸軍通資半年刊》，(平鎮)，第136期，陸軍通訓中心，2021年10月，頁65。



，維持裝備妥善率，支持部隊戰力，²⁹故將「軟硬體設備模組化」列入次要因素

(三)系統整體後勤支援作為：

依國軍武器系統與裝備整體後勤支援教則，要求全壽期管理的必要性，確保武器裝備服役期間能從事建軍後勤、用兵後勤各項作業整備，³⁰尤其維持裝備正常運作下這是必須納入考量之重要項目，因此「系統整體後勤支援作為」列入次要因素。

(四)模擬系統人機互動性：

為使人員有效學習專業技能，系統能快速提供指示、步驟及互動來導引學習，讓學員深入其境，³¹故將「模擬系統人機互動性」列入次要因素。

四、國防先進科技

國防產業須耗時、鉅額來進行高規格及高精密度之技術研發，民間技術水準與人才知識庫等皆為促進國防科技的關鍵，因此要有效激勵軍民科技研究，共同創造雙贏局面，提升我國經濟水準及產業升級，³²故將「國防先進科技」列入主層面運用。

(一)專業人員培訓：

程式模擬人才非屬國軍兵科，卻為專業特殊人員，需要有人員培育管道，進而保有人力資源維護、開發系統，³³故將「專業人員培訓」列入次要因素。

(二)掌握系統自主權：

我國虛擬技術之軟硬體極少由我方自行研發運用，應結合民間產業鏈，如宏達電與軍方研究單位(中科院)及學界共同開發，³⁴必能提升我國技術研發能力，故將「掌握系統自主權」列入次要因素。

(三)開發關鍵技術：

關鍵技術建立除可達國防自主目標外，亦可提升我國研發能力，進而帶動產業升級，促使經濟成長，³⁵因此「開發關鍵技術」列入次要因素。

(四)軍民合作研發：

29郭永和，《從效益後勤觀點建構軍用車輛產品支援整合商之評選模式》，(中原大學企管所碩士論文，2010年6月)，頁75。

30黎立珊，〈整合型後勤資訊系統執行武器裝備全壽期管理之規劃〉，《海軍學術雙月刊》，(臺北)，第52卷第2期，海軍司令部，2010年1月，頁69。

31王祥昀、趙宥翔、田嘉豪，〈以擴增實境導入技勤訓練之應用〉，《空軍軍官雙月刊》，(臺北)，第216期，空軍司令部，2021年3月，頁35-42。

32黃仁志，〈國防產業的創新擴散：借鏡以色列的經驗〉，《前瞻經濟》，(臺北)，169期，中華經濟研究院，2017年1月，頁75。

33李永正，〈公部門應如何進行技術商業化實現突破式創新－以美國國防先進研究專案署(DARPA)為例〉，《臺灣經濟研究月刊》，(臺北)，第35卷第7期，臺灣經濟研究院，2012年7月，頁35-43。

34傅志豪，《虛擬實境技術導入軍事教育訓練之研究-以美國陸軍為例》，(中華大學科技管理所碩士論文，2010年7月)，頁44-46。

35潘正熙、張家瑛，〈我國機器人產業軍事運用之研究〉，《國防雜誌》，(臺北)，第35卷第3期，國防部，2020年9月，頁74-75。



為捍衛國家安全、掌握關鍵技術及提升武器裝備性能品質，國防產業與民間合作，達到世界等級水準，³⁶因此將「軍民合作研發」列入次要因素。

層級架構探討

透過模擬器運用現況探討，構建主要評估層面及次要因素，經由專家問卷後，建立層級架構內容，利用層級分析法(AHP)設計問卷，藉問卷結果以軟體程式產製各準則權重及排序，區分「建立層級架構」及「設計AHP問卷」等兩部分。

一、建立層級架構

(一)流程設計

1.層級架構確定階段：

將文獻探討發展出的初步主要評估層面、次要因素，設計專家問卷，針對國防部、司令部及中科院相關專家發出調查問卷，綜整專家共識，確定「地面部隊訓練導入合成化模擬戰場」關鍵成功因素之層級架構。

2.主、次準則權重確立階段：

本段是依前一階段確立之層級架構，利用層級分析法(AHP)設計問卷，針對服務於模擬器建案、訓練、維管、研發設計及使用人員，進行層級各影響因素之比較，獲得本研究主、次準則權重。

(二)評估要項歸納

「地面部隊訓練導入合成化模擬戰場關鍵成功因素」之研究，依據專家學者文獻歸納、研析後，整理出相關主要評估層面計基礎通資建設規劃等4項，次要因素計異質性系統共通性技術架構等16項(如表3)。

(三)專家問卷發展

為確認主要層面、次要因素，依照專家經驗與學識，透過專家問卷方式進行意見諮詢，以強化主、次準則之可信度；「地面部隊訓練導入合成化模擬戰場關鍵成功因素之研究」專家問卷的對象，為負責模擬器政策、執行及技術研發單位(國防部整評司、訓次室、陸軍教準部及中科院)之決策、管理及經驗豐富且績效卓越的专业人員。因受訪者工作時間、地點之限制，本次專家訪談採自填開放式問卷並輔以電話訪談等方式實施，使專家明瞭問卷目的，依基本資料填寫、主要層面及次要因素定義說明及層面要素選定欄位等部分設計問卷(如表4)。

36李雅嫻，《國防產業導入工業4.0之機會與障礙》，(中原大學工業工程研究所碩士論文，2019年6月)，頁11。



表3 主要評估層面及次要因素一覽表

主要評估層面	次要因素	主要評估層面	次要因素
基礎通資建設規劃	異質性系統共通性技術架構	系統運作支援需求	系統擴充介面預留
	穩定系統傳輸容量		軟硬體設備模組化
	各類型模擬器資料庫導入		系統整體後勤支援作為
	模擬器系統連線安全		模擬系統人機互動性
建立模式模擬能量	線上教學模擬平台	國防先進科技	專業人員培訓
	完整圖資整合系統		掌握系統自主權
	訓後回顧及裁決能力		開發關鍵技術
	結合擴增虛擬實境技術運用		軍民合作研發

資料來源：作者自行整理

表4 專家問卷量表範例

基礎通資建設規劃(主層面建議修改名稱)		
次要因素評估項目	必須性(複選)	建議修改項目名稱
異質性系統共通性技術架構	☐	
穩定系統傳輸容量	☐	
各類型模擬器資料庫導入	☐	
模擬器系統連線安全	☐	
建議增加其他評估項目或其他建議：		

資料來源:作者自行整理



(四)問卷發放

第一階段以專家問卷調查表(如附錄)，首先說明地面部隊訓練導入合成化模擬戰場關鍵成功因素之主要評估、次要因素提出說明，針對8位專家(如表5)透過線上問卷發送、回收、電話訪問方式實施，寄送及訪談共計8份。

表5 專家背景表

項次	服務單位	職務	學歷	年資	項次	服務單位	職務	學歷	年資
1	國防部整評司	中校參謀	戰院(略)教育	19年	5	陸軍教準部	上校處長	戰院(略)教育	28年
2		中校參謀	碩士/指參教育	17年	6		中校參謀	碩士/指參教育	20年
3	國防部訓次室	上校參謀	戰院(略)教育	24年	7	中科院	專案承辦	碩士	21年
4	陸軍教準部	副參謀長(前)	戰院(略)教育	31年	8		專案工程	碩士	11年

資料來源：作者自行整理

(五)統計勾選結果

本次專家問卷調查表於2023年12月24至30日，針對8位專家透過線上問卷發送、回收及電話訪談等方式進行，共寄送8份，回收8份(相關主層面及次要因素依專家意見彙整(如表6)，將主層面「基礎通資建設規劃」之次要因素「模擬器系統連線安全」刪除，及主層面「建立模式模擬能量」之次要因素「線上教學模擬平台」刪除，故其關鍵成功因素計有4項主準則及14項次準則；故「地面部隊訓練導入合成化模擬戰場關鍵成功因素」之層級架構確定(如圖9)，可設計成本研究後續之AHP層級分析問卷。



表6 主準則及次準則統計表

項次	主、次準則次數統計表			整合或刪除要項	是否成為主、次準則
	主準則	次準則	專家勾選次數		
1	基礎通資建設規劃	異質性系統共通性技術架構	8	無	是
2		穩定系統傳輸容量	8	無	是
3		各類型模擬器資料庫導入	7	無	是
4		模擬器系統連線安全	3	有	否
5	建立模式模擬能量	線上教學模擬平台	3	有	否
6		完整圖資整合系統	8	無	是
7		訓後回顧及裁決能力	8	無	是
8		結合擴增虛擬實境技術運用	7	無	是
9	系統運作支援需求	系統擴充介面預留	7	無	是
10		軟硬體設備模組化	8	無	是
11		系統整體後勤支援作為	7	無	是
12		模擬系統人機互動性	6	無	是
13	國防先進科技	專業人員培訓	8	無	是
14		掌握系統自主權	7	無	是
15		開發關鍵技術	7	無	是
16		軍民合作研發	7	無	是

資料來源：作者整理

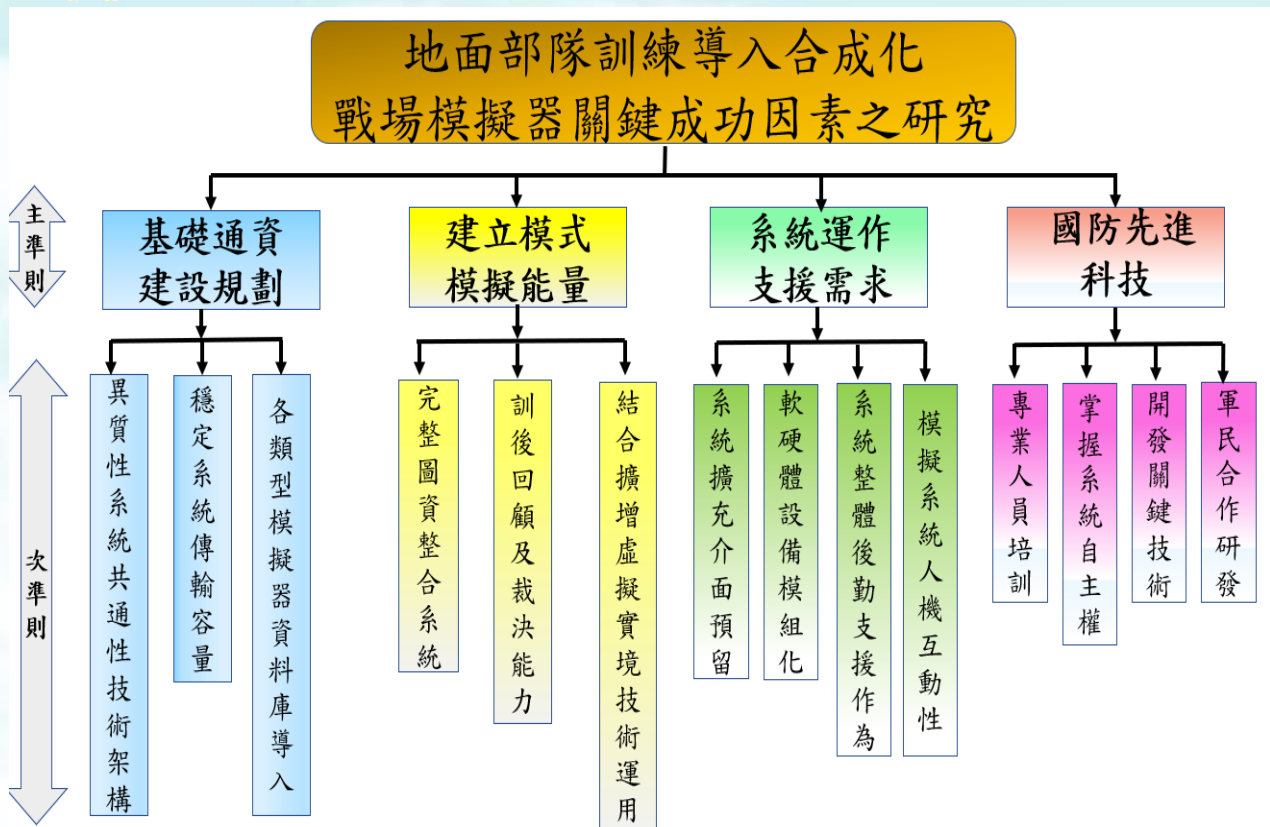


圖9 層級架構圖

資料來源：作者整理

二、AHP 問卷設計

本階段係為執行地面部隊訓練導入合成化模擬戰場關鍵成功因素研究之主、次準則權重及次序問卷設計；首先，層級架構中以專家意見建立的層級架構為基礎，依研究法完成AHP問卷，並擴大問卷訪談範圍層級，包含國防部（決策階層）、陸軍司令部、教準部、訓部中心等單位（管理階層）、各聯兵旅（執行階層）及中科院（技術階層），以實際從事陸軍模擬器發展運用之人員為問卷訪談對象，並針對各主、次準則進行兩兩成對比較，再以AHP應用軟體(Expert Choice 11)實施權重驗證、確立。本階段AHP問卷設計方式如下：

(一)問卷目的說明

簡述本研究背景、動機，問卷執行意義，並填註學術研究單位、研究者，使問卷填寫者清楚了解其價值、功用及益處。

(二)基本資料填寫

由受訪者填寫其基本資料，提供工作經歷、職務類型及服務年資等，俾能依其工作性質分層分析，求得研究的正確及嚴整性。

(三)架構準則說明



顯示AHP法層級架構圖，說明主、次準則之定義，確保人員瞭解全貌，增加問卷可信度。

(四)填寫方式說明

說明填寫問卷之注意事項、方法，使填寫者明瞭AHP法兩兩比較用法。

(五)選定方式示意

述明AHP問卷填寫(如表7)，使受訪者可依自我內心主觀想法表達無誤，以9個評量尺度顯示比較程度。

(六)準則比較欄位

本欄位為問卷大綱內容，受訪者以AHP法之9個尺度為評量標準，經兩兩成對比較，表達對準則重要性之判斷、評定。

表7 AHP問卷

主準則	(←左邊愈重要 強度比例 右邊愈重要→)																主準則	
	絕對重要		極重要強		頗重要		稍重要		同等重要		稍重要		頗重要		極重要			絕對重要
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1		1
	∶ 1	∶ 1	∶ 1	∶ 1	∶ 1	∶ 1	∶ 1	∶ 1	∶ 1	∶ 2	∶ 3	∶ 4	∶ 5	∶ 6	∶ 7	∶ 8		∶ 9
基礎通資 建設規劃	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	建立模 式模擬 能量

資料來源：作者整理

問卷結果分析

本章節針對2024年1月3日至12月27日所發送之AHP問卷回收成果做統整及分析，第一個部分為問卷資料分析，區分決策、管理、執行及技術等階層，第二個部分為綜合分析，對各主、次準則各階層權重比較分析後，綜合研析主、次準則在不同階層所呈現的意涵，作為本研究最終結論與建議之依據。

一、問卷資料分析

本次AHP問卷調查對象區分決策、管理、執行及技術等4個階層實施調查，發送40份，回收40份，決策階層為國防部整評司及訓次室執行訓練模擬器相關業務人員計6員，管理階層為陸軍司令部、教準部及訓部中心執行模擬器管理人員計16員，執行階層為陸軍聯兵旅聯兵營等單位操作人員計14員，技術研發階層為中科院航空所工程師計4員(問卷調查對象統計如圖10)。

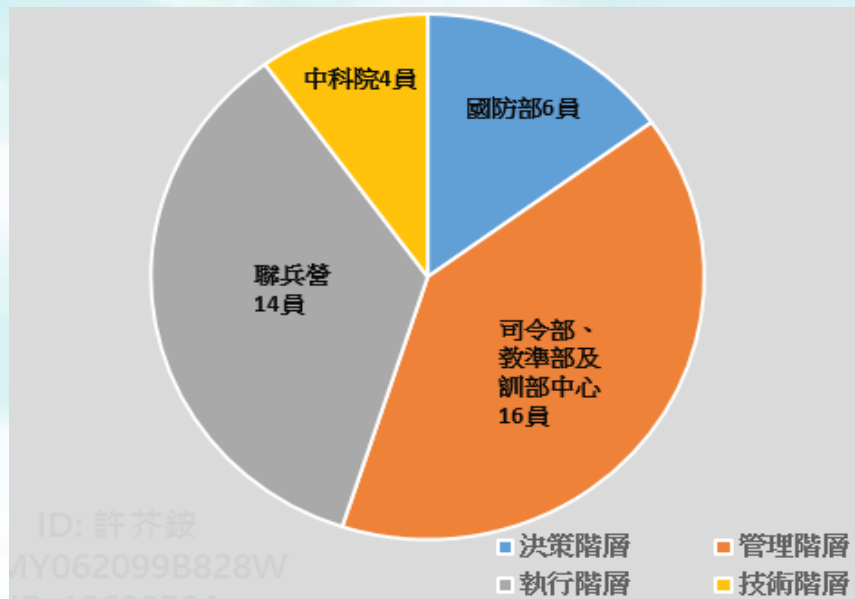


圖10 問卷調查對象統計圖

資料來源：作者整理

運用AHP應用軟體「Expert Choice 11」檢驗回收問卷，當主、次準則之一致性指標(Consistency Index,C.I.)值>0.1者，則不予以採用；於回收40份問卷內，其中2份作答時未把握優劣或強度關係之遞移性，故為無效問卷，38份為有效問卷，因此有效問卷作為本研究決策體之依據(如表8)。

表8 問卷回收一致性統計表

問卷編號	以 Expert Choice 檢測之 Consistency Index(C.I.)值					採用與否
	主準則	次準則一	次準則二	次準則三	次準則四	
1	0.05	0.02	0.08	0.07	0.01	✓
2	0.02	0.05	0.07	0.08	0.06	✓
3	0.04	0.00877	0.08	0.06	0.00547	✓
4	0.03	0.02	0.07	0.02	0.05	✓
5	0.04	0.05	0.00877	0.00547	0.02	✓
6	0.04	0.00877	0.05	0.05	0.01	✓
7	0.04	0.02	0.02	0.02	0.03	✓
8	0.0077	0.02	0.07	0.01	0.04	✓
9	0.02	0.05	0.00877	0.01	0.06	✓



問卷 編號	以 Expert Choice 檢測之 Consistency Index(C.I.)值					採用 與否
	主準則	次準則一	次準則二	次準則三	次準則四	
10	0.02	0.00877	0.00877	0.04	0.01	✓
11	0.0076	0.00877	0.07	0.05	0.05	✓
12	0.07	0.02	0.02	0.02	0.07	✓
13	0.02	0.02	0.07	0.01	0.03	✓
14	0.06	0.02	0.02	0.04	0.04	✓
15	0.06	0.05	0.05	0.07	0.09	✓
16	0.08	0.05	0.00877	0.09	0.04	✓
17	0.03	0.05	0.05	0.07	0.01	✓
18	0.04	0.02	0.02	0.02	0.09	✓
19	0.05	0.07	0.00877	0.03	0.01	✓
20	0.01	0.05	0.07	0.01	0.07	✓
21	0.0039	0.02	0.02	0.03	0.01	✓
22	0.07	0.00877	0.00877	0.07	0.07	✓
23	0.09	0.07	0.00877	0.06	0.03	✓
24	0.05	0.02	0.05	0.09	0.02	✓
25	0.05	0.05	0.00877	0.01	0.02	✓
26	0.03	0.00877	0.00877	0.02	0.01	✓
27	0.08	0.05	0.05	0.01	0.02	✓
28	0.08	0.05	0.00877	0.01	0.03	✓
29	0.33	0.41	0.46	0.31	0.31	X
30	0.38	0.49	0.40	0.27	0.40	X
31	0.03	0.05	0.05	0.07	0.01	✓
32	0.04	0.02	0.02	0.02	0.09	✓
33	0.02	0.05	0.00877	0.01	0.06	✓
34	0.02	0.00877	0.00877	0.04	0.01	✓
35	0.0076	0.00877	0.07	0.05	0.05	✓
36	0.07	0.02	0.02	0.02	0.07	✓
37	0.02	0.02	0.07	0.01	0.03	✓
38	0.06	0.02	0.02	0.04	0.04	✓
39	0.06	0.05	0.05	0.07	0.09	✓
40	0.08	0.05	0.00877	0.09	0.04	✓

資料來源：作者整理



(一)主準則權重優序分析

1.決策階層：

決策階層6份AHP問卷，C.I.值均 <0.1 ，表示一致性可接受，經計算主準則之權重值優序為「基礎通資建設規劃」0.386、「建立模式模擬能量」0.241、「系統運作支援需求」0.215、「國防先進科技」0.158，表示決策階層受訪人員認為「基礎通資建設規劃」較其他主準則重要。

2.管理階層：

管理階層16份AHP問卷，C.I.值均 <0.1 ，經計算主準則之權重值優序為「基礎通資建設規劃」0.383、「建立模式模擬能量」0.214、「系統運作支援需求」0.213、「國防先進科技」0.19，表示管理階層人員認為「基礎通資建設規劃」較其他主準則重要。

3.執行階層：

執行階層原為14份AHP問卷，其中2份C.I.值 >0.1 ，不予以採納，其12份C.I.值均 <0.1 ，表示一致性可接受，經計算主準則之權重值優序為「基礎通資建設規劃」0.353、「建立模式模擬能量」0.219、「系統運作支援需求」0.218、「國防先進科技」0.209，表示執行階層受訪人員認為「基礎通資建設規劃」較其他主準則重要。

4.技術階層：

技術階層4份AHP問卷，C.I.值均 <0.1 ，表示一致性可接受，經計算主準則之權重值優序為「國防先進科技」0.396、「基礎通資建設規劃」0.263、「建立模式模擬能量」0.191、「系統運作支援需求」0.150，表示技術階層受訪人員認為「國防先進科技」較其他主準則重要。

5.整體主準則權重分析：

整體評選原40份AHP問卷，其中2份C.I.值 >0.1 ，不採用，餘38份C.I.值 <0.1 ，表示一致性達標準，經計算主準則之權重值優序為「基礎通資建設規劃」0.356、「建立模式模擬能量」0.221、「國防先進科技」0.220、「系統運作支援需求」0.204，表示整體受訪人員皆認為「基礎通資建設規劃」較其他主準則為重要，「建立模式模擬能量」則為次之(如圖11)。

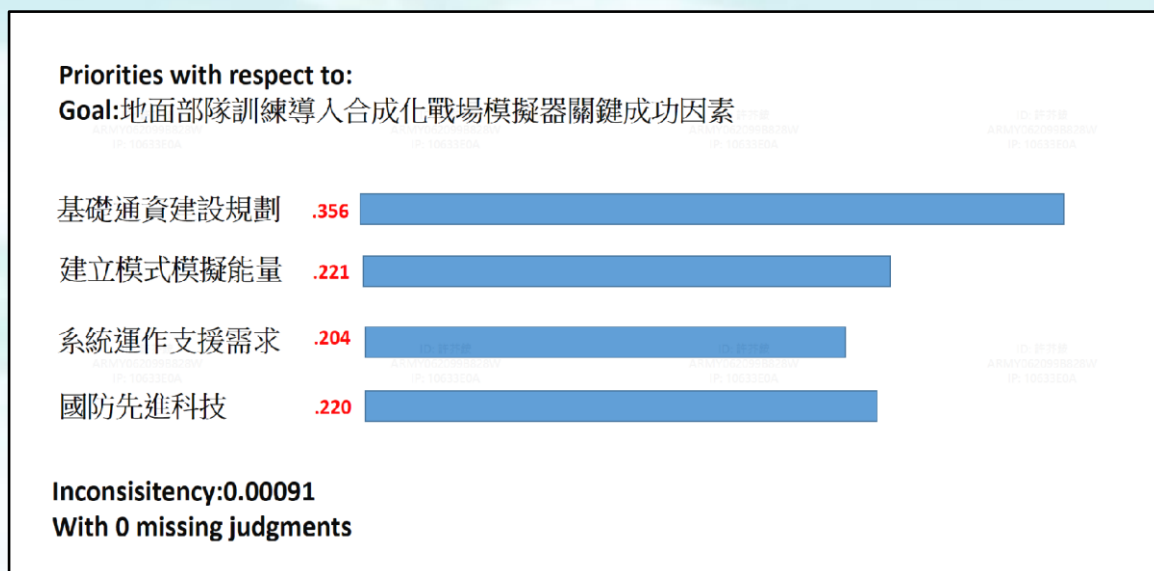


圖11 整體主準則權重分析圖

資料來源：作者整理

(二)次準則權重優序分析

1.決策階層：

在決策階層次準則之權重值，次序前三名為「異質性系統共通性技術架構」0.149、「各類型模擬器資料庫導入」0.144、「穩定系統傳輸容量」0.103，表示決策階層的受訪人員認為「基礎通資建設規劃」主準則中的「異質性系統共通性技術架構」次準則較其他次準則重要。

2.管理階層：

在管理階層中次序前三名為「異質性系統共通性技術架構」0.157、「穩定系統傳輸容量」0.156、「各類型模擬器資料庫導入」0.109，表示管理階層的受訪人員認為「基礎通資建設規劃」主準則中的「異質性系統共通性技術架構」次準則較其他次準則重要。

3.執行階層：

在執行階層中，次序前三名為「異質性系統共通性技術架構」0.142、「完整圖資整合系統」0.088、「軟硬體設備模組化」0.088，表示執行階層的受訪人員認為「基礎通資建設規劃」主準則中的「異質性系統共通性技術架構」次準則較其他次準則重要。

4.技術階層：

在技術階層中，計算各次準則之權重值，次序前三名為「開發關鍵技術」0.148、「掌握系統自主權」0.104、「異質性系統共通性技術架構」0.098，表示技術階層的受訪人員認為「國防先進科技」主準則中的「開發關鍵技術」次準則較其他次準則重要。



則較其他次準則重要。

5.整體次準則權重分析：

在整體次準則之權重值，次序前三名為「異質性系統共通性技術架構」0.133、「穩定系統傳輸容量」0.107、「各類型模擬器資料庫導入」0.084，表示整體受訪人員認為「基礎通資建設規劃」主準則中的「異質性系統共通性技術架構」次準則較為重要，「穩定系統傳輸容量」次之，「各類型模擬器資料庫導入」再次之(如圖12)。

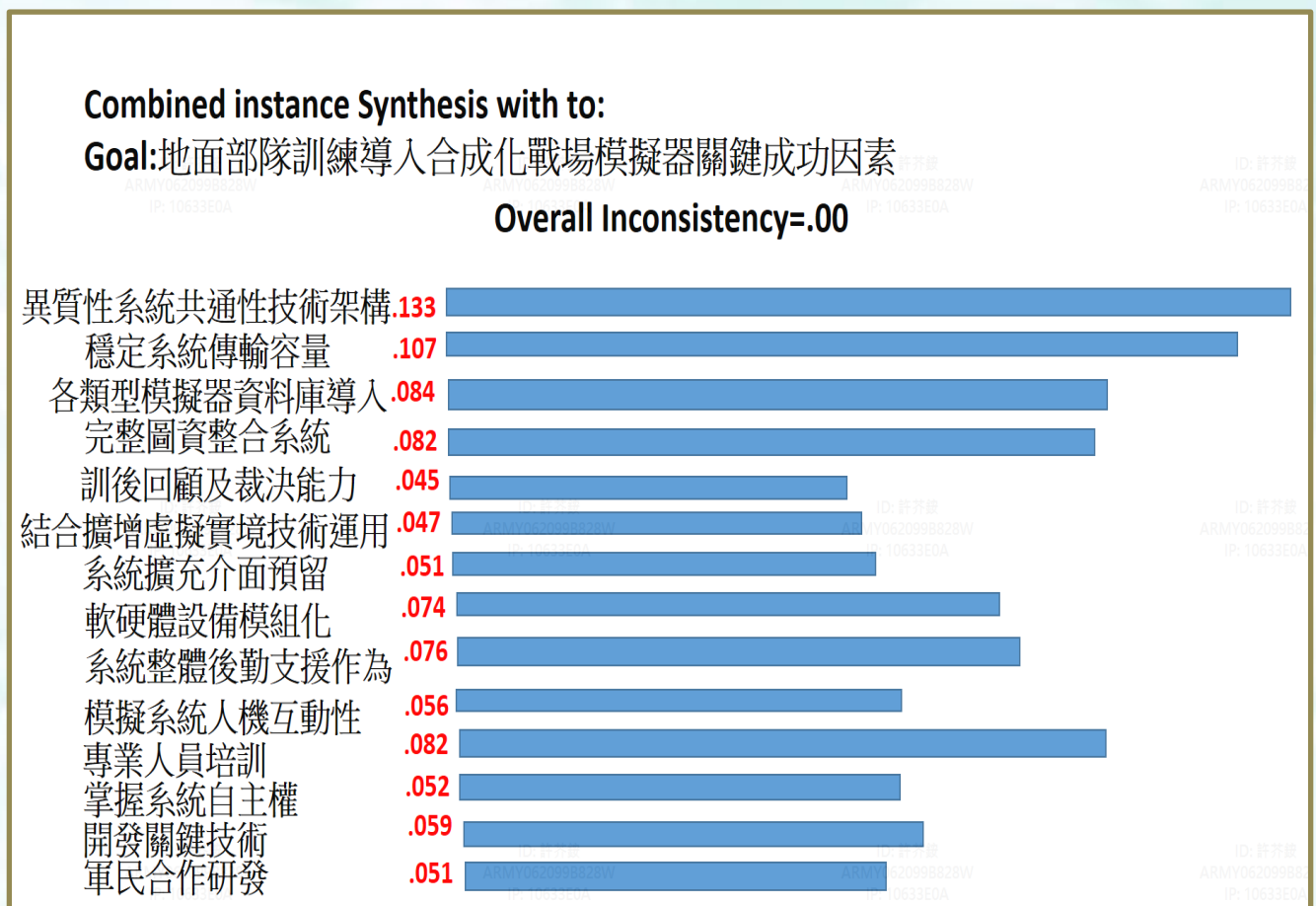


圖12 整體評選各次準則權重分析圖

資料來源：作者整理

二、綜合分析

(一)主準則分析

綜觀上述分析數據顯示，各階層受訪人員針對本研究4項主準則優先權重排序大致相同；決策、管理、執行等3個階層受訪人員均認為「基礎通資建設規劃」為首要，其次為「建立模式模擬能量」，技術階層則認為「國防先進科技」為優先，故整體方面分析為「基礎通資建設規劃」較其他3項重要(如表9)。



表9 主準則綜合分析統計表

準則 \ 階層	基礎通資 建設規劃	建立模式 模擬能量	系統運作 支援需求	國防先進 科技
決策	●			
管理	●			
執行	●			
技術				●

資料來源：作者整理

以「基礎通資建設規劃」而言，是整個應用最基本的步驟，並隨著資訊網路普及化，傳輸技術以「數位化」模式為發展趨勢，目前發展到以光纖為主軸之傳輸網路，亦即為「光纖寬頻網路」，透過「異質性系統共通性技術架構」，將不同模擬器性質環境實施連結，藉由傳輸系統加上技術協定構連加以整合，使整套模擬系統發揮最大效果。

技術階層人員認為國防科技最為重要，其中次準則要項分別為專業人員培訓、掌握系統研發自主、開發關鍵技術及軍民合作研發，此階層為系統研發人員，如何將系統優化，掌握其關鍵技術，俾符合使用者需求，因此認為「國防先進科技」為首選。

(二)「基礎通資建設規劃」次準則分析

決策、管理階層認為「異質性系統共通性技術架構」較為優先，因現今各模擬器在各訓部(中心)是各自獨立教學使用，模擬器本身架構皆不同，如何使不同系統在同一平台能整合順利操作，是一件需要技術突破的關鍵點。

(三)「建立模式模擬能量」次準則分析

管理、執行、技術及整體階層皆認為「完整圖資整合系統」為最高優序，因為執行、技術階層等用兵、造兵單位認為系統訓練場景需仿真顯示，如戰場想定之地形起伏、植被及城鎮街道環境等皆須模擬，使士兵更能熟練進入戰場環境。再者就部隊模擬訓練而言，不同層級就會有不同的訓練需求想定，任務和地形需求就會不同，故完整三維圖資整合系統置於開放式空間，可透過地理資訊處理軟體進行各種圖資轉換、編輯，最後導入應用軟體實施運用。

部隊模擬訓練必須貼近作戰場景，且作戰前應完成「戰場情報準備」之作戰地區分析產製透明圖，對部隊能否有效支援作戰任務執行具重要性，且現今



美國已成功開發世界地形測繪資料庫(One World Terrain, OWT)，³⁷主要能提供三維全球地形功能服務，讓決策者在需要的時間和地點，能獲得準確、最新之地理空間數據。

(四)「系統運作支援需求」次準則分析

在決策、管理、執行、技術等階層受訪者，針對「系統運作支援需求」之各項次準則權重優序看法不同，然於整體階層評斷為「系統整體後勤支援」為最高優序，其次為「軟硬體設備模組化」，代表建置模擬器同時，尚需考量之後維修成本及後續保養維護等，均須納入全壽期考量，另為提高裝備妥善率，各組成元件可朝零件模組化，故這兩項次準則環環相扣，互相影響。

陸軍訓練教學上，模擬器課程佔一定的時數，所以課後裝備保養、性能校正及人員必須定期維保，甚至模擬器性能提升皆為非常重要的一環；模擬器皆為電子產品，平均使用年限約10年，其中可能會遇到零件的消失性商源等問題，為減少不當損耗及發揮應有功能，有關單位已編列預算實施延長裝備使用年限，使裝備運作發揮最大效能，俾支援訓練需求

(五)「國防先進科技」次準則分析

決策、管理、執行及整體階層均認為「專業人員培訓」次準則為最高優序，代表模擬器專業人才培育極為重要刻不容緩，對後續相關人員職能培訓、軍種未來模擬器訓練發展及建案規劃均有助益。

專業人員培訓，在一件產品生產過程中去掌握物件訣竅，進而發展到技術的突破，有了關鍵技術，進而掌握整個生產鏈之自主性；且優秀人才可以為組織帶來創新的想法，促進團隊合作，幫助同儕間正向競爭，進而提高單位效率及聲譽等。

(六)各階層次準則整體權重分析說明

綜觀上述分析，以「異質性系統共通性技術架構」、「穩定系統傳輸容量」及「各類型模擬器資料庫導入」為全部次準則中最重要的前三項，與主準則分析結果相互呼應，此外這也表示不同階層受訪者依自我經驗與需求的不同，而有不同系統功能優序，歸納原因分述如下：

1.異質性系統共通性技術架構：

中科院參考國外技術，以高階連網架構及光纖網路作為整合基礎，串聯電腦兵棋、兵科建制訓練模擬器、無人機模擬系統及實戰模擬器等，使訓練更

³⁷TechNews科技新報，〈預防GPS遭干擾，美軍開發全球3D地圖作為戰場定位系統〉，<<http://www.technews.tw/2021/10/19/us-army-is-integrating-the-one-world-terrain-project-into-combat-pnt-alternatives>> (檢索日期：2024 年9月19日)。



加彈性，且能提升訓練成效，故需整合彼此間訊息的屬性，才不會造成運算結果錯誤情況發生，使部隊可依層級對象不同，去選擇不同的訓練範圍，達到實戰化訓練科目。

2.穩定系統傳輸容量：

從美軍發展模擬器的概念中，因必須利用光纖網路、衛星等系統將機動、套件式模擬器至各基地提供訓練，如戰車、飛彈、戰機等訓練模擬器系統連接在一起，即能異地同時相連，使各單位可以共同參與訓練場景，故要有穩定的傳輸容量來支持整個訓練架構。

3.各類型模擬器資料庫導入：

以高階模擬架構(HLA)配合光纖連網傳輸途徑，透過各類型模擬器資料庫導入，如美軍將世界地形測繪資料庫(OWT)放入雲端上，迅速獲得三維地形，滿足各部隊訓練需求的不同，及運用到最新沉浸式技術，如視覺整合強化系統(IVAS)，使整體可以相互操作，增加其真實性、互動性，藉以支持多領域訓練，降低風險及整體訓練經費。

結論與建議

本研究依據各國發展訓練模擬器相關文獻為基礎，並實施專家問卷意見蒐整後，提出地面部隊訓練導入合成化模擬戰場關鍵成功因素之評估準則，藉以建構其層級架構，藉由AHP問卷彙整各階層專業人員意見及分析其權重，提出導入訓練模擬器成功因素，使用Expert Choice11分析結果，將專業人員看法予以量化，整體與每個準則一致性分析，值均小於0.1，排定各主次準則的優序；筆者綜合各章要點，依據研究分析結果提出結論與建議。

一、結論

(一)提供訓練運用，因應未來趨勢

各國訓練模擬器運用中，合成化模擬戰場是發展主力，為參與者提供一個逼真的虛擬環境，主要由實兵模擬接戰系統、訓練模擬器及電腦兵棋推演系統三大部分組成，構建出符合作戰場景之聯合作戰空間，並參考國外發展狀況，未來模擬器可結合民間沉浸式顯像技術、人工智能，如以穿戴裝置提供使用者關於視覺、聽覺等感官上的模擬，讓操作者如同身歷其境，如同美軍單兵訓練系統(DSTS)，這樣不需要再建置昂貴之環景投影幕、投影機，僅需有頭戴式裝置即可，不僅訓練、後勤保養成本降低外，能讓此系統有更大彈性顯示不同訓練場景，增加整套訓練模擬器場景的真實性、互動性。

(二)解決問題癥結，發展模擬器效用



在執行教學訓練時，模擬器確為本軍重要訓練要項之一，是學員操作武器裝備前，必要實施教學的科目，期能有效解決裝備耗損、訓練危安風險及訓場不易獲得等問題，故平時訓練整備、教學評鑑時，需針對不足之處發掘、列入改善及納入後續提升之參據。

本研究層級架構中，決策、管理、執行等階層人員以「基礎通資建設規劃」為主準則權重較高之項目，並經Expert Choice 11軟體研究分析後，整體權重以「基礎通資建設規劃」為主準則最高權重，可見「基礎通資建設規劃」做好，整個環境傳輸骨幹更大、更寬，才能讓系統間訊息傳遞順暢，沒有延遲現象，使合成化模擬戰場效用發揮最大功能。

(三)運用關鍵成功因素，提升部隊訓練成效

合成化模擬戰場目前面臨限制因素為「通資傳輸容量」，要形成一個完整之訓練模擬環境，必須要有強大的資訊網路基礎建設，才能同步、異地實施連網遠距離構連傳輸，目前本國通資基礎設施為中華電信提供之環島光纖，國軍雖可藉戰備演訓名義租用專門電路實施鏈結，囿於每月必須支付龐大電信費用，而受限預算分配上，所以大部分營區仍採用傳統同軸電纜傳輸訊號，對合成化模擬戰場使用連網效果不佳，進而影響聯合操作效能。

故導入合成化模擬戰場關鍵成功因素，使整個系統運作順暢，首要解決連網品質，因光纖電纜是利用光的全反射原理進行信號傳輸，具有高速、高頻寬、抗干擾等優點，適用於長距離、高速及高頻寬之數據傳輸，目前陸軍正在著手電路品質改善，期能帶來更為便捷、順暢使用環境，及打破現行「單機作業」現況，將訓部中心等單位完成「陸軍合成化模擬戰場資訊整合系統建案」，以利鏈結各模訓系統，增加其互動性，達成學員可以調整訓練科目內容與強度。

二、建議

(一)強化骨幹鏈路，提升模擬器關鍵能量

我國可將國防經費投資改善通資基礎設施，強化通資骨幹傳輸容量等硬體環境改善，及建置專屬雲端資料庫、模擬器專用網路，穩定系統傳輸能量，另在軟體技術方面，模擬器與虛擬實境(Virtual Reality, VR)、擴增實境(Augmented Reality, AR)及混合實境(Mixed Reality, MR)等技術加以合併，整合民間產業、學校及政府科研資源，以穩定傳輸容量整合各地模擬系統。

(二)異質系統整合，建立雲端資料庫

各系統本身皆有良好的運算機制，可控制其所掌握的模擬物件，但是當兩者透過標準協定整合成同一聯模演訓時，彼此間物件屬性及其訊息溝通，才能完成一件演訓命令，需要制訂一個規則框架來遵行，整合彼此間訊息屬性。



承上，增強通資骨幹傳輸網路能量，加速伺服器設備、儲存裝置及雲端運算速度，雲端資料庫才能同時異地、同步存取，達成一個共享資源資料庫，可透過資訊設備連網輕鬆獲得資源，增加整套系統靈活度。

(三)建置專屬模擬器網路，提供精準戰場環境

未來軍事武器設備日益精進，必須建置專屬模擬器網路，內含精確、豐富的戰場數位環境情資，類似美軍世界地形測繪資料庫(OWT)，及利用電子計算機大量、即時演算能力，評估實際作戰之戰場狀況，環境資訊越準確豐富，就能分析出最正確的作戰方略，其分析成果亦可提供訓練模擬、兵棋推演等用途。

參考文獻

一、專書暨官方文件

- (一)國防部，《中華民國106年國防報告書》，(臺北，2018年)，頁105。
- (二)國防部，《國軍模式模擬與電腦兵棋要綱》，(臺北，2017年)，頁48。
- (三)國防部，《立法院議案關係文書》，(臺北，2020年)，頁373-377。
- (四)胡曉峰等編譯，《美軍訓練模擬-US Army Training With Simulations》(北京:中國國防大學，2001年3月)頁1-7。
- (五)華長劍，《作戰模擬訓練效能評估》，(北京:中國國防工業出版社，2014年6月)，頁88-89。
- (六)胡曉峰，《美軍訓練發展概況》，(北京:中國國防大學出版社，2005年6月)，頁19-20。
- (七)立法院，《立法院議案關係文書-合成化戰場資訊整合圖台系統》，(臺北:立法院，2020年9月)，頁373-377。

二、期刊

- (一)董明智，〈虛擬實境火災緊急應變〉《勞工安全季刊》，(臺北)，第18期，勞動部，2010年4月，頁393。
- (二)賴村舟，〈電腦兵棋對部隊訓練之研究-以JCATS為例〉，《陸軍通資半年刊》(桃園)，第119期，2013年4月，頁11。
- (三)姜禮煒，〈資通訊整合平台設計與研究〉，《臺灣醫療資訊雜誌》，(新北)，第27卷，臺灣醫學會，2018年12月，頁23。
- (四)陳建江，〈機步排藉模擬接戰系統提升訓練成效之研究〉，《步兵季刊》，(鳳山)，第282期，陸軍步訓部，2021年1月，頁9-15。
- (五)李曉暉等員，〈大場域工業物聯網〉，《電腦與通信》(臺北)，第175期，2018年10月，頁49-52。
- (六)馮秋國，〈步兵類模擬訓練系統運用與我未來精進方向-以步兵學校為例



〉《陸軍學術雙月刊》，(龍潭)，第44卷第498期，陸軍司令部，2009年4月，頁88-100。

(七)謝沛學，〈從近期美陸軍兵推看「馬賽克作戰概念」〉，《國防安全雙周報》，(臺北)，第80期，國防院，，2020年1月，頁27-28。

(八)林敬翔、盧衍良、范元基，〈建置飛航管制模擬訓練系統實施國軍航管人員訓練之初步成效評估研究〉，《航空安全及管理季刊》，(臺北)，第5卷第1期，飛安會，2018年1月，頁81-82。

(九)李蒼昱，〈擴增技術運用於軍事訓練之研究〉，《陸軍通資半年刊》，(平鎮)，第134期，陸軍通訓中心，2010年1月，頁50。

(十)邱雁熙、蘇遂龍，〈美軍當前訓練體系暨科技化訓練〉，《陸軍學術雙月刊》，(龍潭)，第56卷第571期，陸軍司令部，2020年6月，頁33-34。

(十一)李書全，〈聯合戰術無線電機發展與運用之研究〉，《陸軍通資半年刊》，(平鎮)，第136期，陸軍通訓中心，2021年10月，頁65。

(十二)黎立珊，〈整合型後勤資訊系統執行武器裝備全壽期管理之規劃〉，《海軍學術雙月刊》，(臺北)，第52卷第2期，海軍司令部，2010年1月，頁69。

(十三)王祥昀、趙宥翔、田嘉豪，〈以擴增實境導入技勤訓練之應用〉，《空軍軍官雙月刊》，(臺北)，第216期，空軍司令部，2021年3月，頁35-42。

(十四)黃仁志，〈國防產業的創新擴散：借鏡以色列的經驗〉，《前瞻經濟》，(臺北)，169期，中華經濟研究院，2017年1月，頁75。

(十五)李永正〈公部門應如何進行技術商業化實現突破式創新一以美國國防先進研究專案署(DARPA)為例〉，《臺灣經濟研究月刊》，(臺北)，第35卷第7期，臺灣經濟研究院，2012年7月，頁35-43。

(十六)潘正熙、張家瑛，〈我國機器人產業軍事運用之研究〉，《國防雜誌》，(臺北)，第35卷第3期，國防部，2020年9月，頁74-75。

三、學位論文

(一)王興國，〈科學工業園區開發工程分標原則之研究〉，(國立交通大學營建技術管理碩士論文，2006)，頁24。

(二)歐晏均，《駕駛模擬器訓練駕駛之風險感知信效度分析》，(嘉南藥理大學應用空間碩士論文，2018年)，頁17。

(三)楊喻雯，《開發仿生腦模擬器以及即時回饋式仿生脊椎模擬器-用於訓練臨床腦神經外科醫師手術教育訓練》，(國立臺灣科技大學機械工程碩士論文，2022年7月)，頁1-3。

(四)蔡瓊卉，《以整合型科技接受理論探討大學教師學習管理系統採用行為之研究》，(元培科技大學企管所碩士論文，2000年6月)，頁12。



(五)馬忻淅，《異質性電腦兵棋系統整合之研究》，(淡江大學資訊工程碩士論文，2005年6月)，頁3。

(六)張聖傑《相關數值圖資整合運用於戰場地形分析模式化研究》，(國防大學理工學院軍事工程所碩士論文，2004年6月)，頁50-51。

(七)郭永和，《從效益後勤觀點建構軍用車輛產品支援整合商之評選模式》，(中原大學企管所碩士論文，2010年6月)，頁75。

(八)傅志豪，《虛擬實境技術導入軍事教育訓練之研究-以美國陸軍為例》，(中華大學科技管理所碩士論文，，2010年7月)，頁44-46。

(九)李雅嫻，《國防產業導入工業4.0之機會與障礙》，(中原大學工業工程研究所碩士論文，2019年6月)，頁11。

四、網際網路

(一)莊全成，〈科技練兵，步訓部輪型戰鬥車模訓館展示成效〉，《今媒體》，2022年8月3日，<<https://focusnews.com.tw/2022/08/449598/>>(檢索日期：2024年11月13日)。

(二)羅添斌，〈陸軍建置實兵模擬接戰系統，達到科學練兵成效〉，《中央社》，2022年6月，<<https://www.cna.com.tw/nws/aip/202201060145.aspx>> (檢索日期：2024年9月20日)。

(三)新加坡國防科技局，< <https://www.dsta.gov.sg/home>>(檢索日期：2024年11月22日)。

(四)TechNews科技新報，〈預防GPS遭干擾，美軍開發全球3D地圖作為戰場定位系統〉，2021年10月，< <http://www.technews.tw/2021/10/19/us-army-is-integrating-the-one-world-terrain-project-into-combat-pnt-alternatives>>(檢索日期：2024年9月19日)。

(五)MVR美商模擬公司<<https://www.mvrsimulation.com/products/deployable-joint-fires-trainer.html>>，(檢索日期：2024年11月24日)

(六)CUBIC Defence<https://www.cubic.com/sites/default/files/11738_025%20I-HITS%20ds%20hr_Updated.pdf>，(檢索日期：2024年11月24日)。

作者簡介

許芥鉸中校，國防大學理工學院專94年班、通資電正規班181期、陸軍指參學院112年班。經歷:排長、隊長、連長、通信官、計畫官、教官，目前任職於陸軍教育訓練暨準則發展指揮部中校系統分析官。



附錄-專家問卷

地面部隊訓練導入合成化模擬戰場關鍵成功因素之研究

親愛的受訪者 鈞安：

感謝您撥冗進行這份學術問卷訪談，這份問卷的內容是有關「地面部隊訓練導入合成化模擬戰場關鍵成功因素之研究」。目的旨在探討地面部隊訓練導入合成化戰場模擬器關鍵成功因素，作為未來作業專案執行及系統功能設計之參據。

本研究已依據研究動機及目的，透過文獻蒐集建立陸軍地面部隊訓練導入合成化模擬戰場關鍵成功因素之主要評估層面及次要因素，衷心期盼能藉由您豐富的經驗與廣博的學識，來確立「地面部隊訓練導入合成化模擬戰場關鍵成功因素」的主、次準則，以作為第二階段設計分析層級程序法（Analytical Hierarchy Process, AHP）問卷的層級架構。

本問卷純屬學術之研究，亟需您的指導與協助，盼您能撥冗提供寶貴的意見，並對於您熱心的協助致上誠摯謝意。

敬祝 身體健康！順心如意

壹、基本資料

單位：

級職(官階/職務)：

年齡：☐30-40歲 ☐40-50歲 ☐50-60歲 ☐60-70歲

最高(或軍事)學歷：☐高中/基礎教育 ☐大學(專科)/正規班 ☐碩士/指參教育
☐博士/戰院(略)教育

經歷：☐主官/管 ☐幕僚職 ☐作業層級

累計從事後勤、資訊 (或相關業務)工作時間：

工作階層(參謀)：☐1-5年 ☐6-10年 ☐11-15年 ☐16-20年 ☐21年以上

管理階層(主官/管)：☐1-5年 ☐6-10年 ☐11-15年 ☐16-20年 ☐21年以上



地面部隊訓練導入合成化模擬戰場之評估要項說明

項次	分類	要項名稱	說明
一	主層面	基礎通資建設規劃	現行網際網路須具備完整通資平台基礎架構外，還須具備強大網路傳輸數據能力；合成化戰場模擬器需要獨立於軍網之建立，包含頻寬需求、異質性系統整合、用戶端接收須同步等規劃作業。
1	次要素	異質性系統共通性技術架構	將不同屬性之系統加以整合而獲得最大效益，達成資源分享效果，其中整合異質性系統技術是多元的，如網路互動協定制訂、克服系統彼此差異性、模擬時間協調及分散式同步機制。
2	次要素	穩定系統傳輸容量	複雜的架構環境中，所產生龐大數據要靠穩定的傳輸容量去運載，進而推動系統執行。
3	次要素	各類型模擬器資料庫導入	參考美軍綜合演練系統將各類模擬器資料庫藉由網路整合，透過想定設計使人員能適應戰況。
4	次要素	模擬器系統連線安全	將原本單一載台所承擔的作戰任務去分散數個成本較低的單元，發展系統連線安全之防護架構。
二	主層面	建立模式模擬能量	運用模擬訓練系統透過擬真的訓練環境，如天氣變化等狀況，強化學員應變處置能力。
1	次要素	線上教學模擬平台	提供上傳、下載數位學習課程內容，並統整線上各種學習資源，發展出學習管理系統，對學習者有很大的幫助，以輔助教學能量之不足。
2	次要素	完整圖資整合系統	圖資整合及萃取模擬，運用於軍事戰備決策、戰場環境分析及後勤管理，為滿足仿真作戰環境需求，以完整空間圖資資料建立 3D 作戰場景。
3	次要素	訓後回顧及裁決能力	各項模擬系統在部隊交戰方面，教官可藉由電腦查知演練人員傷損狀況，判別勝負，及演練完後實施事件回顧檢討，達到科技練兵之成效。
4	次要素	結合擴增虛擬實境技術運用	擴增虛擬實境技術運用在軍事方面的優點，如互動教學導入裝備操作、戰術戰法之教學用途，真實場景虛擬化，給使用者帶來沉浸式感官體驗。
三	主層面	系統運作支援需求	依部隊層級大小、特性需求，可彈性實施系統擴充、系統人機互動性，俾符合部隊所需。



1	次要要素	系統擴充介面預留	為符合區域性小部隊作戰，發揮其戰術指揮、控制等項目，需要符合隨插即用等系統擴充介面預留的技術，避免日後裝備升級需要改造整合。
2	次要要素	軟硬體設備模組化	合成化模擬戰場訓練各組成元件可實施單體抽換，朝零件模組化，以維持裝備妥善率。
3	次要要素	系統整體後勤支援作為	國軍武器系統與裝備整體後勤支援教則，要求全壽期管理的必要性，必能從事作業整備。
4	次要要素	模擬系統人機互動性	為使人員有效學習專業技能，系統要能更快速提供指示、步驟及互動來導引學員學習。
四	主層面	國防先進科技	國防產業是必須要耗時、鉅額來進行高規格及高精密度的技術研發，民間的技術水準、人才的知識庫等皆為促進國防科技的關鍵，因此要有效激勵軍民科技研究，共同創造雙贏局面，提升我國經濟水準及產業升級。
1	次要要素	專業人員培訓	程式模擬人才非屬國軍兵科，但卻為專業特殊人員，需要有人員培育管道，進而保有人力資源。
2	次要要素	掌握系統自主權	我國虛擬技術之軟硬體極少由我方自行研發運用，應結合民間產業鏈與軍方研究單位(中科院)及學界共同開發，提升我國技術研發能力。
3	次要要素	開發關鍵技術	掌握關鍵技術除可達國防自主目標，亦可提升我國研發能力，進而帶動產業升級。
4	次要要素	軍民合作研發	為捍衛國家安全、掌握關鍵技術及提升武器裝備性能品質，國防產業與民間合作，達世界水準。

貳、確立地面部隊訓練導入合成化模擬戰場之主次準則

本問卷目的旨在瞭解文獻探討中所獲得之關鍵成功因素評估要項(主、次準則)的必須性。請您就其之必須性項目予以評選，並在□內打勾(V)：

一、基礎通資建設規劃：

基礎通資建設規劃(主層面建議修改名稱)		
次要要素評估項目	必須性(複選)	建議修改項目名稱
異質性系統共通性技術架構	☐	
穩定系統傳輸容量	☐	
各類型模擬器資料庫導入	☐	
模擬器系統連線安全	☐	
建議增加其他評估項目或其他建議：		



二、建立模式模擬能量：

建立模式模擬能量(主層面建議修改名稱)		
次要素評估項目	必須性(複選)	建議修改 項目名稱
線上教學模擬平台	☐	
完整圖資整合系統	☐	
訓後回顧及裁決能力	☐	
結合擴增實境技術運用	☐	
建議增加其他評估項目或其他建議：		

三、系統運作支援需求：

系統運作支援需求(主層面建議修改名稱)		
次要素評估項目	必須性(複選)	建議修改 項目名稱
系統擴充介面預留	☐	
軟硬體設備模組化	☐	
系統整體後勤支援作為	☐	
模擬系統人機互動性	☐	
建議增加其他評估項目或其他建議：		

四、國防先進科技：

國防先進科技(主層面建議修改名稱)		
次要素評估項目	必須性(複選)	建議修改 項目名稱
專業人員培訓	☐	
掌握系統自主權	☐	
開發關鍵技術	☐	
軍民合作研發	☐	
建議增加其他評估項目或其他建議：		

◇問卷到此結束，感謝您於百忙中撥冗填寫！◇