

出國報告（出國類別：進修）

美國海軍研究院
作業分析(Operations Research)
碩士班

服務機關： 國防部整評司
姓名職稱： 李權桓少校
派赴國家： 美國
出國期間： 105.9.11-107.6.17
報告日期： 107.07.11

摘要

職於 105 年 9 月 11 日奉派至美國海軍研究院(Naval Postgraduate School, Monterey, CA) 攻讀作業分析碩士班，進修目的在於培養資料分析及模式模擬之軍事訓練及作戰應用技能。

修課內容包含電腦科學之程式設計、網路相關知識、機械學習(AI 人工智慧)、作業研究之資料分析及模式模擬之軍事訓練及應用。運用模式模擬方式分析最佳解決方案及輔助軍事訓練，可提升訓練成效、減少訓練風險、降低預算及資源之消耗。

畢業論文題目為「使用資料擴張學設計，研究分析 Armstrong 作戰隨機模型」，提供美海軍軍官快速判斷反水面作戰(Anti-surface warfare, ASUW)飛彈齊射(Salvo Mode)後之結果，而 Armstrong 作戰隨機模型為類比信號一次輸入，因此不必經過反覆模擬，可以大幅提升模擬時效並解釋作戰後兩軍可能結果，惟此模型尚未完整；職使用特徵函數方式，能完美解決在運算上的誤差。

目次

壹、目的

貳、過程

參、心得及建議

本文

壹、目的

作業分析乃運用電腦科技及運算能力，模擬及分析軍事行動及作為，輔助決策者及戰場指揮官決心之下達，並以有限的資源達成其最大之成效為目標。

此碩士班為學習美軍模式、虛擬環境及模擬相關技術，並運用不同種類的模式模擬系統，提供不同的教育訓練及分析研究，以提升軍事訓練成效及強化聯合作戰能力。同時，課程結合戰術相關知識及分析技巧，以公正、不偏袒及不狹隘的態度，把理論實際化，尋求較佳的作戰及訓練方案。

貳、過程

美海軍研究院於 1909 年創立，主要目的為美國軍方和國防部門培養高層次工程技術與管理人才，推進國防科技研究之重要使命，其學校原址於距離海軍學院旁之馬里蘭州爾那柏利斯(Annapolis, Maryland)，1947 年國會通過預算後購買蒙特瑞市現址，後續於 1951 年遷校至其位置，約於美國加州舊金山市及矽谷科技重鎮南方 100 哩處，地理位置優越並為人才聚集之地區。

一、學校主要人員介紹：

1、學校校長：

羅納德 A. 路特(Ronald A. Route)為海軍總督長(Naval Inspector General)退役海軍上將(Retired Vice Admiral)，軍事經歷為冷戰(Cold War)、沙漠風暴行動(Operation Desert Storm)等，學歷美海軍學院及美海軍研究所作業分析(Operations Research)碩士。

2、教育長：

史帝芬 R. 勒曼(Steven R. Lerman)為麻省理工(MIT)社會工程碩、博士，曾任喬治華盛頓大學教育長。

二、學校組職及招生介紹：

學校附設四所主要學院，各學院下轄相關科系，主要為理、工、管理學院為主，學校之組職架構如圖 1，其中較為著名有太空、作業分析、國防事務等系所。

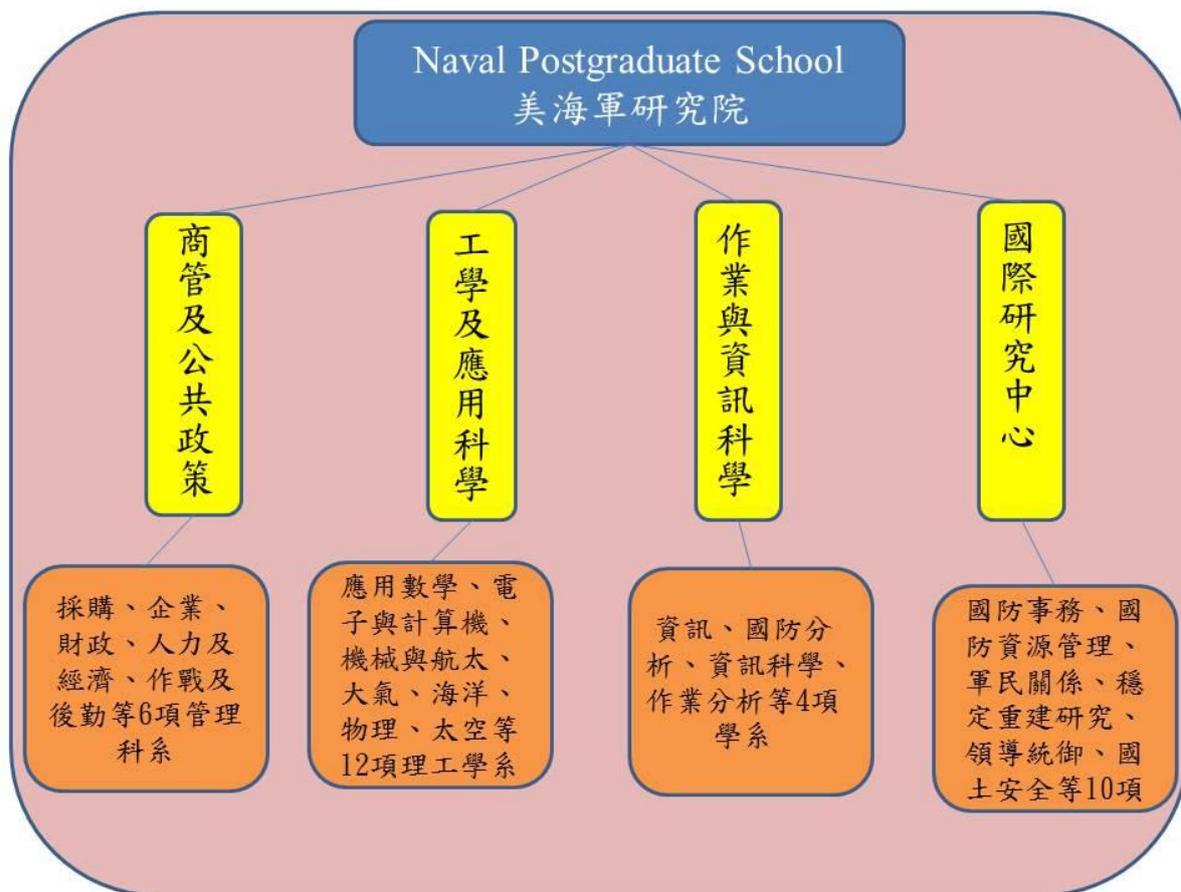


圖 1 學校組職

以學生組成面向分析，學校招生並不受軍種限制，學生包含陸、海、空、海岸巡防、政府機關等單位及世界各國人員，學生多是已脫離大學生活一段時間的各國國防相關人員，所以除了學業之外，在海軍研究院的社交經驗，係以分享家庭生活與工作經歷為主軸。美國也藉此建立與盟國基礎軍士官的強力連結，比起基礎學院來說，海軍研究院有著相互分享工作經驗的優勢。

以學校辦學而言，除在校學生外，尚有專長認證班（短期班隊）及遠距離教學班，主要是提供學生學習相關專精職能，可以於在校或遠距離完成相關軍、民間專長或學位之授予，如圖 2 為 2017 年就學人員統計表，以在校生 64% 為主要組成。

2017年美海軍研究院在學人數統計

■ 在校學員生 ■ 遠距離教學 ■ 專長認證

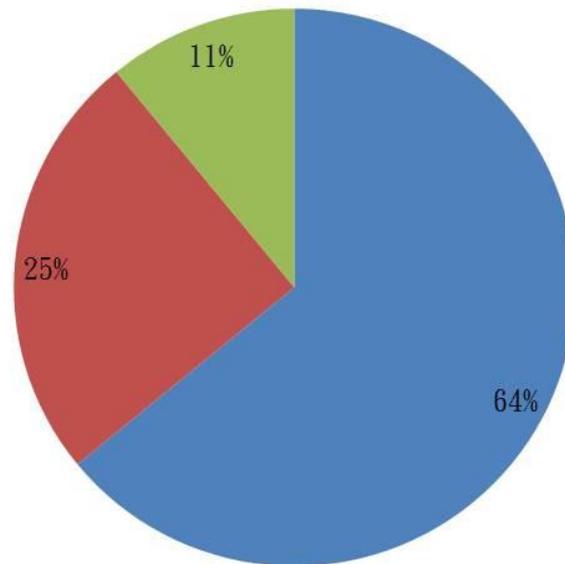


圖 2 在校人數統計

以在校學生而言，如圖 3 為 2017 年學員生表，主要以海軍人員為主，顯示在三軍高等教育，海軍與海軍陸戰隊相對重視程度。另除海軍研究院之外，高等教育尚有空軍研究院(Air Force Institute of Technology, AFIT)也可提供碩、博士之學位授予。

2017年美海軍研究院在校學員生

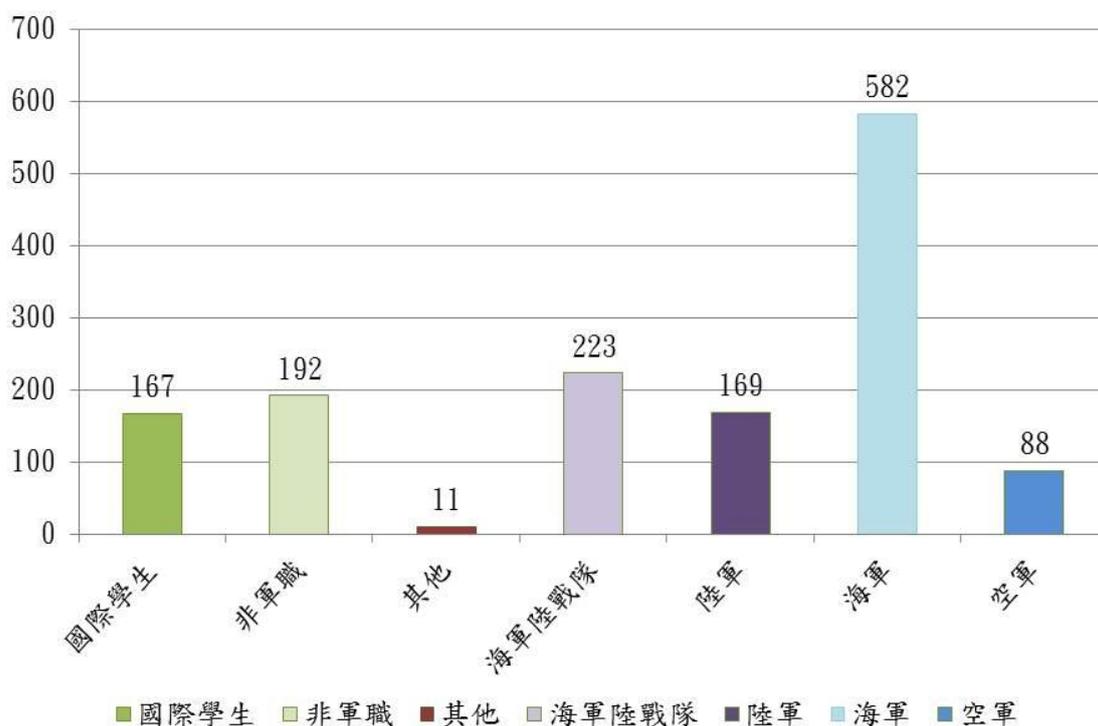


圖 3 學員生分析表

以國際學生方面分析，有 167 位國際學生來自 49 個國家，國際學生以新加坡(27 人)為最多送訓學生之國家，學校於 2017 年底統計有來自 117 個國家 6,184 個學生畢業，也為全世界科學研究之軍事學府之最。另美海軍研究院十分重視國際學生之交流互動，也設置國際學生辦公室(International Graduate Programs Office)協助學生之生活上問題，主任為海軍退役上校艾斯科特(Capt. Ai Scott)。

三、學校重要國際活動：

國際辦公室也安排美國文化體驗互外教學體驗、國際學生日等活動，圖 4 為國際學生日本國之攤位及風味小吃，當日也介紹台灣文化及風土人情等，進而使各國了解台灣人獨特的人情溫暖，其中也十分感謝舊金山市台北經濟文化辦事處(Taipei Economic and Cultural Office at San Francisco)及連絡官協助，提供相關台灣宣導文宣、海報、經費，促使台灣於各國間能有獨特的表現，並使他國藉由此機會認識台灣。



圖 4 海軍研究院國際學生日

四、作業分析(Operations Research)碩士班課程介紹：

海軍研究院於 1951 年遷校至蒙特瑞市，作業分析也於 1951 年創立。此碩士班為美海軍研究院重點指標科系之一，該系以純數學、程式設計、人工智慧及模式模擬解決戰場及後勤上問題，在全世界軍事分析及最佳化處理佔有領先地位。學生主要為具理工背景之作戰及後勤專長軍、民人員，且有許多美國學生為大學名校畢業。於職所屬作業分析科系中，以國際學生為例，韓國係派遣軍校第一名畢業學生就學；以色列人以每年固定僅選派最優秀一人至系所就讀，其他先進國家如德國、澳大利亞、新加坡等也有優秀學生就讀，因此本系之競爭與難度相對其他科系較高。

進修過程依照學校排定課程完成所需之畢業學分及畢業論文為目標，此次進修包含一季複習課程及七季正規課程，課程難度由基礎到進階循序漸進實施，教學方式採課堂面對面授課，課程內容有別於其他學校科系採選課方式，此碩班課程已由系上教授統一排定，但如有其他需求，可與系上教授討論後，調整修課內容，並於畢業前須完成碩士論文，始可授予畢業證書。修課目的為提供撰寫畢業論文之基礎知識、論文相關資料蒐整及研讀能力、程式設計技巧、實驗技巧、論文撰寫及資料分析能力等，其課程包含：

正規課程：

第一季：1.工程用微積分 2.計算機概論 3.線性代數 4.機率學。

第二季：1.統計學 2. 線性規劃 3.隨機概論 4.決策理論。

第三季：1.數據分析 2.模式模擬實驗 3.網網絡流分析 4.高等隨機概論。

第四季：1.非線性代數 2.進階數據分析 3.模式模擬分析 4.成本估算學。

第五季：1.搜索理論 2.聯合戰術模擬分析 3.Excel 電子表格與軍事應用 4.論文專題討論。

第六季：1.機械學習 2. 實驗及論文撰寫 3.戰場分析學 4.資料處理系統。

第七季：1. 電腦程式模式模擬 3 最佳量化設計 2. 實驗及論文撰寫

美海軍研究院修課負擔相對沉重，每一季需完成至少四門正課，每一門視課程設計，需滿足作業、考試、或專案計畫等不同要求門檻。

畢業論文方面，於第五季結束前與指導教授討論，完成論文題目擬定、實驗計畫、撰寫進度期程及提報，並於第六季至第七季，運用修課之餘時間完成論文相關資料蒐整、研讀、程式設計、實驗及撰寫。

另美軍學生有大學復習課程(Refresher Program)外，不論階級也需完成軍事專業聯合教育之指參教育課程(Joint Professional Military Education)，主要為結合所學專業，完成軍事文章之寫作；另依照各單位需求，海軍人員也於就學期間完成專長認定學術課程，因此，美海軍學生比一般學生多出二季課程(共九季)，其他軍種多出一季課程(共八季)，綜合上述正規課程外，相較民間大學於課程負擔較大許多。

三、論文研究簡介：

職論文題目為「使用資料擴張學設計，研究分析 Armstrong 作戰隨機模型」(Verification Analysis of Armstrong's Stochastic Salvo Equations Using Data Farming)，其此模型使用目的為使用數學運算方式，快速瞭解反水面作戰(ASUW)中飛彈射擊後之成效。

美國海軍為一個全方位作戰體，可以完整提供一個陸、海、空完整作戰平台，強大戰力、機動力、後勤支援，提供美國在世界各地快速進入戰區之能力。依戰艦特性，如航空母艦擁有大量戰機及艦隊陸戰隊，驅逐艦具備絕佳長距離防空戰力，具備快速攔截反艦飛彈之能力，潛艦可無聲發射魚雷殲毀水面艦，其搭載之核子彈頭，有毀滅性終結戰局之能力。美國海軍運用各方面先進科技，連帶驅使美國海軍國防預算呈現大幅增長，如何有效分配人力、物力資源並促進作戰科技發展，充份運用模式模擬及成本估算技術，便成為美國軍方非常重要課題。

因此，美海軍軍官廣泛使用退役上校 Hughes 齊射決定性模型(Capt. Hughes Deterministic Salvo Model) 快速瞭解海上作戰飛彈射擊後之成效，渠在美海軍研究院也完成許多戰術戰法研究論文，唯此模型僅單一結果，無法解釋現實作戰中許多不確定因素。

Armstrong 博士為加拿大退役空軍修護軍官，渠使用複雜數學運算完成齊射隨機模型，此模型最大優勢為使用 Excel 或相關軟體即可運作，並可以解釋實際作戰不確定性之表現。

而職論文使用美海軍研究院之資料擴張學設計(Data Farming)，針對 Armstrong 作戰隨機模型研究，其用途是在建立無交互影響之參數設計點，每一個參數設計點為關鍵

輸入資料提供模型分析，因各參數設計點僅存極微小之影響，後續輸出作戰結果資料，可以視為重要事件之關鍵資料。

此論文應用的演算軟體為 R(數據彙整與處理)建立實驗模擬、JMP(數據圖表分析與統計)。依美海軍退役上校 Hughes 之艦艇作戰研究，美國海軍在反水面作戰(ASUW)時，雖然有航空母艦、驅逐艦戰力上的優勢，但在小型戰艦包圍下，以反艦飛彈攻擊下之數學及物理理論而言，計算後成果顯示，戰力優勢是無法壓制數量上優勢，意旨小型戰艦可殲毀航母。而以建造、研發、後續維保面向研討，小型戰艦投資是相對有利，美海軍研究院在其他研究方面也說明，攻擊力的(Offensive Power)提升相較防禦力(Defensive Power)、持續力(Staying Power)之提升所付出之資源，顯得有效且經濟許多；另這也促使美軍積極研發無人戰艦(Medium Displacement Unmanned Surface Vessel)作戰載台，以降低海上重要作戰資源，遭飛彈攻擊而損耗。由此觀之，國軍建構輕快兵力，與研製微型突擊艇之建軍方向，實具有相關理論及研究之支持，可提供海上作戰之有效戰力。

Armstrong 作戰隨機模型為類比輸入，使用正態分布及計量估算方式，實踐作戰隨機模型估算，實驗結果顯示，此模型有特定參數使用上的限制，實際上某些參數會影響作戰模擬之結果；實驗方法為資料擴張學設計(Data Farming) 分析，此研究方式為美海軍研究院重點之一，意旨設計之參數無相互關聯影響，建立複雜參數並廣泛實施模擬，進而分析關鍵作戰參數及分析指標(MOE)之量化數值，俾利資料擴張學設計(Data Farming)之輸出資料分析（如圖 5）。

而本次以模擬方式來驗證 Armstrong 作戰隨機模型之實驗，採 5,120 筆獨立事件，每獨立事件使用高速電腦執行 50,000 次模擬，總計為 256,000,000 次執行，在程式設計方面，可以大量運用「作用」類語法(Apply family function)，大幅提升作業時效，惟一次性記憶體需求較高。另職使用特徵函數方式數學運算，可以數學式表示來輸入，能完美解決在運算上的誤差，該運算技巧可以輔助幕僚人員擬定相關計畫，以提供指揮官做決策參考。

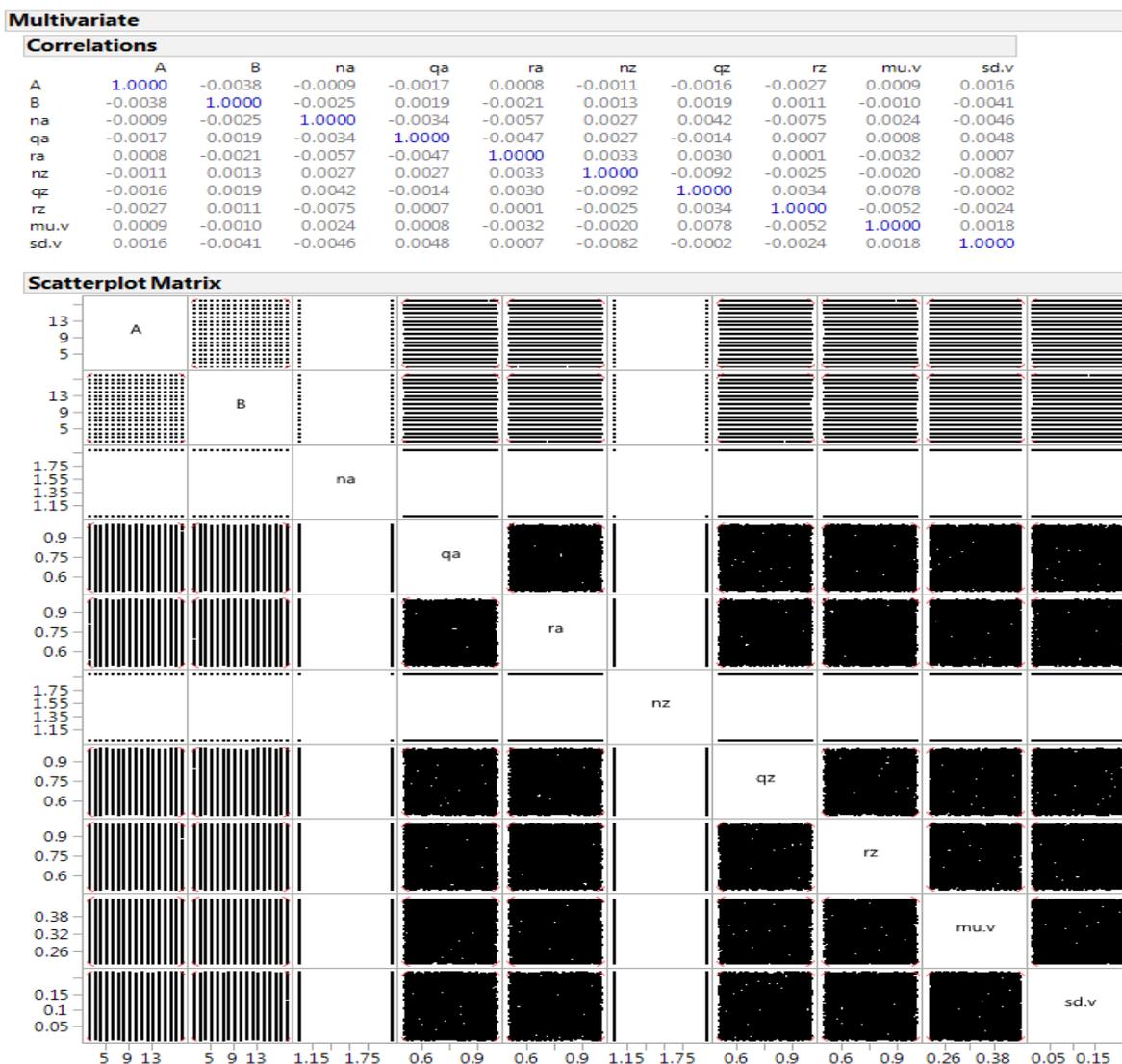


圖 5 擴張學設計(Data Farming) 參數輸入分析

另職使用 R 語言開發量化齊射隨機模型界面化之設計(Rshiny)，此語言為開放授權之多功能程式語言，用途非常廣泛，尤以大數據分析及機械學習(Machine Learning)部份，此為系統開發者之重要工具；另於統計方面，為世界排名第一之必學語言。

職製作之模型程式，相較 Excel 軟體擁有多功能顯示及更有效運算能力，輸出資料包含了退役上校 Hughes 作戰模型、Armstrong 作戰隨機模型、特徵函數作戰隨機模型和蒙地卡羅方法論之作戰隨機模型等 4 項模型比對，可以快速運算及產生分佈圖示，以提供反水面作戰分析之參考。

All Salvo Model | Armstrong 2005 | Exploration of Model

Attacker(Side A) Defender(Side B)

Number of offensive SSMS (na) Number of defensive SAMs (nz)

Probability of offensive: individual (qa) Probability of defensive: individual (qz)

Probability of offensive: shared (ra) Probability of defensive: shared (rz)

Mean of Loss (mu.v) Standard Deviation of Loss (sd.v)

-----miscellaneous-----

Small calculator : input Correlation

Small calculator : input Probability

-----Output-----

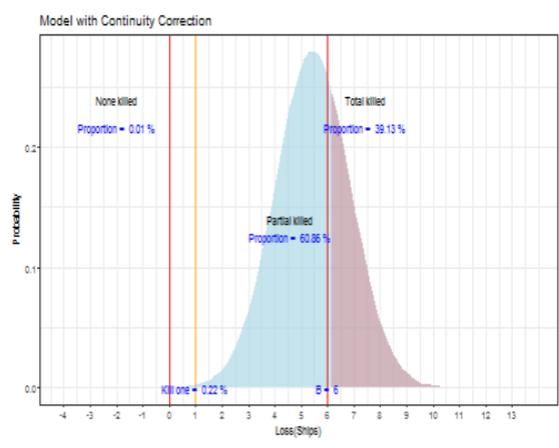
Small Calculator for q* and r*

Continuity correction
 Modified
 Continuity include B

By Jack (Chuan-huan) Li

Note: When correlated missiles, Characteristic salvo model use Monte Carlo get probability then applying CF

```
[1] "-----One Salvo Result:-----"
      [,1]
B.det.proportion 0.09333333
B.stoch.proportion 0.14802609
B.cf.proportion 0.09333241
[1] "-----Armstrong Salvo Model-----"
[1] "Proposition 1:"
      [,1]
EB1.star 0.560000
VB1star.sd 1.425108
[1] "Proposition 2:"
      [,1]
EB1 0.8881565
VB1.sd 1.0177489
[1] "Proposition 3:"
      [,1]
Loss.B 5.1118434631
P.Ballsurvive 0.0001076709
P.Bsomesurvive 0.6086192172
P.Bnotsurvive 0.3912731118
[1] "Proposition 4:"
      [,1]
P.Bwins 0.2381785
P.bothdead 0.1530946
percentile.95th.loss.b 0.0000000
B.survive.prob 0.6087269
[1] "-----Characteristic Salvo Model-----"
      [,1]
cf.mean.loss 5.440006e+00
cf.VB1.sd 1.425006e+00
cf.prob.zero.loss 3.527074e-05
cf.prob.Total.loss 3.438432e-01
```



Note: Press Action Bottom Start Simulation. Non-integer missiles cannot simulate

Numbers trials of simulation

Action

```
[1] "Simulation id: 0 Salvo Result for B:"
      [,1]
[1,] 0
```

圖 6 量化齊射隨機模型程式

參、心得及建議

一、深造教育建議：

在海軍研究院作業分析研究所中，美國教育並不是以背誦方試來進行，美國軍方十分重式資料搜集、分析處理、建立模式模擬、及找最佳決策處理等實務。

美國深造教育是結合現有專案，如各軍種戰術層級或國防部戰略層級之研究案，交由各教授委托研究分析。美國軍方研究主題中使用實際或想定參數、環境設計、假定設計等，可使學生與教授或專案管理員協調論文之可執行性，如此學生及教授可以充份發揮所長並完成研究以供後續參考。美國以實務及交流方式，可提供國軍深造教

統均會在教授門口佈告欄留下畢業證書影本及留言（如圖 8）。



圖 8 教授門口佈告欄