

國軍軍售訓練留美人員返國報告

一、 姓名:林哲雄

二、 軍種級職:陸軍兵工少校

三、 身分證號:N122825290

四、 原屬單位(含通訊處及電話):

國防部整合評估室模式模擬處

台北市中山區北安路 409 號 5 樓；電話:02-25337621

五、 受訓班次名稱:

作業研究碩士班(Operation Analysis – Curriculum 360)

六、 受訓起迄日期:

97 年 6 月 22 日至 99 年 9 月 24 日止

七、 返國日期:

99 年 9 月 26 日

八、 受訓地點及校名:

美國加州蒙特瑞 (Monterey, California, United States)

海軍研究院(Naval Postgraduate School)

九、 受訓重點內容:

本次軍售訓練係奉國防部 97 年 5 月 6 日國力培育字第 0970001819 號令核定赴美國海軍研究院進修「作業研究碩士班」，進修期限自 97 年 6 月 22 日至 99 年 9 月 24 日止。

學校概述:

美國海軍研究院創建於西元 1909 年，其前身為美國海軍工程學院(School of Marine Engineering at Annapolis)隸屬於美國海軍官校(Naval Academy)，並於 1951 年自美國東岸馬里蘭州安那波利斯遷至西岸加州蒙特瑞現址，為美國海軍研究所層級的學校，迄今該校已有 100 年的歷史。

學校現有四個系所，包括企業及公共政策研究所(Graduate School of Business and Public Policy, GSBPP)、工程及應用科學研究所(Graduate School of Engineering and Applied Science, GSEAS)、作戰及資訊科學研究所(Graduate School of Operational and Information Science, GSOIS)以及國際研究所(School of International Graduate Studies, SIGS)。

本次進修科系為作業研究學系(Operations Research Department) 係屬作戰及資訊科學研究所(GSOIS)之一部，為學校最早成立的科系之一，同時本系也是全美歷史最悠久且最大的作業研究教育單位，其教育宗旨在於培育具有獨立分析能力的軍事專業人員，以提供決策者在面對作戰相關抉擇時的參考依據。

作業研究的運用範疇涵蓋各作戰層級，其中包括國家政策分析、資源分配、兵力結構及現代化、武器系統選擇、戰術分析、後勤補給以及搜索及救援等方面均有其運用價值，許多本系畢業人員均於美軍單位擔任重要職務，如現任美國參謀聯席會主席(Chairman, Joint Chief of Staff)麥可穆倫將軍 (Admiral Mike Mullen)即畢業於本系，並於 2009 年成為本校名人堂之一員。

課程概述:

學校學制系屬學季制(Quarter)，即每學季為三個月，因此本次進修時間兩年三個月共計 9 個學季，其中第一學季為基本學科複習教育，其目的在提供進修學員複習基礎理工數學科目(包括微積分、線性代數等)以利後續課程的發展，主要原因在於絕大部分學員均自學校畢業許久，此課程設計在使學員能儘速融入學術教育的環境，而順利與後續專業科目接軌。

第二學季開始教授各類作業研究相關課程，從機率學、統計學、程式設計、資料分析等一系列系統化的教學內容，且第一年所有課程均為必修科目，每學季至少須修習四門科目以上，其目的在使學生有一定程度的基礎數理分析能力，自第二年起針對模式模擬、最佳化作業、機率模式、統計分析等四大方向實施授課，學員可就上列相關範疇，針對個人軍事專業與興趣選取研究方向以撰寫畢業論文，表一為本次進修各學季所修習科目。

學年/季	課程代碼	課程名稱	課堂 時數	實驗 時數
2008/4	IT1600	Communication skills for international officer	3	0
2008/4	MA1025	Introduction to mathematical reasoning	4	0
2008/4	MA1113	Single variable calculus I	4	0
2008/4	MA1114	Single variable calculus II with matrix algebra	4	0
2008/4	OA1600	Introduction of Operation Analysis	2	2
2009/1	MA1115	Multi variable calculus	4	0
2009/1	MA3042	Linear Algebra	4	0
2009/1	OA2200	Computational method for operations research I	4	1
2009/1	OA2900	Workshop in operation research/system analysis	V	0
2009/1	OA3101	Probability	4	1
2009/2	IT1500	International program seminar for international officer	4	0
2009/2	OA2900	Workshop in operation research/system analysis	V	0
2009/2	OA3102	Statistics	4	2
2009/2	OA3200	Computational method for operations research II	3	1
2009/2	OA3304	Decision theory	4	0
2009/3	OA2900	Workshop in operation research/system analysis	V	0
2009/3	OA3103	Data analysis	4	1
2009/3	OA3201	Linear programming	4	0
2009/3	OA3301	Stochastic Model I	4	0
2009/3	OA3401	Human factors in system design	3	1
2009/4	OA2900	Workshop in operation research/system analysis	V	0
2009/4	OA3302	Simulation modeling	4	0
2009/4	OA3602	Search theory and detection	4	0
2009/4	OA4201	Nonlinear Programming	4	0
2009/4	OA4655	Introduction to joint combat modeling	4	0
2010/1	IT1700	Academic writing for international officer	3	0
2010/1	OA3900	Workshop in operation research/system analysis	V	0
2010/1	OA4202	Network flows and graphs	4	0
2010/1	OA4801	Spreadsheet modeling for military operations research	3	2
2010/2	OA0810	Thesis Research for operations research	0	8
2010/2	OA4333	Simulation analysis	4	0
2010/2	OA4656	Advanced combat modeling	4	1
2010/2	OA4702	Cost estimation	4	0

2010/3	OA0810	Thesis Research for operations research	0	8
2010/3	OA4108	Data mining	2	2
2010/3	OA4202	Game theory	4	0
2010/3	OA4604	Wargaming Application	4	0
2010/4	OA0810	Thesis Research for operations research	3	1
2010/4	OA0810	Thesis Research for operations research	0	8
2010/4	CS3060	Database system	0	8
2010/4	OA4109	Survey research methods	4	2

表一：進修課程表

本次進修碩士論文題目為「有限資源下高架式偵監設備最佳化運用方式 (Optimal Operation of Surveillance Towers with Limited Manpower)」，其內容在於探討高架式偵監設備(如圖一)在操作人員或設備不足的情況下，應以何種運作策略以達到最佳的偵監效益。



圖一：高架式偵監系統 (左圖：偵監系統頂部。 右圖：監控室)

此研究論文係以賽局理論(Game Theory)建構監控者(藍軍)與被監控者(紅軍)之間的相互決策模式，並以「兩人非零和(Two-person nonzero-sum game)」方式的建構此賽局模式，此模式可用於評估某紅軍希望在特定區域造成動亂攻擊，而藍軍則希望消弭紅軍的動亂意圖，透過此模式以評估在藍軍有限的監視資源(人員、

裝備)下，應以何種監視資源配置策略，以獲取最佳的偵監結果。其中想定及模式相關參數概述如下：

藍軍：

負責 A、B 等兩城市的安全防護任務，其任務目的在運用監視設備減少紅軍於兩區域造成動亂，其最佳狀況在於使紅軍停止動亂，藍軍在兩城市間的總體監視系統作業能力為 s ， $s \leq 2$ 。其中在 A 城市的監視能力為 p_1 ，在 B 城市的監視能力(偵監正確率)為 p_2 ，藍軍可調整兩城市間的監視能力(如調動人員及裝備)，只要 $p_1 + p_2 \leq s$ 且 $0 \leq p_i \leq 1$ 其中 $i = 1, 2$ 。

紅軍：

在 A、B 兩城市製造動亂，以干擾藍軍行動，其任務目的最佳狀況在於製造動亂攻擊而不被藍軍發現。

在此我們可將雙方的決策及獲利關係以獲益表(reward table)表示，如表二。

藍紅兩方的目標均在於獲取最佳長期獲利率(long-run reward rate)。

	停止動亂	動亂且未被偵測	動亂且被偵測
紅軍	0	+1	-r
藍軍	0	-1	-b

r :指紅軍製造動亂且被偵測後，紅軍所將遭受的損失。
 b :指紅軍製造動亂且被偵測後，藍軍所將遭受的損失。

表二 :獲益表 (Reward Table)

假設藍軍在某一城市監視能力為 p ，那麼藍軍在每一次動亂的預期獲益率 (expected reward) 為

$$(-1)(1-p) + (-b)p = -1 + (1-b)p \tag{1}$$

而紅軍在每一次動亂的預期獲益率(expected reward)為

$$(+1)(1-p) + (-r)p = 1 - (1+r)p \quad (2)$$

設方程式(2)為0，可求得

$$\hat{p} = \frac{1}{1+r} \quad (3)$$

假使 $p > \hat{p}$ ，則方程式(2)為負值，那麼紅軍的最佳方案就是停止動亂。當 $p = \hat{p}$ 時，紅軍每一次動亂的預期獲益率為0，所以，紅軍會覺得製造動亂與否是沒有差別的，就數學分析的完整性，我們假設當 $p = \hat{p}$ 的時候，紅軍仍會製造動亂，因為這將使得藍軍的預期獲益率為負值。

從紅軍的角度而言，假設紅軍製造動亂的最大頻率為 x 。我們可以區分三個區段探討 s 。

1. $s \in (2\hat{p}, 2]$: 假設藍軍配置其監視能力 $p_1 = p_2 = s/2 > \hat{p}$ ，那麼紅軍將會停止其在兩個城市製造動亂的活動；這對兩方而言，其預期獲益率均為0。

2. $s \in [0, \hat{p}]$: 不論藍軍如何配置(固定或機動)其監視能力，紅軍都會持續以最大攻擊頻率 x 於兩城市製造動亂；則總計紅軍長期獲益率為

$$x(1 - (1+r)p_1 + 1(1+r)p_2) = x(2 - (1+r)s) \quad (4)$$

藍軍長期獲益率為

$$x(-1 + (1-b)p_1 - 1 + (1-b)p_2) = x(-2 + (1-b)s) \quad (5)$$

3. $s \in (\hat{p}, 2\hat{p}]$: 當 s 落於此區段，藍軍監視能力的配置策略，將會影響紅軍是否製造動亂的決策。因此，我們將針對此一區段做更詳細的分析，

特別是藍軍應以固定配置(Stationary Allocation)或是動態配置(Dynamic Allocation)方式運用其偵監資源。

■ 固定配置(Stationary Allocation)

當藍軍運用此一策略時，紅軍於單一城市的長期獲益率為

$$x(2 - (1+r)s) \quad (6)$$

而藍軍的長期獲益率為

$$x \left(-1 + (1-b) \left(s - \frac{1}{1+r} \right) \right) \quad (7)$$

■ 動態配置(Dynamic Allocation)

當藍軍運用此一策略時，我們假設藍軍分別配置監視能力 p 及 $s-p$ 於某兩個城市，並依既定的對調頻率實施交換；在此同時，我們假設 $p > s-p$ 。

這樣配置方式主要在使 $p > \hat{p}$ ，即讓紅軍有時候會停止製造動亂，但是紅軍必須要猜測可以回復攻擊行動的時間。在這動態轉換的過程中，假如紅軍並不知道藍軍的變換時間時，我們可將監視能力為 $s-p$ 的城市視為欺敵誘標(Decoy)，以嚇阻紅軍製造動亂。在這樣的條件下，藍軍的決策變數(Decision variable)有兩個，即 p 與 y ，其中 y 為藍軍監視資源的變化率，並假設 y 為普瓦松分配。

另一方面，紅軍可能利用間諜或其他方式去得知藍軍的變化率 y ，假設其察覺到藍軍變化率的頻率(簡稱為學習率)為 z ，則對紅軍而言，其決策變數也有兩個，即為 x 與 z ，假設這兩者均為普瓦松分配，此外我們用 $x + \alpha z \leq c$ ，來限制紅

軍的攻擊率 x 及 學習率 z ，經由紅軍限制式的轉換，我們可以將紅軍的決策變數縮減為一個，即 z (因為 $x = c - \alpha z$)。

透過相關的數學推導過程，我們可以得到一個等待時間 \hat{t} ， \hat{t} 表示紅軍為獲得最佳的獲益率，就需要等候這個時間，才能進行下一次的攻擊，其中

$$\hat{t} = \frac{\ln\left(\frac{2p-s}{2\hat{p}-s}\right)}{2y} \quad (8)$$

再運用更新獲益過程(Renewal reward process)理論，我們可以推導出紅軍的長期獲益率為

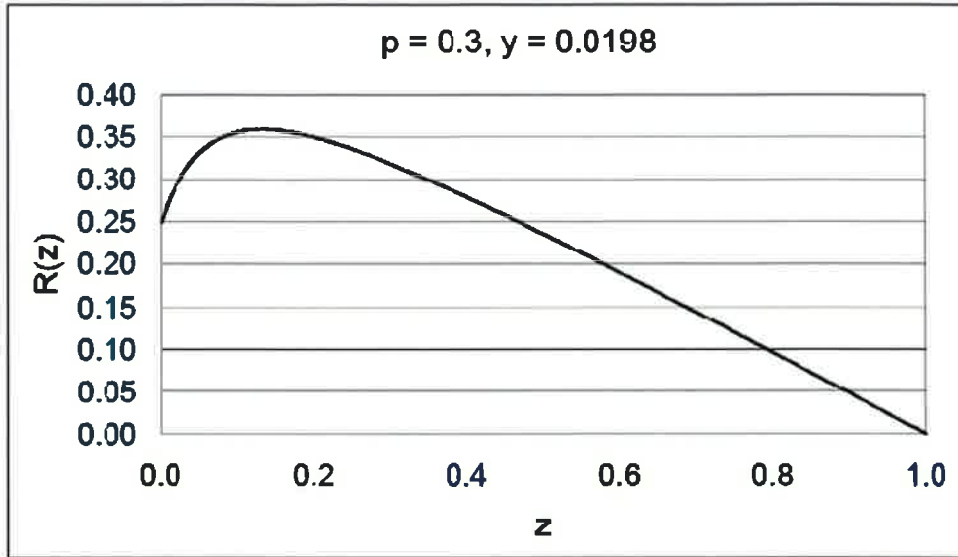
$$R(p, y, x, z) = \frac{x}{4} \left((2 - (1+r)s)(1 + e^{-zi}) + (1+r)(2p-s) \frac{z}{z+2y} (1 - e^{-(z+2y)\hat{t}}) \right) \quad (9)$$

與藍軍的長期獲益率為

$$B(p, y, x, z) = \frac{x}{4} \left((-2 + (1-b)s)(1 + e^{-zi}) - (1-b)(2p-s) \frac{z}{z+2y} (1 - e^{-(z+2y)\hat{t}}) \right) \quad (10)$$

紅軍的最佳策略：

透過二次微分的數學推論方式，可證明 $R(z)$ 在 z 的合理區間內，有極值的存在。因此可以運用二分式演算法(Bisection Algorithm)找出其最佳解，其運算範例如圖二。



圖二：當藍軍的策略為 $p = 0.3, y = 0.0198$ 時，紅軍的最佳策略 $z^* = 0.13237$

藍軍的最佳策略：

就藍軍而言，其最佳策略在於根據紅軍的最佳解，以求得自身的最佳解。即

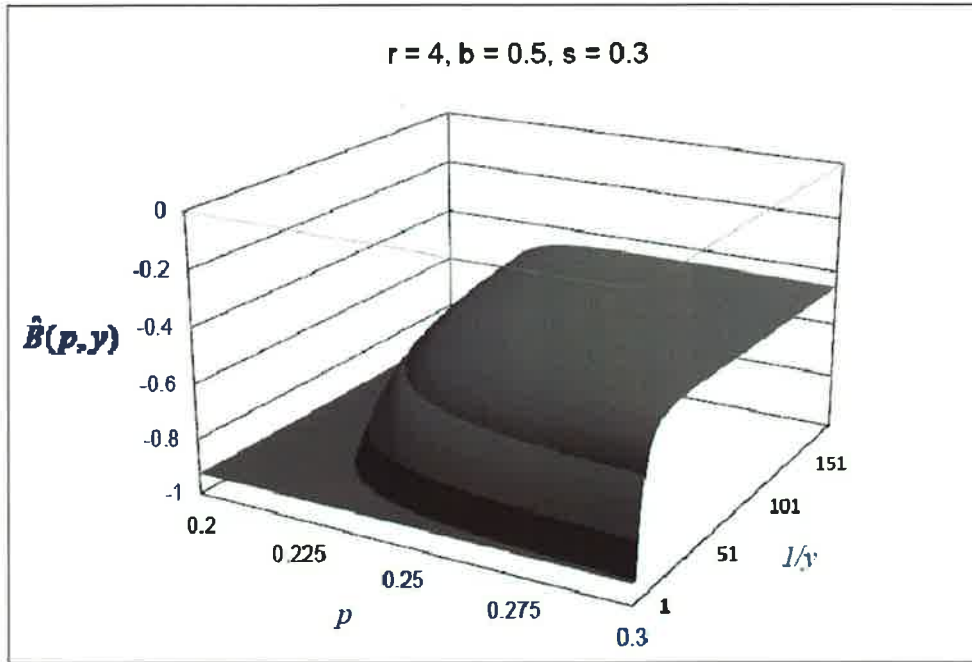
以 $z^*(p, y)$ 與 $x^*(p, y) = z - \alpha z^*(p, y)$ ，來求出藍軍最佳解

$$\hat{B}(p, y) = B(p, y, x^*(p, y), z^*(p, y)) \quad (11)$$

因為 z^* 及 x^* 取決於 p 與 y ，因此我們需要處理兩個變數的最佳化歸推導，如圖三，

以求得藍軍的最佳策略。在此，我們運用黃金比演算法(Golden section search)在

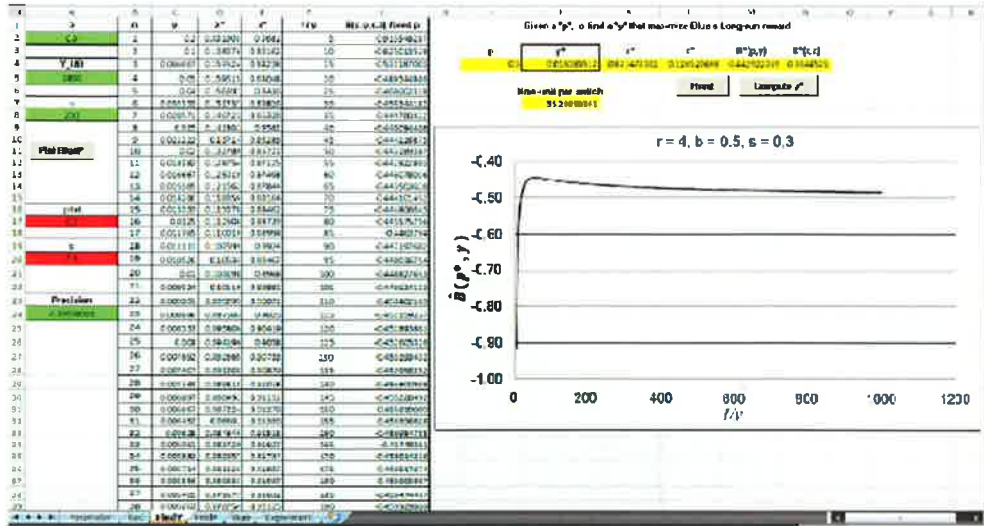
兩個變數間持續交互尋找其最佳值。



圖三：藍軍的目標函數圖

我們將上述一系列推導演算過程，運用 Microsoft Excel VBA 整理成一個運算程式及輔助工具，如圖四，以便於決策分析人員使用。

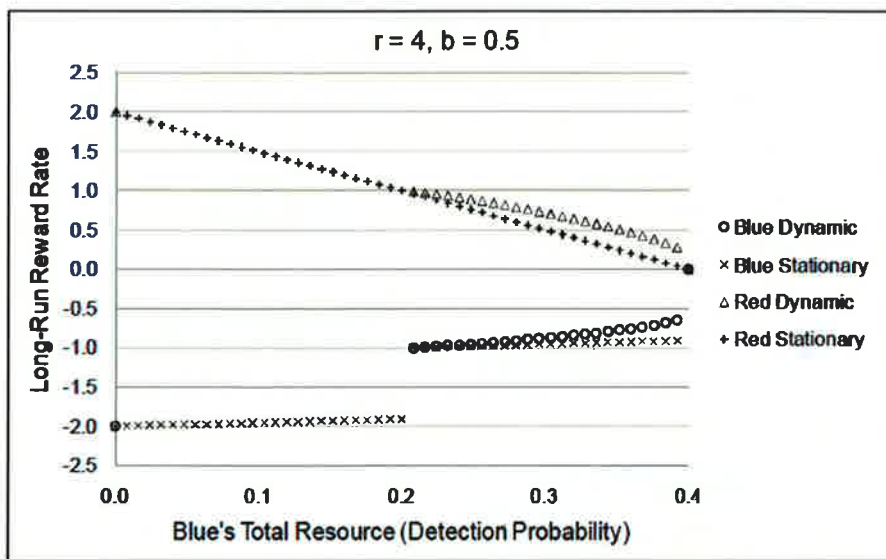
	A	B	C	D	E
1	Input parameters				
2	r	b	alpha	c	
3	4	0.9	1	1	
4					
5	Reward Table				
6		No Attack	Attack Undetected	Attack Detected	
7	Red	0	1	-4	
8	Blue	0	-1	-0.9	
9					
10	Compute			Precision	
11	pHat	2pHat		1.0E-08	
12	0.20000	0.40000			
13					
14					
15					
16	Input Available Resource (s)		Is dynamic allocation useful? (Recommendation for Resource Allocation)		
17	S	0.3			
18					
19					
20	Note:				
21		Input values, Can be modified			
22		Computation Result			
23		Formulas, Do not Change !!			
24					



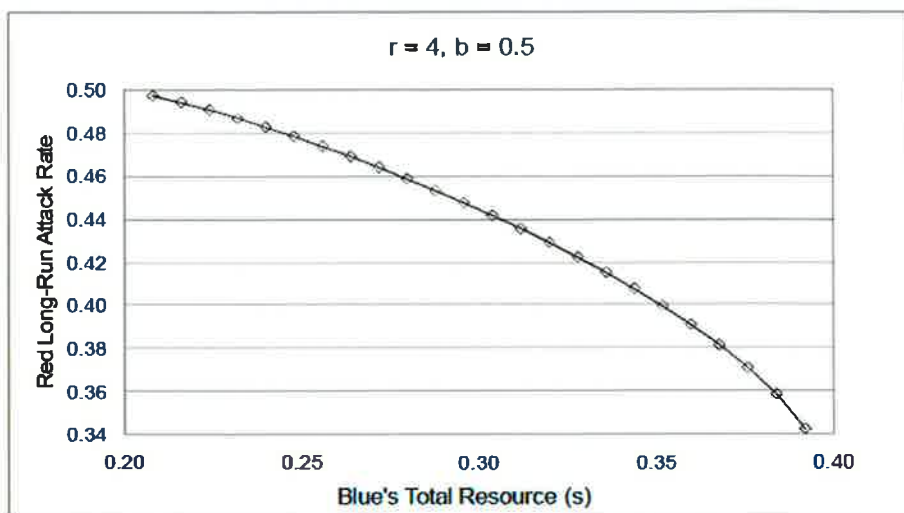
圖四: Microsoft Excel 輔助計算程式

分析結論

在此研究當中，我們分析監視系統不同的資源配置方式(固定及動態)，並且就動態配置的效益進行分析。從圖五的範例可以顯示，當 $s \in (\hat{p}, 2\hat{p}]$ 時，就藍軍的立場而言，動態配置的獲益率均優於固定配置方式。對紅軍的影響而言，從圖六中可以顯示，藍軍的動態配置策略將使得紅軍的攻擊率 x 隨著藍軍的監視資源 s 的增加而降低。



圖五: 紅、藍軍長期獲益率在固定配置與動態配置下的比較($r = 4, b = 0.5$)



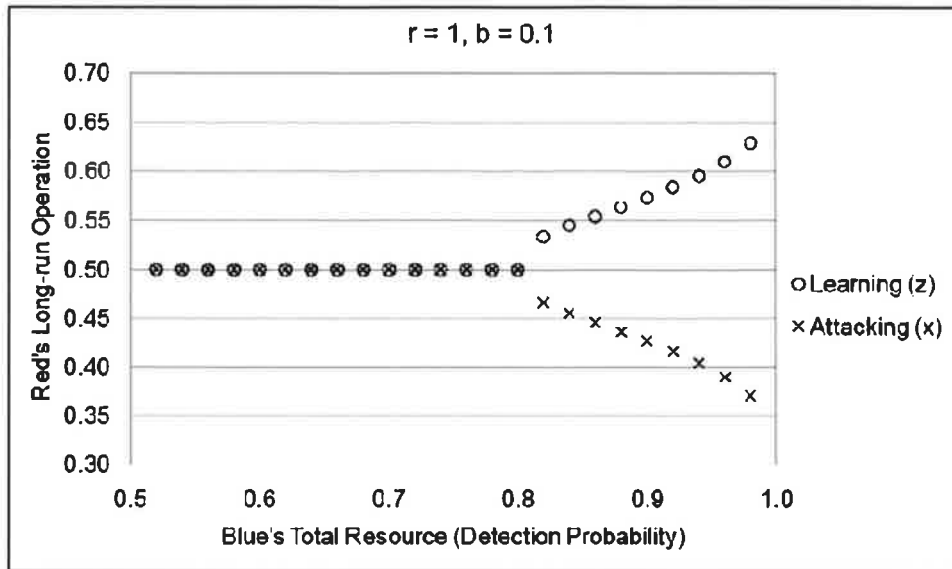
圖六: 紅軍的長期攻擊頻率變化

另外，從 b 值(指紅軍製造動亂且被偵測後，藍軍所將遭受的損失。)與 s 值的觀點而言，我們可以從表三中得知，當運用動態配置的方式時，較大的 s 值及較大的 b 值將使得動態配置的效益更高。

$r = 4$			s			
			0.24	0.28	0.32	0.36
b	0.1	Blue	0.78%	3.61%	8.18%	15.31%
		Red	13.78%	30.26%	57.56%	126.69%
	0.5	Blue	1.96%	5.72%	10.98%	18.40%
		Red	14.21%	31.63%	60.71%	134.47%
	0.9	Blue	3.13%	7.76%	13.61%	21.23%
		Red	14.61%	32.91%	63.67%	141.83%

表三： b 值增加時，動態配置對紅、藍軍在固定配置下的獲益比增加率

然而，在某些情況，動態配置並沒有比固定配置的效益佳，例如:當 $r = 1$, $b = 0.1$ ，且 s 在 0.5 與 0.8 之間時，動態配置的效益等同於固定配置。我們可以從圖七中得知此一結果。



圖七: 紅軍的最佳策略在 $s \in [0.5, 0.8]$ 區間時, 並不因藍軍使用固定或動態配置而有所影響。

就特性而言, 當 r, b, s 的值較小的時候, 動態配置的效益較差。這是因為當 r 值較小, 則紅軍並不在意是否會被偵測, 所以紅軍並不會運用其資源於蒐集藍軍的偵監策略; 另一方面, 當 b 值較大時(接近 1), 藍軍則不會在意是否有偵測到攻擊, 取而代之的是, 在意是否可以降低紅軍的長期攻擊率, 而這樣的目標, 則可以透過動態配置的方式來達成。此外, 當 s 較小時(接近 \hat{p}), 對紅軍而言, 即便偵測率為 s , 在每一次攻擊中其自身的損害均稍小於 0; 因此, 在這種情況下, 紅軍也不會運用其資源去蒐集藍軍的監視策略。總結而言, 當 r, b, s 的值較大的時候, 動態分配的效益較佳。論文原文如附件。

十、 受訓心得:

承各級長官協助, 有幸於大學畢業後十年能再次拿起書本, 回到學術環境再次充實自己所學, 實屬珍貴並充滿感激。這次的進修, 對自己而言是一個人生的轉折點, 在這兩年進修過程中, 歷經許多困難及挑燈夜戰的日子,

但這些突破困難的過程，卻也讓自己的視野更加開闊；學習過程是孤獨的，但是，來自各國同學的協助與互勉讓這學習更加豐富；我相信，保持一個不斷向前的心情，盡自己最大的努力，是抵達終點的必要元素。

十一、 本班次適用性:

美軍以作業研究方式分析作戰相關決策模式已行之有年且成效優異，各軍種均有其專職的分析人員，以提供決策者面對關鍵決擇時的重要參考依據，絕大部分的分析人員均畢業於本系，且本系修讀科目並非僅限於理論探討，更重要的是能與實際美軍軍事運用緊密結合，這使得學員於畢業後能實際迅速運用所學於其專業領域，不論在戰略規劃、作戰分析、後勤補給及武器獲得等各方面均能應用所學；因此，這是一個應用性十分廣泛且直接的班次，建議應持續爭取相關受訓員額，除可增加我於美軍及其他盟國軍官交流外更可提升軍事作業研究分析能量。

十二、 本班次受訓時間是否適宜:

學校於學員入學前均已針對個人學、經歷進行審查，而核予修習時間及相關的複習學程，以協助學員能儘速適應專業課程學習，基本上而言，受訓時間應已足夠學員完成應修習課程及論文寫作。

十三、 爾後赴該校受訓人員應注意事項:

相較於國內學期式的教育制度，學季式的教學速度是十分緊湊的，在三

個月的時間內，學員必須修讀至少四門科目，若要能趕上學習進度，必要的預習功課以及運用教授的辦公室時間(Office Hour)是十分重要的。

此外，學校位於加州蒙特瑞市，當地為美國風景名勝之一，因此各項物價均較其他地區高出許多，進修前做好相關的財務規劃亦是一項重點。

十四、 其他建議事項:

學校當地為美國消費物價較高區域，學校內並無宿舍供學生長期居住，外國學員需於當地租賃民房或官舍(Military housing)，惟租屋費用至少已佔國外生活津貼 90%以上，以租賃當地民房為例，一房一廳的公寓每月租金至少為 900 美元，而官舍區更需要 1700 美元以上，均已高於或接近現有國外生活津貼美金 1,250 元。在預算許可下，建議依當地實際物價波動，調整後續參訓學員相關生活津貼及房補費，以落實部隊三安政策，而使學員參訓過程更加順遂。