

中正理工學院

電子工程研究所

電腦兵棋報告

艦載短程防空武器系統空防模擬模型分析

指導老師：樓文達

研究生：謝欣宏

日期：中華民國八十六年十一月二十五日

一、諸論

1.1 研究動機：

兵棋是由於時代的轉變需求而產生，由於武器系統的進步，舊有的戰術與戰略已經無法充分發揮武器的特性，於是新的戰術及戰術急需建立，國軍近年來積極建構二代兵力，自國外採購之武器系統如 F-16、幻象 2000、諾克斯級巡防艦及合作生產之 M60A1 坦克，這些武器的售價昂貴，數量龐大，但是否能充分發揮該有的效益，實在是國人所關心的。

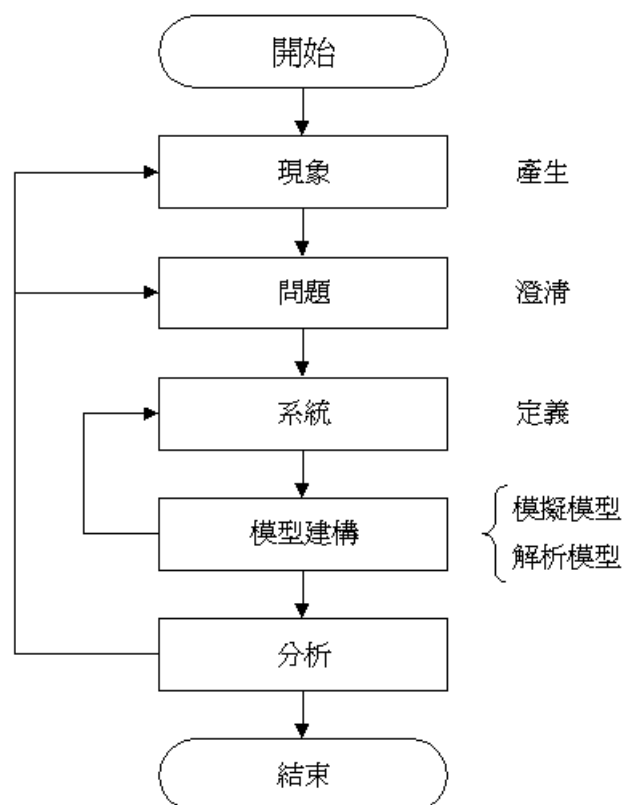
所以二代兵力的整建需要新的戰法，然而兵棋是用來模擬最佳“防禦”的最有效方法，所以我們希望透過兵棋的模擬能在正式戰役時提供指揮者多元化的資訊。

1.2 研究目的：

武器系統效益的評估模型多採蛛網式，以及由簡入繁，所以我們選定一較基本的問題，單艦短程防空武器系統防禦作戰建構模擬模型之製作，其目的，除描述交戰現象外，並經由模型的運作，針對武器系統諸元進行效益評估。

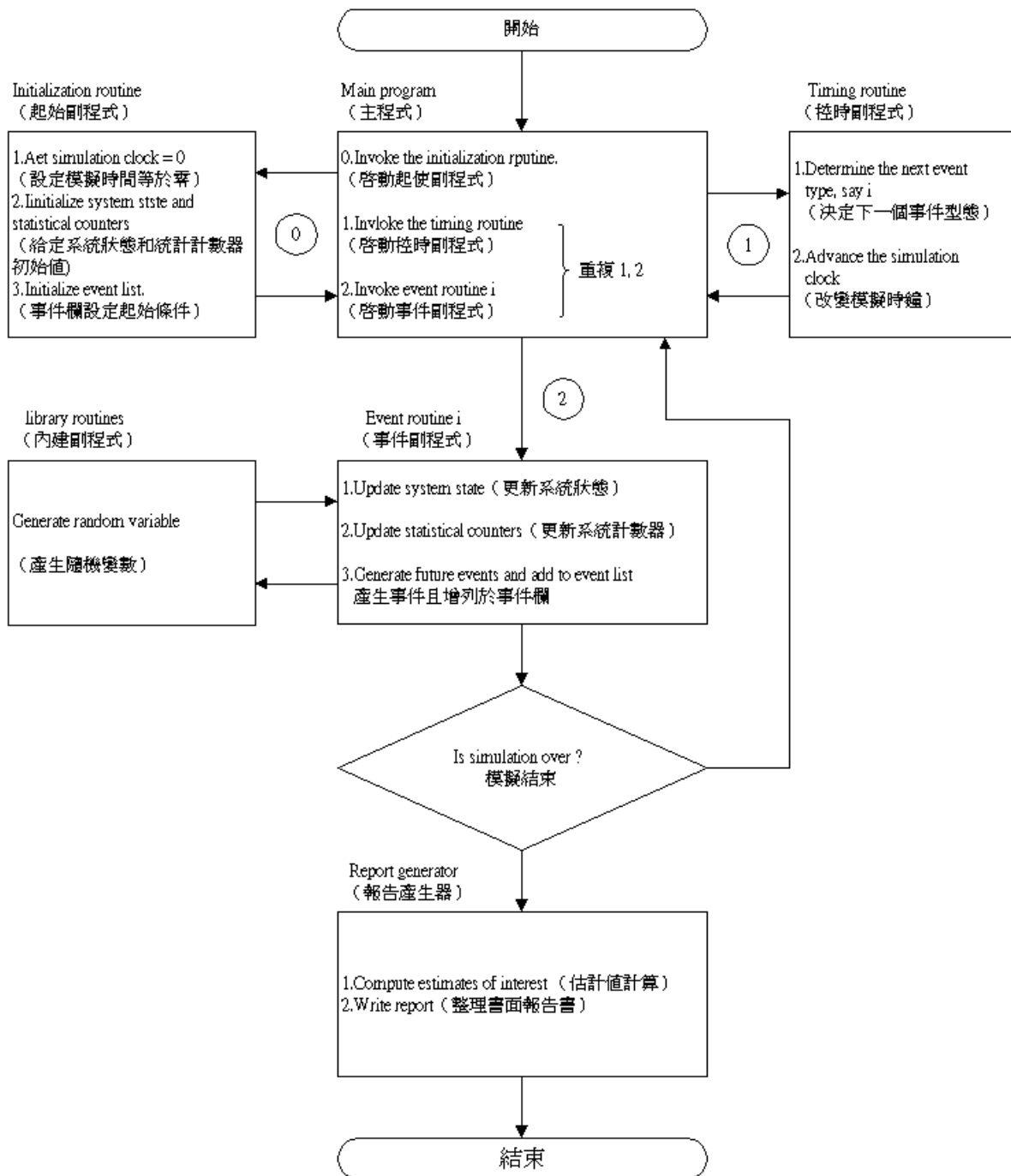
1.3 研究方法：

為使模型達到上述目的且具擴展性，採用程序導向語言（Process Orientation）模組化程式設計，同時將武器系統相關參數設為變數。以單次攻擊為基礎，確定攻擊程序無誤後，再修改各參數以求得所需之資料，同時，為求即結果分析之精確性，每次做均取 1000 次模擬（Run）數據進行分析。



兵棋模擬模型的建構，最容易引起爭議的除了建構模型採用的方法（如解析模型或模擬模型何者適用，在此我們採用解析模型）外，想定（Scenario）也是一個見仁見智的重要因素，通常我們認為，若要模型與實況相結合，為一對一之對應，則需長期修正後方可得之。

1.4 模擬系統運作程序：



二、想定

2.1 基本想定：

01. 藍軍巡洋艦一艘，配置偵搜雷達系統一座，及短程防空武器系統（含單目標追蹤雷達）兩座以防紅軍來襲。
02. 紅軍導彈攻擊方式，為枚與枚固定時距發射導彈群攻擊藍軍巡洋艦。
03. 紅軍導彈進入藍軍巡洋艦偵搜雷達系統偵測半徑內時，巡洋艦便對來襲導彈做初步階段偵測（自導彈進入偵測半徑至被偵測到之時間差稱偵測時間）。
04. 藍軍對來襲之各導彈偵測時間為相互獨立。
05. 雷達偵測到來襲導彈，立即將此訊息交付某座短程防空武器系統之單目標追蹤雷達（所耗用的時間稱為遲滯時間），計算該枚導彈之彈道。
06. 單目標追蹤雷達必需在沒有任務狀況下方能追蹤來襲導彈。
07. 若所有單目標雷達系統均處於忙碌狀態，必須等待某一單目標雷達系統完成任務後才可以計算新的來襲導彈之彈道。
08. 當彈道計算完畢，仍須等待防空武器系統反映後，才可以攔截導彈。
09. 攔截前必須判斷是否在最大有效射程內，如果是，則立即攔截，否則等待導彈進入射程才可以攔截。
10. 若偵搜雷達連續交付不只一枚導彈來襲訊息，則短程方空武器優先攔截到先到達之導彈。
11. 對單一來襲導彈而言，如攔截並摧毀之，則對此枚導彈之防禦過程結束。反之，則必須等待重複時間後，判斷是否在有效射程內，才能決定是否要做下一波攔截。
12. 若攔截失敗，則根據導彈命中巡洋艦之機率判斷擊中部位為何，並依受損參數累計巡洋艦受損程度。

2.2 系統單元特性：

系統單元特性之武器系統相關參數列示如表 2-1 及表 2-2

表 2-1：藍軍武器系統單元特性

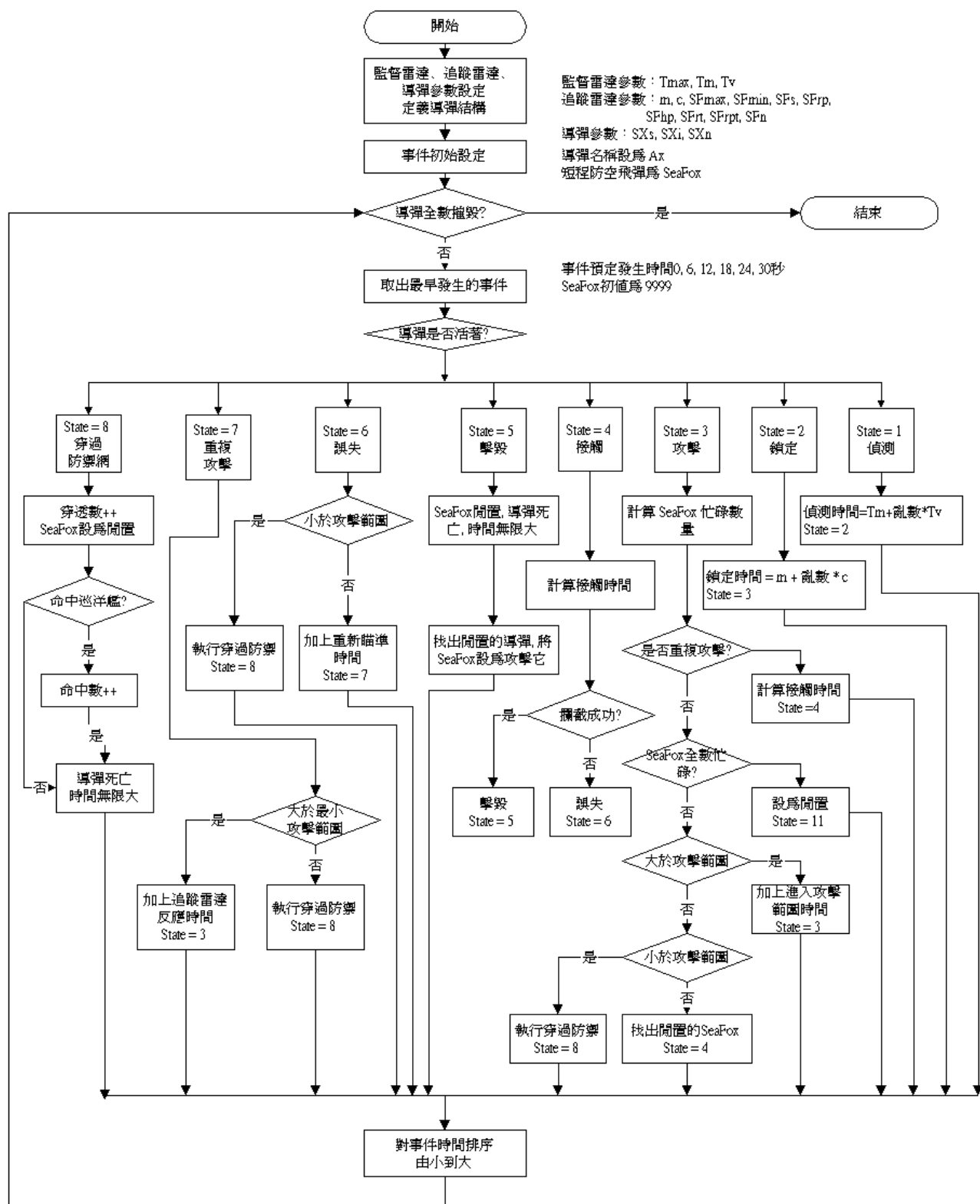
藍	武器	性能	變數	數據	單位
	偵搜雷達	最大偵測半徑	Tmax	10200	M
		偵測到進入 Tmax 之導彈所需時間為常態分配，平均值（Mean）	Tm	15	Sec
		標準差	Tv	3	Sec
	短程防空系統	單目標追蹤雷達計算來襲導彈所需遲滯時間為三角形分配：	m	5	
			C	3	
			$f(t) = \begin{cases} 1/C + (t-m)/C^2, & m-C < t \leq m \\ 1/C + (m-t)/C^2, & m < t \leq m+C \end{cases}$		
		最大有效射程	SFmax	8000	M
		最短有效射程	SFmin	1500	M
		平均速度	SFs	600	M/sec
		攔截機率	SFrp	0.8	
		命中機率	SFhp	0.9	
		反應時間	SFrt	2	Sec

軍		重複再發射時距	SFrpt	2	Sec
		配備數目	SFn	2	

表 2-2：紅軍武器系統單元特性

紅 軍	武器	特性與性能	參數	數值	單位
	攻艦導彈	速度	SXs	300	M/sec
		發射之最短時距	Sxi	6	Sec
		發射之有效距離	SXm	50	KM
		攻擊枚數	SXn	6	枚
		命中率	FRhp	0.4	

2.3 程式設計理念：



三、模擬運作與結果分析

3.1 紅軍導彈性能敏感分析

圖 3-1-1, 3-1-2, 3-1-3 若紅軍縮短發射間距，其命中數有增加，其原因是間距縮短後，短程防空系統來不及防守。造成防禦上的漏洞。

圖 3-1-1：

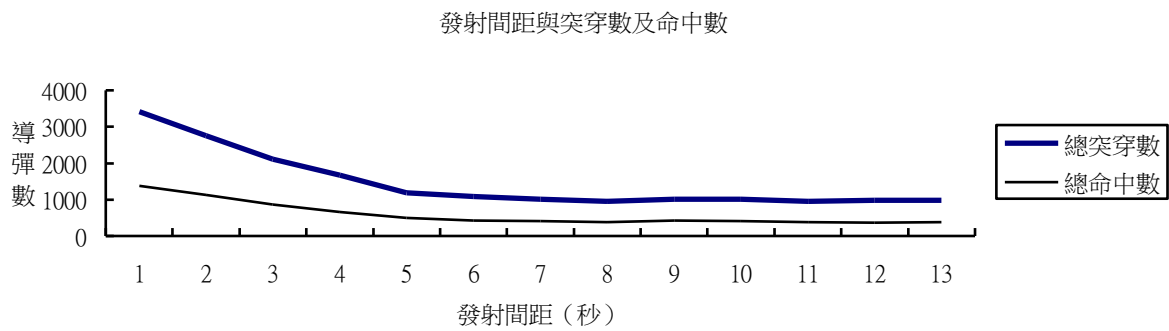


圖 3-1-2：

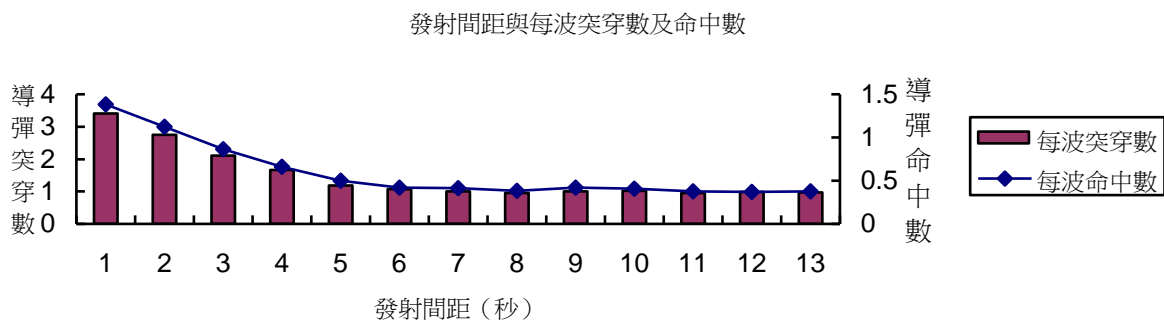
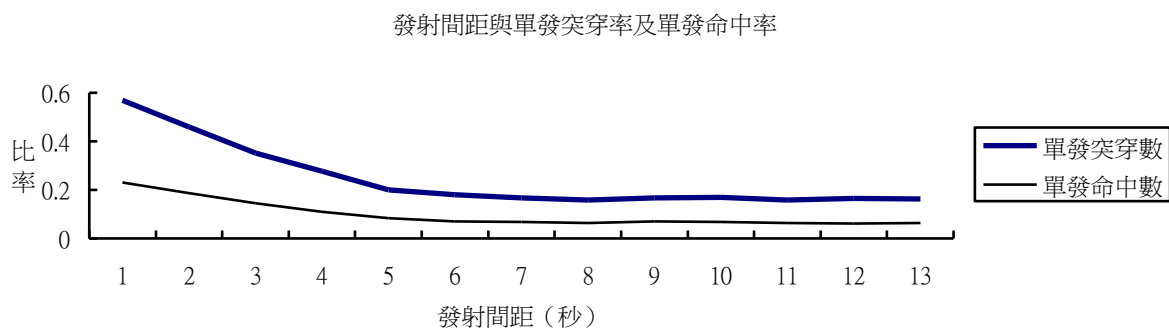


圖 3-1-3：



若紅軍提高導彈速度，由圖 3-1-4, 3-1-5, 3-1-6 得知稍微提高導彈速度對攻擊無多大助益，因為 SeaFox 的速度遠大於導彈的速度。

圖 3-1-4：

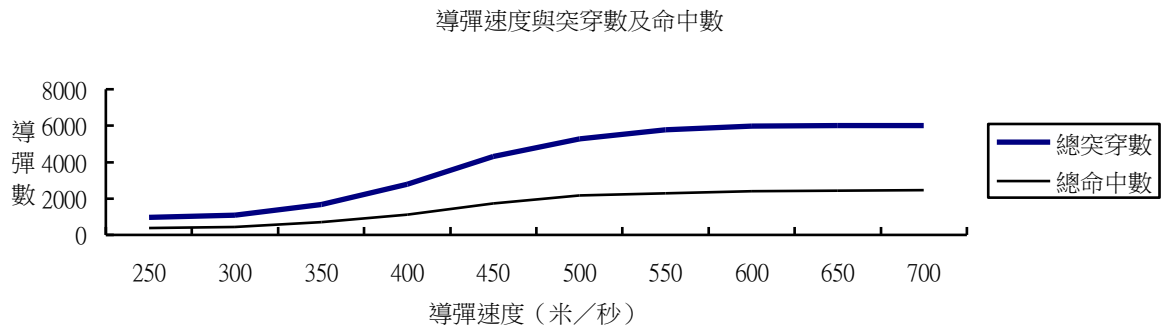


圖 3-1-5：

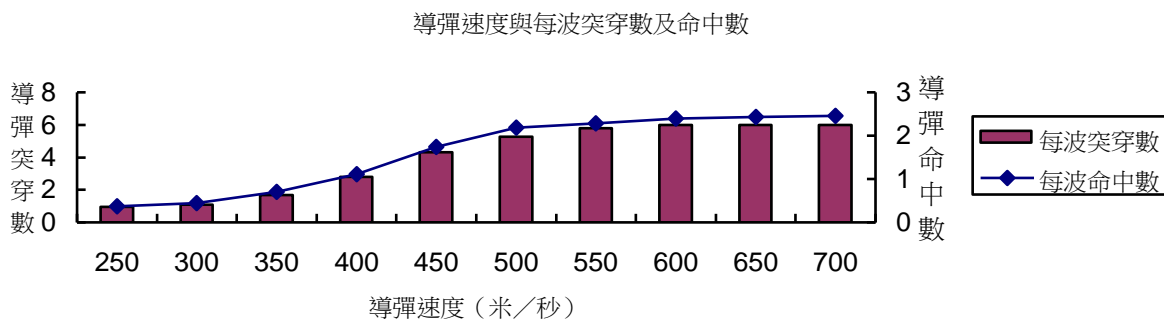
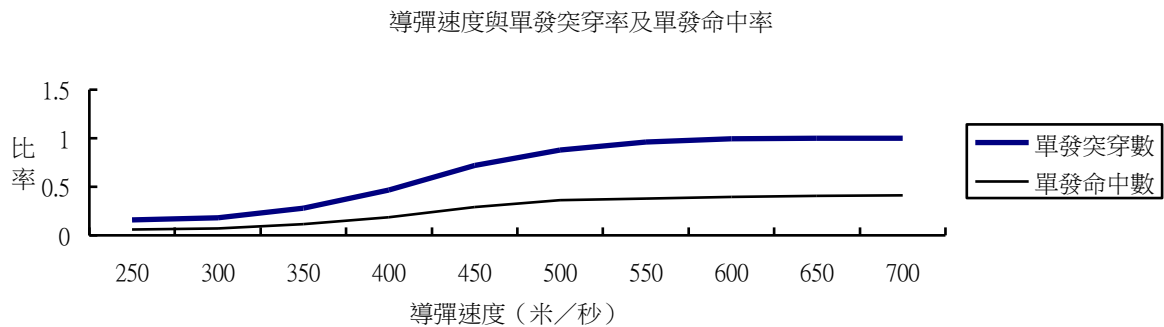


圖 3-1-6：



如圖 3-1-7, 3-1-8, 3-1-9，如果紅軍增加其每波攻擊導彈數目，會使命中發數呈現性成長，因為短程防空武器僅有兩座，過多的來襲導彈會來不及應付。

圖 3-1-7：

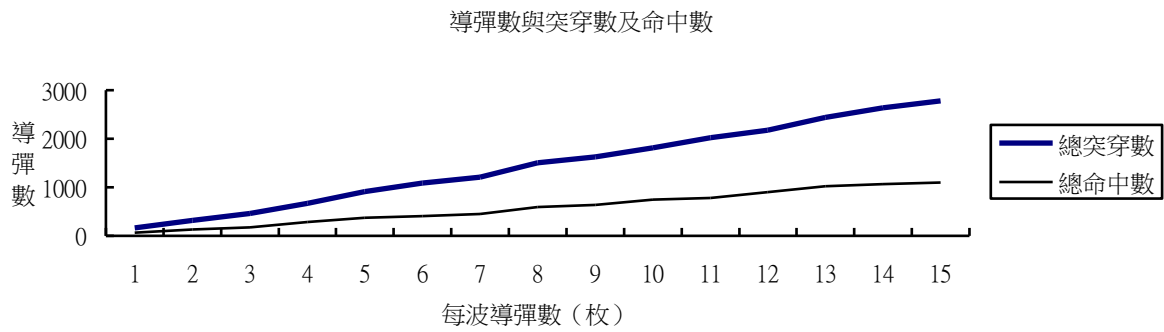


圖 3-1-8：

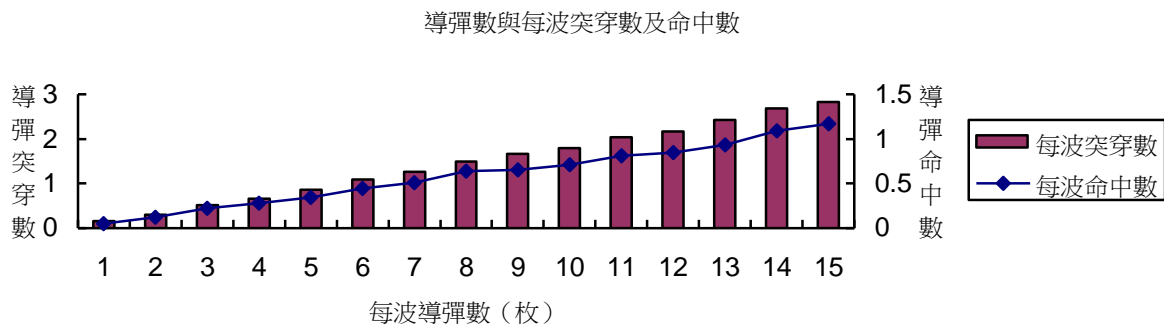
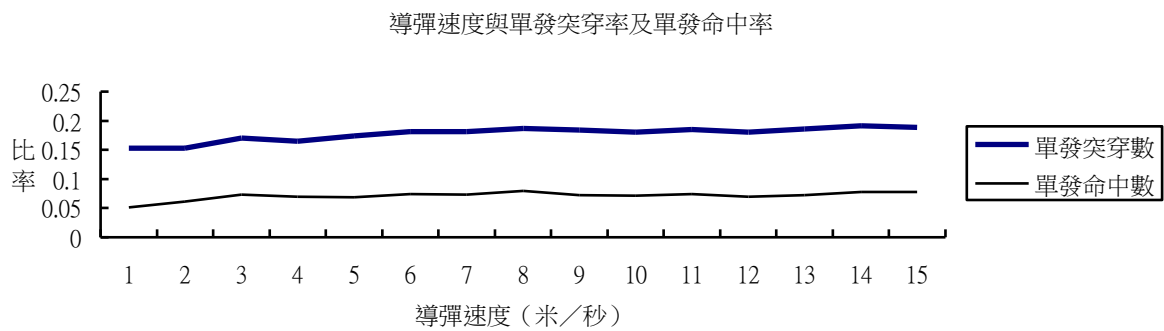


圖 3-1-9：



當允許同時改變發射間距、導彈數及數量（假設變動範圍 2-8 秒、3-12 枚）時，可以發現當導彈發射時距小時（3 秒以下），其飛行速度快慢對攻擊結果不大。

當導彈發射間距大於 5 秒時，飛行速度快慢度攻擊結果影響較大。

如圖 3-1-10, 3-1-11, 3-1-12。

圖 3-1-10：

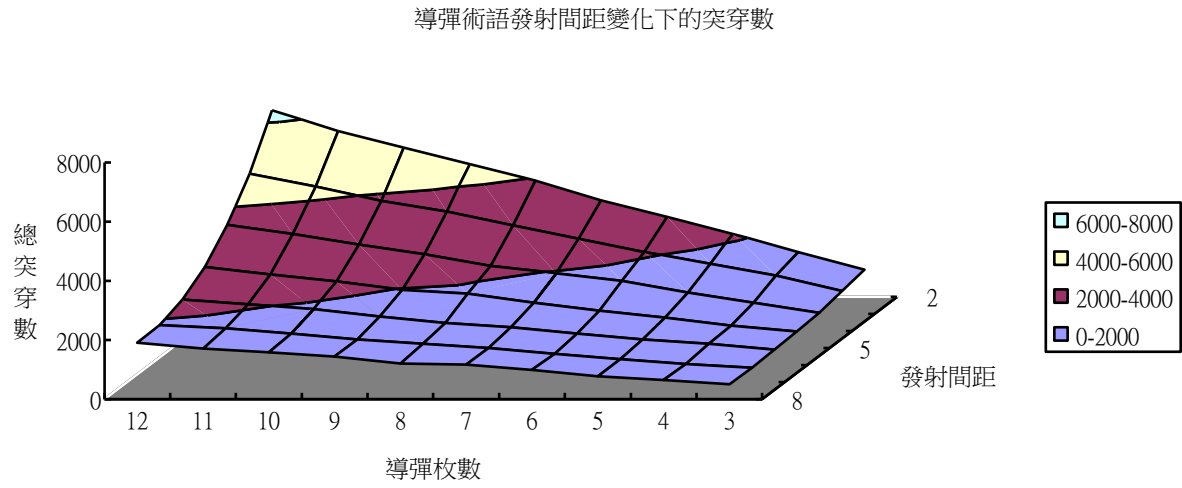


圖 3-1-11：

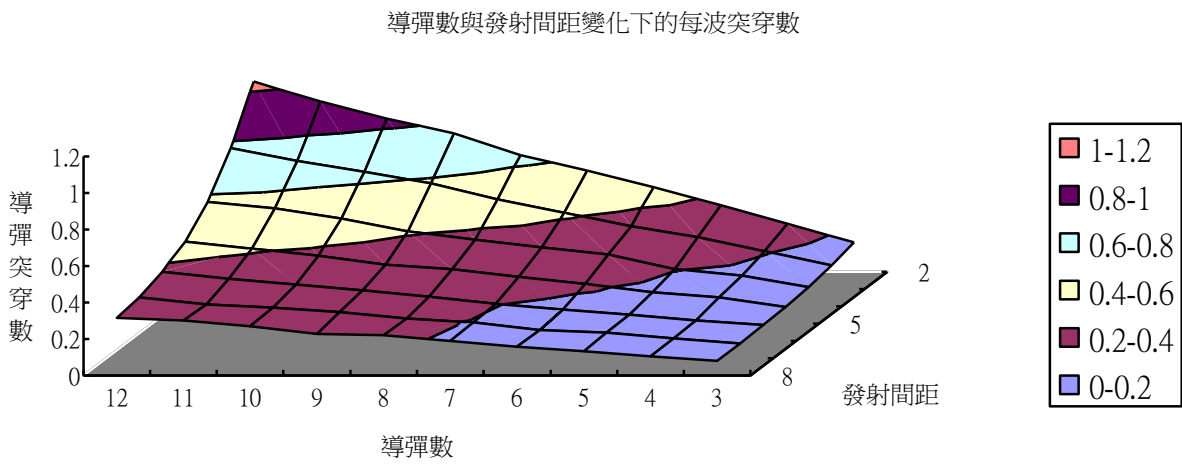
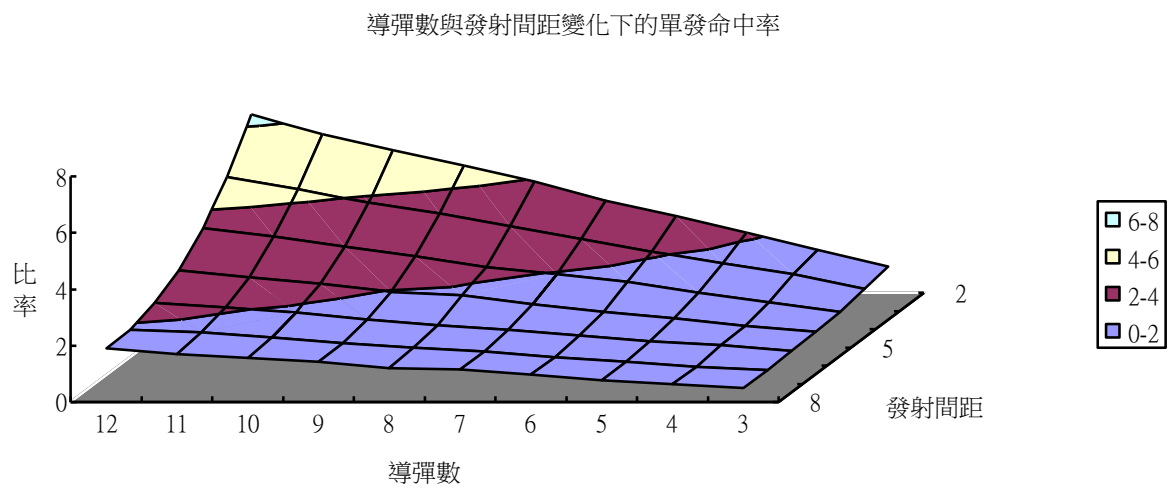


圖 3-1-12：



3.2 藍軍武器系統敏感性分析

增加短程防空武器系統的座數，由圖 3-2-1, 3-2-2 可以看出當短程防空武器座數減少時，其總突穿及命中的導彈數明顯的增加，這是因為來不及防禦。

增加到三座時，所攔截的導彈數並無明顯差別，這是因為二做短程防空武器已經可以攔擊大多數的導彈飛彈。

圖 3-2-1：

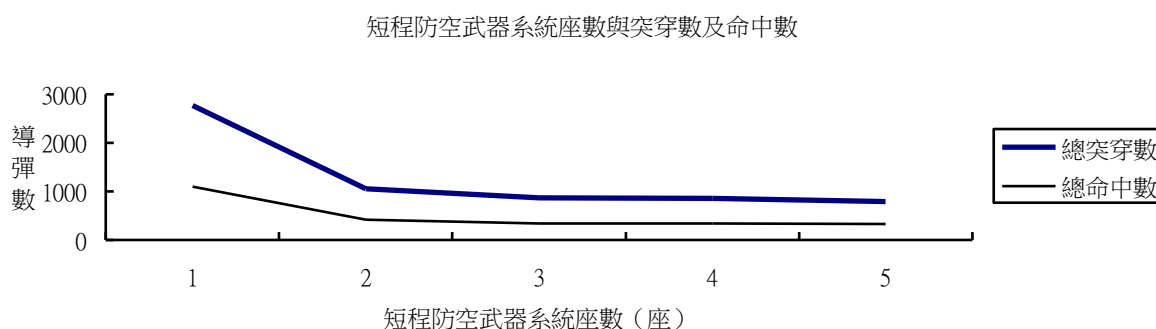
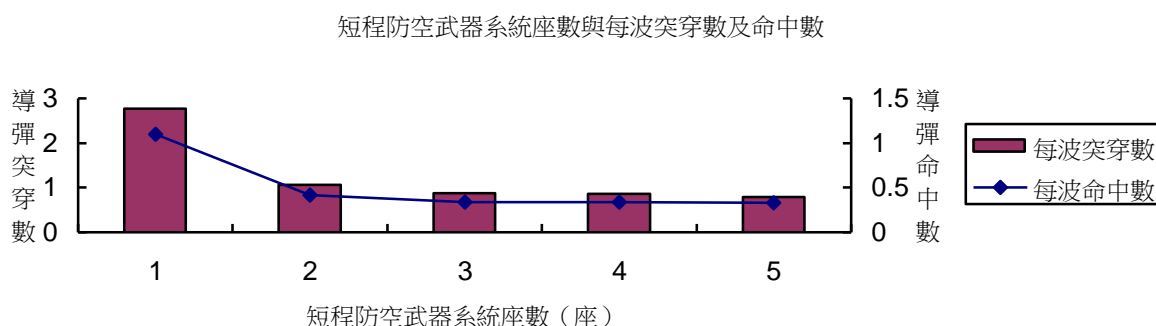


圖 3-2-2：



接著討論短程防空武器系統的命中率對攔截導彈的影響，我們可以發現隨著命中率的提高，不論是突穿數或是命中數都減少了，如圖 3-2-3, 3-3-4, 3-2-5。

圖 3-2-3：

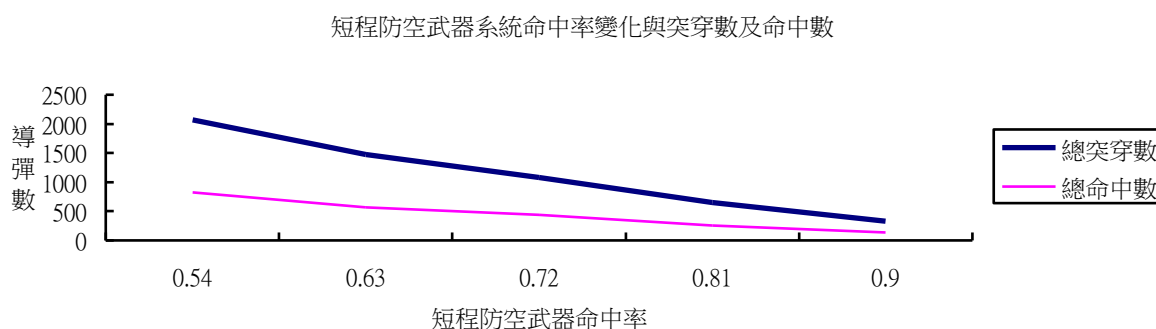


圖 3-2-4：

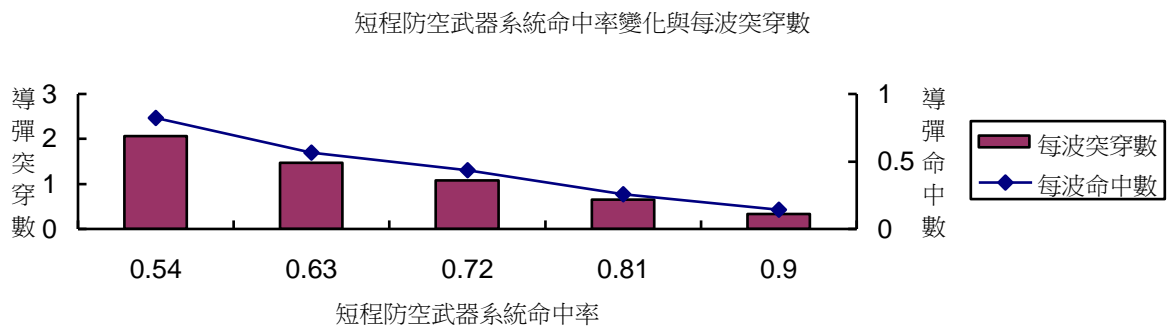
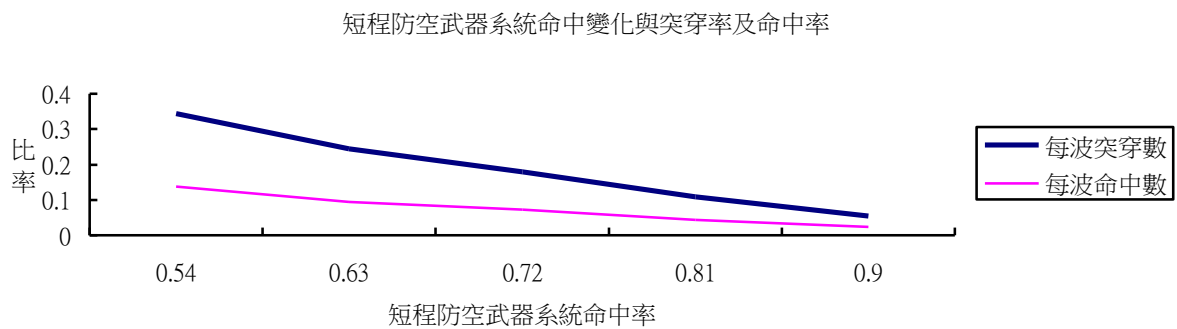


圖 3-2-5：



接者討論巡洋艦偵搜雷達最大偵測半徑與巡洋艦的防禦關係，由圖 3-2-6 可以發現，在 13800km 以後的改變不大，原因是短程防空武器的最有效射程固定，就算提早偵搜到導彈來襲也無法提早攔截。

在 9000km 以下時突穿數突然增加，代表在巡洋艦偵搜到導彈以後，沒有足夠的時間迎擊，所以突穿數及命中數才會明顯的增加。

圖 3-2-6：

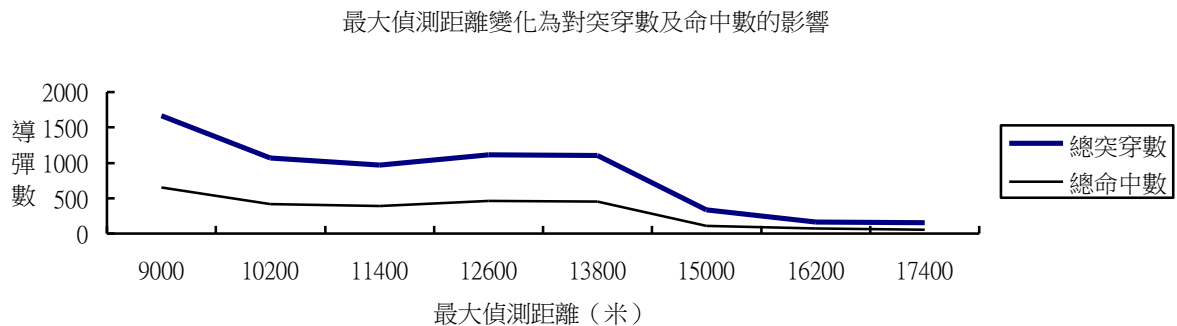
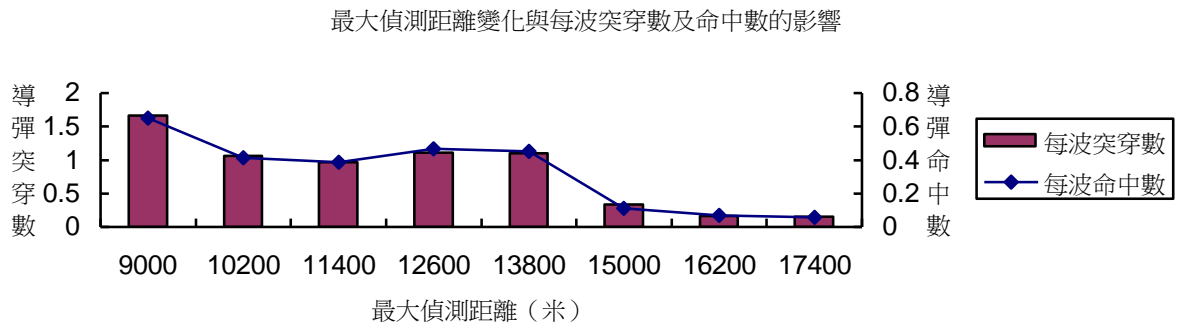


圖 3-2-7：



短程防空武器的最短有效射程改變，當最短有效射程縮短時可以增加巡洋艦的防禦，加大時則減弱防禦。如圖 3-2-8, 3-2-9, 3-2-10。

圖 3-2-8：

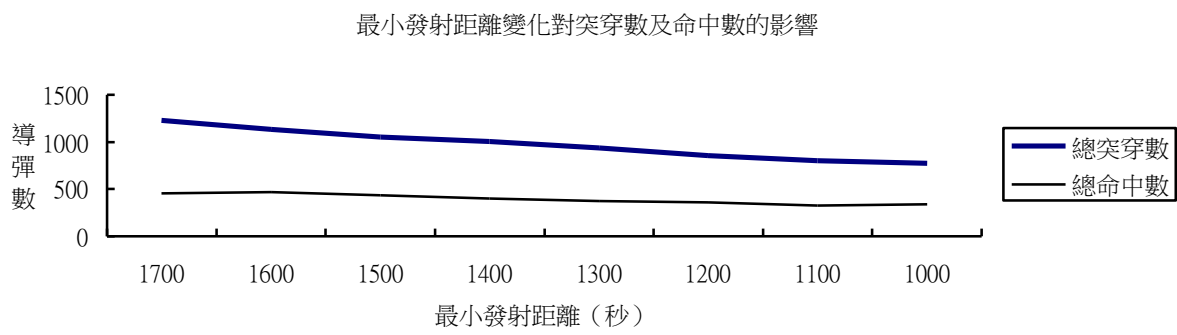


圖 3-2-9：

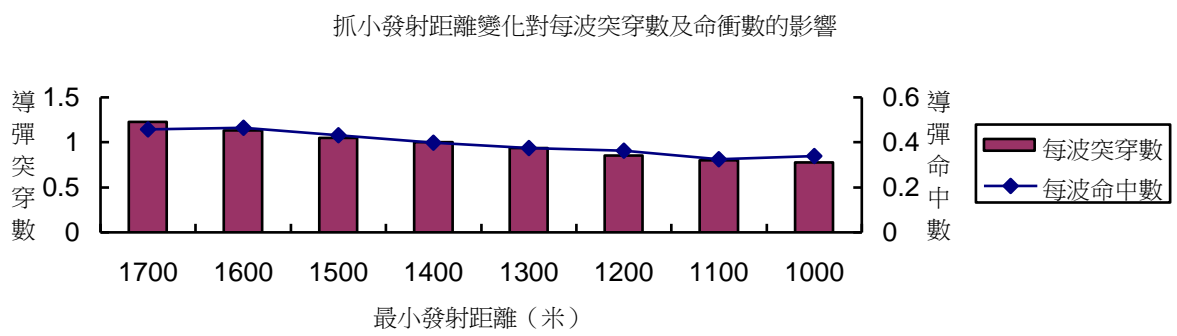
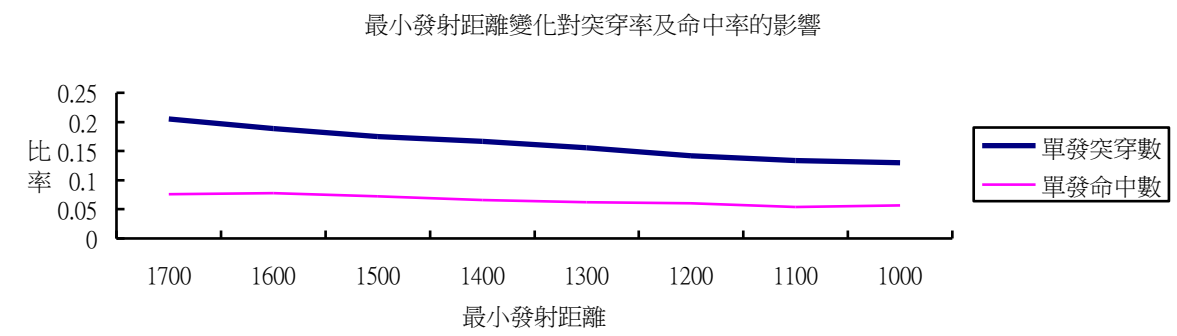


圖 3-2-10：



最後改變雷達偵測的時間分配，當減少偵測時間的平均值時每波的突穿數及命中數也跟著減少，改變偵測時間標準差也有相同的影響。
其主要是因為提高了偵搜雷達的反應能力，所以改變有限。

圖 3-2-11：

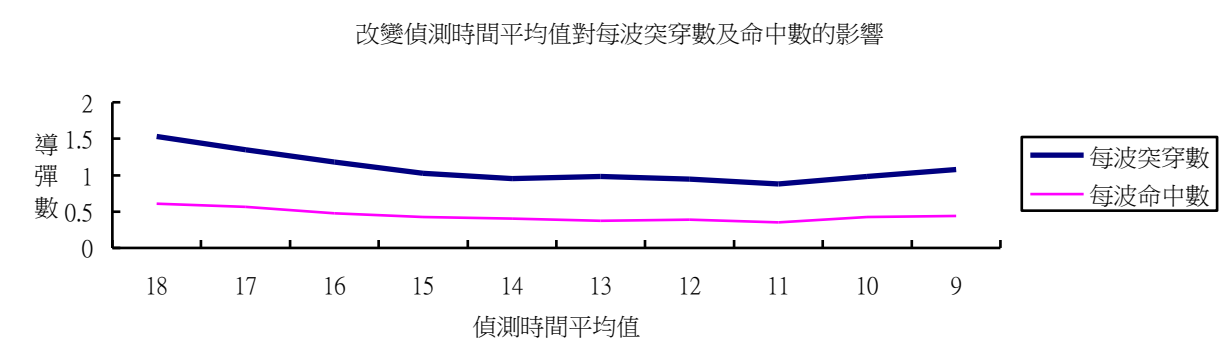
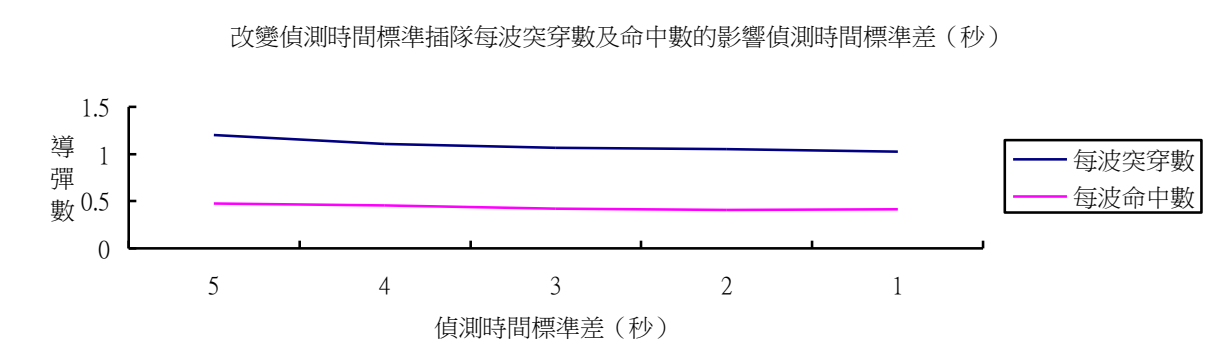


圖 3-2-12：



四、結論與建議

以本模型而言，紅軍的導彈及藍軍的短程防空飛彈的參數有著交互影響的效果，經分析得知，影響導彈的能力較小的為導彈速度，除非導彈速度有大幅的提升，比短程防空武器還快；縮短導彈的發射間距對於導彈的攻擊能力有顯著的幫助。

增加一座短程防空飛彈，就可以彌補縮短的導彈發射間距。增加偵搜雷達的偵測範圍，或是增加短程防空飛彈的最小有效射程，並不能有效的提高巡洋艦的防禦能力。

降低平均偵搜雷達偵測時間及標準差也不能提高多少效益。

模型的建構常會忽略許多細節以簡化問題，而忽略的細節對於結果是否會有決定性的影響則，決定了模型的好壞及適用性，所以反覆的測試及分析在這必要的。

然後，透過模型建構的可靠性（參數的真實程度），可以將結果做為武器性能改進的方向，可以提供在改良武器的優先順序，以在有限的資源中求的最大武器的改進效益。

本模型只是以巡洋艦上的簡單武器系統作為範例，引導出對特定模型的建構及分析，真實的戰爭原比這個範例複雜，所以討論起來也更加複雜，因此有興趣的人，如何將此模型擴展到其他的更複雜的模型建構，實為研討的方向。

參考資料

- [1] Brawn, J.E. SIMSCRIPT II.5 Reference Book, CACI Products Company, 1983
- [2] Duncan, H. SIMGRAPHICS User's Guide And Casebook, CACI Products Company, 1983
- [3] Kiviat, P.J., Markowitz, H., R, SIMSCRIPT II.5 PROGRAMMING Language, CACI Products Company, 1983
- [4] Law, A>M., Kelton, WD Simulation Modeling And Analysis, CACI Products Company, 1991
- [5] Russell, E.C, Building Simulation Model SIMSCRIPT II.5, CACI Products Company, 1983
- [6] 孟昭宇博士，陳士榮.何應魁，「艦載短程防空武器系統空防模擬模型建構」，中正領學報，第二十二卷第一期，第九十七至一百零六頁，中華民國八十二年七月。