

計畫編號：MOHW104-CDC-C-114-122103

衛生福利部疾病管制署104年委託科技研究計畫

計畫名稱：建構防疫物資應變整備之系統動態模擬決策支援模式

全 程 研 究 報 告

執行機構：臺北醫學大學

計畫主持人：莊秀文

協同主持人：簡文山、桑慧敏、李文生

研究人員：吳柏緯、李怡嬌

執行期間：103年1月1日至104年12月31日

*本研究報告僅供參考，不代表本署意見，如對媒體發布研究成果應事先徵求本署同意

目錄

壹、前言	1
一、計畫背景與目標	1
二、研究目的與內容	2
貳、材料與方法	4
一、研究架構	4
二、實施步驟與方法	5
參、結果	9
一、三級庫存體系之現況釐清與發現	9
(一)、三級庫存之組織結構	9
(二)、三級庫存制之庫存交易結構變化	10
(三)、三級庫存之存量結構	11
二、MIS 資料之檢視結果	13
三、疫情蔓延時防疫物資需求量之國內外估算法比較	15
四、三級防疫物資需求量估算模型之推導與驗證	17
(一)、疫情蔓延恐慌期偵測模型	18

(二)、防疫物資需求量估算模型與參數.....	21
(四)、需求量理論值與經驗值之比較評估.....	29
五、防疫物資應變整備之決策支援系統開發與設計.....	37
(一)、防疫物資應變整備之決策支援系統.....	37
(二)、使用者輸入介面設計.....	38
(三)、需求量估計模組.....	41
(四)、採購決策模組.....	41
六、情境模擬與決策支援評估.....	50
(一) 情境一、低致死率流感.....	52
(二) 情境二、高致死率流感.....	57
(三) 決策評估小結.....	62
肆、結論、重要研究成果及具體建議.....	65
伍、參考文獻.....	69

表目錄

表3.1.1: 三級庫存制之組織結構.....	10
表3.1.2: 防疫物資三級庫存歷年結構變化(2008/6/30-2011/6/30) - 續	12
表3.1.3: 防疫物資三級庫存歷年結構變化(2011/12/31-2013/12/31)	13
表3.3.1: 疫情蔓延時全國需求量國內外估算法之比較(8週之耗用量/病床)	17
表3.4.1: 需求量經驗值模組	24
表3.4.2: 第一波新聞恐慌期醫院 N95口罩需求量比較檢定結果(ANOVA).	31
表3.4.3: 第一波新聞恐慌期各醫院 N95口罩需求量平均(Sheffe's).....	31
表3.4.4: 第一波新聞恐慌期醫院外科口罩需求量比較檢定結果(ANOVA).	32
表3.4.5: 第一波新聞恐慌期各醫院外科口罩需求量平均(Sheffe's).....	32
表3.4.6: 第一波新聞恐慌期醫院防護衣需求量比較檢定結果(ANOVA).....	33
表3.4.7: 第一波新聞恐慌期各醫院防護衣需求量平均(Sheffe's).....	33
表3.4.8: 疫情蔓延恐慌期醫院 N95口罩需求量比較檢定結果.....	34
表3.4.9: 疫情蔓延恐慌期各醫院 N95口罩需求量平均(Sheffe's).....	34
表3.4.10: 疫情蔓延恐慌期醫院外科口罩需求量比較檢定結果	35
表3.4.11: 疫情蔓延恐慌期各醫院外科口罩需求量平均(Sheffe's).....	35
表3.4.12: 疫情蔓延恐慌期醫院防護衣需求量比較檢定結果(ANOVA).....	36
表3.4.13: 疫情蔓延恐慌期各醫院防護衣需求量平均(Sheffe's).....	36

表3.5.1: 國內與海外之防護裝備供應商採購前置時間整理	43
表3.5.2. 國內與海外之防護裝備製造商產能與安全庫存量整理.....	44
表3.6.1: 流感低、高致死率模擬情境參數說明.....	51

圖目錄

圖2.1.1: 建構系統動態模擬決策支援模式之研究架構.....	4
圖3.4.1: CUSUM 偵測實際 H1N1(200916~201008(年週))疫情	19
圖3.4.2: CUSUM 偵測模擬疫情資料結果	21
圖3.4.3: N95口罩(醫院)實際值與估計之經驗值比對	25
圖3.4.4: 外科口罩(醫院)實際值與估計之經驗值比對	25
圖3.4.5: 防護衣(醫院)實際值與估計之經驗值比對	26
圖3.4.6: N95口罩(CDC)實際值與估計之經驗值比對	26
圖3.4.7: 外科口罩(CDC)實際值與估計之經驗值比對	27
圖3.4.8: 防護衣(CDC)實際值與估計之經驗值比對	27
圖3.4.9: N95口罩(衛生局)實際值與估計之經驗值比對	28
圖3.4.10: 外科口罩(衛生局)實際值與估計之經驗值比對	28
圖3.4.11: 防護衣(衛生局)實際值與估計之經驗值比對	29
圖3.5.1: FLPPE-DSS 決策支援系統架構	38
圖3.5.2: FLPPE-DSS 輸入介面	40
圖3.5.3: CDC 網站公布之每日防疫物資最新庫存統計	40
圖3.5.4: 採購決策模組之核心運算流程	48

中文摘要

我國自2003年爆發了嚴重的 SARS 疫情後，疾病管制署(CDC)為因應防疫整備及防疫物資存貨供需失調的問題，即著力改善全國防疫物資的存貨系統，並設置防疫物資管理資訊系統(以下簡稱 MIS)，作為監測醫療單位物資需求之資料來源。本計畫的目的即依據目前之三級庫存體制，建構防疫物資應變整備之系統動態模擬決策支援模式，並依據所建立的模式進行2種疫災情境之模擬測試與政策建議。

本計畫完成工作如下：1) 以 CUSUM(Cumulative Sum)為基礎的疫情蔓延恐慌期偵測模型；2) 以負二項迴歸模型(Negative Binomial Regression model)推導出疫情期防疫物資需求計算模型與參數；3) 防疫物資需求量估算之理論值與經驗值的比較；4)完成三級(含 CDC、衛生局與醫院)庫存之防疫物資決策支援系統；5) 於高、低致死率流感兩個情境與長、短前置時間兩個決策支援設定，評估安全儲備量的調整對於疫情蔓延恐慌期之庫存量可支撐天數、訂購量以及庫存量的影響，並提出具體建議。未來對於新興傳染定之疫情蔓延恐慌期偵測、防疫物資需求量估算、防疫物資模擬系統以及評估安全儲備量對於相關採購決策的影響等，可依此基礎作進一步研究。

中文關鍵詞(至少三個)：決策支援系統，個人防護裝備、防疫物資、流感模擬

英文摘要

Since the SARS Epidemic took place in 2003, the Centers for Disease Control (CDC) had improved the national inventory system of epidemic prevention materials in order to solve the shortage problem of personal prevention equipments (PPE) in the SARS period. The CDC therefore installed Material Information System (MIS) to monitoring the demand from health care organizations. Based on the current three-level inventory system, the project is to develop a system dynamics simulation model for decision support of preparedness of epidemic prevention materials in infectious diseases, and commented on the simulation results of high and low fatality rate of two influenza scenarios.

The achievements in this study include 1) development of panic spread detection model in epidemic based on the CUSUM(Cumulative Sum) model, 2) using Negative Binomial Regression model developed the parameters and demand models for the three inventory level, 3) the comparison of estimated PPE demand between the theoretic value and experienced value deduced from the demand models, 4) completed a model for the decision support system of three-level inventory, 5)evaluation of the sustainable days, order quantity, safety stock level in the scenario of high and low death rate and long and short purchase lead time, and made recommendations from the evaluation findings. These results could be further studied in the future emerging infectious disease for the spread panic detection, PPE demand estimation, enhanced simulation model, and safety stock evaluation.

Keywords: decision support system, personal prevention equipment, epidemic prevention materials, flu simulation

.

壹、前言

一、計畫背景與目標

我國於2003年爆發了嚴重的 SARS 疫情，歷經此等疫情過程的應變經驗，政府乃於 SARS 之後，積極建立完備的防疫整備機制及預防防疫物資短缺的問題，而陸續制訂了防疫物資庫存管理政策與相關防疫物資法源，如疾病管制署庫存防疫物資管理原則（93年6月18日發佈，97年6月22日停止適用）、傳染病防治財物徵用徵調作業程序及補償辦法（93年7月14日發布，97年1月22日修正）、防疫資源管理系統管制辦法（93年8月3日訂定，之後更名為防疫物資及資源建置實施辦法）、建置防疫物資管理資訊系統（以下簡稱 MIS）、防疫物資調度標準作業程序、因應流感大流行作戰計畫-防疫物資管理工作計畫、各級庫存於疫情時期之儲備應變指引、以及年度防疫物資—防護裝備查核計畫等，作為防疫體系工作之指引與監督依據，目前已建立相當有效的防災減災基礎。

然而，繼 SARS 疫情之後，在現行防疫體系三級庫存機制上，出現儲備龐大之防護裝備，雖然或可緩和疫情發生時缺貨之問題，但在非疫情期間，造成儲備單位於財務資金運用上的不靈活、產生龐大管理成本與物資屈效的浪費，同時另一方面，因全球化的現象，傳染病一經傳播已可迅速

威脅各個國家，在疫情期間各國對於防疫物資的需求，恐造成搶購的現象，而影響防疫成效。本計畫的目的即在目前的防災減災基礎上，依據現在的三級庫存體制，建構防疫物資應變整備之系統動態模擬決策支援模式，以隨時提供政府防疫措施決策之參考。

本計畫分為兩期，第一期(103年度)之目標為提出建構此模式的架構、模型、與 MIS 檢視結果及政策建議，第二期(104年度)之目標為導入既有軟體或開發軟體方式，依據不同疫災規模與類型，引入關鍵參數，針對外科口罩、N95口罩、防護衣三項個人裝備，完成衛生福利部、縣市政府及各地區級以上醫院之防疫物資應變整備的決策支援模式。

二、研究目的與內容

為達成本計畫目標所要完成之工作內容如下。

1. 因防疫物資包含藥品、器材及防護裝備，本研究重點將設定在有大量物資屆效與庫存壓力的 N95 口罩、外科口罩、防護衣三項物資。蒐集其相關資料，分析與評估防疫物資供應鏈現況、組織應變決策架構、物資撥補原則，以及醫療衛生體系之疫情期間物資需求情形，建立評估指標並確立其系統動態網絡關係。
2. 就影響防疫物資供需量決策相關因素建構系統動態模式，並進行模式驗證與效度的測試及判定。

3. 依據建立之防疫物資應變整備之系統動態模式，進行2種疫災情境之模擬，一為高致死率(如 SARS)類型，一為低致死率(如 H1N1新
型流感)。
4. 依據模擬分析的結果，提出對於物資應變整備和風險評估之政策建議，以及發展決策支援系統之建議。
5. 導入既有軟體或開發軟體方式，依據不同疫災規模與類型，引入關鍵參數，完成衛生福利部、縣市政府及各地區級以上醫院之防疫物資應變整備的決策支援模式。

貳、材料與方法

一、研究架構

本計畫之實施方法將依照圖2.1.1之研究架構進行，其中步驟1~6為第一年(103年)之研究方法與步驟，第二年計畫之研究步驟(步驟7~11)分別為決策支援系統功能規劃、決策支援設計與導入、以及決策參數設定與評估分析。

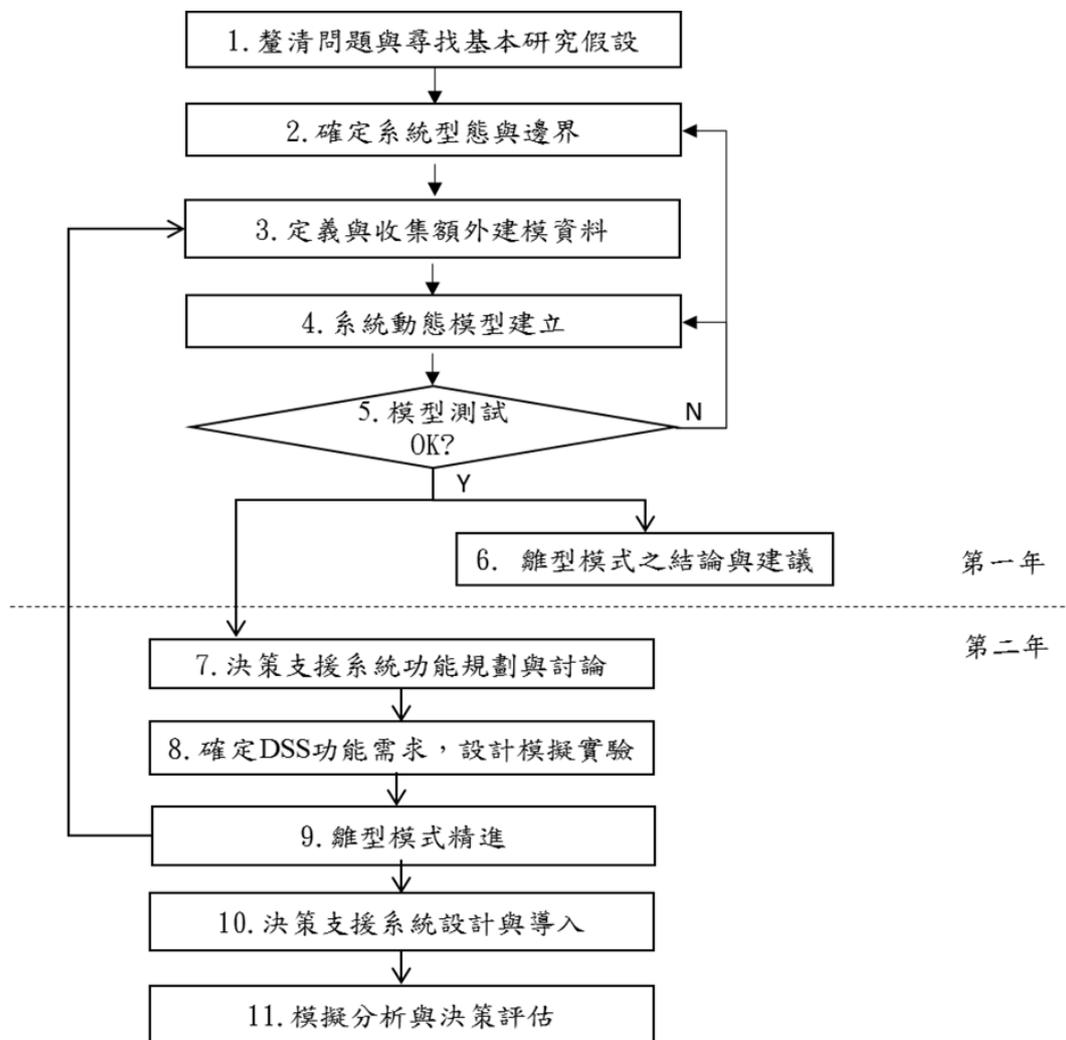


圖2.1.1: 建構系統動態模擬決策支援模式之研究架構

二、實施步驟與方法

決定防疫物資應變整備最重要的因素即是對疫情期需求量的預估與掌握，而影響防疫物資需求量計算正確的兩大關鍵因素，一為感染與就醫相關人數，二為需求估算模型與參數，為使得該決策支援模式有效可用，必須確定此二關鍵因素的正確性與可靠度。因此，為達到目標，綜合兩期的研究內容，本計畫主要的執行工作與方法包括以下各項。

1、釐清問題與尋找基本研究假設

透過文獻查證瞭解防疫物資相關政策與規定，以及參考近年疾管署已累積之物資供應鏈管理研究成果與國外相關文獻，並進行與疾病管制署防疫物資整備負責單位之專家訪談，釐清防疫物資三級庫存的問題狀況，與現行一般的因應策略。

收集防疫物資2004-2013年MIS之資料、相關採購資料(如前置時間、安全存量、屆效期、批號等)，並進行該等資料之一致性、正確性、對應性方面的檢視，以了解三級庫存資料輸入與更新之作業現況，以及目前防疫物資供應鏈之情況，蒐集我國採購N95口罩、外科口罩、防護衣三項物資此三項物資之國內外供應商的前置時間，做為平時採購決策之參數設定。

綜合專家訪談及文獻探討後，整理對於此三項物資的問題現象以及對

於後續研究內容的影響範圍，確定建模所需之基本研究假設。

2、確定疫災類別，蒐集疫情相關資料

本計畫主要是針對外科口罩、N95口罩、防護衣三項個人裝備之防疫物資之應變整備規劃，依據主要傳染途徑分類，使用此三種防疫物資之傳染病大多屬於空氣或飛沫傳染。因此，本計畫之資料蒐集對象即以新型 A 型流感（Novel Influenza A Virus Infections，係指除了每年週期性於人類間流行的季節性流感（A/H1N1及 A/H3N2）以外，偶發出現感染人類的其他 A 型流感亞型），以及嚴重急性呼吸道症候群。資料收集包括疾病管制署公開於網站上的健保資料庫，2008-2014年有類流感症狀就醫人次的資料:包含急診、門診、住院、流感併發重症人次檔。

3、推導防疫物資需求量參數與估算模型

依據 MIS 資料檢視與分析後的發現，結合健保資料庫2008-2014年有類流感症狀就醫人次的資料(如類流感病人的門診、急診、住院、急重症就醫人次)，以及考慮新聞介入的影響，推導與測試各種可能的疫情變化偵測模型，找出最佳的偵測模型，並依據偵測模型的資料，推導出在不同疫情變化下，最適之各級防疫物資需求量估算模型與參數。

防疫物資需求量估算模型是考慮不同的疫情變化，如自第一個指標個案開始之疫情初期、疫情上升蔓延之恐慌期、以及疫情緩和下降期，其需

求量的估算方式。分別對三級(CDC、縣市衛生局、各級醫院)防疫物資耗用量(外科口罩、N95口罩及防護衣)分析，開發影響需求量的最佳解。

4、防疫物資需求量估算模型比較評估

為確實了解疫情期之個人裝備的需求量，有必要針對目前疾管署所使用的此三項防疫物資疫情期儲備量之計算法，加以驗證與比較，依據2011年公布之全國防護裝備安全調整方案的規定[21]，對於此三項的需求儲備量計算有其設定的參數與計算方法，用來估算疫情期的防疫物資需求量，詳細的說明，請參考該方案。

本研究將該計算法與參數稱之為需求估算理論值模型，並與本計畫開發的需求量估算模型所計算出之經驗值，做比較評估實驗，目的係為決定是否後續之採購決策支援系統內應考慮放入理論值作為需求量估算參數。比較的方法是運用 CDC 之流感模擬系統所產生 H1N1(200916~201008(年週))相關流感人數蔓延資料，分別以需求量理論值模型與需求量經驗值模型，模擬產生該期間醫院防疫物資需求量之理論值與經驗值，並與 H1N1 期間之實際醫院防疫物資耗用量比較差異性，採用變異數分析(ANOVA)之隨機區集設計法(Random Block Design;RBD)，及雪費法(Sheffe's)進行事後兩兩比對找出有差異組別。

5、建立防疫物資應變整備的決策支援模式

本計畫先以全國醫院為基礎，依據醫院之 MIS 通報的 PPE 資料，對於防疫體系下之 N95 口罩、外科口罩、防護衣三項物資在疫情期的應用進行深入分析，並透過與北醫附設醫院相關作業成員的訪談，瞭解醫療機構實際耗用、儲備、調撥、採購，以及資料輸入等方式，以便規劃醫院階層在疫情發展期間的對於此三項 PPE 系統行為。

其次，與疾病管制署確定決策支援系統的需求功能與設計規格，並引用上述步驟所驗證通過之流感偵測模型、需求量估算模型與參數，以及 CDC 流感模擬系統，綜合規畫決策支援系統之功能與設計方式，精進以醫院為基礎所開發的雛型模擬模式。精進後的防疫物資決策支援模型除醫院之外，亦將 CDC 與衛生局納入整體建模，完成本計畫的目標。

6、情境模擬與決策支援評估

本研究將分別模擬低致死率與高致死率之流感情境，進行採購決策支援評估。流感模擬情境資料來自 CDC 流感模擬系統，由中央研究院提供，PPE 採購決策參數，由使用者輸入。

7、結論與建議

根據以上各步驟在執行上所發現的問題以及情境模擬後的結果分析，提出本計畫對於防疫物資應變整備和決策支援評估的政策建議，以及做為政府施政之基礎。

參、結果

本研究在建模過程中重要的發現以及建模的結果，綜合可分為六方面：三級庫存體系之現況釐清與發現，MIS 資料之檢視結果，疫情蔓延時防疫物資需求量之國內外估算法比較，三級防疫物資需求量估算模型之推導與驗證，防疫物資應變整備之決策支援系統開發與設計，情境模擬與採購決策評估。以下即以此五方面的說明。

一、三級庫存體系之現況釐清與發現

(一)、三級庫存之組織結構

防疫物資之三級庫存體系主要由中央政府疾病管制署轄下所屬倉庫或辦事處、縣市政府衛生局/處/所，以及醫院機構所組成，依據2013年 MIS 資料之輸入機構來看，全國參與 MIS 通報的家數，如表3.1.1所示，計有中央庫存包含疾管署轄下的管制中心與辦事處17家，各縣市衛生局22家，應變醫院22家、非應變醫院467家。

表3.1.1: 三級庫存制之組織結構

單位名稱	數目
疾管署	17
管制中心與辦事處	16
疾病管制署新興傳染病整備組 (倉庫)	1
衛生局所	22
各縣市衛生局	22
醫院	489
應變醫院	22
非應變醫院	467

(二)、三級庫存制之庫存交易結構變化

三級庫存體系各有其專司之功能，衛生福利部庫存著重在統籌支援下層需求，以及供應全國性疫情防治工作，並依經濟部規劃釋出平抑民生性恐慌需求；縣市政府優先支援醫療機構以及地方性疫情防治工作；醫院庫存以供應自行使用之防疫需求。本研究依據 MIS 新系統時期(2011-2013年)之各方登錄的庫存交易統計資料分析，得知防疫物資之各種儲備與調度功能每年度的交易重點不同。

近年來，中央庫存疾管署外科口罩之交易主要為移撥，針對於 N95 口罩之交易，疾管署2011-2012年間較無交易，而於2013年之交易主要為移撥與外單位移出，對於防護衣之交易，發生較頻繁的為外單位移出，近年來數量最大的交易為移撥，過期移出也是重點交易。衛生局/處之交易型態較為多方面，但以交易量來比較，過期移出、過期損耗、外單位移出是大宗。

而應變醫院與非應變醫院之交易主要為進貨與耗用，且其交易量相當平衡。

綜合而言，近幾年來，三級庫存制之交易結構變化，中央庫存，較少有進貨的交易，多著重在物資的調撥與屆效處理，縣市庫存雖有陸續的進貨、耗用與移撥，但屆效品的處理亦是其庫存管理的一大要務，而應變醫院與非應變醫院之交易重點則在進貨、耗用，但是屆效品的處理也有較多的發生頻率。

(三)、三級庫存之存量結構

依據三級庫存體系之存量結構，可以得知整個防疫物資依據時間情境的變化，在供應結構上所產生的比重變化，如表3.1.2 與表3.1.3 示，各級庫存量佔全部三級總庫存量的比例，來說明時間上庫存量的比重變化，N95 口罩庫存之比重自2009年後，即以疾病管制署持半數以上之庫存量為大宗，但三級庫存量自2010年是明顯降低的趨勢，之後疾病管制署與全國醫院之存量比重已相差不多。外科口罩與防護衣之庫存量於2011年(含)以前，皆以醫院為大宗，但於此年之後即由疾病管制署為最多持有機構。綜合而言，歷經 H1N1 疫情之後，目前我國之此三項防疫物資的存量結構均以中央庫存為最高之庫存量。

表3.1.2: 防疫物資三級庫存歷年結構變化(2008/6/30-2011/6/30) - 續

單位\日期		2008/6/30		2008/12/31		2009/6/30		2009/12/31		2010/6/30		2010/12/31		2011/6/30	
		數量	百分比	數量	百分比	數量	百分比	數量	百分比	數量	百分比	數量	百分比	數量	百分比
N95 口罩	疾病管制署	109.1	35.8%	104.2	37.1%	94.0	30.1%	256.9	48.7%	245.0	48.1%	245.4	50.7%	232.6	52.6%
	全國衛生局所	89.4	29.3%	79.9	28.4%	86.5	27.7%	116.4	22.0%	124.0	24.3%	110.8	22.9%	91.3	20.7%
	全國醫院	106.3	34.9%	97.1	34.5%	131.7	42.2%	154.5	29.3%	140.7	27.6%	127.7	26.4%	117.9	26.7%
外科 口罩	疾病管制署	368.1	29.8%	269.6	29.3%	208.2	15.1%	61.7	3.3%	58.7	3.7%	55.3	3.9%	52.3	3.6%
	全國衛生局所	401.5	32.5%	217.4	23.6%	230.7	16.7%	431.7	23.0%	440.1	27.8%	394.8	27.9%	396.7	27.4%
	全國醫院	465.6	37.7%	432.9	47.1%	940.3	68.2%	1,386.0	73.7%	1,084.5	68.5%	967.1	68.2%	999.1	69.0%
防護 衣	疾病管制署	150.5	16.8%	149.4	19.3%	150.3	18.6%	136.9	15.4%	124.3	14.8%	127.1	16.4%	116.3	17.3%
	全國衛生局所	39.1	4.4%	36.0	4.6%	38.1	4.7%	37.6	4.2%	34.8	4.1%	34.4	4.4%	29.5	4.4%
	全國醫院	703.8	78.8%	588.4	76.0%	617.7	76.6%	716.9	80.4%	682.0	81.1%	615.8	79.2%	525.5	78.3%

表3.1.3: 防疫物資三級庫存歷年結構變化(2011/12/31-2013/12/31)

日期		2011/12/31		2012/6/30		2012/12/31		2013/6/30		2013/12/31		2014/6/6	
N95 口 罩	疾病管制署	232.1	54.7%	225.4	58.5%	198.6	58.4%	170.3	54.9%	129.2	50.2%	118.8	48.7%
	全國衛生局所	85.4	20.1%	60.4	15.7%	45.8	13.5%	36.3	11.7%	33.3	12.9%	34.6	14.2%
	全國醫院	107.0	25.2%	99.7	25.9%	95.9	28.2%	103.5	33.4%	94.7	36.8%	90.7	37.2%
外 科 口 罩	疾病管制署	3,863.9	75.8%	4,263.3	78.4%	4,235.5	78.8%	3,752.8	74.1%	3,721.0	76.0%	3,711.1	76.7%
	全國衛生局所	374.0	7.3%	347.6	6.4%	301.6	5.6%	269.4	5.3%	263.3	5.4%	225.5	4.7%
	全國醫院	862.1	16.9%	830.1	15.3%	837	15.6%	1,039.2	20.5%	913.3	18.6%	900	18.6%
防 護 衣	疾病管制署	109.1	57.3%	112.6	61.1%	105.4	62.4%	104.3	63.1%	104.2	63.9%	104.2	65.3%
	全國衛生局所	28.2	14.8%	23.7	12.8%	18.4	10.9%	17.8	10.8%	17.8	10.9%	16.1	10.1%
	全國醫院	53.2	27.9%	47.9	26.0%	45	26.7%	43.1	26.1%	41.1	25.2%	39.2	24.6%

二、MIS 資料之檢視結果

疾病管制署之 MIS 系統自設置後，於2007年歷經一次更新，因而有 MIS 舊系統(2003年10月- 2011/7/31之資料)，與新系統(2011/8/1至今的資料)之分，新舊系統之資料呈現的形式與部份資料(如移撥交易)之定義不同，本研究於分析防疫物資 MIS 庫存資料之前，檢視其提供的 N95口罩、外科口罩與防護衣的 MIS 資料檔，發現以下的一些資料現象。

- 1、 防疫物資耗用量的變化形態是影響建構系統動態模型重要的變項，MIS 的資料是否可以做為建模時的參數參考，有賴於正確的資料呈現，本計畫檢視關於 N95 口罩、外科口罩、防護衣三項之交易登錄資料，雖然發現有大量異常資料情況，但 N95 口罩與外科口罩尚可以經過資料調整與修正之後，即可使用，但防護衣之資料變化無一定的規則，其使用頻率與使用量無法找出與疫情之關係，影響各級防護衣之需求估算模型與參數的推導。
- 2、 從上述三級庫存制之庫存交易結構變化得知，移撥為三級庫存體系下的重要交易功能，因理論上移撥出之量，必有一移撥入之量互為呼應，故本研究針對此三項物資之整體移撥量做交叉比對，結果發現撥出、撥入二者相差甚鉅。足以推論目前之 MIS 移撥交易之功能無法由系統內觀察出其撥出與撥入之相關途徑，因此，本研究之模擬將不考慮移撥功能。
- 3、 進貨與耗用資料的登錄出現週期性變化的情況，ex：兩週 key-in 一次，且此週期變化在各醫院並不一致，代表各醫院輸入 MIS 系統的時間規定不同，並不是採用及時輸入的方式，此等現象恐影響醫院耗用量、進貨量與疫情變化之分析。

4、疾管署有規定各醫院設立安全存量值，但 MIS 資料並未記錄歷次安全存量的調整，只有最後一次安全存量的值，同時，實際輸入時亦未監督安全存量的正確性，換言之，安全庫存量的數值亦偏頗，本計畫在決策支援系統建模時，將採用疾管署 2011 年公布之「全國防護裝備安全整備調整方案」[21]，來設定各級 PPE 之安全儲備量。

三、疫情蔓延時防疫物資需求量之國內外估算法比較

針對疫情蔓延時防疫物資需求量之國內外估算法，本研究分別比較疾管署對於防疫物資需求量估算 2008 年研究報告防疫物資管理相關整合型計畫[7]、2011 年研究報告[21]，與 2009 年日本文獻[20]，以及本計畫依據 MIS 系統實際計算出之需求量，進行比較。根據 MIS 資料於疫情期間(2009/4/27-2010/2/28)中選擇兩個時期，第一時期為 2009/4/27-2009/6/21，此期為 H1N1 列為法定第一類傳染病；第二期為 2009/8/3-2009/9/27，此期為 N95 口罩與外科口罩在第二波流感蔓延時耗用量較高的時期，分別計算出該段時期實際的耗用量。此二期的比較結果顯示第一期 N95 口罩實際耗用量高於第二期，與上述文獻的估算法比較，此兩期的每一病床 8 週的耗用量遠小於其他三種方式的計算結果，詳細資料如表 3.3.1 所示。外科口罩的兩期實際耗用量類似，但小於 2011 年研究報告的計算結果，大於 2008 年的研究

報告之估算量，與日本文獻之估算方法比較，比中度風險、低度風險醫療程序與其他之三者加總的合計量相對較低。防護衣的實際耗用量，第二期大於第一期(但解釋困難)，且大於2011年研究報告之計算結果，但小於2008年研究報告之計算結果。

由以上之比較得知，三種估算表與實際耗用之比較，N95口罩顯然是高估，外科口罩則是高低互現，防護衣之實際耗用量雖然平均之後比2008年估計量少，但因解釋困難，不易比較。本研究在建模階段將根據此比較的結果，做為模擬模型 PPE 計算之參考。

表3.3.1: 疫情蔓延時全國需求量國內外估算法之比較(8週之耗用量/病床)

文獻來源		N95 口罩 (有閥)/病床	N95 口罩(無 閥)/病床	外科口罩/ 病床	防護衣/ 病床
防疫物資管理相關 整合計畫(2008 年)	嚴格的臨床 指引(澳洲)	-	88.99	0	38.22
	寬鬆的臨床 指引(英國)		22.85	47.7	4.74
Stockpile of personal protective equipment in hospital settings: Preparedness for influenza pandemics(2009 年, 日本)	高度風險醫 療程序	35.09	-	17.55	35.09
	中度風險醫 療程序	-	29.49	35.84	35.84
	低度風險醫 療程序	-	-	116.85	-
	其他(主要為 門診與住院 病人)	-	-	270.67	-
2009 年台灣 H1N1 實際耗用量(病床數 以 98 年底急性一般 病床 74,132+加護病 床 7,311 計算)	2009/4/27- 2009/6/21	-	5.20	98.07	0.60
	2009/8/3- 2009/9/27		3.69	98.23	2.03
2011 年防疫物資調 整方案(病床數以 100 年底急性一般 病床 74,082+加護病 床 7,369 計算)(2011 年報告)	原為 30 天防 護用量(依照 8 週 56 天等 比例加成計 算)	-	11.71	137.7	0.97

四、三級防疫物資需求量估算模型之推導與驗證

所完成的成果包括疫情蔓延恐慌期偵測模型，防疫物資需求量估算模型與參數，需求量理論值與經驗值之比較評估，詳細說明如下。

(一)、疫情蔓延恐慌期偵測模型

欲得知疫情何時進入蔓延階段且何時疫情蔓延期結束，本計畫採標準化之 CUSUM 方法作為疫情蔓延之偵測工具，並設置管制界線 $h=2$ 與容許誤差 $k=1$ ，針對門診人次變動量進行偵測。CUSUM 偵測模型如下：

Cusum 公式：

$$S_t = \max(0, S_{t-1} + Z_t - k)$$

$$S_t^+ = \max(0, S_{t-1}^+ + Z_t - k)$$

$$S_t^- = \max(0, S_{t-1}^- - Z_t - k)$$

其中，S 為 CUSUM 統計量值，

$Z_t = \frac{X_t - \mu_0}{\sigma_{\bar{X}}}$ ，為使用 μ_0 與 $\sigma_{\bar{X}}$ 對 X_t 標準化後資料， X_t 為欲偵測之變項， $\sigma_{\bar{X}}$

已知或可估計， μ_0 為一般正常狀況之平均值。

針對第0期(起始點) 設定初始 S_0 值為0。

設置管制界線 h ，若下列情形發生

$$S_t^+ > h \text{ (上升，資料高出管制界線上界)}$$

$$S_t^- > h \text{ (下降，資料低於管制界線下界)}$$

則跳出正常狀況，可視為異常情況發生，但本計畫目的為找出疫情就醫人數異常上升狀態，故採用 $S_t^+ > h$ 且 $S_t^- < h$ 之資料異常點視為疫情蔓延恐慌發生。

以 2009 年之 H1N1 來襲(200916~201008(年週))之狀況為例，對健保次級資料之實際門診變動量進行偵測採用 H1N1 疫情發生前一年(200814~200914(年週))之門診人次變動量資料計算之平均門診人次變動量 438.56 與樣本平均標準誤 2,040.305，做為非疫情時期之門診人次平均變動量與門診人次變動量之平均標準誤。偵測結果 200934~200937(年週)與 200941~200948(年週) 之資料跳出管制界線，視為流感蔓延期發生，如圖 3.4.1，發現 CUSUM 在偵測實際疫情蔓延期有不錯的表現。

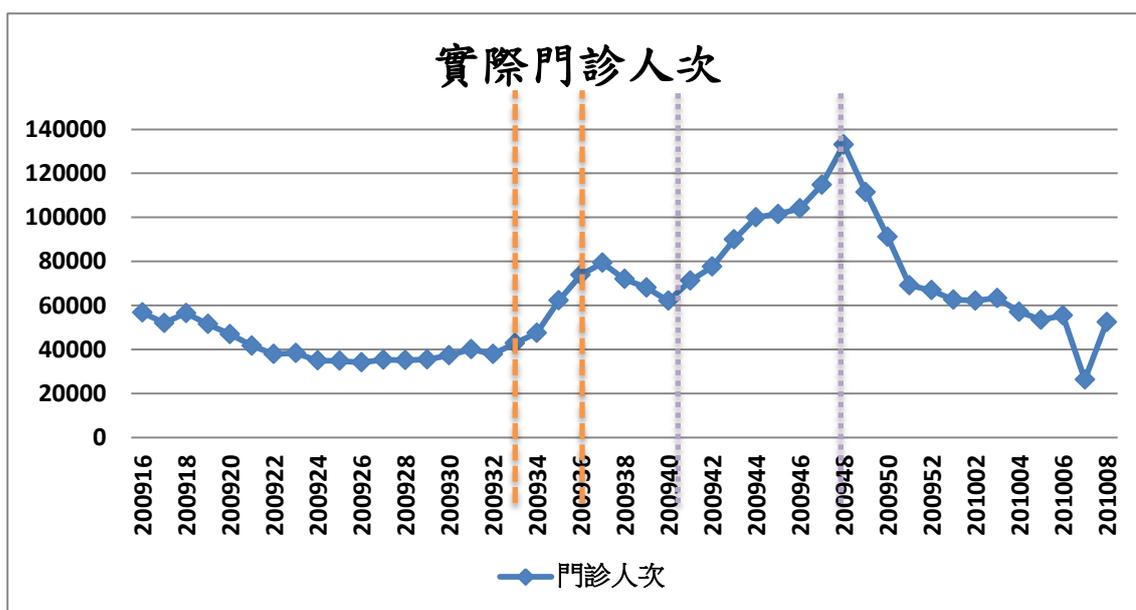


圖3.4.1: CUSUM 偵測實際 H1N1(200916~201008(年週))疫情

因 CUSUM 模型偵測疫情蔓延狀況，需使用非疫情時期之門診人次平均變動量與非疫情時期之門診人次變動量之平均標準誤，但運用此模型偵

測流感模擬系統所產生的門診資料，本研究發現在流感模擬系統中，無法生成非疫情狀況下之門診人次變動量資料，故本研究在使用流感模擬門診人次偵測疫情蔓延情況時，需假設非特定疫情狀況下，門診變動人次為0與門診人次變動量之平均標準誤為 $1/4$ 倍的模擬疫情門診人次變動量之平均標準誤。

採用調整後疫情模擬之門診人次變動量資料進行 CUSUM 偵測疫情蔓延，並以模擬 2009 年之 H1N1 來襲(200916~201008(年週))之狀況為例，使用門診變動人次為 0 與 $1/4$ 倍的模擬疫情門診人次變動量之平均標準誤 260.9761，作為 CUSUM 參數設定中非疫情時期之門診人次平均變動量與門診人次變動量之平均標準誤，且設定管制界線 h 為 2，容許誤差為 1。偵測結果顯示 200934~200947(年週) 之資料跳出管制界線，視為模擬之疫情蔓延恐慌期發生，如圖 3.4.2。

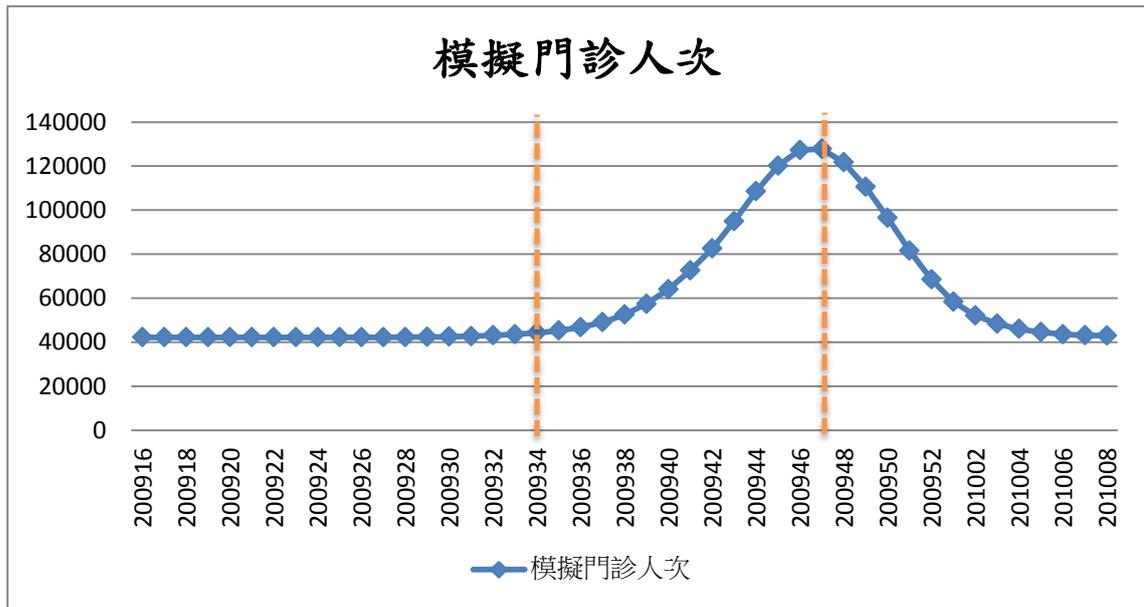


圖3.4.2: CUSUM 偵測模擬疫情資料結果

(二)、防疫物資需求量估算模型與參數

本計畫已完成疾管署、衛生局、醫院三級之 N95 口罩、外科口罩與防護衣之需求量估算模型與參數。此等模型與參數值將在防疫物資應變整備之決策支援系統內設定，做為內建的參數。因為 MIS 的資料呈現高離散性的特性，最後採用負二項迴歸模型(Negative Binomial Regression model; NB Regression model)的方式，建立各級防疫物資的需求量模型。

負二項迴歸模型能解決卜瓦松迴歸模型(Poisson Regression model)在資料過度離散(Over-dispersion)時嚴重低估變異程度，而使得模型檢定失準之狀況。當三級庫存資料顯示該類 PPE 耗用量有零值比例過高之情況，則改建立零膨脹負二項迴歸模型(Zero-inflated Negative Binomial Regression

model; ZINB Regression model) 以避免零值比例過高造成模型配適不佳之狀況。同時，針對流感疫情對防疫物資需求量可能存在非線性之關係進行討論，並且納入新聞量資料與疫情蔓延恐慌期之判斷資訊。

另外在採用歷史 MIS 之 N95 口罩、外科口罩及防護衣耗用量資料建立需求量經驗值模型時，考慮到時間延遲性(如耗用量延遲登記)與變異過大(一次登記多週耗用量)之問題，為降低因時間延遲性與變異過大造成資料失真的問題，採用 3 週移動加權平均對各防疫物資耗用資料進行調整(調整值)，於第 T 週之防疫物資耗用量資料調整模式如：

$$\begin{aligned} \text{調整後防疫物資耗用量}(T) = & \\ & 0.2 * \text{原始防疫物資耗用量}(T-2) \\ & + 0.4 * \text{原始防疫物資耗用量}(T-1) \\ & + 0.4 * \text{原始防疫物資耗用量}(T) \end{aligned}$$

並採用調整後的防疫物資耗用量資料與疫情時就醫人次資料及新聞量進行建模。在固定型一誤差 α 為 0.05 之狀況下，利用 AIC (Akaike Information Criterion) 作為模型比較準則 (AIC 值越小模型越佳)，使用統計軟體 SAS 9.4 版進行分析，並將驗證通過之最佳模型結果呈現於表 3.4.1，模型估計值與實際值比對結果顯示於圖 3.4.3 - 3.4.11。圖中顯示三條曲線，PPE 之實際耗

用量(藍線)，PPE 調整後耗用量(紅線)，PPE 需求量估計值(綠線)，由觀察得知，醫院 PPE 需求模型的估計值不論波形變化與估計值數字均接近實際值，CDC 與衛生局之 PPE 需求模型的估計值在波形上與實際值的起伏類似，但估計值數字與實際值有差距(在統計量檢定可接受範圍)。

表3.4.1: 需求量經驗值模組

PPE	醫院需求量模型	P 值
N95 口罩	$EXP((9.8424+0.3715*是否為疫情蔓延期+0.7426/(流感併發重症人次+1))*(1-是否發布新聞)+(9.8365+0.2541*是否為疫情蔓延期+0.0014*新聞量-0.0011*是否為疫情蔓延期*新聞量)*是否發布新聞)$	<.0001***
外科口 罩	$EXP((13.4447+0.0011*流感併發重症人次+0.0014*是否為疫情蔓延期*流感併發重症人次)*(1-是否發布新聞)+(13.3390+0.0005*新聞量+0.0002*新聞量*是否為疫情蔓延期)*是否發布新聞)$	<.0001***
防護衣	$EXP((8.1671+0.5483/(流感併發重症人次+1))*(1-是否發布新聞)+(8.4212-0.000004657*門診人次+0.0014*新聞量-0.0019*新聞量*是否為疫情蔓延期)*是否發布新聞)$	0.0501
	CDC 需求量模型	
N95 口罩	$EXP((14.0142+8.9067*是否為疫情蔓延期-0.000139727*門診人次-0.000082600*是否為疫情蔓延期*門診人次)*(1-是否發布新聞(另))+(9.2321-0.000151978*門診人次+0.0277*新聞量+0.000054493*門診人次*是否為疫情蔓延期-0.0200*新聞量*是否為疫情蔓延期)*是否發布新聞(另))$	<.0001***
外科口 罩	$EXP(14.0791+1.7628*是否為疫情蔓延期-0.000073402*門診人次)$	0.0013**
防護衣	$EXP(11.6192+2.7476*是否為疫情蔓延期-0.000084360*門診人次)$	<.0001***
	衛生局需求量模型	
N95 口罩	$EXP((5.4138+2.0166*恐慌期偵測結果+2.0038/(流感併發重症人次+1))*(1-是否發布新聞)+(4.9770+3.6736*是否為疫情蔓延期+1.0510/(流感併發重症人次+1)+0.0031*新聞量-0.0075*新聞量*是否為疫情蔓延期)*是否發布新聞)$	0.0092**
外科口 罩	$EXP(10.9643+2.0176*是否為疫情蔓延期-0.000040289*門診人次)$	0.0002***
防護衣	$p_zero=EXP(0.8583-0.0077*新聞量)/(1+exp(0.8583-0.0077*新聞量))$ $(1-p_zero)*EXP(7.6548-1.5900*是否為疫情蔓延期-1.8087/(流感併發重症人次+1))$	0.0014**

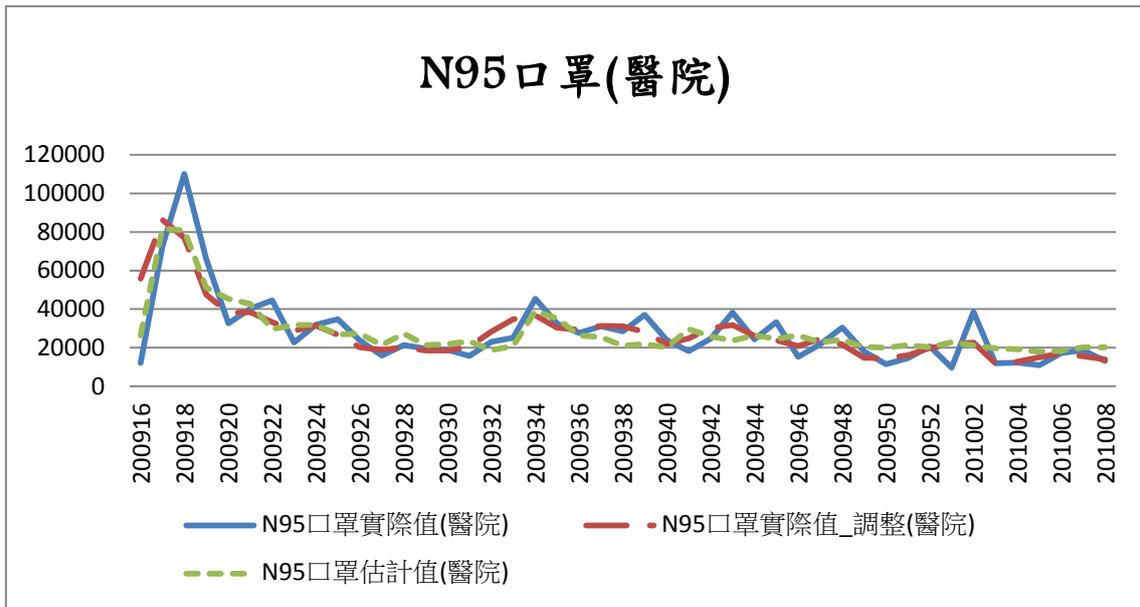


圖3.4.3: N95口罩(醫院)實際值與估計之經驗值比對

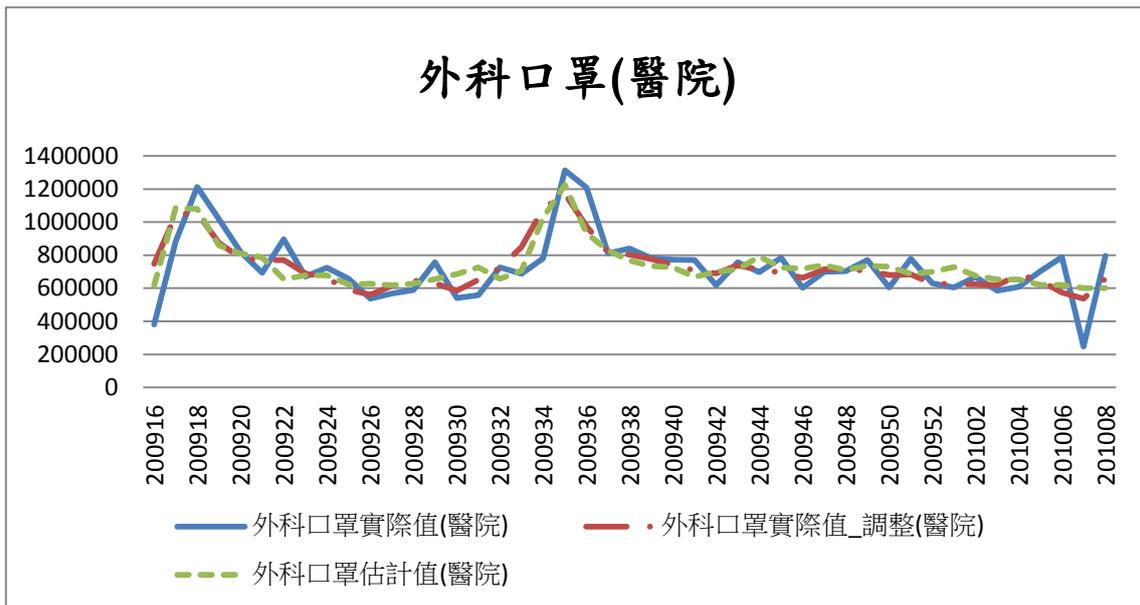


圖3.4.4: 外科口罩(醫院)實際值與估計之經驗值比對

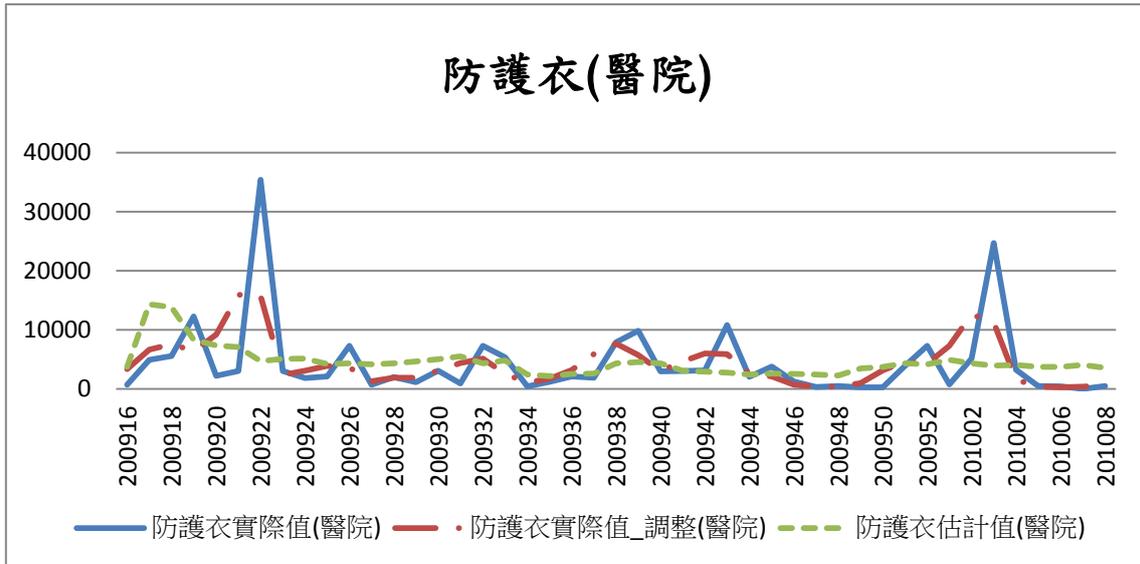


圖3.4.5: 防護衣(醫院)實際值與估計之經驗值比對

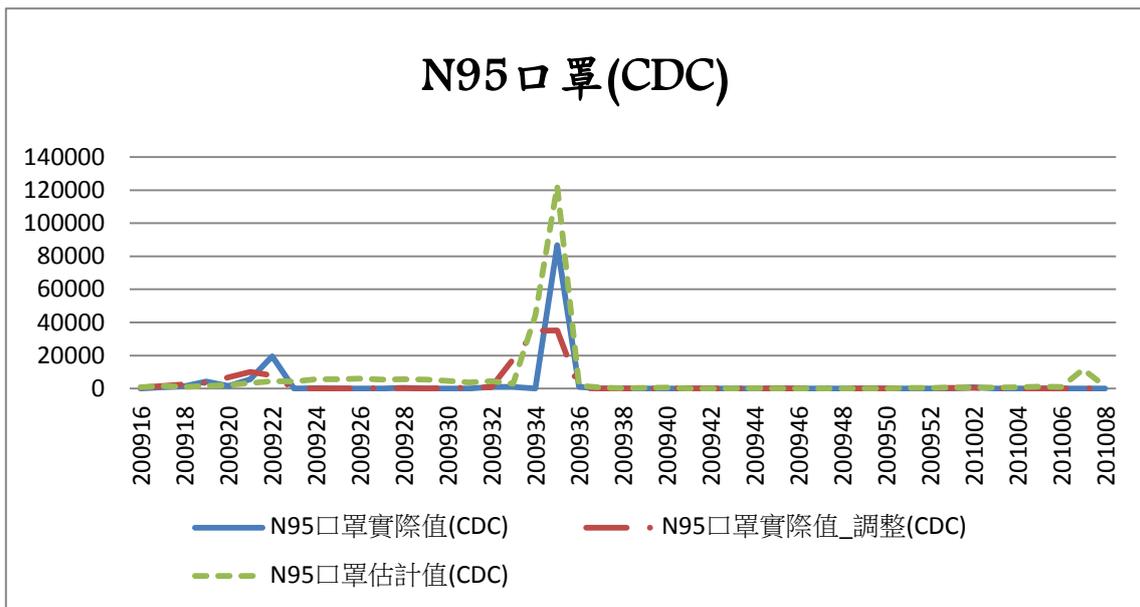


圖3.4.6: N95口罩(CDC)實際值與估計之經驗值比對

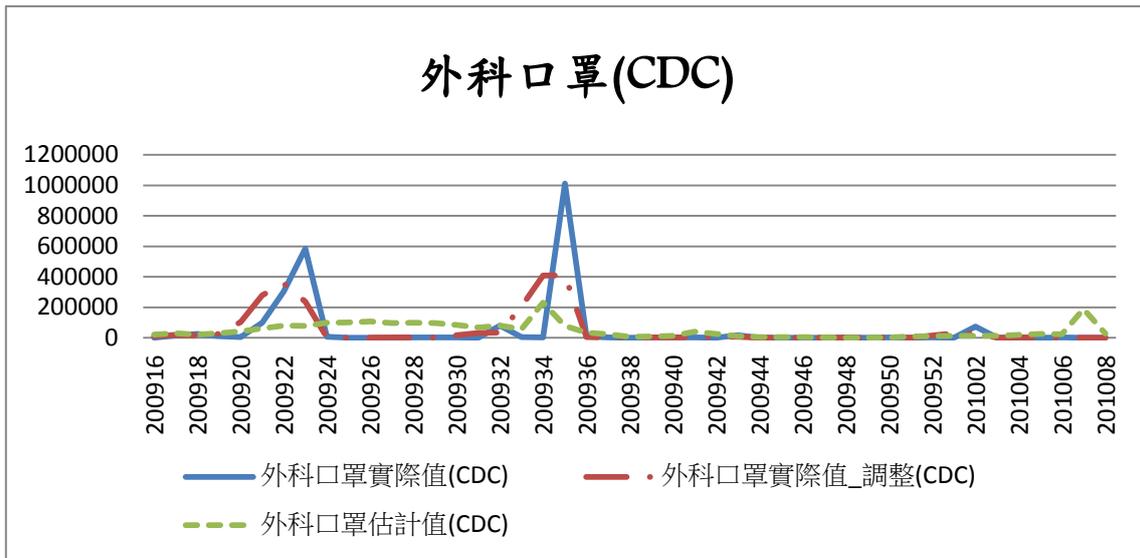


圖3.4.7: 外科口罩(CDC)實際值與估計之經驗值比對

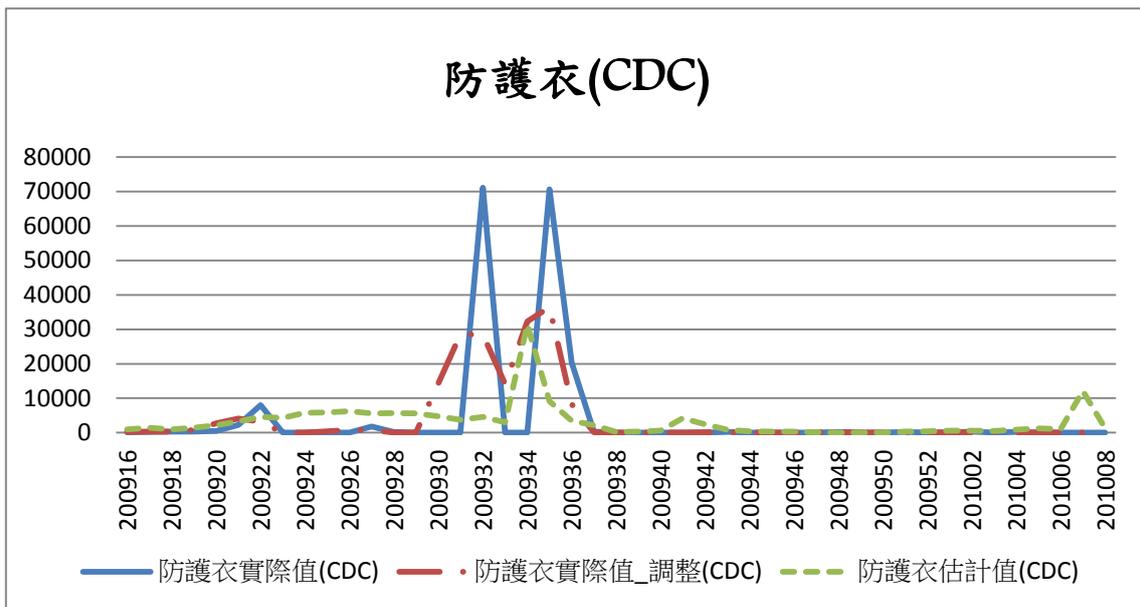


圖3.4.8: 防護衣(CDC)實際值與估計之經驗值比對

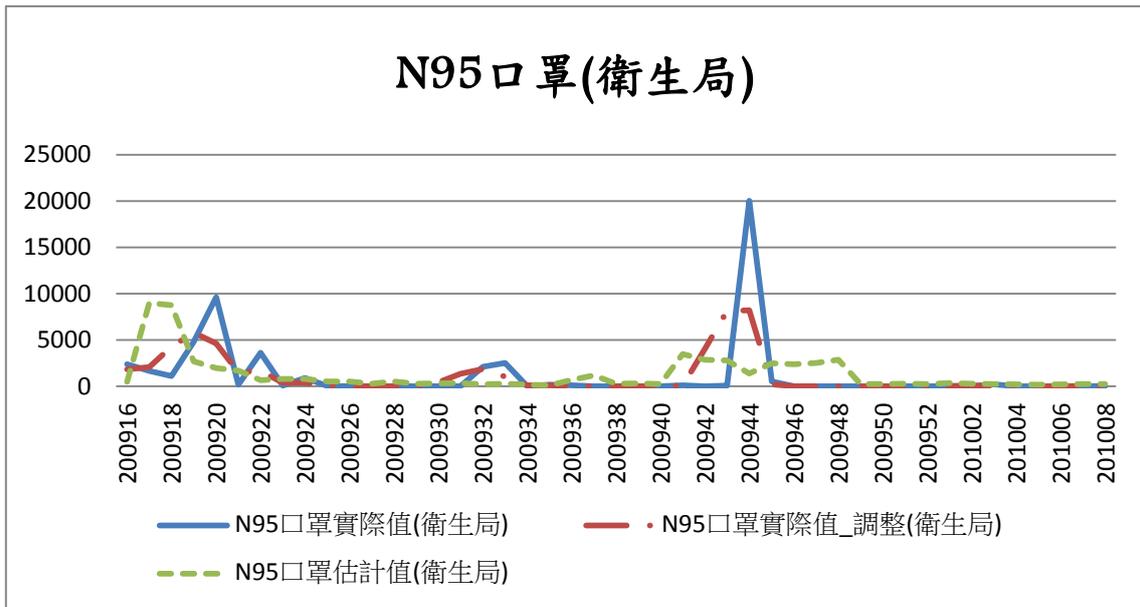


圖3.4.9: N95口罩(衛生局)實際值與估計之經驗值比對

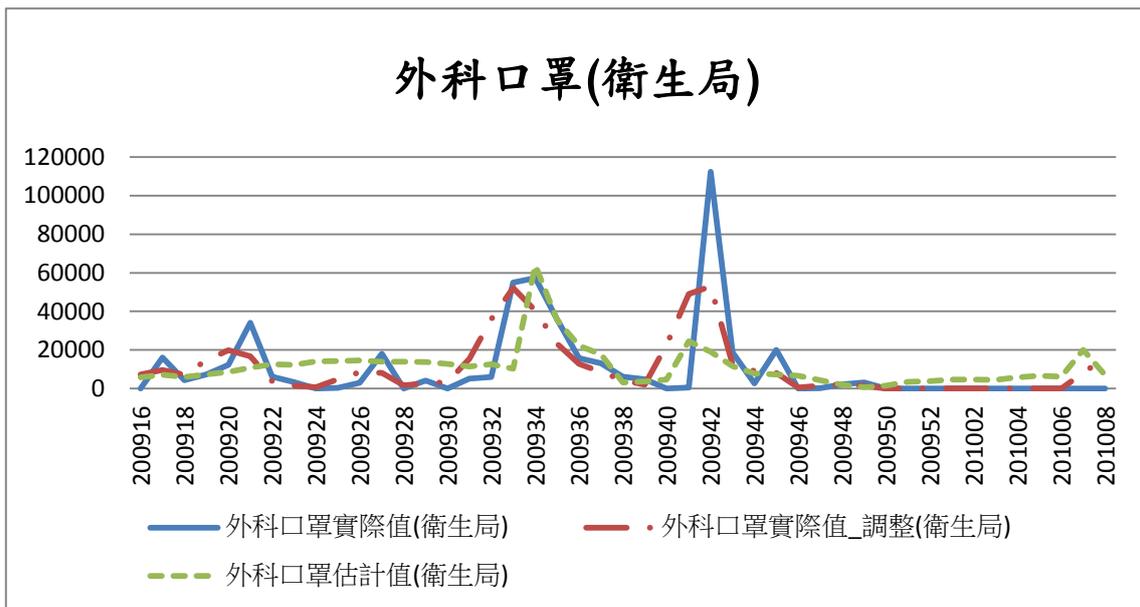


圖3.4.10: 外科口罩(衛生局)實際值與估計之經驗值比對

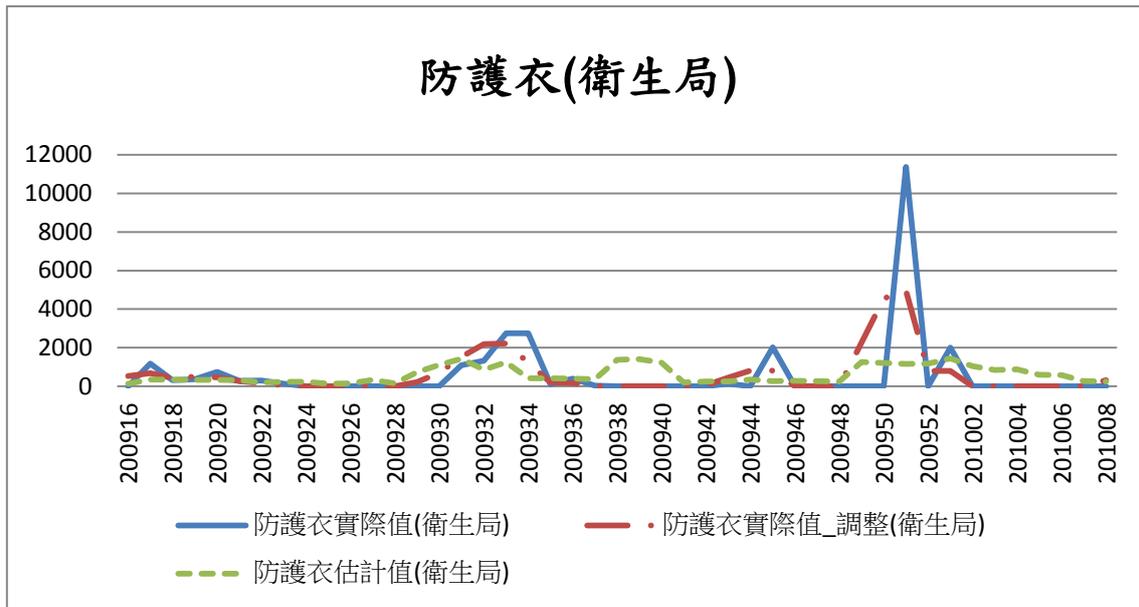


圖3.4.11: 防護衣(衛生局)實際值與估計之經驗值比對

(三)、需求量理論值與經驗值之比較評估

本計畫理論值需求量估計模型主要應用對象為針對醫院在疫情蔓延時之 PPE 儲備量估算，其參數與計算法係依據2011年公布之全國防護裝備安全調整方案的規定，主要參數包括每天全國醫院皆執行急診/驗傷/病人分流之工作人次、疫情通報調查病例數、疑似病例數、確定病例數等，其中採用全國人數之1/10,000 估計每日通報調查病例數，每日新增之疑似病例數為通報調查病例數的 15%，確定病例數則為疑似病例數之50%，每日全國醫院皆執行急診/驗傷/病人分流之工作人次為26,000，疑似病例需轉送應變醫院平均隔離5天，確定病例則須安置於應變醫院平均住院14天且確定病例有10天需使用防疫措施等。

CDC 之流感模擬系統所產生 H1N1 流感蔓延資料(200916~201008(年週))，在 R_0 為1.01446之低致死率流感模擬情況下，分別以需求量理論值模型與需求量經驗值模型，並採用週資料對於模擬產生該期間醫院防疫物資需求量之理論值與經驗值，與 H1N1 期間之實際醫院防疫物資耗用量比較差異性，其中理論值估算方面，採用主計處公布2009年年中人口數23,465,003來估算通報調查病例數。

依據 MIS 資料顯示，當2009年 H1N1來襲時，分別產生兩波 PPE 耗用量大幅度增加的情形，第一波於200916~200923(年週)時段發生，本研究稱之為第一波新聞恐慌期，第二波於200933~200947(年週)時段發生，本研究稱之為疫情蔓延恐慌期。本研究對於理論值與經驗值的比較實驗，即是比較此二期間的需求量理論估計值、需求量經驗估計值、與實際耗用量，在給定型一誤差 $\alpha=0.05$ 之下，檢定是否有顯著差異。

1. 200916~200923(年週)第一波新聞恐慌期之理論值與經驗值比較

(1) 醫院 N95 口罩

表3.4.2:由 PPE 組別檢定結果之 P 值 <0.05 ，可推論理論值、經驗值與實際值需求量間存在明顯差異，表3.4.3.採用 Sheffe's 法判定結果，經驗值需求量與實際耗用量之間並無顯著差異，但理論值需求量明顯高於經驗值與實際耗用量。

表3.4.2: 第一波新聞恐慌期醫院 N95口罩需求量比較檢定結果(ANOVA)

來源	自由度	平方和	均方和	F 值	P 值
PPE 組別	3	9.1985067E12	3.0661689E12	327.34	<.0001***
時間組別	7	83,846,037,764	11,978,005,395	1.28	0.3078
誤差	21	196,702,713,877	9,366,795,898.9		

表3.4.3: 第一波新聞恐慌期各醫院 N95口罩需求量平均(Sheffe's)

理論值平均需求量	經驗值平均需求量	實際平均耗用量
1,286,219*	43,393	50,116

(2) 醫院外科口罩:

表3.4.4 由 PPE 組別檢定之 P 值 <0.05 ，可推論理論值需求量、經驗值需求量與實際值需求量中有顯著差異，表3.4.5 採用 Sheffe's 法判定經驗值需求量與實際耗用量無顯著差異，但理論值需求量明顯低於經驗值與實際耗用量。

表3.4.4: 第一波新聞恐慌期醫院外科口罩需求量比較檢定結果(ANOVA)

來源	自由度	平方和	均方和	F 值	P 值
PPE 組別	3	1.0049426E12	334,980,856,498	25.62	<.0001***
時間組別	7	453,877,549,105	64,839,649,872	4.96	0.0020**
誤差	21	274,567,686,226	13,074,651,725		

表3.4.5: 第一波新聞恐慌期各醫院外科口罩需求量平均(Sheffe's)

理論值平均需求量	經驗值平均需求量	實際平均耗用量
418,252*	816,935	821,866

(3) 醫院防護衣:

表3.4.6 由 PPE 組別效果檢定 P 值 <0.05 ，可推論模型存在 PPE 組別效果，並由表3.4.7 Sheffe's 判定結果可得知，經驗值需求量與實際耗用量無顯著差異，但理論值需求量明顯高於經驗值與實際耗用量。

表3.4.6: 第一波新聞恐慌期醫院防護衣需求量比較檢定結果(ANOVA)

來源	自由度	平方和	均方和	F 值	P 值
PPE 組別	3	6.0660536E12	2.0220179E12	289.29	<.0001***
時間組別	7	54,486,527,112	7,783,789,587.5	1.11	0.3911
誤差	21	146,782,633,734	6,989,649,225.4		

表3.4.7: 第一波新聞恐慌期各醫院防護衣需求量平均(Sheffe's)

理論值平均需求量	經驗值平均需求量	實際平均耗用量
1,013,975*	8,391	8,656

2. 200933~200947(年週)疫情蔓延恐慌期

(1) 醫院 N95 口罩:

表3.4.8 由 PPE 組別效應檢定之 P 值 <0.05 ，可推論理論值與經驗值、實際值間存在明顯差異，且表3.4.9 由 Sheffe's 判定結果可知，經驗值需求量與實際耗用量無顯著差異，但理論值需求量明顯高於經驗值與實際耗用量。

表3.4.8: 疫情蔓延恐慌期醫院 N95口罩需求量比較檢定結果

來源	自由度	平方和	均方和	F 值	P 值
PPE 組別	3	2.033234E13	6.7774468E12	1,330.16	<.0001***
時間組別	15	72,606,545,421	4,840,436,361.4	0.95	0.5197
誤差	45	229,284,369,383	5,095,208,208.5		

表3.4.9: 疫情蔓延恐慌期各醫院 N95口罩需求量平均(Sheffe's)

理論值平均需求量	經驗值平均需求量	實際平均耗用量
1,330,681*	30,441	28,633

(2) 醫院外科口罩:

表3.4.10 由 PPE 組別檢定之 P 值 <0.05 ，顯示模型中存在 PPE 組別效果，並採用 Sheffe's 法進行事後比對(表3.4.11)，結果可發現經驗值需求量與實際耗用量無顯著差異，但理論值需求量明顯低於經驗值與實際耗用量。

表3.4.10: 疫情蔓延恐慌期醫院外科口罩需求量比較檢定結果

來源	自由度	平方和	均方和	F 值	P 值
PPE 組別	3	1.8679103E12	622,636,756,382	63.89	<.0001***
時間組別	15	801,582,209,524	53,438,813,968	5.48	<.0001***
誤差	45	438,516,511,597	9,744,811,368.8		

表3.4.11: 疫情蔓延恐慌期各醫院外科口罩需求量平均(Sheffe's)

理論值平均需求量	經驗值平均需求量	實際平均耗用量
420,694*	836,950	801,867

(3) 醫院防護衣:

表3.4.12 由 PPE 組別檢定之 P 值 <0.05 ，可推論模型存在 PPE 組別效果，且由 Sheffe's 法可判定經驗值需求量與實際耗用量無顯著差異(表3.4.13)，但理論值需求量明顯高於經驗值與實際耗用量。

表3.4.12: 疫情蔓延恐慌期醫院防護衣需求量比較檢定結果(ANOVA)

來源	自由度	平方和	均方和	F 值	P 值
PPE 組別	3	1.3199652E13	4.3998838E12	1,174.01	<.0001***
時間組別	15	55,408,624,769	3,693,908,318	0.99	0.4854
誤差	45	168,648,817,942	3,747,751,509.8		

表3.4.13: 疫情蔓延恐慌期各醫院防護衣需求量平均(Sheffe's)

理論值平均需求量	經驗值平均需求量	實際平均耗用量
1,052,431*	4,016	3,543

綜合以上結果，若採用理論值需求量，在200916~200923(年週)第一波新聞恐慌期與200933~200947(年週)疫情蔓延恐慌期，醫院 N95口罩與防護衣部分，理論值需求量均出現嚴重高估實際耗用量之狀況，若採用理論值需求量，可能會造成防疫物資存貨過高的浪費，在醫院外科口罩部分，理論值需求量均出現嚴重低估實際耗用量的情形，若採用理論值需求量，可能會使得醫院外科口罩出現需求不足的狀況，但在醫院 N95口罩、外科口罩及防護衣經驗值模型所計算之需求量，在第一波新聞恐慌期與疫情蔓延恐慌期與均和當初實際耗用量無顯著差異，故本計畫後續防疫物資決策支援模型之開發將採用經驗值需求量之估算模型與參數。

五、防疫物資應變整備之決策支援系統開發與設計

完成防疫物資應變整備之決策支援系統(暫定為 FLPPE-DSS)，詳細說明如下。

(一)、防疫物資應變整備之決策支援系統

FLPPE-DSS 的功能包括：使用者輸出入介面設計，各級 PPE 需求量估算、採購決策擬定、外圍系統之介面處理。使用者輸出入介面設計以利使用者方便操作輸入參數與輸出資料之解讀；各級 PPE 需求量估算是計算出不同疫情情境下，CDC、醫院、衛生局所需之外科口罩、N95 口罩、防護衣之需求量；採購決策擬定乃依據三級存貨管理的假設條件，依採購前置時間的變化，模擬計算出採購決策資訊(何時採購、採購量、支撐天數等)，同時亦可調整安全儲備量的變化，提供採購決策資訊；外圍系統之介面處理主要係處理外部流感模擬系統之資料，以便匯入需求量估算模組及採購決策模組，同時整理匯出採購決策模組資料，以便進一步做決策支援評估。整體之 FLPPE-DSS 決策支援系統架構如圖3.5.1，本計畫採用 Anylogic 模擬軟體搭配 SAS 完成整體系統設計。

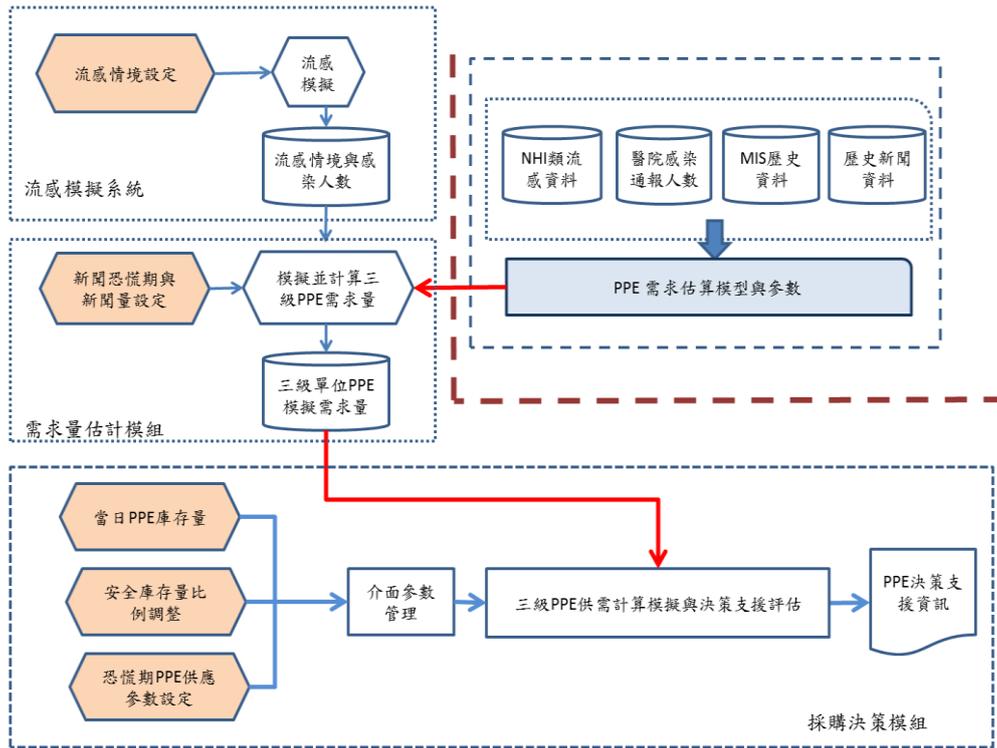


圖3.5.1: FLPPE-DSS 決策支援系統架構

(二)、使用者輸入介面設計

本系統之使用者輸入介面設計，如圖3.5.2 所示，各欄位說明如下：

1. 模擬時間：FLPPE-DSS 的模擬時間，單位為週。
2. 新聞恐慌期：新聞顯著介入是從模擬開始的第幾週，以及新聞介入後第一週與第二週的新聞量，若無新聞影響，使用者可對於這三項欄位輸入0。
3. PPE 庫存量初始值：為每一次進行模擬所需要的各級PPE的庫存量。

使用者可參考每日 CDC 網站所發布的 PPE 最新庫存統計表，如圖

3.5.3，做為 CDC、衛生局與醫院之 N95 口罩、外科口罩與防護衣之開始模擬輸入的庫存量初始值，單位為件。

4. 安全儲備量：為採購決策變項之一，使用者可輸入 CDC、衛生局與醫院之 N95 口罩、外科口罩與防護衣之安全儲備量值。

5. 採購參數設定：

- 非恐慌期之前置時間：可輸入非疫情蔓延恐慌期之 N95 口罩、外科口罩與防護衣的採購前置時間，單位為天。
- 在恐慌期之前置時間：可輸入疫情蔓延恐慌期之 N95 口罩、外科口罩與防護衣的採購前置時間，單位為週。
- 在恐慌期前置時間之有效區間：可輸入疫情蔓延恐慌期之 N95 口罩、外科口罩與防護衣之前置時間的有效區間，單位為週，若輸入為 0，則系統預設為疫情恐慌期間。
- 準時到貨率：可設定 N95 口罩、外科口罩與防護衣於疫情蔓延恐慌期的準時到貨率，若準時到貨率設為 80%，則表示 80% 會準時到貨，20% 會延遲到貨。準時到貨率的單位為 %，範圍從 0% - 100%。
- 進貨延遲週數：若 N95 口罩、外科口罩與防護衣於疫情蔓延恐慌期內無法於前置時間準時到貨，如 20% 會延遲到貨，則會出現此 20% 進貨延遲週數，單位為週。



圖3.5.2: FLPPE-DSS 輸入介面

防疫物資最新庫存統計表

單位：萬片(件)

庫存層級 品項	醫院	衛生局所	中央*	總計
N95	79.6 (0)	18.8 (0)	104.1 (0)	202.5 (-0.1)
全身式 防護衣	25.0 (0)	6.5 (0)	23.2 (0)	54.7 (0)
外科等級 口罩	888.9 (-11.6)	207.9 (-0.3)	3,559.3 (0)	4,656.1 (-12.0)

() 內數字係與前一日比較增減量
疾病管制署104.11.6.
*中央庫存部份為疾管署倉儲(N95口罩103.0萬個、防護衣23.1萬件、外科口罩3,550.7萬片)+疾管署各管制中心庫存。

圖3.5.3: CDC 網站公布之每日防疫物資最新庫存統計

(三)、需求量估計模組

本模組應用推導出之疾管署、衛生局與全國醫院的 PPE 需求量估算模型與參數，CDC 流感模擬系統所產生的感染相關人數等資料，以及新聞介入資料，來估計各期、各級 PPE 需求量，主要的處理欄位資料如附表一。

(四)、採購決策模組

1. 供應商參數

本模組重要的採購決策參數，一方面是來自需求端的資訊，一方面為供應端的資訊，其中需求端的重要資訊，如附表一在本研究第一部分係經過驗證後產生，而供應端的資訊主要有兩項，一是採購前置時間，一是供應商產能，表3.5.1 為本研究整理之在台生產、銷售供應商之平時的採購前置時間，不論是哪一種 PPE 其前置時間大多廠商都在3天可交貨，但在疫情期間的交貨期大多廠商都在3-9週交貨。表3.5.2 則為供應台灣 PPE 之國內與海外防護裝備製造商產能與安全庫存量的整理，N95口罩合計國內外每月可生產10,657千片，外科口罩23,533千片，防護衣6,600千件。

供應商的供應風險參數主要內涵為產能與交期，供應商的產能不足或交期過長且不穩定，都可能造成缺貨而使疫情擴大的風險。因此，在採購決策模組內，除前置時間用於三種 PPE 外，並對於到貨延遲時間的計算，

本研究以準時到貨率與到貨延遲時間來預期並緩衝此風險。

表3.5.1: 國內與海外之防護裝備供應商採購前置時間整理

防疫物資	國內設廠製造商		海外設廠製造商	
	Lead time	廠商數	Lead time	廠商數
平時				
N95 口罩	3 天以內	4 家	3 天以內	4 家
			12 天以上	1 家
外科口罩	3 天以內	4 家	3 天以內	3 家
防護衣	3 天以內	1 家	3 天以內	3 家
疫情爆發且缺貨時期				
防疫物資	Lead time	廠商數	Lead time	廠商數
N95 口罩	3 週以內	2 家	3~6週	2 家
	3~6 週	1 家	6~9 週	2 家
	6~9 週	1 家		
外科口罩	3 週以內	2 家	3~6週	1 家
	6~9 週	2 家	12週以上	1 家
防護衣	3-6 週	1 家	6-9 週	3 家

資料來源：防疫物資管理相關整合型計畫(2008)

表3.5.2: 國內與海外之防護裝備製造商產能與安全庫存量整理

防疫物資	國內設廠製造商		
	廠商數	產能合計	安全庫存量
N95 口罩	4 家	2,532 千片/月	36 千片
外科口罩	4 家	7,700 千片/月	50 千片
防護衣	1 家	5 千件/月	3 千件
防疫物資	海外設廠製造商		
	廠商數	產能合計	安全庫存量
N95 口罩	4 家	8,125 千片/月	120 千片/月
外科口罩	2 家	15,833 千片/月	110 千片/月
防護衣	3 家 (產能合計僅估計 2 家)	1,600 千件/月	71 千件/月

資料來源：防疫物資管理相關整合型計畫(2008)

2. 系統設定之假設

本計畫對於一些不確定或未知的參數，擬定以下假設，做為決策支援系統開發的根據。

- 疫情蔓延恐慌期之前可能面臨由於新聞介入誘發的恐慌現象。
- 供應商皆為 Make to Stock (MTS) 模式，供貨的取得決定於採購前置時間的長短，各 PPE 於非疫情恐慌期之前置時間預設為3天，於下當週交貨，但使用者可輸入更改，在疫情蔓延恐慌期之前置時間由使用者輸入。
- 本研究以準時到貨率與到貨延遲時間來預期並緩衝此三項 PPE 到

貨延遲時間的風險。

- CDC、衛生局與醫院之防疫物資儲備與使用，不考慮接受上級或平級之移撥，庫存量皆採自給自足制。
- CDC、衛生局與醫院於疫情時期之庫存管理都採用先進先出法，不會造成物資屆效的問題。
- CDC、衛生局與醫院各為一個整體單位，其需求量、進貨量與庫存量等變項皆代表全國的數值。

安全庫存量的設定，採用疾管署公布之「全國防護裝備安全整備調整方案」[21]，設定 CDC 之 N95 口罩安全存量為 90 萬片，外科口罩為 2700 萬片，防護衣為 14 萬件(CDC 提供數字)；衛生局此三項 PPE 之安全存量分別為：10 萬片、100 萬片、2 萬件；醫院此三項 PPE 之安全存量分別為：50 萬片、600 萬片、16 萬件，並允許使用者以 % 方式上下增減調整。

非疫情蔓延時期，CDC、衛生局與醫院皆使用(S,s)存貨管制模式。S 為最高儲備量、s 為再訂購點。疫情蔓延時期，CDC、衛生局與醫院使用未來前置時間內需求量訂購法，以滿足在疫情蔓延情況之充足需求量。

3. .採購決策模組之設計邏輯

本研究依據防疫物資需求量估算模組、供應商文獻查證結果與上述之假設條件，設計採購決策模組之需求量計算、訂購點判斷、採購時間與採

購量估計之核心運算邏輯，如圖3.5.4。依照疫情變化情況，將疫情時期分為疫情初期恐慌期(新聞介入)，與疫情蔓延恐慌期，下列將分別探討兩個不同時期之訂購決策模式、再訂購點與訂購量計算方式。

(1). 疫情初期恐慌期(新聞介入)

本研究採用(S,s)存貨管制模式作為此期之訂購決策模式。S 為最高儲備量、s 為再訂購點，假設訂購週期為1週，計算公式如下：

$$S : \text{最高儲備量}(t) = (\text{訂購週期} + \text{前置時間}) * \text{預期未來 4 週平均每週需求量}(t) + (\text{訂購週期} + \text{前置時間}) \text{中的安全庫存量}$$

$$s : \text{再訂購點}(t) = \text{供應商的前置時間}(t) * \text{預期未來 4 週平均每週需求量}(t) + \text{安全儲備量}$$

若 CDC、衛生局與醫院之各期期初庫存量減去當期需求量低於再訂購點，則各級庫存單位開始計算訂購量，訂購決策判斷式與訂購量計算方式如下：

$$\text{期初庫存量}(t) - \text{需求量}(t) \leq \text{再訂購點}(t)$$

$$\text{訂購量}(t) = \text{最高儲備量}(t) - \text{再訂購點}(t)$$

(2). 疫情蔓延恐慌期

本研究採用未來前置時間需求量訂購法，作為疫情蔓延恐慌期之訂購

決策模式。計算方式為各級PPE之當期期初庫存量與當期在途存量的總和，減去當期需求量與未來前置時間內之需求量後，其淨值與再訂購點比較，若該數量小於等於再訂購點，系統則開始計算訂購量。疫情蔓延恐慌期的再訂購點計算方式與疫情初期恐慌期(新聞介入)相同，未來前置時間內需求量計算法與訂購決策判斷式如下：

$$\text{未來前置時間內需求量}(t) = \sum_{i=t+1}^k \text{未來各期需求量} + 1/4 \text{ 安全儲備量}$$

期初庫存量(t) + 在途存量(t) - 需求量(t) - 未來前置時間內需求量(t) ≤ 再訂購點(t)

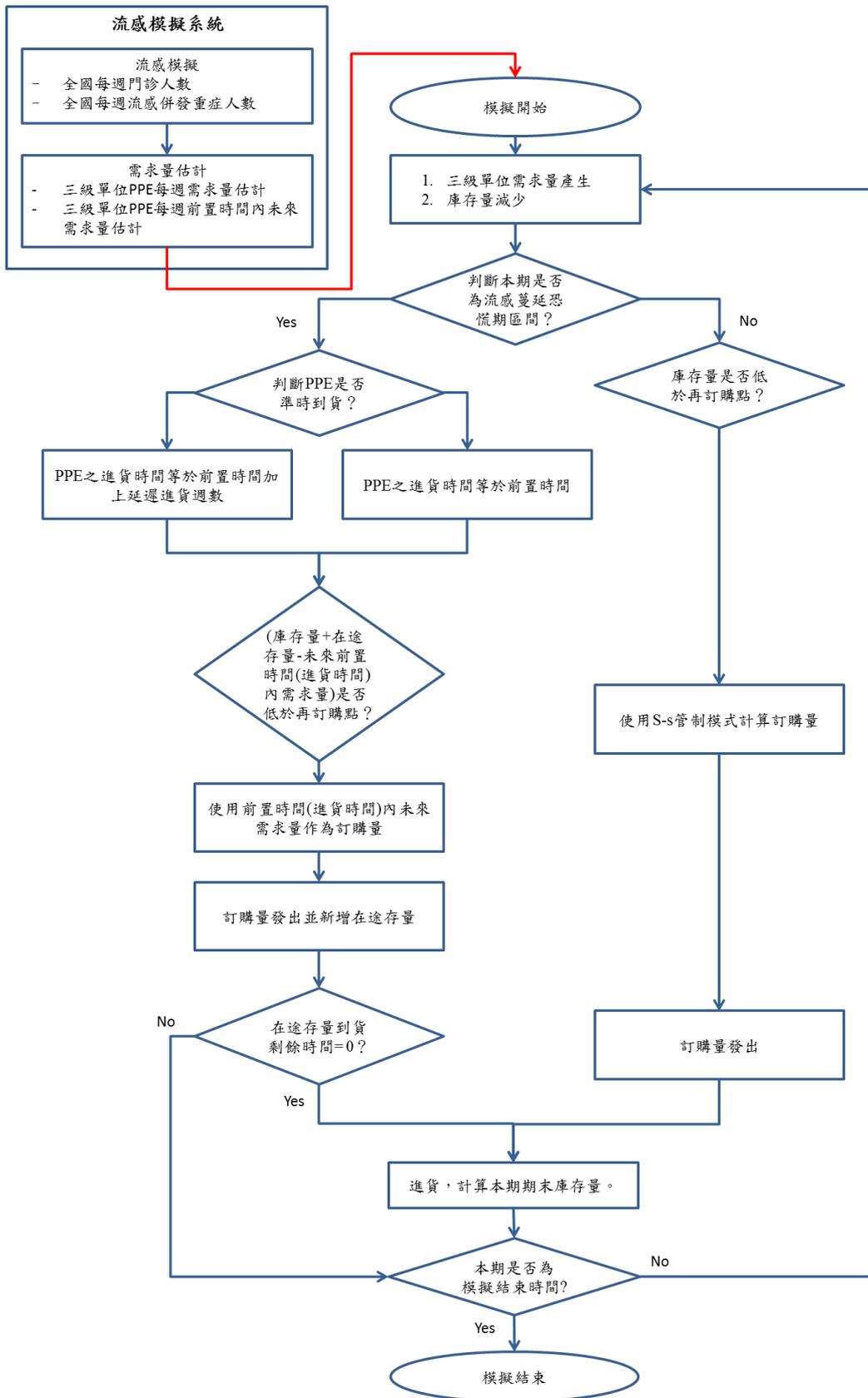


圖3.5.4: 採購決策模組之核心運算流程

(3). 疫情初期恐慌期(新聞介入)與疫情蔓延恐慌期庫存量可支撐天數

系統除決定訂購量之外，對於 CDC、衛生局與醫院於疫情初期與疫情蔓延恐慌期，面臨新聞恐慌與疫情蔓延恐慌之現象，本研究亦計算各級 PPE 於新聞恐慌與疫情蔓延恐慌期，其庫存量可支撐天數，以做為防疫措施規劃的準備。

假設 t 期產生新聞恐慌，k 為 t 期期初庫存量可支撐天數，系統將計算 t+1 期需求量至 k 期，若未來各期需求量之加總不小於 t 期期初現有庫存量，系統將停止計算並以 k 值乘以 7 作為庫存量可支撐天數。其相關公式如下：

$$\text{期初現有庫存量}(t) = \sum_{i=t+1}^k \text{未來各期需求量}$$
$$\text{庫存量可支撐天數} = k * 7$$

(4). 系統驗證

本研究為推導合理的決策模式與參數，係運用反向模擬分析的方式，以尋找並選擇最接近 H1N1 時期採購量的採購決策模式之參數。本研究區分疫情初期恐慌期(新聞介入)與疫情蔓延恐慌期兩個情境，並以設定不同的參數(疫情初期恐慌期(新聞介入)前置時間、疫情初期恐慌期(新聞介入)之訂購週期與疫情蔓延恐慌期之訂購週期)，以探討醫院的 N95 口罩與外科口罩之模擬訂購總量與 H1N1 時期歷史總量的差異。

本研究找尋之醫院 N95 口罩於疫情初期恐慌期(新聞介入)模擬訂購量與歷史訂購量差異最小的比例為2.21%，其疫情初期恐慌期(新聞介入)前置時間為3天、疫情初期恐慌期(新聞介入)訂購週期為7天；醫院外科口罩於疫情初期恐慌期(新聞介入)模擬訂購量與歷史訂購量差異最小的比例為1.36%，其疫情初期恐慌期(新聞介入)前置時間為3天、疫情初期恐慌期(新聞介入)訂購週期為15天。另外，本研究找尋之醫院 N95 口罩於疫情蔓延恐慌期模擬訂購量與歷史訂購量差異最小的比例為-3.06%，其疫情蔓延恐慌期訂購週期為28天；醫院外科口罩於疫情蔓延恐慌期模擬訂購量與歷史訂購量差異最小的比例為-1.28%，其疫情蔓延恐慌期訂購週期為10天。

六、情境模擬與決策支援評估

運用 FLPPE-DSS，針對流感低、高致死率與配合之防疫措施，以及 PPE 採購決策參數的組合，進行情境模擬與決策支援評估。模擬情境參數說明，如表3.6.1。評估的項目包含需求量、庫存量可支撐天數、訂購量。

表3.6.1: 流感低、高致死率模擬情境參數說明

情境一: 低致死率流感	情境二: 高致死率流感
<ul style="list-style-type: none"> ➤ 疫情參數設定: $R_0=1.014$ 重症致死率:(0.000080-0.00592) ➤ 防疫相關策略: 1.停課五天，執行率為 0.2 2.加入抗病毒藥物策略(AV) 3.加入疫苗策略(VACC) 4.加入非藥物性治療策略(NPI) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 疫情參數設定: $R_0=1.103$ 重症致死率:(0.000400，0.02960) ➤ 防疫相關策略: 1.停課五天，執行率為 0.2 2.加入抗病毒藥物策略(AV) 3.加入疫苗策略(VACC) 4.加入非藥物性治療策略(NPI)
<p>決策支援情境設定:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 設定一: 長前置時間 模擬時間: 45 週 N95 口罩前置時間:4 週 外科口罩前置時間:2 週 防護衣前置時間:8 週 安全庫存量減少: 0~50% (0% , -10% , -20% , -30% , -40% , -50%) ➤ 設定二: 短前置時間 模擬時間: 45 週 N95 口罩前置時間:2 週 外科口罩前置時間:1 週 防護衣前置時間:4 週 安全庫存量減少: 0~50% (0% , -10% , -20% , -30% , -40% , -50%) 	

(一) 情境一、低致死率流感

本情境為低致死率流感，流感的 R_0 為 1.103，重症致死率介於 0.000080~0.00592，模擬週期為 45 週，當第一個指標個案出現之後，透過偵測模型得知於第 18 週至 33 週進入疫情蔓延恐慌期。本情境依據長前置時間與短前置時間兩個決策支援參數設定，分別探討疾病管制署與全國醫院之流感模擬防疫物資需求量與疫情蔓延恐慌期之庫存量可支撐天數，並評估全國醫院疫情初期恐慌期(新聞介入)、疫情蔓延恐慌期之訂購量。

1. 決策支援參數設定一(長前置時間)

此情境設定 N95 口罩、外科口罩與防護衣之前置時間分別 4 週、2 週與 8 週，對於疾病管制署與全國醫院防疫物資需求量、疫情蔓延恐慌期之庫存量可支撐天數，及全國醫院疫情初期恐慌期(新聞介入)、疫情蔓延恐慌期之訂購量設定安全庫存量調降 0~50% 之下，決策支援評估說明如下：

A. 疾病管制署

i. PPE 需求量

在低致死率的流感來襲時，疫情蔓延恐慌期之各防疫物資需求量均遠高於疫情初期恐慌期(新聞介入)，但無論是否於疫情蔓延恐慌期，各物資之需求量均低於期初庫存，表示以目前的 PPE 庫存水準而言，庫存量綽綽有餘。

ii. 疫情蔓延恐慌期庫存量可支撐天數

安全庫存量以10% 等距遞減至50%，N95口罩與外科口罩的庫存量可支撐天數均為196天，防護衣的庫存量則可支撐56天，未隨著安全庫存量的減少而變動。顯示出以目前的 PPE 庫存水準而言，若一低致死率的流感來襲，在不考慮其他狀況下，CDC 的庫存量均足以支撐疫情恐慌期所需。

iii. 疫情初期恐慌期(新聞介入)、疫情蔓延恐慌期之訂購量

在安全庫存量以等距10% 遞減至減少50% 的狀況下，在非疫情恐慌蔓延期， N95口罩、外科口罩與防護衣均無訂購狀況發生。顯示在非疫情蔓延期，現有的庫存足以應付此時的需求量，但在疫情蔓延恐慌期間，除了外科口罩不需訂購之外， N95口罩與防護衣訂購量分別為680,347片與220,143件，並且未隨著安全庫存量的減少而變動。

B. 全國醫院

i. PPE 需求量

針對此疫情情境，無論是否於疫情蔓延恐慌期，外科口罩之需求量均高於期初庫存量，表示期初外科口罩庫存量可能無法因應外科口罩的

需求。

ii. 疫情蔓延恐慌期庫存量可支撐天數

設定防疫物資之安全儲備量，按10%比例遞減至50%，並比較全國醫院庫存量可支撐天數的變化，就此低致死率的疫病而言，N95口罩的安全儲備量可支撐112天，即便安全庫存量遞減至50%仍可支撐49天，外科口罩的安全儲備量可支撐42天，在安全庫存量遞減30% 後亦可支撐28天，防護衣的支撐天數則維持196天不變，顯示目前庫存暫能支撐低致死率疫情來臨之需求。

iii. 疫情初期恐慌期(新聞介入)、疫情蔓延恐慌期之訂購量

將各防疫物資之安全儲備量按10% 等比例遞減至50%。在疫情初期恐慌期(新聞介入)，N95口罩安全儲備量遞減至50% 的過程中，訂購量呈現下滑的趨勢，但其差異比例逐漸縮小。外科口罩安全儲備量從不變減至50%，訂購量亦呈現下滑的趨勢，但安全儲備量的減少對於疫情初期恐慌期(新聞介入)之訂購量影響較 N95口罩為低。另外，在防護衣方面，由於需求量不高，以現有庫存量已夠應付需求，其防護衣安全儲備量再減至20%，能有效降低訂購量。於疫情蔓延恐慌期， N95口罩、外科口罩之安全儲備量減至50%，其訂購量均未改變，分別為759,348

片與16,281,960片；防護衣安全儲備量從40%減至50%，防護衣訂購量大幅下滑。顯示出在此低致死率的流感情境下，N95口罩、外科口罩之安全庫存儲備量的變化並不影響訂購量，但防護衣的安全庫存量變動對其訂購量具影響力。

2. 決策支援參數設定一(短前置時間)

此情境設定 N95 口罩、外科口罩與防護衣之前置時間分別2週、1週與4週，對於疾病管制署與全國醫院防疫物資需求量、疫情蔓延恐慌期之庫存量可支撐天數，及全國醫院疫情初期恐慌期(新聞介入)、疫情蔓延恐慌期之訂購量設定安全庫存量調降0~50%之下，決策支援評估說明如下：

A. 疾病管制署

i. PPE 需求量

在短前置時間的設定下，疾病管制署之 PPE 需求量及需求量佔期初庫存量比例，分別與長前置時間設定之結果相同。

ii. 疫情蔓延恐慌期庫存量可支撐天數

在短前置時間之設定，疾病管制署庫存量可支撐天數，分別與長前置時間設定之結果相同。

iii. 疫情初期恐慌期(新聞介入)、疫情蔓延恐慌期之訂購量

將疾病管制署之 PPE 安全儲備量按 10% 等比例遞減至 50% 後，在疫情初期恐慌期(新聞介入)的訂購量並無變化，結果與長前置時間的產出相同，在疫情蔓延恐慌期之訂購量較長前置時間之情境少，但訂購量於安全儲備量按 10% 比例遞減之後並無變化，此情況與長前置時間的發現相同。

B. 全國醫院

i. PPE 需求量

在短前置時間之設定之下，全國醫院之 PPE 需求量及需求量佔期初庫存比例，分別與長前置時間設定之結果相同。

ii. 疫情蔓延恐慌期庫存量可支撐天數

在短前置時間之設定之下，全國醫院之庫存量可支撐天數，分別與長前置時間設定之結果相同。

iii. 疫情初期恐慌期(新聞介入)、疫情蔓延恐慌期之訂購量

與長前置時間設定之結果比較，全國醫院於疫情蔓延恐慌期出現 N95 口罩、外科口罩較密集的訂購次數與較多的訂購量，但防護衣並未改

變訂購時間與訂購量。

(二) 情境二、高致死率流感

本情境為高致死率流感，流感的 R_0 為 1.014，重症致死率介於 0.000400~0.02960，模擬週期為 45 週，於第一個指標個案之後，經由偵測模型可得知第 15 週至 29 週為疫情蔓延恐慌期。本情境依據長前置時間與短前置時間兩個決策支援參數設定，分別探討疾病管制署與全國醫院之流感模擬防疫物資需求量與疫情蔓延恐慌期之庫存量可支撐天數，並評估全國醫院疫情初期恐慌期(新聞介入)、疫情蔓延恐慌期之訂購量。

1. 決策支援參數設定一(長前置時間)

此情境設定 N95 口罩、外科口罩與防護衣之前置時間分別 4 週、2 週與 8 週，對於疾病管制署與全國醫院防疫物資需求量、疫情蔓延恐慌期之庫存量可支撐天數，及全國醫院疫情初期恐慌期(新聞介入)、疫情蔓延恐慌期之訂購量設定安全庫存量調降 0~50% 之下，決策支援評估說明如下：

A. 疾病管制署

i. PPE 需求量

在疫情蔓延恐慌期之各防疫物資需求量均遠高於疫情初期恐慌期(新聞介入)之需求量，但無論是否於疫情蔓延恐慌期，各防疫物資需求量均

遠低於期初庫存量，顯示出若一高致死率的流感來襲，以目前的 PPE 庫存水準而言，應付疫情各防疫物資之需求已足夠。

ii. 疫情蔓延恐慌期庫存量可支撐天數

以目前各防疫物資之安全儲備量(N95口罩90萬片、外科口罩2,700萬片與防護衣14萬件)，按10%比例遞減比較，疾病管制署庫存量可支撐天數的變化，N95口罩、外科口罩與防護衣的庫存量可支撐217天，三個防疫物資遞減至50%，庫存量可支撐天數仍不變。

iii. 疫情初期恐慌期(新聞介入)、疫情蔓延恐慌期之訂購量

本研究將各防疫物資之安全儲備量按10%比例遞減至50%，比較在疫情初期恐慌期(新聞介入)與疫情蔓延恐慌期之訂購量的變化差異。在非疫情恐慌期，N95口罩、外科口罩與防護衣安全儲備量從不變減至50%，訂購量均為0，顯示，CDC安全儲備量水準足以因應該疫情發生後，疫情初期恐慌期(新聞介入)之訂購量時所需。於疫情蔓延恐慌期，當N95口罩之安全儲備量於10%減至20%，其訂購量減至0，於減20%減至50%，其訂購量均為0；外科口罩之安全儲備量於不變減至50%，其訂購量均為0；防護衣安全儲備量從不變減至50%，訂購量均不變，為111,355件。

B. 全國醫院

i. PPE 需求量

針對此疫情情境，醫院之外科口罩的需求量，在非疫情蔓延恐慌與疫情蔓延恐慌下，均高於外科口罩之期初庫存，顯示目前庫存無法因應此疫情情境醫院外科口罩之需求。

ii. 疫情蔓延恐慌期庫存量可支撐天數

依據目前設定之防疫物資之安全儲備量(N95口罩50萬片、外科口罩600萬片與防護衣16萬件)，按10% 等比例方式遞減至50%，就此高致死率的流感而言，N95口罩的安全儲備量可支撐105天，遞減至50%仍可支撐28天，外科口罩的安全儲備量可支撐49天，遞減至40%亦可支撐28天，防護衣則沒有變動，顯示防護衣目前之庫存量充裕。

iii. 疫情初期恐慌期(新聞介入)、疫情蔓延恐慌期之訂購量

在不同 PPE 安全庫存量設定下，於疫情初期恐慌期(新聞介入)，N95 口罩安全儲備量從不變減至50%，訂購量呈現下滑的趨勢，且差異比例逐漸放大。外科口罩訂購量亦隨著安全庫存量的減少呈現下滑的趨勢，且外科口罩安全儲備量的降調，對於疫情初期恐慌期(新聞介入)之訂購量影響較 N95 口罩為低。另外，防護衣方面，由於防護衣需求量並不

高，以現有庫存量已足夠，若將防護衣安全儲備量減至10%，能有效降低訂購量。在疫情蔓延恐慌期，將 N95口罩、外科口罩之安全儲備量減至50%，其訂購量均未改變；若防護衣安全儲備量從減少30% 至減少40%，將使訂購量大幅下滑。顯示出在此高致死率的流感情境下，N95口罩、外科口罩之安全庫存储備量的變化並不影響訂購量，但安全庫存量40%降幅下，對防護衣之訂購量具影響力。

2. 決策支援參數設定一(短前置時間)

此情境設定 N95口罩、外科口罩與防護衣之前置時間分別2週、1週與4週，對於疾病管制署與全國醫院防疫物資需求量、疫情蔓延恐慌期之庫存量可支撐天數，及全國醫院疫情初期恐慌期(新聞介入)、疫情蔓延恐慌期之訂購量設定安全庫存量調降0~50%之下，決策支援評估說明如下：

A. 疾病管制署

i. PPE 需求量

在短前置時間設定之下，疾病管制署之 PPE 需求量及需求量佔期初庫存比例，分別與長前置時間設定之結果相同。

ii. 疫情蔓延恐慌期庫存量可支撐天數

在短前置時間設定之下，疾病管制署之庫存量可支撐天數，分別與長

前置時間設定之結果相同。

iii. 疫情初期恐慌期(新聞介入)、疫情蔓延恐慌期之訂購量

將疾病管制署之 PPE 安全儲備量依10% 等比例遞減調整50% 之後，在疫情初期恐慌期(新聞介入)的訂購量並無變化，結果與長前置時間的產出相同，在疫情蔓延恐慌期之訂購量較長前置時間減少，但訂購量於安全儲備量按20%比例遞減之後並無變化。

B. 全國醫院

i. PPE 需求量

在短前置時間設定之下，全國醫院之 PPE 需求量及需求量佔期初庫存比例，分別與長前置時間設定之結果相同。

ii. 疫情蔓延恐慌期庫存量可支撐天數

在短前置時間設定之下，全國醫院之庫存量可支撐天數，分別與長前置時間設定之結果相同。

iii. 疫情初期恐慌期(新聞介入)、疫情蔓延恐慌期之訂購量

本研究將各防疫物資之安全儲備量(N95口罩50萬片、外科口罩600萬片與防護衣16萬件)按10% 等比例遞減至50%，探討疫情初期恐慌期(新聞

介入)與疫情蔓延恐慌期之訂購量。疫情初期恐慌期(新聞介入)狀況，此三項 PPE 之訂購量與訂購量的差異比例均與長前置時間的結果接近。而在疫情蔓延恐慌期，三項防疫物資，均因安全儲備量下降，亦提高訂購量與訂購次數以滿足需求量，N95口罩從減少40%至減少50%，訂購量大幅增加。外科口罩方面，則未出現差異變化，而防護衣則呈現訂購差異比例整體下降趨勢。

(三) 決策評估小結

1. CDC 決策評估

(1) 疫情初期恐慌期(新聞介入)：

本研究模擬結果顯示 N95口罩與外科口罩庫存量於高、低致死率流感皆可支撐308天；防護衣於高致死率流感可支撐308天，於低致死率流感亦可支撐175天。且於疫情初期恐慌期(新聞介入)，在安全儲備量以等距10%遞減至50%的狀況下，N95口罩、外科口罩與防護衣均無訂購量，換言之，在疫情初期恐慌期(新聞介入)安全庫存量足夠，仍有調降空間。

(2) 疫情蔓延恐慌期：

N95口罩庫存量於低致死率流感可支撐196天，於高致死率流感可支撐126天；外科口罩庫存量於低致死率流感可支撐196天，於高致死率流感可

支撐84天；防護衣於低致死率流感可支撐56天，於高致死率流感可支撐308天。另外，於疫情蔓延恐慌期間，除了外科口罩不需訂購之外，N95口罩與防護衣出現訂購量，但訂購量未隨著安全儲備量的減少而變動。

2. 醫院決策評估

(1) 疫情初期恐慌期(新聞介入)：

N95口罩庫存量於低致死率流感可支撐133天，外科口罩可支撐84天，防護衣可支撐308天；N95口罩、外科口罩與防護衣於高致死率流感皆可支撐217天。且於疫情初期恐慌期(新聞介入)，在安全儲備量以等距10%遞減至50%的狀況下，N95口罩、外科口罩與防護衣訂購量均整體呈現遞減走勢，換言之，在此期，安全庫存量因儲備的需求亦增加訂購量，故安全庫存量降低，則訂購量降低。

(2) 疫情蔓延恐慌期：

N95口罩庫存量於低致死率流感可支撐112天，於高致死率流感可支撐105天；外科口罩庫存量於低致死率流感可支撐42天，於高致死率流感可支撐49天；防護衣於低致死率流感可支撐196天，於高致死率流感可支撐217天。

N95口罩、外科口罩、防護衣訂購量與次數，長前置時間均較短前置期

間為少。N95口罩僅於高致死率流感之短前置時間情境時，於安全儲備量從40%減至50%，出現訂購量提高，於其他情境的訂購量均未隨著安全儲備量的減少而改變，換言之，N95口罩會受安全庫存量變化的影響。

外科口罩之訂購量與次數不隨著安全儲備量的減少而改變。防護衣之訂購量與次數均隨著安全儲備量的減少而整體呈現下降走勢。

肆、結論、重要研究成果及具體建議

本計畫對於防疫物資三級庫存體系的組織、功能與交易型態之現況有較深入的頗析與釐清，同時對於 MIS 系統資料之澄清與校正亦投入相當多的時間，使得建模時所需要考量的參數也得到較多的資訊。綜合本研究的結果與發現，以及對於未來精進防疫物資之決策支援系統之具體建議敘述如下：

1. 建構完善的 MIS 資料庫

我國三級庫存制度設計已整合全國由中央到地方防疫體系的安全網，然三級庫存內防疫物資之管理、資料記錄尤賴完善的資料庫系統，該系統不僅需要精心的資訊系統設計，更需要適切可行的作業程序管理。MIS 配合我國防疫體系之三級庫存制度，有良好的組織架構，以及基礎的作業程序，為提升 MIS 資料的正確性，建議宜以庫存帳的會計管理作業原則，明訂各種交易類別之勾稽性，建置合理的庫存帳管理程序，以維持帳目之間的呼應與管控，使得 MIS 資料庫更加完善，三級庫存體系之功能得以完全發揮，同時隨時掌握正確的資訊，做為未來正確決策支援的資料基礎。

2. 屆效品的處理

MIS 資料庫內對於屆效品的辨識，並無序號的明細帳資料，無法立即了解屆效品的存貨貨齡資料，建議應加強實物管理與序號管理與資訊處理的程式設計與登帳之作業管理。另外，建議對於屆效品前幾年之移撥作業，應明確記錄撥出、入單位及限期撥出、入日期，勿導致移撥作業帳目不明，以及屆效品流向不明，MIS 具備相關之屆效品資料，同時亦可支援模擬系統建模之參數查證。

3. 移撥與調用

目前防疫物資在三級庫存間有無償移撥與申請調用，但是在 MIS 帳目上並沒有清楚顯示該作業功能，導致建構模擬系統時受到限制，無法獲得該作業之流向與數據。建議未來對於該等重要的資料亦應明確列帳。

4. 資料即時登錄

目前 MIS 線上稽查方式並不能達到三級庫存體系下之催登各單位即時資料的目地，建議若醫院端未能即時登錄 PPE 資料的單位，應要求將院內之資材系統內的 PPE 庫存資料，按照疾管署的格式規定，上傳至 MIS 系統，以維持 MIS 資料之正確性，未來直接上傳醫院資材系統內的 PPE 資料或許可以考量成為全面性推廣的措施。

5. 疫情蔓延期偵測

本計畫採標準化之 CUSUM 方法作為疫情蔓延恐慌期之偵測工具，並偵測疫情何時進入蔓延恐慌階段且何時疫情蔓延恐慌結束。未來可延續此基礎進一步探討與研究。

6. 防疫物資需求量模擬

本計畫採用負二項迴歸模型(Negative Binomial Regression model;NB Regression model)，並三級單位(CDC、衛生局與全國醫院)之防疫物資(N95口罩、外科口罩與防護衣)的需求量、2008-2010三年的健保資料、並納入疫情蔓延恐慌期偵測結果與新聞介入的影響，推導出防疫物資需求量估算模型。未來於疫情期間可使用此模型估算防疫物資需求量，並且可使用此基礎作其他相關研究與應用。

7. 防疫物資經驗值與理論值模擬需求量之比較

本計畫以需求量理論值模型與需求量經驗值模型，模擬產生該期間醫院防疫物資需求量之理論值與經驗值，並探討與 H1N1期間之實際醫院防疫物資耗用量差異性。醫院的 N95口罩、外科口罩與防護衣若採用理論值需求量，則易出現與實際耗用量不符之狀況，本計畫提出之醫院的 N95 口罩、外科口罩及防護衣經驗值需求量與實際耗用量無顯著差異，建議

未來可使用此經驗值需求量估算模型計算疫情新聞恐慌期與疫情蔓延恐慌期之需求量。

8. 規畫並設計決策支援系統(FLPPE-DSS)

本計畫引用流感偵測模型、需求量估算模型，CDC 流感模擬系統，以及第二年的精進模式，規畫並設計決策支援系統(FLPPE-DSS)。決策支援系統於高、低致死率流感情境之下，可依採購前置時間的變化，模擬計算出採購決策資訊(何時採購、採購量、支撐天數等)，並且提供使用者調整安全儲備量以取得不同的採購決策資訊。

9. 運用本計畫之 FLPPE-DSS 除新增友善的使用者介面，讓使用者容易操作之外，亦可用於安全儲備量的規畫，藉著系統提供的安全儲備量調整功能，評估安全儲備量調整後對於各種疫情情境下，對 PPE 需求量、訂購量的影響，已為未來估算 PPE 安全儲備量政策或從事相關應用研究之參考基礎。

10. 因 PPE 需求量估算模型之開發受到 MIS 資料離散性的影響，而應用負二項迴歸模型來開發此模型，若日後 MIS 資料維護經過改善，或資料型態變更，則本研究之 PPE 需求量估算模型需要重新檢討。

伍、參考文獻

- [1].世衛組織：SARS 源頭在廣東順德。博訊新聞網: 2003年4月28日。
- [2].World Health Organisation: Summary of probable SARS cases with onset of illness from 1 November 2002 to 31 July 2003. [cited 2010 Oct 4]; Available at http://www.who.int/csr/sars/country/2003_06_30/en/index.html.
- [3].衛生福利部疾病管制署：防疫物資及資源建置實施辦法。中華民國97年7月15日行政院衛生署署授疾字第 0970000616號令修正發布。2014年9月22日摘自：<http://www.cdc.gov.tw/professional/info.aspx?>。
- [4].衛生福利部疾病管制署：因應流感大流感執行策略計畫第三版-第九篇防疫物資工作計畫，2014年10月22日摘自：<http://www.cdc.gov.tw/professional/info.aspx?treeid=10e4730dbc2eb10f&nowtreeid=32e13a97d0fdb5b2&tid=EAD5EA033B3873DA>.
- [5].白佳原、周明仁、張晴翔等：建立全國個人防護裝備資源配置效益最佳化模式。台北：行政院衛生署疾病管制局100年度科技研究發展計畫，2011。
- [6].蘇雄義、劉德明、石尊元等：全國個人防護器具合理庫存量及防疫物資供應鏈模式之研究。台北：行政院衛生署疾病管制局95年度科技研究發展計畫，2006。
- [7].蘇雄義、劉德明、林桓等：防疫物資管理相關整合型計畫。台北：行政院衛生署疾病管制局97年度科技研究發展計畫，2008。

- [8]. 蘇雄義、林桓、張芳慈等：台灣個人防護裝備類防疫物資供應商現況之調查研究。台灣衛誌，第28卷，第三期，2009。
- [9].黃建彰、林敬凱、王雅婷等：醫院防疫用口罩安全調查及輔導計畫。台北：行政院衛生署疾病管制局99年度科技研究發展計畫，2010。
- [10].Trochim W.M., Cabrera D.A., Milstein B., Gallagher R.S., & Leischow S.J.: Practical challenges of systems thinking and modeling in public health. *American Journal of Public Health* 2006; 96: 538–46.
- [11].Plsek P.E, & Greenhalgh T.: Complexity science: the challenge of complexity in health care. *British Medical Journal* 2001; 323: 625–8.
- [12]. Richmond B: Systems thinking: critical thinking skills for the 1990s and beyond. *Syst Dynamics Rev* 1993; 9:113–134.
- [13].Forrester, J.W.: *Industrial dynamics*. MIT Press, Cambridge, Massachusetts 1961.
- [14].Forrester, J. W.: *Principles of System*. MIT Press, Cambridge, Massachusetts 1968.
- [15].Angerhofer B.J., Angelides M.C.: System dynamics modeling in supply chain management: research review. 2000, *Proceeding of the 2000 Winter Simulation Conference*, pp.342-351
- [16].Georgiadis P., Vlachos D., Iakovou E., “A System Dynamics Modeling Framework for the Strategic Supply Chain Management of Food Chains”, *Journal of Food Engineering*, Vol. 70, pp. 351-364, 2005.
- [17].黎漢林、許景華、李明純、張李志平：供應鏈管理與決策。二版。台北，儒林圖書有限公司，2004。

- [18].Flahault A, Letrait S, Blin P, Hazout S, M´enar´es J, et al.. Modelling the 1985 influenza epidemic in France. *Statistics in Medicine* 1988; 7: 1147-1155.
- [19] Joseph S. Ross, Cary P. Gross: Policy Research Using Evidence to Improve Healthcare Delivery Systems. *Circulation*. 2009; 119: 891-898.
- [20].Mayuko Hashikura, BS, Junko Kizu et al.: Stockpile of personal protective equipment in hospital settings: Preparedness for influenza pandemics. *Am J Infect Control* 2009; 37:703-7.
- [21].衛生福利部疾病管制署：全國防護裝備安全整備調整方案。台北。2011。
- [22]. World Health Organisation: Evolution of a pandemic A(H1N1) 2009, 2nd edition，2014年5月12日摘自：
http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/78414/1/9789241503051_eng.pdf.
- [23].衛生福利部疾病管制署：102年度防疫物資－個人防護裝備儲備查核計畫，2014年10月22日摘自：
<http://www.cdc.gov.tw/professional/info.aspx?treeid=10e4730dbc2eb10f&nowtreeid=32e13a97d0fdb5b2&tid=EAD5EA033B3873DA>.
- [24].Tesseem B, Davidsen PI. Fuzzy system dynamics: an approach to vague and qualitative variables in simulation. *System Dynamics Review* 1994;10(1):49.
- [25].衛生福利部疾病管制署：傳染病防治法。中華民國103年6月4日總統華總一義字第10300085321號令。2014年11月10日摘自：
<http://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?PCode=L0050001>。