

東 海 大 學

工業工程與經營資訊學系

碩士論文

醫療衛材之間歇性需求消耗型態與  
預測模式之研究

研究生：陳孟吟

指導教授：鄭辰仰 博士

中華民國一〇三年八月

# **Intermittent Demand Classification and Demand Forecasting for Medical Materials**

By  
Meng-Yin Chen

Advisor : Dr. Chen-Yang Cheng

A Thesis  
Submitted to the Institute of Industrial Engineering and  
Enterprise Information at Tunghai University  
in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Science  
in  
Industrial Engineering and Enterprise Information

August 2014  
Taichung , Taiwan , Republic of China

# 醫療衛材之間歇性需求消耗型態與預測模式之研究

學生：陳孟吟

指導教授：鄭辰仰 博士

東海大學工業工程與經營資訊學系

## 摘 要

存貨管理的基礎為準確的需求預測，醫療衛材的不確定性，造成間歇性的需求型態，使預測過多造成囤積，預測過少導致無法立即滿足病患之需求，影響病患之安全，皆直接或間接影響醫院營運成本及醫療服務品質。因此，為了達成較好的預測準確性，能即時滿足病患而不過度領用，而增加存貨成本或導致衛材過期，本研究考量衛材需求的變異性(Square coefficient of variation;  $CV^2$ )與平均需求區間(Average inter-demand interval; ADI)，將消耗型態分為波浪型、不穩定型、平滑型與滯銷型需求，並比較簡單移動平均法、指數平滑法、自我迴歸整合移動平均模式(Autoregressive integrated moving average model; ARIMA)及 Croston 預測法之準確性，結果驗證 Croston 之指數平滑法可使間歇性需求之預測誤差最小化，簡單移動平均法則可使平滑需求之預測誤差最小化，其可避免衛材囤積與缺貨，避免危及病患安全，並降低醫療院所之衛材管理之成本，本研究之方法可做為其他醫療院所衛材管理之參考。

**關鍵字詞：**間歇性需求、醫療衛材管理、衛材的消耗型態、Croston 預測法

# **Intermittent Demand Classification and Demand Forecasting for Medical Materials**

Student : Meng-Yin Chen

Advisor : Dr. Chen-Yang Cheng

Department of Industrial Engineering and Enterprise Information  
Tunghai University

## **ABSTRACT**

The accuracy forecasting is the basic of inventory management. Intermittent demand is random demand with a lot of zero values. Materials have different types and frequency of usage in healthcare., Usage is affected by patients' wound size and age. Due to the uncertainty of materials usage, it is difficult to predict materials. Therefore, this paper classify demand by square coefficient of variation ( $CV^2$ ) and the average inter-demand interval (ADI) and use Simple Moving Average(SMA), Single Exponential Smoothing(SES) , Autoregressive Integrated Moving Average model(ARIMA) and Croston's method to forecasting. By a hospital's datasets, it shows that there are optimal forecasting method in each classification. In lumpy, erratic and intermittent demand, Croston single exponential smoothing produces more accurate forecast. Simple moving average has better performance in smooth demand. Based on the classification and forecasting method, it can decrease inventory , shortage and the cost of inventory management . Finally, the proposed model could be applied on other hospital replenishment case.

**Keywords : Intermittent Demand, Material Management, Consumption Pattern,**

**Croston's Method**

## 誌謝

時間說長不長，說短不短，一轉眼，兩年過了，論文結束，研究所生涯也就此告一段落。回顧研究所這兩年，充滿酸甜苦辣，充滿了許多的挑戰。從毫無概念的嘗試到似乎有一點成果，在無知的狀態摸索新的知識、找解決的方法或是更好的方法。但這些過程，卻不是皆獨立完成的，若沒有師長與朋友的支持、輔助，是無法在這過程中成長的。

首先，最該感謝的就是我的指導老師—鄭辰仰老師，謝謝你不吝嗇的指導、給予方針，無論於論文、學業、面試都能給予好的建議，而這些卻都不是最重要的，最重要的是「做事的態度」。即使開會結束後，已夜黑風高，仍希望藉由走文理大道與我討論研究與態度，老師總不吝嗇的分享自己當學生的經驗，每次走完文理大道，就像充飽電一樣，可以讓人繼續奮鬥。卻也覺得自己有多麼的不足與抱歉。

接著要感謝的就是一起奮鬥的研究室夥伴—律惟、維頡、乃菱、意凡、銘哲、尊寅、明忠學長與啟昌，雖然大家都忙著不同的事情，但是大家卻能互相體諒、互相加油打氣、互相幫忙，沒有大家，我想研究生涯不會如此圓滿。

而在這辛苦的研究路程上，謝謝小飄教我 ARIMA，謝謝律惟幫忙看數學式，總是關心我的進度，維頡幫忙解釋邏輯，以及淑芬姐、豆奶、堤米、俊雄、佑仁與晉彰 meeting 時給予建議，這些建議，使我能在口試時，能較有邏輯的報告，能讓大家聽得懂，也非常謝謝你們為了我的口試忙進忙出，沒有大家的幫忙，或許完成論文口試還須很長一段時間。

最後要感謝我的家人，謝謝爸媽把我養到這麼大，為我辛苦的付出，謝謝家人一路支持我到最後，從未將我拋棄，容忍我的任性，讓我在低潮時，還能有依靠，沒有你們的支持，或許我無法走到最後，能完成學業都歸功於你們！謝謝你們！

陳孟吟 謹誌於  
東海大學工業工程與經營資訊學系研究所  
中華民國一百零三年八月

# 目錄

摘要 .....	I
ABSTRACT .....	II
誌謝 .....	III
目錄 .....	IV
表目錄 .....	VI
圖目錄 .....	VII
第一章 緒論 .....	2
1.1 研究背景與動機 .....	2
1.2 研究目的 .....	3
1.3 論文架構 .....	3
第二章 文獻探討 .....	4
2.1 常見的預測方法 .....	4
2.2 間歇性需求需測 .....	6
2.3 需求的消耗型態 .....	8
2.4 預測的準確性 .....	11
第三章 研究方法與個案介紹 .....	12
3.1 研究架構 .....	12
3.2 個案介紹 .....	13
第四章 實務驗證與分析 .....	15
4.1 資料篩選 .....	15
4.2 需求的消耗型態 .....	17
4.3 ARIMA 模型 .....	20
4.4 CROSTON 預測法 .....	20
4.5 預測能力之評估 .....	22
4.6 小結與討論 .....	24
第五章 結論與建議 .....	28
參考文獻 .....	29
附錄一 .....	32



## 表目錄

表 2.1 藥品的消耗型態.....	8
表 4.1 個案 PICU 衛材之料庫之 ABC 存貨分析 .....	15
表 4.2 個案 PICU 衛材資訊(共 30 期).....	16
表 4.3 PICU 衛材的 ADI 與 $CV^2$ 及消耗型態 .....	17
表 4.4 PICU 衛材資料庫之間歇性衛材需求資料統計表(共 30 期).....	19
表 4.5 酒精棉片之適合模型之適配度比較 .....	20
表 4.6 PICU 範例衛材預測能力之評估—MAPE .....	23
表 4.7 PICU 衛材依藥品消耗型態分類之結果 .....	26
表 4.8 PICU 衛材之 CROSTON SES(0.9)與 S&B(0.9)及 PICU 現行作法的預測結果比較 .....	27



## 圖目錄

圖 1.1 間歇性需求之示意圖 .....	2
圖 2.1 預測之分類 .....	4
圖 2.2 需求的消耗型態.....	9
圖 3.1 研究架構圖 .....	12
圖 4.1 PICU 衛材消耗型態分布圖 .....	18
圖 4.2 需求消耗型態與預測方法之交互作用圖 .....	25
圖 4.3 本研究之預測結果.....	25

# 第一章 緒論

## 1.1 研究背景與動機

隨著醫療機構的競爭日益激烈、保險給付制度日益嚴苛，醫療機構紛紛尋求方法降低成本，同時提供卓越的服務(Gaynor & Town, 2011)。在醫療機構的營運成本中，資材成本佔醫院營運成本的 30%~40%(Huang, 1998)，其中，資材又以藥品及衛材為大宗，因此衛材管理的好壞，對醫院營運也有關鍵性的影響(吳良玉,2012)。醫療機構所使用的衛材品項種類繁多，每種使用的頻率亦不相同，使用量受病患傷口大小、年齡影響，或為病患轉院、換病房等情況，而未再有領用的紀錄，這些受病患而產生之衛材不確定性，造成間歇性需求之發生，即大量的零需求隨機的發生(Silver, 1981)，如圖 1.1 所示，導致預測困難，醫護人員僅憑過去經驗進行衛材之領用。

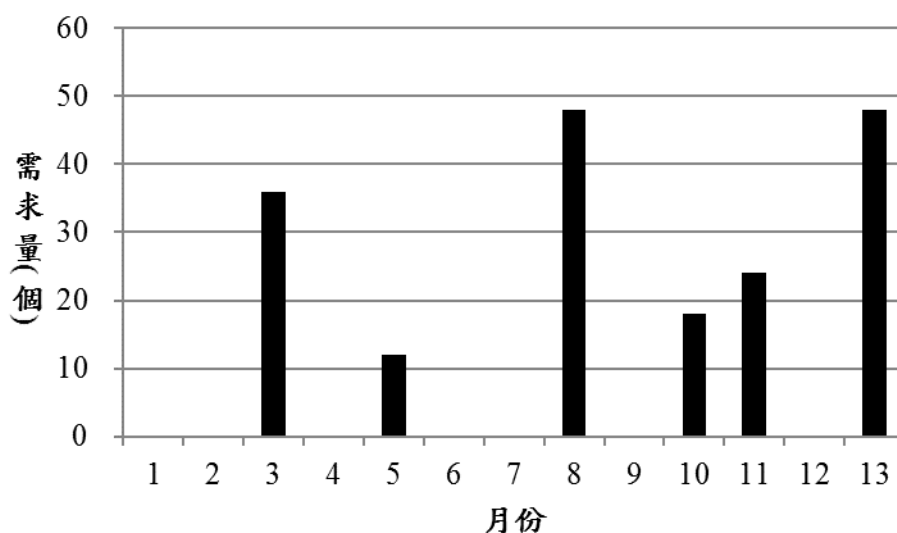


圖 1.1 間歇性需求之示意圖

資料來源：本研究整理

在預測準確性低之情況下，經常造成使用單位囤積衛材與短缺。若衛材過多可能導致庫房空間不足、衛材保存期限過期與細菌之孳生，而影響病患之安全；若衛材短缺，使醫療照護無法及時滿足病患(Duclos, 1993)，並額外造成補貨時的人力成本。這些皆促使醫護人員需花費較多時間於衛材之管理，反之，醫護人員照護病人之時間將減少，而影響醫療的服務品

質。因此，準確的衛材需求預測與否，都直接或間接影響醫院營運成本及醫療服務品質。

## 1.2 研究目的

需求預測的準確性，不僅增加了醫療機構之營運成本，亦嚴重地影響到醫療的服務品質，影響病患之安全。為了使醫療衛材的間歇性需求能被較準確的預測，本研究欲將衛材之需求進行消耗型態之分類，可將其分為一般性的連續型需求及間歇性需求(Regattieri, Gamberi, Gamberini, & Manzini, 2005)。一般性的需求即為平滑型需求，間歇性需求則依其需求量的變異系數之平方(Square Coefficient of Variation;  $CV^2$ )及平均需求區間(Average inter - Demand Interval; ADI)將其分為波浪型需求(Lumpy demand)、不穩定型需求(Erratic demand)及滯銷型需求(Slow-moving demand)(A. Syntetos, Boylan, & Croston, 2005)。

而在消耗型態之分類架構之下，欲建立各需求型態之預測模式，常見的間歇性需求預測手法為簡單移動平均法(Simple moving average; SMA)、單一指數平滑法(Single Exponential Smoothing; SES)及 Croston 預測法(Willemain, Smart, Shockor, & DeSautels, 1994;Teunter & Duncan, 2009)。此外，自我迴歸整合移動平均模式(Autoregressive Integrated Moving Average model; ARIMA)則為被廣泛使用的線性預測模式(Williams & Hoel, 200;沈志陽,2007)，因此，本研究欲透過上述四種預測法進行需求預測，建立屬於各消耗型態的預測模式，以降低預測之誤差，以避免預測的不準確性增加醫療機構的運成本與影響醫療的服務品質。總而言之，本研究所提出的方法可做為醫療院所衛材間歇性需求之參考。

## 1.3 論文架構

本研究共分五章，第一章為緒論，說明研究背景動機與目的。第二章則進行預測、間歇性需求、需求的消耗型態及預測能力的評估相關之文獻探討。第三章為研究方法與個案現況介紹，第四章則為個案醫院病房衛材消耗型態的分類與預測模式之成效分析。最後，第五章為本研究結論及建議。

## 第二章 文獻探討

本章節將探討需求預測常見的需求預測方法及間歇性需求預測法、需求的消耗型態的分類、評估預測準確性的指標及目前醫療的存貨管理，作為後續研究的理論之基礎。

### 2.1 常見的預測方法

需求預測為存貨管理的一個重要議題(Ghobbar & Friend, 2003)。主要可將預測分為質性及質量的預測，如圖 2.1 所示，Jacobs, Chase, & Aquilano(2009)提出一般採用的質性預測分成三種，包含專家意見法、消費者市場調查法及德爾菲法。其中，消費者市場調查法(Consumer Market Scurvy)主要為收集顧客或潛在顧客的需求，做為未來生產計劃的基礎，以滿足顧客及改善產品設計或新產品的研發，Bredahl (2001)藉由市場調查法了解消費者對購買基因食品的購買意願。德爾菲法(Delphi Method)則為透過匿名且重複反問的方式，針對同樣的問題提出自己的意見，再收集及統計各專家的意見，再次提供給專加做意見之修正，反覆多次後得到最後的結論(Dalkey & Helmer, 1963)。

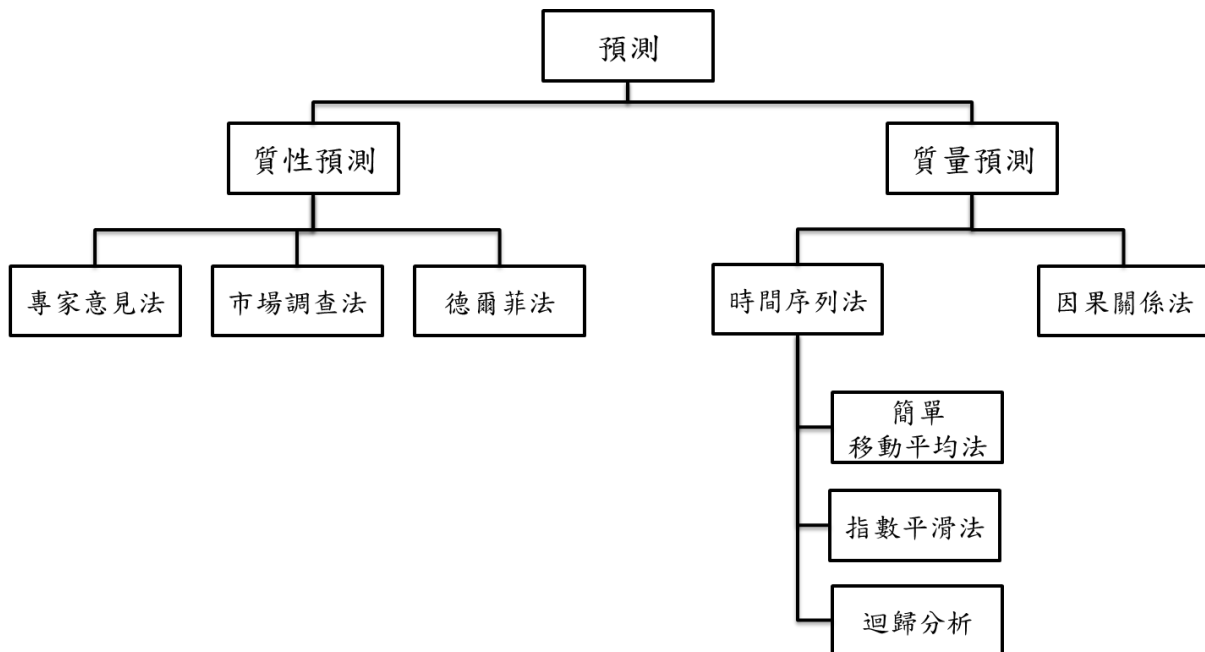


圖 2.1 預測之分類

資料來源：Jacobs, Chase, & Aquilano(2009)

質量的預測，又可將其分為時間序列分析即因果關係法，其中，時間序列分析即為透過過去歷史資料分析未來的需求量(G. E. P. Box, Jenkins, & Reinsel, 2013)，常見的時間序列法有簡單移動平均法、加權移動平均法、指數平滑法及迴歸分析(Jacobs, Chase, & Aquilano, 2009)，下面將介紹常見的時間序列法。

### 1. 簡單移動平均法(Simple Moving Average; SMA)

簡單移動平均法是用近幾期之資料求其平均值，當做未來之預測值，即將期數  $t$  內所有的實際值加總後再除以期數，即可得下一期之預測值，故其預測值受所選取的期數所影響，故期數的選擇需要分析判斷。Teunter & Duncan(2009)使用其來預測英國皇家空軍之備用零件的需求，公式如下：

$$SMA_n = \frac{\sum_{t=1}^n A_t}{n} \quad (1)$$

其中， $SMA_n$  為簡單移動平均法之預測值， $A_t$  為第  $t$  期之預測值， $n$  為所採用之期數。

### 2. 指數平滑法(Single Exponential Smoothing; SES)

指數平滑法是將時間序列的加權平均，藉由將第  $t$  期之實際值乘以一權重  $\alpha$ ，再加上  $t-1$  期之預測值乘以  $(1-\alpha)$  做為第  $t$  期之預測值。

$$F_t = \alpha \cdot A_t + (1 - \alpha)F_{t-1} \quad (2)$$

其中， $F_t$  為第  $t$  期之預測值， $F_{t-1}$  為第  $t-1$  期之預測值， $A_{t-1}$  為第  $t-1$  期之實際值， $\alpha$  為平滑常數， $0 \leq \alpha \leq 1$ 。

### 3. 迴歸分析

迴歸分析可分為簡單迴歸及複迴歸，前者主要探討一個依變數和一個自變數的關係，複迴歸則是探討一個依變數和多個自變數的關係，如 Hua & Zhang(2006)藉由迴歸分析評估備用零件之時

間序列的自相關與需求間的關係，簡單迴歸公式如下：

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \varepsilon \quad (3)$$

$\beta_0$  為常數， $\beta_1$  為迴歸係數， $\varepsilon$  為誤差

#### 4. ARIMA Model

自我迴歸整合移動平均模式(Autoregressive integrated moving average model; ARIMA)為最廣泛被使用的預測模型(Williams & Hoel, 2003)，主要為將不穩定之時間序列進行差分之過程，為 1970 年代由 Box and Jenkins(1976)結合自我迴歸(Autoregressive; AR)與移動平均(Moving Average; MA)而成，其中，AR( $p$ )的一般模型為

$$y_t = a_0 + \sum_{i=1}^p a_i y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (4)$$

其中  $a_0$  表常數的截距項， $p$  代表落後期數(lag)， $a_i$  代表  $y_{t-i}$  之係數， $\varepsilon_t$  為白噪音。

MA( $q$ )的一般模型為

$$y_t = a_0 + \sum_{i=1}^q b_i \varepsilon_{t-i} + \varepsilon_t \quad (5)$$

其中  $a_0$  表常數的截距項， $p$  代表落後期數(lag)， $a_i$  代表  $y_{t-i}$  之係數， $\varepsilon_t$  為白噪音。

因此 ARIMA( $p, q$ )模型則表示為：

$$y_t = a_0 + \sum_{i=1}^p a_i y_{t-i} + \sum_{i=1}^q b_i \varepsilon_{t-i} + \varepsilon_t \quad (6)$$

## 2.2 間歇性需求需測

所謂の間歇性需求即大量的零需求隨機的發生(Silver, 1981)，被廣泛應用於航太業的備用零件之間歇性需求，其特色為具有無規律且量大的零需求發生，(Ghobbar & Friend, 2003)，大量的零需求發生使預測困難。此外，

Willemain, Smart, & Schwarz(2004)使用九個來自不同製造廠的資料庫，包含航太業、硬體業、工具機產業等，比較 Croston 預測法、指數平滑法的預測準確性，亦被用來預測汽車備用零件之間接性需求(Aris A. Syntetos & Boylan, 2005)，並由於間歇性需求的特性，將其分為波浪形需求、不穩定需求、滯銷型需求(Aris A. Syntetos & Boylan, 2005)。

1. 波浪型需求(Lumpy demand)：零需求隨機發生，且發生之頻率高及需求量變異大。
2. 不穩定需求(Erratic demand)：需求量變異較需求區間大。
3. 滯銷型需求(Slow-moving demand)：使用量變異不大，領用區間變化大。

而最常被用來預測間歇性需求的方式包含簡單移動平均法、加權移動平均法、指數平滑法及 Croston 預測法(Bacchetti & Saccani, 2012)。Croston 預測法由 Croston(1972)年提出，主要藉由修正指數平滑法而來，其考量需求量及需求的變異區間，以預測間歇性之需求。

Chatfield & Hayya(2007)說明 Croston 預測法之執行流程為：在  $t$  期需求量且透過  $n$  期資料預測之情況下，當  $D_t > 0$ ， $T_j = t$ ， $V_j = D_t$ ， $I_j = t - I_{j-1}$ ，否則將不改變其  $T_j$ 、 $V_j$ 、 $I_j$  值。但需決定其  $\hat{I}_j$ ，其透過最後  $n$  期  $I$  之平均區間數，其假設：若  $T_j + \hat{I}_j = t + 1$ ， $\rho = 1$ ，則第  $t+1$  期預測值則為第  $t$  期之 MA 或 SES 之預測值，反之， $\rho = 0$ ，第  $t+1$  期預測值則為 0。

其中， $D_t$  表第  $t$  期之實際需求， $T_j$  代表第  $t$  期有非零需求之期數， $V_j$  表非 0 需求時的實際需求量， $I_j$  代表若其為連續領用，則為 1，若有零需求發生，不給予值，下一次若有實際領用，則為上一期非零需求與此期的間隔數。

Croston 預測法之應用包含 Willemai(1994)提出 Croston 預測法較指數平滑法適用於飛機備品的間歇性需求預測，Ghobbar (2003)亦指出預測航太備用零件時，Croston 預測法優於指數平滑法。但於 2001 年，Aris A. Syntetos & Boylan 指出再推算需求的期望值時，Croston 預測法無法適用於實務之預測上，因此修正此方法，並提出 S&B 預測法  $F_{S\&B} = (1 - \alpha/2) F_{SES}$ 。

而鮮少有文獻將其用來預測醫療衛材的間歇性需求，因此，本研究將於第四章說明如何將 Croston 預測法應用於醫療衛材之預測。

## 2.3 需求的消耗型態

需求消耗型態的建立，能有助於存貨的管理與控制(Boylan, Syntetos, & Karakostas, 2008; Huiskonen, 2001)，用來將需求做分類的指標有許多種，Ghobbar & Friend(2002)指出可將主要的維護流程(Primary Maintenance Process; PMP)、航太使用率(Aircraft utilization rate; AUR)、零組件之使用壽命(Component's Overhaul Life; COL)、需求變異的平方(Square Coefficient of Variation; CV<sup>2</sup>)與平均需求領用區間(Average Inter-demand Interval; ADI)做為需求消耗型態的判斷指標。Eaves & Kingsman (2004)亦提出透過考量需求之頻率、數量及前置時間來將需求做分類。袁立德(1993)將藥品的消耗型態依相關係數及迴歸係數分為週期型、遞增型、高原型、遞減型、嘗試型及不穩定型，如表 2.1 所示。隨後，賴順益(2010)則將袁立德之消耗型態透過建立專家預測系統萃取較適合的預測方法，其比較了加權平均法、指數平滑法、移動平均法、迴歸分析及古典分解法，比較誤差後再給予評比，選定較適合的預測方法。賴仕傑(2012)亦藉由袁立德之分類架構，透過指數平滑法及經驗法則來給予適合的預測方法。

表 2.1 藥品的消耗型態

消耗型態	迴歸係數	相關係數
週期型	趨近於 0	<0.1
遞增型	顯著正值	>0.5
高原型	顯著正值	0.3~0.5
嘗試型	正值或趨近於 0	<0.5
遞減型	顯著負值	>0.5
不穩定型	趨近於 0	<0.2

資料來源：袁立德(1993)



在上述之分類指標中， $CV^2$ 與 ADI 最常被使用來將間歇性需求做預測，其主要根據 William(1984)所提出的需求變異消耗型態分類法則， $CV^2$ 與 ADI 被廣泛應用於決定航太零件的需求的消耗型態(Syntetos & Boylan, 2001; Ghobbar & Friend, 2003;Eaves & Kingsman, 2004)， $CV^2$ 之計算公式為：

$$CV^2 = \left(\frac{S}{\bar{X}}\right)^2 \quad (7)$$

其中， $S$ 為需求標準差， $\bar{X}$ 為需求平均數。

依此可將其分成四種消耗型態(Syntetos et al., 2005)，如圖 2. 2 所示，其判斷的準則為：

- 當  $ADI > 1.32$ ， $CV^2 > 0.49$ ，需求領用期間與需求量變異大，為波浪型需求。
- 當  $ADI \leq 1.32$ ， $CV^2 > 0.49$ ，需求領用期間變異小、需求量變異大，屬於不穩定之需求。
- 當  $ADI \leq 1.32$ ， $CV^2 \leq 0.49$ ，需求領用期間與需求量變異小，屬於平滑需求。
- 當  $ADI > 1.32$ ， $CV^2 \leq 0.49$ ，需求領用期間變異大、需求量變異小，為間接性需求但需求較穩定。

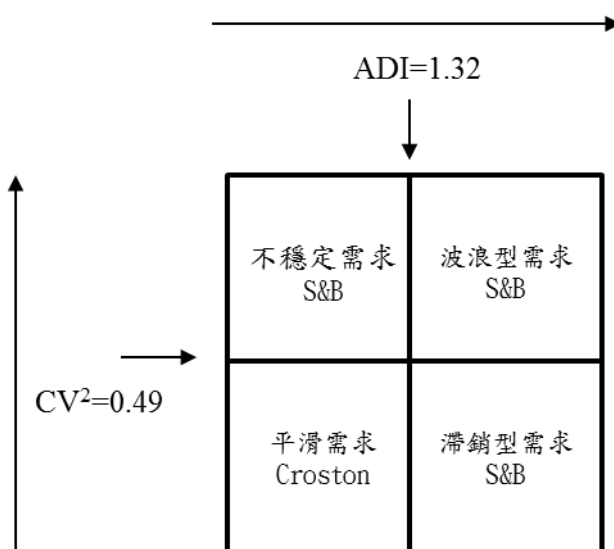


圖 2. 2 需求的消耗型態

資料來源：A. Syntetos, Boylan, & Croston (2005)

Syntetos & Boylan 並將各消耗型態給予不同之預測模式，其指出波浪型需求、不穩定需求、間歇性需求在 Syntetos & Boylan(S&B)預測法時有較好的預測能力，平滑需求則透過 Croston 預測法可使誤差較低。由於此分類架構被廣泛應用於備用零件之間歇性需求分類，雖然袁立德提出了藥品之分類架構，但本研究發現其並不適用於衛材消耗型態之分類，故本研究於 4.2 將說明如何將醫療衛材進行消耗型態之分類及 4.6 節將說明袁立德架構之不適性及本研究與 S&B 預測法之比較。

## 2.4 預測的準確性

最常被用來估計預測誤差的指標有幾種，包含平均絕對百分比誤差 (Mean Absolute Percentage Error; MAPE)、誤差均方根差 (Root Mean Squared Error; RMSE)、相對幾何均方根誤差 (Relative Geometric Root Mean Squared Error; RGRMSE)。

1. 平均絕對值誤差率 (Mean Absolute Percentage Error; MAPE)，其計算公式如下：

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right| \times 100\% \quad (8)$$

其中， $A_t$  為第  $t$  期之實際值， $F_t$  為第  $t$  期之預測值， $n$  為總期數。多數研究藉由計算 MAPE 來評估預測的能力，包含 Chatfield & Hayya(2007)、Ghobbar & Friend(2003)、Gutierrez, Solis, & Mukhopadhyay(2008)。

2. 誤差均方根差 (Root Mean Squared Error; RMSE)，Teunter & Duncan(2009)藉由比較五種不同預測模型預測 UK Royal Air Force 間歇性需求之誤差，其計算公式如數學式(8)：

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (A_t - F_t)^2}{n}} \quad (9)$$

其中， $A_t$  為第  $t$  期之實際值， $F_t$  為第  $t$  期之預測值， $n$  為總期數。

3. 相對幾何均方根誤差 (Relative Geometric Root Mean Squared Error; RGRMSE)：Fildes(1992)首先提出，並且 Syntetos & Boyla(2005)、Teunter & Duncan(2009)亦採用 RFRMSE 比較預測的準確性。其公式如下：

$$RGRMSE = \frac{\prod_{t=1}^n ((A_{a,t} - F_{a,t})^2)^{1/2n}}{\prod_{t=1}^n ((A_{b,t} - F_{b,t})^2)^{1/2n}} \quad (10)$$

其中， $A_{a,t}$  為在方法 a 的第  $t$  期之實際值， $F_{b,t}$  為在方法 b 的第  $t$  期之預測值， $n$  為總期數。

### 第三章 研究方法與個案介紹

#### 3.1 研究架構

本章節將針對醫療衛材需求預測之困難，衛材品項眾多、病患科別複雜、無法正確掌握病患需求等，造成衛材囤積或短缺，影響醫療服務的品質及存貨管理之成本。因此，在兼顧醫療服務品質與存貨管理成本之目標下，建構本研究架構圖，如圖 3.1 所示，首先，藉由 ABC 存貨法則篩選衛材品項，可以有助於本研究能著重於對組織有較顯著影響性之品項進行預測，再依 ADI 與  $CV^2$  建立消耗型態分類，並評估 SMA、SES、ARIMA、Croston 預測法之預測能力，給予各消耗型態較適合之預測模型。

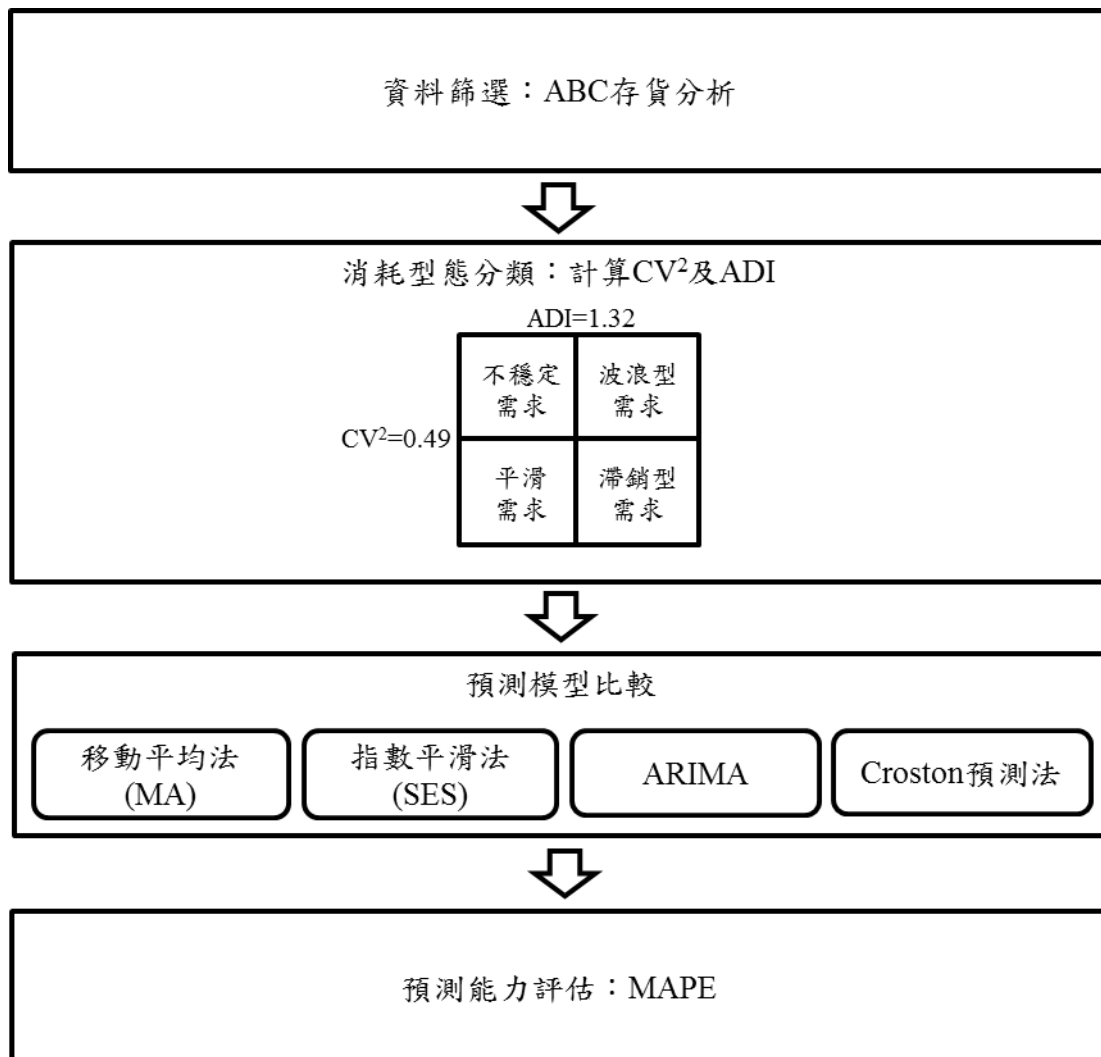


圖 3.1 研究架構圖

資料來源：本研究整理

## 3.2 個案介紹

為了建立適合的消耗型態與比較預測方法的準確性，本研究採用某醫院小兒加護病房(Pediatric intensive care unit ; PICU)之衛材領用資料為例，領用之資料自 2011 年 1 月至 2013 年 6 月，總共 30 期。為進一步瞭解該中心的現況，此章節將說明該病房狀況、醫療衛材領用流程與目前管理的狀況。

目前 PICU 病房共有床位 15 床，根據 2013 年度護理人員編制 19 人，平均每床之病患僅能獲得 1.3 位護理人員之照護，因此，護理站若能將衛材管理做好，可使醫護人員能夠專心於病患的醫療照護上，提升醫療的服務品質。

病患包含內科、外科、心臟科等 0 到 20 歲之幼年及青少年病患，主要病患為小兒外科重症對像，因其科別複雜，使衛材品項需求不一致，使衛材品項眾多，目前共有 91 種衛材，衛材的使用量亦受病患傷口大小、病患年齡及病患轉院或轉病房的影響，造成衛材的領用量不穩定，因而促使間歇性需求之發生。例如使用於燒燙傷病患之棉片，因為病患突然入院，需要大量的棉片，而使護理人員透過經驗，依病患的傷口大小及嚴重程度請領棉片，但卻幾天後病患轉院或轉病房，留下大量未使用的棉片，因而不再生領用此品項，但卻產生衛材的囤積，放置過久而過期細菌孳生，影響病患安全，過程中亦產生醫護人員臨時領用之人力成本。

透過訪談，PICU 病房目前的預測方式為單位的前半年平均需求量，再加上 10~20% 的衛材，做為下一期的領用需求量。藉由衛材使用的歷史紀錄預測訂單，至電腦系統申請需求量，補給室採購組收到需求後，則會向供應商發出訂單，合約廠商則會在 14 日內將衛材送達中央庫房，中央庫房則會依序進行收料上架、揀料、發放，再由護理站點收至庫房，醫護人員再分別將衛材補至病房現場使用，最後，於月底護理人員會做徹底的盤點，並檢討盤盈或盤虧，回報於補給室。而透過過去的歷史紀錄進行預測，因而衍伸出衛材領用過多或短缺，以及衛材領用時的等待與不即時。

而衛材的補給，又可分為週補充與月補充，週補充即為將每月所需的需求平均分攤於每周補貨，月補充則為一次領用一個月的需求量，若月底盤點後，衛材品向仍有餘額，則補充其差額，反之，直接領用預測量，而

月補充時常造成衛材的囤積，而使空間不足。因此，綜合上述之衛材管理現況，使 PICU 面臨以下問題：

1. 病患科別複雜，使衛材品項及衛材需求量難以掌控。
2. 月補充使存貨過多，導致庫房空間不足
3. 預測過度，使存貨過多，庫房空間不足、衛材過期及細菌孳生。
4. 存貨短缺，發生臨時性的領用，增加人力領用成本，無法及時滿足病患需求。

因此，如何在科別複雜、衛材品項眾多的醫療機構進行準確的間歇性需求之預測，將扮演重要角色，若預測過多，不僅造成衛材之囤積、更可能因放置過久而造成細菌孳生、衛材過期；若預測過少則無法及時滿足病患需求，造成臨時性之領用，不僅影響病患安全、醫療服務品質，更增加了衛材之管理成本。因此本研究將以 PICU 病房為例，作為研究方法之個案，於第四章將說明本研究之執行過程與結果。

## 第四章 實務驗證與分析

### 4.1 資料篩選

有助於本研究能著重於對組織有較顯著影響性之品項，本研究藉由 ABC 存貨法則，將衛材做分類，意旨占總金額的累積百分比 70~80% 的品項為 A 類，占總金額的累積百分比 10~20% 的品項為 B 類，其餘為 C 類，在此衛材資料庫中，A 類衛材共四項，總金額高達壹佰伍拾捌萬新台幣，B 類共十項，總金額高達伍拾柒萬元新台幣，C 類高達 77 個品項，金額為貳拾肆萬新台幣，如表 4.1 所示。

表 4.1 個案 PICU 衛材之料庫之 ABC 存貨分析

	A 類	B 類	C 類	總數量
衛材價格 (新台幣)	1,585,451	573,783	251,037	2,410,271
衛材數量 (個)	4	10	77	91
百分比 (%)	70	20	10	100

由於品項眾多，避免忽略了各個種類之品項對衛材管理的重要性，A 類代表佔存貨金額的 80% 之品項，但使用頻率確不一定很高，C 則為品項眾多的衛材，但使用頻率卻很常發生，B 則為介於 A、C 重要性之間的衛材。因此，本研究自 A、B、C 類隨機選取各四個品項進行預測，共十二個品項，由領用資料的結構可發現多數的品項皆有零需求的發生，如表 4.2 所示。其中，以衛材 CJ5440015018 為例，30 期資料內，零需求已佔了 24 期，說明了間歇性需求狀況極為顯著，因此，下一章節本研究將針對此十二種品項進行消耗型態之分類，做為未來預測之基礎。

表 4.2 個案 PICU 衛材資訊(共 30 期)

物料碼	平均需求	零需求期數	非零需求期數	ABC 分類
CJ5725003017	26	16	14	A
CJ5440015018	3	24	6	A
CJ5725002025	100	5	25	A
CJ5440020019	126	1	29	A
CJ5440007012	2	12	18	B
CH5540004017	187	5	25	B
CJ5860005052	437	6	24	B
CJ5200003062	285	8	22	B
CJ5860010082	171	7	23	C
CJ5240002013	7	1	29	C
CI0004001010	2697	0	30	C
CD5640002018	18	1	29	C



## 4.2 需求的消耗型態

本研究透過計算需求的變異性( $CV^2$ )與領用期間的間隔大小( $ADI$ )決定需求的消耗型態，如表 4.3 所示，品項 CJ5725003017 之  $ADI=2 \geq 1.32$ ，且  $CV^2=2.17 \geq 0.49$ ，因此屬於於第一象限之波浪型需求。品項 CJ5725002025 之  $ADI=1.21 < 1.32$ ，且  $CV^2=0.79 \geq 0.49$ ，因此屬於於第二象限之不穩定型需求。品項 CJ5440020019 之  $ADI=1.04 < 1.32$ ，且  $CV^2=0.46 \leq 0.49$ ，因此屬於於第三象限之平滑型需求。

表 4.3 PICU 衛材的  $ADI$  與  $CV^2$  及消耗型態

編號	物料碼	ABC 分類	$ADI$	$CV^2$	消耗型態
1	CJ5725003017	A	2.00	2.17	波浪型需求
2	CJ5440015018	A	6.25	10.16	波浪型需求
3	CJ5725002025	A	1.21	0.79	不穩定需求
4	CJ5440020019	A	1.04	0.46	平滑需求
5	CJ5440007012	B	1.65	1.37	波浪型需求
6	CH5540004017	B	1.21	1.03	不穩定需求
7	CJ5860005052	B	1.26	0.88	不穩定需求
8	CJ5200003062	B	1.14	0.72	不穩定需求
9	CJ5860010082	C	1.26	0.66	不穩定需求
10	CJ5240002013	C	1.04	0.35	平滑需求
11	CI0004001010	C	1.00	0.25	平滑需求
12	CD5640002018	C	1.00	0.26	平滑需求

因此，將上述 PICU 之衛材進行分類，可將其分為三大類，如圖 4.1 所示，可得知 PICU 衛材資料庫之衛材品項，多數分布於第一與第二象限，即多數為波浪型需求與不穩定之消耗型態。但由於本研究在計算各品項之  $ADI$  與  $CV^2$  後，並未發現屬於第四象限滯銷型需求之品項，故本研根據第四象限的特性，隨機產生符合其  $CV^2$  及  $ADI$  之 30 期資料，作為後續研究

之參考。

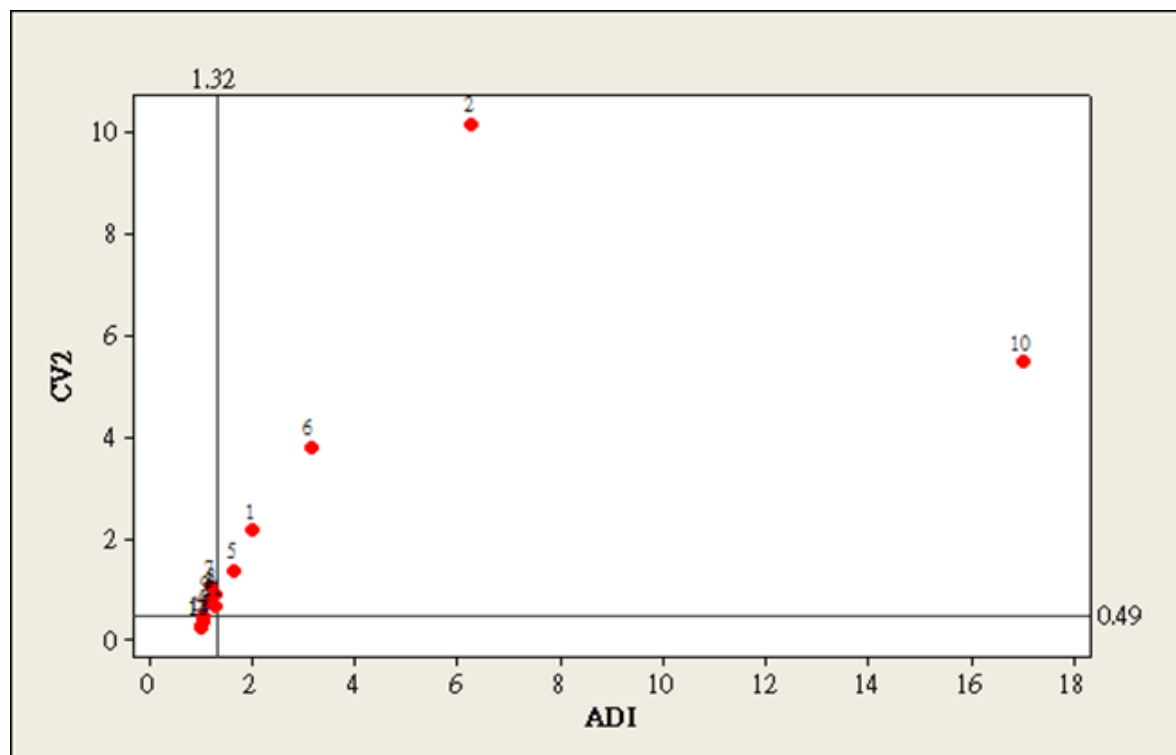


圖 4. 1PICU 衛材消耗型態分布圖

多數的衛材需求變化大，並且有大量零需求之發生，使需求發生的區間造成極大的變異，如此不穩定的需求狀況，造成預測困難、存貨管理困難。由表 4.4 可見波浪型需求領用期間與需求量變異大，不穩定需求領用期間變異小、需求量變異大，平滑需求領用期間與需求量變異小，間歇性需求則為領用期間變異大、需求量變異小。因此，如何預防於病患需要時，能滿足病患，且不能使用將過期之衛材，以影響病患安全與服務品質，間歇性衛材需求的預測更顯為重要。

表 4. 4PICU 衛材資料庫之間歇性衛材需求資料統計表(共 30 期)

	第一象限 波浪型需求	第二象限 不穩定需求	第三象限 平滑需求	第四象限 滯銷型需求
個數	4	4	4	3
ADI				
平均值	6.00	1.22	1.02	1.38
標準差	6.41	0.05	0.02	0.03
極小值	1.65	1.14	1.00	1.35
極大值	17.00	1.26	1.04	1.34
CV <sup>2</sup>				
平均值	4.60	0.82	0.33	0.47
標準差	3.49	0.14	0.10	0.02
極小值	1.37	0.66	0.25	0.45
極大值	10.16	1.03	0.46	0.48
零需求期數				
平均值	19.60	6.20	0.75	8.67
標準差	5.50	1.30	0.50	0.58
極小值	12.00	5.00	0.00	8.00
極大值	25.00	8.00	1.00	9.00
非零需求期數				
平均值	10.40	23.80	29.25	21.33
標準差	5.50	1.30	0.50	0.58
極小值	5.00	22.00	29.00	21
極大值	18.00	25.00	30.00	22

4.3 與 4.4 節將說明本研究如何應用 ARIMA 模型及 Croston 預測法進衛材之預測，詳見 2.1。而選擇 ARIMA 模型之原因為其為近代較常被使用來預測的時間序列法，選擇 Croston 預測法則是因為其為間接性需求的預測法，被廣泛應用於間歇性需求之預測，詳見 2.2。

### 4.3 ARIMA 模型

由於 ARIMA 模型為近代較常被使用來預測的時間序列法，因此本研究採用此方法做為衛材間歇性需求的預測，主要透過數學軟體 Eviws5 進行預測。首先，利用單根檢定(Unit root test)中之擴張的 Dickey – Fuller 檢定 (Augmented Dickey-Fuller test; ADF)檢定是否有單根存在，若有，則需將其差分，使時間序列能夠平準化，再求其  $p$ 、 $q$  值，檢查期是否具有截斷現象，以判斷模型，再經過多次的確認與修正，比較其模型適配度，如表 4.5 所示，方能得到其較好的 ARIMA 模型，最後可得知 AR(2)之模型為較適合酒精棉片之模型。

表 4.5 酒精棉片之適合模型之適配度比較

Akaike info criterion	ARMA(2,2)	MA(1)	MA(2)	AR(1)	AR(2)
酒精棉片	17.20	17.46	17.40	17.40	17.17*

\*表示為衛材之適配度較佳之模型

### 4.4 Croston 預測法

Croston 預測法的計算方式，主要考量需求及需求區間的變異，在進行 Croston 預測法預測時，實際需求值( $D$ )、非零需求之期數( $T$ )、非零需求之實際領用量( $V$ )。若此需求為連續領用，則給予其區間( $I$ )為 1，若有零需求發生， $I$ 不給予值，下一次若有實際領用，則為上一期非零需求與此期的間隔數。 $\hat{I}_j$ 則最後三期  $I$  之平均區間數。當  $T_j + \hat{I}_j = t + 1$ ， $\rho = 1$ ，故第  $t+1$  期預測值則為第  $t$  期之 SMA 或 SES 之預測值；若  $T_j + \hat{I}_j \neq t + 1$ ， $\rho = 0$ ，故  $t+1$  期預測值則為 0。

本研究將分別舉例說明間歇性需求與連續型需求的計算過程。首先為間歇性需求，以塑膠空針 50CC(CJ5860005052)為例，本研究計算的起始點為  $t=6$ ，計算區間為 3。首先，若為間歇性需求，其預測結果為：

$$D=(840,240,700,300,1240,0)$$

$$T=(1,2,3,4,5)$$

$$V=(840, 240,700,300,1240)$$

$$I=(1,1,1,1,1)$$

$$\hat{I}_6 = \frac{1+1+1}{3} = 1$$

$$T_6 + \hat{I}_6 = 0+1=7 \neq t+1=7$$

因此，第七期預測結果為 0。當  $t=7$  時，

$$D=(840,240,700,300,1240,0,300)$$

$$T=(1,2,3,4,5,7)$$

$$V=(840, 240,700,300,1240,300)$$

$$I=(1,1,1,1,1,2)$$

$$\bar{T}_7 = (1+1+2)/3 = 1.33 \approx 1$$

$$T_7 + \bar{T}_7 = 7+1 = t+1 = 8$$

因此，第八期之 Croston 的 SMA 預測法所得的預測結果為  $(300+1240+300)/3=613$ 。

若為連續型需求，以酒精棉片為例：

$$D=(1000,1000,1400,2600,2600,1800)$$

$$T=(1,2,3,4,5,6)$$

$$V=(1000,1000,1400,2600,2600,1800)$$

$$I=(1,1,1,1,1,1)$$

$$\hat{I}_6 = (1+1+1)/3 = 1$$

$$T_6 + \hat{I}_6 = 6+1=7 = t+1$$

因此，第七期 Croston 的 SMA 預測法結果為  $(2600+2600+1800)/3=2333$ ，此結果即為簡單移動平均法之結果，是因為  $T_j + \hat{I}_j = t + 1, \rho = 1$ 。

若使用的方法為 SES，則需考慮  $\alpha$  值，Croston (1972) 指出  $\alpha$  應界於 0.1

與 0.3 之間，Syntetos and Boylan (2001) 則指出  $\alpha$  不應大於 0.15，因此本研究將  $\alpha$  值分別帶入 0.05、0.1、0.3 及 0.9 做計算，所得之結果為  $\alpha=0.9$  時預測誤差較小，代表此衛材受實際需求影響較大，預測需求則較小。因此，無論所使用的 Croston 預測法為 SMA 或 SES，連續型的需求即為原本 SMA 與 SES 的結果，間歇性需求則會因上一次為有實際領用，下一期則不領用，用以克服非連續性的需求存貨，以降低衛材領用之成本。

#### 4.5 預測能力之評估

MAPE 廣泛被用來評估預測之準確性，因此本研究藉由計算其 MAPE，建立各消耗型態較適合之預測方法。由於在一般有實際領用需求的條件下，使用原始 MAPE 計算誤差，如公式(8)，是可以比較的，但由於間歇性需求具有零需求之狀況發生，使其分母為零，導致無法計算誤差。

因此，Gilliland (2002) 將 MAPE 重新調整後定義為  $MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n |A_t - F_t|}{\sum_{t=1}^n A_t}$ ，而

使誤差可以被計算，其中， $A_t$  為第  $t$  期之實際值， $F_t$  為第  $t$  期之預測值， $n$  為總期數。預測之結果如表 4.6 所示，Croston 幾乎適用於各個消耗型態，簡單移動平均法則次之。

表 4. 6PICU 範例衛材預測能力之評估—MAPE

物料碼	消耗型態	SMA	SES	Croston SMA	Croston SES(0.05)	Croston SES(0.1)	Croston SES(0.3)	Croston SES(0.9)	ARIMA
CJ5725003017	波浪型需求	83%	107%	118%	101%	102%	98%	78%*	106%
CJ5440015018	波浪型需求	121%	159%	139%	98%	94%*	99%	94%*	160%
CJ5725002025	不穩定需求	52%	99%	48%*	75%	74%	78%	95%	65%
CJ5440020019	平滑需求	40%	44%	97%	43%	47%	37%	9%*	44%
CJ5440007012	波浪型需求	82%	99%	61%*	98%	96%	92%	86%	99%
CH5540004017	不穩定需求	56%	68%	99%	70%	69%	59%	23%*	63%
CJ5860005052	不穩定需求	62%	85%	84%	106%	100%	85%	58%*	72%
CJ5200003062	不穩定需求	40%	79%	89%	50%	49%	41%	12%*	46%
CJ5860010082	不穩定需求	49%	67%	102%	80%	72%	57%	22%*	69%
CJ5240002013	平滑需求	59%	46%	84%	74%	73%	68%	42%*	65%
CI0004001010	平滑需求	28%	37%	100%	37%	34%	30%	6%*	37%
CD5640002018	平滑需求	33%	44%	94%	52%	40%	31%	12%*	39%
第四象限 隨機資料	間歇性需求	54%	108%	91%	148%	109%	72%	51%*	51%*

\*表示此衛材所使用的預測方法所得的需求預測值最小，即代表其所對應的最佳預測法。

此外，使用 Croston 指數平滑法預測時， $\alpha$ 值會影響預測之誤差，Croston (1972)指出  $\alpha$ 應界於 0.1 與 0.3 之間，Syntetos and Boylan (2001) 則指出 $\alpha$ 不應大於 0.15。而本研究模擬出來之預測結果顯示，多數之衛材於 $\alpha = 0.9$ 之預測誤差最小， $\alpha$ 值越小，其誤差反而越大，則表示預測值受越靠近的期間影響越大，越遠則影響較小，且衛材不會因為上一期之領用，下一期則不領用。

## 4.6 小結與討論

本研究之目的即為衛材之間歇性需求建立消耗型態，並提出適合各型態的預測方法。此章節將說明袁立德所提之消耗型態不適用於衛材分類的原因、本研究之消耗型態分類之結果及與 Syntetos & Boylan 所提的消耗型態與預測模式及 PICU 現行預測法之比較。

### 4.6.1 小結

透過 ADI 與  $CV^2$  將衛材做分類後，藉由各 MAPE 比較 SMA、SES；Croston 預測法及 ARIMA 模型，可將衛材依波浪型需求、不穩定型需求、平滑型需求及滯銷型需求各指定一預測誤差較小之預測模式，如圖 4.2 所示，此四象限於 Croston SES(0.9)時之誤差最小，但由於平滑需求幾乎未有零需求的現象發生，領用量亦較穩定，資料型態屬於連續型的資料型態，使其預測值即為 SMA 或 SES，因此，平滑需求應以 SMA 最為其最佳之預測結果。綜合上述，所得之分類架構及預測模式如圖 4.3 所示，波浪型需求、不穩定需求及滯銷型需求適用 Croston 之單一指數平滑法，平滑需求則適用簡單移動平均法。



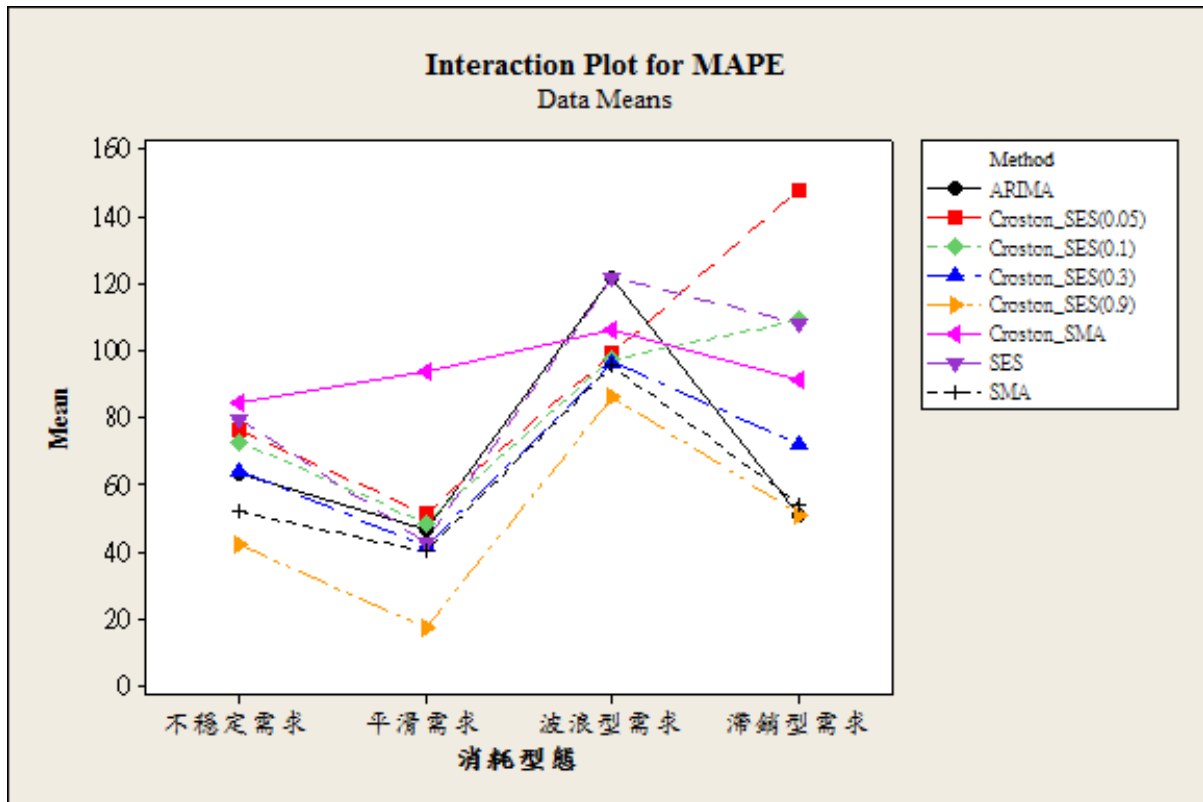


圖 4.2 需求消耗型態與預測方法之交互作用圖

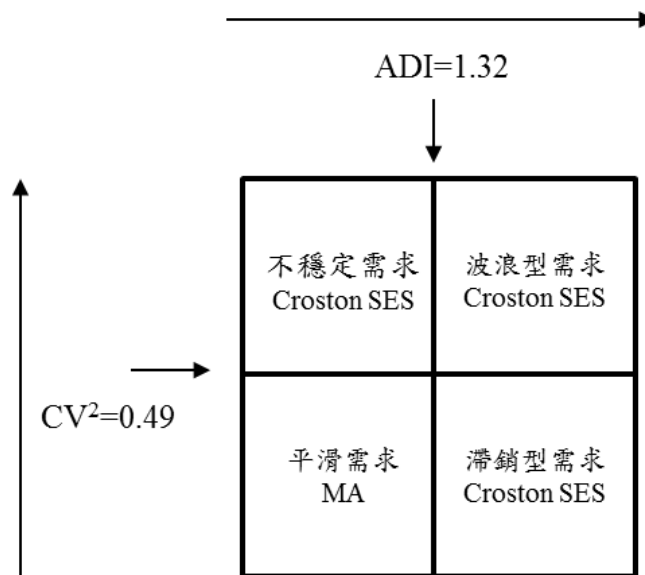


圖 4.3 本研究之預測結果

## 4.6.2 討論

本研究依據袁立德之藥品消耗型態，計算各品項之相關係數及迴歸係數時，發現並無法將所有品項進行消耗型態之分類，如表 4.7 所示，並無法明確將（動脈用）塑膠三路活塞做分類，在預測模型的選擇上產生困難。

表 4.7 PICU 衛材依藥品消耗型態分類之結果

藥品 消耗型態	酒精棉片	塑膠手套 (大)	塑膠手套 (小)	塑膠三路活塞 (動脈用)
相關係數	0.101	-0.185	0.533	-0.337
迴歸係數	13.4	-0.3496	1.197	-6.334
消耗型態	嘗試型	不穩定型	遞增型	無法分類

並將本研究之結果與目前 PICU 的衛材預測現行做法及 Syntetos & Boylan 所提的備用零件的消耗型態與預測模式進行比較。現行做法的預測為計算前半年（7~12 月）平均用量加上 10~20% 做為需求的領用量。而本研究與 Syntetos & Boylan 差異為各消耗型態的預測模式不同，但消耗型態的分類相同，如圖 2.2 所示，其中 S&B 之計算方式為  $F_{S\&B} = (1 - \frac{\alpha}{2})F_{Croston}$ ，即將 Croston 預測法乘以  $(1 - \frac{\alpha}{2})$ 。而由於本研究於  $\alpha=0.9$  時，衛材之預測結果較為準確，因此，將以  $\alpha=0.9$  做為所得之 alpha 之預測結果如表 4.8 所示，本研究僅於品項 CJ5725002025 之誤差較高，其餘誤差皆低於 S&B 之預測值。但於現行做法中，雖然於 CJ5725002025 CJ5440007012 及第四象限滯銷型的隨機資料有較好的預測能力，但卻僅只為一筆。因此，本研究所提之需求消耗型態之分類與預測模式，可做為未來醫療衛材之間歇性需求之參考。

表 4. 8PICU 衛材之 Croston SES(0.9)與 S&B(0.9)及 PICU 現行作法的  
預測結果比較

物料碼	消耗型態	Croston Smooth(0.9)	S&B (0.9)	現行做法 (10%)
CJ5725003017	波浪型需求	78%*	85%	104%
CJ5440015018	波浪型需求	94%*	137%	162%
CJ5725002025	不穩定需求	95%	86%	52%*
CJ5440020019	平滑需求	9%*	48%	40%
CJ5440007012	波浪型需求	86%	89%	80%*
CH5540004017	不穩定需求	23%*	57%	61%
CJ5860005052	不穩定需求	61%*	96%	66%
CJ5200003062	不穩定需求	12%*	55%	53%
CJ5860010082	不穩定需求	22%*	67%	59%
CJ5240002013	平滑需求	42%*	49%	45%
CI0004001010	平滑需求	6%*	45%	40%
CD5640002018	平滑需求	12%*	49%	31%
第四象限 隨機資料	間歇性需求	51%	72%	46%*

\*表示此衛材所使用的預測方法所得的需求預測值最小，即代表其所對應的最佳預測法。

## 第五章 結論與建議

醫療院所衛材品項眾多，在科別複雜的病房中，衛材之領用受病患之傷口大小、年齡與科別而有不同的需求量，造成間歇性需求的發生，使預測困難，產生衛材的囤積、缺料、細菌孳生及衛材過期等議題，因而影響病患安全與醫療服務品質。

本研究考量衛材需求的變異性與平均需求區間，將衛材分為波浪型、不穩定型、平滑型及滯銷型需求四大類，並給予各需求型態較適當的預測方法。研究結果表示波浪型需求、不穩定需求及滯銷型需求適用 Croston 之單一指數平滑法，平滑型需求則適用移動平均法。因此，透過消耗型態的分類與指定的預測模型之下，可使預測誤差降低，避免影響病患安全，且降低醫療院所之衛材管理之成本。

本研究資料完整性的限制，研究資料僅有 30 個月，因人力及資料分析繁複的限制，本研究僅以個案病房將 ABC 類之衛材各取 4 種品項進行分析探討，期望未來可以擴大分析對象。此外，可以找出屬於第四象限滯銷型需求之衛材品項做驗證，可使預測的結果更具參考性。

本研究之分類指標主要以過去文獻用於備用零件的架構做為依據，使用的預測法亦為較常見的預測方法，未來可以透過類神經網路(Neural Network)預測或資料探勘(Data Mining)等建立預測模式，考量疾病別與衛材之間的關係，找出疾病別與衛材消耗量間的相關性、影響衛材需求的關鍵因子或衛材間的關係，進而透過預測疾病的發生率，預測衛材的消耗量，隨著時間的演進，納入更多的歷史資料，以更精確的預測需求量，一旦模型成熟，更可開發成資訊系統，由系統做自動化分類及預測，避免衛材囤積與缺貨，避免危及病患安全，並降低醫療院所之衛材管理之成本。

## 參考文獻

### 中文部分

1. 沈志陽(2007)。以 ARIMA 季節相乘模式預測汽車售後服務進廠台數之研究-以裕隆日產體系為例，碩士論文，國立交通大學，新竹市。
2. 吳良玉(2012)。限制理論用於醫療材料存貨管理之研究—以某區域級教學醫院為例，碩士論文，中原大學，桃園縣。
3. 袁立德(1993)。藥品消耗型態與庫存管理之實證研究—以二所群醫學中心為例，碩士論文，國立陽明大學，台北市。
4. 詹琇仔(2004)。結合 ARIMA 模式與倒傳遞網路以降低預測誤差，碩士論文，國立成功大學，台南市。
5. 賴順益(2010)。智慧型藥品需求量預測專家系統之建置，碩士論文，亞洲大學，台中市。
6. 賴仕傑(2012)。醫檢實驗室試劑耗材管理及需求預測資訊系統，碩士論文，朝陽科技大學，台中市。

### 英文部分

1. Box, G. E., & Jenkins, G. M. (1976). *Time series analysis: forecasting and control, revised ed.*: Holden-Day.
2. Bacchetti, A., & Sacconi, N. (2012). Spare parts classification and demand forecasting for stock control: Investigating the gap between research and practice. *Omega*, 40(6), 722-737. Boylan, J., Syntetos, A. A., & Karakostas, G. (2008). Classification for forecasting and stock control: a case study. *Journal of the Operational Research Society*, 59(4), 473-481.
3. Boylan, J. E., & Syntetos, A. A. (2009). Spare parts management: a review of forecasting research and extensions. *IMA journal of management mathematics*, dpp016.
4. Chatfield, D. C., & Hayya, J. C. (2007). All-zero forecasts for lumpy demand: a factorial study. *International Journal of Production Research*, 45(4), 935-950.

5. Croston, J. D. (1972). Forecasting and stock control for intermittent demands. *Journal of the Operational Research Society*, 23(3), 289-303.
6. Duclos, L. K. (1993). Hospital Inventory Management for Emergency Demand. *International Journal of Purchasing and Materials Management*, 29(3), 29-38.
7. Dalkey, N., & Helmer, O. (1963). An experimental application of the Delphi method to the use of experts. *Management science*, 9(3), 458-467.
8. Eaves, A., & Kingsman, B. (2004). Forecasting for the ordering and stock-holding of spare parts. *Journal of the Operational Research Society*, 55(4), 431-437.
9. Fildes, R. (1992). The evaluation of extrapolative forecasting methods. *International Journal of Forecasting*, 8(1), 81-98.
- Ghobbar, A. A., & Friend, C. H. (2002). Sources of intermittent demand for aircraft spare parts within airline operations. *Journal of Air Transport Management*, 8(4), 221-231.
10. Gaynor, M., & Town, R. J. (2011). Competition in health care markets: *National bureau of economic research*.
11. Ghobbar, A. A., & Friend, C. H. (2003). Evaluation of forecasting methods for intermittent parts demand in the field of aviation: a predictive model. *Computers & Operations Research*, 30(14), 2097-2114.
12. Gutierrez, R. S., Solis, A. O., & Mukhopadhyay, S. (2008). Lumpy demand forecasting using neural networks. *International Journal of Production Economics*, 111(2), 409-420.
13. Hua, Z., & Zhang, B. (2006). A hybrid support vector machines and logistic regression approach for forecasting intermittent demand of spare parts. *Applied Mathematics and Computation*, 181(2), 1035-1048.
14. Huarng, F. (1998). Hospital material management in Taiwan: a survey. *Hospital materiel management quarterly*, 19(4), 71-81.
15. Huiskonen, J. (2001). Maintenance spare parts logistics: special characteristics and strategic choices. *International journal of production economics*, 71(1), 125-133.
16. Jacobs, F. R., Chase, R. B., & Aquilano, N. J. (2009). *Operations & Supply Management* (12 ed.): McGraw-Hill.
17. Regattieri, A., Gamberi, M., Gamberini, R., & Manzini, R. (2005).

- Managing lumpy demand for aircraft spare parts. *Journal of Air Transport Management*, 11(6), 426-431.
18. Silver, E. A. (1981). Operations research in inventory management: A review and critique. *Operations Research*, 29(4), 628-645.
  19. Syntetos, A., Boylan, J., & Croston, J. (2005). On the categorization of demand patterns. *Journal of the Operational Research Society*, 56(5), 495-503.
  20. Syntetos, A. A., & Boylan, J. E. (2001). On the bias of intermittent demand estimates. *International journal of production economics*, 71(1), 457-466.
  21. Syntetos, A. A., & Boylan, J. E. (2005). The accuracy of intermittent demand estimates. *International Journal of Forecasting*, 21(2), 303-314.
  22. Teunter, R. H., & Duncan, L. (2009). Forecasting intermittent demand: a comparative study. *Journal of the Operational Research Society*, 60(3), 321-329.
  23. Willemain, T. R., Smart, C. N., & Schwarz, H. F. (2004). A new approach to forecasting intermittent demand for service parts inventories. *International Journal of Forecasting*, 20(3), 375-387.
  24. Willemain, T. R., Smart, C. N., Shockor, J. H., & DeSautels, P. A. (1994). Forecasting intermittent demand in manufacturing: a comparative evaluation of Croston's method. *International Journal of Forecasting*, 10(4), 529-538.
  25. Williams, T. (1984). Stock control with sporadic and slow-moving demand. *Journal of the Operational Research Society*, 939-948.

## 附錄一

### PICU 衛材 ABC 存貨分析

衛材名稱	金額	累計 比例	分類
微量點滴導管(筒狀)PLUM 11706	474,109	40%	A
拋棄式血壓監視組合餐	440,679	54%	A
微量點滴導管(一般)PLUm/1648	311,071	63%	A
微量點滴導管(筒狀)PLUM 11706 24EA/BOX	193,682	69%	A
微量點滴導管 PLUM(避光含過濾器)11879	165,910	74%	B
微量點滴導管(一般)PLUm/1648 48EA/BOX	131,328	78%	B
靜脈留置針 24G 50 支/盒	78,078	81%	B
拋棄式血壓監視套組 20/BOX	56,958	83%	B
塑膠空針 50cc(未附針頭)	53,809	84%	B
抗感染安全尖端導管組(雙腔)	53,262	86%	B
(動脈用)塑膠三路活塞 50 個/盒	51,582	88%	B
壓力管 150CM	50,029	89%	B
塑膠空針 2cc 23g×1	45,062	91%	C
塑膠空針 10cc 22g×1"	28,325	91%	C
塑膠空針 5cc 23g×1"	25,351	92%	C
塑膠空針 1cc 25G×1"	24,840	93%	C
雙迴路導管 12FrX16cm Arrow	16,601	93%	C
塑膠空針 50cc(未附針頭) 20EA/BOX	14,679	94%	C



衛材名稱	金額	累計 比例	分類
噴霧器	12,092	94%	C
微量點滴導管 PLUM(避光未含過濾器)9701	12,062	95%	C
塑膠空針 30cc(未附針頭)	12,048	95%	C
T型靜脈注射連接管	11,841	95%	C
單次蒸汽吸入導管	11,340	96%	C
新生兒中央靜脈導管組	11,130	96%	C
雙迴路導管 11FrX15cmbard	9,321	96%	C
塑膠空針 20cc(未附針頭)	9,136	97%	C
塑膠針頭 18G×1" 100 支/盒	8,875	97%	C
塑膠空針 50cc(未附針頭) 25EA/BOX	8,849	97%	C
塑膠空針 2cc 23g×11/4 100EA/BOX	8,112	98%	C
塑膠空針 5CCx23Gx1-1/4	7,668	98%	C
手持式噴霧器(五件組)	7,510	98%	C
靜脈留置針 22G 50 支/盒	6,226	98%	C
塑膠空針 10CCx22Gx1-1/4(1-1/2)	5,817	98%	C
塑膠空針 3cc 23g×11/4 100EA/BOX	5,577	99%	C
無菌傷口引流袋 7.6CM 9701	3,840	99%	C
塑膠空針 20cc(未附針頭)100EA/BOX	3,320	99%	C
微量點滴導管 PLUM(避光未含過濾器)9701 50EA/BOX	3,292	99%	C

衛材名稱	金額	累計	
		比例	分類
鎮靜肛管 10FR	3,087	99%	C
顱骨輸液針 23G×"	3,054	99%	C
ARROW 中央靜脈測壓導管 16G	2,318	99%	C
鎮靜肛管 12FR	1,950	99%	C
靜脈留置針 20G 50 支/盒	1,816	99%	C
中央靜脈壓治療導管	1,708	99%	C
熱稀釋導管	1,581	99%	C
靜脈帽(短型)	1,426	99%	C
雙重輸液導管組	1,410	99%	C
靜脈留置針 18G 50 支/盒	1,310	99%	C
塑膠空針 50cc(未附針頭)20EA/BOX	1,222	100%	C
塑膠氣切套管(低壓)6.0mm	955	100%	C
留置針,安全靜脈 G22x25MM	936	100%	C
氧氣噴霧面罩	934	100%	C
矽質存留導尿管 14Fr/5cc	922	100%	C
塑膠胃管 12Fg×125cm	887	100%	C
胰島素筆型注射筒 PEN 4	838	100%	C
蝶型彎針輸液套 20GX0.75"	743	100%	C
塑膠胃管 10Fg×50cm	680	100%	C
塑膠氣切套管(低壓)8.0mm	620	100%	C
Y 形塑膠消毒連接管	595	100%	C
塑膠胃管 8Fg×50cm	591	100%	C

衛材名稱	金額	累計	
		比例	分類
塑膠針頭 18G X 1-1/2" 100 支/盒	552	100%	C
矽質存留導尿管 10Fr/3cc	510	100%	C
塑膠引流接管 350CM	496	100%	C
矽質顯影鼻胃管 14FR	433	100%	C
蝶型彎針 20G×1"	433	100%	C
塑膠針頭 23G×1" 100 支/盒	369	100%	C
矽質存留導尿管 12Fr/5cc	360	100%	C
餵食袋(重力式)	343	100%	C
單次用肛管 24Fr 50 條/包	325	100%	C
塑膠針頭 19G×1" 100 支/盒	314	100%	C
人工肛門袋 30 個/包	299	100%	C
電擊貼片	280	100%	C
電擊貼片 2EA/包	280	100%	C
塑膠胃管 14Fg×125cm	249	100%	C
塑膠胃管 6Fg×50cm	243	100%	C
蝶型彎針輸液套 22GX0.75"	227	100%	C
塑膠針頭 27G×" 100 支/盒	208	100%	C
塑膠引流接管 350CM 50EA/CAS	204	100%	C
流量表接頭	193	100%	C
彈性繃帶 6" X5Y	186	100%	C
塑膠針頭 25G×1" 100 支/盒	138	100%	C
塑膠針頭 26G×" 100 支/盒	138	100%	C

衛材名稱	金額	累計	
		比例	分類
塑膠針頭 26G X 1/2" 100 支/盒	94	100%	C
彈性繃帶 3" X5Y	77	100%	C
塑膠針頭 23G×1-1/4" 100 支/盒	73	100%	C
腎臟造口引流袋 500cc	68	100%	C
I.V.延長管 90CM	67	100%	C
塑膠胃管 16Fg×125cm	65	100%	C
塑膠針頭 23G X 1-1/4" 100 支/盒	21	100%	C
塑膠針頭 27G X 1/2" 100 支/盒	21	100%	C
塑膠針頭 19G X 1-1/2" 100 支/盒	14	100%	C
胰島素空針 0.3cc×31g×8mm	0	100%	C
靜脈流量控制輸液器筒狀 50 付/箱	0	100%	C
總計(新台幣)	3,219,096		

## 附錄二

### 衛材名稱及其物料碼對照表

衛材名稱	物料碼	消耗型態
雙迴路導管 12FRX20cMArrow	CD5640002018	波浪型需求
離心管	C03003011027	波浪型需求
體外循環管組	CE4210021018	波浪型需求
顱骨輸液針23G×"	CJ5440017034	波浪型需求
黏貼膠膜10X12CM	CI9999015019	波浪型需求
黏貼膠膜15X28CM	CI4370003023	波浪型需求
藍塞子試管1.8cc(真空)	CA1675003013	波浪型需求
鎮靜肛管10FR	CH5980004015	波浪型需求
雙迴路導管11FRX15cmbard	CH5540006017	波浪型需求
雙迴路導管 12FRx20cMALLOW	CH5820005021	波浪型需求
潤滑膠2.7G	CJ6375001013	波浪型需求
矽質胸管(直)20FR	CI4200003017	波浪型需求
紅蓋子尖底(尿管)	C03020023018	波浪型需求
氧氣鼻導管	CI4200001017	波浪型需求
氧氣噴霧面罩	CD5375001016	波浪型需求
塑膠空針30cc(未附針頭)	CJ5860008015	波浪型需求
塑膠空針30cc(未附針頭)	CJ5860008015	波浪型需求
塑膠胃管 8FG×50cm	CH5980001052	波浪型需求
塑膠胃管 6FG×50cm	CH5980002031	波浪型需求

衛材名稱	物料碼	消耗型態
痰收集器61/2FR	CJ9999002014	波浪型需求
痰收集器14FR×25cc	CD6810001010	波浪型需求
微量點滴導管PLUM(避光含 過濾器)11879	CJ5725003017	波浪型需求
新生兒中央靜脈導管組	CE1340002017	波浪型需求
靜脈點滴注射器15滴	CJ5440016013	波浪型需求
壓舌板6'S	CJ6230001012	波浪型需求
塑膠手套(無粉)PVC大100PC	CI4460005038	不穩定型需求
(動脈用)塑膠三路活塞50個/ 盒	CH5540004017	不穩定型需求
塑膠空針1cc 25G×1"	CJ5860005010	不穩定型需求
塑膠空針20cc(未附針頭)	CJ5860010082	不穩定型需求
黏貼膠膜6X7CM	CI9999015022	不穩定型需求
鎮靜肛管12FR	CH5980005036	不穩定型需求
氧氣連接管	CD5630001013	不穩定型需求
紅頭試管(不含膠)	CA1675002021	不穩定型需求
塑膠空針20cc(未附針頭)	CJ5860010082	不穩定型需求
塑膠空針10cc 22G×1"	CJ5860012011	不穩定型需求
塑膠空針1cc 25G×1"	CJ5860005010	不穩定型需求
塑膠空針5cc 23G×1"	CJ5860001023	不穩定型需求
塑膠沖洗空針 70cc	CJ6960001029	不穩定型需求
痰收集器8FR	CC2900001010	不穩定型需求
塑膠沖洗空針 70cc	CJ6960001029	不穩定型需求

衛材名稱	物料碼	消耗型態
酒精棉片	CI0004001010	平滑需求
手持式噴霧器(五件組)	CD5640002018	平滑需求
塑膠手套(無粉)PVC小100PC	CI4460005038	平滑需求
膠布	CJ5240002013	平滑需求
塑膠空針2cc 23G×1	CJ5860012024	平滑需求
雙迴路導管 12FRX16cM Arrow	CJ5440015018	平滑需求