

東 海 大 學  
工業工程與經營資訊學系

碩士論文

建構具模糊數學之系統動態學  
於台灣醫護人力預測

研 究 生：邱志豪

指 導 教 授：張炳騰 教授

洪國禎 教授

中 華 民 國 一 〇 六 年 六 月

# **Constructing a Dynamic System with Fuzzy Arithmetic for Physician and Nursing Manpower Prediction in Taiwan**

By  
Chih-Hao Chiu

Advisors : Prof. Ping-Teng Chang  
Prof. Kuo-Chen Hung

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

June 2017  
Taichung , Taiwan

# 建構具模糊數學之系統動態學於台灣醫護人力預測

學生：邱志豪

指導教授：張炳騰 教授

洪國禎 教授

東海大學工業工程與經營資訊學系

## 摘 要

本研究採用系統動態學方法預測未來 10 年台灣癌症醫護人力需求，根據門診及住院的資料型態下建立癌症醫護人力需求系統動態模型，而在現實環境中存在著許多的不確定因子，若將系統動態學各因子以明確值方式進行模擬預測，對於現實環境而言較無法被接受；因此，為解決不確定性因子所帶來之影響，本研究在不同資料庫所取得之資料轉換過程中將明確值以模糊形式進行運算，以減少資料轉換過程中重要資訊的流失，並使模擬結果更貼近於現實環境。

本研究模擬結果顯示，模糊系統動態模式之預測能力(MAPE)略優於傳統系統動態模式，為使模擬結果較貼合現實環境因此本研究採用模糊系統動態模式進行後相關分析及預測；在模擬趨勢圖中可以看出，未來 10 年癌症醫護人力需求將會持續不斷增加，且趨勢尚未有趨於平緩的情況；另外，將模糊系統動態模式所預測之結果進行解模糊，將解模糊之結果作為癌症醫護人力之需求面，另將過去 10 年醫護人力統計資料，計算趨勢及癌症醫護人力比例預測未來 10 年癌症醫護人力之供給情況作為供給面，結果顯示因需求量成長速度遠遠大於供給量之成長速度，因此供需兩者之間的差距將會越來越大；在 2027 年時，癌症住院醫師人力不足 7083 人、護理師不足 26297 人，在癌症門診醫師人力不足 1613 人、護理師不足 4967 人。

**關鍵字：**預測、癌症病患、醫護人力、系統動態學、模糊理論

# **Constructing a Dynamic System with Fuzzy Arithmetic for Physician and Nursing Manpower Prediction in Taiwan**

Student : Chih-Hao Chiu

Advisors : Prof. Ping-Teng Chang

Prof. Kuo-Chen Hung

Department of Industrial Engineering and Enterprise Information  
Tunghai University

## **ABSTRACT**

In this study, the system dynamics is used to predict the demand of physicians and nursing manpower for cancer care in Taiwan for the next 10 years. The study constructs the system dynamics model with outpatient and inpatient data types. Yet, there are many uncertain factors. Using crisp value for these factors for prediction may not be acceptable in the real world. Therefore, in order to resolve the impact of uncertain factors, and to reduce the loss of important information in the data conversion process, this study uses fuzzy logic as the computing mechanism for the crisp value during the data conversion process from the different databases, to make the simulation results closer to the real world.

The result shows that the MAPE in fuzzy system dynamics model is better than the MAPE in crisp system dynamics model. Thus, in order to make the simulation results more suitable for the real world, this study adopts the fuzzy system dynamic model for further analysis and prediction. The result shows that the needs of physicians and nursing manpower for cancer care will continue to increase, and this trend will not turn to a mild situation in the next 10 years. Using the result after defuzzification of the fuzzy system dynamics prediction as the demand for physicians and nursing manpower, also using the health care manpower data in the past 10 years and calculating the growth rate, with the growth rate to predict the manpower of physicians and nursing for cancer care as the supply, the result shows that the growth rate of the demand is much faster than the growth rate of the supply. The situation of shortage will be worse. In 2027, the shortage in physicians for cancer inpatients is 7083 and nurses is 26297, and the shortage for outpatients in physicians is 1613 and nurses is 4967.

**Keywords : Prediction, Cancer Care, Physician and Nursing Manpower, System Dynamics, Fuzzy Theory**

## 致謝詞

轉眼間，碩士兩年的時間過去了，這兩年除了研究所不同課程的學習及撰寫論文的挑戰外，最重要還有自己面對問題的處理態度；面對各種困難及問題，也是藉由大家的協助及幫忙才能順利解決。

而這兩年幫助我最多，就屬我兩位指導教授張炳騰老師及洪國禎老師，除了每星期的開會討論外，還記得距論文完稿時間非常緊迫的情況下，需在研究方法加入新方法時，炳騰老師每週兩三次的討論與耐心教導，只為使我論文盡速完成；而在執行北醫計畫過程中，與國禎老師一起待在老師辦公室長達 7、8 小時的打拼，這些都算是我這兩年是說求學過程難忘的回憶，兩位老師除了在計畫案及論文的協助外，對於我未來的人生規劃更是給了我許多的幫助及建議。另外，也謝謝兩位口試委員白炳豐老師及時序時老師在我口試時對我所提出的糾正與建議讓這篇論文的內容及結構更加完整。

除了，老師協助幫忙外，IKS 研究室一起奮鬥的同學及伙伴也是這兩年求學過程中不可或缺的，孟哲、瑞陽及可清，先恭喜我們互相幫忙一起走完這兩年的研究所生涯，也都順利完成學業；其他 IKS 的學弟妹們柏健、庭瑜、緯綸、晉維、建寬及惠庭，在我們需要幫忙時，幫我們處理研究大大小小的雜事。也感謝所有我在求學過程，幫助過我的學長姐、同學及學弟妹們。

接著是謝謝系上的行政人員，素卿姐、瑩惠助教、月香姐、佳安助教及雅慧姐，這兩年中對於不管是課程上或是系上的大大小小的雜事的幫忙。

最後是我的家人及獨自在國外打拼女朋友俞婷，在這兩年繁忙的過程犧牲了相處的時間，謝謝你們的體諒、關心，讓我可以不用有過多的擔憂順利完成學業，希望在未來進入職場後成為你們的生活的支柱，謝謝你們！

邱志豪 謹誌於

東海大學工業工程與經營資訊學系 2017 年 6 月

# 目錄

摘要.....	I
ABSTRACT.....	II
致謝詞.....	III
目錄.....	IV
表目錄.....	V
圖目錄.....	VI
第一章 緒論.....	1
1.1 研究背景動機.....	1
1.2 研究目的.....	2
1.3 研究架構.....	3
第二章 文獻探討.....	5
2.1 目前相關研究.....	5
2.2 系統動態學.....	7
2.3 模糊運算.....	9
第三章 研究方法.....	13
3.1 資料收集.....	13
3.2 資料處理.....	15
3.3 系統動態模型建構.....	16
3.4 模式參數設定.....	17
第四章 模型建構與結果分析.....	20
4.1 癌症門診醫護人力模型.....	20
4.2 癌症住院醫護人力模型.....	27
4.3 分析與討論.....	35
第五章 結論與建議.....	41
5.1 研究總結.....	41
5.2 未來研究方向.....	42
參考文獻.....	44

## 表目錄

表 1.1 台灣護理培育執業概況相關文獻表.....	2
表 2.1 人力資源相關預測方法.....	5
表 2.2 相關人力資源預測模式方法分類表.....	5
表 2.3 醫護人力相關預測方法.....	6
表 2.4 相關醫護人力資源預測模式方法分類表.....	7
表 2.5 模糊系統動態相關研究.....	12
表 3.1 癌症疾病與 ICD-9-CM 對照碼.....	15
表 3.2 模式預測能力等級表.....	17
表 4.1 傳統系統動態模式相關名稱代號及數值對照表(門診).....	21
表 4.2 模糊系統動態模式相關名稱代號及數值對照表(門診).....	24
表 4.3 傳統系統動態模式相關名稱代號及數值對照表(住院).....	28
表 4.4 模糊系統動態模式相關名稱代號及數值對照表(住院).....	31
表 4.5 各預測模式之模型預測能力統整表.....	35

## 圖目錄

圖 1.1 研究方法與步驟.....	3
圖 2.1 人口數量之流程圖.....	9
圖 2.2 傳統模糊理論幾何示意圖.....	10
圖 3.1 模式預測架構圖.....	13
圖 4.1 癌症門診醫護人力系統動態圖.....	20
圖 4.2 癌症住院醫護人力系統動態圖.....	27
圖 4.3 傳統系統動態學模式癌症醫護人力預測趨勢圖.....	36
圖 4.4 模糊系統動態學模式解模糊後癌症醫護人力預測趨勢圖.....	37
圖 4.5 模糊系統動態學模式癌症醫護人力預測趨勢帶狀圖.....	38
圖 4.6 癌症醫護人力供需圖.....	40



# 第一章 緒論

## 1.1 研究背景動機

台灣自 82 年起邁入高齡化社會以來，65 歲以上老人所占比率持續攀升，102 年底已達 11.5%，老化指數高達 80.5%，近 10 年間增加 33.9 個百分點，較美國、紐西蘭、澳洲及其他亞洲國高。另外，根據衛生署統計處調查 104 年國人癌症(惡性腫瘤)死亡人數為 46,829 人，占總死亡人數之 28.6%；死亡率為每十萬人口 199.6 人，較上年上升 1.3%，較 94 年上升 21.9%，惡性腫瘤自 71 年起已連續 34 年高居國人死因首位。台灣癌症標準化發生率與 OECD 國家比較排名第 22 高比歐美先進國家低，但死亡率排名第 10 高，因此在未來收到人口邁入高齡化社會及罹癌病患持續增加的情況下，對於相關癌症醫療照護人力需求勢必也將持續增加。

在面臨醫療照護人力需求愈益增加的情況下，最近幾年來世界各國在醫療產業上卻出現護士荒、護理醫事人力嚴重供給不足的情況，面對這樣護理醫事人力供需失衡的情形下，近幾年來台灣有許多的學者針對台灣護理人力供需失衡的議題提出了許多的研究與調查，這些研究主要著重在醫護人才的培育、護理學生畢業考試面及護理人力就業後的執業面；李選與張婷(2012)指出台灣護理人力教學品質與成果未如預期、國考及格率偏低與職場高流失率形成的教考用失衡問題對於護理人力供給造成影響；高靖秋(2011)和林秋芬與高靖秋(2014)的研究指出職場上的高流動率、工作負荷過重造成高離職率低留任率造成年輕人不願意投入就業職場；部分研究也指出醫院實際護理人員病床與各醫院評鑑規定不同(林哲瑩，2015)(張元玫與李秋霞，2014)，間接影響護理人員對於工作環境的期望(陳佩汝、呂宛庭、陳映儒、沈雅雯與簡佑任，2015)；周守民(2012)及林佳靜等人(2008)則對目前台灣護理人員培育學制做了研究，並認為現在考照率及畢業率等數據都有偏低的情況發生；這些都是造成護理人力供給不足的原因之一。鄧素文(2014)則針對台灣目前護理人力供需的現況做出研究，並提出幾項可以解決供需不平衡的方案。相關醫護人力培育及相關現況文獻整理如表 1.1。

表 1.1 台灣護理培育執業概況相關文獻表

作者	年份	探討議題
林佳靜等人	2008	護理人員培育概況
李選等人	2008	護理執業環境影響護理人員就業情況
高靖秋	2011	護理人員執業現況
周守民	2012	護理人員培育概況
李選等人	2012	護理專業在教育、考試及職場用人失衡問題
陳立言等人	2014	培育護理人力國際觀
林秋芬等人	2014	護理執業環境影響護理人員就業情況
鄧素文	2014	針對台灣護理人員概況描述
張元政等人	2014	急診室護理人員執業現況
陳姵汝等人	2015	護理人員就業福利探討

(資料來源：本研究整理)

## 1.2 研究目的

對於未來醫護人力供給需求若能提早發現供需失衡問題，找出解決問題的方法，即可有效的減緩及改善供需失衡所帶來的衝擊，因此對於未來醫護人力供給與需求的有效預測便成為一個重要的議題。

綜合上述，因此本研究將整理出過往各學者針對不同領域之人力預測所使用的方法及模式，進而統整出針對醫療醫護人力所作之預測方法及模式；並以癌症病患所需之醫護人力為主要對象，建立一符合現況並能精準預測未來癌症病患所需之相關醫護人力之模型，預測未來 10 年癌症病患所需之醫護人力。

### 1.3 研究架構

本研究的流程與架構圖如圖 1.1。

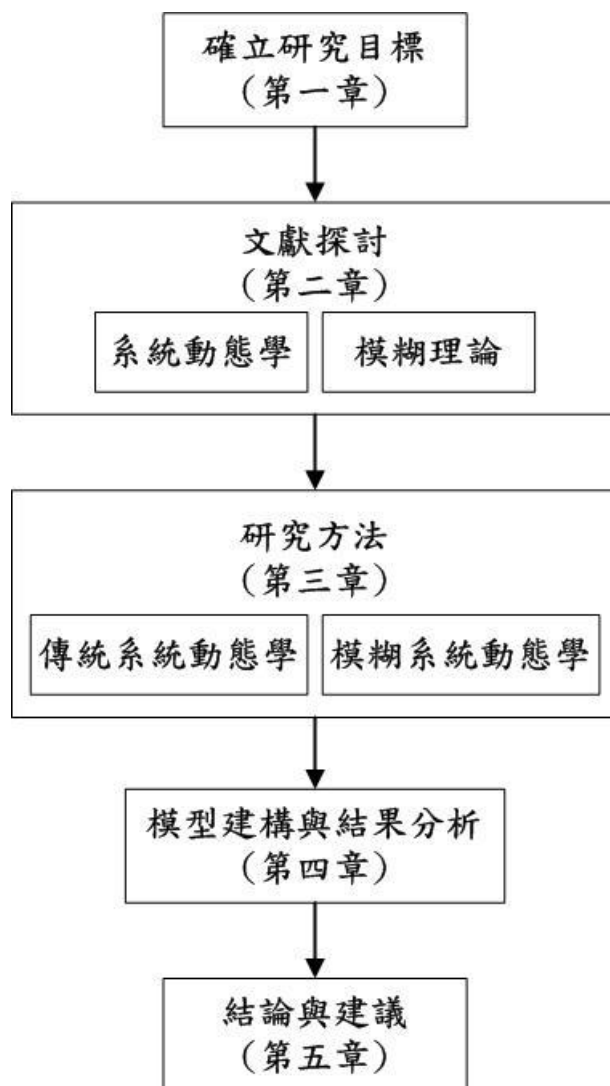


圖 1.1 研究方法與步驟

本研究分為以下幾個步驟：

1. 確立研究目標

確立研究範圍及目標，擬定研究方向及目的。

2. 文獻探討

藉由相關文獻的回顧，了解目前相關研究領域上的成果，作為研究過程的依據。

3. 研究方法

建構傳統系統動態學及模糊系統動態學，及其運算方法。

4. 模型建構與結果分析

萃取健保資料庫數據，帶入傳統系統動態學及模糊系統動態學進行運算分析，並預測未來 10 年相關醫護人力需求。

5. 結論與建議

總結研究工作內容，並提出相關研究限制及後續研究方向，作為後續研究之參考。

## 第二章 文獻探討

### 2.1 目前相關研究

在既有人力資源規劃預測相關文獻中，各學者針對不同的產業使用不同方法做不同的勞動力供需的預測；像是使用灰預測模式、迴歸模式等方法，應用在學術界、建築相關產業的勞動力供需等領域。相關文獻方法及應用領域整理如表 2.1。

表 2.1 人力資源相關預測方法

作者	年份	研究方法	研究議題
Aldosary et al.	1999	逐步迴歸分析	預測一個小型技術學院學術人力需求
Wang et al.	2003	線性迴歸模型 灰預測模式	預測醫學研究生的供需
周春美等人	2004	灰預測模式	預測未來 5 年商專人力的供需及事業單位雇用商專人力需求
蔡智勇等人	2005	倒傳遞類神經網路	預測台灣勞動市場人力需求
Wong et al.	2007	向量修正誤差模型	建設人力需求預測
Ho	2010	灰預測模式	探討香港建築業工人供需
劉自強等人	2011	灰預測模式	國軍未來男性志願士兵人力供需預測
徐健進	2012	指數平滑法	國際法政產業人力之預測
Sing et al.	2012	乘數模型	預測建築業勞動力需求
Merikull	2012	腳本法	愛沙尼亞能源行業勞動力需求的預測
林哲瑩	2015	時間序列-指數平滑法	居家服務之照顧人員需求評估

(資料來源：本研究整理)

透過現有所蒐集文獻使用方法進行歸納整理分類，徐健進(2012)認為人力資源規劃預測的方法，各學者的分類模式並不一定，而 Bechet and Maki (1987)及 Meehan and Ahmed (1990)將現有人力預測方法分成 3 到 4 種模式，加上現有文獻方法整理，將現有預測模式分為供給模式、需求模式及整合模式 3 類，並歸納各模式所使用的方法，將各模式使用方法整理如表 2.2。

表 2.2 相關人力資源預測模式方法分類表

人力資源規劃方法	相關領域研究方法
需求模式	趨勢或比例預估、決定論、迴歸法、時間序列、Delphi 法、經濟計量模式、時間序列、腳本法、修正誤差模式、類神經、灰預測模式
供給模式	替代圖、Markov 模式、補充模式
整合模式	線性方程式、目標方程式、類神經模式、動態方程式、模擬模式、指數平滑法、灰預測模式、迴歸法

(資料來源：本研究整理)

在醫護人力預測文獻中，各學者使用不同的方法來預測醫護人力相關的研究上，主要針對各國不同領域或是特定研究對象之醫護人力的預測，例如：各專科醫師的預測或是針對某一國家特性的全國醫護人力短缺供需預測等方面。相關醫護人力預測文獻整理如表 2.3。而應用在醫護人力預測方法較一般非醫護人力預測來的少，主要方法有模擬模型、灰預測及系統動態學方法...等，而從表 2.3 中可以看出有將近半數的學者是使用系統動態學來進行醫護人員相關的預測。

表 2.3 醫護人力相關預測方法

作者	年份	研究方法	研究議題
邱淑芬等人	1996	Delphi 法	預測未來護理發展方向
Udompanich et al.	1997	系統動態學	探討泰國的牙科公共衛生人力需求
Smith et al.	2000	腳本法	預測衛生保健專業人員的短缺
詹佩玲等人	2005	供給面：趨勢法 需求面：線性迴歸	利用各種推估模式預測未來神經專科醫師供需
張媚等人	2005	趨勢法	探討台灣未來護理人員供需
何明宗等人	2007	灰預測模式	預測台灣地區耳鼻喉科醫師供需
何明宗	2008	灰預測模式	預測未來台灣醫師供需
Chung et al.	2010	系統動態學	探討韓國護理人員供需
Barber et al.	2010	系統動態學	預測未來西班牙專科醫師的需求
Takata et al.	2011	模擬模型	日本未來醫療團隊的預測
Lagarde et al.	2012	馬可夫鏈	探討南非護理勞工市場
Buchan et al.	2012	腳本法	英國未來護理人員的供應
Santric-Milicevic et al.	2013	時間序列	探討塞爾維亞醫師與護理人員供應
Ishikawa et al.	2013	系統動態學	預測日本醫師短缺
劉培林等人	2014	系統動態學	探討國軍醫院醫師供需
Edwards et al.	2014	模擬模型	加拿大胸腔外科手術醫師供需預測
Landry et al.	2014	系統動態學	預測 2010~2020 美國各地物理治療師供需
Vanderby et al.	2014	系統動態學	加拿大未來心臟手術勞動力的供需
Brailsford et al.	2015	系統動態學	預測斯里蘭卡牙科醫師的供需
Senese et al.	2015	系統動態學	預測未來住院醫師需求及最佳配置
Ansah et al.	2015	系統動態學	探討新加坡老年人口眼科醫師的供需

(資料來源：本研究整理)

將相關醫護人員預測文獻根據不同預測模式整理如表 2.4。在醫護人力資源規劃相關研究方法中，可以發現系統動態學相較其他研究方法被使用的次數是相對多的，且可以看到不管在需求模式或是整合模式中，皆有

學者採用系統動態學來探討相關醫護人力的預測。且系統動態學在處理整體性、系統性、動態性及非線性之多變數複雜問題時，可透過電腦軟體進行動態量化模擬。因此，特別適合瞭解複雜環境人力需求模型內之交互影響關係，並對未來作動態之分析研究。

表 2.4 相關醫護人力資源預測模式方法分類表

醫護人力資源規劃方法	相關領域研究方法
需求模式	系統動態學、迴歸法
供給模式	趨勢法、腳本法、時間序列
整合模式	Delphi 法、腳本法、趨勢法、灰預測模式、系統動態學、模擬模型、馬可夫鏈

(資料來源：本研究整理)

系統動態學主要是整體環境系統為基礎再加入電腦模擬的方法，在模型建模運作初期必須將現實環境中各個問題因素納入考慮，並表出示先後影響的因果關係，因此會造成模型有回饋及環環相扣的機制產生，也因為這樣的原因可以發現其各因素所產生的結果並不是一般數學方程式所能模擬出的線性關係，因此可以看出整體系統在運行過程中所有的軌跡。因為模型與整體環境的相似，因此針對特定因素所制定出改善方案可以放入模型中增加新的因果關係並模擬，可以快速得看出新方案的實施對於大環境的變化，及是否達成我們所想要得到的成果。

但是，在現實環境中各因素充滿著許多的不確定性因素，及人們對於同一個因素的主觀界定範圍是不一樣，如果環境因素在模型中以一個明確值或平均值來表達可能會造成失真，如果以長期平均可能造成最後輸出結果失真，不見得大家所能接受的情形發生，若以模糊系統最大最小值，最後以一個區間結果來表示的話，將會輸出比較好的預測結果，因此將模糊理論導入系統動態學模型中是有其必要性，用來解決各因素的不確定性。

## 2.2 系統動態學

### 2.2.1 系統動態學簡介

系統動態學的概念來自於 Forrester (1961) 所出版的「Industrial Dynamics」，明確地說明研究對象、特點及方法，指出系統動態學是討論組織隨著時間變化之行為，研究複雜活動中的訊息反饋特性，以顯示組織結

構、策略上的擴大作用及決策行為上的延遲是如何相互作用進而影響組織成效。Forrester(1968)認為系統動態學模型主要有三項資訊對結果有重大影響，即：(1)系統結構(system structure)；(2)時間滯延(time delay)；(3)政策(policy)。而整個系統動態學的動態系統的五項主要特性，說明如下：

1. 高階複雜性：以系統方法整合複雜結構的問題和政策目標，以因果回饋環路分析變數之間環環相扣的因果關係，並透過因果關係的釐清，來尋找問題產生的根源。
2. 回饋：係導致系統動態變遷的主要原因。由於系統中各組成元件的緊密相連，某一元件的變動將引起其他元件的一連串連鎖反應，最終又將衝擊至該元件本身。
3. 非線性：指原因與結果間的非比例性變動。非線性的變動無法以傳統的線性近似法加以分析，否則將難以真正掌握系統動態變遷的實際軌跡。
4. 環環相扣：真實世界係由許多因果環節所組成，惟礙於資訊或經驗的不足，而僅看見環路中的部分作用，以致無法進行整體系統性思考。然因每一個問題均包含一些增強與調節性回饋非線性關係，彼此間相互糾結而環環相扣。
5. 延遲：在一個變數對另一個變數的影響需一段時間方能看出事件全貌，這就是時間延遲現象。因為所有的回饋流程均具有程度大小不等的延遲，但人們經常無法察覺到此一現象，而對系統投入不必要的干擾，進一步加深了系統動態的複雜性。

### 2.2.2 系統動態模型

系統動態學模型包含存量、流量及輔助變數等三個重要基本元素，說明如下：

1. 存量變數 (Stock Variable)：又稱為積量 (Level Variable)，就如同是一個蓄水池，表示在某一特定時刻的狀態 (或數量)，而且它是逐漸累積的，並且由蓄水池中原本的水量和水的流入、流出間的差來決定蓄水池內水量的多寡。存量的種類在真實生活中可以表達如原料、存貨、人員、金錢等，尚可包含無形不可見的物質如知識、壓力、能量等。



2. 流量變數 (Flow Variable)：又稱為率量 (Rate Variable)，就像是調節存量的控制器，例如蓄水池的水量是由水龍頭的流入和排水閥門的流出決定，一個存量變數可由數個率量來控制，率量又可分為流入率量 (Rate In) 與流出率量 (Rate Out)，存量變數即是由流入量與流出量之間經過一段時間累積所形成，故存量以數學意義來表達則是淨率量對時間微分的結果。當流入量與流出量不相等時，其狀態將隨著時間的推移而不斷的改變，於是形成系統動力的來源。
3. 輔助變數 (Auxiliary Variable)：在模式中主要有四種意義，(1) 表示資訊處理的過程；(2) 為某些特定的環境參數值，通常為一常數；(3) 為系統的輸入測試函數或數值；(4) 為存量或率量的代替變數；前兩種情況可視為率量的一部分，其與率量共同形成某一特定目的管理控制機，第三種則是用以測試系統中各種不同的情境或政策之系統動力學行為，第四種則可當作目標值來用。

承上，以人口問題為例，由於人口數量會隨著時間不斷累積，因此，以存量來表示。而出生量及死亡量可視為人口數量之流入量及流出量。若探討出生率及死亡率對系統狀態（人口數量）之影響，則其可當作回饋環路之外部變數來設計，如圖 2.1 所示。

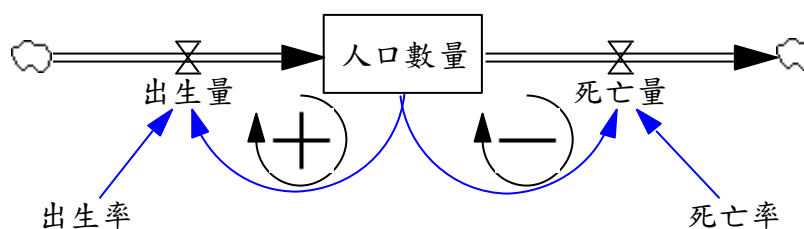


圖 2.1 人口數量之流程圖

(資料來源：本研究整理)

## 2.3 模糊運算

### 2.3.1 模糊簡介

Zadeh (1965)年提出的模糊理論(Fuzzy theory)，採用模糊集合(Fuzzy sets)其有別於傳統集合非此即彼的觀念，在傳統集合觀念中使用 0 或 1 之特徵函數，在模糊集合中則是採取 0 到 1 之間不同程度的歸屬函數，是一種可

以接受模糊不清觀念的分類法，如圖 2.2 所示。而傳統模糊理論的數學式表示如下：

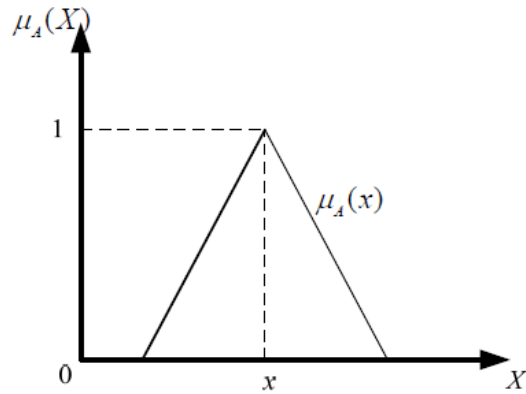


圖 2.2 傳統模糊理論幾何示意圖

(資料來源：本研究整理)

定義 1 令  $X$  唯一全集，則  $X$  上的一個模糊集  $A$  為：

$$A = \{ \langle x, \mu_A(x) \rangle \mid x \in X \}, \text{ 其中}$$

$\mu_A(x): X \rightarrow [0,1]$  表示模糊集中的歸屬函數。

1.  $\mu_A(x)=0$ ，表示  $x$  不屬於  $A$ 。
2.  $\mu_A(x)=1$ ，表示  $x$  完全屬於  $A$ 。
3.  $\mu_A(x)$  趨近 0，表示  $x$  極不可能屬於  $A$ 。
4.  $\mu_A(x)$  趨近 1，表示  $x$  極有可能屬於  $A$ 。

### 2.3.2 模糊運算

兩個模糊數  $A$  和  $B$ ，其歸屬函數分別為

$$F_A(x) = \begin{cases} F_A^l(x) & a_1 \leq x \leq a_M \\ F_A^r(x) & a_M \leq x \leq a_2 \end{cases} \quad (1)$$

$$F_B(x) = \begin{cases} F_B^l(x) & b_1 \leq x \leq b_M \\ F_B^r(x) & b_M \leq x \leq b_2 \end{cases} \quad (2)$$

$A$  和  $B$  模糊數  $\alpha$ -截集為

$$\{A_\alpha\} = \left\{ \left[ a_1^{(\alpha)}, a_2^{(\alpha)} \right]_\alpha \mid \alpha \in [0,1] \right\} \quad (3)$$

$$\{B_\alpha\} = \left\{ \left[ b_1^{(\alpha)}, b_2^{(\alpha)} \right]_\alpha \mid \alpha \in [0,1] \right\} \quad (4)$$

### 1. 模糊數加法

$$\{A_\alpha\} + \{B_\alpha\} = \left\{ \left[ a_1^{(\alpha)} + b_1^{(\alpha)}, a_2^{(\alpha)} + b_2^{(\alpha)} \right]_\alpha \right\} \quad (5)$$

### 2. 模糊數減法

$$\{A_\alpha\} - \{B_\alpha\} = \left\{ \left[ a_1^{(\alpha)} - b_2^{(\alpha)}, a_2^{(\alpha)} - b_1^{(\alpha)} \right]_\alpha \right\} \quad (6)$$

### 3. 模糊數乘法

$$\{A_\alpha\} \times \{B_\alpha\} = \left\{ \left[ \min(a_1^{(\alpha)}b_1^{(\alpha)}, a_1^{(\alpha)}b_2^{(\alpha)}, a_2^{(\alpha)}b_1^{(\alpha)}, a_2^{(\alpha)}b_2^{(\alpha)}), \max(a_1^{(\alpha)}b_1^{(\alpha)}, a_1^{(\alpha)}b_2^{(\alpha)}, a_2^{(\alpha)}b_1^{(\alpha)}, a_2^{(\alpha)}b_2^{(\alpha)}) \right]_\alpha \right\} \quad (7)$$

### 4. 模糊數除法

$$\{A_\alpha\} \div \{B_\alpha\} = \left\{ \min \left( \frac{a_1^{(\alpha)}}{b_1^{(\alpha)}}, \frac{a_1^{(\alpha)}}{b_2^{(\alpha)}}, \frac{a_2^{(\alpha)}}{b_1^{(\alpha)}}, \frac{a_2^{(\alpha)}}{b_2^{(\alpha)}} \right), \max \left( \frac{a_1^{(\alpha)}}{b_1^{(\alpha)}}, \frac{a_1^{(\alpha)}}{b_2^{(\alpha)}}, \frac{a_2^{(\alpha)}}{b_1^{(\alpha)}}, \frac{a_2^{(\alpha)}}{b_2^{(\alpha)}} \right) \right\}, [b_1, b_2] \neq 0 \quad (8)$$

## 2.3.3 解模糊化

對於預測結果而言，以明確值的呈現方式較容易使決策者進行判讀，因此需對 C\*解模糊，將模糊數轉換成一個明確值的過程稱為解模糊化。解模糊化所使用的方法有很多，而本研究所使用解模糊化方式為重心法(the center of area, COA)，如公式(9)。

$$C_A = \frac{\int_{x \in X} x \cdot \mu_c^*(x) dx}{\int_{x \in X} \mu_c^*(x) dx} \quad (9)$$

因此，本研究藉由系統動態學為基底結合模糊理論所建構一個預測模型，而在現有使用模糊系統動態學為研究方法的文獻整理如表 2.5，在既有文獻尚未有使用模糊系統動態學方法來做護理人力之預測，因此本研究將以模糊系統動態學方法來進行癌症醫療照護相關人力需求之預測，觀察未來 10 年癌症醫護人力數目之間差異。

表 2.5 模糊系統動態相關研究

作者	年份	研究方法	研究議題
Karavezyris et al.	2002	模糊系統動態學	預測都市固體廢物與管理
Polat et al.	2002	模糊系統動態學 系統動態學	某一加熱動態系統明確值與模糊值的比較
Chang et al.	2006	模糊系統動態學	探討工廠存貨、產能及員工數的變數預測
Kunsch et al.	2008	模糊系統動態學	住宅領域碳稅的設計
Youssefi et al.	2011	模糊系統動態學	國家創新體系的研究和開發建模
Mutingi et al.	2012	模糊系統動態學	優化人力資源系統
Khanzadi	2012	模糊系統動態學	模擬確定 BOT 案的特許經營期
Wu et al.	2013	系統動態學 模糊多目標規劃	能源消耗與二氧化碳排放的預測
Orji et al.	2014	模糊系統動態學	公司供應商的選擇與管理
Baradaran et al.	2015	模糊系統動態學	分析零售商的信用風險

(資料來源：本研究整理)

## 第三章 研究方法

本研究從資料收集、資料處理至預測說明三階段關係，繪製如圖 3.1。在資料收集階段，以 3.1 節說明相關資料來源及研究對象的資料萃取；在資料處理階段，以 3.2 節說明相關資料的前處理、統計分析及資料的轉換；在預測說明階段，以 3.3 節及 3.4 節說明相關模型的建構步驟及模型參數設定，並將相關預測結果與相關專家討論說明及修改。

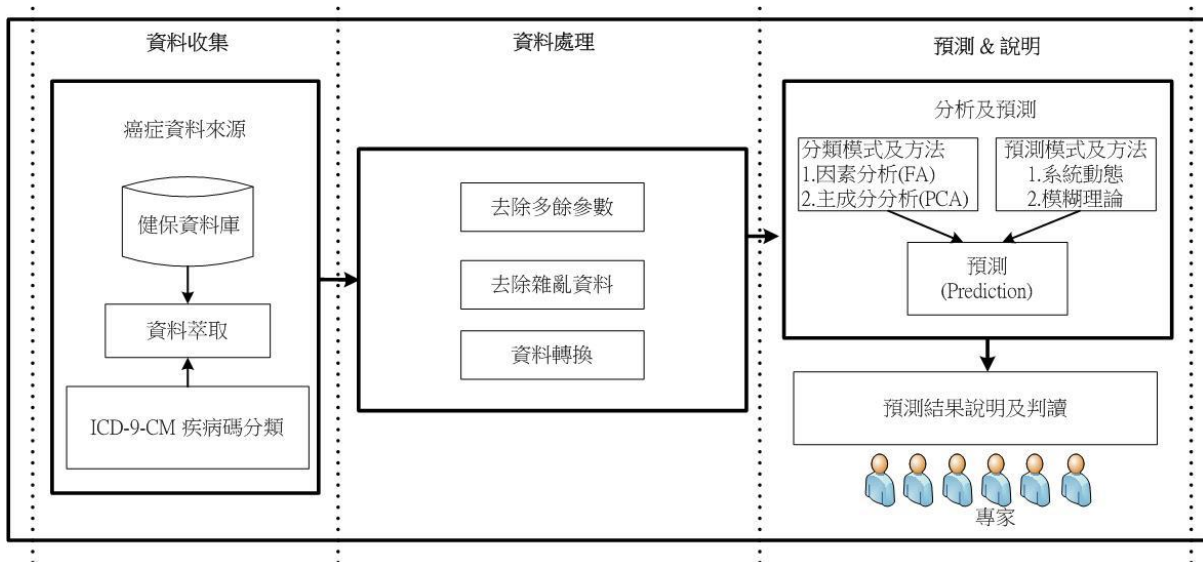


圖 3.1 模式預測架構圖

(資料來源：本研究整理)

### 3.1 資料收集

#### 3.1.1 資料來源

全民健保資料庫的資料量相當龐大，若要提供所有的資料來做研究分析，則需相當大型的電腦系統，處理耗時且困難，容易造成錯誤偏差，並且十分不利隱私保護。解決方法之一即是提供具代表性的抽樣資料，給使用者做研究分析(全民健康保險資料庫, 2011)。因此本研究使用健保所提供之抽樣歸人檔作為研究資料。抽樣歸人檔是以健保承保資料檔為抽樣母群體，進行簡單隨機抽樣決定樣本，並持續追蹤收集其歷年所有就醫資料。

抽樣歸人檔中共提供 17 種資料檔，本研究共使用門診處方及治療明細檔(CD)、門診處方醫令明細檔(OO)、住院醫療費用清單明細檔(DD)、住院

醫療費用醫令清單明細檔(DO)、承保資料檔(ID)、醫事機構基本資料檔(HOSB)、醫事人員基本資料檔(PER)及醫事機構病床主檔(BED)共八個檔案。

### 3.1.2 研究對象

本研究主要針對常見老年癌症病人做研究，因此在選取研究觀察對象時設定下列條件：

在 1999 年-2010 年，其主診斷或次診斷有下列部位之惡性腫瘤之病患。依世界衛生組織國際疾病傷害及死因分類標準第九版(ICD-9-CM)代碼判定，請參考 3.1.3-疾病碼分類。

### 3.1.3 疾病碼分類

疾病碼以數字組成，包含所有的疾病及其細項，用來取代診斷意義。相關的疾病亦可依診斷碼做分類。疾病碼分類的國際標準化，統稱為國際疾病分類(International Classification of Disease, ICD)。國際疾病分類主要是為了讓不同國家或不同地區收集的疾病診斷或相關健康問題資料能有統一標準，以便進行分析比較。國際疾病分類碼(ICD-9-CM)中文全名為國際疾病分類臨床修訂第九版(The International Classification of Disease, Ninth Revision, Clinical Modification, ICD-9-CM)。經由臨床編碼編輯人員(Coding Code)和美國醫院協會(American Hospital, AHA)、美國健康資訊管理協會(American Health Information Management Association, AHIMA)等合作單為核准。中央健保局自 2000 年開始，全面採用 ICD-9-CM，2000 年以前採用疾病申報方式包含 A-code，但因 A-code 疾病代碼所對應的疾病名稱範圍大，為了不影響研究結果，本研究皆以 ICD-9-CM 為疾病代碼。本研究所使用之疾病，其國際疾病分類碼(ICD-9-CM)的疾病代碼對照表詳見表 3.1。

表 3.1 癌症疾病與 ICD-9-CM 對照碼

癌症部位	ICD-9-CM code
肺、支氣管及氣管	162
結直腸與肛門	153-154
口腔	140,141-149
肝及肝內膽管	155
胃	151
皮膚	172-173
胰臟	157
女性乳房	174
攝護腺	185
非何杰金氏淋巴瘤	200,202,203

(資料來源：本研究整理)

## 3.2 資料處理

為了提高分析的準確度，在此對健保資料庫進行資料前處理，動作如下所述：

### 1. 去除多於參數

健保資料庫資訊眾多，進行資料分析的過程，若有太多屬性會影響執行的效率。刪除的欄位包括健保卡就醫序號、給付類別、部分負擔代號、特定治療項目代號...等。

### 2. 去除雜亂資料

在原始資料中，有部分資料因轉換或人供輸入錯誤而產生部份遺漏，或不一致，本研究去除資料包括：

- a. 國際疾病分類號之欄位不歸屬於 ICD-9-CM 的亂數代碼
- b. 年紀不合理(出生年月>2011 或 出生年份<1850)
- c. 性別、年齡、個人身分證號有缺漏值

### 3. 資料轉換

全民健康保險研究資料庫是屬於交易型資料庫，故需先將病患就醫次數、醫療費用金額等進行統計，方便後續相關分析研究。另外也將出生年月日轉換為年齡。

### 3.3 系統動態模型建構

本研究主要係以系統動態學所建構的模型，來進行癌症醫療照護人力需求之預測，藉以觀察未來 10 年照護人力需求的數目，以作為未來人才培育及重點栽培的方向做參考。

本研究預測模型區分為兩階段進行，分別為第一階段：「系統動態模型建構及評估」，著重在模型建置及評估，主要應用系統動態學及 Vensim 軟體來建構一個癌症醫療照護人力需求，再以 MATLAB 程式撰寫及模擬輸出，最後進行模式評估及參數修訂作業。第二階段：「癌症病人醫療照護人力需求預測」，著重在預測能力及分析，主要在於癌症醫療照護人力需求資料確認、分類及照護人力數目預測作業。整個整體系統動態預測系統執行步驟說明如下：

- 步驟 1 癌症相關資料收集**：根據 3.1 節，將健保資料庫資料進行收、集萃取資料處理；同時收集台灣人口數統計資料及癌症人亡人數統計收集，作為後續預測模式建構的基礎。
- 步驟 2 界定預測系統範圍**：針對所收集之癌症相關數據，進行系統範圍界定，清楚描述預測需求、功能、及規格，並且進行雛型系統分析與設計，同時說明系統模擬方式、資料產生方式及驗證機制。
- 步驟 3 因素分析及關係分析**：癌症預測模型建立，透過因素分析(Factor Analysis)或主成份分析(Principal Component Analysis)等技術建構其因果關係，例如新醫療技術產生可提早偵測或降低後期癌症人數，形成癌症醫療技術、各期人口數、醫療照護人力配置之動態關係。
- 步驟 4 模型觀念架構**：依據 Forrester 教授所發展的系統動態模型，轉換為「癌症病人醫療照護人力需求鏈模型」，藉以描述系統之觀念架構。
- 步驟 5 定性系統動態模型**：依據步驟 3 中提出之觀念架構圖，繪製出基本之因果回饋環路圖，形成一個靜態的模擬系統。
- 步驟 6 定量系統動態模型**：將存量及流量之觀點導入因果環路圖，運用 Vensim 軟體繪製出系統流程圖，並建立各個變數之方程式；另依據目前醫護人力需求量，植入「目前癌症病患醫護人力需求量」的變數當中。



**步驟 7 Matlab 軟體比較分析：**先行比較 Matlab 軟體所計算出的明確系統與 Vensim 軟體之結果是否一致，再以 Matlab 軟體進行模擬演算。

**步驟 8 模糊因素代入 MATLAB 軟體：**確認 Matlab 軟體所模擬運算結果與系統動態學 Vensim 軟體所模擬運算結果是相符的，如不相符則進程式修改校正與修改，若模式相符則將不確定因素以模糊方式代入 Matlab 軟體程式進行模擬運算，最後將明確系統與模糊系統所模擬運算後的結果，進行後需相關數據分析與討論。

**步驟 9 模型模擬分析：**建立電腦模擬模型系統，並設計、測試各選擇性方案，並且預估未來 10 年老年癌症醫療照護服務內容、照護所需人力、需求等特性醫療院所之差異。同時對預測系統分析及評估，對模型進行測試，確保真實世界中的行為能夠再次呈現於電腦模型系統當中。模式績效優劣評定標準如下指標來比較各模型之適配程度：

- 平均絕對誤差率 (Mean Absolute Percentage Error, MAPE)

$$MAPE = \left( \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{|X_i - \hat{X}_i|}{X_i} \right) \times 100\% \quad (10)$$

其中  $N$  為資料總數， $X_i$  為監測值， $\hat{X}_i$  為預測值。

而  $MAPE$  模式預測能力分為四種等級 (Lewis, 1982)，詳如表 3.2 所述。

表 3.2 模式預測能力等級表

$MAPE$	$\leq 10\%$	$(10\%, 20\%]$	$(20\%, 50\%]$	$> 50\%$
預測能力	高精確度	良好	合理	不正確

(資料來源：Lewis, 1982)

### 3.4 模式參數設定

在模型建構過程中，因素之間除了以簡單的加減乘除方式來制定因素間的因果關係計算外，本研究在傳統系統動態模型中，針對兩因素之間關係的計算公式制定是採線性迴歸的方式，來計算出兩因素之間的關係方程式；而因現實環境存在著不確定因素的關係，係數間若能以區間形式表示應更符合現實狀況，因此在本研究中，從實際人口調查轉健保資料庫過程，

已模糊數形式來取代原先的明確值進行轉換運算及預測，採用的方法為模糊迴歸的方式，來制定兩因素間的關係方程式，以下將針對線性迴歸及模糊迴歸計算方法來說明兩因素間的參數制定過程。

### 3.4.1 傳統系統動態模式

迴歸模型的參數稱為迴歸係數，較常用來計算迴歸係數的方法為最小平方法。主要目的為使殘差平方和最小化，而殘差指的是實際值與迴歸線兩者之間的差距，殘差平方和可表示如公式(11)。

$$S = \min \sum \varepsilon^2 = \sum (y_i - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 x_i)^2 \quad (11)$$

其中， $(x_i, y_i)$ 代表第  $i$  個觀察值， $i=1, \dots, n$ 。針對  $\beta_0$  及  $\beta_1$  偏微分，令其微分式為零，求解聯立方程式可得  $\beta_0$  及  $\beta_1$  的估計值，分別為  $\hat{\beta}_0$  及  $\hat{\beta}_1$ 。如公式(12)公式(13)所示。

$$\frac{\partial S}{\partial \beta_0} = -2 \sum (y_i - \hat{\beta}_0 - \sum \hat{\beta}_1 x_i) = 0 \quad (12)$$

$$\frac{\partial S}{\partial \beta_1} = -2 \sum (y_i - \hat{\beta}_0 - \sum \hat{\beta}_1 x_i) x_i = 0 \quad (13)$$

求解上述聯立方程式後即可得

$$\hat{\beta}_0 = \frac{n \times \sum xy - \sum x \sum y}{n \times \sum (x^2) - (\sum x)^2} \quad (14)$$

$$\hat{\beta}_1 = \frac{\sum y - \beta_0 \times \sum x}{n} \quad (15)$$

因此，估算的線性迴歸式為  $\hat{y} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x$ 。

### 3.4.2 模糊系統動態模式

Tanaka et al. (1982) 提出之模糊迴歸方程式如公式(16)

$$\tilde{Y}(x_i) = A_0 + A_1 x_{1i} + A_2 x_{2i} + \dots + A_n x_{ni} \quad (16)$$

其中， $x_i = (1, x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{ni})$  為預測變數， $A_m (m=1, \dots, n)$  為模糊係數或模糊參數， $\tilde{Y}(x_i)$  為模糊反應變數。估計模糊參數  $A_m$  時，假設隸屬函數為三角形形式， $A_m$  的隸屬函數表示為：

$$\mu_{A_m}(t) = \max \left\{ 1 - \frac{|t - \alpha_m|}{c_m}, 0 \right\}, -\infty < t < \infty \quad (17)$$

其中， $\alpha$  為三角隸屬函數的中心點， $c$  為三角隸屬函數的散度。

可令模糊參數  $A_m = (\alpha, c)$ ，則模糊迴歸可改寫成：

$$\begin{aligned} \tilde{Y}(x_i) &= (\alpha_0, c_0) + (\alpha_1, c_1)x_{1i} + (\alpha_2, c_2)x_{2i} + \dots + (\alpha_n, c_n)x_{ni} \\ &= \left( \sum \alpha_m x_m, \sum c_m |x_m| \right) = (\alpha^t x, c^t |x|) \end{aligned} \quad (18)$$

其中， $|x| = (|x_1|, \dots, |x_m|)$ ， $Y$  的對稱三角隸屬函數可以以公式(19)表示。

$$\mu_Y(y) = \begin{cases} 1 - \frac{|y - \alpha^t x|}{c^t |x|}, & \alpha^t x - c^t |x| \leq y \leq \alpha^t x + c^t |x| \\ 0, & otherwise \end{cases} \quad (19)$$

其中， $\alpha = (\alpha_1, \dots, \alpha_n)$  及  $c = (c_1, \dots, c_n)^t$  分別為中心點及散度，

$x_i = (x_{i1}, \dots, x_{in})$  為資料中的值， $y_i = (y_{i1}, \dots, y_{ni})$  為觀察值。

考慮所有觀察值  $y_i$  的隸屬函數值必須大於門檻值  $h$ ， $h \in [0, 1]$ ，如公式(20)。

$$\mu_{\tilde{y}}(y_i) \geq h, \quad i = 1, \dots, n \quad (20)$$

其中門檻值  $h$  由決策者決定，且不同門檻的選擇，將會影響模糊參數的散度大小。依據上述所提的求解模式，表示如下：

$$\text{Min } J = \sum_{i=1}^N c^t |x_i|, \quad (21)$$

$$\begin{aligned} \text{Subject to } & (1-h)c^t |x_i| + \alpha^t x_i \geq y_i, \\ & (1-h)c^t |x_i| - \alpha^t x_i \geq -y_i, \\ & c^t |x_i| \geq 0, \quad i = 1, \dots, N \end{aligned} \quad (22)$$

其中， $\alpha = (\alpha_1, \dots, \alpha_n)$  及  $c = (c_1, \dots, c_n)^t$  分別為中心點及寬度，

$x_i = (x_{i1}, \dots, x_{in})$  為資料中的值， $y_i = (y_{i1}, \dots, y_{ni})$  為觀察值。

## 第四章 模型建構與結果分析

本研究於此階段主要目的為將相關數據套入系統動態學模型進行模型參數設定、相關結果分析及預測；由於健保資料庫資料分為門診檔及住院檔，因此本研究將以這兩部份為主軸進行相關參數設定說明，而門診檔及住院檔在本研究所建構之模型中，不同點在於門診檔是以就診人次作為醫護人力預測的主要因素，而住院病患因在住院期間皆須有醫護人力需求，因此住院檔主要是以癌症病患就診人次每人次住院天數加總為醫護人力預測的主要因素。除此之外，本研究再將門診檔及住院檔分別以傳統模式及模糊模式進行模型建構，因此本研究在此階段會以四種預測模型參數設定詳細說明。

以下將先進行四種模型參數設定說明，接著以模型預測能力(MAPE)及預測結果進行討論與分析。

### 4.1 癌症門診醫護人力模型

根據統動態模型建構步驟，本研究匯出癌症門診醫護人力系統動態模型圖，如圖 4.1。以下將以傳統系統動態模式及模糊系統動態模式相關參數設定說明過程並進行預測。

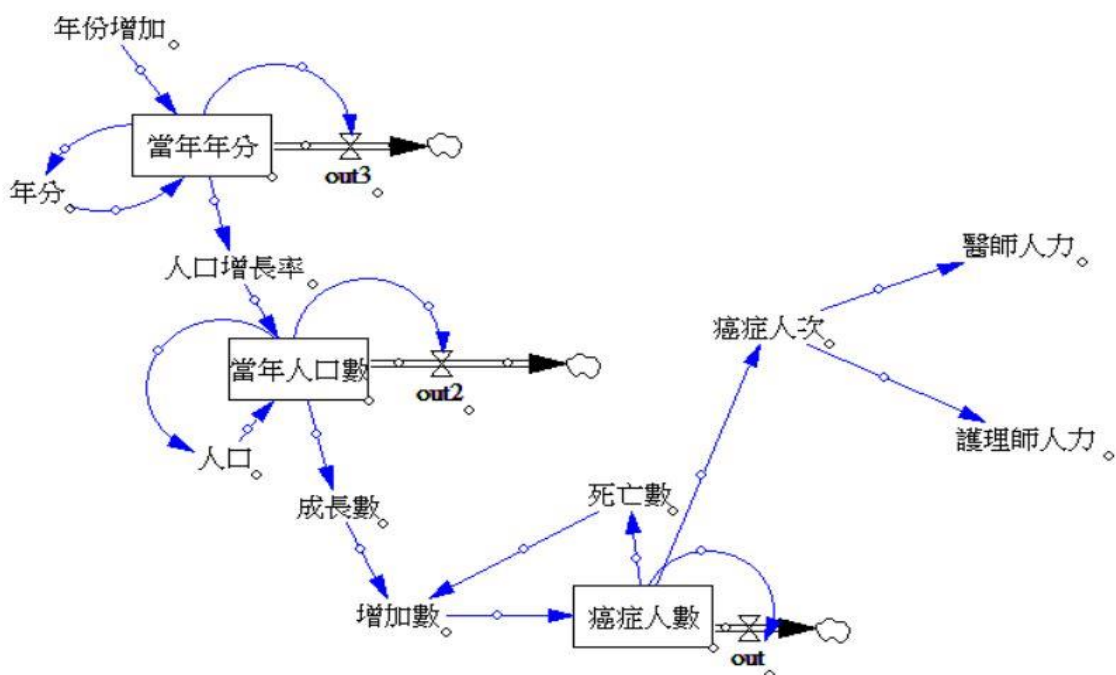


圖 4.1 癌症門診醫護人力系統動態圖

(資料來源：本研究整理)

## 4.1.1 傳統系統動態模式

### 4.1.1.1 相關名稱代號及數值對照表

本研究在此節會將傳統系統動態門診模式所使用到之參數進行代號的編碼，並將相關代號定義及進行迴歸分析後之數值整理如表 4.1，作為下一節預測模式相關參數的設定及公式化。

表 4.1 傳統系統動態模式相關名稱代號及數值對照表(門診)

代號名稱	中文名稱(說明)	數值/係數數值(常數項，一次項)
<i>CT</i>	2000 年癌症人數	140518.7
<i>PT</i>	2000 年人口總數	22276672
<i>docR</i>	癌症就診人次( <i>x</i> )與醫師數( <i>y</i> )迴歸係數	( - 376.84091, 0.00024)
<i>dR</i>	癌症人數( <i>x</i> )與癌症死亡數( <i>y</i> )迴歸係數	(27283.97132, 0.03793)
<i>hR</i>	癌症人數( <i>x</i> )與癌症就醫人次( <i>y</i> )迴歸係數	( - 1372546.20097, 16.17208)
<i>nurR</i>	癌症就診人次( <i>x</i> )與護理師數( <i>y</i> )迴歸係數	( - 1370.67418, 0.00081)
<i>rR</i>	年份( <i>x</i> )與人口成長率( <i>y</i> )迴歸係數	(0.37916, -0.00018)
<i>uR</i>	人口總數( <i>x</i> )與癌症成長數( <i>y</i> )迴歸係數	( - 254402.36495, 0.01381)
<i>A</i>	人口數	
<i>A_N</i>	癌症增加數	
<i>B</i>	癌症人數	
<i>C</i>	癌症就診人次	
<i>D_N</i>	癌症死亡數	
<i>DOC_HU</i>	癌症醫師人力數	
<i>H_N</i>	就醫人次	
<i>Human_R</i>	總醫師/護理師人力	
<i>NUR_HU</i>	癌症護理師人力數	
<i>non_C</i>	非癌症病患就診人次	
<i>rate</i>	成長率	
<i>type_C</i>	該癌症分類就診人次	
<i>U_N</i>	癌症成長數	
<i>Year</i>	該年預測年份	

(資料來源：本研究整理)

#### 4.1.1.2 相關參數設定過程

- 預測人口成長率及人口總數：

統計出 2000 年到 2016 年台灣人口總數資料，計算出每年人口的成長率，使用年份與人口成長率做線性迴歸所得係數值為  $rR$  (常數項為  $rR_c$ ，一次項為  $rR_x$ )，得到年分與人口成長率關係為公式(23)。

$$rate_f = rR_c + rR_x \times Year \quad (23)$$

再以 2000 年人口統計資料( $PT$ )作為第一筆數據，該年預測人口總數計算方式為公式(24)。

$$A_f = A_{Year-1} \times (1 + rate_{Year-1}) \quad (24)$$

- 預測癌症增加人數及癌症死亡數：

將健保資料庫 CD 檔及 DD 檔合併，統計病人 ID 得到資料庫癌症人數，再將其乘上 22.759753 倍(因為健保資料為 2005 年 100 萬人民資料庫，2005 年人口數為 22770383 人)，得到實際癌症人數。再根據政府資料開放平台網站中的癌症死因統計資料，統計出每年癌症死亡人數。該年癌症增加數( $A_N$ )為公式(25)。

$$A_N_{Year} = B_{Year} - B_{Year-1} + D_N_{Year-1} \quad (25)$$

計算出癌症實際成長人數，將癌症成長人數與人口總數做線性迴歸所得係數值為  $uR$  (常數項為  $uR_c$ ，一次項為  $uR_x$ )，得到之間關係為公式(26)。

$$U_N_f = uR_c + uR_x \times A_f \quad (26)$$

將癌症人數與死亡人數做線性迴歸所得係數為  $dR$  (常數項為  $dR_c$ ，一次項為  $dR_x$ )，得到之間關係為公式(27)。

$$D_N_f = dR_c + dR_x \times B_f \quad (27)$$

- 預測全國癌症就醫人次：

將健保資料庫癌症就醫人次作統計，將其乘上 22.759753 倍，得到實際癌症就診人次( $H_N$ )。再將癌症人數及就醫人次做線性迴歸所得係數為  $hR$  (常數項為  $hR_c$ ，一次項為  $hR_x$ )，得到之間關係為公式(28)。

$$H\_N_f = hR_c + hR_x \times B_f \quad (28)$$

- 預測癌症醫事人數需求：

將資料庫資料以統計出病患去的醫院的醫護人數，根據醫院 ID 將相同醫院的數據只取出一筆，並將各醫院醫護人數加總得總醫護人數 (*Human\_R*)。根據公式(29)及公式(30)，分別計算出癌症醫師數 (*DOC\_HU*)及癌症護理師數(*NUR\_HU*)。

$$DOC\_HU_a = \frac{type\_C}{(non\_C + C)} \times Human\_R_{DOC} \quad (29)$$

$$NUR\_HU_a = \frac{type\_C}{(non\_C + C)} \times Human\_R_{NUR} \quad (30)$$

將癌症醫師數與癌症人次做線性迴歸所得迴歸係數為 *docR* (常數項為 *docR<sub>c</sub>*，一次項為 *docR<sub>x</sub>*)，其關係為公式(31)。

$$DOC\_HU_f = docR_c + docR_x \times H\_N_f \quad (31)$$

將癌症護理師數與癌症人次做線性迴歸所得迴歸係數為 *nurR* (常數項為 *nurR<sub>c</sub>*，一次項為 *nurR<sub>x</sub>*)，其關係為公式(32)。

$$NUR\_HU_f = hurR_c + nurR_x \times H\_N_f \quad (32)$$

## 4.1.2 模糊系統動態模式

### 4.1.2.1 相關名稱代號及數值對照表

本研究在此節會將模糊系統動態模式所使用到之參數進行代號的編碼，並將相關代號定義及進行迴歸分析後之數值整理如表 4.2，作為下一節預測模式相關參數的設定及公式化。

表 4.2 模糊系統動態模式相關名稱代號及數值對照表(門診)

代號名稱	中文名稱(說明)	數值/係數數值(常數項，一次項)
<i>CT</i>	2000 年癌症人數	140518.7
<i>c0</i>	癌症人數與癌症就醫人次模糊迴歸常數項散度	- 106871.14774
<i>c1</i>	癌症人數與癌症就醫人次模糊迴歸一次項散度	1.14281
<i>m0</i>	癌症人數與癌症就醫人次模糊迴歸常數項中心值	- 1297924.16824
<i>m1</i>	癌症人數與癌症就醫人次模糊迴歸一次項中心值	15.81520
<i>PT</i>	2000 年人口總數	22276672
<i>docR</i>	癌症就診人次(x)與醫師數(y)迴歸係數	(- 376.84091, 0.00024)
<i>dR</i>	癌症人數(x)與癌症死亡數(y)迴歸係數	(27283.97132, 0.03793)
<i>hR</i>	癌症人數(x)與癌症就醫人次(y)迴歸係數	(- 1372546.20097, 16.17208)
<i>nurR</i>	癌症就診人次(x)與護理師數(y)迴歸係數	(- 1370.67418, 0.00080)
<i>rR</i>	年份(x)與人口成長率(y)迴歸係數	(0.37916, -0.00018)
<i>uR</i>	人口總數(x)與癌症成長數(y)迴歸係數	(- 254402.36495, 0.01381)
<i>A</i>	人口數	
<i>A_N</i>	癌症增加數	
<i>B</i>	癌症人數	
<i>C</i>	癌症就診人次	
<i>D_N</i>	癌症死亡數	
<i>DOC_HU</i>	癌症醫師人力數	
<i>H_N</i>	就醫人次	
<i>Human_R</i>	總醫師/護理師人力	
<i>NUR_HU</i>	癌症護理師人力數	
<i>non_C</i>	非癌症病患就診人次	
<i>rate</i>	成長率	
<i>type_C</i>	該癌症分類就診人次	
<i>U_N</i>	癌症成長數	
<i>Year</i>	該年預測年份	

(資料來源：本研究整理)



#### 4.1.2.2 相關參數設定過程

- 預測人口成長率及人口總數：

統計出 2000 年到 2016 年台灣人口總數資料，計算出每年人口的成長率，使用年份與人口成長率做線性迴歸所得係數值為  $rR$  (常數項為  $rR_c$ ，一次項為  $rR_x$ )，得到年分與人口成長率關係為公式(33)。

$$rate_f = rR_c + rR_x \times Year \quad (33)$$

再以 2000 年人口統計資料( $PT$ )作為第一筆數據，該年預測人口總數計算方式為公式(34)。

$$A_f = A_{Year-1} \times (1 + rate_{Year-1}) \quad (34)$$

- 預測癌症增加人數及癌症死亡數：

將健保資料庫 CD 檔及 DD 檔合併，統計病人 ID 得到資料庫癌症人數，再將其乘上 22.759753 倍(因為健保資料為 2005 年 100 萬人民資料庫，2005 年人口數為 22770383 人)，得到實際癌症人數。再根據政府資料開放平台網站中的癌症死因統計資料，統計出每年癌症死亡人數。該年癌症增加數( $A_N$ )為公式(35)。

$$A\_N_{Year} = B_{Year} - B_{Year-1} + D\_N_{Year-1} \quad (35)$$

計算出癌症實際成長人數，將癌症成長人數與人口總數做線性迴歸所得係數值為  $uR$  (常數項為  $uR_c$ ，一次項為  $uR_x$ )，得到之間關係為公式(36)。

$$U\_N_f = uR_c + uR_x \times A_f \quad (36)$$

將癌症人數與死亡人數做線性迴歸所得係數為  $dR$  (常數項為  $dR_c$ ，一次項為  $dR_x$ )，得到之間關係為公式(37)。

$$D\_N_f = dR_c + dR_x \times B_f \quad (37)$$

- 預測全國癌症就醫人次：

將健保資料庫癌症就醫人次作統計，將其乘上 22.759753 倍，得到實際癌症就診人次( $H_N$ )。再將癌症人數及就醫人次做模糊迴歸所得相關中心值及散度為  $m0$ 、 $m1$ 、 $c0$  及  $c1$ ，得到模糊下界、中心值及下界

之間關係分別為公式(38)、公式(39)及公式(40)。因此得到就醫人次模糊數  $H\_N_f = (H\_N_{f-L}, H\_N_{f-M}, H\_N_{f-U})$ 。

$$H\_N_{f-L} = (m0 - c0) + (m1 - c1) \times B_f \quad (38)$$

$$H\_N_{f-M} = m0 + m1 \times B_f \quad (39)$$

$$H\_N_{f-U} = (m0 + c0) + (m1 + c1) \times B_f \quad (40)$$

● 預測癌症醫事人數需求：

將資料庫資料以統計出病患去的醫院的醫護人數，根據醫院 ID 將相同醫院的數據只取出一筆，並將各醫院醫護人數加總得總醫護人數 ( $Human\_R$ )。根據公式(41)及公式(42)，分別計算出癌症醫師數 ( $DOC\_HU$ )及癌症護理師數( $NUR\_HU$ )。

$$DOC\_HU_a = \frac{type\_C}{(non\_C + C)} \times Human\_R_{DOC} \quad (41)$$

$$NUR\_HU_a = \frac{type\_C}{(non\_C + C)} \times Human\_R_{NUR} \quad (42)$$

將癌症醫師數與癌症人次做線性迴歸所得迴歸係數為  $docR$  (常數項為  $docR_c$ ，一次項為  $docR_x$ )，並將  $docR_c$  改寫成模糊數形式

$docR_c = (docR_c, docR_c, docR_c)$ ，其關係為公式(43)。

$$DOC\_HU_f = docR_c + docR_x \times H\_N_f \quad (43)$$

將癌症護理師數與癌症人次做線性迴歸所得迴歸係數為  $nurR$  (常數項為  $nurR_c$ ，一次項為  $nurR_x$ )，並將  $nurR_c$  改寫成模糊數形式

$nurR_c = (nurR_c, nurR_c, nurR_c)$ ，其關係為公式(44)。

$$NUR\_HU_f = nurR_c + nurR_x \times H\_N_f \quad (44)$$

## 4.2 癌症住院醫護人力模型

根據統動態模型建構步驟，本研究匯出癌症住院醫護人力系統動態模型圖，如圖 4.2。以下將以傳統系統動態模式及模糊系統動態模式相關參數設定說明過程並進行預測。

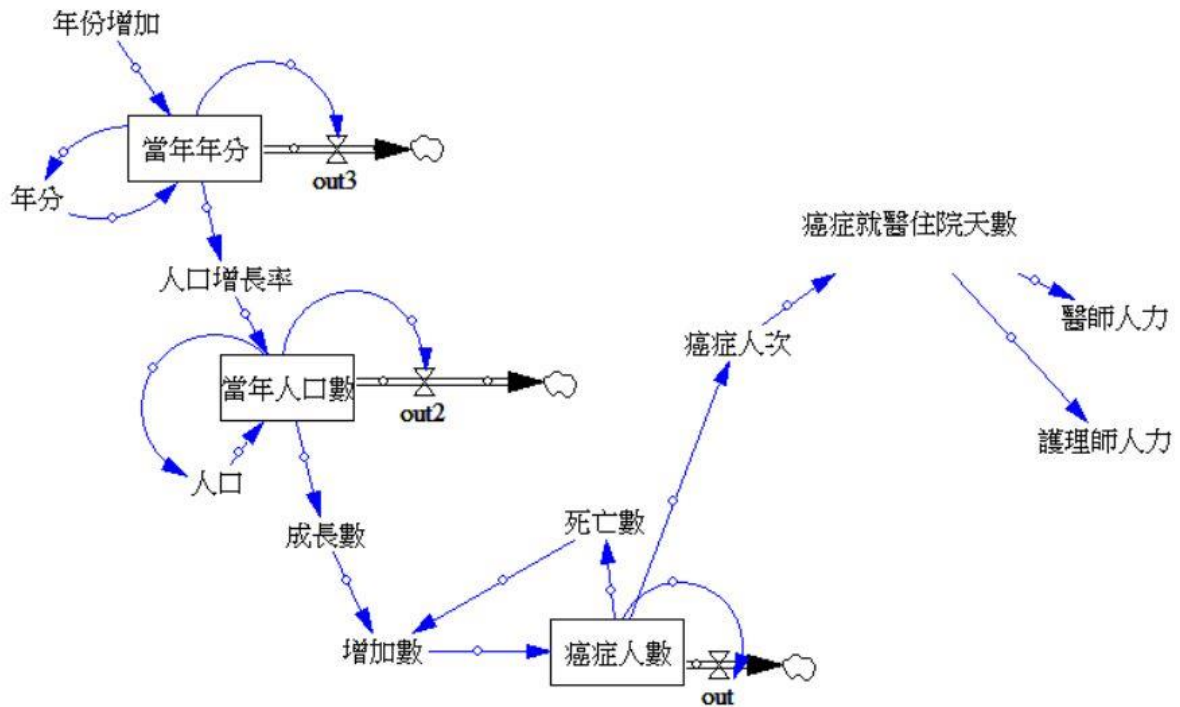


圖 4.2 癌症住院醫護人力系統動態圖

(資料來源：本研究整理)

## 4.2.1 傳統系統動態模式

### 4.2.1.1 相關名稱代號及數值對照表

本研究在此節會將傳統系統動態住院模式所使用到之參數進行代號的編碼，並將相關代號定義及進行迴歸分析後之數值整理如表 4.3，作為下一節預測模式相關參數的設定及公式化。

表 4.3 傳統系統動態模式相關名稱代號及數值對照表(住院)

代號名稱	中文名稱(說明)	數值/係數數值(常數項，一次項)
<i>CT</i>	2000 年癌症人數	140518.7
<i>PT</i>	2000 年人口總數	22276672
<i>dayR</i>	癌症就醫人次( <i>x</i> )與住院天數( <i>y</i> )迴歸係數	( - 61171.31323, 8.95054)
<i>docR</i>	癌症住院天數( <i>x</i> )與醫師數( <i>y</i> )迴歸係數	( - 1254.63502, 0.00155)
<i>dR</i>	癌症人數( <i>x</i> )與癌症死亡數( <i>y</i> )迴歸係數	(27283.97132, 0.03793)
<i>hR</i>	癌症人數( <i>x</i> )與癌症就醫人次( <i>y</i> )迴歸係數	( - 192110.58196, 1.58629)
<i>nurR</i>	癌症住院天數( <i>x</i> )與護理師數( <i>y</i> )迴歸係數	( - 4587.566888 0.00556)
<i>rR</i>	年份( <i>x</i> )與人口成長率( <i>y</i> )迴歸係數	(0.37916, -0.00018)
<i>uR</i>	人口總數( <i>x</i> )與癌症成長數( <i>y</i> )迴歸係數	( - 254402.36495, 0.01381)
<i>A</i>	人口數	
<i>A_N</i>	癌症增加數	
<i>B</i>	癌症人數	
<i>C</i>	癌症就診人次	
<i>D_N</i>	癌症死亡數	
<i>Day_N</i>	癌症病人總住院天數	
<i>DOC_HU</i>	癌症醫師人力數	
<i>H_N</i>	就醫人次	
<i>Human_R</i>	總醫師/護理師人力	
<i>NUR_HU</i>	癌症護理師人力數	
<i>non_C</i>	非癌症病患就診人次	
<i>rate</i>	成長率	
<i>type_C</i>	該癌症分類就診人次	
<i>U_N</i>	癌症成長數	
<i>Year</i>	該年預測年份	

(資料來源：本研究整理)

#### 4.2.1.2 相關參數設定過程

- 預測人口成長率及人口總數：

統計出 2000 年到 2016 年台灣人口總數資料，計算出每年人口的成長率，使用年份與人口成長率做線性迴歸所得係數值為  $rR$  (常數項為  $rR_c$ ，一次項為  $rR_x$ )，得到年分與人口成長率關係為公式(45)。

$$rate_f = rR_c + rR_x \times Year \quad (45)$$

再以 2000 年人口統計資料( $PT$ )作為第一筆數據，該年預測人口總數計算方式為公式(46)。

$$A_f = A_{Year-1} \times (1 + rate_{Year-1}) \quad (46)$$

- 預測癌症增加人數及癌症死亡數：

將健保資料庫 CD 檔及 DD 檔合併，統計病人 ID 得到資料庫癌症人數，再將其乘上 22.759753 倍(因為健保資料為 2005 年 100 萬人民資料庫，2005 年人口數為 22770383 人)，得到實際癌症人數。再根據政府資料開放平台網站中的癌症死因統計資料，統計出每年癌症死亡人數。該年癌症增加數( $A_N$ )為公式(47)。

$$A_N_{Year} = B_{Year} - B_{Year-1} + D_N_{Year-1} \quad (47)$$

計算出癌症實際成長人數，將癌症成長人數與人口總數做線性迴歸所得係數值為  $uR$  (常數項為  $uR_c$ ，一次項為  $uR_x$ )，得到之間關係為公式(48)。

$$U_N_f = uR_c + uR_x \times A_f \quad (48)$$

將癌症人數與死亡人數做線性迴歸所得係數為  $dR$  (常數項為  $dR_c$ ，一次項為  $dR_x$ )，得到之間關係為公式(49)。

$$D_N_f = dR_c + dR_x \times B_f \quad (49)$$

- 預測全國癌症就醫人次：

將健保資料庫癌症就醫人次作統計，將其乘上 22.759753 倍，得到實際癌症就診人次( $H_N$ )。再將癌症人數及就醫人次做線性迴歸所得係數為  $hR$  (常數項為  $hR_c$ ，一次項為  $hR_x$ )，得到之間關係為公式(50)。

$$H\_N_f = hR_c + hR_x \times B_f \quad (50)$$

- 預測癌症病患住院天數：

將健保資料庫癌症就診人次及癌症病患住院天數作統計，將其乘上 22.759753 倍，得到實際就診人次( $H\_N$ )及實際病患住院天數 ( $Day\_N$ )，再將就診人次與住院天數作線性迴歸所得迴歸係數為  $dayR$  (常數項為  $dayR_c$ ，一次項為  $dayR_x$ )。得到之間關係為公式(51)。

$$Day\_N_f = day_c + day_x \times H\_N_f \quad (51)$$

- 預測癌症醫事人數需求：

將資料庫資料以統計出病患去的醫院的醫護人數，根據醫院 ID 將相同醫院的數據只取出一筆，並將各醫院醫護人數加總得總醫護人數 ( $Human\_R$ )。根據公式(52)及公式(53)，分別計算出癌症醫師數 ( $DOC\_HU$ )及癌症護理師數( $NUR\_HU$ )。

$$DOC\_HU_a = \frac{type\_C}{(non\_C + C)} \times Human\_R_{DOC} \quad (52)$$

$$NUR\_HU_a = \frac{type\_C}{(non\_C + C)} \times Human\_R_{NUR} \quad (53)$$

將癌症醫師數與癌症病患住院總天數做線性迴歸所得迴歸係數為  $docR$  (常數項為  $docR_c$ ，一次項為  $docR_x$ )，其關係為公式(54)。

$$DOC\_HU_f = docR_c + docR_x \times Day\_N_f \quad (54)$$

將癌症護理師數與癌症病患住院總天數做線性迴歸所得迴歸係數為  $nurR$  (常數項為  $nurR_c$ ，一次項為  $nurR_x$ )，其關係為公式(55)。

$$NUR\_HU_f = nurR_c + nurR_x \times Day\_N_f \quad (55)$$

## 4.2.2 模糊系統動態模式

### 0.1 相關名稱代號及數值對照表

本研究在此節會將模糊系統動態住院模式所使用到之參數進行代號的編碼，並將相關代號定義及進行迴歸分析後之數值整理如表 4.4，作為下一節預測模式相關參數的設定及公式化。

表 4.4 模糊系統動態模式相關名稱代號及數值對照表(住院)

代號名稱	中文名稱(說明)	數值/係數數值(常數項，一次項)
<i>CT</i>	2000 年癌症人數	140518.7
<i>c0</i>	癌症人數與癌症就醫人次模糊迴歸常數項散度	- 7437.83008
<i>c1</i>	癌症人數與癌症就醫人次模糊迴歸一次項散度	0.23237
<i>m0</i>	癌症人數與癌症就醫人次模糊迴歸常數項中心值	- 201333.36611
<i>m1</i>	癌症人數與癌症就醫人次模糊迴歸一次項中心值	1.63121
<i>PT</i>	2000 年人口總數	22276672
<i>dayR</i>	癌症就醫人次( <i>x</i> )與住院天數( <i>y</i> )迴歸係數	(- 61171.31323, 8.95054)
<i>docR</i>	癌症住院天數( <i>x</i> )與醫師數( <i>y</i> )迴歸係數	(- 1254.63502, 0.00155)
<i>dR</i>	癌症人數( <i>x</i> )與癌症死亡數( <i>y</i> )迴歸係數	(27283.97132, 0.03793)
<i>hR</i>	癌症人數( <i>x</i> )與癌症就醫人次( <i>y</i> )迴歸係數	(- 192110.5819, 1.58629)
<i>nurR</i>	癌症住院天數( <i>x</i> )與護理師數( <i>y</i> )迴歸係數	(- 4587.56688, 0.00556)
<i>rR</i>	年份( <i>x</i> )與人口成長率( <i>y</i> )迴歸係數	(0.37916, - 0.00018)
<i>uR</i>	人口總數( <i>x</i> )與癌症成長數( <i>y</i> )迴歸係數	(- 254402.36495, 0.01381)
<i>A</i>	人口數	
<i>A<sub>N</sub></i>	癌症增加數	
<i>B</i>	癌症人數	
<i>C</i>	癌症就診人次	
<i>D<sub>N</sub></i>	癌症死亡數	
<i>Day<sub>N</sub></i>	癌症病人總住院天數	
<i>DOC<sub>HU</sub></i>	癌症醫師人力數	
<i>H<sub>N</sub></i>	就醫人次	
<i>Human<sub>R</sub></i>	總醫師/護理師人力	
<i>NUR<sub>HU</sub></i>	癌症護理師人力數	
<i>non<sub>C</sub></i>	非癌症病患就診人次	
<i>rate</i>	成長率	
<i>type<sub>C</sub></i>	該癌症分類就診人次	
<i>U<sub>N</sub></i>	癌症成長數	
<i>Year</i>	該年預測年份	

(資料來源：本研究整理)

## 0.2 相關參數設定過程

- 預測人口成長率及人口總數：

統計出 2000 年到 2016 年台灣人口總數資料，計算出每年人口的成長率，使用年份與人口成長率做線性迴歸所得係數值為  $rR$  (常數項為  $rR_c$ ，一次項為  $rR_x$ )，得到年分與人口成長率關係為公式(56)。

$$rate_f = rR_c + rR_x \times Year \quad (56)$$

再以 2000 年人口統計資料( $PT$ )作為第一筆數據，該年預測人口總數計算方式為公式(57)。

$$A_f = A_{Year-1} \times (1 + rate_{Year-1}) \quad (57)$$

- 預測癌症增加人數及癌症死亡數：

將健保資料庫 CD 檔及 DD 檔合併，統計病人 ID 得到資料庫癌症人數，再將其乘上 22.759753 倍(因為健保資料為 2005 年 100 萬人民資料庫，2005 年人口數為 22770383 人)，得到實際癌症人數。再根據政府資料開放平台網站中的癌症死因統計資料，統計出每年癌症死亡人數。該年癌症增加數( $A_N$ )為公式(58)。

$$A\_N_{Year} = B_{Year} - B_{Year-1} + D\_N_{Year-1} \quad (58)$$

計算出癌症實際成長人數，將癌症成長人數與人口總數做線性迴歸所得係數值為  $uR$  (常數項為  $uR_c$ ，一次項為  $uR_x$ )，得到之間關係為公式(59)。

$$U\_N_f = uR_c + uR_x \times A_f \quad (59)$$

將癌症人數與死亡人數做線性迴歸所得係數為  $dR$  (常數項為  $dR_c$ ，一次項為  $dR_x$ )，得到之間關係為公式(60)。

$$D\_N_f = dR_c + dR_x \times B_f \quad (60)$$

- 預測全國癌症就醫人次：

將健保資料庫癌症就醫人次作統計，將其乘上 22.759753 倍，得到實際癌症就診人次( $H_N$ )。再將癌症人數及就醫人次做模糊迴歸所得相關中心值及散度為  $m0$ 、 $m1$ 、 $c0$  及  $c1$ ，得到模糊下界、中心值及下界



之間關係分別為公式(61)、公式(62)及公式(63)。因此得到就醫人次模糊數  $H\_N_f = (H\_N_{f-L}, H\_N_{f-M}, H\_N_{f-U})$ 。

$$H\_N_{f-L} = (m0 - c0) + (m1 - c1) \times B_f \quad (61)$$

$$H\_N_{f-M} = m0 + m1 \times B_f \quad (62)$$

$$H\_N_{f-U} = (m0 + c0) + (m1 + c1) \times B_f \quad (63)$$

- 預測癌症病患住院天數：

將健保資料庫癌症就診人次及癌症病患住院天數作統計，將其乘上 22.759753 倍，得到實際就診人次( $H\_N$ )及實際病患住院天數 ( $Day\_N$ )，再將就診人次與住院天數作線性迴歸所得迴歸係數為  $dayR$  (常數項為  $dayR_c$ ，一次項為  $dayR_x$ )，並將  $dayR_c$  改寫成模糊數形式  $dayR_c = (dayR_c, dayR_c, dayR_c)$ ，得到之間關係為公式(64)。

$$Day\_N_f = day_c + day_x \times H\_N_f \quad (64)$$

- 預測癌症醫事人數需求：

將資料庫資料以統計出病患去的醫院的醫護人數，根據醫院 ID 將相同醫院的數據只取出一筆，並將各醫院醫護人數加總得總醫護人數 ( $Human\_R$ )。根據公式(65)及公式(66)，分別計算出癌症醫師數 ( $DOC\_HU$ )及癌症護理師數( $NUR\_HU$ )。

$$DOC\_HU_a = \frac{type\_C}{(non\_C + C)} \times Human\_R_{DOC} \quad (65)$$

$$NUR\_HU_a = \frac{type\_C}{(non\_C + C)} \times Human\_R_{NUR} \quad (66)$$

將癌症醫師數與癌症病患住院總天數做線性迴歸所得迴歸係數為  $docR$  (常數項為  $docR_c$ ，一次項為  $docR_x$ )，並將  $docR_c$  改寫成模糊數形式  $docR_c = (docR_c, docR_c, docR_c)$ ，其關係為公式(67)。

$$DOC\_HU_f = docR_c + docR_x \times Day\_N_f \quad (67)$$

將癌症護理師數與癌症病患住院總天數做線性迴歸所得迴歸係數為  $nurR$  (常數項為  $nurR_c$ ，一次項為  $nurR_x$ )，並將  $nurR_c$  改寫成模糊數形式  $nurR_c = (nurR_c, nurR_c, nurR_c)$ ，其關係為公式(68)。

$$NUR\_HU_f = docR_c + docR_x \times Day\_N_f \quad (68)$$

## 4.3 分析與討論

### 4.3.1 模型預測能力

在模型預測能力比較中，要單純從預測值與實際值的圖形上來做判斷預測能力的優劣勢有些難度的，因此本研究採用平均絕對誤差率(MAPE)作為模式判斷依據，較能客觀的觀察出模式之間的差距，預測能力如表 3.2。

以下將本研究各預測模式之模式預測能力整理如表 4.5，從表中可以看出，就以門診及住院的分類情況下，傳統系統動態學模式及模糊系統動態學模式的模式預測能力各有好壞；但是若以總體平均(住院+門診)的情況來看，模糊系統動態模式略比傳統系統動態模式來的好，但實際上差異並不大。且因現實環境中會有不確定因素存在，因此本研究後續結果分析探討中將會以模糊系統動態學模式所預測之數據為主要探討對象。

表 4.5 各預測模式之模型預測能力統整表

	不同模式對醫護人力預測能力(MAPE)			
	傳統系統動態學模式		模糊系統動態學模式	
	醫師模型	護理師模型	醫師模型	護理師模型
門診	8.9%	10.26%	10.24%	11.7%
住院	17.04%	17.31%	15.39%	15.64%
總體平均	12.99%	13.79%	12.82%	13.67%

(資料來源：本研究整理)

### 4.3.2 模型驗證

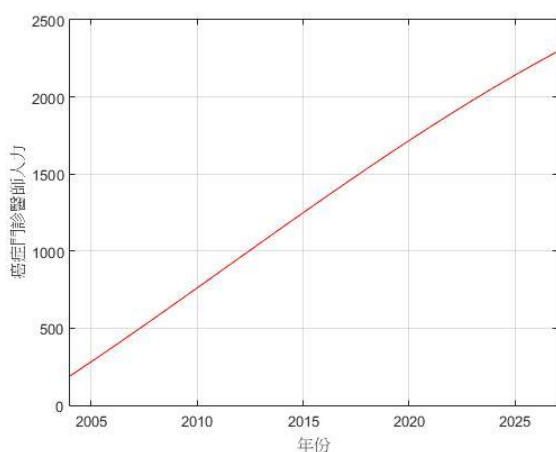
本研究預測模型所使用歷史數據資料為 2000-2010 年健保資料所抽取之資料，因此在模式預測結果是 2000~2010 資料庫所呈現之現象為模型所設立的环境下預測結果；在當時的環境中，如果各項參數之間關係沒有更改的情況下，或是無新政策的導入使模型環境改變，可以使模型在未來使用是沒有問題的，且在模型預測結果與資料庫資料進行誤差比較(MAPE)，所進行之預測結果幾乎屬於良好範圍(20%以內)，在兩個情況下，可以使模型在運算模擬過程及預測結果都是屬於正確的。

因資料庫資料年分與現階段現實環境會有些許的落差，會導致預測結果與現階段的環境有落差，在未來能夠導入最新的資料庫數據進行模擬運

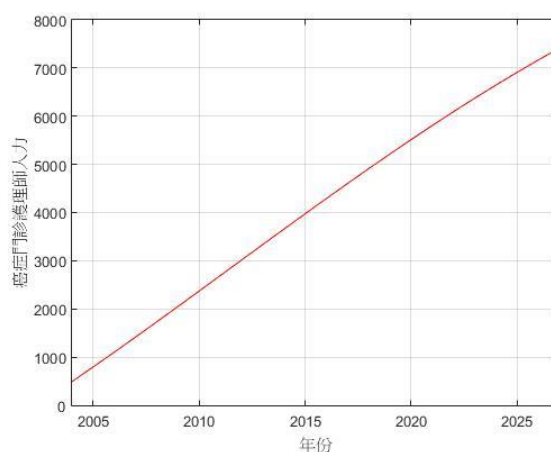
算，將會使預測結果更貼近現階段的環境，預測模型對於未來 10 年之預測也會更佳精準。

### 4.3.3 模型預測結果

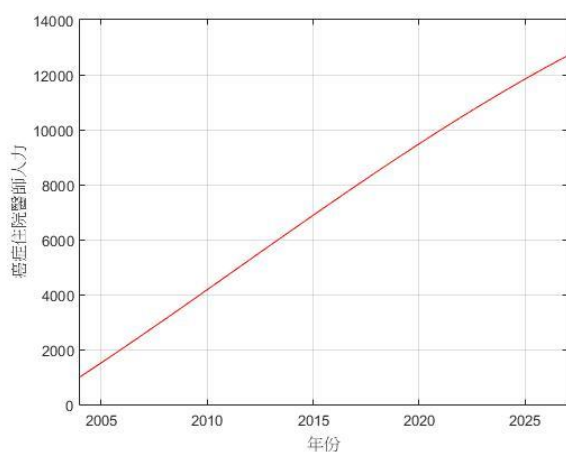
本研究以圖表方式呈現模型預測結果，而因健保資料庫關於醫護人力的資料是從 2004 年為起點，因此本研究預測是從 2004 年到 2027 年之預測，以下將以傳統系統動態預測趨勢圖、模糊系統動態解模糊後預測趨勢圖及模糊系統動態預測趨勢帶狀圖說明。



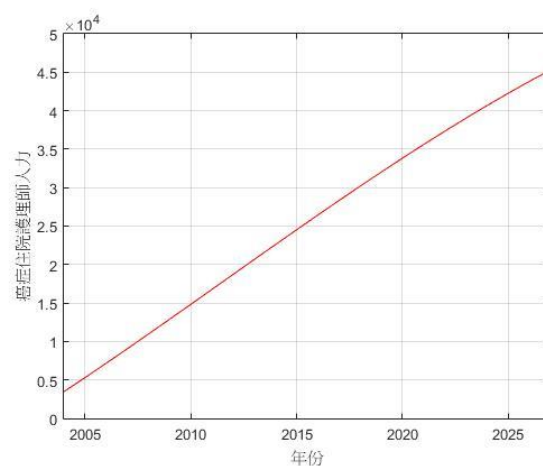
(a)門診醫師人力預測趨勢圖



(b)門診護理師人力預測趨勢圖



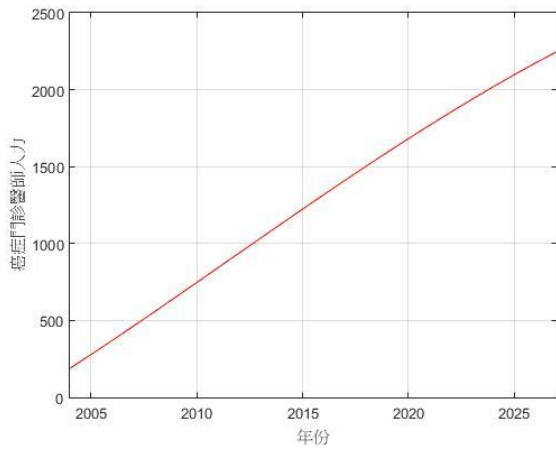
(c)住院醫師人力預測趨勢圖



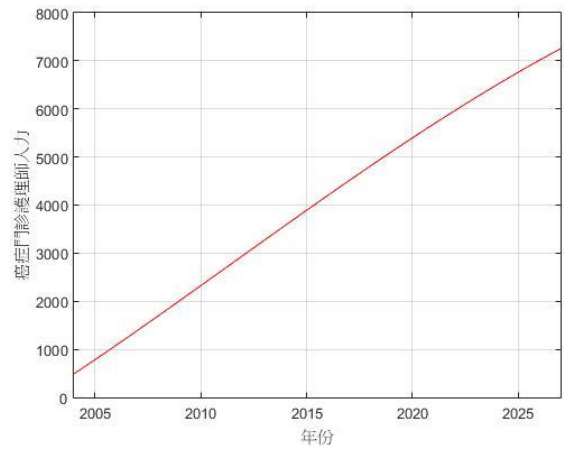
(d)住院護理師人力預測趨勢圖

圖 4.3 傳統系統動態學模式癌症醫護人力預測趨勢圖

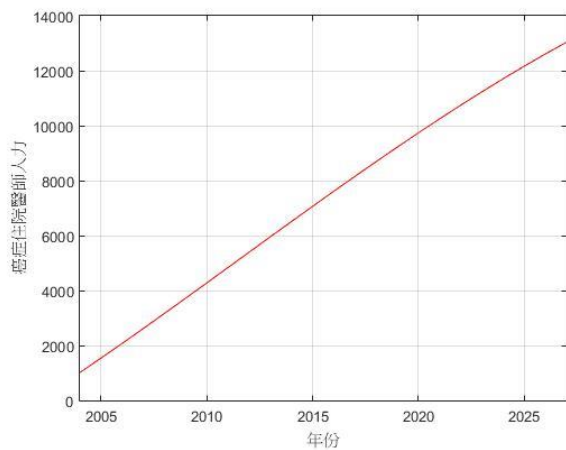
(資料來源：本研究整理)



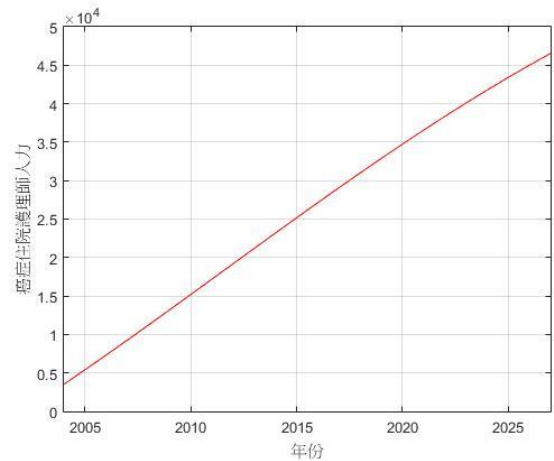
(a)門診醫師人力預測趨勢圖



(b)門診護理師人力預測趨勢圖



(c)住院醫師人力預測趨勢圖

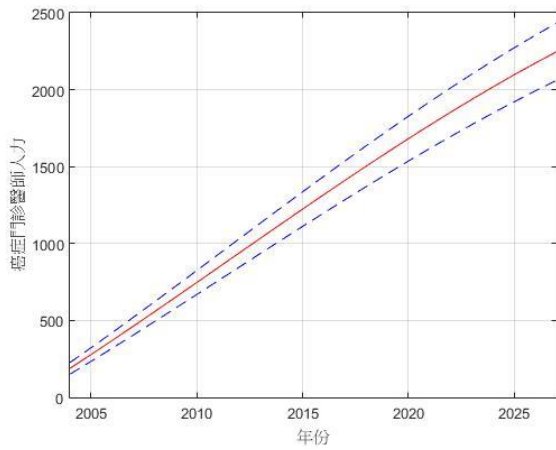


(d)住院護理師人力預測趨勢圖

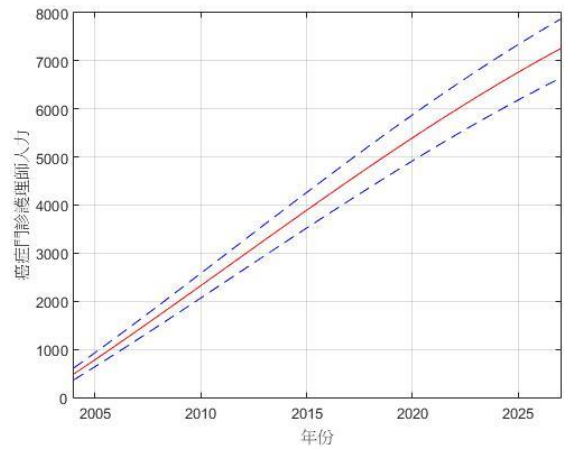
圖 4.4 模糊系統動態學模式解模糊後癌症醫護人力預測趨勢圖

(資料來源：本研究整理)

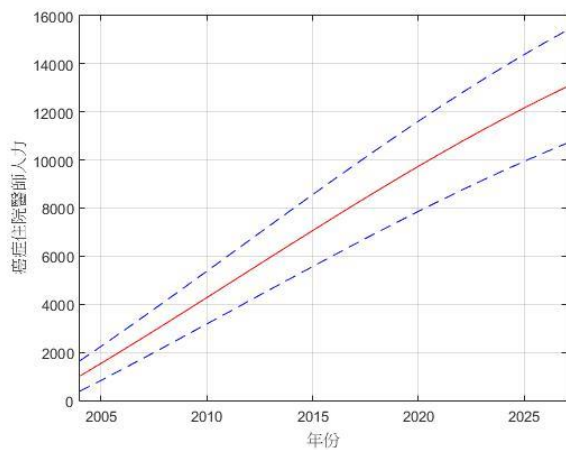
從圖 4.3 及圖 4.4 中可以看出在未來 10 年，癌症醫護人力需求依然是持續不斷的增加，到 2027 年尚未有趨於平緩的情形發生，因此未來如何在醫護人力進行相關培育培訓以彌補供需之間的差距，仍然是一大重要的課題。另外，本研究傳統系統動態模式預測結果及模糊系統動態模式結果解模糊後，可以發現在門診及住院的醫護人力預測趨勢圖中，趨勢及結果幾乎是完全一樣的。因此，在可慮現實環境中的不確定性因素後，使用模糊系統動態模式預測之趨勢帶狀圖(如圖 4.5)，將預測值以區間的形式取代單一明確值方式，對於不確定性因素的掌握度將會更好的結果。



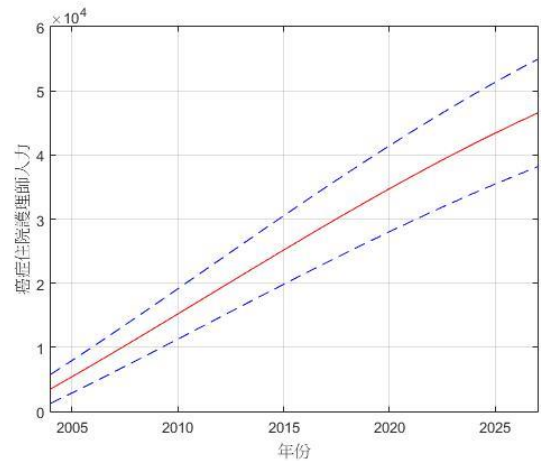
(a)門診醫師人力預測趨勢圖



(b)門診護理師人力預測趨勢圖



(c)住院醫師人力預測趨勢圖



(d)住院護理師人力預測趨勢圖

圖 4.5 模糊系統動態學模式癌症醫護人力預測趨勢帶狀圖

(資料來源：本研究整理)

#### 4.3.4 癌症醫護人力供需

本研究在此章節會針對模糊系統動態學模式，所預測出之結果進行解模糊作為癌症醫護人力的需求面；供給面則是以醫護人員統計資料針對 2010 年到 2016 的成長趨勢計算出未來醫護人力的供給，再根據資料庫醫護人力與癌症需求人力做線性迴歸，所得之係數套至供給面，得到癌症醫護人力供給量；以下將呈現門診及住院不同情況下的醫護人力供需圖(如圖 4.6)，並針對未來供需量說明。

(a)癌症門診醫師供需：

在 2027 年，癌症門診醫師需求量 2246 人，供給量 633 人，供需之間差距 1613 人。

(b) 癌症門診護理師供需：

在 2027 年，癌症門診護理師需求量 7255 人，供給量 2287 人，供需之間差距 4967 人。

(c) 癌症住院醫師供需：

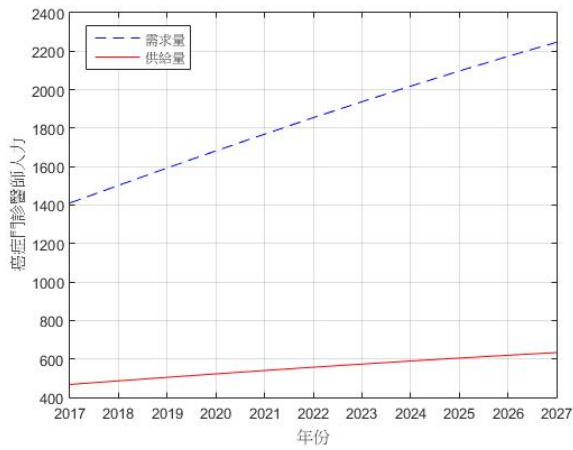
在 2027 年，癌症住院醫師需求量 13038 人，供給量 5954 人，供需之間差距 7083 人。

(d) 癌症住院護理師供需：

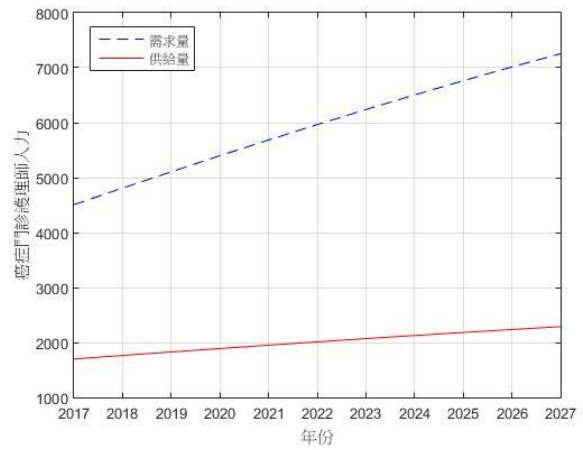
在 2027 年，癌症門診醫師需求量 46542 人，供給量 20244 人，供需之間差距 26297 人。

從預測結果來看，不管在醫護人力的供給或是需求方面，人數皆有上升的趨勢，但是可以發現在門診住院分面醫護人力的需求上升的趨勢明顯比醫護人力供給快的許多，從這個現象可以看出幾個問題：

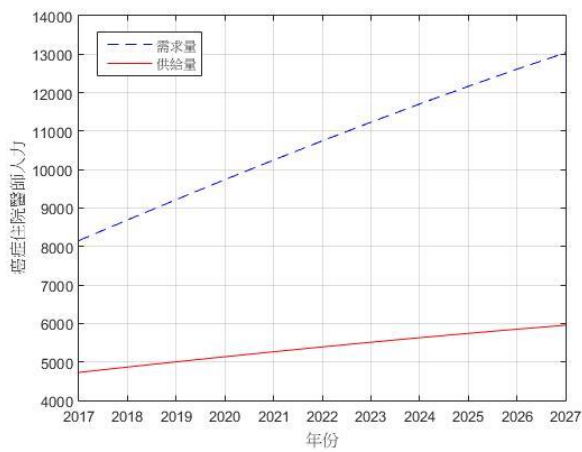
1. 在癌症病患人數上，罹癌的人數每年逐漸增加，對於相關癌症防治及宣導需要更落實加強，避免罹癌人數持續上升，以減少相關醫護人力的需求。
2. 就以本研究對於癌症醫護人力供給的估算，相關醫護人力的供給明顯不足且差距大，因此應加速對於相關人力的培育及培訓，近將相關人力投入市場，避免日後相關醫護人力的差距越來越大。
3. 綜合上述，分別對供給面及需求面進行相關醫護人力的改善，在未來可使供需間的差距不在持續擴大，並在日後可以達成癌症醫護人力供需間的平衡。



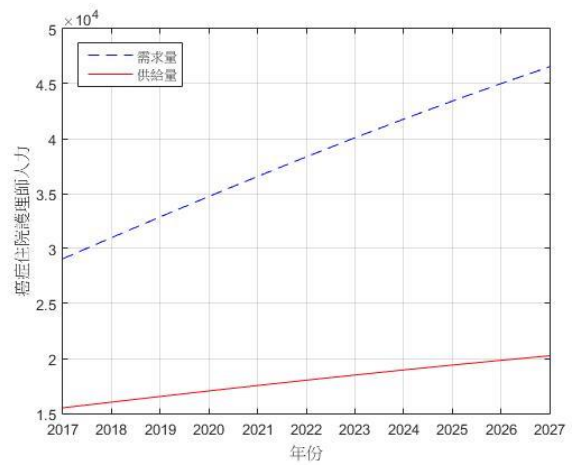
(a)癌症門診醫師供需圖



(b)癌症門診護理師供需圖



(c)癌症住院醫師供需圖



(d)癌症住院護理師供需圖

圖 4.6 癌症醫護人力供需圖

(資料來源：本研究整理)



## 第五章 結論與建議

### 5.1 研究總結

#### 5.1.1 研究結論

系統動態學可以將環境中因素的因果關係構成迴路，並且能夠模擬出因素的相互影響關係，進而預測在未來環境不變的情況下的模擬預測值，本研究將現實環境中的不確定性因素納入考慮，將傳統模糊導入系統動態中，將模擬預測值由一區間值取代傳統系統動態模擬出的明確值，對於預測結果的掌握能更具彈性。

本研究透過模糊系統動態學模式所預測出之結果，雖與傳統模糊系統動態模式預測之結果相差不大，但所模擬出之趨勢帶狀圖，使其結果能更符合現實環境；而透過解模糊方式，計算出癌症醫護人力需求量，另外藉由統計資料估算出未來癌症醫護人力趨勢關係進而得到癌症醫護人力之供給量，藉由供需間的差異推估出未來癌症醫護人力短缺人數，使相關單位盡早解決相關問題。

#### 5.1.2 研究建議

本研究所提出的「系統動態預測模型」，是以因子間的因果關係為基礎，進行擬合真實世界的動態情境，而從預測所造成的誤差分析來看，此模型大多能控制在誤差 20% 以內，屬於「良好」的預測能力。且由於每年政府都要訂定相關醫療政策及規範，如果規劃人員隨時有著動態即時統計數據資訊可以參考，相信對於醫療政策的訂定應該有些助益。

#### 5.1.3 管理意涵

另就以各管理者之角度，歸納出以下之管理意涵：

##### 1. 醫療單位

透過模型預測結果中可以看出病人實際需要醫護人員的人數，再由醫院醫護人員實際人數來做比對，可以看出醫護人員實際缺少的數量，馬上透過不同方式來增加醫院醫護人員的人數，才不致於真正需求人數與實際需求人數所造成的誤差。

## 2. 培訓單位

本研究提出醫護人力預測模型，可以藉由模型運算預測未來 10 年醫護人力需求之情形，由於醫護人力的培訓不是馬上可培訓完成投入職業，有時間上的限制，必須經過一段時間的訓練才能成為專業之醫護人員，因此以培訓人員角度來看，此模型結果可以看出在未來什麼時間醫護人力的供需差最大，透過訓練時間的推算，可以讓培訓人員清楚知道在哪個時間點投入最大的訓練，才能解決供需差最大的情況。

## 3. 政府決策單位

本研究提出之模型相當於現實環境的縮小版，因此除了可以看出在於未來 10 年人力需求的走勢外，相關政府決策單位對於供需方面有相關之政策需要實施，可以先以此模型為基礎，再增加政策部分進行模擬運算，可以透過模擬結果是否跟決策單位所期待之結果是否相符，在考慮是否採行這樣的政策，如此一來可以大幅減少政策實行的評估時間，且萬一政策結果成效不彰，也可以從模型馬上找出問題點並加以探討，使決策部門不會有決定出無效益政策的壓力。

### 5.1.4 研究限制

本研究在癌症醫療照護醫護人力，所使用資料數據來源為健保資料庫數據，所使用健保資料庫年分為 2000 到 2010 年百萬資料庫，因此在相關預測上本研究是以 2000 年到 2010 年的資料時空下所呈現的預測結果，在與現實環境情況下會些許落差，但如能取得較新之健保資料庫，預測結果會與現實環境更佳吻合精準。

## 5.2 未來研究方向

本研究主要建構一模糊系統動態學模型用於台灣癌症醫護人力之預測，雖然模型預測結果屬於良好的預測能力，但尚有以下幾個方向，可以使整體預測模型更趨於完整，以下將針對預測模型及模型因素進行相關說明。

### 5.2.1 預測模型

1. 本研究僅以模糊線性迴歸進行模糊運算及預測，如能使用其他方法結合傳統模糊或是直觀模糊或許會有更好的預測結果。

2. 本研究對於不確定性因素的考慮點僅在於兩資料庫資料轉換的過程，如能增加其他面向，對於現實會中的不確性因素掌握或許會更佳的準確。

### 5.2.2 模型因素

1. 本研究的醫護人力預測主要是以癌症病患的需求角度為出發點，並未考慮到醫護人力的供給情況，若模型能有供需雙面的預測，對於醫護人力的短缺情況的掌握度應能有更多的幫助。
2. 因本研究數據來源主要來自於健保資料庫資料就診資料，針對這些資料的因果關係分析，對於癌症真正發生及就醫相關因素雖有收集，但由於這方面數據過於稀少無法再系統動態學模型中呈現，因此應加強對這面數據的收集及分析，應能使預測模型更趨於完整。
3. 除針對上述因素收集及分析外，應對於這些因素進行敏感度分析，了解哪些因素對於預測結果的影響度較大，可以讓不同面向的管理者針對這些因素進控制與改善，使這些管理者未來制定相關政策能事半功倍且更具效益。

## 參考文獻

### 中文部分

1. 何明宗(2008)。臺灣地區未來醫師人力供需研究-灰色預測模式之應用。醫務管理期刊，9(4)，255-270。
2. 何明宗、王智弘與林曜祥(2007)。臺灣地區耳鼻喉科醫師人力供需之研究。臺灣耳鼻喉頭頸外科雜誌，42(2)，43-50。
3. 李選、白香菊與顏文娟(2008)。台灣地區護理人員執業環境之現況調查。護理雜誌，55(4)，30-52。
4. 李選、張婷(2012)。台灣護理專業對教考用失衡議題之省思。護理雜誌，59(5)，16-23。
5. 邱淑芬、蔡欣玲(1996)。德爾菲預測術-一種專家預測的護理研究方法。護理研究，4(1)，92-98。
6. 林佳靜、曾翠華、蕭淑貞、王淑怡、盧美秀與鍾聿琳(2008)。臺灣護理教育專業人才培育的現況。醫護科技學刊，10(3)，145-158。
7. 林秋芬、高靖秋(2014)。臨床護理人力運用的演變與前瞻。護理雜誌，61(2)，13-19。
8. 林哲瑩(2015)。建構居家服務之照顧服務員的人力需求評估模式。社會發展研究學刊，(16)，67-94。
9. 周守民(2012)。台灣護理教育對護士荒時代之因應。護理雜誌，59(5)，24-29。
10. 周春美、沈健華(2004)。商專人力供需預測及業界需求之分析。教育學刊，(22)，177-198。
11. 高靖秋(2011)。台灣護理人力面面觀。澄清醫護管理雜誌，7(3)，41-46。
12. 徐健進(2012)。國際法政產業人力之預測模型研究。蘭陽學報，11，48-58。
13. 陳立言與周守民。(2014)。人才與人力—談護理人才國際觀的培育。護理雜誌，61(2)，27-32。
14. 陳佩汝、呂宛庭、陳映儒、沈雅雯與簡佑任(2015)。護理人員就業福利之探討。健康與建築雜誌，2(1)，10-15。
15. 張元玫、李秋霞(2014)。急診室護理人力需求探討。健康與建築雜誌，1(4)，75-80。
16. 張媚、余玉眉、陳月枝與田聖芳(2005)。台灣護理人力規劃研究。臺灣醫學，9(2)，149-156。
17. 詹佩玲、葉炳強、吳岱霖與吳肖琪(2005)。台灣地區神經專科醫師人力推估。醫護科技學刊，7(4)，393-402。
18. 劉自強、劉佑與吳昌翰(2011)。應用灰色預測模式對國軍未來男性志願士兵人力供需預測之研究。國防管理學報，32(2)，27-37。
19. 劉培林、陳建宏與潘毓雯(2014)。運用系統動態觀點探討國軍醫院醫師人力供需之研究。醫務管理期刊，15(1)，73-88。
20. 蔡智勇、薛義誠(2005)。應用倒傳遞類神經網路預測台灣勞動市場人力需求。中華

管理學報，6(2)，1-14。

21. 鄧素文(2014)。臺灣護理人力概況與解決策略。護理雜誌，61(2)，5-12。

#### 英文部分

1. Ansah, J. P., De Korne, D., Bayer, S., Pan, C., Jayabaskar, T., Matchar, D. B., ... & Quek, D. (2015). Future requirements for and supply of ophthalmologists for an aging population in Singapore. *Human resources for health*, 13(1), 86.
2. Aldosary, A. S. (1999). A forecasting methodology for academic manpower requirements in a small sized technical university. *Higher Education Policy*, 12(1), 93-100.
3. Baradaran, V., & Keshavarz, M. (2015). An integrated approach of system dynamics simulation and fuzzy inference system for retailers' credit scoring. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 28(1), 959-980.
4. Barber, P., & López-Valcárcel, B. G. (2010). Forecasting the need for medical specialists in Spain: application of a system dynamics model. *Human resources for health*, 8(1), 24.
5. Bechet, T. P., & Maki, W. R. (1987). Modeling and forecasting focusing on people as a strategic resource. *People and Strategy*, 10(4), 209.
6. Brailsford, S., & De Silva, D. (2015). How many dentists does Sri Lanka need? Modelling to inform policy decisions. *Journal of the Operational Research Society*, 66(9), 1566-1577.
7. Buchan, J., & Seccombe, I. (2012). Using scenarios to assess the future supply of NHS nursing staff in England. *Human resources for Health*, 10(1), 16.
8. Chang, P. T., Pai, P. F., Lin, K. P., & Wu, M. S. (2006). Applying fuzzy arithmetic to the system dynamics for the customer–producer–employment model. *International journal of systems science*, 37(10), 673-698.
9. Chung, S. H., Jung, D. C., Yoon, S. N., & Lee, D. (2010). A dynamic forecasting model for nursing manpower requirements in the medical service industry. *Service Business*, 4(3-4), 225-236.
10. Edwards, J. P., Datta, I., Hunt, J. D., Stefan, K., Ball, C. G., Dixon, E., & Grondin, S. C. (2014). A novel approach for the accurate prediction of thoracic surgery workforce requirements in Canada. *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery*, 148(1), 7-12.
11. Forrester, J. W. (1961). *Industry dynamics*. Massachusetts: Cambridge.
12. Ho, P. H. (2010). Forecasting construction manpower demand by Gray model. *Journal of Construction Engineering and Management*, 136(12), 1299-1305.
13. Ishikawa, T., Ohba, H., Yokooka, Y., Nakamura, K., & Ogasawara, K. (2013). Forecasting the absolute and relative shortage of physicians in Japan using a system dynamics model approach. *Human resources for health*, 11(1), 41.

14. Karavezyris, V., Timpe, K. P., & Marzi, R. (2002). Application of system dynamics and fuzzy logic to forecasting of municipal solid waste. *Mathematics and Computers in simulation*, 60(3), 149-158.
15. Khanzadi, M., Nasirzadeh, F., & Alipour, M. (2012). Integrating system dynamics and fuzzy logic modeling to determine concession period in BOT projects. *Automation in construction*, 22, 368-376.
16. Kunsch, P., & Springael, J. (2008). Simulation with system dynamics and fuzzy reasoning of a tax policy to reduce CO 2 emissions in the residential sector. *European journal of operational research*, 185(3), 1285-1299.
17. Lagarde, M., & Cairns, J. (2012). Modelling human resources policies with Markov models: an illustration with the South African nursing labour market. *Health care management science*, 15(3), 270-282.
18. Landry, M. D., Hack, L. M., Coulson, E., Freburger, J., Johnson, M. P., Katz, R., ... & Sinnott, P. L. (2016). Workforce projections 2010-2020: annual supply and demand forecasting models for physical therapists across the United States. *Physical therapy*, 96(1), 71.
19. Lewis, C. D. (1982). *Industrial and business forecasting methods: A practical guide to exponential smoothing and curve fitting*. London, England: Butterworth-Heinemann.
20. Meehan, R. H., & Ahmed, S. B. (1990). Forecasting human resources requirements: A demand model. *People and Strategy*, 13(4), 297.
21. Meriküll, J., Eamets, R., Humal, K., & Espenberg, K. (2012). Power without manpower: Forecasting labour demand for Estonian energy sector. *Energy policy*, 49, 740-750.
22. Mutingi, M., & Mbohwa, C. (2012). Fuzzy system dynamics and optimization with application to manpower systems. *International Journal of Industrial Engineering Computations*, 3(5), 873-886.
23. Orji, I. J., & Wei, S. (2015). An innovative integration of fuzzy-logic and systems dynamics in sustainable supplier selection: A case on manufacturing industry. *Computers & Industrial Engineering*, 88, 1-12.
24. Polat, S., & Bozdağ, C. E. (2002). Comparison of fuzzy and crisp systems via system dynamics simulation. *European Journal of operational research*, 138(1), 178-190.
25. Santric-Milicevic, M., Vasic, V., & Marinkovic, J. (2013). Physician and nurse supply in Serbia using time-series data. *Human resources for health*, 11(1), 27.
26. Senese, F., Tubertini, P., Mazzocchetti, A., Lodi, A., Ruozi, C., & Grilli, R. (2015). Forecasting future needs and optimal allocation of medical residency positions: the Emilia-Romagna Region case study. *Human resources for health*, 13(1), 7.
27. Sing, C. P., Love, P. E., & Tam, C. M. (2012). Multiplier model for forecasting manpower demand. *Journal of Construction Engineering and Management*, 138(10), 1161-1168.

28. Smith, K. D., Perez-Johnson, I., & Wooldridge, J. (2000). Uncertainty and forecasting local health professional shortages. *Population research and policy review*, 19(5), 477-503.
29. Tanaka, H., Uejima, S., & Asai, K. (1982). Linear regression analysis with fuzzy model. *IEEE Trans. Systems Man Cybern*, 12, 903-907.
30. Takata, H., Nagata, H., Nogawa, H., & Tanaka, H. (2011). The current shortage and future surplus of doctors: a projection of the future growth of the Japanese medical workforce. *Human resources for health*, 9(1), 14.
31. Udompanich, S. (1997). System dynamics model in estimating manpower needs in dental public health. *Human Resources Development Journal*, 1(1), 35-47.
32. Vanderby, S. A., Carter, M. W., Latham, T., & Feindel, C. (2014). Modelling the future of the Canadian cardiac surgery workforce using system dynamics. *Journal of the Operational Research Society*, 65(9), 1325-1335.
33. Wang, Z. H., Zhao, Z. G., Huang, Q., Wu, S. L., & Lu, Z. X. (2003). Forecasting study on demand and supply of medical postgraduates. *Journal of Huazhong University of Science and Technology [Medical Sciences]*, 23(1), 94-96.
34. Wong, J. M., Chan, A. P., & Chiang, Y. H. (2007). Forecasting construction manpower demand: A vector error correction model. *Building and Environment*, 42(8), 3030-3041.
35. Wu, Z., & Xu, J. (2013). Predicting and optimization of energy consumption using system dynamics-fuzzy multiple objective programming in world heritage areas. *Energy*, 49, 19-31.
36. Youssefi, H., Nahaei, V., & Nematian, J. (2011). A new method for modeling system dynamics by fuzzy logic: Modeling of research and development in the national system of innovation. *Journal of Mathematics and Computer Science*, 2(1), 88-99.
37. Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and control*, 8(3), 338-353.