

東 海 大 學

工業工程與經營資訊學系

碩士論文

自動體外心臟電擊去顫器設置數量  
及選址最佳化研究

研 究 生：吳唯銘

指 導 教 授：翁紹仁 教授

中 華 民 國 一 〇 五 年 五 月

**Using Simulation to Decide the Optimal Quantity and  
Location of Automated External Defibrillator**

By

Wei-Ming Wu

Advisor : Prof. Shao-Jen Weng

A Thesis

Submitted to Institute of Industrial Engineering and Enterprise

Information at Tunghai University in Partial Fulfillment of

Requirements for the Degree of Master of Science

In

Industrial Engineering and Enterprise Information

May 2016

Taichung, Taiwan

# 自動體外心臟電擊去顫器設置數量及選址最佳化研究

學生：吳唯銘

指導教授：翁紹仁 教授

東海大學工業工程與經營資訊學系

## 摘 要

近年來國人罹患心臟疾病人口越來越高，心臟疾病急救也開始被注重；其中體外電擊方法稱為「自動體外心臟電擊去顫器，Automated External Defibrillator (AED)」，在台灣各地均開始設置 AED，AED 設置須容易取得以縮短拿取時間提升送醫存活率，若 AED 規劃位置不佳將造成病發後拿取 AED 時間過長，導致急救時間被拖延，並降低送醫存活率，因此需要完善規劃，透過系統模擬模擬 AED 設置數量與位置，利用最佳化求解 AED 擺設位置比對系統中死亡人數降低 2 人，利用策略方案進行最佳化在不同發病機率之下比較死亡人數差異，得知適當的擺放方法可以減少死亡人數。

**關鍵字詞：** 自動體外心臟去顫器、系統模擬、資源配置

# **Using Simulation to Decide the Optimal Quantity and Location of Automated External Defibrillator**

Student : Wei-Ming Wu

Advisor : Prof. Shao-Jen Weng

Department of Industrial Engineering and Enterprise Information  
Tunghai University

## **ABSTRACT**

In recent years, more and more people risk of heart disease. Body electrical shock to the heart disease one of the methods Aid called Automated External Defibrillator. AED are beginning to be set up around Taiwan but AED setting had a lot of limit. When the disease, the faster get the AED the higher survival rate to hospital. So we need to carefully plan. We use simulation to create several tactics and we choose the tactics which cause people take the AED over 3minutes by simulation optimization. Then we can promote the survival rate to hospital.

**Keywords: Automated External Defibrillator, Simulation, Resource Allocate**

## 致謝詞

首先感謝指導教授翁紹仁博士，在兩年的碩士生活引領我進入學術的世界，老師的風格是做出可以用的東西，自然而然對我的論文要求也是具備實際性，在研究上總是勉勵我具備系統觀，從一開始的研究骨幹建立，到最後數據分析研究結果，不斷鞭策我，避免我落入見樹不見林的窘境，在技術的部份，更感謝張維修學長的大力協助，除了問老師研究的架構方法或技術方面，維修學長更是我的系統模擬小老師，解決許許多多的困難，協助我完成這個研究。

本論文可以完成要感謝，一直以來提供我小學到大學甚至研究所的各種支持的父母，雖然他們不過問研究的內容，但總在我遇到難題的時候不斷鼓勵我，也謝謝他們的栽培，讓我有機會完成這份研究。

感謝學妹江沛容以及實驗室其他夥伴體諒、包容，相信這兩年的生活將是很不一樣的光景。

最後，謹以此文獻給我摯愛的雙親。

# 目錄

摘要.....	I
ABSTRACT.....	II
致謝詞.....	III
目錄.....	IV
表目錄.....	VI
圖目錄.....	VII
第一章 緒論.....	1
1.1 研究背景與動機.....	1
1.2 研究目的.....	6
1.3 研究架構與流程.....	7
第二章 文獻回顧.....	9
2.1 自動體外心臟電擊去顫器.....	9
2.2 自動體外心臟電擊去顫器資源配置.....	11
2.3 系統模擬.....	14
2.4 系統模擬應用於資源配置.....	16
第三章 研究方法.....	17
3.1 研究對象簡介.....	17
3.2 研究方法架構.....	20
3.3 研究假設與限制.....	21
3.4 航廈系統模擬執行步驟.....	22
第四章 模型建構與研究結果說明.....	25
4.1 研究樣本統計分析.....	25
4.2 模型建立與結果分析.....	28
4.3 最佳化問題配置.....	44
4.4 策略分析.....	53
第五章 結論與建議.....	67
5.1 結論.....	67
5.2 未來研究建議.....	69

參考文獻.....70

## 表目錄

表 1.1 台灣各縣市設置 AED 數量.....	3
表 1.2 台灣設置 AED 場所及數量.....	4
表 1.3 台灣機場設置 AED 數量.....	5
表 4.1 桃園國際機場第一航廈 2015 年客運量.....	26
表 4.2 系統模擬元件介紹.....	31
表 4.3 系統中各點距離.....	33
表 4.4 桃園國際機場第一航廈 AED 現有配置表.....	38
表 4.5 桃園國際機場第一航廈 2015 年客運量.....	42
表 4.6 驗證結果.....	43
表 4.7 最佳化演算法搜尋結果.....	48
表 4.8 實驗比較結果.....	51
表 4.9 策略一結果比較(發病機率 0.1%).....	56
表 4.10 策略二結果比較(發病機率 1%).....	59
表 4.11 策略三結果比較(發病機率 3%).....	63
表 4.12 策略模擬結果比較.....	66

## 圖目錄

圖 1.1 台灣歷年心臟疾病死亡人數.....	2
圖 1.2 本研究之架構.....	1
圖 3.1 桃園國際機場第一航廈 2F 與 3F 平面圖 .....	17
圖 3.2 桃園國際機場第一航廈 1F 與 B1 平面圖.....	18
圖 3.3 桃園國際機場歷年客運量.....	19
圖 3.4 研究架構.....	20
圖 3.5 模擬執行步驟.....	24
圖 4.1 桃園國際機場 2015 年逐月客運量.....	25
圖 4.2 第一航廈 2015 年逐月客運量.....	27
圖 4.3 旅客發病事件程序.....	30
圖 4.4 桃園國際機場第一航廈 AED 配置系統 .....	35
圖 4.5 第一航廈一樓.....	36
圖 4.6 第一航廈地下一樓.....	36
圖 4.7 第一航廈二樓.....	37
圖 4.8 第一航廈三樓.....	37
圖 4.9 決策變數設置.....	47
圖 4.10 限制條件.....	48
圖 4.11 最佳化求解結果.....	50
圖 4.12 A 方案最佳化模擬結果(發病機率 0.1%).....	58
圖 4.12 B 方案最佳化模擬結果(發病機率 0.1%).....	58
圖 4.13 A 方案最佳化模擬結果(發病機率 1%).....	62
圖 4.14 B 方案最佳化模擬結果(發病機率 1%).....	62
圖 4.15 A 方案最佳化模擬結果(發病機率 3%).....	65
圖 4.16 B 方案最佳化模擬結果(發病機率 3%).....	65

# 第一章 緒論

## 1.1 研究背景與動機

隨著科技日益進步，生活及飲食習慣也隨之改變新型態的生活方式除了帶給人們便利，也帶來了疾病的衍生(湯慧娟等人，2007)近年來國人罹患心臟疾病人口越來越高，而在衛生福利部統計「十大死因」當中心臟疾病死亡人數高居第二名在民國 103 年死亡人數已攀升近兩萬人次(圖 1.1)，為了減少心臟疾病的罹患機率，各種預防心臟疾病的方法也不斷推陳出新，心臟疾病的急救同時也被注重，美國心臟協會(American Heart Association, AHA)在 2010 年指導方針，人們心臟病發後能存活的五大「存活關鍵」分別為：儘早求救、儘早使用心肺復甦術、儘早使用除顫電擊、儘早使用高級心臟救命術、整合性復甦後照護等方法針對心臟疾病的急救方法(美國心臟協會，2010)，我國於 1960 年推出開始實施緊急醫療救護服務(emergency medical services, EMS)，同時推廣心肺復甦術(cardio pulmonary resuscitation, CPR)技術於一般民眾(胡勝川，2001)；在美國心臟協會提出心臟疾病病發急救方法中體外電擊方法稱為「自動體外心臟去顫器 (AED)」，由早期救護人員攜帶使用演進為設置急救站且說明簡易，結合心肺復甦術更可以提高病患的送醫存活率(Handley, 2003)，美國西雅圖使用 AED 急救之情況下，獲救出院的機會大幅上升到 16%至 25%(龔美文，2013)，在歐洲各地均設置在大量人群集結處，例如：機場、車站、飯店、體育館、賭場等公共場所(Folks et al., 2009)。

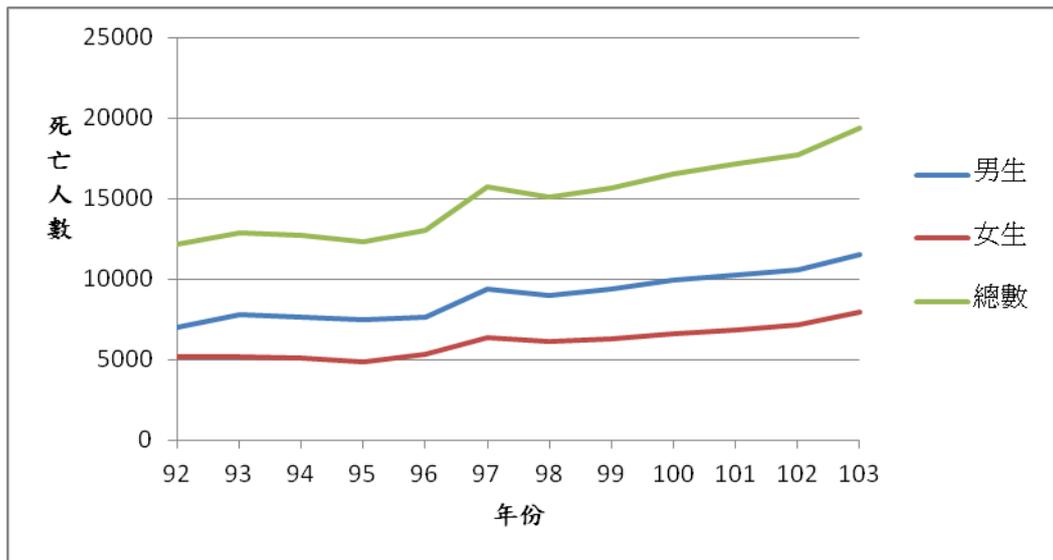


圖 1.1 台灣歷年心臟疾病死亡人數

(資料來源:衛生福利部統計 <http://www.mohw.gov.tw/news/531349778>)

在台灣各地均開始設置 AED，行政院衛生福利部訂定『公共場所必要緊急救護設備管理辦法』，於公共場所設置必要緊急救護設備，供民眾使用急救突發性心跳停止之設備，地點包括單日人潮超過 3000 人之地點如:交通要塞、長距離交通工具、學校、大型休閒場所(民國 102 年 7 月)。接受 AED 急救的心肺功能停止病人，在一分鐘內使用去顫電擊，其存活率可高達 70%，而每延遲一分鐘急救，病人的存活率就下降 7~10% (Larsen, Eisenberg, Cummins, & Hallstrom,1993)病發時越快拿到 AED 進行急救則存活率越高，AED 的設置是需要很用心的規劃以減少緊急反應的時間(Dianne , 2010)，在台灣開始推廣 AED 的設置後目前在台灣各縣市設置 AED 之總數量已達到 6776 個(表 1.1)

表 1.1 台灣各縣市設置 AED 數量

縣市	設置數量(個)	縣市	設置數量(個)
台北市	1293	宜蘭市	196
台中市	795	苗栗縣	211
台南市	363	彰化縣	426
高雄市	539	南投縣	108
基隆市	103	雲林縣	169
新竹縣、市	282	屏東縣	122
嘉義縣、市	264	澎湖縣	45
新北市	873	花蓮縣	148
桃園市	656		
總數量		6776	個

(資料來源：衛生福利部 AED 急救網，經本研究整理)

設置 AED 地點依據行政院衛生署公布之辦法從交通要塞、長距離交通工具、學校與集會場所、觀光旅遊地區、購物場所、旅宿場所、休閒場所等公共場所皆有設置(表 1.2)。

表 1.2 台灣設置 AED 場所及數量

設置地點	數量(個)
交通要塞	471
長距離交通工具	171
觀光旅遊地區	382
學校、集會場所	3039
休閒場所	252
購物場所	232
旅宿場所	20
公眾浴池、溫泉	42
其他	1991
總數量	6776

(資料來源：衛生福利部 AED 急救網，經本研究整理)

在各設置地點中以集會場所及其他地區較多，其他地區涵蓋各縣市行政單位或小型集會場所如：縣政府、衛生所、鄉公所、寺廟與教堂等地區分散於台灣各地，由於學校、集會場所與其他地區數量多且分散於台灣各地，扣除此兩地點，以交通要塞共設置數量 471 個為最多，在各交通要塞中機場的設置數量最多，統計各大機場設置數量(表 1.3)，桃園國際機場佔所有機場設置數量之 60%

表 1.3 台灣機場設置 AED 數量

機場	設置百分比(%)
台北國際航空站(松山機場)	21%
桃園國際機場	60%
高雄航空站	9%
馬公航空站	6%
台中航空站	3%

(資料來源：衛生福利部 AED 急救網，經本研究整理)

經統整台灣目前設置 AED 數量後發現台灣開始注重心臟疾病急救的措施，在各地均有設置 AED 以供民眾緊急救護使用，設置 AED 後已經成功救援多起案例(台灣 AED 世界，2014)，但一個 AED 的成本耗價不斐，經過市場價格競爭，價格已從過去一個 20 幾萬逐步降到 7.2 萬(李盛雯，2014)，雖經過降價但在不考慮維修及急救成本之下設置一個 AED 仍需耗費相當的金錢，針對 AED 的相關研究當中，國內外學者皆有針對 AED 設置位置數量所影響的急救效率進行探討，除了位置數量的研究議題之外，更有學者進行 AED 設置成本以及急救成本研究，過去相關文獻回顧發現，主要探討 AED 設置位置與急救效率之影響，在 AED 急救站配置數量受到設置成本的限制，也會影響急救病患之急救成本，針對 AED 資源配置，就需同時考慮「AED 設置位置」與「AED 設置成本」的關係，這是一個重要議題。

## 1.2 研究目的

AED 擺設位置是相當重要，當心臟疾病突然發作時，離病發點最近之 AED 位置將成為急救後存活的關鍵，若病患超過三分鐘接受到 AED 的急救，將會大幅降低病患送醫後的存活率，因此將 AED 之資源配置進行有效的利用將會非常重要，本研究以桃園國際機場第一航廈場域為基礎，建構與第一航廈相符之模擬模型並蒐集航廈內 AED 數量、航廈各點移動距離和 AED 設置位置等參數，藉由模型模擬出不同策略方案，本研究的研究目的如下：

1. 模擬桃園國際機場第一航廈現有 AED 擺放位置與數量，探討系統內超過 3 分鐘未拿取 AED 之人數(死亡人數)。
2. 在不增加 AED 數量找出現有設置位置的最佳化之配置，降低系統中病發後超過 3 分鐘拿取 AED 急救的病患人數。
3. 以發病機率不同擬定不同策略進行模擬，探討在不同的發病機率，設置 AED 數量與位置所造成系統內超過 3 分鐘拿取 AED 之人數(死亡人數)有何差異

### 1.3 研究架構與流程

本研究之研究步驟主要為六個步驟與研究架構(圖 1.2)

1. 研究動機與目的：

說明研究背景與動機、研究目的、研究架構與流程。

2. 文獻回顧：

回顧現有 AED 擺放位置數量及成本等相關研究，探討國內國外針對 AED 擺設位置、數量及成本等研究後，討論研究方法及結果進行統整，針對過往學者之研究不足處為本研究參考目標。

3. 資料蒐集與整理：

本研究以桃園國際機場第一航廈為研究對象，為求研究之正確性以及完整性，在進行模擬研究流程採完整仿真之形式，搜集桃園國際機場相關資料。

4. 資料帶入與模型建立：

將蒐集的數據利用模擬軟體建立出符合桃園國際機場第一航廈模型。

5. 模擬及最佳化求解：

在模擬軟體模擬第一航廈運作利用模擬軟體以系統內發病後超過 3 分鐘拿取 AED 人數為目標函數，求解出桃園國際機場 AED 擺放數量及位置之資源組合。

6. 結論與建議：

依照模擬結果進行探討，並且給予建議。

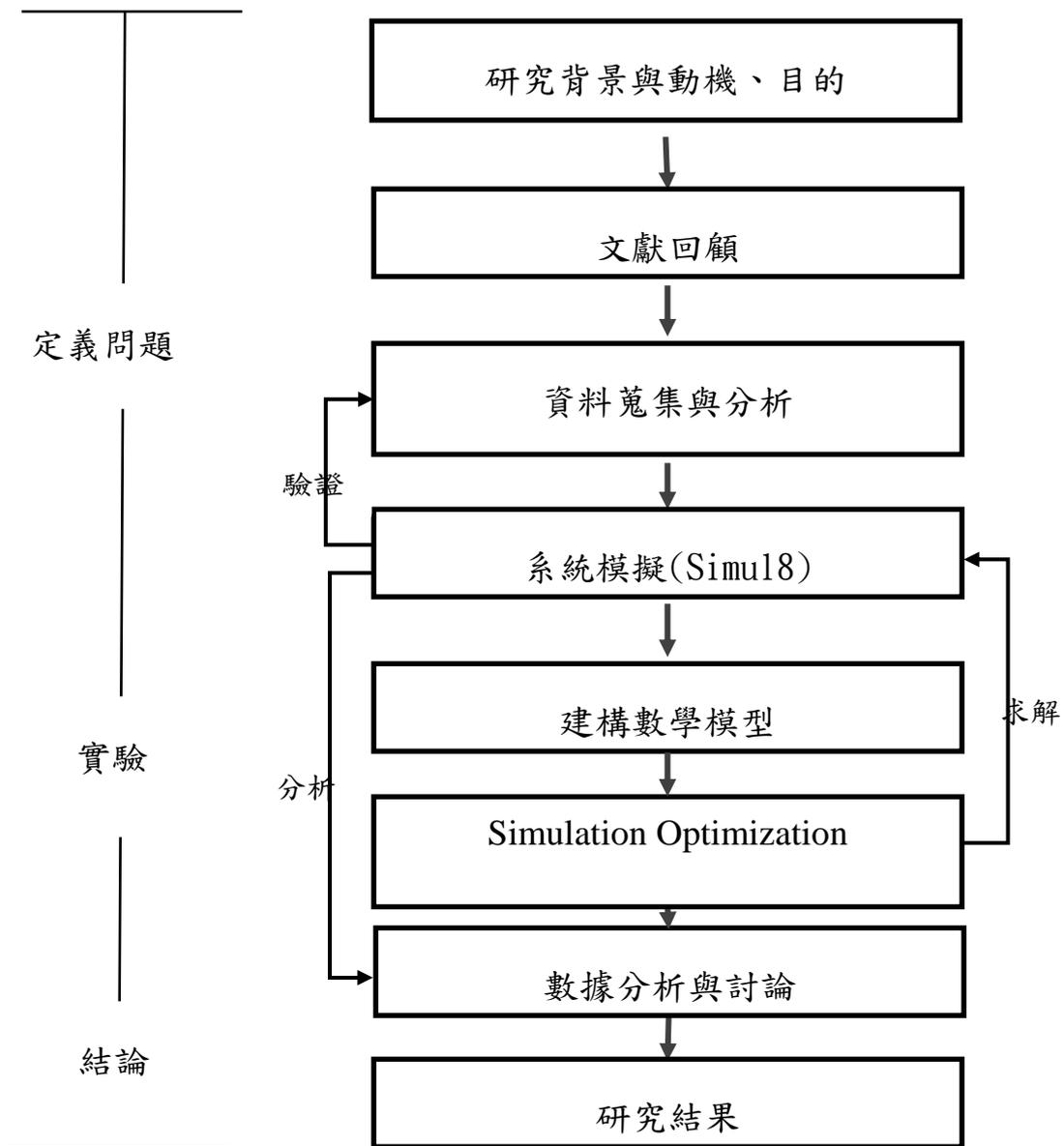


圖 1.2 本研究之架構

## 第二章 文獻回顧

### 2.1 自動體外心臟電擊去顫器

對於心臟停止的病患最早是以心臟按摩、口對口人工呼吸及體外電擊等三大主軸來挽救(Williams, 1960)，稱為「自動體外心臟電擊去顫器」，是一台能夠自動偵測傷病患心律脈搏，並施以電擊使心臟恢復正常運作的儀器（衛生福利部 AED 急救網），美國心臟協會(American Heart Association, AHA)在 2010 年提出指導方針，人們心臟病發後能存活的五大「存活關鍵」分別為：儘早求救、儘早使用心肺復甦術、儘早使用除顫電擊、儘早使用高級心臟救命術、整合性復甦後照護等方法針對心臟疾病的急救方法(美國心臟協會，2010)，我國於 1960 年推出開始實施緊急醫療救護服務(Emergency Medical Services, EMS)，同時推廣心肺復甦術(cardio pulmonary resuscitation, CPR)技術於一般民眾(胡勝川，2001)；在美國心臟協會提出心臟疾病病發急救方法中體外電擊方法稱為 AED，由早期救護人員攜帶使用演進為設置急救站且說明簡易，結合心肺復甦術更可以提高病患的送醫存活率(Handley, 2003)，在接受 AED 急救後八分鐘內接受心臟高級救命術，存活率將大幅上升(吳美吟，2015)，而使用 AED 進行急救心肺功能停止之病人，在一分鐘內使用去顫電擊，其存活率可高達 70%，而每延遲後一分鐘急救，病人的存活率就下降 7~10%(Larsen et al., 1993)。

AED 的設置是需要很用心的規劃以減少緊急反應的時間(Dianne, 2010)，為了提高院外心臟疾病發生急救後存活率，早期 AED 已被證明是對改善生存至關重要。自動體外除顫器的使用已經成為緊急醫療系統的重要的一環，以及近期 AED 技術的進步使 AED 的使用擴大第一反應普通公眾 AED 被許多先進國家做為緊急醫療使用，也是社會進步的指標之一(Marenco, Wang, Link, Homoud & Estes, 2001)，國內學者針對職場上是否設置 AED 緊急救護裝置進行研究，利用過往個案分析，在到院前救護中，單靠心肺復甦術(CPR)是不夠的，能夠配

合自動體外心臟電擊器，勞工的救活機率將大為提升(林旭華、劉麗美與羅錦泉，2015)。不過 AED 在台灣的名度只有 38.8%，設置的數量密度也仍待提升(黃漢華，2013)。

## 2.2 自動體外心臟電擊去顫器資源配置

AED 設置位置對於心臟病發的病患是相當重要，影響病發到急救的時間，當心臟疾病發生後超過救援時間接受 AED 急救，會嚴重影響病人送醫後存活率，因此在國內外各學者針對 AED 的設置位置與數量進行研究，其研究對象從飛機到市區至山區運動場皆有，除了用心規劃放置地點更需要進行成本評估。

### 1. AED 設置位置

國外學者利用 AED 的急救限制與心臟病發的救援時間，探討在美國飛航公司於 1997 年開始在飛機上裝設 AED 並記錄當年 6 月 1 日到 7 月 15 日中所有發生心臟疾病或休克旅客紀錄，飛行班機上設置 AED 裝置利用心電圖紀錄搭配心臟疾病專家分析病患病發資料，紀錄共 200 起案例(191 起在飛機上發生，9 起在候機室)，扣除紀錄不整或遺失等案例，13 起案例急救後送醫順利存活出院，36 起案例經過 AED 急救後恢復心跳並甦醒，統計病發病患獲救送醫存活率比未規劃前高出 40%，並證實在飛機上設置 AED 急救裝置是有效提高發病病患存活率(Richard et al., 2000)。

另一學者對於哥本哈根地區人口分布與 AED 的急救範圍進行研究，探討各區 AED 所設置的數量，研究該地區從 1994 年到 2005 年 4828 個到院前心跳停止(Out-of-Hospital Cardiac Arrest, OHCA)案例，藉由分析該地區潛在人口特徵結合人口特徵學，發現患者年長者較多且好發於夜間，發生地點救護車不易到達，上述案例佔所有案例中的 9%~0.8%，此外比對其他 AED 設置地點成功急救案例在救援較難及時到達的區域且未設置 AED 區域發生心臟疾病的病患送醫存活天數少於 30 天，並指出該地區應設置 AED 地點除人口密集高之外之更應該考慮救援較不即時且高發生機率的地區(Folke et al., 2010)。

國內學者利用地理資訊系統 (Geographic Information System, GIS) 中的空間自相關分析(Spatial Autocorrelation Analysis)搭配熱

點分析分析人口密度比對心臟病發的比例在人口密集較高地點與病發地點設置 AED，並利用台北市 2010 年 6 月到 2012 年 12 月共 4589 起 OHCA 案例，發現該區域 OHCA 急救成功率約為 23 至 25%(鄒惠貞等人，2014)。

另一學者針對台南市 OHCA 案例與現有設置 AED 之間的距離與存活率探討 AED 設置的位置與數量是否需要移動或增加，利用現有設置 AED，計算 AED 所能覆蓋之急救範圍，發現現有 AED 覆蓋範圍僅有 13%，將 AED 移動到便利商店與里民活動中心做為據點讓 AED 覆蓋的急救範圍提升到 30.7%(吳美吟，2015)。

除了市區之外另一學者探討在心臟疾病好發地區設置 AED，在山區、大型運動場等戶外空間，民眾在戶外空間容易因劇烈運動觸發心臟疾病，尤其地點屬於偏僻的山區較不利於急救，因此在該設置 AED 有效提升緊急求救之效率，可有效減少急救所需時間，大幅增加急救成功率，並且利用智慧監控系統監控 AED 的急救效率與使用程度(鄧福順，2013)

## 2.AED 設置成本與急救成本

國外學者檢驗在美國商用客機上不同的方法急救心臟疾病之成本，比較抗癲癇藥劑與 AED 部署在美國商用航空運輸系統的成本和效益，其中抗癲癇藥劑需要每位乘客服用，耗費成本取決於商用飛機的載客量，該研究指出利用設置 AED 取代抗癲癇藥劑，藉由模擬找出 AED 設置方案將設置成本控制在美金 50,000 以下比較原有方案，設置 AED 的成本可節省 15%( Conlay, 2002)。

另一學者統計丹麥哥本哈根地區公共場所心臟病發生案例共 1274 起案例，該地區採放置抗癲癇藥劑以及設置 AED 雙軌並行，其中抗癲癇藥劑成本較為便宜，藥劑設置據點所覆蓋的範圍僅有 19.5%，而區域內設置 AED 所覆蓋的面積為 66.5%，但上述綜合抗癲癇藥劑與 AED 的設置方法其成本達\$ 33 個 100 或\$ 41,000 每額外的質量調整生命年(Quality Adjusted Life Year , QALY)，若需要將此類設置方法所覆蓋擴展到全市則成本會增加至\$ 108,700 每質量調整生命年，而設置地區多為車站、大型公共場所、步行區

等 (Folke et al., 2010)。

統計過往在台北市區 OHCA 的案例，並且分析每個 AED 急救之成本，發現台北市 1999 年至 2000 年每急救 1 位病患，其成本高達約 200 萬，造成成本高的原因為設置地點不佳無人使用，包括設置在醫院或是救護車 5 分鐘內可以到達的地方，造成沉默成本耗費(哈多吉，2003)，因此妥當的 AED 設置位置及數量規劃，不但可以節省成本更可以提高急救效率。

## 2.3 系統模擬

Maria (1997)指模擬是仿造真實世界的運作系統，進行實際上不太可能直接執行或是執行成本過於昂貴，在模擬系統內資源是可被調配的且該系統可以代表實際狀況，廣泛而言系統模擬是可以當成評估方案或是策略的工具亦或評估在長期時間的各種效益。

林則孟(2002)提出，模擬是針對某一已存在或構想中之操作性系統行為，構建一個以電腦為基礎之數學或邏輯模式，然後在次實驗模式上評估各不同組合之決策、透過模擬運作的過程瞭解整體系統的操作行為。

進一步指出，進行模擬的主要原因如下：

1. 實際的系統不存在，但若以實物建造太花費成本或太花費時間或太危險。
2. 實際的系統已存在，但做實驗太花錢、太過於危險、會造成太大干擾。
3. 分析或預測一些複雜性的行為。
4. 數學模式難以獲無法提供一個分析或數值解。

Law 與 Kelton (1991)指模擬是仿造真實世界的運作系統，為了符合真實現況，建構順序包括：確立問題、建立模型、資料收集、輸入模型、模式驗證確認、建構新模式、結果分析、實際運用，步驟說明如下：

### 1. 確立問題

了解欲探討的問題及模擬預定所要達成之目標，並對問題的相關因素進行觀察，建立數學模式將問題條列公式，幫助模型的建立。

### 2. 建立模型

對於研究主題有一定了解程度後，針對整體問題的資源做定義，包括影響模型物件確立，以及每件物件之間是否會有互相影

響的關係，以及物件間的發生先後順序，使建立之模型趨於完整。

### 3. 資料蒐集

根據模型建立所需資料，進行現實狀況的資料收集，使參數模擬主題符合現狀，所建立模型趨於真實。

### 4. 輸入模型

將所建立的模擬流程及步驟與相關參數及所蒐集之資料，輸入到模擬軟體當中，並進行電腦分析的程序。

### 5. 模式驗證確認

模型建構完成後，藉由模型的驗證與確認，來確立所建構之模擬模型是否與現實相符、其運作模式是否符合現況、其模擬數據是否具有可信度，模式驗證是有關如何使模擬模式正確、模擬實驗是否如預期進行。一般而言，可透過與領域專家進行模式確認、使用歷史資料運用統計方式進行模式確認、及與其他相仿模式比較等方式。

### 6. 建構新模式

依照不同的策略方案，進行資源的重新配置，或是流程的調整，使新的模型更加有效率。

### 7. 結果分析

對於建立的模型，運用模擬軟體進行模式策略模擬，針對模擬得知的結果資訊進行分析，探討所建立的模型是否有達到原始問題的需求，以及所建構的新模型與最原始的模型是否有顯著差異，及不同情況下使用何種模型會有最好的效益。

### 8. 實際運用

將分析所得到的數據結果，運用到真實的問題狀況，從中研究與討論其真實情況下該如何運作。

## 2.4 系統模擬應用於資源配置

利用系統模擬建構與事實相符模型，除了可以節省得知結果時間，更可以利用模擬各方案來節省成本，學者利用系統模擬的特性，模擬資源配置情形，等候理論中的 Jackson Network 假設方案，利用系統模擬建構與模擬，依照指標衡量目前病床資源分配是否合理且尋找較佳的病床資源組合(Cochran & Bharti, 2006)。

運用系統模擬規劃資料包絡分析法進行急診人力資源配置分配提出了一種混合的方法，結合離散事件模擬(Discrete Event Simulation, DES)和資料包絡分析法(Data Envelopment Analysis, DEA)模型提供最佳的業組合決策單位方案。多個替代組合決策單位的效率及達到一個更豐富的基準分析。以醫護工作人數資源配置、效率、效果及精實管理之下，且運用系統模擬規劃急診醫療作業，可以完成分配最合適化及績效評估(王立敏，2012)。

除了模擬資源配置之外(Barjis, 2011)運用模擬預測隨著世界人口老齡化的預期增長，醫療服務所面臨成本壓力，模擬不但可以達到資源配置的方法更可以達到預測節省時間與成本。

### 第三章 研究方法

#### 3.1 研究對象簡介

本研究之研究對象為台灣桃園國際機場第一航廈，以桃園國際機場第一航廈為基礎(圖 3.1-3.2)對所需資料進行收集和彙整，所需收集的資料包括航廈地圖、航廈內各點 AED 配置、航廈旅客動線、航廈各樓層包括地下一樓餐廳、一樓、二樓、三樓與四樓之出入境檢查站、候機室等等。

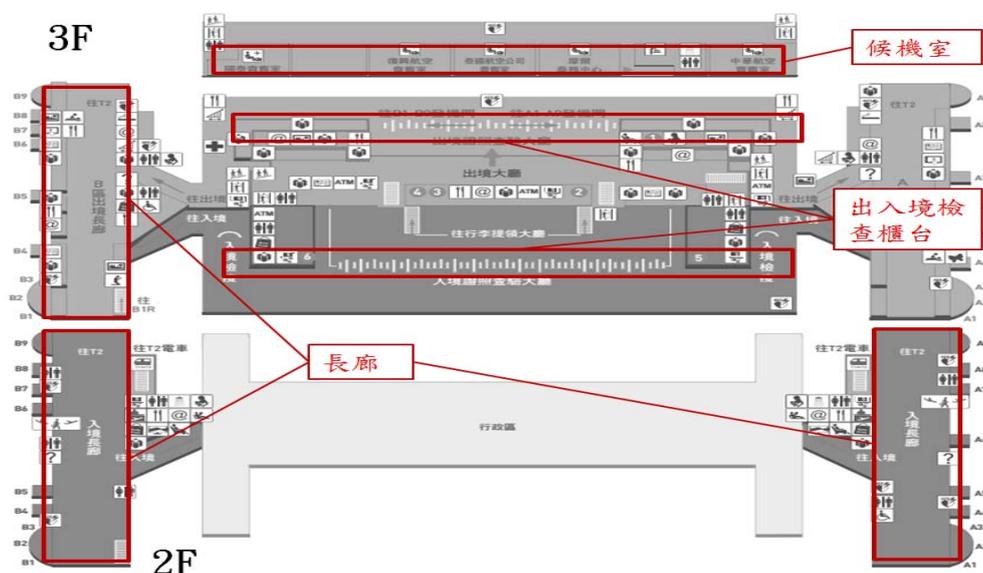


圖 3.1 桃園國際機場第一航廈 2F 與 3F 平面圖

(資料來源:桃園國際機場)

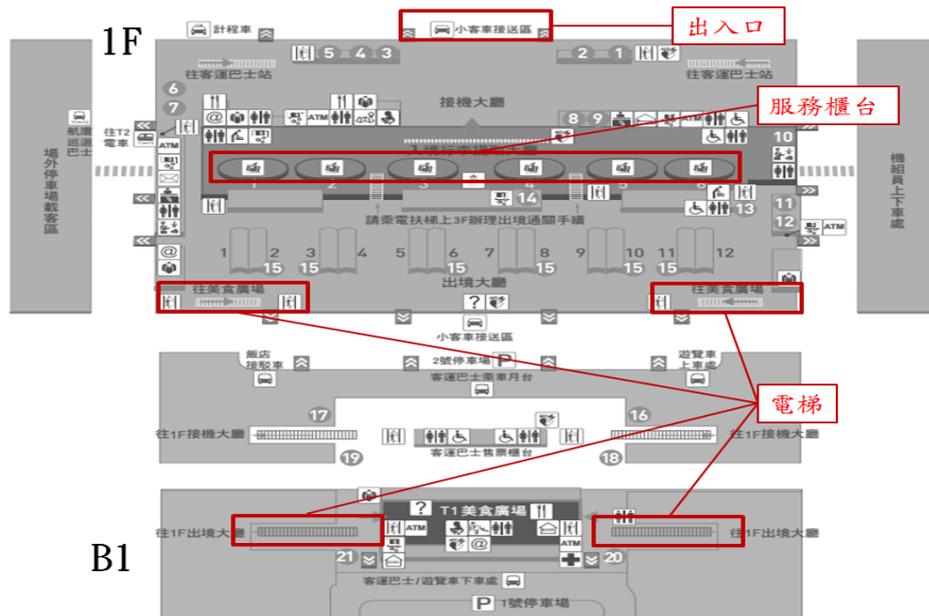


圖 3.2 桃園國際機場第一航廈 1F 與 B1 平面圖

(資料來源:桃園國際機場)

桃園國際機場近年客運量(包括:出境、入境、過境)歷年逐漸上升的趨勢(圖 3.3)，其中從 2013 年開始客運量達 3000 萬人以上，其中第一航廈每年旅客流量包括出境、入境約為 1500 萬人次，平均一個月約為 12 萬人次，尖峰時期一小時可達 4000 人次的流量，第一航廈辦理出入境業務、行李托運業務等機場相關業務。

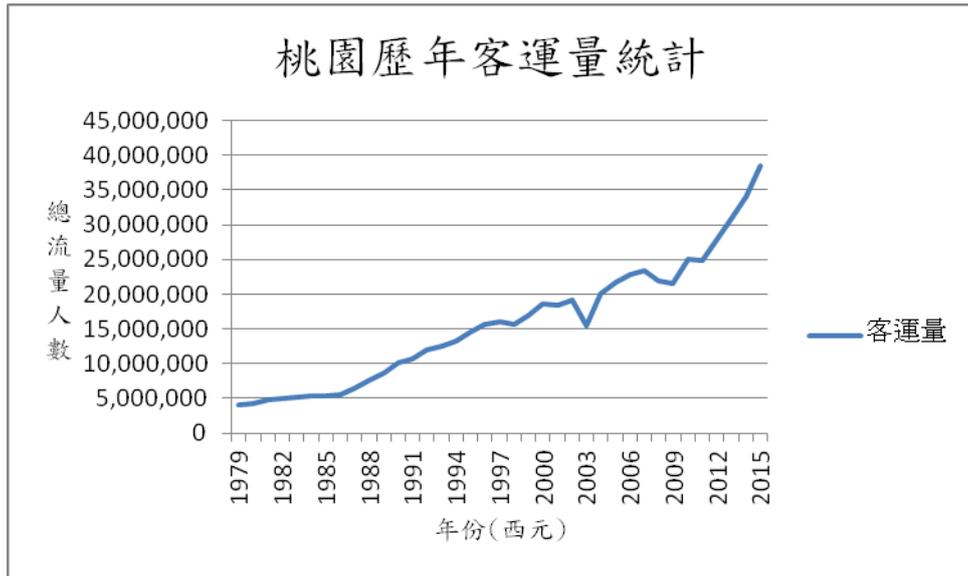


圖 3.3 桃園國際機場歷年客運量

(資料來源：桃園國際機場)

### 3.2 研究方法架構

本研究方法之架構(圖 3.4)

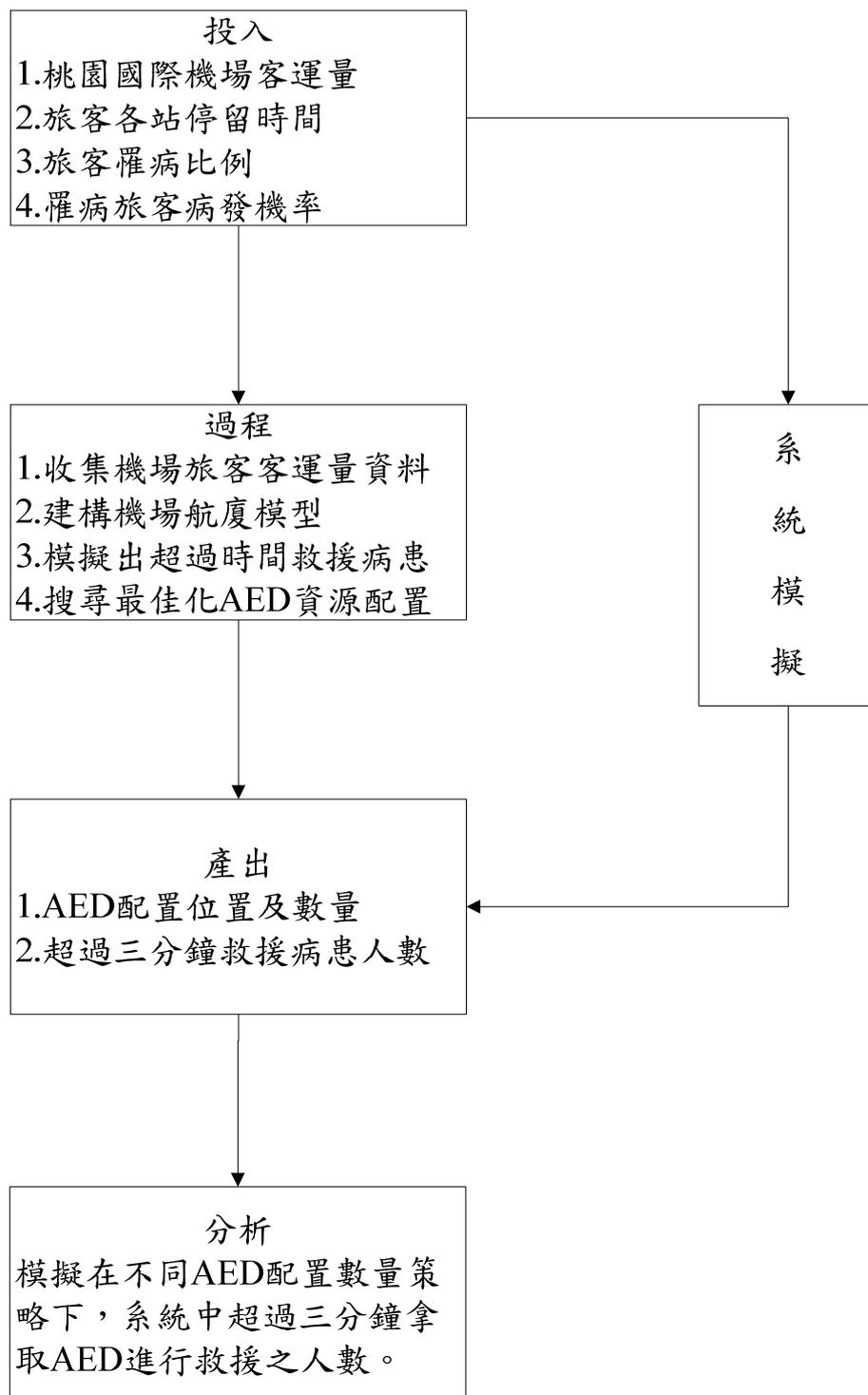


圖 3.4 研究架構

### 3.2.1 統計資料與蒐集

利用統計方法針對桃園國際機場西元 2015 年 1 月到西元 2015 年 12 月逐月客運量資料，包含旅客出境、入境、過境及桃園國際機場第一航廈點到點之間距離等資料進行蒐集及整理；整理各項資料，將資料整理成旅客進入桃園國際機場第一航廈模擬所需資料。

### 3.2.2 系統模擬建立

根據蒐集相關數據整理成資料之後，確認建立模型所需的資料後，按照桃園國際機場第一航廈平面圖設施規劃，設施分成旅客活動空間、辦理航廈及旅客相關業務櫃檯、旅客動線、航廈內交通設施、航廈樓層地下一樓、一樓、二樓、三樓；旅客進入航廈分成三個去向，分別是一樓、地下一樓、二樓，一樓主要是辦理相關業務櫃檯及其他事務，地下一樓主要為餐廳美食廣場、二樓為通往三樓候機室及出境大廳；旅客進入系統後會分為是否罹患心臟疾病，罹患心臟疾病旅客再細分為是否為發病病患，若為發病病患在系統內各點將會有一定機率病發心臟疾病，當系統內觸發心臟疾病後，將會選擇附近 AED 進行急救，若病發地點距離 AED 設置地點拿取時間超過三分鐘，病人將會被歸類為來不及急救病患，若在三分鐘內拿取 AED 進行急救將會被歸類為急救成功案例。根據上述流程與步驟，使用模擬軟體 Simul8 來建構出旅客進入桃園國際機場第一航廈的模型來進行模擬的研究。

### 3.3 研究假設與限制

系統模擬是非常複雜及隨機動態，系統中不確定因素包含了旅客行走速度、旅客目的地不一、罹病病發機率、旅客到機場速度、旅客在機場活動範圍等等變故，故此對模擬系統進行條件假設：

1. 系統內行走的速度一致，設定固定速度為 66.7(公尺/分鐘)
2. 系統模擬模型無記憶性，在模型中各站機率皆不影響下站機率分配
3. AED 急救時間一致，設定每個 AED 急救一位病患時間為 3 分鐘

4. 系統內使用分配為平均分配(Average)；但未考慮到機場服務人員配置與人員服務時間等時間。

### 3.4 航廈系統模擬執行步驟

模擬是仿造真實世界的運作系統，為了符合真實現況，建構順序包括:確立問題、建立模型、資料收集、輸入模型、模式驗證確認、建構新模式、結果分析、實際運用，本研究整理模擬執行步驟(圖 3.5)，模擬各步驟說明如下:

1. 確立問題

了解 AED 使用步驟以及 AED 設置上面臨的限制、AED 急救範圍大小及桃園國際機場設置 AED 現況，並對問題的相關因素進行觀察，建立數學模式將問題條列公式，幫助模型的建立。

2. 建立模型

針對桃園國際機場第一航廈的平面設置圖建立模型，分析旅客活動空間以及動線，AED 設置位置與數量等所需資訊。

3. 資料蒐集

根據模型建立所需資料，包括各點距離，AED 站到各站距離、桃園國際機場每年客運流量等資訊。

4. 輸入模型

將所建立的模擬流程及步驟與相關參數及所蒐集之資料，輸入到模擬軟體當中，並進行電腦分析的程序。

5. 模式驗證確認

模型建構完成後，藉由模型的驗證與確認，來確立所建構之模擬模型是否與現實相符、其運作模式是否符合現況、其模擬數據是否具有可信度，透過與領域專家進行模式確認以及利用桃園國際機場客運量與系統模擬模型產出結果進行驗證。

6. 建構新模式

針對現況模擬結過，擬定不同的策略方案，對於模型給與不同的條件限制，例如:增加旅客人數或發病機率，測試再不同的策

略方案 AED 擺放的位置與數量有何變化。

## 7. 結果分析

除了針對現況進行最佳化規劃之外，對於模型進行策略模擬，並對結果資訊進行分析，探討面臨更多得旅客人數或發病機率所建構的新模型與最原始的模型 AED 擺放方式與數量、死亡人數是否有顯著差異，及不同情況下使用何種模型會有最好的效益。

## 8. 實際運用

將分析所得到的數據結果，運用到真實的問題狀況，從中研究與討論其真實情況下該如何運作。

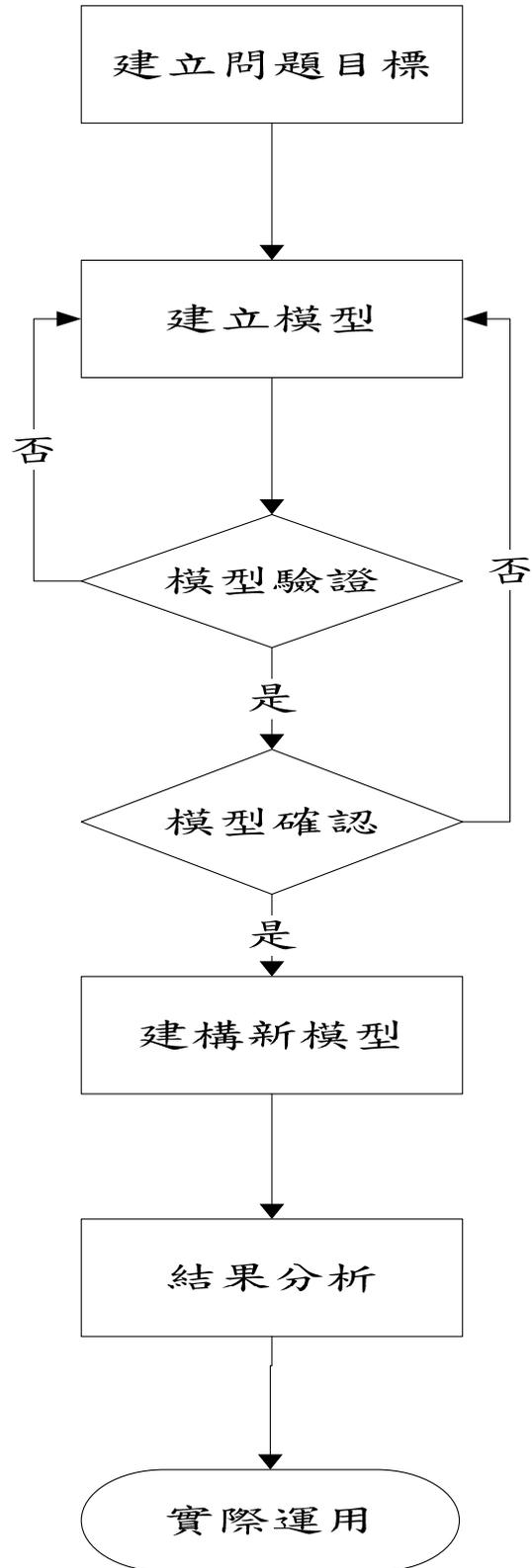


圖 3.5 模擬執行步驟

## 第四章 模型建構與研究結果說明

### 4.1 研究樣本統計分析

本研究蒐集了桃園國際機場 2015 年 1 月至 12 月之出境、入境、過境逐月客運流量(表 4.1)，共 38473333 人，經由統計分析可得知平均每月進入桃園國際機場人數如(圖 4.1)。

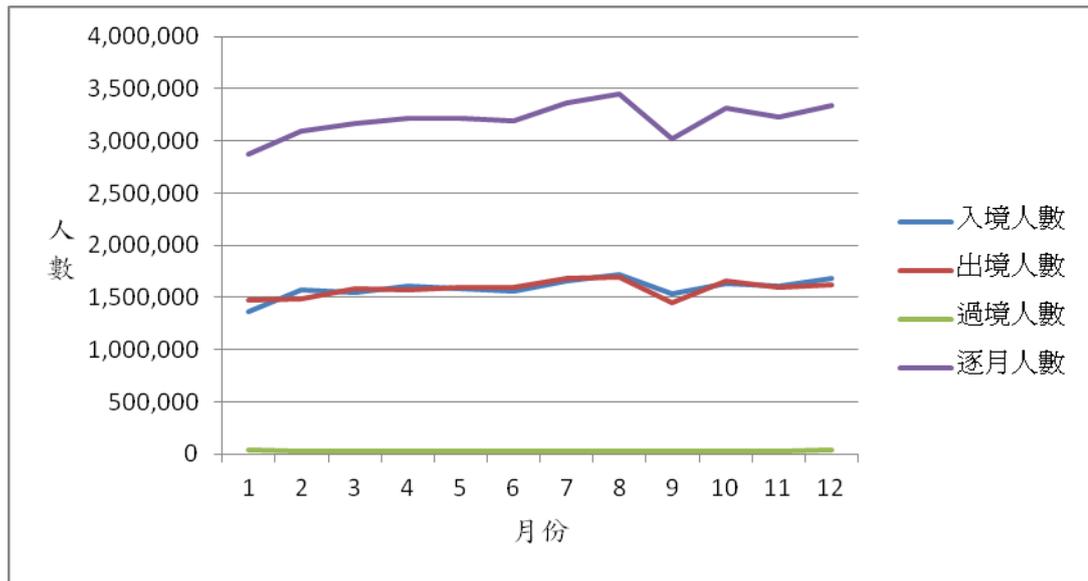


圖 4.1 桃園國際機場 2015 年逐月客運量

(資料來源：桃園國際機場)

而桃園國際機場第一航廈與第二航廈客運量平均經由整理如(表 4.1)，整理出桃園國際機場第一航廈 2015 年 1 月至 12 月平均每月客運流量(圖 4.2)，第一航廈每年約可容納 1900 萬左右旅客數量，平均一個月可達 160 萬客運量。

表 4.1 桃園國際機場第一航廈 2015 年客運量

年/月	出境人數	入境人數	過境人數	總計
2015/01	681,769	735,896	19,197	1,436,861
2015/02	787,581	743,205	16,168	1,546,953
2015/03	773,410	790,693	16,904	1,581,006
2015/04	805,162	789,619	15,840	1,610,620
2015/05	789,882	801,910	16,228	1,608,020
2015/06	782,669	797,844	13,022	1,593,535
2015/07	827,984	841,829	11,196	1,681,008
2015/08	858,305	850,974	14,635	1,723,913
2015/09	771,167	726,445	13,731	1,511,343
2015/10	818,064	829,040	13,053	1,660,157
2015/11	802,870	798,438	14,839	1,616,146
2015/12	838,936	808,319	19,854	1,667,108
總計	9,537,796	9,514,208	184,663	19,236,667
平均	794,816	792,851	15,389	1,603,056

(資料來源：桃園國際機場)

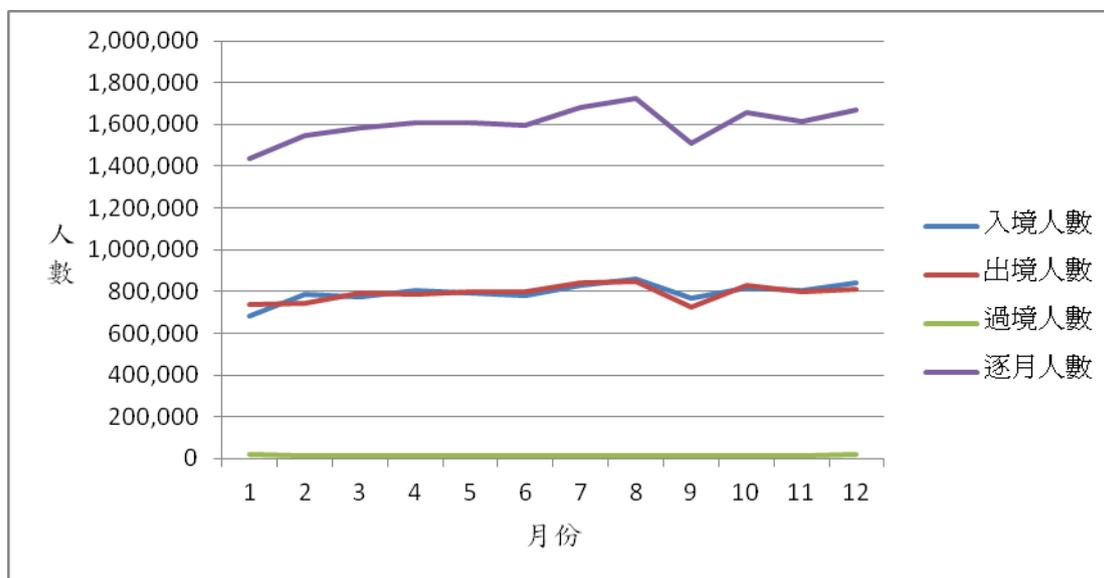


圖 4.2 第一航廈 2015 年逐月客運量

(資料來源：桃園國際機場)

## 4.2 模型建立與結果分析

本研究參數設置部分，依照桃園國際機場第一航廈平面圖設置分為四個區域，分別為一樓服務區域大廳、地下一樓餐廳、二樓走道通往候機室及出境櫃台、三樓候機室及出境櫃台等區域探討，旅客主要分為三種，分別為未罹病旅客、罹病未病發旅客、病發旅客等，未罹病旅客表示為未患有心臟疾病旅客；罹病未發病旅客表示為旅客患有心臟疾病但在進入系統到離開系統並未發病；發病旅客表示為進入系統的旅客患有心臟疾病且在系統中發病，上述三種旅客在系統活動中皆依照旅客發病事件程序(圖 4.3)

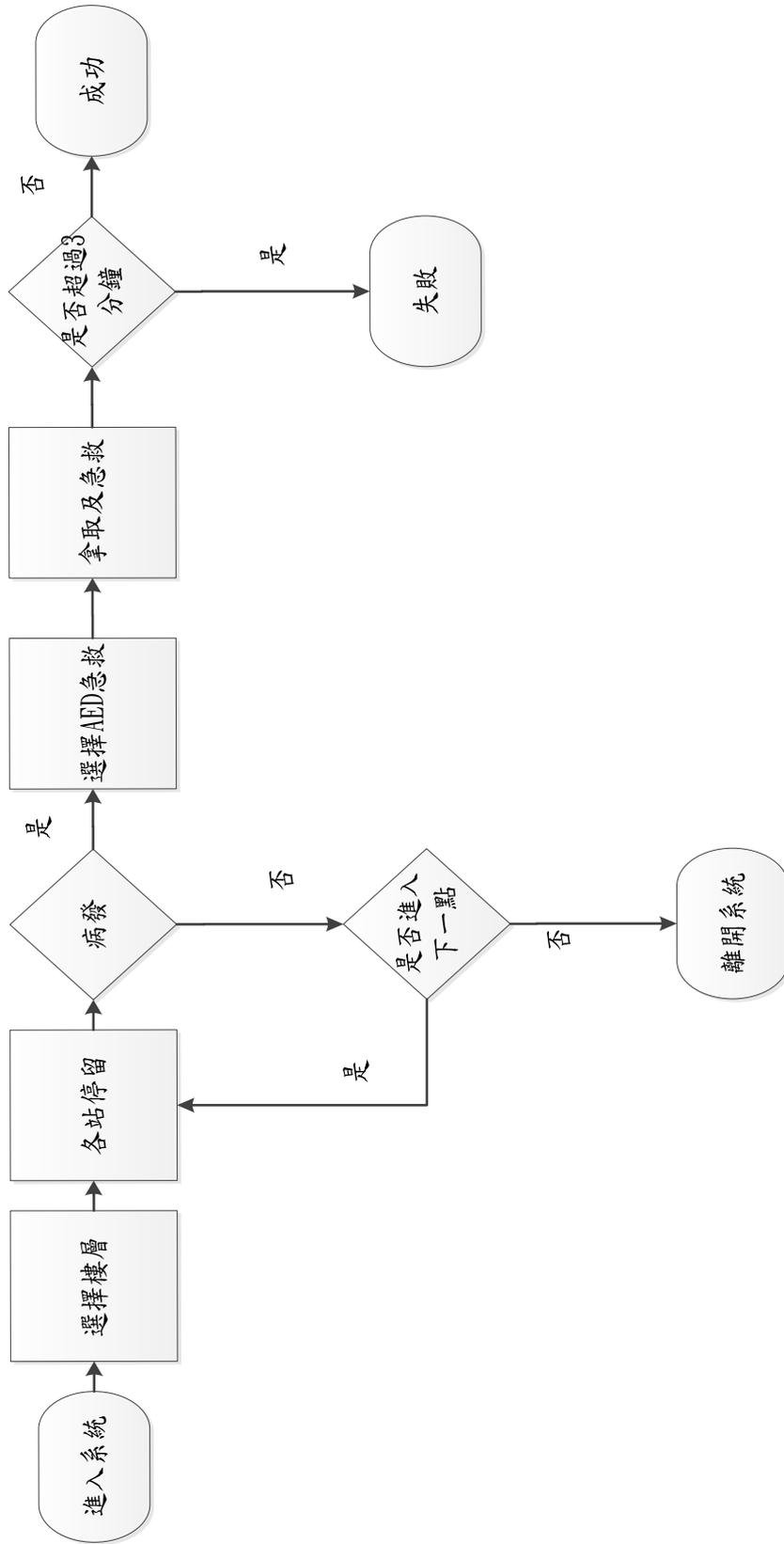


圖 4.3 旅客發病事件程序

#### 4.2.1 系統參數設置

經本研究整理桃園國際機場第一航廈平面設地圖、桃園國際機場旅客出入過境客運流量後，建立系統模擬模型，在模型中設立旅客活動地點、托運行李櫃台、服務櫃台、AED 急救站、航廈出入口、候機室等元件，並整理如(表 4.2)，旅客進入系統入口，經由蒐集第一航廈 2015 年 01 月到 12 月客運量歷史資料，經由指數分配輸入系統中，在各工作站中設定分配均為平均分配包括：行李過磅站、出入境辦理櫃台、航廈相關服務櫃台等，設置分配為平均分配。

表 4.2 系統模擬元件介紹

系統模擬圖示	圖示意義說明	系統模擬圖示	圖示意義說明
	旅客進入入口		航廈出口
	行李過磅站		航廈餐廳
	計程車招呼站		航廈電梯
	航廈交通公車站		樓梯
	停車場出入口		AED 站開關
	航廈相關服務櫃台		自動體外電擊去顫器(AED)
	出入境辦理櫃台		控制 AED 站開關

系統模擬模型中設置 AED 站開關，目的是為了藉由資源數量設置或不設置來控制 AED 站的開或關，在每一個可設置地點皆設置此類資源，當資源數為 0 的時候代表 AED 該點不設置，可以避免系統中有病患誤跑該站，造成錯誤，這樣的設置亦可為最佳化的資源調整變項。

## 4.2.2 航廈資源配置變項

在本研究系統模擬模型當中需解決現實問題，利用程式語法搭配軟體內建標籤(label)來達到以下目的：

1. 系統內各點拿取 AED 距離及時間
2. 計算發病到接受 AED 治療時間
3. 判別是否超過急救時間

在系統中從發病到拿取 AED 進行急救的時間非常重要，若發病時能即時拿到 AED 進行急救，病患送醫後存活率會較高，如果超過時間拿取 AED 則病患送醫存活率將會大幅降低，在系統中急救時間定義為 3 分鐘，意指病患從發病到拿取 AED 時間必須低於 3 分鐘；拿取時間低於 3 分鐘在系統內會定義為急救成功，若超過 3 分鐘系統則會定義為急救失敗。

$$V=D/T \quad \text{公式(1)}$$

$$T=D/V \quad \text{公式(2)}$$

T:拿取 AED 時間

D:發定地點到 AED 設置站距離

V:旅客行走速度

拿取 AED 時間與發病地點及 AED 設置地點有關，在系統中計算公式依據為速度公式(1)，利用公式(1)可推導出時間與速度距離的公式(2)，系統中依據公式(2)計算急救時間，對於行走速度在系統中設置為固定速度:66.7 公尺/分 (Knoblauch 等人，1997)；再設置移動距離計算根據桃園國際機場第一航廈平面範圍分為 5 種距離計算(表 4.3)

表 4.3 系統中各點距離

距離種類	距離(單位:公尺)
最近	50 公尺內
近	51 公尺到 100 公尺
中等	101 公尺到 150 公尺
遠	151 公尺到 200 公尺
最遠	200 公尺以上

在系統模擬模型中計算公式為公式(3)，利用軟體中全系統共用標籤(global label)意旨系統中無論何處使用此種標籤皆可以在同一地方調正標籤內數值，公式(3)中搭配系統模擬軟體中的標籤(label)與(表 4.4)中的距離，將計算結果標記在 label: save time 中，利用下一站公式(4)搭配標籤(label: out routing)判別急救時間標籤是否超過 3 分鐘

$$\text{Save time} = [\text{gdistance}50\text{m}/\text{gV}] \quad \text{公式(3)}$$

$$\begin{array}{l} \text{If save time} \leq 3 \\ \quad \text{Set out routing}=1 \\ \text{Else} \\ \quad \text{Set out routing}=2 \end{array} \quad \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{If save time} \leq 3 \\ \quad \text{Set out routing}=1 \\ \text{Else} \\ \quad \text{Set out routing}=2 \end{array}} \right\} \text{公式(4)}$$

Save time:病人發病到拿取 AED 的時間

gdistance50m:拿取 AED 距離

gV:系統中行走速度

out routing:判別計算結果後分類

標籤(label: out routing)判別急救時間後結果有兩種:

1. 判別若急救時間低於 3 分鐘:定義急救成功
2. 判別若急救時間超過 3 分鐘:定義急救失敗

### 4.2.3 模型作業流程

依據桃園國際機場第一航廈平面圖以及本研究變項及參數部分導入到模型建立模擬模型如(圖 4.4)，以及各樓層模型圖(圖 4.5-4.8)。

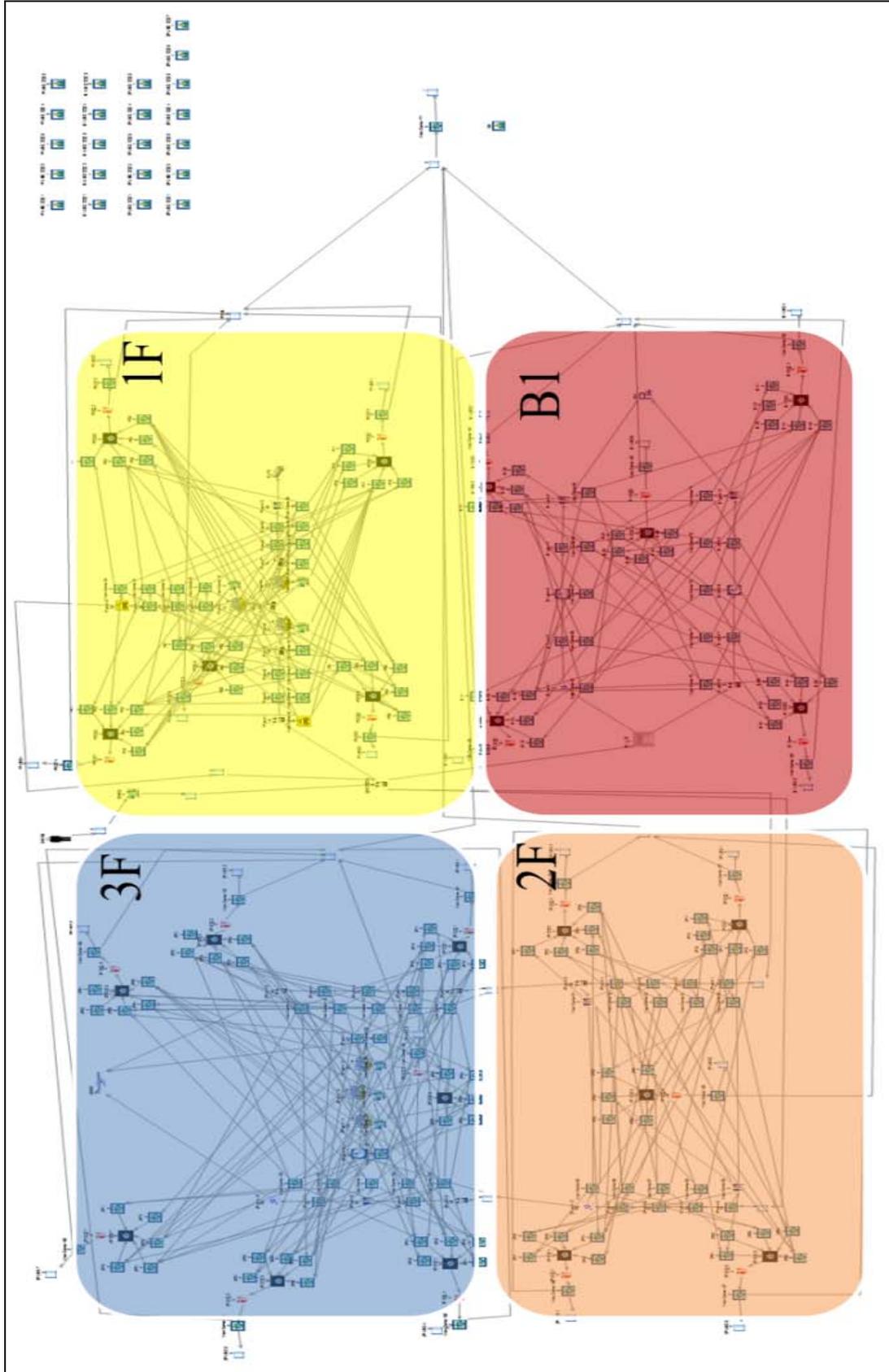


圖 4.4 桃園國際機場第一航廈 AED 配置系統

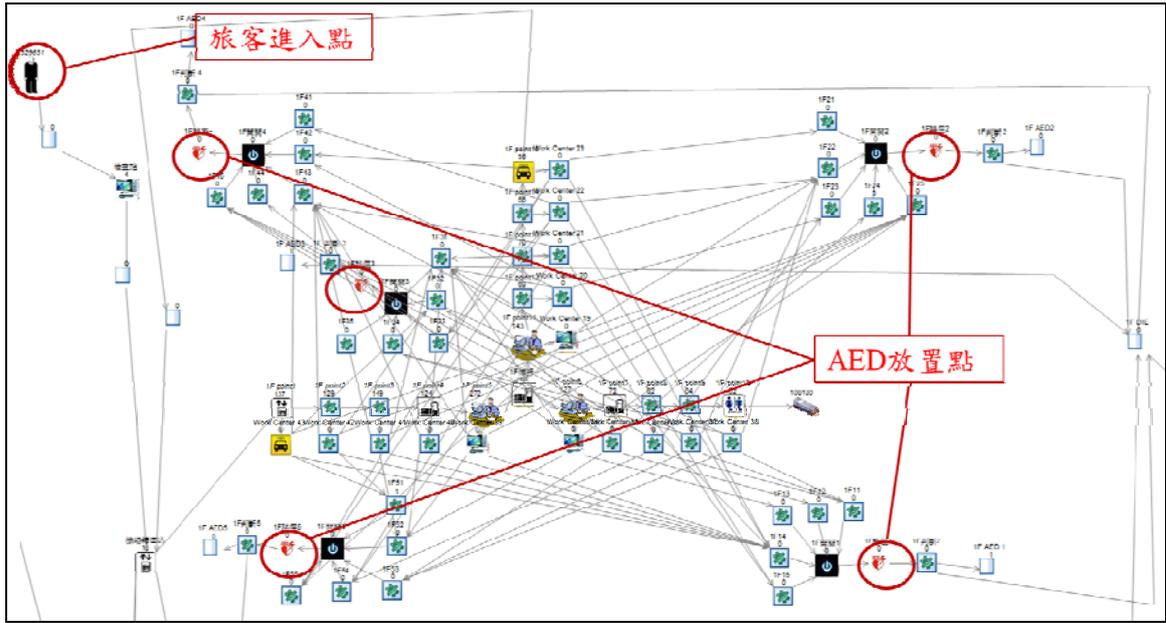


圖 4.5 第一航廈一樓

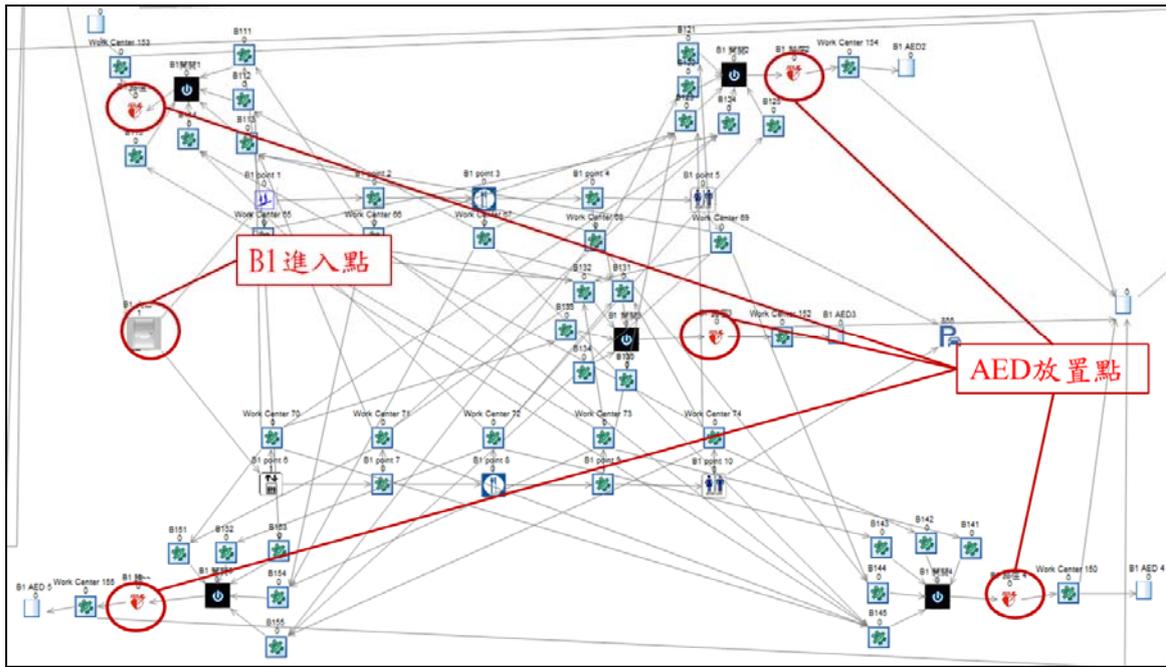


圖 4.6 第一航廈地下一樓

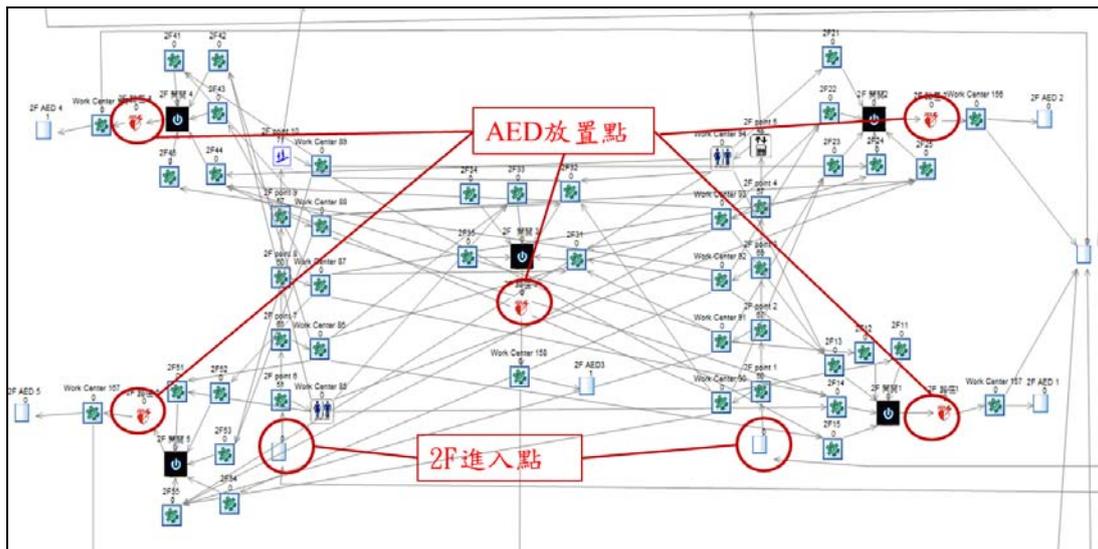


圖 4.7 第一航廈二樓

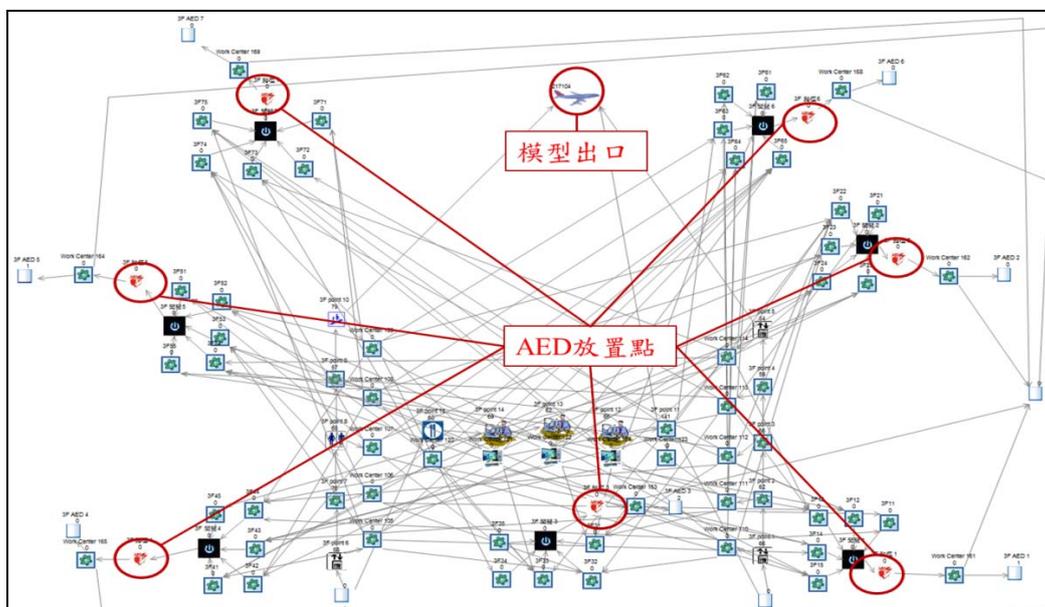


圖 4.8 第一航廈三樓

在系統中，旅客到達桃園國際機場選擇主要有三種，包括一樓、地下一樓、二樓，旅客在系統中依照喜好及需求在系統中自由活動，在各站隨意停留，系統內各停留點皆有機率發生心臟疾病，若發生心臟疾病可選擇各樓層的 AED 進行急救，在 AED 急救限制上面臨時間限制，從病人發病地點到 AED 設置位置拿取 AED 的時間必須在 3 分鐘之內，這樣病人才可以維持送醫後仍有一定的存活率，因此在本研究模擬模型內定義，若拿取 AED 時間超過 3 分鐘則定義為急救失敗。

#### 4.2.4 模擬時間及次數

本研究透過 Simul8 軟體模擬桃園國際機場第一航廈 AED 配置系統，為了仿真採取桃園國際機場 24 小時營業，最佳化系統則是調整求解時間為 1440 分鐘。

#### 4.2.5 模擬結果

根據桃園國際機場現有配置數量及位置(表 4.4)，表中設置欄位中，若為 0 表示該點不設置 AED，若為 1 表示該點設置 AED，依照現行配置數量及位置，進行模擬評估

表 4.4 桃園國際機場第一航廈 AED 現有配置表

樓層	設置位置	是否設置
一樓	大廳右側	0
	一樓出口右側	1
	大廳櫃台	1

樓層	設置位置	是否設置
一樓	一樓出口左側	0
	大廳左側	1
地下一樓	地下一樓乘車月台左側	0
	地下一樓乘車月台右側	1
	美食廣場中間	1
	美食廣場右側	0
	美食廣場左側	0
二樓	二樓 A 長廊頭右側	1
	二樓 A 長廊尾右側	1
	二樓 A 長廊左側	1
	二樓 B 長廊頭	1
	二樓 B 長廊尾	1
三樓	三樓 A 長廊頭	1
	三樓 A 長廊尾	1

樓層	設置位置	是否設置
	提領行李大廳	1
	三樓 B 長廊頭	1
	三樓 B 長廊尾	1
	出境大廳	1
	候機室	1
總設置數量		17 個

利用現行擺設方法進行模擬在系統中發病超過 3 分鐘未拿取 AED 之人數，擺設 AED 數量共 17 個，從一樓、地下一樓、二樓、三樓皆有設置，模擬結果為平均人數為 8 人。

#### 4.2.6 模型驗證

完成模型建立後，對於模型的確認及驗證是一項很重要的工作，模型驗證與確認主要目的為證明模擬模型建立到完成模擬結果過程與事實相符，且模擬結果具有可信度，從一開始的資料蒐集到建置系統模擬，必須經過模型確認，確認模型依照事實建構出模擬模型，完成模型建立後須經過模擬結果的驗證，根據 Averill (2000)指出系統模擬研究步驟中的模式驗證與確認提到，驗證方法主要有：

1. 透過與領域專家進行模式確認
2. 運用歷史資料、統計方式進行模式確認
3. 其他相仿模式比較

本研究整理桃園國際機場第一航廈 2015 年 01 月到 12 月出境、入境、過境加總客運量(表 4.5)，利用系統模擬針對第一航廈進行模擬，模擬次數為 12 個月，且逐月模擬，每個月模擬 30 次並取平均值，利用第一航廈歷史資料與系統模擬資料進行統計方法驗證，其比較結果如(表 4.6):

表 4.5 桃園國際機場第一航廈 2015 年客運量

年/月	出境人數	入境人數	過境人數	總計
2015/01	681,769	735,896	19,197	1,436,861
2015/02	787,581	743,205	16,168	1,546,953
2015/03	773,410	790,693	16,904	1,581,006
2015/04	805,162	789,619	15,840	1,610,620
2015/05	789,882	801,910	16,228	1,608,020
2015/06	782,669	797,844	13,022	1,593,535
2015/07	827,984	841,829	11,196	1,681,008
2015/08	858,305	850,974	14,635	1,723,913
2015/09	771,167	726,445	13,731	1,511,343
2015/10	818,064	829,040	13,053	1,660,157
2015/11	802,870	798,438	14,839	1,616,146
2015/12	838,936	808,319	19,854	1,667,108
總計	9,537,796	9,514,208	184,663	19,236,667
平均	794,816	792,851	15,389	1,603,056

(資料來源：桃園國際機場)

表 4.6 驗證結果

年/月	機場人數	95% 下限	模擬人數	95% 上限	百分比
2015/01	1,436,861	1416038	1,452,347	1488656	-1.08%
2015/02	1,546,953	1480658	1,518,624	1556590	1.83%
2015/03	1,581,006	1593718	1,634,583	1675448	-3.39%
2015/04	1,610,620	1597387	1,638,346	1679305	-1.72%
2015/05	1,608,020	1542905	1,582,467	1622029	1.59%
2015/06	1,593,535	1591211	1,632,011	1672811	-2.41%
2015/07	1,681,008	1592514	1,633,348	1674182	2.84%
2015/08	1,723,913	1650247	1,692,561	1734875	1.82%
2015/09	1,511,343	1493716	1,532,016	1570316	-1.37%
2015/10	1,660,157	1579259	1,619,753	1660247	2.43%
2015/11	1,616,146	1607507	1,648,725	1689943	-2.02%
2015/12	1,667,108	1588023	1,628,742	1669461	2.30%
平均	1,603,056	1561099	1,601,127	1,641,155	0.12%

根據比較表格中可以得知，經果比較逐月模擬的資料，系統模擬提供 95% 信賴區間數值，經過比對後每個月差異百分比皆不超過

5%，其中 2015 年 3 月差異較大為 3.39%，在模擬每個月之後的平均值差異只有 0.12%。

## 4.3 最佳化問題配置

### 4.3.1 問題定義與描述

本研究探討在固定的場域及環境條件之下，AED 配置數量及位置對於系統內發病病患超過三分鐘接受到 AED 急救人數之影響，利用系統模擬軟體 Simul8 內建類神經網絡最佳化求解軟體 Opt quest 搜尋最佳 AED 資源配置組合方案，其最佳化模式表示及說明如下：

Optimization Model 架構

目標: Minimize 發病死亡人數

$$\text{Min } Z=f(x)$$

$$\text{S.t.: } \sum_{i=1}^{22} x_i = m$$

$$\sum_{i=1}^{22} y_i = n$$

$x_1$  = 在一樓大廳右側死亡人數

$x_2$  = 在一樓出口右側死亡人數

$x_3$  = 在大廳櫃台死亡人數

$x_4$  = 在一樓出口左側死亡人數

$x_5$  = 在一樓大廳左側死亡人數

$x_6$  = 在地下一樓乘車月台左側死亡人數

$x_7$  = 在地下一樓乘車月台右側死亡人數

$x_8$  = 在美食廣場中間死亡人數

$x_9$  = 在美食廣場左側死亡人數

$x_{10}$  = 在美食廣場右側死亡人數

$x_{11}$  = 在二樓 A 長廊頭右側死亡人數

$x_{12}$  = 在二樓 A 長廊尾右側死亡人數

$x_{13}$  = 在二樓 A 長廊左側死亡人數

$x_{14}$  = 在二樓 B 長廊頭死亡人數

$x_{15}$  = 在二樓 B 長廊尾死亡人數

$x_{16}$  = 在三樓 A 長廊頭死亡人數

$x_{17}$  = 在三樓 A 長廊尾死亡人數

$x_{18}$  = 在提領行李大廳死亡人數

$x_{19}$  = 在三樓 B 長廊頭死亡人數

$x_{20}$  = 在三樓 B 長廊尾死亡人數

$x_{21}$  = 在出境大廳死亡人數

$x_{22}$  = 在候機室死亡人數

$y_1$  = 在一樓大廳右側設置 AED 數量

$y_2$  = 在一樓出口右側設置 AED 數量

$y_3$  = 在大廳櫃台設置 AED 數量

$y_4$  = 在一樓出口左側設置 AED 數量

$y_5$  = 在一樓大廳左側設置 AED 數量

$y_6$  = 在地下一樓乘車月台左側設置 AED 數量

$y_7$  = 在地下一樓乘車月台右側設置 AED 數量

$y_8$  = 在美食廣場中間設置 AED 數量

$y_9$  = 在美食廣場左側設置 AED 數量

$y_{10}$  = 在美食廣場右側設置 AED 數量

$y_{11}$  = 在二樓 A 長廊頭右側設置 AED 數量

$y_{12}$  = 在二樓 A 長廊尾右側設置 AED 數量

$y_{13}$  = 在二樓 A 長廊左側設置 AED 數量

$y_{14}$  = 在二樓 B 長廊頭設置 AED 數量

$y_{15}$  = 在二樓 B 長廊尾設置 AED 數量

$y_{16}$  = 在三樓 A 長廊頭設置 AED 數量

$Y_{17}$ =在三樓 A 長廊尾設置 AED 數量

$Y_{18}$ =在提領行李大廳設置 AED 數量

$Y_{19}$ =在三樓 B 長廊頭設置 AED 數量

$Y_{20}$ =在三樓 B 長廊尾設置 AED 數量

$Y_{21}$ =在出境大廳設置 AED 數量

$Y_{22}$ =在候機室設置 AED 數量

$$0 \leq x_i \leq 1$$

$$0 \leq y_i \leq 1$$

$x_i$  is Integer

$y_i$  is Integer

m=所有死亡人數總和

n=所有設置 AED 數量

f(x)=模擬所得到系統死亡人數總和

### 4.3.2 參數設置與最佳化結果

利用 Simul8 模擬軟體內建的 Optquest 類神經最佳化求解功能時，需投入決策變數項如(圖 4.9)所示。

Select	Variable Name	Lower Bound	Suggested Value	Upper Bound	Type
<input checked="" type="checkbox"/>	1F AED 開關 1.Number Available	0	0	1	Discrete (1) ▾
<input checked="" type="checkbox"/>	1F AED 開關 2.Number Available	0	0	1	Discrete (1) ▾
<input checked="" type="checkbox"/>	1F AED 開關 3.Number Available	0	0	1	Discrete (1) ▾
<input checked="" type="checkbox"/>	1F AED 開關 4.Number Available	0	0	1	Discrete (1) ▾
<input checked="" type="checkbox"/>	1F AED 開關 5.Number Available	0	0	1	Discrete (1) ▾
<input checked="" type="checkbox"/>	B1 AED 開關 1.Number Available	0	0	1	Discrete (1) ▾
<input checked="" type="checkbox"/>	B1 AED 開關 2.Number Available	0	0	1	Discrete (1) ▾
<input checked="" type="checkbox"/>	B1 AED 開關 3.Number Available	0	0	1	Discrete (1) ▾
<input checked="" type="checkbox"/>	B1 AED 開關 4.Number Available	0	0	1	Discrete (1) ▾
<input checked="" type="checkbox"/>	B1 AED 開關 5.Number Available	0	0	1	Discrete (1) ▾
<input checked="" type="checkbox"/>	2F AED 開關 1.Number Available	0	0	1	Discrete (1) ▾
<input checked="" type="checkbox"/>	2F AED 開關 2.Number Available	0	0	1	Discrete (1) ▾
<input checked="" type="checkbox"/>	2F AED 開關 3.Number Available	0	0	1	Discrete (1) ▾
<input checked="" type="checkbox"/>	2F AED 開關 4.Number Available	0	0	1	Discrete (1) ▾
<input checked="" type="checkbox"/>	2F AED 開關 5.Number Available	0	0	1	Discrete (1) ▾
<input checked="" type="checkbox"/>	3F AED 開關 1.Number Available	0	0	1	Discrete (1) ▾
<input checked="" type="checkbox"/>	3F AED 開關 2.Number Available	0	0	1	Discrete (1) ▾
<input checked="" type="checkbox"/>	3F AED 開關 3.Number Available	0	0	1	Discrete (1) ▾
<input checked="" type="checkbox"/>	3F AED 開關 4.Number Available	0	0	1	Discrete (1) ▾
<input checked="" type="checkbox"/>	3F AED 開關 5.Number Available	0	0	1	Discrete (1) ▾
<input checked="" type="checkbox"/>	3F AED 開關 6.Number Available	0	0	1	Discrete (1) ▾
<input checked="" type="checkbox"/>	3F AED 開關 7.Number Available	0	0	1	Discrete (1) ▾
<input checked="" type="checkbox"/>	save people.Number Available	0	0	1000	Discrete (1) ▾

圖 4.9 決策變數設置

決策變數為系統中可設置 AED 之位置如人潮較易聚集的地方或走道必經之路在系統中共設置 22 個可放置 AED 的地點，包括一樓出口左側、右側、大廳櫃台、大廳左側、右側；地下一樓乘車月台左側、右側、美食廣場中間、左側、右側；二樓 A 長廊左側、右側、B 長廊左側、右側；三樓 A 長廊、B 長廊、候機室、出境大廳、提領行李大廳等各點，圖中所示 Variable Name 為決策變數為各樓層 AED 開關其資源數下界(Lower Bound)為 0 上界(Upper Bound)為 1，設定資源種類(Type)為不連續且不具有小數，設置資源數量上下界數量 0 代表該點不設置 AED，1 代表該點可設置 AED，在系統中總設置 AED 數量為 17 個，限制條件如(圖 4.10)

1F AED 設備 1.Number Available + 1F AED 設備 2.Number Available + 1F AED 設備 3.Number Available + 1F AED 設備 4.Number Available + 1F AED 設備 5.Number Available +  
 B1 AED 設備 1.Number Available + B1 AED 設備 2.Number Available + B1 AED 設備 3.Number Available + B1 AED 設備 4.Number Available + B1 AED 設備 5.Number Available +  
 2F AED 設備 1.Number Available + 2F AED 設備 2.Number Available + 2F AED 設備 3.Number Available + 2F AED 設備 4.Number Available + 2F AED 設備 5.Number Available +  
 3F AED 設備 1.Number Available + 3F AED 設備 2.Number Available + 3F AED 設備 3.Number Available + 3F AED 設備 4.Number Available + 3F AED 設備 5.Number Available + 3F AED 設備 6.Number Available + 3F AED 設備 7.Number Available <=17

圖 4.10 限制條件

利用系統中死亡人數作為指標來評估不同的配置位置，系統中死亡人數越少越佳，表示該設置方案為最佳資源配置組合，其搜尋結果整理於(表 4.7)所示。

表 4.7 最佳化演算法搜尋結果

樓層	設置位置	是否設置
一樓	大廳右側	0
	一樓出口右側	0
	大廳櫃台	1
	一樓出口左側	1
	大廳左側	1

樓層	設置位置	是否設置
地下一樓	地下一樓乘車月台左側	0
	地下一樓乘車月台右側	0
	美食廣場中間	0
	美食廣場右側	1
	美食廣場左側	1
二樓	二樓 A 長廊頭右側	1
	二樓 A 長廊尾右側	1
	二樓 A 長廊左側	1
	二樓 B 長廊頭	1
	二樓 B 長廊尾	1
三樓	三樓 A 長廊頭	1
	三樓 A 長廊尾	1
	提領行李大廳	1
	三樓 B 長廊頭	1

樓層	設置位置	是否設置
三樓	三樓 B 長廊尾	1
	出境大廳	1
	候機室	1
總設置數量		17 個

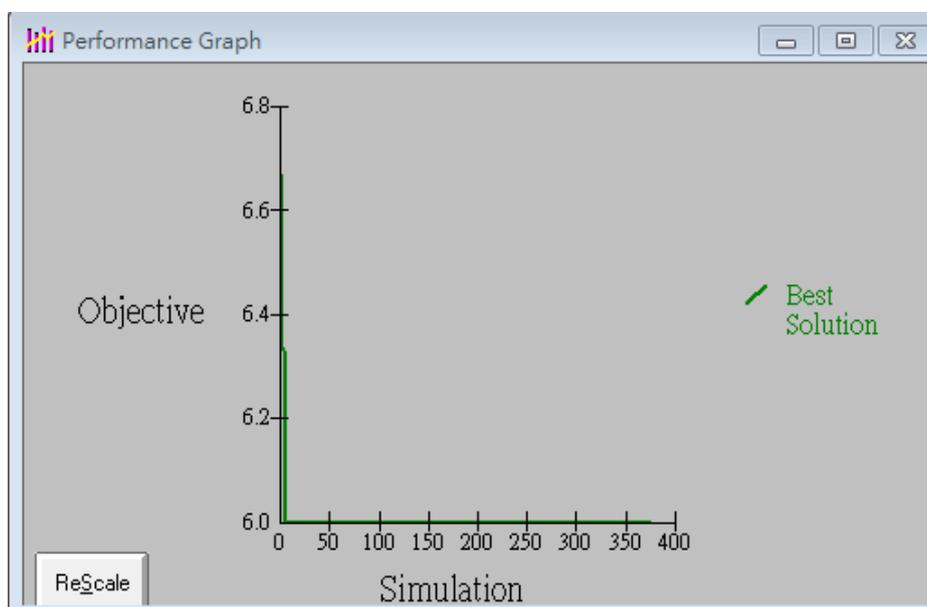


圖 4.11 最佳化求解結果

根據上述表所示，原有設置方案經過系統模擬最佳化搜尋最佳資源組合，以系統內最少超過 3 分鐘拿取 AED 人數為目標函數求解結果如(圖 4.11)，在最佳化求解時間內紅線維持水平一段時間，代表求解搜尋呈現收斂，為找到目前最適當的解，其搜尋結果呈現上述表中，而最佳化資源配置所造成系統內死亡數量人數為 6 人。

### 4.3.3 實驗分析及比較

本研究利用系統模擬，模擬桃園國際機場現有擺設 AED 之位置與數量，模擬出在系統中病發後超過 3 分鐘拿取 AED 之病患人數(死亡人數)，在模擬模型模擬 30 次平均值後，模擬出結果為 8 人；在不增加任何 AED 擺設數量的條件之下，利用系統模擬軟體內建類神經演算法求解最佳化 AED 擺設方法，以系統中死亡人數最小化為目標函數求解最佳化 AED 擺設位置，系統中有 22 可擺位置選擇 17 個 AED 擺放，因此經過最佳化擺放方式與現有擺放方式比較差異如(表 4.8)所示。

表 4.8 實驗比較結果

樓層	設置位置	最佳化	現有
一樓	大廳右側	0	0
	一樓出口右側	0	1
	大廳櫃台	1	1
	一樓出口左側	1	0
	大廳左側	1	1
地下一樓	地下一樓乘車月台左側	0	0

樓層	設置位置	最佳化	現有
地下一樓	地下一樓乘車月台右側	0	1
	美食廣場中間	0	1
	美食廣場右側	1	0
	美食廣場左側	1	0
二樓	二樓 A 長廊頭右側	1	1
	二樓 A 長廊尾右側	1	1
	二樓 A 長廊左側	1	1
	二樓 B 長廊頭	1	1
	二樓 B 長廊尾	1	1
三樓	三樓 A 長廊頭	1	1
	三樓 A 長廊尾	1	1
	提領行李大廳	1	1
	三樓 B 長廊頭	1	1
	三樓 B 長廊尾	1	1

樓層	設置位置	最佳化	現有
三樓	出境大廳	1	1
	候機室	1	1
總設置數量		17 個	17 個
死亡人數		6 人	8 人

在上述表中實驗結果比較發現，二樓與三樓的擺放數量相同，其原因為二樓是通往三樓的必經之路，而三樓屬於處理登機出境等事務，擁有較多人潮；差異較多為一樓與地下一樓，最佳化擺設結果針對 AED 的位置進行調動，將 AED 擺設在較多人出入的地方，其中一樓擺設位置為出口右側、大廳櫃檯、大廳左側，屬於連結各樓層的電梯與樓梯等較多人走動地方，在地下一樓擺設位置是乘車月台右側與美食廣場中間，其中美食廣場中間位在地下一樓中間位置。

#### 4.4 策略分析

利用桃園國際機場現有擺放數量及位置模擬系統內死亡人數，並且搭配最佳化求解結果，而在系統中設定病患發病機率與 AED 擺放的數量及位置有關係，若病患發病比率增加或是病患人數大量出現，AED 的擺放數量可能會面臨不足應付情況，擺放位置也可能受到發病病患發病地點的不同而影響急救效率，針對 AED 設置數量不同以及不同發病機率進行模擬，擬定 AED 數量為現況 17 個以 A 方案稱與 18 個 AED 以 B 方案稱在不同發病機率，擬定策略方如下：

策略一:比較設置 A 方案與 B 方案在發病機率 0.1%條件限制下，系統中死亡人數差異

策略二: 比較設置 A 方案與 B 方案在發病機率 1%條件限制下，系統

中死亡人數差異

策略三: 比較設置 A 方案與 B 方案在發病機率 3% 條件限制下, 系統  
中死亡人數差異

#### 4.4.1 策略分析結果

針對上述三種策略，進行最佳化配置模擬，讓系統以最少死亡人數為目標函數，找出在不同發病機率下設置 17 個 AED 與 18 個 AED 所造成系統中死亡人數有何差異。

策略一：

比較設置 A 方案與 B 方案在發病機率 0.1% 條件限制下，系統中死亡人數差異；旅客發病機率為 0.1% 設置 17 個 AED 與 18 個 AED 模擬結果比較如(表 4.9)

表 4.9 策略一結果比較(發病機率 0.1%)

樓層	設置位置	A 方案	B 方案
一樓	大廳右側	0	1
	一樓出口右側	0	1
	大廳櫃台	1	1
	一樓出口左側	1	0
	大廳左側	1	1
地下一樓	地下一樓乘車月台左側	0	0
	地下一樓乘車月台右側	0	1
	美食廣場中間	0	1
	美食廣場右側	1	0
	美食廣場左側	1	0
二樓	二樓 A 長廊頭右側	1	1
	二樓 A 長廊尾右側	1	1
	二樓 A 長廊左側	1	1

	二樓 B 長廊頭	1	1
--	----------	---	---

樓層	設置位置	A 方案	B 方案
二樓	二樓 B 長廊尾	1	1
三樓	三樓 A 長廊頭	1	1
	三樓 A 長廊尾	1	1
	提領行李大廳	1	1
	三樓 B 長廊頭	1	1
	三樓 B 長廊尾	1	1
	出境大廳	1	1
	候機室	1	1
總設置數量		17 個	18 個
死亡人數		6 人	5 人

經過系統模擬以系統內死亡人數最小化為目標函數求解 A 方案與 B 方案的擺設方法(圖 4.12-圖 4.13)，在兩種方法中發現，人潮較多的二樓與三樓，兩種方法都將 AED 擺滿位置，差別在於 B 方案將一樓設置 4 個 AED，在最佳化結果中，比起 A 方案死亡人數少一人，在 B 方案中系統中與亡人數為 5 人。

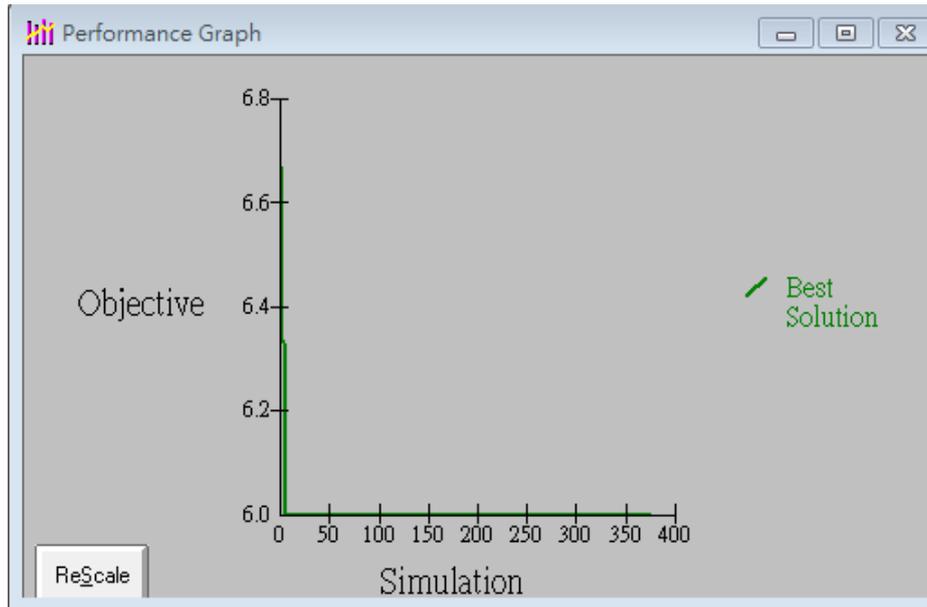


圖 4.12 A 方案最佳化模擬結果(發病機率 0.1%)

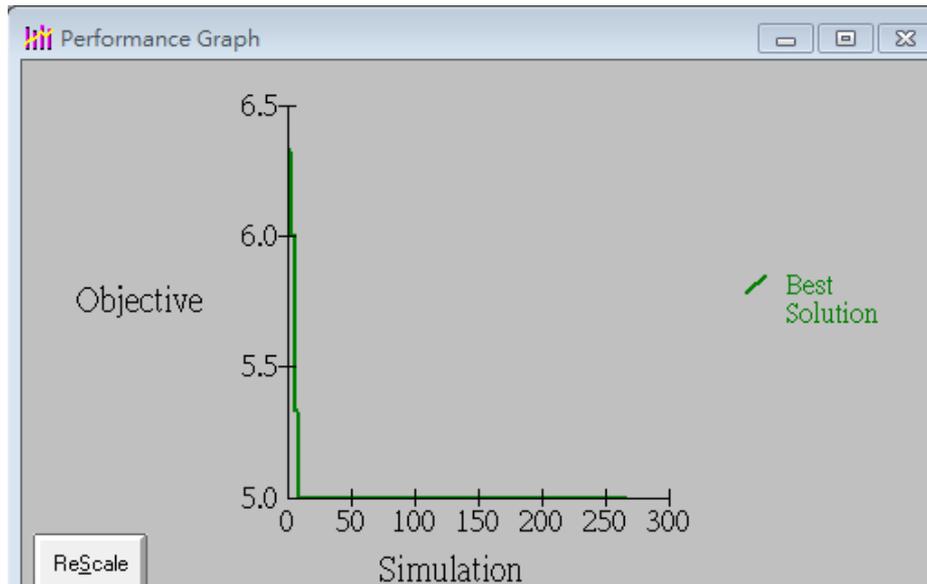


圖 4.12 B 方案最佳化模擬結果(發病機率 0.1%)

策略二:

比較設置 A 方案與 B 方案在發病機率 1% 條件限制下，系統中死亡人數差異；旅客發病機率為 1% 設置 17 個 AED 與 18 個 AED 模擬結果比較如(表 4.10)

表 4.10 策略二結果比較(發病機率 1%)

樓層	設置位置	A 方案	B 方案
一樓	大廳右側	1	0
	一樓出口右側	0	1
	大廳櫃台	1	1
	一樓出口左側	0	1
	大廳左側	1	1
地下一樓	地下一樓乘車月台左側	1	0
	地下一樓乘車月台右側	0	1
	美食廣場中間	0	1
	美食廣場右側	0	0
	美食廣場左側	1	0

樓層	設置位置	A 方案	B 方案
二樓	二樓 A 長廊頭右側	1	1
	二樓 A 長廊尾右側	1	1
	二樓 A 長廊左側	1	1
	二樓 B 長廊頭	1	1
	二樓 B 長廊尾	1	1
三樓	三樓 A 長廊頭	1	1
	三樓 A 長廊尾	1	1
	提領行李大廳	1	1
	三樓 B 長廊頭	1	1
	三樓 B 長廊尾	1	1
	出境大廳	1	1
	候機室	1	1
總設置數量		17 個	18 個
死亡人數		102 人	87 人

經過系統模擬以系統內死亡人數最小化為目標函數求解 A 方案

與 B 方案的擺設方法(圖 4.13-14)，在發病機率上升至 1%時，兩種方法死亡人數皆上升，其中 A 方案上升至 102 人，而多設置一個 AED 的 B 方案死亡人數為 87 人，比較兩種方法差異為 15 人，可以得知當發病機率提升時，可使用 AED 的數量增加，可以減少系統內的死亡人數。

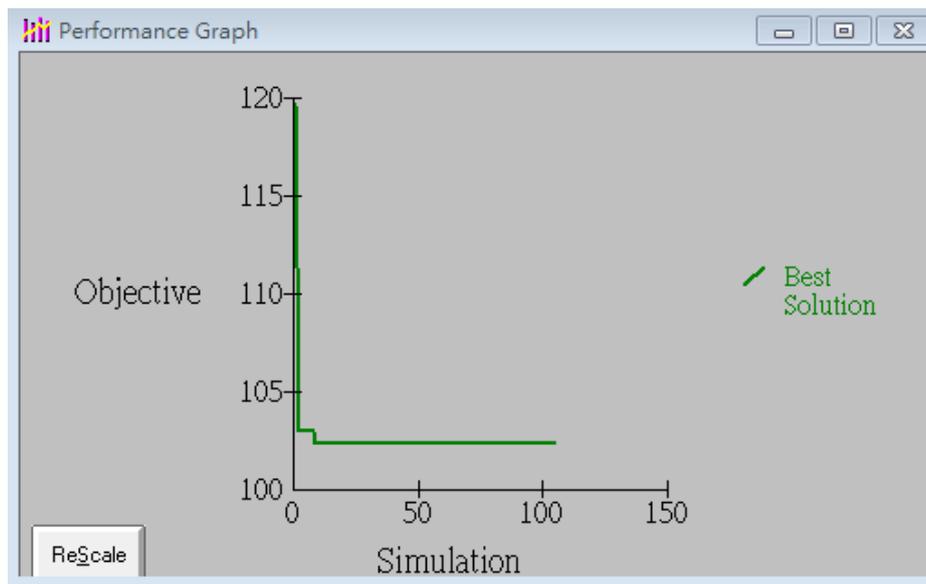


圖 4.13 A 方案最佳化模擬結果(發病機率 1%)

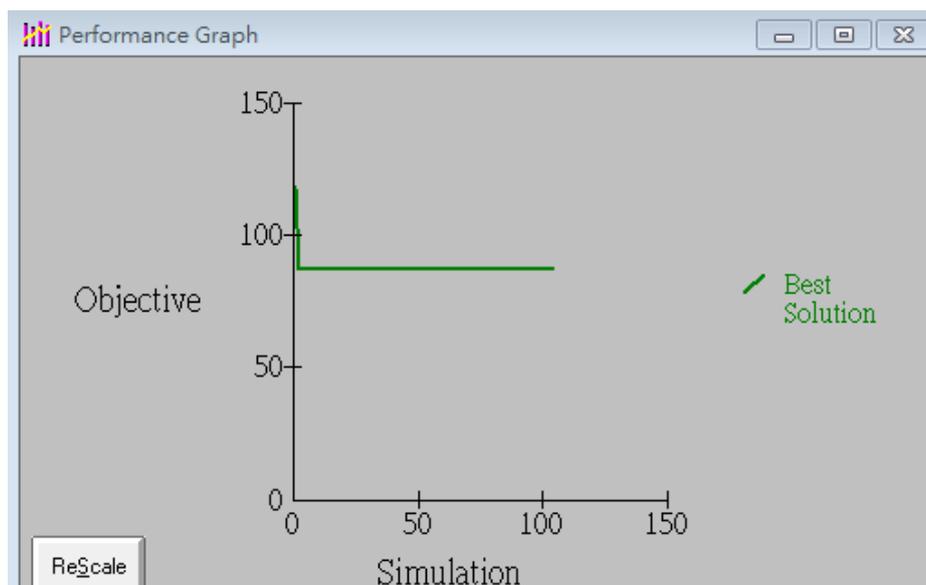


圖 4.14 B 方案最佳化模擬結果(發病機率 1%)

策略三:

比較設置 A 方案與 B 方案在發病機率 3% 條件限制下，系統中死亡人數差異；旅客發病機率為 3% 設置 17 個 AED 與 18 個 AED 模擬結果比較如(表 4.11)

表 4.11 策略三結果比較(發病機率 3%)

樓層	設置位置	A 方案	B 方案
一樓	大廳右側	0	1
	一樓出口右側	0	0
	大廳櫃台	1	1
	一樓出口左側	1	1
	大廳左側	1	0
地下一樓	地下一樓乘車月台左側	0	1
	地下一樓乘車月台右側	0	0
	美食廣場中間	0	1
	美食廣場右側	1	0
	美食廣場左側	1	1
二樓	二樓 A 長廊頭右側	1	1
	二樓 A 長廊尾右側	1	1
	二樓 A 長廊左側	1	1

	二樓 B 長廊頭	1	1
--	----------	---	---

樓層	設置位置	A 方案	B 方案
	二樓 B 長廊尾	1	1
三樓	三樓 A 長廊頭	1	1
	三樓 A 長廊尾	1	1
	提領行李大廳	1	1
	三樓 B 長廊頭	1	1
	三樓 B 長廊尾	1	1
	出境大廳	1	1
	候機室	1	1
總設置數量		17 個	18 個
死亡人數		294 人	237 人

經過系統模擬以系統內死亡人數最小化為目標函數求解 A 方案與 B 方案的擺設方法(圖 4.15-16)，在發病機率上升至 3%時，系統內的人數大幅上升，在 A 方案中死亡人數為 294 人，而多增設一個 AED 的 B 方案死亡人數為 237 人，兩者間差異為 57 人，可以得知在越高發病機率中，多一個 AED 可以減少系統內的死亡人數。

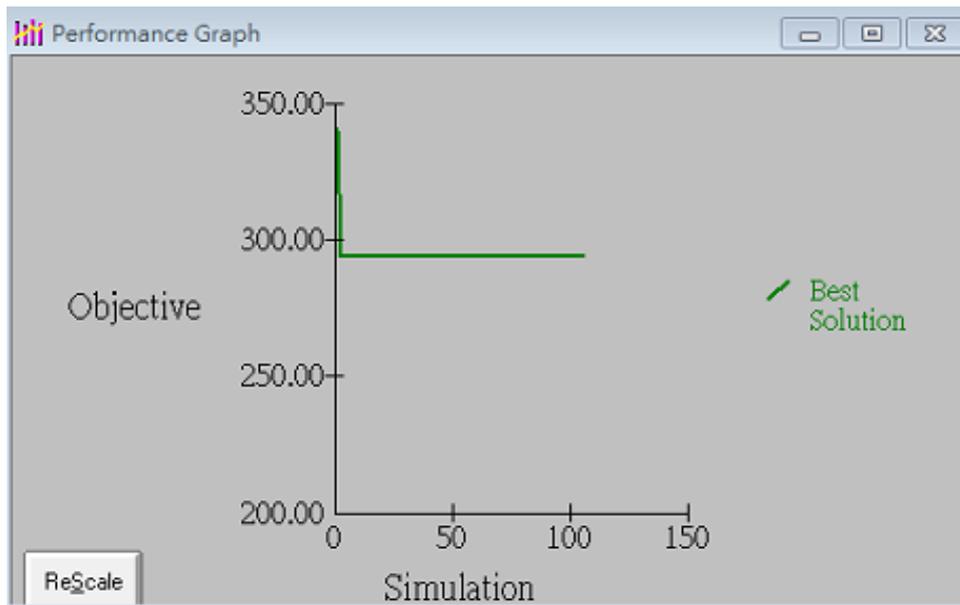


圖 4.15 A 方案最佳化模擬結果(發病機率 3%)

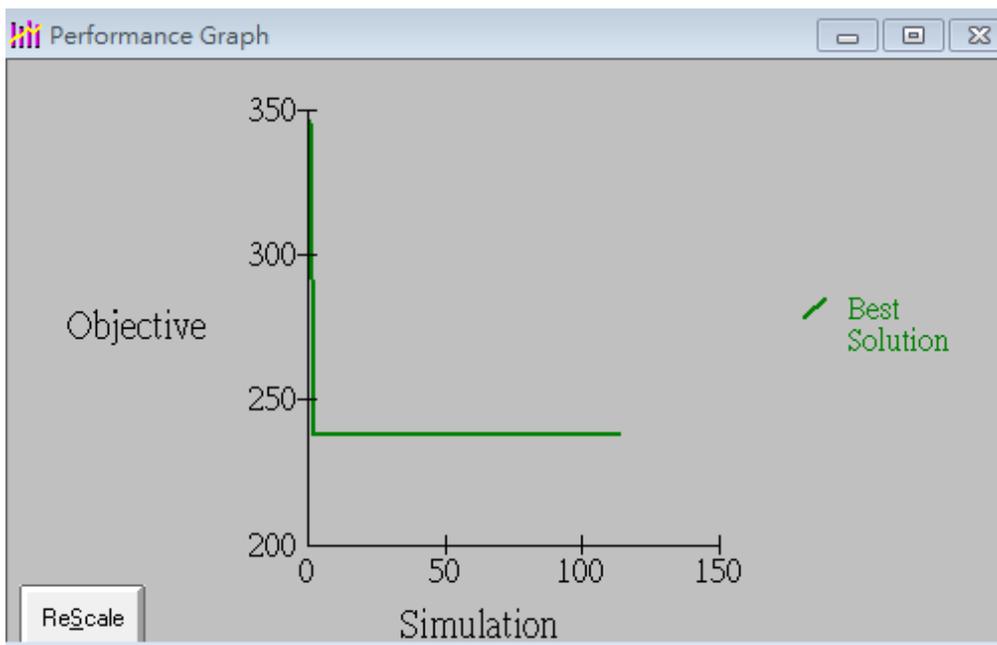


圖 4.16 B 方案最佳化模擬結果(發病機率 3%)

綜合上述三種策略方案比較結果，在不同的發病機率之下，增加一個 AED 之擺設方式，以系統中最少死亡人數為目標函數求解，可以得知在發病機率增加之下，差一個 AED 所產生的死亡人數差異越來越大，整理於(表 4.12)所示。

表 4.12 策略模擬結果比較

	策略一	策略二	策略三
A 方案死亡人數	6	102	294
B 方案死亡人數	5	87	237
差異人數	1	15	57

## 第五章 結論與建議

### 5.1 結論

AED 急救方法已經在世界各地逐漸盛行，使用對象也從救護人員逐漸普及到一般民眾也可以使用，使用步驟也趨於簡單，AED 設置站甚至會附帶語音教學或是影片參考，近年由於 AED 在台灣各地越來越多地方設置，AED 設置雖存在許多限制，急救劇具有時間限制，故 AED 必須隨處可得，但市場機制後售價雖然降低不少，但是成本仍然維持一定程度，但用心規劃後因為心臟病發，超過 3 分鐘拿取 AED 進行急救人數可有效減少，參考國內外學者對於 AED 進行的研究包括 AED 設置數量、位置、成本，研究對象從飛機到市區等開方空間皆有不同種方法，除了分析 AED 設置位置與數量之外，設置成本更是需要考量的因素，過往研究利用各種方法包括人口統計比對病例個案以及分析 AED 規劃可覆蓋的急救面積，預測若覆蓋面積需要超過一定程度所耗費設置成本需要多少，或以模擬方法模擬成本與急救效益在未規畫與規畫後比較差異等研究；利用 AED 設置位置與過往案例分析 AED 設置對於急救所產生的成本找出錯誤的設置地點造成沉默成本也間接增加 AED 的急救成本，規劃 AED 的設置位置及數量需要考量到成本於急救效率問題等等，但是適當的規劃有效提升送醫存活率也可以降地設置成本。

利用系統模擬，以桃機場第一航廈場域為例，建構一組 AED 配置模擬系統，探討桃園國際機場第一航廈現有 AED 配置及數量，模擬現況，與以系統中最小死亡人數為目標求解 AED 最佳擺設位置，比較兩種結果，透過最佳化擺設方式可以減少 2 個死亡人數；針對不同發病機率利用最佳化系統模擬分析分為 3 個策略方案，策略方案一：比較設置 17 個 AED(A 方案)與 18 個 AED(B 方案)兩種方法在發病機率 0.1% 死亡人數差異，在低發病機率之下差異一個 AED 死亡人數差 1 個；策略方案二：比較設置 17 個 AED(A 方案)與 18 個 AED(B 方案)兩種方法在發病機率 1% 死亡人數差異，在提高發病機率之下差異一

個 AED 死亡人數差 15 個；策略方案三:比較設置 17 個 AED(A 方案)與 18 個 AED(B 方案)兩種方法在發病機率 3% 死亡人數差異，在高發病機率之下差異一個 AED 死亡人數差 57 個，在越來越高的發病機率，多設置一個 AED 可以大幅降低死亡人數，從策略方案一到策略方案三，差異人數越來越擴大，但是總體死亡數仍然上升到 200 多人左右。

## 5.2 未來研究建議

本研究利用系統模擬模型搭配最佳化求解，以系統中最低死亡人數為目標找出最佳擺設情形，由於現有最佳化求解只有最低死亡人數為目標，屬於單目標求解，而在未來的研究方向，將會採用系統模擬方法搭配其他求解方法例如：粒子群演算法（Particle Swarm Optimization，簡稱 PSO）、差分演算法(Differential Evolution，簡稱 DE) 等演算法，由於本研究需模擬多種方案，例如：在系統中裡有 20 個可設置 AED 的地點，考慮 17 個 AED 要放置，那將有種那將有  $C_{17}^{20} = 26334$  種可行性組合對於求解時間將會耗費相當多且容易陷入區域最佳解的問題且屬於單目標求解，搭配上上述演算法不但可以加速求解過程更不會陷入區域最佳解問題，也可以搭配設置單個 AED 之成本、急救成本等成本相關問題，屬於多目標求解。

更可以利用不同領域求解問題，利用經濟學中的邊際效應問題探討每增設一個 AED 所造成的成本與急救效率進行分析，而類似設置地點問題更可以運用到在特定場域內設置相對應的各數，如在遊樂園設置電動車及電池交換置等問題，這將會是個新的議題。

## 參考文獻

### 中文文獻

- [1] 公共場所 AED 急救資訊網，2014 年。  
<http://tw-aed.mohw.gov.tw/ShowNews.jsp?NewsID=35>
- [2] 王立敏. (2012). 運用系統模擬規劃急診醫療作業：分配的最合適化及績效評估. 臺灣大學健康政策與管理研究所學位論文，台北市。
- [3] 吳美吟.(2015)到院前心肺功能停止病患受自動體外心臟電擊去顫器之設置數量與區位影響研究.成功大學交通管理科學學系碩士論文，高雄市。
- [4] 李盛雯(2014).採購 AED 以量制價 醫界憂救命時刻卡關。中時電子報。取自  
<http://www.chinatimes.com/realtimenews/16>
- [5] 林旭華, 劉麗美, & 羅錦泉. (2015). 職場自動體外心臟去顫器的使用經驗. 中華職業醫學雜誌, 22(1), 1-8.
- [6] 林則孟. (2002). 系統模擬理論與應用. 台中市:滄海書局.
- [7] 哈多吉. (2003). AED 自動心外電擊器設置於台北市公共場所之成本效益分析(Doctoral dissertation, National Taiwan University).
- [8] 胡勝川. (2001). 心肺復甦術的演變. 慈濟醫學雜誌, 13(3), 143-149.
- [9] 黃漢華(2013).台灣首度傻瓜電擊器(AED)普及率調查,遠見雜誌,327, 55-58.
- [10] 湯慧娟, 何明璇, 林婉玉, 吳建霖, 王政梧, & 王暉博. (2007). 健康促進生活型態與危害健康行為之相關研究. 遠東學報, 24(3), 43-54.
- [11] 鄒惠貞, 莊宜家, 吳立雅, 葉信伶, & 江博煌. (2014). 地理資訊系統應用於自動體外去顫器設點研究-以台北市萬華區為例. 醫療資訊雜誌, 23(2), 45-55.
- [12] 臺灣 AED world，2014 年。  
<http://www.aedworld.com.tw/golden5min/>
- [13] 鄧福順(2013)。智慧型戶外全自動體外電擊器雲端監控系統.高雄應用科技大學 電子工程學系碩士論文，高雄市。
- [14] 龔美文. (2013). 臺北市某車行員工心肺復甦術行為意圖及其相關因素探討. 臺灣師範大學健康促進與衛生教育學系學位論文，台北市。.

## 英文文獻

- [1] Atkins, D. (2012) Realistic expectations for public access defibrillation programs, *Current Opinion in Critical Care*, 16(3), 191-195.
- [2] Barjis, J. (2011). Healthcare simulation and its potential areas and future trends. *SCS M&S Magazine*, 2(5), 1-6.
- [3] Conlay, L. A. (2002). Cost-Effectiveness of Automated External Defibrillators on Airlines. *Survey of Anesthesiology*, 46(4), 200
- [4] Folke, F., Gislason, G. H., Lippert, F. K., Nielsen, S. L., Weeke, P., Hansen, M. L. & Torp-Pedersen, C. (2010). *Differences between out-of-hospital cardiac arrest in residential and public locations and implications for public-access defibrillation. Circulation*, 122(6), 623-630.
- [5] Folke, F., Lippert, F. K., Nielsen, S. L., Gislason, G. H., Hansen, M. L., Schramm, T. K., & Torp-Pedersen, C. (2009). *Location of cardiac arrest in a city center strategic placement of automated external defibrillators in public locations. Circulation*, 120(6), 510-517.
- [6] Handley, A. J., & Handley, S. A. (2003). Improving CPR performance using an audible feedback system suitable for incorporation into an automated external defibrillator. *Resuscitation*, 57(1), 57-62.
- [7] Jeffery K.Cochran & Aseem Bharti,2006, A multi-stage stochastic methodology for whole hospital bed planning under peak loading, *Journal of Industrial and Systems Engineering*,1,8-16.
- [8] Kelton, W. D., & Law, A. M. (2000). *Simulation modeling and analysis*. Boston: McGraw Hill.
- [9] Knoblauch, R., Pietrucha, M., & Nitzburg, M. (1996). Field studies of pedestrian walking speed and start-up time. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (1538), 27-38.
- [10] Kouwenhoven, W. B., Jude, J. R., & Knickerbocker, G. G. (1960). Closed-chest cardiac massage. *Jama*, 173(10), 1064-1067.
- [11] Law, A. M., and W. D. Kelton (1991), *Simulation Modeling & Analysis*, San Antonio,SA:McGraw-Hill.
- [12] Larsen, M. P., Eisenberg, M. S., Cummins, R. O., & Hallstrom, A. P. (1993). Predicting survival from out-of-hospital cardiac arrest: a graphic model. *Annals of emergency medicine*, 22(11), 1652-1658.

- [13] Marenco, J. P., Wang, P. J., Link, M. S., Homoud, M. K., & Estes III, N. M. (2001). Improving survival from sudden cardiac arrest: the role of the automated external defibrillator. *Jama*, 285(9), 1193-1200.
- [14] Maria, A. (1997, December). Introduction to modeling and simulation. In *Proceedings of the 29th conference on Winter simulation* (pp. 7-13). Atlanta: IEEE Computer Society.
- [15] Page, R. L., Joglar, J. A., Kowal, R. C., Zagrodzky, J. D., Nelson, L. L., Ramaswamy, K., ... & McKenas, D. K. (2000). Use of automated external defibrillators by a US airline. *New England Journal of Medicine*, 343(17), 1210-1216.