

出國報告（出國類別：進修）

主題：精準醫療於心肺復甦術以及  
復甦後照護的應用

服務機關：國立臺灣大學醫學院附設醫院

姓名職稱：王志宏主治醫師

派赴國家：美國

出國期間：111年8月1日至112年7月31日

報告日期：112年8月7日

## 摘要

本報告介紹美國德克薩斯州達拉斯市的 UT Southwestern Medical Center，這是一所致力於醫學專業人才培養、高水平醫療服務和醫學研究的世界知名醫學中心。UT Southwestern Medical Center 在人工智慧領域也取得了不少成就，例如利用大數據分析技術研究癌症的發生和發展機制，研究神經學疾病的腦部影像學分析技術，並開發能夠幫助醫生診斷和治療疾病的人工智慧系統。此外，進修人員在 UT Southwestern Medical Center 協助開發維護院內定位系統，利用藍芽和機器學習技術實現了對醫院患者和設施的精確定位和導航。台大醫院急診部尚未有即時定位系統的運作機制，而 UT Southwestern Medical Center 的 MAIA Lab 所開發的即時定位系統有潛在應用，能節省醫護人員尋找病人的時間，追蹤接觸過疾病個案的人，減緩疫情的擴散，以及協助行政團隊進行流程改善。進修人員在此次進修計畫中獲益良多，學習了許多新知識和技能，也體驗了美國的文化和生活方式。

## 目次

壹、	目的.....	1
貳、	過程.....	1
甲、	UT Southwestern Medical Center 介紹	
乙、	Medical Artificial Intelligence and Automation (MAIA) Lab 簡介	
丙、	研究計畫	
丁、	即時定位系統 (RTLS) 臨床應用	
戊、	與現行本院之比較	
參、	心得.....	8
肆、	建議事項.....	9
伍、	參考文獻.....	9

# 本文

## 壹、 目的

學習人工智慧系統如何應用於院內定位系統

## 貳、 過程

### 甲、 UT Southwestern Medical Center 介紹

UT Southwestern Medical Center 位於美國德克薩斯州達拉斯市，是一所世界知名的醫學中心，旨在培養優秀的醫學專業人才、開展高水平的醫療服務和醫學研究，並推動科學技術的創新和轉譯應用。

UT Southwestern Medical Center 擁有一個強大的師資陣容，包括多位諾貝爾獎得主、美國科學院院士和國家科學基金會的研究人員。他們致力於在醫學、生物學、神經科學等領域進行前瞻研究，探索人體健康和疾病的本質。此外，UT Southwestern Medical Center 還擁有多位著名的臨床醫師和照護團隊，為患者提供最先進的診斷、治療和護理服務。

UT Southwestern Medical Center 的醫學教育和培訓項目也非常豐富。該中心開設了醫學、護理、生物學、生物化學等多個學科的本科和研究生課程，並提供醫學實習和醫學培訓計劃，為培養優秀的醫學專業人才提供全面的支持。

在醫療服務方面，UT Southwestern Medical Center 擁有多個診所和醫院，包括 UT Southwestern University Hospital、Zale Lipshy Pavilion、Parkland Memorial Hospital 等。這些診所和醫院配備了最先進的醫療設備和技術，並擁有多名知名的醫學專家和護理人員。中心的專業團隊致力於提供最高水平的醫療服務，並為患者提供個人化的治療方案。

UT Southwestern Medical Center 還在醫學研究領域取得了突出的成就。中心的研究人員在多個領域開展前瞻性研究，包括癌症、神經學、心血管疾病、代謝疾病等。中心的研究成果被廣泛應用於學術期刊和國際會議上發表，並受到了國際同行的高度評價。其中一些成果被轉化為商業產品，並為社會和病人帶來了實際的益處。

UT Southwestern Medical Center 在人工智慧和數據科學等領域也取得了不凡的成就。中心的研究人員利用機器學習和深度學習等技術，開拓了多個與醫學和生物學相關的項目。例如，他們利用大數據分析技術，研究癌症的發生和發展機制，開發了新的癌症診斷和治療方法。此外，他們還研究了神經學疾病的腦部影像學分析技術，開發了能夠幫助醫生診斷和治療疾病的人工智慧輔助系統。

UT Southwestern Medical Center 是一所世界級的醫學中心，擁有

豐富的師資陣容和專業團隊，開展了高水平的醫學教育、醫療服務和醫學研究，並在人工智慧和數據科學等領域取得了重要的成就。他們致力於為病人提供最先進的治療方案，為社會和社區服務，並為全球醫學和科學的發展做出貢獻。因此，此次選擇 UT Southwestern Medical Center 作為進修機構。

## 乙、 **Medical Artificial Intelligence and Automation (MAIA) Lab 簡介**

**MAIA Lab (Medical Artificial Intelligence and Automation Laboratory)** 是一個位於 UT Southwestern Medical Center 的研究實驗室，專注於開發和應用人工智慧技術來改善醫療保健。MAIA Lab 的研究主題包括：1) 基於機器學習和深度學習的醫學影像分析；2) 自動化的放射治療計劃和執行；3) 運用人工智慧技術改善腫瘤標靶治療；4) 發展智能化的醫療診斷和決策輔助系統。他們的研究成果已經在多個國際學術會議和期刊上發表，並且在醫學領域引起了廣泛的關注和應用。該實驗室由 Steve Jiang 教授領導，他是一位著名的放射腫瘤學家和醫學物理學家，並且在醫學物理學和生物醫學工程領域發表了大量的研究論文和專利。Steve Jiang 教授在過去二十年來一直致力於將先進的物理學和工程技術應用於癌症診斷和治療，並獲得了多項國際獎項和榮譽。Yulong Yan 博士是 MAIA Lab 的主要研究員之一。他在醫學影像處理、機器學習和人工智慧等方面具有豐富的經驗和專業知識，並曾在多個國際頂尖研究機構和公司工作。他的研究重點是開發新的人工智慧算法和系統，以幫助醫生更快速、更精準地診斷和治療病人，並且已經在許多國際頂尖期刊上發表了重要的研究論文。此次在 MAIA Lab 的工作，主要是在 Steve Jiang 教授監督下，由 Yulong Yan 博士指導進行。

## 丙、 **研究計畫**

### A. **計畫背景**

近幾十年來，醫學領域進展驚人。創新技術的出現推動了先進治療和高品質的病患照護的進步。為了持續進化，技術進步繼續被整合和應用於臨床。可穿戴傳感器[1, 2]提供了一種新途徑，透過提供醫生監測患者血壓、血氧飽和度、心率等多種生化指標的工具，在治療設施以外可持續確保患者健康。此外，隨著無線技術的普及，患者必要的生理資訊可以直接從世界上幾乎任何地方傳輸到診所。然而，醫生或其他醫療人員不可能不斷實時查看這些生物指標以檢測患者狀況的異常。

幸運的是，利用深度學習方法可以實現持續監測。在適當的培訓下，監督學習技術，如卷積神經網絡[3]能夠分析大量的數

據，以產生有意義的結果。首先，收集一個訓練資料集並正確標註。然後，使用該資料集訓練神經網絡模型以執行所需的任務。最後，透過使用模型從未遇到過的獨立測試資料集來測試此模型。透過監控生物指標和工作流數據，由各種深度學習模型組成的智慧診所可能在提高診所效率和安全方面扮演重要角色[4]。

為了監控臨床工作流程，開發一個準確的實時定位系統（real time location system, RTLS）以追蹤患者和臨床人員至關重要。目前，用於室內追蹤的主流商業方法是射頻識別（radio-frequency identification, RFID）技術[5]。不幸的是，這種系統需要專有硬體，不但昂貴且需要大量佈線。另一方面，藍牙低功耗

（Bluetooth Low Energy, BLE）技術提供了一種室內定位的替代方法。由於 BLE 標籤和檢測器的可近性，此技術可以與各種硬體結合使用。然而，雖然使用這種方法的價格較為實惠，但其實現可能會遇到困難。使用傳統接收信號強度指示（received signal strength intensity, RSSI）三角測量方法可能無法定位到 BLE 標籤。這主要是因為 BLE 標籤信號中的雜訊較高，導致 RSSI 值不穩定，從而產生可能不準確的定位結果。

本計畫旨在探討使用深度學習技術進行即時定位系統（real time location system, RTLS）的可行性，以追蹤分配給患者和臨床人員的可穿戴標籤。使用 BLE 技術，在 UT Southwestern Medical Center 的放射腫瘤科診間以及治療區域安裝了一個感測器網絡，用於室內追蹤。在不同區域使用藍牙標籤收集位置數據，並使用新穎的深度學習方法以及更傳統的技術，如 RSSI 閾值和三角測量，對這些數據進行分類，以追蹤患者和臨床人員在放射腫瘤科診間以及治療區域內的位置，並將這些數據與患者生物指標和工作流數據相結合，構建一個智慧診所。希望這個智慧診所可以提高放射腫瘤科診間以及治療區域的效率和安全性，從而改善患者的治療體驗和結果。

## B. 硬體需求

這個藍牙感測器網絡建立時考慮了兩個關鍵因素：1) 能夠準確檢測 BLE 標籤的一般位置，以及 2) 費用可負擔，以便於將其輕鬆地應用到其他診所中。大量的 Raspberry Pi (RPI 3 Model B with Raspbian kernel 4.4.38-v7) 配備 Cirago BTA8000 USB dongle 安裝在 UT Southwestern Medical Center 放射腫瘤科建築中。大多數的 Raspberry Pi 被放置在一樓和二樓的天花板上，因為這些區域的患者流量很高。總共在一樓安裝了 120 個 Pi，在二樓安裝了 24 個 Pi，在三樓安裝了 9 個 Pi。這些 Pi 連接到電源，並直接與

MongoDB 數據庫通訊傳輸資料。本計畫使用 RadBeacon Dot (Radius Networks) BLE 標籤。該標籤由可更換電池供電，功率為+3 dB，以 10Hz 的速率發送信號。

### C. 資料收集

在測試設置中，共使用十個標籤從二十一個感興趣區域中收集數據。數據收集過程中沒有涉及患者。研究人員會在腰部或胸部附上標籤，進入感興趣的區域並在該區域隨機移動，總計四分鐘的時間。這二十一個區域包括放射腫瘤科的檢查室、電梯大廳(北部和南部、走廊大廳)、主要大廳、和次等候區等。在此過程中收集的數據是每個節點的 RSSI 值，這些值從-150 到-60 不等。因此，在整個四分鐘的持續時間內，以每秒 10 次的速率記錄了二十一個 RSSI 值。然後研究人員會移動到下一個區域，重複此過程，直到收集所有標籤和區域的數據。在此實驗中，為了複製多個工作人員和患者佔用同一空間的臨床場景，十個標籤在同一時間位於同一房間進行數據收集。但是，在同一房間中有多個標籤的情況下，並沒有發現訊號干擾。在數據收集後，可以使用相應的時間戳記和標籤在數據庫中檢視每個區域每個標籤的 RSSI 數據。

### D. 資料分析

所有的神經網絡都是使用 Python 3 和 Tensorflow 和 Keras 編寫和評估的。輸入層是從數據處理步驟保存下來的 34 x 15 像素灰度圖像。首先，使用具有修正線性單元 (Rectified linear unit, ReLU) 啟動函數的 7x7 卷積層來創建 32 個特徵圖。對圖像進行卷積允許識別和提取重要的空間關係。使用 7x7 的卷積核使相鄰節點納入卷積過程中，確保網絡學習這些節點之間的關係。卷積層後跟著最大池化，在每個維度上將特徵圖的大小減小了一半。然後使用了具有 ReLU 激活函數的 3x3 卷積層和另一個最大池化層。最後 32 個特徵圖被展平，並完全連接到 128 個神經元。展平後，可以使用稠密層進行分類，這是深度學習中的常見做法。最後，使用具有 softmax 活化的層來生成每個區域的概率。對於這個卷積神經網絡，這個向量中的最大概率被用來確定圖像的分類。

以上卷積神經網絡使用收集到的數據的 70% 進行訓練，使用 30% 的數據進行測試。這意味著在訓練時，每個區域中的七個標籤的數據用於訓練，每個區域中的三個標籤的數據用於測試。將訓練數據通過卷積神經網絡並根據模型的分類結果計算相關錯

誤。基於錯誤，模型調整權重，並重複此過程直到使用完所有的訓練數據。以相同的方式應用測試數據，但權重不會更新，因此在評估測試數據後模型保持不變。

為了利用每個標籤的時間資訊，還設計了一個獨立的人工神經網路。這個人工網路需要來自特定標籤的三十秒數據以進行預測。首先，上面訓練的卷積神經網路將對每個單獨的圖像進行分類，以得到概率向量。然後將所有三十秒的概率向量結合起來，用作人工神經網路的輸入層。這包括當前時間  $t$  以及之前的二十九秒 ( $t-1$ 、 $t-2$ ，...， $t-29$ )。人工神經網路共設計了三層。前兩層每層包含 125 個神經元，使用 ReLU 作為活化函數。最後一層是一個 softmax 層，產生最終的概率向量，其中最大值是最終的分類。與卷積神經網路的訓練相似，該人工神經網路在所有訓練區域使用了 70% 的數據進行訓練，並使用剩餘的 30% 的數據進行測試。由於記錄的前二十九秒數據沒有足夠的時間歷史，因此它們沒有用於人工神經網路的訓練或測試。其餘數據是透過一個滑動窗口進行分組訓練的。窗口大小為 30 秒，並且窗口每次移動一秒，以便為訓練和測試提供連續的三十秒。通過這種方式，保留了數據大小，同時也提供了訓練和測試的連續三十秒。此外，為了確定時間信息對準確性的影響，還重複使用了不同的歷史長度。但是，在最終比較中使用了 30 秒的歷史。使用 Adam 優化器最小化分類交叉熵來訓練網絡。選擇了批量大小為 25，使用 15 個 epochs 進行訓練。

#### E. 計畫成果

在裝有 Intel Core i7-4770 CPU 時脈為 3.40GHz 和 8 GB RAM 的個人電腦上，卷積神經網路訓練過程每個 epoch 大約需要 20 秒，總共花費 29 分鐘。在第十個 epoch 之後，訓練準確度已經達到了 90%，並繼續增加，直到所有 epoch 都完成。同時，可以清楚地看到，卷積神經網路不存在過度擬合的問題，因為訓練和驗證損失都遵循相同的下降曲線。這進一步得到證實：在卷積神經網路訓練後，測試集的損失相同。人工神經網路只需在同一個個人電腦上花費 30 秒就能完成訓練，即使僅經過一個 epoch，也能產生出色的結果：98% 的準確率。在第二個 epoch 之後，損失迅速穩定在接近零的值，對應於 99.9% 的準確率。

#### 丁、即時定位系統 (RTLS) 臨床應用

在確認 RTLS 定位的準確性後，團隊即展開 RTLS 系統的佈建，圖示如下：



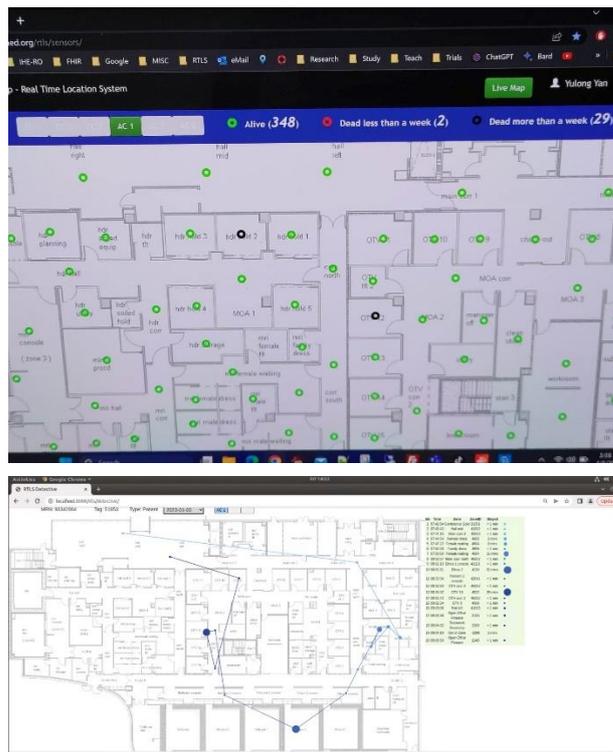
圖一、可接受  
BLE 藍芽訊號  
的 Raspberry Pi



圖二、Yulong  
Yan 博士將  
Raspberry Pi 安  
裝於診間天花  
板上



圖三、運行中的 Raspberry Pi



圖四、在 RTLS 系統中可以監測 Raspberry Pi 的運作情況。一般 Raspberry Pi 在不更換電池情況下可以持續運作兩年以上。

圖五、在 RTLS 系統後台可以看到附有 RadBeacon Dot BLE 標籤的人員或是物件在院內的移動軌跡以及在每個空間停留的時間。

## 戊、 與現行本院之比較

目前台大醫院急診部尚未有即時定位系統的運作機制。此次進修發現 MAIA Lab 所開發的即時定位系統於本部的潛在應用如下：

### A. 感染控制

在 COVID-19 疫情期間，因為感染控制，病人被分散到不同的空間進行候診或是治療，可能在室內隔離空間或是在院外開放空間。因此，如能有病人即時定位系統，即能使醫護人員了解病人目前的所在位置以及動態，節省許多尋找病人的時間。同時，如果遇到高度傳染性的疾病，例如 COVID-19、開放性肺結核、水痘或是麻疹等，需要回溯性追蹤曾與疾病個案接觸的醫護人員或是其他病患，有了即時定位系統的監測，就能夠大幅減輕接觸者追蹤（Contact tracing）所需花費的時間，使得接觸者人數在一開始即能掌控，減緩疫情的擴散。

### B. 疾病治療流程改善

急診是處理許多緊急傷病患的場所，包括急性心肌梗塞或是急性腦中風等，都須要與時間賽跑，盡可能縮短病患進入急診至接受確切治療的時間以達到最大的治療功效。因此，急診部每個月都會同相關科別如心臟內科或是神經內科進行跨科部討論。討論過程的重點之一即是行政或是護理流程上是否有環節能夠再優化，盡速使病患接受治療。如能有即時定位系統，則病患在每個節點所耗費的時間都能清楚呈現，使得行政團隊能有所本進行流程改善。

## 參、 心得

首先，我要感謝台大醫院進修計畫給我這個難得的機會。這是一個令人難忘的經歷，我從中學習到了很多新知識和技能，也體驗了美國的文化和生活方式。

在消費水平方面，德州的物價相對其他大城市比較低。我發現在達拉斯居住的費用比在其他城市如紐約和舊金山低得多，而且生活費用也相對較低。當然，這也取決於個人的生活方式和消費習慣。我們家通常自己做飯，這樣可以節省一些開銷，而且我還可以嘗試當地的美食。此外，德州有很多便利店和大型超市，可以在那裡購買各種物品，價格也很實惠。在兒童教育方面，德州的公立學校系統在全國排名中名列前茅，而且學費也相對較低。此外，德州還有很多優秀的私立學校，提供高品質的教育資源和課程，但學費較高。在食衣住行育樂方面，我們家住在達拉斯市郊的 Grapevine，這讓我們能夠輕鬆地享受各種文化活動和娛樂活動。Grapevine

附近有很多餐廳和咖啡店，可以品嚐到各種美食和飲品。另外，還有很多公園和戶外活動場所，提供了各種健身和娛樂選擇。此外，德州也是購物的天堂，達拉斯有很多購物中心和品牌商店，可以滿足各種購物需求。

除了生活費用方面的考量，我們也要談到社區生活環境和娛樂活動的豐富度。達拉斯是一個活力四射的城市，有許多文化和藝術活動，包括音樂、表演藝術和美術館。其中最著名的當屬達拉斯藝術區，這裡有多個博物館和藝術畫廊，如達拉斯美術館、現代美術博物館和科德基表演藝術中心。此外，達拉斯還有許多著名的運動隊，如達拉斯牛仔、達拉斯獨行俠和達拉斯星際，可以讓人們在週末放鬆心情。總體而言，作為一名訪問學者，在達拉斯進修是一個非常不錯的選擇。這裡不僅提供了優質的醫學研究環境和豐富的學術資源，也提供了高品質的生活和娛樂環境。

#### 肆、 建議事項

建議可以偕同 MAIA Lab 建立院內即時定位系統，針對感染控制以及疾病治療流程進行優化。除了在行政方面，院內即時定位系統可以發揮作用外，亦可以在學術方面進行深入探討。例如，結合院內即時定位系統以及生命徵象監視系統，則有可能對於院內心跳停止或是高危個案進行預測以及定位。這對於急診部而言是非常重要的，尤其在急診擁塞嚴重的時候，病患可能四散在台大醫院一樓平面各個角落或是在如廁所較為隱蔽的場所時，即時定位系統可以使醫護人員及時趕到現場，給予病患立即的介入措施改善病患預後，這對於病人安全而言相當重要。

#### 伍、 參考文獻

- [1] Bhandodkar AJ, Wang J. Non-invasive wearable electrochemical sensors: a review. *Trends in biotechnology*. 2014;32:363-71.
- [2] Gao W, Emaminejad S, Nyein HYY, Challa S, Chen K, Peck A, et al. Fully integrated wearable sensor arrays for multiplexed in situ perspiration analysis. *Nature*. 2016;529:509-14.
- [3] LeCun Y, Boser B, Denker JS, Henderson D, Howard RE, Hubbard W, et al. Backpropagation applied to handwritten zip code recognition. *Neural computation*. 1989;1:541-51.
- [4] Marks LB, Jackson M, Xie L, Chang SX, Burkhardt KD, Mazur L, et al. The challenge of maximizing safety in radiation oncology. *Practical radiation oncology*. 2011;1:2-14.
- [5] Ni LM, Liu Y, Lau YC, Patil AP. LANDMARC: Indoor location sensing using active RFID. *Proceedings of the First IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications, 2003(PerCom 2003)*: IEEE; 2003. p. 407-15.