

淺談人工智慧於醫學超音波之應用

陳冠至醫師 / 亞東醫院 肝膽腸胃科

一、簡介

超音波是臨床上最常用的醫學影像之一。相較於其他醫學影像，它具有低成本、無輻射、容易攜帶、即時影像擷取和顯示的能力。雖然超音波技術日益進步及迅速發展，然而超音波也面臨了一些挑戰，包括操作者之間和操作者自己本身的高變異性以及有限的圖像品質控制。為了消弭存在於操作者之間以及操作者自己本身的高變異性，以提升超音波的可信賴度，人工智慧也許可以提供一些幫助。人工智慧因具有自動識別複雜圖像的能力，包含協助圖像分類、檢測和分割等功能，因此，人工智慧於醫學超音波的應用具有相當的潛力。在本文中，我們將先簡介人工智慧，以及現行人工智慧於醫學超音波的運用，其中包含目標檢測、病變分割以及電腦輔助診斷和預後等，此外，也會說明現行的困境與挑戰以及未來的發展。

二、人工智慧

人工智慧，包括機器學習(Machine learning, ML)、深度學習 (Deep learning, DL) 和卷積神經網絡 (Convolution neural network, CNN)，DL 是 ML 的其中一部份，而CNN又是 DL 的

其中一部份。一般來說，人工智慧指的是可以為使用任何設備進行模仿人類認知過程，涉及學習、應用和解決複雜的問題。

1. 機器學習(Machine learning, ML)

ML 致力於在沒有明確說明的情況下部署演算法程序。ML 大致可以分為三類：有監督的，無監督和強化學習。最常見的 ML 方法是監督學習，也是最常用的超音波成像中使用的方法。在監督學習中，訓練資料會被專家標註標準答案。監督學習對分類很有幫助，因為資料需要人為標籤，而這往往也需要大量的資料和專家標註。相反，在無監督學習中，算法可以最佳地從資料中找到相似性或聚類，而無需相應的標籤，這個學習的任務是找到數據中的隱藏結構並對其進行分類。在強化學習中，資料標註是透過從動態環境交互學習而不是被明確教導中獲得。對於這樣的動態環境，模型將接收正面或負面的強化反饋，並且對於預測的結果，強化算法將獲得獎勵或懲罰回饋。強化學習也說是一種混合無監督學習和監督學習的一種學習方式。

2. 深度學習 (Deep learning, DL)

DL 係基於人工神經網絡的多個處理層（人工神經網絡）。它可以自動學習信息表示並從原始數據中積累經驗，而不是靠專家提取特徵。人工神經網絡，顧名思義，是一種人工的模擬人類神經元概念的網絡系統，是一種當今最成功的 AI 方法之一。相比之下傳統的人工神經網絡，DL 包含更多的隱藏層和處理輸入以分層的、非線性的方式。DL 得以快速發展受益於以下因素：(1) 快速增長的圖形處理單元和高科技中央處理單元；(2) 學習算法的發展；(3) 可用的大型資料庫。

3. 卷積神經網絡 (Convolution neural network, CNN)

CNNs 是人工神經網路 (Artificial neural networks, ANNs) 中的一個子類別，其輸入類型是明確的假定為圖像，並已被證實有效且高效在執行醫學成像任務。典型的 CNN 架構係由一系列層組成，可分為四個類型：

(1) 卷積層：CNNs 的主要參與者，其中由可學習的過濾器組成。

(2) 池化層：繼卷積層，這一層的作用是逐步對特徵圖

進行下採樣，也可以控制過擬合。

(3) 全連接層：作為分類器預測分類標籤。

(4) 非線性層：具有激活函數並確定神經元是否通過特定的激活條件激活或輸入圖像。CNN 的多個處理層證明 CNN 有學習組織分層和醫學影像抽象特徵之能力。

三、超音波圖像分析

超音波圖像分析進入新時代人工智慧的發展，藉由機器學習的進步和深度學習的引進，在這些技術的支持下，超音波圖像的變異因素：例如操作員、掃描儀、及患者因素可以獲得顯著改善。超音波的電腦輔助診斷系統已經在產業上獲得認可，主要有以下應用：(1) 檢測：自動識別器官結構，病變和其他感興趣的對象；(2) 診斷或分類：分析超音波影像以評估疾病狀態或將其分類為特定的類別；(3) 分割：實現精確的劃定病變邊界；(4) 其他的應用，包括回歸在內的其他應用涉及連續的、近似變量的預測；圖片註冊和內容檢索。

以下我們將以人工智慧於乳房超音波之應用為例，乳癌被認為是女性最常見的癌症類型之一，並且仍然是癌症相關的第二大死因。在文獻回顧中，最常見的 DL 在乳房超音波的應用是乳癌的診斷和腫瘤分類。當資料

集較小的時候，可使用遷移學習來增加模型的準確性，並可同時減少訓練時間；遷移學習是一種使用預訓練的機器學習模型來解決不同應用領域的問題。過去文獻報導轉移學習模型於乳房超音波的應用，以對乳房腫瘤進行分類為例，Byra et al. 研究採用 VGG19 神經網絡（一種 CNN 模型），其作法是在 ImageNet 上將其預訓練為固定的特徵提取模型，接著對於原始 VGG19 CNN 的模型進行修改，並使用新的數據集進行微調，最後經微調後的有一個 VGG19 CNN 模型在曲線下面積可達到最高值 0.936。

Xiao et al. 開發了一種基於 ML 的傳統模型：一個 CNN 模型以及三個轉移樞模。對於乳房腫瘤分類的表現，他們皆達到最高的曲線下面積值。從超音波影像中自動切割出乳癌腫瘤對於電腦機輔助診斷非常關鍵。

Gu et al. 提出了一種自動 3D 分割，在 3D 乳房超音波中劃分主要組織類型的方法協助放射科醫生解釋和診斷乳癌。該方法包括三個主要階段：第一步是形態學重建，這可以防止因為濾波器操作而產生錯誤的分割。；第二步是圖像分割，一個 3D Sobel 運算子用於提取邊緣信息；第三步是區域分類，主要將圖像分為兩個區

域，小和大，然後進一步對組織進行分類。人工智慧除了在乳房超音波的應用外，同樣的原理也可運用在其他器官。

四、未來挑戰

DL 的實現有很大的程度是取決於大型訓練樣本數據集，像是 ImageNet 這個公開的資料集中有超過 100 萬個帶註釋的多標籤自然圖像，然而像是這樣的公開資料集在醫學影像超音波的可用性仍然有限。對於 DL 應用於超音波醫學圖像分析，有限的訓練影像無疑成為進一步應用的瓶頸。為了解決小樣本數據集的問題，目前研究人員常用的方法是遷移學習，如前所述，使用遷移學習有兩個主要思想：小型的資料集直接利用預訓練的網絡作為特徵提取器，並通過修復進行微調網絡部分的權重。

五、結論

藉由人工智慧導入超音波影像分析預期可以多少解決操作者之間的差異。另外，遷移學習可以解決資料集較少的問題。未來超音波影像資料庫的建立對於模型建置將會有實質的幫助；當系統開發完成後，屆時，需進一步評估人工智慧導入超音波影像分析對於臨床所產生的效益。

Reference :

1. Shen YT, Chen L, Yue WW, Xu HX. Artificial intelligence in ultrasound. Eur J Radiol. 2021

Jun;139:109717.

2. Shengfeng Liu, Yi Wang, Xin Yang, Baiying Lei, Li Liu, Shawn Xiang Li, Dong Ni, Tianfu Wang. Deep Learning in Medical Ultrasound Analysis: A Review. Engineering Volume 5, Issue 2, April 2019, Pages 261-27

3. Brattain LJ, Telfer BA, Dhyani M, Grajo JR, Samir AE. Machine learning for medical ultrasound: status, methods, and future opportunities. Abdom Radiol (NY). 2018 Apr;43(4):786-799.