

# 暑期專題計劃書

肺部電腦斷層掃描之非小細胞癌 PD-L1 表現預測：  
結合多任務自監督學習與生成對抗網路

申請者：戴偉璿

May 27, 2025

## 1 研究背景與動機

PD-L1 (Programmed Death Ligand 1) 表現量是免疫治療中一個重要的生物標記，常用以評估非小細胞肺癌 (NSCLC) 患者是否適合接受 PD-1/PD-L1 抑制劑。然而，現有檢測方法依賴組織切片與免疫染色，具有侵入性、區域異質性與判讀主觀性等缺點。

因此，本研究旨在建構一套基於肺部電腦斷層掃描 (CT) 影像的 PD-L1 表現預測模型，期望能以非侵入方式輔助臨床決策。本計畫以結合多任務自監督學習 (MTMAE) 與生成對抗網路 (GAN) 為主軸，進一步探索三項潛在延伸方向以提升模型性能。

參照了周姍妤學姐的碩士論文：「肺部電腦斷層掃描之非小細胞癌 PD-L1 表現預測: 結合遮蓋圖像模型與生成對抗網路」，其中提出了一種基於 MAE 模型改良後的多模態模型 MTMAE，結合了自監督重建、腫瘤分割與分類任務，並利用 GAN 強化訓練資料的多樣性，在低資料條件下有效提升了 PD-L1 表現的預測準確率。基於該模型的潛力，我想嘗試看看這個方法能否有進一步改進的空間。

## 2 研究目標

- 建立以 MTMAE 為基礎之 PD-L1 表現預測模型
- 探討加入對比學習對自監督表徵學習的增強效果。
- 在 ViT encoder 中嵌入 GNN，建構 patch 間關聯性以提升特徵整合能力。
- 評估多模型集成 (ensemble) 策略對預測穩定性與泛化能力的影響。

## 3 研究方法

本研究將基於周姍妤學姐的碩士論文所提出的 MTMAE 模型進行改良，模型核心為 Multi-task Masked Autoencoder (MTMAE)，包含，由於影像資料的缺乏，我們先使用 GAN 生成批量的影像，對模型進行預訓練，接下來再使用真正的醫學影像進行微調。

以下是我想到可以進行延伸的部份：

1. 對比學習：在自監督訓練階段導入對比損失，以不同遮蔽策略產生的影像對作為正樣本，提升 encoder 對語意一致性的建模能力。
2. GNN 結合：將 ViT encoder 輸出的 patch token 建構為圖結構，節點間依位置或注意力建邊，透過 GNN 進行訊息傳遞，強化區域語意整合。
3. 模型集成：利用隨機初始化、遮蔽方式或 GAN 輸入生成多個 MTMAE 模型，最後透過投票的方式整合各模型的預測結果，提升整體穩定性與泛化能力。

## 4 實驗設計

預計使用來自於台大醫院、台大醫院新竹分院、台大醫院雲林分院提供之非小細胞肺癌患者 CT 與 PD-L1 標記資料做為輸入，比較原本的 MTMAE 模型、加入對比學習、加入 GNN、集成模型在在正確率 (Accuracy)、靈敏度 (Sensitivity)、特異度 (Specificity) 與 AUC (Area under curve) 上的表現。

## 5 預期成果

本專題預期將建立可實作之 MTMAE 模型，完成 PD-L1 表現預測任務，並驗證對比學習、GNN 以及模型集成等方法對於預測效能的提升效果。期望透過這些改進能顯著提升模型的準確度與泛化能力。

## 6 進度規劃 (預估)

週次	日期	工作內容
1	6/16~6/22	閱讀論文、整理背景知識、建立 MTMAE 架構
2~3	6/23~7/6	嘗試導入對比學習模組進行初步實驗
4~5	7/7~7/20	嘗試加入 GNN 模組進行實驗
6~7	7/21~8/3	嘗試集成模型進行實驗
8	8/4~8/14	整理研究內容，撰寫書面報告
9	8/15~8/21	完成最終簡報與展示準備