**靜宜大學資訊工程學系畢業專題計畫書**

***一、封面內容包括：***

專題名稱：基於深度學習技術的梅毒螺旋體抗體檢測影像分析系統

指導教師：劉志俊

專題學生：資工三A 411147136 黃敬汶 [s411147136@gmail.com](mailto:s411147136@gmail.com)

資工三A 411147372 馬芯瑜 [mss0966135803@gmail.com](mailto:mss0966135803@gmail.com)

資工三A 411147550 蔡馨儀 [9126ella@gmail.com](mailto:9126ella@gmail.com)

資工三A 411147631 林盈蓁 [aliya930113@gmail.com](mailto:aliya930113@gmail.com)

繳交日期：2025/6/5

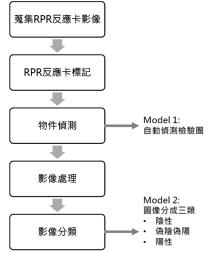
***二、內容包括：***

**● 摘要**

梅毒是一種慢性細菌型的全球性傳染病，傳染途徑包括性交、血液和母子垂直感染。儘管可通過便宜的方式診斷和治療，但台灣的梅毒感染率逐年上升。梅毒血清測試為主要梅毒篩檢方法之一。目前梅毒血清測試卡的陽性檢體樣本判定仍仰賴人眼辨識，不僅會受人為主觀影響，且容易因血清測試卡數量龐大導致人眼疲勞而出現辨識錯誤。本研究提出使用物件偵測技術來自動辨識梅毒血清測試卡上的反應素凝集影像來判定檢體陰陽性。希望能建立客觀辨別反應素凝集影像的基準，避免人為疏失，提高梅毒篩檢的效能，減少感染者將病原體傳播給他人的風險，從而控制和降低梅毒的傳播率。

**● 進行方法及步驟**

本文提出一種基於物件偵測技術來自動辨識 梅毒血清測試卡上的反應素凝集現象的梅毒快速 檢驗系統，其系統架構如圖2所示。此快速篩選系 統的主要方法與進行步驟說明如下：



圖**2** 梅毒快速檢驗系統的系統架構圖方法二先偵測 標記出反應圈，

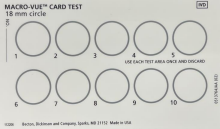
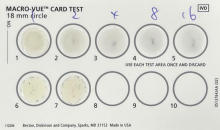
再將標記出的進行影像分類

• 梅毒 RPR卡影像蒐集：本文的梅毒 RPR卡影像 主要來自童綜合醫院梧棲院區的臨床病理科的 回溯性檢驗樣本，包含實際 RPR 卡片測試(RPR card tests)反應後的試驗卡(RPR-Card)影像，如 圖3所示，本文一共收集140張 RPR 卡片，包含1,388個檢體反應圈(test circle)影像。為了增加 RPR 卡片的多樣性，我們亦收集額外來自檢驗 試劑廠商和其他醫療機構網路上提供的8張試驗 卡作為第二組實驗資料集，包含61個反應圈， 其中包含45個陰性、13個陽性及3個人眼難以確 認陰性陽性的疑似陽性。

• RPR 反應圈檢體陰陽性標記：一張典型的梅毒RPR試驗卡上包含十個反應圈，如圖3(a)所 示。RPR 反應圈可以依照是否發生反應素凝集

現象標記為有反應(reactive)的陽性，如圖3(b)中 的 反應 圈編 號1、編 號6與編 號7；沒有反應(nonreactive)標記為陰性，如圖3(b)中的反應圈 編號4與編號5；少數沒有滴入試劑與檢體的未 使用反應圈標記為空白(empty)，如圖3(b)中的 反應圈編號8、編號9和編號10；另外少數人眼 難以分辨陰性陽性的疑似陽性反應圈標記為陰 陽未定(undecided)，如在圖3(b)中，編號2與編 號3反應圈中似乎有凝集反應但凝集顆粒不明顯，標記為陰陽未定，表示需用更具特異度的

梅毒檢驗方法做進一步測定。RPR 反應圈標記 由童綜合醫院臨床病理科醫檢師進行逐一人工 標記，再由資深醫檢師進行覆核後作為判讀參考基準。

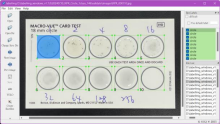
**(a) (b)**

圖**3 (a)**一張典型的梅毒 **RPR** 試驗卡上包含十個反 應圈**(test circle) [24] (b)**陽性樣本**(**反應圈**1, 6, 7)** 、 陰性樣本**(**反應圈**4, 5)**、和人眼難以分辨疑似陽性

的陰陽未定樣本 **(**反應圈**2, 3)** 、空白未使用反應圈 **(**反應圈**8, 9, 10)**

• RPR 反應圈位置標記：本文使用兩種方法標記反應圈位置與檢體陰陽性：方法一為直接將反應圈標記其邊界框與陰陽性；方法二為標記反應圈的邊界框，而對其檢體陰陽性額外進行標記。圖4顯示人工標記每個 RPR 反應圈邊界框 的典型範例，如圖中灰色反應圈的綠色外框所示。本文反應圈邊界框標記工具採用 LabelImg(https://github.com/HumanSignal/labelImg) ， 並以 YOLO 格式儲存反應圈位置與陰陽性標記。 • RPR 試驗卡的反應圈偵測模型訓練：我們採用三種最新 YOLO 系列物件偵測模型，包含 YOLOv8[18]、YOLOv9[19]與 YOLOv10[20]來 進行 RPR 試驗卡的反應圈偵測模型訓練。

• 凝集反應影像強化處理：凝集反應的判定依據為是否有出現黑色顆粒狀反應素凝集現象。因此我們亦對每個反應圈影像使用 OpenCV 進行四種影像邊緣處理技術，來強化凝集反應的顆粒邊緣特徵，測試凝集反應邊緣強化後的影像是否有助於凝集反應的自動判定。四種影像邊緣強化技術分別為 Prewitt 運算[25]、Sobel 運算 [26]、LoG (Laplacian of Gaussian) 運算[27]以及Canny 邊緣偵測[28]。反應素凝集強化後的反應 圈範例如圖5所示。



圖**4 RPR** 反應圈位置標記範例，圖中灰色圓圈為 反應圈，

綠色外框為人工標記反應圈位置



圖**5** 反應素凝集強化後的反應圈範例

• 反應圈影像凝集反應分類：我們使用十種不同 複雜度的卷積網路模型，包含 AlexNet[29]、 VGG16[30]、ResNet50[31]、InceptionV3[32]、 MobileNet[33] 、 DenseNet[34] 、 NASNetMobile[35] 、 ResNeXt50[36] 、 SEResNeXt50[37]與 EfficientNetB5[38]等卷積網路模型來進行 RPR 試驗卡的反應圈分類實驗。

● **設備需求** (硬體及軟體需求)

本文實驗進行的軟體開發環境為：

• 程式環境： Python 3.10與 PyCharm Professional 2023.1.2

• 影像處理套件：OpenCV

• 深度學習環境：TensorFlow、Keras 與 PyTorch 平台

• 物件偵測方法：YOLOv8[18]、YOLOv9[19]與 YOLOv10[20]

電腦硬體計算設備為 i7-12700 2.10GHz CPU、 64 GB RAM、並使用 RTX 4090 GPU 進行卷積網路 模型訓練運算加速。

● **經費預算需求表** (執行中所需之經費項目單價明細)

| 項 目 名 稱 | 說 明 | 單位 | 數量 | 單 價 | 小 計 | 備 註 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 臺幣(元) | 臺幣(元) |
| 桌上型電腦 | 專案之進行 | 部 | 1 |  | 26000 | 由系上實驗室提供 |
| 壓克力板 | 實際示範的箱子 | 個 | 1 | 500 | 500 | 由系上實驗室提供 |
| LED燈條、USB開關接頭 | 示範箱燈光 | 條 | 1 | 223 | 223 | 自行負擔 |
| PYNQ-ZU板 | 硬體加速 | 塊 | 1 | 25000 | 25000 | 由系上實驗室提供(借用) |
| 消耗性器材 | 隨身碟、RPR試驗卡 | 批 | 1 | 3000 | 3000 | 自行負擔 |
| 雜支費 | 論文發表費等 | 次 | 1 | 3000 | 3000 | 自行負擔 |
| 雜支費 | 印刷費、文具等 | 批 | 1 | 500 | 500 | 自行負擔 |
| 共 計 | | | | | 58223 |  |

**● 工作分配** (詳述參與人員分工**)**

| 姓名 | 參與工作 |
| --- | --- |
| 黃敬汶 | 論文撰寫、實驗設計、會議紀錄、PPT撰寫、實驗操作、統籌 |
| 馬芯瑜 | 部分實驗、論文撰寫、會議記錄、PPT撰寫、用具採買 |
| 蔡馨儀 | 論文撰寫、文書處理、會議記錄、PPT製作 |
| 林盈蓁 | 論文撰寫、文書處理、會議記錄、PPT製作、PPT演說 |

**● 預期完成之工作項目及具體成果**

完成論文撰寫及實際系統展現

**\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\***

(\* 書面審查文件至少為2頁。不含封面，請依上述格式撰寫。)

(\* 字型： 「本文」使用「標楷體及*Times*12點」；行距1.5。

「標題」使用「**粗體標楷體及*Times*14點」**；行距1.5。)

(\* 上下左右的邊界至多2.5公分，至少1公分。