

基於提示點與深度學習之量子點影像分割方法

Quantum Dot Image Segmentation Method Based on Prompt Points and Deep Learning

指導教授：許舒涵

專題成員：李咨蓉

開發工具：Python、Pytorch

測試環境：Linux CentOS 7.9

一、簡介：

在奈米科技與光電材料研究中，量子點(Quantum Dots)影像分析扮演關鍵角色，尤其是在結構辨識、尺寸測量與光學特性推估等方面。其中，對於重疊或接近排列的量子點區域進行準確的實例分割(instance segmentation)，是一項具挑戰性的任務。為此，本專題參考近期在生物醫學影像分割領域中的創新方法，結合了 Segment Anything Model(SAM)與自動提示點產生機制，用於精準分割組織切片中的細胞核。本專題將此方法延伸，應用於量子點影像之中並進行相應的調整與改良。

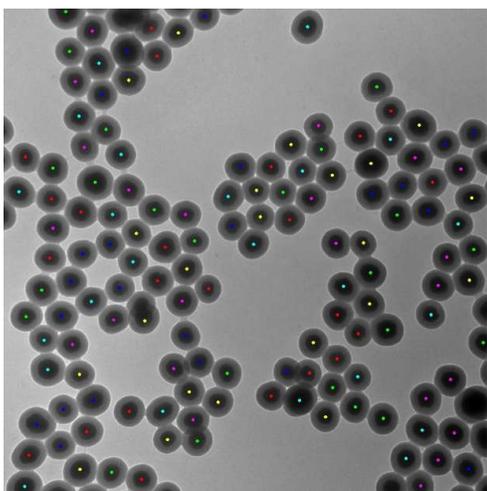
此架構分為兩個階段，包含提示點生成器(Prompter)與遮罩預測器(Segmentor)，使得模型能自動產生提示點並以此驅動分割流程，無須依賴人工標註提示，另外也引入負提示點(negative prompts)觀念，透過將鄰近區域設為提示點，提升模型處理重疊實例的辨識能力。

在資料前處理方面，專題所使用之量子點影像來自於實驗量測所獲得的穿透式顯微鏡(Transmission electron microscope)影像。針對這些影像，我們採用 Labelme 工具進行實例分割的標註，具體標記每一個量子點的座標與對應之區域遮罩(mask)。此外，對每個遮罩區域進一步分類，標註其所屬類別，包括背景(background)、核心區域(core)以及包覆層(shell)。在提示點生成階段，模型會透過訓練學習如何從輸入影像中偵測量子點之中心位置，並以此作為提示點輸出。於遮罩預測階段，系統接收提示點後，將其送入 SAM 中進行個別量子點遮罩預測。在此步驟，模型亦同時接收來自鄰近物體之負提示點，藉由抑制非目標區域反應，使模型更加聚焦於目標量子點。針對模型效能評估，我們採用了 Aggregated Jaccard Index(AJI)及 Panoptic Quality(PQ)兩個指標進行分析。

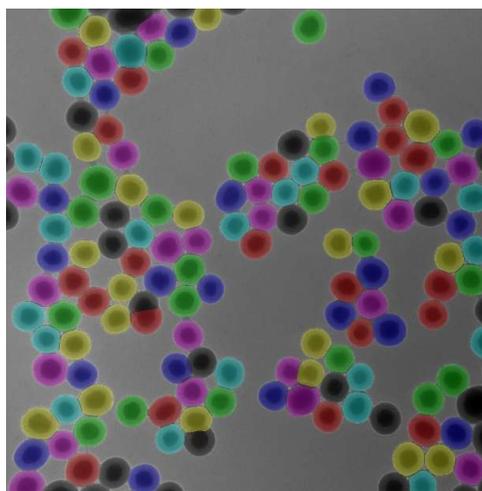
本專題結合提示導向模型設計、深度神經網路訓練策略，提供一種有效的量子點影像分析方案，即使在多個目標區域相互接觸的情況下，仍能正確識別獨立核心，展現出對重疊結構良好的識別能力。

二、測試結果：

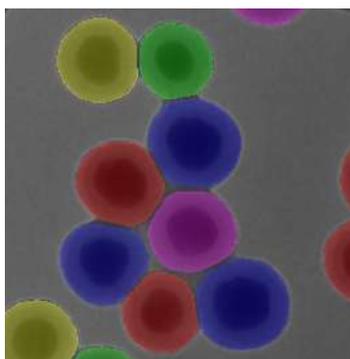
圖(一)為 Prompter 的視覺化結果，顯示預測的提示點在原始影像上的分布情形。圖(二)為 Segmentor 的視覺化結果，展示輸出的遮罩與實際區域之對應情形。圖(三)為圖(二)的局部放大圖，可以更清楚觀察模型在多個量子點相連時的分割結果。表(一)為模型準確度的評估，其中 Prompter 採用 Precision、Recall 與 F1 Score 三項指標，Precision 是在所有預測的提示點中預測正確的比例；Recall 是所有應被偵測出的物體中，成功被預測的比例；F1 Score 為 Precision 及 Recall 的調和平均數，是根據前二項指標的總體評估。Segmentor 採用 AJI 及 PQ 兩項指標。



圖一：Prompter 視覺化結果



圖二：Segmentor 視覺化結果



圖三：Segmentor 視覺化結果局部放大圖

表一：模型準確度評估

Prompter		Segmentor	
Precision	0.943	AJI	0.612
Recall	0.877	PQ	0.738
F1	0.909		