

使用潛在擴散模型於胸部 X 光影像肺結節生成與檢測

Generation and Detection Nodules in Chest X-Ray Image Using Latent Diffusion Model

研究生：資訊工程系 姚凱文

指導教授：資訊工程系 張傳育 特聘教授

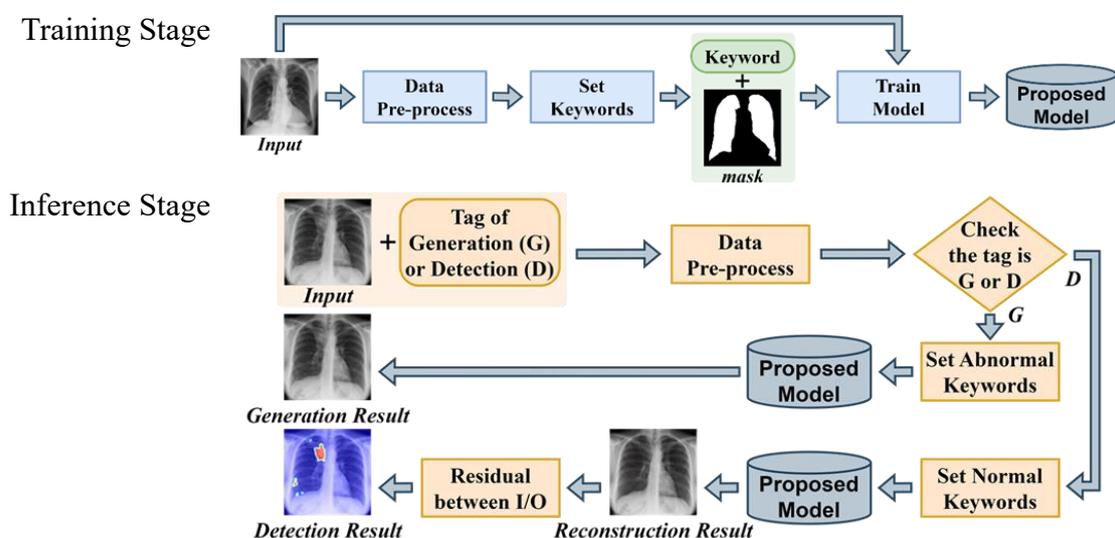
摘要

近年來，生成式 AI 模型在醫療領域的應用迅速增長，但訓練這類模型常面臨資料不足的問題。如胸腔疾病中的肺結節，常常是病情惡化或在健檢時拍攝 X 光時，才有機會收集到肺結節的胸部 X 光影像。資料不足的問題會讓模型無法很好地學習疾病的病理特徵，進而影響模型的訓練成效不佳。

因此，本論文提出一個基於 Latent Diffusion Model 的雙效模型，能夠同時進行肺結節的生成與檢測。透過加上影像修補(Image Inpainting)技術和額外的文字關鍵字(Keyword)，使模型能夠更好的學習肺結節與胸部 X 光影像之間的關係。此外，透過 Keyword 作為描述正常或異常的條件，將可控制模型的生成目標，實現單一模型能夠同時執行生成與檢測任務。

實驗結果顯示，本論文提出的方法在生成能力上，與 SOTA 模型相比得到了最好的結果，並在 FID、SSIM 和 LPIPS 三個指標中分別得到了 43.83、0.634 以及 0.266。在異常檢測方面，本研究同樣取得了最好的成績，在 DICE 分數和 AUC 兩個指標中分別得到了 0.1533 和 0.8638。因此，本研究所提出的方法可以有效的生成多樣化的患有肺結節胸部 X 光影像來實現資料擴增，以及準確檢測出胸部 X 光影像中是否存在肺結節。

研究方法



本論文提出的模型包含了生成(重建)與檢測兩種任務。在訓練階段，模型將會同時學習正常(健康無疾病)影像以及異常(患有肺結節)影像。訓練過程中，應用了影像修補(Image Inpainting)技術和額外的文字關鍵字(Keyword)作為條件約束。最終訓練出一個可以同時執行肺結節生成與檢測的雙效模型。

在推理階段，需要使用者先選擇模型該執行哪一種任務。若是生成任務，輸入健康的胸部 X 光影

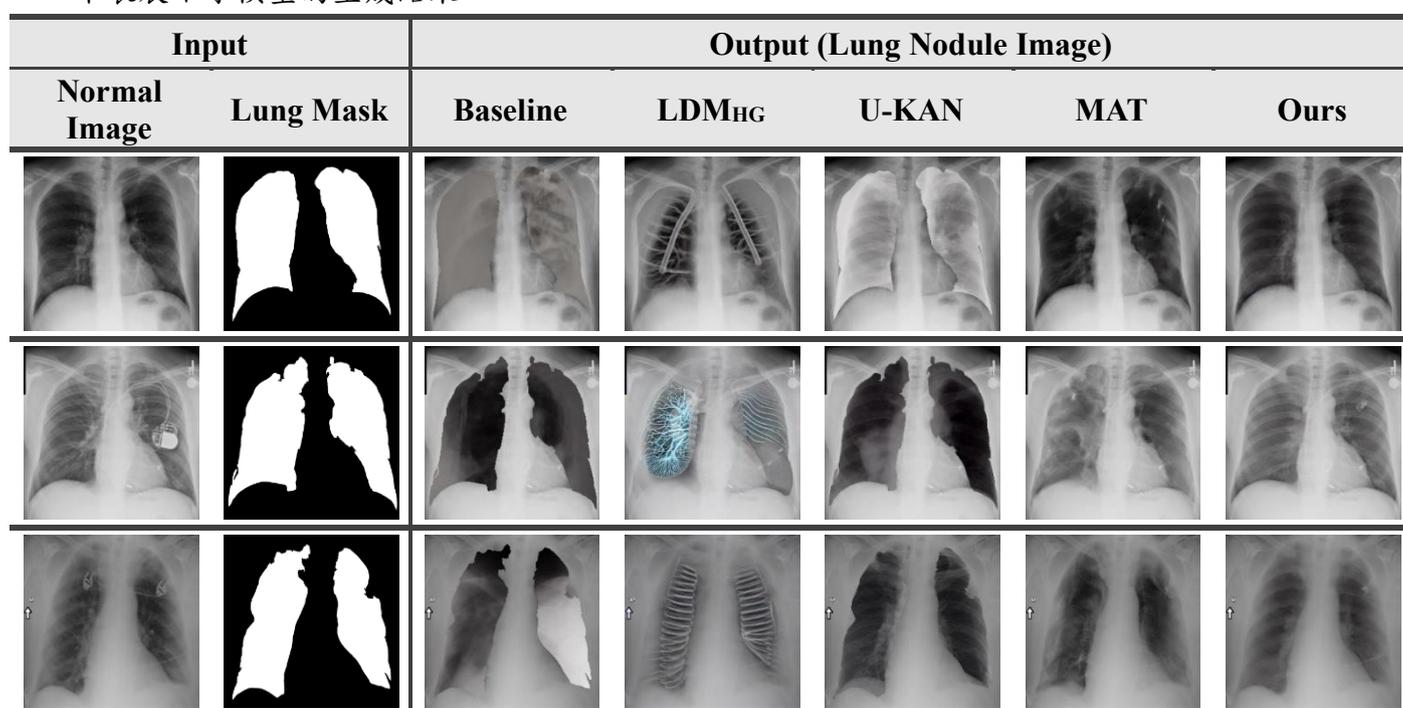
像後，將經過資料前處理獲得對應的肺部區域遮罩以及一段描述「異常」的文字關鍵字(Keyword)。最後，模型將在輸入影像的肺部區域生成出肺結節。若是檢測任務，輸入則是待測的胸部 X 光影像，並同樣經過資料前處理得到對應的肺部區域遮罩以及一段描述「正常」的文字關鍵字(Keyword)後，模型將在輸入影像的肺部區域重建出健康無疾病的肺部。最後，透過將重建影像與輸入影像進行殘差計算，檢測出肺結節的所在位置。

實驗結果

對於生成能力方面，使用了 FID、SSIM 以及 LPIPS 三種指標進行評估。

Model	FID (↓)	SSIM (↑)	LPIPS (↓)
Baseline	212.47	0.619	0.421
LDM _{HG}	133.32	0.570	0.369
U-KAN	133.75	0.622	0.312
MAT	60.77	0.622	0.276
Ours	43.83	0.634	0.266

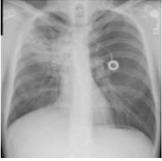
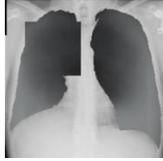
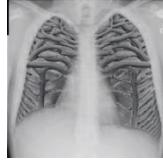
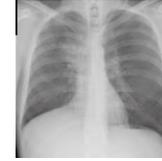
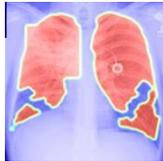
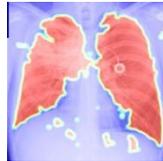
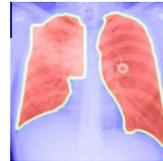
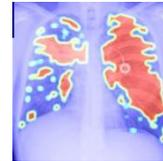
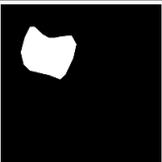
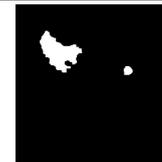
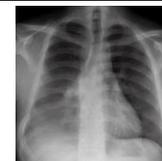
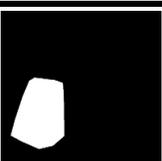
下表展示了模型的生成結果。



對於檢測能力方面，使用了 DICE 分數以及 AUC 兩種指標進行評估。

Model	DICE (↑)	AUC (↑)
Baseline	0.1142	0.8259
LDM _{HG}	0.1011	0.7647
U-KAN	0.1152	0.8262
MAT	0.1286	0.8433
Ours	0.1533	0.8638

下表展示了模型的檢測結果。

Sample 01	Baseline	LDM _{HG}	U-KAN	MAT	Ours
	Reconstruction Results				
					
GT	Residual Results				
					
GT	Binarization Results				
					
Sample 02	Baseline	LDM _{HG}	U-KAN	MAT	Ours
	Reconstruction Results				
					
GT	Residual Results				
					
GT	Binarization Results				
					

結論

本論文提出了 Latent Diffusion Model 結合影像修補(Image Inpainting)技術以及額外的文字關鍵字(Keyword)的方法，用於生成與檢測胸部 X 光影像中的肺結節，實現單一模型能夠同時完成生成和檢測任務。實驗結果顯示，本論文提出的方法在生成能力上，與 SOTA 模型相比，在 FID、SSIM 和 LPIPS 三個指標中都得到了最好的結果，證明了模型生成出的異常(患有肺結節)影像能夠有效地用於擴增肺結節樣本資料量。在檢測方面，模型同樣地在 DICE 和 AUC 兩個指標上獲得了最好的成績，證明了模型具有一定的檢測能力，足以輔助放射科醫生檢測胸部 X 光影像中的肺結節。