

增強微小缺陷檢測能力之 Fast-SCNN 於彩色濾光片的瑕疵檢測與分類

Enhanced Fast-SCNN for Tiny Object Detection in Color Filter Defect Classification

研究生：資訊工程系 洪佩儀

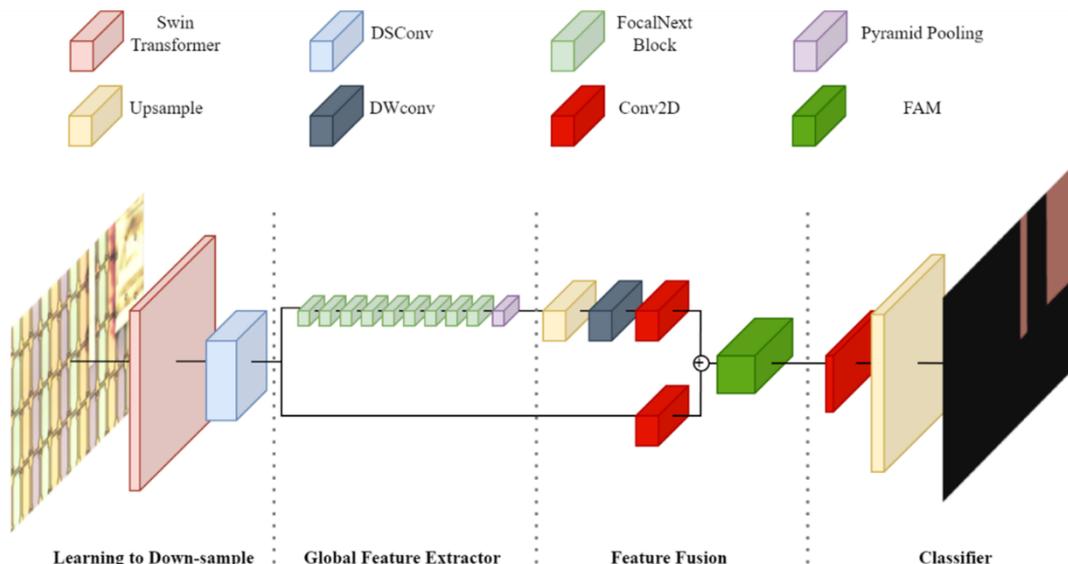
指導教授：資訊工程系 張傳育特聘教授

摘要

彩色濾光片(Color Filter, CF)為液晶顯示器的顯示重要元件，若彩色濾光片出現瑕疵可能會導致影像的品質下降或是性能受損。目前，彩色濾光片的瑕疵檢測方式是透過機台拍攝彩色濾光片的透光影像，讓修補人員進行瑕疵評估。這種需要人工進行目視判斷的方法除了需要投入大量的時間及人力，也會出現檢測結果的不一致性，導致出現瑕疵漏檢或誤檢的問題。為了解決這些問題，本研究提出了一種基於語意分割的彩色濾光片的瑕疵檢測方法。透過改良 Fast-SCNN 架構，將彩色濾光片影像轉換成語意資訊，並使用 Swin-transformerV2 和 FocalNext Block 提升模型對微小瑕疵的捕捉能力，以及加入特徵聚合模塊(Feature Aggregation Module, FAM)加強特徵融合的能力，進而提升模型檢測及分類的準確度。實驗結果顯示，本研究改良後的模型在彩色濾光片瑕疵的檢測準確度達到了 99.9% 的 Pixel Accuracy 和 89.9% 的 mIoU，瑕疵分類準確率中達到了 80.0% 的 Average Recall 以及 83.8% 的 Average Precision，檢測速度為 33 fps。因此該方法可以減少彩色濾光片檢測所帶來的時間和人力成本，也可以提供準確的瑕疵分類與位置。

研究方法

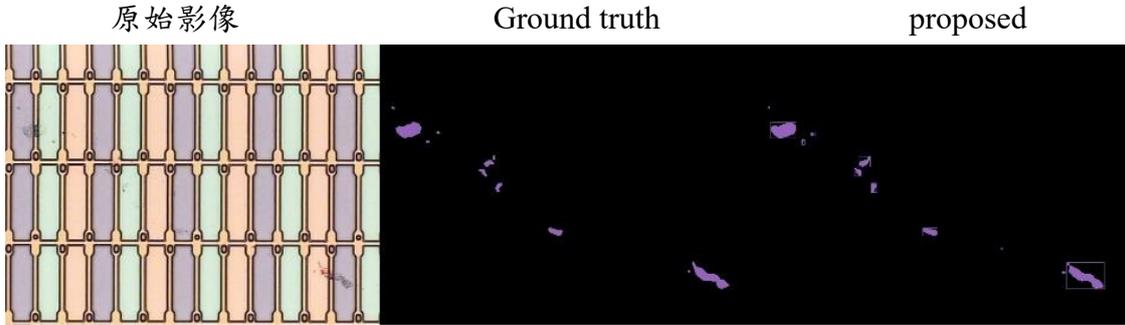
為了解決 CF 瑕疵檢測的挑戰，本研究基於深度學習技術，建立了一個自動化檢測模型。以下詳細說明模型的系統架構、關鍵技術模組與改進方法，架構圖如下圖所示。



本研究採用了 Fast-SCNN 作為基礎架構。Fast-SCNN 的顯著特徵在於其雙分支結構，能夠同時提取影像的全局與局部特徵。CF 缺陷通常尺寸微小且難以辨識。因此，本研究採用了 Swin-TransformerV2 作為主幹網路，以保留更多細節資訊。此外，模型保留了深度可分離卷積

(Depthwise Separable Convolution, DSConv)，這種卷積技術能增強模型的特徵提取能力，同時減少計算量與參數負載。為加強模型對於小物件的偵測能力，本研究加入了 ConvNeXt V2，這種方法有效結合全局與局部資訊，不僅增強了對小瑕疵的辨識能力，也提升了整體檢測性能。本研究參考 Coordinate Attention Block 的架構來改進特徵融合方法，該方法計算量低，能以較少的參數實現高效的特徵融合效果。

實驗結果



ITO wrinkle (紫色部分) 瑕疵檢測結果呈現



Under film (紅色部分) 瑕疵檢測結果呈現



Ink mark (綠色部分) 瑕疵檢測結果呈現



4-5NG (藍色部分) 瑕疵檢測結果呈現



4-6 Lost (棕色部分) 瑕疵檢測結果呈現

檢測能力之模型比較結果

方法	Pixel	mIoU [%]	Average	Average	檢測時間 (s)
	Accuracy [%]		Precision [%]	Recall [%]	
PatchCore ^[1]	91.0	75.7	-	-	0.17
DINO ^[2]	99.2	65.5	74.7	71.3	0.17
proposed	99.9	89.9	83.3	80.3	0.03

[1]: M. Yang, P. Wu, J. Liu, H. Feng, "MemSeg: A semi-supervised method for image surface defect detection using differences and commonalities," *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol.119, pp. 105835, 2023.

[2]: R. P. K. Poudel, S. Liwicki, and R. Cipolla, "Fast-scnn: Fast semantic segmentation network," arXiv preprint arXiv:1902.04502, 2019.

結論

本研究透過改進 Fast-SCNN 架構中的關鍵模組，顯著提升了模型在 CF 缺陷檢測中的準確性與效率。從使用 Swin-TransformerV2 作為主幹網路，到加入膨脹卷積與注意力機制，各模組的設計均緊密圍繞瑕疵檢測任務的特點進行優化。改進後的模型不僅在檢測小瑕疵時表現優異，還能以極高的運算效率處理大批量影像，為 CF 缺陷檢測提供了一個穩定且高效的解決方案。