

針對彩色多特徵光滑物件之 智慧自動化瑕疵檢測

指導教授：陳響亮

專題成員：葉弘堯、王翔聖

開發工具：Python、C#、TensorFlow

一、摘要

在工業 4.0 時代，製造業正面臨著前所未有的轉型挑戰。隨著消費市場日趨多元，產品生命周期縮短，企業須不斷提高生產彈性與效率，才能維持競爭優勢。在生產如塑膠軟管等彩色多特徵光滑物件時，如何在龐大產量中快速而準確地識別表面瑕疵，是攸關產品良率與交期的關鍵。

為此，本研究開發了一套結合機器視覺和深度學習的智慧瑕疵檢測系統，能快速準確地識別光滑表面上的多種缺陷。使用高解析攝影設備擷取產品表面影像，透過 OpenCV 進行影像前處理，再以人工標註方式建立封口斜口、封口毛邊和表面凹陷三類瑕疵的訓練資料集。在此基礎上，我們採用 YOLOv4 物件檢測演算法，通過參數調優與反覆訓練，得到一個高效穩健的瑕疵檢測模型。

實驗結果表明，本模型在三類瑕疵的平均檢測精確度達到 96.41%，系統可自動標示出瑕疵的種類與位置，整合於產線可即時篩選出瑕疵品，大幅降低目檢人力與成本，進而強化品質一致性，減少客訴，提升顧客滿意度，從而促進品牌忠誠度和市場佔有率，為製造商創造更多獲利空間。

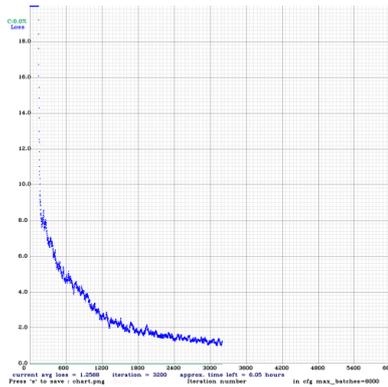
二、研究方法(研究流程)

1. 影像擷取:拍攝正常與瑕疵樣品
2. 影像處理:使用 OpenCV 進行處理，並抓出待辨識物體
3. 標籤檔建立:使用 labelimg 軟體製作訓練標籤
4. 模型參數調整:根據使用需求對模型的參數做適當的調整

5. 模型訓練與優化:colab 上使用自製訓練集和標籤檔訓練模型

三、 研究結果

在針對三種類型的瑕疵:表面凹陷、斜口、毛邊，進行多次訓練和不斷優化後，訓練到模型 loss 在 1.25 左右，且精確度都超過九成，平均精確度高達 96.41。



```

detections.count = 490, unique truth count = 317
class_id = 0, name = hollow, ap = 91.05% (TP = 171, FP = 17)
class_id = 1, name = bevel, ap = 98.22% (TP = 58, FP = 1)
class_id = 2, name = rough_edges, ap = 99.96% (TP = 70, FP = 1)

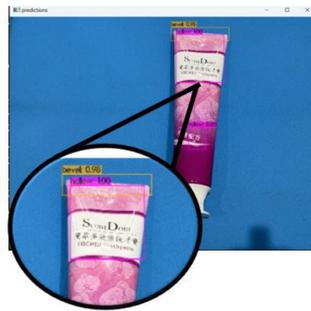
for conf_thresh = 0.25, precision = 0.94, recall = 0.94, F1-score = 0.94
for conf_thresh = 0.25, TP = 299, FP = 19, FN = 18, average IoU = 72.77 %

IoU threshold = 50 %, used Area-Under-Curve for each unique Recall
mean average precision (mAP@0.50) = 0.964885, or 96.41 %
    
```

瑕疵類別	訓練標籤數	精確度(AP)
表面凹陷(hollow)	約700	91.05%
斜口(bevel)	約400	98.22%
毛邊(rough_edges)	約400	99.96%
平均精確度(mAP@0.50)		96.41%

▲訓練到模型 loss 為 1.25 左右

▲三種瑕疵的訓練結果

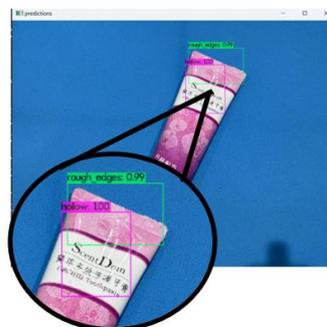


▲正面

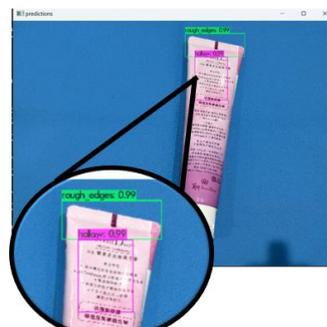


▲背面

▲模型測試畫面: 斜口和凹陷瑕疵



▲正面



▲背面

▲模型測試畫面: 斜口和凹陷瑕疵