

AI 監督料件加工系統

這個專案希望以視覺辨識系統，如動作偵測、物件辨識來確保工人製作零件的
手續，以達到確保工件有確實加工完成的效果。

需求描述:

1. **未加工件**：呈空心圓柱形，一邊的圓形面是空的，直徑約 13-15cm，高度為 10cm 左右，一邊的圓形有平面且中心有 2.5cm 圓孔
2. **備料箱**：金屬籠子形狀，裡面放滿**未加工件**
3. **工作臺**：有擺放**未加工件**以及**加工件的平台**，有由下而上垂直升起的切削鋸子可以切出 5mm 缺口
4. **加工件固定座**：與**未加工件**呈現互補形狀的固定座，置於工作台平面上，底下有切口，可平移到切削鋸正上方(這東西好像沒有固定)
5. **加工件**(已加工完成)：**未加工件**上方的 2.5cm 圓孔應該要被鋸出 5mm*5mm 的切口
6. **出貨箱**：黃色塑料箱，約為 116cm*106cm，高可疊放 6 個工件(所以應該>65cm)
7. **切銷鋸**：這是一隻直條式的、棒狀的鋸條，由工作台中央的小孔中升起

加工過程:

1. 工人從備料箱取出未加工件，置於(備料箱周邊/工作臺平面)
2. 切削鋸升起，使用小刷子清潔金屬粉末
3. 移動加工件固定座到切削鋸旁邊
4. 工人將未加工件(大口朝下，小孔朝上)對齊升起的切削鋸套入並固定在加工件固定座上(鋸片會直接穿過工件的圓孔)
5. 啟動機器，切削鋸開始向下縮、切割(此時未加工件變為加工件)
6. 鋸子完全收起時，工人連同加工件固定座把加工件向後推出
7. 取出加工件，以手工具去除金屬碎屑
8. 將加工件放入出貨箱排好，完成一次輪迴

專案要求:

快速：盡量低的運算消耗=較快速的計算

指示：物件瑕疵時以簡單的指示指明哪裡出錯(燈號/蜂鳴器/螢幕顯示)

精準：出貨箱會直接出貨，所以要進行精準的品質把控

簡單：過程盡量不使用過多設備、支架、輸送帶，一切從簡，減少額外設備的

預算

方案 1: 影像辨識+瑕疵檢測系統

技術：

- 使用高解析度攝影機（例如 4K 相機）來拍攝工件成品，利用影像處理技術進行瑕疵檢測。此系統專門分析工件的最終形狀，特別是檢測上方 2.5cm 圓孔中的 5mm x 5mm 切口是否到位，並對加工質量進行評估。
- 演算法：可使用 OpenCV 結合瑕疵檢測模型（如卷積神經網絡 CNN）來分析工件表面和加工細節。

目的：

- 提供對加工完成後的工件進行自動化瑕疵檢測，避免不合格工件流入出貨流程。
- 僅專注於成品的品質把控，避免無謂的流程監控，達到簡單高效的品質檢測。

效果：

- 高解析度檢測確保工件的精準度，特別是針對切口的形狀和大小。
- 當檢測到瑕疵時，系統可以使用簡單的指示方式（燈號或蜂鳴器）通知工人該工件有問題，並指出具體位置。
- 由於只檢測工件最終成品，運算負擔較低。

成本：

- 主要成本來自於高解析度攝影機和相關的影像處理軟體開發，預計中等成

本。相機硬件成本約為\$6000-\$12000

方案 2: 機器視覺+流程監控系統

技術：

- 在加工過程的關鍵步驟中部署多個中解析度的機器視覺攝影機，監控工人操作並確保其步驟正確。例如，當工人將未加工件放入固定座並對齊切削鋸時，系統能偵測是否正確對準。
- 使用簡單的物件辨識模型來追蹤工件位置、固定座狀態，以及機器是否已運行切削。

目的：

- 監控工人在關鍵步驟中的操作流程，防止錯誤操作，如工件未對齊或切削鋸未正確運行等。
- 保證每一個加工步驟都符合標準，避免因人為錯誤導致瑕疵成品。

效果：

- 即時檢測工人的操作過程，當工人操作不當時，系統能發出警示（燈號或蜂鳴器）提示工人重新調整。
- 此方案雖然主要關注流程，但可有效減少因操作不當導致的工件瑕疵，因此品質得到間接保證。

成本：

- 此方案成本相對較低，因為只需要中等解析度的攝影機 (每台約\$300-\$500 美元)，而且運算負擔相對較輕。演算法不需要過於複雜的訓練，可以使用基本的物件辨識技術。

方案 3: 雙視角檢測系統 (遠攝+近攝)

技術：

- 使用兩台攝影機，一台遠攝 (監控整個操作區域)，一台近攝 (專注於檢測工件細節)。遠攝攝影機負責監控工人的整體行為，近攝攝影機則專門檢查加工完成的工件，特別是 2.5cm 圓孔中的切口是否正確。
- 演算法結合了行為辨識與工件瑕疵檢測，根據工人的操作行為和成品狀況進行聯合分析。

目的：

- 提供雙重保護，既能監控工人的操作是否合規，也能檢查最終工件的品質，雙重確保加工件的精準度和操作正確性。
- 解決了單一視角可能無法同時兼顧工人行為和工件品質的問題。

效果：

- 當工人操作錯誤時，遠攝攝影機可及時發出警報，當工件有瑕疵時，近攝攝影機可以精確指出問題位置，達到雙向檢測效果。
- 這種方法能最大限度減少工件瑕疵，同時確保操作規範。

成本：

- 兩台攝影機 (遠距和近距) 的協同工作使系統成本中等到高。硬件成本包括兩台不同類型的攝影機 (合計\$1500-\$3500 美元)，而雙攝影機協作的演算法開發也會增加開發成本，系統整合較為複雜。
-

可行性評估:

方案 1 (影像辨識+瑕疵檢測):

優點:快速、穩定、現有技術多變

缺點:環境變數多——拍攝角度、金屬亮面、場地光線、一箱中的其他物件產生的光暗反射皆會影響檢測準確率

解決方法: 固定角度、追加照明、相機支架、不可遮擋

方案 2 (動作流程追蹤):

優點:確保穩定的加工流程

缺點:環境變數同方案 1，主要變數由金屬零件變為人體姿態(複雜度增加)，且依各人動作習慣的不同，加工流程的算法可能會變成非常棘手的問題

解決方法: (同方案 1) + 要求工人標準姿勢、不可多個人一起工作、工作期間不可以跳舞

-方案 3 (雙視角檢測):

優點:確保人的移動、姿態與加工零件產出的良率，綜合以上方法之大成，
對於兩種方面都有擔保

缺點:系統複雜，此系統會以 2 種以上不同的模型運作與資料處理即時影像，雙攝影機的同步運行與辨識再加上多模型的運行必須搭配運算效率較高的電腦，不符合低成本要求

解決方法: 花錢、花時間

根據專案需求和預算，方案 1 和方案 2 是成本效益較高的選擇，而**方案 3**
適合那些對操作流程和成品品質都有嚴格要求的高精度生產環境。

實作:

方案一：瑕疵檢測:

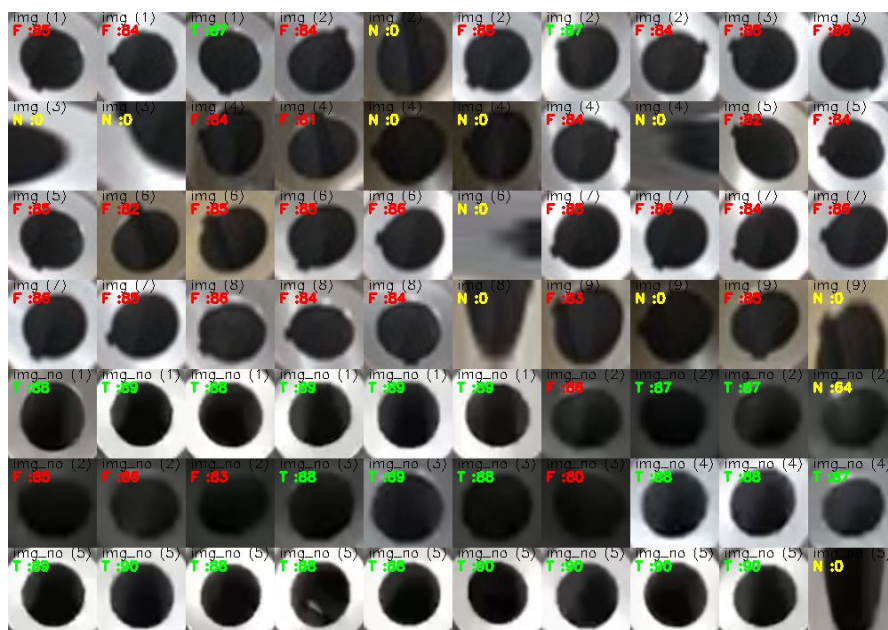
由於考慮到單個模型的運算精準度很大程度上以模型複雜度成正比，但是為了節省運算效率，我採用兩個 yolov8s 模型來製作雙模型策略，使用一種模型來專注於“孔洞”的辨識與劃分，而使用第二個模型來精準辨識孔洞缺口。這樣的辨識方法在影像辨識中稱為 two stage 的辨識概念

1. 第一次測試: 主要測試 detect 模型 obj_v1-v5 來直接定位孔洞&辨識有無

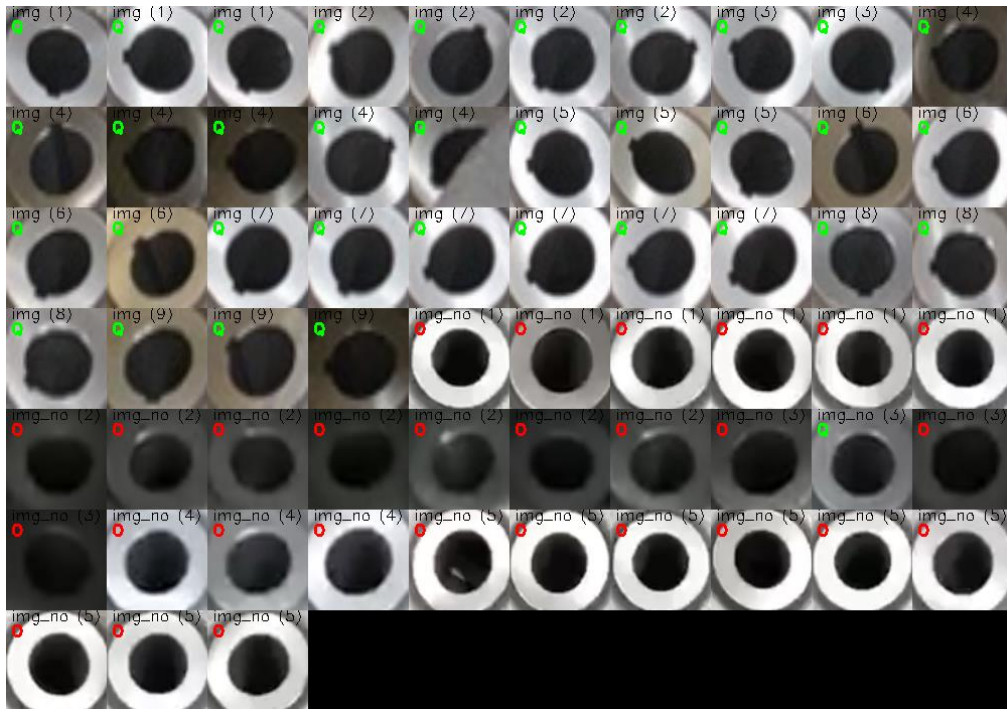
門檻值來判別缺口型與非缺口型



^detect 孔洞

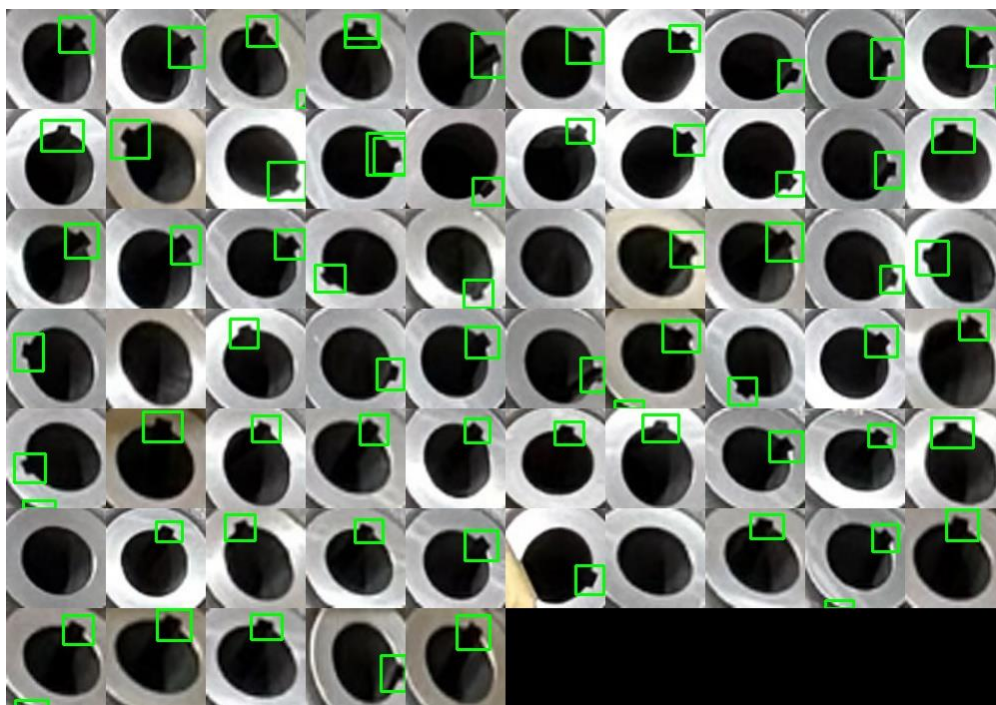


2. 第二次測試: detect obj_v6-v8 搭配 classify model v1-v9



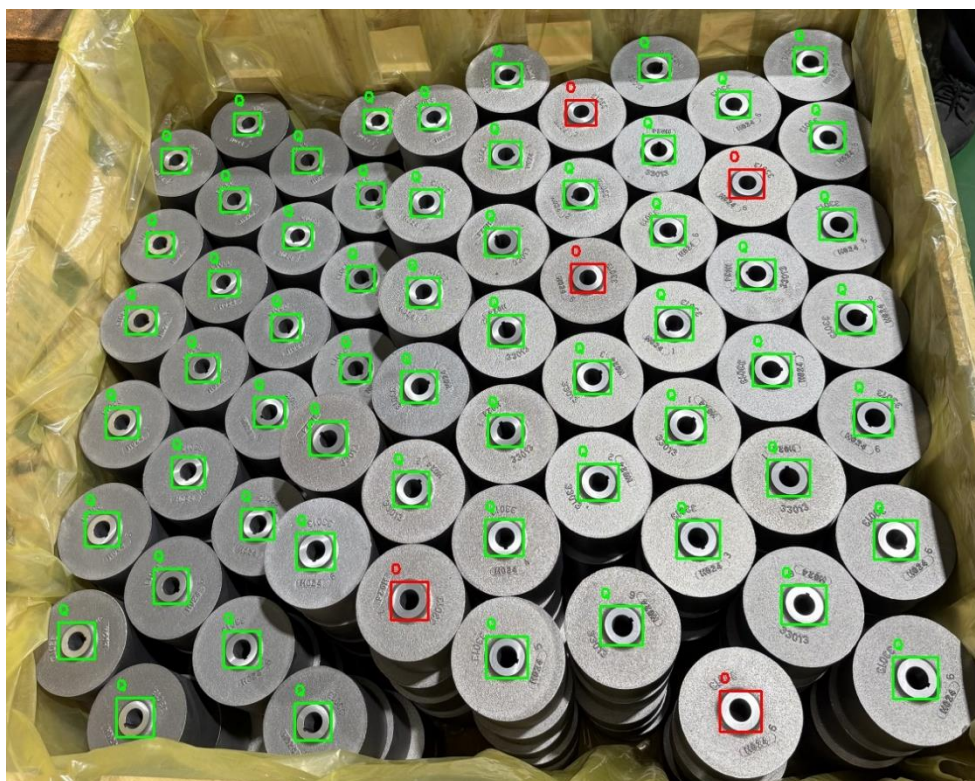
辨識率已有明顯上升，但要在低解析度下辨識或光影變化下還是略有瑕疵

3. 第三次測試: obj_v8-v10，classify_v1-v9 無法再提升至更高精準度，於是改為採用第二個 detect model (edge_detection 簡稱 egdt)來抓取小範圍內的缺角偵測，成效良好，目前是 obj_v10+egdt_v3 的 two stage 辨識，使用 cpu 運算(intel core Ultra 5 125H)可以在五秒內辨識完一籃料的
速度

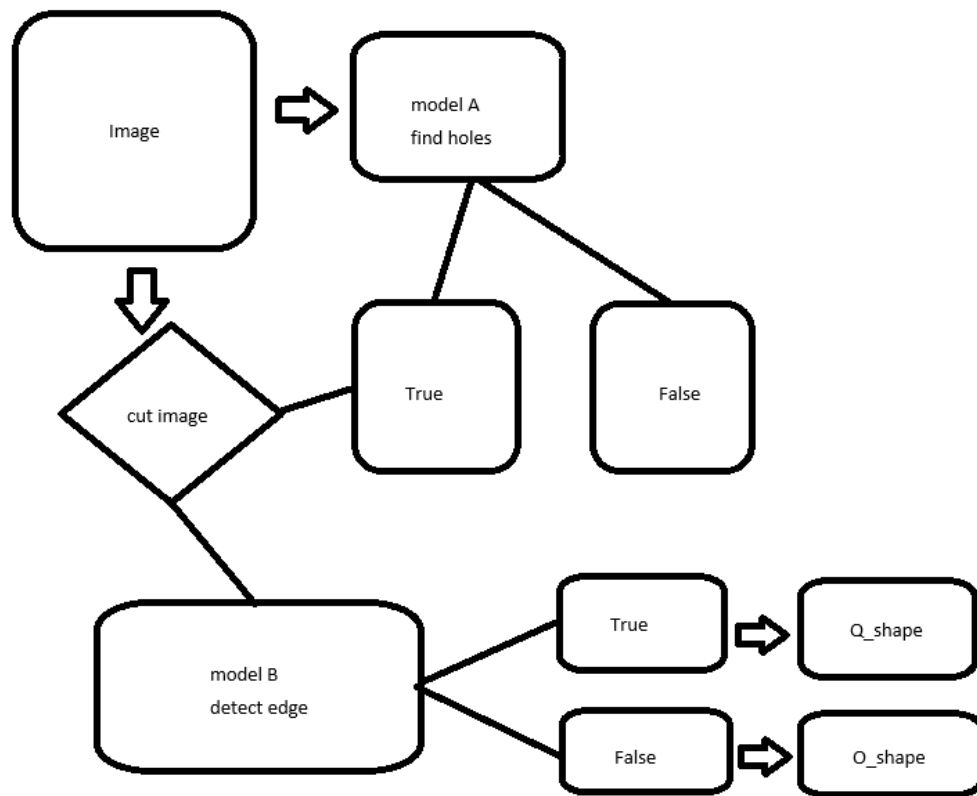


最後結果: obj_v11+egdt_v7





程式運行大致流程:



方案 2 :採用 mediapipepose 檢測進行作業流程監控

Mediapipe 是 google 訓練的善於捕捉姿態的開元庫，可以捕捉大致的人體動作以及產出對應 3D 數據，利用逐幀捕捉原理，理解並加工的動作，並制定一組動作序列，以此來進行動作序列辨識

優點:該系統可以確保工人的動作正確，產出經過固定程序的零件

缺點:該系統的偵測變數是人，不同的人擁有不同的姿態、習慣、動作方式，這些變數都會對流程監控產生影響

使用計算 stage 的方式來一步步偵測動作流程，大致分為：

放料(place)、按按鈕(button)、機器加工(process)、移出工件

(remove)、清理碎片(clean)、轉身離開(turn)

