

基於電腦視覺與物聯網之燒結爐監控系統

Sintering Furnace Monitoring System Based on Computer Vision and Internet of Things (IoT)

指導教授：韓欽銓

學生：張詩曼 袁湘偉 鄭雅云

國立聯合大學 資訊工程學系

苗栗市南勢里聯大2號

{cchan, U1024011, U1017005, U1024053}@nuu.edu.tw

摘要

本專題使用電腦視覺與物聯網技術針對傳統粉末冶金工廠中燒結的過程開發了三項功能：燒結爐卡爐偵測、燒結爐氣氛濃度偵測、燒結完零件異常檢測。功能包括即時發送異常警報以及自動定位異常零件。整體系統透過外接鏡頭及感測器，結合物聯網技術完成，無需對原先工廠機器進行更新，即可實現工業4.0的數位化轉型，提升工廠生產效率，並統一判斷異常的標準。

關鍵詞：物聯網、粉末冶金、遠端監控、電腦視覺、異常檢測。

Abstract

This project utilizes computer vision and IoT technology to develop three key functions for the sintering process in traditional powder metallurgy factories: detection of sintering furnace blockages, monitoring of sintering furnace atmosphere concentration, and anomaly detection of sintered parts. The system features real-time abnormality alerts and automatic localization of defective parts. The entire system is implemented using external cameras and sensors integrated with IoT technology, eliminating the need to upgrade existing factory machinery. This enables the realization of Industry 4.0 digital transformation, improves production efficiency, and standardizes the criteria for

anomaly detection.

Keywords: IoT, powder metallurgy, remote monitoring, computer vision, anomaly detection.

一、前言

工業4.0，又稱第四次工業革命，旨在促進人與技術的協同合作，將智慧數位技術整合至製造流程，如物聯網、機器人、AI 等技術，推動智慧工廠的發展，提升自動化、數據分析及生產規劃能力。

然而臺灣傳統產業多停留在工業3.0階段，尚未廣泛實現數據共享與設備互通。例如苗栗頭份的超詮工廠，專注於粉末冶金產品製造，仍以人工監控生產過程，存在以下三大問題。

問題一：燒結爐過程中，輸送帶上的托盤易因偏移卡爐，若未及時處理，需耗時數日降溫拆解清理，影響生產效率。問題二：燒結爐氣體濃度僅靠玻璃流量計浮子顯示，無法即時監控，易導致安全隱患或溫度異常。問題三：零件異常檢測依賴人工，主觀判斷易影響效率與準確性。

本研究旨在利用物聯網與影像辨識技術，改善傳統工廠問題，推動工業4.0智慧化轉型。期望解決傳統工廠痛點，實現更高效的數據化管理與智能化生產，降低成本損失，並提高工廠安全性與生產效率。

二、系統架構與內容

本系統結合物聯網與電腦視覺技術，透過影像辨識、即時數據傳輸及通知功能，打造智慧化的工業4.0環境，提升超詮工廠的燒結爐及相關設備的效能與安全性。系統架構分為三大模組：資料蒐集模組包括影像辨識分析零件移動速率與異常、環形近接開關監測氣體濃度；資料處理模組利用 Python 並透過 MQTT[1]實現低延遲數據傳輸；用戶通知模組則透過警報系統及 LINE Bot[2]發送異常通知，確保生產流程即時監控與快速反應。

三、系統實作成果

（一）燒結爐卡爐偵測

燒結爐網帶移動速率不穩定及卡爐問題指的是在燒結爐運行過程中，網帶的移動速率出現異常波動或卡死現象，可能導致生產中斷、異常降低或設備損壞。為了解決這一問題，我們使用攝影機在燒結爐的入口和出口位置進行即時監測，透過影像處理技術追蹤燒結零件的移動情況。

相機校正:估算影像攝影機的鏡頭參數，透過這些參數校正攝影機影像，避免後續計算上產生誤差。



圖 1 校正前後比對圖

特徵檢測與匹配點選取:透過 ORB (Oriented FAST and Rotated BRIEF) [3] 特徵檢測方法，提取出每個感興趣區域的關鍵點和描述子。使用 BFMatcher (Brute-Force Matcher) 計算兩個圖像的描述子之間的匹配點[4]。

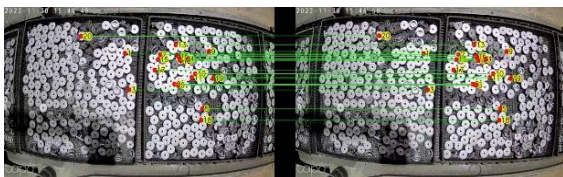


圖 2 影像匹配點選取結果圖

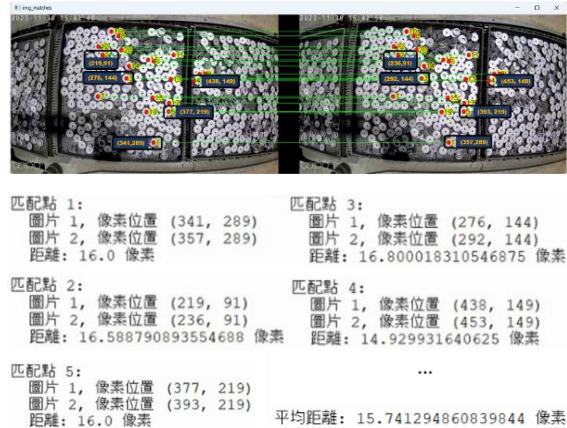


圖 3 匹配點坐標提取圖

卡爐通知:為了有效解決燒結爐在生產過程中可能出現的卡爐問題，我們設計了一套即時通知系統。一旦系統偵測到燒結爐網帶的運行異常或卡爐情況，會自動透過 LineBot 向相關員工傳送警報訊息。通知內容包括：卡爐發生的時間、爐管入/出口兩處零件移動距離、移動速度，方便員工快速定位問題點。



圖 4 LineBot 卡爐通知畫面

（二）燒結爐氣氛濃度偵測

使用環形近接開關偵測浮子的高度，或在無法安裝環形近接開關的器材上，可透過視訊鏡頭辨識液體高度。

環形近接開關透過偵測浮在液體上的金屬浮子有無通過，判斷液體高度是否有過高或過低的情況，並將異常警告使用 MQTT publish 到 Broker 上，也會透過 LED 亮燈以及 LineBot 警示使用者，並可在使用者確認回到正常範圍時使用按鈕重置。

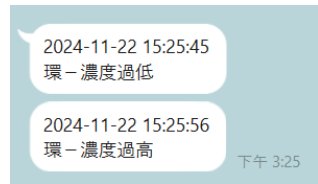


圖 5 模擬器材 圖 6 LineBot 警告訊息

視訊鏡頭偵測使用即時影像與基準照的對比進行辨識，透過 `cv2.absdiff()` 計算兩張照片差異，再將差異進行膨脹去除雜訊。膨脹完的照片進行二值化，接著透過輪廓檢測找出差異部分。再將輪廓比較找出最大與最小值，即為液體差異範圍。

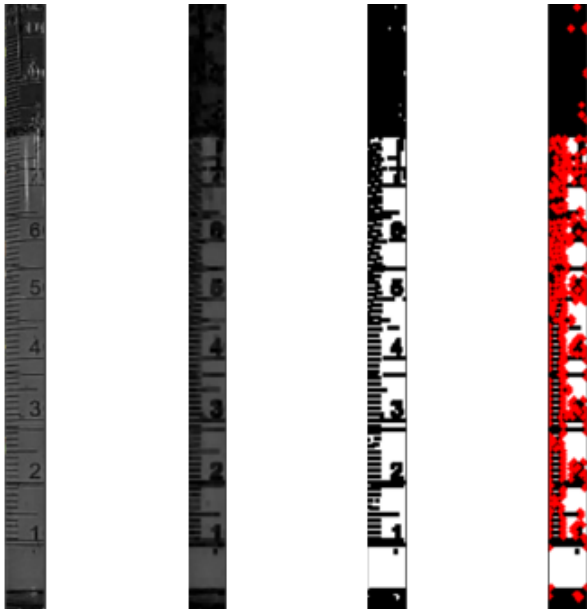


圖 7 `cv2.absdiff()` 計算、膨脹、二值化、輪廓檢測

透過預先建立好的像素高度與實際高度對照表，將偵測到的像素高度進行插值函數計算出實際高度，最後進行安全值判斷，超過安全範圍，就會透過 LineBot 傳送警告。



圖 8 過低的警告

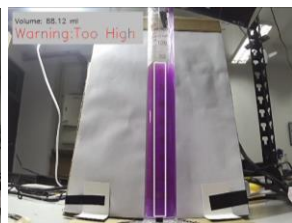


圖 9 過高的警告

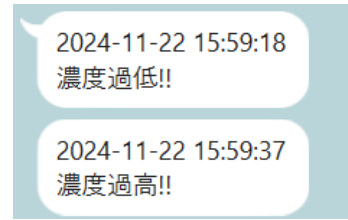


圖 10 LineBot 警告訊息

(三) 燒結完零件異常檢測

由訓練好的兩個 U-Net [5] 模型產生 Mask 1、Mask 2。Mask 1 用來確認零件位置，不過在工廠的情況中零件都會是緊靠著彼此，光藉由 Mask 1 無法有效得到個別零件，所以需要 Mask 2 來進行分水嶺轉換，找到零件的邊界來將 Mask 1 連通的零件斷開。

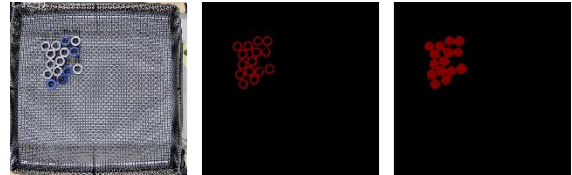


圖 11 原始影像、Mask 1、Mask 2

由 Mask 2 進行分水嶺算法，得圖二左方影像，再透過與 Mask 1 影像的加減，即可得右圖，以不同顏色區隔每一個零件在影像中的位置。

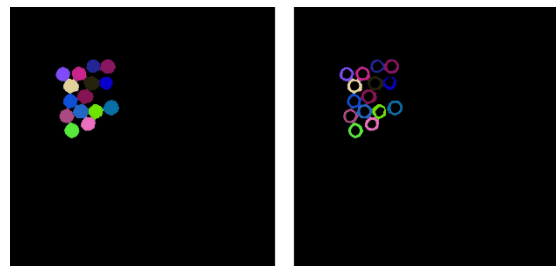


圖 12

藉由圖 11 右方影像，可以找出每個零件在圖一原始影像中的像素點集合，圖 11 為得到的兩個零件例子。

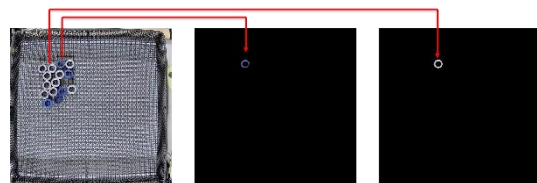


圖 13

圖 14 為圖 13 中間及右方影像去除黑色

背景的影響，將其進行特徵擷取，與事先收集好的正常零件以及壞掉零件特徵藉由 KNN 計算距離，即可分類是否為正常，對其他分割出的零件亦同。

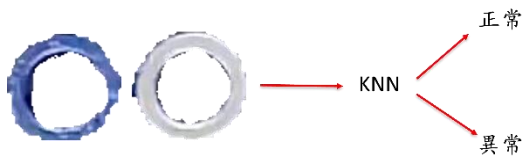


圖 14

分類為異常零件將其以紅色標記於圖一原始影像上即完成異常檢測。



圖 15

四、結論

本專題針對燒結爐監控系統中存在的三大問題進行了解決，包括卡爐偵測、氣體濃度偵測與零件異常檢測。未來，我們計劃進一步完善系統功能，將卡爐通知與網帶速度監控整合至企業的生產管理系統。系統將能自動記錄異常數據並進行深度分析，協助企業生成生產報表，提供具體的優化建議與維護計畫。在氣體濃度的檢測方面，我們致力於解決環境影響及提升檢測速度的挑戰。同時，我們計劃使用更輕

量化的模型以提高計算速度，並增強系統對更多不同種類零件的辨識能力，滿足工廠對即時顯示結果的需求。

五、參考文獻

- [1] Lin, Z.-Y. (2020). A SCADA system based on MQTT and STM32. Master's thesis, Department of Electrical Engineering, National Yunlin University of Science and Technology, Yunlin, Taiwan.
- [2] Sinotech Engineering. (October 2023). Development of a data integration and real-time alert notification mechanism based on LINE Bot: Practical applications in monitoring systems. Sinotech Engineering, 161, 53-59. Retrieved from <http://www.sinotech.org.tw/journal/>
- [3] Y. C. Huang, VLSI Implementation of LATCH Descriptor with ORB Keypoint Detector, Master's Thesis, National Kaohsiung University of Applied Sciences, Department of Electronic Engineering, 2018.
- [4] C. C. Chen, The Study of Image Matching Based on Feature Point Selection and Description Method, Master's Thesis, National Kaohsiung University of Applied Sciences, Institute of Civil Engineering and Disaster Prevention Technology, 2013.
- [5] Ronneberger, Olaf & Fischer, Philipp & Brox, Thomas. (2015). U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation. 10.48550/arXiv.1505.04597.