

摘要

傳統的回收分類作業通常需要龐大的人力，導致效率相對較低。為了降低人力成本並提升回收效率，我們結合了YOLOv8物件辨識技術並由WLKATA機械手臂、Nvidia Jetson nano開發套件和ESP32開發板結合而成的移動分類系統，實現自動辨識並分類的功能。透過YOLOv8物件辨識，系統可以即時識別出不同種類的垃圾，隨後由WLKATA機械手臂精準地進行分類和拾取。這種智能化的整合系統不僅提高了回收流程的效能，同時也降低了對大量人力資源的依賴，為環保工作帶來了更先進的解決方案。

前言

垃圾回收不僅僅是一個需要大量人力投入的工程，還需要高度精確的分類和處理。這正是機械手臂和影像辨識在垃圾回收領域發揮關鍵作用的地方。傳統的垃圾分類工作通常需要大量的人力，這不僅成本高昂，而且容易導致人員受傷，也可能因疲勞出現分類錯誤，這可能影響回收過程的效率和品質。於是乎研究開發能夠自動分類垃圾並進行回收的機械手臂技術具有迫切的需求。這些機械手臂透過鏡頭使用視覺感測技術輔助，由機器視覺和深度學習，來識別和分類不同類型的垃圾，並將它們送入相應的回收流程。這不僅提高了回收過程的效率，還減少了人力成本和可能的人為疏失。除了提高回收效率外，機械手臂分類垃圾回收還有一項優點，即對環保的助力。通過自動分類垃圾，我們可以更有效地回收可再利用的資源，減少對自然資源的需求，同時減少垃圾掩埋場的使用，並減緩土地和環境污染。這有助於保護我們的生態環境，延緩全球氣候變化，並為下一代創造更加舒適的環境。

研究方法

YOLO（You Only Look Once）是一種快速且高精度的物件偵測算法，特點是速度快且易於使用。我們選擇使用YOLOv8版本，這是基於YOLO系列的最新版本。YOLOv8在垃圾檢測和分類方面實現了97.7%的準確率，相比於其他演算法，如SSD、Faster R-CNN等，提高了準確率。

MQTT（傳輸協定）：MQTT是一種輕量級的即時消息協定，用於不可靠的通信，特別適用於物聯網（IoT）設備之間的連接。它支援發佈/訂閱模型，並具有完整的QoS機制，以及支援TCP和TLS協定，提高數據安全性。

WLkata 機械手臂：WLkata 手臂具有小巧輕便、高精度、靈活性強、兼容性好的特點。手臂上的吸盤具有優越的吸附性能，適合用於小型資源回收物品的抓取，並參考了一篇有關視覺追蹤功能的高精度醫療輔助機械手臂的論文。

高度感測和無線傳輸：為了使機械手臂的單指吸盤可以穩定地抓取分類物品，你們需要獲取該物件的高度。我們使用了自帶Wifi模組的ESP32開發版，並透過超聲波反射獲取反射物與平台距離的HC-SR04，實現距離感測和無線傳輸的功能。

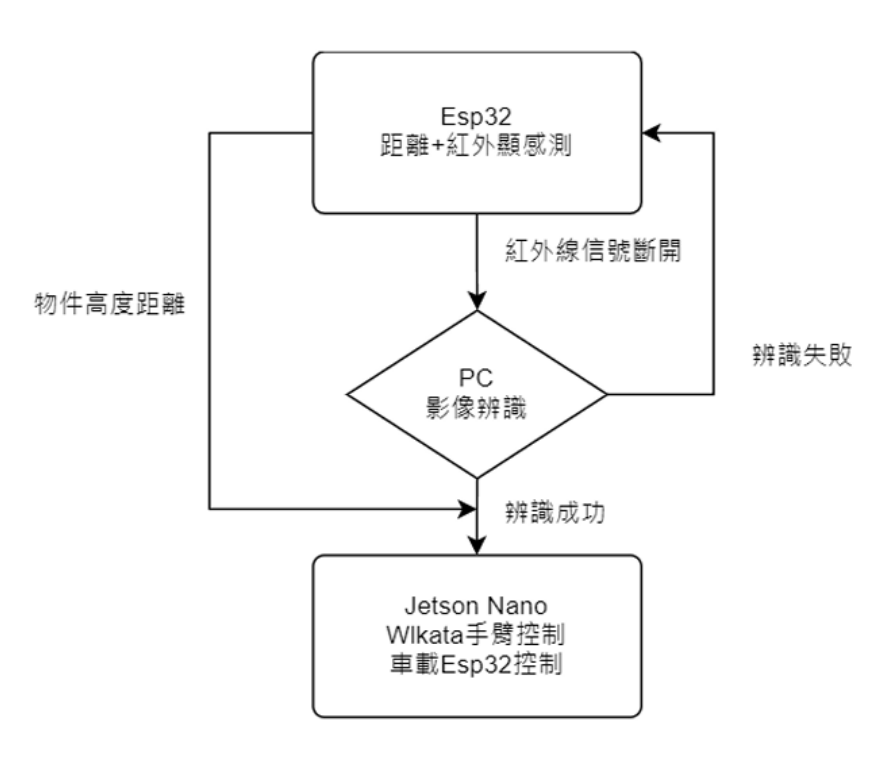
結果討論

本專題使用YOLOv8進行模型訓練，YOLOv8模型以訓練準確度分為yolov8n、yolov8s、yolov8m、yolov8l、yolov8x五種模型，再每次新增訓練資料後會以訓練速度最快的yolov8n模型與準確度相對較好的yolov8s和yolov8m模型進行訓練。

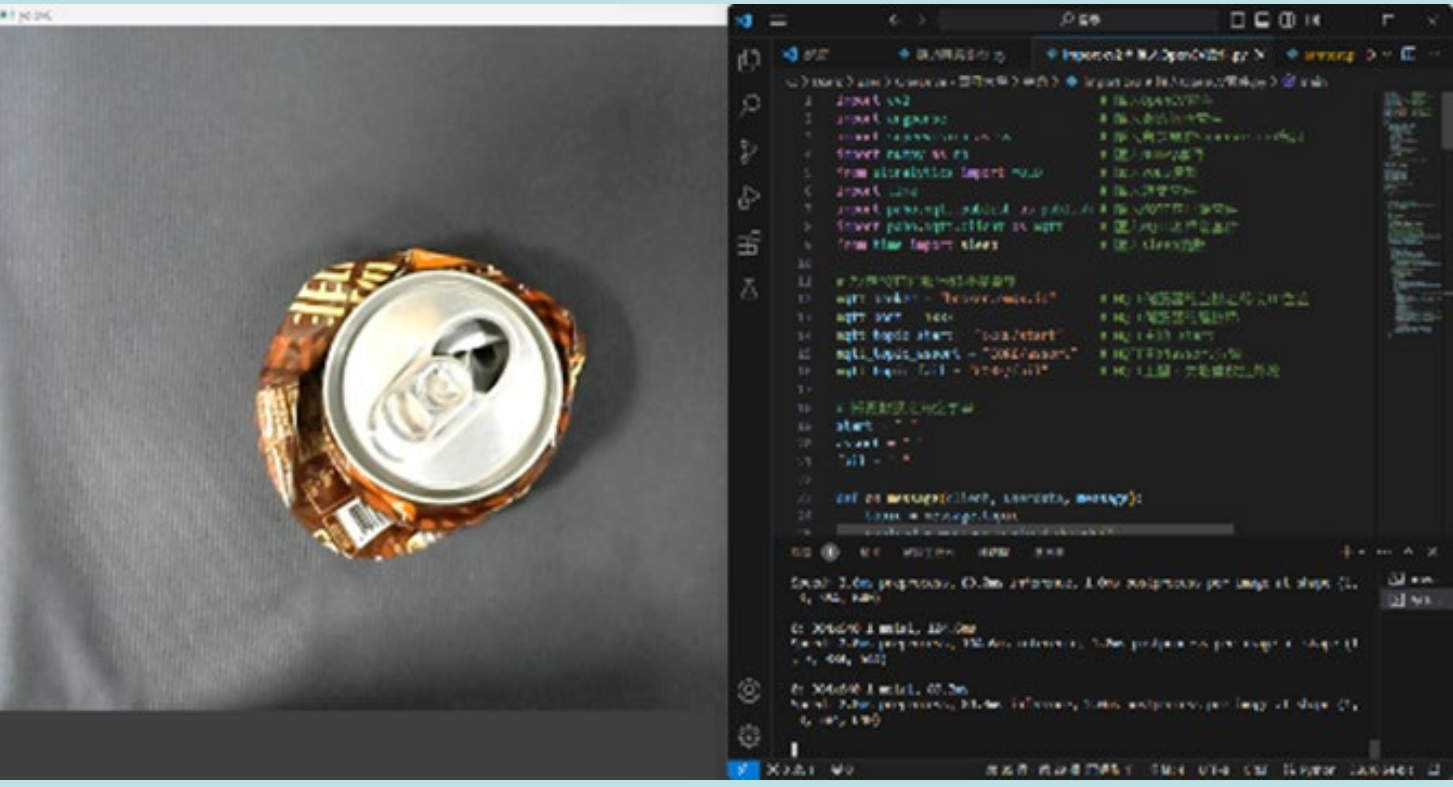
表 ▼1. 辨識分類結果

物件種類 \ 辨識張數(模型)	metal	paper	plastic	trash
200(yolov8n)	45	15	25	10
200(yolov8m)	40	35	27	26
400(yolov8n)	37	18	2	16
400(yolov8m)	33	3	0	15
600(yolov8n)	42	40	27	24
600(yolov8m)	43	43	39	20
1437(yolov8n)	19	44	22	5
1437(yolov8s)	27	42	18	7
8747(yolov8n)	41	43	39	32
8747(yolov8s)	45	45	36	44

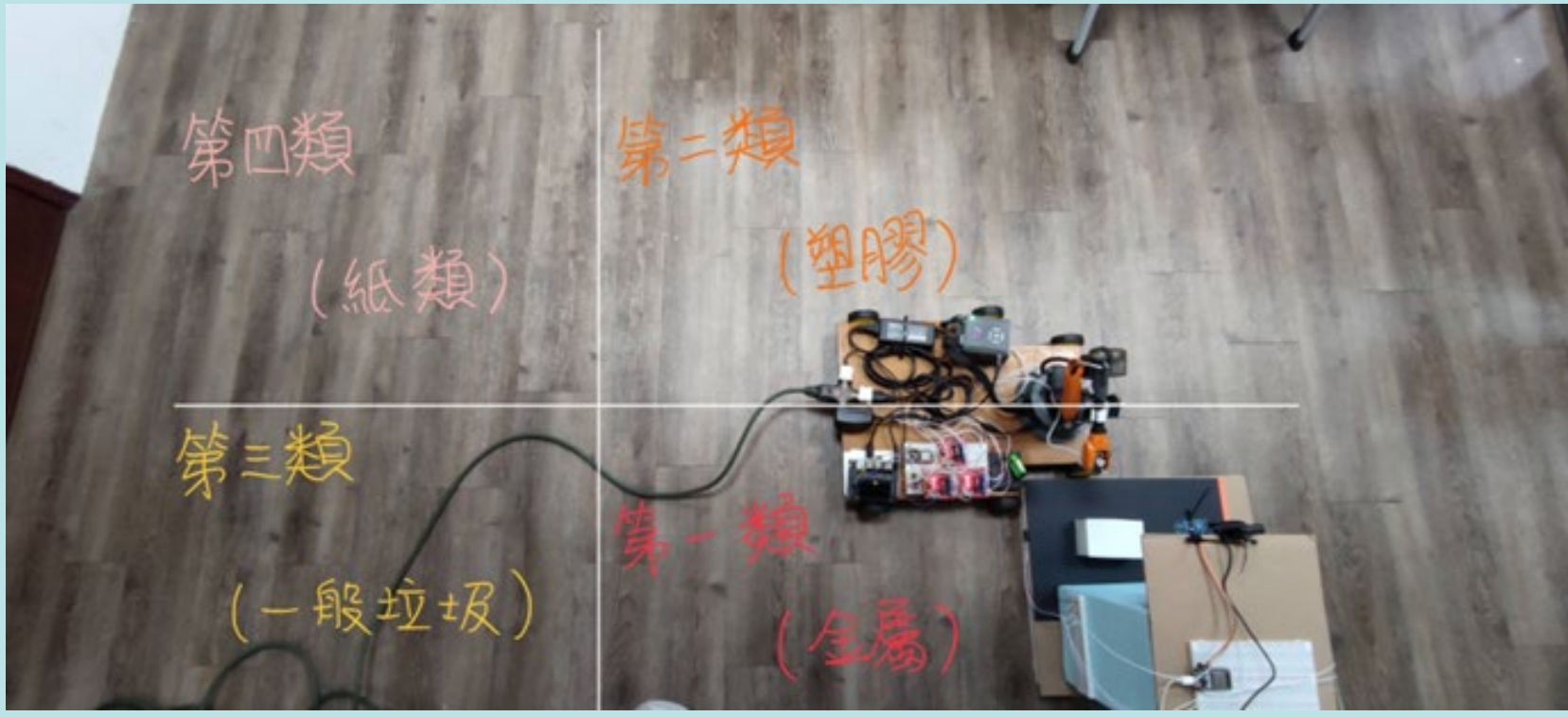
實際運行狀態



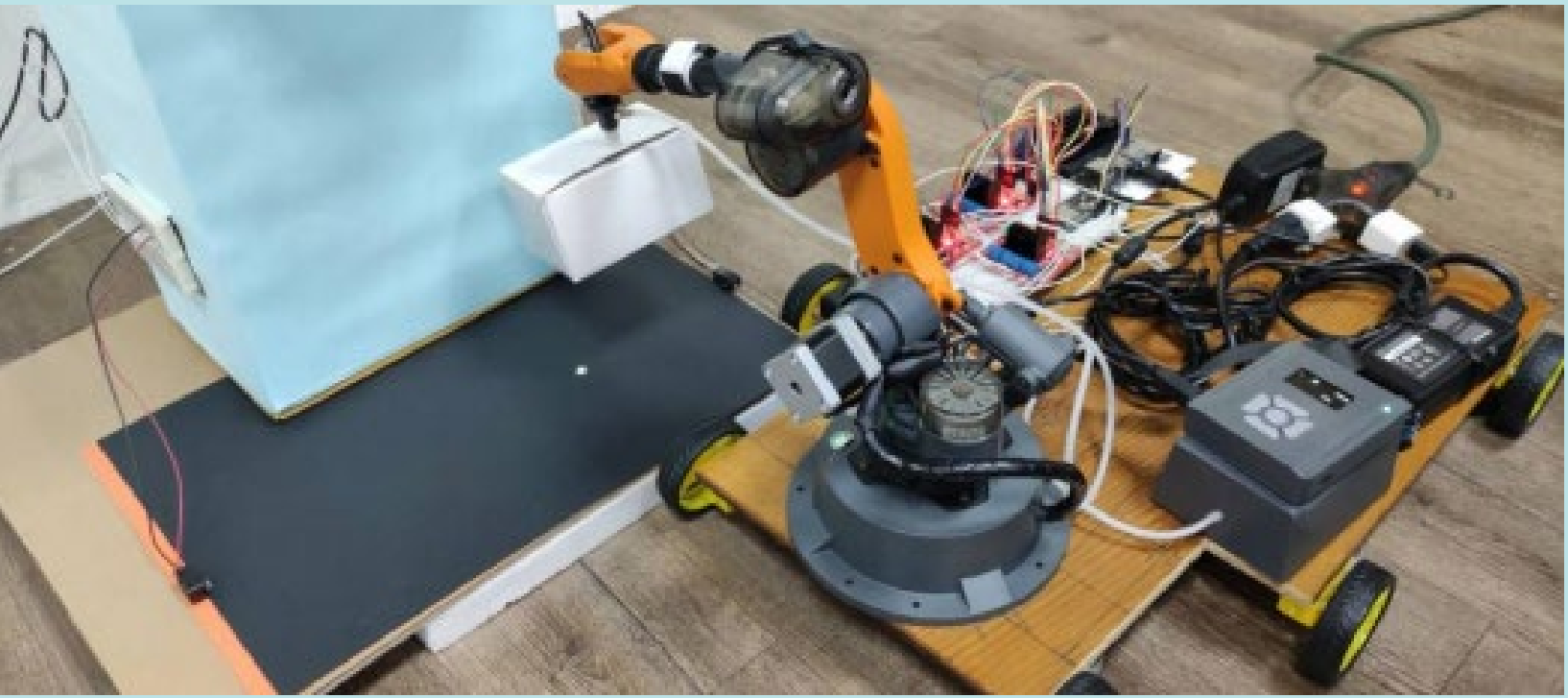
▲圖1. 系統執行流程圖



▲圖2.影像辨識執行電腦截圖



▲圖3.系統分類俯視圖



▲圖4.系統抓取辨識物件



▲圖5.抵達分類位置



▲圖6.回到辨識平台

結論

本研究使用YOLO影像辨識並配合移動式機械手臂實現了自動辨識回收分類系統，在影像辨識部分可能因光線、鏡頭解析度、背景複雜度與鏡頭高度限制而降低了辨識的準確率和可辨識物件的大小，辨識背景我們經過多次測試後決定以較不會反光的黑色丹迪紙作為背景解決背景複雜度問題，但光線影響問題仍然存在，場地存在多個光源，打在辨識物件上會產生不同的殘影，並因為鏡頭解析度關係，在拍攝物件時會有過曝問題，未來會在辨識平台上加上遮罩，並額外使用單一光源，解決因光線造成的辨識問題。在這個專題研究的過程中，我們主要軟體系統都是使用Python和Arduino程式語言開發，對這些程式語言有深入的理解，並且在操作Jetson Nano時對Linux系統指令的運用更加上手，在硬體部分，我們活用了大學中類比電子實驗與物聯網相關課程中學到的系統建置技巧，並掌握了MQTT消息傳輸協議，使各項系統得以無線的方式進行傳輸、溝通與整合。專題中我們遇到的最大挑戰為所有系統的整合，專題中四項硬體的控​​制流程與運行時間都需要精準的把控，經過組員們多次的討論與對系統的校正，最終完成了此項專題研究，雖然在過程中屢次遇到困難，但我們總能互相打氣找出最佳的解決方法，在未來遭遇失敗時能更加從容的面對，也在這個過程中學到了團隊有效溝通與配合。