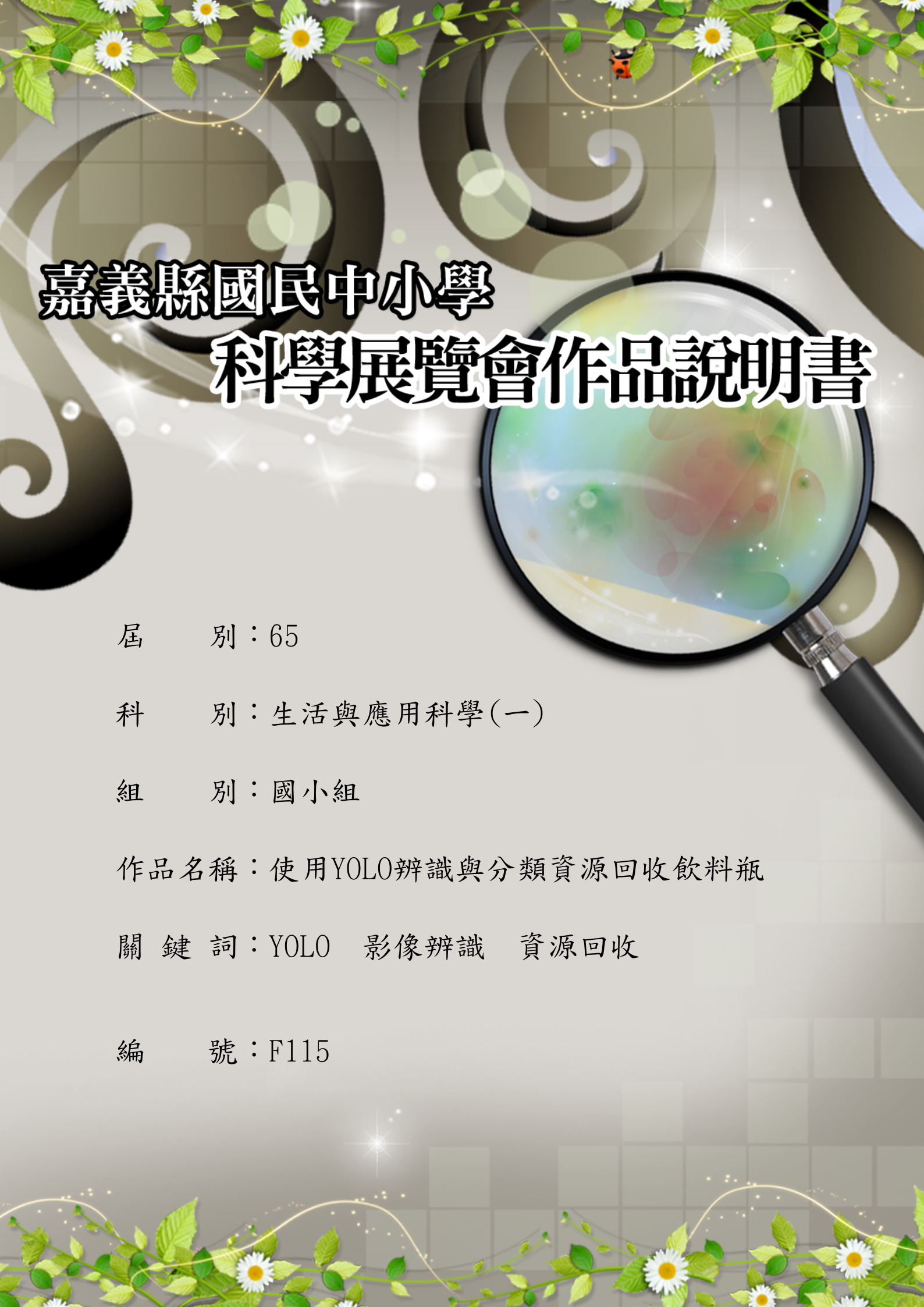




嘉義縣國民中小學 科學展覽會作品說明書

屆 別：65

科 別：生活與應用科學(一)

組 別：國小組

作品名稱：使用YOLO辨識與分類資源回收飲料瓶

關 鍵 詞：YOLO 影像辨識 資源回收

編 號：F115

摘要

本研究運用 YOLO 第 12 版影像辨識技術，提升資源回收飲料瓶分類的準確性與效率。由於校園及社區常見分類不確實，回收作業人力短缺且浪費太多時間，本研究透過建立多視角的影像資料庫，並採用影像銳化處理，有效提高資源回收飲料瓶辨識率。此外，就算是沒在訓練集內的瓶罐，系統仍能大部分正確辨識其材質與類別，顯示 YOLO 辨識模型能判讀材質特有的光澤與形狀特徵。未來可進一步結合機器手臂或自動分類設備，實現更高效率的自動化資源回收系統。

壹、研究動機

在校園中的飲料瓶要做資源回收，但因為同學們或外來訪客的輕忽，隨便棄置與分類不確實的情況常常發生，我們打掃時常常花很多時間處理善後，很傷腦筋。有一次，我和家人參觀了東京的日本科學未來博物館，當時館內展示了多款機器人，最吸引我的就是機器人在物體辨識的應用上，這個技術可以幫助我們做垃圾分類與資源回收的自動化。

另外，在資源開發與永續經營的概念中，其中綠色消費是關鍵環節。綠色消費強調選擇對環境影響較小的產品，如可回收、可分解或再利用的商品。推動綠色消費能提升民眾對資源回收的意識與參與度，若是消費者在資源回收飲料瓶的過程能夠更自動化與智慧化，並配合資訊系統做有感且立即的實質回饋，才能真正提高消費者做綠色消費的意願。

於是我們開始思考如何能夠利用最新的人工智慧科技技術來解決資源回收分類效率低落的問題，並由此展開了一連串的討論，因此，本研究旨在探討提高資源回收飲料瓶的辨識機率條件作為通用型人工智慧資料集訓練的依據，並進一步應用於資源回收分類現場的任務，協助民眾更容易瞭解資源垃圾分類的方法，並提高回收工作的樂趣與效率。

貳、研究目的

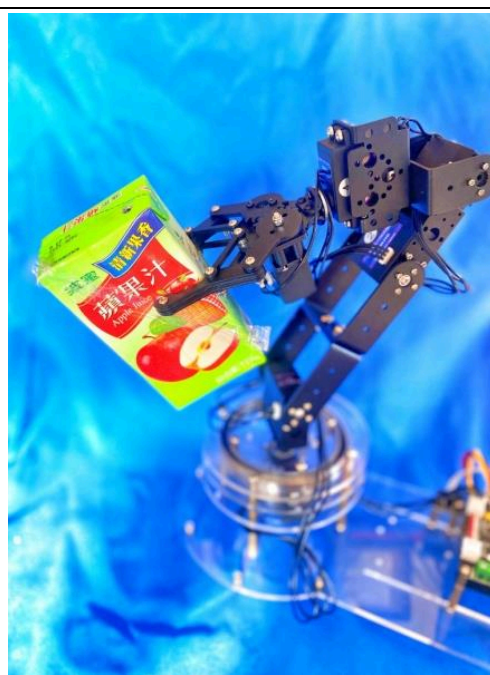
隨著環境保護意識的提升，資源回收逐漸成為社會永續發展的重要一環。然而，在實際操作中，飲料瓶回收的分類工作常因人工辨識效率低落與準確度不一，導致分類錯誤、回收成本上升，甚至影響整體回收成效。因此，本研究希望運用人工智慧技術中的即時物體辨識模型 YOLO（You Only Look Once）第 12 版，開發出一套具備「高準確率」、「高適應性」、「可應用性廣」的飲料瓶分類辨識系統。



圖一:湖口休息站資源回收分類



圖二:德國超市開始推行智慧型資源回收機



圖三：以自己研發的程式操控六軸機器手臂抓取回收物

德國雷弗超市集團近年的總營業額達 511 億歐元，它們有 14814 家賣場，並擁有 327548 名員工。雷弗集團也是德國的第二大食品零售商，規模僅次於漢堡的埃德卡集團。佩妮超市（Penny）屬於雷弗超市集團，主要經營低價超市業務，擁有 3,550 家店鋪。

佩妮超市朝著綠色消費的方向努力：2025 年初，將對售出的塑膠瓶和飲料罐等收取押金。消費者購買塑膠瓶或玻璃瓶的飲料時將被收取少量押金，當消費者將瓶子歸還到自動資源回收機時，可拿到消費抵用券。這確保了經常被隨意丟棄的飲料瓶最終不會遺棄在自然環境中，並且收集到的飲料瓶或塑膠瓶可以用最佳的方式回收。

本研究之核心目標，是建立一個「通用型的人工智慧影像資料集」與「可擴充的多層級分類模型」，藉由科學實驗與實務應用，探討在不同情境條件下，如何有效提高影像辨識的準確性、降低誤判率，並促進該技術未來在校園、社區或自動回收機中的實際應用。

一、運用 YOLOv12 進行飲料瓶物體辨識

YOLO 系列為目前應用最廣泛的即時物體辨識模型，其優點在於辨識速度快、運算效率高，適合即時監控與動態畫面下的辨識工作。YOLOv12 是 2025 年全新推出的版本，在結構上融合注意力機制與多尺度特徵學習技術，提升辨識精準度的同時，並降低資源耗用。

本研究的第一個研究目的，是在於實際導入 YOLOv12 模型，進行資源回收飲料瓶的物體辨識實驗。透過模型訓練、圖像標記與多視角影像收集，評估 YOLO 對於不同外型、材質與外觀特徵之辨識能力，建立一套有效率的分類訓練流程。

二、找出影響辨識率的主要因素與訓練調整策略

為提升模型辨識效能，本研究第二個研究目的在於找出影響辨識率的各項條件，並針對資料集與訓練策略進行優化。主要探討以下幾項變因：

(一)影像視角多樣性：單一角度之訓練資料，無法反映實際應用中物體在不同方位與傾斜角度下的影像特徵，因此本研究系統性拍攝每個瓶罐的多角度照片（平面視角、上視、下視、斜視等），形成立體建模式的訓練資料集，希望提高模型在任意角度下的辨識率。

(二)影像資訊量與解析度：探討影像品質與細節保留程度（如高頻訊號強度）是否與辨識準確性成正比。使用 Canon DPP 軟體對訓練圖像進行銳化處理，以提升邊緣特徵表現力，評估其對模型效能的影響。

(三)資料量規模與樣本分布：透過對比少量資料（如每瓶僅拍 4 張）與大量資料（如每瓶拍 24 張）訓練的模型表現，了解資料量對 YOLO 模型學習穩定性與通用能力的影響，尋找資料集擴增的最適策略。

三、發展具分類層次與擴充彈性的訓練資料集

在實際應用中，資源回收的分類工作不僅需正確辨識材質，還需因應不同地區或制度而有所細分。因此，本研究第三個研究目的為設計一套具分類層次與彈性的分類規則與資料庫架構：

(一)基本分類層級：鐵罐、鋁罐、玻璃瓶、紙杯等主要材質。

(二)進階分類層級：紙杯是否有杯蓋、隔熱套等附加結構；塑膠類進一步對應台灣環保署公告之七大類（如 PET、HDPE 等）。

(三)按名稱分類層級（未來發展）：結合用途與品牌特徵，區分如運動飲料瓶、即飲茶瓶、咖啡瓶等，作為未來推行環保回饋與集點贈獎制度的資料基礎。

建立分類層級與資料標準的目的，在於使模型訓練不再僅限於「辨識是什麼」，更能做到「分類成什麼」、「如何處理」，進一步配合不同應用場景的需求。

四、訓練一套具備通用性與可適用在不同設備的 AI 模型

實際應用場景中，資源回收飲料瓶的影像會受限於拍攝角度、光源條件、背景雜訊等外在因素，若模型訓練過度依賴特定條件，將難以廣泛應用。為此，本研究的第四個研究目的為「提升模型的通用性」，即：

(一)模型能在不同攝影機與場域條件下保持穩定辨識率。

(二)模型能辨識出未曾出現在訓練資料中的瓶罐種類。

(三)資料集設計具備開放性與標準格式，可供其他研究團隊或教育單位重複使用與再訓練。

本研究特別強調，YOLO 本身具有「分類」與「偵測」功能，然而，為增加訓練的彈性與積木式設計，目前採取的是「先偵測後分類」的流程，也就是先利用 YOLO 建立物體框選與辨識結果，接著再進行分類與比對，便於後續進行資料集更新或調整分類層級。

五、預期應用於實際校園與社區回收場

最後，本研究的第五個研究目的為「實際應用推廣」。透過建構完成的 YOLOv12 飲料瓶分類模型，我們期望該系統能：

- (一)應用於校園環境中：安裝鏡頭於校內回收站上方，進行即時辨識與分類輔助，減少學生亂丟、分類錯誤等問題，並作為環境教育工具，讓學生理解分類邏輯與 AI 技術。
- (二)應用於社區回收機器：可整合於回收機或智慧型垃圾桶中，辨識投入瓶罐後自動分類至指定管道，提升回收作業效率。
- (三)結合機器手臂與輸送帶：導入 YOLO 辨識模型至輸送帶系統，搭配六軸機器手臂進行即時抓取與分選，應用於大型回收場或垃圾分類中心。
- (四)發展遊戲化平台建構資料庫：未來可開發線上「垃圾辨識遊戲」，讓學生或社會大眾透過拍攝與標記飲料瓶照片，共同建立龐大資料庫，提升參與感與資料收集效率。

六、文獻分析

(一) YOLOv12 相關文獻分析

在查閱科展資料時，發現有兩則研究與物件辨識技術相關，整理如下：

表一: YOLOv12 相關文獻分析

作品名稱	作者	研究內容
基於影像辨識之智慧冰箱學習系統	李沛宸	研究動機：提升智慧冰箱在辨識不同食品項目的準確性。透過影像辨識技術，建立一套可以自主學習的系統，改善現在冰箱在食物管理與控制上的不足。 研究目的：發明能夠透過影像辨識識別冰箱內部食品的系統，實現自動分類與狀態監控，提升客人的便利性與系統效能。 YOLO 訓練流程圖：系統會訓練食品辨識模型，通過影像辨識與軌跡判斷技術，進行學習以提升辨識準確率。使用者在放入與拿取食品時，系統會即時學習並不斷優化模型。 系統的功能可以劃分為三個主要部分： 1. 物件偵測 2. 設定 YOLO 參數 3. 訓練模型

提升戶外物件辨識模型表現之研究	曾亭翰	研究動機：觀察到目前的物件辨識軟體只有在光照充足或比較清楚的情況下取得較高的正確辨識率，因為目前的訓練資料多為天氣晴朗下拍攝的照片，缺乏其他天氣情況下的訓練資料，而造成這樣現象的原因是因為較難取得大量天候不佳的資料，且為這些資料標籤將會耗費大量的人力。因此希望能找到一種能夠自動產生不同風格訓練資料的資料增強方式。 研究目的：主要聚集在運用影像風格轉換軟體的技術於天氣晴朗的街景圖，在保留原影像內容物的情況下將其轉換成不同的天氣，創造一個能改變影像風格的資料增強方法。此方法能快速地透過模型產生不同風格的資料，讓同一份訓練資料的價值增加，減少再去收集缺少的天氣的資料以及為資料標籤的人力。
-----------------	-----	--

(二)討論：

- 1.這兩篇科展文獻皆能使用 YOLO 進行物體辨識效果佳，我們也可利用 YOLO 來透過訓練模型，優化模型，進而提高資源回收工作的落實。
2. YOLO 的訓練流程圖，大致可分為蒐集資料、分類、標記、訓練模型、顯示結果、再訓練，辨識結果是否提高辨識率。
- 3.藉由分析各種可能影響辨識效果的條件，我們能夠制定出更具針對性的資料集訓練與優化策略，從而進一步提升是 YOLO12 模型的辨識率。

(三)結論

綜合以上所述，本研究旨在以 YOLOv12 為核心，建立一套以「通用性高」、「分類層級完整」、「辨識率高」、「實用性強」為特點的資源回收飲料瓶影像辨識系統。從物體辨識原理出發，結合多角度影像建模與分類邏輯設計，預期本系統未來能廣泛應用於校園、社區與回收產業區域，推動台灣資源回收智慧化、自動化發展邁向新里程。

參、研究設備及器材

一、研究工具：電腦、讀卡機、照相機、YOLOv12 軟體、CURSOR 軟體、LABELIMG 軟體。



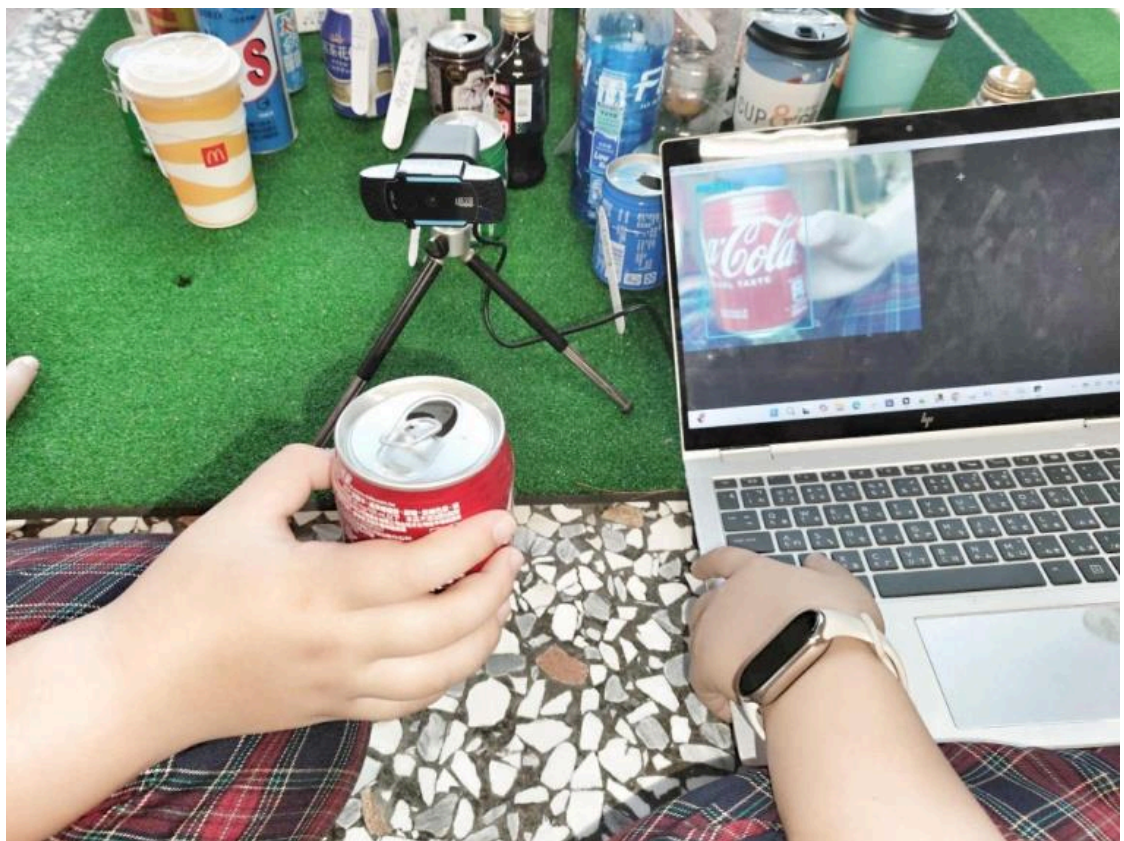
圖四、實驗中用到的資源回收飲料瓶合照



圖五、已編號的資源回收瓶



圖六、使用攝影機及時辨識與分類資源回收飲料瓶



圖七、隨機拿取資源回收飲料瓶到鏡頭前得到辨識機率



圖八、未在資料集中的飲料瓶也能辨識出來

表二、研究設備及器材硬體列表

硬體	名稱	照片	說明
	照相機身 Canon M50 Mark II		Canon 的無反光鏡數位相機，具備高畫質成像與快速自動對焦能力，適合用於拍攝需要精細邊緣特徵的物件。搭配定焦鏡頭可獲得更清晰的影像，有助於 AI 訓練資料的影像品質。
	定焦鏡頭 EF 50mm		提供穩定的畫質與較小的畸變，能強化目標物邊緣的清晰度，使 AI 模型學習到更多高頻特徵。
	工作站筆電 HP ZBook		高效能筆電，內建 NVIDIA GPU，可支援深度學習模型如 YOLO 的訓練工作，能處理大量影像與進行長時間運算。
	輕薄筆電 HP EliteBook x360		具備基本推論運算能力，實際應用於即時辨識測試。雖無獨立 GPU，但攜帶方便可隨地作物件辨識。
	外接鏡頭 艾迪索 CyberTrack H5		台灣製造，支援 1080p 影像輸出，可用於收集視訊影像進行即時辨識測試。
	補光燈		提供穩定光源，避免因光影變化影響模型判斷，有助於提高影像辨識的準確率。

表三、研究設備及器材軟體列表

軟體	名稱	商標	說明
	執行程式 Python		開源程式語言，是執行 YOLO 訓練與推論流程的主要平台，具備大量機器學習函式庫支援。
	套件管理程式 PIP		Python 的套件管理工具，用來安裝與管理如 OpenCV、YOLO 等相關套件。
	電腦視覺庫 OpenCV		電腦視覺函式庫，可進行影像擷取、處理、即時鏡頭整合等功能，支援模型輸入與結果可視化。
	人工智慧程式設計 Cursor		一款 AI 輔助的程式碼編輯器，可協助程式撰寫、除錯與模型部署，提高開發效率，支援 Python 和深度學習框架整合。
	影像標記程式 LabelImg		開源影像標記工具，用於手動標記訓練資料的 bounding box（目標框），產生 YOLO 格式的標記檔案。
	影像辨識程式 YOLO v12	NA	Ultralytics 公司開發之即時物件偵測模型最新版（2025/2），適合進行快速而準確的目標辨識。
	影像銳化程式 Canon Digital Professional (DPP)		Canon 官方的 RAW 影像處理軟體，用於銳化與調整照片影像細節，提高 AI 模型對邊緣與紋理的辨識能力。

肆、研究過程或方法

本研究以人工智慧物件偵測模型 YOLOv12 為中心，建構一套用於資源回收飲料瓶分類的影像辨識系統。透過圖像資料蒐集、資料集標記、模型訓練與測試、辨識準確度提升實驗及分級分類規則設計，完成一個能適應多角度拍攝條件與實際場景應用的影像分類實作流程。

一、系統架構與工具選擇

在工具與開發環境方面，本研究選擇使用 YOLOv12 進行影像辨識訓練與推論。YOLOv12 為 Ultralytics 公司於 2025 年 2 月最新發布之即時物件偵測模型，具備注意力機制與強化特徵提取能力，辨識效能優於前幾代模型。此外，本研究配合 LabelImg 進行影像標記、OpenCV 處理即時影像、Canon Digital Photo Professional 進行影像銳化，並在 Python 3.8 至 3.10 環境中進行程式開發與模型訓練。

訓練階段使用具備 GPU 的 HP ZBook 工作站筆電，以提升深度學習模型訓練效率；辨識測試階段則使用搭載 Webcam 的輕薄筆電進行，模擬實際應用場景中資源回收設備的運作條件。

二、資料蒐集與標記過程

本研究初期以手動方式蒐集 44 種常見資源回收飲料瓶的照片，這些瓶罐涵蓋金屬罐、寶特瓶、紙杯、玻璃瓶等四大類別。為提高模型在實務應用中的通用能力，特別著重影像拍攝角度的多樣性，並設計一套系統性的立體影像拍攝流程：

(一)平視角度：8 張（不同水平旋轉角度）

(二)上視斜角：8 張（約 45° 向下拍攝）

(三)下視斜角：8 張（約 45° 向上拍攝）

每瓶共拍攝 24 張照片，並以 LabelImg 工具進行手動框選與標記，建立完整資料集。經過這樣的設計，不僅模擬了實際辨識情境，也使資料集更具代表性與訓練價值。

三、模型訓練與辨識實驗

初步測試僅使用 5 張平面角度影像進行模型訓練，如圖七所示隨機拿取資源回收飲料瓶已任意角度到鏡頭前得到辨識機率辨識準確率約為 6 成。為了改善此現象，載入多角度影像進行訓練，成功將平均辨識準確率提升至 8 成。此結果顯示立體化、多視角建模能有效提升 YOLO 模型對資源回收飲料瓶的辨識能力。

為進一步提高辨識率，本研究採用 Canon DPP 對所有訓練用影像進行高強度銳化處理。銳化處理能強化物體邊緣與細節，提升模型對高頻訊號的學習能力。經實驗驗證，銳化後模型辨識率可提升至 9 成左右，顯示影像品質對 AI 訓練的重要性。

四、分級分類架構設計

本研究設計分層分類邏輯，以利未來實作上進行細緻化分類與後續處理。分類架構如下：

(一)第一層分類：依主要材質區分為鐵鋁罐、塑膠、紙杯、玻璃瓶四大類。此分類有助於大致篩選出瓶罐的可回收路徑。

(二)第二層分類：

1.紙杯類：進一步區分是否具備杯蓋、是否附有隔熱套（例如咖啡杯常見的設計），便於後續拆解處理。

2.塑膠類：依行政院環保署公告分類為七大類，如 PET、HDPE、PVC 等，本研究以 PET 瓶為訓練重點，未來可拓展至其他塑膠類。

(三)第三層分類：結合語義分類（semantic classification），如區分瓶裝水、運動飲料、即飲茶、舒跑 500 等，以便應用於行銷回饋、儲值平台等系統。

分類邏輯設計同時參考了行政院環保署公告分類標準、台中市政府家庭垃圾分類手冊、日本東京澀谷區垃圾分類細則與德國 PENNY 超市回收政策，力求貼近國際標準與實際操作可行性。

表四、第一層分類表

10201	伯朗咖啡原味240	20215	舒跑590	30310	來速咖啡500	40404	黑麥汁250
10114	猿田彥咖啡260	20214	FIN580	30309	全家咖啡500	40403	彈珠汽水200
10113	紅茶花伝270	20213	竹炭水250	30308	可口可樂杯500	40402	康貝特160
10112	舒跑245	20212	烏龍茶600	30307	來速咖啡+隔熱墊500	40401	蠻牛200
10111	水蜜桃汽水330	20211	礦泉水850	30306	萊爾富咖啡500		
10110	舒跑335	20210	離子水600	30305	蘋果汁300		
10109	寶礦力240	20209	柳橙汁450	30304	光泉牛奶200		
10108	碳酸飲250	20208	水蠻牛590	30303	錫蘭紅茶250		
10107	台啤330	20207	泡沫綠茶590	30302	FIN300		
10106	維大力330	20206	寶礦力580	30301	瑞穗牛奶230		
10105	可口可樂330	20205	葡萄汁310				
10104	寶礦力340	20204	可口可樂600				玻璃類
10103	雪碧250	20203	特上檸檬紅茶550				紙類
10102	樹頂蘋果汁320	20202	可爾必思500				寶特瓶
10101	可口可樂250	20201	可口可樂435				鐵鋁罐

表五、第二層分類表

編號	第三層分類	編號	第三層分類	編號	第三層分類	紙杯
10201	伯朗咖啡原味240	20215	舒跑590	40404	黑麥汁250	沒蓋子沒隔熱墊
10114	猿田彥咖啡260	20214	FIN580	40403	彈珠汽水200	沒蓋子有隔熱墊
10113	紅茶花伝270	20213	竹炭水250	40402	康貝特160	鋁罐
10112	舒跑245	20212	烏龍茶600	40401	蠻牛200	240ml
10111	水蜜桃汽水330	20211	礦泉水850	30310	來速咖啡500	330ml
10110	舒跑335	20210	離子水600	30309	全家咖啡500	250ml
10109	寶礦力240	20209	柳橙汁450	30308	可口可樂杯500	寶特瓶
10108	碳酸飲250	20208	水蠻牛590	30307	來速咖啡+隔熱墊500	塑膠第一類
10107	台啤330	20207	泡沫綠茶590	30306	萊爾富咖啡500	紙盒
10106	維大力330	20206	寶礦力580	30305	蘋果汁300	有吸管
10105	可口可樂330	20205	葡萄汁310	30304	光泉牛奶200	沒吸管
10104	寶礦力340	20204	可口可樂600	30303	錫蘭紅茶250	鋁箔包
10103	雪碧250	20203	特上檸檬紅茶550	30302	FIN300	有吸管
10102	樹頂蘋果汁320	20202	可爾必思500	30301	瑞穗牛奶230	沒吸管
10101	可口可樂250	20201	可口可樂435			玻璃瓶
						200ml
						250ml
						160ml

五、應用場景與政策參考

為使系統更具未來應用價值，本研究參考多國回收制度進行設計。

(一)日本澀谷區：採極細緻分類制度，家庭垃圾需依玻璃、陶瓷、紙類、飲料罐等分類後定點定時投放。

(二)德國 PENNY 超市：推行飲料瓶押金制，消費者購買飲料需加付押金，將瓶罐投入回收機後可獲得抵用券，成功鼓勵回收行為。

本研究所建立之影像辨識系統可望結合類似德國超市的資源回收機，實現自動分類、即時辨識與即時回饋的功能。未來更可結合機器手臂進行抓取分類，或如同日本資源回收工具廠商一樣，運用於履帶式自動分類線中，實現工業級資源回收自動化。

六、實作經驗與挑戰

研究過程中，團隊面臨以下挑戰：

(一)YOLO 環境建置複雜：需安裝多項 Python 函式庫與深度學習套件，對初學者而言具有門檻。

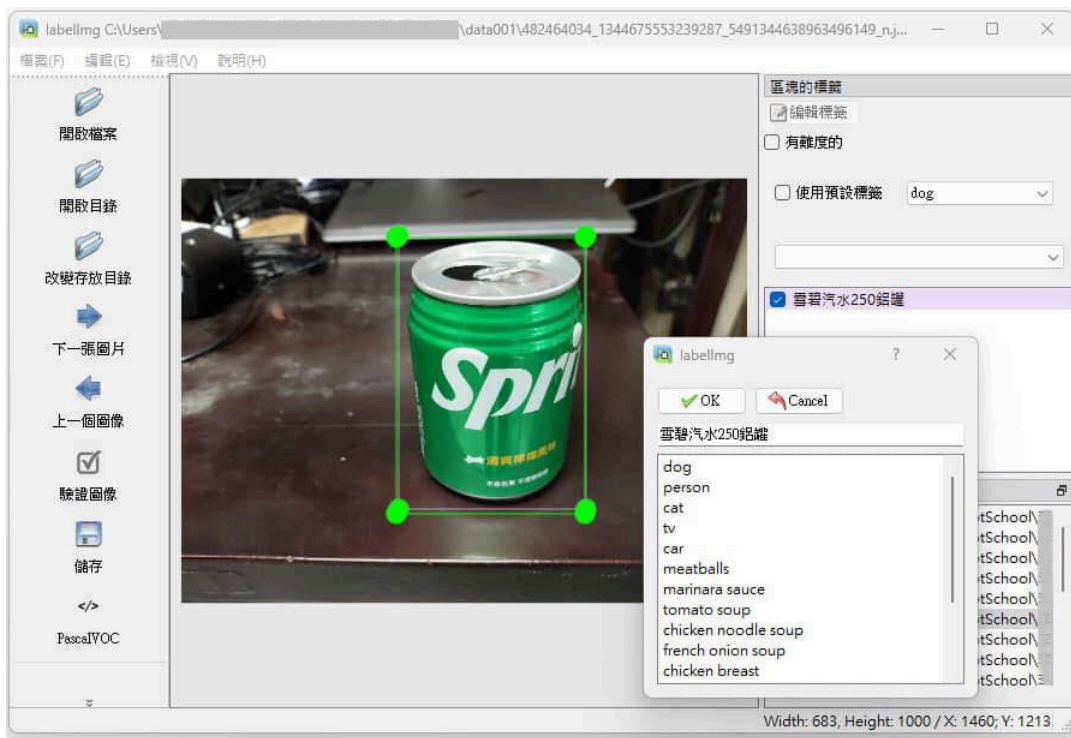
(二)影像標記耗時繁重：45 種瓶罐每瓶 24 張，共需標記超過千張圖，極耗人力。

(三)照片銳化效果有限：原始照片品質已佳，銳化帶來的提升空間有限，應用效果依影像原始品質而異。

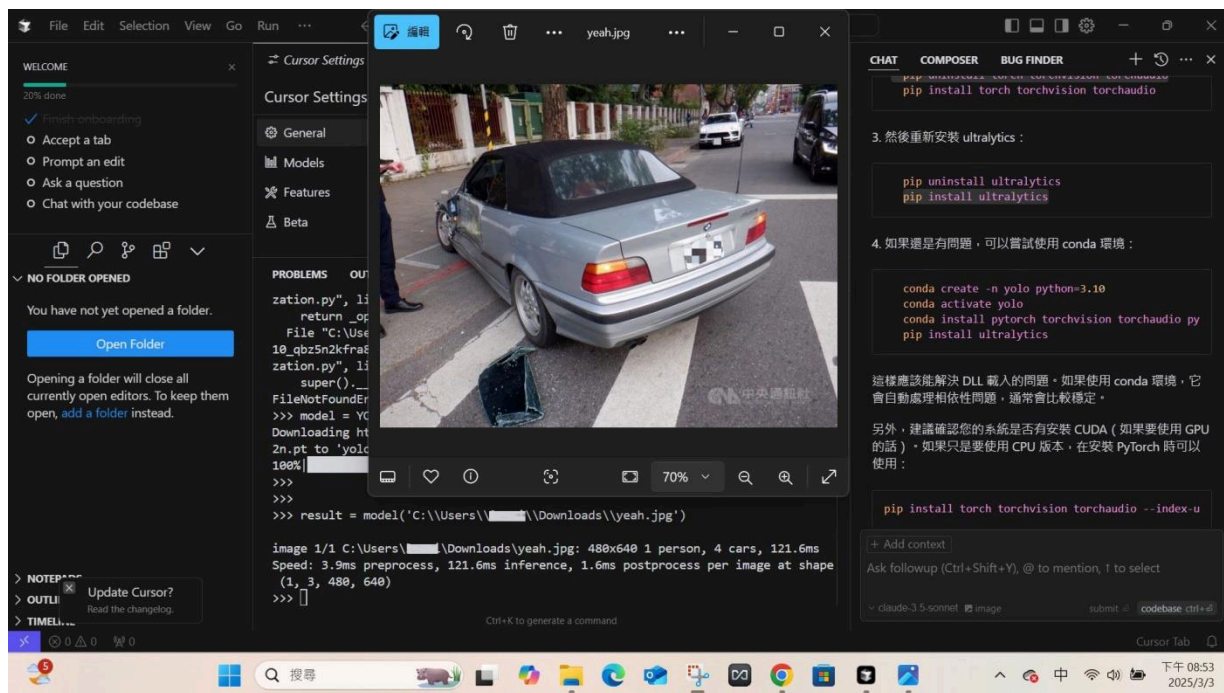
(四)實作設備差異：在 GPU 筆電與輕薄筆電間執行辨識任務，實際效能差異明顯，未來應考量部署環境的硬體條件。

七、總結

透過本研究所建立的 YOLOv12 飲料瓶影像辨識系統，證明多角度影像建模與資料集品質對於辨識成效影響顯著。搭配分級分類邏輯與實地測試，本系統具備良好應用潛力，未來可進一步導入機器手臂、自動回收機或社區垃圾站等場域，為台灣資源回收自動化與智慧化奠定基礎。



圖九、標記資源回收瓶(本圖使用標記名稱示範)



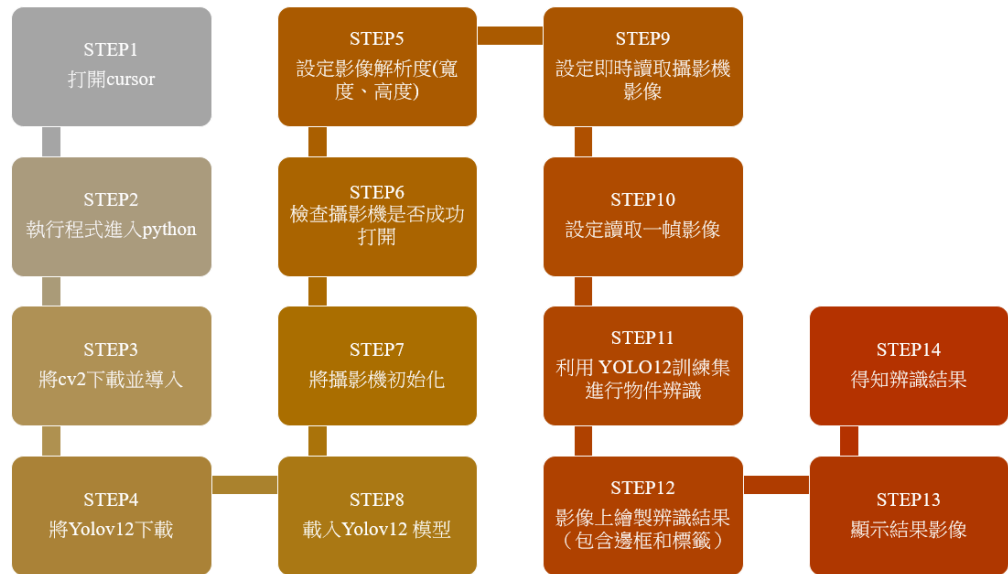
圖十、使用 cursor 輔助安裝程式與訓練模型

伍、研究結果

本研究運用 YOLOv12 訓練人工智慧資料集，後進行辨識與分類資源回收飲料瓶的操作流程如下。

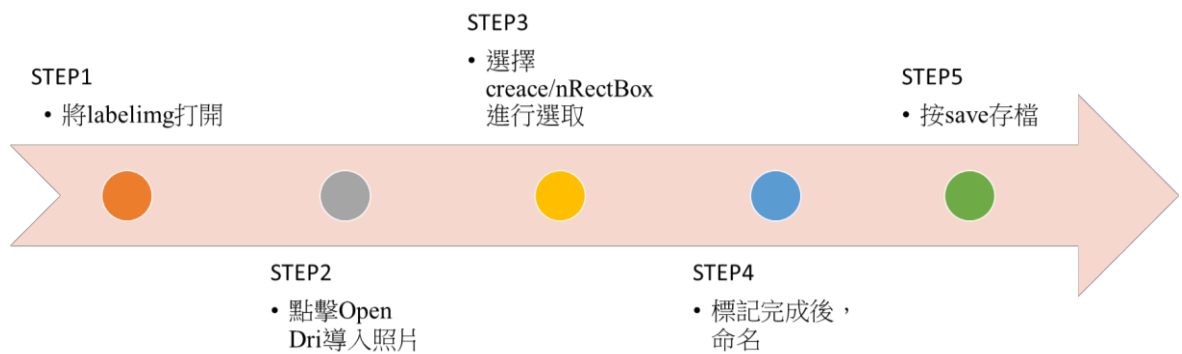
一、YOLO12 物體辨識的方法

(一)操作流程圖



圖十一、操作流程圖

二、物體標記與訓練流程

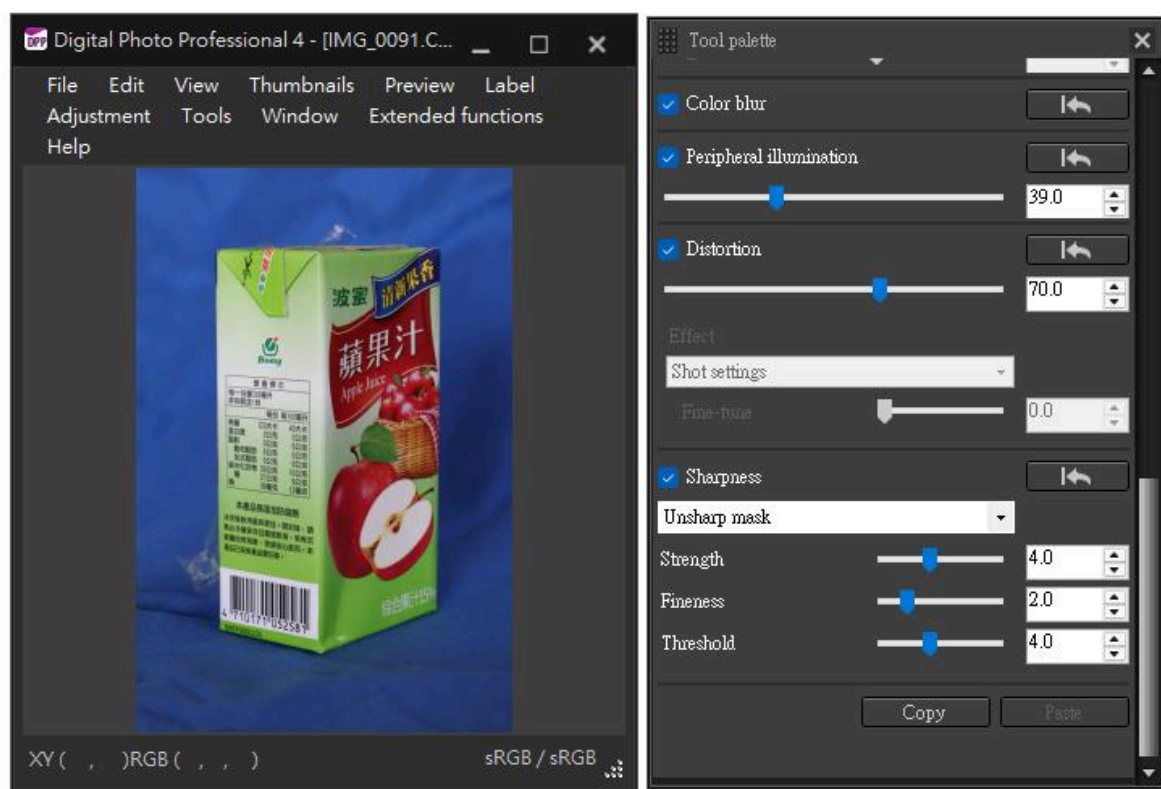


圖十二、訓練流程圖

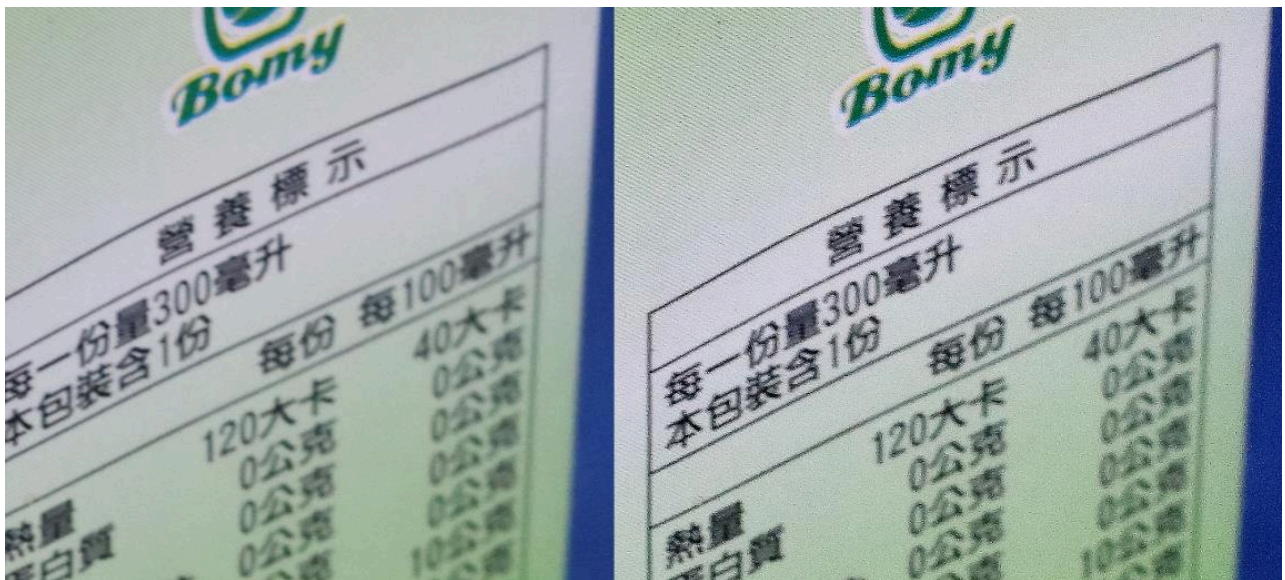
- (一)先將 labelimg 打開，點擊 Open Dri 導入照片。
- (二)對照片點擊右鍵，選擇 creace/nRectBox 進行選取。
- (三)標記完成後，命名，最後按 save 存檔。



圖十三、飲料瓶的幾何變形(仿射變形)



圖十四、使用 DPP 軟體將照片銳化提高辨識機率



圖十五、未銳化與已銳化照片的細部差別

表六、訓練模型的程式碼

```

1. from ultralytics import YOLO
2. model = YOLO('yolov12n.yaml')
3.
4. # 訓練我們的模型
5. results = model.train(
6. data='coco.yaml',
7. epochs=600,
8. batch=256,
9. imgsz=640,
10. scale=0.5, # S:0.9; M:0.9; L:0.9; X:0.9
11. mosaic=1.0,
12. mixup=0.0, # S:0.05; M:0.15; L:0.15; X:0.2
13. copy_paste=0.1, # S:0.15; M:0.4; L:0.5; X:0.6
14. device="0,1,2,3",
15. )
16.
17. # 評估驗證集上的模型效能
18. metrics = model.val()
19.
20. # 對影像執行物件辨識
21. results = model("path/to/image.jpg")
22. results[0].show()

```

表七、辨識資源回收瓶的程式碼

```

1. import cv2
2. from ultralytics import YOLO
3. # 載入 YOLO12 模型, 使用 yolo12n.pt 權重
4. model = YOLO("yolo12n.pt")
5. # 初始化攝影機 (0 表示預設攝影機)
6. cap = cv2.VideoCapture(0)
7. # 檢查攝影機是否成功打開
8. if not cap.isOpened():
9.     print("錯誤: 無法開啟攝影機")
10.    exit()
11.
12.    # 設定影像解析度 (可選)
13.    cap.set(3, 640) # 寬度
14.    cap.set(4, 480) # 高度
15.    # 主循環: 即時處理攝影機影像
16.    while True:
17.        # 從攝影機讀取一幀影像
18.        ret, frame = cap.read()
19.        if not ret:
20.            print("錯誤: 無法讀取影像")
21.            break
22.        # 使用 YOLO12 模型進行物件辨識
23.        results = model(frame)
24.        # 在影像上繪製辨識結果 (包含邊框和標籤)
25.        annotated_frame = results[0].plot()
26.        # 顯示結果影像
27.        cv2.imshow("YOLO12 Real-Time Detection", annotated_frame)
28.        # 按下 'q' 鍵退出循環
29.        if cv2.waitKey(1) & 0xFF == ord('q'):
30.            break
31.    # 釋放攝影機資源並關閉所有視窗
32.    cap.release()
33.    cv2.destroyAllWindows()

```

表八、照片數量與品質對平均辨識機率的影響

	訓練集	驗證集	平均辨識機率
第一次訓練	176	44	61%
第二次訓練(增加照片數量與角度)	880	176	83.67%
第三次訓練(照片銳化)	880	176	88.53%

陸、結論與應用

一、分級方法可行且具有擴充性

本研究設計三層分類架構，能有效區分常見資源回收飲料瓶的主要類型與材質特徵：

(一)第一層分類：依據主要材質劃分為四大類別：鐵罐、鋁罐、玻璃瓶與紙杯。此分類方式簡明實用，符合台灣環保署與地方政府實際回收作業的分類邏輯，也方便於初步機器辨識與分類設計。

(二)第二層分類：細化紙杯與塑膠類別。紙杯進一步區分為是否附有杯蓋、是否加裝隔熱套等，對於飲料杯類的分類與後續處理尤為重要。塑膠類則依行政院環保署公告分為七類，其中以 PET 為本研究主訓練對象，其明顯的材質光澤與瓶型有利於電腦辨識。

(三)第三層分類：預計導入語義分類技術（semantic classification），可任意區分出如「即飲茶」、「碳酸飲料瓶」、「運動瓶」等用途與品牌型態，可用於智慧回饋與個人環保積分應用。

此分級架構不僅適用於目前模型訓練，也為未來擴展各種瓶罐辨識類型、整合社會回收行為提供彈性空間。

二、影像拍攝角度與模型訓練方式會顯著影響辨識成效

研究初期僅使用單一角度（平面）拍攝訓練資料，模型訓練完成後的辨識準確率約為 61% 至 65%。但在實際應用中，瓶罐可能會以任意角度出現在攝影機前，因此本研究嘗試以 24 張多角度照片（包含平視、上斜視、下斜視各 8 張）進行訓練，結果顯示模型在未見過的新情境中辨識準確率顯著提升至 83.67%。

此結果顯示，若欲應用於回收站、輸送帶、或隨機投入口，影像角度的多樣性與立體感對模型效能至關重要。這也顯示 YOLOv12 能夠有效學習瓶罐的空間特徵與形狀輪廓，是適合部署在不受控環境的強健模型。

三、影像銳化有助於提高辨識效能，但需配合影像品質與情境評估

為提升模型對邊緣與細節的辨識能力，本研究導入 Canon Digital Photo Professional 影像處理軟體，對全部影像進行強化銳化處理。經測試後，模型辨識準確率提升至最高約 88.53%。雖然整體提升幅度有限，但仍顯示銳化對辨識效果有加分作用。

然而，值得注意的是，本研究使用之相機設備（Canon M50 Mark II 搭配定焦鏡）所拍攝影像原本已具高解析度與對比度，因此銳化帶來的效果有限。若應用於一般畫質或低光環境之影像系統，銳化可能會產生更顯著效果。因此未來部署系統時應根據設備品質與應用場域做靈活調整。

四、YOLOv12 模型具備良好的泛化能力

為驗證 YOLOv12 模型是否能辨識未收錄於資料庫中的飲料瓶，本研究特別選擇 10 種未建模的瓶罐進行測試，結果有 9 種成功被準確分類至正確的第一層類別。此結果顯示 YOLO 模型在學習過程中，能有效掌握瓶罐外型與材質反射光線的特徵，即使不認識具體品牌或樣式，也能準確推測其所屬材質。

這種「以形辨材」的能力，讓模型更適合應用於多樣且變化快速的實際場景，如校園、社區回收站、超商門市、或公共場所的分類裝置，不需每個品項都逐一建模，即可進行大致分類。

五、群眾參與建構資料庫與未來應用構想

本研究過程中，影像拍攝與標記為最費時費力的階段。未來若能導入遊戲化設計，建立一個以「垃圾分類遊戲」為核心的線上平台，透過公眾上傳與標記資料、競賽機制鼓勵參與，不僅可大幅減輕開發成本，也能培養全民環保素養。

同時，亦可結合「即時回饋」設計，如結合 NFC 或 QR code 登入辨識裝置，用戶成功分類即獲得積分與折價券（類似德國超市退押金制度），形成教育與行為激勵並行的正向循環。

六、應用潛力與發展方向

本研究成果在技術層面與應用構想上均展現可行性，未來有以下發展潛力：

(一)結合機器手臂進行自動抓取與分類

可整合 YOLO 模型與視覺導引機器手臂，進行輸送帶上的瓶罐辨識與即時分揀，應用於校園回收場、資源回收車、或工業資源再處理場域。

(二)導入公共場所的智慧回收機

將辨識模組嵌入自動回收機，辨識瓶罐材質後投放至正確分類口，並同步記錄用戶積分，建立與消費綁定之回饋系統。

(三)發展行動版本應用程式

訓練後模型可轉換為行動裝置版本，應用於 Android 或 iOS 手機，供民眾拍照辨識家中資源回收物，協助分類學習與落實環保。

(四)推廣至教育現場作為環保教具

於小學與國中實驗教育課程中導入 YOLO 視覺辨識系統，結合 STEAM 教學，讓學生實際參與 AI 訓練、影像處理與環保實作，達到環境教育目的。

七、總結

本研究證實，運用 YOLOv12 建立飲料瓶資源回收辨識系統具高度可行性。透過多視角資料蒐集、影像品質銳化與系統性分類設計，系統即時顯示的辨識機率可從約 6 成提升至近 9 成，展現高度應用潛力。未來若能導入群眾標記、設計符合使用情境的硬體系統與獎勵回饋機制，有望提升台灣資源回收自動化效率，打造兼具教育與環保價值的智慧回收新模式。

柒、參考文獻

一、中文部分

- 1.李沛宸（民 111）。基於影像辨識之智慧冰箱學習系統。中華民國第 62 屆中小學科學展覽會作品說明書。
- 2.謝家溱、李承熹、吳承駿（民 111）。應用機器學習實現家務輔助機器人－以收玩具為例。中華民國第 63 屆中小學科學展覽會作品說明書。
- 3.曾亭翰（民 111）。提升戶外物件辨識模型表現之研究。2022 年臺灣國際科學展覽會優勝作品專輯。
- 4.張元翔（民 111）。數位影像處理：Python 程式實作（第 3 版）。臺北市：全華圖書股份有限公司。
- 5.行政院環保署（無日期）。行政院環保署公告應回收項目－垃圾分類與資源回收表。民 114 年 3 月 19 日，取自：<https://www-ws.pthg.gov.tw/>
- 6.臺中市政府（民 109）。109 年臺中市家庭垃圾完全分類手冊。民 114 年 3 月 19 日，取自：<https://recycle.epb.taichung.gov.tw/>
- 7.Cursor 人工智慧輔助程式設計開發環境的功能說明。民 114 年 3 月 19 日，取自：<https://www.cursor.com/cn/features>
- 8.Ultralytics 公司（無日期）。YOLO12：以注意力為中心的目標偵測。Ultralytics 公司 YOLO12 官方網站說明文件。民 114 年 3 月 19 日，取自：<https://docs.ultralytics.com/zh/models/yolo12/>
- 9.Canon（2024 年 9 月 10 日）。用於 Windows 的 Digital Photo Professional 4.19.30。民 114 年 3 月 24 日，取自：https://tw.canon/zh_TW/support/0200720702

二、外文部分

1. Tian, Y., Ye, Q., & Doermann, D.（2025 年 2 月 18 日）。YOLOv12: Attention-Centric Real-Time Object Detectors。民 114 年 3 月 24 日，取自：<https://arxiv.org/abs/2502.12524>
- 2.德國廢棄物分類工程（無日期）。德國廢棄物分類工程官網。民 114 年 3 月 19 日，取自：

<https://www.muelltrennung-wirkt.de/en/>

- 3.日本東京都澀谷區（無日期）。澀谷區役所－營業時間&地址、垃圾處理&資源回收、垃圾和資源的正確區分方法和投放方法。民 114 年 3 月 19 日，取自：<https://www.city.shibuya.tokyo.jp/>
- 4.The YAML Project。YAML 不是標記語言－YAML 是一種適用於所有程式語言的人性化資料序列化語言。民 114 年 3 月 19 日，取自：<https://github.com/yaml/>
- 5.Tzutalin 等（2021 年 4 月 1 日）。LabelImg 圖像標記工具程式原始碼與下載網站。民 114 年 3 月 19 日，取自：<https://github.com/HumanSignal/labelImg>
6. Tian, Y., Ye, Q., & Doermann, D.（2025/2/19）。YOLOv12: Attention-Centric Real-Time Object Detectors。University at Buffalo, SUNY & University of Chinese Academy of Sciences 開源程式碼。民 114 年 3 月 19 日，取自：<https://github.com/sunsmarterjie/yolov12>
- 7.YOLO12 示範網站（2015/2/19）。民 114 年 3 月 19 日，取自：<https://huggingface.co/spaces/sunsmarterjie/yolov12>
- 8.REWE Group（2024 年 1 月）。德國雷弗超市集團 PENNY 超市專注於永續發展：可回收瓶機器和可重複使用的瓶子進入品牌折扣店。民 114 年 3 月 19 日，取自：<https://rewe-group.at/en/newsroom/2024/01/penny-focuses-on-sustainability-returnable-bottle-machines-and-reusable-bottles-move-in-at-the-brand-discounter>
- 9.日本ウエノテックス公司（2018 年）。配備人工智慧的垃圾分類機器人「URANOS」。民 114 年 3 月 19 日，取自：<https://debutweb.jp/archives/company/uenotex>
- 10.Eco Catcher Battle 遊戲網站（2025 年）。為解決垃圾處理勞動力短缺問題，讓未來能人人能參與而舉辦的電競比賽，利用搭載 AI 的自動分類機器人 URANOS 的功能，協助遠端垃圾分類的遊戲。民 114 年 3 月 19 日，取自：<https://eco-catcher-battle.jp/>