

# 2025 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

國中組 普高組 技高組 成果報告格式

題目名稱：環淨辨圾一拍即合

## 一、摘要

本探究旨於改善校園垃圾分類情況，透過操作簡便的 AI 垃圾識別網站促進學生，幫助學生養成正確的分類習慣。我們首先蒐集校園日常垃圾，獲取足量的 1：1 垃圾樣本圖片以及測資圖片，並將其依垃圾分類上傳至 Google Drive 雲端資料夾。繼而使用 Python 程式進行數據預處理。之後，我們利用 YOLO v11 物件偵測模型讀取樣本圖片，訓練出一個能辨別之 AI 圖像辨識模型（命名為 Litter Classification Model，簡稱 LCM）。最後，我們輸入測試資料，並且得到 95% 的 Top1 Accuracy，證明了 LCM 具備辨識垃圾類別之能力。我們期望藉由此網站，減少學生因不熟悉分類規則而導致的錯誤。

## 二、探究題目與動機

垃圾回收分類的學習與實踐乃校園生活中不可或缺的一環，但儘管老師與組長一再的宣導正確觀念，我們依然發現學校的資源回收桶有大量被錯誤分類的垃圾。我們推測主要原因有兩個：首先，垃圾種類多元，回收桶上的舉列、加上學校宣導時，難以概括所有垃圾的分類；再者，學生分類意識與意願不足，可能導致輕忽回收的重要性。因此，我們收集了大量校園的垃圾圖片，以此訓練一個能辨識垃圾分類的 AI 模型 (LCM) 並建立於方便操作的網站，讓使用者只要拍攝單一垃圾之畫面就能辨識其回收類別。



圖（一）錯誤回收分類實際情形，可發現一般垃圾桶中，還有紙容器、軟塑等垃圾

## 三、探究目的與假設

目的：訓練 LCM 使其能協助生活中的垃圾分類。

假設 1、LCM 測資 Top5 Accuracy 達到 100%。

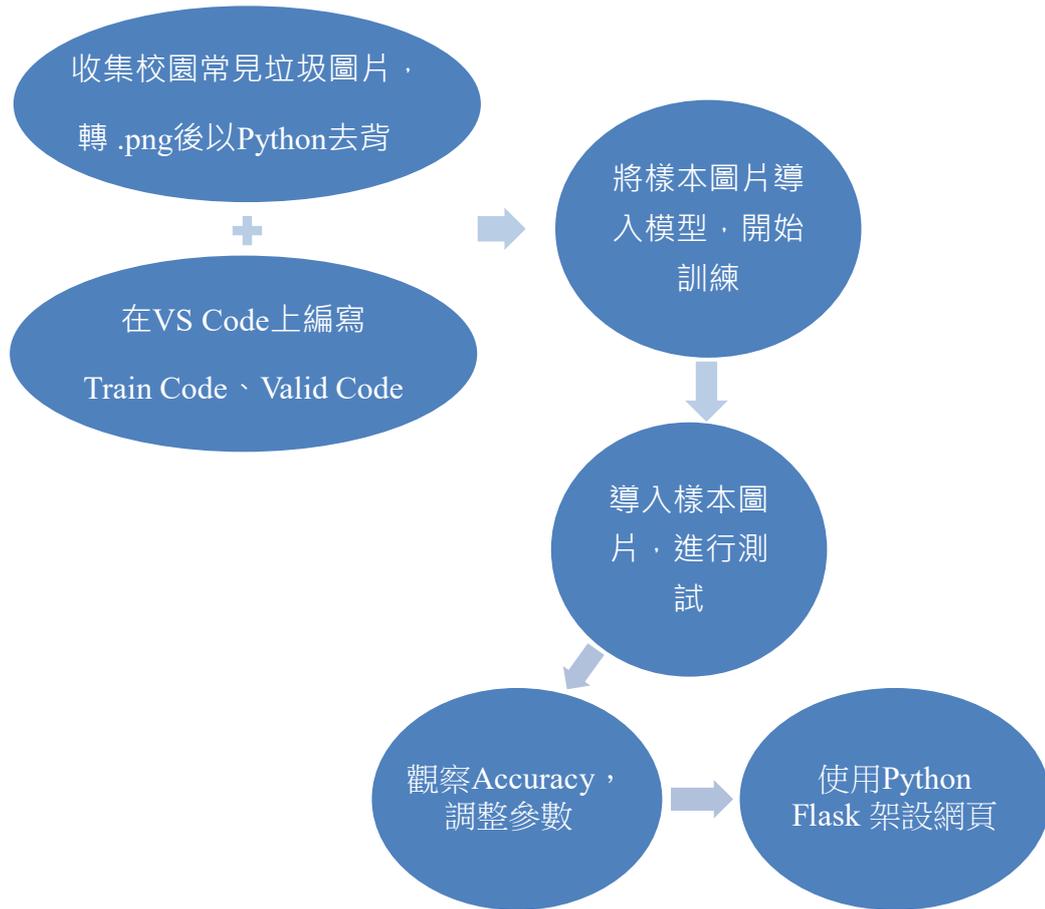
假設 2、LCM 測資 Top1 Accuracy 達到 92.5% 以上。

## 四、探究方法與驗證步驟

### 一、研究設備與器材

手機照相軟體、電腦程式編輯器 Visual Studio Code（簡稱 VS Code）、Command Prompt（簡稱 cmd）、Python Flask 網頁開發框架、台灣杉 2 號超級電腦。

## 二、研究架構圖



圖（二）研究架構流程概圖

## 三、研究方法

### （一）概述

收集垃圾圖片後去背，導入編寫好的 Train Code、Valid Code、以及 Test Code，觀察測試資料之 Accuracy，調整參數後重新測試

### （二）探究步驟

1. 收集校園常見垃圾圖片，將手機照相畫面設置為 1：1 進行拍攝

表（一）各分類垃圾圖片之原始樣本數與測試資料數

垃圾圖片分類方式		樣本數(train)	測試資料(test)
1. 一般垃圾	5. 鐵鋁罐	50 張	15 張
2. 紙類	6. 軟塑膠類		
3. 紙容器	7. 硬塑膠類		
4. 鋁箔包、利樂包	8. 複合材料 ( 洋芋片罐 )		

2. 進行圖片預處理：將圖片格式由 .jpg 轉換為 .png，再使用 python 程式去除背景並壓縮成 512×512 pixels，最後將其下載到 windows，方便檢視處理狀況，將處理不當的圖片重新進行人工去背、壓縮。

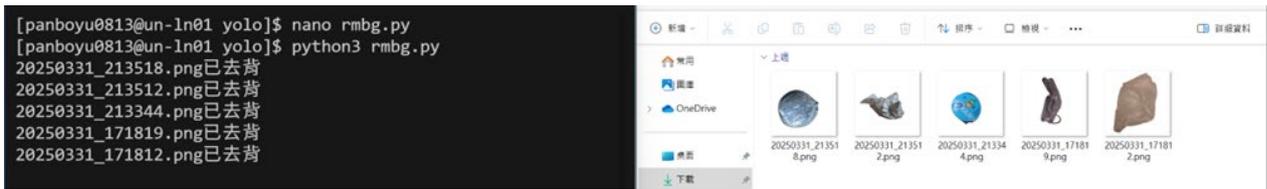


圖 (三) 圖片背景去除過程 (即時下載到 Windows)

3. 使用 Python 編寫 YOLO 模型所需 Train Code、Valid Code

```

9 def load_pretrained_model(num_classes):
10     model = torch.hub.load('ultralytics/yolo', 'yolo11m-cls', pretrained=True)
11
12     in_features = model.fc.in_features
13     model.fc = nn.Linear(in_features, num_classes)
14     return model
15
16
17 device = torch.device("cuda" if torch.cuda.is_available() else "cpu")
18 batch_size = 32
19 epochs = 10
20 num_classes = 10
21 learning_rate = 0.001
22
23
24 transform = transforms.Compose([
25     transforms.Resize((224, 224)),
26     transforms.ToTensor(),
27     transforms.Normalize(mean=[0.485, 0.456, 0.406], std=[0.229, 0.224, 0.225])
28 ])
29
30 dataset_train = datasets.ImageFolder(root='data/train', transform=transform)
31 dataset_val = datasets.ImageFolder(root='data/val', transform=transform)
32
33 dataloader_train = DataLoader(dataset_train, batch_size=batch_size, shuffle=True)
34 dataloader_val = DataLoader(dataset_val, batch_size=batch_size, shuffle=False)
35
36
37 model = load_pretrained_model(num_classes).to(device)
38
39

```

圖 (四) 編寫 Train Code 過程

4. 將預處理完畢的圖片導入模型

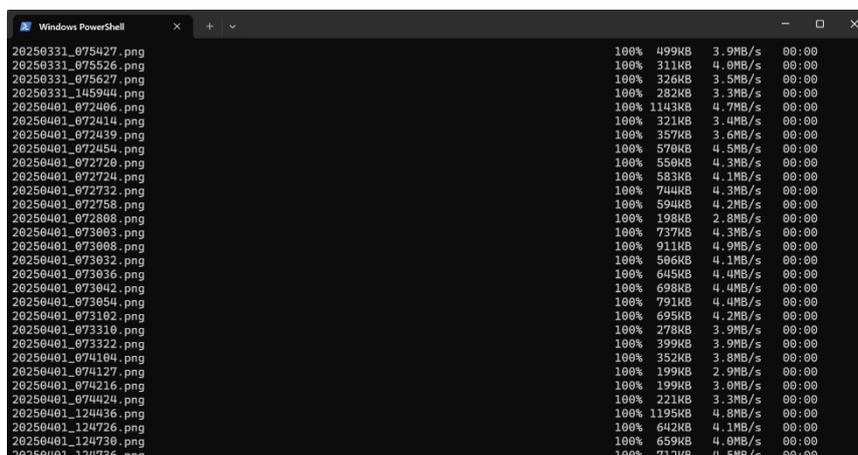


圖 (四) 將已驗證過的圖片 SCP 回台灣杉 2 號主機

5. 觀察測試結果的 Accuracy，調整參數再重新測試
6. 編寫 Predict Code，並使用 Python Flask 架設網頁伺服器

```

13 # Config
14 model_path = os.getenv('MODEL_PATH', 'best.pt')
15 MAX_FILE_SIZE = 10 * 1024 * 1024 # 10MB
16 CLASS_TRANSLATION = {
17     "bottle": "玻璃瓶",
18     "general_waste": "一般垃圾",
19     "hard_plastic": "硬塑膠",
20     "mixed_waste": "混合垃圾",
21     "paper": "紙類",
22     "paper_containers": "紙容器",
23     "retort_pouch": "鋁箔包",
24     "soft_plastic": "軟塑膠",
25     "tin_and_aluminum_cans": "罐頭罐"
26 }
27
28 model = YOLO(model_path)
29
30 def preprocess_image(input_image: bytes, target_size=(512, 512)):
31     try:
32         output_image = remove(input_image)
33         with io.BytesIO(output_image) as buffer:
34             img = Image.open(buffer)
35             if img.mode != 'RGB':
36                 img = img.convert('RGB')
37             img = img.resize(target_size, Image.LANCZOS)
38             return img
39     except Exception as e:
40         logging.error(f"Image preprocessing failed: {str(e)}", exc_info=True)
41         raise
42
43 @app.route('/')
44 def index():
45     return render_template("index.html")
46

```

圖 (五) 將撰寫好的 code 上傳到 Github，預計未來會將整個專案開源在 Github 上

#### 四、相關名詞解釋與意義

##### (一) Code 用途與說明

**Train**：導入樣本圖片，用來訓練識別數據特徵的能力、幫助 LCM 學習權重

**Valid**：導入測試資料圖片，為 LCM 的猜測結果打分數 (即 Accuracy)

**Predict**：導入欲測之圖片，預測判斷圖片為哪一分類

##### (二) Accuracy 簡單釋義與重要性

**Top5 Accuracy**：如果 LCM 預測的前五個可能答案包含了正確答案，我們就視為它答對了。可以藉此看出其有多接近正確答案，在類別繁多、或是容易混淆的模型訓練中有更高的重要性。以本探究而言，我們總類別數為 9，屬於較少的類別，因此本指標並不能代表實質上的精準度驗證與判斷。

**Top1 Accuracy**：即 LCM 最有自信的答案為正確答案的機率，通常視為判斷模型準確率的重要指標

#### 五、Train 跟 Valid 次數與紀錄

Train 次數：100 次

Valid 次數：150 次

```

classes  top1_acc  top5_acc:
all      0.95      1

```

圖 (六) 最終 Valid 結果

## 六、LCM 測試資料的 Top5 Accuracy 與 Top1 Accuracy 結果

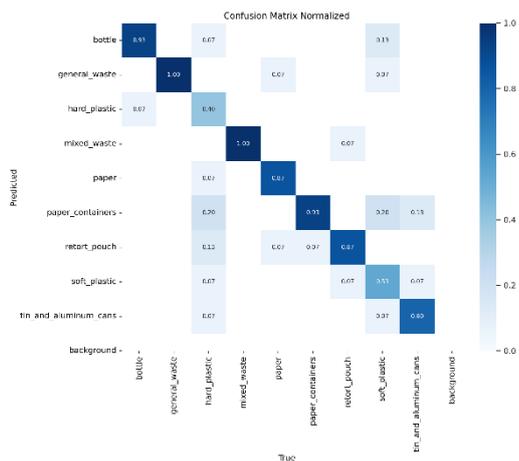


圖 ( 七 ) 各類別 Valid 的結果 confusion\_matrix 圖

## 七、LCM 網頁展示

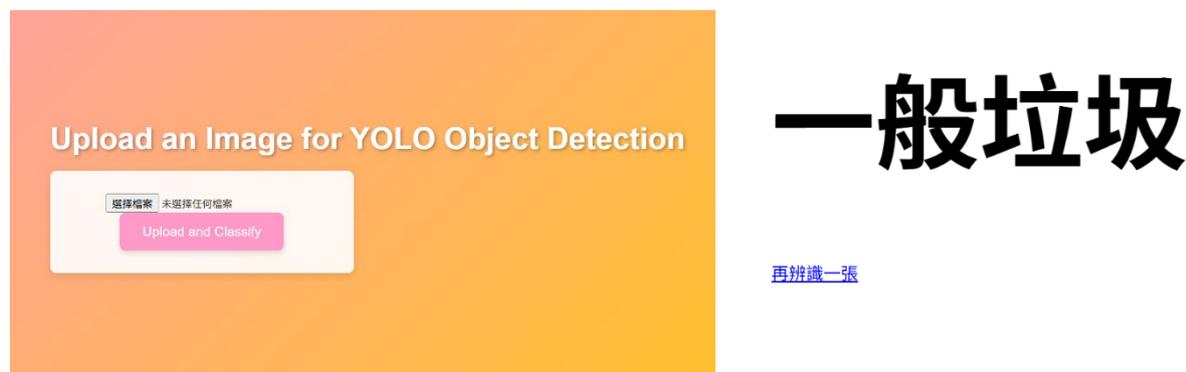


圖 ( 八 ) Python Flask 網頁展示圖 ( 註：本服務架設在內網，恕無法提供網址 )

## 五、結論與生活應用

### 一、結論

LCM 最終訓練出的 Top5 Accuracy 為 100%、Top1 Accuracy 為 95%。此項結果達成我們的假說，我們認定它能有效地分出校園常見的垃圾圖片。

### 二、生活應用

#### 1. 離線應用程式的開發：

我們的 LCM 模型目前採用 Render 雲端平台部署，使用者可以透過網頁上傳圖片，由伺服器模型即時處理後回傳辨識結果。但我們發現 LCM 網頁的辨識速度有些遲緩，因此我們認為可以將目前的 YOLO 模型轉換為 TensorFlow Lite 或 Onnx 等較輕量的程式，並整合到手機應用程式中，使手機用戶端可以下載並離線使用。

## 2. 「資源股長回收桶」(又名「環保志工垃圾桶」):

藉由指導老師、同學給的建議與回饋，我們意識到丟垃圾時要一邊扛著資源回收桶、一邊拿著手機拍照確認垃圾分類屬實有點麻煩。我們在網路上固然有找到許多可以自動幫忙回收分類的 AI 機器人，但我們認為比起極致的便利性，讓學生培養正確的回收觀念才是更為核心、根本且重要的課題。因此我們展望未來能開發一款「環保志工垃圾桶」，能像辛苦、負責的衛生股長和環保志工一樣監督學生倒垃圾。我們可以在垃圾桶加裝電動閥門，並在電動閥門上之垃圾桶桶壁架設高速攝影機使其連接我們的應用程式；如此一來，當學生丟垃圾時，若分類皆正確則閥門會自動打開，相反地，若有分類錯誤則「資源股長」或「環保志工」系統會出聲提醒，並拍下此位學生之畫面，若其沒有將分類錯誤的垃圾取走，系統將會把拍下的人像照片回傳予學校。

### (1) 屢次不聽者的警告→

對於經常分類錯誤的學生，系統將在提醒時加重語氣，給予警告並宣導正確環保觀念。

### (2) 楷模 LCM 的優化→

即使 Top1Accuracy 達到 95%，仍有 5%的錯誤空間，若因此傳遞了錯誤的環保資訊，實屬不樂見。因此，我們將持續優化模型，考慮各類分類情境，例如增加模型容易混淆之垃圾種類的樣本數，或是避免在資料分布不均時導致的分類偏誤，提升整體辨識的穩定性與可靠性。

### (3) 詳細說明分類觀念→

對於複合材質的垃圾，有些必須剪開、或拆卸再分類，例如：雨傘、洋芋片罐。他們不是單一個分類，而是由幾個分類組成。因此，若系統除了告知使用者不完全正確的訊息外，也能提供正確做法，能加強宣導正確觀念。

## 參考資料

- 一、Alkhamash, E. H. (2025). *Multi-Classification Using YOLOv11 and Hybrid YOLO11n-MobileNet Models: A Fire Classes Case Study*. *Fire*, 8(1), 17.
- 二、Khanam, R., & Hussain, M. (2024). *Yolov11: An overview of the key architectural enhancements*. arXiv preprint arXiv:2410.17725.
- 三、鄭秉恩 (2019)。基於影像辨識之垃圾分類機器人。健行科技大學電子工程系碩士班學位論文，1-65。
- 四、李丞揚、牟代君、葉建德、胡裕仁 (2019)。以人工智慧及物聯網方法探討垃圾分類自動辨識之研究，TANET2019 臺灣網際網路研討會，155-160。
- 五、林楓竣 (2016)。學生對校園垃圾減量及資源回收認知，習慣與落實之研究-以屏東縣某高中職學校為例。屏東科技大學環境工程與科學系所學位論文，1-201。
- 六、新竹市歡環境保護局 (2017)。新竹市垃圾強制分類表。  
<https://www.hccep.gov.tw/service/file/FileDownload/s420171117001.pdf>