

屏東縣第64屆國中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：生活與應用科學(一)

組 別：國小組

作品名稱：AI辨識回收垃圾自動開蓋垃圾桶

關 鍵 詞：AI辨識、自動開蓋垃圾桶

編號：A6008

摘要

本研究主題是製作AI辨識回收垃圾自動開蓋垃圾桶，目的是為了改善校園生活中的垃圾分類不確實，進一步減少海洋中塑膠污染物的排放量，同時又可減少人與垃圾桶接觸的機會，以降低病毒傳播風險。AI辨識回收垃圾自動開蓋垃圾桶結合了人工智慧影像辨識和機電整合自動控制的新興科技，透過程式設計實現整體功能。本研究利用課程所學的Teachable Machine影像辨識技術，將5種回收垃圾在不同數量、不同光源值、不同Epoch值、不同背板下進行AI模型訓練，探究其最佳辨識模型，並將訓練好的模型上傳到Pixetto AI鏡頭上，透過AI鏡頭進行回收垃圾影像分類辨識判斷，並透過程式驅動伺服馬達自動開啟正確分類回收垃圾桶蓋，達到垃圾分類更準確且減少人與垃圾桶直接接觸的機會，達到垃圾分類回收、減少海洋廢棄物數量與防疫的研究目標。

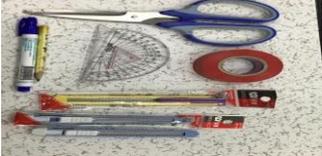
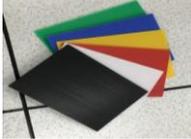
壹、研究動機

我們曾經在電視上BBC紀錄片《藍色星球2》（Blue Planet II）中看到一篇報導，法國的科學家從被擱淺的鯨魚體內發現重達800公斤的塑料垃圾，讓我非常難過，而常常去海邊玩的我，也常在沙灘上看到好多塑膠垃圾，台灣是環海島嶼，所有的垃圾若是分類不確實，就會使得可回收的塑膠垃圾流入海洋，導致海洋垃圾增加，對環境及海洋生物造成嚴重的危害。我們希望能為這個日益嚴重的問題，提供一個解決的方案。剛好學校運算思維課程老師教到AI影像辨識，於是想藉由設計這個既新型且有趣的AI辨識回收垃圾自動開蓋垃圾桶，教育並鼓勵人們在日常生活中採取更環保的行動，提高垃圾分類回收的效率，從而降低塑膠垃圾對環境的負面影響。另外這個AI辨識回收垃圾自動開蓋垃圾桶，除了可以減少接觸傳染外，還可以達到聯合國宣布的「2030永續發展目標」（Sustainable Development Goals, SDGs）中14號保育海洋生態與15號保育陸域生態的目標。

貳、研究目的

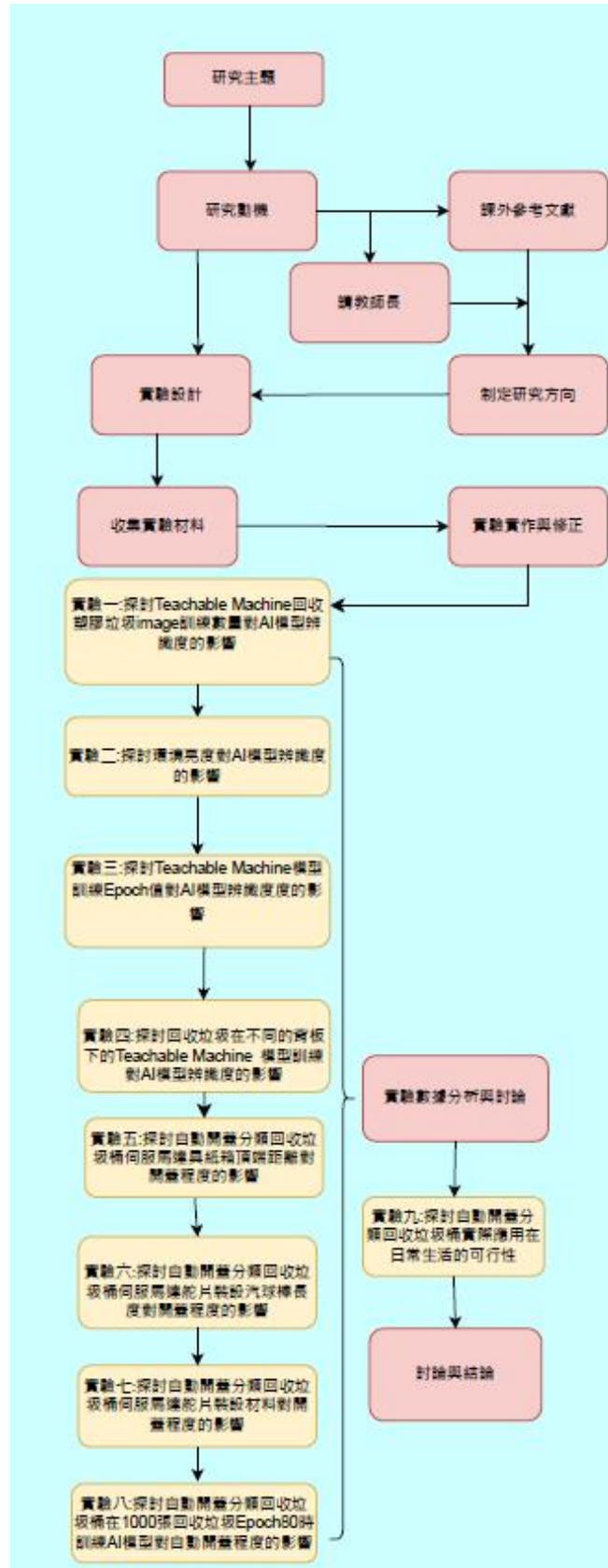
- 一、探討Teachable machine 回收塑膠垃圾image訓練數量對AI模型辨識度的影響。
- 二、探討環境亮度對AI模型辨識度的影響。
- 三、探討Teachable machine 模型訓練Epoch值對AI模型辨識度的影響。
- 四、探討回收垃圾在不同的背板下的Teachable machine模型訓練對AI模型辨識度的影響。
- 五、探討自動開蓋分類回收垃圾桶伺服馬達距紙箱頂端距離對開蓋程度的影響。
- 六、探討自動開蓋分類回收垃圾桶伺服馬達舵片裝設汽球棒長度對開蓋程度的影響。
- 七、探討自動開蓋分類回收垃圾桶伺服馬達舵片裝設材料對開蓋程度的影響。
- 八、探討自動開蓋分類回收垃圾桶在1000張回收垃圾Epoch80時訓練AI模型對自動開蓋程度的影響。
- 九、探討AI辨識回收垃圾自動開蓋垃圾桶應用在日常生活的可行性。

參、研究設備及器材

器材	Pixetto鏡頭	傳輸線	EZDIO擴展版/LinkIt7697主控版
圖片			
器材	伺服馬達	3V轉5V升壓板	紅綠燈模組
圖片			
器材	各式連接線	冰棒棍、氣球棒	紙箱
圖片			
器材	垃圾桶	照度計	Logi視訊鏡頭
圖片			
器材	雷射機	電腦主機	剪刀、三角板、量角器、美工刀、鉛筆、膠帶、馬克筆
圖片			
器材	各色PP背板	熱熔槍	行動電源
圖片			
器材	寶特瓶	牛奶紙盒	優格塑膠盒
圖片			
器材	養樂多罐	紙盒	
圖片			

肆、研究過程及方法

一、實驗流程圖



二、文獻探討

(一)Teachable machine

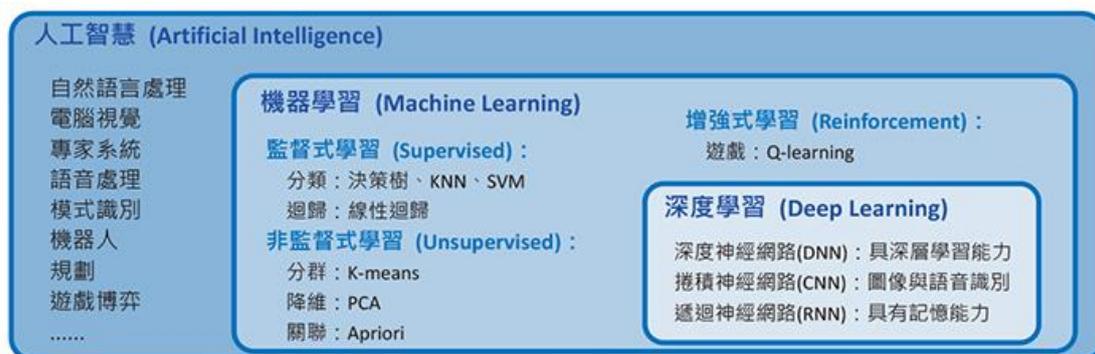
Teachable Machine 是 Google 所推出的簡易AI教學機器，只需要簡單的步驟，就能夠在瀏覽器上訓練模型，透過訓練的模型辨識圖片、聲音或是姿勢，並且分辨這是屬於哪一類的模型。

(二)人工智慧

人工智慧簡稱AI，是指能執行複雜任務的應用程式，這些複雜任務曾經需要人工輸入，例如與顧客線上溝通或下棋。這個詞常與它的子欄位交換，包括機器學習 (ML) 和深度學習。人工智慧於一般教材中的定義領域是「智慧主體 (intelligent agent) 的研究與設計」，智慧主體指一個可以觀察周遭環境並作出行動以達致目標的系統。約翰·麥卡錫於1955年的定義是「製造智慧機器的科學與工程」。安德烈亞斯·卡普蘭 (Andreas Kaplan) 和麥可·海恩萊因 (Michael Haenlein) 將人工智慧定義為「系統正確解釋外部資料，從這些資料中學習，並利用這些知識透過靈活適應達成特定目標和任務的能力」。人工智慧可以定義為模仿人類與人類思維相關的認知功能的機器或計算機，如學習和解決問題。

(三)監督式和非監督式學習

監督式和非監督式機器學習 (ML) 是 ML 演算法的兩個類別。ML 演算法處理大量歷史資料，以透過推論來識別資料模式。監督式學習以指定演算法的輸入和輸出，通常是手動完成標記；非監督式機器學習是指在沒有任何已標記輸出資料的情況下提供演算法輸入資料，然後，演算法會自行識別資料內部和之間的模式與關係。



圖一:AI 與機器學習和深度學習的關係

三、實驗步驟

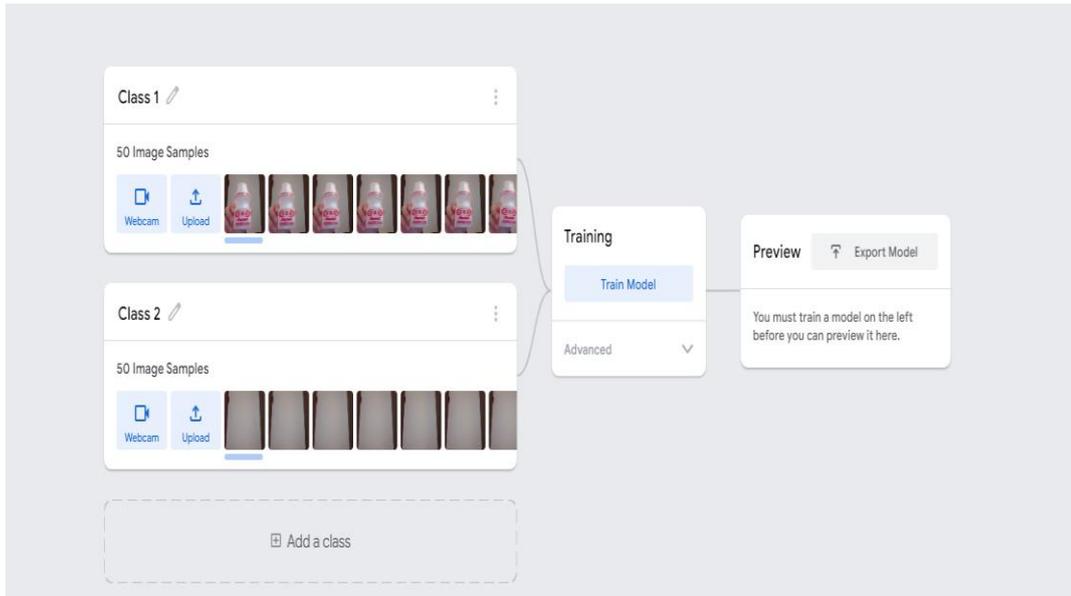
(一)、AI模型部分:

步驟一:Teachable machine 回收塑膠垃圾image訓練，如圖二。

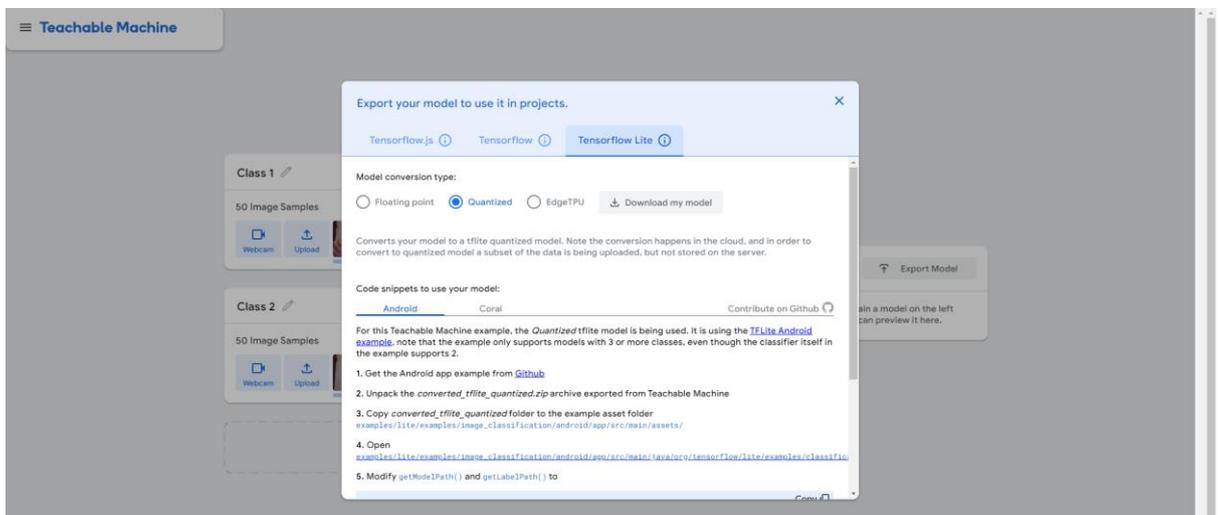
步驟二:訓練模型下載，如圖三、圖四、圖五。

步驟三:訓練模型上傳Pixetto鏡頭，如圖六、圖七、圖八、圖九。

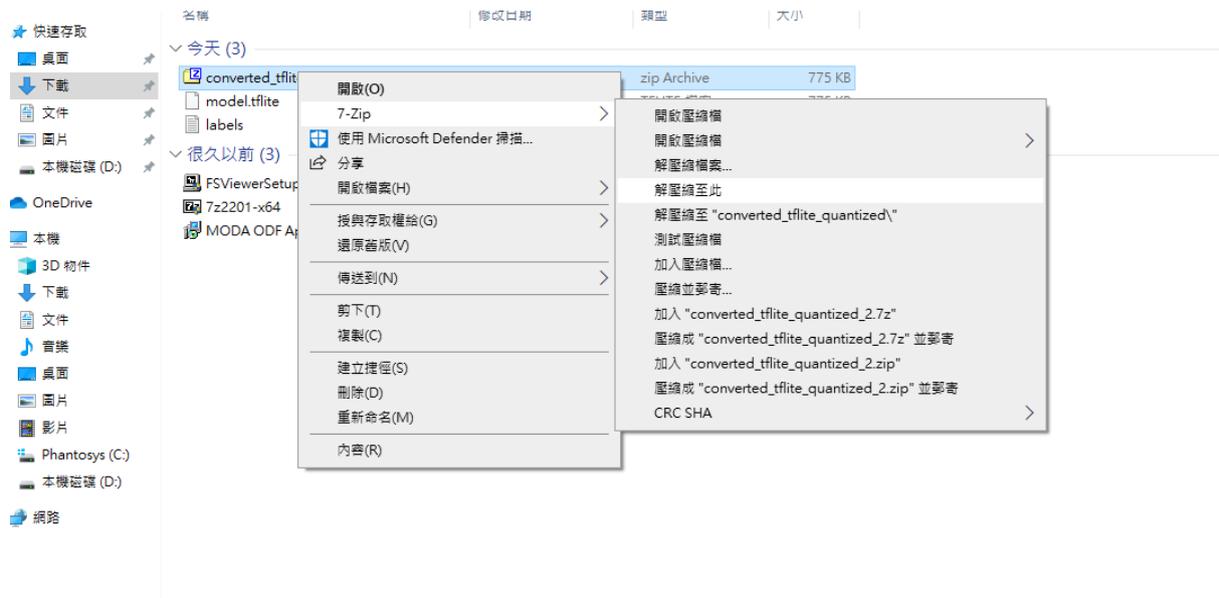
步驟四:利用pixutils軟體進行Pixetto鏡頭模型辨識度監看，如圖十。



圖二:Teachable machine 影像模型訓練



圖三:Teachable machine 訓練完影像模型下載



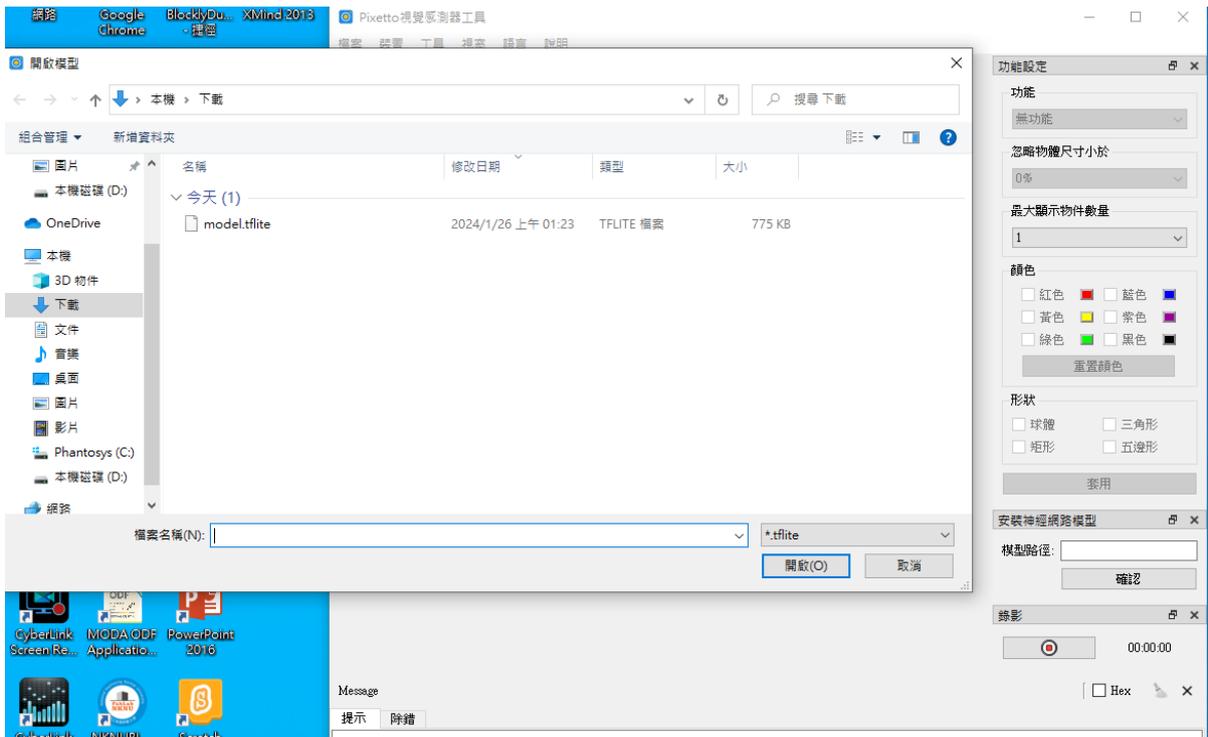
圖四:Teachable machine image train解壓縮

model.tflite	2024/1/26 上午 01:23	TFLITE 檔案	775 KB
labels	2024/1/26 上午 01:22	文字文件	1 KB

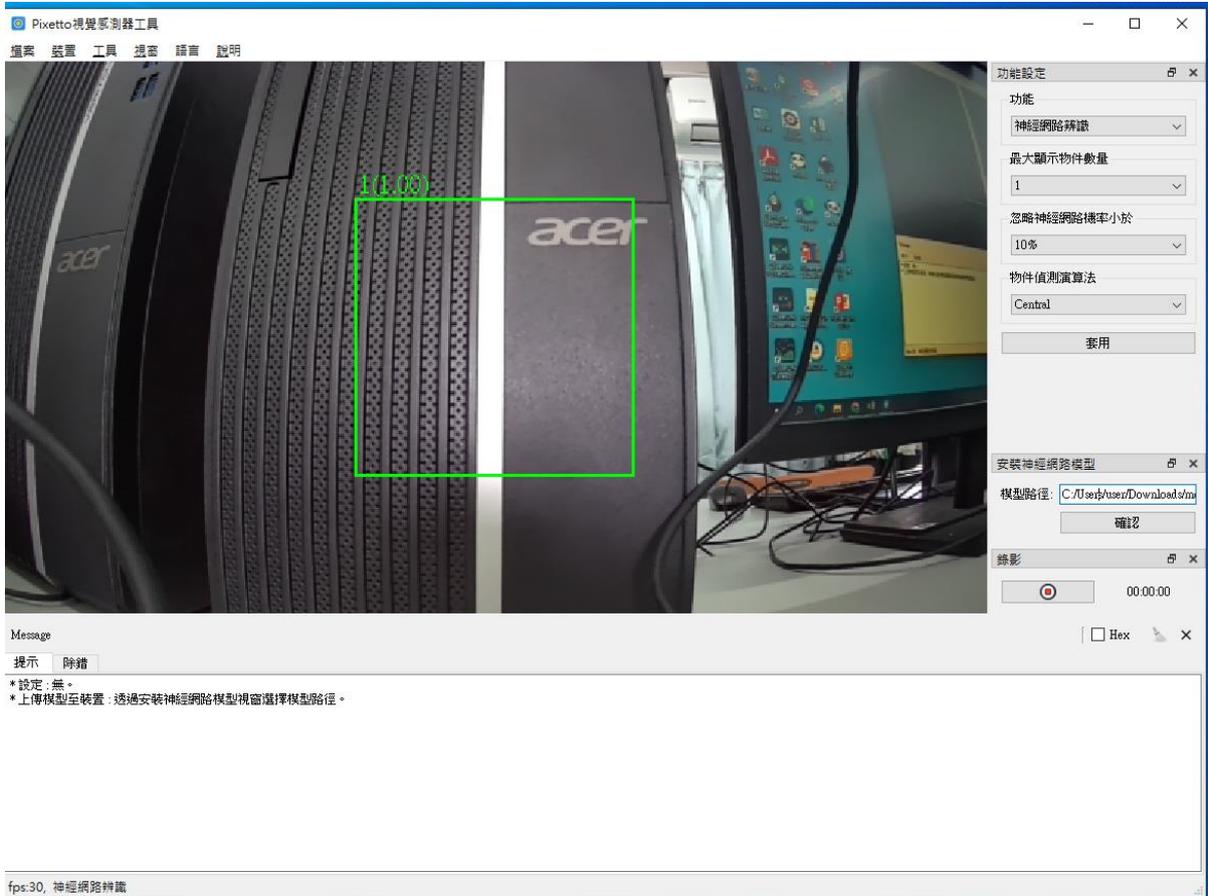
圖五:Teachable machine image train解壓縮完成



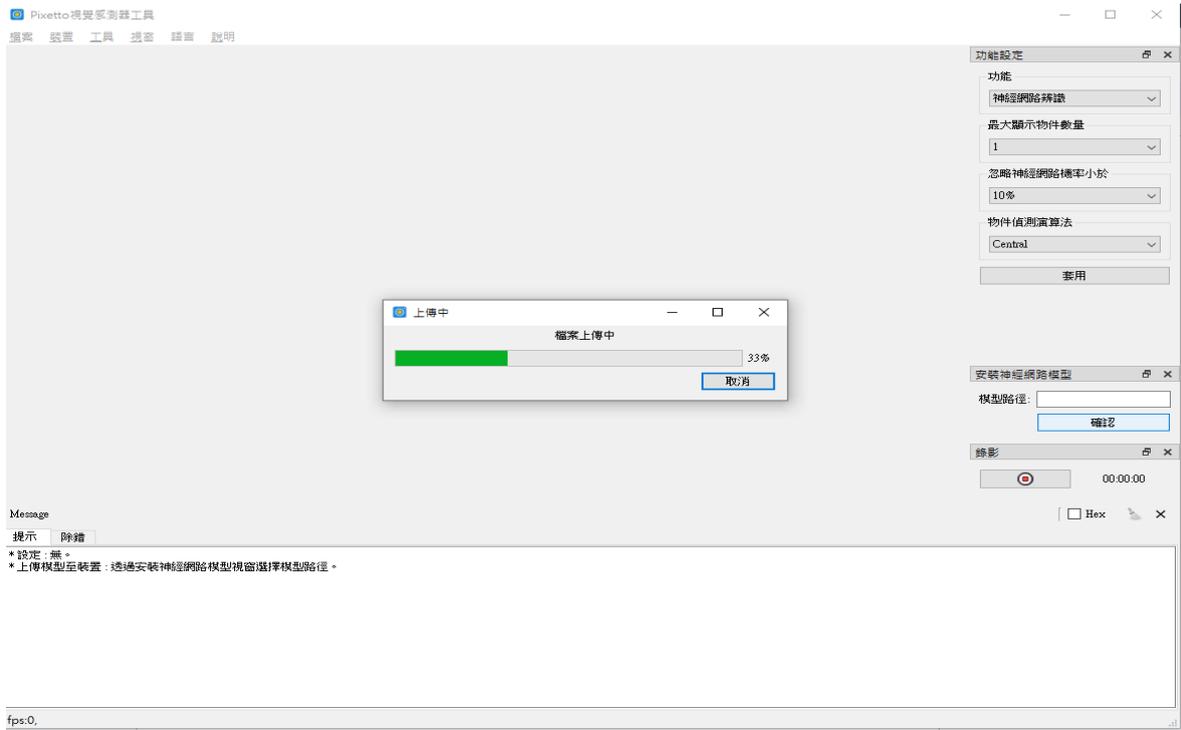
圖六:打開pixutils



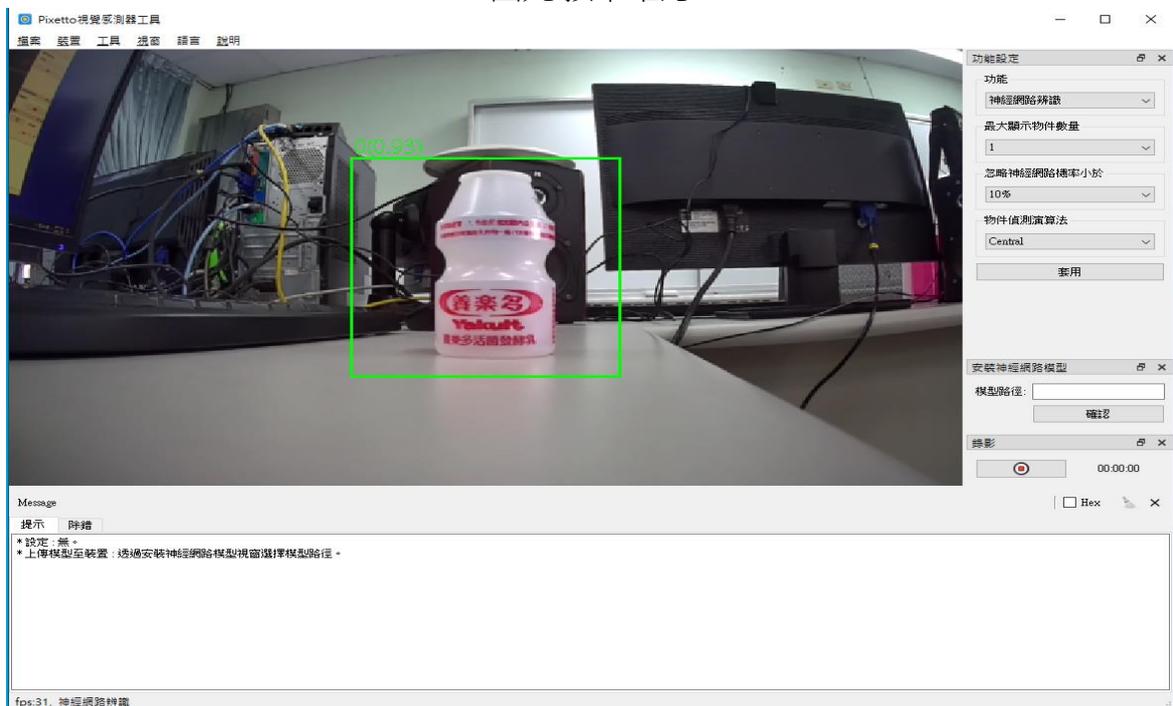
圖七:選擇模型路徑



圖八:連接Pixetto鏡頭



圖九:按下確認



圖十:辨識信心度

- (1)實驗一: 探討Teachable machine 回收塑膠垃圾image訓練數量對AI模型辨識度的影響。
 在視訊鏡頭感測亮度200(lux)下進行150、200、250、300張回收塑膠垃圾image數量訓練，依照AI模型部分步驟一~步驟四進行實驗。

探討Teachable machine 回收塑膠垃圾image訓練數量對AI模型辨識度的影響	
操縱變因	回收塑膠垃圾image訓練數量張數
控制變因	視訊鏡頭 視訊鏡頭感測亮度200(lux) 背景 回收塑膠垃圾 支撐架
應變變因	AI模型辨識的準確度

(2)實驗二:探討環境亮度對AI模型辨識度的影響

回收塑膠垃圾image訓練數量張數300張，在環境亮度200、300、400、500(lux)下，如圖十一，依照AI模型部分步驟一~步驟四進行實驗。

探討環境亮度對AI模型辨識度的影響	
操縱變因	環境亮度
控制變因	視訊鏡頭 回收塑膠垃圾image訓練數量張數背景 回收塑膠垃圾 支撐架

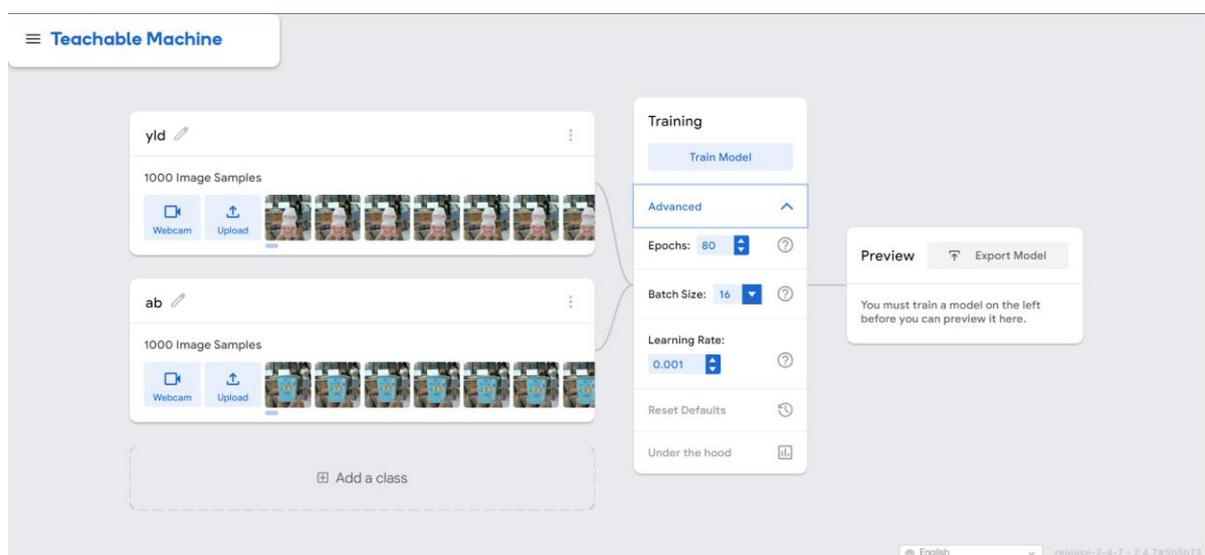


圖十一:Teachable Machine Image訓練時的環境亮度(lux)偵測

(3)實驗三:探討Teachable machine 模型訓練Epoch值對AI模型辨識度的影響。

由文獻探討得知Epoch值需在訓練張數較多時才有差異，故在回收塑膠垃圾image訓練數量張數1000張，調整Epoch值為50、60、70、80，如圖十二，依照AI模型部分步驟一~步驟四進行實驗。

探討Teachable machine 模型訓練Epoch值對AI模型辨識度的影響	
操縱變因	Epoch值
控制變因	視訊鏡頭 回收塑膠垃圾image訓練數量張數背景 回收塑膠垃圾 支撐架 環境亮度
應變變因	AI模型辨識的準確度



圖十二:Epoch值

(4)實驗四: 探討回收垃圾在不同的背板下的Teachable machine模型訓練對AI模型辨識度的影響。

利用回收垃圾在無PP背板、黑色PP板、白色PP板、紅色PP板、黃色PP板、綠色PP板、藍色PP板下進行1000張Epoch80模型訓練，並依照AI模型部分步驟一~步驟四進行實驗。

實驗四名稱	探討回收垃圾在不同的背板下的Teachable machine模型訓練對AI模型辨識度的影響	
實驗目的:	操縱變因	回收塑膠垃圾image訓練數量張數
回收垃圾在不同的背板下的Teachable machine模型訓練對AI模型辨識度的影響	控制變因	視訊鏡頭 背景 回收垃圾 支撐架 回收垃圾image訓練數量張數
	應變變因	AI模型辨識的準確度

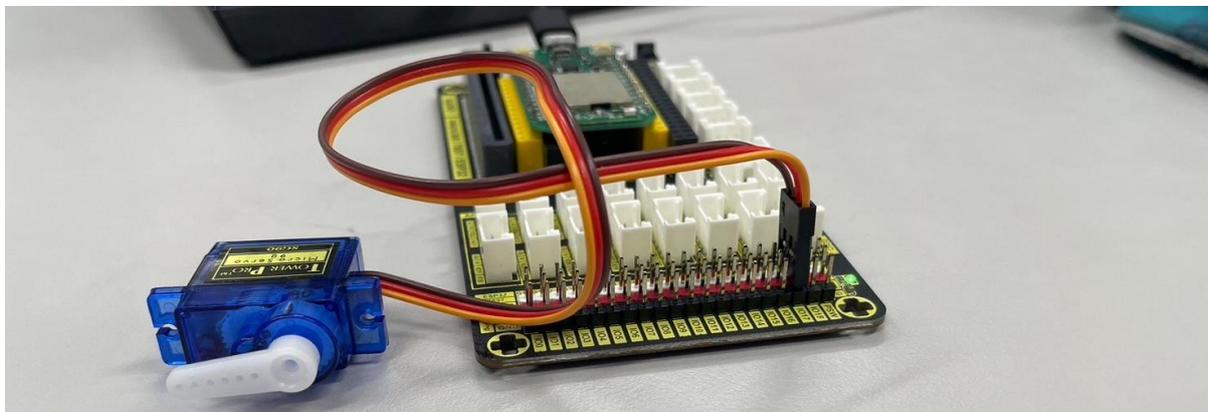
(二)、機電整合部分:

步驟一:測試伺服馬達角度，定位0度、90度與180度，並裝上舵片，如圖十三。

步驟二:紙箱依據實驗條件開伺服馬達孔位，如圖十四。

步驟三:裝上伺服馬達與帶動軸材料，如圖十五。

步驟四:編寫程式，如圖十六，量測開蓋角度如圖十七。



圖十三: 伺服馬達角度定位



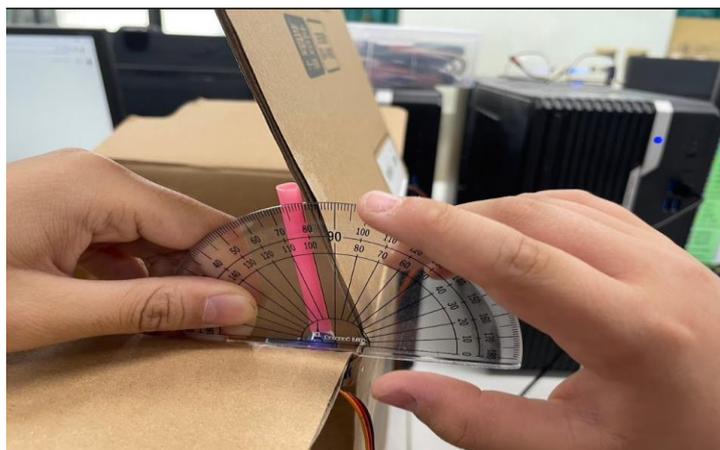
圖十四: 伺服馬達孔位開孔裝設



圖十五: 裝上伺服馬達與帶動軸材料



圖十六: 量測開蓋角度程式



圖十七: 測量開蓋角度

(1)實驗五:探討自動開蓋分類回收垃圾桶伺服馬達距紙箱頂端距離對開蓋程度的影響。

伺服馬達舵片裝設10.7cm汽球棒，在距紙箱頂端0.3cm、0.8cm、1.3cm、1.8cm，如圖十四，依照機電整合部分步驟一~步驟四進行實驗。

探討自動開蓋分類回收垃圾桶伺服馬達距紙箱頂端距離對開蓋程度的影響	
操縱變因	距紙箱頂端距離0.3cm、0.8cm、1.3cm、1.8cm
控制變因	自動開蓋垃圾桶 伺服馬達舵片裝設10.7cm汽球棒 測量器具
應變變因	自動開蓋垃圾桶開蓋程度

(2)實驗六: 探討自動開蓋分類回收垃圾桶伺服馬達舵片裝設汽球棒長度對開蓋程度的影響。

伺服馬達舵片裝設10.7cm、3cm、1.3cm汽球棒，在距紙箱頂端0.3cm，如圖十五，依照機電整合部分步驟一~步驟四進行實驗。

探討自動開蓋分類回收垃圾桶伺服馬達舵片裝設汽球棒長度對開蓋程度的影響	
操縱變因	伺服馬達舵片裝設10.7cm、3cm、1.3cm汽球棒
控制變因	自動開蓋垃圾桶 距紙箱頂端0.3cm 伺服馬達舵片裝設汽球棒 測量器具
應變變因	自動開蓋垃圾桶開蓋程度

(3)實驗七: 探討自動開蓋分類回收垃圾桶伺服馬達舵片裝設材料對開蓋程度的影響。

在距紙箱頂端0.3cm，伺服馬達裝設10.7cm汽球棒、冰棒棍、鋁棒對開蓋程度的影響。

探討自動開蓋分類回收垃圾桶伺服馬達舵片裝設材料對開蓋程度的影響	
操縱變因	伺服馬達舵片裝設10.7cm汽球棒、冰棒棍、鋁棒
控制變因	自動開蓋垃圾桶 距紙箱頂端0.3cm 伺服馬達舵片裝設10.7cm材料 測量器具
應變變因	自動開蓋垃圾桶開蓋程度

(4)實驗八: 探討自動開蓋分類回收垃圾桶在1000張回收垃圾Epoch80時訓練AI模型對自動開蓋程度的影響。

利用實驗一~實驗六的最佳數據做為控制變因，探討最佳的回收垃圾AI模型訓練，結合機電整合，進行各式回收垃圾辨識度的實驗。

伍、研究結果

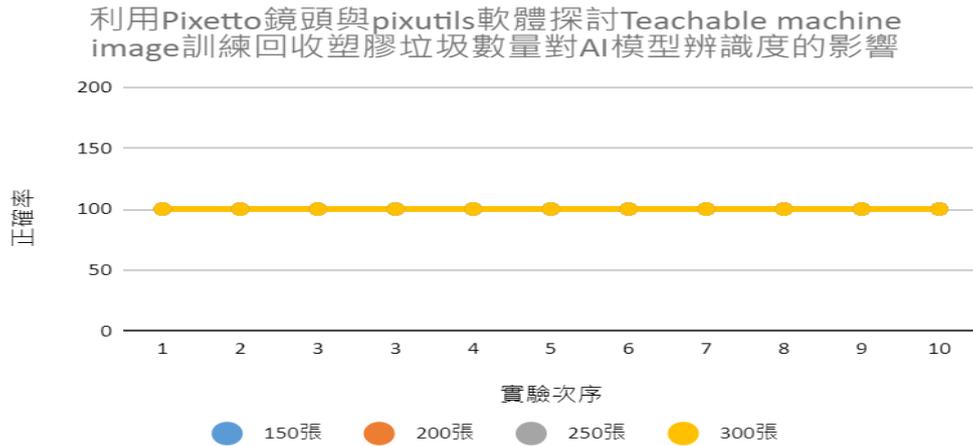
一、實驗一: 探討Teachable machine 回收塑膠垃圾image訓練數量對AI模型辨識度的影響

運用Teachable machine和桌機之視訊鏡頭，在視訊鏡頭感測亮度200(lux)下進行150、200、250、300張之回收塑膠垃圾訓練，並將訓練好的模型上傳至Pixetto鏡頭，利用pixutils軟體進行訓練模型準確度實驗。

實驗一名稱	探討Teachable machine 回收塑膠垃圾image訓練數量對AI模型辨識度的影響	
實驗目的: 回收塑膠垃圾image訓練數量對AI模型辨識度的影響	操縱變因	回收塑膠垃圾image訓練數量張數
	控制變因	視訊鏡頭 視訊鏡頭感測亮度200(lux) 背景 回收塑膠垃圾 支撐架
	應變變因	AI模型辨識的準確度

實驗記錄:

利用Pixetto鏡頭與pixutils軟體探討Teachable machine image訓練回收塑膠垃圾數量對AI模型辨識度的影響										
\次序 訓練回 收塑膠 垃圾張 數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
150張	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
200張	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
250張	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
300張	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100



圖十八:Teachable machine image訓練回收塑膠垃圾張數數量對AI模型辨識度的影響

小結：由以上實驗我們可以發現當Teachable Machine image訓練張數增加時，準確度也會一起同時提高，並且增加模型準確度。

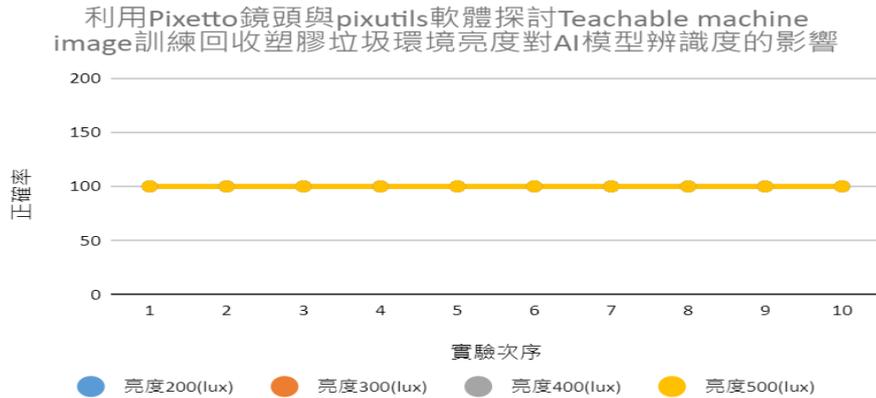
二、實驗二: 探討環境亮度對AI模型辨識度的影響

回收塑膠垃圾image訓練數量張數300張，在環境亮度200、300、400、500(lux)下，進行實驗。

探討環境亮度對AI模型辨識度的影響	
操縱變因	環境亮度200、300、400、500(lux)
控制變因	視訊鏡頭 回收塑膠垃圾image訓練數量張數背景 回收塑膠垃圾 支撐架
應變變因	AI模型辨識的準確度

實驗記錄:

利用Pixetto鏡頭與pixutils軟體探討Teachable machine image訓練回收塑膠垃圾環境亮度(1 lux)對AI模型辨識度的影響										
次序 亮度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
亮度 200(lux)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
亮度300(lux)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
亮度400(lux)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
亮度500(lux)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100



圖十九:Teachable machine image訓練回收塑膠垃圾環境亮度(lux)對AI模型辨識度的影響

小結:從實驗數據中,我們發現環境亮度(lux)對AI智慧回收垃圾筒的辨識程度沒有影響,因為許多回收垃圾大多長的相似, AI訓練可以藉由一些特徵(例如半透明、顏色)來辨識垃圾的類別,但我們發現第63屆國中小學科學裡的生活應用一國小組AI人臉辨識智慧居家門禁系統,他們的研究結果環境亮度是有差別的,但因為人臉辨識系統是使用WebAI鏡頭,我們是使用Pixetto AI鏡頭,故需再深入探討研究才知道其差異性。

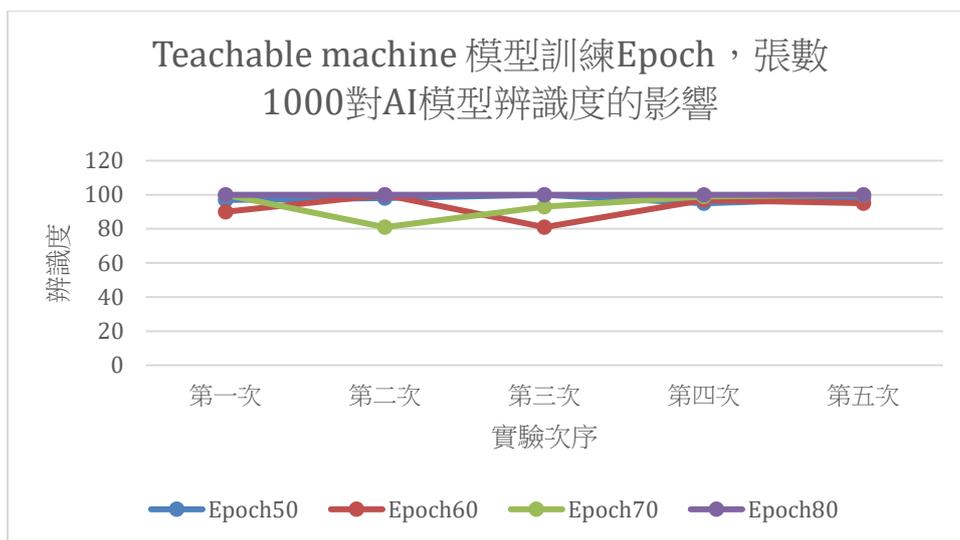
三、實驗三: 探討Teachable machine 模型訓練Epoch值對AI模型辨識度的影響。

由文獻中得知Epoch值需在訓練張數較多時才有差異,故在回收塑膠垃圾image訓練數量張數1000張,調整Epoch值為50、60、70、80,進行實驗。

探討Teachable machine 模型訓練Epoch值對AI模型辨識度的影響	
操縱變因	Epoch值
控制變因	視訊鏡頭 回收塑膠垃圾image訓練數量張數背景 回收塑膠垃圾 支撐架 環境亮度
應變變因	AI模型辨識的準確度

實驗結果:

Teachable machine 模型訓練Epoch, 張數1000對AI模型辨識度的影響					
Epoch\實驗次數	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次
Epoch50	97	98	100	95	98
Epoch60	90	100	81	97	95
Epoch70	100	81	93	99	100
Epoch80	100	100	100	100	100



圖二十:Teachable machine 模型訓練Epoch值對AI模型辨識度的影響

小結：由文獻及實驗結果得知Epoch80時，1000張訓練數量的辨識度都達到100%，因此，Epoch80為回收垃圾AI模型訓練時的最佳數值，辨識正確率最高。

四、實驗四: 探討回收垃圾在不同的背板下的Teachable machine模型訓練對AI模型辨識度的影響

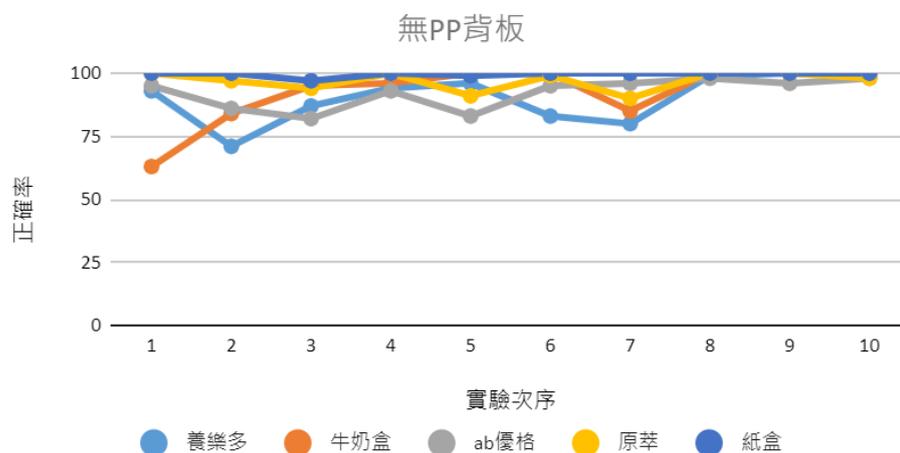
利用回收垃圾在無PP背板、黑色PP板、白色PP板、紅色PP板、黃色PP板、綠色PP板、藍色PP板下進行1000張Epoch80模型訓練與實驗。

實驗四名稱	探討回收垃圾在不同的背板下的Teachable machine模型訓練對AI模型辨識度的影響	
實驗目的:	操縱變因	不同顏色背板下訓練1000張Epoch80模型
回收垃圾在不同的背板下的Teachable machine模型訓練對AI模型辨識度的影響	控制變因	視訊鏡頭 背景 回收垃圾 支撐架 回收垃圾image訓練數量張數
	應變變因	AI模型辨識的準確度

實驗結果:

無PP板當背景訓練					
	yld	milk	ab優格	原萃	紙盒
第1次辨識信心度	93	63	95	100	100
第2次辨識信心度	71	84	86	97	100
第4次辨識信心度	94	96	93	100	100
第5次辨識信心度	96	100	83	91	99
第6次辨識信心度	83	100	95	99	100
第7次辨識信心度	80	85	96	90	100

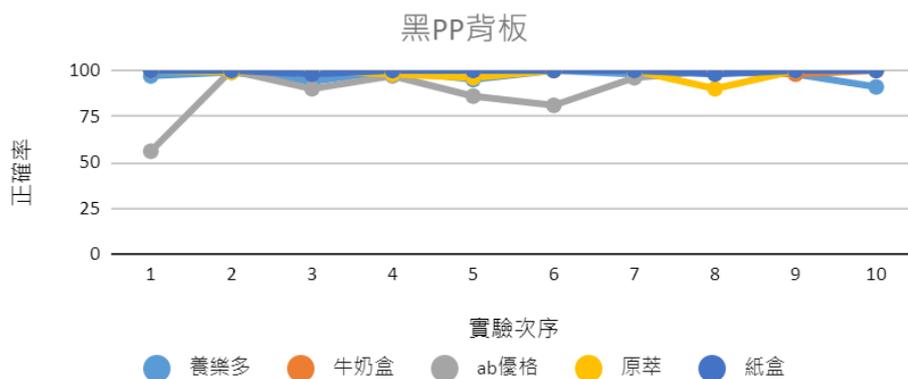
第8次辨識信心度	99	100	98	100	100
第9次辨識信心度	100	100	96	100	100
第10次辨識信心度	99	100	98	98	100



圖二十一: 回收垃圾在無PP背板背板下的Teachable machine模型訓練對AI模型辨識度的影響

黑色PP板當背景訓練

	yld	milk	ab優格	原萃	紙盒
第1次辨識信心度	97	100	56	100	100
第2次辨識信心度	99	100	100	99	100
第3次辨識信心度	94	100	90	100	98
第4次辨識信心度	100	100	97	98	100
第5次辨識信心度	95	100	86	96	100
第6次辨識信心度	100	100	81	100	100
第7次辨識信心度	98	100	96	100	100
第8次辨識信心度	99	100	100	90	98
第9次辨識信心度	98	98	100	100	100
第10次辨識信心度	91	100	100	100	100

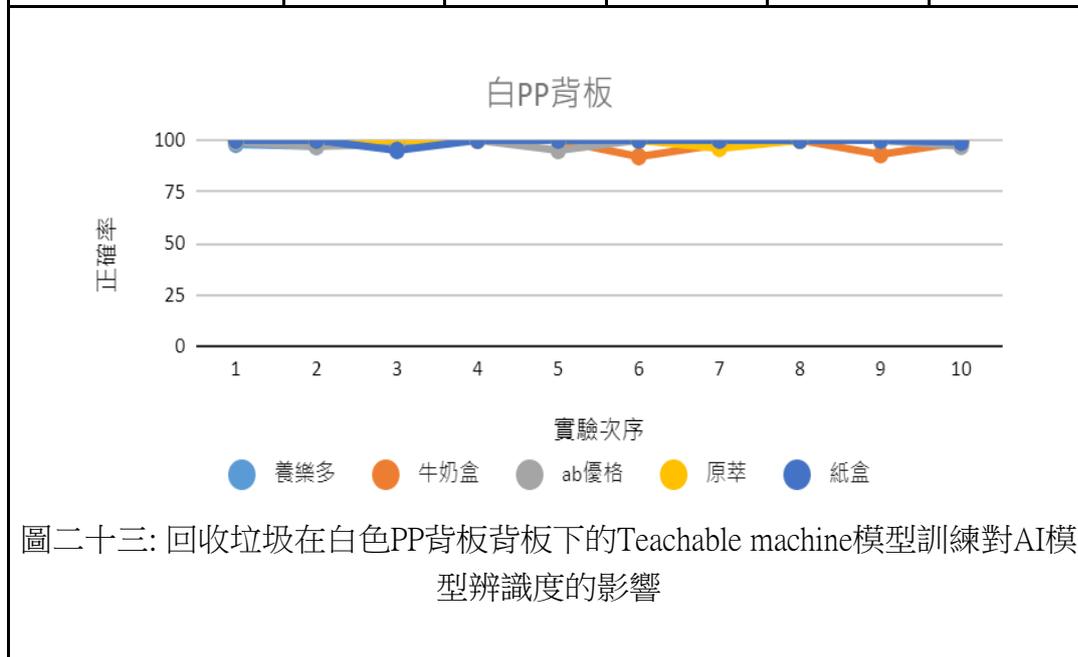


圖二十二: 回收垃圾在黑色PP背板背板下的Teachable machine模型訓練對AI模

型辨識度的影響

白色PP板當背景訓練

	yld	milk	ab優格	原萃	紙盒
第1次辨識信心度	98	100	99	100	100
第2次辨識信心度	97	100	97	100	100
第3次辨識信心度	100	100	98	100	95
第4次辨識信心度	100	100	100	100	100
第5次辨識信心度	100	100	95	100	100
第6次辨識信心度	100	92	100	100	100
第7次辨識信心度	100	98	97	96	100
第8次辨識信心度	100	100	100	100	100
第9次辨識信心度	100	93	100	100	100
第10次辨識信心度	100	99	97	100	99

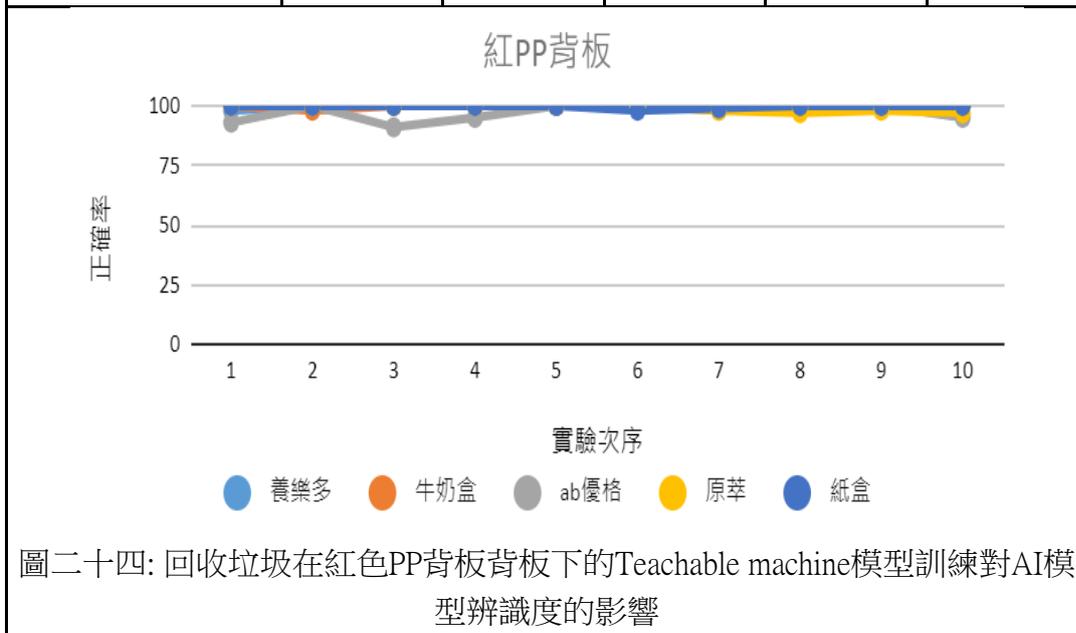


圖二十三: 回收垃圾在白色PP背板背板下的Teachable machine模型訓練對AI模型辨識度的影響

紅色PP板當背景訓練

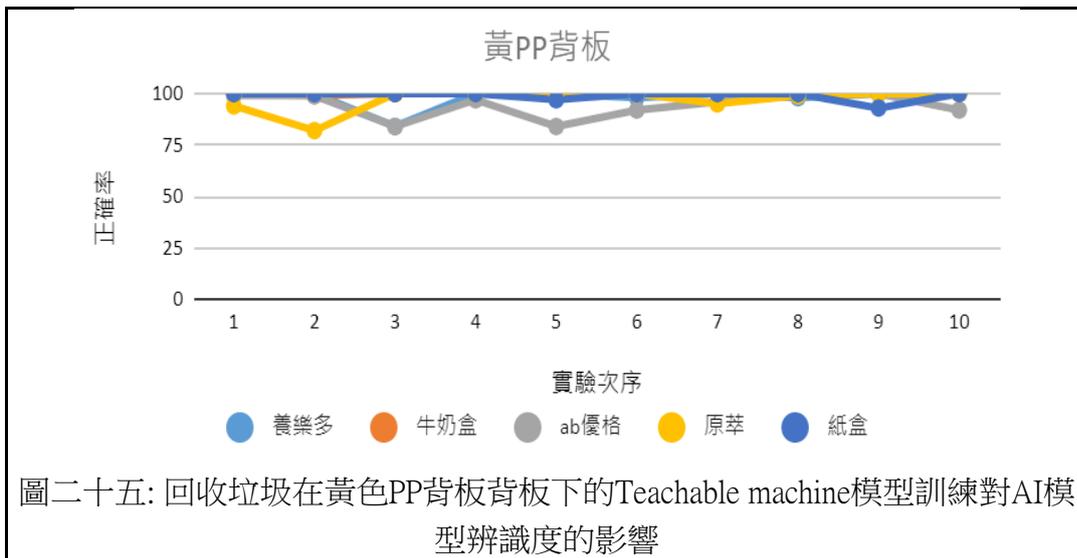
	yld	milk	ab優格	原萃	紙盒
第1次辨識信心度	98	100	93	100	100
第2次辨識信心度	100	98	100	100	100
第3次辨識信心度	100	100	91	100	100
第4次辨識信心度	100	100	95	100	100
第5次辨識信心度	100	100	100	100	100
第6次辨識信心度	100	100	100	100	98
第7次辨識信心度	100	100	98	98	99

第8次辨識信心度	100	99	99	97	100
第9次辨識信心度	100	100	100	98	100
第10次辨識信心度	100	100	95	97	100



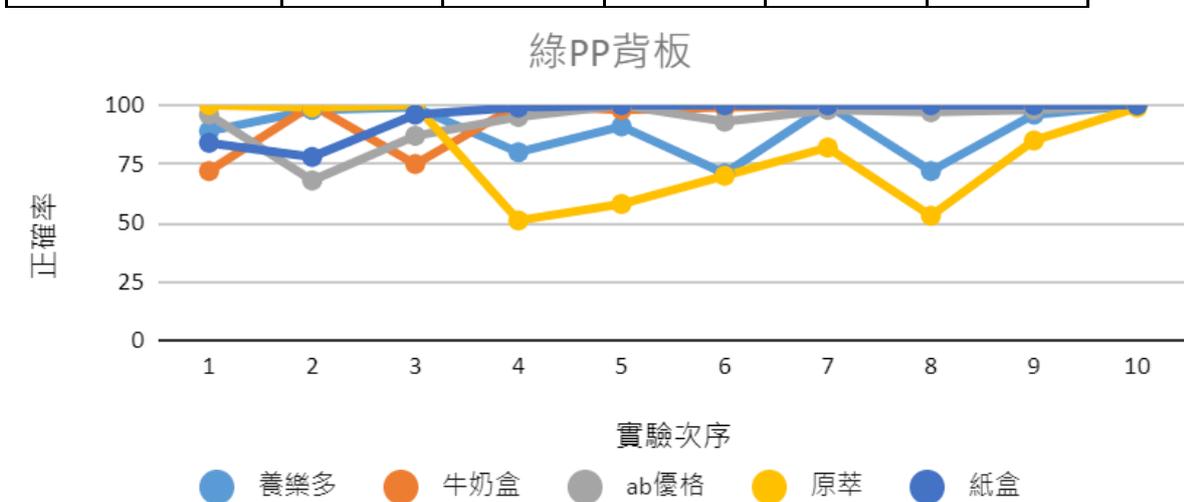
黃色PP板當背景訓練

	yld	milk	ab優格	原萃	紙盒
第1次辨識信心度	100	100	99	94	100
第2次辨識信心度	100	99	99	82	100
第3次辨識信心度	84	100	84	100	100
第4次辨識信心度	100	100	97	100	100
第5次辨識信心度	100	100	84	100	97
第6次辨識信心度	98	100	92	100	100
第7次辨識信心度	100	100	96	95	100
第8次辨識信心度	98	100	99	99	100
第9次辨識信心度	100	100	100	100	93
第10次辨識信心度	100	100	92	100	100



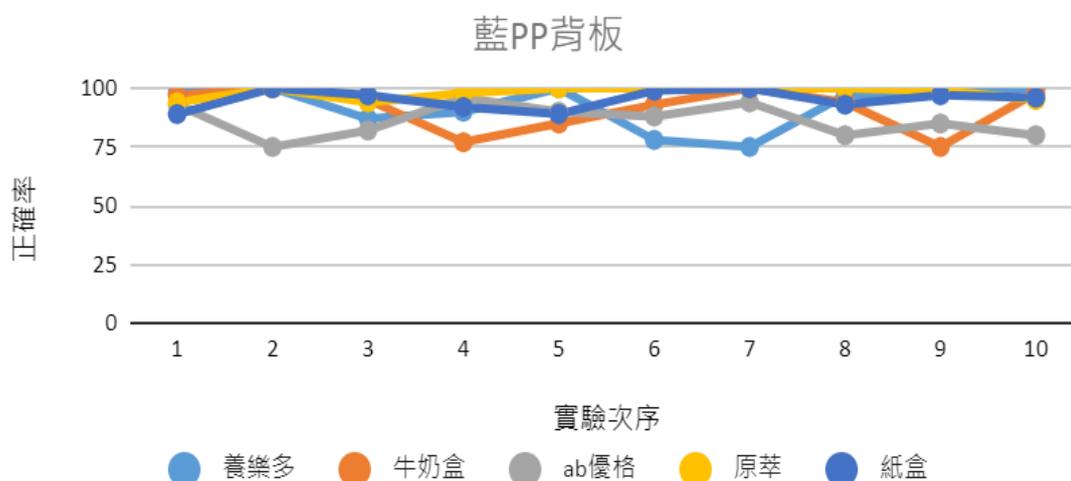
綠色PP板當背景訓練

	yld	milk	ab優格	原萃	紙盒
第1次辨識信心度	89	72	96	100	84
第2次辨識信心度	98	100	68	99	78
第3次辨識信心度	99	75	87	100	96
第4次辨識信心度	80	100	95	51	99
第5次辨識信心度	91	98	100	58	100
第6次辨識信心度	71	99	93	70	100
第7次辨識信心度	100	100	98	82	100
第8次辨識信心度	72	100	97	53	100
第9次辨識信心度	96	100	98	85	100
第10次辨識信心度	100	100	100	99	100



圖二十六: 回收垃圾在綠色PP背板背板下的Teachable machine模型訓練對AI模型辨識度的影響

藍色PP板當背景訓練					
	yld	milk	ab優格	原萃	紙盒
第1次辨識信心度	98	97	93	94	89
第2次辨識信心度	100	100	75	100	100
第3次辨識信心度	87	95	82	94	97
第4次辨識信心度	90	77	96	98	92
第5次辨識信心度	100	85	90	100	89
第6次辨識信心度	50	93	88	100	99
第7次辨識信心度	75	100	94	100	100
第8次辨識信心度	97	94	80	100	93
第9次辨識信心度	98	50	85	99	97
第10次辨識信心度	100	98	80	95	96



圖二十七: 回收垃圾在藍色PP背板背板下的Teachable machine模型訓練對AI模型辨識度的影響

小結：藉由這次實驗數據歸納整理發現，紅色背板下，各式回收垃圾的AI模型訓練辨識度都很高，我們發現當背板的顏色與回收垃圾的顏色呈對比色時，回收垃圾的特徵會較為突出，辨識準確度相當高，相對的，當回收垃圾的顏色和背景相同的話，回收垃圾特徵就不明顯，容易造成辨識上的誤差。

五、實驗五: 探討自動開蓋分類回收垃圾桶伺服馬達距紙箱頂端距離對開蓋程度的影響。

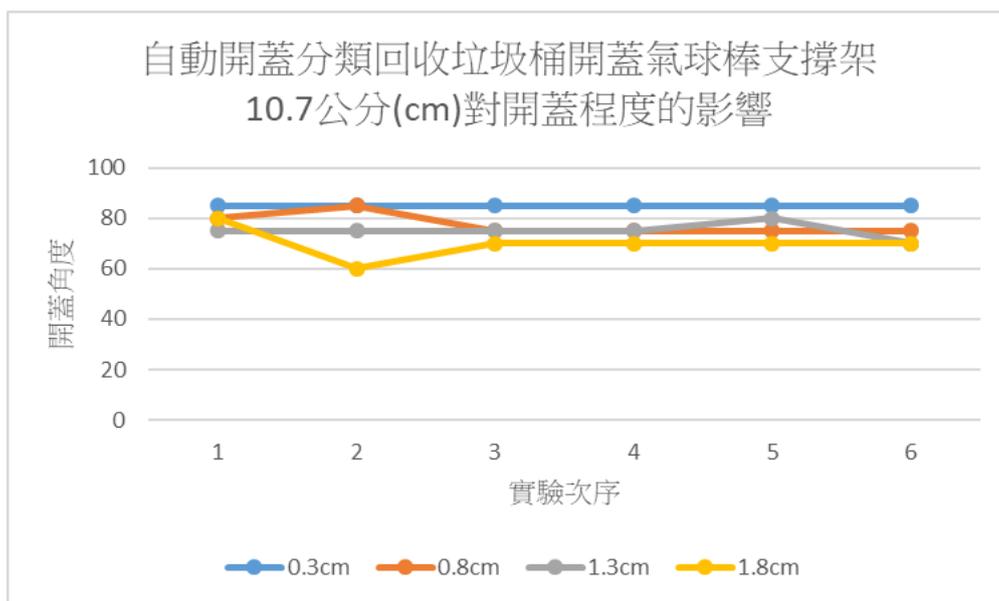
伺服馬達舵片裝設10.7cm汽球棒，在距紙箱頂端0.3cm、0.8cm、1.3cm、1.8cm，進行實驗。

探討自動開蓋分類回收垃圾桶伺服馬達距紙箱頂端距離對開蓋程度的影響	
操縱變因	距紙箱頂端距離0.3cm、0.8cm、1.3cm、1.8cm

控制變因	自動開蓋垃圾桶 伺服馬達舵片裝設10.7cm汽球棒 測量器具
應變變因	自動開蓋垃圾桶開蓋程度

實驗記錄:

自動開蓋分類回收垃圾桶開蓋氣球棒支撐架10.7公分(cm) 距紙箱頂端距離對開蓋程度的影響						
\實驗次序 伺服馬達距離頂端長度	1	2	3	4	5	6
0.3cm	85°	85°	85°	85°	85°	85°
0.8cm	80°	85°	75°	75°	75°	75°
1.3cm	75°	75°	75°	75°	80°	70°
1.8cm	80°	60	70°	70°	70°	70°



圖二十八:回收垃圾桶開蓋氣球棒支撐架10.7公分(cm)距紙箱頂端距離對開蓋程度的影響

小結：藉由這次圖二十八的實驗數據發現，距紙箱頂端距離0.3cm的開蓋角度皆為85度，與紙箱頂端距離0.8cm、1.3cm、1.8cm的開蓋角度比較，都較為穩定且開蓋角度較大，因此伺服馬達開孔距離紙箱頂端距離越近，AI回收垃圾辨識自動開蓋垃圾桶可以開啟的角度越大。

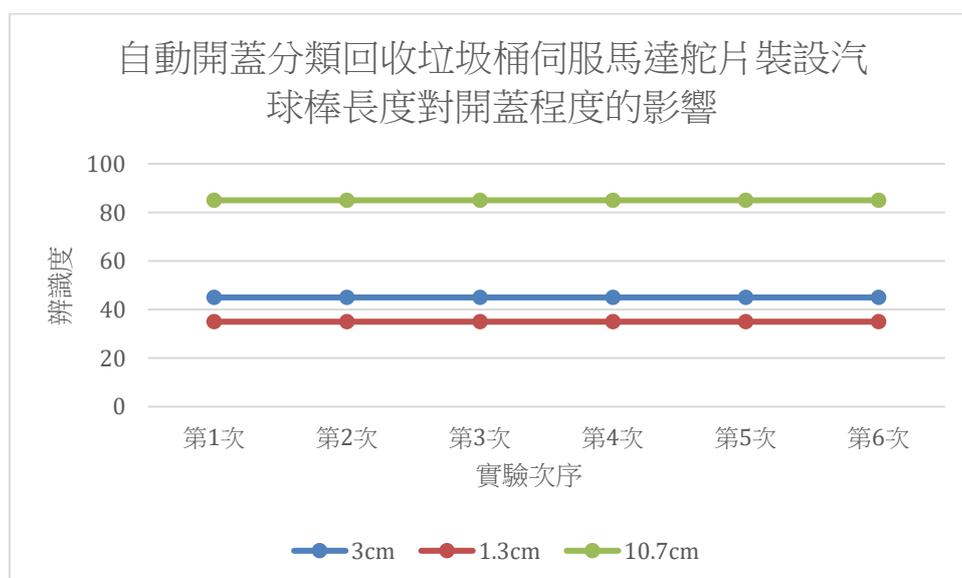
六、實驗六: 探討自動開蓋分類回收垃圾桶伺服馬達舵片裝設汽球棒長度對開蓋程度的影響。

伺服馬達舵片裝設10.7cm、3cm、1.3cm汽球棒，在距紙箱頂端0.3cm，進行實驗。

探討自動開蓋分類回收垃圾桶伺服馬達舵片裝設汽球棒長度對開蓋程度的影響	
操縱變因	伺服馬達舵片裝設10.7cm、3cm、1.3cm汽球棒
控制變因	自動開蓋垃圾桶 距紙箱頂端0.3cm 伺服馬達舵片裝設汽球棒 測量器具
應變變因	自動開蓋垃圾桶開蓋程度

實驗記錄:

自動開蓋分類回收垃圾桶伺服馬達舵片裝設汽球棒長度對開蓋程度的影響						
實驗次序\	1	2	3	4	5	6
伺服馬達舵片裝設汽球棒長度						
3cm	45°	45°	45°	45°	45°	45°
1.3cm	35°	35°	35°	35°	35°	35°
10.7cm	85°	85°	85°	85°	85°	85°



圖二十九: 自動開蓋分類回收垃圾桶伺服馬達舵片裝設汽球棒長度對開蓋程度的影響

小結：由實驗數據可知，10.7cm汽球棒帶動AI辨識回收垃圾自動開蓋垃圾桶的開蓋角度最大，代表垃圾桶的開蓋角度最大。

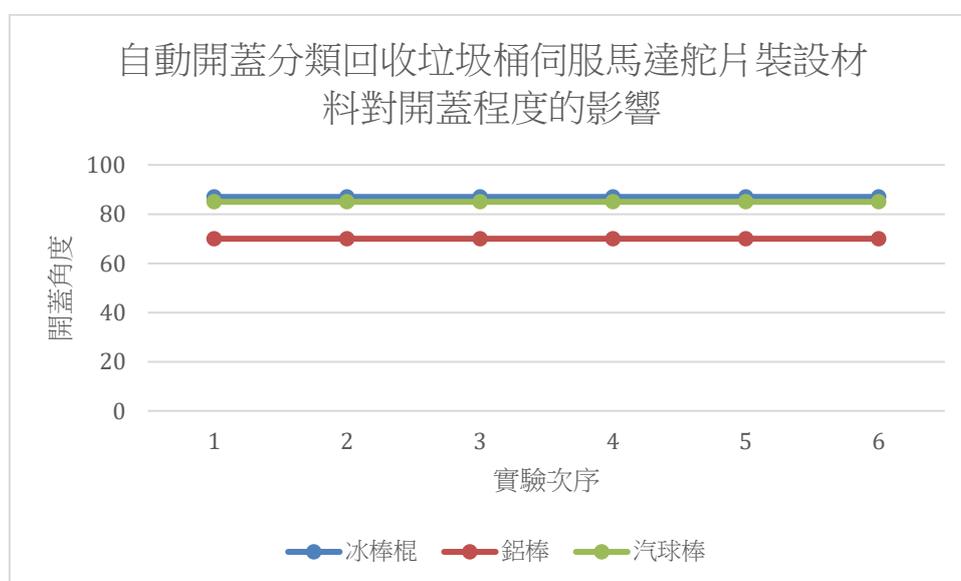
七、實驗七: 探討自動開蓋分類回收垃圾桶伺服馬達舵片裝設材料對開蓋程度的影響。

在距紙箱頂端0.3cm，伺服馬達裝設10.7cm汽球棒、冰棒棍、鋁棒對開蓋程度的影響，進行實驗。

探討自動開蓋分類回收垃圾桶伺服馬達舵片裝設材料對開蓋程度的影響	
操縱變因	伺服馬達舵片裝設10.7cm汽球棒、冰棒棍、鋁棒
控制變因	自動開蓋垃圾桶 距紙箱頂端0.3cm 伺服馬達舵片裝設10.7cm材料 測量器具
應變變因	自動開蓋垃圾桶開蓋程度

實驗紀錄:

自動開蓋分類回收垃圾桶伺服馬達舵片裝設材料對開蓋程度的影響						
\實驗次序 伺服馬達舵片 裝設材料	1	2	3	4	5	6
冰棒棍	87°	87°	87°	87°	87°	87°
鋁棒	70°	70°	70°	70°	70°	70°
汽球棒	85°	85°	85°	85°	85°	85°



圖三十: 自動開蓋分類回收垃圾桶伺服馬達舵片裝設材料對開蓋程度的影響

小結：由實驗數據可知帶動軸材料為鋁棒、汽球棒與冰棒棍的開蓋角度都很大，但可能因鋁棒較重導致開蓋角度略小於其他二種材料，而在實驗中發現冰棒棍因前端有圓弧形導角，所以在垃圾桶開關蓋中比汽球棒更加順暢。

八、實驗八: 探討自動開蓋分類回收垃圾桶在1000張回收垃圾Epoch80時訓練AI模型對自動開蓋程度的影響。

利用實驗一~實驗七的最佳數據做為控制變因，探討最佳的回收垃圾AI模型訓練但為考量實際生活情境，在和老師討論完後決定使用無PP背板之模型訓練，結合機電整合，進行各式回收垃圾辨識開啟回收垃圾桶的實驗。

實驗八名稱	運用實驗一~實驗七的最佳數據做為控制變因，探討最佳的回收垃圾AI模型訓練，結合機電整合做成完整辨識的AI辨識回收垃圾自動開啟回收垃圾桶程式系統	
實驗目的: 探討最佳的回收垃圾AI模型訓練，結合機電整合，進行各式回收垃圾辨識度的實驗	控制變因	無PP背板 AI模型(1000張Epoch80) 自動開蓋垃圾桶 距紙箱頂端0.3cm 伺服馬達舵片裝設10.7cm材料 測量器具 程式設計設計塑膠類開蓋
	應變變因	自動開蓋垃圾桶是否開蓋

實驗紀錄:

運用實驗一~實驗七的最佳數據做為控制變因，探討最佳的回收垃圾AI模型訓練，結合機電整合做成完整辨識的AI辨識回收垃圾自動開啟回收垃圾桶程式系統										
次數 種類	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
養樂多	開蓋									
牛奶盒	不開蓋									
ab優格	開蓋									
原萃	開蓋									
紙盒	不開蓋									

運用實驗一~實驗七的最佳數據做為控制變因，探討最佳的回收垃圾AI模型訓練，結合機電整合做成完整辨識的AI辨識回收垃圾自動開啟回收垃圾桶程式系統

次數 種類	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
養樂多	開蓋									
牛奶盒	不開蓋									
ab優格	開蓋									
原萃	開蓋									
紙盒	不開蓋									



圖三十一: AI辨識回收垃圾自動開啟回收垃圾桶

小結:經由20次各式回收垃圾辨識開蓋實驗數據發現，AI辨識回收垃圾自動開啟回收垃圾桶的**正確率極高**。

九、實驗九:探討AI辨識回收垃圾自動開蓋垃圾桶應用在日常生活的可行性
運用實驗八的研究成果，嘗試運用市面上的垃圾桶進行改造，我們成功利用雷切機將垃圾桶蓋切除多餘部分，並利用美工刀進行伺服馬達位置開孔，在匯入回收垃圾訓練好的AI模型後，藉由程式設計控制垃圾桶開啟正確的回收桶蓋子，程式如圖三十二、實際成品如圖三十三，達到正確回收的目的，也可以**減少**因回收不確實造成**海洋廢棄物**的增加，為世界盡一份小小的心力。



圖三十二:程式



圖三十三:實際應用成品

陸、討論

一、Teachable Machine模型訓練時，各種Epoch值在一開始實驗時，辨識度一直是100%，經由與老師及專家討論後才發現，必須是訓練張數很多時，Epoch值才會影響辨識信心度。

二、依據63屆科展AI人臉辨識智慧居家門禁系統中，環境亮度光源值對人臉辨識是有影響的，但是經由實驗二的數據發現AI在辨識垃圾的類別時，環境亮度對辨識信心度是沒有影響的，但是因為使用的AI鏡頭不一樣，需要再更深入的探討其差異性，是否會造成影響？

柒、結論

一、Teachable machine image訓練影像張數越多，辨識信心度就越好。

二、環境亮度(lux)並不會影響回收垃圾辨識信心度。

三、Teachable machine image訓練影像張數1000張時，Epoch值80的模型訓練辨識度最好。

四、回收垃圾AI模型訓練時，背板的顏色與回收垃圾的顏色呈對比色時，回收垃圾的特徵會較為明顯，辨識準確度就相對提高。

五、AI辨識回收垃圾自動開啟回收垃圾桶的伺服馬達裝在距頂端0.3cm處，帶動舵片裝設10.7cm冰棒棍，開啟的蓋子角度最大。

六、回收垃圾AI模型訓練需增加一空背景項目訓練，在程式上增加辨識到背景時不開啟任何蓋子，避免辨識時誤判其中一類別，誤開其中任一回收類別蓋子。

捌、參考文獻

- 1.第56屆科展瓶罐分類。取自<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/56/pdf/080829.pdf>
- 2.香港創科展 2021-2022 入圍作品：公眾智能垃圾桶。取自 <https://www.youtube.com/watch?v=aBrng7S95HU>
- 3.屏東縣第63屆科展AI人臉辨識智慧居家門禁系統。
- 4.智慧垃圾桶實用度。取自 <https://tw.news.yahoo.com/智慧-垃圾桶-經驗-020012002.html>
- 5.美國專家研發出的機械手臂分類垃圾桶。取自 <https://www.youtube.com/watch?v=qSI22-A8dMA>
- 6.Bin-e—全球最聰明的垃圾桶。取自 <https://www.youtube.com/watch?v=LJYWRTRJThY>
- 7.智慧垃圾桶管理系統|人工智慧公司。取自 https://youtu.be/v5WrG-M9B_Y?si=hi4PBz89VQ_m76Ah
- 8.澳大利亞自動分類垃圾桶。取自<https://tw.news.yahoo.com/%E6%BE%B3%E6%B4%B2%E7%99%BC%E6%98%8E-%E8%87%AA%E5%8B%95%E5%88%86%E9%A1%9E-%E5%9E%83%E5%9C%BE%E6%A1%B6-ai%E8%BE%A8%E5%88%A5%E7%8E%BB%E7%92%83-%E9%87%91%E5%B1%AC%E5%92%8C%E5%A1%91%E8%86%A0%E8%BC%95%E9AC%86%E5%9B%9E%E6%94%B6-061016072.html>
- 9.韓國的回收垃圾桶，會自動分類。取自 <https://www.storm.mg/lifestyle/442679>
- 10.先進的瑞典回收地下道。取自 <https://youtu.be/N0gLKMgnalg>