

2019年全國大專校院智慧創新暨跨域整合創作競賽企劃書

競賽主題：

- 1. 物聯網組
- 2. 智慧機器組
- 3. 數位永續科技組
- ☐ 4. 體感互動科技組
- ☐ 5. 電商與金融科技組

一、創作主題

1. 題目

智慧分類垃圾桶 (Intelligent Trash Can)

2. 實用功能描述

作品簡介：

本專題採用樹莓派為系統的主要核心，搭配 Pi Camera 圖像擷取，以及結合 OpenCV 與 TensorFlow 所訓練出來的圖像分類技術，來完成自動辨識垃圾種類，本專題可分類項目分為紙類、厚紙板、塑膠類、玻璃類、鐵鋁罐共五種分類項目。而本專題所配置的裝載桶為三個，其儲存方式為紙類與厚紙板、塑膠類與玻璃類、鐵鋁罐分別放置於個別桶中如圖一圖二所示，透過 Python 強大的功能完成 Firebase 資料庫的建立，使得資料記錄得更加完整，並且結合 IFTTT 與 LINE 提醒清潔人員分類桶內的狀況方便安排時間將回收垃圾進一步集中處理。再來藉由樹莓派中 GPIO 接腳控制帶動外部的齒輪軸以及馬達，進而讓垃圾分類功能實體化。最後透過 MIT App Inventor 2 讓使用者可以隨時觀看垃圾桶的分類紀錄。



圖一預期作品成品圖



圖二實際作品成品圖

作品內容：

一、影像輸入與處理：

我們使用 Raspberry Pi 3B+ 如圖三所示。作為主控制板以及 Raspberry Pi Camera Module V2 如圖四所示。將分類平台上的影像儲存於 Raspberry Pi 指定位置中。影像輸入進入 Raspberry Pi 之後，需先經過 OpenCV 將其輸入影像最佳化之後，再交由 TensorFlow 判斷其類別。



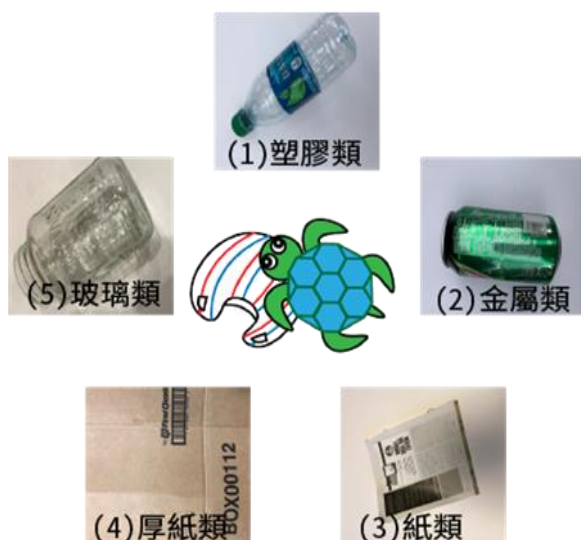
圖三 Raspberry Pi 3 Model B



圖四 Raspberry Pi Camera

二、影像分類處理：

我們利用將近五千多筆回收物與非回收物的影像資料送入 TensorFlow 中完成資料的分類如圖五所示。分類的項目因應本專題主要訴求(拯救海洋生物)主要分別為「金屬類」、「塑膠類」、「厚紙類」、「紙類」、「塑膠類」、「玻璃類」這五大類，未來將透過將藉由複數類的樹莓派組成運算叢集的方式，增加訓練 Data，並透過再次訓練加深 Tensorflow 的運算效能，使得影像辨識的精準度更上一層樓如圖四所示。



圖五 TensorFlow 訓練數據圖檔



圖六 整體系統 I/O 圖

三、傳動機構(分類功能實體化)：

平台的移動方式為在整體機構後方增加一直流馬達底座以及軸承底座。透過直流馬達如圖七、圖九、表一所示、軸承如圖十七所示、皮帶輪、時規皮帶如圖十八所示、皮帶固定夾如圖十八所示五者相互結合完成了水平軸的移動方程式如圖十六所示，再透過 Raspberry Pi 的控制與感測器如圖所示回傳定位。使得直流馬達既可以精確地到達指定位置如圖所示。還能夠透過乘載物體的重量來控制速度的快慢。以高效率來為地球的能源盡一分心力。



圖七 795 直流馬達



圖八馬達驅動模組



圖九 H 橋馬達驅動模組



表一 H 橋馬達驅動模組規格表

規格	
輸入電壓	DC5V~27V
額定輸出電流	可以保持 5A 以內的持續電流
靜態待機電流	只有 3mA 左右
PWM 信號頻率	20KHZ 以內

表二 4L298N 馬達驅動模組規格表

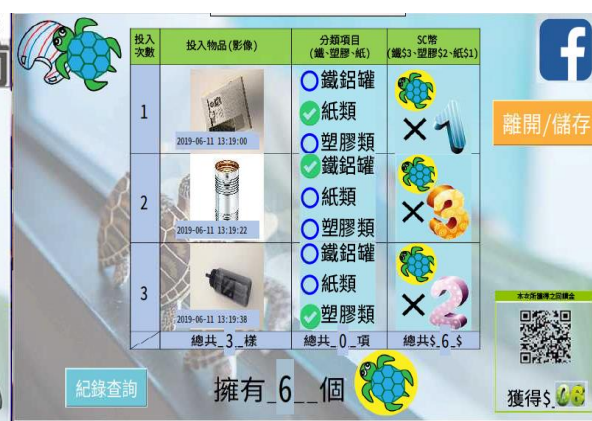
規格	
輸入電壓	DC5V~35V
額定輸出電流	2A/橋
靜態待機電流	0~36mA
最大功耗	20W

四、使用者介面：

我們透過 Python—Tkinter 強大的功能來利用物件導向的觀念進而完成及撰寫出淺顯易懂之使用者介面如圖十、圖十一所示。讓第一次使用的使用者也能在短短時間內了解並成功的完成垃圾分類。



圖十、使用者介面(主畫面)



圖十一、使用者介面(使用畫面)

伍、作品功能統整

(一)、分類入桶

1. 可圖像辨識分類項目有：
 - (1) 塑膠類、(2) 金屬類、(3) 紙類、(4) 厚紙類、(5) 玻璃類
2. 判斷物品是否在平台上：
 - (1) 是：開啟相機，暫存目前畫面，並運作圖像辨識功能
 - (2) 否：不做任何動作
3. 放置正確回收桶／垃圾桶內：

- (1)將平台移動至該類的桶子上方
- (2)放開閘門，使物品掉落於該桶子
- (二)、紀錄／統計分類狀態
 - 1. 紀錄每次收取物品：
 - (1)收取物品類型
 - (2)收取物品時間
 - 2. 統計總收取物品量
 - 3. 統計總成功分類量
 - 4. 統計各成功分類量
- (三)、使用者操作介面
 - 1. 可以透過手機 APP 來讓使用者可以隨時觀看垃圾桶的分類紀錄。
 - 2. 可以透過智慧垃圾桶上的觸控螢幕
 - (1)觀看本次的回收紀錄
 - (2)可以查詢過去紀錄

3. 作品與市場相關產品差異

在本專題之中，整體的核心架構全由 TensorFlow 的 Deep Learning 與 Machine Learning 完成，其中最重要的數據輸入只單單運用一顆 Raspberry Pi Camera 來決定其判斷資訊。這是本專題的賣點，因為我們不依藉其他感測器的輔助，只運用影像辨識來完成正確的垃圾分類。

二、 創意構想

1. 理論基礎

根據聯合國公佈的報告顯示，人類每年製造九十億噸塑膠且回收率僅只有百分之九。在科技日新月異的現今，能運用科技創造環保綠色城市更是值得關注的議題。大多數的無法被大自然分解的垃圾往往被送往焚化爐，或是倒往海裡造成不少空氣與垃圾汙染。其受害者不僅僅是生活在焚化爐周遭的居民們，也危害到其生活在大海中的動物們，尤其是塑膠袋影響最為甚遠。

影像辨識對於機器學習而言是一項重要的任務。視覺是我們人生來就具有的能力，這對我們來說不需要對其進行任何努力輕易就可以達成，但對於電腦而言卻是一件難事。事實上，它對我們來說也不是那麼容易，我們大腦的一半以上的功能似乎直接或間接地參與了影像的轉換，只是不知道它有進行了多麼龐大運算將神經信號在腦中轉換成一張張圖片，要如何將大腦中繁雜的運算化為實體又是一項重大的挑戰。然而機器學習的目標是讓電腦能夠在沒有明確告知如何操作的情況下做某事，而我們只是提供某種一般結構，讓電腦可以有機會在運算中不斷從經驗中學習，類似於我們人類從經驗中學習的方式。

我們使用了 Google Cloud Vision API 來協助我們完成影像的辨識，我們利用 Google Cloud Vision API 中的 labels 將圖片中的元素標籤化，然後從中找尋這些標籤中是否有包含「紙」、「厚紙板」等常見的可回收分類項目，但是，Cloud Vision 的結果並不像預期的那樣準確。這很可能是因為 GCV API 是一種通用 API，只在區分許多不同環境中的數千種不同的可能對象。但是對於我們的智慧分類垃圾桶來說，我們只需要知道現在存在於影像中的物品，是否可以回收（也就是垃圾的材

質)，狀且我們分類的環境並不會有多大的改變，甚至是一直維持一樣的環境。因此我們需要改變其精神網路架構。我們將一個修改過的捲積神經網絡，根據自己的自定義數據進行訓練。具體來說，我們使用了 Inception-v3 架構在我們自己的訓練集和標籤上重新訓練了最後一層。這個訓練集包括我們自己拍攝的照片以及我們在網上找到的其他垃圾與可回收物品的訓練集。我所收集的訓練資料皆是普羅大眾常見的可回收物，其分類如下：金屬、紙、厚紙板、玻璃、塑膠。而我們的結果輸出判斷依據為在上述五種標籤中的任何一個的相似度大於給定的數值，我們就知道該項目是可回收的，也可以知道該分往哪一類。這讓我們可以利用強大的 Inception-V3 架構，充分利用其強大功能，同時還可以針對我想要的環境進行專門的訓練。我們一開始使用了 Support Vector Machine (簡稱 SVM) 做為垃圾分類的演算法，因為他是公認最好的初始分類演算法，而且也比 Convolutional Neural Network (簡稱 CNN) 相比簡易許多。SVM 他主要分類方向為如何找出那條用來完美劃分 linearly separable 兩類的那一條「直線」。但這又不是一條普通的直線，這是無數條可以分類的直線當中最完美的，因為他恰好兩個類的中間，距離兩個類的點都一樣遠。而所謂的 Support vector 就是這一些分離分界線最近的「點」。也可以說這一些點定義了這個分類器。用於 SVM 的功能是 SIFT 功能。在較高的層次上，SIFT 算法在圖像中找到類似 blob 的特徵，並用 128 個數字描述每個特徵。具體來說，SIFT 算法通過高斯濾波器的差異，其將 σ 值變化為高斯拉普拉斯算子的近似值。 σ 值用於檢測圖像的更大和更小區域。然後在尺度和空間上搜索圖像以尋找局部極值。將圖像中的像素與不同比例的鄰域進行比較。如果像素是局部極值，則它是潛在的關鍵點。這也意味著最好地表示關鍵點在那個特定的規模。一旦潛在的關鍵點發現他們必須通過泰勒提煉系列擴展和閾值處理。然後為每個關鍵點分配方向以實現圖像旋轉的不變性。基於某些旋轉的梯度幅度，關鍵點在 360 個方向上旋轉，繪製為 36 個箱（每箱 10 度）中的直方圖。關鍵點被選為在 bin 中具有最大值的旋轉。到關鍵點後，將獲取關鍵點周圍的 16x16 鄰域。然後將其分成 16 個 4x4 大小的子塊。對於每個子塊，創建 8 個 bin 方向直方圖。因此總共有 128 個 bin 值可用。SIFT 功能非常強大因為它們對於比例是不會因為噪音或者照明而改變，這對於回收分類來說是完美的運算法。大多數回收物體看起來並沒有太大差異，但尺寸和顏色各不相同。然後應用了一些 SIFT 功能使訓練圖像的描述符聚集在 k-means 算法中，其中 k 是數訓練樣例。然後對於每個新的測試示例，拉出 SIFT 特徵並繪製直方圖拉出 SIFT 特徵，並將基於原始聚類的值的直方圖用作數據集的数据點。由於將圖像縮小為直方圖，因此大大減少了所需的 SVM 訓練時間。

2. 設計創新說明

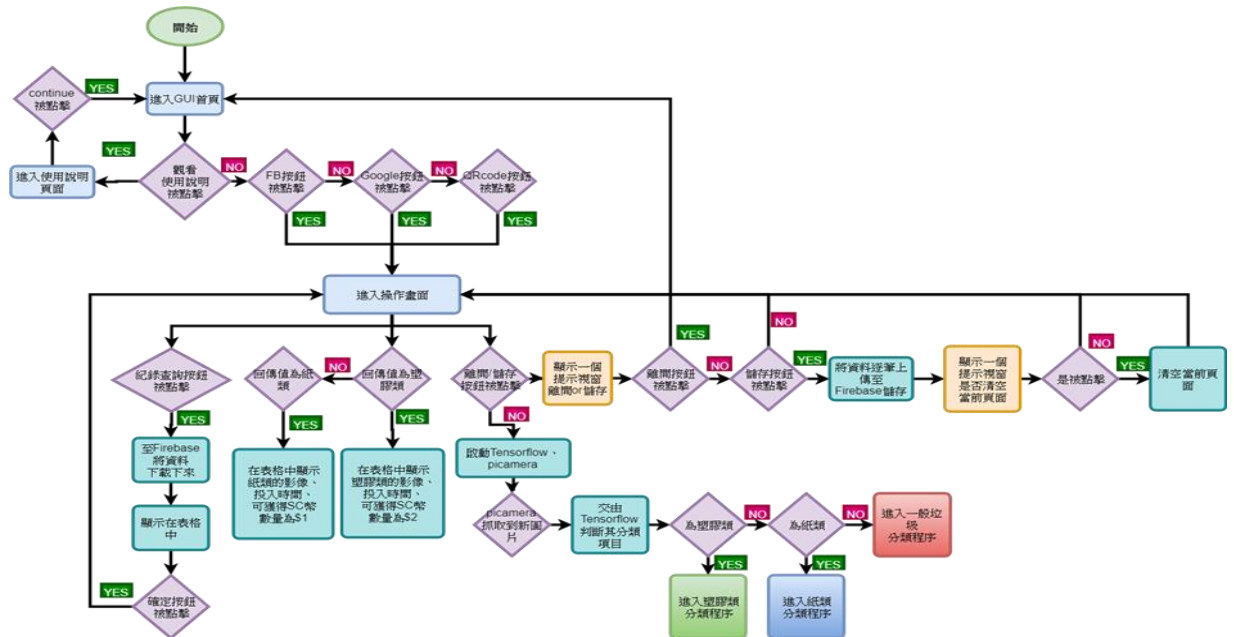
我們透過 Raspberry Pi 3 結合 camera 以及直流馬達實踐了垃圾自動分類，我們透過 Raspberry Pi 進行影像辨識，將其判斷結果將透過直流馬達、皮帶等傳輸結構依照原本設定的路線將該垃圾投入其指定的分類桶中，再將其結果上傳至 Firebase 以利使用者可以隨時隨地的查詢自己的分類紀錄。

3. 特殊功能描述

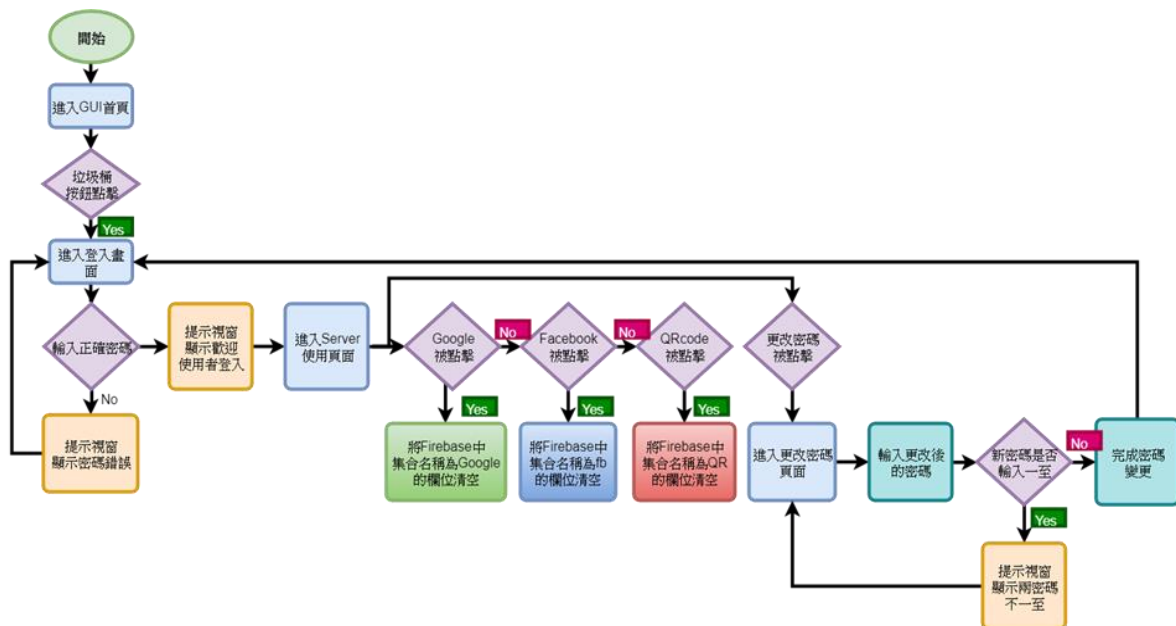
1. 透過 Tensorflow 影像辨識分辨出投入的垃圾種類
2. 垃圾自動分類至垃圾桶中
3. 將資料上傳至 Firebase 以利使用者可以觀看自己的分類紀錄
4. 可以透過手機 APP 隨時隨地可以觀看自己的分類紀錄

三、系統架構

1. 架構說明



圖十、本專案之系統架構圖(使用者)



圖十、本專案之系統架構圖(開發者)

2. 「人機介面設計」(UI)與「使用者體驗」(UX)設計

四、 計劃管理

工作階段	工作日數	工作內容
1		
2		
3		
4		
5		
6		

周次		1	2	3	4	5	6	7	8
起始日期									
工 作 階 段	1								
	2								
	3								
	4								
	5								
	6								

五、 修改舊作參賽說明

☒ 本專案開發之作品未使用團隊成員曾獲競賽獎勵之作品。

☐ 本專案開發之作品採用團隊成員曾獲競賽獎勵之作品，至少應有50%差異，請說明(參考切結書第十點之規定)。

六、軟體清單

1. 作業系統環境

☐ Windows ☐ FreeBSD ☒ Linux

☐ MacOSX ☐ MacOS Classic ☐ 其他_____

2. 主要開發程式語言

☐ Assembly ☐ C ☐ C++ ☐ Java ☐ Perl

☐ PHP ☒ Python ☐ Ruby ☐ .NET ☐ 其他_____

3. 專案支援語言(可複選)

☒ 中文 ☐ 英文 ☐ 其他_____

4. 開發環境

(1) Anaconda3 Spyder

(2) App Inventor 2

(3) TensorFlow

七、權力分配

☐ 依著作權法第 40 條之規定，由參賽學生與指導教授均等共有。

☐ 其他比例分配表，請說明。