

南華大學科技學院永續綠色科技碩士學位學程

碩士論文

Master Program of Green Technology for Sustainability

College of Science and Technology

Nanhua University

Master Thesis

基於影像辨識為基礎之陸蟹防護系統開發

Development of Land Crab Protection System Based on Image

Recognition

戴智泓

Zhi-Hong Dai

指導教授：黃冠雄 博士

Advisor: Guan-Shyong Hwang, Ph.D.

中華民國 111 年 7 月

July 2022

南華大學
永續綠色科技碩士學位學程
碩士學位論文

基於影像辨識為基礎之陸蟹防護系統開發

Development of land crab protection system based on image
recognition

研究生：戴智弘

經考試合格特此證明

口試委員：賴信志
葉文河
黃冠雄

指導教授：黃冠雄

系主任(所長)：洪耀明(印)

口試日期：中華民國 111 年 7 月 1 日

摘要

台灣四面環海具有豐富的海岸林樣貌與濕地生態鏈，其中維持樣貌的豐富性及提升生物的多樣性，陸蟹扮演極重要的角色，此外牠也能加速自然界中的物質分解，使自然資源更快循環到生態系統中，促進陸地、濕地及海洋間的永續發展。在台灣墾丁、綠島和小琉球等地區為陸蟹的主要棲息地，每年6月至11月為陸蟹繁殖期，同時也正值台灣民眾至該些區域旅遊的旺季。平常陸蟹群居於陸地的海岸林中，每當一到繁殖期就會因習性關係趕在日落後回到大海繁殖，遷徙過程中常有無數陸蟹死於車輪之下，交通道路儼然已成為陸蟹最大的隱形殺手。本論文將使用 Teachable Machine 提出基於影像辨識中的分類檢測，辨識目標影像中的物件，只要有陸蟹出沒在攝影機的範圍中，即透過樹莓派發布警告訊息至 LED 燈板中警示用路人。

關鍵詞：陸蟹、繁殖、影像辨識、圖像分類

ABSTRACT

Taiwan is surrounded by the sea with abundant coastal forest appearance and wetland ecological chain. Among them, the land crab plays a very important role in maintaining the richness of the appearance and enhancing the biodiversity. Natural resources are recycled into ecosystems faster, promoting sustainable development between land, wetlands and oceans. The main habitats of land crabs are in Kenting, Green Island and Xiaoliuqiu in Taiwan. The breeding season of land crabs is from June to November every year, and it is also the peak season for Taiwanese to travel to these areas. Usually land crabs live in groups in the coastal forests on land. Whenever the breeding season comes, they will rush back to the sea after sunset to breed due to their habits. During the migration process, countless land crabs often die under the wheels, and the traffic road has become a landslide. Crab's biggest invisible killer. This paper will use Teachable Machine to propose classification detection based on image recognition to identify objects in the target image. As long as there are land crabs in the range of the camera, a warning message will be issued to the LED light board to warn passersby through the Raspberry Pi.

Keywords: Land Crab, Reproduction, Image Recognition, Image Classification

目錄

摘要	i
ABSTRACT	ii
目錄	iii
表次	vi
圖次	vii
第一章 緒論	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究動機	2
1.3 研究目的	3
1.4 論文架構	4
第二章 背景知識與相關研究	5
2.1 現階段的保育方式	5
2.1.1 封路政策	5
2.1.2 生態廊道	6

2.2 影像辨識	7
2.2.1 卷積神經網路(CNN).....	9
2.2.2 Region-based CNN (R-CNN)	10
2.2.3 You Only Look Once (YOLO).....	10
第三章 研究方法與系統設計	13
3.1 系統架構	13
3.2 深度學習模型.....	14
3.2.1 監督式學習	14
3.3 韌體應用	16
3.3.1 樹莓派 (Raspberry Pi)	17
3.3.2 Arduino Mega 2560	18
3.3.3 RGB LED matrix panel.....	19
第四章 研究結果與討論	23
4.1 辨識結果	23
4.2 人力資源探討.....	26

第五章 結論與未來展望.....	28
5.1 結論.....	28
5.2 未來展望.....	28
參考文獻.....	30



表次

表1.1 墾丁國家公園優勢陸蟹面臨生存威脅一覽表	2
表4.1 CNN 模型的架構.....	25
表4.2 最小安全距離.....	27



圖次

圖1.1 本論文與聯合國 SDGs 的關聯性	4
圖2.1 墾管處員工及保育志工進行護蟹任務.....	6
圖2.2 陸蟹長城.....	7
圖2.3 利用無人智能機械技術完成作物採收.....	8
圖2.4 CNN 之流程圖.....	9
圖2.5 RCNN 之流程圖	10
圖2.6 YOLO 之流程圖	11
圖2.7 YOLO 版本比較曲線圖	12
圖3.1 系統建置示意圖	13
圖3.2 上傳訓練圖片	15
圖3.3 整體架構流程圖	16
圖3.4 樹莓派與 Arduino Mega 通訊關聯圖	18
圖3.5 Arduino Mega、ESP8266、LED 矩陣燈板之通訊關聯圖	19
圖3.6 LED 矩陣燈板流程圖.....	20
圖3.7 陣列儲存 LED 狀態	21
圖3.8 偵測結果示意圖	22

圖3.9 預設狀態示意圖	22
圖4.1 啟動鏡頭與辨識程式	23
圖4.2 顯示辨識的準確率	24
圖4.3 訓練和驗證的準確率曲線圖	25
圖4.4 訓練和驗證的平均損失曲線圖	25
圖4.5 高速公路出口距離辨識標誌	26
圖5.1 智慧路燈示意圖	29



第一章 緒論

1.1 研究背景

台灣為西太平洋的一座海島，四面環海，有著豐富生態的海岸林地地形與濕地，其中恆春半島為第一座國家公園。恆春半島三面環海，生態環境豐富且獨特，其陸蟹的種類最為多元，如：奧氏後相手蟹、灰白陸寄居蟹、中型仿相手蟹等等，全因恆春半島的棲地多樣性、熱帶海岸樹林茂密，有著湧泉、陰暗潮濕的環境及豐富的珊瑚礁生態，對陸蟹來說是非常適合生存的環境。而大多數陸蟹從以前在海洋生活演化成能到陸地環境生存，供生物維生的水分特別重要，因此牠們有個特點會在上岸後將腮裝滿水，或是在離岸邊不遠之處活動，一方面是為了覓食，另一方面是為了交配，並在每年6月到10月份從陸地遷移至海邊釋卵，繁衍下一代[1]。

根據墾丁國家公園的陸蟹調查報告指出，園區內目前面臨嚴峻的生存挑戰，例如：氣候變遷、棲地破壞、道路殺害及人為捕捉都是造成陸蟹減少的主要因素之一，如表1.1所示。由於陸蟹的繁殖季節與墾丁國家公園的旅遊旺季重疊，來自各地的旅遊車輛將造成大量降海釋幼的抱卵母蟹遭到路殺，其中以中型仿相手蟹減少的比例最多，但近年來遭到人為的捕捉、棲地改變與路殺問題，導致數量大幅減少，目前在港口地區有消失的可能[2]。

表1.1 墾丁國家公園優勢陸蟹面臨生存威脅一覽表

編號	優勢陸蟹種類	生存威脅類型			
		棲地破壞	陸殺	黃狂蟻危害	人為干擾
1	奧氏後相手蟹	輕微	中等	嚴重	輕微
2	灰白陸寄居蟹	輕微	輕微	輕微	中等
3	中型仿相手蟹	中等	嚴重	輕微	輕微
4	毛足圓軸蟹	中等	嚴重	輕微	輕微
5	帝王仿相手蟹	中等	嚴重	輕微	輕微
6	短腕陸寄居蟹	輕微	嚴重	輕微	中等
7	凹足陸寄居蟹	輕微	嚴重	輕微	中等

資料來源：台灣生態學會(2020)。「108—109年墾丁國家公園陸蟹生態資源調查計畫」成果報告。墾丁國家公園管理處委託之調查計畫成果報告(編號：486-108-02-493)，未出版。

1.2 研究動機

每年農曆的六月到十月是陸蟹繁殖期，而新聞也常報導陸蟹在墾丁、綠島和小琉球被車輾壓的消息，導致陸蟹數量逐年降低。因為平常陸蟹是群居在陸地的海岸林中，只要一到繁殖期就會穿越馬路並在日落後回到大海繁殖，而陸蟹的繁殖期也正是旅遊的旺季，才會頻頻發生陸蟹被汽機車輾壓造成悲慘的意外發生，面臨這樣的危機，當地政府及學術人士紛紛號召大量的心力及人力，希望可以降低對陸蟹的傷害[3]。

1.3 研究目的

全球現今都十分看重環境保育的工作，並也參照聯合國公布的永續發展指標 (SDGs) 進行努力，而我們的構想針對指標11「永續城鄉」與指標15「保育陸域生態」為主，如圖1.1本論文與聯合國 SDGs 的關聯性，我們對這兩大目標的反思與社會影響力如下：「永續城鄉」宗旨是希望「建構具包容、安全、韌性及永續特質的城市與鄉村」，因此我們認為人類所處的環境應與大自然和平共存，不能因為城市發展而背棄、迫害大自然，才是真正能達到永續城鄉。針對子目標11.4宗旨「加強保護和維護世界文化與自然遺產的努力」[4]，若是我們可以藉由這個構想來改善生態問題，保護自然遺產，並花費建設相關保護設施，再透過宣導讓用路人能有多一點的包容，多一點對於陸蟹的認識，使墾丁這個城市的特色—陸蟹，能永續生存下去，在未來不會因為陸蟹絕種造成每個人心中的遺憾。

「保育陸域生態」期望能「保育及永續利用陸域生態系，確保生物多樣性並防止土地劣化」[5]，陸蟹可以維持豐富的海岸林樣貌，提升生物多樣性，也加快營養物質分解，使能量更快進入到生態系中，促進陸地、濕地及海洋間的能量流動[6]，由此可見，陸蟹對海岸林生態有非常大的重要性，這也正是目標15的宗旨希望能保護及永續生物多樣性與生態系統，而陸蟹物種多元且海岸林生

態與陸蟹息息相關，因此更需要費更多心力、金錢去維護，而對墾丁居民而言，陸蟹已經與他們生活密不可分，大家都希望能盡一份力來保育陸蟹。

我們與陸蟹都生活在同一個環境中，希望能透過大家的努力，讓社會大眾多認識生活在我們周遭的生物，也讓他們知道，因為人類的自大，牠們可能即將被滅絕，或是漸漸失去牠們固有的家園。



圖1.1 本論文與聯合國 SDGs 的關聯性

1.4 論文架構

本論文共五個章節，第一章描述本研究之時事背景、動機及研究目的，說明為什麼要進行陸蟹的保育；第二章則論述陸蟹保育相關的作為，以及影像辨識中相關的技術與文獻的探討；第三章為研究方法的描述，包含系統架構與軟體相關技術；第四章是研究結果的探討，提出結果說明和部分成本的比較；第五章總結結論及未來展望，將研究結果延伸出去與現有技術結合進行討論。

第二章 背景知識與相關研究

2.1 現階段的保育方式

在陸蟹繁殖的高峰期，許多雌性陸蟹會往海岸移動以利產卵傳宗接代，為了增進這個物種對環境的永續性及多樣性，需要人類加以保育。陸蟹保育的方式有很多種，有封路政策、宣導活動、以及打造陸蟹的生態廊道，本章節將介紹這幾種方法的實際作為。

2.1.1 封路政策

前往海岸產卵的陸蟹，牠們不但要穿越台26線公路寬廣的四線車道，還要閃避開車行經此路段的用路人，因此為了讓牠們順利前往海岸，需要加以當心、留意，而免於受到汽機車的迫害。墾丁國家公園管理處每年會在陸蟹的繁殖期，將會同墾管處的同仁及志工、屏東環境保護聯盟與公路總局第三區養護工程處的夥伴們，針對陸蟹經常行走的台26線公路進行交通管制，如圖2.1所示將原本的四線車道，雙向縮減外側車道，將台26線公路香蕉灣至砂島路段(39.5k至41.5k，共2公里)，短暫調整為兩線車道，採封閉全線道路10分鐘後，開放內線道路通車10分鐘的方式[7]，充當陸蟹的交通警察，指揮陸蟹的動向，讓陸蟹能安全地通過馬路。



圖2.1 墾管處員工及保育志工進行護蟹任務[7]

2.1.2 生態廊道

在恆春半島，由於陸蟹遭受車輛的威脅太過嚴重，因此有研究團隊就與當地的志工等共同合作，位於佳樂水風景區前的道路，打造了長度約為100公尺的「陸蟹廊道」。

陸蟹廊道的設計中，是利用馬路固有的排水系統，將馬路的兩端以水泥涵溝相互連接，再將上方設計網狀鐵蓋，涵溝的洞口使用帆布引導陸蟹前往通道，由馬路下方穿越危險的車道，再將馬路兩旁用綠色的帆布防止陸蟹進入車道，因此得到綠色高牆或陸蟹長城的美名，如圖2.2所示[8]。



圖2.2 陸蟹長城[8]

陸蟹廊道雖然能夠有效的阻絕陸蟹闖進車道中避免路殺，但是近年有研究指出，因興建陸蟹長城後，馬路上的確減少了陸蟹的蹤影，但是卻增加了陸蟹迷航的數量，用帆布築起的高牆會阻礙了陸蟹特有的導航機制，會使陸蟹無法順利到達海岸邊產卵，進而增加陸蟹死亡的機率，因為陸蟹感知海洋就在附近，生物本能會想直接要翻越高牆，而不是行走涵洞，所以無法前往順利海岸產卵的陸蟹數量會越來越多[9]。

2.2 影像辨識

在這科技日新月異的時代，人工智慧(Artificial Intelligence, AI)已經逐漸影響

我們的生活，舉例來說：農業可以利用影像辨識去偵測農作物有沒有受到病蟲危害或染病，也能幫助農田的採收作業[10]，如圖2.3所示。在交通的應用上，可以利用影像辨識技術進行交通資訊蒐集，例如重大路口車流量、道路事件偵測等等[11]。最為常見且廣泛性使用場域莫過於停車場出入口之車牌辨識技術，不僅改善了傳統的收取票卡或是人工服務等，更有效的提升我們生活的便利性。



圖2.3 利用無人智能機械技術完成作物採收[12]

2.2.1 卷積神經網路(CNN)

卷積神經網路(Convolutional Neural Networks, CNN)是深度學習裡重要的分支，屬一種深層的神經網路，最早是由 LeCun 所提出，於1989年發表全球第一個基於 CNN 框架 LeNet-5，就是源自於作者本人在1950年代的理論[13]。

典型的 CNN 架構分別由卷積層(Convolution layer)、池化層(Pooling Layer)、平坦層(Flatten Layer)與全連接層(Fully Connected Layer)所組成，其中卷積層負責將圖片進行卷積運算來提取特徵；池化層的作用是将圖片進行降維，並把資料量縮減[14]，舉例來說：大張的圖片縮小之後還是能看得清楚，不會有圖片失真的反應；平坦層為池化層與全連接層之介接層，目的在於將池化層輸出的特徵拉平以作為全連接層之輸入；全連接層則是用於輸出模型時的最後步驟，能將前面步驟執行完的數據經過權重的計算後進行分類，進而決定輸入的影像的種類為何[15]，整體 CNN 之流程圖如圖2.4所示。

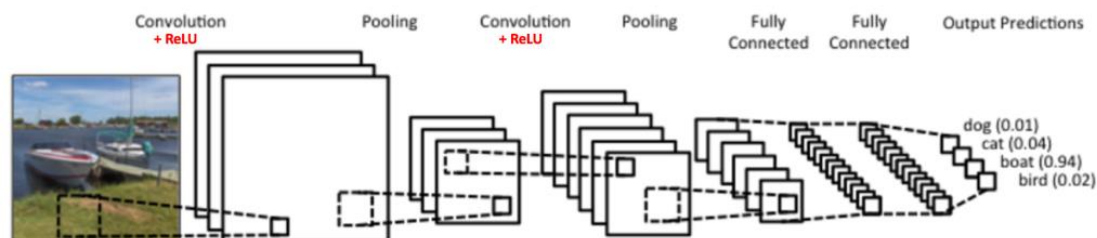


圖2.4 CNN 之流程圖[16]

2.2.2 Region-based CNN (R-CNN)

Region-based CNN(R-CNN)主要用於物體偵測，會先將要辨識的圖片進行選擇性搜尋(Selective Search)演算法，在圖片中建立約兩千個大小不一的邊界框(bounding-box)，檢查邊界框的範圍中是否含有目標物體，做完選擇性搜尋演算法後，擷取該邊界框的範圍影像輸入進 CNN 提取該影像之特徵[17]，並將提取到的特徵送入支援向量機(Support Vector Machine)辨別影像中的物體有無存在於分類的物體中，為了提升 R-CNN 的準確性，最後又訓練一個迴歸模型[18]，功能在於使邊界框能準確的選出辨識物體在於圖片中的位置，如圖2.5 所示。

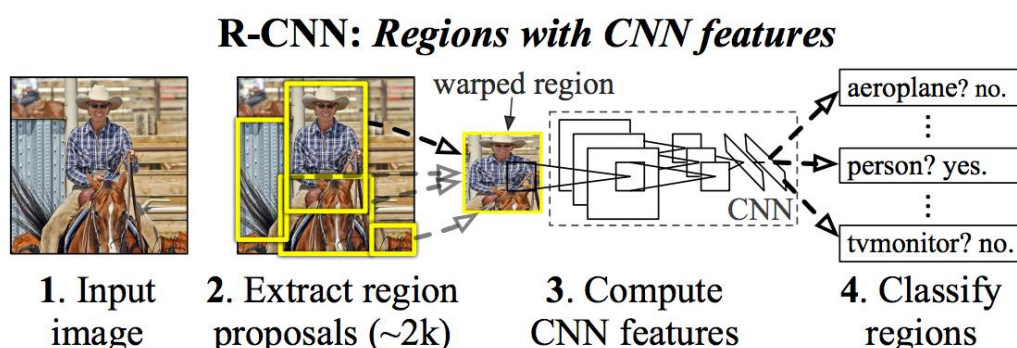


圖2.5 RCNN 之流程圖[18]

2.2.3 You Only Look Once (YOLO)

You Only Look Once(YOLO)意即電腦只需要看一次即可完成辨識的功能，是一種關於物件偵測(Object Detection)的類神經網路演算法。YOLO 將圖片送入神經

網路辨識時會先將圖片分成很多網格，如果物件的中心在某一個分割的網格中，則會由該網格負責物件的辨識[19]，再利用 CNN 進行分類辨識，定義出網格中的物件類別，最後使用定位演算法利用邊界框將其定位出的物件做註記並算出邊界框中的物件機率，整體 YOLO 之流程圖如圖2.6所示。

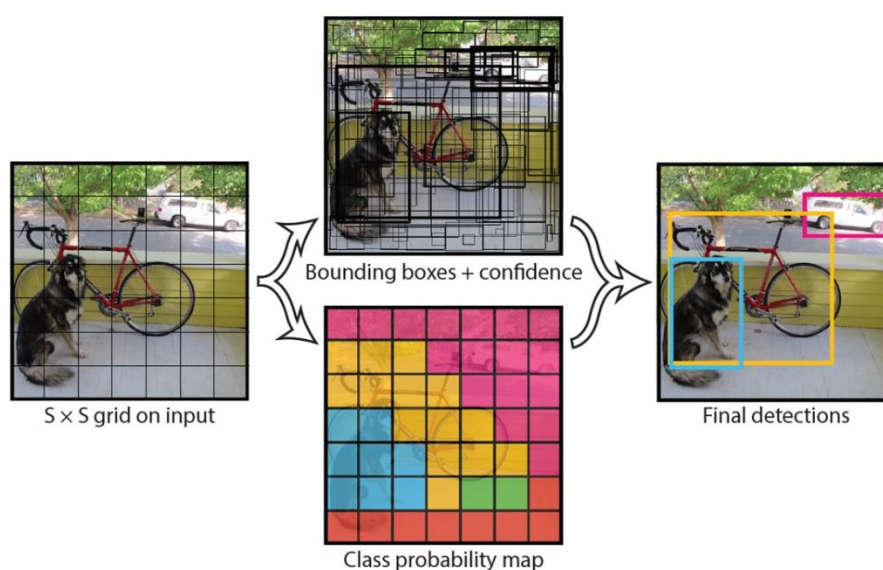


圖2.6 YOLO 之流程圖[20]

目前 YOLO 已發展到第四版本，經過程式的改良與修正之後，能夠以較高的畫面速率(FPS)達到較高的平均精度(Average Precision)，更接近即時性(real-time)的辨識[21]，如圖2.7所示。早期的版本需要注意輸入的圖片大小，第四版就不需注意輸入圖片的大小，能夠在輸入圖片時以程式將圖片調整為適當大小，以相當人性化的操作方式執行辨識影像的工作，幾乎可以達

到即時性的辨識結果，目前 YOLO 多數使用在自駕車系統或者路口、匝道的監視系統偵測。

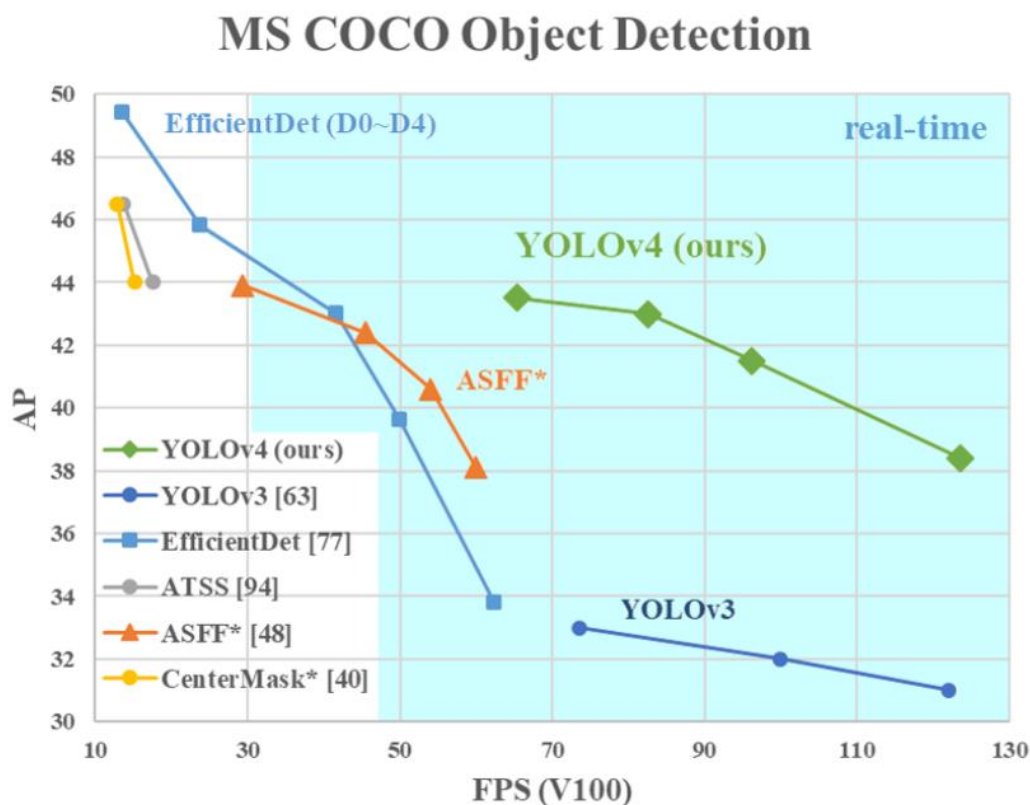


圖2.7 YOLO 版本比較曲線圖[21]

本論文使用的是 CNN，CNN 架構不僅簡單且模型容易調整，在本研究中需要辨識的類別也比較單一化，種類也相對地沒有那麼多樣，硬體資源的消耗也不會比 YOLO 及 R-CNN 多，故需要調整的與設定的參數較少，也能達到相當出色的性能與辨識能力。

第三章 研究方法與系統設計

3.1 系統架構

本研究提出利用紅外線攝影機擷取馬路周圍影像並傳送至後端，再進行 AI 影像辨識，判斷是否有陸蟹出沒，若是有陸蟹出沒則觸發幾十公尺外的警示燈及 LED 面板並顯示「陸蟹通過，減速慢行」字樣，提醒用路人禮讓陸蟹，系統建置示意圖如圖3.1所示。

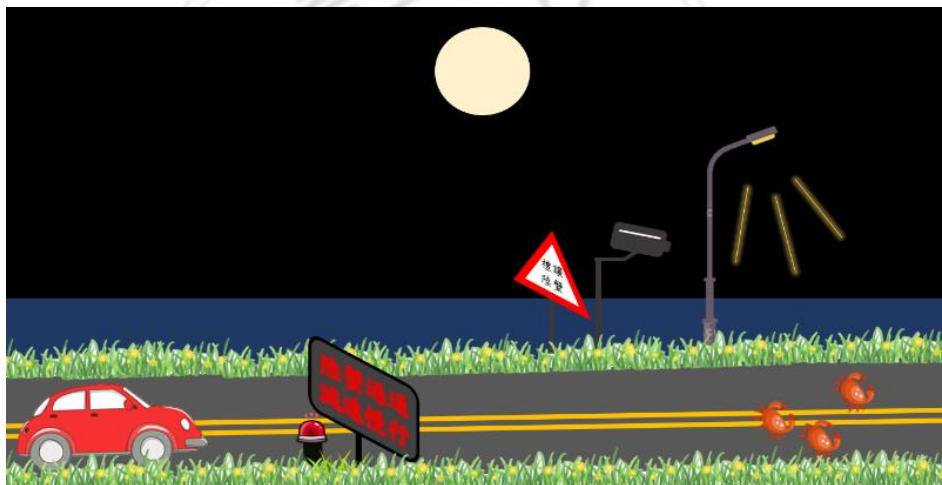


圖3.1 系統建置示意圖

此構想可針對三面向去進行改善，分別為：一、使陸蟹不受人為引導而失去方向性，延誤釋卵；二、RGB 面板的優勢在於夜間提示非常明顯，可以減少人力宣導；三，以往僅在一個月裡只有三天做人工護育，但陸蟹並不只有在那三天出現，因此裝置可以隨時監控陸蟹並即時提醒用路人。

3.2 深度學習模型

本研究使用 Google Teachable Machine 平台進行深度學習模型建置，搭配微軟的 COCO 資料集圖片進行日常生活圖片的參考使用[22]，陸蟹之圖片再由作者上網蒐集相關圖片，以進行深度學習模型的訓練。

Teachable Machine 平台主要是以監督式學習(Supervised learning)的方式建置 AI 模型，將欲訓練的類別圖片上傳至網站平台後，進行參數的調整，即可透過平台訓練 AI 模型。

3.2.1 監督式學習

監督式學習是由神經網路發展而來的，其訓練重點在於必須要事先告知電腦，此圖片要辨識的物件為何，假設我們要辨識一輛車，那就要先上傳汽車的圖片讓電腦瞭解汽車長甚麼樣子，就像是 AI 也需要一個老師去教它認識世界中的物件[23]。

本研究議題之相關模型在訓練時同樣也需上傳欲訓練的物件圖片，如圖3.2 上傳訓練圖片，上傳的圖片數量越多越好，在 Teachable Machine 中使用上傳圖片樣本的85%為訓練資料，為製作模型時所需的圖片，15%作為測試資料，測試資料不會參與模型訓練的過程，監督式學習會提取測試資料的數據去跟訓練出

來的模型做比對，進而知道模型的優劣程度。

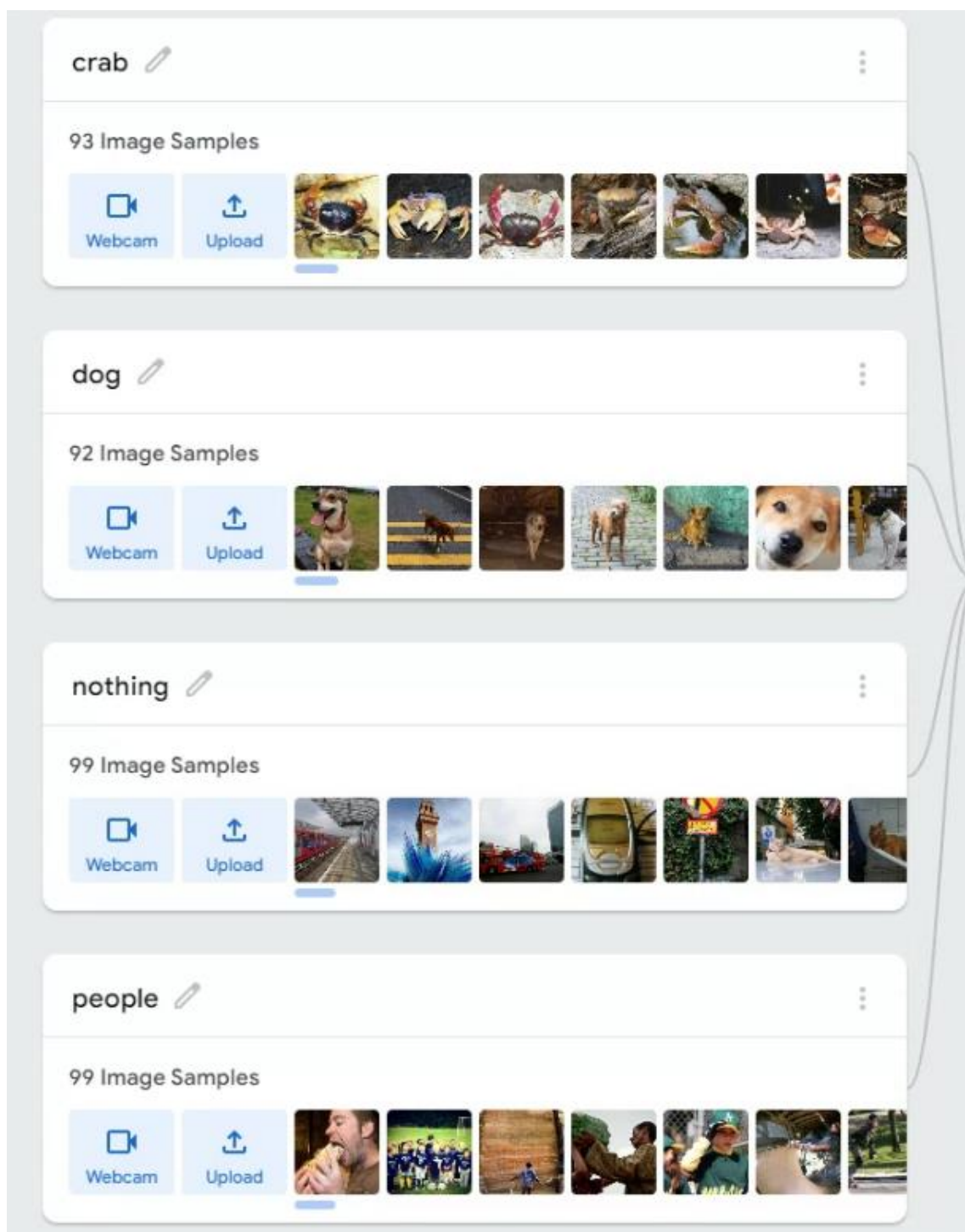


圖3.2 上傳訓練圖片

3.3 韌體應用

在韌體端的開發大致上可以分成三個部分：樹莓派(Raspberry Pi)、Arduino Mega 2560和 LED 矩陣模組板，一開始會先經由樹莓派連接的網路攝影機擷取影像，將擷取的影像送入 CNN 演算法進行影像辨識，再透過 Wi-Fi 的傳輸，將辨識到的結果狀態傳送至 ESP8266進行接收，最後使用 Arduino Mega 進行狀態判斷，將其判斷的結果顯示至 LED 矩陣模組板上，列印出相對應的訊息文字，整體架構流程如圖3.3所示。



圖3.3 整體架構流程圖

3.3.1 樹莓派 (Raspberry Pi)

本研究使用的是 Raspberry Pi 4 Model B 平台進行影像辨識任務，使用樹莓派執行影像辨識的作業原因是，樹莓派擁有4個 CPU 核心，可執行到1.50GHz 的超高頻率，並且擁有8GB 的記憶體供執行鏡頭與執行 AI 模型使用，相較之下 ESP32-cam 具有 Wi-Fi 與攝影功能僅有雙核32位元的 CPU，頻率最高240MHz，記憶體只有520KB 執行系統後只剩下300KB，在這記憶體數量下要執行鏡頭與影像辨識模型是不足的，所以在執行速率比較起來樹莓派的效能略勝一籌。樹莓派能額外連接解析度較高的鏡頭還多了圖形化的系統操作介面，接上螢幕就能一目瞭然，更方便除錯以及後續的設備擴充及維護。平台主要用於運行由 Google Teachable Machine 所訓練而得之監督式學習模型，另平台尚搭載一個羅技 Webcam 鏡頭，主要用於進行影像的擷取。

在運行 AI 模型時，需先將模型訓練定義好的名稱(labels)以及模型放置於樹莓派的檔案路徑中，經由 Python 程式讀取名稱的文字檔以及 model 的匯入，再匯入鏡頭模組的程式使用鏡頭，即可開始將鏡頭擷取到的影像送入 model 進行辨識。

樹莓派取得 Webcam 擷取影像圖片之後，接著會把圖片送進由類神經網路所建構之影像辨識模型中，辨識完成後將其結果經由 Wi-Fi 進行資料封包傳輸，發

送訊號至 ESP8266接收端，再交由 Arduino Mega 進行狀態判斷，硬體通訊關聯圖如圖3.4所示。

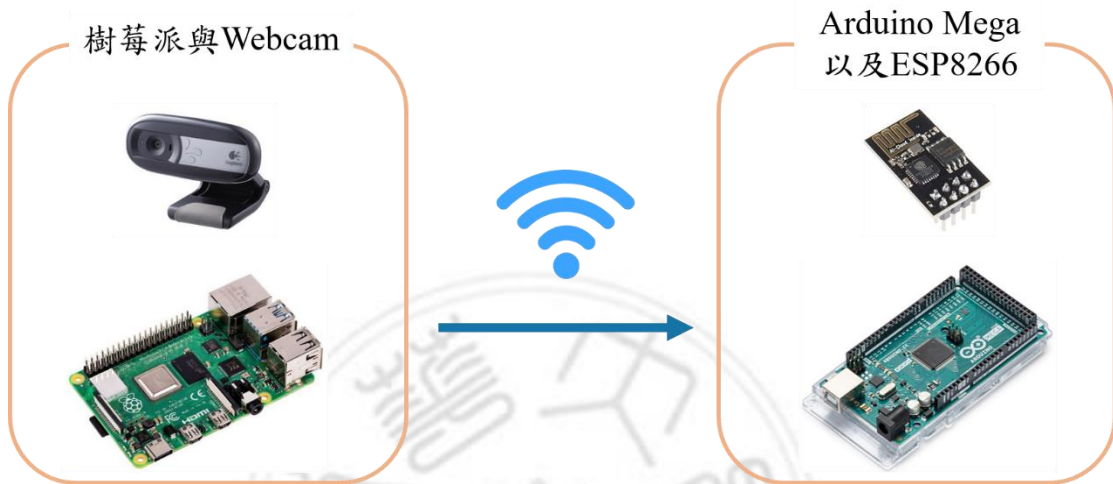


圖3.4 樹莓派與 Arduino Mega 通訊關聯圖

3.3.2 Arduino Mega 2560

當樹莓派的影像辨識工作結束之後，會將辨識結果發送至 Arduino Mega 開發板接收訊號加以應用，但是因為 Mega 型號的開發板沒有 Wi-Fi 功能，因此增加了 ESP8266 Wi-Fi 晶片模組，並使用 UART 通訊協定與 Arduino Mega 開發板相互溝通傳遞訊息，讓 Mega 開發板能夠透過無線網路的方式接收與發送封包。

Arduino Mega 開發板透過 ESP8266 Wi-Fi 模組接收到資訊後則會進行判斷，使用 Arduino 官方的 IDE 進行 C 語言程式的撰寫 Arduino Mega 做微控制器 (MCU)，因為有足夠的快取記憶體及 I/O 腳位能控制 RGB 面板和 ESP8266 Wi-Fi

模組，連結 RGB LED matrix panel，並透過此 LED 燈板顯示警告標語，如圖3.5 所示。

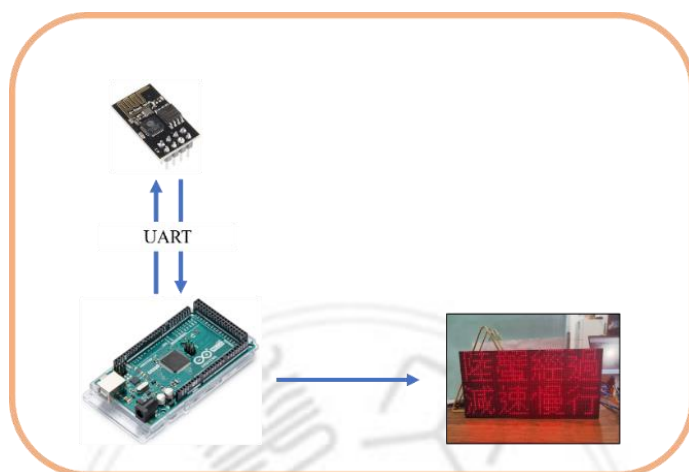


圖3.5 Arduino Mega、ESP8266、LED 矩陣燈板之通訊關聯圖

3.3.3 RGB LED matrix panel

當 ESP8266收到訊號時，Arduino Mega 開發板會控制16*32 RGB LED matrix panel 模組進行警示提醒，如果接收到樹莓派的訊息，再進入判斷是否收到定義的變數，若沒收到樹莓派訊息則持續等待訊息的接收。接收到樹莓派訊息後則進入判斷是否為陸蟹出沒，顯示對應的資料至 LED 矩陣燈板，流程如圖3.6所示。

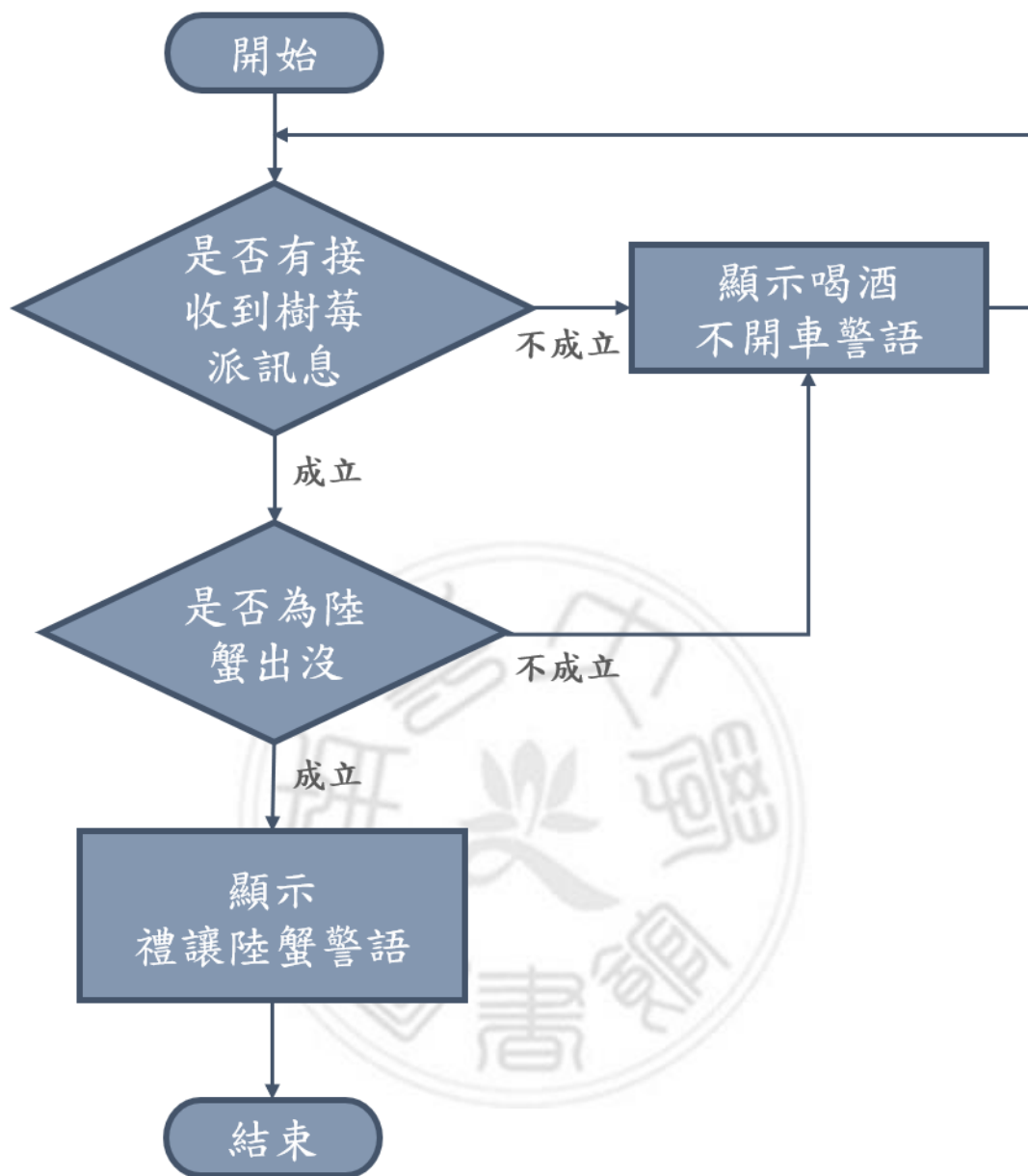


圖3.6 LED 矩陣燈板流程圖

16*32 RGB LED 燈板的控制其實與小型且常見的8*8矩陣板類似，在做 LED 燈的控制時，先須瞭解裝置行(column)與列(row)的方向，然後在程式中定義出要顯示的文字所代表的 LED 燈的位置，以字元代表 LED 燈的狀態，再對照欲顯

示的文字之軌跡，定義出該文字的位元再存成陣列，套用 Arduino 的函式庫將字串顯示在面板，數字0代表布林值(Boolean value)的 false 狀態，即表示 LED 燈不亮，數字1代表布林值的 true 狀態，即表示點亮 LED 燈。程式的陣列儲存內容如圖3.7所示。

```

5| static const unsigned char PROGMEM str_1[]={ //陸
6|   0x3C,0x20,0x25,0xFC,0x24,0x20,0x28,0x20,0x2B,0xFE,0x28,0x50,0x28,0xD0,0x25,0x9E,
7|   0x27,0x40,0x24,0x40,0x3B,0xFC,0x20,0x40,0x20,0x40,0x27,0xFE,0x00,0x00,0x00,0x00
8| };
9| static const unsigned char PROGMEM str_2[]={ //蟹
10|  0x3E,0xFE,0x24,0x22,0x7F,0xCE,0x29,0x50,0x3F,0x7E,0x29,0x90,0x3F,0xFE,0x41,0x10,
11|  0x41,0x80,0x5F,0xF8,0x10,0x88,0x1F,0xF8,0x00,0x98,0x7F,0xFE,0x00,0x00,0x00,0x00
12| };
13| static const unsigned char PROGMEM str_3[]={ //經
14|  0x09,0xFE,0x10,0x00,0x22,0x92,0x45,0x24,0x79,0x48,0x09,0x24,0x14,0x92,0x26,0x00,
15|  0x7B,0xFE,0x00,0x20,0x2A,0x20,0x2A,0x20,0x4A,0x20,0x49,0xFE,0x00,0x00,0x00,0x00
16| };
17| static const unsigned char PROGMEM str_4[]={ //過
18|  0x61,0xF8,0x11,0x08,0x01,0x78,0x79,0x48,0x09,0x48,0x13,0xFC,0x22,0x04,0x7A,0xF4,
19|  0x0A,0x94,0x0A,0xF4,0x12,0x04,0x12,0x1C,0x2C,0x00,0x43,0xFE,0x00,0x00,0x00,0x00
20| };
21| static const unsigned char PROGMEM str_5[]={ //·
22|  0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x01,0x80,0x01,0x80,
23|  0x00,0x80,0x00,0x80,0x01,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00
24| };
25| static const unsigned char PROGMEM str_6[]={ //減
26|  0x40,0x28,0x30,0x24,0x0F,0xFE,0x04,0x20,0x45,0xE0,0x24,0x24,0x15,0xE4,0x05,0x68,
27|  0x15,0x58,0x15,0x58,0x25,0xD0,0x24,0x32,0x28,0x4A,0x48,0x8C,0x00,0x00,0x00,0x00
28| };
29| static const unsigned char PROGMEM str_7[]={ //速
30|  0x10,0x20,0x13,0xFE,0x00,0x20,0x7B,0xFC,0x0A,0x24,0x12,0x24,0x23,0xFC,0x38,0x20,
31|  0x08,0x70,0x08,0xA8,0x11,0x24,0x12,0x22,0x2C,0x00,0x43,0xFE,0x00,0x00,0x00,0x00
32| };
33| static const unsigned char PROGMEM str_8[]={ //慢
34|  0x09,0xFC,0x09,0x04,0x0D,0x74,0x2D,0x04,0x6B,0xF4,0x48,0x00,0x8B,0xFE,0x0A,0x92,
35|  0x0B,0xFE,0x08,0x00,0x0B,0xFC,0x09,0x88,0x08,0x70,0x0B,0x8F,0x00,0x00,0x00,0x00
36| };
37| static const unsigned char PROGMEM str_9[]={ //行
38|  0x04,0x00,0x08,0xFC,0x30,0x00,0x40,0x00,0x02,0x00,0x05,0xFE,0x08,0x08,0x38,0x08,
39|  0x48,0x08,0x08,0x08,0x08,0x08,0x08,0x08,0x08,0x08,0x08,0x78,0x00,0x00,0x00,0x00
40| };

```

圖3.7 陣列儲存 LED 狀態

LED 矩陣燈板會根據接收到的訊息判定呈現的提示文字，辨識到陸蟹經過時顯示「陸蟹經過，減速慢行」的字樣如圖3.8所示，若為一般狀態則顯示一般的行車警告標語「開車不喝酒，喝酒不開車」如圖3.9所示。

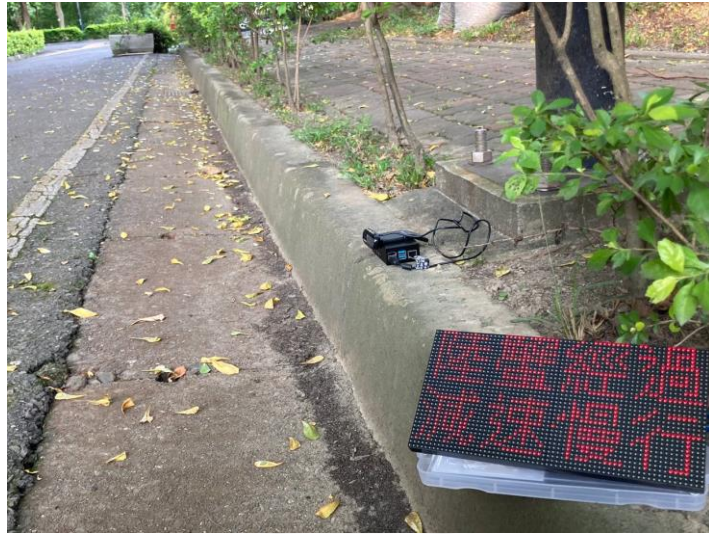


圖3.8 偵測結果示意圖



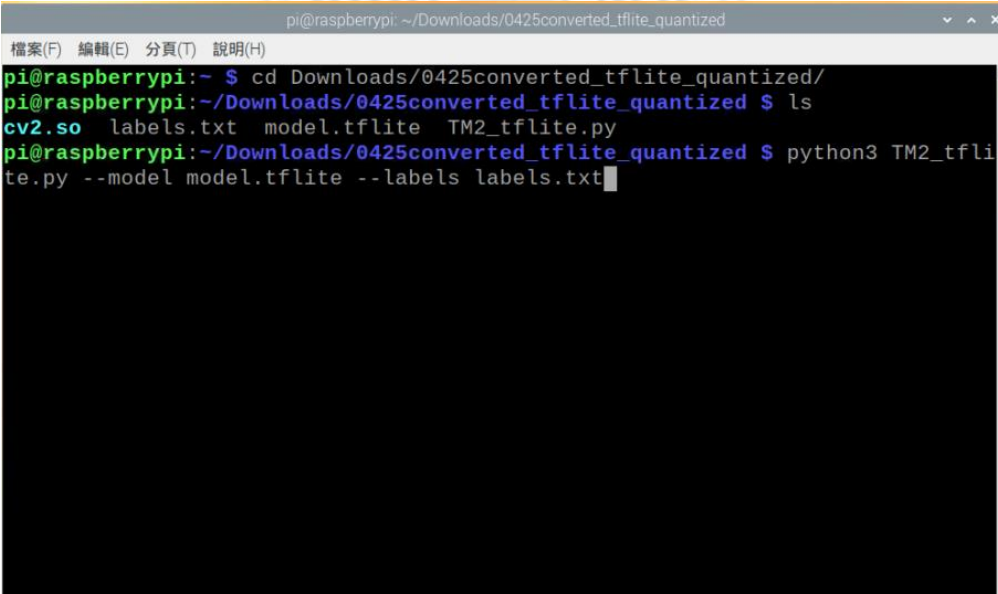
圖3.9 預設狀態示意圖

第四章 研究結果與討論

4.1 辨識結果

由 Google Teachable Machine 平台所訓練出之模型，因為採用監督式學習的方式，在訓練模型之前有先提供資料樣本供模型參考，因此準確率會相對的比非監督式學習來的高。

在執行影像辨識的步驟前，須執行樹莓派上的程式碼，啟動鏡頭擷取影像，如圖4.1啟動鏡頭與辨識程式，啟動後即可將鏡頭對準欲辨識之目標，在樹莓派的文字模式(Command Line)下也會顯示物件辨識到之準確率，圖4.2顯示辨識的準確率。

A screenshot of a terminal window on a Raspberry Pi. The window title is "pi@raspberrypi: ~/Downloads/0425converted_tflite_quantized". The terminal shows the following commands and output:

```
pi@raspberrypi:~ $ cd Downloads/0425converted_tflite_quantized/  
pi@raspberrypi:~/Downloads/0425converted_tflite_quantized $ ls  
cv2.so  labels.txt  model.tflite  TM2_tflite.py  
pi@raspberrypi:~/Downloads/0425converted_tflite_quantized $ python3 TM2_tflite.py --model model.tflite --labels labels.txt
```

圖4.1 啟動鏡頭與辨識程式

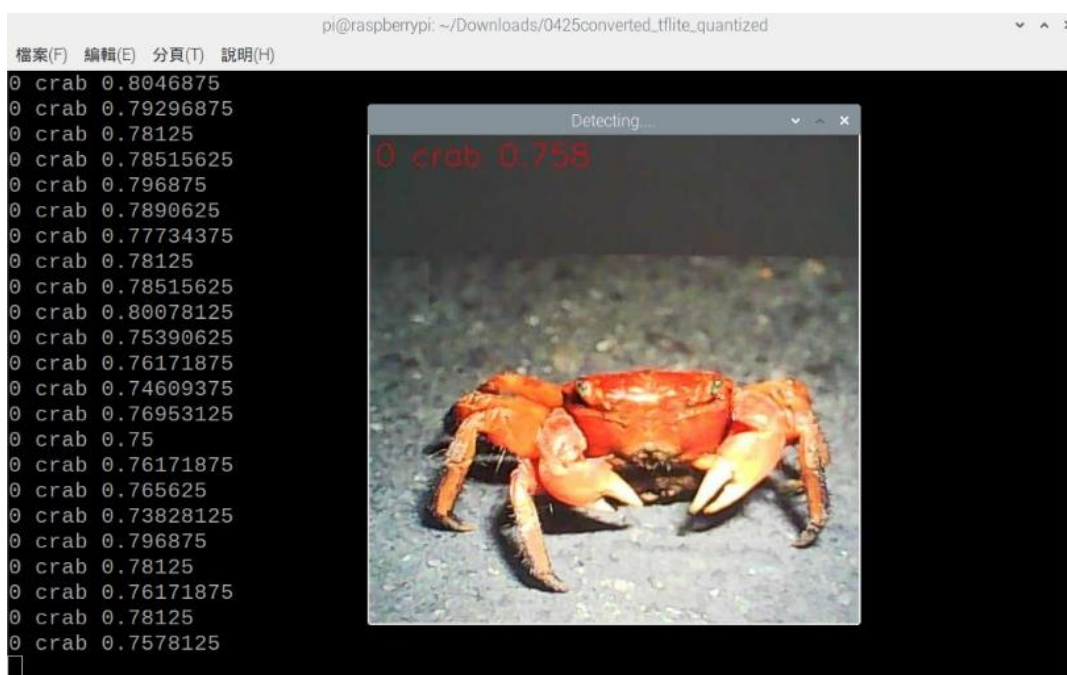


圖4.2 顯示辨識的準確率

在 Teachable Machine 所建置的模型中，提供了三個可以讓我手動調整的參數，以利優化 AI 模型，分別是 Epochs、Batch Size 以及 Learning Rate。在此研究中我們將上述的三個參數分別設定為 Epochs：55、Batch Size：16以及 Learning Rate：0.00001，在以上參數的設定下，我們可得到較佳的 CNN 模型，該模型的相關參數如表4.1所示。透過我上傳到平台的圖片樣本，以及參數的設定調整，可計算出訓練後的模型之準確率曲線圖與損失率曲線圖，如圖4.3與圖4.4所示。

表4.1 CNN 模型的架構

Input: 3 Dimension \times 383 Frames

Hidden Layer

Layer 1 Conv2D: filters: 32, kernel size: 3×3 , strides: 1×1 , ReLU, pool_size: 2×2

Layer 2 Conv2D: filters: 64, kernel size: 3×3 , strides: 1×1 , ReLU, pool_size: 2×2

Layer 3 Conv2D: filters: 64, kernel size: 3×3 , strides: 1×1 , ReLU

Layer 4 Flatten

Layer 5 Dropout(0.5),

Output: Dense (1), sigmoid (The amount of parameters is 122,570.)

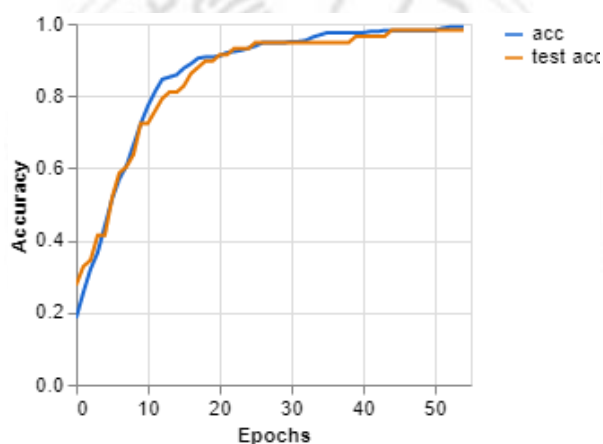


圖4.3 訓練和驗證的準確率曲線圖

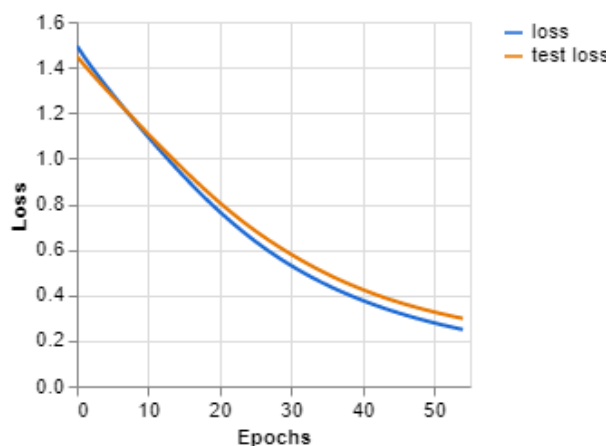


圖4.4 訓練和驗證的平均損失曲線圖

4.2 人力資源探討

在進行保護陸蟹的活動時，會需要許多志工同伴的幫忙，例如第二章所描述的封路政策，可以得知道路管制約兩公里，在這兩公里的長度中，當車輛行經在道路時，要時時刻刻宣導著減速慢行、陸蟹出沒等等的字樣，然而這是要耗費相當多的人力資源才能進行這樣龐大的宣導任務。

道路管制兩公里，以高速公路號誌牌為例：要提醒駕駛人下交流道時，在交流道的匝道口會頻繁的提示剩餘距離，如圖4.5高速公路出口距離辨識標誌，目的是要讓用路人明確的知道距離出口的位置並向用路人示警。



圖4.5 高速公路出口距離辨識標誌[24]

每一百公尺提示可以對駕駛人產生一定的示警功效，參考交通部高速公路局訂定之距離前車最小安全車距，如表4.2所示，意即前方有狀況時，當下時速所

需的煞車距離，應用於陸蟹防護中，可以理解為前方有陸蟹，而駕駛人所需的煞停距離，小客車應保持時速除以2的距離[25]，再加入安全考量，故以一百公尺估算人力資源成本。

表4.2 最小安全距離

車速(公里/小時)		60	70	80	90	100	110
最小距離 (公尺)	小型車	30	35	40	45	50	55
	大型車	40	50	60	70	80	90

資料來源：交通部高速公路局網頁，交通安全資訊（2019）。檢自

<https://www.freeway.gov.tw/Publish.aspx?cnid=516&p=2230>

保育陸蟹時會封路兩公里，假設每一百公尺派一位志工舉著告示牌宣導大家減速慢行，那麼兩公里的距離長度至少會使用到20位志工，如果使用本系統的話則可以每一百公尺布置一套系統辨識陸蟹並提示用路人，以科技代替人力，將此20位志工分配到科技幫不上忙的地方，例如：手動幫助過馬路的陸蟹、管制路口前發放宣導傳單等等，將每位志工的善心發揮到最大的功用。

第五章 結論與未來展望

5.1 結論

本研究是一個可以即時示警，讓使用者知道是否有檢測出陸蟹的蹤跡，提醒道路上的用路人要減速慢行，禮讓陸蟹通過馬路去產卵，還能節省人力資源，將志工們投入在更有價值的工作崗位中。現今在於陸蟹保育方面仍然採用大量人力，本研究的重點也提供了一個新的措施、方向，讓動保團體能夠用更為方便的方式進行陸蟹保育，讓工作更有效率，作業更為方便、快速。

5.2 未來展望

因目前本研究僅可以辨識物體的外型是否為陸蟹，若將來要能進一步辨識陸蟹品種及統計數量，使得田野調查的數據更加精準，同時也能簡化調查中繁瑣的事項。基於前述在未來發展中或許會面臨到大量陸蟹出現在鏡頭範圍中，將需進一步優化演算法及搭配可自動追焦功能鏡頭使其能夠更準確的辨識目標及數量。若想發展觀光亦可加入手機 APP 瀏覽的部分，能夠進一步帶動當地的觀光風氣，使用者的手機能夠觀看到哪邊出現了陸蟹，利用手機進行生態導覽，增添當地觀光的多樣性。

5G 時代的來臨，資訊傳遞的更加快速，車聯網技術也日益壯大，藉由5G 訊

號的傳遞，也可以將即時陸蟹通過馬路的狀況傳遞至車子中，駕駛人甚至不用分心去注意路上微小的陸蟹，車子自然會接到警示訊息，提醒駕駛人控制速度。本研究未來也可結合智慧路燈，智慧路燈的設計上有智慧監控及照明設備，如圖5.1所示，能夠針對周遭的人流、車流狀況做分析比對，也能隨著周遭光線、車潮、人潮調整最適亮度，針對上述智慧路燈或許能取代我們系統的前端設備畫質不足的問題及照明強度[26]。

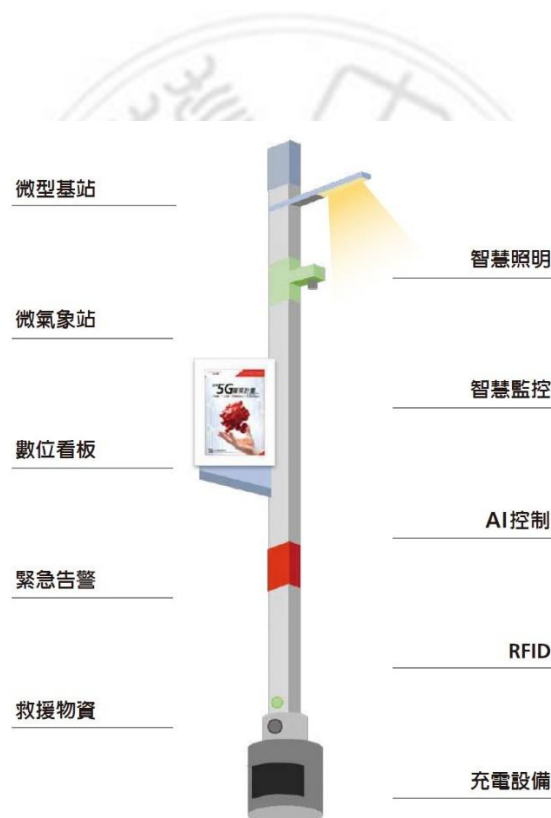


圖5.1 智慧路燈示意圖[26]

參考文獻

- [1] 財團法人公共電視文化事業基金會(2018)。陸蟹闖天關。取自：<https://new-media.pts.org.tw/island20/land-crabs-survival/>
- [2] 財團法人公共電視文化事業基金會(2017)。別讓陸蟹少子化。取自：
<https://ourisland.pts.org.tw/content/2700>
- [3] 墾丁國家公園管理處(2020)。「蟹謝讓路」！109年墾丁國家公園守護陸蟹交通管制措施。取自：
<https://www.cpami.gov.tw/%E6%9C%80%E6%96%B0%E6%B6%88%E6%81%AF/%E5%8D%B3%E6%99%82%E6%96%B0%E8%81%9E/35232-%E3%80%8C%E8%9F%B9%E8%AC%9D%E8%AE%93%E8%B7%AF%E3%80%8D%EF%BC%81-109%E5%B9%B4%E5%A2%BE%E4%B8%81%E5%9C%8B%E5%AE%B6%E5%85%AC%E5%9C%92%E5%AE%88%E8%AD%B7%E9%99%B8%E8%9F%B9%E4%BA%A4%E9%80%9A%E7%AE%A1%E5%88%B6%E6%8E%AA%E6%96%BD.html>
- [4] 未來城市(2022)。SDGs 目標 11 | 建構具包容、安全、韌性及永續特質的城市與鄉村。取自：<https://futurecity.cw.com.tw/article/1294>
- [5] 未來城市(2022)。SDGs 目標 15 | 保育及永續利用陸域生態系，確保生物多樣性並防止土地劣化。取自：<https://futurecity.cw.com.tw/article/1290>

- [6] 荒野保護協會(2021)。守護陸蟹、公民科學家。取自：
<https://www.sow.org.tw/tag/150>
- [7] 墾丁國家公園管理處(2019)。墾丁全民護蟹大行動，外地在地一起來。取自：
<https://www.cpami.gov.tw/%E4%B8%BB%E9%A1%8C%E5%A0%B1%E5%B0%8E/%E5%B0%88%E9%A1%8C%E5%A0%B1%E5%B0%8E/183-%E5%B0%88%E9%A1%8C%E5%A0%B1%E5%B0%8E/34424-%E5%A2%BE%E4%B8%81%E5%85%A8%E6%B0%91%E8%AD%B7%E8%9F%B9%E5%A4%A7%E8%A1%8C%E5%8B%95%EF%BC%8C%E5%A4%96%E5%9C%B0%E5%9C%A8%E5%9C%B0%E4%B8%80%E8%B5%B7%E4%BE%86.html>
- [8] 蔡宗憲(2017)。陸蟹廊道綠牆奏效。取自：
<https://news.ltn.com.tw/news/life/paper/1115395>
- [9] 蔡宗憲(2019)。墾丁「陸蟹長城」喊停 墾管處：許多事無法人定勝天！。取自：
<https://news.ltn.com.tw/news/life/breakingnews/2792943>
- [10] 黃名揚 (2018)。智慧農業技術對香蕉生產之成本效益分析：以無人機應用為例。國立中興大學農業經濟與行銷碩士學位學程碩士論文，台中市。取自 <https://hdl.handle.net/11296/f99t49>

- [11] 莊志鴻 (2012)。影像式交通偵測系統用於解決複雜環境及交通狀況之研究。國立交通大學電控工程研究所博士論文，新竹市。取自 <https://hdl.handle.net/11296/nz2k6d>
- [12] FarmingUK Team(2018). Hands-Free Hectare team successfully harvest second crop. Available: https://www.farminguk.com/news/hands-free-hectare-team-successfully-harvest-second-crop_50100.html
- [13] LeCun, Y., Haffner, P., Bottou, L., & Bengio, Y. (1999). Object recognition with gradient-based learning. In *Shape, contour and grouping in computer vision* (pp. 319-345). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [14] 陳泓銘 (2020)。基於 CIFAR-10 資料集之 CNN 模型推斷硬體加速器。國立臺灣科技大學電子工程系碩士論文，台北市。取自 <https://hdl.handle.net/11296/4m4kbx>
- [15] 賴冠妤 (2021)。基於 CNN 方法之真假人臉識別模型。國立中央大學資訊工程學系碩士論文，桃園縣。取自 <https://hdl.handle.net/11296/zb5946>
- [16] the data science blog(2016). An Intuitive Explanation of Convolutional Neural Networks. Available: <https://ujjwalkarn.me/2016/08/11/intuitive-explanation-convnets/>
- [17] Zhang, M., Li, W., & Du, Q. (2018). Diverse region-based CNN for hyperspectral image classification. *IEEE Transactions on Image Processing*, 27(6), 2623-2634.
- [18] Steven Shen (2018)。關於影像辨識，所有你應該知道的深度學習模型。取自：<https://medium.com/cubo->

ai/%E7%89%A9%E9%AB%94%E5%81%B5%E6%B8%AC-object-detection-740096ec4540

- [19] 中央研究院研之有物 (2020)。一眼揪出你有沒有超速！世界第一物件偵測技術：YOLOv4。取自：<https://research.sinica.edu.tw/yolov4-hong-yuan-mark-liao/>
- [20] Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., & Farhadi, A. (2016). You only look once: Unified, real-time object detection. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 779-788).
- [21] Bochkovskiy, A., Wang, C. Y., & Liao, H. Y. M. (2020). Yolov4: Optimal speed and accuracy of object detection. *arXiv preprint arXiv:2004.10934*.
- [22] Lin, T. Y., Maire, M., Belongie, S., Hays, J., Perona, P., Ramanan, D., Dollár, P. & Zitnick, C. L. (2014). *Microsoft coco: Common objects in context*. In *European conference on computer vision* (pp. 740-755).
- [23] Lynn (2017)。監督式學習？增強學習？聽不懂的話，一定要看這篇入門的機器學習名詞解釋！。取自：<https://www.inside.com.tw/article/9945-machine-learning>
- [24] 道路交通標誌標線號誌設置規則 105-1 條。取自：
<https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawGetFile.ashx?FileId=0000047062&lan=C>
- [25] 交通部高速公路局 (2019)。交通安全資訊。取自：
<https://www.freeway.gov.tw/Publish.aspx?cnid=516&p=2230>
- [26] 遠傳 FET, “智慧路燈的發展與應用,” 取自：
<https://enterprise.fetnet.net/content/ebu/tw/epaper/tech/25th/p07.html>