

2022 年臺灣國際科學展覽會 優勝作品專輯

作品編號 180013

參展科別 地球與環境科學

作品名稱 搶救海洋紅寶石(藻礁)-運用 AI 視覺辨識無人
機對藻礁保育之預警研究

得獎獎項

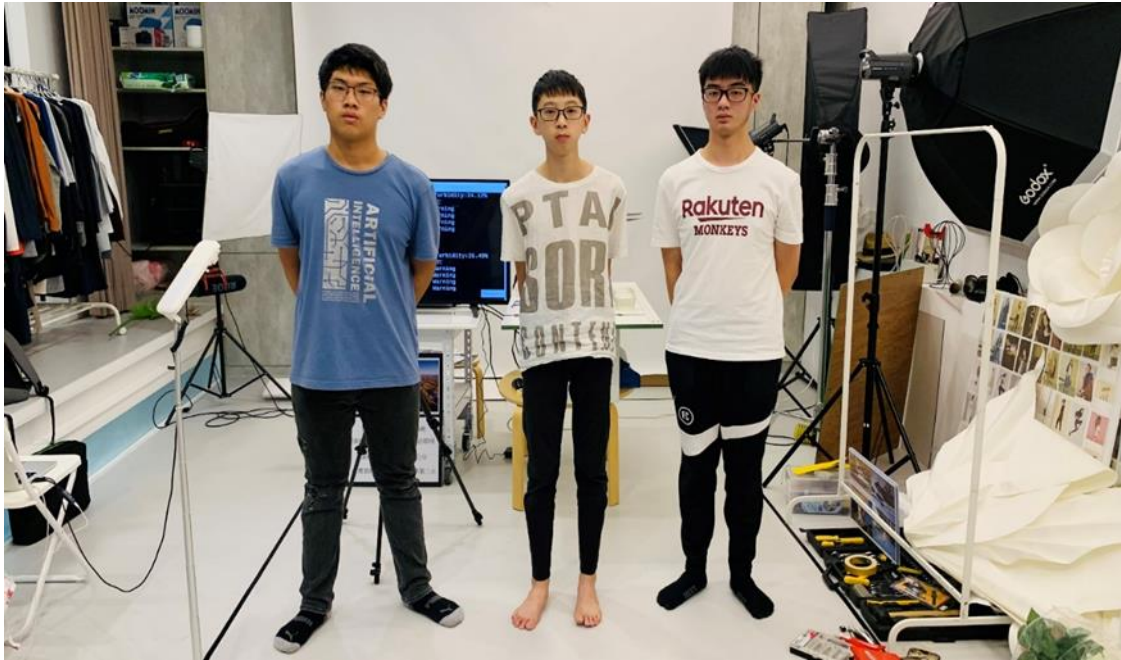
就讀學校 桃園市政府教育局高級中等教育科
國立臺北科技大學附屬桃園農工高級中等學校

指導教師 羅堅秩

作者姓名 吳宇硯、林奕宸、莊竣安

關鍵詞 藻礁、AI、視覺辨識

作者簡介



(右)我是莊竣安，我目前是高二就讀北科附工，這是我第一次參加台灣國際科展，我是因為透過一次的比賽開始研究藻類這門動植物，發現台灣的藻礁是目前在全世界非常稀有的藻類，所以我就開始慢慢地接觸藻礁，透過網路上的文章和論文深入的了解藻礁再整個海岸生態系的重要性。

(左)我是吳宇硯來自桃園市中壢區，目前高中二年級，今年首次參加台灣國際科展，因為在今年年初的時候看到了有關於台灣桃園大潭藻礁的公投新聞，因此開始接觸到藻礁，起初並沒有想要深入研究的念頭，直到我看到了有關於藻礁的 TED 演講，讓我開始了解到藻礁是如此珍貴又稀有的東西，因此開始深入研究藻礁。

(中)我是林奕宸今年 16 歲目前就讀高中對機械,繪圖非常有興趣這次的研究動機是因為台灣生態非常豐富且非常美麗，近期應為人類破壞環境使許多物種都因此瀕臨滅絕，近期聽到這個新聞所以決定使用我的巧手希望能幫助到台灣的生態

摘要

本研究以水質對於藻礁的影響以及設計協助保育藻礁之無人機作為研究目標，藻礁是重要的地球資產，目前全世界藻礁數量岌岌可危，了解藻礁所適合的環境與水質指標，有助於保育以及維護藻礁生態，因此我們使用AI人工智慧技術，製作出AI視覺辨識飛行藻礁監測無人機，經過研究以及實驗，我們發現：

一、藻礁的生態環境以及藻礁對於海洋生物以及人類的重要性

二、石灰藻類對於海水水質變化的影響

同時實驗與測試也證明了我們的AI系統可以達到：

一、確實幫助人們觀察與研究藻礁

二、能夠有定期紀錄藻礁以便研究

三、對藻礁破壞與否進行辨識和提供預警

期望本研究能讓更多人一起關注並認識藻礁，並且增加AI技術的用途，讓這個海洋的紅寶石生生不息。

Abstract

The research objectives are to study the impact of water quality on algal reefs and design a drone to help protect algal reefs. Algal reefs are important earth assets. At present, algal reefs are endangered species. Understanding the suitable environment and water quality standard for algal reefs will help conserve and maintain the algal reefs ecology. Therefore, we used Artificial Intelligence technology to create an AI visual recognition algal reef monitoring aerial drone. After research and experiments, we found that:

1. The ecological environment of algal reefs and the importance of algal reefs to marine life and humans

2. The influence of calcareous algal reefs on the change of sea water quality.

At the same time, the experimental predictions also prove that our AI system can achieve:

1. It really helps people observe and study algal reefs

2. It is able to regularly record algal reefs for research

3. Identify and provide early warning for the destruction of algal reefs

We hope that this study will allow more people to pay attention to and understand the algal reefs, and increase the use of AI technology, so that the rubies on this coast will continue to live.

壹、前言

一、研究動機

在2017年時台灣石油公司計畫在大潭藻礁上蓋第三天然氣接收站，此計畫將會覆蓋掉大約230公頃的藻礁。於是在2021年年初時有許多的環保團體公開反對這一項計畫，並且引發了後續的大潭藻礁公投案，這件事情吵得沸沸揚揚，因此在偶然的機會之下看到了華視新聞(吳權原 黃冠傑 李鴻杰，2021)報導了有關於「珍愛藻礁公投連署」已通過了法定的門檻，希望能在10天之內拚衝45萬份連署的事情，我們非常驚訝，居然有這麼多的人願意為了藻礁挺身而出，讓我們注意到了藻礁這個不起眼的珍貴地球資源。

我們開始上網找尋有關於藻礁的各種資料，想要了解更多有關於藻礁的事情，根據珍愛桃園藻礁官網中提到，藻礁的形成需要相當長的時間，而桃園大潭地區藻礁的生長厚度並不是一朝一夕能夠達成的，是經過百年甚至千年的時間才得以形成如此壯觀的藻礁生態域，而且藻礁的存在不僅僅代表了此處生態域的物種豐富性，同時也有天然防波堤的功能，甚至在藻礁生態域發現了一級保育類生物「柴山多杯孔珊瑚」、白海豚、紅肉丫髻鮫等稀有生物，是極度珍貴稀有的地球自然資源，因此我們希望能夠身體力行的幫助到藻礁，同時能讓更多人注意到這個海洋的紅寶石，所以我們開始認真研究藻礁，除此之外，我們還想開發出一套可以輔助甚至是代替人類進行藻礁研究及觀察紀錄的系統。

二、研究目的

本研究將了解海水水質對於藻礁的影響，並設計AI視覺辨識飛行藻礁監測無人機來輔助研究，研究目的如下：

- (一)了解藻礁對於海洋生物與人類之重要性
- (二)了解海水環境對於石灰藻類的影響
- (三)找出適合輔助藻礁研究之科技
- (四)強化大眾對於生態保育的觀念
- (五)設計出一套可以確實協助人們觀察、研究及紀錄藻礁的系統

貳、研究方法或過程

一、研究設備與器材

本次實驗器材繁多，僅列重要元件，如下表

			
<p>圖 2-1 pH值測試劑</p>	<p>圖2-2 KH值測試劑</p>	<p>圖2-3 pH值測試筆</p>	<p>圖2-4 溫度計</p>
			
<p>圖2-5 玻璃試管</p>	<p>圖2-6 玻璃培養罐</p>	<p>圖2-7 Raspberry Pi3</p>	<p>圖2-7 羅技C920攝影鏡頭</p>
			
<p>圖2-9 Arduino UNO</p>	<p>圖2-10 Arduino 元件擴充版</p>	<p>圖2-11 pH感應模組</p>	<p>圖2-12 水濁度感應模組</p>
			
<p>圖2-13 水溫感應模組</p>	<p>圖2-14 四軸飛行器</p>	<p>圖2-15 intel 運算神經棒</p>	

二、文獻探討

(一)藻礁之探討

1. 何謂藻礁

藻礁(Algal reef)如圖2-16所示，從字面上的含義，是由藻類形成的礁岩或石塊。簡單來說，和社會大眾較熟悉的珊瑚礁形成方式類似，藻礁是由生長在海洋或淡水湖泊的大型底棲藻類死亡後的鈣化藻體遺骸，經過長時間與週遭表層無脊椎動物粘結或膠合加上礦化作用，所形成富含碳酸鈣的生物礁體。



圖2-16 桃園觀新藻礁

2. 藻礁的形成

藻礁是由無節珊瑚藻(*crustore coralline algae*)死去後，細胞壁內的碳酸鈣會層層堆疊。由於藻礁是由無節珊瑚藻一層層堆疊而成，因此藻礁的層狀結構相當明顯，但質地也較疏鬆。造礁的過程是，礁體主要成分石灰藻生長 → 鈣化 → 死亡留下碳酸鈣遺跡 → 石灰藻再附著生長 → 再鈣化 → 再死亡留下碳酸鈣遺跡。

這些可造礁的藻類，我們統稱為石灰藻(*calcareous algae*)，泛指紅藻門(*Rhodophyta*)的珊瑚藻科(*Corallinaceae*)、耳殼藻科(*Peyssoneliaceae*)所有種類，或是綠藻門(*Chlorophyta*)的仙掌藻(*Halimeda* spp.)、鈣扇藻(*Udotea* spp.)、綠毛藻(*Chlorodesmis* spp.)以及黃藻門(*Xanthophyceae*)的團扇藻(*Padina* spp.)等生長過後可留下石灰質的藻。

3. 藻礁與珊瑚礁的差異

珊瑚礁和藻礁都是**生物造礁**，最大的差別是在珊瑚礁是**動物造礁**，而藻礁是**植物造礁**。珊瑚礁只能生長在**水質非常清澈**的海域，**分布於海床**，強烈日照導致旺盛的光合作用下，所形成的環境是**海中生物**很好的棲息地，生態豐富異常，故有海中熱帶雨林之稱；但相對於動物造礁的珊瑚礁，以植物造礁的藻礁，屬海岸多孔隙環境，同樣是海洋「**生物的育嬰房**」。藻礁在水質佳、水溫高的地方搶不過動物造礁，卻能在**較惡劣**的環境裡自成一派和珊瑚礁媲美；而藻類**造礁過程緩慢**，以桃園海岸造礁主體的無節珊瑚藻為例，**20年**還成長**不到1公分**，它比珊瑚礁平均年成長1公分，實在是更為稀有特別。

表2-1藻礁與珊瑚礁之差異

圖片 與 類別	 取自 行政院農業委員會(2010) 珊瑚礁主題館官網	
種類	珊瑚礁	藻礁
造礁方式	珊瑚蟲(動物)	殼狀珊瑚藻(植物)
成長速度	平均每年1cm	平均每20年1cm
生長環境	水質非常清澈 ，且平均 氣溫稍高地帶	可適應 水質較不清澈 ， 溫度稍低地帶
孔隙	少孔隙	多孔隙
質地	堅硬	柔軟
生態觀察	水下	水上
觀察裝備	需專業淺水設備，氧氣瓶、防寒衣等	無需專業設備

4. 分布地

全世界藻礁分布地區不超過10個，現生藻礁可見於加勒比海、印度洋與太平洋海域的小島、加拿大東部、挪威、地中海、澳洲西部潟湖內地等地。

如圖2-17所示，分布最廣的地方是地中海沿岸，台灣藻礁的分布面積更是大於巴西以及挪威等地，是目前全世界藻礁分布面積第二大的國家。



圖2-17 全球藻礁分布地圖

取自 <http://algalreef.weebly.com/> 珍愛桃園藻礁官網

台灣分布地區包括桃園、台北、屏東、台東、花蓮、澎湖等地區的沿岸，而全台灣海岸線約1600公里，藻礁地形約有50公里，向外延伸處也有約2至5公里，而其中就屬桃園沿岸地區的藻礁分布面積最為廣大最為完整，桃園市藻礁分布約占了全台的一半如圖2-18所示，北起竹圍漁港，南至永安漁港，總長大約27公里，總面積超過370公頃，厚度最厚可達5公尺，估算最古老藻礁的年代超過了7500年之久。

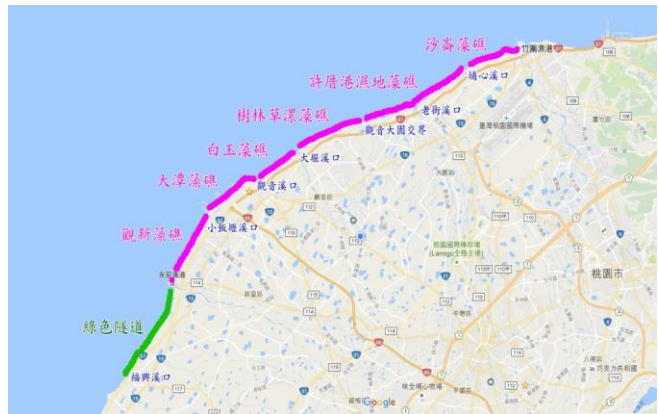


圖2-18 桃園藻礁分布地區

取自 <http://algalreef.weebly.com/> 官網

5. 生長環境

由於珊瑚礁生長快速，因此會在海水水質較好的海域快速形成，藻礁的生長速度極為緩慢，無法在好水質的區域快速形成，導致水質好的區域都被大量的珊瑚礁覆蓋無法形成藻礁，因此水質較為混濁、水溫較低的沿海地區沒有來自珊瑚礁快速生長的競爭，所以藻礁才能夠在此生長繁衍，經過數千年才造就出世界少有的地質景觀。

6. 特性與重要性

藻礁因本身表面凹凸不平多孔隙的關係，所以藻礁可以在大浪來襲時當作一個天然的消波塊可以有效防止大浪來襲時海浪的強度。而藻礁因為是多種藻類死亡後留下的石灰質經過長時間與週遭表層無脊椎動物粘結或膠合加上礦化作用，所形成富含碳酸鈣的生物礁體，所以藻礁就含有地質、地層、氣候變遷的密碼。

藻礁同時也擁有碳固定(Carbon fixation)的作用，在藻礁形成時，殼狀珊瑚藻會把游離鈣質固定於細胞壁中，同時也會將海水與空氣中的碳固定，形成藻礁後，這些碳便會被固定於藻礁之中，以減少海水中的碳，有降低海水酸化並維持健康海洋生態的功能。

藻礁被譽為「海洋生物的育嬰房」以及「基因保存庫」，因為藻礁多孔隙，所以是許多海洋生物的棲地，可讓一些小生物隱身孔隙中躲避天敵，藻礁表面附著的豐富藻類可供給部分生物食物，可維持生態界的平衡。

7. 危害藻礁的因素

根據珍愛桃園藻礁官網的資料指出，目前會危害藻礁的主要因素為下列三項：

(1) 海岸建設破壞

海岸建設的破壞非常致命，工程來時序要填海造地便會把藻礁活活掩埋，或是直接無情的將藻礁胡亂鏟挖後丟棄。而2007年中油在觀音保生里海岸對藻礁開膛剖肚等案件都對藻礁造成了無法抹滅的傷害。

(2) 工業廢水汙染

桃園市屬於工業大市，轄內合法登記及非法登記之廠方約有數萬家，早期發展經濟忽略對環境之影響。當時的工廠直接將廢水排放至附近河川並未經過適當的汙水處理，因此對環境造成了嚴重破壞，不只影響到藻礁，還會影響到整個台灣附近海域的生物生存。

(3) 淤沙掩埋

台灣每年的颱風會帶來大量的暴雨與淹水等災情，更是未因為強風導致海浪變大，帶來了更多泥沙進而活埋藻礁如圖2-19所示，藻礁億多孔隙的生態環境，多孔隙正是海洋生物的育嬰房。小魚小蝦長大後會游到附近魚場，但若是藻礁被掩埋，多孔隙環境將不復存在，此生態也將面臨沒落的危機。



圖2-19 被泥沙覆蓋的藻礁

取自 珍愛藻礁官網

8. 實地探訪與觀察

我們參加藻礁生態導覽的活動來初步認識藻礁如圖2-20 所示，導覽內容包括藻礁生態、藻礁歷史、藻礁分布面積、藻礁重要性、藻礁的危機及潮間帶生物等等。

根據專業導覽員所說，藻礁的年代久遠、生態系豐富，絕對是值得人類好好保護的重要地球資源。



圖2-20 藻礁生態導覽活動

9. 專家訪談

我們除了實地走訪參觀藻礁生態以外，更找到了這次藻礁公投案的發起人「潘忠政」為我們解答更多有關藻礁的問題，以及詢問他對於藻礁的看法：

(1) 對於藻礁的看法

潘老師認為，藻礁是世界的重要資產，更是代表了地球的物種多樣性，即使藻礁消失對我們沒有立即影響，但若藻礁消失了，便代表著環境遭到破壞，長期下來，這些區域的生物遭受影響，更會影響到我們的下一代，因此不只藻礁，整個環境的保育都是我們應該關注的。

(2) 三接的影響

即使三接工程外推，也會因為天然氣管線的架設形成一個封閉式的環境，封閉港便會影響到整個大潭藻礁地區海象，導致該區變得不利於藻礁發展，正是因為有現在這樣的特殊環境，才能孕育出如此美麗的藻礁群，整個桃園27公里的藻礁都是如此，不正是因為有這樣特殊的環境，我們才更應該重視它嗎？

而潘老師本人則表示，對於三接保持樂觀態度，他認為，石化業很可能在近20年全面廢除，因此三接工程有可能拆除，即使有一定的影響，但只要能夠拆除對於藻礁來說就是一件好事。

(3)接下來該如何更進一步的保育藻礁

潘老師認為，藻礁的存亡關乎於你我的未來，環境不會說話，因此不容易引起關注，所以我們才要去主動關心。

讓更多人了解到關於藻礁、生態、物種多樣的重要性，才是讓世界更美好的方法，也要大家願意與合力，才能讓藻礁以及生態長久留存。

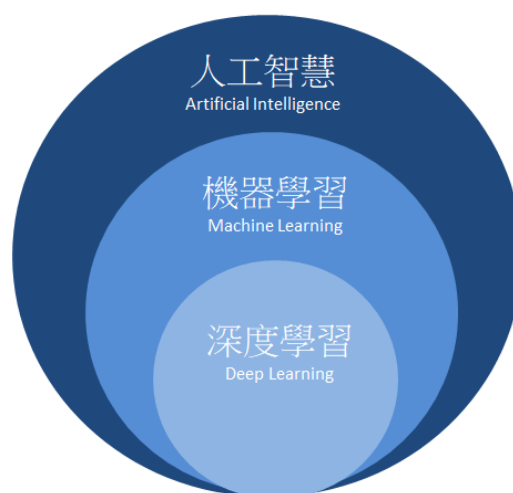
(二)人工智慧之探討

1.何謂人工智慧

人工智慧(artificial intelligence，以下簡稱AI)，是指由人工製作出來的機器所表現出來的智慧。通常人工智慧是指透過普通電腦程式來呈現人類智慧的技術。能夠代替人們完成重複性或是大量資料運算、整理、儲存等，且由於是使用電腦進行資料處理，因此能高效率的完成任務，目前的應用相當廣泛。

2.何謂深度學習

深度學習(deep learning)是機器學習底下的一個分支，如圖2-21所示，是一種以人工神經網路作為架構，對資料進行表徵學習的演算法。此技術是參考人類神經元的運作方式製作，目前已有許多深度學習的框架，包括深度神經網路、卷積神經網路等等，已被廣泛運用於電腦視覺、語音辨識、自然語言處理、音訊辨識、生物資訊學等領域並且取得了極好的成績。



(出自維基百科 自由的百科全書) 圖2-21 深度學習與人工智慧之關係圖

取自 www.wpgdadatong.com/ 官網

3. 深度學習之流程

深度學習分為兩個部分，訓練(train)以及測試(test)，先透過訓練程式來讓機器人進行深度學習**建立訓練模型**，之後再透過測試程式**讀取模型**並與拍攝畫面進行**比對**，達到視覺辨識效果。

而在訓練的內容正是必須**提前先整理**出來的，將要學習的資料進行蒐集和整理並**建立資料庫**(data base)，之後便能透過訓練程式將想要訓練的資料進行學習，**通常情況下**學習的效果則是取決於資料庫中**資料量的多寡**，資料愈多，學習的成效就愈好。



圖2-22 深度學習學時之流程

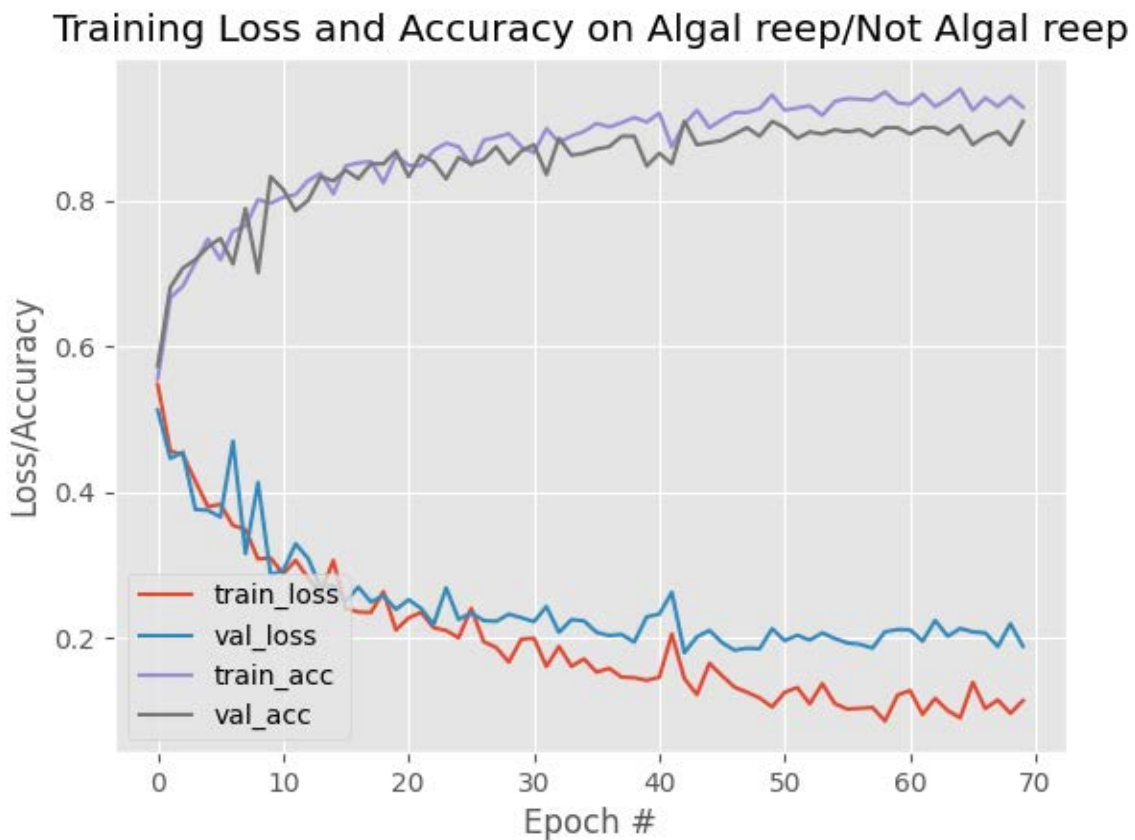


圖2-23 深度學習訓練圖表

4. LeNet深度學習架構

LeNet是由Yann LeCun於1989年提出的卷積神經網路架構(Convolutional Neural Network 以下簡稱CNN)，是最早的CNN之一。

現今LeNet通常泛指LeNet-5，是一種結構簡單的CNN架構，對於大型圖像處理有出色表現，CNN在圖像和語音辨識方面效果拔群。相比較其他深度、前饋神經網路，CNN所需要考量的參數更少，使其頗具吸引力。

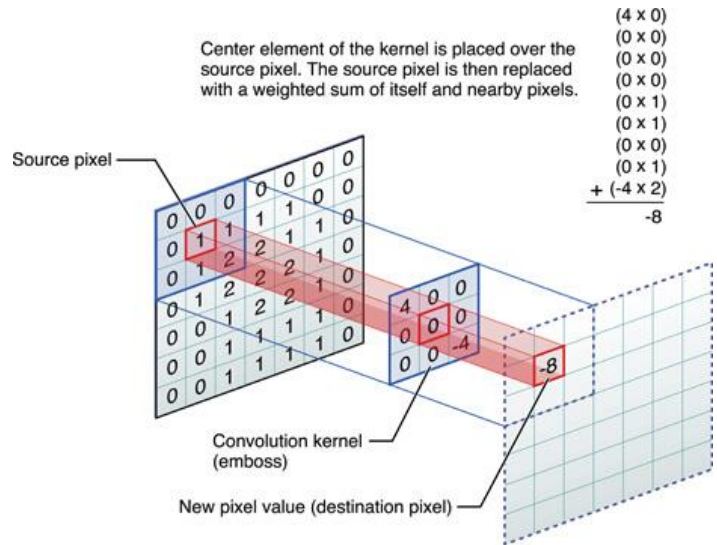


圖2-24 卷積核結構圖

取自 itread01.com/content/1544868842.html

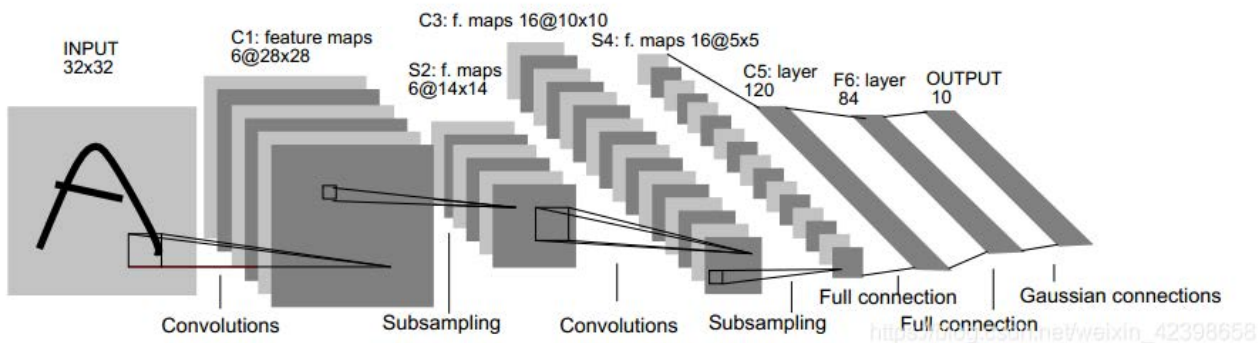


圖2-25 LeNet架構圖

取自 itread01.com/content/1544868842.html

LeNet架構有著運行快速、架構簡單、可支援樹梅派(Raspberry Pi)，但是他較為適合用於大型的圖像處理，且只能對整個圖像進行辨識與學習，是並不支援物件偵測(Object Detection)之演算法，因此無法同時辨識多種物件。

※由於上述原因，所以我們決定使用其他的演算法進行深度學習。

5. YOLO深度學習架構

You Only Look Once(簡稱YOLO)是關於物件偵測(Object Detection)的類神經網絡演算法，具備了輕量、依賴少、演算法效率高、背景辨識錯誤率低等特性。

YOLO從影像的輸入到輸出預測結果僅使用一個CNN來實現，因此速度很快，可同時預測多個**定界框(bounding-box)**並且針對每個box來計算物體的機率，YOLO的設計理念遵循端到端訓練和實時檢測。

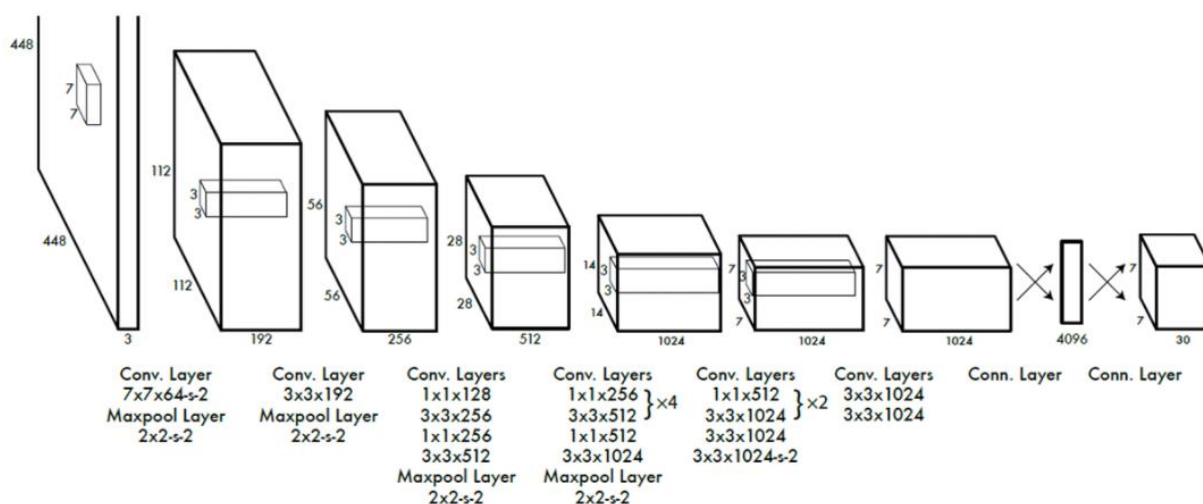


圖2-26 YOLO架構圖

辨識時，採取把畫面切割成多格進行物件追蹤以及辨識，可以同時辨識畫面中的多個物體如圖2-27、2-28 所示。

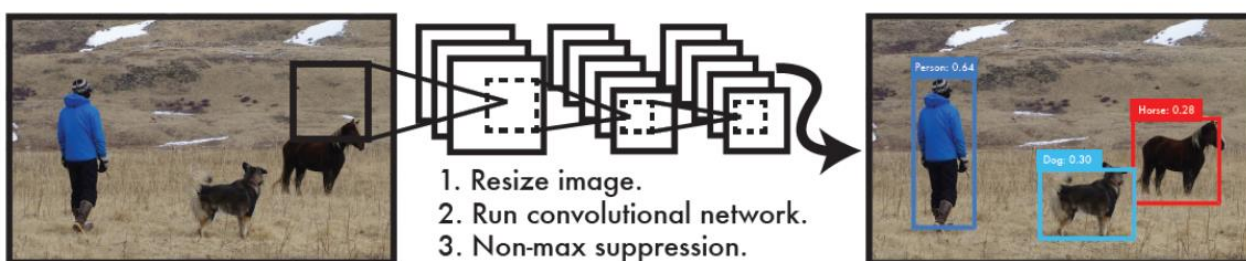


圖2-27 YOLO辨識流程圖

目前YOLO演算法已經出了五代(YOLOv1 ~ YOLOv5)，而v5相較於v4具有支援簡單、部屬容易、速度快、精度高、體積小等特性，且v5版本的演算法可支援樹梅派(Raspberry Pi)的使用。

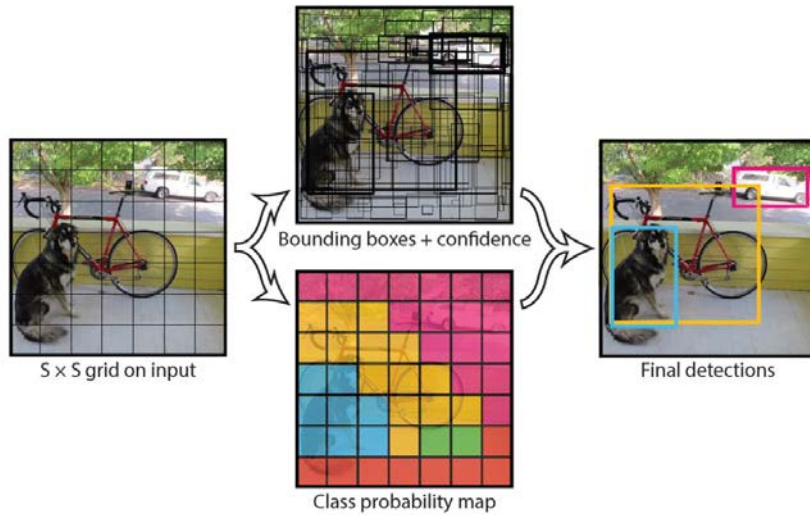


圖2-28 YOLO辨識架構圖(可支援bounding-box)

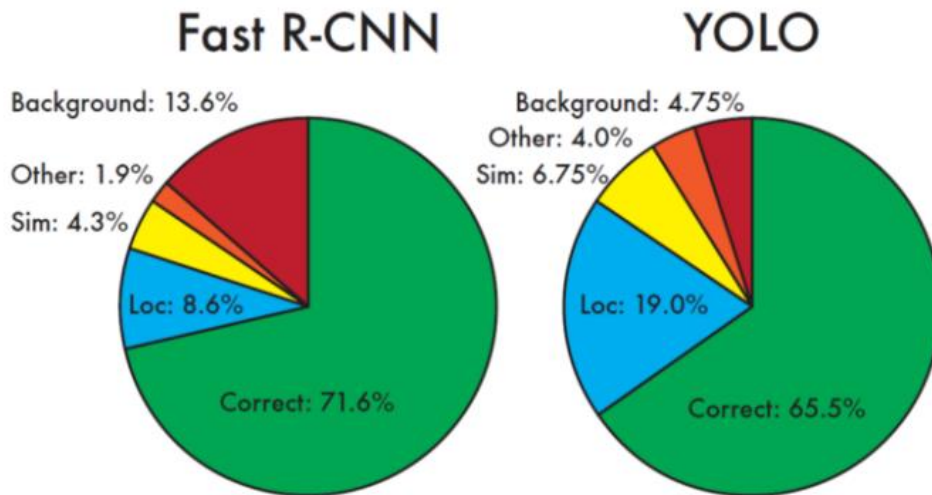


圖2-29 錯誤率與準確率分析Fast R-CNN vs. YOLO

YOLOv5很好的解決了LeNet的問題，且支援物件偵測與樹梅派，因次採用YOLOv5作為視覺辨識深度學習之演算法。

上述資料均取自

<https://medium.com/@chenchoulo/yolo-%E4%BB%8B%E7%B4%B9-4307e79524fe>

三、AI視覺辨識飛行藻礁監測無人機

(一)裝置基本介紹

1. 裝置設計理念

為了能夠幫助人們更有效的**觀察與研究藻礁**，因此我們製作出了這一台監測裝置，其設計理念如下：

- (1)輔助人們觀察與研究藻礁
- (2)作為定期巡邏機自動監測與紀錄藻礁狀況
- (3)減少人力並且有效的大範圍監測

2. 裝置設計

使用**四軸無人飛行器**作為裝置主體如圖2-30、2-31所示，使用**四軸飛行器**的好處如下：

- (1)可以在空中大範圍的進行監測
- (2)較為靈活可以輕易到達一般人難以到達的地方做檢測
- (3)在不會傷到藻礁的空中進行作業
- (4)可製作成水空兩用更加靈活

在**四軸飛行器**上加裝**視覺辨識鏡頭**、**樹梅派(Raspberry Pi)**、**水質感應器**、**Arduino**等檢測設備，並且使用**3D列印**製作飛行器底部的浮筒結構，將飛行器改裝成**水空兩用**。



圖2-30 飛行器正面照



圖2-31 飛行器測後面照

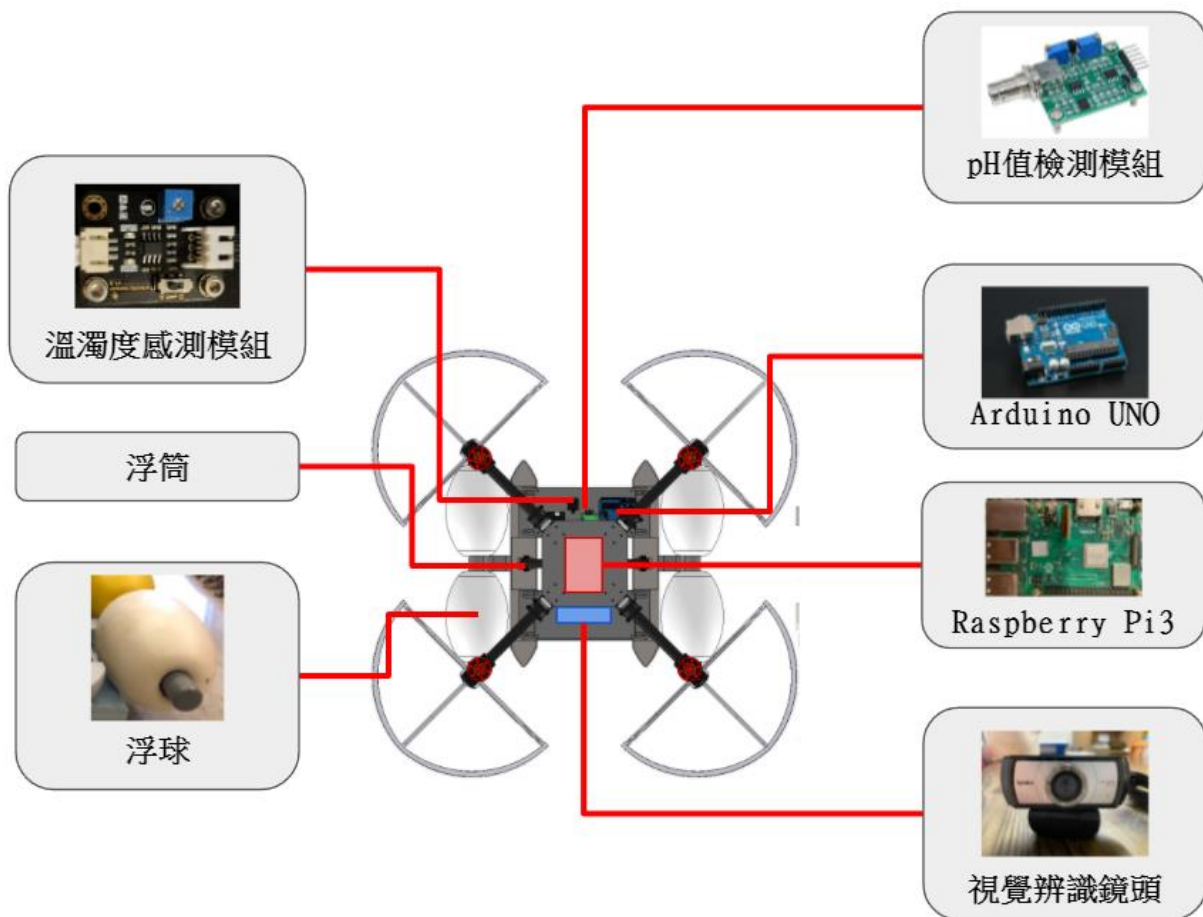


圖2-32 AI視覺辨識飛行藻礁監測無人機結構圖

(1) 視覺辨識系統

視覺辨識系統由兩個部分組成，分別是視覺辨識攝影鏡頭以及樹梅派如圖2-33所示，將上述兩者連接，樹梅派會接收攝影鏡頭所拍攝的畫面，再使用深度學習的測試(test)程式來進行視覺辨識的工作。

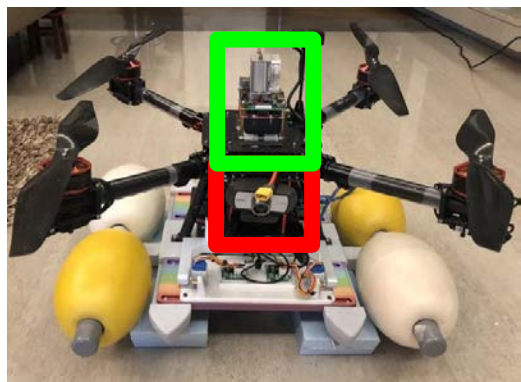


圖2-33 紅色為鏡頭，綠色為樹梅派

(2) 水質檢測系統

水質檢測系統是使用Arduino作為核心如圖2-32所示，可以偵測的水質包括溫度、濁度、pH值等，上述三種感應器會裝設在飛行器的底

部如圖2-34所示，當飛行器降落於海面上時便能進行水質檢測。三種感應與Arduino進行連接，透過Arduino將海水偵測數據回傳至樹梅派。

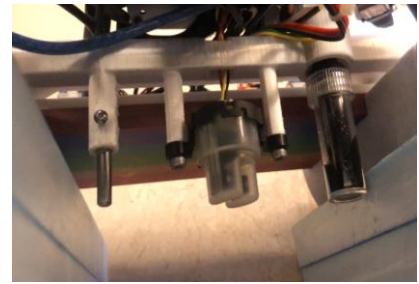


圖2-34 水質感測起探頭

3. 裝置系統架構

使用Python程式語言撰寫程式，雖然該專案會需要運用到大量的運算，而Python的運算速度卻不及C語言或是Java，但是由於Python在網路上的資源較為充足，因此選用Python撰寫。

整個裝置是使用樹梅派作為整個裝置的中央處理中心，由外部電腦將模型預先訓練完成，在放進樹梅派中執行測試程式，同時連接Arduino獲取水質訊息，將監測結果顯示並記錄。

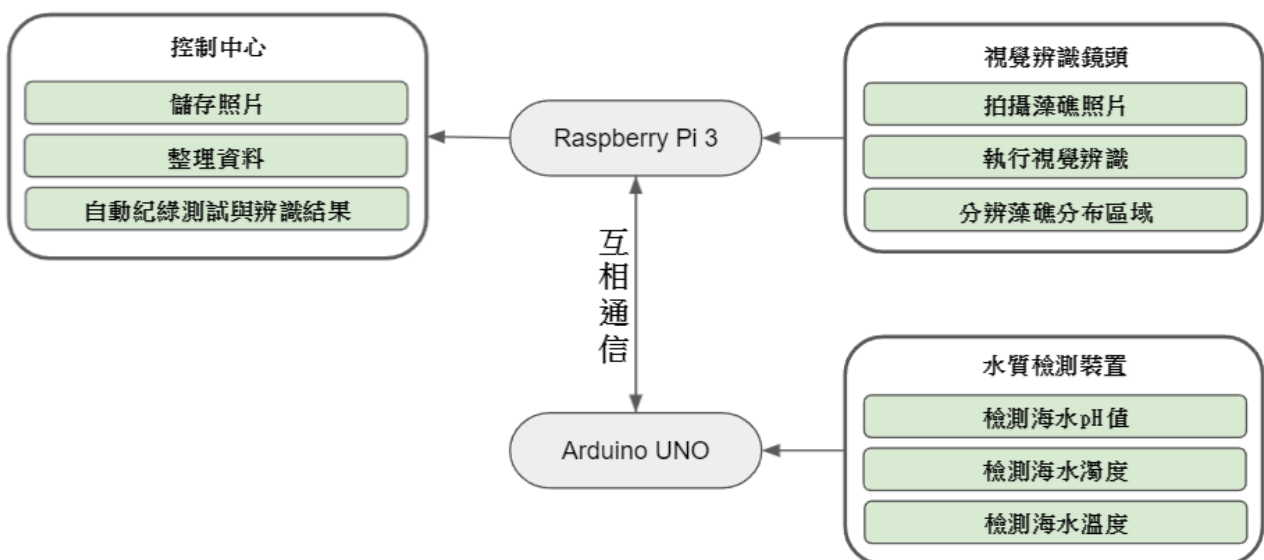


圖2-35 AI視覺辨識飛行藻礁監測無人機運作圖

四、研究架構圖

根據珍愛桃園藻礁官網指出，目前危害藻礁的最大因素為水質，海水水質會因為氣候、空氣物染、廢水不當排放等因素而改變，而水質會影響到造礁藻類(以下簡稱石灰藻)的生長與繁衍，因此本研究以石灰藻作為出發點，研究水質對於石灰藻的影響，其研究的構圖如圖2-36所示：

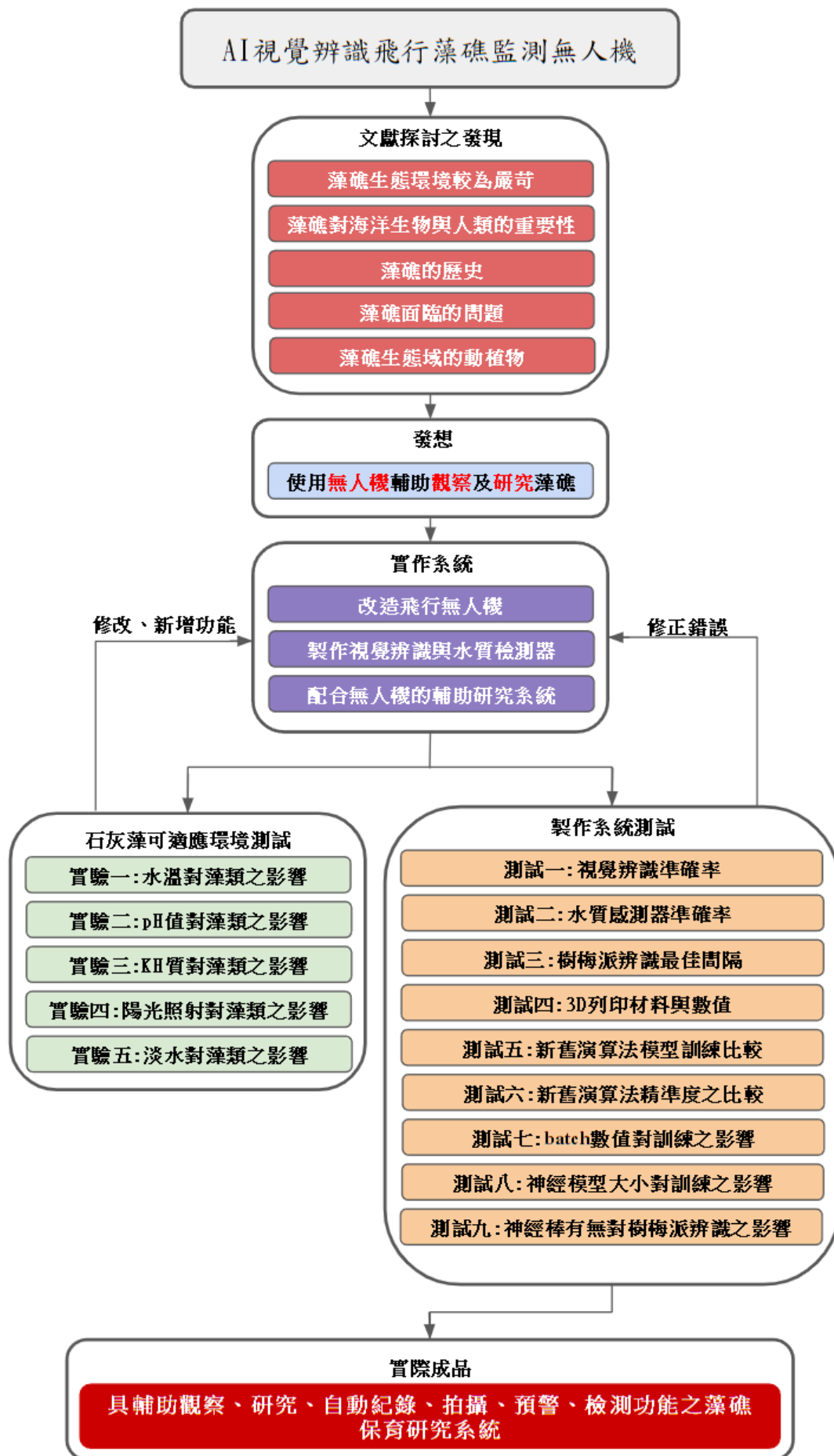


圖2-36 研究架構圖

五、實驗設計

(一)石灰藻實驗-水質對於「綠毛藻」之影響實驗

※以下實驗均使用觀新藻礁地區採集到的石灰藻類「綠毛藻」來進行實驗如圖2-37所示。



圖2-37 藻礁上的綠毛藻

實驗一:研究水溫對綠毛藻的影響

※熱帶與副熱帶海水水溫介於10-30度（依據地區不同而有所改變）

實驗設計:

將綠毛藻分別放入5個玻璃瓶中，並在瓶中各別加入150毫升的海水，讓5瓶水分別處於80°C、60°C、40°C、20°C、0°C觀察三周後綠毛藻的變化，並將實驗結果紀錄之。

實驗二:研究pH值對綠毛藻的影響

※正常海水pH值約介於7.8~8.5之間

實驗設計:

將綠毛藻分別放入6個瓶子中，並在6個瓶子中各別加入150毫升的海水，分別在6個瓶子中加入醋和小蘇打粉，讓瓶中海水的pH值各別處於4-5、5-6、6-7、7-8、8-9、9-10如圖2-38所示，觀察一週後綠毛藻的變化，並將實驗結果紀錄之。

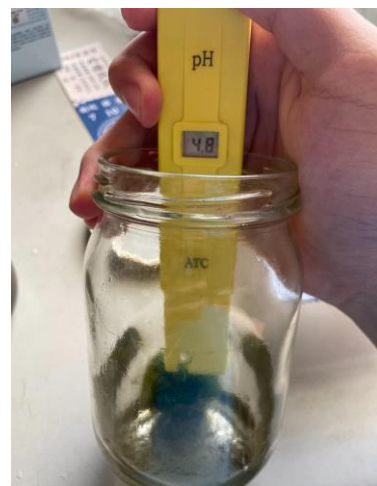


圖2-38 pH4.8的海水

實驗三：研究海水KH值對綠毛藻的影響

※正常海水KH值位於159-229ppm(約是8~12° dH)

實驗設計：

將綠毛藻分別放入5個瓶子中，並在5個瓶子中各別加入150毫升的海水，分別在5個瓶子中加入**碳酸鈉粉**(Na_2CO_3)如圖2-39所示，讓瓶中海水的KH值各別處於400ppm、300ppm、200ppm、100ppm，觀察一週後綠毛藻的變化，並將實驗結果紀錄之。



圖2-39 碳酸鈉粉

(二)環境對於綠毛藻的影響

實驗四：研究陽光對綠毛藻的影響

實驗設計：

將綠毛藻分別放入4個瓶子中，並在4個瓶子中各別加入150毫升的海水，並且將其中2個放置於**遠離陽光**的陰暗處如圖2-40所示，另外兩個則放置於**可照射到陽光**的地方如圖2-41所示，觀察綠毛藻兩週後的變化，並將實驗結果紀錄之。



圖2-40 放置於床底



圖2-41 放置於戶外

實驗五：研究淡水對綠毛藻的影響

實驗設計：

將綠毛藻分別放入4個瓶子中（為了確定實驗準確度，淡水和海水各做兩組），並在2個瓶中各別加入150毫升的海水，在剩下2個瓶子中各別加入150毫升的淡水，並且放置於遠離陽光的陰暗處，觀察一週後綠毛藻的變化，並將實驗結果紀錄之。

(三)AI視覺辨識飛行藻礁監測無人機測試

測試一：測試視覺辨識對於藻礁圖片的辨識度

※此測試使用LeNet演算法

測試設計：

先使用電腦執行測試程式，並使用藻礁圖片使其進行辨識如圖2-42所示，分別使用4張藻圖片、3張藻礁圖片、2張藻礁圖片，觀察其辨識準確率，接著使用樹梅派執行測試程式，同樣觀察其辨識準確率，並將測試結果紀錄之。



圖2-42 測試圖片

測試二：水質感測器感測之準確度

測試設計：

使用海水進行水質檢測準確度之測試實驗，先使用市售的水質感測器測量水質，在使用自己設計的水質檢測系統進行測量如圖2-43所示，將測試結果紀錄之。



圖2-43 水質檢測計測試圖

測試三: 樹梅派的最佳辨識間隔

※此測試使用LeNet演算法

※由於樹梅派的**硬體效能不及電腦**，無法隨時進行視覺辨識，若不訂定一個辨識間隔，會導致樹梅派的辨識**影像卡頓**，且長時間滿載運行可能導致**硬體故障**或是加速**硬體老化**等問題。

測試設計:

設定程式碼，將**調整樹梅派的視覺辨識間隔時間**，測試間隔時間以**秒為單位**(以下使用s)，測試包括0.1s、0.5s、1s、1.5s、2s、3s、4s、5s、6s、7s、8s，找到**最高效率**同時又符合樹梅派**硬體效能**之間隔，以確保長時間工作的**穩定性**，將測試結果紀錄之。

測試四: 水空兩用之浮筒3D列印參數

測試設計:

使用3D列印製作水空兩用之浮筒，找出最**適合製作與方便使用**之參數，參數項目包括線材溫度、列印密度、列印速度、支撐角度等，找到能夠滿足以下需求之參數：

1. 列印快速，應付需要**更換列印件**之情況
2. 方便拆除支架，提高**工作效率**
3. 浮筒質量高且耐用，**不容易損壞**
4. 浮筒要夠**輕盈**

找出符合以上條件之參數，並且將測試結果紀錄之。

測試五: LeNet與YOLOv5模型訓練時間之比較

測試設計:

使用LeNet與YOLOv5兩套深度學習演算法，在**相同條件**下進行模型訓練，控制變因包括**訓練圖像數量**、Epoch(**疊代次數**:專有名詞，意同**訓練次數**)、**電腦硬體設備**等，執行5至10次**取最好成績及平均值**，並將測試結果紀錄之。

測試六: LeNet與YOLOv5演算法辨識準確度之比較

測試設計:

使用LeNet與YOLOv5兩套深度學習演算法，在相同條件下進行影像辨識測試，控制變因包括場地燈光、背景、攝影機解析度、訓練模型的條件相同、圖片等，共辨識10~30張圖片，計算其辨識準確度與誤差值，並將測試結果紀錄之。

測試七: YOLOv5演算法batch-size對訓練之影響

測試設計:

使用YOLOv5演算法，在相同條件下進行深度學習模型之訓練，並改變batch-size(同時訓練神經元之數量)，並計算其對訓練時間(time)、精準度(Precision)、回傳率(Recall)等數據之影響，同時記錄電腦最大可承受之batch-size數值，batch-size數值包括1、2、3、4、5、6、7、8、16等，並將測試結果紀錄之。

測試八: YOLOv5不同大小神經模型之訓練時間以及精準度比較

測試設計:

使用YOLOv5演算法，在相同條件下進行深度學習模型之訓練，並改變訓練神經模型之大小，分別為YOLOv5s、YOLOv5m、YOLOv5l(上述分別對應小、中、大)，比較三者之訓練時間以及精準度，並將測試結果紀錄之。

測試九: 樹梅派辨識時運算神經棒有無之影響

測試設計:

使用樹梅派運行YOLOv5的視覺辨識程式，再相同條件下，觀察有無神經棒對樹梅派辨識之影響，包括辨識準確度、有無卡頓、開啟程式所需時間、每秒幀數等、並將實驗結果紀錄之。

※由於更改深度學習之演算法，因此新增許多關於新舊演算法之測試與比較，以便未來尋找更適合之演算法，上述兩種演算法介紹與差異都已在第14、15頁的文獻探討之部分進行了初步之介紹。

參、研究結果與討論

一、了解藻礁對於海洋生物與人類之重要性

藻礁的**生長速度極為緩慢**，需在水溫較低水較混濁的地方形成，藻礁含有地質、地層、氣候變遷的**密碼**，被譽為「**海洋生物的育嬰房**」以及「**基因保存庫**」，是許多海洋生物的**棲息地**，棲息生物包括寄居蟹、螺貝類、白海豚、紅肉丫髻鮫、螃蟹類等，甚至還在藻礁中發現了一級保育類珊瑚「**柴山多杯孔珊瑚**」。

二、了解海水環境對於石灰藻類的影響

藻礁通常都生長在**水溫較低、較混濁**的地帶，比珊瑚礁的生態來的**嚴苛**。

台灣每年的**颱風**天都會帶來大量的**暴風雨**，導致海浪變大帶來更多的泥沙將藻礁**多孔隙掩埋**如圖2-19，導致許多海洋小物無法避難導致生態**面臨沒落**危機。

在早期，有許多的工廠都將**廢水排放**至河川流入大海，導致沿海重金屬汙染相當嚴重，影響到藻礁的生存環境導致藻礁**白化死亡**如圖3-1所示。



圖3-1 桃園觀音藻礁白化死亡

取自 <https://www.flickr.com/>官網

三、實驗結果與發現

我們對於造礁藻類**石灰藻**進行了一系列的**實驗**，實驗內容包括海水pH值、KH值、溫度、混濁度、淡水適應性等，以探討**海水水質**對於石灰藻類的**影響**，以了解海水的水質是否為**影響藻礁**以及**藻礁生態域**的**生存**。以下為我們的過程與結果。

根據**海洋保育屬(OAC)網站**的資料指出以及呈上敘述可知，藻礁的生存環境與水質其實相較於珊瑚礁的環境更為**嚴苛**，由此可知，藻礁對於生存環境的水質的要求並沒有向珊瑚這麼高，所以這些實驗的目的是除了想要更了解藻礁對於的**生存環境**的要求以外，也希望能夠找到藻礁對於生存環境嚴苛程度的**耐受性極限**。



圖3-2 從冰箱取出冰海水

在實驗一中，我們將綠毛藻放置在有150毫升的海水中，並將玻璃罐放進**冰箱冷藏庫**中**24小時**，隔天測量溫度，溫度為**8°C**，如圖3-2所示。每天固定時間觀察以及拍照紀錄水溫以及綠毛藻之變化。

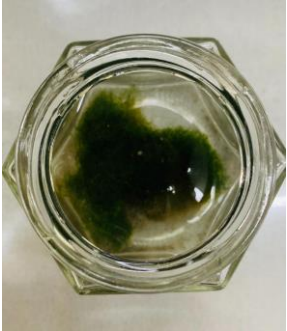

三周裡，水溫都介於**6至9°C**之間，最高**不超過10°C**，綠毛藻本身變化不大，僅有顏色較三周之前更加**黯淡**如表3-1所示，可以發現兩組實驗的綠毛藻在三周之後顏色都較三周前**稍微黯淡**了一些(兩者都是在藻類**經過沖洗**去除泥沙後的照片)。

表3-1 實驗前與實驗三周後的綠毛藻的情況

實驗前		
	7°C (冰海水01)	7°C (冰海水01)
	鮮綠色 結構緊實	鮮綠色 結構緊實
實驗後		
	7°C (冰海水02)	7°C (冰海水02)
	顏色稍微黯淡 結構微微鬆散	顏色稍微黯淡 結構微微鬆散





而結構部分則是，實驗前的綠毛藻非常**緊密結實**，用手較**難分離**，而三周後的綠毛藻則是變得**鬆散**，可輕易用手分離，許多原本處於根部的**泥沙開始掉落**，如表3-2所示。





表3-2 實驗前後泥沙量比較

	
三周前泥沙較少	三周後泥沙明顯增加

我們將綠毛藻放入**熱水**中，並使用**保溫箱**維持水溫，每天**固定時間**觀察以及**拍照紀錄**水溫以及綠毛藻之變化。結果而如表3-3所示，放置於溫度超過**40°C**的水中的綠毛藻都呈現**退色死亡**的狀態，且**結構鬆散**，而常溫的則**沒有明顯外觀變化**。

表3-3 高溫海水實驗前後綠毛藻情況





實驗前				
	24°C (常溫海水01)	24°C (常溫海水02)	60°C	80°C
	鮮綠色 結構緊實	鮮綠色 結構緊實	鮮綠色 結構緊實	鮮綠色 結構緊實


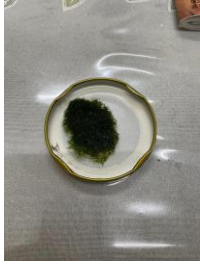


實驗後				
	24°C (常溫海水01)	24°C (常溫海水02)	60°C	80°C
	顏色稍微黯淡 結構微微鬆散	顏色稍微黯淡 結構微微鬆散	退色死亡 結構非常鬆散	退色死亡 結構非常鬆散

另外，根據實驗五的結果來看，藻類分別放在淡水與海水的罐子裡，並遠離太陽，處於常溫狀態(約24~25°C之間)，實驗後，在淡水中的藻類並沒有明顯變化，顏色跟實驗前相比略顯黯淡，如表3-4所示，相較於海水，淡水中的綠毛藻顏色更加黯淡，且變得稍微鬆散，原本沒有沙子的淡水罐子裡也變得愈來愈多沙子。

有上述內容可知，淡水可能並不適合綠毛藻生長，並且淡水中的礦物質含量較海水更低，因此若是讓綠毛藻生長在淡水中也將會因為水中的游離鈣質不足，進而導致無法形成藻礁的情況發生。

表3-4 實驗五實驗前後綠毛藻之情況比較



實驗前				
	24°C (常溫海水01)	24°C (常溫淡水01)	24°C (常溫海水02)	24°C (常溫淡水02)
	鮮綠色 結構緊實	鮮綠色 結構緊實	鮮綠色 結構緊實	鮮綠色 結構緊實

實驗後				
	24°C (常溫海水01)	24°C (常溫淡水01)	24°C (常溫海水02)	24°C (常溫淡水02)
	顏色稍微黯淡 結構微微鬆散	顏色稍微黯淡 結構微微鬆散	顏色稍微黯淡 結構微微鬆散	顏色稍微黯淡 結構微微鬆散

另外，冰的淡水一樣會讓綠毛藻的顏色變淡，差別在於時間。

實驗開始時，綠毛藻的都呈現鮮綠色，而在實驗的第五天時，冰淡水的綠毛藻就呈現了常溫淡水的綠毛藻三周後的顏色與結構如表3-5所示，因此可以推斷，溫度會加快綠毛藻的死亡。



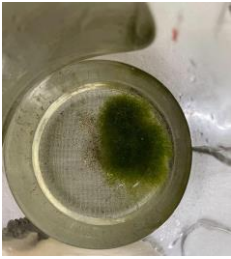

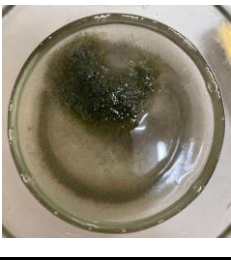





表3-5 實驗五天候冰淡水的比較圖

	
三周前泥沙少顏色鮮綠 (冰淡水)	三周後泥沙多顏色較淡 (冰淡水)

在實驗二中，我們將綠毛藻放入不同pH值的海水中進行研究以及觀察，每天會進行pH值量測、溫度測量、綠毛藻外觀觀察、結果紀錄、照相。

將綠毛藻放入酸性以及鹼性的水中，讓其浸泡三周時間並且都遠離陽光，實驗結果如下表3-6所示。









表3-6 pH值對於綠藻之影響表

實驗開始前圖片	實驗結束後圖片	pH值及溫度	最終狀態	死亡時間
		pH值:4.8 溫度:24~25°C	死亡 退色 結構鬆散	實驗開始第二天
		pH值:6.1 溫度:24~25°C	死亡 退色 結構鬆散	實驗開始第四天
		pH值:7.8 溫度:24~25°C	存活 顏色稍微黯淡 結構微微鬆散	並未死亡
		pH值:9.6 溫度:24~25°C	存活 顏色稍微黯淡 結構稍微鬆散	並未死亡
		pH值:11.7 溫度:24~25°C	死亡 退色 結構鬆散	實驗開始第五天

在實驗三中，我們將綠毛藻放入不同KH值的海水中進行研究以及觀察，每天會進行KH值量測、溫度測量、綠毛藻外觀觀察、結果紀錄、照相。

KH是海水碳酸鹽的硬度，單位是ppm(德式單位為°dH，1°dH≐17.6ppm)，海水的正常的KH值大約是159到229ppm(屬於適中硬水)將綠毛藻放入不同KH值的水中三周，研究以及觀察其變化。結果如表3-7所示。

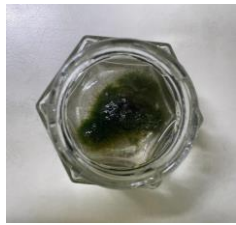
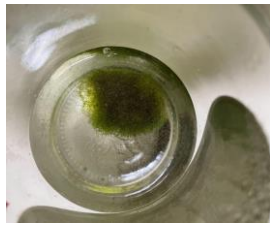






表3-7 KH值實驗前後比較表

實驗開始前圖片	實驗結束後圖片	KH值及溫度	最終狀態	死亡時間
		155.3ppm 軟水 溫度:24~25°C	存活 顏色稍微黯淡 結構稍微鬆散 pH:6.1	實驗開始後16天 看出明顯退色 實驗開始後19天 完全退色死亡
		286.4ppm 中硬水 溫度:24~25°C	存活 顏色稍微黯淡 結構稍微鬆散 pH:7.9	未死亡
		350.1ppm 硬水 溫度:24~25°C	存活 顏色黯淡 結構鬆散 pH:8.1	未死亡
		447.5ppm 強硬水 溫度:24~25°C	存活 退色 結構鬆散 pH:8.4	未死亡

由上面的結果表可知KH值過低會使水更快變酸導致綠毛藻死亡的，但是水的硬度處於中硬水到硬水之間的話，綠毛藻依然可以承受，有此可知，綠毛藻對於KH的要求並沒有太高，若是過低影響到pH的話依舊有辦法存活。

在實驗四中，我們將綠毛藻放入海水中並一個放在太陽下讓其能夠接觸到陽光，一個放置在床底下遠離陽光，進行研究以及觀察，每天固定同一時間進行觀察、紀錄以及拍照，實驗結果如表3-8所示。

表3-8 是否由陽光實驗之對照表

實驗前				
	25°C (有陽光01)	25°C (有陽光02)	25°C (沒有陽光01)	25°C (沒有陽光02)
	鮮綠色 結構緊實	鮮綠色 結構緊實	鮮綠色 結構緊實	鮮綠色 結構緊實
實驗後				
	25°C (有陽光01)	25°C (有陽光02)	25°C (沒有陽光01)	25°C (沒有陽光02)
	顏色稍微黯淡 結構微微鬆散	顏色稍微黯淡 結構微微鬆散	顏色稍微黯淡 結構鬆散	顏色稍微黯淡 結構鬆散

兩周後，沒有照射到陽光的綠毛藻和實驗開始前並沒有太大的變化，但是明顯水裡的沙子變多，而有照射陽光的綠毛藻的水的沙子並沒有這麼多，由此可以推斷，太陽光的照射會影響綠毛藻的根的緊實度。

四、AI視覺辨識飛行藻礁監測無人機結果

在測試一當中，我們讓機器人同時辨識四張圖片，這是在模擬實際情況時能夠分區進行藻礁的檢測，便能自動推測出有問題的藻礁。辨識結果如表 3-9所示。

我們準備了十種不同圖片讓它進行辨識，經計算，辨識率高達90%，相當精準。

我們製作的視覺辨識系統可以同時辨識四個區塊，並且每個區塊都是獨立的，它能辨識出三種結果，藻礁、公路、不是藻礁，當然，還能持續增加辨識物體的資料，而根據上表的結果可知，辨識都是正確的，因此辨識的準確率是沒有問題的。

表3-9 圖片測試結果



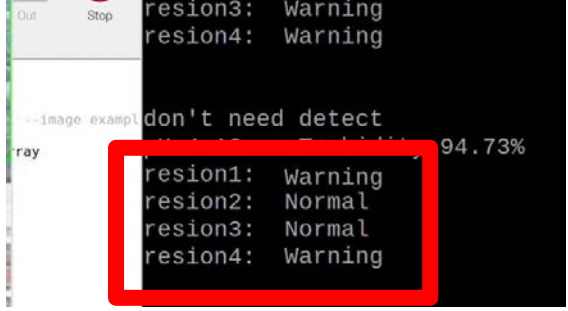
		
<p>四張藻礁圖片 辨識正確 全部辨識為藻礁</p>	<p>三張藻礁照片 辨識正確 道路圖片辨識為道路</p>	<p>三張藻礁照片 辨識正確 道路圖片辨識為道路 狗圖片辨識為不是藻礁</p>

表3-10 視覺辨識實際測試結果

	
<p>視覺辨識畫面</p>	<p>回報辨識數據</p>

便是順序是左上角為1號，右上角為2號，左下角為3號，右下角為4號，如表3-10 所示，拍攝畫面1號與4號部是藻礁，因此回傳的訊息顯示1號與4號區域是錯誤(Warning)。

在測試二中，我們使用兩個測試器去檢測海水水質，一個是市面販售的水質檢測器，另一個是我們自行使用Arduino製作的自製感應器，使用這種方法來監測我們自製的檢測器的檢測準確度，首先是先確定檢測器運作正常，結果如表3-11所示，水質感應器的運作正常，加入白醋後pH值正常下降等。

表3-11 水質顯示測試圖表

<p>正常海水</p>	<p>酸海水 pH數值下降</p>
<p>混濁海水 混濁度數值上升</p>	<p>冰海水 水溫數值下降</p>

測試完自製的水質感應器，並確定運作正常後，便開始著手測試自製水質檢測器的準確率，測試結果如表3-12、3-13所示。

會先使用淡水進行測試以及調整，水的溫度會影響pH值檢測，因此以下的pH檢測與測試皆已25°C的淡水進行測試。pH值的誤差不超過0.1，而溫度誤差則不超過0.2°C如表3-12所示，兩者誤差都屬於可接受範圍。

※所有總測試次數均為5次

表3-12 淡水水質測試準確率

市售pH值檢測筆	自製系統pH值檢測	市售溫度計	自製系統檢測
4.1	4.1	-11.0°C	-11.2°C
5.3	5.2	0.4°C	0.2°C
6.2	6.2	10.6°C	10.4°C
7.5	7.5	23.4°C	23.3°C
8.4	8.5	30.9°C	31.1°C
9.7	9.6	40.1°C	40.1°C

10.1	10.0	52.0°C	52.0°C
11.3	11.3	64.2°C	64.3°C

海水的pH值誤差不超過0.2，而溫度誤差不超過0.2°C，兩者誤差值都屬於可接受範圍，如表3-12所示。

※所有總測試次數均為5次

表3-13 海水水質測試準確率

市售pH值檢測筆	自製系統pH值檢測	市售溫度計	自製系統檢測
4.1	.0	-10.6°C	-10.7°C
5.8	5.8	0.7°C	0.7°C
6.9	7.0	12.4°C	12.4°C
7.1	7.2	20.4°C	20.3°C
8.4	8.4	31°C	31.1°C
9.0	8.9	46.1°C	46.1°C
10.2	10.3	52.0°C	51.9°C
11.0	10.9	61.1°C	60.9°C

海水pH值檢測誤差

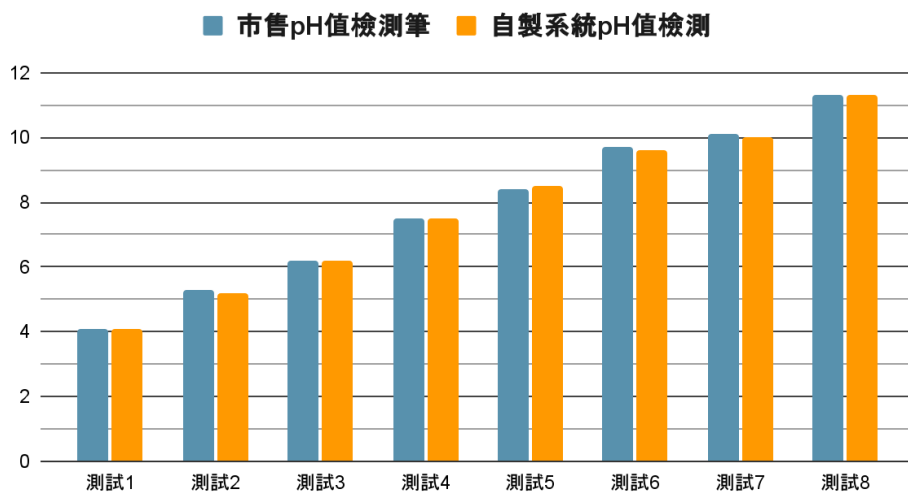


圖3-3 海水pH值檢測誤差值 柱狀圖

海水水溫檢測誤差

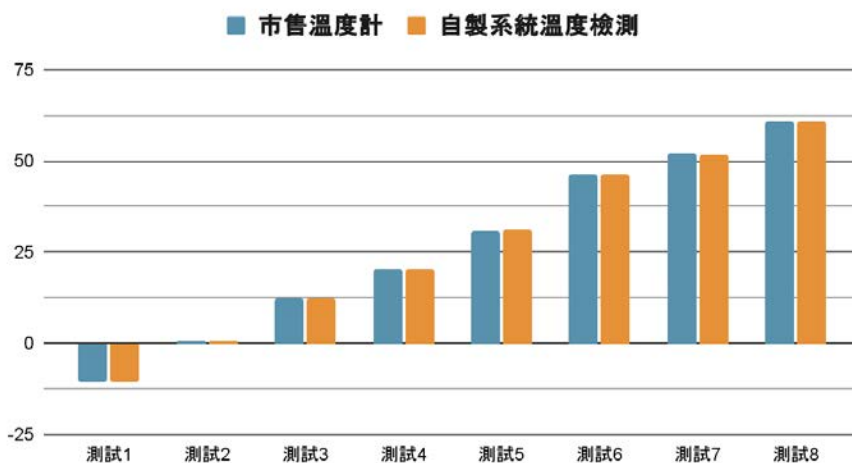


圖3-4 海水水溫檢測誤差值 柱狀圖

表3-14 pH值實際測試畫面

<p>pH值檢測筆測出pH6.2</p>	<p>自製pH值測試結果為6.2</p>

在水濁度測試的部分，我們使用太白粉將水用混濁，同樣使用兩種水，淡水與海水進行測試。

水濁度測試結果如表3-15所示，我們以20%作為區間，分別測試20%、40%、60%、80%之間的濁度感測。

而測試結果顯示，自製的水質感應器，在濁度測試方面，誤差值約在1%左右，屬於可接受範圍。

※所有總測試次數均為5次

表3-15 濁度檢測結果(左邊為淡水，右邊為海水)

市售濁度感測筆	自製濁度感測器	市售濁度感測筆	自製濁度感測器
22%	21%	21%	22%

41%	42%	40%	39%
64%	64%	62%	61%
83%	84%	81%	81%

海水濁度監測誤差

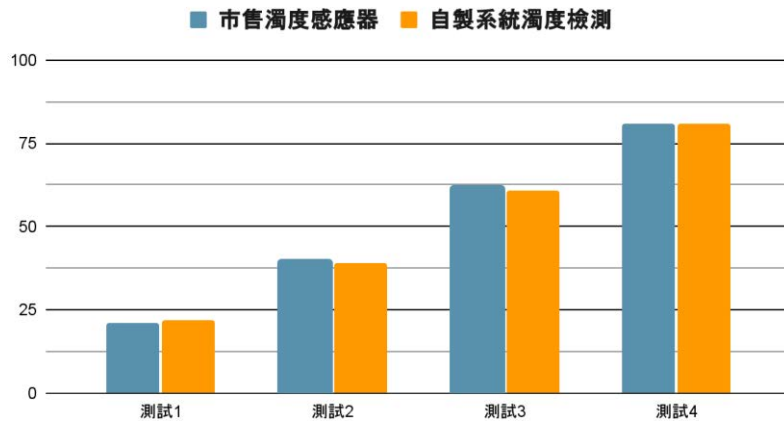


圖3-5 海水濁度檢測誤差值 柱狀圖

由於我們發現，樹梅派的**硬體無法負荷**即時的不間斷辨識，因此我們設計了**測試三**來確認何種**辨識間隔**是對於樹梅派來說**最適合**的。

由於樹梅派辨識需要時間，因此辨識間格需要再**加上辨識時間**進行計算已得出正確的**總辨識間隔**時間，已決定最適合的間隔。

我們使用**計時器**來計算程式運行的時間如圖3-6、3-7所示，進而達到辨識時間間隔的效果。

```
73 t_start = time.time()
```

圖3-6 計時器開始指令碼

```
150 t_end = time.time()
151 timer = (t_end - t_start) + timer
```

圖3-7 計時器停止與計算時間指令碼

而我們使用**秒作為單位**(以下以s簡稱)，我們使用了0.1s、0.5s、1s、1.5s、2s、3s、4s、5s、6s、7s、8s等數值進行測試，測試結果如表3-16所示。

表3-16 間隔時間與其影響對照表

間隔時間	辨識時間	辨識總時間	備註
0.1s	4.3s	4.4s	間隔時間過短，並沒有減輕樹梅派硬體壓力的實際用途
0.5s	4.2s	4.7s	間隔時間過短，並沒有減輕樹梅派硬體壓力的實際用途
1s	4.2s	5.2	畫面開始有一部分規律的順暢，但整體來說卡頓時間較長
1.5s	3.8s	5.3	畫面開始有一部分規律的順暢，但整體來說卡頓時間較長
2s	3.9s	5.9	畫面的順暢時間還是略短於辨識時間，但因為間隔拉長，樹梅派不需要同時處理上一張的資料，因此辨識時間變快
3s	3.6	6.6	畫面的順暢時間與辨識時間基本一致，整體來說好很多
4s	3.8	7.8	順暢時間大於辨識時間一些些，且辨識時間也比剛開始短了許多，滿適合樹梅派的硬體需求與觀測的方便性
5s	3.4	8.4	順暢時間已經開始大於辨識時間很多了，整體看起來順暢時間稍微久了一點
6s	2.7	8.7	辨識的時間很短，雖然是好事，但間隔太長，可能會漏記錄一些資訊
7s	2.4	9.4	間隔太長，有可能會漏記錄一些資訊
8s	2.3	10.3	間隔太長，非常有可能會漏記錄一些資訊

由上表我們可知，較為適合的間隔時間位於3到5s左右，就最好的體感間隔是在約4s，3s感覺有點過快，而5s則較為緩慢可能會有沒記錄到訊息的問題。

我們想要使用3D列印製作水上使用的浮筒，因此需要找出最適合製作浮筒的3D列印參數，所以設計了測試四，用於找出最適合之參數，結果如表3-17所示。

表3-17 3D列印浮筒參數比較表

參數名稱	參數值1	參數值2	參數值3
品質(單層厚度)	層高:0.1	層高:0.2	層高:0.3
	品質:高 列印時間:長 (最終使用)	品質:中等 列印時間:短	品質:極低 列印時間:極短 (容易失敗)
填充(列印密度)	5%	10%	50%
	強度:低 列印時間:短	強度:中等 列印時間:短 (最終使用)	強度:高 列印時間:長 (物件較重)
列印速度	30mm/s	50mm/s	80mm/s
	品質:中等 列印時間:長 (慢速列印適合用在軟性材料)	品質:高 列印時間:短 (最終使用)	品質:低 列印時間:極短 (失敗率高) (易造成機器損壞)
支撐角度	40°	60°	75°
	成功率:高 支撐量:多 (事後處理麻煩)	成功率:中高 支撐量:較多	成功率:較低 支撐量:少 (事後處理較容易) (最終使用)
線材溫度	材質:PLA 180°C	材質:PLA 200°C	材質:PLA 220°C
	品質:高 強度:極低 (噴頭易堵料)	品質:中等 強度:高 (最終使用)	品質:低 強度:極高 (列印時易起泡)
線材流量	100%	120%	140%
	品質:高 強度:低 (部分料可能出現出料不足的情況)	品質:中等 強度:高 (最終使用)	品質:低 強度:高 (噴頭易堵料)

我們使用幾個較為重要之參數做為調整的目標，並找到了最適合的參數，以達成以下條件：

- (一)列印時間短
- (二)品質高
- (三)強度高
- (四)重量輕
- (五)方便加工

非常適合我們所設計的無人機使用，也因為具有列印時間短的特性，未來想要大量的生產或是急需更換零件也是可行的。

測試五到測試八均為對於YOLO演算法的測試，因此均採用相同硬體設備進行測試與紀錄，以下為測試用電腦之規格：

※下列實驗電腦均採用以下規格：

CPU: Intel® Core™ i5-11300H Processor 3.1 GHz

GPU: NVIDIA® GeForce RTX™ 3050 4GB GDDR6 Laptop

RAM: 16GB DDR4 on board

在相同條件下比較新舊演算法之模型訓練所需時間，總共訓練10次，每次條件均相同的情況，取訓練的平均時間作為參考，以下是測試的控制變因：

- (一)images(圖片數量):104張
- (二)Epochs(疊代次數):50次
- (三)labels(標籤數量):142個(藻礁標籤)

※labels數值只適用於YOLOv5演算法，LeNet因為是對於整張圖片進行學習因此並不需要labels數值

※以下時間單位為秒(second)

表3-18 LeNet與YOLO模型訓練時間比較表

次數	LeNet	YOLOv5
1	145.088s	637.2s
2	145.523s	644.4s
3	146.316s	658.8s

4	145.516s	655.2s
5	145.698s	982.8s
6	145.351s	658.8s
7	145.983s	666s
8	145.946s	651.6s
9	145.708s	648s
10	145.48s	651.6s
best	145.088s	637.3s
average	145.6609s	685.08s
precision	0.894	0.81

由於LeNet演算法屬於結構簡單之早期的深度學習演算法，且在模型訓練時，只需對整張圖片進行辨識與學習，因此模型訓練的時間遠遠小於現代化且結構複雜的YOLOv5演算法如表3-18所示。

另外LeNet演算法需要較大量的資料進行學習，才能有效的提高精準度，而YOLOv5則可以在較為有限的數據中，達到最佳之精準度與運行效率。

我們在相同環境下，使用LeNet和YOLOv5進行圖片辨識，環境條件包括光源、距離、背景、聚焦、圖片等，比較兩個演算法的辨識精準度，而結果如表3-19所示。

※由於電腦屬於2進位的系統，因此對於電腦來說，精準度1代表精準度100%，所以只須把精準度乘以100便能得出精準度之百分比

表3-19 LeNet與YOLOv5精準度之比較

LeNet	YOLOv5
	
精準度:0.8044	精準度:0.87

由表3-19 可得知，在相同條件之下，YOLOv5演算法的精準度較高，且可以清楚的標示出物體的位置，而LeNet無法標示出不體位置，只能夠診個畫面進行辨識，故LeNet無法計算物體所占面積，LeNet辨識之精準度也會因為辨識目標佔畫面的比例而受到一定程度之影響。

※由於LeNet本身並不支援較高的解析度，因此在上表中的LeNet圖片解析度較YOLOv5來說更低

以下測試七中，我們在相同條件下進行模型訓練，並且改變訓練時的batch-size的數值，從1~16(YOLOv5默認值16)，所有控制變因如下：

- (一)images(圖片):128張
- (二)labels(標籤):929個
- (三)Epochs(疊代次數):50次

表3-20 batch-size對模型訓練時間之影響

batch	time(second)	Precision	Recall	備註
1	696.2	0.85	0.7	時間慢，精準度低，不採用
2	484.5	0.85	0.8	較1快很多，精準度有提升空間
3	417.6	0.86	0.85	較2快很多，精準度有提升空間
4	438.5	0.9	0.85	速度變慢，但精準度上升

5	384.5	0.89	0.86	快很多，精準度高，較適合使用
6	無	無	無	無法支援CUDA
7	370.8	0.89	0.86	跟5比起來並沒有快很多，精準度也差不多，對電腦負擔最大
8	無	無	無	超出記憶體大小無法運行
16	無	無	無	超出記憶體大小無法運行

以上數據都經過五次測試取平均值得出，最終決定batch-size採用5，精準度夠高，且速度相較於4有很明顯的提升如表3-20所示，但7對電腦負擔太大，因此不採用。

實測不同大小的YOLOv5模型所訓練出來的精準度，比較哪一個大小的神經模型更是合用於我們的系統，所有的控制變因如下：

- (一)images(圖片):128張
- (二)labels(標籤):929個
- (三)Epochs(疊代次數):50次

表3-21 訓練模型大小之比較表

	batch-size	time(second)	Precision	Recall	備註
YOLOv5s	2	484.5	0.854	0.803	數據參考測試七
YOLOv5m	2	701.28	0.887	0.873	
YOLOv5l	1	1648.8	0.871	0.832	僅在epoch為1時訓練成功

以上數據都經過五次測試平均值得出，根據表3-21所示可知，YOLOv5m的精準度提升不多，但是訓練時間卻長很多，而YOLOv5l由於其複雜程度與檔案大小我們的硬體設備都無法負荷的，因此最終採用YOLOv5s。

測試九中，我們將比較神經棒的有無對於樹梅派的影響，由於樹梅派的硬體效能限制的關係，導致若是只使用樹梅派的CPU無法負荷YOLOv5進行視覺辨識，因此需要使用神經棒輔助運算。

※神經棒(Neural computer stick 2)是由intel公司所推出的，專門用於電腦的神經運算用的小型神經網絡計算器。

表3-22 神經棒有無測試結果表

次數	有神經棒	無神經棒
1	time: 329.63s FPS: 0.99	time: 304.35s FPS: 0.1
2	time: 342.99s FPS: 0.98	time: 372.86s FPS: 0.19
3	time: 297.08s FPS: 1.00	time: 340.57s FPS: 0.12
4	time: 310.45s FPS: 1.00	time: 357.90s FPS: 0.15
5	time: 354.73s FPS: 0.99	time: 366.38s FPS: 0.11
best	FPS: 1.00	FPS: 0.19
average	FPS: 0.992	FPS: 0.134

在沒有使用神經棒的情況下，樹梅派的平均FPS只有不到1張，而使用神經棒後，平均的FPS上升到了1張，效能提升並不大，可能是因為YOLOv5較為複雜所導致的。

樹梅派使用了神經棒後，開始執行程式到視窗出現的時間大約為3~5秒，而沒有使用神經棒的話，從開始執行程式到視窗出現的時間大約為25~35秒不等，由此可知，神經棒可以提升樹梅派的性能，降低程式開啟所需的時間。

五、找出適合輔助藻礁研究之科技

我們參考文獻如藻礁與海水水質的關係，從桃園市農業發展局的年度報書中指出藻礁最需要觀測的數據有三種，分別是水溫、濁度、pH值，我們再將以上三種數值的感測器結合成一個水質檢測系統。

除了上述三種水質指標之外，通過對專家的訪問我們也得知，海水溶氧量與海水氨氮含量也會影響到造礁的殼狀珊瑚藻之生長，因此未來也可加裝這兩項感測器到我們的AI視覺辨識飛行藻礁監測無人機上。

我們再將水質檢測系統結合我們的AI視覺辨識飛行藻礁監測無人機上，透過**視覺辨識系統**去觀測藻礁，因此可以透過**AI視覺辨識飛行藻礁監測無人機**利用**飛行**的方式去觀測藻礁若**AI視覺辨識飛行藻礁監測無人機**發現此處藻礁有遭破壞將會**降低飛行高度**透過**水質檢測系統**去檢測海水以**減少人力**和**直接接觸**藻礁以免造成**不必要的破壞**。

六、設計出一套可以確實協助人們觀察、研究及紀錄藻礁的系統

我們為了可以**更方便**的確實記錄藻礁設計出了**AI視覺辨識飛行藻礁監測無人機**，目前我們的系統可以做到的事情有以下幾點：

- (一)透過**視覺辨識系統****紀錄藻礁**的變化
- (二)使用飛行器上裝置的**水質檢測系統**進行**水質的檢測**
- (三)將檢測出來的結果**紀錄以利觀察人員紀錄**
- (四)**降低**觀察人員在做紀錄的**危險性**
- (五)**大範圍**的進行藻礁的觀察與研究工作

而我們未來期望能夠精進的目標有以下幾點：

- (一)增加更多無人機功能，例如：**增加水質探測指標、未來藻礁發展演算**等
- (二)**自動整理**與調閱研究人員所需之藻礁情況資料
- (三)**整合更多的無人機**，並且**可搭配船隻**等其他的機器進行更深入研究
- (四)達到完全自動記錄，例如：**自動根據退潮時間進行研究**等

肆、結論與應用

一、了解藻礁對於海洋生物與人類之重要性s

藻礁與藻礁生態域可以**孕育多種動植物**，也能成為天然的**防坡堤**，並可以讓人們初步**了解地質、地層、氣候**的各種變化。

二、了解海水環境對於石灰藻類的影響

即使藻礁對於**海水的環境**的要求並沒有特別高，即使在較為**嚴苛**的環境下依舊可以**生存**，但在**工廠和颱風**的破壞下還是**無法持許長久生存**。

三、實驗結果與發現

綠毛藻對於**水溫**的要求並不是很高，即使水溫長期處於**低溫狀態**，綠毛藻依舊可以**存活超過三周**的時間，但對於**高溫**的耐受性就較差，溫度高於40°C的話便**無法長時間生存**，以

上所述可從**實驗一**證實。

綠毛藻對於水的**pH值**與**KH值**的要求則要為**嚴苛**，可從**實驗二**與**實驗三**證實。綠毛藻對於pH值過低的**酸性環境**沒有很好的適應力，只要**pH值低於6**左右便會死亡，若是**低於4**則的話只需**不到一天**時間便會死亡，而綠毛藻對於**鹼性的抗性**更高一些，需到達接近12才會死亡，以上從**實驗三**證實。

而**KH值**是會直接影響pH值因此也會**造成藻礁死亡**，KH值若是**低於160ppm**(軟水)便有可能在**兩週內**造成**綠毛藻死亡**，以上從**實驗三**證實。

從**實驗四**與**實驗五**可以證實，綠毛藻對於**海水與淡水**以及陽光的**照射與否**的要求並不**嚴苛**，但可以證實沒有陽光會使綠毛藻的**結構變得鬆軟**，**可能無法附著於藻礁上**。

四、AI視覺辨識飛行藻礁監測無人機測試結果

經**測試一**、**測試二**證實，整個系統的**精準度很高**，誤差值都處於**可接受範圍**，因此證明此無人機能夠準確的測量海水的pH值、濁度值及溫度，還有視覺辨識能夠**告知受破壞藻礁的地點**等功能。

經**測試三**證實，對於系統**程式的優化**部分，我們降低了程式運算所需的效能，以配合**樹梅派的硬體設備**，同時達到了**最佳辨識間隔與降低運算效能**的目的，同時因為效能降低，還能**更加省電**，以達到**長時間運行**的目的。

對於無人機的**浮筒與支架**設計部分，我們使用了**3D列印**的方式製作，並且找出了**最適合**的列印參數，包括列印品質、列印填充率、列印速度、支撐角度、線材溫度及線材流量，並且確保影印出的物件可達到**列印速度快、品質高、強度高、重量輕及方便加工**等要素，以上經由**測試四**證實。

將深度學習架構由LeNet更換成YOLOv5後，進行了一系列測試，由**測試五**和**測試六**可證實，在LeNet的模型**訓練速度極快**，但**精準度較為一般**，而YOLOv5在模型訓練所花費的時間較久，但有**更高的精準度**，且可**支援物件偵測**，因此YOLO演算**更加適合**進行藻礁生態之觀察以及紀錄。

YOLOv5演算法能透過**改變batch-size**以**加快模型訓練速度與辨識精準度**，透過測試可以知道，對於一般的筆電所**可負荷之最高值**大約落在4~7之間(**取決於GPU之VRAM大小**)，也從中找出**最適合**我們的硬體設備的數值，能在**精準度高、訓練時間短、電腦負荷適中**等條件中**取得平衡**，以上都可經由**測試七**證實。

經**測試八**可證實，YOLOv5s最為**適合使用於樹梅派與一般民間筆電上**，其**精準度高**，且**訓練時間較短**，且對電腦**硬體要求最低**，而相較於YOLOv5s，YOLOv5m有著更加**優秀的精準**

度與回傳率，但伴隨而來的極長的訓練時間，但時間增加很多，精準度之提升有限，而YOLO v51則因為其複雜程度過高，導致需要使用高規格之電腦才能使用，因此不考慮使用。

樹梅派在使用神經棒後的FPS為1左右，相較於沒使用神經棒時FPS為0.1，效能提升了10倍，由於樹梅派本身的效能不足以應付YOLOv5s，若使用更好的CPU再搭配神經棒，可以更有效的提升效能，以上都可由測試九證實。

另外，若使用了神經棒的話，從程式開始執行到畫面顯示出來的時間由25~35秒提升至3~5秒，時間最多提升了約5倍左右，因此若樹梅派要順暢開啟YOLOv5的話，神經棒是必不可少的，以上都可由測試九證實。

由測試九可證實，YOLOv5可能較為適合使用於性能更為強大的電腦上，樹梅派即使裝上了神經棒，在畫面表現上依舊不理想。

五、找出適合輔助藻礁研究之科技

這次我們發現，深度學習視覺辨識可確實的用於藻礁的觀察與自動分析，除此之外，我們也發現pH值感應器、水濁度感應器、水溫感應器等都能夠有實質幫助研究以及紀錄藻礁的效果。

六、設計出一套可以確實協助人們觀察、研究及紀錄藻礁的系統

此套系統可以更好的幫助藻礁研究、減少人力觀測、降低破壞、甚至能夠定期的自動進行藻礁的檢測與研究。

透過AI視覺辨識飛行藻礁監測無人機進行藻礁的辨識，監測藻礁是否異常，並透過飛行器上的水質感測器進行水質檢測，再將測量出來的數據回傳給紀錄人員，方便記錄人員觀察以及研究，同時也相對的減少紀錄者親自去檢測藻礁的危險性，而AI視覺辨識飛行藻礁監測無人機也可以較快的速度去觀測大範圍的藻礁。

七、未來展望

(一)測試項目拓展

對於藻礁生態環境之測試項目的拓展，增加更多可用數據

(二)檢測方式的多樣性

不只使用於飛行無人機，可開發包括定點式偵測工具與船隻無人機等

(三)系統內容之擴大

完善系統功能，整合更多不同功能，如未來10年之藻礁發展情況模擬等

伍、參考文獻

海洋生物保育組(2021)。藻礁生態系介紹。取自海洋保育署。

<https://www.oca.gov.tw/ch/home.jsp?id=177&parentpath=0,5,173>

行政院農業委員會(2010)。珊瑚礁形成。取自農業珊瑚礁主題館官網。

<https://kmweb.coa.gov.tw/subject/subject.php?id=29881>

社團法人台灣濕地學會(2014)。桃園藻礁委託研究案期末報告正文-核定版。取自桃園縣政府農業發展局。

<http://www.che.ncku.edu.tw/FacultyWeb/ChenBH/Miscellaneous/201401%20%E6%A1%83%E5%9C%92%E8%97%BB%E7%A4%81%E6%9C%9F%E6%9C%AB%E5%A0%B1%E5%91%8A%E6%AD%A3%E6%96%87-%E6%A0%B8%E5%AE%9A%E7%89%88.%E5%88%86%E4%BA%AB.pdf>

珍愛桃園藻礁。什麼是藻礁。取自桃園藻礁官網。

<http://algalreef.weebly.com/2016040636261593429930977.html>

廖靜蕙(2013)。具國際級地景藻礁訴說台灣史前史。取自環境資訊中心。

<https://e-info.org.tw/node/90100>

痞客邦(2007)。淺談水質硬度GK及KH。取自痞客邦。

<https://mrafee1968.pixnet.net/blog/post/25642752>

公視電視(2017)。藻礁，有事嗎？取自我們的島。

<https://www.pts.org.tw/ourisland/AlgaeReefs/>

Wikipedia the free encyclopedia。Deep learning 取自

https://en.wikipedia.org/wiki/Deep_learning

Adrian Rosebrock(2018)。Install OpenCV 4 on your Raspberry Pi 取自 pyimagesearch 官網。

<https://www.pyimagesearch.com/2018/09/26/install-opencv-4-on-your-raspberry-pi/>

Joseph Heard,Wei-Chen Tung,Yu-De Pei,Tzu-Hao Lin,Chien-Hsiang Lin,Tomonari Akamatsu,Colin K. C. Wen(2020)。Coastal development threatens Datan area supporting g

reatest fish diversity at Taoyuan Algal Reef, northwestern Taiwan. Wiley Online Library.

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/aqc.3477>

Mr. Opengate(2018)。 Yolo：基於深度學習的物件偵測 (含YoloV3)。Mr. Opengate.

<https://mropengate.blogspot.com/2018/06/yolo-yolov3.html>

DataLearner(2019)。 五分鐘看懂CNN入門算法LeNet-5介紹(含論文詳細解讀和代碼資源)。取自每日頭條官網。

<https://kknews.cc/zh-tw/code/plxkxoj.html>

Wikipedia the **free encyclopedia**. Convolutional neural network.

https://en.wikipedia.org/wiki/Convolutional_neural_network

Wikipedia the free encyclopedia. LeNet.

<https://en.wikipedia.org/wiki/LeNet>

IT技術之家(2018)。 剖析細節，說說深度學習的最經典模型 LeNet。取自每日頭條官網。

<https://kknews.cc/zh-tw/tech/mqmombz.html>

CH.Tseng(2020)。 YOLOV5在樹莓派上的測試 取自 CH.Tseng官網

<https://chtseng.wordpress.com/2020/07/03/yolov5%E5%9C%A8%E6%A8%B9%E8%8E%93%E6%B4%BE%E4%B8%8A%E7%9A%84%E6%B8%AC%E8%A9%A6/>

itread01(2019)。 深度學習 batch_size。取自 itread01官網。

<https://www.itread01.com/content/1546626724.html>

機器不學習(2018)。 機器不學習：CNN入門-神經網絡三基本概念Epoch Batch Iteration。取自每日頭條官網。

<https://kknews.cc/zh-tw/code/r8v66nx.html>

行政院農業委員水產試驗所(2007)。 所謂的KH是什麼呢？如何控制？ 取自

https://www.tfrin.gov.tw/News_Content.aspx?n=310&s=34539

【評語】 180013

進行了實驗室的觀察比較，以及無人機的製作，外加 AI 的測試，大方向確認。唯三方面相互間的聯繫較不足，且前的成果無法形成一個可行的聚焦研究。相信在往後持續的努力下，可以進一步成為一個更完善的研究。