



東高套字第 004789 號

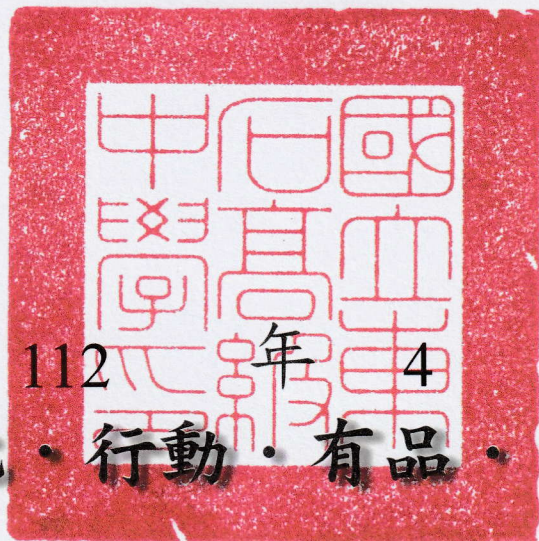
# 參賽證明書

雲林縣揚子高級中等學校  
林坤逸 同學

代表學校參加第 63 屆國立暨縣（市）公  
私立高級中等學校第四區分區科學展覽會  
參加科別：農業與食品學科  
作品名稱：錦鯉魚苗篩選系統開發之研究

特頒此證 以資鼓勵  
國立東石高級中學

校長 蔡吉郎



中華民國 112 年 4 月 19 日

多元 · 行動 · 有品 · 關懷

TSSH



# 中 華 民 國 第 6 3 屆 中 小 學 科 學 展 覽 會

## 作品說明書

科別：農業與食品學科

組別：高級中等學校組

作品名稱：

錦鯉魚苗篩選系統開發之研究

關鍵詞：錦鯉、影像辨識、YOLOv3

編號：

# 摘要

為達成錦鯉品質分類的辨識系統，創造一套即時影像辨識和專用滑道，並使用了 OpenCV(Open Source Computer Vision Library)還有 YOLO(You only look once)等開源程式碼，且運用 Python 進行編譯整合，並使用 Darknet 的類神經網路訓練演算法，以精確辨識劣質錦鯉魚苗以及其他品種，並製作專用滑道，配合辨識系統，實現運用影像辨識系統分類錦鯉。成功率達到 0.956，而全紅、全白、丹頂、正常錦鯉的平均信心值分為 0.89、0.68、0.80、0.87，標準差皆小於 0.2，顯示該影像辨識模型能夠正確把握魚苗的類別。

## 壹、前言

### 一、研究動機

熱愛錦鯉的老師有一天在課堂上向本研究團隊作者提到鍾瑩瑩的故事，在本研究團隊作者看過她 2014 年在 TEDxTaipei 的演講(TEDxTaipei,2014)後，使本研究團隊作者的好奇心蠢蠢欲動，於是促使本研究團隊作者深入了解台灣錦鯉產業的近況，錦鯉魚為高附加價值產業，除了大量飼養以外，也可以當作藝術品交易，非常適合我國的第一級產業。

在認識錦鯉的過程中，本研究團隊作者發現過往挑選錦鯉幼苗的過程中幾乎以人工為主，極度仰賴業者的經驗以及眼力，可能導致具有潛力的魚苗在篩選時遭受忽略。於是，本研究團隊作者希望借助科技的力量來設計一款能夠輔助魚苗分類的工具。另外，也希望能夠降低進入該行業的技術成本，吸引年輕族群投入該產業。

### 二、研究目的

經過討論，本研究團隊作者計畫利用人工智慧影像辨識模型開發一套能夠辨識紅白錦鯉魚苗斑紋品質的系統，配合分類滑道進行自動篩選與分類。本研究團隊作者的研究目的如下：

- (一) 訓練自動分辨鯉魚種類和品質優劣的人工智慧篩選模型。
- (二) 製作分類滑道，將不具比賽價值的錦鯉魚苗挑除。
- (三) 設計控制系統中滑道及人工智慧影像辨識篩選模型的程式碼
- (四) 測試分類滑道的實際運行效果

## 貳、研究設備與器材

### 一、硬體設備

表一、硬體設備與器材

名稱	規格	數量
伺服馬達	SG90	1 個
滑道主體	60cm×90cm 紙張、Ps 發泡板	2 個
Arduino 電路板	Uno R3	1 個
iWatch 網路攝影機	KTCCD323	1 個
筆記型電腦	Acer Aspire E 15	1 個

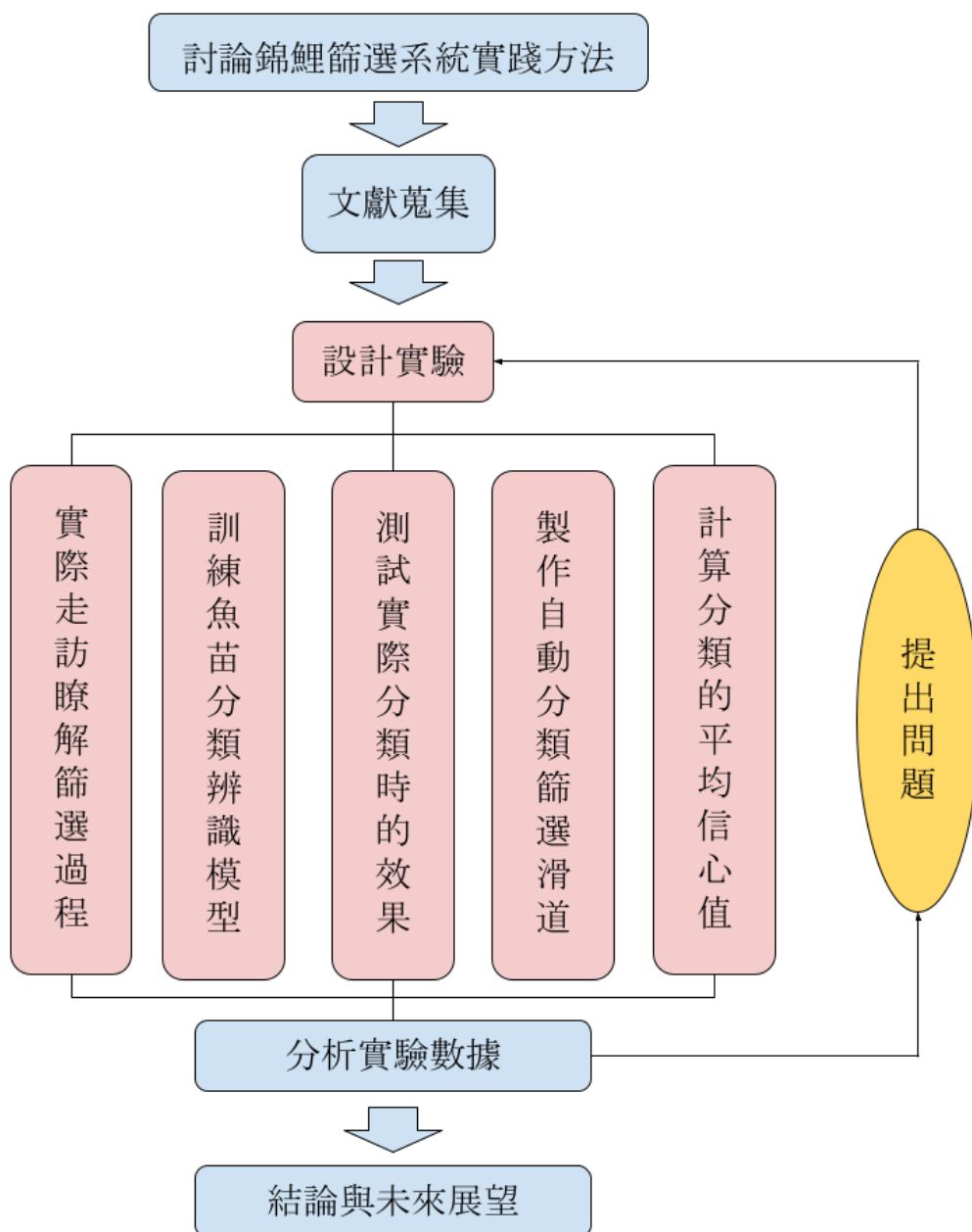
表二、軟體與套件

軟體名稱	軟體型號	軟體功能
OpenCV	4.6.5	進行影像處理的電腦視覺處理模組
YOLO 影像辨識演算法	Version 3	進行影像中的物體類別辨識
Python 程式語言	3.8.1	撰寫電腦端的程式碼
Arduino IDE	2.0.4	撰寫接收電腦指令的 Arduino 代碼
Visual Studio Code	1.76.1	撰寫 python 程式
Pycharm	221.5921.27	管理 python 虛擬環境

## 參、研究過程與方法

### 一、研究流程

為了更加詳細地了解錦鯉的篩選標準，本研究團隊蒐集各許多相關文獻並進行實地探勘，藉由實地接觸養殖戶使本研究團隊作者深入熟悉錦鯉養殖業，研究流程如圖一所示。本研究團隊觀察到當今錦鯉產業魚苗挑選高度仰賴人力，設想能否藉由YOLO的物體辨識能力輔助養殖業者進行篩選。走訪魚場後，了解主流挑選紅白錦鯉的篩選系統並討論與構思，設計自動分類滑道、訓練人工智慧模型令電腦篩選魚苗，最後至魚場進行測試運行情形。



圖一、實驗流程圖

## 二、文獻蒐集

### (一) 紅白錦鯉

錦鯉 (*Cyprinus carpio koi*)，是屬於鯉魚 (*Cyprinus carpio*) 的一種亞種，屬於脊索動物門 (Chordata)、輻鰭魚綱 (Actinopteri)、鯉形目 (Cypriniformes)、鯉科 (Cyprinidae)、鯉屬 (*Cyprinus*) (林志修, 1985)，「錦鯉為溫帶魚類，對環境適應力強，最適水溫在攝氏18至24度之間，最高及最低耐受溫可達攝氏35度到0度。」(王惟立, 2017)



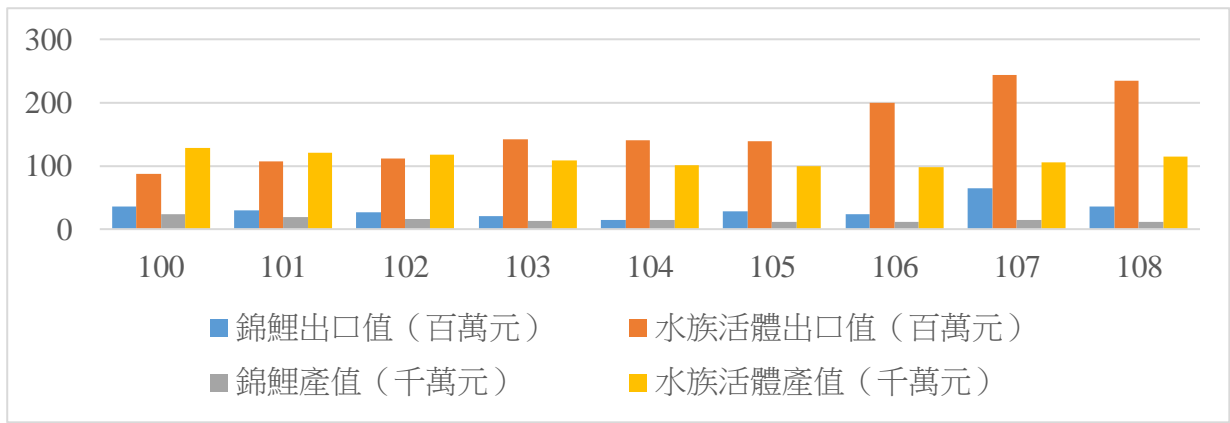
圖二、紅白錦鯉

錦鯉因體態優美、花紋艷麗，晉升為觀賞魚，紅白、大正三色、昭和三色被美譽為「御三家」(黑木健夫, 1985)。而紅白錦鯉如圖二所示，是一種「白色底質上配有紅色斑紋的錦鯉，是錦鯉魚中最具權威與尊貴的品種」(桃園市錦鯉研究協會, 2020)因其花紋相較於其他種類單純，所以最受大眾喜愛，也是最普遍的種類之一。

### (二) 台灣錦鯉養殖現況

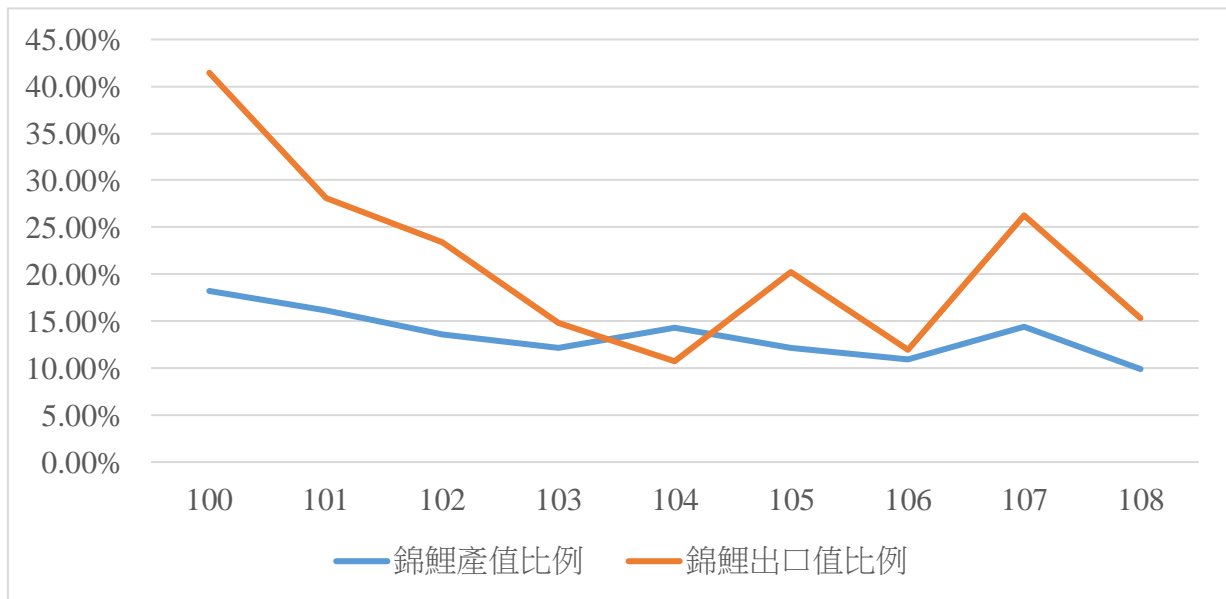
本研究團隊作者觀察到，台灣養殖錦鯉產值雖有些許下降，但在觀賞魚產業中仍占有相當的重要性，由圖三、圖四所示，錦鯉產值與出口值皆呈現下降趨勢，截至民國108年，對比總體水族活體出口值與產值的逐年增加，錦鯉出口值卻銳減為8年前的50%以上，可見台灣錦鯉養殖業逐漸式微。

現今錦鯉魚苗的篩選多為人工識別挑選，耗時費工，易錯失有潛力的魚苗。因此，藉由開發一套自動分類系統，我們期望能夠幫助錦鯉養殖業者更有效率地篩選魚苗品質的優劣，借助科技的力量降低所需技術與人力成本，在未來吸引更多年輕族群投入該產業。



圖三、錦鯉與水族活體產值銷量統計圖

資料來源：(行政院農業委員會漁業署，2020)



圖四、錦鯉產值與出口值比例

資料來源：(行政院農業委員會漁業署，2020)

### (三) OpenCV

OpenCV是由英特爾(Intel)公司資助的開放原始碼電腦影像視覺函式庫(Open Source Computer Vision Library)專案，提供一般民眾或是公司企業完整、免費且開源的計算機視覺處理函數庫，實現了大量常用涉及到圖像處理及機器學習的影像分析處理演算法，如高斯模糊、灰階處理、膨脹、侵蝕、邊緣檢測等等。(OpenCV, 2022)OpenCV採用哈爾特徵搭配階層式分類器(Haar feature-based cascade classifiers)處理並預測物體種類，OpenCV是由一系列C函數和C++函數所構成，功能涵蓋圖像處理、計算機視覺識別等領域，無論對於商業或非商業用途皆是免費的。而本作品則使用資料分析功能強大的Python語言來實作。(鄧文淵，2020)

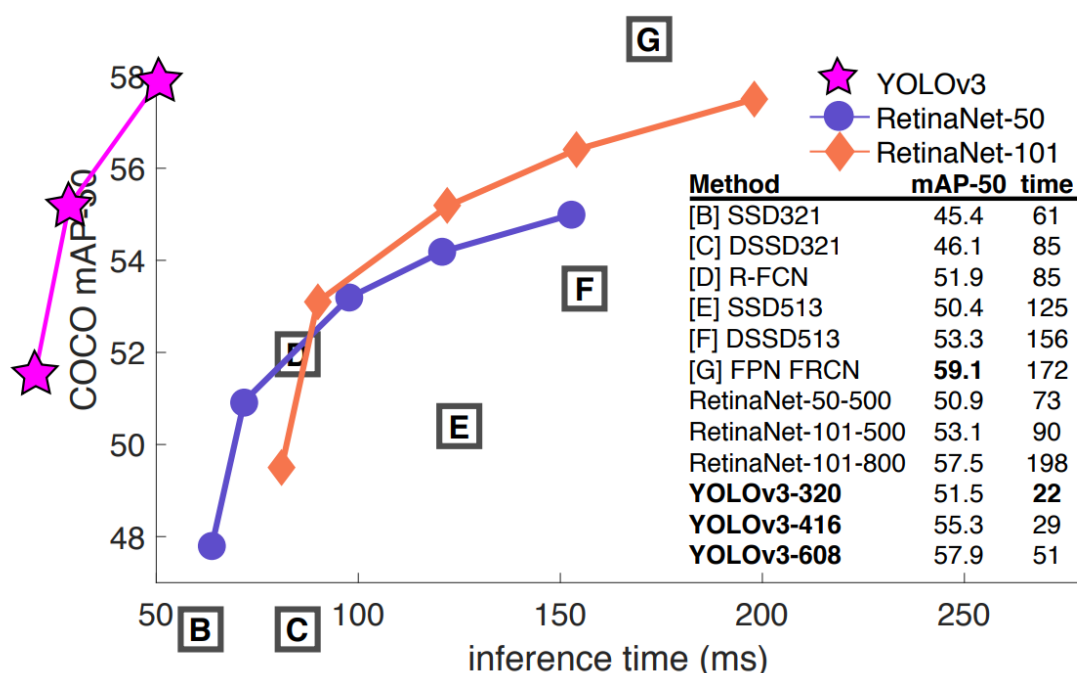
#### (四) YOLOv3(You Only Look Once version 3)

##### 1. 簡介

初代的YOLO演算法由Joseph Chet Redmon開發，用來即時辨識影像中的物體 (Joseph Chet Redmon, 2023)。根據作者的論文所述，該演算法在Titan X上跑出51 毫秒計算時間及57.5 AP<sub>50</sub>的成績(J. Redmon et al., 2018)，適合辨識移動中物體。

##### 2. 執行效果

如以下YOLO作者在論文中圖表可以發現，YOLOv3在物體類別辨識的正確率並未特別突出，但在執行速度遠遠超越當時其他的物件辨識神經網絡。



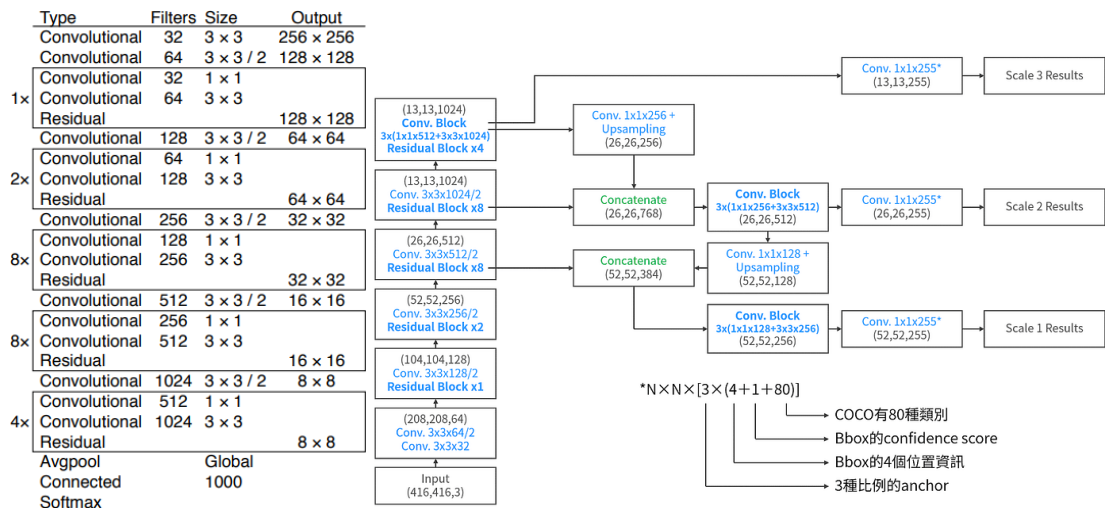
圖五、YOLOv3執行效果測試圖

資料來源：(J. Redmon et al., 2018)

##### 3. 網路架構

YOLOv3以darknet-53為核心，該網路具有53個捲積層，並以殘差區塊(Residual block)連接，因此當捲積層不能有效學習時，可以利用類似走捷徑的方式繼續學習，避免壓縮資料時產生的梯度消失問題。YOLOv3使用了類似特徵金字塔網路 (Tsung-Yi Lin et al., 2016)的方法偵測影像。在運行過程中，會分別利用三張尺寸相異的特徵圖檢測不同大小的特徵。因此Darknet-53會輸出三個原始特徵圖，形成  $N*N*3(80+4+1)$  維度張量，包含圖片尺寸、80個類別、信心值、物體長寬、物體座標等資訊。(J. Redmon et al., 2018)



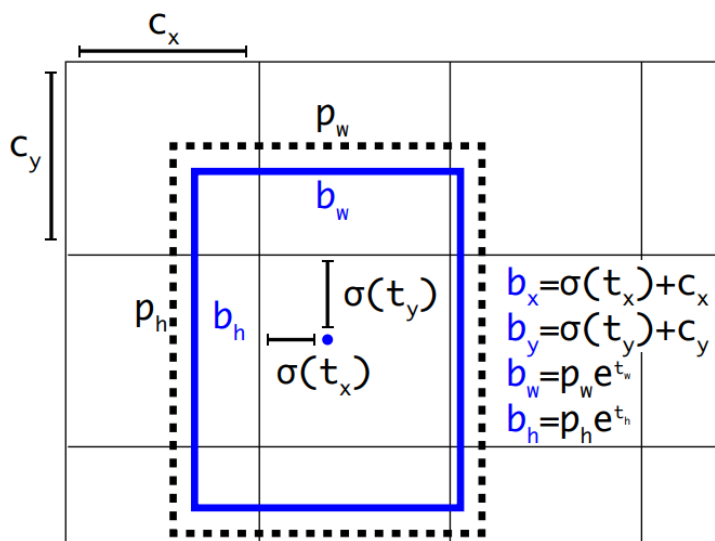


圖六、YOLOv3神經網路架構 資料來源：(J. Redmon et al., 2018)、(Ivan., 2019)

#### 4. 邊界框預測

YOLOv3在前端預測圖片位置與大小時，會將圖片切割成數個網格(grid cell)，當darknet-53的特徵圖中可能物體座標落於網格時，該網格並會進行對該邊界框的運算。YOLO的信心分數(confidence score)的計算方式相當直白，為邊界框信心值乘上邊界框與基準真相(ground truth，在YOLOv3指事先訓練好的錨框)的交並比(IOUS, Intersection Over Union)。

在YOLOv3中，邊界框的界定利用了預先設定的錨框(anchor box)的尺寸 $P_w$ 、 $P_h$ 進調整特徵圖資料，並利用網格大小 $C_x$ 、 $C_y$ 調整物體的座標。作者使用歐拉常數處理原始長度及寬度、而對於座標則使用Sigmoid函數啟動，如圖七所示。(J. Redmon et al., 2018)



圖七、YOLOv3邊界框預測圖

資料來源：(J. Redmon et al., 2018)

## 5. 在農業上的應用

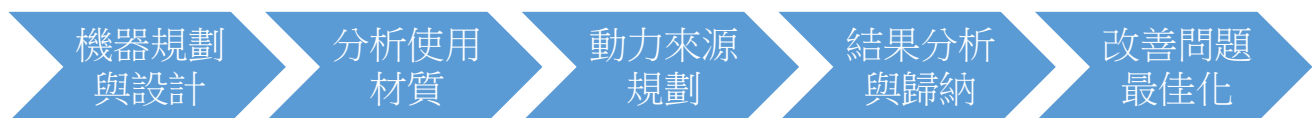
在蕭昱凱(蕭昱凱，2020)的碩士論文中，利用了YOLOv3將蝴蝶蘭開花株進行分級，與本研究團隊的研究目的類似。杜宜霖(杜宜霖，2020)的碩士論文中，則展示了YOLOv3識別物體的應用，利用該演算法進行調整，製作出自動計算葉片數量的網絡系統。吳伯律(吳伯律，2021)則使用YOLOv3設計自動摘取番茄的系統。由此得知，YOLOv3在農業管理之應用範圍相當廣泛。

## 三、滑道設計

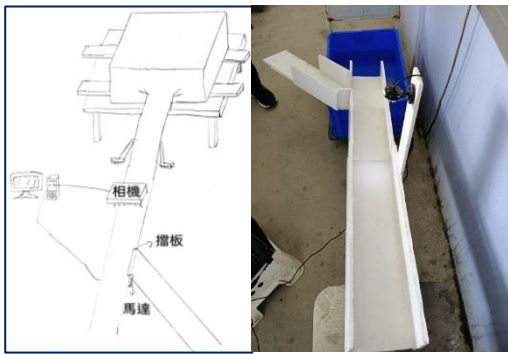
本研究團隊之錦鯉滑道旨在依據計算機的運算結果實際分類相異品種的錦鯉魚苗，以取代人力。我們首先構思機器的功能及外觀，接著畫出設計圖，分析此機器適用的材質並規畫材質與動力來源，著手開發後分析其優缺點，最後將問題解決並最佳化，以利於系統運作時的流暢。在機械規劃與設計階段，研究者針對滑道的功能進行討論，我們認為本研究團隊之錦鯉滑道應達到以下幾點基本要求：

- (一) 有防止錦鯉在運輸與偵測過程離開鏡頭範圍或跳躍至滑道外，並防止水分滲透或毀損滑道主體。
- (二) 滑道須即時回傳當前通過滑道的魚種資訊。
- (三) 滑道必須能接收計算機的指令，控制魚苗的滑動方向。

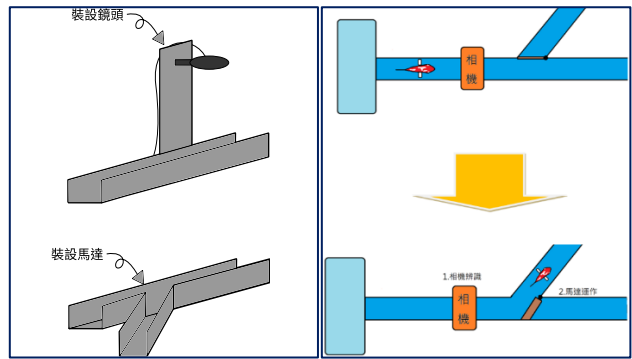
因此，我們使用浴室中能夠防潮且輕便的發泡板，搭配防水漆作為滑道材料。在滑道上裝設配有LED燈的USB網路攝影機連接計算機設備，並用arduino板連接伺服馬達控制滑道後端的活動擋板，藉以控制紅白錦鯉魚苗的流向。如圖九所示，我們的滑道上方裝設有一個網路攝影機記錄通過滑道的魚苗外觀，而在滑道尾端，設有一顆伺服馬達控制活動擋板，以控制魚苗的流向，達到分類效果。



圖八、錦鯉分類系統研究設計流程



圖九、錦鯉魚苗分類系統設計圖與模型



圖十、錦鯉分類系統運作圖

#### 四、實驗設計

為了瞭解所訓練的人工智慧影像辨識模型分辨類別的能力，我們將從魚場取得的和網路蒐集的500份樣本資料送入深度神經網路模型進行識別，並統計輸出結果的正確率、平均信心值與其標準差。信心值越高，對於該識別物體的正確率把握程度越高。

## 肆、研究結果

#### 一、紅白篩選方法整理

本研究團隊作者親自到錦鯉魚場更深入的了解當今業界主要的錦鯉魚苗篩選方式，以利進行設計篩選系統並訓練人工智慧辨識模型。魚場負責人親自向本研究團隊作者介紹錦鯉產業主流的挑選魚苗方法，並詳細說明具競賽價值魚苗的篩選方式。



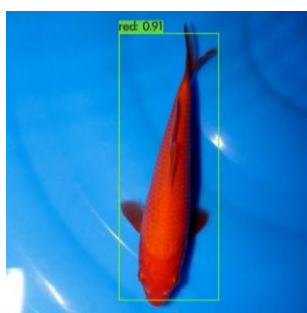
圖十一、魚場負責人介紹丹頂與紅白錦鯉

表三、錦鯉篩選標準

類型 條件	一選	二選	三選
保留	體態圓潤、外型完整、全身都有紅盤	五到八公分長、具有花紋的魚苗	整體花紋比例均衡、前後留白
淘汰	全紅、身白、僅有前、後半身有紅盤(例外：丹頂)、畸形	斑紋分段不清晰、嘴、鰓或魚鰭染色	整體花紋模樣分布不夠平均

## 二、影像辨識模型訓練結果

本研究團隊作者從漁場取得約500份錦鯉魚樣本後，進行一萬次的YOLOv3模型權重檔訓練，最終得出能夠進行錦鯉魚苗初選的影像模型。該模型主要區分的四種特徵分別為：全紅(red)、全白(white)、丹頂(sun)、以及正常紅白魚苗(normal)。將訓練後的模型進行測試後，得到了如圖十二、圖十三、圖十四、圖十五的結果。



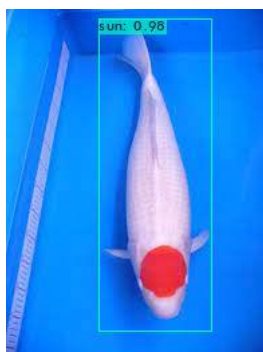
圖十二、全紅錦鯉辨識結果

修改自(Marugenfisfarm, 2015)



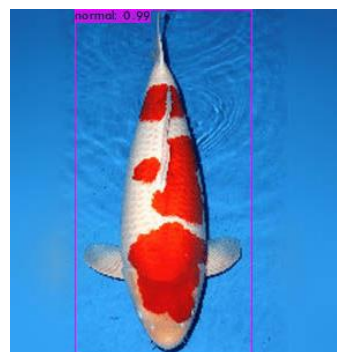
圖十三、全白錦鯉辨識結果

修改自(2022, Caitlin Chichester)



圖十四、丹頂錦鯉辨識結果

修改自(香港水族網，2011)



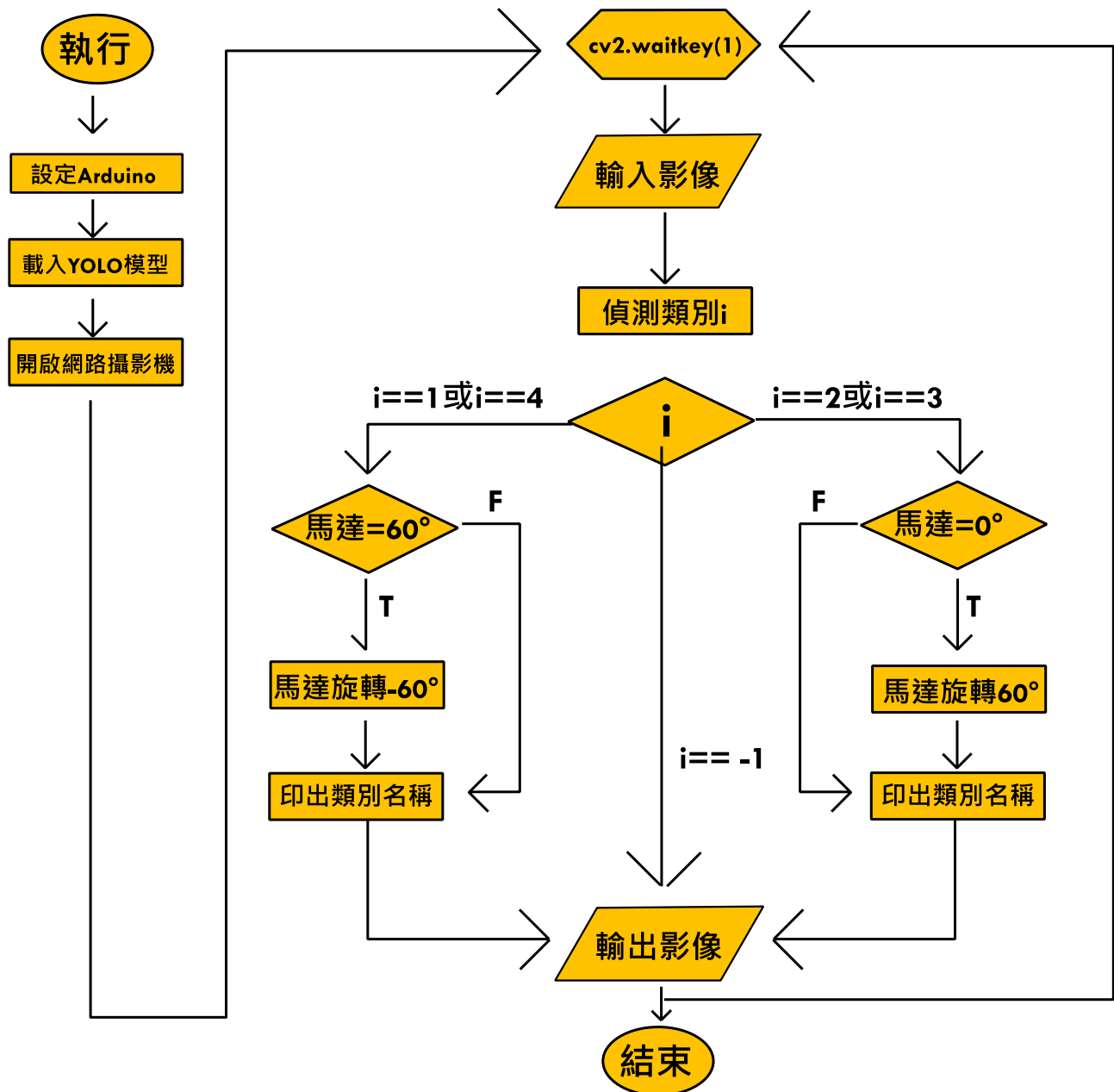
圖十五、正常紅白錦鯉辨識結果

修改自(桃園市錦鯉研究協會，2020)



### 三、 程式撰寫成果

本程式可以接收來自網路攝影機的影像，對流入滑道的錦鯉魚苗進行即時辨識，判斷出對應的類別後，聯絡Arduino中的程式碼，操控滑道末端的活動擋板以控制滑道的流向，並於使用者端顯示辨識分類結果。



圖十六、程式流程圖

資料來源：自行繪製

#### 四、實地測試成果

##### (一) 實際運行測試

研究者至漁場進行實際測試，我們借用漁場負責人的魚隻針對全白、全紅、丹頂魚苗進行篩選，分類結果如圖十七、圖十八、圖十九所示。成果顯示，該滑道能夠正確判斷錦鯉魚苗的品種並將其分類至所對應的區域，而正確率則到達95.6%。



圖十七、全白錦鯉實測



圖十八、一般錦鯉實測



圖十九、丹頂錦鯉實測

在圖二十的程式碼中，當偵測類別為1(丹頂魚苗)或4(一般紅白魚苗)時，會開啟比賽用魚的滑道，而當偵測類別為2(全紅魚苗)或3(全白魚苗)時，則會流向另一個滑道。

```
if (i == 2 or i == 3) and angle == 0:  
    rotateservo(pin,60)  
    angle = 60  
    sleep(10)  
elif (i == 1 or i == 4) and angle == 60:  
    rotateservo(pin,-60)  
    angle = 0  
    sleep(10)
```

圖二十、滑道流向控制程式碼

資料來源：自行撰寫

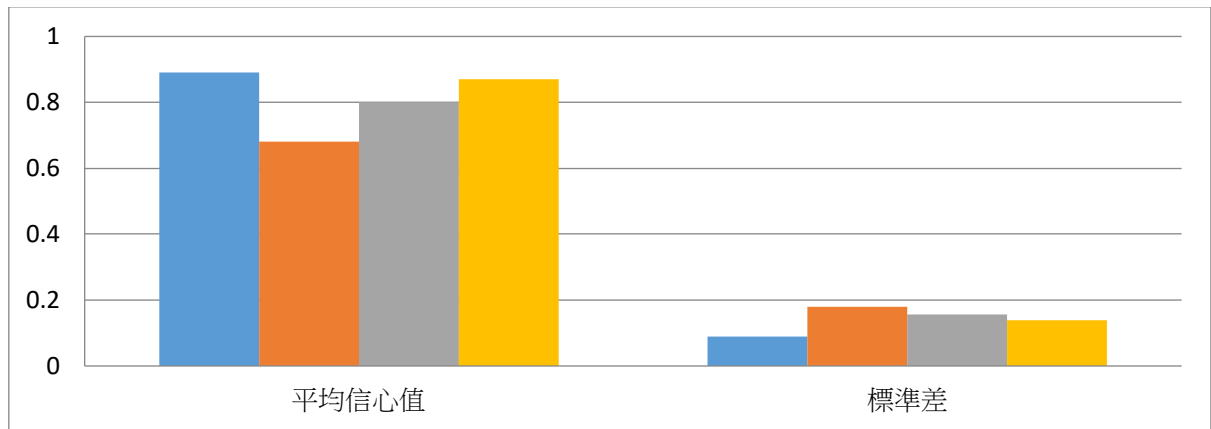
##### (二) 研究數據分析

整理魚苗篩選的資料後，我們分析篩選類別的平均信心值與其標準差。我們發現，全白錦鯉的平均信心值偏低，且樣本標準差較大，我們推測可能是因為全白錦鯉與丹頂錦鯉相似度高，令演算法較難把握全白錦鯉的正確性。另外，白色錦鯉的特徵過少也可能是影響因素。

表四、部分數據節錄

	全紅錦鯉	全白錦鯉	丹頂錦鯉	一般錦鯉
資料一	0.86	0.59	0.70	0.74
資料二	0.99	0.93	0.84	0.74
資料三	0.99	0.72	0.88	0.51
資料四	0.79	0.38	1.00	0.89
資料五	0.91	0.76	0.86	0.98
資料六	0.69	0.57	0.98	0.98
資料七	0.73	0.69	0.88	0.98
資料八	0.99	0.57	0.99	0.82
資料九	0.87	0.59	0.98	0.63
資料十	0.83	0.45	0.53	0.99
...	...	...	...	...
平均值	0.89	0.68	0.8	0.87
標準差	0.009	0.181	0.157	0.14

資料來源：自行統計繪製



圖二十一、系統辨識不同特徵錦鯉的平均信心值與標準差

資料來源：自行繪製

## 伍、結論

本研究團隊發現YOLOv3類神經網路有算法能夠快速精確分析影像中的物體位置與類別，非常適合本作品偵測移動中錦鯉魚的要求。將YOLOv3搭配OpenCV，可以有效地將來源圖片轉換處理成為YOLO能夠檢測的格式，達到即時辨識物體的效果。本研究團隊成功研發一套辨識錦鯉類別的權重檔，經由反覆的訓練，我們降低誤判或辨識無效的機率，令成功率大幅提升，平均信心值甚至接近0.9，表示演算法能夠準確掌握畫面中的物體類別。本研究團隊作者設計出一款利於錦鯉滑行滑道，能夠捕捉錦鯉魚通過滑道時的影像，能夠挑選出符合主流篩選系統的魚苗，並將錦鯉輸送至對應品質的區域。

## 陸、問題與討論

### 一、其他魚苗類別的干擾

在實際運行的過程，本研究發現有部分具有其他特徵的魚苗具有與我們所挑選的魚苗種類有類似之處，比如大正三色與昭和三色皆有丹頂錦鯉，但不同的丹頂錦鯉受喜好程度不盡相同因此我們設定了閾值，令信心值過低的魚不會混入具有商業價值的魚苗。

### 二、篩選標準的些微差異

本研究發現各個魚場對於篩選的標準雖然大致相同，但存在些許的差異。另外，有些魚場向我們表達能夠自行添加樣本以符合自己篩選方式的意願。因此，本研究使用了不同資料針對不同魚場進行訓練。

### 三、魚苗滑動問題

本研究進行試驗時發現由於魚苗在通過滑道時魚鰓並未完全被水浸泡，魚苗有彈跳情形，故在滑道中放入流動水，降低魚苗不適感，成功使魚苗平順向下流動。

## 柒、建議與未來展望

以本研究作品的基礎，本研究團隊期望開發出足以辨識更多魚種的分類系統。以下幾點為可以改進之處：

### 一、增加類別

在資料庫中額外增加御三家其他成員：大正三色、昭和三色，藉此提升本系統的全面性。

### 二、增加樣本數

目前本研究的資料庫規模有待擴張，未來可以訓練更多樣本，提升辨識系統的識別成功率，降低失誤率，以達到高精準度辨識。

### 三、雲端資料庫

為了達成上述兩點，產生大量樣本資料的需求，資料庫的建立也是我們未來的發展路線之一，建立一個屬於本系統的雲端資料庫，用來存取所需的各項資料，也方便隨時上下載數據。或是，我們可以參考Leonardo ai(Leonardo ai, 2023)的作法，讓使用者上傳資料，訓練出自己的模型後彼此分享，讓其他使用者可以針對不同的魚苗進行辨識。

### 四、商品化、規模化

本研究團隊希望能夠結合其他智慧管理功能，如智能控管水質與水溫、酸鹼值等等，整合成一套自動錦鯉管理系統，以幫助臺灣逐漸沒落的錦鯉養殖業復甦昔日光彩。



## 捌、參考文獻資料

- 一、 C.C.Lo(2017 年 8 月 24 日)。YOLO — You Only Look Once 介紹。  
<https://reurl.cc/V8NA8N>。
- 二、 Caitlin Chichester(Apr 11, 2022).*Koi Varieties – Platinum Ogon*. from  
<https://reurl.cc/n7ra72>.
- 三、 CH.Tseng(2018 年 06 月 15 日)*Opencv Cascade Object Detection*。取自  
<https://reurl.cc/klrxlK>。
- 四、 Ivan(2019 年 11 月 24 日)。[物件辨識] S10: YOLOv3 簡介。取自  
<https://reurl.cc/vk0Ykl>。
- 五、 J. Redmon, A. Farhadi. (April 8,2018). *YOLOv3 : An Incremental Improvement*. arXiv preprint. ArXiv:1804.02767。
- 六、 Joseph Chet Redmon(無日期)。YOLO : Real-Time Object Detection。2023 年 1 月 6 日，取自 <https://pjreddie.com/darknet/yolo/>
- 七、 Leonardo ai (無日期). *Meet Leonardo.Ai*. 2023 年 3 月 15 日，取自 <https://leonardo.ai/>.
- 八、 Marugenfishfarm(2015).*Marugen Koi Farm – All-Red “Prosperity” Benigoi For Sale*. from <https://reurl.cc/Ad4VA8>.
- 九、 OpenCV(2022, Dec 29).*OpenCV modules*. from <https://docs.opencv.org/4.x/>.
- 十、 P. Viola and M. Jones.(Dec 14, 2001). *Rapid object detection using a boosted cascade of simple features*. Proceedings of the 2001 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. CVPR 2001, Kauai, HI, USA, 2001, pp. I-I, doi: 10.1109/CVPR.2001.990517.
- 十一、 TEDxTaipei(2014 年 10 月 23 日)。三分之一的人生：鍾瑩瑩(Ying Ying Chung) at TEDxTaipei 2014。〔影片〕YouTube。 <https://youtu.be/nbLiaIh4NM>
- 十二、 Tommy Huang(2018 年 9 月 4 日)。深度學習-物件偵測:You Only Look Once (YOLO)。取自 <https://reurl.cc/Q4erX2>。

- 十三、 Tsung-Yi Lin, P. Dollár, R. Girshick, K. He, B. Hariharan, S. Belongie(9 Dec, 2016).*Feature Pyramid Networks for Object Detection*. arXiv:1612.03144.
- 十四、 王惟立(2017)。以一條根、紅景天作為複方滴劑對錦鯉運輸緊迫之影響。基隆市：國立臺灣海洋大學食品科學系。
- 十五、 行政院農業委員會漁業署(2020)。歷年觀賞魚產業產值產量情形。取自 <https://reurl.cc/8q0EjM>。
- 十六、 吳伯律(2021 年 7 月 22 日)。基於 YOLOv3 之蕃茄辨識系統。台南市：南臺科技大學電子工程系。
- 十七、 杜宜霖(2020 年 6 月 30 日)。基於改良之 YOLOv3 開發自動化植物葉片計數網路。嘉義縣：國立中正大學資訊工程研究所。
- 十八、 林志修(1985)。圖解觀賞用魚類大觀<卷一錦鯉篇>。台南市：王家。
- 十九、 香港水族網(2011 年 2 月 3 日)。丹頂。取自 <https://reurl.cc/d7LNMz>。
- 二十、 桃園市錦鯉研究協會(2020)。錦鯉的代表種類。取自 <https://reurl.cc/6N7oQy>。
- 二十一、 黑木健夫(1985)。最新錦鯉基本種與一品鯉(精裝)。台北市：尖端出版有限公司。
- 二十二、 廖玉清(2012)。動態視訊環景影像縫合。雲林縣：國立虎尾科技大學光電與材料科技研究所。
- 二十三、 鄧文淵(2020)。Python 機器學習超進化：AI 影像辨識跨界應用實戰。台北市：基峰資訊股份有限公司
- 二十四、 蕭昱凱(2020 年 7 月 3 日)。利用 YOLOv3 建置蝴蝶蘭開花株分級系統: 以大紅花及大白花為例。嘉義縣：國立中正大學資訊工程研究所。

## 附錄一：主要程式代碼

```
import cv2
import numpy as np
from pyfirmata import Arduino ,SERVO,util
from time import sleep
port = 'COM5'
pin=10
board=Arduino(port)
board.digital[pin].mode=SERVO
def rotateservo(pin,angle):
    board.digital[pin].write(angle)
    sleep(0.015)
fast = 0
net = cv2.dnn.readNetFromDarknet("cfg/yolov3-obj.cfg",
"cfg/weights/yolov3-obj_last.weights")
if fast:
    net = cv2.dnn.readNetFromDarknet("cfg/yolov3-tiny-obj.cfg",
"yolov3-tiny-obj.weights")
layer_names = net.getLayerNames()
output_layers = [layer_names[list((i,))[0] - 1] for i in
net.getUnconnectedOutLayers()]
classes = [line.strip() for line in open("cfg/obj.names")]
colors = [(255, 0, 0), (0, 255, 0), (0, 0, 255), (127, 0, 255)]
font = cv2.FONT_HERSHEY_PLAIN
height, width = 480,360
angle = 0

cap = cv2.VideoCapture(1)
while (cv2.waitKey(1) != 27):
    ret, img = cap.read()
    img = cv2.resize(img,(height,width))
    blob = cv2.dnn.blobFromImage(img, 1 / 255.0, (416, 416), (0,
0, 0), True, crop=False)
    net.setInput(blob)
    outs = net.forward(output_layers)
    class_ids = []
    confidences = []
    boxes = []

    for out in outs:
        for detection in out:
            if detection[4] < 0.5:
                continue
            tx, ty, tw, th, confidence = detection[0:5]
            scores = detection[5:]
```

```

        w = int(tw * width)
        h = int(th * height)
        x = int(tx * width - w / 2)
        y = int(ty * height - h / 2)
        boxes.append([x, y, w, h])
        confidences.append(float(confidence))
        class_ids.append(np.argmax(scores))
indexes = cv2.dnn.NMSBoxes(boxes, confidences, 0.3, 0.4)
i = np.argmax(confidences)
print(i)
if i != -1 :
    cv2.putText(img, 'class:' + str(classes[class_ids[i]]),
(100,100), font, 2,
                colors[class_ids[i] % 4], 4)
    if (i == 2 or i == 3) and angle == 0:
        rotateservo(pin,60)
        angle = 60
        sleep(10)
    elif (i == 1 or i == 4) and angle == 60:
        rotateservo(pin,-60)
        angle = 0
        sleep(10)
    cv2.imshow('win', img)
cap.release()
cv2.destroyAllWindows()

```



## 附錄二：實驗數據表

全紅錦鯉信心值	全白錦鯉信心值	丹頂錦鯉信心值	一般錦鯉信心值
0.86	0.59	0.70	0.74
0.99	0.93	0.84	0.74
0.99	0.72	0.88	0.51
0.79	0.38	1.00	0.89
0.91	0.76	0.86	0.98
0.69	0.57	0.98	0.98
0.73	0.69	0.88	0.98
0.99	0.57	0.99	0.82
0.87	0.59	0.98	0.63
0.83	0.45	0.53	0.99
0.96	0.7	0.88	0.99
1.00	0.9	0.79	0.78
0.81	0.9	0.62	0.97
0.98	0.77	0.62	0.88
0.99	0.8	0.34	0.62
0.77	0.77	0.54	0.77
0.85	0.76	0.74	0.75
0.89	0.58	0.81	0.46
0.99	0.71	0.99	0.79
0.99	0.81	0.99	0.51
0.99	0.67	0.99	1.00
0.73	0.39	0.98	0.62
0.83	0.35	0.89	0.80
0.99	0.67	0.73	0.96
0.90	0.78	0.81	1.00
0.99	0.96	0.99	0.82
0.89	0.9	0.99	0.87
0.97	0.58	0.98	1.00
0.93	0.67	0.87	0.94
0.84	0.9	0.70	1.00
0.99	0.44	0.47	1.00
0.81	0.55	0.77	1.00
0.99	0.65	0.99	0.87

0.84	0.6	0.99	0.85
0.77	0.67	0.99	0.98
0.97	0.89	0.79	0.79
0.74	0.02	0.90	0.69
0.87	0.63	0.43	1.00
0.93	0.69	0.92	1.03
0.84	0.75	0.68	0.98
0.94	0.9	0.67	1.03
0.88	0.77	0.88	0.83
0.99	0.59	0.98	0.94
0.99	0.34	0.75	0.72
0.91	0.57	0.71	0.86
0.97	0.39	0.68	1.00
0.80	0.9	0.38	0.89
0.99	0.52	0.99	0.85
0.99	0.64	0.85	0.73
0.86	0.9	0.98	0.91
0.86	0.6	0.73	0.95
0.99	0.9	0.73	0.78
0.81	0.6	0.80	0.71
0.88	0.63	0.99	0.98
0.94	0.87	0.48	0.50
0.99	0.77	0.98	0.81
0.87	0.51	0.69	0.63
0.99	0.52	0.77	0.98
0.94	0.7	0.81	0.49
1.00	0.81	0.67	0.74
0.80	0.47	0.58	0.59
0.84	0.51	0.63	0.85
0.88	0.85	0.98	0.98
0.99	0.62	0.93	0.95
0.92	0.95	0.56	0.63
0.74	0.77	0.79	0.96
0.96	0.52	0.99	1.00
0.95	0.91	0.63	0.86
0.99	0.82	0.84	0.98
0.86	0.71	0.89	0.92
0.91	0.37	0.70	1.03

0.90	0.9	0.69	1.00
0.97	0.92	0.99	0.98
0.95	0.85	0.83	0.98
0.85	0.9	0.66	0.98
0.77	0.93	0.80	0.69
0.99	0.94	0.75	0.96
0.99	0.9	0.71	0.93
0.79	0.67	0.68	0.98
0.92	0.7	0.94	0.98
0.70	0.74	0.99	0.95
0.86	0.59	0.84	0.77
0.96	0.34	0.58	1.02
0.85	0.54	0.55	0.84
0.83	0.86	0.81	0.99
0.71	0.95	0.78	0.99
0.99	0.52	0.85	0.87
0.96	0.57	0.99	0.98
0.77	0.77	0.78	0.79
0.67	0.66	0.81	0.98
0.67	0.66	0.45	0.78
0.99	0.88	0.54	0.92
0.88	0.59	0.75	1.00
0.83	0.53	0.85	1.00
0.79	0.87	0.77	0.98
0.74	0.55	0.86	0.98
0.76	0.32	0.84	0.98
0.99	0.66	0.82	1.00
0.98	0.47	0.95	0.86
0.96	0.91	0.65	0.94
0.73	0.96	0.94	0.89
1.00	0.63	0.99	1.02
0.87	0.8	0.87	0.82
0.88	0.9	1.00	0.89
0.77	0.45	0.99	0.88
0.91	0.98	0.92	0.75
0.83	0.65	0.74	0.75
0.99	0.63	0.69	0.86
0.93	0.89	0.99	0.55

0.80	0.51	0.88	0.63
0.98	0.57	0.99	0.91
0.83	0.61	0.95	0.98
0.83	0.52	0.69	0.98
0.79	0.73	0.66	0.84
0.93	0.36	0.71	0.93
0.99	0.73	0.86	0.99
0.97	0.68	0.94	0.72
0.96	0.81	0.74	0.85
0.99	0.5	0.73	0.98