

A photograph of a fish market stall. In the foreground, several green plastic trays are filled with fresh fish, including what appears to be sea bream and squid. The background shows a counter with a scale, a person's arm, and various market equipment under bright, warm lighting.

魚類長期監測調查

結合科技與公民科學家

Long-term Fish Monitoring Survey:
Integrating Technology and Citizen Science

魚類長期監測調查：結合科技與公民科學家

綠色和平東亞分部臺北辦公室 2024年 6 月 6 日發布

一、摘要

臺灣擁有豐富的海洋生物多樣性，魚類資源尤其可觀。根據最新的魚類資料庫統計，臺灣周邊海域擁有 3,290 種魚類¹，其中 499 種屬於經濟魚種。綠色和平曾於 2023 年 3 月發布《六種臺灣漁港常見魚類體長調查》²，揭露 6 種臺灣民眾耳熟能詳的魚種均有魚體長過小的問題，恐衝擊海洋生態及漁業的永續經營。由於魚市場中的魚種類繁多，儘管全面性魚類資源調查工作艱鉅，仍有必要進一步調查分析。

有鑑於此，綠色和平於 2023 年間招募全臺各地志工，並與魚類學專家高雄科技大學水產養殖系何宜慶副教授以及資訊科學專家臺灣海洋大學資工系與環境生物與漁業科學系許為元副教授合作，攜手進行更大規模的調查，擴大調查魚種類別及增加樣本數量，並開發利用人工智慧(以下簡稱 AI)技術進行魚種及體長辨識的軟體工具，這也是全臺首次結合魚種辨識與體長估算的人工智慧系統開發。這項結合公民科學與創新科技的計畫，旨在評估市售魚類是否存在個體過小的問題，為制定合理的管理政策提供客觀依據。

在為期近一年的調查期間，綠色和平走訪宜蘭、高雄、屏東、澎湖等地的魚市場，針對市場常見的 40 種魚類進行體長調查，將其與已知成熟體長數據比對，以瞭解資源現況。本調查共計蒐集 18,180 張的魚類樣本照片，經人力鑑定種類後，挑選出 8,038 張目標魚種的照片，並將此批巨量數據應用於開發 AI 辨識系統的訓練。

經過分析 31,353 筆有效數據³，結果顯示在調查的 40 種魚類中，計有 24 種有超過一半以上的樣本未達 50% 性成熟體長參考值(Lm50)，其中銀雞魚的樣本比率高達 99.85% 未達 Lm50，其次為星雞魚(98.83%)、紅甘(98.6%)、星鱸(97.03%)、白腹鯖(95.82%)、白鯧(93.35%)、黑口(92.2%)、青石斑(87.67%)、白帶(87.25%)、石狗公(87.18%)。另外體長尺寸「縮水」最多的前五名分別是銀雞魚(52%)、紅甘(38.5%)、星雞魚(38.4%)、白鯧(36.4%)、銀紋笛鯛(29.8%)。魚種未達成熟體長恐有成長型過漁(Growth overfishing)的情況，亦即漁業壓力過剩(overcapacity)，使魚群在尚未產出下一代之前就被捕撈，魚體小型化即為成長型過漁的現象之一⁴。整體反映出多數常見經濟魚類資源恐有過渡捕撈的狀況，也凸顯有效資源管理政策的急迫性。

¹ <https://fishdb.sinica.edu.tw/chi/fishlist.php>

² <https://www.greenpeace.org/static/planet4-taiwan-stateless/2023/03/798d9b7a-六種臺灣漁港常見魚類體長調查-2023.pdf>

³ 亦即 AI 系統鑑種正確，且測量所得到體長的數據。

⁴ https://www.tfrin.gov.tw/News_Content.aspx?n=309&sms=9035&s=34049

另一方面，AI 辨識系統也展現出卓越的成效：結果顯示 AI 辨識系統的鑑種成功率高達 97.21 %，其中辨識成功率最高者分別為日本的鯛(99.61% 正確率)、刺鯧(99.57% 正確率)以及臭肚魚(99.48%正確率)，足見 AI 辨識系統的穩定性，為漁業資源監測及管理帶來新的可能。

二、調查方法

2.1 調查與採樣時間

2023年 03 月 22 日至 2024 年 01 月 12 日。

2.2 採樣地點與魚種

本次調查地點以魚貨拍賣市場為主要對象，零售小販為輔。地點選定宜蘭大溪與南方澳、高雄蚵仔寮、高雄前鎮漁港、屏東東港及澎湖馬公漁港等地進行調查。調查魚種以臺灣沿近海魚種為主，於過程中蒐集市場拍賣大宗的 40 種魚類個體照片，並盡可能地排除進口或養殖魚體，詳細調查魚種清單以及成熟體長參考值及其文獻如附件一所示。

2.3 調查方法

本次調查以影像拍攝方式進行，為避免調查過程中過度干擾魚販工作，僅由 1 - 2 位調查員前往漁港於拍賣或販售時間進行拍攝，並使用比例尺(4 公分正方形色版)，盡可能以與地面水平的角度拍攝圖片，以減少傾斜角度造成的誤差。所有參與調查的人員均有受過拍照訓練。

2.4 魚種辨識開發方法

開發魚種辨識與體長測量的 AI 系統之流程如附件二所示。

2.5 體長分析方法

本調查沿用《六種臺灣漁港常見魚類體長調查》的體長分析方式⁵，以文獻回顧方式查詢各魚種的生殖生物學相關文獻，其中以該魚種的 50% 雌性性成熟體長⁶(以下簡稱 Lm50)作為比較數值，並且將調查期間的全部照片使用上述開發的 AI 系統進行鑑種與體長測量，並使用 AI 系統所估算的數據進行分析，以估算樣本中有多少個體小於成熟體長的數值。

⁵ <https://www.greenpeace.org/static/planet4-taiwan-stateless/2023/03/798d9b7a-六種臺灣漁港常見魚類體長調查-2023.pdf>

⁶ 魚群中 50% 的個體達到性成熟，其體長即為該魚種的 Lm50。

2.6 研究限制

- 本次選定 6 個臺灣底拖漁網主要拍賣的漁港市場進行調查，可能無法充分代表整體沿近海魚類情況，因不同海域的環境與捕撈強度可能存在差異。
- 部分混雜同屬不同種的魚獲，在照片中細分具有困難度，因此以同屬或同科分類進行體長分析，例如：瓜仔 (*Caragoides* spp.)、白鯧 (*Pampus* spp.) 等。
- 因不同地理位置的魚類生長發育模式可能不同，現有的文獻參考資料可能無法完全反映地方魚群的真實狀況。本次調查盡量以臺灣族群所做的文獻為參考，但由於很多物種缺乏本地數據，因此需要採用鄰近區域 (例如：日本、韓國) 的文獻，或是來自印度洋、大西洋的族群資料。
- 排除進口或養殖魚體的過程可能存在一些不確定性，尤其是對某些魚種而言，進口和當地捕撈魚體的區分可能較為困難。

三、調查結果

3.1 魚種個體未達 Lm50 的比例

在所有的調查目標魚種中⁷，計有 24 種魚類的樣本中有超過一半以上 (即 50 %) 的個體未達該魚種的 Lm 50 (如下表一)，以下為各個魚種的體長統計基本資料以及未達 Lm 50 百分比前 10 名的體長分佈圖：銀雞魚的樣本中有高達 99.85 % 的個體數量未達 Lm 50，其次為星雞魚 (98.83%)、紅甘 (98.6%)、星鱸 (97.03%)、白腹鯖 (95.82%)、白鯧 (93.35%)、黑口 (92.2%)、青石斑 (87.67%)、白帶 (87.25%)、石狗公 (87.18%)。

表一、調查魚種樣本體長統計與成熟體長。單位：公分。

| 編號 | 魚種名稱 | Lm 50 | 最小值 | 最大值 | 平均值 | 中位數 | 小於成熟體長個體比例 (%) |
|----|------------|-------|------|-------|------|------|----------------|
| 1 | 銀雞魚 | 47.7 | 11.8 | 59.6 | 22.9 | 21.6 | 99.85 |
| 2 | 星雞魚 | 47.7 | 11.5 | 53.2 | 29.4 | 28.9 | 98.83 |
| 3 | 杜氏鰺、紅甘、紅甘鱔 | 95.3 | 26.2 | 157.4 | 58.6 | 60.2 | 98.6 |
| 4 | 星鱸 | 33 | 18.9 | 67.7 | 27.1 | 25.7 | 97.03 |
| 5 | 白腹鯖、鯖魚 | 32.3 | 11.1 | 46.3 | 23.8 | 23.6 | 95.82 |
| 6 | 白鯧 | 22.5 | 8.2 | 31.7 | 14.3 | 11.8 | 93.35 |
| 7 | 黑口、黑喉、黑加網 | 31 | 5.3 | 83.3 | 23.4 | 22.1 | 92.2 |

⁷ 在允許誤差 2 公分、標準差 5 公分、信心水準 95% 的條件下，估算魚種的平均體長至少需要 25 個樣本，因此樣本數少於 25 的魚種 (例如：小甘鱔、嘉鱸等) 排除在此統計分析中。

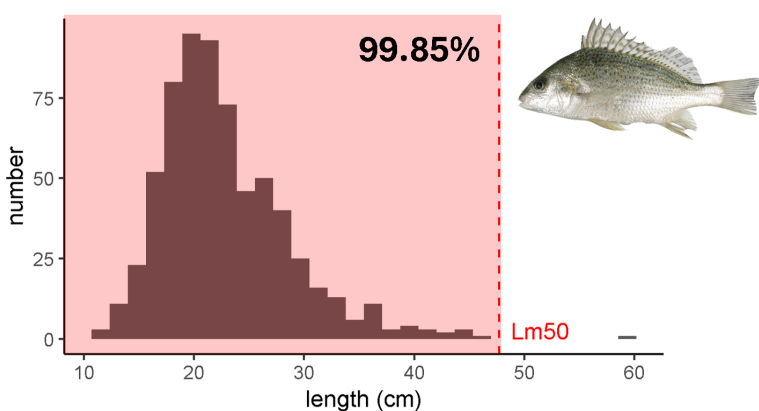
| | | | | | | | |
|----|-----------------------|------|------|-------|------|------|-------|
| 8 | 青石斑 | 26 | 10.7 | 89.3 | 21.6 | 20.9 | 87.67 |
| 9 | 白帶 | 26.8 | 4.3 | 64.4 | 20.3 | 19.2 | 87.25 |
| 10 | 石狗公 | 26 | 9.4 | 30.4 | 21.6 | 21.6 | 87.18 |
| 11 | 瓜仔(臀鰭有白緣) | 24.7 | 8.8 | 140.4 | 21.7 | 20.1 | 86.62 |
| 12 | 紅喉、紅鱸、紅加網 | 29.6 | 14.5 | 39 | 24.4 | 23.6 | 86.19 |
| 13 | 瓜仔(臀鰭無白緣) | 24.7 | 11.6 | 51.2 | 19.1 | 17 | 84.16 |
| 14 | 花斑蛇鯔、狗母 ⁸ | 30.8 | 8.4 | 52.8 | 23.7 | 23.9 | 82.85 |
| 15 | 銀紋笛鯛 | 53.1 | 22.8 | 70 | 37.3 | 29.4 | 80 |
| 16 | 馬頭、方頭魚 | 30.2 | 10.3 | 93.5 | 26.5 | 25.4 | 76.81 |
| 17 | 日本竹筴魚、硬尾仔、巴攏 | 26.6 | 8 | 41.4 | 23.3 | 23.2 | 75.45 |
| 18 | 金線魚 | 18.3 | 5.9 | 42.1 | 16.9 | 16.4 | 72.46 |
| 19 | 青嘴龍占魚 | 35 | 12.8 | 76.1 | 31.7 | 27.4 | 69.55 |
| 20 | 三角仔、短棘鰩 | 16.2 | 8.4 | 27.1 | 15.3 | 15.1 | 68.81 |
| 21 | 日本的鯛、印章魚、多利魚 | 23.1 | 11.2 | 43.2 | 22.3 | 19.9 | 63.42 |
| 22 | 烏鯧 | 26.8 | 7.4 | 47.1 | 26.2 | 21.5 | 60.24 |
| 23 | 盤仔、紅鋤齒鯛、鮆鯛 | 16.6 | 5.3 | 30.3 | 16.6 | 16.3 | 54.78 |
| 24 | 藍圓鰹、四破、硬尾仔、巴攏 | 20.8 | 8 | 31.3 | 20.8 | 20.5 | 53 |
| 25 | 烏尾冬 | 20.1 | 10.9 | 27.6 | 20.3 | 20.4 | 43.28 |
| 26 | 嘉鱻、真鯛 | 28 | 21.6 | 84.2 | 34.7 | 28.9 | 40.54 |
| 27 | 曳絲鑽嘴魚、哇米仔、歪米 | 15.4 | 5.5 | 25.7 | 16.4 | 16.1 | 36.5 |
| 28 | 赤鯨、黃背牙鯛 | 15.5 | 5.3 | 40 | 18.1 | 17.5 | 29.44 |
| 29 | 花腹鯖 | 32.3 | 19.5 | 49.2 | 34.6 | 35.2 | 28.57 |
| 30 | 火斑笛鯛、紅雞仔、赤筆仔、黑點 | 18.7 | 9.9 | 48.3 | 21.5 | 20.6 | 27.17 |
| 31 | 黃尾金梭魚、尖梭 ⁹ | 28 | 6.5 | 70.5 | 31.1 | 31.6 | 25.6 |

⁸ 因狗母為長條形魚類，在市場中經常呈現捲曲狀態，目前 AI 辨識系統仍無法測量捲曲狀態的個體長度，因此若照片中的樣本呈現捲曲，體長測量數據存在較大的誤差。

⁹ 因尖梭為長條形魚類，在市場中經常呈現捲曲狀態，目前 AI 辨識系統仍無法測量捲曲狀態的個體長度，因此若照片中的樣本呈現捲曲，體長測量數據存在較大的誤差。

| | | | | | | | |
|----|-----------------|------|------|------|------|------|-------|
| 32 | 密點少棘胡椒鯛、雞仔魚、加志 | 31.8 | 12.3 | 82 | 45.2 | 48.5 | 23.47 |
| 33 | 刺鯧、肉魚、肉鯽仔 | 15.3 | 7.7 | 36.5 | 16.7 | 16.8 | 17.71 |
| 34 | 台灣棘鯛、台灣黑鯛、烏格、黑格 | 20.2 | 17.1 | 44.7 | 28 | 28.5 | 12.73 |
| 35 | 吉打副葉鰺、甘仔魚 | 14.9 | 10 | 36.3 | 21.2 | 21.5 | 12.64 |
| 36 | 沙梭、沙腸仔 | 13 | 8.9 | 29.7 | 16.3 | 16.2 | 10.31 |
| 37 | 藍豬齒魚、四齒仔、西齒 | 19 | 14.2 | 43 | 26.7 | 26.2 | 5.29 |
| 38 | 花身鯽、花身雞魚、花身仔 | 14.8 | 9.7 | 32 | 18.6 | 18.4 | 4.07 |
| 39 | 無斑圓鰺、赤尾、巴攏 | 17.2 | 19.1 | 60.5 | 44.6 | 48.8 | 0 |
| 40 | 褐籃子魚、臭肚魚、象魚 | 11.5 | 11.7 | 38.5 | 20.3 | 19 | 0 |

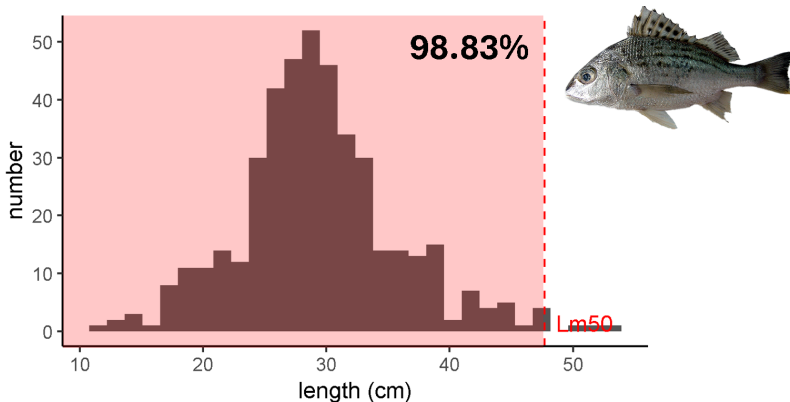
3.1.1 銀雞魚¹⁰



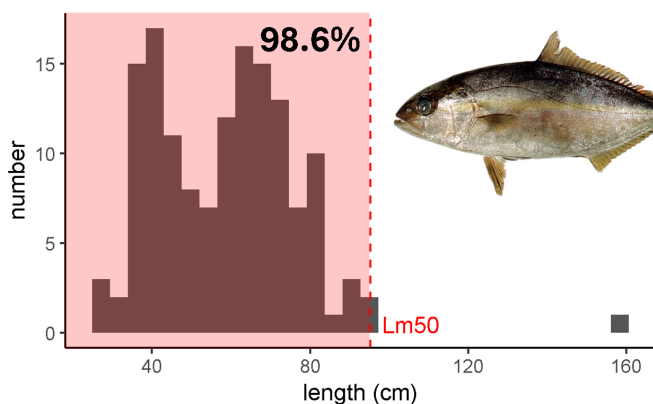
¹⁰ 圖片來源:

<https://fishdb.sinica.edu.tw/chi/specimenpic.php?pic=http://fishdb.sinica.edu.tw/images/FRIP/500dpi/FRIP21216.jpg&asiz=FRIP21216&id=FRIP21216>

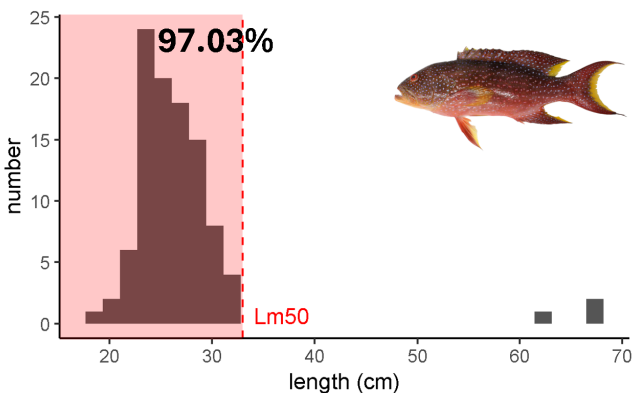
3.1.2 星雞魚¹¹



3.1.3 杜氏鰺、紅甘、紅甘鱸¹²



3.1.4 星鱸¹³



¹¹ 圖片來源:

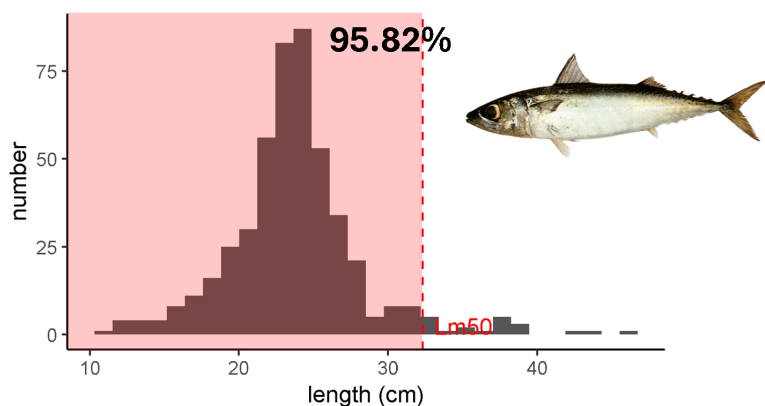
<https://fishdb.sinica.edu.tw/chi/specimenpic.php?pic=http://fishdb.sinica.edu.tw/images/NMNS/500dpi/NMNSF00480.jpg&asiz=NMNSF00480&id=NMNSF00480>

¹² 圖片來源: <https://fishdb.sinica.edu.tw/chi/showpic.php?filename=a704-03&science=Seriola%20dumerili>

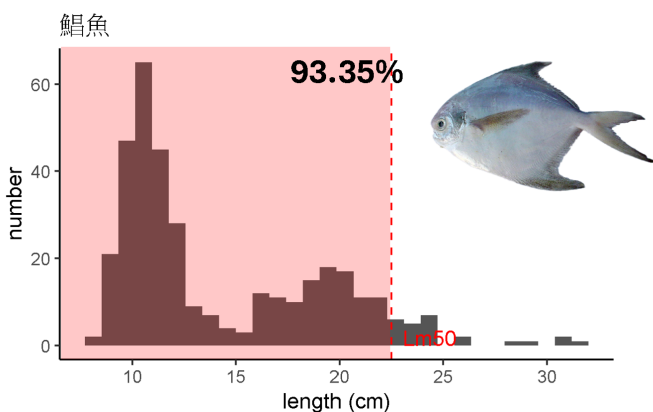
¹³ 圖片來源:

<https://fishdb.sinica.edu.tw/chi/specimenpic.php?pic=http://fishdb.sinica.edu.tw/images/ASIZP/500dpi/ASIZP0076175.jpg&asiz=ASIZP0076175&id=ASIZP0076175>

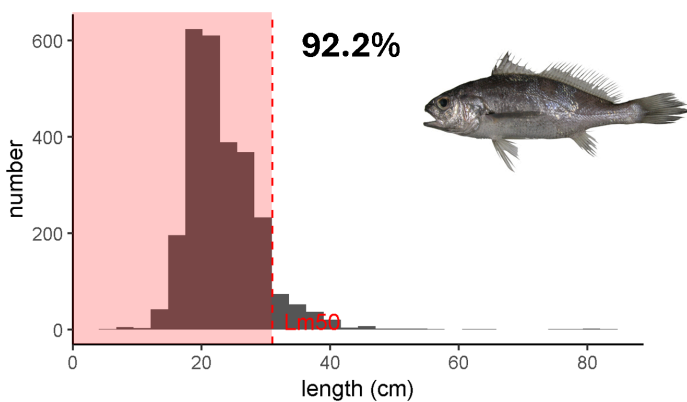
3.1.5 白腹鯖、鯖魚¹⁴



3.1.6 白鯧¹⁵



3.1.7 黑口、黑喉、黑加網¹⁶



¹⁴ 圖片來源：

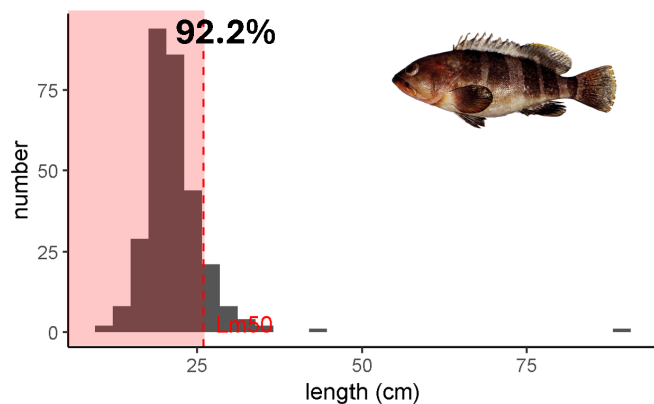
<https://fishdb.sinica.edu.tw/chi/showpic.php?filename=a799-05&science=Scomber%20japonicus>

¹⁵ 圖片來源：<https://www.fishbase.se/photos/PicturesSummary.php?resultPage=4&ID=491&what=species>

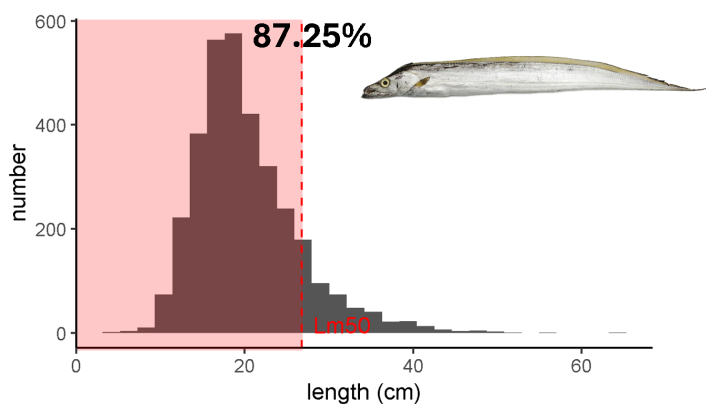
¹⁶ 圖片來源：

<https://fishdb.sinica.edu.tw/chi/specimenpic.php?pic=http://fishdb.sinica.edu.tw/images/FRIP/500dpi/FRIP21303.jpg&asiz=FRIP21303&id=FRIP21303>

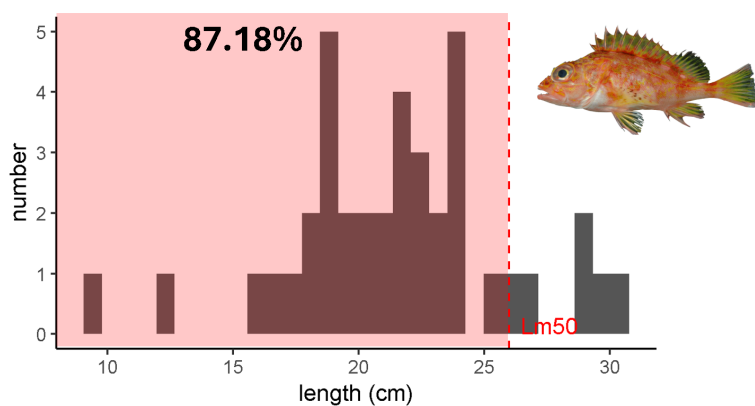
3.1.8 青石斑¹⁷



3.1.9 白帶¹⁸



3.1.10 石狗公¹⁹



¹⁷ 圖片來源：

<https://fishdb.sinica.edu.tw/chi/showpic.php?filename=a683-04&science=Epinephelus%20awoara>

¹⁸ 圖片來源：

<https://fishdb.sinica.edu.tw/chi/specimenpic.php?pic=http://fishdb.sinica.edu.tw/images/ASIZP/500dpi/ASIZP0072778.jpg&asiz=ASIZP0072778&id=ASIZP0072778>

¹⁹ 圖片來源：

<https://fishdb.sinica.edu.tw/chi/specimenpic.php?pic=http://fishdb.sinica.edu.tw/images/FRIP/500dpi/FRIP21693.jpg&asiz=FRIP21693&id=FRIP21693>

3.2 魚種平均體長與 Lm 50 的差距百分比

若以各魚種的平均體長與 Lm50 進行比較並計算差值比例，可得知哪些魚種的體長縮小最為顯著。在調查魚種中，銀雞魚的平均體長與 Lm50 之間的差異最大，高達 52%，亦即銀雞魚的平均體長比其 Lm 50 小了將近一半。縮水程度其次依序為紅甘(38.5%)、星雞魚(38.4%)、白鯧(36.4%)、銀紋笛鯛(29.8%)、白腹鯖魚(26.3%)、黑口(24.5%)、白帶(24.3%)、狗母(23.1%)、瓜仔(22.7%)，其他魚種如下表所示。

表二、調查魚種樣本體長平均值與 Lm50 差異。單位：公分。

| 編號 | 魚種名稱 | 平均值 | Lm50 | 小於Lm50比例(%) | 體長差值百分比(%) |
|----|--------------|------|------|-------------|------------|
| 1 | 銀雞魚 | 22.9 | 47.7 | 99.85 | -52 |
| 2 | 杜氏鰺、紅甘、紅甘鯪 | 58.6 | 95.3 | 98.6 | -38.5 |
| 3 | 星雞魚 | 29.4 | 47.7 | 98.83 | -38.4 |
| 4 | 白鯧 | 14.3 | 22.5 | 93.35 | -36.4 |
| 5 | 銀紋笛鯛 | 37.3 | 53.1 | 80 | -29.8 |
| 6 | 白腹鯖、鯖魚 | 23.8 | 32.3 | 95.82 | -26.3 |
| 7 | 黑口、黑喉、黑加網 | 23.4 | 31 | 92.2 | -24.5 |
| 8 | 白帶 | 20.3 | 26.8 | 87.25 | -24.3 |
| 9 | 花斑蛇鯔、狗母 | 23.7 | 30.8 | 82.85 | -23.1 |
| 10 | 瓜仔(臀鰭無白緣) | 19.1 | 24.7 | 84.16 | -22.7 |
| 11 | 星鱸 | 27.1 | 33 | 97.03 | -17.9 |
| 12 | 紅喉、紅鱸、紅加網 | 24.4 | 29.6 | 86.19 | -17.6 |
| 13 | 青石斑 | 21.6 | 26 | 87.67 | -16.9 |
| 14 | 石狗公 | 21.6 | 26 | 87.18 | -16.9 |
| 15 | 日本竹筴魚、硬尾仔、巴攏 | 23.3 | 26.6 | 75.45 | -12.4 |
| 16 | 馬頭、方頭魚 | 26.5 | 30.2 | 76.81 | -12.3 |
| 17 | 瓜仔(臀鰭有白緣) | 21.7 | 24.7 | 86.62 | -12.1 |
| 18 | 青嘴龍占魚 | 31.7 | 35 | 69.55 | -9.43 |

| | | | | | |
|----|-----------------|------|------|-------|-------|
| 19 | 金線魚 | 16.9 | 18.3 | 72.46 | -7.65 |
| 20 | 三角仔、短棘鰩 | 15.3 | 16.2 | 68.81 | -5.56 |
| 21 | 日本的鯛、印章魚、多利魚 | 22.3 | 23.1 | 63.42 | -3.46 |
| 22 | 烏鯧 | 26.2 | 26.8 | 60.24 | -2.24 |
| 23 | 盤仔、紅鋤齒鯛、鮆鯛 | 16.6 | 16.6 | 54.78 | 0 |
| 24 | 藍圓鰩、四破、硬尾仔、巴攏 | 20.8 | 20.8 | 53 | 0 |
| 25 | 烏尾冬 | 20.3 | 20.1 | 43.28 | 0.995 |
| 26 | 曳絲鑽嘴魚、哇米仔、歪米 | 16.4 | 15.4 | 36.5 | 6.494 |
| 27 | 花腹鯖 | 34.6 | 32.3 | 28.57 | 7.121 |
| 28 | 刺鯧、肉魚、肉鯽仔 | 16.7 | 15.3 | 17.71 | 9.15 |
| 29 | 黃尾金梭魚、尖梭 | 31.1 | 28 | 25.6 | 11.07 |
| 30 | 火斑笛鯛、紅雞仔、赤筆仔、黑點 | 21.5 | 18.7 | 27.17 | 14.97 |
| 31 | 赤鯨、黃背牙鯛 | 18.1 | 15.5 | 29.44 | 16.77 |
| 32 | 嘉鱘、真鯛 | 34.7 | 28 | 40.54 | 23.93 |
| 33 | 沙梭、沙腸仔 | 16.3 | 13 | 10.31 | 25.38 |
| 34 | 花身鯽、花身雞魚、花身仔 | 18.6 | 14.8 | 4.07 | 25.68 |
| 35 | 台灣棘鯛、台灣黑鯛、烏格、黑格 | 28 | 20.2 | 12.73 | 38.61 |
| 36 | 藍豬齒魚、四齒仔、西齒 | 26.7 | 19 | 5.29 | 40.53 |
| 37 | 密點少棘胡椒鯛、雞仔魚、加志 | 45.2 | 31.8 | 23.47 | 42.14 |
| 38 | 吉打副葉鰩、甘仔魚 | 21.2 | 14.9 | 12.64 | 42.28 |
| 39 | 褐籃子魚、臭肚魚、象魚 | 20.3 | 11.5 | 0 | 76.52 |
| 40 | 無斑圓鰩、赤尾、巴攏 | 44.6 | 17.2 | 0 | 159.3 |

3.3 人工智慧辨識系統鑑定種類之成功率

我們將調查期間的所有照片使用 AI 辨識系統進行鑑定種類，取得電腦鑑定的魚種後，並將之與人力鑑種的名稱進行比對，以估算鑑種成功率。在 8,038 張的調查目標魚類樣本照片中，AI 辨識系統共鑑定出 32,217 隻個體，其中與人力鑑種相符的個體共有 31,319 隻個體，亦即成功率為 97.21 %。計有 33 個魚種的成功率在八成以上，而下表為成功率最高的十個魚種以及其成功率。

表三、調查魚種的 AI 鑑定成功率。

| 編號 | 魚種名稱 | 成功率 | AI 鑑別個體數量 | AI 鑑別錯誤數量 |
|----|--------------|---------|-----------|-----------|
| 1 | 日本的鯛、印章魚、多利魚 | 99.61% | 258 | 1 |
| 2 | 刺鯧、肉魚、肉鯽仔 | 99.57 % | 1,854 | 8 |
| 3 | 褐籃子魚、臭肚魚、象魚 | 99.48 % | 192 | 1 |
| 4 | 黃尾金梭魚、尖梭 | 99.37 % | 959 | 6 |
| 5 | 三角仔、短棘鯧 | 99.19 % | 1,351 | 11 |
| 6 | 白帶 | 99.06 % | 3,624 | 34 |
| 7 | 瓜仔(臀鰭無白緣) | 99.02 % | 102 | 1 |
| 8 | 火斑笛鯛、紅雞仔、赤筆仔 | 98.92 % | 93 | 1 |
| 9 | 花斑蛇鯧、狗母 | 98.9 % | 1,185 | 13 |
| 10 | 烏鯧 | 98.8 % | 751 | 9 |

另外，體長估算方面，手動實際測量魚體長與使用影像透過 AI 辨識系統測量的誤差範圍落在在 5 %之內(如附件三所示)。

附件一、調查魚種名單

| 編號 | 魚種俗名 | 學名 | Lm50(cm) | 體長類型 ²⁰ | 文獻編號 |
|----|--------------------------|--------------------------------|----------|--------------------|------|
| 1 | 黑口、黑喉、黑加網 | <i>Atrobuca nibe</i> | 31 | TL | [1] |
| 2 | 刺鯧、肉魚、肉鯽仔 | <i>Psenopsis anomala</i> | 15.3 | FL | [2] |
| 3 | 紅喉、紅鱸、紅加網 | <i>Doederleinia berycoides</i> | 29.6 | FL | [3] |
| 4 | 三角仔、短棘鰻 | <i>Leiognathus equulus</i> | 16.2 | FL | [4] |
| 5 | 烏鯧 | <i>Parastromateus niger</i> | 26.8 | FL | [5] |
| 6 | 吉打副葉鰹、甘仔魚 | <i>Alepes djedaba</i> | 14.9 | TL | [6] |
| 7 | 瓜仔 ²¹ (臀鰭有白緣) | <i>Caragoides</i> spp. | 24.7 | FL | [7] |
| 8 | 瓜仔 ²² (臀鰭無白緣) | <i>Caragoides</i> spp. | 24.7 | FL | [8] |
| 9 | 無斑圓鰹 | <i>Decapterus kurroides</i> | 17.2 | TL | [9] |
| 10 | 藍圓鰹 | <i>Decapterus maruadsi</i> | 20.8 | FL | [10] |
| 11 | 日本竹筴魚 | <i>Trachurus japonicus</i> | 26.6 | FL | [11] |
| 12 | 白腹鯖 | <i>Scomber japonicus</i> | 32.3 | FL | [12] |
| 13 | 花腹鯖 ²³ | <i>Scomber australasicus</i> | 32.3 | FL | [13] |
| 14 | 曳絲鑽嘴魚、哇米仔、歪米 | <i>Gerres filamentosus</i> | 15.4 | FL | [14] |
| 15 | 密點少棘胡椒鯛、雞仔魚、加志 | <i>Diagramma pictum</i> | 31.8 | FL | [15] |
| 16 | 銀雞魚 ²⁴ | <i>Pomadasys argenteus</i> | 47.7 | FL | [16] |

²⁰ 魚體長類型包括：尾差體長(Fork length, FL)、標準體長(Standard length, SL)、全長(Total length, TL)

²¹ 此魚種引用 *Carangoides bajad* 的資料。

²² 此魚種引用 *Carangoides bajad* 的資料。

²³ 此魚種引用 *Scomber japonicus* 的資料。

²⁴ 此魚種引用 *Pomadasys kaakan* 的資料。

| 編號 | 魚種俗名 | 學名 | Lm50(cm) | 體長類型 ²⁰ | 文獻編號 |
|----|-------------------|----------------------------------|----------|--------------------|------|
| 17 | 星雞魚 | <i>Pomadasys kaakan</i> | 47.7 | FL | [17] |
| 18 | 青嘴龍占魚 | <i>Lethrinus nebulosus</i> | 35 | FL | [18] |
| 19 | 火斑笛鯛、紅雞仔、赤筆仔 | <i>Lutjanus fulviflamma</i> | 18.7 | FL | [19] |
| 20 | 銀紋笛鯛 | <i>Lutjanus argentimaculatus</i> | 53.14 | FL | [20] |
| 21 | 馬頭、方頭魚 | <i>Branchiostegus japonicus</i> | 30.2 | FL | [21] |
| 22 | 金線魚 ²⁵ | <i>Nemipterus</i> spp. | 18.3 | FL | [22] |
| 23 | 石狗公 | <i>Sebastiscus marmoratus</i> | 26 | TL | [23] |
| 24 | 褐籃子魚、臭肚魚、象魚 | <i>Siganus fuscescens</i> | 11.548 | SL | [24] |
| 25 | 盤仔、紅鋤齒鯛、魷鯛 | <i>Evynnis cardinalis</i> | 16.61 | FL | [25] |
| 26 | 赤鯨、黃背牙鯛 | <i>Dentex hypselosomus</i> | 15.48 | FL | [26] |
| 27 | 嘉鱘、真鯛 | <i>Pagrus major</i> | 28 | FL | [27] |
| 28 | 台灣棘鯛、台灣黑鯛、烏格、黑格 | <i>Acanthopagrus taiwanensis</i> | 20.18 | FL | [28] |
| 29 | 黃尾金梭魚、尖梭 | <i>Sphyraena flavicauda</i> | 28 | TL | [29] |
| 30 | 沙梭、沙腸仔 | <i>Sillago sihama</i> | 13 | TL | [30] |
| 31 | 花身鰺、花身雞魚、花身仔 | <i>Terapon jarbua</i> | 14.8 | FL | [31] |
| 32 | 白帶 ²⁶ | <i>Trichiurus</i> spp. | 26.8 | PAL ²⁷ | [32] |
| 33 | 白鯧 ²⁸ | <i>Pampus</i> spp. | 22.5 | FL | [33] |

²⁵ 此魚種引用 *Nemipterus peronii* 的資料。

²⁶ 此魚種引用 *Trichiurus japonicas* 的資料。

²⁷ PAL 為肛前長 (pre-anal length)。

²⁸ 此魚種引用 *Pampus argenteus* 的資料。

| 編號 | 魚種俗名 | 學名 | Lm50(cm) | 體長類型 ²⁰ | 文獻編號 |
|----|---------------------------|---------------------------|----------|--------------------|------|
| 34 | 烏尾冬 ²⁹ | <i>Pterocaesio</i> spp. | 20.1 | TL | [34] |
| 35 | 日本的鯛、印章魚、多利魚 | <i>Zeus faber</i> | 23.06 | SL | [35] |
| 36 | 藍豬齒魚、四齒仔、西齒 ³⁰ | <i>Choerodon azurio</i> | 19 | TL | [36] |
| 37 | 青石斑 ³¹ | <i>Epinephelus awoara</i> | 26 | SL | [37] |
| 38 | 星鱸 | <i>Variola louti</i> | 33 | SL | [38] |
| 39 | 花斑蛇鯔、狗母 ³² | <i>Saurida</i> spp. | 30.8 | FL | [39] |
| 40 | 杜氏鰺、紅甘、紅甘鰺 | <i>Seriola dumerili</i> | 95.28 | FL | [40] |

- [1] 繆自昌、李信徹、曾萬年。1990年。Reproductive Biology of *Terapon Jarbua* from the Estuary of Tamshui River。臺灣水產學會刊 17 (1): 9-20。
- [2] Wang SB, Chen CT. 1995. Reproductive biology of Japanese butterflyfish *Psenopsis anomala* (Stromateidae) from coastal waters of northeastern Taiwan. *Fishery Research*, 23(1-2): 127-141
- [3] Cha HK, Kang Sk, Choi JH. 2010. Reproductive ecology of the blackthroat seaperch, *Doderleinia berycoides* (Hilgendorf) in South Sea of Korean waters. *Journal of the Korean Society of Fisheries and Ocean Technology*, 46(4):368-375.
- [4] Lee CF, Liu KM, Su WC, Wu CC. 2015. Reproductive biology of the common ponyfish *Leiognathus equulus* in the south-western waters off Taiwan. *Fisheries Science*, 71(3):551-562.
- [5] 陳郁凱、翁進興、何珈欣、賴繼昌、吳伊淑、黃建智、陳秋月。2022。臺灣西南海域底棲性漁業資源生態調查。行政院農業委員會水產試驗所沿近海資源研究中自行研究報告。4頁。
- [6] Bandkar, Deepali & Chogale, Narendra & Vivek, Nirmale & Pawar, Ravindra & Chogale, Narendra & Metar, Santosh & Gurjar, Udai. 2022. Reproductive biology and feeding dynamics of the shrimp scad *Alepes djedaba* (Forsskal, 1775) from Ratnagiri, central west coast of India. *Indian Journal of Fisheries*. 69. 37-44. 10.21077/ijf.2022.69.1.109595-04.
- [7] E.M. Grandcourt, T.Z. Al Abdessalaam, F. Francis, A. Al Shamsi. 2004. Population biology and assessment of representatives of the family Carangidae: *Carangoides bajad* and *Gnathanodon speciosus* (Forsskål, 1775), in the Southern Arabian Gulf. *Fisheries Research*, Volume 69, Issue 3, <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2004.06.008>.
- [8] Ibid.
- [9] Rosa, H. K. T. D., Quiñones, M. B., Jimenez, C. R., Garcia, J. P., Molina, D. L., Samson, J. J., & Paghasian, M. C. 2022. First Report on the Reproductive Biology of the Redtail Scad *Decapterus kurroides* Bleeker, 1855 in Iligan Bay, Southern Philippines.

²⁹ 此魚種引用 *Pterocaesio tile* 的資料。

³⁰ 此魚種引用 *Choerodon anchorago* 的資料。

³¹ 此魚種引用 *Epinephelus akaara* 的資料。

³² 此魚種引用 *Saurida undosquamis* 的資料。

- [10] 呂學榮、林愛龍、郭佳臻、高郁婷、黃冠穎、黃莆閔、蘇娜、黃章陽、林品妤。2021。臺灣北部海域藍圓鰺漁業資源現況調查。國立臺灣海洋大學行政院農業委員會漁業署110年度科技計畫研究報告。
- [11] 吳欣蓓。2010。臺灣東北部海域真鰻生殖生態之初步研究。國立臺灣海洋大學環境生物與漁業科學學系。碩士論文。
- [12] 張雅雯。2014。臺灣東北部海域白腹鯖年齡成長與生殖生物學之研究。國立臺灣海洋大學環境生物與漁業科學學系。碩士論文。
- [13] Ibid.
- [14] 莊歆宜。2017。臺灣西南海域產曳絲鑽嘴魚(*Gerres filamentosus*)生殖生物學研究。國立高雄海洋科技大學漁業生產與管理系。碩士論文。
- [15] Grandcourt, E. M., Al Abdessalaam, T. Z., Francis, F., & Al Shamsi, A. 2004. Population biology and assessment of representatives of the family Carangidae: *Carangoides bajad* and *Gnathanodon speciosus* (Forsskaal, 1775), in the Southern Arabian Gulf. *Fisheries Research*, 69(3), 331-341.
- [16] Falahatimarvast, Ali & Poorbagher, Hadi & Lokman, Pieter. 2012. The reproductive biology of *Pomadasys kaakan* (Osteichthyes: Haemulidae) in the northern Persian Gulf. *Cahiers de Biologie Marine*. 53.
- [17] Ibid.
- [18] Marriott RJ, Jarvis NDC, Adams DJ, Gallash AE, Norriss J, Newman SJ. 2010. Maturation and sexual ontogeny in the spangled emperor *Lethrinus nebulosus*. *Journal of Fish Biology* 76: 1396–1414. DOI: 10.1111/j.1095-8649.2010.02571.x
- [19] Edwin Mark Grandcourt, Thabit Zahran Al Abdessalaam, Franklin Francis. 2006. Age, growth, mortality and reproduction of the blackspot snapper, *Lutjanus fulviflamma* (Forsskal, 1775), in the southern Arabian Gulf, *Fisheries Research*, Volume 78, Issues 2–3. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2005.11.021>.
- [20] Russell, D. & McDougall, Andrew. 2008. Reproductive biology of mangrove jack (*Lutjanus argentimaculatus*) in northeastern Queensland, Australia. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*. 42. 219-232. 10.1080/00288330809509950.
- [21] Yamashita H, Sakai T, Katayama S, Tokai T. 2011. Re-examination of growth and maturation of red tilefish *Branchiostegus japonicus* in the East China Sea. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 77(2): 188–198.
- [22] Wu CC, Weng JSD, Liu KM, Su WC. 2008. Reproductive Biology of the Notchedfin Threadfin Bream, *Nemipterus peronii* (Nemipteridae), in Waters of Southwestern Taiwan. *Zoological Studies*, 47(1):103–113.
- [23] Bae, H.C. 1999. Growth and maturation of the scorpionsishes, *Sebastiscus marmoratis* and *S. tertius*. Doctor thesis, Department of Marine biology, Cheju National University, 102 pp.
- [24] Alcala, Angel & Bucol, Abner & Bucol, Lilibeth & Romano Jr, Edwin & Cabcan, Sherlyn & Alcoran-Alvarez, Giselle Ann & Ruben, Zoe & Bachner, Micah & Bird, Chris & Polidoro, Beth & Carpenter, Kent. 2020. Microplastics in the Mottled Rabbitfish (*Siganus fuscescens*) in Negros Oriental, Philippines with Notes on the Siganid Fishery. 61. 19-36.
- [25] 涂致曄。2010。台灣東北海域鰻鯛之生殖生物學研究。國立臺灣海洋大學環境生物與漁業科學學系。碩士論文。
- [26] Liao CH, Pong M, Chyn SS, Su WC. 2020. Reproductive Biology of the Yellow Seabream (*Dentex tumifrons*) in the Northern Waters off Taiwan. *Journal of Taiwan Fishery Society*, 36(4): 233–250.
- [27] Matsuyama, M., Matsuura, S., Ouchi, Y. et al. 1987. Maturity classification and group maturity of the red sea bream *Pagrus major*. *Mar. Biol.* 96, 163–168. <https://doi.org/10.1007/BF00427015>
- [28] 楊樂達。2021。臺灣西部水域產臺灣棘鯛(*Acanthopagrus taiwanensis*)之漁業生物學研究。國立臺灣海洋大學海洋事務與資源管理研究所。碩士論文。
- [29] Allam, S.M. & Faltas, S.N. & Ragheb, Evelyn. 2004. Reproductive biology of *Sphyraena* species in the Egyptian Mediterranean waters off Alexandria. *Egypt. J. Aquat. Res.* 30. 255-270.
- [30] Radhakrishnan, N. 1957. A contribution to the biology of Indian Sand Whiting *Sillago sihama* (Forsk.) *Indian Journal of Fisheries*, 4(2), 254-283.

- [31] 繆自昌、李信徹、曾萬年。1990。Reproductive Biology of Terapon Jarbua from the Estuary of Tamshui River。臺灣水產學會刊 17 (1): 9-20。
- [32] 曾正豪、吳允暉、陳郁凱、黃星翰、金建邦、何珈欣、翁進興、陳人裕、劉康熙、吳伊淑。2021。臺灣沿近海帶魚屬魚類之生殖生物學及漁業活動熱點之魚種組成研究。行政院農業委員會水產試驗所110年度科技計畫研究報告。5頁。
- [33] 施兆鴻。2006。舟山漁場銀鯧和灰鯧繁殖特性的比較。水產學報30(5):647~653。
- [34] Tuapetel, F., Pattikawa, J., & Wally, D. 2022. REPRODUKSI IKAN LALOSI (*Pterocaesio tile*) DI PERAIRAN TULEHU, PULAU AMBON. TRITON: Jurnal Manajemen Sumberdaya Perairan, 18(2), 73-83. <https://doi.org/10.30598/TRITONvol18issue2page73-83>
- [35] 許慧文。2009年。台灣東北部海域日本的鯛生殖生物學研究。國立臺灣海洋大學環境生物與漁業科學學系。碩士論文。
- [36] Tuwo, A., Tika, I. H. P., Yunus, B., Yasir, I., Yanti, A., Rahmani, P. Y., ... & Tresnati, J. 2020. Sex ratio and maturity of orange-dotted tuskfish *Choerodon anchorago* Bloch, 1791 in Wallace Line at Spermonde Archipelago. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 564, No. 1, p. 012004). IOP Publishing.
- [37] Liu, M., & de Mitcheson, S. 2009. Exploitation history, mariculture and trade status of the threatened Hong Kong grouper (*Epinephelus akaara*) throughout its geographic range. Ocean Park Conservation Foundation of Hong Kong, Hong Kong.
- [38] Morgans, J. F. C. 1982. Serranid fishes of Kenya and Tanzania. Ichthyological Bulletin of the JLB Smith Institute of Ichthyology, 46(1), 44.
- [39] 傅朝麟。1999。台灣海峽南部產正蜥魚成熟與產卵之研究。國立臺灣大學漁業科學研究所。碩士論文。
- [40] Sley, Ayda & Taieb, Aymen & Jarboui, Othman & Ghorbel, Mohamed & Bouain, Abderrahmen. 2014. Reproductive biology of greater amberjack *Seriola dumerili* (Risso, 1810) from the Eastern Mediterranean Sea (Tunisia, Gulf of Gabes). Cahiers de Biologie Marine. 55. 421-430.

附件二、魚種辨識與體長測量人工智慧系統開發流程

1. 標記資料：

我們將 40 個不同的魚種照片(如附件一表格所示)，同時進行魚體長與魚頭長標記，並將此標記放入模型訓練。右圖為標記範例圖片。

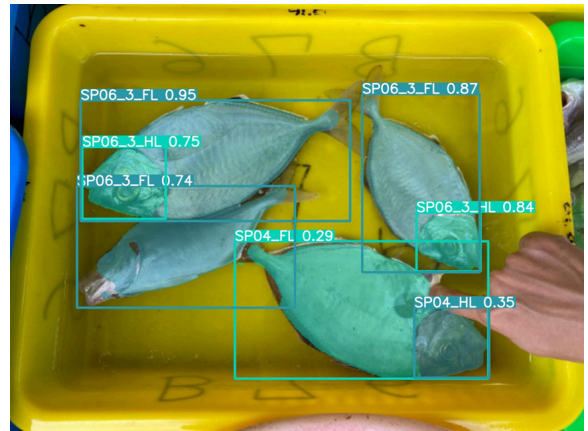


2. 訓練：

我們使用 yolov8 中提供用於 segmentation 的預先訓練模型進一步訓練。由於運算資源有限，因此我們採用最小最快速的 yolov8n-seg 為基礎進行魚種辨識的訓練。

3. 辨識：

在 Yolo 模型的輸入參數為我們所拍攝的照片，輸出內容的範例如右圖所示，包括：魚體的外框(bounding box)、魚種的編號、辨識魚種的信心度等。



4. 體長估算：

我們使用一個固定大小的參照物，透過比較辨識物體與參照物的比例來推算出實際物體的大小與長度。本次調查使用藍色與黃色的 4 x 4 公分色版作為參照物，並於辨識物的類別中，新增一種種類為 CP 表示為參照物。

附件三、魚種體長測量準確性

在估算體長方面，我們以市面上採集到的三隻魚體樣本進行實際手動測量，並拍照後使用 AI 辨識系統進行電腦測量，得到數據如下表所示，誤差百分比平均為 2.7 %，誤差範圍落在在 5 %之內。

| 樣本魚種 | 手動測量 (cm) | 電腦測量 (cm) | 誤差值 (cm) | 誤差百分比 |
|------|-----------|-----------|----------|-------|
| 藍豬齒魚 | 27.6 | 26.8 | 0.8 | 2.9 |
| 肉魚 | 19.3 | 18.9 | 0.4 | 2.1 |
| 肉魚 | 18.9 | 18.3 | 0.6 | 3.2 |