

衛星資料於漁業資源與漁場監控之加值應用

蘇楠傑¹、林威任¹、胡雅婷¹、廖美慧²、張育承²

¹國立臺灣海洋大學環境生物與漁業科學學系

²中央氣象局第四組

摘要

本研究整合多重衛星遙測影像資料於海洋漁場探勘應用系統之開發與建置，期能提供國內沿近海與遠洋漁業作業漁場基本水文環境特徵，以及潛在漁場預報與搜尋等加值服務之必要參考資訊，建構現今科學性海洋氣象資料與漁業資料整合性管道與平台，利用現有資訊進一步深度探勘海洋漁業資源，並整合建立漁業氣象資料庫與平台，作為獲取與利用資料之介面。本研究以泛加模式(Generalized additive models, GAM)建構棲地模式並觀察漁業資源與漁場環境時空與季節變動情況，透過漁業氣象平台整合沿近海之漁業生物與海象環境資料，利用地理資訊系統(Geographic Information System, GIS)技術分析與展示海洋資源可能之棲地分布與時空變動情況，以作為衛星環境海象資料具體應用在海洋資源分布與漁場預測，作為後續科學評估與漁業管理之所需。

關鍵字：衛星海象資料、沿近海與遠洋漁業、漁業資源與漁場監控、應用系統發展

一、前言

1.1 研究背景

臺灣位於亞熱帶季風區，四面環海，海底地形結構複雜，深受不同氣候系統與海流系統之影響，且並為西北太平洋颱風好發區行經路徑，海洋環境瞬息萬變，加上全球暖化與氣候變遷的潛在影響，環境的劇烈變動對臺灣周遭之海洋生物棲息環境與漁業資源變動影響甚巨(李, 2017)。

由於陸地資源有限，人類對於海洋生物資源之需求與依賴日益增加，漁業產業的供給與貢獻也就更形重要，但如何有效良好利用現有之氣候與海洋環境數據，從科學研究與政府管理的角度支援海洋產業活動，進而提高海象資料之使用，並協助臺灣沿近海與遠洋漁業漁場資訊的探勘、開發、管理，達到海洋環境與漁業資源之永續經營與利用，已成為現今保育的重要探討議題(曾, 2014)。

隨著資訊科技的發達，漁民可藉由電視、廣播與網路取得氣象與海象資料，但是報導資料受限於篇幅時間不足，網路資料則過於分散且不夠即時，缺乏整合性科學平台，可以提供漁民良好管道接收全面性海洋環境與海象變動資料。資訊傳遞延遲除導致氣象科學資料使用率偏低，且可能相對影響漁撈行為與效率的降低，更可能因為無法即時且有效預警災害之發生，致使無法挽回之後果，有鑑於此，整合性漁業氣象平台與魚類適合棲地以及漁業潛在漁場發布平台之建立，有其迫切之需求。

1.2 環境因子對漁業資源分布之影響

海洋棲地環境與海洋生物關係密切，許多學者曾利用不同環境因子分析並預測魚類的行為、分布與資源情況，例如Tserpes et al. (2008)發現魚類密度較高所分布海域，可相對應海表面高度與渦流海域外圍海表高度，而這些渦流海域通常都具有高濃度劍旗魚餌料生物，溫度與鹽度是海洋魚類生命階段早期重要的環境因子，對海洋魚類孵育場的生物量變化的影響也多有相關研究加以證實(Somarakis and Nikolioudakis, 2007; Bellido et al., 2008; Mugo et al., 2010)。

混合層深度(Mixed layer depth, MLD)亦是影響魚類的重要環境因子之一，尤其垂直分布仍然受到混合層深度限制，相較而言，海表層水溫為現階段衛星遙測資料中最容易取得的環境因子，常被用於潛在漁場預測最基本的輸入資料(Chen et al., 2010)。此外過去也有許多相關研究結果顯示，海表層水溫確實對洄游性魚類的行為或棲地分布模式產生顯著影響(Maury et al., 2001; Su et al., 2008; Syamsuddin et al., 2013; Su et al., 2015; Su et al. 2020)。

葉綠素濃度除可用來作為水團間分界的指標，也可用於辨別海域是否具有湧昇流存在的重要依據(Syamsuddin et al., 2013)，在生態意義上也用來代表大型洄游性魚類餌料濃度的替代指標或生物性因子(Brill and Lutcavage, 2001)。近年來許多研究也顯示葉綠素濃度對洄游性魚類棲地選擇具有關鍵作用(如Wilson et al., 2008及Zainuddin et al., 2008)，均已表明葉綠素濃度為長鰭鮪與正鰹棲地的良好指標。

1.3 沿近海漁業資源分布調查

臺灣四周環海且隨季節推移有黑潮水團、大陸沿岸水、南海與臺灣海峽水團在沿近海域交會，帶來多樣性的生物物種，形成岩礁、沙質、珊瑚礁與大洋生態兼具之微棲地與微環境特性，使得臺灣四周沿近海漁業種類高度多樣化且多元化利用，然而近年在高漁獲效率及選擇性低之漁具漁法高度運用及海洋環境與棲地的嚴重破壞下，導致漁業資源出現超限利用等過漁(Overfish)情形，漁業資源永續利用出現了重大危機，資源長期處於低水準狀態，加速漁業資源現況普查的需求與漁業管理的迫切性(Pauly et al., 2002)。

臺灣沿近海域漁業型態呈現高度多樣性，主要漁業種類依漁具結構可分為網具類(如中小型拖網、刺網、巾著網、火誘網及定置網)、釣具類(包括鮪延繩釣、雜魚延繩釣、一支釣及曳繩釣等)，以及其他如鏢旗魚及籠具等漁法，其中又以網具類之漁法，具有主動誘捕之特性(蔡，2014)。漁業署自2009年起為掌握沿近海漁業動態，推動航程紀錄器以便紀錄漁船航行、作業等動態空間位置及分析，有如國外也常藉由漁船監控系統(Vessel Monitoring System, VMS)，了解沿近海漁業作業漁場分布動態。

結合拖網漁船監控系統與漁獲作業日誌以分析拖網漁業動態與物種組成，顯示該方法可對於研究海域漁業現況有全盤性的解析，同時也能了解主要漁獲物種中季節組成與漁獲量變動(胡，2013)，利用底拖網調查資料以計算各季研究海域生態優勢度、物種相似性以及群落多樣性等指數，能對研究海域的漁業資源結構與環境棲地進行初步分析瞭解。

1.4 遠洋漁業資源分布調查

大洋性洄游魚類受氣候變遷與環境變動影響，洄游範圍與路徑改變進而影響到漁況，如聖嬰現象(El Nino Southern Oscillation, ENSO)可能會導致正鯉大規模東西向遷移，使得鯉鮪圍網產量發生劇烈的年間變動(Lehodey et al., 1997; Senina et al., 2008)。又或是熱帶太平洋大目鮪及黃鰭鮪漁況，因ENSO而所造成年間差異與偏好水域的遷移，都已被證實視為最顯著影響之原因(Lu et al., 2001)；太平洋與印度洋長鰭鮪也均有研究結果顯示ENSO現象造成漁場的偏移(Lu et al., 1998)，例如延繩釣漁獲資料分析結果指出，聖嬰現象發生時，北太平洋長鰭鮪洄游範圍較非聖嬰年來得寬廣(Kimura et al., 1997)。

Su et al. (2011)研究太平洋黑皮旗魚與海洋環境關係的結果指出，空間分布會隨著表水溫的季節性變動而有變動，意即黑皮旗魚會隨著適水溫範圍的推移而有季節性洄游；Lehodey et al. (2003)的研究也指出，正鯉資源量與漁獲量未來可能呈現下降趨勢但東太平洋索餌及產卵棲地將變得更具優勢。

1.5 研究目的

本研究擬透過數理統計泛加成模式(Generalized Additive Models, GAM)建構魚類棲地模式，並觀察時空與季節變動情況，同時整合漁業氣象平台分析沿近海漁業生物與海氣環境資料，配合模式預估與地理資訊系統(Geographic Information System, GIS)技術分析，展示漁業資源棲地分布及時空變動情況，以達成衛星資料於漁業資源與漁場監控之加值應用。

二、材料與方法

2.1 研究設計與開發技術

多重衛星遙測影像資料庫建置方面，衛星遙測海洋環境資料蒐集、彙整以及網格化地理資訊系統分析，包括基本水文環境資料，例如海表層水溫、海表高度、葉綠素濃度等衛星遙測資料及非生物性水文參數資料，以建置多重衛星遙測影像資料庫。漁場作業時空分布與水文特徵分析方面，應用衛星遙測影像於海洋漁業漁場變動分析，協助探討衛星資料應用於解析作業漁場特徵，瞭解臺灣沿近海與遠洋重要海洋漁業作業漁場時空分布與季節性環境變動之特性與關聯性。

本研究另應用衛星影像資料於海洋漁業商品化服務系統，建構多重衛星遙測影像分析資料庫，並提供海洋漁業服務應用平台，產出多樣化與客製化服務之商品，可以提供國內主要沿近海與遠洋漁業作業漁場搜尋判斷與漁況預報所需，協助沿近海與遠洋漁業漁場探勘資訊，並利用地理資訊系統相關資料分析與圖層展示技術。

2.2 衛星資料與漁業活動資料彙整分析

本研究分別自不同網站取得衛星遙測海洋環境水文資料，例如混合層深度、海表層鹽度、海表面高度、海表層水溫、葉綠素濃度。生物資料則蒐集彙整預計蒐集臺灣西部沿岸漁港，如新北、基隆、桃園、新竹、苗栗、雲林、嘉義、台南等漁業資源數據與漁業經濟資料，資料內容包括漁船出海作業天數、作業船數、月總作業船次數、使用漁具漁法、作業地點、主要魚種漁獲量、漁獲收入、單位努力漁獲量(CPUE)。

透過選定沿近海刺網漁業標本戶的方式，藉由漁業日誌發放與填寫，蒐集標本船月別作業位置、漁獲組成與漁獲量，取得沿近海地區主要漁法漁獲組成，以瞭解漁業資源結構與月別變動。本研究另彙整漁業資料作業時間、作業地點、漁具漁法資訊、努力量與相對漁獲量等，同時再與後續衛星海洋遙測環境資料整合，以供棲地模式分析所需基本環境與生物漁獲資料。

2.3 棲地模式分析與應用系統

生物資料統一處理為單位努力漁獲量，CPUE在漁業上經常被用來代表漁獲資源的相對豐度，為了方便比較資源量之變化，統一假設名目(nominal) CPUE為漁況指標。名目CPUE計算公式如漁業常用方式為主，估計每單位努力量之相對漁獲量變動。模式預測與資料整合上述之近岸與遠洋漁業資料，均匯入R-project統計軟體與相同範圍之環境資料進行整合，以建立網格化資料，透過模式分析影響捕獲率之主要環境變因，觀察漁場之時空變動與主要影響的環境因子。

另一方面，亦將環境資料套入模式中預測漁獲區域及潛在漁場範圍，模式分析變數為該魚種名目單位努力漁獲量，以泛加成模式(GAM)進行名目CPUE分析，假定名目CPUE為對數常態分布，且期望值受到年別、月(週)別、空間(經緯度)與海洋環境因子效應所影響，使用之GAM以標準化分析時空變動與環境因子的模式(Fig. 1)。沿近海與遠洋漁業對衛星遙測影像資料需求調查，本研究訪談三種漁業之資深船員，關於海洋環境之於漁船作業之重要性及何種環境因子對魚群之影響最甚。

三、結果與討論

3.1 海洋漁業海況資料調查

目前已回收沿近海作業共8位船長作業訪談資料，以船長作業時是否使用衛星資料輔助尋找漁場共6位船長回答需參考海流流速流向，其中僅1位船長作業前會參考海水溫。衛星資料取得方式有3位船長回復以其他管道而非透過商業公司取得。共7位船長填報每次作業前皆會參考衛星資料等資訊(水溫資料為主)，僅1位船長未作答。

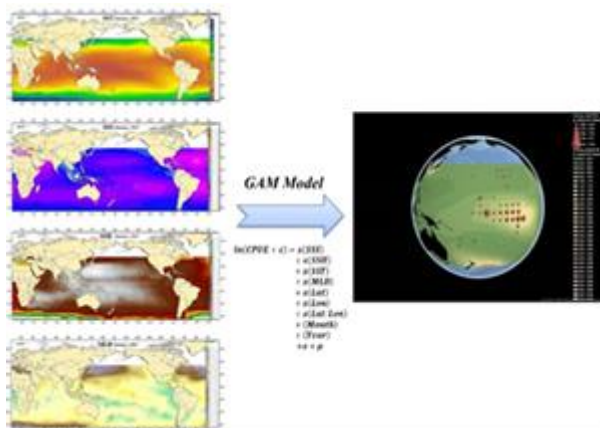


Fig. 1. 左側為輸入GAM模式之衛星資料，右側為預測之漁場位置，以顏色深淺代表單位努力漁獲量預測值之高低，可看出實際漁獲資料大多落在預測值較高之區域。

本次問卷調查結果顯示，漁船於出海作業時期尋找漁場之方式最主要之影響因素乃為根據自身過去經驗之判斷，比例高達52.83%，其次為經由其他船長告知其漁汛，占15.1%。其餘問卷調查項目船長尋找漁場時，輔助參考之衛星資料之調查結果顯示海流流速流向為最主要之參考因子，占了55.1%，其次為水溫18.37%。

臺灣主要參考水溫資料與海洋互相通報消息，漁船基本上24小時都在作業，持續放鉤若發現沒有魚群就換作業地點。資深船員表示過去經驗與作業紀錄非常重要，什麼時期魚群或聚集於何處大致上都可依過往經驗來判斷，因此遠洋漁業對於作業時漁場資訊的蒐集有賴漁撈長的專業加以判斷所有可獲得的輔助資訊。

此外，海洋漁業較少參考浮游生物之資料，乃因浮游生物主要棲息於海表層水域，然作業漁船之漁獲深度約於200米深左右，因此主要指參考水溫資訊。船員總結以上資訊表示，漁場最重要判斷因素為水溫，溫度適合魚群棲息時魚群才會聚集於此。

實際上魚類對水溫之容忍範圍有時並不如科學報告顯示如此之大，適水溫主要是顯示魚類可於該水溫範圍內棲息，但漁船捕撈魚群主要尋找其攝食水溫，該水溫之容忍誤差可能僅僅為攝氏0.5度內。

茲因魚類對溫度之敏銳程度相當高，若不喜該水域之溫度則不會出現於此，漁船更不喜於該水域捕撈到漁獲。因此，漁船參考浮游生物也是因為攝食之緣故，浮游生物會吸引魚群之餌料生物，小魚出現大魚自來，從而形成漁場。

3.2 衛星資料於海洋漁業應用系統

本研究以ESRI公有雲網路平台，建置衛星資料於海洋漁業商品化應用服務，伺服器採ESRI公有雲ArcGIS Server，並建置資料庫做為數值與地理資料儲存之用，其架構如下(Fig. 2)：



Fig. 2. 公有雲網路平台，建置衛星資料於海洋漁業商品化應用服務。

客戶端發送需求給網路伺服器，從資料庫伺服器取得地圖物件，伺服器將使用者需要之資料回覆給使用者，從而展示於網頁上。GIS軟體可於右側檔案總管視窗讀取資料庫內之地理資料圖層內容，並將空間資料於軟體畫面中間瀏覽(View)畫面展示，並透過左側目錄視窗管理與操控這些空間地理圖層。

3.3 網站平台與黑鯛時空分布與資源監控

彙整全臺黑鯛資源之時空變動於單一介面，內含4個圖台，實測相對預測(漁獲與熱點)、實測相對預測(叢集與熱點)、黑鯛(西北部)、叢集(西北部)。

本研究第三與第四圖台內容為臺灣西北部黑鯛漁獲量時空變動與臺灣西北部黑鯛漁獲叢集資料時空變動之展示。第一與第二圖台其內容分別為黑鯛實測漁獲量與預測熱點圖之比較，及實測叢集漁獲資料與預測熱點圖之比較(Figs. 3-7)。



Fig.3. 實測vs預測(漁獲與熱點)。此圖臺將全臺灣現地蒐集採樣的月別黑鯛實測漁獲資料與空間統計模式熱點分析獲得之預測結果，進行時序序列之地理資料套疊，以探討實測資料與預測熱區之時空變動關係。符號越大代表該區漁獲量越大，熱區顏色越接近亮黃預估之資源量越大。

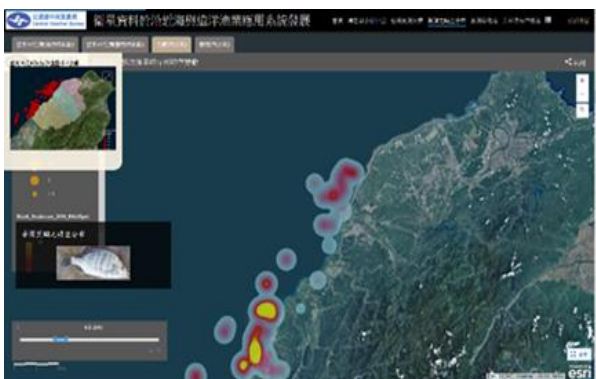


Fig.4. 臺灣西北部黑鯛實測漁獲叢集熱區時序序列與實測漁獲熱區示意圖，顯示月別之黑鯛時空資源量變動情況。左上角小圖可點擊放大顯示西北部資源分布狀況。

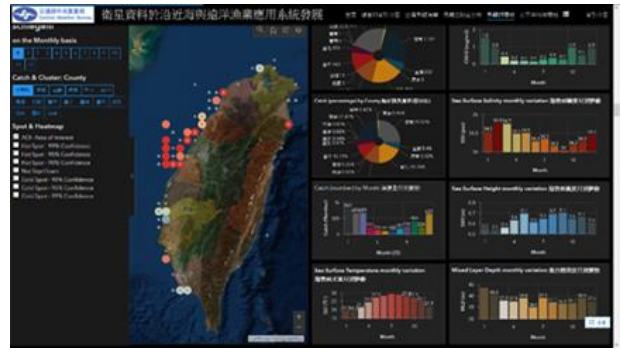


Fig. 5. 整合呈現生物與環境內容於一介面，可將該區之資訊以更直觀的方式展示與使用者。右側之資訊圖表為所有生物採樣點的環境資料與生物資料之月別變動狀況。左側面板上放置三個資料篩選器，以方便使用者篩選需要的資訊，並將漁獲與呈現地理資料於圖臺上。

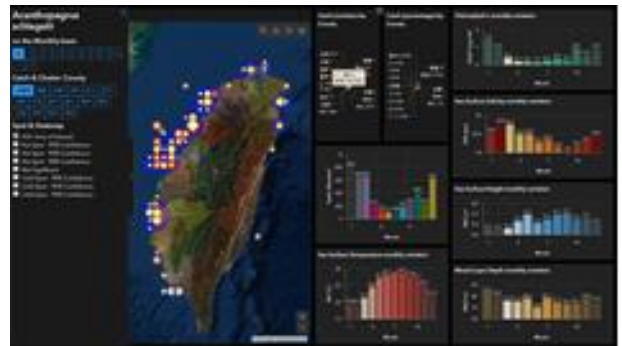


Fig. 6. 擷取全臺生物熱點資料，則可使用第三個篩選器，勾選其內的Hotspot選項，以達成此目的。右側資訊圖表詳細顯示出各縣市漁獲量數量與百分比與各因子月別變動，以滑鼠移動至圓餅圖或柱狀圖則可顯示出其屬性資料。舉例來說，滑鼠移至縣市別漁獲圓餅圖彰化部分，則顯示出彰化漁獲量與此區漁獲量佔全臺灣漁獲量百分比。



Fig. 7. 實測台灣鮪釣劍旗魚CPUE資料(點圖層)以及模式預測生物資料(面圖層)四季分布圖。四季與全年生物資料空間分布以三維地圖、四季與全年生物資料與其適水溫之空間分布三維圖、四季實際生物資料(點圖層)與預測生物資料(面圖層)堆疊三維圖。

四、結論與建議

有鑑於現今之科學性海洋氣象資料與漁業資料缺乏整合性之管道與平台作為獲取與利用資料之介面，為有效之利用現有資料，並進一步深度探勘海洋資源與有效進行資源管理，本研究擬建立整合性之漁業氣象資料庫與平台。

上述衛星遙測海洋環境資料彙整以及近岸與遠洋漁業資料，均已匯入R-project統計軟體與相同範圍之環境資料進行整合，用以建立網格化資料。透過模式分析影響捕獲率之主要環境變因，觀察漁場之時空變動與主要影響的環境因子，另本研究將環境資料套入模式中預測漁獲區域及潛在漁場範圍。

為達到整合多重衛星遙測影像資料於海洋漁場探勘應用系統之建置，從而作為國內主要沿近海與遠洋漁業作業漁場基本水文環境特徵及潛在漁場預報與搜尋等加值服務之參考基準，本研究業已完成蒐集統整沿近海與遠洋漁民於衛星影像資料之需求，以建置多重衛星環境因子與生物資料庫，衛星資料於沿近海與遠洋漁業應用服務網路平臺等工作項目，期望能作為往後棲地資訊分析與氣象資料基礎應用分析平台所需之基礎。

本研究可提供：(1)多重衛星遙測影像資料庫建置：衛星海洋環境資料彙整與更新流程；完成多重衛星遙測影像資料庫建置評估。(2)漁場作業時空分布與水文特徵分析：沿近海與遠洋漁業作業漁場時空分布與變動分析；重要漁業作業漁場水文環境分析。(3)衛星影像資料於海洋漁業商品化應用系統：完成沿近海與遠洋重要漁業之漁場探勘分析；海洋漁業服務應用平台建置初步規劃。

參考文獻

Bellido, J.M., Brown, A.M., Valavanis, V.D., Giráldez, A., Pierce, G.J., Iglesias, M., and Palialexis, A. (2008). Identifying essential fish habitat for small pelagic species in Spanish Mediterranean waters. *Hydrobiologia*, 612, 171-184.

Brill, R.W., and Lutcavage, M.E. (2001). Understanding environmental influences on movements and depth distributions of tunas and billfishes can significantly improve population assessments. In *American Fisheries Society Symposium*, American Fisheries Society, United States. pp. 179-198.

Chen, X., Tian, S., Chen, Y., and Liu, B. (2010). A modeling approach to identify optimal habitat and suitable fishing grounds for neon flying squid

(*Ommastrephes bartramii*) in the Northwest Pacific Ocean. *Fishery Bulletin*, 108(1), 1-15.

Kimura, S., Nakai M., and Sugimoto, T. (1997). Migration of albacore, *Thunnus alalunga*, in the North Pacific Ocean in relation to large oceanic phenomena. *Fisheries Oceanography*, 6, 51-57.

Lu, H.J., Lee, K.T., and Liao, C.H. (1998). On the relationship between El Nino Southern oscillation and South Pacific albacore. *Fisheries Research*, 39, 1-7.

Lu, H.J., Lee, K.T., Lin, H.L., and Liao, C.H. (2001). Spatio-temporal distribution of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, and bigeye tuna, *T. obesus*, in the Tropical Pacific Ocean in relation to large-scale temperature fluctuation during ENSO episodes. *Fisheries Science*, 67, 1046-1052.

Lehodey, P., Bertignac, M., Hampton, J., Lewis, A., and Picaut, J. (1997). El Niño Southern Oscillation and tuna in the western Pacific. *Nature*, 389, 715-718.

Lehodey, P., Chai, F., and Hampton, J. (2003). Modelling climate related variability of tuna populations from a coupled ocean-biogeochemical-populations dynamics model. *Fisheries Oceanography*, 12, 483-494.

Maury, O., Gascuel, D., Marsac, F., Fonteneau, A., and Rosa, A.L.D. (2001). Hierarchical interpretation of nonlinear relationships linking yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) distribution to the environment in the Atlantic Ocean. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 58(3), 458-469.

Mugo, R., Saitoh, S.I., Nihira, A., and Kuroyama, T. (2010). Habitat characteristics of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) in the western North Pacific: a remote sensing perspective. *Fisheries Oceanography*, 19(5), 382-396.

Pauly, D., V. Christensen, S. Guenette, T.J. Pitcher, U.R.Sumaila, C.J.Walters, R. Watson and D. Zeller (2002). Towards sustainability in world fisheries. *Nature* 418: 689-695.

Senina, I., Sibert, J., and Lehodey, P. (2008). Parameter estimation for basin-scale ecosystem-linked population models of large pelagic predators: Application to skipjack tuna. *Progress in Oceanography*, 78(4), 319-335.

Somarakis, S., and Nikolioudakis, N. (2007). Oceanographic habitat, growth and mortality of larval anchovy (*Engraulis encrasicolus*) in the

- northern Aegean Sea (eastern Mediterranean). *Marine Biology*, 152(5), 1143-1158.
- Su, N.J., Sun, C.L., Punt, A.E., Yeh, S.Z., and DiNardo, G. (2011). Modelling the impacts of environmental variation on the distribution of blue marlin, *Makaira nigricans*, in the Pacific Ocean. *ICES Journal of Marine Science*, 68(6), 1072-1080.
- Su, N.J., Sun, C.L., Punt, A.E., Yeh, S.Z., and DiNardo, G. (2015). Environmental influences on seasonal movement patterns and regional fidelity of striped marlin *Kajikia audax* in the Pacific Ocean. *Fisheries Research*, 166, 59-66.
- Su, N.J., Chang, C.H., Hu, Y.T., Chiang, W.C. and Tseng, C.T. (2020). Modeling the spatial distribution of swordfish (*Xiphias gladius*) using fishery and remote sensing data: Approach and resolution. *Remote Sensing*, 12, 947.
- Syamsuddin, M.L., Saitoh, S.I., Hirawake, T., Bachri, S., and Harto, A.B. (2013). Effects of El Niño–Southern Oscillation events on catches of bigeye Tuna (*Thunnus obesus*) in the eastern Indian Ocean off Java. *Fishery Bulletin*, 111(2), 175-188.
- Tserpes, G., Peristeraki, P., and Valavanis, V.D. (2008). Distribution of swordfish in the eastern Mediterranean, in relation to environmental factors and the species biology. *Hydrobiologia*, 612(1), 241-250.
- Zainuddin, M., Saitoh, K., and Saitoh, S.I. (2008). Albacore (*Thunnus alalunga*) fishing ground in relation to oceanographic conditions in the western North Pacific Ocean using remotely sensed satellite data. *Fisheries Oceanography*, 17(2), 61-73.
- 李明安、蘇楠傑、藍國璋(2017)。三大洋台灣鮪釣漁業鮪旗類漁況預報可行性分析。科技計畫期末報告，農委會漁業署。
- 胡家維(2013)。利用航程紀錄器及拍賣資料分析臺灣東北部水域拖網漁況之研究。碩士論文，國立臺灣海洋大學。