

ẢNH HƯỞNG CỦA ĐIỀU KIỆN THỜI GIAN VÀ MÔI TRƯỜNG ĐẾN NĂNG SUẤT KHAI THÁC MỰC ỐNG (LOLIGO SP.) CỦA NGHỀ LƯỚI CHỤP KHAI THÁC HẢI SẢN Ở VỊNH BẮC BỘ

THE EFFECT OF TEMPORAL AND ENVIRONMENTAL CONDITIONS ON CPUE OF SQUID (LOLIGO SP.) CAUGHT BY THE STICK-HELD FALLING NET FISHERY IN THE GULF OF TONKIN

Đỗ Văn Thành

Viện nghiên cứu Hải sản

Tác giả liên hệ: Đỗ Văn Thành (Email: dovanthanh86@gmail.com)

Ngày nhận bài: 06/08/2025; Ngày phản biện thông qua: 08/09/2025; Ngày duyệt đăng: 20/09/2025

TÓM TẮT

Nghiên cứu này phân tích ảnh hưởng của các yếu tố thời gian (năm, tháng) và môi trường (pha Mặt Trăng, nhiệt độ bề mặt nước biển) đến năng suất khai thác mực ống (*Loligo sp.*) của nghề lưới chụp tại vịnh Bắc Bộ. Dữ liệu được thu thập từ tàu NA91678TS trong giai đoạn 2018–2023, bao gồm thời gian khai thác, sản lượng khai thác, thành phần loài và thông số môi trường tại ngư trường (nhiệt độ bề mặt nước biển). Mô hình hồi quy cộng tính tổng quát (GAM) được áp dụng để phân tích các mối quan hệ phi tuyến giữa năng suất khai thác (CPUE) và các biến dự báo. Kết quả cho thấy “Pha Mặt Trăng” là yếu tố có ảnh hưởng mạnh nhất đến CPUE, tiếp theo là biến “Năm” và “Tháng trong năm”. Nhiệt độ bề mặt nước biển không thể hiện ý nghĩa thống kê rõ rệt trong mô hình, mặc dù có xu hướng phi tuyến tiềm tàng. CPUE đạt đỉnh vào tháng 9, tháng 10 và vào những ngày gần trăng non, phản ánh đặc tính mùa vụ và hành vi hướng quang của mực ống. Nghiên cứu đã cung cấp luận cứ khoa học quan trọng cho việc tối ưu hóa hiệu quả khai thác của nghề lưới chụp, hỗ trợ công tác sản xuất và quản lý nghề cá theo hướng bền vững.

Từ khóa: Mực ống (*Loligo sp.*), năng suất khai thác, nghề lưới chụp khai thác hải sản, nhiệt độ bề mặt nước biển, pha Mặt Trăng.

ABSTRACT

This study investigates the effect of temporal (year, month) and environmental conditions (lunar phase, sea surface temperature) on the catch per unit effort (CPUE) of squid (*Loligo sp.*) caught by stick-held falling net fisheries in the Gulf of Tonkin. Data were collected from vessel NA91678TS during the period 2018–2023, including fishing time, catch, species and environmental parameters (sea surface temperature) at the fishing areas. A Generalized Additive Model (GAM) was employed to characterize the nonlinear relationships between CPUE and the predictor variables. The results revealed that Moon phase exerted the strongest effect on CPUE, followed by year and month, indicating significant temporal and seasonal patterns in squid catchability. Sea surface temperature did not show statistically significant influence, although a potential nonlinear trend was observed. The stick-held falling net caught the highest yield in September, October and during periods near the new Moon, reflecting the seasonal nature of the fishery and the strong positive phototactic behavior of squid. The study contributes to the understanding of critical factors affecting the catch rates of valuable species, which helps to determine the optimal fishing process of the stick-held falling net fisheries and facilitate sustainable development in fisheries production and management.

Keywords: CPUE, Moon phase, sea surface temperature, squid (*Loligo sp.*), the stick-held falling net fishery.

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Vịnh Bắc Bộ là một vùng biển nông, kín gió, nằm ở phía Tây Bắc Biển Đông. Đây là vùng biển có hệ sinh thái đa dạng và nguồn lợi thủy sản phong phú với các loài cá nổi như cá trích, cá nục và các loài hải sản tầng đáy như tôm, mực, cua ghẹ [7]. Dòng chảy trong Vịnh Bắc Bộ chịu ảnh hưởng mạnh của gió mùa: mùa đông có dòng chảy hướng Đông Nam do gió mùa Đông Bắc, mùa hè chuyển sang hướng Tây Bắc theo gió mùa Tây Nam, tạo điều kiện thuận lợi cho sự phân bố và di cư của sinh vật biển. Nhiệt độ bề mặt nước biển tại đây tương đối ổn định, dao động từ khoảng 23°C vào mùa đông đến 30-31°C vào mùa hè [8]. Thời tiết mang đặc trưng khí hậu nhiệt đới gió mùa, với mùa hè nóng ẩm, mưa nhiều và mùa đông lạnh, khô hanh. Lượng mưa tập trung chủ yếu vào các tháng 6 đến tháng 8, trong khi mùa đông khô ráo hơn, đôi khi xuất hiện sương mù và gió mạnh [8]. Những đặc điểm này không chỉ ảnh hưởng đến hoạt động khai thác thủy sản mà còn chi phối các quá trình thủy văn và sinh thái biển trong khu vực [6].

Nghề lưới chụp là một trong những nghề khai thác hải sản quan trọng, đóng góp đáng kể vào tổng sản lượng thủy sản của Việt Nam, đặc biệt là ở khu vực vịnh Bắc Bộ [4, 5]. Đây là nghề khai thác đa loài, với các đối tượng chính bao gồm cá nổi nhỏ như cá nục, cá bạc má, cá cơm và các loài mực. Trong đó, mực ống (*Loligo* sp.) là đối tượng khai thác có giá trị kinh tế cao [1, 2]. Đặc trưng cơ bản của nghề lưới chụp là sử dụng hệ thống ánh sáng công suất lớn để thu hút và tập trung các loài hải sản. Các loài mực ống thuộc nhóm động vật thân mềm có vòng đời ngắn, thường chỉ khoảng một năm, tốc độ tăng trưởng nhanh và rất nhạy cảm với những biến đổi của điều kiện môi trường [19]. Mực ống là loài có tính hướng quang rất mạnh và chịu tác động mạnh mẽ từ các yếu tố môi trường và chu kỳ thời gian, đặc biệt là chu kỳ Mặt Trăng [14, 30].

Hiệu quả của nghề lưới chụp phụ thuộc trực tiếp vào khả năng phát sáng tập trung cá [4, 5, 9], do đó sự hiện diện của ánh sáng tự nhiên từ Mặt Trăng có thể ảnh hưởng lớn đến năng suất khai thác (CPUE). Mối quan hệ giữa năng suất khai thác và các yếu tố dự báo như thời gian và môi trường thường phức tạp và mang tính phi tuyến, điều mà các mô hình hồi quy tuyến tính truyền thống khó có thể dự báo đầy đủ. Đã có nhiều nghiên cứu về thành phần loài, sản lượng khai thác và ảnh hưởng của các yếu tố môi trường và thời gian đến năng suất khai thác các loài mực khác nhau [9, 11, 15, 17, 19, 21]. Tuy nhiên, một phân tích định lượng chi tiết, sử dụng các phương pháp mô hình hóa để làm rõ ảnh hưởng phi tuyến của các yếu tố như biến động giữa các năm, mùa vụ, pha Mặt Trăng và nhiệt độ bề mặt nước biển đến năng suất khai thác mực ống của nghề lưới chụp khai thác vẫn còn hạn chế.

Vì vậy, nghiên cứu này được thực hiện nhằm phân tích và lượng hóa mức độ ảnh hưởng của các yếu tố thời gian (năm, tháng) và môi trường (pha Mặt Trăng, nhiệt độ bề mặt nước biển) đến năng suất khai thác mực ống (*Loligo* sp.) của nghề lưới chụp ở vịnh Bắc Bộ. Bằng cách sử dụng mô hình hồi quy cộng tính tổng quát (GAM), nghiên cứu sẽ làm rõ các mối quan hệ phi tuyến phức tạp này. Kết quả của nghiên cứu không chỉ cung cấp những hiểu biết sâu sắc về mặt sinh thái học của loài mà còn đưa ra các luận cứ khoa học quan trọng, giúp định hướng hoạt động khai thác theo thời điểm phù hợp nhằm tối ưu hóa hiệu quả kinh tế và hỗ trợ công tác quản lý nghề cá theo hướng bền vững.

II. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

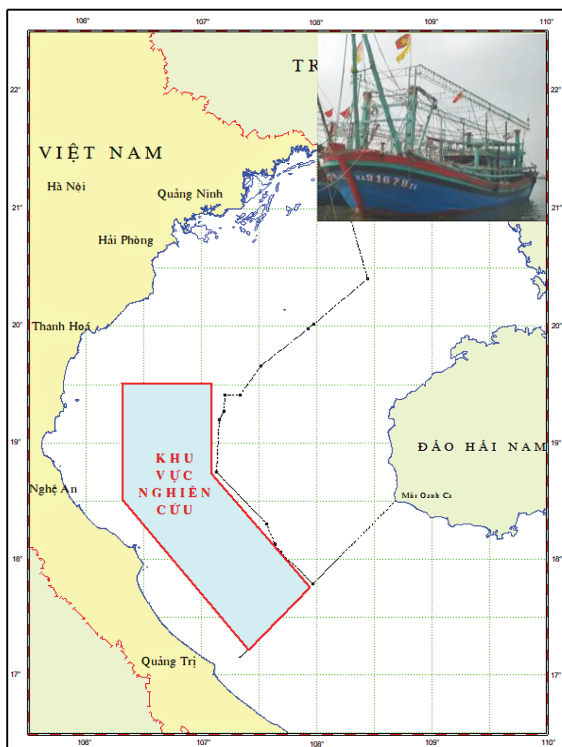
1. Thu thập dữ liệu

- Thời gian và khu vực nghiên cứu: Nghiên cứu được thực hiện từ tháng 1 năm 2018 đến tháng 12 năm 2023 tại vùng biển vịnh Bắc Bộ, một vùng biển nằm ở phía Đông Bắc Việt Nam, tiếp giáp với Biển Đông (Hình 1).

- Tàu thuyền và ngư cụ sử dụng: Dữ liệu được thu thập trên tàu NA91678TS làm nghề lưới chum khai thác hải sản ở vùng biển vịnh Bắc Bộ (Hình 1). Tàu có chiều dài lớn nhất là 25,5m, tổng công suất máy chính là 840cv, sử dụng 250 bóng cao áp công suất 1.000w/bóng. Ngư cụ sử dụng là lưới truyền thống của ngư dân với chu vi miệng lưới là 172m, chiều dài kéo căng là 48m, kích thước mắt lưới ở đợt 2a = 16mm (Hình 2).

- Phương pháp thu thập dữ liệu: Dữ liệu đánh bắt hàng ngày của tàu bao gồm thành phần loài và sản lượng khai thác được thu thập thông qua 70 chuyến chuyển biển. Trong đó, có 15 chuyến được tiến hành dưới hình thức giám sát trực tiếp trên tàu [1-3] và 55 chuyến còn lại được thu thập dữ liệu

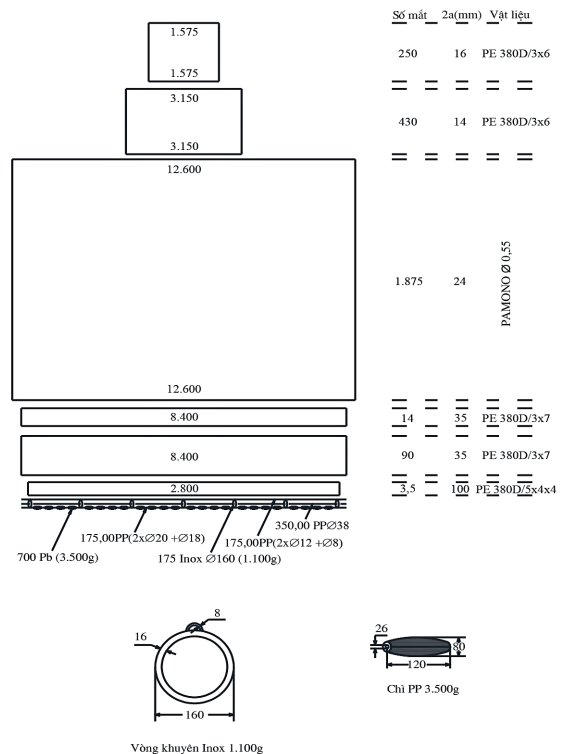
từ sổ nhật ký khai thác hàng ngày của tàu. Ở các chuyến giám sát, thông tin được ghi chép theo mẫu phiếu khảo sát, các phiếu này được điền đầy đủ theo từng mẻ lưới, đảm bảo độ chính xác và chi tiết của dữ liệu. Đối với các chuyến không có giám sát trực tiếp, dữ liệu được tổng hợp từ sổ nhật ký khai thác do thuyền trưởng hoặc người phụ trách ghi lại sau mỗi chuyến biển. Nhật ký phản ánh sản lượng, chủng loại sản phẩm khai thác, thời gian và khu vực hoạt động. Số liệu về nhiệt độ bề mặt nước biển được cán bộ của Viện nghiên cứu Hải sản đo trực tiếp tại ngư trường khai thác bằng nhiệt kế điện tử và bổ sung thêm từ dữ liệu của Trung tâm Dự báo Khí tượng Thủy văn Quốc gia Việt Nam.



Hình 1: Tàu khai thác và khu vực nghiên cứu

2. Phương pháp phân tích dữ liệu

Mô hình hồi quy cộng tính tổng quát (A generalized additive model – GAM) được sử dụng để ước tính ảnh hưởng của điều kiện



Hình 2: Ngư cụ sử dụng

thời gian và môi trường đến năng suất khai thác (CPUE) của mực ống (*Loligo sp.*), trong đó năng suất khai thác được ước tính là sản lượng khai thác (kg) trong một ngày đánh bắt

chuẩn (24 giờ). Mô hình GAM được sử dụng vì hình dạng của mối quan hệ phi tuyến tính giữa CPUE và các yếu tố dự báo vẫn chưa được biết. GAM cho phép khái quát hóa dữ liệu thành các đường cong trơn tru bằng cách khớp cục bộ với các phần phụ của dữ liệu

$$\log CPUE = s(\text{Năm}) + s(\text{Tháng trong năm}) + s(\text{Pha mặt Trăng}) + s(\text{Nhiệt độ nước biển}) + e$$

Trong đó: CPUE là năng suất khai thác (kg/ngày); s là hàm spline làm mịn biến độc lập tương ứng; e là sai số ngẫu nhiên. Tháng trong năm được tính từ tháng 1 đến tháng 12. Pha Mặt Trăng được ước tính cho một tháng âm lịch và được quy đổi theo thang tỷ lệ dao động từ 0 đối với Trăng non (thời điểm tối nhất) đến 1 đối với Trăng tròn (thời điểm sáng nhất).

Năng suất khai thác của mực ống được tính theo công thức [20]:

$$CPUE = \frac{C}{E}$$

Trong đó: CPUE là năng suất đánh bắt của tàu (kg/ngày), C là sản lượng của chuyến biển (kg), E là số ngày khai thác của chuyến biển (ngày).

Do các mối quan hệ phi tuyến tính tiềm ẩn của CPUE với năm, tháng trong năm, pha Mặt Trăng và nhiệt độ bề mặt nước biển, các đường cong hồi quy bậc ba được xác định bởi một tập hợp các nút có kích thước vừa phải trải đều qua các giá trị biến phụ thuộc đã được áp dụng. Để tránh tình trạng quá khớp trong khi thu được các phản hồi có liên quan về mặt không gian, số lượng nút tối đa cho bộ dự báo được đặt ở mức bốn ($k = 4$) cho các biến “Pha Mặt Trăng” và “Nhiệt độ bề mặt nước biển”, mức năm ($k = 5$) cho biến “Năm”, mức mười hai ($k = 12$) cho biến “Tháng trong năm”, cho phép bộ làm mịn chia phản hồi từ mỗi biến giải thích thành các phần phù hợp. Các giá trị ngoại lai được kiểm tra dựa trên khoảng cách Cook [18] bằng cách sử dụng hàm CookD trong

[16]. Các yếu tố dự báo trong mô hình này bao gồm năng suất khai thác, năm, tháng trong năm, pha Mặt Trăng và nhiệt độ bề mặt nước biển. Mô hình GAM cho năng suất khai thác (CPUE) được sử dụng như sau [32, 34]:

gói “predictmeans” [24]. Chúng tôi đã phân tích và thấy rằng mô hình phù hợp nhất được tạo ra bằng cách sử dụng cấu trúc lõi gamma với liên kết logarit, có giá trị AICc nhỏ nhất. Tính tuyến tính còn lại được kiểm tra bằng hàm lag.plot trong R và tính đồng nhất của phương sai được kiểm tra trực quan từ biểu đồ các giá trị dự đoán so với các giá trị còn lại, sau đó được điều chỉnh vào biểu đồ QQ để kiểm tra tính chuẩn. Việc chuẩn bị dữ liệu, vẽ biểu đồ và phân tích dữ liệu được thực hiện bằng phần mềm thống kê mở R V.4.3.2 [29].

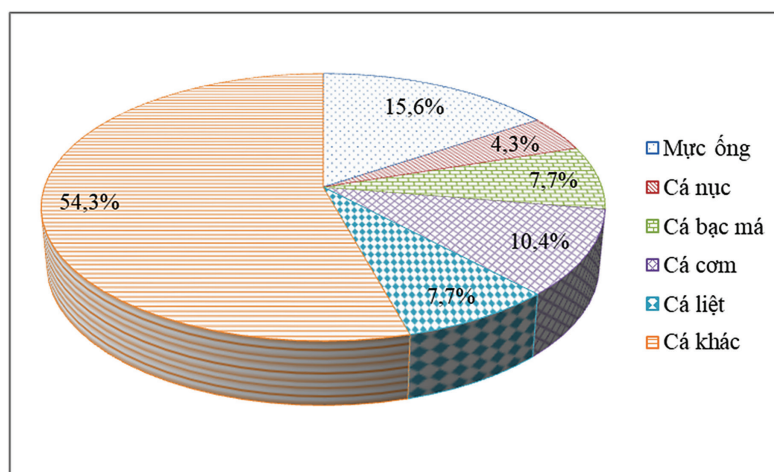
III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

1. Sản lượng và năng suất khai thác

Tổng cộng có 1.007 ngày đánh bắt được thực hiện từ năm 2018 đến năm 2023, dao động từ 138 ngày đến 178 ngày mỗi năm. Tổng sản lượng khai thác mực ống của tàu là 25.740 kg, trong đó sản lượng cao nhất là vào năm 2019 với 6.256 kg, thấp nhất là năm 2023, chỉ đạt 3.215 kg. Năm 2020, do ảnh hưởng của đại dịch Covid nên thời gian đi khai thác của tàu tương đối ít, chỉ có 138 ngày với tổng sản lượng mực ống là 3.847 kg (Bảng 1). Sản lượng khai thác mực ống chiếm khoảng 15,6% tổng sản lượng khai thác của tàu, còn lại là sản lượng cá nục, cá bạc má, cá com, cá liệt và cá khác (Hình 3). Mặc dù sản lượng khai thác không nhiều nhưng mực ống là đối tượng khai thác có giá trị kinh tế cao của nghề lưới chụp, doanh thu từ đối tượng này chiếm khoảng 42,9%-51,8% tổng doanh thu chuyển biến của tàu nghiên cứu.

Bảng 1: Số ngày đánh bắt và sản lượng khai thác mực ống của tàu nghiên cứu, từ năm 2018 đến năm 2023

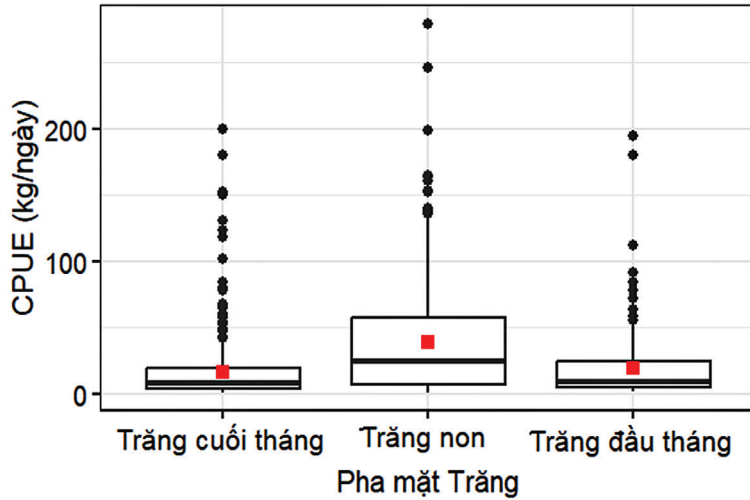
Năm	Tổng số ngày đánh bắt (ngày)	Tổng sản lượng mực ống (kg)	Tháng	Tổng số ngày đánh bắt trong 6 năm (ngày)	Tổng sản lượng mực ống (kg)
2018	178	4.646	1	54	943
2019	172	6.256	2	67	932
2020	138	3.847	3	97	903
2021	175	3.523	4	95	1.050
2022	171	4.253	5	66	2.147
2023	173	3.215	6	56	1.435
Tổng	1.007	25.740	7	72	2.147
			8	78	2.433
			9	96	4.761
			10	101	4.348
			11	114	2.678
			12	111	1.963
			Tổng	1.007	25.740



Hình 3: Tỷ lệ thành phần loài trong sản lượng khai thác của tàu nghiên cứu

Nghề lưới chụp khai thác hải sản là nghề hoạt động theo tuần Trăng, tàu thường đi khai thác từ ngày 20 âm lịch đến ngày 10 âm lịch tháng sau. Vào những ngày Trăng non (khoảng từ 27 âm lịch tháng này đến ngày 3 âm lịch tháng sau), năng suất khai thác mực ống đạt cao nhất, trung bình đạt $38,4 \pm 2,0$ kg/ngày.

Trong khi đó, vào những ngày Trăng cuối tháng (khoảng từ 20 đến 26 âm lịch hàng tháng) và Trăng đầu tháng (khoảng từ ngày 4 đến ngày 10 âm lịch hàng tháng), năng suất khai thác có xu hướng giảm rõ rệt, lần lượt chỉ đạt $15,7 \pm 1,1$ kg/ngày và $18,8 \pm 2,0$ kg/ngày (Hình 4).

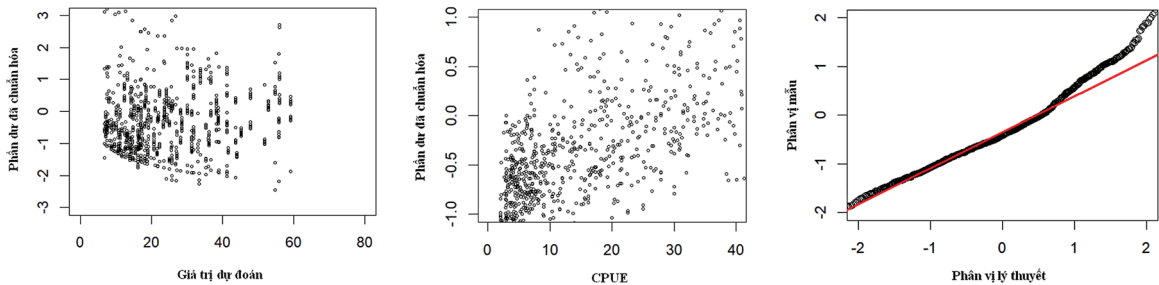


Hình 4: Năng suất khai thác mực ống theo pha Mặt Trăng

2. Ảnh hưởng của điều kiện thời gian và môi trường

Biểu đồ QQ của phần dư độ lệch và biểu đồ phần dư độ lệch so với giá trị dự đoán của mô hình GAM được áp dụng cho thấy phân phối có vẻ phù hợp tốt với dữ liệu quan

sát được (Hình 5). Mô hình phù hợp dường như không gặp phải vấn đề nào bất thường trong biểu đồ phần dư so với giá trị dự đoán. Tuy nhiên, có một số giá trị ngoại lệ, nhưng không quá xa đường QQ, do đó giả định về tính phân phối chuẩn được đáp ứng.



Hình 5: Tính đồng nhất của phương sai (A), tính độc lập của phần dư mô hình (B) và tính phân phối chuẩn của phần dư mô hình (C) đối với phân tích GAM

Phân tích GAM cho thấy rằng sự về năng suất khai thác mực ống có thể được giải thích bởi các yếu tố thời gian (năm, ngày trong năm và pha Mặt Trăng) và các điều kiện môi trường (nhiệt độ bề mặt biển) (Bảng 2). Phân tích kết quả mô hình GAM cho thấy “Pha Mặt Trăng” là biến có ảnh hưởng mạnh nhất đến CPUE, với giá trị F cao nhất ($F = 16,070$; $p < 0,001$), phản ánh sự tác động đáng kể đến hiệu quả khai thác. Hiện tượng này có thể được lý giải bởi vai trò của pha Mặt Trăng trong việc điều hòa hành vi di cư, sinh sản và

hoạt động kiếm ăn của mực ống. Tiếp theo, biến “Năm” ($F = 8,554$; $p < 0,001$) và “Tháng trong năm” ($F = 6,393$; $p < 0,001$) cũng cho thấy ảnh hưởng rõ nét đến CPUE, phản ánh xu hướng dài hạn và yếu tố mùa vụ của nghề lưới chụp khai thác hải sản. Đáng chú ý, mặc dù “Nhiệt độ bề mặt nước biển” thường được xem là một biến sinh thái quan trọng, nhưng trong mô hình này, biến này không có ý nghĩa thống kê rõ rệt ($F = 1,199$, $p = 0,179$), điều này có thể xuất phát từ sự ổn định tương đối của nhiệt độ trong khu vực nghiên cứu hoặc

do tương tác phi tuyến chưa được phản ánh đầy đủ trong khung phân tích hiện tại. Hiệu suất tổng thể của mô hình được đánh giá là ở mức chấp nhận được ($GCV = 0,899$) với tổng độ lệch được giải thích bởi các mô hình là 43,7%. Mặc dù giá trị R^2 hiệu chỉnh bằng 0,228 không phản ánh mức độ giải thích cao như trong các mô hình lý tưởng, nhưng trong bối cảnh nghiên cứu nghề khai thác hải sản

vốn phụ thuộc vào nhiều yếu tố khó kiểm soát như thời tiết, dòng chảy, hành vi di cư của cá và hoạt động của ngư dân, giá trị R^2 vẫn được xem là chấp nhận được và có ý nghĩa khoa học [25]. Kết quả này cung cấp góc nhìn sinh thái học hữu ích, cho phép định hướng hoạt động khai thác của nghề lưới chum theo thời điểm phù hợp với chu kỳ Mặt Trăng và mùa vụ nhằm tối ưu hóa sản lượng đánh bắt.

Bảng 2: Phân tích mô hình GAM về ảnh hưởng của năm, tháng trong năm, pha Mặt Trăng và nhiệt độ bề mặt biển đến năng suất khai thác mực ống (CPUE)

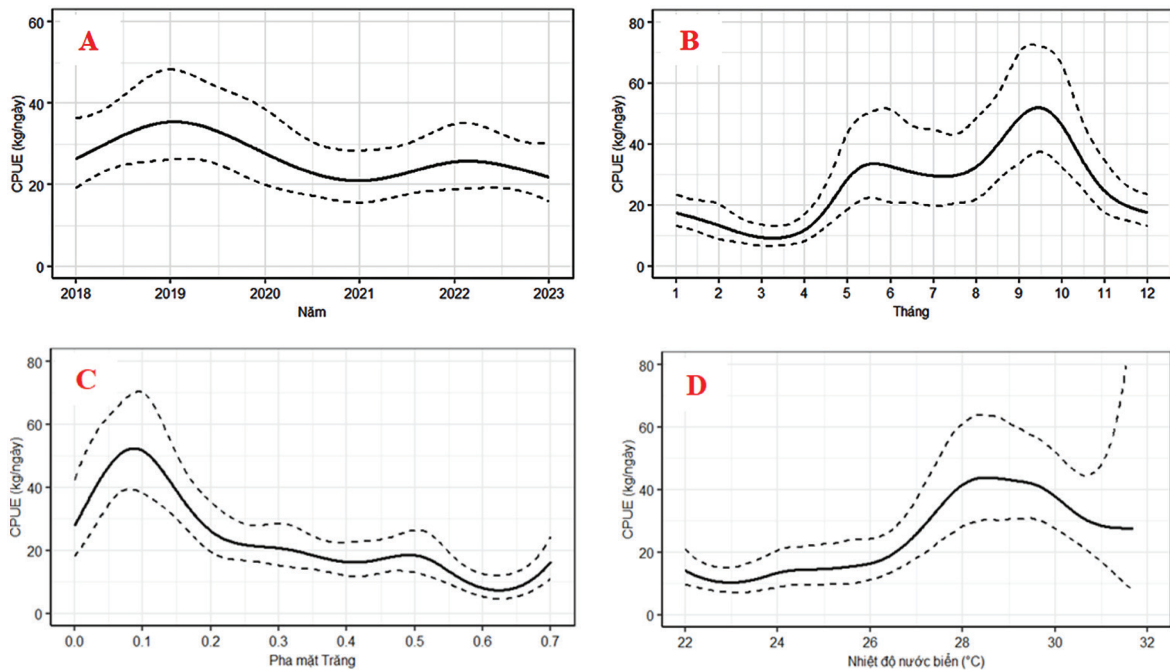
GCV	R^2	Deviance Explained	AIC	Predictors	edf	Ref.df	F	p
0,899	0,228	43,70%	8.204,862	s (Năm)	4,555	4,898	8,554	<2e-16
				s (Tháng trong năm)	7,741	10,000	6,393	<2e-16
				s (Pha Mặt Trăng)	8,462	10,000	16,070	<2e-16
				s (Nhiệt độ nước biển)	36,910	44,853	1,199	0,179

Phân tích xu hướng biến động CPUE theo yếu tố thời gian cho thấy ảnh hưởng rõ rệt của thời gian (Năm) và mùa vụ (Tháng trong năm) đến hiệu quả khai thác. Dữ liệu ghi nhận CPUE đạt mức cao nhất vào năm 2019 (khoảng $36,4 \pm 3,4$ kg/ngày), sau đó giảm dần qua các năm tiếp theo, đến năm 2023 chỉ còn $18,6 \pm 2,4$ kg/ngày (Hình 6A). Xu hướng này có thể phản ánh sự suy giảm nguồn lợi ở vùng biển vịnh Bắc Bộ [10]. Tuy nhiên, độ dao động tương đối ổn định trong giai đoạn 2018-2023 cho thấy ngư trường vẫn duy trì được tính khai thác hiệu quả ở mức nhất định. Theo yếu tố mùa vụ, CPUE có sự biến thiên phi tuyến rõ rệt theo tháng, với đỉnh nổi bật vào khoảng tháng 9-10, lần lượt đạt $49,6 \pm 4,6$ kg/ngày và $43,0 \pm 4,2$ kg/ngày. Các tháng đầu năm như tháng 3-4 ghi nhận CPUE thấp, chỉ khoảng $9,3 \pm 1,2$ kg/ngày đến $11,1 \pm 1,5$ kg/ngày (Hình 6B). Sự biến động theo tháng thể hiện đặc tính mùa vụ đặc trưng trong nghề cá biển nhiệt đới.

Kết quả phân tích cho thấy pha Mặt Trăng có ảnh hưởng rõ rệt và phi tuyến đến CPUE, phản ánh vai trò của chu kỳ Mặt trăng trong điều tiết hành vi sinh học của sinh vật biển.

Năng suất khai thác đạt mức cao nhất vào thời điểm gần trăng đầu tháng, sau đó giảm dần và xuất hiện một đỉnh thứ cấp gần pha Trăng non (Hình 6C). Điều này phù hợp với các ghi nhận thực tế và lý thuyết về tác động của ánh sáng Mặt Trăng, thủy triều đối với sự tập trung của đàn cá, từ đó ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả khai thác [26, 33]. Ngược lại, mặc dù đồ thị thể hiện mối quan hệ phi tuyến giữa CPUE và nhiệt độ bề mặt nước biển, kiểm định thống kê cho thấy biến này không có ý nghĩa rõ rệt trong mô hình ($p > 0.05$) (Bảng 2). Việc không ghi nhận ý nghĩa thống kê không phủ nhận vai trò sinh thái của yếu tố này, nhưng cho thấy trong bối cảnh dữ liệu hiện tại, nhiệt độ bề mặt nước biển không phải là biến giải thích nổi bật đối với sự biến động sản lượng khai thác. Tuy nhiên, bằng trực quan có thể nhận thấy, khoảng 29°C là ngưỡng nhiệt độ tối ưu để khai thác mực ống, trùng với tháng 9-10 hàng năm, thời điểm cho năng suất khai thác đạt cao nhất.

Kết quả dự đoán tác động của điều kiện thời gian và môi trường đến năng suất khai thác mực ống bằng mô hình GAM được thể hiện trong Hình 6.



Hình 6: Dự đoán tác động của điều kiện thời gian và môi trường đến năng suất khai thác mực ống bằng mô hình GAM

(Đường cong liền biểu thị giá trị trung bình thu được từ mô hình; đường cong nét đứt thể hiện khoảng tin cậy 95%)

3. Thảo luận

Kết quả của nghiên cứu này đã làm rõ các yếu tố thời gian và môi trường ảnh hưởng đến năng suất khai thác (CPUE) của mực ống ở vịnh Bắc Bộ. Các phát hiện không chỉ cung cấp cái nhìn sâu sắc về mặt sinh thái học của loài mà còn mang lại những hàm ý quan trọng cho công tác quản lý nghề cá. Nhìn chung, các mô hình biến động CPUE quan sát được là phù hợp với các đặc điểm sinh học đã biết của các loài mực ống, là những loài có vòng đời ngắn, tăng trưởng nhanh và rất nhạy cảm với sự thay đổi của điều kiện môi trường [22].

Nghiên cứu khẳng định các yếu tố thời gian (năm và tháng) và pha Mặt Trăng có ảnh hưởng mang ý nghĩa thống kê đến CPUE của mực ống. Sự biến động CPUE theo mùa với đỉnh chính vào tháng 9-10 là một quy luật phổ biến ở nhiều nghề khai thác mực trên thế giới. Kết quả này tương đồng với một số nghiên cứu đã thực hiện [11, 13, 28, 31], cho thấy các đỉnh sản lượng thường trùng với các đợt di cư sinh sản hoặc di cư kiếm ăn quy mô lớn. Đỉnh

CPUE vào cuối mùa thu có thể được giải thích là thời điểm mực đạt kích thước thương phẩm tối đa sau một mùa sinh trưởng trong điều kiện môi trường mùa hè thuận lợi (nhiệt độ và nguồn thức ăn dồi dào). Ngược lại, giai đoạn CPUE thấp vào tháng 3-4 có thể là mùa sinh sản, quần thể chủ yếu là con non chưa đạt kích thước khai thác.

Về biến động giữa các năm, xu hướng CPUE đạt đỉnh rồi suy giảm cho thấy tính chất “bùng nổ và suy thoái” đặc trưng của các quần thể mực. Do có vòng đời ngắn (thường là 1 năm), trữ lượng của chúng biến động rất mạnh mẽ giữa các năm, phụ thuộc lớn vào sự thành công của quá trình sinh sản trong năm trước đó [13]. Sự suy giảm CPUE từ sau năm 2019 là một tín hiệu đáng lo ngại, có thể phản ánh sự gia tăng áp lực khai thác lên trữ lượng nguồn lợi.

Một trong những kết quả rõ ràng nhất của nghiên cứu này là mối quan hệ chặt chẽ giữa CPUE và pha Mặt Trăng. Việc CPUE đạt cực đại ngay sau kỳ không Trăng (Trăng non) là một bằng chứng rõ ràng cho hiệu quả của nghề

lưới chụp kết hợp ánh sáng khai thác hải sản. Tác động của pha Mặt Trăng đến hành vi sinh học của cá đã được ghi nhận trong nhiều nghiên cứu trước đó, đặc biệt trong các hệ sinh thái biển nhiệt đới. Ánh sáng Mặt Trăng, cùng với biến đổi thủy triều trong chu kỳ âm lịch, ảnh hưởng đến quá trình sinh sản, di cư và kiếm ăn của sinh vật biển, từ đó điều tiết mức độ tập trung và khả năng tiếp cận nguồn lợi của ngư dân. Vào những đêm tối, ánh sáng nhân tạo từ tàu khai thác có sức hấp dẫn lớn nhất đối với mực, khiến chúng tập trung với mật độ cao quanh khu vực có ánh đèn và trở nên dễ bị đánh bắt. Ngược lại, vào những đêm trăng tròn, ánh sáng tự nhiên của Mặt Trăng làm giảm độ tương phản và hiệu quả của đèn, khiến mực phân tán rộng hơn và xa hơn [27, 36]. Việc hiểu rõ mối liên hệ này mang ý nghĩa thiết thực trong công tác quản lý nghề cá, không chỉ giúp tối ưu hóa sản lượng khai thác mà còn góp phần định hướng lịch trình khai thác hợp lý, giảm thiểu chi phí hoạt động và thúc đẩy sự phát triển bền vững.

Một kết quả đáng chú ý trong nghiên cứu này là biến nhiệt độ bề mặt nước biển không thể hiện ý nghĩa thống kê trong mô hình, mặc dù đồ thị phân tích cho thấy một xu hướng tiềm tàng (Hình 6D). Sự thiếu ý nghĩa thống kê này không nhất thiết phủ nhận vai trò sinh học của nhiệt độ. Một số nghiên cứu đã chứng minh, nhiệt độ bề mặt nước biển là một trong những yếu tố môi trường quan trọng nhất kiểm soát sự phân bố và sản lượng cũng như ảnh hưởng trực tiếp đến quá trình trao đổi chất, tốc độ tăng trưởng, hành vi kiếm ăn và sự thành thực sinh dục của các loài động vật biển nhiệt như mực ống [35, 37]. Tuy nhiên, mực ống là loài có khả năng di chuyển linh hoạt trong cột nước (di cư sâu hàng ngày) để kiếm ăn hoặc tránh né kẻ thù, do đó nhiệt độ ở các tầng nước sâu hơn, nơi chúng thực sự sinh sống và bị đánh bắt, có thể quan trọng hơn so với nhiệt độ bề mặt [15].

Kết quả nghiên cứu đã tái khẳng định cơ sở khoa học của nghề lưới chụp, vốn đánh bắt dựa trên tập tính hướng quang của các loài hải sản. Tuy nhiên, trong thực tế để dự báo ngư

trường khai thác, việc phân tích sự biến động năng suất khai thác (CPUE) dựa trên yếu tố tháng và pha Mặt Trăng là chưa đủ. Việc tích hợp dữ liệu khai thác với các biến số hải dương học như nhiệt độ bề mặt biển, nồng độ diệp lục-a (chlorophyll-a), độ sâu và các đặc điểm hải văn khác được cho là ảnh hưởng trực tiếp đến sự phân bố của các loài mực [30]. Trên thế giới, phương pháp này đã được chứng minh hiệu quả trong việc xác định các vùng ngư trường tiềm năng cho nhiều loài mực có giá trị kinh tế cao. Chẳng hạn, các nghiên cứu tiên phong đã chỉ ra mối liên hệ chặt chẽ giữa sự phân bố của mực *Illex argentinus* và các vùng front nhiệt độ ở Nam Đại Tây Dương thông qua dữ liệu vệ tinh [35]. Gần đây hơn, nhiều nghiên cứu đã áp dụng thành công các mô hình thống kê tiên tiến như mô hình hồi quy cộng tính tổng quát (GAM) để làm rõ mối quan hệ phi tuyến tính phức tạp giữa CPUE của loài mực ống Nhật Bản (*Todarodes pacificus*) với các dữ liệu môi trường [12, 23]. Do đó, cần phải có những nghiên cứu sâu hơn để đánh giá vai trò của nhiệt độ nước biển trong việc xác định ngư trường khai thác mực ống. Các nghiên cứu trong tương lai nên cố gắng thu thập dữ liệu nhiệt độ theo độ sâu hoặc sử dụng các mô hình hải dương học để ước tính nhiệt độ tại tầng nước khai thác. Đồng thời, việc tích hợp các biến môi trường khác như nồng độ chlorophyll-a và độ mặn sẽ giúp xây dựng một mô hình dự báo toàn diện hơn, tách bạch rõ hơn ảnh hưởng của từng yếu tố lên năng suất khai thác mực ống. Đây là hướng đi tất yếu để có thể xây dựng các bản đồ dự báo ngư trường đáng tin cậy, phục vụ công tác quản lý khai thác theo thời gian thực và hướng tới sự phát triển bền vững của nghề cá.

IV. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

1. Kết luận

Nghiên cứu đã làm rõ ảnh hưởng của các yếu tố thời gian (năm, tháng) và môi trường (pha Mặt Trăng, nhiệt độ bề mặt nước biển) đến năng suất khai thác mực ống (*Loligo* sp.) của nghề lưới chụp khai thác hải sản ở vùng biển vịnh Bắc Bộ. Phân tích bằng mô hình hồi quy

cộng tính tổng quát (GAM) cho thấy, pha Mặt Trăng là yếu tố có ảnh hưởng mạnh nhất đến CPUE, phản ánh rõ nét vai trò của ánh sáng tự nhiên trong điều tiết hành vi sinh học của mực ống. Yếu tố thời gian, đặc biệt là tháng trong năm, thể hiện đặc tính mùa vụ rõ rệt, với đỉnh sản lượng vào tháng 9-10 và thấp điểm vào tháng 3-4. Nhiệt độ bề mặt nước biển không có ý nghĩa thống kê rõ rệt trong mô hình, nhưng vẫn thể hiện xu hướng phi tuyến tiềm tàng, gợi mở hướng nghiên cứu sâu hơn về tầng nhiệt khai thác thực tế. Nghiên cứu đã cung cấp luận cứ khoa học quan trọng cho việc tối ưu hóa hiệu quả khai thác của nghề lưới chụp và hỗ trợ quản lý nghề cá theo hướng bền vững.

2. Kiến nghị

Để có được đánh giá đầy đủ hơn về các yếu

tố môi trường ảnh hưởng đến năng suất khai thác của mực ống thì trong thời gian tới cần phải có những nghiên cứu sâu hơn để đánh giá vai trò của nhiệt độ nước biển. Các nghiên cứu trong tương lai nên thu thập dữ liệu nhiệt độ theo độ sâu hoặc sử dụng các mô hình hải dương học để ước tính nhiệt độ tại tầng nước khai thác. Đồng thời, tích hợp các biến môi trường khác như nồng độ chlorophyll-a và độ mặn sẽ giúp xây dựng một mô hình dự báo toàn diện hơn, tách bạch rõ hơn ảnh hưởng của từng yếu tố lên năng suất khai thác mực ống. Ngoài ra, cần nhân rộng phạm vi khảo sát sang các vùng biển khác để kiểm tra mức độ phổ quát của mô hình và tính đại diện của ngư trường nghiên cứu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt

1. Đỗ Văn Thành (2020), *Xây dựng mô hình sử dụng hệ thống tời thủy lực cho tàu lưới chụp khai thác hải sản xa bờ tỉnh Nghệ An*, Báo cáo tổng kết đề tài, Viện nghiên cứu Hải sản.
2. Đỗ Văn Thành (2022), *Ứng dụng đèn LED cho nghề lưới chụp khai thác hải sản ở vùng biển khơi tỉnh Nghệ An*, Báo cáo tổng kết đề tài, Viện nghiên cứu Hải sản.
3. Đỗ Văn Thành (2024), *Chuyển đổi nghề khai thác hải sản xâm hại, hủy diệt nguồn lợi thủy sản sang các nghề có tính chọn lọc cao trên địa bàn tỉnh Nghệ An*, Báo cáo tổng kết đề tài, Viện nghiên cứu Hải sản.
4. Đỗ Văn Thành, Nguyễn Ngọc Sứa, Lương Quốc Khánh, Phạm Văn Tuấn và Phạm Văn Tuyền (2021), “Nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến lợi nhuận của nghề lưới chụp khai thác hải sản ở vịnh Bắc Bộ”, *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn*, Tháng 12/2021.
5. Đỗ Văn Thành, Nguyễn Phi Toàn, Lương Quốc Khánh, Nguyễn Ngọc Sứa và Phạm Thị Hiền (2023), “Hiệu quả ứng dụng đèn đi-ốt phát quang (LED) cho nghề lưới chụp khai thác hải sản”, *Tạp chí Khoa học Công nghệ Thủy Sản, Trường Đại học Nha Trang*, (03), pp. 003-012.
6. Mai Công Nhuận (2023), *Nghiên cứu ảnh hưởng của hoạt động khai thác đến cấu trúc nguồn lợi hải sản ở vùng biển vịnh Bắc Bộ*, Luận án tiến sĩ, Viện nghiên cứu Hải sản.
7. Mai Công Nhuận, Nguyễn Khắc Bát và Vũ Việt Hà (2024), “Biến động nguồn lợi hải sản ở vùng biển vịnh Bắc Bộ giai đoạn 2000-2015”, *Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam*, 16(10), pp. 874-884.
8. Nguyễn Ngọc Tuấn (2023), “Nghiên cứu chế độ mưa, nhiệt tại vùng biển Vịnh Bắc Bộ từ dữ liệu vệ tinh”, *Vietnam Journal of Hydrometeorology*, pp. 19-28.
9. Nguyễn Phi Toàn (2017), *Thiết bị khai thác thủy sản: Lưới chụp: Thông số kích thước cơ bản, kỹ thuật lắp ráp và kỹ thuật khai thác*, Báo cáo thuyết minh TCVN, Viện nghiên cứu Hải sản.
10. Nguyễn Viết Nghĩa (2020), *Điều tra tổng thể biến động nguồn lợi hải sản biển Việt Nam từ năm 2016 đến năm 2020*. Báo cáo tổng kết dự án, Viện nghiên cứu Hải sản.
11. Trần Đình, Trần Chu và Nguyễn Xuân Dục (2007), “Thành phần loài và sản lượng mực khai thác ở vịnh Bắc Bộ”, *Tuyển tập các công trình nghiên cứu nghề cá biển (Tập I, Viện Nghiên cứu Hải sản)*.

Tiếng Anh

12. Alabía I.D., Dehara M., Saitoh S.-I. và Hirawake T. (2016), “Seasonal habitat patterns of Japanese common squid (*Todarodes pacificus*) inferred from satellite-based species distribution models”, *Remote Sensing*, 8(11), pp. 921.
13. Arkhipkin A.I. (2015), “World Squid Fisheries”, *Reviews in fisheries science & aquaculture*, 23(2), pp. 92-252.
14. Arkhipkin A.I., Jereb P. và Pin N. (2000), “Spawning and recruitment of the short-finned squid, *Illex argentinus* (Cephalopoda: Ommastrephidae), in the south-west Atlantic”, *ICES Journal of Marine Science*, 57(3), pp. 671-682.
15. Bazzino Ferreri G., Quinones R. và Norbis W. (2005), “Environmental associations of shortfin squid *Illex argentinus* (Cephalopoda: Ommastrephidae) in the Northern Patagonian Shelf”, *Fisheries Research*, 76, pp. 401-416.
16. Beck N. và Jackman S. (1998), “Beyond Linearity by Default: Generalized Additive Models”, *American Journal of Political Science*, 42(2), pp. 596-627.
17. Brodziak J. và Hendrickson L. (1999), “An analysis of environmental effects on survey catches of squids *Loligo pealei* and *Illex illecebrosus* in the northwest Atlantic”, *Fishery Bulletin- National Oceanic and Atmospheric Administration*, 97, pp. 9-24.
18. Cook R.D. (1979), “Influential Observations in Linear Regression”, *Journal of the American Statistical Association*, 74(365), pp. 169-174.
19. Dawe E., Hendrickson L., Colbourne E., Drinkwater K. và Showell M. (2007), “Ocean climate effects on the relative abundance of short-finned (*Illex illecebrosus*) and long-finned (*Loligo ealeii*) squid in the northwest Atlantic Ocean”, *Fisheries Oceanography*, 16, pp. 303-316.
20. FAO (2002), *The state of world fisheries and aquaculture*, FAO Fisheries Department, Rome.
21. González Á., Trathan P., Yau C. và Rodhouse P. (1997), “Interactions between oceanography, ecology and fishery biology of the ommastrephid squid *Martialia hyadesi* in the South Atlantic”, *Marine Ecology-progress Series - MAR ECOL-PROGR SER*, 152, pp. 205-215.
22. Jereb P., Roper và C. F. E. (Eds.) (2010), “Cephalopods of the World: an annotated and illustrated catalogue of cephalopod species known to date”.
23. Kim M.-J., Kim C., Kim H.W., Ji H.-S. và Kang H., “Forecasting the spatial variation of optimal sea surface temperature for common squid (*Todarodes pacificus*) in the Korean jigging fishery”, *Frontiers in Marine Science*, 12, pp. 1610859.
24. Luo D., Ganesh S. và Koolgaard J. (2022), *Package ‘Predictmeans’: Predicted Means for Linear and Semi Parametric Models*. Available online: <https://CRAN.R-project.org/package=predictmeans> (accessed on 21 April 2025).
25. Maunder M.N. và Punt A.E. (2004), “Standardizing catch and effort data: a review of recent approaches”, *Fisheries Research*, 70(2), pp. 141-159.
26. Moltschanowskyj N.A. và Pecl G.T. (2007), “Spawning aggregations of squid (*Sepioteuthis australis*) populations: a continuum of ‘microcohorts’”, *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 17(2), pp. 183-195.
27. Nigmatullin C., Nesis K.N. và Arkhipkin A. (2001), “A review of the biology of the jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae)”, *Fisheries Research*, 54, pp. 9-19.
28. Pang Y., Chen C.-S. và Iwata Y. (2020), “Variations in female swordtip squid *Uroteuthis edulis* life history traits between southern Japan and northern Taiwan (Northwestern Pacific)”, *Fisheries Science*, 86, pp. 1005-1017.
29. R Development Core Team (2021), *R: A Language and Environment for Statistical Computing; R Foundation for Statistical Computing: Vienna, Austria, 2021*. Available online: <http://www.R-project.org>

(accessed on 21 April 2021).

30. Sakurai Y., Kiyofuji H., Saitoh S.-I., Goto T., Hiyama Y. và Goto S. (2000), “Changes in inferred spawning areas of *Todarodes pacificus* (Cephalopoda: Ommastrephidae) due to changing environmental conditions”, *ICES Journal of Marine Science*, 57, pp. 24-30.
31. Sasikumar G., Mohamed K.S., Mini K.G. và Sajikumar K.K. (2018), “Effect of tropical monsoon on fishery abundance of Indian squid (*Uroteuthis* (*Photololigo*) *duvaucelii*)”, *Journal of Natural History*, 52(11-12), pp. 751-766.
32. Tosunoğlu Z., Ceyhan T., Düzbastilar F., Kaykaç M., Aydın C. và Metin G. (2021), “Effects of Lunar Phases and Other Variables on CPUE of European Pilchard, *Sardina pilchardus*, Caught by Purse Seine in the Eastern Mediterranean”, *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 21, pp. 283-290.
33. Ulaş A. và Aydın İ. (2011), “The effects of jig color and lunar bright on coastal squid jigging”, *African Journal of Biotechnology*, 10, pp. 1721-1726.
34. Vu N.K. và Nguyen K.Q. (2025), “The Effect of Temporal and Environmental Conditions on Catch Rates of the Narrow-Barred Spanish Mackerel Setnet Fishery in Khanh Hoa Province, Vietnam”, *Fishes*, 10(6), pp. 257.
35. Waluda C., Rodhouse P., Trathan P. và Pierce G.J. (2001), “Remotely sensed mesoscale oceanography and the distribution of *Illex argentinus* in the South Atlantic”, *Fisheries Oceanography*, 10(2), pp. 207-216.
36. Yatsu A., Midorikawa S., Shimada T. và Uozumi Y. (1997), “Age and growth of the neon flying squid, *Ommastrephes bartrami*, in the North Pacific ocean”, *Fisheries Research*, 29(3), pp. 257-270.
37. Yu W., Yi Q., Chen X. và Chen Y. (2017), “Climate-driven latitudinal shift in fishing ground of jumbo flying squid (*Dosidicus gigas*) in the Southeast Pacific Ocean off Peru”, *International Journal of Remote Sensing*, 38(12), pp. 3531-3550.