مقاله علمی–پژوهشی:

ارتباط برخی متغیرهای محیطی حاصل از تصاویر ماهواره‌ای با شاخص صید بر واحد تلاش (CPUE) ماهی هوور معمولی (*Thunnus tonggol* Bleeker, 1851) در آبهای دریای عمان

علی حقی وایقان*[1]، بهروز آتشبار کنگرلوئی[1]، فرهاد کی مرام[2]

*a.haghi@urmia.ac.ir

۱- گروه اکولوژی و مدیریت ذخایر آبزیان، پژوهشکده آرتمیا و آبزی پروری، دانشگاه ارومیه، کدپستی: ۵۷۱۷۹-٤٤٥١٤، ارومیه، ایران

۲- موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: تیر ۱۳۹۹ تاریخ پذیرش: مهر ۱۳۹۹

چکیده

بکارگیری مدیریت‌های کلان جهت برنامه‌ریزی برای بهره‌برداری از ذخایر منابع دریایی مستلزم شناخت متغیرهای تأثیرگذار بر گونه‌های اقتصادی است. هوور معمولی (*Thunnus tonggol*) از جمله مهم‌ترین گونه‌های در حال برداشت آبزیان در آبهای جنوبی کشور می‌باشد. مطالعه حاضر به تعیین رابطه عوامل تأثیرگذار بر میزان صید و پراکنش هوور معمولی صید شده بوسیله پرساینرهای ایرانی در آبهای جنوبی کشور با بکارگیری مدل جمعی تعمیم‌یافته (GAM) و متغیرهای حاصل از تصاویر ماهواره‌ای پرداخته است. نتایج بیانگر تأثیر متغیرهای زمانی (ماه صیادی) و مکانی (عرض جغرافیایی) به همراه متغیرهای شوری سطحی آب دریا (SSS)، عمق لایه مخلوط شونده (MLD) و دمای سطحی آب (SST) می‌باشد. میزان توضیح انحراف در مدل کلی برابر با ۶۲/۳ و میزان ضریب تعیین تعدیل‌شده برابر با ۰/۵۹۵ محاسبه شد. بیشترین مطلوبیت زیستگاهی حاصل از مدل حداکثر آنتروپی با بکارگیری متغیرهای اصلی تعیین‌شده توسط مدل جمعی تعمیم‌یافته در عرض‌های ۲۶-۲۴ درجه شمالی واقع در آبهای جنوبی ایران در آبهای دریای عمان (منطقه چابهار) مشاهده گردید. این تحقیق با تعیین فاکتورهای تأثیرگذار و مناطق با مطلوبیت زیستگاهی بالاتر به صورت لحظه‌ای می‌تواند در امر افزایش کارایی صید و برنامه‌ریزی جهت اجرای مدیریت اکوسیستم محور شیلاتی در آبهای مورد بهره‌برداری از ذخایر مشترک به مدیران شیلاتی کمک نماید.

لغات کلیدی: تون هوور معمولی، منابع دریایی، مدل‌سازی زیستگاه، مدیریت اکوسیستم محور شیلاتی

*نویسنده مسئول

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.4.18.2]

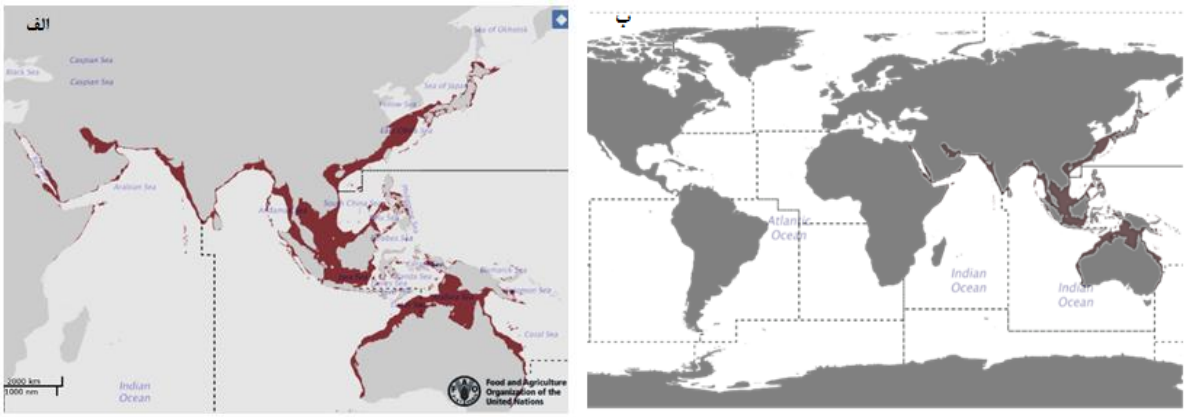
مقدمه

ماهیان تون جزء تجاری‌ترین گونه‌های قابل استحصال در اقیانوس‌ها بویژه خلیج‌فارس، دریای عمان و اقیانوس هند می‌باشند. به دلیل اهمیت اقتصادی، اکولوژیک و اجتماعی، بسیاری از محققین و شرکت‌های صیادی تجاری و مدیران در سطح کلان توجه ویژه‌ای نسبت به تون ماهیان دارند (Haghi Vayghan *et al*., 2017; 2018). مطالعات متعددی در سراسر دنیا تأکید نموده‌اند که گونه‌های ماهی بویژه سطح زیان، به تغییرات متغیرهای محیطی پاسخ می-دهند. بنابراین، می‌توانند حرکات، مهاجرت، رفتار و رشد خود را در نتیجه تغییرات متغیرها اصلاح یا تغییر دهند (Block *et al*., 2001; 2011; Lee *et al*., 2017). این موضوع در نهایت ذخایر گونه، زی‌توده و فعالیت‌های شیلاتی را متأثر می‌کند. بنابراین، پیش‌بینی این وقایع بویژه تغییرات اقلیم، برای ارزیابی خطرات از طرف دولت‌مردان و تصمیم گیران سطوح بالا بسیار حائز اهمیت است. مدل‌سازی زیستگاه از مهم‌ترین ابزارها برای رسیدن به مدیریت اکوسیستم محور شیلاتی (EBFM) (Brodziak and Link 2002; Hilborn 2011) می‌باشد و به طور عمده در بسیاری از گونه‌های اقیانوسی و دریایی مورداستفاده قرار می‌گیرد. این مدل‌ها به طور گسترده‌ای در مدیریت و ارزیابی گونه‌های مهم اقتصادی، ارزیابی‌های بوم‌شناسی و بازسازی ذخایر شیلاتی مورد استفاده قرار می‌گیرند. مدل‌های بررسی پراکنش گونه‌های دریایی و اقیانوسی امروزه با متغیرهای محیطی حاصل از تصاویر ماهواره‌ای به‌طور گسترده‌ای در سراسر جهان با اهداف مختلف در حال استفاده می‌باشد (Haghi Vayghan *et al*., 2017; Haghi Vayghan *et al*., 2016; Haghi Vayghan *et al*., 2018; Lee *et al*., 2017; Lan *et al*., 2018; Lee *et al*., 2020). ازاینرو، ادغام مدل‌های پراکنش با تصاویر ماهواره‌ای می‌تواند ضمن صرفه‌جویی در وقت و هزینه، در اجرای مدیریت اکوسیستم محور شیلاتی بویژه تون ماهیان دارای ارزش تجاری به مدیران و تصمیم گیران کمک نماید.

ماهی تون هوور معمولی (*Thunnus tonggol* Bleeker, 1851) از جمله مهم‌ترین تون ماهیان تجاری است که جزء گونه‌های مناطق معتدله و در آبهای ساحلی تا اقیانوسی در اقیانوس هند، آرام و بویژه در آبهای جنوبی کشور پراکنش دارد (شکل ۱) (Griffiths *et al*., 2020) . میزان استحصال جهانی آبزیان به میزان ۹۶/۴ میلیون تن در سال ۲۰۱۸ رسیده است (FAO, 2020c) و میزان صید هوور معمولی که به صورت تجاری، سنتی و تفریحی در جهان صید می‌شود، تقریباً حدود ۲۸۱۶۱۳ تن در سال ۲۰۱۷ گزارش شده است (FAO, 2020a). در سال‌های اخیر میزان صید هوور معمولی بشدت افزایش یافته و منجر به برداشت بیش از حد از ذخیره شد است (Darvishi *et al*., 2018). هم‌اکنون این گونه جزء مهم‌ترین گونه‌های مورد بهره‌برداری در اقیانوس هند با میزان صید ۱۳۳۹۳۱ تن در سال ۲۰۱۸ می‌باشد و میزان برداشت ایران در حدود ۶۱۱۶۸ تن گزارش‌شده است (شکل ۲) (IOTC, 2020). هوور معمولی از جمله مهم‌ترین گونه‌های درحال برداشت آبزیان در آبهای جنوبی کشور می‌باشد (Sistani *et al*., 2019) بطوریکه بیش از ۴۶/۳ درصد از میزان کل صید جنوب را بخود اختصاص می‌دهد (IFO, 2019) و صید آن در سال۱۳۹۷ بیش از ۶۱ هزار تن گزارش‌شده است. صید تون هوور معمولی عمدتاً از طریق تورهای گوشگیر (حدود ۹۳درصد) و به میزان کمتر از طریق پرساینرهای صنعتی (حدود ۲ درصد) به همراه ثبت موقعیت جغرافیایی انجام می‌شود. امروزه محققین دریافته‌اند که تون ماهیان به فاکتورهای محیطی از جمله دمای سطحی آب، میزان کلروفیل و جریان‌های دریایی طی فصول مختلف و حتی بررسی‌های بلندمدت واکنش نشان می‌دهند و مناطق با مطلوبیت زیستگاهی بالاتر را انتخاب می‌کنند (Lan *et al*., 2013; Lan *et al*., 2017; Lan *et al*., 2019). مطالعات متعددی در خصوص ارتباط پراکنش و صید تون ماهیان با استفاده از متغییرهای محیطی حاصل از تصاویر ماهواره‌ای در آبهای اقیانوسی در سراسر جهان (Lan *et al*., 2017; Lee *et al*., 2017; Lan *et al*.,2019; Lee *et al*., 2020) و در آبهای جنوب ایران با استفاده از داده‌های پرساینرهای ایرانی صورت پذیرفته است (Haghi Vayghan *et al*., 2017; 2018). اما در خصوص تون هوور معمولی در آبهای جنوبی کشور مطالعه‌ای صورت نگرفته است.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.4.18.2]



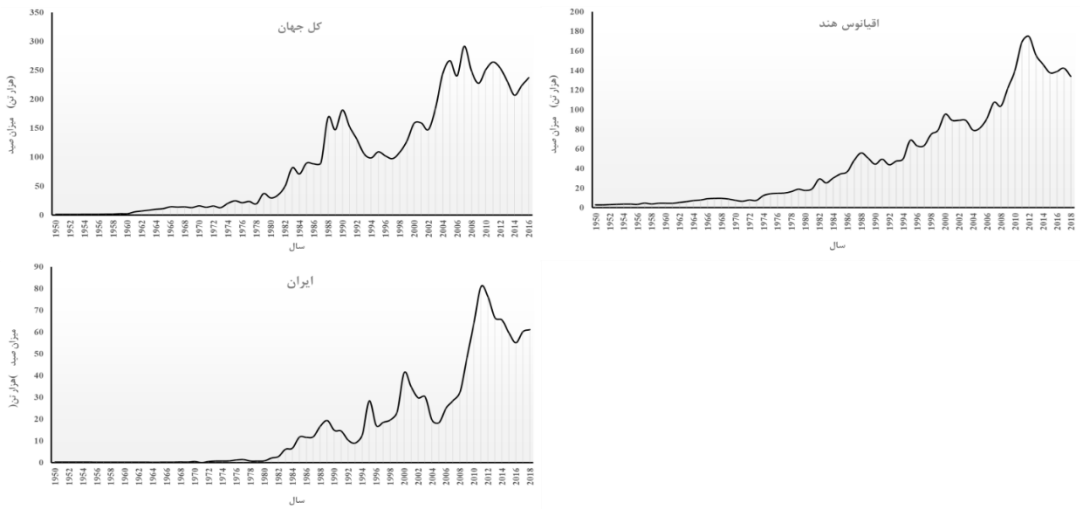
شکل ۱: پراکنش هوور معمولی (رنگ قرمز) در مقیاس (الف) جهانی و (ب) اقیانوس هند (FAO 2020b).
Figure 1: Longtail tuna distribution (red color) (a) entire the world and (b) Indian Ocean (FAO, 2020b).

در این مطالعه سعی گردید، ارتباط بین گونه تجاری هوور معمولی با متغیرهای قابل استخراج از تصاویر ماهواره‌ای که بنوعی بیانگر تغییرات سطحی آب اقیانوس‌ها هستند را بررسی نماید و ضمن کمک به صیادان در یافتن محل تجمع این گونه تجاری، در جهت برنامه‌ریزی مکانی برداشت از منابع دریایی و اجرای مدیریت اکوسیستم محور شیلاتی به صورت منطقه‌ای به مدیران شیلاتی اطلاع‌رسانی نماید.

مواد و روش‌ها

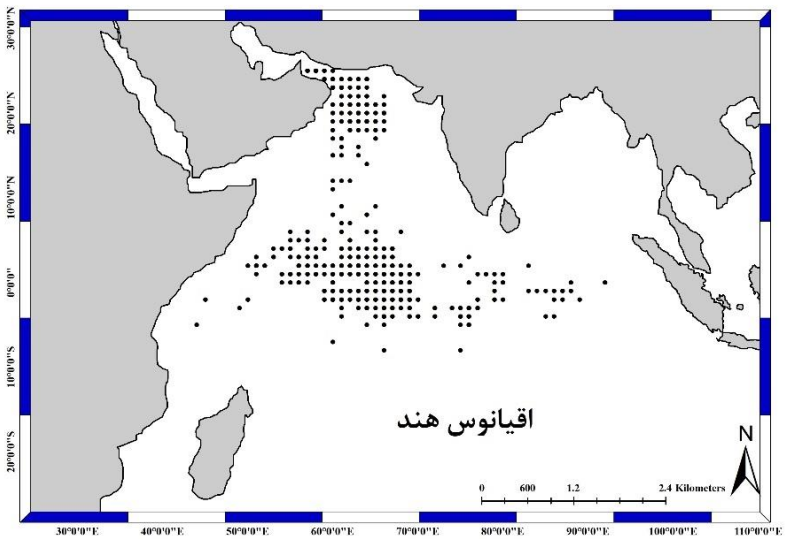
در این مطالعه داده‌های صید پرساینر از سازمان شیلات ایران تهیه گردید. این داده‌ها طی سال ۹۶-۱۳۸۶ به صورت ماهانه در کتابچه عملیات صید (لاگ بوک) به ثبت رسیده است. مجموعاً تعداد ۱۱۵۰ موقعیت جغرافیایی با پرساینرها ثبت شد و در ۱۰۵ مورد از آن صید هوور معمولی گزارش شده بود. محدوده جغرافیایی صید شناورهای پرساینر در عرض‌های جغرافیایی بین ۸ درجه جنوبی الی ۲۵ شمالی و طول جغرافیایی ۹۳-۵۱ درجه شرقی مشخص شد (شکل ۳). میزان صید استحصال‌شده به صورت کیلوگرم ثبت شده است و به منظور تعیین میزان صید به ازاء واحد تلاش (CPUE) میزان تلاش صیادی به صورت مدت‌زمان (روز) فعالیت صیادی محاسبه و تعیین گردید. به همراه متغیرهای زمانی (ماه و سال) و مکانی (طول و عرض جغرافیایی)، مجموعاً از ۷ متغیرهای محیطی حاصل از تصاویر ماهواره‌ای که به طور رایج در پژوهش‌های اقیانوس‌شناسی شیلاتی و مدل‌سازی پراکنش استفاده می‌گردد، در این مطالعه استفاده شد (Valavanis *et al.*, 2008; Haghi Vayghan *et al.*, 2013; Haghi Vayghan *et al.*, 2017; Haghi Vayghan *et al.*, 2018; Lee *et al.*, 2020). این متغیرهای محیطی از سنجنده های مختلف از جمله Modis و NOAA در پایگاه مرکز داده ERDDAP (https://coastwatch.pfeg.noaa.gov/erddap/index.html) و همچنین مرکز داده‌های آسیا-اقیانوسیه (http://www.apdrc.soest.hawaii.edu) استخراج گردید. سپس کلیه داده‌های اخذ شده با استفاده از برنامه متلب (MATLAB, version R2015a) و IDL (Interactive Data Language; version 7.0) خوانده و مقادیر عددی متغیرها استخراج گردید. با توجه به متفاوت بودن دقت مکانی برخی متغیرها، همه آنها با دقت زمانی یک ماه و دقت مکانی ۱ درجه همسان‌سازی (با استفاده از میانگین ارزش های پیکسل های مجاور) گردید (جدول ۱). جهت بررسی و تعیین ارتباط میزان صید به ازای واحد تلاش، مدل جمعی تعمیم‌یافته (Hastie and Tibshirani, 1990; Wood, 2017) (معادله شماره ۱) در برنامه R نسخه ۴.۰.۰ (۲۴-۰۴-۲۰۲۰) مورد استفاده قرار گرفت.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.4.18.2]



شکل ۲: روند بلندمدت میزان صید هوور معمولی در کل جهان، اقیانوس هند و ایران

Figure 2: Long-term trends of longtail tuna total catch entire the world, Indian Ocean and Iran.



شکل ۳: منطقه موردمطالعه و موقعیت جغرافیایی صید پرسینرهای ایرانی در اقیانوس هند

Figure 3: Study area and geographical distribution of Iranian purse seiner fishing in the Indian Ocean.

مدل جمعی تعمیم‌یافته، در واقع فرم غیر پارامتریک (غیرخطی) مدل جمعی خطی می‌باشد. در این مدل جهت fitting از رگرسیون‌های smoothing استفاده می‌شود.

معادله ۱)

$$g(\mu_i) = \mu + \sum_{j-1}^{p} f_j(X_i)$$

μi = در واقع صید به ازاء واحد تلاش یا حضور گونه می‌باشد، μ = در واقع intercept می‌باشد، fj = معادلهsmoothing و xi = متغیرهای محیطی مورد استفاده می‌باشد. در این مدل از توزیع گوسین استفاده شد.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.4.18.2]

جدول ۱: متغیرهای محیطی حاصل از تصاویر ماهواره ای مورداستفاده در بررسی صید هوور معمولی
Table 1: Satellite derived Environmental variables used in longtail tuna catch.

متغیر محیطی	واحد/یکا	دقت مکانی	منبع اخذ داده
دمای سطحی آب دریا (SST)	^{o}C	۴km × ۴km	https://coastwatch.pfeg.noaa.gov/erddap/griddap/erdMH1sstdmday.html
شوری سطحی دریا (SSS)	psu	۱°×۱°	http://www.apdrc.soest.hawaii.edu
عمق لایه مخلوط شونده (MLD)	m	۱°×۱°	http://www.apdrc.soest.hawaii.edu
ارتفاع سطح دریا (SSH)	cm	۱°×۱°	http://www.apdrc.soest.hawaii.edu
کلروفیل سطحی آب دریا (SSC)	$mg\ m^{-3}$	۴km × ۴km	https://coastwatch.pfeg.noaa.gov/erddap/griddap/erdMH1chlamday.html
انرژی جنبشی ادی (EKE)	$cm^2.s^{-2}$	۱°×۱°	http://www.apdrc.soest.hawaii.edu
عمق لایه هم‌دمایی ۲۰ درجه سانتی‌گراد (D20)	m	۱°×۱°	http://www.apdrc.soest.hawaii.edu

مدل جمعی تعمیم‌یافته طی دو مرحله اجرا و مورد بررسی قرار گرفت. در مرحله اول ابتدا با کل داده‌ها، سپس با توجه به اینکه بیشترین میزان صید در فصل گرم اتفاق افتاده بود با داده‌های فصل گرم و درنهایت با داده‌های متغیرهای محیطی حاصل از تصاویر ماهواره‌ای در مدل بکار برده شد. بررسی برازش و انتخاب مدل با استفاده از معیار اطلاعات آکائیک (AIC) صورت پذیرفت بطوریکه کمترین میزان ارزش آکائیک بیانگر بهترین مدل (کمترین خطا) در نظر گرفته شد (Akaike, 1974). همچنین در ادامه جهت ترسیم مطلوبیت زیستگاهی از مدل حداکثر آنتروپی (MaxEnt, version 3.4.1) (Phillips and Dudík, 2008; Elith *et al.*, 2011) با استفاده از متغیرهای اصلی حاصل از نتایج مدل جمعی تعمیم‌یافته برای تخمین بهترین مناطق حضور هوور معمولی استفاده شد.

نتایج

میزان صید جهانی ماهی هوور معمولی از سال ۲۰۰۷ روند کاهشی را نشان می‌دهد. این روند در خصوص اقیانوس هند از سال ۲۰۱۲ اتفاق افتاده و روند کاهشی آن در ایران نیز از سال ۲۰۱۱ در حال ادامه است. صید تون ماهیان با پرسینرهای ایرانی در بخش مرکزی دریای عمان و آبهای دریای عربی متمرکز شده، اما صید ماهی هوور معمولی بیشتر در نواحی ساحلی متمرکز شده است (شکل ۳). نتایج حاصل از مدل جمعی تعمیم‌یافته نشان داد که متغیرهای زمانی (سال و ماه) و مکانی (عرض جغرافیایی) بیشترین تأثیر را در پراکنش و میزان صید تون هوور معمولی داشته‌اند (جدول ۲). نتایج بیانگر میزان نوسانات میزان صید در سال‌های مختلف می‌باشد. بیشترین میزان صید در ماه‌های فصل گرم اتفاق افتاد و این موضوع در مدل جمعی تعمیم‌یافته نیز در خصوص متغیر ماه با ۲۵/۳ درصد تأثیر در میزان توضیح انحراف تائید کننده نقش ماه‌های مرتبط با فصل گرم بود. عرض جغرافیایی در مقایسه با طول جغرافیایی تأثیر بمراتب بالاتری را در توضیح واریانس مدل نشان داد. از اینرو، در عرض‌های بالاتر در حوالی مناطق ساحلی میزان حضور بیشتری اتفاق افتاده است. از بین متغیرهای محیطی بکار برده شده متغیرهای شوری سطحی آب دریا (SSS)، عمق لایه مخلوط شونده (MLD) و دمای سطحی آب (SST) بترتیب بیشترین تأثیر را در توضیح انحراف مدل داشتند (جدول ۳). میزان توضیح انحراف در کل مدل برابر با ۶۲/۳ و میزان ضریب تعیین تعدیل‌شده برابر با ۰/۵۹۵ محاسبه شد. از سوی دیگر، بیشترین تأثیر در میزان توضیح AIC مربوط به متغیر شوری (SSS) با حدود ۴۶ درصد و

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.4.18.2]

میزان AIC در بهترین مدل ۲۵۶۷ تعیین شد. شکل ۴ نمودار تأثیر مدل در متغیرهای محیطی در ارتباط با میزان صید به ازاء واحد تلاش هوور معمولی را نشان می‌دهد. روند معادله مناسب مدل (fitted GAM function) در سه متغیر اصلی نشان داد، میزان افزایش شوری بالاتر از ۳۷ psu تأثیر منفی داشته و در با افزایش عمق لایه مخلوط شونده و دمای سطحی آب نیز این تأثیر در این متغیرها نیز اثرگذار بوده است. میزان مطلوبیت زیستگاه حاصل از مدل حداکثر آنتروپی در ارتباط با ۳ متغیر اصلی تعیین‌شده با مدل جمعی تعمیم‌یافته در شکل ۵ نشان داده شده است. بیشترین مطلوبیت در عرض‌های ۲۶-۲۴ درجه شمالی واقع در آبهای جنوبی ایران در استان‌های هرمزگان و سیستان و بلوچستان مشاهده گردید.

جدول ۲: نتایج آماری مدل جمعی تعمیم‌یافته هوور معمولی در ارتباط با کل داده‌ها
Table 2: Statistical results of GAM inputted by all data of longtail tuna.

متغیر	باقیمانده درجه آزادی	باقیمانده انحراف	انحراف	درصد توضیح انحراف	سطح معنی‌داری	AIC	درصد توضیح AIC	ΔAIC
+Null	۱۱۴۹	۷۰۹۵	–	–	–	۵۳۶۰	–	۸۹۵
+Year	۱۱۴۱	۵۶۵۶	۱۴۴۰	۳۱/۹۷	***	۵۱۱۵	۲۷/۳	۶۵۱
+Month	۱۱۳۰	۴۵۱۶	۱۱۳۹	۲۵/۳۰	***	۴۸۷۹	۲۶/۴	۴۱۴
+LAT	۱۱۰۰	۳۷۲۲	۷۹۵	۱۷/۶۵	***	۴۷۱۶	۱۸/۳	۲۵۱
+LON	۱۰۵۹	۳۴۲۷	۲۹۴	۶/۵۴	***	۴۷۰۳	۱/۴	۲۳۹
+SST	۱۰۵۱	۳۳۶۸	۵۹	۱/۳۱	**	۴۶۹۷	۰/۷	۲۳۲
+SSS	۱۰۴۳	۳۱۱۶	۲۵۲	۵/۶۰	***	۴۶۲۳	۸/۲	۱۵۹
+ MLD	۱۰۴۰	۲۸۶۰	۲۵۶	۵/۶۹	***	۴۵۳۲	۱۰/۱	۶۷/۵
+SSH	۱۰۳۲	۲۷۵۷	۱۰۳	۲/۹۸	***	۴۵۰۴	۳/۱	۳۹/۶
+Chla	۱۰۲۳	۲۶۵۶	۱۰۱	۲/۳۰	***	۴۴۷۷	۳/۰	۱۲/۳
+EKE	۱۰۱۴	۲۵۹۵	۶۱	۱.۳۵	**	۴۴۶۴	۱/۴	۰
+D20	۱۰۱۳	۲۵۹۳	۲.۴	۰.۰۵	۱	۴۴۶۶	۰/۱۳	۱/۱۷
بهترین مدل		R-sq.(adj) = ۰/۵۸۷		توضیح انحراف = ٪۶۳/۵				

معنی داری در سطح ۰ =***؛ ۰.۰۰۱ = **؛ ۰.۰۱ = *؛ ۰.۰۵ = ۰ و ۰.۱ = ۱

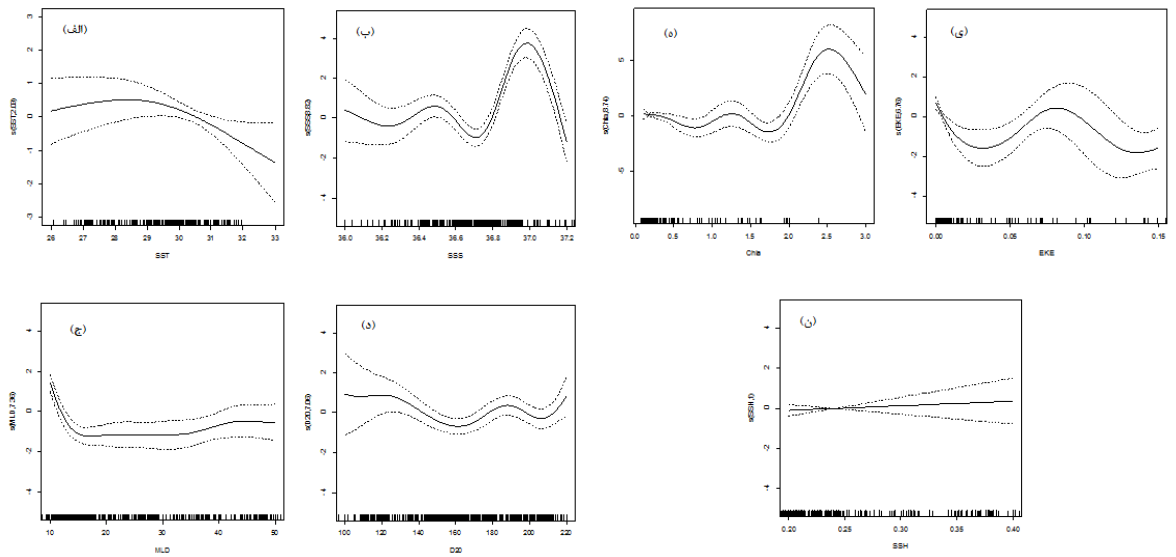
جدول ۳: نتایج آماری مدل جمعی تعمیم‌یافته هوور معمولی در ارتباط با فصل گرم (نیمه اول سال)
Table 2: Statistical results of GAM inputted by warm season data of longtail tuna.

متغیر	باقیمانده درجه آزادی	باقیمانده انحراف	انحراف	درصد توضیح انحراف	سطح معنی‌داری	AIC	درصد توضیح AIC	ΔAIC
Null+	۵۹۱	۶۰۸۷	–	–	–	۳۰۶۳	–	۴۹۶
SST+	۵۸۷	۵۵۰۲	۵۸۴	۱۵/۴۰	***	۳۰۰۹	۱۰/۹۸	۴۴۲
SSS+	۵۸۱	۳۶۵۲	۱۸۵۰	۴۸/۷۵	***	۲۷۸۱	۴۵/۹۶	۲۱۳
MLD+	۵۷۴	۲۷۹۳	۸۵۹	۲۲/۶۳	***	۲۶۳۴	۲۹/۵۶	۶۷
SSH+	۵۶۶	۲۶۷۵	۱۱۸	۳/۱۱	***	۲۶۲۳	۲/۳۴	۵۵
Chla+	۵۵۷	۲۵۰۱	۱۷۴	۴/۶۰	***	۲۶۰۰	۴/۵۲	۳۳
EKE+	۵۴۷	۲۳۳۲	۱۶۸	۴/۴۴	***	۲۶۷۶	۴/۹۱	۸/۶
D20+	۵۴۶	۲۲۹۲	۴۰	۱/۰۵	**	۲۵۶۷	۱/۷۴	۰
بهترین مدل		R-sq.(adj) = ۰/۵۹۵		توضیح انحراف = ٪۶۲/۳				

معنی داری در سطح ۰ =***؛ ۰.۰۰۱ = **؛ ۰.۰۱ = *؛ ۰.۰۵ = ۰ و ۰.۱ = ۱

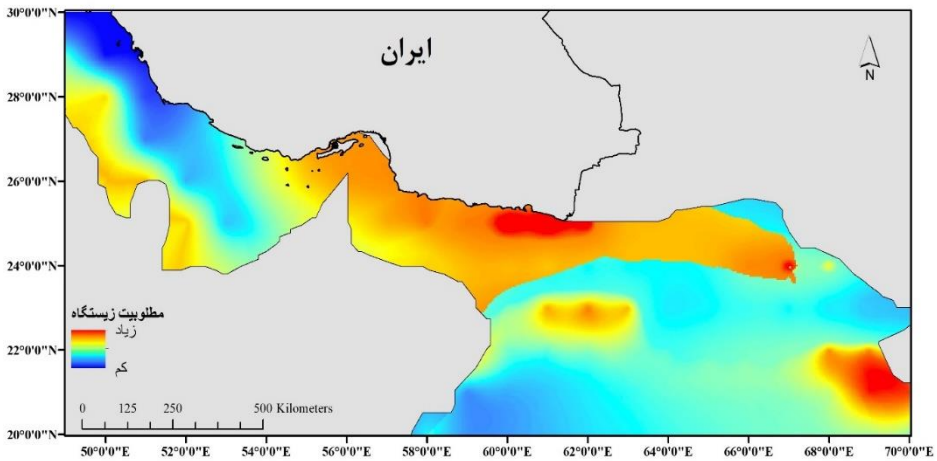
[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.4.18.2]



شکل ۴: نمودار تاثیر مدل در متغیرهای محیطی از جمله (الف) دمای سطحی آب دریا، (ب) شوری سطحی آب دریا، (ج) عمق لایه مخلوط شونده، (د) عمق هم‌دمای ۲۰ درجه سانتی گراد، (ه)،کلروفیل آ سطحی آب‌دریا، (ی) انرژی جنبشی ادی و (ن) ارتفاع سطح آب دریا در ارتباط با میزان صید به ازاء واحد تلاش (CPUE) تون هوور معمولی. خط تیره بیانگر معادله مناسب مدل (fitted GAM function) و خط نقطه‌چین بیانگر فاصله اطمینان ۹۵٪ (95% confidence intervals) می‌باشد.

Figure 4: Model effect graphs on environmental variables in relation to longtail tuna catch per unite effort (CPUE). Black line and dashed line is represented fitted GAM function and 95% confidence intervals, respectivly.



شکل ۵: مطلوبیت زیستگاهی هوور معمولی در ارتباط با متغیرهای اصلی (شوری سطحی آب دریا، عمق لایه مخلوط شونده و دمای سطحی آب بکار برده شده با استفاده از مدل حداکثر آنتروپی (MaxEnt).

Figure 5: Habitat suitability of longtail tuna in relation to main environmental variables (SSS, MLD and SST) used by MaxEnt model.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.4.18.2]

بحث

امروزه سطح زیان درشت ازجمله تون ماهیان به عنوان مهم‌ترین منابع پروتئینی دریاها و اقیانوس‌ها محسوب می‌شوند. استحصال سطح زیان درشت با بهره‌گیری از ارتباطات پراکنش آنها با متغیرهای محیطی استخراج‌شده از تصاویر ماهواره‌ای به طور چشم‌گیری در حال گسترش است (Lee *et al*., 2020; Cai *et al*., 2020; Nimit *et al*., 2020; Sculley and Brodziak, 2020; Su *et al*., 2020). ماهی هوور معمولی به طور عمده با شناورهای گوشگیر و به میزان کمتر با پرسانیرها صید می‌شود، اما با توجه به اینکه موقعیت مکانی دقیق شناورهای گوشگیر بندرت ثبت نمی‌گردد، عملاً برای اهداف تحقیقاتی در حوزه مدل‌سازی پراکنش مورد استفاده قرار نمی‌گیرد. در این مطالعه با بکارگیری داده‌های حاصل از ۸ سال و مجموع نقاط ۱۱۵۰ مورد از مناطق صیادی پرسانیرهای ایرانی در اقیانوس هند و دریای عربی به بررسی عوامل تأثیرگذار در میزان صید و پراکنش هوور معمولی پرداخته شد. در این مطالعه فاکتورهای مکانی نقش قابل‌ملاحظه‌ای را در پراکنش این‌گونه داشت. عموماً فاکتورهای مکانی از جمله متغیرهای مؤثر در مطالعات پراکنش (Haghi Vayghan *et al*., 2018; Lan *et al*., 2018; Su *et al*., 2020) و همچنین استانداردسازی صید سطح زیان درشت (Punt *et al*., 2000; Su *et al*., 2008; Lan *et al*., 2018) بشمار می‌آیند. بر اساس نتایج مشخص شد که تون هوور معمولی بیشتر در عرض جغرافیایی ۲۶-۲۴ حضور دارد و بیانگر تمایل منطقه نریتیک آبها برای زیستن را دارد و کمتر به مناطق آبهای دور مراجعت می‌نماید (Griffiths *et al*., 2011, 2020). تأثیر فاکتور ماه صیادی که بیانگر میزان صید بیشتر در نیمه اول سال (فصل گرم) می‌باشد، می‌تواند به دلیل فعالیت عمده صید تون هوور معمولی در نیمه اول سال با پرسانیرها بیان گردد (Parsa *et al*., 2017; Darvishi *et al*., 2018). در این پژوهش هفت متغیر محیطی حاصل از تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده قرار گرفت که در این میان نقش سه متغیر شوری سطحی آب دریا (SSS)، عمق لایه مخلوط شونده (MLD) و دمای سطحی آب (SST) به نسبت سایر متغیرها بترتیب بیشترین تأثیر را در توضیح انحراف مدل داشتند. در تحقیقات متعددی به نقش متغیرهای محیطی حاصل از تصاویر ماهواره‌ای اشاره شده است (Haghi Vayghan *et al*., 2017; Haghi Vayghan *et al*., 2018; Lan *et al*., 2018; Chang *et al*., 2019; Lee *et al*., 2020). شوری سطحی آب دریا در ارتباط با درجه حرارت، تبخیر، جریان‌های دریایی و نقش ورودی آب می‌باشد. از اینرو، با توجه به درجه حرارت بالا در آبهای ناحیه کرانه‌ای و تبخیر بالاتر در آن مناطق، میزان شوری بالاتری به نسبت آبهای باز اقیانوسی دارد. از سوی دیگر، باتوجه به محدوده مناسب متغیرهای اصلی، مطلوبیت زیستگاه در مناطق چابهار و دریای عمان (شوری در محدوده ۳۷/۲-۳۶/۸، دمای سطحی ۳۱-۲۹ و عمق لایه مخلوط شونده کمتر از ۱۵ متر) به نسبت سایر مناطق بیشتر بوده است. در تحقیق گذشته نیز تأثیر شوری بر سایر گونه‌های تون ماهیان مشخص نمود که فاکتور شوری نقش اثرگذاری را در پراکنش آنها در فصل گرم دارد (Haghi Vayghan *et al*., 2017, 2018). همچنین با افزایش درجه حرارت و شروع فصل گرم عمق لایه مخلوط شونده کاهش یافته و منجر به افزایش عمق لایه هم‌دمای ۲۰ درجه سانتی گراد (D20) (ترموکلاین) می‌شود و این موضوع پراکنش عمودی تون ماهیان را محدود می‌کند (Schaefer and Fuller, 2007; Schaefer *et al*., 2007). بنابراین، با افزایش عمق لایه مخلوط شونده مطلوبیت آن برای هوور معمولی کاهش می‌یابد (شکل ۵). از مهم‌ترین فاکتورهای تأثیرگذار در پراکنش تون ماهیان دمای سطحی آب و مقدار کلروفیل آ که بنوعی بیانگر دسترسی به غذاست، می‌باشد (Lan *et al*., 2011, 2012; Mugo *et al*., 2014; Lee *et al*., 2020). از اینرو، می‌توان بیان نمود در پراکنش تون هوور معمولی متغیرهای محیطی بسیار اهمیت دارند و در مطالعات محققین بهتر است مورد توجه قرار گیرد. از سوی دیگر، نقش تغییرات اقلیم و برآیندهای آن بر میزان نوسانات صید باید مورد توجه قرار گیرد. در این میان در خصوص تأثیر تغییرات اقلیم بر نوسانات و پراکنش سطح زیان درشت مطالعات خوبی انجام پذیرفته است که بهتر است در مطالعات آتی مورد توجه قرار بگیرد (Dufour *et al*., 2010; Lan *et al*., 2013; Last *et al*., 2011; Merino *et al*., 2019; Nimit *et al*., 2020; Yu *et al*., 2016). بنابراین، با عنایت به اینکه قدم ابتدایی در اجرا و بکارگیری مدیریت اکوسیستم محور شیلاتی اطلاعات کافی در خصوص اکوسیستم و زیستگاه مطلوب گونه هدف و محدوده پراکنش آن در ارتباط با متغیرهای محیطی می‌باشد (Thrush and Dayton, 2010)، از اینرو مطالعات مشابه در ارتباط با سایر

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.4.18.2]

گونه‌های تجاری می‌تواند در این مسیر مورد توجه قرار گیرد. همچنین این قبیل مطالعات می‌تواند در استقرار مناطق حفاظت‌شده دریایی، مناطق و زمان‌های مناسب صید و پایش وضعیت ذخایر آبزیان کمک قابل‌توجهی به مدیران شیلاتی کشور نماید.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از پژوهشکده آرتمیا و آبزی‌پروری دانشگاه ارومیه بجهت حمایت مالی طرح پژوهشی با کد طرح شماره ۰۰۶/آ/۹۸ تشکر و قدردانی می‌گردد. همچنین از سازمان شیلات ایران بویژه دفتر صید و صیادی برای تأمین داده‌ها، سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

Akaike, H., 1974. A new look at the statistical model identification. *IEEE transactions on automatic control*, 19(6), pp.716-723. Doi: 10.1109/TAC.1974.1100705.

Block, B.A., Dewar, H., Blackwell, S.B., Williams, T.D., Prince, E.D., Farwell, C.J., *et al.*, 2001. Migratory Movements, Depth Preferences, and Thermal Biology of Atlantic Bluefin Tuna. *Science*, 293(5533), 1310 LP – 1314. Doi: 10.1126/science.1061197.

Block, B.A,. Jonsen, I.D., Jorgensen, S.J., Winship, A.J., Shaffer, S.A., Bograd, S.J., *et al.*, 2011. Tracking apex marine predator movements in a dynamic ocean. *Nature*, 475(7354), 86–90. Doi: 10.1038/nature10082.

Brodziak, J. and Link, J., 2002. Ecosystem-Based Fishery Management: What is it and how can we do it? *Bulletin of Marine Science*, 70(2), 589–611.

Cai, L.N., Xu, L.L., Tang, D.L., Shao, W.Z., Liu, Y., Zuo, J.C. and Ji, Q.Y., 2020. The effects of ocean temperature gradients on bigeye tuna (*Thunnus obesus*) distribution in the equatorial eastern Pacific Ocean. *Advances in Space Research*, 65(12), 2749–2760. Doi: 10.1016/j.asr.2020.03.030.

Chang, Y.J., Lan, K.W., Walsh, W.A., Hsu, J. and Hsieh, C., 2019. Modelling the impacts of environmental variation on habitat suitability for Pacific saury in the Northwestern Pacific Ocean. *Fisheries Oceanography*, 28(3), 291–304. Doi: 10.1111/fog.12408.

Darvishi, M., Paighambari, S.Y., Ghorbani, A.R. and Kaymaram, F., 2018. Population assessment and yield per recruit of long tail tuna (*Thunnus tonggol*) in northern of the Persian Gulf and Oman Sea (Iran, Hormozgan Province). *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 17(4), 776–789. Doi: 10.22092/ijfs.2018.116992.

Dufour, F., Arrizabalaga, H., Irigoien, X. and Santiago, J., 2010. Climate impacts on albacore and bluefin tunas migrations phenology and spatial distribution. *Progress in Oceanography*, 86(1), 283–290. Doi: 10.1016/j.pocean.2010.04.007.

Elith, J., Phillips, S.J., Hastie, T., Dudík, M., Chee, Y.E. and Yates, C.J., 2011. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distributions*, 17(1), 43–57. Doi: 10.1111/j.1472-4642.2010.00725.x.

FAO, 2020a. FAO Fisheries and Aquaculture - Species Fact Sheets - *Thunnus tonggol* (Bleeker, 1851). http://www.fao.org/fishery/species/2495/en.

FAO, 2020b. Species Distribution Map Viewer. http://www.fao.org/figis/geoserver/factsheets/species.html?species=LOT-m&prj=4326.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.4.18.2]

FAO, 2020c. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. In The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. FAO. Doi: 10.4060/ca9229en.

Griffiths, S.P., Lam, C. H. and Zischke, M., 2011. Restricted vertical and cross-shelf movements of longtail tuna (*Thunnus tonggol*) in Australian waters as determined by pop-up archival tags. In IOTC (Document IOTC-2011WPNT01-29).

Griffiths, S.P., Leadbitter, D., Willette, D., Kaymaram, F. and Moazzam, M., 2020. Longtail tuna, *Thunnus tonggol* (Bleeker, 1851): a global review of population dynamics, ecology, fisheries, and considerations for future conservation and management. *In Reviews in Fish Biology and Fisheries* (Vol. 30, Issue 1, pp. 25–66. Springer. Doi: 10.1007/s11160-019-09589-5.

Haghi Vayghan, A., Poorbagher, H., Taheri Shahraiyni, H., Fazli, H. and Nasrollahzadeh Saravi, H., 2013. Suitability indices and habitat suitability index model of Caspian kutum (*Rutilus frisii kutum*) in the southern Caspian Sea. *Aquatic Ecology*, 47(4). Doi: 10.1007/s10452-013-9457-9.

Haghi Vayghan, A., Fazli, H., Ghorbani, R., Lee, M.A. and Nasrollahzadeh Saravi, H., 2016. Temporal habitat suitability modeling of Caspian shad (*Alosa spp*.) in the southern Caspian Sea. *Journal of Limnology*, 75(1). Doi: 10.4081/jlimnol.2015.1215.

Haghi Vayghan, A., Ghorbani, R., Peyghambari, S.Y., Lee, M.A., Kaplan, D.M. and Block, B.A., 2017. Relationship between yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) distribution caught by Iranian purse seiners and environmental variables in the Indian Ocean. *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 26(1), 67–82. Doi: 10.22092/ISFJ.2017.110331.

Haghi Vayghan, A., Ghorbani, R., Peighambari, Y., Lee, M.A., Kaplan, D.M. and Block, B.A., 2018. Association between Skipjack (*Katsuwonus pelamis*) distribution caught by Iranian purse seiners and environmental variables in the Indian Ocean. *Journal of Applied Ichthyological Research*, 6(1), 1–20. Doi: jair.gonbad.ac.ir/article-1-438-en.html.

Hastie, T.J. and Tibshirani, R.J., 1990. *Generalized additive models* (Vol. 43). CRC press.

Hilborn, R., 2011. Future directions in ecosystem based fisheries management: A personal perspective. *Fisheries Research*, 108, 235–239. Doi: 10.1016/j.fishres.2010.12.030.

IFO, 2019. Iranian Fisheries Statistical Yearbook. In R. Ghorbanzadeh & S. Nazari (Eds.), Iranian Fisheries Organization 2015-2019 (Vol. 1, Issue 1). Iranian Fisheries Organization. http://www.shilat.com.

IOTC, 2020. Data and Statistics,. https://iotc.org/data-and-statistics.

Lan, K.W., Lee, M.A., Lu, H.J., Shieh, W.J., Lin, W.K. and Kao, S.C., 2011. Ocean variations associated with fishing conditions for yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the equatorial Atlantic Ocean. *ICES Journal of Marine Science: Journal Du Conseil*, 68(6), 1063–1071. Doi:10.1093/icesjms/fsr045.

Lan, K.W., Kawamura, H., Lee, M.A., Lu, H.J., Shimada, T., Hosoda, K., *et al*., 2012. Relationship between albacore (*Thunnus alalunga*) fishing grounds in the Indian Ocean and the thermal environment revealed by cloud-free microwave sea surface

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.4.18.2]

temperature. *Fisheries Research*, 113(1), 1–7. Doi:10.1016/j.fishres.2011.08.017.

Lan, K.W., Evans, K. and Lee, M.A., 2013. Effects of climate variability on the distribution and fishing conditions of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the western Indian Ocean. *Climatic Change*, 119(1), 63–77. Doi:10.1007/s10584-012-0637-8.

Lan, K.W., Shimada, T., Lee, M.A., Su, N.J. and Chang, Y., 2017. Using Remote-Sensing Environmental and Fishery Data to Map Potential Yellowfin Tuna Habitats in the Tropical Pacific Ocean. *Remote Sensing*, 9(5), 444. Doi: 2072-4292/9/5/444.

Lan, K.W., Lee, M.A., Chou, C.P. and Haghi Vayghan, A., 2018. Association between the interannual variation in the oceanic environment and catch rates of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the Atlantic Ocean. *Fisheries Oceanography*, 27(5), 395–407. Doi:10.1111/fog.12259.

Lan, K.W., Chang, Y.J. and Wu, Y.L., 2019. Influence of oceanographic and climatic variability on the catch rate of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) cohorts in the Indian Ocean. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*. 104681. DOI: 10.1016/j.dsr2.2019.104681.

Last, P.R., White, W.T., Gledhill, D.C., Hobday, A.J., Brown, R., Edgar, G.J., et al., 2011. Long-term shifts in abundance and distribution of a temperate fish fauna: a response to climate change and fishing practices. *Global Ecology and Biogeography*, 20(1), 58–72. Doi: 10.1111/j.1466-8238.2010.00575.x.

Lee, M.A., Haghi Vayghan, A., Liu, D.C. and Yang, W.C., 2017. Potential and prospective seasonal distribution of hotspot habitat of albacore tuna (*Thunnus alalunga*) in the South Indian Ocean using the satellite data. *International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*. 2017-July. Doi:10.1109/IGARSS.2017.8128313

Lee, M.A., Weng, J.S., Lan, K.W., Haghi Vayghan, A., Wang, Y.C. and Chan, J.W., 2020. Empirical habitat suitability model for immature albacore tuna in the North Pacific Ocean obtained using multisatellite remote sensing data. *International Journal of Remote Sensing*, 41(15). Doi: 10.1080/01431161.2019.1666317.

Merino, G., Arrizabalaga, H., Arregui, I., Santiago, J., Murua, H., Urtizberea, A., *et al.*, 2019. Adaptation of North Atlantic Albacore Fishery to Climate Change: Yet Another Potential Benefit of Harvest Control Rules. *Frontiers in Marine Science*, 6(620). Doi: 10.3389/fmars.2019.00620.

Mugo, R.M., Saitoh, S.I., Takahashi, F., Nihira, A. and Kuroyama, T., 2014. Evaluating the role of fronts in habitat overlaps between cold and warm water species in the western North Pacific: A proof of concept. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 107, 29–39. Doi:10.1016/j.dsr2.2013.11.005.

Nimit, K., Masuluri, N.K., Berger, A.M., Bright, R.P., Prakash, S., Rohit, P., *et al.*, 2020. Oceanographic preferences of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in warm stratified oceans: A remote sensing approach. *International Journal of Remote Sensing*, 41(15), 5785–5805. Doi: 10.1080/01431161.2019.1707903.

Parsa, M., Kamrani, E., Safaei, M., Paighambari, S.Y. and Nishida, T., 2017.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.4.18.2]

Length frequency, length-weight relationship and catch per unit of effort (CPUE) of Longtail tuna (*Thunnus tonggol*) and Yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) caught by purse seine in Oman Sea. *Journal of Aquatic Ecology*, 7(2), 19–29. Doi: jae.hormozgan.ac.ir/article-1-444-en.html.

Phillips, S.J. and Dudík, M., 2008. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, 31(2), 161–175. Doi:10.1111/j.0906-7590.2008.5203.x.

Punt, A.E., Walker, T.I., Taylor, B. L. and Pribac, F., 2000. Standardization of catch and effort data in a spatially-structured shark fishery. *Fisheries Research*, 45(2), 129–145. Doi: 10.1016/S0165-7836(99)00106-X.

Schaefer, K.M. and Fuller, D.W., 2007. Vertical movement patterns of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) in the eastern equatorial Pacific Ocean, as revealed with archival tags. *Fishery Bulletin*, 105(3), 379-389. Doi: aquaticcommons.org/id/eprint/8880.

Schaefer, K.M., Fuller, D.W. and Block, B.A., 2007. Movements, behavior, and habitat utilization of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the northeastern Pacific Ocean, ascertained through archival tag data. *Marine Biology*, 152(3), 503-525. Doi: 10.1007/s00227-007-0689-x.

Sculley, M.L. and Brodziak, J., 2020. Quantifying the distribution of swordfish (*Xiphias gladius*) density in the Hawaii-based longline fishery. *Fisheries Research*, 230, 105638. Doi: 10.1016/j.fishres.2020.105638.

Sistani, M., Adeli, A., Mira, S., 2019. Identification of the effective factors on the efficiency of the production section of the value chain of tuna in Iran. *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 28 (1) :145-153. Doi: 10.22092/ISFJ.2019.118885

Su, N.J., Yeh, S.Z., Sun, C.L., Punt, A.E., Chen, Y. and Wang, S.P., 2008. Standardizing catch and effort data of the Taiwanese distant-water longline fishery in the western and central Pacific Ocean for bigeye tuna, Thunnus obesus. *Fisheries Research*, 90(1–3), 235–246. Doi: 10.1016/j.fishres.2007.10.024.

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(6), 947. Doi: 10.3390/rs12060947.

Thrush, S.F. and Dayton, P.K., 2010. What Can Ecology Contribute to Ecosystem-Based Management? *Annual Review of Marine Science*, 2(1), 419–441. Doi: 10.1146/annurev-marine-120308-081129.

Valavanis, V., Pierce, G., Zuur, A., Palialexis, A., Saveliev, A., Katara, I. and Wang, J., 2008. Modelling of essential fish habitat based on remote sensing, spatial analysis and GIS. *Hydrobiologia*, 612(1), 5–20. Doi: 10.1007/s10750-008-9493-y.

Wood, S.N., 2017. *Generalized additive models: an introduction with R*. CRC press.

Yu, W., Chen, X., Yi, Q. and Chen, Y., 2016. Influence of oceanic climate variability on stock level of western winter–spring cohort of Ommastrephes bartramii in the Northwest Pacific Ocean. *International Journal of Remote Sensing*, 37(17), 3974–3994. Doi: 10.1080/01431161.2016.1204477.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.4.18.2]

Association between some satellites derived environmental variables with catch per unit effort (CPUE) index of longtail tuna (*Thunnus tonggol*) in the Oman Sea

Haghi Vayghan A.[1*]; Atashbar B.[1]; Kaymaram F.[2]

[*]a.haghi@urmia.ac.ir

1- Department of Ecology & Aquatic stocks management, Artemia & Aquaculture Research Institute, Urmia University, P.O. Box: 57179-44514, Urmia, Iran.
2- Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

Abstract

To achieve comprehensive management of marine resource stocks requires knowledge of the variables that affect economic species. Longtail tuna (*Thunnus tonggol*) is one of the most economic species in the southern waters of Iran. Recent study tried to find out the association between the most important satellites derived environmental variables with longtail tuna catch and distribution by applying Generalized Additive Model (GAM) in the southern waters of Iran. Results indicated the relatively high importance of temporal (month of fishing), spatial (latitude), and three environmental variables as Sea surface salinity (SSS), mixed layer depth (MLD), and Sea surface temperature (SST). Deviance explanation of the GAM model defined as 62.3% and adjusted R-square was 0.595. Maximum Entropy (MaxEnt) habitat suitability modeling by selected tree environmental variables shows longtail tuna inhabited mostly in latitude between 24°N and 26°N close to Hormozgan and Sistan and Balochistan province waters. The current study by detecting most important satellite derived environmental variables and high suitable habitat, could assist decision makers and fishery managers to improve fishing efficiency of Iranian purse seiners and helps implementation of ecosystem-based fisheries management of shared stocks in southern waters of Iranian.

Keywords: Longtail tuna, Marine resources, Habitat modeling, Ecosystem-based fisheries management

[*]Corresponding author

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.4.18.2]