



## روند تغییرات صید و تأثیر عوامل محیطی بر صید نیزه ماهیان (*Istiophoridae*) در غرب اقیانوس هند

کیوان بزرگ امید<sup>۱\*</sup>، رسول قربانی<sup>۱</sup>، خلیل قربانی<sup>۲</sup>، عبدالعظیم فاضل<sup>۳</sup>، محمد درویش<sup>۴</sup>، علی حق وایقان<sup>۵</sup>

<sup>۱</sup> گروه شیلات، دانشکده شیلات و محیط زیست، گروه تولید و بهره برداری آبزیان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

<sup>۲</sup> گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی آب و خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

<sup>۳</sup> گروه شیلات، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی، مرکز تحقیقات ذخایر آبزیان آبهای داخلی، گرگان، ایران.

<sup>۴</sup> گروه شیلات، پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان، بندر عباس، ایران.

<sup>۵</sup> گروه اکولوژی و مدیریت ذخایر آبزیان، پژوهشکده آرتمیا و آبی پروری، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

### چکیده

### نوع مقاله:

پژوهشی اصیل

این مطالعه به روند تغییرات صید و تأثیر عوامل محیطی بر صید نیزه ماهیان در غرب اقیانوس هند از سال ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۹ با بکارگیری مدل جمعی تعمیم یافته (GAM) پرداخته است. نتایج نشان داد که صید سالانه تحت تأثیر تغییرات اقلیمی و پدیده ال نینو بوده و از سال ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۹ کاهش چشمگیری داشته است. از سال ۲۰۰۹ به بعد، بهبود شرایط محیطی و اجرای سیاست‌های مدیریتی مؤثر منجر به افزایش مجدد صید در سال ۲۰۱۲ شد. نتایج حاصل از مدل جمعی تعمیم یافته نشان داد که متغیرهای دمای سطح دریا، سزعت باد سطحی و شوری سطح دریا بیشترین تأثیر را در پراکنش این ماهیان داشتند. همچنین، بررسی تأثیر دما و شوری بر روی فراوانی ماهیان نشان داد که دمای بین ۲۵ تا ۲۹ درجه سانتی‌گراد و شوری ۳۵ قسمت در هزار به عنوان سطح مطلوب برای تنوع زیستی شناخته شد. این مطالعه به اهمیت پایش مداوم متغیرهای محیطی و مدیریت پایدار منابع دریایی را در حفظ تنوع زیستی و بهبود وضعیت صید تأکید دارد. نتایج این تحقیق می‌تواند مبنایی برای طراحی استراتژی‌های مدیریتی مؤثر در راستای حفاظت و بهره‌برداری پایدار از منابع دریایی باشد.

### تاریخچه مقاله:

دریافت: ۱۳۹۷/۰۶/۰۳

پذیرش: ۱۳۹۷/۰۹/۰۵

### نویسنده مسئول مکاتبه:

کیوان بزرگ امید، گروه شیلات، دانشکده شیلات و محیط زیست، گروه تولید و بهره برداری آبزیان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

ایمیل: [k.bozorgomid@gmail.com](mailto:k.bozorgomid@gmail.com)

### واژه‌های کلیدی: نیزه ماهیان، صید، مدل جمعی تعمیم یافته، مدیریت پایدار منابع دریایی

## ۱ | مقدمه

آگاهی از پراکنش ماهی‌های تجاری دریایی، به دلیل ارزش غذایی، اقتصادی و اجتماعی بسیار زیاد آن‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به طوری که امکان حفظ ذخیره و بهره برداری پایدار از آن را با خطر مواجهه می‌نماید (Pickens et al., 2021). به‌طور کلی ماهی‌ها در معرض ترکیبی پیچیده از شرایط غیر زنده (مانند دما، شوری، عمق لایه مخلوط شونده، اکسیژن، اسیدی شدن) و شرایط زنده (تغییر پراکنش، ترکیب گونه‌ها و فراوانی شکارچیان و طعمه‌ها) قرار می‌گیرند و پیش‌بینی پاسخ‌ها را دشوار می‌کند. درک اثر شرایط محیطی بر میزان صید ماهی یک گام اساسی در جهت مدیریت شیلات مبتنی بر اکوسیستم است

که به‌طور چشم‌گیری به یک رویکرد استاندارد در سیاست مدیریت تبدیل شده است. با این حال، تعیین این روابط در گونه‌های سطح‌زی به دلیل مهاجر بودن، تراکم طبیعی کم، تحرک زیاد و دور بودن زیستگاه‌های ترجیحی دشوار می‌باشد (Hill et al., 2016).

نیزه ماهیان (*Istiophoridae*) شکارچیان بزرگ سطح‌زی، مهاجر و با شنای سریع در اقیانوس‌ها هستند (Habegger, 2014). ماهیان بسیار مهاجری هستند که در سراسر آب‌های گرمسیری، نیمه گرمسیری و معتدل پراکنده شده‌اند. برخی از گونه‌های نیزه ماهیان در سراسر جهان هدف ماهی‌گیری تجاری و تفریحی قرار می‌گیرند (Kitchell et al., 2006). در این مطالعه، ۴ گونه از خانواده نیزه ماهیان

اصلی مدل‌های پیش‌بینی پراکنش گونه‌ها<sup>۲</sup> را در اکولوژی تشکیل می‌دهند. در حالی که مدل‌های پراکنش گونه‌ها و تکنیک‌های مشابه در اکولوژی دریایی گسترش پیدا کرده‌اند؛ شناسایی مناسب‌ترین روش و متغیرها برای مشخص کردن ارتباط متغیرهای محیطی و پراکنش گونه‌های ماهی، اغلب مبهم است. لذا، بررسی و پیش‌بینی ارتباط متغیرهای محیطی با گونه‌هایی که تحت فشار صید قرار دارند؛ در این زمینه اهمیت مدیریت اکوسیستم محور حوضه پلاژیک اقیانوسی را دو چندان خواهد نمود.

از آنجا که مسئله صید یک علت شناخته شده از دست دادن تنوع زیستی می‌باشد، بهبود دانش ما در مورد تغییر در گونه‌های آسیب‌پذیر و زیستگاه‌های آن‌ها برای حمایت از برنامه‌های حفاظت و در نظر گرفتن تأثیر تغییرات آب و هوایی بر جمعیت آن‌ها ضروری است. فراوانی ماهی‌های دریایی بزرگ، مانند تون ماهیان و نیزه ماهیان به‌طور گسترده در مقیاس‌های مکانی و زمانی در نوسان است (Pickens et al., 2021). فراوانی، تنوع و پراکنش ماهی با پیچیدگی ساختاری زیستگاه‌ها به دلیل پناه گرفتن از شکارچیان و در دسترس بودن منابع (مانند غذا) ارتباط مثبتی دارد (Fraile et al., 2010).

به‌طور کلی مناطق با جریان‌ات فراچاهنده باعث افزایش غلظت کلروفیل و فراوانی زئوپلانکتون محلی می‌شوند. بنابراین تجمع محلی مواد غذایی، شکارچی را تحت تأثیر قرار می‌دهند و شرایط تغذیه را تحریک می‌کنند. این تغییرات فصلی در دسترس بودن طعمه نقش مهمی در زمان اوج فعالیت ماهیگیری ایفا می‌کند (Su et al., 2011). از آنجا که نیزه ماهیان به‌عنوان گونه‌های صید تجاری مهم در ایران شناخته می‌شوند، درک دقیق از تأثیرات متغیرهای محیطی بر این گونه‌ها نه تنها برای حفظ تنوع زیستی بلکه برای تدوین سیاست‌های مدیریت پایدار صید ضروری است. بنابراین با توجه به منابع مشترک اقیانوس هند و از آنجا که کشور ما نیز از منابع این اکوسیستم اقیانوسی بهره‌مند می‌شود، اهمیت تحکیم جایگاه ایران در منابع مشترک برای فعالیت صید و صیادی کشورمان بر کسی پوشیده نیست. از اینرو این تحقیق می‌تواند تصویر واضحی از توزیع مکانی -

(Istiophoridae) شامل مارلین راه راه (Kajikia audax Philippi, 1887)، مارلین سیاه (Istiompax indica Cuvier, 1832)، بادبان ماهی اقیانوس هند و آرام (Istiophorus platypterus Shaw, 1792) و مارلین آبی (Makaira nigricans Lacepède, 1802) مورد بررسی قرار گرفتند (Williams et al., 2018). این گونه‌ها اکثراً به عنوان صید ضمنی در کنار صید تون ماهیان و در برخی مناطق، به عنوان صید هدف مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند. علی‌رغم پراکنش گسترده، به دلیل صید بی‌رویه، جمعیت آن‌ها به میزان زیادی کاهش یافته؛ در نتیجه باعث ایجاد تغییراتی در شبکه‌های غذایی اقیانوس‌ها شده است.

جمعیت ماهیان و دیگر موجودات آبی تحت تأثیر عوامل متعددی مانند عوامل فیزیکی، شیمیایی، زیستی و آب و هوایی قرار دارد. تغییرات در شرایط محیطی در ناحیه سطحی آب می‌تواند به سرعت تغییرات قابل توجهی را در ویژگی‌های فیزیولوژیکی و اکولوژیکی گونه‌های ماهی ایجاد کند. اگرچه گونه‌های سطحی قابلیت سازگاری با شرایط را دارند، اما عنوان شده که شاخص‌های تغییرات اقلیم و اقیانوسی اثراتی را روی میزان صید و صید به ازای واحد تلاش<sup>۱</sup> (CPUE) از لحاظ مکانی و زمانی این گونه‌ها داشته است (Lan et al., 2013). درجه حرارت سطحی دریاهای تأثیر زیادی بر روی زیست توده و پراکنش ماهیان دریایی دارد. دما به طور مستقیم بر فعالیت فیزیولوژیکی ماهیان و به طور غیر مستقیم بر ساختار اکوسیستم از طریق اثرات طبقه‌بندی بر تولید اولیه تأثیر می‌گذارد. تغییر در درجه حرارت می‌تواند تأمین مواد مغذی، عمق لایه اختلاط، در دسترس بودن نور، pH، میزان اکسیژن، شوری و در نتیجه برداشت پایدار از جوامع زیستی اقیانوس تأثیر بگذارد.

تشخیص تغییرات در پراکنش گونه‌های دریایی مهاجر به دلیل تراکم طبیعی کم، تحرک زیاد و دور بودن زیستگاه‌های ترجیحی دشوار می‌باشد (Hill et al., 2016). فناوری‌های برچسب‌گذاری صوتی و آرشویی درک حرکت گونه‌ها در مکان و زمان را بهبود بخشیده‌اند (Chang et al., 2013)، اما پرهزینه بوده و انجام آن‌ها از نظر نظارتی دشوار است. به‌طور کلی بیان رابطه گونه‌ها با متغیرهای محیطی، جزء مباحث اصلی در اکولوژی می‌باشد، که این ارتباط‌ها هسته

<sup>1</sup> Catch Per Unit Effort

<sup>2</sup>Predictive habitat distribution model

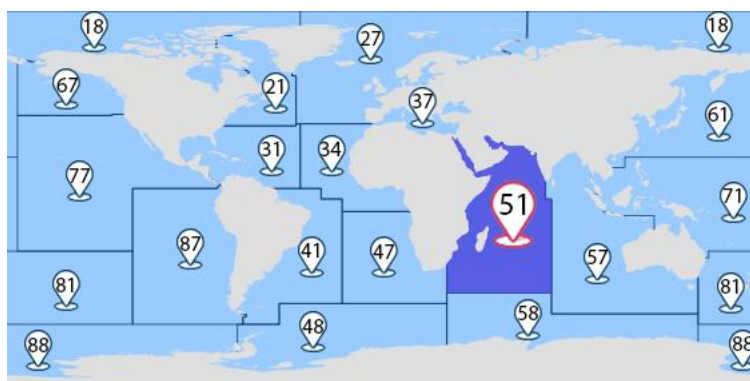
زمانی نیزه ماهیان در ارتباط با متغیرهای محیطی و یا سایر عوامل دیگر را مشخص کند.

## ۲ | مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه:

اقیانوس هند سومین اقیانوس بزرگ جهان و گرمترین حوزه اقیانوسی است. این اقیانوس از شمال به آسیا از غرب به آفریقا، از شرق به استرالیا و از جنوب به اقیانوس منجمد جنوبی منتهی می‌شود. در این تحقیق غرب اقیانوس هند (منطقه بزرگ ماهیگیری شماره ۵۱ فائو) با مختصات

جغرافیایی ۳۰ درجه غربی تا ۸۰ درجه شرقی و عرض ۴۰ درجه جنوبی تا ۳۰ درجه شمالی مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۱). همانند دیگر مناطق اقیانوسی، اقیانوس هند نیز در معرض بهره‌برداری بیش از ظرفیت و عدم مدیریت شیلانی مؤثر قرار دارد (IOTC, 2015). در این اقیانوس، صید ماهیان توسط کمیسیون تون ماهیان اقیانوس هند<sup>۳</sup> (IOTC) اداره می‌شود، که یک منطقه مطالعاتی جذاب را برای بررسی مدیریت مکانی (و به‌ویژه مدیریت اکوسیستم محور) محدوده‌های صیادی، تغییرات ذخایر و جمعیت سطح زیان درشت فراهم می‌کند.



شکل ۱: منطقه بزرگ ماهیگیری شماره ۵۱ فائو

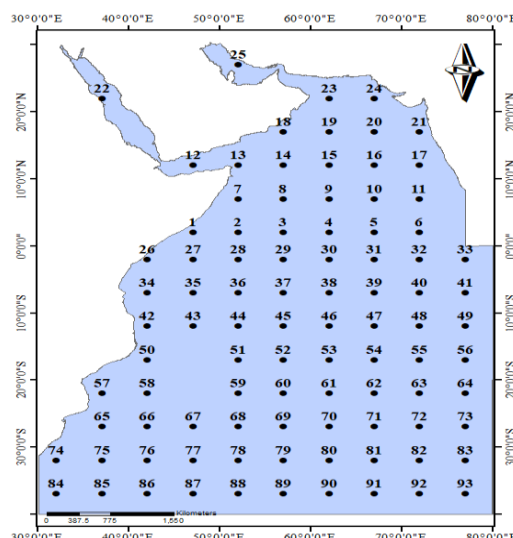
### منابع داده‌های صید و صیادی:

در این مطالعه از داده‌های صید تجاری نیزه ماهیان که به روش رشته قلاب‌های طولی<sup>۴</sup> صید شدند و توسط شناورهای کشورهای مختلف به دبیرخانه کمیسیون تون

ماهیان اقیانوس هند گزارش شده، استفاده شد. کلیه داده‌های صید و تلاش صیادی به صورت شبکه بندی در شبکه‌های ۵\*۵ درجه جغرافیایی در ۹۳ شبکه به صورت ماهانه (مرتبط با زمان صید) طی ۲۱ سال (۱۹۹۹ تا ۲۰۱۹) جمع‌آوری و مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفتند (شکل ۲).

<sup>3</sup> Indian Ocean Tuna Commission

<sup>4</sup> Longline



شکل ۲: شبکه‌های ۵×۵ درجه جغرافیایی

(<https://earthengine.google.com>) و همچنین داده‌های

سرعت باد (WS)<sup>۵</sup>، غلظت کلروفیل a (CHL)<sup>۶</sup> و عمق لایه

مخلوط شونده (MLD)<sup>۷</sup> با وضوح فضایی ۰/۲۵° × ۰/۲۵°

از سرویس دریایی کوپرنیکوس

(<https://marine.copernicus.eu/>) که به نوعی بیانگر

تغییرات سطحی آب اقیانوس‌ها هستند (Lagabriele et al., 2009)، به صورت ماهانه منطبق با داده‌های صید از

سال ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۹ استخراج شدند (جدول ۱).

#### منابع داده‌های متغیرهای محیطی:

در این پژوهش اطلاعات زیست محیطی مانند دمای

سطحی آب (SST)<sup>۵</sup>، شوری آب دریا (SSS)<sup>۶</sup> و ارتفاع سطح

آب دریا (SSH)<sup>۷</sup> از تصاویر ماهواره‌ای با وضوح فضایی ۰/۰۸° × ۰/۰۸°

در سامانه گوگل ارث انجین

جدول ۱: متغیرهای محیطی مورد استفاده در بررسی پراکنش نیزه ماهیان

| منبع داده                                                                   | وضوح مکانی    | واحد/یکا          | متغیر محیطی          |
|-----------------------------------------------------------------------------|---------------|-------------------|----------------------|
| <a href="https://earthengine.google.com">https://earthengine.google.com</a> | ۰/۰۸° × ۰/۰۸° | °C                | دمای سطحی آب         |
| <a href="https://earthengine.google.com">https://earthengine.google.com</a> | ۰/۰۸° × ۰/۰۸° | cm                | ارتفاع سطح آب دریا   |
| <a href="https://earthengine.google.com">https://earthengine.google.com</a> | ۰/۰۸° × ۰/۰۸° | psu               | شوری آب دریا         |
| <a href="https://marine.copernicus.eu/">https://marine.copernicus.eu/</a>   | ۰/۲۵° × ۰/۲۵° | m                 | عمق لایه مخلوط شونده |
| <a href="https://marine.copernicus.eu/">https://marine.copernicus.eu/</a>   | ۰/۲۵° × ۰/۲۵° | m/s               | سرعت باد             |
| <a href="https://marine.copernicus.eu/">https://marine.copernicus.eu/</a>   | ۰/۲۵° × ۰/۲۵° | mg/m <sup>3</sup> | غلظت کلروفیل a       |

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

در رابطه ۱،  $\mu_i$  در واقع صید به ازای واحد تلاش و یا

حضور گونه می‌باشد،  $\mu$  درواقع intercept می باشد،  $f_j$

معادله هموار ساز و  $X_i$  متغیرهای محیطی مورد استفاده می

باشد. در این مطالعه با استفاده از داده‌های ۲۱ ساله مربوط

به متغیرهای محیطی، اصلی‌ترین متغیرهای تاثیرگذار

استخراج شده و در ادامه برآیندها و اثرات این تغییرات روی

کلیه تجربه و تحلیل‌های آماری از لحاظ ارتباطات متغیرها،

مدل جمعی تعمیم یافته و تهیه نقشه‌های نهایی با استفاده

از نرم افزار R نسخه ۴،۴،۱ و سیستم اطلاعات جغرافیایی

(GIS) نسخه ۱۰،۸،۲ تهیه و انجام گرفت. مدل جمعی

تعمیم یافته در واقع فرم ناپارامتریک (غیرخطی) مدل

جمعی خطی می‌باشد. در این مدل جهت fitting از

رگرسیون‌های هموار ساز (Smoothing) استفاده شد.

رابطه (۱)

<sup>5</sup> Wind Speed

<sup>6</sup> Mass concentration of chlorophyll a in sea water (CHL)

<sup>7</sup>Mixed Layer Depth (MLD)

<sup>2</sup> Sea Surface Temperature (SST)

<sup>3</sup> Sea Surface Salinity (SSS)

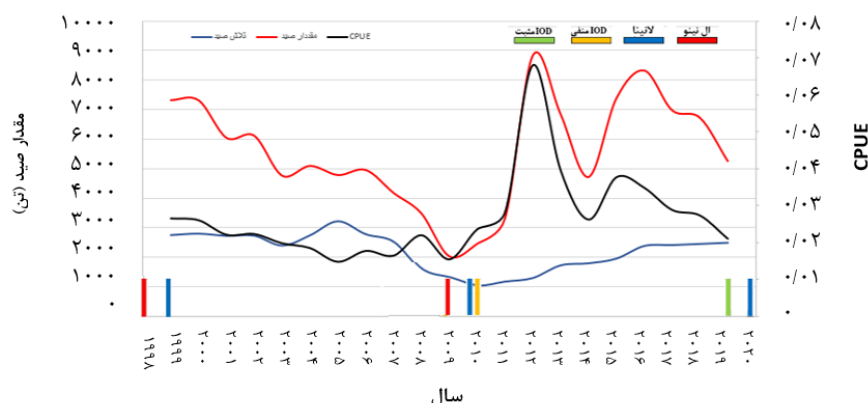
<sup>4</sup> Sea Surface Height (SSH)

فراوانی جمعیت و پراکنش ماهیان مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

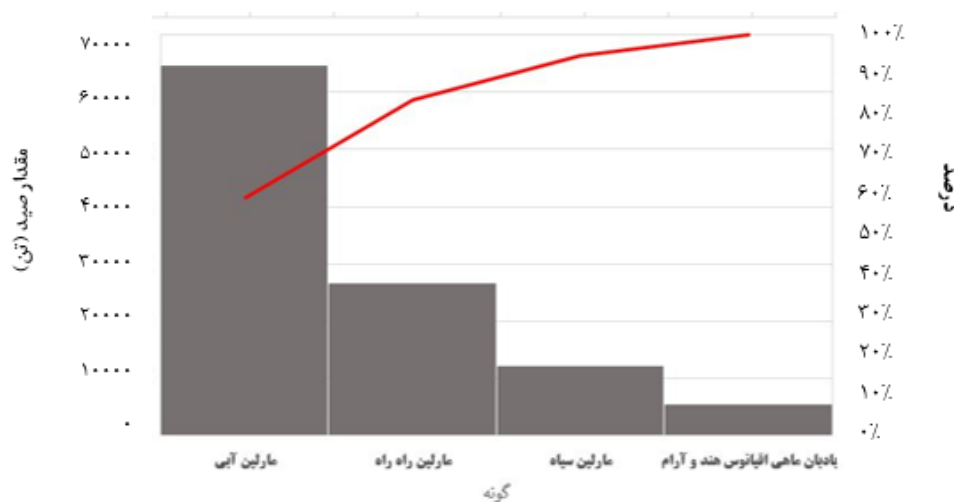
### ۳ | نتایج

میزان صید سالانه، تلاش صیادی (تعداد قلاب) و مقدار CPUE نیزه ماهیان به روش صید لانگ لاین توسط

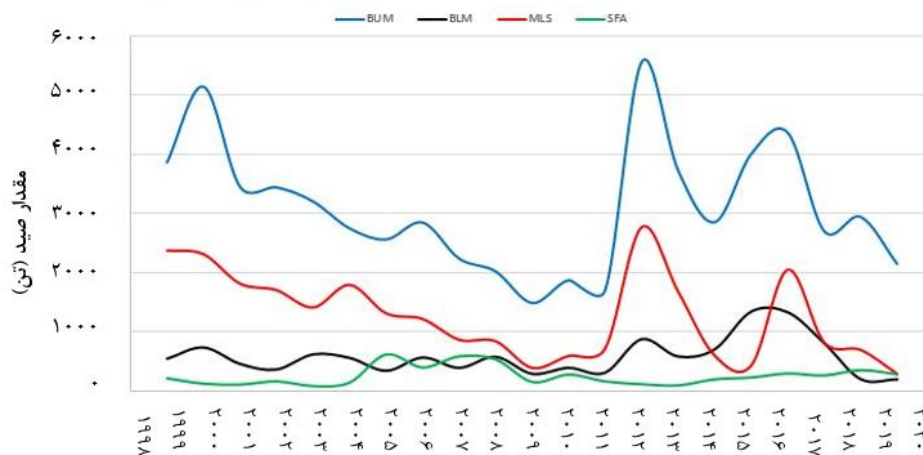
شناورهای لانگ لاینر در غرب اقیانوس هند از سال ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۹ (شکل ۳) نمایش داده می‌شود. نتایج نشان داد که میزان صید از سال ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۹ روند کاهشی داشته و کمترین مقدار صید در سال ۲۰۰۹ و همزمان با پدیده ال نینو مشاهده شده است. بیشترین مقدار صید نیز در سال ۲۰۱۲ مشاهده گردید.



شکل ۳: میزان صید سالانه (نمودار قرمز)، تلاش صید (تعداد قلاب - نمودار آبی) و مقدار CPUE (نمودار سیاه) نیزه ماهیان در بررسی مقدار صید بر اساس گونه مشخص شد که بیشترین گونه ماهی صید شده از خانواده نیزه ماهیان مربوط به گونه مارلین آبی (۶۲ درصد) و کمترین مقدار



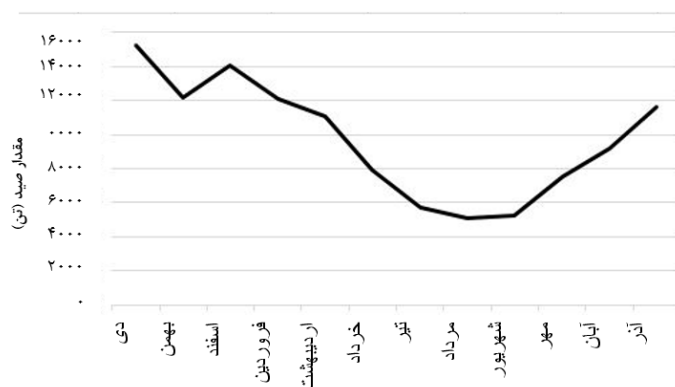
شکل ۴- مقدار صید نیزه ماهیان بر اساس نوع گونه. (خط قرمز نشان دهنده درصد صید هر گونه می‌باشد) نتایج حاصل از تغییرات صید در سال‌های مختلف در گونه-های مختلف نشان داد که برای دو گونه مارلین سیاه و بادبان ماهی اقیانوس هند و آرام از سال ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۹ تقریباً روند ثابتی داشته اما برای دو گونه مارلین آبی و



شکل ۵: تغییرات صید در سال‌های مختلف بر اساس گونه. مارلین آبی (BUM)، مارلین سیاه (BLM)، مارلین راه راه (MLS)، بادبان ماهی اقیانوس هند و آرام (SFA)

بوده و با خنک شدن هوا از مهر ماه تا اسفند ماه صید روند افزایشی دارد (شکل ۶).

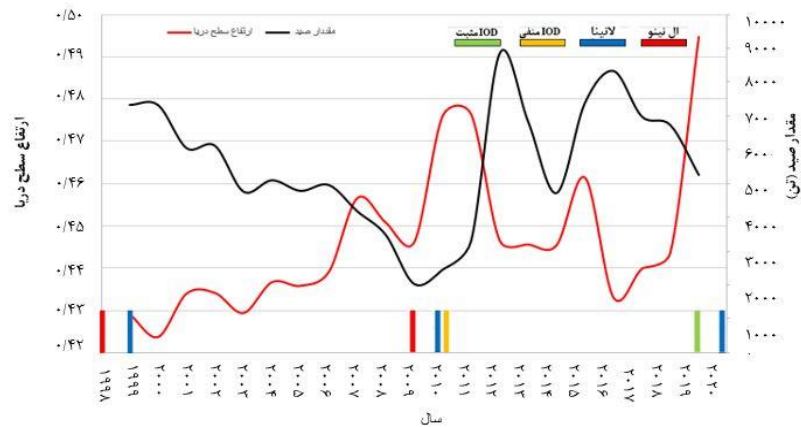
نتایج حاصل از تغییرات صید در ماه‌های مختلف سال نشان دهنده اختلاف صید بین ماه‌های مختلف سال بود. به طوری که از فروردین ماه تا شهریور ماه شاهد کاهش میزان صید



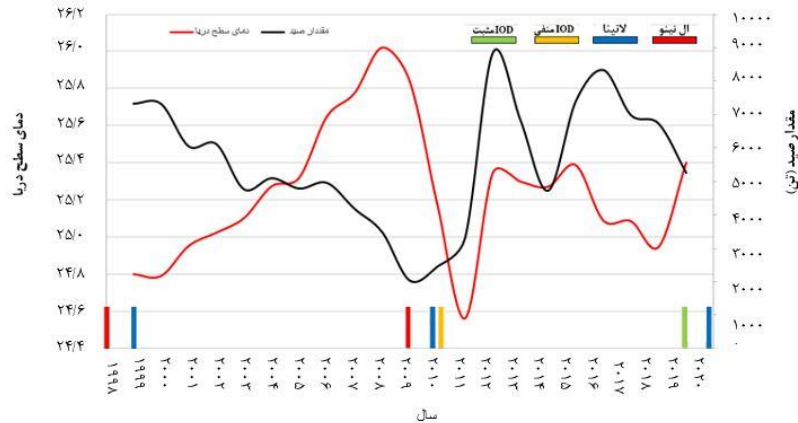
شکل ۶: تغییر صید در ماه‌های مختلف سال

سال ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۹ دارای تغییرات زیادی بود، کمترین مقدار آن در سال ۲۰۰۹ و بیشترین مقدار آن در سال ۲۰۰۰ مشاهده شد (شکل ۹). میانگین تغییرات شوری سطح دریا در سال‌های مختلف روند منظمی نداشت و در سال‌های مختلف متغیر بود (شکل ۱۰). میانگین تغییرات عمق لایه مخلوط شونده و کلروفیل آ در سال‌های مختلف تقریباً روند ثابتی داشتند (شکل‌های ۱۱ و ۱۲).

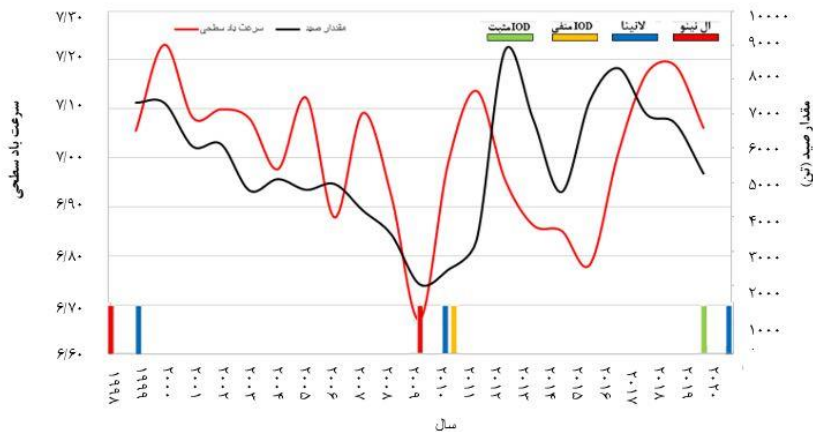
بررسی میانگین تغییرات متغیرهای محیطی حاصل از تصاویر ماهواره‌ای در سال‌های مختلف و ارتباط آن با تغییرات میزان صید نشان داد که دامنه مناسب ارتفاع سطح دریا ۰/۴۴ تا ۰/۴۵ می‌باشد و بالاتر از این مقدار شاهد کاهش صید بوده‌ایم (شکل ۷). میانگین دمای سطح آب در طول این دوره بجز برای سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۱ روند افزایشی داشت (شکل ۸). میانگین سرعت باد سطحی از



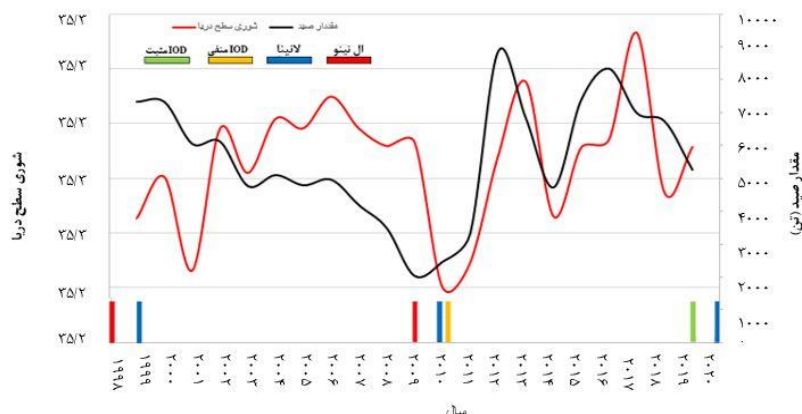
شکل ۷: تغییر ارتفاع سطح دریا در سال‌های مختلف (نمودار قرمز) و ارتباط آن با تغییرات میزان صید (نمودار سیاه)



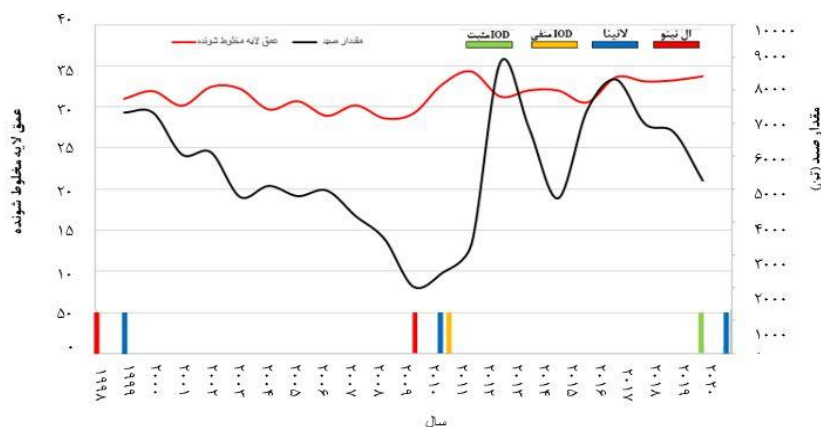
شکل ۸: تغییر دمای سطح دریا در سال‌های مختلف (نمودار قرمز) و ارتباط آن با تغییرات میزان صید (نمودار سیاه)



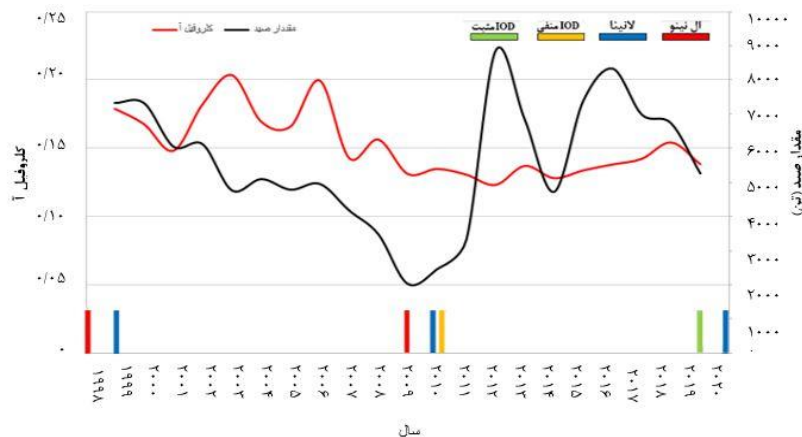
شکل ۹: تغییر سرعت باد سطحی در سال‌های مختلف (نمودار قرمز) و ارتباط آن با تغییرات میزان صید (نمودار سیاه)



شکل ۱۰: تغییر شوری سطح دریا در سال‌های مختلف (نمودار قرمز) و ارتباط آن با تغییرات میزان صید (نمودار سیاه)



شکل ۱۱: تغییر عمق لایه مخلوط شونده در سال‌های مختلف (نمودار قرمز) و ارتباط آن با تغییرات میزان صید (نمودار سیاه)

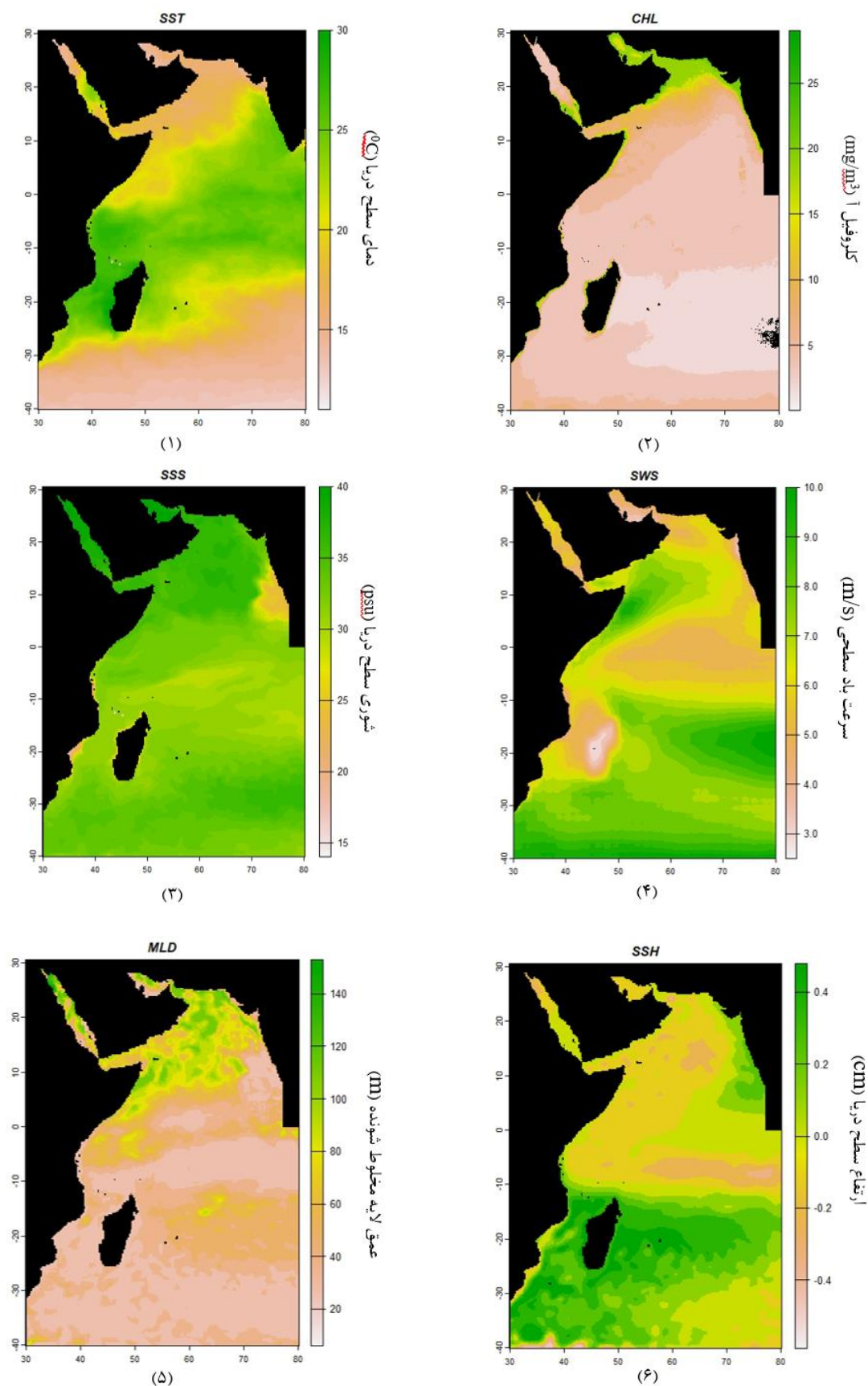


شکل ۱۲: تغییر کلروفیل آ در سال‌های مختلف (نمودار قرمز) و ارتباط آن با تغییرات میزان صید (نمودار سیاه)

نشان داد (شکل ۱۳-۳). بالاترین میزان سرعت باد سطحی در سواحل سومالی و قسمت شرقی (۱۰ تا ۲۵ درجه جنوبی و ۷۰ تا ۸۰ درجه شرقی) مشاهده شد (شکل ۱۳-۴). مقادیر عمق لایه مخلوط شونده در شمال و شمال غربی اقیانوس هند (۱۰ تا ۲۵ درجه شمالی و ۵۰ تا ۷۰ درجه شرقی) بالاتر بود (شکل ۱۳-۵). ارتفاع سطح دریا نیز در نواحی شرقی و جنوب غربی به اقیانوس هند نسبت سایر نواحی بالاتر بود (شکل ۱۳-۶).

نقشه تغییرات متغیرهای محیطی در منطقه مورد مطالعه نشان دهنده وجود تغییرات در ایستگاه‌های مختلف بود. به‌طوری که در مناطق استوایی و به طرف سواحل هندوستان دمای سطحی آب دریا به نسبت بخش غربی میزان بالاتری را نشان داد (شکل ۱۳-۱). میزان کلروفیل آ در دریای عمان، خلیج فارس و بخش شرقی دریای عمان (سواحل جنوبی پاکستان) نسبت به سایر نقاط اقیانوس بالاتر بود (شکل ۱۳-۲). شوری سطحی آب دریا نیز در نواحی خلیج فارس به نسبت سایر نواحی مقادیر بیشتری را

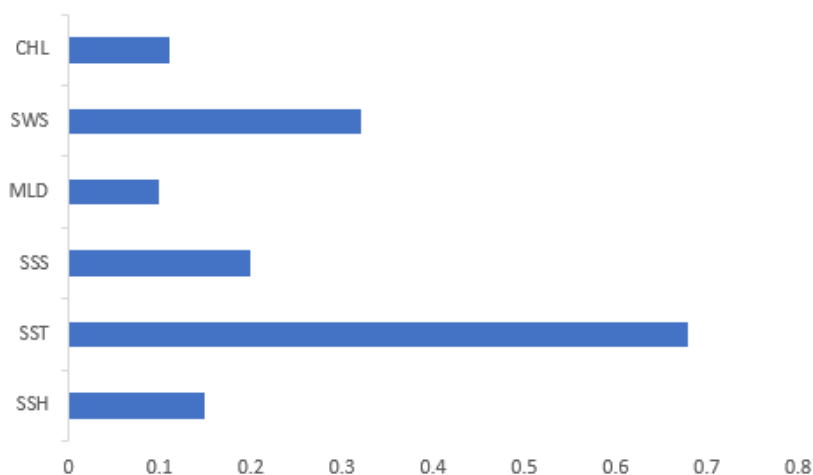




شکل ۱۳: نقشه تغییر متغیرهای محیطی در منطقه مورد مطالعه



سرعت باد سطحی و شوری سطح دریا بیشترین و عمق لایه مخلوط شونده نیز کمترین تاثیر را بر پراکنش نيزه ماهیان داشتند (شکل ۱۴).



شکل ۱۴- اهمیت متغیرهای محیطی مورد بررسی در مدل جمعیتی تعمیم یافته (محور X بیانگر اهمیت متغیرها و محور Y بیانگر متغیرها است)

تحقیقات در اقیانوس هند نشان می‌دهند که بهبود شرایط زیست‌محیطی و مدیریت پایدار می‌تواند منجر به افزایش فراوانی گونه‌ها و بهبود وضعیت صید شود (Worm et al., 2006). همچنین، تغییرات مثبت در CPUE نیز نشان‌دهنده بهبود کارایی و بهینه‌سازی تلاش‌های صیادی است. این نکته حائز اهمیت است که افزایش CPUE، نشان می‌دهد که ظرفیت افزایش صید وجود دارد و می‌توان از منابع به‌طور مؤثرتری بهره‌برداری کرد.

تحلیل گونه‌های مختلف ماهی در صید نشان می‌دهد که هر گونه تحت تأثیر عوامل خاص خود قرار دارد. مارلین آبی به عنوان گونه غالب در صید، نمایانگر تقاضای بالای بازار و همچنین پایداری جمعیت این گونه است. مطالعات در اقیانوس آرام نیز نشان داده‌اند که گونه‌های تجاری مانند مارلین به دلیل افزایش تقاضا و مدیریت مؤثر، در وضعیت بهتری قرار دارند (Hobday & Pecl, 2014). از سوی دیگر، بادبان ماهی اقیانوس هند و آرام به عنوان گونه‌ای با کمترین میزان صید، ممکن است به دلیل شرایط محیطی خاص و فشارهای صیادی در معرض خطر قرار گیرند. روند ثابت صید برای گونه‌هایی مانند مارلین سیاه و بادبان ماهی اقیانوس هند و آرام از سال ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۹، نشان‌دهنده تعادل نسبی در جمعیت این گونه‌ها است. این نکته اهمیت حفظ تنوع زیستی و پایش جمعیت گونه‌های مختلف را

ارزیابی عملکرد مدل جمعیتی تعمیم یافته با استفاده از سطح زیر منحنی (AUS) مقادیر بالای ۰/۸ را نشان داد که بیانگر کارایی خوب مدل بود. نتایج حاصل از ارزیابی اهمیت نسبی متغیرها نیز نشان داد که متغیرهای دمای سطح دریا،

## ۴ | بحث و نتیجه‌گیری

### بحث:

نتایج بررسی تغییرات صید و تلاش صیادی در بازه زمانی ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۹ نشان‌دهنده الگوهای پیچیده‌ای از نوسانات و روندهای متفاوت است. در این دوره، میزان صید سالانه به وضوح دستخوش تغییرات قابل توجهی بوده است. به‌خصوص، کاهش محسوس صید در سال‌های ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۹، که به کمترین مقدار خود در سال ۲۰۰۹ رسید، عمدتاً ناشی از شرایط نامساعد محیطی و پدیده ال‌نینو بود. این پدیده، با ایجاد تغییرات شدید در دما و الگوهای جزر و مد، تأثیرات منفی بر اکوسیستم‌های دریایی و تنوع زیستی داشته است. مطالعات مشابه در سایر مناطق نیز نشان‌دهنده تأثیرات مشابه ال‌نینو بر صید و تنوع زیستی هستند. به‌عنوان مثال، تحقیقاتی در اقیانوس آرام نشان دادند که تغییرات دما و شوری ناشی از این پدیده می‌تواند به کاهش جمعیت گونه‌های تجاری منجر شود (Hobday & Pecl, 2014). علاوه بر این، فشارهای ناشی از صید بی‌رویه و بهره‌برداری غیرپایدار از منابع نیز به این کاهش کمک کرده است. پس از سال ۲۰۰۹، شاهد روندی رو به بهبود در میزان صید بودیم که به اوج خود در سال ۲۰۱۲ رسید. این افزایش می‌تواند نتیجه بهبود شرایط محیطی، اجرای سیاست‌های مدیریتی مؤثر و بازسازی منابع دریایی باشد.

به خوبی نشان می دهد. بنابراین، توجه به وضعیت و سلامت این گونه ها برای حفظ اکوسیستم های دریایی و تأمین معیشت جوامع محلی امری ضروری است. مطالعات Ziegler و Frisk (۲۰۱۹) نیز نشان داد که حفظ تنوع زیستی در اکوسیستم های دریایی نه تنها برای سلامت محیط زیست، بلکه برای تأمین معیشت جوامع محلی اهمیت دارد. در واقع، تحقیقات در اقیانوس هند و اقیانوس آرام به این نتیجه رسیده اند که پایداری جمعیت گونه های تجاری و غیرتجاری به حفظ تعادل اکوسیستم و کاهش فشار بر منابع کمک می کند (Ziegler & Frisk, 2019). بنابراین، توجه به وضعیت و سلامت این گونه ها برای حفظ اکوسیستم های دریایی و تأمین معیشت جوامع محلی امری ضروری است.

مطالعه تغییرات صید در ماه های مختلف سال نیز نشان دهنده الگوهای متغیر در میزان صید است. کاهش صید در فصل های گرم (از فروردین تا شهریور) و افزایش آن در فصل های سرد (از مهر تا اسفند) می تواند ناشی از تغییرات در رفتار ماهی ها و نیز شرایط آب و هوایی باشد. این تغییرات معمولاً به تغییر دما و شوری آب مربوط می شود که بر رفتار مهاجرت و تکثیر ماهی ها تأثیر می گذارد. نقشه های مربوط به تغییر فاکتورهای محیطی در نواحی مختلف اقیانوس هند نشان دهنده تفاوت های قابل توجهی در دما، شوری و عمق لایه مخلوط شونده است. این تفاوت ها بر روی پراکنش و جمعیت گونه های مختلف تأثیر مستقیم دارند. به عنوان مثال، دماهای بالاتر در نواحی استوایی و شوری بالاتر در خلیج فارس می تواند به تغییرات در الگوهای مهاجرت و تکثیر ماهی ها منجر شود.

دما یکی از عوامل کلیدی در اکوسیستم های دریایی است که تأثیرات عمیقی بر رفتار و پراکنش گونه های ماهی دارد. بر اساس داده های موجود، میانگین دمای سطح آب در طول سال های ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۹ روندی افزایشی داشته است، به استثنای سال های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۱ که به دلیل پدیده ال نینو، شاهد تغییرات شدید دما بودیم. این نوسانات دما می تواند به تغییرات در الگوهای مهاجرت و روندهای تکثیر گونه های مختلف منجر شود (Cheung et al., 2013). شوری نیز به عنوان یک فاکتور محیطی مهم، تأثیرات قابل توجهی بر حیات دریایی دارد. نتایج نشان می دهد که شوری سطح دریا در سال های مختلف روند منظمی نداشته و در

نواحی متفاوت متغیر بوده است. به ویژه، در نواحی خلیج فارس، شوری بالاتر نسبت به سایر نواحی می تواند به تغییرات در تنوع زیستی و نسبت گونه های ماهی منجر شود. نتایج نشان می دهد به ویژه در مناطقی با شوری بالا، تنوع گونه ها کاهش یافته است (González et al., 2019). عمق لایه مخلوط شونده یکی از فاکتورهای محیطی کلیدی است که به طور مستقیم بر پراکنش ماهیان و میزان صید تأثیر می گذارد. در تحقیقی در اقیانوس اطلس، عمق های زیر ۵۰ متر به عنوان زیستگاه های غنی برای بسیاری از گونه ها شناسایی شده اند (Perry et al., 2005). این یافته ها با نتایج تحقیق ما هم راستا هستند که عمق زیر ۵۰ متر را به عنوان محیط مطلوب شناسایی شده است. مقدار کلروفیل آ به عنوان شاخصی از تولید اولیه در اکوسیستم های دریایی اهمیت به سزایی دارد و نتایج نشان می دهد که میزان کلروفیل آ در دریای عمان، خلیج فارس و بخش شرقی دریای عمان نسبت به سایر نقاط بالا بوده است. تحقیقی در اقیانوس آرام نشان داد که افزایش سطح کلروفیل آ به طور مستقیم با افزایش فراوانی ماهیان مرتبط است (Chassot et al., 2010). این نتایج با داده های به دست آمده که افزایش کلروفیل آ در دریای عمان و خلیج فارس را به عنوان یک عامل مؤثر در افزایش جمعیت ماهیان شناسایی کرده است؛ همخوانی دارد.

#### نتیجه گیری:

به طور کلی بررسی پراکنش ماهیان و اهمیت تاثیر عوامل محیطی در پراکنش آن ها در ارزیابی ذخایر و سیاست گذاری مدیریت شیلات اغلب نادیده گرفته می شود. در حالی که مدیریت مؤثر ماهیان دریایی مهاجر در اقیانوس ها مستلزم دانش عمیق از تغییرات مکانی صید و اکوسیستم های مرتبط با آن است. بررسی تأثیر متغیرهای محیطی بر پراکنش ماهیان می تواند با بهره گیری از مدل های آماری مناسب انجام پذیرد. بنابراین درک فرآیندهای زیست محیطی مؤثر بر فراوانی گونه های ماهی به منظور مدیریت بهینه مناطق صیادی و ارائه مشاوره های علمی برای بهره برداری پایدار از این منابع، اهمیتی حیاتی دارد.

#### ۶ | ملاحظات اخلاقی

موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

- ecosystem context. *Bulletin of Marine Science*, 79(3), 669-682.
- Lagabriele, E., Maina, J., Massé, L., Séré, M., & Watson, R. (2009). Mapping anthropogenic drivers of change for biodiversity conservation planning in the Western Indian Ocean. August 2015, 53.
- Lan, K., Evans, K., & Lee, M. (2013). *Effects of climate variability on the distribution and fishing conditions of yellowfin tuna (Thunnus albacares) in the western Indian Ocean*. 63–77.
- Perry, A. L., Low, P. J., Ellis, J. R., & Reynolds, J. D. (2005). Climate change and distribution shifts in marine fishes. *science*, 308(5730), 1912-1915.
- Pickens, B. A., Carroll, R., Schirripa, M. J., Forrestal, F., Friedland, K. D., & Taylor, J. C. (2021). A systematic review of spatial habitat associations and modeling of marine fish distribution: A guide to predictors, methods, and knowledge gaps. *PLoS ONE*, 16(5 May), 1–21.
- Su, N.-J., Sun, C.-L., Punt, A. E., Yeh, S.-Z., & 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.
- Williams, S. M., McDowell, J. R., Bennett, M., Graves, J. E., & Ovenden, J. R. (2018). Analysis of whole mitochondrial genome sequences increases phylogenetic resolution of istiophorid billfishes. *Bulletin of Marine Science*, 94(1), 73-84.
- Worm, B., Barbier, E. B., Beaumont, N., Duffy, J. E., Folke, C., Halpern, B. S., ... & Watson, R. (2006). Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *science*, 314(5800), 787-790.
- Ziegler, C. M., & Frisk, M. G. (2019). Flatfish utilize sediment blanket to facilitate thermoregulation. *Marine Ecology Progress Series*, 609, 179-186.
- ## REFERENCES
- Chang, Y.-J., Sun, C.-L., Chen, Y., Yeh, S.-Z., DiNardo, G., & Su, N.-J. (2013). Modelling the impacts of environmental variation on the habitat suitability of swordfish, *Xiphias gladius*, in the equatorial Atlantic Ocean. *ICES Journal of Marine Science*, 70(5), 1000–1012.
- Chassot, E., Bonhommeau, S., Dulvy, N. K., Mélin, F., Watson, R., Gascuel, D., & Le Pape, O. (2010). Global marine primary production constrains fisheries catches. *Ecology letters*, 13(4), 495-505.
- Cheung, W. W., Watson, R., & Pauly, D. (2013). Signature of ocean warming in global fisheries catch. *Nature*, 497(7449), 365-368.
- González, H. E., Nimptsch, J., Giesecke, R., & Silva, N. (2019). Organic matter distribution, composition and its possible fate in the Chilean North-Patagonian estuarine system. *Science of the Total Environment*, 657, 1419-1431.
- Fraile, I., Murua, H., Goni, N., & Caballero, A. (2010). Effects of environmental factors on catch rates of FAD-associated yellowfin (*Thunnus albacares*) and skipjack (*Katsuwonus pelamis*) tunas in the western Indian Ocean. IOTC Proceedings IOTC-2010-WPTT-46, 22.
- Habegger, M. L. (2014). Functional morphology and feeding mechanics of billfishes. University of South Florida.
- Hill, N. J., Tobin, A. J., Reside, A. E., Pepperell, J. G., & Bridge, T. C. L. (2016). Dynamic habitat suitability modelling reveals rapid poleward distribution shift in a mobile apex predator. *Global Change Biology*, 22(3), 1086–1096.
- Hobday, A. J., & Pecl, G. T. (2014). "Identification of global marine hotspots: The role of environmental drivers." *Global Change Biology*, 20(12), 3772-3786.
- IOTC. 2015. Report of the 18th Session of the IOTC Scientific Committee. Bali, Indonesia, IOTC. 175.
- Kitchell, J. F., Martell, S. J., Walters, C. J., Jensen, O. P., Kaplan, I. C., Watters, J., ... & Boggs, C. H. (2006). Billfishes in an

نحوه استناد به مقاله:

بزرگ امید ک.، قربانی ر.، قربانی خ.، فاضل ع.، درویش م.، حق وایقان ع. بررسی فراوانی طولی، رابطه طول- وزن و طول بلوغ جنسی ماهی هوور مسقطی (*Katsuwonus pelamis* (Linnaeus, 1758)) در تورهای گوشگیر دریای عمان (استان سیستان و بلوچستان). نشریه پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی دانشگاه گنبد کاووس. ۱۴۰۳. ۱۲(۳): ۱-۱۲.

Sanjarani E., Safaie M., Kamrani E., Sadough Niri A. Length frequency, length-weight relationship, and length of sexual maturity of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis* (Linnaeus, 1758)) in artisanal gillnets in the Oman Sea (Sistan and Baluchistan Province). Journal of Applied Ichthyological Research, University of Gonbad Kavous. 2024, 12(3): 01-12.

## Trends in Catch and the Impact of Environmental Factors on *Istiophoridae* in the Western Indian Ocean

Bozorgomid K<sup>1\*</sup>, Ghorbani R<sup>1</sup>, Ghorbani Kh<sup>1</sup>, Fazel A<sup>2</sup>, Darvish M<sup>1</sup>, Haghii vayghan A<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Fisheries, Faculty of Fisheries and Environment, Department of Aquatic Production and Exploitation, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

<sup>2</sup> Department of Water Engineering, Faculty of Water and Soil Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

<sup>3</sup> Department of Fisheries, Institute of Fisheries Sciences Research, Inland Water Aquatic Resources Research Center, Gorgan, Iran.

<sup>4</sup> Department of Fisheries, Persian Gulf and Oman Sea Ecology Research Institute, Bandar Abbas, Iran.

<sup>5</sup> Department of Aquatic Resources Ecology and Management, Artemia and Aquaculture Research Institute, Urmia University, Urmia, Iran.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Type:</b><br>Original Research Paper                                                                                                                                                                                                                                                         | <b>Abstract</b><br>This study examines the trends in <i>Istiophoridae</i> catch and the impact of environmental factors in the western Indian Ocean from 1999 to 2019, utilizing a Generalized Additive Model (GAM). The findings reveal a significant decline in annual catch levels, influenced by climate change and the El Niño phenomenon, particularly between 1999 and 2009. However, post-2009, improved environmental conditions and the implementation of effective management policies have contributed to a recovery in catch levels observed as early as 2012. The GAM analysis identified sea surface temperature, surface wind speed, and sea surface salinity as the primary variables affecting <i>Istiophoridae</i> distribution. Furthermore, the study assessed the effects of temperature and salinity on fish abundance, determining that optimal biodiversity is achieved at temperatures between 25 and 29°C and a salinity level of 35 ppt. This research highlights the critical importance of continuous monitoring of environmental variables and the necessity for sustainable marine resource management. Such efforts are vital for preserving biodiversity and improving fishery conditions. The outcomes provide a foundational basis for developing effective management strategies aimed at the conservation and sustainable utilization of marine resources.<br><b>Keywords:</b> <i>Istiophoridae</i> , Catch, Generalized Additive Model (GAM), Sustainable management of marine resources |
| <b>Paper History:</b><br><br>Received: 27-09-2024<br>Accepted: 25-11- 2024                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Corresponding author:</b><br><br>Bozorgomid K. Department of Fisheries, Faculty of Fisheries and Environment, Department of Aquatic Production and Exploitation, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.<br><br><b>Email:</b> k.bozorgomid@gmail.com |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |