بوم‌شناسی کاربردی/ سال یازدهم / شماره اول / بهار ۱۴۰۱/ صفحات ۱ تا ۱۳

بررسی وضعیت ذخیره ماهی ساردین سند (*Sardinella sindensis* Day, 1878) با استفاده از مدل صید–حداکثر محصول پایدار در آب‌های جنوبی ایران (خلیج فارس و دریای عمان)

علی حقی وایقان[1*] و مهرناز قنبرزاده[2]

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۰۶ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۱۷)

چکیده

درمیان گونه‌های مختلف ماهیان سطح‌زی‌ریز، گونه ساردین سند (*Sardinella sindensis* Day, 1878) یکی از مهم‌ترین گونه‌های اقتصادی مورد بهره‌برداری توسط صیادان است. در سال‌های اخیر، میزان صید این گونه افزایش یافته و با توجه به داده‌های محدود، امکان استفاده از مدل‌های مبنی بر داده‌های تکمیلی برای ارزیابی ذخایر آن وجود ندارد. در مطالعه حاضر، جهت تعیین وضعیت ذخیره ماهی ساردین سند در آب‌های جنوبی از مدل صید–حداکثر محصول پایدار (Catch-Maximum Sustainable Yield, CMSY) استفاده شد. داده‌های صید مربوط به ۲۳ سال گذشته (۱۳۹۸– ۱۳۷۶) جمع‌آوری و برای محاسبه نقاط مرجع شیلاتی وارد مدل شدند. مقدار محاسبه شده برای شاخص B/B_{MSY}توسط مدل بیشتر از ۱/۰ و مقدار شاخص F/F_{MSY} کمتر از ۱/۰ تخمین زده شد که بیانگر عدم صید بی‌رویه از ذخیره این گونه در آب‌های جنوبی کشور می‌باشد. مقدار حداکثر محصول قابل برداشت (Maximum Sustainable Yield, MSY) ۸۶ هزار تن تخمین زده شد که در چند سال اخیر میزان برداشت، بیشتر از این مقدار بوده که این امر باعث شده است تا ذخیره به تدریج به سمت حالت صید بی‌رویه حرکت نماید. با توجه به نتایج حاصل، پیشنهاد می‌شود که کنترل و مدیریت بر فعالیت‌های صید و صیادی بصورت منطقه‌ای (به ویژه در آب‌های استان هرمزگان) و با در نظر گرفتن پتانسیل‌های شیلاتی، همراه با پایش وضعیت بهره‌برداری و با در نظر گرفتن عوامل محیطی تأثیرگذار بر ذخایر این ماهیان صورت پذیرد.

واژه‌های کلیدی: ماهیان سطح‌زی ریز، ساردین سند، مدل صید–حداکثر محصول پایدار، مدیریت صید، خلیج فارس و دریای عمان

۱. گروه اکولوژی و مدیریت ذخایر آبزیان، پژوهشکده آرتمیا و آبزی پروری، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

۲. گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: a.haghi@urmia.ac.ir

مقدمه

تولید جهانی ماهی طی پنج دهه اخیر به سرعت رشد داشته است. کل تولید جهانی در سال ۲۰۱۸، ۱۷۸/۵ میلیون تن بوده که از این مقدار ۸۳ میلیون تن سهم صید از دریاها و اقیانوس‌ها بوده است. در سال‌های اخیر، ۱۸ کشور شامل ۱۱ کشور آسیایی بطور میانگین بیش از یک میلیون تن در سال، از دریا صید داشته‌اند. از این میان، گروه ماهیان سطح‌زی ریز بیشترین سهم را در صید جهانی داشته‌اند، بطوریکه آنچوی پرو رتبه اول صید و گونه‌های دیگری از ساردین و آنچوی در زمره ۲۳ گونه اول صید جهانی قرار داشته‌اند (۱۲).

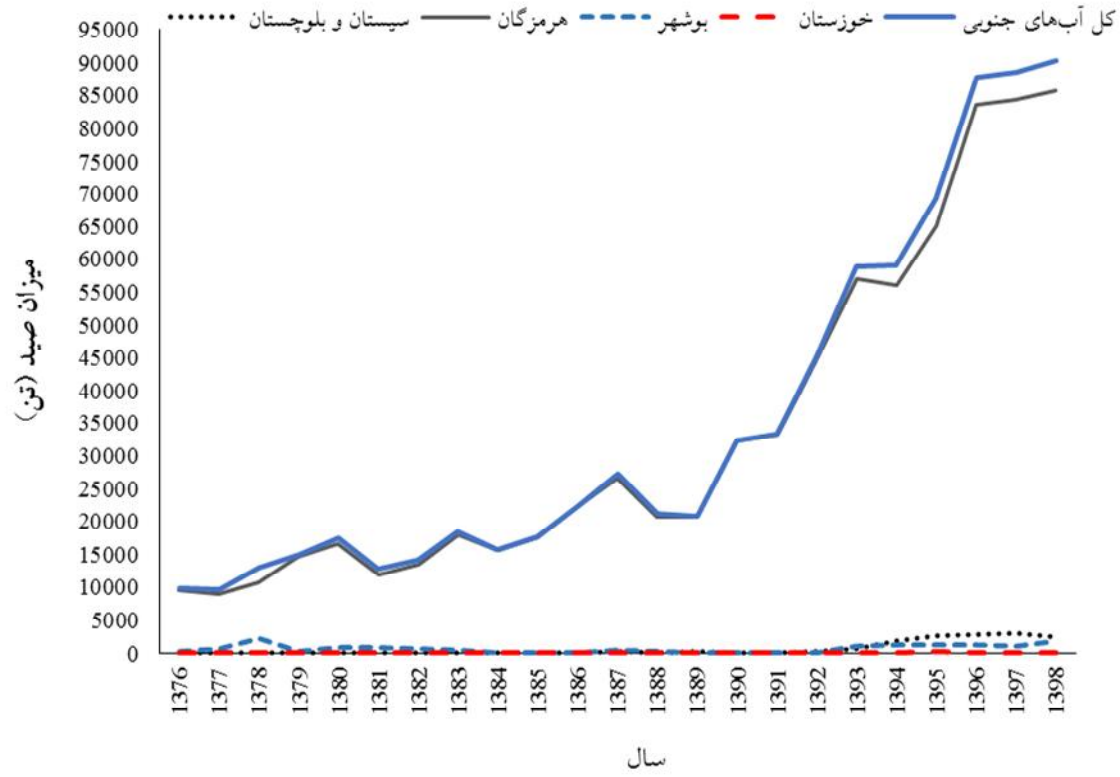
از بین ذخایر متنوع آبزیان درخلیج فارس و دریای عمان، ماهیان سطح‌زی ریز به ویژه ساردین ماهیان (Clupeidae) از اهمیت خاصی برخوردارند. این خانواده که از مهم‌ترین گروه‌های ماهیان سطح‌زی ریز می‌باشند، به راسته شگ‌ماهی شکلان (Clupeiformes) تعلق دارند که به صورت گله‌های بزرگ در سواحل همه دریاها و عمدتاً در آب‌های پرتولید ساحلی و نواحی کم‌عمق (کمتر از ۴۰ متر) یافت می‌شوند (۱۰). این ماهیان به علت دارا بودن رفتار گله‌ای و قابلیت ترکیب شدن با زیست‌توده سایر جمعیت‌ها به آسانی توسط تورهای محاصره‌ای صید می‌شوند؛ از این رو در زمره منابع اقتصادی-تجاری آب‌های ساحلی خلیج فارس و دریای عمان قرار می‌گیرند (۴).

صید ماهیان سطح‌زی ریز در آب‌های ایرانی خلیج فارس و دریای عمان نیز پیشینه‌ای طولانی دارد. در گذشته عمده صید ساردین ماهیان در سواحل جنوبی کشور با استفاده از روش صید جل ساحلی و تور گوشگیر سطح بوده است. اما در سال‌های اخیر با توسعه روش صید پرساین (Purse Seine) دوقایقی، میزان برداشت از این آبزیان درآب‌های جنوبی کشور روند افزایشی داشته است که این امر بیانگر وجود پتانسیل ذخایر ارزشمند این ماهیان در آب‌های جنوبی کشور می‌باشد. از بین گونه‌های مختلف ماهیان سطح‌زی ریز، تنها تعداد اندکی اهمیت اقتصادی دارند و توسط صیادان مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند که در این بین گونه ساردین سند (*Sardinella sindensis* Day, 1878) به عنوان یکی از مهم‌ترین گونه‌های مورد بهره‌برداری بوده که ۸۰ تا ۹۰ درصد از ترکیب صید ماهیان سطح‌زی ریز را تشکیل می‌دهد (۴۲).

برداشت از ذخایر گونه‌های باارزش بهره‌برداری نشده یا کمتر بهره‌برداری شده، یکی از اهداف پیش‌بینی شده شیلات در خصوص فعالیت‌های صید و صیادی درآب‌های دریای عمان و خلیج فارس می‌باشد. رویکرد شیلات در زمینه توسعه تور پرساین دو قایقی برای صید ماهیان سطح‌زی ریز نیز در راستای همین هدف بوده است. طی چند سال اخیر با توسعه روش صید پرس‌ساین دو قایقی، میزان صید ماهیان سطح‌زی ریز (ساردین ماهیان و عمدتاً ساردین سند) در آب‌های جنوبی کشور روند افزایشی چشم‌گیری داشته است بطوریکه از ۹۷۹۷ تن در سال ۱۳۷۶ به ۹۰۲۱۸ تن در سال ۱۳۹۸ رسیده است. بر اساس گزارش‌های آمار شیلات ایران بیش از ۹۵ درصد کل صید ماهیان سطح‌زی ریز آب‌های جنوب، در استان هرمزگان انجام شده است (شکل ۱).

امروزه، صید با رویکرد پایدار و اکوسیستم-محور یکی از مهم‌ترین استراتژی‌های مدیریت شیلاتی است که می‌تواند ضامن بقای ذخایر و به تبع آن حفظ منافع بهره‌برداران باشد (۲۱ و ۴۸). از طرفی در حال حاضر، تقاضا برای سرمایه‌گذاری در بخش‌های صنایع پس از صید ماهیان سطح‌زی ریز رو به افزایش است و صید ساردین ماهیان در کشور و به خصوص در هرمزگان به یک صنعت سودآور تبدیل شده است بطوریکه روند رو به رشد برداشت از این ذخایر، نگرانی‌هایی در خصوص برآوردهای میزان ذخیره و پتانسیل برداشت از آن را برای مدیران شیلاتی به وجود آورده است. این در حالی است که روند صید تاکنون در مرحله رشد بوده و هیچ گونه شواهدی مبنی بر کاهش صید و یا تلاش صید وجود ندارد و محدودیتی نیز برای صیادان جهت صید اعمال نشده است.

تدوین برنامه‌های مدیریت شیلاتی مستلزم نگاه علمی به ذخایر می‌باشد. استفاده از دانش روز شیلاتی و مدل‌های پیشرفته



شکل ۱. نمودار داده‌های مربوط به ماهی ساردین سند (*Sardinella sindensis*) در آب‌های جنوبی ایران طی سال های ۱۳۷۶ تا ۱۳۹۸.

ارزیابی در ارتباط با ذخایر ماهیان سطح‌زی ریز می‌تواند خطاهای ناشی از نقصان داده‌ها را تا حد زیادی تصحیح نماید و ارزیابی‌های مطمئن‌تری را ارائه نماید. مطالعات متعددی در خصوص ذخایر ماهیان سطح‌زی ریز در خلیج فارس و دریای عمان انجام شده است. سازمان خوار و بار جهانی پتانسیل صید ساردین ماهیان در آب‌های خلیج فارس و دریای عمان را در قالب طرح منطقه‌ای منابع سطح‌زی ریز ارائه نمود (۹). Van Zailinge و همکاران (۴۸)، منابع ماهیان سطح‌زی ریز در آب‌های خلیج فارس و دریای عمان را بررسی کردند. Salarpouri و همکاران (۴۴)، مطالعه‌ای در خصوص ساختار جمعیت گونه ساردین سند در آب‌های شمالی خلیج فارس و دریای عمان (آبهای ایرانی) انجام دادند. ایرانی (۲۳)، آمار صید ماهیان سطح‌زی ریز (ساردین ماهیان) و صیدگاه‌های عمده آن‌ها در جنوب کشور را بررسی نمود. شناسایی و معرفی ساردین ماهیان خلیج فارس و دریای عمان و نیز بررسی زیستی ذخایر آن‌ها در خلیج فارس توسط عوفی (۳۲) انجام شد. همچنین مطالعاتی در خصوص بررسی وضعیت صید ساردین ماهیان در آب‌های ساحلی جاسک و ارتباط آن با پارامترهای هیدرولوژیک و برخی از پارامترهای زیست‌محیطی زیستگاه‌های ساردین ماهیان در آب‌های ساحلی جاسک (۳۷) بهمراه بررسی زیست‌شناسی تولیدمثل، تغذیه و پارامترهای رشد و مرگ و میر ساردین سند در آب‌های جنوبی قشم (۳۸) و آنالیز داده‌های صید و صیادی ماهیان سطح‌زی ریز (۴۱) در کشور انجام شده است. علایی و همکاران پارامترهای پویایی جمعیت ساردین سند و اطلاعات صیادی تورهای پرساین و جل ساردین در بندر جاسک را مورد بررسی قراردادند (۱). تاکنون مطالعات گسترده‌ای در خصوص بررسی ذخایر ساردین ماهیان به کمک مدل‌های ارزیابی ذخایر موجود، در آب‌های جنوب کشور انجام نشده است. با توجه به محدود بودن داده‌های در دسترس از ذخایر ماهیان سطح‌زی ریز در کشور، بررسی و ارزیابی ذخایر

آن‌ها با استفاده از مدل‌های ارزیابی ذخایر که مخصوص ذخایر با منابع داده محدود هستند، مثل مدل صید–حداکثر محصول پایدار (Catch and Maximum Sustainable Yield, CMSY)، می‌تواند یکی از راه‌های کم‌هزینه و سریع جهت بررسی وضعیت ذخیره باشد. این مدل جهت ارزیابی چندین ذخیره دارای داده‌های ضعیف در سطح جهانی (۵) و برای صیادی‌های در سطح منطقه‌ای (۱۷)، ذخایر شرق دریای چین (۵۳)، ذخایر اقیانوس هند (۲۴، ۲۵ و ۲۶) و اخیراً برای ذخایر خلیج فارس و دریای عمان (۲۰) به‌کار برده شده است.

با توجه به جایگاه اکولوژیک ماهیان سطح‌زی ریز در اکوسیستم، نیاز است که روند صید این ماهیان به صورت آگاهانه دنبال گردد. بررسی روند صید ضمن تعدیل فشار صیادی بر سایر آبزیان، راهکارهایی نیز جهت برداشت بهینه در آینده ارائه خواهد نمود و به تدوین برنامه‌های مدیریت شیلاتی متناسب خواهد پرداخت. با توجه به این مهم، هدف مطالعه حاضر تعیین بهره‌برداری پایدار و نقاط مرجع مدیریتی شیلاتی ماهی ساردین سند با دنبال کردن روند ۲۳ ساله صید این گونه در آب‌های جنوبی ایران بود.

مواد و روش‌ها

مشخصات منطقه مورد مطالعه، ابزارهای صید استفاده شده و جمع‌آوری داده‌ها

منطقه مورد بررسی در این تحقیق، شامل استان‌های ساحلی جنوب کشور (خوزستان، بوشهر، هرمزگان و سیستان بلوچستان) بود که در شمال خلیج فارس و دریای عمان قرار گرفته‌اند. داده‌های صید ماهی ساردین سند (*S. sindensis*) از گزارش‌های دریایی روزانه مربوط به پرساین‌های دوقایقی، پرساین لنج و جل ساردین در آب‌های جنوبی کشور که توسط سازمان شیلات ایران تهیه شده بود، جمع‌آوری گردید. با توجه به اینکه عمده صید ماهیان سطح‌زی ریز در استان هرمزگان انجام می‌شود، مشخصات فنی تورهای مورد استفاده در صید ساردین ماهیان در هرمزگان در جدول ۱ آورده شده است (۴۲).

در مجموع، داده‌های صید مربوط به ۲۳ سال گذشته از سال‌های ۱۳۷۶ تا ۱۳۹۸ جمع‌آوری و برای محاسبه نقاط مرجع شیلاتی این گونه، وارد مدل شدند (شکل ۱).

تجزیه و تحلیل داده‌ها به کمک مدل

تجزیه و تحلیل داده‌ها در این تحقیق بر اساس مدل صید–حداکثر محصول پایدار (۱۶، ۲۰، ۲۸ و ۵۵) که به عنوان یکی از مدل‌های توسعه یافته در شرایط محدودیت داده است، انجام شد. این مدل، متکی به مدل تولید شیفر است که ارتباط بین زیست‌توده و صید را بر اساس نرخ رشد آنی جمعیت (r) تعریف می‌کند و فرض می‌کند که زیست‌توده تولیدکننده حداکثر محصول پایدار (Maximum Sustainable Yield, MSY) برابر با ۵۰ درصد زیست‌توده صید نشده است. بر اساس یک سری زمانی از صیدهای ثبت شده و انعطاف‌پذیری مفروض گونه هدف مطالعه (خیلی کم، کم، متوسط یا زیاد) و محدوده‌های مرتبط با مقدار قابل قبول r، مدل صید–حداکثر محصول پایدار می‌تواند برای آنالیز کاهشی ذخیره مورد استفاده قرار گیرد که بر اساس آن پیش‌بینی‌های معتبر مدل شیفر برای تخمین نقاط مرجع مدیریت برای حداکثر محصول پایدار و کاهش زیست‌توده استنباط می‌شود (۱۹ و ۲۰).

همانگونه که اشاره شد مدل صید–حداکثر محصول پایدار عمدتاً به سری‌های زمانی صید و برخی اطلاعات جانبی ("پیشین") متکی است که از صید و بهره‌وری طبق معادله ۱، برای برآورد زیست‌توده استفاده می‌کند (۲۹):

$$B_{y+1} = By + rBy\left(\frac{1-By}{k}\right)e^{s^1} - Cy_{e^{s^2}} \qquad (۱)$$

در معادله شماره ۱، B_{y+1} زیست‌توده بهره‌برداری شده در سال بعد y+1، B_y (Biomass, By) زیست‌توده جاری، Cy (Catch, Cy) صید در سال y (Year, y)، r و k به ترتیب، میانگین نرخ رشد آنی جمعیت (instantaneous growth rate, r) و ظرفیت بُرد (carrying capacity, K) می باشد. e^{s^1} (process error, e) و e^{s^2} (observation error, e)

جدول ۱. مشخصات فنی تورهای مورد استفاده در صید ساردین ماهیان در استان هرمزگان (۴۲).

مشخصات / نوع تور	پرساین دوقایقی	جل ساردین	پرساین لنج
طول تور (متر)	۲۴۰	۴۸۰	۳۶۰
ارتفاع تور (متر)	۲۰	۱۰	۳۶
اندازه چشمه (گره تا گره) در بدنه تور (میلی‌متر)	۲۰	۲۰	۲۰
اندازه چشمه (گره تا گره) در کیسه تور (میلی‌متر)	۲۰	۲۰	۲۰

به‌ترتیب، مربوط به خطای پردازش و خطای مشاهده هستند.

محدوده‌های احتمالی برای r و k با رویکرد مونت‌کارلو فیلتر می‌شود تا جفت‌های "r-k" دوام‌پذیر شناسایی گردند. در این حالت، جفت‌های دوام‌پذیر "r-k" معمولاً منجر به یک ابر مثلثی شکل در فضای نمودار می‌شود. برای محاسبه مقادیر این دو پارامتر از معادله کاهش (Depletion, d) و اشباع ذخیره‌سازی (Saturation, S) شرح ذیل استفاده گردید:

$$d = 1 - s \quad (۲)$$

$$S = 1 - \frac{B_y}{K_y} \quad (۳)$$

برای تخمین زیست‌توده، نرخ بهره‌برداری و حداکثر محصول پایدار به کمک مدل صید–حداکثر محصول پایدار از معادلات زیر استفاده شد (۵۵):

$$MSY = \frac{rk}{4} \quad (۴)$$

$$F_{msy} = \frac{r}{2} \quad (۵)$$

$$B_{msy} = \frac{k}{2} \quad (۶)$$

یک محدوده اولیه برای شاخص r بر اساس طبقه‌بندی انعطاف‌پذیری در سایت فیش‌بیس (۱۶) و با توجه به اینکه گونه ساردین سند به عنوان گونه‌ای با انعطاف‌پذیری بالا در نظر گرفته می‌شود، بصورت ۱– ۰/۷ تنظیم گردید.

برای ارزیابی سطح بهره‌برداری و وضعیت ذخیره، زیست‌توده نسبی تخمین زده‌شده در سال آخر و B/B_{MSY} (Biomass (B) and biomass of the maximum sustainable yield (Bmsy)) از روش صید–حداکثر محصول پایدار، استفاده شد (جدول ۲، ۳۳).

تجزیه و تحلیل‌های آماری

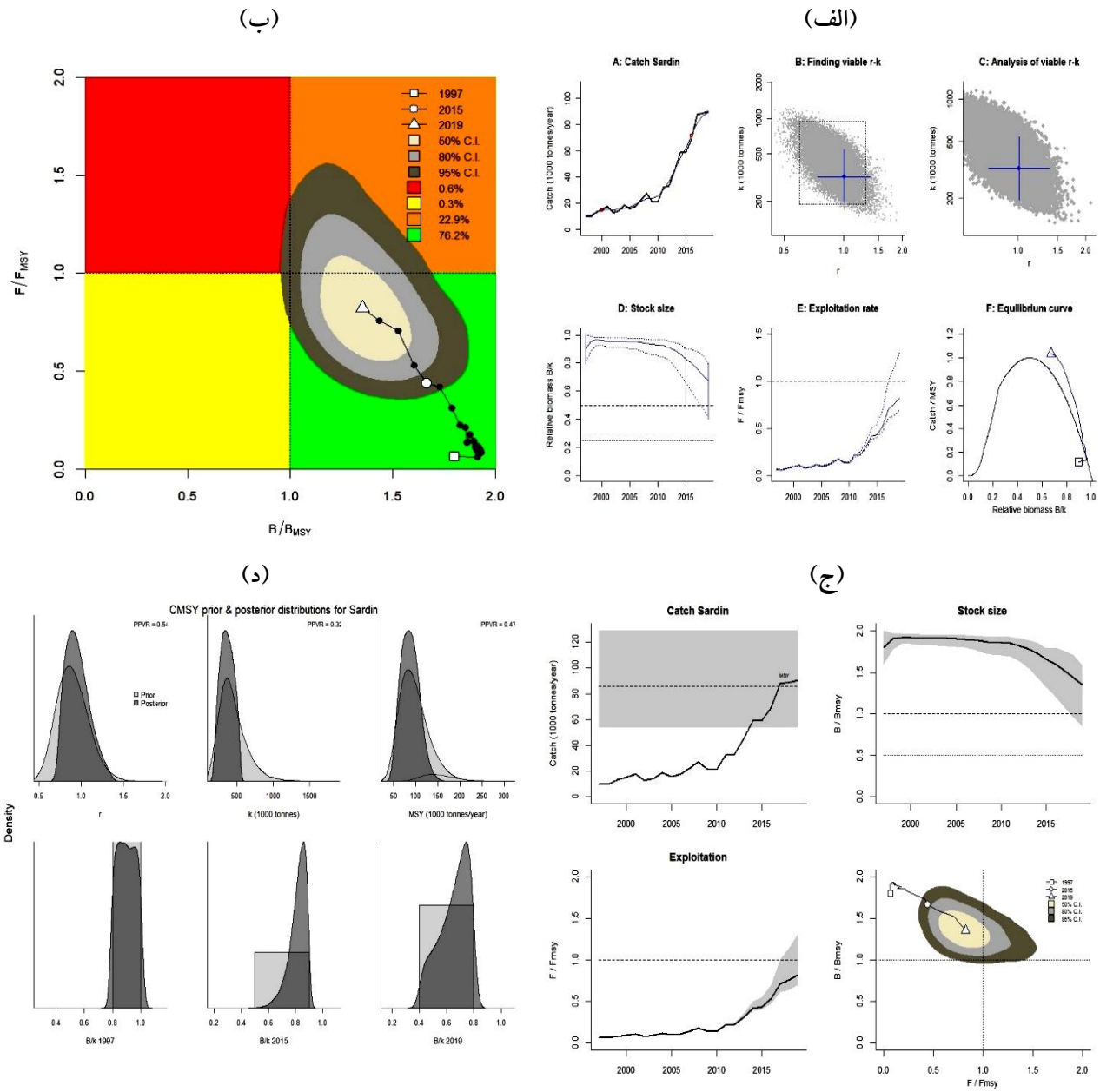
تجزیه و تحلیل‌های آماری با استفاده از پکیج Catch-MSY نرم‌افزار R در محیط R studio (نسخه ۴۴۶–۱–۱) انجام شد، از نرم‌افزار SPSS (نسخه ۲۶) و اکسل نیز برای تجزیه و تحلیل‌های بیشتر استفاده گردید. سطح معناداری و فاصله اطمینان به ترتیب ۰/۰۵ و ۹۵ درصد در نظر گرفته شد.

نتایج

شاخص‌های اصلی نقاط مرجع شیلاتی گونه ساردین سند بر اساس مدل صید–حداکثر محصول پایدار (CMSY) برای هر کدام از استان‌های جنوبی تخمین زده شد که نتایج آن در جدول ۳ آمده است. مقدار شاخص B/B_{MSY} در مدل صید–حداکثر محصول پایدار در همه استان‌ها به جز استان خوزستان بیشتر از ۱/۰ تخمین زده شد و این در حالی است که شاخص F/F_{MSY} (F, Fishing mortality and F_{MSY}, fishing mortality of the maximum sustainable yield) برای همه استان‌ها به جز استان بوشهر کمتر از ۱/۰ محاسبه شد که این موضوع بیانگر عدم صید بی‌رویه از ذخیره این گونه در آب‌های جنوبی کشور و در واقع بر اساس طرح کاب (Kobe plot) شروع ورود این گونه به حالت صید بی‌رویه می‌باشد (شکل ۲ الف و ب).

جدول ۲. طبقه‌بندی وضعیت ذخیره بر اساس مقادیر B/B_{MSY} ذخیره تحت ارزیابی (۳۳).

وضعیت ذخیره	B/B_{MSY}
سالم و در سلامت (Healthy)	$\leq$ ۱/۰
بیش از حد بهره‌برداری شده (overfished)	۰/۵ – ۱/۰
خیلی شدید بهره‌برداری شده (strongly overfished)	۰/۲ – ۰/۵
فرو ریخته (سقوط کرده) (Collapsed)	۰/۰ – ۰/۲



شکل ۲. نتایج مربوط به مدل صید–حداکثر محصول پایدار (CMSY) برای ماهی ساردین سند (*Sardinella sindensis*) در آب‌های جنوبی از سال ۹۸–۱۳۷۶. الف) تغییرات میزان صید، روند زیست توده نسبی (B/K) و مرگ و میر صیادی به مرگ و میر حداکثر محصول پایدار (F/Fmsy)، ب) طرح کاب (Kobe plot)، ج) روند تغییرات صید، ذخیره، مرگ و میر صیادی و وضعیت ذخیره بر مبنای B/Bmsy، د) مقایسه تراکم قبل و بعد ماهی ساردین سند

جدول ۳. مقادیر به‌دست آمده برای شاخص‌های نقاط مرجع شیلاتی گونه ساردین سند (*Sardinella sindensis*) صید شده در آب‌های جنوبی ایران (خلیج فارس و دریای عمان)، به تفکیک استان‌ها، به کمک روش صید–حداکثر محصول پایدار) .(CMSY) مقادیر موجود در پرانتز نشان دهنده صدک ۲/۵ و ۹۷/۵ است). شاخص‌ها بر اساس هزار تن هستند.

شاخص	مجموع استان ها	سیستان و بلوچستان	هرمزگان	بوشهر	خوزستان
زیست‌توده (B)	۲۱۸ (۱۳۶–۲۵۶)	۵/۷۵ (۳/۹۴ –۷/۴۴)	۲۰۸ (۱۳۱ –۲۴۴)	۳/۵۹ (۲/۲۹ –۴/۲۵)	۰/۰۰۹۱۹ (۰/۰۰۱۹۹ –۰/۰۱۶۱)
حداکثر محصول پایدار(MSY)	۸۶ (۵۳/۲–۱۲۹)	۲/۶۲ (۱/۶۴ –۳/۷۹)	۸۱/۹ (۵۱ –۱۲۲)	۱/۴۵ (۰/۸۹۳–۲/۱۹)	۰/۰۴۵۵ (۰/۰۳۵۴–۰/۰۶)
زیست‌توده حداکثر محصول پایدار(B_{MSY})	۱۶۱ (۹۶/۳ –۲۷۰)	۴/۷۷ (۲/۹۲ –۷/۸)	۱۵۴ (۹۱/۸ –۲۵۸)	۲/۶۸ (۱/۵۹ –۴/۵۱)	۰/۰۸۲۳ (۰/۰۶۳۱ –۰/۱۰۷)
مرگ و میر حداکثر محصول پایدار(F_{MSY})	۰/۵۰۴ (۰/۳۷ –۰/۶۸۶)	۰/۵۱۴ (۰/۳۷۹ –۰/۶۹۸)	۰/۵۰۲ (۰/۳۶۹ –۰/۶۸۳)	۰/۵۰۸ (۰/۳۷۹ –۰/۶۸)	۰/۱۲۶ (۰/۰۹۴۱ –۰/۱۶۷)
زیست‌توده به زیست‌توده حداکثر محصول پایدار(B/B_{MSY})	۱/۳۵ (۰/۸۴۶ –۱/۵۹)	۱/۲ (۰/۸۲۵ –۱/۵۶)	۱/۳۵ (۰/۸۴۹ –۱/۵۹)	۱/۳۴ (۰/۸۵۴ –۱/۵۹)	۰/۱۱۲ (۰/۰۲۴۲ –۰/۱۹۶)
مرگ و میر صیادی به مرگ و میر حداکثر محصول پایدار(F/F_{MSY})	۰/۸۲۲ (۰/۶۹۹ –۱/۳۱)	۰/۸۵۳ (۰/۶۵۹ –۱/۲۵)	۰/۸۲۱ (۰/۶۹۹ –۱/۳۱)	۱/۰۵ (۰/۸۸۹ –۱/۶۵)	۰/۸۶۷ (۰/۴۹۴ –۳/۹۹)
مرگ و میر صیادی (F)	۰/۴۱۴ (۰/۳۵۲ –۰/۶۶۱)	۰/۴۳۹ (۰/۳۳۹ –۰/۶۴)	۰/۴۱۲ (۰/۳۵۱ –۰/۶۵۷)	۰/۵۳۴ (۰/۴۵۱ –۰/۸۳۸)	۰/۱۰۹ (۰/۰۶۲۱ –۰/۵۰۱)
زیست توده نسبی	۰/۶۷۵ k (۰/۴۲۳ –۰/۷۹۴)	۰/۶۰۲ k (۰/۴۱۳ –۰/۷۷۹)	۰/۶۷۶ k (۰/۴۲۵ –۰/۷۹۴)	۰/۶۷۱ k (۰/۴۲۷ –۰/۷۹۳)	۰/۰۵۵۸ k (۰/۰۱۲۱–۰/۰۹۷۹)
بهره‌برداری F/(r/2)	۰/۸۲۲ (۰/۶۹۹ –۱/۳۱)	۰/۸۵۳ (۰/۶۵۹ –۱/۲۵)	۰/۸۲۱ (۰/۶۹۹ –۱/۳۱)	۱/۰۵ (۰/۸۸۹ –۱/۶۵)	۰/۸۶۷ (۰/۴۹۴ –۳/۹۹)
ظرفیت حمل (K)	۳۲۲ (۱۹۳ –۵۴۰)	۹/۵۵ (۵/۸۴ –۱۵/۶)	۳۰۸ (۱۸۴ –۵۱۶)	۵/۳۶ (۳/۱۸ –۹/۰۲)	۰/۱۶۵ (۰/۱۲۶ –۰/۲۱۵)
میانگین نرخ رشد آنی (r)	۱/۰۱ (۰/۷۴ –۱/۳۷)	۱/۰۳ (۰/۷۵۸ –۱/۴)	۱ (۰/۷۳۸ –۱/۳۷)	۱/۰۲ (۰/۷۵۹ –۱/۳۶)	۱/۱۲ (۰/۸۴۲ –۱/۵)

خروجی مدل صید-حداکثر محصول پایدار از کل صید پیش‌بینی شده در مقابل حداکثر محصول پایدار (MSY)، نشان‌دهنده روند افزایشی صید از سال ۱۳۷۶ تا ۱۳۹۸ بود که این امر منجر به کاهش اندازه (زیست‌توده) ذخیره از سال ۱۳۹۲ شد. به تبع این شرایط، میزان حداکثر محصول پایدار نیز از سال ۱۳۹۵ از سطح بهینه افزایش یافت (شکل ۲ ج).

براساس نقاط مرجع شیلاتی بدست آمده از مدل، میزان حداکثر محصول قابل برداشت برای گونه ساردین سند در آب‌های جنوبی کشور، در حدود ۸۶ هزار تن برآورد شد که در سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ به ترتیب ۲ و ۴ هزار تن بیشتر از سطح بهینه، برداشت از ذخایر این گونه صورت گرفته است. بیشترین میزان صید (بیش از ۹۵درصد) از این گونه در استان هرمزگان صورت گرفته است.

بحث و نتیجه‌گیری

از نظر اعمال و بکارگیری داده‌های تلاش صیادی برای ارزیابی ذخایر تجاری بهره‌برداری شده، برای بیش از ۸۰ درصد از شیلات جهان از نظر تعداد و تقریباً نیمی از نظر صید، ارزیابی‌های تحلیلی رسمی گزارش نشده است (۷ و ۲۲). از طرفی، اکثر ذخایری که ارزیابی نشده‌اند، فاقد داده و یا فاقد اهمیت تجاری برای بکارگیری یک روش ارزیابی ذخایر مبتنی بر سن هستند (۳۱). این موضوع باعث رشد سریع رویکردهای ارزیابی سازگار با داده‌های محدود، شده است (۳ و ۱۰). مدل CMSY از جمله رویکردهای ارزیابی است که می‌توان آن را برای طیف وسیعی از بهره برداری‌ها اعمال نمود، زیرا فقط به داده‌های صید و برخی محدوده‌های پیشین که می‌توانند با قوانین پیش‌فرض تولید شوند، نیاز دارد. این مدل در چندین سناریو ضعیف از نظر داده و برای طیف وسیعی از ذخایر خاص آزمایش شده است که نتایج آن با سایر روش‌های ضعیف از نظر داده قابل مقایسه است (۱۵،۱۴ و۵۲). به کمک این مدل پارامترهای مهمی از جمله حداکثر محصول پایدار (MSY)، زیست‌توده حداکثر محصول پایدار (B_{MSY}) و مرگ و میر صیادی حداکثر محصول پایدار (F_{MSY})، که به عنوان مهم‌ترین نقاط مرجع برای مدیریت ذخیره هستند، بر اساس محتمل‌ترین جفت‌های r-k فیلترشده توسط آزمون مونت‌کارلو تخمین زده می‌شوند (۱۴). از آنجا که ماهیت نقاط مرجع، دستیابی به چهارچوب صید مسئولانه است، نمی‌توان یک مدیریت علمی کارآمد را بدون آن‌ها در نظر گرفت (۵۰). MSY، اغلب به عنوان یک نقطه مرجع برای ارزیابی ذخایر استفاده می‌شود و یکی از بهترین موضوعات شناخته‌شده برای مدیریت صیادی می‌باشد؛ وضعیت صیادی نیز معمولاً برحسب شاخص B/B_{MSY} گزارش می‌شود (۶).

نتایج بدست آمده از مدل CMSY (شکل ۲ الف وب) برای ذخیره ساردین سند آب‌های جنوبی کشور، بیانگر عدم صید بی‌رویه از ذخیره این گونه (B/B_{MSY} >۱؛ F/F_{MSY} <۱) در آب‌های جنوبی و در واقع شروع ورود این گونه به منطقه صید بی‌رویه بود (در استان بوشهر F/F_{MSY}>۱). بررسی‌های انجام شده در سال‌های اخیر نشان داده است که از بین گونه‌های ماهیان سطح‌زی ریز، ساردین سند بیشترین سهم را در صید این ماهیان داشته است (۳۹ و ۴۰). امروزه، افزایش تقاضا برای سرمایه‌گذاری در صنایع پس از صید ماهی ساردین سند، منجر به افزایش صید این ماهیان در آب‌های جنوبی کشور جهت تبدیل آن به یک صنعت پرسود و اقتصادی شده است که این امر به خصوص در استان هرمزگان که در بین چهار استان ساحلی جنوبی کشور، بیش از ۹۵ درصد از کل صید ساردین ماهیان را به خود اختصاص داده است، مشهود است (۲۷). هدف اصلی از صید این ماهیان، استفاده از آن برای مصرف انسان است اما از آن به عنوان پودر ماهی جهت خوراک دام و در صنایع آبزی‌پروری استفاده می‌شود (۲) و متأسفانه بیش از ۹۵ درصد ساردین صید شده در استان هرمزگان به آرد ماهی تبدیل می‌شود (۳۰). نتایج بدست آمده از این مطالعه توسط ارزیابی مدل استفاده شده مبنی بر روند افزایشی صید این گونه از سال ۱۳۷۶ تا ۱۳۹۸ را تأیید می‌کند که این امر منجر به یک کاهش در اندازه (زیست‌توده) ذخیره از سال ۱۳۹۲ شده است.

بر اساس گزارش سالارپوری (۴۶)، صنعت ساردین ماهیان در استان هرمزگان، از سال ۱۳۹۵ به بعد شاهد یک جهش دو برابری در تلاش صیادی بوده است، بطوریکه در سال ۱۳۹۹ به ۴۰۰ عامله پرساینر دوقایقی رسیده است. افزایش کنترل نشده تلاش صیادی، منجر به کاهش اندازه ذخیره و در نتیجه کاهش سرانه صید بر واحد تلاش ناوگان در سال‌های بعد طی یک روند نزولی تا ۳۲ درصد شده است. از این رو به نظر می‌رسد که کنترل تلاش صیادی برای ناوگان پرساین دوقایقی یک ضرورت است و همانگونه که سالارپوری و همکاران (۴۵) در بررسی وضعیت ذخیره ساردین ماهیان هرمزگان به کمک مدل شیفر گزارش نموده‌اند، میزان تلاش صیادی بهینه که متناسب با میزان مجاز برداشت باشد، حدود ۲۰۰ فروند است.

براساس نتایج بدست آمده، میزان حداکثر محصول قابل برداشت برای گونه ساردین سند در آب‌های جنوبی کشور، در حدود ۸۶ هزار تن برآورد شد که در سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ به ترتیب ۲ و ۴ هزار تن بیشتر از سطح بهینه، برداشت صورت گرفته است که همین موضوع باعث شده است تا ذخیره بطور آهسته به سمت حالت صید بی‌رویه یعنی جایی که $F>F_{MSY}$ و $B<B_{MSY}$ است حرکت نماید. در مجموع به نظر می‌رسد که جهت جلوگیری از این امر و هم‌چنین جهت حفظ پایداری ذخیره بایستی تلاش صیادی تا حدی کاهش یافته و میزان برداشت نیز در سطح کنونی مدیریت شود.

یکی از شاخص‌های مهم در بحث مدیریت شیلاتی جهت تعیین رشد جمعیت و قابلیت بازیابی آن در برابر فشار صید، نرخ رشد آنی جمعیت (r) است (۵۵). شاخص B_{MSY}/k نیز از مهم‌ترین شاخص‌های نقاط مرجع شیلاتی، است. این نسبت برای ذخیره گونه ساردین سند ۰/۵ تخمین زده شد که نرخ کاهش متوسط را تأیید می‌نماید (۳۳). گونه‌های ماهی با نرخ بالاتر رشد آنی جمعیت، نرخ‌های کمتری از B_{MSY}/k دارند که کاهش چشم‌گیری در ذخایر ماهی را نشان می‌دهد (۱۸). نرخ بهره‌برداری و زیست‌توده جمعیت می‌توانند تحت تأثیر نرخ‌های رشد آنی جمعیت قرار گرفته و در نتیجه نرخ نسبت B_{MSY}/k را تغییر دهند (۵۵). بنابراین، متعادل‌سازی صید (به عنوان تصمیم ابتدایی توسط مدیران شیلاتی) می‌تواند شاخص‌های مهم نقاط مرجع شیلاتی در ذخایری که احتمال ورود آن ها به حالت صید بی‌رویه وجود دارد و یا ذخایری که وارد این وضعیت شده اند، را تنظیم نماید.

یک نکته مهم در بحث مدیریت ذخایر که بایستی به آن توجه شود این است که برآورد وضعیت ذخیره تنها اولین قدم در فرآیند مدیریت است و تعیین وضعیت ذخیره به تنهایی، مدیریت مؤثر و پایدار شیلاتی را ضمانت و یا حتی ممانعت نمی‌کند (۹). در نتیجه، مدیریت موفق نیازمند آزمایش و تنظیم قوانین کنترل برداشت است که اغلب با ارزیابی استراتژی‌های مدیریت تسهیل می‌گردد (۳۳). از طرف دیگر در مدیریت ذخایر علاوه بر تأثیر مدیریت صید و صیادی، توجه به تأثیر عوامل محیطی و تغییرات اقلیم در پراکنش و کیفیت زیستگاه گونه مورد بررسی بسیار حائز اهمیت‌اند (۲۸ و ۴۸). در ارتباط با ذخیره ساردین ماهیان نیز، این ذخیره در تمام دریاها همواره دچار نوسانات و تغییرات قابل پیش‌بینی در فراوانی ذخیره می‌باشد (۴۷). آنچه مسلم است فراوانی ذخایر ساردین ماهیان تابع شرایط محیطی دریا می باشد، بنابراین، مطالعه ذخیره این ماهیان و پیش‌بینی تغییرات شرایط زیست محیطی دریا می‌تواند نقش مهم و مؤثری در پیش‌بینی نوسانات فراوانی ذخیره، صید و به تبع آن مدیریت صحیح این ماهیان داشته باشد.

در مجموع، در این مطالعه ذخیره ماهی ساردین سند در آب‌های استان‌های جنوبی ایران (خلیج فارس و دریای عمان) به کمک مدل صید–حداکثر محصول پایدار ارزیابی شد و وضعیت کنونی ذخیره مشخص گردید. نتایج حاصل از تخمین نقطه مرجع شیلاتی B/B_{MSY} نشان‌دهنده وضعیت سالم ذخیره این گونه در منطقه و شروع ورود آن به حالت صید بی‌رویه بود. جهت تضمین محصول پایدار این گونه در منطقه، میزان برداشت حداکثر سالانه ۸۶ هزار تن به عنوان استراتژی مدیریتی پیشنهاد گردید که در چند سال اخیر میزان برداشت از این گونه، بیشتر از این مقدار بوده است. با توجه به تأثیرپذیری ذخایر این

ماهیان از شرایط زیست‌محیطی که مستقیماً روی بازگشت شیلاتی این ماهیان تأثیر می‌گذارد و در نتیجه باعث نوسانات صید می‌گردد، پیشنهاد می‌شود که کنترل و مدیریت بر فعالیت‌های صید و صیادی بصورت منطقه‌ای و با در نظر گرفتن پتانسیل‌های شیلاتی، همراه با پایش وضعیت بهره‌برداری و با در نظر گرفتن عوامل محیطی تأثیرگذار بر ذخایر این ماهیان صورت پذیرد. هم‌چنین با توجه به اینکه بیش از ۹۵درصد صید از این گونه در آب‌های استان هرمزگان انجام می‌شود، بنابراین استراتژی‌های مدیریتی در زمینه اعمال محدویت‌ها در تلاش صیادی برای شناورها و صید، عمدتاً بایستی در این منطقه متمرکز گردد.

به‌طور کلی، روش‌های ارزیابی ذخایری که فقط بر پایه داده‌های صید تولید می‌شوند، قدمی موقت برای ارزیابی ذخایر می‌باشند و جهت درک وضعیت صیادی در منطقه که به عنوان یک اصل مهم برای مدیریت شیلاتی است، بایستی مطالعات تکمیلی به کمک مدل‌های ارزیابی قابل اطمینان‌تر که دارای منابع داده متنوع‌تری هستند، انجام شود.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از پژوهشکده آرتمیا و آبزی‌پروری دانشگاه ارومیه جهت حمایت مالی و از دفتر صید و صیادی سازمان شیلات ایران جهت تأمین داده‌ها سپاسگزاری می‌گردد.

منابع مورد استفاده

1. Alaei, A., S. Y. Paighambari, A. Salarpouri and Z. Mazaheri. 2014. Study on some population dynamics parameters of *Sardinella sindensis* in Coastal waters of Jask province. *Journal of Aquatic Ecology* 10 (3): 34-25. (In Farsi).
2. Babji, A. S., M. Aidilla, C. Gugapreya, C. J. Lai, B. Nur Bazlina, C. Cahyana and Z. Suriati. 2007. Protein quality of anchovy, mackerel and canned sardine samples. *Malaysian journal of nutrition* 13(2): 171-177.
3. Chrysafi, A., and A. Kuparinen. 2016. Assessing abundance of populations with limited data: lessons learned from data-poor fisheries stock assessment. *Environmental Reviews* 24 (1): 25–38.
4. Cole, J., and J. Mc Glade. 1998. Clupeoid population variability. The environment and satellite imagery in coastal upwelling. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 8 (4): 445-471.
5. Costello, C., D. Ovando, T. Clavelle, C. K. Strauss, R. Hilborn, M. C. Melnychuk, T. A. Branch, S. D. Gaines, C. S. Szuwalski, R. B. Cabral and D. N. Rader. 2016. Global fishery prospects under contrasting management regimes. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113(18): 5125–5129.
6. Costello, C., and D. Ovando. 2019. Status, institutions, and prospects for global capture fisheries. *Annual Review of Environment and Resources* 44: 177–200.
7. Costello, C., D. Ovando, R. Hilborn, S. D. Gaines, O. Deschenes and S. E. Lester. 2012. Status and solutions for the world's unassessed fisheries. *Science* 338: 517–520.
8. Cury, P., C. Roy and V. Faure. 1998. Environmental constraints and pelagic fisheries in upwelling areas: The Peruvian puzzle. *African Journal of Marine Science* 19:159-167.
9. Dowling, N. A., C. M. Dichmont, M. Haddon, D. C. Smith, A. D. M. Smith and K. Sainsbury. 2015. Guidelines for developing formal harvest strategies for data-poor species and fisheries. *Fisheries Research* 171: 130–140.
10. Doyen, L., Béné, C., Bertignac, M., Blanchard, F., Cissé, A.A., Dichmont, C., Gourguet, S., Guyader, O., Hardy, P.Y., Jennings, S. and Little, L.R. 2017. Ecoviability for ecosystem-based fisheries management. *Fish and Fisheries* 18 (6): 1056–1072.
11. Food and Agriculture Organization (FAO). 1981. Pelagic resources of the Gulf and the Gulf of Oman. Regional fishery survey and development project. 144p.
12. Food and Agriculture Organization (FAO). 2020. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. FAO, Rome. 244p.
13. Fishstat, J. 2019. Software for fishery statistical time series. V4.01.8. Fisheries Department, Fishery Information, Data and Statics Unit. Rome. Available at: http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en. Accessed on 2019-3-4.
14. Fitzgerald, C. J., K. Delanty and S. Shephard. 2018. Inland fish stock assessment: applying data-poor methods from marine systems. *Fisheries Management and Ecology* 25 (4): 240–252.
15. Free, C.M., Jensen, O.P., Anderson, S.C., Gutierrez, N.L., Kleisner, K.M., Longo, C., Minto, C., Osio, G.C. and Walsh, J.C. 2020. Blood from a stone: performance of catch-only methods in estimating stock biomass status.

Fisheries Research 223: 105452.
16. Froese, R., N. Demirel, G. Coro, K. M. Kleisner and H. Winker. 2017. Estimating fisheries reference points from catch and resilience. *Fish and Fisheries* 18(3): 506–526.
17. Froese, R., H. Winker, G. Coro, N. Demirel, A.C. Tsikliras, D. Dimarchopoulou, G. Scarcella, M. Quaas and N. Matz-Lück. 2018. Status and rebuilding of European fisheries. *Marine Policy* 93: 159–170.
18. Gabriel, W. L., and P. M. Mace. 1999. A review of biological reference points in the context of the precautionary approach. In: Proceedings of the 5th National NMFS Stock Assessment Workshop. NOAA Tech Memo NMFS-F/SPO- Volume 40, pp. 34–45.
19. Haddon, M. 2018. Modelling and quantitative methods in fisheries. CRC Press, London, New York. 428p.
20. Haghi Vayghan, A., S.A. Hashemi and F. Kaymaram. 2021. Estimation of fisheries reference points for Longtail tuna (*Thunnus tonggol*) in the Iranian southern waters (Persian Gulf and Oman Sea). *Iranian Journal of Fisheries Sciences* 20(3): 678-693.
21. Haghi Vayghan, A. 2021. Distribution modeling of bigeye tuna (*Thunnus obesus* Lowe, 1839), using satellite derived environmental variables in Indian ocean. *Iranian Journal of Applied Ecology* 9 (4): 1-14. (In Farsi)
22. Hilborn, R., R.O. Amoroso, C.M. Anderson, J.K. Baum, T.A. Branch, C. Costello, C.L. De Moor, A. Faraj, D. Hively, O.P. Jensen, and H. Kurota. 2020. Effective fisheries management instrumental in improving fish stock status. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 117 (4): 2218–2224.
23. Irani, A. 1989. Collecting and evaluating the statistics of fishing for small pelagic fish (sardines) in the south of the country (in the fishing season of 1988-1989). Iranian Fisheries research Organization, Tehran, Iran, 41p. (In Farsi).
24. The Indian Ocean Tuna Commission (IOTC). 2016. Assessment of Indian ocean longtail tuna (*Thunnus tonggol*) using data poor catch-based methods. https://www.iotc.org/sites/default/files/documents/2016/07/IOTC-2016 WPNT06-17 SA_data_poor_approaches_LOT_rev_1.pdf. Accessed on 2015-5-11.
25. The Indian Ocean Tuna Commission (IOTC). 2017. Assessment of Indian ocean longtail tuna (*Thunnus tonggol*) using data-limited methods. In IOTC-2017-WPNT07-15 Rev_1. https://www.iotc.org/sites/default/files/documents/2017/07/IOTC-2017-WPNT07-15_Rev_1-_SA_LOT.pdf. Accessed on 2015-5-11.
26. The Indian Ocean Tuna Commission (IOTC). 2020. Assessment of Indian ocean longtail tuna (*Thunnus tonggol*) using data-limited methods. IOTC-2020-WPNT10-13. https://iotc.org/documents/WPNT/10/13. Accessed on 2015-5-11.
27. Iran Fisheries Organization. 2019. Iranian Fisheries Statistical Yearbook. (Vol. 1, Issue 1), In: R. Ghorbanzadeh and S. Nazari (Eds.), Iranian Fisheries Organization 2015-2019. Iranian Fisheries Organization. http://www.shilat.com. (In Farsi).
28. Lee, M. A., J. S. Weng, K.W. Lan, A. H. Vayghan, Y.C. Wang and J. W. Chan. 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): 5819-5837.
29. Martell, S., and R. Froese. 2013. A simple method for estimating MSY from catch and resilience. *Fish and Fisheries* 14(4): 504–514.
30. Mohebbi, S. P. 2015. Tabnak news website of the provinces. According to the general office of public relations and international affairs of the Qeshm free zone organization. Available: http: //ostanha.tabnak.ir/fa/news/159235. Accessed on 2017-5-24. (In Farsi).
31. Neubauer, P., J. T. Thorson, M. C. Melnychuk, R. Methot and K. Blackhart. 2018. Drivers and rates of stock assessments in the United States. *PLoS One* 13: e0196483.
32. Owfi, F. 1994. Biology and reserves of sardines in the Persian Gulf. Phase II report. Persian Gulf Fisheries Research Center – Bushehr, p.47. (In Farsi).
33. Palomares, M. L. D., and R. Froese. 2017. Training on the use of CMSY for the assessment of fish stocks in data-poor environments. Workshop report submitted to the GIZ by quantitative aquatics, Inc. *Q-Quatics Technical Report* 2: 58.
34. Palomares, M. L. D., R. Froese, B. Derrick, S. L. Nöel, G. Tsui, J. Woroniak and D. Pauly. 2018. A preliminary global assessment of the status of exploited marine fish and invertebrate populations, in A report repared by the Sea Around Us for OCEANA, (Washington, DC: OCEANA). 60 p.
35. Punt, A. E., D. S. Butterworth, C. L. de Moor, J. A. A. De Oliveira and M. Haddon. 2016. Management strategy evaluation: best practices. *Fish and Fisheries* 17(2): 303–334.
36. Randalll, J. E. 1995. The complete divers and fisherman's guide to coastal fishes of Oman. University of Hawaii press, 439 p.
37. Salarpouri, A., E. Kamrani, G. Zarshenas, M. Darvishi, K. Khodadadi Jokar, R. Karimzadeh and A. Iran. 2004. Investigation of sardine fishing status in Jask region and its relationship with hydrological parameters. Report of the Iranian Fisheries Research Institute, Persian Gulf and Oman Sea Ecology Research Institute. Hormozgan, Bandar

Abbas. (In Farsi).
38. Salarpouri, A., and M. Darvishi. 2006. Reproductive biology of *Sardinella sindensis* in the coastal waters of Jask region. *Research and Construction* 70: (64-59). (In Farsi).
39. Salarpouri, A., and M. Darvishi. 2008. Reproductive biology of *Sardinella sindensis* in the coastal waters of Jask. *Research and Construction journal* 70: 64-59. (In Farsi).
40. Salarpouri, A., M. Darvishi, M. Safaei, Gh. Akbarzadeh, F. Seraji, S. Behzadi, M. Momeni, H. Rameshi, Sh. Moradi, P. Mohebi, M. Parvaresh, T. Valinasab and R. Dehghani. 2008. Biological study of sardine and anchovy stocks in coastal waters of Hormozgan province (Qeshm and Bandar Lengeh) with emphasis on surface water temperature, planktonic distribution and chlorophyll. Iranian Fisheries research Organization, Tehran. Iran. 120 p. (In Farsi).
41. Salarpouri, A., S. Behzadi, M. Darvish, M. Momeni, M. Shojaei, B. Daghoughi, P. Mohebbi, M. Barani, A. Sobhani, F. Kay Maram and T. ValiNasab. 2011. Evaluation of sardine and motmon fish stocks in the waters of Hormozgan province with emphasis on fishing data. Iran Fisheries Research and Training Institute, Tehran. 127 p. (In Farsi).
42. Salarpouri, A., F. Kaymaram, S. Behzadi, M. Darvishi, M. Shojaei, B. Daghoughi, P. Mohebi, M. Barani, A. Sobhani. 2013. Assessment of sardine and moto fish stocks in the waters of Hormozgan province, with emphasis on fishing data. Iranian Fisheries research Organization, Tehran, Iran. 127 p. (In Farsi).
43. Salarpouri, A. 2016. Assessment and management of *Sardinella sindensis* and *Encrasicholina punctifer* stocks using population dynamics models and satellite data in the waters of the Persian Gulf and the Sea of Oman. PhD Thesis. Hormozgan University. Bandar Abbas, Iran. (In Farsi).
44. Salarpouri, A., E. Kamrani, F. Kaymaram, R. M. Najafabadi and M. Ghanbarzadeh. 2019. Population structure of Sind sardinella *Sardinella sindensis* (Day, 1878) in northern Persian Gulf and Oman Sea, Iran. *Indian Journal of Fisheries* 66(4): 1-10.
45. Salarpouri, A., S. Behzadi, M. Momeni, B. Daghoughi, H. Ramshi, A. Alizadeh, M. Parvaresh, T. ValiNasab and A. Taghavi. 2019. Evaluation of small fish stocks (sardines and motos), using population dynamics models and fishing data in the waters of Hormozgan province. Fisheries Science Research Institute - Persian Gulf and Oman Sea Ecology Research Institute. 87p. (In Farsi).
46. Salarpouri, A. 2021. Sardines and moto fish of the Persian Gulf and the Sea of Oman (biology, fishing and processing). Iran Fisheries Research Institute, Tehran, 124 p. (In Farsi).
47. Schwartzlose, R. A., J. Alheit, A. Bakun, T. R. Baumgartner, R. J. Cloete, M. Crawford and J. Z. Zuzunaga. 1999. Worldwide large-scale fluctuations of sardine and anchovy populations. *South African Journal of Marine Science* 21(1): 289-347.
48. Van Zailinge, N.P., F. Owfi, S. Ghasemi, K. Khorshidian and N. Niamaimandi. 1993. Resources of small pelagic in Iranian waters, a review. FAO/ UNDP Fisheries Development Project Ira/83/013:370P.
49. Vayghan, A. H., M. A. Lee, J. S. Weng, S. Mondal, C. T. Lin and Y. C. Wang. 2020. Multisatellite-based feeding habitat suitability modeling of albacore tuna in the Southern Atlantic Ocean. *Remote Sensing* 12 (16): 2515.
50. Wells, B. K., and C. M. Jones. 2001. Yield-per-recruit analysis for black drum, *Pogonias cromis*, along the East coast of the United States and management strategies for Chesapeake bay. *Fishery Bulletine* 99 (2): 328-337.
51. Whitehead, P. J. P. 1985. FAO species catalogue. Clupeoid fishes of the world (Super order Clupeioidei). An annotated and illustrated catalogue of the herrings, sardines, pilchards, sprats, shads, anchovies and wolf-herrings. Part 1 - Chirocentridae, Clupeidae and Pristigasteridae. *FAO Fisheries Synopses*, 7-1 (125): 1-303.
52. Winker, H., F. Carvalho, R. Sharma, D. Parker and S. Kerwath. 2017. Initial results for North and South Atlantic shortfin mako (*Isurus oxyrinchus*) stock assessments using the Bayesian surplus production model JABBA and the catch-resilience method CMSY. *Collective Volumes of Scientific Papers- ICCAT* 74 (4): 1836–1866.
53. Zhang, K., J. Zhang, Y. Xu, M. Sun, Z. Chen and M. Yuan. 2018. Application of a catch-based method for stock assessment of three important fisheries in the East China Sea. *Acta Oceanologica Sinica* 37(2): 102–109.
54. Zhou, S., Z. Chen, , C. M. Dichmont, A. N. Ellis, M. Haddon, A. E. Punt, A. D. M. Smith, D. C. Smith and Y. Ye. 2016. Catch-based methods for data-poor fisheries. Report to FAO. CSIRO, Brisbane, Australia. p157.
55. Zhou, S., A.E. Punt, Y. Ye, N. Ellis, C.M. Dichmont, M. Haddon, D.C. Smith and A.D. Smith. 2017. Estimating stock depletion level from patterns of catch history. *Fish and Fisheries* 18(4): 742–751.

Investigation of *Sardinella Sindensis* (Day, 1878) Stock Status Using the Catch-Maximum Sustainable Yield Model in the Southern Waters of Iran (Persian Gulf and Oman Sea)

A. Haghi Vayghan[1*] and M. Ghanbarzadeh[2]

(Received: December 27-2021; Accepted: June 07-2022)

Abstract

Among the various species of small pelagic fish, *Sardinella sindensis* (Day ,1878) has high economic and ecological importance and is one of the most important species exploited by fishermen. In recent years, the catch rate of this species has increased, and due to the limited data available on its stock in southern waters, it is not possible to use models based on the complementary data to assess its stock. In the present study, the catch-maximum sustainable yield (CMSY) model was used to determine the stock status of *Sardinella sindensis* in southern waters. Catch data related to the last 23 years (1997- 2019) were collected and entered into the model to calculate fisheries reference points. The value for B/B_{MSY} by the model was estimated to be more than 1.0 and the value of F/F_{MSY} was less than 1.0, which indicates the healthy stock status of this species in the southern waters of Iran. The maximum sustainable yield (MSY) was estimated to be 86,000 tons. In recent years, the catch rate has been exceeded this amount and has caused the stock to move gradually towards the overfishing zone. Based on the results, it is suggested to control and manage the fishing activities regionally (specially in Hormozgan province) by taking into account the fishery potentials, monitoring the exploitation status with regard to the environmental factors affecting the stocks of this species.

Keywords: Small pelagic fish, *Sardinella sindensis*, Catch-maximum sustainable yield model, Fishery management, Persian Gulf, Sea of Oman

1. Department of Ecology and Aquatic Stocks Management, Artemia and Aquaculture Research Institute, Urmia University, Urmia, Iran.
2. Department of Marine Biology, Faculty of Marine Science and Technology, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.

*: Corresponding Author, Email: a.haghi@urmia.ac.ir (A. H. V)